لیزرپزشکی، ۱۳۹۱، دورهٔ ۹، شمارهٔ ۳، صفحات:۱۴-۶.

مقاله پژوهشی

بهبود الگوریتم اندازه‌گیری خودکار پارامتر اریتم در استاندارد PASI برای بیماران پسوریازیس

منال‌السادات موسوی اصیل[۱]
فرزاد زرگری[۲]
پروین منصوری[۳]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد معماری کامپیوتر، گروه کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین
[۲]استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات
[۳]استاد گروه پوست دانشگاه علوم پزشکی تهران و معاون پژوهشی مرکز تحقیقات پوست و سلول‌های بنیادی

نویسندهٔ مسئول: منال السادات موسوی اصیل، تلفن: ۰۹۱۲۵۷۱۳۴۹۹
پست الکترونیک: **mousaviasil@yahoo.com**

خلاصه

مقدمه: پسوریازیس بیماری پوستی التهابی است. در این بیماری سیستم ایمنی مختل و سطح پوست با پلاک‌های قرمز پوشیده می‌شود. این بیماری درمان قطعی ندارد و تنها امکان کنترل با دارو وجود دارد. برای اندازه‌گیری میزان تأثیر داروها از شاخص PASI استفاده می‌شود که شامل چهار پارامتر وسعت، اریتم (قرمزی)، پوسته‌ریزی و ضخامت پلاک است. پزشکان، پارامتر اریتم را به‌صورت تجربی و با چشم تخمین می‌زنند که نتایج آن در بین پزشکان متفاوت است. هدف مطالعه بهبود الگوریتم اندازه‌گیری پارامتر اریتم در استاندارد پاسی به‌وسیلهٔ پردازش تصویر است.

روش بررسی: در این مطالعه با استفاده از طراحی سیستم تشخیص الگو دسته‌بندی نوع پلاک از نظر قرمزی برای ۵۶ ضایعه انجام شده است. برای این کار از توصیف‌گرهای آماری مؤلفه‌های فضای رنگ HSV پوست و پلاک همبسته با نظر دو پزشک (داوران) استفاده شده است. درجایی‌که دو داور اختلاف نظر داشته‌اند، نظر داوری دقیق‌تر با کمک الگوریتم رفع اختلاف پیشنهادی انتخاب شده است سپس برای تولید مدل مطمئن و ارزیابی آن از روش گمارش تصادفی داده‌ها استفاده شده که در نهایت با تحلیل آماری نتایج، مدل رگرسیون سه‌متغیره به‌عنوان رویهٔ تصمیم‌گیری بهینه برای دسته‌بندی پلاک‌ها پیشنهاد شده است.

یافته‌ها: پیش‌بینی درجهٔ اریتم مدل نسبت به نظر پزشک دارای دقت و قدرتی به ترتیب با حداکثر یک واحد خطا، همبستگی ۷۸ درصد، تعداد متغیرهای مستقل کم و عدم حساسیت به افزایش حجم نمونه است.

نتیجه‌گیری: در این مطالعه با پیشنهاد الگوریتم رفع اختلاف نظر داوران و روش گمارش تصادفی داده‌ها، بهبود در دقت پیش‌بینی درجهٔ اریتم نسبت به الگوریتم پیشین اندازه‌گیری خودکار درجهٔ اریتم داده شده است.

واژه‌های کلیدی: پسوریازیس، اریتم، PASI، فضای رنگ HSV، مدل‌سازی رگرسیونی

مقدمه

پسوریازیس بیماری مزمن پوستی التهابی و ژنتیکی است[۱]. در این بیماری سیستم ایمنی بدن دچار اختلال می‌شود و شروع به تولید بی‌رویهٔ سلول‌های پوستی می‌کند. در این حالت برروی سطح پوست پلاک‌های قرمز، برجسته و ملتهبی ظاهر می‌شود. روی این پلاک‌ها اغلب با پوسته‌های نقره‌ای‌رنگ پوشیده می‌شود. این بیماری در ۵ نوع مختلف ظاهر می‌شود که عبارت‌انداز: پلاکی (Plaque)، قطره‌ای(Gutate)، معکوس(Inverse)، چرکی (Pustular) و اریترودرمیک (Erytrodermic). شکل ۱ مربوط به ضایعهٔ پسوریازیس نوع Plaque است.



شکل۱: ضایعهٔ پسوریازیس نوع Plaque

درحال حاضر ۳ درصد مردم جهان به پسوریازیس مبتلا هستند [۲]. مشخصهٔ بارز این بیماری داشتن دوره‌های مکرر فروکش و عود و تداوم در تمام عمر است. این بیماری درمان قطعی ندارد و متخصصان پوست تنها برای کاهش شدت آسیب‌ها با تجویز دارو

[Downloaded from icml.ir on 2026-11-03]

به کنترل بیماری می‌پردازند. در مطالعات پزشکی بررسی نتایج تأثیر دارو در میزان بهبود بیماری برای درمان از اهمیت زیادی برخوردار است[۳و۴]. این امر برای درمان مؤثرتر بیماری و نزدیک‌شدن به درمان قطعی کمک می‌کند.

پژوهشگران برای اندازه‌گیری میزان تأثیر داروها برروی بیماری از شاخصی به نام PASI[1] استفاده می‌کنند که مرکب از چهار پارامتر وسعت، اریتم (قرمزی)، میزان پوسته‌ریزی و ضخامت پلاک است. اندازه‌گیری پارامترها در چهار عضو سر، دست‌ها، پاها و تنه (پشت و رو) انجام می‌شود. پاسی مقدار عددی بین ۰ تا ۷۲ تولید می‌کند و مقدار درجهٔ پاسی براساس رابطهٔ ۱ به‌دست می‌آید:

$$\begin{aligned} PASI = \quad & ۰.۱(R_h + T_h + S_h)A_h + \\ & ۰.۲(R_u + T_u + S_u)A_u + \\ & ۰.۳(R_t + T_t + S_t)A_t + \\ & ۰.۴(R_l + T_l + S_l)A_l \end{aligned} \qquad (۱)$$

اندیس‌های h، u، t و l به‌ترتیب مربوط به قسمت‌های سر، دست‌ها، تنه و پاها هستند. همچنین A مربوط به مقدار سطح پلاک (۶-۰)، R درجهٔ اریتم پلاک (۴-۰)، T ضخامت پلاک (۴-۰) و S پوسته‌ریزی پلاک (۴-۰) می‌باشند[۵].

