

کاربرد شاخص‌های وزن داده شده با استفاده از نمونه‌های تعلیمی و خوارزمی ژنتیک روی تصاویر با توان تفکیک مکانی بالا برای تشخیص گیاهان در مناطق شهری

میلاذ جانعلی پور^۱، علی محمدزاده^{۲*}، محمدجواد ولدان زوج^۳

۱. دانشجوی دکتری دانشکده مهندسی ژئوماتیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۲. استادیار دانشکده مهندسی ژئوماتیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۳. دانشیار دانشکده مهندسی ژئوماتیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۲/۷ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۲/۱۰/۱۴)

چکیده

شاخص‌های متنوعی نظیر RVI، NDVI، SAVI، TRVI و OSaVI، جهت تشخیص پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، پیشنهاد شده‌اند. این شاخص‌ها براساس بازتابندگی بالا پوشش گیاهی در باند مادون قرمز و جذب بالای آن در باند قرمز به دست آورده شده‌اند. ضعف عمده این شاخص‌ها، استفاده آن‌ها در مناطق مختلف و بدون تغییر است، به عبارت دیگر این شاخص‌ها قابلیت تطبیق در مناطق مختلف را ندارند و در برخی پژوهش‌ها با استفاده از ضرایب تجربی سعی بر کاهش این ضعف داشته‌اند. در این مقاله سعی کرده‌ایم، تمام باندها در تولید شاخص پوشش گیاهی استفاده شوند. برای اینکه از تمام باندها در شاخص‌های پیشنهادی استفاده شود، به هر باند یک وزن اختصاص داده شده است که این وزن‌ها با استفاده از داده‌های تعلیمی و خوارزمی‌های پیشنهادی برآورد می‌شود. مناطق مطالعه‌شده در این پژوهش شهرهای شیراز، بم و New Brunswick است که تصاویر توان تفکیک مکانی بالای این مناطق استفاده می‌شود. نتایج در مناطق مطالعه‌شده توانایی بالای شاخص‌های پیشنهادی را در تشخیص پوشش گیاهی نشان می‌دهد.

کلیدواژگان: حد آستانه، خوارزمی ژنتیک، سنجش از دور، شاخص وزن دار، گیاه.

۱. مقدمه

از غیرگیاه، استفاده از یک حد آستانه^۱ مناسب است، معمولاً از آنالیز هیستوگرام جهت تفکیک این ۲ کلاس استفاده می‌شود (Justice et al., 1991). روش دیگر برای استخراج گیاهان طبقه‌بندی است، در روش طبقه‌بندی با گیاهان مانند یک کلاس مشابه کلاس‌های دیگر رفتار می‌شود، در این صورت پس از اعمال طبقه‌بندی یک کلاس گیاه خواهیم داشت. در این دسته روش‌ها معمولاً به جای استفاده از تصاویر پانکروماتیک^۲ از تصاویر چندطیفی^۳ استفاده می‌شود (به دلیل استفاده از امضای طیفی) (Dare, 2005). روش دیگر برای تشخیص گیاه استفاده از قطعه‌بندی است. قطعه‌بندی^۴ به پروسه تقسیم تصویر به قطعات هموزن گفته می‌شود، که این قطعات پیوستگی دارند (Gonzalez and Woods, 1996). یکی از پرکاربردترین روش‌های استخراج، استفاده از شاخص گیاهان بوده است، که براساس روابط ریاضی باندها، ویژگی‌ای را تولید می‌کند که در آن، گیاه از غیرگیاه تفکیک می‌شود (Schowengerdt, 2006). تا کنون شاخص‌های متعددی برای تشخیص گیاهان ارائه شده است. بیشتر این شاخص‌ها از بازتابندگی یا رادیانس باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک استفاده کرده‌اند (Huete, 1988). در ادامه ابتدا مفاهیم مرتبط با شاخص‌ها بیان می‌شود، سپس برخی از شاخص‌های ارائه‌شده توسط پژوهشگران بیان خواهد شد.

برای هر ماده بر روی سطح زمین می‌توان منحنی بازتابندگی به دست آورد (Janssen and Huurneman, 2000). این منحنی به نوعی میزان بازتابندگی^۵ هر ماده را در طول موج‌های مختلف نشان می‌دهد (Janssen and Huurneman, 2000). بیشتر سنجنده‌های سنجش از دور به بازه‌ای از طول موج حساس‌اند، به‌عنوان مثال ۰/۴ میکرون تا ۰/۸ میکرون، در این صورت بازتابندگی این سنجنده به نوعی از یک جمع وزن دار بازتابندگی در این طول موج‌هاست (Janssen and Huurneman, 2000).

