



# استخراج ویژگی در تصاویر رنگی با استفاده از اتماتای سلولی فازی

فریبرز محمودی

دانشکده مهندسی کامپیوتر

دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران

mahmoudi@qazviniau.ac.ir

محمد رضا میبدی

دانشکده مهندسی کامپیوتر

دانشگاه صنعتی امیر کبیر، تهران، ایران

mmeybodi@aut.ac.ir

آبتین قاهری بدر

دانشکده مهندسی کامپیوتر

دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران

abtinq@yahoo.com

ویژگیهای دیداری است و به طور گسترده‌ای در زمینه بازیابی تصویر در طول دهه گذشته مورد مطالعه قرار گرفته است. به همین جهت توصیفگرهای ویژگی زیادی در زمینه رنگ برای بیان محتواه تصویر ارائه شده است که از آن جمله می‌توان به هیستوگرام رنگ، بردار وابستگی رنگ و رنگ غالب اشاره کرد.

در این مقاله ابتدا دو ویژگی جدید به نامهای رنگ غالب فازی و رنگ غالب فازی با در نظر گرفتن وابستگی مکانی پیکسلها پیشنهاد و سپس یک ساختار مبتنی بر اتماتای سلولی فازی برای استخراج این ویژگیها ارائه می‌شود. ویژگیهای ارائه شده از نظر بیان مناسب محتواه تصویر، نسبت به ویژگیهای متداول از دقت بالایی برخوردار هستند. از سوی دیگر ویژگیهای پیشنهادی دارای بردار ویژگی با حجم کم و هزینه محاسبه و ذخیره پایین می‌باشند. مقایسه تصاویر در یک پایگاه داده استاندارد با استفاده از ویژگیهای پیشنهادی نتایج قابل قبول تولید کرده اند. ادامه مقاله بین صورت سازماندهی شده است. در بخش ۲ به توصیف مختصر مفهوم اتماتای سلولی و اتماتای سلولی فازی و کاربردهای آنها در پردازش تصویر می‌پردازیم. در بخش ۳ الگوریتمهای پیشنهادی ارائه شده اند. در بخش ۴ نتایج آزمایشها مورد بررسی قرار می‌گیرد و بخش ۵ نتیجه گیری است.

## ۲- اتماتای سلولی، اتماتای سلولی فازی و کاربرد آنها در پردازش تصاویر

در این قسمت توضیحات مختصری در مورد اتماتای سلولی، اتماتای سلولی فازی و کاربردهای آن در پردازش تصاویر ارائه می‌شود.

**۲-۱- اتماتای سلولی<sup>۱</sup>**: اتماتای سلولی در حقیقت سیستمهای دینامیکی گستته‌ای هستند که رفتارشان کاملاً بر اساس ارتباط محلی استوار است. در اتماتای سلولی فضای بصورت یک شبکه تعریف می‌گردد که به هر خانه آن یک سلول گفته می‌شود. زمان بصورت گستته پیش

چکیده: استخراج ویژگیهای محتواه تصاویر یکی از عملیات مهم در پردازش تصویر است که در مقایسه تصاویر بر اساس محتوا مورد استفاده قرار می‌گیرد. ویژگیهای متعددی برای مقایسه محتواه تصاویر بر اساس رنگ گزارش شده است که می‌توان به هیستوگرام رنگ، رنگ غالب و بردار وابستگی رنگ اشاره نمود. این ویژگیها از دو جنبه طول بردار ویژگی و توانایی بیان محتواه تصویر از کارایی بالایی برخوردار نیستند. در این مقاله ابتدا دو ویژگی جدید به نامهای رنگ غالب فازی و رنگ غالب فازی با در نظر گرفتن وابستگی مکانی پیکسلها پیشنهاد می‌گردد و سپس یک ساختار مبتنی بر اتماتای سلولی فازی برای استخراج این ویژگیها ارائه می‌شود. این موضوع از طریق مقایسه تصاویر در یک پایگاه داده استاندارد با استفاده از ویژگیهای پیشنهادی انجام می‌گیرد. ویژگیهای پیشنهادی از نظر بیان مناسب محتواه تصویر، نسبت به ویژگیهای متداول از دقت بالایی برخوردار هستند. از سوی دیگر ویژگیهای پیشنهادی دارای بردار ویژگی با حجم کم و هزینه محاسبه و ذخیره پایین می‌باشند.

**واژه‌های کلیدی:** اتماتای سلولی فازی، بازیابی تصویر مبتنی بر محتوا، تصاویر رنگی، استخراج ویژگی.

## ۱- مقدمه

بازیابی تصویر از دهه ۱۹۷۰ میلادی یک زمینه تحقیقی فعال بوده است که از سوی دو گروه تحقیقی اصلی مدیریت پایگاه داده‌ها و بینایی ماشین مورد توجه قرار دارد. در گذشته شاخص گذاری تصاویر بدليل دو مشکل کار دستی مورد نیاز برای تفسیر متنی تصاویر و برداشت متفاوت افراد از تصاویر به علت مفهومی بودن حس بینایی انسان کاری وقت گیر و ناکارآمد بوده است. به منظور حل این مسائل مبحث بازیابی تصویر بر اساس محتوا مطرح شد که در آن به جای تفسیر متن به صورت دستی، تصاویر بر اساس محتواشان به صورت خودکار شاخص گذاری می‌شوند [10],[11],[1]. در سیستمهای بازیابی تصویر از ویژگیهای رنگ، بافت و شکل برای شاخص گذاری تصاویر استفاده می‌گردد. رنگ یکی از رسانترین ویژگی‌ها در میان همه

