



فصلنامه علوم محیطی، دوره هجدهم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹

۴۹-۷۲

بکارگیری تصاویر ماهواره‌ای و پردازش شیء‌گرا در استخراج نقشه کاربری و پوشش زمین‌ها با هدف مدل‌سازی خدمات اکوسیستم (مطالعه موردی: استان لرستان)

زهرا اسدالهی^{۱*}، مصطفی کشتکار^۲ و ضیاءالدین باده‌بان^۳

^۱ گروه محیط زیست و شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران
^۲ گروه برنامه‌ریزی و طراحی محیط زیست، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
^۳ گروه جنگل، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۸/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۰۸

اسدالهی، ز. م. کشتکار و ض. باده‌بان. ۱۳۹۹. بکارگیری تصاویر ماهواره‌ای و پردازش شیء‌گرا در استخراج نقشه کاربری و پوشش زمین‌ها با هدف مدل‌سازی خدمات اکوسیستم (مطالعه موردی: استان لرستان). فصلنامه علوم محیطی. ۱۸(۳): ۴۹-۷۲

سابقه و هدف: با توجه به اهمیت ویژه نقشه‌های خدمات اکوسیستم در تصمیم‌گیری، رویکردهای مختلفی برای نقشه‌سازی خدمات اکوسیستم توسعه داده شده است. نرم‌افزار InVEST مبتنی بر مدل‌هایی است که داده کاربری و پوشش زمین‌ها را با عرضه خدمات اکوسیستم مرتبط می‌سازد، به‌طوریکه کاربری زمین‌ها، یک مؤلفه اساسی برای کلیه مدل‌ها محسوب می‌شود. در حال حاضر فن‌آوری سنجش از دور یکی از تکنیک‌های برتر در استخراج نقشه کاربری و پوشش زمین‌ها با استفاده از دو روش پیکسل پایه و شیء‌گرا محسوب می‌شود. در حالی که روش پیکسل پایه مبتنی بر طبقه‌بندی ارزش‌های عددی تصویرها می‌باشد، پردازش شیء‌گرای تصاویر به دلیل استفاده از اطلاعات طیفی و اطلاعات مربوط به بافت و محتوا نیز در فرآیند طبقه‌بندی از دقت بالاتری برخوردار است. به‌طوریکه کاربرد گسترده‌ای در تمامی بخش‌ها از جمله علوم محیطی دارد. در این راستا پژوهش حاضر با هدف بکارگیری تصاویر ماهواره‌ای و پردازش شیء‌گرا در تهیه نقشه کاربری و پوشش زمین‌های استان لرستان و مدل‌سازی خدمات زیستگاهی انجام شد.

مواد و روش‌ها: پژوهش با بکارگیری نرم‌افزارهای eCognition 9.01 و InVEST3.0 طی چهار گام شامل آماده‌سازی لایه‌های اطلاعاتی، پردازش شیء‌گرای تصویرهای ماهواره‌ای، طبقه‌بندی شیء‌گرا و در نهایت مدل‌سازی خدمات زیستگاهی انجام شد. تصاویر دو ماهواره لندست و سنتینل در محیط نرم‌افزار eCognition فیوژن شده و در تلفیق با داده‌های مدل رقومی ارتفاع سنجنده ASTER مورد پردازش قرار گرفته است. سگمنت‌سازی به‌عنوان اولین مرحله طبقه‌بندی شیء‌گرا با استفاده از الگوریتم Multiresolution Segmentation انجام شد. به دلیل بزرگی منطقه مورد مطالعه و قدرت تفکیک مکانی متوسط تصاویر لندست، تصاویر با مقیاس ۳۰، ضریب شکل ۰/۴ و فشردگی ۰/۵ سگمنت‌سازی شد و بر اساس الگوریتم فازی اشتراک^۱، کاربری‌های مورد نظر با استفاده از سنجه‌هایی نظیر بافت^۲، هندسه^۳، شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی^۴، ترکیب سطوح خاکستری پیکسل^۵ و درجات روشنایی طبقه‌بندی

