



ხელოვნურ ინტელექტზე დაფუძნებული მიტრალური რეგურგიტაციის ავტომატური დეტექცია და კლასიფიკაცია

მარინა ზასილაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტი, mariambasilashvili@yahoo.com

აბსტრაქტი

მიტრალური რეგურგიტაცია წარმოადგენს ერთ-ერთ ყველაზე გავრცელებულ სარქვლოვან პათოლოგიას, რომლის სიხშირე იზრდება ასაკის მატებასთან ერთად. მკურნალობის გარეშე მძიმე მიტრალური რეგურგიტაცია ასოცირებულია კარდიოვასკულური გართულებებისა და მაღალი სიკვდილიანობის რისკთან, მათ შორის გულის უკმარისობასთან, არითმიებთან და ფილტვის ჰიპერტენზიასთან. ტრანსკატერალური ექოკარდიოგრაფია წარმოადგენს დიაგნოსტიკის წამყვან არაინვაზიურ მეთოდს, თუმცა მისი შედეგების ინტერპრეტაცია მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული ექსპერტის გამოცდილებაზე და დაკავშირებულია დროის მნიშვნელოვან დანახარჯთან.

წარმოდგენილი კვლევის მიზანია ღრმა სწავლების მეთოდებზე დაფუძნებული სრულად ავტომატიზირებული სისტემის შემუშავება მიტრალური რეგურგიტაციის დეტექციისა და სიმძიმის შეფასებისთვის ფერადი დოპლერული ექოკარდიოგრაფიის სურათებზე. კვლევაში გამოყენებულია 2017–2025 წლებში შეგროვებული ექოკარდიოგრაფიული მონაცემები (>3600 ვიდეო), საიდანაც მიღებულია 761 ანოტირებული სურათი.

მოდელი გაწვრთნილია MATLAB გარემოში R-CNN არქიტექტურის გამოყენებით. ტესტირების შედეგებმა აჩვენა მიტრალური რეგურგიტაციის დეტექციის >95% სიზუსტე და კლასიფიკაციის >80% სიზუსტე. მიღებული შედეგები მიუთითებს, რომ ხელოვნური ინტელექტის ინტეგრაცია მნიშვნელოვნად ამცირებს ანალიზის დროს და აუმჯობესებს კლინიკური გადაწყვეტილების მიღების პროცესს.

საკვანძო სიტყვები: მიტრალური რეგურგიტაცია, ექოკარდიოგრაფია, რეგიონზე დაფუძნებული კონვოლუციური ნეირონული ქსელი, ღრმა სწავლება, კომპიუტერული ხედვა ხელოვნური ინტელექტი

შესავალი

მიტრალური რეგურგიტაცია ფართოდ გავრცელებული სარქვლოვანი პათოლოგიაა, რომლის შემთხვევების სიხშირე მატულობს ასაკის მატებასთან ერთად. მკურნალობის გარეშე მძიმე მიტრალურმა რეგურგიტაციამ შეიძლება გამოიწვიოს კარდიო-ვასკულური გართულებები, მათ შორის არითმიები, გულის უკმარისობა და ფილტვის არტერიაში წნევის მატება .

ტრანსთორაკალური ექოკარდიოგრაფია მისი არაინვაზიური მახასიათებლების, ხელმისაწვდომობის და იონიზირებული გამოსხივების არარსებობის გამო კარდიოლოგიაში დიაგნოსტიკის წამყვანი მეთოდია. იგი იძლევა გულის ფუნქციისა და სტრუქტურის სწრაფი შეფასების საშუალებას და უზრუნველყოფს მაღალი სივრცითი და დროითი გარჩევადობის სურათებსა და ვიდეოებს .

ექოკარდიოგრაფიული შედეგების ანალიზი რთული პროცესია და ამჟამად ძირითადად ხელით ხორციელდება, რაც დამოკიდებულია ექსპერტის გამოცდილებაზე და ხშირად იწვევს ინტერპრეტაციის ცვალებადობას.

ბოლო წლებში ხელოვნური ინტელექტის გამოყენება მედიცინაში, განსაკუთრებით გულ-სისხლძარღვთა დაავადებების დიაგნოსტიკაში, მნიშვნელოვნად გაიზარდა. ავტომატიზირებულმა ინტერპრეტაციამ შესაძლოა მნიშვნელოვნად შეცვალოს კლინიკური პრაქტიკა.

წარმოდგენილი კვლევა მიზნად ისახავს ღრმა სწავლების მეთოდებზე დაფუძნებული სისტემის შემუშავებას, რომელიც უზრუნველყოფს მიტრალური რეგურგიტაციის დეტექციასა და სიმძიმის შეფასებას ტრანსთორაკალური ექოკარდიოგრაფიის სურათებზე.