به‌طور معمول پارامتر اریتم در پاسی توسط پزشکان به‌صورت تجربی و با چشم اندازه‌گیری می‌شود که یک عمل تقریبی و ذهنی است و رسیدن به نتیجهٔ دقیق در آن سخت است.

در این حوزه fadzil و همکاران[۶] در سه ردهٔ پوستی به بررسی ضایعات پوستی پسوریازیس پرداخته و با کمک ابزار کرومتر مؤلفه‌های فضای رنگ پوست و پلاک را استخراج کرده‌اند[۷و۸]. درنهایت، همبستگی مؤلفه‌های فضای رنگ ضایعات با درجات اریتم تخصیص داده شده به‌صورت چشمی توسط پزشکان را به‌عنوان نتیجه گزارش کرده‌اند. ازجمله مزایای این مطالعات انجام بررسی‌ها در سه ردهٔ پوستی روشن، قهوه‌ای و تیره است اما، ضعف‌های عمدهٔ روش کار آن‌ها عدم تحلیل همه‌جانبهٔ آماری نتایج به‌دست‌آمده، وابسته بودن بررسی‌ها به ابزار خاص و کم بودن حجم نمونه در هر ردهٔ پوستی است که ضعف آخر به اذعان خودشان توان ارائهٔ مدلی را برای درجه‌بندی اریتم با استفاده از پارامترهای همبسته از آن‌ها سلب کرده است.

همین گروه روش دیگری را با استفادهٔ ابزار کرومتر و استخراج شاخص اختلاف رنگ پلاک و پوست در هر مؤلفهٔ فضای رنگ انتخابی‌شان ارائه داده‌اند که با استفاده از ضریب تفکیک‌پذیری، شاخص‌های اختلاف رنگی که بیشترین تفکیک‌پذیری را بین درجات اریتم مشخص می‌کردند، انتخاب نمودند. درنهایت، شاخص اختلاف رنگ پلاک و پوست در مؤلفهٔ Hue دارای رابطهٔ مستقیمی با درجات اریتم پزشکان بوده و در تمام رده‌های پوستی به‌عنوان یافتهٔ این بررسی اعلام شده است. در این مطالعه نیز هیچ روشی برای تعیین درجهٔ اریتم با استفاده از شاخص‌های همبسته ارائه نمی‌شود[۹].

تمامی پارامترهای معیار پاسی را می‌توان با پردازش و تحلیل تصاویر دیجیتالی گرفته‌شده از پوست و ضایعات پوستی به‌دست آورد. ازجمله کارهای انجام‌شده در استاندارد پاسی و برای ضایعات پسوریازیس توسط پردازش تصاویر دیجیتال، اندازه‌گیری پارامتر سطح است[۱۰و۱۱]. همچنین در موضوع قرمزی پوست ضایعهٔ پسوریازیس کار دیگری انجام‌شده که در حد تشخیص وجود پلاک (قرمزی پوست) در تصاویر دیجیتالی است اما باز هم کاری در حوزهٔ تشخیص درجهٔ قرمزی انجام نشده است[۱۲].

مطالعهٔ حاضر در جستجوی الگوریتمی رایانه‌ای برای تعیین پارامتر اریتم در استاندارد PASI به‌وسیلهٔ پردازش صفات تصویر است. به‌این‌ترتیب مسئلهٔ تحقیق حاضر نوعی طراحی سیستم تشخیص الگو «تعیین نوع پلاک از نظر قرمزی» با استفاده از پردازش تصاویر دیجیتال ضایعات است که در سه مرحلهٔ ذیل انجام شده است[۱۳].

- توصیف داده‌ها
- کمینه‌سازی داده‌ها به صفات خاص
- تعیین رویهٔ تصمیم بهینه

درواقع، می‌خواهیم با استفاده از روش‌های تشخیص الگو از یک مجموعهٔ داده(تصاویر دیجیتال ضایعات)و با استفاده از دانش قبلی در مورد الگوها (تجربهٔ داوران و مرحلهٔ یادگیری) با تحلیل آماری داده‌ها(مجموعهٔ آموزشی) الگوهای مورد نظر را پیدا کنیم. این کار با معرفی رویهٔ مناسبی برای دسته‌بندی پلاک با کمترین خطا امکان‌پذیر شده‌است.

حل مسئلهٔ اندازه‌گیری پارامتر اریتم به‌صورت خودکار، در بررسی اثرهای درمان بیماری و تجویز دقیق دارو و مهار بیماری بدون نیاز به ابزارهای خاص کاری نوآورانه است. روش پیشنهادی با ارائهٔ چارچوبی در مدل‌سازی «اندازه‌گیری خودکار درجهٔ قرمزی»، زمینهٔ گسترش چنین بررسی‌هایی را در دیگر بیماری‌های پوستی مهیا کرده است.

در این مطالعه ابتدا روش پیشنهادی در بخش روش بررسی مطرح می‌گردد سپس در بخش بحث به مسئلهٔ انتخاب داوری

[1] Psoriasis Area and Severity Index

[Downloaded from icml.ir on 2026-11-03]

دقیق‌تر براساس الگوریتم رفع اختلاف نظر داوران و ... پرداخته می‌شود.

بخش یافته‌ها به انتخاب مدل مطلوب می‌پردازد سپس در بخش ارزیابی، کارآیی مدل انتخابی بررسی می‌شود و در بخش نهایی به جمع‌بندی مطالعه پرداخته می‌شود.

روش بررسی

در مطالعهٔ حاضر۵۶ تصویر دیجیتال از بیماری پسوریازیس با استفاده از طراحی سیستم تشخیص الگو «تعیین نوع پلاک از نظر قرمزی» به‌ترتیب زیر بررسی و تجزیه و تحلیل شده است:

۱. تهیهٔ تصاویر ضایعات تحت نظارت پزشک متخصص
۲. ارزیابی و تعیین درجات اریتم تصاویر توسط پزشکان متخصص(داوران)
۳. تعیین فضای رنگ مناسب برای مدل‌سازی
۴. بخش‌بندی تصویر، جداسازی پلاک از پوست
۵. استخراج توصیف‌گرهای داده‌های سیستم
۶. کمینه‌سازی توصیفگرها به توصیفگرهای خاص
۷. گروه‌بندی تصاویر برای مدل‌سازی و آزمایش آن‌ها
۸. ساختن مدل
۹. ارزیابی مدل

تصاویر مرتبطبا این بیماری از بیماران بیمارستان امام‌خمینی(ره) تهران و برخی وبگاه‌های معتبر و تحت نظر کارشناس خبره در حوزهٔ بیماری پسوریازیس تهیه و گردآوری شده است[۱۷-۱۴]. تصاویر این مجموعه شامل ضایعات پوستی قسمت‌های مختلف بدن (دست‌ها، پاها، سر، پشت و جلو تنه) است.

