

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

<sup>۱</sup>آبتین قاهری بدر    <sup>۲</sup>محمدرضا میبیدی    <sup>۱</sup>فریبرز محمودی

<sup>۱</sup>دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران

<sup>۲</sup>دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، تهران، ایران

abting@yahoo.com, mmeybodi@aut.ac.ir, f\_mahmoudi@yahoo.com

**چکیده:** استخراج ویژگیهای محتوایی تصاویر یکی از عملیات مهم در پردازش تصویر است که در مقایسه تصاویر بر اساس محتوا مورد استفاده قرار می گیرد. ویژگیهای متعددی برای مقایسه محتوایی تصاویر بر اساس رنگ گزارش شده است که می توان به هیستوگرام رنگ، رنگ غالب و بردار وابستگی رنگ اشاره نمود. این ویژگیها از دو جنبه طول بردار ویژگی و توانایی بیان محتوای 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 می گردند و سپس یک ساختار مبتنی بر اتوماتای سلولی فازی برای استخراج این ویژگیها ارائه می شود. این موضوع از طریق مقایسه تصاویر در یک پایگاه داده استاندارد با استفاده از ویژگیهای پیشنهادی انجام گرفت. ویژگیهای پیشنهادی از نظر بیان مناسب محتوای 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.

**کلمات کلیدی:** اتوماتای 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 داده ها و بینایی ماشین مورد توجه قرار دارد. در گذشته شاخص گذاری تصاویر بدلیل 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 بحث بازیابی تصویر بر اساس محتوا مطرح شد که در آن به جای تفسیر متن به صورت دستی، تصاویر بر اساس محتوایشان به صورت خودکار شاخص گذاری می شوند [11], [10], [1]. در سیستمهای بازیابی تصویر از ویژگیهای رنگ، بافت و شکل برای شاخص گذاری تصاویر استفاده میگردد. رنگ یکی از راسترین ویژگیها در میان همه ویژگیهای دیداری است و به طور گسترده ای در زمینه بازیابی تصویر در طول دهه گذشته مورد مطالعه قرار گرفته است. به همین جهت توصیفگرهای ویژگی زیادی در زمینه رنگ برای بیان محتوای تصویر ارائه شده است که از آن جمله می توان 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 اتوماتای سلولی فازی برای استخراج این ویژگیها ارائه می شود. ویژگیهای ارائه شده از نظر بیان مناسب محتوای 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 بدین صورت سازماندهی شده است. در بخش ۲ به توصیف مختصر مفهوم اتوماتای سلولی و اتوماتای سلولی فازی و کاربردهای آنها در پردازش تصویر می پردازیم. در بخش ۳ الگوریتمهای پیشنهادی ارائه شده اند. در بخش ۴ نتایج آزمایشها مورد بررسی قرار می گیرد و بخش ۵ نتیجه گیری است.

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

در این قسمت توضیحات مختصری در مورد اتوماتای سلولی، اتوماتای سلولی فازی و کاربردهای آن در پردازش تصاویر ارائه می شود.

**اتوماتای سلولی:** اتوماتای سلولی در حقیقت سیستمهای دینامیکی گسسته ای هستند که رفتارشان کاملاً بر اساس ارتباط محلی استوار است. در اتوماتای سلولی فضا بصورت یک شبکه تعریف می گردد که به هر خانه آن یک سلول گفته می شود. زمان بصورت گسسته

<sup>1</sup> Cellular Automata(CA)

پیش 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 همسایه های مجاور خود بدست می آورد. قوانین اتوماتای سلولی نحوه تاثیر پذیرفتن سلول از سلولهای همسایه را مشخص می کنند [4].

