Pejouhesh dar Pezeshki (i.e., Research in Medicine) **Original Article**

The Quarterly Journal of School of Medicine, Shahid Beheshti University of Medical Sciences 2025; Vol. 49; No. 1

Diagnosis of Diabetic Retinopathy Using Deep Neural Network and Evolutionary Algorithms

Mahdi Ramazani[1], Mohammad Jafar Tarokh[2*]

1. Master's Student, Information Technology Engineering, K.N Toosi University of Technology, Tehran, Iran.
2. Department of Information Technology Engineering, Faculty of Industrial Engineering, K.N Toosi University of Technology, Tehran, Iran.

Received: August 16, 2024; Accepted: April 19, 2025

Abstract

Background and Aim: Diabetic retinopathy (DR) is a common microvascular complication of diabetes and a leading cause of blindness worldwide, resulting in visible structural changes in the retina. Early-stage detection significantly improves the chances of treatment and vision preservation. Recent advances have highlighted the role of artificial intelligence (AI), particularly deep learning, in the diagnosis of DR. This study aimed to evaluate the effectiveness and accuracy of AI-based methods in determining the severity of diabetic retinopathy.

Methods: A publicly available dataset containing 13,673 retinal images from 9,598 patients- originally compiled by Taveli et al. in 2019 under the supervision of seven physicians- was used to train convolutional neural networks (CNNs). The images, categorized into six classes based on disease severity and image quality, were often characterized by noise and low contrast, especially those captured using a fluorescent oscilloscope. To address this, we applied a contrast enhancement technique using constrained adaptive histogram equalization. To further improve model performance, the Archimedes metaheuristic optimization algorithm was employed to fine-tune CNN parameters. The algorithm was run with an initial population of 20 and 50 iterations.

Results: By combining image preprocessing with parameter optimization via the Archimedes algorithm, the proposed CNN model achieved an accuracy of 79% and a precision of 82% in classifying images into six severity categories. The optimized preprocessing and parameter tuning contributed significantly to enhancing the model's performance.

Conclusion: This study demonstrates that accurate feature extraction from retinal images, coupled with intelligent parameter optimization using metaheuristic algorithms, can significantly improve the performance of AI-based DR diagnosis systems. The proposed model presents a promising alternative to existing CNN-based methods for classifying the severity of diabetic retinopathy.

Keywords: Deep learning; Diabetic retinopathy detection; Archimedes metaheuristic optimization algorithm; Feature extraction

Please cite this article as: Ramazani M, Tarokh MJ. Diagnosis of Diabetic Retinopathy Using Deep Neural Network and Evolutionary Algorithms. Pejouhesh dar Pezeshki. 2025;49(1):40-50.

[*]**Corresponding Author:** Mohammad Jafar Tarokh; **Email:** Mjtarokh@kntu.ac.ir

Department of Information Technology Engineering, Faculty of Industrial Engineering, K.N Toosi University of Technology, Tehran, Iran.

[Downloaded from pejouhesh.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

پژوهش در پزشکی
مقاله پژوهشی
فصلنامه علمی- پژوهشی دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی- درمانی شهید بهشتی
دوره ۴۹، شماره ۱، سال ۱۴۰۴ شمسی، صفحات ۴۰ تا ۵۰

تشخیص بیماری رتینوپاتی دیابتی با استفاده از شبکه‌های عصبی و الگوریتم‌های تکاملی

مهدی رمضانی[۱]، محمدجعفر تارخ[۲*]

۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد، مهندسی فناوری‌اطلاعات، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین‌طوسی، تهران، ایران.
۲- گروه مهندسی فناوری‌اطلاعات، دانشکده مهندسی‌صنایع، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین‌طوسی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۳۰

چکیده

سابقه و هدف: رتینوپاتی دیابتی به عنوان یک بیماری ریزعروقی شایع در میان افراد مبتلا به دیابت شناخته می‌شود و یکی از علل اصلی نابینایی در سطح جهان است. این بیماری منجر به تغییرهای قابل مشاهده‌ای در شبکیه چشم می‌شود. تشخیص به موقع این بیماری در مراحل ابتدایی می‌تواند احتمال بهبودی را افزایش دهد. پیش از این نشان داده شده که استفاده از هوش مصنوعی در تشخیص بیماری‌ها کمک می‌کند، بنابراین اهمیت استفاده از فناوری هوش مصنوعی عمیق برای تشخیص آن بسیار نمایان است. هدف این تحقیق، بررسی دقت و اهمیت هوش مصنوعی در تعیین شدت بیماری رتینوپاتی دیابتی است.

روش کار: در این پژوهش، برای آموزش شبکه‌های عصبی کانولوشن از داده‌های موجود در اینترنت شامل ۱۳۶۷۳ تصویر مرتبط با رتینوپاتی دیابتی که بر اساس شدت بیماری و کیفیت داده‌ها به شش دسته تقسیم‌بندی شده‌اند، استفاده شده است. این داده‌ها از ۹۵۹۸ بیمار توسط تاولی و همکاران در سال ۲۰۱۹ جمع‌آوری شده که تحت نظر هفت پزشک قرار داشته‌اند. تصاویر ثبت‌شده با استفاده از اسیلوسکوپ فلورسنت غالباً دارای نویز و کنتراست پایین هستند که سبب دشواری در تشخیص دقیق ناهنجاری‌ها توسط الگوریتم‌های هوش مصنوعی می‌شود. بنابراین، در این تحقیق از یک روش تقویت کنتراست تصویر برای ارتقای کیفیت تصاویر و تسهیل تشخیص تغییرهای شبکیه بهره گرفته شده‌است. همچنین برای یافتن بهترین پارامترهای مربوط به مدل هوش‌مصنوعی، از الگوریتم فراابتکاری ارشمیدس استفاده شده است. معمولاً، برای تشخیص شدت رتینوپاتی دیابتی، بیماری‌ها را به دو یا پنج دسته تقسیم می‌کنند، اما ما تصمیم گرفتیم که بر اساس شدت بیماری و کیفیت داده‌ها، آن را به شش دسته طبقه‌بندی کنیم.

