

طبقه‌بندی ضایعه‌های پوستی از روی تصاویر درموسکپی با استفاده از ویژگی‌های توزیع آماری رنگی و شکل

حمیدرضا جوادی^(۱) - حسین پورقاسم^(۲)

(۱) کارشناس ارشد - دانشکده مهندسی برق، واحد نجف‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف‌آباد، ایران.

(۲) دانشیار - دانشکده مهندسی برق، واحد نجف‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف‌آباد، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱/۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۲۵

خلاصه: در این پژوهش الگوریتم جدیدی برای طبقه‌بندی تصاویر درموسکپی به دو نوع بدخیم و خوش‌خیم ارائه شده است. ابتدا یک مرحله پیش‌پردازش دو مرحله‌ای شامل فیلترگذاری جهت حذف نویز و فیلتر همومورفیک جهت ارتقاء کیفیت تصویر اعمال می‌شود. سپس با استفاده از روش آستانه‌گذاری Otsu ضایعه از نواحی سالم جدا می‌شود. سپس ویژگی‌های شکل و رنگ از تصویر طبقه‌بندی شده، استخراج می‌شود. ویژگی‌های رنگ مبتنی بر ممان‌های آماری سطوح رنگی کوانتیزه شده و هیستوگرام رنگی کوانتیزه شده تعریف شده‌اند. این ویژگی‌ها توزیع مولفه‌های مختلف رنگی در ناحیه عارضه پوستی را نشان می‌دهد. علاوه بر این ویژگی‌های شکل با دو رویکرد متفاوت سعی در استخراج اطلاعات نواحی عارضه دارند. رویکرد اول، ویژگی‌هایی که مربوط به نحوه توزیع و گستردگی ناحیه است را نمایندگی می‌کند و رویکرد دوم، ویژگی‌هایی که مربوط به تغییرات لبه‌های عارضه است را بیان می‌کند. مجموعه این ویژگی‌ها، با استخراج اطلاعات همه جانبه از رنگ، شکل و ناحیه عارضه کمک به شناسایی نواحی خوش‌خیم از بدخیم می‌کند. در پایان نیز جهت انجام عمل شناسایی و طبقه‌بندی، چندین طبقه‌بند همچون KNN، Desision Tree، SVM و Adaboost به کار گرفته می‌شود. الگوریتم پیشنهادی بر روی یک پایگاه داده استاندارد و همچنین یک پایگاه داده تهیه شده شامل ۲۰۰ تصویر مورد ارزیابی و آزمایش قرار می‌گیرد. نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهد که طبقه‌بندی با طبقه‌بند Adaboost دقت، صحت و حساسیت به ترتیب ۹۶٪، ۹۶٫۷٪ و ۹۵٪ را فراهم می‌کند.

کلمات کلیدی: سرطان پوست، تصویر درموسکپی، ضایعه پوستی

Skin Lesion Classification from Dermoscopy Images Using Color Statistical Distribution and Shape Features

Hamid Reza Javadi⁽¹⁾ - Hossein Pourghassem⁽²⁾

(1) MSc. - Department of Electrical Engineering, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran

h.r.javadie@gmail.com

(2) Associate Professor - Department of Electrical Engineering, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabd, Iran

hpourghassem@yahoo.com

In this study, a new algorithm for dermoscopy image classification into two types of malignant and benign is presented. At first, one preprocessing step to remove noise and also enhance image quality is performed. After that using Otsu thresholding, the lesion is separated from the healthy area. Then color and shape features are extracted from the segmented image. The colored features based on statistical moments of quantized grayscale and quantized color histogram are defined. These features demonstrate distribution of color components. Moreover, the shape features extract information of the segmented regions with two scenarios. In the first scenario, the features represent the expansion of region and in the second scenario, the features represent the edge variations of the extracted regions. Finally, the classification procedure is performed using K-Nearest Neighbor, Decision Tree, Support Vector Machine and Adaboost. The proposed algorithm is evaluated on a standard database consisting of 200 images. The results show that classification using Adaboost classifier obtains the precision rate, accuracy rate and sensitivity rate of 96%, 96.7% and 95%, respectively.

Index Terms: Skin cancer, dermoscopy image, skin lesion, color feature.

۱- مقدمه

سرطان پوست یکی از کشنده‌ترین انواع سرطان می‌باشد که در سال‌های اخیر رشد فزاینده‌ای در سراسر جهان داشته است. با وجود این اگر این سرطان در مراحل اولیه تشخیص داده شود، امکان بهبودی بسیار افزایش می‌یابد و در اغلب موارد با یک تکه‌برداری ساده از رشد سرطان جلوگیری می‌شود [۱].

