



مدلسازی تنوع گونه‌های درختی در جنگل‌های سری گردشی با استفاده از تصاویر GeoEye (مطالعه موردی: سری گردشی ساری)

* حسن اکبری^۱ و سیاوش کلبی^۲

^۱ استادیار گروه مهندسی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران،

^۲ دکتری گروه مهندسی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۱۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴/۲۹

چکیده

سابقه و هدف: شناخت ارتباط بین حفظ تنوع زیستی و فرآیندهای اکوسیستم، به عنوان یکی از مباحث اصلی در پژوهش‌های بوم‌شناسی می‌باشد. جنگل‌ها یکی از منابع طبیعی با ارزش کره زمین می‌باشد که نقش مهمی در تعادل اکولوژیکی و زندگی جوامع انسانی دارد. تنوع گونه‌های درختی یکی از پارامترهای کلیدی به منظور توضیح اکوسیستم‌های جنگلی در مدیریت همگام با طبیعت می‌باشد. مدلسازی و تهیه نقشه تنوع درختی ابزاری مفید برای حفاظت و مدیریت جنگل‌ها می‌باشد. جنگل‌های خزری، از نظر تنوع درختی و درختچه‌ای، غنی‌ترین جنگل‌های ایران می‌باشد که طی سال‌های اخیر در معرض تغییرات شدید قرار گرفته است. اکولوژیست‌ها در دهه‌های اخیر برای برآورد تنوع درختی به روش‌های برآوردی سریع و غیر مخرب توجه بیشتری دارند. تلفیق داده‌های سنجش از دور با داده‌های زمینی می‌تواند روش مناسبی برای این منظور باشد. هدف از این مطالعه تعیین قابلیت تصاویر GeoEye-1 در پایش تنوع درختی در جنگل‌های سری گردشی واقع در شهرستان ساری در استان مازندران می‌باشد.

مواد و روش‌ها: بدین منظور ابتدا با استفاده از آماربرداری زمینی تعداد ۱۵۰ قطعه نمونه با ابعاد ۳۰ در ۳۰ متر برداشت گردید. سپس شاخص‌های تنوع شامل شانون - وینر و سیمپسون در هر قطعه نمونه محاسبه گردید. پردازش‌های لازم همانند تجزیه مولفه اصلی، ساخت شاخص‌های گیاهی و آنالیز بافت بر روی تصاویر انجام شد. از ۷۰ درصد از نمونه‌های تعلیمی برای مدلسازی استفاده شد. سپس بهترین باندها برای مدلسازی انتخاب گردید. برای مدلسازی از روش‌های درختی طبقه‌بندی و رگرسیونی، جنگل تصادفی، نزدیک‌ترین همسایه و ماشین بردار پشتیبان استفاده شد. ارزیابی مدل‌ها با استفاده از ۳۰ درصد نمونه‌ها انجام شد. سپس بهترین مدل‌ها برای هر شاخص تنوع مشخص گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد از بین باندها و شاخص‌ها تولید شده، باند مادون قرمز و مشخصه‌های بافت حاصل از آن، به‌عنوان بهترین باند جهت مدلسازی تشخیص داده شد. کرنل RBF از روش ماشین بردار پشتیبان با ضریب تبیین ۵۸

* نویسنده مسئول: hassan_akbarivas@yahoo.com

درصد و ریشه میانگین مربعات خطای نسبی ۴۶ درصد و درصد اریبی ۱/۹ درصد برای مدل‌سازی شاخص تنوع سیمپسون از میان مدل‌های فوق دارای بهترین نتیجه بود. همچنین برای روش شانون بالاترین ضریب تبیین برابر با ۵۴/۴ و کمترین اریبی حدود ۰/۰۶ درصد مربوط به کرنل سیگموئید از روش ماشین بردار پشتیبان بود.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد داده‌های ماهواره GeoEye-1 فاقد نتایج کاربردی در برآورد تنوع درختی در جنگل‌های سری گردشی می‌باشد. از مدل‌های مورد استفاده روش کرنل RBF و کرنل سیگموئید روش ماشین بردار پشتیبان در یک حالت دارای بهترین نتیجه بود.

واژه‌های کلیدی: تنوع درختی، سیمپسون و سری گردشی، شاخص شانون وینر

مقدمه

اکوسیستم جنگلی با محیط اطراف خود است (۱۰). شاخص تنوع گونه‌ای، از شاخص‌های مهم تنوع زیستی است که در ارزیابی زیستگاه‌ها استفاده می‌شود و مقدار آن به ثبات محیط زیست آن بستگی دارد. به همین دلیل محاسبه تنوع گونه‌ای اهمیت زیادی در ارزیابی عملکرد و دخالت انسان در سیستم‌های طبیعی دارد. در واقع هر سیستم زمانی پایدار است که گونه‌های تشکیل دهنده آن در طی زمان حفظ شوند و نیز جمعیت افراد تشکیل دهنده آن دارای نوسانات زیادی نشود (۳). غنای گونه‌ای به طور ساده، تعداد گونه در یک جامعه است. بنابراین بعید است که هر گونه دارای تعداد افراد یکسانی باشد در این مورد معیار دیگری به نام یکنواختی گونه‌ای که مشخص‌کننده توزیع افراد در میان گونه‌هاست استفاده می‌شود. تنوع گونه‌ای که ترکیبی از غنا و یکنواختی است از نظر بیولوژیکی معیار ناهمگنی جمعیت در یک جامعه می‌باشد که به طور وسیع برای تعیین تخریب اکوسیستم‌ها و اختلال محیطی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۳).

