

## تشخیص کاندیدیازیس واژینال با استفاده از استخراج اتوماتیک قارچ کاندیدا در تصاویر مربوط به نمونه‌های پاپ اسمیر

محمدرضا مؤمن‌زاده<sup>۱</sup>، دکتر اردشیر طالبی<sup>۲</sup>، دکتر علیرضا مهری دهنوی<sup>۳</sup>، دکتر حسین ربانی<sup>۳</sup>

### مقاله پژوهشی

#### چکیده

**مقدمه:** کاندیدیازیس واژینال، بیماری شایع زنان است که در اثر رشد غیر طبیعی کاندیدا در مخاط دستگاه تناسلی زنان ایجاد می‌شود. هدف از این مطالعه، تشخیص اتوماتیک کاندیدیازیس واژینال از طریق شناسایی و استخراج قارچ کاندیدا در تصاویر میکروسکوپی مربوط به نمونه‌های پاپ اسمیر با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر بود.

**روش‌ها:** فضای نمونه شامل ۲۰۰ تصویر دیجیتال میکروسکوپی بود. به منظور جمع‌آوری مجموعه‌ی تصاویر، از تعداد ۴۹ نمونه‌ی پاپ اسمیر به وسیله‌ی دوربین عکس‌برداری دیجیتال Nikon ۱ V۱ متصل به میکروسکوپ نوری Nikon Eclipse ۵۰i تصویربرداری صورت گرفت. برای یکنواخت‌سازی تصویر، از فیلتر کلاهی پیش زمینه و برای افزایش کنتراست، از ناهمبستگی رنگی به همراه کشش خطی کنتراست استفاده گردید. به منظور آستانه‌گذاری از روش آستانه‌گذاری Otsu در باند سبز تصویر استفاده گردید. برای استخراج میسلیم و کونیدیوم، از ویژگی‌های هندسی مانند مساحت، قطر بزرگ، قطر کوچک، گریز از مرکز، محیط و تراکم به وسیله‌ی دسته‌بندی درخت تصمیم استفاده گردید.

**یافته‌ها:** الگوریتم طراحی شده در تشخیص کونیدیوم قارچ کاندیدا، دارای ویژگی ۹۱/۵۴ درصد و حساسیت ۹۲/۳۲ درصد و در تشخیص میسلیم قارچ کاندیدا دارای ویژگی ۹۸/۶۴ درصد و حساسیت ۹۶/۸۸ درصد بود.

**نتیجه‌گیری:** در صورتی که این نرم‌افزار به صورت موتوریزه درآید، به جهت جلوگیری از خستگی چشم و افزایش دقت پاتالوژیست‌ها به عنوان همیار پزشک در تشخیص، قابل استفاده خواهد بود.

**واژگان کلیدی:** کاندیدیازیس، واژینال، کاندیدا، پاپ اسمیر، پردازش تصویر

**ارجاع:** مؤمن‌زاده محمدرضا، طالبی اردشیر، مهری دهنوی علیرضا، ربانی حسین. تشخیص کاندیدیازیس واژینال با استفاده از استخراج اتوماتیک قارچ کاندیدا در تصاویر مربوط به نمونه‌های پاپ اسمیر. مجله دانشکده پزشکی اصفهان ۱۳۹۳؛ ۳۲ (۳۰۴): ۱۶۶۷-۱۶۵۹

سال‌های زندگی خود به کاندیدیازیس واژینال مبتلا می‌شوند و در حدود ۴۰-۵۰ درصد موارد، برای بار دوم عود بیماری دیده می‌شود (۴-۱).

عامل این بیماری، گونه‌های مختلف کاندیدا است که کاندیدا آلبیکنس (*Candida albicans*)، شایع‌ترین

#### مقدمه

کاندیدیازیس واژینال یکی از شایع‌ترین عفونت‌های دستگاه تناسلی زنان می‌باشد که روزانه در کلینیک‌های بالینی به چشم می‌خورد. تخمین زده می‌شود که ۷۵ درصد زنان حداقل یک بار در طی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه بیوالکترونیک و مهندسی پزشکی، دانشکده‌ی فناوری‌های نوین علوم پزشکی و کمیته‌ی تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

۲- دانشیار، گروه آسیب‌شناسی، دانشکده‌ی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

۳- دانشیار، گروه بیوالکترونیک و مهندسی پزشکی، دانشکده‌ی فناوری‌های نوین علوم پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