در سنجش از دور فرض بر این است که هر شیء

استخراج گیاه شامل تفکیک گیاه از غیرگیاه است، روش‌های متنوعی جهت استخراج گیاهان ارائه شده است. پایش و تشخیص گیاهان مخصوصاً در مناطق شهری بسیار حائز اهمیت است. یکی از کاربردهای تشخیص گیاه در مناطق شهری و غیرشهری در بحث منابع طبیعی است، به‌عنوان مثال در صورت تشخیص صحیح گیاهان اعم از چمن و درختان در تصاویر ماهواره‌ای می‌توان با استفاده از تصاویر چندزمانه ماهواره‌ای تغییرات پوشش گیاهی در مناطق مختلف را به دست آورد (Ridd Hui and Yonghong, 2006, and Liu, 1998, Yu and Jia, 2006, یا از شاخص گیاه در تشخیص گونه‌های گیاه و یا کاربردهای مرتبط با خود گیاه استفاده شود (Ghasemloo et al, 2011, Mobasheri et al., 2010, Mobasheri et al., 2007). این موضوع مخصوصاً با گسترش شهرنشینی در مناطق شهری و کاهش فضای سبز حائز اهمیت است. در چند دهه اخیر، پژوهشگران به دنبال استفاده از تصاویر ماهواره‌ای جهت تشخیص پوشش گیاهی بوده‌اند. از جمله سنجنده‌هایی که پژوهشگران از آن‌ها برای پایش گیاهان استفاده کرده‌اند می‌توان به Landsat Thematic Mapper با توان تفکیک مکانی ۳۰ متر و SPOT با توان تفکیک مکانی ۱۰ متر اشاره کرد (Lasaponara and Masini, 2006). مشکل این سنجنده‌ها توان تفکیک مکانی پایین آن‌هاست (Lasaponara and Masini, 2006). به دلیل اینکه اغلب سطح پوشش گیاهان در مناطق شهری کوچک‌تر از توان تفکیک مکانی سنجنده‌های فوق است، استفاده از سنجنده‌های فوق نمی‌تواند برآورد مناسب از فضای سبز شهر به دست دهد. از این رو پژوهشگران از سنجنده‌های با توان تفکیک مکانی بالا نظیر IKONOS و QuickBird جهت تشخیص بهتر گیاهان به خصوص در مناطق شهری استفاده کرده‌اند (Mallinis et al, 2008, Karydas and Gitas, 2011, Mathieu and Aryal, 2007, Shruthi et al., 2011, Zhang et al, 2010).

استخراج گیاهان از تصاویر ماهواره‌ای روش‌های متنوعی دارد. یک راه آسان و ساده جهت تفکیک گیاه

1. Thresholding
2. Panchromatic
3. Multi Spectral
4. Segmentation
5. Reflectance

این شاخص توانایی پایش گیاهان در مقیاس قاره‌ها و جهانی را دارد (Townshend Justice *et al.*, 1991), اما (Justice, 1986, Tucker and Sellers, 1986). این شاخص در مناطقی که پوشش گیاهی کم باشد ضعیف عمل می‌کند.

شاخص Soil-Adjusted Vegetation Index، شاخصی برای مناطق با پوشش کم است، که از رابطه ۳ به دست می‌آید (Huete, 1988).

$$SAVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red + L} (1 + L) \quad (\text{رابطه ۳})$$

که در رابطه ۳ L یک عدد ثابت است که به صورت تجربی به دست می‌آید، این عدد میزان حساسیت شاخص گیاه را به بازتابندگی خاک پس‌زمینه آن به حداقل می‌رساند. اگر L برابر ۰ باشد SAVI مشابه NDVI است. برای گیاهان با پوشش متوسط L معمولاً نزدیک به ۰/۵ در نظر گرفته می‌شود. در رابطه ۳ فاکتور (L+1) سبب می‌شود تا شاخص مورد نظر مانند NDVI بین -۱ و ۱ باشد.

Puente و همکاران در سال ۲۰۱۱ یک روش برنامه‌نویسی جهت تولید شاخص‌های بهینه گیاه برای تشخیص گیاهان خشک، مرده و خورشید سالم^۲ ارائه دادند (Puente *et al.*, 2011). Fadaei و همکاران در سال ۲۰۱۲ شاخصی جهت تشخیص گیاهان در مناطق بایر و نیمه‌بایر پیشنهاد دادند، شاخص ارائه‌شده از رابطه ۴ به دست می‌آید (Fadaei *et al.*, 2012).

$$TRVI = 4 \left(\frac{NIR - Red}{NIR + Red + blue + Green} \right) \quad (\text{رابطه ۴})$$

Rondeaux و همکاران در سال ۱۹۹۶ یک شاخص بهینه که اثر خاک را در تشخیص گیاه تعدیل می‌کند ارائه دادند، این شاخص از رابطه ۵ به دست می‌آید (Rondeaux *et al.*, 1996).

$$OSAVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red + 0.16} \quad (\text{رابطه ۵})$$

مقدار ۰/۱۶ در رابطه فوق مقداری است که میزان خطای ناشی از خاک را در پوشش گیاهی کوتاه و بلند، کاهش می‌دهد (Rondeaux *et al.*, 1996).

منحنی بازتابندگی مختص به خود را دارد. منحنی بازتابندگی هر ماده بسته به ساختار اتم‌های آن ماده، در برخی طول موج‌ها جذب بالا و یا در برخی از طول موج‌ها بازتابندگی بالا دارد، این رفتار مواد مختلف علاوه بر اینکه سبب تمایز آن‌ها از هم می‌شود، موجب شناسایی آن‌ها نیز می‌شود. مشکلاتی در تشخیص منحنی طیفی مواد مختلف توسط ماهواره‌ها وجود دارد، یکی از مشکلات، وجود پیکسل‌های مختلط است و همچنین اتمسفر میان زمین و سنجنده سبب تغییرات در منحنی بازتابندگی مواد می‌شود (van der Meer and de Jong, 2011). با وجود عدم قطعیت‌های بسیاری که در یک منحنی بازتابندگی وجود دارد، منحنی بازتابندگی مواد مختلف با یکدیگر تفاوت دارد. پژوهشگران با استفاده از منحنی‌های طیفی مواد شاخص‌هایی جهت تشخیص این مواد نسبت به مواد دیگر ارائه می‌کنند. استفاده از شاخص‌های گیاهان، از طرفی نوعی کاهش باند محسوب می‌شود و از طرف دیگر در آن ماده مورد نظر از مواد دیگر متمایز می‌شود.

