

دانشور

پزشکی

کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در تمایز الگوهای خوش خیم و بدخیم ضایعات پستانی براساس پارامترهای فراصوتی

نویسندگان: دکتر پرویز عبدالمالکی^۱، دکتر منیژه مختاری دیزجی^{۲*}، محمدرضا
واحد^۳ و دکتر معصومه گیتی^۴

- ۱- استادیار گروه بیوفیزیک دانشگاه تربیت مدرس
 - ۲- استادیار گروه فیزیک پزشکی دانشگاه تربیت مدرس
 - ۳- مربی دانشگاه علوم پزشکی کرمان
 - ۴- استادیار مرکز تصویرگیری پزشکی بیمارستان امام خمینی دانشگاه علوم پزشکی تهران
- * نویسنده مسئول مکاتبه: mokhtar@Moderes.ac.ir

چکیده

سابقه و اهداف: تمایز بافت‌ها به وسیله روش‌های کامپیوتری تشخیصی کمکی، براساس اندازه‌گیری شاخص‌های فیزیکی و به کمک پرتوهای فراصوتی، هدفی ایدئال است. روش بررسی: در این مطالعه، یک روش کامپیوتری بر مبنای سیستم‌های هوشمند از نوع شبکه عصبی مصنوعی به منظور تمایز الگوهای خوش خیم از الگوهای بدخیم، براساس یافته‌های سونوگرافی طراحی گردید. برای ارزیابی شبکه عصبی ایجاد شده، داده‌های ۳۶ بیمار (۱۸ بدخیم و ۱۸ خوش خیم) دارای بیوپسی یا ماستکتومی انتخاب شدند. این پایگاه داده، شامل اطلاعات مربوط به چگالی بافت، سرعت انتشار و ضریب تضعیف امواج فراصوتی در ضایعات خوش خیم و بدخیم در چهار دمای ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد است که از پردازش تصاویر سونوگرافی حاصل از نمونه‌های کاشته شده در درون ماده شبیه‌ساز معادل بافت به دست آمده است. یافته‌ها: این داده‌ها برای تغذیه به شبکه عصبی ایجاد شده، براساس بزرگترین مقدار موجود هر داده در بانک اطلاعاتی بین ۱۰ و ۱۰۰ نرمالیز گردید. سپس داده‌های نرمالیزه شده، به یک شبکه عصبی سه لایه تغذیه شونده به جلو با الگوریتم پس انتشار خطا تغذیه گردید. در این شبکه عصبی تابع سیگموئیدی به عنوان تابع فعال‌سازی انتخاب گردید. به کمک روش Jackknife کارایی شبکه عصبی در دو مرحله آموزش و آزمایش ارزیابی گردید. بررسی خروجی شبکه عصبی نشان‌دهنده دقت تشخیصی قابل قبول برابر ۷۵ درصد، ویژگی تشخیصی برابر ۷۲ درصد و حساسیت تشخیصی برابر ۷۷ درصد است. بحث و نتیجه‌گیری: این نتایج در صورت افزایش تعداد نمونه‌ها در مرحله آموزش برای دو گروه خوش خیم و بدخیم افزایش می‌یابد.

