

روش جدیدی در فشرده سازی و بازیابی تصاویر پزشکی مبتنی بر محتوا با استفاده از ویژگی‌های حوزه‌ی فشرده در استاندارد HEVC

یعقوب صابری^۱، دانشجوی دکترای تخصصی، محمدرضا رمضان پور^{۲،۳}، دانشیار، شروان فکری ارشاد^۴، استادیار، بهرنگ برکتین^۵، استادیار

۱- گروه مهندسی کامپیوتر - واحد نجف آباد - دانشگاه آزاد اسلامی - نجف آباد - ایران - yaghoubSaberi880@gmail.com

۲- گروه مهندسی کامپیوتر - واحد نجف آباد - دانشگاه آزاد اسلامی - نجف آباد - ایران - mr.ramezanpoor@gmail.com

۳- گروه مهندسی کامپیوتر - واحد مبارکه - دانشگاه آزاد اسلامی - مبارکه - ایران - mr.ramezanpoor@gmail.com

۴- گروه مهندسی کامپیوتر - واحد نجف آباد - دانشگاه آزاد اسلامی - نجف آباد - ایران - fekriershad@gmail.com

۵- گروه مهندسی کامپیوتر - واحد نجف آباد - دانشگاه آزاد اسلامی - نجف آباد - ایران - behrang_barekatin@yahoo.com

چکیده: در عصر حاضر تصاویر پزشکی نقش بسیار مهمی در ارائه‌ی بهتر خدمات تشخیصی و تحقیقات پزشکی دارند و نیاز است تا تصاویر مورد نیاز از بین دریایی از تصاویر پایگاه داده بازیابی شوند. در این مقاله روش جدیدی با استفاده از استاندارد فشرده سازی HEVC برای فشرده سازی و بازیابی تصاویر پزشکی به منظور کاهش فضای ذخیره سازی و افزایش کارایی ارائه شده است. چالش مهم در این زمینه، زمان‌گیر بودن بازیابی تصویر است. در روش پیشنهادی، تصاویر پایگاه داده، بدون اتلاف و به صورت درون قابی با استاندارد HEVC فشرده سازی شده و اندازه‌ی بلوک‌های پیش‌گویی از آن استخراج می‌شوند. سپس نرمال سازی شده و هیستوگرام همبستگی نگار بلوک آن‌ها به عنوان بردار ویژگی ذخیره می‌شوند. عملیات شرح داده شده بر روی تصویر پرس و جو نیز انجام می‌شود و هیستوگرام همبستگی نگار بلوک آن با ویژگی‌های ذخیره شده مقایسه می‌شوند و به عنوان نتایج جستجو، شبیه‌ترین تصاویر با تصویر پرس و جو، برای کاربر نمایش داده می‌شوند. تمامی روش‌های موجود در بازیابی تصویر در حوزه فشرده با استاندارد HEVC از هیستوگرام ویژگی‌ها استفاده نکرده‌اند در حالی که در این مقاله یک مفهوم جدیدی به نام، نگار بلوک ارائه شده است تا دقت بازیابی نسبت به سایر روش‌ها بهبود یابد. نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهد که روش پیشنهادی نسبت به سایر روش‌های مشابه دارای دقت عملکرد بالاتری می‌باشد و می‌تواند برای بازیابی تصاویر پزشکی استفاده گردد.

واژه‌های کلیدی: فشرده سازی، HEVC، بازیابی تصویر، پیش‌گویی درون قابی، نگار بلوک.

A new method for compressing and content-based medical images retrieval using compressed domain properties in the HEVC standard

Yaghoob Saberi, PhD student¹, Mohammad Reza Ramezanpour, Associate Professor^{2&3}, Shervan Fekri Ershad, Assistant Professor⁴, Behrang Baraktin, Assistant Professor⁵

1- Department of Computer Engineering, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran, yaghoubSaberi880@gmail.com

2- Department of Computer Engineering, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran mr.ramezanpoor@gmail.com

3- Department of Computer Engineering, Mobarakeh Branch, Islamic Azad University, Mobarakeh, Iran mr.ramezanpoor@gmail.com

4- Department of Computer Engineering, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran fekriershad@gmail.com

5- Department of Computer Engineering, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran behrang_barekatin@yahoo.com

Abstract: In today's era, medical images play a very important role in providing better diagnostic services and medical research, and there is a need to retrieve required images from a sea of database images. In this article, a new method using the HEVC compression standard for compression and retrieval of medical images is presented in order to reduce storage space and increase efficiency. The important challenge in this field is the time-consuming nature of image retrieval. In the proposed method, the database images are losslessly and intra-frame compressed with HEVC standard and the size of prediction blocks are extracted from it. Then it is normalized and their block graph correlation histogram is saved as a feature vector. The described operation is also performed on the query image, and its block correlation histogram is compared with the stored features, and as search results, the most similar images with the query image are displayed to the user. All existing methods in image retrieval in the compressed field with the HEVC standard have used the histogram of features, while in this article a new concept in the name of correloblock is presented to improve the accuracy of retrieval compared to other methods. The results of the experiments show that the proposed method has a higher performance accuracy than other similar methods and can be used to recover medical images.

Keywords: Compression, HEVC, Image Retrieval, Intra Prediction, Correloblock.

تاریخ ارسال مقاله: ۱۴۰۱/۰۴/۲۰

تاریخ اصلاح مقاله: ۱۴۰۱/۰۸/۲۵

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۹/۰۲

نام نویسنده مسئول: محمدرضا رمضان پور

نشانی نویسنده مسئول: ایران - مبارکه - دانشگاه مبارکه - دانشکده کامپیوتر - گروه مهندسی کامپیوتر.



۱- مقدمه

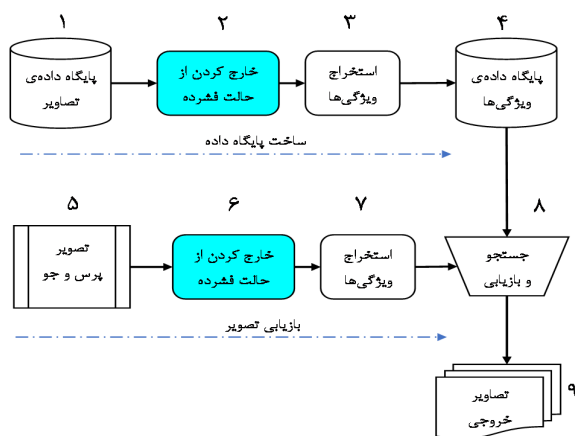
امروزه پیشرفت‌های قابل توجهی در زمینه‌ی پزشکی و مخصوصاً کیفیت و دقت دستگاه‌های تصویر برداری پزشکی و تصاویر تولید شده از آنها صورت گرفته است. با افزایش قدرت تفکیک پذیری این دستگاه‌ها و همچنین کاهش فاصله‌ی مقاطع تصویر برداری از یک سانتی متر به یک میلی متر در دستگاه‌های پیشرفته‌ی جدید، تعداد تصاویر گرفته شده برای هر بیمار زیاد شده و در کل تعداد تصاویر گرفته شد و ذخیره سازی شده در بانک داده‌های مراکز پزشکی و بیمارستان‌ها به شدت افزایش یافته است. استفاده از سیستم‌های پیشرفته‌ی تصویر برداری پزشکی، همچون اشعه‌ی ایکس^۱، CT اسکن^۲، سونوگرافی^۳، MRI^۴ و PET^۵ و پانورامیک^۶ رو به افزایش است و پزشکان بر حسب نیاز برای تشخیص بیماری‌های حوزه‌های آناتومی، عروق، توموگرافی و ماموگرافی به صورت دقیق، از یکی از سیستم‌های تصویر برداری استفاده می‌کنند و توسعه‌ی این نوع دستگاه‌ها جزء کارهای روزمره‌ی رشته‌های مهندسی پزشکی شده است. افزایش کیفیت و تعداد تصاویر دستگاه‌های تصویر برداری پزشکی در آینده با سرعت بیشتری ادامه خواهد داشت و همچنین نیاز متخصصان به اطلاعات موجود در این تصاویر در زمینه‌ی شناسایی و تشخیص بیماری موجب خواهد شد که در زمینه‌ی بازیابی تصاویر پزشکی و مخصوصاً تصاویر حوزه‌ی فشرده تحقیقات کامل‌تر و راه حل‌های سریع‌تر و دقیق‌تری ارائه گردد [۱]. مسئله‌ی اساسی و چالش مهمی که در اینجا وجود دارد این است که، چگونه می‌توان یک تصویر و فیلم خاص و یا مشابه را در دریایی از تصاویر یک پایگاه داده در یک زمان کوتاه و معقول، پیدا کرد؟

طبق آمار سال ۲۰۱۹، حدود ۲/۲ میلیارد تصویر پزشکی گرفته شده است که حجمی حدود ۷۰۹۰۰ ترا بایت دارد. می‌توان با استفاده از اطلاعات موجود در این تصاویر و با بکارگیری روش‌هایی کارآمد برای بازیابی تصاویر مورد نیاز باعث ایجاد بهبود چشمگیری در زمینه‌ی تشخیص، درمان و تحقیقات پزشکی شد [۲].

