

کاربرد روش‌های بهینه‌سازی برای حل مسأله تناظریابی تصاویر: مروری بر تحقیقات انجام شده

فرید اسماعیلی¹، حمید عبادی²، علی محمدزاده³

1. کارشناس ارشد فتوگرامتری دانشکده مهندسی ژئودزی و ژئوماتیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
faridesm@mail.kntu.ac.ir
2. دانشیار دانشکده مهندسی ژئودزی و ژئوماتیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
ebadi@kntu.ac.ir
3. استادیار دانشکده مهندسی ژئودزی و ژئوماتیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
almoh2@gmail.com

چکیده

تناظریابی تصاویر و یا ابرنقاط به عنوان یکی از مسائل چالش برانگیز در حوزه‌های مختلف علوم مطرح می‌باشد که تا کنون راه حلی جامع برای آن ارائه نشده است. با توجه به اهمیت تناظریابی در صحت و دقت خروجی‌های مختلف از تصاویر همچون مدل‌های سه بعدی، الگوریتم‌های مختلفی نیز در این زمینه معرفی و توسعه یافته‌اند. توسعه تکنولوژیهای تصویربرداری و افزایش تنوع کاربرد آنها، نیاز به الگوریتم‌های قدرتمند جهت تناظریابی را نیز افزایش داده است. لذا استفاده از تکنیک‌هایی همچون ترکیب وراثتی روشهای تناظریابی و یا بهینه‌سازی عملکرد اجزاء مختلف فرآیند تناظریابی با کمک الگوریتم‌های کارآمد و جدید بهینه‌سازی، گسترش یافته است. بر این اساس در این مقاله با مروری بر چند پژوهش انجام شده در این زمینه، نقش الگوریتم‌های بهینه‌سازی در اجزاء مختلف فرآیند تناظریابی برای دستیابی به نتایج بهینه بررسی گردیده است. نتایج مقایسه نشان می‌دهد که به کارگیری الگوریتم‌های بهینه‌سازی به ویژه الگوریتم‌های تکاملی در بخشهای مختلف تناظریابی، الگوریتم‌هایی قدرتمند با نتایج دقیق تری را در تناظریابی تصاویر نسبت به روشهای معمول ارائه نموده است.

واژه‌های کلیدی: بهینه‌سازی، تناظریابی، استخراج عارضه، تابع هزینه، الگوریتم‌های بهینه‌سازی تکاملی

1- مقدمه

تناظریابی و ایجاد ارتباط بین تصاویر و یا ابرنقاط پوشش‌دار اخذ شده از یک عارضه، از جمله مسائلی است که در علوم مختلف همچون ماشین‌بینایی، فتوگرامتری، مدل‌سازی سه‌بعدی و بحث‌های مختلف پردازش تصویر و الگوشناسی با اهداف و کاربردهای متفاوت مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه در بسیاری از این علوم دستیابی به اهداف موردنظر به طور جدی وابسته به کیفیت تناظریابی تصاویر می‌باشد، مسأله تناظریابی به عنوان یکی از مسائل چالش‌برانگیز همواره مطرح بوده است. تناظریابی با توجه به کاربرد و اهداف آن، از جنبه‌های مختلفی همچون اتوماتیک‌سازی فرآیند، دقت، صحت و کیفیت نتایج، مورد توجه می‌باشد. بر این اساس تکنیک‌ها و الگوریتم‌های متنوع بسیاری نیز در این زمینه معرفی گردیده است. اما آنچه مسلم است امکان ارائه یک راه‌حل جامع و کامل که مسأله تناظریابی را برای تمام انواع تصاویر با امکان دستیابی به تمام ایده‌آل‌های موردنظر در این زمینه حل نماید، تاکنون میسر نگردیده است.

تناظریابی با توجه به ماهیت تصویر و یا ابرنقاط، بر اساس عوارض مختلفی از تصویر انجام می‌گیرد. این عوارض شامل عوارض نقطه‌ای (Point Pattern Matching)، خطی (Line Matching)، ناحیه‌ای (Region Matching) یا پلیگون‌ها، گوشه‌ها (Chamfer Matching) و شکستگی‌ها و الگوهای تصویری (Template Matching) می‌باشند [2]. با توجه به نوع تصاویر و عوارض، تکنیک‌های مختلفی نیز برای استخراج آنها مورد استفاده قرار گرفته و استخراج و تناظریابی یک و یا گاهی چند نوع از عوارض را شامل می‌گردند. در ضمن، هرچه اختلاف بین خواص هندسی و رادیومتریکی تصاویر هدف بیشتر باشد، جهت حصول صحت و دقت بیشتر در نتایج، الگوریتم‌های پیچیده‌تری مورد نیاز می‌باشد. الگوریتم‌هایی که گاهی با ترکیب الگوریتم‌های مختلف به صورت مرحله به مرحله و وراثتی بر روی تصویر پیاده‌سازی می‌شوند و از تکنیک‌های مختلفی همچون مثلث‌بندی بر روی تصویر، پیاده‌سازی قیود جهت محدودسازی فضای جستجو و افزایش سرعت و صحت نتایج و یا تکنیک‌های هرمی و ... استفاده می‌کنند. علاوه بر الگوریتم‌های تناظریابی، استخراج صحیح عوارض قبل و یا حین تناظریابی نیز از چالش‌های اصلی می‌باشد. اغلب جهت بهبود نتایج، همانندسازی رادیومتریکی تصاویر به صورت پیش‌پردازش نیز جزئی از مراحل فرآیند تناظریابی محسوب می‌گردد. همچنین پس-پردازش نتایج تناظریابی برای دستیابی به بهترین جواب‌ها و نتیجه نهایی، اهمیت زیادی در دستیابی به خروجی صحیح دارا می‌باشد.

