پژوهنده (مجله پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی)
سال بیست و یکم، شماره ۲، پی‌درپی ۱۱۰، صفحات ۶۱ تا ۷۳
خرداد و تیر ۱۳۹۵

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۲/۶
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۶/۸

مروری نظام‌مند و تحلیلی بر رویکردها، روش‌ها و سیستم‌های بازیابی اطلاعات تصاویر پزشکی

سعیده حبیبی اصل[1]، دکتر علی‌اصغر صفائی[2]*

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه انفورماتیک پزشکی، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۲. استادیار گروه انفورماتیک پزشکی، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

چکیده

سابقه و هدف: در میان انواع مستندات برای ذخیره اطلاعات پزشکی، طبق آمارها، استفاده از تصویر پزشکی علاوه بر امر تشخیص، در پژوهش و آموزش به سرعت رو به رشد است. چنین رشدی، اهمیت بازیابی این تصاویر را در سیستم‌هایی با حجم بالای تصاویر پزشکی، مطرح می‌کند. بدین منظور نیاز است تا جهت بررسی روند تحقیقات برای مطالعات بعدی و کمک به پژوهش‌های آینده، مروری نظام‌مند بر بازیابی تصاویر داشته باشیم. هدف از این پژوهش، تحلیل نظام‌مند روش‌ها، رویکردها و سیستم‌های بازیابی تصاویر در مقالات بین سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۶ است. برای این‌که پژوهشی در خصوص بازیابی اطلاعات تصاویر پزشکی در ادامه‌ی نتایج پژوهش‌های پیشین انجام گیرد، پژوهشگر باید بداند کدام روش در میان محققان این حوزه دارای مقبولیت و عملکرد بهتری است و از چگونگی ارزیابی یک روش که به عنوان روش بهتر تشخیص داده شده است، آگاه باشد. این مقاله سعی دارد به این سؤالات پاسخ دهد.

مواد و روش‌ها: بدین منظور پایگاه‌های اطلاعاتی Springer، ScienceDirect (Elsevier)، IEEE، PubMedCentral، SID و Magiran با استفاده از کلیدواژه "Medical Image Retrieval" در پایگاه‌های اطلاعاتی انگلیسی و از ترکیب "تصویر پزشکی AND بازیابی" برای جستجو در پایگاه‌های فارسی، در فاصله‌ی زمانی ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۶ مورد جستجو قرار گرفتند. مقالات بازیابی شده، با استفاده از فرم ارزیابی منتقدانه استاندارد، بررسی شده و بر اساس کیفیت‌شان، وارد مطالعه شدند. سپس مقالات انتخاب شده، مورد تحلیل قرار گرفته و اطلاعاتی از آنها ارایه شده است. همه‌ی مقاله‌هایی که به نوعی به بررسی و ارزیابی، مرور یا یک نوآوری در مورد بازیابی تصاویر پزشکی و سیستم‌های بازیابی تصاویر پزشکی پرداخته‌اند، در مطالعه پذیرفته شدند. مقالاتی که به بازخورد مرتبط بودن، ارایه راه‌حل‌هایی با رویکردهای محتوا محور، متن محور و ترکیبی به منظور ارتقای پارامترهای دقت و فراخوانی پرداخته بودند نیز وارد مطالعه شدند. معیارهای خروج مقالات از مطالعه این بود که مقالات بازیابی شده به بازیابی تصاویری غیر از تصاویر پزشکی پرداخته باشند یا به موضوع بازیابی نپرداخته باشند. مطالعاتی که به تکرار یک مطالعه‌ی دیگر پرداخته بودند و یا به‌طورکلی تکراری بودند، از مطالعه کنار گذاشته شدند. همچنین مقالاتی که تمام متن آنها در دسترس نبود، از مطالعه خارج شدند.

یافته‌ها: نتیجه‌ی جستجو با کلیدواژه‌ها در مجموع ۴۷۵۸۵ مقاله بود. با حذف مقالات طبق معیارهای بیان شده، ۶۶ مقاله انتخاب شده از لحاظ رویکرد، روش یادگیری و مجموعه‌ی داده‌ای که برای ارزیابی استفاده کرده بودند، مورد تحلیل قرار گرفتند. بیشترین رویکرد در مقالات مرتبط با بازیابی تصاویر پزشکی، محتوا محور (۷۱٪) و ۱۵٪ با رویکرد ترکیبی محتوا محور و متن محور بود. روش یادگیری با نظارت ۲۸٪ و بدون نظارت ۲۴٪ بوده و تقریباً میزان گرایش به آنها برابر بود. در بیشتر مقالات (۳۹٪)، تیم پژوهشگر، مجموعه‌ی ارزیابی را تهیه کرده بود و ۱۸٪ مقالات از مجموعه داده استاندارد محک ImageCLEFmed استفاده کرده بودند. همچنین روش‌های شاخص‌گذاری در مقالات نیز تحلیل شده و مورد بررسی قرار گرفتند.

نتیجه‌گیری: نتیجه این بررسی نشان می‌دهد که با توجه به کاربردهای گسترده‌ی تصاویر پزشکی، پژوهش در توسعه‌ی روش‌های مؤثر که قادر باشند دقت، فراخوانی و سرعت را در بازیابی افزایش دهند، رو به رشد است. علی‌رغم این موضوع، نبود مجموعه‌های محک استاندارد قابل دسترس برای پژوهشگران چالشی است که آمارها نشانگر نیاز به انجام پژوهش‌های کافی در این مورد است.

واژگان کلیدی: بازیابی و ذخیره تصاویر پزشکی، مرور، تصاویر تشخیصی، سیستم بازیابی اطلاعات تصاویر پزشکی، رویکرد بازیابی تصویر پزشکی، مجموعه داده ارزیابی، روش یادگیری، بازیابی محتوا محور تصویر، بازیابی متن محور تصویر، مرور سیستماتیک.

لطفاً به این مقاله به صورت زیر استناد نمایید:
Habibi Asl S, Safaei AA. Habibi Asl S, Safaei AA. Medical image retrieval approaches, methods and systems: A systematic review. Pejouhandeh 2016;21(2):61-73.

*نویسنده مسؤول مکاتبات: دکتر علی اصغر صفائی؛ گروه انفورماتیک پزشکی، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران، تلفن: ۸۲۸۸۴۵۸۱ (۰۲۱)، نمابر: ۸۸۰۱۳۰۳۰ (۲۱)؛ پست الکترونیک: aa.safaei@modares.ac.ir

مقدمه

اهمیت اطلاعات در سازمان‌های مراقبت بهداشتی تا اندازه‌ای است که آن را یکی از سه مؤلفه تشکیل‌دهنده سازمان مراقبت بهداشتی تلقی کرده‌اند (۱). ذخیره و مدیریت اطلاعات در پرونده سلامت با بهره‌برداری از آنها تکمیل می‌گردد که به منظور این بهره‌برداری، نیاز به دستیابی و به عبارتی بازیابی اطلاعات ذخیره شده خواهیم داشت. این اطلاعات می‌توانند انواع مختلفی اعم از متن، تصویر، صوت و نظایر آنها داشته باشند. بازیابی اطلاعات (به ویژه تصویر) در سامانه‌های اطلاعاتی پزشکی جایگاه مهم و پیچیدگی‌های فراوانی دارد.

طبق تعریف دیکشنری پزشکی مریام وبستر (Merriam Webster)، همتای بصری یک شیء ایجاد شده به وسیله یک دستگاه چشمی (همانند لنز یا آینه) یا یک دستگاه الکترونیکی را تصویر می‌گویند و تصویربرداری پزشکی به تکنیک‌هایی اشاره دارد که می‌توانند به عنوان متدهای غیرتهاجمی برای دیدن داخل بدن انسان استفاده شوند. به این معنا که تصویربرداری پزشکی، پزشکان را قادر ساخته، داخل بدن یک بیمار را بدون اینکه مجبور باشند آن را برش داده و جراحی کنند، ببینند (۲).

