

## تشخیص آرتروز زانو با استفاده از بلوک‌بندی تصاویر و شبکه‌های عصبی مصنوعی

### چکیده

**پیش‌زمینه:** آرتروز زانو، یکی از شایع‌ترین بیماری‌ها در انسان است و با توجه به شیوع رو به گسترش آن، تشخیص زودهنگام این بیماری بسیار حائز اهمیت می‌باشد. توجه به حجم غضروف در مطالعات آرتروز زانو از روی عکس‌های رادیولوژی بسیار ضروری است. هدف از این مطالعه کمک به بهبود تشخیص آرتروز زانو به کمک تکنیک‌های مبتنی بر هوش مصنوعی و پردازش تصاویر است.

**روش‌بررسی:** این تحقیق از نوع تشخیصی است که بر روی ۱۵۸ نمونه (تصویر ام‌آر‌آی)، مورد ارزیابی قرار گرفته است. این تصاویر، از پایگاه اطلاعاتی بیمارستان تهران جمع‌آوری شده، به‌طوری‌که ۱۱۱ نمونه مربوط به افراد سالم و ۴۷ نمونه مربوط به افراد مبتلا به آرتروز زانو است. در این مطالعه، به‌منظور تشخیص خودکار آرتروز، روش جدیدی بنام «بلوک‌بندی تصاویر و تعلیم آن با شبکه عصبی مصنوعی» ارائه شده است. با استفاده از نرم‌افزار متلب، تصاویر ام‌آر‌آی دریافت و پس از پیش‌پردازش آنها، اقدام به پردازش و تشخیص وضعیت آرتروز به کمک شبکه‌های عصبی مصنوعی شده است.

**یافته‌ها:** آزمایش‌ها نشان‌دهنده عملکرد قابل قبول روش پیشنهاد شده است، به‌طوری‌که با استفاده از این تکنیک می‌توان با دقت ۹۳٪، آرتروز زانو را تشخیص داد.

**نتیجه‌گیری:** مدل ارائه شده در این مطالعه می‌تواند در برنامه‌های غربالگری جهت شناسایی افراد در معرض خطر آرتروز، استفاده شود و به عنوان دستیار پزشک در خدمت پزشکان متخصص این حوزه قرار گیرد.

**واژگان کلیدی:** پردازش تصویر دیجیتال، استئوآرتریت زانو، ام‌آر‌آی، شبکه‌های عصبی محاسباتی، زانو

دریافت مقاله: ۱ سال قبل از چاپ؛ مراحل اصلاح و بازنگری: ۲ بار؛ پذیرش مقاله: ۱ ماه قبل از چاپ

\* سید احسان یثربی نایینی، \*\* ایمان ذباح، \*\*\* مرتضی رضانی، \*\*\* فاطمه رضایی، \*\*\* حمید واله

### مقدمه

آرتروز زانو<sup>۱</sup> بیماری تخریب‌کننده مفاصل سینوویال است که بر غضروف مفصلی اثر می‌گذارد و منجر به از دست دادن غضروف مفصلی و تغییر در دیگر بافت‌ها از جمله التهاب غشای سینوویال، ضخیم شدن کپسول مفصلی، ضعف عضله و تشکیل استخوان جدید می‌شود. بنابراین آرتروز زانو نه فقط بر بافت‌های داخل کپسولی اثر دارد بلکه بر بافت‌های اطراف مفصل از جمله لیگامان<sup>۲</sup>، کپسول مفصلی، تاندون و عضله نیز تأثیر دارد<sup>(۱)</sup>. این بیماری در زانو نسبت به سایر مفاصل، ایجاد ناتوانی و علائم کلینیکی بیشتری می‌کند و طبق شواهد موجود، در سراسر جهان یک مشکل عمده در برابر سلامتی است<sup>(۲)</sup>. در افراد مبتلا به این بیماری به علت درد و کاهش حرکات، عضله چهار سر ران دچار آتروفی و ضعف می‌شود. با پیشرفت آرتروز، تخریب غضروف، استخوان و بافت نرم مجاور رخ می‌دهد و در نهایت این بیماری باعث تغییر شکل زانو، ایجاد شلی یا ناپایداری رباطی می‌شود<sup>(۳)</sup>. متأسفانه ضایعات غضروف مفصلی به دلیل عدم وجود عروق خونی و رشته‌های عصبی، توانایی محدودی برای ترمیم دارد و چون این بیماری درمان ندارد یک مشکل عمده بر سر راه پزشکان است. اما اگر به‌موقع تشخیص داده شود می‌توان آن را کنترل کرد<sup>(۴)</sup>. در ایالات متحده آمریکا در حدود ۱۰۰ هزار نفر به علت استئوآرتریت زانو یا لگن، بدون کمک حتی قادر به حرکت در فواصل کوتاه نیستند. تشخیص زودهنگام این بیماری و انجام روش‌های پیشگیرانه باعث کندی روند پیشروی آن می‌شود<sup>(۵)</sup>. شیوع این بیماری در ایران خیلی دقیق نیست، اما طبق مطالعه ایزدپناه و همکاران<sup>(۱)</sup>، شیوع آن ۱۷/۸۷٪ بوده است که از این بین ۸۶/۴٪ درگیر یک مفصل زانو و ۱۳/۶٪ درگیر هر دو مفصل زانو بوده‌اند.