روش مرسوم تشخیص سرطان پوست مشاهده توسط متخصص امراض پوستی و سپس نمونه‌برداری و آزمایش می‌باشد. به دلیل وجود انواع مختلف ضایعه‌های پوستی (سرطانی و غیر سرطانی) و همچنین تشابه شکل ظاهری آنها، گاهی متخصصین ماهر نیز دچار تشخیص اشتباه می‌شوند. از طرف دیگر نمونه‌برداری و تست آزمایشگاهی بسیار پرهزینه و زمان‌بر بوده و باعث ناراحتی بیمار می‌شود. بنابراین طراحی سیستم‌های کامپیوتری که توانایی تشخیص ضایعه‌های بدخیم را داشته باشد، بسیار مفید خواهد بود. در پژوهشی که در سال ۲۰۱۳ انجام شد عملکرد سیستم تشخیص کامپیوتری با تشخیص پزشک متخصص مقایسه شد و نتایج نشان داد که سیستم کامپیوتری، از دقت بالاتری برخوردار می‌باشد [۲].

در سال‌های اخیر سیستم‌ها و الگوریتم‌های زیادی طراحی شده‌اند که با استفاده از تصاویر درموسکپی، بدخیم یا خوش خیم بودن ضایعه را مشخص می‌کنند. اغلب این سیستم‌ها دارای بلوک دیاگرام شکل (۱) می‌باشند [۱].



شکل (۱): بلوک دیاگرام سیستم تشخیص ضایعه پوستی بدخیم
Fig. (1): Block diagram of malignant lesion diagnose system

در [۳] الگوریتمی برای طبقه‌بندی تصاویر درموسکپی ارائه شد که در آن ویژگی‌هایی مانند کنتراست، همبستگی و عدم تقارن از تصویر استخراج شده است. در نهایت یک شبکه عصبی پیش‌خور^۱ عمل طبقه‌بندی را انجام می‌دهد. در [۴]، تشخیص سرطان پوست با دو روش سراسری و محلی مورد بررسی قرار گرفته است. این پژوهش دو هدف را دنبال کرده است، تعیین بهترین روش تشخیص سراسری یا محلی و تعیین بهترین ویژگی‌ها (ویژگی‌های رنگ یا بافت). نتایج نشان می‌دهد ویژگی‌های رنگ عملکرد بهتری نسبت به ویژگی‌های بافت دارند. همچنین نتایج نشان می‌دهد که با هر دو روش تشخیص سراسری و محلی می‌توان به نتایج خوبی دست یافت با این تفاوت که روش محلی به زمان بیشتری نیاز دارد. در پژوهش دیگری که در سال ۲۰۱۳ انجام شد، نقش ویژگی‌های شکل در طبقه‌بندی تصاویر درموسکپی مورد بررسی قرار گرفته است [۵]. بهترین عملکرد سیستم پیشنهادی در صورت استفاده همزمان از کل ویژگی‌های استخراج شده حاصل خواهد شد که رسیدن به حساسیت^۲ ۹۲٪ و اختصاصی بودن

۷۸٪ را به همراه دارد. در [۶]، به بررسی و مقایسه عملکرد ویژگی‌های رنگ و بافت پرداخته شده است. نتایج نشان می‌دهد با استفاده از هر دو دسته ویژگی می‌توان به نتایج خوبی دست یافت. همچنین ترکیب این ویژگی‌ها باعث افزایش دقت طبقه‌بندی شده است. در پژوهشی که توسط Celebi و همکاران انجام شد، ابتدا با استفاده از روش خوشه‌بندی K-means، رنگ‌های موجود در تصویر درموسکپی دسته‌بندی شده‌اند [۷]. سپس با استفاده از رنگ‌های دسته‌بندی شده، عمل طبقه‌بندی انجام می‌شود. در [۸]، روش طبقه‌بندی مبتنی بر مدل پیشنهاد شده است. بدین صورت که تصاویر با استفاده از روش میدان تصادفی مارکف مدل شده و سپس این مدل‌ها، به عنوان ویژگی در نظر گرفته شده و عمل طبقه‌بندی انجام می‌شود. در [۹]، دو روش متفاوت برای طبقه‌بندی ضایعات پوستی به سه دسته تومور پوستی (ملانوما)، ضایعه‌های غیرطبیعی (مشکوک) و موارد طبیعی ارائه شده است. پس از قطعه‌بندی و استخراج ویژگی‌هایی نظیر FFT، بردار ویژگی یک بار توسط یک طبقه‌بند تک‌مرحله‌ای و بار دیگر توسط یک طبقه‌بند دو مرحله‌ای دسته‌بندی شده است. نتایج نشان می‌دهد که طبقه‌بند دو مرحله‌ای دارای دقت بیشتری خواهد بود. در [۱۰] طبقه‌بندی تصاویر درموسکپی با استفاده از استخراج ویژگی‌های شکل و رنگ انجام شده است. عمل طبقه‌بندی یکبار توسط طبقه‌بند تک مرحله‌ای و بار دیگر توسط طبقه‌بند دو مرحله‌ای انجام می‌شود و تصاویر درموسکپی در سه گروه ضایعه‌های عادی، غیر عادی و بدخیم قرار می‌گیرند.