اصولاً تصویربرداری پزشکی و پیشرفت‌های آن، پزشکی را تغییر داده است. طی هزار سال گذشته، تصویربرداری پزشکی رتبه‌ی اول را در میان مهم‌ترین پیشرفت‌های پزشکی به خود اختصاص داده است (۳) و یک جزء اساسی از پزشکی مدرن بوده که به طور گسترده برای تشخیص، طرح ریزی درمان و بررسی پاسخ به درمان استفاده می‌شود (۴). قبل از استفاده پزشکی از اشعه رونتگن (Roentgen) (اشعه x)، از دیگر متدهای آزمایشی پزشکی و جراحی برای ایجاد بینشی از درون بدن انسان برای اهداف تشخیصی استفاده می‌شد. با شناخته شدن این تکنیک در قرن ۱۸، توسعه تدریجی تصویربرداری پزشکی آغاز شد (۵). نتیجه آن، ایجاد تغییر در چگونگی مراقبت از بیمار، مکان انجام مراقبت، کیفیت مراقبت و ساختار سیستم مراقبت‌رسانی (health delivery system) است (۲). اهمیت درمان‌های غیرتهاجمی و دقیقی که با تصویربرداری پزشکی فراهم می‌شود، در درمان بهتر و مراقبت آسوده‌تر برای بیماران است. زیرا این درمان‌ها، شکایات کمتر، مدت اقامت بیمارستانی کمتر و در بسیاری از موارد بدون جراحی یا برش را موجب می‌شوند (۶).

در ده سال گذشته، مقدار عظیمی از داده‌های تصویری پزشکی، طی اعمال بالینی، پژوهش‌های پزشکی و آموزشی، در فرمت دیجیتال ثبت شده‌اند. با مسن‌تر شدن جمعیت و پیشرفت‌های فناوری، انتظار می‌رود بازار جهانی تصویربرداریِ تشخیصی پزشکی در سال ۲۰۱۶ تا ۲۶/۶ میلیارد دلار افزایش یابد. در سال ۲۰۱۰، به طور جهانی بیش از ۵ میلیارد مطالعه درخصوص تصویربرداری پزشکی انجام گرفته است. در سال ۲۰۱۱ تعداد روندهای تصویربرداری پزشکی در ایالات متحده آمریکا از ۸۰۰ میلیون گذشت. تعداد تصاویر مشاهده شده توسط رادیولوژیست‌ها در دانشکده کلینیک مایو در جکسون-ویل فلوریدای آمریکا از ۱۵۰۰ تصویر مقطعی (cross-sectional) در روز در سال ۱۹۹۴ به ۱۶۰۰۰ تصویر در روز در سال ۲۰۰۴ رسید. بخش رادیولوژی در بیمارستان دانشگاهی ژنو در سوئیس، بیش از ۱۲۰۰۰ تصویر را به طور روزانه در سال ۲۰۰۴ ثبت می‌کرد که این آمار در سال ۲۰۰۶ به ۴۰۰۰۰ تصویر، در سال ۲۰۰۷ به ۷۰۰۰۰ تصویر و در سال ۲۰۰۹ به بیش از ۱۱۷۰۰۰ تصویر در روز رسید (۳).

براساس این واقعیت، ایجاد و به‌کارگیری تصاویر پزشکی، نرخ بالا و روبه‌رشدی داشته و نیازمند ارایه روش‌ها، تکنیک‌ها و ابزارهایی برای مدیریت و استفاده از تصاویر پزشکی، از جمله به منظور بازیابی تصاویر پزشکی هستیم و تصویربرداری پزشکی به یک ضرورت در همه شرایط عمده پزشکی و بیماری‌ها تبدیل شده که توسط طیف گسترده‌ای از متخصصان پزشکی، از آنکولوژیست گرفته تا امراض داخلی، مورد استفاده قرار می‌گیرد. مقبولیت گسترده تصاویر پزشکی، موجب افزایش رشد آن شده است (۲). بازیابی تصاویر مشابه، کاربردهای مهمی در حوزه پزشکی دارد؛ زیرا تصمیم‌گیریِ تشخیصی به طور سنتی با استفاده از داده بیمار (تصویر یا غیر تصویر) و تجربیات پیشین پزشک از موارد مشابه همراه بوده است (۴).

امور معمول فناوری اطلاعاتی و محاسباتی مرتبط با تصویربرداری پزشکی شامل تهیه تصویر، کار کردن (manipulate) با آن، مدیریت تصویر و یکپارچه‌سازی تصویر است. بازیابی تصویر پزشکی از معدود اجزای محاسباتی است که رده‌ی وسیعی از این امور را پوشش می‌دهد، از جمله کار با تصاویر، مدیریت و یکپارچه‌سازی آن. هدف از بازیابی تصاویر پزشکی، یافتن مرتبط‌ترین تصویر بالینی در پاسخ به نیازهای اطلاعاتی خاص است که به شکل پرس‌وجو بیان می‌شوند (۳).

به طور کلی، بازیابی اطلاعات به عنوان دانشی که با نمایش، ذخیره، سازماندهی و دسترسی به موارد اطلاعاتی سر و کار دارد، در اغلب محیط‌ها و کاربردها از جمله سلامت، نقشی کلیدی و مهم به خود اختصاص داده است. منینگ و همکاران

در سال ۲۰۰۸ این تعریف را برای بازیابی اطلاعات ارایه کردند: "بازیابی اطلاعات، یافتن عناصری (معمولاً اسناد) از یک طبیعت بدون‌ساختار (معمولاً متنی) است که یک نیاز اطلاعاتی را از مجموعه‌های بزرگ (معمولاً ذخیره‌شده روی رایانه) برآورده می‌کند." (۷).

در بازیابی اطلاعات متنی، نیاز کاربر از طریق واسط کاربری به شکل یک پرس‌وجوی متنی ارایه می‌شود (معمولاً متشکل از کلیدواژه‌ها). سپس پرس‌وجو هرس شده و با اعمال مجموعه‌ای از عملیات متنی همچون حذف لغات توقف، ریشه‌یابی و یافتن شکل لغت‌نامه‌ای کلمات تبدیل حالت می‌شود. همان دنباله از عملیات، از قبل بر محتوای شاخص‌گذاری‌شده توسط سیستم بازیابی اطلاعات نیز اعمال شده‌اند. شاخص، دیدی منطقی است که در آن اسناد موجود در یک مجموعه از طریق مجموعه‌ای از لغات شاخص یا کلیدواژه‌ها، به عنوان مثال، هر کلمه‌ای که در سند متنی ظاهر می‌شود، نمایش داده می‌شوند. در شاخص‌گذاری فرض بر این بوده که معنای اسناد و نیاز کاربر از طریق مجموعه لغات شاخص به خوبی ابراز شوند (۸). پرس‌وجو روی منابعی از اسناد اجرا می‌شود (مثلاً یک پایگاه داده متنی) تا مجموعه‌ای از اسناد مرتبط را بازیابی کند. با ساختار شاخص‌گذاری‌ای که از قبل بر روی اسناد موجود در منبع اسناد ساخته شده است، پردازش سریع پرس‌وجو امکان‌پذیر خواهد شد. مجموعه اسناد مرتبط مرتب می‌شوند (اسناد براساس میزان مرتبط بودنِ محاسبه شده نسبت به نیاز کاربر، رتبه‌بندی (ranked) می‌شوند) و در نهایت، کاربر مجموعه‌ی اسناد رتبه‌بندی و ارایه شده برای اطلاعات درخواستی را بررسی می‌کند. کاربر ممکن است به زیرمجموعه‌ای از اسناد که برای وی جالب توجه هستند، اشاره کرده و بنابراین بازخوردی را برای سیستم فراهم آورد (۸).

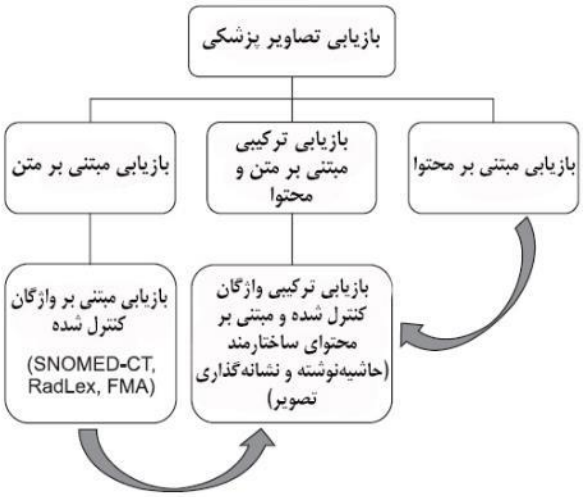
فرآیند بازیابی در ادبیات فنی بازیابی اطلاعات به فاز دوم و فرآیند اصلی دوم در یک سامانه بازیابی اطلاعات گفته می‌شود که البته بیشتر تعامل کاربر با سامانه نیز در این فرآیند اتفاق می‌افتد. پس از اینکه در فرآیند اول یعنی شاخص‌گذاری، با بررسی اسناد و تحلیل آنها، فراداده‌های لازم (معمولاً در قالب شاخص(index)) فراهم و آماده‌سازی شد، درخواست کاربر برای بازیابی اطلاعات مورد نیازش، قابل اجابت خواهد بود. کاربر با ارایه یک نیاز اطلاعاتی در قالب یک پرس‌وجو، درخواست خود را به سیستم بازیابی عرضه می‌نماید. سیستم بازیابی اطلاعات، پرس‌وجوی فرموله شده را با فراداده‌های ایجادشده برای اسناد موجود، تطبیق داده و اسناد یا صفحات مناسب و مرتبط را به کاربر بازمی‌گرداند (۹).

