لیزرپزشکی؛ ۱۳۸۸، دوره ۶، شماره ۱

مقاله پژوهشی

تشخیص ملانوما به کمک استخراج ویژگی‌های مناسب از تصاویر درماتوسکوپی

منصور فاتح[۱]
محمد حسین میران بیگی[۲]
محسن فاتح[۳]
پروین منصوری[۴]

[۱]دانشجوی مقطع کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده فنی مهندسی
[۲]هیأت علمی دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده فنی مهندسی
[۳]هیأت علمی جهاد دانشگاهی علوم پزشکی تهران، گروه پژوهشی لیزر پزشکی
[۴]هیات علمی دانشگاه علوم پزشکی تهران، رئیس بخش پوست بیمارستان امام خمینی

نویسنده مسئول: منصور فاتح، تلفن: ۱۹۱۲۳۷۳۸۰۵۷
پست الکترونیک: (mansoor_fateh@yahoo.com)

خلاصه

زمینه و هدف: تشخیص ملانوما در مراحل نخست بیماری می‌تواند بطور چشم‌گیری از مرگ ناشی از این سرطان مهلک پوست جلوگیری نماید. از آنجایی که تشخیص این بیماری در مراحل نخست، حتی توسط پزشکان کارآمد به سختی انجام می‌پذیرد، ارائه روشی که تشخیص ملانوما را در مراحل اولیه آسان نماید بسیار مفید و ارزنده است.

روش بررسی: در این تحقیق بر آن شدیم که با استخراج ویژگی‌هایی از تصویر و طبقه‌بندی آن‌ها، به ایجاد الگوریتمی بپردازیم که به تشخیص ملانوما کمک نماید. پیش از استخراج ویژگی‌های مناسب، مرزبندی دقیق بین ضایعه و زمینه به کمک فیلتر پلاریزه شبیه‌سازی شده با زاویه مناسب انجام پذیرفت سپس با کمک درماتولوژیست‌ها به استخراج ویژگی‌های ضایعه پرداخته شد و به منظور طبقه‌بندی دقیق آسیب‌های پوستی و کاهش زمان آموزش طبقه‌بند، بهینه‌سازی ویژگی‌های مختلف انجام شد.

یافته ها: بهینه سازی ویژگی‌ها با ۳ روش آنالیز اجزای اصلی، انتخاب ترتیبی مستقیم و مشورت با متخصص پوست انجام پذیرفت. ویژگی‌های بهینه شده به کمک طبقه‌بند، طبقه‌بندی گردید تا الگوریتم تکمیل گردد. در حالتی که از طبقه‌بند SVM و بهینه‌سازی ویژگی‌ها با روش انتخاب ترتیبی مستقیم استفاده گردید، این الگوریتم با دقت حدود ۹۱٪ در تشخیص ملانوما موفق بود.

نتیجه گیری: روش پیشنهادی، به منظور تشخیص ملانوما با دقت بالا و قیمت مناسب می‌تواند بکار رود. همچنین این بسته نرم‌افزاری قابلیت اتصال به درماتوسکوپ را دارد و برای کمک به تشخیص ملانوما می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

واژه های کلیدی: بخش بندی تصویر، ملانوما، استخراج ویژگی، بهینه سازی ویژگی، طبقه بندی

مقدمه

ملانوما یکی از خطرناک‌ترین انواع سرطان پوست است که ۴٪ سرطان های مردان و ۳٪ سرطان های زنان را تشکیل می دهد[۱،۲]. در صورت تشخیص و درمان زودهنگام ملانوما، امکان درمان آن وجود دارد و تشخیص دیرهنگام آن موجب مرگ بیمار می‌گردد. تنها پزشکان کارآزموده با استفاده از ابزار مناسب و گزارشات بافت شناسی قادر به تشخیص به موقع ملانوما هستند. یکی از وسایلی که برای تشخیص ملانوما به کار می رود، درماتوسکوپ است. به وسیله این ابزار می توان تغییرات رنگدانه‌ای ضایعات پوستی را در بیماری ها مورد ارزیابی قرار داد [۳] با توسعه و پیشرفت علم در سال های اخیر، دستگاه درماتوسکوپ دیجیتال با قابلیت اخذ و ذخیره تصاویر پوستی، جایگزین درماتوسکوپ‌های معمولی شده است [۴]. با تولید درماتوسکوپ‌های دیجیتال، ارائه الگوریتمی برای تشخیص ملانوما مورد توجه محققین قرار گرفت. در سال ۱۹۸۸ لومن با ارائه الگوریتمی خودکار با دقت ۷۶٪ موفق به تشخیص ملانوما گردید[۵]. پس از آن روش‌های دیگری برای افزایش دقت تشخیص ضایعات پوستی ارائه گردید. تشخیص ملانوما توسط چاروت و همکارانش در سال ۱۹۹۸ با دقت ۷۹٪ انجام پذیرفت[۶]. در ادامه گانستنر در سال ۲۰۰۱ با ارائه الگوریتم جدیدی با دقت ۸۶٪ موفق به تشخیص ملانوما گردید[۷]. تحقیقات بعدی برای افزایش دقت تشخیص ملانوما همچنان ادامه یافت تا اینکه در سال ۲۰۰۶ یک گروه از محققان استرالیایی با روش اسکن خورشیدی با دقت حدود ۹۰٪ ملانوما را تشخیص دادند[۸]. به منظور تشخیص ملانوما استخراج ویژگی‌های مناسب از تصاویر درماتوسکوپی، اهمیت ویژه‌ای دارد[۲]. استخراج ویژگی در مواردی مانند سایز و رنگ، ساده است ولی در مواردی مانند شکل، مرز ضایعات و بافت با پیچیدگی بیشتری همراه است[۹]. در این مرحله علائم کلینیکی که متخصصین پوست برای تشخیص ملانوما بکار می‌برند به عنوان ویژگی انتخاب گردید و به هر آسیب یک بردار ویژگی نسبت داده شد. استخراج ویژگی‌های صحیح وابسته به مرزبندی دقیق تصویر است که مبتنی بر قانون ABCD است[۱۰]. قانون ABCD عدم تقارن(A)، لبه(B)، رنگ(C) و قطر(D) را بررسی می‌کند[۱۱]. استفاده از این قانون تشخیص ملانوما را برای متخصصین پوست آسان می‌کند و در انتخاب ویژگی‌های مناسب نیز بسیار راه‌گشا است[۱۱].