**اتوماتای سلولی فازی<sup>۲</sup>:** با توجه به توانایی منطق فازی در پردازش داده های غیر قطعی، ساختاری از اتوماتای سلولی معرفی شده است که در آن به جای استفاده از مقادیر قطعی در سلولها و توابع انتقالشان از مقادیر غیر قطعی و فازی استفاده می شود. تعاریف متفاوتی از اتوماتای سلولی ارائه شده است [2,3]، آخرین تعریف در [13,14] توسط مبینی و انوری نژاد ارائه شده است که در ادامه به توصیف دقیق تر آن خواهیم پرداخت و در این مقاله نیز از آن استفاده می کنیم. در اتوماتای 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 می شود، حالت هر سلول در مرحله بعد بستگی به حالت فعلی سلول و حالات فعلی همسایه هایش دارد. این تغییر حالت توسط تابع انتقال محلی اتوماتای سلولی فازی انجام می شود. تابع انتقال محلی برای کلیه سلولها یکسان و یک تابع فازی است، این تابع به این صورت عمل می کند که در هر مرحله مقدار عضویت همسایگی سلول را گرفته و مقدار عضویت آن را در مرحله بعد محاسبه می کند، برای نمایش روند تکامل اتوماتای سلولی فازی، از مقادیر عضویت متغیرهای زبانی سلول در هر لحظه بهره می گیریم و متغیر برای نمایش خروجی یک سلول در هر مرحله بکار می رود، همسایگی برای تمام سلولها یکسان می باشد و در طی زمان بدون تغییر باقی می ماند. اتوماتای سلولی فازی را می توان بصورت چهارتایی  $(Z, S, r, f)$  نمایش داد که  $Z$  یک توری منظم  $n$  بعدی از سلولها،  $S$  مجموعه حالات هر سلول می باشد که هر سلول در هر مرحله می تواند یکی از آنها را اختیار کند و مقادیر عضویت این مجموعه در بازه  $[0, 1]$  قرار دارند،  $r$  شعاع همسایگی است و  $f$  تابع انتقال فازی است.

**کاربرد مدلهای مبتنی بر اتوماتای 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 اتوماتای سلولی به عنوان یک مدل محاسباتی که ذاتا موازی است، به منظور طراحی الگوریتم موازی در تشخیص لبه تصاویر استفاده شده است و در [6] نیز از مدل اتوماتای سلولی که به صورت ژنتیکی کنترل می شود 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 اتوماتاهای سلولی مختلف را به عنوان الگوریتمهایی به منظور بهسازی مقدماتی تصویر مورد مطالعه قرار داده است. [15] نیز رساله کارشناسی ارشدی است که در آن به کاربردهای زیادی از مدل اتوماتای سلولی در زمینه پردازش تصویر پرداخته شده است. اگرچه از اتوماتای سلولی کاربردهای زیادی در زمینه پردازش تصویر ارائه شده ولی کاربرد اتوماتای سلولی فازی در این زمینه محدود بوده است. با توجه به قابلیت های منطق فازی و کاربرد فراوان اتوماتای سلولی در پردازش تصویر به نظر می رسد مدل اتوماتای سلولی فازی در پردازش تصویر نیز کاربردهای مناسبی داشته باشد. در [16] یک مدل دو لایه از ترکیب اتوماتای سلولی یادگیر و اتوماتای سلولی فازی برای حذف نویز در تصاویر ارائه شده است. [17] نیز یک مدل ترکیبی از مدل پخش گاز و اتوماتای 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 اتوماتای سلولی فازی

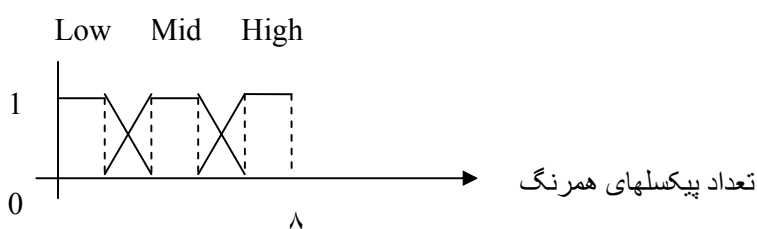
در این قسمت ابتدا ویژگیهای رنگ غالب فازی و رنگ غالب فازی با وابستگی مکانی را توصیف می کنیم و سپس به بیان روش پیشنهادی برای استخراج آنها خواهیم پرداخت.

**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 تعریف شده دسته بندی می شوند. اینکار با استفاده از قوانین فازی صورت می گیرد. این ویژگی رنگ در فضای رنگ RGB تعریف می شود. دسته رنگهای مورد استفاده برای دسته بندی پیکسلها عبارتند از: سیاه، قرمز، صورتی، آبی، فیروزه ای، سبز، زرد و سفید. این رنگها از ترکیب مقادیر ۰ و ۲۵۵ برای هر یک از سه مقدار  $R, G, B$  حاصل می شوند. چون در این ویژگی دسته بندی بصورت فازی صورت می گیرد این ویژگی را رنگ غالب فازی می نامیم. بردار این ویژگی از ۸ مقدار عددی تشکیل می شود، هر کدام از این اعداد بیانگر درصدی از پیکسلهای تصویر هستند که در یکی از ۸ رنگ دسته بندی شده اند. 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 می شود. تفاوت اساسی بین ویژگی رنگ غالب اولیه و ویژگی رنگ غالب فازی این است که در ویژگی فازی رنگهای از پیش تعریف شده ای به عنوان رنگهای غالب در