მასალა და მეთოდები

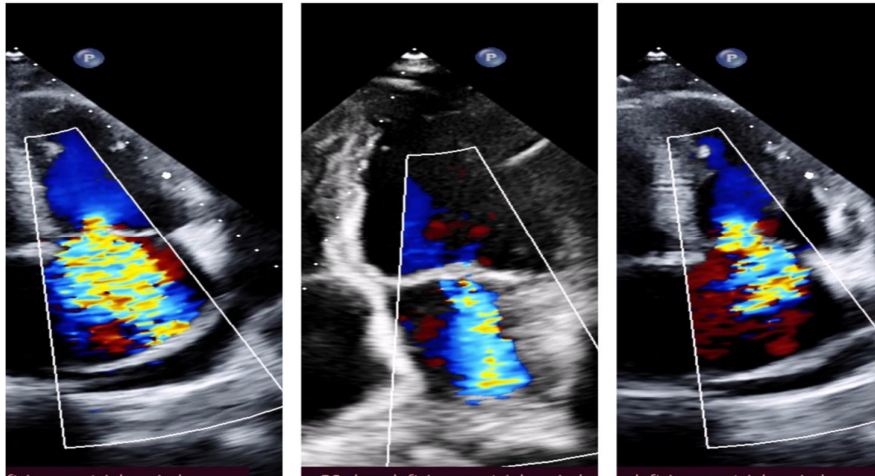
კვლევაში გამოყენებულ იქნა აკადემიკოს გ. ჩაფიძის სახელობის კარდიოლოგიის ცენტრის მონაცემთა ბაზა. გაანალიზდა 2017–2025 წლებში ჩატარებული >3600 ექოკარდიოგრაფიული ვიდეო

შერჩეული იქნა 761 სურათი:

- 121 — მსუბუქი რეგურგიტაცია
- 191 — საშუალო რეგურგიტაცია
- 449 — მძიმე რეგურგიტაცია

დაბალი ხარისხის სურათები გამოირიცხა.

მიტრალური რეგურგიტაციის გამოვლენა და სიმძიმის შეფასება განხორციელდა MATLAB-ში ღრმა სწავლების მეთოდების გამოყენებით, კერძოდ გამოყენებულ იქნა კომპიუტერული ხედვის (Computer Vision) ტექნიკა.



სურათი 1. გამოსახულია ექოკარდიოგრაფიული ვიდეოებიდან მიღებული ფოტოები მძიმე, ზომიერი და მსუბუქი მიტრალური რეგურგიტაციით

მოდელის ტრენინგი

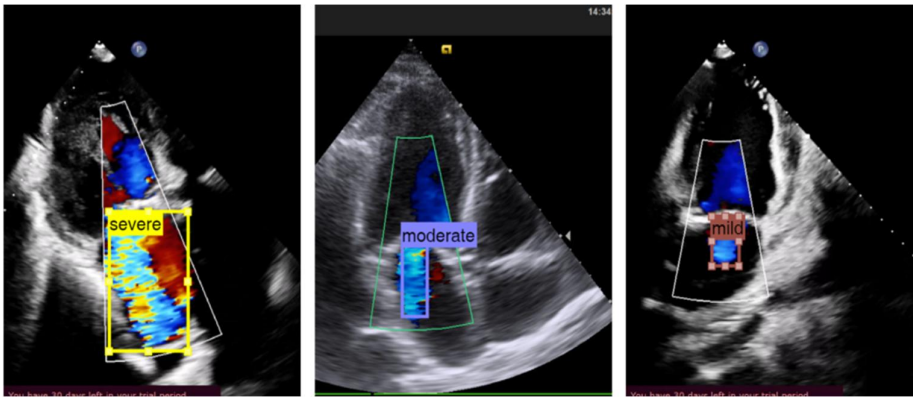
გამოყენებული იქნა R-CNN არქიტექტურაზე დაფუძნებული ობიექტის დეტექტორი, რომელიც უზრუნველყოფს:

- ობიექტის აღმოჩენას
- სეგმენტაციას
- კლასიფიკაციას

კვლევაში გამოყენებულ იქნა მანქანური სწავლების მეთოდი „კომპიუტერული ხედვა“ (Computer vision). მოდელის ტრენინგისთვის საჭირო იყო მონაცემებზე რეგურგიტაციის მონიშვნა, რომელიც განხორციელდა Matlab-ის ინსტრუმენტით imageLabeler.

განისაზღვრა ინტერესის რეგიონი (ROI), მსუბუქი რეგურგიტაციისთვის გამოყენებული იქნა ნარინჯისფერი ოთხკუთხა პოლიგონი, ზომიერი რეგურგიტაციისთვის -იასამნისფერი პოლიგონი, მძიმე პათოლოგიისთვის -მწვანე.

მოდელის ტრენინგის პროცესი მოიცავდა მრავალსაფეხურიან სამუშაოს, რომელიც უზრუნველყოფდა რეგურგიტაციის ზონის იდენტიფიკაციას და მისი სიმძიმის განსაზღვრას.