تعیین میزان گسترش ضایعه و به نوعی استخراج مرز دقیق بین ضایعه و زمینه یکی از پارامترهای اولیه و بسیار تأثیرگذار در استخراج

[Downloaded from icml.ir on 2025-11-04]

صحیح ویژگی‌های تصویر به شمار می‌رود[۱۲]. لذا ارائه روش‌های پیش پردازش جدید که امکان مرزبندی دقیق‌تر ضایعه را فراهم آورد از درجه اهمیت بسیاری برخوردار است. در این تحقیق از فیلتر پلاریزه به عنوان روشی جدید در پیش پردازش از طریق افزایش کنتراست ضایعه با زمینه از طریق حذف نویزهای مخرب و سایه استفاده گردید[۴].

پس از استخراج ویژگی‌های مناسب از تصاویر ضایعات مختلف پوستی، به طبقه‌بندی ویژگی‌ها پرداخته شد. برای طبقه‌بندی اطلاعات از روش‌های مختلفی شامل طبقه‌بندی به کمک شبکه‌های عصبی، طبقه‌بندی به کمک روش K نزدیکترین همسایگی (KNN) و طبقه‌بندی به کمک روش ماشین‌های بردار پشتیبان (SVM) می‌توان بهره گرفت[۱۳]. این طرح به دنبال ارائه یک بسته نرم‌افزاری برای تشخیص ملانوما می‌باشد. که با ارائه این بسته نرم‌افزاری، نیاز به انجام بیوپسی در موارد بسیاری کاهش می یابد.

روش بررسی

در مرحله پیش پردازش با شبیه‌سازی یک فیلتر پلاریزه نمونه، به حذف بازتابش نور از سطح ضایعه (ناشی از وجود مواد روغنی)، کاهش تأثیر نویز نور محیطی، حذف اثر مخرب ناشی از وجود مو در تصویر و همچنین کاهش سایه پرداخته شد سپس با مرزبندی دقیق تصویر، به استخراج ویژگی‌های مناسبی از ضایعات پوستی پرداخته گردید و ویژگی‌های استخراج شده در یک بردار با نام بردار ویژگی قرار داده شدند. برای افزایش دقت طبقه‌بند، بردارهای ویژگی با سه روش آنالیز اجزای اصلی، انتخاب ویژگی مستقیم و مشورت با متخصص پوست بهینه گردید. سپس بردارهای ویژگی به کمک طبقه‌بند SVM طبقه‌بندی گردید، تا با توجه به هر بردار ویژگی، نوع ضایعه معلوم گردد. در مرجع [۴] شبیه‌سازی فیلتر پلاریزه و مرزبندی ضایعات پوستی انجام شده است. در این تحقیق به مراحل بعدی تشخیص ملانوما پرداخته شد.

باید توجه داشت که برخی از تصاویر موجود در این مقاله از پایگاه‌های اینترنتی و مورد اعتماد متخصصین پوست و برخی دیگر از تصاویر به صورت دیتای واقعی در بیمارستان امام خمینی (ره) تهیه شده‌اند. تومورال یا غیر تومورال بودن ضایعات توسط بیوپسی تأیید شده است [۱۴،۱۵].

استخراج ویژگی از تصاویر درماتوسکوپی

پس از مرزبندی دقیق به استخراج ویژگی پرداخته شد. در این مرحله با توجه به قانون ABCD استخراج ویژگی انجام گرفت[۱۰]. در این قانون بر اساس عدم تقارن[1] (A)، لبه[2] (B)، رنگ[3] (C) و ساختمان تفاضلی[4] (D) به استخراج ویژگی از ضایعات پوستی پرداخته شد که به شرح زیر بود[۱۰]:

در بررسی عدم تقارن ضایعه، آسیب با دو محور به دو بخش تقسیم شد به نحوی که پایین‌ترین میزان عدم تقارن در بخش‌هایی از لبه‌ها، رنگ‌ها و ساختمان‌های درماتوسکوپی به وجود آید. در بررسی لبه‌های ضایعه، بریدگی و تندی و تیزی لبه‌های آسیب، بررسی گردید. در بررسی رنگ، به بررسی برخی از رنگ‌ها که برای تعیین آسیب مؤثر می‌باشند پرداخته شد. این رنگ‌ها شامل قهوه‌ای، سیاه، قرمز، سفید و آبی مایل به خاکستری بودند. در بررسی ساختمان‌های تفاضلی، تعدادی از اجزاء ساختمان از جمله شبکه رنگینه، نقطه‌چین، گلبول‌ها، فضای بدون ساختمان و خطوط ضایعه تعیین گردیدند[۱۰].

با توجه به قانون ABCD و پس از مشاوره با متخصصان پوست، ۳۵ ویژگی انتخاب گردید. این ویژگی‌ها شامل ۲۰ ویژگی رنگ، مساحت ضایعه، محیط ضایعه[5]، ضریب تراکم[6]، مجموع شعاع دایره محیط بر ضایعه و شعاع دایره محاط بر ضایعه، مجموع طول محور فرعی و طول محور اصلی، مستطیل محیط بر ضایعه[7]، شاخص مستطیلی[8]، شاخص بی‌نظمی[9]، شاخص عدم تقارن، ضریب سختی[10]، شاخص کرویت[11]، تحدب[12]، شاخص دایروی[13]، شاخص گریز از مرکز[14]، ضریب کشیدگی[15] بودند. طریقه محاسبه برخی از این ویژگی‌ها بهم وابسته بودند که در ادامه بیان می‌گردد.

۲۰ ویژگی رنگ شامل ۱۲ ویژگی در فضای RGB و ۸ ویژگی در فضای HSV بودند. ۱۲ ویژگی در فضای RGB شامل ماکزیمم مؤلفه قرمز، ماکزیمم مؤلفه آبی، ماکزیمم مؤلفه سبز، مینیمم مؤلفه قرمز، مینیمم مؤلفه آبی، مینیمم مؤلفه سبز، میانه مؤلفه قرمز، میانه مؤلفه آبی، میانه مؤلفه سبز، انحراف معیار از کلیه المان‌های قرمز، انحراف معیار از کلیه المان‌های آبی، انحراف معیار از کلیه المان‌های سبز بودند. ۸ ویژگی در فضای HSV شامل ماکزیمم اصل رنگ، ماکزیمم شدت، مینیمم اصل رنگ، مینیمم شدت، میانه اصل رنگ، میانه شدت، انحراف معیار از کلیه المان‌های اصل رنگ، انحراف معیار از کلیه المان-های شدت بودند. برای محاسبه مساحت ضایعه، تعداد پیکسل‌های داخل ضایعه شمارش شد. کل تعداد پیکسل‌های داخل ضایعه مساحت آن ضایعه را تشکیل می‌دهد. برای محاسبه محیط ضایعه، در مرز

[1] Asymmetry
[2] Border
[3] Color
[4] Differential structures
[5] Perimeter
[6] Compactness
[7] Bounding rectangle area
[8] Rectangularity
[9] Irregularity index
[10] Solidity
[11] Sphericity
[12] Convexity
[13] Roundness
[14] Eccentricity
[15] Elongation

[Downloaded from icml.ir on 2025-11-04]

ضایعه، دو مورد از کمترین فاصله هر پیکسل از پیکسل‌های همسایه محاسبه گردید. سپس مجموع این فواصل برای هر پیکسل مرزی تقسیم بر ۲ گردید و محیط ضایعه را بدست داد.