<sup>۱</sup> Cellular Automata (CA)



مقدماتی تصویر مورد مطالعه قرار داده است. [15] نیز رساله کارشناسی ارشدی است که در آن به کاربردهای زیادی از مدل اتماتای سلولی در زمینه پردازش تصویر پرداخته شده است. اگرچه از اتماتای سلولی کاربردهای زیادی در زمینه پردازش تصویر ارائه شده ولی کاربرد اتماتای سلولی فازی در این زمینه محدود بوده است. با توجه به قابلیتهای منطق فازی و کاربرد فراوان اتماتای سلولی در پردازش تصویر به نظر می رسد مدل اتماتای سلولی فازی در پردازش تصویر نیز کاربردهای مناسبی داشته باشد. در [16] یک مدل دو لایه از ترکیب اتماتای سلولی یادگیر و اتماتای سلولی فازی برای حذف نویز در تصاویر ارائه شده است. [17] نیز یک مدل ترکیبی از مدل پخش گاز و اتماتای سلولی فازی برای واضح سازی تصویر معرفی کرده است. در این مقاله روشی برای استخراج ویژگیهای تصاویر رنگی به منظور مقایسه محتوایی آنها پیشنهاد می شود.

### ۳- استخراج ویژگی تصاویر رنگی با استفاده از اتماتای سلولی فازی

در این قسمت ابتدا ویژگیهای رنگ غالب فازی و رنگ غالب فازی با وابستگی مکانی را توصیف می کنیم و سپس به بیان روش پیشنهادی برای استخراج آنها خواهیم پرداخت.

**۳-۱- ویژگی رنگ غالب فازی:** این ویژگی پارامترهای ویژگی رنگ غالب را داراست با این تفاوت که پیکسلهای تصویر به جای خوشه بندی، در ۸ رنگ اصلی از پیش تعريف شده دسته‌بندی می‌شوند. اینکار با استفاده از قوانین فازی صورت می‌گیرد. این ویژگی رنگ در فضای رنگ RGB تعريف می‌شود. دسته رنگهای مورد استفاده برای دسته بندی پیکسلها عبارتند از: سیاه، قرمز، صورتی، آبی، فیروزه‌ای، سبز، زرد و سفید. این رنگها از ترکیب مقادیر  $0 \dots 255$  برای هر یک از سه مقدار R,G,B حاصل می‌شوند. چون در این ویژگی دسته بندی بصورت فازی صورت می‌گیرد این ویژگی را رنگ غالب فازی می‌نامیم. بردار این ویژگی از ۸ مقدار عددی تشکیل می‌شود، هر کدام از این اعداد بیانگر درصدی از پیکسلهای تصویر هستند که در یکی از ۸ رنگ دسته بندی شده‌اند. در این ویژگی نیز مانند ویژگی رنگ غالب اولیه ممکن است یک رنگ در تصویر موجود نباشد که در اینصورت مقدار صفر برای آن در نظر گرفته می‌شود. تفاوت اساسی بین ویژگی رنگ غالب اولیه و ویژگی رنگ غالب فازی این است که در ویژگی فازی رنگهای از پیش تعريف شده‌ای به عنوان رنگهای غالب در نظر گرفته شده‌اند، در حالی که در ویژگی رنگ غالب اولیه، رنگهای غالب برای تصویر محاسبه می‌شوند. رنگهای غالب در ویژگی رنگ غالب اولیه برای تصاویر متفاوت، متفاوت می‌باشد در حالیکه در ویژگی رنگ غالب فازی، رنگهای غالب برای کلیه تصاویر یکسان است که باعث ساده شدن مقایسه محتوایی تصاویر با یکدیگر می‌شود. در این مقاله علاوه بر حالت رنگ حالت  $27$  رنگ نیز مورد بررسی قرار گرفته است. برای بدست

می رود و قوانین آن بصورت سرتاسری است که از طریق آن در هر مرحله هر سلول وضعیت جدید خود را با در نظر گرفتن همسایه‌های مجاور خود بدست می آورد. قوانین اتماتای سلولی نحوه تاثیر پذیرفتن سلول از سلوهای همسایه را مشخص می‌کنند [4].

