

**სიმჰა არომი, ფლორენს კარონ-დარა,  
მიხელ კასტელანო, ფრანკ კინი (საფრანგეთი)  
ანა ლოლაშვილი (საქართველო), ფრანკ შერბაუმი (გერმანია)**

**აკორდაბისა და აკორდული თანმიმდევრობების კატეგორიზაცია  
ქართულ მრავალხმიანობაში (მუშაობის პროცესი გრძელდება)**

**შესავალი**

პრეზენტაციაში გვსურს, წარმოგიდგინოთ ჩვენი ნამუშევარი მიმდინარე ფაზაზე, რომელიც მოიცავს აკორდების წარმოებისა და აკორდული თანმიმდევრობების სტრუქტურათა მახასიათებლების განსაზღვრას ტრადიციულ ქართულ მრავალხმიან ვოკალურ მუსიკაში. აქ წარმოდგენილი ნაშრომის მიზანია, შემთხვევით შერჩეული, ტრადიციული ქართული სიმღერის ციფრულ პარტიტურაზე დაყრდნობით (musicXML ფაილი), მისი დიალექტისა და/ან ჟანრის კომპიუტერული განსაზღვრის სამუშაო პროცესის ჩვენება. ეს ნამუშევარი მოიცავს კონცეპტუალურ, ტექნიკურ, მუსიკალურ და აღქმით გამოწვევებს (ზოგიერთის აქ განვიხილავთ), რომელთა ამომწურავად და დეტალურად განხილვას დღეს ვერ შევძლებთ.

ამ პროექტს გრძელი პრეისტორია აქვს:

- პირველი ნაბიჯები ჩვენი წინამდებარე ნაშრომის მიმართულებით: (Arom & Vallejo, 2008, 2010). იმ დროს მხოლოდ სიმჰა არომი და ფრანკ კინი შეხვდნენ (1990).
- 2010-დან 2015 წლებში ფრანკ კინმა და ფრანკ შერბაუმმა (2010) და სიმჰა არომმა და ფრანკ შერბაუმმა (2014) და სიმჰა არომმა და ფლორენტ კარონ-დარასმა (2015) ერთად დაიწყეს მუშაობა. ამან მოგვიყვანა მცირე კვლევების პირველ სერიამდე, ჩვენი ამჟამინდელი სამუშაოს ქვეპრობლემებამდე, რომლებიც დაგვცემარა გამოგვევლინა ზოგიერთი ძირითადი დაბრკოლება, რომლის წინაშეც ახლა ვდგავართ: (Arom et al., 2018; Scherbaum et al., 2015, 2016b, 2016a).

პირველი მთავარი პრობლემა, რომლის გადაჭრა მხოლოდ ახლა შეგვიძლია, არის შემდეგი: როგორ უნდა გავუმკლავდეთ იმას, რომ ტრადიციული ქართული მუსიკის ტონალური ორგანიზაცია არ შეესაბამება 12TET (12 ტონიან ტემპერირებულ) სისტემას, რომელსაც დასავლური ნოტაცია ეფუძნება. საჭირო გახდა რამდენიმე აკუსტიკური კვლევა (Scherbaum et al., 2020, 2022) და რიგი კონცეპტუალური ჩიხების შესწავლა (მაგ. დასავლური ეკლესიის კილოების განსაზღვრა, ფინალისი, როგორც მისათითებელი ნოტი, სანამ ვიპოვებთ მიმდინარე სამუშაო მიდგომა).

მეორე მთავარი დაბრკოლება, რომელიც უნდა გადაგველახა იყო ის, რომ სანამ ანა ლოლაშვილი გუნდს შეუერთდებოდა 2021 წელს, გუნდში ქართველები არ იყვნენ და ამიტომ ვღელავდით, რომ ჩვენს სამუშაო ჰიპოთეზებს, მაგ. რა არის არსებითი და რა არის ნაწარმოების ორნამენტული ასპექტები, რომელია ტონალური ცენტრები და/ან მისათითებელი ნოტები, შესაძლოა ვერ გაეძლო ჩვენი ქართველი კოლეგების მკაცრ შეკითხვებისთვის.

2019-დან 2021 წლამდე, წყობისა და ბგერათრიგის დასადგენად, ჩვენ მოგვინია სანოტო ტრანსკრიფციისგან დისტანცირება, რადგან ისინი ზღუდავდნენ მუსიკას ტონალური და ტემპერირებული ორგანიზაციის ჩარჩოში, მაგალითად, საგასაღებო ნიშნების, ნახევარ ტონებისა და მოდულაციების არსებობით. ჩვენ უნდა გადავსულიყავით უშუალოდ აკუსტიკური ანალიზისკენ.