۲- روش پیشنهادی

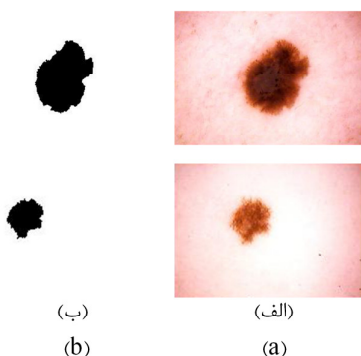
همانطور که قبلاً اشاره شده، سیستم تشخیص عوارض پوستی بدخیم دارای چهار مرحله می‌باشد که در ادامه هر قسمت به طور جداگانه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲-۱- پیش‌پردازش

معمولاً تصاویر درموسکپی کیفیت زیادی نداشته و دارای انواع نویز (گوسی، ضربه‌ای و ...) و موارد ناخواسته متعددی (عدم یکنواختی کنتراست، وجود حباب هوا و ژل درموسکپی و موی بدن) می‌باشند. موارد فوق باعث می‌شود که قطعه‌بندی تصویر به درستی انجام نشود و علاوه بر ضایعه، قسمتی از نواحی سالم (زمینه) نیز در تصویر قطعه‌بندی شده ظاهر شود. بنابراین باید در مرحله اول اصلاحاتی روی تصویر ورودی انجام شود از جمله حذف نویز و عوارض مصنوعی، تنظیم کنتراست و ... انجام یک پیش‌پردازش خوب بر روی تصویر اولیه امکان قطعه‌بندی با دقت بالا را افزایش می‌دهد. در پژوهش‌های انجام شده روش‌ها و الگوریتم‌های مختلفی بر روی تصویر اولیه به عنوان پیش‌پردازش اعمال شده است.

به عنوان مثال در یک پژوهش از فیلتر میانه سریع و سپس تنظیم کنتراست برای ارتقا تصویر درموسکپی استفاده شده است [۳]. در یک پژوهش دیگر از الگوریتم ACE^۴ برای تنظیم رنگ تصویر استفاده شده است [۱۱].

در این پژوهش روش‌های مختلف قطعه‌بندی مورد بررسی قرار گرفت از جمله روش‌های آستانه‌گذاری Otsu، حداقل خطا، حداکثر آنتروپی و همچنین روش خوشه‌بندی فازی (FCM). نتایج نشان داد که از بین روش‌های فوق روش Otsu و FCM دارای دقت قابل قبولی می‌باشند و با توجه به سادگی و سرعت بیشتر روش Otsu، این روش به عنوان روش قطعه‌بندی در این پژوهش انتخاب شده است. با توجه به اینکه در مرحله قبل (پیش‌پردازش) نویز و موارد ناخواسته تا حد زیادی از بین رفته است، با یک آستانه‌گذاری ساده، ضایعه به خوبی از نواحی سالم (زمینه) جدا می‌شود. در واقع طراحی پیش‌پردازش مناسب باعث شده که قطعه‌بندی به راحتی انجام پذیرد و نیازی به الگوریتم‌های پیچیده و وقت‌گیر نباشد. پس از قطعه‌بندی دو مرحله پس‌پردازش انجام می‌شود. ابتدا همه اشیاء موجود در تصویر قطعه‌بندی شده شناسایی شده و فقط بزرگترین آنها به عنوان ضایعه در نظر گرفته شده و بقیه موارد حذف می‌شوند. در پایان حفره‌های ایجاد شده در تصویر با استفاده از عملگرهای ریخت‌شناسی پر شده که تا حد امکان تصویر یکنواختی حاصل شود. در شکل (۴) نتایج اعمال روش قطعه‌بندی فوق روی تصاویر مرحله قبل نمایش داده شده است.

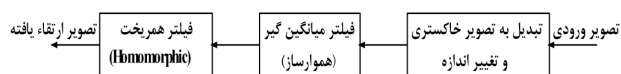


شکل (۴): نتایج قطعه‌بندی تصویر. (الف) تصویر اصلی. (ب) تصویر باینری
Fig. (4): Results of image segmentation. (a) Original image. (b) Binary image

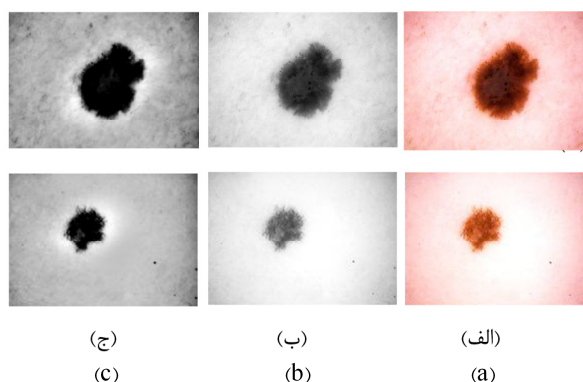
۲-۳- استخراج ویژگی

در این مرحله باید ویژگی‌هایی از تصویر استخراج شود که عمل طبقه‌بندی با دقت بالا انجام شود. در برخی مقالات صرفاً ویژگی‌های مبتنی بر قواعد ABCD که متخصصین از آنها برای تشخیص ضایعه پوستی به صورت شهودی استفاده می‌کنند، استخراج شده است. در مقالات دیگر علاوه بر ویژگی‌های فوق، ویژگی‌های دیگری برای بهبود عملکرد سیستم در نظر گرفته شده است. در کل ویژگی‌های استفاده شده را می‌توان در چند دسته کلی در نظر گرفت. ویژگی‌های استخراج شده در حوزه رنگ، ویژگی‌های مبتنی بر شکل ضایعه و ویژگی‌های مبتنی بر بافت. در این پژوهش با توجه به عملکرد ضعیف ویژگی‌های بافت [۴]، دو مجموعه ویژگی رنگ و شکل مورد استفاده قرار گرفته است.