Email: talebi@med.mui.ac.ir

نویسنده‌ی مسؤول: دکتر اردشیر طالبی

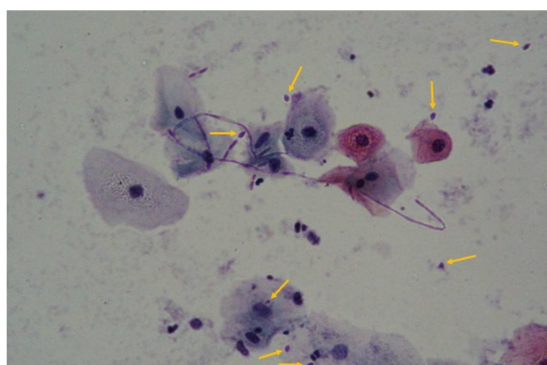
پاپانیکلاو استفاده شد و در صورت موجود بودن قارچ کاندیدا در نمونه، استخراج می‌گردید و بیماری تشخیص داده می‌شد.

قارچ کاندیدا از ۲ قسمت عمده تشکیل شده است که عبارت از میسلیموم (Mycelium) و کونیدیوم (Conidium) می‌باشند (۹).

میسلیموم رشته‌های رویشی قارچ و به صورت شاخه شاخه می‌باشند. این دسته دارای شکل‌های مختلفی می‌باشند که می‌توانند به صورت شاخه‌ای در گوشه‌ای از لام قرار گیرند و یا در حالت تهاجمی به صورت شاخه‌هایی منشعب، متراکم و در هم آمیخته باشند. این رشته‌ها در نمونه‌های پاپ اسمیر مورد استفاده به رنگ قرمز در می‌آیند.

کونیدیوم یک سلول غیر جنسی تخم مرغی شکل است که سطح خارجی آن را هاله‌ای مو مانند می‌پوشاند. در نمونه‌های پاپ اسمیر به رنگ قرمز در می‌آید.

شکل ۱ نمایش دهنده‌ی تصویری میکروسکوپی از یک نمونه‌ی پاپ اسمیر است که قسمت‌های شاخه‌ای، بخش میسلیموم قارچ و قسمت‌های تخم مرغی شکل که با فلش مشخص شده است، بخش کونیدیوم قارچ می‌باشد.



شکل ۱. نمایش میسلیموم و کونیدیوم قارچ کاندیدا آلبیکنس در یک نمونه از آزمایش پاپ اسمیر

و عامل ۹۰-۸۰ درصد موارد بیماری است. عوامل مستعد کننده‌ی اصلی در این بیماری شامل حاملگی، سرکوب سیستم ایمنی، دیابت ملیتوس کنترل نشده، مصرف قرص‌های ضد بارداری حاوی استروژن، درمان آنتی‌باکتریال، استفاده از وسایل داخل رحمی، فعالیت جنسی زیاد و نقص ایمنی موضعی ناحیه‌ی واژن می‌باشند (۵).

عمومی‌ترین علایم بیماری شامل خارش، پرخونی، سوزش، ترشح پنیری شکل، مقاربت دردناک، ترشح غیر طبیعی واژن و اریتم ناحیه‌ی واژن و ولو می‌باشد (۶). رایج‌ترین روش تشخیص، مبتنی بر مشاهده‌ی مستقیم میکروسکوپی لام پاپ اسمیر به دست آمده از بیمار به منظور یافتن میسلیموم و کونیدیوم قارچ کاندیدا می‌باشد (۷-۸).

با توجه به کوچکی اندازه‌ی قارچ کاندیدا و کم بودن گستره‌ی رنگی در تصاویر مربوط به نمونه‌های پاپ اسمیر، پیمایش سطح لام در زیر میکروسکوپ برای یافتن قارچ کاندیدا نیاز به دقت، حوصله و تجربه‌ی بسیار دارد. بنابراین تشخیص میکروسکوپی کاندیدا فرایندی خسته کننده و زمان‌بر است و نیاز به فردی متخصص برای انجام این کار دارد. در نتیجه، آزمایشگاه‌های تشخیص طبی نیازمند افزایش قابلیت‌های خود جهت تشخیص سریع این مخمر با تکیه بر روش‌های ساده، معتبر و ارزان با حساسیت بالا می‌باشند. استفاده از تشخیص کامپیوتری که مبتنی بر تکنیک‌های پردازش تصویر و نرم‌افزاری می‌باشد، علاوه بر سادگی و ارزانی سبب صرفه‌جویی در زمان و افزایش دقت در تشخیص بیماری می‌گردد. در این مطالعه از خصوصیات فنوتیپی و مورفولوژی قارچ کاندیدا در نمونه‌های پاپ اسمیر با رنگ‌آمیزی

