



روشی نوین جهت تشخیص بیماری مالاریا با استفاده از پردازش تصویر

محمد رستمی^{۱*}، سید سعید آیت^۲، الهه نشاط^۳

۱- عضو باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد دهقان، دانشگاه آزاد اسلامی، دهقان، اصفهان، ایران

۲- گروه علمی مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشگاه پیام نور، اصفهان، ایران

۳- گروه مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران

چکیده

مقدمه

بیماری مالاریا یک بیماری عفونی است که موجب مشکلات جدی در امر سلامت شده است و مهم‌ترین بیماری انگلی بشری به شمار می‌رود. برای کنترل و درمان بیماری مالاریا، به تشخیص صحیح و اقدام به موقع نیاز است. در این پژوهش به وسیله روش‌های پردازش تصویر و شبکه عصبی، روشی خودکار برای تشخیص این بیماری ارائه شده است.

مواد و روش‌ها

در این روش ابتدا پیش‌پردازش انجام شده و توسط مدل کانتور فعال گلوبول‌های قرمز از تصویر جدا شده و سپس با استفاده از تابع موجک، ۸۴۰ ویژگی از تصویر استخراج نموده و با کمک ماشین بردار پشتیبان به دو گروه نرمال و غیر نرمال طبقه‌بندی می‌گردد. در این پژوهش از پایگاه داده بیماری مالاریا با ۱۲۰ تصویر نرمال و ۱۲۰ تصویر غیر نرمال و از نرم-افزار MATLAB R2016B استفاده شده است.

یافته‌ها

نتایج نشان می‌دهد که در مقایسه با مطالعات گذشته، تشخیص بهتر بوده و معیارهای دقت و حساسیت به ۹۳/۲۵ درصد و ۱۰۰ درصد رسیده است.

نتیجه‌گیری

در مرحله پیش‌پردازش نویزهایی که به سبب قطعه‌بندی گلوبول‌های قرمز مشخص شده، از زمینه جداسازی می‌شوند و سپس به کمک موجک، ویژگی‌ها استخراج شده و با چند شبکه عصبی و ماشین بردار پشتیبان این داده‌ها مورد آموزش، آزمون و ارزیابی قرار داده می‌شوند. در این پژوهش از پایگاه داده بیماری مالاریا با ۲۴۰ تصویر و نرم‌افزار Matlab استفاده شد و به کارایی مطلوب ۹۹/۷۸ درصد بهبود یافته است.

کلیدواژه‌ها

مدل کانتور فعال، طبقه‌بندی، استخراج ویژگی، بیماری مالاریا، ماشین بردار پشتیبان، موجک

مقاله پژوهشی اصیل

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۲۹

تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۲/۶

*نویسنده مسئول: محمد رستمی،

عضو باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان،

واحد دهقان، دانشگاه آزاد اسلامی،

دهقان، اصفهان، ایران

تلفن: ۰۳۱-۴۲۶۳۳۱۰۵

پست الکترونیک:

Mohamad.rostami10@yahoo.com



مقدمه

بیماری مالاریا یک بیماری عفونی و مهم‌ترین بیماری انگلی بشر است که می‌تواند موجب مشکلات جدی در امر سلامت و بالفعل کننده باشد. نیمی از جمعیت جهان، که در مناطق گرمسیری زندگی می‌کنند، به ویژه کشورهای در حال توسعه در معرض خطر ابتلا به بیماری مالاریا هستند. ولی در نهایت بیماری علاج پذیری است که لازمه درمان آن تشخیص و اقدام به موقع و درست می‌باشد. به گفته سازمان جهانی بهداشت، در سال ۲۰۱۷ حدود ۳ میلیارد نفر در معرض خطر بیماری مالاریا هستند که از این تعداد حدود ۳۰۰ میلیون نفر مبتلا به مالاریا شده و از آن تعداد حدود یک میلیون نفر تلفات داشته که اکثر آنها کودک زیر ۵ سال هستند. به علت وجود چندین لایه سلول خونی، تشخیص سلول‌های آلوده از سایر سلول‌ها توسط متخصص، دشوار و زمانبر است. با توجه به اینکه هر روز تعداد زیادی از مردم دنیا به این بیماری خطرناک مبتلا می‌شوند، زمانبر بودن تشخیص این بیماری بسیار مشکل‌ساز بوده و کاهش زمان تشخیص آن اهمیت به سزایی دارد. از جمله، مشکل دیگری که وجود دارد، کمبود نیروی انسانی ماهر در سطوح مختلف اجرائی که منجر به تشخیص نادرست می‌شود (۱و۲). تشخیص این بیماری به صورت دستی با توجه به اینکه به تعداد مراحل زیادی نیاز دارد، وقت‌گیر بوده و همچنین مشکل وجود خطای انسانی که منجر به تشخیص اشتباه شود، وجود دارد، زیرا پردازش انبوهی از داده‌ها کار دشواری است. تشخیص در اینجا دارای یک نقش بسیار مهم می‌باشد. تشخیص بیماری مالاریا اولین مرحله از مجموعه‌ای از اقدامات

درمانی مورد نیاز این بیماری است، خطا در این سطح می‌تواند عواقب چشمگیری داشته باشد (۱).

با پیشرفت روزافزون علم و فناوری در بیشتر عرصه‌ها ضرورت و لزوم استفاده از فناوری و هوش ماشین بیشتر نمایان شده است و این امر در زمینه پزشکی بیشتر مشهود می‌باشد و به دلایلی که دقت ماشین بیشتر از انسان است می‌توان از آنها در تشخیص بیماری‌ها استفاده کرد (۳و۴). این امر به معنای کنار گذاشتن پزشک نمی‌باشد بلکه به عنوان دستیار به پزشک در امر تشخیص بیماری کمک کرده و درمان را به پزشک واگذار می‌کنند. به طور مثال در زمان‌های قدیم نیاز بود که پزشک خود به امر آزمایش بپردازد و نوع بیماری را مشخص کند و این مستلزم قرار دادن وقت بسیار برای این کار بود و بعدها آزمایشگاه‌هایی به وجود آمدند که پزشک با دیدن پاسخی که از آزمایش بیمار رسیده است به وجود بیماری پی برده و به درمان آن می‌پردازد. این ضرورت در تشخیص بیماری انگل مالاریا در این پژوهش بررسی شد که بتوان به کمک سیستم، این بیماری را تشخیص داد و جواب نهایی را برای پزشک ارسال کرد و ایشان طبق گزارش‌ها، درمان موردنظر را تجویز نماید. با توجه به اهمیت زیاد فرآیند کشف بیماری مالاریا در خون، در این پژوهش قصد بر آن است تا این فرآیند تسهیل داده شود.

استفاده از میکروسکوپ‌های نوری همچنان متداول‌ترین روش تشخیص است در این روش که دقت و حساسیت بالایی دارد، سلول‌های خون برای محاسبه درصد انگل مالاریا در خون و اینکه انگل در کدام مرحله از چرخه حیات خود به سر می‌برد بررسی می‌شوند. این روش کم هزینه نیز



نرمال بودن بیماری در نظر گرفته شده است. در این چارچوب، عملیاتی همچون پیش پردازش، قطعه‌بندی، استخراج ویژگی و دسته‌بندی وجود دارد که در بخش‌های بعدی به معرفی هر مورد خواهیم پرداخت.

در پایگاه داده بیماری مالاریا^۱ با ۱۲۰ تصویر نرمال و ۱۲۰ تصویر غیر نرمال استفاده می‌شود. برای قطعه‌بندی از مدل کانتور فعال استفاده می‌گردد و استخراج ویژگی را با تابع موجک انجام داده و ویژگی‌های استخراج شده با ماشین بردار پشتیبان مورد آزمون قرار می‌گیرد. ساختار ادامه مقاله به این صورت می‌باشد: در بخش دوم مواد و روش‌ها (روش پیشنهادی) تشریح می‌شود. در بخش سوم به ارزیابی و تفسیر یافته‌ها اختصاص دارد. در بخش چهارم به بحث روش پیشنهادی و در نهایت بخش پنجم نیز به نتیجه‌گیری می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

برای ارزیابی روش پیشنهادی از پایگاه داده بیماری مالاریا با ۱۲۰ تصویر نرمال و ۱۲۰ تصویر غیرنرمال استفاده شد. این تصاویر توسط دکتر ملوین و گلین در شرایط آزمایشگاهی با رنگ‌های مختلف به دست آمده است؛ که این تصاویر اساس پژوهش محققان قرار گرفته است (۴-۶) نمونه‌هایی از تصاویر میکروسکوپی خون استفاده شده برای تشخیص بیماری مالاریا، در شکل ۱ الف تا د نشان داده شده است.

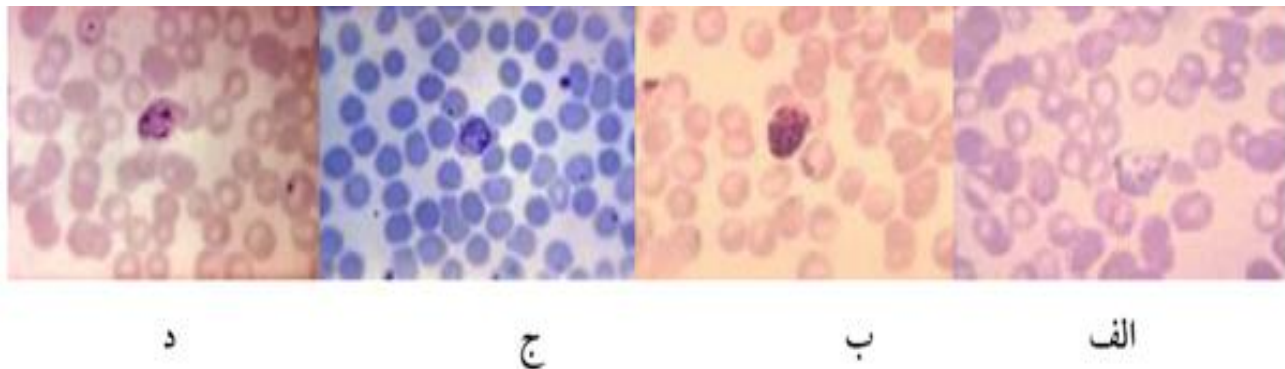
است. اما این روش به کار زیاد نیاز دارد و زمان‌بر بوده و بسیار وابسته به مهارت فردی می‌باشد که تصویر بدست آمده از میکروسکوپ را بررسی می‌کند. از اثرات زمان‌بر سلول‌های خون، که همیشه در حال تغییر هستند نیز نباید غافل شد (۱ و ۲).

