

تشخیص رایانه‌ای انگل مالاریا با استفاده از روش‌های شناسایی الگو

یلا ملیحی^۱، کریم انصاری اصل^{۲*}، عبدالامیر بهبانی^۳

چکیده

زمینه و هدف: در اکثر موارد فرآیند تشخیص بصری بیماری‌ها وقت‌گیر و دشوار بوده و نتیجه آن خیلی وابسته به تجربه و تخصص میکروسکوپیست‌ها دارد؛ لذا تشخیص رایانه‌ای بیماری‌ها در کاهش زمان تشخیص و نیروی انسانی و نیز خطاهای موجود می‌تواند کمک شایانی باشد. در این تحقیق، عملکرد چهار طبقه‌بندی کننده در شناسایی رایانه‌ای انگل مالاریا بررسی می‌شود.

روش بررسی: در این تحقیق ۴۰۰ تصویر لام خونی آلوده به انگل مالاریا مورد استفاده قرار گرفت. ابتدا با ایجاد نقاب گلوبول قرمز و تطبیق آن بر عناصر رنگی استخراج شده، فقط گلوبول‌های قرمز جهت بررسی‌های بعدی مورد استفاده قرار گرفتند. سپس ویژگی‌های هیستوگرام رنگ، گراندولمتری، بافت، هیستوگرام کانال اشباع و گرادیان استخراج شدند. برای تفکیک تصاویر انگلی از تصاویر غیرانگلی از چهار طبقه‌بندی کننده K نزدیک‌ترین همسایه (KNN)، نزدیک‌ترین میانگین (NM)، یک نزدیک‌ترین همسایه (1NN)، و تفکیک‌کننده خطی فیشر (Fisher) استفاده شد.

یافته‌ها: بالاترین عملکرد را طبقه‌بندی کننده KNN با دقت ۹۲/۵٪ داراست و بعد از آن طبقه‌بندی کننده‌های 1-NN و Fisher و NM به ترتیب دارای دقت ۹۰/۲۵٪، ۸۵٪ و ۶۰/۲۵٪ بودند.

نتیجه‌گیری: باتوجه به عملکرد خوب روش پیشنهاد شده، این روش می‌تواند در طراحی نرم‌افزار شناسایی رایانه‌ای انگل مالاریا به محققین، مدیران و برنامه‌ریزان کلان برای کنترل و تشخیص بیماری مالاریا کمک شایانی بنماید.

کلید واژگان: تشخیص رایانه‌ای، مالاریا، طبقه‌بندی کننده K نزدیک‌ترین همسایگی، طبقه‌بندی کننده نزدیک‌ترین میانگین، تفکیک‌کننده خطی فیشر.

۱- کارشناس ارشد مهندسی برق.

۲- استادیار گروه مهندسی برق.

۳- استادیار گروه حشره‌شناسی پزشکی.

۱ و ۲- گروه مهندسی برق، دانشکده مهندسی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

۳- گروه حشره‌شناسی پزشکی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی-شاپور اهواز، اهواز، ایران.

* نویسنده مسؤل:

کریم انصاری اصل؛ گروه مهندسی برق، دانشکده مهندسی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

تلفن: ۰۰۹۸۹۱۶۶۲۰۰۵۱۶

Email: karim.ansari@scu.ac.ir

مقدمه

مالاریا یک بیماری بسیار عفونی جدی ناشی از یک انگل تک‌یاخته‌ای از جنس پلاسمودیوم است. در سرتاسر جهان در هر دقیقه یک کودک زیر ۵ سال در اثر مالاریا می‌میرد. در کل، تعداد مرگ و میر کودکان ۱۵۰۰ نفر در روز تخمین زده شده است. در سال ۲۰۱۰، حدود ۲۱۶ میلیون نفر به مالاریا مبتلا شدند (۱، ۲).

مالاریا توسط پشه آلوده به اسپوروزوئیت‌های پلاسمودیوم‌های عامل بیماری، که در غدد بزاقی‌اش است، منتقل می‌شود. سیر تکامل انگل‌های مالاریا در دو میزبان، پشه‌های آنوفل و انسان، انجام می‌پذیرد. هنگامی که پشه آلوده‌ای از یک انسان خون‌خواری می‌کند، اسپوروزوئیت‌های مالاریا به همراه بزاق وارد جریان خون انسان شده و پس از ورود به سلول‌های نسجی کبد و تکثیر، مروزوئیت‌های نسجی را تولید می‌کنند. مروزوئیت‌های نسجی آزاد شده که در جریان خون قرار گرفته‌اند، وارد گلبول‌های قرمز شده و شیزوگونی خونی را آغاز می‌کنند. در داخل گلبول‌های قرمز انگل رشد می‌کند تا زمانی که به شکل بالغ برسد. سپس سلول را می‌شکافد تا مروزوئیت‌های اضافی را وارد جریان خون کند و به گلبول‌های قرمز جدید حمله می‌کند (از هر گلبول قرمز بین ۶ تا ۲۴ انگل خارج می‌شود) (۳). مالاریا در انسان به وسیله یکی از چهارگونه انگل از جنس پلاسمودیوم یعنی ویواکس، اووال، مالاریه و فالسیپاروم ایجاد می‌شود.

