

بهینه‌سازی درجه بندی کاشی با استفاده از پردازش تصویر فازی و

الگوریتم ژنتیک

مصطفی مختاری اردکان^۱، مصطفی اخوان صفار^۱، پویا درخشان برجویی^۲^۱ دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه پیام نور، ^۲ دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نایین

mostafamokhtari@pnu.ac.ir

چکیده:

در خطوط کنترل کارخانجات کاشی برای اینکه بتوان کاشی‌ها را درجه بندی کرد، نیاز به روش‌هایی برای تشخیص انواع عیوب مختلفی است که ممکن است در هنگام تولید بر روی کاشی‌ها به وجود آید. به گفته کارشناسان، یکی از بیشترین عیوبی که باعث پایین آمدن کیفیت کاشی‌ها می‌شوند، ترک‌ها و خال‌ها می‌باشند. به این نوع از عیوب تیز گفته می‌شود که در تصویر ساختارهایی با عرض کم و کنتراست بالا به وجود می‌آورند. یکی از ابزارهای پردازش تصویر که می‌توان با استفاده از آن، این ساختارهای با عرض کم و کنتراست بالا را در یک تصویر آشکار ساخت، استفاده از عملگرهای مورفولوژیک مانند توسعه و کاهش می‌باشد. در این مقاله از عملگرهای مورفولوژی فازی جهت تشخیص عیوب استفاده شده است. کارایی تشخیص وابستگی زیادی به ماسک استفاده شده دارد. برای رفع چالش فوق از الگوریتم ژنتیک جهت بهینه‌سازی ماسک مورد نیاز بهره گرفته شده است. با شبیه‌سازی این روش در محیط متلب و انجام آزمایشات زیاد بر روی تصاویر انواع کاشی‌ها، نتایج مطلوبی جهت آشکارسازی عیوب تیز و درجه بندی انواع کاشی‌های ساده، رنگی، طرح‌دار و ... بدست آمد که این نکته یعنی قابلیت درجه بندی انواع کاشی‌ها، از برتری‌های این روش نسبت به روش‌های قبلی می‌باشد.

اطلاعات مقاله:

دریافت: ۲۱ شهریور ۱۳۹۴

پذیرش: ۱ بهمن ۱۳۹۴

کلید واژه:

درجه‌بندی کاشی، عیوب تیز، عملگرهای مورفولوژیک، مورفولوژی فازی، الگوریتم ژنتیک

۱- مقدمه

مداوم و خستگی ناپذیر کار کند. بعلاوه می‌تواند ارزیابی کیفی ثابت و مشخصی را به همراه اندازه‌گیری‌های دقیق از محصولات تولیدشده به عمل آورد. در این سیستم، مشکلاتی مانند تغییرات ایجاد شده در مراقبت‌های یک اپراتور و نیز تفاوت تشخیص دو اپراتور مختلف از میزان عیوب در کیفیت بازرسی، وارد می‌شود. در یک محیط خودکار می‌توان تنوع بیشتری را از عملیاتی که به صورت

بازرسی مواد و محصولات، اغلب در صنایع تولیدی از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. برخلاف وجود اتوماسیون قوی در خطوط تولید، عمل بازمینی نهایی، اغلب بر عهده اپراتور خواهد بود و در این زمینه به بازرسی چشمی اکتفا می‌شود. یک سیستم بازرسی خودکار می‌تواند به صورت



می باشد، مورد بررسی قرار می گیرد. بررسی شکل ظاهری کاشی ها در این کارخانجات توسط انسان و با نگاه کردن به سطح کاشی و تشخیص عیوب مختلف موجود در آن انجام شده و درجه بندی انجام می گیرد. پس از این مرحله کاشی توسط دستگاه هایی به نام های Planar و Linear از نظر مسطح بودن و از نظر ابعاد نیز کنترل می گردند [۴].

در قسمتی که کاشی توسط انسان کنترل می شود، به دلایل مختلفی ممکن است این کنترل اشتباه انجام گیرد، دلایلی از قبیل خستگی افراد، ذات پردازش فکری متفاوت افراد مختلف، سرعت حرکت کاشی بر روی نوار نقاله که گاه تا دو عدد در ثانیه می رسد و عوامل دیگر می تواند باعث تفاوت و اشتباه در درجه بندی و نهایتاً کم شدن بهره وری و سود خالص کارخانه گردد. با توجه به دلایل گفته شده، نیاز به دستگاهی که بتواند به صورت خودکار کاشی ها را با دقت بالا و به صورت یکسان درجه بندی نماید ضروری است.

با توجه به آزمایش های انجام شده به این نتیجه رسیدیم که نمی توان برای درجه بندی کاشی ها از اختلاف پیکسل به پیکسل تصاویر کاشی معیوب و مرجع، چه در حالت عادی و چه در سیستم فازی استفاده کرد. لذا جهت درجه بندی باید بتوانیم ابتدا انواع عیوب موجود در کاشی را تشخیص داده و با توجه به مقدار عیب موجود، کاشی را درجه بندی کنیم. در زمان تولید، عیوب مختلفی بر روی کاشی به وجود می آید که مهم ترین آن ها را می توان ترک ها و خال ها، سوراخ ها، لب پریدگی ها، خش ها، عیوب رنگی و بافتی و ... نام برد [۵]. تاکنون الگوریتم های مختلفی جهت تشخیص این عیوب مطرح شده اند که خلاصه تعدادی از این الگوریتم ها در ادامه خواهد آمد.

همزمان انجام می شوند، نسبت به محیطی که اپراتور در آن کار می کند، فراهم کرد [۱].

امروزه در صنعت تولید کاشی، خطوط مختلفی در کارخانجات تولید، نظیر خطوط پرس، پخت، رنگ و لعاب، کنترل و ... وجود دارد. در این کارخانجات تمام خطوط به جز خط کنترل که در آن کاشی از نظر کیفیت درجه بندی می شود، به صورت تمام اتوماتیک انجام می گیرد [۲].

به منظور اصلاح یکسان سازی دسته ها و گروه هایی که نهایتاً توسط استفاده کنندگان نهایی دریافت می شوند و نیز به جهت جستجوی عیوب تولید، اغلب خطوط تولید کاشی های سرامیکی باید به یک سیستم کنترل بصری، درست پیش از عمل بسته بندی کاشی ها مجهز شوند. البته واضح است که دستیابی به چنین سیستم هشدار دهنده ای ملال آور، گران و تا حدودی سخت است. اما باید دانست که همان طور که تجربه نشان می دهد این روش قابلیت های فراوانی داشته و می تواند کلیه فعالیت هایی را که مغز انسان در این زمینه قادر به انجام آن به صورت کامل نیست، انجام دهد. ضمناً هیچ سیستم ماشینی بینایی جایگزین بازرسی بصری نخواهد شد، اگر:

الف) نتواند رنگ محصول را با قابلیت اعتماد بالایی، مورد تجزیه و تحلیل قرار دهد.

ب) نتواند انواع عیوب تولید را حداقل با دقتی برابر دقت چشم انسان تشخیص دهد.

ج) نتواند ابعاد کاشی را با دقت بالایی اندازه گیری کند [۳]. در خط کنترل، کاشی از منظرهای مختلفی کنترل و درجه بندی می گردد. ابتدا کاشی از لحاظ استحکام کنترل شده، سپس از نظر شکل ظاهری که مهم ترین قسمت کنترل



۱-۱- آشکارسازی عیوب تیز و نقطه‌ای با استفاده از فیلترهای خطی و نقطه‌ای بهینه شده [۶]:

یکی از ساده‌ترین روش‌های آشکارسازی عیوب تیز، باریک و نقطه‌ای با استفاده از فیلترهای خطی و نقطه‌ای بهینه شده می‌باشد. پردازش این روش به دلیل نداشتن محاسبات ریاضی پیچیده نسبت به دیگر روش‌ها، دارای سرعت مناسبی می‌باشد. برای اعمال این فیلترها باید پنجره مورد نظر را با تصویر کانالو نمود. در تصویر حاصل، هر ماکزیمم محلی احتمال وجود یک نقطه یا خط را می‌دهد. سپس برای بررسی وجود خط یا نقطه سیگنال خروجی با یک مقدار آستانه سنجیده شود. نکته قابل ذکر این است که این روش، تنها برای کاشی‌های ساده و بدون طرح مناسب می‌باشد.

