

## ارائه یک روش ترکیبی بازخورد ربط مبتنی بر تخمین تابع توزیع پرس‌وجو و اصلاح تابع شباهت

حسین پورقاسم<sup>\*</sup>، حسن قاسمیان<sup>†</sup>

### چکیده

جهت بهبود عملکرد سیستم‌های بازیابی تصویر براساس محتوا از روش‌های بازخورد ربط استفاده می‌شود. در این مقاله، یک روش ترکیبی جدید بازخورد ربط مبتنی بر تخمین تابع توزیع پرس‌وجو و اصلاح وزن‌های تابع شباهت ارائه شده است. در این روش با استفاده از تصاویر مرتبطی که از بازخورد کاربر حاصل شده است، تابع توزیع پرس‌وجو تخمین زده می‌شود. علاوه بر این با تعریف مناسبی از ویژگی خوب و بد، ویژگی‌های خوب و بد تصاویر مرتبط به یک شبکه عصبی آموزش داده می‌شود تا در تعیین وزن هر ویژگی از آن استفاده شود. از ویژگی‌های بارز این روش فراهم شدن امکان یادگیری کوتاه‌مدت و بلندمدت پرس‌وجو براساس کاربرد است. جهت ارزیابی روش پیشنهادی، یک سیستم بازیابی تصویر با رویکرد فازی در کاربرد تصاویر رادیولوژی گسترش پیدا کرده است. در این سیستم، از گراف‌های فازی ویژگی‌دار نسبی جهت جایگزینی تصویر با رویکرد فازی تطبیق گراف جهت تعریف معیار شباهت و از یک الگوریتم خوشه‌یابی مبتنی بر گراف رهبر جهت نمایه‌گذاری استفاده شده است. بهبود پارامترهای ارزیابی سیستم، کارایی روش پیشنهادی را نشان می‌دهد.

### کلمات کلیدی

بازیابی تصویر براساس محتوا، بازخورد ربط، تصاویر رادیولوژی، تخمین تابع پرس‌وجو، معیار شباهت.

## A Novel Hybrid Relevance Feedback Approach Based on Estimation of Query Distribution Function and Modification of Similarity Function

Hossein Pourghassem, Hassan Ghassemian

### Abstract

Relevance feedback approaches is used to improve the performance of content-based image retrieval systems. In this paper, a novel hybrid relevance feedback approach based on estimation of query distribution function and modification of similarity function is presented. In this approach, query distribution function is estimated by relevant images in retrieval procedure. In addition, the proposed approach is presented a suitable definition of good feature and bad feature then a neural network classifier is trained with good feature and bad feature of relevant images. The trained network is applied to modification of similarity function's weights. The proposed approach is obtained short and long time training based on application. A content-based image retrieval based on fuzzy approach in radiography images application is developed to evaluate of proposed approach. This system uses fuzzy attributed relational graphs, fuzzy graph matching and a clustering algorithm based on leader graph to represent images, to define similarity measure and to run indexing scheme, respectively. The competence of proposed approach is shown with improvement of system's evaluation parameters.

### Keywords

Content-based image retrieval, relevance feedback, radiography images, query distribution estimation, similarity measure.

<sup>\*</sup> دانشجوی دکتری مهندسی پزشکی، بخش برق و کامپیوتر، دانشگاه تربیت مدرس، h\_poorghassem@modares.ac.ir  
<sup>†</sup> استاد گروه مهندسی پزشکی و مخابرات، بخش برق و کامپیوتر، دانشگاه تربیت مدرس، ghassemi@modares.ac.ir

## ۱- مقدمه

رشد روزافزون تعداد پایگاه داده‌های با حجم بزرگ در زمینه‌های متفاوتی همچون مدیریت تصاویر پزشکی، کتابخانه‌های چندرسانه‌ای، پایگانی متن، مجموعه‌های هنری، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، کاربردهای جرم شناسی و روزنامه‌نگاری نیاز به سیستم‌های بازیابی تصویر براساس محتوا را بیش از پیش مشخص می‌کند. این نیاز به ویژه در کاربردهای پزشکی به دلیل استفاده در مدیریت پایگاه داده تصاویر پزشکی (برای مثال سیستم PACS)، تشخیص به کمک کامپیوتر، تحقیقات، آموزش و تعلیم پزشکی حیاتی‌تر به نظر می‌رسد.

در سیستم‌های بازیابی براساس محتوا تعاملی تحت عنوان بازخورد ربط<sup>۱</sup> بین سیستم و کاربر وجود دارد. لزوم وجود این چنین تعاملی بهبود عملکرد سیستم طبق نظر کاربر است. دو دلیل عمده برای محدودیت کارایی سیستم‌های بازیابی تصویر براساس محتوا وجود شکاف معنایی و سلیقه‌ای بودن ادراک انسان است. در بازیابی تصویر، سیستم تصویری به کاربر ارائه می‌کند که دارای ویژگی‌های سطح پایین نزدیک به تصویر پرس‌وجوی کاربر است، در حالی که ممکن است دارای معنای دلخواه کاربر نباشد. این موضوع نشان دهنده آن است که ویژگی‌های سطح پایین برای ارائه ویژگی‌های معنایی تصاویر کافی نبوده و فاصله‌ای بین این دو نوع ویژگی وجود دارد که از آن به عنوان شکاف معنایی یاد می‌شود. از سوی دیگر سلیقه افراد مختلف با یکدیگر متفاوت است و همین تفاوت سلیقه باعث متفاوت شدن ویژگی‌های معنایی بین دو نفر می‌شود. برای مثال، ممکن است دو نفر تعابیر متفاوتی از مفهوم شاد بودن یک تصویر داشته باشند. برای رفع این محدودیت‌ها، لازم است که عمل بازیابی همراه با تعامل با کاربر باشد. معمولاً پس از بازیابی، از کاربر خواسته می‌شود تا تصاویر بازیابی شده را براساس مرتبط بودن (تصویر مثبت) یا نبودن (تصویر منفی) با تصویر پرس‌وجو مرتب کند. با این بازخورد، سیستم وزن‌های مربوط به ویژگی‌ها را طوری تنظیم می‌کند که کاربر به تصاویر دلخواهش برسد. معمولاً این بازیابی و بازخورد باید چندین بار بین کاربر و سیستم صورت گیرد تا سیستم نظرات کاربر را تأمین کند.