شناخت الگوی پراکنش مکانی و تنوع گونه‌های جنگلی، ابزاری لازم برای مدیریت بهینه در بسیاری از عرصه‌های جنگلی جهان است (۷). امروزه پیش‌بینی مکانی توزیع تنوع زیستی درختان یکی از مهمترین برنامه‌ها جهت حفاظت از گونه‌ها می‌باشد.

منابع طبیعی حافظ زندگی انسان‌ها و دیگر موجودات زنده به شمار می‌رود و مدیریت صحیح آنها این مهم را تأمین می‌نماید. شناسایی پدیده‌ها و عناصر تشکیل دهنده منابع مختلف اولین و مهم‌ترین قدم در مدیریت صحیح و بهینه آنها می‌باشد (۲۳). جنگل‌ها به عنوان یکی از گسترده‌ترین رستنی‌های زمین، گرچه در نگاه اول نامنظم و غیر یکنواخت به نظر می‌رسند، ولی واقعیت این است که گرد آمدن رستنی‌های مهم از جمله درختان بعنوان اصلی‌ترین اجزای اکوسیستم در کنار هم دارای نظم خاصی می‌باشد و مشخصه‌های رویشگاهی و محیطی نقش بسزایی در این نظم ایفا می‌کند. تخریب‌های فراوانی که در نیم قرن اخیر به وسیله انسان در محیط زیست رخ داده، در جامعه‌های گیاهی نیز روز به روز مشهودتر شده و سبب انهدام گونه‌های متعدد جانوری و گیاهی (کاهش تنوع زیستی) گردیده است. امروزه با نابودی گونه‌های گیاهی و کاهش جمعیت آنها، بررسی تنوع زیستی در اکوسیستم‌های خاکی اهمیت دوچندان پیدا کرده است (۱۸). تنوع زیستی را که شامل تنوع، گوناگونی، ساختار جمعیتی، الگوی فراوانی و پراکنش گیاهان است، می‌توان برای مقایسه وضعیت اکولوژیک اکوسیستم‌های جنگلی به کار برد. تنوع زیستی ضامن انعطاف‌پذیری و ظرفیت سازگاری

از وضعیت غنا و تنوع زیستی توده‌ها دارد (۱). سارین و همکاران (۲۰۱۸) مطالعه‌ای را به منظور برآورد شاخص‌های تنوع زیستی در سطح قطعات نمونه در جنگل‌های بوره‌آل با استفاده از تصاویر فرایطیفی و ابر نقاط فتوگرامتری حاصل از پهباد انجام دادند. نتایج ایشان نشان داد بهترین مدل دارای میزان ریشه میانگین مربعات خطای نسبی ۲۴ تا ۲۹ درصد و بدترین مدل دارای ریشه میانگین مربعات خطای نسبی بالای ۱۰۰ درصد بود (۲۱). منگ و همکاران (۲۰۱۶) تنوع ساختاری جنگل را با استفاده از داده‌های طیفی و اطلاعات بافت حاصل از تصاویر ماهواره ای SPOT-5 انجام دادند. در زمانیکه از داده‌های طیفی و آنالیز به صورت توامان استفاده نمودند بهترین مدل برای شاخص شانون - وینر و سیمپسون به ترتیب دارای ضریب تبیین اصلاح شده ۰/۶۲ و ۰/۶۰ و ریشه میانگین مربعات خطای ۰/۳ و ۰/۱۸ بود (۱۴). لویز و همکاران (۲۰۱۷) مطالعه ای را به منظور تعیین قابلیت داده‌های سری زمانی Sentinel-2 و SPOT-5 برای برآورد شاخص‌های تنوع زیستی در کشور فرانسه انجام دادند. نتایج این مطالعه نشان داد بهترین مدل برای شاخص‌های شانون - وینر و سیمپسون به ترتیب ۰/۱۳ و ۰/۱۷ بود. نتایج این مطالعه نشان داد تلفیق تصاویر با قدرت تفکیک زمانی با تصاویر با قدرت تفکیک مکانی و طیفی بالا برای برآورد تنوع زیستی علفزارها کافی نیست (۱۲). با توجه به افزایش تخریب جنگل و تغییرات اقلیم داشتن اطلاع از وضعیت به‌هنگام تنوع درختی می‌تواند نقش مهمی در مدیریت پایدار و برنامه‌ریزی در سطح منطقه‌ای و ملی باشد. تهیه نقشه با دقت بالا ابزاری مناسب برای بررسی تنوع در سطح زمان می‌باشد. در اکثر مطالعاتی که تا به امروز در داخل کشور انجام شده است در بیشتر مواقع از تصاویری با قدرت تفکیک مکانی متوسط استفاده شده است.

از طرفی روش‌های متعددی نیز برای مدلسازی تنوع گونه‌ها وجود دارد. اکثر این مطالعات با استفاده از آماربرداری زمینی و عملیات میدانی انجام می‌شود که کاری وقت‌گیر و پرهزینه می‌باشد.

