

استخراج ویژگی‌های مناسب جهت تشخیص بیماری سرطان پستان با استفاده از تحلیل دینامیک تصاویر ترموگرافی

حسین قیومی‌زاده^۱، علی فیاضی^{۲*}، بیتا بی‌نظیر^۳، مصطفی یارقلی^۴

• پذیرش مقاله: ۹۸/۷/۹

• دریافت مقاله: ۹۷/۱۲/۱

مقدمه: ترموگرافی یک روش تصویربرداری غیرتهاجمی است که می‌تواند جهت تشخیص سرطان پستان مورد استفاده قرار گیرد. در این مطالعه روشی جهت استخراج ویژگی‌های مناسب در تصاویر دینامیک ترموگرافی سینه ارائه شد. ویژگی‌های استخراج شده می‌توانند جهت طبقه‌بندی تصاویر ترموگرافی به سرطانی و سالم کمک کننده باشند.

روش: در این مطالعه توصیفی-تحلیلی تصاویر از پایگاه داده پروژه آنالیز IC/UFF استخراج شد. تعداد افراد مورد بررسی ۱۹۶، شامل ۴۱ مورد سرطانی و ۱۵۵ مورد سالم بودند. هر فرد دارای ۱۰ تصویر ترموگرافی که جمعاً تعداد تصاویر آنالیز شده ۱۹۶۰ تصویر ترموگرافی بود. این تصاویر با استفاده از دوربین FLIR ThermoCam S45 ضبط شد. مدل پیشنهادی بر اساس سلسله تصاویر ترموگرافی پستان یک فرد جهت استخراج ۸ ویژگی مناسب ارائه شد. ویژگی‌های استخراج شده شامل میانگین، انحراف معیار، آنتروپی، کورتوسیس، همگنی، انرژی، اسکونتس و واریانس است.

نتایج: عملکرد ویژگی‌های استخراج شده، توسط طبقه‌بندکننده‌های شامل درخت تصمیم، ماشین بردار پشتیبان، تجزیه و تحلیل متقارن درجه دوم و الگوریتم K-نزدیک‌ترین همسایگی با استفاده از cross validation ده‌گانه مورد ارزیابی قرار گرفتند. مقادیر دقت و حساسیت به ترتیب، بر اساس الگوریتم‌های درخت تصمیم ۹۹٪، ۹۹/۳۳٪ و ماشین بردار پشتیبان ۹۸/۴۶٪، ۹۵/۱۲٪ و تجزیه و تحلیل متقارن درجه دوم ۱۰۰٪، ۱۰۰٪ و الگوریتم K-نزدیک‌ترین همسایگی ۹۹٪، ۹۷/۵۶٪ به دست آمد.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که از میان ویژگی‌های آماری مرتبه اول، میانگین تفاوت، چولگی، آنتروپی و انحراف استاندارد ویژگی بسیار مؤثری هستند که بیشتر به تشخیص عدم تقارن کمک می‌کنند. ویژگی‌های استخراج شده با استفاده از مدل پیشنهادی می‌توانند در طبقه‌بندی افراد سالم و سرطانی در تصاویر حرارتی بسیار کمک کننده باشند.

کلید واژه‌ها: مدل دینامیک، ترموگرافی، سرطان پستان، استخراج ویژگی

ارجاع: قیومی‌زاده حسین، فیاضی علی، بی‌نظیر بیتا، یارقلی مصطفی. استخراج ویژگی‌های مناسب جهت تشخیص بیماری سرطان پستان با استفاده از تحلیل دینامیک تصاویر ترموگرافی. مجله انفورماتیک سلامت و زیست پزشکی ۱۳۹۹؛ ۷(۲): ۹۱-۱۰۱.

۱. دکتر مهندسی پزشکی، استادیار، گروه مهندسی برق، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران
۲. دکتر تخصصی کنترل، استادیار، گروه مهندسی برق، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران
۳. کارشناسی ارشد برق، گروه مهندسی برق، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
۴. دکتر مهندسی برق، دانشیار، گروه مهندسی برق، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

* نویسنده مسئول: علی فیاضی

آدرس: رفسنجان، میدان امام خمینی، دانشگاه ولیعصر (عج)، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی برق

• Email: a.fayazi@vru.ac.ir

• شماره تماس: ۰۳۴۳۱۳۱۲۳۹۸

مقدمه

تشخیص زودهنگام بیماری پستان برای کاهش میزان بروز مرگومیر ناشی از آن با بهبود مزایای بقاء، امری ضروری است [۱]. سرطان سینه شایع‌ترین سرطان زنان است و دومین سرطان در میان دیگر انواع سرطان‌ها است [۲]. انواع روش‌های تصویربرداری با هدف بهبود حساسیت و ویژگی تشخیص سرطان پستان ابداع شده‌اند [۳]. غربالگری فعلی مانند ماموگرافی دارای محدودیت‌هایی از جمله دردناک بودن است. همچنین قرار گرفتن در معرض تابش برای مدت طولانی و هزینه بالای روش‌های تصویربرداری ناراحت‌کننده است [۲]. حساسیت ماموگرافی به‌طور عمده به وجود فیزیک تومور بستگی دارد و برای زنان جوان‌تر با بافت‌های متراکم پستان بسیار کم‌تر است. تصویربرداری مادون قرمز یا ترموگرافی یک روش غیرتهاجمی، بدون درد و بدون پرتو تابش مضر است؛ که به دلیل حساسیت و ویژگی بالا به‌طور گسترده به‌عنوان یک ابزار غربالگری کمکی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۴]. از آنجایی که سرطان پستان تا اواخر روند بیماری بدون علامت است، معاینه منظم سلامت پستان برای شناسایی هرگونه تغییر در سلامت پستان ضروری است. با حساسیت ۹۰٪ از روش ترموگرافی، می‌توان برای معاینه منظم سلامت پستان در بیماران بدون علامت برای تشخیص مواردی که نیازمند توجه فوری پزشکی هستند، استفاده کرد [۵]. در مطالعات گذشته [۶، ۷]، گزارش شده است که ترموگراف‌هایی که دارای توزیع درجه حرارت نامتقارن هستند اغلب به اختلال عملکرد فیزیولوژیک در سینه‌های بیمار مربوط است. در روش ترموگرافی می‌توان با بررسی و آنالیز دمای نوک پستان، وجود

تکه‌های گرم و تغییرات عروقی، ممکن است به وجود مشکلات پستانی مشکوک‌تر شویم، ظاهر این تکه‌های گرم و تغییرات عروقی به خاطر گرمای تولیدشده توسط فعالیت‌های متابولیکی بالای رگ‌های خونی است [۸].