در این پژوهش از یک پیش‌پردازش سه مرحله‌ای برای ارتقای تصویر استفاده شده است (شکل (۲)). در مرحله اول اندازه تصویر مورد بررسی قرار می‌گیرد و اگر حجم تصویر بیشتر از 640×480 پیکسل باشد، حجم تصویر به مقدار فوق کاهش می‌یابد. این کار باعث می‌شود که سرعت اجرای الگوریتم افزایش یابد و در عین حال اطلاعات زیادی از تصویر از دست نرود. در مرحله بعد تصویر رنگی به یک تصویر سطح خاکستری تبدیل می‌شود. سپس یک فیلتر میانگین‌گیر با ابعاد 5×5 روی تصویر خاکستری اعمال می‌شود. با اعمال این فیلتر، نویز گوسی و لبه‌های تیز و مزاحم از بین می‌روند. در نهایت برای از بین بردن اثر نورپردازی غیر یکنواخت هنگام عکس‌برداری، یک فیلتر هم‌ریخت^۵ در حوزه فرکانس روی تصویر اعمال می‌شود. این فیلتر لبه‌های ضایعه را تیز می‌کند و با ضعیف کردن مولفه‌های فرکانس پایین، اثر نورپردازی نامتقارن را از بین می‌برد. بنابراین تصویر ارتقاء یافته و آماده قطعه‌بندی می‌شود. شکل (۳) نتایج حاصل از اعمال پیش‌پردازش روی دو تصویر نمونه را نشان می‌دهد.



شکل (۲): بلوک‌دیگرام مرحله پیش‌پردازش
Fig. (2): Block diagram of preprocessing step



شکل (۳): نتایج پیش‌پردازش تصویر. (الف) تصویر اصلی. (ب) تصویر خاکستری. (ج) تصویر ارتقا یافته

Fig. (3): Results of image preprocessing. (a) Original image. (b) Gray image. (c) Enhanced image

۲-۲- قطعه‌بندی

در این مرحله باید ضایعه از زمینه تصویر جدا شود. این مرحله یکی از مهم‌ترین مراحل الگوریتم بوده و موفقیت مراحل بعدی (مخصوصاً استخراج ویژگی) به دقت در این مرحله وابسته است. به همین دلیل در پژوهش‌های متعدد صرفاً قطعه‌بندی ضایعه پوستی مورد بررسی قرار گرفته است. روش‌های گوناگونی برای قطعه‌بندی تصویر در موسیقی مورد استفاده قرار گرفته است، از جمله روش خوشه‌بندی فازی (FCM) [۱۲] و مدل مارپیچ [۱۳].

۲-۳-۱- ویژگی رنگ

برای استخراج ویژگی‌های رنگ ابتدا با استفاده از تصاویر قطعه‌بندی شده (باینری) و تصاویر اصلی (رنگی)، تصویر قطعه‌بندی شده هر مولفه فضای رنگ RGB به دست آمده است. سپس مقادیر صفر حذف می‌شوند به نحوی که برای هر تصویر، سه بردار R و G و B خواهیم داشت که بین صفر و یک نرمالیزه شده و مقادیر صفر آن‌ها حذف شده‌اند. سپس سه ویژگی میانگین، حداقل و حداکثر مقدار از سه بردار فوق استخراج می‌شود. بنابراین برای هر تصویر نه ویژگی رنگ خواهیم داشت (واریانس هر مولفه رنگ نیز به عنوان یک ویژگی دیگر استخراج شد که به دلیل کاهش دقت طبقه‌بندی، مورد استفاده قرار نگرفت).

هیستوگرام سه بعدی رنگ نیز به عنوان یک ویژگی دیگر از تصاویر استخراج می‌شود [۱۴]. ابتدا با استفاده از تصاویر قطعه‌بندی شده و تصاویر اصلی، سه مولفه رنگ (RGB) هر تصویر استخراج و در یک ماتریس ذخیره می‌شود. سپس شدت هر مولفه به پنج قسمت تقسیم می‌شود. بنابراین کل فضای رنگ به ۱۲۵ رنگ متمایز تقسیم می‌شود. در انتها تعداد پیکسل‌هایی که در هر یک از این ۱۲۵ قسمت قرار دارد، محاسبه می‌شود. برای نرمالیزه کردن بردار ویژگی، مقادیر هر ستون بر ماکزیمم مقدارش تقسیم می‌شود. بنابراین در پایان یک بردار ویژگی نرمالیزه شده شامل ۱۲۵ ویژگی خواهیم داشت.

