Vol. 4, No. 13, Jan-Feb 2025,(89-135)
Journal of New Achievements in Electrical, Computer and Technology (JNAECT)
مجله دستاوردهای نوین در برق،کامپیوتر و فناوری
دوره ۴، شماره ۱۳، زمستان ۱۴۰۳ (۱۳۵-۸۹)
journal homepage: https://jnaect.ir

ارائه یک سیستم توصیه‌گر ترکیبی مبتنی بر تکنیک‌های فیلترینگ مشارکتی و محتوای تصاویر آیتم‌ها

سید جلال الدین غریبی کریک[1]، کرم الله باقری فر[2]، حمید پروین[3]، صمد نجاتیان[4]، هادی یعقوبیان[5]
gharibi.jalal92@gmail.com

چکیده

سامانه‌های توصیه‌گر با توانایی شناخت کاربر و پیش‌بینی اولویت‌های او، اطلاعاتی که احتمال می‌رود مورد توجه کاربر باشد را از بین حجم بالای داده‌ها غربال کرده و با توصیه آنها به کاربر در وقت و انرژی او صرفه جویی می‌کنند. از طرف دیگر این سامانه‌ها با توانایی تحلیل و ذخیره رفتارهای گذشته کاربر، خدمات و اطلاعات موجودی را که وی توجهی به آن نداشته ولی احتمالا علاقه‌مند به آن است نیز استنتاج کرده و نتایج جالب توجهی به کاربران به شکل توصیه ارائه می‌کند. در حالی¬که در اکثریت قریب به‌اتفاق کارهای انجام شده در زمینه سیستمهای پیشنهاد دهنده، هر آیتم تنها با ویژگی¬هایی عددی یا رشته¬ای نمایش داده شده است، اما یکی از ویژگیهایی که تأثیر بسزایی در تعیین میزان مطلوبیت آیتم ها از نظر کاربران دارد، تصاویر آنها میباشد. این مسئله در مورد محصولاتی همچون پوشاک، جواهرات و غیره که بیشتر به علت ظاهر فیزیکی خود مورد قبول مشتریان واقع می شوند، از اهمیت بیشتری برخوردار می¬باشد. به¬همین منظور این مقاله درصدد ارائه روشی ترکیبی جهت افزایش کارایی این سیستم¬ها با استفاده از تکنیک¬های فیلترینگ مشارکتی و محتوای تصاویر آیتم¬ها می¬باشد. در این مقاله ابتدا با استفاده از تکنیک¬های پردازش تصویر، ویژگی¬های بصری مربوط به آیتم¬ها استخراج شده، سپس با انتخاب معیار شباهت مناسب و استفاده از مشخصات فنی آیتم¬ها و ویژگی¬های فردی کاربران، اقدام به بخش¬بندی کاربران و آیتم¬های مشابه خواهد شد. پس از آن با استفاده از این اطلاعات و بهره گرفتن از تکنیک فیلترینگ مشارکتی سعی خواهد شد بهترین پیشنهادات که بیشترین قرابت را با سلایق کاربران دارد، ارائه شود. نتایج تجربی نشان می دهند که روش پیشنهادی توانسته کارآیی مناسبی را از خود نشان دهد .

واژه‌های کلیدی: سیستم پیشنهاددهنده، فیلترینگ مشارکتی، بازیابی تصاویر مبتنی بر محتوا، تجارت الکترونیک

[1] گروه مهندسی نرم افزار،دانشجوی دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج،تهران،ایران ،

[2] استادیار گروه کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یاسوج، یاسوج، ایران

[3] استادیار گروه کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نورآباد، فارس، ایران

[4] استادیار گروه کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نورآباد، فارس، ایران

[5] استادیار گروه کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یاسوج، یاسوج، ایران

مقدمه

قطعاً یکی از اهداف همیشگی و مهم سیستم‌های کامپیوتری ارائه خدمات مطلوب و ایجاد تجارب لذت‌بخش برای کاربران هنگام استفاده از سیستم می‌باشد [1]. این هدف منجر به انجام تحقیقات متعددی در زمینه‌های مختلف مرتبط با علوم کامپیوتر گردیده است. گرچه مطلوبیت سیستم از نظر کاربر به اشکال مختلفی نمایان می‌شود اما آن‌چه در همه موارد ثابت است، اصل حصول رضایت کاربران می‌باشد. به‌عنوان مثال، به‌کارگیری روش‌های یادگیری ماشین و تشخیص آماری الگو به‌همراه تکنیک‌های پردازش صوت در یک سیستم پاسخ‌گویی خودکار می‌تواند توهم ارتباط کاربران با عامل انسانی را فراهم ساخته و با ارائه دسترسی در تمامی ساعات شبانه‌روز و پاسخ‌گویی بلادرنگ، منجر به کسب رضایت کاربران گردد. این روند به شکل چرخه‌ای ظاهر می‌شود که در آن به‌طور مداوم خدمات ارائه شده بهبود یافته و به‌تبع آن نیازها و یا توقعات کاربران نیز افزایش می‌یابد [1].

سامانه پیشنهاددهنده با تحلیل رفتار کاربر خود، اقدام به پیشنهاده مناسب‌ترین اقلام (داده، اطلاعات، کالا و...)می‌نماید. این سامانه رویکردی است که برای مواجهه با مشکلات ناشی از حجم فراوان و رو به رشد اطلاعات ارائه شده‌است و به کاربر خود کمک می‌کند تا در میان حجم عظیم اطلاعات، سریع‌تر به هدف خود نزدیک شود. سامانه‌های پیشنهاددهنده قابلیت ارائه پیشنهاده‌های شخصی شده به تک تک کاربرانی را دارند که از بین حجم بالای اطلاعات به‌دنبال نوعی خاص از اطلاعات مرتبط با اولویت‌هایشان هستند. این سامانه‌ها با توانایی که در جمع‌آوری اطلاعات از رفتار و حرکات کاربران، دسته‌بندی و تفسیر آن‌ها دارند، امکانی فراهم آورده‌اند که کاربران با صرف زمان و انرژی کمتر به اطلاعات مناسب‌تری دسترسی پیدا کنند و برای شناسایی اولویت‌های کاربر و استفاده از این اطلاعات در ساخت توصیه‌ها نیاز به واسطی هوشمند دارند. در واقع نیاز به سامانه‌ای است که کاربرانش را می‌فهمد ! به بیان دیگر تلاش براین است که سامانه‌ی به اندازه‌ی کافی هوشمند طراحی شود، که بتواند درباره کاربران خود اطلاعات به‌دست آورد، اطلاعات را دسته‌بندی کند و با استناد به آن‌ها پیشنهادهای مناسبی ارائه نماید.

سیستم‌های پیشنهاددهنده از مؤثرترین عناصری هستند که با تعبیه در یک سیستم در راستای بهبود تجربه کاربر در بهره بردن از آن سیستم مورد استفاده قرار می‌گیرند [2]. به عنوان مثال در حوزه تجارت الکترونیک این سیستم‌ها به کاربران در جهت کوتاه نمودن زمان جستجو برای خرید کالا با کاهش تعداد گزینه‌های انتخابی (که منطبق بر سلایق آن‌ها باشد) کمک می‌کنند، مثلاً سایت آمازون کالاهایی را بر اساس داده‌های رتبه‌بندی‌شده پیشین کاربران، به آن‌ها پیشنهاد می‌دهد [2]. از اواسط دهه 90 میلادی و اندکی پس از آن، با ارائه عبارت "سیستم پیشنهاددهنده" توسط رزنیک۱ و واریان2، توجه روزافزون محققان به سیستم‌های پیشنهاددهنده معطوف گردید و روز به روز بر زمینه‌های کاربرد این سیستم‌ها افزوده شده است [4]. در واقع تا چند سال پیش از دید اکثر کاربران، صرفاً دسترسی به اطلاعات از طریق وب جهانی اتفاقی آرمانی قلمداد می‌گردید و موجب رضایت حداکثری آن‌ها می‌شد؛ اما امروزه، عرضه مطلوب‌ترین آیتم‌ها که بیشترین قرابت را با روحیات کاربران دارد (در یک سایتِ فروشگاه آنلاین) یک نیاز ضروری محسوب می‌شود.

کاربری که در سایتی نظیر آمازون۳ به‌دنبال کتابی در مورد یک مطلب می‌باشد، اگر پیشنهاداتی با بیشترین احتمال پذیرش از طرف وی، را دریافت نکند، به احتمال زیاد به‌سمت وب‌سایتی که قادر به انجام چنین کاری می‌باشد، سوق داده خواهد شد؛

مسئله‌ای که برای اکثر کسب و کارهای الکترونیکی موفق، استفاده از بهترین سیستم‌های پیشنهاددهنده را به امری حیاتی تبدیل کرده است.

در حقیقت، از همین‌رو است که به‌نوعی سردمداران توسعه و استفاده از سیستم‌های پیشنهاددهنده، محققان و یا سازمان‌های وابسته به تجارت الکترونیک می‌باشند. بنابراین سیستم‌های پیشنهاددهنده جزء ارزشمندترین اجزاء به‌شمار می‌روند که می‌توانند انتظار کاربر و تجربه وی را در هنگام کار با سیستم‌های عمومی۴ (در حالی‌که درون سیستم تعبیه شده‌اند۵) به‌طور قابل توجهی افزایش دهند [1]. با توجه به مطالب فوق مشخص است که نه‌تنها توجه روزافزونی به سیستم‌های پیشنهاددهنده معطوف شده است، بلکه حوزه‌های استفاده از این سیستم‌ها گسترش چشم‌گیری یافته است که هر یک منجر به پدیدار گشتن چالش‌های جدیدی می‌شوند که بعضاً استفاده از رویکردهای کاملاً متفاوتی را طلب می‌نماید [1]. علی‌رغم تحقیقات گسترده در این زمینه تاکنون بسیاری از مسائل لاینحل باقی مانده و برخی از سؤالات بی‌جواب مانده‌اند. با توجه به این‌که بخش عظیم و گسترده‌ای از داده‌های پیرامون ما در قالب تصاویر هستند، متأسفانه یکی از موضوعاتی که همچنان مورد غفلت واقع شده است ارائه سیستم‌های پیشنهاددهنده‌ای می‌باشد که بتوانند ویژگی‌های تصویری آیتم‌ها را در فرآیند پردازش ارائه پیشنهادات، مد نظر قرار دهند. اکثر محققان، این سیستم‌ها را تنها بر اساس داده‌های متنی و با توجه به ویژگی‌های کمیتی آیتم‌ها مورد بررسی قرار داده‌اند. به‌عنوان مثال حتی فیلم‌ها نیز تنها بر اساس اطلاعات متنیِ استخراج شده از کاربران و آیتم‌ها (فیلم‌ها)، به کاربر جاری پیشنهاد می‌شود [5, 6] که قطعاً این امر موجب کاهش دقت سیستم‌های پیشنهاددهنده فعال در این حوزه شده است، در مثالی دیگر می‌توان به این موضوع اشاره کرد که یکی از مهم‌ترین عوامل برای مردم در زمان انتخاب خانه، شکل ظاهری آن است و این امر قطعاً یک داده تصویری محسوب می شود و بنابراین طبقه‌بندی خانه تنها بر اساس روش‌های قراردادی۶ و کمیتی، کار چندان مناسبی به نظر نمی‌رسد [1]. بنابراین تلاش در جهت یافتن راهکارهایی به منظور توسعه سیستم‌های پیشنهاددهنده مبتنی بر ویژگی‌های تصویری، که بتواند برای بسیاری از برنامه‌های کاربردی، قابل استفاده و مفید باشد امری حیاتی به نظر می‌رسد. به‌همین منظور این مقاله در پی ارائه یک سیستم پیشنهاددهنده ترکیبی می‌باشد که علاوه‌بر ویژگی‌های عددی و رسته‌ای۷، تصاویر مربوط به آیتم‌ها را نیز در نظر بگیرد.

در این مقاله با استفاده از تکنیک‌های بازیابی تصاویر مبتنی بر محتوا و مفاهیم سیستم‌های پیشنهاددهنده سعی خواهد شد بهترین پیشنهادات که بیشترین شباهت را با نظرات کاربران دارد، ارائه گردد. تمامی فرآیندهای موجود در روش پیشنهادی، با هدف افزایش کارایی سیستم انجام می‌گردد، البته در تمامی این فرآیندها می‌بایست به پارامتر زمان ارائه پیشنهادات توجه گردد چرا که این پارامتر می‌تواند تأثیر به‌سزایی در موفقیت سیستم پیشنهادی و کاربردی شدن آن داشته باشد.

در یک جمله می‌توان مسأله مورد نظر در این تحقیق را چنین بیان داشت: یافتن راه‌حلی کارآمد برای در نظر گرفتن تصاویر آیتم ها۸ در یک سیستم پیشنهاددهنده. در این جمله کوتاه، دو بخش کلیدی وجود دارد که چالش‌های پیش‌رو را ترسیم نموده است:

در نظر گرفتن تصاویر؛

کارآمدی رویکرد ارائه شده برای قسمت قبل.

منظور از در نظر گرفتن تصاویر این است که در تعیین شباهت آیتم‌ها با یکدیگر که یکی از گام‌های اساسی در سیستم‌های پیشنهاددهنده محسوب می‌گردد، نه تنها جزئیات و ویژگی‌های عددی و رسته‌ای۹ مورد استفاده قرار بگیرند، بلکه تصاویر مربوط به هر آیتم نیز در این راستا مورد استفاده واقع شود. لازم به تأکید است که بایستی در صورت وجود بیش از یک تصویر برای هر آیتم به‌نوعی تمامی این تصاویر را به‌عنوان بخشی از فرایند بازیابی و پیشنهاد آیتم‌ها مورد استفاده قرار داد.

همچنین در مطلب فوق مقصود از کارآمدی راه‌حل ارائه شده برای در نظر گرفتن تصاویر مربوط به آیتم‌ها در ارائه پیشنهادات، به بیان ساده، عملی۱۰ بودن این راه‌حل است که مهم‌ترین فاکتورهای ارزیابی آن عبارتند از:

بهبود عملکرد حاصل از افزودن فاکتور تصویر در ارائه پیشنهادات؛

مدت زمان سربار ناشی از فرایند فوق.

با توجه به فاکتور اول، بایستی این افزودن یا در نظر گرفتن تصاویر آیتم‌ها در ارائه پیشنهادات منجر به افزایش قرابت نتایج با سلایق کاربران شود؛ به‌عبارت دیگر اگر این فرایند اضافی نتواند تأثیر مثبتی ایفا کند عملاً انجام آن به هر قیمتی کاری بیهوده خواهد بود. اما هرچند افزایش دقت پیشنهادات هدف اصلی این پژوهش می‌باشد، یک شرط حیاتی برای آن وجود دارد. با توجه به آنکه اغلب سیستم‌های پیشنهاددهنده به‌عنوان بخشی از یک سیستم جامع‌تر به شکل برخط مورد استفاده قرار می‌گیرند و با در نظر گرفتن این اصل که اساساً سیستم پیشنهاددهنده برای بهبود تجربه کاربر در استفاده از کل سیستم به‌کار می‌رود، فرایند ارائه پیشنهادات بایستی در زمان منطقی انجام شود. در واقع می‌توان گفت تصاویر یکی از مهم‌ترین بخش‌هایی است که بر سیستم پیشنهاددهنده تأثیر می‌گذارد. محصولات زیادی همانند جواهرات و یا پوشاک هستند که تنها به‌علت ظاهر فیزیکی خود مورد قبول مشتریان واقع می‌شود. ظاهر آیتم‌ها شامل ویژگی‌هایی هم‌چون رنگ، شکل و بافت می باشد [3]. در برخی موارد علاوه‌بر ویژگی‌های بصری، تصاویر حاوی اطلاعات معنایی نیز می‌باشند (به‌طور مثال در مورد پوشاک، مقوله‌هایی هم‌چون مد۱۱ و هماهنگی آیتم‌ها با یکدیگر دارای اهمیت به‌سزایی می‌باشد) که می‌تواند منجر به درک بهتر از محصول در میان کاربران شود [7و8]. در حوزه بازاریابی۱۲، تصاویر به‌عنوان وسیله‌ای کارآمد در تبلیغات مورداستفاده قرار می‌گیرند. زیرا می‌توانند معنایی را که از طریق کلمات قابل توصیف نیست انتقال دهند [9]. به‌عنوان مثال تصاویر می‌توانند برای نشان دادن محصولات محبوب یا پرفروش‌تر در وب‌سایت خرده‌فروشان مختلف همچون آمازون۱۳ و ای بی۱۴ مورد استفاده قرار گیرند. این سبک نمایش عمدتاً تحت تأثیر قدرت مؤثر تصاویر می‌باشد. در حقیقت مطالعات کیفی۱۵ منتشرشده در سال 2005 میلادی، نشان می‌دهد که چگونه کاربران تحت تأثیر ظاهر کلی محصولات که شامل اطلاعاتی در مورد زیبایی‌شناسی، کارایی و عملکرد و یا کیفیت کالا می‌باشد، قرار می‌گیرند [10].

با توجه به این نکته که یکی از بسترهای مناسب که در آن ارائه پیشنهادات خودکار مفید واقع می‌شود، حوزه مربوط به پوشاک بوده و همچنین این حوزه از جمله مواردی است که در نظر گرفتن تصاویر آیتم‌ها در طی فرایند ارائه پیشنهادات می‌تواند موجب افزایش کارایی کل سیستم گردد [11-14]، بنابراین تمرکز روش پیشنهادی در این تحقیق مرتبط با این حوزه خواهد بود. از آن-جا که صِرفا استفاده از تصاویر تضمین‌کننده ایجاد بهبود در سیستم‌های پیشنهاددهنده نمی‌باشد، در این مقاله از مفاهیم موجود

در حوزه پردازش تصاویر دیجیتال و بازیابی تصاویر مبتنی بر محتوا، استفاده خواهد شد. در ضمن ذکر این نکته الزامی است که روش پیشنهادی باید بتواند در زمانی مناسب به اهداف مذکور دست یابد. در واقع نوآوری اساسی روش پیشنهادی این مقاله شامل 2 مورد زیر است:

ارائه راه‌حلی کارآمد به‌منظور ارائه پیشنهاداتی نزدیک به واقعیت (دقت بالاتر در پیشنهادات)، به کمک در نظر گرفتن تصاویر مربوط به آیتم‌ها با استفاده از تکنیک‌های بازیابی تصاویر مبتنی بر محتوا.

افزایش کارایی سیستم پیشنهاددهنده، بدون افزایش چشم‌گیر زمان ارائه پیشنهادات.

مقاله حاضر شامل 5 بخش می‌باشد:

بخش اول شامل مقدمه و بیان مسئله می‌باشد. در بخش دوم ادبیات تحقیق و مرور منابع مختلف آورده شده است. بخش سوم روش پیشنهادی را تشریح می‌کند. بخش چهارم آزمایش‌های مختلف و نتایج تجربی را برای روش پیشنهادی و مقایسه با سایر روش‌های رقیب نشان می‌دهد. در نهایت بخش پنجم نتیجه‌گیری کلی و پیشنهادات آتی را بیان می‌کند.

ادبیات تحقیق و کارهای مرتبط

در این بخش سعی می‌شود که ابتدا مروری بر ادبیات تحقیق از جمله داده‌کاوی و روش‌های مربوط به داده‌کاوی ارائه شود و سپس کارهای گذشته مرتبط با مقاله مرور شوند.

داده‌کاوی استخراج دانش از حجم زیادی از داده‌ها و یا اطلاعات است. ابزار داده‌کاوی داده‌ها را به منظور کشف یک سری از الگوهای داده‌ای مهم و محتمل تحلیل می‌کند که این می‌تواند استراتژی‌های اقتصادی، پایگاه‌های دانش، و پژوهش‌های علمی و پزشکی را به مقدار قابل توجهی تقویت کند. افزایش فاصله بین داده‌ها و اطلاعات به منظور تبدیل اطلاعات به قطعات طلایی از دانش نیازمند توسعه منظم ابزارهای داده‌کاوی است. داده‌کاوی یکی از فرآیندهای اصلی کشف دانش از پایگاه داده (KDD16) می‌باشد. بسیاری از افراد داده‌کاوی را مترادف با کشف دانش از پایگاه داده در نظر می‌گیرند. اما افرادی هم هستند که داده‌کاوی را به عنوان فرآیند اصلی KDD به حساب می‌آورند [15]. با گسترش سیستم‌های مبتنی بر پایگاه داده، حجم داده‌هایی که در بر می‌گیرند نیز افزایش یافته است. بنابراین باید بتوان به طریقی پردازش مورد نظر را بر روی این داده‌ها انجام داده و نتایج این پردازش‌ها که همان اطلاعات مطلوب می‌باشند را به کاربران ارائه نمود [15]. یکی از عوامل بلامنازع تولید اطلاعات، در جهان اینترنت و ساختار وب می‌باشد. این ساختار که با اهداف گوناگون دربرگیرنده وجوه مختلفی از زندگی ما می‌باشد، حجم انبوهی از داده خام و اطلاعات پردازش شده را پیش روی ما قرار داده است. این افزایش حیرت انگیز منجر به آن می‌شود که نه‌تنها به روش‌های پردازش داده‌های ذخیره شده نیاز داشته باشیم، بلکه این روش‌ها بایستی هرچه کارآمدتر، داده‌ها را پردازش نمایند.