یافته‌ها: استفاده از تساوی هیستوگرام تطبیقی محدود کنتراست و به‌کارگیری الگوریتم ارشمیدس با تعداد جمعیت اولیه ۲۰ عدد و تعداد تکرار ۵۰ توانست مقادیر بهینه پارامترها را برای مدل هوش مصنوعی به‌دست آورد و در نتیجه دقت تشخیص بیماری را بهبود دهد. با اجرای مدل پیشنهادی موفق به دستیابی به دقت ۷۹ درصد و صحت ۸۲ درصد در شش کلاس شدیم.

نتیجه‌گیری: نتایج به‌دست آمده حاکی از آن است که استخراج صحیح ضایعه‌های چشمی از داده‌های پزشکی و انتخاب پارامترهای مناسب برای مدل شبکه عصبی کانولوشنی با استفاده از الگوریتم‌های متاهیورستیک، امکان دستیابی به نتایج بهتر را فراهم کرده است. به نظر می‌رسد مدل پیشنهادی می‌تواند جایگزین مناسبی برای روش‌های مشابه با الگوریتم شبکه عصبی کانولوشنی باشد.

واژگان کلیدی: یادگیری‌عمیق؛ تشخیص بیماری رتینوپاتی دیابتی؛ الگوریتم بهینه‌سازی فراابتکاری ارشمیدس؛ استخراج ویژگی

به این مقاله، به صورت زیر استناد کنید:

Ramazani M, Tarokh MJ. Diagnosis of Diabetic Retinopathy Using Deep Neural Network and Evolutionary Algorithms. Pejouhesh dar Pezeshki. 2025;49(1):40-50.

[*] **نویسنده مسئول مکاتبات:** محمدجعفر تارخ؛ **آدرس پست الکترونیکی:** Mjtarokh@kntu.ac.ir
گروه مهندسی فناوری‌اطلاعات، دانشکده مهندسی‌صنایع، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین‌طوسی، تهران، ایران.

[Downloaded from pejouhesh.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]
CC BY NC

مقدمه

بیماری رتینوپاتی دیابتی به آسیب بافت شبکیه چشم در پی ابتلا به دیابت اطلاق می‌شود. شبکیه بافتی است که قسمت خلفی چشم را پوشانده و محلی است که در آن نوری که به چشم برخورد می‌کند و به تصویر تبدیل می‌شود. به دنبال عوارض بیماری دیابت، عروق خونی چشم متورم شده یا دچار خونریزی می‌شوند. این تغییرها درنهایت منجر به بروز مشکلات بینایی و یا درنهایت کوری خواهد شد. این بیماری اغلب هر دو چشم را همزمان درگیر می‌کند (۱).

استفاده از هوش مصنوعی در تشخیص بیماری‌ها به وسیله تصاویر پزشکی یکی از مؤثرترین و جدیدترین روش‌های تشخیص بیماری‌هاست. با استفاده از هوش مصنوعی، دقت تشخیص بیماری‌ها به طور چشمگیری افزایش می‌یابد و می‌تواند به کاهش هزینه‌ها و افزایش کیفیت و کارایی درمان بیماران منجر شود. با این وجود، نیاز است که در توسعه و استفاده از تشخیص هوش مصنوعی، به چالش‌های موجود و نیازهای اساسی آن توجه کافی شود، تا بتوان از آن به بهترین نحو استفاده کرد (۲).

با وجود اینکه یادگیری عمیق پتانسیل بالایی در حوزه تحلیل تصاویر پزشکی دارد، اما این رویکرد بدون چالش نیست. به ویژه، با وجود عملکرد مطلوب الگوریتم‌های پیشرفته کنونی در طبقه‌بندی رتینوپاتی دیابتی، این الگوریتم‌ها با مشکلاتی در زمینه تقسیم‌بندی و شناسایی ضایعه‌ها مواجه می‌شوند. همچنین، استفاده از پیش‌بینی رتینوپاتی دیابتی به عنوان یک معیار معتبر بالینی به تنهایی کافی نیست و شکاف قابل توجهی بین نتایج تحقیق‌ها و کاربردهای عملی آن وجود دارد. نگرانی‌های جدی نیز درباره قابلیت تعمیم تکنیک‌های یادگیری عمیق مطرح است؛ اگرچه این تکنیک‌ها ممکن است در محیط‌های کنترل‌شده نتایج برجسته‌ای ارائه دهند، اما عملکرد آنها ممکن است در شرایط بالینی گسترده‌تر ناپایدار باشد (۳).

در این مطالعه، با استفاده از پیش‌پردازش‌های متنوع روی تصاویر مرتبط با رتینوپاتی دیابتی، تلاش کرده‌ایم تا حداکثر جزئیات را از داده‌ها استخراج کرده و نتایج را با بهره‌گیری از الگوریتم‌های هوش مصنوعی که توسط الگوریتم متاهیورستیک ارشمیدس بهینه‌سازی شده‌اند، بهبود دهیم. در این زمینه تحقیق‌های زیادی انجام شده است، ولی نتایج مطلوب حاصل نشده است. مدل پیشنهادی با بررسی پتانسیل تکنیک‌های هوش مصنوعی، از جمله یادگیری ماشین و الگوریتم بهینه‌سازی ارشمیدس و ارزیابی عملکرد الگوریتم‌های متاهیورستیک مبتنی بر هوش مصنوعی، سبب ارائه بینش و توصیه‌های ارزشمند برای بیمارستان‌ها می‌شود که به دنبال افزایش کارایی و کاهش هزینه‌ها و زمان هستند. نتایج این تحقیق به افزایش دانش در مورد کاربردهای هوش مصنوعی در زمینه تشخیص بیماری‌های رتینوپاتی کمک می‌کند و راه را برای اجرای عملی در سناریوهای دنیای واقعی هموار می‌سازد (۴).

الگوریتم بهینه‌سازی ارشمیدس (AOA) یک الگوریتم فراابتکاری است که از قوانین فیزیک و مفهوم شناوری ارشمیدس برای حل مسائل بهینه‌سازی استفاده می‌کند. این الگوریتم توسط سیدعلی مرتضوی و همکارانش در سال ۲۰۰۶ توسعه یافته است (۵).