بیشترین کارهای صورت گرفته در بازخورد ربط بر پایه ۲ روش عمده زیر است:

- حرکت نقطه جستجو: در این روش سعی می‌شود با حرکت نقطه جستجوی جاری به کمک بازخورد کاربر، تخمین نقطه جستجوی ایده‌آل (بصورت ویژگی‌های سطح پایین) بهتر شود، برخی محققین توزیع نمونه‌های مرتبط و غیرمرتبط را براساس تخمین‌زنده‌های پارامتری و غیرپارامتری تخمین می‌زنند یا از آموزش بیزین جهت به‌روز کردن توزیع احتمالی تصاویر داخل پایگاه داده استفاده می‌شود [۳-۱].
- اصلاح وزن‌ها: در این روش وزن‌ها و پارامترهای مورد استفاده در تعیین میزان شباهت براساس بازخورد کاربر اصلاح می‌شود [۴].

در این مقاله یک روش ترکیبی بازخورد ربط براساس تخمین تابع توزیع پرس‌وجو و اصلاح وزن‌های تابع معیار شباهت ارائه می‌شود. در این روش با تعریف یک معیار شباهت براساس تخمین تابع توزیع پرس‌وجو برای هر ویژگی به همراه وزن‌هایی که اهمیت هر ویژگی را در شکل‌دهی این تابع نشان می‌دهد، سعی شده که یک روش ترکیبی در بازخورد ربط ارائه شود. برای تخمین تابع توزیع پرس‌وجو از یک رویکرد تخمین تابع احتمال پسین پرس‌وجو استفاده شده است [۵]. در این رویکرد با فرض گوسی بودن توزیع پرس‌وجو سعی می‌شود که احتمال مشابه بودن تصویر پرس‌وجو با تصاویر داخل پایگاه داده تخمین زده شود. در این مقاله با تعریف مناسب ویژگی خوب از روی تصاویر مرتبط و غیرمرتبط، ویژگی‌های خوب و بد تصاویر مرتبط به یک شبکه عصبی آموزش داده شده است تا به کمک آن بتوان میزان تأثیر هر ویژگی را در شکل‌گیری تابع شباهت تعیین کرد. استفاده از شبکه عصبی در تعیین وزن‌ها، امکان یادگیری بلندمدت برای بازخوردهای بعدی را فراهم می‌کند. در این مقاله جهت ارزیابی روش پیشنهادی بازخورد ربط از سیستمی که قبلاً جهت بازیابی تصاویر رادیولوژی شکل گرفته استفاده می‌شود. در این سیستم از گراف‌های فازی ویژگی‌دار نسبی (FARG)<sup>۲</sup> جهت جایگزینی تصویر استفاده شده است. در این جایگزینی هر گره گراف جایگزین یک ناحیه از تصویر و هر لبه گراف جایگزین ارتباط بین دو ناحیه تصویر شده است. در این سیستم از روش بردار هم‌رنگ رنگی (CCV)<sup>۳</sup> جهت ناحیه‌بندی ابتدایی تصاویر استفاده شده است. هر تصویر پرس‌وجو به یک گراف FARG تبدیل می‌شود و با استفاده از یک الگوریتم فازی تطبیق گراف، تصاویر مشابه با تصویر پرس‌وجو در پایگاه داده شناسایی می‌شود.

در بخش ۲ مقاله، جزئیات روش بازخورد ربط پیشنهادی تشریح می‌شود. در بخش ۳، سیستم بازیابی تصویری که روش پیشنهادی بازخورد ربط بر روی آن آزمایش می‌شود را معرفی می‌کند. بخش ۴، نتایج آزمایش‌های انجام شده را ارائه می‌کند و در بخش ۵ نتیجه‌گیری و پیشنهاد برای ادامه کار در این زمینه ارائه می‌شود.