დღეს, როდესაც დავადგინეთ, რომ ქართული მრავალხმიანობა ეფუძნება დაახლოებით უნიტონურ ჰეპტატონურ ბგერათრიგს, წმინდა კვარტისა და კვინტის

დამახასიათებელი ვერტიკალური კოორდინაციით, შევძელით გაგვეგრძელებინა ჩვენი სტრუქტურული და სინტაქსური კვლევა. ჩვენი კვლევის კორპუსში ხელახლა შესული სანოტო მასალისთვის უკვე ახალი მიდგომა შევიმუშავეთ. ეს მონაცემები აუცილებელია ჩვენს პროცესში, რადგან ისინი წარმოადგენს აკუსტიკური ველის სიმბოლიზაციას და ეს სიმბოლიზაცია იწვევს გამარტივებასა და სტანდარტიზაციას. ისინი გვაძლევენ საშუალებას ვისაუბროთ ნოტებით და არა სიხშირით. როდესაც ეს სანოტო ტექსტები მიიღება ციფრულ ფორმატში, ისინი წარმოადგენენ ჩვენი მონაცემთა ბაზის ძირითად მასალას გამოთვლითი ანალიზისთვის. ამ გზით, ჩვენ შეგვიძლია გავუმკლავდეთ სიმღერების ძალიან დიდ რაოდენობას ჩვენი ანალიზის გასამყარებლად.

### **მიმდინარე სამუშაო პროცესი**

ჩვენი მიმდინარე წინასწარი დამუშავების სამუშაო პროცესი რამდენიმე ეტაპისგან შედგება.

1. ციფრული სანოტო ტექსტების გასუფთავება: სიმღერის 3 ხმის გამოყოფა სხვადასხვა სტრიქონებზე (ტექნიკური მიზეზით), გამვლელი, მეზობელი, გადასაწყვეტი ტონების, ორნამენტების, აპოგიატურების, შეკავებისა და შეჩერების ამოღება ისე, რომ განმედილი პარტიტურები შეიცავდეს მხოლოდ ნოტებს სამ ხმად, თითო ხმას თითო სტრიქონზე და სხვას არაფერს (Arom, 2017). ეს არის წმინდა ტექნიკური წინასწარი დამუშავების ეტაპი, რომელიც დიდ ყურადღებასა და ბევრ დროს მოითხოვს.

2. სანოტო ტექსტების შემცირება მათ „ჰარმონიულ საყრდენებამდე“: მხოლოდ სტრუქტურული აკორდების დატოვება. ციფრული ვერსიიდან „უხილავი ნოტების“ ამოღება.

3. სანოტო ტექსტების musicXML ფაილებად დაკონვერტირება.

4. დამუშავების პროცესის შემდეგი ნაბიჯი მოიცავდა ციფრული პარტიტურის კორექტირებას და მორგებას დასავლურ ხუთხაზიან სანოტო სისტემასთან, რომელიც არსებითად ეფუძნება 12 ტონიანი თანაბრად ტემპერირებულ (12TET) ნყობას. ძველი და ბოლოდროინდელი ჩანაწერების ტონალური ორგანიზების აკუსტიკური ანალიზი (Scherbaum et al., 2020, 2022) ამკარად მიუთითებს, რომ ეს შესაბამისია. ესეც კონსენსუსია ჩვენს ქართველ კოლეგებს შორის. ჩვენი აზრით, ტრადიციული ქართული ვოკალური მუსიკის ტონალური ორგანიზაციის აღწერა, როგორც ჩანს, მეტს მოითხოვს, ვიდრე მხოლოდ ერთ ფიქსირებულ ნყობას, რადგან ჰარმონიული და მელოდირი ბგერათრიგები განსხვავდება ერთმანეთისგან (ყოველ შემთხვევაში მე-2-თან მიმართებაში). გარდა ამისა, მელოდირი ინტერვალების სიდიდე (როგორც ტონალური ორგანიზაციის მესამე ასპექტი) ძალზე ცვალებადია და ისევე განსხვავებულ ამბავს მოგვითხრობს (მელოდირი ინტერვალების სიდიდის განაწილების მოდალური მნიშვნელობით გააზრება თანაბარ მელოდირ ბგერათრიგზეც კი მიგვითითებს). ჩვენი მუშაობის კონტექსტში, თავიდან ავიცილებთ გადაწყვეტილების მიღებას კონკრეტული ნყობის სისტემაზე. ამის ნაცვლად, ჩვენ ვაკეთებთ დაშვებას, რომ:

ა. მელოდირი ბგერათრიგი არის ჰეპატატონური (გაურკვეველი ზუსტი ინტერ—ვალური სტრუქტურით ცენტრში) და