برای محاسبه شاخص دایره ای (نزدیکی شکل به فرم دایره‌ای) از نسبت مساحت شیء به مساحت دایره‌ای با محیط برابر با محیط تصویر محدب شیء استفاده شد[۱۷،۱۶]:

$$Roundness = \frac{4\pi \times Area}{(\text{Convex perimeter})^2} \quad (۱)$$

باید به این نکته توجه داشت که تصویر محدب، فرورفتگی‌ها و برآمدگی‌ها در مرزهای شکل را ندارد، مثل اینکه دور شکل با یک تکه کش احاطه شده است.

شاخص دایره‌ای برای ضایعه ملانوما کمتر از ضایعه غیر ملانومایی است. این شاخص در شکل شماره ۱ برای دو ضایعه ملانوما و ضایعه غیر ملانومایی نشان داده شده است.

شکل۱- شاخص دایره ای برای ضایعه خوش خیم در سمت راست ۰/۱۴۱ و برای ضایعه بدخیم در سمت چپ ۰/۰۹

شاخص تراکم یکی از ویژگی‌های بیان کنندهٔ شکل شیء در تصویر است. این شاخص معیاری از میزان کشیدگی یا تراکم محدودهٔ متعلق به ضایعه است و وابستگی زیادی به میزان بی‌نظمی مرز شیء دارد. برای محاسبه این شاخص از نسبت مساحت شیء به مساحت دایره‌ای با محیط برابر با محیط شیء استفاده می‌شود[۱۸،۱۹]:

$$Compactness = \frac{4\pi \times Area}{(\text{Perimeter})^2} \quad (۲)$$

این شاخص برای شیء دایروی دارای مقدار بیشینه است و برای اشکال بیضی‌گون و تصاویر با مرز نامنظم، کاهش می‌یابد. در شکل ۱ شاخص تراکم برای ضایعه خوش خیم ۰/۰۵۲ و برای ضایعه بدخیم ۰/۰۳۷ می‌باشد.

مجموع طول محور فرعی و طول محور اصلی شکل از دیگر ویژگی‌های ضایعه می‌باشد. برای محاسبه طول محورهای اصلی و فرعی، ابتدا معادله محورهای اصلی و فرعی تعیین می‌گردند. برای محاسبه معادله محورهای اصلی و فرعی، برای هر نقطه در مرز ضایعه معادله دو محور عمود بر هم با مرکزیت مرکز جرم، مشخص می‌گردد. با در اختیار داشتن معادله این دو محور، نقاط متقاطع مرز ضایعه با محورها محاسبه می‌گردند. سپس با تعیین فاصله نقاط، طول دو محور، بدست می‌آیند. سپس برای تمامی نقاط مرزی نسبت طول دو محور محاسبه می‌گردد. محورهای اصلی و فرعی، محورهایی با بیشترین نسبت طولی می‌باشند[۱۷،۱۸].

نسبت طول محور فرعی به طول محور اصلی شکل، ضریب گریز از مرکز یا ضریب بیضوی نام دارد[۱۸].

$$Eccentricity = \frac{Minor\ Axis\ Lenght}{Major\ Axis\ Lenght} \quad (۳)$$

ضریب گریز از مرکز مقداری بین صفر و یک می‌باشد. هرچه این مقدار به یک نزدیک‌تر باشد، شکل ضایعه به بیضی، شبیه‌تر می‌باشد و دارای خواص تقارنی بالاتری می‌باشد[۱۷،۱۸]. ضریب گریز از مرکز برای ضایعه ملانومایی کمتر از ضایعه غیر ملانومایی است. این شاخص در شکل شماره ۲ برای دو ضایعه ملانومایی و غیر ملانومایی نشان داده شده است.

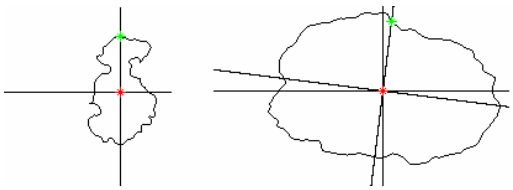
شکل۲- ضریب گریز از مرکز برای ضایعه خوش‌خیم در سمت راست ۰/۷۴۷ و برای ضایعه بدخیم در سمت چپ۰/۵۵۱

عدم تقارن، ویژگی دیگری می‌باشد که برای محاسبه آن زاویه محور اصلی با محور عمودی محاسبه می‌گردد. طبق این زاویه، ضایعه مورد چرخش قرار می‌گیرد و نقاط متفاوت آن با ضایعه اصلی محاسبه می‌گردد. سپس تعداد این نقاط بر مساحت ضایعه تقسیم می‌گردند که مقدار آن ویژگی عدم تقارن طبق محور اصلی می‌باشند.

در مرحله بعد، زاویه محور فرعی با محور افقی محاسبه می‌گردد. طبق این زاویه، ضایعه مورد چرخش قرار می‌گیرد و نقاط متفاوت آن با ضایعه اصلی محاسبه می‌گردد. سپس تعداد این نقاط بر مساحت ضایعه تقسیم می‌گردند که ویژگی عدم تقارن طبق محور فرعی را بیان می‌نماید. ویژگی عدم تقارن، بزرگترین مقدار از میان ویژگی عدم تقارن طبق محور فرعی و ویژگی عدم تقارن طبق محور اصلی می‌باشد. ویژگی عدم تقارن معمولاً برای ضایعه ملانوسیتی بیشتر از ضایعه غیر ملانوسیتی است. این شاخص در شکل شماره ۳ برای دو ضایعه ملانومایی و غیر ملانومایی نشان داده شده است.