* Corresponding Author: Email Address. asadolahi.z@lu.ac.ir
<http://doi.org.10.29252/envs.18.3.49>

شدند که در این رابطه الگوریتم طبقه‌بندی Assign class مورد استفاده قرار گرفت. سپس با مطابقت دادن نقشه مستخرج با ۱۳۰ نقطه تعلیمی، دقت و صحت طبقه‌بندی با ضریب کاپا مشخص شد. در ادامه نقشه کاربری و پوشش زمین‌ها به منظور مدل‌سازی خدمات زیستگاهی وارد نرم‌افزار InVEST شد.

نتایج و بحث: نتایج و آمار به‌دست آمده برای دقت و صحت طبقه‌بندی با پردازش شیء‌گرا نتایج قابل قبولی را بیان کرد به‌طوری‌که ضریب کاپای طبقه‌بندی معادل ۰/۹۳ برآورد شد. در محدوده مورد مطالعه طبقات کاربری و پوشش زمین‌ها در شش طبقه شامل کشاورزی آبی و دیم، جنگل، مرتع، منطقه‌های انسان‌ساخت و منابع‌های آب تهیه شدند. بنابر نتایج، مرتع‌ها و جنگل با درصد مساحت ۳۹/۸ و ۳۳/۰ درصد بیش از ۷۲/۸ درصد سطح استان لرستان را به خود اختصاص داده‌اند. از جمله مشکلات تهیه نقشه کاربری زمین‌ها به عدم توانایی تصاویر ماهواره‌ای لندست با ابعاد پیکسلی ۳۰ متری در تفکیک زارعیت دیم، مرتع‌ها و جنگل‌های کم‌تراکم به دلیل تشابه طیفی آن‌ها و همچنین منطقه‌های روستایی به دلیل سطح کوچک آن‌ها اشاره نمود. بنابراین سعی شد که با استفاده از تغییر ویژگی‌های سگمنت نظیر شکل، تن، بافت و همچنین اطلاعات جانبی این محدودیت برطرف شود. برای هر طبقه کاربری زمین‌ها درجه مطلوبیت زیستگاه در نظر گرفته شد. همچنین حساسیت هر یک از تیپ‌های زیستگاه به تهدیدات مورد نظر در منطقه مورد مطالعه وزن‌دهی شد. عامل‌های تهدید انسانی مؤثر بر کیفیت زیستگاه در سه گروه زمین‌های کشاورزی، منطقه‌های مسکونی و جاده‌ها قرار گرفتند. در نهایت با اجرای مدل، سنج کیفیت زیستگاه با ارزشی بین صفر تا یک حاصل شد.

نتیجه‌گیری: رویکردهای مختلفی برای نقشه‌سازی خدمات اکوسیستم وجود دارد که یکی از آن‌ها استخراج اطلاعات خدمات اکوسیستم به‌طور مستقیم از نقشه‌های کاربری و پوشش زمین‌ها است. چنین رویکردی برای آن دسته از منطقه‌های بزرگ مقیاس مناسب است که از نظر داده‌های در دسترس و نیروی متخصص محدودیت دارند و خدمت مورد بررسی به‌طور مستقیم با کاربری زمین‌ها مرتبط است.

واژه‌های کلیدی: Sentinel, Landsat, InVEST, خدمات زیستگاهی.