ბ. თუ ჩვენ მოვხსნით ყველა შემთხვევითობას და ავიღებთ ბგერათრიგის სიმალეების განსხვავებას ორ ხმას შორის, მივიღებთ შესაბამის ჰარმონიულ ინტერვალს. იმისათვის, რომ შევადაროთ ბანის ხმის ბგერათრიგი, ჩვენ განვსაზღვრავთ ბანის ბოლო ბგერის სიმალლეს, როგორც 0-ს, მის ქვემოთ ბგერებს

უარყოფითი რიცხვებით, ხოლო ზედა ბგერებს დადებითი რიცხვებით. ეს მოგვცემს ბგერათრიგების შედარების საშუალებას. მაგალითი: ბანის ხმის ბგერა: -1, შუა ხმა: 3, ზედა ხმა: 4. შედეგად მიღებული აკორდი იქნება {-1, 4, 5}, პირველი რიცხვი იქნება ბანის ხმის სიმაღლე და მეორე და მესამე რიცხვები ინტერვალები ბანიდან შუა ხმამდე და ბანიდან ზედა ხმამდე.

ამ დამუშავების სტრატეგიის გამოყენებით, ჩვენ ვიღებთ ცხრილს, რომელიც შეიცავს სრულ აკორდულ თანმიმდევრობას თითოეული სიმღერისთვის (ნახ. 1).

### **მონაცემთა ნაკრები და წინასწარი შედეგები**

ამჟამინდელი მდგომარეობის შესასწავლად ჩვენ დავამუშავეთ დაახლოებით 120 სიმღერა ხუთი სხვადასხვა კრებულიდან: GEL (გელათი), KAR (ქართლ-კახური ლიტურგიული), SHE (შემოქმედი), FO1 (ხალხური სიმღერები), GUR (გურული ხალხური სიმღერები).

მონაცემთა ნაკრები შეირჩა სანოტო კრებულების კოლექციების საფუძველზე, რომლებიც იმ დროისთვის ხელმისაწვდომი იყო XML ფორმატში ანა ლოლაშვილისთვის, გარკვეული მრავალფეროვნების მიღწევის და გრძელვადიან პერსპექტივაში, თითოეულ კატეგორიაში სიმღერების რაოდენობის გაზრდის მიზნით.

მას შემდეგ, რაც აკორდული თანმიმდევრობის ცხრილები (შდრ. სურ. 1) მომზადდა, მათში შემავალი ინფორმაციის გამოყენების მრავალი განსხვავებული გზა არსებობს. ერთი რამ აშკარაა, შეგვიძლია მარტივად გავაანალიზოთ კონკრეტული აკორდების ან აკორდული თანმიმდევრობის პერიოდულობა (სურ. 2).

როგორც საბოლოო მაგალითი და პერსპექტივა ჩვენი პროექტის შემდგომი ნაბიჯებისთვის, მოკლედ ვაჩვენებთ ჩვენს მონაცემთა ბაზაში არსებულ სხვადასხვა ტიპის ხშირად გამოყენებული კლასიფიკაციის ალგორითმების გამოცდის შედეგებს და შევამოწმებთ რამდენად კარგად მოქმედებენ ისინი ჯერ კიდევ არაკატეგორირებული სიმღერების კლასიფიკაციისას. ვინაიდან მონაცემთა ნაკრები ჯერ კიდევ მცირეა, ჩვენ ხაზს ვუსვამთ, რომ ეს ძალიან წინასწარი შედეგია. კონკრეტულად, კორპუსის  $\frac{3}{4}$  გამოვიყენეთ ცდისთვის და  $\frac{1}{4}$  ტესტირებისთვის. სხვადასხვა კლასიფიკატორები: Markov, Random Forest, Naïve Bayes, Support Vector Machine, Nearest Neighbor და Logistic Regression, საკმაოდ განსხვავებულად მოქმედებდნენ, საუკეთესომ (მარკოვმა) სწორად მოახდინა ტესტის მონაცემების დაახლოებით 95% კლასიფიკაცია. შედეგად მიღებული დაბნეულობის მატრიცა ნაჩვენებია სურ. 3-ში.