می‌توان با اتوماتیک کردن روند تشخیص و انجام عملیات توسط کامپیوتر، به زمان کمتری رسیده شود. و دیگر نیاز به فرد خبره نباشد. اولین تلاش‌ها در این زمینه صرفاً بر مبنای پردازش تصویر است.

با توجه به جایگاه بیماری مالاریا و روند تشخیص این بیماری، استفاده از تکنولوژی پردازش تصویر و شبکه عصبی، رفته رفته بر اهمیت فرآیند تشخیص بیماری بر اساس ماشین بینایی افزوده شده است، زیرا که این فرآیند، در واقع قدم اصلی در تشخیص بیماری است و حتی در فرآیندهای مهم دیگر نظیر دستیار پزشک و درمان نیز یکی از مهم‌ترین مراحل محسوب می‌شود. لذا حصول نتایج دقیق‌تر در این فرآیند و نیاز به خودکارسازی هرچه بیشتر آن، به یکی از مهم‌ترین چالش‌های فراروی این حوزه در چند سال اخیر تبدیل گشته و موجب شده است تا روش‌های مربوطه، بیشتر مورد توجه هر دو بخش دانشگاهی و پزشکی قرار گیرد و تحقیقات فراوانی در هر دو بخش، در این زمینه معطوف شود (۴).

در این پژوهش روشی مطرح می‌شود که در آن نیازی به دخالت و تشخیص فرد نباشد و دقت تشخیص بیماری افزایش یابد. همچنین به بررسی تشخیص بیماری مالاریا بر اساس تصاویر خونی پرداخته می‌شود. قطعه‌بندی و استخراج ویژگی از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است که تأثیر فراوانی در نتایج حاصل از دسته‌بندی دارد و اینکه از چارچوبی استفاده شد که در آن امکان تشخیص نرمال و غیر

^۱ <http://phil.cdc.gov/phil/home.asp>



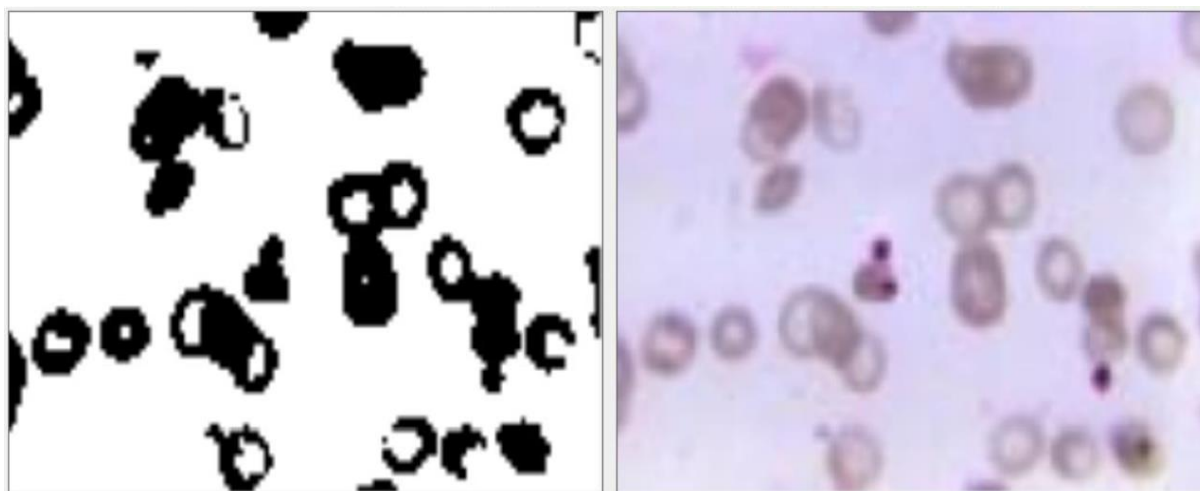
شکل ۱- نمونه‌ای از تصاویر مورد پردازش

پژوهش حاضر، یک مساله دسته‌بندی است. روش پیشنهادی چهار مرحله دارد: پیش‌پردازش، قطعه‌بندی، استخراج ویژگی و دسته‌بندی.

پیش‌پردازش

هدف از این مرحله حذف عناصر ناخواسته تصویر مانند نویزها است که ناشی از نمونه‌برداری، نور میکروسکوپ، یا اسکنر می‌باشد. در این مرحله، تصویر را باینری کرده و با استفاده از آستانه‌گذاری، تصویر را از نویزهایی که از گلبول‌های قرمز و انگل مالاریا روشن‌تر هستند پاک می‌شود. سپس به دلیل نیاز به بافت تصویر، نویزها از تصویر اصلی جدا می‌گردد، زیرا تصاویر این بیماری رنگی است، پس ابتدا

تصویر ورودی به یک تصویر سطح خاکستری تبدیل می‌شود و سپس آستانه‌گذاری انجام خواهد شد. در خروجی همه پیکسل‌های با روشنایی بزرگتر از سطح تعیین شده با مقدار یک و سایر پیکسل‌ها با مقدار صفر نشان داده می‌شوند. مقدار سطح آستانه، مقداری بین صفر و یک است. از آستانه‌گذاری برای پیش‌پردازش استفاده شد که نتیجه حاصل از این مرحله، بر روی یک تصویر در شکل ۲ نشان داده شده است. در این مرحله نویزها مشخص شده و از تصویر اصلی حذف شده‌اند.



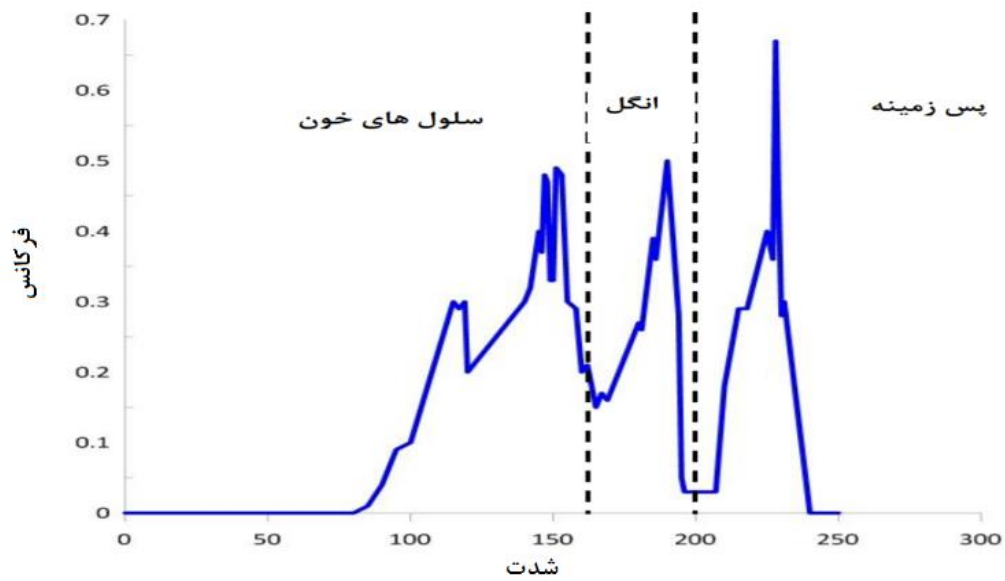
ب

الف

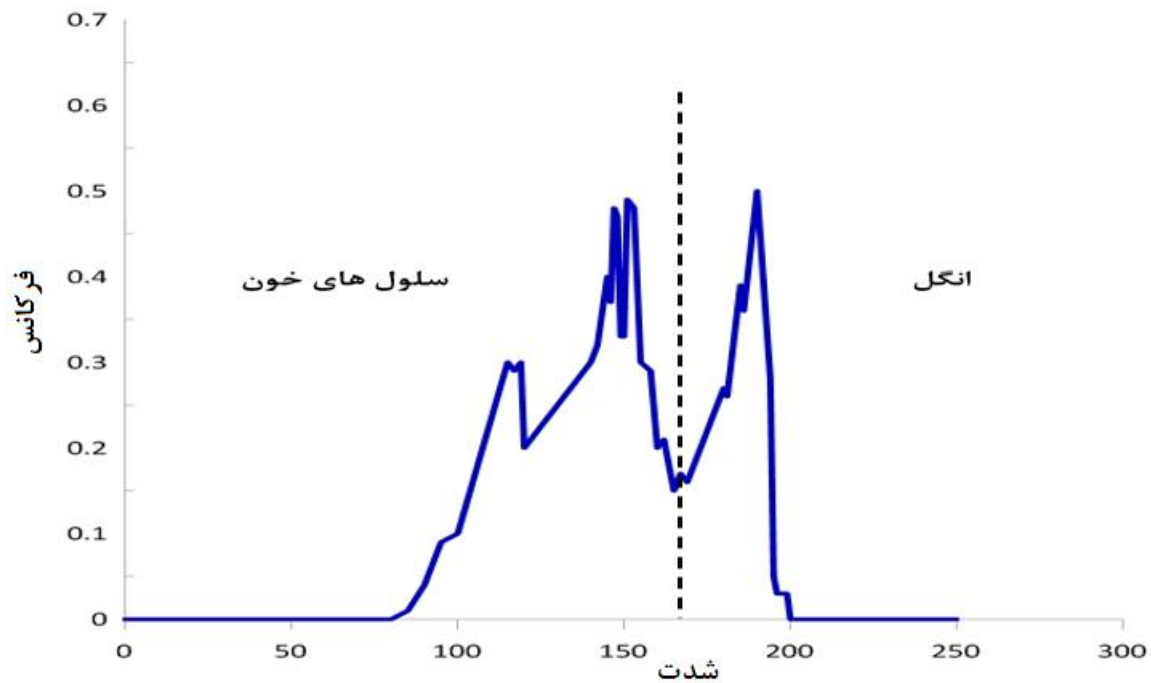
شکل ۲- الف: تصویر قبل از آستانه گذاری (تصویر اصلی) ب: تصویر بعد از آستانه گذاری (تصویر پردازش شده)