در تمامی مراحل که ذکر شد همواره با توجه به حساسیت‌های پروژه، هدف دستیابی به بهترین‌هاست. به عنوان مثال دستیابی به بهترین ضرایب مدل ریاضی مرتبط‌کننده دو تصویر، دستیابی به بهترین تعداد و مقیاس هرم‌های تصویر برای تناظریابی، دستیابی به بهترین میانگین و انحراف معیار باندهای تصویر برای همانندسازی رادیومتریکی در مرحله پیش‌پردازش، پیاده‌سازی مثلث‌بندی بهینه و خودسازمانده به صورت پویا جهت افزایش سرعت و دقت تناظریابی و ... اما هرچایی که بهتر نمودن عاملی دنبال می‌شود، فرآیند بهینه‌سازی نیز مطرح می‌گردد. بهینه‌سازی، تغییر دادن ورودی‌ها و خصوصیات یک دستگاه، فرآیند ریاضی و یا آزمایش تجربی است به نحوی که بهترین خروجی یا نتیجه به دست آید [1]. ورودی‌ها، متغیرهای فرآیند یا تابع مورد بررسی هستند که به نام‌های تابع هدف (objective function)، تابع هزینه (cost function) و یا تابع برازندگی (fitness function) نامیده می‌شود. خروجی نیز به صورت هزینه، سود و یا برازندگی تعریف می‌شود. مسائل بهینه‌سازی را از دیدگاه‌های مختلف می‌توان به دسته‌های متعددی تقسیم‌بندی نمود. این تقسیم‌بندی‌ها عموماً شامل موارد زیر می‌باشند. بهینه‌سازی با سعی و خطا و بهینه‌سازی روی تابع؛ بهینه‌سازی تک‌بعدی و بهینه‌سازی چندبعدی؛ بهینه‌سازی پویا و بهینه‌سازی ایستا؛ بهینه‌سازی گسسته و بهینه‌سازی پیوسته؛ بهینه‌سازی مقید و بهینه‌سازی بدون قید؛ بهینه‌سازی کمینه جو و بهینه‌سازی تصادفی. اما اغلب مسائل بهینه‌سازی با دو نوع "مرسوم و تابع مبنا (Conventional Techniques)" و "تکنیک‌های جستجوگر (Search Heuristics)" شناخته می‌شوند. از تکنیک‌های مرسوم به Gradient and SubGradient و Search و Linear and quadratic programming و از تکنیک‌های جستجوگر می‌توان به دو نوع کلی جستجوگرهای محلی همچون Tabu Search؛ و جستجوگرهای جمعیت مبنا و تکاملی همچون الگوریتم ژنتیک و یا PSO اشاره کرد [1]. با توجه به ماهیت مسأله تناظریابی، کاربردهای بسیار موفقی از به کارگیری الگوریتم‌های بهینه‌سازی تکاملی برای دستیابی به پارامترهای بهینه در اجزاء مختلف فرآیند تناظریابی تصاویر در سال‌های اخیر معرفی گردیده‌اند. در این مقاله برخی از این کاربردها معرفی و نتایج ارائه شده در آنها بررسی و مقایسه گردیده است. بر این اساس در بخش بعدی چند کاربرد از الگوریتم‌های بهینه‌سازی در بهبود ساختار و نتایج بهینه‌سازی معرفی و تحلیل گردیده و در نهایت نتایج این مقایسه تشریح می‌گردد.

2- مرور و تحلیل به کارگیری الگوریتم‌های بهینه‌سازی برای بهبود اجزاء مختلف الگوریتم‌های تناظریابی تصاویر

برای اینکه بتوان کاربرد های موفق استفاده از الگوریتم های بهینه سازی در فرآیند تناظریابی را بررسی نمود، در این مقاله چند پژوهش در این حوزه بررسی و مقایسه گردیده است. پژوهشهای فوق که همگی در قالب مقالات نمایه شده ISI منتشر شده اند، به نحوی انتخاب گردیده اند که سبک های متفاوت از پیاده سازی های اخیر در این حوزه را پوشش دهند. در ادامه به معرفی کلیات این پژوهشها پرداخته و سپس در بخش نتیجه‌گیری بر اساس طبقه بندی صورت گرفته، به تشریح نتایج مقایسه این پژوهشها پرداخته خواهد شد.

