

# ارائه یک روش بازخورد ربط با رویکرد اصلاح معیار شباهت در یک سیستم بازیابی تصویری مبتنی بر جایگزینی فازی تصاویر اشعه X پزشکی با گراف نسبی ویژگی دار فازی

حسین پورقاسم<sup>(۱)</sup> - حسن قاسمیان<sup>(۲)</sup>

(۱) استادیار - دانشکده برق، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نجف آباد

(۲) استادیار - دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت: پاییز ۱۳۸۸ تاریخ پذیرش: زمستان ۱۳۸۹

**خلاصه:** جهت بهبود عملکرد سیستم‌های بازیابی تصویر براساس محتوا از روش‌های بازخورد ربط<sup>۱</sup> استفاده می‌شود. در این مقاله، یک روش جدید بازخورد ربط با رویکرد اصلاح معیار شباهت در یک سیستم بازیابی تصویر مبتنی بر جایگزینی فازی تصاویر اشعه X پزشکی با گراف نسبی ویژگی‌دار فازی<sup>۲</sup> ارائه شده است. روش بازخورد ربط پیشنهادی با استفاده از میزان شباهت تصاویر مرتبط و غیرمرتبط با تصویر پرس‌وجو، وزن بهینه‌ای برای هر ویژگی در بردار ویژگی محاسبه می‌گردد تا در الگوریتم تطبیق فازی گراف به عنوان یک پارامتر تصحیح‌کننده معیار شباهت استفاده گردد. وزن بهینه برای هر ویژگی در بردار ویژگی از روی انحراف معیار ویژگی‌های تصاویر بازیابی شده در راستای بعد ویژگی در فضای ویژگی محاسبه می‌گردد. در سیستم پیشنهادی، از گراف‌های نسبی ویژگی‌دار فازی جهت جایگزینی فازی تصویر، از یک الگوریتم تطبیق فازی گراف جهت تعریف معیار شباهت و از یک الگوریتم طبقه‌بندی معنایی مبتنی بر نقشه ادغام جهت تعیین فضای جستجو در پایگاه داده استفاده شده است. جهت ارزیابی روش بازخورد ربط در سیستم پیشنهادی از یک پایگاه داده استاندارد تصاویر اشعه X پزشکی شامل 10000 تصویر در 57 کلاس مختلف استفاده شده است. بهبود پارامترهای ارزیابی سیستم بازیابی، کارایی و کارآمدی سیستم پیشنهادی را نشان می‌دهد.

**کلمات کلیدی:** بازخورد ربط، سیستم بازیابی تصویر براساس محتوا، گراف نسبی ویژگی‌دار فازی، معیار شباهت.

## ۱ - مقدمه

زبان خاص قابل استفاده است. در مقابل روش‌های بازیابی بر اساس متن، روش‌های بازیابی تصویر براساس محتوا از ویژگی‌های بینایی تصویر همچون رنگ، بافت، لبه، شکل، موقعیت و ارتباطات مکانی اشیاء یا نواحی داخل تصویر استفاده می‌کنند. بنابراین روش‌های بازیابی تصویر بر اساس محتوا می‌توانند دورنمایی از بازیابی تصویر بر اساس تشریح محتویات تصویر برای ما ترسیم کنند [۱].

اگرچه سال‌های اخیر، سیستم‌های بازیابی تصویر براساس محتوا به صورت گسترده در کاربردهایی همچون کتابخانه دیجیتالی، شناسایی چهره و اثرانگشت، خرید اینترنتی، جستجوی علامت تجاری، جستجوی و انتشار اینترنتی مورد استفاده قرار گرفته است ولی تعداد کمی از این سیستم‌ها همچون [۲] ASSERT، [۳] IRMA و [۴] NHANES در کاربردهای خاص پزشکی طراحی و پیاده‌سازی شده‌اند. بسیاری از سیستم‌های پزشکی بازیابی تصویر همچون تصاویر

گسترش تعداد پایگاه داده‌های تصاویر پزشکی با حجم بزرگ و همچنین کاربردهای آنها در مدیریت پایگاه داده‌های پزشکی، تشخیص بیماری به کمک کامپیوتر، تحقیقات، آموزش و تعلیم پزشکی، به کارگیری سیستم‌های جستجو و بازیابی بر اساس محتوا در کاربردهای پزشکی را اجتناب‌ناپذیر کرده است. روش‌های رایج بازیابی تصویر مطابق با نوع و طبیعت ویژگی‌های مورد استفاده در نمایه‌گذاری و بازیابی تصویر به دو دسته تقسیم می‌شوند: دسته اول، روش‌های براساس متن جهت بازیابی تصویر است که در این روش‌ها محتویات با استفاده از تشریح‌کننده‌های متنی بیان می‌شود. پرس‌وجو در این سیستم‌ها براساس متن صورت می‌گیرد. ولی استفاده از این روش‌ها محدودیت‌هایی را در بازیابی تصویر ایجاد می‌کنند. علاوه بر این حاشیه‌نویسی متنی برای تمام تصاویر داخل پایگاه داده کاری وقت‌گیر و منحصرًا برای یک

یک پایگاه داده تصاویر متنی ارائه شده است. در این الگوریتم، درجه اهمیت هر جزء متن در فرآیند بازیابی به کمک قواعد فازی محاسبه می‌گردد و سعی می‌شود در بازخوردهای بعدی اجزایی که دارای اهمیت بیشتری هستند، نقش موثرتری در بازیابی داشته باشند.

در این مقاله، یک روش بازخورد ربط با رویکرد اصلاح معیار شباهت در یک چارچوب بازیابی تصویر براساس محتوا مبتنی بر جایگزینی گراف نسبی ویژگی‌دار فازی [۳۲] در کاربرد تصاویر اشعه X پزشکی ارائه شده است. در این چارچوب هر تصویر از پایگاه داده با یک گراف نسبی ویژگی‌دار فازی جایگزین می‌گردد و برای مقایسه و استخراج میزان شباهت تصاویر با یکدیگر از یک الگوریتم تطبیق فازی گراف [۳۳] به عنوان معیار شباهت استفاده می‌گردد. روش بازخورد ربط پیشنهادی با استفاده از میزان شباهت تصاویر مرتبط و غیرمرتبط با تصویر پرس‌وجو، وزن بهینه‌ای برای هر ویژگی در بردار ویژگی محاسبه کرده تا در الگوریتم تطبیق فازی گراف به عنوان یک پارامتر تصحیح‌کننده معیار شباهت استفاده کند. وزن بهینه برای هر ویژگی در بردار ویژگی از روی انحراف معیار ویژگی‌های تصاویر بازیابی شده در راستای بعد ویژگی در فضای ویژگی محاسبه می‌گردد. در چارچوب پیشنهادی این مقاله، ویژگی‌های مستخرج از نواحی تصویر در گره گراف و ویژگی‌های نسبی بین نواحی در لبه‌های بین دو گره در گراف نسبی ویژگی‌دار فازی جایگزین می‌گردد. از ویژگی‌های مختلف بافت برای گره‌ها و از ویژگی‌های مکانی برای لبه‌ها استفاده شده است. در چارچوب پیشنهادی، از یک طبقه‌بند معنایی مبتنی بر نقشه ادغام<sup>۲</sup> [۳۴] جهت تعیین فضای جستجو در پایگاه داده استفاده شده است.

در بخش (۲) مقاله، چارچوب پیشنهادی بازیابی تصویر بر اساس محتوا معرفی می‌شود. بخش (۳) جزئیات روش بازخورد ربط پیشنهادی تشریح می‌گردد. بخش (۴) نتایج آزمایش‌های انجام شده را ارائه می‌کند و در بخش (۵) نیز نتیجه‌گیری از کار صورت گرفته و مقایسه‌ای با کارهای قبلی ارائه می‌شود.

## ۲ - چارچوب سیستم بازیابی تصویر براساس محتوا

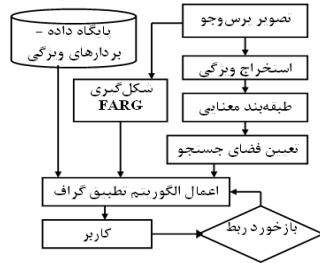
### ۲-۱- نمای کلی سیستم

شکل (۱) نمای کلی سیستم نمایه‌گذاری و بازیابی تصویر براساس محتوا با بازخورد ربط را نشان می‌دهد. در این سیستم، به کمک یک طبقه‌بند معنایی، تصاویر پایگاه داده در کلاس‌های از پیش تعریف شده‌ای طبقه‌بندی می‌گردد. در ادامه  $m$  تا از نزدیکترین (محتمل‌ترین) کلاس‌ها به کلاس تصویر پرس‌وجو به عنوان فضای جستجو در نظر گرفته می‌شود. برای استخراج میزان شباهت تصاویر موجود در فضای جستجو با تصویر پرس‌وجو از یک الگوریتم جایگزینی گراف و تطبیق گراف‌ها استفاده شده است. برای این منظور هر تصویر پایگاه داده با یک FARG [۳۲] جایگزین شده است. همانگونه که می‌دانید یک گراف ویژگی‌دار از تعدادی گره (Node) و لبه (Edge) تشکیل شده است. برای جایگزینی یک تصویر با یک گراف ویژگی‌دار، هر ناحیه

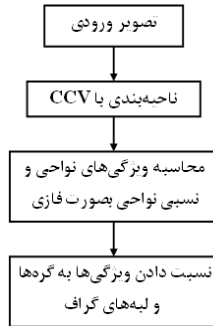
رزولوشن بالای CT شش [۵]، تصاویر ماموگرافی [۶]، تصاویر CT قفس سینه [۷]، تصاویر اشعه X قفس سینه [۸]، تصاویر اشعه X نخاع [۴،۹] و تصاویر اشعه X دندان [۱۰] اغلب برای تصاویر با اعضای خاصی از بدن و سیستم‌های تصویربرداری خاصی به کار گرفته می‌شوند و برای کاربردهای دیگر مورد استفاده قرار نمی‌گیرند [۱۱-۱۴]. در مقابل تعداد کمی از این سیستم‌ها (Kmed [۱۵] و IRMA [۳]) برای کاربردهای عام پزشکی گسترش پیدا کرده‌اند.