با توجه به این که تفاوت دمای کوچک در ترموگرافی پستان ممکن است منجر به تجزیه و تحلیل نادرست شود؛ بنابراین به منظور شناسایی وجود اختلالات پستانی در مراحل اولیه، طراحی سیستم کارآمد تشخیص به کمک کامپیوتر طراحی CAD (Computer-Aided Design) برای تحلیل الگوهای حرارتی ممکن است نقش قابل‌توجهی داشته باشد [۱]. اگرچه بسیاری از تلاش‌ها برای تشخیص ناهنجاری سینه از ترموگرافی‌ها در نوشته‌ها یافت شده‌اند، تمایزی که ترموگرافی غیرعادی از یک فرد عادی هنوز به دلیل ماهیت ظریف الگوهای دمایی در ترموگرافی پستان بسیار چالش‌برانگیز است [۹]. در چند دهه گذشته، تکنیک‌های پردازش تصویر و هوش مصنوعی در زمینه تشخیص سرطان پستان بر روی تصاویر ترموگرافی ارائه شده است؛ که درمان را می‌تواند کم‌هزینه‌تر و مؤثرتر نماید.

تجزیه و تحلیل نامتقارن دوطرفه، به‌طور گسترده مورد بررسی قرار گرفته است و روش تشخیص کلاسیک غربالگری پستان از ترموگرافی هست [۱]. خلاصه‌ای از کارهای موجود در مورد آنالیز عدم تقارن بر مبنای آنالیز عدم تقارن پستان در جدول ۱ نشان داده شده است. در این جدول، پروتکل سیستم مانند مجموعه ویژگی‌ها، اندازه مجموعه داده‌های تجربی، الگوریتم طبقه‌بندی و نمرات عملکرد روش‌های موجود را خلاصه می‌کند.

جدول ۱: خلاصه‌ای از تجزیه و تحلیل نامتقارن دوطرفه پستان مبتنی بر روش‌های تشخیص غربالگری از ترموگرافی

پایگاه داده	ویژگی	حساسیت	دقت	نوع طبقه‌بند	روش	نویسنده
۱۴۶	-	-	۸۰٪	طبقه‌بندی کننده مبتنی بر قانون فازی هیبرید	ویژگی‌های آماری و بافت	Schaefer و همکاران [۱۰]
۸۲	۸۸/۲۰٪	۸۱/۲۰٪	۸۰/۹۵٪	شبکه‌های عصبی پایه شعاعی	داده‌های دما و بالینی بیمار	Ng و همکاران [۱۱]
۵۰	۱۰۰٪	۸۶/۷۰٪	۹۳/۳۰٪	درخت تصمیم	ویژگی‌های بافت و DWT	Mookiah و همکاران [۱۲]
۵۰	۱۰۰٪	۸۵/۷۱٪	۸۸/۱۰٪	ماشین بردار پشتیبان	ویژگی‌های بافت	Acharya و همکاران [۱۳]
۲۲	۱۰۰٪	۸۱/۸۲٪	۹۰/۹۱٪	ماشین بردار پشتیبان	ویژگی‌های آماری و بافت	Francis و همکاران [۱۴]
۵۰	۸۶/۵۰٪	۸۵/۷۰٪	-	طبقه‌بندی کننده مبتنی بر فاصله	ویژگی‌های نمادین فاصله زمانی دما	Araujo و همکاران [۱۵]
۲۰۰	۷۵٪	۵۰٪	۷۰٪	شبکه‌های عصبی خودسازمان‌ده	مومن‌های مرتبه اول	Zadeh و همکاران [۱۶]
۸۰	۹۲/۵٪	۸۷/۵٪	۹۰٪	ماشین بردار پشتیبان	ویژگی‌های آماری و بافت	Sathish و همکاران [۱۷]
۲۸	۲۵٪	۹۵/۸۳٪	۸۵/۷۱٪	ماشین بردار پشتیبان	مومن‌های مرتبه اول	Borchardt و همکاران [۱۸]
۶۷	۹۰/۸۳٪	۶۳/۳۳٪	۸۵/۳۳٪	آداپوست	ویژگی‌های آماری، مورفولوژیکی، فرکانس دامنه، هیستوگرام	Lashkari و همکاران [۱۹]

اهمیت نیز مربوط به تکنیک عدم تقارن است که روش اصلی در ترموگرافی هست. اگر ناحیه سینه به درستی انتخاب و جداسازی نگردد، نمی‌توان آنالیزهای از قبیل مومنت‌های مرتبه اول و یا دوم را با استفاده از تکنیک عدم تقارن پیاده‌سازی نمود، یا نتایجی که حاصل می‌گردد موجب کاهش حساسیت و دقت در کلاستر بندی نتایج از نظر بیمار یا سالم بودن نمونه خواهد داشت. با توجه به جستجوی کارهای گذشته [۴،۲۲،۲۳] که در زمینه ترموگرافی سرطان سینه انجام داده است، پیشنهاد شده که قسمت جداسازی سینه به صورت نیمه‌خودکار انجام گردد تا از دقت بسیار بالاتری در کلاستر بندی برخوردار باشد. با توجه به بررسی‌های انجام شده متوجه خواهیم شد که الگوی اکثر تصاویر ترموگرافی سینه در پایگاه مورد نظر، از الگوهای تصاویر شکل ۱ تبعیت می‌کنند.