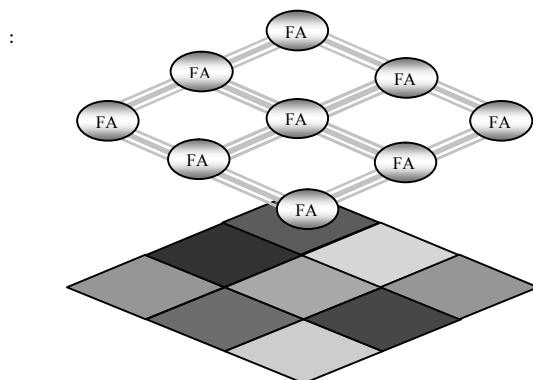
**۲-۲- اتماتای سلولی فازی<sup>۲</sup>:** با توجه به توانایی منطق فازی در پردازش داده‌های غیر قطعی، ساختاری از اتماتای سلولی معرفی شده است که در آن به جای استفاده از مقادیر قطعی در سلوهای تابع انتقالشان از مقادیر غیر قطعی و فازی استفاده می‌شود. تعاریف متفاوتی از اتماتای سلولی ارائه شده است [2,3]، آخرین تعریف در [13,14] توسط میبدی و انوری نژاد ارائه شده است که در ادامه به توصیف دقیق تر آن خواهیم پرداخت و در این مقاله نیز از آن استفاده می‌کنیم. در اتماتای سلولی فازی مجموعه حالات یک سلول و تابع انتقال محلی یا همان قوانین، فازی هستند. مجموعه حالات یک سلول متغیرهای زبانی هستند. این متغیرهای زبانی با توجه به دانش ما از مسئله مورد نظر تعیین می‌شود، حالت هر سلول در مرحله بعد بستگی به حالت فعلی سلول و حالات فعلی همسایه هایش دارد. این تغییر حالت توسط تابع انتقال محلی اتماتای سلولی فازی انجام می‌شود. تابع انتقال محلی برای کلیه سلوهای یکسان و یک تابع فازی است، این تابع به این صورت عمل می‌کند که در هر مرحله مقدار عضویت همسایگی سلول را گرفته و مقدار عضویت آن را در مرحله بعد محاسبه می‌کند، برای نمایش روند تکامل اتماتای سلولی فازی، از مقادیر عضویت متغیرهای زبانی سلول در هر لحظه بهره می‌گیریم و متغیر برای نمایش خروجی یک سلول در هر مرحله بکار می‌رود، همسایگی برای تمام سلوهای یکسان می‌باشد و در طی زمان بدون تغییر باقی می‌ماند. اتماتای سلولی فازی را می‌توان بصورت چهارتایی (Z,S,r,f) نمایش داد که Z یک توری منظم  $n$  بعدی از سلوهای S مجموعه حالات هر سلول می‌باشد که هر سلول در هر مرحله می‌تواند یکی از آنها را اختیار کند و مقادیر عضویت این مجموعه در بازه  $[0,1]$  قرار دارند، ۲ شاعر همسایگی است و تابع انتقال فازی است.

**۲-۳- کاربرد مدل‌های مبتنی بر اتماتای سلولی در پردازش تصویر:** از آنجایی که در پردازش تصاویر زمان واقعی سرعت عملیات از اهمیت زیادی برخوردار است، نیاز به الگوریتمهای موازی در پردازش تصویر بسیار بیشتر از الگوریتمهای ترتیبی است. در [5] از اتماتای سلولی به عنوان یک مدل محاسباتی که ذاتاً موازی است، به منظور طراحی الگوریتم موازی در تشخیص لبه تصاویر استفاده شده است و در [6] نیز از مدل اتماتای سلولی که به صورت ژنتیکی کنترل می‌شود برای حل مسائل موجود در پردازش تصویر استفاده شده است و کارایی این مدل برای تشخیص لبه در تصاویر نشان داده شده است. [7] نیز اتماتاهای سلولی مختلف را به عنوان الگوریتمهایی به منظور بهسازی

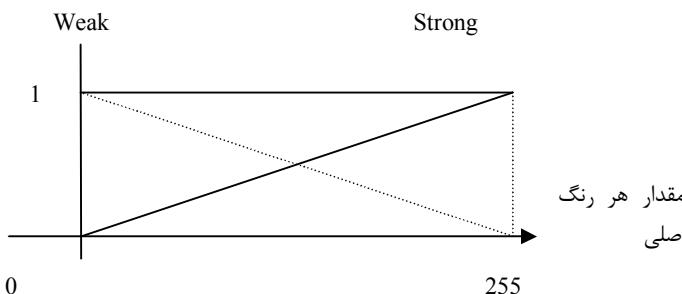
<sup>2</sup> Fuzzy Cellular Automata(FCA)



مبتنی بر تعریفی از اتماتای سلولی است که توسط میبدی و انوری نژاد در [13] ارائه شده است. برای دسته بندی پیکسل‌های تصویر ابتدا سلول‌های اتماتا بر روی پیکسل‌های تصویر نگاشت می‌شوند و بر اساس قوانین فازی حاکم بر هر سلول، پیکسل متناظر هر سلول در یک دسته رنگ غالب قرار می‌گیرد. در یک تصویر با ابعاد  $R \times C$  پیکسل، از یک اتماتای سلولی فازی با ابعاد  $R \times C$  سلول استفاده می‌کنیم بطوریکه هر پیکسل تصویر به یکی از سلولهای اتماتای سلولی فازی نگاشت می‌شود (شکل ۲). یک پیکسل در سطر ۱ و ستون ۱ به سلولی در سطر ۱ و ستون ۱ اتماتای سلولی فازی نگاشت می‌شود و هر سلول اتماتا در مورد دسته رنگ غالب آن پیکسل تصمیم می‌گیرد. با توجه به اینکه در فضای رنگ RGB، هر پیکسل تصویر رنگی بر اساس مقادیر سه رنگ قرمز، سبز و آبی بیان می‌شود، برای هر کدام از سه رنگ اصلی، دو مقدار فازی تعریف کرده ایم، مقادیر Weak, Strong.