در عمل، فرآیند بازیابی تصویر به دو روش انجام می‌شود. در روش اول، بازیابی تصویر بر اساس اندیس گذاری یا روش‌های پرس و جو از طریق متن (TBIR^۷) و در روش دوم، بازیابی تصویر مبتنی بر محتوا می‌باشد. در روش‌های بازیابی تصویر مبتنی بر متن، نیاز است که برای تمام تصاویر پایگاه داده توضیحات نوشتاری که شرحی از تصویر را شامل می‌شود پیوست شده و در پایگاه داده ذخیره گردد [۳]. یکی از مشکلات این روش صرف زمان خیلی زیاد برای اندیس گذاری تمام تصاویر پایگاه داده و مشکل دیگر تعاریف و تفسیرهای متفاوت و گاهی ناقصی است که افراد مختلف برای یک تصویر در پایگاه داده ثبت می‌کنند. در روش دوم، بازیابی تصویر مبتنی بر محتوا^۸ با استفاده از ویژگی‌های سطح پایین مثل بافت، رنگ و شکل و همچنین ویژگی‌هایی مثل لبه و گشتاور انجام می‌شود [۴].

بازیابی تصویر مبتنی بر محتوا از نظر فشرده سازی شامل دو بخش است. بخش اول بازیابی تصویر در حوزه‌ی غیر فشرده و بخش دوم

بازیابی تصویر در حوزه‌ی فشرده می‌باشد [۵، ۶]. در بازیابی تصویر در حوزه‌ی غیر فشرده نیاز است که تصاویر از حالت فشرده خارج شده و به صورت پیکسلی در پایگاه داده ذخیره شوند که برای تصاویر با کیفیت بالا به فضای حافظه‌ی بسیار زیادی نیاز است بنابراین بیشتر برای تصاویر کوچک و یا تصاویر با کیفیت پایین مورد استفاده قرار می‌گیرد. در بازیابی تصویر در حوزه‌ی فشرده نیاز نیست تصاویر از حالت فشرده خارج شده و در پایگاه داده ذخیره گردند و از ویژگی‌های سطح بالای ذخیره شده در حالت فشرده برای بازیابی در این حوزه استفاده می‌شود که باعث می‌شود فضای ذخیره سازی، بار محاسباتی و همچنین زمان بازیابی در این روش به صورت چشمگیری کاهش پیدا کند. شکل ۱ هر دو روش بازیابی تصویر مبتنی بر محتوا در حوزه‌ی فشرده و غیر فشرده را نشان می‌دهد.



شکل ۱: مراحل بازیابی تصویر مبتنی بر محتوا در حوزه‌ی فشرده (بدون مرحله‌ی ۲ و ۶) و غیر فشرده (با مرحله‌ی ۲ و ۶).

در این مقاله مشابه با مرجع [۷]، روشی برای استخراج ویژگی‌های سطح بالا از تصاویر پزشکی در حوزه‌ی فشرده پیشنهاد شده است. تفاوت روش پیشنهادی با مرجع [۷] این است که در مرجع [۷] از هیستوگرام مد پیش‌گویی استفاده شده است ولی روش پیشنهادی از همبستگی نگار بلاک استفاده می‌کند که تمایز بیشتری بین تصویر پرس و جو و تصاویر پایگاه داده را نشان می‌دهد. در نتیجه دقت بیشتری خواهد داشت. مزیت حوزه‌ی فشرده این است که پس از ذخیره سازی تصاویر با فرمت استاندارد در پایگاه داده، فضای ذخیره سازی کمی نیاز دارند و اگر بتوان بدون خارج کردن تصاویر از حالت فشرده، ویژگی‌های تصاویر را از آنها استخراج کرده و کار بازیابی را انجام داد مرحله‌ی پیش پردازش (خارج کردن تصاویر از حالت فشرده) که بار محاسباتی بالایی دارد و زمان زیادی را تلف می‌کند حذف خواهد شد. در روش پیشنهادی به منظور از دست ندادن جزئیات از روش کد گذاری بدون اتلاف استفاده کرده و تصاویر با استاندارد HEVC^۹ فشرده شده و در پایگاه داده ذخیره می‌شوند و اندازه‌ی بلوک‌های پیش‌گویی آنها به عنوان ویژگی استخراج می‌شوند.

ادامه‌ی بخش‌های این مقاله بدین شرح است: در بخش دوم مروری بر پژوهش‌های گذشته در زمینه‌ی روش‌های مختلف بازیابی تصاویر

پیشنهاد کرده‌اند و نشان داده‌اند که راندمان محاسباتی بهبود داشته است. Tuyet و همکاران [۱۱] روش جدیدی را برای بازیابی تصاویر پزشکی مبتنی بر محتوا بر اساس مناطق برجسته و یادگیری عمیق پیشنهاد کرده‌اند. مجموعه داده‌ی آنها شامل ۵ گروه از تصاویر پزشکی است که کیفیت آنها از کم تا زیاد متغیر است. با بهترین گروه کیفیت تصاویر، دقت ۹۱/۶۱٪ و فراخوانی ۸۹/۶۱٪ بوده است که نسبت به روش‌های مشابه ۲ تا ۵ درصد بهبود داشته است.

۲-۲- روش‌های بازیابی تصاویر پزشکی مبتنی بر محتوا در حوزه‌ی کد گذاری شده

بازیابی تصاویر پزشکی مبتنی بر محتوا در حوزه‌ی کد گذاری شده دارای مزایایی همچون نیاز به حافظه‌ی کم، سرعت بازیابی بالا و در نتیجه کارایی بهتر نسبت به روش‌های کد گذاری نشده است. در ادامه برخی از تحقیقات انجام شده در این حوزه مورد بررسی قرار می‌گیرد که می‌توان آن‌ها را به سه دسته تقسیم کرد. دسته‌ی اول مقالاتی هستند که از ویژگی‌های درون قابی جهت بازیابی استفاده می‌کنند. دسته‌ی دوم مقالاتی هستند که ویژگی‌های بین قابی را در روش پیشنهادی به کار گرفته‌اند و دسته‌ی سوم مقالاتی را شامل می‌شوند که از ویژگی‌های ضرایب DCT به عنوان ویژگی بهره می‌برند.

۲-۲-۱- استفاده از ویژگی‌های درون قابی

یمقانی و زرگری [۷]، یک روش، جهت بازیابی تصاویر پزشکی با استاندارد HEVC ارائه داده‌اند. آن‌ها در روش پیشنهادی‌شان از ویژگی‌های تعداد مدها و بلوک‌های پیش‌گویی تصاویر بانسک داده استفاده کرده‌اند و با تعیین ضرایب تأثیر هر یک، در معیار مشابهت، عملیات بازیابی را انجام و نشان داده‌اند که دقت روش پیشنهادی ۸۹٪ و پارامتر صحت ۹۴/۵٪ است. رحمانی و زرگری [۱۲] یک روش برای بازیابی تصاویر و ویدئوها با استفاده از استاندارد HEVC ارائه کرده‌اند. آن‌ها سه هیستوگرام شامل: اندازه بلوک، مدهای پیش‌گویی و مؤلفه‌های روشنایی و رنگ را به دست آورده و مقدار ANMRR^{۱۱} را برای تصویر، ۰/۳۴ و برای ویدئو، ۰/۳۳ به دست آورده‌اند. زرگری و همکاران [۱۳]، در پژوهشی دیگر، یک روش بازیابی برای ویدئوها و تصاویر فشرده شده با HEVC ارائه کرده‌اند. آن‌ها از ترکیب مؤلفه‌های روشنایی و رنگ و همچنین تعداد بلوک‌های PU^{۱۲} به عنوان ویژگی، استفاده نموده و مقدار ANMRR را برای ویدئوهای با وضوح بالا، ۰/۳۴ به دست آورده‌اند که در مقایسه با روش‌های مشابه، بهتر است. Liang و همکاران [۱۴] یک روش بازیابی تصویر با استفاده از استاندارد HEVC پیشنهاد کرده و از ترکیب هیستوگرام، مدهای پیش‌گویی و باقی مانده‌ی ضرایب^{۱۳} بلوک بعد از پیش‌گویی استفاده نموده‌اند. آن‌ها نشان داده‌اند که روش پیشنهادی باعث کاهش مصرف منابع می‌گردد. زرگری و همکاران [۱۵]، در پژوهشی دیگر، یک روش برای بازیابی تصاویر و ویدئوهای فشرده شده با استاندارد H.264/AVC ارائه کرده‌اند. آن‌ها از مدهای پیش‌گویی درون قابی به عنوان بردار ویژگی استفاده کرده و

پزشکی خواهد شد و در بخش سوم توضیحاتی در زمینه‌ی استاندارد HEVC بیان می‌شود. در بخش چهارم جزئیات روش پیشنهادی شرح داده شده و در بخش پنجم به تحلیل و ارزیابی نتایج و آزمایش‌ها و در نهایت در بخش ششم به نتیجه‌گیری پرداخته می‌شود.

