مقاله پژوهشی

مجله انفورماتیک سلامت و زیست پزشکی
مرکز تحقیقات انفورماتیک پزشکی
دوره ششم شماره سوم. ص ۲۳۰-۲۱۸، ۱۳۹۸

تشخیص بیماری رتینوپاتی دیابت با استفاده از پردازش تصاویر فوندوس شبکیه و تکنیک‌های مورفولوژیک

مائده تاجی[۱]، سعید آیت[۲]*

• **دریافت مقاله:** ۱۳۹۷/۸/۳۰ • **پذیرش مقاله:** ۱۳۹۸/۴/۲۲

مقدمه: رتینوپاتی دیابتی، تأثیر مخرب دیابت بر رگ‌های خونی شبکیه است که تشخیص دیرهنگام آن می‌تواند باعث نابینایی شود. میکروآنوریسم‌ها از علائم اولیه این بیماری هستند که تشخیص زودهنگام آن‌ها باعث درمان به‌موقع و مانع از پیشرفت بیماری می‌گردد. از آن‌جا که این بیماری بدون علامت است و تنها توسط پزشک قابل تشخیص است، بدین‌جهت نیاز است بیماران دیابتی به طور منظم مورد آزمایش قرار گیرند، از طرفی با توجه به این‌که رشد تعداد چشم پزشکان کمتر از رشد جمعیت مبتلا به دیابت است، تشخیص دستی ضایعه‌ها زمان‌بر بوده و هزینه زیادی را به دنبال دارد؛ لذا طراحی سیستم‌های تشخیص خودکار ضروری است.

روش: در این مطالعه توصیفی-تحلیلی ابتدا تصاویر فوندوس شبکیه تحت پیش‌پردازش قرار گرفت، سپس نواحی کاندیدای میکروآنوریسم‌ها با استفاده از معیار metric و عملگرهای مورفولوژیک Bottom-hat و Hit-or-Miss تعیین و در مرحله بعد به استخراج ویژگی با استفاده از تجزیه و تحلیل مؤلفه اصلی برای تشخیص میکروآنوریسم‌های واقعی پرداخته شد. برای ارزیابی الگوریتم پیشنهادی از تصاویر پایگاه داده DiaRetDB1 استفاده شد.

نتایج: هدف این پژوهش توسعه یک روش خودکار برای تشخیص میکروآنوریسم‌ها است که بتواند به متخصصین چشم در فرآیند غربالگری رتینوپاتی دیابت کمک کند، تا علائم این بیماری را سریع‌تر، آسان‌تر و با هزینه کمتر تشخیص دهند. در ارزیابی روش پیشنهادی، نرخ حساسیت ۸۷/۶٪، نرخ تشخیص ۹۸/۷٪ و دقت ۸۵/۷٪ به دست آمد.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج به دست آمده براساس پارامترهای ارزیابی، روش پیشنهادی از دقیق‌ترین الگوریتم‌های این حوزه است.

کلید واژه‌ها: رتینوپاتی دیابت، تصاویر فوندوس شبکیه، میکروآنوریسم، عملگرهای مورفولوژیک، آنالیز مؤلفه اصلی

• **ارجاع:** تاجی مائده، آیت سعید. تشخیص بیماری رتینوپاتی دیابت با استفاده از پردازش تصاویر فوندوس شبکیه و تکنیک‌های مورفولوژیک. مجله انفورماتیک سلامت و زیست‌پزشکی ۱۳۹۸؛ ۶(۳): ۲۱۸-۳۰.

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر-گرایش هوش مصنوعی و رباتیک، گروه علمی مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشگاه پیام‌نور نجف آباد، نجف‌آباد، ایران
۲. دکتری مهندسی کامپیوتر، دانشیار، گروه علمی مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشگاه پیام نور نجف آباد، نجف آباد، ایران

* **نویسنده مسئول:** اصفهان، نجف آباد، بلوار طالقانی، دانشگاه پیام نور نجف آباد

• **شماره تماس:** ۰۳۱۴۲۷۲۷۱۲۱ • **Email:** Dr.ayat@pnu.ac.ir

[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-22]

مقدمه

بالا بودن قندخون یا بیماری دیابت، بیماری است که در حال حاضر بیش از ۴۰۰ میلیون نفر در سراسر جهان به آن مبتلا هستند. ابتلا به این بیماری به طور مداوم در حال گسترش است به‌طوری‌که انتظار می‌رود ۱۰ درصد جمعیت جهان را تا سال ۲۰۴۰ تحت تأثیر قرار دهد [۱].

دیابت، موجب رسوب قند در رگ‌های شبکیه و متورم شدن عدسی چشم شده و بر توانایی دید بیمار اثر می‌گذارد [۱].

رتینوپاتی دیابتی عارضه‌ای ناشی از دیابت است که باعث ایجاد تغییرات روی ساختار عروقی و نشت خون از رگ‌ها و در مراحل پیشرفته‌تر باعث ایجاد رگ‌های جدید شکننده می‌شود [۲].

از آن‌جا که این بیماری بدون علامت است و تنها توسط پزشک قابل تشخیص است، بدین‌جهت نیاز است بیماران دیابتی به طور منظم مورد آزمایش قرار گیرند، از طرفی با توجه به این‌که رشد تعداد چشم‌پزشکان کمتر از رشد جمعیت مبتلا به دیابت است، تشخیص دستی ضایعه‌ها زمان‌بر بوده و هزینه زیادی را به دنبال دارد در نتیجه مانع از اجرای آزمایش‌ها در سطح وسیع می‌شود؛ لذا طراحی سیستم‌های تشخیص خودکار در این حوزه ضروری به نظر می‌رسد [۱].

میکروآنوریسم‌ها از علائم اولیه این بیماری هستند و تشخیص به‌موقع آن‌ها مانع از پیشرفت بیماری و باعث درمان به موقع می‌گردد. در سال‌های اخیر، الگوریتم‌های پردازش تصویر برای تشخیص رتینوپاتی دیابتی، توسعه یافته است با این حال، موضوع برای تحقیقات هنوز باز است؛ زیرا سطح قابل‌قبولی برای پارامترهای ارزیابی حساسیت و تشخیص هنوز به‌دست نیامده است [۱].

تا به حال پژوهش‌های بسیاری در راستای بهبود دقت شناسایی ضایعات شبکیه چشم ناشی از دیابت و افزایش کارایی آن‌ها ارائه گردیده است که نشان‌دهنده اهمیت و ارزش این موضوع در شناسایی دیابت رتینوپاتی در مراحل اولیه ابتلا به آن و اقدام برای پیشگیری، درمان و جلوگیری از نابینایی می‌باشد [۱].

به‌طورکلی تشخیص ضایعات در تصاویر رنگی شبکیه در دو مرحله عمده صورت می‌گیرد:

۱) استخراج کاندیداهای میکروآنوریسم
۲) طبقه‌بندی کاندیداها به عنوان میکروآنوریسم واقعی یا مناطق نرمال [۳].

در سال ۱۹۸۴ اولین الگوریتم تشخیص میکروآنوریسم‌ها توسط Baudoin و همکاران ارائه شد، که تصاویر ورودی آن به صورت تصاویر فلورسنت آنژیوگرافی بود. در این الگوریتم از عملگر مورفولوژیک بازکردن با عناصر ساختاری خطی که در جهت‌های مختلف قرار می‌گیرد، استفاده شده است. به این ترتیب، نتیجه عملیات بازکردن، حذف میکروآنوریسم‌ها و حفظ نقاط مربوط به رگ‌های شبکیه است. با تفریق حاصل بازکردن از تصویر اولیه، نتیجه نهایی حاصل شده است و از معایب این روش استفاده از تصاویر آنژیوگرافی فلوئورسین به‌دلیل پرهزینه و تهاجمی بودن، تعداد کم تصاویر و زمان پردازش بسیار کند است [۴].

