مقاله پژوهشی

مجله انفورماتیک سلامت و زیست پزشکی
مرکز تحقیقات انفورماتیک پزشکی
دوره هفتم شماره دوم. ص ۱۰۱-۹۱، ۱۳۹۹

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]

• دریافت مقاله: ۹۷/۱۲/۱ • پذیرش مقاله: ۹۸/۷/۹

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 آنلاین 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 ThermaCam 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، اسکوئنس و واریانس است.

نتایج: عملکرد ویژگی‌های استخراج‌شده، توسط طبقه‌بندکننده‌های شامل درخت تصمیم، ماشین بردار پشتیبان، تجزیه‌وتحلیل 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 تجزیه‌وتحلیل متقارن درجه دوم ۱۰۰٪، ۱۰۰٪ و الگوریتم K -نزدیک‌ترین همسایگی ۹۹٪، ۹۷/۵۶٪ به‌دست 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 استخراج‌شده 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): ۱۰۱-۹۱.

۱. دکتری مهندسی پزشکی، استادیار، گروه مهندسی برق، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران
۲. دکتری تخصصی کنترل، استادیار، گروه مهندسی برق، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران
۳. کارشناسی ارشد برق، گروه مهندسی برق، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
۴. دکتری 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

•**شماره تماس:** ۰۳۴۳۱۳۱۲۳۹۸ • **Email:** a.fayazi@vru.ac.ir

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]

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 ازجمله 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 مادون‌قرمز 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]. ازآنجایی‌که 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 تجزیه‌وتحلیل نادرست شود؛ بنابراین به منظور شناسایی وجود اختلالات پستانی در مراحل اولیه، طراحی سیستم کارآمد تشخیص به کمک کامپیوتر 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.

تجزیه‌وتحلیل نامتقارن دوطرفه، به‌طور گسترده موردبررسی 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 تجزیه‌وتحلیل نامتقارن دوطرفه پستان مبتنی بر روش‌های تشخیص غربالگری از ترموگرافی

پایگاه داده	ویژگی	حساسیت	دقت	نوع طبقه بند	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	مومنت‌های 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	مومنت‌های مرتبه اول	Borchartt و همکاران [۱۸]
۶۷	٪۹۰/۸۳	٪۶۳/۳۳	٪۸۵/۳۳	آدابوست	ویژگی‌های آماری، مورفولوژیکی، فرکانس دامنه، هیستوگرام	Lashkari و همکاران [۱۹]

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]

با مرور مطالعات گذشته در زمینه ترموگرافی پستان از جمله محدودیت‌های زیر وجود داشت. عدم دسترسی محققان و به‌خصوص 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 آزمودن 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.