از دیگر ویژگی‌های ضایعات پوستی، مساحت مستطیل محیط بر ضایعهٔ پوستی می‌باشد. برای محاسبه این ویژگی، بیشترین اختلاف طولی میان پیکسل‌های ضایعه در بیشترین اختلاف عرضی میان پیکسل‌های ضایعه ضرب می‌گردد. در شکل شماره ۲ مساحت مستطیل محیط بر ضایعه، برای ضایعه خوش‌خیم ۳۴۵۰ و برای ضایعه بدخیم ۸۱۹۰ می‌باشد.

[Downloaded from icml.ir on 2025-11-04]



شکل۳- شاخص عدم تقارن برای ضایعه خوش‌خیم در سمت چپ ۰ و برای ضایعه بدخیم در سمت راست ۰/۱۱

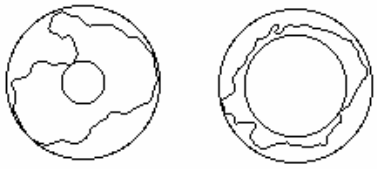
تعیین نسبت مساحت ضایعه به مساحت مستطیل محیط بر ضایعه پوستی از مهمترین ویژگی‌ها در تعیین ضایعات پوستی بشمار می‌آید. مقدار بیشینه این نسبت معیاری از تشابه یک شیء به مستطیل می‌باشد. یعنی نسبت مساحت ضایعه به مساحت مستطیل محیط بر ضایعه پوستی، برای تمامی مستطیل‌های محیطی در جهات گوناگون محاسبه می‌شود و بیشترین مقدار آن به عنوان شاخص مستطیلی در نظر گرفته می‌شود. در واقع مساحت کوچکترین مستطیل محیطی در محاسبهٔ شاخص مستطیلی در نظر گرفته می‌شود. این شاخص معمولاً برای ضایعات خوش‌خیم بیشتر از ضایعات بدخیم می‌باشد و با توجه به رابطه زیر محاسبه می‌گردد[۱۸،۱۹]

$$Rectangularity = \frac{Area}{Bounding\ recangle\ Area} \qquad (۴)$$

در شکل شماره ۲ شاخص مستطیلی برای ضایعه خوش‌خیم ۰/۷۸۲ و برای ضایعه بدخیم ۰/۶۷۵ می‌باشد.

مجموع شعاع دایره محاط بر ضایعه و شعاع دایره محیط بر ضایعه از دیگر ویژگی‌های ضایعات می‌باشند. دایره محیط بر ضایعه، کوچکترین دایره با مرکزیت مرکز جرم می‌باشد که تمامی ضایعه را دربر می‌گیرد. دایره محاط بر ضایعه، بزرگترین دایره با مرکزیت مرکز جرم می‌باشد که مرز ضایعه را در بر نمی‌گیرد. شعاع دایره محاط با $R_{inscribing}$ و شعاع دایره محیط با $R_{Circumscribing}$ نشان داده می‌شوند.

در شکل شماره ۴ دایره‌های محیط و محاط برای ضایعات بدخیم و خوش‌خیم نشان داده شده است. برای ضایعه خوش‌خیم شعاع دایره محاط ۲۹ و شعاع دایره محیط ۴۴ و برای ضایعه بدخیم شعاع دایره محاط ۱۲ و شعاع دایره محیط ۴۴ می‌باشند.



دوایر محیط و محاط بر ضایعه

شکل ۴- ضایعه خوش‌خیم در سمت راست و ضایعه بدخیم در سمت چپ

ضریب کرویت ویژگی دیگری از ضایعات پوستی می‌باشد. این ضریب برابر نسبت شعاع دایرهٔ محاط بر تصویر به شعاع دایرهٔ محیط بر تصویر طبق رابطه‌ی (۵) می‌باشد[۱۸،۱۷]. در شکل شماره ۴، این ضریب برای ضایعه خوش‌خیم ۰/۶۷ و برای ضایعه بدخیم ۰/۲۷ می‌باشد.

اشکال با فرم دایروی (مشابه اکثر تصاویر ضایعات خوش خیم) دارای کرویت نزدیک به یک و اشکال با بی نظمی در مرز دارای مقادیر کمتر از یک می‌باشند.

$$Sphericity = \frac{R_{inscribing}}{R_{circumscribing}} \qquad (۵)$$

ضریب تحدب ویژگی دیگری از ضایعه می‌باشد. این ضریب مقدار دورشدگی شیء از حالت محدب را نشان می‌دهد و طبق رابطه (۶)

شکل ۵- ضریب تحدب برای ضایعه خوش‌خیم ۰/۶۵ و برای ضایعه بدخیم ۰/۵۱ ضایعه خوش‌خیم در سمت راست و ضایعه بدخیم در سمت چپ

برابر نسبت محیط محدب به محیط تصویر است. مقدار این ضریب برای اشکال محدب یک و برای تصاویر با مرز آشفته، کمتر از یک می‌باشد. بنابراین به عنوان معیاری از میزان تزاریس موجود در مرز به شمار می‌رود[۱۹].

$$Convexity = \frac{Convex\ Perimeter}{Perimeter} \qquad (۶)$$

در شکل شماره ۵، این ضریب برای ضایعه خوش‌خیم و بدخیم نشان داده شده است.

ضریب سختی بیانگر چگالی یا تراکم تصویر است و طبق رابطه (۷) به نسبت مساحت تصویر به مساحت محدب آن اطلاق می‌شود [۱۸].

$$Solidity = \frac{Area}{Convex\ Area} \qquad (۷)$$

مقدار بیشینهٔ ضریب سختی عدد یک و متعلق به شیء با بیشترین چگالی تصویر می‌باشد و با بالا رفتن بی نظمی و آشفتگی مرز تصویر از مقدار این ضریب کاسته می‌شود.

در شکل ۳، این ضریب برای ضایعه خوش‌خیم ۰/۹۸ و برای ضایعه بدخیم ۰/۸۵ می‌باشد.

[Downloaded from icml.ir on 2025-11-04]

ضریب کشیدگی از ویژگی‌های ضایعات پوستی می‌باشد و تخمینی از میزان کشیدگی یا درازای تصویر می‌باشد. این پارامتر شامل اطلاعاتی از میزان تزاریس یا تقارن تصویر نمی‌باشد و تنها شامل اطلاعاتی از وسعت یا به نوعی اندازهٔ تصویر می‌باشد. طبق رابطه (۸) نسبت عرض به طول کوچکترین مستطیل محیطی، ضریب کشیدگی نامیده می‌شود.

$$Elongation = \frac{Width_{bounding-box}}{Lenght_{bounding-box}} \quad (۸)$$

طبق رابطه (۸) مقدار کشیدگی بیشینه یک می‌باشد. تصاویر با کشیدگی بیشینه، عموماً دایروی و یا مربعی شکل می‌باشند. با افزایش کشیدگی تصویر، مقدار این ضریب از یک کمتر می‌شود. در شکل شماره ۵، ضریب کشیدگی برای ضایعه خوش‌خیم ۰/۸۷ و برای ضایعه بدخیم ۰/۶ می‌باشد.