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 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 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 بر اساس مرتبط بودن (تصویر مثبت) یا نبودن (تصویر منفی) با تصویر پرس‌وجو مرتب کند. با این بازخورد، سیستم عملکرد خود را به صورتی تغییر می‌دهد 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 [۱۶]. بیشترین کارهای صورت گرفته در بازخورد ربط بر پایه ۲ روش عمده زیر است:

- حرکت نقطه پرس‌وجو: در این روش سعی می‌شود با حرکت نقطه‌ای جستجوی جاری به کمک بازخورد کاربر، تخمین نقطه جستجوی ایده‌آل (به صورت ویژگی‌های سطح پایین) بهتر شود [۱۷-۲۳].
- اصلاح وزن‌ها: در این روش وزن‌ها و پارامترهای مورد استفاده در تعیین میزان شباهت براساس بازخورد کاربر اصلاح می‌شود [۲۴-۳۱]. در روش‌های بازخورد ربط از تصاویر مثبت به تنهایی یا از تصاویر مثبت و منفی به طور همزمان جهت اصلاح عملکرد بازیابی استفاده می‌شود. در [۱۹] از نمونه تصاویر مثبت جهت تخمین توزیع گوسین تصاویر دلخواه یک پرس‌وجوی خاص و از نمونه تصاویر منفی جهت اصلاح رتبه‌بندی تصاویر بازیابی شده استفاده می‌گردد. ویژگی‌های تمام نمونه‌های مثبت جهت محاسبه و به‌روز کردن پارامترهای توزیع گوسین معنایی آن کلاس، به کار گرفته می‌شود. سپس از یک طبقه‌بند بی‌زین جهت رتبه‌بندی دوباره تصاویر در پایگاه داده استفاده می‌شود. در [۲۲]، یک روش بازخورد ربط مبتنی بر اصلاح بردار پرس‌وجو در



شکل (۱): نمای کلی سیستم و بازیابی تصویر براساس محتوا  
 Fig. (1): The general schematic system and image recovery based on image content



شکل (۲): روندنمای شکل‌گیری FARG  
 Fig. (2): The process of FARG shaping

در این فرآیند، پیکسلها به پیکسلهای هم‌رنگ یا به پیکسلهای غیر هم‌رنگ تقسیم‌بندی می‌شوند. پیکسلهای هم‌رنگ متعلق به یک ناحیه پیوسته و با یک حداقل مساحت است در صورتی که پیکسلهای غیر هم‌رنگ به این صورت نیستند.

مرحله اول در محاسبه بردار هم‌رنگ رنگی مشابه محاسبه هیستوگرام رنگ است. در ابتدا مقدار میانگین محاسبه شده در یک همسایگی  $3 \times 3$  از تصویر، جایگزین هر پیکسل می‌شود. این کار جهت حذف تغییرات کوچک در یک همسایگی از تصویر انجام می‌شود. گام بعدی، طبقه‌بندی پیکسلها در یک محدوده رنگی مشخص به دو دسته هم‌رنگ و غیرهم‌رنگ است. یک پیکسل هم‌رنگ قسمتی از یک گروه بزرگ از پیکسلهایی است که رنگ مشابه دارند در حالی که یک پیکسل غیر هم‌رنگ به این صورت نیست. یک گروه به هم پیوسته  $C$ ، یک مجموعه‌ای از پیکسلها است که بین دو پیکسل  $p, p' \in C$  قرار گرفته‌اند. بین دو پیکسل  $p, p'$  از گروه  $C$  مسیری از پیکسلها قرار گرفته‌اند که رشته‌ی  $p = p_1, p_2, \dots, p_n = p'$  را شکل می‌دهد به صورتی که  $p_i, p_{i+1}$  دو پیکسل پشت سرهم و همسایه هستند. هنگامی که گروه‌های به هم پیوسته پیکسلها مشخص شد، هر پیکسل دقیقاً به یک گروه به هم پیوسته تعلق می‌گیرد. یک پیکسل هم‌رنگ است اگر تعداد پیکسلهای گروه مربوط به آن پیکسل از حد آستانه‌ی  $\tau$  کمتر نباشد. در غیر این صورت پیکسل غیر هم‌رنگ است. فرض کنید تعداد پیکسلهای هم‌رنگ رنگ  $\alpha_j$  و تعداد پیکسلهای غیر هم‌رنگ  $\beta_j$  باشد. در آن صورت تعداد کل پیکسلها در آن رنگ  $\alpha_j + \beta_j$  است و هیستوگرام رنگی را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:

معنی‌دار از تصویر یا هر شیئی موجود در تصویر با یک گره در گراف جایگزین می‌گردد و ویژگی‌های نسبی بین نواحی یا اشیاء داخل تصویر در لبه بین دو ناحیه متناظر جایگزین می‌شود. در ادامه برای مقایسه تصاویر و استخراج میزان شباهت بین دو تصویر از الگوریتم‌های تطبیق گراف [۳۳] جهت استخراج میزان تطابق بین دو گراف استفاده می‌گردد. به عبارت دیگر در این سیستم از یک الگوریتم تطبیق گراف نسبی ویژگی‌دار فازی به عنوان معیار شباهت استفاده می‌شود. در ادامه تصاویر براساس میزان شباهتشان با گراف تصویر برس‌وجو مرتب شده و به کاربر ارائه می‌گردد. کاربر نیز تصاویر بازیابی شده را به دو دسته تصاویر مرتبط (مثبت) و غیرمرتبط (منفی) تقسیم می‌کند تا به عنوان بازخورد کاربر به سیستم داده شود. سیستم نیز با فرآیند بازخورد ربط عملکرد خود را بهبود می‌دهد. روش بازخورد ربط سیستم پیشنهادی مبتنی بر رویکرد اصلاح معیار شباهت (الگوریتم تطبیق گراف) می‌باشد و در هر تکرار از آن وزن مربوط به هر ویژگی در بردار ویژگی را اصلاح می‌کند.

## ۲-۲- شکل‌گیری گراف نسبی ویژگی‌دار فازی برای هر تصویر

شکل (۲) روندنمای شکل‌گیری گراف نسبی ویژگی‌دار فازی برای هر تصویر در پایگاه داده را نشان می‌دهد. در این روندنما، در ابتدا جهت شناسایی نواحی هم‌گن و معنی‌دار یا اشیاء موجود در تصویر، تصویر ورودی ناحیه‌بندی می‌گردد. برای ناحیه‌بندی تصاویر از روش ساده و البته کارآمد بردار هم‌رنگ رنگی<sup>۴</sup> استفاده می‌شود. پس از این هر ناحیه با یک گره از گراف برچسب‌گذاری می‌شود. یک بردار ویژگی  $x_j$  شامل ویژگی‌های بافت، شدت روشنایی و دیگر ویژگیها برای هر ناحیه  $j$  شکل می‌گیرد. در این مقاله برای هر ناحیه ۱۲ نوع ویژگی کنتراست، همبستگی، همگنی، انرژی مستخرج از ماتریس هم‌خدادی در ۴ جهت صفر، ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ درجه [۳۵]، شدت روشنایی، مساحت، تشریح‌کننده ضرایب فوری به عنوان ویژگی لبه [۳۶]، جهت محور اصلی، میزان کشیدگی و طول محور اصلی و فرعی به عنوان ویژگی شکل [۲۷]، نامتغیرهای ممانی به عنوان ویژگی شکل [۳۸] در نظر گرفته شده است. برچسب‌های زبانی برای تمام ویژگی‌ها به صورت کم<sup>۵</sup>، متوسط<sup>۶</sup> و زیاد<sup>۷</sup> در نظر گرفته شده است. علاوه بر این برای هر لبه گراف، ویژگی ارتباط مکانی با ۵ برچسب زبانی چپ بودن<sup>۸</sup>، راست بودن<sup>۹</sup>، بالا بودن<sup>۱۰</sup>، پایین بودن<sup>۱۱</sup> و محاط بودن<sup>۱۲</sup> در نظر گرفته شده است [۳۹]. در ادامه جزئیات بیشتری از نحوه شکل‌گیری FARG ارائه می‌گردد.