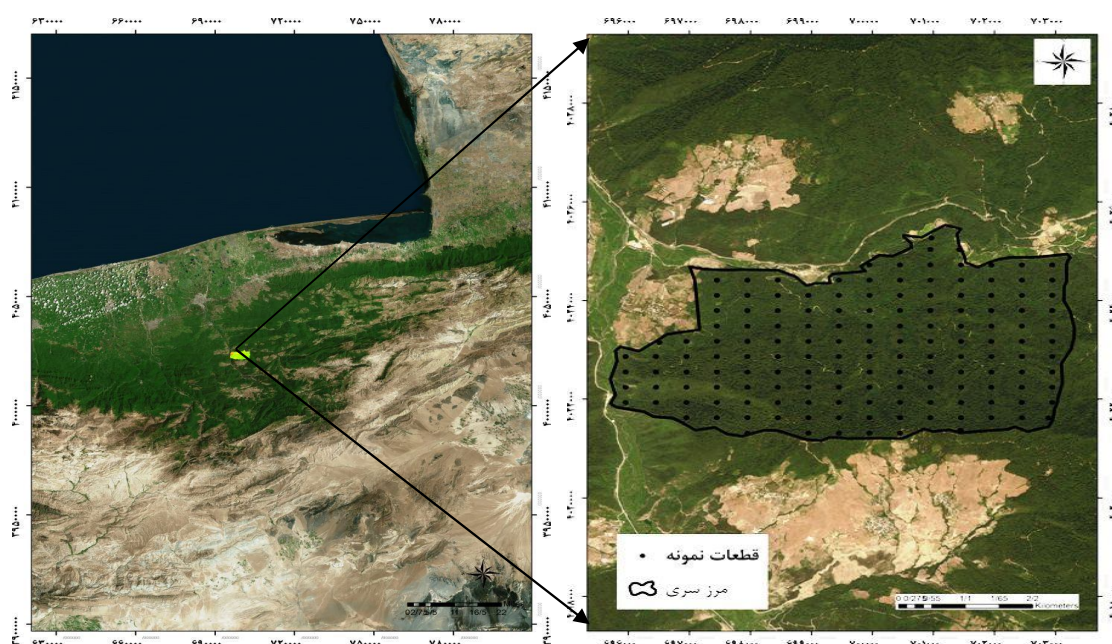
امروزه توسعه روزافزون تصاویر ماهواره ای و افزایش بیش از پیش توان تفکیک طیفی و مکانی آنها موجب شده است که این تصاویر به عنوان یک منبع مهم اطلاعاتی در مطالعات پوشش گیاهی قلمداد شوند. در مطالعات انجام شده قابلیت داده‌های ماهواره‌ای در برآورد تنوع درختی به اثبات رسیده است (۲، ۴، ۷، ۱۵، ۱۹). نعیمی (۱۳۷۸) به منظور ارزیابی و تهیه نقشه غنای گونه ای در پارک ملی گلستان از داده‌های سنجنده TM استفاده نمود. نتایج ایشان نشان داد بین شاخص‌های گیاهی با تنوع فلورستیکی رابطه معنی‌داری وجود دارد (۱۶). گیلزی (۲۰۰۹) به منظور تعیین تنوع گونه‌های چوبی در پاناما از داده‌های سنجنده ETM+ استفاده نمود. نتایج ایشان نشان داد شاخص NDVI دارای قابلیت بالایی در برآورد غنای گونه‌ای دارد. ضریب تبیین اصلاح شده بدست آمده برای مدل رگرسیونی در این مدل ۰/۵۸ بود (۹). ایمیتزر و همکاران (۲۰۱۲) از تصاویر World View 2 و روش جنگل تصادفی برای تعیین تنوع درختی در کشور اتریش استفاده نمود. نتایج ایشان نشان داد روش شی پایه نسبت به پیکسل پایه دارای دقت بالاتری می‌باشد (۱۱). روچینی و همکاران (۲۰۰۷) مطالعه‌ای را به منظور تعیین قابلیت تصاویر ماهواره ای Quickbird در برآورد تنوع گونه‌های درختی در کشور ایتالیا انجام دادند. بیشترین میزان ضریب تبیین بدست آمده در این مطالعه ۰/۴۸ بود (۲۰). آگبلاد و همکاران (۲۰۱۷) رابطه غنا، تنوع و شاخص گیاهی حاصل از داده‌های ماهواره‌ای را در کشور نیجریه را محاسبه نمودند. نتایج ایشان نشان داد داده‌های ماهواره‌ای قابلیت بالایی در کسب اطلاعات

شرقی و $36^{\circ}19'00''$ تا $36^{\circ}21'20''$ عرض شمالی قرار دارد. مساحت این سری بالغ بر ۲۳۲۴ هکتار می‌باشد که از این مقدار حدود $441/8$ هکتار (معادل ۱۹٪) آن را جنگلهای حفاظتی و حمایتی، $1857/3$ هکتار (معادل $79/9$ ٪) را عرصه‌های قابل کار و حدود $1795/2$ هکتار (معادل $77/2$ ٪) را جنگل‌های قابل بهره‌برداری (شامل $1605/1$ هکتار جنگل تولیدی و $190/1$ هکتار جنگل مخروطیه) تشکیل می‌دهد (شکل ۱). گونه‌های اصلی تشکیل‌دهنده این سری شامل راش، ممرز، بلوط، انجیلی، توسکا، کلهو، ملج و آزاد می‌باشد. مطابق با روش آمبرژه اقلیم منطقه نیمه مرطوب خنک می‌باشد.

نتایج این مطالعات نشان داد بسته به مناطق مختلف تصاویر ماهواره‌ای دارای قابلیت‌های متفاوتی (ضعیف تا نسبتاً مناسب) برای مدلسازی تنوع زیستی می‌باشد. لذا هدف از این مطالعه تعیین قابلیت سنجنده GeoEye-1 در برآورد تنوع درختی در جنگل‌های سری گردشی در شهرستان ساری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه سری گردشی از توابع شهرستان ساری می‌باشد. این سری با داشتن حداقل ارتفاع حدود ۳۰۰ متر و حداکثر بالغ بر ۹۷۰ متر از سطح دریا فی مابین $53^{\circ}10'50''$ تا $53^{\circ}15'55''$ طول



شکل ۱- نقشه منطقه مورد مطالعه در کشور ایران (الف) و پراکنش قطعات نمونه (ب).