در اولین پژوهش مورد بررسی [3]، از الگوریتم ژنتیک برای یافتن ضرایب بهینه مدل افاین ارتباط دهنده بین دو تصویر استفاده شده است. ابتدا در هر دو تصویر عوارض نقطه‌ای استخراج می‌گردند. سپس N مجموعه سه‌نقطه‌ای در هر تصویر به طور رندوم تشکیل شده و مختصات X و Y این نقاط، ژن‌های کروموزوم‌ها به طول 6 را تشکیل می‌دهند. به ازای هر کروموزوم از تصویر اول، با انتخاب کروموزوم‌های مختلف از تصویر دوم، هر بار ضرایب افاین برای این دو مجموعه سه نقطه‌ای مبدأ و مقصد محاسبه می‌گردد. سپس هر بار کل مابقی نقاط نیز با این مدل ترانسفورماسیون شده و بر اساس فاصله Hausdorff میزان شباهت مجموعه ترانسفورماسیون شده به نقاط تصویر دوم محاسبه می‌گردد. مدل افاینی که بیشترین شباهت را ایجاد نماید به عنوان مدل متناظر کننده دو تصویر معرفی می‌گردد. استفاده از الگوریتم ژنتیک با توجه به ایجاد امکان جستجو در فضای وسیعی از حالت های ممکن، احتمال دستیابی به بهترین مدل افاین متناظر کننده دو تصویر را افزایش می‌دهد که نتایج پیاده سازی بر روی مدل شبیه سازی شده در این مقاله، دستیابی به نتایج صحیح را تأیید می‌کند.

در دومین پژوهش [4]، روشی نوین ارائه شده در این مقاله برای حل مسئله تناظریابی تصاویر الگو (Template) می‌باشد. این روش بر مبنای تئوری بی‌نظمی، اندازه SSD (Sum of Squared Differences)، و روش بهینه‌سازی فیلتر کردن ذرات استوار است. روش فیلتر ذره‌ای، که به متد Mont Carlo Sequential نیز معروف است، یک تکنیک عددی بازگشتی (Recursive) است که از نمونه‌های تصادفی برای تخمین راه‌حل بهینه برای مسائل در سناریوهای غیرخطی غیرگوسی، استفاده می‌نماید. هدف اصلی در این مقاله بکارگیری روش بهینه‌سازی فیلتر کردن ذره‌ای در تناظریابی تصاویر الگو می‌باشد. در الگوریتم پیشنهادی، الگوریتم بازنمونه برداری (Resampling) از روش فیلتر کردن ذره‌ای استفاده می‌نماید تا فرآیند همگرایی را افزایش دهد. ایده اصلی برای بازنمونه برداری در روش پیشنهادی، حذف ذراتی است که میزان شباهت کمی بین تصویر الگو و پنجره جستجو مرتبط با تصویر مرجع ایجاد می‌نمایند، و در عین حال تمرکز روی ذراتی که روی راه‌حل‌های مناسب برای تناظریابی تکیه دارند. در واقع از فیلتر ذره‌ای و اصل بی‌نظمی برای محاسبه بخشی از فضای جستجو استفاده می‌گردد که در این حالت، هزینه محاسباتی کاهش می‌یابد.

تا حدودی، روش فیلتر کردن ذره‌ای که در آن ذرات تمایل دارند تا به یک راه‌حل بهینه واقعی همگرا گردند، بسیار مشابه الگوریتم PSO می‌باشد. هزینه محاسباتی را می‌توان توسط یک جمعیت اولیه کنترل نمود. هر ذره‌ای در این جمعیت نشان‌دهنده یک راه‌حل می‌باشد. این راه‌حل شباهت بین الگو یا قالب و تصویر تست است. متد فیلتر ذرات مبتنی بر تئوری بی‌نظمی از محاسبات اضافی اجتناب می‌نماید و می‌تواند همگرایی سریع روش به یک موقعیت اپتیمم کلی در تناظریابی تصویر استاتیک را تضمین نماید. روش

بکار گرفته شده در این مقاله دارای عملکرد برتر نسبت به روش های مرسوم مانند، روش جستجوی کامل SSD و روش NCC می باشد.