درجات اریتم تصاویر به‌وسیلهٔ دو متخصص پوست (داور) و براساس مشاهده‌ها و ارزیابی چشمی به‌کمک نمونه‌های آموزشی [۱۵] تعیین شده است. نمونه‌های آموزشی درجات اریتم در شکل ۲ نشان داده شده است.



(الف) (ب) (ج) (د)

شکل۲: نمونه‌های آموزشی درجات اریتم (الف): درجه۱، (ب): درجه۲، (ج): درجه۳ و (د): درجه۴

در بیماری‌های پوستی یکی از شاخص‌های مهم، رنگ پوست و تغییرات آن است که در اثر بیماری به‌وجود می‌آید. به‌همین‌دلیل استخراج پارامترهای رنگی همبسته با بیماری و شاخص‌های مرتبط با آن مهم است لذا، به‌عنوان اولین گام طراحی در مرحلهٔ توصیف داده‌های سیستم تشخیص نوع پلاک باید فضای رنگ مناسب انتخاب شود.

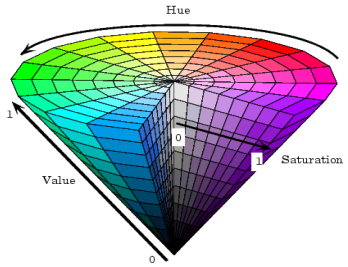
سه فضای رنگی YCbCr، CIELab و HSV به‌دلیل اینکه مؤلفه‌های آن‌ها با سامانهٔ بصری انسان رابطهٔ مستقیمی دارد، مناسب مدل‌سازی پوست و بیماری‌های پوستی هستند. مؤلفه‌های فضای رنگ YCbCr یک تبدیل سادهٔ خطی وزن‌دار از مؤلفه‌های RGB هستند. مؤلفهٔ Y مؤلفهٔ روشنایی است و مؤلفه‌های Cb و Cr دو مؤلفهٔ رنگینگی هستند. فضای رنگی CIELab نیز برای اندازه‌گیری عدم تجانس بین دو رنگ استفاده می‌شود و فضای رنگ HSV بر پایهٔ اصل رنگ و میزان اشباع آن به‌صورت عددی توصیف می‌شود[۱۹].

دو ویژگی مهم مورد نیاز در بررسی مسئلهٔ اول، آنکه توصیف رنگ آن به توصیف رنگ توسط انسان شبیه باشد (به‌دلیل تحلیل مورد نیاز از داوری‌های انسانی در تحقیق) و دوم آنکه دارای تفسیر رنگ براساس کمیت عددی (مورد نیاز همبستگی‌های نتایج از پردازش تصویر و داورهای انسانی در تحقیق) باشد. این دوویژگی در سه فضای رنگی CIE-Lab، YCbCr و HSV وجود دارند.

برای انتخاب فضای رنگ مناسب از ضریب همبستگی رتبه‌ای Spearman (اسپیرمن) استفاده شده است. ضریب همبستگی اسپیرمن یک شاخص آماری است که میزان همبستگی بین دو متغیر را نشان می‌دهد. مقدار این ضریب بین صفر تا یک است. هرچه عدد به صفر نزدیک می‌شود یعنی؛ همبستگی آن پایین و هرچه عدد به یک نزدیک می‌شود یعنی؛ همبستگی آن بالا است. در بررسی سه فضای رنگLab ، YCbCr و HSV مشخص شد که مؤلفه‌های فضای رنگ HSV با درجات اریتم داوران نسبت به دو فضای رنگیCIE-Lab و YCbCr دارای بالاترین همبستگی است.

نقاط رنگی تصاویر در فضای رنگی HSV با سه مؤلفهٔ H (اصل رنگ)، مؤلفهٔ S (اشباع) و مؤلفهٔ V (مقدار) توصیف می‌شوند. اصل رنگ، رنگ غالب برای یک ناحیه و اشباع میزان روشنایی (رنگ سفید) در رنگ را مشخص می‌کند و درنهایت V میزان تیرگی (رنگ سیاه) در رنگ را مشخص می‌کند. شکل۳ فضای رنگی HSV را نشان می‌دهد مؤلفهٔ H توسط زاویهٔ بین ۰ تا ۳۶۰ درجه و مؤلفه‌های S و V بین ۰ تا ۱ نشان داده می‌شوند.

[Downloaded from icml.ir on 2026-11-03]



شکل۳: فضای رنگی HSV

دومین گام طراحی، بخش‌بندی تصویر است. ازآنجایی‌که تعیین درجهٔ قرمزی پلاک هدف است، لذا لازم است پیکسل‌های بخش پلاک با فرآیند بخش‌بندی از پوست جدا شود. برای انجام این کار ابتدا تصویر رنگی به تصویر سطح خاکستری و سپس به تصویر سطح باینری تبدیل شده است. درنتیجه، یک تصویر باینری خواهیم داشت که بخش سیاه و سفید تصویر به‌ترتیب پلاک و پوست را نشان می‌دهد.

در سومین گام طراحی لازم است توصیف‌گرهای داده‌های سیستم استخراج شود. شاخص‌های میانگین مؤلفه‌های فضای رنگHSV به‌عنوان توصیف‌گرهای مورد نیاز هستند که درمجموع برای بخش‌های پوست و پلاک، شش توصیف‌گر استخراج شده است.

برای مدل‌سازی پیش‌بینی‌کنندهٔ درجهٔ اریتم فضای نمونه ۵۶ تصویر با استفاده از گمارش تصادفی سهمیه‌ای[۲] به دو گروه ۲۸ تصویری دسته‌بندی شده است. یک گروه از تصاویر به‌عنوان داده‌های آموزش‌دهنده برای تولید مدل «گروه آموزش» نام‌گذاری و استفاده شد و گروه دیگر برای آزمون مدل به‌عنوان «گروه آزمایش» نام‌گذاری و استفاده شده است. مراحل انجام تقسیم‌بندی سهمیه‌ای به قرار زیر است:

۱- نسبت سهم هر درجهٔ اریتم در هر گروه (آموزش و آزمایش) مشابه سهم آن درجه در کل ۵۶ تصویر تعیین شد.