در مجموع انواع این روش‌ها همگی تحت عنوان داده‌کاوی دسته‌بندی می‌شوند [16-18]. هر روزه به تعداد مقالات، فایل‌های موسیقی، فیلم‌ها، کتاب‌ها و صفحات وب موجود در اینترنت افزوده می‌شود. بدون شک پدیده سرریز شدن اطلاعات، به‌طور آشکار در جامعه اطلاعاتی امروزه بروز پیدا کرده است. در چنین محیطی افراد به‌درستی نمی‌دانند با این حجم عظیم اطلاعات چه کنند، و اغلب از فرصت‌های موجود به‌دلیل این حجم بالای داده‌ای بی‌اطلاع مانده، و حتی در پاره‌ای از موارد به‌طور کلی از تصمیم‌گیری در آن زمینه صرف نظر می‌کنند. به‌طور مثال برای خرید یک دستگاه اتومبیل، یک لباس مناسب، و یا مشاهده یکی از چندین فیلم ارائه شده در یک فروشگاه، احتمالاً با گزینه‌های مختلفی روبه‌رو می‌شوید و شاید دچار سردرگمی شویم. سابق بر این، برای غلبه بر این نوع مشکلات احتمالاً از نظرات دوستان، همکلاسی‌ها و یا همکاران خود کمک می‌گرفتیم، اما با وسعت گرفتن انتخاب‌های موجود و نیز در اختیار بودن نظرات گستره وسیع‌تری از افراد، عملاً رویکرد سنتی کارایی چندانی نداشته و یا حداقل در برابر پتانسیل موجود بسیار ضعیف عمل می‌کند. امروزه استفاده از سیستم‌های پیشنهاددهنده مبتنی بر رایانه به‌عنوان یک ضرورت در آمده است و بسیاری از سایت‌های اینترنتی برای خدمت‌رسانی شایسته به مشتریان خود از سیستم‌های پیشنهاددهنده استفاده می‌کنند. با توجه به دستاوردهای تحسین‌برانگیز در شخصی‌سازی برنامه‌های کاربردی، سیستم‌های پیشنهاددهنده یا توصیه‌گر، توجه گسترده‌ای را از سوی محققان دریافت کرده‌اند [19]. به‌طور اخص، فرصت‌های ویژه‌ای که این سیستم‌ها برای تجارت‌های الکترونیکی پدید آورده‌اند بر اقبال عمومی آنها افزوده است [20, 21]. شرکت‌های بزرگی نظیر گوگل، نت فلیکس، و آمازون و وب‌سایت‌هایی نظیر IMDB نمونه‌های خوبی از این دست می‌باشند که از دامنه متنوعی از سیستم‌های پیشنهاد استفاده می‌کنند و تأثیر به‌سزایی را بدین‌صورت بر روی کیفیت خدماتی که به کاربران خود ارائه می‌کنند گذاشته‌اند. در حقیقت، سیستم‌های پیشنهاددهنده از ارزشمندترین مؤلفه‌هایی می‌باشند که می‌توانند تجربه کاربر در استفاده از یک سیستم را (که خود از سیستم پیشنهاددهنده بهره می‌برد) به‌طرز قابل توجهی بهبود بخشند. یک سیستم پیشنهاددهنده در واقع راهکاری قوی برای انجام عمل پالایش اطلاعاتی است [22]. این سیستم‌ها به تکنیک محبوبی برای هرس کردن فضاهای بزرگ اطلاعاتی تبدیل شده‌اند که کاربران را به‌سمت بهترین آیتم‌هایی که نیازشان را رفع می‌کند، هدایت می‌کنند. این سیستم‌ها جزء جدانشدنی سایت‌های تجاری از قبیل Amazon، eBay، Yahoo و CDNow شده است ولی هنوز دارای مشکلاتی نیز می‌باشد. در این میان مطلوبیت پیشنهادات ارائه شده به کاربر از اهمیت بالایی برخوردار است به‌طوری‌که ارائه یک پیشنهاد مناسب می‌تواند سبب صرفه‌جویی در وقت کاربر گردد. همچنین باعث افزایش اعتماد کاربر به سیستم می‌شود. پس نتیجه یک توصیه با دقت بالا در سیستم‌های تجاری، افزایش میزان فروش کالا و همچنین افزایش اعتماد کاربر به سیستم خواهد بود و بالعکس ارائه پیشنهاد نادرست موجب از دست دادن مشتری و کاهش فروش می‌شود [22]. در واقع این سیستم‌ها علاوه‌بر این‌که به کاربران در یافتن موارد مورد علاقه‌شان کمک می‌کنند، برای شرکت‌ها و ارائه‌کنندگان کالا و خدمات نیز بسیار مفید هستند و با کمک به آن‌ها به منظور ارائه هدفمند کالا و خدمات‌شان، رضایت مشتریان آن‌ها را نیز در پی داشته است و به این شکل به هر دو طرف عرضه و تقاضا سود رسانده است[22]. علی‌رغم این‌که بخش گسترده‌ای از داده‌های پیرامون ما در قالب تصاویر هستند، ولی یکی از موضوعاتی که مورد غفلت محققین قرار گرفته است، ارائه سامانه‌های پیشنهاددهنده‌ای است که بتوانند ویژگی‌های تصویری آیتم‌ها را در فرآیند پردازش ارائه پیشنهادات، در بگیرد.

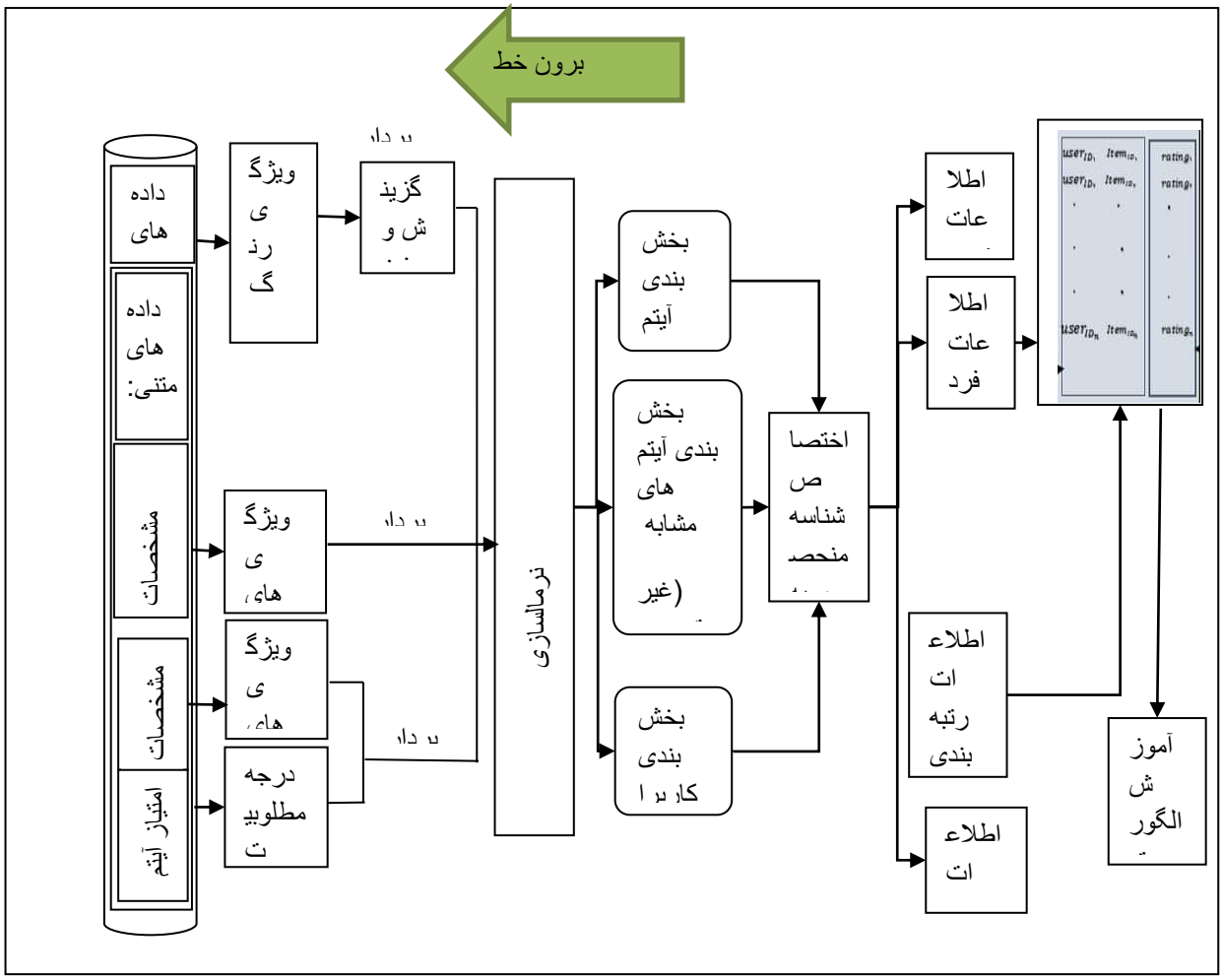
اکثر پژوهشگران سیستم‌های مبتنی بر کامپیوتر، سیستم‌های پیشنهاددهنده را تنها بر اساس داده‌های متنی و با توجه به ویژگی-های کمیتی آیتم‌ها مورد بررسی قرار داده‌اند. همان‌گونه که در بخش مربوط به مقدمه نیز بیان گردید، حتی فیلم‌ها نیز تنها بر اساس اطلاعات متنیِ استخراج شده از کاربران و آیتم‌ها (فیلم‌ها)، به کاربر جاری پیشنهاد می‌شود که قطعاً این امر باعث کاهش دقت سیستم‌های پیشنهاددهنده خواهد شد. پس در این مقاله تمرکز بر روی سیستم پیشنهاددهنده‌ای است که ویژگی‌های تصویری آیتم‌ها را نیز در ارائه پیشنهاد به کاربر در نظر بگیرد. اکثر مقالات در زمینه سیستم‌های پیشنهاددهنده فقط سعی در حل چالش‌هایی از جمله تنوع و شروع سرد در سیستم‌های پیشنهاددهنده داشته‌اند و به ویژگی‌های بصری توجهی نکرده‌اند [39-24]. در ادامه اشاره‌ای به برخی از تحقیقات که تصاویر را نیز به شکلی در فرایند ارائه پیشنهادات در نظر گرفته‌اند، خواهد شد. در [40]، در مقاله‌ای بسیار مختصر با اشاره به این حقیقت که سیستم‌های درمانی و به‌ویژه متخصصین با حجم انبوهی از داده‌ها به‌طور روزمره سر و کار دارند، رویکردی را ارائه نموده‌اند که تصاویر پزشکی را (با محوریت درمان سرطان سینه) در ارائه پیشنهادات موارد مشابه لحاظ می‌سازد. البته حتی اگر از عدم ارائه نتایج حاصل از عملکرد این سیستم صرف نظر نماییم، باز هم به‌دلیل گنگ بودن روش تلفیق داده‌هایی که اصطلاحاً داده‌های زمینه‌ای نامیده شده است و نیز تصاویر پزشکی، ابهام جدی وجود دارد. هرچند با استناد به توضیحات ارائه شده در این مقاله، عملاً یک سیستم بازیابی تصاویر مبتنی بر محتوا۱۷ به شکلی مستقل از یک سیستم پیشنهاددهنده مبتنی بر وب فعالیت کرده و در نهایت به نحوی پیشنهادات ارائه می‌شوند. یکی از زمینه‌های مناسب برای در نظر گرفتن تصاویر آیتم‌ها در طی فرایند ارائه پیشنهادات توسط سیستم توصیه‌گر، حوزه پوشاک می‌باشد. در همین حوزه، یک سیستم پیشنهاددهنده در [41] ارائه شده است. اما نکته کلیدی این‌جا است که هرچند این مقاله از عنوان سیستم پیشنهاددهنده استفاده کرده است، در واقع یک سیستم بازیابی تصویر می‌باشد که به‌نوعی می‌توان به آن به شکل زیرمجموعه‌ای از سیستم‌های توصیه‌گر نگریست. در حقیقت، در این سیستم همانند سایر سیستم‌های CBIR، تنها خود تصاویر هستند که به‌عنوان آیتم در نظر گرفته می‌شوند و اساساً در اینجا به‌طور کل، ویژگی‌های غیرتصویری در نظر گرفته نمی‌شوند. در این مقاله روشی برای ادغام ویژگی‌های محلی از چندین آیتم (لباس) و ایجاد یک ویژگی عمومی ارائه شده است. در همین راستا، یکی دیگر از کارهای انجام گرفته، در پی مدل‌سازی ایجاد ارتباط میان اشیاء توسط انسان بر اساس ویژگی‌های بصری می‌باشد [42]. در کنار این هدف، به این نکته می‌پردازد که مدل ایجاد شده می‌تواند برای پیشنهاد آیتم‌ها به افراد نیز مورد استفاده قرار گیرد. در این پژوهش سعی شده است با یافتن ارتباط آیتم‌ها با یکدیگر بر اساس ویژگی‌های بصری، موارد مشابه و مکمل به کاربران پیشنهاد گردد. در تحقیق [43] به‌منظور طراحی یک سیستم پیشنهاددهنده، از ماژول سیستم بازیابی تصویر مبتنی بر محتوا در کنار ماژول فیلترینگ مشارکتی استفاده شده است. در این روش علی‌رغم این‌که تصاویر آیتم‌ها به‌صورت مستقل از سایر ویژگی‌ها مد نظر قرار گرفته‌اند، اما سعی‌شده تا با یافتن شباهت‌هایی میان آیتم‌های جایگزین و مکمل، موجب افزایش تنوع آیتم-های پیشنهادی به کاربر گردد. اما در پایان به مقاله‌ای که دارای شباهت نسبی بیشتری با روش پیشنهادی ارائه‌شده در تحقیق حاضر می‌باشد، اشاره می‌گردد. این مقاله در [44] ارائه شده است که اساساً باهدف در نظر گرفتن تصویر در سیستم‌های پیشنهاددهنده صورت پذیرفته است. هرچند این مقاله با ابهاماتی روبرو می‌باشد اما ایده‌های مطرح شده در آن بعضاً قابل توجه است.

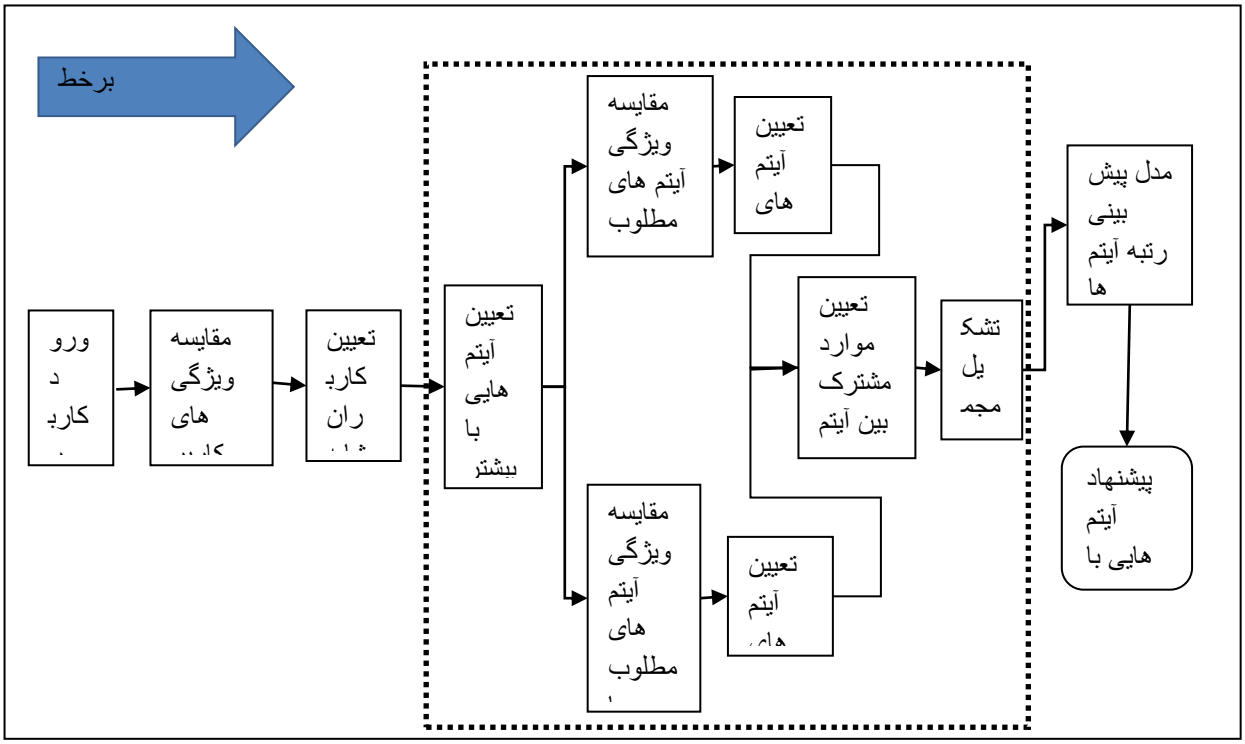
به‌عنوان مثال می‌توان ایده مطرح شده درباره تعیین نقش تصاویر و سایر ویژگی‌ها در ارائه پیشنهادات به کمک الگوریتم ژنتیک را نام برد. در این روش از ویژگی‌های مربوط به تصاویر با عنوان ویژگی‌های کیفی و از سایر ویژگی‌ها با عنوان ویژگی‌های کمی یاد شده است. البته این در حالی است که برخی از ویژگی‌های غیربصری مشخصاً ویژگی‌های کیفی می‌باشند، به‌خصوص در مورد ویژگی‌های رسته‌ای این مورد رایج‌تر است. از دیگر نکات ارزنده پژوهش مذکور این است که تصاویر به‌عنوان بخشی از آیتم‌ها، همانند سایر ویژگی‌ها، درنظر گرفته شده‌اند. آن‌ها رویکرد فیلترینگ ترکیبی را برای طراحی سیستم پیشنهادی خود مدنظر قرارداده‌اند. صرف نظر از در دسترس نبودن مجموعه داده استفاده شده در این مقاله، عدم ارائه توضیح پیرامون استفاده از معیار شباهت برای تصاویر که همخوانی چندانی با اهداف نویسندگان مقاله ندارد، تنها نتیجه ارائه شده در مقاله نیز قابل خواندن نمی‌باشد! با توجه به مطالب فوق و بدلیل مشخص شدن فقدان تحقیقات کافی در زمینه سیستم‌های پیشنهاددهنده‌ای که در کنار ویژگی‌های غیرتصویری مرسوم، ویژگی‌های تصویری آیتم‌ها را نیز در نظر بگیرد، مقاله حاضر درصدد ارائه روش ترکیبی جهت گنجاندن ویژگی‌های بصری تصاویر آیتم‌ها در اطلاعات مربوط به سایر ویژگی‌های عددی و رسته‌ای آن‌ها می‌باشد، تا بدین‌ترتیب بتوان با تلفیق تکنیک‌های مورد استفاده در سیستم‌های بازیابی تصاویر و مفاهیم سیستم‌های پیشنهاددهنده، آیتم‌هایی را به کاربران پیشنهاد داد که بیشترین شباهت را با سلایق آن‌ها داشته باشند. با توجه به این‌که در روش پیشنهادی، تمامی فعالیت‌ها با هدف افزایش کارایی سیستم انجام می‌گیرد، سعی خواهد شد به نحوی عمل گردد که زمان ارائه پیشنهادات با افزایش چشم‌گیری مواجه نشود. قابل ذکر است، پژوهش حاضر نه‌تنها در پی معرفی چنین پارامتری (وارد کردن ویژگی‌های تصویری آیتم‌ها در فرآیند پردازش ارائه پیشنهادات) به‌عنوان یکی از کلیدی‌ترین فاکتورهای مؤثر در مطلوبیت سنجی آیتم‌ها توسط کاربران می‌باشد، بلکه سعی خواهد شد از روش‌های دیگری جهت بهبود ارائه پیشنهادات به کاربر استفاده گردد؛ که از جمله می‌توان به استفاده از راهکارهای مدل‌سازی ایجاد ارتباط میان اشیاء توسط انسان بر اساس ویژگی‌های بصری در فرآیند تعیین شباهت آیتم‌ها با یکدیگر که یکی از گام‌های اساسی در سیستم‌های پیشنهاددهنده محسوب می‌گردد، اشاره نمود [42]. هنگامی‌که صحبت از پوشاک می‌شود فاکتورهای ظاهری نقش کلیدی ایفا می‌کنند و بر همین اساس تصمیمات کاربران تا حد زیادی بر مبنای جذابیت ظاهری (مد روز بودن) می‌باشد. بنابراین یکی از چالش‌ها در این حوزه، یافتن یک واسط کاربری تعاملی مبتنی بر ویژگی‌های ظاهری جهت دستیابی به آیتم‌هایی است که دارای ارزش معنایی مورد نظر در این حوزه باشند [42]. شباهت‌های ظاهری۱۸ به معنای سازگاری‌های ظاهری میان آیتم‌ها است که شامل کالاهای مکمل و کالاهای جایگزین می‌باشد [42]. شایان ذکر است انتظار می‌رود تمامی تمهیدات پیش‌بینی‌شده در روش پیشنهادی این تحقیق، منجر به افزایش دقت در پیشنهادات گشته و در نتیجه کیفیت تجربه استفاده از خدمات سیستم‌های عمومی (در حالی‌که راهکار پیشنهادی درون سیستم تعبیه شده است) را برای کاربران، ارتقاء بخشد.

