دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی نقشه برداری

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

گرایش فتوگرامتری

عنوان:

بهینه‌سازی توابع رشنال با استفاده از الگوریتم کلونی مورچه‌ها

اساتید راهنما:

دکتر محمدجواد ولدان زوج

دکتر مهدی مختارزاده

دانشجو:

امین باغانی

شهریور ۱۳۹۱

بسم الله الرحمن الرحيم

تقدیر و تشکر

از زحمات پدر و مادر عزیزم که در تمامی مراحل زندگی همواره پشتیبان و یاور اینجانب بوده‌اند تشکر می‌کنم.

از فداکاری‌های همسرم که مشوق اصلی بنده می‌باشد، کمال سپاس و قدردانی را دارم.

همچنین از اساتید بزرگوارم، جناب آقایان دکتر ولدان زوج و دکتر مختار زاده که در تهیه این تحقیق مرا یاری نمودند کمال تشکر را دارم.

چکیده :

در غیاب اطلاعات افمریز مدار ماهواره‌ها و هندسه داخلی سنجنده، تبدیلات غیرپارامتریک نظیر مدل توابع کسری به عنوان یکی از مهم‌ترین و پرکاربردترین انواع مدل‌های ریاضی در جوامع فتوگرامتری و سنجش از دور شناخته می‌شوند. اما وابستگی این مدل‌ها به تعداد زیادی نقاط کنترل زمینی، مشکلات عددی موجود در حل آنها و مشکل انتخاب ترم‌های سازنده ساختار تابع کسری را می‌توان از عمده‌ترین ضعف‌های این روش برشمرد. از آنجاییکه برای ترم‌ها و ضرائب در مدل ریاضی توابع کسری، هیچ معنی و تفسیر فیزیکی خاصی وجود ندارد، در روش‌های متداول معمولاً تمامی ترم‌ها در پروسه محاسباتی وارد می-شوند که این امر منجر به بروز خطای over-parameterization خواهد شد. به منظور رفع این مشکل، در این پایان‌نامه الگوریتم کلونی مورچه‌ها در دو بخش بر روی مجموعه داده‌های مختلفی مورد آزمون و ارزیابی قرار گرفت. در بخش اول پیاده‌سازی الگوریتم کلونی مورچه‌ها را جهت تصحیح هندسی تک تصویر، بر روی سه تصویر در سطوح تصحیح هندسی مختلف با ترکیب های مختلفی از نقاط کنترل (GCPs) و نقاط چک مستقل (ICPs) در سه سیستم مختصات زمینی UTM، CT و ژئودتیک و بدون نرمال‌سازی مختصات‌های زمینی و تصویری مورد آزمون قرار دادیم. در بخش دوم پیاده‌سازی‌ها نیز الگوریتم کلونی مورچه‌ها جهت بازسازی سه‌بعدی زمین با استفاده از زوج تصویر استرئو، بر روی یک زوج تصویر و در سیستم مختصات زمینی UTM و بدون نرمال‌سازی مختصات‌ها مورد آزمون قرار گرفت. نتایج نشان داد که الگوریتم کلونی مورچه ها بخوبی قادر است ترم‌های بهینه در ساختار تابع کسری را جهت جلوگیری از بروز مشکل over-parameterization و همچنین مشکلات عددی، چه در پروسه بازسازی سه‌بعدی زمین با استفاده از زوج تصویر و چه در تصحیح هندسی تک تصویر و در تصاویر در سطوح مختلف، حتی تصاویر خام، با سرعت بالایی بیابد. همچنین نتایج نشان داد، سیستم مختصات CT نسبت به دو سیستم مختصات دیگر، قابلیت-های بهتری، چه به لحاظ دقت و چه به لحاظ سرعت همگرایی دارد. به عنوان یک نتیجه کلی می‌توان گفت با بکارگیری الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچه‌ها و استفاده از تنها ۴ نقطه کنترل زمینی، می توانیم به

دقت‌های در حد ۰.۶ پیکسل در تصاویر با سطوح مختلف دست یابیم. نتایج حاصل از بهینه‌سازی توابع کسری در پروسه بازسازی سه‌بعدی زمین نیز دقت‌های زیر پیکسل در فضای زمین را نشان دادند.