باشد. تصویر ایده آل برای تحلیل، شامل سلول‌های فشرده بر یک زمینه یکنواخت است. اما تصویر اصلی شامل نویزی است که از نمونه برداری، نور میکروسکوپ، یا اسکنر ناشی می‌شود. نویز با فیلتر میانه با پنجره 5×5 در تصاویر H و S کاهش می‌یابد. برای ارتقاء اجزا روشن تصویر و یک دست‌تر کردن پس زمینه، از عملگر بستن بر مولفه‌های S و H استفاده می‌گردد. اجزا روشن تصویر به صورت بیشینه‌های ناحیه‌ای، شناسایی می‌شود. از آنجایی که اجزایی که مشتاق به یافتن آنها هستیم مدور هستند پس عنصر سازنده دایره-ای شکل، مناسب خواهد بود. انتخاب اندازه عنصر سازنده نیز بر کارایی نشانگر بیشینه بسیار موثر است. یک دایره کوچک بیشینه‌های ناحیه‌ای زیادی را در بر می‌گیرد و با زیاد بزرگ انتخاب کردن آن ممکن است اجزا مرتبط در تصویر از دست داده شود.

اگر تصویر در مدل RGB، بیان شود سه زیر تصویر قرمز، سبز، آبی خیلی مشابه هستند و انگل‌ها در تصاویر خاکستری چندان قابل تشخیص نیستند. پس مدل HSI تحلیل می‌شود. در مولفه‌های فام، H و اشباع، S، به دنبال اجرای روشن تصویر می‌باشد. چون به خون ماده گیمسا افزوده شده که نوکلئیک اسیدها را رنگی می‌کند. آن را به صورت بنفش اشباع شده تیره نشان می‌دهد و اجزا شامل DNA را برجسته می‌کند. بنابراین گلبول‌های سفید و انگل-ها، که حاوی DNA هستند روشن‌تر از بقیه اجزای تصویر می‌باشند. بنابراین از مدل HSI استفاده می‌گردد. تصویر با فیلتر میانه 5×5 فیلتر می‌شود. همانطور که در شکل ۳ و ۴ دیده می‌شود برای شناسایی اجزاء روشن تصویر، با استفاده از آستانه گذاری ساده مولفه‌های فام و اشباع به تصویر باینری تبدیل می‌گردد و حاصل ضرب این تصاویر باینری مشخص کننده انگل‌ها و گلبول‌های سفید در تصویر می-



شکل ۳- هیستوگرام تصویر خون



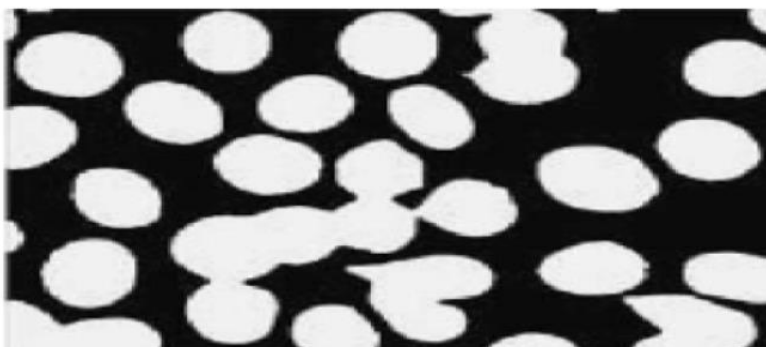
شکل ۴- جداسازی آستانه انگل و حذف پس زمینه

هسته یا به عنوان سلول خونی) تشخیص داده نشده‌اند به تعداد کل پیکسل (به عنوان هسته یا به عنوان سلول خونی) ویژگی تعریف می‌شود. بالا بودن این دو معیار، نشانه عملکرد بهتر روش‌ها خواهد بود.

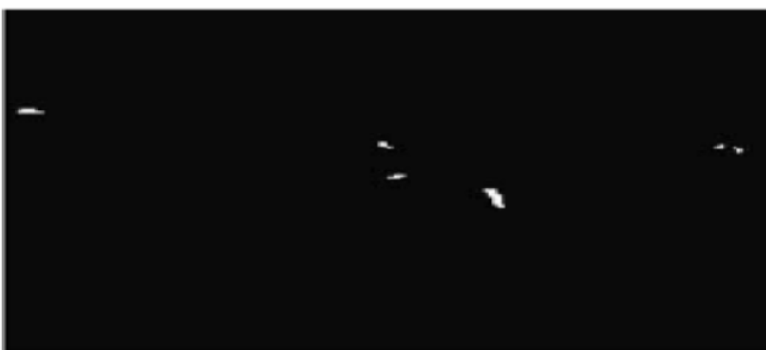
به منظور تخمین اندازه گلبول‌های قرمز، ذره شماری انجام می‌شود. برای این کار تصویر مورد پردازش باید S یا H باشد. پس عملگر ریخت شناسی بستن (closing) با عنصر سازنده دایره‌ای شکل به شعاع ۶ پیکسل اعمال شد. (شکل ۵) برای وضوح بیشتر کار و حذف تاثیرات ناخواسته پس زمینه نیز حذف می‌شود. (شکل ۶)

اما به دنبال مکان انگل‌ها در تصویر می‌باشد یعنی بیشینه-های ناحیه‌ای داخل گلبول‌های قرمز. پس اندازه مولفه‌های همبندی در تصویر باید کوچکتر از اندازه گلبول‌های قرمز باشد و اندازه مولفه‌های همبندی معرف اتصال اکسترمم‌های ناحیه‌ای به اندازه گلبول‌های قرمز انتخاب می‌شود.

نتایج استخراج الگوها بر اساس دو معیار فرکانس و شدت بیان شده‌اند. نسبت میزان پیکسل‌هایی که به صورت صحیح (به عنوان هسته یا به عنوان سلول خونی) تشخیص داده شده‌اند، به تعداد کل پیکسل‌ها (به عنوان هسته یا به عنوان سلول خونی) حساس‌تر و نسبت تعداد پیکسل‌هایی که به صورت صحیح (به عنوان



شکل ۵- تصویر باینری شده پس از اعمال فیلتر یا closing



شکل ۶- حاصل ضرب تصویر باینری و تصویر فیلتر شده



قطعه‌بندی

هدف این مرحله، شناسایی گلبول‌های قرمز از گلبول‌های سفید و پلاکت‌های خون است (۷). از روش مدل کانتور فعال^۱ برای رسیدن به این هدف استفاده می‌گردد. مدل‌های کانتور فعال ابزاری قدرتمند برای شناسایی و ردیابی تصویری هستند که به صورت گسترده در کاربردهای بینایی ماشین و پردازش تصویر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

مناسب‌ترین راه جداسازی گلبول‌های قرمز خون از زمینه و دیگر گلبول‌ها، با استفاده از انرژی بافت است. در این روش منحنی کانتور به صورت خودکار در تصویر تعریف می‌شوند. سپس این کانتور تحت تأثیر تابع انرژی بافت تغییر شکل می‌دهد تا به مرزهای گلبول قرمز منطبق شود (شکل ۷).

در شکل ۸ روش قطعه‌بندی مدل کانتور فعال مورد آزمایش قرار گرفته است که بخوبی قابل مشاهده است که الگوریتم، انگل را تشخیص داده و نمودار سه بعدی، با برجستگی ترسیم شده و نمایش داده شده است. همچنین در نمودار سطح و منطقه مورد اهمیت نمایش داده شده است.

در الگوریتم‌های قطعه‌بندی سه مفهوم اساسی وجود دارد: تشخیص لبه، آستانه گذاری و بزرگ کردن ناحیه. تصویر حاصل از قطعه‌بندی شامل دو نوع از اشیاء است، گلبول‌های قرمز و پس‌زمینه (۸و۷). با جداسازی تک تک گلبول‌ها مکان کانتورها استخراج می‌شود. با آستانه گذاری مولفه سبز تصویر حفره‌هایی روی گلبول قرمز بجا می‌ماند که با عمل باز کردن آن برطرف شد. سپس پیکسل‌های با رنگ پس زمینه به صفر مقداردهی شده و با عمل بازکردن ذرات

کوچک‌تر از گلبول قرمز حذف می‌گردد. حال باید سلول‌هایی که هم‌پوشانی دارند متمایز شود. و از گرانیولمتری با عنصر سازنده دیسک شکل استفاده گردد. در ابتدا برای استخراج کانتورهای تصویر از گرادیان شکل شناسی استفاده می‌شود. تصویر گرادیان را آستانه گذاری کرده و با بستن حفره‌ها تصویری دودویی بدست می‌آید. برای قطعه بندی از کربندی کلاسیک استفاده شده است (۹). ممکن است برخی سلول‌ها هم‌پوشانی داشته باشند، پس اگر نسبت قطر بزرگ به کوچک در سلولی زیاد بود (بزرگ‌تر یا مساوی ۱/۳) یعنی زیادی کشیده شده و چند سلول دارد (شکل ۹).