۱-۲- آشکارسازی عیوب کاشی با استفاده از توزیع فرکانسی وینر [۷]:

در روش توزیع فرکانسی وینر، مقایسه‌ای بین تصویر کاشی تحت بازرسی و تصویر کاشی مرجع، در میدان فوریه انجام می‌گیرد. الگوریتم مربوطه شامل سه مرحله می‌باشد:

(۱) آموزش سیستم برای یادگیری تصویر کاشی

(۲) محاسبه اختلاف محلی کاشی تحت بازرسی با کاشی مرجع

(۳) انجام پس پردازش برای جداسازی پیکسل‌های معیوب به طور کلی آشکارسازی عیوب کاشی با استفاده از توزیع فرکانسی وینر برای کاشی‌های طرحدار روش بسیار مناسبی می‌باشد، ولی به دلیل داشتن فرمول‌های ریاضی پیچیده سرعت پردازش آن نسبت به سایر روش‌ها پایین می‌باشد.

۱-۳- درجه بندی کاشی براساس یافتن عیوب رنگی کاشی به روش رنگی- ساختاری [۸]:

همانطور که می‌دانیم اگرچه ممکن است تعداد پیکسل‌های تصویر کاشی زیاد باشد، ولی تنوع رنگ در آن زیاد نیست. بنابراین می‌توان به جای مقایسه پیکسل‌ها با هم خوشه‌های رنگی را با یکدیگر مقایسه کرد. در این بخش یک روش مرکب رنگی- ساختاری به تصاویر بافتی رنگی اعمال می‌شود که در آن ویژگی‌های بافتی از کلاس‌های رنگی مختلف مرتبط با بافت تصویر رنگی مورد نظر، استخراج می‌شود. این روش، خوشه‌بندی رنگی را با یک نوع تحلیل تصاویر باینری برای به دست آوردن اطلاعات مربوطه بافت مورد نظر ترکیب می‌کند [۹]. این الگوریتم عیب یابی دارای دو مرحله است: مرحله آموزش و مرحله آزمایش. در مرحله اول، سیستم بوسیله تصاویری از کاشی بدون عیب آموزش داده می‌شود. در مرحله دوم، تصویر کاشی مورد آزمایش، به منظور وجود عیب آنالیز می‌شود. این روش برای آشکارسازی انواع عیوب رنگی مانند لعاب نگرفتگی‌ها و لب پریدگی‌ها روش مناسبی می‌باشد.

۱-۴- کاربردهای الگوریتم ژنتیک برای بهبود و تقسیم بندی تصویر [۱۰]:

الگوریتم ژنتیک نوعی روش محاسبات نرم است. این الگوریتم یک مدل از یادگیری ماشین است که رفتار خود را در تشابه با فرآیندهای تکاملی موجود در طبیعت بدست آورده است. هدف این است که به منظور افزایش کیفیت تصویر و تبدیل تصویر به بخش‌هایی برای دریافت تصویر با معنی بیشتر، تجزیه و تحلیل تصویر با استفاده از الگوریتم



شامل سه بخش است: ژن کنترل، ژن سطح-خاکستری و ژن موقعیت. هر ژن مقادیر شدت را با موقعیت خود مرتبط می‌کند. الگوریتم رشد ناحیه، این مقادیر را به عنوان دانه اولیه، برای یافتن مناطق دقیق برای هر ژن کنترل به کار می‌برد. تابع برازش پیشنهاد شده، برای تکامل جمعیت جهت پیدا کردن بهترین منطقه برای هر ژن کنترل مورد استفاده قرار می‌گیرد. کروموزوم‌ها با استفاده از اپراتورهای GA برای بهبود نتایج تقسیم بندی به روز می‌شوند (تغییر می‌باند). اعمال روش پیشنهادی روی مجموعه داده‌های MRI واقعی، نتایج بهتری در مقایسه با روش فازی مبتنی بر خوشه بندی به دست آورد.

۱-۶- بهینه سازی تنظیم کنترل کننده PID با استفاده از الگوریتم ژنتیک در سیستم های سروو^۱ [۱۲]:

هدف اصلی از مطالعه کنترل PID بهبود عملکرد بوده و تحقیقات زیادی برای این منظور صورت گرفته است. فیلتر PID به دلیل ویژگی‌های مفید شناخته شده از آن، تقریباً در تمام فرآیندهای صنعتی به کار برده شده است. به طور کلی، عملکرد سیستم به شدت به بهره وری کنترل بستگی دارد، از این رو فرایند تنظیم^۲، نقش کلیدی در رفتار سیستم ایفا می‌کند. در این کار، سیستم‌های سروو (خود تنظیم) و به طور خاص سیستم‌های کنترل موقعیت، تجزیه و تحلیل خواهد شد. در بین روش‌های تنظیم موجود، روش حاشیه بهره-فاز^۳ مبتنی بر تحلیل پاسخ فرکانسی، دقیق‌ترین روش

ژنتیک بسیار راحت‌تر شود. این مقاله خلاصه‌ای از الگوریتم ژنتیک متعارف را بیان کرده و نیز وظایف پیش پردازشی تصویر را بررسی می‌کند. وظیفه اصلی ماشین بینایی، بهبود کیفیت تصویر با توجه به دریافت یک تصویر مورد نیاز در هر پذیرش است. الگوریتم‌های ژنتیک برای دستیابی به نتایج بهتر، زمان پردازش سریع‌تر و برنامه‌های کاربردی تخصصی‌تر به کار گرفته شدند. در این مقاله روش‌های مختلفی بر اساس الگوریتم ژنتیک برای به دست آوردن تصویر با کنتراست خوب و طبیعی معرفی می‌شوند. افزایش کیفیت تصویر از اساسی‌ترین وظایف پردازش تصویر بوده و تقسیم‌بندی تصویر کار بسیار دشواری است. این مقاله شامل موارد زیر است: تعریف افزایش کیفیت و تقسیم بندی تصویر و همچنین نیاز به افزایش کیفیت تصویر و اینکه کیفیت یک تصویر را می‌توان با استفاده از الگوریتم ژنتیک بهبود داد و نیز تقسیم‌بندی تصویر با استفاده از الگوریتم.

۱-۵- یک روش جدید بر اساس الگوریتم‌های ژنتیک و رشد ناحیه برای تقسیم بندی تصاویر MRI [۱۱]:

در این مقاله یک رویکرد تقسیم بندی جدید بر اساس ترکیب الگوریتم‌های ژنتیکی (GA) و با توجه به ناحیه در حال رشد برای تولید تصاویر تقسیم بندی شده پزشکی دقیق و نیز غلبه بر مشکل بیش تقسیم بندی ارائه می‌شود. یک تابع برازش جدید برای تولید حداقل جهانی از تابع هدف و یک نمایش کروموزوم مناسب برای فرایند تقسیم‌بندی ارائه شده است. روش پیشنهادی با انتخاب مجموعه‌ای از داده‌ها به صورت تصادفی در سراسر تصویر به عنوان جمعیت اولیه توزیع، شروع می‌شود. هر کروموزوم

¹ Servo

² Tuning

³ Gain-Phase Margin



ماکزیمم خطاهای هر خوشه محاسبه می‌شود. برای هر خوشه ماکزیمم خطا برابر است با ماکزیمم فاصله بین مرکز آن و تمام پیکسل‌های متعلق به آن. بعد از محاسبه خطاها تمام پیکسل‌های معیوب تصویر کاشی براساس مراکز بدست آمده از تصویر کاشی نرمال در قبل، دسته بندی می‌گردد. پیکسل‌هایی که تفاوتشان از مرکز خوشه شان از ماکزیمم خطای آن خوشه بیشتر است به عنوان عیب در نظر گرفته می‌شود.

الگوریتم‌هایی که به مثال‌هایی از آن‌ها اشاره شد هر کدام نوعی از عیوب را تشخیص می‌دهند که جهت درجه بندی مورد استفاده قرار می‌گیرد. برخی از این الگوریتم‌ها برای انواع کاشی‌ها کاربرد دارند اما از سرعت قابل قبولی برخوردار نیستند، در مقابل الگوریتم‌هایی که سرعت خوبی دارند برای انواع کاشی‌های ساده و طرح دار به خوبی کار نمی‌کنند. عیوبی همچون ترک‌ها، خال‌ها و سوراخ‌ها معمولاً در تصویر کاشی، لبه‌های تندی بوجود می‌آورند. این نوع عیوب را عیوب تیز می‌نامیم. تاکنون شیوه‌های متعددی برای تشخیص عیوب تیز بکار گرفته شده است که به طور کلی می‌توان آن‌ها را به سه دسته تقسیم کرد [۱۴]:

- آشکارسازی با استفاده از فیلترهای خطی: در این روش از فیلترهای خطی و کانولوشن برای آشکارسازی عیوب استفاده می‌شود. مزیت اصلی این روش سرعت بالا و حجم کم محاسبات است، اما برای آشکارسازی عیوب تیز در سایر طرح‌ها به الگوریتم‌های دقیق‌تری نیاز است.
- آشکارسازی با استفاده از عملگرهای مورفولوژیکی
- شناسایی طرح در فضای فرکانسی و فضایی: در مباحث تشخیص الگو، اثرات الگوهای منظم نسبتاً به آسانی