სურათი 2. ასახულია მძიმე, ზომიერი და მსუბუქი მიტრალური რეგურგიტაციით გამოსახულებები განისაზღვრული ინტერესის რეგიონით (ROI)

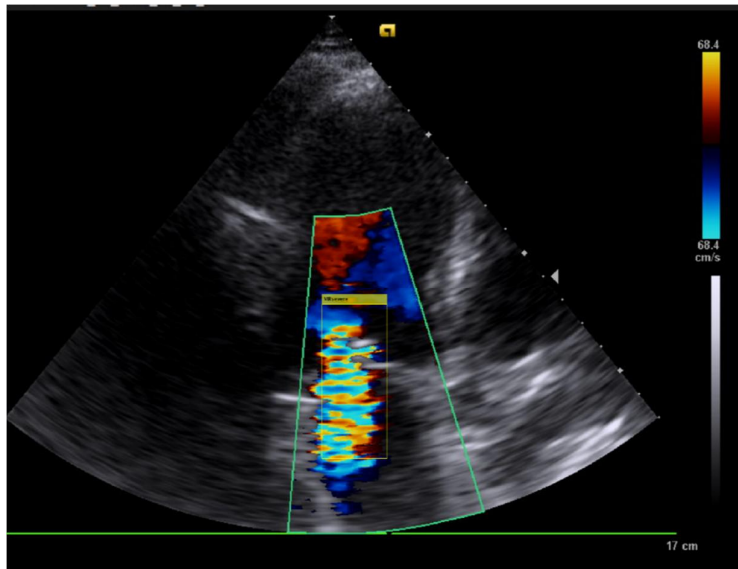
მოდელის ტესტირება

ტრენინგის დასრულების შემდეგ მოდელი ექსპორტირებული იქნა და დატესტილი ახალი მონაცემებზე.

შედეგები

ტესტირების შედეგად მოდელმა აჩვენა:

- მიტრალური რეგურგიტაციის დეტექცია - >95% სიზუსტით
- სიმძიმის კლასიფიკაცია - >80% სიზუსტით.



სურათი 3. მოდელის შემოწმება ახალ მონაცემებზე

მიღებული შედეგები მიუთითებს, რომ მოდელი ეფექტურად ასრულებს როგორც რეგურგიტაციის აღმოჩენას, ისე მისი სიმძიმის შეფასებას.

დასკვნა

ეფექტური კლინიკური მკურნალობისთვის აუცილებელია მიტრალური რეგურგიტაციის სიმძიმის ზუსტი შეფასება. წარმოდგენილ კვლევაში ღრმა სწავლების მოდელმა მაღალი სიზუსტით მოახდინა მიტრალური რეგურგიტაციის დეტექცია და კლასიფიკაცია .

ექოკარდიოგრაფიისა და ხელოვნური ინტელექტის ინტეგრაცია ამცირებს ანალიზის დროს და ხელს უწყობს კლინიკური გადაწყვეტილების მიღების პროცესის დაჩქარებას.

აღნიშნული სისტემა წარმოადგენს პერსპექტიულ ინსტრუმენტს, რომელიც შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას როგორც მაღალტექნოლოგიურ კლინიკებში, ასევე შეზღუდული რესურსების მქონე გარემოში.

ბიბლიოგრაფია

1. Zoghbi W.A. et al. *Recommendations for evaluation of valvular regurgitation*. JASE, 2017.
2. Otto C.M. *Textbook of Clinical Echocardiography*. Elsevier, 2018.
3. LeCun Y., Bengio Y., Hinton G. *Deep learning*. Nature, 2015.
4. Litjens G. et al. *A survey on deep learning in medical image analysis*. Medical Image Analysis, 2017.
5. Girshick R. et al. *Rich feature hierarchies for object detection (R-CNN)*. CVPR, 2014.
6. He K. et al. *Deep residual learning for image recognition*. CVPR, 2016.

Artificial intelligence-based automatic detection and classification of mitral regurgitation

Marina Basilashvili

Georgian Technical University, Faculty Of Informatics and Control Systems;

mariambasilashvili@yahoo.com

Abstract

Mitral regurgitation is among the most prevalent valvular pathologies, with incidence rising with age. If left untreated, severe mitral regurgitation carries a substantial risk of cardiovascular complications and mortality, including heart failure, arrhythmias, and pulmonary hypertension. Transthoracic echocardiography remains the primary noninvasive diagnostic tool; however, its interpretation relies heavily on expert experience and requires considerable time investment.

This study aims to develop a fully automated system utilizing deep learning techniques for the detection and severity assessment of mitral regurgitation in color Doppler echocardiography images. Echocardiographic data collected between 2017 and 2025, comprising over 3,600 videos, were used to obtain 761 annotated images.

The model was trained in the MATLAB environment utilizing the R-CNN architecture. Detection and severity assessment of mitral regurgitation were conducted using deep learning methods implemented in MATLAB, with a focus on computer vision techniques.

Test results demonstrated greater than 95% accuracy in mitral regurgitation detection and over 80% accuracy in classification. These findings suggest that integrating artificial intelligence substantially reduces analysis time and enhances clinical decision-making.

Keywords: Mitral regurgitation, Echocardiography, Deep learning, R-CNN, Computer vision, Artificial intelligence