کاربرد اپراتورهای مورفولوژی در این تحقیق برای محاسبه ضریب تزاریس و بدنهٔ محدب می‌باشد. برای تخمین ضریب تزاریس از ویژگی منحصربفرد عملگرهای شکل شناسی، استفاده می‌شود. بر روی تصویر دودویی حاصل از مرحله بخش بندی، دو عملگر گسترش و فرسایش اعمال می‌شود. عملگر گسترش، ضایعه را با توجه به ساختمان مورد نظر گسترش می‌دهد. عملگر فرسایش، ضایعه را با توجه به ساختمان مورد نظر فرسایش می‌دهد. به دلیل آنکه ضایعات ملانوسیتی ذاتاً شبه دایره یا شبه بیضی می‌باشند، از عنصر ساختمانی دیسکی شکل در عملگر گسترش و فرسایش استفاده می‌شود. تصاویر حاصل بعد از اعمال عملگر گسترش، فاقد لبه های بیرون زده و تصاویر حاصل بعد از اعمال عملگر فرسایش، فاقد لبه‌های فرورفته می‌باشند. در شکل شماره ۶ تصویر ضایعه ملانوسیتی بعد از اعمال دو عملگر گسترش و فرسایش نشان داده شده است.

تصویر ضایعه ملانوسیتی — ضایعه بعد از اعمال عملگر فرسایش — ضایعه بعد از اعمال عملگر گسترش

شکل ۶- تصویر ضایعه ملانوما بعد از اعمال عملگر فرسایش و گسترش

با اعمال عملگر گسترش ضایعه بر روی تصویر دودویی ابتدایی و سپس اعمال عملگر فرسایش بر روی تصویر حاصل، تصویری گسترش یافته و هم اندازه با تصویر اولیه ایجاد می‌گردد. با تفاضل این تصویر از تصویر دودویی ابتدایی، تصویری مشتمل بر پیکسل‌های منطبق بر بیرون زدگی‌های ضایعه ایجاد می‌گردد. این تصویر در شکل شماره ۷ نشان داده شده است.

شکل ۷- تصویری مشتمل بر پیکسل‌های منطبق بر بیرون‌زدگی‌های ضایعه

با اعمال عملگر فرسایش ضایعه بر روی تصویر دودویی ابتدایی و سپس اعمال عملگر گسترش بر روی تصویر حاصل، تصویری فرسایش یافته و هم اندازه با تصویر اولیه ایجاد می‌گردد. با تفاضل این تصویر از تصویر دودویی ابتدایی، تصویری مشتمل بر پیکسل‌های منطبق بر فرورفتگی‌های ضایعه ایجاد می‌گردد. این تصویر در شکل شماره ۸ نشان داده شده است.

شکل ۸-تصویری مشتمل بر پیکسل‌های منطبق بر فرورفتگی‌های ضایعه

مجموع دو تصویر حاصل از تفاضل‌گیری، تصویری مشتمل بر فرورفتگی‌ها و بیرون‌زدگی‌های ضایعه می‌باشد. در شکل شماره ۹ تصویر حاصل از مجموع فرورفتگی‌ها و بیرون‌زدگی‌های ضایعه نشان داده شده است.

شکل ۹- تصویر حاصل از مجموع فرورفتگی‌ها و بیرون‌زدگی‌های ضایعه

با شمارش تعداد این پیکسل‌ها و تقسیم آن بر مساحت ضایعه، معیاری از میزان بی نظمی مرز ضایعه با زمینه بدست می‌آید. این معیار، ضریب تزاریس نام دارد و طبق رابطه (۹) تعریف می‌شود.

[Downloaded from icml.ir on 2025-11-04]

$$Irregularity_index = \frac{\hat{A}}{Area} \quad (۹)$$

$$\hat{A} = \hat{A}_1 + \hat{A}_2$$

در این رابطه $\hat{A}_1$ و $\hat{A}_2$ به ترتیب شامل پیکسل‌های منطبق بر بیرون‌زدگی و فرورفتگی ضایعه می‌باشند.

کاهش ویژگی

پس از استخراج ویژگی‌های مناسبی از آسیب‌های پوستی، به کاهش این ویژگی‌ها پرداخته می‌شود. انتخاب ویژگی‌های بهینه برای طبقه‌بندی دقیق آسیب‌های پوستی و کاهش زمان آموزش طبقه‌بندی‌کننده امری اجتناب ناپذیر می‌باشد[۱۰]. در استخراج ویژگی، برخی از ویژگی‌ها دارای مقادیر زیاد و برخی دیگر دارای مقادیری اندک می‌باشند. در کاهش ویژگی‌ها یا طبقه‌بندی آن‌ها نیاز به تأثیر یکسان همه ویژگی‌ها می‌باشد. اختلاف بین مقادیر ویژگی‌ها، تأثیر برخی از ویژگی‌ها را بیش از اندازه زیاد و تأثیر برخی دیگر را ناچیز می‌نماید. از این رو تمامی ویژگی‌ها بین ۰ تا ۱ نرمالیزه می‌شوند[۹].

در این تحقیق برای کاهش ویژگی از سه روش آنالیز اجزای اصلی[۱۶](PCA)، انتخاب ترتیبی مستقیم[۱۷](SFS) و مشورت با متخصص پوست، بهره گرفتیم.

تبدیل PCA تبدیلی خطی می‌باشد که ویژگی‌های حاصل از این تبدیل خطی تا حد امکان همبستگی پایینی با یکدیگر دارند[۲۰]. اما در دو روش دیگر ویژگی‌های نهایی از میان ویژگی‌های اولیه و بدون تغییر حاصل می‌گردند.