در پژوهش سوم که در این مقاله معرفی می گردد [5]، الگوریتم تناظریابی اتوماتیک مبتنی بر تکنیک بهینه سازی سیستم ایمنی مصنوعی AIS می باشد که برای متناظر نمودن تصاویر دوبعدی پزشکی اعمال شده است. در واقع ابتدا تعدادی نقاط بر مبنای تغییرات شدت روشنایی از تصویر مرجع استخراج می گردند، سپس با کمک تکنیک بهینه سازی AIS نقاط متناظر در تصویر دوم نیز یافت می گردند. تکنیک بهینه سازی AIS علاوه بر تعیین موقعیت اپتیمم اصلی تابع قادر به تشخیص نقاط اپتیمم محلی قوی می باشد. تکنیک بهینه سازی AIS برای استخراج مجموعه ای نقطه از تصویر مرجع و در عین حال نقاط متناظر آنها در تصویر دوم استفاده شده است. در نتیجه، الگوریتم تناظریابی اتوماتیک پیشنهادی دارای این مزیت می باشد که همزمان از تصویر مرجع، نقاط کاندیدا را استخراج نموده و تناظریابی اتوماتیک با نقاط تصویر دیگر را برقرار می نماید. در نتیجه، الگوریتم یک مجموعه نقاط بهینه از تصویر مرجع به همراه موقعیت نقاط متناظر در مجموعه نقاط دوم تولید می نماید.

در پژوهش چهارم [6]، روش ارائه شده با نام LI-CQPSO شناخته می شود و برای حل مسائل نسبتاً پیچیده تناظریابی تصویر مورد استفاده قرار می گیرد که حالت بهبود یافته روش PSO است. روش PSO، روش بهینه سازی می باشد که در اصل از رفتار پرندگان که به دنبال غذا می باشند، الهام گرفته شده است. در PSO، یک جمعیت از راه حل های احتمالی با نام دسته (Swarm) بکار گرفته می شود تا نواحی مدنظر در فضای جستجو را شناسایی نماید. هر عضو از جمعیت را یک ذره می نامیم که معرف یک راه حل برای مسئله بهینه سازی می باشد. هر کدام از ذرات با مسابقه و همکاری در هر تکرار و با توجه به تابع برازندگی، تکامل پیدا می نمایند. با این وجود، پیچیدگی بالای محاسباتی و همگرایی زود هنگام PSO اصلی ترین اشکالات آن می باشند. استفاده از حالت کوآنتومی الگوریتم باعث می گردد که مقادیر صریح موقعیت و سرعت همزمان در دسترس نباشند. همچنین استفاده از تئوری بی نظمی باعث می گردد که ذرات در دام اپتیمم های محلی گرفتار نشوند. از انسداد جانبی برای استخراج لبه، بهبود تصویر و غیره استفاده می شود که باعث دقت و پایداری الگوریتم در استخراج لبه در هنگام پیش پردازش تصویر می گردد. در این مقاله، الگوریتم پیشنهادی از مزیت های تئوری بی نظمی، نظریه کوآنتوم و انسداد جانبی بهره می گیرد. شکل 1 نتایج استفاده از این روش در تناظریابی الگو در این پژوهش را نمایش می دهد.

در پژوهش پنجم [7] از تکنیک بهینه سازی کلونی زنبورها که از رفتار زنبورها الهام گرفته، استفاده شده است. تکنیک BCO برای حل مسئله تناظریابی اشکال بگونه ای بکار گرفته شده است که بتواند تناظر بین دو شکلی که توسط نقاط یک منحنی میزان نشان داده شده است را بدست آورد. تعدادی زنبور با همکاری یکدیگر در جستجوی تناظر بهینه می باشند و در این راه از تابع هزینه Proximity-Regularized پیشنهاد شده در این مقاله، بهره گرفته می شود.

خلاصه ای از الگوریتم پیشنهادی در این مقاله به شرح زیر است. همانطور که مشهود است شباهت بسیاری بین الگوریتم پیشنهادی این مقاله و الگوریتم BCO وجود دارد،
 - مقداردهی اولیه: برای تناظرها، مقدار اولیه در نظر گرفته می شود.
 - به طور تکراری مراحل زیر را با تعداد تکرار N تعیین شده توسط کاربر انجام می گیرد،
 - برای هر زنبور که حکم راه حل را دارد، به طور تصادفی یک نقطه در مجموعه X را انتخاب می کند و نقطه متناظر آنرا در Y بدست می آورد.

- تمام راه‌حل‌های بدست آمده توسط تمام زنبورها ارزیابی می‌گردد و مقدار S که نشان‌دهنده درجه اطمینان تناظریابی می‌باشد، به روز می‌گردد.

- تمام راه‌حل‌ها ارزیابی گردیده و بهترین آنها بر مبنای تابع هزینه پیشنهادی مقاله پیدا می‌شود.