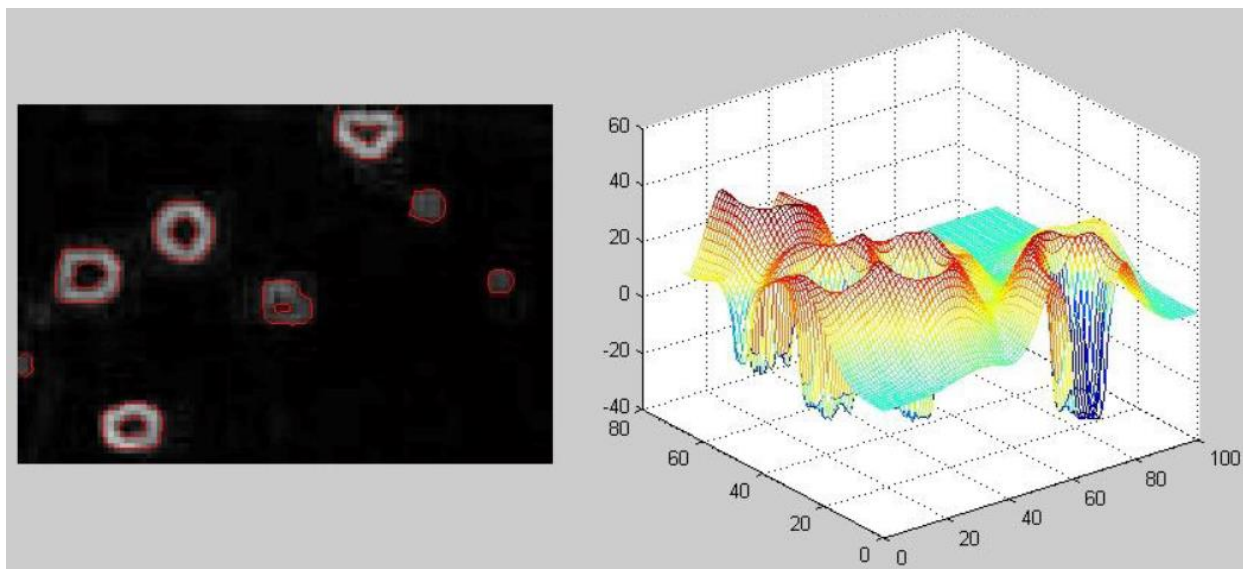
با اعمال گشایش با عنصر سازنده دایره‌ای بر این سلول‌ها، آنها جدا می‌شود. اما آستانه گذاری تصویر گرادیان، کانتورها را به صورت زمخت نشان می‌دهد برای همین پس از اعمال بستن عمل باریک سازی انجام می‌گیرد. (شکل ۱۰) و در نهایت سلول‌های مبتلا استخراج می‌شوند (شکل ۱۱).

استخراج ویژگی

استخراج ویژگی یکی از مراحل بسیار مهم در سیستم تشخیص بیماری مالاریا است. برای استخراج ویژگی از روش موجک با دابچز^۲ و تابع درونی haar استفاده شده است. در استخراج ویژگی با تابع موجک ماتریس‌های قرمز، سبز و آبی از تصویر به دست می‌آید که مجموعاً ۸۴۰ ویژگی استخراج شده است. نمونه‌ای از داده‌ها در (شکل ۱۲) نمایش داده شده است.

^۲Single-level discrete 2-D wavelet transform

^۱ Active Contour Models (ACM)



الف

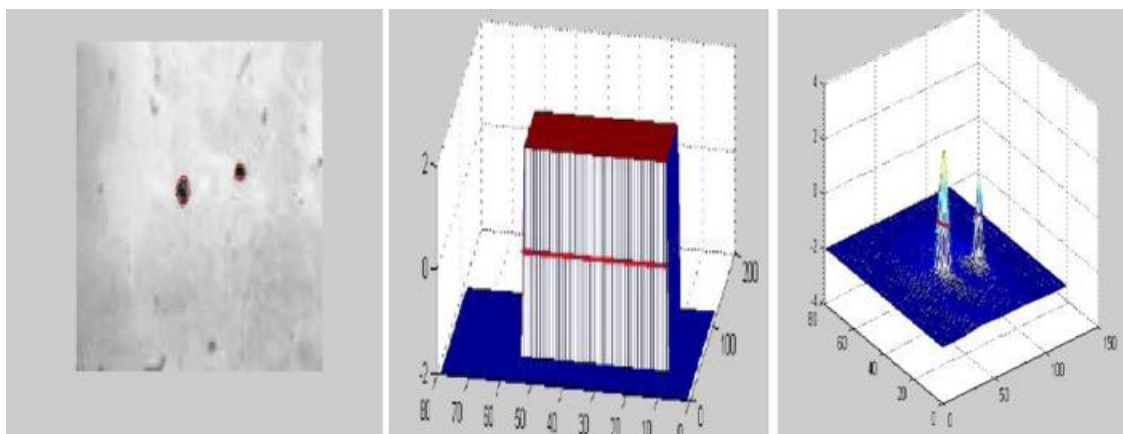
Final level set function

شکل ۷- الف: نمایش سطوح مختلف انتخاب شده

ب

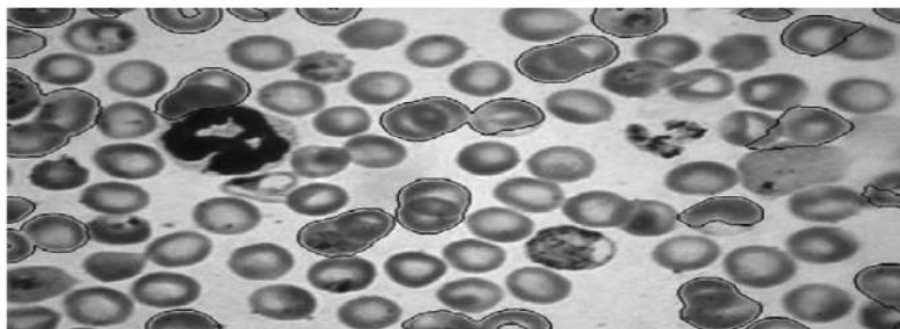
Final contour, 220 iterations

ب: انتخاب گلبول‌های قرمز با مدل کانتور فعال

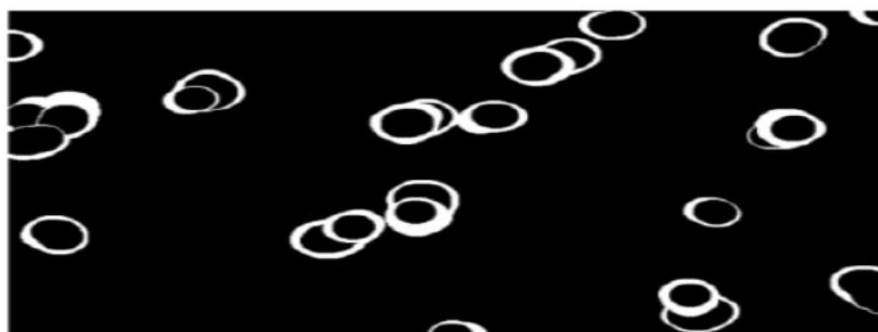


Final zero level contour, 700 Iterations-Initial level set function- Final level set function, 700 iterations

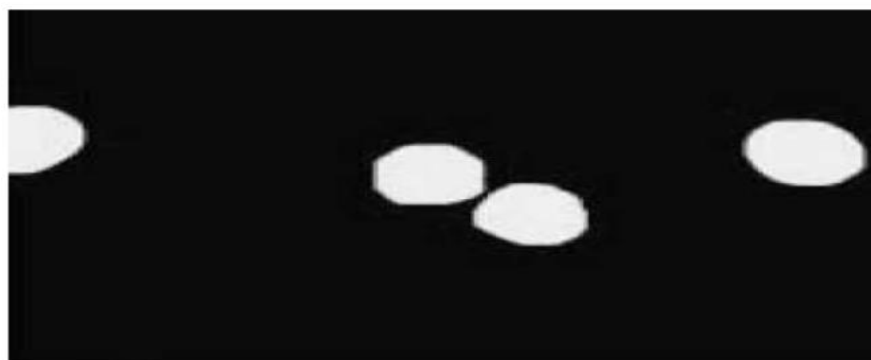
شکل ۸- اعمال روش کانتور فعال بر روی تصویر دیگر و نمایش آن در ابعاد مختلف