یکی از شاخص‌های اولیه جهت تشخیص گیاهان استفاده از تقسیم باند مادون قرمز نزدیک^۱ به باند قرمز است که به Ratio Vegetation Index (RVI) معروف است. این شاخص از رابطه ۱ به دست می‌آید (Schowengerdt, 2006).

$$RVI = \frac{NIR}{Red} \quad (\text{رابطه ۱})$$

که در رابطه ۱، NIR، میزان بازتابندگی در باند مادون قرمز نزدیک و Red میزان بازتابندگی در باند قرمز است. Normalized Difference Vegetation Index شاخصی مشابه RVI است که به نام اختصاری NDVI معروف است. شاخص NDVI یکی از پرکاربردترین شاخص‌های گیاهی است که توسط Rouse و همکاران در سال ۱۹۷۴ ارائه شد (Rouse, 1974). رابطه ۲ نشان‌دهنده باندهای استفاده‌شده در این شاخص است.

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \quad (\text{رابطه ۲})$$

باند پانکروماتیک و توان تفکیک مکانی ۲/۴ متر در باند چندطیفی دارد، تصاویر سنجنده IKONOS توان تفکیک مکانی ۱ متر در باند پانکروماتیک و توان تفکیک مکانی ۴ متر در باند چندطیفی دارد. در این مطالعه قسمتی از شهرستان بم انتخاب و تصویر تلفیق شده است. ابعاد تصویر ۴۰۰ در ۴۰۰ پیکسل است، داده منطقه شیراز توان تفکیک مکانی ۴ متر در باند باند های چندطیفی و توان تفکیک مکانی ۱ متر در باند پانکروماتیک دارد، تاریخ اخذ آن ۱۲ فوریه ۲۰۰۱ است و قسمتی از منطقه با ابعاد ۱۵۹۷ در ۱۵۹۷ پیکسل انتخاب شده است و تصاویر به روش PC تلفیق شده اند، منطقه مطالعه شده شهر شیراز در شکل ۱ نشان داده شده است؛ منطقه مطالعه شده شهر New Brunswick نیز در شکل ۱ نشان داده شده است، قسمتی از این منطقه با ابعاد ۴۰۰ در ۴۰۰ پیکسل مطالعه شد.

۲.۲. روش پژوهش

در این بخش به بیان مبانی نظری دو شاخص که پیشنهاد شده اند، خواهیم پرداخت. شاخص نخست براساس امضای طیفی و داده های آموزشی کلاس گیاه است و شاخص دوم براساس خوارزمی ژنتیک و داده های آموزشی تمام کلاس هاست.

شاخص نخست از شاخص Ono و Ono الهام گرفته شده است. Ono و Ono در سال ۲۰۰۶ یک شاخص نرمال شده برای تشخیص سایه ارائه کرد، این شاخص در پیاده سازی سرعت بالایی داشته است و اثرات توپوگرافی و اتمسفر را حذف می کند. شاخص ارائه شده توسط Ono و Ono از رابطه ۶ به دست می آید (Ono and Ono, 2006):

$$R_d^i = \frac{r_d^i}{\left(\frac{1}{n}\right) \sum_{j=1}^n r_d^j} \quad \text{رابطه ۶}$$

در رابطه ۶ r_d بازتابندگی مشاهده شده، i شماره باند، N تعداد باندهای موجود است. در این پژوهش یک شاخص جدید ارائه می شود، که در آن به بهبود شاخص Ono جهت شناسایی گیاهان استفاده می شود. شاخص Ono و Ono معایبی دارد، ابتدا اینکه وزن تمام باندها در مخرج کسر مساوی است و از طرف دیگر باندی که در صورت کسر قرار می گیرد به صورت

همان طور که مشاهده می شود، شاخص های جدید با استفاده از ترم های ثابت و تجربی قصد بهبود شاخص های قبل را دارند، این بدان معناست که شاخص ها باید حالت تطابقی داشته باشند، یعنی بتوانند برای مناطق مختلف خود را تطابق دهند. در این پژوهش یک شاخص وزن دار ارائه می شود که این شاخص الگو گرفته شده از شاخص Ono و Ono که در سال ۲۰۰۶ جهت تشخیص سایه ارائه شد، است (Ono and Ono, 2006)، این شاخص نسبت به تغییرات توپوگرافی و تغییرات اتمسفر حساس نیست، و همچنین به ساختار شاخص های دیگر مانند RVI نزدیک است و در صورت استخراج دقیق و درست گیاهان می توان از این شاخص در آینده جهت تشخیص گیاهان تغییر یافته در یک سری زمانی استفاده کرد، همچنین همان طور که در پیشینه پژوهش اشاره شد اگرچه شاخص هایی نظیر NDVI یکی از شاخص های قوی و پر کاربرد است اما در پژوهش های دیگر به بهبود آن با ضرایب تجربی اقدام کرده اند که اغلب یک عدد ثابت برای حذف برخی مشکلات این شاخص پیشنهاد داده اند، در این پژوهش شاخص هایی ارائه می شوند که قابلیت تطبیق با منطقه را داشته باشند، در این صورت شاخص استفاده شده در مناطق مختلف می تواند متفاوت باشد. در ادامه پژوهش، ابتدا به بیان مواد و روش ها پرداخته می شود، که در این بخش ابتدا توضیحاتی درباره مناطق مطالعه شده و داده های استفاده شده از این مناطق ارائه می شود، سپس روش پژوهش که شامل مفاهیم دو شاخص جدید است، بیان خواهد شد. همچنین در بخش پیاده سازی، نتایج حاصل از پیاده سازی دو شاخص ارائه شده، بیان خواهد شد. در نهایت بخش نتیجه گیری به بیان نتایج حاصل از شاخص ها اختصاص دارد.