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

نظر گرفته شده‌اند، در حالی که در ویژگی رنگ غالب اولیه، رنگهای غالب برای هر 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 تر شدن مقایسه محتوایی تصاویر با یکدیگر میشود. در این مقاله علاوه بر حالت ۸ رنگ حالت ۲۷ رنگ نیز مورد بررسی قرار گرفته است. برای بدست آوردن این ۲۷ رنگ از ترکیب مقادیر ۰ و ۱۲۸ و ۲۵۵ برای سه مقدار R, G, B استفاده گردیده است.

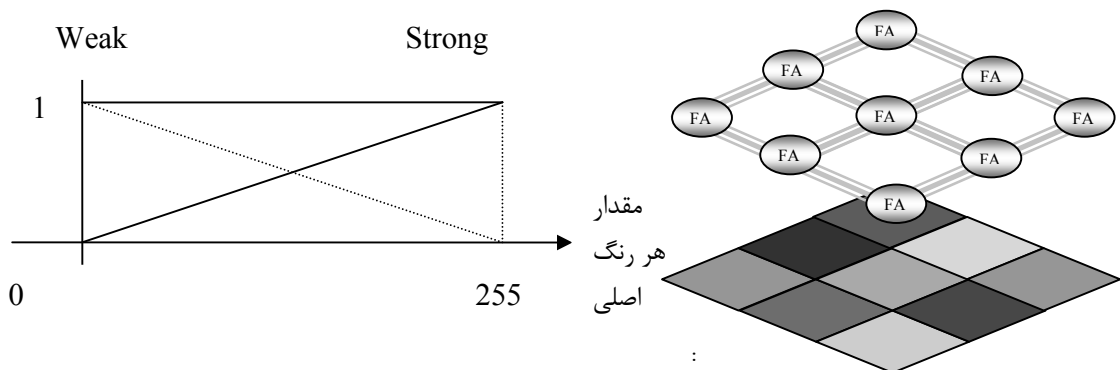
**ویژگی رنگ غالب فازی با وابستگی مکانی:** ویژگی رنگ غالب، موقعیت مکانی و نحوه قرار گرفتن پیکسلهای رنگی در کنار یکدیگر را مورد بررسی قرار نمی‌دهد و فقط یک تصویر را با توجه به رنگ پیکسلهای آن توصیف می‌کند. برای اینکه نحوه قرار گرفتن پیکسلها را در بیان محتوا دخیل کنیم ویژگی جدیدی را به نام رنگ غالب فازی 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 فعلی قرار گرفته‌اند کم باشد وضعیت وابستگی مکانی این پیکسل Low خواهد بود و به همین ترتیب برای تعداد متوسط، وضعیت Mid و برای تعداد زیاد، وضعیت High انتخاب خواهند شد. در واقع مقادیر Low, Mid, High حالت‌های 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 نمایانگر 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 همسایگی ۸ از نظر رنگ پیکسلهای همسایه.