برای تنظیم در سیستم‌های کنترل موقعیت است. با این وجود، این روش می‌تواند با اضافه شدن یک روش بهینه سازی، بهبود یابد. به تازگی توسعه یک روش جدید برای تنظیم کنترل PID توسط روش حاشیه بهره-فاز با استفاده از الگوریتم ژنتیک که در آن مفهوم میکرو-جمعیت و احتمال جهش تطبیقی به کار رفته، استفاده شده است. شبیه سازی بکارگیری یک مدل سیستم موقعیت‌یابی در MATLAB و آزمون‌های تجربی در دو ماشین CNC و یک ربات صنعتی به منظور نشان دادن نتایج این پیشنهاد انجام شده است. نتایج به دست آمده با هر دو روش تنظیم بهره-فاز قدیمی و کنترل کننده PID اخیر بهینه سازی شده با الگوریتم ژنتیک مبتنی بر قوانین واقعی مقایسه شده است. نتایج به دست آمده از آزمون‌های تجربی نشان می‌دهد روش بهینه سازی GPM-AMGA پیشنهادی، زمانی که با روش بهینه سازی RGA و روش GPM قدیمی برای برنامه‌های کاربردی تنظیم مقایسه شده، نتایج بسیار خوبی را فراهم می‌کند. زمان محاسبات و منابع برای روش بهینه‌سازی پیشنهادی به میزان قابل توجهی در مقایسه با بهینه‌سازی RGA کاهش می‌یابد.

۱-۷- یک روش جدید برای تشخیص

عیوب رنگی کاشی با استفاده از

الگوریتم ژنتیک C-Means [۱۳]:

در این روش ابتدا تصویر کاشی نرمال با استفاده از GCMA (الگوریتم خوشه بندی ژنتیک c-means) خوشه‌بندی شده و نتایج آن در بهترین خوشه متمرکز می‌شود. بعد از یافتن بهترین مراکز، هر پیکسل از تصویر به خوشه‌ای با نزدیک‌ترین مرکز ارجاع داده می‌شود. سپس



۲- فعالیت تجربی

۲-۱- پردازش تصویر مورفولوژیکی با استفاده از منطق فازی

عملیات‌های مورفولوژی فازی بر اساس قوانین مورفولوژی ریاضی^۱، تئوری مجموعه‌های فازی و منطق فازی تعریف می‌گردد. به طور کلی تعاریف عملیات مورفولوژی ریاضی، همانند تعاریف ساختار تئوری مجموعه‌ها و عملیات مجموعه‌هاست. به همین دلیل تئوری مجموعه فازی به راحتی برای مورفولوژی ریاضی مصداق و کاربرد دارد. عملیات مورفولوژی فازی در دو مرحله تعریف و اجرا می‌گردد. مرحله نخست، فرایند فازی سازی^۲ می‌باشد که با استفاده از توابع عضویت فازی شکل می‌گیرد. مرحله دوم، فرایند تحقق روند فازی سازی از طریق برش‌های آلفا^۳ در توابع عضویت فازی می‌باشد. عملیات اصلی مورفولوژی ریاضی یعنی erosion و dilation از طریق برش آلفای توابع عضویت فازی بررسی و اجرا می‌شود [۱۷].

۲-۱-۱- مورفولوژی ریاضی

محتوای مورفولوژی ریاضی کاملاً براساس تئوری مجموعه‌ها استوار است. بسیاری از عملگرهای مفید تعریف شده در مورفولوژی ریاضی، با استفاده از عملیات مجموعه‌ها به وجود می‌آید. برای مثال erosion، dilation، opening و closing از جمله عملیات مفید و موثر در رویارویی با مسائل متعدد پردازش تصویر به شمار می‌روند. مجموعه‌ها در مورفولوژی ریاضی نشان دهنده اشیاء در یک تصویر

می‌تواند در فضای فرکانسی یا فضایی از هم تفکیک شود که تحلیل در فضای فرکانسی معمولاً ترجیح داده می‌شود. به همین دلیل، نویز نیز آسان‌تر از سیگنال جدا می‌شود. با وجود این، در تصاویری که به شدت تصادفی هستند، محل الگوهای اولیه، مشخص نبوده و به آسانی نیز قابل تشخیص نیست و به همین جهت جدا سازی عیوبی از قبیل ترک‌ها با استفاده از اطلاعات فضای فرکانسی به تنهایی، بسیار مشکل است [۱۵]. به همین جهت، نیز از توصیف توأم فرکانسی و فضایی تصویر استفاده می‌شود. این شیوه قابلیت جداپذیری ساختارهای الگو را بهبود می‌بخشد، زیرا که با این روش ساختارهای مشخصه الگوها در نواحی جداگانه‌ای تقویت می‌شوند [۱۶].

با توجه به مطالب بالا، یکی از روش‌هایی که در پردازش تصاویر می‌توان با استفاده از آن، ساختارهای با عرض کم و کنتراست بالا را در یک تصویر که به آن‌ها اصطلاحاً عیوب تیز گفته می‌شود، آشکار سازی کرد، استفاده از عملگرهای مورفولوژی می‌باشد. همچنین استفاده از سیستم‌های فازی در پردازش تصویر می‌تواند باعث افزایش قدرت و دقت در کار شود. لذا در این مقاله از عملگرهای مورفولوژی فازی جهت تشخیص عیوب تیز کاشی‌ها بهره گرفته شده است. همچنین از الگوریتم ژنتیک جهت بهینه سازی ماسک مورد نیاز این عملگرها استفاده خواهد شد. این روش به دلیل قدرت و دقتی که در پردازش تصویر دارد برای انواع کاشی‌های ساده و طرح دار مناسب بوده و از سرعت نسبتاً خوبی برخوردار است.

¹ Mathematical Morphology

² Fuzzification

³ α -Cuts



این شرط که $(s-x)$ و $(t-y)$ باید در دامنه f باشند و x و y باید در دامنه b باشد، همانند این شرایط در dilation باینری است که در آن دو مجموعه باید حداقل در یک عنصر اشتراک داشته باشند و در آن، عملیات ماکزیمم جایگزین مجموع کانولوشن^۳ و حاصل جمع جایگزین حاصل کانولوشن می‌گردد.

erosion که به صورت $f \ominus b$ نشان داده می‌شود به صورت معادله (۲) ارائه می‌گردد [۱۷]:

(۲)

$$f \ominus b(s,t) = \min \{f(s+x, t+y) - b(x,y) \mid (s+x), (t+y) \in Df, (x,y) \in Db\}$$

در این فرمول D_f و D_b به ترتیب دامنه‌های f و b می‌باشند. این شرط که $(s+x)$ و $(t+y)$ باید در دامنه f باشند و x و y باید در دامنه b باشد، همانند این شرایط در erosion باینری است که عنصر ساختاری حاوی مجموعه‌های کاهش داده شده می‌باشد.

۲-۱-۲- پردازش تصویر فازی

یک مجموعه فازی A در فضای جهانی U بوسیله یک تابع $\mu_A(x)$ که مقادیری در بازه $[0,1]$ اختیار می‌کند، مشخص می‌شود. بنابراین یک مجموعه فازی تعمیم یک مجموعه کلاسیک است که اجازه می‌دهد تابع تعلق هر مقداری را در بازه $[0,1]$ اختیار کند. به عبارت دیگر یک مجموعه کلاسیک فقط می‌توانست دو مقدار ۰ و ۱ را داشته باشد، در حالیکه تابع تعلق یک مجموعه فازی، یک تابع پیوسته در محدوده $[0,1]$ می‌باشد [۱۸].

به دو دلیل پردازش تصویر فازی دارای اهمیت است [۱۹]:

می‌باشند. در یک تصویر باینری، این مجموعه‌های دارای عناصر صحیح، اعضاء حوزه تصویر دو بعدی می‌باشند. ریشه عملیات مورفولوژی ریاضی در ابتدا در تصاویر دودویی تعریف شد. عملیات مورفولوژی ریاضی مبتنی بر یک تبدیل ساده تصویر ورودی با توجه به یک عنصر ساختاری^۱ خاص انجام می‌شود. عنصر ساختاری دو بعدی یا مسطح به شکل ماتریسی شامل عناصر ۰ و ۱ می‌باشد. یک ماتریس عنصر ساختاری معمولی به لحاظ اندازه کوچک‌تر از ماتریس یک تصویر می‌باشد. پیکسل مرکزی عنصر ساختاری که اصطلاحاً ریشه^۲ نامیده می‌شود، پیکسلی را تعریف می‌کند که در حال پردازش است. عنصر ساختاری یک فیلتر ماسک مخصوص می‌باشد که تصویر ورودی را با کیفیت بهتری ارائه می‌دهد. برای مثال یک عنصر ساختاری را می‌توان به صورت یک ماتریس 3×3 درست کرد که از ۰ و ۱ ها پر شده باشد. یک مزیت عمده در مراحل کاربرد، این حقیقت است که عملیات‌های dilation و erosion عملیات اولیه‌ای می‌باشند که پایه و اساس طبقه وسیعی از الگوریتم‌های مورفولوژی را تشکیل می‌دهند [۱۷].