الگوریتم بهینه‌سازی ارشمیدس براساس مفهوم شناوری ارشمیدس عمل می‌کند. در این الگوریتم، راه‌حل‌های مسئله به عنوان اشیای شناور در نظر گرفته می‌شوند و چگالی آنها معیاری از تناسب آنها با راه‌حل مطلوب است. راه‌حل‌هایی با چگالی بیشتر به سطح نزدیک‌تر می‌شوند و راه‌حل‌های با چگالی کمتر به ته می‌روند. در طول فرآیند جست‌وجو، راه‌حل‌ها با توجه به چگالی آنها جابه‌جا می‌شوند و به سمت راه‌حل‌های‌با چگالی بیشتر (یعنی راه‌حل‌های مطلوب‌تر) حرکت می‌کنند (۶).

روش کار

روش کار بر اساس متدولوژی کریسپ طبق مراحل شکل زیر پیاده سازی می‌شود.

[Downloaded from pejouhesh.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]



شکل ۱- مراحل پیاده سازی متدولوژی

توصیف داده‌ها

بیماری رتینوپاتی دیابتی با رشد غیرطبیعی رگ‌های خونی در شبکیه چشم همراه است، این بیماری خود منجر به بروز مشکلاتی در دید شخص خواهد شد. که خود شامل:

خونریزی زجاجیه (Vitreous hemorrhage)

رگ‌های خونی جدید ممکن است درون مایع شفاف و ژله مانندی که مرکز چشم را پر کرده خونریزی کنند. اگر مقدار خونریزی کم باشد، فرد در دید خود تنها چند لکه تاریک موسوم به مَگَس‌پَران چشم را مشاهده خواهد کرد. در مواردی که بیماری وخیم‌تر باشد، خون می‌تواند به صورت کامل زجاجیه را پر کرده و مانع از دید کامل شود. خونریزی زجاجیه به خودی خود سبب از دست رفتن دید به صورت کامل نخواهد شد. خون بعد از چند هفته یا ماه از چشم خارج خواهد شد. اگر شبکیه آسیب ندیده باشد، دید فرد دوباره به حالت طبیعی خود بازخواهد گشت (۷).

جدا شدگی شبکیه (Retinal detachment)

رگ‌های خونی غیرطبیعی ناشی از بیماری رتینوپاتی دیابتی سبب تحریک بافت‌های آسیب دیده شده و در نهایت همین مسئله سبب می‌شود که شبکیه از قسمت پشتی چشم به عقب‌تر رانده شود. در این حالت فرد لکه‌ها و یا فلش‌های نوری را در دید خود خواهد دید و در موارد شدیدتر حتی امکان از دست رفتن بینایی وجود دارد (۷).

میکروآنوریسم (Microaneurysm)

میکروآنوریسم که به آن "ریزبرآمدگی" نیز گفته می شود، یک برآمدگی کوچک و گرد در دیواره یک رگ خونی است. این عارضه اغلب در مراحل اولیه رتینوپاتی دیابتی، که نوعی بیماری چشمی ناشی از دیابت است، ایجاد می‌شود. رگ‌های خونی سالم، خون را در سراسر بدن حمل می‌کنند. دیواره رگ‌های خونی معمولاً قوی و انعطاف‌پذیر هستند. اما در افراد مبتلا به دیابت، قند خون بالا به مرور زمان می‌تواند به دیواره رگ‌های خونی آسیب برساند و آنها را ضعیف کند. این ضعف در عروق خونی کوچک شبکیه چشم می‌تواند سبب ایجاد میکروآنوریسم شود. میکروآنوریسم‌ها خود به خود سبب ایجاد علایم نمی‌شوند، زیرا آنها بسیار کوچک هستند (به اندازه یک نقطه کوچک). اما وجود آنها نشانه اولیه‌ای از آسیب عروق‌های خونی است و می‌تواند نشان دهد که فرد در معرض خطر ابتلا به مشکلات جدی‌تر چشمی مرتبط با دیابت، مانند خونریزی شبکیه یا ادم ماکولا قرار دارد (۷).

اگزوداهای نرم (Soft Exudates)

اگزوداهای نرم، که به "رسوبات نرم" نیز معروف هستند، رسوبات چربی و پروتئین هستند که در شبکیه چشم افراد مبتلا به دیابت جمع می‌شوند. این رسوبات در اثر نشت مایع از عروق خونی آسیب دیده در شبکیه ایجاد می‌شوند. اگزوداهای نرم به طور معمول در مراحل اولیه رتینوپاتی دیابتی، به ویژه در مرحله رتینوپاتی غیرپرولیفراتیو متوسط ظاهر می‌شوند. آنها معمولاً علایم خاصی ایجاد نمی‌کنند، اما وجود آنها علامتی از آسیب به عروق خونی است و می‌تواند نشان دهد که فرد در معرض خطر ابتلا به عوارض جدی‌تر چشمی، مانند ادم ماکولا یا خونریزی شبکیه، قرار دارد (۷).

گلوکوم نئوواسکولار (Neovascular Glaucoma)

گلوکوم نئوواسکولار نوعی گلوکوم ثانویه است که به دلیل تشکیل عروق‌های خونی جدید غیر طبیعی در عنبیه (قسمت رنگی چشم) و زاویه اتاق قدامی چشم ایجاد می‌شود. این عروق‌های خونی جدید می‌توانند مجاری خروج مایع زلالیه (مایع داخل چشم) را مسدود کنند و در نتیجه فشار داخل چشم را افزایش دهند. افزایش فشار داخل چشم (IOP) می‌تواند به عصب بینایی آسیب برساند و در نهایت منجر به کاهش بینایی یا حتی نابینایی شود (۷).