## ۲- بازخورد ربط

### ۲-۱- تعریف تابع معیار شباهت

اگر برای یک تصویر  $M$  تابع استخراج ویژگی بصورت  $\{F_i\}_{i=1}^M$  در نظر گرفته شود و  $\hat{P}(F_i(I) | F_i(I_q))$  تخمین‌زنده احتمال پسین تصویر  $I$  باشد که با تصویر پرس‌وجوی  $I_q$  براساس تابع  $F_i$  تطبیق پیدا می‌کند، در آن صورت تابع شباهت بصورت زیر تعریف می‌شود:

$$S(I, I_q) = \sum_{i=1}^M w_i \hat{P}(F_i(I) | F_i(I_q)) \quad (1)$$

که  $w_i \geq 0$  وزن مربوط به  $i$ مین تابع استخراج ویژگی  $F_i$  با  $\sum_{i=1}^M w_i = 1$  است که میزان اهمیت هر ویژگی را در تابع شباهت نشان

## ۲-۴- اصلاح وزن‌های تابع شباهت

در این مقاله از یک روش جدید، برای اصلاح وزن‌های تابع شباهت تعریف شده در رابطه (۲) استفاده می‌شود. برای اصلاح وزن‌ها از یک شبکه عصبی پرسپترون چند لایه استفاده شده است که ویژگی‌های خوب (ویژگی پر اهمیت) و بد (ویژگی کم اهمیت) را از روی تصاویر مرتبط آموزش می‌بیند. برای شناسایی ویژگی خوب از بد در اینجا یک معیار جدید معرفی می‌شود. ویژگی خوب است که میانگین و واریانس فواصل ویژگی  $i$  ام تصاویر مرتبط با پرس‌وجو به ترتیب از دو حد آستانه  $\tau$  و  $\gamma$  کمتر باشد. این دو حد آستانه هم بصورت درصدی از محدوده تغییر میانگین و واریانس فواصل تصاویر مرتبط با پرس‌وجو برای تمام ویژگی‌ها تعریف می‌شود. در بسیاری از مواقع میانگین و واریانس فواصل تصاویر مرتبط با پرس‌وجو در یک ویژگی دو شرط بالا را ارضا می‌کند ولی به دلیل اینکه این دو شرط نیز در مورد فواصل تصاویر غیرمرتبط با پرس‌وجو نیز اتفاق می‌افتد نیاز است شرط سومی جهت شناسایی ویژگی خوب به دو شرط قبلی اضافه گردد. شرط سوم این است که واریانس ویژگی  $i$  ام بر روی تصاویر مرتبط باید کمتر از واریانس آن ویژگی بر روی تصاویر غیر مرتبط باشد. پس از شناسایی ویژگی‌های خوب، بردارهای ویژگی‌های خوب تمام تصاویر مرتبط با بیشترین اهمیت ممکن یعنی یک و بردارهای ویژگی‌های بد تمام تصاویر مرتبط با کمترین اهمیت یعنی صفر به شبکه آموزش داده می‌شود. پس از آموزش شبکه، مقدار خروجی شبکه به ازای هر ورودی بردار ویژگی، وزن آن ویژگی در تابع معیار شباهت را مشخص می‌کند. حسن بارز این نوع اصلاح وزن، فراهم شدن امکان یادگیری بلندمدت در فرآیند بازخورد ربط است. برای این منظور شبکه عصبی به ازای هر پرس‌وجو بردار ویژگی‌های جدیدی را آموزش می‌بیند و تعیین مقدار وزن را با توجه به پرس‌وجوهای بیشتری انجام می‌دهد.

## ۳- سیستم بازیابی تصویر براساس محتوا

### ۳-۱- نمای کلی سیستم

شکل (۱) نمای کلی سیستم نمایه‌گذاری و بازیابی تصویر براساس محتوا را نشان می‌دهد. این سیستم از سه قسمت: تولید FARG، نمایه‌گذاری پایگاه داده و بخش اداره کننده پرس‌وجو تشکیل شده است. در ادامه تک تک این سه قسمت توضیح داده می‌شود.

### ۳-۲- تولید FARG برای هر تصویر

تصویری که به یک پایگاه داده اضافه می‌شود مراحل زیر را سپری می‌کند. تصویر در ابتدا ناحیه بندی می‌شود. برای ناحیه‌بندی تصاویر از روش ساده و البته کارآمد بردار هم‌رنگ رنگی [۶] استفاده شده است. پس از این هر ناحیه با یک گره از گراف برچسب‌گذاری می‌شود. یک بردار ویژگی  $x_j$  شامل ویژگی‌های بافت، شدت روشنایی و دیگر

می‌دهد. دو مسأله بر روی تابع معیار شباهت باید حل شود: اول نحوه تخمین زدن  $\hat{P}(F_i(I)|F_i(I_q))$  و دوم نحوه به روز کردن وزن‌های  $w_i$  است.

### ۲-۲- تخمین تابع توزیع پرس‌وجو

در این مقاله جهت تخمین تابع توزیع پرس‌وجو از تصاویر مرتبط استفاده می‌شود. به ازای هر پرس‌وجو  $I_q$ ، مجموعه‌ای از تصاویر مرتبط توسط کاربر بازخورد می‌شود. با فرض گوسی بودن توزیع پرس‌وجو، بردار میانگین  $d$  بعدی و ماتریس کوواریانس  $d \times d$  برای هر ویژگی حاصل می‌شود.  $d$  بعد ویژگی  $i$  است. یک تخمینی از میانگین پرس‌وجو  $\mu_i$  برای ویژگی  $i$  ام براساس اطلاعات بازخورد بصورت زیر است:

$$\hat{\mu}_i = \frac{1}{|R^+|} \sum_{R_j \in R^+} F_i(R_j) \quad (2)$$

در رابطه بالا،  $R^+$  مجموعه تصاویر مرتبط است. ماتریس کوواریانس پرس‌وجو  $\hat{\Sigma}_i$  برای ویژگی  $i$  ام به صورت زیر تخمین زده می‌شود:

$$\hat{\Sigma}_i = \frac{1}{|R^+| - 1} \sum_{R_j \in R^+} (F_i(R_j) - \hat{\mu}_i)(F_i(R_j) - \hat{\mu}_i)^T \quad (3)$$