فهرست مطالب :

فصل ۱. مقدمه ۱

۱-۱- پیشگفتار ۲

۱-۲- اهمیت و ضرورت انجام تحقیق ۴

۱-۳- اهداف و سؤالات تحقیق ۸

۱-۴- روش انجام تحقیق ۱۰

۱-۵- ساختار پایان نامه ۱۲

فصل ۲. مروری بر برخی تحقیقات انجام شده در زمینه مدل‌های ریاضی غیرپارامتریک ۱۳

۲-۱- مقدمه ۱۴

۲-۲- انواع مدل‌های ریاضی غیرپارامتریک ۱۵

۲-۲-۱- مدل درونیابی شبکه ۱۵

۲-۲-۲- مدل چند جمله‌ای‌های سه بعدی ۱۶

۲-۲-۳- مدل توابع کسری ۱۸

۲-۲-۴- مدل هندسی جامع تصویر ۲۱

۲-۳- مروری بر برخی تحقیقات صورت گرفته در زمینه توابع کسری ۲۱

۲-۳-۱- توسعه و ارزیابی مدل‌های توابع کسری ۲۲

۲-۴- مروری بر برخی تحقیقات صورت گرفته در زمینه بهینه‌سازی توابع کسری ۳۴

۲-۴-۱- بهینه سازی توابع کسری با استفاده از الگوریتم ژنتیک ۳۴

۲-۴-۲- بهینه سازی توابع کسری با استفاده از الگوریتم بهینه سازی گروهی ذرات ۳۷

۲-۵- نقدی بر روش‌های موجود برای بهینه سازی توابع کسری ۴۰

۲-۵-۱- نقد و بررسی بهینه سازی توابع کسری با استفاده از الگوریتم ژنتیک ۴۱

۲-۵-۲- نقد و بررسی بهینه سازی توابع کسری با استفاده از الگوریتم بهینه سازی گروهی ذرات ۴۲

فصل ۳. مروری بر برخی روشهای بهینه سازی ۴۴

۳-۱- مقدمه ۴۵

۳-۲- روش‌های حل مسائل بهینه سازی ۴۶
۳-۳- الگوریتم‌های فراابتکاری ۴۷
۳-۴- الگوریتم ژنتیک ۵۰
۳-۵- الگوریتم بهینه سازی گروهی ذرات ۵۲
۳-۶- الگوریتم کلونی مورچگان ۵۵
۳-۶-۱- سیستم مورچه ۵۹
۳-۶-۲- سیستم مورچه برگزیده(خبره) ۶۳
۳-۶-۳- سیستم مورچه رتبه‌بندی شده ۶۵
۳-۶-۴- سیستم مورچه بیشینه-کمینه ۶۶
۳-۶-۵- سیستم لانه مورچگان ۶۹

فصل ۴. پیاده سازی الگوریتم کلونی مورچگان جهت بهینه سازی توابع کسری ۷۳

۴-۱- مقدمه ۷۴
۴-۲- بهینه سازی توابع کسری در تصحیح هندسی تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از الگوریتم کلونی مورچگان ۷۵
۴-۲-۱- داده‌های مورد استفاده ۷۵
۴-۲-۲- ویژه‌سازی الگوریتم کلونی مورچگان ۷۷
- حدود فرومون مسیر ۸۷
- مقدار دهی مجدد فرومون مسیر ۸۷
۴-۲-۳- پیاده‌سازی و ارزیابی نتایج ۸۹
۴-۳- بهینه سازی توابع کسری در بازسازی سه بعدی زمین با استفاده از الگوریتم کلونی مورچگان ۹۸
۴-۳-۱- ضرورت بهینه سازی توابع کسری در بازسازی سه بعدی زمین ۹۸
۴-۳-۲- داده‌های مورد استفاده ۱۰۰
۴-۳-۳- روش تحقیق ۱۰۰
۴-۳-۴-پیاده‌سازی و ارزیابی نتایج ۱۰۷
۴-۴- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ۱۱۳

فصل ۵. نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۱۵

۵-۱- مقدمه ۱۱۶
۵-۲- خلاصه نتایج حاصل از بهینه سازی توابع کسری در تصحیح هندسی تصاویر ماهواره‌ای ۱۱۶
۵-۳- خلاصه نتایج حاصل از بهینه سازی توابع کسری در بازسازی سه بعدی زمین ۱۱۹
۵-۴- پیشنهادات ۱۲۰
فهرست منابع ۱۲۳

فهرست اشکال :