۲. مواد و روش ها

۱.۲. منطقه مطالعه شده

داده های استفاده شده در این پژوهش، تصاویر QuickBird شهر بم، IKONOS شهر شیراز و IKONOS شهر New Brunswick است، مناطق مطالعه شده در شکل ۱ آورده شده اند. زمان اخذ تصویر شهر بم در ۳۰ سپتامبر سال ۲۰۰۳ است، تصاویر سنجنده QuickBird توان تفکیک مکانی ۰/۶ متر در

برای مشکل دوم با ارائه یک راه حل ساده اتوماسیون روش را افزایش می‌دهیم. رابطه ۷ شاخص پیشنهادی در این پژوهش را نشان می‌دهد.



ب. قسمتی از منطقه New Brunswick

تجربی و سعی و خطا به دست می‌آید. در این پژوهش برای این دو عیب راه‌حلهایی در نظر گرفته‌ایم. برای مشکل اول برای هر باند یک وزن در نظر گرفته‌ایم، و



آ. قسمتی از منطقه شیراز



ج. قسمتی از منطقه بم

شکل ۱. تصویر منطقه انتخاب شده با نمایش مجازی باندهای مادون قرمز، قرمز و سبز

شاخص دوم از خوارزمی ژنتیک^۱ جهت به دست آوردن ضرایب بهینه شاخص رابطه ۷ استفاده می‌شود، بنابراین، در ادامه تئوری خوارزمی ژنتیک بررسی می‌شود و سپس نحوه برآورد وزن‌ها با استفاده از خوارزمی ژنتیک بیان می‌شود.

خوارزمی ژنتیک براساس فرضیه تکامل موجودات زنده که توسط چارلز داروین ارائه شد، بنا نهاده شده است (Haupt and Haupt, 2004). خوارزمی ژنتیک یکی از قوی‌ترین روش‌های الهام‌گرفته از طبیعت است. در این خوارزمی با استفاده از جست‌وجو در فضای تصادف جواب‌های بهتر با شانس بیشتر انتخاب می‌شوند، در این صورت نسل‌های قوی‌تر شانس بیشتر جهت بقا دارند (Haupt and Haupt, 2004). Holland در سال ۱۹۷۵ اولین شخصی بود که روی تئوری ژنتیک

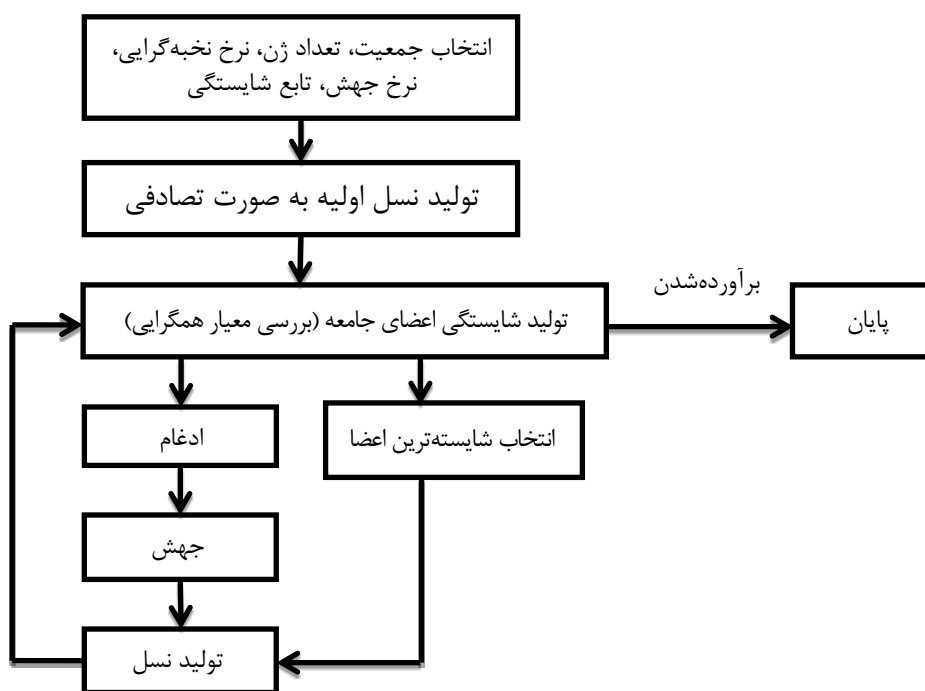
$$WNVI = \frac{b_i}{w_1 b_1 + w_r b_r + \dots + w_n b_n} \quad (\text{رابطه ۷})$$

در رابطه ۷ صورت کسر b_i را از داده‌های تعلیمی به دست می‌آوریم، به این ترتیب که در نمونه‌های تعلیمی بیشترین مقدار درجه خاکستری در باندهای مختلف که دارای بیشترین تکرار است شاخص i را مشخص می‌کند. وزن‌های مرتبط با باندها (w) را با استفاده از داده‌های تعلیمی به دست می‌آوریم. برای محاسبه وزن باندها هر نمونه تعلیمی در باندهای مختلف، مقدار درجه خاکستری حداقل در یک باند یک امتیاز مثبت برای آن باند است، در این صورت به ازای هر نمونه فقط یک امتیاز به یک باند داده می‌شود. بدین ترتیب با بهبود شاخص Ono و Ono و استفاده از داده‌های تعلیمی از شاخص وزن‌دار به دست آمده جهت تشخیص گیاه استفاده می‌شود.

1. Genetic algorithm

همان طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، ابتدا جمعیت^۳، نرخ جهش^۴، ساختار کروموزوم، تابع شایستگی^۵ و نرخ نخبه‌گرایی^۶ وارد می‌شود، سپس نسل اولیه به صورت اتفاقی تولید می‌شود و برای هر یک از اعضای جامعه یک مقدار شایستگی به دست می‌آید، اگر شرط لازم برآورده شود خوارزمی به پایان خواهد رسید، در غیر این صورت ابتدا یک تعداد از اعضای جامعه که بیشترین شایستگی را دارند به نسل بعد منتقل می‌شوند، سپس اعضای جامعه با یکدیگر ادغام^۷ می‌شوند و برخی از ژن‌های آن‌ها جهش می‌یابند و در نهایت نسل‌های جدید ایجاد می‌شوند، این پروسه تا زمانی که شرط برآورده نشود ادامه پیدا خواهد کرد.