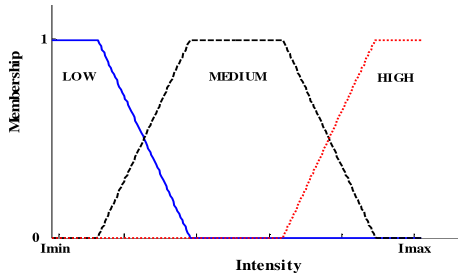
## ۲-۲-۱- بردار هم‌رنگ رنگی<sup>۱۳</sup>

یک بردار هم‌رنگ رنگی به صورت معیاری از پیکسلها که در یک ناحیه رنگی مشابه قرار گرفته‌اند یا نگرفته‌اند، تعریف می‌شود [۴۰]. به این نواحی رنگی، نواحی هم‌رنگ می‌گویند.

B C B B A A	2 1 2 2 1 1	22 10 21 22 15 16
B B C B A A	2 2 1 2 1 1	24 21 13 20 14 17
B C D B A A	2 1 3 2 1 1	23 17 38 23 17 16
B B B A A E	2 2 2 1 1 2	25 25 22 14 15 21
B B A A E E	2 2 1 1 2 2	27 22 12 11 21 20
B B A A E E	2 2 1 1 2 2	24 21 10 12 22 23

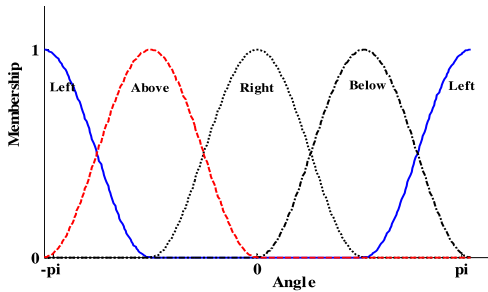
(الف) (ب) (ج)

شکل (۳): نحوه‌ی محاسبه‌ی بردار همگرایی رنگی یک تصویر 6×6  
Fig. (3): The method of computation of color convergence of a 6×6 image



شکل (۴): تابع عضویت ذوزنقه‌ای شکل مربوط به ویژگی هر ناحیه (گره در گراف)

Fig. (4): The trapezoidal membership function related to the characteristic of each region



شکل (۵): تابع عضویت ارتباط مکانی بین نواحی داخل تصویر برحسب زاویه بین آنها

Fig. (5): The membership function of local link among the regions inside the image as a function of the angle between them

### ۳-۲-۳ الگوریتم تطبیق فازی گراف به عنوان معیار شباهت

الگوریتم تطبیق گراف فازی<sup>۱۴</sup>، یک الگوریتم تطبیق گراف فازی است که از برچسب‌گذاری منقطع و تئوری مجموعه فازی برای حل مسأله زیرگراف‌های هم‌ریخت استفاده می‌کند [۳۲]. برای دو گراف داده شده، الگوریتم سعی می‌کند بهترین تطابق ممکن بین آنها را برگرداند. FGM از یک ماتریس مقدار عضویت  $U = [u_{ij}]$  استفاده می‌کند که  $u_{ij}$  درجه نسبی ارتباط گره‌ی  $i \in A$  نسبت به گره‌ی  $j \in B$  است به عبارت دیگر  $U$  ماتریس تطبیق فازی است. تابع هدف که در الگوریتم FGM مورد استفاده قرار می‌گیرد به صورت زیر است:

$$J(U, C) = \sum_{i=1}^{n+1} \sum_{j=1}^{m+1} u_{ij}^2 (c_{ij}) + \eta \sum_{i=1}^{n+1} \sum_{j=1}^{m+1} u_{ij} (1 - u_{ij}) \quad (3)$$

$(i, j) \neq (n+1, m+1)$

$\eta$  ثابتی است که تأثیر نسبی جزء دوم رابطه‌ی بالا را در فرآیند حداقل‌سازی کنترل می‌کند.  $c_{ij}$  درجه تطابق پذیری گره‌ی  $i$  از گراف

$$\langle \alpha_1 + \beta_1, \dots, \alpha_n + \beta_n \rangle \quad (1)$$

برای هر رنگ جفت  $(\alpha_j, \beta_j)$  محاسبه می‌شود. در نهایت بردار هم‌رنگ رنگی به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\langle (\alpha_1, \beta_1), \dots, (\alpha_n, \beta_n) \rangle \quad (2)$$

برای مثال یک تصویر 6×6 مانند آنچه در شکل (۳-الف) نشان داده شده است، در اختیار است. در این تصویر سه جزء رنگی و  $\tau = 4$  در نظر گرفته شده است. تصویر فوق به ۳ فضای رنگی شامل پیکسل‌هایی که دارای سطح خاکستری 10 تا 19، 20 تا 29 و بیشتر از 30 هستند، تقسیم‌بندی می‌شود تا تصویر شکل (۳-ب) شکل گیرد. قدم بعدی محاسبه‌ی اجزای به هم پیوسته رنگی در تصویر است. این اجزای با برچسب‌های A, B, C, D, E مشخص می‌شود (شکل (۳-ج)). اجزای A, B, E دارای تعداد حداقل پیکسل  $\tau = 4$  هستند و اجزای C, D کمتر از آستانه  $\tau$  پیکسل دارند. بنابراین پیکسل‌های موجود در A, B, E پیکسل‌های هم‌رنگ هستند در حالی که پیکسل‌های C, D غیر هم‌رنگ هستند. نهایتاً بردار هم‌رنگ رنگی تصویر را می‌توان به صورت  $\langle (12, 3), (20, 0), (0, 1) \rangle$  نوشت.

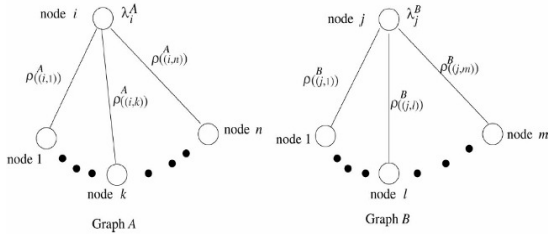
### ۲-۲-۲ محاسبه ویژگی‌های گره گراف FARG

ویژگی‌های محاسبه شده برای هر ناحیه به صورت فازی به هر گره FARG نسبت داده می‌شود. برای فازی کردن ویژگی‌ها از سه برچسب زبانی کم، متوسط و زیاد با توابع عضویت ذوزنقه‌ای استفاده می‌شود. برای ویژگی شدت روشنایی، از تمام پیکسل‌های واقع در یک ناحیه میانگین‌گیری می‌شود و توابع عضویت برای سه برچسب زبانی بر روی بازه  $[I_{min}, I_{max}]$  تعریف می‌شود که  $I_{min}$  و  $I_{max}$  حداقل و حداکثر مقدار شدت روشنایی در کل تصاویر پایگاه داده است. برای بقیه ویژگی‌ها (کنتراست، همبستگی، همگنی، انرژی مستخرج از ماتریس هم‌خدادی و مساحت ناحیه) نیز به همین صورت مقدار تعلق فازی به سه برچسب زبانی از روی توابع عضویت ذوزنقه‌ای به دست می‌آید. توابع عضویت به کارگرفته شده در شکل (۴) نشان داده شده است.

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

در این مقاله فقط ویژگی ارتباط مکانی برای لبه‌های گراف در نظر گرفته شده است. برای هر دو ناحیه (گره) از تصویر مقدار ویژگی ارتباط مکانی محاسبه و 5 برچسب زبانی چپ بودن، راست بودن، بالا بودن، پایین بودن و محاط بودن با توابع عضویت  $\cos^2 \theta$  و  $\sin^2 \theta$  به لبه مربوطه نسبت داده می‌شود. برای محاسبه 4 برچسب زبانی چپ‌بودن، راست‌بودن، بالا بودن و پایین بودن از روش ریخت‌شناسی فازی [۳۹] (استفاده از زاویه بین مراکز جرم دو ناحیه (یا دو شیء)) و توابع عضویت  $\cos^2 \theta$  و  $\sin^2 \theta$  (شکل (۵))، استفاده می‌شود.

به واسطه ویژگی غالبی که در تصاویر پایگاه داده مورد استفاده دیده می‌شود که معمولاً هر ناحیه داخل ناحیه‌ی دیگری قرار گرفته است، مقدار عضویت برای ویژگی محاط‌بودن برابر مقدار حداکثر مقادیر تابع عضویت فازی 4 برچسب اول در نظر گرفته می‌شود.