نویسنده مسئول:

سید احسان یثربی نایینی

Email:  
yasrebi77@gmail.com

1. Osteoarthritis.  
2. Ligament.



شکل ۱- تفاوت زانو طبیعی و زانوی آرتروزی (تصویر سمت چپ زانوی سالم و سمت راست زانوی آرتروزی)

غضروف پوشیده شده است. در صورتی که این غضروف تخریب شود، زانو از حالت طبیعی خارج شده و فاصله بین مفاصل به حداقل ممکن می‌رسد. شکل ۱ نمونه‌ای از بافت استخوانی به همراه زانوی سالم و زانویی که مبتلا به آرتروز است را نشان می‌دهد.

تحقیق حاضر، حاصل یک مطالعه تشخیصی است که بر اساس عکس‌های ام‌آرآی به تفکیک وضعیت بیماری آرتروز زانو از نظر سالم یا مبتلا بودن می‌پردازد. «پایگاه داده» این مطالعه توسط محققان طرح جمع‌آوری شده است. لازم به ذکر است که این داده‌ها از نوع غیرقابل انتساب بوده و مشخصات هیچ‌یک از بیماران در پایگاه داده ثبت نشده است. بانک اطلاعاتی این منبع شامل ۱۵۸ نمونه است. از این تعداد ۴۷ نفر مبتلا به آرتروز و ۱۱۱ نفر سالم بوده‌اند. شکل ۲ نمونه‌ای از تصاویر اولیه ام‌آرآی را نشان می‌دهد. مراحل ذیل جهت تشخیص آرتروز زانو مورد بررسی قرار گرفته است:

۱. پیش‌پردازش تصاویر ورودی
۲. بلوک‌بندی تصاویر و اعمال به شبکه عصبی اول
۳. ایجاد پایگاه داده مفاصل
۴. تشخیص آرتروز به کمک شبکه عصبی دوم

### پیش‌پردازش تصاویر ورودی

روش‌های مختلفی برای افزایش کیفیت تصویر به منظور تشخیص نواحی مختلف تصویر وجود دارد. در این تحقیق ابتدا با لبه‌یابی تصاویر ورودی، قسمت زانو استخراج شد و تصاویر به ابعاد ۵۰۰ در ۵۰۰ پیکسل تغییر داده شدند. سپس تصاویر ورودی رنگی<sup>۴</sup>

است. با توجه به بیماری‌های جدید و گسترش تکنولوژی، تشخیص بیماری‌ها با تکیه بر متدهای تشخیصی هوشمند در حال افزایش است. استفاده از این روش‌ها در مورد تصاویر آرتروز زانو به کمک پردازش تصاویر ام‌آرآی<sup>۳</sup> داخلی بدن، امکان‌پذیر است.<sup>(۶)</sup> در اسکن ام‌آرآی پزشک با در نظر گرفتن فاصله بین مفاصل‌ها و میزان آسیب وارده بر غضروف و استخوان‌ها، آرتروز را تشخیص می‌دهد.<sup>(۷)</sup> مشکل بالقوه این است که اکثر تکنیک‌های مبتنی بر تحلیل تصاویر ام‌آرآی به منظور اندازه‌گیری حجم غضروف با هدف تشخیص آرتروز، مقادیر متفاوتی از دخالت‌های دستی را به همراه دارند و در نتیجه، فرایند تشخیص را زمان‌بر و همراه با خطای انسانی می‌کنند.<sup>(۸)</sup> امروزه با تکیه بر تکنیک‌های مبتنی بر پردازش تصاویر و ترکیب آن‌ها با روش‌های داده‌کاوی مانند شبکه‌های عصبی مصنوعی این قابلیت به وجود آمده است که تشخیص خودکار یک فرایند در زمان کمتر و با دقت بیشتر امکان‌پذیر شود.<sup>(۹)</sup> شبکه‌های عصبی مصنوعی در مطالعات مختلفی به منظور تشخیص بسیاری از بیماری‌ها همچون کرونا قلبی، سرطان پستان مورد توجه محققان بوده است.<sup>(۱۰-۱۳)</sup> این مطالعه با هدف تشخیص آرتروز زانو، با استفاده از تکنیک‌های مبتنی بر بینایی ماشین و شبکه‌های عصبی مصنوعی، انجام شده است. قابل ذکر است که داده‌های این پژوهش کاملاً بومی بوده و توسط پژوهشگران خود طرح، جمع‌آوری شده است.

