

**მანქანური სწავლების მოდელის შემუშავება
ქართული საგალობლებისა და ხალხური სიმღერების
ნოტების ოპტიკური ამოცნობისთვის**

ნიკოლოზ ოქრუაშვილი

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.

ნიკოლოზ ოქრუაშვილი

7 ივლისი 2026

მადლობა

უპირველეს ყოვლისა, გულწრფელ მადლობას ვუხდით ჩემი სამაგისტრო ნაშრომის ხელმძღვანელს, ბატონ შოთა ცისკარიძეს, გაწეული ხელმძღვანელობისთვის, პროფესიული რჩევებისა და კონსულტაციებისთვის. მისი მხარდაჭერა, მუდმივი ჩართულობა და კონსტრუქციული რეკომენდაციები მნიშვნელოვანი იყო როგორც კვლევის დაგეგმვის, ისე ნაშრომის განხორციელების ყველა ეტაპზე. განსაკუთრებულად დასაფასებელია მისგან მიღებული მოტივაცია, რომელმაც მნიშვნელოვანი წვლილი შეიტანა ნაშრომის წარმატებით შესრულებაში.

მეორე მხრივ, მადლობას ვუხდით ბატონ თამაზ გაბისონიას კვლევის საგნობრივი მიმართულების განსაზღვრაში, ტექნიკური მოთხოვნების ჩამოყალიბებასა და საჭირო მონაცემების მოწოდებაში. მისი მრავალწლიანი გამოცდილება და რეკომენდაციები მნიშვნელოვნად დამეხმარა პრობლემის კონტექსტის, პრაქტიკული მნიშვნელობისა და არსებული გამოწვევების სიღრმისეულ გააზრებაში.

ასევე, მადლობას ვუხდით ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტის პროგრამის აკადემიურ პერსონალს მიღებული ცოდნისა და გამოცდილებისთვის, რომელმაც მნიშვნელოვანი საფუძველი შექმნა აღნიშნული კვლევის განხორციელებისთვის. და ბოლოს, განსაკუთრებულ მადლობას ვუხდით ჩემს ოჯახს, ნაშრომზე მუშაობის მთელი პერიოდის განმავლობაში გაწეული მუდმივი მხარდაჭერის, მოთმინების, გამხნევებისა და გულშემატკივრობისთვის. მათი თანადგომა ჩემთვის მნიშვნელოვანი მოტივაციის წყარო იყო და არსებითად შეუწყო ხელი ამ ნაშრომის დასრულებას.

ნიკოლოზ ოქრუაშვილი

აბსტრაქტი

წინამდებარე ნაშრომის მიზანია ქართული მრავალხმიანი სანოტო მასალის ავტომატური გაციფრებისათვის მრავალსაფეხურიანი ოპტიკური მუსიკის ამოცნობის (Optical Music Recognition, OMR) არქიტექტურის შემუშავება და მისი ეფექტიანობის ექსპერიმენტული შეფასება. აღნიშნული ამოცანა მოიცავს სანოტო გამოსახულებების ავტომატურ გარდაქმნას მანქანისთვის წაკითხვად მუსიკალურ ფორმატში, რაც მნიშვნელოვნად ამარტივებს მუსიკალური არქივების ციფრულ დამუშავებას, რედაქტირებასა და შემდგომ ანალიზს.

ნაშრომში შემოთავაზებულია მრავალსაფეხურიანი OMR არქიტექტურა, რომელიც სანოტო სისტემებისა და მუსიკალური სიმბოლოების აღმოჩენის საფუძველზე ახორციელებს მუსიკალური ინფორმაციის რეკონსტრუქციასა და MusicXML დოკუმენტის გენერაციას. სიმბოლოების დეტექციისთვის გამოყენებულ იქნა YOLOv8 მოდელი, ხოლო სანოტო ხაზების აღმოსაჩენად – U-Net არქიტექტურა.

ასევე, შემოთავაზებული არქიტექტურის ფარგლებში შემუშავებულ იქნა OMR ვებ-API და მისი ინტეგრაცია Harmonia რედაქტორთან, რაც უზრუნველყოფს ამოცნობილი მუსიკალური ინფორმაციის ვიზუალურ პერიფიკაციასა და კორექტირებას.

შემოთავაზებული მიდგომის შეფასება განხორციელდა მრავალხმიანი ქართული სიმღერა-საგალობლისგან შემდგარ სატესტო ნაკრებზე. ექსპერიმენტული შედეგების მიხედვით სიმაღლის მეტრიკის F1 მნიშვნელობამ შეადგინა 0.765, ხანგრძლივობის მეტრიკის F1 მნიშვნელობამ – 0.850, ხოლო კომბინირებული სიმაღლე + ხანგრძლივობის მეტრიკის F1 მნიშვნელობამ – 0.669.

მიღებული შედეგები აჩვენებს, რომ წარმოდგენილი არქიტექტურა ეფექტურად უზრუნველყოფს ქართული მრავალხმიანი სანოტო მასალის ნახევრადავტომატურ გაციფრებას და წარმოადგენს პრაქტიკულად გამოყენებად საფუძველს ციფრული მუსიკალური არქივების ფორმირებისათვის.

ძირითადი საძიებო სიტყვები: ოპტიკური მუსიკის ამოცნობა, კომპიუტერული ხედვა, MusicXML, ქართული სიმღერა-საგალობლები, სანოტო მასალის გაციფრება

Abstract

The objective of this thesis is to develop a multi-stage Optical Music Recognition (OMR) architecture for the automatic digitization of Georgian polyphonic musical scores and to experimentally evaluate its effectiveness. The proposed approach addresses the problem of automatically converting scanned sheet music into machine-readable musical formats, thereby facilitating the digital processing, editing, and subsequent analysis of musical archives.

The thesis proposes a multi-stage OMR architecture that reconstructs musical information and generates MusicXML documents based on the detection of staff systems and musical symbols. The YOLOv8 model was employed for musical symbol detection, while the U-Net architecture was used for staff line detection.

In addition, an OMR Web API was developed and integrated with the Harmonia editor, enabling the visual verification and correction of the recognized musical information.

The proposed approach was evaluated on a test corpus consisting of Georgian polyphonic songs and hymns. Experimental results yielded an F1-score of 0.765 for the Pitch metric, 0.850 for the Duration metric, and 0.669 for the combined Pitch + Duration metric.

The obtained results demonstrate that the proposed architecture effectively supports the semi-automatic digitization of Georgian polyphonic musical scores and provides a practical foundation for the creation of digital musical archives.

Keywords: Optical Music Recognition, Computer Vision, MusicXML, Georgian Songs and Chants, Sheet Music Digitization