شکل (۶): نحوه محاسبه تطابق پذیری دو گراف [۳۲]

Fig. (6): The method of calculation of digraph coincidence [32]

برای کاهش حجم محاسبات بزرگترین المان  $M$  برابر یک قرار داده می شود و بقیه المانهای هم ردیف و هم ستون آن صفر قرار داده می شود. فرض کنید  $p$  امین ویژگی از FARG برای مثال دارای  $n_{ap}$  مقدار زبانی است. مقدار  $p$  امین ویژگی  $a_p$  از گره  $i$  از گراف  $A$  با  $A_{ip}^A = (a_{ip1}^A, \dots, a_{ipn_{ap}}^A)$  بیان می شود. به طور مشابه مقدار  $p$  امین ویژگی لبه  $(i, k)$  از گراف  $A$  با  $R_{(i,k)p}^A = (r_{(i,k)p1}^A, \dots, r_{(i,k)p n_{ap}}^A)$  بیان می شود. درجه تطابق پذیری  $w_{ij}$  بین ویژگی گره  $i \in V_A$  و گره  $j \in V_B$  به صورت زیر تعریف می شود:

$$w_{ij} = \begin{cases} \frac{\sum_{p=1}^{n_A} W(p)(1 - \max_{1 \leq q \leq n_{ap}} |a_{ipq}^A - a_{jpq}^B|)}{\sum_{p=1}^{n_A} W(p)} & \text{if } i \neq n+1 \text{ and } j \neq m+1 \\ 0 & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

که  $W(p)$  وزن مربوط به ویژگی  $a_p$  است که توسط کاربر مشخص می شود. در اولین تکرار  $f(c_{ij}) = \exp(-w_{ij})$  است و در تکرارهای بعدی از رابطه (۵) استفاده می شود.

$$m_{kl} = u_{kl}^{0.5} \min(w_{kl}, \sum_{p=1}^{n_R} V(p)(1 - \max_{1 \leq q \leq n_{rp}} \zeta_{(i,k)(j,l),pq}^{AB})) \quad (7)$$

که در رابطه بالا،  $V(p)$  وزن مربوط به  $r_p$  است و

$$\zeta_{(i,k)(j,l),pq}^{AB} = \begin{cases} 1 & \text{if } r_{(i,k)pq}^A = 0 \text{ or } r_{(j,l)pq}^B = 0 \\ |r_{(i,k)pq}^A - r_{(j,l)pq}^B| & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (8)$$

معادلات (۶) تا (۸) در رابطه (۵) مورد استفاده قرار می گیرد. برای گرهی کاذب و لبه های مرتبط با آن مقادیر ویژگی برابر صفر مقادیردهی اولیه می شوند.

#### ۴-۲- استخراج ویژگی

در سیستم بازبایی پیشنهادی، طبقه بندی تصاویر اشعه  $x$  پزشکی براساس محتوای شکلی و بافتی آنها صورت می گیرد. برای این منظور از ویژگیهای لبه، شکل و بافت استفاده می شود. بردار ویژگی مورد استفاده متشکل از ویژگی تشریح کننده ضرایب فوریه به عنوان ویژگی لبه [۴۸]، ویژگیهای جهت محور اصلی، میزان کشیدگی و طول محور اصلی و فرعی به عنوان ویژگی شکل [۳۷]، نامتغیرهای ممانی به عنوان ویژگی شکل [۳۸]، ویژگیهای انرژی، همبستگی، کنتراست و همگنی

$A$  و گرهی  $z$  از گراف  $B$  است که بصورت ماتریس تطابق پذیری  $C$  مشخص می شود. تابع  $f(.) = \exp(-\beta c_{ij})$  یک تابع کاهش است که  $c_{ij}$  را به نوعی عدم تشابه تبدیل می کند.  $U$  و  $C$  به یکدیگر وابسته اند.  $U$  و  $C$  با یک فرآیند تکراری به روز می شود. به دلیل اینکه فرآیند تطابق دو گراف مقاوم شود یک گره به هر یک از گرافها اضافه می شود این گره، تحت عنوان گرهی کاذب شناخته می شود. هنگامی که یک گرهی خاص در  $A$  با هیچ یک از گره های موجود در  $B$  به درستی منطبق نشود، این گره به گره کاذب گراف  $B$  نسبت داده می شود. گرهی کاذب با توجه به محدودیت های ارائه شده در رابطه (۴) قادر به حداقل کردن تابع هدف است.

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^{m+1} u_{ij} = 1 & \text{for } i = 1, \dots, n \\ \sum_{i=1}^{n+1} u_{ij} = 1 & \text{for } j = 1, \dots, m \\ u_{ij} \geq 0 & \forall i \text{ and } j \end{cases} \quad (4)$$

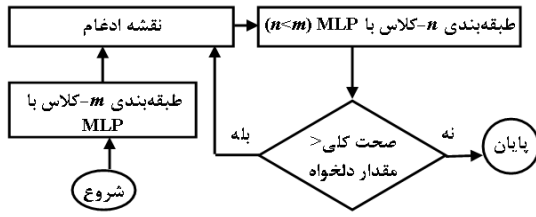
اگر درجه های تطابق  $u_{ij}$  و درجه تطابق پذیری  $c_{ij}$  زیاد شود در آن صورت اولین جزء معادله (۳) حداقل می شود. در حالت ایده آل مطلوب است که  $u_{ij} \in \{0, 1\}$  باشد. برای رسیدن به این هدف جزء دوم (آنتروپی) در رابطه (۳) سعی می کند مقدار  $u_{ij}$  را به مقادیر صفر و یک سوق دهد. معادلات به روز کردن الگوریتم FGM براساس روش لاگرانژ و استفاده از شرایط Karush-Kuhn-Tucker پایه ریزی شده است [۳۳].

#### ۲-۳-۱- به کار گیری FGM در FARGs

برای استفاده از FGM در FARGs نیاز است که تطابق پذیری  $c_{ij} \in [0, 1]$  دوباره تعریف شود:

$$c_{ij} = w_{ij}^{0.5} \sum_{k=1}^{n+1} \sum_{l=1}^{m+1} \frac{m_{kl} m'_{kl}}{n_j^B} \quad i = 1, \dots, n+1 \text{ and } j = 1, \dots, m+1 \quad (5)$$

در رابطه بالا  $w_{ij}$  درجه تطابق بین ویژگیهای گرهی  $i \in V_A$  و گرهی  $j \in V_B$  است.  $m_{kl} \in [0, 1]$  درجه تطابق پذیری بین لبه های  $(i, k) \in E_A$  و لبه  $(j, l) \in E_B$  است و  $M' = [m'_{ij}]$  نزدیکترین ماتریس غیرفازی به ماتریس  $M$  است که شرایط ارائه شده در رابطه (۴) را ارضاء می کند.  $n_j^B$  عامل نرمالیزه کردن است که برابر با تعداد لبه هایی است که به گرهی  $j \in V_B$  ختم می شوند (شکل (۶)). ماتریس  $M'$  همانند یک فیلتر عمل می کند و باعث می شود که هر لبه در گراف  $B$  که به گره  $z$  ختم می شود فقط یک بار در محاسبه  $c_{ij}$  در نظر گرفته شود.



شکل (۷): فرآیند تکراری نقشه ادغام [۳۴]

Fig. (7): The iterative process of merging map [34]

به عبارت دیگر ویژگی‌هایی خوب تلقی می‌شوند که تصاویر مرتبط در راستای آن ویژگی‌ها در فضای ویژگی دارای حداقل واریانس باشند [۴۲]. بر اساس این ایده، وزن یا اهمیت هر ویژگی در بردار ویژگی از روی انحراف معیار ویژگی‌های تصاویر مثبت بازیابی شده محاسبه می‌گردد. هرچه وزن ویژگی در بردار ویژگی بیشتر باشد، ویژگی فوق تأثیر بیشتری در بازیابی تصاویر مشابه تصویر پرس‌وجو دارد. وزن بهینه  $f_i$  برای ویژگی  $i$ ام در معیار فوق به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$f_i = \frac{1}{K_i (\det(C_i))^{1/2}} \quad (9)$$

که  $K_i$  طول ویژگی  $i$ ام و  $C_i$  ماتریس کواریانس وزن دار  $x_i$  است که به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$C_{i_{rs}} = \frac{\sum_{n=1}^N \pi_n (x_{nir} - q_{ir})(x_{nis} - q_{is})}{\sum_{n=1}^N \pi_n} \quad r, s = 1, \dots, K_i \quad (10)$$

در رابطه فوق،  $\pi_n$  درجه وابستگی هر یک از  $N$  تصویر بازیابی شده توسط کاربر است که می‌تواند مقداری در بازه  $[0,1]$  به خود بگیرد. مقدار صفر و یک به ترتیب بیانگر کمترین و بیشترین شباهت تصویر فوق با تصویر پرس‌وجو می‌باشد.  $x_{nir}$  و  $q_{ir}$  به ترتیب مقادیر  $i$ امین ویژگی از  $n$  امین تصویر بازیابی شده و تصویر پرس‌وجو است.