Spencer و همکاران برای تشخیص میکروآنوریسم با استفاده از فیلترهای تطبیقی، روشی را برای بهبود نتایج، با استفاده از حذف سایه و نرمال‌سازی بازه دینامیکی تغییرات سطوح خاکستری پیشنهاد دادند. همین محقق در سال ۱۹۹۶ روش جدیدی را پیشنهاد داد که کاملاً متفاوت از رویکرد قبلی بود. در این روش از تبدیل مورفولوژیک تاپ–هت (Top-hat) استفاده شد و پس از به دست آمدن نتایج اولیه، با استفاده از یک روش طبقه‌بندی نتایج بهبود داده شد. از معایب این روش می‌توان به کم بودن تعداد تصاویر استفاده شده و هم‌چنین مشخص نبودن تعداد کل میکروآنوریسم‌ها اشاره کرد [۵،۶].

پوررضا و همکاران [۲]، روش جدیدی را برای تصاویر رنگی با استفاده از تبدیل رادون محلی ارائه دادند. الگوریتم پیشنهادی از سه مرحله اصلی پیش‌پردازش، تشخیص نقاط کاندید و طبقه‌بندی تشکیل شده است.

همچنین توکلی و همکاران [۳] روش دیگری را برای آشکارسازی میکروآنوریسم‌ها در تصاویر فلورسنت آنژیوگرافی ارائه داده‌اند که مبنای آن تبدیل رادون بوده است. در این روش تشخیص نقشه رگ‌ها و سرعصب بینایی و پس از آن تشخیص میکروآنوریسم مطرح شده است.

Saleh و Eswaran روشی را برای شناسایی میکروآنوریسم ارائه داده‌اند که شامل مراحل زیر است:

۱–ابتدا دیسک نوری با استفاده از فیلتر میانی در یک نقطه متمرکز می‌شود. ۲– سپس برای افزایش کنتراست تصویر فیلتر شده از تبدیل مورفولوژیکی تاپ–هت استفاده می‌شود. ۳– با آستانه‌گذاری آتسو تصویر باینری می‌شود. ۴– عملیات بازکردن و بستن مورفولوژیکی اعمال می‌شود. از معایب الگوریتم پیشنهادی در این روش می‌توان به پایین آمدن درصد حساسیت شناسایی با کاهش کیفیت تصاویر ورودی به دلیل پیش‌پردازش نامناسب اشاره کرد [۷].

SujithKumar و Singh بعد از پیش‌پردازش و حذف

[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-22]

پس‌زمینه با اعمال حد آستانه مناسب، تصویر کانال سبز را به باینری تبدیل کرده‌اند. در ادامه با توجه به مساحت اجزای موجود در تصویر رگ‌های خونی و سایر ضایعات که مساحتی بزرگ‌تر و یا کوچک‌تر از میکروآنوریسم‌ها دارند، حذف شده‌اند [۸].

Kafieh و همکاران روشی را برای قطعه‌بندی شبکیه چشم بر مبنای دامنه کرولت ارائه داده‌اند. این روش بر مبنای تصاویر توموگرافی انسجام نوری است که با استفاده از آنالیز تغییرات درخشندگی و فوندوس به ضخیم کردن و قطعه‌بندی رگ‌های شبکیه چشم می‌پردازد [۹].

همچنین توکلی و همکاران یک الگوریتم متفاوت برای تشخیص میکروآنوریسم‌ها در تصاویر فلورسنت آنژیوگرافی مبتنی بر اعمال محلی تبدیل رادون ارائه کردند. در این روش ابتدا اپتیک دیسک تشخیص و از تصویر اصلی حذف می‌شود، سپس در مرحله پیش‌پردازش با اعمال تبدیل مورفولوژیک تاپ-هت و فیلتر میانگین، پس‌زمینه تصویر استخراج و از تصویر حذف می‌شود. در مرحله بعد با اعمال محلی تبدیل رادون به پنجره‌های همپوشان رگ‌های شبکیه استخراج و از تصویر حذف می‌شوند. در نهایت با اعمال محلی تبدیل رادون و آستانه‌گذاری مناسب میکروآنوریسم‌ها تشخیص داده می‌شوند [۱۰].

Adal و همکاران به تشخیص میکروآنوریسم‌ها از مناطق کاندید به کمک توصیفگرهای منطقه پرداخته و یک روش یادگیری نیمه‌نظارتی برای طبقه‌بندی میکروآنوریسم‌ها پیشنهاد کردند تا میکروآنوریسم‌های واقعی را تشخیص دهد [۱۱].

Manjaramkar و Kokare، یک روش ترکیبی ارائه دادند، بدین‌صورت که برای شناسایی کاندیداهای میکروآنوریسم از ترکیب روش تشخیص لبه با روش‌های مورفولوژیک استفاده کرده و سپس به‌وسیله استخراج ویژگی‌ها، میکروآنوریسم‌های واقعی تشخیص داده شده‌اند. در این روش از پایگاه داده DIARETdb1 استفاده شده است [۱۲].

از اهداف این پژوهش ارائه الگوریتمی کارآمد در جهت بهبود تشخیص خودکار میکروآنوریسم‌ها و در نتیجه تشخیص زودهنگام رتینوپاتی دیابتی با استفاده از تصاویر فوندوس شبکیه و تکنیک‌های پردازش تصویر با هدف کمک به تشخیص پزشک است.

با توجه به این‌که روش‌های موجود در حوزه تشخیص رتینوپاتی دیابت معمولاً الگوریتم‌هایی پیچیده، زمان‌بر با بار محاسباتی بالا هستند که بخشی از آن به‌دلیل نیاز به تعداد زیاد ویژگی‌ها در طبقه‌بندی کاندیداها جهت تشخیص میکروآنوریسم واقعی است، در این پژوهش به ارائه روشی نوین با پیاده‌سازی ساده با تعداد محدودی از ویژگی‌ها در کنار کارایی بالا برای تشخیص میکروآنوریسم‌ها پرداخته شد که این امر باعث کاهش زمان و بار محاسباتی شد.

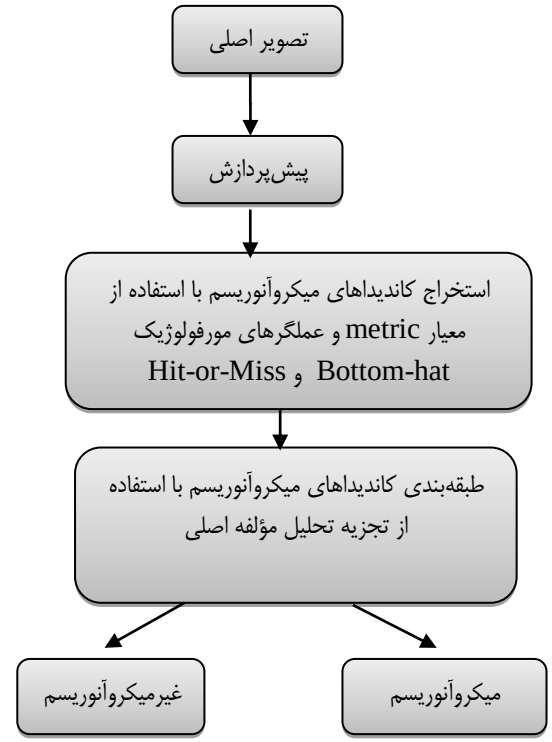
روش ارائه شده در مقایسه با سایر روش‌های موجود پارامترهای ارزیابی حساسیت و تشخیص را بهبود داده و از سادگی و سرعت بیشتری برخوردار است.