شکل ۹- کانتورهاى گلبول‌هاى قرمز



شکل ۱۰- تصویر کانتورها در گلبول‌هاى قرمز



شکل ۱۱- شناسایی گلبول‌هاى مبتلا پس از قطعه‌بندی



1.1235	27.139	-1.4278	24.57	0.11788	11.998	1835.8	153.87
1.001	29.654	-0.06369	28.39	-0.16451	11.471	1813.1	167.61
-0.05101	29.27	0.69621	35.213	0.21289	13.639	1839.8	177.19
0.42705	24.129	-1.1071	19.59	0.27372	10.765	1822.9	105.17
-0.0091354	15.678	-1.1629	21.849	0.029159	7.4733	1819.5	117.75
-0.44565	12.784	0.63281	10.81	-0.15479	6.2279	1227.4	96.011
-2.1396	22.934	0.35521	23.613	-0.26487	12.011	1847.1	72.599
-1.0348	14.007	-0.39038	16.891	0.14289	8.6501	1322.1	89.315
0.1398	14.901	0.65621	16.871	-0.41121	11.161	1764.6	77.374
-0.082084	14.327	-0.40039	13.241	0.00873	7.4941	1766.1	36.214
1.3658	11.358	0.96538	11.569	-0.069579	4.5132	1623.1	65.038
2.4366	22.778	2.0111	28.168	0.46351	10.848	1362.6	150.14
-1.1113	27.499	0.027378	22.001	0.3864	12.819	1978.01	124.54
1.7292	30.69	0.07121	27.981	0.26952	12.947	1602	189.42
-2.5914	18.191	1.5029	17.01	-0.26659	9.5539	0.84	139.11
-0.22519	27.701	1.5871	30.135	-0.19939	16.01	1600.15	123.009
-1.3685	30.091	0.39872	32.839	-0.03622	17.499	1459.87	108.029
-1.5354	33.676	-1.6929	36.621	0.21546	22.801	1487.54	111.9
1.1507	10.58	0.4273	11.161	0.18661	8.0381	1772.23	64.348
0.4083	17.5	-0.36413	21.179	-0.035828	11.262	1900.11	100.31
-0.4015	14.701	0.31829	13.841	-0.11	7.2178	1636.85	80.179
-11935	18.879	-0.066469	24.89	-0.068819	9.0369	1540.42	140.22
-0.41856	20.701	0.12419	17.839	-0.23132	8.9968	1927.23	98.112

شکل ۱۲- نمونه‌ای از ویژگی‌های استخراج شده با موجک

اندازه مانند مساحت و شعاع در تصویر هم استخراج می‌شود. ویژگی‌هایی که برای انگل‌ها و گلبول‌های مبتلا تعریف می‌شوند عبارتند از: اندازه مربوط به گلبول‌های مبتلا، دوری از مرکز گلبول مبتلا، صاف بودن حاشیه سلول (لبه‌های سلول کنگره‌ای است یا نه)، رنگ گلبول‌های مبتلا (گاهی سلول رنگ‌اش را از دست می‌دهد) اطلاعات در مورد بافت سلول (سایه‌دار بودن و داشتن نقطه)، تعداد انگل‌ها به ازای هر سلول، تعداد نقاط کروماتین به ازای هر انگل شکل حلقه‌ها (بزرگ و زمخت است یا کوچک و نرم)، مکان انگل در سلول و گریز از مرکز، یا نسبت محور بزرگ‌تر به کوچک‌تر بیضی، اندازه و شکل انگل.

اشیاء حاضر در تصویر آستانه گذاری شده شامل همه انواع انگل‌ها و گلبول‌های سفید هستند. با استفاده از این اطلاعات که اندازه گلبول‌های سفید به مراتب بزرگ‌تر از سایر اجزای تصویر خون، به ویژه آن‌هایی که DNA یا RNA دارند، می‌باشد، می‌توان آنرا با حذف همه قسمت‌های کوچک‌تر از آن، از تصویر شامل پایین‌تر از حد آستانه، به وسیله عملگر سایش با عنصر سازنده دیسک شکل، جدا کرد. اندازه عنصر

سلول‌های خون و انگل‌ها در رنگ و نوع بافت زمینه تفاوت دارند. در تحلیل خون، پزشکان به دنبال سه نوع سلول مختلف هستند، گلبول‌های قرمز، سفید و پلاکت‌ها. این سلول‌ها بر اساس اندازه و رنگشان قابل جداسازی هستند. در مبتلایان به مالاریا گلبول‌های قرمز خون مورد تهاجم واقع می‌شوند. ویژگی‌هایی که تعریف می‌شود دو دسته‌اند، یک دسته بر اساس خصوصیات تصویر شامل ویژگی‌های هندسی (شکل و اندازه)، رنگ و سطح خاکستری بافت است. ویژگی‌های دسته دوم مربوط به سطح خاکستری بافت زمینه از ماتریس‌های قرمز، سبز و آبی تصویر به دست می‌آید.

این ویژگی‌ها را می‌توان از هیستوگرام استخراج کرد. دسته دوم ویژگی‌ها بیشتر بر مبنای شدت نور است و از مولفه‌های فام و اشباع استخراج می‌شود. ویژگی‌های رنگ بر اساس مولفه‌های قرمز، سبز، آبی، فام و اشباع تصویر به دست می‌آید و شامل معیارهایی مانند حداکثر و میانگین شدت نور، مقدار حداکثر و آنتروپی هیستوگرام‌های مولفه‌ها است. ویژگی‌های هندسی شامل اطلاعاتی مانند میزان مدور بودن اشکال است. اطلاعات مربوط به مرزها و اطلاعات مربوط به



سازنده دلخواه نیست بلکه به اندازه پیکسل بستگی دارد. با تحلیل ذره شماری، می‌توان اطلاعاتی در مورد میانگین بعد گلبول‌های قرمز به دست آورد. اندازه گلبول‌های سفید می‌تواند از این بعد استنباط شود و از این جهت اندازه عنصر سازنده انتخاب شود. گلبول سفید با سایش علامت گذاری می‌شود و سپس با گسترش بازسازی می‌گردد. یک آرام سازی ریخته شناسانه (یک بستن - گشودن باینری) نقاط انحرافی را برطرف می‌کند و حفره‌های کوچک را می‌بندد. پس از یافتن گلبول‌های سفید، باقی تصویر، برای شناسایی اسکیزونت‌ها بررسی می‌گردد. برای همین باید فاصله بین مجموعه‌ها در یک فضای گسسته محاسبه شود. فاصله بین مجموعه‌ها را می‌توان با نظریه فاصله هاسدورف تعریف کرد. دو مجموعه بین فاصله هاسدورف λ از یکدیگر هستند اگر و تنها اگر هر نقطه از یک مجموعه در فاصله λ از نقطه‌ای از مجموعه دیگر باشد. همه اشیایی که فاصله‌شان کوچک‌تر از اندازه میانگین گلبول‌های قرمز است یک اسکیزونت را تشکیل می‌دهند. همه اشیاء دیگر هسته انگل‌ها را نشان می‌دهند. برای بازسازی با گسترش از عنصر سازنده 3×3 با شکل صلیب استفاده می‌شود. نقاط باقی‌مانده هسته انگل - های فعال نابالغ و بالغ و گامتوسیت است. دسته‌بندی انگل -

های فعال به جداسازی همه گلبول‌های قرمز نیاز دارد. در مرحله دسته بندی ابتدا، ابتلائی سلول به انگل تأیید می‌شود و سپس انگل‌های مختلف جدا می‌شوند. برای دسته بندی داده‌های به دست آمده از مرحله استخراج ویژگی، در ابتدا داده‌ها را نرمال کرده و سپس از ماشین بردار پشتیبان برای این امر استفاده می‌کنیم. مقادیر ویژگی‌ها، واحدها و محدوده‌های متفاوتی دارند و این موضوع عملکرد دسته بندی را تحت تأثیر قرار خواهد داد. روش ماشین بردار پشتیبان از جمله روش‌های نسبتاً جدیدی است که در سال - های اخیر کارایی خوبی نسبت به روش‌های قدیمی‌تر برای دسته بندی از جمله شبکه‌های عصبی نشان داده است. مبنای کاری دسته بندی کننده ماشین بردار پشتیبان، دسته بندی خطی داده‌ها است و در تقسیم خطی داده‌ها سعی می‌کنیم خطی را انتخاب کنیم که حاشیه اطمینان بیشتری داشته باشد.

دسته‌بندی

ویژگی‌های استخراج شده در مرحله قبل را در ابتدا نرمال کرده و سپس با ماشین بردار پشتیبان، با هسته‌های مختلف و همچنین شبکه عصبی‌های مختلف آزمون شد. که نتایج در (شکل ۱۳) قابل مشاهده است.



Performance Metrics	Training			Cross Validation			Testing		
	MSE	r	Correct	MSE	r	Correct	MSE	r	Correct
Model name									
MLP-1-O-M(MultiLayer perceptron)	#N/A	82.37291	93.41%	#N/A	81.17291	93.41%	#N/A	82.0091	92.79%
LR-0-B-M(Linear Regression)	#N/A	76.9354	91.61%	#N/A	75.2354	91.61%	#N/A	74.3354	90.97%
LR-0-B-L(Linear Regression)	#N/A	80.718	95.37%	#N/A	79.718	95.17%	#N/A	78.418	95.05%
MLP-1-B-L(MultiLayer perceptron)	#N/A	87.43279	96.85%	#N/A	86.83279	95.80%	#N/A	86.18279	95.18%
PNN-O-N-N(Probabilistic Neural Network)	#N/A	92.73901	96.74%	#N/A	92.13901	96.17%	#N/A	92.00001	96.05%
MLP-1-B-M(MultiLayer perceptron)	#N/A	91.62851	94.14%	#N/A	90.8285	93.97%	#N/A	90.1885	93.33%
MLP-2-O-M(MultiLayer perceptron)	#N/A	86.94225	94.61%	#N/A	86.24115	94.20%	#N/A	85.9995	94.00%
MLP-2-B-M(MultiLayer perceptron)	#N/A	89.52938	95.27%	#N/A	88.98938	95.01%	#N/A	88.5898	94.39%
MLPPCA-1-O-M(MLP with PCA)	#N/A	92.117637	96.85%	#N/A	92.8395	96.30%	#N/A	91.8355	95.90%
MLPPCA-1-B-M(MLP with PCA)	#N/A	88.235289	94.73%	#N/A	87.935	94.39%	#N/A	87.335	93.98%
GFF-1-O-M(Generalized FeedForward)	#N/A	93.28519	93.41%	#N/A	91.29519	92.93%	#N/A	90.8941	92.15%
GFF-1-B-M(Generalized FeedForward)	#N/A	92.6369	94.77%	#N/A	90.1956	93.90%	#N/A	88.6866	92.96%
RBF-1-O-M(Radial Basis Function)	#N/A	93.27912	97.66%	#N/A	92.97912	96.99%	#N/A	92.595	96.22%
RBF-1-B-M(Radial Basis Function)	#N/A	94.83818	98.85%	#N/A	94.20118	98.41%	#N/A	93.75118	97.94%
SVM-0-N-N(Classification SVM)	#N/A	99.75295	99.94%	#N/A	99.65295	99.90%	#N/A	99.1989	99.78%

شکل ۱۳- نتایج دسته‌بندی با شبکه عصبی‌های مختلف و ماشین بردار پشتیبان

نتیجه توسط ماشین بردار پشتیبان با ۹۹/۷۸ درصد برای تشخیص سالم و بیمار بودن، به دست آمده است (جدول ۱). چون تعداد ویژگی‌های استخراج شده زیاد است و ماشین بردار پشتیبان در داده‌های با ابعاد بالا به خوبی پاسخ می‌دهد و همچنین در ماکزیمم‌های محلی مشکلی وجود ندارد، توانسته است بهترین نتیجه را به دست آورد.