### استخراج ویژگیهای رنگ غالب فازی و رنگ غالب فازی با وابستگی مکانی پیکسلها با استفاده از اتوماتای سلولی فازی

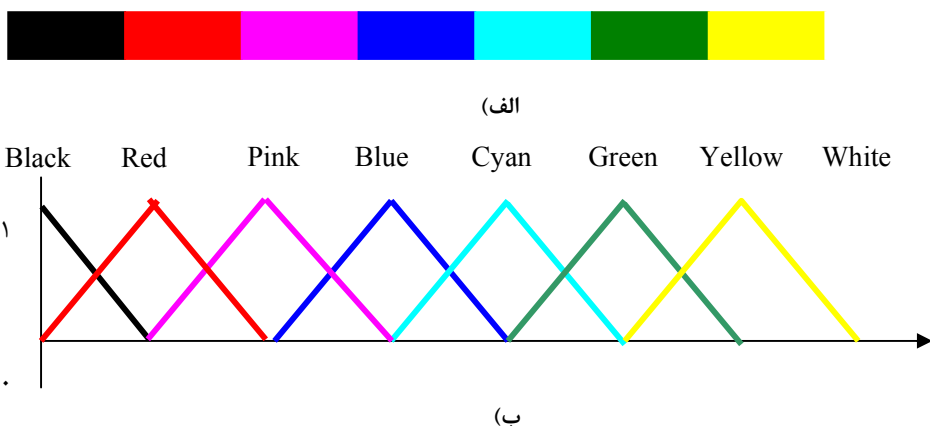
برای استخراج ویژگی رنگ غالب در یک تصویر، پیکسل‌های آن تصویر دسته بندی می‌شوند، بطوریکه هر دسته دارای یک رنگ نماینده است. در این مقاله این کار را با استفاده از یکسری قوانین فازی انجام می‌دهیم. به همین منظور یک ساختار مبتنی بر اتوماتای سلولی فازی مورد استفاده قرار می‌گیرد. اتوماتای سلولی فازی، مبتنی بر تعریفی از اتوماتای سلولی است که توسط میبیدی و انوری نژاد در [13] ارائه شده است. برای دسته بندی پیکسل‌های تصویر ابتدا سلول‌های اتوماتا 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 اتوماتای سلولی فازی با ابعاد  $R \times C$  سلول استفاده می‌کنیم بطوریکه هر پیکسل تصویر به یکی از سلولهای اتوماتای سلولی فازی نگاشت می‌شود (شکل ۲). یک پیکسل در سطر  $r$  و ستون  $c$  به سلولی در سطر  $r$  و ستون  $c$  اتوماتای سلولی فازی نگاشت می‌شود و هر سلول اتوماتا 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 اتوماتا 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، 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.



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 اتوماتای 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=Red  
 If FR=Strong and FG=Strong and FB=Weak Then Class=Yellow  
 If FR=Strong and FG=Weak and FB=Strong Then Class=Pink  
 If FR=Weak and FG=Strong and FB=Strong Then Class=Cyan  
 If FR=Weak 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 (۵) آمده است.

این تصاویر با استفاده از نرم افزار پیاده سازی شده مبتنی بر روش پیشنهادی حاصل شده اند.



| سیاه | سبز | فیروزه ای | آبی | زرد | صورتی | قرمز | سفید |
|------|-----|-----------|-----|-----|-------|------|------|
| ۴۷   | ۱   | ۱         | ۳   | ۱۴  | ۰     | ۲۰   | ۱۴   |



| سیاه | سبز | فیروزه ای | آبی | زرد | صورتی | قرمز | سفید |
|------|-----|-----------|-----|-----|-------|------|------|
| ۴۰   | ۰   | ۱۹        | ۲۰  | ۰   | ۱     | ۰    | ۲۰   |

شکل ۶- الف و ب) تصاویری از مجموعه تصاویر آفریقا و ساحل، ج 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 در نظر می گیریم. گرچه در این حالت طول بردار ویژگی افزایش می یابد و حجم اطلاعات نگهداری شده برای هر تصویر بیشتر خواهد بود ولی محتوای تصویر با جزئیات بیشتری ارائه می شود. در این حالت تعداد قوانین حاکم بر سلولها نیز به ۲۷ افزایش می یابد. نتایج دسته بندی پیکسلها در ۲۷ رنگ غالب بر روی چند تصویر نمونه در شکل (۷) آمده است.





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 پیکسلهای تصویر در رنگهای غالب دسته بندی می شوند، سپس دسته دیگری از قوانین فازی

حاکم بر سلولهای اتوماتا، وضعیت قرارگرفتن پیکسل‌های هم‌رنگ (هم‌دسته) در همسایگی ۸ هر پیکسل را بصورت پارامترهای فازی بیان می‌کنند. در این قسمت با استفاده از تابع عضویت تعریف شده در شکل (۱)، ابتدا وضعیت یک پیکسل از نظر همسایه‌های هم‌دسته در سه وضعیت فازی Low, Mid, High مشخص می‌شود. قوانین مورد استفاده در این قسمت بر اساس وضعیت هر پیکسل، متغیر دسته رنگ غالب مربوطه را در یکی از سه وضعیت همسایگی یک واحد افزایش می‌دهند. هنگامی که قوانین اتوماتا برای تمامی سلولها اجرا شد بردار ویژگی تصویر مورد بررسی، حاصل می‌شود. در این ویژگی برای هر رنگ غالب ۳ مقدار خواهیم داشت و طول بردار ویژگی ۳ برابر بردار ویژگی رنگ غالب خواهد بود.

