مجله نخبگان علوم و مهندسی
Journal of Science and Engineering Elites
جلد ۸- شماره ۴ - سال ۱۴۰۲
www.ElitesJournal.ir

طبقه بندی تصاویر اشعه ایکس با روش های شبکه بهینه شده فازی جهت تشخیص تومور استخوان

خدیجه صورآذر لاهرود *[1]، سامان راجبی[2]

۱- دانشجوی ارشد مهندسی پزشکی، موسسه عالی سراج، تبریز، ایران
۲- استادیارگروه مهندسی برق، موسسه عالی سراج، تبریز، ایران

*matinsourazar@gmail.com

ارسال: مرداد ماه ۱۴۰۲ پذیرش: مهر ماه ۱۴۰۲

چکیده

تومور استخوان، توده‌ای از بافت استخوان است که در اثر تقسیم غیرطبیعی و غیرقابل‌کنترل سلول ها ایجاد می شود. این بیماری معمولاً در ساق پا دیده می‌شود و بیشتر در کودکان و نوجوانان دیده می‌شود. در این مطالعه روش هوشمندی به منظور تشخیص و تقسیم بندی تومور استخوان بر اساس طبقه‌بندی کننده شبکه بهینه شده فازی از تصاویر استخوانی اشعه ایکس به دو نوع تومور استخوانی خوش خیم (غیر سرطانی) و تومور استخوانی بدخیم (سرطانی)، ارائه می شود. تصاویر ارائه شده در ابتدا پیش پردازش می شود، که نویز لکه ها حذف شود. سپس داده ها با استفاده از روش خوشه بندی k- means و الگوریتم کرم شب تاب تقسیم بندی می شود.۶ ویژگی از تومور استخوان استخراج می شود و سودمندترین ویژگی های استخراج شده با استفاده از رویکرد بهینه ساز کرم شب تاب انتخاب می شوند. در نهایت از روش پیشنهادی شبکه فازی، k- نزدیکترین همسایه و درخت تصمیم برای دسته بندی تصاویر استخوانی استفاده می شود. مقایسه ضرایب دقت، نرخ خطا و منحنی ROC عملکرد برتر روش پیشنهادی در شبکه فازی را نشان می‌دهد که به ترتیب ۱۰۰٪، ۲٪ و ۱۰۰٪ بدست آمد.

کلمات کلیدی: تومور استخوان، پردازش تصویر، انتخاب ویژگی، طبقه بندی.

۱- مقدمه

تومور یا سرطان استخوان یک بیماری نادر است که ممکن است در اثر التهاب یا حساسیت ناحیه آسیب دیده استخوان شروع شود. این بیماری زمانی اتفاق می‌افتد که سلول‌های غیرطبیعی در استخوان رشد می‌کنند و ممکن است به سایر قسمت‌های بدن سرایت کنند. تعداد موارد جدید سرطان استخوان احتمالاً تا ۳۹۷۰ مورد در سال ۲۰۲۳ افزایش یابد و همچنین ممکن است ۲۱۴۰ مرگ و میر نیز وجود داشته باشد [۱]. سرطان استخوان بیشتر در افراد زیر ۲۰ سال رخ می دهد. رادیوگرافی، اشعه ایکس، سی تی اسکن، تصویربرداری رزونانس مغناطیسی، اولتراسوند، فتوتراپی و توموگرافی با گسیل پوزیترون برخی از روش های رایج مورد استفاده در تصویربرداری پزشکی هستند [۲،۳]. تصاویر اشعه ایکس(x-ray) پزشکی منبع مهم و ارزشمندی برای تحقیقات و تشخیص بیماری ها هستند [۴]. در سال های اخیر درمان های مختلفی برای این بیماری پیشنهاد شده است که شامل جراحی، پرتودرمانی، شیمی درمانی می باشند. شناسایی سرطان در استخوان به دلیل ساختار پیچیده آن یک مسئله است [۵]. بررسی دستی تصاویر سرطانی به دلیل تجهیزات گران قیمت مقرون به صرفه است و گاهی اوقات به دلیل استفاده نادرست از جزئیات نتایج اشتباهاتی را به همراه دارد. در روش پیشنهادی ما، سیستم تشخیصی برای انواع تومور استخوان مبتنی بر تکنیک های کامپیوتری با استفاده از