کار کرد (Holland, 1992)، سپس Goldenberg در سال ۱۹۸۹ این خوارزمی را توسعه داد و کاربردهای آن را بررسی کرد (Goldberg, 1989). به‌طور کلی، در پیاده‌سازی خوارزمی ژنتیک در کامپیوتر، دو روش دودویی^۱ و پیوسته^۲ وجود دارد (Haupt and Haupt, 2004). در حالت دودویی ژن‌ها تنها مقدار صفر یا یک را اختیار می‌کنند. در روش پیوسته یک ژن مقادیر مختلفی در یک بازه مشخص دریافت می‌کند (Haupt and Haupt, 2004). اکثر خوارزمی‌های ژنتیک پیاده‌سازی شده ساختار مشابهی دارند، در شکل ۲ فلوجارت روش پیاده‌سازی شده در این پژوهش مشاهده می‌شود.



شکل ۲. فلوجارت خوارزمی ژنتیک پیاده‌سازی شده در این پژوهش

هستند. ساختار کروموزوم در این پژوهش در شکل ۳ مشاهده می‌شود. در این پژوهش تعداد اعضای نخبه که به نسل بعد منتقل می‌شوند، دو است، نرخ جهش ۰/۱ تعداد جمعیت، که در این پژوهش تعداد جمعیت ۵۰ است، و یک ژن از ۵ ژن موجود، یک عدد رندوم^۸ در محدوده مجاز

در روش دوم پیشنهادی هدف به دست آوردن ضرایب w_1, w_2, w_3, w_4 و شاخص i رابطه ۸ با استفاده از خوارزمی ژنتیک است. رابطه ۸)

$$\text{Optimum Vegetation Index} = \frac{b_i}{w_1 b_1 + w_2 b_2 + \dots + w_n b_n}$$

در رابطه ۸ b ها نماینده باندهای تصویر مورد نظر

3. population
4. Mutation Rate
5. Fitness Function
6. Elitism Rate
7. Cross Over
8. Random

1. binary
2. Continues

برای تولید شاخص روش اول نیاز به یکسری داده تعلیمی از کلاس گیاه است، که این داده تعلیمی برای ۳ منطقه برداشت شده است، به عنوان مثال ۱۹۱ داده تعلیمی برای منطقه بم از کلاس گیاه برداشت شده است. شاخص‌های حاصل از روش اول برای مناطق مطالعه شده در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱. شاخص‌های به دست آمده از روش اول

$$WNVI_{Bam} = \frac{NIR}{0.29blue + 0.71 * red}$$

$$WNVI_{New\ Brown\ swick} = \frac{NIR}{Red}$$

$$WNVI_{Shiraz} = \frac{NIR}{0.1Blue + 0.99Red}$$

جهت ارزیابی کمی نتایج حاصل از شاخص روش اول، ابتدا با استفاده از یک حد آستانه، تصویر را به ۲ کلاس گیاه و غیرگیاه تفکیک کردیم، سپس با استفاده از داده‌های ارزیابی میزان صحت روش را ارزیابی می‌کنیم، شایان ذکر است که روش‌های متنوعی جهت انتخاب حد آستانه وجود دارد، اما با توجه به اینکه در این پژوهش به دنبال ارائه روش جدید جهت انتخاب حد آستانه و یا مقایسه روش‌های حد آستانه نبوده‌ایم، بنابراین، به صورت دستی و با استفاده از تصاویر شاخص، گیاه و غیرگیاه حد آستانه را انتخاب کردیم. جدول ۳ ماتریس خطای حاصل از نقاط ارزیابی برای شاخص نخست در مناطق مطالعاتی را نشان می‌دهد.

برای تولید شاخص روش دوم نیاز به داده‌های تعلیمی از کلاس گیاه و غیرگیاه است که این داده‌ها برای مناطق مطالعه شده موجود است. با استفاده از داده‌های تعلیمی شاخص‌ها حاصل از خوارزمی ژنتیک را در مناطق مختلف به دست آوردیم که جدول ۲ نشان دهنده شاخص‌های به دست آمده در یکی از اجراهای برنامه است. در گام بعد با استفاده از یک حد آستانه مناسب که به صورت دستی انتخاب شده است به طبقه‌بندی تصویر حاصل پرداختیم، در نهایت با استفاده از داده‌های ارزیابی، میزان دقت شاخص به صورت کمی محاسبه می‌شود. جدول ۳ ماتریس خطای حاصل از نقاط ارزیابی برای شاخص دوم در مناطق مطالعاتی را نشان می‌دهد.

دریافت می‌کند. شرط پایان حلقه این است که ۸۰ درصد اعضای جامعه مشابه باشند. روش ادغام نیز به صورت تک‌نقطه^۱ و انتخاب نسل‌ها به روش رقابت^۲ انجام گرفت، به دلیل پوشش تمام فضا توسط خوارزمی ژنتیک پیوسته، ژن انتخابی جهت عمل ادغام به صورت رابطه ۹ تغییر پیدا می‌کند (Haupt and Haupt, 2004). تابع شایستگی نیز با استفاده از میزان تفکیک بین کلاس گیاه و کلاس غیرگیاه به هر عضو یک مقدار شایستگی اختصاص می‌دهد، در این صورت عضو شایسته‌تر باید تفکیک‌پذیری بیشتری بین کلاس گیاه و غیرگیاه ایجاد کند.

