دومین کنفرانس ملی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی نقشه‌برداری
۲۹ دی ماه ۱۳۹۵

The 2nd National Conference on
Geospatial Information Technology (NCGIT)
K.N.Toosi University of Technology
Faculty of Geomatics Engineering
18 January 2017

آشکارسازی تغییرات در مناطق شهری و نیمه شهری با استفاده از الگوریتم رقابت استعماری در تصاویر با توان تفکیک مکانی بالا

حمیدرضا فتاحی[1*]، محمودرضا صاحبی [2]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته سنجش از دور دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
۲- دانشیار گروه فتوگرامتری و سنجش از دور دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

چکیده :

سطح زمین در مقیاس محلی و جهانی به سرعت درحال تغییر است و این موضوع با انعکاس ویژه‌ای در زندگی مردم، اقتصاد، محیط زیست و ... همراه است. آشکارسازی تغییرات کاربری و پوشش زمین به منظور تصمیم‌گیری صحیح و به تبع آن تسهیل مدیریت و پایش توسعه شهری در مناطق شهری و نیمه شهری و استفاده بهینه از منابع، حائز اهمیت است. در این تحقیق، از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده‌های QuickBird و GeoEye، استفاده شده است. پس از انجام تصحیحات هندسی و رادیومتریکی و همچنین اعمال پیش پردازش‌های لازم بر روی تصاویر، اختلاف درجات خاکستری در تمام باندها محاسبه شد و نمونه‌های آموزشی در اختیار الگوریتم رقابت استعماری قرار گرفت. با اعمال این الگوریتم بر روی تصاویر، نقشه اولیه تغییرات به‌دست آمد. سپس با استخراج اطلاعات همسایگی پیکسل‌ها، قوانینی برای تغییرات به دست آمده توسط الگوریتم تولید شده و برروی نقشه اولیه تغییرات به صورت پس‌پردازش اعمال شد و نقشه تغییرات نهایی به‌دست آمد. این نقشه با در نظر گرفتن داده‌های تست مورد ارزیابی قرار گرفت و دقت آشکارسازی، نرخ هشدار اشتباه و نرخ خطای کل برآورد گردید. این الگوریتم با اعمال پس‌پردازش بر روی نتایج، به دقت آشکارسازی کلی ۹۱/۵۹ درصد رسید که نشان‌دهنده کارایی الگوریتم مذکور در آشکارسازی تغییرات می‌باشد.

واژه‌های کلیدی : آشکارسازی تغییرات، الگوریتم هوشمند رقابت استعماری، تصاویر چند زمانه ماهواره‌ای

نویسنده مکاتبه کننده : حمیدرضا فتاحی
آدرس پستی : خیابان ولی‌عصر (عج)- تقاطع میرداماد- دانشکده مهندسی نقشه‌برداری دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی
تلفن : ۰۹۱۲۷۱۴۹۶۲۳
آدرس پست الکترونیک : Hamidreza.fattahi67@yahoo.com

۱- مقدمه

قابلیت بالای تکنولوژی سنجش از دور در اخذ داده در سطح وسیع و مخصوصا غلبه بر محدودیت‌های مرزی کشورها باعث گسترش روزافزون استفاده از این فناوری شده است. سنجش از دور با در اختیار قرار دادن اطلاعات بسیار مفید از سطح زمین توانسته در بسیاری از برنامه‌ریزی‌های مدیریتی شهری، در مدیریت بحران‌هایی ناشی از حوادث طبیعی یا غیر طبیعی نظیر سیل، زلزله، آتش‌سوزی، تخریب جنگل، پایش تغییرات و کاربردهای بسیار دیگری جایگاه ویژه‌ای را به خود اختصاص دهد[۱].

به منظور ایجاد شرایط لازم جهت بهره‌گیری از پتانسیل بسیار بالای این تکنولوژی، نیازی روز افزون جهت افزایش خودکارسازی روند تولید و تفسیر نقشه‌ها احساس می‌شود. در این راستا وقتی برای یک مسئله (که می‌تواند تفسیر یا پردازش تصاویر سنجش از دور باشد) با راه‌حل‌های مختلفی مواجه می‌شویم، مسئله بهینه‌یابی مطرح می‌شود. مسائل بهینه‌یابی سعی می‌کنند انتخاب بهترین جواب را تسریع کنند. در مسائل بهینه‌یابی که استفاده از روش‌های دقیق برای رسیدن به جواب بهینه ممکن نباشد، به سراغ الگوریتم‌های هوشمند می‌رویم. در واقع الگوریتم‌های بهینه‌یابی هوشمند، معمولا در مسائلی به کار می‌روند که ابعاد فضای جستجو بزرگ باشد و رسیدن به جواب بهینه در میان تعداد بسیار زیاد جواب‌های محتمل با استفاده از سایر روش‌ها امکان‌پذیر نباشد[۲].

یکی از الگوریتم‌هایی که اخیرا در مسائل مختلف بهینه‌یابی مورد استفاده قرار می‌گیرد، الگوریتم رقابت استعماری[1] می‌باشد. این الگوریتم با الهام‌گیری از یک فرآیند اجتماعی سیاسی، نسبت به روش‌های مطرح شده دارای توانایی بالایی بوده و نیز تا حد بسیار زیادی، سریع می‌باشد.