Figure 1. study area map in Iran (a) and Distribution sample plots.

(به روش میانگیری زمانی) موقعیت مرکز قطعه نمونه با استفاده از GPS، اطلاعات مربوط به نوع گونه و قطر برابر سینه درختان با قطر بیشتر از $7/5$ سانتیمتر برداشت گردید. سپس به منظور بررسی تنوع درختی در جنگل با استفاده از تعداد گونه‌ها از شاخص تنوع

برداشت اطلاعات زمینی: جمع‌آوری قطعات نمونه با استفاده از یک شبکه آماربرداری 500×310 متر در تیرماه ۱۳۹۴ انجام شد. تعداد ۱۵۰ قطعه نمونه با ابعاد 30×30 متر و با شدت حدود $0/6$ درصد مشابه با مطالعات قبل مانند اکبری و کلبی (۲) و محمدی و شتایی (۱۵) برداشت گردید. پس از ثبت نسبتاً دقیق

۴ باند چند طیفی (آبی، سبز، قرمز و مادون قرمز نزدیک) با قدرت تفکیک مکانی حدود ۱/۶۵ متر می‌باشد. در این مطالعه از باندهای چند طیفی استفاده شد. از این داده‌ها به منظور استخراج ارزش‌های طیفی متناظر با قطعات نمونه‌های زمینی پس از عملیات میدانی و جمع آوری نمونه‌ها مورد استفاده قرار گرفت. با روی هم اندازی لایه وکتوری بر روی جاده‌های موجود در تصویر معلوم شد تصویر مورد نظر فاقد خطای هندسی می‌باشد همچنین با بزرگ نمایی و مشاهده تصویر بر روی سیستم هیچ گونه خطای رادیومتریک مشاهده نشد.

پردازش تصاویر ماهواره‌ای: در این مطالعه علاوه بر شاخص‌های گیاهی مختلف شامل NDVI، SR، MSAVI2، از تجزیه مولفه اصلی و چهار تا از مولفه‌های مرتبه دوم آنالیز بافت شامل آنروپی، واریانس، همگنی و عدم تجانس استفاده شد که رابطه آن در ذیل آورده شده است (روابط ۳ تا ۶).

$$\sigma_x^2 = \sum_{i=0}^{N-1} (i - \mu_x)^2 P_y(i), \sigma_y^2 = \sum_{j=0}^{N-1} (j - \mu_y)^2 P_y(j)$$

$$DIS = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} P_{i,j} |i - j|$$

$$ENT = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} P_{i,j} (-\ln P_{i,j})$$

$$HOM = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} \frac{P_{i,j}}{1 + (i - j)^2}$$

روش‌های مدل‌سازی: در این مطالعه پس از برآورد شاخص‌های تنوع درختی، از روش‌های درخت طبقه‌بندی و رگرسیونی، جنگل تصادفی، واریانت‌های مختلف نزدیک‌ترین همسایه و جنگل تصادفی برای مدل‌سازی استفاده شد.

اعتبار سنجی مدل‌های رگرسیونی: در این تحقیق به منظور ارزیابی و برازش مدل‌های رگرسیونی و نتایج

شانون و سیمپسون استفاده شد که رابطه آن در ذیل آورده شده است (رابطه ۱ و ۲).

$$\text{رابطه ۱- شاخص شانون } SH = -\sum P_i / \ln P_i$$

$$\text{رابطه ۲- شاخص سیمپسون } 1 - D = 1 - \sum_{i=1}^s P_i^2$$

که:

Pi نسبت تعداد افراد گونه i به تعداد کل افراد

S: تعداد گونه

N: تعداد کل افراد

داده‌های ماهواره‌ای: در این تحقیق از داده‌های سنجنده GeoEye-1 مربوط به تاریخ تیرماه سال ۱۳۹۱، استفاده شده است. در این تحقیق از داده‌های سنجنده GeoEye-1 به علت قدرت تفکیک مکانی و طیفی مناسب برای پدیده‌های مورد بررسی در این مطالعه استفاده شد. این سنجنده دارای یک باند پانکروماتیک با قدرت تفکیک مکانی ۴۱ سانتی متر و

رابطه ۳- واریانس

رابطه ۴- عدم تجانس

رابطه ۵- آنروپی

رابطه ۶- همگنی

همچنین اندازه پنجره مورد استفاده در این مطالعه

۱۱×۱۱، ۱۳×۱۳، ۱۵×۱۵، ۱۷×۱۷ و ۲۱×۲۱

استفاده شد.

انتخاب بهترین باندها: در این مطالعه با استفاده از روش جنگل تصادفی ۱۰ تا باندها که دارای بیشترین اهمیت برای مدل‌سازی برای هر یک از شاخص‌ها بود انتخاب شد.

$$\text{Bias}_r = \frac{\text{Bias}}{\bar{Y}} \times 100 \quad (\text{رابطه ۱۰})$$

که \hat{Y} مقدار برآورد شده و \bar{Y} میانگین برآورده شده؛ Y مقدار مشاهده شده و n تعداد مشاهدات می‌باشد.

نتایج و بحث

آگاهی از تغییرات تنوع گونه‌ای در اثر مدیریت جنگل و بهره‌برداری، جهت تصمیم‌گیری صحیح، برنامه‌ریزی‌های آینده توده‌های جنگلی و مدیریت پایدار جنگل لازم و ضروری است. برای مدل‌سازی تنوع درختی در جنگل از دوشاخ‌س سیمپسون و شانون استفاده شد. مشخصه‌های توصیفی برای داده‌هایی که برای مدل‌سازی و ارزیابی استفاده شده در جدول ۱ آورده شده است.