مقدمه

به برخی از نرم‌افزارهای مدل‌سازی خدمات اکوسیستم از جمله EcoAIM, TESSA, BeST, SolVES, ARIES, InVEST, MIMES, Co\$ting, ESValue, WHBET, EcoMetric اشاره نمود (Bagstad *et al.*, 2013; Healy and Secchi, 2016). یکی از نرم‌افزارهای تخصصی مدل‌سازی خدمات اکوسیستم، ابزار یکپارچه ارزش‌گذاری خدمات اکوسیستم و همکنشی میان آن‌ها، InVEST^{۱۰} است که توسط پروژه سرمایه طبیعی^{۱۱} توسعه یافته است (Sharp *et al.*, 2014). بسته نرم‌افزاری InVEST مبتنی بر مدل‌هایی است که داده کاربری و پوشش زمین‌ها را با عرضه خدمات اکوسیستم مرتبط می‌سازند، به‌طوری‌که کاربری زمین‌ها یک مؤلفه اساسی برای کلیه مدل‌ها محسوب می‌شود (Maes *et al.*, 2012). خروجی مدل‌ها شامل نقشه‌های مکانی و تخمین ارزش اقتصادی خدمات اکوسیستم هر مدل است (Sharp *et al.*, 2014).

با شناخت روزافزون از ارتباط میان انسان و محیط زیست، میزان آگاهی افراد از اهمیت اکوسیستم‌ها در حفظ و بهبود رفاه انسانی افزایش یافته است که توسعه مفهوم خدمات اکوسیستم را به دنبال داشته است (Nahlik *et al.*, 2012). خدمات اکوسیستم منافی هستند که افراد به‌شکل مستقیم یا غیر مستقیم از اکوسیستم به‌دست می‌آورند که با هدف ایجاد ارتباط با رفاه انسانی در چهار طبقه فراهم‌سازی^۶ حمایتی^۷، تنظیمی^۸ و فرهنگی^۹ دسته‌بندی می‌شوند (MA, 2005). نقشه‌های خدمات اکوسیستم ابزار مهمی برای تصمیم‌گیران هستند و آن‌ها را قادر می‌سازند تا منطقه‌های با عرضه بالای خدمات را به‌شکل مکانی شناسایی کنند (Balvanera *et al.*, 2011). با توجه به اهمیت ویژه نقشه‌های خدمات اکوسیستم در تصمیم‌گیری، تعداد مطالعاتی که نقشه توزیع مکانی آن‌ها را نشان داده‌اند، افزایش یافته است و رویکردهای مختلفی برای نقشه‌سازی خدمات اکوسیستم توسعه داده شده است که از آن جمله می‌توان

طبقه‌بندی ارزش‌های عددی تصاویر می‌باشد. پردازش شیء‌گرایی تصاویر به دلیل استفاده از اطلاعات طیفی و اطلاعات مربوط به بافت و محتوا نیز در فرآیند طبقه‌بندی از دقت بالاتری برخوردار است (Yan, 2003). از این‌رو بکارگیری تکنیک شیء‌گرا به‌منظور استخراج اطلاعات کاربری زمین‌ها در مطالعات داخلی نیز در حال افزایش است (Feizizadeh and Helali, 2010; Rezaeimoghadam *et al.*, 2010; Ghorbani *et al.*, 2013; Feizizadeh *et al.*, 2018).

امروزه تکنیک‌های سنجش از دور به دلیل فراهم آوردن داده‌های بروز و قابلیت بالای تجزیه و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای، کاربرد گسترده‌ای در تمامی بخش‌ها از جمله علوم محیطی و مدل‌سازی خدمات اکوسیستم دارند. در این راستا پژوهش حاضر سعی دارد با بکارگیری تصاویر ماهواره‌ای و پردازش شیء‌گرا نقشه کاربری و پوشش زمین‌ها در مقیاس استان لرستان را استخراج نموده و خروجی حاصله را در مدل‌سازی خدمات زیستگاهی بکار گیرد. استان لرستان به دلیل تنوع بالای اکوسیستمی، زیستگاه مناسبی برای بسیاری از گونه‌ها از جمله پستانداران و پرندگان است. وجود منطقه‌های حفاظت شده اشترانکوه و سفیدکوه و منطقه‌های شکار و صید ممنوع قالیکوه، گرین و تالاب‌های پلدختر بر ارزش زیستگاهی این منطقه در حفظ تنوع زیستی تأکید دارند. از اولین مطالعات داخلی انجام شده در رابطه با نقشه‌سازی خدمات اکوسیستم برپایه کاربری زمین‌ها می‌توان به مطالعه (2008) Mobarghei اشاره کرد که به نقشه‌سازی و ارزش‌گذاری خدمات چندگانه اکوسیستم جنگل‌های خزری با استفاده از GIS پرداخته است. همچنین تحقیق‌های اخیر بر استفاده از نرم‌افزار InVEST در نقشه‌سازی خدمات اکوسیستم تأکید داشته‌اند (Zarandian *et al.*, 2017; Asadolahi *et al.*, 2018; Keshtkar, 2018).