دوماهنامه علمی - پژوهشی
دانشگاه شاهد
سال دوازدهم - شماره ۵۶
اردیبهشت ۱۳۸۴

واژه‌های کلیدی: مشخصات فرا صوتی بافت، شبکه عصبی مصنوعی، بافت پستان

مقدمه

در سال ۲۰۰۱ تخمین زده شد که از میان ۱۹۲ هزار بیمار مبتلا به سرطان تهاجمی پستان ۴۰۶۰۰ مورد منتهی به مرگ شده است [۱]. گزارش مشابهی حاکی از ۴۵ مرگ ناشی از سرطان پستان در هر صد هزار نفر جمعیت در آلمان است [۲]. البته سرطان پستان از مواردی است که به خوبی درمان می‌شود، به شرطی که در مراحل اولیه بیماری قابل شناسایی باشد. روش ماموگرافی اشعه ایکس، اولین تکنیک تصویربرداری برای تشخیص و شناسایی ضایعات فوق است. البته ماموگرافرها هم حدود ۱۰ درصد از سرطان‌ها را خصوصاً در زمانی که نمای ماموگرافی بافت جوان چگال دیده می‌شود، تشخیص نمی‌دهند. مطالعات پیشین، رشد سریعی را برای اولتراسونوگرافی در زمینه‌های تشخیص، پیشرفت بیماری، بررسی فرایند درمانی و همچنین به‌عنوان برنامه غربالگر (screening) نشان داده است [۲]. میزان دقت گزارش شده برای سونوگرافی پستان در تشخیص ضایعات کیستیک حدود ۹۶ تا ۱۰۰ درصد است، لکن در تشخیص ضایعات خوش خیم و بدخیم چندان قابل اعتماد نیست؛ زیرا گاهی اوقات هر دو توده از لحاظ ظاهر اولتراسونیک، نمای مشابه دارند. بنابراین هرگاه توده‌ای قابل لمس و قابل رؤیت با ماموگرافی، توسط اولتراسوند کیست تشخیص داده نشود، غالباً بیوپسی جهت تأیید تشخیص توصیه می‌گردد. بیوپسی علاوه بر آن‌که تهاجمی، وقتگیر و گران است باعث بروز اضطراب و نگرانی‌های عاطفی و روانی برای بیمار می‌شود. این عوارض، محققین را واداشته تا مشخصه توده‌های جامد خوش خیم و بدخیم پستان را به کمک روش‌های غیرتهاجمی ارزیابی کنند [۳ و ۴].

صوت و ضریب تضعیف در بافت‌های مختلف، روشی مناسب برای نمایش دقیق خصوصیات بافت است و اندازه و خواص بافت‌های اطراف تأثیر چندانی در این اندازه‌گیری ندارند [۵ و ۶]. این امر در دو دهه اخیر نیز مورد توجه قرار گرفته است [۷-۱۰] و نتایج حاصل از این تحقیقات در مواردی با یکدیگر همخوانی و در مواردی با یکدیگر مغایرت داشته‌اند. مطالعه آنالیز آماری تابع تشخیص در ارزیابی سرعت انتشار و ضریب تضعیف امواج فراصوتی در نمونه‌های بیوپسی خوش خیم و بدخیم نشان داد که به ترتیب با احتمال حداقل ۶۴ و ۸۷ درصد، سه گروه درست طبقه‌بندی شده‌اند و بیش‌ترین خطا مربوط به توده خوش خیم است [۱۱ و ۱۲]. بررسی‌های انجام شده در اندازه‌گیری مستقیم و غیرمستقیم سرعت انتشار امواج فراصوتی در بافت نیز نشان می‌دهد که پارامتر فوق در شناسایی ضایعات بدخیم و خوش خیم از بافت نرمال پستان موفق بوده، لکن در تمایز دو توده با احتمال تشخیص ۱۸ درصد دچار ضعف می‌شود [۱۳].

در این مطالعه، یک روش کامپیوتری بر مبنای سیستم‌های هوشمند از نوع شبکه‌های عصبی مصنوعی طراحی گردید تا با ایجاد هماهنگی و استخراج روابط منطقی بین تعدادی شاخص فیزیکی - اکوستیکی (چگالی، سرعت انتشار و ضریب تضعیف) در ضایعات خوش خیم و بدخیم در دماهای مختلف، میزان بدخیمی ضایعات را پیشگویی کند. شبکه‌های عصبی، الگوریتم‌های کامپیوتری هستند که می‌توانند روابط مهم ما بین تعداد زیادی پارامتر خطی و غیرخطی را از یک بانک داده استخراج کنند و همچنین این دانش را به منظور پیشگویی یا طبقه‌بندی یک مورد جدید همانند یک سیستم خبره به‌کار ببندند [۱۴]. به‌واسطه قابلیت منحصر به فرد شبکه‌های عصبی در تعمیم دادن عمومیت‌های حاکم در پایگاه داده در حین آموزش، شبکه عصبی می‌تواند برای یک ضایعه جدید که حتی قبلاً به کامپیوتر عرضه نشده به یک حدس کامپیوتری در خصوص خوش خیم و بدخیم بودن آن ضایعه خاص

فرایند با نمونه‌های ورودی تکرار می‌شود تا این‌که شبکه به حالت پایداری برسد و تغییر قابل توجهی در وزن‌ها اتفاق نیفتد [۱۶].

با توجه به احتمال تشخیص بسیار ضعیف ضایعات خوش‌خیم از بدخیم [۷ و ۱۳]، مهم‌ترین هدف ما در این مطالعه، طراحی و ایجاد یک شبکه عصبی از نوع تغذیه شونده به جلو با الگوریتم پس انتشار خطا به منظور غربالگری الگوهای خوش‌خیم (فیبروآدنوما) از الگوهای بدخیم (داکتال کارسینوما) براساس شاخص‌های فیزیکی-اکوستیکی چگالی، سرعت انتشار و ضریب تضعیف امواج فراصوتی در ضایعات فوق به طریقه *in vitro* است.