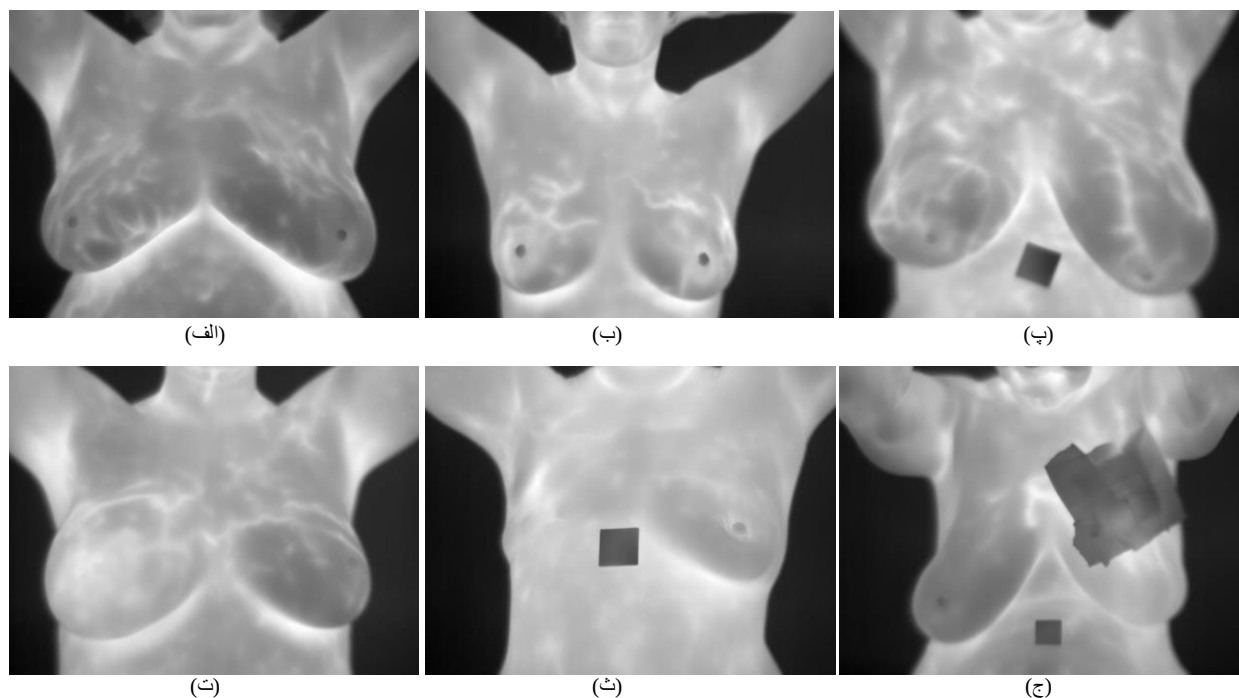
همان‌طور که قابل مشاهده است تصاویر در قالب ۶ نوع الگو می‌باشند که به صورت تک‌به‌تک آنالیز می‌شود. تصاویری همچون تصویر ۱-الف که ناحیه سینه به صورت متقارن است و حالت بیضوی دارد که در مقالات گذشته با تکنیک‌های جداسازی سه‌موی، جداسازی می‌شدند. تصاویری در قالب الگو ۱-ب که ناحیه سینه به صورت کروی بوده و می‌توان با تکنیک‌هایی از قبیل هاف دایروی جداسازی نمود؛ اما برخی از تصاویر هستند مانند ۱-پ و ۱-ت که از نظر مورفولوژی به صورت متقارن نبوده و امکان دارد یک تکنیک مشابه، بر روی سینه راست و چپ پاسخ مناسب ندهد. تصاویری نیز وجود دارند همچون الگو ۱-ث که ناحیه سینه به درستی قابل تشخیص نیست. تصاویری نیز مانند ۱-ج هستند که ممکن است بی‌پوسی شده یا در فاصله زمانی کم از تصویربرداری، تحت عمل جراحی قرار گرفته‌اند که نیازمند مبرم به قرارگیری پانسمانی بر روی ناحیه سینه دارند که در این صورت عدم تقارن پاسخ مناسبی نخواهد داشت. موارد همچون الگوی ۱-الف و ۱-ب و حتی الگوهای نظیر ۱-پ و ۱-ت را می‌توان با صرف‌نظر از حساسیت و دقت بالا به صورت هوشمندانه جداسازی نمود؛ اما برای این که بتوان حساسیت و دقت را به نحو احسن بالا ببریم و مواردی نظیر ۱-ث و ۱-ج را از دست ندهیم، پیشنهاد قسمت جداسازی به صورت نیمه‌خودکار صورت پذیرفت.

با مرور مطالعات گذشته در زمینه ترموگرافی پستان از جمله محدودیت‌های زیر وجود داشت. عدم دسترسی محققان و به خصوص مهندسان پردازش تصویر به پایگاه‌های داده آزاد، وجود تصاویر اندک در پایگاه داده و مورفولوژی‌های مختلف پستان در افراد سبب شده است که روش‌های هوش مصنوعی ارائه شده تاکنون معمولاً در مرحله آزمون بر روی تصاویر خارج از پایگاه داده، دارای پاسخی مناسب نباشند. به همین لحاظ در این مطالعه سعی شد، یک سیستم استخراج ویژگی با دقت بالا بر اساس مدل دینامیک تصاویر حرارتی برای پشتیبانی از ترموگرافی در تصمیم‌گیری پیشنهاد شود. ویژگی‌های ارائه شده می‌تواند جهت استفاده در شبکه‌های هوشمند جهت تشخیص بسیار کارآمد باشند.

روش

تصاویر مورد بررسی در این مطالعه، از تصاویر ترموگرافی پستان پایگاه داده پروژه آنالیز <http://visual.ic.uff.br/proeng/> استفاده شد [۲۰]. این تصاویر با استفاده از دوربین FLIR ThermaCam S45 ضبط شد و توسط کمیته اخلاقی دانشگاه فدرال برزیل تأیید شد. تصاویر ترموگرافی در بیمارستان دانشگاهی جمع‌آوری شده‌اند و در وزارت بهداشت برزیل ثبت شده‌اند. این تصاویر پایگاه داده از بیماران و داوطلبان بالای ۳۵ سال گرفته شده است. این تصاویر بر مبنای رطوبت نسبی و دمای اتاق اصلاح شدند. جهت تصویربرداری از بیمار خواسته شده است به مدت ۱۰ دقیقه استراحت نماید تا به یک تعادل حرارتی لازم برسد. تصاویری که در پایگاه قرار گرفته‌اند توسط یک رادیولوژیست و به‌ویژه کارکنان آموزش‌دیده به‌طور دستی بخش‌بندی شده‌اند [۲۱]. در این پایگاه برای هر فرد معمولاً بین صفر (در برخی موارد تصویر ترموگرافی موجود نیست) تا ۳۰ تصویر قرار داده شده است. تصاویر به صورت مستقیم و یا با زاویه متمایل از بیمار گرفته شده است. در کل، تعداد افراد مورد بررسی ۱۹۶ که شامل ۴۱ مورد سرطانی و ۱۵۵ مورد سالم بوده است. هر فرد دارای ۱۰ تصویر ترموگرافی است که جمعاً تعداد تصاویر آنالیز شده ۱۹۶۰ تصویر ترموگرافی هست.