مقایسه روش پیشنهادی با کارهای پیشین در ادامه در جدول ۲ بیان شده است، که روش پیشنهادی نتیجه بهینه‌تری دارد.

همان‌طور که در شکل ۱۳ نشان داده شده است، از روش پرسپترون چندلایه^۱، رگرسیون خطی، شبکه عصبی احتمالی، ترکیب روش پرسپترون چندلایه با آنالیز اجزای اصلی، شبکه پیش‌خور عمومی^۲، مدل توابع شعاعی پایه^۳ و ماشین بردار پشتیبان برای دسته‌بندی استفاده شده است.

یافته‌ها

برخی از روش‌ها با ساختار شبکه کوچک و بزرگ و همچنین با تعداد لایه‌های مختلف بررسی شده است. ۷۰ درصد داده‌ها برای آموزش، ۲۰ درصد داده‌ها برای آزمون و ۱۰ درصد داده‌ها هم برای اعتبارسنجی استفاده شده‌اند. بهترین

^۱Multi Layer perceptron-MLP

^۲Generalized Feed Forward-GFF

^۳Radial Basis Functions-RBF



جدول ۱- نتایج دسته‌بندی با ماشین بردار پشتیبان

معیارهای کارایی	آزمون	اعتبار سنجی	آموزش
تعداد سطرها	۵۸	۳۰	۱۹۹
میانگین خطا	-	-	-
همبستگی	۹۹/۱۹۲۲	۹۹/۶۳۸۲	۹۹/۷۵۲۹۴
تعداد صحیح	۵۶	۲۸	۱۹۸
تعداد اشتباه	۲	۲	۱
درصد تصحیح	۹۹/۷۸	۹۹/۹۰	۹۹/۹۴

جدول ۲- مقایسه روش پیشنهادی با مطالعات پیشین

سال	روش	درصد نتایج	توضیحات
SONI, 2011	SUSAN+OTSU	-	فقط قطعه بندی انجام شده است
Prasad K, 2012	DECISION SUPPORT	۹۶	تشخیص انگل در برخی موارد پاسخگو نیست
حامدی ۱۳۹۰	مومنتوم و شبکه پس انتشار	۹۰	تمامی انگل‌ها به خوبی تشخیص داده نمی‌شود.
Pallavi T, 2013	تشخیص لبه گرادیان	-	فقط قطعه بندی انجام شده است.
Chavan, 2014	SVM+GLCM	۹۸/۲۵	نوع انگل را کار نکرده است.
الگوریتم پیشنهادی (تشخیص بیمار یا سالم بودن)	SVM +WAVELET	۹۹/۷۸	پیش پردازش، قطعه بندی، استخراج ویژگی و دسته‌بندی انجام شده است.

بحث

بیماری مالاریای انسانی یک بیماری عفونی خونی است که توسط تک یاخته‌ای از جنس پلاسمودیوم ایجاد می‌گردد. با بهبود تشخیص بیماری مالاریا، میتوان از خطر مرگ بیماران جلوگیری کرد. در صورت تحقق این امر، به زودی شاهد

کاهش مرگ و میر و آسیب جدی در زمینه این بیماری خواهیم بود. در تمامی فعالیت‌های مربوط به درمان بیماری مالاریا، کشف و تشخیص صحیح نوع آن، اولین قدم محسوب می‌شود. یکی از چالش‌های مهم در زمینه بیماری مالاریا، تشخیص صحیح این بیماری است. ویژگی مورد بحث در



انگل مالاریا برای محققان، نیاز به تقسیم بندی ساختاری گلبول‌هاست. از تصاویر میکروسکوپی خون برای پردازش تصاویر استفاده می‌شود (۱۰ و ۶). مهم‌ترین بخش در این رابطه جداسازی گلبول‌های قرمز از کل تصویر است که این کار با استفاده از الگوریتم‌های قطعه‌بندی از تصاویر، امکان پذیر است و سپس تشخیص بیماری از روی شکل جداسازی شده گلبول‌های قرمز می‌باشد.

در مطالعه رابرت^(۳) روشی پیشنهاد شد که با پردازش تصویر مرزهای سلول‌ها را استخراج و بر اساس اندازه و رنگ، آنها را تقسیم‌بندی نمود. بعدها با استفاده از روش‌هایی مانند شبکه عصبی پیش‌خور پس انتشار، سرعت و دقت بالاتری به دست آمد.

سایر مطالعات مشابهی که در این زمینه صورت گرفت مطالعه گنزالز^(۱۱) و سیو^(۱۲) می‌باشد با این تفاوت که ویژگی‌های تشخیص انگل را از ویژگی‌های تشخیص نوع انگل جدا کرده است. این روش دارای کارایی نسبتاً مناسب ولی با خطاهایی روبرو بود.

در مطالعه تک^(۴) و همکاران^(۱۳) برای طبقه‌بندی پیکسل‌های رنگ آمیزی شده به عنوان انگل یا غیر انگل، از چهار ویژگی استفاده شده است. نتایج این مطالعه نشان داد که موفق‌ترین ویژگی برای طبقه‌بندی عناصر رنگ آمیزی شده به عنوان انگل یا غیر انگل ترکیبی از کروئوگرام، هیومنتوم‌ها و اندازه‌گیری نسبی شکل است. این روش دارای کارایی پایینی است.

در مطالعه سیو و همکاران^(۱۲) از نرم‌افزار "MalariaCount" استفاده شده است. سیستم ارائه شده بر

اساس تشخیص لبه، مرزهای انگل و سلول را تعیین می‌کند. روش شرح داده شده شامل یک مرحله پیش پردازش، تشخیص لبه، اتصال لبه، تقسیم انبوه و تشخیص انگل است. این سیستم به منظور رسیدن به نتایج دقیق نیاز به سلول‌هایی دارد که به خوبی رنگ آمیزی و جدا شده باشند. علاوه بر این، آثاری مانند سوراخ‌های داخل سلول‌های قرمز خون و نویز می‌تواند منجر به تفسیر نادرست از یک سلول قرمز خون شود. این برنامه برای مطالعات مربوط به نمونه‌های بیمار در نظر گرفته نشده است.

در مطالعات رابرت^(۱۴ و ۳) اشیاء با استفاده از آستانه خودکار تنها بر روی تصاویر RGB و HSV بر اساس روش مورفولوژیک تشخیص داده شده است. مقالات روش‌های مورفولوژیکی برای هر دو تقسیم‌بندی، تصویر سلول و تشخیص انگل مورد استفاده قرار می‌گیرند. روش پیشنهادی به ارزیابی اندازه سلول‌های قرمز و هسته انگل و حداکثر منطقه‌ای برای تشخیص هسته انگل می‌پردازد. روش‌های مورفولوژیکی، مانند نازک شدن، شیب، بازسازی شده توسط اتساع و فیلترهای مورفولوژیکی نیز برای پیش یا پس پردازش تصاویر استفاده شده است. بزرگترین عیب این روش انتخاب یک ناحیه مرجع می‌باشد که باعث تغییر در کیفیت تصویر می‌گردد.

در مطالعه راس^(۵) و همکاران^(۴) از تکنیک‌های پردازش تصویر به منظور شناسایی گلبول‌های قرمز و انگل‌های احتمالی موجود بر روی اسلایدهای میکروسکوپی استفاده شده است. الگوریتم شامل پیش پردازش تصویر، بخش‌بندی تصویر، استخراج ویژگی و سپس طبقه‌بندی گلبول قرمز به عنوان آلوده به انگل مالاریا یا سالم می‌باشد. بخش پردازش تصویر، تا حدودی کارهای رابرت^(۳) را دنبال نموده است.

^۱ Roberto C Di

^۲ Gonzalez

^۳ Sio

^۴ Tek

^۵ Ross



پردازش تصویر از طریق فیلتر میانه و عملیات بستن مرفولوژی صورت گرفته و در مراحل پیش پردازش و بخش-بندی تصویر تنها از کانال سبز بهره برده است. رابرت و همکاران از اجزای پرده رنگ و اشباع در فضای رنگی HSV به منظور تشخیص نواحی انگلی استفاده کرده‌اند. آنها یک مدل سهمی برای روشنایی غیر یکنواخت تصاویر اسکن شده در نظر گرفتند که همیشه صادق نیست. برای تعیین عملکرد بهینه این شبکه، تعداد پارامترهای زیادی باید تعیین شود، به طوری که تعداد لایه‌های پنهان، تعداد گره‌ها در هر لایه و تابع آموزش، همگی باید مشخص شوند.