۲- مروری بر پژوهش‌های گذشته

بازیابی تصاویر پزشکی مبتنی بر محتوا، بهترین روش بازیابی است که به صورت خودکار انجام می‌شود و از نظر فشرده سازی به طور کلی به دو حوزه‌ی کد گذاری نشده (غیر فشرده) و کد گذاری شده (فشرده) تقسیم می‌شود. در روش‌های کد گذاری نشده از ویژگی‌های: فیلتر گابور و ماتریس مجاورت و در روش‌های کد گذاری شده از ویژگی‌های: درون قابی، بین قابی، ضرایب DCT و موجک، برای بازیابی استفاده می‌شوند. ویژگی‌های موجک، فیلتر گابور و ماتریس مجاورت جزء روش‌های قدیمی هستند و در حال حاضر کاربرد کمی دارند. امروزه در حوزه‌ی کد گذاری نشده، ویژگی‌های استخراج شده از شبکه‌های عصبی و در حوزه‌ی کد گذاری شده ویژگی‌های درون قابی، بین قابی و ضرایب DCT بیشتر توسعه داده شده‌اند. چون روش پیشنهادی مقاله‌ی حاضر در حوزه‌ی کد گذاری شده است، در ادامه، ابتدا مروری مختصر به پژوهش‌های حوزه‌ی کد گذاری نشده خواهیم داشت و سپس مقالات حوزه‌ی کد گذاری شده را کامل‌تر مورد بررسی قرار خواهیم داد.

۲-۱- روش‌های بازیابی تصاویر پزشکی مبتنی بر محتوا در حوزه‌ی کد گذاری نشده

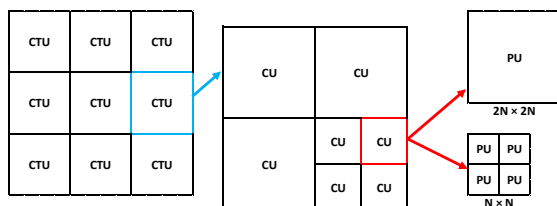
اخیراً پژوهشگران زیادی در حوزه‌ی کد گذاری نشده بر روی روش‌های یادگیری متمرکز شده‌اند و با استفاده از تکنیک‌های جدید در یادگیری ماشین و مخصوصاً تکنیک‌های مهم و پیشرفته یادگیری عمیق به توسعه‌ی روش‌های کارآمد بازیابی تصویر پرداخته‌اند. برخلاف روش‌های متداول یادگیری ماشینی که اغلب از معماری‌های کم عمق استفاده می‌کنند، یادگیری عمیق مغز انسان را تقلید می‌کند که در یک معماری عمیق سازمان‌دهی شده است و اطلاعات را از طریق مراحل مختلف، تبدیل، بازنمایی و پردازش می‌کند.

Owais و همکاران [۸] یک سیستم بازیابی مبتنی بر طبقه‌بندی تصاویر پزشکی چند وجهی، از انواع مختلف روش‌های تصویر برداری با استفاده از تکنیک هوش مصنوعی، با نام شبکه باقی‌مانده پیشرفته^{۱۰} پیشنهاد کرده‌اند. آن‌ها نشان داده‌اند با ۱۲ پایگاه داده شامل ۵۰ کلاس، دقت روش پیشنهادی‌شان ۸۲٪ است. Ozturk [۹] در تحقیق خود، یک تکنیک تولید کد هش چهار مرحله‌ای برای کاهش شکاف معنایی بین ویژگی‌های سطح پایین و بالا برای مجموعه داده‌های تصاویر پزشکی نامتعادل ارائه کرده و نشان داده که طبقه‌بندی و عملکرد بازیابی روش پیشنهادی، نسبت به سایر روش‌های پیشرفته موفق‌تر است. Ma و همکاران [۱۰] روش جدیدی را برای بازیابی تصاویر پزشکی مبتنی بر محتوا با استفاده از الگوریتم کوتاه‌ترین مسیر بر روی نمودار وزن‌دار، از طریق در نظر گرفتن شباهت‌های ادغام شده و حساس به زمینه

معمولی، در تعداد کل عملیات برای بلوک‌های 4×4 و 2×2 به ترتیب به بیش از ۹۸٪ و ۹۶٪ صرفه جویی در زمان رسیده‌اند.

۳- مروری بر استاندارد کد گذاری HEVC

تا کنون روش‌های فشرده سازی مختلفی به منظور کاهش حجم فایل‌های ویدئویی توسعه داده شده‌اند. آخرین روش ارائه شده در زمینه ی فشرده سازی، استاندارد کد گذاری ویدئو با کارایی بالا (HEVC) است. جهت فشرده سازی حداکثری در HEVC، هر فریم از تصویر اولیه به ماکرو بلوک‌های 64×64 پیکسل که CTU^{15} نامیده می‌شوند تقسیم شده و در یک تقسیم بندی داخلی این CTU ها که به عنوان ریشه‌ی درخت تقسیم بندی شناخته می‌شوند به واحدهای کدینگ با یک ساختار بازگشتی درخت چهارتایی با نام CU^{16} شکسته می‌شوند. CU ها شامل مؤلفه‌های روشنایی^{۱۷} و رنگ^{۱۸} با اندازه‌های 64×64 ، 32×32 ، 16×16 و 8×8 هستند [۲۲]. هر CU می‌تواند شامل یک یا چند بلوک پیش‌گویی PU از 64×64 تا 4×4 باشد. تقسیم بندی بلوک‌های PU بر اساس منطقه‌هایی با حالت‌های پیش‌گویی یکسان است و با پیچیدگی بافت فریم ویدئویی ارتباط مستقیم دارد بدین صورت که هر چه تصویر (فریم) دارای جزئیات زیادتری باشد تعداد بلوک‌های پیش‌گویی 4×4 تشکیل دهنده‌ی آن بیشتر است و بالعکس. در روش پیشنهادی این مقاله، از ویژگی بلوک‌های پیش‌گویی برای بازیابی تصویر استفاده می‌شود [۲۳]. شکل ۲ نحوه‌ی تقسیم بندی بلوک‌ها را در HEVC نشان می‌دهد.



شکل ۲: روش تقسیم بندی بلوک انعطاف پذیر در استاندارد HEVC [۲۴].

۳-۱- آشنایی با پیش‌گویی درون قابی در استاندارد HEVC

از پیش‌گویی درون قابی برای حذف افزونگی‌های فضایی استفاده می‌شود. پیش‌گویی درون قابی در استاندارد HEVC، نسبت به استانداردهای قبلی توسعه یافته و به جای استفاده از ۹ حالت پیش‌گویی در H264/AVC به ۳۵ حالت پیش‌گویی در استاندارد HEVC افزایش یافته است که شامل ۳۳ حالت زاویه‌ای، یک حالت مسطح و یک حالت DC است که باعث افزایش دقت HEVC شده است [۲۵]. در این مقاله برای بازیابی تصویر از ویژگی درون قابی استاندارد HEVC که شامل بلوک‌هایی با اندازه‌های متفاوت و حاوی مقادیر پیش‌گویی است استفاده شده است.