مواد و روش‌ها

روش ثبت اطلاعات فراصوتی: سی و شش نمونه بافتی شامل هجده نمونه از توده‌های خوش‌خیم (فیبروآدنوما) و هیجده نمونه از توده‌های بدخیم (داکتال کارسینوما) از مراکز پاتولوژی در سطح تهران تهیه شد و تقریباً با فاصله زمانی یکسان مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌ها بلافاصله بعد از جراحی یا نمونه برداری ابتدا تثبیت گردید و پس از برش، چگالی آن‌ها اندازه‌گیری و سپس درون مواد شبیه ساز معادل بافت پارانشیمال پستان کاشته شد [۱۷]. قالب‌های آماده شده از نمونه‌های بافتی کاشته شده در ماده شبیه‌ساز، در دماهای ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد (دماسنج الکترونیکی SIGMA) تحت تابش فراصوتی قرار گرفتند و تصاویر A-mode در فرکانس کاری ۱۰ مگاهرتز (Echoscanner US-2500 NIDEK) ثبت و توسط برد واسط ویدئوبلاستر (Video Blaster SE Creative Technology) در رایانه ذخیره شد. برای بررسی میزان تضعیف امواج فراصوتی، در طول ثبت تصویر TGC (Time Gain Compensation) و Gain صفر اختیار شد. برای گرم کردن بافت‌های مورد نظر از روش گرمادهی حمام آب گرم (گرم کن الکتریکی) و برای کنترل دما از دماسنج الکترونیکی استفاده گردید که در نزدیکی نمونه بافتی قرار گرفت تا نمونه به‌طور آرام و یکنواخت گرم شود.

نائل گردد. عناصر اصلی ساختمان یک شبکه عصبی، واحدهای پردازشگر هستند؛ زیرا تمام محاسبات شبکه در آن‌جا انجام می‌شود. شبکه عصبی، شامل مجموعه‌ای از واحدهای پردازشگر است که در یک یا چند لایه مرتب شده‌اند. هر شبکه عصبی، یک لایه ورودی و یک لایه خروجی دارد که هر یک حداقل دارای یک واحد پردازشگر یا بیش‌تر است. در هر شبکه عصبی معمولاً یک یا چند لایه میانی نیز تعریف می‌شود که بین لایه ورودی و خروجی قرار می‌گیرند. به هر واحد پردازشگر از تمام واحدهای پردازشگر لایه پیشین، مقادیری تغذیه می‌گردد که حاصلضرب آن مقادیر در مقادیر وزنی سر راه است. برای محاسبه خروجی واحد پردازشگر، بر روی مجموع این حاصلضرب‌ها یک تابع ریاضی از پیش تعریف شده که تابع فعال‌سازی نامیده می‌شود، اعمال می‌گردد. عملیات در هر شبکه عصبی دارای دو فاز اصلی است: یادگیری و فراخوانی. یادگیری یک پروسه تعدیل یا تغییر در مقادیر وزن‌های اتصال است. فرایند یادگیری در شبکه‌های عصبی، شامل تغییر اوزان اتصالات سیناپسی از روی نمونه‌های آموزشی است. این تغییر اوزان به نحوی است که شبکه قادر به انجام یک وظیفه ویژه به مؤثرترین شیوه می‌گردد. رفتار شبکه با تحول مرحله به مرحله و مکرر این اوزان بهتری می‌شود [۱۵].

در این تحقیق ما از روش یادگیری پس انتشار خطا که از روش‌های یادگیری با سرپرست است استفاده کرده‌ایم. در این روش، تعدادی نمونه به همراه تعدادی خروجی متناظر برای هر الگو در مجموعه‌ای گردآوری می‌شود. این مجموعه، مجموعه آموزش خوانده می‌شود که شامل تعداد زیادی نگاشت ورودی-خروجی از الگوهای موجود در مجموعه آموزش است. هر نگاشت ورودی-خروجی، یک رکورد ورودی و خروجی مطلوب متناظر آن را شامل می‌شود. پس از عرضه نمونه‌های آموزشی به شبکه، وزن‌های شبکه (پارامترهای آزاد) به گونه‌ای اصلاح می‌شوند که تفاوت پاسخ مطلوب و خروجی واقعی شبکه کمینه شود و این

شده برای سرعت انتشار امواج فراصوت در دماهای ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجه سانتی گراد، ما فقط سرعت انتشار برای دمای ۳۰ درجه را که دارای وابستگی آماری بیش تر بود، به عنوان ورودی به شبکه انتخاب کردیم.