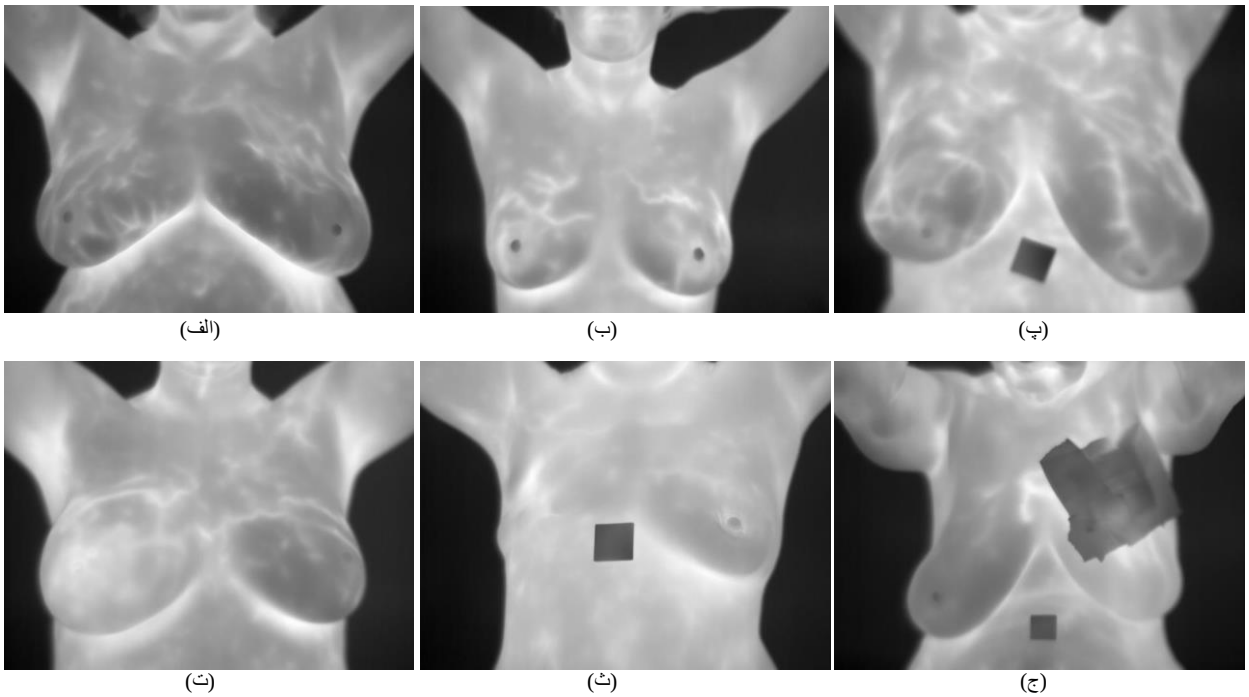
روش

تصاویر مورد بررسی در این مطالعه، از تصاویر ترموگرافی پستان پایگاه داده پروژه آنلاین 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 به‌صورت 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 اهمیت نیز مربوط به تکنیک عدم تقارن است که روش اصلی در ترموگرافی هست. اگر ناحیه سینه به‌درستی 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 کلاستربندی 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 به‌صورت نیمه‌خودکار انجام گردد تا از دقت بسیار بالاتری در کلاستربندی 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 به‌صورت تک‌به‌تک آنالیز می‌شود. تصاویری همچون تصویر ۱–الف که ناحیه سینه به‌صورت 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 به‌صورت کروی بوده و می‌توان با تکنیک‌هایی از قبیل هاف دایروی جداسازی نمود؛ اما برخی از تصاویر هستند مانند ۱–پ و یا ۱–ت که از نظر مورفولوژی به‌صورت 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 به‌درستی قابل‌تشخیص نیست. تصاویری نیز مانند ۱–ج هستند که ممکن است بیوپسی 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 الگوهایی نظیر ۱–پ و ۱–ت را می‌توان با صرف‌نظر از حساسیت و دقت بالا به‌صورت هوشمندانه جداسازی نمود؛ اما برای این که بتوان حساسیت و دقت را به نحو احسنت بالا ببریم و مواردی نظیر ۱–ث و ۱–ج را از دست ندهیم، پیشنهاد قسمت جداسازی به‌صورت نیمه‌خودکار صورت پذیرفت.

