

ارزیابی و مقایسه کارایی الگوریتم‌های بهینه‌سازی ازدحام ذرات و جستجوی گرانشی برای تفکیک کاربری‌های اراضی مشابه مطالعه موردی: اراضی فضای سبز و شالیزار شمال ایران

محمد کریمی فیروزجایی^۱ امیر صدیقی^۲
نجمه نیسانی سامانی^۳

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۸/۰۹/۲۸

تاریخ دریافت مقاله: ۹۷/۱۱/۱۶

چکیده

بکارگیری ویژگی‌های بهینه در الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی، بر دقت نتایج حاصل از طبقه‌بندی تأثیرگذار می‌باشد. هدف از پژوهش حاضر بررسی قابلیت‌های تصاویر هایپریون و لندست و مقایسه کارایی الگوریتم‌های بهینه‌سازی ازدحام ذرات و جستجوی گرانشی جهت تعیین ویژگی‌های بهینه برای تفکیک اراضی فضای سبز و شالیزار می‌باشد. در این مطالعه از تصاویر ماهواره‌ای لندست، هایپریون و مجموعه داده‌های واقعی مربوط به منطقه‌ای در شمال ایران استفاده شده است. در این مطالعه کارایی الگوریتم‌های بهینه‌سازی ازدحام ذرات و جستجوی گرانشی جهت تعیین ویژگی‌های بهینه و قابلیت تصاویر لندست و هایپریون برای تفکیک اراضی فضای سبز و شالیزار با استفاده از مجموعه‌ی داده‌های واقعی مقایسه گردید. برای ارزیابی نتایج از پارامترهای دقت کاربر، دقت تولید کننده، دقت کلی و ضریب کاپا استفاده شده است. نتایج پژوهش بیانگر این است که دقت کلی تفکیک اراضی فضای سبز و شالیزار با تصویر هایپریون ۱۵ درصد بالاتر از تصویر لندست می‌باشد. بکارگیری شاخص‌های طیفی در فرایند طبقه‌بندی، سبب بهبود دقت تفکیک اراضی فضای سبز و شالیزار در هر دو داده لندست و هایپریون می‌گردد. همچنین استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی برای تعیین ویژگی‌های بهینه و استفاده از ویژگی‌های بهینه در فرایند طبقه‌بندی سبب افزایش دقت تفکیک اراضی فضای سبز و شالیزار می‌گردد. با توجه به مقادیر دقت کلی، کارایی الگوریتم بهینه‌سازی جستجوی گرانشی برای تفکیک اراضی فضای سبز و شالیزار ۲ درصد بهتر از الگوریتم ازدحام ذرات می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: طبقه‌بندی، ویژگی‌های بهینه، ازدحام ذرات، جستجوی گرانشی، لندست، هایپریون.

۱- دانشجوی دکتری گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران mohammad.karimi.f@ut.ac.ir

۲- دانشجوی دکتری گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران amir.sedighi@ut.ac.ir

۳- استادیار گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران (نویسنده مسئول) mneysani@ut.ac.ir

۱- مقدمه

بلکه بین ویژگی‌های طیفی و مکانی مستخرج از باندهای اصلی نیز بالا می‌باشد (Datt, McVicar et al. 2003, Galvao, Formaggio et al. 2005). وجود ویژگی‌های تکراری و غیر مرتبط با مسأله، نه تنها باعث بهبود دقت و کاهش پیچیدگی تفکیک کاربری‌های مشابه نمی‌شوند بلکه سبب افزایش زمان محاسبات نیز می‌گردد (Yuan, Lin et al. 2016). هر ویژگی اثر خاصی در تفکیک پدیده‌ها دارد بنابراین انتخاب بهترین مجموعه از ویژگی‌ها، تأثیر قابل توجهی بر نتیجه طبقه‌بندی و متعاقباً نتیجه تفکیک کاربری‌های مشابه خواهد داشت. با توجه به مسائل مطرح شده، لازم است پس از استخراج ویژگی‌های مکانی و طیفی مختلف، انتخاب ویژگی‌ها به گونه‌ای صورت گیرد که دقت طبقه‌بندی و تفکیک کاربری‌های اراضی مشابه از یکدیگر بهبود یابد.

روش‌های بهینه‌سازی، روش‌های جستجویی هستند که هدف آن‌ها یافتن جوابی برای مسئله بهینه‌سازی است، به گونه‌ای که کمیت مورد بررسی بهینه گردد. به همین منظور الگوریتم بهینه‌سازی درون فضای جستجو و در میان جواب‌های منتخب به دنبال جواب بهینه است. هر الگوریتم بهینه‌سازی برای یافتن جواب بهینه، فضای پاسخ‌ها را جستجو می‌کند و این عمل را با انتقال مکرر جواب‌ها از یک جواب منتخب به جواب جدید انجام می‌دهد (Geem, Kim et al. 2001, Trelea 2003). تا به حال الگوریتم‌های بهینه‌سازی مختلفی توسعه داده شده است. در این میان الگوریتم‌های تکاملی و الگوریتم‌های فراابتکاری جمعیت‌مبنا به علت جستجوی سراسری همراه با جستجوی محلی، دارای عملکردی مناسب در اکثر زمینه‌ها می‌باشند (Trelea 2003, Rashedi, Nezamabadi-Pour et al. 2009). در مطالعات گذشته الگوریتم‌های بهینه‌سازی مختلفی همچون ژنتیک^۴، کلونی مورچگان^۵، ازدحام ذرات^۶، کلونی زنبور عسل^۷ و جستجوی گرانشی^۸ برای تعیین ویژگی‌های بهینه جهت طبقه‌بندی

امروزه طبقه‌بندی انواع کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در کاربردهای مختلف از اهمیت بسزایی برخوردار است (Mather and Tso 2016). یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در طبقه‌بندی کاربری اراضی دستیابی به دقت مناسب می‌باشد. هنگامی که کاربری‌های اراضی از نظر ویژگی‌های مختلف همچون خصوصیات طیفی، بافت و شکل شباهت بالایی با یکدیگر داشته باشند اهمیت این چالش نمایان‌تر می‌گردد (Zou, Ni et al. 2015). با این حال، انواع تصاویر و مدل‌های مختلف طبقه‌بندی کارایی و حساسیت متفاوتی نسبت به تفکیک کاربری‌های اراضی با خصوصیات مشابه دارند (Mather and Tso 2016).

طی سال‌های گذشته از تصاویر ماهواره‌ای متفاوت برای تفکیک کاربری‌های اراضی استفاده شده است (Elatawneh, Kalaitzidis et al. 2014, Cheng, Han et al. 2015, Coulter, Stow et al. 2016, Joshi, Baumann et al. 2016). تصاویر مورد استفاده در این زمینه را می‌توان به دو گروه تصاویر ماهواره‌ای چندطیفی^۱ و ابرطیفی^۲ تقسیم‌بندی نمود. سنجنده‌های ابرطیفی مانند هایپریون^۳ با ۲۴۲ باند می‌توانند ویژگی‌های مختلف برای پدیده‌های گوناگون که توسط سنجنده‌های چند طیفی قابل شناسایی نیستند را بررسی نمایند (Huete, Miura et al. 2003, Roberts, Dennison et al. 2003, Hamzeh, Naseri et al. 2013). تاکنون مطالعات متعددی در زمینه طبقه‌بندی کاربری اراضی با داده‌های مختلف چندطیفی (Zhu and Woodcock 2014, Coulter, Pervaiz, Uddin et al. 2016, Mann and Joshi 2017, Mann and Joshi 2017, Awad 2018) انجام شده است. نتایج اغلب این مطالعات بیانگر کارایی متفاوت تصاویر ابرطیفی و چند طیفی در طبقه‌بندی کاربری‌های اراضی می‌باشد.

همبستگی بین باندهای طیفی تصاویر ابرطیفی بالا می‌باشد. این همبستگی نه تنها بین باندهای اصلی تصاویر،

4- Genetic

5- Ant colony

6- Particle swarm

7- Artificial bee colony

8- Gravitational Search

1- Multispectral

2- Hyperspectral

3- Hyperion

شالیزار در مجاورت هم قرار دارند. ویژگی‌های مختلف این کاربری‌های اراضی از نظر طیفی و هندسی در زمان حداکثر رشد محصول برنج شباهت بالایی با یکدیگر دارند. بنابراین تفکیک کاربری‌های اراضی فضای سبز و شالیزار از یکدیگر در فرایند طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای با چالش‌های جدی رو به رو است. هدف از پژوهش حاضر بررسی کارایی تصاویر ماهواره‌ای و الگوریتم‌های بهینه‌سازی برای تفکیک کاربری‌های اراضی فضای سبز و شالیزار از یکدیگر در زمان حداکثر رشد می‌باشد.

