دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده‌ی مهندسی برق و کامپیوتر

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق- مخابرات

طراحی و ساخت آنتن فراپهن باند برای تشخیص تومور سینه

دانشجو

حجت اله فلاحی

استاد راهنما

دکتر زهرا اطلس باف

اسفند ۱۳۹۱

تقدیم به

پدر بزرگوار و مادر مهربانم

تشکر و قدردانی

در اینجا بر خود لازم می دانم از سرکار خانم دکتر اطلس باف استاد راهنمای

محترم که در این پایان نامه از راهنمایی ها و حمایت های همه جانبه ایشان برخوردار

بوده ام کمال تشکر و قدردانی را بنمایم.

دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

آقای **حجت اله فلاحی** پایان نامه ۶ واحدی خود را با عنوان **طراحی و ساخت یك آنتن فراپهن باند برای تشخیص تومور سینه** در تاریخ ۱۳۹۱/۱۲/۲۰ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده، پذیرش آنرا برای اخذ درجه کارشناسی ارشد مخابرات پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر زهرا اطلس باف	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر کیوان فرورقی	استاد	
استاد ناظر	دکتر بیژن عباسی آرند	استادیار	
استاد ناظر	دکتر محمدصادق ابراهیمیان	دانشیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر کیوان فرورقی	استاد	

این نسخه به عنوان نسخه نهایی پایان نامه/رساله مورد تائید است

آیین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش‌های علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجو مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب، نرم افزار و یا آثار ویژه (اثری هنری مانند فیلم، عکس، نقاشی و نمایشنامه) حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین نامه های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۸۷/۴/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

«اینجانب حجت اله فلاحی دانشجوی رشته مهندسی برق مخابرات ورودی سال تحصیلی ۹۰-۸۹ مقطع کارشناسی ارشد دانشکده برق و کامپیوتر متعهد می شوم کلیه نکات مندرج در آئین نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش های علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته های علمی مستخرج از پایان نامه / رساله تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آئین نامه فوق الاشعار به دانشگاه وکالت و نمایندگی می دهم که از طرف اینجانب نسبت به لغو امتیاز اختراع بنام بنده و یا هر گونه امتیاز دیگر و تغییر آن به نام دانشگاه اقدام نماید. ضمناً نسبت به جبران فوری ضرر و زیان حاصله بر اساس برآورد دانشگاه اقدام خواهم نمود و بدینوسیله حق هر گونه اعتراض را از خود سلب نمودم.»

امضا:

تاریخ: ۹۱/۱۱/۲۳

آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده در رشته مهندسی برق مخابرات است که در سال ۱۳۹۱ در دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار خانم دکتر زهرا اطلس باف از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب حجت اله فلاحی دانشجوی رشته مهندسی برق مخابرات مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: حجت اله فلاحی

تاریخ و امضا: ۱۳۹۱/۱۱/۳۰

چکیده

تصویربرداری مایکروویوی بر پایه رادار یکی از روش‌های جدید تشخیص تومور سینه می‌باشد. طراحی آنتنی با ابعاد کوچک و توانایی ارسال پالس زمانی با طول کوتاه در این سیستم تصویربرداری از اهمیت بالایی برخوردار است. هدف این پایان‌نامه طراحی یک آنتن بهینه برای تشخیص تومور سینه می‌باشد.

با توجه به ویژگی هایی از قبیل ساخت آسان، ارزان بودن و عدم پیچیدگی ساختار، آنتن صفحه‌ای چاپی گزینه‌ای مناسب برای طراحی می باشد. در این پایان‌نامه ابتدا مراحل کوچک‌سازی یک آنتن صفحه‌ای مونوپل با عنصر تشعشع کننده بیضی شکل و خط تغذیه مایکرواستریپ ارایه می شود. در ادامه از خواص اشکال فراکتالی برای دستیابی به پهنای باند وسیع در یک آنتن مونوپل صفحه‌ای دیگر با تغذیه CPW[1] بهره برده می شود. اضافه نمودن اشکال فراکتالی باعث نزدیک‌تر شدن فرکانس های تشدید آنتن به یکدیگر و حاصل شدن پهنای باندی وسیع می گردد.