روش پیشنهادی

در این بخش، به شکل جزء به جزء به بیان بخش‌های مختلف روش پیشنهادی چه از منظر مراحل کاری و چه از منظر مؤلفه‌های تشکیل‌دهنده سیستم پرداخته می‌شود. از لحاظ مراحل کاری، سیستم پیشنهاددهنده مد نظر با 3 مرحله اساسی روبرو می‌باشد: 1. فاز آموزش 2. فاز اعتبارسنجی 3. فاز بهره‌برداری. جزئیات روش پیشنهادی در شکل 1 توالی مراحل آماده‌سازی و استفاده از سیستم پیشنهادی نشان داده شده است. لازم به ذکر است برخی از این مراحل در فضای برخط (آنلاین) و برخی از آن‌ها در

فضای برون‌خط (آفلاین) انجام می‌گیرند. دلیل این امر افزایش کارایی و بالابردن سرعت عملکرد سیستم پیشنهادی می باشد. در ادامه، فرایندی که در هر یک از این مراحل رخ می‌دهد و این‌که چه مؤلفه‌هایی در هر فرایند درگیر می‌باشند در زیربخش‌های این قسمت توضیح داده می‌شوند.





شکل 1: توالی مراحل آماده سازی و استفاده از سیستم پیشنهادی به صورت برخط و برون خط

فاز آموزش

گام نخست در آماده‌سازی سیستم پیشنهاددهنده ارائه شده در این پژوهش که به‌عنوان سیستم پیشنهاددهنده آگاه از تصویر۱۹ نام‌گذاری می‌شود، فاز آموزش می‌باشد. هدف از این گام، ایجاد یک مدل پیش‌بینی رتبه آیتم‌ها می‌باشد که بتواند آیتم‌هایی با بیشترین مطلوبیت از نظر کاربر فعال را به وی ارائه نماید.

با توجه به توالی مراحل روش پیشنهادی که در شکل 2 نمایش داده شده، به منظور استخراج ویژگی‌های مرتبط با کاربران و آیتم‌ها می‌بایست ابتدا داده‌های مرتبط با هریک را از پایگاه داده استخراج نمود. این ویژگی ها به‌شرح زیر می‌باشند:

ویژگی‌های فردی کاربران (سن، جنسیت، ملیت و غیره)

ویژگی‌های تصویری آیتم‌ها

ویژگی‌های عددی و رسته‌ای (غیرتصویری) آیتم‌ها

میزان مطلوبیت آیتم‌ها از نظر کاربران

همان‌طور که در بخش‌های بعدی این بخش اشاره خواهد شد، مجموعه داده در دسترس، مربوط به یک فروشگاه اینترنتی بزرگ (آمازون) می‌باشد و متأسفانه اطلاعات مربوط به کاربران و آیتم‌ها به صورت یک‌جا و مرتب، سازماندهی نشده‌اند و می‌بایست به‌نحوی، این اطلاعات از درون فایل‌های موجود استخراج گردد.

جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز

فایل‌های مربوط به پایگاه داده موجود، از نوع فایل‌های حجیم می‌باشند، بنابراین جهت استخراج داده‌های مربوط به کاربران (اطلاعات موجود در پروفایل) و آیتم‌ها (مشخصات فنی، رتبه‌ها، تصاویر)، می‌بایست از تکنیک‌های پردازش فایل‌های حجیم استفاده شود. به‌منظور پردازش این‌گونه فایل‌ها در ابتدا سه مرحله فرایند آماده‌سازی بایستی انجام شود [45-47]:

پاکسازی داده: فرآیند شناسایی داده‌های ناقص و غیرمعتبر

انتقال داده: فرآیند انتقال داده به فرم مناسب برای تحلیل

نرمال‌سازی داده: روشی در طرح پایگاه داده ساخت‌یافته برای کاهش افزونگی داده

پس از اینکه مراحل آماده‌سازی بر روی داده‌ها انجام شد، می‌بایست اقدام به پردازش آن‌ها گردد. از جمله روش‌های پردازش داده‌های حجیم می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

پردازش داده دسته‌ای: در سال‌های اخیر از سیستم‌هایی برپایه مدل نگاشت-کاهش۲۰ برای انجام کارهای دسته‌ای با زمان اجرای طولانی استفاده می‌شود [48]. چنین سیستم‌هایی به کاربردها اجازه می‌دهند تا از طریق خوشه‌های بزرگ ماشین‌ها، هزاران نُود را با هم مقایسه کنند. نگاشت-کاهش یک چارچوب۲۱ برنامه نویسی برای محاسبات توزیع شده است که به‌وسیله گوگل۲۲ تولید شده و از روش تقسیم و غلبه استفاده می کند.

از جمله کاربردهای آن، درهم شکستن مسائل داده‌های حجیم مختلط به بخش‌های کاری کوچک و پردازش موازی آن‌ها می باشد. فرآیند پردازش داده‌های حجیم به‌وسیله نگاشت-کاهش در دو گام زیر انجام می‌شود:

گام نگاشت۲۳: داده گره اصلی۲۴ به تعدادی زیر مسئله کوچکتر خرد می شود. یک گره کارگر۲۵ تعدادی زیر مجموعه از مسئله‌های کوچکتر را تحت کنترل گره دنبال کننده کار۲۶ پردازش می‌کند و نتایج را در سیستم فایل محلی ذخیره می‌کند. جای‌یکه یک کاهنده۲۷ قادر به دسترسی به آن باشد.

گام کاهش۲۸: این مرحله داده‌های ورودی از مراحل نگاشت را تحلیل و ادغام می‌کند.

به‌منظور موازی‌سازی اجتماع، می‌توان از چندین وظیفه کاهش استفاده کرد و این وظایف۲۹ بر روی نُودهای کارگر تحت کنترل دنبال کننده کار۳۰ انجام می‌شود.

پردازش داده زمان حقیقی: یکی از معروفترین و قدرتمندترین، ابزارهای داده‌های حجیم برپایه پردازش زمان حقیقی، S431 است [49]. S4 پلتفرم محاسباتی توزیع شده‌ای است که به برنامه‌نویس اجازه می‌دهد کاربردها را برای انجام پردازش جریان‌های نامحدود داده در زمان حقیقی توسعه دهند.

در بخش‌های بعدی به‌طور مفصل در مورد ساختار داده‌های موجود در پایگاه داده و جزئیات این فایل‌ها، توضیح داده خواهد شد.

با استخراج داده‌های فوق، در واقع ویژگی‌های فردی کاربران، ویژگی‌های عددی و رسته‌ای آیتم‌ها و همچنین میزان مطلوبیت آیتم‌ها از نظر کاربران، نیز خودبخود به‌دست آمده است، اما در خصوص ویژگی‌های تصویری آیتم‌ها مسئله متفاوت بوده و می-بایست به‌وسیله تکنیک‌های پردازش تصویر اقدام به استخراج آن‌ها نمود، در ادامه نحوه انجام این کار شرح داده می‌شود.

استخراج ویژگی‌ها از تصاویر آیتم‌ها

هر تصویر شامل مشخصات بصری مختلف است و یک ویژگی به‌تنهایی برای ارائه مفاهیم موجود در تصویر کافی نیست [8]. تحقیقات نشان داده است که استفاده از یک نوع ویژگی برای سامانه‌هایی که شامل سیستم بازیابی تصویر می‌باشد کافی نیست، زیرا کارایی ویژگی‌های به‌کار رفته بستگی به حجم پایگاه تصویر و نوع تصاویر آن دارد از این‌رو اکثر تحقیقات در این زمینه بر روی ترکیب ویژگی‌ها متمرکز شده است [50-52].

پیش‌پردازش

معمولاً تصاویر اخذ شده به‌وسیله روش‌های معمول (دوربین دیجیتال و یا اسکنر) همواره کم و بیش، همراه مقداری نویز بوده و در مواردی نیز مشکل محوشدگی مرزهای داخل تصویر وجود دارد که موجب کاهش وضوح تصویر دریافتی می‌گردد و باعث می‌شود که استخراج ویژگی‌ها از تصاویر مشکل شود [53]. بنابراین می‌بایست پیش از فرآیند استخراج ویژگی‌ها، عملیات بهسازی به-منظور ارتقاء تصویر (واضح تر شدن جزئیات تصویر) و حذف مؤلفه‌های غیرضروری (کاهش عیوب و حذف نویز) از آن‌ها انجام شود.

به‌منظور انجام عملیات پیش‌پردازش، تصویر در معرض اعمال سطح پایین قرار می‌گیرد. هدف این گام کاهش نوفه (کاهش نویز- جدا کردن سیگنال از نویز) و کم کردن مقدار کلی داده است [54] تا امکان استخراج دقیقتر و صحیح‌تر اطلاعات میسر گردد. این کار نوعاً با به‌کارگیری روش‌هایی مانند:

زیرنمونه‌گیری تصویر، اعمال فیلترهای دیجیتال، پیچش‌ها، همبستگی یا فیلترهای خطی لغزش نابسته، عملگر سوبل، محاسبه x و y (و احتمالاً گرادیان زمانی)، تقطیع تصویر، آستانه‌گیری پیکسلی، انجام یک ویژه تبدیل بر تصویر، تبدیل فوریه، انجام تخمین حرکت برای ناحیه‌های محلی تصویر که به‌نام تخمین شارش نوری هم شناخته می‌شود، تخمین ناهمسانی در تصاویر برجسته بینی و تحلیل چند دقتی، قابل انجام می باشد [54].

در این پژوهش نیز سعی خواهد شد با استفاده از ابزارهای تخصصی که در این حوزه به‌کار می‌روند اقدام به بهبود تصاویر آیتم‌ها نماییم برای این منظور می‌توان از نرم‌افزار متلب و توابع imadjust و histeq و medfilt2 به‌ترتیب جهت تنظیم شدت نور، افزایش کنتراست و حذف نویز استفاده کرد.

استخراج ویژگی مبتنی بر رنگ

رنگ نخستین، ساده‌ترین و پرکاربردترین ویژگی بصری بکار گرفته شده جهت شاخص‌گذاری و بازیابی تصاویر می‌باشد که نسبت به بزرگ و کوچک کردن، انتقال و چرخش تصویر ثابت است [55]. توان قابل ملاحضه عنصر رنگ در نمایش محتویات بصری تصاویر، سهولت استخراج اطلاعات رنگ از تصاویر و دستیابی به کارایی مطلوب در این زمینه، توانمندی نسبی در ایجاد تمایز میان تصاویر [56] و انعطاف مناسب در قبال عواملی چون تغییر مقیاس، دوران، نویز، و شفافیت در تصاویر [57]، به‌عنوان مهم-ترین مزایای استفاده از ویژگی رنگ به‌شمار می‌رود. برای استخراج ویژگی رنگ از تصویر ابتدا باید نوع فضای رنگ را تعیین نمود، متداولترین فضاهای رنگ مورد استفاده در روش های بازیابی تصویر مبتنی بر محتوا عبارتند از RGB، HSV، CIEL*U*V، YCbCr، NTSC، CMY، L*a*b* و HIS [58] که هر کدام کاربرد خاص خود را در سیستم‌های بازیابی تصویر دارند. برای نمایش ویژگی رنگ نیز روش های متعددی نظیر Color Moment [58]، Color Correlogram [59] و Color Signature [60] و Color Histogram [61] از سوی محققین ارائه شده است. استفاده از هیستوگرام رنگ رایج ترین روش نمایش ویژگی رنگ می‌باشد [61]. با وجود برخی نقایص این روش در بسیاری از تحقیقات مورد استفاده واقع شده و تلاش‌های زیادی برای رفع نارسایی‌های آن صورت گرفته است [61-65].

با توجه به مطالب مطرح شده در بخش‌های قبل در ارتباط با نقاط قوت و ضعف هر کدام از روش‌های فوق می‌توان در این پژوهش از روش ممان رنگ و هیستوگرام رنگ در فضای HSV جهت توصیف تصاویر آیتم‌ها استفاده نمود، در ادامه توضیحی مختصر در این مورد ارائه می‌گردد.

ممان رنگ

یکی از روش‌های استخراج ویژگی رنگ، استفاده از ممان رنگ۳۲ می‌باشد، ممان‌های رنگ در فضاهای رنگی مختلف استخراج می‌شوند اما فضای رنگ RGB نسبت به سایر فضاها از عملکرد بهتری برخوردار است [59]. ممان رنگ کمترین بعد بردار ویژگی

و کمترین پیچیدگی محاسباتی را دارد بنابراین برای بازیابی تصاویر بسیار مناسب است و می‌تواند تمام توزیع‌های رنگ موجود در تصویر را نشان دهد [59]. اطلاعات رنگ موجود در تصویر اساساً در ممان رنگ مرتبه پایین متمرکز شده‌اند، به‌طوری‌که با استفاده از ممان مرتبه اول، دوم و سوم که به‌ترتیب به‌عنوان میانگین، واریانس، و چولگیِ یک تصویر شناخته می‌شوند، می‌توان توزیع رنگ یک تصویر را بیان کرد. بردار ویژگی ممان رنگ در فضای RGB شامل 9 مؤلفه می‌باشد (هر پیکسل یک تصویر رنگی، 3 مؤلفه رنگ R، G و B دارد و هر مؤلفه رنگ شامل 3 مرتبه ممان می‌باشد). ممان‌های مرتبه اول (μ)، دوم (σ) و سوم (γ) به‌ترتیب با استفاده از روابط زیر بیان می‌شوند[59]:

$$\mu_i = \sum_{j=1}^{N} \frac{1}{N} p_{ij} \tag{1}$$

$$\sigma_i = \sqrt{\left(\frac{1}{N} \sum_{j=1}^{N} \left(p_{ij} - \mu_i \right)^2 \right)} \tag{2}$$

$$\gamma_i = \sqrt[3]{\left(\frac{1}{N} \sum_{j=1}^{N} \left(p_{ij} - \mu_i \right)^3 \right)} \tag{3}$$

به‌دلیل این‌که ممان رنگ بسیار ساده است معمولاً عملکرد خوبی را به تنهایی در بازیابی تصویر نشان نمی‌دهد. برای افزایش عملکرد بازیابی تصاویر بوسیله ممان رنگ، می‌توان آن را با هیستوگرام رنگ در فضای HSV ترکیب نمود [61].

هیستوگرام رنگ

رنگ ویژگی‌ای است که اغلب محققان در بازیابی تصویر از آن استفاده کرده‌اند و در موارد متعدد هیستوگرام رنگ به‌عنوان اصلی‌ترین ویژگی در بازیابی مورد توجه بوده است. فوایدی همچون پایداری، مؤثر بودن، سادگی پیاده‌سازی، سادگی محاسباتی و حجم پایین بردار حاصل برای نمایه‌سازی، استفاده از هیستوگرام رنگ را توجیه می‌کند [61].

فضای رنگ RGB با سیستم بینایی انسان و روشی که انسان تصویر را درک می کند، همخوانی ندارد و برای نمایش تصویر توسط مانیتور و تلویزیون مناسب است. در این فضا تفاوت دو نقطه با توجه به مختصاتشان، متناسب با درک انسان نیست و معیار های شباهت رایج (فاصله اقلیدسی و ...)، تفاوت بین دو رنگ را به شکلی که برای انسان معنی دار باشد، بیان نمی‌کند.

در این تحقیق می توان به‌منظور به‌کارگیری روش هیستوگرام رنگ، از فضای رنگ HSV استفاده شده است. از این فضای رنگ در تحقیقات مشابه به دفعات استفاده شده است [62-65]. در برخی پژوهش ها هیستوگرام رنگ را در فضای HSV به صورت غیریکنواخت طبق رابطه زیرکوانتیزه می‌کنند[65]:

$$H\begin{cases}0 & h\in[315,20]\\1 & h\in[20,40]\\2 & h\in[40,75]\\3 & h\in[75,155]\\4 & h\in[155,190]\\5 & h\in[190,271]\\6 & h\in[271,295]\\7 & h\in[295,315]\end{cases}\qquad S,V=\begin{cases}0 & s,v\in[0,0.2]\\1 & s,v\in[0.2,0.7]\\2 & s,v\in[0.7,1]\end{cases}\qquad (4)$$

بردار ویژگی که از این روش برای بازیابی استفاده می شود، به‌صورت زیر با ضرب کردن وزن‌هایی در سه مؤلفه رنگ H ، S و V در فضای رنگ HSV به‌دست می‌آید.

$$HSV_Feature = round(9H+3S+V) \qquad (5)$$

برخی پژوهش‌ها برای تشکیل هیستوگرام رنگ، فضای HSV را بمطور خطی کوانتیزه کرده‌اند. در این فضا بنا بر اهمیتی که مؤلفه H نسبت به سایر مؤلفه‌ها دارد، این مؤلفه به شش بازه و دو مؤلفه دیگر هر کدام به سه بازه کوانتیزه می‌شوند [50]. بنابراین فضای رنگ به $54=3\times3\times6$ بازه کوانتیزه می‌شود. بعد از کوانتیزه کردن رنگ نقاط یک تصویر، هیستوگرام رنگ آن با شمردن نقاطی که در هر بازه قرار می گیرند محاسبه می شود. برای حل مسئله تفاوت اندازه تصاویر، هیستوگرام رنگ به تعداد کل نقاط آن تصویر نرمالیزه می‌شود. بنابراین بردار حاصل از نمایه‌سازی هر تصویر با استفاده از ویژگی هیستوگرام رنگ، ۵۴ بعدی است.

استخراج ویژگی مبتنی بر بافت

بافت به‌طور کلی به الگوهای بصری‌ای گفته می‌شود که توسط نمایش رنگی قابل ارائه نیستند و در حوزه پردازش تصویر یکی از ویژگی‌های بصری و درونی تصویر است که به رنگ و روشنایی تصویر وابسته نیست. این ویژگی همگنی تصویر را منعکس می‌کند. ویژگی‌های بافت، هم حاوی اطلاعات سطح تصویر و هم اطلاعات محیط اطراف تصویر هستند. اطلاعات مکانی تصویر به‌صورت کمی با استفاده از ویژگی بافت بیان می‌شوند. توانمندی این ویژگی در مدل سازی اطلاعات محلی در تصاویر و حذف عنصر رنگ در فرایند بازیابی تصویر به پیروی از رفتار انسان در تشخیص شباهت میان برخی تصاویر بر اساس ساختار بصری درون آن‌ها از مزایای این ویژگی محسوب می‌شوند [62]. در این پژوهش از روش‌های فیلترهای گابور، ماتریس هم‌رخدادی سطح خاکستری و الگوی باینری محلی جهت توصیف عناصر مرتبط با بافت در تصاویر آیتم‌ها استفاده شده است. در ادامه توضیحی مختصر در مورد هر یک از روش‌های مذکور ارائه می‌گردد.

3-3-5-1- فیلترهای گابور

فیلترهای گابور۳۳ به‌علت خاصیت تفکیک‌پذیری خوب و چندگانه در حوزه‌های مکان و فرکانس به‌عنوان ابزاری قوی در تحلیل بافت استفاده می‌شوند [63-67]. مرجع [68] در سال 2006 نشان داد که برخلاف تصور عام، می-توان از بخش فاز فیلتر گابور، ویژگی‌های پایدار و مناسبی استخراج کرد. سپس در [69] نشان داده شد که با استخراج ویژگی از هر دو بخش اندازه و فاز فیلتر گابور، می‌توان به دقت بالاتری در تشخیص ویژگی بافت موجود در تصویر دست یافت.

برای اعمال فیلتر گابور به تصویر، هسته گابور را با اندازه s وجهت o به‌صورت نشان داده‌شده در رابطه زیر در سطح پیکسل، به تصویر ورودی اعمال می‌کنند.

$$G_{s,o}(x,y) = I(x,y) * k_{s,o}(x,y) \quad (6)$$

x و y پیکسل مورد نظر و $*$ عملگر کانولوشن است. $k_{s,o}$ هسته گابور می‌باشد که در فرمول زیر باز شده است.

$$k_{s,o}(z) = \frac{\|k_{s,o}\|^2}{\sigma^2} e^{\frac{\|k_{s,o}\|^2 \|z\|^2}{2\sigma^2}} \left(e^{ik_{s,o}z} - e^{-\frac{\sigma^2}{2}} \right) \quad , \quad k_{s,o} = k_s e^{i\phi_o} \quad , \quad z = (x,y) \quad (7)$$

$\|-\|$ عملگر نُرم، $k_s = \frac{k_{\max}}{f^s}$ ، $\phi_o = \frac{\pi_o}{8}$ ، $k_{\max}$ فرکانس بیشینه و f تعداد بازه‌ها در دامنه فرکانسی می‌باشد.