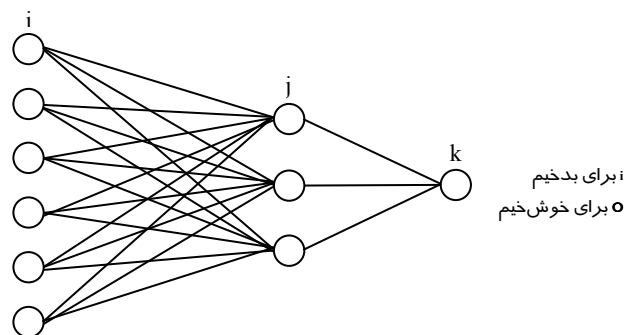
ساختار شبکه عصبی: شبکه عصبی که برای این مطالعه طراحی گردید دارای سه لایه بود: لایه اول با نام لایه ورودی دارای ۶ عنصر ورودی که هر کدام از آن‌ها متناظر با یک پارامتر کمی از جدول ۱ بود؛ لایه دوم با نام لایه پنهان دارای ۳ واحد پردازشگر که تعداد آن‌ها به کمک آزمایش و خطا در طی شبیه سازی متعدد بهینه شده بود؛ و لایه آخر با نام لایه خروجی دارای یک واحد پردازشگر که خروجی بین صفر (برای الگوهای خوش خیم) و ۱ (برای الگوهای بدخیم) تولید می کرد (شکل ۱). به منظور تعیین بهترین ساختار برای شبکه عصبی، تعداد زیادی شبکه عصبی ایجاد کردیم که در تعداد واحدهای پردازشگر موجود در لایه پنهان و ضریب یادگیری متفاوت بودند. با استفاده از یک فضای کاری کاملاً تصادفی، عناصر ماتریس های وزن لایه اول و دوم در دامنه ۰/۵ تا ۰/۵- تعبیه گردید. برای به دست آوردن مقدار بهینه هر پارامتر شبکه، شبیه سازی متعددی صورت پذیرفت که در طی آن برای تعداد معینی تکرار (۵۰۰۰ تکرار) یک پارامتر ثابت و پارامتر دیگر متغیر در نظر گرفته شد. در تمامی شبیه سازی های صورت پذیرفته، شاخص جذر مجموع خطا (sum square error) به عنوان شاخص راهنما برای بیان کارایی شبکه در یادگیری الگوهای موجود استفاده گردید. تابع سیگموئید به عنوان تابع فعال سازی برای هر واحد پردازشگر در شبکه انتخاب شد.

با توجه به مقدار دقیق عمق نمونه و عمق حاصل از ثبت فراصوتی، تصاویر پردازش و مقادیر سرعت انتشار امواج فراصوتی در نمونه های مورد نظر به دست آمد [۱۱]. در بررسی ضریب تضعیف امواج فراصوتی در نمونه های بافتی، محاسبه چگالی نمونه ها (با دقت ۰/۱ گرم بر سانتی متر مکعب) و امپدانس اکوستیکی در دو گروه بافتی خوش خیم و بدخیم و نیز درصد انعکاس و عبور امواج فراصوتی از فصل مشترک لایه ها حائز اهمیت است [۱۷]. با توجه به دامنه اکوهای برگشتی از مرزهای مشترک بافت شبیه ساز-توده-بافت شبیه ساز، امپدانس اکوستیکی و ضخامت هر لایه، ضریب تضعیف در توده برآورد گردید [۱۷].

آنالیز شبکه عصبی: یک شبکه عصبی مصنوعی پیش خور سه لایه با الگوریتم یادگیری پس انتشار خطا به منظور ایجاد تمایز بین الگوهای خوش خیم از الگوهای بدخیم در تومورهای پستانی براساس شاخص های چگالی بافت، سرعت انتشار و ضریب تضعیف امواج فراصوتی طراحی گردید. ساختار شبکه طوری معین گردید که بتواند بر مبنای داده های کمی استخراج شده، الگوهای خوش خیم را از الگوهای بدخیم متمایز کند. پس از استخراج داده های مورد نظر مطابق توضیحات مندرج در بخش پیشین، این اطلاعات برای استفاده در شبکه عصبی براساس بزرگ ترین مقدار موجود هر پارامتر در بانک اطلاعاتی بین صفر و ۱ نرمالیزه گردید. جدول ۱ لیست پارامترهای استفاده شده به عنوان ورودی به شبکه را نشان می دهد. به منظور کاهش درجه آزادی شبکه و کاهش حجم محاسبات و ساده سازی ساختار شبکه از میان ۴ پارامتر اندازه گیری