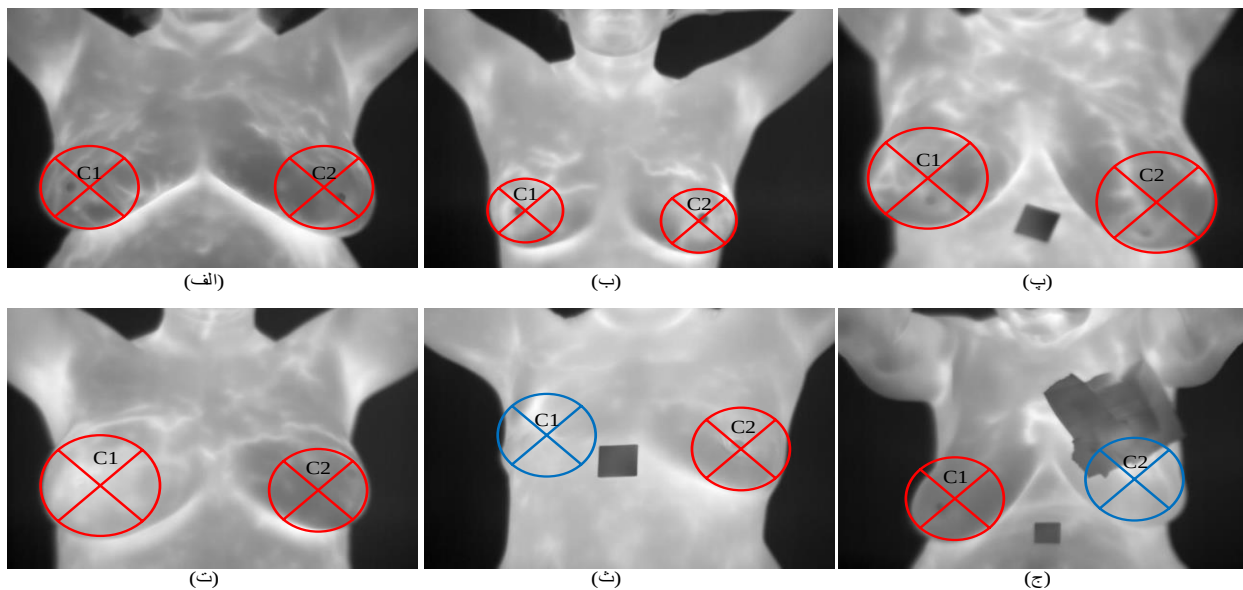
امروزه جداسازی ناحیه سینه در تصاویر ترموگرافی جهت بررسی و آنالیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. علت این



شکل ۱: الگوی تصاویر حرارتی در تصاویر ترموگرافی پستان در پایگاه داده مورد بررسی قرار گرفته

بایستی به چند نکته توجه کرد. اگر الگوی تصاویر سینه به صورت ۲-ب باشد می توان مرکز را بر روی نیل سینه انتخاب نمود. اگر الگوی تصاویر سینه به صورت ۲-الف و ۲-پ و ۲-ت باشد بهتر است به گونه ای مرکز انتخاب شود که بیشترین همپوشانی را، دایره انتخابی با سینه داشته باشد. اگر تصاویری به صورت ۲-ث و ۲-ج وجود داشته بود می توان مرکز را با صورت متقارن نسبت به سینه ای که دیده می شود انتخاب نمود. اکنون که مراکز c1 و c2 در ناحیه سینه چپ و راست تعیین شد، بایستی یک دایره انتخاب شود. شعاع این دایره برابر با فاصله مرکز دایره از لبه سینه مربوطه است.

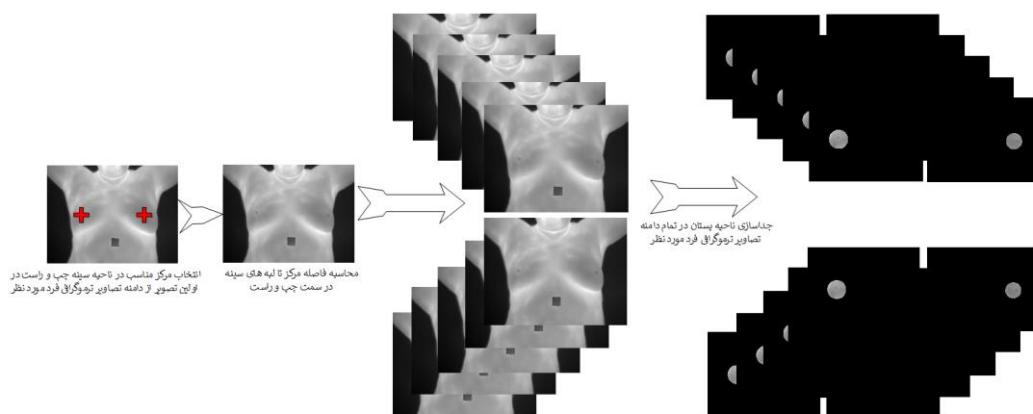
در این مرحله بایستی با شناخت الگوی مرحله قبل به جداسازی ناحیه سینه پرداخته شود. با توجه به این که موقعیت مکانی فرد در لحظه عکسبرداری تغییر نکرده است، تمام ۱۰ تصویر گرفته شده از فرد تقریباً یکسان هست. برای جداسازی ناحیه سینه، مرکزی به صورت دستی و با انتخاب اپراتور بر روی ناحیه سینه چپ و راست (c1, c2) یکی از تصاویر فرد علامت گذاری می شود. در شکل ۲ مراکز انتخاب شده نمایش داده شده است. این مرکز نشان دهنده، مرکز یک دایره هست که اگر این دایره جداسازی شود بتواند ناحیه سینه را جداسازی نماید. بر طبق این مرکز، ناحیه سینه بر روی تمام تصاویر فرد جداسازی می شود. در قرار دادن مرکز c1 و c2 در تصاویر



شکل ۲: انتخاب مراکز مناسب در تصاویر حرارتی بر مبنای مورفولوژی های متفاوت بافت پستان در افراد بر روی پایگاه داده مورد بررسی قرار گرفته

روی تمام ۱۰ تصویر فرد جدا می گردد. شکل مربوط به این قسمت در ۳ نمایش داده شد.