روش بازخورد ربط پیشنهادی، وزن‌های  $f_i$  برای هر ویژگی  $i$  را در الگوریتم تطبیق گراف فازی اعمال می‌کند تا میزان شباهت گراف‌های مربوط به تصاویر پایگاه داده با وزن‌های جدید شناسایی گردد. وزن‌های  $f_i$  در محاسبه درجه تطابق‌پذیری  $w_{ij}$  بین ویژگی‌های  $i \in V_A$  و  $j \in V_B$  اثر خود را نشان می‌دهد. به عبارت دیگر وزن  $f_i$  به جای  $w(p)$  در رابطه (۶) قرار می‌گیرد. با این ترفند در هر بار بازیابی تصاویر، وزن‌های مربوط به ویژگی‌های خوب یعنی ویژگی‌هایی که دارای واریانس کمتری هستند، افزایش می‌یابد تا بدین وسیله این ویژگی‌ها در بازیابی‌های بعدی تأثیر مهم‌تری بر بازیابی تصاویر مثبت داشته باشند.

#### ۴- نتایج آزمایش‌ها

##### ۴-۱- پایگاه داده

در این تحقیق از پایگاه داده تصاویر اشعه X پزشکی پروژه IRMA (ImageCLEFmed 2005) [۴۳] استفاده شده است. این پایگاه داده از 10000 تصویر در 57 کلاس تشکیل شده است. این تصاویر از قسمت‌های مختلف بدن و در جهت‌های مختلف تصویربرداری، تصویر

به عنوان ویژگی‌های بافت [۳۵] و دو ویژگی جدید، یکی طیفی مبتنی بر موزائیک‌بندی و دیگری هیستوگرام جهتی هر دو در فضای چند مقیاسه تبدیل موجب می‌باشد [۳۴، ۴۱].

#### ۲-۵- طبقه‌بندی معنایی مبتنی بر نقشه ادغام

طبقه‌بندی تصاویر براساس محتوای آنها، گام اساسی و مهم در یک سیستم بازیابی تصویر براساس محتوا می‌باشد. استفاده از این فرآیند در این چنین سیستم‌هایی نه تنها باعث کاهش فضای جستجو و به دنبال آن کاهش زمان بازیابی می‌شود بلکه عملکرد سیستم را بهبود می‌دهد. در این سیستم برای آنکه صحت طبقه‌بندی افزایش یابد و همچنین طبقه‌بندی معنایی گردد از یک الگوریتم جهت شناسایی و ادغام کلاسهای همپوشان تحت عنوان نقشه ادغام استفاده می‌شود [۳۴]. با اعمال این نقشه بر روی نتایج طبقه‌بندی، کلاس‌هایی با تصاویر همگن شکل می‌گیرد که می‌تواند به بازیابی معنایی کمک کند. در نهایت با اعمال هر تصویر پرس‌وجو به طبقه‌بندی معنایی  $m$  تا از نزدیکترین کلاسها به تصویر پرس‌وجو مشخص می‌گردد تا مجموعه تصاویر این کلاسها، فضای جستجو را شکل دهد. سپس با معیار فاصله اقلیدسی، تصاویر این مجموعه بر اساس میزان شباهت‌شان با تصویر پرس‌وجو مرتب شده و به کاربر ارائه می‌گردد.

#### ۲-۵-۱- نقشه ادغام

در [۳۴]، الگوریتمی تحت عنوان نقشه ادغام جهت ادغام کلاس‌هایی که دارای تصاویر با همپوشانی معنایی قابل توجهی هستند، ارائه شده است. نقشه ادغام از یک فرآیند تکراری تشکیل شده است که در هر تکرار پس از آموزش طبقه‌بندی (شبکه عصبی) با نمونه‌های آموزشی، کلاس‌های همپوشان با سه معیار صحت طبقه‌بندی، نرخ دسته‌بندی اشتباه و فاصله (عدم شباهت) بین دو کلاس، شناسایی شده تا پس از ادغام کلاس‌های مشابه (همپوشان) با یکدیگر، کلاس‌های جدید دوباره به شبکه آموزش داده شود. اگر صحت طبقه‌بندی کلی در حد قابل قبولی نبود فرآیند دوباره تکرار می‌شود، در غیر این صورت فرآیند به اتمام می‌رسد. شکل (۷) فرآیند تکراری نقشه ادغام را نشان می‌دهد.

#### ۳- روش بازخورد ربط پیشنهادی

روش بازخورد ربط پیشنهادی این مقاله براساس اصلاح معیار شباهت پایه‌ریزی شده است. با توجه به اینکه در این مقاله از یک الگوریتم تطبیق فازی به عنوان معیار شباهت استفاده شده است. با استفاده از اطلاعاتی که بازخورد ربط فراهم می‌کند، سعی می‌گردد که الگوریتم تطبیق گراف‌های تصاویر با درجه تطابق‌پذیری بیشتری انجام گیرد. برای این منظور از یک ایده ساده و کارآمد جهت اعمال بازخورد ربط به الگوریتم تطبیق گراف استفاده می‌شود. در این ایده، فرض می‌شود که تصاویر مرتبط (مثبت) بازخورد شده توسط کاربر در فضای ویژگی به هم نزدیک هستند یا حداقل در راستای یک یا چند ویژگی به دور هم جمع شده‌اند.



شکل (۸): نمونه‌ای از تصاویر هر کلاس پایگاه داده (کلاسهای ۵۷ گانه به ترتیب از راست به چپ و از بالا به پایین مرتب شده‌اند).

Fig. (8): Samples of images of each database class (The 57 classes are arranged from right to left and up to bottom)

#### ۴-۴- انتخاب فضای جستجو و بازیابی تصویر

مطابق با روندنمای شکل (۱) پس از انجام ساختار سلسله مراتبی طبقه‌بندی نیاز است که فضای جستجو جهت بازیابی از روی نتایج طبقه‌بندی شناسایی شود. برای این منظور، فضای جستجو از میان  $m$  کلاس از نزدیک‌ترین (محتمل‌ترین) کلاس‌ها به کلاس تصویر پرس‌وجو انتخاب می‌گردد. در این مقاله، 5 تا از نزدیک‌ترین کلاس‌ها به تصویر پرس‌وجو به عنوان محدوده جستجو در نظر گرفته می‌شود. با این انتخاب در 98.88% موارد تصاویر مرتبط در محدوده جستجو وجود دارد. در هر بار اعمال تصویر پرس‌وجو، فضای جستجو با استفاده از طبقه‌بندی معنایی مبتنی بر نقشه ادغام تعیین می‌گردد تا در این فضا، تصاویر مرتبط براساس میزان شباهت‌شان با تصویر پرس‌وجو برای کاربر مرتب گردند.

#### ۴-۵- بازیابی تصویر با استفاده از بازخورد ربط پیشنهادی

پس از اعمال تصویر پرس‌وجو به سیستم و بازیابی تصاویر، جهت بهبود عملکرد بازیابی از روش بازخورد ربط پیشنهادی استفاده می‌گردد. در روش پیشنهادی تصاویر بازیابی شده بر اساس درجه وابستگی ( $\pi_n$ ) یا به عبارتی میزان شباهت اختصاص داده شده توسط کاربر از مقدار یک تا صفر مرتب می‌شوند. در ادامه با محاسبه ماتریس کوواریانس بردارهای ویژگی تصاویر بازیابی شده و استخراج وزن هر ویژگی، این وزن در الگوریتم تطبیق گراف اعمال می‌گردد تا الگوریتم تطبیق گراف یا به عبارتی معیار شباهت، در بازیابی‌های بعدی تصاویر مرتبط بیشتری را بازیابی کند.

برداری شده است. این تصاویر توسط کارشناس رادیولوژی برچسب خورده است. این پایگاه داده به دو مجموعه نمونه‌های آموزشی (9000 تصویر) و نمونه‌های آزمایشی (1000 تصویر) تقسیم می‌شود. نمونه‌ای از تصاویر هر کلاس در شکل (۸) نشان داده شده است.