## روش‌ها

در این مطالعه نمونه‌ها به دو گروه دارای قارچ کاندیدا (نتیجه‌ی آزمایش مثبت) و بدون قارچ کاندیدا (نتیجه‌ی آزمایش منفی) تقسیم می‌شدند. از این رو، برای میزان خطای مجاز در محاسبات (کمتر از ۰/۱۴)، مقدار حجم نمونه برابر با ۴۹ نمونه تعیین شد.

تعداد نمونه‌ی مورد نیاز، از بین نمونه‌های پاپ اسمیر موجود در آزمایشگاه پاتولوژی المهدی انتخاب گردید. نحوه‌ی انتخاب نمونه‌ها برای آموزش طبقه‌بندی کننده به این صورت بود که ابتدا پزشک به صورت چشمی و با استفاده از میکروسکوپ نوری از وجود قارچ در لام اطمینان حاصل می‌نمود، سپس آن لام به عنوان نمونه در اختیار قرار داده می‌شد تا از نواحی مختلف آن به وسیله‌ی دوربین عکس‌برداری دیجیتال Nikon ۱ V۱ متصل به میکروسکوپ نوری Nikon Eclipse ۵۰i با بزرگ‌نمایی ۴۰۰ تصویربرداری صورت گیرد. تصاویر به دست آمده دارای فرمت jpg در سیستم رنگی sRGB و رزولوشن ۲۵۹۲ × ۳۸۷۲ بودند. کلیه‌ی تصاویر استفاده شده در آدرس اینترنتی <http://misp.mui.ac.ir/fa/Pop-Smear%20Images> موجود می‌باشند. در این مطالعه از تعداد ۲۰۰ تصویر استفاده شد که از ۱۰۰ تصویر برای طراحی الگوریتم تشخیصی و از تعداد ۱۰۰ تصویر دیگر برای آزمایش الگوریتم استفاده شد. نحوه و روند اجرای الگوریتم در شکل ۲ نشان داده شده است.

## ۱- پیش پردازش

## ۱-۱- حذف نویز

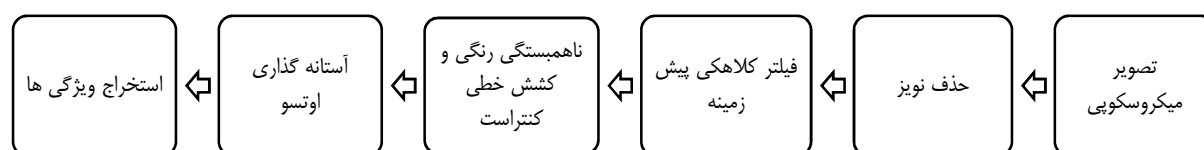
در مرحله‌ی پیش پردازش برای حذف نویز روشنایی در تصاویر میکروسکوپی، از فیلتر میانه (Median filter) بر روی هر ۳ بانده رنگی قرمز، سبز و آبی استفاده شد. همچنین برای کاهش نویز گاوسی و ایجاد تصویری یکنواخت، فیلتر وینر (Wiener filter) بر روی هر ۳ بانده رنگی اعمال گردید (۱۱-۱۲).