شکل (۱-۱): فلوچارت روند کلی تحقیق..... ۱۱

شکل (۲-۱): نحوه‌ی طراحی شبکه سه‌بعدی در فضای شئی [۲]..... ۱۵

شکل (۲-۲): الف، هندسه تصویربرداری پرسپکتیو. ب، هندسه تصویربرداری موازی..... ۱۷

شکل (۲-۳): نحوه‌ی کدگذاری توابع کسری در تحقیق [۳]..... ۳۵

شکل (۲-۴): مراحل مختلف پیاده‌سازی الگوریتم ژنتیک در تحقیق [۳]..... ۳۶

شکل (۲-۵): نحوه‌ی کدگذاری توابع کسری در تحقیق [۴]..... ۳۸

شکل (۲-۶): تابع tangent hyperbolic..... ۳۹

شکل (۳-۱): الگوریتم‌های مبتنی بر یک جواب که یک جواب را در حین جستجو تغییر می‌دهند [۳۰]..... ۴۸

شکل (۳-۲): الگوریتم‌های مبتنی بر جمعیت که در حین جستجو یک جمعیت را در نظر می‌گیرند [۳۰]..... ۴۹

شکل (۳-۳): مورچه‌ها در آغاز به تعداد یکسان از هر مسیر عبور می‌کنند..... ۵۷

شکل (۳-۴): بعد از گذشت زمان اکثر مورچه‌ها از مسیری که کوتاهتر است عبور می‌کنند..... ۵۷

شکل (۴-۱): نحوه‌ی پیمایش مورچه‌ها در گراف ساخت حل مسأله..... ۷۸

شکل (۴-۲): تابع برازندگی مورد استفاده در الگوریتم بهینه سازی توابع کسری در تصحیح هندسی تصاویر ماهواره ای با استفاده از الگوریتم کلونی مورچگان..... ۸۴

شکل (۴-۳): الف) بردار خطاهای الگوریتم ACO بر روی محصول L1A سکوی SPOT با ۵ نقطه کنترل. ب) بردار خطاهای الگوریتم ACO بر روی محصول L1B سکوی SPOT با ۵ نقطه کنترل. ج) بردار خطاهای الگوریتم ACO بر روی تصویر IKONOS..... ۹۳

شکل (۴-۴): مقایسه میان تعداد تکرارهای لازم برای رسیدن به همگرایی در تصاویر، سیستم مختصات ها و تعداد نقاط کنترل متفاوت..... ۹۵

شکل (۴-۵): مقایسه میان مدلهای افاین سه بعدی و تبدیل مستقیم خطی با مخرج های نامساوی و تابع بهینه الگوریتم ACO در تصویر SPOT L1A..... ۹۶

شکل (۴-۶): مقایسه میان زمان اجرای الگوریتم PSO در مقاله [۲] و الگوریتم ACO ویژه سازی شده در این تحقیق بر روی تصویر IKONOS شهر همدان (بر حسب ثانیه) ۹۷

شکل (۴-۷): الگوریتم بهینه‌سازی توابع کسری در بازسازی سه بعدی زمین ۱۰۲

شکل (۴-۸): تابع برازندگی مورد استفاده در مرحله بروزرسانی محلی فرومون ها ۱۰۴

شکل (۴-۹): تابع برازندگی مورد استفاده در مرحله بروزرسانی کلی فرومون ها ۱۰۶

شکل (۴-۱۰): نمودار مقایسه خطای RMSE مسطحاتی بین نتایج بهینه‌سازی توابع کسری در بازسازی سه بعدی زمین در فضای تصویر و در فضای زمین ۱۱۰

شکل (۴-۱۱): نمودار مقایسه خطای RMSE ارتفاعی بین نتایج بهینه سازی توابع کسری در بازسازی سه بعدی زمین در فضای تصویر و در فضای زمین ۱۱۱

شکل (۴-۱۲): بردار خطای سه بعدی بهینه سازی توابع کسری در بازسازی سه بعدی زمین ۱۱۲

شکل (۴-۱۳): بردار خطای دو بعدی بهینه سازی توابع کسری در بازسازی سه بعدی زمین ۱۱۲

فهرست جداول :

جدول (۳-۱): فهرست الگوریتمهای مبتنی بر یک جواب و الگوریتمهای مبتنی بر جمعیت [۳۰] ۴۹

