

КЛАСИФИКАЦИЈА НА МЕЛОДИИ ОД НАРОДНИ ПЕСНИ И ОД ЦРКОВНИ НАПЕВИ ОД МАКЕДОНИЈА И ОД РУСИЈА СО БИОИНФОРМАТИЧКИ АЛГОРИТМИ

Огнен Спироски, Природно-математички факултет – Скопје
Александра Кузман, Институт за фолклор „Марко Цепенков“ – Скопје
Велика Стојкова-Серафимовска, Институт за фолклор „Марко
Цепенков“ – Скопје
Драган Даутовски, Факултет за музичка уметност – Скопје
Љупчо Коцарев, ФИНКИ, УКИМ/МАНУ, Скопје
Датум на прием: 30.6.2024

Апстракт: Барањето сличност меѓу записи од песни е заеднички домен од интерес на музикологијата и на компјутерските науки, што има вродено многу методи за квантитативна споредба и анализа на разни формати музички записи. Во етномузикологијата, во истражувањата на народните песни одамна се препознано дека постојат слични песни во фолклорот на еден народ, како и меѓу разни народи, чишто варијанти формираат „фамилии песни“. Анализирањето на сличностите меѓу две и повеќе мелодии може да се направи со порамнување на нивните секвенции на ноти, што, во минатото, музиколозите го правеле рачно и поткрепено со квалитативна анализа на ограничен број примери. Во денешницата може да се прави автоматизирана анализа на голем корпус песни со компјутерски алгоритми и квантитативно пресметување на сличноста. Биоинформатичките алгоритми за порамнување и барање сличност на гени и протеини, сè поуспешно се користат за пронаоѓање на сличност меѓу мелодии од песни и нивна класификација во „фамилија песни“.

Во овој труд ќе биде претставена успешна примена на биоинформатички алгоритми за препознавање на сличност меѓу песни и нивна филогенетска анализа. Употребените примери се поделени на 3 миникорпуси со мелодии, од кои еден корпус е со варијанти на народни песни (меѓу коишто, како посебна група се издвоени лазарските песни) од Македонија, а во другите два корпуси се комбинираат мелодии од народни песни и од црковни напеви од Македонија и од Русија. Прво се анализираат поединечните миникорпуси, а потоа и нивната комбинација, претставени преку два вида филогенетски стебла. Алгоритмите успешно ги препознаваат и ги групираат варијантите на песните во секој миникорпус, како припадници на еден кластер, т. е. на една „фамилија песни“. Резултатите се повторуваат и во комбинираниите корпуси, во кои успешно продолжуваат автоматизираните групации во фамилии, а се групираат како поблиски и стилски сличните песни (народни и црковни), со разграничување и меѓу географските варијации. Со резултатите квантитативно се валидираат неколку квалитативни музиколошки истражувања од Македонија за црковните напеви со нивните варијанти, како и

сличностите со народни песни. Истовремено, ќе бидат претставени и алгоритамски наоди за сличности меѓу примерите од Македонија и од Русија.

Клучни зборови: етномузикологија, народни песни, црковни напеви, сличности, фамилија песни, биоинформатички алгоритми, порамнување мелодии

Вовед

Барањето сличност меѓу записи од песни е заеднички домен од интерес на музикологијата и информатиката, што има вродено многу методи за квантитативна споредба и анализа на различни формати на музички записи во полето Music Information Retrieval (MIR) (Savage et al. 2022). Сличности во симболички записи на музички примери се истражувани со рачно порамнување мелодии и за британско-американскиот и за рускиот фолклор (Bronson 1949; Bayard 1954; Банин 1973; Руднева 1973; Владышевская 1978).

Истражувањата на народни песни одамна препознаваат постоење на слични песни во фолклорот на еден народ, како и меѓу разни народи, чии варијанти формираат „фамилии песни“. Во етномузикологијата, порамнети нотни текстови се употребуваат за анализа на мелодиски варијанти на народната музика уште од дефинирањето на терминот „фамилија песни“ (Bayard 1950). Дефиниција за „фамилија песни“/„tune family“ за британско-американскиот фолклор прв дава С. Бајард:

„Фамилија песни“ е група мелодии што покажуваат основна поврзаност преку константна мелодиска кореспонденција, а веројатно им ја должат својата сличност на потеклото од заеднички предок, што се развил во многу форми преку процеси на варијација, имитација и асимилација

(Bayard 1950: 33).

Една песна со нејзините варијанти е дел од една „фамилија песни“, како песната „А бре, Кољо, мамин Кољо“, со 2 варијанти прикажани на сл. 1 и 2:

67

окол. БЕРОВА

А (14) II-2,

А БРЕ, КО - ЉО, МА-МАИ КО - ЉО, МА-МАИ КО - МА - ТА,

В (18) 5-1

НЕ НА-О - ДИ АИ СЕ, БРЕ КО - ЉО, ПО ПИ - РАИ ПЛА - НИ - НИ

Сл. 1: „А бре, Кољо, мамин Кољо“ (Василевиќ 1953: 22)

The image shows a musical score for a folk song. It consists of two staves. The top staff is the melody, and the bottom staff is the accompaniment. The tempo is marked as quarter note = 80. The title of the song is 'Стиник, Струмичко'. The lyrics are: 'А бре, Ко-љо, ма-мин Ко-љо, ма-ми-на ко- ми- то, не ли се на-јо- ди Ко-љо, по Пи- рин пла- нин?'.

Сл. 2: „А бре, Кољо, мамин Кољо“ (Линин 1976: 171)

Ваква концепција на музички сличности користи генеалозна парадигма, која природно повлекува сфаќање на музиката и низ призма на еволуција и на генетика. Песната може да се толкува како генетска информација, подложна на еволутивни процеси на: мутација, рекомбинација и селекција при нејзиното изведување и пренесување.

Еволутивните и генеалозките аспекти на песната не се толку строги како во биологијата, но сепак може да се набљудуваат, особено во народната музика, како: а) постоење слични/сродни песни, односно фамилии песни; б) можност дека постојат предци од коишто потекнуваат некои песни; в) музички материјал, кој еволуира, мутира и се рекомбинира, сличен на генетскиот или на меметскиот материјал, подложен на селекција, пренесувајќи се од генерација на генерација.

Етномузикологијата наоѓа практична примена на информатиката уште во нејзините најрани денови, токму во: моделирањето, споредувањето и пресметувањето сличности на народни песни, односно нивна класификација и подредување по сличност (Bronson 1949). За потребата на дефинирање на квантитативни мерки и модели за сличност меѓу песните, односно нивна припадност на некоја фамилија песни, постојат мноштво информатички решенија.

Методите за мерење на сличноста, или пресметување на дистанцата која постои меѓу две песни, зависат од моделот на претставување на песната и на дигиталниот формат за нејзино запишување. Постојат методи за споредување песни претставени симболички, на различни начини, со звучни записи или со некоја друга апстракција, односно структура на податоци, како на пример: N-grams, vectors, wavelets, и др. Симболичките записи на песни може да ја користат мелодијата или да користат други информации за песната, обично приbeleжани и опишани од музиколози или од други истражувачи (Bronson 1949; Bayard 1950; Müllensiefen & Frieler 2003; Kranenburg et al. 2013; Savage & Atkinson 2015; Savage et al. 2022; Bountouridis et al. 2017; Janssen et al. 2017; Park et al. 2019; Carvalho et al. 2020).

Од методите за мерење сличност, т. е. дистанца меѓу симболички записи на мелодии од песни, може да се издвои примената на биоинформатички методи за порамнување симболички секвенции на

гени или протеини (Needleman & Wunsch 1970). Тие можат да се применат и за пронаоѓање сличности кај народните песни преку порамнување на нивните мелодии во форма на секвенција букви (секвенција од латиничните имиња на тоновите). Сличностите се пронаоѓаат врз основа на редоследот на појавените тонови во мелодиската линија. Биоинформатичките методи наоѓаат успешна примена во MIR за препознавање слични мелодии на песни (Savage et al. 2022; Bountouridis et al. 2017), како и за нивна класификација во фамилии песни (Kranenburg et al. 2013; Savage & Atkinson 2015).

Овие методи се покажале како поуспешни од други методи во класифицирањето во фамилии песни во повеќе истражувања, особено при растење на обемот на корпусот со избрани примери, како на пример, при употребата врз музиколошки корпус на холандски народни песни класифицирани по фамилии песни. Краненбург посочува дека овие наоди се на линија со најраните музиколошки одлуки (на: Илмари Крон, Бела Барток, Золтан Кодај) за употреба на секвенции мелодиски настани за подредување на различни колекции од мелодии (Kranenburg et al. 2013: 2, 10).

Во истражувањата на Севиц и Еткинсон (2015), прво се верификува методот со класификација во фамилии песни, употребувајќи податоци од референтни етномузиколошки трудови (Bayard 1954), што рачно ги порамнуваат варијантите на мелодиите од четири добро проучувани фамилии народни песни од Велика Британија и од Јапонија. Потоа успешно се применува на референтни и на музиколошки систематизирани корпуси од двете земји со вкупно 10.062 народни песни, давајќи увид во сличностите на музиката еволуција кај двете култури, преку алгоритамско наоѓање на 328 парови слични мелодии и преку нивната анализа за микроеволуција (Savage et al. 2022).