۲-۳-۲- استخراج ویژگی‌های شکل

از تصاویر قطعه‌بندی شده (باینری) ده ویژگی شکل استخراج شده است که مقادیر همه آنها بین صفر و یک قرار دارد. در ادامه ویژگی‌های شکل استفاده شده در این پژوهش معرفی شده‌اند [۱۵].

مساحت شکل: بیانگر نسبت مساحت شکل به مساحت کل تصویر می‌باشد.

شاخص گریز از مرکز: این شاخص به صورت نسبت طول محور فرعی شکل به محور اصلی آن تعریف می‌شود.

شاخص دایروی بودن: این شاخص میزان شباهت شکل به فرم دایروی را نشان می‌دهد.

طول محورهای اصلی و فرعی: بیانگر نسبت طول محورهای اصلی شکل به طول و عرض کل تصویر می‌باشد.

شاخص مستطیلی: این شاخص معیاری از تشابه شکل به مستطیل می‌باشد و طبق رابطه (۱) بیان می‌شود.

$$\text{Rectangularity} = \frac{A_s}{A_r} \quad (1)$$

که در آن A_s مساحت شکل و A_r مساحت کوچکترین مستطیل محیط به شکل می‌باشد.

ضریب سختی: این ضریب بیانگر چگالی یا تراکم تصویر می‌باشد و طبق رابطه (۲) به صورت نسبت مساحت شکل به مساحت محدب آن تعریف می‌شود.

$$\text{Solidity} = \frac{\text{Area}}{\text{Convex Area}} \quad (2)$$

شاخص فشردگی: این شاخص میزان بی نظمی مرز شکل را نشان می‌دهد و طبق رابطه (۳) به صورت نسبت مساحت شکل به مساحت دایره‌ای با محیط برابر با محیط شکل بیان می‌شود.

$$\text{Compactness} = \frac{4\pi \times \text{Area}}{(\text{Perimeter})^2} \quad (3)$$

تحدب: این شاخص میزان دورشدگی شکل از حالت محدب را بیان می‌کند و طبق رابطه (۴) برابر با نسبت محیط محدب به محیط شکل است.

$$\text{Convexity} = \frac{\text{Convex Perimeter}}{\text{Perimeter}} \quad (4)$$

توصیف‌گر فوریه: این ویژگی در زمره ویژگی‌های شکل قرار دارد و یک ابزار مهم برای استخراج ویژگی در کاربردهای مختلف می‌باشد. برای استخراج این ویژگی ابتدا با استفاده از اعمال عملگر سوپل روی تصویر قطعه‌بندی شده (باینری) مرز ضایعه به دست می‌آید. سپس مختصات نقاط مرز (X,Y) به عنوان یک تابع دو بعدی در نظر گرفته شده و در نهایت با اعمال تبدیل فوریه دو بعدی روی این تابع، ضرایب فوریه به دست می‌آید. نکته قابل توجه این است که تعداد نقاط مرز در تصاویر مختلف، متفاوت بوده و از طرف دیگر محاسبه ضرایب فوریه برای همه نقاط مرز زمانبر خواهد بود. بنابراین ابتدا ۱۰۰ نقطه از نقاط مرز و به فاصله مساوی انتخاب می‌شود و سپس مختصات آنها به عنوان تابع دو بعدی معرف نقاط مرز (امضای مرز) در نظر گرفته شده و ضرایب فوریه آن محاسبه می‌شود. با این کار تعداد ضرایب برای همه تصاویر یکسان (۱۰۰ عدد) خواهد بود و سرعت اجرای الگوریتم نیز بی جهت افزایش نخواهد یافت.

$$a_n = \frac{1}{N} \sum_{t=0}^N z(n) \cdot \exp\left(-\frac{j2\pi n t}{N}\right), n=0,1,\dots,N-1 \quad (5)$$

۲-۴- نتایج آزمایش‌ها

۲-۴-۱- معرفی پایگاه داده^۷

در این پژوهش روش پیشنهادی بر روی ترکیبی از دو مجموعه از تصاویر درموسکپی اجرا شده است. مجموعه اول شامل ۱۰۰ تصویر درموسکپی (۳۰ ضایعه بدخیم و ۷۰ ضایعه خوش‌خیم) به دست آمده از اطلس EDRA می‌باشد. تصاویر موجود ۲۴ بیتی در فرمت jpeg بوده و وضوح آن‌ها در محدوده ۷۶۸×۵۱۲ تا ۲۵۵۶×۱۶۹۳ می‌باشد. سری دوم تصاویر شامل ۱۰۰ تصویر درموسکپی (۵۰ ضایعه بدخیم و ۵۰ ضایعه خوش‌خیم) تهیه شده از بخش پوست بیمارستان امام خمینی تهران می‌باشد که وضوح این تصاویر ۶۴۰×۴۸۰ می‌باشد. برای کلیه تصاویر نظر پزشک متخصص ضمیمه شده است. بنابراین کل پایگاه داده شامل ۸۰ ضایعه بدخیم و ۱۲۰ ضایعه خوش‌خیم می‌باشد. شکل (۵) چند نمونه از تصاویر پایگاه داده را نشان می‌دهد.