۲- اعداد تصادفی شمارهٔ تصویر از تصاویر برای اختصاص سهمیهٔ هر گروه تولید شد و این روند تا پُرشدن سهمیهٔ هر گروه ادامه داده شد.

دومین مرحله مربوط به طراحی سیستم تشخیص نوع پلاک، کمینه‌سازی داده‌ها به صفات خاص است. ازآنجایی‌که در این بررسی از مدل‌سازی رگرسیون چندمتغیره استفاده شده‌است و با توجه به مفهوم هم‌خطی چندگانه بین توصیف‌گرها در این نوع مدل‌سازی، کمینه‌سازی توصیف‌گرها به‌عنوان دومین مرحلهٔ طراحی سیستم تشخیص نوع پلاک انجام شده است.

[2]Random assignment quota

سومین مرحله مربوط به طراحی سیستم تشخیص نوع پلاک، تعیین رویه‌های تصمیم بهینه است که در فرآیند شناسایی و دسته‌بندی(پیش‌بینی) درجهٔ پلاک مورد نیاز است. برای این منظور از رویهٔ تصمیم رگرسیون چندمتغیره استفاده شده است و با استفاده از شش توصیف‌گر تصاویر گروه آموزش، مدل‌های پیش‌بینی‌کنندهٔ درجهٔ اریتم ساخته شد.

درنهایت برای انتخاب مدل مناسب، کارآیی مدل‌های پیش‌بینی‌کننده با استفاده از تصاویر گروه آزمایش ارزیابی و خطای مدل نسبت به نظرهای داوران بررسی و تحلیل شده است.

بحث

تخصیص درجهٔ اریتم به‌وسیلهٔ متخصصان پوست یک دانش ضمنی است، مبنای عینی ندارد و کاملاً ذهنی است و تنها براساس تجربهٔ مشاهدهٔ بیشتر ضایعات صورت می‌گیرد لذا متخصصان پوست(داوران) در تخصیص درجه در برخی تصاویر اختلاف نظر دارند. تلاش بررسی حاضر، بهبود دقت پیش‌بینی درجهٔ اریتم نسبت به الگوریتم پیشین اندازه‌گیری خودکار درجهٔ اریتم است. به‌همین‌منظور الگوریتم رفع اختلاف نظر داوران برای بهبود دقت تشخیص ارائه شده، مرکز اصلی بحث حاضر است که در ادامه به آن پرداخته‌ایم.

نتایج داوری دو متخصص پوست برای فضای نمونه با ۵۶ تصویر جمع‌آوری شده است. ویژگی‌های درجهٔ اریتم دو داور در این فضای نمونه به‌ترتیب در دو ستون الف و ب در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول۱: ویژگی‌های درجهٔ اریتم دو داور در فضای نمونه

	فراوانی		فراوانی نسبی(درصد)	
درجهٔ اریتم	الف	ب	الف	ب
۱	۵	۶	۸/۹	۱۰/۷
۲	۲۰	۱۸	۳۵/۷	۳۲/۱
۳	۲۰	۲۱	۳۵/۷	۳۷/۵
۴	۱۱	۱۱	۱۹/۶	۱۹/۶
جمع	۵۶		۱۰۰	

همان‌طورکه مشاهده می‌شود در تخصیص درجهٔ اریتم به ضایعات، داوران اختلاف نظر داشتند. لذا لازم است بررسی شود که اختلاف نظر دو داور در تخصیص درجهٔ اریتم از نظر آماری تفاوت معنی‌داری دارد یا خیر؟ برای بررسی این موضوع از آزمون t، «مقایسهٔ میانگین‌های دو نمونهٔ وابسته» استفاده شده است. جدول۲، جدول نتایج آزمون t برای ۵۶ تصویر است. مقدار t

[Downloaded from icml.ir on 2026-11-03]

به‌دست‌آمده در این تحلیل صفر است (به علت مساوی شدن میانگین‌ها) که طبق تحلیل نرم‌افزارSPSS با اطمینان صددرصد (مقدار معنی‌داری یک است) دو داور در تخصیص درجهٔ اریتم شبیه عمل کرده‌اند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تفاوت میانگین بین دو داور در نمونهٔ آماری نمایان‌گر عدم وجود تفاوت واقعی بین دو داور است. مقدار t در ناحیهٔ رد فرض قرار نمی‌گیرد یعنی باید فرض صفر مبنی بر عدم وجود تفاوت بین میانگین‌ها را قبول کنیم[۱۸].

جدول۲: نتایج بررسی تفاوت معنی‌داری آماری نظر داوران

نمونه‌ها	میانگین داور الف	میانگین داور ب	میانگین	آمارهٔ t	درجهٔ آزادی	مقدار معنی‌داری
الف و ب	۲/۶۶	۲/۶۶	۰	۰	۵۵	۱

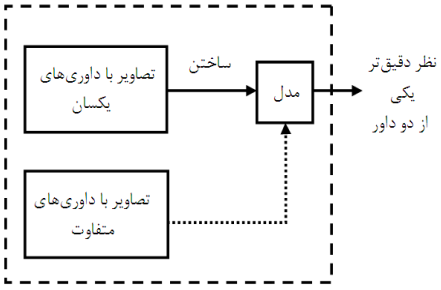
نتایج تعیین ضرایب همبستگی در جدول ۳ خلاصه شده است. در هر خانهٔ این جدول مقدار ضریب همبستگی در سمت چپ بالا و میزان معنی‌داری آماری این مقدار در سمت راست پایین واقع شده است. مقدار معنی‌داری وقتی کمتر از ۰/۰۵ است ضریب همبستگی معنا پیدا می‌کند و می‌توان با احتمال بالای ۹۵ درصد به همبستگی اطمینان کرد[۱۸]. همان‌طورکه مشاهده می‌شود خانه‌های خاکستری‌شده در جدول۳ دارای مقادیر زیر ۰/۰۵ هستند. بدین ترتیب شاخص‌های S و V پوست و پلاک با درجهٔ اریتم داوری دارای همبستگی معنی‌دار هستند و به‌عنوان «توصیفگرهای مدل» انتخاب شده‌اند. درواقع، این مرحلهٔ دوم طراحی سیستم است که در آن شش توصیف‌گر سیستم به چهار توصیف‌گر برای تولید مدل کاهش یافته‌اند.