یکی از عوامل اصلی در تشخیص بیماری‌ها، شکل ظاهری بافت‌های حیاتی است. در تشخیص شکل بافت و مقایسه آن با داشته‌های قبلی، بهره‌گیری از تکنیک‌های پردازش تصویر و بینایی ماشین می‌تواند کمک شایانی در تشخیص به‌موقع و دقیق بیماری بنماید و باعث صرف نیروی انسانی کمتر شده و مشکلات ناشی از خطای انسانی را تا حد زیادی کاهش دهد. متأسفانه فرآیند تشخیص بصری وقت‌گیر و دشوار است و منجر به اختلاف نظرهایی در بین میکروسکوپیست‌ها می‌شود. بنابراین تشخیص رایانه‌ای مالاریا با استفاده از گستره

خون رنگ‌آمیزی شده با گیمسا دارای اهمیت بسیار بالایی در تشخیص سریع با دقت فراوان، به‌خصوص در موارد همه‌گیری‌ها است.

به‌منظور تشخیص انگل مالاریا با استفاده از میکروسکوپ از رنگ‌آمیزی لام‌های خونی با گیمسا به‌عنوان رایج‌ترین روش رنگ‌آمیزی استفاده می‌شود. رنگ‌آمیزی با گیمسا به‌منظور تفکیک بین هسته و سایر اجزا نظیر سیتوپلاسم، پلاکت‌ها، گلبول‌های قرمز خون، گلبول‌های سفید خون، و انگل است (۴). در اثر رنگ‌آمیزی با گیمسا، اسیدهای نوکلئیک انگل، گلبول‌های سفید خون و پلاکت‌ها، که حاوی DNA هستند، به رنگ ارغوانی تیره در می‌آیند. از طرف دیگر، گلبول‌های قرمز خون معمولاً پس از رنگ‌آمیزی صورتی کم‌رنگ می‌شوند.

این تحقیق به ارائه روشی به‌منظور تشخیص رایانه‌ای انگل مالاریا در تصاویر رنگ‌آمیزی شده با گیمسا می‌پردازد. مزیت این روش، استفاده از نقاب گلبول قرمز است که سبب می‌شود تنها بر روی آن قسمت از تصویر که گلبول‌های قرمز حضور دارند پردازش انجام شود. قابل ذکر است که انگل مالاریا در دوره شیزوگونی خون تنها در گلبول‌های قرمز خون رشد می‌کند، به همین دلیل استفاده از این نقاب دقت و سرعت کار را بالا می‌برد.

در ابتدا عناصر رنگی تصویر که شامل انگل، گلبول-سفید، پلاکت و غیره هستند، از باقی تصویر جدا می‌شوند؛ روشی که در این مرحله استفاده شد در عین سادگی دارای دقت بالایی است. در مرحله بعد، با استفاده از تطبیق مکانی نقاب فوق‌الذکر بر عناصر رنگی، گلبول‌های قرمز نگه داشته شده و بقیه عناصر رنگی حذف می‌شوند. در ادامه، به‌منظور تمایز بین گلبول‌های قرمز انگلی و گلبول‌های غیرانگلی از استخراج ویژگی‌ها و طبقه‌بندی‌ها مختلفی استفاده شده است.

روش بررسی

در این تحقیق، از ۴۰۰ تصویر گرفته‌شده از لام‌های خونی آلوده به مالاریا استفاده شده است (۱۵). جهت تهیه

ب) استخراج نقاب گلبول قرمز: جهت جداسازی گلبول‌های قرمز از باقی مناطق تصویر و تشکیل نقاب گلبول قرمز از اعمال روش بخش‌بندی آستانه‌گذاری آتسو (5) بر تصویر حاصله از مرحله الف استفاده شد. روش آتسو مقدار آستانه را بر اساس هیستوگرام مقادیر پیکسل-های تصویر تعیین می‌کند؛ در ادامه با قرار دادن پیکسل-هایی از تصویر که دارای مقدار بیش از آستانه هستند برابر با یک و بقیه پیکسل‌ها برابر صفر یک تصویر باینری تشکیل می‌شود. برای اصلاح بهتر، نواحی از تصویر که به دلیل عدم دقت آستانه‌گذاری توخالی مانده بودند پر شدند. همچنین، از آن‌جا که هدف یافتن گلبول‌های قرمز تصویر است با استفاده از ابزار مرفولوژی عناصر ناخواسته که کوچکتر از گلبول‌های قرمز هستند حذف شدند. در نهایت، پیکسل‌هایی از تصویر باینری متوجه که یک هستند مربوط به بخش‌هایی از تصویر هستند که گلبول-های قرمزی قرار دارند و پیکسل‌های دارای مقدار صفر مربوط به اجزای غیر گلبول‌های قرمزی تصویر هستند.