Table (3): Classification using all of features (color and shape)
جدول (۳): طبقه‌بندی با استفاده از کل ویژگی‌ها (رنگ و شکل)

طبقه‌بند	دقت (%)
Adaboost	۱۰۰
KNN	۹۷
SVM	۹۵
Decision Tree	۷۸

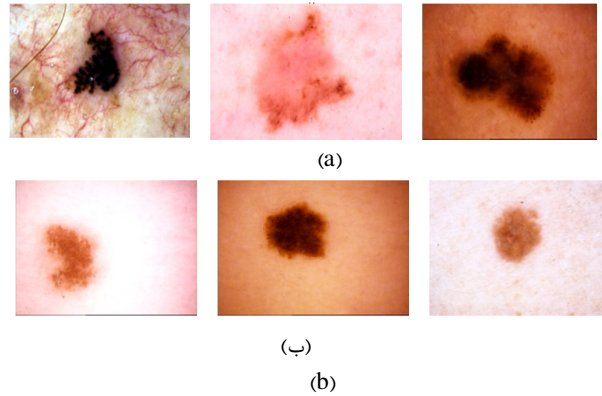
۳- بررسی نتایج و واریسی اعتبار

با توجه به نتایج به دست‌آمده استفاده از ویژگی‌های رنگ منجر به دقت بیشتری نسبت به ویژگی‌های شکل می‌شود. نکته قابل توجه این است که طبقه‌بند KNN در صورت استفاده از ویژگی رنگ دارای دقت ۱۰۰٪ می‌باشد در حالی که در صورت استفاده از کل ویژگی‌ها دقت آن افت پیدا می‌کند (۹۷٪). علت این امر این است که طبقه‌بند KNN بواسطه تخمین تابع چگالی براساس نحوه توزیع اطلاعات در فضای ویژگی عمل طبقه‌بندی را انجام می‌دهد. احتمالاً نحوه توزیع نمونه‌های پایگاه داده در فضای ویژگی رنگ برای دو کلاس نواحی خوش‌خیم و بدخیم به صورت مجزا و قابل تفکیک می‌باشد که طبقه‌بند KNN عملکرد مطلوب‌تر را فراهم می‌کند. اما در هر حال استفاده ویژگی‌های بیشتر (کل ویژگی‌ها) منجر به افزایش عمومیت طبقه‌بند در مواجه با نمونه‌های جدید خواهد شد.

علاوه بر این، طبقه‌بند Adaboost دقت بیشتری را در همه حالت‌ها (استفاده از ویژگی‌های رنگ، شکل و کل ویژگی‌ها) ایجاد می‌نماید. رسیدن به دقت ۱۰۰٪ ممکن است کمی غیر قابل باور به نظر برسد. باید این نکته را مد نظر قرار داد که در این پژوهش طبقه‌بندی Adaboost با تکرار از یک تا بیست طبقه‌بند ضعیف، مورد آزمایش قرار گرفت و فقط در تکرار شش و هفت دقت ۱۰۰٪ به دست آمد. مسلم است که در تصاویر جدید (یا پایگاه داده جدید) با توجه به این که تعداد تکرار ثابت خواهد بود، دقت این طبقه‌بند کاهش خواهد یافت. بنابراین برای بررسی دقیق‌تر عملکرد سیستم، روش واریسی اعتبار Kfold (به ازای $K = 10$) مورد استفاده قرار گرفت و میانگین دقت سیستم (در ۱۰۰ حالت مختلف) ۹۶٪ به دست آمد.

۴- مقایسه روش پیشنهادی با کارهای گذشته

همانطور که قبلاً اشاره شد در سال‌های اخیر تشخیص ضایعه پوستی بدخیم (سرطانی) مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته و مقالات زیادی در این زمینه روش‌های مختلفی ارائه نموده‌اند. در این قسمت به مقایسه عملکرد روش پیشنهادی با کارهای انجام شده توسط پژوهشگرهای دیگر پرداخته می‌شود. برای مقایسه روش‌های مختلف از سه پارامتر دقت^۱، حساسیت و اختصاصی بودن استفاده شده است. در جدول (۴) روابط مربوط به پارامترهای ارزیابی آورده شده است.



شکل (۵): نمونه‌هایی از تصاویر پایگاه داده. (الف) ضایعه‌های بدخیم (ملانوما). (ب) ضایعه‌های خوش‌خیم

Fig. (5): Sample of database images. (a) Malignant lesions (melanoma). (b) Benign lesions

برای طبقه‌بندی تصاویر با استفاده از ویژگی‌های فوق (رنگ و شکل)، ۷۰٪ تصاویر برای آموزش طبقه‌بند و بقیه آنها برای تست کارایی سیستم مورد استفاده قرار گرفته‌اند. ابتدا با استفاده از روش‌های مختلف طبقه‌بندی، میزان کارایی ویژگی‌های رنگ مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج آن در جدول (۱) آورده شده است.