به منظور دست یافتن به معیارهای طراحی، مشخصه $|S_{11}|$ آنتن‌های پیشنهادی به صورت پارامتری تحلیل می‌شود. برای تحلیل رفتار زمانی آنتن‌ها ضریب فیدلیتی[2] محاسبه می شود. این ضریب برای هر دو نوع آنتن بالاتر از ۰/۹۸ بدست آمد که در سیستم های رادارای مقداری مناسب محسوب می‌شود. در ادامه برای صحت‌سنجی نتایج شبیه‌سازی، آنتن‌های پیشنهادی ساخته شدند. پهنای باند آنتن اول از ۳ تا ۱۷ گیگاهرتز و پهنای باند آنتن فراکتالی از ۳ تا بیش از ۱۱ گیگاهرتز بدست آمد. الگوهای تشعشعی اندازه-گیری شده هر دو آنتن نیز ضمن مطابقت با نتایج شبیه‌سازی رضایت بخش هستند. در نهایت قابلیت آنتن‌های پیشنهادی برای استفاده در یک سیستم تشخیص تومور، با پیاده سازی روش استخراج تصویر تومور CMI[3] بررسی و تایید می‌شود.

---

[1] Coplanar Waveguide
[2] Fidelity Factor
[3] Confocal Microwave Imaging

کلید واژه: آنتن فراپهن باند، تشخیص تومور سینه، ضریب فیدلیتی، کوچک سازی آنتن.

فهرست مطالب

فهرست جدول‌ها ..... د

فهرست شکل‌ها ..... ه

فصل ۱- مقدمه ۲

۱-۱- پیشگفتار ۲

۱-۲- معرفی موضوع پایان‌نامه ۴

۱-۲-۱- طراحی آنتن ۵

۱-۲-۲- الگوریتم استخراج تصویر ۵

۱-۳- هدف از پایان‌نامه ۶

۱-۴- ساختار پایان‌نامه ۷

فصل ۲- مروری بر آنتن‌های فراپهن باند و الگوریتم‌های تشخیص تومور سینه ۹

۲-۱- مقدمه ۹

۲-۲- تصویربرداری مایکروویوی بر پایه رادار ۹

۲-۳- خصوصیات بافت و تومور سینه ۱۰

۲-۴- ساختار سیستم‌های تصویربرداری مایکروویوی بر پایه رادار ۱۲

۲-۴-۱- الگوریتم‌های استخراج تصویر تومور ۱۴

۲-۴-۲- آنتن‌های فراپهن باند برای تشخیص تومور سینه ۱۷

۲-۴-۳- خلاصه آنتن‌های بررسی شده ۲۵

فصل ۳- آنتن‌های پیشنهادی برای کاربرد تشخیص تومور سینه ۲۸

۳-۱- مقدمه ۲۸

۳-۲- آنتن مونوپل فراپهن باند کوچک‌سازی شده ۲۹

۳-۲-۱- طراحی آنتن ۲۹

۳-۲-۲- مقایسه نتایج شبیه‌سازی و ساخت ۳۵

۳-۲-۳- تحلیل رفتار زمانی آنتن ۴۰

۳-۳- فراپهن باند کردن آنتن مونوپل با استفاده از اشکال فراکتالی ۴۴

۳-۳-۱- طراحی آنتن ۴۵

۳-۳-۲- مقایسه نتایج شبیه‌سازی و ساخت ۵۴

۳-۳-۳- تحلیل رفتار زمانی آنتن ۶۱

۳-۴- نتیجه‌گیری ۶۳

فصل ۴- تشخیص تومور سینه به وسیله آنتن‌های پیشنهادی ۶۶

۴-۱- مقدمه ۶۶

۴-۲- الگوریتم تشخیص تومور CMI ۶۶

۴-۳- تشخیص تومور توسط آنتن مونوپل کوچک‌سازی شده ۷۰

۴-۴- تشخیص تومور توسط آنتن مونوپل شش ضلعی ۷۳

۴-۵- نتیجه‌گیری ۷۴

فصل ۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۷۶

۵-۱- نتیجه‌گیری ۷۶

۵-۲- پیشنهادات ۷۷

فهرست مراجع ۸۰

پیوست الف ۸۵

پیوست ب ۸۶

فهرست جدول‌ها

جدول ۲-۱ خواص الکتریکی بخش‌های مختلف بافت سینه محاسبه شده به وسیله مدل دبای در فرکانس ۶ گیگاهرتز [۱۴] و [۱۶]..... ۱۱