دو روش برای شاخص‌گذاری تصاویر پزشکی وجود دارد: روش‌های مبتنی بر متن و مبتنی بر محتوا (۱۰). در روش‌های براساس متن، محتویات با استفاده از توصیف‌کننده‌های (descriptor) متنی و حاشیه نوشته‌ها (annotation) بیان می‌شوند. جستجوی تصاویر در این سیستم‌ها براساس متن صورت می‌گیرد (۷). در بازیابی تصویر براساس محتوا، تصویر براساس ویژگی‌هایی همچون رنگ، بافت، شکل و مانند اینها، بازیابی می‌شوند که از خود تصویر استخراج می‌گردند. استخراج این ویژگی‌ها از تصاویر، با استفاده از روش‌های یادگیری ماشین با نظارت و بدون نظارت، قابل انجام است. الگوریتم‌های بازیابی تصویر براساس محتوا براساس بازیابی مبتنی بر شباهت عمل می‌کنند. بدین منظور، ساختارهای زیرین تصویر و توصیفاتشان استخراج می‌شوند (رنگ، شکل، بافت). الگوریتم‌هایی که در آن مشخص نیست داده‌ی حاصل از تصویر، در چه گروه معنایی قرار می‌گیرد، بدون نظارت هستند و به آنها خوشه‌بندی گفته می‌شود (مثل خوشه‌بندی K-means). در مقابل، اگر الگوریتم، گروه‌های تصویری پیش فرض داشته باشد، یک طبقه بندی بوده و الگوریتم هر تصویر را در یکی از گروه‌های پیش فرض قرار می‌دهد. به طور کلی، این متدهای طبقه بندی، الگوریتم‌های نظارت شده هستند (مثل ماشین‌های بردار پشتیبان یا SVM) (۱۱).

طی سال‌های اخیر، تلاش‌ها برای تقلید از مغز انسان، با استفاده از تکنیکی به نام یادگیری عمیق، شاهد پیشرفت‌های مهمی بوده است. الگوریتم‌های یادگیری عمیق، با استفاده از بهره‌گیری از ساختارهای عمیقی که شامل نمایش چندین ویژگی و تبدیل‌های غیر خطی است، معانی سطح بالا را در شکل داده‌ای مدل‌سازی می‌کند. از آنجایی که مغز انسان، دارای معماری پیچیده و عمیق است و داده را در چندین مرحله پردازش می‌کند، متدهای یادگیری عمیق سعی دارند چنین معماری را شبیه‌سازی کنند (۱۱).

تاکنون، سیستم‌های مختلفی برای بازیابی تصویر با استفاده از هر دو روش توسعه یافته است (مبتنی بر متن یا مبتنی بر محتوا) یا با ترکیب دو متد؛ یک طبقه بندی ابتدایی از متدهای بازیابی تصاویر پزشکی در شکل ۱ نشان داده شده است (۱۰). روش‌های مبتنی بر متن، زمانی‌که تصاویر به خوبی حاشیه‌نویسی شده باشند، سریع و قابل اعتماد هستند، اما نمی‌توان در پایگاه داده تصاویر بدون حاشیه نوشته، جستجو کرد.

با داشتن ۱) یک پرس‌وجوی متنی ۲) مجموعه‌ای از تصاویر



شکل ۱. طبقه‌بندی روش‌های بازیابی تصاویر پزشکی (۱۰).

و حاشیه‌نوشته‌هایشان (عبارات یا کلیدواژه‌ها)، سیستم‌های بازیابی تصویر براساس حاشیه‌نوشته، تصاویر را براساس امتیاز مطابقت با پرس‌وجو و حاشیه‌نوشته‌های پاسخگو، بازیابی می‌کنند. این رویکرد دو ضعف دارد. اول اینکه به مقدار قابل ملاحظه‌ای کار انسانی برای حاشیه‌نویسی دستی نیاز دارد. دوم اینکه به دلیل ذهنی بودن ادراک انسانی، حاشیه‌نوشته‌هایی که به طور دستی برچسب‌گذاری شده‌اند، ممکن است همگرا نباشند. پرس‌وجوهای مبتنی بر متن (درساختار شاخص‌های کنونی) اغلب تصاویر نامربوطی را بازیابی می‌کنند، به این چالش شکاف معنایی گفته می‌شود. بسیاری از مقالات عمومی (غیر پزشکی) که در زمینه‌ی بازیابی تصویر نوشته شده‌اند، بیان می‌کنند که حوزه‌ی تصاویر پزشکی آنقدر خاص و ویژه است که سیستم‌های بازیابی تصاویر عمومی در این کاربرد قابل استفاده نیستند و نیاز به طراحی سیستم‌های بازیابی تصویر با کاربرد خاص پزشکی احساس می‌شود (۱۲).

تعداد پایگاه داده‌های تصاویر پزشکی طی امور بالینی، پژوهش‌های پزشکی و آموزش‌ها، به شدت رو به افزایش است و ذخیره‌ی آنها در سیستم ارتباطات و آرشیو تصاویر یا PACS (picture archiving and communication system) انجام می‌گیرد (۲۱). در بازیابی اطلاعات، با پرس و جویی خاص، مجموعه‌ای از تصاویر، مشابه با پرس و جو بازیابی می‌شوند. اما در بازیابی داده که در سیستم PACS انجام می‌گیرد، تطبیقی کامل با کلیدواژه‌ی وارد شده، بازیابی می‌شوند (۱۴). PACS طراحی شده تا عملیات و جریان کار بالینی را بهینه کند. با این حال، قابلیت‌های جستجو در آن، پایه‌ای هستند (۱۵). سیستم‌های بازیابی تصویر که در حوزه‌ی پزشکی مورد استفاده قرار گرفته‌اند، همچون موتور جستجو و انتخاب خودکار با ابزارهای بازیابی (ASSERT- Automatic Search and Selection Engine with Retrieval Tools)، CasImage، medGIFT، VisMed، BRISC، بازیابی تصویر در کاربردهای پزشکی (IRMA- Image Retrieval in Medical Applications)، دومین مطالعه‌ی آزمایش سلامت و تغذیه ملی (NHANES II- The Second National Health And Nutrition Examination Survey) و FSSEM. علاوه بر این‌ها، هفت سیستم بازیابی تصویر پزشکی آنلاین هم وجود دارد: Figuresearch، BioText، GoldMiner، Yale Image Finder، Yottalook، بازیابی تصویر در کاربردهای پزشکی (IRMA) و iMedline متعلق به NLM (Open-i، موتور جستجوی تصاویر زیست پزشکی با دسترسی باز) (۱۶).

در (۱۶)، به بررسی قابلیت‌های موجود در سیستم‌های بازیابی تصاویر پزشکی پرداخته شده و با بررسی آنها می‌توان به راه‌های ارتقای بازیابی مرتبط‌ها رسید. هفت سیستم بازیابی تصویر پزشکی، با استفاده از سیستم شکاف‌ها که در (۱۷) تعریف شده است، یعنی، شکاف‌های محتوا، ویژگی، قابل استفاده بودن و عملکرد، ارزیابی گردیده‌اند. این شکاف‌ها، به تفاوت در سطح درک تصاویر نسبت به سطح انسانی در رایانه‌ها اشاره دارند.

جدول ۱. شکاف‌هایی که طبق تعریف (۱۷) در سیستم‌های بازیابی تصاویر پزشکی کنونی مورد اشاره قرار گرفته است (۱۶).