شکل ۲- نحوه نگاشت سلولهای اتماتا بر پیکسلهای تصویر

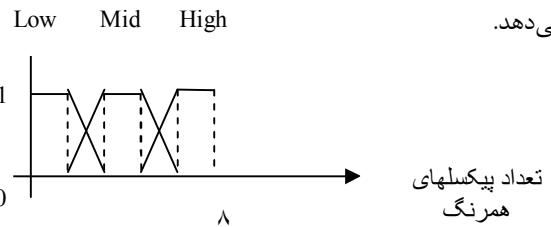


شکل ۳-تابع عضویت برای شدت فازی سه رنگ اصلی RGB

بدینوسیله شدت هر یک از رنگهای قرمز، سبز و آبی را در یک پیکسل با این مقادیر فازی توصیف می‌کنیم. حال از قوانین فازی برای دسته بندی پیکسلهای تصویر در ۸ رنگ غالب استفاده می‌کنیم (شکل ۴ (الف)). پارامترهای ورودی قوانین فازی برای مشخص کردن دسته رنگ غالب یک پیکسل، مقادیر فازی هستند که شدت هر یک از سه رنگ اصلی در آن پیکسل را نشان می‌دهند. براین اساس رنگ یک پیکسل،

آوردن این ۲۷ رنگ از ترکیب مقادیر ۰ و ۱۲۸ و ۲۵۵ برای سه مقدار R,G,B استفاده گردیده است.

**۳-ویژگی رنگ غالب فازی با وابستگی مکانی: ویژگی رنگ غالب، موقعیت مکانی و نحوه قرار گرفتن پیکسلهای رنگی در کنار یکدیگر را مورد بررسی قرار نمی‌دهد و فقط یک تصویر را با توجه به رنگ پیکسلهای آن توصیف می‌کند. برای اینکه نحوه قرار گرفتن پیکسلها را در بیان محتوا دخیل کنیم ویژگی جدیدی را به نام رنگ غالب فازی با وابستگی مکانی تعریف می‌کنیم. این ویژگی ترکیبی از رنگ غالب فازی و موقعیت پیکسلهای هر رنگ غالب می‌باشد. در این ویژگی برای هر رنگ غالب فازی در یک تصویر سه مقدار عددی محاسبه می‌شود، که حاصل جمع این مقادیر مقدار ویژگی رنگ غالب فازی می‌باشد. برای محاسبه این مقادیر ابتدا رنگ غالب هر پیکسل مشابه آنچه که در قسمت قبل گفته شد مشخص می‌شود، سپس ۸ همسایه هر پیکسل مورد بررسی قرار می‌گیرند. اگر تعداد پیکسلهای همسایه که در دسته رنگ یکسانی با پیکسل Low خواهد بود و به همین باشد وضعیت وابستگی مکانی این پیکسل Low خواهد بود و به همین ترتیب برای تعداد متوسط، وضعیت Mid و برای تعداد زیاد، وضعیت Low, Mid, High انتخاب خواهد شد. در واقع مقادیر High احتمالهای فازی هستند که وضعیت همسایگی یک پیکسل را از نظر رنگ غالب نشان می‌دهند. بعد از اینکه وضعیت همسایگی هر پیکسل بر اساس سه مقدار فازی فوق مشخص شد، بردار این ویژگی نمایانگ درصد پیکسلهای تصویر در هر رنگ غالب و در هر یک از سه دسته فازی وابستگی مکانی آن رنگ خواهد بود. شکل (۱)تابع عضویت مورد استفاده برای مشخص کردن وضعیت وابستگی مکانی پیکسلها را نشان می‌دهد.**



شکل ۱-تابع عضویت وضعیت قرار گرفتن یک پیکسل در همسایه از نظر رنگ پیکسلهای همسایه.

**۳-استخراج ویژگیهای رنگ غالب فازی و رنگ غالب فازی با وابستگی مکانی پیکسلها با استفاده از اتماتای سلولی فازی:** برای استخراج ویژگی رنگ غالب در یک تصویر، پیکسل‌های آن تصویر دسته بندی می‌شوند، بطوریکه هر دسته دارای یک رنگ نمایانده است. در این مقاله این کار را با استفاده از یکسری قوانین فازی انجام می‌دهیم. به همین منظور یک ساختار مبتنی بر اتماتای سلولی فازی مورد استفاده قرار می‌گیرد. اتماتای سلولی فازی،



(الف)



(ب)

سیاه	سبز	فیروزه‌ای	آبی	زرد	صورتی	قرمز	سفید
۱	۱۴	۳	۱۴	۰	۲۰	۰	۱۴



(ج)



(د)

سیاه	سبز	فیروزه‌ای	آبی	زرد	صورتی	قرمز	سفید
۴۰	۰	۱۹	۲۰	۰	۱	۰	۲۰

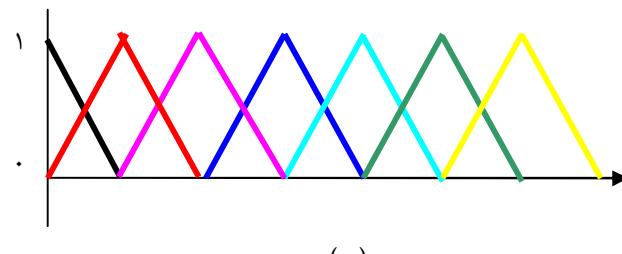
شکل ۶-الف و ج) تصاویری از مجموعه تصاویر آفریقا و ساحل، ب و د) تصاویر حاصل از دسته بندی در ۸ رنگ غالب.