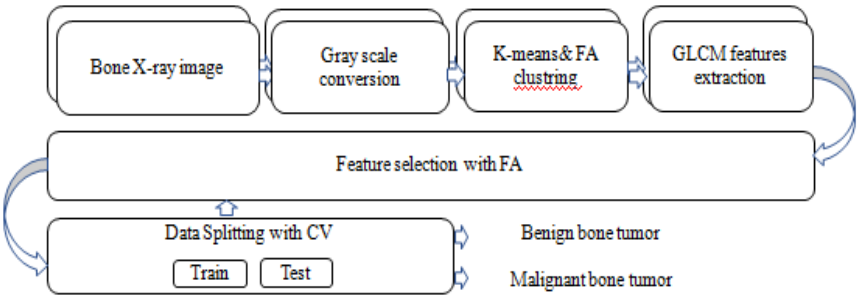
تصاویر x-ray پیشنهاد داده شده است. از آنجایی که آنها مقرون به صرفه و به طور گسترده در دسترس هستند [۶]. پردازش تصاویر پزشکی یک تکنیک اساسی است که برای بهبود عملکرد هر مدل استفاده می شود [۷]. پیش پردازش به بهبود کیفیت تصویر کمک می کند و به ما کمک می کند تا داده ها را به طور دقیق تجزیه و تحلیل کنیم. تکنیک های رایج پیش پردازش تصویر عبارتند از تغییر اندازه، فیلتر کردن، بخش بندی، روشنایی پیکسل، افزایش داده ها و نرمال سازی.

روش‌های طبقه‌بندی مختلفی وجود دارد که از میان آنها سه طبقه‌بندی‌کننده k- نزدیک‌ترین همسایه(kNN)، سیستم استنتاج فازی(FIS) و درخت تصمیم(DT) استفاده شد. kNN طبقه بندی کننده ای است که بر اساس شباهت ویژگی ها طبقه بندی انجام می دهد. این یک تکنیک طبقه بندی غیر پارامتری است [۸]. FIS یک طبقه‌بندی‌کننده فازی است که پارامترها براساس سیستم‌های فازی تعیین می‌شوند [۹]. این مقاله برای تشخیص سرطان استخوان از روش خوشه بندی k-means و بخش بندی کننده تصاویر الگوریتم کرم شب تاب استفاده می کند و همچنین برای طبقه‌بندی انواع خوش‌خیم و بدخیم سرطان استخوان از طبقه بندهای مطرح شده استفاده می شود.

تحقیقات زیادی در زمینه تشخیص بیماری تومور استخوان با استفاده از الگوریتم هوش مصنوعی صورت گرفته است. در بررسی های مختلفی برای تشخیص تومور استخوان از سیستم های عصبی- فازی استفاده شده است [۱۰-۱۱]. در یک بررسی صورت گرفته، ابتدا نویز تصاویر با استفاده از فیلتر میانه حذف می شود. سپس برای شناسایی قسمت تومور استخوان از روش همبستگی فازی استفاده می شود. ویژگی های استخراج شده از این قسمت، با استفاده از لایه های شبکه های عصبی عمیق که هر ویژگی با استفاده از الگوریتم یادگیری لونبرگ-مارکوارت بررسی می شود، پردازش می شوند. فرآیند یادگیری، با دقت ۹۹.۱٪ به تشخیص سرطان استخوان می پردازد [۱۰]. در بررسی های دیگر برای تقسیم بندی دقیق تومور استخوانی، از سیستم استنتاج فازی با تعیین مقادیر تقریبی برای تابع عضویت به عنوان روشی برای شناسایی محل سرطان استخوان توسعه داده شد و سپس برای تشخیص از فرآیند طبقه بندی کننده ماشین بردار پشتیبان (SVM) استفاده شد [۱۲].