چگالی بافت

سرعت انتشار فراصوتی (m/s) در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد
ضریب تضعیف امواج فراصوتی در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد
ضریب تضعیف امواج فراصوتی در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد
ضریب تضعیف امواج فراصوتی در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد
ضریب تضعیف امواج فراصوتی در دمای ۳۵ درجه سانتی گراد



شکل ۱. نمایی از ساختار بهینه شده شبکه سه لایه پیش خور با الگوریتم یادگیری پس انتشار خطا

درجه سانتی گراد ذکر شده است [۱۷ و ۱۸]. با تغییر دما، میزان چگالی جرمی تغییر می کند، لکن تحقیقات انجام شده در محدوده دمای ۰-۴۰ درجه سانتی گراد نشان می دهد که ضریب انبساط حجمی بافت بسیار ناچیز است [۱۸]. مطالعات آماری تفاوت معناداری در پارامتر سرعت انتشار امواج فراصوتی در ضایعات خوش خیم از ضایعات بدخیم نشان نمی دهد (حداقل مقدار p کوچک تر از ۰/۰۸)؛ در صورتی که پارامترهای دیگر با مقدار p کوچک تر از ۰/۰۵ امکان تمایز را فراهم می کرد. ما برای بررسی کارایی شبکه عصبی مصنوعی ایجاد شده در این مطالعه از روش رایج Jackknife در بانک اطلاعاتی آموزشی خود استفاده کرده ایم. متوسط مقادیر خروجی شبکه عصبی برای گروه ضایعات بدخیم برابر ۰،۷۰۳۹ و برای گروه ضایعات خوش خیم برابر ۰،۳۲۰۶ بود. این مقادیر در واقع بیانگر میزان احتمال بدخیمی ضایعه مورد نظر است. شبکه عصبی مصنوعی ایجاد شده براساس داده های موجود در بانک اطلاعاتی که خصوصیات فیزیکی-اکوستیکی هر کدام از ضایعات مورد مطالعه را نشان می دهد، محاسبه شده است. اگرچه شبکه عصبی با ایجاد هم آوندی بین پارامترهای فیزیکی-اکوستیکی مستقل ارزیابی شده توانسته یک رابطه ریاضی بین آنها ایجاد کند، اما با توجه به طبیعت غامض مسأله مورد مطالعه، میانگین خروجی شبکه عصبی برای ضایعات خوش خیم و بدخیم دارای شکاف قابل ملاحظه ای نیست که نشان دهنده روی هم افتادگی الگوهای خوش خیم و بدخیم از نقطه نظر خصوصیات فیزیکی مورد مطالعه است. البته این امر می تواند به نحوی نمایانگر شباهت بیولوژیکی الگوهای خوش خیم و بدخیم باشد.

در پایان با بررسی پاسخ های خروجی شبکه عصبی مصنوعی، مشخص گردید که شبکه عصبی ایجاد شده قادر است از میان ۱۸ نمونه موجود از ضایعات بدخیم ۱۴ نمونه را به درستی ضایعه بدخیم گزارش کند که نشان دهنده حساسیت تشخیص معادل ۷۷ درصد است. همچنین از میان ۱۸ نمونه با ماهیت خوش خیم (براساس نتایج بیوپسی) شبکه قادر به تشخیص ۱۳ مورد

الگوریتم پس از انتشار خطا که کاربرد وسیعی در حوزه های مختلف علمی دارد به عنوان الگوریتم آموزش انتخاب گردید. مقدار بهینه ضریب یادگیری که تغییرات در مقادیر عناصر ماتریس وزن در لایه اول و دوم را محاسبه می کند معادل ۰/۲ انتخاب شد. ضریب ممتنوم که پایداری شبکه را افزایش و زمان لازم برای یادگیری را بهینه می سازد معادل ۰/۹۵ انتخاب گردید. شبکه عصبی ما با استفاده از روش Jackknife که در آن همه رکوردهای موجود در بانک اطلاعاتی، هم در مرحله آموزش و هم در مرحله آزمایش به کار می روند ارزیابی شد. در این روش، همه رکوردها به استثنای یکی، برای آموزش شبکه به کار برده می شوند. سپس تنها رکورد باقیمانده برای آزمایش شبکه استفاده می شود. این روند آن قدر تکرار می گردد تا هر کدام از رکوردهای موجود در پایگاه داده لااقل یکبار به عنوان ضایعه در خلال مرحله آزمایش استفاده گردد. اگرچه این روش بسیار وقتگیر است، اما برای مطالعات با تعداد نمونه محدود مشابه مطالعه، ما مناسب است.