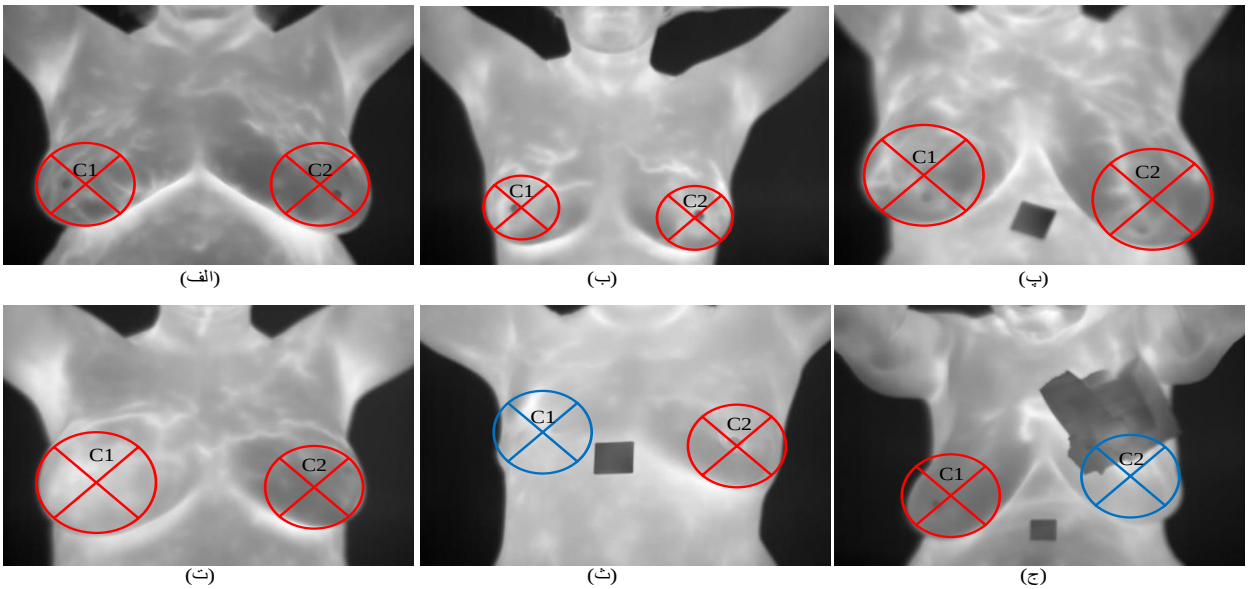
[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]



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

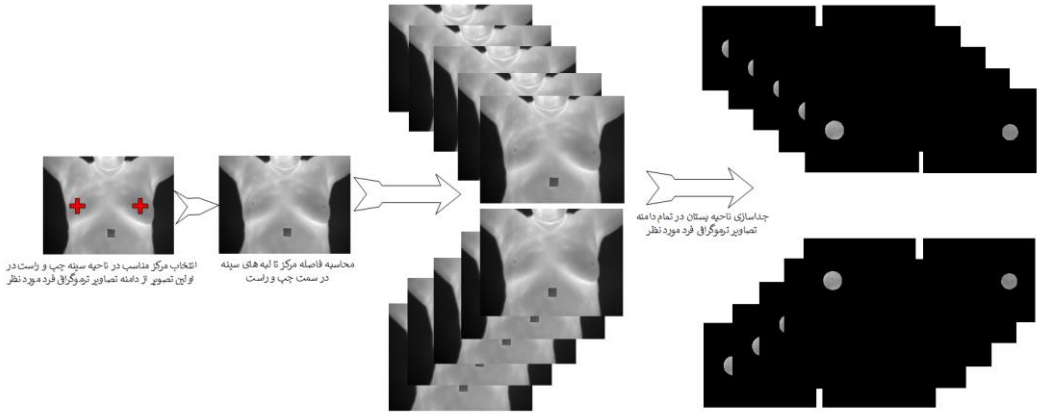
در این مرحله بایستی با شناخت الگوی مرحله قبل به جداسازی ناحیه سینه پرداخته شود. با توجه به این که موقعیت مکانی فرد در لحظه عکس‌برداری تغییر نکرده است، تمام ۱۰ تصویر گرفته‌شده از فرد تقریباً یکسان هست. برای جداسازی ناحیه سینه، مرکزی به‌صورت دستی و با انتخاب اپراتور بر روی ناحیه سینه چپ و راست (c1, c2) یکی از تصاویر فرد علامت‌گذاری می‌شود. در شکل ۲ مراکز انتخاب‌شده نمایش داده شده است. این مرکز نشان‌دهنده، 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 می‌شود. در قرار دادن مرکز c1 و c2 در تصاویر بایستی به چند نکته توجه کرد. اگر الگوی تصاویر سینه به‌صورت ۲–ب باشد می‌توان مرکز را بر روی نیپل سینه انتخاب نمود. اگر الگوی تصاویر سینه به‌صورت ۲–الف و ۲–پ و ۲–ت باشد بهتر است به‌گونه‌ای مرکز انتخاب شود که بیشترین همپوشانی را، دایره انتخابی با سینه داشته باشد. اگر تصاویری به‌صورت ۲–ث و ۲–ج وجود داشته بود می‌توان مرکز را با صورت متقارن نسبت به سینه‌ای که دیده می‌شود انتخاب نمود. اکنون‌که 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.