در ششمین پژوهش مورد بررسی [8]، از روشی ترکیبی بر مبنای تکنیک بهینه‌سازی جغرافیای زیستی (CBBO) Cauchy و روش انسداد جانبی (Literal Inhibition) برای تناظریابی تصویر استفاده شده است. از انسداد جانبی به عنوان یک فرآیند پیش پردازش بر روی تصویر استفاده می‌گردد تا میزان شیب روشنایی تصویر و کنتراست آن افزایش یابد. تکنیک بهینه‌سازی بر مبنای جغرافیای زیستی نیز یک الگوریتم الهام گرفته از بهینه‌سازی عمومی است که مبتنی بر دانش جغرافیای زیستی بوده و در دو گام به دنبال یافتن ایتیمم جهانی و اصلی می‌باشد، فرآیند مهاجرت و جهش. برای ارتقا عملکرد بهینه‌سازی، از یک نسخه از روش BBO که از اپراتور جهش دهنده Cauchy استفاده می‌کند، بهره گرفته شده است. اپراتور جهش دهنده Cauchy قابلیت و توانایی جستجوی الگوریتم را بهبود می‌بخشد و تنوع جمعیتی را تقویت می‌نماید. همانطور که اشاره شد روش LI-CBBO نقاط قوت روش‌های CBBO و صحت LI را با هم ترکیب می‌نماید و از این روش برای تناظریابی الگوها (Template) استفاده شده است. این روش با PSO، LI-PSO، BBO، LI-BBO و مقایسه گردیده و عملیاتی بودن و موثر بودن روش LI-CBBO نشان داده شده است.

مهم‌ترین مراحل در طی این فرآیند شامل 7 گام زیر می‌باشد،

گام 1: پیش-پردازش تصویر. تصویر اصلی و تصویر الگو (Template) به فرمت خاکستری (Grayscale) تبدیل می‌شود. تصاویر فیلتر می‌گردند تا نویز آن برداشته شود. از مکانیزم انسداد جانبی بر روی تصویر اصلی و تصویر قالب استفاده شده و ماتریس‌های جدید تصاویر را ذخیره می‌نمایند. استفاده از روش انسداد جانبی برای استخراج لبه می‌باشد.

گام 2: به پارامترهای CBBO مقدار اولیه داده می‌شود. حداکثر تعداد گونه‌ها، حداکثر نرخ مهاجرت، حداکثر نرخ جهش تعیین می‌گردند. اندازه گام هر مرحله نیز مشخص می‌شود.

گام 3: اقامت‌گاه‌ها تعیین می‌شوند. به طور تصادفی یک مجموعه از اقامت‌گاه‌ها به نحوی تعیین می‌گردند که هر کدام از آنها متناظر با یک راه‌حل بالقوه باشند.

گام 4: نرخ مهاجرت به یک نقطه (Immigration) و نرخ مهاجرت کردن از یک نقطه (Emigration) محاسبه می‌گردند.

گام 5: مهاجرت کردن.

گام 6: جهش کردن. برای هر اقامت‌گاه احتمال تعداد گونه‌هایش به‌روز می‌گردند.

گام 7: اگر شرط توقف الگوریتم برآورده شد، تکرار متوقف شده و خروجی دریافت می‌گردد، در غیر این صورت، به گام 4 رفته و تکرار بعدی انجام می‌گیرد. این حلقه می‌تواند بعد از تعداد از پیش تعیین شده‌ای تکرار، به اتمام رسیده و یا اینکه راه‌حل قابل قبولی یافت گردد.

در پژوهش هفتم [9] یک روش بهینه‌سازی ترکیبی الهام گرفته از طبیعت پیشنهاد شده است که از ترکیب نمودن مکانیزم انسداد جانبی و الگوریتم رقابت استعماری بهره می‌برد. با بکارگیری مکانیزم انسداد جانبی، همگرایی کلی الگوریتم ICA مرسوم به طور بسیار مطلوبی، بهبود حاصل کرده است. در این مقاله از مکانیزم انسداد جانبی به عنوان پیش-پردازش در تصاویر اصلی بمنظور بهبود کنتراست فضایی استفاده شده، تا اینکه دقت و صحت فرآیند تناظریابی تصویر بهبود پیدا کند. الگوریتم ICA دارای مزیت سرعت بالای همگرایی می‌باشد، در حالیکه مکانیزم انسداد جانبی قادر است عوارض تصویر را بهبود بخشیده و در نتیجه

دقت پردازش‌های بعدی را تقویت می‌نماید. بنابراین در این مقاله از مزیت هر دو روش استفاده شده است. روند انجام روش پیشنهادی به صورت زیر می‌باشد:

گام 1: پیش-پردازش تصویر: در این مرحله هر دو تصویر اصلی و تصویر الگو ابتدا به تصاویر درجه خاکستری تبدیل شده سپس مکانیزم انسداد جانبی برای افزایش کنتراست تصاویر، بر روی آنها پیاده‌سازی می‌گردد. حدآستانه تابع ارزیابی طبق کاربردهای خاص انتخاب می‌گردد.

گام 2: مقدار دهی اولیه به پارامتری‌های ICA: مقدار اولیه تعداد کشورها، تعداد امپراطوری‌ها و تعداد مستعمرات تعیین می‌گردد. مجموع تعداد امپراطوری‌ها و تعداد مستعمرات می‌بایست برابر با تعداد کشورها باشد.