در شکل ۲ (الف) تصویر رنگی یک لام خونی رنگ‌آمیزی شده با گیمسا قابل مشاهده است. پردازش‌های لازم بر این تصویر صورت گرفت تا نقاب گلبول قرمز به دست آمد. شکل ۲ (ب) نقاب گلبول قرمز استخراج شده را نشان می‌دهد. در این تصویر، قسمت‌های سفید تصویر گلبول‌های قرمز هستند و پس‌زمینه به رنگ سیاه است که شامل سایر عناصر تصویر است.

ج) استخراج عناصر رنگی از تصویر: به منظور جداسازی عناصر رنگی تصویر شامل انگل، گلبول سفید و پلاکت‌ها از سایر عناصر تصویر، روش آتسو بر حاصل-ضرب تصویر لبه‌یابی شده و تصویر اصلی اعمال شد. با اعمال نقاب گلبول قرمز بر عناصر رنگی استخراج شده از تصویر، عناصر رنگی غیر گلبول قرمز حذف می‌شوند؛ سپس ادامه پردازش بر روی عناصر باقی‌مانده، یعنی گلبول‌های قرمز، انجام می‌شود. در مرحله بعد به استخراج ویژگی از این عناصر پرداخته شده تا انگل از غیر انگل تشخیص داده شود.

این تصاویر، ابتدا گسترش‌های نازک خونی توسط متانول تثبیت می‌شوند، سپس توسط یک میلی‌لیتر محلول گیمسا به همراه هشت میلی‌لیتر محلول بافر تقطیر شده با $PH=7.2$ رنگ‌آمیزی می‌شوند. این لام‌ها ۴۰ دقیقه در حالت رنگ‌آمیزی باقی می‌مانند و سپس دو تا سه ثانیه با آب شسته می‌شوند و آن را خشک می‌کنند. در نهایت، از میکروسکوپ بروئل و یک دوربین کائون A ۶۰ که به میکروسکوپ چسبیده است استفاده می‌شود تا تصاویر رنگی با اندازه 640×480 پیکسل گرفته شد. تصاویر انگلی شامل هر چهار نوع انگل یعنی فالسیپاروم، اووال، ویواکس و مالاریه می‌باشند.

الگوریتم تشخیص رایانه‌ای پیشنهادی جهت تمایز بین تصاویر انگلی و تصاویر غیر انگلی مشتمل بر مراحل زیر می‌باشد:

الف) پیش‌پردازش: رنگ هر پیکسل از تصویر ترکیبی از سه رنگ اصلی قرمز (R)، سبز (G) و آبی (B) است؛ به عبارت دیگر از نظر ریاضی هر تصویر رنگی با سه ماتریس R، G و B بیان می‌شود. با بررسی این ماتریس‌ها به این نتیجه رسیدیم که ماتریس G جهت تمایز بین تصاویر انگلی و غیر انگلی کافی می‌باشد، لذا فقط از اطلاعات رنگی سبز تصویر در ادامه استفاده شد. در ابتدا، به منظور حذف یک سری از عوامل ناخواسته و نیز هموارسازی تصویر از فیلتر میانه استفاده شد. سپس به اصلاح روشنایی تصویر پرداخته شد تا اثرات حاصل از عدم نورپردازی یکنواخت هنگام تصویربرداری از لام‌ها خونی ختنی شود.

یک نمونه از انجام عملیات پیش‌پردازش بر تصاویر خام در شکل ۱ آورده شده است. به طوری که ملاحظه می‌شود در شکل ۱ (الف) در ربع بالا سمت راست یک لکه رنگی در زمینه دیده می‌شود که معمولاً این لکه‌ها به علت تابیدن و انعکاس‌های نور بوده که در تصویر اصلاح شده با انجام عملیات پیش‌پردازش مرتفع گردیده است؛ تصاویر زیادی بدین‌گونه پیش‌پردازش شدند.

$$I_{FT}(x,y) = I_E(x,y) - \text{Median}(\{I_E(x+\mu, y+\epsilon); \mu, \epsilon = -r \dots r\});$$

(۳)

که r اندازه پنجره این فیلتر و $I_E(x,y)$ بیانگر مقدار تصویر در پیکسل (x,y) می‌باشد (۷).

هیستوگرام رنگ: هیستوگرام توصیف‌گری است که محاسبات آن ساده بوده و اطلاعات زیادی درباره توزیع رنگ فراهم می‌کند. فرض کنید تصویر I حاوی N رنگ مجزا باشد، در این صورت هیستوگرام رنگ به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$H(c_i) = I_{c_i}, c_i \in C = \{c_1, \dots, c_N\}$$

(۴)

که c_i یک رنگ خاص را بیان می‌کند و H تعداد حضورهای رنگ c_i در تصویر I است (۸).