به همین دلیل به منظور سهولت در این بخش، تنها با عملیات‌های dilation و erosion سروکار داریم. dilation تابع f بوسیله b که به صورت $f \oplus b$ نشان داده می‌شود به صورت معادله (۱) تعریف می‌گردد [۱۷]:

(۱)

$$f \oplus b(s,t) = \max \{f(s-x, t-y) + b(x,y) \mid (s-x), (t-y) \in Df, (x,y) \in Db\}$$

در این فرمول D_f و D_b به ترتیب دامنه‌های f و b می‌باشند.

¹Structural Element

²Origin

³ Sum Convolution



راه حل هر مسئله به عنوان یک کروموزوم در نظر گرفته می شود و سپس حل مسئله با یک تعداد تصادفی از این کروموزومها شروع می شود.

کد گذاری: الگوریتم ژنتیک به جای این که بر روی پارامترها یا متغیرهای مساله کار کند، با شکل کد شده آنها سروکار دارد. انواع کد گذاری عبارتند از:

الف- کدگذاری باینری: عمومی ترین روش و آشنا ترین نوع کدگذاری در GA روش کدگذاری باینری است. در کد گذاری به روش باینری همه کروموزومها با رشته هایی که شامل بیت هایی از 0 یا 1 است کد می شوند.

ب- کدگذاری ارزش: از این شیوه می توانیم در حالت هایی که مسئله ارزش های پیچیده ای دارد استفاده کنیم. ولی با این وجود برای این گونه کدگذاری اغلب باید شیوه های توسعه یافته جدیدی در برش و جهش به کار برد.

- جمعیت اولیه: پس از تعیین سیستم کدگذاری و مشخص شدن روش تبدیل هر جواب به کروموزوم، باید یک جمعیت اولیه از کروموزومها تولید نمود. در اکثر موارد، جمعیت اولیه به صورت تصادفی تولید می شود. اما گاهی اوقات برای بالا بردن سرعت و کیفیت الگوریتم از روش های ابتکاری نیز برای تولید جمعیت اولیه استفاده می گردد [22].

تابع برازش: شرایط محیطی را که جمعیت در آن قرار دارد و به صورت یک رابطه ریاضی درآمد تابع برازش می نامند. تابع برازش تابعی است که ارزش هر کروموزوم در مسئله مورد نظر را تعیین کرده و برای ارزیابی کروموزومها از آن استفاده می شود.

- انتخاب: عمل حذف در شرایط طبیعی باعث نابودی افرادی که سازگاری کمتری با محیط دارند می شود، به

۱- تکنیک های فازی ابزارهای قدرتمندی برای نمایش و پردازش اطلاعات می باشند.

۲- تکنیک های فازی می توانند ابهامات و نامعلومات را به طور کارآمد و موثر مدیریت کنند.

تعریفی از پردازش تصویر فازی:

"پردازش تصویر فازی مجموعه ای است از تمام روش هایی که تصاویر، قسمت ها و خصوصیات شان را به عنوان مجموعه فازی می فهمند، ارائه می دهند و پردازش می کنند. ارائه و پردازش به تکنیک های فازی انتخاب شده و مسئله مورد حل بستگی دارد" [19].

۲-۲- الگوریتم ژنتیک

الگوریتم های ژنتیکی خانواده ای از مدل های محاسباتی هستند که از تکامل موجودات (مسئله انتخاب طبیعی در طبیعت) الهام گرفته شده [20] و اولین بار توسط J. Holland پیشنهاد گردیده اند [21]. تکامل بیش از آنکه به حفظ گونه هایی پردازد که تطابق بیشتری با محیط اطرافشان داشته اند، به حذف گونه هایی پرداخته که کمتر با محیط اطرافشان تطبیق داشته اند. به عبارت دیگر در تکامل حذف عناصر ضعیف تر به مراتب اثر بیشتری از حفظ عناصر قوی تر دارد [20].

مفاهیم اصلی الگوریتم ژنتیک شامل کروموزوم، جمعیت اولیه، انتخاب، برش^۱، جهش^۲، جایگزینی و خاتمه می باشد [22].

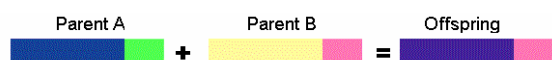
- کروموزوم: به گروهی از ژن ها اطلاق می شود که اطلاعات وراثتی را از نسلی به نسل دیگر انتقال می دهند.

¹ Crossover

² Mutation



سپس در رشته باینری کروموزوم اول، از آغاز رشته تا نقطه برش کپی شده و از رشته دوم از نقطه برش تا پایان کپی می‌شود و فرزند به وجود می‌آید. شکل (۱)



نوزاد اول : 110/01100 والد اول : 110/10110

نوزاد دوم : 010/10110 والد دوم : 010/01100

شکل ۱- برش یک نقطه‌ایی

ب- برش دونقطه‌ایی: ابتدا دو نقطه برش انتخاب می‌کنیم. سپس در رشته‌ی باینری کروموزوم والد اول، از ابتدای کروموزوم تا اولین نقطه برش کپی می‌کنیم. بعد در رشته باینری کروموزوم والد دوم از نقطه اول تا نقطه دوم برش کپی می‌شود و ادامه رشته را نیز از نقطه دوم برش تا انتهای رشته اول کپی می‌کنیم. بنابراین فرزند به صورت شکل (۲) به وجود می‌آید.



نوزاد اول : 11101110 والد اول : 10/101/101

نوزاد دوم : 10010101 والد دوم : 11/010/110

شکل ۲- برش دو نقطه‌ایی

- جهش: جانشین شدن تصادفی ژنی به جای ژن دیگر را جهش گویند [۲۲]. جهش عملگر ساده‌ایی است که تغییرات تصادفی در مقدار ژن‌های یک کروموزوم ایجاد می‌کند. شکل‌های مختلفی برای اعمال جهش در آرایه‌های مختلف موجود است. برای آرایه‌های باینری، جهش، مقدار هر ژن را با احتمالی کوچک معکوس می‌کند. معمولاً احتمال جهش

عبارت ساده‌تر نتیجه مبارزه بین جانداران باقی ماندن افراد سازگارتر می‌باشد. جمعیت نسل جدید با انتخاب کروموزوم‌های برانده‌تر از نسل فعلی به وجود می‌آیند. روش‌های مختلفی برای انتخاب وجود دارد که عبارتند از:

الف- انتخاب براساس رتبه بندی: روش انتخاب چرخه رولت که توضیح داده شد روش خوبی است ولی در حالتی که اختلاف ارزش‌های fitness در کروموزوم‌ها زیاد باشد دچار مشکل می‌شود مثلاً اگر ارزش بهترین کروموزوم 90% باشد مجموع کروموزوم‌های دیگر بسیار شانس کمتری برای انتخاب شدن دارند. در شیوه Rank Selection به این صورت عمل می‌کنیم که ابتدا جمعیت یا نسل را مرتب کرده، سپس به هر کروموزوم با توجه به ارزش fitness آن عددی اختصاص می‌دهیم. مثلاً بدترین کروموزوم 1، کروموزوم ما قبل بدتری 2 و الی آخر تا اینکه به بهترین کروموزوم، N را می‌دهیم (N تعداد کروموزوم‌های نسل می‌باشد). البته در این روش همگرایی بسیار آهسته اتفاق می‌افتد به خاطر اینکه اختلاف کروموزوم‌ها کاهش پیدا کرده است.

ب- انتخاب نخبه‌گرا: در این روش ابتدا نسل جدید را ایجاد کرده سپس بر اساس fitness بهترین کروموزوم‌ها به تعداد Pop-Size به نسل بعد منتقل می‌شوند. نخبه‌گرایی می‌تواند باعث افزایش سرعت الگوریتم ژنتیک شود چون این روش باعث می‌شود که احتمال انتخاب شدن بهترین کروموزوم‌ها افزایش یابد.

- برش: تبادل ویژگی‌های کروموزوم‌های انتخاب شده برای ایجاد کروموزوم‌های جدید را برش انجام می‌دهد [۲۲].

الف- برش یک نقطه‌ایی: ابتدا نقطه برش انتخاب می‌شود.