روش

این مطالعه از نوع توصیفی-تحلیلی بود. برای ارزیابی از پایگاه داده DIARETDB1 [۱۳] استفاده شد، که دارای ۸۹ تصویر رنگی فوندوس شبکیه به فرمت RGB با اندازه ۱۱۵۲*۱۵۰۰ پیکسل است و میکروآنوریسم‌ها توسط چشم‌پزشک مشخص شدند. ارزیابی با استفاده از نرم‌افزار Matlab نسخه ۲۰۱۶ در یک پردازنده Intel Core i7 انجام شد.

بلوک دیاگرام روش پیشنهادی برای استخراج میکروآنوریسم‌ها در شکل ۱ نشان داده شد. ورودی این الگوریتم، تصویر رنگی شبکیه چشم است و خروجی، تصویری رنگی است که محل میکروآنوریسم‌ها در آن علامت‌گذاری شده‌اند.

[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-22]



شکل ۱: بلوک دیاگرام الگوریتم پیشنهادی برای استخراج میکروآنوریسم‌ها

۱-پیش‌پردازش

در تصاویر فوندوس شبکیه به‌دلیل وجود قرص نوری و غیریکنواختی شدت روشنایی (مقادیر شدت روشنایی در مرکز تصاویر بالاتر از مقادیر شدت روشنایی در کناره‌های تصویر شبکیه است)، یک مرحله پیش‌پردازش برای این تصاویر ضروری است.

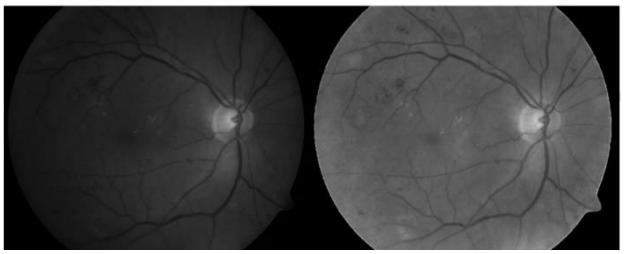
تصاویر رنگی فوندوس شبکیه به شکل RGB، از سه تصویر در کانال‌های قرمز، سبز و آبی تشکیل شده‌اند؛ بنابراین یک تصویر RGB را می‌توان به سه مؤلفه قرمز، سبز و آبی تفکیک کرد.

بر اساس کارهای گذشته مشاهده شد تصاویر مؤلفه قرمز و مؤلفه سبز حاوی اطلاعات بیشتری از تصویر هستند [۲].

در مطالعه Preece و Claridge [۱۴] مدل بازتابی طیفی چشم انسان توضیح داده شده و نشان داده شد که چرا در بین سه مؤلفه، مؤلفه سبز شامل بیشترین اطلاعات تصویر است و جزئیات را به‌خوبی نمایش می‌دهد.

نورپردازی نقش مهمی در تشخیص ضایعات از پس زمینه ایفا می‌کند، در نتیجه نور غیر یکنواخت باعث ایجاد خطاهای قابل توجه در هنگام تقسیم‌بندی می‌شود [۱].

نسبت مؤلفه سبز به مؤلفه قرمز برای هر پیکسل به صورت $f_G(r,c)/ f_R(r.c)$ به دست آورده شد و به منظور به دست آوردن یک تصویر جدید که در آن اثر نور غیریکنواخت کاهش یافته باشد، از آن استفاده شد. در شکل ۲ سمت چپ تصویر مؤلفه سبز با اثر ذاتی نور غیریکنواخت و سمت راست همان تصویر پس از کاهش نور غیریکنواخت نشان داده شد.



شکل ۲: مقایسه بین تصویر مؤلفه سبز تصویر فوندوس شبکیه با اثر ذاتی نور غیریکنواخت (سمت چپ) و همان تصویر پس از کاهش نور غیریکنواخت (سمت راست)

در این مرحله به نرمال‌سازی محتوای خاکستری تصویر به‌منظور افزایش کنتراست تصویر پرداخته شد. از آن‌جایی‌که تصاویر فوندوس شبکیه در شرایط گوناگونی گرفته شد، محدوده شدت روشنایی متفاوتی دارند، به‌همین دلیل نکته مهم آن است که تصاویر نرمال شود تا در محدوده‌های مشابه قرار گیرند.

پس از بررسی خواص آماری هیستوگرام چندین تصویر، بیشترین درجه خاکستری I به دست آورده و دیده شد که مقدار آن در محدوده $(\mu_I - 2\sigma_I, \mu_I + 2\sigma_I)$ قرار دارد و μ_I میانگین تصویر خاکستری و σ_I انحراف استاندارد مربوطه است.

[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-22]

برای نرمال‌سازی تصاویر به مقدار جدید μ_n و σ_n نیاز است که به طور تجربی و با آزمایش مجموعه‌ای از تصاویر مقادیر σ_n =۳۵ و μ_n= ۱۲۸ به دست آمد. نرمال‌سازی محتوای خاکستری تصویر از رابطه (۱) به دست آمد:

(۱)

$$I_a(r.c) = \frac{\sigma_n}{\sigma_I}(I_b(r.c) - \mu_I + 2\sigma_I) + \mu_n - 2\sigma_n$$

در رابطه (۱)، $I_b(r,c)$ و $I_a(r,c)$ مقادیر خاکستری تصویر در موقعیت (r,c) قبل و بعد از نرمال‌سازی تصویر هستند.

۲- استخراج کاندیداهای میکروآنوریسم

در این قسمت از تکنیک‌های مورفولوژیک برای به دست آوردن کاندیداهای میکروآنوریسم استفاده گردید، بدین‌منظور ابتدا باید پس‌زمینه تصویر و سپس رگ‌های خونی از تصویر حذف گردد، تا نواحی کاندیداهای میکروآنوریسم به دست آید.

مطالعات Gonzalez و Woods [۱۵] و Haralick و همکاران [۱۶] مرجع کاملی در زمینه پردازش تصویر با تکنیک‌های مورفولوژیک است.

میکروآنوریسم‌ها و رگ‌های خونی در تصویر رنگی اولیه مناطق قرمز رنگ و در تصویر خاکستری، مناطق تیره تصویر هستند. بدین‌ترتیب برای حذف پس‌زمینه که مناطق روشن تصویر خاکستری را تشکیل می‌دهند، از تبدیل (Bottom-hat)، که یک تبدیل مورفولوژیک است، استفاده گردید که به‌صورت رابطه (۲) تعریف گردید:

(۲)

$$B_{hat}(f) = (f \bullet b) - f$$

همان‌طور که در رابطه ۲ مشاهده شد تبدیل Bottom-hat در یک تصویر خاکستری $f(x,y)$ به‌وسیله عنصر ساختاری $b(x,y)$ برابر با عملیات مورفولوژیک بستن (Closing) منهای $f(x,y)$ است.