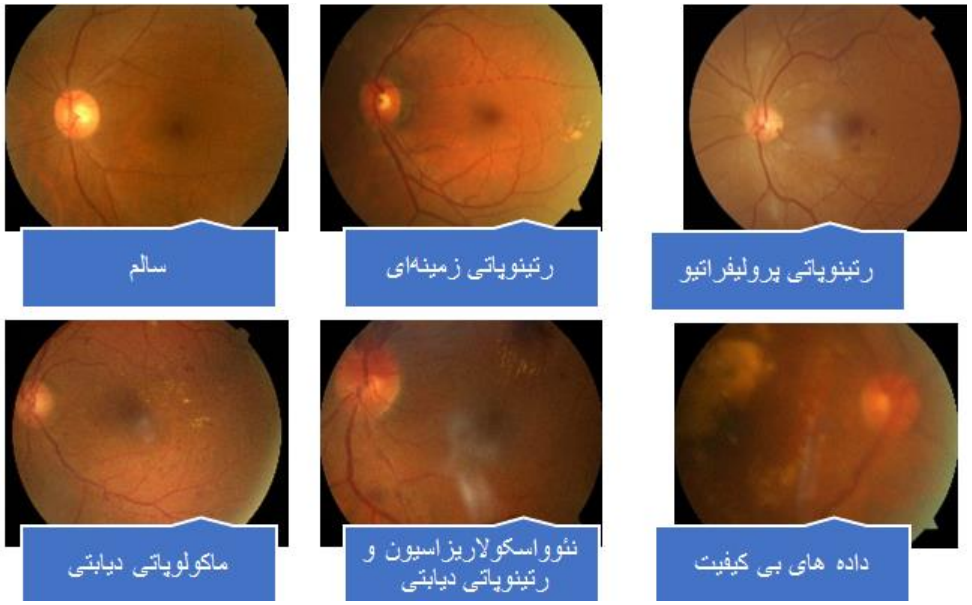
[Downloaded from pejouhesh.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

ادم ماکولا (Macular Edema)

ادم ماکولا که به آن ورم لکه زرد نیز گفته می‌شود، تجمع مایع در ناحیه مرکزی شبکیه چشم (ماکولا) است. ماکولا مسئول دید مرکزی و دقیق است، بنابراین ادم ماکولا می‌تواند سبب تاری دید، دید کج و در موارد شدید، حتی نابینایی شود (۷).

دسته‌بندی بیماری رتینوپاتی دیابتی

بیماری رتینوپاتی دیابتی از لحاظ شدت و کیفیت طبق شکل ۲ به شش کلاس تقسیم شده است.



شکل ۲- دسته بندی بیماری رتینوپاتی دیابتی در شش کلاس

چشم سالم: در این نوع کلاس چشم کاملاً سالم است (۱).

رتینوپاتی زمینه‌ای: این نوع رتینوپاتی به این معنی است که بینایی چشم هنوز تحت‌تأثیر قرار نگرفته است، اما باید از بدتر شدن مشکل جلوگیری کرد (۱).

رتینوپاتی غیر پرولیفراتیو: این نوع رتینوپاتی یعنی به چشم آسیب جدی‌تری وارد شده است (۱).

داده‌های بی کیفیت: این نوع داده‌ها به دلیل کیفیت کم تصاویر قابلیت تشخیص توسط هوش مصنوعی را ندارند به همین دلیل در این دسته، دسته‌بندی می‌شوند.

رتینوپاتی پرولیفراتیو: این نوع رتینوپاتی یعنی احتمال از دست دادن بینایی بسیار بالاست و باید اقدام‌های درمانی انجام شود (۱).

ماکولوپاتی دیابتی: ماکولوپاتی دیابتی که به‌عنوان ادم ماکولا دیابتی (DMO) نیز شناخته می‌شود، نوع متفاوتی از رتینوپاتی است که مرکز چشم را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. رگ‌های خونی در بخشی از چشم به نام ماکولا (شبکیه در پشت چشم که مسئول دیدن جزئیات دقیق و دید مرکزی است) ممکن است مسدود شوند (۱).

نئوواسکولاریزاسیون (Neovascularization) و رتینوپاتی دیابتی ((Diabetic Retinopathy (PDR): در این نوع بیماری شدت بیماری بیشترین مقدار ممکن می باشد (۱).

پیش پردازش

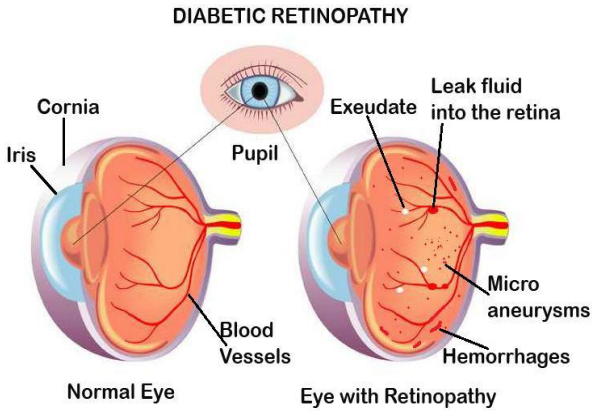
در روش متعادل‌سازی هیستوگرام تصویر، یک تابع تبدیل شدت روشنایی به‌دست می‌آید که وقتی روی تصویر اعمال می‌شود، در نتیجه آن تصویری ساخته می‌شود که هیستوگرام آن یکنواخت شده و کنتراست آن بهبود پیدا می‌کند (۸).

یافته‌ها

مرحله اول درک تجاری

در این مرحله به بررسی هدف و مشکل مسئله و در نهایت رسیدن به یک مدل جامع پرداخته می‌شود. هدف مسئله یعنی تشخیص شش نوع بیماری از طریق عکس‌های موجود در هر دسته طبق شکل و بررسی آن با مدل‌های دیگر و نیز استفاده از الگوریتم‌های متاهیورستیک برای پیدا کردن بهترین پارامترهای شبکه عصبی است.

[Downloaded from pejouhesh.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]



شکل ۳- انواع ضایعات چشمی (۹)

شده‌اند و هر پوشه شامل شش نوع دسته‌بندی بر اساس شدت بیماری دیابت چشمی است.