به طور خلاصه پس از تکمیل پایگاه داده و نرمالیزه کردن آنها شبیه سازی های زیر انجام گرفت:

۱- تمامی اطلاعات موجود جهت آموزش شبکه استفاده گردید و همان داده ها به منظور مطمئن شدن از تکمیل مرحله آموزش برای آزمایش شبکه عصبی ایجاد شده استفاده گردیدند.

۲- به کمک روش Jackknife که مناسب بانک های اطلاعاتی محدود - مشابه بانک موجود ما - است شبکه عصبی آموزش داده شد و پس از تکمیل مرحله آموزش کارایی شبکه در غربالگری الگوهای خوش خیم از الگوهای بدخیم برای یک رکورد جدید مورد آزمایش قرار گرفت.

نتایج

در جدول ۱ میانگین و انحراف معیار چگالی بافت، سرعت انتشار در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد، و ضریب تضعیف امواج فراصوتی در دماهای ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵

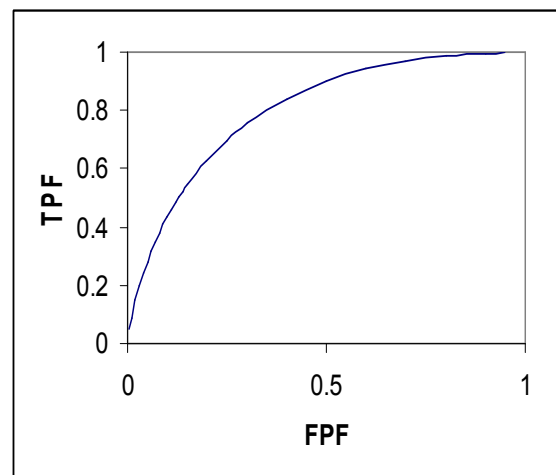
جدول ۱. پارامترهای اندازه گیری شده که به عنوان ورودی به شبکه تغذیه گردید

پارامتر	انحراف معیار \pm میانگین	دامنه تغییرات
چگالی بافت (Kg/m^3)	1.02 ± 0.03	۰،۱۶
سرعت انتشار فراصوتی در دمای 30°C (m/s)	1559.95 ± 8.94	۳۸،۶۵
ضریب تضعیف امواج فراصوتی در دمای 20°C (cm^{-1})	0.90 ± 0.13	۰،۴۷
ضریب تضعیف امواج فراصوتی در دمای 25°C (cm^{-1})	0.86 ± 0.13	۰،۴۳
ضریب تضعیف امواج فراصوتی در دمای 30°C (cm^{-1})	0.81 ± 0.11	۰،۳۴
ضریب تضعیف امواج فراصوتی در دمای 35°C (cm^{-1})	0.76 ± 0.12	۰،۴۶

بحث

در این تحقیق، نتایج کاربرد یک شبکه عصبی مصنوعی که به منظور غربالگری الگوهای خوش خیم از بدخیم براساس یافته‌های فیزیکی - اکوستیکی طراحی شده، گزارش می‌شود. مطالعه پارامترهای چگالی جرمی سرعت انتشار امواج فراصوتی و ضریب تضعیف امواج فراصوتی به وسیله سونوگرافی در نمونه‌های ضایعات خوش خیم و بدخیم سرطان پستان می‌تواند اطلاعات مفیدی برای غربالگری الگوهای خوش خیم از بدخیم فراهم سازد. لحاظ کردن تأثیر درجه حرارت در میزان ضریب تضعیف و سرعت انتشار امواج فراصوتی در توده‌های خوش خیم و بدخیم نیز حائز اهمیت است. افزایش آرام سرعت با تغییر دما در نمونه‌های بافتی مورد نظر نیز به دلیل ماهیت بافت نرم پستان است که درصد قابل توجهی از آن را بافت چرب تشکیل می‌دهد و طبیعی است نمی‌تواند در محدوده خطی بافت نرم به تنهایی و یا بافت چرب قرار داشته باشد. بررسی اثر دما بر هر کدام از گروه‌های خوش خیم و بدخیم در شرایط *in vitro* ثابت کرد که با افزایش دما، سرعت صوت در گروه‌های مورد بررسی به طور خطی افزایش می‌یابد و در بافت خوش خیم، افزایش سرعت از شیب بالاتری برخوردار است. امروزه محققین برای تفکیک ضایعات مختلف در سیستم زنده و تمایز آن با بافت سالم از تعیین مشخصات فیزیکی بافت به روش فراصوتی استفاده می‌کنند و برای نمایش تصویر، هر کدام از مشخصات مکانیکی را به یک رنگ اختصاص می‌دهند. با افزایش دما از 20 تا 35 درجه سانتی‌گراد