پس از این که شعاع دایره نسبت به مرکز انتخابی تعیین شد، ناحیه سینه در قالب یک دایره با مشخصات ذکر شده بر



شکل ۳: جداسازی نواحی سینه چپ و راست در یک سلسله تصاویر ترموگرافی از یک شخص

ویژگی های آماری که اطلاعات کاملاً متمایز از یک ترموگرافی پستان را ارائه می دهد را شناسایی کند که بر اساس آن یک نتیجه گیری در مورد سلامت سینه یک بیمار می تواند ترسیم شود. ویژگی های آماری درجه اول، ساده ترین ویژگی های آماری هستند. آن ها مستقیماً از مقادیر شدت روشنایی تصویر اصلی محاسبه می شوند یعنی می توانند از هیستوگرام یک تصویر محاسبه شوند. هیستوگرام یک تصویر شامل تمام اطلاعات آماری در مورد یک تصویر است. اگر $p(i)$ احتمال وقوع هر سطح خاکستری i در یک تصویر $F(y,x)$ باشد که G مقدار کل سطح خاکستری است، ویژگی های مورد استفاده

ویژگی، برخی خصوصیات قابل شمارش و قابل توجه یک تصویر را مشخص می کند. در نتیجه ویژگی های یک تصویر می تواند به تفکیک مناطق مختلف در یک تصویر کمک کند. این ویژگی ها می توانند ویژگی های سطح پایین یا ویژگی های سطح بالا باشند. ویژگی های سطح پایین مستقیماً از مقادیر شدت روشنایی تصویر استخراج می شوند. مقادیر شدت روشنایی پیکسل در یک ترموگراف سینه نشان دهنده تابش گرمایی ناشی از انتشار گرما از بدن انسان است. انتخاب ویژگی های مناسب یکی از وظایف مهم در تجزیه و تحلیل عدم تقارن پستان در تصاویر ترموگرافی هست. در این بخش، این مطالعه قصد دارد

به صورت زیر تعریف می شوند؛ که هر یک از این ویژگی ها را می شود.

به صورت جداگانه برای ناحیه چپ و راست پستان محاسبه

$$F_1 = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N p(i, j) \quad (1)$$

میانگین :

$$F_2 = \sum_{i,j} p(i, j)^2 \quad (2)$$

انرژی :

$$F_3 = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (p(i, j) - \mu)^2} \quad (3)$$

انحراف معیار :

$$F_4 = -\sum_{k=0}^{L-1} prk (\log_2 prk) \quad (4)$$

آنتروپی :

$$F_5 = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \frac{(p(i, j) - \mu)^2}{\sigma} \quad (5)$$

اسکوئیس :

$$F_6 = -\sum_{i,j} \frac{p(i, j)}{1 + |i - j|} \quad (6)$$

همگنی :

$$F_7 = \left\{ \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \left[\frac{P(i, j) - \mu}{\sigma} \right]^4 \right\} \quad (7)$$

کورتوسیس :

$$F_8 = (S.D)^2 \quad (8)$$

واریانس :

نهایت q که می تواند راست و چپ باشد، خواهد بود. اکنون طبق رابطه زیر، ویژگی های سمت چپ و راست پستان را در قالب یک ویژگی در ۱۰ تصویر یک فرد که به صورت میانگین خواهد بود به دست خواهیم آورد.

اکنون برای یک ناحیه پستان چپ و راست به صورت جداگانه ۸ ویژگی وجود دارد. اگر ویژگی ها را در قالب $F(c, m, n, q)$ نام گذاری شود در این صورت c بیانگر فرد موردنظر که از ۱ تا ۱۹۶، m بیانگر شماره تصویر فرد موردنظر که از ۱ تا ۱۰، n نمایانگر شماره ویژگی که از ۱ تا ۸ و در

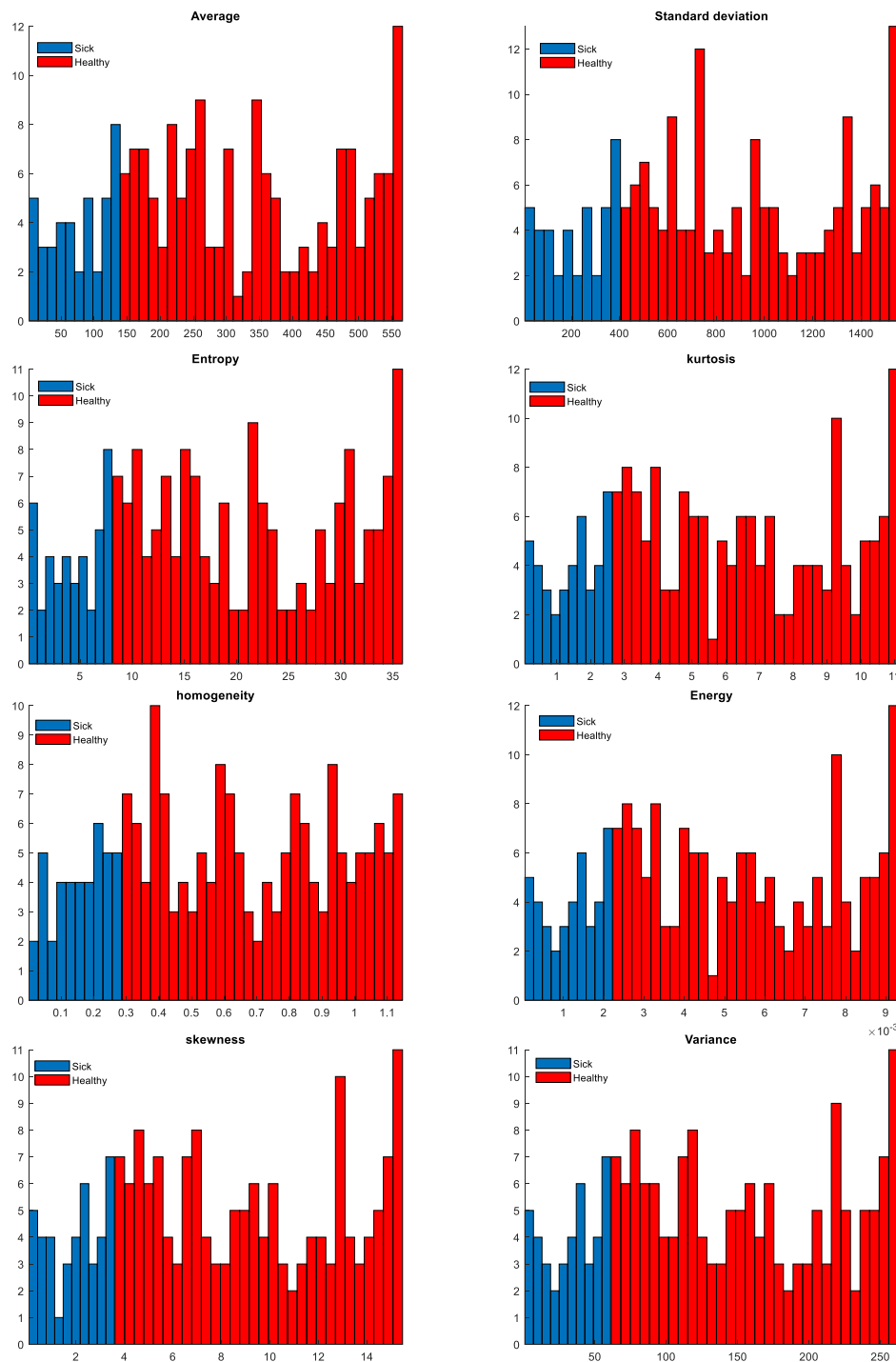
$$F(c, n, q) = \frac{1}{10} \sum_{m=1}^{10} |F(c, m, n, right) - F(c, m, n, left)| \quad (9)$$