Table (1): Classification using color features

جدول (۱): طبقه‌بندی با استفاده از ویژگی‌های رنگ

طبقه‌بند	دقت (%)
Adaboost	۱۰۰
KNN	۱۰۰
SVM	۸۳
Decision Tree	۷۸

سپس با استفاده از روش‌های مختلف طبقه‌بندی و درصد ذکر شده برای نمونه‌های آموزش و تست، میزان کارایی ویژگی‌های شکل مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج آن در جدول (۲) آورده شده است.

Table (2): Classification using shape features

جدول (۲): طبقه‌بندی با استفاده از ویژگی‌های شکل

طبقه‌بند	دقت (%)
Adaboost	۶۲
KNN	۶۷
SVM	۴۸
Decision Tree	۵۰

در نهایت کل ویژگی‌های استخراج شده از تصاویر درموسکپی شامل ده ویژگی رنگ و ده ویژگی شکل برای طبقه‌بندی با روش‌های مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج آن در جدول (۳) آورده شده است.

Table (6): Performance comparison of the proposed method with previous works

جدول (۶): مقایسه عملکرد روش پیشنهادی با کارهای قبلی

الگوریتم	تعداد تصاویر	ویژگی‌ها	طبقه‌بند	بهترین نتیجه
Abuzaghl eh et al. [9]	۲۰۰	Shape (FFT2 & DCT2)	Two-level classifier (KNN)	Acc: 70%
Celebi et al. [7]	۹۱۴	Color	Symbolic regression	Acc: 72%
Jaleel at el. [3]	۵۰	GLCM	ANN	Acc: 88%
Barata et al. [4]	۱۷۶	Color & Texture	Adaboost, SVM & KNN	SE: 100% SP: 71%
Margarida et al. [5]	۱۶۷	shape	Adaboost	SE: 92% SP: 78%
Ramezani et al. [16]	۲۸۲	Color, Texture & Shape	SVM	Acc: 82.2% SE: 77% SP: 86.9%
Normohamadi et al. [17]	۶۴۲	Color, Texture Shape & Eigenbrder (new)	SVM	SE: 94.3% SP: 92.3%
Abuzaghl eh et al. [10]	۲۰۰	Color & Shape	Two-level classifier (SVM)	Acc: 97.7%
روش پیشنهادی	۲۰۰	Color & Shape	Adaboost	Acc: 96% SE: 95% SP: 96.7%

- 1- Feed Forward
- 2- Sensitivity
- 3- Specificity
- 4- Automatic Color Equalization
- 5- Homomorphic
- 6- Objects
- 7- Database
- 8- Accuracy

پی‌نوشت:

جدول (۴): توصیف پارامترهای ارزیابی

Table (4): The evaluation parameters

$$\text{Sensitivity } y = \frac{TP}{TP + FN} \quad (۶)$$

$$\text{Specificity } y = \frac{TN}{TN + FP} \quad (۷)$$

$$\text{Accuracy} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (۸)$$

که توصیف پارامترهای TP، TN، FP و FN در جدول (۵) آورده شده است.

جدول (۵): توصیف پارامترهای TP، TN، FP و FN

Table (5): The TP, TN, FP and FN parameters

		تشخیص الگوریتم	
		بدخیم	خوش‌خیم
تشخیص پزشکی	بدخیم	True Pos.(TP)	False Neg.(FN)
	خوش‌خیم	False Pos.(FP)	True Neg.(TN)

همانطور که در جدول (۶) مشاهده می‌شود، روش پیشنهادی با بهترین روش‌های ارائه شده در سال‌های اخیر مقایسه شده است. روش پیشنهادی روی پایگاه داده‌ای با بیشترین تعداد تصویر درموسکپی اعمال شده و بیشترین دقت نیز حاصل شده است. از طرف دیگر با توجه به استفاده از روش واری اعتبار Kfold، دقت به دست آمده کاملاً قابل اعتماد خواهد بود. در جدول (۵) خلاصه مقایسه روش پیشنهادی با کارهای دیگران آورده شده است.