وجه تمایز مطالعه حاضر با مطالعات گذشته در این زمینه (۱) مقایسه قابلیت تصاویر ماهواره‌ای چندطیفی و ابرطیفی با یکدیگر برای تفکیک کاربری‌های اراضی فضای سبز و شالیزار و (۲) ارزیابی کارایی الگوریتم‌های بهینه‌سازی ازدحام ذرات و جستجوی گرانشی برای تعیین ویژگی‌های بهینه برای افزایش دقت تفکیک کاربری‌های اراضی فضای سبز و شالیزار می‌باشد.

۲- مواد و روش

۲-۱- محدوده‌ی مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در پژوهش حاضر شامل اراضی فضای سبز و شالیزارهای اطراف شهر آمل می‌باشد. این منطقه در طول ۵۲/۳۵ شرقی و عرض ۳۶/۴۶ شمالی در استان مازندران قرار گرفته است. منطقه مورد مطالعه دارای اقلیم مرطوب با میانگین بارش ۶۷۰ میلی‌متر، تبخیر ۹۸۲ میلی‌متر، دمای هوای ۱۷ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۸ درصد در یک سال می‌باشد. به دلیل شرایط مناسب اقلیمی این منطقه، اراضی فضای سبز شامل پوشش گیاهی و باغات و اراضی شالیزار در مجاورت هم قرار دارند. مورفولوژی منطقه سطح صاف و بدون هیچ‌گونه توپوگرافی می‌باشد.

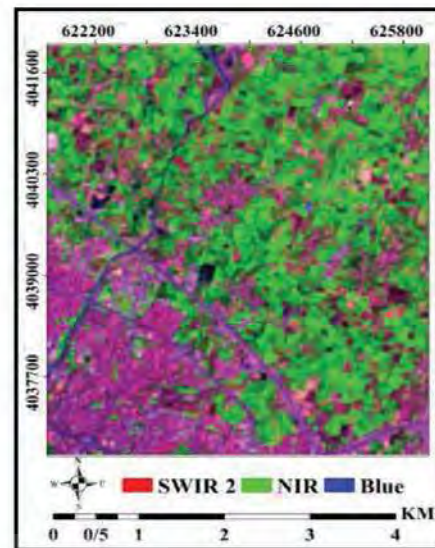
مساحت کل منطقه مورد مطالعه ۱۲ کیلومتر مربع می‌باشد. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در نگاره ۱ نشان داده شده است.

کاربری‌های اراضی استفاده گردیده‌اند (Mertens, Verbeke et al. 2003, Liu, Li et al. 2008, Banerjee, Bharadwaj et al. 2012, Yang, Du et al. 2012)

طی سه دهه گذشته، استفاده از داده‌های سنجش از دور برای مدیران بخش‌های کشاورزی و منابع طبیعی با توجه به امکان دستیابی به اطلاعات مفید و به هنگام با استفاده از روش‌های غیر مخرب، ارزان و دقیق در زمینه‌های مختلف همچون طبقه‌بندی و نقشه‌برداری (Tardin, Deassuncao et al. 2016, Baghdadi, Boyer et al. 2009, Hamzeh, Naseri et al. 2016) مدیریت (Wiegand, Anderson et al. 1996, Yang, Zhou et al. 1997, FIORIO, DEMATTÉ et al. 2000) و برآورد میزان محصول (Rudorff and Batista 1990) اهمیت بسزایی پیدا کرده است. از جمله این اطلاعات، نقشه سطح زیر کشت محصولات زراعی و باغات در سطح ملی و منطقه‌ای می‌باشد که یکی از ابزارهای مهم در برنامه‌ریزی و مدیریت کشاورزی پایدار است. این مطالعات مخصوصاً در زمینه‌ی کالاهای راهبردی کشور مثل برنج و مرکبات که از مهم‌ترین مصارف غذایی مردم ایران هستند اهمیت دوچندانی دارند. اطلاعات دقیق مکانی از موقعیت این اراضی در زمینه مدیریت و برنامه‌ریزی در راستای جلوگیری از شیوع و گسترش آفات، مدیریت تنش‌های محیطی، پیش‌بینی میزان عملکرد و ارزیابی ریسک آسیب‌پذیری محصول فراوانی دارند.

بررسی‌ها و بازدیدهای میدانی برای تهیه نقشه اراضی شالیزار و باغات در فصل رشد در سال‌های مختلف بسیار وقت‌گیر و پرهزینه بوده و این روش فقط برای بررسی در مقیاس کوچک مناسب می‌باشد. در مقابل، طی دهه‌های گذشته سنجش از دور به عنوان روشی مناسب برای تهیه نقشه کاربری اراضی، برای مناطق وسیع در کمترین زمان و با صرف هزینه پایین شناخته شده است (Galvao, Formaggio et al. 2005, Galvão, Formaggio et al. 2006, Johnson, Viator et al. 2008, Zhang, Liu et al. 2012, Wang, Liu et al. 2015, Li and Kang 2016)

به دلیل شرایط مناسب اقلیمی مناطق واقع در شمال ایران، پوشش فضای سبز شامل کاربری‌های اراضی فضای سبز و



نگاره ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

کارایی الگوریتم‌های بهینه‌سازی ازدحام ذرات و جستجوی گرانشی جهت تعیین ویژگی‌های بهینه برای تفکیک اراضی فضای سبز و شالیزار و قابلیت تصاویر لندست و هایپریون این اراضی با استفاده از مجموعه‌ی داده‌های واقعی مقایسه گردید. مراحل کلی انجام پژوهش به صورت نگاره ۲ نشان داده شده است.

۲-۲- داده‌ها و روش کار

به طور کلی پژوهش حاضر بر اساس دو هدف بررسی قابلیت‌های تصاویر هایپریون و لندست و مقایسه کارایی الگوریتم‌های بهینه‌سازی ازدحام ذرات و جستجوی گرانشی جهت تعیین ویژگی‌های بهینه برای تفکیک اراضی فضای سبز و شالیزار انجام شده است. برای این منظور در گام اول پیش‌پردازش تصاویر هایپریون و لندست^۱ انجام گرفته است، در گام دوم ویژگی‌های مختلف با استفاده از شاخص‌ها و تبدیلات طیفی مختلف از تصاویر هایپریون و لندست استخراج شده است. در گام سوم با استفاده از الگوریتم طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان^۲ اراضی فضای سبز و شالیزار از تصاویر لندست و هایپریون با دو استراتژی متفاوت: (۱) استفاده از باندهای طیفی و (۲) استفاده از باند و شاخص‌های طیفی به عنوان ویژگی‌ها در فرایند طبقه‌بندی استخراج شدند. در گام چهارم با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات و جستجوی گرانشی ویژگی‌های بهینه حاصل از تصویر هایپریون برای تفکیک اراضی فضای سبز و شالیزار استخراج و با الگوریتم SVM طبقه‌بندی با ویژگی‌های بهینه انجام شده است. در گام پنجم

۲-۲-۱- داده‌ها

۲-۲-۱-۱- داده‌های سنجش از دوری

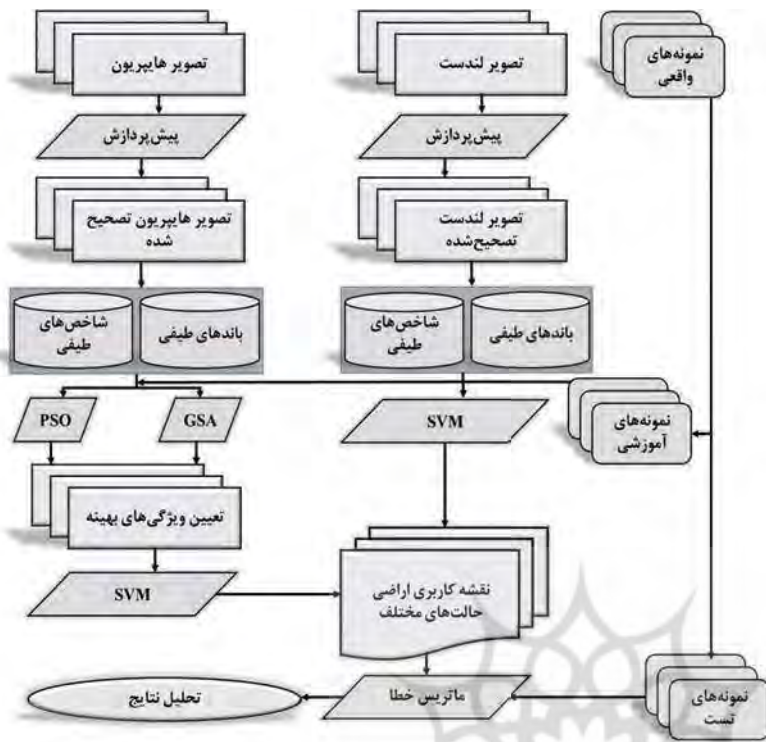
در این پژوهش برای بررسی و مقایسه کارایی داده‌های چند طیفی و ابرطیفی جهت تفکیک اراضی فضای سبز و شالیزار از تصاویر هایپریون و لندست استفاده شده است. تصاویر بر این اساس انتخاب شده‌اند که از نظر زمانی به زمان حداکثر رشد برنج نزدیک باشد. جزئیات تصاویر مورد استفاده در جدول ۱ ذکر گردیده است.