		GoldMiner	Figuresearch	BioText	Yottalook	YIF	IRMA	iMedline
محتوا	معنایی	مفاهیم UMLS	اشاره نشده	اشاره نشده	اشاره نشده	اشاره نشده	لایه های معنایی Blobworld	کلیدواژه‌های بصری
	زمینه	گسترده	گسترده	گسترده	گسترده	گسترده	محدود	گسترده
ویژگی (feature)	نوع	فقط متن	فقط متن	فقط متن	فقط متن	فقط متن	متن و تصویر	متن و تصویر
عملکرد	استفاده	آنلاین	آنلاین	آنلاین	آنلاین	آنلاین	آنلاین	آنلاین
	مجموعه داده	ARRS, ASN, BIR و RSNA	PubMed, PubMed Central	PubMed Central	۷۵۰هزار تصویر و شکل	PubMed Central	۱۰هزار رادیوگرافی	PubMed, PubMed Central
قابل استفاده بودن (usability)	پرس‌وجو	متن	متن	متن	متن	متن	متن و تصویر	متن و تصویر
	بازخورد	اشاره نشده	اشاره نشده	اشاره نشده	اشاره نشده	اشاره نشده	تصویر	تصویر
شاخص‌گذاری	نوع موتور جستجوی شاخص‌گذار	اشاره نشده	Lucene	Lucene	فناوری شاخص‌گذاری گوگل	Lucene	شاخص‌گذاری ویژگی‌های بصری + برچسب‌های متنی	Essie

از طرفی، از آنجایی‌که تصاویری همچون تصاویر بافت شناسی (histological)، اشعه ایکس قفسه سینه یا تصاویر سونوگرافی قلب بسیار شبیه به هم بوده و تنها از لحاظ جزئیات کوچکی با هم تفاوت دارند، انتظار می‌رود تکنیک‌های شاخص‌گذاری کنونیِ مبتنی بر محتوا که تنها بر پایه ویژگی‌های خاص تصویر یعنی بافت، رنگ و شکل هستند، دارای دقت کافی برای تصاویر پزشکی نباشند. به نظر می‌رسد امکان‌سنجی شاخص‌گذاری تصاویر پزشکی براساس چندین سطح ادراکی (conceptual) از محتوای تصویر، کلید توسعه یک سیستم هوشمند اطلاعات پزشکی است. فناوری‌هایی هم باید برای درک و جستجوی آسان در پایگاه داده‌ها توسعه یابند (۱۸).

باید گفت در حوزه انفورماتیک تصویربرداری پزشکی، تعداد زیادی از داده تصویری تولید شده و تاکنون کارهای زیادی برای ارتقای سیستم‌های بازیابی تصویر انجام گرفته است. برخی با رویکرد مبتنی بر متن و برخی با مبتنی بر محتوا. هر متد فواید و مضرات خود را دارد. متد مبتنی بر متن به طور گسترده استفاده شده و سریع است، اما به حاشیه نویسی دقیق نیاز دارد. رویکرد مبتنی بر محتوا، بازیابی معنایی را فراهم می‌کند، اما تکنیک‌های موثر و دقیق در ابهام باقی می‌مانند (۱۰). رویکرد دیگر، رویکرد ترکیبی است که هم مبتنی بر محتوا بوده و هم از حاشیه نوشته استفاده می‌کنند. چنین رویکردی تا حد زیادی توانسته است چالش مهم این حوزه یعنی شکاف معنایی را پاسخگو باشد.

مواد و روش‌ها

برای تحلیل پژوهش‌های انجام گرفته در مورد سیستم‌های بازیابی تصاویر پزشکی و رویکردها و روش های به کار گرفته شده، پایگاه‌های اطلاعاتی بین المللی Springer، (Elsevier) ScienceDirect، IEEE، PubMedCentral، SID و Magiran تا ماه مارس ۲۰۱۶ به طور نظام‌مند، مورد جستجو قرار گرفتند. جستجو در بانک اطلاعاتی داخلی Magiran، نتیجه‌ای در پی نداشت. برای جستجو از کلیدواژه‌ی "Medical Image Retrieval" در پایگاه‌های اطلاعاتی انگلیسی و از ترکیب "تصویر پزشکی AND بازیابی" برای جستجو در پایگاه‌های فارسی استفاده شد.

نوع مقاله در جستجوی پیشرفته، مقاله اصیل پژوهشی انتخاب شده بود و تاریخ تألیف آنها را به ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۶ و در پایگاه‌های فارسی به ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۴ محدود کردیم. هم‌چنین، یکی از شرایط انتخاب مقالات، دسترس‌پذیر بودن تمام متن مقالات بود. زیرا باید با مطالعه‌ی متن کامل مقاله، پارامترهای مورد نظر مورد سیستماتیک را از آنها استخراج می‌کردیم. پس از گردآوری مقالات که با حذف مقالات تکراری و نامرتبط به ۲۱۶ مقاله از نتیجه جستجوی ۴۷۵۸۵ رسیده بود، ۶۶ مقاله مورد تحلیل قرار گرفت.

همه مقاله‌هایی که به نوعی به بررسی و ارزیابی، مرور یا یک نوآوری در مورد بازیابی تصاویر پزشکی و سیستم‌های بازیابی تصاویر پزشکی پرداخته‌اند، در مطالعه پذیرفته شدند. مقالاتی که به بازخورد مرتبط بودن، ارایه راه حل‌هایی با

رویکردهای محتوا محور، متن محور و ترکیبی به منظور ارتقای پارامترهای دقت و فراخوانی پرداخته بودند نیز وارد مطالعه شدند. معیارهای خروج مقالات از مطالعه، این بود که مقالات بازیابی شده به بازیابی تصاویری غیر از تصاویر پزشکی پرداخته باشند یا به موضوع بازیابی نپرداخته باشند. مطالعاتی که به تکرار یک مطالعه دیگر پرداخته بودند و یا به‌طورکلی تکراری بودند، از مطالعه کنار گذاشته شدند. هم‌چنین مقالاتی که تمام متن آنها در دسترس نبود، از مطالعه خارج شدند.

با جستجوی کلیدواژه مناسب فارسی و انگلیسی به طور کلی از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۶ به ۴۷۵۸۵ نتیجه رسیدیم. ابتدا، با بررسی چکیده مقالات، غیر مرتبط‌ها از مطالعه‌ی تحلیلی خارج شدند و مقالات مرتبط به طور تمام متن مورد دسترسی قرار گرفتند. سپس با استفاده از یک لیست بررسی، ارزیابی نهایی روی این مقالات انجام گرفته و پارامترهای مورد نظر، وارد لیست شدند. ۵۶ مقاله از پایگاه ScienceDirect (Elsevier)، ۲۹ مقاله از پایگاه IEEE، ۵۰ مقاله از پایگاه PubMed Central، ۶۳ مقاله از پایگاه Springer و ۶ مقاله از پایگاه ایرانی SID برای مطالعه، مناسب تشخیص داده شد. جستجو در پایگاه Magiran، نتیجه‌ای در برنداشت. بر این اساس، ۲۰۴ مقاله برای مطالعه انتخاب شد. جهت محدودتر کردن تعداد مقالات، از آنجایی‌که در جستجوی مقالات، لیست ارایه شده در پایگاه اطلاعاتی به ترتیب مرتبط بودن چیده شده بود. از مقالات برگزیده‌ی هر پایگاه، ۱۵ مقاله‌ی ابتدایی هر لیست، برای شرکت در مطالعه انتخاب شدند. به دلیل کم بودن تعداد مقالات پایگاه اطلاعاتی SID (۶مقاله)، از این پایگاه همه‌ی مقاله‌ها مورد استفاده قرار گرفت. در نهایت، برای این مطالعه، ۶۶ مقاله از ۵ پایگاه اطلاعاتی انتخاب شدند.

با تحلیل محتوای مقالات، یافته‌های به‌دست آمده از آنها، در جدولی وارد شدند و مورد دسته‌بندی قرار گرفتند. پس از حذف موارد غیرضروری و مقالات تکراری، یافته‌های مهم در جداولی جداگانه وارد شدند. داده‌های جمع‌آوری شده عبارت بودند از: داده‌های توصیفی، رویکردها، پایگاه اطلاعاتی مربوطه، سال تولید مقاله، روش شاخص‌گذاری مورد استفاده، روش یادگیری مورد استفاده، مجموعه داده‌های مورد استفاده برای ارزیابی روش‌های پیشنهادی، نوع مقاله و نوع خاصی از تصویر که در مطالعه روی آن تمرکز شده یا برای ارزیابی عملکرد روش پیشنهادی از آن استفاده شده بود.