۵- نتیجه و بحث

در این مقاله الگوریتم جدیدی برای طبقه‌بندی تصاویر درموسکپی به دو نوع بدخیم و خوش‌خیم ارائه شده است. پس از انجام مراحل پیش‌پردازش و قطعه‌بندی، ده ویژگی شکل و ده ویژگی رنگ از تصاویر استخراج شده است. سپس عمل طبقه‌بندی با استفاده از روش‌های مختلف انجام شده است. با توجه به نتایج به دست آمده مشخص شد که برای طبقه‌بندی تصاویر درموسکپی، ویژگی‌های رنگ نسبت به ویژگی‌های شکل مؤثرتر عمل نموده و دقت بیشتری را ایجاد می‌کنند. علاوه بر این با توجه به استفاده از چهار روش مختلف طبقه‌بندی و اعمال آنها طی سه مرحله (ویژگی‌های رنگ، ویژگی‌های شکل و کل ویژگی‌ها)، نتایج نشان می‌دهد که طبقه‌بند Adaboost دقت بیشتری را ایجاد می‌نماید. بنابراین سیستم پیشنهادی برای تشخیص زود هنگام ضایعه‌های پوستی بدخیم کاملاً مناسب بوده و می‌تواند در تشخیص موارد بدخیم، مورد استفاده پزشکان و متخصصین امراض پوستی قرار گیرد. برای بهبود عملکرد سیستم می‌توان ویژگی‌های بیشتری از تصویر در حوزه شکل و رنگ (و حتی بافت) استخراج نمود. علاوه بر این، انجام یک مرحله انتخاب ویژگی قبل از طبقه‌بندی می‌تواند در بهبود عملکرد سیستم مؤثر باشد.

Reference

- [1] A. Noori Hoshyar, A. Al- Jumaily and R. Sulaiman, "Review on automatic early skin cancer detection", Proceeding of the IEEE/CSSS, pp. 4036 – 4039, Nanjing, China, June 2011.
- [2] M. Zortea, R. Schopf, K. Thon; "Performance of a dermoscopy-based computer vision system for the diagnosis of pigmented skin lesions compared with visual evaluation by experienced dermatologists", Artificial Intelligence in Medicine. Vol. 60, No. 1, pp. 13–26, Jan. 2014.
- [3] J. Abdul Jaleel, S. Salim, "Computer aided detection for skin cancer", Proceeding of the IEEE/ICCPCT, pp. 1137 – 1142, Nagercoil, India, March, March 2013.
- [4] C. Barata, M. Ruela, M. Francisco, T.Mendonça, J. Marques, "Two systems for the detection of melanomas in dermoscopy images using texture and color features", IEEE Systems Journal, Vol. 8, No. 99, pp. 1 – 15, 2013
- [5] M. Ruela, C. Barata, T. Mendonca, J. Marques, "On the role of shape in the detection of melanomas", Proceeding of the IEEE/ISPA, pp. 268 – 273, Trieste, Italy, Sep. 2013.
- [6] J. Marques, C. Barata, T. Mendonca, "On the role of texture and color in the classification of dermoscopy images", Proceeding of the IEEE/EMBC, pp. 4402 – 4405, San Diego, CA, USA, Aug. 2012.
- [7] M. Celebi, A. Zornberg, "Automated quantification of clinically significant colors in dermoscopy images and its application to skin lesion classification", IEEE Systems Journal, Vol. 8, No. 3, pp 980-984, Sep. 2014.
- [8] A. Sáez, C. Serrano, B. Acha, "Model-based classification methods of global patterns in dermoscopic images", IEEE Trans. on Medical Imaging, Vol. 33, No. 5, pp. 1137 – 1147, Sep. 2014.
- [9] O. Abuzagheh, B. Barkana, M. Faezipour, "SKINcure: A real time image analysis system to aid in the malignant melanoma prevention and early detection", Proceeding of the IEEE/SSIAL, pp. 85 – 88, San Diego, CA, USA, April 2014.
- [10] O. Abuzagheh, B. Barkana, M. Faezipour, "Automated skin lesion analysis based on color and shape melanoma early detection and prevention", Proceeding of the IEEE/LISAT, pp. 1 – 6, Farmingdale, NY, USA, 2014.
- [11] H. Iyatomi, M. Celebi, G.Schaefer, M. Tanaka, "Automated color normalization for dermoscopy images", Proceeding of the IEEE/ICIP, pp. 4357 – 4360, Hong Kong, China, Sep. 2010.
- [12] H. Zhou, G. Schaefer, A. Sadka, M. Celebi, "Anisotropic mean shift based fuzzy C-means segmentation of dermoscopy images", IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing, Vol. 3, No. 1, pp. 26 – 34, 2009.
- [13] H. Zhou, G. Schaefer, M. Celebi, H. Iyatomi, K. Norton, T. Lin, "Skin lesion segmentation using an improved snake model", Proceeding of the IEEE/EMBC, pp. 1974 – 1977, Buenos Aires, Argentina, Aug./Sep. 2010.
- [14] R. Chakravarti, X. Meng, "A study of color histogram based image retrieval", Proceeding of the IEEE/ITNG, pp. 1323 – 1328, Las Vegas, NV, USA, April 2009.
- [15] Y. Mingqiang, K. Kidiyo, R Joseph, "A survey of shape feature extraction techniques", INTECH Open Access Publisher, pp. 44 – 90, 2008.
- [16] M. Ramezani, A. Karimian, P. Moallem, "Automatic detection of malignant melanoma using macroscopic images", Journal of Medical Signals and Sensors, Vol. 4, No .4, pp. 281–290, 2014.
- [17] M. Normohamadi, H. Pourghasem, "A novel eigenborder-based melanoma diagnosis and classification algorithm in dermoscopy images", International Journal of Imaging and Robotics, Vol. 8, No. 2, pp. 61 – 84, 2012.