هیستوگرام کانال اشباع: در اثر رنگ‌آمیزی با گییسا، هسته انگل به رنگ ارغوانی تیره در می‌آید، که در کانال اشباع به راحتی نمایان است. این ویژگی انگل را به راحتی از سایر تصویر مجزا می‌سازد (۹).

دانه‌سنجی ناحیه‌ای: به منظور تخمین اندازه عناصر موجود در تصویر از روش دانه‌سنجی ناحیه‌ای استفاده شد که به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$G_A(I) = \sum_{p \in X} \gamma_{\mu_i}^a(I) - \sum_{p \in X} \gamma_{\mu_{i-1}}^a(I)$$

(۵)

که $\gamma_{\mu_i}^a(I)$ عملگر بازکننده مرفولوژی بر روی تصویر I است و μ_i آستانه ناحیه‌ای می‌باشد (۱۰، ۱۱).

ه) طبقه‌بندی تصاویر: به منظور آموزش طبقه‌بندی‌کننده‌ها از ۴۰۰ تصویر انگلی و غیر انگلی استفاده شد. برای تفکیک تصاویر انگلی از تصاویر غیر انگلی از چهار طبقه‌بندی‌کننده KNN، NM، INN و تفکیک‌کننده خطی فیشر استفاده شد.

برای ارزیابی عملکرد طبقه‌بندی‌کننده‌ها از معیارهای زیر استفاده شد:

$$\text{Accuracy}(ACC) = \frac{(TP+TN)}{(TP+FN+FP+TN)},$$

روش استخراج عناصر رنگی فوق‌الذکر بر تصاویر پس از پیش‌پردازش اعمال شد و در همه موارد قادر به استخراج عناصر رنگی از تصویر می‌باشد. شکل ۳ (ب) یک نمونه از نتایج حاصل از اعمال این روش را نشان می‌دهد. همان‌طور که در تصویر مشخص است تمام عناصر رنگی تصویر استخراج شده‌اند (مقصود از عناصر رنگی، عناصری است که به رنگ تیره‌تر از گلبول قرمز هستند). نتیجه اعمال نقاب گلبول قرمز بر عناصر رنگی تصویر در شکل ۳ (ج) قابل مشاهده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود یک سری از عناصر که انگل نیستند حذف شده است. در واقع در شکل ۳ (ب) یک شی که انگل نبود (درون گلبول قرمز قرار نگرفته بود) که در این تصویر حذف شده است.

د) استخراج ویژگی: در این تحقیق از پنج ویژگی استفاده شده است که به شرح زیر می‌باشد:

گرادیان: ابزار یافتن مقدار و جهت لبه در مکان (x,y) در تصویر f گرادیان ($Grad$) نام دارد که به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$Grad(f(x,y)) = (f(x,y)/x, f(x,y)/y)$$

(۱)

$$Grad(f(x,y)) = ((f(x,y)/x)^2 + (f(x,y)/y)^2)^{0.5}$$

(۲)

از آنجا که گرادیان وابسته به شدت کلی پیکسل‌های درون یک ناحیه خاص نیست، اصلاح روشی در این مورد نیاز نمی‌باشد (۶).

ویژگی بافت: این ویژگی به صورت اختلاف بین تصویر اصلی و تصویر فیلترشده توسط فیلتر میانه تعریف می‌شود. فیلتر میانه یک ابزار غیر خطی است که اغلب برای حذف نویز تصویر از آن استفاده می‌شود. در تصویر فیلتر شده با این فیلتر، مقدار هر پیکسل توسط میانه مقادیر پیکسل‌های همسایگی که با پنجره فیلتر تعیین می‌شود، جایگزین می‌شود. ویژگی بافت توسط فرمول زیر محاسبه می‌شود:

فاصله اقلیدسی آن را نسبت به میانگین هر کلاس به طور جداگانه حساب کرده، آن‌گاه هرکدام که فاصله کم‌تری داشته باشد، کلاس مربوط به آن میانگین به F نسبت داده می‌شود (۱۳).

تفکیک‌کننده خطی فیشر (Fisher) بر اساس تصویر کردن کلاس‌ها می‌باشد. فرض کنید که دو کلاس وجود دارد که داده‌های آن‌ها دو بعدی است، تفکیک‌کننده فیشر در فضای دو بعدی به دنبال خطی می‌گردد که با تصویر کردن داده‌های دو کلاس بر روی آن خط، آن دو کلاس به نحو مطلوبی از هم قابل تفکیک باشند (۱۴).

یافته‌ها

بعد از اعمال پیش‌پردازش بر روی ۴۰۰ تصویر از لام‌های خونی (۱۵) و حذف عناصر رنگی غیر گلبول قرمز با استفاده از نقاب گلبول قرمز، ویژگی‌های ذکر شده در بالا استخراج شده و به طبقه‌بندی‌کننده داده شدند. جدول ۱ نتیجه اعمال الگوریتم را با استفاده از چهار طبقه‌بندی‌کننده نشان می‌دهد؛ طبقه‌بندی‌کننده KNN از سه طبقه‌بندی‌کننده دیگر بهتر عمل می‌کند و NM نسبت به بقیه کم‌ترین دقت را دارد.