با اعمال هسته گابور به هر پیکسل xو y یک عدد مختلط حاصل می‌شود که بخش حقیقی آن Re و بخش موهومی آن Im نامیده می‌شود. با استفاده از این دو مقدار، بخش‌های اندازه M و فاز P طبق روابط زیر محاسبه می‌شوند.

$$M_{s,o}(x,y) = \sqrt{Im_{s,o}^2(x,y) + Re_{s,o}^2(x,y)} \quad (8)$$

$$P_{s,o}(x,y) = \arctan\left(\frac{Im_{s,o}(x,y)}{Re_{s,o}(x,y)} \right) \quad (9)$$

با توجه به روش اعمال فیلترهای گابور به یک تصویر و پارامترهای مربوط به این فیلترها، می‌توان در این تحقیق بنابر پیشنهاد مرجع [70] مقدار فرکانس مرکزی حداکثر u_h را برابر $128\sqrt{2}$ سیکل بر پهنای تصویر و فرکانس مرکزی حداقل u_l را برابر $16\sqrt{2}$ سیکل بر پهنای تصویر در نظر گرفت. در این حالت مقدار a برابر 2 خواهد بود. برای تصویر $I(x,y)$ تبدیل موجک گابور با استفاده از رابطه زیر محاسبه می شود.

$$I_{mn}(x,y) = \iint I(x_1,y_1) f_{mn}^*(x - x_1, y - y_1) dx_1 dy_1 \quad (10)$$

که در آن f_{mn} مقیاس شده و چرخش یافته‌ای از فیلتر مادر $f(x,y)$است. از آن‌جایی‌که به‌دست آوردن زیرتصویرهای I_{mn} از طریق رابطه بالا وقت گیر است، می‌توان این زیرتصویرها را با استفاده از رابطه زیر در فضای تبدیل فوریه محاسبه کرد.

$$I_{mn}(x,y) = f^{-1}\left[I(u,v) F_{mn}(u,v) \right] \quad (11)$$

که در آن $I(u,v)$تبدیل فوریه تصویر $I(x,y)$ و $F_{mn}(u,v)$ تبدیل فوریه $f_{mn}(x,y)$ است. برای حذف حساسیت فیلترها به مقدار قدرمطلق شدت روشنایی تصویر، می‌توان $F_{mn}(0,0)$ را برابر صفر در نظر گرفت. همچنین با توجه به تحقیق

مذکور می توان از 4 مقیاس۳۴ $k=4$ و 6 جهت $s=6$ و در مجموع از یک بانک شامل 24 فیلتر استفاده کرد. این فیلترها در ابعاد 256×256 پیکسل طراحی می‌شوند. در مرحله پیش‌پردازش، تصویر رنگی به تصویر خاکستری تبدیل و به ابعاد 256×256 نرمالیزه می‌شود. سپس زیرتصویرهای فیلترشده آن از رابطه قبل محاسبه می‌شوند. از هر تصویر I_{mn} دو پارامتر میانگین، μ_{mn}، و انحراف معیار، σ_{mn}، مطابق رابطه زیر به‌عنوان ویژگی استخراج می‌شوند [71].

$$\mu_{mn}=\iint\left|f_{mn}(x,y)\right|dxdy \tag{12}$$

$$\sigma_{mn}=\sqrt{\iint\left|f_{mn}(x,y)\right|-\mu_{mn}{}^{2}\,dxdy} \tag{13}$$

در نهایت یک بردار ویژگی 48 بعدی با استفاده از μ_{mn} و σ_{mn} و طبق رابطه زیر ساخته می‌شود.

$$\bar{f}=\left[\mu_{00}\,\sigma_{00}\,\mu_{01}\ldots\mu_{35}\,\sigma_{35}\;\right] \tag{14}$$

2-5-3-3- ماتریس هم‌رخدادی سطح خاکستری

ماتریس هم‌رخدادی سطح خاکستری۳۵ که به هیستوگرام مرتبه دوم یا ماتریس هم‌رخدادی نیز معروف است، بیانگر احتمال وجود نقاطی با سطوح روشنایی مفروض در فاصله و زاویه معین از یکدیگر در تصویر است. به بیانی دیگر این ماتریس احتمال تجمعی توزیع جفت پیکسل‌ها را محاسبه می‌کند و روش بسیار موفق در استخراج ویژگی‌های آماری از بافت می‌باشد. GLCM معرف فرکانس حضور هر دو پیکسل در فاصله های ۰°، ۴۵°، ۹۰° و 135° در تصویر است، که فاصله آن‌ها به‌صورت برداری از پیش تعریف‌شده می‌باشد. پس از محاسبه این ماتریس، خصوصیاتی نظیر هم رخدادی، تباین، همبستگی، انرژی و همگنی استخراج شده که می‌توانند معرفی برای بافت موجود در تصویر باشند. از ویژگی‌های استخراج شده از این روش می‌توان در سیستم‌های بازیابی تصاویر استفاده کرد.

ماتریس مذکور دارای 14 ویژگی می‌باشد. مطالعات نشان داده است که 4 ویژگی از این 14 ویژگی نامرتبط به هم هستند که عبارتند از: انرژی، تباین، همبستگی و آنتروپی. در این تحقیق می‌توان به‌صورت زیر از این 4 ویژگی برای استخراج عناصر مرتبط با بافتِ تصاویر، استفاده نمود [72]:

$$f_{Asm}=\sum_{i=0}^{L-1}\sum_{j=0}^{L-1}p_d^2(i,j) \tag{15}$$

$$f_{Con}=\sum_{n=0}^{L-1}n^2\left\{\sum_{i=0}^{L-1}\sum_{j=0}^{L-1}p_d(x,y)\right\} \tag{16}$$

$$f_{Cor} = \frac{\sum_{i=0}^{L-1}\sum_{j=0}^{L-1} ijp_d(i,j) - \mu_1\mu_2}{\sigma_1^2\sigma_2^2} \quad (17)$$

$$f_{Ent} = -\sum_{i=0}^{L-1}\sum_{j=0}^{L-1} p_d(i,j)\log p_d(i,j) \quad (18)$$

3-5-3-3- الگوی باینری محلی

عملگر الگوی باینری محلی۳۶ یکی از توصیفگر های محلی قدرتمند می باشد که نسبت به تغییرات یکنواخت خاکستری مقاوم است. این عملگر در ابتدا برای توصیف بافت ارائه شد و به‌دلیل اینکه نسبت به چرخش مقاوم بود، تبدیل به یکی از روش‌های مؤثر و کارآمد در زمینه استخراج ویژگی بافت از تصاویر شده است. در این تحقیق می‌توان عملگر LBP را در قالب یک پنجره 3 در 3 تشکیل داد. سپس مرکز این پنجره روی هر پیکسل قرار داده شده و اختلاف مقادیر پیکسل‌ها تا مرکز، برای همه همسایه‌ها محاسبه می‌شود. نتیجه به شکل یک رشته دودویی در آمده و سپس به مقدار دهدهی معادل تبدیل می‌شود. در نهایت هیستوگرامی از مقادیر به عنوان بردار ویژگی‌ها تولید خواهد شد. برای به‌دست آوردن مقدار دهدهی از فرمول (19) و (20) استفاده می‌شود. g_c مقدار دهدهی پیکسل مرکزی و g_i مقدار دهدهی پیکسل همسایه است.

$$LBP(x,y) = \sum_{i=0}^{7} s(g_i - g_c)2^i \quad (19)$$

$$s(x,y) = \begin{cases} 1 & x \succ 0 \\ 0 & x \le 0 \end{cases} \quad (20)$$

استخراج ویژگی مبتنی بر شکل

شکل یکی از ویژگی‌های اساسی برای نشان دادن اشیاء در تصویر می‌باشد، به‌طوری‌که با استفاده از این ویژگی می‌توان دقت و بازده سیستم CBIR را بهبود بخشید [73]. درواقع شکل یکی از ویژگی های بصری تصویر است که استخراج آن مستلزم تقطیع۳۷ تصویر و شناسایی اشیاء در آن و سپس نمایش شکل می‌باشد. برخی روش‌های پراستفاده جهت تقطیع تصویر عبارتند از روش مبتنی بر رشد ناحیه، روش تجزیه و ادغام و روش مبتنی بر کشف لبه[73] . از آن‌جاکه تقطیع تصویر و شناسایی اشیاء در آن از پیچیدگی زیادی برخوردار است استفاده از این ویژگی محدود به کاربردهایی است که در آن‌ها اطلاعات اولیه مبنای مناسبی را برای تقطیع تصویر عرضه می‌نمایند.

توانمندی این ویژگی در معرفی اشیاء و نواحی مستقل درون تصاویر، بستر مناسبی برای پاسخگویی به برخی پرس‌وجوهای مفهومی ایجاد می‌کند. ویژگی شکل موجب فراهم آوردن امکان جستجو در بانک اطلاعاتی تصویری بر اساس یک ناحیه (یا شیء) خاص می‌شود که می‌توان از این موارد به‌عنوان مهم‌ترین نقاط قوت این ویژگی نام برد [74]. روش‌های نمایش ویژگی شکل در دو گروه کلی مبتنی بر مرز و مبتنی بر ناحیه قابل مطالعه می‌باشند [74].

برای استخراج ویژگی شکل از تصاویر، روش‌های متعددی نظیر استفاده از ممان‌های هندسی، ثابت، مرکزی، متعامد، مجتمع و همچنین روش هیستوگرام جهت لبه‌ها و غیره وجود دارد. در این تحقیق برای استخراج ویژگی های آماری مربوط به تصاویر آیتم‌ها، با توجه به خصوصیات برخی از روش‌های فوق، می‌توان از تکنیک هیستوگرام جهت لبه‌ها و ممان زرنیک (نوع خاصی از ممان هندسی) که در ادامه بیان می‌شود، استفاده نمود.

1-6-3-3- هیستوگرام جهت لبه‌ها

هیستوگرام جهت لبه‌ها یکی از روش‌های استخراج ویژگی شکل است که بدون استفاده از قطعه‌بندی تصویر عمل می‌کند. در این روش با دسته‌بندی لبه‌های تصویر روی جهت لبه با یک کمیت‌دهی پنج درجه‌ای، هیستوگرامی از فراوانی لبه‌ها ایجاد می‌شود و از آن به‌عنوان بردار ویژگی تصویر استفاده می‌شود. این روش دقت نسبتاً مطلوبی دارد و نسبت به انتقال، تغییر اندازه و چرخش تصویر، مستقل عمل می‌کند [75].

مطلوبیت استفاده از لبه‌ها به دو علت است: اولاً حجم لبه‌های تصویر نسبت به حجم پیکسل‌های خود تصویر بسیار کم است، بنابراین به‌علت کاهش اطلاعاتِ تحت پردازش، می‌توان سیستمی کارا با استفاده از لبه‌ها ساخت. دوماً لبه‌ها به‌علت استفاده از همبستگی میان پیکسل‌ها حجم زیادی از اطلاعات تصویر را در بر دارند [75]. همچنین از آنجایی که از دیدگاه درک انسانی نیز، اشکال به واسطه لبه هایشان از یکدیگر تمیز داده می شوند، پس می‌توان سیستمی دقیق با استفاده از لبه‌ها ساخت. به‌منظور ساخت هیستوگرام جهت لبه‌ها ابتدا می‌بایست لبه‌های اشیاء درون تصویر مشخص گردد، برای این کار می‌توان از عملگر سوبل به‌دلیل اینکه اثر نویز را تا حد زیادی تضعیف می‌کند استفاده کرد [75].

عملگر سوبل برای هر پیکسل، مؤلفه‌های بردار لبه در جهت محورهای x و y را با نام های G_x و G_y محاسبه می‌کند. سپس با استفاده از معادلات زیر، اندازه و زاویه هر لبه که به ترتیب با $|G|$ و $\prec G$ نامگذاری شده‌اند، به‌دست می‌آید. آنگاه پیکسل-هایی که $|G|$ آنها از آستانه ای موسوم به t_1 بزرگتر باشد به‌عنوان لبه‌های تصویر انتخاب می‌شود.

$$|G| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \tag{21}$$

$$\prec G = \tan^{-1}(G_x / G_y) \tag{22}$$

سپس به‌منظور محاسبه مؤلفه‌های بردار هیستوگرام، با پله‌های پنج درجه‌ای (بدون جهت، 0،45،90،135) زوایای جهت لبه‌ها کمیت‌دهی می‌شوند. سپس بردار EDH با n مؤلفه تعریف می‌گردد. n تعداد پله‌های زوایای جهت لبه، حاصل از عمل کمیت-دهی است و به‌عبارت دیگر n تعداد میله‌های هیستوگرام را مشخص می‌کند. در این مرحله جمعیت مربوط به هر میله هیستوگرام محاسبه می‌گردد و هیستوگرام ساخته می‌شود. کل تصویر جاروب می‌شود و به‌ازای هر لبه یک واحد به میله مربوط در هیستوگرام افزوده می‌شود.

در این تحقیق می‌توان زاویه گرادیان برای هر نقطه لبه در تصویر خاکستری را با استفاده از عملگر سوبل محاسبه نمود و هیستوگرام جهت لبه با ۳۶۰ عنصر تشکیل خواهد شد. این هیستوگرام بعد از هموارسازی و کوانتیزاسیون خطی به ۳۶ عنصر، به تعداد نقاط لبه در تصویر نرمالیزه می شود. بنابراین بردار حاصل از نمایه‌سازی هر تصویر با استفاده از ویژگی راستای لبه‌ها، 36 بعدی است.

2-6-3-3- ممان زرنیک

ممان‌ها کمیت‌های قابل سنجشی هستند که یک تابع را توصیف و خصوصیات مهم آن را ثبت می کنند [76]، از دید ریاضی ممان ها طرح هایی از یک تابع چند جمله ای اند که اگر قرار باشد در پردازش تصویر از آنها استفاده کنیم می‌توانیم این تابع را شبیه به تبدیل فوریه بدانیم. برخی از انواع ممان‌ها که در پردازش تصویر مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارتند از ممان‌های هندسی، ثابت، مرکزی، متعامد، مجتمع.

یکی از زیر مجموعه‌های ممان‌های هندسی، ممان زرنیک می‌باشد که بسیاری از محققان از آن برای توصیف شکل استفاده می-کنند. از ویژگی‌های ممان زرنیک، عمود بود ضرایب به‌دست آمده از این ممان می‌باشد. چنان‌چه تابع $f(x,y)$ بیانگر شکل باشد برای به‌دست آوردن ضرایب زرنیک، این تابع را در مختصات قطبی به‌صورت $f(\rho,\theta)$ بیان می‌کنیم. همچنین جهت نرمال‌سازی، تمامی شکل‌ها در این مختصات در داخل دایره‌ای با شعاع یک، بیان می‌گردد. بنابراین تمامی شکل‌ها در مختصات قطبی با پارامترهای $0 \le \rho \le 1$ و $0 \le \theta \le 2\pi$ بیان می‌شوند. دو رابطه زیر برای ضرایب زرنیک استفاده می‌شوند:

$$Z_{nm} = \frac{n+1}{\pi} \sum_{\rho} \sum_{\theta} f(\rho,\theta) r_{nm}(\rho) e^{-j\theta} \qquad (23)$$

$$r_{nm}(\rho) = \sum_{s=0}^{(n-|m|)/2} (-1)^s \frac{(n-s)!}{s!(\frac{n+|m|}{2}-s)!(\frac{n-|m|}{2}-s)!} \rho^{n-2s} \qquad (24)$$

برای به‌دست آوردن ضرایب زرنیک با افزایش مقدار $n+m$، تعداد این ضرایب و همچنین دقت بیان ناحیه در برگیرنده شکل در حوزه تبدیل زرنیک و نیز پیچیدگی زمانی بدست آوردن ضرایب، افزایش می‌یابد. با این روش، ضرایب زرنیک در برابر چرخش و تغییر مقیاس و همچنین انتقال مقاوم می شوند و می‌توان شکل را با توجه به سطحی که برای آن در نظر می‌گیریم در سطوح مختلف بیان نماییم. روش ممان زرنیک، به‌دلیل مقاوم بودن آن در برابر چرخش تصویر و سادگی محاسبات یکی از روش‌های مناسب جهت استخراج ویژگی شکل می‌باشد [76]. در این پژوهش می‌توان به‌دلیل کارایی بالای ممان زرنیک در امر استخراج ویژگی‌های آماری [76]، جهت توصیف تصاویر آیتم‌ها از آن استفاده نمود.

گزینش و وزندهی بردارهای ویژگی

در تحقیقات گذشته نشان داده شده است کـه اطلاعـات به دست آمده از یک هـدف بـا اسـتفاده از منـابع مختلـف، مکمل یکدیگر هستند و با ادغام آنها می توان بـه اطلاعـات بیشـتری دسـت یافـت، امـا ایـن اطلاعـات، معمـولاً دارای همبستگی۳۸ و همپوشانی۳۹ هستند که در مرحله ادغام باید مد نظر قرار گیرد. از طرفی برخی از مؤلفه های ویژگی ها وجود دارند که همه آنها برای دسته بندی مناسب نیستند. هدف از این بخش، گزینش برخی ویژگی ها یا مؤلفه هایی از آنها است که توانایی برجسته ای در دسته‌بندی داشته باشند [63].

انتخاب ویژگی با الگوریتم وراثتی در مرجع [77 و 78] ارائه شده است. در این روش از الگوریتم وراثتی برای یافتن بردار باینری بهینه ای استفاده می شود که هر یک از بیتهای آن متناظر یک ویژگی است. اگر iامین بیت این بردار یک باشد، iامین ویژگی در طبقه بندی شرکت کرده و در صورتیکه صفر باشد، ویژگی متناظر آن حذف می شود. در این روش، هر یک از زیرمجموعه‌های ویژگی با توجه به نرخ طبقه‌بندی درست آن روی مجموعه آزمایش با استفاده از طبقه‌بند kنزدیکترین همسایه ارزیابی می شوند. این روش در مرجع [78] به‌صورت ترکیب خطی ویژگی‌ها، توسعه یافته است. در این روش، تک بیت متناظر هر یک از ویژگی ها با ضرایبی با مقادیر حقیقی جایگزین شده، در حالیکه مانند روش قبل امکان حذف ویژگی‌ها هم وجود خواهد داشت. در یک الگوریتم وراثتی، یک جمعیت از افراد، طبق مطلوبیت آنها، در محیط بقا می یابند. افرادی با قابلیتهای بالاتر، شانس ازدواج وتولید مثل بیشتری را خواهند یافت. بنابراین بعد از چند نسل، جمعیتی با کارایی بهتر بوجود می‌آید. در الگوریتم وراثتی هر فرد از جمعیت بصورت یک کروموزوم معرفی می‌شود. کروموزومها در طول چندین نسل کاملتر می‌شوند. در هر نسل کروموزومها ارزیابی می‌شوند و متناسب با ارزش خود امکان بقاء و تکثیر می‌یابند. تولید نسل در بحث الگوریتم وراثتی با عملگرهای انتخاب۴۰، همبری۴۱ ، جهش۴۲ و انتقال۴۳ صورت می‌گیرد. والدین برتر بر اساس یک تابع برازندگی۴۴ انتخاب می‌شوند. در عمل ازدواج، کروموزومهایی که برازندگی آنها بیشتر باشد، شانس بیشتری برای انتخاب شدن دارند. این عمل بصورت اتفاقی ولی بر اساس مقدار تابع برازندگی صورت می گیرد.

در این تحقیق، برای پیدا کردن وزنهای بهینه در ترکیب انواع ویژگی ها برای طبقه بندی، می‌توان از الگوریتم وراثتی استفاده نمود. وزن‌های بهینه، وزن‌های هستند که به‌ازای آنها بیشترین نرخ طبقه‌بندی حاصل می‌شود. به‌عبارت دیگر برازندگی کروموزوم-ها توسط نـرخ طبقه‌بنـدی مشخص می‌شود. علاوه‌بر آن تأثیر وزن‌دار کردن مؤلفه‌های هر نوع ویژگی بر نرخ طبقه‌بندی نیز می-تواند با استفاده از الگوریتم وراثتی بررسی گردد. برای این منظور می‌توان از روش "جمعیت ثابت" استفاده نمود، یعنی کروموزوم-های والد، پس از ازدواج و تولید فرزند از جمعیت حذف می‌شوند [78].

نرمال‌سازی بردارهای ویژگی

منظور از نرمال‌سازی توزیع مقادیر ویژگی در بازه‌ای از قبل تعیین شده (اغلب بین صـفر ویـک) مـی‌باشـد. یکی از روش‌های پرکاربرد به‌منظور نرمال‌سازی ویژگی i از بردار k، استفاده از رابطه زیر می‌باشد:

$$x'_{i,k} = \frac{x_{i,k}}{\max(x_{i,1},\ldots,x_{i,n})} \quad (25)$$

ضرورت اعمال نرمال‌سازی از دید پژوهش [79] با توجه به این موضوع که این پژوهش از شبکه عصبی به‌منظور وزن دهی به بردارهای ویژگی استفاده نموده است، اینگونه بیان شده کـه مشـتق تـابع فعالیـت شبکه عصبی به‌عنوان مضربی در معادله تغییر وزن، ظاهر می‌شود. لذا اگر مشتق تابع فعالیت به صفر میل کند، میزان تغییر وزن‌های پیشین‌شبکه نیز به صفر میل خواهد کرد و عملاً شبکه آموزش نخواهـد دیـد.

انتخاب معیار شباهت

مطالعات اولیه در زمینه سیستم‌های بازیابی تصویر مبتنی بر محتوا۴۵ بر روی استخراج ویژگی‌های کارآمد جهت نمایه‌سازی تصویر متمرکز بودند و ویژگی‌های مفیدی ارائه شده است [81 و82]. تحقیقات نشان داده است که استفاده از یک نوع ویژگی برای سامانه‌هایی که شامل سیستم بازیابی تصویر می‌باشد کافی نیست، زیرا کارایی ویژگی‌های به‌کار رفته بستگی به حجم پایگاه تصویر و نوع تصاویر آن دارد از این‌رو اکثر تحقیقات در این زمینه بر روی ترکیب ویژگی‌ها متمرکز شده است [50 و 51]. اما این موضوع به‌تنهایی نمی‌تواند ضامن کارایی بالای این‌گونه سیستم‌ها در حل مسئله بازیابی تصویر باشد. به‌طور کلی ساختن یک سامانه بازیابی تصویر که قادر به مدیریت پایگاه‌های تصویری بزرگ، آن‌هم تنها با اتکا به ویژگی‌های تصویری سطح پایین باشد، کار دشواری است. معضل اصلی، رسیدن به معنای موجود در تصویر با توجه به ویژگی های سطح پایینی همچون رنگ، بافت و شکل است. فاصله میان ویژگی‌های سطح پایین و ویژگی‌های معنایی تصویر، به شکاف معنایی مشهور است.