۲- مواد و روش ها

روش پیشنهادی این مقاله طراحی سیستمی بر پایه کنترل فازی است که بتواند تومور استخوان را تشخیص و انواع آن را طبقه‌بندی کند. از الگوریتم خوشه‌بندی k-means و الگوریتم کرم شب تاب برای تشخیص تومور استخوانی و از ویژگی‌های ماتریس قسمت تومور برای طبقه‌بندی استفاده شده است. روند روش پیشنهادی در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل۱- بلوک دیاگرام تشخیص کلی بیماری تومور استخوانی

در قسمت زیر مراحل مختلف الگوریتم پیشنهادی جهت تشخیص نوع تومور شناسایی شده تشریح می شود:

۲-۱- تصاویر اشعه ایکس

تصاویر اشعه ایکس سرطان استخوان به دو نوع تقسیم می شوند: تومورهای استخوانی خوش خیم و تومورهای استخوانی بدخیم که به ترتیب در شکل ۲ و شکل ۳ نشان داده شده اند.

شکل۲- x-ray از تومور استخوان خوش خیم

شکل ۳- x-ray از تومور استخوان بدخیم

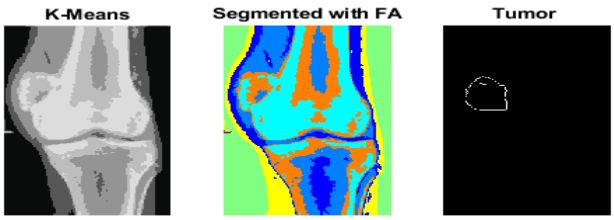
۲-۲- تبدیل مقیاس خاکستری

تصاویر اشعه ایکس استخوان جمع آوری شده در فرمت RGB هستند و تقسیم یک تصویر با استفاده از خوشه بندی k-means دشوار است. بنابراین، برای کاهش پیچیدگی محاسباتی، تصاویر استخوانی به تصاویر با مقیاس خاکستری تبدیل می شوند. در این شرایط مقادیر پیکسل در آن نوع تصاویر بین ۰ تا ۲۵۵ متغیر است.

۲-۳- بخش بندی تصویر

بخش بندی تصویر به معنای تقسیم بندی تصویر به چندین قسمت است. هدف از تقسیم بندی استخراج اطلاعات مفید از تصاویر پزشکی نیز هست. الگوریتم های بخش بندی تصویر بر اساس یکی از دو ویژگی اساسی مقادیر شدت تصویر است: ناپیوستگی و تشابه. بیشتر عملکرد بخش‌بندی مبتنی بر تصاویر پردازش‌شده بر اساس تغییرات شدت است. در روش لبه یابی تصاویری که شدت آن‌ها بین مناطق غیرمشابه متفاوت است، بخش‌بندی می‌کند. مورد دوم مبتنی بر بخش بندی یک تصویر به مناطقی است که به دلیل مجموعه ای از معیارهای از پیش تعریف شده مشابه هستند [۱۳]. این شامل تکنیک‌های تقسیم‌بندی و خوشه‌بندی مبتنی بر ناحیه است. در تقسیم بندی تومور استخوان به معنای جداسازی تومور از بافت های غیر توموری است اما در خوشه‌بندی، پیکسل‌ها گروه‌بندی می‌شوند تا خوشه‌ای را تشکیل دهند. در خوشه پیکسل‌هایی با ویژگی‌های مشابه قرار دارند و پیکسل‌ها از معیارهای همان خوشه پیروی می کنند [۱۴]. این روش یک ابزار تحلیل دقیق و ظریف از دیدگاه ریاضی در اختیار ما قرار می دهد و نتایج بهتری را برای شکل های دقیق، محدوده و ناحیه تومورها یا هر نوع رشد غیر طبیعی ارائه می دهند [۱۵].

با حذف نویز در ابتدا از تصاویر x-ray، داده ها به خوشه بند k-means داده می شوند و خوشه ها بر اساس k-means تشکیل می شوند. این یک روش ساده است و خروجی سریع نیز می دهد، اما شامل تقسیم بندی نادرست است. پس از آن تصاویر با الگوریتم کرم شب تاب بخش بندی می شود و تومور استخراج می شود طبق شکل ۴.