### مواد و روش کار

آرتروز به معنی التهاب مفاصل است، به عبارت دقیق‌تر، بخشی از استخوان که در مفصل با استخوان دیگری درگیر می‌شود، با

۴. منظور از تصاویر رنگی تصاویر RGB هستند که دارای سه رنگ اصلی سبز و قرمز و آبی می‌باشند.

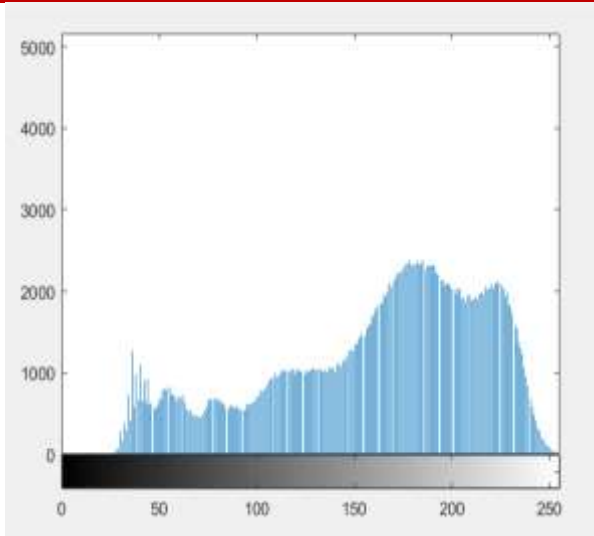
۳. تصویرسازی تشدید مغناطیسی.

که بازه ترکیب رنگ آنها صفر تا ۲۵۵ است به تصویر خاکستری<sup>۵</sup> تبدیل شدند. تصویر ورودی خاکستری با سطح روشنایی ۲۵۶ بود و هر پیکسل آن در بازه صفر تا ۲۵۵ قرار داشت. شکل ۲ تصویر خروجی خاکستری برای دو فرد سالم و دو فرد مبتلا به آرتروز را نشان می‌دهد.

### ارتقای هیستوگرام

هیستوگرام تصویر، نموداری است که توسط آن، تعداد پیکسل‌های هر سطح روشنایی در تصویر ورودی مشخص می‌شود. در این قسمت تصاویر با شدت‌های مختلف نرمالیزه شده و هیستوگرام آن‌ها محاسبه شد. نرمال‌سازی هیستوگرام موجب می‌شود که مقادیر پیکسل‌ها از بازه خاکستری صفر تا ۲۵۵ به بازه باینری صفر و یک تغییر کنند. این عمل منجر به کاهش زمان فرایند پردازش تصاویر در مراحل بعدی می‌شود. نمودار هیستوگرام تصویر خاکستری رنگ در شکل ۳ نشان داده شده است و پس از اعمال تغییرات و ایجاد تصویر باینری شده نمونه تصویر مربوط به دو فرد سالم و بیمار در شکل ۴ دیده می‌شود.

شکل ۳- هیستوگرام تصویر مفصل



شکل ۴- تصاویر باینری مفصل زانو  
مربوط به ۲ فرد سالم و بیمار



نمونه تصویر باینری مربوط به فرد مبتلا به آرتروز



نمونه تصویر باینری مربوط به فرد سالم

شکل ۲- تصاویر پیش‌پردازش شده مفصل زانو  
در ۲ فرد سالم و بیمار



نمونه تصویر ام‌آر‌آی مربوط به فرد مبتلا به آرتروز



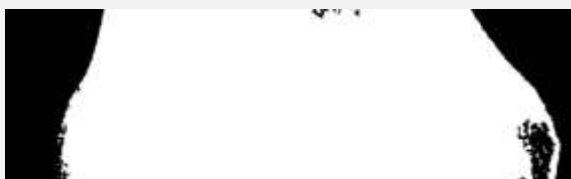
نمونه تصویر ام‌آر‌آی مربوط به فرد سالم

### بلوک‌بندی تصاویر به منظور تشخیص مفصل از غیرمفصل به کمک شبکه عصبی

یکی از مشکلاتی که در تحلیل و آنالیز هوشمند تصاویر ام‌آر‌آی زانو وجود دارد تعیین محل مفصل است. در این پژوهش با ابداع روشی به نام بلوک‌بندی تصاویر، سعی شد تا در فاز بخش‌بندی تصاویر، ابتدا مفصل زانو از سایر قسمت‌ها جدا شود تا ضمن