همان‌گونه که بیان شد، هدف اصلی این تحقیق شناسایی تغییرات در مناطق شهری و نیمه‌شهری با استفاده از الگوریتم رقابت استعماری می باشد. به دلیل پیچیدگی‌های مورفولوژی و گستره طیفی زیاد در مناطق شهری، ما از تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالا استفاده کردیم.

۲- مجموعه داده مورد استفاده

در این تحقیق، از تصاویر سنجنده‌های با حد تفکیک مکانی بالای QuickBird (متعلق به سال ۱۳۸۵) و GeoEye (متعلق به سال ۱۳۸۹)، جهت شناسایی تغییرات شهرک آزادشهر واقع درناحیه هشت منطقه ۲۲ استان تهران، استفاده شده است. منطقه مورد مطالعه بین طول‌های جغرافیایی ۵۱ درجه و ۱۱ دقیقه و ۲۷ ثانیه شمالی و ۵۱ درجه و ۱۱ دقیقه و ۲۶ ثانیه شمالی و هم‌چنین عرض‌های جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۴ دقیقه و ۳ ثانیه شرقی و ۳۵ درجه و ۴۳ ثانیه و ۴۵ ثانیه شرقی قرار دارد.

به دلیل عدم دسترسی به باند مادون قرمز نزدیک در تصاویر، از ۳ باند در طول موج مرئی استفاده شد. جزئیات این تصاویر در جدول (۱)نشان داده شده است.

جدول۱ : مشخصات تصاویر مورد استفاده

سنجنده	QuickBird	GeoEye
ارتفاع پرواز	۴۵۰ کیلومتر	۷۷۰ کیلومتر
باندها	Red- Green - Blue	Red- Green - Blue
تاریخ اخذ تصویر	۱۳۸۵ - ۰۷ - ۱۳	۱۳۸۹ - ۰۵ -۲۵
توان تفکیک مکانی	۰/۶ متر	۰/۵۵ متر

[1] Imperialist Competitive Algorithm

۳- روش پیشنهادی برای شناسایی تغییرات

مراحل اجرای پروسه شناسایی تغییرات مطرح شده، شامل موارد ذیل می‌باشد :

- پیش‌پردازش
- حذف سایه‌ها
- الگوریتم رقابت استعماری جهت شناسایی تغییرات
- پس پردازش

۳-۱- پیش پردازش

مرحله پیش پردازش معمولا اولین مرحله هر تحقیقی می‌باشد. صرف نظر از روش مورد استفاده برای آشکارسازی تغییرات، جهت آماده‌سازی تصاویر چند زمانه و ورود به آنالیزهای اصلی، پیش پردازش‌هایی مورد نیاز است.

پیش پردازش تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه از منطقه مورد نظر، شامل سه بخش نمونه‌برداری مجدد[1] ، تصحیحات هندسی[2] و رادیومتریک[3] است. تصاویر مورد استفاده از قبل زمین مرجع هستند. به همین دلیل از مرحله تصحیح هندسی صرف‌نظر خواهد شد.

از آنجایی که دو تصویر از دو منبع سنجش از دوری متفاوت اخذ شده اند و دارای رزولوشن مکانی مختلف از همدیگر می‌باشند، قبل از ورود به فرآیند آشکارسازی تغییرات باید از لحاظ اندازه پیکسل با یکدیگر یکسان شوند. برای این منظور ابتدا اندازه پیکسل‌های تصویر ماهواره‌ای سنجنده GeoEye با استفاده از الگوریتم نمونه‌برداری مجدد نزدیکترین همسایه، از نظر قدرت تفکیک مکانی با تصویر ماهواره‌ای سنجنده QuickBird یکسان خواهد شد. پس از یکسان‌سازی اندازه پیکسل‌های دو تصویر، تصویر سال ۱۳۸۹ به علت تغییر اندازه‌های پیکسل، باید نسبت به تصویر ۸۵، رجیستر[4] شود. علت این امر جابجایی مراکز پیکسل‌های تصویر نامبرده در فرآیند یکسان‌سازی اندازه پیکسل‌های تصویر بوده است.

در مرحله بعدی پیش‌پردازش، تصحیح رادیومتریک صورت می‌گیرد. به منظور تصحیحات رادیومتریک، از روش‌های نرمالیزاسیون نسبی استفاده می‌شود. یکی از روش‌های متداول نرمالیزاسیون نسبی، الگوریتم تطابق‌هیستوگرام[5] دو تصویر چند زمانه است. در این روش، هیستوگرام تصویر هدف (تصویر سال ۱۳۸۵)، با استفاده از هیستوگرام تصویر مرجع (تصویر سال ۱۳۸۹) طوری تغییر داده می‌شود تا ویژگی‌های رادیومتریکی دو تصویر مذکور مشابه یکدیگر شده و اختلاف بین مقادیر درجات خاکستری در این دو تصویر کاهش یابد[۳].

شکل (۱)، تصاویر مورد استفاده جهت شناسایی تغییرات و همچنین تصویر سال ۱۳۸۵ پس از تطابق هیستوگرام با استفاده از تصویر مرجع (سال ۱۳۸۹) را نشان می‌دهد.

[1] Resampling
[2] Geometric Correction
[3] Radiometric Correction
[4] Co-Register
[5] Histogram Matching

الف) تصویر مربوط به سال ۱۳۸۹

ب) تصویر مربوط به سال ۱۳۸۵

ب) تصویر سال ۱۳۸۵ (پس از تطابق هیستوگرام)

شکل۱: تصاویر مورد استفاده و خروجی تطبیق هیستوگرام

۳-۲- حذف سایه‌ها

در تصاویر ماهواره‌ای شامل مناطق شهری، سایه ساختمان‌ها، عوارض طبیعی و غیر طبیعی و سایر اماکن، تاثیرات بسیاری بر روی دقت بسیاری از کاربردهای سنجش از دور خواهند داشت. در روند الگوریتم شناسایی تغییرات نیز حذف سایه‌ها به منظور افزایش دقت از اهمیت بالایی برخوردار است.