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]



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

پس‌از این که شعاع دایره نسبت به مرکز انتخابی تعیین شد، ناحیه سینه در قالب یک دایره با مشخصات ذکرشده بر روی تمام ۱۰ تصویر فرد جدا می‌گردد. شکل مربوط به این قسمت در ۳ نمایش داده شد.



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

ویژگی، برخی خصوصیات قابل‌شمارش و قابل‌توجه یک تصویر را مشخص می‌کند. درنتیجه ویژگی‌های یک تصویر می‌تواند به تفکیک مناطق مختلف در یک تصویر کمک کند. این ویژگی‌ها می‌توانند ویژگی‌های سطح پایین یا ویژگی‌های سطح بالا باشند. ویژگی‌های سطح پایین مستقیماً از مقادیر شدت روشنایی تصویر استخراج می‌شوند. مقادیر شدت روشنایی پیکسل در یک ترموگراف سینه نشان‌دهنده تابش گرمایی ناشی از انتشار گرما از بدن انسان است. انتخاب ویژگی‌های مناسب یکی از وظایف مهم در تجزیه‌وتحلیل عدم تقارن پستان در تصاویر ترموگرافی هست. در این بخش، این مطالعه قصد دارد ویژگی‌های آماری که اطلاعات کاملاً متمایز از یک ترموگرافی پستان را ارائه می‌دهد را شناسایی کند که بر اساس آن یک نتیجه‌گیری در مورد سلامت سینه یک بیمار می‌تواند ترسیم شود. ویژگی‌های آماری درجه اول، ساده‌ترین ویژگی‌های آماری هستند. آن‌ها مستقیماً از مقادیر شدت روشنایی تصویر اصلی محاسبه می‌شوند یعنی می‌توانند 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 $F(x,y)$ باشد که G مقدار کل سطح خاکستری است، ویژگی‌های مورداستفاده

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]

به‌صورت زیر تعریف می‌شوند؛ که هر یک از این ویژگی‌ها را به‌صورت جداگانه برای ناحیه چپ و راست پستان محاسبه می‌شود.

میانگین : $$F_1 = \frac{1}{MN}\sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N} p(i,j) \quad (۱)$$

انرژی : $$F_2 = \sum_{i,j}^{G-1} p(i,j)^2 \quad (۲)$$

انحراف معیار : $$F_3 = \sqrt{\frac{1}{MN}\sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N}(p(i,j)-\mu)^2} \quad (۳)$$

آنتروپی : $$F_4 = -\sum_{k=0}^{L-1} prk\,(\log_2 prk) \quad (۴)$$

اسکوئنس : $$F_5 = \frac{1}{MN}\sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N}\frac{(p(i,j)-\mu)^2}{\sigma} \quad (۵)$$

همگنی : $$F_6 = -\sum_{i,j}\frac{p(i,j)}{1+|i-j|} \quad (۶)$$

کورتوسیس : $$F_7 = \left\{\frac{1}{MN}\sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N}\left[\frac{P(i,j)-\mu}{\sigma}\right]^4\right\} \quad (۷)$$

واریانس : $$F_8 = (S.D)^2 \quad (۸)$$

اکنون برای یک ناحیه پستان چپ و راست به‌صورت جداگانه ۸ ویژگی وجود دارد. اگر ویژگی‌ها را در قالب F (c,m,n,q) نام‌گذاری 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 نهایت q که می‌تواند راست و چپ باشد، خواهد بود. اکنون طبق رابطه زیر، ویژگی‌های سمت چپ و راست پستان را در قالب یک ویژگی در ۱۰ تصویر یک فرد که به‌صورت میانگین خواهد بود به دست خواهیم آورد.