#### ۴-۲- معیارهای ارزیابی سیستم بازیابی تصویر براساس محتوا

دقت (Precision) و بازیابی (Recall) دو معیار مهمی هستند که در ارزیابی عملکرد سیستم‌های بازیابی تصویر براساس محتوا بکار می‌رود. دقت و بازیابی بصورت زیر تعریف می‌شوند:

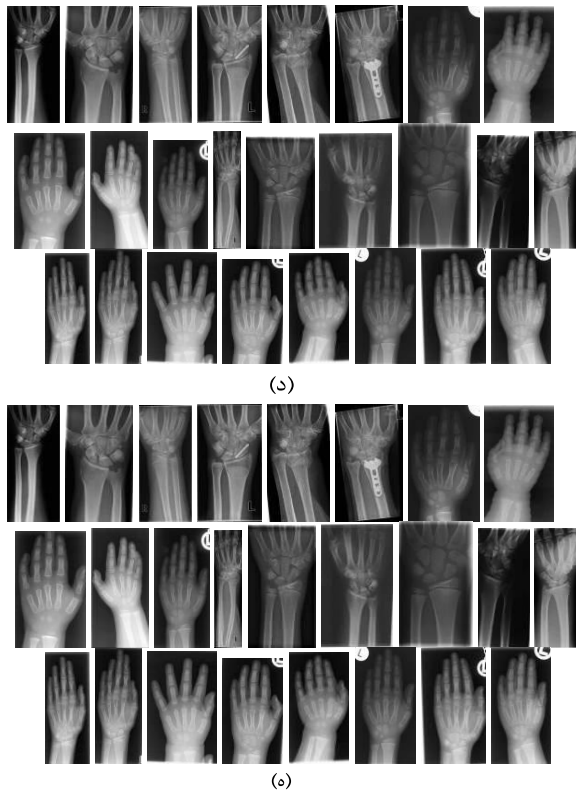
$$(11) \quad \text{دقت} = \frac{\text{تعداد تصاویر مرتبط بازیابی شده}}{\text{کل تصاویر مرتبط در پایگاه داده}}$$

$$(12) \quad \text{بازیابی} = \frac{\text{تعداد تصاویر مرتبط بازیابی شده}}{\text{کل تصاویر بازیابی شده}}$$

علاوه بر معیارهای فوق، معیارهایی هستند که از دو معیار بازیابی و دقت نشأت گرفته و اطلاعات دقیق‌تری را از عملکرد بازیابی فراهم می‌کنند. این معیارها عبارتند از  $P(R=0.5)$ ، مقدار دقت هنگامی که بازیابی 0.5 باشد،  $P(P=R)$ ، مقدار دقت هنگامی که بازیابی برابر باشد و  $P(N_R)$ ، مقدار دقت به ازای بازیابی  $N_R$  تصویر می‌باشد [۴۴].

#### ۴-۳- طبقه‌بندی معنایی مبتنی بر نقشه ادغام

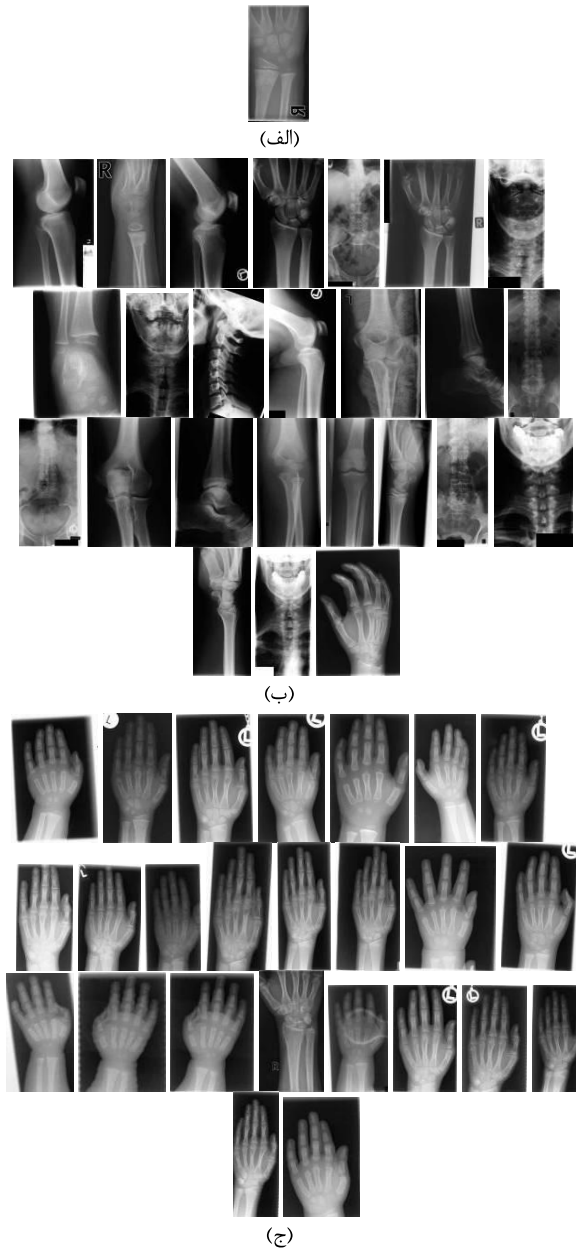
در روندنمای چارچوب پیشنهادی (شکل (۱)) پس از استخراج ویژگی، طبقه‌بندی معنایی مبتنی بر نقشه ادغام صورت می‌گیرد. همانگونه که گفته شد، نقشه ادغام با شناسایی و ادغام کلاسهای همپوشان صحت طبقه‌بندی تصاویر را بهبود می‌دهد. مطابق روندنمای شکل (۷)، در ابتدا طبقه‌بندی 57 کلاس بر روی پایگاه داده تصاویر انجام می‌شود. انجام طبقه‌بندی 57 کلاس با طبقه‌بندی شبکه عصبی پرسپترون چندلایه، صحت 58.27% را فراهم کرده است. با اعمال نقشه ادغام بر روی نتایج حاصل از طبقه‌بندی فوق با قرار دادن مقادیر آستانه‌های  $\alpha$ ،  $\beta$  و  $\gamma$  به ترتیب برابر با 0.3، 0.75 و 0.60، آستانه صحت کلی دلخواه برابر 90%، کلاسهای جدیدی شکل می‌گیرد. بعد از اولین تکرار نقشه ادغام، تعداد کلاس‌ها به 28 کلاس کاهش می‌یابد و در مقابل صحت کلی طبقه‌بندی به مقدار 84.6% می‌رسد. با توجه به اینکه این مقدار کمتر از مقدار آستانه  $T_{desired}=90\%$  است، بنابراین نقشه ادغام برای بار دوم تکرار می‌گردد و مقدار صحت کلی حاصل برابر 88.1% در 22 کلاس می‌گردد. بنابراین نقشه ادغام برای بار سوم نیز تکرار می‌شود. صحت کلی حاصل در این مرحله به مقدار 90.9% افزایش می‌یابد. در صورتی که تعداد کلاسها به 19 کلاس کاهش می‌یابد. با توجه به محقق شدن آستانه 90% برای صحت کلی دلخواه، نقشه ادغام به اتمام می‌رسد.



شکل (۹): نتیجه اعمال یک تصویر پرس و جو به سیستم و تأثیر استفاده از روش بازخورد ربط پیشنهادی. (الف)-تصویر پرس و جو، (ب)- تصاویر بازیابی شده در مرحله اعمال تصویر پرس و جو، (ج)- تصاویر بازیابی شده در اولین مرحله بازخورد، (د)- تصاویر بازیابی شده در دومین مرحله بازخورد، (ه)- تصاویر بازیابی شده در سومین مرحله بازخورد (تصاویر از بالا به پایین و از راست به چپ مرتب شده‌اند).

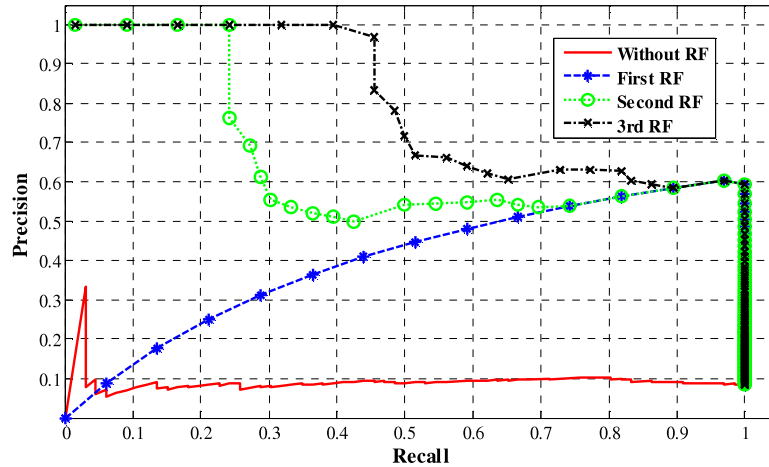
Fig. (9): The result of applying a query image to the system and the effect of using the proposed feedback link: (a) The query image, (b) The recovered images in the stage of query (c) The recovered images in the first stage of feedback (d) The recovered images in the second stage of feedback (e) The recovered images in the third stages of feedback (the images are arranged from right to left and from up to bottom)

تصویر پرس و جو بازیابی می‌گردد. اشکال (۹-د) و (۹-ه)، تصاویر بازیابی شده در دومین و سومین مرحله اعمال بازخورد ربط پیشنهادی را نشان می‌دهد. نمودار دقت-بازیابی مربوط به مثال فوق برای مرحله بازیابی بدون بازخورد و سه مرحله بازیابی با بازخورد ربط در شکل (۱۰) نشان داده شده است. همانگونه که در نمودار شکل (۱۰) مشاهده می‌شود، عملکرد اولین بازخورد نسبت به مرحله بازیابی بدون بازخورد به جزء چند تصویر اول بازیابی، بهبود داشته است. عملکرد سیستم بازیابی در دومین و سومین مرحله اعمال بازخورد ربط پیشنهادی نیز بهبود قابل توجهی داشته است.