جدول ۲-۲ خلاصه آنتن‌های پیشنهاد شده برای کاربرد تشخیص تومور سینه ۲۶

جدول ۳-۱ ابعاد آنتن مونوپل فراپهن باند بیضی شکل با تغذیه مایکرواستریپ (بر حسب میلی‌متر).... ۳۰

جدول ۳-۲ ابعاد نهایی آنتن مونوپل طراحی شده (بر حسب میلی‌متر) ۳۵

جدول ۳-۳ ابعاد آنتن‌های چند ضلعی طراحی شده برای L = ۲۵، W = ۲۵ و w_f = ۲٫۴ (بر حسب میلی‌متر)..... ۴۷

فهرست شکل‌ها

شکل ۲-۱ نمونه یک سیستم تشخیص تومور پیاده سازی شده در دانشگاه Bristol [۲۶] ۱۳

شکل ۲-۲ انواع چینش آنتن‌ها در سیستم تشخیص تومور سینه ۱۴

شکل ۲-۳ سیگنال منعکس شده از بافت سینه (الف) محتوای اولیه و (ب) محتوای ثانویه [۲۵] ۱۵

شکل ۲-۴ ساختار آنتن ویوالدی پیشنهادی برای تشخیص تومور در [۱۲] ۲۰

شکل ۲-۵ آنتن Fourtear کوچک سازی شده دارای قابلیت قطبش خطی دوگانه [۱۳] ۲۱

شکل ۲-۶ آنتن DR پیشنهادی برای تشخیص تومور سینه در [۱۶] ۲۲

شکل ۲-۷ آنتن بوقی بهینه شده برای تشخیص تومور سینه [۱۵] ۲۳

شکل ۲-۸ آنتن Dark Eyes کوچک سازی شده در [۱۸] ۲۳

شکل ۲-۹ آنتن‌های طراحی شده برای سیستم تشخیص تومور دانشگاه بریستول [۱۷] ۲۴

شکل ۲-۱۰ آنتن بوقی TEM کوچک سازی شده در [۱۴] ۲۵

شکل ۳-۱ ساختار آنتن مونوپل فراپهن باند بیضی شکل با تغذیه مایکرواستریپ ۳۰

شکل ۳-۲ بریدن آنتن مونوپل اولیه از سه وجه جهت کوچک سازی آنتن [۴۷] ۳۱

شکل ۳-۳ نمودار $|S_{11}|$ آنتن مونوپل اولیه قبل و بعد از کاهش ابعاد ۳۲

شکل ۳-۴ تأثیر تغییر طول صفحه زمین بر روی $|S_{11}|$ آنتن مونوپل کوچک سازی شده ۳۲

شکل ۳-۵ کاهش طول صفحه زمین و ایجاد یک بریدگی نیم دایره‌ای شکل در آن ۳۳

شکل ۳-۶ میزان بهبود $|S_{11}|$ آنتن مونوپل کوچک سازی شده با ایجاد یک بریدگی نیم دایره‌ای ۳۳

شکل ۳-۷ حساسیت $|S_{11}|$ آنتن مونوپل کوچک سازی شده به عرض خط تغذیه ۳۴

شکل ۳-۸ روند تغییر $|S_{11}|$ طی مراحل بهینه سازی آنتن مونوپل ۳۵

شکل ۳-۹ ساخت آنتن مونوپل کوچک سازی شده ۳۶

شکل ۳-۱۰ مقایسه نتایج $|S_{11}|$ شبیه سازی و ساخت آنتن مونوپل طراحی شده ۳۶

شکل ۳-۱۱ الگوی تشعشعی شبیه سازی و اندازه گیری شده آنتن مونوپل پیشنهادی در صفحه E ۳۸

شکل ۳-۱۲ الگوی تشعشعی شبیه سازی و اندازه گیری شده آنتن مونوپل پیشنهادی در صفحه H ۳۹