شکل۴- تشخیص تومور استخوانی به روش خوشه بندی k-means و الگوریتم کرم شب تاب

۲-۴- استخراج ویژگی

استخراج ویژگی برای نشان دادن یک تصویر خام در آن شکل انجام می شود که می تواند برای تصمیم گیری مانند طبقه بندی الگوها مفید باشد [۱۶]. در این مطالعه ۴ ویژگی Gray Level Cooccurrence Matrix (GLCM) و ۲ ویژگی بافت برای طبقه بندی تومور به عنوان خوش خیم یا بدخیم استفاده شده است. مزیت ویژگی GLCM این است که می توان برای تمایز بین مناطق مختلف در یک تصویر و طبقه بندی آنها به دسته های متمایز استفاده شوند. در ویژگی های استخراج شده جدول ۱، p(i,j)

ماتریس سطح خاکستری یک تصویر که دارای m پیکسل در جهت افقی و n پیکسل در جهت عمودی است. i و j مختصات افقی و عمودی ماتریس هستند به طوری که $0 \leq j \leq n$ و $0 \leq i \leq m$.

جدول۱- ویژگی های تومور استخوانی و فرمول های ریاضیاتی

ویژگی	فرمول ریاضیاتی
آنتروپی	$e = -\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} p(i,j)\log\left(p(i,j)\right)$
انرژی	$e = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} (p(i,j))^2$
کنتراست	$c = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} (i,j)^2\, p(i,j)$
همگنی	$c = \sum_{i,j=1}^{n} \frac{p_{ij}}{1+(i-j)^2}$
همبستگی	$h = \sum_{ij=1}^{n} p_{ij} \frac{(i-\mu)(j-\mu)}{\sigma^2}$
واریانس	$\sigma^2 = \frac{\sum(p_i-\mu)^2}{n}$

۲-۵- انتخاب ویژگی

انتخاب ویژگی بهینه توسط الگوریتم کرم شب تاب انجام می گیرد. هدف از انتخاب ویژگی کاهش ابعاد ورودی و استفاده از ویژگی های سودمند برای رسیدن به جواب بهینه در کمترین زمان می باشد. از ۶ ویژگی موجود، آنتروپی، کنتراست، انرژی، همبستگی و همگنی بهترین ترکیب ویژگی ها در شبکه فازی که خطای کمتر و دقت بالاتری داشت در نظر گرفته شد.

جدول ۲- مقادیر دقت و خطا حاصل از انتخاب ویژگی الگوریتم کرم شب تاب

	CCR(%)	Mean square error(%)
آنتروپی، انرژی، همبستگی، کنتراست، همگنی، واریانس	80	0.6170
آنتروپی، انرژی،کنتراست، همگنی، همبستگی	100	0.02

بهترین ویژگی های انتخاب شده با استفاده از رویکرد بهینه ساز کرم شب تاب بعنوان ورودی در سیستم استنتاج فازی استفاده می شوند.

۲-۶- طبقه بند فازی

سیستم فازی روش ریاضی برای بیان اطلاعات مبهم و نادقیق هستند که امکان مدل سازی، تشخیص، بازنمایی، دستکاری برای تفسیر اطلاعات مبهم و عدم قطعیت فراهم می کند.

در فرآیند روش پیشنهادی، ویژگی های انتخاب شده به عنوان ورودی و برچسب اختصاص داده شده به عنوان خروجی در نظر گرفته شد؛ که در آن متغییر Inputs یک ماتریس ۶ ×۲۰ و Outputs یک ماتریس ۲×۲۰ می باشد. این متغیرها، براساس تابع عضویت عمل می کنند. به همین منظور ابتدا برای متغیرهای Inputs و Outputs تعدادی تابع عضویت در نظر گرفته می شود. در حالت بهینه تعداد تابع عضویت Inputs برابر با ۵ و تابع عضویت Outputs برابر با ۳ در نظر گرفته شد؛ لذا با تغییر دادن پارامترهای سیستم فازی و بررسی حالات مختلف با سعی و خطا در این حالت، سیستم خطای کمتری نسبت به حالات دیگر داشت. سپس برای تابع عضویت بازه تعیین می گردد. با تعیین ابعاد برای تابع عضویت، خروجی تابع عضویت Inputs در