*

Во овој труд е претставена употреба на биоинформатички секвенциски алгоритми врз мал примерок од разни народни песни и црковни напеви од Македонија и од Русија, со успешно препознавање на сличност меѓу мелодиите од примерите, нивно подредување и нивна класификација во фамилии песни.

Песните од Русија се објавени во етномузиколошки научни трудови што рачно ги порамнуваат мелодиските варијанти и ги анализираат квалитативно, па се соодветни за верификација на биоинформатичките методи (видете повеќе кај: Руднева 1973; Владышевская 1978).

За македонската народна музика не беа пронајдени објавени систематизирани компаративни музиколошки истражувања за фамилии песни со нивните мелодиски варијанти иако постојат голем

број мелограми од песни, па и варијанти на некои од песните, издадени во песнарки, во етномузиколошки истражувања и др. (Васиљевиќ 1953; Хаџиманов 1953, 1954, 1955, 1960; Фирфов 1953, 2023; Фирфов, Симоновски и Проданов (ред.) 1959; Фирфов и Симоновски (ред.) 1962; Линин 1976, 1978, 1983; Бицевски 1986, 1988, 1997; Величковска 2009).

Варијанти на текстовите на македонските народни песни се забележани во литературата уште во 19 век, како на пример, во зборникот на браќата Миладиновци. Варијантите во текстуалната содржина се евидентирани и проучувани и низ разни научни и есеистички трудови (Васиљевиќ 1953; Фирфов 1953; Фирфов, Симоновски и Проданов (ред.) 1959; Фирфов и Симоновски (ред.) 1962; Хаџиманов 1960; Николиќ 1969; Линин 1976, 1978, 1983; Бицевски 1986, 1988; Поленаковиќ 1957; Величковска 2009; Спироски и Спироски 2009; Кузман 2014; Јузмески 2018).

Многу варијанти на текстот и на мелодијата на македонски песни се зачувани во звучни записи. Во евиденција на варијантите во снимките на онлајн архивата www.pesna.org постојат 1.458 текстови на песни, кои имаат 3.988 звучни записи, 725 песни имаат барем 2 различни снимки, а 55 имаат барем 10. Најмногу звучни записи брои песната „Јовано, Јованке“, дури 41 верзија на звучни снимки. Во снимките, освен примери на варијантите изведувани од разни музичари, за една песна има и повеќе различни интерпретации од исти музичари.

Најчестата систематизација во објавените збирки народни песни е тематска, според содржината на текстот и по азбучен ред на насловот.

Во обемните етномузиколошки истражувања на Фирфов (1953, 1959), Васиљевиќ (1953) и Линин (1976), се наоѓа систематизација со подредување по метроритмички структури за да се истражат, мапираат и да се нагласат разнообразноста и специфичностите на ритмот и на тактот, како и соодносот меѓу напевот (мелодијата) и стихот кај песните во македонската народна музика. Слично, преглед на метричкиот размер на стиховите е објавен и за песните во збирката *Македонскиџе мелографи од крајот на XIX век*, заедно со преглед на амбитуси, тактови итн.

Овие систематизации имплицитно дефинираат свој поим за музичка сличност и припадност на одредени песни во една „фамилија песни“ според нивните слични метроритмички структури, во кои метриката на стихот е силен фактор во дефинирање на ритмичкиот образец во песната, која често одлучува и за изборот на напевот, односно мелодијата. Во македонската народна песна се среќава употреба на сличен и на идентичен напев, односно мелодија и кај две

текстуално различни песни кога следат ист ритмички образец или размер на стихот (видете повеќе кај: Линин 1976, 1983).

Некои од етномузиколошките истражувања на македонската народна музика употребуваат своја поразлична систематизација, која бирајќи го ритамот наместо мелодијата како основа за класификација, дивергира и од одлуките на најраните (етно)музиколози и од современите истражувања што методолошки се следат во овој труд. Иако, оваа класификација, е навидум фокусирана само на ритамот, таа имплицитно нуди и систематизација и на исти и на слични напеви/мелодии, поради природата на образувањето на македонската народна песна (Линин 1976). Би можеле да се третираат класификациите по метриката на стихот и како *сујерфамилии* (коллекција фамилии) на песни, во рамки на кои би можело да се најдат и некои фамилии песни со слични и со споделени мелодии и/или со сличен и споделен текст.

Со формирање каталог од народни песни во литературата беа пронајдени примери на варијанти на иста песна според (речиси) ист наслов, објавени од повеќе истражувачи, соодветни за формирање почетен корпус од фамилии песни со мелодиски варијанти, потребен за биоинформатичките анализи.

Со примената на биоинформатичките методи за порамнување секвенции на кодираната верзија на еден мал почетен корпус песни, беше потврдено дека постојат музички записи со варијанти на македонски народни песни, какви што се потребни за целите на истражувањето, а и дека се подложни на анализите на еволуција и на филогенија, кои би требало да се направат со биоинформатичките алгоритми применети во овој труд.

Низ визуелни примери на последователно додавање мелодии во анализата на неколку корпуси песни, во овој труд е претставена успешна класификација со кластерирање на фамилии песни со народна и со црковна музика од Македонија и од Русија. Истовремено и квантитативно се потврдуваат квалитативните наоди на Бицевски (1997) за сличностите меѓу некои народни песни и црковни напеви во Македонија, како и анализите на црковните напеви на „Господи возвах“ направени од страна на Голабовски (1985), Павловска-Шулајковска и Коцабашија, како уредници на Шахпаски (2016) и на Стојменович (2022). Резултатите од овој труд укажуваат и на сличности во напевите од Македонија и Русија.

Податоци

За целите на ова истражување, првин беше потребно да се утврди состојбата на објавени варијанти на една песна во постоечките изданија, за што беше создаден првичен каталог од наслови на над 4.000 македонски народни песни, за кои беа собрани нотни текстови објавени во музички публикации од референтни етномузиколози и во други песнарки и колекции. Ако се издвојат само етномузиколошките публикации, од 3.240 песни, има над 400 народни песни со речиси ист наслов, од кои 182 со сосема ист наслов и барем два објавени нотни текстови.

Од овој каталог беа издвоени 5 песни што имаат барем две варијанти на нотните текстови, за да сочинуваат посебни примери на фамилии песни. Варијантите на секоја од овие песни се дел од една фамилија, која може да се идентификува и по мелодијата и по насловот, односно по првиот стих на песната, како и од целиот текст.

Некои од варијантите на истата песна, етномузиколозите понекогаш ги објавуваат во истото издание или им посветуваат забелешки во своите трудови (Васиљевиќ 1953; Фирфов 1953; Фирфов, Симоновски и Проданов (ред.) 1959; Линин 1976; Бицевски 1997), а беа пронајдени и коментари за разлики во нотираниот такт кај варијантите (Фирфов и Симоновски (ред.) 1962) или за варијациите во текстуалната содржина на песните (Хаџиманов 1960; Кузман 2014). Но, во литературата не беа пронајдени компаративни музиколошки анализи или порамнети мелодии на варијантите од македонски народни песни.

Некои од црковните напеви од Македонија се квалитативно проучувани за сличности и за варијации (Бицевски 1997; Голабовски 1985; Стојменович 2022; Шахпаски 2016), а за дел од квалитативните музиколошки наоди, во овој труд, се нуди и квантитативна поткрепа со алгоритамските наоди.

Такви се наодите на Сотир Голабовски, кој, во својот докторат *Музичкиите ракописи од охридската збирка и најстариите сочувани македонски џириоди на словенски јазик*,¹ ги споредува верзиите на „Господи возвах“, односно ги споредува различните стилови на пеењето на истиот напев (македонско, српско, руско пеење итн.) и идентификува присуство на елементи од народните песни во некои од нив.

Како дел од нашата анализа, беа кодирани и фрагменти од „Господи возвах“ (Стојменович 2022; Шахпаски 2016) запишани во 19 век од македонски црковни псалти, а се дел од неколку верзии на

¹ Поврзан со оваа тема е и трудот на Голабовски: „Господи возвах од Дионис Попоски“, објавен во 1999 година во *Музиката на џочвајата на Македонија*, како дел од макропроектот „Историја на културата на Македонија“, 157–162.

црковниот напев, за кои, истражувачите Павловска-Шулајковска и Коџабашија веќе увиделе постоење на варијации и нивна генеалогичка.

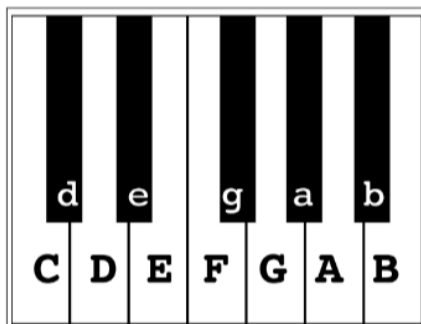
Слично, во збирката на Фирфов (1953) е даден преглед на тоналитетите на напевите, именувани соодветно на музичкиот стил, во кои авторот ги идентификува (и ги именува) и гласовите од октоихот како посебни напеви од источноцрковната музичка теорија, кои се застапени во народните песни.