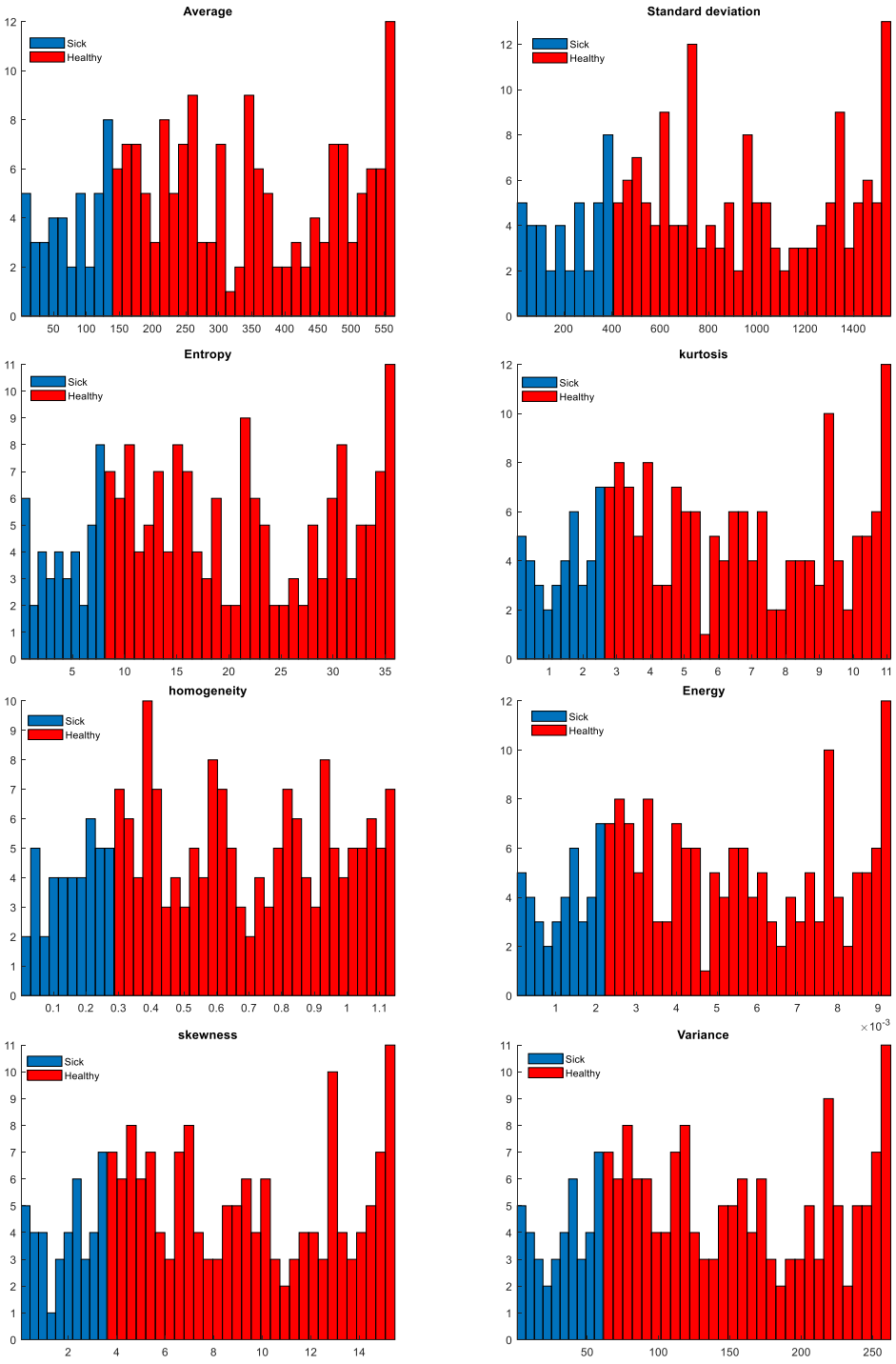
$$F(c,n,q) = \frac{1}{10}\sum_{m=1}^{10}|F(c,m,n,right) - F(c,m,n,left)| \quad (۹)$$

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

نتایج

برای ارزیابی مدل ابتدا هیستوگرام ویژگی‌های استخراج‌شده به‌صورت جدا از یکدیگر و در قالب موارد سالم و بیمار رسم شد که این نتیجه در شکل ۴ نمایش داده شده است. همان‌گونه که مشخص هست می‌توان یک رنج متمایزکننده برای طبقه‌بندی افراد سالم از بیمار در تک‌تک ویژگی‌ها به دست آورد.