حاصل از تجزیه و تحلیل‌های آماری (برای هر دو روش)، ۳۰ درصد از داده‌ها به صورت تصادفی انتخاب و به عنوان مجموعه داده‌های ارزیابی کنار گذاشته شدند یا به عبارتی از روش اعتبار بخشی با نمونه آزمون استفاده شد. در این مطالعه از معیارهای آماری میانگین مجذور مربعات خطا (رابطه ۷)، میانگین مجذور مربعات خطای نسبی (رابطه ۸)، اریب (رابطه ۹) و اریب نسبی (رابطه ۱۰) به منظور اعتبار سنجی مدل‌های آماری استفاده شد (۱۵).

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n}} \quad (\text{رابطه ۷})$$

$$\text{RMSE}_r = \frac{\text{RMSE}}{\bar{Y}} \times 100 \quad (\text{رابطه ۸})$$

$$\text{Bias} = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)}{n} \quad (\text{رابطه ۹})$$

جدول ۱- مشخصه‌های توصیفی برای داده‌های مدل‌سازی و ارزیابی.

Table 1. Descriptive Characteristics for Modeling and Evaluation Data.

داده‌های ارزیابی Evaluation Data					داده‌های مدل‌سازی Modeling data					شاخص
انحراف معیار Standard deviation	حداکثر maximum	حداقل minimum	میانگین mean	تعداد Number	انحراف معیار Standard deviation	حداکثر maximum	حداقل minimum	میانگین mean	تعداد Number	Diversity index
0.13	0.74	0.11	0.52	50	0.19	0.79	0.13	0.48	100	سیمپسون
0.44	2.22	0.16	1.58	50	0.54	2.66	0.14	1.37	100	شانون

قدرت تفکیک مکانی این سنجنده مورد استفاده در مطالعات ذکر شده است.

نتایج مربوط به بهترین باندها با $P < 0.001$ با استفاده از روش جنگل تصادفی برای مدل‌سازی تنوع با استفاده از شاخص شانون وینر، سیمپسون و معکوس سیمپسون در جدول ۲ تا ۴ آورده شده است. نتایج نشان داد مشخصه بافت میانگین باند مادون قرمز نزدیک با اندازه پنجره ۱۵ در ۱۵ دارای بیشترین میزان اهمیت بود. ناگندرا و همکاران (۲۰۱۰) یافتند که آنالیز بافت ارتباط معنی‌داری با تنوع گونه درختی اندازه‌گیری شده با استفاده از شاخص شانون - وینر

در مرحله اول از بین باندها بهترین باندها با استفاده از جنگل تصادفی برای مدل‌سازی با استفاده از هر یک از شاخص‌ها مشخص گردید.

انتخاب بهترین باندها: در این مطالعه شاخص‌ها و آنالیز بافت حاصل از باند مادون قرمز نزدیک دارای بیشترین اهمیت برای مدل‌سازی از شاخص‌های تنوع زیستی بود. این نتایج کاملاً با نتایج اکبری و کلبی (۲) مطابقت دارد. نتایج بدست آمده برای مدل‌سازی هر سه شاخص نسبت به نتایج مشابه مثل محمدی و شتایی (۱۵)، اکبری و کلبی (۲) دارای وضعیت بهتری بود از جمله دلایل بهتر بودن این مطالعه، بهتر بودن

همکاران (۲۰۰۸) شاخص NDVI دارای بهترین ترکیب همبستگی با شاخص تنوع بود. و این طور بیان نمودند طول موج مادون قرمز اهمیت زیادی در برآورد تنوع گونه‌ای درختان و درختچه‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است (۸). در این مطالعه در دو مورد روش جنگل تصادفی نسبت به سایر روش‌های ناپارامتری دارای دقت بهتری بود. این نتایج با نتایج شتایی و همکاران (۲۳)، محمدی و همکاران (۱۵) مطابقت دارد.

دارد (۱۷). سنت-لوییز و همکاران (۲۰۰۶)، وود و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که مشخصه‌های بافت تصویر باعث بالابردن صحت برآورد شاخص غنای گونه‌ای می‌شود. در این مطالعه شاخص NDVI و مشتقات باند مادون قرمز نزدیک دارای بهترین نتایج در مدل‌سازی تنوع در جنگل سری گردشی بود (۲۵) و (۲۸). باوا و همکاران (۲۰۰۲) نیز ترکیب باندهای مادون قرمز نزدیک، شاخص NDVI و MSAVI2 در مقایسه با بقیه باندها برای برآورد تنوع زیستی دارای بهترین نتیجه بود (۴). بر اساس گیلیپسی و

جدول ۲- بهترین متغیرها انتخاب شده برای مدل‌سازی تنوع شاخص شانون - وینر.

Table 2. The best variables selected for Shannon-Weiner index diversity modeling.

p	F	متغیر Variable	ردیف Row
0.000	52.50	VarNIR 9*9	1
0.000	51.22	Mean NIR 9*9	2
0.000	49.20	Contrast NIR 11*11	3
0.000	48.32	NIR	4
0.000	44.28	NDVI	5
0.000	40.32	Entropy NIR 15* 15	6
0.000	38.34	Contrast Red 13*13	7
0.000	36.27	Mean NIR 9*9	8
0.000	32.33	Variance Green	9
0.000	30.34	Mean Red 9*9	10

جدول ۳- بهترین متغیرها انتخاب شده برای مدل‌سازی تنوع شاخص سیمپسون.