## ۱-۲- جداسازی پس زمینه و یکنواخت‌سازی شدت

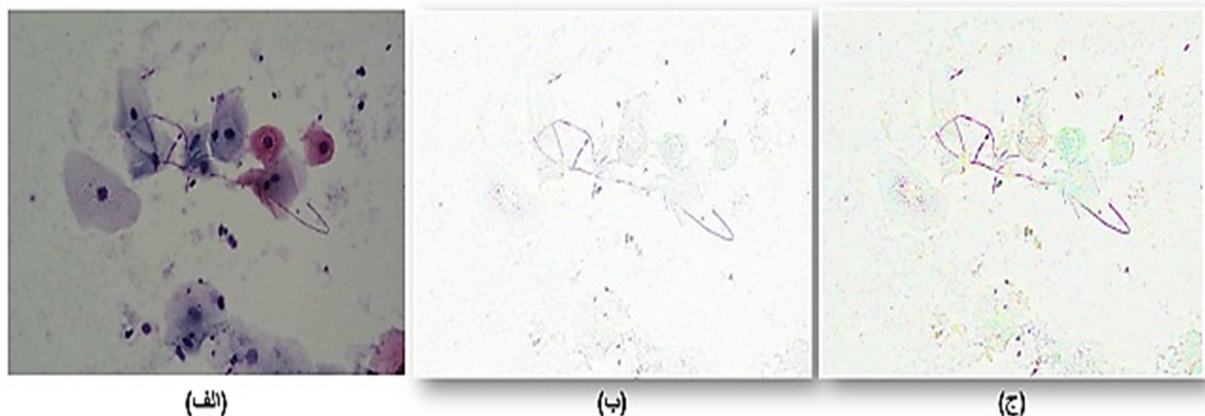
## روشنایی

با توجه به این که میسلیم و کونیدیوم قارچ کاندیدا در پیش زمینه‌ی تصویر قرار می‌گیرند، در اولین قدم از تبدیل کلاهکی پیش زمینه (Bottom-hat transform) استفاده می‌گردد (۱۳-۱۴). خاصیت تبدیل کلاهکی پیش زمینه، استخراج خطوط و اسپات‌های دره‌ای شکل است. همچنین استفاده از این تبدیل، باعث یکنواخت شدن شدت روشنایی تصویر می‌شود. تابع تبدیل به صورت رابطه‌ی (۱) می‌باشد که در آن،  $f$  تصویر مورد پردازش، اپراتور "•" معرف عملیات مورفولوژی بسته نمودن (Closing operation) و  $s$  معرف عنصر سازنده می‌باشد که کنترل کننده‌ی نحوه و میزان انجام عملیات است. در این مطالعه، از عنصر سازنده‌ی لوزی با شعاع ۲۵ پیکسل استفاده شد.

$$H_{\text{bottom}} = (f \bullet s) - f \quad (1)$$



شکل ۲. بلوک دیاگرام روش اجرای الگوریتم تشخیص کاندیدیازیس واژینال



شکل ۳. (الف) نتیجه‌ی حذف نویز در تصویر شکل ۱؛ (ب) حاصل اعمال فیلتر کلاهی پیش زمینه؛ (ج) نتیجه‌ی اعمال ناهمبستگی رنگی و کشش خطی کنتراست

### ۱-۳- افزایش کنتراست

تصاویر به دست آمده از نمونه‌های پاپ اسمیر، دارای چندین کانال رنگی می‌باشد، اما گستره‌ی رنگی در آن بسیار کم است. به همین جهت، برای افزایش تفکیک پذیری و بهبود کنتراست تصویر، از ناهمبستگی رنگی (De-correlation stretching) به همراه کشش خطی کنتراست (Linear contrast stretching) استفاده گردید (۱۷-۱۵). ناهمبستگی رنگی، باعث افزایش گستره‌ی باندهای رنگی شد و تصویر جدید در گستره‌ی رنگی وسیع‌تری قرار گرفت. همچنین استفاده از کشش خطی کنتراست بر روی هر یک از باندهای رنگی، باعث بهبود کنتراست و افزایش تفکیک پذیری رنگی شد و نمایش و تفسیر میسلایوم‌ها و کونیدایوم‌ها را آسان‌تر نمود. شکل ۳ نمایش دهنده‌ی اعمال مراحل پیش پردازش بر روی تصویر شکل ۱ می‌باشد.

### ۲- بخش بندی

#### ۲-۱- آستانه گذاری

برای آستانه گذاری از روش آستانه گذاری Otsu بر روی باند سبز رنگی تصویر استفاده شد؛ چرا که

کونیدایوم و میسلایوم بر روی باند سبز، نمود و نمایش بهتری را از خود نشان می‌دهند (۱۹-۱۸). یک تصویر مقیاس خاکستری که در آن  $g(x,y) \in (0-255)$  شدت پیکسل در مکان  $(x,y)$  را نشان می‌دهد، در نظر بگیرد. در تکنیک‌های آستانه گذاری کلی، هدف محاسبه‌ی آستانه برای پیکسل‌ها می‌باشد؛ به طوری که:

$$o(x,y) = \begin{cases} 0 & \text{if } g(x,y) \leq t \\ 255 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