گام 3: شکل‌گیری امپراطوری‌های اولیه: مطابق با پارامترهای هندسی کشورها، ابتدا میزان شباهت آنها محاسبه می‌گردد. سپس کشورهایی که دارای میزان شایستگی نسبتاً بالایی هستند انتخاب شده تا به عنوان کشورهای استعمارگر برگزیده شوند، در حالیکه باقی تشکیل مستعمرات را می‌دهند. در کل، امپراطوری‌های بزرگتر تعداد مستعمرات بیشتری دارند.

گام 4: فرآیند رقابت: در هر امپراطوری، مستعمرات شروع به حرکت به سمت کشور استعمارگر مربوطه می‌کنند. گاهی جای این دو عوض می‌گردد. پس از تبادل جاها، کل قدرت یک کشور امپراطوری که وابسته به قدرت کشور استعمارگر و کشورهای مستعمره می‌باشد، محاسبه می‌گردد. در این رقابت استعماری، هر کدام از امپراطوری‌ها سعی در تصاحب مستعمرات سایر امپراطوری‌ها را دارد. و بتدریج قدرت برخی امپراطوری‌ها افزایش و قدرت برخی کاهش می‌یابد. در نهایت هنگامیکه یک امپراطوری کل مستعمرات خود را از دست بدهد، اصطلاحاً سقوط می‌کند.

گام 5: یافتن بهترین راه‌حل: پس از طی تعدادی مرحله، تمام امپراطوری‌ها به غیر از قدرتمندترین آنها سقوط می‌کنند و کل مستعمرات زیر سلطه این امپراطوری خواهند بود. این بدین معناست که الگوریتم به سمت بهترین راه‌حل همگرا شده است و فرآیند تناظریابی تصویر مربوطه کامل می‌گردد.

مقالاتی که توضیحات کلی از روند پیاده‌سازی‌ها در آنها ارائه گردید، به شکلی انتخاب گردیده‌اند که الگوریتم‌های بهینه‌سازی در آنها از راهکارهای مختلفی به کمک در حل بهینه‌مسئله تناظریابی می‌پردازند. برای اینکه بتوان در قالب پارامترهای مشترک فرآیند بهره‌گیری از بهینه‌سازی در پژوهش‌های فوق را مقایسه نمود، در جدول 1 خلاصه‌ای از این تحقیقات از نقطه نظر نوع الگوریتم مورد استفاده، پارامتر هدف برای بهینه‌سازی، هدف از بهینه‌سازی و میزان موفقیت در نتایج، بررسی گردیده است.

شکل 1. تناظریابی الگو با کمک استفاده از روش انسداد جانبی



جدول 1. مقایسه روند استفاده از الگوریتم های بهینه سازی برای حل مسأله تناظریابی در پژوهش های مورد بررسی