Table 3. The best variables selected for Simpson index diversity modeling.

p	F	متغیر Variable	ردیف Row
0.000	54.55	NDVI	1
0.000	52.28	Entropy NIR 15* 15	2
0.000	50.15	Mean NIR 9*9	3
0.000	49.46	NIR	4
0.000	46.78	VarNIR 9*9	5
0.000	43.45	Mean NIR 9*9	6
0.000	41.29	Variance NIR 13*13	7
0.000	38.45	Contrast NIR 11*11	8
0.000	29.25	PCA 4	9
0.000	20.23	Mean Red 9*9	10

بالاتر می‌باشد. مطابق با نتایج والتر (۲۰۰۹) در صورتی که میزان ضریب تبیین بالاتر از ۰/۵ باشد صحت مدل قابل قبول می‌باشد (۲۷). میزان ضریب تبیین بدست آمده برای مدل‌سازی شاخص سیمپسون نسبت به مدل بدست آمده توسط منگ و همکاران (۲۰۱۶) با ضریب تبیین اصلاح شده ۰/۶ و ریشه میانگین مربعات خطای (۱۴) و ۰/۱۸ و پنگ و همکاران (۲۰۱۷) با ضریب تبیین اصلاح شده ۰/۶۷ تا ۰/۸۶ و ریشه میانگین مربعات خطای ۰/۱۱ تا ۰/۲۴ (۱۸) ضعیف‌تر بود. شاید جمله دلایل ضعیف‌تر بودن نتایج این مدل به نوع تیپ، تراکم و منطقه مورد مطالعه و نوع سنجنده مورد استفاده اشاره کرد. اما ضریب تبیین بدست آمده در این مطالعه نسبت به مطالعه لوپز و همکاران (۲۰۱۷) وضعیت بهتری بود (۱۲).

نتایج مدل‌سازی برای شاخص‌های تنوع: شاخص سیمپسون: نتایج نشان داد کرنل RBF با ضریب تبیین ۵۸ درصد و ریشه میانگین مربعات خطای نسبی ۴۶ درصد دارای بهترین نتایج برای مدل‌سازی شاخص تنوع سیمپسون بود (جدول ۴). بریمن (۲۰۰۱) نشان داد روش CART به کوچک بودن واریانس در نمونه‌های تعلمی حساس می‌باشد که این باعث می‌شود بر نتایج مدل تاثیر گذار باشد (۵). دای و همکاران (۲۰۱۲) پیشنهاد کرد روش جنگل تصادفی باعث کاهش ناپایداری تک درخت رگرسیونی شده و در نتیجه بالا بردن صحت کلی نتایج مدل‌سازی می‌شود (۶). در این مطالعه نیز نتایج روش جنگل تصادفی نسبت به روش درخت طبقه‌بندی و رگرسیونی بهتر بود. در این مدل میزان ضریب تبیین به جزء برای روش درخت طبقه‌بندی و رگرسیونی نزدیک به ۰/۵ و

جدول ۴- نتایج مدل‌سازی شاخص سیمپسون با استفاده از تصاویر سنجنده 1. GeoEye

Table 4. results modeling for Shannon Index Results Using GeoEye-1 satellite Images.

Bias%	Bias	RMSE%	RMSE	R ²	روش Method	ردیف Row
3.8	0.02	55.7	0.29	55.0	Random Forest	1
-1.9	-0.01	69.2	0.36	42.0	CART	2
-5.7	-0.03	73.0	0.38	49.6	Euclidean KNN	3
-3.8	-0.02	71.1	0.37	49.3	Euclidean squared KNN-	4
-7.6	-0.04	63.4	0.33	49.5	City block KNN	5
5.7	0.03	67.3	0.35	47.7	Chebyshev KNN	6
9.6	0.05	71.1	0.37	49.0	Linear SVM	7
5.7	0.03	48.0	0.25	55.5	Polynomial SVM	8
1.9	0.01	46.1	0.24	58.2	RBF SVM	9
1.9	0.01	48.0	0.25	57.5	Sigmoid SVM	10

بایاس ۰/۰۶ بود. اما جنگل تصادفی دارای کمترین ریشه میانگین مربعات خطای نسبی حدود ۴۸ درصد بود (جدول ۵). با توجه به اینکه پارامتر صحت نسبت به

شاخص شانون: نتایج نشان داد بالاترین ضریب تبیین و کمترین اربیی مربوط به کرنل سیگموئید روش ماشین بردار پشتیبان با ضریب تبیین ۵۴/۵ درصد

مطالعه لوپز و همکاران (۲۰۱۷) دارای ضریب تبیین بالاتری بود. شاید از جمله دلایل بالاتر بودن ضریب تبیین در این مطالعه به نوع پوشش گیاهی اشاره کرد (۱۲).

دقت در مدل‌سازی ارجحیت بیشتری دارد لذا در این مطالعه کرنل سیگموئید با توجه به پایین تر بودن مقدار اریبی به‌عنوان بهترین روش انتخاب گردید. میزان ضریب تبیین بدست آمده در این مطالعه نسبت به

جدول ۵- نتایج مدل‌سازی شاخص شانون با استفاده از تصاویر سنجنده GeoEye-1

Table 5. Results for modeling Shannon Forest Results Using GeoEye-1satellite Images.