5. Grayscale.

**شکل ۵- تصاویر بلوک‌بندی‌شده و استخراج محل مفصل**



تصویر ۱-۵ برش اول



تصویر ۲-۵ برش دوم



تصویر ۳-۵ برش سوم



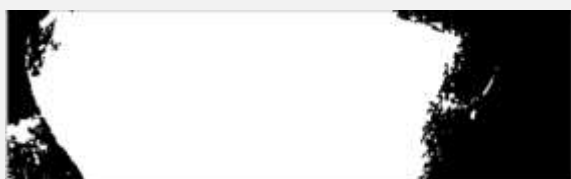
تصویر ۴-۵ برش چهارم



تصویر ۵-۵ برش پنجم



تصویر ۶-۵ برش ششم



تصویر ۷-۵ برش هفتم

آماده شدن جهت اعمال به شبکه عصبی، بخش‌هایی از تصویر که هزینه پردازش را افزایش می‌داد حذف شود. به این ترتیب هر تصویر به ۷ بلوک مجزا در ابعاد  $150 \times 500$  تقسیم شد و ورودی شبکه دارای  $75000$  ویژگی بود و در لایه ورودی شبکه عصبی به همین تعداد نرون وجود داشت. همان‌طور که در شکل ۵ نشان داده شده است در این وضعیت تصاویر به دو کلاس، مفصل و غیرمفصل به ترتیب، با کدهای ۱ و ۲ دسته‌بندی شده‌اند. جدول ۱ وضعیت کلاس‌بندی تصاویر مربوط به شکل ۵ را نشان می‌دهد.

**اعمال تصاویر اخذشده به شبکه عصبی مصنوعی**

در این مرحله باید از یک سیستم طبقه‌بندی مانند شبکه عصبی مصنوعی جهت تشخیص مفصل زانو از غیر مفصل استفاده کرد. سیستم‌های یادگیر، متشکل از لایه‌هایی است که هر لایه متشکل از تعدادی نرون است. به عبارت دقیق‌تر هر لایه شامل ماتریس وزنی، بردار بایاس و بردار خروجی مختص به خود است. تمام تصاویر پیش‌پردازش، بلوک‌بندی و به‌عنوان ورودی در شبکه عصبی طراحی شده، وارد شدند.

از بین تصاویر پایگاه داده، تعداد ۵۰ تصویر به‌عنوان نمونه انتخاب شدند تا عملیات بلوک‌بندی تصویر بر روی آن‌ها اعمال شود. به این ترتیب تعداد  $7 \times 50 = 350$  بلوک حاصل شد. با توجه به اینکه ابعاد هر بلوک  $150 \times 500 = 75000$  پیکسل است لذا ماتریس ورودی P جهت اعمال به شبکه دارای ابعاد  $350 \times 75000$  بود. سپس ماتریس T به‌عنوان ماتریس هدف (Target) با دو مقدار ۱ و ۲ به‌عنوان دو کلاس مفصل و غیرمفصل به‌منظور خروجی شبکه تشکیل شد. سپس این تصاویر به شبکه عصبی اعمال شدند تا به‌صورت خودکار قسمت مفصل را پیدا کنند.

**جدول ۱- تعیین کلاس تصاویر بلوک‌بندی‌شده**

وضعیت مفصل	نام شکل
۱: مفصل	
۲: غیر مفصل	
۲	تصویر ۱-۵ بلوک اول
۲	تصویر ۲-۵ بلوک دوم
۲	تصویر ۳-۵ بلوک سوم
۲	تصویر ۴-۵ بلوک چهارم
۱	تصویر ۵-۵ بلوک پنجم
۲	تصویر ۶-۵ بلوک ششم
۲	تصویر ۷-۵ بلوک هفتم

## جدول ۲- وضعیت یادگیری شبکه عصبی اول در تشخیص تصاویر مفصل از غیرمفصل

ویژگی	حساسیت	دقت شبکه	تعداد تصاویر	تعداد تصاویر	تعداد کل نمونه‌ها
Specificity N1	Sensitivity N1	Accuracy N1	مفصلی	غیرمفصلی	
٪۹۸/۰	٪۹۵/۷	٪۹۷/۷	۵۰	۳۰۰	۳۵۰

## جدول ۳- وضعیت یادگیری شبکه عصبی دوم در تشخیص تصاویر آرتروز زانو

ویژگی	حساسیت	دقت شبکه	تعداد تصاویر	تعداد تصاویر	تعداد کل تصاویر
Specificity N2	Sensitivity N2	Accuracy N2	سالم	آرتروز	
٪۹۲/۴	٪۹۵/۰	٪۹۳/۰	۱۱۱	۴۷	۱۵۸