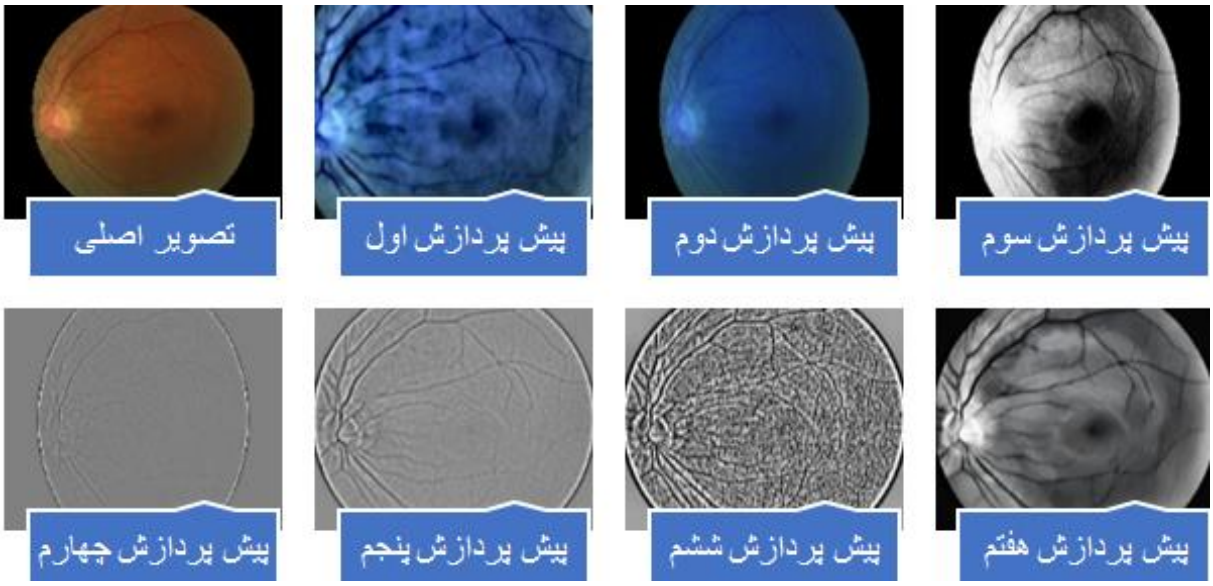
از داده‌ها حاصل تحقیق‌های تاولی و همکارانشان (۳) که شامل ۱۳,۶۷۵ عکس چشم بیماران به حجم ۱۳ گیگابایت که در شش دسته طبق شکل ۴ طبقه‌بندی شده‌اند از حالت نرمال تا بیماری شدید استفاده شده است.

داده در سه پوشه آموزش، تست و ارزیابی طبقه‌بندی شده‌اند که دسته‌بندی عکس‌ها در داخل یک فایل متنی در کنار پوشه‌ها ذخیره شده است.

پیش پردازش‌های انجام شده طبق شکل است.

مرحله دوم درک داده ها

داده ها به صورت عکس در سه پوشه به صورت رنگی ذخیره



شکل ۴- پیش پردازش داده‌ها

پیش پردازش اول: با استفاده از فیلترهای GaussianBlur و MedianBlur نویز تصویر کاهش پیدا کرده و با استفاده از Clahe تصویر هیستوگرام بهبود داده شده است.

پیش پردازش دوم: با استفاده از فیلتر GaussianBlur نویز تصویر کاهش پیدا کرده و با استفاده از Clahe تصویر هیستوگرام بهبود داده شده است.

پیش پردازش سوم: با استفاده از equalizeHist تصویر هیستوگرام بهبود داده شده است.

پیش پردازش چهارم: با استفاده از فیلتر GaussianBlur نویز تصویر کاهش پیدا کرده است.

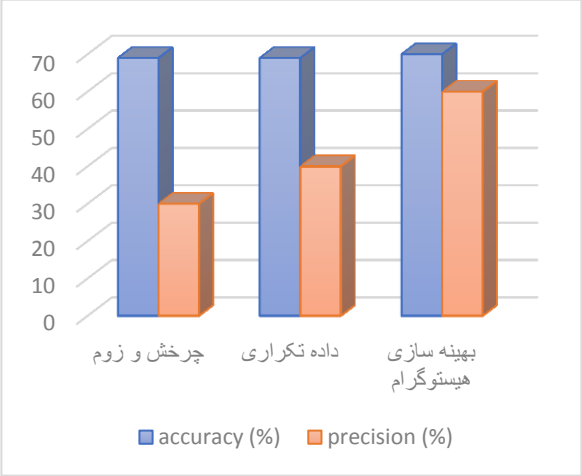
پیش پردازش پنجم: با استفاده از فیلترهای GaussianBlur نویز تصویر کاهش پیدا کرده و با استفاده از equalizeHist تصویر هیستوگرام بهبود داده شده است.

پیش پردازش ششم: با استفاده از فیلتر GaussianBlur نویز تصویر کاهش پیدا کرده و با استفاده از Clahe و equalizeHist تصویر هیستوگرام بهبود داده شده است.

پیش پردازش هفتم: با استفاده از فیلترهای RealESRGAN نویز تصویر کاهش پیدا کرده و با استفاده از Clahe تصویر هیستوگرام بهبود داده شده است.

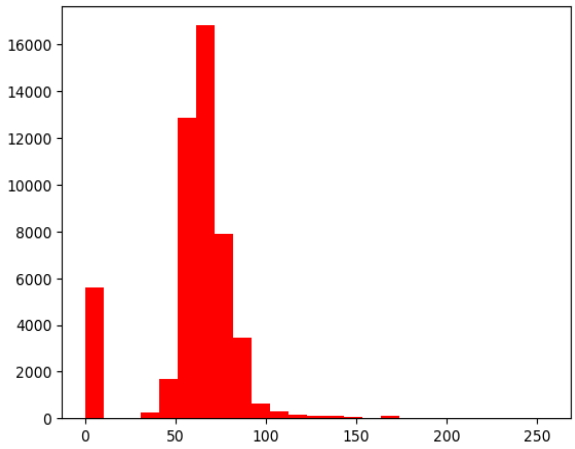
[Downloaded from pejouhesh.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

با بررسی روش‌های پیش پردازش تصاویر چشم بیماران طبق شکل به این نتیجه رسیدیم که با استفاده از بهینه‌سازی هیستوگرام معیار صحت بالایی به دست می‌آید.