استخراج شده به صورت جدا از یکدیگر و در قالب موارد سالم و بیمار رسم شد که این نتیجه در شکل ۴ نمایش داده شده است. همان گونه که مشخص هست می توان یک رنج متمایزکننده برای طبقه بندی افراد سالم از بیمار در تک تک ویژگی ها به دست آورد.

اکنون ۸ ویژگی منحصر به فرد برای یک مجموعه تصاویر ۱۰ تایی از یک فرد خواهیم داشت.

نتایج

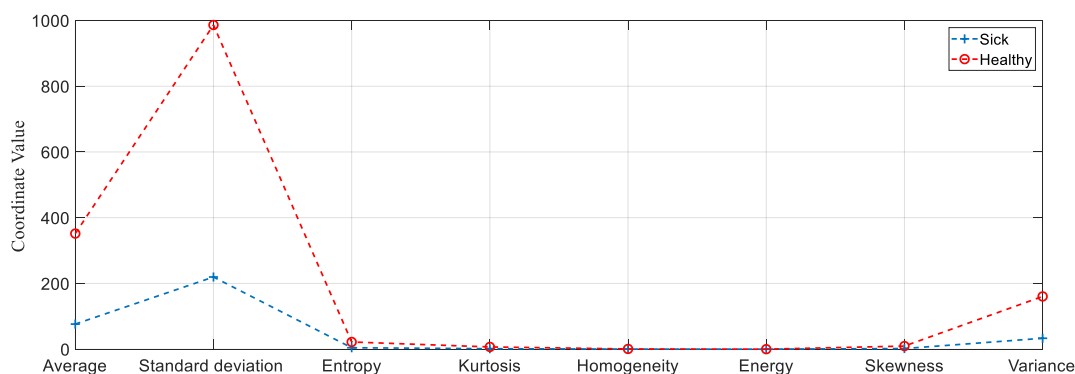
برای ارزیابی مدل ابتدا هیستوگرام ویژگی های



شکل ۴: نمودارهای هیستوگرام ویژگی‌های میانگین، انحراف معیار، آنتروپی، کورتوسیس، همگنی، انرژی، اسکوئیس و واریانس

انحراف معیار و میانگین و واریانس از جمله ویژگی‌هایی هستند که به‌خوبی مرز تفکیکی را بین موارد سالم و بیمار ایجاد کرده‌اند.

می‌توان مقدار و ارزش هر یک از ویژگی‌ها را به‌صورت یک جا در قالب افراد سالم و بیمار رسم نمود که در شکل ۵ نمایش داده شده است. همان‌گونه که مشخص هست ویژگی‌های



شکل ۵: ارزیابی مقادیر ویژگی‌های استخراج شده نسبت به یکدیگر در قالب افراد سالم و بیمار

بحث و نتیجه‌گیری

و ویژگی استفاده شده است که برتری روش پیشنهادی را ایجاد می‌کند. این پارامترها به شرح زیر داده می‌شوند:

برای تسهیل ارزیابی عملکرد سیستم تشخیص ناهنجاری سینه پیشنهاد شده این مطالعه، سه معیار ارزیابی: دقت، حساسیت

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (10)$$

$$Sensitivity = \frac{TP}{TP + FN} \quad (11)$$

$$Specificity = \frac{TN}{TN + FP} \quad (12)$$

سیستم‌های تشخیص ناهنجاری سینه توسط چهار طبقه‌بند کننده شامل درخت تصمیم، ماشین بردار پشتیبان، تجزیه و تحلیل متقارن درجه دوم و الگوریتم K-نزدیک‌ترین همسایگی با استفاده از cross validation ده‌گانه مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج ارزیابی در جدول ۲ نشان داده شده است.

