

**ნახევრადავტომატური OMR მანქანური სწავლების სისტემის
შემუშავება ნოტების მონაცემთა კორპუსის
შექმნა-გაფართოებისთვის**

დავით დათუნაშვილი

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: თამაზ გაბისონია



**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.

დავით დათუნაშვილი

26 ივნისი 2026

მადლობა

პირველ რიგში, გულწრფელი მადლობა მინდა გადავუხადო ჩემი სამაგისტრო ნაშრომის ხელმძღვანელს, ბატონ შოთა ცისკარიძეს, მისი შეუცვლელი მხარდაჭერისა და პროფესიონალური ხელმძღვანელობისთვის. მიუხედავად დატვირთული გრაფიკისა, ბატონი შოთა ყოველთვის ახერხებდა ჩემთვის დროის გამონახვას რჩევებისა და მიმართულების მოსაცემად. დისკუსიები მასთან მნიშვნელოვან საკითხებზე იყო განსაკუთრებულად ინფორმატიული და პროდუქტიული, რაც სერიოზულად დამეხმარა გადაწყვეტილებების მიღებაში და ნაშრომის კვლევითი კომპონენტის ჩამოყალიბებაში.

ამავე დროს, განსაკუთრებული მადლობა მინდა გადავუხადო პროექტის ხელმძღვანელს, ბატონ თამაზ გაბისონიას, რომლის უშუალო ჩართულობამ და დახმარებამ მნიშვნელოვანი როლი შეასრულა პროექტის ტექნიკური მოთხოვნების განსაზღვრასა და აპლიკაციის ფუნქციონალის გადამოწმებაში. მისი გამოცდილება და რჩევები იყო ჩემთვის დიდი მხარდაჭერა და დამატებითი მოტივაცია.

გარდა ამისა, მადლობა ვუხდით ჩემს გუნდელებს: ნიკოლოზ ოქრუაშვილს, ნოდარ მელქოიანსა და ნინო დაუთაშვილს. მათი თანამშრომლობა, OMR ძრავის, ანალიტიკის სერვისისა და Harmonia-ს ედიტორის შემუშავებაში, ამ პროექტის განხორციელების საფუძველი გახდა.

და ბოლოს, უზომოდ მადლიერი ვარ ჩემი ოჯახის, რომლის შეუწყვეტელი მორალური მხარდაჭერა, სითბო და გულშემატკივრობა მეხმარებოდა ნაშრომზე მუშაობის რთულ და ინტენსიურ პერიოდში.

დავით დათუნაშვილი

აბსტრაქტი

წინამდებარე სამაგისტრო ნაშრომი ეძღვნება ნახევრადავტომატური ოპტიკური მუსიკის ამოცნობის (Optical Music Recognition, OMR) მანქანური სწავლების სისტემის (Machine Learning System, ML System) შემუშავებას ქართული საგალობლებისა და ხალხური მრავალხმიანი სიმღერების სანოტო ჩანაწერების ციფრულ ფორმატში გარდასაქმნელად და სტრუქტურირებული მუსიკალური კორპუსის შესაქმნელად.

ნაშრომის მთავარი მიზანია არა კონკრეტული OMR მოდელის შემუშავება, არამედ სიცოცხლისუნარიანი ML/MLOps სისტემის სრული სასიცოცხლო ციკლის კვლევა, დიზაინი და იმპლემენტაცია, რომელიც აერთიანებს მონაცემთა შეგროვების, ანოტაციის, მოდელის გამოყენების, შედეგების კორექციის, მონიტორინგის, ხელახალი სწავლებისა და უწყვეტი გაუმჯობესების მექანიზმებს.

კვლევა ეფუძნება მონაცემებზე ორიენტირებულ და ადამიანის მონაწილეობაზე დაფუძნებულ მიდგომებს და იყენებს მიკროსერვისულ არქიტექტურას, რომელიც აერთიანებს OMR სერვისებს, ჟანრის კლასიფიკატორს, მონაცემთა ძვრის მონიტორინგსა და Harmonia Editor-ის საშუალებით ინტერაქტიულ კორექციას.

ML სისტემის სამუშაო-ჯაჭვი მოიცავს სანოტო გამოსახულებების წინასწარ დამუშავებას, მუსიკალური სიმბოლოების ამოცნობას, MusicXML ფორმატში გარდაქმნას, ინტერაქტიულ კორექციასა და მოდელის უწყვეტი სწავლებისა და გაუმჯობესების პროცესებს.

შეფასების შედეგები აჩვენებს, რომ მომხმარებლის უკუკავშირზე დაფუძნებული კორექციის მექანიზმი ხელს უწყობს OMR სისტემის გაუმჯობესებასა და მუსიკალური კორპუსის გაფართოებას. კვლევის შედეგად მიღებულია სიცოცხლისუნარიანი ML/MLOps ინფრასტრუქტურა, რომელიც ქმნის საფუძველს ქართული მუსიკალური მემკვიდრეობის გაციფრებისა და შემდგომი კვლევებისათვის.

ძირითადი საკვანძო სიტყვები: Optical Music Recognition, MusicXML, MLOps, Human-in-the-Loop, Continual Learning, მონაცემთა ძვრა, ქართული მუსიკალური კორპუსი.

Abstract

This master's thesis is dedicated to the development of a semi-automated Optical Music Recognition (OMR) machine learning system for transforming musical scores of Georgian chants and traditional polyphonic folk songs into digital formats and creating a structured musical corpus.

The primary objective of the thesis is not the development of a specific OMR model, but rather the research, design, and implementation of a production-grade ML/MLOps system covering the entire machine learning lifecycle, including data collection, annotation, model deployment, result correction, monitoring, retraining, and continuous improvement mechanisms.

The research follows data-centric and human-in-the-loop approaches and employs a microservices-based architecture integrating OMR services, a genre classification component, data drift monitoring, and interactive correction through the Harmonia Editor.

The ML pipeline includes score image preprocessing, musical symbol recognition, conversion to the MusicXML format, interactive correction, and continuous model learning and improvement processes.

Evaluation results demonstrate that the user feedback-based correction mechanism contributes to improving OMR system performance and expanding the musical corpus. The research resulted in a production-ready ML/MLOps infrastructure that provides a foundation for the digitization of Georgian musical heritage and future research activities.

Keywords: Optical Music Recognition, MusicXML, MLOps, Human-in-the-Loop, Continual Learning, Data Drift, Georgian Musical Corpus.