بدین منظور، ابتدا ویژگی‌هایی از تصاویر، در فضای RGB [۱] و HIS [۲] استخراج شده و با استفاده از یک حدآستانه برای هر ویژگی ، تصاویر باینری از هر ویژگی تولید می‌شود، سپس با تلاقی این تصاویر باینری، سایه‌ها استخراج شده و از تصویر حذف خواهند شد. در این تحقیق از روش ارائه شده در [۴] استفاده شده است.

۳-۲-۱- آنالیز ویژگی‌های سایه‌ها

براساس مدل فونگ[۳] [۵]، ۴ ویژگی جهت کشف سایه‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد که شامل موارد ذیل هستند :

- جزء H، در فضای HIS، در مناطق سایه بیشتر از مناطق غیر سایه است. بنابراین جزء H، ویژگی موثری در تمیز دادن سایه‌ها از غیر سایه خواهد بود.
- مقادیر درجات خاکستری سایه‌ها در باند آبی (B)، از سایر مناطق در تصاویر سنجش از دوری بیشتر است. بنابراین این ویژگی می‌تواند به صورت قابل ملاحظه‌ای در شناسایی سایه‌ها موثر باشد.
- از آنجا که مقادیر جزء H، در خاک و گیاهان مقادیر زیادی است، لذا می‌بایست این مناطق از سایه‌ها تفکیک شوند. پس مقدار درجه خاکستری باند سبز (G) منهای مقدار درجه خاکستری باند آبی (B)، این تفکیک پذیری بین سایه‌ها و مناطق خاک و گیاهی را ایجاد خواهد کرد. مقادیر این ویژگی در سایه‌ها کمتر از سایر مناطق می‌باشد.

$$m_{GB} = G - B$$

رابطه (۱)

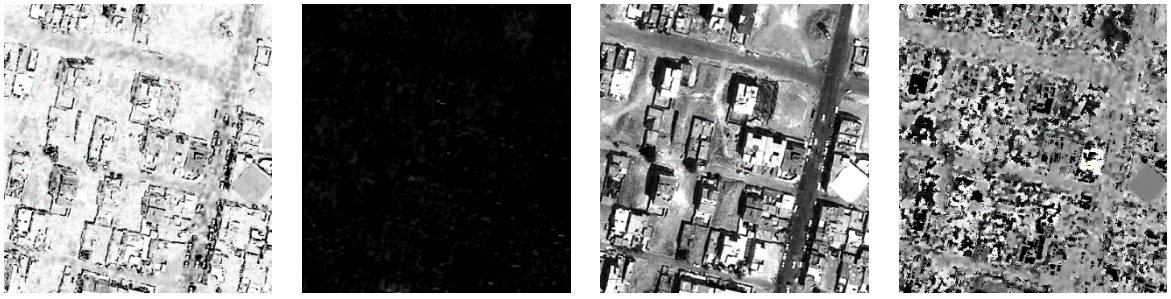
- تفاضل جزء I و جزء S در فضای HIS، باعث تفکیک‌پذیری سایه‌ها از سایر مناطق در تصاویر خواهد بود. سایه‌ها دارای مقادیر کمتری از این ویژگی خواهند بود.

[1] Red – Green - Blue
[2] Hue – Intensity - Saturation
[3] Phong illumination model

$$m_{IS} = I - S$$

رابطه (۲)

در شکل (۲)، تصاویر مربوط به ویژگی‌های ۴ گانه مستخرج، جهت کشف و حذف سایه‌های مربوط به تصویر سال ۱۳۸۹ درج شده است.



الف) ویژگی اول ب) ویژگی دوم ویژگی سوم ویژگی چهارم

شکل ۲: تصاویر مربوط به ویژگی‌های استخراج شده برای تصویر سال ۱۳۸۹

۳-۲-۲- استخراج سایه‌ها

پس از تولید ویژگی‌های ۴گانه، با استفاده از یک حدآستانه گذاری و تولید تصاویر باینری از این ویژگی‌ها، و تلفیق این تصاویر، می‌توان سایه‌ها را استخراج کرد. انتخاب حدآستانه مناسب، در دقت نهایی این فرآیند بسیار موثر خواهد بود. لذا برای افزایش دقت، از الگوریتم اتسو[1] (Otsu) برای انتخاب اتوماتیک این حدآستانه استفاده شده است[۶].