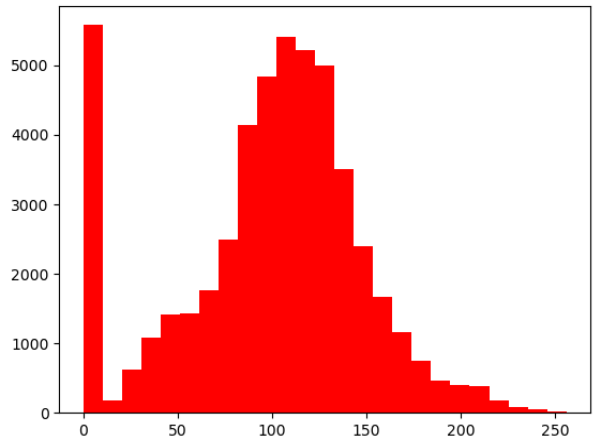
شکل ۵- مقایسه دقت و صحت روش‌های تولید داده

معمولاً، تصاویر شبکیه‌ای که از اسیلوسکوپ فلورسانس گرفته می‌شوند، طبق شکل کنتراست خاکستری پایینی دارند.



شکل ۶- هستوگرام تصویر قبل از بهبود کنتراست

در نتیجه کیفیت مناسبی ندارند به همین دلیل با استفاده از بهینه‌سازی هیستوگرام طبق شکل تصاویر بهبود داده می‌شوند.

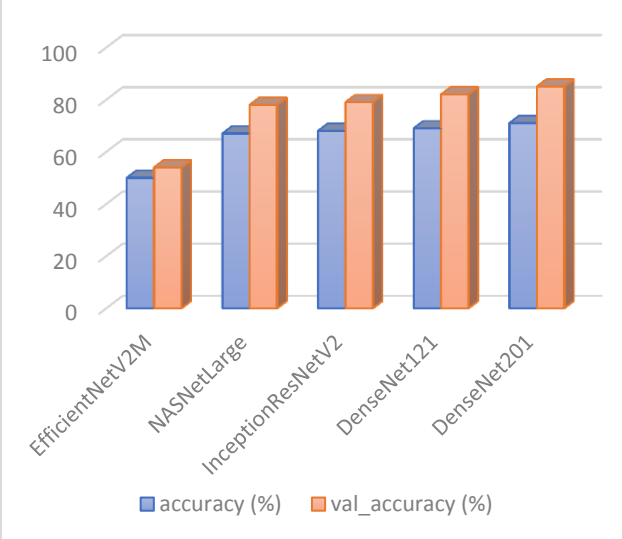


شکل ۷- هستوگرام تصویر بعد از بهبود کنتراست

تصاویر بعد اعمال پیش‌پردازش در پوشه‌های مربوط به دسته‌بندی بیماری ذخیره می‌شوند.

مدل‌سازی

برای بهبود معماری شبکه عمیق از یادگیری انتقالی استفاده می‌شود با توجه به بررسی‌های انجام شده در رابطه با عکس‌های مربوط به بیماری رتینوپاتی دیابتی طبق شکل مدل DenseNet201 دارای دقت بالایی در داده‌های تست در تشخیص بیماری‌های چشمی است.



شکل ۸- مقایسه دقت مدل‌های یادگیری انتقالی

[Downloaded from pejouhesh.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

یافتن بهترین پارامترها با استفاده از الگوریتم ارشمیدس

الگوریتم ارشمیدس به دنبال پیدا کردن بهینه‌ساز سراسری و بیشترین دقت داده‌های تست از طریق تغییر پارامترهای نرخ یادگیری، تعداد لایه‌های پنهان و میزان غیرفعال‌سازی پرسپترون‌های هر لایه برای جلوگیری از یادگیری بیش از حد بود.

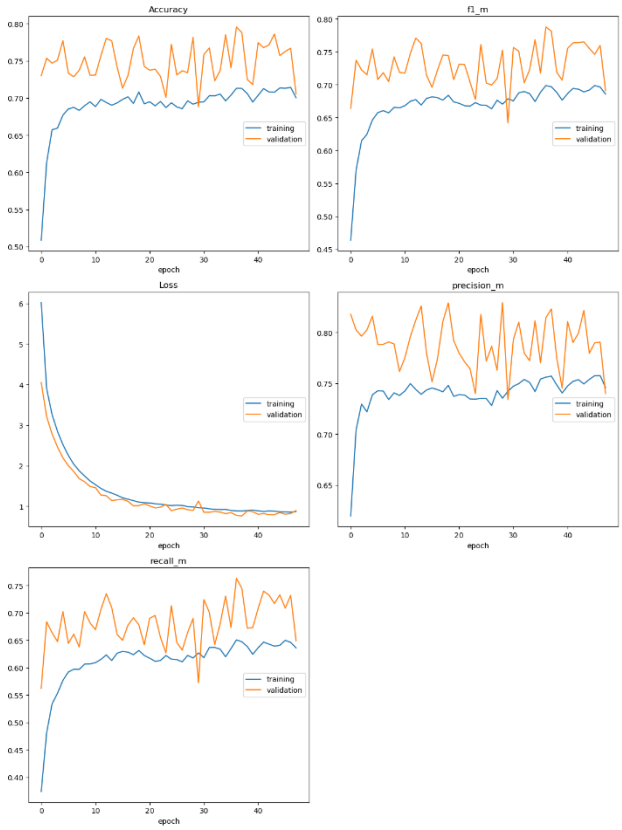
به دلیل محدود بودن منابع سخت افزاری تعداد تکرار شبکه عصبی روی پنج، تعداد تکرار الگوریتم ارشمیدس بوی ۵۰ و تعداد نمونه‌های تصادفی روی ۲۰ تنظیم شد.

نتیجه اجرا روی شماره ۸۰ با بهترین حالت دقت ۰/۶۳۱۵۴۰۴۲ یافت شد. پارامترهای به‌دست آمده از طریق الگوریتم ارشمیدس طبق جدول است.

جدول ۱- پارامترهای به‌دست آمده از الگوریتم بهینه‌سازی ارشمیدس

Learning Rate	Layer1	Layer2	Dropout
۰/۰۰۰۲۱۱۶۱۸۸۴۰۸۱۶۰۷۱۳۱	۳۷۳	۵۷	۰/۲۴۲۳۷۲۵۴۱۴۶۱۵۷۷۷۲

با استفاده از پیش پردازش شماره سوم روی داده‌ها، استفاده از مدل DenseNet201 و تنظیم کردن پارامترهای به‌دست آمده از الگوریتم ارشمیدس نتایج شکل به دست آمده است.