بنابراین برای تعیین میزان عدم شباهت دو تصویر، بایستی فاصله میان بردارهای ویژگی آن دو تصویر از یکدیگر محاسبه شود، تعداد فواصلی که می‌توان از آن‌ها برای تعیین عدم شباهت دو تصویر استفاده کرد، بسیار متنوع است و از طرفی عوامل متعددی (همچون نوع ویژگی استخراج شده از تصاویر، تعداد عناصر بکار رفته در هر ویژگی و غیره) بر روی کارایی معیارهای شباهت در امر طبقه‌بندی تصاویر، تأثیرگذار می باشند [50 و 51].

با توجه به مطالب فوق می توان اینگونه نتیجه گرفت که برای انتخاب صحیح معیار شباهت برای هر ویژگی خاص (که در مراحل قبل، از تصاویر استخراج شده اند) و با توجه به الگوریتم خاصی که برای طبقه‌بندی تصاویر انتخاب می‌شود، می‌بایست نرخ طبقه-بندی تصاویر به‌ازاء هر یک از معیارهای شباهت با یکدیگر مقایسه شود و هر کدام که بهترین نتیجه را ارائه کرد از آن معیار برای محاسبه میزان شباهت بین دو تصویر (برای آن ویژگی خاص) استفاده کرد. برای این منظور می بایست برای هر یک از فواصل، به نوبت هر یک از تصاویر موجود در پایگاه داده به عنوان تصویر برچسب نخورده برای طبقه بندی به سیستم ارائه شود، سپس برچسب واقعی تصویر مذکور با برچسبی که الگوریتم طبقه بند به آن نسبت می دهد مقایسه شده و نرخ طبقه بندی برای هر فاصله محاسبه شود.

از آنجایی که مطالعه و بررسی تمامی معیارهای شباهت به ازاء تک تک ویژگی های استخراج شده از تصاویر، از حوصله این تحقیق خارج است و با عنایت به اینکه هدف اصلی این تحقیق بررسی بهبود کارایی سیستم‌های پیشنهاددهنده با در نظر گرفتن ویژگی‌های تصویری آیتم‌ها می‌باشد و نه بهبود سیستم‌های بازیابی تصویر (که خود بخشی از سیستم پیشنهادی این تحقیق می-باشد)، در انتخاب معیارهای محاسبه شباهت سعی می‌شود از معیارهایی استفاده شود که در تحقیقات تخصصی بر روی این موضوع، کارایی بالای آنها در امر طبقه‌بندی تصاویر به‌ازاء ویژگی‌های مشابه با این تحقیق به اثبات رسیده باشد.

در تحقیق [50]، یازده فاصله متفاوت برای ویژگی های رنگ، بافت و شکل در یک پایگاه داده شامل 1000 تصویر شامل 10 گروه معنایی، برای طبقه بندی تصویر با یکدیگر مقایسه و ارزیابی شده‌اند. از بین این یازده فاصله که در همین تحقیق به همه آنها اشاره شده است، فواصل χ^2 ، L_2 و χ^2 به ترتیب برای ویژگی‌های هیستوگرام رنگ، هیستوگرام جهت لبه‌ها و فیلترهای گابور، بهترین نرخ طبقه‌بندی را نتیجه داده‌اند. فواصل χ^2، L_2 برای دو بردار nبعدی $X=(x_1,x_2,\ldots,x_n)$ و $Y=(y_1,y_2,\ldots,y_n)$ به‌ترتیب مطابق روابط زیر تعریف می‌شوند. در تحقیق مذکور، برای ارزیابی کارایی معیارهای به‌کار رفته، از طبقه‌بند kنزدیکترین همسایه برای طبقه‌بندی تصاویر استفاده شده است و مقدار بهینه k برای این طبقه بند، عدد 5 بدست آمده است.

$$\chi^2(X,Y)=\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{x_i-y_i}{x_i+y_i}\right)^2 \quad (26)$$

$$L_2(X,Y)=\left(\sum_{i=0}^{n}\left|x_i-y_i\right|^2\right)^{\frac{1}{2}} \quad (27)$$

در تحقیقی دیگر [83] جهت ارزیابی شباهت بین تصاویر، از فاصله اقلیدسی برای ویژگی های استخراج شده از اعمال بانک فیلترهای گابور و از فاصله کانبرا برای سایر ویژگی های استخراج شده (هیستوگرام رنگ در فضای HSV، الگوی باینری محلی، ویژگی‌های آماری رنگ مربوط به لبه اصلی) استفاده شده است. دلیل استفاده از فاصله کانبرا در این تحقیق آن است که بر خلاف معیارهای معمول همچون فاصله اقلیدسی، در ارزیابی شباهت در بردارهایی که صفرهای زیادی دارند بهتر عمل می کند. علاوه بر این، اختلاف بین ویژگی ها در صورت کسر نسبت به اندازه آنها در مخرج نرمالیزه می شود، در نتیجه انتظار می‌رود نتایج دقیق-تری به‌همراه داشته باشد. روابط زیر به‌ترتیب نمایانگر نحوه محاسبه فاصله کانبرا و اقلیدسی می‌باشد.

$$d_c(Q,T)=\sum_{i=1}^{n}\frac{\left|Q_i-T_i\right|}{\left|Q_i+T_i\right|} \quad (28)$$

$$d_2(Q,T)=\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\left(Q_i-T_i\right)^2} \quad (29)$$

انتخاب معیار عدم شباهت دو بردار ویژگی

برای بیان میزان عدم شباهت دو تصویر، می‌توان به‌وسیله روش‌های گفته شده در قسمت قبل (ممان رنگ، هیستوگرام رنگ، فیلترهای گابور، ماتریس هم‌رخدادی سطح خاکستری، الگوی باینری محلی، هیستوگرام جهت لبه‌ها و ممان‌های زرنیک) بردارهای ویژگی رنگ، بافت و شکل تصاویر آیتم‌ها را به‌دست آورد و با یکی از روش‌های ارائه شده در تحقیقات مشابه که دارای کارایی بالایی در این زمینه می‌باشند، مقدار عدم شباهت بین دو تصویر را محاسبه نمود. در نهایت پس از محاسبه فاصله میان

بردارهای ویژگی تصویرِ مورد نظر و تصاویر موجود در پایگاه داده $(d_1, d_2, \ldots, d_n)$ و مشخص شدن وزن هر کدام از ویژگی ها $(w_1, w_2, \ldots, w_n)$، برای بدست آوردن فاصله نهایی بین تصویر مورد نظر و تصاویر موجود در پایگاه داده می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد [83]:

$$D = w_1 d_1 + w_2 d_2 + \ldots + w_n d_n \quad (30)$$

که حاصل $w_1 + w_2 + \ldots + w_n$ باید برابر 1 باشد.

ترکیب ویژگی‌ها

همانطور که گفته شد در این تحقیق می‌توان به منظور افزایش دقت و عملکرد بازیابی تصاویر، ویژگی‌های استخراج شده از سه عنصر رنگ، بافت و شکل که در بخش‌های قبلی در مورد آن‌ها شرح داده شد را به‌صورت یکپارچه بر اساس رابطه زیر با هم ترکیب کنیم:

(31)

$$Color, Texture, Shape = F = f_1, f_2, f_3$$

در رابطه فوق بردار F شامل ویژگی های مختلف رنگ، بافت و شکل تصویر می‌باشد، و به‌همین دلیل می‌تواند توصیف جامع‌تری از جزئیات تصویر را بیان کند، زیرا از مزایای هر سه روش نسبت به یکدیگر استفاده شده است.

پس از انتخاب یک معیار شباهت مناسب، جهت طبقه‌بندی با استفاده از ترکیب ویژگی‌ها، می‌توان فاصله بردارهای ویژگی دو تصویر x و y را با توجه به رابطه (32) تعریف نمود [84]. البته قبل از این مرحله می‌بایست تمامی بردارهای ویژگی استخراج شده از رنگ، بافت و شکل تصاویر، نرمال سازی شوند زیرا فقط در این صورت است که در فرآیند اندازه‌گیری بر اساس معیار شباهت، در هر موقعیت با تمامی بردارهای ویژگی به طور یکسان رفتار می‌شود.

$$D(X,Y) = w_c \left| \sum_{i=1}^{54} h_i^c \left(\frac{x_i^c - y_i^c}{x_i^c + y_i^c} \right)^2 \right| + w_e \left| \left(\sum_{i=0}^{36} h_i^e \left| x_i^e - y_i^e \right|^2 \right)^{\frac{1}{2}} \right| + w_g \left| \sum_{i=1}^{48} h_i^g \left(\frac{x_i^g - y_i^g}{x_i^g + y_i^g} \right)^2 \right| + \ldots \quad (32)$$

در رابطه فوق ضرایب w_c ، w_e و w_g به ترتیب وزن های تعیین کننده نقش ویژگی هیستوگرام رنگ، هیستوگرام جهت لبه ها و فیلترهای گابور می باشند. همچنین ضرایب h_i^c ، h_i^e و h_i^g به ترتیب وزنهای تعیین‌کننده نقش مؤلفه iام هیستوگرام رنگ، هیستوگرام جهت لبه ها و فیلترهای گابور است. در ضمن x_i^c ، x_i^e و x_i^g و y_i^c ، y_i^e و y_i^g به‌ترتیب مؤلفه iام از بردارهای ویژگی هیستوگرام رنگ، هیستوگرام جهت لبه ها و فیلترهای گابور، از تصاویر x و y هستند. در رابطه فوق، برای ترکیب انواع ویژگی ها از ترکیب خطی آنها استفاده شده است که متداول ترین روش بکار رفته در زمینه ترکیب ویژگی‌ها می باشد.

لازم بذکر است برای مابقی ویژگی‌های استخراج شده از تصاویر (ممان رنگ، ماتریس هم‌رخدادی سطح خاکستری، الگوی باینری محلی و ممان های زرنیک) می توان طبق روش فوق پارامترهای مربوط به هر یک را به رابطه بالا اضافه نمود.

در طبقه بندی با ترکیب انواع ویژگی ها، همانطور که قبلاً نیز اشاره شد می توان ضرایب h و w را توسط الگوریتم وراثتی محاسبه نمود. هر کروموزوم از کنار هم چیدن بیت های مربوط به ضرایب مختلف ایجاد می‌شود. طول هر کروموزوم با توجه به تعداد بیت در نظر گرفته شده برای ضرایب h و w تعیین می‌شود.

با توجه به مطالب فوق می توان گفت زمانی که بجای یک ویژگی از ترکیب ویژگی های مختلف برای توصیف مفاهیم درون یک تصویر استفاده شود هر کدام از بردارهای ویژگی از دید خود به شاخص گذاری تصویر مورد نظر پرداخته و عدم شباهت بدست آمده از هر بردار ویژگی، از دید آن روش، شباهت دو تصویر را بیان می کند. چنانچه مقادیر عدم شباهت با ضرایب وزن دار باهم جمع شوند، عدم شباهتی بدست می آید که رویکرد بدست آوردن هرکدام از بردارهای ویژگی در آن اعمال شده است. همچنین در این روش میزان اهمیت هر بردار ویژگی در بیان تصویر نیز با ضرایب آن مشخص می گردد.

بنابراین می‌توان انتظار داشت، تلفیق ویژگی‌های رنگ، بافت و شکل تصاویر که توصیف مناسبی از جزئیات تصویر را بیان می‌کنند و همچنین استفاده از یک معیار شباهت مناسب برای هر کدام از این ویژگی‌ها و سپس تلفیق مقادیر عدم شباهت ویژگی‌های مختلف با یکدیگر، می‌توانند تأثیر به‌سزایی در کارایی سیستم بازیابی مبتنی بر محتوای تصویر به‌کار رفته در روش پیشنهادی، داشته باشد.

12-3-3- یافتن موارد مشابه آیتم‌ها و کاربران

پس از استخراج ویژگی‌های لازم از آیتم‌ها و کاربران و تعیین معیار شباهت، نوبت به بخش‌بندی ویژگی‌های استخراج شده و تطبیق آنها با هر کلاس می‌رسد تا کلاس مربوط به هر کدام مشخص گردد. به منظور بخش‌بندی و تعیین کلاس هریک از داده‌ها (ویژگی‌ها) در پژوهش‌های مشابه و مرتبط با داده کاوی، تکنیک های مختلفی مورد بحث قرار گرفته است و مهم ترین تمایز، میان یادگیری تحت نظارت و یادگیری بدون نظارت است. بنابراین با توجه به شرایط خاص پژوهش حاضر، یکی از بهترین راهکارهای موجود که می توان از آن به منظور بخش‌بندی و تعیین موارد مشابه از میان ویژگی‌های استخراج شده آیتم‌ها (تصویری و غیرتصویری) و کاربران استفاده نمود، تکنیک خوشه‌بندی می‌باشد. خوشه‌بندی سازماندهی مجموعه ای از الگوها بر اساس شباهت در خوشه‌ها است به‌نحوی که الگوهای داخل یک خوشه شبیه به هم بوده و دارای بیشترین تفاوت با الگوهای خوشه‌های دیگر باشند.

سازماندهی و ذخیره سازی اطلاعات

دو ماهیت۴۶ اساسی در فرایندها و پردازش‌های سیستم‌های پیشنهاد دهنده از جمله IARS عبارتند از:

کاربر

آیتم

در فاز آموزش، با استفاده از مجموعه داده هایی مرتبط با همین دو ماهیت، فرایند آموزش مدل پیش‌بینی رتبه آیتم ها انجام می شود. این فرایند توسط داده‌هایی انجام می‌شود که در حوزه داده‌کاوی، داده‌های آموزشی نامیده می‌شوند. در روش پیشنهادی، به منظور افزایش کارایی سیستم و امکان بازیابی سریع اطلاعات، اقدام به سازماندهی (اختصاص شناسه منحصربفرد به هر یک از کاربران و آیتم ها و مشخص کردن موارد مرتبط با یکدیگر) و ذخیره سازی اطلاعات مربوط به هر یک از دو ماهیت کاربر و آیتم، که در مراحل قبلی بدست آمده اند، خواهد شد.

لازم به ذکر است که این اطلاعات عبارتند از:

اطلاعات فردی کاربران (سن، جنسیت، ملیت و ...)

اطلاعات تصویری آیتم ها

اطلاعات غیر تصویری آیتم ها

اطلاعات مربوط به رتبه بندی آیتم ها توسط کاربران

13-3-3- شناسایی و احراز هویت کاربران

در فضای وب (فروشگاه‌های آنلاین) روش‌ها و تکنیک‌های مختلفی به منظور شناسایی و احرازهویت کاربران وجود دارد. بارزترین روش، توجه به آدرس ip کاربرانی است که درخواست صفحه ای در وب‌سایتی خاص نموده‌اند، در کنار این فرضیه که هر ip به یک بازدیدکننده مجزا تخصیص دارد. البته در این میان بعضی از کاربران ممکن است از ip های یکسانی استفاده کنند (مانند پروکسی سرورها) و یا اینکه یک بازدید کننده، ممکن است از کامپیوترهای مختلفی به وب، دسترسی داشته باشد. این مشکلات به وسیله اطلاعات ارجاع دهنده و عامل کاربری قابل اصلاح می باشد. بدین معنا که در این حالت، سیستم عاملی که کاربر از آن استفاده نموده و یا مرورگری که کاربر مورد استفاده قرار داده است، مورد توجه قرار می گیرد. اگر آدرس ip یک کاربر، مشابه ورودی قبلی در فایل ثبت بوده و عامل کاربری وی متفاوت باشد، فرض می شود که کاربر جدید وارد سایت شده است. در صورتی که ip و عامل کاربری، هردو مشابه بودند سپس url ارجاع دهنده و توپولوژی سایت مورد بررسی قرار می گیرد. اگر صفحه درخواست شده توسط کاربر از هیچ کدام از صفحات بازدید شده به وسیله وی به طور مستقیم قابل دسترسی نبود، آن کاربر به عنوان یک کاربر جدید با همان آدرس شناخته می شود.

البته بایستی توجه داشت که راه‌حل فوق، مختص کاربران غیرعضو یک وب‌سایت بخصوص می باشد. ولی در خصوص وب‌سایت-هایی که کاربران الزاماً می‌بایست فرم عضویت را تکمیل نموده و به عضویت سایت درآیند، قضیه بسیار راحت تر از این موارد می باشد و تنها با وارد نمودن نام کاربری و رمز عبور، کاربر مورد نظر شناسایی خواهد شد.

با توجه به ماهیت پایگاه داده موجود در این تحقیق و همچنین فرضیات انجام شده در فصل اول، شناسایی و احراز هویت کاربران از طریق عضویت در وب سایت و واردکردن نام کاربری و رمز عبور انجام می شود.

13-3-3- تعیین افراد تأثیرگذار در تهیه پیشنهادات

با توضیحات قبلی، به استفاده از داده‌های آموزشی ذخیره شده برای آموزش مدل پیش‌بینی رتبه آیتم‌ها، پرداخته می‌شود. پیش از آن لازم به یادآوری است که طبق مطالب ذکر شده در فرضیات تحقیق، میزان مطلوبیت آیتم‌ها از نظر کاربران، به شکل رتبه بندی۴۷ یا امتیاز نمایش داده می شود. بنابراین، با پیش‌بینی رتبه یک آیتم از نظر یک کاربر توسط سیستم پیشنهاد دهنده، عملاً میزان مطلوبیت آن آیتم از دید کاربر موردنظر پیش‌بینی شده است. در روش پیشنهادی، میزان علاقه یک کاربر (فعال) به یک آیتم بر اساس دو مجموعه اطلاعات، محاسبه می‌شود:

پروفایل کاربر (فعال)

پروفایل کاربران مشابه با کاربر (فعال)

در مورد مجموعه اطلاعات اول، توضیح آنکه در پروفایل کاربر، نظر وی در مورد تعدادی از آیتم‌ها مشخص شده است. لذا، بر پایه این فرض و استدلال که نظر کاربر در مورد آیتم‌های مشابه تقریباً یکسان خواهد بود، می‌توان نظر کاربر را در مورد این آیتم‌ها برآورد نمود. مزیت این بخش در این است که نظر هر شخص به خودش نزدیک‌تر از هر شخص دیگری بوده و یا به عبارت دیگر، هر فرد بهترین ملاک برای برآورد نظر او در مورد آیتم‌ها می‌باشد. اما در مقابل، ممکن است پروفایل کاربر هنوز تشکیل نشده باشد و یا این پروفایل چنان کوچک باشد که عملاً نتوان بر اساس آن، نظر کاربر را نسبت به تعداد قابل توجهی آیتم برآورد نمود (مسئله "کاربر جدید" در سیستم های فیلترینگ مبتنی بر محتوا CBF).

با توجه به عیب مطرح شده در مورد استفاده صرف از پروفایل هر کاربر برای برآورد نظراتش در مورد آیتم‌ها، می‌توان از پروفایل کاربران مشابه با کاربر فعال برای پیش‌بینی نظر وی در مورد آیتم‌ها استفاده کرد (فیلترینگ مشارکتی). یکی از مزایای کلیدی در این حالت این است که آیتم‌های بیشتری توسط چندین کاربر پوشش داده می‌شود که به‌تبع آن آیتم‌های مشابه با آنها نیز مجموعه بیشتری را شامل می‌شود. البته در اینجا یکی از چالش‌های کلیدی، تعیین میزان تأثیر کاربران مختلف، که قاعدتاً میزان شباهت‌های مختلفی با کاربر فعال دارند، در محاسبه پیش‌بینی‌ها می‌باشد.

برای یافتن شباهت کاربران می‌توان بر اساس هر یک از دو رویکرد زیر و یا ترکیب آنها عمل کرد:

سنجش شباهت بر اساس ویژگی‌های فردی کاربران (سن، جنسیت، ...): $Sim_{characteristic_based}$

سنجش شباهت بر اساس نظرات کاربران (میزان مطلوبیت آیتم ها): Sim_{Rating_based}

در روش پیشنهادی این تحقیق از ترکیب دو معیار فوق استفاده می شود؛ بدین صورت که هر کاربر به شکل یک بردار ویژگی نمایش داده می شود. به نحوی که ویژگی‌های آن شامل ویژگی‌های فردی کاربران (سن، جنسیت، ملیت و ...) و برترین آیتم‌ها از نظر هر کاربر می‌باشد. بدیهی است که ویژگی‌های کاربران و نظرات آنها بسته به دامنه کاربرد ممکن است به شکل کاملاً متفاوتی نمایش داده شوند.

در مورد سنجش شباهت (یا فاصله) کاربران بر اساس ویژگی‌هایشان، با توجه به مطالب ذکر شده در فصل دوم این تحقیق در خصوص ویژگی های هر کدام از معیارهای سنجش شباهت کاربران در سیستم های فیلترینگ مشارکتی، می‌توان از معیارهای مختلفی نظیر موارد زیر و یا اشکال اصلاح شده آنها استفاده نمود:

معیار فاصله اقلیدسی

معیار فاصله منهتن

معیار فاصله ماهالانوبیس

و به همین نحو، در مورد سنجش شباهت کاربران بر اساس نظرات آنها، می‌توان معیارهای زیر را مورد استفاده قرار داد:

معیار شباهت کسینوسی

معیار PCC۴۸

معیار جاکارد49

معیار میانگین مربعات تفاوت (MSD۵۰)

در این تحقیق معیارهای فوق بررسی خواهند شد و با توجه به ویژگی‌ها، پارامترهای مورد نیاز، حوزه کاربرد و همچنین توانایی هر یک از آنها در افزایش دقت نتیجه پیشنهادها، از میان آنها بهترین معیار انتخاب خواهد شد. اما به هر حال یکی از نکات مهم در این میان ترکیب دو نوع شباهت مذکور می باشد. رویکرد این تحقیق بدین صورت است که شباهت دو کاربر u_i و u_j از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Sim\ u_i, u_j = \beta \cdot Sim^{normalized}_{characteristic_based} + (1 - \beta) \cdot Sim^{normalized}_{Rating_based} \quad (33)$$

در رابطه فوق $\beta \in (0,1)$ پارامتری است که میزان تأثیر هر یک از دو مؤلفه شباهت را تعیین می‌نماید. منظور از بالانویس $normalized$ در دو مؤلفه شباهت این است که این دو مؤلفه به مقادیری در بازه $[0,1]$ نرمال‌سازی می‌شوند. البته برای برخی معیارها نظیر MSD ذاتاً در بازه مزبور می‌باشند اما در برخی موارد بایستی این نرمال‌سازی را انجام داد. یافتن مقدار مناسب برای پارامتر β در فاز اعتبارسنجی انجام می‌شود.