۲-۲-۱-۲- داده‌های زمینی

برای بررسی و مقایسه کارایی تصاویر هایپریون و لندست و الگوریتم‌های بهینه‌سازی ازدحام ذرات و جستجوی گرانشی، جهت تفکیک اراضی فضای سبز و شالیزار از نقشه واقعی اراضی فضای سبز و شالیزار منطقه مورد مطالعه

1- Landsat

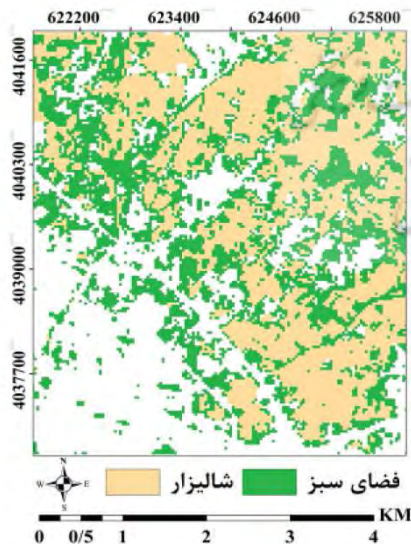
2- Support Vector Machine (SVM)



نگاره ۲: مراحل کلی روش پژوهش

جدول ۱: جزئیات تصاویر مورد استفاده در پژوهش

تفکیک مکانی	پهنای باند	محدوده طیفی	تعداد باند	تاریخ	تصویر ماهواره‌ای
۳۰ متر	۱۰ نانومتر	۴۰۰-۲۵۰۰	۲۴۲	۲۹ آگوست ۲۰۱۳	هایپریون
۳۰ متر	۲۶۰-۶۵ نانومتر	۴۵۰-۲۳۵۰	۷	۱۵ آگوست ۲۰۱۳	لندست ۸



نگاره ۳: نقشه واقعی کاربری‌های اراضی فضای سبز و شالیزار منطقه مورد مطالعه همزمان با تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ و هایپریون مورد استفاده در پژوهش

استفاده شد. این نقشه از تلفیق نقشه‌های تهیه‌شده توسط اداره جهاد کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان آمل تهیه شده است. نمونه‌های واقعی شامل ۷۶۴۶ پیکسل برای کاربری اراضی فضای سبز و ۸۹۹۷ پیکسل برای کاربری اراضی شالیزار می‌باشد. ۲۰ درصد از این داده‌ها به عنوان مجموعه داده‌های آموزشی برای تعیین ویژگی‌های بهینه و طبقه‌بندی، و ۸۰ درصد از مجموعه داده‌های واقعی برای ارزیابی نتایج تفکیک در حالت‌های مختلف استفاده شده است. نقشه واقعی اراضی فضای سبز و شالیزار برای منطقه به صورت نگاره ۳ نشان داده شده است. علاوه بر داده‌های فوق، برای تصحیح هندسی تصویر هایپریون از ۱۲ نقطه کنترل زمینی استفاده شده است. مختصات واقعی و زمینی این نقاط با استفاده از GPS با خطای مسطحاتی کمتر از ۶ متر از منطقه مورد مطالعه جمع‌آوری شده است.

۲-۲-۲-۲- روش پژوهش

۲-۲-۲-۱- پیش پردازش تصاویر هایپریون و لندست

پیش پردازش داده‌های هایپریون شامل انتخاب باند (Datt, McVicar et al. 2003)، تصحیح خطوط بد (Han, Goodenough et al. 2002) و راه راه بودن تصویر (Datt, McVicar et al. 2003)، تصحیح شیفت طول موج‌ها (Goodenough, Dyk et al. 2003) و هماهنگی آشکارسازهای مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز کوتاه انجام گرفت. در گام بعد برای محاسبه انرژی طیفی و بازتاب سطح، تصحیح اتمسفری با استفاده از الگوریتم FLAASH انجام شد (Beck 2003). در نهایت برای کاهش اثرات نویز از باندهای تصویر هایپریون از تبدیل MNF استفاده شد (Green, Berman et al. 1988, Datt, McVicar et al. 2003). تصحیح هندسی تصویر هایپریون با استفاده از ۱۲ نقطه کنترل زمینی انجام پذیرفت. مقدار RMSE مربوط به تصحیح هندسی تصویر هایپریون ۰/۴۳ پیکسل محاسبه شد.

تصویر لندست از سایت زمین‌شناسی آمریکا دریافت گردید. با توجه به اینکه مجموعه تصاویر لندست سطح پردازش با RMSE کمتر از ۱۲ متر تصحیح هندسی شده‌اند بنابراین در پژوهش حاضر از تصحیح هندسی این تصویر صرف نظر شد (Weng, Firozjaei et al. 2019). برای پیش پردازش تصویر لندست دو مرحله تصحیح رادیومتریکی و اتمسفری اعمال گردید. جزییات تصحیح رادیومتریکی در (Schroeder, Cohen et al. 2006) ذکر شده است. همچنین برای تصحیح اتمسفری تصویر لندست از الگوریتم FLAASH1 استفاده شد. این الگوریتم از مدل انتقال تابش MODTRAN6 برای تصحیح اتمسفری باندهای مؤثر لندست استفاده می‌کند (Berk, Conforti et al. 2014).

۲-۲-۲-۲- ویژگی‌های مورد استفاده در طبقه‌بندی

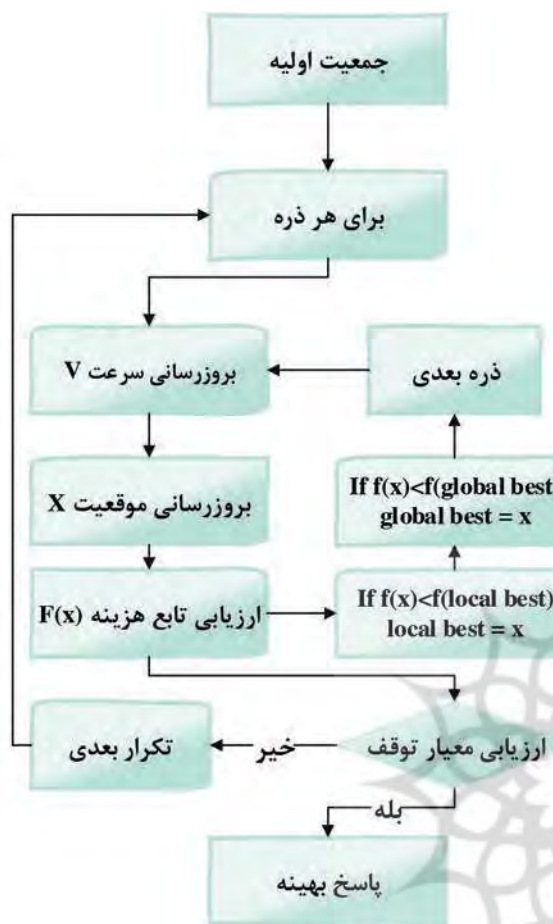
بکارگیری ویژگی‌های بهینه در الگوریتم‌های طبقه‌بندی، بر دقت طبقه‌بندی تأثیر می‌گذارد. افزایش تعداد ویژگی‌ها در طبقه‌بندی الزاماً سبب افزایش دقت طبقه‌بندی نمی‌شود،

در صورتی که افزایش تعداد ویژگی‌ها سبب افزایش هزینه و زمان محاسبات می‌گردد. بنابراین حالت بهینه، دستیابی به بالاترین دقت طبقه‌بندی با بکارگیری کمترین تعداد ویژگی در فرایند طبقه‌بندی می‌باشد. در پژوهش حاضر برای تعیین باندهای بهینه تصویر هایپریون برای تفکیک اراضی فضای سبز از اراضی شالیزار از الگوریتم‌های بهینه‌سازی ازدحام ذرات و جستجوی گرانشی استفاده شده است.

به طور کلی در زمینه‌های مختلف برای تعیین فضای ویژگی بهینه، استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی از اهمیت بسزایی برخوردار است. در این راستا، الگوریتم‌های تکاملی و الگوریتم‌های فراابتکاری جمعیت‌مبنا به سبب جستجوی سراسری همراه با جستجوی محلی، دارای کارایی مناسبی در زمینه‌های مختلف می‌باشند.