شماره مقاله	محقق و سال پژوهش	الگوریتم بهینه سازی مورد استفاده	فاکتور بهینه شده	هدف بهینه سازی	میزان بهبود نتیجه با استفاده از بهینه سازی
1	Lihua Zhang et al. (2003) [3]	الگوریتم ژنتیک	بر اساس بیشترین شباهت بین نقاط متناظر شده در هر مرحله، بهترین ضرایب مدل افاین متناظر کننده دو تصویر حاصل شده است.	تعیین بهترین مدل افاین برای ایجاد تناظر یک به یک نقاط بین دو تصویر	با توجه به استفاده از داده های شبیه سازی شده، امکان دستیابی به مدل اولیه با وجود حذف نقاط و ایجاد نویز، فراهم گردیده است. ایجاد فضای جستجوی وسیع با استفاده از GA صحت بالای خروجی را نتیجه داده است.
2	Hao Li et al. (2010) [4]	الگوریتم فیلتر کردن ذره ای	بر اساس NCC (همبستگی مقاطع نرمالیزه شده) بین پیکسل های تصویر الگو و تصویر آزمایشی	دستیابی به مقدار NCC معادل یک، که نشانگر بهترین تناظر ممکن بین تصویر الگو و تصویر آزمایشی می باشد.	مدت فیلتر ذرات مبتنی بر تئوری بی نظمی از محاسبات اضافی اجتناب می نماید و همگرایی سریع روش می تواند دستیابی به یک موقعیت اپتیمم کلی در تناظریابی تصویر استاتیک را تضمین نماید. روش بکار گرفته شده در این مقاله دارای عملکرد برتر نسبت به روش های مرسوم مانند، روش جستجوی کامل SSD و روش NCC می باشد.
3	Konstantinos K. Delibasis et al. (2011) [5]	الگوریتم سیستم ایمنی مصنوعی	موقعیت برداری نقاط در تصویر اصلی و تصویر متناظر که با بردارهای انتقال به یکدیگر متصل می شوند.	مقدار RMSD (Root Mean Square Distance) به حالت کمینه برسد که در آن صورت بهترین تناظر اتفاق افتاده است.	تکنیک بهینه سازی AIS علاوه بر تعیین موقعیت اپتیمم اصلی تابع قادر به تشخیص نقاط اپتیمم محلی قوی می باشد. در نتیجه، الگوریتم تناظریابی اتوماتیک پیشنهادی دارای این مزیت می باشد که همزمان از تصویر مرجع، نقاط کاندیدا را استخراج نموده و تناظریابی اتوماتیک با نقاط تصویر دیگر را برقرار می نماید.
4	Fang Liu et al. (2012) [6]	Li-CQPSO	بر اساس پیکسل های تصویر و درجات خاکستری آنها، به ذرات (Particles) مقدار اولیه می دهیم.	تابع برازندگی مربوط به هر ذره را حساب کرده و آنکه بهترین مقدار را داشت را به عنوان ذرات و پارامترهای بهینه تناظریابی می پذیریم.	در این مقاله، الگوریتم پیشنهادی که از مزیت های تئوری بی نظمی، نظریه کوآنتوم و انسداد جانبی بهره می گیرد، بدین ترتیب که استفاده از حالت کوآنتومی الگوریتم باعث می گردد که مقادیر صریح موقعیت و سرعت همزمان در دسترس نباشند. همچنین استفاده از تئوری بی نظمی باعث می گردد که ذرات در دام اپتیمم های محلی گرفتار نشوند. از انسداد جانبی برای استخراج لبه، بهبود تصویر و غیره استفاده گردیده که باعث دقت و پایداری الگوریتم در استخراج لبه در هنگام پیش پردازش تصویر گردیده است.
5	Jinglun Shi et al. (2013) [7]	الگوریتم کلونی زنبورها	تابع هدف C که با کمک تابع گوسی فرموله شده و شباهت بین دو مجموعه نقاط متناظر را اندازه گیری می نماید.	برآورد تابع هزینه Proximity-Regulized برای تناظریابی اشکال تصویر	نتایج عملی و تست ها نشان می دهد که روش پیشنهادی قادر به ایجاد تناظر بین شکل ها در تصویر با دقت بسیار بالایی نسبت به روش های معمول بوده و این بدلیل استفاده از اطلاعات تقریبی نقاط شکل ها در فرآیند تناظریابی می باشد. البته هزینه محاسباتی آن نسبت به سایر روش ها بیشتر است.

6	Xiaohua Wang et al. (2013) [8]	الگوریتم زیست-جغرافیایی مینا Cauchy	محاسبه HSI مربوط به تصاویر اصلی و الگو برای ایجاد تناظریابی	تابع برازندگی که در آن HSI (Hue, Saturation, Intensity) زیستگاه (Habitat) در شرایط متفاوت رخ می‌دهد	اپراتور جهش‌دهنده Cauchy قابلیت و توانایی جستجوی الگوریتم را بهبود می‌بخشد و تنوع جمعیتی را تقویت می‌نماید. همانطور که اشاره شد روش LI-CBBO نقاط قوت روش‌های CBBO و صحت LI را با هم ترکیب می‌نماید و از این روش برای تناظریابی الگویی (Template) استفاده گردیده است. این روش با PSO، LI-PSO و BBO مقایسه شده و عملیاتی بودن و موثر بودن روش LI-CBBO نشان داده شده است.
7	Linzh Huang et al. (2014) [9]	الگوریتم رقابت استعماری	تصویر درجه خاکستری تصویر مرجع و الگو را محاسبه کرده و به کمک آنها تابع برازندگی بین دو تصویر ایجاد می‌گردد.	یافتن حالت بهینه می‌باشد که در آن همبستگی بالایی بین تصویر اصلی و تصویر الگو وجود داشته و تابع برازندگی بهینه باشد.	در این مقاله از مکانیزم انسداد جانبی (Literal Inhibition) به عنوان پیش-پردازش در تصاویر اصلی بمنظور بهبود کنتراست فضایی استفاده شده است، تا اینکه دقت و صحت فرآیند تناظریابی تصویر بهبود پیدا کند. الگوریتم ICA دارای مزیت سرعت بالای همگرایی می‌باشد، در حالیکه مکانیزم انسداد جانبی قادر است عوارض تصویر را بهبود بخشیده و در نتیجه دقت پردازش‌های بعدی را تقویت می‌نماید. بنابراین در این مقاله از مزیت هر دو روش استفاده شده است.

همانطور که در جدول فوق مشاهده می‌گردد، بهینه سازی در اجزاء مختلف فرآیند تناظر یابی، تسهیل فراوانی در دستیابی به نتایج مطلوب ایجاد نموده است. مطابق این پژوهشها قابلیت های الگوریتم های بهینه سازی تکاملی در امکان جستجوی بهترین مقدار در یک فضای جستجوی وسیع که اطلاعات محدودی از آن در اختیار است، به خوبی در مواردی همچون جستجو برای یافتن ضرایب بهترین مدل ارتباط دهنده دو تصویر و یا ایجاد امکان بهینه سازی عملکرد تابع تناظر یابی نقطه مینا و یا الگو مینا برای دستیابی به بهترین تناظر ها مورد استفاده قرار گرفته است. همچنین علاوه بر فرآیند اصلی تناظریابی، بهینه سازی در پیش پردازش ها نیز موجب بهبود نتایج اصلی گردیده است.