جدول (۴-۱): داده‌های مورد استفاده ۷۶

جدول (۴-۲): پارامترهای تنظیم شده برای الگوریتم ACO ۸۹

جدول (۴-۳): نتایج پیاده‌سازی الگوریتم ACO بر روی تصویر SPOT L1A ۹۰

جدول (۴-۴): نتایج پیاده‌سازی الگوریتم ACO بر روی تصویر SPOT L1B ۹۱

جدول (۴-۵): نتایج پیاده‌سازی الگوریتم ACO بر روی تصویر IKONOS ۹۲

جدول (۴-۶): مجموعه داده‌های مورد استفاده در پیاده‌سازی الگوریتم ACO در بهینه‌سازی بازسازی سه‌بعدی ۱۰۰

جدول (۴-۷): پارامترهای تنظیم شده برای الگوریتم ACO جهت بهینه‌سازی توابع کسری در بازسازی سه‌بعدی ۱۰۱

جدول (۴-۸): نتایج الگوریتم بهینه سازی توابع کسری در فضای زمین در معادلات بازسازی سه بعدی ۱۰۸

جدول (۴-۹): نتایج بازسازی سه بعدی زمین با استفاده از توابع کسری بهینه سازی شده در فضای تصویر ۱۰۸

جدول (۴-۱۰): اطلاعات مربوط به میانگین، انحراف معیار، تعداد تکرارها و زمان اجرای الگوریتم بهینهسازی توابع کسری ... ۱۰۹

فصل ۱. مقدمه

۱-۱- پیشگفتار

امروزه با در اختیار داشتن تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی بالا[1]، قادر هستیم اطلاعات مکانی دقیقی از این تصاویر استخراج کنیم. این اطلاعات را می توان در کاربردهای مختلفی نظیر تهیه و بروزرسانی نقشه‌های پوششی، مدیریت منابع طبیعی، محیط زیست، کشاورزی و ... به کار برد. برای این منظور نیاز به تبدیل از فضای تصویر به فضای زمین داریم. مدل‌های تبدیل موجود به دو دسته مدل‌های پارامتریک[2] نظیر: مدل پارامترهای مداری[3] و غیرپارامتریک[4] نظیر: مدل توابع کسری[5] تقسیم بندی می‌شوند. مدل‌های پارامتریک، هندسه تصویر در لحظه تصویربرداری را بازسازی می‌کنند، درنتیجه نیاز به پارامترهای توجیه داخلی سنجنده و داده‌های افمریز ماهواره دارند. اما مشکل اساسی در استفاده از مدل‌های پارامتریک، عدم تمایل برخی از فروشندگان تصاویر ماهواره‌ای نظیر: GeoEye به انتشار داده‌های افمریز و پارامترهای توجیه داخلی ماهواره ها می باشد[۱]. علاوه بر این، این مدل‌ها وابسته به سنجنده بوده و برای هر سنجنده‌ای تغییر خواهند کرد و در نتیجه حل آن‌ها، پیچیدگی‌های زیادی خواهد داشت و توسعه نرم افزارها بر اساس مدل فیزیکی سنجنده را با توجه به اینکه هر ساله نسل جدیدی از تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالا در اختیار کاربران غیر نظامی قرار می‌گیرد، امری دشوار می‌سازد.

در مقابل مدل‌های غیرپارامتریک نیازی به اطلاعات ماهواره ندارند و وابسته به نوع سنجنده نمی‌باشند و پیچیدگی‌های محاسباتی کمتری دارند. بنابراین به علت مزیت‌های ذکر شده برای مدل‌های غیرپارامتریک، اغلب جوامع فتوگرامتری و سنجش از دور تمایل به استفاده از این مدل‌ها برای تصحیح هندسی تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالا دارند. اما به هر حال بایستی این نکته را مد نظر داشت که عیب اصلی تبدیلات

---

[1] High Resolution Satellite Images
[2] Parametric
[3] Orbital Parameter Model
[4] Non-Parametric
[5] Rational Function Model (RFM)

غیرپارامتریک، نیاز به تعداد کافی نقاط کنترل زمینی با توزیع مناسب جهت انجام تصحیح هندسی تصاویر در روش زمین وابسته[1] می باشد [۲]. بنابراین مدل‌های غیرپارامتریک حساسیت زیادی نسبت به توپوگرافی زمین، تعداد و توزیع نقاط کنترل و خطای آنها دارند [۲].