$0 < W_1 < 1$	$0 < W_r < 1$	$0 < W_r < 1$	$0 < W_r < 1$	$I = 1, 2, 3, 4$
---------------	---------------	---------------	---------------	------------------

شکل ۳. ژن‌های کروموزوم تولید شده در این پژوهش

$$P_{new1} = P_{ma} - \beta(P_{ma} - P_{da})$$

$$P_{new2} = P_{da} - \beta(P_{ma} - P_{da})$$

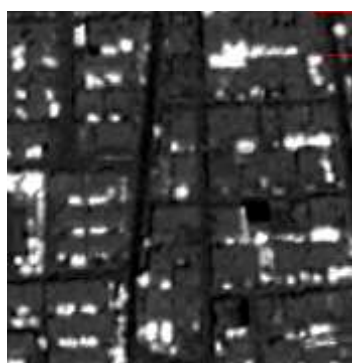
(رابطه ۹)

در رابطه ۹، β یک عدد تصادفی بین صفر و یک، α یک ژن از کروموزوم انتخابی که به صورت رندوم انتخاب شده است، d و m دو والد که به روش رقابت انتخاب شده‌اند و P مقادیر ژن دو والد است.

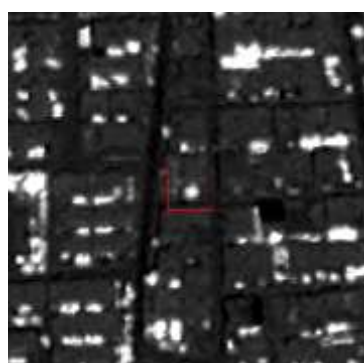
۳. پیاده‌سازی

در این پژوهش ابتدا شاخص‌های پیشنهادی را در محیط IDL 7.1 پیاده‌سازی کردیم. شکل ۴ تصاویر حاصل از شاخص‌های پیشنهادی را نمایش می‌دهد. در ادامه به بررسی کیفیت شاخص پیشنهادی می‌پردازیم، برای بررسی کمی ابتدا با انتخاب یک حد آستانه مناسب تصاویر حاصل از شاخص‌ها به دو کلاس گیاه و غیرگیاه تقسیم می‌شود و سپس میزان دقت از داده‌های ارزیابی به دست می‌آید. داده‌های ارزیابی و تعلیمی مناطق بم و شیراز با استفاده از یک شخص خبره و به وسیله تصویر و نقشه بزرگ مقیاس موجود از مناطق به دست آورده شده است. داده‌های ارزیابی و تعلیمی منطقه New Brunswick با استفاده از یک شخص خبره و تصویر منطقه و تصاویر Google earth به دست آورده شد.

1. Single Point
2. Tournament



ب. تصویر حاصل از روش دوم شهر بام



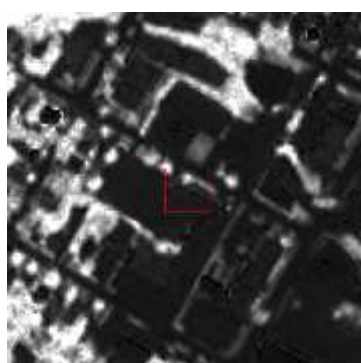
آ. تصویر حاصل از روش اول شهر بام



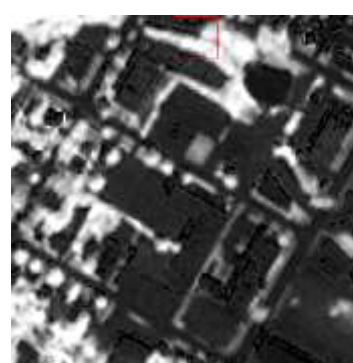
د. تصویر حاصل از روش دوم شهر شیراز



ج. تصویر حاصل از روش اول شهر شیراز



و. تصویر حاصل از روش دوم شهر New Brunswick



ه. تصویر حاصل از روش اول شهر New Brunswick

شکل ۴. تصویر حاصل از شاخص‌های پیشنهادی

جدول ۲. شاخص‌های حاصل از روش دوم مناطق مطالعه‌شده

$OVI_{Bam} = \frac{NIR}{\cdot/28 \text{ Blue} + \cdot/02 \text{ Green} + \cdot/52 \text{ red} + \cdot/18 \text{ NIR}}$
$OVI_{Shiraz} = \frac{NIR}{\cdot/5 \text{ Blue} + \cdot/09 \text{ Green} + \cdot/39 \text{ red} + \cdot/02 \text{ NIR}}$
$OVI_{New\ brownswick} = \frac{NIR}{\cdot/08 \text{ Blue} + \cdot/26 \text{ Green} + \cdot/46 \text{ red} + \cdot/2 \text{ NIR}}$

جدول ۳. نتایج حاصل از نقاط ارزیابی برای شاخص اول و دوم در مناطق مطالعاتی

		شاخص اول		شاخص دوم	
		گیاه	غیرگیاه	گیاه	غیرگیاه
منطقه بم	کلاس				
	گیاه	۲۶۱۱	۹	۲۶۲۳	۱۸
	غیرگیاه	۲۹	۳۴۱۵۶	۷	۳۴۱۴۷
	صحت کلی	صحت کلی < ۰.۹۹٪		صحت کلی < ۰.۹۹٪	
منطقه شیراز	گیاه	۲۱۶۱	۰	۲۱۷۲	۳
	غیرگیاه	۱۱	۱۲۸۰	۰	۱۲۷۷
	صحت کلی	صحت کلی < ۰.۹۹٪		صحت کلی < ۰.۹۹٪	
	صحت کلی	صحت کلی < ۰.۹۹٪		صحت کلی < ۰.۹۹٪	
منطقه New Brunswick	گیاه	۳۲۳۴	۲	۳۲۳۴	۰
	غیرگیاه	۵	۳۰۵۴	۵	۳۰۵۶
	صحت کلی	صحت کلی < ۰.۹۹٪		صحت کلی < ۰.۹۹٪	
	صحت کلی	صحت کلی < ۰.۹۹٪		صحت کلی < ۰.۹۹٪	

در حالی که صحت کلی تصویر طبقه‌بندی شده NDVI در منطقه بم برای داده‌های ارزیابی ۸۱ درصد است (Holben, 1986) که شاخص پیشنهادی دقت بالاتری دارد، که نشان می‌دهد در این منطقه شاخص تطابق یافته دقت بالاتری دارد.