3- نتایج و پیشنهادات

تناظریابی همواره به عنوان یکی از اصلی ترین فرآیندهای مؤثر در صحت نتایج پروژه های ماشین بینایی و فتوگرامتری و ... مطرح بوده است. با پیشرفت تکنولوژیهای تصویربرداری و همچنین افزایش تنوع تصاویر به عنوان ورودی ها در چنین پروژه هایی، اهداف و نیاز های تناظریابی نیز با چالشهای بیشتری مواجه بوده اند. به عنوان مثال امروزه دوربین های تصویر برداری پیشرفته و با قدرت تفکیک های طیفی، رادیومتریکی و مکانی متنوع وارد حوزه هایی همچون پزشکی و یا فتوگرامتری برد کوتاه گردیده اند. برای ایجاد امکان بهره-برداری های مختلف از این تصاویر برای حل مشکلات، نیاز به الگوریتم های تناظریابی قدرتمند بیش از پیش احساس می گردد. بر این اساس پژوهش های بسیاری برای معرفی الگوریتم های جدید و متناسب با نیاز صورت گرفته است. اما یکی از رویکرد های اصلی در این پژوهشها، ایجاد ترکیبی بهینه از الگوریتم های موجود و یا استفاده از الگوریتم های بهینه سازی برای توانمند سازی الگوریتم ها در مواجهه با تصویر های اخذ شده با شرایط پیچیده تر برای یافتن بهترین راه حل ها در مسأله تناظریابی است. با توسعه حوزه های مختلف علوم نیاز به حل مسائل جدید با الگوریتم های سریع تر و دقیق تر منجر به توسعه و یا معرفی الگوریتم های جدید بهینه سازی گردیده است. همانطور که در پژوهشهای انجام شده، که در این مقاله معرفی

گردیدند، مشاهده شد، توسعه الگوریتم های بهینه سازی و ارائه الگوریتم های جدید همچون الگوریتم رقابت استعماری در کنار توسعه الگوریتم های تناظریابی، راهکارهای نوینی را برای دستیابی به نتایج دقیق تر در بحث تناظر یابی در پیش روی قرار داده است. لذا با توجه به ماهیت این الگوریتم ها به نظر می رسد استفاده از این پتانسیل در بهینه سازی اجزاء مختلف فرآیند تناظریابی تصاویر می تواند بسیار راهگشا باشد.

مراجع

- [1] ح. مطیع قادر، مروری بر برخی از روشهای بهینه سازی هوشمند. ایران: دانشگاه آزاد اسلامی. 1389.
- [2] A. A. Goshtasby, *2-D and 3-D Image Registration*. Canada: Wiley Interscience, 2005.
- [3] L. Zhang, W. Xu, and C. Chang, "Genetic algorithm for affine point pattern matching," *Pattern Recognition Letters*, vol. 24, pp. 9-19, 2003.
- [4] H. Li, H.-B. Duan, and X.-Y. Zhang, "A novel image template matching based on particle filtering optimization," *Pattern Recognition Letters*, vol. 31, p. 1825-1832, 2010.
- [5] K. K. Delibasis, P. A. Asvestas, and G. K. Matsopoulos, "Automatic point correspondence using an artificial immune system optimization technique for medical image registration," *Computerized Medical Imaging and Graphics*, vol. 35, pp. 31-41, 2011.
- [6] F. Liu, H. Duan, and Y. Deng, "A chaotic quantum-behaved particle swarm optimization based on lateral inhibition for image matching," *Optik*, vol. 123, p. 1955-1960, 1012.
- [7] J. Shi, F. Chen, J. Lu, and G. Chen, "An evolutionary image matching approach," *Applied Soft Computing*, vol. 13, p. 3060-3065, 2013.
- [8] X. Wang, H. Duan, and D. Luo, "Cauchy Biogeography-Based Optimization based on lateral inhibition for image matching," *Optik*, vol. 124, p. 5447-5453, 2013.
- [9] L. Huang, H. Duan, and Y. Wang, "Hybrid bio-inspired lateral inhibition and Imperialist Competitive Algorithm for complicated image matching," *Optik*, vol. 125, p. 414-418, 2014.

Surf and download all data from SID.ir: www.SID.ir

Translate via STRS.ir: www.STRS.ir

Follow our scientific posts via our Blog: www.sid.ir/blog

Use our educational service (Courses, Workshops, Videos and etc.) via Workshop: www.sid.ir/workshop