هیستوگرام ۹ مد پیش‌گویی برای بلوک‌های 4×4 و ۴ مد پیش‌گویی برای بلوک‌های 16×16 را پس از نرمال سازی استخراج کرده‌اند. نتایج شبیه‌سازی و مقایسه با فیلتر گابور در روش آنها نشان می‌دهد که روش پیشنهادی دقت بسیار بالا برای تصاویر بازیابی شده دارد. یمقانی و زرگری [۱۶]، در یک مطالعه‌ی دیگر، یک روش برای بازیابی تصاویر پزشکی با H.264/AVC ارائه داده‌اند. آنها در روش پیشنهادی‌شان هیستوگرام مدهای پیش‌گویی را به عنوان بردار ویژگی در نظر گرفته و به طور متوسط ۹۳٪ دقت در طبقه بندی و ۸۵٪ دقت کلی در بازیابی تصاویر رادیولوژی به دست آورده‌اند. زرگری و همکاران [۱۷]، یک روش بازیابی برای تصاویر رنگی فشرده شده با H.264/AVC ارائه نموده و از هیستوگرام مد پیش‌گویی در روش پیشنهادی‌شان استفاده کرده‌اند. نتایج روش پیشنهادی نشان می‌دهد که، روش بازیابی بسیار کارآمد بوده و در برابر تغییرات پارامترهای مختلف تصویر و کدگذاری مقاوم است. Wang و همکاران [۱۸] روشی برای بازیابی تصاویری که با کدینگ H.264/AVC فشرده سازی شده‌اند ارائه نموده و از ترکیب هیستوگرام مؤلفه‌های روشنایی و رنگ و باقیمانده‌ی ضرایب بلوک، بعد از پیش‌گویی برای به دست آوردن بردار ویژگی استفاده کرده‌اند. آنها نشان داده‌اند که روش پیشنهادی قادر به کاهش مصرف منابع محاسباتی و حافظه است.

۲-۲-۲- استفاده از ویژگی‌های بین قابی

اکرمی و زرگری [۱۹] یک روش جهت بازیابی ویدئوهای فشرده شده با استاندارد H.264/AVC و به کارگیری ویژگی‌های بین قابی، ارائه داده‌اند. آنها موقعیت حرکت را به عنوان ویژگی در نظر گرفته و سه هیستوگرام موقعیت حرکت (MPH) شامل: فریم‌های P با پیش‌گویی رو به جلو، B با پیش‌گویی رو به جلو و B با پیش‌گویی رو به عقب، مربوط به موقعیت آن مکان، در GOP^{14} را استخراج کرده‌اند. آنها نشان داده‌اند که بازیابی ویدئو بر اساس روش نمایه سازی پیشنهادی در ۷۴ درصد پرسش‌ها با افزایش کمی در زمان محاسبه، از بازیابی ویدئوی مبتنی بر بردار حرکت بهتر عمل می‌کند. مزیت روش آنها افزایش کارایی با افزایش ناچیز بار محاسباتی است.

۲-۲-۳- استفاده از ویژگی ضرایب DCT

مهرابی و همکاران [۲۰]، یک روش سریع و ساده برای بازیابی تصاویر رنگی با استاندارد H.264/AVC ارائه کرده و از ضرایب تبدیل DCT به عنوان بردار ویژگی استفاده نموده‌اند و به منظور کاهش بار محاسباتی، تقریبی از بلوک‌های 4×4 که باقیمانده‌های بلوک‌های پیش‌گویی درون قابی تصویر اصلی هستند را برای یک بلوک 2×2 محاسبه کرده‌اند. نتایج شبیه‌سازی آنها نشان می‌دهد که عملکرد روش پیشنهادی، بسیار نزدیک به سیستم‌های بازیابی تصویر کاملاً غیر فشرده است. مهرابی و همکاران [۲۱]، یک روش برای بازیابی تصاویر با استاندارد JPEG ارائه نموده و در روش پیشنهادی‌شان از ضرایب تبدیل DCT استفاده کرده‌اند. آنها با استفاده از روش پیشنهادی به جای DCT معکوس

۴- روش پیشنهادی

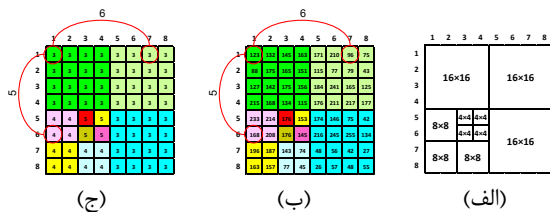
ایده‌ی اولیه روش پیشنهادی برگرفته از همبستگی نگار رنگ (Correlogram) است به طوری که پیچیدگی محاسباتی آن کاهش یافته است. یکی از موارد استفاده‌ی Correlogram برای رنگ و پیکسل است. همبستگی نگار رنگ هم توزیع رنگ پیکسل‌ها و هم همبستگی مکانی (فاصله‌ی مکانی) هر جفت پیکسل را پس از نرمال سازی نشان می‌دهد که با استفاده از رابطه‌ی (۱) به دست می‌آید.

$$\gamma_{c_i, c_j}^{(k)}(I) \triangleq \Pr_{p_1 \in I_{c_i}, p_2 \in I} [p_2 \in I_{c_j} \parallel p_1 - p_2 = k] \quad (1)$$

در رابطه‌ی فوق رنگ‌های تصویر I به n رنگ، $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ کوانتیزه می‌شوند و k، فاصله‌ی پیکسل‌های هم رنگ همسایه P_1 و P_2 هستند [۲۶]. در هنگام استخراج هیستوگرام همبستگی نگار رنگ، بعد اول و دوم هیستوگرام، عددی در محدوده‌ی [۰-۲۵۵] مربوط به رنگ هر پیکسل و بعد سوم فاصله‌ی هر پیکسل نسبت به همسایه‌های مجاور در جهت افقی و عمودی را نشان می‌دهد. ویژگی همبستگی نگار رنگ نسبت به هیستوگرام رنگ، بازده بهتری برای بازیابی دارد ولی به علت بعد زیاد، پیچیدگی محاسباتی آن بالا است، زیرا برای هر رنگ از پیکسل، نیاز است که ۲۵۶ محاسبه انجام شود. مثلاً اگر تصویری با ابعاد 1080×1920 پیکسل، در نظر گرفته شود و مقدار k که نشان دهنده‌ی فاصله پیکسل‌ها است، برابر با ۱ در نظر گرفته شود، میزان محاسبات برابر با $1,592,525,000 = 1,080 \times 1,920 \times 256 \times 3$ یا حدود یک میلیارد و ششصد میلیون برای یک فریم خواهد شد.

در این مقاله روش جدیدی که از این پس «همبستگی نگار بلوک» (Correloblock) نامیده می‌شود ارائه شده که نسبت به همبستگی نگار رنگ دارای پیچیدگی محاسباتی کمتری است. با توجه به اینکه برای بازیابی تصویر نیاز نیست تصویر از حالت فشرده خارج شود، می‌توان کاهش زمان بازیابی را به عنوان یکی از مزایای روش پیشنهادی در نظر گرفت. همچنین یکی دیگر از مزایای روش پیشنهادی، با توجه به فشرده سازی تصاویر پایگاه داده با استاندارد فشرده سازی HEVC، کاهش حافظه‌ی مصرفی برای نگهداری تصاویر است. همبستگی نگار بلوک نیز مانند همبستگی نگار رنگ از یک هیستوگرام سه بعدی استفاده می‌کند، البته با دو تفاوت عمده. یکی اینکه همبستگی نگار بلوک در حوزه‌ی فشرده و با استفاده از اطلاعات موجود در فایل کد شده، استخراج می‌شود و نیاز نیست تا تصویر از حالت فشرده خارج گردد و تفاوت دیگر همبستگی نگار بلوک با همبستگی نگار رنگ این است که در همبستگی نگار بلوک، به جای مقدار مربوط به رنگ هر پیکسل، از اندازه‌ی بلوک پیش‌گویی ماکرو بلوک‌ها استفاده می‌شود. برای انجام این کار ابتدا بردار پیش‌گویی ماکرو بلوک‌های تصویر، استخراج و سپس به این صورت نرمال سازی می‌گردد که تمام بلوک‌های 64×64 ، 32×32 ، 16×16 ، 8×8 را به ترتیب در ۲۵۶، ۶۴، ۱۶، ۴ ضرب می‌شوند و در هر یک از بلوک‌های 4×4 ایجاد شده، به جای 64×64 ، 32×32 ، 16×16 ، 8×8 ، 4×4 به ترتیب ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ قرار می‌گیرد (اعداد نشان دهنده‌ی عمق درخت چهارتایی در استاندارد