#### ۴- نتایج آزمایشها

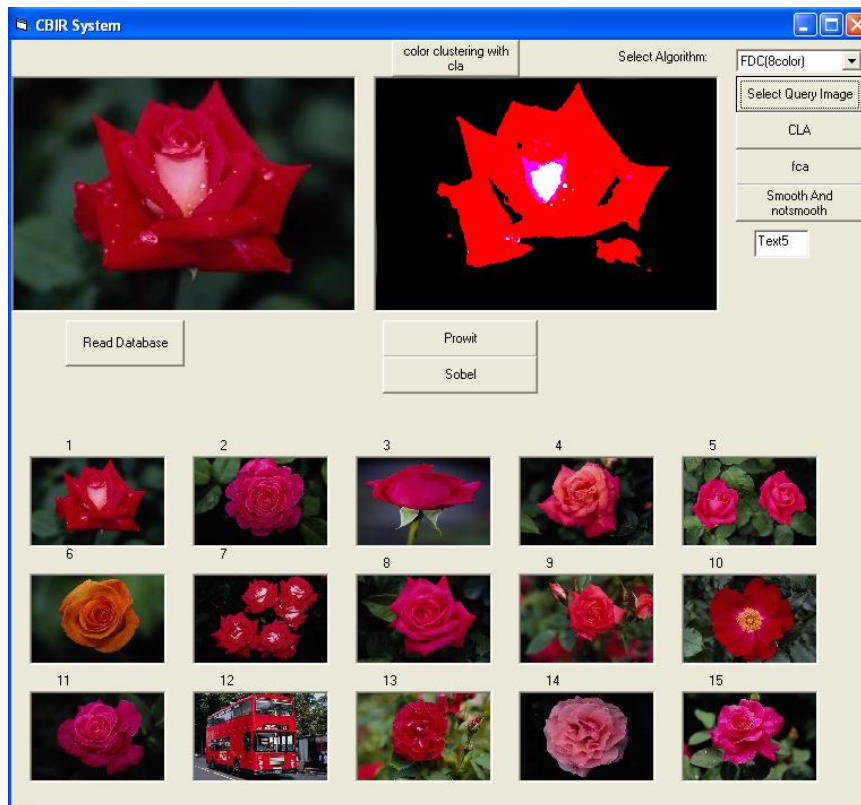
برای ارزیابی عملکرد الگوریتم‌های پیشنهادی یک سیستم بازیابی تصویر با استفاده از محیط برنامه نویسی ویژوال بیسیک پیاده سازی شده است. در این سیستم کاربر این امکان را دارد که یک تصویر نمونه را جهت بازیابی تصاویر مشابه وارد کند، مراحل ذکر شده برای استخراج محتوای تصویر بر تصویر نمونه اعمال شده و ویژگیهای آن استخراج می‌شود. تصاویر موجود در پایگاه تصاویر نیز بصورت غیر برخط توسط الگوریتم، پردازش شده و ویژگیهای آنها استخراج و در یک پایگاه داده ذخیره می‌شوند. 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 تصویر نمونه کاربر نمایش داده می‌شوند. اگر تصویر نمونه عینا 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.

| 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  |
|  |    |    |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|   |    |    |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 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 با وابستگی مکانی - بردار بالا ویژگی تصویر و بردار پایین ویژگی تصویر b را نشان می‌دهد.

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 کوانتیزاسیون 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).



