

**Harmonia - ვებ პლატფორმა ქართული საგალობლებისა
და ხალხური სიმღერების ნოტების გაციფრების,
ინტერაქტიული რედაქტირებისა და ჟანრის ანალიზისთვის**

ნინო დაუთაშვილი

სამაგისტრო ნაშრომი წარდგენილია ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტის ბიზნესის,
ტექნოლოგიისა და განათლების ფაკულტეტზე პროგრამული ინჟინერიის
მაგისტრის აკადემიური ხარისხის მინიჭების მოთხოვნების შესაბამისად

პროგრამული ინჟინერია

ნაშრომის ხელმძღვანელი: შოთა ცისკარიძე, ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტის
ასოცირებული პროფესორი

პროექტის ხელმძღვანელი: ლელა მირცხულავა



**ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტი
თბილისი, 2026**

განაცხადი

როგორც წარდგენილი სამაგისტრო ნაშრომის ავტორი, ვაცხადებ, რომ ნაშრომი ჩემი ორიგინალური ნამუშევარია და არ შეიცავს სხვა ავტორების მიერ აქამდე გამოქვეყნებულ, გამოსაქვეყნებლად მიღებულ ან დასაცავად წარდგენილ მასალებს, რომლებიც არ არის მოხსენიებული ან ციტირებული სათანადო წესების შესაბამისად.

ნინო დაუთაშვილი

19 ივნისი 2026

მადლობა

წინამდებარე სამაგისტრო ნაშრომზე მუშაობის დასრულება ჩემთვის არა მხოლოდ მნიშვნელოვანი აკადემიური ეტაპი, არამედ უდიდესი პიროვნული გამოცდილებაა, რომლის რეალიზებაც შეუძლებელი იქნებოდა იმ ადამიანების მხარდაჭერის გარეშე, რომლებიც ამ გზაზე გვერდში მედგნენ.

პირველ რიგში, უღრმეს და განსაკუთრებულ მადლობას ვუხდით ჩემი ნაშრომის ხელმძღვანელს, ბატონ შოთა ცისკარიძეს. მისი მხრიდან გაწეული ხელმძღვანელობა და ყოველი შეხვედრისას დათმობილი დრო ჩემთვის ფასდაუდებელი იყო. მადლობელი ვარ იმ განსაკუთრებული მორალური თანადგომისა და გამხნევებისთვის, რასაც პროექტის ყველაზე რთულ, დატვირთულ და ემოციურ პერიოდებშიც კი ვიღებდი მისგან.

ასევე, მინდა მადლობა გადავუხადო პროექტის ხელმძღვანელს, ქალბატონ ლელა მირცხულავას აკადემიური მხარდაჭერისთვის და პროექტით დაინტერესებისთვის. მადლობას ვუხდით ბატონ თამაზ გაბისონიას, რომლის ინიციატივამ, მოთხოვნამ და იდეამ საფუძველი ჩაუყარა მოცემული აპლიკაციის შექმნას და კვლევის მიმართულების განსაზღვრას.

მადლობას ვუხდით ჩემს თანაგუნდელებს – ნოდარს, დავითს და ნიკოლოზს, რთული და საინტერესო სამაგისტრო გზის ერთად გავლისთვის.

დაბოლოს, ყველაზე დიდი, თბილი და უსაზღვრო მადლიერება მინდა გამოვხატო ჩემი ოჯახის წევრების მიმართ. მადლობა უდიდესი მოთმინებისთვის, ხელშეწყობისთვის, უპირობო გაგებისა და ურყევი რწმენისთვის, რომელსაც განსაკუთრებით ვგრძნობდი ყველაზე კრიტიკულ მომენტებში. თქვენი თანადგომა იყო ჩემი მთავარი მამოძრავებელი ძალა ამ გზის გავლისას.