طبقه‌بندی اطلاعات

برای طبقه‌بندی اطلاعات از روش‌های مختلفی می‌توان بهره گرفت. روشی که برای طبقه‌بندی اطلاعات در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفتند طبقه‌بندی به کمک روش ماشین‌های بردار پشتیبان[۱۸](SVM) بود. این طبقه‌بندی‌کننده برای تشخیص ملانوما بکار برده می‌شود و شامل دو فاز یادگیری و تست می‌باشد [۱۰] قبل از طبقه‌بندی اطلاعات، تعدادی تصویر از ضایعات پوستی مشکوک به ملانوما به عنوان دیتابیس انتخاب شدند. وجود یا عدم وجود ملانوما برای این ضایعات مشکوک با انجام بیوپسی تأیید شده بود. سپس با انجام مراحل پیشین، بردارهای بهینه ویژگی برای هر یک از ضایعات پوستی مشکوک استخراج گردیدند. در فاز یادگیری تعدادی از بردارهای بهینه ویژگی به عنوان ورودی به طبقه‌بند داده شد. از آنجا که داده‌های ما شامل دو گروه ملانوما و غیر ملانوما بودند، به ملانوما عدد ۱- و به غیر ملانوما عدد ۱ نسبت داده شد. برای بردار ورودی ویژگی ملانومایی، عدد ۱- در خروجی طبقه‌بند و برای بردار ورودی ویژگی غیر ملانومایی، عدد ۱ در خروجی طبقه‌بند قرار گرفت. سپس طبقه‌بند با معیاری مناسب به یادگیری این اطلاعات پرداخت.

تعدادی از بردارهای بهینه ویژگی در فاز یادگیری مورد استفاده قرار نگرفتند. این بردارها در فاز تست استفاده شدند. در فاز تست این بردارها به طبقه‌بند داده شدند. به ازای هر بردار ورودی، عددی در خروجی طبقه‌بند ظاهر گردید. این عدد نشانه نوع ضایعه بود. با مقایسه هر یک از اعداد خروجی طبقه‌بند با عدد واقعی، درستی یا نادرستی عملکرد طبقه‌بند مشخص گردید. با تقسیم تعداد تشخیص‌های صحیح به کل تعداد تست، میزان صحت[۱۹] طبقه‌بند در تشخیص نوع ضایعه مشخص گردید. همچنین با تقسیم تعداد تشخیص‌های صحیح ملانوما به کل تعداد تشخیص‌های ملانوما، حساسیت به تشخیص ملانوما مشخص گردید.

در این تحقیق تعداد داده‌های جمع آوری شده ۱۰۰ تصویر بودند. در روش معمول ۵۰ تصویر برای یادگیری و ۵۰ تصویر برای تست بکار برده می‌شود. برای افزایش تعداد دیتای تست و تعداد دیتا در فاز یادگیری، از طبقه‌بندی موسوم به اعتبار تقاطعی[۲۰] استفاده گردید. با استفاده از این روش ۱۰۰ داده برای تست و ۹۹ داده برای یادگیری بکار برده شد. در این روش، در فاز یادگیری با ۹۹ داده از کل داده‌ها عمل یادگیری انجام پذیرفت و ۱ داده باقی مانده برای تست انتخاب گردید. این عمل ۱۰۰ بار برای داده‌های تست متفاوت انجام گرفت.

یافته‌ها

نتایج اثر کاهش ویژگی در تشخیص ملانوما

همان گونه که بیان گردید از ۳ روش برای کاهش ویژگی استفاده می‌گردد. کاهش ویژگی موجب کاهش زمان آموزش می‌گردد و در برخی از موارد افزایش میزان دقت در طبقه‌بندی داده‌ها را به همراه دارد.

پیش از کاهش ویژگی، از فیلتر پلاریزه برای ارتقای تصویر استفاده گردید. سپس مرزبندی تصویر طبق روش مذکور در مرجع [۴] و استخراج ویژگی طبق روش مذکور در این تحقیق انجام پذیرفت. سپس مرحله کاهش ویژگی با ۳ روش PCA، SFS و مشورت با متخصصین پوست، انجام پذیرفت. برای آنکه اثر کاهش ویژگی مشخص گردد، در نهایت با طبقه‌بند SVM به طبقه‌بندی داده‌ها پرداخته شد و نتایج آن‌ها با هم مقایسه گردید.

[16] Principal Component Analysis
[17] Sequential forward selection
[18] Super Vector Machines
[19] Accuracy
[20] Cross Validation

[Downloaded from icml.ir on 2025-11-04]

اثر کاهش ویژگی با روش PCA در تشخیص ملانوما

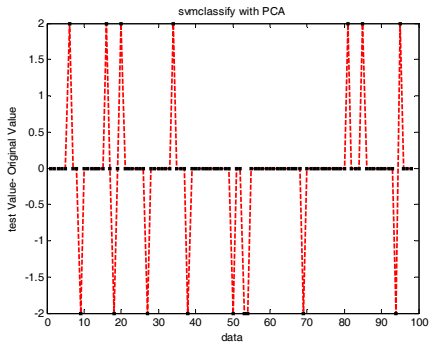
در روش کاهش ویژگی با الگوریتم PCA بردارهای ویژگی متناظر با مقادیر ویژه بیشتر بعنوان بردارهای ورودی به طبقه‌بند انتخاب می‌گردند. پس ابتدا باید مقادیر ویژه بیشتر انتخاب گردند. که ۱۰ مقدار ویژه بیشتر به قرار زیر می‌باشند:

$$\lambda_{10} = [۹/۴ \quad ۰/۶۷ \quad ۰/۵۹ \quad ۰/۳۶ \quad ۰/۲۱ \quad ۰/۱۵ \quad ۰/۱۳۶ \quad ۰/۱۳۱ \quad ۰/۱۱ \quad ۰/۰۹۹]$$

برای آنکه مقدار بهینه ویژگی‌ها با این روش انتخاب گردد لازم است به ازای تعداد مختلفی از مقادیر ویژه، بردارهای ویژگی انتخاب گردند. سپس مقادیر صحت طبقه‌بندی در تشخیص ملانوما با هم مقایسه گردند. با انتخاب ۱۰ ویژگی برای هر ضایعه به ازای ۱۰ مقدار ویژه بیشتر علاوه بر کاهش زمان یادگیری، درصد صحت نیز مقدار مناسبی می‌باشد.

پس از تست داده‌ها، اختلاف میان مقادیر خروجی طبقه‌بندی از دیتای تست با مقادیر برچسب داده شده به هر یک از بردارهای ویژگی، محاسبه گردید که مقدار این اختلاف در شکل شماره ۱۰ نشان داده شده است. در نقاط مخالف صفر، طبقه‌بند در تشخیص ملانوما اشتباه نموده است. عدم تشخیص دیتای ملانوما توسط طبقه‌بند، با نقاط مثبت در شکل و عدم تشخیص دیتای غیر ملانوما توسط طبقه‌بند، با نقاط منفی در شکل نشان داده شده است.