مواد و روش‌ها

نقشه‌سازی خدمات اکوسیستم برپایه داده کاربری و پوشش زمین‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای eCognition 9.01 و InVEST3.0 طی چهار گام شامل آماده‌سازی لایه‌های اطلاعاتی، پردازش شیء‌گرایی تصاویر ماهواره‌ای، طبقه‌بندی شیء‌گرا و در

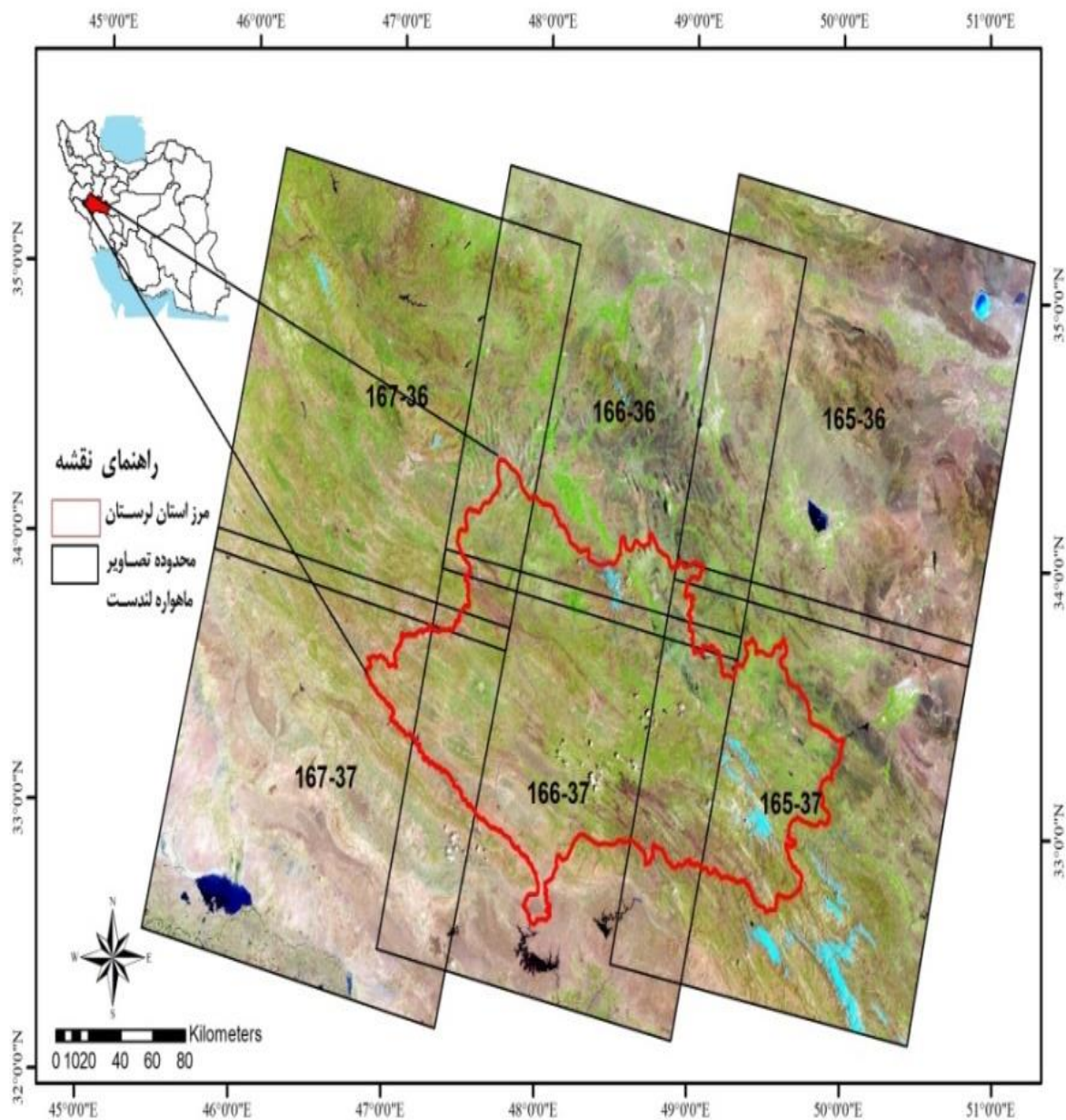
همچنین اتحادیه اروپا در جهت تنظیم سیاست‌های خود در راستای حمایت از منبع‌های طبیعی، مدل ESTIMAP را به‌عنوان ابزار پشتیبانی مدل‌سازی خدمات اکوسیستم در مقیاس اروپا توسعه داده است. مدل ESTIMAP با استفاده از نقشه‌های کاربری و پوشش زمین و دیگر اطلاعات مکانی خدمات اکوسیستم را نقشه‌سازی می‌کند (Zulian *et al.*, 2013). نرم‌افزارهایی مانند InVEST و ESTIMAP با مدل‌های تحلیل سناریو و تغییر کاربری زمین‌ها یکپارچه شده است تا به تصمیم‌گیران کمک کند تا این موضوع را ارزیابی کنند که چگونه نحوه تخصیص بودجه به کاربری زمین‌ها و به‌تبع آن خدمات اکوسیستم تأثیر می‌گذارد (Lavelle *et al.*, 2011; Batista e Silva *et al.*, 2013). استخراج اطلاعات مربوط به کاربری زمین‌ها و آگاهی از تغییرات آن‌ها در طول زمان یکی از پیش شرط‌های اساسی استفاده بهتر از سرزمین است. دانستن درصد هر کدام از طبقات کاربری زمین‌ها برای نمونه زمین‌های کشاورزی، منطقه‌های مسکونی و همچنین اطلاع از نسبت تغییرات آن‌ها در طول زمان، برای هدف‌های مدیریت و برنامه‌ریزی از ضروریات است (Feizizadeh *et al.