مدل توابع کسری نیز به عنوان یک مدل غیرپارامتریک، نیاز به تعداد نسبتاً زیادی نقاط کنترل زمینی با توزیع مناسب دارند که استخراج این نقاط یک پروسه زمان‌بر و پرهزینه است. همچنین در مدل‌های غیرپارامتریک، به علت حضور ترم‌هایی که دارای وابستگی با سایر ترم‌ها می‌باشند، با مشکل over-parameterization مواجه هستیم [۳]. زیرا ضرایب در مدل توابع کسری معنا و مفهوم فیزیکی خاصی ندارند و در نتیجه تعیین بهترین ترکیب این ضرایب با استفاده از یک دانش اولیه، عملاً غیرممکن می‌شود. بنابراین جهت حل این مشکل، استفاده از الگوریتم های بهینه‌سازی فراابتکاری[2] یک راه حل مناسب به نظر می‌رسد. به طور کلی، الگوریتم‌های بهینه‌سازی مرتبه صفر یا مبتنی بر جمعیت، معمولاً در مسائلی به کار می‌روند که ابعاد فضای جستجو خیلی بزرگ باشد و برای یافتن جواب بهینه از بین تعداد بسیار زیادی جواب ممکن، استفاده از سایر روش‌ها ممکن نباشد.

الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچگان (ACO)[3]، به عنوان یکی از الگوریتم‌های فراابتکاری، مکرراً توسط محققین جهت حل مسائل مختلف بهینه‌سازی مورد استفاده قرار گرفته است. در این تحقیق امکان استفاده از الگوریتم کلونی مورچگان، جهت حذف خطای over-parameterization و جلوگیری از حضور ترم‌هایی که بروز ناپایداری عددی می کنند، مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

در این فصل پس از بیان اهمیت و ضرورت انجام این تحقیق، هدف و سوالات تحقیق آورده شده است. در انتها نیز روش انجام تحقیق و ساختار این پایان نامه بررسی شده است.

---

[1] Terrain Dependent
[2] Metaheuristic
[3] Ant Colony Optimization

۱-۲- اهمیت و ضرورت انجام تحقیق

وجود اطلاعات سه بعدی دقیق از سطح زمین، یکی از اساسی ترین نیازهای کاربردهای مکانی است. با ظهور نسل جدید ماهواره‌های با قدرت تفکیک مکانی بالا نظیر: IKONOS و QuickBird که تصاویر با قدرت تفکیک مکانی نزدیک به تصاویر هوایی در دسترس کاربران قرار می دهند، پتانسیل بسیار خوبی برای به خدمت گرفتن این تصاویر جهت مقاصد فتوگرامتری نظیر تهیه نقشه‌های توپوگرافی ایجاد شده است. جایگزین کردن تصاویر هوایی با تصاویر ماهواره‌ای باقدرت تفکیک مکانی بالا جهت مقاصد تهیه نقشه‌های توپوگرافی می تواند هزینه پروژه‌های نقشه برداری را در بسیاری از کاربردها به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش دهد. زیرا تصاویر ماهواره‌ای با دوره زمانی کوتاه مدت و با پوشش نسبتاً وسیعتری از سطح زمین نسبت به تصاویر ماهواره‌ای اقدام به تصویربرداری می‌کنند و محدودیت‌های پرواز موجود را نیز ندارند. بنابراین تهیه نقشه‌های توپوگرافی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی بالا، تبدیل به یک نیاز روزافزون شده است.

به دلیل محرمانه بودن اطلاعات سنجنده‌های ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی بالا، مدل‌های فیزیکی (پارامتریک) اغلب در اختیار عموم کاربران قرار نمی‌گیرد. بنابراین بایستی از دسته دوم مدل های ریاضی، یعنی مدل‌های غیرپارامتریک استفاده کرد. مدل‌های غیرپارامتریک نظیر توابع کسری مستقل از سنجنده عمل می‌کنند و دقت برازش بالایی به مدل فیزیکی خود داشته و همچنین سرعت محاسبات نسبتاً بالاتری نیز نسبت به مدل‌های پارامتریک دارند [۱۰].