Корпусот на избрани мелодии од Русија е објавен во порамнет формат во етномузиколошки студии, чии мелодии се соодветни за верификување на работата на алгоритмите. Овој корпус служи и како т.н. надворешна група (слични, но еволутивно подалечни) мелодии за споредување со македонските мелодии при филогенетските анализи.

*

Некои од мелодиите на народните песни и на црковните напеви, кај поединечни истражувачи, се транспонирани да завршуваат на тонот G, за сите во фамилијата да се со ист финален тон. Истиот метод е употребен и тука за оние примери чишто мелодии се запишани со друг финален тон. Сите мелодии беа „буквизирани“, односно запишани со нивните латинични имиња на тоновите во форма на секвенција, според начинот што го употребувале Севиц и Еткинсон (Savage & Atkinson 2015), што вклучува 12 латинични букви (CdDeEfgGaAbB), со коишто се кодираат песните (Сл. 3). Но, во овој материјал се задржува принципот на буквизирање со финален тон G, наместо со C.

Од изворите беа употребени, пред сè, монофони нотни текстови што се сигурни за буквизација, односно беа буквизирани претежно примери што не се хармонизирани, полифони или нечитки, т. е. несигурни за интерпретација, за да се избегнат потенцијални недоследности во читање на мелодијата што би ги нарушиле нејзините автохтони белези (Даутовски 2011).



Сл. 3: Абецеда за претставување на тоновите од октава со 12 еднакви полутонови, во форма на клавијатура со основен тон C (Savage & Atkinson 2015: 163)

Во оваа анализа беа кодирани (буквизирани) 60 мелодиски секвенции пронајдени кај различни истражувачи:

- 5 народни песни со своите 2 – 6 варијанти на мелодиите (Васиљевиќ 1953; Хаџиманов 1953, 1954, 1955; Mišćenko 1955; Линин 1976; Фирфов 1953, 1959, 2023);
- 9 лазарски песни како посебна подгрупа (Величковска 2009);
- 9 народни песни со 1 верзија на мелодиите дадени за споредба со 3 црковни напеви (Бицевски 1997);
- 5 црковни напеви: „Хвалите его“, „Хвалите бога“, „Слава отца“ и две варијанти на „Господи возвах“ (Бицевски 1997);
- 4 црковни напеви на „Господи возвах“ и еден напев на „Достојно ест“ (Голабовски 1985);
- 2 црковни напеви на „Господи возвах“ (Шахпаски 2016);
- 2 црковни напеви на „Господи возвах“ (Стојменович 2022);
- 6 мелодии на песната „Высоко сокол летает“ од различни региони (Руднева 1973);
- 4 мелодии на „Христос раждается“ (Владышевская 1978).

Во овој труд се користат 3 почетни миникорпуси со мелодии:

- 1 корпус од Македонија со мелодии на народни песни (бр. 1 – 21)², при што се најбројни лазарските песни;
- 2 корпуса – 1 од Македонија (бр. 22 – 50), 1 од Русија (бр. 51 – 60), коишто содржат мелодии од разни народни песни и црковни напеви.

Прво се анализираат поединечните миникорпуси, а потоа и нивната комбинација во 2 мегакорпуси – прв од бр. 1 – 50 (сите македонски мелодии) и втор од бр. 1 – 60 (сите избрани мелодии). Со овој пристап се осигурува дека секој корпус содржи надворешна група (еволутивно подалечни) мелодии за споредба, а се добива и увид како се менуваат филогенетските резултати и визуализации, пред и по нејзиното додавање.

За олеснување на процесот на анализирање на сите избрани примери, но и за да бидат повеќе забележливи разликите/сличностите во мелодиите, вклучително и во тонските низи на примерите, при буквизирањето на оние (мал број) примери, каде што имаше присуство на хармонизации (бр. 27, 52), беше употребена само основната мелодија, при што беа вклучени и ритмички неакцентирани тонови. Се буквизираат сите тонови на основната мелодија, дури и кога исти ноти се поврзани со лак (како на пример, последните три тона G

² Кога се спомнуваат избраните музички примери, броевите во заградите се однесуваат на примерите нумерирани во [Прилогот бр. 1](#), за којшто е даден линк на крајот на трудов.

поврзани со лак во бр. 7, коишто звучно мелодиски всушност се еден тон – а при буквизирањето се запишани како три одделни тонови). Во самата буквизација не е обележано местото каде што во мелодијата имало пауза. Не се буквизираат мелодиските украси (најзабележливо е кај примерот бр. 4) и извиците како неутрални тонови што беа сретнати во мал број примери (бр. 20, 21, 33). Знаците за повторување беа вклучени само во пример бр. 29, а во останатите примери каде што се застапени, беа игнорирани (бр. 2, 4, 6 итн.). При буквизирањето не може да се добие претстава за: ритамот, метарот, траењето на тоновите, динамиката во мелодијата, во која октава е одредениот тон, дали скокот од еден на друг тон (пример DG) е за кварта нагоре или за квинта надолу, а секако, не е вклучен ниту текстуалниот дел на самата песна/самиот напев. Но, затоа, во прилог, како дополнителен документ, ќе бидат дадени мелограмите на сите употребени примери ([Прилог бр. 2](#)).

Методи

Еден од главните заеднички успеси на генетиката и на биоинформатиката е дефинирањето на алгоритми за пресметување сличност меѓу симболички записи на генетски и на протеински кодови. Алгоритамот на Нидлман и Вунш за глобално порамнување на секвенции од два протеини е фундаментален за овие две полиња (Needleman & Wunsch 1970), а ваквите алгоритми наоѓаат примени и во други области, вклучувајќи компјутерска лингвистика, MIR и етномузикологија (Savage et al. 2022; Müllensiefen & Frieler 2003; Kranenburg et al. 2013; Savage & Atkinson 2015; Bountouridis et al. 2017; Janssen et al. 2017; Park et al. 2019; Carvalho & Bernardes 2020; Savage et al. 2018).

Алгоритмите за порамнување на секвенции пресметуваат и нумеричка сличност на тие секвенции, што е основа за формални анализи на еволуција и на филогенија. Мерките за нумеричка сличност зависат од параметрите на алгоритамот и од претпоставките за брзината на еволуцијата, па едно порамнување на пар секвенции може да има разни вреднувања за сличност. Такви се параметрите за негативно бодување на отварање на празно место во порамнувањето (Gap Opening Penalty – GOP) и за додавање празни места (Gap Extension Penalty – GEP).

Алгоритмите и параметрите што се користат тука, ја следат методологијата на Севиц и Еткинсон (Savage & Atkinson 2015). Имплементациите се во програмскиот јазик R, во библиотеки со научно верификувани методи за биоинформатички и за филогенетски анализи, како Biostrings (R Core Team 2021; Pagès 2024).

Вредностите на употребените параметри за GOP и GEP се:

GOP = 12

GEP = 6

1	FACСь-CAAFACСьCADDDCFCCьAGFFGAbACAGFG	36
1	FACьAGCAAFACьbAADDСьC-ьAGGFGAbACCA-G	35

Сл. 4: Порамнување на мелодиите бр. 1 и бр. 3 од песната „А бре Кољо, мамин Кољо“

Мерките за сличност се основа и за одредување на филогенија според секвенции. Тие во биологијата може да се применат и за пронаоѓање хомологни секвенции (со потекло од заеднички предок), но се употребливи и за класификација и без генеалогии, само според споделени својства.

Со пресметување на матрица на сличност на множество секвенции, достапни се филогенетски методи за нивна класификација и визуализација. Резултатите обично се визуализираат со еволутивни стебла или графови, кои, на своите гранки, ги претставуваат еволутивните патеки и далечини меѓу примероците на листовите (видови, секвенции, мелодии). Филогенетските стебла групираат во кластери на сличност, што може да се толкуваат *фенетички* и *кладистички*. Кладистичкиот пристап претпоставува генеалогски врски и постоење предци, а кај фенетичкиот пристап, мерките за групирање по сличност се неисториски, по општи својства (Леск 2010: 287).

Во биологијата има преовладано кладистичкиот пристап токму благодареејќи на генетиката и на користењето генетски секвенции за одредување филогенија на видови. Двата пристапи се валидни, а во доменот на музиката е идеална комбинацијата за повеќе перспективи и увиди во сличностите, поради толкувањето на мелодиите како симболички „генетски“ секвенции, кои се споредливи, но не подлежат на строгите правила на молекуларна еволуција.