برای تخمین ماتریس کوواریانس  $\hat{\Sigma}_i$ ، نیاز است که تعداد تصاویر مرتبط  $(|R^+| - 1)$  بیشتر از  $d$  (بعد بردار ویژگی) باشد. در مواقعی که تعداد تصاویر مرتبط بازیابی شده کمتر از بعد بردار ویژگی است با فرض استقلال المان‌های بردار ویژگی نسبت به یکدیگر، ماتریس کوواریانس به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\Sigma_i = \text{diag}\{\sigma_{i1}^2, \dots, \sigma_{id}^2\} \quad (4)$$

که  $\sigma_{ij}$ ،  $(j = 1, \dots, d)$ ، انحراف معیار  $i$  ام ویژگی است.

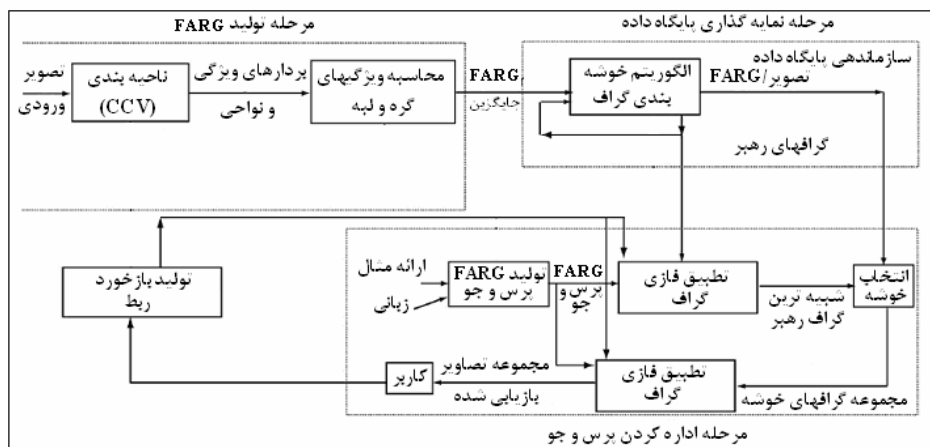
### ۳-۲- تخمین تابع احتمال پسین با تخمین تابع

#### توزیع پرس‌وجو

با تخمین توزیع پرس‌وجو و تخمین تابع احتمال پسینی که در  $[\delta]$  ارائه شده است، تابع احتمال پسین پرس‌وجو بصورت زیر در می‌آید:

$$\hat{P}(F_i(I) | F_i(I_q)) = \frac{1}{c-1} \left\{ 1 - \frac{(F_i(I) - \hat{\mu}_i)^T \hat{\Sigma}_i^{-1} (F_i(I) - \hat{\mu}_i)}{\sum_{I \in S} (F_i(I) - \hat{\mu}_i)^T \hat{\Sigma}_i^{-1} (F_i(I) - \hat{\mu}_i)} \right\} \quad (5)$$

در رابطه بالا،  $c$  تعداد کلاس‌های تصاویر پایگاه داده و  $S$  مجموعه تصاویری است که تابع احتمال پسین بر روی آن محاسبه می‌شود.  $\hat{\mu}_i$  و  $\hat{\Sigma}_i$  نیز تخمین بردار میانگین و ماتریس کوواریانس پرس‌وجو برای ویژگی  $i$  ام است.



شکل (۱): نمای کلی سیستم نمایه‌گذاری و بازیابی تصویر براساس محتوا.

محاط بودن برابر مقدار حداکثر مقادیر تابع عضویت فازی ۴ برچسب اول در نظر گرفته می‌شود.

### ۳-۴- الگوریتم خوشه‌بندی و بازیابی FARG ها مبتنی بر گراف رهبر

الگوریتم خوشه‌بندی با الگوی رهبر یک روش خوشه‌بندی کارآمد در شناسایی الگو است [۹]. در این مقاله از این روش جهت نمایه‌گذاری و تقسیم بندی گراف‌ها در خوشه‌های همگن استفاده می‌شود. این الگوریتم تصویر ورودی یا به عبارتی FARG ورودی را با استفاده از FARG های رهبر متعلق به خوشه‌ها، دسته‌بندی می‌کند. در نهایت با اعمال این الگوریتم، پایگاه داده به خوشه‌هایی از FARG ها دسته‌بندی می‌شود که هر خوشه توسط یک FARG رهبر نمایندگی می‌شود. برای استفاده از الگوریتم خوشه‌بندی فوق، نیاز است که یک معیار فاصله مناسب بین گراف‌ها تعریف شود. این معیار فاصله براساس الگوریتم فازی تطبیق گراف ارائه شده در [۱۰] تعریف می‌شود.

در عمل بازیابی، گراف تصویر پرس‌وجو با تک‌تک گراف‌های رهبر مقایسه شده و شبیه‌ترین آنها به تصویر ورودی که دارای فاصله کمتر از فاصله آستانه T است، انتخاب می‌شود. سپس تصاویر داخل آن خوشه براساس میزان شباهتشان با تصویر پرس‌وجو مرتب شده و به کاربر ارائه می‌شود.