شکل ۴ شاخص‌های حاصل از روش دوم را در مناطق مطالعه شده نمایش می‌دهد، شاخص‌های حاصل از روش دوم از نظر بصری به خوبی کلاس گیاه را از کلاس غیرگیاه در مناطق مطالعه شده تفکیک کرده‌اند. جدول ۳ نیز به صورت کمی این ادعا را ثابت می‌کند. شاخص‌های حاصل از روش ژنتیک جهت تفکیک پذیری بیشتر بین کلاس گیاه و غیرگیاه تولید شده‌اند و پس از به دست آمدن شاخص‌ها این تفکیک‌پذیری در این ۳ منطقه برای داده‌های تعلیمی ۱۰۰ درصد بود، بنابراین، به دست آوردن دقت بالا برای داده‌های کنترل طبیعی است و میزان خطای موجود به خطای مدل‌سازی و جامع نبودن نقاط کنترل وابسته است، به عبارت دیگر نقاط تعلیمی برای دقت بالاتر باید بتوانند تمام فضای ویژگی را پوشش دهند. شاخص‌های به دست آمده در این روش وزن‌های متفاوت از شاخص‌های روش نخست دارد. دقت روش دوم در مناطق مطالعاتی بالاست، و صورت کسر شاخص‌های به دست آمده باند مادون قرمز نزدیک است که نشان‌دهنده تأثیرگذاری فیزیکی مسئله بر روی شاخص‌هاست.

دقت شاخص‌ها با استفاده از داده‌های ارزیابی بررسی شد که در منطقه بم تقریباً تمام گیاهان به

۴. بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش شاخص‌هایی ارائه شد که قابلیت تطبیق به منطقه را با کمک داده‌های تعلیمی، داشتند. بررسی بصری این شاخص‌ها در مناطق مطالعه شده دقت بالای این شاخص‌ها را نشان می‌دهد (شکل ۴). جدول ۱ شاخص‌های حاصل از روش اول را برای مناطق مطالعه شده نشان می‌دهد، در شاخص‌های پیشنهادی در صورتی که صورت کسر باند مادون قرمز و وزن تمام باندهای به جز باند قرمز صفر باشد، شاخص پیشنهادی همان RVI خواهد بود. این موضوع در شاخص شهر New Brunswick کاملاً مشهود است. همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود در شاخص‌ها، صورت کسر باند مادون قرمز قرار دارد و در مخرج کسر باند قرمز بیشترین وزن را دارد، به عبارت دیگر این شاخص را می‌توان بهبود یافته شاخص‌هایی نظیر RVI، NDVI و SAVI بیان کرد.

جدول ۳ ماتریس خطای روش اول را برای مناطق مطالعه شده نمایش می‌دهد. صحت کلی روش در مناطق مطالعه شده بیش از ۹۹ درصد است، شاخص حاصل از روش اول دقت بالایی دارد، زیرا این شاخص قابلیت تطابق به شاخصی نظیر RVI را دارد، بنابراین، این شاخص مزایای شاخص‌های گذشته را به همراه دارد. شاخص حاصل از روش اول در دو منطقه شیراز و New Brunswick مشابه RVI است، که نشان می‌دهد شاخص RVI در این دو منطقه مناسب است،

می‌یابند، اما هدف از تلفیق، ادغام چند منبع و به دست آوردن اطلاعات بیشتر از اطلاعات تک تک منابع است. بنابراین، به نظر نویسندگان، تلفیق داده‌ها در این پژوهش مزایای به مراتب بیشتری از معایب آن داشته است. از جمله عدم قطعیت‌های دیگر این پژوهش می‌توان به اثر توپوگرافی و اثر اتمسفر اشاره کرد که در پژوهش Ono و Ono بیان شد که این دو عامل با شاخص پیشنهادی‌اش حذف شده است، اما با این حال ممکن است با اعمال وزن به باندها این آثار افزایش یابند.

تقدیر و تشکر

از جناب پروفیسور Yun Zhang برای در اختیار گذاشتن داده‌های شهر New Brunswick کمال تشکر را داریم. از سازمان نقشه‌برداری ایران برای در اختیار گذاشتن نقشه شهرستان بم و شیراز تشکر می‌کنیم. همچنین از داوران محترم به دلیل بیان نکات ارزنده که سبب بهبود مقاله شد، قدردانی می‌شود.