امروزه توابع کسری به عنوان یکی از مهمترین مدل‌های ریاضی غیرپارامتریک در جوامع فتوگرامتری و سنجش از دور شناخته می‌شوند. اما توابع کسری با همه مزایایی که برای آن بر شمردیم دارای معایبی نیز هستند. از آنجاییکه در مدل‌های عمومی نظیر توابع کسری، ترم‌ها دارای معنا و تفسیر فیزیکی خاصی نیستند، انتخاب آنها نیز نمی‌تواند بر اساس دانش اولیه یا خصوصیات فیزیکی سنجنده صورت بگیرد. از طرف

دیگر وجود وابستگی آماری بین ضرایب معمولا باعث بروز ناپایداری های عددی در حل توابع کسری گردیده و نتایج را تخریب می کند، از همین رو انتخاب ترم‌ها حیاتی‌ترین مرحله در حل توابع کسری می‌باشند. به طوریکه در این مرحله سعی بر این است که از یک سری ترم‌ها استفاده شود که کمینه خطاها را نتیجه بدهد. این مرحله معمولاً طی یک پروسه طاقت فرسا بنام سعی و خطا انجام می شود. این مرحله خیلی سخت‌تر بنظر خواهد رسید اگر بدانیم که ترم‌های بدست آمده برای یک تصویر از یک ماهواره مشخص، نه تنها برای تصاویر ماهواره‌های دیگر قابل استفاده نخواهد بود، بلکه برای تصاویر مربوط به مناطق دیگر از همان ماهواره مشخص نیز قابل تجویز نمی‌باشد. انتخاب بهینه‌ترین ترم‌ها جهت ساختن تابع کسری مورد نظر، معمولاً منجر به اجتناب از حضور ترم‌های درجه بالا و اجتناب از حضور مشترک ترم‌های دارای وابستگی می‌شود و برآیند این امر استفاده از کمترین تعداد ممکن نقاط کنترل زمینی می‌باشد، چرا که خیلی از ترم‌های دارای وابستگی دیگر در ترکیب سازنده تابع کسری حضور نخواهند داشت و در نتیجه مجهولات کمتری در معادلات حضور داشته و به تعداد کمتری از نقاط کنترل برای برآورد مجهولات نیاز خواهیم داشت. بنابراین، می‌توانیم با این روش، بار عملیاتی یکی از دشوارترین و پرهزینه ترین و زمانبرترین مراحل انجام کار را کاهش دهیم و با حداقل تعداد نقاط کنترل به حل تابع کسری بپردازیم. از طرف دیگر معمولاً در مدل کردن تصاویر مختلف از سنجنده‌های مختلف بوسیله‌ی توابع کسری، حتی با در نظر گرفتن محدودیت برای حداکثر درجه چندجمله‌ای‌ها، باز هم تعداد حالات بسیار زیادی را می‌توان متصور شد، به نحوی که آزمودن همه‌ی آنها کاری غیر ممکن و غیر منطقی بنظر می‌رسد. از طرف دیگر ترکیب‌های بسیار مختلف و متنوعی نیز وجود دارند که می توانند دقت‌های مورد درخواست ما را ارضاء کنند و در بین این ترکیب‌ها، یافتن بهترین دقت و با کمترین تعداد ضرایب برای ما مطلوب می باشد.

از طرف دیگر امروزه کمپانی‌های فروشنده تصاویر با قدرت تفکیک بالای مکانی نظیر GeoEye، تمایلی به در اختیار گذاشتن پارامترهای افمریز مداری و هندسه داخلی سنجنده خود برای کاربران را ندارند.

بنابراین معمولاً با استفاده از متد زمین مستقل[1]، یک تابع کسری که معمولاً از نوع درجه سه کامل و مجموعاً دارای ۷۸ ضریب است تولید کرده و در اختیار کاربران خود قرار می دهند که به ضرایب RPC[2] معروف است. هم اکنون در کشور ما ایران نیز، این تصاویر به همراه ضرایب RPC آن خریداری می‌گردد که اولاً بابت ضرایب آن هزینه اضافی دریافت می گردد، یعنی تصویر به همراه ضرایب RPC آن قیمت بالاتری نسبت به تصویر تنها دارند، ثانیاً در کاربردهایی که انتظار دقت‌های بالاتری در حل معادلات فتوگرامتریک داریم، این ضرایب دقت‌های محدودی دارند که ممکن است برای همه مقاصد ما جوابگو نباشند و بنابراین مجبور به استفاده از روش‌هایی جهت بهبود دقت آنها هستیم. بنابر این در این تحقیق سعی می گردد به دقت‌های بالاتری نسبت به ضرایب RPC دست یابیم.