3-3-14- یافتن داده های مرجع جهت ارائه پیشنهادات

پیش از بیان روش ارائه پیشنهادات به کاربر ذکر یک نکته ضروری به نظر می‌رسد که آن را با ارائه یک پرسش مطرح می‌نماییم: آیا به ازاء هر کاربر فعال بایستی تمام آیتم های موجود در پایگاه داده، توسط سیستم پیشنهاد دهنده بر اساس پیش‌بینی تمایلات این کاربر رتبه‌بندی شده و سپس آیتم هایی با بالاترین رتبه‌ها به وی پیشنهاد شوند؟ مسلماً در یک نگاه واقع‌گرایانه و برای سناریویی واقعی که در عمل رخ می‌دهد، به‌عنوان مثال مجموعه داده‌ای با چندصدهزار کاربر و چندصدهزار آیتم، پاسخ این پرسش کاملاً منفی است؛ اما راه حل چیست؟

3-3-14-1- یافتن آیتم‌های مطلوب

در بخش قبل عنوان شد که بر اساس نظرات قبلی خود کاربر و نیز کاربران مشابه با وی به او پیشنهاداتی داده می‌شود. حال دو رویکرد می‌توان در نظر گرفت. رویکرد اول این است که ابتدا N_{self} آیتم از مطلوب‌ترین آیتم‌ها با توجه به پروفایل خود کاربر و N_{su} آیتم از مطلوب‌ترین آیتم‌ها با توجه به پروفایل کاربران مشابه بدست می‌آیند. سپس N_{sim} آیتم مشابه با هر یک از آیتم های فوق (آیتم های مطلوب) استخراج می شود (توضیح داده شده در بخش بعد). پس از آن تمامی این $(N_{self} + N_{su}) \times N_{sim}$ داده را به‌عنوان مجموعه کاندید در نظر می‌گیریم. منظور ما از مجموعه کاندید، مجموعه‌ای است که پس از تعیین (پیش‌بینی) رتبه آیتم‌های موجود در آن، تعداد $N_{propose}$ آیتم از بهترین آیتم‌های آن به کاربر پیشنهاد داده شود. البته این روش یک عیب عمده دارد و آن این است که نقش شباهت کاربران با کاربر فعال در آن مشخص و تأثیرگذار نمی‌باشد.

در رویکرد دوم که در این تحقیق انتخاب می شود، نظر تمامی کاربران مشابه با کاربر فعال، درجه اهمیتی متناسب با شباهت آنها با کاربر فعال خواهد داشت. همین رویکرد در مورد پروفایل کاربر فعال نیز صدق می‌کند، بدین معنا که وی را به‌عنوان فردی با بیشترین شباهت به خودش در نظر گرفته و در نتیجه نظرات وی بیشترین تأثیر را در یافتن آیتم‌های مشابه و سپس تعیین رتبه آنها ایفا می‌کند.

اگر کاربران مشابه با کاربر فعال را با مجموعه $U_{sim} = U_1, U_2, \ldots, U_m$ نشان دهیم، ابتدا میزان شباهت تمامی این کاربران با کاربر فعال محاسبه می‌شود که مجموعه مقادیر $S_1, S_2, \ldots, S_m$ را تولید می‌نماید (S_i میزان شباهت کاربر

مشابهِ iام با کاربر فعال می‌باشد). حال به‌صورت احتمالاتی می توان بیان نمود که هر کاربر چه سهمی در تعداد آیتم‌هایی که بایستی بازیابی شوند دارد، بدین صورت که احتمال انتخاب یک آیتم با توجه به کاربر مشابه iام که با p_i نمایش داده می شود برابر است با:

$$p_i = \alpha \cdot \frac{S_i}{\sum_{i=1}^{m} S_i} \quad (34)$$

همچنین احتمال انتخاب یک آیتم بر اساس پروفایل خود کاربر فعال برابر است با:

$$1 - \alpha \quad (35)$$

در دو رابطه فوق ، $\alpha \in (0,1)$ مشخص کننده نقش تکنیک های فیلترینگ مبتنی بر محتوا و فیلترینگ مشارکتی در تعیین آیتم‌های مشابه می باشد. در صورتی که مقدار α برابر با 0.5 در نظر گرفته شود، سهم هر دو بخش یکسان خواهد بود.

پس از تعیین احتمالات فوق، به تعداد $N_{Total} = N_{self} + N_{su}$ مرتبه به‌صورت تصادفی و احتمالاتی افراد انتخاب می-شوند تا آیتمی را پیشنهاد دهند. در هر مرتبه که کاربری انتخاب می‌شود مطلوب‌ترین آیتم از نظر او که تا کنون در این فرایند انتخاب نشده است، انتخاب می‌شود.

مثلاً اگر کاربری برای بار اول انتخاب شود و محبوب‌ترین آیتم از نظر او دارای رتبه 10 از 10 باشد، این آیتم انتخاب می‌گردد. اگر در مرتبه بعدی باز هم این فرد انتخاب شد (مثلاً خود شخص با احتمال نسبتاً زیادی چندین مرتبه انتخاب می‌شود) و محبوب‌ترین آیتم از نظر او دارای رتبه 9 از 10 بود این آیتم انتخاب می‌شود (مجدداً آیتم قبلی انتخاب نمی‌شود). بدیهی است در مواردی که انتخاب بایستی از میان آیتم‌هایی با مطلوبیت یکسان انجام شود می‌توان از ساز و کاری نظیر "انتخاب با احتمال یکنواخت" استفاده نمود. بدین صورت که احتمالی یکسان برای انتخاب هریک از این آیتم‌ها در نظر گرفته شده و سپس به شکل تصادفی یکی از آیتم‌ها انتخاب می‌شود. پس از انتخاب یک آیتم توسط کاربرِ انتخاب شده به‌صورت تصادفی، N_{sim} آیتم مشابه با آن بازیابی شده و به مجموعه کاندید افزوده می‌شود.

15-3-3-یافتن موارد مشابه با آیتم های مطلوب

در بخش قبل مشخص شد که چگونه دسته‌ای از آیتم‌ها به‌عنوان ملاکی برای محدود (یا مشخص) کردن گزینه‌های قابل پیشنهاد به کاربر، انتخاب می‌شوند. اما پس از انتخاب این آیتم‌ها، بایستی تعدادی آیتم بر اساس آنها بازیابی شود که پس از پیش‌بینی میزان مطلوبیت آنها، قاعدتاً بهترین موارد به کاربر پیشنهاد شود. نکته بسیار مهم در اینجا این است که در این پژوهش برای هر آیتم نه تنها ویژگی‌های غیرتصویری در نظر گرفته می شود، بلکه ویژگی‌های تصویری نیز لحاظ می گردد. لذا برای انتخاب آیتم‌های مشابه با هر آیتم موجود در مجموعه آیتم های مطلوب، دو رویکرد کلی وجود دارد:

در نظر گرفتن ویژگی‌های تصویری و غیر تصویری آیتم ها به شکل همزمان و استفاده از یک معیار شباهت کلی؛

برخورد با ویژگی‌های تصویری و غیرتصویری آیتم ها به شکل غیریکسان و مجزا.

در این پژوهش روش دوم پیشنهاد می شود چراکه روش اول از چندین منظر محدودیت‌های بازدارنده‌ای را در پی خواهد داشت. اول اینکه اگر هر آیتم توسط یک بردار ویژگی نمایش داده شود که بخشی از آن مربوط به ویژگی‌های غیر تصویری و الباقی آن مربوط به ویژگی‌های تصویری باشد، خودِ مسئله یافتن معیار فاصله (شباهت) مناسب برای این بردار ویژگی مسئله‌ای چالش برانگیز بوده و با توجه به تحقیقات پیشین می توان گفت توجه خاص و مستقلی به آن نشده است. از طرفی چنانچه موردی در این زمینه وجود داشته باشد، با تغییر در ویژگی‌های تصویر، این معیار به‌سرعت کارایی خود را از دست خواهد داد. به‌عنوان مثال، اگر در فرآیند ایجاد معیار شباهت یافت شده، ویژگی‌های تصویر مربوط به بافت، در نظر گرفته نشده باشد و بخواهیم در روش پیشنهادی خود این ویژگی‌ها را نیز در نظر بگیریم، الزاماً معیار فاصله یافته شده جوابگوی نیاز ما نخواهد بود. محدودیت کلیدی دیگری نیز وجود دارد که عدم آن به‌عنوان حسن در رویکرد دوم بیان می‌شود. در مقابل، اگر بخواهیم این دو نوع ویژگی را مستقلاً لحاظ نماییم، اولین دستاورد آن رفع کلی مشکل نخست می‌باشد. در حقیقت، برای مقایسه ویژگی‌های غیرتصویری، انواع روش‌ها و تکنیک ها ارائه شده است و البته برای یافتن آیتم های مشابه صرفاً بر اساس تصاویر نیز راهکارهای بسیار خوبی در دسترس می‌باشد.

در روش پیشنهادی این تحقیق برای بخش تصویری آیتم‌ها از رویکرد CBIR استفاده می شود. این مؤلفه می‌تواند به شکل یک مؤلفه مستقل به سیستم افزوده شود که در نتیجه آن هر گونه تغییری در ویژگی‌های تصویری نه تنها بر عملکرد کلی سیستم تأثیرگذار نبوده بلکه باقابلیت‌های وسیع و ارزنده سیستم‌های CBIR به‌راحتی قابل مدیریت می‌باشد. در حقیقت، در این رویکرد برای برخورد با ویژگی‌های تصویری نه تنها راه حل وجود دارد، بلکه راه حلی بسیار پخته و با انواع انتخاب‌های موجود در اختیار می باشد. حسن دیگر این روش این است که می توان از نظرات کاربران به شکل مستقل برای بهبود خود مؤلفه CBIR استفاده نمود؛ مزیتی که در حالت در نظر گرفتن کلیه ویژگی‌ها به شکل یکپارچه، اساساً وجود نداشت. در این تحقیق سعی خواهد شد با استفاده از تکنیک‌های بازخورد ارتباط، مؤلفه CBIR سیستم بهبود یابد.

حال که به مزایای نگاه مستقل به این دو بخش از مجموعه ویژگی‌های هر آیتم پرداخته شد، به شیوه ترکیب این دو بخش می‌پردازیم، چرا که در نهایت بایستی بر اساس این دو ویژگی آیتم‌های مشابه با هر آیتم موجود در مجموعه آیتم های مطلوب، انتخاب شوند. فرض کنیم، آیتم I همان آیتمی است که بایستی N_{sim} آیتم مشابه با آن بازیابی شوند. روش پیشنهادی در این تحقیق داری دو مرحله می‌باشد. مرحله اول بدین صورت است که ابتدا N_{img} آیتم تنها بر اساس ویژگی های تصویری آیتم I توسط مؤلفه CBIR بازیابی می‌شوند. سپس N_{non_img} آیتم تنها بر اساس ویژگی‌های غیر تصویری(عددی و رسته ای) آیتم I بر اساس معیار شباهت در نظر گرفته شده، بازیابی می‌شوند. در مرحله دوم از میان این N_{img} و N_{non_img} آیتم، بایستی N_{sim} آیتم به‌عنوان موارد مشابه انتخاب شوند. در این مرحله، ابتدا رتبه هر آیتم از منظر ملاک انتخابش مشخص می گردد. یعنی آیتم‌های بدست آمده توسط مؤلفه CBIR ، از 1 تا N_{img} رتبه‌بندی می شوند و

به همین شکل آیتم‌های بدست آمده بر اساس معیار شباهت ویژگی‌های غیرتصویری، از 1 تا N_{non_img} رتبه‌بندی می‌گردند. حال تمامی آیتم‌های مشترک بر اساس دو معیار را مشخص می‌سازیم. اگر تعداد این آیتم‌ها دقیقاً برابر با N_{sim} باشد، در این صورت همگی این آیتم‌ها را به‌عنوان آیتم‌های مشابه در نظر می‌گیریم. اما اگر تعداد این آیتم‌ها بیشتر از N_{sim} باشد، بایستی از این میان انتخاب کرد. روش این تحقیق بدین صورت است که میانگین رتبه هر آیتم بر اساس دو ملاک در نظر گرفته می شود و در نهایت، N_{sim} آیتم با بهترین رتبه انتخاب می‌شوند. در آخرین حالت که تعداد آیتم‌های مشترک کمتر از N_{sim} می‌باشد، پس از افزودن همه آیتم‌های مشترک N_{common} به مجموعه کاندید، بایستی $N_{sim} - N_{common}$ آیتم باقی‌مانده را نیز انتخاب نماییم. برای این منظور می توان به نسبت $\theta \in (0,1)$ آیتم‌ها را از دو مجموعه انتخاب نمود. یعنی به طور مثال اگر $\theta = \frac{1}{3}$ باشد، $\frac{1}{3}$ از آیتم های باقیمانده، از موارد بازیابی شده بر اساس ویژگی‌های تصویری و $\frac{2}{3}$ از آنها، از میان آیتم‌های بازیابی شده بر اساس ویژگی‌های غیرتصویری، انتخاب می‌شوند. بدیهی است که در هر مورد، آیتم‌هایی با رتبه‌های بهتر انتخاب می گردد. پارامتر θ در اینجا تأثیر هر یک از دو نوع ویژگی تصویری و غیرتصویری آیتم ها را مشخص می‌سازد.

ارائه پیشنهادات

یکی دیگر از چالش‌هایی که بایستی پاسخ داده شود این است که چگونه بر اساس $N_{Total} \times N_{sim}$ آیتم می‌توان $N_{propose}$ آیتم را پیشنهاد داد، و حتی چگونه می‌توان مطلوبیت هر یک از این آیتم‌ها را سنجید.

در پاسخ به نحوه انتخاب $N_{propose}$ آیتم از میان مجموعه کاندید، راه حل پیشنهادی این تحقیق بدین صورت است که رتبه تمامی آیتم‌های مجموعه کاندید، توسط مدلِ آموزش داده شده، پیش‌بینی شود و $N_{propose}$ آیتم با بالاترین رتبه به کاربر پیشنهاد گردد. به منظور تخمین رتبه هر آیتم (که نشان دهنده میزان مطلوبیت آن خواهد بود)، می‌توان از روش‌های مختلف یادگیری ماشین استفاده نمود. پیرامون انتخاب یک روش از میان انبوه روش‌های یادگیری ماشین، در بخش بعد به تشریح برخی راه حل های موجود در این زمینه خواهیم پرداخت.

16-3-3- انتخاب الگوریتم پیش‌بینی رتبه آیتم‌ها

در بخش دوم این مقاله، دو سطح تقسیم‌بندی برای روش‌های یادگیری ماشین ارائه گردید که هر یک از آنها ما را با یک فرایند انتخاب روبرو می‌سازد. سطح اول، اساساً استفاده از یکی از سه رویکرد نظارتی، غیرنظارتی و تقویتی می‌باشد. سطح دوم استفاده از یکی از انواع روش‌های متعلق به آن دسته است. هرچند در عمل انتخاب بهترین روش در سطح دوم (انتخاب یکی از گونه‌های ممکن با توجه به اهداف مد نظر) به‌واسطه ارزیابی متقابل l i یکی از رایج‌ترین رویکردهای ممکن است، تا آنجا که کوهاوی l i i ارزیابی متقابل 10 بخشی را بهترین روش ممکن برای انتخاب روش داده‌کاوی معرفی می‌کند چرا که به‌طور

معمول کمترین انحراف معیار و میانگین مربعات خطا را در تخمین خطای پیش‌بینی حاصل می‌کند، اما به‌هرحال قبل از همین گام نیز برخی تحلیل‌ها اساساً ممکن است تعدادی از روش‌ها را از دامنه انتخاب خارج سازد.

یکی از اولین تصمیمات، در مورد استفاده کردن یا نکردن از رویکرد نظارتی می‌باشد. معمولاً در بحث غیرنظارتی یکی از کلیدی‌ترین یا رایج‌ترین اهدافی که دنبال می شود، خوشه‌بندی یا دسته‌بندی (به معنای درکنار هم قرار دادن) داده‌ها می‌باشد. در خوشه‌بندی داده‌ها، فارغ از روش پیاده‌سازی آن، در پی تقسیم داده‌ها (نه لزوماً افراز آنها) در دسته‌های مختلفی می‌باشیم به‌گونه‌ای که از منظر یک معیار شباهت، داده‌های متعلق به یک دسته (خوشه) دارای بیشترین شباهت با یکدیگر بوده و دارای بیشترین فاصله از داده‌های متعلق به خوشه‌های دیگر باشند. لازم به ذکر است که در این رویکرد اساساً برچسب هیچ داده‌ای مشخص نمی‌باشد و نباید این حالت را با پیش‌بینی برچسب داده‌های ناشناخته در روش نظارتی اشتباه گرفت. به‌عنوان نمونه‌ای از کاربرد این روش‌ها می‌توان خوشه‌بندی مشتریان یک فروشگاه را در نظر گرفت، که در نهایت با خوشه‌بندی آنها می‌توان تحلیل‌های مختلفی را انجام داد تا به‌عنوان مثال تصمیمات بازاریابی متناسب برای هر گروه اتخاذ شود. حال اگر دسته‌بندی افراد از منظر رأی دادن به یکی از چند کاندید انتخاباتی را در نظر بگیریم، علی رغم شباهت ظاهری، با یک مسئله غیرنظارتی روبرو نمی‌باشیم، چرا که اصطلاحاً برچسب داده‌ها مشخص است. رویکرد دیگری که می‌توان در فرایند داده‌کاوی اتخاذ نمود، استفاده از روش‌های داده‌کاوی نظارتی می‌باشد. در این روش‌ها با داشتن برچسب داده‌هایی که به آنها داده‌های آموزشی گفته می‌شود، در پی یافتن مدلی می‌باشیم که بتواند پیش‌بینی کند که یک داده متعلق به دسته متناظر با کدام برچسب می‌باشد.

اما روش‌های مختلفی که به موارد کلیدی آنها در فصل دوم اشاره شد، بعضاً تفاوت‌هایی با یکدیگر دارند که می‌تواند در تصمیم-گیری تأثیر گذار باشد. به‌عنوان مثال، روش‌های ارائه شده در زیرگروه درخت تصمیم دارای این مزیت بوده که برای افراد غیرمتخصص نیز قابل فهم می‌باشند. این کارکرد بخصوص در هنگام ارائه نتایج به مدیران بالادستی در رده سازمانی از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشد. همچنین حوزه کاربرد نیز در برخی موارد استفاده از روش‌های خاصی را ترغیب می‌نماید. به‌عنوان مثال استفاده از HMM l i i i در حوزه پردازش صدا از کاربرد بسیار بالایی برخوردار می‌باشد که البته بر اساس انطباق آن با ساختار داده‌های موجود در این حوزه اتفاق افتاده است. در مقابل، در حوزه متن‌کاوی استفاده از دسته‌بند ماشین بردار پشتیبان l i v به همین شدت رواج دارد. اما در بسیاری از حوزه‌ها، حتی حوزه‌هایی بسیار شناخته شده و با مرزبندی کاملاً مشخص نظیر پردازش تصویر، این برتری نسبی در میان روش‌ها ملاحظه نمی‌شود. البته به‌عنوان مثال اگر تابع توزیع احتمال یک تصویر مشخص باشد، استفاده از روش بیز مناسبترخواهد بود اما در حالت واقعی، تابع توزیع احتمال تصاویر از پیش مشخص نمی‌باشد. لذا در این حالت است که بایستی از همان رویکرد مطمئن‌تر که استفاده از ارزیابی متقابل می‌باشد، استفاده نمود. در این تحقیق نیز از همین رویکرد استفاده خواهد شد تا یک الگوریتم دسته بند که بالاترین کارایی را بر روی مجموعه داده مد نظر داشته باشد، انتخاب گردد.

17-3-3- آموزش الگوریتم پیش‌بینی رتبه آیتم‌ها

حال صرف نظر از اینکه کدام یک از انواع دسته‌بند استفاده شود، رویکرد آموزش دسته‌بند را بیان می‌نماییم. همانند تمامی دسته‌بندهای مشتاق l v، فرایند آموزش توسط تعدادی داده آموزشی انجام می‌شود. داده‌های آموزشی این تحقیق به شکل زوج (کاربر_آیتم، درجه مطلوبیت) می‌باشند. بدین معنا که یک کاربر و یک آیتم به‌عنوان ویژگی‌های داده

در نظر گرفته می شود و درجه مطلوبیت آیتم مزبور از منظر کاربر یاد شده، به‌عنوان کلاس مشخص می شود. ماحصل این آموزش منجر به تولید مدلی می‌شود که آن را مدل پیش‌بینی شخص محور l vi می‌نامیم.