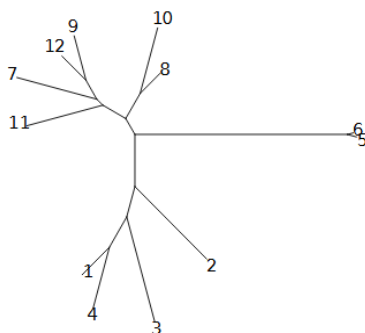
Постојат различни методи за градење и за визуализација на кластерите на филогенетските стебла, некои посоодветни за кладистичкиот, други – за фенетичкиот пристап. Стеблата можат да бидат вкоренети и некоренети, зависно од тоа дали постои избор на јазол за корен. Вкоренетите стебла (како дендограмот) нагласено ја визуализираат историјата и шемата на потекло, додека некоренетите (мрежа на соседи) – топологијата на сличностите (видете повеќе кај: Леск 2010).

Еден метод за градење филогенетско стебло од матрица на сличности, односно дистанци е UPGMA, кој обично визуализира дендограм со бинарно стебло. Во ова стебло гранките можат да претставуваат еволутивни дистанци, а секој лист, односно примерок, е припадник на некоја генеалогска подгранка, т. е. кластер, групиран по историска блискост и сродност (видете: Сл. 5).



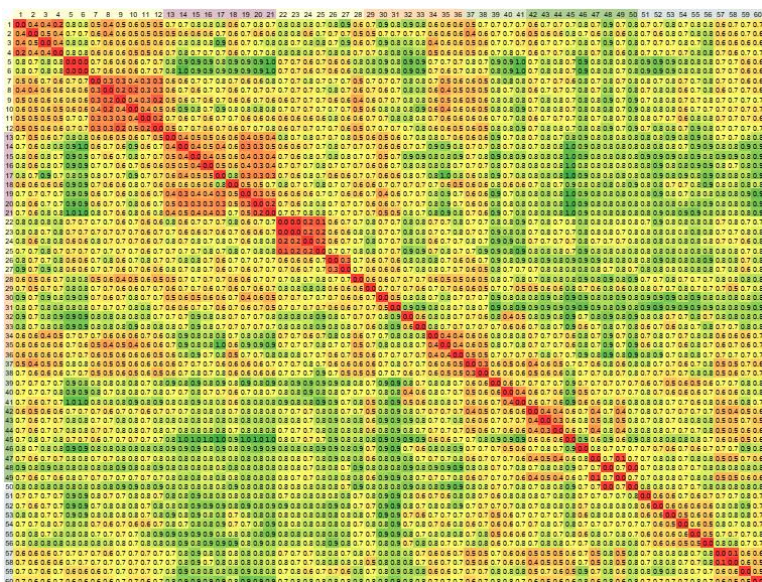
Сл. 5: UPGMA-дендограм со буквизирани мелодии на 3 песни со: 4, 2 и 6 варијанти

Други методи, како тој на „спојување соседи“ (neighbor joining net) (Saitou & Nei 1987), со флексибилни топологии и разгранувања посоодветни за различните стапки на еволуција низ стеблото, се поблиску до фенетичкиот тип на кластерирање по сличност бидејќи не визуализираат остри граници на припадност (видете: Сл. 6). Тука се употребува имплементацијата на овој метод во *ape*-package (Analyses of Phylogenetics and Evolution) во R од (Paradis & Schliep 2019).



Сл. 6: Кластерирање со методот neighbor joining net на 3 народни песни од Македонија

Со употреба на неколку различни методи за кластерирање и за визуализација може да се добијат повеќе увиди за споредувањата и за природата на сличностите, еволутивните патеки и групирањата на примероците. Овие филогенетски визуализации треба да се проверат и со увид во поединечните порамнувања и во матрицата на сличност, но најважно е да бидат проучени од етномузиколози за толкување на нивното значење и нивната валидност.



Сл. 7: Матрица на сличност (дистанци) на 60 мелодиски секвенци, претставена како топлинска мапа (црвена – најслични, зелена – најразлични)

Резултати

На избраните 60 буквиризани мелодии е пресметана „генетска блискост“ меѓу секој пар мелодии со порамнување на нивните секвенци со алгоритмот на Нидлмен и Вунш (1970), што дава матрица на сличност, т. е. дистанци меѓу сите мелодии, претставена како обоена матрица или „топлинска мапа“ (Сл. 7).

Како што може да се забележи, алгоритмите успешно ги препознаваат вариантите на песните во секој од 3-те миникорпуси, како припадници на една класа / категорија / кластер, односно на една „фамилија песни“. Резултатот се повторува и во комбинираниите корпуси, во кои успешно продолжуваат автоматизираниите групации по фамилии песни. Поинтересно, алгоритмите ги групираат како поблиски и песните што се слични стилски (црковни и обредни), но визуализираат и тренд на блискост во групирање и по географското потекло на мелодиите, како и меѓу поединечни варијанти на песни низ различни фамилии и жанрови/стилови на песни.

Во следните визуелни примери на класификација со кластеризација се дадени по две последователни филогенетски визуализации, како што се зголемува базата на кодирани песни за корпусот.

Во примерите на Сл. 5 и на Сл. 6, со две различни филогенетски стебла, се визуализираат резултатите од првите 12 кодирани мелодии,

во кои се претставени 3 песни што имаат по 4, 2 и 6 варијанти. Од визуелниот приказ може да се потврди дека алгоритмите успешно ги препознаваат варијантите на секоја од песните како припадници на посебна класа (фамилија песни), со своја гранка на стеблото. Според должините на гранките на фамилиите, најголема еволутивна дистанца постои во фамилијата со примерите бр. 1 – 4, а најмала – во таа со примерите бр. 5 и бр. 6.

Истовремено, успешно се препознаваат и се групираат и микросличностите на варијациите во мелодиите. Тоа и квалитативно е потврдено од етномузиколошки аспект: во примерите под бр. 1, 2, 3 и 4, алгоритмот убаво покажува дека иако се сите на истата гранка од стеблото и станува збор за варијанти на една песна, сепак втората варијанта е најразлична во однос на другите три варијанти, односно, иако во сите четири примери го има специфичното мелодиско движење, вториот пример сепак останува мелодиски најразличен³.

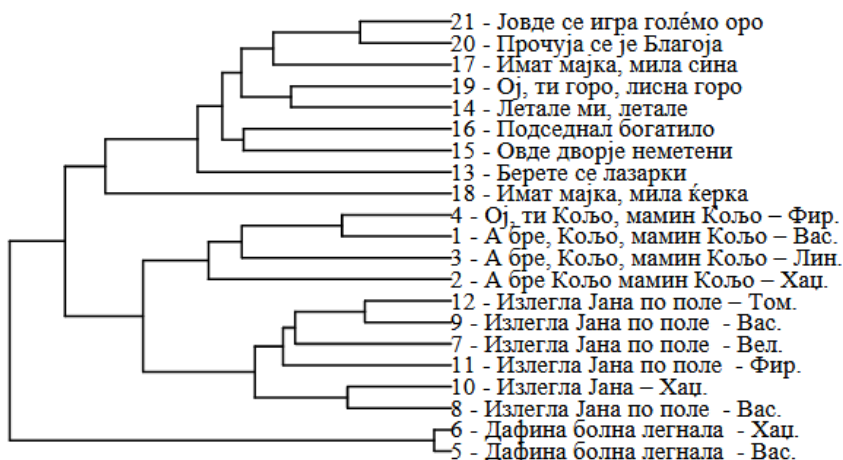
Понатаму, во анализата се додадени уште 9 лазарски обредни песни (бр. 13 – 21). Резултатот на сите (21) мелодии е веднаш видлив на Сл. 8 и на Сл. 9, како нов, посебен кластер што ги содржи само додадените мелодии на лазарски песни и на UPGMA-дендограмот и на neighbor joining net-приказот.

Во досегашната класификација, се забележуваат два типа кластери:

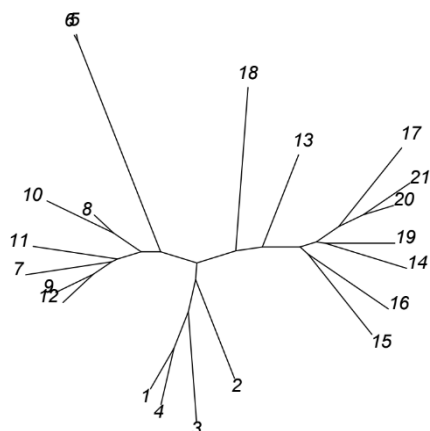
1. кластери со народни песни (со нивните варијанти, бр. 1 – 12) – меѓу кои се наоѓаат различни жанровски поделби (како на пример, песната „Излегла Јана по поле“ е жетварска песна итн.);

2. кластер со лазарски песни – при што не станува збор за варијанти на една иста песна, туку сите се различни песни, но сите девет припаѓаат во класата на лазарски песни (бр. 13 – 21).

³ Квалитативните (етномузиколошки) анализи се направени за сите 60 избрани примери во трудот, но поради обемот во податоците, таквите анализи ќе бидат дадени во вториот дел – продолжение на овој труд, што ќе биде објавен во еден од следните броеви на списанието *Македонски фолклор*.