۲-۲-۲-۳- الگوریتم ازدحام ذرات

الگوریتم ازدحام ذرات الهام گرفته از تعامل و حرکت گروهی موجود میان دسته‌ای از موجودات مانند پرندگان است. ایده اصلی این روش ابتدا در سال ۱۹۹۵ توسط جیمز کندی و راسل ابرهارت مطرح گردید (Eberhart and Kennedy 1995). در این الگوریتم، ذراتی (پاسخ‌های مسئله) وجود دارند که در فضای جستجوی تابعی که قصد بهینه‌سازی آن را داریم، پخش شده‌اند. هر ذره مقدار تابع هدف را در موقعیتی از فضا که در آن قرار گرفته است، محاسبه می‌کند (پاسخ‌های احتمالی مسئله). سپس با استفاده از ترکیب اطلاعات محل فعلی و بهترین محلی که قبلاً در آن بوده (x_i^{lbest}) و همچنین اطلاعات، یک یا چند ذره از بهترین ذرات موجود در جمع (x_i^{gbest})، جهتی را برای حرکت انتخاب می‌کند. همه‌ی ذرات جهتی را برای حرکت انتخاب می‌کنند و پس از انجام حرکت، یک مرحله از الگوریتم به پایان می‌رسد. این مراحل چندین بار تکرار می‌شود تا جواب مورد نظر حاصل گردد. با توجه به این موارد، در هر مرحله سرعت جدیدی برای ذرات محاسبه می‌شود. این الگوریتم دارای دو اپراتور اصلی بروزرسانی سرعت



نگاره ۴: روند کلی الگوریتم ازدحام ذرات

آن با سایر جواب‌های مسئله به صورت یک فاصله قابل بیان باشد، می‌توان استفاده کرد. میزان اجرام با توجه به تابع هدف تعیین می‌شوند. جزئیات الگوریتم بهینه‌سازی GSA در (Rashedi, Nezamabadi-Pour et al. 2009) آمده است. روند کلی این الگوریتم در نگاره ۵ ارائه شده است. در فضای گسسته باینری همچون تعیین ویژگی‌های بهینه برای طبقه‌بندی، عامل‌ها در یک فضای صفر و یک حرکت می‌کنند. در مدل باینری الگوریتم گرانشی، روابط محاسبه نیروی وارد به هر جسم و سرعت هر جسم و نیز روابط به روز رسانی اجرام، مطابق الگوریتم پیوسته انجام می‌پذیرد. با این تفاوت که به جای فاصله اقلیدسی از فاصله همینگ استفاده می‌شود.

(v_i^k) (رابطه ۱) و بروزرسانی موقعیت (رابطه ۲) می‌باشد. این الگوریتم دارای ماهیت پیوسته است ولی با استفاده از رابطه ۳ و رابطه ۴ می‌توان از این الگوریتم در مسائل باینری همچون طبقه‌بندی نیز استفاده کرد (Kennedy and Eberhart 1997).

$$v_i^k(t+1) = wv_i^k(t) + c_1r_1(t)(x_i^{best}(t) + x_i^k(t)) + c_2r_2(t)(x_i^{gbest}(t) + x_i^k(t)) \quad (1)$$

$$x_i(t+1) = x_i(t) + v_i(t+1) \quad (2)$$

$$s(v_i^k) = \frac{1}{1 + e^{-v_i^k}} \quad (3)$$

$$x_i(t) = \begin{cases} 1 & \text{if rand} < s(v_i^k) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

در روابط ۱ تا ۴، c_1 و c_2 اعداد ثابت و مثبتی هستند که مجموع آنها معمولاً ۴ می‌باشد، r_1 و r_2 بردارهای تصادفی دارای توزیع نرمال در محدوده $[-1, 1]$ می‌باشند. Rand نیز یک بردار تصادفی است که المان‌های آن در محدوده $[0, 1]$ قرار دارند و w وزن اینرشیا به منظور ایجاد تعادل بین جستجوی محلی و سراسری و اهمیت جمعیت تکرار فعلی در تعیین جمعیت تکرار بعدی می‌باشد. روند کلی تعیین جواب‌های بهینه در الگوریتم ازدحام ذرات به صورت نگاره ۴ نشان داده شده است.

۲-۲-۲-۴- الگوریتم جستجوی گرانشی

در الگوریتم جستجوی گرانشی، بهینه‌یابی به کمک طرح قوانین گرانشی و حرکت در یک سیستم مصنوعی با زمان گسسته انجام می‌شود. طبق قانون گرانش، هر جرم، محل و وضعیت سایر اجرام را از طریق قانون جاذبه گرانشی درک می‌کند. بنابراین می‌توان از این نیرو به عنوان ابزاری برای تبادل اطلاعات استفاده کرد. از بهینه‌یاب طراحی شده برای حل هر مسئله بهینه‌سازی که در آن هر جواب مسئله به صورت یک موقعیت در فضا قابل تعریف و میزان شباهت

نزدیک می شود. یکی از توابع مناسب که شرایط فوق را برآورد تابع پیشنهادی رابطه ۶ است.

$$s(v_i^d(t)) = |\tanh(v_i^d(t))| \quad (6)$$

لازم به ذکر است برای همگرایی مناسب الگوریتم، v_i^d باید به یک بازه مناسب محدود شود. به عبارتی $|v_i^d| < v_{max}$ مقدار v_{max} برابر ۶ در نظر گرفته می شود. پس از محاسبه تابع احتمال فوق، جسم در هر بعد مطابق با رابطه ۷ حرکت می کند.

طبق این رابطه، جسم با یک احتمال در یک بعد تغییر موقعیت می دهد. تغییر موقعیت جسم در یک بعد از فضای باینری، به معنای تغییر مقدار آن از صفر به یک یا برعکس است. $rand$ یک عدد تصادفی با توزیع یکنواخت در بازه $[0-1]$ است.

(۷)

$$\begin{aligned} f \cdot rand < S(v_i^d(t+1)) \text{ then } x_i^d(t+1) = \text{complement}(x_i^d(t)) \\ \text{else } x_i^d(t+1) = x_i^d(t) \end{aligned}$$

۲-۲-۵- تفکیک اراضی فضای سبز و شالیزار

در فرایند انتخاب ویژگی های بهینه برای تفکیک اراضی فضای سبز و شالیزار از روش پوششی استفاده شده است، در این روش برای تعیین میزان شایستگی هر زیرفضای انتخابی، از SVM استفاده شد (نگاره ۶).

بر اساس نگاره (۶)، برای انتخاب باندهای بهینه، از الگوریتم های ازدحام ذرات و جستجوی گرانشی با تابع هدف دقت کلی طبقه بندی کننده SVM استفاده شده است.

از مجموعه داده های واقعی مورد استفاده در پژوهش (نگاره ۳)، ۲۰ درصد از هر کلاس بعنوان داده های آموزشی و ۸۰ درصد از هر کلاس به عنوان داده های تست در الگوریتم بهینه سازی برای تعیین باندهای بهینه تصویر هاپیریون جهت استفاده در تفکیک اراضی فضای سبز و شالیزار استفاده شده است.



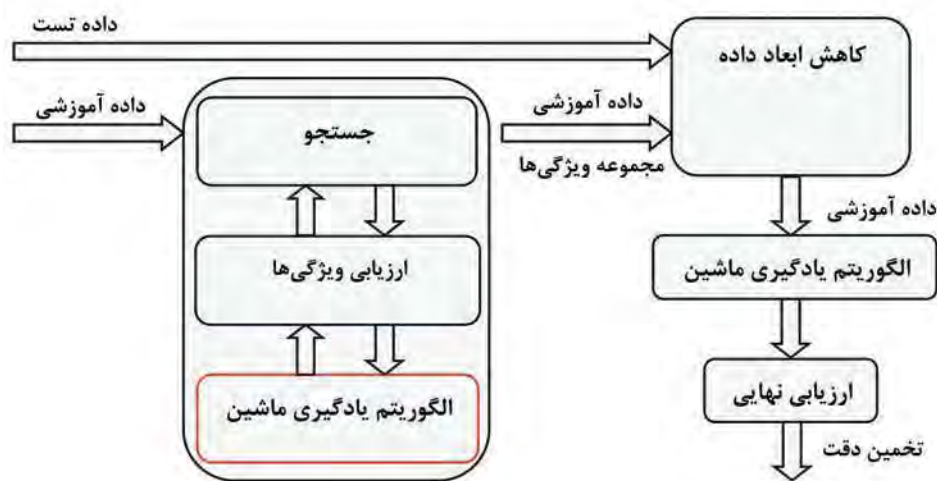
نگاره ۵: روند کلی الگوریتم جستجوی گرانشی

ثابت گرانش G ، تابعی از ثابت گرانش اولیه و زمان است. یک پیشنهاد برای این تابع، رابطه ۵ می باشد.