عملیات بستن خود به ترتیب از دو عملگر مورفولوژیک dilate و erode استفاده می‌کند و به صورت رابطه (۳) تعریف گردید:

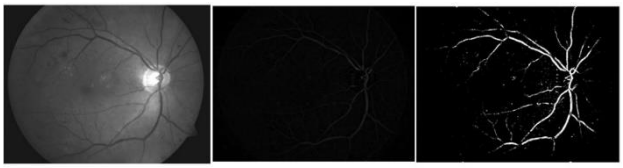
(۳)

$$f \bullet b = (f \oplus b) \ominus b$$

در این مرحله لازم است قبل از اعمال آستانه، تصویر به صورت باینری تبدیل شود.

با استفاده از آستانه‌گذاری به‌منظور بهینه‌سازی تصویر، میکروآنوریسم‌ها، رگ‌های خونی و دیگر نواحی قرمز رنگ به‌طورکامل از پیکسل‌های پس زمینه جدا شده‌اند و این مناطق به عنوان مناطق مورد نظر (ROIs (Regions of Interest به دست آمدند.

شکل ۳ نتایج حاصل از اعمال تبدیل Bottom-hat و binarization بر اساس آستانه‌گذاری را نشان داد.



شکل ۳: تصویر اصلی (سمت چپ)، تصویر حاصل از اعمال تبدیل Bottom-hat (وسط)، تصویر حاصل از binarization بر اساس آستانه‌گذاری (سمت راست)

مرحله بعدی در فرآیند استخراج کاندیداهای میکروآنوریسم شامل حذف رگ‌های خونی از مجموعه مناطق مورد نظر است، این کار با استفاده از تبدیل مورفولوژی Hit or miss در تصویر باینری انجام گرفت.

تبدیل Hit or miss یک عملیات مورفولوژیکی است که به تصاویر باینری برای تشخیص محل قرار دادن اشیاء با اشکال خاص اعمال می‌شود، به طوری که دیگر اشیا بدون شکل مورد نظر (مانند رگ‌های خونی) حذف می‌گردند.

وظیفه تبدیل Hit or miss در حین استخراج کاندیداهای میکروآنورسم دوگانه است:

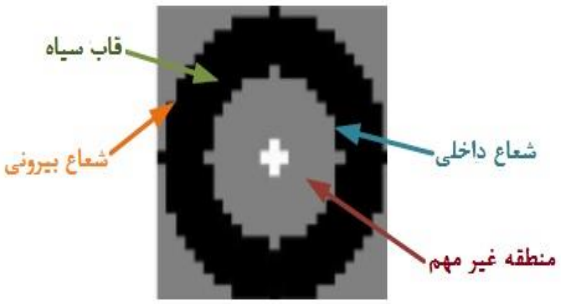
۱. پیدا کردن محل هر یک از اشیاء به شکل دایره (میکروآنوریسم‌ها دایره شکل هستند) هم‌زمان با حذف اشیاء به شکل غیر دایره‌ای مانند رگ‌های خونی.

۲. از آنجا که یک میکروآنوریسم در یک تصویر باینری دارای شکل نامنظم است که توسط یک پس زمینه سیاه پوشیده شده و قطر آن به طور میانگین حداکثر ۱۹ پیکسل است، مدل‌سازی چنین جسمی به‌صورت یک تصویر باینری شامل یک قسمت داخلی از پیکسل‌های سفید است که توسط یک قاب ساخته شده از پیکسل‌های سیاه محصور می‌شود، بین قسمت داخلی و قاب سیاه می‌تواند سیاه یا سفید باشد (عنصر ساختاری).

[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-22]

فراهم کردن شرایط ذکر شده باعث ایجاد مدل باینری با انعطاف‌پذیری بالا برای مطابقت میکروآنوریسم‌ها با اشکال و اندازه‌های نامنظم مختلف شد.

ابعاد عنصر ساختاری به‌طور تجربی با تغییر ابعاد در هنگام محاسبه تبدیل Hit or miss در مجموعه‌ای از تصاویر به تصادف انتخاب شده، زمانی که بیشترین میکروآنوریسم‌های واقعی در بین کاندیداها توسط برنامه Hit or miss استخراج شد، تعیین گردید. بدین‌ترتیب ابعاد مطلوب عنصر ساختاری، ۲۵×۲۵ پیکسل با شعاع داخلی ۹ پیکسل و شعاع بیرونی ۱۱ پیکسل است. عنصر ساختاری (Structuring Element) SE مورد استفاده در شکل ۴ نشان داده شد.

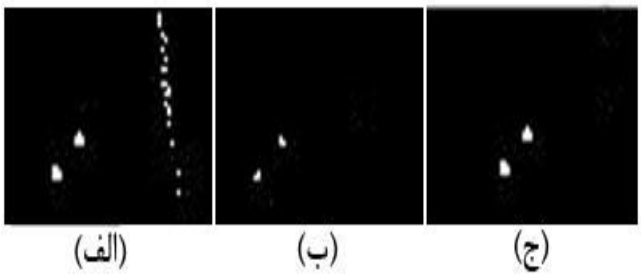


شکل ٤: عنصر ساختاری برای محاسبه تبدیل (Hit or miss)

میکروآنوریسم‌ها اندازه‌های گوناگونی دارند به همین دلیل استفاده از ترکیبی از عناصر ساختاری با اندازه‌های مختلف باعث بالا رفتن دقت در تشخیص کاندیداهای میکروآنوریسم شد، بدین‌صورت که عناصر ساختاری کوچک در استخراج کاندیداهای نزدیک به یکدیگر و یا کاندیداهای نزدیک به رگ‌ها مفید هستند و عناصر ساختاری بزرگ‌تر برای استخراج میکروآنوریسم‌های بزرگ‌تر به‌کار می‌روند.

برای بالا بردن دقت تشخیص مجموعه‌ای از عناصر ساختاری به صورت $\{SE_1,SE_2,\ldots,SE_n\}$در طول برنامه‌های متعدد تبدیل (Hit or miss) استفاده شد، تصاویر دودویی حاصل به صورت $\{I_1,I_2,\ldots,I_n\}$ هستند که به وسیله یک عملیات OR منطقی ترکیب شدند.

تبدیل (Hit or miss)، مجموعه‌ای از تمام مکان‌هایی را تولید می‌کند که در آن عنصر ساختار منطبق با یک منطقه مورد نظر است، برای بازیابی کامل شکل، یک الگوریتم برای استخراج اجزای متصل استفاده شد که نتیجه استفاده از این الگوریتم در شکل ۵ نشان داده شد.



شکل ٥: (الف): قسمتی از تصویر باینری مرحله قبل با مناطق قرمز مانند میکروآنوریسم‌ها و رگ‌های خونی (ب): نتیجه پس از اعمال تبدیل Hit or miss (ج): نتیجه حاصل از استخراج اجزای متصل

پس از استخراج اجزای متصل، از معیاری به نام metric که گرد بودن میکروآنوریسم‌ها را دقیق‌تر مورد بررسی قرار داد، به جهت حذف باقی‌مانده‌های رگ‌های خونی، استفاده شد.

این معیار به صورت رابطه (۴) تعریف شده است [۷].

$$metric = \frac{4\times\pi\times area}{primeter^2} \qquad (۴)$$

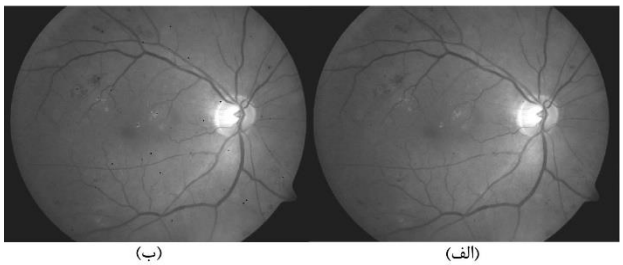
برای محاسبه معیار metric باید محیط و مساحت هر منطقه کاندید محاسبه گردد، برای به دست آوردن محیط بر روی نتایج مرحله قبلی برای هر ناحیه الگوریتم لبه‌یابی canny را اعمال کرده تا لبه‌ها استخراج گردند. سپس محیط و مساحت هریک از اجزا محاسبه و به‌صورت جداگانه در آرایه ذخیره شده‌اند.