در نتیجه روند کار بدین صورت می‌باشد که هر یک از اعضاء مجموعه کاندید $N_{Total} \times N_{sim}$ آیتم به‌عنوان بخش آیتم، و کاربر فعال به‌عنوان بخش کاربر، به UBPM داده شده و سپس مطلوبیت آنها تخمین زده می‌شود. در نهایت $N_{propose}$ آیتم با بیشترین میزان مطلوبیت، به کاربر پیشنهاد داده می‌شود.

نکته قابل ذکر در اینجا این است که UBPM با استفاده از داده‌های آموزشی، آموزش داده می‌شود با این هدف که به بهترین شکل بتوان نظر هر کاربر را در مورد هر آیتم پیش‌بینی نمود. اما در روش پیشنهادی این تحقیق، خود این مؤلفه به‌عنوان بخشی از کل مدل پیش‌بینی معرفی می گردد و همانطور که پیش از این گفته شد، پیش‌بینی نهایی بر اساس دو مؤلفه پروفایل کاربر فعال و کاربران مشابه انجام می‌پذیرد.

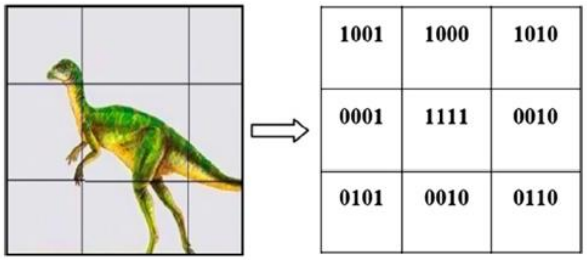
یک فاکتور مؤثر در کارایی نهایی سیستم پیشنهادی، مقدار پارامتر α می‌باشد. چالش موجود در این بخش این است که چگونه می‌توان مقدار این پارامتر را تعیین نمود تا کارایی سیستم افزایش یابد و اینکه اساساً خود این کارایی را چگونه می‌توان سنجید. یکی از اساسی‌ترین اهداف فاز اعتبارسنجی یافتن مقدار مناسب برای پارامتر α می‌باشد. در ادامه به تشریح نحوه محاسبه پارامتر α و دیگر پارامترهای موجود در فاز اعتبارسنجی، می پردازیم.

18-3-3- بازخورد ارتباط

همانطور که پیش از این توضیح داده شد یکی از مزایای انتخاب رویکرد مستقل در برخورد با ویژگی های تصویری و غیرتصویری آیتم ها در طول فرایند یافتن آیتم های مشابه با هر یک از اعضاء مجموعه آیتم‌های مطلوب، امکان استفاده از تکنیک های بازخورد ارتباط و بهره گرفتن از نظرات کاربران، به منظور بهبود مؤلفه CBIR موجود در سیستم پیشنهادی می باشد.

تکنیک‌های متفاوتی مبتنی بر بازخورد ارتباط به منظور اعمال نظر کاربران و گرفتن بازخورد از آنها و در نتیجه بهبود عملکرد سیستم طبق نظر آنها وجود دارد که در فصل سوم این مستند به برخی از آنها اشاره شد. در این میان الگوریتم پیشنهادی توسط شریواستاوا l vi i [85] و همکارانش به دلیل نحوه برخورد با مسئله و همچنین راه حل های پیشنهادی در آن، به نظر می رسد با شرایط حاکم بر پژوهش حاضر تناسب بیشتری دارد. در این مقاله تکنیک جدیدی برای بررسی تصویر بر اساس هماهنگ سازی نقاط انتخابی و با بهره‌گیری از کدهای ناحیه‌ای ارائه شده است. در این روش، تصاویر به‌طور همسان به نقاط چندگانه تقسیم بندی شده و هر ناحیه دارای کد 4 بیتی در ناحیه خود و بر اساس منطقه مرکزی می‌باشد. رنگ‌های اصلی و الگوی باینری محلی l vi i i بر اساس ویژگی‌های بافت از این نواحی استخراج می‌شود. معیارهای ویژگی نقاط، ذخیره سازی شده و در پایگاه داده مربوطه رتبه‌بندی می‌گردند. در طول زمان بررسی، معیارهای مذکور با کدهای منطقه‌ای مشابه برای جستجوی تصاویر در هنگام مقایسه، مورد استفاده قرار می‌گیرند. همچنین، به‌منظور انعکاس بهترِ تمایل کاربر، برای فرمول جستجوی تصویر، تکنیک مؤثری برای انتخاب نواحی مورد علاقه l i x دارای هم‌پوشانی در این مقاله پیشنهاد شده است. کدهای نواحی سپس به‌منظور یافتن موقعیت نسبی چندین ROI در تصویر هدف مورد استفاده قرار می‌گیرند. کدهای ناحیه در

ابتدا در الگوریتم کوهن x l _ ساثرلند l xi [162] مورد استفاده قرار گرفت. در این مقاله، رویکرد کدهای ناحیه بهبود یافته‌اند تا بتوان از آن در بازیابی تصویر مبتنی بر ناحیه l xi i استفاده نمود. به‌منظور یافتن کدهای ناحیه، تصاویر به بلاک‌هایی با اندازه ثابت 3 در 3 و 5 در 5 تقسیم بندی می‌شوند. هر بلاک موجود در تصویر دارای یک کد 4 بیتی بر اساس نقاط مجزا، مرتبط با نواحی مرکزی می‌باشد که در تصویر زیر نشان داده شده است.



شکل 2- نمونه ای از یک تصویر و کدهای ناحیه مربوطه

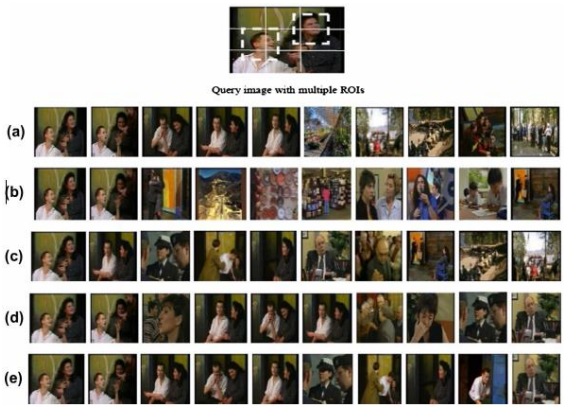
با آغاز از بیت اول پایین، هریک از چهار بیت‌های موجود در کد ناحیه‌ای به‌عنوان چپ، راست، بالا و پایین شناخته می‌شوند. به‌عنوان مثال کد ناحیه‌ای که در بالا قسمت چپ در ناحیه مرکزی واقع شده است دارای کدی با عنوان 1001 می‌باشد. مرکز تصویر معمولاً شامل جزئیات بیشتری می‌باشد و معمولاً با کد 1111 نشان داده می‌شود، که استثناءاً جهت آن قابل تشخیص نیست و بایستی با تمامی بخش‌ها مقایسه گردد. کدهای ناحیه در هر یک از نواحی، با مقایسه با گوشه چپ پایین گوشه بالا راست از ناحیه مرکزی قابل انجام است.

فهرست مربوط به کدهای ناحیه می‌تواند به‌سادگی برای تصاویر با ابعاد بزرگتر انتخاب شود. تقسیم‌بندی 5 در 5 یا 7 در 7 با اضافه کردن بیت‌های بیشتر در کد ناحیه برای یک جهت خاص قابل حصول است. به‌عنوان مثال کدهای ناحیه برای اندازه‌های 5 در 5 دارای 8 بیت می‌باشند. لازم به ذکر است، روش مذکور تنها برای قالب ابعاد فرد قابل استفاده است زیرا در آنها بخش مرکزی می‌تواند به‌طور مشخص کدگذاری شود.

10 00 00 10	10 00 00 01	10 00 00 00	10 00 01 00	10 00 10 00
01 00 00 10	01 00 00 01	01 00 00 00	01 00 01 00	01 00 10 00
00 00 00 10	00 00 00 01	11 11 11 11	00 00 01 00	00 00 10 00
00 01 00 10	00 01 00 01	00 01 00 00	00 01 01 00	00 01 10 00
00 10 00 10	00 10 00 01	00 10 00 00	00 10 01 00	00 10 10 00

شکل 3- کدهای ناحیه برای لایه بندی با ابعاد 5 در 5

به‌منظور فراهم ساختن امکان بازیابی تصاویر مبتنی بر ROI، می‌بایست امکان جستجوی تصاویر با اشکال دلخواه به کاربر داده شود.



شکل 4- مثالی از تصویر تقاضا با چندین ROI و تصاویر بازیابی شده توسط این روش

همچنین روش فوق، از ROI با اندازه‌های مختلف و چندین ROI در تصویرِ جستجو، حمایت می‌کند. کل فرایند انتخاب صحیح بلاک‌های همپوشانی شده با ROI در تصویر هدف l xi i i در الگوریتم زیر شرح داده شده است.

1) Compare the size of the ROI (S_r) and predefined block size (S_b)
   (i) If $S_r << S_b$, then perform global matching
   (ii) If $S_r <= S_b$ then select the whole block containing the ROI. Go to step 5
   (iii) If $S_r > S_b$ select all blocks overlapping with user designated ROI and create a list
2) Find the dominant color of the blocks selected in step 1 as detailed in section 3.6.1.
3) Determine the block having largest overlapping area with ROI from the list of blocks created in step 1 and designate its dominant color D for comparison with other ROBs.
4) Finally select only those ROBs, which have a dominant color same as D for comparison.
5) Compute region codes of selected blocks as given in section 3.1.

شکل 5- الگوریتمی برای انتخاب ROB ها

در واقع کاربر کد نواحی مد نظر خود را در تقاضا مشخص کرده و بر اساس ویژگی‌های استخراجی از این نواحی در کنار کد آنها، تصاویر با بیشترین همخوانی بازیابی می‌شوند.

شباهت میان کدهای ناحیه با کمک جستجوی کدهای دارای 1 در موقعیت بیتی مشابه کد ناحیه جستجو امکان پذیر است. این شباهت‌ها با انجام عملیات and منطقی میان کدهای منطقه‌ای صورت می‌گیرد. چنانچه نتایج حاصل از and ،0000 نباشد در آن صورت کدهای دو منطقه مشابه یکدیگر خواهند بود.

چنانچه کدمنطقه شامل ROIهای 1000 باشد در آن صورت سیستم می‌تواند ویژگی‌های آنها را با نواحی تصویر دارای کدهای 1010 ،1000 ،1001 ،1111 مقایسه نماید که دارای 1 در موقعیت بیتی مشابه می‌باشند.

در این روش شباهت‌ها با مقایسه بلاک‌های همپوشانی شده با ROI در تصویر هدف (ROB) ، و با آزاد بودن کد منطقه‌ای مشابه صورت می‌گیرد. شباهت‌ها میان کدهای منطقه‌ای با جستجو برای 1 در موقعیت بیتی مشابه انجام می‌شود.

آزمایش‌ها و نتایج تجربی

فازهای اعتبار سنجی و بهره برداری

ساز و کار سیستم ارائه شده در روش پیشنهادی در بخش‌های گذشته در حد حوصله این مستند بیان شد و اکنون مشخص است که پیشنهادات چگونه تولید می‌شوند. اما برخی پارامترها هستند که یافتن میزان مناسب آنها از طریق فرایند اعتبارسنجی انجام می‌شود. صرف نظر از پارامترهای احتمالی که بسته به جزئیات روش‌هایی که پس از انجام آزمایش‌ها و پیاده‌سازی‌های ضروری، به شکل نهایی برای تحقق هر یک از ایده های فوق انتخاب می‌شوند، تغییر می‌نمایند؛ دو پارامتر کلیدی در این فاز تعیین می گردد که با α و β نمایش داده می‌شوند. در فاز اعتبارسنجی بدین صورت عمل خواهد شد که عملکرد IARS در حضور مقادیر فعلی دو پارامتر فوق با داده‌هایی که داده‌های اعتبارسنجی نامیده می‌شوند، سنجیده می‌شود سپس با تغییر مقادیر این دو پارامتر و استفاده از مقادیر جدید برای آموزش مجدد، نتایج در فاز اعتبارسنجی ثبت می‌گردد. هرچند می توان از راه حل هایی نظیر الگوریتم ژنتیک برای یافتن مقادیر بهینه یا نیمه بهینه این پارامترها استفاده نمود، اما مشکل اساسی در اینجا حجم غیرقابل تحمل محاسبات برای یافتن مقدار برازش کرومزوم‌ها می‌باشد که عملاً این رویکرد را با مشکل جدی روبرو می‌سازد. راه حل سرراست‌تر این است که دو پارامتر مذکور را به مقادیر مختلف خرد کرده (مثلاً هر 0.1) و به ازای ترکیب‌های مختلف این مقادیر برای این دو پارامتر، کارایی سیستم را سنجید. در نهایت بهترین مقادیر بدست آمده برای این پارامترها در فاز بهره‌برداری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مجموعه داده

یکی از چالش‌های کلیدی پیش روی این تحقیق در فاز مقدماتی پژوهش، یافتن مجموعه داده‌ای بوده است که همه و یا اکثر خصوصیات مد نظر را دارا باشد. البته با توجه به جدید بودن رویکرد این تحقیق، مجموعه داده‌ای ایده آل به منظور استفاده در روش پیشنهادی، چندان در دسترس نبود، به‌جز یک مجموعه داده که شامل دسته‌های مختلفی متشکل از اطلاعات بر گرفته شده از سایت آمازون می باشد. این مجموعه داده شامل بیش از 142 میلیون و 800 هزار نظر (رتبه بندی) کاربران در مورد بیش از 9 میلیون و 400 هزار آیتم مختلف در بازه سال‌های 1996 تا 2014 میلادی می‌باشد. آیتم‌های موجود در این مجموعه داده متعلق به 24 گروه (کلاس) معنایی بوده و اطلاعاتی همچون مشخصات و نظرات کاربران (رتبه های داده شده به آیتم ها، متن نظرات، آراء مفید) و اطلاعات جزئی آیتم ها (مشخصات فنی، طبقه کالا، قیمت، نام تجاری، تصاویر آیتم ها) در این مجموعه داده به چشم می‌خورد.

مجموعه داده مورد استفاده

زیر گروه	تعداد نظرات	تعداد آیتم ها
Books	22,507,155	2,370,585
Electronics	7,824,482	498,196
Movies and TV	4,607,047	208,321
CDs and Vinyl	3,749,004	492,799
Clothing, Shoes and	5,748,920	1,503,384

Jewelry		
Home and Kitchen	4,253,926	436,988
Kindle Store	3,205,467	434,702
Sports and Outdoors	3,268,695	532,197
Cell Phones and Accessories	3,447,249	346,793
Health and Personal Care	2,982,326	263,032
Toys and Games	2,252,771	336,072
Video Games	1,324,753	50,953
Tools and Home Improvement	1,926,047	269,120
Beauty	2,023,070	259,204
Apps for Android	2,638,173	61,551
Office Products	1,243,186	134,838
Pet Supplies	1,235,316	110,707
Automotive	1,373,768	331,090
Grocery and Gourmet Food	1,297,156	171,760
Patio, Lawn and Garden	993,490	109,094
Baby	915,446	71,317
Digital Music	836,006	279,899
Musical Instruments	500,176	84,901
Amazon Instant Video	583,933	30,648

معیارهای ارزیابی سیستم پیشنهادی

همانطور که در فصل دوم بیان شد معیارهای ارزیابی سیستم‌های پیشنهاد دهنده به دو دسته تقسیم می شوند، گروهی از معیارها کیفیت پیشنهادات را سنجیده و گروهی دیگر دقت پیشنهادات را. معیارهایی نظیر تنوع پیشنهادات، پوشش دهی، نوآوری، حفظ حریم خصوصی و محرمانگی در فرایندهای سیستم پیشنهاد دهنده و امثال آنها را می‌توان جزء دسته اول قلمداد

نمود. البته در اکثر پژوهش‌ها پیرامون سیستم‌های پیشنهاد دهنده، جز مواردی که به‌طور خاص در پی معیارهای دسته اول بوده اند، دقت پیشنهادات مورد ارزیابی واقع شده است. مفهوم عبارت "دقت پیشنهادات" در دامنه‌های مختلف به اشکال مختلف نمایش داده می‌شود.

در این پژوهش به‌طور قطع هدف اصلی، افزایش دقت پیشنهادات به‌واسطه در نظر گرفتن تصاویر می باشد. لذا معیار اصلی این تحقیق در ارزیابی روش پیشنهادی، با توجه به مجموعه داده در نظر گرفته شده و در اصل با توجه به نوع نظرات (رتبه بندی عددی آیتم ها)، معیار l xi vMSE می‌باشد. این معیار بدین صورت تعریف می‌شود:

$$MSE = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} R_i - \hat{R}_i$$

در رابطه فوق N برابر با تعداد نمونه‌های آموزشی بوده، R_i رتبه (واقعی) داده شده به یک آیتم از دید کاربر و $\hat{R}_i$ رتبه تخمین زده شده توسط سیستم پیشنهاد دهنده می‌باشد.

درضمن در راستای ارزیابی روش پیشنهادی می بایست به فاکتورهای ارزیابی زیر نیز توجه گردد:

بهبود عملکرد حاصل از افزودن فاکتور تصویر در ارائه پیشنهادات

مدت زمان سربار ناشی از فرآیند فوق

برای ارزیابی کارآمدیِ سیستم پیشنهاد دهنده که از آن با بهبودِ عملکرد نیز یاد می شود، معیارهای مختلفی وجود دارد که در فصل های ابتدایی به مواردی شناخته شده در این زمینه اشاره شد. از آن جمله می‌توان به معیار دقتl xv و بازخوانی l xvi و معیار F_1 که در واقع یک میانگین هارمونیک از دقت و بازخوانی می باشد اشاره کرد. معیارهای فوق، پارامترهایی هستند که در ارزیابی الگوریتم‌های داده‌کاوی و یا مبتنی بر یادگیری ماشین بسیار شناخته شده و حائز اهمیت می‌باشند.

تعریف رسمی معیار دقت بدین صورت می باشد [7]:

$$Precision = \frac{|\,r_s \cap r_p\,|}{|\,r_s\,|}$$

و تعریف معیار بازخوانی بدین صورت است [7]:

$$Recall = \frac{|\,r_s \cap r_p\,|}{|\,r_{pt}\,|}$$

همچنین معیار F_1 طبق رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$F_1 = \frac{2PR}{P+R}$$

در روابط مربوط به دقت و بازخوانی، آیتم‌هایی که بر اساس داده‌های آموزشی باید به کاربر پیشنهاد داده شود برابر است با r_{pt} و آیتم هایی که به کاربر پیشنهاد داده می‌شوند با r_s نمایش داده می‌شود ، همچنین آیتم هایی که به‌درستی به کاربر پیشنهاد شده‌اند با r_p نمایش داده شده است.

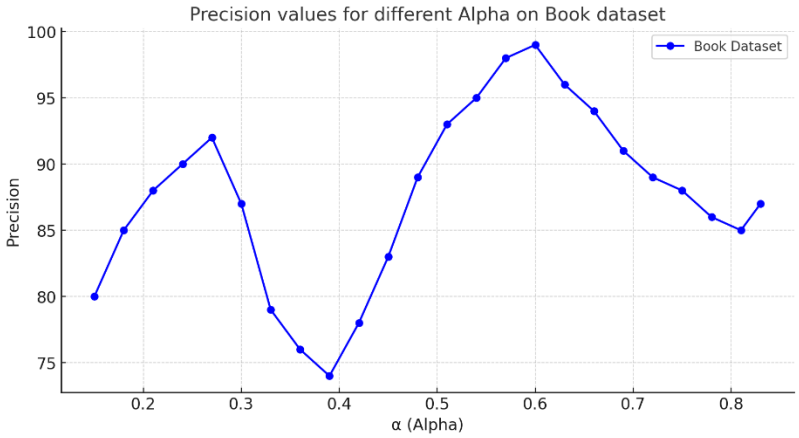
همچنین معیاری برای ارزیابی پارامتر دوم که همان زمان حاصل از درنظر گرفتن تصاویر است نیز وجود دارد. با توجه به آنکه زمان ارائه پیشنهادات در سیستم‌هایی از دامنه‌های مختلف با یکدیگر متفاوت می‌باشد، بهترین معیار برای ارزیابی عملکرد سیستم توصیه‌گر از نظر زمان اجرا، در نظر گرفتن حالتی است که از تصاویر استفاده نشده و پیشنهادات ارائه شود. انتظار این است که در نظر گرفتن تصاویر در فرایند ارائه پیشنهادات منجر به افزایش این زمان به‌گونه‌ای شود که اختلاف چشم‌گیری میان دو زمان وجود نداشته باشد. یعنی در نظر گرفتن تصاویر، منجر به افزایشِ جهش گونه زمان ارائه پیشنهادات نگردد و به عبارتی رابطه زیر برقرار باشد:

$$T^M_{f_{non_img} \cup f_{img}} \leq \alpha \; T^M_{f_{non_img}} \quad , \; \alpha \in \mathbb{N}$$

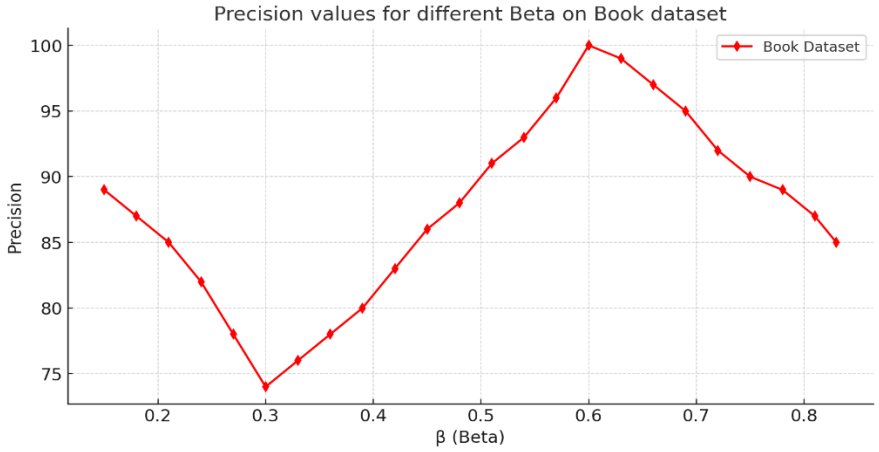
در فرمول فوق T_f زمان ارائه پیشنهادات بر اساس مجموعه ویژگی‌های f می باشد و f_{non_img} نشان دهنده انواع ویژگی-های توصیف کننده یک آیتم به‌جز ویژگی‌هایی از جنس تصویر بوده و f_{img} ویژگی های مربوط به تصویر همان آیتم می باشد.