$$G(t) = G_0 \left(1 - \frac{t}{T}\right) \quad (5)$$

در الگوریتم باینری، v_i^d به یک تابع احتمال تبدیل شده، به بازه $[0-1]$ محدود می شود. این تابع باید طوری تعریف گردد که با بزرگ شدن اندازه سرعت ذره، احتمال تغییر وضعیت موقعیت جسم بیشتر شود. در سرعت های نزدیک به صفر نیز، به همان میزان احتمال تغییر وضعیت به صفر

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سمر)
 ارزیابی و مقایسه کارایی الگوریتم‌های بهینه‌سازی ... / ۱۲۱



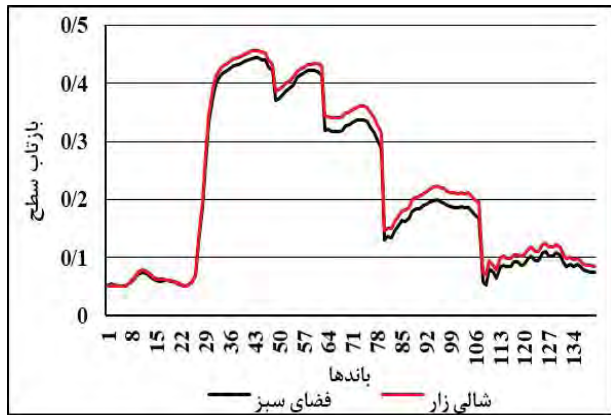
نگاره ۶: مدل مفهومی
 روش پوششی برای تعیین
 ویژگی‌های بهینه

جدول ۲: شاخص‌های طیفی مورد استفاده برای تفکیک اراضی فضای سبز و شالی‌زار

منبع	شاخص
-	مولفه‌های اصلی ^۱ (PC1, PC2)
(Tucker 1979)	شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی ^۲ (NDVI)
(Gao 1996)	شاخص تفاضل نرمال شده آب ^۳ (NDWI)
(Vogelmann, Rock et al. 1993)	شاخص لبه قرمز و وگلمن ^۴ (VOGI)
(Pettoirelli, Vik et al. 2005)	نسبت مادون قرمز ^۵ (NIR)
(Pettoirelli, Vik et al. 2005)	محتوای آب برگ ^۶ (Mid- IR-Index)
(Pettoirelli, Vik et al. 2005)	شاخص پوشش گیاهی تبدیل شده ^۷ (TVI)
(Arzani and King 1997)	شاخص جذب بازتاب ^۸ (RAI)
(Pettoirelli, Vik et al. 2005)	شاخص تفاضل نرمال شده بهبود یافته ^۹ (MND)
(Matsushita, Yang et al. 2007)	شاخص پوشش گیاهی بارز شده ^{۱۰} (EVI)
(Pettoirelli, Vik et al. 2005)	شاخص پوشش گیاهی تعدیل شده خاک ^{۱۱} (SAVI)
(Nikolakopoulos 2003)	شاخص تفاضل نرمال شده برف ^{۱۲} (NDSI)
(Nikolakopoulos 2003)	شاخص پوشش گیاهی تعدیل شده بهبود یافته خاک ^{۱۳} (OSAVI)

- 1- Principal Components
- 2- Normalized Difference Vegetation Index
- 3- Normalized Difference Water Index
- 4- Vogelmann Red Edge Index
- 5- Near Infrared Ratio
- 6- Leaf Water Content
- 7- Transformed Vegetation Index
- 8- Reflectance Absorption Index
- 9- Modified Normalised Difference
- 10- Enhanced Vegetation Index
- 11- Soil Adjusted Vegetation Index
- 12- Normalized Difference Snow Index
- 13- Optimized Soil Adjusted Vegetation Index

۲-۲-۲-۶- ویژگی های مورد استفاده در الگوریتم های بهینه سازی



نگاره ۷: امضای طیفی کاربری های اراضی فضای سبز و شالیزار

هدف از پژوهش حاضر تفکیک اراضی فضای سبز و شالیزار از یکدیگر در زمان حداکثر رشد می باشد. در ابتدا با استفاده از الگوریتم طبقه بندی SVM، مجموعه داده های آموزشی، و باندهای طیفی لندست کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه طبقه بندی شد. سپس با استفاده از مجموعه باندها و شاخص های طیفی مربوط به تصویر لندست، کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه طبقه بندی شده است. نقشه های کاربری اراضی حاصل از دو استراتژی استفاده از باندهای طیفی و مجموعه باندها و شاخص های طیفی تصویر لندست در الگوریتم SVM در نگاره ۸ نشان داده شده است.

برای بررسی و مقایسه دقت تفکیک اراضی فضای سبز و شالیزار با دو استراتژی استفاده از باندهای طیفی و مجموعه باندها و شاخص های طیفی تصویر لندست با استفاده از نقشه واقعی منطقه مورد مطالعه ماتریس خطای مربوط به هر استراتژی تشکیل و سپس دقت کاربر و تولیدکننده برای هر کاربری محاسبه و در جداول ۳ و ۴ ذکر شده اند.

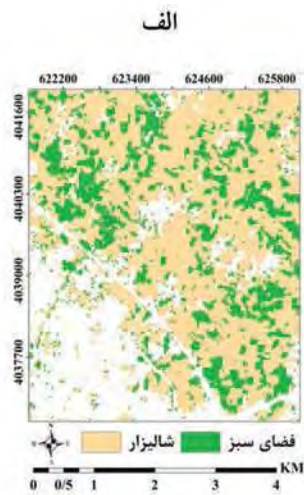
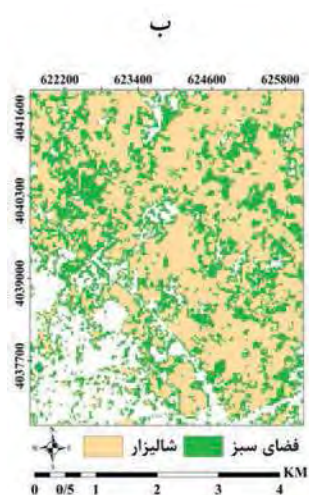
نتایج جداول ۳ و ۴ حاکی از این است که استفاده از تصویر لندست برای تفکیک کاربری اراضی فضای سبز و شالیزار کارایی لازم را ندارد. به عبارت دیگر به دلیل شباهت طیفی بالای این دو کاربری اراضی، درصد زیادی از

مجموعه عوامل از جمله خصوصیات ذاتی فضای سبز و اراضی شالیزار، وضعیت تنش آبی، خصوصیات مربوط به خاک و ... بر مقدار بازتاب پوشش های فضای سبز و شالیزار در طول موج های مختلف اثر می گذارد. در این پژوهش علاوه بر باندهای تصویر هایپرین از مؤلفه های اول و دوم بدست آمده از تبدیل PCA، شاخص های پوشش گیاهی مختلف نیز به عنوان ویژگی در تفکیک اراضی فضای سبز و شالیزار استفاده شده است. شاخص های مختلف مورد استفاده در جدول (۲) ذکر شده اند. برای تصویر هایپرین، از ویژگی های بهینه حاصل از الگوریتم های بهینه سازی ازدحام ذرات و جستجوی گرانشی با بیشترین تأثیر گذاری در تفکیک اراضی فضای سبز و شالیزار در طبقه بندی استفاده شده است. در این پژوهش برای ارزیابی دقت نتایج مربوط به استراتژی های مختلف از مقایسه نقشه های طبقه بندی کاربری اراضی بدست آمده و نقشه طبقه بندی کاربری اراضی واقعی منطقه مورد مطالعه استفاده شده است. برای این منظور ماتریس خطای طبقه بندی تشکیل و بر اساس آن پارامترهای ارزیابی دقت کاربر، تولیدکننده و کلی محاسبه شده است (Couto 2003).

۳- نتایج و بحث

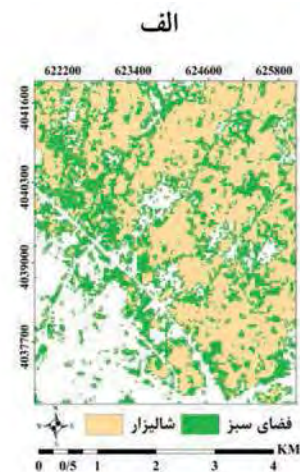
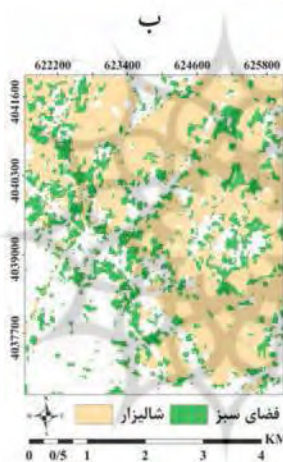
امضای طیفی مربوط به فضای سبز و شالیزار در تصویر هایپرین بر اساس میانگین نمونه های آموزشی هر کاربری اراضی در نگاره ۷ نشان داده شده است. بررسی رفتار طیفی کاربری های اراضی فضای سبز و شالیزار در طول موج های مختلف نشان دهنده شباهت بالای رفتار طیفی این دو کاربری اراضی می باشد. به همین دلیل تفکیک این دو کاربری با چالش همراه است.