یافته‌ها

جستجوی اولیه پایگاه‌های علمی ۴۷۵۸۵ نتیجه دربرداشت. با بررسی عناوین، کلیدواژه‌ها و چکیده‌ی مقالات، ۶۶ مقاله برای استخراج داده به مطالعه وارد شد. شکل ۲ روند انتخاب مقاله‌ها را از ۵ پایگاه علمی مورد بررسی نشان می‌دهد.

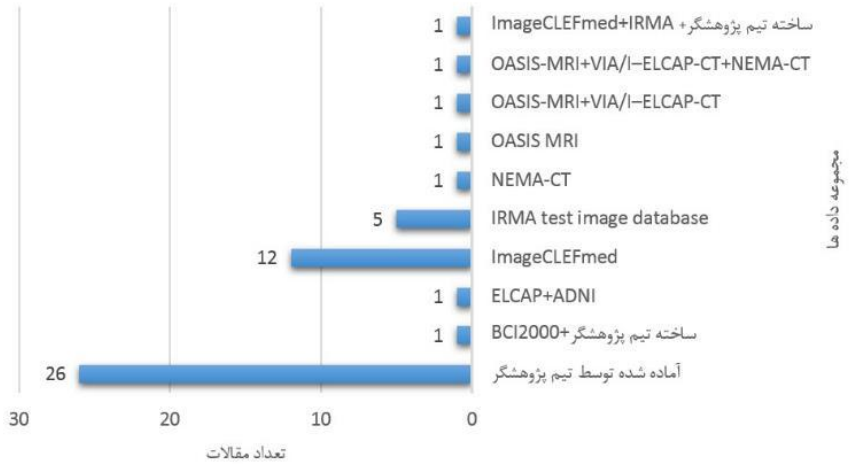
شکل ۲. انتخاب مقالات از ۵ پایگاه اطلاعاتی علمی.

یافته‌های این تحلیل نشان دادند که ۷۱٪ مقالات، یک نوع رویکرد محتوا محور در نوآوری خود اتخاذ کرده بودند. رویکرد ترکیبی محتوا محور و متن محور با ۱۵٪ مقالات، در مرتبه‌ی دوم بود. علاوه بر این دو، رویکرد ترکیبی حاشیه نویسی خودکار و محتوا محور در ۶٪ مقالات به کار رفته بود و رویکرد حاشیه نویسی خودکار در ۳٪ مقالات مورد پژوهش قرار گرفته

بود. رویکرد متن محور تنها ۱٪ از مقالات را شامل می‌شد. ۴٪ مقالات، مروری یا ارزیابی سیستم‌های بازیابی تصاویر پزشکی را در برداشتند و در نتیجه رویکرد خاصی اتخاذ نکرده بودند. می‌توان میزان اقبال پژوهشگران از این رویکردها در پژوهش‌های حوزه‌ی بازیابی تصاویر پزشکی را که از این تحلیل به‌دست آمده، در دوره‌های سالی مختلف در نمودار ۱ مشاهده نمود. در رویکرد بازیابی مبتنی بر متن که در یک مطالعه استفاده شده بود، شاخص‌گذاری و بازیابی براساس کلمات کلیدی که توسط متخصصان به تصاویر منتسب شده بود، انجام می‌گرفت. یافته‌ها نشان می‌دهند که پژوهش‌ها در حوزه‌ی سیستم‌های بازیابی تصاویر پزشکی در طول زمان، رشد سه برابری داشته است. رویکرد مبتنی بر محتوا بیشتر مورد توجه و توسعه قرار گرفته است و رویکرد ترکیبی به منظور غلبه بر شکاف معنایی، به تدریج رو به افزایش است.

نمودار ۱. ترکیب رویکردهای بازیابی تصاویر پزشکی به تفکیک سال (۲۰۰۶-۲۰۱۶).

نتایج پژوهش نشان می‌دهد که در اغلب پژوهش‌های این حوزه یعنی ۳۹٪ مقالات این مطالعه، که با ارایه رویکردی جدید در سیستم بازیابی تصاویر پزشکی همراه بوده و نیاز بود که سیستم با رویکرد جدیدش در معرض داده‌های واقعی مورد ارزیابی قرار گیرد، پژوهشگران خود اقدام به ایجاد مجموعه تصاویر محک کرده‌اند. در ۱۸٪ موارد از مجموعه محک ImageCLEFmed استفاده کرده‌اند و پس از آن مجموعه محک IRMA، در ۷٪ موارد مورد استفاده قرار گرفته است. نمودار ۲، فراوانی استفاده از مجموعه داده‌های محک مختلف را در این مطالعه نشان می‌دهد.



نمودار ۲. فراوانی استفاده از مجموعه داده‌های محک.

اولین سؤالی که در خصوص آماده‌سازی شاخص در یک سیستم بازیابی به ذهن می‌رسد این است که چه ساختار ذخیره‌سازی برای کارآمدی حداکثر بازیابی، باید مورد استفاده قرار گیرد (۱۱). در مقاله‌های بررسی شده، از روش‌های شاخص‌گذاری مختلف استفاده شده بود. در جدول ۲ این روش‌ها به همراه ویژگی‌ها و محدودیت‌هایشان عنوان شده‌اند. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در این مطالعه استفاده از روش‌های شاخص‌گذاری تنوع بالایی دارد، ولی با این وجود ۷٪ مقالات از بسته کلمات بصری استفاده کرده‌اند.

جدول ۲. ویژگی‌های اصلی روش‌های شاخص‌گذاری (۱۱).

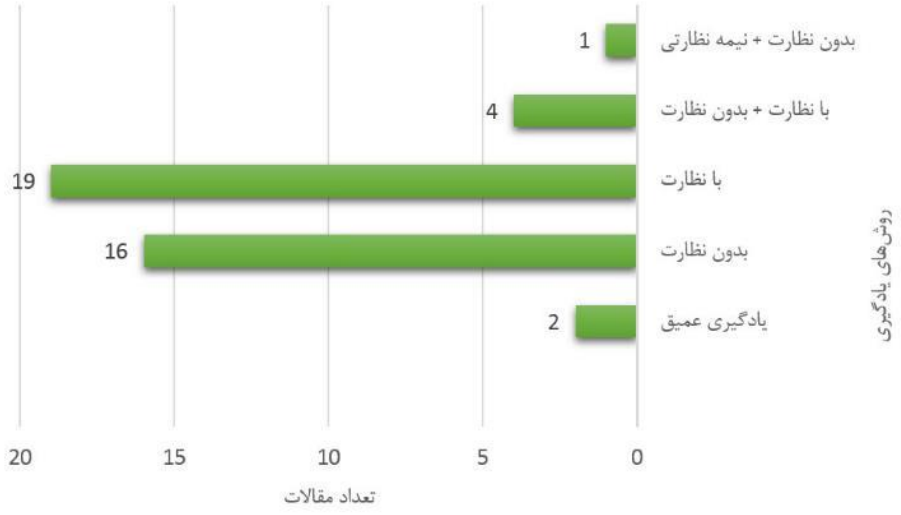
روش	ویژگی‌ها	محدودیت‌ها	مقالات
PCA	-تبدیل‌های آماری -بردار متعامد از بردار ویژه	-PCA نسبت به مقیاس نسبی داده اصلی حساس است -هزینه‌های محاسباتی	PCA-based (۲۰، ۲۱) PCA-Fisher kernel (۲۲)
بسته کلمات بصری (BoVW- Bag of visual words)	بردارهای اسپارس و با ابعاد بالا	-هزینه آموزش بالا -عدم وجود اطلاعات فضایی -از دست دادن اطلاعات در بردار درجه‌بندی (Quantization)	BoVW (۲۳، ۲۴، ۲۵، ۲۶، ۲۷)
Fisher Kernel	-ساده با هزینه محاسباتی کم -نمایش فشرده و متراکم	هزینه آموزش نمایش تصویر	FisherVectors (۲۸) Kernel (۲۹)
Manifold learning	-کاهش خیر خطی ابعاد -یادگیری ساختار نهفته	هزینه بالای محاسباتی و یادگیری	manifold space (۳۰)
شاخص‌گذاری درختی	انعطاف پذیری برای اشکال مختلف بعد از تقسیم بندی فضای داده از درشت به ریز	ناکارآمد برای فضای با ابعاد بالا، در نتیجه به روش های کاهش ابعاد بستگی دارد.	CF-codes tree (۳۱) k-d tree (۳۲) ترکیب بردار، گراف و درخت (۳۳) ماشین بردار پشتیبان بر پایه درخت دو دویی سازگارپذیر (ABTSVM- Adaptive Binary Tree-based Support Vector Machine) (۱۱)
شاخص‌گذاری مبتنی بر Hash	انعطاف پذیر برای هم Hash کردن مستقل از داده و هم وابسته به داده (کدگذاری)	ناکارآمد برای توصیفگرهای اسپارس	kernel hash (۳۴)