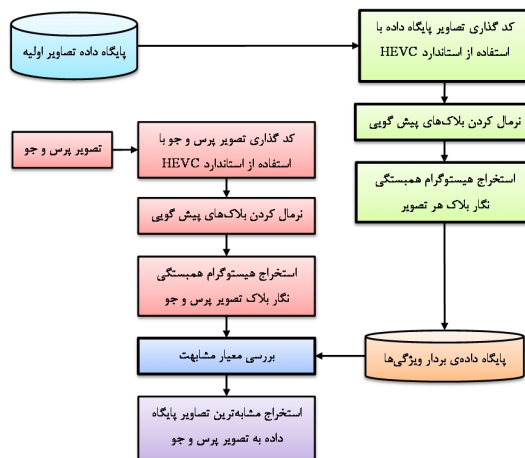
HEVC است) و به این ترتیب به جای مقدار رنگ ۰ تا ۲۵۵، مقدار بلوک پیش‌گویی که شامل اعداد ۱ تا ۵ است قرار می‌گیرد. به عنوان مثال، برای تصویری با ابعاد 1080×1920 پیکسل، اگر مقدار $k = 1$ در نظر گرفته شود، تعداد محاسبات $31,104,000 = 5 \times 3 \times (1,080 \times 1,920)$ یا حدود سی و یک میلیون است که خیلی کمتر از همبستگی نگار رنگ است. شکل ۳ (الف) یک نمونه CU با ابعاد 32×32 را در استاندارد HEVC را نشان می‌دهد شکل ۳ (ب) همبستگی نگار رنگ شکل (الف) و دو نمونه اندازه گیری فاصله بلوک‌ها را پس از نرمال سازی نشان می‌دهد. شکل ۳ (ج) همبستگی نگار بلوک شکل (الف) و دو نمونه اندازه گیری فاصله‌ی بلوک‌ها را پس از نرمال سازی نشان می‌دهد.



شکل ۳: (الف) یک نمونه CU با ابعاد 32×32 را در استاندارد HEVC (ب) همبستگی نگار رنگ (ج) همبستگی نگار بلوک.

روش پیشنهادی در این مقاله شامل چهار مرحله است که در شکل ۴ با کادر ضخیم نشان داده شده است:

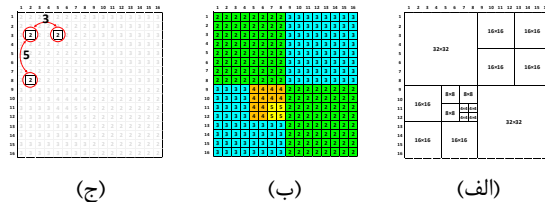
- (۱) کد گذاری تصاویر پایگاه داده با استفاده از استاندارد HEVC
- (۲) نرمال کردن بلوک‌های پیش‌گویی
- (۳) استخراج هیستوگرام همبستگی نگار بلوک هر تصویر
- (۴) بررسی معیار مشابهت



شکل ۴: الگوریتم روش پیشنهادی.

در روش پیشنهادی ابتدا هر یک از تصاویر موجود در پایگاه داده با استفاده از آخرین نسخه‌ی نرم افزار مرجع HEVC با نام HM-16.25 کد گذاری می‌شوند، سپس اندازه‌ی بلوک پیش‌گویی و فراوانی بلوک برای هر یک از تصاویر به عنوان ویژگی استخراج شده و یک مرحله عملیات نرمال سازی روی بلوک‌های پیش‌گویی انجام گردیده و در پایگاه داده ذخیره می‌شوند. تصویر پرس و جو نیز به همین روش

یک ویژگی مبتنی بر پیش‌گویی در استاندارد HEVC است که نحوه تغییر همبستگی فضایی جفت بلوک‌ها را با فاصله بیان می‌کند. همان‌طور که در شکل ۵ نشان داده شده است، برای استخراج هیستوگرام همبستگی نگار بلوک، پس از نرمال سازی ماکرو بلوک، فقط نیاز است فاصله بلوک‌های مشابه در جهت افقی و عمودی استخراج شوند.



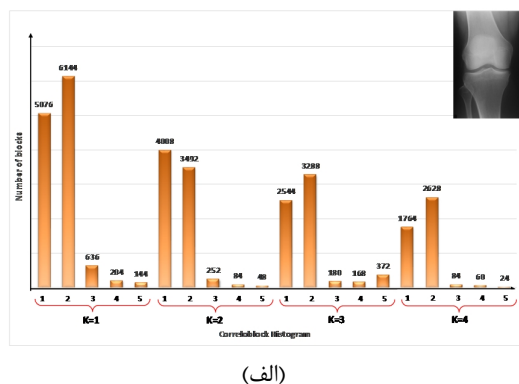
شکل ۵: مفهوم فاصله در همبستگی نگار بلوک در CTU های نرمال شده. (الف) اصلی CTU (ب) نرمال شده (ج) فاصله افقی و عمودی دو بلوک مشابه در یک CTU.

اگر در HEVC یک CTU با ابعاد 64×64 پیکسل را در نظر بگیریم، پس از نرمال کردن، به بلوک‌های 4×4 تبدیل می‌شود. احتمال اینکه یک بلوک در فاصله k از بلوک داده شده با اندازه L باشد از رابطه (۳) محاسبه می‌شود.

$$Correloblock_{nb}^{(k)}(I) \triangleq \Pr_{b_l \in I_L, b_r \in I_L} [b_l \in I_L \parallel b_r - b_l = k] \quad (3)$$

در رابطه فوق k فاصله دو بلوک b_1 و b_2 است. برای استخراج هیستوگرام همبستگی نگار بلوک، هر یک از تصاویر به ۵ نوع بلوک، که دارای مقادیر ۱ تا ۵ هستند، کوانتیزه می‌شود و مجموعه فاصله به صورت $k = \{1, 2, 3, 4, 5\}$ تعریف می‌شود.

برای استخراج هیستوگرام همبستگی نگار بلوک تصویر، فاصله‌های $k = 1, 2, 3, 4, 5$ مربوط به فریم I ، محاسبه شده و هیستوگرام آن استخراج می‌شود. شکل ۶ نمونه‌هایی از هیستوگرام نرمال شده برخی از تصاویر پایگاه داده IRMA را نشان می‌دهد که نمایانگر تفاوت هیستوگرام نگار بلوک تصاویر با بافت ساده (الف)، متوسط (ب) و پیچیده (ج) است.



(الف)

کدگذاری یا فشرده سازی شده و اندازه بلوک پیش‌گویی و هیستوگرام فراوانی بلوک برای تصویر پرس و جو به عنوان ویژگی تصویر پرس و جو استخراج می‌شود و در نهایت ویژگی تصویر پرس و جو از نظر شباهت با بردارهای ویژگی ذخیره شده در پایگاه داده مقایسه شده و مشابه‌ترین تصاویر به تصویر پرس و جو به عنوان تصاویر خروجی نمایش داده می‌شوند. در ادامه جزئیات هر مرحله از روش پیشنهادی بیان می‌گردد.

الف) کدگذاری تصاویر پایگاه داده با استفاده از استاندارد HEVC

برای شبیه سازی روش پیشنهادی از پایگاه داده Image CLEF med 2009 دانشگاه RWTH Aachen واقع در کشور آلمان با نام IRMA 2009، شامل تعداد ۱۵۳۶۳ در ۱۹۳ دسته بندی مختلف از اتمام‌های مختلف بدن انسان، استفاده شده است. به دلیل این که عملیات دسته بندی و کلاس بندی تصاویر پزشکی، با توجه به حجم بالا و تعداد بسیار زیاد آنها که روز به روز نیز در حال افزایش است، نیازمند صرف وقت و هزینه است، در شبیه سازی روش پیشنهادی، نویسندگان از روش بازیابی تصویر بدون کلاس بندی و دسته بندی استفاده کرده‌اند و یک تصویر پرس و جو تصادفی را با تمام ۱۵۳۶۳ تصویر پایگاه داده، بدون در نظر گرفتن کلاس و دسته مورد جستجو قرار داده‌اند. همچنین توجه به این نکته مهم است که، تصاویر پزشکی به علت رزولوشن پایین و نویز قابل توجه، با پایگاه داده‌های دیگر متفاوت هستند و از آنجایی که تمامی اطلاعات محتوایی تصاویر پزشکی اهمیت بالایی دارند، باید فشرده سازی به گونه‌ای باشد که اطلاعات محتوایی تصویر از بین نرود به همین دلیل، باید از روش بدون اتلاف استفاده کرد در حالی که در تصاویر معمولی می‌توان از روش با اتلاف استفاده نمود و نیاز به ارزیابی های بیشتری است که با تصاویر پزشکی متفاوت است.