از گذشته در مناطق شمال ایران به دلیل شرایط آب و هوایی و اقلیمی مناسب، اراضی کشاورزی از جمله شالیزار و فضای سبز از جمله باغات مرکبات در مجاورت یکدیگر توسعه داده شده اند.



نگاره ۸: نقشه‌های کاربری اراضی حاصل از دو استراتژی الف: استفاده از باندهای طیفی و ب: مجموعه باندها و شاخص‌های طیفی تصویر لندست

نگاره ۹: نقشه‌های کاربری اراضی حاصل از دو استراتژی الف: استفاده از باندهای طیفی و ب: مجموعه باندها و شاخص‌های طیفی تصویر هایپریون



برای ارزیابی قابلیت تصاویر هایپریون جهت تفکیک کاربری‌های اراضی فضای سبز و شالیزار نیز با دو استراتژی استفاده از باندهای طیفی و استفاده از شاخص‌های طیفی مختلف طبقه‌بندی کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه با الگوریتم SVM و مجموعه داده‌های آموزشی انجام و نتایج آن در نگاره ۹ نشان داده شده است.

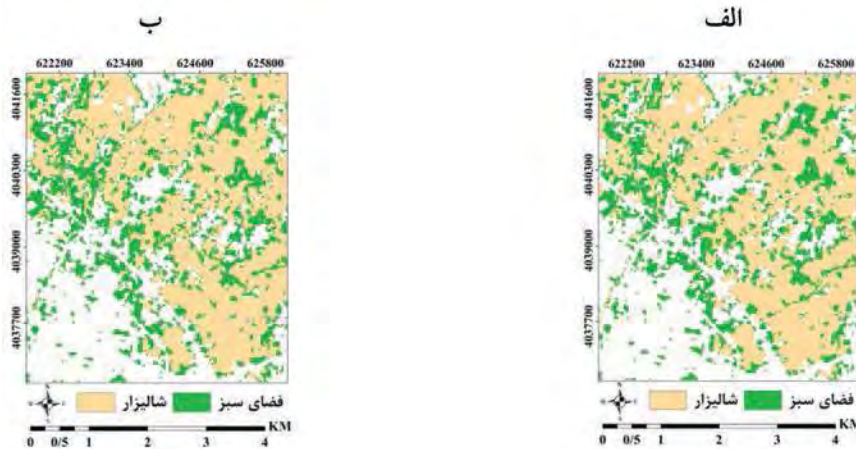
پیکسل‌های دو کاربری اراضی به صورت اشتباه در کاربری اراضی دیگر قرار می‌گیرند. با این حال با افزودن مجموعه شاخص‌های طیفی به فرایند طبقه‌بندی به صورت میانگین ۱۰ درصد دقت تولیدکننده و کاربر مربوط به هر کاربری اراضی افزایش یافته است.

جدول ۴: دقت کاربر و تولیدکننده برای هر کاربری اراضی برای استراتژی استفاده از مجموعه باندها و شاخص‌های طیفی تصویر لندست

کاربری	دقت تولید کننده	دقت کاربر
فضای سبز	۸۱/۴۹	۶۰/۲۲
شالیزار	۳۵/۳۳	۶۱/۳۸

جدول ۳: دقت کاربر و تولیدکننده برای هر کاربری اراضی برای استراتژی استفاده از باندهای طیفی لندست

کاربری	دقت تولید کننده	دقت کاربر
فضای سبز	۷۷/۳۳	۵۷/۶۳
شالیزار	۳۰/۴۶	۵۳/۳۴



نگاره ۱۰: نقشه‌های کاربری اراضی حاصل از ویژگی‌های بهینه انتخاب شده با الگوریتم‌های بهینه‌سازی الف: ازدحام ذرات و ب: جستجوی گرانشی

فضای سبز و شالیزار کارایی بالاتری دارد. همچنین با در نظر گرفتن مجموعه باندها و شاخص‌های طیفی به صورت همزمان در فرایند طبقه‌بندی دقت تفکیک اراضی فضای سبز و شالیزار افزایش یافته است.

در گام بعد، در پژوهش حاضر از الگوریتم‌های بهینه‌سازی ازدحام ذرات و جستجوی گرانشی برای تعیین ویژگی‌های بهینه (شامل باندها و شاخص‌های طیفی) جهت طبقه‌بندی تصویر هایپریون استفاده شده است. نتایج الگوریتم‌های بهینه‌سازی برای تعیین باندهای بهینه، نشان می‌دهد که از ۱۵۰ ویژگی طیفی (شامل ۱۴۰ باند تصویر هایپریون و ۱۰ شاخص و تبدیل طیفی)، با استفاده از الگوریتم‌های ازدحام ذرات و جستجوی گرانشی به ترتیب فقط ۲۵ و ۳۱ ویژگی برای تفکیک اراضی فضای سبز و شالیزار بهینه انتخاب شدند. نتایج حاصل از طبقه‌بندی اراضی فضای سبز و شالیزار با استفاده از ویژگی‌های بهینه حاصل از دو الگوریتم ازدحام ذرات و جستجوی گرانشی برای تصاویر هایپریون در نگاره ۱۰ ارائه شده است.

برای بررسی و مقایسه دقت تفکیک اراضی فضای سبز و شالیزار در حالت استفاده از ویژگی‌های بهینه انتخابی با الگوریتم‌های ازدحام ذرات و جستجوی گرانشی در فرایند طبقه‌بندی، بر مبنای نقشه واقعی منطقه ماتریس خطای مربوط به هر حالت تشکیل و دقت کاربر و تولیدکننده برای هر کاربری بر اساس آن محاسبه شده است. نتایج ارزیابی دقت دو حالت در جداول ۷ و ۸ ارائه شده است.

برای بررسی و مقایسه دقت دو استراتژی استفاده از باندهای طیفی و مجموعه باندها و شاخص‌های طیفی تصویر لندست برای تفکیک اراضی فضای سبز و شالیزار ماتریس خطای مربوط به هر استراتژی تشکیل و سپس دقت کاربر و تولیدکننده برای هر کاربری با استفاده از نقشه واقعی منطقه مورد مطالعه محاسبه شده است. نتایج ارزیابی دقت دو استراتژی به صورت جداول ۵ و ۶ نشان داده شده است.

جدول ۵: دقت کاربر و تولیدکننده برای هر کاربری اراضی برای استراتژی استفاده از باندهای طیفی هایپریون

کاربری	دقت تولید کننده	دقت کاربر
فضای سبز	۸۳/۸۰	۷۰/۴۹
شالیزار	۵۷/۲۵	۷۴/۳۶

جدول ۶: دقت کاربر و تولیدکننده برای هر کاربری اراضی برای استراتژی استفاده از مجموعه باندها و شاخص‌های

طیفی تصویر هایپریون

کاربری	دقت تولید کننده	دقت کاربر
فضای سبز	۱۰۰/۰۰	۷۶/۹۳
شالیزار	۶۱/۷۸	۱۰۰/۰۰

نتایج جداول ۵ و ۶ نشان می‌دهد که استفاده از تصویر هایپریون نسبت به تصویر لندست برای تفکیک اراضی

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (ص ۱۲۵)
ارزیابی و مقایسه کارایی الگوریتم‌های بهینه‌سازی ... / ۱۲۵

بررسی نتایج نگاره ۱۱ نشان می‌دهد دقت تفکیک اراضی فضای سبز و شالیزار با لندست پایین‌تر از هایپریون می‌باشد. با اضافه کردن شاخص‌های طیفی به فرایند طبقه‌بندی، دقت تفکیک اراضی فضای سبز و شالیزار در هر دو داده لندست و هایپریون افزایش می‌یابد. همچنین استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی برای تعیین ویژگی‌های بهینه و استفاده از ویژگی‌های بهینه در فرایند طبقه‌بندی سبب افزایش دقت تفکیک اراضی فضای سبز و شالیزار می‌گردد. با توجه به مقادیر دقت کلی، کارایی الگوریتم بهینه‌سازی جستجوی گرانشی برای تفکیک اراضی فضای سبز و شالیزار بالاتر از الگوریتم ازدحام ذرات می‌باشد.