جدول۳: همبستگی شاخص‌های پوست و پلاک در داوری‌های یکسان

	V	S	H
پوست	-۰/۵۷۸ ۰/۰۰۰۱	۰/۴۰۴ ۰/۰۱۸	-۰/۰۷۸ ۰/۶۶۱
پلاک	-۰/۶۵۲ ۰/۰۰۰۱	۰/۴۹/۵ ۰/۰۰۱	-۰/۱۸۲ ۰/۲۹۹

ازآنجایی‌که تخصیص درجهٔ اریتم مبنای عینی ندارد و کاملاً ذهنی است و تنها براساس تجربهٔ مشاهدهٔ بیشتر ضایعات است، لذا دو داور در تخصیص درجه در برخی تصاویر اختلاف نظر داشتند. در مطالعهٔ[۲۰] داوری دقیق‌تر براساس انتخاب یکی از دو نظر داور انجام می‌شود که این انتخاب فقط براساس نظر داوری که با پارامترهای میانگین مؤلفه‌هایHSV تصاویر همبستگی بالاتر داشته‌است، انتخاب می‌شود. اما در این مطالعه داوری دقیق‌تر براساس الگوریتم پیشنهادی«الگوریتم رفع اختلاف نظر داوران» انجام می‌شود. درواقع، براساس نظرهای یکسان بین دو داور مدلی ساخته می‌شود و درجایی‌که نظر دو داور متفاوت است، نظر داوری که به میانگین دسته‌های درجهٔ اریتم نزدیک‌تر باشد انتخاب می‌شود. شکل۴ بلوک دیاگرام، الگوریتم رفع اختلاف نظر داوران را نشان می‌دهد.

در این الگوریتم برای ساختن مدل با استفاده از ۳۴ تصویری که داوران در درجه‌دهی اریتم اتفاق نظر داشتند، عوامل همبسته با درجات اریتم استخراج شده‌اند. این کار با استفاده از ضریب همبستگی رتبه‌ای Spearman برای تعیین میزان رابطهٔ درجهٔ اریتم تخصیصی یکسان داوران و شاخص‌های فضای رنگ پوست و پلاک انجام شده است.



شکل۴: بلوک دیاگرام الگوریتم رفع اختلاف نظر داوران

در بلاک مدل(شکل۴) با یافتن «فاصلهٔ کمینهٔ توصیف‌گرهای تصویر از میانگین توصیف‌گرهای دسته‌های درجهٔ اریتم یکسان دو داور» برای تعیین نظر دقیق‌تر هر یک از دو داور ساخته‌شده‌است. با فرض این که داور الف و ب به‌ترتیب درجهٔ اریتم A و B را تشخیص داده‌اند، گام‌های الگوریتم رفع اختلاف نظر داوران به قرار زیر است:

۱- استخراج میانگین هر کدام از توصیف‌گرها در داوری‌های یکسان برای هر چهار درجه به‌عنوان «میانگین چهار دسته درجهٔ اریتم»

۲- استخراج توصیف‌گرهای تصویر

۳- یافتن فاصلهٔ کمینه از میانگین دسته‌های درجهٔ اریتم یکسان دو داور براساس روابط (۲) و (۳) توصیفگرهای تصویر به‌عنوان «داوری دقیق‌تر»

$$d_a = \sqrt{(x_1 - a_1)^2 + (x_2 - a_2)^2 + (x_3 - a_3)^2 + (x_4 - a_4)^2} \quad (۲)$$

$$d_c = \sqrt{(x_1 - c_1)^2 + (x_2 - c_2)^2 + (x_3 - c_3)^2 + (x_4 - c_4)^2} \quad (۳)$$

[Downloaded from icml.ir on 2026-11-03]

یافته‌ها

تعیین ضرایب مدل‌های پیش‌بینی‌کننده برای تعیین درجهٔ اریتم یک ضایعه مهم‌ترین یافتهٔ این بررسی است. برای این منظور ابتدا با استفاده از توصیف‌گرهای استخراج‌شده مدل‌هایی ساخته‌شد (هفت مدل) سپس از میان این مدل‌ها مناسب‌ترین مدل انتخاب گردید.

با توجه به اینکه از رویهٔ تصمیم رگرسیون چندمتغیره برای پیش‌بینی درجهٔ اریتم در طراحی سیستم استفاده شده‌است، لازم است هم‌خطی چندگانه[3] بین متغیرهای مستقل وجود نداشته باشد. برای بررسی این مسئله همبستگی اسپیرمن بین متغیرهای مستقل Sp, Ss, Hp, Hs, Vp و Vs در گروه آموزش به‌وسیلهٔ نرم‌افزارSPSS محاسبه و نتایج تحلیل در جدول۴ آورده شده است.

همان‌طورکه ملاحظه می‌شود متغیرهای (SpوSs)، (HpوHs) و (VpوVs) با یکدیگر همخطی چندگانه دارند یعنی؛ دارای مقدار همبستگی بیش از ۰/۷ هستند لذا، یکی از هر جفت متغیر باید حذف شوند تا مسئلهٔ همخطی چندگانه رفع شود[۱۸]. ازآنجایی‌که پارامترهای پلاک برای تشخیص نوع پلاک مهم هستند، پارامترهای مربوط به پوست حذف می‌شود. به‌وسیلهٔ توصیفگرهای H، S و V پلاک و با درنظرگرفتن تمام حالات ممکن، هفت معادلهٔ رگرسیونی(پیش‌بینی‌کننده) پیشنهاد می‌شود. سه معادلهٔ یک‌متغیرهٔ ۴، ۵ و ۶، سه معادلهٔ دومتغیرهٔ ۷، ۸ و ۹ و در نهایت یک معادلهٔ سه‌متغیره۱۰ که همگی براساس متغیرهای Sp، Hp و Vp پلاک هستند.