مساحت برابر با تعداد پیکسل‌های تشکیل‌دهنده شکل و محیط برابر با تعداد پیکسل‌های لبه مرزی است.

مقدار به دست آمده از معیار metric در بازه [۰،۱] قرار دارد. هرچه این مقدار به ۱ نزدیک‌تر باشد به این معنی است که ناحیه دایره شکل‌تر و احتمال میکروآنوریسم بودن بیشتر است و هرچه به صفر نزدیک‌تر باشد، ناحیه مربوط به رگ است. بدین‌ترتیب از این معیار برای حذف باقی‌مانده‌های رگ‌های خونی استفاده گردید، بدین‌صورت ناحیه‌هایی که مقادیر نزدیک به صفر دارند، حذف شدند.

مرحله بعدی، ترکیب تصویر اصلی و تصویر حاصل از استخراج کاندیداهای میکروآنوریسم از طریق عملگر منطقی AND است، که در شکل ۶ نشان داده شد.

[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-22]



شکل ٦: (الف): تصویر اصلی (ب): نتیجه حاصل از مرحله شناسایی کاندیداهای میکروآنوریسم

۳- طبقه‌بندی کاندیداهای میکروآنوریسم

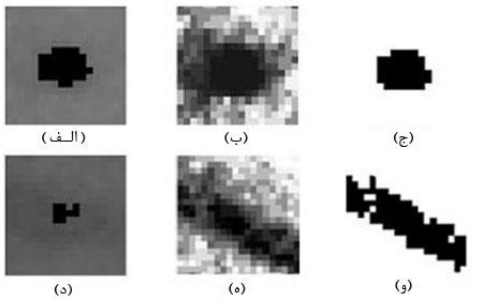
در این مرحله برای تشخیص میکروآنوریسم‌های واقعی به استخراج ویژگی‌ها پرداخته شد:

تجزیه‌وتحلیل مؤلفه اصلی برای استخراج ویژگی

میکروآنوریسم‌ها دارای الگوی دایره شکل و رگ‌ها الگوهای خطی دارند، به همین دلیل برای تشخیص میکروآنوریسم‌های واقعی به تجزیه و تحلیل نواحی کاندیداهای میکروآنوریسم پرداخته شد.

در شکل ۷ دو قطعه از ناحیه کاندید مربوط به دو کاندیدا میکروآنوریسم قبل از استخراج ویژگی نشان داده شد که یکی از آن‌ها میکروآنوریسم واقعی و دیگری مربوط به قسمتی از رگ باقی‌مانده است.

قبل از استخراج ویژگی، مرحله کشش کنتراست تصویر است، که با افزایش اختلاف شدت روشنایی، کاندیدا مورد نظر از پس زمینه قابل تفکیک باشد و سپس به باینری کردن تصویر پرداخته شد که در شکل ۷ نشان داده شد.



شکل ۷: (الف): ناحیه کاندیدا مربوط به میکروآنوریسم واقعی (ب): نتیجه پس از کشش کنتراست تصویر (الف)، (ج): نتیجه حاصل از باینری کردن تصویر (د): ناحیه کاندیدا مربوط به رگ (ه): نتیجه تصویر پس از کشش کنتراست تصویر(د)، (و): نتیجه حاصل از باینری کردن تصویر

پس از به دست آوردن تصویر باینری برای هر ناحیه کاندیدا، به استخراج ویژگی به روش تجزیه‌وتحلیل مؤلفه اصلی (Principal Component Analysis) PCA، که توصیف‌کننده منطقه‌ای است، پرداخته شد تا میکرونوریسم‌های واقعی مشخص گردند.

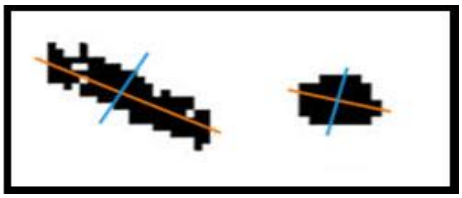
در تجزیه تحلیل مؤلفه اصلی محورهای مختصات جدیدی برای داده‌ها تعریف گردید، روش کار بدین‌صورت است که هر نقطه در ناحیه کاندیدا به صورت یک بردار دو بعدی $x_i = [x_{i1}\ x_{i2}]^T$ بیان شد و همه n نقطه در ناحیه کاندیدا، را در یک ماتریس ۲×n به‌صورت $X = [x_1, x_2, \ldots\ldots x_n]$ ذخیره کرده و میانگین این مقادیر از رابطه (۵) به دست آمد:

$$x_c = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \qquad (۵)$$

سپس ماتریس کوواریانس مطابق رابطه (۶) به دست آمد:

$$Cov(X) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - x_c) \qquad (۶)$$

مرحله بعد به دست آوردن بردارهای ویژه و مقادیر ویژه Cov(X) است. دو بردار ویژه e_1 و e_2 به دست آمد، یکی از این دو بردار در جهتی قرار گرفته است که واریانس داده‌ها ماکزیمم شود، در واقع داده‌ها در آن جهت بیشترین پراکندگی را دارند و بردار دیگر عمود بر بردار اول است. مقادیر ویژه میزان پراکندگی داده‌ها در راستای بردار ویژه مربوطه را نشان داد. در شکل ۸ دو بردار ویژه برای هرکدام از دو تصویر ناحیه کاندیدا شکل ۷ نشان داده شد.



شکل ۸: بردارهای ویژه دو ناحیه کاندیدا میکروآنوریسم

در این مرحله مقادیر X به صورت ترکیب خطی در مبنای جدید (بر اساس دو بردار ویژه) طبق رابطه (۷) به‌دست آمد:

(۷)

$$Y = E^T X_c = \begin{bmatrix} e_1^T \\ e_2^T \end{bmatrix} [x_1 - x_c \quad x_2 - x_c \ldots \quad x_n - x_c]$$

هر ستون ماتریس Y تصویر جدید مقادیر بر مبنای بردارهای ویژه e_1 و e_2 است.

حال حداکثر و حداقل مقادیر Y در امتداد بردارهای e_1 و e_2 به ترتیب از طریق رابطه‌های (۸) و (۹) محاسبه گردید.

[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-22]

(۸)
$$y_{1max} = max_{i\in\{1,\cdots,n\}} y_{i1}$$
$$y_{1min} = min_{i\in\{1,\cdots,n\}} y_{i1}$$
(۹)
$$y_{2max} = max_{i\in\{1,\cdots,n\}} y_{i2}$$
$$y_{2min} = min_{i\in\{1,\cdots,n\}} y_{i2}$$

سپس طول جسم در امتداد دو بردار e_1 و e_2 از رابطه (۱۰) به دست آمد.