الگوریتم Otsu، با یک هیستوگرام نرمال از یک تابع چگالی احتمال آغاز می‌شود که به صورت زیر بیان می‌شود :

$$P_q(r_q) = \frac{n_q}{n} \qquad q = 0,1,2,...,L-1$$

رابطه (۳)

که در این فرمول، n تعداد کل پیکسل‌های تصویر، n_q تعداد پیکسل‌هایی هستند که دارای مقدار r_q هستند. همچنین L، تعداد مقادیر درجه خاکستری محتمل در تصویر می‌باشد. هدف این الگوریتم انتخاب مقدار حدآستانه K می‌باشد که تابع مربعات خطا را ماکزیمم کند. این تابع به صورت زیر بیان می‌شود[۶]:

$$\sigma_B^2 = \omega_0(u_0 - u_T)^2 + \omega_1(u_1 - u_T)^2$$

رابطه (۴)

که پارامترهای این رابطه به صورت ذیل هستند :

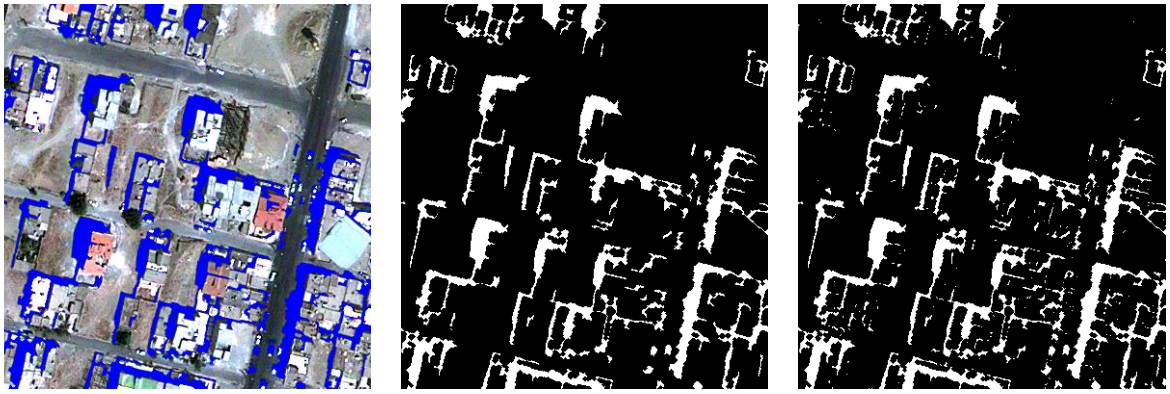
$$\omega_0 = \sum_{q=0}^{K-1} P_q(r_q) \quad , \quad \omega_1 = \sum_{q=K}^{L-1} P_q(r_q)$$

رابطه (۵)

$$u_0 = \frac{\sum_{q=0}^{K-1} qP_q(r_q)}{\omega_0} \quad , \quad u_1 = \frac{\sum_{q=K}^{L-1} qP_q(r_q)}{\omega_1} \quad , \quad u_T = \sum_{q=0}^{L-1} qP_q(r_q)$$

رابطه (۶)

[1] Otsu Algorithm



الف) سایه‌های اولیه ب) عملیات انسداد مورفولوژی ج) سایه‌های نهایی مستخرج

شکل۳: عملیات استخراج سایه‌ها برای تصویر سال ۱۳۸۹

برای هر ۴ ویژگی، فرآیند انتخاب حدآستانه به صورت فوق انجام شد، سپس با تلفیق و تقاطع هر ۴ ویژگی، سایه‌ها به صورت اولیه کشف و در نهایت با عملیات مورفولوژی به صورت پس پردازش، سایه‌ها استخراج و از تصاویر حذف شدند[۴].

در قسمت اول شکل (۳)، پس از حدآستانه‌گذاری چند گانه بر روی تصاویر ویژگی‌های ۴گانه، سایه‌ها به‌صورت اولیه کشف شده‌اند. در قسمت دوم این شکل، با استفاده از عملیات انسداد مورفولوژی[1] سایه‌های اولیه بهبود پذیرفتند. هم‌چنین در قسمت سوم شکل، این سایه‌های کشف شده بر روی تصویر اصلی قرار گرفتند.

۳-۳- الگوریتم رقابت استعماری

الگوریتم مورد استفاده، همانند سایر روش‌های بهینه‌یابی تکاملی، با تعدادی جمعیت اولیه شروع می‌شود. در این الگوریتم، هر عنصر جمعیت، یک *کشور* نامیده می‌شود. کشورها به دو دسته *مستعمره*[2] و *استعمارگر*[3] تقسیم می‌شوند. هر استعمارگر، بسته به قدرت خود، تعدادی از کشورهای مستعمره را به سلطه خود درآورده و آن‌ها را کنترل می‌کند. سیاست جذب و رقابت استعماری، هسته اصلی این الگوریتم را تشکیل می‌دهند.

پس از انجام پیش پردازش‌ها و آماده‌سازی تصاویر، و همچنین پس از حذف سایه ها در هر دو تصویر، نمونه‌های آزمایشی و تست به صورت جداگانه تولید می‌شوند. مجموعه‌ای از پیکسل‌های آموزشی و تست به کلاس تغییر یافته و مجموعه‌ای به کلاس تغییر نیافته اختصاص خواهند یافت. سپس اختلاف درجات خاکستری دو تصویر در تمام باندها محاسبه شده و در اختیار الگوریتم قرار می‌گیرد.