$$E۱ = ۱.۱۹۳ + ۳.۲۰۲S_p \quad (۴)$$

$$E۲ = ۲.۶۳۹ - ۶.۹۴۹H_p \quad (۵)$$

$$E۳ = ۵.۰۵۳ - ۳.۶۰۵V_p \quad (۶)$$

$$E۴ = ۱.۲۹۶ + ۳.۳۲۶S_p - ۷.۶۶۸H_p \quad (۷)$$

$$E۵ = ۳.۷۱۲ + ۳.۹۳۹S_p - ۳.۹۸۳V_p \quad (۸)$$

$$E۶ = ۵.۳۴۳ - ۸.۷۵۶H_p - ۳.۷۶۸V_p \quad (۹)$$

$$E۷ = ۳.۹۷۲ + ۴.۱۳۶S_p - ۹.۸۵۲H_p - ۴.۱۸۶V_p \quad (۱۰)$$

در زمان محاسبهٔ معادلات رگرسیونی(معادلات پیش‌بینی‌کننده) به‌وسیلهٔ ابزار SPSS سه جدول۶، ۷ و جدول ضرایب پیش‌بینی‌کننده فراهم شدند. جدول ۵ برای بررسی معنی‌داری آماری مدل‌های رگرسیونی تهیه شده است. درواقع، این قسمت به ما می‌گوید آیا متغیرهای مستقل در مدل پیشگو با هم قادر هستند قسمتی از واریانس متغیر وابسته را که از نظر آماری معنی‌دار است، تبیین کنند یا خیر؟

همان‌طورکه در جدول ۵ دیده می‌شود معادلات ۳، ۵، ۶ و ۷ معنی‌دار و با اطمینان ۹۵ درصد پیش‌بینی آن‌ها قابل اعتماد هستند بنابراین به‌عنوان مدل‌های رگرسیونی انتخابی در مرحلهٔ اول پیشنهاد می‌شوند.

جدول: ۵ جدول معنی‌داری مدل‌ها

مدل	متغیرهای پیش‌بینی	F	Sig
E۱	Sp	۳/۴۶۱	۰/۰۷۴
E۲	Hp	۱/۱۲۱	۰/۲۹۹
E۳	Vp	۱۰/۴۸۱	۰/۰۰۳
E۴	Hp, Sp	۲/۵۱۸	۰/۱۰۱
E۵	Sp, Vp	۱۰/۷۳۳	<۰/۰۰۰۱
E۶	Hp, Vp	۶/۸۰۱	۰/۰۰۴
E۷	Hp, Sp, Vp	۹/۵۴۱	<۰/۰۰۰۱

در جدول ۶ شاخص R برای همبستگی بین دو متغیر ترکیب‌شدهٔ پیشگو و متغیر وابسته «ضریب همبستگی چندگانه» است. همچنین همبستگی بین مقدار درجهٔ اریتم و درجهٔ اریتم پیش‌بینی‌شده توسط مدل رگرسیونی را نشان می‌دهد. شاخص R Square «ضریب تعیین» ترکیب متغیرهای پیشگو و متغیر وابسته است و درصد واریانس تبیین‌شده را به ما نشان می‌دهد. همان‌طورکه مشاهده می‌شود مدل E۷ (رگرسیون سه‌متغیره) دارای بیشترین همبستگی بین درجهٔ داوری و درجهٔ پیش‌بینی‌شده به‌وسیلهٔ مدل و همچنین دارای بیشترین واریانس تبیین شده است که به‌عنوان مدل مطلوب انتخاب می‌شود.

جدول۶: نتایج واریانس تبیین شده مدل‌های انتخابی

مدل	متغیرهای پیش‌بینی	R	R Square
E۳	Vp	۰/۵۳۶	۰/۲۸۷
E۵	Sp, Vp	۰/۶۸	۰/۴۶۲
E۶	Hp, Vp	۰/۵۹۴	۰/۳۵۲
E۷	Hp, Sp, Vp	۰/۷۳۸	۰/۵۴۴

[3]Multi co-linearity

[Downloaded from icml.ir on 2026-11-03]

جدول۴: نتایج ضرایب همبستگی پارامترهای HSV پوست و پلاک در گروه آموزش

		s_p_28S	s_s_28S	h_p_28S	h_s_28S	v_p_28S	v_s_28S
Spearman's rho s_p_28S	Correlation Coefficient	1.000	.813**	.032	-.063	.081	.134
	Sig. (2-tailed)	.	.000	.873	.750	.682	.496
	N	28	28	28	28	28	28
Spearman's rho s_s_28S	Correlation Coefficient	.813**	1.000	.198	.043	.189	.139
	Sig. (2-tailed)	.000	.	.314	.827	.334	.480
	N	28	28	28	28	28	28
Spearman's rho h_p_28S	Correlation Coefficient	.032	.198	1.000	.794**	-.107	-.166
	Sig. (2-tailed)	.873	.314	.	.000	.589	.397
	N	28	28	28	28	28	28
Spearman's rho h_s_28S	Correlation Coefficient	-.063	.043	.794**	1.000	-.276	-.299
	Sig. (2-tailed)	.750	.827	.000	.	.154	.122
	N	28	28	28	28	28	28
Spearman's rho v_p_28S	Correlation Coefficient	.081	.189	-.107	-.276	1.000	.942**
	Sig. (2-tailed)	.682	.334	.589	.154	.	.000
	N	28	28	28	28	28	28
Spearman's rho v_s_28S	Correlation Coefficient	.134	.139	-.166	-.299	.942**	1.000
	Sig. (2-tailed)	.496	.480	.397	.122	.000	.
	N	28	28	28	28	28	28

ارزیابی

برای ارزیابی کارآیی، مدلE7 پیش‌بینی‌کنندهٔ درجه اریتم را بررسی کرده‌ایم که آیا مدل توان پیش‌بینی درست نظر داوران را در گروهی از تصاویر (گروه آزمایش) که در ساخت مدل مورد استفاده قرار نگرفته‌اند دارد یا خیر؟

برای این منظور پارامترهای استفاده‌شده در مدل انتخابی E7 را(S_p، H_p و V_p) برای هر تصویر استخراج و در معادلهٔ پیش‌بینی‌کننده قرار داده شده است و با گرد کردن مقادیر به‌دست‌آمده درجهٔ اریتم پیش‌بینی‌شده توسط مدل برای هر تصویر «گروه آزمایش» مشخص شده است. سپس با استفاده از ضریب همبستگی اسپیرمن، شدت همبستگی داده‌های «گروه آزمایش» با داده‌های پیش‌بینی‌شده به‌وسیلهٔ داوران محاسبه شد. در نهایت، مشخص شد که این داده‌ها با خطای کمتر از ۵ درصد با یکدیگر همبستگی ۷۸ درصد دارند.

همچنین با استفاده از آزمون t مشخص گردید که مقادیر درجات قرمزی پیش‌بینی‌شدهٔ مدل با مقادیر درجات قرمزی تعیین‌شدهٔ داوران در تصاویر «گروه آزمایش» رابطهٔ معنی‌داری دارند. یعنی؛ با اطمینان می‌توان گفت این دو نمونه می‌توانند مربوط به یک جامعهٔ ضایعات باشند.