فرزند تولید می شود. سپس از مجموعه فرزندان، تعداد μ فرد برتر در نسل بعد قرار داده می شود.

- خاتمه و همگرایی الگوریتم ژنتیک: تکامل، الگوریتمی است که به خودی خود پایان نمی پذیرد. بعلاوه با رسیدن به جواب بهینه نیز انتظار نمی رود که الگوریتم خود به خود خاتمه یابد و علاوه بر آن الگوریتم همیشه به جواب نمی رسد. بنابراین لازم است روشی برای خاتمه دادن به الگوریتم تکامل اتخاذ کرد.

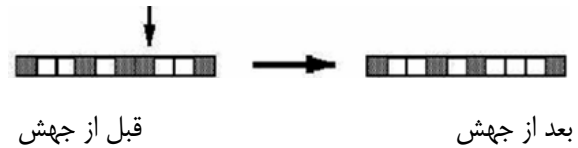
روش های متعددی برای این کار موجود است، از جمله:

- (۱) توقف تکامل پس از تعداد دور مشخص
- (۲) توقف تکامل هرگاه پیشرفت یا بهبودی در جواب های ایجاد شده مشاهده نشود.
- (۳) توقف تکامل هنگام همگرایی الگوریتم، عبارتی زمانی که اکثریت یا همه افراد جمعیت شبیه به هم شده باشند.

۲-۳- یافتن ماسک بهینه با استفاده از الگوریتم ژنتیک

در این تحقیق از الگوریتم ژنتیک باینری بهره گرفته شده است زیرا در مرحله جهش ابتدا ماسک کدگذاری شده را به باینری تبدیل کرده و سپس عمل جهش را روی آن انجام می دهیم. برای کد کردن یک ماسک، که در این تحقیق ماتریسی 3×3 است، و تولید کروموزوم نظیر آن، کافی است سطرهای ماسک را به دنبال هم قرار دهیم تا یک بردار حاصل شود. این بردار همان کروموزوم نظیر ماسک است. در شکل (۴) با این روش از یک ماسک نمونه یک کروموزوم تولید شده است.

برای کروموزومی به طول L ، برابر $\frac{1}{L}$ فرض می شود. مثالی از جهش در آرایه باینری در شکل (۳) دیده می شود.



شکل ۳- جهش در آرایه باینری

جهش معمولاً با احتمالی پایین، برای مثال بین 0.001 و 0.01 اعمال می گردد. در آرایه های حقیقی، معمولاً از نرخ جهش بالاتری استفاده می شود تا احتمال بررسی کل فضای جستجو بیشتر شود، بدون اینکه تاثیر سویی بر همگرایی داشته باشد.

- جایگزینی: پس از ایجاد فرزندان، روشی باید تعیین کند که کدامیک از افراد جمعیت قبلی از بین بروند و چگونه فرزندان جدید جایگزین آن ها شوند. دو روش Generational Update و Steady-State Update برای جایگزینی مطرح شده است که فقط روش اول توضیح داده شده است.

Generational Update: در این روش، n فرزند از جمعیتی به اندازه n ایجاد می شود و جمعیتی به بزرگی n را در نسل بعد تشکیل می دهد. تعداد n فرزند به طور کامل جایگزین والدین انتخاب شده خود می شوند. در این نوع بهنگام سازی، هر فرد تنها با افرادی از نسل خود تولید مثل می کند. انواع دیگری از این نوع بهنگام سازی نیز به صورت زیر موجودند:

الف- $(\lambda + \mu)$ -update: در این روش از تعداد μ والد، $\lambda \geq \mu$ فرزند تولید می شود. سپس تعداد μ فرد برتر از اجتماع والدین و فرزندان، در نسل بعد قرار داده می شود.

ب- (λ, μ) -update: در این روش از تعداد μ والد، $\lambda \geq \mu$



الگوریتم نرخ جهش در ابتدا 0.05 در نظر گرفته شده است ولی بدلیل مطلوب نبودن جوابها این مقدار به 0.2 تغییر کرده است. یعنی هر کروموزوم که دارای عدد تصادفی کوچکتر از 0.2 باشد، جهش پیدا می کند. برای جهش در این کروموزومها همانند جهش برای آرایه های باینری عمل شده است. بدین صورت که ابتدا تمام اعداد داخل کروموزوم به باینری تبدیل می شود و با توجه به اینکه در هر کروموزوم 9 عدد وجود دارد و برای تبدیل هر عدد به باینری 8 بیت مورد نیاز است، پس از تبدیل اعداد به باینری، کروموزوم 72 بیتی می شود. برای جهش ابتدا یک عدد تصادفی بین 1 و 72 تولید شده و با توجه به عدد بدست آمده، بیت با همان اندیس داخل کروموزوم معکوس شده است. سپس کروموزوم به دهی تبدیل شد. بردار حاصل به عنوان کروموزوم جهش یافته در نظر گرفته می شود. در الگوریتم ژنتیک پیشنهادی ابتدا برازندگی کروموزومها با استفاده از فرمول (12) محاسبه شده و تعداد 10 کروموزوم با کمترین برازندگی حذف می شوند. سپس با استفاده از برش برای هر دو والد، دو فرزند تولید می گردد. جمعیت جدید با جایگزینی این دو فرزند به جای بدترین کروموزومهای جمعیت قبلی (آنهایی که بدترین درجه برازندگی را دارند) بوجود می آید. تکرار این حلقه ادامه می یابد تا شرط خاتمه برقرار شده و بهترین کروموزوم برای جواب نهایی انتخاب گردد. در الگوریتم استفاده شده در این تحقیق، شرط پایان حلقه تعداد تکرار قرار گرفته شده است. یعنی می توان مشخص کرد که حلقه کار اصلی الگوریتم ژنتیک چند مرتبه تکرار شده و سپس کروموزوم (ماسک) بهینه حاصله را برگرداند که به صورت تجربی شرط پایان حلقه تعداد 20 تکرار در نظر گرفته شد. اکنون الگوریتم ژنتیک پیشنهادی کامل شده و ماسک بهینه مورد نیاز حاصل گردیده است.

12	100	56						
228	154	90						
83	21	136						

 \Rightarrow

12	100	56	228	154	90	83	21	136
----	-----	----	-----	-----	----	----	----	-----

شکل ۴- تبدیل ماسک به کروموزوم

برای بدست آوردن جمعیت اولیه، 20 عدد از این کروموزومها که به صورت بردارهای 1×9 دارای اعداد تصادفی بین 0 و 255 می باشند تولید شده است.

انتخاب: برای انتخاب بهترین کروموزومها در هر نسل، ابتدا با استفاده از رابطه (12) برای تمام کروموزومها (ماسکها) برازندگی را محاسبه کرده و اعداد بدست آمده را در یک آرایه قرار داده و به صورت غیر نزولی مرتب می شود. سپس از 20 کروموزوم موجود، 10 کروموزوم با بهترین برازندگی (کمترین مقدار حاصله از تابع برازش که 10 مقدار اول آرایه می باشد) را برای ایجاد نسل بعد نگه داشته و بقیه از بین برده می شود. برای ایجاد نسل بعد از برش استفاده می شود. در الگوریتم ژنتیک مورد استفاده برای تولید نسل جدید از عملگر برش یک نقطه ای بهره گرفته شده است. با استفاده از برش، باید از هر دو کروموزوم نسل قبل، دو فرزند به وجود آید. بنابراین نقطه برش در کروموزومهای والد، بین ژنهای پنجم و ششم انتخاب می شود. با انتخاب نقطه برش و انجام برش یک نقطه ای، به ازای 10 کروموزوم والد انتخاب شده، 10 کروموزوم فرزند نیز به وجود آمده و بدین ترتیب نسل جدید 20 کروموزومی شامل 10 والد و 10 فرزند ایجاد می گردد.