Bias%	Bias	RMSE%	RMSE	R ²	روش Method	ردیف Row
1.20	0.02	48.1	0.76	54.0	Random Forest	1
-0.06	-0.01	60.7	0.96	40.0	CART	2
-1.80	-0.03	51.2	0.81	44.0	Euclidean KNN	3
-1.2	-0.02	51.2	0.81	47.0	Euclidean squared KNN-	4
-2.5	-0.04	50.6	0.80	46.5	City block KNN	5
1.8	0.03	53.1	0.84	46.3	Chebyshev KNN	6
3.1	0.05	56.9	0.90	45.0	Linear SVM	7
1.8	0.03	51.8	0.82	52.0	Polynomial SVM	8
0.06	0.01	51.2	0.81	53.5	RBF SVM	9
0.06	0.01	50.6	0.80	54.5	Sigmoid SVM	10

نتیجه‌گیری نهایی

این مطالعه با هدف تعیین قابلیت داده‌های سنجنده GeoEye در مدل‌سازی تنوع درختی در جنگل سری گردشی شهرستان ساری انجام شد. با توجه به نتایج ارزیابی مدل بدست آمده می‌توان نتیجه گرفت داده‌های فوق، فاقد قابلیت جهت استفاده عملی در مدل‌سازی تنوع درختی بود و می‌توان از این داده‌ها جهت دستبازی اطلاعات کلی از تنوع منطقه گردشی استفاده نمود. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی برای بررسی و مدل‌سازی از سایر مشخصه‌های تنوع ساختاری جنگل و داده‌های کمکی برای حصول به دقت بالاتر استفاده شود.

میزان ضریب تبیین بدست آمده در این مطالعه برای هر سه شاخص ۰/۴۰ تا ۰/۵۸ بود. این نتایج نسبت به نتایج مطالعات مشابه همانند محمدی و همکاران (۱۵)، گیلپسی و همکاران (۸) دارای وضعیت بهتری بود. از جمله دلایل بهتر بودن نتایج این مطالعه نسبت به مطالعات فوق بهتر بودن قدرت تفکیک مکانی سنجنده مورد استفاده در این مطالعه می‌باشد. نتایج این مطالعه نشان داد داده‌های ماهواره‌ی GeoEye قابلیت متوسطی در برآورد تنوع درختی در جنگل دارد.

منابع

1. Agbelade, A.D., Onyekwelu, J.C., and Oyun, M.B. 2017. Tree Species Richness, Diversity, and Vegetation Index for Federal Capital Territory, Abuja, Nigeria. International Journal of Forestry Research, 4549756, <https://doi.org/10.1155/2017/4549756>.
2. Akbari, H., and Kalbi, S. 2016. Determining Pleiades satellite data capability for tree diversity modeling. iForest. doi: 10.3832/ifor1884-009 [online 2016-11-19].
3. Ardekani, M.R. 2004. Ecology. Tehran University Press. 340p. (In Persian)

4. Bawa, K., Rose, J., Ganeshaiyah, K.N., Barve, N., Kiran, M.C., and Umashaanker, R. 2002. Assessing biodiversity from space: an example from the Western Ghats India. *Conservation Ecology* 6 (2): 7. [Online] URL: [http://www. Research gate. Net/publication/42763983](http://www.Research.gate.Net/publication/42763983).
5. Breiman, L. 2001. Random forests. *Mach. Learn.* 45: 5-32.
6. Dye, M., Mutanga, O., and Ismail, R. 2012. Combining spectral and textural remote sensing variables using random forests: Predicting the age of pinus patula forests in Kwazulu-Natal, South Africa. *J. Spat. Sci.* 57: 193-211.
7. Gillepsi, T.W., Saatchi, S., Pau, U., Bohlman, S., Giorgi, A.P., and Lewis, S. 2008. Towards quantifying tropical tree species richness in tropical forests. *Inter. J. Rem. Sens.* 30: 6. 1629-1634.
8. Gillespie, T.W., Moody, G.M., Rocchini, D., Giorgi, A.P., and Saatchi, S. 2008. Progress in Physical Geography, 32: 2. 203-221.
9. Gillespie, T.W., Saatchi, S., Pau, U., Bohlman, S., Giorgi, A.P., and Lewis, S. 2009. Towards quantifying tropical tree species richness in tropical forests, *Inter. J. Rem. Sens.* 30: 6. 1629-1634.
10. Hosseini, S.M. 2000. Determination of ecological capability of native habitats of Iran. Doctoral dissertation, Tarbiat Modarres University. 160p. (In Persian)
11. Immitzer, M., Atzberger, C., and Koukal, T. 2012. Tree Species Classification with Random Forest Using Very High Spatial Resolution 8-Band WorldView-2 Satellite Data. *Remote Sens.* 4: 2661-2693.
12. Lopes, M., Fauvel, M., Ouin, A., and Girard, S. 2017. Potential of Sentinel-2 and SPOT5 (Take5) time series for the estimation of grasslands biodiversity indices. MultiTemp 2017 - 9th International Workshop on the Analysis of Multitemporal Remote Sensing Images, Jun 2017, Bruges, Belgium. pp. 1-4, 10.1109 / Multi-Temp.2017.8035206.
13. McRoberts, R.E., and Tomppo, E.O. 2007. Remote sensing support for national forest inventories. *Remote Sens. Environ.* 110: 412-419.
14. Meng, J., Li, S., Wang, W., Liu, Q., Xie, S., and Ma, W. 2016. Estimation of Forest Structural Diversity Using the Spectral and Textural Information Derived from SPOT-5 Satellite Images. *Remote Sens.* 8: 125. 1-24.
15. Mohammadi, J., and Shataee, S. 2007. Forest stand density mapping using Landsat-ETM+ data, Loveh's forest, north of Iran. In: Proceedings of the "28th Asian Conferences of Remote Sensing". Malaysia, 12-16 Nov 2007, pp. 10-27. [Online] URL: [http://www.researchgate.net / publication/228450106](http://www.researchgate.net/publication/228450106).
16. Naeemi B. 1378. Evaluation and preparation of map of diversity and richness of plant species of Golestan National Park using TM data, Master's thesis, Tarbiat Modarres University, 95p. (In Persian)
17. Nagendra, H., Rocchini, D., Ghate, R., Sharma, B., and Pareeth, S. 2010. Assessing plant diversity in a dry tropical forest: Comparing the utility of Landsat and Ikonos satellite images. *Rem. Sens.* 2: 478-496.
18. Peng, Y., Fan, M., Song, J., Cui, T., and Li, R. 2018. Assessment of plant species diversity based on hyper spectral indices at a fine scale. *Scientific Reports*, 8: 47-76.
19. Pourbabaei, H. 1998. Biological diversity of wood species in the forests of Guilan province. PhD thesis, Tarbiat Modarres University. 367p. (In Persian)
20. Rocchini, D., Ricotta, C., and Chiarucci, A. 2007. Using Satellite Imagery to Assess Plant Species Richness: The Role of Multispectral Systems. *Applied Vegetation Science*, 10: 3. 325-331.
21. Saarinen, N., Vastaranta, M., Näsi R., Rosnell, T., Hakala T., Honkavaara, E., Wulder, M.A., Luoma, V., Tommaselli A.M.G., Imai, N.N., Ribeiro, E.A.W., Guimarães, R.B., Holopainen M., and Hyypä, J. 2018. Assessing Biodiversity in Boreal Forests with UAV-Based Photogrammetric Point Clouds and Hyperspectral Imaging. *Remote Sens.* 10: 338. 1-24.
22. Safari, A., Shaabani, N., Erfanfard, S.Y., Hassan Heidari, R., and Pourreza