در روش Otsu، حد آستانه بر اساس هیستوگرام تصویر استخراج می‌شود. نحوه‌ی عملکرد این روش بدین صورت است که تصویر به دو کلاس اصلی پس زمینه و پیش زمینه فرض می‌گردد و روش کار سعی در یافتن بهترین آستانه برای تقسیم هیستوگرام به دو کلاس است. بنابراین، مقدار  $t$  با استفاده از حداقل سازی واریانس درون کلاسی مطابق رابطه‌ی (۳) به دست می‌آید:

$$\sigma_w^2(t) = q_1(t) \sigma_1^2(t) + q_2(t) \sigma_2^2(t) \quad (3)$$

که در آن  $\sigma_w^2$  واریانس درون کلاسی،  $\sigma_1^2$  واریانس کلاس اول و  $\sigma_2^2$  واریانس کلاس دوم می‌باشد. شکل ۴ نمایش دهنده‌ی نتیجه‌ی آستانه گذاری Otsu بر شکل ۳ می‌باشد.

۳- قطر کوچک (Minor axis): بیشترین مسافت عمود بر قطر بزرگ می‌باشد. با توجه به این که میسلایوم‌ها دارای ضخامت معینی می‌باشند، این ویژگی در تشخیص آن‌ها بسیار مفید است.



شکل ۵. نمایش قطر بزرگ (a) و قطر کوچک (b)

۴- گریز از مرکز (Eccentricity): به صورت رابطه‌ی (۴) تعریف می‌شود:

$$e = \sqrt{1 - (b/a)^2} \quad (4)$$

۵- محیط (Perimeter): به صورت طول کانتور در نظر گرفته شده در اطراف کاندیدا می‌باشد.

۶- تراکم (Compactness): نسبت مجذور محیط به مساحت می‌باشد که به صورت رابطه‌ی (۵) تعریف می‌شود. همان‌طور که مشاهده می‌شود، تراکم یک نسبت بدون مقیاس است و به اسکیل و جهت قرارگیری شیء وابستگی ندارد.

$$\text{compactness} = \frac{\text{perimeter}^2}{\text{area}} \quad (5)$$

خصوصیات استخراج شده برای میسلایوم و کونیدیوم به صورت مجزا در ساختار درخت تصمیم (Decision tree) قرار داده شد و به صورت ترکیب دو الگوریتم جدا برای دسته‌بندی میسلایوم و کونیدیوم مورد استفاده قرار گرفت (۲۴-۲۲). شکل ۵، نشان دهنده‌ی نحوه‌ی استخراج میسلایوم و کونیدیوم کاندیدا و در نهایت ترکیب دو الگوریتم می‌باشد.



(الف)



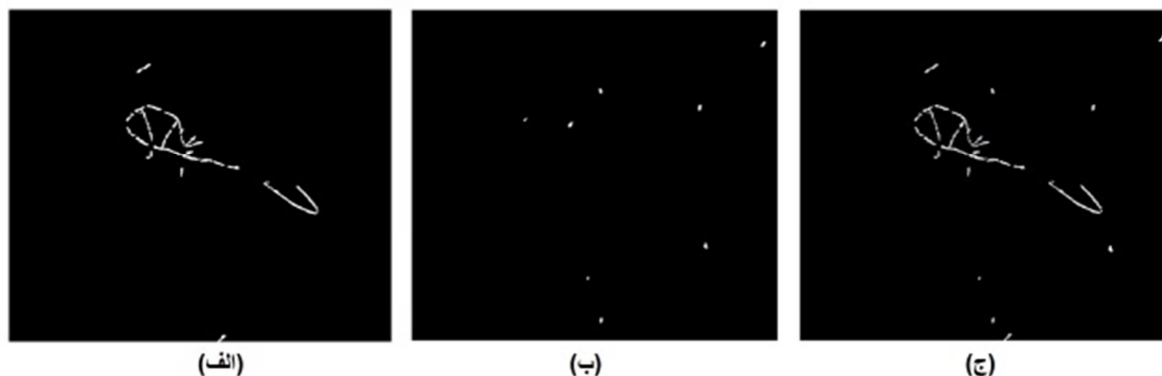
(ب)

شکل ۴. (الف) تصویر شکل ۳- (ب) در باند سبز؛ (ب) نتیجه‌ی آستانه‌گذاری Otsu

### ۳- استخراج ویژگی

برای استخراج ویژگی‌های میسلایوم و کونیدیوم قارچ کاندیدا از تصاویر نمونه‌ی پاپ اسمیر، از ویژگی‌های زیر استفاده شد (۲۱-۲۰):

- ۱- مساحت (Area): تعداد پیکسل‌هایی است که کاندیدای مورد نظر را در بر می‌گیرد. از این ویژگی برای حذف اشیای خیلی بزرگ و یا خیلی کوچک یافت شده استفاده می‌شود.
- ۲- قطر بزرگ (Major axis): بیشترین فاصله بین ۲ نقطه در کاندیدای یافت شده می‌باشد. از این ویژگی، تنها در استخراج کونیدیوم استفاده شده است.