*, 2018). فعالیت‌های انسانی در قالب تغییر کاربری زمین‌ها به‌شکل قابل توجهی پوشش زمین را در مقیاس جهانی تغییر داده و عرضه خدمات اکوسیستمی را تحت تأثیر قرار داده است (MA, 2005). بنابر تحقیقات (Costanza *et al.*, 2014) تغییر کاربری زمین‌ها در فاصله سال‌های ۱۹۹۷ و ۲۰۱۱ منجر به از دست‌دهی ارزش خدمات اکوسیستم به میزان ۴/۳ - ۲۰/۲ تریلیون دلار در هر سال شده است. درحال حاضر فن‌آوری سنجش از دور یکی از تکنیک‌های برتر موجود برای استخراج نقشه‌های کاربری زمین‌ها محسوب می‌شود که با کمترین هزینه در مدت زمان کوتاه دستیابی به اطلاعات ارزشمند را میسر می‌سازد. استخراج اطلاعات از تصاویر رقومی ماهواره‌ای با استفاده از دو روش پیکسل‌پایه و شیء‌گرا امکان‌پذیر است. درحالی‌که روش پیکسل‌پایه مبتنی بر

۵۱°۴۶' و ۳۰°۵۰' طول شرقی و ۳۷°۳۲' و ۲۳°۳۴' عرض شمالی واقع شده است (شکل ۲). میانگین ارتفاع آن بیش از ۲۲۰۰ متر از سطح دریا است، پست‌ترین نقطه استان با ارتفاع ۲۳۹ متر در دشت‌های استان و بلندترین قله آن اشترانکوه با ارتفاع ۴۰۸۰ متر از سطح دریا در میان رشته کوه زاگرس قرار دارد (Statistical Yearbook of Lorestan, 2014).