در بازیابی مبتنی بر محتوا که درصد زیادی از مقالات این مطالعه، پژوهش‌هایشان را بر آن متمرکز کرده بودند، از نوع خاصی از روش یادگیری ماشین به همراه مجموعه داده‌های آموزشی برای یادگیری‌های با نظارت استفاده شده بود. روش یادگیری با نظارت (۲۸٪)، روشی بود که بیشتر به آن توجه شده بود و روش بدون نظارت (۲۴٪) با اختلاف اندکی، در این مقالات مورد استفاده قرار گرفته بود. ۶٪ مقالات (۳۲، ۲۰، ۳۵، ۲۵) در آموزش داده‌ها و یادگیری هم از روش نظارت شده و هم بدون نظارت استفاده کرده بودند. جدول ۳ این روش‌ها را به همراه ویژگی‌ها و محدودیت‌ها در مقالات این مطالعه نشان می‌دهد. نمودار ۳ نیز پراکندگی استفاده از این روش‌ها را در مقالات این مطالعه نمایش می‌دهد.

استفاده از تصاویری با نوع خاص و از ناحیه‌ی آناتومی خاص در ارزیابی و یا طراحی رویکردی مختص بازیابی نوع خاصی از تصویر در مقالات این مطالعه نیز مورد بررسی قرار گرفت. بیشترین تعداد استفاده از تصاویر اشعه X با ۹٪ استفاده در مقالات بود (۳۹، ۴۴، ۴۵، ۵۴، ۵۵) که در یک مورد به طور خاص از تصویر رادیولوژی قفسه سینه استفاده شده بود (۲۷). پس از آن استفاده از ترکیب تصاویر توموگرافی رایانه‌ای (CT- Computerized Tomography) و تصویرسازی تشدید مغناطیسی (MRI- Magnetic Resonance Imaging) در ارزیابی ۶٪ از سیستم‌های بازیابی تصاویر پزشکی بود (۳۰، ۳۱، ۴۸، ۵۶). ۴/۵٪ مقالات از تصاویر CT استفاده کرده بودند (۵۲) که دو مورد از آنها، تصاویر CT از کبد بود (۵۳، ۵۷). سه مورد از تصاویر پرتونگاری مقطعی گسیل پوزیترون (PET- Positron-Emission Tomography) استفاده کرده بودند (۴۱، ۵۸، ۵۹). تصاویر MRI (۲۵، ۴۲، ۶۰) و دیگر انواع تصاویر همچون ماموگرافی (۵۱)، بافت شناسی (۳۴) اندوسکوپی بیماری‌های دستگاه گوارش (۴۳) و اندومیکروسکوپی لیزر کانفوکال (CLE) (۶۱) از جمله انواع استفاده شده در مقالات این مطالعه بودند.

جدول ۳. ویژگی‌های اصلی روش‌های یادگیری (۱۱).

روش	ویژگی‌ها	محدودیت‌ها	مقالات
یادگیری بدون نظارت (خوشه بندی)	-بدون دانش پیشین نسبت به معناها و دسته‌بندی‌های تصاویر -افزایشی و تکرار شونده -پیشنهاد خوشه‌بندی سخت/نرم و سلسله‌مراتبی/ مسطح	-دارای مبادله‌ای بین تعداد خوشه‌ها و عملکرد خوشه‌بندی است -مقیاس‌پذیری و فراتناسبی بودن	(۲۳، ۳۶، ۳۷، ۳۸) Fuzzy (۳۹، ۴۰) Fuzzy C-means (۴۱) K-means (۴۲، ۴۳) Fuzzy object (۴۴) حاشیه بزرگ نزدیکترین همسایه (LMNN- The large margin nearest neighbor) (۲۶)
یادگیری با نظارت (طبقه بندی)	-براساس کلاس‌های ترجیحی برای تصاویر -پیشنهاد طبقه‌بندی مولد و متمایز کننده	-کارآمد بودن طبقه بندی تا حد زیادی به داده‌های آموزشی بستگی دارد.	(۳۳، ۴۵، ۲۱، ۲۷، ۲۴، ۳۱، ۴۶، ۴۷، ۲۹، ۴۸، ۴۹، ۵۰، ۵۱، ۲۲) SVM (۵۲، ۲۸) FSVM (۲۹) Bayesian Naive (۵۱، ۱۱) Regression (۵۳)
یادگیری عمیق	-ویژگی‌ها و وظایف پیچیده را به طور خودکار از داده در چندین سطح انتزاعی یاد می‌گیرد. -مدل یادگیری مولد -آموزش پیشین (بدون/با) نظارت با داده آموزشی کافی که توسط کاربران برچسب‌گذاری شده/نشده‌اند.	-هزینه محاسباتی بالا -معماری پیچیده و پارامترهای زیادی که باید محاسبه و کنترل شوند -از لحاظ نظری، ساختارهای شبکه غیر واضح که مثل جعبه سیاه هستند باید در عمل، مورد بازرسی قرار گیرند.	(۳) شبکه های عمیق عصبی کانوُلوشن (dcNN- Deep convolutional neural networks) (۳۰)



نمودار ۳. فراوانی استفاده از روش‌های یادگیری ماشین.

بحث

طبق یافته‌ها، پژوهش در زمینه‌ی بازیابی تصاویر پزشکی رشد قابل ملاحظه‌ای داشته است. از ۱۳٪ در بازه‌ی زمانی ۲۰۰۶ تا ۲۰۰۹، به ۴۵٪ در بازه‌ی زمانی ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۶ می‌رسیم. بیشتر مطالعات از رویکرد بازیابی محتوا محور استفاده کرده بودند. پژوهش‌ها در ارتقای دقت و فراخوانی بازیابی با استفاده از رویکرد محتوا محور در بازه‌ی مطالعاتی ما رو به افزایش رفته است. در کنار این رویکرد، رویکرد ترکیبی محتوا محور و متن محور که جهت پر کردن شکاف معنایی به‌کار گرفته می‌شود، طبق آمارها رو به افزایش است. روش شاخص‌گذاری که در این مطالعه بیشترین استفاده را داشته است، روش BoVW بوده است.

طی سال های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۶، در روش محتوا محور، روش یادگیری ماشینی که بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد، روش با نظارت است که با داده‌های آموزشی صورت می‌گیرد و هر طبقه در آن دارای برچسب از پیش تعیین شده است. این مطالعه نشان می‌دهد مجموعه داده‌های تصویری که برای ارزیابی روش‌های پیشنهادی در بازیابی تصاویر پزشکی مورد استفاده قرار می‌گیرند، بیشتر توسط خود تیم پژوهشگر ایجاد شده‌اند. پس از این رویکرد در ارزیابی، استفاده از مجموعه محک استاندارد ImageCLEFmed است.

طبق مطالعه‌ی اخوتی و همکاران (۲۰۱۴)، عامل مهمی که باعث شده است سیستم‌های بازیابی تصاویر پزشکی تولید شده و طی پروژه‌های تحقیقاتی مورد پژوهش قرار گیرند، تلاش‌هایی است که برای ادغام در ساختار ارتباطی گسترده بیمارستان‌ها و مراکز بهداشتی انجام می‌گیرد و موجب استفاده از استانداردهای باز شده تا اطلاعات تصویری در دیگر ساختارها و کاربردهای پزشکی به کار گرفته شوند. این مطالعه بیان می‌کند که لازمه‌ی این امر، طراحی عملگرهای سیستم به شکلی است که به آسانی بتوانند با ساختارهای موجود دیگر مثل سیستم‌های اطلاعاتی بیمارستانی و سیستم‌های اطلاعات رادیولوژی و سیستم‌های آرشیو تصویری (PACS) یا نرم‌افزارهای دیگر مدیریتی پزشکی ادغام شده و به خوبی اجرا شوند (۶۲).