متغیرهای Accuracy، Sensitivity و Specificity به ترتیب دقت، حساسیت و ویژگی تشخیصی مدل می‌باشند و متغیرهای TP، TN، FP و FN به ترتیب تعداد مثبت‌های درست، منفی‌های درست، مثبت‌های نادرست و منفی‌های نادرست می‌باشند. اگر هم حساسیت و هم ویژگی بالا باشند، دقت بالا خواهد بود. عملکرد ویژگی‌های استخراج شده در

جدول ۲: ارزیابی ویژگی‌های استخراج شده با استفاده از طبقه‌بند کننده‌ها

مدل	TP	TN	FP	FN	دقت	ویژگی	حساسیت
درخت تصمیم	۴۰	۱۵۴	۱	۱	%۹۹	%۹۹/۳۵	%۹۷/۵۶
ماشین بردار پشتیبان	۳۹	۱۵۴	۱	۲	%۹۸/۴۶	%۹۹/۳۵	%۹۵/۱۲
تجزیه و تحلیل متقارن درجه دوم	۴۱	۱۵۵	۰	۰	%۱۰۰	%۱۰۰	%۱۰۰
الگوریتم K-نزدیک‌ترین همسایگی	۴۰	۱۵۴	۱	۱	%۹۹	%۹۹/۳۵	%۹۷/۵۶

استفاده از توالی عکس‌ها به‌طور قابل‌توجهی این ضعف پوشانده خواهد شد. در نهایت مهم‌ترین مزیت روش ارائه شده، عدم دخالت مؤثر مورفولوژی‌های متفاوت پستان در نتایج به دست آمده هست. از معایب این روش می‌توان به مورد هم مقیاسی اشاره نمود. در صورتی‌که در هنگام توالی عکس‌برداری از یک بیمار، فاصله بین دوربین و بیمار بیش‌ازاندازه تغییر نماید که می‌تواند ناشی از تغییر ناگهانی موقعیت بیمار از دوربین باشد در این صورت در استخراج ویژگی‌ها، سیستم دچار مشکل خواهد شد چون مقیاس ناحیه سینه در توالی عکس‌های یک فرد متفاوت خواهد شد و در نتیجه عکس‌های سینه یک بیمار با مقیاس‌های مختلف خواهد بود در نتیجه بایستی از تکنیک‌های رجیسترکردن تصاویر، جهت هم مقیاس کردن ناحیه سینه استفاده شود و مورد دومی که می‌توان اشاره نمود احتمالاً ناراحتی بیمار در رعایت کردن استانداردهای لازم جهت رسیدن به حالت پایدار و آرام قبل از تصویربرداری می‌باشد که شاید زمان‌بر و کسل‌کننده باشد. کار آینده می‌تواند استفاده از شبکه‌های عصبی عمیق جهت جداسازی ناحیه سینه به صورت هوشمندانه بدون دخالت اپراتور باشد اگرچه نیازمند یک پایگاه داده به مراتب بیشتر می‌باشد.

تعارض منافع

این مقاله هیچ‌گونه تضاد منافی ندارد.

رویکرد سنتی پیش‌بینی ناهنجاری سینه، تحلیل عدم تقارن دوطرفه است که دقت آن به تفکیک مناسب سینه‌های چپ و راست از یک ترموگرافی بستگی دارد. همان‌گونه که در مدل پیشنهادی مشاهده شد با این که سینه‌های چپ و راست به‌صورت نیمه‌خودکار جداسازی شده‌اند؛ اما دقت طبقه‌بندی‌ها با استفاده از این ویژگی‌ها بسیار مناسب هست. نکته قابل توجه این هست که شدت تابش گرما ساطع‌شده توسط یک توده پستان ممکن است با محل آن در پستان متفاوت باشد که به دلیل امکان وجود یک تومور بدخیم بیشتر در داخل سینه است. سرطان سینه باعث مرگ بسیاری از زنان در سراسر جهان شده است. در این مطالعه سعی شد با ارائه روشی بر مبنای تحلیل تصاویر دینامیک به استخراج ویژگی‌های مناسب در تصاویر حرارتی بپردازد. ویژگی‌های ارائه‌شده، بهبود چشمگیری در صحت تشخیص ناهنجاری در سرطان پستان به وجود آورد. اگرچه ترموگرافی دینامیک می‌تواند یک روش کمکی برای تشخیص زودهنگام سرطان پستان مورد مطالعه قرار گرفته باشد؛ اما قطعاً دارای مزایا و معایبی هست. از مزایای این روش تحلیل ساده‌تر پروفایل‌های نامنظم حرارتی در یک تصویر حرارتی از بیمار هست. شرایطی ایجاد خواهد شد (از جمله عدم رعایت استانداردهای لازم در تنظیم دوربین در هنگام تصویربرداری) که تصویر حرارتی به‌دست آمده از بیمار دارای پروفایل‌های نامنظم حرارتی هست که تحلیل هوشمند را دچار مشکل می‌کند در صورتی‌که با استفاده از یک تحلیل دینامیک و

References

1. Gogoi UR, Bhowmik MK, Bhattacharjee D, Ghosh AK. Singular value based characterization and analysis of thermal patches for early breast abnormality detection. *Australas Phys Eng Sci Med* 2018;41(4):861-79. doi: 10.1007/s13246-018-0681-4
2. Suganthi S, Ramakrishnan S. Anisotropic diffusion filter based edge enhancement for segmentation of breast thermogram using level sets. *Biomedical Signal Processing and Control* 2014;10:128-36. <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2014.01.008>
3. Kandlikar SG, Perez-Raya I, Raghupathi PA, Gonzalez-Hernandez J-L, Dabydeen D, Medeiros L, et al. Infrared imaging technology for breast cancer detection—Current status, protocols and new directions. *International Journal of Heat and Mass Transfer* 2017;108:2303-20. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2017.01.086>
4. Ghafarpour A, Zare I, Zadeh HG, Haddadnia J, Zadeh FJS, Zadeh ZE, et al. A review of the dedicated studies to breast cancer diagnosis by thermal imaging

in the fields of medical and artificial intelligence sciences. *Biomedical Research* 2016;27(2).

5. Ng EK. A review of thermography as promising non-invasive detection modality for breast tumor. *International Journal of Thermal Sciences* 2009;48(5):849-59. <https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2008.06.015>
6. Gogoi UR, Majumdar G, Bhowmik MK, Ghosh AK, Bhattacharjee D. Breast abnormality detection through statistical feature analysis using infrared thermograms. 2015 International Symposium on Advanced Computing and Communication (ISACC); 2015 Sep 14-15; Silchar, India: IEEE; 2015. doi: 10.1109/ISACC.2015.7377351
7. Lahiri B, Bagavathiappan S, Jayakumar T, Philip J. Medical applications of infrared thermography: a review. *Infrared Physics & Technology* 2012;55(4):221-35. <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2012.03.007>
8. Faria FA, Cano SP, Gomez-Carmona PM, Sillero M, Neiva CM. Infrared thermography to quantify the risk