۳-۳-۱- شکل‌دهی امپراطوری‌های اولیه

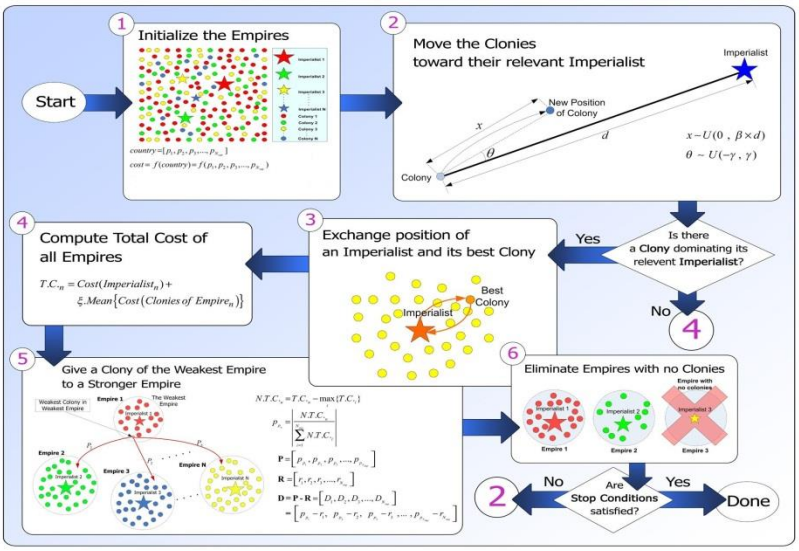
در بهینه‌سازی، هدف یافتن یک جواب بهینه بر حسب متغیرهای مسئله، است. ما یک آرایه از متغیرهای مسئله را که باید بهینه شوند، ایجاد می‌کنیم. در الگوریتم ژنتیک این آرایه، کروموزوم[4] نامیده می‌شود. در اینجا نیز آن را یک کشور می‌نامیم. در یک مسئله‌ی بهینه‌سازی N_{var} بعدی، یک کشور، یک آرایه‌ی $1\times N_{var}$ است.

در این مقاله، هر کشور یک آرایه 1×3 بعدی است که هر بعد آن مقدار پیکسل در هر باند خواهد بود (چون تصاویر مورد استفاده ما شامل ۳ باند مرئی RGB هستند).

[1] Closing
[2] Colony
[3] Imperialst
[4] Chromosome

در این مقاله، جهت رسیدن به امپراطوری‌های اولیه، از الگوریتم K-Means استفاده کردیم. بدین صورت که به ازای هر دو کلاس تغییر یافته و تغییر نیافته، به تعداد ۱۰ درصد از تعداد پیکسل‌های آموزشی مختص همان کلاس، خوشه تعریف کرده و پس از طی مراحل الگوریتم K-Means، مراکز خوشه‌های نهایی به عنوان امپراطوری اولیه انتخاب شدند. باقیمانده پیکسل‌هایی که به عنوان امپریالیست انتخاب نشده بودند به عنوان مستعمره در نظر گرفته شدند. برای تقسیم مستعمرات اولیه بین امپریالست‌ها، به هر امپریالیست، تعدادی از مستعمرات را که این تعداد، متناسب با تعداد پیکسل‌هایی است که در آخرین مرحله خوشه‌بندی در خوشه i ام جای داشتند (N.C.i)، نسبت خواهیم داد. با در نظر گرفتن N.C.i برای هر امپراطوری، به این تعداد از کشورهای مستعمره اولیه را به صورت تصادفی انتخاب کرده و به امپریالیست i ام می‌دهیم.(امپراطوری‌های بزرگتر، تعداد بیشتری مستعمره دارند).

شکل (۴)، مراحل کلی الگوریتم رقابت استعماری را نمایش می‌دهد.



شکل۴: روند کلی الگوریتم رقابت استعماری

۳-۳-۲- اختصاص تک تک پیکسل‌های مجهول به عنوان مستعمره

پس از شکل‌گیری امپراطوری‌های اولیه، تک تک پیکسل‌های تصویر اختلاف درجات خاکستری دو تصویر اولیه به صورت مجزا به عنوان مستعمره وارد فرآیند الگوریتم می شوند. این پیکسل به عنوان یک کشور قلمداد شده و دارای بعد به ازای ۳ مقدار درجه خاکستری در هر باند خواهد بود. این مستعمره به صورت تصادفی به یکی از امپراطوری‌ها اختصاص داده می‌شود.

۳-۳-۳- مدل‌سازی سیاست جذب، حرکت مستعمره‌ها به سمت امپریالیست

با در نظر گرفتن شیوه نمایش یک کشور در حل مسئله بهینه‌سازی، در حقیقت این حکومت مرکزی با اعمال سیاست جذب سعی داشت تا کشور مستعمره را در راستای ابعاد مختلف اجتماعی سیاسی به خود نزدیک کند. این بخش از فرایند استعمار در الگوریتم بهینه‌سازی، به صورت حرکت مستعمرات به سمت کشور امپریالیست، مدل شده است.

کشور مستعمره، به اندازه x واحد در جهت خط واصل مستعمره به استعمارگر، حرکت کرده و به موقعیت جدید، کشانده می‌شود. فاصله میان استعمارگر و مستعمره با d نشان داده شده است. x نیز عددی تصادفی با توزیع یکنواخت (و یا هر توزیع مناسب دیگر) می‌باشد. یعنی برای x داریم[۷]:

$$x \sim U(0 \ , \ \beta \times d)$$

رابطه (۷)

که در آن β عددی بزرگتر از یک و نزدیک به ۲ می‌باشد. یک انتخاب مناسب می‌تواند $\beta = 2$ باشد. وجود ضریب $\beta > 1$ باعث می‌شود تا کشور مستعمره در حین حرکت به سمت کشور استعمارگر، از جهت‌های مختلف به آن نزدیک شود.