از اختلاف مقادیر میان درجات اریتم داوری‌ها و درجات مدل پیش‌بینی‌کننده برای بررسی نتایج مدل استفاده شده است. استفاده از این مقادیر اختلافی که به نوعی نمایش‌دهندهٔ خطا محسوب می‌شوند برای بررسی و حدس زدن منشأ خطاهای احتمالی مفید است. با توجه به اینکه الگوریتم رفع اختلاف نظر داوران پیشنهادشده برای رسیدن به داوری پایدار در روش پیشنهادی استفاده شده‌است، خروجی‌های مدل در دو بخش قبل و بعد از اعمال الگوریتم رفع اختلاف بررسی شده‌اند. جداول ۷ و ۸ خطای مدل قبل از اعمال الگوریتم را نشان می‌دهد که دارای خطا و پراکندگی زیادی هستند. این مطلب نیاز به تعدیل داوری‌ها را به طور آشکارا نشان می‌دهد.

جدول۷: خطای مدل در داوری‌های یکسان

میزان خطا	فراوانی	فراوانی نسبی(درصد)
-۱	۵	۱۴/۷
۰	۲۰	۵۸/۸
۱	۹	۲۶/۵
جمع	۳۴	۱۰۰

جدول۸: خطای مدل با داوری‌های متفاوت الف و ب

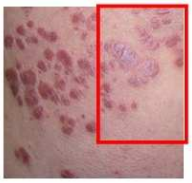
میزان خطا	فراوانی		فراوانی نسبی(درصد)	
	الف	ب	الف	ب
-۳	۱	-	۴/۵	-
-۲	۳	۱	۱۳/۶	۴/۵
-۱	۵	۱۰	۲۲/۷	۴۵/۵
۰	۸	۷	۳۶/۴	۳۱/۸
۱	۳	۳	۱۳/۶	۱۳/۶
۲	۲	۱	۹/۱	۴/۵
جمع	۲۲		۱۰۰	

با بررسی خطای مدل بعد از اعمال الگوریتم رفع اختلاف نظر داوران ملاحظه می‌شود دامنهٔ خطا نسبت به درجهٔ اریتم تخصیصی داور حداکثر به یک واحد کاهش یافته است(جدول۹). در ضمن خطای دو واحدی در جدول ۹ مربوط به تصویر شکل۵ است که در زمان عکس‌برداری دارای نویز نوری بوده است.

[Downloaded from icml.ir on 2026-11-03]

جدول۹: میزان خطای مدل در درجات مختلف اریتم بعد از اعمال الگوریتم رفع اختلاف

میزان خطا	فراوانی				فراوانی نسبی(درصد)			
	درجه ۱	درجه ۲	درجه ۳	درجه ۴	درجه ۱	درجه ۲	درجه ۳	درجه ۴
-۲	-	-	۱	-	-	-	۵/۶	-
-۱	-	۱	۸	۵	-	۴/۳	۴۴/۴	۵۰
۰	۳	۱۸	۶	۵	۶۰	۷۸/۳	۳۳/۳	۵۰
۱	۲	۴	۳	-	۴۰	۱۷/۴	۱۶/۷	-
جمع	۵	۲۳	۱۸	۱۰	۱۰۰			



شکل۳: ضایعهٔ دارای نویز نوری

یکی از راه‌های بهبود مدل، افزایش حجم نمونهٔ مورد استفاده در مدل‌سازی است. برای بهبود مدل و بررسی حساسیت مدل به افزایش حجم نمونه (تصاویر ضایعات)، حجم نمونه به دوبرابر افزایش داده شد. درواقع با استفاده از مجموعهٔ کل ۵۶ تصویر، مجدداً مدل رگرسیون سه‌متغیره (S_p، H_p و V_p) باز تولید شد (معادله ۱۱).

$$E_{56} = 4.29 + 3.63S_p - 9.01H_p - 4.28V_p \qquad (11)$$

جدول۱۰ مدل پیشنهادی توسط ۲۸ تصویر گروه آموزش «مدل E_{28s}» در مقایسه با مدل با حجم نمونهٔ دوبرابری(۵۶تصویری) «مدل E_{56}» را نشان می‌دهد. همان‌طورکه مشاهده می‌شود، در مدل E_{56} همبستگی بین متغیرهای ترکیبی و متغیر وابسته نسبت به مدل E_{28s} بهبود یافته‌است. R Square همان‌طورکه قبلاً گفته بودیم، درصد واریانس تبیین‌شده را نشان می‌دهد که باز هم ملاحظه می‌شود مدلE_{56} فقط ۰/۴۳۵ درصد واریانس را توجیه نمی‌کند و احتمالاً به عواملی مانند کیفیت تصاویر مرتبط است. ازجمله عوامل مؤثر در تولید نویز در عکس‌برداری می‌توان به جذب نور توسط پوست‌های تیره، انعکاس نور توسط پوست‌های روشن، عدم رعایت جهت تابش نور و ... اشاره کرد.

جدول۱۰: مقایسهٔ مدل پیشنهادی E_{28s} و مدل E_{56}

مدل	R	R Square	Sig
مدل E_{28s}	۰/۷۳۸	۰/۵۴۴	۰/۰۰۰۱ >
مدل E_{56}	۰/۷۷۸	۰/۶۰۵	۰/۰۰۰۱ >

مقدار معنی‌داری آماری (Sig) برای دو مدل رگرسیونی E_{56} و E_{28s} بسیار کمتر از ۰/۰۵ است. درواقع، این قسمت به ما می‌گوید متغیرهای مستقل در مدل‌های پیشگو باهم قادر هستند قسمتی از واریانس متغیر وابسته را که از نظر آماری معنی‌دار است، با اطمینان بالای ۹۵ درصد تبیین کنند. همان‌طورکه ملاحظه می‌شود مدل E_{56} به‌دلیل داشتن نمونهٔ تصاویر بیشتر دارای ضرایب دقیق‌تری نسبت به مدل پیشنهادی E_{28s} است. به‌هرحال مدل پیش‌بینی‌کنندهٔ E_{56} به‌عنوان مدل مطلوب پیشنهاد می‌شود.