نهایت مدل‌سازی خدمات اکوسیستمی انجام شد که مرحله‌های اجرای هر یک از گام‌ها به تفکیک در شکل ۱ قابل مشاهده است.

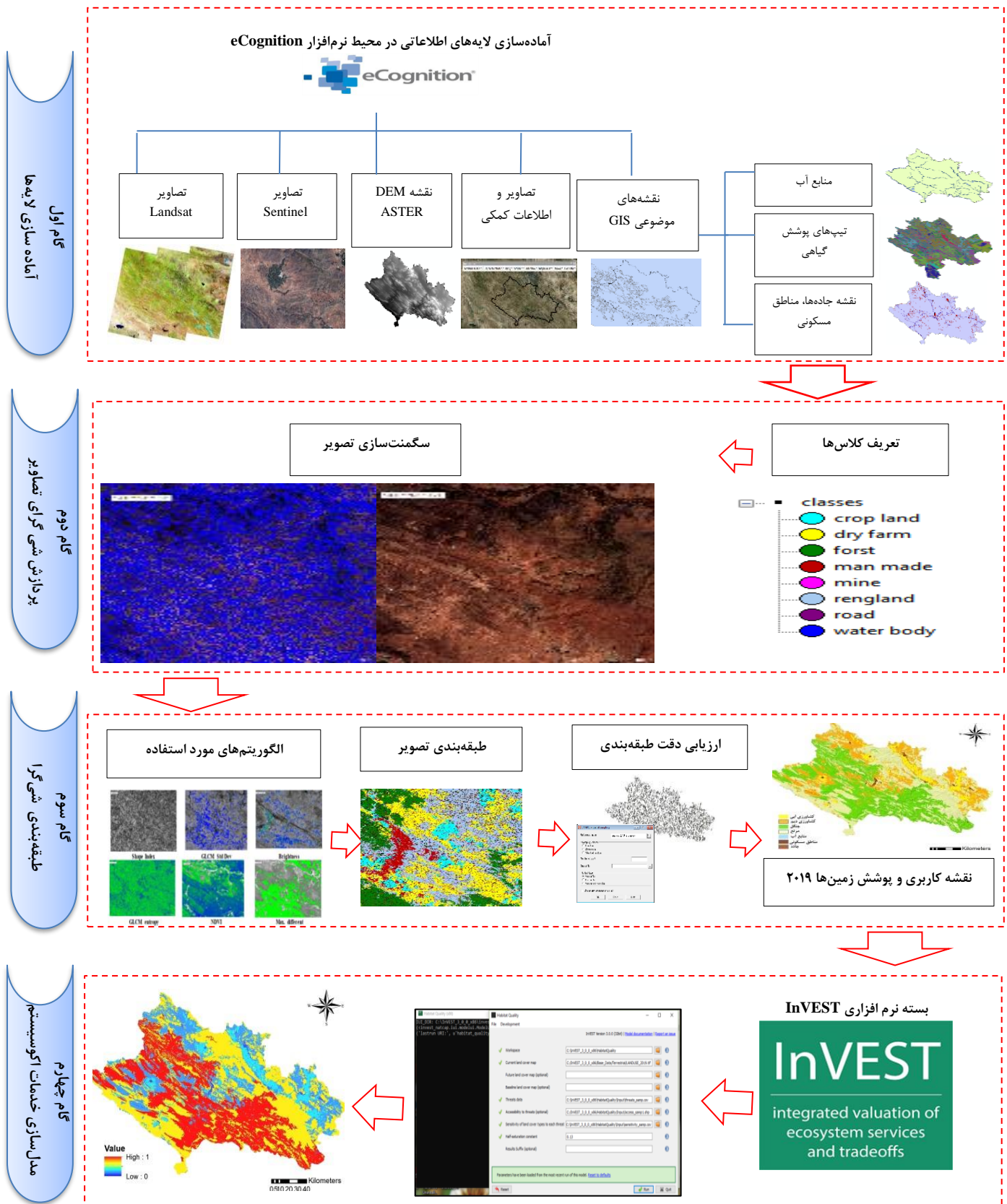
معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، استان لرستان با مساحت ۲۸۲۴۹ کیلومترمربع در جنوب غربی کشور و در محدوده جغرافیایی