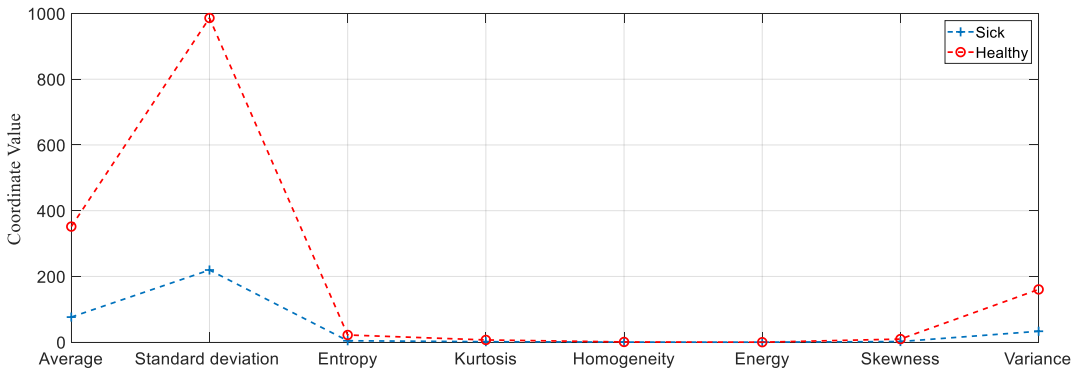
[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]



شکل ٤: نمودارهای هیستوگرام ویژگی‌های میانگین، انحراف معیار، آنتروپی، کورتوسیس، همگنی، انرژی، اسکوئنس و واریانس

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

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]



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

بحث و نتیجه‌گیری

برای تسهیل ارزیابی عملکرد سیستم تشخیص ناهنجاری سینه پیشنهاد شده این مطالعه، سه معیار ارزیابی: دقت، حساسیت و ویژگی استفاده شده است که برتری روش پیشنهادی را ایجاد می‌کند. این پارامترها به شرح زیر داده می‌شوند:

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (۱۰)$$

$$Sensitivity = \frac{TP}{TP + FN} \quad (۱۱)$$

$$Specificity = \frac{TN}{TN + FP} \quad (۱۲)$$

متغیرهای Accuracy، Sensitivity و Specificity به ترتیب دقت، حساسیت و ویژگی تشخیصی مدل می‌باشند و متغیرهای TN،TP، 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 استخراج‌شده در سیستم‌های تشخیص ناهنجاری سینه توسط چهار طبقه‌بند کننده شامل درخت تصمیم، ماشین بردار پشتیبان، تجزیه‌وتحلیل 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.

جدول ۲: ارزیابی ویژگی‌های استخراج شده با استفاده از طبقه 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
تجزیه‌وتحلیل متقارن درجه دوم	۴۱	۱۵۵	۰	۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰
الگوریتم K- نزدیک‌ترین همسایگی	۴۰	۱۵۴	۱	۱	٪۹۹	٪۹۹/۳۵	٪۹۷/۵۶

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]

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 طبقه‌کننده‌ها 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 درصورتی‌که با استفاده از یک تحلیل دینامیک و 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. درصورتی‌که 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 کسل کننده 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 منافعی ندارد.

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

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]

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, Závišek 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. Borchartt 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, Abaspur 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

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]

Original Article

Journal of Health and Biomedical Informatics
Medical Informatics Research Center
2020; 7(2): 91-101

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

Ghayoumi Zadeh Hossein[1], Fayazi Ali[2]*, Binazir Bita[3], Yargholi Mostafa[4]

• **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 ThermaCam 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

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]