برای بررسی عملکرد طبقه‌بندی اطلاعات، دو پارامتر درصد صحت و میزان حساسیت به ملانوما، مورد ارزیابی قرار گرفت. کل داده‌ها ۱۰۰ مورد و تعداد داده‌های ملانوما ۷۲ مورد می‌باشد. با توجه به شکل ۱۰ میزان صحت ۸۴٪ و میزان حساسیت به ملانوما ۸۷/۵٪ بدست آمد.



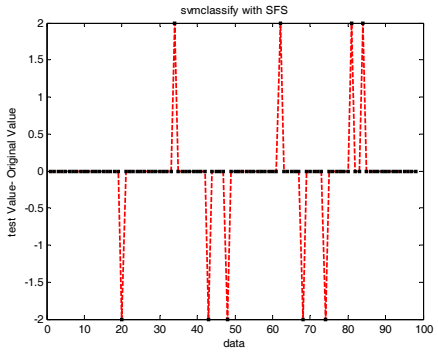
شکل ۱۰- نتیجه تست داده‌ها با انتخاب ۱۰ ویژگی به روش PCA با وجود طبقه‌بند SVM

اثر کاهش ویژگی با روش SFS در تشخیص ملانوما

در روش SFS بهترین ویژگی‌ها بدون تغییر در ویژگی‌ها انتخاب می‌گردند. ابتدا بهترین ویژگی‌ها با این روش انتخاب می‌گردند. سپس به طبقه‌بندی داده‌ها پرداخته می‌شود.

با روش SFS تمامی ویژگی‌ها را به ترتیب اهمیت، می‌توان مرتب نمود. ۱۶ ویژگی بهتر شامل ماکزیمم شدت، ضریب سختی، ماکزیمم رنگ سبز، ماکزیمم رنگ آبی، مجموع طول محور فرعی و طول محور اصلی، شاخص مستطیلی، شاخص کرویت، ضریب کشیدگی، مجموع شعاع دایره محیط بر ضایعه و شعاع دایره محاط بر ضایعه، مساحت ضایعه، مستطیل محیط بر ضایعه، شاخص گریز از مرکز، شاخص دایروی، انحراف معیار از کلیه المان‌های اصل رنگ، محیط ضایعه و شاخص تراکم می‌باشند. برای آنکه مقدار بهینه ویژگی‌ها با روش SFS انتخاب گردد، به ازای مقادیر مختلف ویژگی‌ها، مقادیر صحت طبقه‌بند در تشخیص ملانوما محاسبه گردیدند. سپس این مقادیر با هم مقایسه شدند. در جدول شماره ۱ مقادیر صحت به ازای تعداد ویژگی‌های متفاوت انتخابی با روش SFS، با هم مقایسه شده‌اند.

با توجه به جدول شماره ۱ با انتخاب ۱۶ ویژگی برای هر ضایعه، علاوه بر کاهش زمان یادگیری درصد صحت نیز بهبود می‌یابد. نتیجه تست داده‌ها با این روش در شکل شماره ۱۱ نشان داده شده است. همانگونه که در شکل شماره ۱۱ مشخص می‌باشد درصد صحت ۹۱ درصد و میزان حساسیت این الگوریتم به ملانوما ۹۵ درصد می‌باشد.



شکل ۱۱- نتیجه تست داده‌ها با انتخاب ۱۶ ویژگی به روش SFS با وجود طبقه‌بند SVM

اثر کاهش ویژگی با مشورت متخصص پوست در تشخیص ملانوما

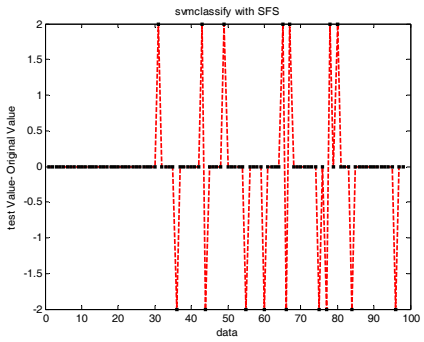
ویژگی‌هایی شامل قطر ضایعه، رنگ ضایعه، میزان تزاریس، میزان تقارن و شاخص دایروی برای متخصص پوست از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشند. پس از انتخاب این ویژگی‌ها به طبقه‌بندی آن‌ها پرداخته شد. نتیجه تست داده‌ها با این روش در شکل شماره ۱۲ نشان داده شده است. همانگونه که در شکل شماره ۱۲ مشخص می‌باشد درصد صحت ۸۴ درصد و میزان حساسیت این الگوریتم به ملانوما ۹۰ درصد می‌باشد. با مشاهده درصد صحت مشخص است که با کاهش زمان آموزش، میزان درصد صحت نیز کاهش می یابد.

[Downloaded from icml.ir on 2025-11-04]

جدول ۱- درصد صحت به ازای کاهش ویژگی با SFS

درصد صحت با طبقه‌بند SVM	تعداد ویژگی‌ها
٪۲۹	۱
٪۴۳	۲
٪۴۱	۳
٪۵۵	۴
٪۵۴	۵
٪۶۴	۶
٪۶۹	۷
٪۷۵	۸
٪۷۸	۹
٪۷۸	۱۰
٪۷۶	۱۱
٪۸۰	۱۲
٪۸۱	۱۳
٪۸۱	۱۴
٪۸۷	۱۵
٪۹۱	۱۶
٪۸۸	۱۷
٪۸۷	۱۸
٪۸۹	۱۹
٪۸۵	۲۰

در جدول شماره ۲ مقادیر صحت و میزان حساسیت به تشخیص ملانوما برای روش‌های مختلف کاهش ویژگی با طبقه‌بند SVM با هم مقایسه می‌گردند. الگوریتم کاهش ویژگی SFS با طبقه‌بند SVM با وجود فیلتر پلاریزه دارای بیشترین مقدار صحت و حساسیت می‌باشد.