با بررسی تاریخی پدیده همگون‌سازی، یک حقیقت آشکار در این زمینه این است که علی رغم اینکه کشورهای استعمارگر بطور جدی پیگیر سیاست جذب بودند، اما وقایع بطور کامل مطابق سیاست اعمال شده آنها پیش نمی‌رفت و انحرافاتی در نتیجه کار وجود داشت. در الگوریتم معرفی شده، این انحراف احتمالی با افزودن یک زاویه تصادفی به مسیر جذب مستعمرات، انجام می‌گیرد. بدین منظور این‌بار به جای حرکت به اندازه x، به سمت کشور استعمارگر و در جهت بردار واصل مستعمره به استعمارگر، به همان میزان، ولی با انحراف θ در مسیر، به حرکت خود ادامه می‌دهد. θ را به صورت تصادفی و با توزیع یکنواخت در نظر می‌گیریم[۷و ۸]، پس :

$$\theta \sim U(-\gamma \ , \ \gamma)$$

رابطه (۸)

در این رابطه، γ پارامتری دلخواه می‌باشد که افزایش آن باعث افزایش جستجوی اطراف امپریالیست شده و کاهش آن نیز باعث می‌شود تا مستعمرات تا حد ممکن، به بردار واصل مستعمره به استعمارگر، نزدیک حرکت کنند. با در نظر گرفتن واحد رادیان برای θ، $\pi/4$، انتخاب مناسبی بود.

۳-۳-۴- جابجایی موقعیت مستعمره و امپریالیست

در حین حرکت مستعمرات به سمت کشور استعمارگر، ممکن است بعضی از این مستعمرات به موقعیتی بهتر از امپریالیست برسند. در این حالت، کشور استعمارگر و کشور مستعمره، جای خود را با همدیگر عوض کرده و الگوریتم با کشور استعمارگر در موقعیت جدید ادامه یافته و این بار، این کشور امپریالیست جدید است که شروع به اعمال سیاست همگون‌سازی بر مستعمرات خود می‌کند.

۳-۳-۵- قدرت کل یک امپراطوری

قدرت یک امپراطوری برابر است با قدرت کشور استعمارگر، به اضافه درصدی از قدرت کل مستعمرات آن. بدین ترتیب برای هزینه کل یک امپراطوری داریم [۷].

$$T.C._n = Cost(imperialist_n) + \xi \, mean\{Cost(colonies \, of \, empir \, e_n)\}$$

رابطه (۹)

که در آن $T.C._n$ هزینه کل امپراطوری nام و ξ عددی مثبت است که معمولاً بین صفر و یک و نزدیک به صفر در نظر گرفته می‌شود. کوچک در نظر گرفتن ξ، باعث می‌شود که هزینه کل یک امپراطوری، تقریباً برابر با هزینه حکومت مرکزی آن (کشور امپریالیست)، شود و افزایش ξ نیز باعث افزایش تاثیر میزان هزینه مستعمرات یک امپراطوری در تعیین هزینه کل آن می‌شود. در این مقاله، $\xi = 0.05$ به جوابهای مطلوبی منجر شد.

هم چنین قدرت هر استعمارگر و قدرت کشورهای مستعمره با استفاده از روابط تئوری بیز[1] به صورت ذیل به‌دست آمده است :

$$P(x) = N(\mu, \sigma^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp[-\frac{1}{2}(\frac{x-\mu}{\sigma})^2]$$

رابطه (۱۰)

جایی که μ ،بردار میانگین مقادیر درجات خاکستری هر امپراطور و σ^2 بردار کواریانس هر امپراطور می‌باشد.

$$\mu = E[x] = \int_{-\infty}^{\infty} x\, P(x)\, dx$$

رابطه (۱۱)

$$\sigma^2 = \sum_i = E[(x-\mu)^2] = \int_{-\infty}^{\infty} (x-\mu)^2\, P(x)\, dx$$

رابطه (۱۲)

پس به ازای هر کشور در هر امپراطور، بردار $g(x)$ را برآورد می‌کنیم و به عنوان قدرت آن کشور در نظر می‌گیریم.

$$g(x) = -\frac{1}{2}(x-\mu_i)^T \sum_i^{-1}(x-\mu_i) - \frac{1}{2}\ln|\sum_i|$$

رابطه (۱۳)

بزرگ بودن این مقدار برای هر کشور، نشان دهنده قدرت بیشتر آن کشور در امپراطور مربوطه است. این مقدار، نشان‌دهنده نزدیک بودن آن کشور به کشورهای موجود (اعمال سیاست جذب بهتر امپراطوری) در امپراطور و هم‌چنین هزینه کمتر جهت اعمال سیاست جذب برای همگون‌سازی مستعمرات به سوی خود است.

۳-۳-۶- رقابت استعماری

هر امپراطوری که نتواند بر قدرت خود بیفزاید و قدرت رقابت خود را از دست بدهد، در جریان رقابت‌های امپریالیستی، حذف خواهد شد. این حذف شدن، به صورت تدریجی صورت می‌پذیرد. بدین معنی که به مرور زمان، امپراطوری‌های ضعیف، مستعمرات خود را از دست داده و امپراطوری‌های قویتر، این مستعمرات را تصاحب کرده و بر قدرت خویش می‌افزایند. بدین ترتیب، در تکرار الگوریتم، یکی یا چند تا از ضعیف‌ترین مستعمرات ضعیف‌ترین امپراطوری را برداشته و برای تصاحب این مستعمرات، رقابتی را میان کلیه امپراطوری‌ها ایجاد می‌کنیم.