عنوان داده ارزیابی انتخاب شدند تا ارزیابی به صورت کامل و جامع انجام گیرد. شاخص‌های پیشنهادی وابسته به داده‌های تعلیمی است و با تغییر آن‌ها ممکن است شاخص منطقه تغییر یابد و یا با وارد کردن داده‌های تعلیمی اشتباه، خطا افزایش یابد. روش اول فقط نیازمند داده‌های تعلیمی کلاس گیاه است، در حالی که روش دوم نیازمند داده‌های تعلیمی کلاس گیاه و غیرگیاه است، بنابراین، روش اول هزینه کمتری خواهد داشت ولی ممکن است در سنجنده‌های با تعداد باندهای بیشتر نظیر Landsat کارایی مناسب را نداشته باشد اما روش دوم به دلیل استفاده از داده‌های تعلیمی تمام کلاس‌ها و یک تابع شایستگی برای تفکیک کلاس گیاه از کلاس غیرگیاه، روش قوی‌تر نسبت به روش اول است. در پژوهش‌های آینده روش‌هایی با سطح اتوماسیون بالاتر از این روش ارائه خواهد شد. تصاویر استفاده‌شده در این پژوهش، تصاویر تلفیق شده بودند تصاویر پس از تلفیق اعوجاج طیفی

REFERENCES

- Dare, P. M. 2005. Shadow analysis in high-resolution satellite imagery of urban areas. *Photogrammetric engineering and remote sensing* 71 (2):169-177.
- Fadaei, H., R. Suzuki, T. Sakaic, and K. Toriid. 2012. A Proposed new vegetation index, the total ratio vegetation index (TRVI), for arid and semi-arid regions.
- Ghasemloo, N., M. Mobasheri, and Y. Rezaei. 2011. Vegetation Species Determination Using Spectral Characteristics and Artificial Neural Network (SCANN). *Journal of agricultural science and technology* 13 (Supplementary Issue):1223-1232.
- Goldberg, D. E. 1989. Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning.
- Gonzalez, R. C., and R. E. Woods. 1996. Digital image processing. 1992: Reading, Massachusetts: Addison-Wesley.
- Haupt, R. L., and S. E. Haupt. 2004. *Practical genetic algorithms*: Wiley-Interscience.
- Holben, B. N. 1986. Characteristics of maximum-value composite images from temporal AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing* 7 (11):1417-1434.
- Holland, J. H. 1992. Adaptation In Natural And Artificial Systems: An Introductory Analysis With Applications To Biology, Control, And Artific.
- Huete, A. R. 1988. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment* 25 (3):295-309.
- Hui, Y., and J. Yonghong. 2006. A new approach for vegetation change detection in urban areas. *Geo-spatial Information Science* 9 (4):298-305.
- Janssen, L. L. F., and G. Huurneman. 2000. *Principles of remote sensing*: ITC, International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences.
- Justice, C., J. Townshend, and V. Kalb. 1991. Representation of vegetation by continental data sets derived from NOAA-AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing* 12 (5):999-1021.
- Karydas, C. G., and I. Z. Gitas. 2011. Development of an IKONOS image classification rule-set for multi-scale mapping of

- Mediterranean rural landscapes. *International Journal of Remote Sensing* 32 (24):9261-9277.
14. Lasaponara, R., and N. Masini. 2006. Identification of archaeological buried remains based on the normalized difference vegetation index (NDVI) from quickbird satellite data. *Geoscience and Remote Sensing Letters, IEEE* 3 (3):325-328.
 15. Mallinis, G., N. Koutsias, M. Tsakiri-Strati, and M. Karteris. 2008. Object-based classification using Quickbird imagery for delineating forest vegetation polygons in a Mediterranean test site. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 63 (2):237-250.
 16. Mathieu, R., and J. Aryal. 2007. Object-based classification of Ikonos imagery for mapping large-scale vegetation communities in urban areas. *Sensors* 7 (11):2860-2880.
 17. Mobasheri, M., M. Chahardoli, and M. Farajzadeh. 2010. Introducing PASAVI and PANDVI Methods for Sugarcane Physiological Date Estimation, Using ASTER Images. *Journal of agricultural science and technology* 12 (3):309-320.
 18. Mobasheri, M., Y. Rezaei, and M. V. Zoj. 2007. A method in extracting vegetation quality parameters using hyperion images, with application to precision farming. *World Appl Sci* 2:476-483.
 19. Ono, A., and A. Ono 2006. Development of vegetation index using radiant spectra normalized by their arithmetic mean. Paper read at Proceedings of the 40 th Conference of the Remote Sensing Society of Japan.
 20. Puente, C., G. Olague, S. V. Smith, S. H. Bullock, A. Hinojosa-Corona, and M. A. González-Botello. 2011. A genetic programming approach to estimate vegetation cover in the context of soil erosion assessment. *Photogrammetric engineering and remote sensing* 77 (4):363-376.
 21. Ridd, M. K., and J. Liu. 1998. A comparison of four algorithms for change detection in an urban environment. *Remote Sensing of Environment* 63 (2):95-100.
 22. Rondeaux, G., M. Steven, and F. Baret. 1996. Optimization of soil-adjusted vegetation indices. *Remote Sensing of Environment* 55 (2):95-107.
 23. Rouse, J. 1974. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. Paper read at NASA. Goddard Space Flight Center 3 d ERTS-1 Symp.
 24. Schowengerdt, R. A. 2006. *Remote sensing: models and methods for image processing*: Academic press.
 25. Shruthi, R. B., N. Kerle, and V. Jetten. 2011. Object-based gully feature extraction using high spatial resolution imagery. *Geomorphology* 134 (3):260-268.
 26. Townshend, J. R. G., and C. Justice. 1986. Analysis of the dynamics of African vegetation using the normalized difference vegetation index. *International Journal of Remote Sensing* 7 (11): 1435-1445.
 27. Tucker, C., and P. Sellers. 1986. Satellite remote sensing of primary production. *International Journal of Remote Sensing* 7 (11):1395-1416.
 28. van der Meer, F. D., and S. M. de Jong. 2011. *Imaging Spectrometry:: Basic Principles and Prospective Applications*. Vol. 4: Springer.
 29. Yu, H., and Y. Jia. 2006. Vegetation change detection for urban areas based on extended change vector analysis. Paper read at Geoinformatics 2006: Remotely Sensed Data and Information.
 30. Zhang, X., X. Feng, and H. Jiang. 2010. Object-oriented method for urban vegetation mapping using IKONOS imagery. *International Journal of Remote Sensing* 31 (1):177-196.