## طراحی شبکه عصبی دوم به منظور تشخیص آرتروز

اکنون که محل مفصل مشخص شده است باید به بررسی آرتروزی یا غیرآرتروزی آن پرداخت. لذا در این مرحله شبکه عصبی دوم (NN2) طراحی شد که وظیفه آن تشخیص آرتروز زانو بود. این شبکه عصبی نیز از نوع پرسپترون چندلایه طراحی شد. در این مرحله، ۱۵۸ تصویر که نشان‌دهنده مفصل هستند (همانند بلوک پنجم از شکل ۶) و همچنین ماتریس با عنوان Arthritis\_Target که نشان‌دهنده نوع تصویر آرتروزی یا سالم بود، به شبکه عصبی اعمال شد تا اینکه شبکه عصبی تفاوت بین تصاویر مربوط به افراد سالم و افراد مبتلا به آرتروز را بیاموزد.

## نتایج

اگرچه یک شبکه عصبی به دلیل قابلیت پردازش موازی بسیار مقاوم است و با تنظیم درست تعداد لایه‌های مخفی و تعداد نرون‌های مناسب توانایی تقریب‌زنی هر نوع تابع غیرخطی را دارد؛ اما اگر قرار باشد دقت یک طبقه‌بندی افزایش یابد، یک روش این است که تعداد کلاس‌های آن طبقه‌بندی را کاهش و در مقابل تعداد یادگیرها را افزایش داد. مدل پیشنهادی در این مطالعه از ترکیبی از دسته‌بندی از نوع شبکه عصبی برای تشخیص بیماری آرتروز زانو استفاده می‌کند. این مکانیزم ابتدا تصاویر ام‌آرآی را با استفاده از بلوک‌بندی تصاویر به بخش‌هایی تقسیم می‌کند، سپس به تشخیص و کلاس‌بندی آنها می‌پردازد. در این مطالعه ۲ شبکه عصبی N1 و N2 طراحی شدند. وظیفه شبکه عصبی اول (N1)، تشخیص مفصل از غیرمفصل بود. شبکه N1 با ٪۸۰ از تصاویر مفصل و غیرمفصل آموزش داده شد و با ٪۲۰ درصد از داده‌ها مورد آزمون قرار گرفت.

از مجموع ۳۵۰ تصویر، شبکه عصبی N1 توانست ۲۸۹ مورد را به درستی در کلاس مربوطه غیرمفصلی و ۴۴ مورد را به درستی در کلاس مفصلی طبقه‌بندی کند. در مجموع فقط ۸ مورد به اشتباه کلاس‌بندی شدند.

جدول ۲ وضعیت یادگیری شبکه N1 را نشان می‌دهد. شبکه عصبی دوم به نام N2، مشابه شبکه عصبی اول طراحی و مورد آموزش قرار گرفت. این شبکه نیز به صورت دو کلاس آموزش داده شده است یعنی تصاویر مفصلی به شبکه اعمال می‌شود و شبکه عصبی می‌آموزد که آیا این مفصل مبتلا به آرتروز هست یا نه؟ به روش مشابه، پارامترهای ارزیابی برای شبکه دوم نیز محاسبه شد که در جدول ۳ نمایش داده شده است.

الگوریتم مورد استفاده در این پژوهش در شکل ۶ نشان داده شده است و همان‌طور که مشاهده می‌شود، در این الگوریتم سه فاز کلی وجود دارد. در فاز اول پیش‌پردازش تصاویر ام‌آرآی زانو انجام می‌شود و در پایان این فاز، یک پایگاه داده از تصاویر برای ورود به فاز بعدی شکل می‌گیرد. در فاز دوم شبکه عصبی N1 با ٪۷۰ از تصاویر بلوک‌بندی شده به منظور تشخیص تصاویر مفصل از غیر مفصل آموزش داده می‌شود و در پایان این فاز یک پایگاه داده از مفاصل زانو شامل آرتروزی و غیرآرتروزی شکل می‌گیرد. در فاز سوم شبکه عصبی N2 به تشخیص زانوی آرتروزی از غیرآرتروزی می‌پردازد.