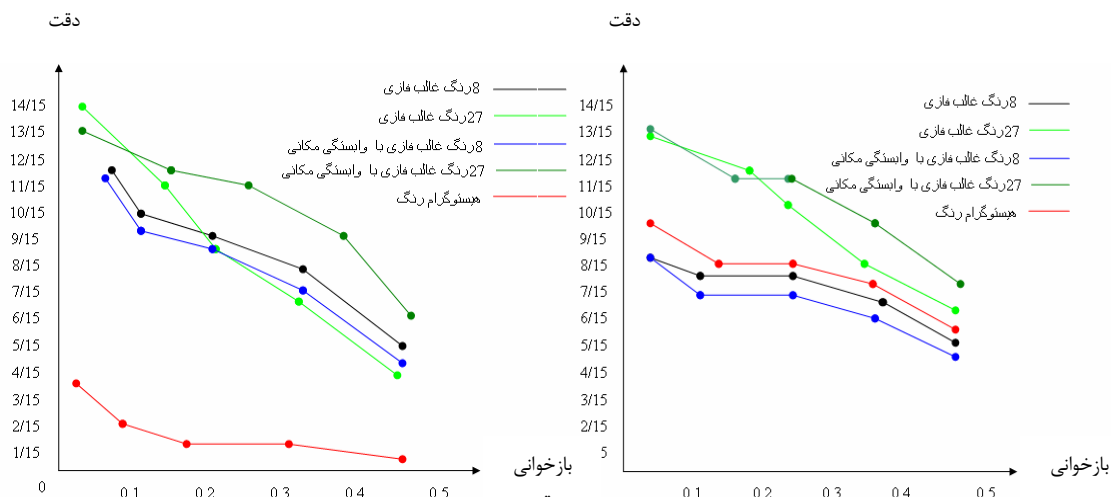


شکل ۹ - محیط سیستم پیاده سازی شده برای بازیابی تصویر.

نتایج حاصل برای تعدادی از مجموعه تصاویر در نمودارهای ۱ و ۲ بصورت نمودارهای دقت<sup>۳</sup> - بازخوانی<sup>۴</sup> آمده است. بازخوانی برابر نسبت تعداد تصاویر بازیابی شده مرتبط به تعداد تصاویر مرتبط موجود در پایگاه و دقت برابر نسبت تعداد تصاویر مرتبط بازیابی شده به تعداد کل تصاویر بازیابی شده می باشد. نمودارهای ۱ و ۲ نشاندهنده نمودارهای دقت-بازخوانی برای دو دسته تصاویر ساحل و آفریقایها هستند که برای اندازه گیری کارایی سیستم بازیابی تصویر مورد استفاده قرار می گیرند. میزان دقت بیشتر برای یک روش بازیابی بازی 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 می دهد. 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 بالاتری نسبت به توصیفگر متداول هیستوگرام رنگ دارند بطوریکه در اکثر تصاویر الگوریتم بازیابی که از توصیفگر رنگ غالب فازی ۲۷ رنگ با وابستگی مکانی استفاده می کند دقت بالاتری 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.

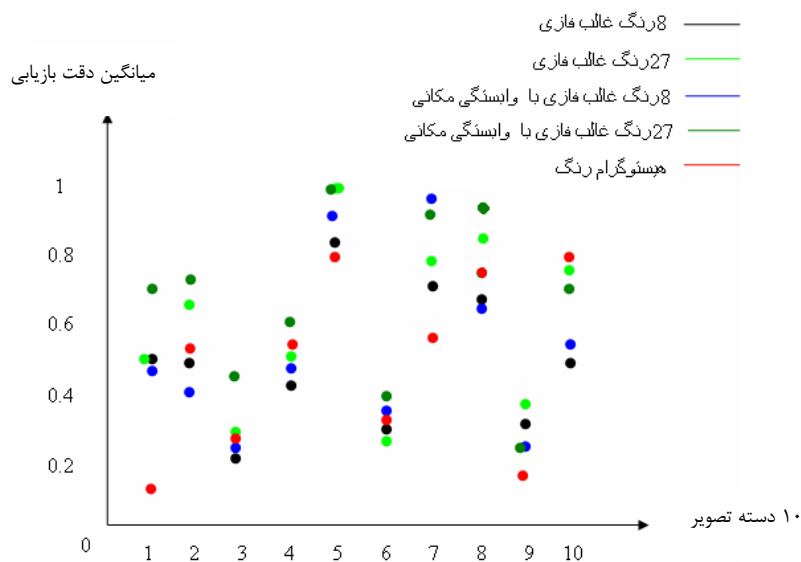
<sup>3</sup> Precision

<sup>4</sup> Recall



نمودار ۲- نمودار دقت- بازخوانی برای تصاویر آفریقایها

نمودار ۱- نمودار دقت- بازخوانی برای تصاویر ساحل



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 اتوماتای سلولی فازی برای استخراج این ویژگیها ارائه شد. از طریق آزمایشهای مختلف نشان داده شده است که ویژگیهای ارائه شده از نظر بیان مناسب محتوای 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 می تواند در بیان محتوای تصویر مفید باشد و مقایسه تصاویر براساس محتوای 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.
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.