Сл. 8: Кластерирање на 21 мелодија од народни песни од Македонија, со подгрупа на лазарски песни (бр. 13 – 21), со UPGMA-дендограм



Сл. 9: Кластерирање на 21 мелодија од народни песни со neighbor joining net

На овој пример стануваат видливи специфичните пристапи на двата начини на наоѓање и на визуализација на кластери. На Сл. 9, neighbor joining net-методот не дава остри граници при класификација и повидливо претставува групирање по сличност, додека на Сл. 8, на UPGMA-дендограмот полесно се доловуваат можни филогенетски врски и поширока генеалогска/категориска блискост.

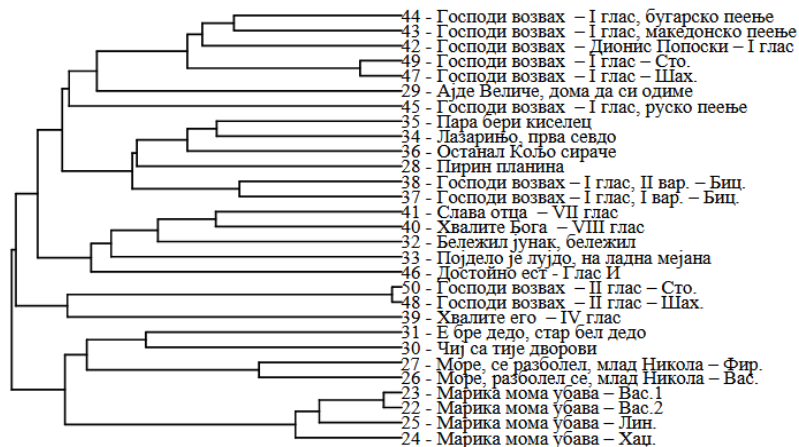
*

Се разгледува наредниот миникорпус од 29 мелодии (Сл. 10 и Сл.11) со комбинирани 15 мелодии од народни песни и 14 мелодии од црковни напеви (бр. 22 – 50). Од народните песни се дадени 2 песни, со 4 и со 2 варијанти (бр. 22 – 27). Следат 9 народни песни (бр. 28 – 36) со по 1 верзија на мелодијата, објавени од Бицевски (1997) за споредба со мелодиите на црковните напеви: „Господи возвах“ (2 варијанти), „Хвалите его“, „Хвалите Бога“ и „Слава отца“ со по 1 верзија на нивните мелодии (бр. 37 – 41).

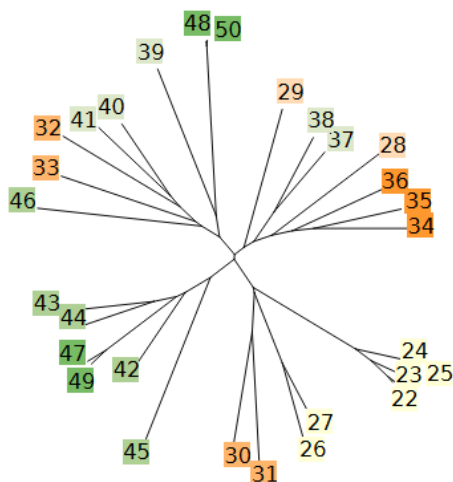
Алгоритмите ги кластерираат двете народни песни што се со повеќе варијанти како фамилии песни, додека 9-те песни со по една верзија, дадени од Бицевски, се во повеќе поткластери, некои соодветно групирани во поткластери со црковните мелодии, во согласност со анализите на Бицевски.

Со додавање на останатите 8 црковни мелодии, варијантите на „Господи возвах“ од Голабовски (1985) (бр. 42 – 46), Шахпаски (2016) (бр. 47 – 48) и Стојменович (2022) (бр. 49 – 50), алгоритмите ги асоцираат со кластерите со црковни мелодии. Поткластерите успешно ги разграничуваат и посебните црковни напеви, како и варијациите во нивните мелодии.

Значајно е дека народните песни објавени кај Бицевски (во Прилог бр. 1 се со бр. 28 – 36) се групирани заедно со кластерите со црковните напеви, во кои најчесто се најблиски со црковните мелодии дадени токму од Бицевски (бр. 37 – 41), потврдувајќи го наодот за сличност на дадените народни песни со црковните. Некои од сличностите и споредбите се подобро видливи на Сл. 10, на UPGMA-дендограмот.



Сл. 10: Кластерирање на народни песни од Македонија (бр. 22 – 36) и црковни напеви (бр. 37 – 50), со UPGMA-дендограм



Сл. 11: Кластерирање на народни песни и на црковни напеви, neighbor joining net

Жолти – народни со 2 и со повеќе варијанти. **Портокалови** – народни со 1 верзија. **Зелени нијанси** – црковни од 4 извори

Алгоритмите ги групираат примерите бр. 28 и бр. 29 со бр. 37 и бр. 38, исто како што Бицевски ги групирал во секцијата „За соодносот помеѓу првиот глас од октоихот и современото пеење кај нас“ (Бицевски 1997: 97–101). Алгоритмите ги повторуваат неговите наоди и од секцијата „Обредно-лазарско пеење – црковно пеење“ (Бицевски 1997: 101–106), со групирањата на примерите бр. 32 и бр. 33 со црковните напеви, на иста гранка со бр. 40, во соседство на бр. 39.

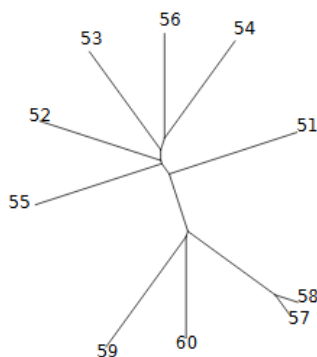
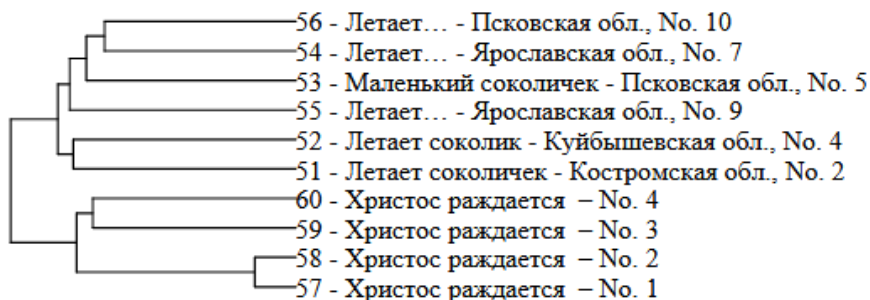
Меѓутоа, алгоритмите ги групираат и примерите бр. 34 – 36 како поблиски со бр. 37 – 38 и бр. 28 – 29. Иако овие примери не се групирани со бр. 41, како што предлага Бицевски во секцијата „За соодносот помеѓу ‘макамскиот’ и ‘периодичкиот’ тип звучење во современи услови“ (Бицевски 1997: 106–112), сепак, нивниот кластер е групиран со другите црковни напеви и се најблиски поткластери во поширокиот кластер. Групирањето потврдува континуум на сличности со црковните напеви.

Резултатите ги поткрепуваат наодите и на другите истражувачи, со кластерирањето на напевите (бр. 42 – 45) од првиот глас на „Господи возвах“ кај Голабовски, со тие на: Шахпаски и Стојменович (бр. 47 и бр. 49), за кои 2 верзии, истражувачите имаат увиди за сличности и дека има индикации дека се од препис од три ракописи од Рилскиот манастир. И вториот глас на „Господи возвах“ кај овие 2 истражувачи се кластерира заедно (бр. 48 и бр. 50). Тие се дел од поголем кластер што содржи напеви од другите гласови од октоихот и од народни песни.

Двата филогенетски методи нудат увид дека постои помала варијација во примерите во вториот глас на „Господи возвах“, отколку во првиот глас. Најслични се примерите од Шахпаски и Стојменович, што соодветствува со претпоставката за нивно споделено потекло.

*

Корпусот мелодии од Русија има две фамилии песни (бр. 51 – 60). Првата фамилија е народната песна „Высоко сокол летает“ (Руднева 1973) со 6 мелодиски варијанти (бр. 51 – 56), а втората е црковниот напев „Христос раждается“ (Владышевская 1978: 330–333) со 4 варијанти (бр. 57 – 60).



Сл. 12 и сл. 13: Кластерирање на варијантите на руската народна песна (бр. 51 – 56) и рускиот црковен напев (бр. 57 – 60), UPGMA и neighbor joining net

Алгоритмите успешно ги кластерираат овие примери, варијантите на народната песна на една посебна гранка, а варијантите на црковниот напев на друга посебна гранка.