## بحث

در این پژوهش سعی شد برای بهبود تشخیص بیماری آرتروز زانو، از روش بلوک‌بندی و استفاده از دو شبکه عصبی با دو وظیفه مختلف استفاده شود. در پژوهش کافمن و همکاران به منظور ارتقا سطح کیفی تصاویر سعی شده است که وضوح



بود. نتایج حاصل نشان داد که نرخ تشخیص استخوان خودکار ۹۹٪ و دقت تقسیم‌بندی میانگین ۹۵٪ با استفاده از شاخص شباهت Dice بود<sup>(۱۶)</sup>. همچنین در مقاله لی و همکاران تشخیص ضخامت غضروفی پیشنهاد شده است که شامل سه بخش است که شامل حجم موردنظر (VOI) اولیه‌سازی، تقسیم‌بندی استخوان و ضخامت غضروف تجسم است. سپس با یک فیلتر به شکل  $u$ ، جسم موردنظر به صورت خودکار انتخاب می‌شود و برای طبقه‌بندی استخوان در اختیار یک الگوریتم طبقه‌بندی قرار می‌گیرد<sup>(۱۷)</sup>.

تکنیک‌های داده‌کاوی می‌توانند در تشخیص بیماری‌های خاص و به منظور پیشگویی امکان ابتلای افراد به بیماری‌ها، به‌عنوان دستیار پزشک استفاده شوند.

مدل ارائه‌شده در این مطالعه می‌تواند در جهت شناسایی افراد مبتلا به آرتروز و یا در معرض خطر آرتروز استفاده شود؛ ضمن اینکه به‌عنوان دستیار پزشک در خدمت متخصصان قرار گیرد. یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های محققان این بررسی عدم وجود داده‌های بومی بود. در این مطالعه داده‌های بومی توسط محققان این پژوهش و با نظارت پزشک متخصص جمع‌آوری شد. نتایج با مدل ارائه‌شده مورد بررسی قرار گرفت که نشان از تشخیص مطلوب و قابل قبولی داشت.

نتیجه مطالعه حاکی از آن است روش بلوک‌بندی تصاویر رادیوگرافی آرتروز زانو می‌تواند ضمن کاهش حجم محاسبات یک سیستم یادگیر، دقت سیستم یادگیر (در این مطالعه شبکه‌های عصبی) را افزایش دهد. پیشنهاد می‌شود این مدل با نصب در مراکز درمانی به‌صورت آزمایشی به‌عنوان دستیار پزشک مورد استفاده قرار گیرد تا در نهایت به سطح مطلوب دقت برسد و منجر به ایجاد مدلی جامع و مناسب جهت تشخیص آرتروز زانو شود.

### قدردانی و تشکر:

این مقاله مستخرج از نتایج طرح تحقیقاتی اجرا شده به شماره طرح ۷۵ از محل اعتبارات معاونت آموزشی و پژوهشی دانشگاه تربیت‌حیدریه دانشگاه تربت حیدریه می‌باشد.