در مطالعه گلوریا^۱ و همکاران (۱۵) روش تقسیم‌بندی رنگ را، به منظور تقسیم‌بندی پیکسل‌ها به سه طبقه انگل، سلول‌های قرمز خون و پس زمینه، با استفاده از طبقه‌بندی کننده‌های استاندارد ارزیابی شده است. در این مقاله یک روش ساده برای تشخیص سلول‌های قرمز خون و انگل، بدون هیچگونه طبقه‌بندی انگل‌ها ارائه شده و در ضمن، جزئیات فرآیند فیلتر کردن به منظور جدا کردن عناصر مورد نظر ارائه نشده است. از آنجایی که تنها اختلاف روشنایی اصلاح می‌شود، سیستم ارائه شده تن رنگ را در تصاویر ورودی ثابت فرض می‌کند، که این مورد ضعف این روش است.

در مطالعه پالوی^۲ (۱۶) هدف پالوی شناسایی و جداسازی گلبول قرمز بوده است که این کار با روش تشخیص لبه و آستانه‌گذاری صورت گرفته است. در تحقیق مذکور سعی شده با استفاده از روش جداسازی گلبول‌های قرمز و

الگوریتم‌های مربوطه، محدودیت‌های میکروسکوپ‌های معمولی را رفع نموده و به نتیجه‌ای با بالاترین درجه اطمینان برسد. بنابراین با استفاده از این الگوریتم، حضور انگل مالاریا بر مبنای آستانه‌گذاری تشخیص داده شده است. در این روش، یک راه حل برای مشکل تشخیص انگل با دو طبقه‌بندی متوالی پیشنهاد شده است که فقط وجود انگل در تصویر بررسی شده است.

در مطالعه کوماراسامی^۳ (۱۷) روشی به منظور شناسایی انگل مالاریا ارائه شده که تغییرات روشنایی بر روی آن بدون تاثیر بود اما این روش دارای دقت بالایی نیست و در همه انواع انگل مالاریا کارایی ندارد.

در مطالعه حامدی (۱۸) روشی بر مبنای شکل شناسی برای تحلیل تصاویر خون آلوده به مالاریا ارائه شد. انگل‌هایی که گلبول‌های قرمز خون را مورد تهاجم قرار می‌دهند را یافته، سپس نسبت تعداد انگل‌ها به تعداد گلبول‌های قرمز خون را حساب کردند. به منظور اتوماتیک انجام شدن تحلیل دستی که برای زیست شناسان خسته کننده و وقت‌گیر است باید سه مساله کلی را حل کرد: شناسایی انگل‌ها، قطعه‌بندی گلبول‌های قرمز و دسته‌بندی انگل‌ها. با عملکرد ریخت-شناسی شناسایی اولیه صورت می‌گیرد و در مرحله قطعه-بندی سلول‌هایی که احتمالاً انگل هستند شناسایی می-شوند. در مرحله دسته‌بندی اولیه، ابتلای سلول به انگل تأیید می‌شود و در دسته‌بندی دوم، انگل‌های مختلف جدا می‌شوند. بیشترین دقت با نرخ مومنتوم ۰/۶ به دست آمده و حساسیت روش ۹۰ درصد است. عملکرد ریخت‌شناسی در

^۱ Gloria

^۲ Pallavi

^۳ Kumarasamy



همه انگل‌ها به خوبی عمل نمی‌کند مثلاً در مالاریای ویواکس بهتر از مالاریای اووال عمل می‌کند.

در مطالعه پرور (۱۹) پس از پیش پردازش تصویر پیکسل-های تصویر را با استفاده از ابزار pkmc به سه دسته پس زمینه، عناصر رنگی و گلوبول قرمز دسته‌بندی نموده‌اند. در ادامه با استفاده از آستانه‌گیری بر اساس سطح شدت، سایر عناصر را حذف و انگل‌ها را باقی گذاشته‌اند؛ اما آستانه‌گیری بر اساس سطح شدت در همه موارد قادر به تفکیک کامل عناصر رنگی از هم و استخراج انگل نمی‌باشد.

در مطالعه چاوان^۱ (۱۰) تمرکز چاوان بر توسعه یک روش غربالگری قوی مالاریاست، که در آن با کم‌ترین هزینه و حداقل نیاز به حضور و دخالت نیروی انسانی، با استفاده از پردازش تصویر، به تشخیص بیماری مالاریا پرداخته شده است. در این مقاله به ارائه یک روش نیمه خودکار بر اساس پردازش تصویر پرداخته شده است. روش برای جداسازی اشخاص مبتلا به بیماری مالاریا از افراد سالم می‌باشد و نوع بیماری بررسی نشده است. در تحقیق مذکور در ابتدا با روش بافتی GLCM یک سری ویژگی استخراج شده و این ویژگی‌ها را به ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی وارد کرده است. از ماشین بردار پشتیبان برای طبقه‌بندی تصاویر به دو دسته آسیب دیده و یا تصاویری که تحت تأثیر مالاریا قرار نگرفته‌اند، استفاده شده است. زمانی که تعداد نقاط آموزش بزرگ باشد، آموزش با روش ماشین بردار پشتیبان، دچار مشکل می‌شود و نتیجه مناسبی ندارد. در بخشی از این پژوهش ویژگی‌های استخراج شده را نیز به شبکه عصبی داده و نتایج حاصله را با هم مقایسه کرده است. از ۱۰ تصویر بیمار و ۱۰ تصویر سالم استفاده شده است. نتیجه حاصل از

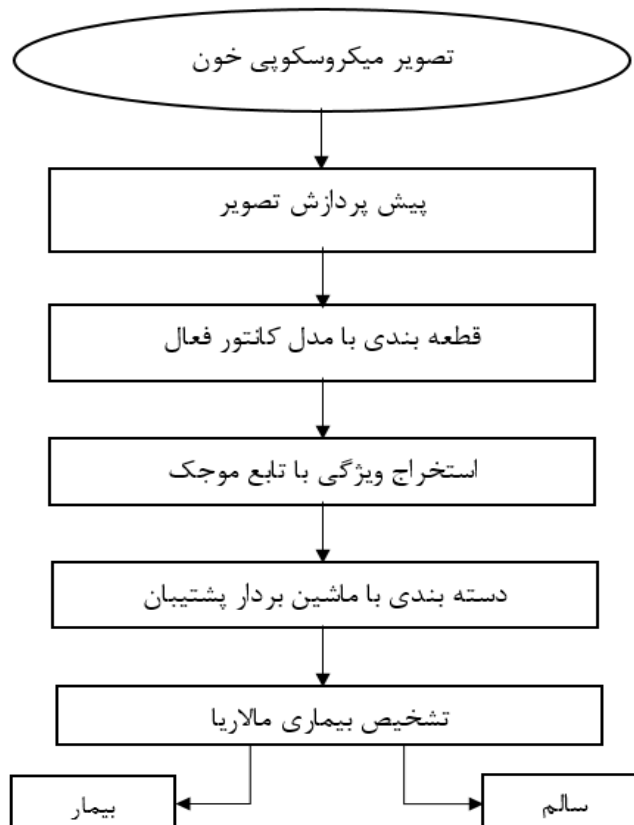
طبقه‌بندی با ماشین بردار پشتیبان با دقت ۹۸/۲۵ درصد و شبکه عصبی با دقت ۷۸/۵۳ درصد می‌باشد.

در این پژوهش با توجه به تأثیر استفاده از پردازش تصویر و شبکه عصبی و به طور کلی الگوریتم‌های ماشین بینایی در فرآیند کشف و تشخیص صحیح بیماری مالاریا نتایج بهتری بدست آمد. در روش پیشنهادی سعی شده است تا هم نرمال و غیر نرمال بودن تصویر خون نسبت به بیماری مالاریا و هم بیماری مالاریا سریع تشخیص داده شود. در این چهارچوب، عملیاتی همچون پیش پردازش، قطعه بندی، استخراج ویژگی و دسته بندی وجود دارد.

در بخش قطعه بندی مدل کانتور فعال توانست نتیجه خوبی را در برداشته باشد. در بخش استخراج ویژگی با تابع موجک موفق به استخراج ویژگی مناسب از تصاویر شده است. در بخش دسته‌بندی بر اساس بیمار و سالم بودن که از روش ماشین بردار پشتیبان و روش شبکه عصبی نتایج بهبود یافته‌ای حاصل شد. نتایج حاصله بیانگر این نکته بود که نتیجه دسته‌بندی به بخش‌های قطعه‌بندی و استخراج ویژگی بستگی دارد.

اجرای روش پیشنهادی دارای چهار مرحله، به این صورت است که در مرحله پیش‌پردازش نویزهایی که به سبب قطعه‌بندی گلوبول‌های قرمز مشخص شده، از زمینه جداسازی می‌شوند و سپس به کمک موجک ویژگی‌ها را استخراج نموده و با چند شبکه عصبی و ماشین بردار پشتیبان این داده‌ها مورد آموزش، آزمون و ارزیابی قرار داده شد (شکل ۱۴).

^۱Chavan



شکل ۱۴-فلوچارت روش پژوهش

شناسایی سلول‌های غیر مبتلا. این دو معیار به صورت نسبت TP, FP, FN با روابط ۱ و ۲ به صورت زیر مشخص می‌شود (۱).

$$\text{Sensitivity} = \text{TP} / (\text{TP} + \text{FN}) \quad (1)$$

$$\text{PPV} = \text{TP} / (\text{TP} + \text{FP}) \quad (2)$$

از معیار حساسیت نسبت نمونه‌های مثبت واقعی که به درستی دسته‌بندی شدند؛ TP (مثبت درست) و TN (منفی درست) دسته‌بندی‌های صحیح و FP (مثبت غلط) و FN (منفی غلط) دسته‌بندی‌های نادرست هستند.