در جدول ۲، TP، TN، FN، FP، SE، SP

و PR با به کار بردن طبقه‌بندی‌کننده KNN محاسبه شده است و SE، SP حاصله با نتایج به دست آمده در تحقیق تک (Tek) و همکاران (۱۵) با استفاده از همین داده‌ها مقایسه شده است.

در جدول ۳ دقت روش این تحقیق با دو روش کوماراسامی (Kumarasamy) (۲۰) و داس (Das) (۲۱) مقایسه شده است. همان‌طور که مشخص است، نتایج کارآمد بودن الگوریتم پیشنهادی را به اثبات می‌رسانند.

$$\text{Sensitivity}(SE) = TP/(TP+FN), \quad (6)$$

$$\text{Specificity}(SP) = TN/(TN+FP),$$

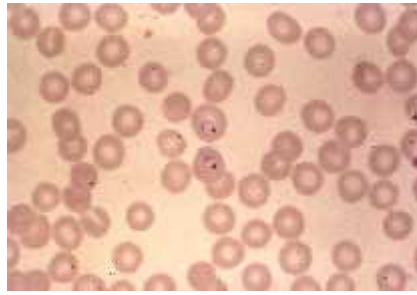
$$\text{Precision}(PR) = TP/(TP+FP)$$

که در اینجا TP تعداد تصاویر انگلی که طبقه‌بندی‌کننده به درستی آن‌ها را انگلی تشخیص داده است؛ FP تعداد غیر انگل‌هایی که طبقه‌بندی‌کننده به اشتباه آن‌ها را انگلی تشخیص داده است؛ TN تعداد غیر انگل‌هایی که طبقه‌بندی‌کننده آن‌ها را به درستی غیر انگل تشخیص داده است؛ FN تعداد انگل‌هایی که طبقه‌بندی‌کننده به اشتباه آن‌ها را غیر انگلی تشخیص داده است.

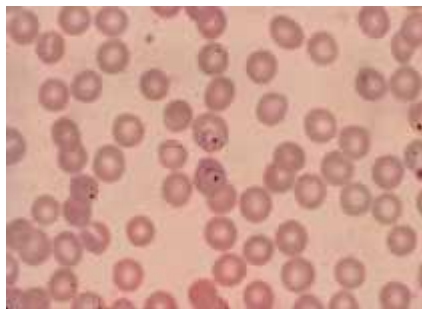
از آنجایی که بیان ریاضی طبقه‌بندی‌کننده‌ها خیلی مفصل بوده و در مراجع متعددی بیان شده‌اند، در اینجا به توصیف خلاصه و کلی طبقه‌بندی‌کننده‌های استفاده شده در این تحقیق بسنده می‌شود. در طبقه‌بندی‌کننده K نزدیک‌ترین همسایه (KNN)، به منظور تعیین کلاس مربوط به بردار ویژگی F ابتدا کلاس مربوط به K تا نزدیک‌ترین بردارهای داده آموزش به بردار F (بر اساس معیار فاصله اقلیدسی) در نظر گرفته می‌شوند. آن‌گاه هر کدام از کلاس‌ها که بیش‌ترین بردارها به آن وابسته می‌باشد، به عنوان کلاس وابسته به بردار F معرفی می‌شود (۱۲).

در طبقه‌بندی‌کننده یک، نزدیک‌ترین همسایه (1NN)، به منظور تعیین کلاس مربوط به بردار ویژگی F ، ابتدا کلاس مربوط به یکی از نزدیک‌ترین بردارهای داده آموزش به بردار F (بر اساس معیار فاصله اقلیدسی) در نظر گرفته می‌شوند، آن‌گاه هر کدام از کلاس‌ها که بیش‌ترین بردارها به آن وابسته می‌باشد، به عنوان کلاس وابسته به بردار F معرفی می‌شود (۱۲).

نحوه کار طبقه‌بندی‌کننده نزدیک‌ترین میانگین (NM) بدین شکل است که ابتدا میانگین هر کلاس به طور جداگانه بر اساس داده‌های آموزشی محاسبه می‌شود؛ سپس برای تعیین کلاس یک بردار مجهول مانند F



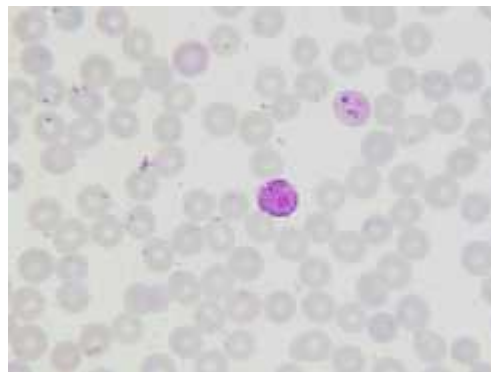
(الف)