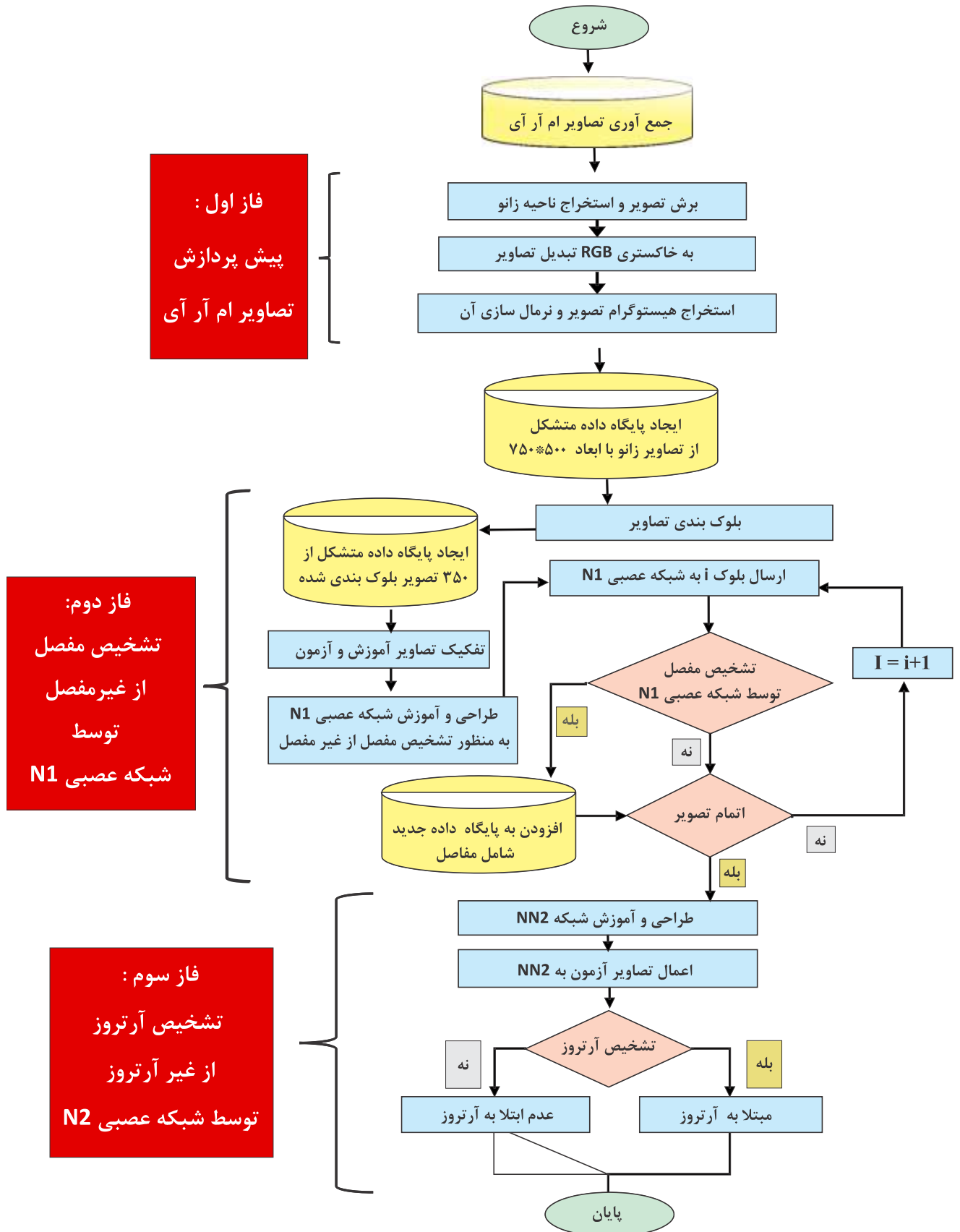
لبه‌های تیز استخوان افزایش یابد. در این روش با استفاده از فیلتر Canny لبه‌های استخوان ران مشخص می‌شود. این پژوهشگران در این مطالعه اثبات کردند که اگر از روش مکانیزه (Automated) با دو استراتژی متفاوت جهت تشخیص آرتروز استفاده شود می‌توان به میانگین خطای ۰/۰۰۶ و ۰/۰۰۴ دست‌یافت. در حالی که با همین استراتژی‌ها در حالت دستی (Manual) خطای ۰/۱۰۴ و ۰/۰۶۷ به‌دست‌آمده است<sup>(۱۳)</sup>.

در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۱۱ انجام شد مشخص شد که استفاده از شبکه عصبی پس انتشار خطا برای طبقه‌بندی و پیش‌بینی شدت بیماری آرتروز بر اساس ویژگی بافت و رنگ مفاصل به دقت ۶۶/۶٪ رسید و این آمار نشان داد که احتمال رخ دادن خطا ۳۳/۴٪ است و این سیستم با خطای زیادی مواجه است<sup>(۶)</sup>.

در پژوهشی دیگر لیلیک و همکاران، از چهار مرحله برای تشخیص آرتروز استفاده کردند. پردازش، ناحیه‌بندی، استخراج ویژگی‌ها و دسته‌بندی نوع آرتروز به چهار دسته تقسیم شد که شامل درجه ۰، درجه ۲، درجه ۳ و درجه ۴ بود. در مرحله نخست، عکس‌ها نرمالیزه می‌شوند، هیستوگرام آنها محاسبه می‌شود و تصویر بهبود می‌یابد. سپس، مکان فاصله مفصلی مشخص می‌شود و در مرحله سوم خصوصیات عکس استخراج می‌شود و در جدولی برای رتبه‌بندی میزان آرتروز درج می‌شود. در نهایت با توجه به خصوصیات استخراج‌شده و با مقایسه اطلاعات خروجی مرحله قبل با داده‌ها، درجه آرتروز به دست می‌آید<sup>(۱۴)</sup>. اکا و همکاران، در زمینه آرتروز زانو روشی به نام Koakad ارائه کردند که در این روش ابتدا عکس ورودی فیلتر می‌شود سپس با لبه‌یابی، دو سر استخوان مشخص می‌شود و فضای خالی بین دو طرف استخوان به دست می‌آید. بعد، میزان فاصله دو استخوان بالایی و پایینی محاسبه می‌شود و با فاصله سمت دیگر مقایسه می‌شود و آرتروز زانو تشخیص داده می‌شود. اگرچه در این روش تصمیم‌نهایی با پزشک است و نه توسط سیستم، اما پژوهشگران در این مطالعه توانستند برخی از پارامترهای مهم جهت ارزیابی وضعیت آرتروز زانو را در کمتر از ۱ ثانیه استخراج کنند. پایگاه داده مورد مطالعه ایشان شامل ۵۹۴ تصویر رادیوگرافی بود<sup>(۱۵)</sup>.