همان‌طور که در بخش قبل بحث شد ماشین بردار پشتیبان توانست به نتیجه ۹۹/۷۸ درصد برای تشخیص آلوده بودن یا نبودن به انگل مالاریا برسد. با توجه به دقت کارهای پیشین که در بازه بین ۵۰ - ۹۸/۲۵ درصد می‌باشند، روش پیشنهادی توانسته است به دقت بهتری دست یابد. دو معیار برای سنجش کارایی الگوریتم به کار برده شد؛ حساسیت توانایی الگوریتم در یافتن درصد آلوده بودن و دقت در میزان پیش‌بینی مثبت‌مؤف موفقیت الگوریتم در

^۱ Sensitivity

^۲ Positive prediction Value



جدول ۳- کارایی روش پیشنهادی

معیار سنجش	طبقه‌بندی با ماشین بردار پشتیبان
حساسیت	۱۰۰٪
ویژگی	۹۳٪/۲۵
دقت	۹۹٪/۷۸

نتیجه‌گیری

سیستم تشخیص و درمان بیماری مالاریا با تعیین وضعیت این بیماری گامی در جهت یک تشخیص دقیق‌تر و کامل‌تر برداشته و به عنوان یک دستیار متخصصین و یا کمک آموزش برای دانشجویان پزشکی مخصوصاً پزشکان جوان و بی‌تجربه، کاربرد دارد.

در این پژوهش روشی بر مبنای پردازش تصویر برای تحلیل تصاویر خون آلوده به مالاریا ارائه شده است. انگل‌هایی که گلبول‌های قرمز خون را مورد تهاجم قرار می‌دهند، را یافته و نسبت تعداد انگل‌ها به تعداد گلبول‌های قرمز خون حساب می‌شود. به منظور خودکار انجام شدن تحلیل دستی که برای زیست‌شناسان خسته‌کننده و وقت‌گیر است باید سه مساله کلی را حل نمود: شناسایی انگل‌ها، قطعه‌بندی گلبول‌های قرمز و دسته‌بندی انگل‌ها با عملگرهای ریخت‌شناسی و ضرب تصاویر شناسایی اولیه صورت می‌گیرد و در مرحله قطعه‌بندی سلول‌هایی که احتمالاً انگل هستند شناسایی می‌شوند. در مرحله دسته‌بندی اولیه، ابتلای سلول به انگل تایید می‌شود و در دسته‌بندی دوم انگل‌های مختلف جدا می‌شوند. دقت و حساسیت بدست آمده از روش‌های پیشین بالاتر است بیشترین دقت ۹۳/۲۵ درصد به دست آمد. حساسیت روش ۱۰۰ درصد می‌باشد. از آنجا که این روش در مقایسه با روش‌های دیگر که تنها می‌توانند انگلی

بودن سلول را تشخیص دهند، ویژگی‌های مربوطه به کمک شبکه‌های عصبی را نیز استخراج می‌کند علاوه بر کارایی مناسب، کاربر پسند نیز می‌باشد.

با توجه به بررسی‌ها و نتایج حاصل از ارزیابی‌های انجام شده در این پژوهش، اهمیت استفاده از پردازش تصویر بیشتر مشخص شد. لذا با توجه به موارد مذکور، پیشنهادهای زیر به عنوان کارهای آینده ارائه می‌گردد.

- استفاده از روش‌های طبقه‌بندی تصویر بدون استخراج ویژگی.

- ترکیب روش‌های بهینه‌سازی مختلف مانند رقابت استعماری، ازدحام ذرات و غیره با شبکه عصبی در مرحله طبقه‌بندی.

- با استفاده از شبکه‌های عصبی می‌توان ویژگی‌های استخراج شده را با یکدیگر مقایسه نمود و نوع انگل مالاریا را مشخص نمود.

- تشخیص و درمان بیماری مالاریا با منطق فازی که تشخیصی کامل‌تر و دقیق‌تر می‌باشد.

تشکر و قدردانی

از تمامی مسئولین باشگاه پژوهشگران جوان (استعداد درخشان)، دانشگاه آزاد اسلامی و شرکت کنندگان در مطالعه که ما را در انجام این طرح پژوهشی یاری نمودند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

1. Lauren MC, Miriam KL. *Malaria* in Children. *Pediatr Clin of N Am* 2017;64(4):851-66.
2. Baird JK. Asia-Pacific *malaria* is singular, pervasive, diverse and invisible. *Int J Parasitol* 2017;47(7):371-7.
3. Ruberto CD, Dempster A, Khan SH, Jarra B. Analysis of infected blood cell images using morphological operators. *Image Vis Comput* 2002;20(2):133-46.
4. Ross NE1, Pritchard CJ, Rubin DM, Dusé AG. Automated image processing method for the diagnosis and classification of malaria on thin blood smears. *Med Biol Eng Comput* 2006;44(5):427-36.
5. Duodu Q, Panford JK, Hafron-Acquah JB. Designing algorithm for malaria diagnosis using Fuzzy Logic for treatment (AMDFLT) in Ghana. *IJCA* 2014;91(17):22-7.
6. SONI J. Advanced image analysis based system for automatic detection of malarial parasite in blood images using SUSAN approach. *J Soni. International Journal of Engineering Science and Technology. IJEST* 2011;3(6):21.
7. Özbakır L, Baykasoğlu A, Kulluk S. A soft computing-based approach for integrated training and rule extraction from artificial neural networks. *Applied Soft Comput* 2010;10(1):304-17.
8. Pattanasin S, Proux S, Chompasuk D, Luwiradaj K, Jacquier P, Looareesuwan S, Nosten F. Evaluation of a new Plasmodium lactate dehydrogenase assay (OptiMAL-IT) for the detection of *malaria*. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 2003;97(6):672-4.
9. Baha SS, Prasad KS. Automatic detection of hard exudates in diabetic retinopathy using morphological segmentation and Fuzzy Logic. *IJCSNS* 2008;89(12):211-8.
10. Chavan SN, Sutkar AM. *Malaria* disease identification and analysis using image processing. *IJLTET* 2014;3(3):218-23.
11. Gonzalez R C, Woods R E. *Digital Image Processing*. 1st ed. New York: Addison-Wesley; 2007, 65-103.
12. Sio SW, Sun W, Kumar S, Bin WZ, Tan SS, Ong SH, *et al*. Malaria Count: An image analysis-based program for the accurate determination of parasitemia. *J Microbiol Methods* 2006;16-31.
13. Tek F.B, DempsterAG, Kale I. Parasite detection and identification for automated thin blood film malaria diagnosis. *Comput Vis Image Underst* 2010;114(1):21-32.
14. Ruberto CD, Dempster A, Khan SH, Jarra B. Morphological image processing for evaluating malaria disease. In: Arcelli C, Cordella LP, di Baja GS, editors. *Visual Form 2001. IWVF 2001. Lecture notes in computer science*, vol 2059. Springer, Berlin: Heidelberg IWVF 2001.
15. Díaz G1, González FA, Romero E. A semi
16. -automatic method for quantification and classification of erythrocytes infected with malaria parasites in microscopic images. *J Biomed Inform* 2009;42(2):296-307.
17. Pallavi TS. Detection of Malarial Parasite in Blood Using Image Processing. *IJEIT* 2013;2(10):124-6.
18. Kumarasamy SK, Ong SH, Tan KSW. Robust contour reconstruction of red blood cells and parasites in the automated identification of the stages of malarial infection. *Machine Vision and Applications* 2011;22:461.
19. Hamed SM, Hamed SM, Amerian M, Yaghubi M. [Malaria diagnosis of blood cleansing and extraction using artificial neural network feed forward neural network fuzzy rules]. *Proceeding of the first congress application of information technology in health*. 2011, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari. [Persian]
20. Purwar Y. Automated and unsupervised detection of malarial parasites in microscopic in image *Malaria*. *Malar J* 2011;10:364.



A novel technique to diagnose malaria using image processing

Mohammad Rostami^{*1}, Saeed Ayat², Elahe Neshat³

1- Member of Young Researchers and elite Club, Dehaghan Branch, Islamic Azad University, Dehaghan, Isfahan, Iran

2- Computer Engineering and IT Department, Payame Noor University, Iran

3- Department of Computer Engineering and IT, Tehran branch Islamic Azad University, north-branch, Iran

Original Article

Received: Mar 19 2017

Accepted: Feb 25 2019

***Corresponding Author:**

Mohammad Rostami & Address:
Member of Young Researchers
and elite Club, Dehaghan
Branch, Islamic Azad University,
Dehaghan, Isfahan, Iran

TEL: 03142633105

Email:

mohamad.rostami10@yahoo.com

ABSTRACT

Introduction

Malaria is an infectious disease which has caused serious problems in regard to human health. In order to control and cure Malaria, we need the correct diagnosis and required treatments. In the present report, we present a new automatic method for diagnosing Malaria and its parasite by using an image processing technique and nervous system.

Materials and Methods

In this method, we started with pre-processing to separate the red globules from the image with the help of an active contour model. Then by using wavelet function, we separated 840 features from the image. Afterward, with the advantage of vector supporting machine, we categorized the globules into normal and abnormal.

Results

In comparison to the past, the process of diagnosis improved and we have reached the result of 99.78%.

Conclusion

In the pre-processing level, the noiser which has been recognized for categorization of red globules separated from the choice and then by using wavelet, we extract the features. We have tested and analyzed the data by using some nervous system and vector supporting machine.

Keywords

active contour model, categorization, extracting features, malaria, vector supporting machine, wavelet

► **Please cite this article as:** Rostami M, Ayat S, Neshat E. A novel technique to diagnose malaria using image processing. J Neyshabur Univ Med Sci 2019;7(1):36-56.