لازم به ذکر است با افزایش دو برابری حجم نمونه، دقت مدل مقدار کمی افزایش می‌یابد که نشان‌دهندهٔ کم‌بودن «حساسیت دقت» مدل به تغییرات حجم نمونه است. به‌عبارت دیگر افزایش دقت مدل نسبت به افزایش حجم نمونه‌ها به‌سرعت کاهش خواهد یافت درنتیجه از این طریق بهبود دقت مدل سخت خواهد بود.

جمع‌بندی

در این مطالعه بهبود در روش محاسبهٔ خودکار پارامتر اریتم در استاندارد پاسی پیشنهاد شد. در این روش از داوری‌های دو پزشک به‌عنوان داور در ارزیابی بصری استفاده شده است. فضای رنگ HSV برای توصیف تصاویر دیجیتال انتخاب شد. این فضای رنگی از نظر نزدیکی به درک داوران از رنگ، بهترین فضای رنگی است. در ادامه با بخش‌بندی، پلاک‌ها از پوست جدا و پس از آن توصیفگرهای سیستم استخراج شدند. اختلاف نظر داوران در تعیین درجهٔ اریتم با انتخاب نظر دقیق‌تر یکی از دو داور به‌وسیلهٔ الگوریتم پیشنهادی «رفع اختلاف نظر داوران» رفع شد. سپس براساس نمونه‌گیری سهمیه‌بندی، تصاویر موجود به دو گروه آموزش و آزمایش تقسیم شدند. پس از آن با استفاده از گروه آموزش، رویهٔ تصمیم رگرسیون «سه‌متغیری» که دارای بیشترین واریانس تبیین شده است، ساخته شد.

مزیت اصلی روش پیشنهادی نسبت به روش پیشین در انتخاب داوری دقیق‌تر است. درواقع، با اعمال الگوریتم رفع اختلاف نظر داوران علاوه بر بهبود روش ساخت مدل محاسبهٔ خودکار درجهٔ اریتم، شاهد ویژگی‌های زیر هستیم:

- حداکثر یک واحد خطا نسبت به درجهٔ اریتم تخصیصی داور
- همبستگی ۷۸ درصد نتایج مدل با درجهٔ اریتم تخصیصی داور به‌معنای قدرت پیش‌بینی مناسب مدل
- تعداد متغیرهای مستقل کم
- عدم حساسیت مدل به افزایش حجم نمونه

مدل حاضر به کیفیت تصویر (تصاویر دارای نویز) حساس است و احتمال دارد در پیش‌بینی مقدار اریتم خطا داشته باشد.

[Downloaded from icml.ir on 2026-11-03]

References

1. Henseler T. Genetics of psoriasis. Archives of Dermatological Research 1998; 290: 463-76.
2. Morrow T. Evaluating New Therapies for Psoriasis. Managed Care 2004; 13: 34-40.
3. Gottfried W. Psoriasis treatment in difficult locations: scalp, nails, and intertriginous areas. Clinics in dermatology ISSN 0738-081X. 2008; 26: 448-59.
4. Menter A, Korman NJ, Elmets CA, Feldman SR, Gelfand JM, Gordon KB, Gottlieb A, Koo JYM, Lebwohl M, Lim HW, Voorhees ASV, Beutner KR, Bhushan R. Guidelines of care for the management of psoriasis and psoriatic arthritis. Journal of the American Academy of Dermatology 2010; 62: 114-35.
5. Naldi L. Scoring and monitoring the severity of psoriasis. What is the preferred method? What is the ideal method? Is PASI passé? Facts and controversies. Clinics in Dermatology 2010; 28: 67-72.
6. Fadzil MHA, Ihtatho D. Modeling Psoriasis Lesion Colour for PASI Erythema Scoring. 3rd International Symposium on Information Technology(ITSiM08). Kuala Lumpur. Malaysia. 2008; 2: 1-6.
7. Zografos GC, Martis K, Morris DL. Laser Doppler flowmetry in evaluation of cutaneous wound blood flow using various suturing techniques. Annals of Surgery 1992; 215: 266-8.
8. Serup J, Agner T. Colorimetetric quantification of erythema -- a comparison of two colorimeters (Lange Micro Color and Minolta Chroma Meter CR-200) with a clinical scoring scheme and laser-Doppler flowmetry. Clinical and Experimental Dermatology 1990; 15: 267-72.
9. Fadzil MHA, Ihtatho D, Azura MA, Suraiya HH. Objective Assessment of Psoriasis Erythema for PASI Scoring. 30th Annual International Conference of the IEEE EMBS 2008; 4070-3.
10. Bidaki E.Z, Zargari F, Mansouri P, Malekian A, Najafizade P. Measurement of Area parameter of The PASI standard psoriasis disease using image processing. Official Journal of Iranian Center for medical Laser. 2011; 7(1): 14-9.
11. Bidaki EZ, Zargari F, Mansouri P, Malekian A, Najafizade P. Lesion area assessment in psoriasis patients. Journal of Medical Engineering & Technology. Online publication 2011; 1–7.
12. Lu J, Manton JH, Kazmierczak ED, Sinclair R. Erythema detection in digital skin images. 17th Proceedings of IEEE of International Conference on Image Processing 2010;.2545-8.
13. Gonzales RC, Woods RE. Digital Image Processing, Prentice Hall. Second Edition, 2002.
14. PASI Training. 2008; [1]. Available At: http:// pasitraining.com/index.html. November 10, 2011.
15. Amanda O. Dermatologis Hamilton New Zealand PASI score. 2009; [1]. Available At : http: //www. dermnetnz.org/scaly/pasi.html. November 10, 2011.
16. Bernard A, Cohen CUL. psoriasis. 2011; [3]. Available At: http://dermatlas.med.jhmi.edu/derm /result.cfm?OutputSet=3&BO=AND&Diagnosis =1086143043. December 4, 2011.
17. Rajesh S. Psoriasis is an internal disease. 2008; [1]. Available At: http://www.e-psoriasi.com /app /before-after-psoriasis-photos-gallery.asp. December 4, 2011.
18. Urdan, timothy c. statistics in plain english, 2nd ed. Psychology Press. 2005.
19. Kakumanu P, Makrogiannis S, Bourbakis NA. survey of skin-color modeling and detection methods. Journal of the Pattern Recognition Society 2007; 1106-22.
20. MousaviAsil M, Zargari F, Mansouri P, Chalangri R. Measurment of Erythema parameter of The PASI standard in psoriasis disease using image processing. Official Journal of Iranian Center for medical Laser. 2012; 9(1): 6-12.

[Downloaded from icml.ir on 2026-11-03]