مطالعه‌ی کیفی Müller و همکاران (۲۰۱۵)، نکات کلیدی را در نیازهای مربوط با یک سیستم بازیابی تصویر از جمله قابلیت جستجوی مکان پاتولوژی و آناتومیکی و جستجوی مشابهت‌های بصری شناسایی کرد. بسیاری از مشارکت‌کنندگان به ضرورت شاخص‌گذاری و جستجو در سیستم‌های آرشیو PACS اشاره کردند (۶۳).

در سال ۲۰۰۹، OHSU با نمونه‌گیری از متخصصان بالینی، دانشجویان و محققان از یک دانشگاه علوم سلامت محلی، نیازهای اطلاعاتی آنها را که در موتورهای جستجوی تصاویر پزشکی جستجو می‌کنند، در ۵ گروه آموزشی، انتشار، تشخیص، پژوهش و دیگر امور دسته‌بندی کرد. چند نمونه از چگونگی استفاده مشارکت‌کنندگان از سیستم‌های بازیابی تصاویر به بیان خودشان شامل این موارد است:

- خودآموزی: استفاده از تصاویر برای مرور دستورالعمل‌ها برای روندهای خاص، برای مرور چگونگی تفسیر تصاویر، برای یادگیری درباره یک موضوع جدید بالینی.
- آموزش حرفه‌ای: استفاده از تصاویر برای آموزش دانشجویان پزشکی و رزیدنت‌های بالینی یا در کلاس (مثلاً برای شرح دادن مفاهیمی که برای انجام یک آزمایش ضروری هستند، یاد دادن این‌که برای یک تصویر در هر حالتی باید دنبال چه بگردند).
- آموزش بیمار: اغلب در این حالت از تصاویر به عنوان یک کمک بصری برای آموزش بیمار استفاده می‌شود (مثل انجام توضیحات بالینی درباره‌ی شرایط‌شان).
- تشخیص: تصاویر برای شرایطی که تشخیص دشوار است، استفاده می‌شوند (مثل بثورات غیر معمول و یا غیر اختصاصی) برای تأیید یک تشخیص یا انجام یک تشخیص افتراقی.
- انتشار: تصاویر برای آماده کردن سخنرانی‌های پزشکی یا مقاله‌ها استفاده می‌شوند.
- پژوهش: تصاویر برای توسعه یک ایده پژوهشی، نوشتن درخواست کمک، برای آماده کردن یک سخنرانی در کنفرانس‌های پژوهشی استفاده می‌شوند (۶۳).

در نتیجه، هدف از پژوهش‌ها در حوزه‌ی بازیابی تصاویر پزشکی، ایجاد فناوری حاضر در همه جایی است که با عنوان سیستم بازیابی تصاویر پزشکی، بتواند با پایگاه داده بزرگی از تصاویر دیجیتال کار کند. نرم‌افزارهای نمایش تصویر، نقشی مرکزی را در بسیاری از جنبه‌های مراقبت سلامت مدرن، دارا هستند. علاوه بر این، توسعه‌ی سریع تصویربرداری پزشکی و فناوری‌های شبکه، استفاده از سیستم‌های اطلاعات بصری را افزایش داده است. طی دهه‌های گذشته، بازیابی تصویر برای کاربردهای پزشکی، یکی از حوزه‌های پژوهشی پر طرفدار در حوزه بصری‌سازی رایانه‌ای بوده است. تعداد پایگاه داده‌های تصاویر پزشکی طی امور بالینی، پژوهش‌های پزشکی و آموزش‌ها، به شدت رو به افزایش است و ذخیره‌ی آنها در سیستم ارتباطات و آرشیو تصاویر (PACS) انجام می‌گیرد (۱۳). در بازیابی اطلاعات، با پرس و جویی خاص، مجموعه‌ای از تصاویر، مشابه با پرس و جو بازیابی می‌شوند. اما در بازیابی داده که در سیستم PACS انجام می‌گیرد، تطبیقی کامل با کلید واژه‌ی وارد شده، بازیابی می‌شوند (۱۴).

از گذشته چنین بوده که اطلاعات دموگرافی با ویژگی "عدم قطعیت (uncertainty)" همراه بوده است. زیرا اغلب منبعی قطعی برای دسترسی به اطلاعات دموگرافی بیمار وجود نداشته است و اجزای مختلف داده‌هایی که انسان‌ها وارد می‌کنند، کاملاً مورد قبول نبوده است. نتایج آزمایشات و تصویربرداری‌ها، در پایگاه داده‌هایی ذخیره شده و متعاقب آن در پی درخواست متخصصان بالینی برای تحلیل و مدیریت بیماران، بازیابی می‌شوند (شاید هم نه، در صورتی که اطلاعات

دموگرافی بیمار فراموش شوند) (۱۴). فایده‌ی این ادغام شدن، افزایش استفاده‌ی کاربران از این سیستم‌هاست که با ارایه بازخوردهایشان می‌توانند به بهبود ویرایش‌های بعدی و تولیدات جدید کمک کنند. هر چه این ویرایش‌ها متناسب‌تر با کاربردهای خاص و افراد و حوزه‌ی خاصی از پزشکی طراحی و پیاده سازی شوند، عملکرد بهتر و رضایت بیشتری از جانب کاربران را شاهد خواهیم بود (۶۲).

REFERENCES

1. Moghaddasi H. Health data processing. Tehran, Iran: Vajhe Pardaz; 2012. (Text in Persian)

2. Nema. Changing the landscape; How medical imaging has transformed health care in the U.S. National Electrical Manufacturers Association, NEMA; 2006. Dec.

3. Cao Y, Steffey S, He J, Xiao D, Tao C, Chen P, *et al*. Medical Image Retrieval: A Multimodal Approach. Cancer Inform 2014;13(Suppl 3):125.

4. Kumar A, Kim J, Cai W, Fulham M, Feng D. Content-based medical image retrieval: A survey of applications to multidimensional and multimodality data. J Digit Imag 2013;26(6):1025-39.

5. Elke M. One century of diagnostic imaging in medicine. Experientia 1995;51(7):665-80.

6. Laal M. Innovation process in medical imaging. Proc Soc Behav Sci 2013;81:60-4.

7. Manning C, Raghavan P, Schu□tze H. Introduction to information retrieval. New York: Cambridge University Press; 2008.

8. Ceri S, Bozzon A, Brambilla M, Della Valle E, Fraternali P, Quarteroni S. Web information retrieval. Springer Science & Business Media; 2013.

9. Hersh W. Information retrieval: A health and biomedical perspective. New York: Springer; 2003.

10. Hwang K, Lee H, Choi D. Medical image retrieval: Past and present. Healthc Inform Res 2012;18(1):3.

11. Alzu'bi A, Amira A, Ramzan N. Semantic content-based image retrieval: A comprehensive study. J Vis Commun Image Represent 2015;32:20-54.

12. Sa'dati S. Content-based medical image retrieval. Ahvaz: Shahid Chamran University; 2010. (Text in Persian)

13. Siong LC, Zaki WM, Hussain A, Hamid HA. Image retrieval system for medical applications. InComputer Applications & Industrial Electronics (ISCAIE); 2015 IEEE Symposium on 2015. p. 73-7; IEEE.

14. Kagadis GC, Langer SG, editors. Informatics in medical imaging. CRC Press; 2011.

15. Murphy SN, Herrick C, Wang Y, Wang TD, Sack D, Andriole KP, *et al*. High throughput tools to access images from clinical archives for research. J Digit Imag 2015;28(2):194-204.

16. Ghosh P, Antani S, Long LR, Thoma GR. Review of medical image retrieval systems and future directions. Computer-Based Medical Systems (CBMS), 2011 24th International Symposium on IEEE; 2011:1-6.

17. Deserno TM, Antani S, Long R. Ontology of gaps in content-based image retrieval. J Digit Imag 2009;22(2):202-15.

18. Tang L, Hanka R, Ip H. A review of intelligent content-based indexing and browsing of medical images. Health Inform J 1999;5(1):40-9.

19. Seetharaman K, Sathiamoorthy S. A unified learning framework for content based medical image retrieval using a statistical model. J King Saudi Univ Comp Inform Sci 2016;28(1):110-24.

20. Rahman M, Bhattacharya P, Desai B. A framework for medical image retrieval using machine learning and statistical similarity matching techniques with relevance feedback. IEEE Transact Inform Technol Biomed 2007;11(1):58-69.