شکل ۳-۱۳ بهره آنتن بر حسب فرکانس ۴۰

شکل ۳-۱۴ مقایسه سیگنال پالس ورودی آنتن با سیگنالهای دریافتی توسط پروب در سه نقطه ۴۳

شکل ۳-۱۵ نمودار پارامتر فیدلیتی در دو صفحه x-z و y-z برای آنتن مونوپل کوچک سازی شده ۴۴

شکل ۳-۱۶ روند طراحی عنصر تشعشع کننده آنتن شش ضلعی پیشنهادی ۴۵

شکل ۳-۱۷ اعمال اشکال فراکتالی بر روی پنج، شش، هفت و هشت ضلعی ۴۶

شکل ۳-۱۸ نمودار $|S_{11}|$ آنتن‌های چند ضلعی (الف) قبل و (ب) بعد از اضافه نمودن اشکال فراکتالی . ۴۸

شکل ۳-۱۹ توزیع جریان سطحی بر روی آنتن شش ضلعی در فرکانس‌های ۴، ۷ و ۱۰ گیگاهرتز ۴۹

شکل ۳-۲۰ حساسیت $|S_{11}|$ آنتن شش ضلعی به مقادیر متفاوت شعاع عنصر تشعشع کننده (a) ۵۰

شکل ۳-۲۱ حساسیت $|S_{11}|$ آنتن شش ضلعی به مقادیر متفاوت شعاع عناصر فراکتالی (b) ۵۱

شکل ۳-۲۲ حساسیت $|S_{11}|$ آنتن شش‌ضلعی به فاصله بین مراکز عناصر تشعشع‌کننده و فراکتالی (d) ۵۱

شکل ۳-۲۳ اعمال اشکال سه، چهار، پنج و شش ضلعی به گوشه‌های آنتن شش ضلعی ۵۲

شکل ۳-۲۴ تأثیر تغییر عنصر فراکتالی بر $|S_{11}|$ آنتن شش ضلعی ۵۲

شکل ۳-۲۵ تأثیر تغییر عنصر فراکتالی بر $|S_{11}|$ آنتن هشت ضلعی ۵۳

شکل ۳-۲۶ الگوی تشعشعی در صفحه H آنتن‌های (الف) شش ضلعی و (ب) هشت ضلعی ۵۴

شکل ۳-۲۷ چهار نمونه آنتن فراکتالی ساخته شده با اشکال شش، هفت و هشت ضلعی ۵۵

شکل ۳-۲۸ مقایسه $|S_{11}|$ شبیه‌سازی و اندازه‌گیری شده آنتن شش‌ضلعی با عنصر فراکتالی پنج ضلعی ۵۵

شکل ۳-۲۹ مقایسه $|S_{11}|$ شبیه‌سازی و اندازه‌گیری‌شده آنتن شش‌ضلعی با عنصر فراکتالی شش‌ضلعی ۵۶

شکل ۳-۳۰ مقایسه $|S_{11}|$ شبیه سازی و اندازه گیری شده آنتن هفت ضلعی ۵۶

شکل ۳-۳۱ مقایسه $|S_{11}|$ شبیه سازی و اندازه گیری شده آنتن هشت ضلعی ۵۷

شکل ۳-۳۲ الگوی تشعشعی آنتن شش ضلعی در صفحه E ۵۸

شکل ۳-۳۳ الگوی تشعشعی آنتن شش ضلعی در صفحه H ۵۹

شکل ۳-۳۴ بهره آنتن فراکتالی بر حسب فرکانس ۶۰

شکل ۳-۳۵ مقایسه سیگنال پالس ورودی آنتن با سیگنال‌های دریافتی توسط پروب در سه نقطه ۶۲

شکل ۳-۳۶ نمودار ضریب فیدلیتی در دو صفحه x-z و y-z برای آنتن شش ضلعی ۶۳

شکل ۴-۱ سیستم تشخیص تومور به روش CMI ۶۸

شکل ۴-۲ پنج سیگنال نمونه انعکاس از بافت سینه ۷۰

شکل ۴-۳ مدل بافت سینه برای تشخیص تومور سینه ۷۱

شکل ۴-۵ تصویر استخراج شده از تومور در صفحه $y = 0$ مدل شبیه سازی شده بافت سینه توسط آنتن مونوپل کوچک‌سازی شده ۷۲