۴- نتیجه‌گیری

به دلیل شرایط مناسب اقلیمی شمال ایران اراضی فضای سبز و شالیزار در مجاورت هم قرار دارند. ویژگی‌های مختلف این کاربری‌ها از نظر طیفی و هندسی در زمان فصل حداکثر رشد شباهت بالایی با یکدیگر دارند. بنابراین تفکیک این دو کاربری از یکدیگر در فرایند طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای با چالش‌های جدی رو به رو است. از طرفی اطلاعات دقیق مکانی از موقعیت این کاربری‌های اراضی در زمینه مدیریت و برنامه‌ریزی در راستای جلوگیری از شیوع و گسترش آفات، مدیریت تنش‌های محیطی، پیش‌بینی میزان عملکرد و ارزیابی ریسک آسیب‌پذیری محصول کاربرد فراوانی دارد. هدف از این پژوهش بررسی کارایی تصاویر ماهواره‌ای و الگوریتم‌های بهینه‌سازی برای تفکیک کاربری‌های اراضی فضای سبز و شالیزار از یکدیگر در فصل حداکثر رشد می‌باشد. وجه تمایز این مطالعه با مطالعات گذشته در این زمینه، مقایسه قابلیت تصاویر ماهواره‌ای چند طیفی و ابرطیفی با یکدیگر و مقایسه کارایی الگوریتم‌های بهینه‌سازی ازدحام ذرات و جستجوی گرانشی برای تعیین ویژگی‌های بهینه جهت افزایش دقت تفکیک کاربری‌های اراضی فضای سبز و شالیزار می‌باشد. نتایج پژوهش نشان می‌دهد دقت تفکیک اراضی فضای سبز و شالیزار با لندست

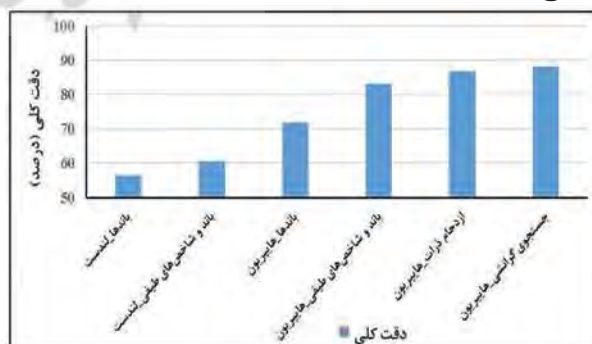
جدول ۷: دقت کاربر و تولیدکننده برای هر کاربری اراضی در حالت استفاده از ویژگی‌های انتخاب شده با الگوریتم ازدحام ذرات

دقت کاربر	دقت تولید کننده	کاربری
۸۱/۷۱	۹۹/۸۰	فضای سبز
۱۰۰/۰۰	۶۷/۵۴	شالیزار

جدول ۸: دقت کاربر و تولیدکننده برای هر کاربری اراضی در حالت استفاده از ویژگی‌های انتخاب شده با الگوریتم جستجوی گرانشی

دقت کاربر	دقت تولید کننده	کاربری
۸۳/۸۵	۹۹/۹۸	فضای سبز
۹۹/۹۵	۶۹/۴۷	شالیزار

نتایج جداول ۷ و ۸ بیانگر این است که با استفاده از ویژگی‌های بهینه در الگوریتم طبقه‌بندی دقت تفکیک اراضی فضای سبز و شالیزار نسبت به حالت استفاده از همه ویژگی‌ها افزایش یافته است. همچنین استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی جستجوی گرانشی نسبت به الگوریتم ازدحام ذرات برای انتخاب ویژگی‌های بهینه جهت تفکیک اراضی فضای سبز و شالیزار کارایی بالاتری دارد. در نهایت برای بررسی و ارزیابی کارایی تصاویر هایپریون و لندست و همچنین الگوریتم‌های بهینه‌سازی برای تعیین ویژگی‌های بهینه پارامتر ارزیابی دقت کلی برای تمام حالت‌ها محاسبه و نتایج در نگاره ۱۱ نشان داده شده است.



نگاره ۱۱: پارامترهای ارزیابی دقت کلی و ضریب کاپا برای حالت‌های مختلف

Remote Sensing 53(8): 4238-4249.

8. Coulter, L. L., D. A. Stow, Y.-H. Tsai, N. Ibanez, H.-c. Shih, A. Kerr, M. Benza, J. R. Weeks and F. Mensah (2016). "Classification and assessment of land cover and land use change in southern Ghana using dense stacks of Landsat 7 ETM+ imagery." Remote Sensing of Environment 184: 396-409.

9. Couto, P. (2003). "Assessing the accuracy of spatial simulation models." Ecological Modelling 167(1-2): 181-198.

10. Datt, B., T. R. McVicar, T. G. Van Niel, D. L. Jupp and J. S. Pearlman (2003). "Preprocessing EO-1 Hyperion hyperspectral data to support the application of agricultural indexes." IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 41(6): 1246-1259.

11. Eberhart, R. and J. Kennedy (1995). A new optimizer using particle swarm theory. Micro Machine and Human Science, 1995. MHS'95., Proceedings of the Sixth International Symposium on, IEEE.

12. Elatawneh, A., C. Kalaitzidis, G. P. Petropoulos and T. Schneider (2014). "Evaluation of diverse classification approaches for land use/cover mapping in a Mediterranean region utilizing Hyperion data." International Journal of Digital Earth 7(3): 194-216.

13. FIORIO, P. R., J. A. M. DEMATTÊ and G. SPAROVEK (2000). «Cronology and environmental impact of land use on Ceveiro Microbasin in Piracicaba region, Brazil." Pesquisa agropecuária brasileira 35(4): 671-679.

14. Foody, G. M., M. E. Cutler, J. Mcmorrow, D. Pelz, H. Tangki, D. S. Boyd and I. Douglas (2001). "Mapping the biomass of Bornean tropical rain forest from remotely sensed data." Global Ecology and Biogeography 10(4): 379-387.

15. Galvao, L. S., A. R. Formaggio and D. A. Tisot (2005). "Discrimination of sugarcane varieties in Southeastern Brazil with EO-1 Hyperion data." Remote Sensing of Environment 94(4): 523-534.

16. Galvão, L. S., A. R. Formaggio and D. A. Tisot (2006). "The influence of spectral resolution on discriminating Brazilian sugarcane varieties." International Journal of Remote Sensing 27(4): 769-777.

17. Gao, B.-C. (1996). "NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space." Remote sensing of environment 58(3): 257-

پایین تر از هایپیریون می باشد. با اضافه کردن شاخص های طیفی به فرایند طبقه بندی، دقت تفکیک کاربری های اراضی فضای سبز و شالیزار در هر دو داده لندست و هایپر افزایش می یابد. همچنین استفاده از الگوریتم بهینه سازی برای تعیین ویژگی های بهینه و استفاده از ویژگی های بهینه در فرایند طبقه بندی سبب افزایش دقت تفکیک اراضی فضای سبز و شالیزار می گردد. با توجه به مقدار دقت کلی، کارایی الگوریتم بهینه سازی جستجوی گرانشی برای تفکیک کاربری های اراضی فضای سبز و شالیزار بالاتر از الگوریتم ازدحام ذرات می باشد.

منابع و مآخذ

1. Arzani, H. and G. King (1997). "Application of remote sensing (Landsat TM data) for vegetation parameters measurement in western division of NSW." Proceedings XVIII IGC 1997 Winnipeg, Manitoba.
2. Awad, M. M. (2018). "Forest mapping: a comparison between hyperspectral and multispectral images and technologies." Journal of Forestry Research 29(5): 1395-1405.
3. Baghdadi, N., N. Boyer, P. Todoroff, M. El Hajj and A. Bégué (2009). "Potential of SAR sensors TerraSAR-X, ASAR/ENVISAT and PALSAR/ALOS for monitoring sugarcane crops on Reunion Island." Remote Sensing of Environment 113(8): 1724-1738.
4. Banerjee, S., A. Bharadwaj, D. Gupta and V. Panchal (2012). "Remote sensing image classification using artificial bee colony algorithm." International Journal of Computer Science and Informatics 2(3): 67-72.
5. Beck, R. (2003). "EO-1 user guide v. 2.3." Department of Geography University of Cincinnati.
6. Berk, A., P. Conforti, R. Kennett, T. Perkins, F. Hawes and J. van den Bosch (2014). MODTRAN® 6: A major upgrade of the MODTRAN® radiative transfer code. Hyperspectral Image and Signal Processing: Evolution in Remote Sensing (WHISPERS), 2014 6th Workshop on, IEEE.
7. Cheng, G., J. Han, L. Guo, Z. Liu, S. Bu and J. Ren (2015). "Effective and efficient midlevel visual elements-oriented land-use classification using VHR remote sensing images." IEEE Transactions on Geoscience and

fusion to land use mapping and monitoring.” Remote Sensing 8(1): 70.