از این رو است که مناسب ترین روش برای انتخاب ترم‌های بهینه با هدف برآورده کردن مطلوبات ذکر شده، استفاده از الگوریتم‌های بهینه سازی مرتبه صفر[3] و یا مبتنی بر جمعیت[4] نظیر الگوریتم بهینه-سازی کلونی مورچه‌ها می‌باشد.

برای این منظور، [۳] با استفاده از الگوریتم ژنتیک (GA)[5] اقدام به انتخاب ترم‌های بهینه ساختار مدل توابع کسری نمود. مجموعه داده‌های مورد استفاده در تحقیق مورد نظر، یک محصول Geo از سکوی IKONOS مربوط به شهر همدان بود. اگرچه این تحقیق به دقت های زیر پیکسل با استفاده از ۵ نقطه کنترل دست یافت، اما در این تحقیق، آزمونی بر روی تصاویر در سطوح مختلف تصحیح هندسی انجام نپذیرفت. همچنین تاثیر انتخاب سیستم مختصات زمینی نیز مورد بررسی قرار نگرفت. از طرف دیگر، در این تحقیق شاهد زمان اجرای نسبتاً بالای الگوریتم هستیم، به نحوی که سازگاری این الگوریتم با بسیاری از

[1] Terrain Independent
[2] Rational Polynomial Coefficient
[3] Zero_Order
[4] Evolutionary
[5] Genetic Algorithm

پردازش‌های دیگر فتوگرامتری که نیاز به سرعت بالا دارند، به مقدار زیادی کاهش می یابد و عملاً کارایی-های اجرایی این الگوریتم را به مقدار زیادی کاهش خواهد داد.

[۴] نیز مقایسه‌ای بین الگوریتم بهینه‌سازی گروهی ذرات (PSO)[1] و الگوریتم ژنتیک، جهت انتخاب ترم‌های بهینه ساختار مدل توابع کسری انجام داد. در این تحقیق نیز مجموعه داده‌های مورد استفاده یک محصول Geo از سکوی IKONOS مربوط به شهر همدان و یک محصول Level 1B از سکوی SPOT مربوط به شهر زنجان بود. در این تحقیق نیز اگرچه مجموعه داده‌های مورد استفاده جامعیت بیشتری نسبت به [۳] داشت، اما بررسی بر روی تصاویر خام صورت نگرفت. همچنین در این تحقیق نیز همانند تحقیق [۳]، تأثیر انتخاب سیستم مختصات‌های زمینی بر الگوریتم‌های مذکور مورد بررسی قرار نگرفت. زمان‌های اجرای مربوط به الگوریتم PSO نیز اگرچه مقداری پیشرفت نسبت به الگوریتم GA نشان می‌دهد، اما با استفاده از الگوریتم های PSO و GA هنوز هم بایستی زمان‌های نسبتاً طولانی برای یافتن ترم های بهینه ساختار مدل توابع کسری صرف نماییم.

از طرف دیگر در هر دو تحقیق مذکور به تصحیح هندسی تک تصویر بسنده شده و از زوج تصویر و بازسازی سه بعدی زمین و درنتیجه بررسی نتایج در فضای زمین استفاده نگردیده است. بنابراین نتایج موجود در این تحقیقات فقط در فضای تصویر بوده و به نتایج متناظر با آنها در فضای زمین اشاره‌ای نشده است. همچنین در خصوص انتخاب ترم‌های بهینه مدل توابع کسری، توابع کسری با مخرج‌های یکسان در نظر گرفته شدند، که این امر اگرچه باعث کاهش فضای جستجوی الگوریتم می‌شود، اما علاوه بر این که دقت‌های قابل دستیابی را محدود می سازد، امکان بررسی چگونگی تأثیر هندسه تصویربرداری، نوع محصول مورد استفاده و سیستم مختصات زمینی بر تعداد و نوع ترم‌های انتخابی برای صورت و مخرج تابع کسری را عملاً غیرممکن می سازد.