شکل ۴-۶ تصویر استخراج شده از تومور در صفحه y = ۰ مدل شبیه سازی شده بافت سینه توسط آنتن مونوپل ضلعی ۷۳

فصل اول:

مقدمه

فصل ۱- مقدمه

۱-۱- پیشگفتار

سالانه زنان بسیار زیادی در سراسر دنیا به سرطان سینه مبتلا می‌شوند. برای مثال، طبق گفته جامعه سرطان امریکا، پیش بینی شده بود که در سال ۲۰۱۱، تنها در امریکا ۲۳۰۴۸۰ مورد ابتلا به سرطان سینه تشخیص داده شود. این رقم بیشتر از همه انواع سرطان‌های دیگر شایع در میان زنان است و تقریباً ۳۰ درصد موارد جدید ابتلا به سرطان را شامل می‌شود. علاوه بر این انتظار رفته است که در سال ۲۰۱۱ ۳۹۵۲۹ مورد فوت بر اثر سرطان سینه در امریکا مشاهده شود [۱]. این آمار به خوبی جدیت این بیماری و اثرات آن بر روی سلامت و رفاه جامعه را نشان می‌دهد.

از دهه ۱۹۶۰ مطالعات برای پیش بینی سرطان سینه آغاز شده است و روش‌هایی برای غربالگری[1] مبتلایان به این بیماری و کاهش میزان مرگ و میر آن ارایه شده است. اولین روش غربالگری، ماموگرافی اشعه ایکس[2] است که هنوز به عنوان روشی استاندارد برای تشخیص تومور سینه استفاده می‌شود [۲]. تحقیقات نشان می‌دهد که غربالگری مداوم می‌تواند به شدت درمان را بهبود بخشد و میزان مرگ و میر را کاهش دهد.

[1] Screening
[2] X-ray mammography

با اینکه ماموگرافی به عنوان روشی استاندارد برای تشخیص تومور سینه استفاده می‌شود، میزان تشخیص منفی کاذب[1] در این روش به طور نسبی از ۴ تا ۳۴ درصد است [۳]. از آنجا که اشعه ایکس مورد استفاده در ماموگرافی دارای اثر یونیزه کردن است، خود می‌تواند عاملی برای افزایش احتمال ابتلا به سرطان سینه شود [۴]. به علاوه، برای اینکه بتوان از روش ماموگرافی استفاده کرد نیاز است که بافت سینه فشرده شود که باعث ناراحتی فرد مورد آزمایش می‌گردد. روش جایگزین ماموگرافی، ام آر آی[2] است. این روش دارای حساسیت بالاتری می‌باشد اما هزینه آن بالاتر است. بنابراین، از ام آر آی فقط در مواردی با امکان خطر بالا و خاص استفاده می‌شود [۵]. روش سوم در تشخیص تومور فراصوت[3] است که دارای میزان تشخیص منفی کاذب ۱۷ درصد می‌باشد [۶].

برای بهبود روش‌های تشخیص تومور، روش‌های فوق به صورت ترکیبی به کار برده شدند. در [۶]، این روش‌های ترکیبی با یکدیگر مقایسه شده‌اند. طبق معیارهای ارایه شده در این مقاله، نتایج روش‌های ترکیبی در بهبود دقت، کاهش هزینه، افزایش ایمنی و کاهش ناراحتی فرد به هنگام آزمایش به اندازه کافی رضایت بخش نیست.

محدودیت‌های روش‌های موجود باعث شد که محققان به دنبال یافتن روش‌های جایگزین باشند. روش‌های بر پایه امواج الکترومغناطیسی در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته‌اند. به علت وجود اختلاف در خواص الکتریکی بافت تومور و سینه، می‌توان با تاباندن امواج الکترومغناطیسی، سیگنال‌های انعکاس مختلفی از بافت سینه و تومور دریافت کرد. از این موضوع می‌توان برای تشخیص تومور بهره برد.

[1] False negative
[2] MRI
[3] Ultrasound