### **რატომ მუშაობს ასე კარგად?**

დაბოლოს, არსებობს ორი შესაძლო მიზეზი, რის გამოც კლასიფიკაცია ასე კარგად მუშაობს. პირველ რიგში, შესაძლოა სხვადასხვა ქვეკორპორატების აკორდების წარმოქმნა მნიშვნელოვნად განსხვავდებოდეს, რაც – დაუდევრად რომ ვთქვათ – უადვილებს კლასიფიკაციის ალგორითმს ადრე „არა კატეგორირებული“ სიმღერისთვის შესაბამისი ასოციაციის პოვნას. იმისათვის რომ ეს მოხდეს, კონკრეტული აკორდების გაჩენის სიხშირე მკვეთრად განსხვავდება ქვეჯგუფებს შორის. იმ შემთხვევებში, როდესაც აკორდების წარმოქმნა მნიშვნელოვნად არ განსხვავდება, შესაძლოა აკორდული თანმიმდევრობა (და არა თავად აკორდები) განსხვავდებოდეს ქვეჯგუფებს შორის. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, სხვადასხვა ქვეკორპორები განსხვავებულად იყენებენ აკორდებს. ამის შესამოწმებლად, ჩვენ გამოვთვალეთ წარმოქმნის პროფილების სიხშირე ყველაზე ხშირად ერთობლივად გამოყენებული აკორდებისთვის სხვადასხვა ქვეჯგუფებში (სურ. 4).

სურათი 4-ში. სხვადასხვა ქვეჯგუფების აკორდების წარმოქმნის პროფილები მთელი კორპუსის აკორდული თანმიმდევრობის საშუალო პროფილთან შედარებით. აკორდის ეტიკეტებზე მითითებულია ინტერვალები ბანსა და შუა ხმასა და ბანსა და ზედა ხმას შორის შესაბამისად. თითოეული აკორდის ჰისტოგრამის ზოლები მიმაგრებულია ამ აკორდის წარმოქმნის საშუალო სიხშირეზე მთელ კორპუსში. საშუალო ხაზის ზემოთ მყოფი ზოლები მიუთითებს იმაზე, რომ ამ კორპუსში შესაბამისი აკორდი (იხ. ფერის კოდი) გამოიყენება საშუალოზე უფრო ხშირად, ხოლო ქვემოთ მიმავალი ზოლები მიუთითებს იმაზე, რომ ის ნაკლებად გამოიყენება.

სურ. 4 გვიჩვენებს, რომ ცალკეულ ქვეკორპორებს შორის აკორდული თანმიმდევრობებიდან გამომდინარე, მნიშვნელოვანი განსხვავებებია კონკრეტული აკორდების გამოყენებაში (მაგ. (3-7), (4-8)). შესაბამისად, აკორდული თანმიმდევრობის მახასიათებლებიც განსხვავებული იქნება. დაუდევრად რომ ვთქვათ, კლასიფიკაციის ალგორითმი გთავაზობთ მრავალ ფუნქციას გამოსაყენებლად. თუმცა, გვინდა ხაზგასმით აღვნიშნოთ, რომ მონაცემთა ნაკრები ჯერ კიდევ საკმაოდ მცირეა და ჯერ კიდევ ბევრი დამატებითი სამუშაო გველის, სანამ მზად ვიქნებით ზოგადი დასკვნების გასაკეთებლად.

### **რა არის შემდეგი?**

შემდეგი ნაბიჯები იქნება ჩვენი კორპუსის გაზრდა და შედეგების სტაბილურობის შემოწმება. ეს პროცესი უკვე მიმდინარეობს.

### **დასკვნები და პერსპექტივები**

შედეგები ძალიან დამაიმედებელია, რადგან მათ თანახმად აკორდული თანმიმდევრობის ცხრილი შეიცავს საკმარის დამახასიათებელ შაბლონებს მიმდინარე მონაცემების საკმაოდ წარმატებით და სწორად დასალაგებლად. როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ჩვენ ამას არ განვიხილავთ როგორც საბოლოო შედეგს, არამედ როგორც მნიშვნელოვან შუალედურ წინგადადგმულ ნაბიჯს ქართული მრავალხმიანობის ჰარმონიული ორგანიზების წესების ძიებაში, ჩვენს მიმდინარე მოგზაურობაში.

თუ თქვენ დაინტერესებული ხართ ამ პროექტში ციფრული პარტიტურების შეტანით, გთავაზობთ, შემოუერთდეთ ჩვენს გუნდს.

### **მადლიერებები**

ავტორები მადლობას ვუხდით მიშელ კასტელენგოს ღირებული მოსაზრებებისა და ჩვენი პროექტის მოძალობის განსაზღვრაში დახმარებისთვის; თორნიკე სხიერელს, მუშაობის გადამწყვეტ ეტაპზე პრაქტიკულ ექსპერიმენტებში მნიშვნელოვანი დახმარებისთვის და რუსუდან ნურნუმიას, მრავალი წლის განმავლობაში წახალისებისა და ასისტირებისთვის, მათ შორის, სულ ახლახან ჩვენს გუნდში ანა ლოლაშვილს შემომატებისთვის.

**თარგმნა ბაია ეუუნაძემ**