ابابنه و همکاران، از قطعه‌بندی با استفاده از برش گراف برای بخش‌بندی استخوان به صورت خودکار استفاده کردند. الگوریتم بخش‌بندی شامل یک بلوک مختلط مبتنی بر محتوای جدید

شکل ۶ - الگوریتم پیشنهادی



## منابع

- Ezadpanah A, Moazami M, Khoshraftar Yazdi N. Effect of a period of therapeutic exercise and detraining after that on balance in the women with knee osteoarthritis. *Mrj*. 2016;9 (1):101-109
- Tavakkoli M, Bahrpyma F. Effect of Grade 1 Mobilization of Patellofemoral Joint on Reducing Pain and Joint Stiffness and Improving Physical Function in Patients with Knee Osteoarthritis. *Horizon Med Sci*. 2010; 16 (1):18-24
- Erfanian zorufi F, Moazzami M, Mohamadi M. 'The Effect of Resistance Training on Static Balance and Pain in Elderly Women with Varus Knee and Osteoarthritis by Using Elastic Band', *Journal of Paramedical Sciences & Rehabilitation*. 2016; 5(2): pp. 14-24.
- Moradi S, Haghpanahi M. Effect of Longitudinal tear meniscus with Acl stability and unstability of this Acl on the knee using Finite Element Analyses. *IJOS*. 2016; 14 (2 and 3) :57-63
- Mahdi Nejad M, Jafari Z. Comparing effects of Glucosamine and Chondroitin sulphate combination with Naproxen on pain, physical function and radiologic findings in patients with knee osteoarthritis. 2013; 3(2): 1-12.
- Haqin S, Tehrani A, Forouzanfar M H, Faezi T, Noorollahzadeh E, Gholami J et al. 2009 Risk factors of knee osteoarthritis. WHO-ILAR-COPCORD study. *Tehran Univ Med J*. 66 (10) :721-728.
- MN T. Total knee arthroplasty in patients with osteoarthritis: Results of 34 operations. *Tehran Univ Med J*. 2009; 67 (2):146-150.
- Shojaedin S S, Sayyah M, Mehrabian H, Sheikh Oveisi J, Barati A H, Razi M. Comparing the radiographic grading scales, knee pain, signs, movement dysfunctions and the quality of life related to osteoarthritis in ex-elite track and field athletes and non-athletes. *Feyz*. 2012; 16 (1): 58-64.
- Shojaedin S S, Sayyah M, Mehrabian H, Sheikh Oveisi J, Barati A H, Razi M. Comparing the radiographic grading scales, knee pain, signs, movement dysfunctions and the quality of life related to osteoarthritis in ex-elite track and field athletes and non-athletes. *Feyz*. 2012; 16 (1): 58-64.
- Hassanzadeh M, Zabbah I, Layeghi K. Diagnosis of Coronary Heart Disease using Mixture of Experts Method. *Journal of Health and Biomedical Informatics*. 2018; 5 (2): 274-285.
- Dehghan P, Mogharabi M, Zabbah I, Layeghi K, Maroosi A. Modeling Breast Cancer Using Data Mining Methods. *Journal of Health and Biomedical Informatics*. 2018; 4 (4): 266-278.
- Zabbah I, Yasrebi Naeini S E, Ramazanpoor Z, Sahragard K. The Diagnosis of Thyroid Diseases Using Combinati on of Neural Networks through Hierarchical Method. *Journal of Health and Biomedical Informatics*. 2017; 4 (1): 21-31.
- Rahmani N, Mohseni Bandpei M A, Nodehi A. Eligibility of Magnetic Resonance Imaging Technique in Determining Articular Cartilage Lesions in Patients with Knee Osteoarthritis A Systematic Review of the Literature. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*. 2012; 21(1): pp.332-342.
- Anifah L, Purnama IK, Hariadi M, Purnomo MH. Osteoarthritis classification using self organizing map based on gabor kernel and contrast-limited adaptive histogram equalization. *Open Biomed Eng J*. 2013; 7:18-28.
- Oka H, Muraki S, Akune T, Mabuchi T, Suzuki H Yoshida et al. Fully automatic quantification of knee osteoarthritis severity on plain radiographs Osteoarthritis Cartilage. 2008;16(2): pp. 1300-1306.
- Ababneh S Y, Prescott J W, Gurcan M N. Automatic graph-cut based segmentation of bones from knee magnetic resonance images for osteoarthritis research. *Medical image analysis*. 2011; 15(4): 438-448.
- S Li, X Cui, M Yu, H Kim, K-S Kwack. Detecting and visualizing cartilage thickness without a shape model, in *Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*. 2012; IEEE International Conference on, 2012: pp. 232-236.