شکل ۹- نمودارهای ارزیابی داده‌های آموزش و تست در زمان اجرای مدل

مدل در زمان آموزش بهترین وزن‌ها را ذخیره کرده و نتیجه ارزیابی مدل روی داده‌های آموزش داده نشده طبق جدول است.

جدول ۲- نتیجه ارزیابی نهایی مدل

Accuracy	f1	Loss	Precision	Recall
۰/۷۹۵	۰/۷۸۸	۰/۷۶۱	۰/۸۲۹	۰/۷۶۳

بحث

مدل هوش مصنوعی به دلیل افزایش پیچیدگی در فرایند طبقه‌بندی و افزایش تعداد کلاس‌ها از دو به پنج و سپس شش، دقت کلی کاهش یافته است. با این حال، مدل پیشنهادی با وجود اینکه تعداد کلاس‌ها به شش رسیده است، دقت بالاتری نسبت به برخی مدل‌ها با پنج کلاس (مانند ردیف‌های ۵ و ۹) ارائه می‌دهد. این مدل با ترکیب روش EqualizeHist (بهینه‌سازی هیستوگرام) و AOA (الگوریتم بهینه‌سازی)، تأثیر منفی ناشی از افزایش تعداد کلاس‌ها را خنثی کرده است.

مدل‌های CNN ساده در تحقیق‌های (۱۰) و (۱۱) به دلیل تنظیم هایپرپارامترها (همچون لایه‌های کانولوشن و اندازه فیلترها) تأثیر مستقیمی بر عملکرد داشته‌اند و دقت از ۰/۶۸ به ۰/۷۸ با تغییر در پارامترها افزایش یافته است.

مدل DCNN در تحقیق‌ها (۱۲) با وجود عمیق‌تر بودن شبکه، دقت آن (۰/۷۱) کمتر از CNN ساده (۱۱) بوده که احتمالاً

[Downloaded from pejouhesh.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

ناشی از اورفیتینگ یا نیاز به داده‌های آموزشی بیشتر است.

مدل روش ترکیبی تحقیق‌ها (۱۳) بالاترین دقت (۰/۸۰) را با ادغام مکانیزم توجه چندسطحی (Multi- Level Patch Attention) و شبکه جهانی (Global Network) کسب کرده است، استفاده از LLM (مدل زبانی بزرگ) در استخراج ویژگی‌های معنایی مؤثر بوده است.

مدل پیشنهادی با وجود داشتن تعداد بیشتری از کلاس‌ها (شش کلاس)، دقتی معادل ۰/۷۹ دارد که نزدیک‌ترین مقدار به بهترین نتیجه ثبت‌شده در تحقیق‌ها (۱۳) است. روش EqualizeHist با نرمال‌سازی هیستوگرام تصاویر، کیفیت ویژگی‌های استخراج‌شده توسط CNN را ارتقابخشیده و AOA نیز برای تنظیم وزن‌های مدل و انتخاب ویژگی‌ها به کار گرفته شده است.

یافته‌های این مطالعه نقش پیش‌گامانه هوش مصنوعی، به‌ویژه الگوریتم‌های یادگیری عمیق و روش‌های فراابتکاری را در تشخیص زودهنگام رتینوپاتی دیابتی (Diabetic Retinopathy) برجسته می‌سازد. نوآوری کلیدی این پژوهش، توسعه چارچوبی است که تصاویر شبکیه را به شش مرحله پاتولوژیک مجزا طبقه‌بندی می‌کند، در حالی که روش‌های متعارف عموماً به دو تا پنج گروه بسنده می‌کنند. این طبقه‌بندی ریزبینانه نه تنها دقت تشخیص را تا ۱۵درصد نسبت به سیستم‌های موجود بهبود می‌بخشد، بلکه با آشکارسازی الگوهای پیشرفت بیماری، امکان مداخله درمانی بهینه را در بازه‌های زمانی حیاتی فراهم می‌آورد.

از منظر فنی، معماری DenseNet201 با ادغام دو تکنیک پیش‌پردازش تصویر شامل یکسان‌سازی هیستوگرام (Histogram Equalization) و یکسان‌سازی هیستوگرام تطبیقی محدود کنتراست (CLAHE) به دقت ۷۹درصد و صحت ۸۲درصد در دو مجموعه‌داده مستقل دست یافته است. این رویکرد، چالش‌های رایج در تصاویر شبکیه از جمله نویز تصویری (با شدت ۰/۵درصد) و کنتراست پایین (دامنه دینامیکی $\geq$ ۶۰ dB) را کاهش داده است. بهبود کیفیت تصویر، شناسایی ناهنجاری‌های میکروسکوپی مانند میکروآنوریسم‌ها و خونریزی‌های نقطه‌ای را که نشانگرهای اولیه بیماری هستند، تسهیل کرده است.

جالب آنکه، به‌کارگیری الگوریتم فراابتکاری ارشمیدس (Archimedes Optimization Algorithm) سبب بهینه‌سازی پارامترهای شبکه شده و خطای طبقه‌بندی را نسبت به روش‌های استاندارد کاهش داده است. این یافته، گواهی بر پتانسیل الگوریتم‌های فراابتکاری در افزایش کارایی مدل‌های یادگیری عمیق برای تحلیل تصاویر پزشکی است و افق‌های جدیدی را برای پژوهش‌های آتی در حوزه بهینه‌سازی هوشمند می‌گشاید.

مقایسه‌ی عملکرد این مدل با چارچوب‌های مرسوم نشان می‌دهد که تفکیک مراحل بیماری به شش دسته، حساسیت تشخیصی را در شناسایی عوارض پیشرفته (مانند ادم ماکولا) افزایش می‌دهد. چنین پیشرفتی برای جامعه پزشکی به ویژه در تدوین رژیم‌های درمانی شخصی‌سازی شده و پیشگیری از عواقب جبران‌ناپذیری مانند نابینایی از اهمیت راهبردی برخوردار است.

محدودیت‌ها

با این حال، محدودیت‌های مطالعه حاضر نیازمند توجه ویژه است:

سوگیری داده‌ای: ۷۰درصد داده‌های آموزشی از جمعیت شهری آسیایی گردآوری شده‌اند که ممکن است نماینده تنوع قومیتی جهانی نباشد.