شکل ۵. (الف) نمای استخراج میسلیموم؛ (ب) نمای استخراج کونیدیوم؛ (ج) مجموع ۲ تصویر (الف) و (ب)

قارچ کاندیدا می‌باشند، اما توسط الگوریتم به اشتباه به عنوان قارچ کاندیدا شناخته نشده‌اند. جدول ۱ بیانگر ویژگی و حساسیت الگوریتم تشخیصی ارائه شده می‌باشد.

جدول ۱. نتایج الگوریتم تشخیصی

نوع تشخیص	ویژگی (درصد)	حساسیت (درصد)
کونیدیوم	۹۱/۵۴	۹۲/۳۲
میسلیموم	۹۸/۶۴	۹۶/۸۸

### بحث

کاندیدیازیس واژینال یکی از شایع‌ترین بیماری‌های قارچی زنان و علت مراجعات مکرر آنان به کلینیک است که باعث تحمیل هزینه‌های درمانی برای بیماران می‌گردد. تشخیص به موقع و دقیق بیماری می‌تواند از صرف هزینه‌های درمانی و مراجعات مکرر بیماران بکاهد. در این مطالعه، روشی اتوماتیک برای تشخیص این بیماری ارائه گردیده است. با توجه به نتایج به دست آمده در جدول ۱، روش اتوماتیک ارائه شده دارای ویژگی و حساسیت بالای ۹۰ درصد است و بنابراین روشی معتبر برای تشخیص

### یافته‌ها

الگوریتم طراحی شده برای تشخیص کاندیدیازیس واژینال بر روی ۱۰۰ تصویر آزمایش گردید. در مجموع، علاوه بر این که نتایج با نظر پزشک متخصص مقایسه شدند، به منظور بررسی دقت و صحت نتایج به دست آمده به صورت آماری، پارامترهایی چون حساسیت (Sensitivity) و ویژگی (Specificity) بر روی داده‌ها محاسبه گردید (۲۵). این پارامترها بر اساس روابط (۶) و (۷) به دست آمدند:

$$\text{Sensitivity} = \frac{Tp}{Tp+Fn} \quad (6)$$

$$\text{Specificity} = \frac{Tn}{Tn+Fp} \quad (7)$$

که در آن  $Tp$  بیانگر نمونه‌هایی است که با توجه به نظر پزشک، قارچ کاندیدا می‌باشد و توسط الگوریتم نیز به درستی به عنوان قارچ کاندیدا شناخته شده‌اند.  $Tn$  بیانگر نمونه‌هایی هستند که با توجه به نظر پزشک قارچ کاندیدا نمی‌باشند و توسط الگوریتم به درستی به عنوان قارچ کاندیدا شناخته نشده‌اند.

$Fp$  بیانگر نمونه‌هایی است که با توجه به نظر پزشک قارچ کاندیدا نمی‌باشند، اما توسط الگوریتم به اشتباه به عنوان قارچ کاندیدا شناخته شده‌اند و  $Fn$  بیانگر نمونه‌هایی است که با توجه به نظر پزشک



Otsu در باند سبز تصویر استفاده گردید. برای استخراج میسلیموم و کونیدیوم قارچ کاندیدا، از ویژگی‌های هندسی مانند مساحت، قطر بزرگ، قطر کوچک، گریز از مرکز، محیط و تراکم به وسیله‌ی دسته‌بندی درخت تصمیم استفاده گردیده است که از این ویژگی‌ها و طبقه‌بندی کننده، در تشخیص اتوماتیک سرطان دهانه‌ی رحم و همین‌طور تشخیص اتوماتیک باسیل سل استفاده شده است (۲۴-۲۳، ۱۴). در پایان در مورد تشخیص میسلیموم و کونیدیوم، در صورتی که این نرم‌افزار به صورت موتوریزه درآید، به جهت جلوگیری از خستگی چشم و افزایش دقت پاتالوژیست‌ها به عنوان همیار پزشک در تشخیص، قابل استفاده خواهد بود.

### تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل پایان نامه‌ی دوره‌ی کارشناسی ارشد محمدرضا مؤمنزاده به شماره‌ی طرح پژوهشی ۳۹۲۵۰۸ در دانشگاه علوم پزشکی اصفهان است.

کاندیدیازیس واژینال می‌باشد که علاوه بر دقت تشخیصی بالا، باعث صرفه‌جویی در وقت و کاهش خستگی پزشک می‌گردد. از آن جا که برای تشخیص اتوماتیک کاندیدیازیس واژینال کار خاصی صورت نگرفته بود، از روش‌های به کار رفته در تشخیص اتوماتیک سرطان دهانه‌ی رحم (۱۴) و تشخیص اتوماتیک باسیل سل استفاده شده است (۲۴-۲۳، ۲۱-۲۰، ۱۸-۱۷).

در الگوریتم ارائه شده از تبدیل کلاهیکی پیش زمینه برای جداسازی پس زمینه‌ی تصویر استفاده شد. از این روش در تشخیص اتوماتیک سرطان دهانه‌ی رحم در تصاویر نمونه‌های پاپ اسمیر استفاده شده است (۱۴). از ناهمبستگی رنگی به همراه کشش خطی کنتراست، برای بهبود کنتراست و افزایش گستره‌ی رنگی در تصاویر پاپ اسمیر استفاده گردید که از این روش برای بهبود کنتراست در تشخیص اتوماتیک باسیل سل (میکوباکتریوم توبرکلوزیس) استفاده شده است (۱۷).

به منظور آستانه‌گذاری از روش آستانه‌گذاری

### References

1. Sobel JD. Epidemiology and pathogenesis of recurrent vulvovaginal candidiasis. *Am J Obstet Gynecol* 1985; 152(7 Pt 2): 924-35.
2. Sobel JD. Candidal vulvovaginitis. *Clin Obstet Gynecol* 1993; 36(1): 153-65.
3. Sobel JD. Vulvovaginal candidosis. *Lancet* 2007; 369(9577): 1961-71.
4. White DJ, Vanthuyne A. Vulvovaginal candidiasis. *Sex Transm Infect* 2006; 82(Suppl 4): iv28-iv30.
5. Fidel PL, Jr. History and new insights into host defense against vaginal candidiasis. *Trends Microbiol* 2004; 12(5): 220-7.
6. Moreira D, Paula CR. Vulvovaginal candidiasis. *Int J Gynaecol Obstet* 2006; 92(3): 266-7.
7. Garcia HM, Garcia SD, Copolillo EF, Cora EM, Barata AD, Vay CA, et al. Prevalence of vaginal candidiasis in pregnant women. Identification of yeasts and susceptibility to antifungal agents. *Rev Argent Microbiol* 2006; 38(1): 9-12.
8. Vincent JL, Anaissie E, Bruining H, Demajo W, el-Ebiary M, Haber J, et al. Epidemiology, diagnosis and treatment of systemic *Candida* infection in surgical patients under intensive care. *Intensive Care Med* 1998; 24(3): 206-16.
9. Barnett JA. A history of research on yeasts 12: medical yeasts part 1, *Candida albicans*. *Yeast* 2008; 25(6): 385-417.
10. Kasiulevicius V, Sapoka V, Filipaviciute R. Sample size calculation in epidemiological studies. *Gerontologija* 2006; 7(4): 225-31.
11. Akyuz AO, Reinhard E. Noise reduction in high dynamic range imaging. *J Vis Commu Image R* 2007; 18(5): 366-76.