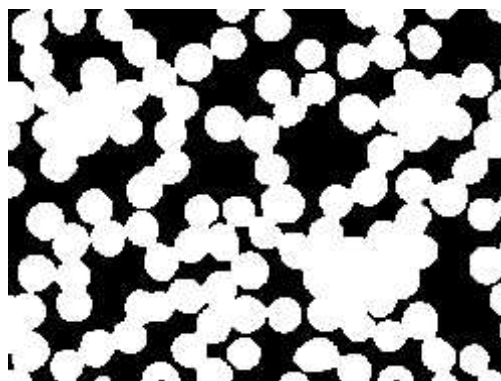
(ب)

شکل ۱: عملیات پیش‌پردازش: (الف) یک نمونه از تصاویر خام

(ب) نتیجه اعمال عملیات پیش‌پردازش بر تصویر (الف)

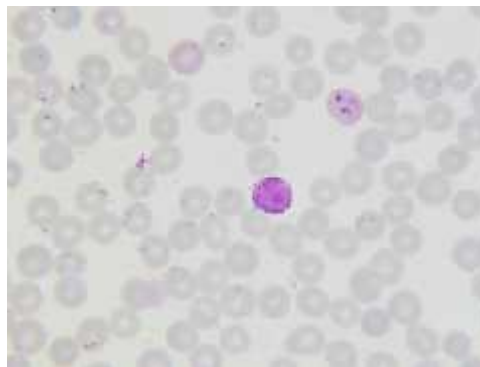


(الف)

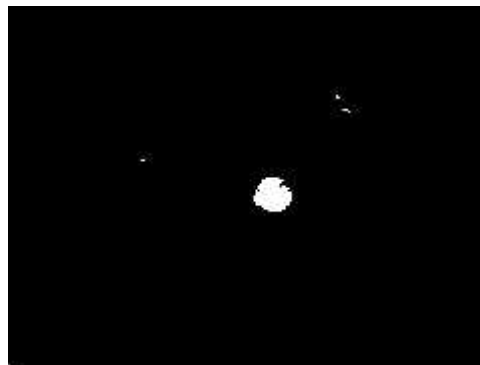


(ب)

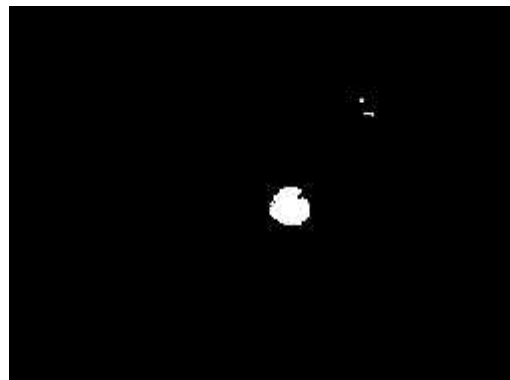
شکل ۲: استخراج نقاب گلبول قرمز: (الف) تصویر اصلی (ب) نقاب حاصل



(الف)



(ب)



(ج)

شکل ۳: استخراج عناصر رنگی از تصویر: (الف) تصویر اصلی؛ (ب) استخراج عناصر رنگی تصویر؛ (ج) اعمال نقاب گلبول قرمز بر تصویر عناصر رنگی

جدول ۱: نتیجه اعمال الگوریتم با استفاده از چهار طبقه‌بندی کننده

طبقه‌بندی کننده	KNN	1-NN	NM	Fisher
ACC روش پیشنهادی	٪۹۲/۵	٪۹۰/۲۵	٪۶۰/۲۵	٪۸۵

جدول ۲: نتایج تشخیص انگل و غیر انگل توسط روش پیشنهادی و روش Tek (۱۵) بر روی داده‌های یکسان

	TP	TN	FN	FP	SE	SP	PR
روش پیشنهادی	۱۵۴	۲۱۶	۲۶	۴	٪۸۵/۵	٪۹۸/۲	٪۹۷/۵
روش Tek (۱۶)	-	-	-	-	٪۷۲/۴	٪۹۷/۶	-

جدول ۳: مقایسه دقت روش پیشنهادی با روش‌های پیشین

روش	روش پیشنهادی	روش Das	روش Kumarasamy
ACC	٪۹۲/۵	٪۸۸/۷۷	٪۸۶

بحث

برای تشخیص سلول‌های قرمز خون و انگل را بدون هیچ‌گونه طبقه‌بندی انگل‌ها ارایه دادند. در ضمن، جزئیات فرآیند فیلتر کردن به‌منظور جدا کردن عناصر مورد نظر ارایه داده نشده است. از آنجایی که تنها اختلاف روشی اصلاح می‌شود، سیستم ارایه‌شده تن رنگ را در تصاویر ورودی ثابت فرض می‌کند (۱۹).