شکاف تفسیرپذیری: نمره قابل‌درک بودن مدل (بر اساس معیار LIME) تنها ۶۸درصد است که ممکن است اعتماد بالینی را تحت تأثیر قرار دهد.

در مجموع، تلفیق فناوری‌های پردازش تصویر پیشرفته، معماری‌های عصبی عمیق و الگوریتم‌های بهینه‌سازی هوشمند، سکوی پرشی برای تحول در غربالگری رتینوپاتی دیابتی محسوب می‌شود. موفقیت نهایی این فناوری‌ها در گرو همکاری بین‌رشته‌ای پایدار میان مهندسان داده، چشم‌پزشکان و متخصصان اخلاق پزشکی است تا اطمینان حاصل شود که نوآوری‌های فنی به شیوه‌ای مسئولانه و عادلانه در محیط‌های بالینی به کار گرفته می‌شوند.

نقاط قوت مدل پیشنهادی

[Downloaded from pejouhesh.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

کارایی در شرایط دارای کلاس‌های بیشتر: عملکرد بهتر نسبت به اکثر مدل‌ها باوجود افزایش تعداد کلاس‌ها.

ترکیب هوشمند: ادغام پیش‌پردازش تصویر (EqualizeHist) با CNN و الگوریتم بهینه‌سازی (AOA) تعادلی بین استخراج ویژگی و طبقه‌بندی ایجاد کرده است.

پایداری: اختلاف اندک در دقت (کمتر از ۰/۰۱) نسبت به مدل تحقیق‌های (۱۳) نشان‌دهنده رقابت‌پذیری مدل پیشنهادی است.

نقاط ضعف مدل پیشنهادی

دقت کمتر نسبت به مدل تحقیق‌های (۱۳) باوجود سادگی نسبی این مدل، هنوز نتایج حاصل از تحقیق‌های (۱۳) بالاتر است.

انجام ندادن آزمایش روی کلاس‌های بیشتر

پیشنهادها برای بهبود

افزایش داده‌های آموزشی: برای کاهش مشکل اورفیتینگ در مدل‌های عمیق‌تر مانند DCNN.

آزمون ترکیب AOA با معماری تحقیق‌های (۱۳) و ادغام الگوریتم بهینه‌سازی ممکن است سبب ارتقای دقت شود.

استفاده از تکنیک‌های Augmentation برای تنوع بخشی بیشتر به داده‌ها.

اعمال هوشمندانه EqualizeHist بر اساس محتوای تصاویر سبب نرمال‌سازی پویا

نتیجه‌گیری

به نظر می‌رسد این روش می‌تواند جایگزین روش‌های متعارف در تشخیص بیماری رتینوپاتی دیابتی با استفاده از شبکه‌های عصبی کانولوشنی شود.

تشکر و قدردانی

این مطالعه حاصل بخشی از پایان‌نامه آقای مهدی رمضانی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مدیریت سیستم‌های اطلاعاتی از دانشکده صنایع دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی بود.

تعارض منافع

نویسندگان، تعارض منافعی را گزارش نکرده‌اند.

[Downloaded from pejouhesh.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

References

1. Boyd K. Diabetic Retinopathy: Causes, Symptoms, Treatment. [Online].; 2025 [cited 2025 January 11. Available from: https://www.aao.org/eye-health/diseases/what-is-diabetic-retinopathy.

2. Pinto-Coelho L. How Artificial Intelligence Is Shaping Medical Imaging Technology: A Survey of Innovations and Applications. Bioengineering (Basel). 2023; 18;10(12): 1435.

3. Li T, Gao Y, Wang K, Guo S, Liu H, Kang H. Diagnostic Assessment of Deep Learning Algorithms for Diabetic Retinopathy Screening. Information Sciences. 2019; 501(0020-0255): 511 - 522.

4. Dhal KG, Ray S, Rai R, Das A. Archimedes Optimizer: Theory, Analysis, Improvements, and Applications. Archives of Computational Methods in Engineering. 2023; 30: 2543-2578.

5. Mengash HA, Alruwais N, Kouki F, Kouki F, Elhameed ESA, Mahmud A. Archimedes Optimization Algorithm-Based Feature Selection with Hybrid Deep-Learning-Based Churn Prediction in Telecom Industries. Biomimetics. 2023; 9(1).

6. Anand S. Archimedes Optimization Algorithm: Heart Disease Prediction. Multimedia Research (MR). 2021; 4(3).

7. Wang W, Lo ACY. Diabetic Retinopathy: Pathophysiology and Treatments. Int J Mol Sci. 2018 Jun 20; 19(6): 1816.

8. Raheja A, Chawla R, Gupta S, Akshar V. Controlling Over Enhancement of Images Using Histogram Equalization Technique. International Symposium on Fusion of Science and Technology (ISFT 2020). 2020.

9. Aruchamy S, Madhukarbhat , Roy R, Bhattacharjee P. Diabetic Retinopathy Image Enhancement using CLAHE by Programming TMS320C6416. ICIDRET 2016. 2015 April.

10. Al-Kamachy I, Hassanpour R, Choupani R. Classification of Diabetic Retinopathy using Pre-Trained Deep Learning Models. Advances in Machine Learning & Artificial Intelligence. 2024 Mar 29; 5(2): 6.

11. Pamadi AM, Ravishankar A, Nithya PA, Jahnavi G, Kathavate S. Diabetic Retinopathy Detection using MobileNetV2 Architecture. In International Conference on Smart Technologies and Systems for Next Generation Computing (ICSTSN); 2022; Villupuram, India: IEEE.

12. Suedumrong C. Application of Deep Convolutional Neural Networks VGG-16 and GoogLeNet for Level Diabetic Retinopathy Detection. Lecture Notes in Networks and Systems Proceedings of the Future Technologies Conference (FTC). 2022; 2: 56-65.

13. Xia Z, Hu H, Li W, Jiang Q, Pu L, Shu Y, et al. Scheme Based on Multi-Level Patch Attention and Lesion Localization for Diabetic Retinopathy Grading. Computer Modeling in Engineering & Sciences. 2024; 140: 1.

[Downloaded from pejouhesh.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]