### ۴- نتایج آزمایش‌ها

#### ۴-۱- نتایج بر روی پایگاه داده تصاویر رادیولوژی

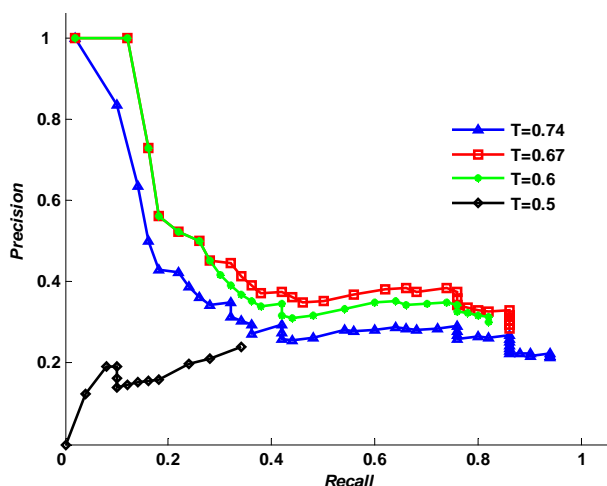
پایگاه داده مورد استفاده در این مقاله پایگاه داده پروژه IRMA [۱۱] است. این پایگاه داده از تصاویر رادیولوژی اندام مختلف بدن در اندازه‌ها و جهت‌های مختلف تصویر برداری، تشکیل شده است. این پایگاه داده از ۱۰۵۰ تصویر در ۲۲ کلاس سازماندهی شده است. با ارائه هر تصویر پرس‌وجو به سیستم نزدیک‌ترین خوشه به آن تصویر شناسایی می‌شود

ویژگی‌ها برای هر ناحیه ز شکل می‌گیرد. در این مقاله برای هر ناحیه ۶ نوع ویژگی در نظر گرفته شده است. این ویژگی‌ها عبارتند از شدت روشنایی، کنتراست، همبستگی، همگنی، انرژی و مساحت است. ویژگی‌های کنتراست، همبستگی، همگنی و انرژی در چهار جهت صفر، ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ درجه محاسبه شده‌اند. بنابراین مجموعاً از هر ناحیه ۱۸ دسته ویژگی استخراج می‌شود. برای هر ویژگی سه برچسب زبانی بصورت کم، متوسط و زیاد در نظر گرفته می‌شود. علاوه بر این برای هر لبه گراف، ویژگی ارتباط مکانی با ۵ برچسب زبانی چپ بودن، راست بودن، بالا بودن، پایین بودن و محاط بودن در نظر گرفته شده است. در ادامه در مورد نحوه استخراج تک تک ویژگی‌ها جزئیات بیشتری ارائه می‌شود.

#### ۳-۲- محاسبه ویژگی‌های گره و لبه گراف FARG

محاسبه بردار مشخصه شدت روشنایی یک ناحیه، از میانگین‌گیری سطوح خاکستری تمام پیکسل‌های واقع در یک ناحیه انجام می‌شود. توابع عضویت برای برچسب‌های زبانی کم، متوسط و زیاد بر روی بازه  $[I_{min}, I_{max}]$  تعریف می‌شود که  $I_{max}, I_{min}$  حداقل و حداکثر مقدار شدت روشنایی در کل تصاویر پایگاه داده است. مقادیر ویژگی‌های کنتراست، همبستگی، همگنی و انرژی از روی ماتریس هم‌خدای<sup>۵</sup> محاسبه شده‌اند [۷]. ویژگی مساحت نیز از روی تعداد پیکسل‌های یک ناحیه محاسبه می‌شود. توابع عضویت تمام ویژگی‌ها به شکل دوزنقه‌ای در نظر گرفته می‌شود.

در این مقاله تنها ویژگی ارتباط مکانی برای لبه‌های گراف در نظر گرفته شده است. برای محاسبه مقدار ۴ برچسب زبانی چپ بودن، راست بودن، بالا بودن و پایین بودن از روش مورفولوژی فازی [۸] استفاده می‌شود. در [۸] با استفاده از زاویه بین مراکز جرم دو ناحیه (یا دو شئی) و توابع عضویت  $\cos^2 \theta$  و  $\sin^2 \theta$ ، مقدار عضویت برای ۴ برچسب زبانی فوق محاسبه می‌شود. به واسطه ویژگی غالبی که در تصاویر پایگاه داده مورد استفاده دیده می‌شود که معمولاً هر ناحیه داخل ناحیه دیگری قرار گرفته است، مقدار عضویت برای ویژگی



شکل (۲): نمودارهای دقت-بازیابی سیستم به ازای چند مقدار مختلف

T

جدول (۱): نتایج بازیابی تصاویر با فواصل متفاوتی از T.