نتایج آزمایشات

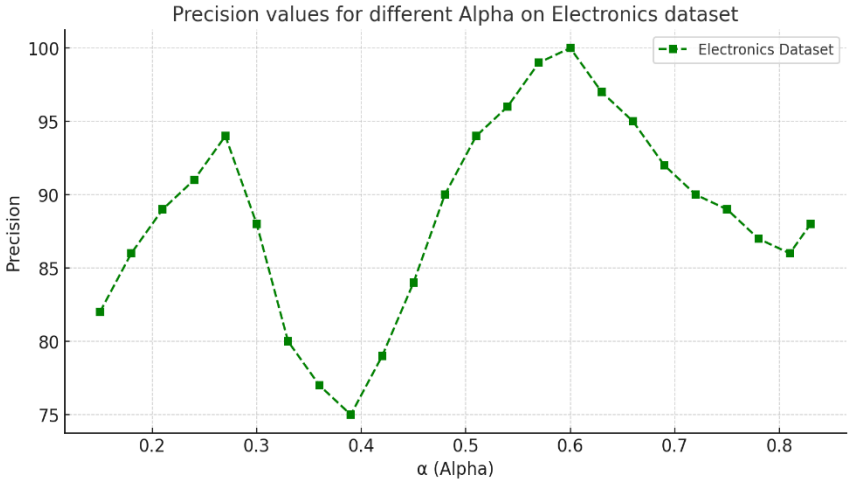
در این بخش نتایج آزمایشات مختلف بر روی روش پیشنهادی آورده شده است. ابتدا در نمودارهای ترسیم شده در شکل 6 تا 9 مقادیر مختلف α و β را بر روی دو مجموعه داده شناخته شده Book و Electronics آزمایش نموده ایم و نتایج نشان داده شده که بهترین مقدار برای پارامتر α دارای مقدار 0.57 و برای پارامتر β مقدار 0.63 است. نمودار ترسیم شده در شکل 10 مقادیر MSE به دست آمده برای روش پیشنهادی با مناسبترین پارامترهای α و β نشان میدهد. نتایج این نمودار حاکی از این است که روش پیشنهادی از نظر معیار MSE توانسته نتایج مطلوبی را کسب نماید. شکل 11 مقادیر سه معیار دقت، فراخوان و فیشر به دست آمده را برای روش پیشنهادی با مناسبترین پارامترهای α و β نشان میدهد. نتایج نمودار شکل 11 نشان میدهد که روش پیشنهادی تولنسته در هر 3 معیار ذکر شده، نتایج چشمگیری را کسب نماید.



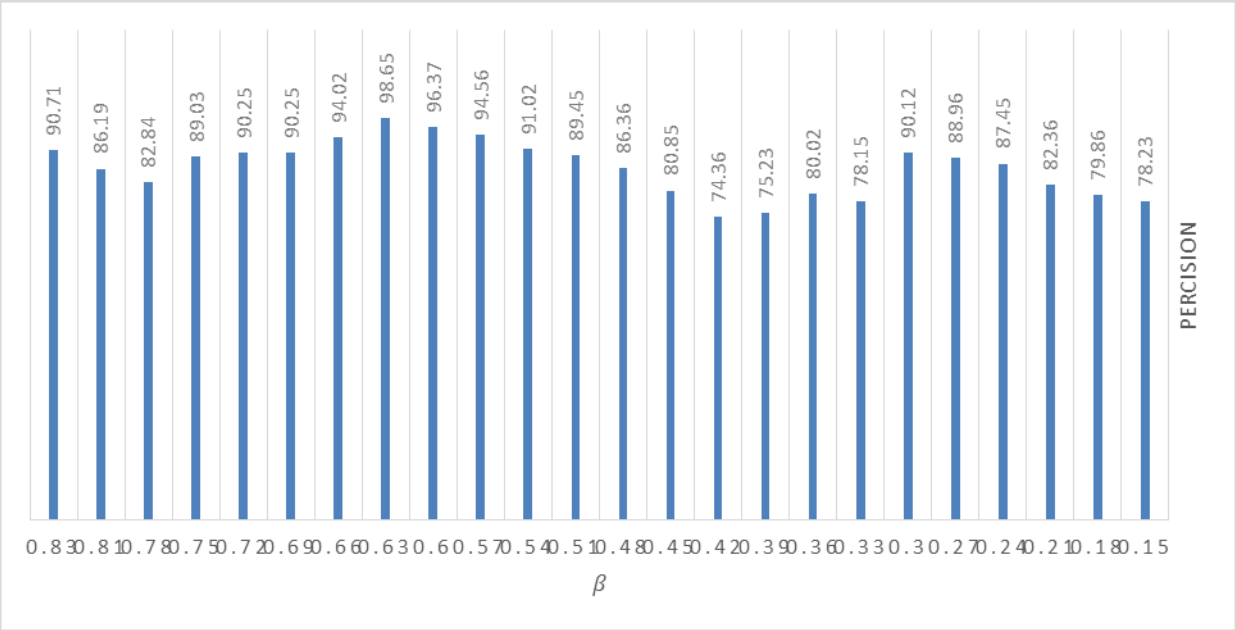
شکل 6- مقادیر دقت به دست آمده بر اساس مقادیر مختلف α بر روی مجموعه داده Book



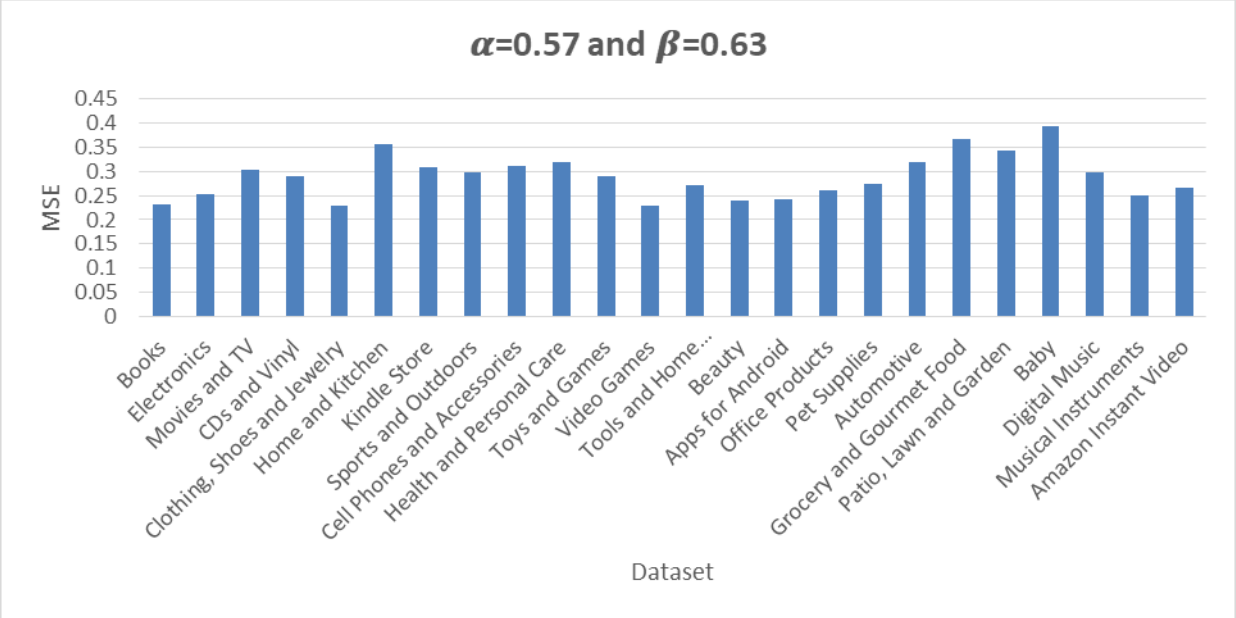
شکل 7- مقادیر دقت به دست آمده بر اساس مقادیر مختلف β بر روی مجموعه داده Book



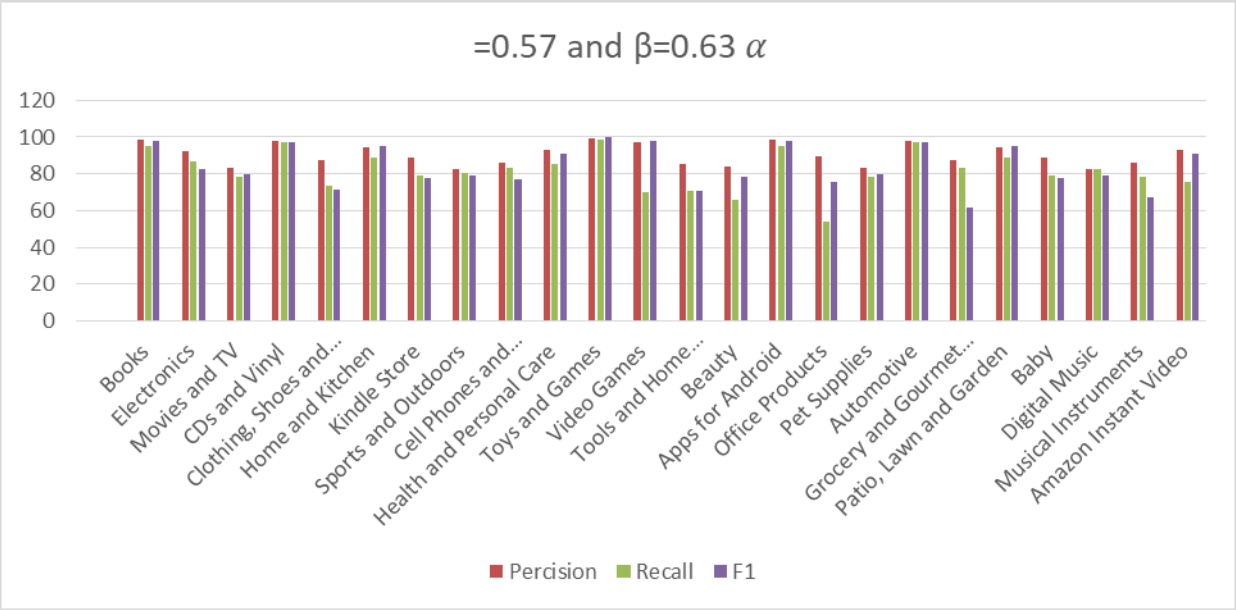
شکل 8- مقادیر دقت به دست آمده بر اساس مقادیر مختلف α بر روی مجموعه داده Electronics



شکل 9- مقادیر دقت به دست آمده بر اساس مقادیر مختلف β بر روی مجموعه داده Electronics



شکل 10- مقادیر MSE به دست آمده برای روش پیشنهادی با مناسبترین پارامترهای α و β



شکل 11- مقادیر سه معیار دقت، فراخوان و فیشر به دست آمده برای روش پیشنهادی با مناسبترین پارامترهای α و β

نتیجه‌گیری

یک سیستم پیشنهاد دهنده یا توصیه‌گر دارای اجزاء متعددی می‌باشد که در کنار هم فعالیت آن را میسر می‌سازند. در عین قالب و چارچوب کلی یکسان، بسته به موارد مختلف از جمله حوزه کاربرد، رویکرد مورد استفاده در ارائه پیشنهادات و بسیاری موارد دیگر، بایستی اصلاحات و تمهیدات لازم را در نظر گرفت. به‌طور اخص در روش پیشنهادی این تحقیق که توجه به رویکرد خاصی برای سیستم‌های پیشنهاددهنده شده است که همان در نظر گرفتن تصاویر آن هم به شکل جداگانه برای آیتم‌ها و دخیل کردن آنها در پردازش‌ها می‌باشد، بخش‌های مختلف سیستم بایستی به شکل مناسب طراحی شوند. یکی از بخش هایی که بایستی درون سیستم پیشنهادی، طراحی و اجرا شود سیستم بازیابی تصویر مبتنی بر محتوا (CBIR) می‌باشد که شامل استخراج ویژگی های مختلف تصاویر (رنگ، بافت و شکل) و اعمال الگوریتمی ترکیبی از هر سه نوع ویژگی بر روی پایگاه داده ای که از تصاویر آیتم‌ها ایجاد شده است، می باشد. لازم به ذکر است علی رغم اینکه ترکیب ویژگی های تصاویر در مؤلفه CBIR موجب پیچیدگی و افزایش حجم محاسبات می گردد، ولی به دلیل اینکه این کار سبب بهبود عملکرد و دقت بازیابی در مؤلفه مذکور، نسبت به حالتی که تنها یکی از ویژگی های تصاویر مدنظر قرار گیرد، می شود بهتر است این رویکرد در پیش گرفته شود. البته نتایج قطعی و محاسن و معایب رویکرد پیشنهادی پس از ارزیابی ها و پیاده سازی های مقدماتی مشخص می گردد.

توضیحات جزء به جزء روش پیشنهادی که پیشنهادات متعدد و خرد و درشتی برای اجزاء مختلف یک سیستم توصیه‌گر را در بر می‌گیرد، در بخش‌های گذشته این فصل ارائه شد. در این قسمت به شکل بسیار خلاصه به روند کار این سیستم اشاره می شود. سیستم پیشنهادی در این تحقیق دارای دو فاز کلی می‌باشد که هر یک از آنها نیز خود در برگیرنده دو زیر مرحله اصلی می‌باشند:

آماده‌سازی

آموزش

اعتبارسنجی

بهره‌برداری

تولید نتیجه

اعمال بازخورد

اهداف کلیدی فاز آماده‌سازی را می‌توان بدین صورت بیان نمود:

ایجاد مدل پیش‌بینی رتبه آیتم ها

ذخیره‌سازی اطلاعات بدست آمده مربوط به آیتم‌ها و کاربران، برای بازیابی سریع

در فاز بهره‌برداری هدف از فرایند تولید نتیجه، به‌عنوان وظیفه سیستم به شکلی بدیهی مشخص است، سیستم تلاش می کند با ارائه پیشنهاداتی منطبق تر با سلایق و نیازهای کاربران، منجر به کسب رضایت آنها گردیده و نهایتاً افزایش کارایی برنامه های کاربردی وابسته به سیستم پیشنهاد دهنده مذکور را درپی داشته باشد. همچنین هدف از اعمال بازخورد، حفظ کیفیت سیستم توصیه‌گر در تولید نتایج و حتی بهبود آن از طریق بازخورد دریافتی از نظرات کاربران نسبت به نتایج تولید شده می-باشد.

در مرحله آموزش، داده‌های آموزشی به شکل مناسبی ذخیره می‌شوند تا امکان دسترسی و بازیابی سریع فراهم شود. داده‌های ذخیره شده توسط اجزاء مختلف مؤلفه داده‌کاوی مورد استفاده قرار گرفته تا به شکلی مناسب بتواند داده‌های مورد نظر کاربر را ارائه نماید. عملکرد کلیه مؤلفه های موجود در سیستم پیشنهادی با آزمایشی که در مرحله اعتبارسنجی انجام می‌پذیرد بهتر مشخص می‌شود. بازخورد این عملکرد منجر به اصلاح مجدد مدل پیش‌بینیِ حاصل از مرحله قبل در صورت لزوم می‌شود.

یکی از نکات قابل ذکر که ممکن است در مورد وجود یا محل وقوع آن ابهام بوجود آمده باشد، چرا که به وضوح به آن اشاره‌ای نشد، مرحله‌ای تحت عنوان آزمایش می‌باشد. در واقع مرحله آزمایش با داده‌هایی که داده‌های آزمایشی نامیده می‌شوند، اجرا شده و تنها با این هدف که عملکرد سیستم از منظرهای مورد توجه مشخص گردد، صورت می پذیرد. این فاز که بسیار شبیه به فاز اعتبارسنجی می‌باشد، برخلاف فاز اعتبارسنجی منجر به ایجاد بهبودی در سیستم نشده و تنها با هدف آزمایش عملکرد سیستم انجام می‌شود. در واقع نتایجی که در مقاله و در بخش آزمایش‌ها و ارزیابی نتایج ارائه می‌گردد، حاصل مستقیم این فاز خواهد بود.

منابع

[1]D. Martiٔn, C. Lamsfus, and A. Alzua-Sorzabal. (2016). A cloud-based platform to develop context-aware mobile applications by domain experts, Computer Standards & Interfaces, vol. 44, pp. 177-184.

[2]Lim, H., & Kim, H. J. Item recommendation using tag emotion in social cataloging services. Expert Systems with Applications, 89, 179–187, 2017.

[3]Young-Duk Seo, Young-Gab Kim, Euijong Lee, Doo-Kwon Baik. Personalized Recommender System based on Friendship Strength in Social Network Services. Expert Systems With Applications,pp.135-148, 2016.

[4]Ruoran Huang, N. W. TNAM: A tag-aware neural attention model for Top-N recommendation. Neurocomputing, 1-12, 2019

[5] Masoumeh Riyahi, M. K. Providing effective recommendations in discussion groups using a new hybrid. Electronic Commerce Research and Applications, 1-24, 2020.

[6]Bushra Alhijawi, G. A.-N. Novel predictive model to improve the accuracy of collaborative filtering. Information Systems, 1-33, 2020

[7]Chenjiao Feng, J. L. A fusion collaborative filtering method for sparse data in recommender systems. Information Sciences, 365-379, 2020.

[8] Yong Wang, J. D. A hybrid user similarity model for collaborative filtering. Information Sciences, 102-118, 2017.

Anahita Davoudi, M. C. Social trust model for rating prediction in recommender systems: Effects of similarity, centrality, and social ties. Online Social Networks and Media, 1-11, 2018.

[9] Shouxian Wei, X. Z. A Hybrid Approach for Movie Recommendation via Tags and Ratings. Electronic Commerce Research and Applications, pp.83-94, 2016.

[10] Rui Ren, L. Z. Personalized Financial News Recommendation Algorithm Based on Ontology. Procedia Computer Science,pp.843-851, 2015.

[11] Mehrbakhsh Nilashi, O. I. A. Recommender System Based on Collaborative Filtering Using Ontology and Dimensionality Reduction Techniques. Expert Systems With Applications,pp. 507- 520, 2017.

[12] RahulKatarya, Om PrakashVerma," An effective collaborative movie recommender system with cuckoo search", Egyptian Informatics Journal, Pages 105-112, 2017.

[13] JianWei, JianhuaHe, KaiChen, YiZhou, ZuoyinTang, "Collaborative filtering and deep learning based recommendation system for cold start items", Expert Systems with Applications, Volume 69, Pages 29-39, 2017.

[14] Iosif Viktoratosa, Athanasios Tsadirasa, Nick Bassiliadesb, "Combining Community-Based Knowledge with Association Rule Mining to Alleviate the Cold Start Problem in Context-Aware Recommender Systems", Expert Systems with Applications, Available online 31 January 2018.

[15] kartik Narendra Jain, Vikrant Kumar, Praveen Kumar, Tanupriya Choudhury, "Movie Recommendation System": Hybrid Information Filtering System, pp 677-686, 20 January 2018. movielens, movielens. Retrieved 8 12, 2015, from grouplens:

Presenting a Hybrid Recommender System Based on Participatory Filtering Techniques and Item Image Content

Seyed Jalaluddin Gharibi Karaik

Software Engineering Department, PhD Student, Islamic Azad University, Yasuj, Tehran, Iran,

gharibi.jalal92@gmail.com

Abstract

Recommender systems, with the ability to recognize the user and predict his priorities, sift through the information that is likely to be of interest to the user from the large volume of data and save the user's time and energy by recommending them to him. On the other hand, these systems, with the ability to analyze and store the user's past behaviors, also infer existing services and information that he has not paid attention to but is probably interested in, and provide interesting results to users in the form of recommendations. While in the vast majority of works done in the field of recommender systems, each item is represented only with numerical or string features, one of the features that has a significant impact on determining the desirability of items from the users' point of view is their images. This is more important for products such as clothing, jewelry, etc., which are mostly accepted by customers due to their physical appearance. For this purpose, this article seeks to present a combined method to increase the efficiency of these systems using collaborative filtering techniques and the content of the images of the items. In this article, first, using image processing techniques, the visual features related to the items are extracted, then by selecting an appropriate similarity criterion and using the technical specifications of the items and the individual characteristics of the users, the users and similar items will be segmented. After that, using this information and utilizing the collaborative filtering technique, the best suggestions that are most similar to the users' tastes will be presented. Experimental results show that the proposed method has demonstrated good performance.

Keywords: Recommender system, collaborative filtering, content-based image retrieval, e-commerce.