برای مدل‌سازی رقابت میان امپراطوری‌ها برای تصاحب این مستعمرات، ابتدا احتمال تصاحب هر امپراطوری (که متناسب با قدرت آن امپراطوری می‌باشد)، را با در نظر گرفتن هزینه کل امپراطوری، به ترتیب زیر محاسبه می‌کنیم. ابتدا از روی هزینه کل امپراطوری، هزینه کل نرمالیزه شده آن را تعیین می‌کنیم.

$$N.T.C._n = \max_i\{T.C._i\} - T.C._n$$

رابطه (۱۴)

[1] Bayesian Theory

در این رابطه $T.C._n$، هزینه کل امپراطوری nام و $N.T.C._n$ نیز، هزینه کل نرمالیزه شده آن امپراطوری می‌باشد. هر امپراطوری که $T.C._n$ کمتری داشته باشد $N.T.C._n$ بیشتری خواهد داشت. در حقیقت $T.C._n$ معادل هزینه کل یک امپراطوری و $N.T.C._n$ معادل قدرت کل آن می‌باشد.

امپراطوری با کمترین هزینه، دارای بیشترین قدرت است. با داشتن هزینه کل نرمالیزه شده، احتمال (قدرت) تصاحب مستعمره رقابت، توسط هر امپراطوری، به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$p_{p_n} = \left| \frac{N.T.C._n}{\sum_{i=1}^{N_{imp}} N.T.C._i} \right|$$

رابطه (۱۵)

با داشتن احتمال تصاحب هر امپراطوری، برای اینکه مستعمرات مذکور را به صورت تصادفی، ولی با احتمال وابسته به احتمال تصاحب هر امپراطوری، بین امپراطوری‌ها تقسیم کنیم؛ بردار P را از روی مقادیر احتمال فوق، به صورت زیر تشکیل می‌دهیم.

$$P = \left[p_{p_1}, p_{p_2}, p_{p_3}, ..., p_{p_{N_{imp}}} \right]$$

رابطه (۱۶)

بردار P دارای سایز $1*N_{imp}$ می‌باشد و از مقادیر احتمال تصاحب امپراطوری‌ها تشکیل شده است. سپس بردار تصادفی R، همسایز با بردار P را تشکیل می‌دهیم. آرایه‌های این بردار، اعدادی تصادفی با توزیع یکنواخت در بازه [0,1] می‌باشند.

$$R = \left[r_1, r_2, r_3, ..., r_{N_{imp}} \right]$$

رابطه (۱۷)

$$r_1, r_2, r_3, ..., r_{N_{imp}} \square U(0,1)$$

$$D = P - R = \left[D_1, D_2, D_3, ..., D_{N_{imp}} \right] = \left[p_{p_1} - r_1, p_{p_2} - r_2, p_{p_3} - r_3, ..., p_{p_{N_{imp}}} - r_{N_{imp}} \right]$$

رابطه (۱۸)

با داشتن بردار D، مستعمرات مذکور را به امپراطوری‌ای می‌دهیم که اندیس مربوط به آن در بردار D بزرگتر از بقیه می‌باشد. امپراطوری‌ای که بیشترین احتمال تصاحب را داشته باشد، با احتمال بیشتری اندیس مربوط به آن در بردار D، بیشترین مقدار را خواهد داشت [۷].

با تصاحب مستعمره توسط یکی از امپراطوری ها، عملیات این مرحله از الگوریتم نیز به پایان می‌رسد.

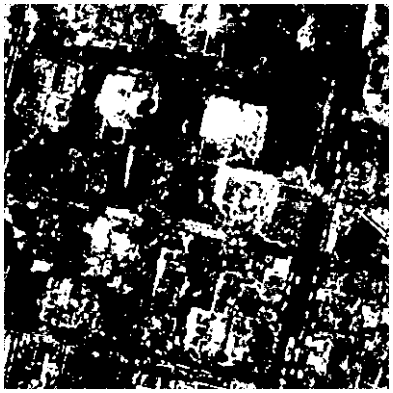
۳-۳-۷- سقوط امپراطوری‌های ضعیف

همانگونه که بیان شد، در جریان رقابت‌های امپریالیستی، خواه ناخواه، امپراطوریهای ضعیف به تدریج سقوط کرده و مستعمراتشان به دست امپراطوری‌های قوی‌تر می‌افتد[۸].

۳-۳-۸- همگرایی

الگوریتم مورد نظر تا برآورده شدن یک شرط همگرایی، و یا تا اتمام تعداد کل تکرارها، ادامه می‌یابد. در این مقاله، ما تعداد تکرارها را ۲۰۰۰ در نظر گرفتیم.

همانطور که گفته شد مراحل فوق به ازای تمام پیکسل‌های تصویر انجام می شود و در نهایت هر پیکسل نسبت به امپراطوری‌ای که بعد از اتمام تکرارها در آن جای دارد برچسب تغییر یافته و یا تغییر نیافته را می‌گیرد و نقشه اولیه تغییرات ایجاد می شود. شکل ۵، این نقشه را نمایش می‌دهد.