Threshold of Distance T	Measure			Num. of Cluster
	AVRR	Recall(%)	Precision (%)	
T=0.5	4.4	29.6	23.3	145
T=0.55	5.14	44	18.5	102
T=0.6	5.32	49.8	17	84
T=0.65	5.46	54.6	16.1	70
T=0.67	5.61	60.2	15.9	64
T=0.7	5.64	64.7	15	60
T=0.72	5.64	67	14.5	59
T=0.74	5.71	71.8	14.8	55

کاربر نیز با تعیین مرتبط بودن یا نبودن تصاویر بازیابی شده، اطلاعات بازخورد را در اختیار سیستم گذاشته تا سیستم این بازبازیابی را به کمک این اطلاعات انجام دهد. این فرآیند می‌تواند برای چندین مرتبه انجام شود تا بازخوردهای متعددی صورت گیرد. شکل (۳) تصویر پرس‌وجو، تصاویر بازیابی شده در مرحله اعمال پرس‌وجو، اولین مرحله و دومین مرحله بازخورد ربط را نشان می‌دهد. شکل (۴) نیز نمودارهای دقت-بازیابی این سه مرحله را نشان می‌دهد. همانگونه که در تصاویر بازیابی شده شکل (۳-الف) مشاهده می‌شود، تعداد تصاویر مرتبط در این مرحله بازیابی به مراتب بیشتر از مرحله اعمال پرس‌وجو است این واقعیت را می‌توان در نمودارهای شکل (۴) نیز مشاهده کرد. مقدار پارامتر AVRR که نشان دهنده رتبه تصاویر بازیابی شده است نیز در اولین مرحله بازخورد به مراتب بیشتر از مقدار AVRR در مرحله اعمال پرس‌وجو است. مقدار AVRR در مرحله اعمال پرس‌وجو، اولین و دومین مرحله بازخورد به ترتیب برابر ۱۲/۷۸، ۲۰/۳۶ و ۲۰/۹ است. مقدار این پارامتر در دومین مرحله بازخورد نسبت به اولین مرحله بازخورد افزایش قابل توجهی نداشته است. بنابراین فقط با اعمال یک مرحله بازخورد روش پیشنهادی می‌توان عملکرد سیستم را بصورت قابل توجهی بهبود داد و نیازی به اعمال مراحل بعدی بازخورد نمی‌باشد. جدول (۲) نتایج بازیابی سیستم با ازای ۱۲۰ پرس‌وجو را در مراحل مختلف بازیابی بازخورد ربط را نشان می‌دهد.

سپس تصاویر متعلق به آن خوشه براساس میزان شباهت‌شان به تصویر پرس‌وجو مرتب می‌شوند و به کاربر ارائه می‌شود. برای ارزیابی عملکرد سیستم از دو معیار استاندارد بازیابی<sup>۶</sup> و دقت<sup>۷</sup> استفاده می‌شود.

$$Recall = \frac{\text{Number of images retrieved and relevant}}{\text{Total number of relevant images in the database}} \quad (۶)$$

$$Precision = \frac{\text{Number of images retrieved and relevant}}{\text{Total number of retrieved images}} \quad (۷)$$

علاوه بر این دو معیار، معیار دیگری تحت عنوان نرخ بازیابی میانگین (AVRR)<sup>۹</sup> تعریف می‌شود.

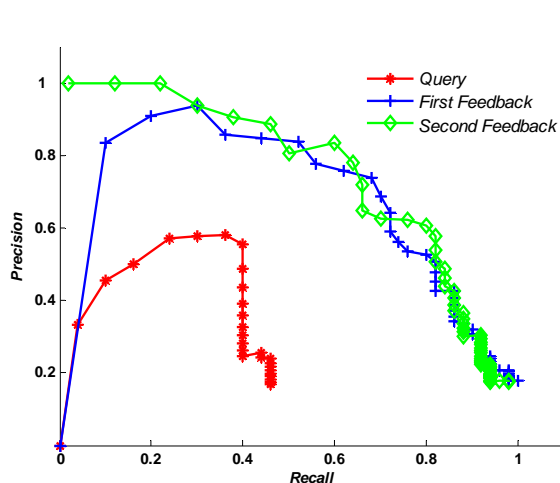
$$AVRR = \frac{1}{Q} \left\{ \sum_{i=1}^M \frac{Rank_i}{N_r} \right\} \quad (۸)$$

در رابطه بالا،  $Rank_i$  رتبه  $i$  امین تصویر بازیابی شده است. اگر تصویر مرتبط با تصویر پرس‌وجو باشد، رتبه هر تصویر نیز براساس موقعیت آن در لیست تصاویر بازیابی شده تعیین می‌شود. در غیر این صورت رتبه تصویر، صفر در نظر گرفته می‌شود.  $N_r$  تعداد تصاویر مرتبط در پایگاه داده است و  $Q$  تعداد پرس‌وجوهای است که انجام می‌شود.  $M$  تعداد تصاویر بازیابی شده به ازای یک پرس‌وجو است. در بهترین حالت هنگامی که تمام تصاویر مرتبط بازیابی شود،  $AVRR = (Nr + 1) / 2$  است.