- M. 2010. Investigation of spatial distribution pattern of bane species (Case study: Bayangan forest in Kermanshah province). Iran. For. J. 2: 2. 177-185. (In Persian)
23. Shataee, Sh., and Darvish Sefat, A.A.S. 2007. Comparison of Base Object Method and Base Pixel of Satellite Images in Jungle Type Classification, J. Natur. Resour. Faculty, 869: 13-881. (In Persian)
24. Shataee, Sh., Kalbi, S., and Fallah, A. 2012. Forest Attributes Imputation using Machine-Learning Methods and ASTER Data: Comparison of k-NN, SVR and Random Forest Regression Algorithms. Inter. J. Rem. Sens. 33: 19. 6254-6280.
25. St-Louis, V., Pidgeon, A.M., Radeloff, V.C., Hawbaker, T.J., and Clayton, M.K. 2006. High-resolution image texture as a predictor of bird species richness. Rem. Sens. Environ. 105: 299-312.
26. Walker, R.E., Stoms, D.M., Estes, J.E., and Cayocca, K.D. 1992. Relationships between biological diversity and multi-temporal vegetation index data in California. ASPRS ACSM held in Albuquerque, New Mexico. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 15: 562-571.
27. Wolter, P.T., Townsend, P.A., and Sturtevant, B.R. 2009. Estimation of forest structural parameters using 5 and 10 mSPOT-5 satellite data. Rem. Sens. Environ. 113: 2019-2036.
28. Wood, E.M., Pidgeon, A.M., Radeloff, V.C., and Keuler, N.S. 2013. Image texture predicts avian density and species richness. PLOS ONE, 8: e63211.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 26 (2), 2019

<http://jwfst.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jwfst.2019.16391.1801

Tree species diversity monitoring using GeoEye satellite image in Gardeshi forest District

***H. Akbari¹ and S. Kalbi²**

¹Assistant Prof., Dept. of Forest Engineering, Sari Agriculture and Natural resource, Sari, Iran,

²Ph.D., Dept. of Forest Engineering, Sari Agriculture and Natural resource, Sari, Iran

Received: 03.06.2019; Accepted: 07.20.2019

Abstract

Background and Objectives: Understanding the link between conservation of biodiversity and ecosystem processes is one of the main issues in ecological research. Forests are one of the valuable natural resources of the planet, which plays an important role in the ecological balance and the lives of human societies. Tree species diversity is a key parameter to describe forest ecosystems in close-to-nature forest management. Modeling and mapping of tree diversity are a useful tool for conservation and management of forests. Hyrcanian forest, In terms of tree diversity, the richest forests in Iran during recent years has been subject to Extreme changes. Ecologists in recent decades have been paying more attention to estimating tree diversity through quick and non-destructive methods. Integrating remote-sensing data with ground data can be a suitable method for this purpose. The aim of this study is determination of GeoEye satellite image capability for tree species diversity monitoring in Gardeshi forest District.

Materials and Methods: For this purpose, using field sampling, 150 samples with 30 * 30 dimension were taken. Then the Shannon-Weiner, Simpson and Simpson index were calculated in each plots. Preprocessing and processing include principle component analyze, vegetation index and texture analyze carry out in the satellite image. 70% of training samples were used for modeling. For modeling, classification and regression tree methods, Random forest, different variants of the nearest neighbor and different kernels of machine support vector were used. The best bands were selected for modeling. Models were evaluated using 30% of the samples. Then the best models were specified for each diversity index.

Results: The results showed that among the indices, the Near-Infrared band and derived texture analyses bands extracted from Near Infrared band were selected as the best band for modeling. The results showed RBF kernel of SVM with a 58% determined coefficient and a root mean square error of 46% and Relative bias of 1.9 % for the Simpson Model was the best. Also, for the Shannon Wiener Diversity index the highest results with the determined coefficient of 54.4 percent and relative bias of 0.06 percent, was related to sigmoid kernel.

Conclusion: The results showed that GeoEye-1 satellite data lacked satisfactory results in estimating tree diversity in circular forest forests. The models used by the RBF kernel method and the Sigmoid kernel method had the best result in the carrier vector machine method

Keywords: Shannon winner index, Simpson and Gardeshi District, Tree diversity

*Corresponding author; hassan_akbarivas@yahoo.com