به عنوان نمونه، یک تصویر مربوط به مچ دست (شکل (۹-الف)) را به عنوان تصویر پرس و جو به سیستم اعمال می‌کنیم. تصاویر نشان داده شده در شکل (۹-ب)، 25 تصویر ابتدایی از تصاویر بازیابی شده بدون استفاده از بازخورد ربط است. پس از مشاهده تصاویر به وسیله کاربر و تعیین درجه وابستگی هر تصویر توسط آن، بازخورد ربط پیشنهادی بر روی سیستم اعمال می‌گردد. تصاویر نشان داده شده در شکل (۹-ج) تصاویر بازیابی شده با استفاده از بازخورد ربط در اولین تکرار است. همانگونه که مشاهده می‌کنید، پس از اعمال اولین بازخورد ربط، تعداد تصاویر مرتبط با تصویر پرس و جو افزایش یافته است. اگر برای بار دوم و سوم عمل بازخورد ربط بر روی تصاویر بازیابی شده صورت بگیرد. مشاهده می‌گردد که تعداد تصاویر مثبت بیشتر با محتوای شبیه‌تر به





شکل (۱۰): نمودار بازیابی-دقت مربوط به فرآیند بازیابی و بازخورد مثال شکل (۹)

Fig. (10): The graph of accuracy- recovery related to the process of recovery and feedback of the example in fig. (9)

Table (1): The results of applying the feedback proposed method on the images of collective tests for three stages of link feedback  
جدول (۱): نتایج اعمال روش بازخورد ربط پیشنهادی بر روی تصاویر مجموعه آزمایشی برای سه مرحله بازخورد ربط.

معیارهای ارزیابی			مراحل بازیابی
P(R=0.5)	P(20)	P(R=P)	
0.33	0.48	0.38	اعمال پرس و جو
0.68	0.73	0.47	اعمال اولین بازخورد
0.72	0.74	0.49	اعمال دومین بازخورد
0.74	0.76	0.61	اعمال سومین بازخورد

Table (2): A comparison of research done with the proposed algorithm  
جدول (۲): مقایسه‌ای بین کارهای صورت گرفته با الگوریتم پیشنهادی

معیارهای بازیابی		پایگاه داده	روش
P(R=0.5)	P(R=P)		
0.67	0.62	ImageCLEFmed 2005 کلاس 17 تصویر در 1501	الگوریتم [۱۱]
0.82	0.68	ImageCLEFmed 2004 کلاس 20 تصویر در 5000	الگوریتم [۱۲]
0.64	0.61	ImageCLEFmed 2006 کلاس 116 تصویر در 11000	الگوریتم [۱۳]
0.33	0.38	ImageCLEFmed 2005 کلاس 57 تصویر در 10000	الگوریتم پیشنهادی-اعمال پرس و جو
0.74	0.61	ImageCLEFmed 2005 کلاس 57 تصویر در 10000	الگوریتم پیشنهادی- سومین بازخورد

میزان شباهت تصاویر مرتبط و غیرمرتبط با تصویر پرس و جو، وزن بهینه‌ای برای هر ویژگی در بردار ویژگی محاسبه کرده تا در الگوریتم تطبیق فازی گراف به عنوان یک پارامتر تصحیح‌کننده معیار شباهت استفاده کند. در چارچوب پیشنهادی این مقاله، ویژگیهای مستخرج از نواحی تصویر در گره گراف و ویژگیهای نسبی بین نواحی در لبه‌های بین دو گره در گراف نسبی ویژگی دار فازی جایگزین می‌گردد. علاوه بر این از یک طبقه‌بند معنایی مبتنی بر نقشه ادغام جهت تعیین فضای جستجو در پایگاه داده استفاده شده است. جهت ارزیابی روش بازخورد ربط در چارچوب پیشنهادی از یک پایگاه داده استاندارد تصاویر اشعه X پزشکی شامل 10000 تصویر در 57 کلاس مختلف استفاده شده است. نوع تصاویر پایگاه داده و همچنین تعداد کلاسها و حجم آنها پارامترهای مهمی در ارزیابی کارایی الگوریتمها در زمینه بازیابی تصویر هستند که انجام مقایسه بین کارهای صورت گرفته را مشکل می‌کند.

نتایج اعمال روش بازخورد ربط پیشنهادی بر روی تصاویر مجموعه آزمایشی پایگاه داده در جدول (۱) نشان داده شده است. برای ارزیابی روش بازخورد ربط پیشنهادی از دو معیار  $P(R=P)$  و  $P(20)$  استفاده شده است.

### ۵- جمع‌بندی و مقایسه

در این مقاله، یک روش بازخورد ربط با رویکرد اصلاح معیار شباهت در یک چارچوب بازیابی تصویر براساس محتوا مبتنی بر جایگزینی گراف نسبی ویژگی دار فازی در کاربرد تصاویر اشعه X پزشکی ارائه شده است. در این چارچوب هر تصویر از پایگاه داده با یک گراف نسبی ویژگی دار فازی جایگزین می‌گردد و برای مقایسه و استخراج میزان شباهت تصاویر با یکدیگر از یک الگوریتم تطبیق فازی گراف به عنوان معیار شباهت استفاده می‌گردد. روش بازخورد ربط پیشنهادی با استفاده از

خود نشان می‌دهد. با مقایسه کارهای انجام شده در این زمینه با الگوریتم پیشنهادی، کارایی و کارآمدی الگوریتم پیشنهادی با توجه به شرایط آزمایش مشخص می‌شود.

#### سیاسگزاری

این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی مصوب دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد می‌باشد.

#### پی‌نوشت:

- 1- Relevance Feedback
- 2- Fuzzy Attributed Relational Graph
- 3- merging scheme
- 4- Color Coherence Vector
- 5- Low
- 6- Medium
- 7- High
- 8- left of
- 9- right of
- 10- above
- 11- below
- 12- surrounded by
- 13- Color Coherence Vector
- 14- Fuzzy Graph Matching

به همین دلیل در این مقاله به کارهایی اشاره می‌شود که حداقل از نظر نوع تصاویر پایگاه داده شبیه پایگاه داده مورد استفاده باشند. جدول (۲) مقایسه‌ای بین کارهای صورت گرفته با الگوریتم پیشنهادی ارائه می‌کند. در این جدول ویژگی‌های پایگاه داده مورد استفاده در هر کار ذکر شده است تا انجام مقایسه دقیق‌تر صورت گیرد.

همانگونه که در جدول (۲) مشاهده می‌کنید، در [۱۱]، یک چارچوب بازیابی تصویر بدون بازخورد ربط بر روی یک پایگاه داده شامل 1501 تصویر در 17 کلاس ارائه شده است. مشکل عمده این کار در استفاده از چارچوب فوق برای پایگاه داده‌های بزرگ‌تر است (این مشکل به پیچیدگی محاسباتی زیاد الگوریتم برمی‌گردد). در صورتی که در چارچوب پیشنهادی ما محدودیتی در مورد گسترش پایگاه داده وجود ندارد. ولی با این وجود الگوریتم پیشنهادی نسبت به [۱۱] با توجه به حجم کم پایگاه داده برتری محسوسی دارد. الگوریتم ارائه شده در [۱۲] بر روی یک پایگاه داده شامل 5000 تصویر در 20 کلاس ارزیابی شده است که با توجه به دو برابر بودن تعداد تصاویر و همچنین ۲/۵ برابر بودن تعداد کلاسهای پایگاه داده مورد استفاده ما، الگوریتم پیشنهادی عملکرد به نسبت رضایت بخشی فراهم کرده است. در بین کارهای اشاره شده، تنها الگوریتم [۱۳] بر روی یک پایگاه داده بزرگتر نسبت به پایگاه داده ما ارزیابی شده است که عملکرد الگوریتم ما به خصوص در معیار  $P(R=0.5)$  برتری قابل توجهی نسبت به [۱۳] از