*

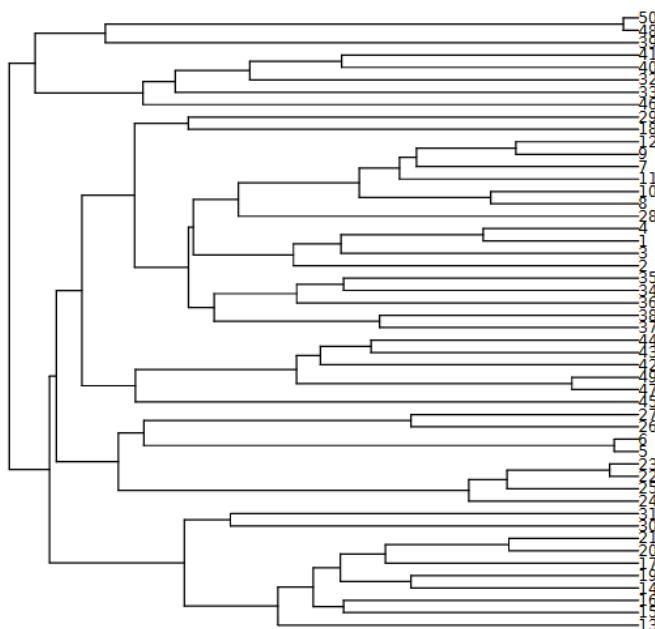
Следува анализа на сите 3 миникорпуси, споени во мегакорпус.

Првин се анализирани само мелодиите од Македонија, вкупно 50, од првите 2 корпуси (Сл. 14 и Сл. 15). Продолжува трендот на кластерирање, и според фамилиите песни, и според жанрот/стилот (претставени во боја на neighbor joining net-филогенетските дрва).

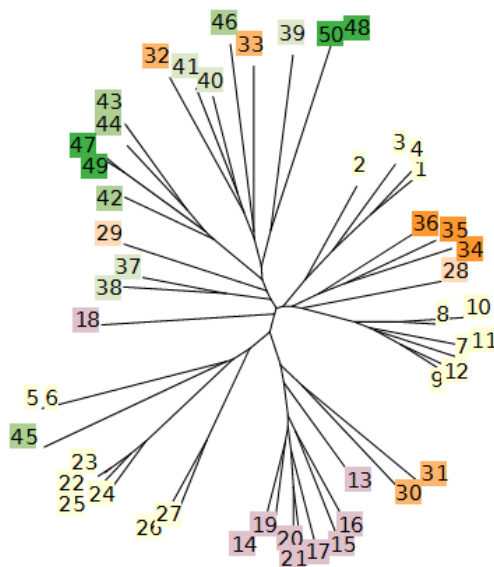
Лазарските песни (бр. 13 – 17, 19 – 21) остануваат во својот кластер, соодветно проширен со 2 примери од Бицевски, кои, исто така, се лазарски песни (бр. 30 и бр. 31). Примерите лазарски песни (бр. 32 и бр. 33) дадени за споредба, остануваат во кластерот со црковните напеви.

На двете филогенетски стебла е забележливо поблиското кластерирање на примерите на „Господи возвах“ од Бицевски со други народни песни, отколку со примерите дадени од него, кои им се во блиско соседство (бр. 28 е во кластер со бр. 1 – 4 и бр. 34 – 36, кои се поблиски до бр. 37 и бр. 38). Сепак, овие наоди го прецизираат и го засилуваат тој на Бицевски, додавајќи примери на уште поголема сличност меѓу народни песни и црковни напеви.

Тука може да се забележи поразличното и потенцијално спорното кластерирање на руското пеење на црковниот напев на „Господи возвах“, бр. 45, кој на neighbor joining, на Сл. 15 е во кластерот со народни песни, а на UPGMA, на Сл. 14, е со другите гласови од напевот. Ова илустрира дека секој метод има специфичности, што заедно можат да служат и за заемна проверка на резултатите, а и како извор на повеќе информации во анализите. Примерот бр. 45 менува припадност на кластери и во наредната групација (Сл. 16), каде што станува најблизок со поткластер од црковен напев од Русија „Христос раждается“, на двете филогенетски дрва, па тоа е поверојатната музичка сличност.



Сл. 14: Мегакорпус од сите македонски песни (бр. 1 – 50), UPGMA



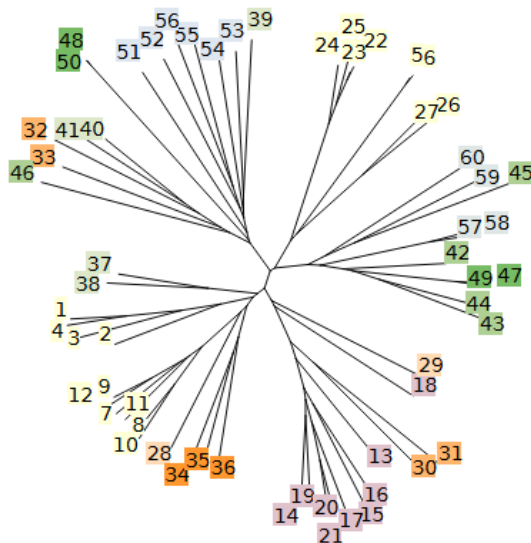
Сл. 15: Мегакорпус од сите македонски песни (бр. 1 – 50), neighbor joining net.
 Жолти – народни со 2 и со повеќе варијанти. Портокалови – народни со 1 верзија. Пурпурни – лазарски. Зелени нијанси – црковни од 4 извори

Со додавање на мелодиите од Русија продолжува претходниот тренд – групирање на песни според фамилии и според стилска сличност (Сл. 16 и Сл. 17).

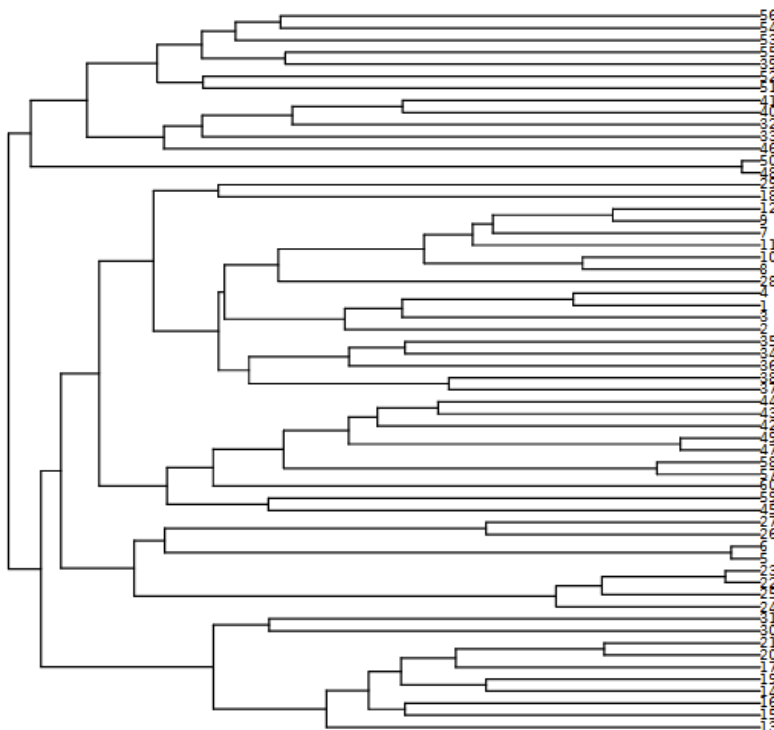
Народната песна „Высоко сокол летает“ од Русија (бр. 51 – 56) е дел од кластерот со вториот глас од „Господи возвах“ и со другите гласови од октоихот од Македонија, најблизок со бр. 39, видливо на двете филогенетски дрва.

Црковниот напев „Христос раждается“ од Русија (бр. 57 – 60) се групира во кластерот со руското пеење на првиот глас од „Господи возвах“ (бр. 45).

Кратките верзии на „Господи возвах“ (бр. 37 – 38) се групирани позабележително на Сл. 16, во кластерот со народни песни, а најблиски се со бр. 1 – 4. Интересно е и што првичните најблиски примери, бр. 29 и бр. 18 се на Сл. 16 во кластерот со лазарски, а на Сл. 17 – во кластерот со црковни и со народни песни.



Сл. 16: Корпус од сите 60 примери, neighbor joining net. Мелодии од Русија:
Сини – народни; Цијан – црковни



Сл. 17: Сите 60 мелодии од Македонија и од Русија, UPGMA-дендограм

Примерите на народни песни со 1 верзија на мелодијата најчесто се групирани во кластерите со соодветните црковни напеви, дадени од Бицевски. Црковните напеви обично формираат поткластери соодветни на фамилија песни, но не секогаш, и тука се забележува дека групирањето по блискост е под влијание на должината на мелодијата. Така, пократките верзии на „Господи возвах“ не се групираат заедно со долгите, т. е. кратките и долгите верзии формираат свои поткластери, што одговара на квантитативните сличности. Преостанатите кластери од народни песни од Македонија остануваат речиси непроменети по додавањето на песните од Русија, а се средишно далечни (најблиски) со сите останати песни.