از نمونه‌های موجود در بانک اطلاعاتی گردید که بیانگر ویژگی تشخیص معادل 72 درصد است. در مجموع، شبکه ایجاد شده با تشخیص صحیح 27 نمونه از ضایعات مورد مطالعه از میان 36 ضایعه موجود توانست به دقت تشخیصی نسبتاً قابل ملاحظه 75 درصد برسد. به علاوه جهت ارزیابی مجدد کارایی شبکه عصبی ایجاد شده، منحنی مشخصه receiver operating characteristic curve (ROC) برای شبکه با استفاده از اطلاعات موجود ترسیم گردید [۱۹]. برای این کار از نرم افزار روکفیت (ROCFIT) استفاده گردید. شاخص سطح زیر منحنی به عنوان شاخص مفسر کارایی برای شبکه معادل 0.8021 ± 0.0777 (انحراف معیار \pm سطح زیر منحنی) استخراج گردید (شکل ۲).



شکل ۲. منحنی ROC به دست آمده برای شبکه عصبی ایجاد شده

ضایعه از مجموع ۳۶ ضایعه موجود در پایگاه داده را به طور صحیح تشخیص دهد که بیانگر دقتی معادل ۷۵ درصد است که نتیجه‌ای قابل مقایسه با روش‌های آماری محسوب می‌شود. ما پیش‌بینی می‌کنیم در صورت اضافه کردن شاخص‌های فیزیکی دیگری همچون اکوژنیسیته، جذب، ضخامت و شکل ضایعه به عنوان ورودی‌های کمکی احتمالاً دقت و کارایی شبکه در پیشگویی صحیح توسعه خواهد یافت. به علاوه اضافه کردن تعداد نمونه‌های موجود می‌تواند باعث تقویت فرایند یادگیری شبکه و در نتیجه افزایش دقت گردد. ما درصدد هستیم تا با جمع‌آوری نمونه‌های بیش‌تر، کارایی شبکه عصبی ایجاد شده را با عرضه اطلاعات جامع‌تر و کامل‌تر تکمیل کنیم.

منابع

- 1- Sivaramakrishna R, Powell K.A, Lieber M.L. Texture analysis of lesions in breast ultrasound images. *Computerized Medical Imaging and Graphy*, 2002; 26; 303-307
- 2- Szebeni A, Rahoty P, Besznyak I. Clinical validity of new ultrasound methods in the differential diagnosis of breast diseases. *The Breast*, 2002; 11: 489-495.
- 3- Konofagou E.E, Harrigan T, Ophir J. Shear strain estimation and lesion mobility assessment in elastography. *Ultrasonics*, 2000; 38: 400-404.
- 4- Hall T.J, Zhu Y, Spalding C.S. In vivo real time freehand palpation imaging. *Ultrasound Med Biol*, 2003; 29: 427-435.
- 5- Bamber JC, Hill CR. Acaustic properties of normal and cancerous human liver-1. dependence on phatological condition. *Ultrasound Med Biol*, 1981, 7: 121-133.
- 6- Richter K, Heywang-Kobrunner SH, Sonographic differentiation of benign from malignant breast lesions: value of indirect measurement of ultrasound velocity, *AJR*, 1995, 165: 825-831.
- 7- Edmonds PD, Rayes Z, Parkinson DB, Filly RA and Busey H. Ultrasonic tissue characteization of breast biopsy specimens. *Ultrason Imaging*, 1991, 13: 162-178.
- 8- Carson PL, Meyer CR, Scherzinger AL, Oughton TV. Breast imaging in coronal planes with simultaneous pulse echo and transmission ultrasaund. *Science*, 1981, 214: 1141-3.
- 9- Kossoff G, Fry EK. Average velocity of ultrasound in the human female breast. *J Acaust Soc Am*, 1973, 53: 1730 - 36 .
- 10- Richter K. Technique for detecting and evaluating breast lesions. *J Ultrasound Med*, 1994m, 13: 797-802 .