الگوریتم ارائه شده را برای ۲۷ رنگ غالب نیز مورد بررسی قرار داده ایم. در این حالت در تابع عضویت فضای رنگ RGB برای شدت هر رنگ اصلی، یک حالت middle نیز علاوه بر حالات weak, strong و پیکسلها در این حالت طول بردار ویژگی افزایش می‌یابد و حجم اطلاعات نگهداری شده برای هر تصویر بیشتر خواهد بود ولی محتوای تصویر با جزئیات بیشتری ارائه می‌شود. در این حالت تعداد قوانین حاکم بر سلولها نیز به ۲۷ افزایش می‌یابد. نتایج دسته بندی پیکسلها در ۲۷ رنگ غالب بر روی چند تصویر نمونه در شکل (۷) آمده است.

آن را در یکی از ۸ دسته رنگ غالب قرار می‌دهد، به عنوان مثال زمانی که رنگهای قرمز و سبز یک پیکسل مقدار فازی ضعیف داشته باشند و رنگ آبی مقدار فازی قوی را دارا باشد مطابق قانون فازی تعریف شده چنین پیکسلی در گروه رنگ آبی دسته بندی می‌شود. تعداد قوانین موجود در هر سلول برابر تعداد دسته رنگ‌هایی است که ما به عنوان رنگ غالب در نظر گرفته‌ایم. در یک تصویر، بسته به ترکیب رنگ‌های موجود در آن ممکن است یک یا چند رنگ غالب وجود نداشته باشند.



(الف)



(ب)

شکل ۴-الف) طیف ۸ رنگ غالب. ب)تابع عضویت ۸ رنگ غالب مورد استفاده برای دسته بندی پیکسلهای تصویر رنگی با در نظر گرفتن توابع عضویت فازی فضای رنگ RGB و رنگ‌های غالب، قوانین فازی موجود در هر سلول از اتوamatی سلولی فازی را تعریف می‌کنیم(شکل ۵).

```

If FR=Weak and FG=Weak and FB=Strong Then
Class=Blue
If FR=Weak and FG=Strong and FB=Weak Then
Class=Green
If FR=Strong and FG=Weak and FB=Weak Then
Class=Yellow
If FR=Strong and FG=Strong and FB=Weak Then
Class=Pink
If FR=Weak and FG=Strong and FB=Strong Then
Class=Cyan
If FR=Strong and FG=Weak and FB=Weak Then
Class=Black
If FR=Strong and FG=Strong and FB=Strong Then
Class=White

```

شکل ۵-قوانین فازی حاکم بر سلولها

تصاویر حاصل از دسته بندی پیکسلها در ۸ رنگ غالب به همراه بردار ویژگی مربوطه برای تعدادی از تصاویر رنگی در شکل (۶) آمده است. این تصاویر با استفاده از نرم افزار پیاده سازی شده مبتنی بر روش پیشنهادی حاصل شده‌اند.



خواهیم داشت و طول بردار ویژگی ۳ برابر بردار ویژگی رنگ غالب خواهد بود(شکل(۸)).

بردار ویژگی رنگ غالب فازی با وابستگی مکانی را نشان می-																							
L1	M1	H1	L2	M2	H2	L3	M3	H3	L4	M4	H4	L5	M5	H5	L6	M6	H6	L7	M7	H7	L8	M8	H8
2	7	52	4	3	6	0	0	0	1	1	0												
3	3	5	2	2	7	1	1	0	1	0	0												

بردار ویژگی رنگ غالب فازی با وابستگی مکانی را نشان می-																							
L1	M1	H1	L2	M2	H2	L3	M3	H3	L4	M4	H4	L5	M5	H5	L6	M6	H6	L7	M7	H7	L8	M8	H8
1	3	31	2	1	0	0	0	0	1	2	29												
1	0	0	1	2	11	1	2	13	1	0	0												

شکل ۸- بردار ویژگی رنگ غالب فازی با وابستگی مکانی را نشان می- دهد.