برای انجام جهش ابتدا کروموزوم(هایی) که باید تغییر پیدا کند را انتخاب می کنیم. یعنی ابتدا باید نرخ جهش را مشخص کرد. سپس برای هر کروموزوم عددی تصادفی بین صفر و یک حاصل کرد. کروموزومی که عدد بدست آمده برای آن کوچکتر از نرخ جهش است برای انجام جهش انتخاب می شود. در این



۳- نتایج و بحث

۳-۱- شبیه سازی الگوریتم

۳-۱-۱- آلفا - مورفولوژی (مورفولوژی فازی)

نخستین کسی که به طور آزمایشی از ترکیب مورفولوژی ریاضی و منطق فازی استفاده کرد، در سال ۱۹۸۸ محقق برجسته آقای Kaufmann بود. وی رویکرد برش‌های آلفا را برای اکثر عملیات‌های مجموعه فازی پیشنهاد داد. مجموعه فازی که حاوی تمام عناصر با درجه عضویت بزرگتر یا مساوی α که $\alpha \in [0,1]$ می‌باشد، اصطلاحاً برش عضویت نامیده می‌شود. با فرض یک مجموعه فازی $\mu(x)$ که x یک عنصر از مجموعه جهانی X باشد و با نسبت دادن درجه عضویت در فاصله $[0,1]$ به هر عنصر x و با فرض $0 \leq \alpha \leq 1$ ، برش آلفای $\mu(x)$ که در فرمول (۳) آمده است، برابر است با مجموعه تمام مقادیر $x \in X$ که درجه عضویت آن‌ها حداقل به اندازه α باشد [۲۳].

$$\mu_\alpha = \{x | \mu(x) \geq \alpha\} \quad (3)$$

به کمک این تعریف از برش آلفا، عملیات مجموعه فازی به آسانی از مجموعه‌های *crisp* بدست می‌آید. به عنوان مثال اجتماع دو مجموعه فازی $\mu(x)$ و $\nu(x)$ به صورت معادله (۴) تعریف می‌شود:

$$[\mu \cup \nu](x) = \max[\mu(x), \nu(x)] \quad (4)$$

$$\text{دارد به } (\mu \cup \nu)\alpha = \mu\alpha \cup \nu\alpha$$

برای تعریف جمع Minkowski دو مجموعه A و B ابتدا حاصل $\tau\alpha(X)$ مجموعه X با استفاده از بردار α را بدست می‌آوریم که به صورت معادله (۵) بدست می‌آید:

$$\tau\alpha(X) = \{y | y = x - \alpha, x \in X\} \quad (5)$$

در نتیجه این جمع به صورت معادله (۶) حاصل می‌شود:

$$A \oplus B = \{\alpha \in A | \tau\alpha(B) \cap A \neq \emptyset\} \quad (6)$$

بعلاوه اگر A و B به صورت گرافیکی ارائه شوند، شکل A توسط مجموعه B توسعه داده می‌شود.

همچنین عملیات تفریق Minkowski مجموعه B از مجموعه A نیز به همین روش به صورت معادله (۷) قابل تعریف است.

$$A \ominus B = \{\alpha \in A | \tau\alpha(B) \subseteq A\} \quad (7)$$

این عملیات یادآور کاهش شکل A بوسیله قالب B می‌باشد. با استفاده از این قواعد می‌توان عملیات "erosion" و "dilation" را در برش آلفا تعریف کرد. با تعریف یک ماسک عنصر ساختاری، به طور مثال یک ماتریس 3×3 فازی شده وزن دار به صورت $\mu\alpha(x)$ با استفاده از برش آلفا، تعاریف برش آلفای دو بعدی توسعه و کاهش Bloch و Maitre به کمک جمع و تفریق Minkowski به صورت معادله (۸) و (۹) بدست می‌آید [۲۳]:

$$\text{Dilation} : [g(x) \oplus \mu(x)]\alpha(x) = \sup \min [g(x-y), \mu(x)] \quad \text{where } y \in X \quad (8)$$

$$\text{Erosion} : [g(x) \ominus \mu(x)]\alpha(x) = \inf \max [g_{\max} - g(x-y), \mu(x)] \quad \text{where } y \in x \quad (9)$$

بزرگترین حداقل و $\inf \max$ کوچکترین حداکثر می‌باشد. از این فرمول‌ها می‌توان در ساخت فیلتر مناسب جهت استفاده

که $g(x)$ تصویر مورد نظر برای توسعه یا کاهش فازی، $\mu(x)$ ماسک مورد استفاده در این عملیات‌ها، $\sup \min$



برازندگی می‌باشد. در این تحقیق برای بدست آوردن تابع برازندگی باید به نکته زیر توجه کرد:

«ماسکی بهینه است که نتیجه فیلتر DE بر روی تصویر کاشی‌های بدون عیب کمترین آشکار سازی را داشته باشد» بنابراین باید برای بدست آوردن تابع برازندگی، مقدار عیوب آشکار شده توسط فیلتر DE را محاسبه کرد. برای این کار ابتدا برای یک ماسک، فیلتر DE روی تصویر اعمال شده. سپس تصویر بدست آمده بلاک بندی و عیوب آشکار شده در هر بلاک محاسبه شد. این کار را می‌توان به صورت معادله (۱۱) با جمع تمام عناصر بلاک حاصل از عملگر DE بدست آورد.

$$fitblock(A) = \sum_{j \in A} (idg(j)) \quad (11)$$

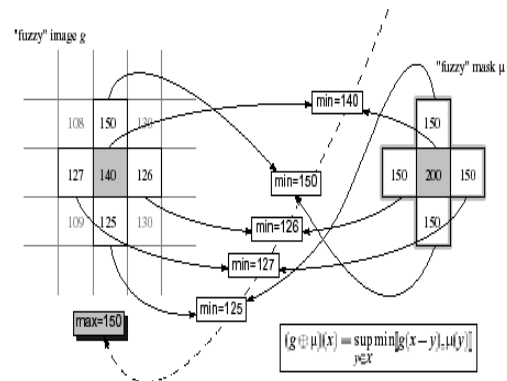
که منظور از A یک بلاک $L \times L$ از تصویر بدون عیب و $idg(j)$ پاسخ عملگر DE به پیکسل j بلاک مذکور است. به عبارت دیگر پس از آنکه عملگر DE بر تصویر بدون عیب اعمال گردید، تصویر حاصل را به بلاک‌های $L \times L$ تقسیم کرده و درجه وجود عیب در هر یک محاسبه خواهد شد. ارزش ماسک برابر است با بیشترین $fitblock$ در کل تصویر که طبق معادله (۱۲) تعریف می‌شود.

$$FitFun(m) = \max_{A \in I} (fitblock(A)) \quad (12)$$

در این معادله m ماسکی است که برازندگی آن بدست می‌آید و I مجموعه تمام بلاک‌های تصویر می‌باشد. با توجه به مطالب گفته شده، ماسکی که دارای FitFun کوچکتری باشد مناسبتر است.

پس از اینکه با اعمال الگوریتم ژنتیک بر روی تصویر چند کاشی مرجع بدون عیب، ماسک مناسب برای آشکارسازی

در الگوریتم پیشنهادی استفاده کرد. نمونه ای از انجام این عملگرها را در شکل (۵) می‌بینید.



شکل ۵- چگونگی انجام عملیات dilation فازی روی تصویر [۱۷]

با توجه به توضیحاتی که در این قسمت داده شد، دو عملگر توسعه و کاهش در سیستم فازی به صورت فرمول‌های (۸) و (۹) بدست آمدند. برای اینکه بتوان از این دو عملگر برای آشکار سازی عیوب تیز استفاده کرد، باید فیلتری را ایجاد کرد که در ضمن مشخص کردن ساختارهای با عرض کم و کنتراست بالا در تصویر، بقیه قسمت‌های تصویر را کاملاً تیره (نامشخص) نماید. با تحقیقات انجام شده فیلتری به نام DE به وجود آمد که به صورت فرمول (۱۰) می‌باشد.

$$DE = Dilation(i, se) - Erosion(i, se) \quad (10)$$

در این فرمول i تصویر و se ماسک بدست آمده از الگوریتم ژنتیک و عملگرهای Erosion و Dilation بدست آمده از فرمول‌های ۸ و ۹ می‌باشد. این عمل باعث می‌شود که ترک‌ها، خال‌ها و سوراخ‌های موجود در تصویر کاشی مشخص شده و بقیه تصویر تیره گردد. یکی از قسمت‌های مهم الگوریتم ژنتیک بدست آوردن تابع



این الگوریتم برطرف شود. نکاتی که باید در درجه بندی کاشی ها مورد توجه قرار گیرد این است که، الگوریتم از دقت و سرعت قابل قبولی برخوردار بوده و در ضمن توانایی آشکارسازی عیوب انواع کاشی ها را داشته باشد.