شکل ۱۲- نتیجه تست داده‌ها با انتخاب ۴ ویژگی با مشورت متخصصان پوست با طبقه‌بند SVM

جدول ۲- مقادیر صحت و میزان حساسیت به تشخیص ملانوما برای روش‌های مختلف کاهش ویژگی با وجودSVM

روش کاهش ویژگی	درصد صحت	میزان حساسیت به تشخیص ملانوما
PCA	٪۸۴	٪۸۷/۵
SFS	٪۹۱	٪۹۵
مشورت با متخصص پوست	٪۸۴	٪۹۰

نتیجه‌گیری

در اِین تحقیق سعی کردیم با روشی مناسب به تشخیص ملانوما بپردازیم. الگوریتم تشخیص ملانوما شامل مرزبندی تصویر، استخراج ویژگی، کاهش ویژگی و طبقه‌بندی داده‌ها است. مرزبندی تصویر با کمک روش‌های معمول پردازش تصویر قابل انجام است. اما وجود مو به عنوان عامل نویزی یا عوامل نویزی دیگر و وجود سایه در تصویر موجب کاهش دقت در مرزبندی تصویر می‌شوند. با اعمال فیلتر پلاریزه پیش از مرزبندی تصویر اثر این عوامل کاهش یافت و مرزبندی با دقت بالاتری انجام پذیرفت. پس از مرزبندی مناسب ضایعه، امکان استخراج ویژگی‌های مورد نظر از تصویر با دقت بالا ممکن می‌گردد. در این تحقیق با توجه به قانون ABCD ویژگی‌های مناسبی از تصویر استخراج گردید. پس از استخراج ویژگی از ضایعات پوستی، برای کاهش زمان آموزش و افزایش دقت طبقه‌بند مرحله کاهش ویژگی به الگوریتم اضافه شد. این مرحله با ۳ روش PCA، SFS و مشورت با متخصص پوست انجام پذیرفت. استفاده از روش SFS علاوه بر کاهش زمان آموزش، موجب افزایش درصد صحت و حساسیت به تشخیص ملانوما گردید. اما استفاده از دو روش دیگر تنها زمان آموزش را کاهش می‌دهد. روش SFS با توجه به معیار جداپذیری کلاس‌ها، ویژگی‌ها را کاهش می‌دهد. تفکیک برخی از ویژگی‌های اولیه از یکدیگر ممکن نمی‌باشد و موجب کاهش درصد صحت می‌گردد. با حذف این ویژگی‌ها توسط معیاری مناسب، درصد صحت افزایش می یابد. از این رو مشخص می‌گردد که معیار جداپذیری کلاس‌ها معیاری مناسب برای انتخاب ویژگی‌های بهینه می‌باشد. پس از بهینه‌سازی ویژگی‌ها، بردارهای ویژگی با طبقه‌بند SVM طبقه‌بندی می‌گردند و الگوریتم تشخیص ملانوما تکمیل می‌گردد. پس از تست داده‌ها بر روی این الگوریتم، درصد صحت ٪۹۱ و حساسیت به ملانوما ٪۹۵ حاصل گردید.

همانگونه که در مقدمه بیان گردید روش‌های تشخیص ملانوما که تا به امروز ارائه گردیده است دارای دقت پایین‌تری در تشخیص ملانوما می‌باشند و روش‌های تشخیصی با دقت بالا با استفاده از دستگاه‌های پیشرفته مانند اسکن خورشیدی با قیمت‌های بسیار بالا انجام می-

[Downloaded from icml.ir on 2025-11-04]

پذیرد. از این رو ارائه روش پیشنهادی در این تحقیق، به منظور تشخیص ملانوما با دقت بالا و قیمت مناسب ارزشمند می‌باشد. امکان ارائه این روش به عنوان بسته نرم‌افزاری تجاری وجود دارد. این بسته نرم‌افزاری قابلیت اتصال به درماتوسکوپ را دارد. با اتصال این بسته نرم‌افزاری به درماتوسکوپ، دستگاهی برای تشخیص سریع ملانوما ایجاد می‌گردد.

منابع

1. Habif TP, Campbell JL, Chapman S, JGH Dinulos .Skin disease: diagnosis and treatment Second edition: illustrated Published by Elsevier Mosby, 2004.
2. Antonio A.T, Chuh. Zawar V. Demonstration of residual perifollicular pigmentation in localized vitiligo_a reverse and novel application of digital epiluminescence dermoscopy. Elsevier Ltd, 28, 2004.
3. Hunter JAA, Savin J, Dahl MV. Clinical dermatology. 3rd edition. Wiley-Blackwell, 2002.

٤. میران بیگی محمد حسین، فاتح منصور، قاسمی پژمان، منصوری پروین. مقایسه مرزبندی تصاویر درماتوسکوپی از ضایعه ملانوما با فیلتر پلاریزه و بدون آن به کمک شبیه سازی. لیزر پزشکی،١٣٨٧، دوره ٥، شماره ٢: صفحات ٣٥-٢٦.

5. Lohman W, Paul E. In situ detection of melanomas by fluorescence measurements. Naturewissenschaften 1988; 75: 201-2.
6. Chwirot B. W, Chwirot S, Redziski J, Michniewicz Z. Detection of melanomas by digital imaging of spectrally resolved ultraviolet light-induced auto fluorescence of human skin" European Journal of Cancer October 1998; 34: 1730-4.
7. Ganster H, Pinz A, Rohrer R, Wildling E, Binder M, Kittler H. Automated Melanoma Recognition. IEEE Transactions on Medical Imaging 2001; 20(3): 233–9.
8. Berman M, Beare R, Bischof L, Lagerstrom R, Buckley M, Hilsenstein V, Jackway P, Lakshmanan V, Sun C, Vallotton P. Better melanoma diagnosis with solar scan. CSIRO team 2006.
9. Lagerstrom R. our feature extraction skills. CSIRO Mathematical 2008.
10. Ilias Maglogiannis I, Kosmopoulos D. I. Computational vision systems for the detection of malignant melanoma. National Centre for Scientific Research, Demokritos, Institute of Informatics and Telecommunications 2005.
11. Green A, Martin N, Pfitzer J, Quintarelli F, ourke M, Knight N. Computer image analysis in the diagnosis of melanoma. Amer.Acad Dermatol 1994; 31(6): 958-64.
12. Maher I.R. feature extraction of epiluminescence microscopic images by iterative segmentation algorithm. Proceedings of the 9th WSEAS International Conference on Computers 2005; 61.
13. Electronic available information at Skin Oncology Teaching Center, http://www.dermoncology.com.
14. http://tray.dermatology.uiowa.edu/ImageBase.htm
15. http://www.aocd.org/skin/dermatologic_diseases/melanoma.html
16. Gonzalez R.C., Woods R.E. Digital Image Processing, Addison-Welsey, 2002.
17. Holmström T. A Survey and Evaluation of Features for the Diagnosis of Malignant Melanoma. Master Thesis in Computing Science, Aguset 2005.
18. Wirth M. A. Shape Analysis and Measurement, Computing and information science Biocomputing Group, University of Guelph 2002.
19. Wolff K, Pehamberger H. Malignes Melanoma: Fuherkennung und prognose. Wiener Klinische Wochenschrift 1985; 97(10): 451-5.
20. Ghassemian H, Landgrebe D. Multispectral Image Compression by an On-Board Scene Segmentation. Proceeding of IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium IGRSS2001, July 2001.

[Downloaded from icml.ir on 2025-11-04]