در مقاله تک و همکاران برای طبقه‌بندی پیکسل-های رنگ‌آمیزی‌شده به‌عنوان انگل یا غیر انگل، از چهار ویژگی استفاده شده است. نتایج این مطالعه نشان داد که موفق‌ترین ویژگی برای طبقه‌بندی عناصر رنگ‌آمیزی‌شده به‌عنوان انگل یا غیر انگل ترکیبی از کورلوگرام (Correlogram)، هیومومنت‌ها (Hu moments) و اندازه‌گیری نسبی شکل است (۱۵).

بعد از مطالعات و حصول نتایج اولیه برنامه‌نویسی مشاهده شد با توجه به ماهیت ذاتی نمونه خون، هسته گلبول سفید و انگل مالاریا نمی‌توان به کانال باینری و یا سطوح خاکستری، که مبنای بسیاری از کارهای پردازش تصویر هستند، بسنده کرد. همچنین پردازش بر کانال‌های **G** و **R** بهتر است، زیرا کانال **B** در مقابل اثرات ناخواسته چسبندگی، مات‌شدگی و ... مقاومت خیلی کمتری از دو کانال دیگر دارد.

انگل‌های مالاریا در دوره شیزوگونی خونی تنها در گلبول‌های قرمز خون وجود دارد پس استفاده از نقاب به‌منظور جداسازی گلبول‌های قرمز خون از سایر عناصر خون، قدم بزرگی در راه شناسایی انگل‌های مالاریا است. در ادامه کار، دقت الگوریتم پیشنهادی با روش‌های پیشین از جمله کار تک (۱۵) در سال ۲۰۰۶ و کار کوماراسامی (۲۰) در سال ۲۰۱۱ مقایسه شد. این مقایسه نشان داد که روش پیشنهادی دارای دقت بالاتری می‌باشد و می‌تواند در تشخیص بیماری موفق‌تر عمل کند.

الگوریتم پیشنهادی در این تحقیق دارای دقت بالایی در تشخیص مالاریا است، و همان‌طور که در بالا مشاهده شد در مقایسه با روش‌های پیشین کارآمدتر است. در ضمن این الگوریتم زمان‌بر نیست و این موضوع سرعت کار تشخیص بیماری را بالا می‌برد. در ادامه، به بررسی کارهای پیشین در زمینه و مزیت روش ارایه‌شده می‌پردازیم.

روبرتو و همکاران از اجزای پرده رنگ و اشباع مربوط فضای رنگی HSV به‌منظور تشخیص نواحی انگلی استفاده کردند. آن‌ها یک مدل سهمی برای روشی غیر یک‌نواخت تصاویر اسکن‌شده در نظر گرفتند که همیشه صادق نیست (۱۶).

در کار راس و همکاران از یک آستانه‌گیری مبتنی بر هیستوگرام به‌منظور تشخیص گلبول‌های قرمز و انگل-ها بهره گرفته شده است (۱۷).

سایو همکاران، از نرم‌افزار "MalariaCount" استفاده کردند. سیستم ارایه‌شده بر اساس تشخیص لبه، مرزهای انگل و سلول را تعیین می‌کند. روش شرح داده شده شامل یک مرحله پیش‌پردازش، تشخیص لبه، اتصال لبه، تقسیم انبوه، و تشخیص انگل است. این سیستم به‌منظور رسیدن به نتایج دقیق نیاز به سلول‌هایی دارد که به‌خوبی رنگ‌آمیزی 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 (۱۸).

دیز و همکاران، روش تقسیم‌بندی رنگ را به‌منظور تقسیم‌بندی پیکسل‌ها به سه طبقه انگل، سلول‌های قرمز خون و پس‌زمینه، با استفاده از طبقه‌بندی‌کننده‌های استاندارد ارزیابی کردند. آنها در این مقاله یک روش ساده

نتیجه گیری

دارا می باشد. در صورت پیاده سازی عملی، این روش می تواند به تشخیص و کنترل سریع مالاریا در حالت همه گیری به خصوص در مناطق دورافتاده کمک شایانی بنماید.

در این تحقیق، یک الگوریتم تشخیص انگل مالاریا با استفاده از روش های شناسایی الگو ارائه گردید. این الگوریتم کارا توانایی پیاده سازی سخت افزاری یا نرم افزاری در قالب یک سامانه تشخیص رایانه ای مالاریا را