#### ۴- نتایج آزمایشها

برای ارزیابی عملکرد الگوریتم های پیشنهادی یک سیستم بازیابی تصویر بالاستفاده از محیط برنامه نویسی ویژوال بیسیک پیاده سازی شده است. در این سیستم کاربر این امکان را دارد که یک تصویر نمونه را جهت بازیابی تصاویر مشابه وارد کند، مراحل ذکر شده برای استخراج محتوای تصویر بر تصویر نمونه اعمال شده و ویژگیهای آن استخراج می شود. تصاویر موجود در پایگاه تصاویر نیز بصورت غیر برخط توسط الگوریتم، پردازش شده و ویژگیهای آنها استخراج و در یک پایگاه داده ذخیره می شوند. معیار مقایسه مورد استفاده برای مقایسه بردارهای ویژگی فاصله اقلیدسی است، به این ترتیب در هنگام اجرای سیستم تصاویری از پایگاه تصاویر که کمترین فاصله اقلیدسی با تصویر نمونه از نظر ویژگیهای استخراج شده را داشته باشند، به عنوان تصاویر مشابه



(الف)



(ب)



(ج)



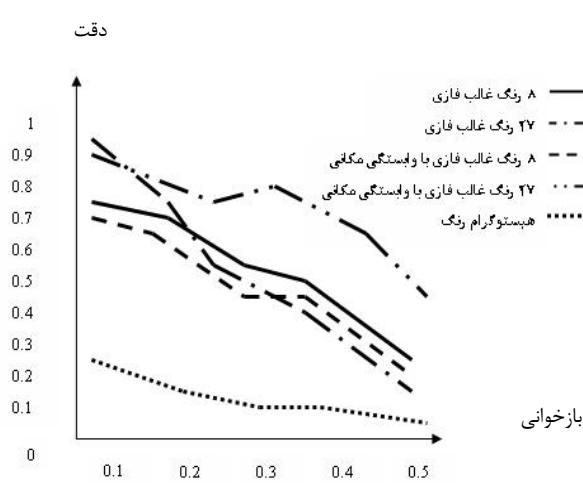
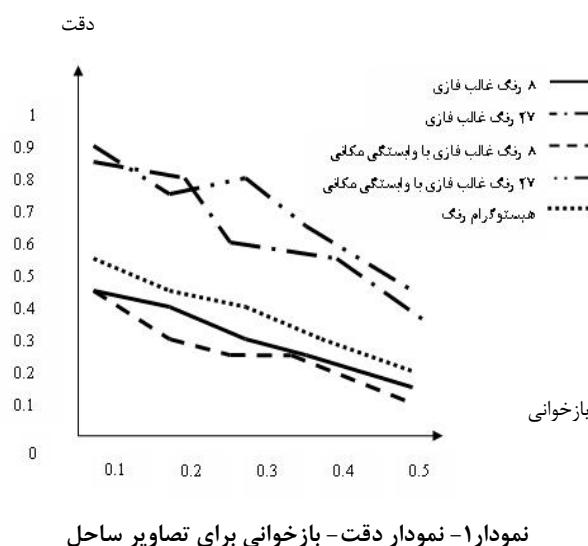
(د)

شکل ۷- (الف و ب) تصاویری از مجموعه تصاویر آفریقا و ساحل، (ج و د) تصاویر حاصل از دسته بندی پیکسلها در ۲۷ رنگ غالب.

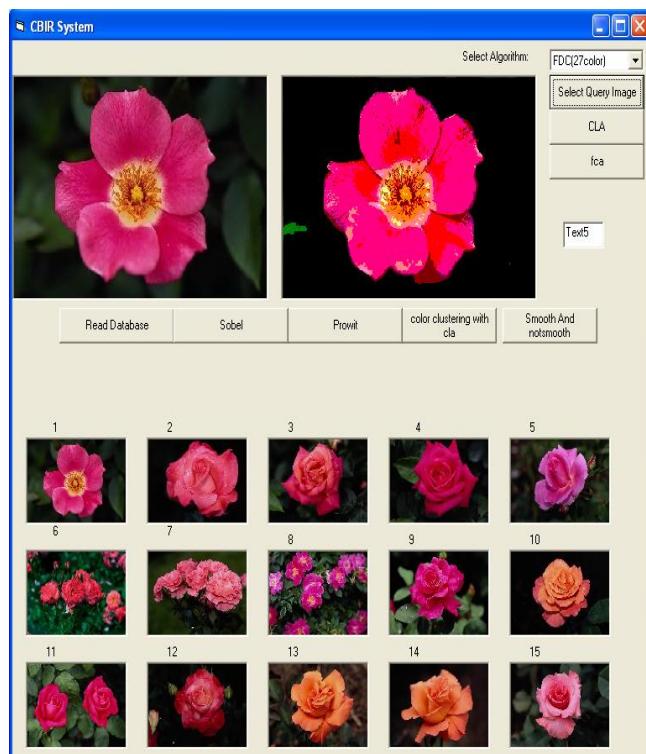
ترکیب وابستگی مکانی پیکسلها با ویژگیهای رنگ تصویر باعث غنی تر شدن بردار ویژگی حاصل و بیان بهتر محتوا توسط آن می شود. ساختاری که ما به منظور استخراج ویژگی رنگ غالب فازی با وابستگی مکانی پیشنهاد می کنیم اتوماتای سلولی فازی است. در استخراج این ویژگی، ابتدا براساس آنچه گفته شد پیکسل های تصویر در رنگ های غالب دسته بندی می شوند، سپس دسته دیگری از قوانین فازی برای هم دسته در سلولهای اتوماتا، وضعیت قرار گرفتن پیکسل های همنگ (هم دسته) در همسایگی ۸ هر پیکسل را بصورت پارامترهای فازی بیان می کنند. در این قسمت با استفاده ازتابع عضویت تعریف شده در شکل (۱)، ابتدا وضعیت یک پیکسل از نظر همسایه های هم دسته در سه وضعیت فازی Low , Mid , High قسمت بر اساس وضعیت هر پیکسل، متغیر دسته رنگ غالب مربوطه را در یکی از سه وضعیت همسایگی یک واحد افزایش می دهنند. هنگامی که قوانین اتوماتا برای تمامی سلولها اجرا شد بردار ویژگی تصویر مورد بررسی، حاصل می شود. در این ویژگی برای هر رنگ غالب ۳ مقدار