در الگوریتم نمایه‌گذاری استفاده شده در این سیستم مقدار حد آستانه  $T$  (میزان فاصله بین گراف ورودی و گراف رهبر هر دسته) تعیین کننده است. اهمیت این پارامتر به دلیل تأثیر کلیدی آن در عملکرد کلی سیستم و همچنین زمان بازیابی است. بنابراین جهت تعیین مقدار بهینه این پارامتر نیاز است که الگوریتم نمایه‌گذاری (خوشه‌یابی) و بدنبال آن بازیابی برای مقادیر مختلف  $T$  آزمایش شود. در جدول (۱) عملکرد کلی سیستم بازیابی براساس معیارهای دقت، بازیابی و AVRR به ازای مقادیر مختلف  $T$  برای ۱۲۰ بار پرس‌وجو آورده شده است. همانگونه که جدول (۱) مشاهده می‌کنید، با افزایش تعداد تصاویر بازیابی شده مقدار معیار بازیابی افزایش و مقدار معیار دقت کاهش می‌یابد. علاوه بر این تعداد خوشه‌ها با افزایش مقدار معیار فاصله  $T$  کاهش می‌یابد. نمودار شکل (۲) نمودار بازیابی-دقت را به ازای چند مقدار معیار فاصله  $T$  نشان می‌دهد. با توجه به عملکرد سیستم، زمان بازیابی و معنادار بودن خوشه‌ها، مقدار بهینه فاصله  $T$  تعیین می‌گردد. در کاربرد ما، مقدار بهینه  $T=0.74$  در نظر گرفته می‌شود. البته انتخاب این مقدار بهینه می‌تواند با توجه به اهمیت یکی از سه معیار دقت، بازیابی یا AVRR در کاربرد تعریف شده تغییر کند.

#### ۴-۲- تأثیر استفاده از روش پیشنهادی بازخورد ربط

جهت ارزیابی دقیق روش پیشنهادی بازخورد ربط بر عملکرد سیستم بازیابی تصویر مورد مطالعه، تصویری به عنوان تصویر پرس‌وجو به سیستم ارائه می‌گردد و تصاویر بازیابی شده به کاربر ارائه می‌گردد.



شکل (۴): نمودارهای دقت-بازیابی در مرحله اعمال پرس‌وجو، اولین و دومین مرحله اعمال بازخورد ربط.

جدول (۲): نتایج بازیابی سیستم در مراحل مختلف بازخورد.

Retrieval Stages	Measure		
	AVRR	Recall(%)	Precision(%)
Query Retrieval	5.7	70.2	16.6
First Feedback	9.9	94	15.4
Second Feedback	11.9	96	14.9

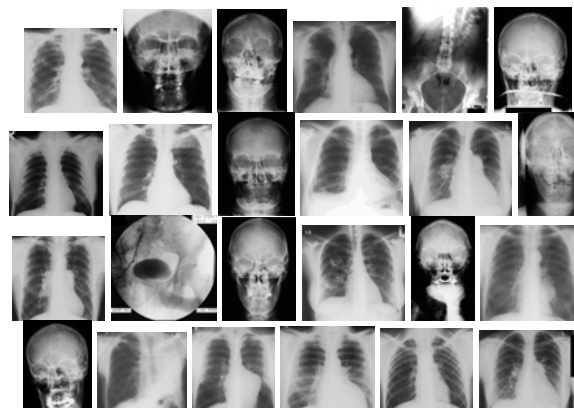
## ۵- نتیجه‌گیری

در سیستم‌های بازیابی براساس محتوا تعاملی تحت عنوان بازخورد ربط بین سیستم و کاربر وجود دارد. لزوم وجود این چنین تعاملی بهبود عملکرد سیستم طبق نظر کاربر است. دو دلیل عمده برای محدودیت کارایی سیستم‌های بازیابی تصویر براساس محتوا وجود شکاف معنایی و سلیقه‌ای بودن ادراک انسان است.

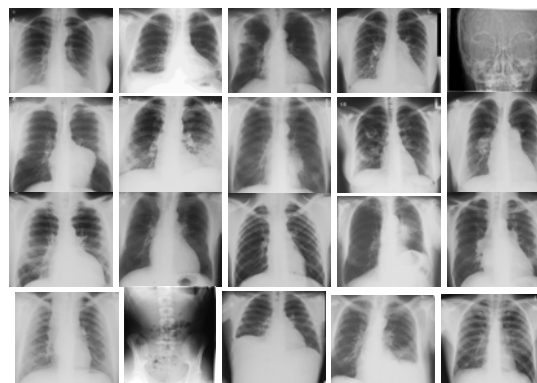
در این مقاله یک روش ترکیبی بازخورد ربط براساس تخمین تابع توزیع پرس‌وجو و اصلاح وزن‌های تابع معیار شباهت ارائه می‌شود. در این روش با تعریف یک معیار شباهت براساس تخمین تابع توزیع پرس‌وجو برای هر ویژگی به همراه وزن‌هایی که اهمیت هر ویژگی را در شکل‌دهی این تابع نشان می‌دهد، سعی شده که یک روش ترکیبی در بازخورد ربط ارائه شود. برای تخمین تابع توزیع پرس‌وجو از یک رویکرد تخمین تابع احتمال پسین پرس‌وجو استفاده شده است. در این رویکرد با فرض گوسی بودن توزیع پرس‌وجو سعی می‌شود که احتمال مشابه بودن تصویر پرس‌وجو با تصاویر داخل پایگاه داده تخمین زده شود. در این مقاله با تعریف مناسب ویژگی خوب از روی تصاویر مرتبط و غیر مرتبط، ویژگی‌های خوب و بد تصاویر مرتبط و غیر مرتبط به یک شبکه عصبی آموزش داده شده است تا به کمک آن بتوان میزان تأثیر هر ویژگی را در شکل‌گیری تابع شباهت تعیین کرد. استفاده از شبکه عصبی در تعیین وزن‌ها، امکان یادگیری بلندمدت برای بازخوردهای بعدی را فراهم می‌کند. در این مقاله جهت ارزیابی روش پیشنهادی بازخورد ربط از سیستمی که قبلاً جهت بازیابی تصاویر رادیولوژی شکل گرفته استفاده می‌شود. در این سیستم از گراف‌های فازی ویژگی‌دار