منابع

- 1-UNICEF. World Malaria Report: Technical Report: WMR and UNICEF. 2012.Unicef Health. Available from: http://www.unicef.org/health/index_malaria.html. Accessed Jul 15, 2013.
- 2-Gallup J, Sachs J. The economic burden of malaria. *Journal of Tropical Medicine* 2001; 64 (Suppl 1-2): 85-96.
- 3-Coatney G, Collins W, Warren M, Contacos P. *The Primate Malaria*. Washington: National Academy Press; 1971 .
- 4-Mui JK, Fu KS. Automated classification of nucleated blood cells using a binary tree classifier. *IEEE Trans Pattern Analysis and Machine Intelligence* 1980; 2(5) :429-43.
- 5-Otsu N. A threshold selection method from gray-level histograms. *IEEE Trans Systems, Man & Cybernetics* 1979; 9 (1): 62-6.
- 6-Korn TM, Korn GA, editors. *Mathematical Handbook for Scientists and Engineers*. New York: Dover Publications; 2000 .
- 7-Rodenaker K, Bengtsson E. A feature set for cytometry on digitized microscopic images. *Anal Cell Pathol* 2003; 25(2): 1-36.
- 8- Boray TF. "Computerised Diagnosis of Malaria". PhD Thesis. London: University of Westminster, 2007.
- 9-Ruberto CD, Dempster A, Khan S, Jarra B. Analysis of infected blood cell images using morphological operators. *Image Vision Comput* 2002; 20:133-46.
- 10-Yang PF, Maragos P. Morphological systems for character image processing and recognition. In: *Proceedings of IEEE Int Acoustics Conference*; 1993 Sep 13-15; Minneapolis, USA. New York; 2002.
- 11-Rao KNRM, Dempster A. Area-granulometry: an improved estimator of size distribution of image objects. *IEE Electron Lett* 2001; 347(4): 950-51.
- 12-Theodoridis S, Koutroumbas K. Pattern recognition and neural networks. *Machine Learning and Its Applications* 2001; 12(2): 169-15.
- 13-Lotte F, Congedo M, Lécuyer A, Lamarche F, Arnaldi B. A review of classification algorithms for EEG-based brain-computer interfaces. *Journal of neural engineering* 2005; 4(2): 12-5.
- 14-Shashua A. the relationship between the support vector machine for classification and sparsified Fisher's linear discriminant. *Neural Processing Letters* 1999; 9(2): 129-39.
- 15-Tek FB, Dempster AG, Kale I. Parasite detection and identification for automated thin blood film malaria diagnosis. *Computer Vision and Image Understanding* 2010; 114: 21-32.
- 16-Ruberto CD, Dempster A, Khan S, Jarra B. Analysis of infected blood cell images using morphological operators. *Image Vis. Comput* 2002; 20(2): 133-46.
- 17-Ross NE, 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: 427-36.
- 18- SWS S, Sun W, Kumar S, Bin WZ, Tan SS. MalariaCount: An image analysis-based program for the accurate determination of parasitemia. *Journal of Microbiological Methods* 2006; 2(2):13-6.
- 19-Diaz G, Gonzalez F, Romero E. Infected Cell Identification in thin Blood Images Based on Color Pixel Classification: Comparison and Analysis. *J Biomed Inform* 2007; 4756: 812-21.
- 20-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* springer 2011; 22(1): 461-9.
- 21-Das D, Ghosh M, Chakraborty C. Probabilistic Prediction of Malaria using Morphological and Textural Information. India, Bengal: International Conference on Image Information Processing (ICIIP); 2011.

Computer-Aided Diagnosis of Malaria Parasite using Pattern Recognition Methods

Leila Malihi¹, Karim Ansari-Asl^{2*}, Abdolamir Behbahani³

1- MSc in Electrical Engineering
2- Assistant Professor of Electrical Engineering.
3-Assistant Professor of Entomology.

1,2-Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
3-Department of Entomology, School of Health, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.

*Corresponding author:
Karim Ansari-Asl, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
Tel: +989166200516
Email: karim.ansari@scu.ac.ir

Abstract

Background and Objectives: In many cases of parasitic identification by visual inspection is difficult, time consuming and depends heavily on the experience of microscopists. Computer-aided diagnosis can make a significant help in saving the time, reducing workforces and the possible operator errors. The aim of this study was to assess the performance of four classifiers for detection of malaria parasite was investigated.

Subjects and Methods: A total of 400 images of malaria parasite-infected blood slides were used. Initially by masking the red blood cells, in order to match the stained extracted elements, only red blood cells were used for next stage of the study. Then, the color histogram, granulometry, texture, saturation level histogram, gradient and flat texture features were extracted. For discriminating parasitic images from non-parasitic images four classifiers have been used: K-Nearest Neighbors (KNN), Nearest Mean (NM), 1-Nearest Neighbors (1NN), and Fisher linear discriminator (Fisher).

Results: The best classification accuracy of 92.5%, which was achieved by KNN classifier. The accuracies of 1-NN, Fisher and NM classifiers were 90.25%, 85%, and 60.25%, respectively.

Conclusion: Considering the performance of the proposed method, it can be used in the development of software for detecting malaria parasite. Thus, it can offer a significant help to researchers, managers and major planners to control malaria.

Keywords: Computer-aided diagnosis, Malaria, K-nearest neighbour classifier, Nearest mean classifier, Fisher linear discriminator.

Please cite this paper as:
Malihi L, Ansari-Asl K, Behbahani A. Computer-Aided Diagnosis of Malaria Parasite using Pattern Recognition Methods. *Jundishapur Sci Med J* 2015;14(1):65-74.

Received: Sep 20, 2014

Revised: Oct 14, 2014

Accepted: Dec 30, 2014