برای نشان دادن مزیت استفاده از الگوریتم ژنتیک جهت بهینه سازی ماسک نسبت به ماسک های تصادفی بهینه نشده، عملگر اصلی این تحقیق با استفاده از یک ماسک بهینه شده و پنج ماسک تصادفی بر روی تعداد زیادی تصویر کاشی سالم و معیوب انجام داده شد. نتیجه کمی کار که به صورت نواحی معیوب آشکار شده و مساحت آن ها می باشد و از رابطه (۱۱) بدست آمده را برای دو کاشی سالم و سه کاشی معیوب در جدول شماره ۱ مشاهده می کنید. در این جدول I11 و I12 تصاویر کاشی های سالم و I21 و I22 و I23 تصاویر کاشی های معیوب می باشد. ماسک بدست آمده از الگوریتم ژنتیک و پنج ماسک تصادفی در شکل (۶) نشان داده شده اند.

$$m = \begin{bmatrix} 213 & 145 & 93 \\ 183 & 139 & 173 \\ 118 & 145 & 202 \end{bmatrix} \quad m1 = \begin{bmatrix} 154 & 4 & 237 \\ 70 & 190 & 119 \\ 51 & 114 & 107 \end{bmatrix} \quad m2 = \begin{bmatrix} 215 & 171 & 174 \\ 134 & 213 & 97 \\ 52 & 5 & 212 \end{bmatrix}$$

(a) (b) (c)

$$m3 = \begin{bmatrix} 242 & 124 & 116 \\ 59 & 227 & 5 \\ 155 & 194 & 209 \end{bmatrix} \quad m4 = \begin{bmatrix} 113 & 235 & 104 \\ 157 & 188 & 238 \\ 202 & 45 & 233 \end{bmatrix} \quad m5 = \begin{bmatrix} 105 & 90 & 36 \\ 227 & 207 & 52 \\ 15 & 3 & 51 \end{bmatrix}$$

(d) (e) (f)

شکل ۶- a ماسک بدست آمده از الگوریتم ژنتیک، b,c,d,e,f: ماسک های تصادفی

آشکار شده اند که تا حد زیادی به میزان عیب مورد انتظار نزدیک است ولی ماسک های تصادفی تعداد نواحی زیادی با مساحت های بزرگتر که مورد انتظار ما نیستند را بدست آورده اند.

عیوب تیز بدست آمد، می توان با استفاده از این ماسک بهینه، عملگر DE را روی تصویر کاشی های معیوب انجام داد و عیوب تیز آن ها را آشکار سازی کرد. با بدست آوردن مقدار عیب موجود در هر کاشی می توان آن را از نظر عیوب تیز درجه بندی کرد.

۳-۲- نتیجه اعمال الگوریتم

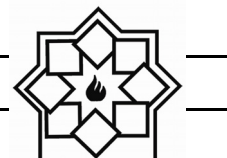
با استفاده از عملگرهای موفولوژی فازی فیلتری به نام DE ساخته شد که جهت آشکارسازی عیوب تیز کاشی ها بر روی تصویر کاشی معیوب اعمال شده و نتیجه تصویر تیره ای است که عیوب آن مشخص شده اند. برای اینکه این فیلتر خطوط طرح کاشی را به عنوان عیب نشان ندهد باید ماسک مورد استفاده در این فیلتر را به گونه ای تغییر داد. از الگوریتم ژنتیک برای بهینه سازی ماسک مورد نیاز استفاده شد. در نهایت نتیجه کار بر روی چند نمونه کاشی نشان داده شد. الگوریتم های مختلفی تاکنون در این زمینه کار کرده اند که هر کدام نقطه ضعفی داشتند. سعی شد این نقاط ضعف در

در این جدول برای هر کاشی یک مقدار عیب مورد انتظار وجود دارد یعنی مساحت نواحی معیوب که باید آشکار شود. این نواحی معیوب توسط فیلتر DE و ماسک بدست آمده از الگوریتم ژنتیک



جدول ۱- نتیجه عددی بدست آمده از تحقیق

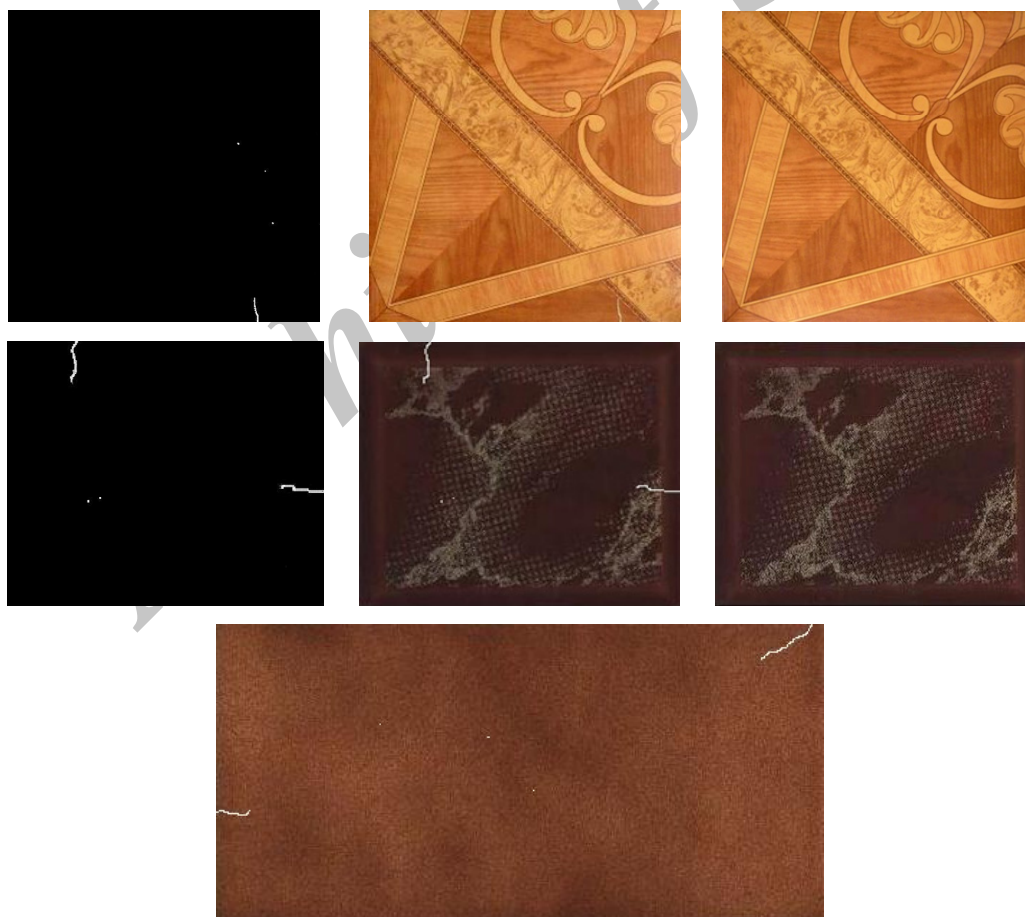
اسم کاشی	نوع ماسک	عیب مورد انتظار (تعداد × پیکسل)	تعداد ناحیه معیوب بدست آمده (no)	مجموع مساحت نواحی معیوب	مساحت نواحی معیوب (پیکسل)
I11 سالم	ژنتیک	۰	۰	۰	۰
	تصادفی (۱)	۰	۹	۲۷۶۸	۱۵۷ ۱۴۵ ۱۹۷ ۵۹۲ ۱۷۶ ۱۵۳ ۲۲۰ ۴۳۵ ۶۹۳
	تصادفی (۲)	۰	۷	۱۶۸۹	۱۸۶ ۶۱۳ ۲۰۰ ۱۶۷ ۲۰۸ ۱۵۰ ۱۶۵
	تصادفی (۳)	۰	۵	۱۸۱۳	۲۵۰ ۱۹۷ ۵۲۱ ۴۶۳ ۳۸۲
	تصادفی (۴)	۰	۵	۱۴۳۶	۱۶۹ ۵۶۵ ۱۸۸ ۳۵۵ ۱۵۹
I12 سالم	تصادفی (۵)	۰	۹	۲۲۵۹	۲۵۶ ۱۵۰ ۱۵۹ ۱۹۶ ۶۵۸ ۲۹۳ ۱۵۳ ۲۲۷ ۱۶۷
	ژنتیک	۰	۰	۰	۰
	تصادفی (۱)	۰	۲	۹۵۰	۲۳۲ ۷۱۸
	تصادفی (۲)	۰	۲	۷۲۰	۱۹۳ ۵۲۷
	تصادفی (۳)	۰	۲	۷۴۱	۱۸۶ ۵۵۵
I21 معیوب	تصادفی (۴)	۰	۲	۶۲۳	۱۷۹ ۴۴۴
	تصادفی (۵)	۰	۲	۷۶۵	۱۸۹ ۵۷۶
	ژنتیک	۱×۳۰۰	۱	۳۲۸	۳۲۸
	تصادفی (۱)		۳	۱۳۷۹	۷۲۰ ۴۱۵ ۲۴۴
	تصادفی (۲)		۴	۱۱۵۸	۳۸۲ ۲۳۵ ۳۵۶ ۱۸۵
I22 معیوب	تصادفی (۳)		۲	۹۰۷	۵۶۷ ۳۴۰
	تصادفی (۴)		۳	۶۲۱	۱۷۷ ۱۶۸ ۲۷۶
	تصادفی (۵)		۳	۱۰۶۲	۵۶۴ ۳۴۰ ۱۵۸
	ژنتیک	۱×۴۰۰	۲	۱۳۶۲	۳۷۱
	تصادفی (۱)		۴	۱۸۹۶	۳۳۸ ۸۰۶ ۵۴۲ ۲۱۰
I23 معیوب	تصادفی (۲)		۳	۱۷۶۶	۳۷۴ ۷۲۱ ۶۷۱
	تصادفی (۳)		۴	۱۶۲۱	۳۴۱ ۶۶۳ ۴۴۵ ۱۷۲
	تصادفی (۴)		۴	۱۶۵۲	۳۶۳ ۱۸۳ ۴۸۰ ۶۲۶
	تصادفی (۵)		۴	۱۶۱۰	۳۳۱ ۶۶۳ ۴۴۴ ۱۷۲
	ژنتیک	۱×۵۰۰	۱	۵۵۵	۵۵۵
I23 معیوب	تصادفی (۱)		۳	۱۳۹۰	۵۰۲ ۳۵۶ ۵۳۲
	تصادفی (۲)		۴	۲۰۳۲	۸۴۸ ۴۳۴ ۱۶۶ ۵۸۷
	تصادفی (۳)		۴	۲۰۹۸	۸۵۳ ۴۱۰ ۲۸۹ ۵۴۶
	تصادفی (۴)		۵	۲۱۴۱	۸۴۸ ۴۱۷ ۱۵۸ ۱۴۳ ۵۷۵
	تصادفی (۵)		۴	۲۰۵۹	۸۵۳ ۴۰۳ ۲۸۲ ۵۲۱