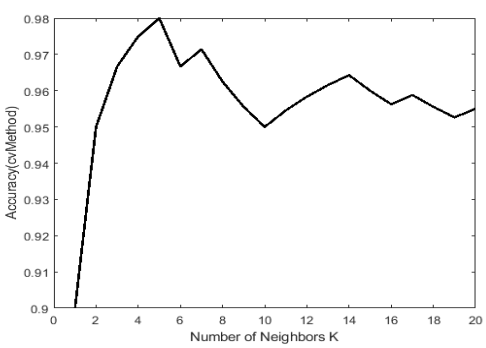
Inputdims و تابع عضویت Outputs در Outputdims قرار می گیرد. کل خروجی این تابع برابر Index است. هدف از تعیین بازه برای تابع عضویت Inputs و Outputs مشخص نمودن محل قرارگیری مقادیر Inputs و Outputs است. تابع عضویت استفاده شده در این روش مثلثی می باشد. با تعریف تابع عضویت برای ایجاد خروجی سیستم طبق شرایط دلخواه و تعیین بازه برای مشخص کردن محل قرارگیری این توابع، ارتباط تابع عضویت ورودی و خروجی بررسی می شود. از روش T-norm برای تعیین ارتباط ورودی با خروجی استفاده شد. هدف از مشخص نمودن این ارتباط، رسیدن به مقادیر ارزش است. این مقادیر با میانگین گیری از ارتباط این توابع بدست می آید. با بدست آوردن مقادیر ارزش، از قوانین فازی برای مشخص نمودن موقعیت قرارگیری این مقادیر ارزش استفاده می شود که در این تحقیق از روش ممدانی استفاده شده است. با پیاده سازی این قوانین، پنجره ای بدست می آید که ورودی های فازی را برحسب خروجی نشان می دهد. در قسمت پنجره بدست آمده با تغییر میله های عمودی می توان میزان هر یک از ورودی های فازی را تعیین نمود و برحسب این خروجی را مشاهده کرد. در انتها از مقادیر Fis برای بررسی صحت سیستم استفاده می شود. برای بررسی با استفاده از طبقه بند فازی، ابتدا از مقادیر ویژگی داده ۱۵ نمونه به عنوان داده آموزش و ۵ نمونه به عنوان داده آزمایش انتخاب شد که با ۵ بار میانگین گیری به صورت تصادفی نرخ صحیح طبقه بند انتخاب گردید.