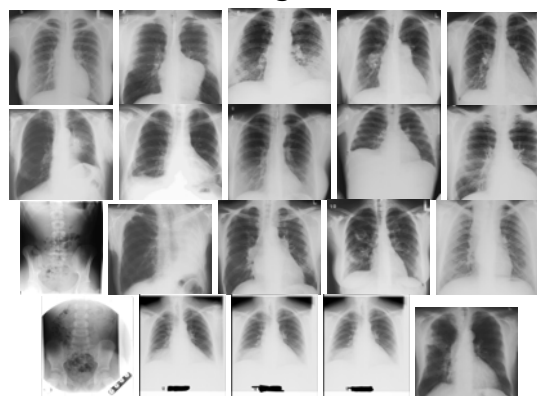
(الف)



(ب)



(ج)



(د)

شکل (۳): عملکرد روش پیشنهادی بازخورد ربط را نشان می‌دهد. (الف) - تصویر پرس‌وجو، (ب) - تصاویر بازیابی شده در مرحله اعمال پرس‌وجو، (ج و د) - تصاویر بازیابی شده در اولین و دومین مرحله بازخورد ربط (تصاویر از بالا به پایین و از راست به چپ براساس میزان شباهت‌شان مرتب شده‌اند).

## زیر نویس‌ها

- <sup>1</sup> Relevance Feedback
- <sup>2</sup> Fuzzy Attributed Relational Graph
- <sup>3</sup> Color Coherence Vector
- <sup>4</sup> Query
- <sup>5</sup> Co-occurrence Matrix
- <sup>6</sup> Leader Clustering Algorithm
- <sup>7</sup> Recall
- <sup>8</sup> Precision
- <sup>9</sup> Average Recall Rate

نسی جهت جایگزینی تصویر استفاده شده است. هر تصویر پرس‌وجو به یک گراف FARG تبدیل می‌شود و با استفاده از یک الگوریتم فازی تطبیق گراف، تصاویر مشابه با تصویر پرس‌وجو در پایگاه داده شناسایی می‌شود. نتایج آزمایش‌های بازخورد ربط بر روی پایگاه داده تصاویر رادیولوژی کارایی و کارآمدی روش پیشنهادی را در عمل نشان می‌دهد. در این مقاله برای تخمین تابع توزیع پرس‌وجو از توزیع گوسی استفاده شده است در صورتی که اگر از روشهای غیر پارامتریک جهت تخمین تابع توزیع پرس‌وجو استفاده می‌شد، ممکن بود تخمین دقیق‌تری از تابع توزیع پرس‌وجوهای کاربران مختلف حاصل شود.

## سپاسگزارى

از مرکز تحقیقات مخابرات ایران که از تحقیقات منجر به این مقاله حمایت کرده است، تشکر می‌کنیم.

## مراجع

- [1] I. El-Naqa, Y. Yang, N. P. Galatsanos, R. M. Nishikawa, and M. N. Wernick, "A similarity learning approach to content-based image retrieval: Application to digital mammography," *IEEE Transactions on Medical Imaging*, vol.23, no.10, pp.1233-1244, 2004.
- [2] I. J. Cox, M. L. Miller, T. P. Minka, T. Papatomas, and P. N. Yianilos, "The Bayesian image retrieval system, PicHunter: Theory, implementation, and psychophysical experiments," *IEEE Trans. on Image Processing*, Vol.9, No.1, pp. 20-37, Jan. 2000.
- [3] Z. Su, H. Zhang, S. Li, and S. Ma, "Relevance Feedback in Content Based image Retrieval Bayesian framework feature Subspaces, and progressive Learning," *IEEE Trans. on Image Processing*, vol. 12, no. 8, pp. 924-937, August 2003.
- [4] Y. Rui, T.S.Huang, and S. Mehrotra, "Content-based image retrieval with relevance feedback in MARS," *Proceedings of Int. Conf. on Image Processing*, Vol.2, pp. 815 -818, 1997.
- [5] I. King and Z. Jina, "Integrated probability function and its application to content-based image retrieval by relevance feedback," *Pattern Recognition*, vol.36, pp. 2177-2186, 2003.
- [6] G. Pass, and R. Zabith, "Histogram refinement for content-based image retrieval", *IEEE Workshop on Applications of Computer Vision*, pp. 96-102, 1996.
- [7] M.R. Haralick, K. Shanmugam, and I. Dinstein, "Texture Features for Image Classification", *IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics*, vol. 3, no. 6, pp. 610-621, 1973.
- [8] I. Bloch, "Fuzzy Relative Position between Objects in Image Processing: A Morphological Approach", *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 21, no. 7, pp. 657-664, July 1999.
- [9] J. Hartigan, *Clustering Algorithms*. Wiley, 1975.
- [10] S. Medasani, R. Krishnapuram, and Y. Choi, "Graph Matching by Relaxation of Fuzzy Assignments", *IEEE Trans. Fuzzy Systems*, vol. 9, no. 1, pp. 173-182, 2001.
- [11] Lehmann, T. M., Guld, M. O., Thies, C., Plodowski, B., Keyzers, D., Ott, B. and Schubert, H., "IRMA-Content-based image retrieval in medical applications", *Proceedings of the 14<sup>th</sup> World Congress on Medical Informatics*, pp. 842-848, 2004.