27. Kennedy, J. and R. C. Eberhart (1997). A discrete binary version of the particle swarm algorithm. Systems, Man, and Cybernetics, 1997. Computational Cybernetics and Simulation., 1997 IEEE International Conference on, IEEE.

28. Li, Y. and Z. Kang (2016). A hyperspectral imaging technology based method for identifying the variety of mengding mountain tea. Software, Knowledge, Information Management & Applications (SKIMA), 2016 10th International Conference on, IEEE.

29. Liu, X., X. Li, L. Liu, J. He and B. Ai (2008). “An innovative method to classify remote-sensing images using ant colony optimization.” IEEE transactions on geoscience and remote sensing 46(12): 4198-4208.

30. Mann, D. and P. Joshi (2017). “Evaluation of Image Classification Algorithms on Hyperion and ASTER Data for Land Cover Classification.” Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section A: Physical Sciences 87(4): 855-865.

31. Masek, J., E. Vermote, N. Saleous, R. Wolfe, F. Hall, F. Huemmrich, F. Gao, J. Kutler and T. Lim (2012). “LEDAPS Landsat calibration, reflectance, atmospheric correction preprocessing code.” Model product. Available on-line [http://daac.ornl.gov] from Oak Ridge National Laboratory Distributed Active Archive Center, Oak Ridge, Tennessee, USA http://dx.doi.org/10.3334/ORNLDAAAC/1080.

32. Mather, P. and B. Tso (2016). Classification methods for remotely sensed data, CRC press.

33. Matsushita, B., W. Yang, J. Chen, Y. Onda and G. Qiu (2007). “Sensitivity of the enhanced vegetation index (EVI) and normalized difference vegetation index (NDVI) to topographic effects: a case study in high-density cypress forest.” Sensors 7(11): 2636-2651.

34. Mertens, K., L. Verbeke, E. Ducheyne and R. De Wulf (2003). “Using genetic algorithms in sub-pixel mapping.” International Journal of Remote Sensing 24(21): 4241-4247.

35. Nikolakopoulos, K. G. (2003). Use of vegetation indexes with ASTER VNIR data for burnt areas detection in Western Peloponnese, Greece. Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2003. IGARSS'03. Proceedings. 2003 IEEE International, IEEE.

266.

18. Geem, Z. W., J. H. Kim and G. V. Loganathan (2001). “A new heuristic optimization algorithm: harmony search.” simulation 76(2): 60-68.

19. Goodenough, D. G., A. Dyk, K. O. Niemann, J. S. Pearlman, H. Chen, T. Han, M. Murdoch and C. West (2003). “Processing Hyperion and ALI for forest classification.” IEEE transactions on geoscience and remote sensing 41(6): 1321-1331.

20. Green, A. A., M. Berman, P. Switzer and M. D. Craig (1988). “A transformation for ordering multispectral data in terms of image quality with implications for noise removal.” IEEE Transactions on geoscience and remote sensing 26(1): 65-74.

21. Hamzeh, S., A. A. Naseri, S. K. AlaviPanah, H. Bartholomeus and M. Herold (2016). “Assessing the accuracy of hyperspectral and multispectral satellite imagery for categorical and quantitative mapping of salinity stress in sugarcane fields.” International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 52: 412-421.

22. Hamzeh, S., A. A. Naseri, S. K. Alavipanah, B. Mojaradi, H. M. Bartholomeus, J. G. Clevers and M. Behzad (2013). “Estimating salinity stress in sugarcane fields with spaceborne hyperspectral vegetation indices.” International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 21: 282-290.

23. Han, T., D. Goodenough, A. Dyk and J. Love (2002). Detection and correction of abnormal pixels in Hyperion images. Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2002. IGARSS'02. 2002 IEEE International, IEEE.

24. Huete, A. R., T. Miura and X. Gao (2003). “Land cover conversion and degradation analyses through coupled soil-plant biophysical parameters derived from hyperspectral EO-1 Hyperion.” IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 41(6): 1268-1276.

25. Johnson, R. M., R. P. Viator, J. C. Veremis, E. P. Richard Jr and P. V. Zimba (2008). “Discrimination of sugarcane varieties with pigment profiles and high resolution, hyperspectral leaf reflectance data.” Journal Association Sugar Cane Technologists 28: 63-75.

26. Joshi, N., M. Baumann, A. Ehammer, R. Fensholt, K. Grogan, P. Hostert, M. R. Jepsen, T. Kuemmerle, P. Meyfroidt and E. T. Mitchard (2016). “A review of the application of optical and radar remote sensing data

47. Weng, Q., M. K. Firozjaei, M. Kiavarz, S. K. Alavipanah and S. Hamzeh (2019). "Normalizing land surface temperature for environmental parameters in mountainous and urban areas of a cold semi-arid climate." *Science of The Total Environment* 650: 515-529.
48. Weng, Q., M. K. Firozjaei, A. Sedighi, M. Kiavarz and S. K. Alavipanah (2019). "Statistical analysis of surface urban heat island intensity variations: A case study of Babol city, Iran." *GIScience & Remote Sensing* 56(4): 576-604.
49. Wiegand, C., G. Anderson, S. Lingle and D. Escobar (1996). «Soil salinity effects on crop growth and yield-Illustration of an analysis and mapping methodology for sugarcane." *Journal of Plant Physiology* 148(3-4): 418-424.
50. Yang, H., Q. Du and G. Chen (2012). "Particle swarm optimization-based hyperspectral dimensionality reduction for urban land cover classification." *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing* 5(2): 544-554.
51. Yang, X., Q. Zhou and M. Melville (1997). "Estimating local sugarcane evapotranspiration using Landsat TM image and a VITT concept." *International Journal of Remote Sensing* 18(2): 453-459.
52. Yuan, Y., J. Lin and Q. Wang (2016). "Hyperspectral image classification via multitask joint sparse representation and stepwise MRF optimization." *IEEE transactions on cybernetics* 46(12): 2966-2977.
53. Zhang, X., F. Liu, Y. He and X. Li (2012). "Application of hyperspectral imaging and chemometric calibrations for variety discrimination of maize seeds." *Sensors* 12(12): 17234-17246.
54. Zhu, Z. and C. E. Woodcock (2014). "Continuous change detection and classification of land cover using all available Landsat data." *Remote sensing of Environment* 144: 152-171.
55. Zou, Q., L. Ni, T. Zhang and Q. Wang (2015). "Deep Learning Based Feature Selection for Remote Sensing Scene Classification." *IEEE Geosci. Remote Sensing Lett.* 12(11): 2321-2325.
36. Pervaiz, W., V. Uddin, S. A. Khan and J. A. Khan (2016). "Satellite-based land use mapping: comparative analysis of Landsat-8, Advanced Land Imager, and big data Hyperion imagery." *Journal of Applied Remote Sensing* 10(2): 026004.
37. Pettorelli, N., J. O. Vik, A. Mysterud, J.-M. Gaillard, C. J. Tucker and N. C. Stenseth (2005). "Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change." *Trends in ecology & evolution* 20(9): 503-510.
38. Rashedi, E., H. Nezamabadi-Pour and S. Saryazdi (2009). "GSA: a gravitational search algorithm." *Information sciences* 179(13): 2232-2248.
39. Roberts, D. A., P. E. Dennison, M. E. Gardner, Y. Hetzel, S. L. Ustin and C. T. Lee (2003). "Evaluation of the potential of Hyperion for fire danger assessment by comparison to the Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer." *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 41(6): 1297-1310.
40. Rudorff, B. F. T. and G. T. Batista (1990). "Yield estimation of sugarcane based on agrometeorological-spectral models." *Remote sensing of Environment* 33(3): 183-192.
41. Schroeder, T. A., W. B. Cohen, C. Song, M. J. Canty and Z. Yang (2006). "Radiometric correction of multi-temporal Landsat data for characterization of early successional forest patterns in western Oregon." *Remote sensing of environment* 103(1): 16-26.
42. Tardin, A., G. Deassuncao and J. Soares (1992). "Preliminary-analysis of Tm Data for Coffee, Citrus and Sugarcane Discrimination in Furnas Region, Mg, Brazil." *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 27(9): 1355-1361.
43. Trelea, I. C. (2003). "The particle swarm optimization algorithm: convergence analysis and parameter selection." *Information processing letters* 85(6): 317-325.
44. Tucker, C. J. (1979). "Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation." *Remote sensing of Environment* 8(2): 127-150.
45. Vogelmann, J., B. Rock and D. Moss (1993). "Red edge spectral measurements from sugar maple leaves.» *Title REMOTE SENSING* 14(8): 1563-1575.
46. Wang, L., D. Liu, H. Pu, D.-W. Sun, W. Gao and Z. Xiong (2015). "Use of hyperspectral imaging to discriminate the variety and quality of rice." *Food analytical methods* 8(2): 515-523.