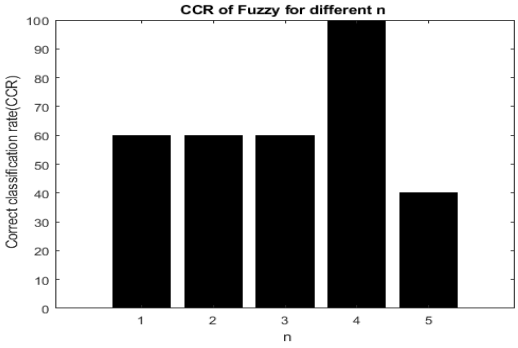
۳- نتایج و بحث

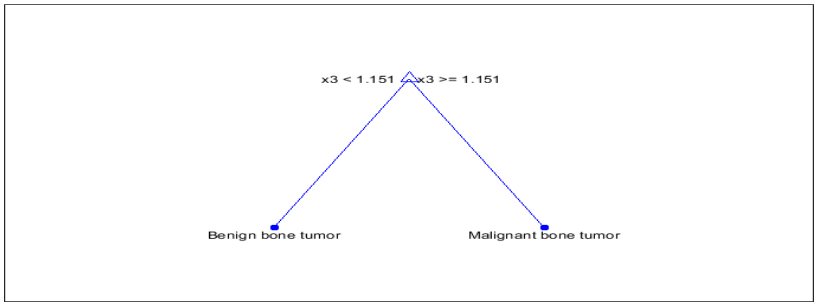
شبیه سازی تشخیص و طبقه بندی سرطان استخوان در متلب انجام شده است. بخش نتیجه به دو مرحله، مرحله تشخیص سرطان استخوان با استفاده از خوشه بندی k-means و الگوریتم کرم شب تاب و مرحله طبقه بندی سرطان استخوان با استفاده از شبکه فازی، k- نزدیکترین همسایه و درخت تصمیم تجزیه و تحلیل می شود. روش پیشنهادی بر روی دو نوع بیمار مبتلا به تومور استخوان اعمال می شود. حدود ۲۰ تصویر x-ray استخوان برای بررسی دقت استفاده می شود که در آن تمام داده ها از برخی وب سایت های ارتوپدی جمع آوری شده است. داده های جمع آوری شده شامل ۱۰ تصویر خوش خیم و ۱۰ تصویر x-ray تومور استخوان از نوع بدخیم است. نتیجه خروجی تشخیص سرطان استخوان در شکل ۴ نشان داده شده است که در آن تنها یک سرطان استخوان از نوع بدخیم نشان داده شده است. در طول طبقه بند شبکه فازی و k- نزدیکترین همسایه، برای بررسی ویژگی های انتخاب شده، از تکنیک اعتبار سنجی متقابل ۵ برابری استفاده شد. از بین ۲۰ تصویر x-ray، ۱۵ تصویر استخوان برای آموزش شبکه و ۵ تصویر برای آزمایش مدل آموزش دیده استفاده شده است. جدول ۳ و شکل ۵ نرخ صحیح طبقه بندها را نشان می دهد.

جدول۳- دقت طبقه بند

الگوریتم	دقت طبقه بند قبل از انتخاب ویژگی(٪)	دقت طبقه بند بعد از انتخاب ویژگی(٪)
شبکه فازی	80	100
k- نزدیکترین همسایه	80	0.98
درخت تصمیم	95	100





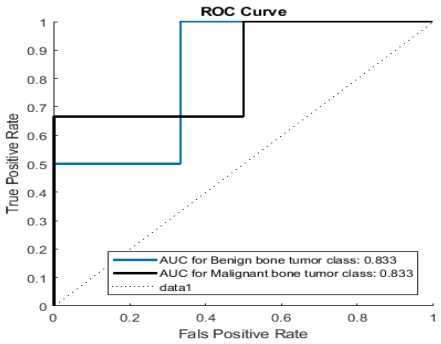


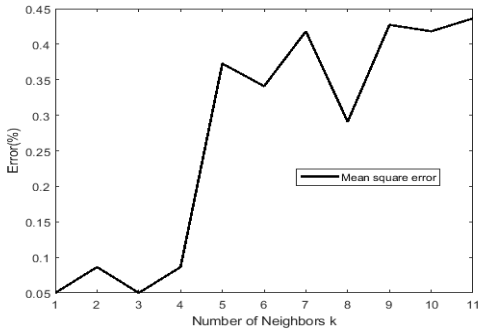
شکل۵- نرخ صحیح طبقه بند فازی، k- نزدیکترین همسایه؛ درخت تصمیم

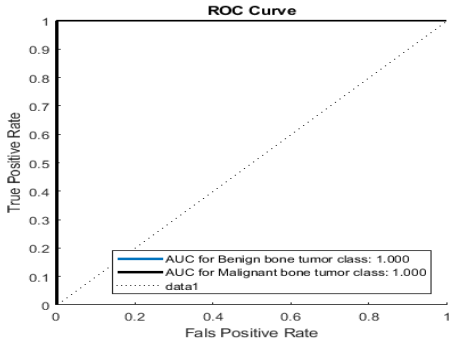
جدول ۴ و شکل ۶ نتایج معیارهای نرخ خطا وناحیه زیر منحنی ROC محاسبه شده را نشان می دهد.

جدول۴- عملکرد ماتریس در مدل پیشنهادی

الگوریتم	شبکه فازی	k- نزدیکترین همسایه
نرخ خطا(٪)	0.02	0.05
زیر منحنی ROC (٪)	100	0.83