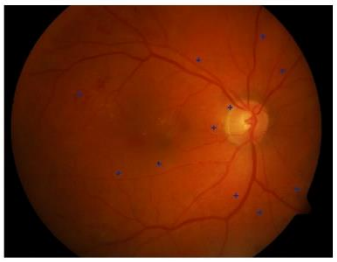
$$length_1 = y_{1max} - y_{1min} \quad (۱۰)$$
$$length_2 = y_{2max} - y_{2min}$$

هدف از به دست آوردن دو بردار ویژه آن است که نسبت طول جسم در امتداد دو بردار ویژه، اطلاعاتی درباره شکل شیء به ما می‌دهد، در نهایت نسبت طول جسم در امتداد دو بردار ویژه از طریق رابطه ۱۱ محاسبه گردید:

$$r = \frac{max\{length_1.length_2\}}{min\{length_1.length_2\}} \quad (۱۱)$$

همان‌طور که گفته شد میکروآنوریسم‌ها الگویی دایره شکل دارند پس نسبت به دست آمده برای میکروآنوریسم واقعی کمتر از نسبت به دست آمده برای رگ‌ها و نزدیک به ۱ است.

برای طبقه‌بندی ناحیه کاندیدا به میکروآنوریسم و غیرمیکروآنوریسم یک مقدار آستانه در نظر گرفته شد، اگر r از مقدار آستانه کمتر باشد، ناحیه کاندیدا مربوط به میکروآنوریسم و اگر از آستانه بیشتر باشد ناحیه مربوط به رگ است. در شکل ۹، تصویر خروجی الگوریتم پیشنهادی که نقاط مربوط به میکروآنوریسم‌های تشخیص داده شده، در آن مشخص گردیده، نشان داده شد.



شکل ۹: تصویر خروجی الگوریتم پیشنهادی

نتایج

برای ارزیابی عملکرد الگوریتم ارائه شده، نتایج خروجی الگوریتم در تشخیص میکروآنوریسم‌ها برای هر تصویر، با نتایج تصویر معیار که میکروآنوریسم‌ها به صورت دستی توسط پزشک متخصص مشخص شده‌اند، مقایسه گردید، تا وضعیت ابتلا یا عدم ابتلا فرد به بیماری رتینوپاتی دیابت مشخص گردد.

به طور معمول برای ارزیابی عملکرد روش پیشنهادی، از پارامتر حساسیت SE (Sensitivity) و تشخیص SP(Specificity)، استفاده شد.

این پارامترها به صورت رابطه ۱۲ و ۱۳ محاسبه شدند.

$$SE = \frac{TP}{(TP+FN)} \times 100 \quad (۱۲)$$
$$SP = \frac{TN}{(TN+FP)} \times 100 \quad (۱۳)$$

دقت (Precision) پارامتر دیگری است که برای ارزیابی عملکرد الگوریتم در تشخیص به کار می‌رود، به‌طوری‌که مشخص می‌کند چه درصد از میکروآنوریسم‌های شناسایی شده، واقعی هستند. این پارامتر از رابطه زیر به دست آمد:

$$Precision = \frac{TP}{(TP+FP)} \times 100 \quad (۱۴)$$

در روابط قبلی TP موارد مثبت حقیقی، TN موارد منفی حقیقی، FN موارد منفی کاذب و FP موارد مثبت کاذب است، به بیان دیگر:

TP: تعداد میکروآنوریسم‌هایی که به‌درستی تشخیص داده شده‌اند.

TN: تعداد غیرمیکروآنوریسم‌هایی که به درستی تشخیص داده شده‌اند.

FN: تعداد میکروآنوریسم‌هایی که شناسایی نشده‌اند.

FP: تعداد نقاط طبیعی که به اشتباه میکروآنوریسم شناسایی شده‌اند.

نتایج به‌دست‌آمده از ارزیابی سیستم پیشنهادی در جدول ۱ نشان داده شد.

جدول ۱: نتایج به‌دست آمده از ارزیابی سیستم پیشنهادی

سیستم پیشنهادی	نتایج
حساسیت	۸۷٪/۶
تشخیص	۹۸٪/۷
دقت	۸۵٪/۷

[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-22]

بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش رویکردی جدید برای شناسایی میکروآنوریسم‌ها ارائه داد که شامل مراحل زیر است:

۱) **پیش‌پردازش:** برای کاهش نور غیریکنواخت و نرمال کردن محتوای خاکستری در همه تصاویر انجام گرفت.

۲) **تشخیص کاندیداهای میکروآنوریسم:** تشخیص کاندیداهای میکروآنوریسم در دو مرحله بر اساس پردازش مورفولوژیکی انجام گرفت.

در مرحله اول پس زمینه تصویر حذف شد، بدین صورت‌که یک تصویر خاکستری به عنوان ورودی دریافت شد، منطقه‌هایی از تصویر با تحلیل مقادیر شدت روشنایی به‌کمک تبدیل Bottom-hat مشخص شدند. تصویر خروجی، تصویری باینری شامل مناطق قرمز تصویر اولیه از جمله میکروآنوریسم‌ها و رگ‌های خونی است.

در مرحله دوم به حذف رگ‌های خونی برای به دست آوردن کاندیداهای میکروآنوریسم به وسیله تبدیل Hit or miss و معیار metric پرداخته شد.

۳) **طبقه‌بندی کاندیداهای میکروآنوریسم:** در این مرحله تشخیص میکروآنوریسم‌های واقعی از مثبت کاذب (FP)، متناظر با رگ‌های خونی باقی‌مانده از طریق استخراج ویژگی، به‌روش تجزیه تحلیل مؤلفه اصلی انجام گرفت.

برای ارزیابی عملکرد، نتایج خروجی الگوریتم با نتایج استخراج دستی میکروآنوریسم‌ها توسط چشم‌پزشک مقایسه شد.

TP،FP، TN و FN با شمارش تعداد کل کاندیداهای میکروآنوریسم و میکروآنوریسم‌های واقعی که توسط الگوریتم پیشنهادی شناسایی شده‌اند، پس از اعمال آن در تمام تصاویر آزمایشی به دست آمد. در جدول ۲ تعداد میکروآنوریسم‌های علامت‌گذاری شده توسط چشم‌پزشک، تعداد میکروآنوریسم‌های شناسایی شده با استفاده از الگوریتم پیشنهادی، تعداد تشخیص مثبت کاذب، نرخ حساسیت، نرخ تشخیص برای ۱۰ تصویر پایگاه داده به‌عنوان نمونه، بیان شد.

جدول ۲: ارزیابی کارایی الگوریتم پیشنهادی

تصاویر	میکروآنوریسم‌های علامت‌گذاری شده توسط چشم‌پزشک	میکروآنوریسم‌های شناسایی شده با روش پیشنهادی	تشخیص مثبت کاذب	نرخ حساسیت	نرخ تشخیص
۱	۱۴	۱۱	۱	۷۷٪	۹۹٪/۳
۲	۸	۷	۰	۸۷٪/۵	۱۰۰٪
۳	۵	۶	۱	۸۳٪	۹۸٪/۳
۴	۲۹	۲۶	۱	۸۹٪/۳	۹۹٪/۷
۵	۱	۱	۰	۱۰۰٪	۱۰۰٪
۶	۳	۳	۱	۱۰۰٪	۹۷٪/۴
۷	۲	۲	۱	۱۰۰٪	۹۸٪/۹
۸	۶	۴	۰	۶۶٪/۷	۱۰۰٪
۹	۲۶	۲۰	۲	۷۵٪	۹۹/۶٪
۱۰	۴	۲	۰	۵۰٪	۱۰۰٪

در مجموع تصاویر بررسی شده با الگوریتم پیشنهادی، نرخ حساسیت ۸۷/۶ درصد، نرخ تشخیص ۹۸/۷ درصد و دقت ۸۵/۷ درصد به‌دست آمد.