12. Ellenberger J. Noise reduction in digital imaging- an exploration of the state of the art. for CS525-Multimedia Computing and Communications. Colorado Springs, CO: University of Colorado; 2010.
13. Jalba C, Wilkinson HF, Roerdink BTM. Morphological hat-transform scale spaces and their use in pattern classification. *Pattern Recognition* 2004; 37(5): 901-15.
14. Gentav A, Aksoy S, Onder S. Unsupervised segmentation and classification of cervical cell images. *Pattern Recognition* 2012; 45(12): 4151-68.
15. Saleh Al-amri SS, Kalyankar NV, Khamitkar SD. Linear and non-linear contrast enhancement image. *International Journal of Computer Science and Network Security* ed. 2010.
16. Gillespie AR, Kahle AB, Walker RE. Color enhancement of highly correlated images. I. Decorrelation and HSI contrast stretches. *Remote Sensing of Environment* 1986; 20(3): 209-35.
17. Siena I, Adi K, Gernowo R, Mirnasari N. Development of algorithm tuberculosis bacteria identification using color segmentation and neural networks. *International Journal of Video and Image Processing and Network Security* 2012; 12(4): 9-13.
18. Costa MG, Costa Filho CF, Sena JF, Salem J, de Lima MO. Automatic identification of mycobacterium tuberculosis with conventional light microscopy. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 2008; 2008: 382-5.
19. Otsu N. A threshold selection method from gray-level histograms. *Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on* 1979; 9(1): 62-6.
20. Forero MG, Sroubek F, Cristbal G. Identification of tuberculosis bacteria based on shape and color. *Real-Time Imaging* 2004; 10(4): 251-62.
21. Hiremath PS, Parashuram B. Automatic identification and classification of Bacilli bacterial cell growth phases. *IJCA, Special Issue on RTIPPR* 2010; 1: 48-52.
22. Loh WY. Classification and regression trees. *WIREs Data Mining Knowl Discov* 2011; 1(1): 14-23.
23. Sadaphal P, Rao J, Comstock GW, Beg MF. Image processing techniques for identifying Mycobacterium tuberculosis in Ziehl-Neelsen stains. *Int J Tuberc Lung Dis* 2008; 12(5): 579-82.
24. Tadrous PJ. Computer-assisted screening of Ziehl-Neelsen-stained tissue for mycobacteria. Algorithm design and preliminary studies on 2,000 images. *Am J Clin Pathol* 2010; 133(6): 849-58.
25. Glas AS, Lijmer JG, Prins MH, Bossel GJ, Bossuyt PM. The diagnostic odds ratio: a single indicator of test performance. *J Clin Epidemiol* 2003; 56(11): 1129-35.



## Diagnosis of Vulvovaginal Candidiasis via Automatic Extraction of Candida Fungus from Pap Smear Images

Mohammadreza Momenzadeh<sup>1</sup>, Ardeshir Talebi MD<sup>2</sup>, Alireza Mehri-Dehnavi PhD<sup>3</sup>, Hossein Rabbani PhD<sup>3</sup>

### Original Article

#### Abstract

**Background:** Vulvovaginal candidiasis (VVC) is a common clinical problem due to occurrence overgrowth of candida in genital system mucosa of females. The aim of this study was automatic diagnosis of vulvovaginal candidiasis via detection and extraction of candida fungus from microscopic images of Pap smear samples. We used image processing techniques to detect candida fungus.

**Methods:** The sample space consisted of 200 microscopic images. Microscopic images were prepared from 49 Pap smear samples using Nikon1 V1 camera mounted on Nikon Eclipse 50i light microscope. For uniform illumination of the images, bottom-hat filtering was used. De-correlation stretching and linear contrast stretching were used for contrast enhancement. Different geometric features such as area, major axis, minor axis, eccentricity, perimeter, compactness, and decision tree classifier were used for extraction of mycelium and conidium of candida.

**Findings:** The results of extraction of mycelium showed a specificity of 98.64% and a sensitivity of 96.88%. The corresponding values for conidium detection were 91.54% and 92.32%, respectively.

**Conclusion:** According to our findings, this software would be helpful to pathologists in the diagnosis of vulvovaginal candidiasis in prevention of eyestrain. It could increase the accuracy of diagnosis, too.

**Keywords:** Candidiasis, Vulvovaginal, Candida, Papanicolaou smear, Image processing

**Citation:** Momenzadeh M, Talebi A, Mehri-Dehnavi A, Rabbani H. **Diagnosis of Vulvovaginal Candidiasis via Automatic Extraction of Candida Fungus from Pap Smear Images.** J Isfahan Med Sch 2014; 32(304): 1659-67

1- MSc Student, Department of Bioelectric and Biomedical Engineering, School of Advanced Medical Technology AND Student Research Committee, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

2- Associate Professor, Department of Pathology, School of Medicine, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

3- Associate Professor, Department of Bioelectric and Biomedical Engineering, School of Advanced Medical Technology, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

**Corresponding Author:** Ardeshir Talebi MD, Email: talebi@med.mui.ac.ir