پایگاه و دقت برابر نسبت تعداد تصاویر مرتبط بازیابی شده به تعداد کل تصاویر بازیابی شده می‌باشد. نمودارهای ۱ و ۲ نشانده‌نهاده نمودارهای دقت-بازخوانی برای دو دسته تصاویر ساحل و آفریقاًیها هستند که برای اندازه گیری کارایی سیستم بازیابی تصویرمورد استفاده قرار می‌گیرند. میزان دقت بیشتر برای یک روش بازیابی بازای مقدار بازخوانی واحد بیانگر عملکرد بهتر سیستم است. نمودار(۳) میانگین دقت برای هر یک از ۱۰ دسته تصویر را با استفاده از الگوریتم‌های مختلف نشان می‌دهد. میانگین دقت بیشتر بیانگر دقت بالاتر در بازیابی تصاویر مرتبط است. همانگونه که در نمودارها مشخص است در اکثر تصاویر توصیفگرهای رنگ ارائه شده دقت بالاتر نسبت به توصیفگر متداول هیستوگرام رنگ دارند بطوریکه در اکثر تصاویر الگوریتم بازیابی که از توصیفگر رنگ غالباً فازی ۲۷ رنگ با وابستگی مکانی استفاده می‌کند دقت بالاتر در مقایسه با سایر روشها دارد. در نمودار(۳) میانگین دقت بازیابی برای هر کدام از ۱۰ دسته تصویر موجود در پایگاه تصاویر نشان داده شده است، ویژگیهای متفاوت بر روی هر دسته تصویر مقایسه شده است.



تصویر نمونه کاربر نمایش داده می‌شوند. اگر تصویر نمونه عیناً در پایگاه تصاویر موجود باشد خود تصویر نیز به عنوان مشابه بازیابی می‌شود. محیط سیستم پیاده سازی شده در شکل (۹) نشان داده شده است.



شکل ۹- محیط سیستم پیاده سازی شده برای بازیابی تصویر.

برای بررسی عملکرد سیستم بازیابی تصویر پیاده سازی شده مبتنی بر الگوریتم‌های پیشنهادی از زیر مجموعه ای از پایگاه تصاویر Corel حاوی ۱۰۰۰ تصویر استفاده شده است. در این پایگاه تصاویر در ۱۰ موضوع دسته‌بندی شده‌اند. این ۱۰ موضوع تصاویر عبارتند از: مردم آفریقا، ساحل، اتوبوس، گل، کوهستان، فیل، اسب، غذا، دایناسورها و ساختمان. آمار حاصل از بازیابی ۱۰ تصویر تصادفی از هر موضوع برای هر کدام از پنج الگوریتم رنگ غالب ۸ رنگ، رنگ غالب ۲۷ رنگ، رنگ غالب ۸ رنگ با وابستگی مکانی و رنگ غالب ۲۷ رنگ با وابستگی مکانی و هیستوگرام رنگ با کوا نتیزاسیون ۱۲۵ رنگ استخراج شده است. در این آمار ۲ دسته اطلاعات مورد نیاز هستند: ۱) دقت بازیابی برای ۱۰۰ تصویر بازیابی شده ۲) ترتیب بازیابی تصاویر مرتبط (اولویتی که تصاویر مرتبط در نتایج بازیابی داشته‌اند).

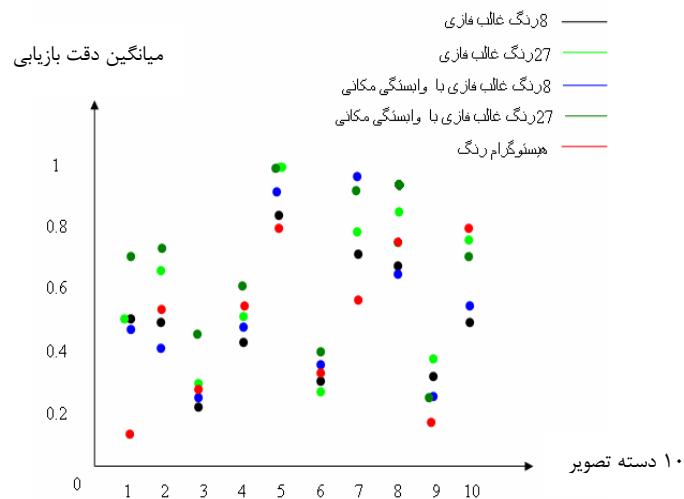
نتایج حاصل برای تعدادی از مجموعه تصاویر در نمودارهای ۱ و ۲ بصورت نمودارهای دقت- بازخوانی<sup>۳</sup> آمده است. بازخوانی برابر نسبت تعداد تصاویر بازیابی شده مرتبط به تعداد تصاویر مرتبط موجود در