شکل ۶- نرخ خطا و منطقه ROC

۴- نتیجه گیری

تشخیص دقیق سرطان استخوان در مراحل اولیه و طبقه بندی مناسب آن می تواند جان بسیاری از افراد را در سراسر جهان نجات دهد. سیستم طراحی شده می تواند برای تشخیص و طبقه بندی تومورها در تصاویر x-ray استخوان استفاده شود. خوشه‌بندی فازی k-means، انتخاب ویژگی با الگوریتم کرم شب تاب و سیستم استنتاج فازی، k– نزدیکترین همسایه و درخت تصمیم برای تشخیص و طبقه‌بندی سرطان استخوان در نظر گرفته شده است. نتیجه بر آن است که روش طبقه‌بندی فازی با نرخ دقت ۱۰۰ درصد بسیار مناسب است و عملکرد بهتری نسبت به تکنیک‌های طبقه بند موجود دیگر در تصاویر x-ray استخوان ارائه می‌دهد. در آینده، این سیستم را می توان نه تنها برای طبقه بندی تومورهای خوش خیم و بدخیم بلکه برای تشخیص نوع مختلف تومور استخوان مانند کوردوما، انکندروما و سارکوم یوینگ ارتقا داد.

۵- مراجع

1. Cancer Stat Facts: Bone and Joint Cancer, Online, (2023). Surveillance, Epidemiology, and End Results (SEER) Program, https://seer.cancer.gov/statfacts/html/bones.html.

2. M Gaume and S ChevretGaume, (2022). The appropriate and sequential value of standard ra diograph, computed tomography and magnetic resonance imaging to characterize a bone tumor. Sci. Rep.

3. Sun, J and Xing, F, (2021). Progress of Phototherapy Applications in the Treatment of Bone Cancer. Int. J. Mol. Sci.

4. Naveen, P and Diwan, B, (2021). Pre-trained VGG-16 with CNN Architecture to classify X-Rays images into Normal or Pneumonia. In Proceedings of the 2021 International Conference on Emerging Smart Computing and Informatics (ESCI), Pune, India, pp. 102–105.

5. Ranjitha, M.M and Taranath, N.L, (2019). Bone Cancer Detection Using K-Means Segmentation and Knn Classification. In Proceedings of the 2019 1st International Conference on Advances in Information Technology (ICAIT), Chikmagalur, India, pp. 76–80.

6. Eweje, F.R and Bao, (2021). Deep Learning for Classification of Bone Lesions on Routine MRI. EBioMedicine , 103402.

7. Park, C.-W and Oh, S.-J, (2022). Artificial intelligence-based classification of bone tumors in the proximal femur on plain radiographs: System development and validation, PLoS ONE, e0264140.

8. C. Kalaiselvi, (2016). Diagnosing of heart diseases using average k-nearest neighbor algorithm of data mining, in Computing for Sustainable Global Development (INDIACom), 3rd International Confer ence on. IEEE.

9. A. Addeh and H. Demirel, (2017). Early detection of breast cancer using optimized anfis and features selection, in Computa tional Intelligence and Communication Networks (CICN), 9th International Conference on. IEEE, pp. 39–42.

10. Altameem, (2020). T. Fuzzy rank correlation-based segmentation method and deep neural network for bone cancer identification. Neural Comput & Applic 32, 805–815.

11. G.Suganeshwari and R. Balakumar, (2023). A Deep Transfer-Based Bone Cancer Diagnosis System Using VGG16 Feature Extraction. *Diagnostics*, *13*, 757. https://doi.org/10.3390/diagnostics.

12. A. George and B. Ayshwarya, (2023). Adaptive FLAME based segmentation and classification for bone cancer detection, International Conference on Artificial Intelligence and Knowledge Discovery in Concurrent Engineering (ICECONF), Chennai, India, pp. 1-5.

13. Abdel-Maksoud and Eman, Mohammed Elmogy,(2015). Brain tumor segmentation based on a hybrid clustering technique. Egyptian Informatics Journal.

14. Avula and Murali Prasad Raja, (2014). Bone Cancer Detection from MRI Scan Imagery Using Mean Pixel Intensity. Modelling Symposium (AMS), 8th Asia. IEEE.

15. Afshan and Syed Mujtiba Hussain, (2014). Comparative study of tumor detection algorithms. Medical Imaging, m-Health and Emerging Communication Systems (MedCom), International Conference on. IEEE.

16. K. Machhale and L. Kosta, (2016). Mri brain cancer classification using hybrid classifier (svm-knn), in Industrial Instrumentation and Control (ICIC), International Conference on. IEEE.