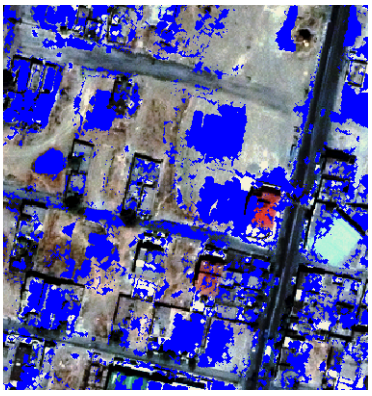


شکل۵ : نقشه اولیه تغییرات بدون اعمال پس پردازش

۳-۴- پس‌پردازش

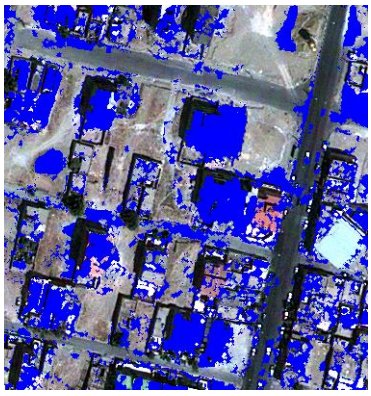
پس از اتمام الگوریتم رقابت استعماری و رسیدن به نقشه اولیه تغییرات، به جهت افزایش دقت روند پروسه کشف تغییرات، می‌باسیت یک سری پس پردازش بر روی نقشه به دست آمده انجام شود.

این پس‌پردازش شامل اعمال ویژگی‌های همسایگی بر روی نقشه تغییرات خواهد بود. بر این اساس یک سری قوانین همسایگی که به صورت تجربی به دست آمد که در پنجره‌های ۳*۳ و ۵*۵ و ۷*۷ ایجاد شده و بر روی نقشه تغییرات اعمال شد. نقشه نهایی تغییرات در شکل ۶ نشان داده شده است.



الف) تغییرات در تصویر سال۱۳۸۵

ب) نقشه نهایی تغییرات



ج) تغییرات در تصویر سال۱۳۸۹

شکل۶ : نقشه نهایی تغییرات با اعمال پس‌پردازش

۴- بحث و نتیجه‌گیری

به منظور ارزیابی نتایج، نقشه تغییرات به‌دست آمده نهایی با داده‌های تست جمع‌آوری شده از منطقه، مقایسه شده و از نظر کمی ارزیابی شد. بدین منظور دقت آشکارسازی (درصد درست طبقه‌بندی شدن پیکسل‌های تست "تغییر یافته")، نرخ هشدار اشتباه (درصد پیکسل‌های تست " تغییر نیافته" که به اشتباه به عنوان " تغییر یافته"

طبقه‌بندی شده‌اند) و نرخ خطای کل (درصد پیکسل‌هایی که به اشتباه طبقه بندی شده‌اند) برآورد گردید. این نتایج در جدول (۲) بیان شده است.

همانطور که ملاحظه می‌شود، با اعمال اطلاعات همسایگی، دقت کلی آشکارسازی افزایش یافته و نرخ هشدار اشتباه و همچنین نرخ خطای کل کاهش یافته که این امر، تاثیر مثبت این پس‌پردازش را نشان می‌دهد.

این پژوهش نشان داد که الگوریتم‌های هوشمند پتانسیل بالایی در آشکارسازی تغییرات در تصاویر ماهواره‌ای داشته و می‌توانند دقت قابل قبولی در این زمینه ارئه دهند.

جدول۲ : نتایج به دست آمده

	بدون در نظر گرفتن اطلاعات همسایگی	با در نظر گرفتن اطلاعات همسایگی
دقت کلاس اول(تغییر یافته)	۰/۸۷۸۳	۰/۸۹۶۵
دقت کلاس دوم(تغییر نیافته)	۰/۹۱۰۲	۰/۹۳۵۴
دقت کلی آشکارسازی	۰/۸۹۴۲	۰/۹۱۵۹
نرخ هشدار اشتباه	۰/۰۸۹۸	۰/۰۶۴۶
نرخ خطای کل	۰/۱۰۵۴	۰/۰۸۴۱

با اعمال تغییراتی در روش‌های انتخاب امپراطوری‌های اولیه و هم‌چنین فرمول‌های مورد استفاده در مراحل مختلف الگوریتم و بهره‌گیری بیشتری از روند رقابت استعماری از دنیای واقعی و هم‌چنین اضافه‌کردن انقلاب در کشورهای مستعمره ممکن است به نتایج بهتر و دقت بالاتری جهت کشف تغییرات دست یافت

مراجع

[۱] صالحی.س، آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی مبتنی بر میدان‌های تصادفی مارکوف بر روی تصاویر SAR، پیشنهاد پایان نامه برای اخذ درجه کارشناسی ارشد، گروه مهندسی سنجش از دور، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی، آبان ۱۳۹۰.

[2] B.D. Bunday, "Basic Optimisation methods", Edward Arnold, 1984.

[3] Richard, "Remote sensing digital image analyse", pp.194-206, 2006.

[4] Hui Luo and Zhenfeng Shao, "A Shadow Detection Method from Urban High Resolution Remote Sensing Image Based on Color Features of Shadow ",Fourth International Symposium on Information Science and Engineering , 2012.

[5] B. T. Phong, "Illumination for computer generated pictures," Communications of the ACM, vol. 18, pp. 311-317, 1975.

[6] N. Otsu, "A threshold selection method from gray-level histograms," Automatica, vol. 11, pp. 23 27, 1975.

[7] E. Atashpaz-Gargari and C. Lucas, "Imperialist Competitive Algorithm: An algorithm for optimization inspired by imperialistic competition", IEEE Congress on Evolutionary Computation, Singapore, 2007.

[8] S. Karami and Sh.B. Shokouhi,"Application of Imperialist Competitive Algorithm for Automated Classification of Remote Sensing Images",International Journal of Computer Theory and Engineering Vol. 4, No. 2, April 2012.