<sup>3</sup> Precision

<sup>4</sup> Recall



5. Yining Deng, Manjunath B.S., Kenney C., Moore M.S. and Hyundoo Shin. "An Efficient Color Representation for Image Retrieval". IEEE Transactions on image processing, vol. 10, no. 1, January 2001.
6. Sahota, P., Daemi, M. F. and Elliman, D. G., "Training Genetically Evolving Cellular Automata for Image Processing", International Symposium on Speech, Image Processing and Neural Networks, 13-16 April, Hong Kong, 1994.
7. Hernandez, G. and Herrmann, H. J., "Cellular Automata for Elementary Image Enhancement", Graphical Models and Image Processing, Vol. 58, No.1, pp. 82-89, 1996.
8. Kharazmi, M. R. and Meybodi, M. R., "An Algorithm Based on Cellular Learning Automata for Image Restoration", Proceedings of The First Iranian Conference on Machine Vision & Image Processing, University of Birjand, pp. 244 – 254, March 2001.
9. Kharazmi, M. R. and Meybodi, M. R., "Application of Cellular Learning Automata to Image Segmentation", Proceedings of Tenth Conference on Electrical Engineering (10th ICEE), University of Tabriz, Vol. 1, pp. 298-306, May 2002.
10. Yong, R. and Thomas, S. H., "Image Retrieval: Current Techniques, Promising Directions, and Open Issues." Journal of Visual Communication and Image Representation 10, 39–62, 1999.
11. Manjunath, B. S., Jens-Rainer, O., V. Vasudevan, and Yamada, A., "Color and Texture Descriptors". IEEE Transactions on circuits and systems for video technology, vol. 11, no. 6, June 2001.
12. Marchini, F., Meybodi, M. R. and Soleymani, V., "A Hybrid Method for Image Sharpening (Gas Diffusion Model + Cellular Learning Automata)", Proceedings of 11th Annual CSI Computer Conference of Iran, Fundamental Science Research Center (IPM), Computer Science Research Lab., Tehran, Iran, pp. 715-720, January 24-26, 2006.
13. Anvarinejad, T. and Meybodi, M. R., "Fuzzy Dynamic Channel Assignment in Cellular Mobile Networks", Proceedings of the 5th Iranian Conference on Fuzzy Systems, pp.75-85, Imam Hussein University, Tehran, Iran, Sept. 2004.
14. Anvarinejad, T. and Meybodi, M. R., "Fuzzy Cellular Automata", Proceedings of The 5th Iranian Conference on Fuzzy Systems, pp.57-65, Imam Hussein University, Tehran, Iran, Sept. 2004.



نمودار ۳- میانگین دقت بازیابی برای هر یک از ۱۰ دسته تصویر موجود در پایگاه تصاویر

## ۵- نتیجه گیری

در این مقاله ابتدا دو ویژگی جدید به نامهای رنگ غالب فازی و رنگ غالب فازی با در نظر گرفتن وابستگی مکانی پیکسلها پیشنهاد گردید و سپس یک ساختار مبتنی بر اتماتاتی سلولی فازی برای استخراج این ویژگیها ارائه شد. از طریق آزمایش‌های مختلف نشان داده شده است که ویژگیهای ارائه شده از نظر بیان مناسب محتواهای تصویر، نسبت به ویژگیهای متداول از دقت بالایی برخوردار هستند. این موضوع از طریق مقایسه تصاویر در یک پایگاه داده استاندارد با استفاده از ویژگیهای پیشنهادی انجام گرفت. ترکیب ویژگیهای توصیفگر موقعیت پیکسلها با ویژگیهای رنگ تصویر می‌تواند در بیان محتواهای تصویر مفید باشد و مقایسه تصاویر براساس محتواهای آنها را با دقت بالاتر امکان پذیر نماید.

## مراجع

1. Remco C., Mirela T., "Content-Based Image Retrieval Systems: A Survey". Technical Report UU-CS-2000-34, October 2002.
2. Mraz, M., Zimic, N., Lapanja, I. and Bajec, I., "Fuzzy Cellular Automata: From Theory to Application", 12th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI'00), p. 0320, 2000.
3. Maji, P. and Chaudhuri, P., "Fuzzy Cellular Automata for Modeling Pattern Classifier", IEICE Transactions on Information and Systems, 2005.
4. Wolfram, S., "Theory and Applications of Cellular Automata", Advanced Series on Complex Systems, Singapore: World Scientific Publication, 1986.



15. Marchini, F., "Application of Cellular Learning Automata to Image Processing", Master Thesis, Computer Engineering Department, Amirkabir University of Technology, 2003.
16. Mahdavifard, F. Meybodi, M.R." A Hybrid Model (FCA-CLA) for Noise Removal in Image", CSICC, kish.Iran, 2008.
17. Mahdavifard, F. and Meybodi, M.R.," A Hybrid Method based on Gas Diffusion Model and Fuzzy Cellular Automata for Image Sharpening", ICEE, 2007.