در جدول ۳ مقایسه‌ای بین نتایج به‌دست آمده از الگوریتم پیشنهادی با متداول‌ترین روش‌های دیگر تشخیص میکروآنوریسم، ارائه شد.

[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-22]

جدول ۳: مقایسه روش پیشنهادی با سایر الگوریتم‌ها بر اساس نرخ حساسیت و نرخ تشخیص

روش	نرخ حساسیت	نرخ تشخیص
Baudoin و همکاران [۴]	۵۸٪	-
توکلی و همکاران [۱۰]	۹۴٪	۷۵٪
Adal و همکاران [۱۱]	۸۱٪	۹۲٪/۳
SujithKumar و Singh [۸]	۹۴٪/۴۴	۸۷٪/۵
Manjaramkar و Kokare [۱۲]	۸۰٪/۰۶	٪۹۷/۵
روش پیشنهادی	۸۷٪/۶	۹۸٪/۷

از جمله محدودیت‌ها و مشکلات در تشخیص میکروآنوریسم‌ها می‌توان به نور غیریکنواخت تصاویر فوندوس شبکیه، زمینه‌های مختلفی که تصاویر در آن گرفته شده است، اندازه بسیار کوچک میکروآنوریسم‌ها و شباهت رنگی به عروق خونی که باعث سخت شدن تشخیص میکروآنوریسم‌ها به‌خصوص میکروآنوریسم‌های نزدیک به رگ‌ها می‌شود، اشاره کرد.

در روش پیشنهادی راهکارهایی برای برطرف کردن هریک از این مشکلات ارائه شد که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- استفاده از تصاویر فوندوس شبکیه

در بعضی از پژوهش‌های پیشین از جمله پوررضا و همکاران [۲] و توکلی و همکاران [۱۰]، از تصاویر فلورسنت آنژیوگرافی به علت وضوح بیشتر استفاده شده است؛ اما این درحالی است که برای تهیه این تصاویر، ماده‌ای حاجب به بدن شخص بیمار تزریق شد تا مشاهده رگ‌ها و میکروآنوریسم‌ها به‌راحتی صورت بگیرد؛ اما این ماده برای بیمار خاصیت تهاجمی دارد و ممکن است ضررهایی را به شخص وارد کند، به‌همین دلیل در این پژوهش از تصاویر رنگی فوندوس شبکیه استفاده شد.

- کاهش نورغیر یکنواخت در تصاویر فوندوس شبکیه برای کاهش نورغیریکنواخت و افزایش کنتراست تصویر از نسبت مؤلفه سبز به مؤلفه قرمز برای هر پیکسل استفاده گردید.
- نرمال‌سازی محتوای خاکستری تصاویر

نرمال‌سازی محتوای خاکستری تصاویر، نقش کلیدی در انتخاب آستانه الگوریتم در مراحل مختلف ایفا نمود. با این کار انتخاب یک مقدار آستانه واحد برای هر تصویر در مراحل آستانه‌گذاری روش پیشنهادی امکان‌پذیر شد، در غیر این‌صورت مقدار آستانه برای هر تصویر فوندوس شبکیه باید به صورت دستی انجام گیرد. نرمال‌سازی محتوای خاکستری تصویر، باعث افزایش کارایی روش پیشنهادی شد و امکان اعمال الگوریتم پیشنهادی روی هر مجموعه تصویر با شرایط و زمینه‌های مختلف را ایجاد کرد.

- استفاده از تبدیل مورفولوژیک Hit or miss برای استخراج کاندیداهای میکروآنوریسم و حذف رگ‌های خونی

در بعضی از روش‌های پیشین از جمله مطالعات Kafieh و همکاران [۹] و توکلی و همکاران [۱۰] مرحله‌ای تحت عنوان قطعه‌بندی عروق وجود دارد که نقشه عروق خونی را طی مراحلی به دست آورده و سپس عروق خونی از تصویر حذف گردید، این کار باعث افزایش زمان پردازش، بار محاسباتی و حذف میکروآنوریسم‌های نزدیک به رگ گردید. در این پژوهش، با استفاده از تبدیل کارآمد Hit or miss و تعریف عناصر ساختاری مناسب، میکروآنوریسم‌ها با اندازه‌های گوناگون شناسایی و بقیه اجزای تصویر که رگ‌های‌خونی هستند، حذف شده‌اند و این امر باعث شناسایی میکروآنوریسم‌های نزدیک رگ و کاهش زمان محاسبه و بار محاسباتی گردید.

- حذف باقی‌مانده‌های رگ‌های خونی با استفاده از معیار metric

معیار metric که گرد بودن کاندیداهای میکروآنوریسم را دقیق‌تر مورد بررسی قرار داد، به جهت شناسایی میکروآنوریسم‌ها و حذف باقی‌مانده‌های رگ‌های خونی مورد استفاده قرار گرفت که باعث بهبود عملکرد الگوریتم در مرحله تشخیص کاندیداهای میکروآنوریسم و کاهش میانگین تشخیص مثبت کاذب شد.

در پژوهش SujithKumar و Singh [۸] نیز از معیار metric استفاده شده است، به‌طوری‌که پس از پیش‌پردازش و حذف پس‌زمینه با توجه به مساحت اجزای موجود در تصویر، رگ‌های خونی و سایر ضایعات حذف شده و با محاسبه نسبت بزرگ‌ترین قطر به کوچک‌ترین قطر برای اجزای باقی‌مانده و

[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-22]

آستانه‌گذاری، کاندیداهای میکروآنوریسم به‌دست آمده است. در آخر از معیار metric برای تشخیص میکروآنوریسم واقعی استفاده شده است. از معایب این روش ضعف در مرحله تشخیص کاندیداهای میکروآنوریسم است به‌طوری‌که میکروآنوریسم‌های نزدیک رگ تشخیص داده نشده و رگ‌های خونی نازک به اشتباه میکروآنوریسم تشخیص داده شده‌اند. همچنین عدم نرمال‌سازی محتوای خاکستری تصویر و استفاده از آستانه‌گذاری ضعف دیگر این روش است.

- روش ارائه شده با افزایش دقت در مرحله شناسایی کاندیداهای میکروآنوریسم‌ها و استفاده از ویژگی کارآمد تجزیه و تحلیل مؤلفه اصلی به الگوریتمی با پیاده‌سازی ساده در کنار کارایی بالا دست‌یافته که باعث کاهش زمان و بار محاسباتی در تشخیص میکروآنوریسم‌ها در کنار بهبود پارامترهای ارزیابی شد.
- افزایش و بهبود پارامترهای ارزیابی به‌خصوص نرخ تشخیص در شناسایی میکروآنوریسم‌ها نسبت به روش‌های گذشته با استفاده از معیار metric و تجزیه و تحلیل مؤلفه اصلی این روش را جزء دقیق‌ترین روش‌های این حوزه قرار داد.

در راستای توسعه و بهبود الگوریتم پیشنهادی در این پژوهش موارد زیر برای بررسی پیشنهاد گردید:

❖ استفاده از روش‌های جایگزین و یا استفاده از روش‌های دیگر در کنار تجزیه و تحلیل مؤلفه اصلی

به منظور توسعه الگوریتم پیشنهادی و بهبود پارامترهای ارزیابی می‌توان از ویژگی‌های دیگر در کنار تجزیه و تحلیل مؤلفه اصلی استفاده کرد، به‌علاوه می‌توان از روش‌های دیگر بررسی الگوهای دایره شکل به‌جای تجزیه و تحلیل مؤلفه اصلی نظیر تبدیل هاف استفاده کرده و نتایج حاصل را با نتایج به دست آمده از روش پیشنهادی مقایسه کرد.