Дискусија

Извршените анализи покажаа успешно препознавање по сличност и припадност во фамилии песни со употреба на биоинформатички и филогенетски методи. Препознаените кластери покажуваат значителна конзистентност како што растеше обемот на корпусот со додавање мелодии, задржувајќи ја организацијата на фамилии песни со варијантите во посебни гранки, а и во групирање кластери, според стилска сличност.

Народните песни се централни, со блискост до некои мелодии од сите други жанрови, а лазарските, како најбројни, се издвоени во посебна подгрупа. Алгоритмите ги споија и поткластерите на лазарските и на останатите народни песни со по една верзија, дадени од Бицевски, слични на црковните. Споените поткластери се дел од кластерот со црковни, што ја нагласува сличноста и на црковните напеви со лазарските песни, чиј поткластер е поблиску до црковните песни. Ова, пак, ги нагласува и увидите на Бицевски за сличност и на лазарските со црковните напеви.

Црковните напеви се слични меѓу себе, а се слични и со некои од народните песни, особено со некои лазарски песни, за што попрецизен увид беше добиен со фрагментирање на мелодиите. Народните песни имаат тенденција на стилско кластерирање, но и на изолирано поместување и на фамилиите и на некои од песните во друг кластер, како што расте корпусот. Ова е очекувано и нуди корисни податоци и попрецизни сличности и групирања.

Забележително е кластерирањето и на народната и на црковната песна од Русија со црковните песни од Македонија. Народната песна од Русија се групира во кластерот на црковни песни и народни песни дадени од Бицевски. Црковниот напев од Русија се групира во кластерот на првиот глас на „Господи возвах“, со интересна специфичност дека две од нејзините варијанти се групираат токму со руското пеење на „Господи возвах“, дадено од С. Голабовски. Овие наоди бараат понатамошно музиколошко испитување, што ќе биде предмет на иден научен труд.

Постоеја мал број, но интересни, поместувања на припадност низ кластери на неколку мелодии, коишто беа посочени и за коишто се дискутираше, кои конзистентно ја претставуваа мелодиската сличност со новите мелодии. Некои од овие сличности очигледно се издржани или тривијални, а други би требало, поподробно, да бидат проучени и со квантитативни и со квалитативни методи од експерти, за да се провери нивната музиколошка вредност.

Квантитативно потврдивме дел од наодите на Бицевски, потоа на: Голабовски, Павловска-Шулајковска и Коџабашија за црковните напеви на „Господи Возвах“ и мелодиските сличности меѓу верзиите

на напевот, како и сличности меѓу мелодиите на овој напев со мелодиите на некои народни песни, но и со другите црковни напеви од Македонија и од Русија.

Заклучок

Најопшт заклучок од првичната анализа е дека алгоритмите успешно класифицираат мелодии од фамилии песни, а кластерираат и околу пошироки жанрови песни: народни и црковни.

Понатаму, географските варијанти на жанровски блиските песни од Македонија и од Русија се препознаени успешно и се групирани соодветно како слични во рамките на соодветниот жанровски кластер, во кој формираат поткластер.

Визуализациите за филогенија, односно кластерирањата по блискост, треба да се проверуваат со точните вредности за сличност (во матрица/топлинска мапа) со порамнувањето на секвенциите, како и со други методи, а пред сè, музиколошки, бидејќи некогаш не се прецизни или не се доволно јасно читливи, или пак, се насочени од претпоставките на методот за кластерирање.

Идна работа

За попрецизна проверка и анализа на резултатите беше направена поделба на подолгите мелодии на некои песни во помали фрагменти. Ова помага при споредување на долги со кратки мелодии, каде што квантитативната сличност ќе биде мала дури и ако цела пократка мелодија е порамнета со подолгата. Споредувањата на фрагменти даваат повисоки квантитативни сличности, а и разграничуваат кои се фрагментите што имаат и што немаат сличност. Овој метод беше корисен за споредување на црковните напеви со народните песни, а помогна да се реплицира и еден дел од наодите на Бицевски со поголема прецизност. Во пробно истражување, со поголем корпус фрагментирани мелодии, беа пронајдени мелодии од народни песни со уште поголема квантитативна сличност со црковните, што ги засилува увидите на Бицевски и на Голабовски, и ќе биде цел на идно истражување и мапирање на сличности.

Во понатамошната работа следи кодирање на сите народни песни за кои беа пронајдени записи со нивни варијанти. Од резултатите на нивната анализа следува увид колку се подложни на алгоритамска класификација по фамилија песни, а и кои од потенцијалните филогенетски врски меѓу песните и фамилиите што би ги пронашле алгоритмите имаат музиколошка смисла. Понатаму следува правење поширока компаративна статистичка анализа на еволуција вклучувајќи и друг музички корпус.

По формирањето на првичниот каталог со наслови од песни и со почетните биоинформатички анализи беше забележан сличен каталог

во публикацијата *Македонскиџе мелодрафи од крајоџи на XIX век*. Во неа приредувачите, за објавените песни, подготвиле и индекс, во кој за секоја песна референцираат (ако има) и други публикации што го содржат само текстот на песната, само напевот или и двете. Податоците од индексот во оваа збирка можат да послужат во идни проучувања, за верификација на биоинформатичките методи за барање сличности врз веќе проверени податоци со наоди за сличност на напеви кај македонски народни песни, потврдени од етномузиколози.

ЛИТЕРАТУРА

Кирилични изданија

Банин, А. А. 1973. „Об особенностях ладообразования в жанре трудовых артельных песен“. *Музыкальная фольклористика*, Выпуск 1. Москва: Советский композитор, 84–106.

Бицевски, Т. 1986. *Двогласјето во СР Македонија*. Скопје: Институт за фолклор „Марко Цепенков“.

Бицевски, Т. 1988. *Двогласни македонски народни песни*. Скопје: Институт за фолклор „Марко Цепенков“.

Бицевски, Т. 1997. *Мелодикаџа во македонскаџа народна песна*. Скопје: Институт за фолклор „Марко Цепенков“.

Васильевић, М. А. 1953. *Југословенски музички фолклор II: Народне мелодије које се певају у Македонији*. Београд: Просвета.

Величковска, Р. 2009. „Лазарскиј спев јак частина живој обрядовој традицији во Македонији“. *Народна творчестив џа еџнографиа*, по. 3, 32–40.

Владышевская, Т. Ф. 1978. „К вопросу о связи народного и профессионального древнерусского певческого искусства“. *Музыкальная фольклористика*, Выпуск 2. Москва: Советский композитор, 315–335.

Голабовски, С. 1999. „Господи воззвах од Дионис Попоски“. *Музикаџа на почваџа на Македонија: ирилози за истражувањето на историјаџа на култураџа на почваџа на Македонија*. Скопје: Македонска Академија на Науките и Уметностите, 157–162.

Даутовски, Д. 2011. *Тамбураџа во Македонија*. Скопје: ДД КЈУ Продукција.

Кузман, А. 2014. „Елица Илиева – чувар на вокално-инструменталната традиција на с. Каврак, Кратовско“. *Музејски гласник*, година 11, број 7. Кратово: Музеј на град Кратово, 139–156.

Леск, А. М. 2010. *Вовед во Биоинформатика* (трето издание). Прев. од англиски јазик Јосифовска М. и Б. Карбевски. Скопје: Ад Вербум.

Линин, А. 1978. *Тиквешки народни песни*. Скопје: Мисла.

Линин, А. 1983. *Македонскиот сѝих и најев*. Скопје: Македонска книга.

Николиќ, И. 1969. „Десет рукописних македонских народних песама мотива ‘Билјана платно белеше’“. *Македонски фолклор*, год. II, бр. 3–4. Скопје: Институт за фолклор, 229–237.

Поленаковиќ, Х. 1957. „За народната песна ‘Билјана платно белеше’“. *Нова Македонија*, XIII, бр. 4013, 3–4.

Руднева, А. В. 1973. „Анализ музыкално-поэтической строфы песни «Высоко сокол летает»“. *Музыкальная фольклористика*, Выпуск I. Москва: Советский композитор, 6–34.

Стојменович, Ј. 2022. „Крайок воскресник“ во иранскрипција на евројска ноѝација. Ј. Коѝабашија (ур.). Скопје: Центар за византолошки студии.

Фирфов, Ж. (ур.). 1953. *Македонски музички фолклор: Песни 1*. Скопје: Книгоиздателство „Кочо Рацин“.

Фирфов, Ж., М. Симоновски и Р. Проданов (ред.). 1959. *Македонски музички фолклор: Песни 2*. Скопје: Фолклорен институт на НР Македонија, Оддел за народна музика и кореографија.

Фирфов, Ж. и М. Симоновски (ред.). 1962. *Македонскиѝе мелоѝрафи од крајоѝ на XIX век*. Скопје: Институт за фолклор.

Хаѝи-Манев, В. (ур.). 1955. *Македонски народни ѝесни 3*. Скопје: Книгоиздателство за уметничка литература „Кочо Рацин“.

Хаѝи-Манов, В. (ур.). 1953. *Македонски народни ѝесни 1*. Скопје: Државно книгоиздателство за уметничка литература „Кочо Рацин“.