21. Mueen A, Zainuddin R, Sapiyan Baba M. MIARS: A medical image retrieval system. J Med Syst 2009;34(5):859-64.

22. Strezoski G, Stojanovski D, Dimitrovski I, Madjarov G. Content based image retrieval for large medical image corpus. International Conference on Hybrid Artificial Intelligence Systems 2015; p. 714-25.

23. Simpson MS, Demner-Fushman D, Antani SK, Thoma GR. Multimodal biomedical image indexing and retrieval using descriptive text and global feature mapping. Inform Retriev 2014;17(3):229-64.

24. Welter P, Deserno TM, Fischer B, Günther RW, Spreckelsen C. Towards case-based medical learning in radiological decision making using content-based image retrieval. BMC Med Inform Decis Making 2011;11(1):1.

25. Huang M, Yang W, Wu Y, Jiang J, Gao Y, Chen Y, *et al*. Content-based image retrieval using spatial layout information in brain tumor T1-weighted contrast-enhanced MR images. PloS One 2014;9(7):e102754.

26. Zhang F, Song Y, Cai W, Hauptmann AG, Liu S, Pujol S, *et al*. Dictionary pruning with visual word significance for medical image retrieval. Neurocomputing 2015 Nov 17.

27. Avni U, Greenspan H, Konen E, Sharon M, Goldberger J. X-ray categorization and retrieval on the organ and pathology level, using patch-based visual words. IEEE Transactions on Medical Imaging. 2011;30(3):733-46.

28. Kitanovski I, Strezoski G, Dimitrovski I, Madjarov G, Loskovska S. Multimodal medical image retrieval system. Multimedia Tools Appl 2016:1-24.

29. Huang Y, Zhang J, Huang H, Wang D. Medical image retrieval based on unclean image bags. Multimedia Tools Appl 2014;72(3):2977-99.

30. Sklan JE, Plassard AJ, Fabbri D, Landman BA. Toward content based image retrieval with deep convolutional neural networks. SPIE Medical Imaging 2015; p. 94172C-94172C. International Society for Optics and Photonics.

31. Pilevar AH. CBMIR: Content-based image retrieval algorithm for medical image databases. J Med Signal Sensor 2011;1(1):12.

32. Scott G, Shyu CR. Knowledge-driven multidimensional indexing structure for biomedical media database retrieval. IEEE Trans Inf Technol Biomed 2007;11(3):320-31.

33. Lacoste C, Lim JH, Chevallet JP, Le DT. Medical-image retrieval based on knowledge-assisted text and image indexing. IEEE Trans Circuits Sys Video Technol 2007;17(7):889-900.

34. Zhang X, Liu W, Dundar M, Badve S, Zhang S. Towards large-scale histopathological image analysis: Hashing-based image retrieval. IEEE Trans Med Imaging 2015;34(2):496-506.

35. Shen H, Tao D, Ma D. Multiview locally linear embedding for effective medical image retrieval. PloS One 2013; 8(12):e82409.

36. Chinnasamy S. Performance improvement of fuzzy-based algorithms for medical image retrieval. Image Process IET 2014;8(6):319-26.

37. Yang L, Qi X, Xing F, Kurc T, Saltz J, Foran DJ. Parallel content-based sub-image retrieval using hierarchical searching. Bioinformatics 2013;btt623.

38. Srinivas M, Naidu RR, Sastry CS, Mohan CK. Content based medical image retrieval using dictionary learning. Neurocomputing 2015;168:880-95.

39. Pourghassem H, Ghasemian H. A novel relevance feedback approach based on similarity measure modification in an X-ray image retrieval system based on fuzzy representation using fuzzy attributed relational graph. J Intell Proced Electr Technol 2011;5:31-42. (Full Text in Persian)

40. Huang Y, Huang H, Zhang J. A noisy-smoothing relevance feedback method for content-based medical image retrieval. Multimedia Tools Appl 2014;73(3):1963-81.

41. Kim J, Cai W, Feng D, Wu H. A new way for multidimensional medical data management: volume of interest (VOI)-based retrieval of medical images with visual and functional features. IEEE Trans Inform Technol Biomed 2006; 10(3):598-607.

42. Backes AR, Bruno OM. Medical image retrieval based on complexity analysis. Mach Vision Appl 2010;21(3):217-27.

43. Burdescu DD, Mihai CG, Stanescu L, Brezovan M. Automatic image annotation and semantic based image retrieval for medical domain. Neurocomputing 2013;109:33-48.

44. Medina JM, Jaime-Castillo S, Barranco CD, Campa JR. On the use of a fuzzy object-relational database for flexible retrieval of medical images. IEEE Trans Fuzzy Syst 2012;20(4):786-803.

45. Greenspan H, Pinhas AT. Medical image categorization and retrieval for PACS using the GMM-KL framework. IEEE Trans Inform Technol Biomed 2007;11(2):190-202.

46. Ko BC, Lee J, Nam JY. Automatic medical image annotation and keyword-based image retrieval using relevance feedback. J Digital Imaging 2012;25(4):454-65.

47. Mueen A, Zainuddin R, Baba MS. Automatic multilevel medical image annotation and retrieval. J Digital Imaging 2008;21(3):290-5.

48. Murala S, Wu QM. Local mesh patterns versus local binary patterns: biomedical image indexing and retrieval. IEEE Trans Biomed Health Inform 2014;18(3):929-38.

49. Su K, Robbins KA. A framework for content-based retrieval of EEG with applications to neuroscience and beyond. Neural Networks (IJCNN), The 2013 International Joint Conference on 2013 Aug 4; p. 1-8. IEEE.

50. Behnam M, Pourghassem H. Optimal query-based relevance feedback in medical image retrieval using score fusion-based classification. J Digital Imaging 2015;28(2):160-78.

51. Farruggia A, Magro R, Vitabile S. A text based indexing system for mammographic image retrieval and classification. Future Gener Comput Syst 2014;37:243-51.

52. Dubey SR, Singh SK, Singh RK. Local wavelet pattern: A new feature descriptor for image retrieval in medical CT databases. IEEE Trans Image Process 2015;24(12):5892-903.

53. Kumar A, Dyer S, Kim J, Li C, Leong PH, Fulham M, *et al*. Adapting content-based image retrieval techniques for the semantic annotation of medical images. Comput Med Imaging Graphics 2016 Apr 30;49:37-45.

54. Akgül CB, Rubin DL, Napel S, Beaulieu CF, Greenspan H, Acar B. Content-based image retrieval in radiology: current status and future directions. J Digital Imaging 2011;24(2):208-22.

55. Mustapha A, Hussain A, Samad SA, Zulkifley MA, Zaki WM, Hamid HA. Design and development of a content-based medical image retrieval system for spine vertebrae irregularity. Biomed Eng Online 2015;14(1):6.

56. Murala S, Wu QJ. MRI and CT image indexing and retrieval using local mesh peak valley edge patterns. Signal Process Image Commun 2014;29(3):400-9.

57. Kurtz C, Depeursinge A, Napel S, Beaulieu CF, Rubin DL. On combining image-based and ontological semantic dissimilarities for medical image retrieval applications. Med Image Anal 2014;18(7):1082-100.

58. Kumar A, Nette F, Klein K, Fulham M, Kim J. A visual analytics approach using the exploration of multidimensional feature spaces for content-based medical image retrieval. IEEE J Biomed Health Inform 2015;19(5):1734-46.

59. Kumar A, Kim J, Wen L, Fulham M, Feng D. A graph-based approach for the retrieval of multi-modality medical images. Med Image Anal 2014;18(2):330-42.

60. Unay D, Ekin A, Jasinschi RS. Local structure-based region-of-interest retrieval in brain MR images. IEEE Trans Inform Technol Biomed 2010;14(4):897-903.

61. Tous R, Delgado J, Zinkl T, Toran P, Alcalde G, Goetz M, *et al*. The anatomy of an optical biopsy semantic retrieval system. Multimedia, IEEE 2012;19(2):16-27.

62. Okhovati M, Akbarnejad R, Bahaadinbeigy K, Sedghi S. Performance evaluation of medical image retrieval systems based on a systematic review of the current literature. HII 2014;1(2):160-171. (Full Text in Persian)

63. Kalpathy-Cramer J, de Herrera AG, Demner-Fushman D, Antani S, Bedrick S, Müller H. Evaluating performance of biomedical image retrieval systems-An overview of the medical image retrieval task at ImageCLEF 2004–2013. Comput Med Imaging Graphics 2015;39:55-61.