❖ استفاده از الگوریتم‌های طبقه‌بندی

در راستای توسعه و بهبود الگوریتم پیشنهادی می‌توان از الگوریتم‌های طبقه‌بندی چون شبکه‌های‌عصبی، ماشین بردار پشتیبان و غیره استفاده کرد و نتیجه به‌دست آمده را با نتایج حاصل از روش پیشنهادی مقایسه کرد.

تعارض منافع

بدین‌وسیله نویسندگان تصریح می‌نمایند که هیچ‌گونه تضاد منافعی در خصوص پژوهش حاضر وجود ندارد و مستخرج از پژوهشی است که با حمایت مالی دانشگاه پیام نور انجام شده است.

References

1. Saleh E, Blaszczynski J, Moreno A, Valls A, Romero-Aroca P, de la Riva-Fernandez S, et al. Learning ensemble classifiers for diabetic retinopathy assessment. Artif Intell Med 2018;85:50-63. doi: 10.1016/j.artmed.2017.09.006.

2. Pourreza HR, Bahreyni Toossi MH, Mehdizadeh A, Pourreza R, Tavakoli M. Automatic Detection of Microaneurysms in Color Fundus Images using a Local Radon Transform Method. Iranian Journal of Medical Physics 2009;6(1):13-20. [In Persian] doi:10.22038/ijmp.2009.7386

3. Tavakoli M, Mehdizadeh A, Pourreza R, Banaee T, Bahreyni Toossi MH, Pourreza HR. Early detection of diabetic retinopathy in fluorescent angiography retinal images using image processing methods. Iranian Journal of Medical Physics 2010;7(4):7-14. [In Persian] doi:10.22038/ijmp.2010.7240

4. Baudoin CE, Lay BJ, Klein JC. Automatic detection of microaneurysms in diabetic fluorescein angiography. Rev Epidemiol Sante Publique 1984;32(3-4):254-61.

5. Spencer T, Phillips RP, Sharp PF, Forrester JV. Automated detection and quantification of microaneurysms in fluorescein angiograms. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 1992;230(1):36-41. doi: 10.1007/bf00166760

6. Spencer T, Olson JA, Mchardy KC, Sharp PF, Forrester JV. An image-processing strategy for the segmentation and quantification of microaneurysms in fluorescein angiograms of the ocular fundus. Computers And Biomedical Research 1996;29(4):284-302.

7. Saleh MD, Eswaran C. An automated decision-support system for non-proliferative diabetic retinopathy disease based on MAs and HAs detection. Comput Methods Programs Biomed 2012;108(1):186-96. doi: 10.1016/j.cmpb.2012.03.004.

8. SujithKumar SB, Singh V. Automatic Detection of Diabetic Retinopathy in Non-dilated RGB Retinal Fundus Images. International Journal of Computer Applications 2012; 47(19):26-32. doi: 10.5120/7297-0511

9. Kafieh R, Rabbani H, Hajizadeh F, Ommani M. An accurate multimodal 3-D vessel segmentation method based on brightness variations on OCT layers and curvelet domain fundus image analysis. IEEE Trans Biomed Eng 2013;60(10):2815-23. doi: 10.1109/TBME.2013.2263844.

10. Tavakoli M, Shahri RP, Pourreza H, Mehdizadeh A, Banaee T, Bahreini Toosi MH. A complementary method for automated detection of microaneurysms in fluorescein angiography fundus images to assess

[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-22]

diabetic retinopathy. Pattern Recognition 2013;46(10):2740-53. doi.org/10.1016/j.patcog.2013.03.011

11. Adal KM, Sidibe D, Ali S, Chaum E, Karnowski TP, Meriaudeau F. Automated detection of microaneurysms using scale-adapted blob analysis and semi-supervised learning. Comput Methods Programs Biomed 2014;114(1):1-10. doi: 10.1016/j.cmpb.2013.12.009.

12. Manjaramkar A, Kokare M. A Rule Based Expert System for Microaneurysm Detection in Digital Fundus Images. International Conference on Computational Techniques in Information and Communication Technologies (ICCTICT); 2016 Mar 11-13; New Delhi, India: IEEE; 2016.p. 137-40.

13. DiaRetDB1 V2.1 - Diabetic Retinopathy Database and Evaluation Protocol; 2009 [cited 2018 May 9]. https://www.it.lut.fi/project/imageret/diaretdb1_v2_1/#DOCUMENTATION.%202009.

14. Preece SJ, Claridge E. Monte Carlo modelling of the spectral reflectance of the human eye. Phys Med Biol 2002;47(16):2863-77. doi:10.1088/0031-9155/47/16/303

15. Gonzalez RC, Woods RE. Digital Image Processing. 3th ed. London: Pearson; 2007.

16. Haralick RM, Sternberg SR, Zhuang X. Image analysis using mathematical morphology. IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell 1987;9(4):532-50.

[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-22]

Original Article

Journal of Health and Biomedical Informatics
Medical Informatics Research Center
2019; 6(3): 218-230

Diagnosis of Diabetic Retinopathy Using Processing of Fundus Images and Morphological Techniques

Taji Maedeh[1], Ayat Saeed [2]*

• **Received:** 21 Nov, 2018 • **Accepted:** 13 Jul, 2019

Introduction: Diabetic retinopathy is the damaging effect of diabetes on retinal blood vessels that can cause blindness when diagnosed late. Microaneurysms are early signs of the disease that their early diagnosis promotes timely treatment and prevents disease progression. Since this disease is asymptomatic and can only be detected by ophthalmologists, diabetic patients should be tested regularly. On the other hand, given the fact that the increase rate of the number of ophthalmologists is less than the growth of the diabetic population, manual diagnosis of the lesion is time consuming and costly, and thus the design of automatic detection systems is essential.
Method: In this descriptive analytic study, the fundus images of the retina were subjected to preprocessing. Then, the candidate regions of microanurysms were determined using the metric and morphological operators Bottom-hat and Hit-or-Miss. In the next step, using principal component analysis, the specificity of main feature of real microanurysms diagnosis was extracted. The DiaRetDB1 database images were used to evaluate the proposed algorithm.
Results: The purpose of this research was to develop an automated method for the detection of microanurysms that can help ophthalmologists in the process of diabetic retinopathy screening and diagnosing the symptoms faster, easier and at lower cost. In evaluation, the proposed method achieved a sensitivity of 87.6%, specificity of 98.7% and the precision of 85.7%.
Conclusion: According to the results obtained based on evaluation parameters, the proposed method is one of the most accurate algorithms in this field.

Keywords: Diabetic retinopathy, Fundus images, Microaneurysms, Morphological techniques, Principal Component Analysis

• **Citation:** Taji M, Ayat S. Diagnosis of Diabetic Retinopathy Using Processing of Fundus Images and Morphological Techniques. Journal of Health and Biomedical Informatics 2019; 6(3): 218-30. [In Persain]

1. M.S.c Student in Computer Engineering, Computer Engineering and IT Dept., Najafabad Payame Noor University, Najafabad, Iran
2. Ph.D in Computer Engineering, Associate Professor, Computer Engineering and IT Dept., Payame Noor University, Najafabad, Iran

***Correspondence**: Najafabad Payame Noor, University Taleghani Boulevard, Najafabad, Esfahan, Iran.
• **Tel:** 0983142727121 • **Email:** Dr.ayat@pnu.ac.ir

[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-22]