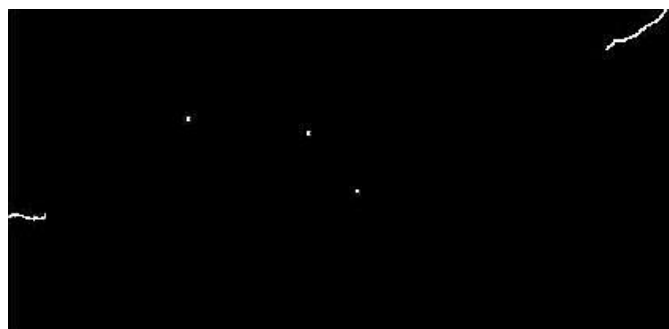
۴- نتیجه گیری

نکته‌ای که باید به آن توجه شود این است که عیوب تیز یکی از انواع عیوبی است که ممکن است بر روی کاشی‌ها اتفاق بیفتد و برای درجه بندی کامل یک کاشی نیاز به تشخیص انواع مختلف عیوب می‌باشد. در نتیجه این مقاله به عنوان قسمتی از کار درجه بندی می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد و بقیه کار در مقالات بعدی مورد بحث قرار خواهد گرفت. نتیجه کار این تحقیق را در شکل (۷) می‌بینید. در این شکل تصویر چند کاشی معیوب به همراه نتیجه الگوریتم پیشنهادی این مقاله را روی این کاشی‌ها مشاهده می‌کنید.

روش مورد استفاده در این تحقیق به دلیل استفاده از تئوری فازی از دقت قابل قبولی برخوردار بوده و توانایی آشکارسازی عیوب انواع کاشی‌ها را دارد. با عین حال می‌توان با تغییر در قسمت‌هایی از الگوریتم ژنتیک مانند نحوه انتخاب، نرخ جهش، شرط خاتمه و غیره و همچنین استفاده از روش‌های دیگری جهت تبدیل عملگرهای مورفولوژی به فازی و غیره، پیشرفت‌ها و بهبودهایی در این الگوریتم داد که برای کارهای بعدی پیشنهاد می‌گردد.



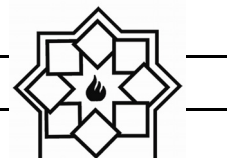
شکل ۷- نتیجه نهایی الگوریتم روی تصاویر انواع کاشی معیوب و عیوب آشکارسازی شده



ادامه شکل ۷- نتیجه نهایی الگوریتم روی تصاویر انواع کاشی معیوب و عیوب آشکارسازی شده

مراجع

- inspection for colour and structural defects, university of Genova, Proceedings of AMPT95, pp 390-399, (1995).
- [9] J. Kittler, R. Mark, M. Mirmehdi, M. Petrou, K. Y. Song, Detection of Defects in color Textured Surfaces, IAPR proe. Of Machine Vision Applications, pp 558-567, (1994).
- [10] R. H. Komal, S. G. Vijay, D. S. Nitin, Application of Genetic Algorithm for Image Enhancement and Segmentation, International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET), Vol. 2, No. 4, pp 1342- 1346, (2013).
- [11] A. Z. Elnomery, S. G. Ahmed, A Novel Approach Based on Genetic Algorithms and Region Growing for Magnetic Resonance Image (MRI) Segmentation, The international journal published by ComSIS Consortium, Vol. 10, No. 3, pp 1319-1342, (2013).
- [12] Y. J. Arturo, J. R. Renede, M. V. Luis, A. O. Roque, PID-Controller Tuning Optimization with Genetic Algorithms in Servo Systems, int. j. adv. robot. syst., Vol. 10:324, (2013).
- [13] M. S. Mostafavi, A New Method in Detection of Ceramic Tiles Color Defects using Genetic C-Means Algorithm, Proceeding of World Academy of Science, Engineering and Technology, Vol. 17, pp 168-171, (2006).
- [14] T. M. Saadatmand, M. Khademi, A new ceramic tile sharp defect detection
- [1] V. Lebrun, "Quality control of ceramic Tiles by Machine Vision", 1th Flaw Master 3000 Automatic, Surface Inspection, Vol. 1, pp 32-37, (2001).
- [2] G. S. Desoli, S. Fioravanti, R. Fioravanti, D. Corso, "A system for automated visual inspection of ceramic tiles", Journal of aeronautics and space technologies, Vol. 2(3), pp 27-34, (2006).
- [3] MASSEN GmbH Company, CERAVISION-Optical checking system for tiles, Vol. 2, pp 152-155, (2004).
- [4] C. Stewart, Automatic tile inspection, Surface Inspection Limited, International Ceramics, Bristol, U.K., Issue 1, (2000).
- [5] س. هاشمی زنو، ح. سرپولکی، فرایند تولید کاشی و سرامیک (SACMI)، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، ۱۳۸۲.
- [6] C. Boukoulas, F. D. Natale, G. D. Toni, J. Kittler, R. Marik, M. Mirmehdi, M. Petrou, P. Leroy, R. Salgari, G. Vernazza, "Automatic System for Surface Inspection and Sorting of Tiles", Journal of Materials Processing Technology, Vol. 82, pp 179-188, (2000).
- [7] K. Y. Song, M. Petrou, J. Kittler, Wigner Based Crack Detection in Texture Image, International Conference on Image Processing and its Applications, pp 315-318, (1998).
- [8] C. Boukouvalas, J. Kittler, R. Marik, M. Mirmehdi, M. Petrou, Ceramic tile



- algorithm based on LoG filter, 11th Iranian Conf. on Electrical Engineering, Vol. 2, (2003).
- [15] G. S. Desoli, S. Fioravanti, R. Fioravanti, D. Corso, A System for Automated Visual Inspection of Ceramic Tiles, International Conference on Industrial Electronics, Control, and Instrumentation, Vol. 3, pp 1871–1876, (1993).
- [16] C. Boukouvalas, F. D. Natale, G. D. Toni, J. Kittler, R. Marik, M. Mirmehdi, M. Petrou, P. L. Roy, R. Salgari, G. Vernazza, An Integrated System for Quality Inspection of Tiles”, Int. Conference on Quality Control by Artificial Vision, QCAV, Vol. 97, pp 49-54, (1997).
- [17] C. R. Gonzales, E. R. Woods, Digital Image Processing, Second Edition, Prentice Hall Publications, pp 519-560, (1998).
- [۱۸] لی. وانگ، م. تشنه لب، ن. صفاریور، د. افیونی، سیستم‌های فازی و کنترل فازی، انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، ۱۳۸۵.
- [19] H. Tizhoosh, Homepage of Fuzzy Image Processing, University of Waterloo, Canada, Webpage Retrieved From <http://pami.uwaterloo.ca/tizhoosh/fip.htm>, (1997).
- [20] C. Darwin, The origin of species by means of natural selection. Murray, 505 pages, (1859).
- [21] J. Holland, Adaptation in natural and artificial systems. Oxford, England: University of Michigan Press, 183 pages, (1975).
- [22] D. Whitley, A genetic algorithm tutorial, Statistics and Computer, Vol. 4, pp 65-85, (1994).
- [23] A. Pahsa, Morphological Image Processing with Fuzzy Logic, Journal of Aeronautics and space Technologies, Vol. 2(3), pp 27-34, (2006).