ნინო დაუთაშვილი

აბსტრაქტი

წინამდებარე სამაგისტრო ნაშრომი ეძღვნება ოპტიკურად ამოცნობილი მუსიკალური დოკუმენტების პერიფიკაციისა და კორექციისათვის განკუთვნილი ინტერაქციული ვებ-პლატფორმის კვლევას, დიზაინსა და იმპლემენტაციას. კვლევის ძირითად პრობლემას წარმოადგენს ის, რომ ოპტიკური მუსიკალური ამოცნობის (Optical Music Recognition, OMR) თანამედროვე მეთოდები ვერ უზრუნველყოფენ უშეცდომო ტრანსკრიფციას, რის გამოც მიღებული შედეგები საჭიროებს ადამიანის მონაწილეობას. მიუხედავად OMR ალგორითმების განვითარების პროგრესისა, ნაკლებად არის შესწავლილი ეფექტური პერიფიკაციისა და კორექციის გარემოების დიზაინისა და გამოყენებადობის საკითხები.

ნაშრომის მიზანია OMR სისტემებისათვის ადამიანზე დაფუძნებული (Human-in-the-Loop) სამუშაო პროცესის კვლევა და მის საფუძველზე ერთიანი ვებ-პლატფორმის შემუშავება. კვლევის ფარგლებში გაანალიზებულია OMR შედეგების წარმოდგენისა და რედაქტირების სხვადასხვა მიდგომა და შემოთავაზებულია ინტერაქციული რედაქტირების მოდელი, რომელიც აერთიანებს ვიზუალიზაციას, კორექციას, კლასიფიკაციასა და დოკუმენტის MusicXML ფორმატში ექსპორტს.

სისტემის ცენტრალურ ელემენტს წარმოადგენს ზედდებაზე დაფუძნებული ვიზუალიზაცია, რომლის დროსაც ამოცნობილი მუსიკალური სიმბოლოები პირდაპირ თავსდება საწყის დოკუმენტზე, რაც ამარტივებს შეცდომების აღმოჩენასა და კორექციას. დამატებით შემუშავებულია ავტომატური გასწორების მექანიზმი სიმბოლოებისა და გამოსახულების პოზიციური შესაბამისობის გასაუმჯობესებლად.

კვლევის შედეგად ჩამოყალიბდა OMR პერიფიკაციისა და კორექციის პლატფორმის არქიტექტურული და გამოყენებადობის პრინციპები და შეიქმნა ფუნქციური ვებ-პლატფორმის პროტოტიპი, რომელიც აერთიანებს OMR შედეგების ვიზუალიზაციას, ინტერაქციულ რედაქტირებას, კლასიფიკაციასა და ექსპორტს ერთიან სამუშაო გარემოში.

ძირითადი საძიებო სიტყვები: OMR, MusicXML, ზედდებით ვიზუალიზაცია, IoU-ზე დაფუძნებული სწორება, ინტერაქციული რედაქტირება, SMuFL სტანდარტი.

Abstract

This master's thesis is devoted to the research, design, and implementation of an interactive web platform for the verification and correction of optically recognized musical documents. The main problem addressed by this research is that modern Optical Music Recognition (OMR) methods cannot guarantee error-free transcription, requiring human involvement in the verification and correction of the generated results. Despite significant progress in OMR algorithms, the design and usability aspects of effective verification and correction environments remain insufficiently explored.

The objective of this thesis is to investigate a Human-in-the-Loop workflow for OMR systems and to develop an integrated web platform based on the findings of this research. Different approaches to the presentation and editing of OMR results are analyzed, and an interactive editing model is proposed that combines visualization, correction, classification, and export to the MusicXML format.

The central component of the system is an overlay-based visualization approach, in which recognized musical symbols are directly superimposed on the source document, simplifying the identification and correction of recognition errors. In addition, an automatic alignment mechanism has been developed to improve the positional correspondence between recognized symbols and the original document.

As a result of the research, architectural and usability principles for OMR verification and correction platforms were established, and a functional web platform prototype was developed. The prototype integrates OMR result visualization, interactive editing, classification, and export capabilities within a unified working environment.

Keywords: OMR, MusicXML, Overlay Visualization, IoU-Based Alignment, Interactive Editing, SMuFL Standard.