[1] Particle Swarm Optimization

۱-۳- اهداف و سؤالات تحقیق

همانطور که در بخش‌های قبلی توضیح داده شد، هدف از این تحقیق حل توابع کسری باضرایب بهینه با استفاده از الگوریتم کلونی مورچگان می باشد، به شکلی که خطاهای over-parameterization و همچنین مشکلات عددی ناشی از حل دستگاه معادلات آن، برطرف گردند. در این راه اهداف و سولاتی مطرح است که به شرح ذیل می باشد :

- به طور کلی دقت‌های قابل دسترسی در تصاویر مختلف با سطوح تصحیح هندسی مختلف را در این تحقیق مورد بررسی قرار خواهیم داد.
- همانطور که می‌دانیم مدلهای پارامتریک کاملاً وابسته به نحوه انتخاب سیستم مختصات‌های زمینی هستند. اگرچه گفته می‌شود مدل‌های غیرپارامتریک نظیر توابع کسری نسبت به انتخاب سیستم مختصات‌های زمینی مستقل هستند اما تا کنون تحقیق جامعی بر روی این مسأله صورت نپذیرفته است. در نتیجه سؤالی که در این تحقیق بررسی‌خواهد شد این است که: نحوه تأثیر متقابل سیستم مختصات‌های زمینی و انتخاب ترم‌های بهینه توسط الگوریتم-های بهینه سازی و بازخور آن در دقت‌های بدست آمده تا چه حدودی می‌تواند باشد.
- مدل‌های بهینه آیا تبعیت خاصی از هندسه تصویر در لحظه تصویربرداری را نشان خواهند داد؟
- همانطور که می‌دانیم مدل کردن محصول‌هایی که قبلاً یک سطح تصحیح هندسی توسط کمپانی فروشنده آن تصویر بر روی آنها انجام گرفته است، راحت‌تر و با دقت بیشتری نسبت تصاویر در سطح خام انجام می گیرد. در تحقیقات صورت گرفته در این زمینه تا به امروز آزمونی بر روی تصاویر خام صورت نپذیرفته است. سؤالی که مطرح است این است که آیا در

تصاویر خام هم قادر خواهیم بود حتی با استفاده از تعداد نقاط کنترل کم، به دقت‌های قابل دسترسی در تصاویر با سطوح تصحیح هندسی بالاتر دست یابیم؟

- همانطور که در بخش ۱-۲ توضیح داده شد، الگوریتم‌های بهینه سازی تا کنون بر روی تک تصویر و فقط در فضای تصویر پیاده‌سازی و اجرا گردیده‌اند. بنابراین هنگامی که از تک تصویر استفاده می‌کنیم قادر به تقاطع در فضای زمین و در نتیجه بررسی دقت‌ها در فضای زمین نیستیم. سؤالی که در اینجا مطرح است این است که آیا در مدل‌های توابع کسری که در فضای تصویر بهینه باشند، بازسازی سه بعدی با استفاده از آنها در یک زوج تصویر نیز منجر به یک نتیجه خوبی در فضای زمین نیز خواهد شد؟
- همانطور که می‌دانیم یک مسأله مهم در مسائل بهینه‌سازی با الگوریتم‌های مرتبه صفر، اجتناب از همگرایی زودرس و یا همگرا شدن به بهینه‌های محلی می باشد. بایستی بررسی شود برای جلوگیری از این دو مساله در الگوریتم بهینه‌سازی چه راهکارهایی وجود دارد.

در این تحقیق ابتدا به امکان‌سنجی استفاده از الگوریتم‌های موجود در حوزه ACO، برای بهینه‌سازی ساختار توابع کسری خواهیم پرداخت. سپس با توجه به نوع مسأله و مطلوبات خود تغییرات احتمالی در ساختار الگوریتم ACO، برای افزایش کارایی در کاربرد خود و همچنین افزایش سرعت آن می‌پردازیم. یعنی الگوریتم ACO را به نحوی مطابق با خواسته‌ها و شرایط مسأله خود تطبیق دهیم که در حداقل زمان ممکن به بهینه‌ترین ضرایب سازنده تابع کسری مورد نظر دست یابد که در آن وابستگی آماری بین ترم‌ها کمینه بوده و حتی الامکان از کمترین تعداد ترم‌ها استفاده و در نتیجه تعداد مجهولات کاهش یافته و با تعداد نقاط کنترل زمینی کمتری که جمع آوری آنها پروسه ای زمانبر و پر هزینه می باشد، قادر به حل مسأله باشیم.

یکی دیگر از مسائل بسیار مهم، سرعت همگرایی الگوریتم یا همان مسأله زمان دستیابی به تابع کسری با ترکیب ضرایب بهینه می‌باشد، به نحوی که بتوان جهت مقاصد فتوگرامتری آنی یا نزدیک به آنی از