Хаѝи-Манов, В. (ур.). 1954. *Македонски народни ѝесни 2*. Скопје: Државно книгоиздателство за уметничка литература „Кочо Рацин“.

Хаѝиманов, В. 1960. *Македонски борбени народни ѝесни*. Скопје: Книгоиздателство за уметничка литература „Кочо Рацин“.

Шахпаски, А. 2016. *Крайок воскресник. Воведен ѝексѝ и иранскрипција на евројска ноѝација*. Ред. М. П. Шулајковска. Скопје: Центар за византолошки студии.

Латинични изданија

Bayard, S. P. 1950. “Prolegomena to a Study of the Principal Melodic Families of British-American Folk Song”. *The Journal of American Folklore*, vol. 63, no. 247, 1–44.

Bayard, S. P. 1954. “Two Representative Tune Families of British Tradition”. *Midwest Folklore*, vol. 4, no. 1, 13–33.

Bountouridis, D., D. G. Brown, F. Wiering & R. C. Veltkamp. 2017. “Melodic Similarity and Applications Using Biologically-Inspired Techniques”. *Applied Sciences*, 7, 1242, 1–29.

Bronson, B. H. 1949. “Mechanical Help in the Study of Folk Song”. *The Journal of American Folklore*, vol. 62, no. 244, 81–86.

Carvalho, N. & G. Bernardes. 2020. "Towards balanced tunes: A review of symbolic music representations and their hierarchical modeling". *Proceedings of the 11th International Conference on Computational Creativity (ICCC'20)*, 236–242.

Janssen, B., P. van Kranenburg & A. Volk. 2017. "Finding Occurrences of Melodic Segments in Folk Songs Employing Symbolic Similarity Measures". *Journal of New Music Research*, vol. 46, no. 2, 118–134.

Kranenburg, P. van, A. Volk & F. Wiering. 2013. "A Comparison between Global and Local Features for Computational Classification of Folk Song Melodies". *Journal of New Music Research*, vol. 42, no. 1, 1–18.

Müllensiefen, D. & K. Frieler. 2003. "Cognitive Adequacy in the Measurement of Melodic Similarity: Algorithmic vs. Human Judgments". *Music Query: Methods, Models, and User Studies. Computing in Musicology*, 13, 1–30.

Needleman, S. B. & C. D. Wunsch. 1970. "A general method applicable to the search for similarities in the amino acid sequence of two proteins". *Journal of molecular biology*, vol. 48, issue 3, 443–453.

Paradis, E. & K. Schliep. 2019. "ape 5.0: an environment for modern phylogenetics and evolutionary analyses in R". *Bioinformatics*, 35, 526–528.

Park, S., T. Kwon, J. Lee, J. Kim & J. Nam. 2019. "A cross-scape plot representation for visualizing symbolic melodic similarity". *Proceedings of the 20th ISMIR Conference held in Delft, Netherlands*, 423–430.

Saitou, N. & M. Nei. 1987. "The Neighbor-Joining Method: A New Method for Reconstructing Phylogenetic Trees". *Molecular Biology and Evolution*, 4, 406–425.

Savage, P. E. & Q. D. Atkinson. 2015. "Automatic tune family identification by musical sequence alignment". *Proceedings of the 16th International Society for Music Information Retrieval Conference*, held in 2015, ISMIR, 162–168.

Savage, P. E., C. Cronin, D. Müllensiefen & Q. D. Atkinson. 2018. "Quantitative evaluation of music copyright infringement". *Proceeding of the 8th International Workshop on Folk Music Analysis (FMA2018)*. Thessaloniki: Aristotle University of Thessaloniki, Greece, 61–66.

Savage, P. E., S. Passmore, G. Chiba, T. E. Currie, H. Suzuki & Q. D. Atkinson. 2022. "Sequence alignment of folk song melodies reveals cross-cultural regularities of musical evolution". *Current Biology*, vol. 32, 1395–1402.

Сајтографија

„Македонски народни песни со ноти“, <https://www.pelister.org/folklore/songs/> [Пристапено на 26.4.2023].

Miščenko, N. (Studenti Muzičke Akademije). 1955. “Narodne pjesme iz raznih krajeva FNRJ”. *Digitalni repozitorij Instituta za etnologiju i folkloristiku*, <https://repozitorij.dief.eu/a/?pr=i&id=69674> [Пристапено на 1.04.2024].

Pageš, H., P. Aboyou, R. Gentleman & S. DebRoy. 2024. “Biostrings: Efficient manipulation of biological strings”. R package version 2.72.1, <https://bioconductor.org/packages/Biostrings> [Пристапено на 18.6.2024].

R Core Team. 2021. “R: A language and environment for statistical computing”. *R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria*, <https://www.R-project.org/> [Пристапено на 18.6.2024].

Stalevski, Z. 2005, www.pesna.org [Пристапено на 26.6.2024].

Голабовски, С. 1985. *Музичкиѝе ракоѝиси оѝ охридскаѝа збирка и најсѝариѝе сочувани македонски ѝприоди на словенски јазик*. Скопје: Универзитет „Св. Кирил и Методиј“; Факултет за филозофско-историски науки, УКИМ [докторска дисертација], <http://hdl.handle.net/20.500.12188/1573> [Пристапено на 13.4.2023].

Јузмески, М. 2018. „Билјана, ИзвориТЕ, ПЕСНАТА“, <https://www.ohridnews.com/bil-ana-izvorite-pesnata/> [Пристапено на 23.3.2024].

Линин, А. 1976. *Македонскиѝ сѝих и најев*. Скопје: Факултет за Музичка и Драмска Уметност, УКИМ [докторска дисертација], <http://hdl.handle.net/20.500.12188/16830> [Пристапено на 31.8.2023].

Спироски, М. и О. Спироски. 2009. *Македонски народни ѝесни оѝ Полоѝ, Македонија: Сардисале Лешочкиѝи манасѝир, Танец се иѝра сред село и ѝр. = Macedonian folk songs from Polog, Macedonia: Surrounding of the Lesok Monastery, A dance is played in the middle of the village etc.* Скопје: Спироски М., <http://spiroski.com.mk/книга-2/> [Пристапено на 28.11.2022].

Фирфов, Ж. 2023. *Мелоѝрамска колекција: Песни I*. Бужаровски, Д. и Т. Јорданоска (ур.). Скопје: Buzarovski Archive, http://buzar.mk/Books/ZFirfov_Melogramska_kolekcija_PesniI.pdf [Пристапено на 25.8.2023].

Прилог бр. 1

Табела – Буквизирани мелодии: <https://osf.io/9f6mz>

Прилог бр. 2

Мелограми од избраните примери: <https://osf.io/4dcb6>

**CLASSIFICATION OF MELODIES OF FOLK SONGS AND CHURCH
CHANTS FROM MACEDONIA AND RUSSIA USING BIOINFORMATICS
ALGORITHMS⁴**

Ogden Spiroski, Faculty of Natural Sciences & Mathematics, Skopje
Aleksandra Kuzman, “Marko Cepenkov” Institute of Folklore, Skopje
Velika Stojkova-Serafimovska, “Marko Cepenkov” Institute of Folklore,
Skopje

Dragan Dautovski, Faculty of Music Arts, Skopje
Ljupčo Kocarev, Faculty of Computer Science and Engineering;
Macedonian Academy of Sciences and Arts

Summary

Searching for similarities between (notated) songs is a shared domain of interest for musicology and computer science, which has produced various methods for quantitative comparison and analysis of various formats of music representation. In ethnomusicology, the study of folk songs has recognized the existence of similar songs in the folklore of one people, as well as between different peoples, whose variants form “tune families”. The analyses of similarities between two or more melodies may be done by aligning their note sequences, which in the past was done manually by experts and with qualitative analyses of a limited number of samples. Today it is possible to perform automated analyses of a big corpus of songs using computer algorithms and quantitative computation of song similarities. Bioinformatics sequence alignment algorithms, used to search for similarities between genes and proteins, have been successfully used for finding similarities between song melodies and their classification in “tune families”.

In this paper we present the successful application of bioinformatics algorithms for finding similarities between songs and their phylogenetic analyses. The examples used are divided in 3 mini-corpus of melodies, of which the first corpus is with variants of folk songs from Macedonia (including ritual Lazar songs), and the other two corpus combine melodies of folk songs and church chants from Macedonia and Russia. First we analyze the individual mini-corpus and then their combination, using two types of phylogenetic trees. The algorithms successfully recognize and group the variants of the songs, as members of one cluster i.e. one “tune family”. The results are repeated in the combined corpus, continuing with the successful automated groupings into families, as well as grouping together the stylistically similar songs (folk and church), with discernment between geographical variations. The results of this paper quantitatively validate the qualitative musicological research from Macedonia about the orthodox church chants, their variants and their similarities to folk songs. Furthermore, we present algorithmic finds for similarities between the music examples from Macedonia and Russia.

⁴ Appendices and data sets for the tune families, hosted on Open Science Framework (OSF): <https://osf.io/sfbx7/>.