- of breast cancer. *Bioimages* 2012;20:1-7. <https://doi.org/10.11169/bioimages.20.1>
9. Gogoi UR, Bhowmik MK, Bhattacharjee D, Ghosh AK, Majumdar G. A study and analysis of hybrid intelligent techniques for breast cancer detection using breast thermograms. *Hybrid Soft Computing Approaches*: Springer; 2016. p. 329-59.
 10. Schaefer G, Závisek M, Nakashima T. Thermography based breast cancer analysis using statistical features and fuzzy classification. *Pattern Recognition*. 2009;42(6):1133-7. <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2008.08.007>
 11. Ng E, Kee E. Integrative computer-aided diagnostic with breast thermogram. *Journal of Mechanics in Medicine and Biology* 2007;7(1):1-10. <https://doi.org/10.1142/S0219519407002091>
 12. Mookiah MR, Acharya UR, Ng E. Data mining technique for breast cancer detection in thermograms using hybrid feature extraction strategy. *Quantitative InfraRed Thermography Journal* 2012;9(2):151-65. <https://doi.org/10.1080/17686733.2012.738788>
 13. Acharya UR, Ng EY, Tan JH, Sree SV. Thermography based breast cancer detection using texture features and support vector machine. *J Med Syst* 2012;36(3):1503-10. doi: 10.1007/s10916-010-9611-z
 14. Francis SV, Sasikala M, Saranya S. Detection of breast abnormality from thermograms using curvelet transform based feature extraction. *J Med Syst* 2014;38(4):23. doi: 10.1007/s10916-014-0023-3
 15. Araújo MC, Lima RC, De Souza RM. Interval symbolic feature extraction for thermography breast cancer detection. *Expert Systems with Applications* 2014;41(15):6728-37. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2014.04.027>
 16. Haddadnia J, Hashemian M, Hassanpour K. Diagnosis of breast cancer using a combination of genetic algorithm and artificial neural network in medical infrared thermal imaging. *Iranian Journal of Medical Physics* 2012;9(4):265-74.
 17. Sathish D, Kamath S, Prasad K, Kadavigere R, Martis RJ. Asymmetry analysis of breast thermograms using automated segmentation and texture features. *Signal, Image and Video Processing* 2017;11(4):745-52. doi: 10.1007/s11760-016-1018-y
 18. Borchardt TB, Resmini R, Conci A, Martins A, Silva AC, Diniz EM, et al. Thermal feature analysis to aid on breast disease diagnosis. 21st Brazilian Congress of Mechanical Engineering; 2011 Oct 24-28; Natal, RN, Brazil: 2011.
 19. Lashkari A, Pak F, Firouzmand M. Full intelligent cancer classification of thermal breast images to assist physician in clinical diagnostic applications. *J Med Signals Sens* 2016;6(1):12-24.
 20. Visual Lab, PROENG. Image processing and image analyses applied to mastology [cited 2020 Sep 15]. Available from: <http://visual.ic.uff.br/en/proeng/>.
 21. Motta LS, Conci A, Lima RC, Diniz EM. Automatic segmentation on thermograms in order to aid diagnosis and 2D modeling. In *Proceedings of 10th Workshop em Informática Médica*; 2010 p. 1610-9.
 22. Ghayoumi Zadeh H, Haddadnia J, Montazeri A. A Model for Diagnosing Breast Cancerous Tissue from Thermal Images Using Active Contour and Lyapunov Exponent. *Iran J Public Health* 2016;45(5):657-69.
 23. Ghayoumi Zadeh H, Montazeri A, Abaspor Kazerouni I, Haddadnia J. Clustering and screening for breast cancer on thermal images using a combination of SOM and MLP. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering: Imaging & Visualization* 2017;5(1):68-76. <https://doi.org/10.1080/21681163.2014.978896>

Extraction of Suitable Features for Breast Cancer Detection Using Dynamic Analysis of Thermographic Images

Ghayoumi Zadeh Hossein¹, Fayazi Ali^{2*}, Binazir Bit³, Yargholi Mostafa⁴

• Received: 20 Feb 2019

• Accepted: 1 Oct 2019

Introduction: Thermography is a non-invasive imaging technique that can be used to diagnose breast cancer. In this study, a method was presented for the extraction of suitable features in dynamic thermographic images of breast. The extracted features can help classify thermographic images as cancerous or healthy.

Method: In this descriptive-analytical study, the images were taken from the IC/UFF database. A total of 196 people, including 41 cancer patients and 155 healthy individuals were investigated. Each person had 10 thermographic images and in total, 1960 images were analyzed. The images were captured using the FLIR ThermoCam S45 camera. The proposed model was presented based on a series of breast thermographic images of an individual to extract 8 suitable features. The extracted features included mean, standard deviation, entropy, kurtosis, homogeneity, energy, skewness, and variance.

Results: The extracted features were evaluated by the classifiers including the decision tree, support vector machine, quadratic symmetric analysis, and K-nearest neighbor algorithm using the ten-fold cross validation. The accuracy and sensitivity were 99% and 99.33% for decision tree algorithm, 98.46% and 95.12% for support vector machine algorithm, 100% and 100%, and 99% and 97.56% for K-nearest neighbor algorithm.

Conclusion: The results of this study showed that among the first-order statistical features, mean difference, skewness, entropy, and standard deviation are the most effective features which help to detect asymmetry. The features extracted by the proposed model can help classify the individuals into healthy or cancer-affected by thermal images.

Keywords: Dynamic Model, Thermography, Breast Cancer, Feature Extraction

• **Citation:** Ghayoumi Zadeh H, Fayazi A, Binazir B, Yargholi M. Extraction of Suitable Features for Breast Cancer Detection Using Dynamic Analysis of Thermographic Images. Journal of Health and Biomedical Informatics 2020; 7(2): 91-101. [In Persian]

1. Ph.D. in Biomedical Engineering, Assistant Professor, Electrical Engineering Dept., Faculty of Engineering, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran

2. Ph.D. in Control Engineering, Assistant Professor, Electrical Engineering Dept., Faculty of Engineering, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran

3. M.Sc. in Electrical Engineering, Electrical Engineering Dept., University of Zanjan, Zanjan, Iran

4. Ph.D. in Electrical Engineering, Associate Professor, Electrical Engineering Dept., University of Zanjan, Zanjan, Iran

*Corresponding Author: Ali Fayazi

Address: Electrical Engineering Dept., Faculty of Engineering, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Imam Khomeini Square, Rafsanjan, Iran

• Tel: 034- 31312398

• Email: a.fayazi@vru.ac.ir