ضرایب تضعیف امواج فراصوتی ۱۰ مگاهرتز در نمونه‌های خوش‌خیم و بدخیم پستان در شرایط *in vitro* نشان می‌دهد که با افزایش دما از ۲۰ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد، ضریب تضعیف کاهش می‌یابد و امکان تمایز بسیار خوبی میان ضایعات خوش‌خیم و بدخیم فراهم می‌گردد (۰/۰۰۵ >> مقدار p). محققینی چون ابریان (O'Brien) و همکاران او (۱۹۸۸) و نیز تایلور (Taylor) و همکارانش (۱۹۸۶) نشان دادند که در حالت *in vivo* حضور چربی در بافت موجب تغییر ضریب تضعیف همراه با افزایش دما است [۱۸].

نکته‌ای که باید مورد توجه قرار بگیرد این است که لزوماً پارامترهای فیزیکی اندازه‌گیری شده که در دو گروه ضایعات خوش‌خیم و ضایعات بدخیم با هم متفاوت هستند ارتباط منطقی با پاسخ نهایی، یعنی احتمال بدخیمی داشته باشند. مطالعات پیشین به نحوی نشان‌دهنده این ارتباط است. اگر چه در مطالعه حاضر هیچ پارامتری یافت نشد که به تنهایی با تقریب معنادار به ویژگی بدخیمی ضایعه مرتبط باشد. این امر به شکلی شباهت ذاتی بیولوژیکی الگوهای خوش‌خیم (فیبرو آدنوما) و الگوهای بدخیم (داکتال کارسینوما) را نشان می‌دهد. این شباهت دلیل اصلی کاهش ویژگی تشخیصی در غالب روش‌های تشخیصی گزارش شده است. به همین منظور می‌خواهیم از شبکه عصبی به منظور کاهش روی هم افتادگی الگوهای خوش‌خیم از الگوهای بدخیم استفاده کنیم. اما قابلیت منحصر به فرد شبکه عصبی در ایجاد هماهنگی در میان تعداد بیشماری پارامتر وابسته و غیرخطی با انتساب دادن وزن‌های نسبی به هر پارامتر، هر چند دارای وابستگی آماری کم به نتایج نهایی موردنظر می‌تواند در ایجاد تمایز بین ضایعات خوش‌خیم و ضایعات بدخیم با طبقه‌بندی کردن ضایعه نامشخص در دو گروه مطلوب مفید واقع گردد.

با استفاده از پارامترهای موجود در این مطالعه شبکه عصبی با کمک روش jackknife که مناسب بانک‌های اطلاعاتی محدود است توانست تعداد ۲۷

- 11- Mokhtari-Dizaji M, Vahed M, Gity M. Measurement and comparison of ultrasound velocity as a function of temperature in normal breast tissue and tumors. Daneshvar, 2002; 14: 51-56 .
- 12- Vahed M. Evaluation of mechanical characterization of normal and abnormal breast tissue masses using ultrasound. Thesis for MSc, Tarbiat Modarres University, 2001 .
- 13- Mokhtari-Dizaji M, Vahed M, Gity M. The application of discriminant analysis in differentiation of normal breast tissue and tumors using measurement of ultrasound velocity as a function of temperature. Int J IJRR, 2003, 1: 163-170.
- 14- Clifford L. Neural networks: theoretical foundations and analysis. IEEE press 1992: 3-24
- 15- Rumelhart DE; Hinton GE; Williams RJ. Learning internal representation by error propagation. Parallel Distributed Processing. MIT Press, Cambridge, 1986.
- 16- Cheng B; Titterington DM. Neural networks: A review from a statistical perspective. Statistical Science 1994: 9(1):2-54.
- 17- Vahed M, Mokhtari-Dizaji M, Gity M. Attenuation coefficient in normal breast tissue, benign and malignant lesions with increasing temperature. Nameh Daneshgah, 2003, 13: 101-111.
- 18- Duck FA. Physical properties of tissue. Academic Press, 1990: 73-167.
- 19- Metz CE, Some practical issues of experimental design and data analysis in radiological ROC studies, Invest Radiol 1989: 234-245.