برای بازیابی تصویر مبتنی بر محتوا، ابتدا تصاویر پایگاه داده با استفاده از فریم I و با نرم افزار مرجع HEVC (HM-16.25) به صورت بدون اتلاف کدگذاری می‌شوند. سپس یک مرحله نرمال سازی روی آنها انجام می‌گردد که جزئیات آن در ادامه بیان شده است.

ب) نرمال کردن بلوک‌های پیش‌گویی

جهت کاهش اثر وضوح تصویر بر روی بردار ویژگی، نیاز است تا از یک روش نرمال سازی استفاده گردد. در روش پیشنهادی جهت نرمال سازی از روش مقاله [۷] استفاده شده است. برای نرمال کردن بلوک‌های پیش‌گویی نیاز است که بلوک‌های 64×64 ، 32×32 ، 16×16 و 8×8 به بلوک‌های 4×4 تبدیل شوند. برای انجام این عملیات از رابطه (۲) استفاده می‌شود.

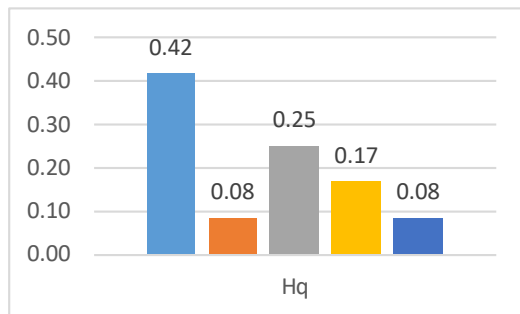
$$N = 2^{2 \log_2 PU_{AN} - 4} \quad (2)$$

در رابطه فوق، PU_{AN} اندازه بلوک پیش‌گویی، قبل از نرمال سازی و N تعداد بلوک‌های 4×4 است. شکل ۵ (ب) مثالی از یک ماکرو بلوک نرمال شده را نشان می‌دهد.

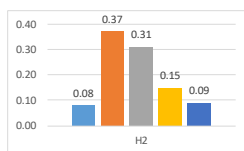
ج) استخراج هیستوگرام همبستگی نگار بلوک هر تصویر

پس از نرمال سازی بلوک‌های پیش‌گویی، فاصله هر بلوک نرمال شده از بلوک‌های همسایه محاسبه می‌شود. در واقع همبستگی نگار بلوک،

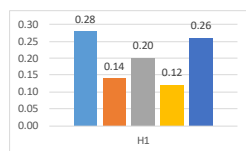
$S_{Hq,H8}=0.78$ محاسبه می شوند. در شکل ۷، مشابه ترین هیستوگرام به هیستوگرام پرس و جو، $S_{Hq,H3}=0.94$ است (شکل ۷ (د)) که بیشترین مقدار و بالاترین شباهت را به هیستوگرام پرس و جو دارد.



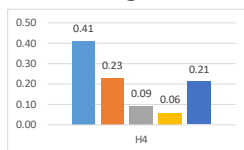
(الف)



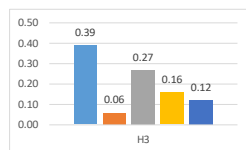
(ب)



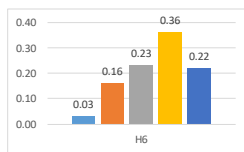
(ج)



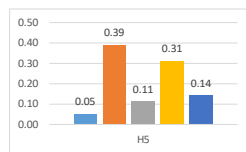
(د)



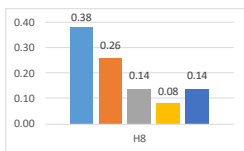
(ه)



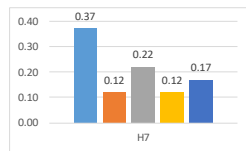
(و)



(ز)



(ح)



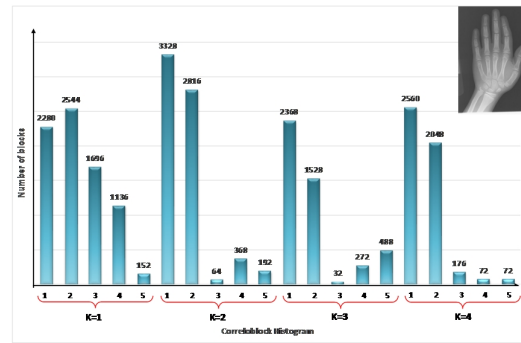
(ط)

شکل ۷: مثالی از معیار شباهت تصویر پرس و جو و تصاویر پایگاه داده.

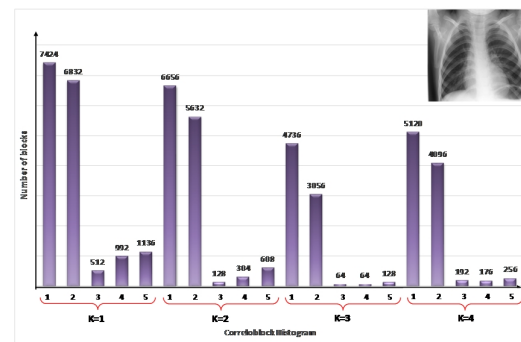
۵- ارزیابی نتایج

دقت (Precision) و فراخوانی (Recall) دو معیار مهمی هستند که در ارزیابی عملکرد سیستم های بازیابی تصویر مبتنی بر محتوا به کار می روند.

دقت: نسبت تعداد تصاویر مرتبط بازیابی شده به تعداد کل تصاویر بازیابی شده است (۵). به عنوان مثال اگر ۱۰ تصویر بازیابی شده باشد و تنها ۵ تصویر متعلق به دسته مورد جستجو باشد دقت آن برابر با ۵۰ درصد است.



(ب)



(ج)

شکل ۶: نمونه هایی از هیستوگرام نرمال شده تصاویر پایگاه داده ای IRMA با بافت ساده (الف)، متوسط (ب) و پیچیده (ج).

د) بررسی معیار شباهت

برای تصویر پرس و جو نیز مراحل کد گذاری با استفاده از استاندارد HEVC، نرمال سازی بلوک های پیش گویی و استخراج هیستوگرام همبستگی نگار بلوک انجام می شود و سپس مشابه ترین تصاویر به تصویر پرس و جو با استفاده از رابطه ی (۴) استخراج و نمایش داده می شود [۷].

$$S_{b_1, b_2} = \sum_{i=1}^5 \min(H_{i, b_1}, H_{i, b_2}) \quad (4)$$

در رابطه ی فوق H_{i, b_1} و H_{i, b_2} به ترتیب هیستوگرام تصویر پایگاه داده و تصویر پرس و جو هستند که قرار است فاصله ی شباهت آن ها محاسبه شوند.

برای نشان دادن نحوه کارکرد معیار شباهت، یک مثال در شکل ۷ نشان داده شده است. اگر شکل ۷ (الف) هیستوگرام تصویر پرس و جو و شکل ۷ (ب) تا (ت)، هیستوگرام های تصاویر ذخیره شده در پایگاه داده باشند، معیار شباهت هیستوگرام ها به صورت زیر به دست می آید.

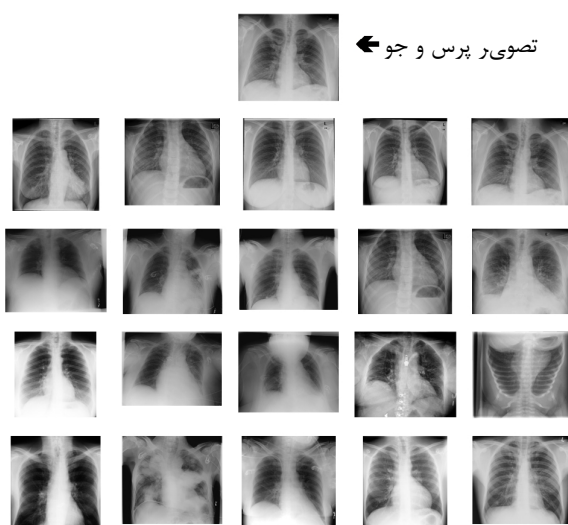
$$S_{Hq, H1} = \min(0.42, 0.28) + \min(0.08, 0.14) + \min(0.25, 0.20) + \min(0.17, 0.12) + \min(0.08, 0.26) = 0.77$$

برای شکل های ۷ (ج) تا (ت)، به ترتیب $S_{Hq, H2}=0.65$ ، $S_{Hq, H3}=0.94$ ، $S_{Hq, H4}=0.73$ ، $S_{Hq, H5}=0.49$ ، $S_{Hq, H6}=0.59$ ، $S_{Hq, H7}=0.88$ و

بهرتر خوانندگان، مقادیر دقت و فراخوانی نمودار شکل ۷ در جدول ۱ نیز آورده شده است.