#### مراجع

- [1] Y. Liu, D. Zhang, G. Lu, W.Y. Ma, "A survey of content-based image retrieval with high-level semantics", Pattern Recognition, Vol.40, pp.262-282, 2007.
- [2] C. Shyu, C. Brodley, A.Kak, A. Kosaka, A. Aisen, L. Broderick, "ASSERT: A physician-in-the-loop content-based image retrieval system for HRCT image databases", Comp. Vis. and Image Under., Vol.75, No.1, pp.111-132, 1999.
- [3] T. Lehmann, M. Guld, C. Thies, B. Fischer, K. Spitzer, D. Keysers, H. Ney, M. Kohnen, H. Schubert, B. Wein, "Content-based image retrieval in medical applications", Methods Inform. Med., Vol.43, No.4, pp.354-361, 2004.
- [4] S. Antani, D.J. Lee, L.R. Long, G.R. Thoma, "Evaluation of shape similarity measurement methods for spine X-ray images", J. of Vis. Comm. and Image Rep., Vol.15, No.3, pp.285-302, 2004.
- [5] J.G. Dy, C.E. Brodley, A. Kak, L.S. Broderick, A.M. Aisen, "Unsupervised feature selection applied to content-based retrieval of lung images", IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., Vol.25, No.3, pp.373-378, 2003.
- [6] P. Korn, N. Sidiropoulos, C. Faloutsos, E. Siegel, Z. Protopapas, "Fast and effective retrieval of medical tumor shapes", IEEE Trans. Knowl. Data Eng., Vol.10, No.6, pp.889-904, 1998.
- [7] S.N. Yu, C.T. Chianga, C.C. Hsieh, "A three-object model for the similarity searches of chest CT images", Computerized Medical Imaging and Graphics, Vol.29, pp.617-630, 2005.
- [8] L.L.G. Oliveira, S.A. Silva, L.H.V. Ribeiro, R.M. Oliveira, C. Coelho, A.S.S. Andrade, "Computer-aided diagnosis in chest radiography for detection of childhood pneumonia", Int. J. Med. Inform., Vol.77, No.8, pp.555-564, 2007.
- [9] X. Xu, D.J. Lee, S. Antani, L.R. Long, "A spine X-ray image retrieval system using partial shape matching", IEEE Trans. on Info. Tech. in Biom., Vol.12, No.1, pp.100-108, 2008.
- [10] O. Nomira, M. Abdel-Mottaleb, "Hierarchical contour matching for dental X-ray radiographs", Pattern Recognition, Vol.41, pp.130-138, 2008.
- [11] H. Greenspan, A.T. Pinhas, "Medical image categorization and retrieval for PACS using the GMM-KL framework", IEEE Trans. on Information Technology in Biomedicine, Vol.11, No.2, pp.190-202, 2007.
- [12] M.M. Rahman, P. Bhattacharya, B.C. Desai, "A framework for medical image retrieval using machine learning and statistical similarity matching techniques with relevance feedback", IEEE Trans. on Inf. Tech. in Bio., Vol.11, No.1, pp.58-69, 2007.
- [13] M.M. Rahman, B.C. Desai, P. Bhattacharya, "Medical image retrieval with probabilistic multi-class support vector machine classifiers and adaptive similarity fusion", Computerized Medical Imaging and Graphics, Vol.32, pp.95-108, 2008.

- [14] J. Yao, Z. Zhang, S. Antani, R. Long, G. Thoma, "Automatic medical image annotation and retrieval", *Neuro-computing*, Vol.71, No.10, pp.2012-2022, 2008.
- [15] W.W. Chu, C.C. Hsu, A.F. Cardenas, R.K. Taira, "Knowledge-based image retrieval with spatial and temporal constructs", *IEEE Trans. Knowl. Data Eng.*, Vol.10, No.6, pp.872-888, 1998.
- [16] H. Poorghasem, H. Ghasemian, "Introduction of a combination feedback method, based on Euclidean distance criteria and probability density function criteria for retrieval the X ray medical images", *The 16<sup>th</sup> Inter. Iran. Conf. of Elec. Engi. (ICEE2008)*, Tarbiat Modarres University, Vol.1, pp.197-202, May 2008.
- [17] I.J. Cox, M.L. Miller, T.P. Minka, T. Papatomas, P.N. Yianilos, "The Bayesian image retrieval system, PicHunter: Theory, implementation, and psychophysical experiments", *IEEE Trans. on Image Proc.*, Vol.9, No.1, pp.20-37, Jan. 2000.
- [18] El. Naqa, Y. Yang, N.P. Galatsanos, R.M. Nishikawa, M.N. Wernick, "A similarity learning approach to content-based image retrieval: Application to digital mammography", *IEEE Tran. on Medi. Imag.*, Vol.23, No.10, pp.1233-1244, 2004.
- [19] Z. Su, H. Zhang, S. Li, 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, 2003.
- [20] E.d. Ves, J. Domingo, G. Ayala, P. Zuccarello, "A novel Bayesian framework for relevance feedback in image content-based retrieval systems", *Pattern Recognition*, Vol.39, pp.1622-1632, 2006.
- [21] M. Efron, "Query expansion and dimensionality reduction: Notions of optimality in Rocchio relevance feedback and latent semantic indexing", *Info. Proc. and Mana.*, Vol.44, pp.163-180, 2008.
- [22] H-C. Lin, L-H. Wang, S-M. Chen, "Query expansion for document retrieval based on fuzzy rules and user relevance feedback techniques", *Exp. Syst. with Appl.*, Vol.31, pp.397-405, 2006.
- [23] W.S. Wong, R.W.P. Luk, H.V. Leong, K.S. Ho, D.L. Lee, "Re-examining the effects of adding relevance information in a relevance feedback environment", *Info. Proc. and Mana.*, Vol.44, No.3, pp.1086-1116, May 2008.
- [24] Y.Wu, A.Zhang, "A feature re-weighting approach for relevance feedback in image retrieval", *IEEE/ICIP*, Rochester, New York, Sept. 2002.
- [25] G. Carneiro, A.B. Chan, P.J. Moreno, N. Vasconcelos, "Supervised learning of semantic classes for image annotation and retrieval", *IEEE Trans. on Patt. Anal. and Mach. Inte.*, Vol.29, No.3, pp.394-410, 2007.
- [26] H-W. Yoo, "Retrieval of movie scenes by semantic matrix and automatic feature weight update", *Expert Systems with Applications*, Vol.34, pp.2382-2395, 2008.
- [27] D-H. Kim, S-H. Yu, "A new region filtering and region weighting approach to relevance feedback in content-based image retrieval", *The J. of Syst. and Soft.*, Vol.81, No.9, pp.1525-1538, Sep. 2008.
- [28] N. Rooney, D. Patterson, M. Galushka, V. Dobrynin, "A relevance feedback mechanism for cluster-based retrieval", *Info. Proc. and Mana.*, Vol.42, pp.1176-1184, 2006.
- [29] P-C. Cheng, B-C. Chien, H-R. Ke, W.P. Yang, "A two-level relevance feedback mechanism for image retrieval", *Exp. Syst. with Appl.*, Vol.34, pp.2193-2200, 2008.
- [30] S.K. Saha, A.K. Das, B. Chanda, "Image retrieval based on indexing and relevance feedback", *Pattern Recognition Letters*, Vol.28, pp.357-366, 2007.
- [31] T. Qin, X.D. Zhang, T.Y. Liu, D.S. Wang, W.Y. Mab, H.J. Zhang, "An active feedback framework for image retrieval", *Pattern Recognition Letters*, Vol.29, pp.637-646, 2008.
- [32] R. Krishnapuram, S. Medasani, S. Jung, Y. Choi, R. Balasubramaniam, "Content-Based Image Retrieval Based on a Fuzzy Approach", *IEEE Trans. on Know. and Data Eng.*, Vol.16, No.10, pp.1185-1199, 2004.
- [33] S. Medasani, R. Krishnapuram, Y. Choi, "Graph Matching by Relaxation of Fuzzy Assignments", *IEEE Trans. Fuzzy Syst.*, Vol.9, No.1, pp.173-182, 2001.
- [34] H. Pourghassem, H. Ghasemian, "Content-based medical image classification using a new hierarchical merging scheme", *J. of Comp. Medi. Imag. and Grap.*, Vol.22, No.8, pp.651-661, 2008.
- [35] M.R. Haralick, K. Shanmugam, I. Dinstein, "Texture features for image classification", *IEEE Trans. Syst., Man, and Cybe.*, Vol.3, No.6, pp.610-621, 1973.
- [36] E. Persoon, K. Fu, "Shape discrimination using Fourier descriptors", *IEEE Trans. Syst. Man and Cybe.*, Vol.7, pp.170-179, 1977.
- [37] A.K. Jain, *Fundamentals of Digital Image Processing*, Prentice Hall, NJ, 1989.
- [38] L. Yang, F. Algrejtsen, "Fast computation of invariant geometric moments: A new method giving correct results", *Proc. IEEE/ICIP*, pp.201-204, 1994.
- [39] I. Bloch, "Fuzzy Relative Position between Objects in Image Processing: A morphological approach", *IEEE Trans. Patt. Anal. and Mach. Inte.*, Vol.21, No.7, pp.657-664, July 1999.
- [40] G. Pass, R. Zabith, "Histogram refinement for content-based image retrieval", *IEEE Work. on Appl. of Comp. Vision*, pp. 6-102, 1996.
- [41] H. Poorghasem, H. Ghasemian, "The classification of content medical images with spectrum characteristics and directional histograms in a multidimension space", *The 14<sup>th</sup> Iran. Inter. Conf. of Med. Engi. (ICBME2008)*, Vol.1, pp.124-130, The Shahed University, Tehran, Feb. 2007.

- [42] Y. Rui, T.S. Huang, S. Mehrotra, "Content-based image retrieval with relevance feedback in MARS", Proceedings of Int. Conf. on Image Proc., Vol.2, pp.815 -818, 1997.
- [43] T. Lehmann, M. Guld, C. Thies, B. Fischer, K. Spitzer, D. Keysers, H. Ney, M. Kohlen, H. Schubert, B.B. Wein, "Content-based image retrieval in medical applications", Methods Inform. Med., Vol.43, No.4, pp.354-361, 2004.
- [44] T. Deselaers, D. Keysers, H. Ney, "Classification error rate for quantitative evaluation of content-based image retrieval systems", ICPR, Vol.2, pp.505-508, 2004.