جدول ۱: مقادیر دقت و فراخوانی برای پنجاه تصویر پایگاه داده IRMA

Recall	Precision
۰	۱
۰/۰۵	۱
۰/۱۰	۱
۰/۱۵	۱
۰/۲۰	۱
۰/۲۵	۱
۰/۳۰	۰/۹۹
۰/۳۵	۰/۹۹
۰/۴۰	۰/۹۹
۰/۴۵	۰/۹۹
۰/۵۰	۰/۹۸
۰/۵۵	۰/۹۶
۰/۶۰	۰/۹۳
۰/۶۵	۰/۸۹
۰/۷۰	۰/۸۴
۰/۷۵	۰/۷۷
۰/۸۰	۰/۶۷
۰/۸۵	۰/۵۳
۰/۹۰	۰/۴۷
۰/۹۵	۰/۴۱



شکل ۹: نمونه‌ی تصویر پرس و جو و تصاویر بازیابی شده با روش پیشنهادی از پایگاه داده IRMA.

$$(۵) \quad \text{تعداد تصاویر بازیابی شده‌ی مرتبط} = \frac{\text{تعداد کل تصاویر بازیابی شده}}{\text{دقت}}$$

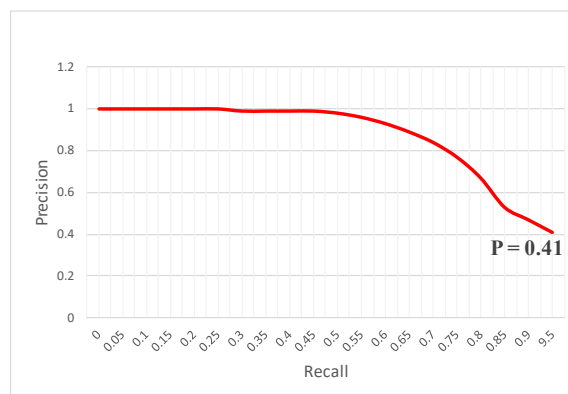
فراخوانی: نسبت تعداد تصاویر مرتبط بازیابی شده به تعداد کل تصاویر موجود در پایگاه داده است (۶). به عنوان مثال اگر ۸ تصویر مرتبط از پایگاه داده‌ای از تصاویر، شامل ۸۰ تصویر بازیابی شود فراخوانی آن برابر ۱۰ درصد است.

$$(۶) \quad \text{تعداد تصاویر بازیابی شده‌ی مرتبط} = \frac{\text{تعداد تصاویر مرتبط در پایگاه داده}}{\text{فراخوانی}}$$

ANMRR: میانگین رتبه بازیابی اصلاح و نرمال شده (ANMRR) یک معیار برای به دست آوردن خطای بازیابی است و توسط گروه تحقیقاتی MPEG-7 تعریف شده است [۲۷]. این مقدار از رابطه‌ی (۸) قابل محاسبه است.

$$(۷) \quad ANMRR(q) = \frac{1}{Q} \sum_{q=1}^Q NMRR(q)$$

در اینجا ANMRR نرخ بازیابی اصلاح شده‌ی نرمال است که دارای مقادیری بین [0, 1] است، که مقدار 0 نشان دهنده‌ی این است که بازیابی کامل انجام شده و 1 نشان دهنده‌ی این است که هیچ چیزی یافت نشده است. q تصویر پرس و جو و Q کل مجموعه‌ی پرس و جوها است. نتایج شبیه سازی نشان داد که مقدار ANMRR حدود ۰/۱۹ است که نشان دهنده‌ی استحکام خوب روش پیشنهادی در برابر پارامتر کوانتیزه و شدت تصویر است.



شکل ۸: منحنی دقت و فراخوانی برای پنجاه تصویر از پایگاه داده IRMA طبق روش پیشنهادی.

شکل ۸ منحنی دقت و فراخوانی و شکل ۹ یک نمونه از بازیابی تصاویر پزشکی پایگاه داده IRMA با روش پیشنهادی را نشان می‌دهد. نتایج منحنی دقت و فراخوانی برای پنجاه تصویر پایگاه داده در شکل ۸ نشان داده شده است. همان طور که در شکل ۸ قابل مشاهده است، عملیات بازیابی تصویر در ابتدا دارای دقت بالایی است ولی در انتهای بازیابی دقت کاهش پیدا می‌کند ولی روش پیشنهادی در انتهای بازیابی نیز دارای دقت نسبی، قابل قبولی است و عملکرد خوبی دارد. برای درک

پزشکی، می‌توان گفت بهبود و افزایش کارایی روش‌های بازیابی باعث ارتقاء سطح سلامت جامعه و افزایش امید به زندگی خواهد شد. مزایای روش پیشنهادی شامل عدم نیاز به خارج کردن تصاویر از حالت فشرده، افزایش سرعت بازیابی تصاویر پزشکی، افزایش کارایی سیستم و کاهش بار محاسباتی است. به دلیل اهمیت جزئیات تصاویر پزشکی در تحلیل تخصصی در روش پیشنهادی از کد گذاری بدون اتلاف استفاده شده است و همچنین سعی شده است از پیچیدگی‌های ناخواسته کاسته شود تا سیستم به صورت چابک‌تر پیاده سازی و اجرا گردد. روش پیشنهادی به جای استفاده از روش‌های قدیمی مثل موجک، فیلتر گابور، ماتریس مجاورت و موجک Haar از ویژگی اندازه‌ی بلوک‌های پیش‌گویی حالت کد گذاری شده مربوط به آخرین استاندارد کد گذاری یعنی HEVC استفاده کرده است. در نتایج آزمایش‌های روش پیشنهادی بر روی پایگاه داده‌ی IRMA، دقت ۹۵/۵٪ و فراخوانی ۹۱٪ به دست آمد که نسبت به روش‌های مشابه بهتر است.

سپاسگزاری

بدین وسیله از جناب آقای دکتر حسین یزدخواستی و سرکار خانم دکتر زهرا رجبی از مرکز پزشکی Chestnut hill کلرادو، ماساچوست ایالات متحده آمریکا که در دانلود پایگاه داده IRMA کمک نمودند قدردانی و تشکر می‌شود.

مراجع

- [۱] M. Garg and G. Dhiman, "A novel content-based image retrieval approach for classification using GLCM features and texture fused LBP variants," *Neural Computing and Applications*, vol. 33, no. 4, pp. 1311-1328, 2021.
- [۲] E. Ortiz-Ospina and M. Roser, "Global health," *Our World in Data*, 2016.
- [۳] W. Huang, Y. Gao, and K. L. Chan, "A review of region-based image retrieval," *Journal of Signal Processing Systems*, vol. 59, no. 2, pp. 143-161, 2010.
- [۴] U. A. Khan, A. Javed, and R. Ashraf, "An effective hybrid framework for content based image retrieval (CBIR)," *Multimedia Tools and Applications*, vol. 80, no. 17, pp. 26911-26937, 2021.
- [۵] A. Mosleh, F. Zargari, and R. Azizi, "Texture image retrieval using contourlet transform," in *2009 International Symposium on Signals, Circuits and Systems*, 2009: IEEE, pp. 1-4.
- [۶] F. Zargari, A. Mosleh, and M. Ghanbari, "A fast and efficient compressed domain JPEG2000 image retrieval method," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 54, no. 4, pp. 1886-1893, 2008.
- [۷] M. Yamaghani and F. Zargari, "Compression and retrieval of radiology images by using HEVC standard," *Journal of machine vision and image processing*, vol. 5, no. 1, pp. 129-139, 2018.
- [۸] M. Owais, M. Arsalan, J. Choi, and K. R. Park, "Effective diagnosis and treatment through content-based medical image retrieval (CBMIR) by using artificial intelligence," *Journal of clinical medicine*, vol. 8, no. 4, p. 462, 2019.

به منظور مقایسه‌ی روش پیشنهادی با سایر روش‌های اخیر در حوزه‌ی فشرده، مقادیر دقت، ANMRR و زمان روش پیشنهادی با چهار روش اخیر در جدول ۲ آورده شده است. دلیل انتخاب این چهار روش، استفاده از پایگاه داده یکسان با روش پیشنهادی است و همچنین همه‌ی روش‌های گزارش شده، بر روی استاندارد HEVC انجام شده است.

همان طور که در جدول ۲ قابل مشاهده است، دقت روش پیشنهادی با مقدار ۸۴۴/۰ و همچنین پارامتر ANMRR با مقدار ۰/۱۹، بهتر از سایر روش‌ها است. از این رو، روش پیشنهادی در مقایسه با سایر روش‌های حوزه‌ی فشرده که از ویژگی یافت استفاده می‌کند، عملکرد بهتری دارد. به دلیل اینکه اطلاعات کافی برای پیاده سازی روش‌های مورد مقایسه موجود نبود، فقط به نتایج گزارش شده توسط سایر روش‌های مورد مقایسه اکتفا شده است. اگر بخواهیم از یکی از روش‌های بازیابی تصویر مبتنی بر پیکسل استفاده نماییم، زمان بازیابی شامل زمان استخراج تصویر از حالت فشرده به اضافه‌ی زمان استخراج ویژگی می‌باشد، در حالی که در روش پیشنهادی به دلیل حذف مرحله استخراج تصویر از حالت فشرده، زمان بازیابی فقط شامل زمان استخراج ویژگی خواهد بود، که باعث می‌شود سرعت بازیابی افزایش یابد. در این مقاله مانند مقاله‌ی [۱۲] نسبت زمان استخراج ویژگی به زمان استخراج تصویر از حالت فشرده اندازه‌گیری شده است تا بتوان مقایسه صحیحی انجام داد. ستون زمان در جدول ۲، نسبت زمان استخراج ویژگی از تصویر فشرده شده به زمان استخراج تصویر از حالت فشرده را نشان می‌دهد. همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، نسبت بیان شده برای روش پیشنهادی، نسبت به مقاله‌ی [۱۲]، دو درصد کاهش یافته است. با توجه به ANMRR کمتری که روش پیشنهادی نسبت به مقاله‌ی [۱۲] دارد، می‌توان این کاهش سرعت را نادیده در نظر گرفت ولی در هر حال روش پیشنهادی نسبت به روش‌های بازیابی مبتنی بر پیکسل به دلیل حذف مرحله استخراج تصویر از حالت فشرده روش کارتری خواهد بود.

جدول ۲: مقایسه‌ی پارامترهای دقت، ANMRR و زمان روش پیشنهادی با سایر روش‌های موجود.

روش	سال	استاندارد استفاده شده	دقت	ANMRR	زمان
پیشنهادی	۲۰۲۲	HEVC	۰/۸۴۴	۰/۱۹	۳۳٪
یمقانی و زرگری [۷]	۲۰۱۸	HEVC	۰/۸۲۸	۰/۲۳	N.A
رحمانی و زرگری [۱۲]	۲۰۱۷	HEVC	۰/۸۰۵	۰/۳۴	۳۵٪
زرگری و رحمانی [۱۳]	۲۰۱۵	HEVC	۰/۷۸۹	۰/۳۶	N.A
Liang et al: [۱۴]	۲۰۱۵	HEVC	۰/۷۴۳	N.A	N.A

۶- نتیجه گیری

با توجه به اهمیت بازیابی تصاویر پزشکی مبتنی بر محتوا در عصر حاضر، به منظور ارتقاء دقت در تشخیص بیماری و همچنین تحقیقات

- [۱۹] F. Akrami and F. Zargari, "An efficient compressed domain video indexing method," *Multimedia tools and applications*, vol. 72, no. 1, pp. 705-721, 2014.
- [۲۰] M. Mehrabi, F. Zargari, and M. Ghanbari, "Compressed domain content based retrieval using H. 264 DC-pictures," *Multimedia Tools and Applications*, vol. 60, no. 2, pp. 443-453, 2012.
- [۲۱] M. Mehrabi, F. Zargari, M. Ghanbari, and M. A. Shayegan, "Fast content access and retrieval of JPEG compressed images," *Signal Processing: Image Communication*, vol. 46, pp. 54-59, 2016.
- [۲۲] Y. Saberi, M. Ramezanpour, and R. Khorsand, "Information Hiding Based on Matrix Embedding and Motion Vector in the HEVC Standard," *Journal of Advanced Signal Processing*, vol. 3, no. 2, pp. 213-225, 2019.
- [۲۳] J. Lainema, F. Bossen, W.-J. Han, J. Min, and K. Ugur, "Intra coding of the HEVC standard," *IEEE transactions on circuits and systems for video technology*, vol. 22, no. 12, pp. 1792-1801, ۲۰۱۲.
- [۲۴] C. Yan, Y. Zhang, F. Dai, J. Zhang, L. Li, and Q. Dai, "Efficient parallel HEVC intra-prediction on many-core processor," *Electronics Letters*, vol. 50, no. 11, pp. 805-806, 2014.
- [۲۵] Y. Saberi, M. Ramezanpour, and R. Khorsand, "An efficient data hiding method using the intra prediction modes in HEVC," *Multimedia Tools and Applications*, vol. 79, no. 43, pp. 33279-33302, 2020.
- [۲۶] S. Somnugpong and K. Khiewwan, "Content-based image retrieval using a combination of color correlograms and edge direction histogram," in *2016 13th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE)*, 2016: IEEE, pp. 1-5.
- [۲۷] G. Park, Y. Baek, and H.-K. Lee, "Re-ranking algorithm using post-retrieval clustering for content-based image retrieval," *Information processing & management*, vol. 41, no. 2, pp. 177-194, 2005.
- [۹] S. Ozturk, "Stacked auto-encoder based tagging with deep features for content-based medical image retrieval," 2020.
- [۱۰] L. Ma, X. Liu, Y. Gao, Y. Zhao, X. Zhao, and C. Zhou, "A new method of content based medical image retrieval and its applications to CT imaging sign retrieval," *Journal of biomedical informatics*, vol. 66, pp. 148-158, ۲۰۱۷.
- [۱۱] V. T. H. Tuyet, N. T. Binh, N. K. Quoc, and A. Khare, "Content based medical image retrieval based on salient regions combined with deep learning," *Mobile Networks and Applications*, vol. 26, no. 3, pp. 1300-1310, 2021.
- [۱۲] F. Rahmani and F. Zargari, "Compressed domain visual information retrieval based on I-frames in HEVC," *Multimedia Tools and Applications*, vol. 76, no. 5, pp. 7283-7300, 2017.
- [۱۳] F. Zargari and F. Rahmani, "Visual information retrieval in HEVC compressed domain," in *2015 23rd Iranian Conference on Electrical Engineering*, 2015: IEEE, pp. 793-798.
- [۱۴] K.-W. Liang, S.-R. Hsu, and P.-C. Chang, "Content based image retrieval utilizing HEVC intra coding features," in *2015 IEEE 4th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE)*, ۲۰۱۵: IEEE, pp. 302-303.
- [۱۵] F. Zargari, M. Mehrabi, and M. S. Moin, "Compressed domain texture retrieval based on I-frame coding in H. 264," in *2007 IEEE International Conference on Multimedia and Expo*, 2007: IEEE, pp. 831-834.
- [۱۶] M. Yamaghani and F. Zargari, "Classification and retrieval of radiology images in H. 264/AVC compressed domain," *Signal, image and video processing*, vol. 11, no. 3, pp. 573-580, 2017.
- [۱۷] F. Zargari, M. Mehrabi, and M. Ghanbari, "A robust compressed domain feature vector for texture based image retrieval," in *2008 International Workshop on Content-Based Multimedia Indexing*, 2008: IEEE, pp. 489-495.
- [۱۸] R.-J. Wang, Y.-T. Yang, and P.-C. Chang, "Content-based image retrieval using H. 264 intra coding features," *Journal of Visual Communication and Image Representation*, vol. 25, no. 5, pp. 963-969, 2014.

زیر نویس ها

^{۱۰} ResNet

^{۱۱} Average Normalized Modified Retrieval Rank

^{۱۲} Prediction Unit

^{۱۳} Residuals

^{۱۴} Group of pictures

^{۱۵} Coding Tree Unit

^{۱۶} Coding Unit

^{۱۷} Luminance

^{۱۸} Chrominance

^۱ X-ray

^۲ CT-Scan

^۳ Sonography

^۴ Magnetic Resonance Imaging

^۵ Positron Emission Tomography

^۶ Panoramic Dental X-ray

^۷ Text-Based Image Retrieval

^۸ Content Based Image Retrieval or CBIR

^۹ High Efficiency Video Coding