شکل ۱- گام‌های انجام پژوهش

Fig. 1- Research steps



شکل ۲- منطقه مورد مطالعه و محدوده تصاویر ماهواره لندست

Fig. 2- Study area and Landsat satellite images

بکارگیری پردازش شیء‌گرا در تهیه نقشه کاربری و

پوشش زمین‌های استان لرستان

گام اول: آماده‌سازی لایه‌های اطلاعاتی در محیط نرم‌افزار

eCognition 9.01

در تحقیق حاضر با هدف استخراج طبقات کاربری و پوشش زمین‌ها در مقیاس استان لرستان مطابق جدول ۱ از تصاویر ماهواره لندست و سنتینل استفاده شد. تصاویر دو ماهواره در محیط نرم‌افزار شیء‌گرا فیوژن شده و در تلفیق با داده‌های مدل رقومی ارتفاع (DEM) سنجنده ASTER با دقت مکانی ۳۰ متر مورد پردازش قرار گرفته است. جزئیات اطلاعات تصاویر مستخرج و دیگر لایه‌های اطلاعاتی مورد استفاده در جدول ۲ قابل مشاهده است.

گام دوم: پردازش شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای

استخراج نقشه کاربری و پوشش زمین‌ها از تصاویر ماهواره‌ای براساس اطلاعات طیفی دارای محدودیت‌هایی است. بنابراین با هدف افزایش دقت باید از منابع اطلاعات دیگری استفاده شود (Chen et al., 2009). در تکنیک پیکسل پایه از ارزش عددی پیکسل‌ها استفاده شده و در آن پدیده‌های دارای ارزش یکسان در یک گروه قرار می‌گیرند، درحالی‌که در تکنیک شیء‌گرا افزون بر اطلاعات طیفی از اطلاعات بافت و شکل نیز در فرآیند استخراج طبقات کاربری و پوشش زمین‌ها استفاده می‌شود. در این روش تصویر براساس پارامترهای طیفی، فیزیکی و هندسی پدیده‌های زمینی ثبت شده بر روی تصویر، سگمنت‌سازی شده و واحدهای پردازش تصاویر از پیکسل به پدیده‌های تصویری یا سگمنت‌ها تغییر می‌یابد (Feizizadeh and Helali, 2010).

جدول ۱- تعریف طبقات کاربری و پوشش زمین‌های تهیه شده در این تحقیق

Table 1. Definition of land use/ cover classes provided in this study

توضیحات Description	طبقه کاربری و پوشش زمین‌ها Land use/ cover type
منطقه‌های مسکونی، منطقه‌های تجاری و صنعتی، شبکه حمل و نقل، فرودگاه، معادن Residential areas, commercial and industrial areas, transportation network, airport, mines	منطقه‌های انسان‌ساخت Human made areas
زمین‌های قابل کشت Cultivable lands	زمین‌های کشاورزی Agriculture
جنگل‌های خزان‌کننده، جنگل‌های همیشه سبز Deciduous forests, Evergreen forests	جنگل Forest
مرتع‌های تنک تا انبوه Poor to dense rangelands	مرتع Rangeland
بیرون‌زدگی سنگی، خاک لخت Bare soil, Rocky areas	زمین‌های بایر Bareland
رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، سدها Rivers, Lakes, Dams	منابع آب Water resources

جدول ۲- لایه‌های اطلاعاتی مورد استفاده در نرم‌افزار eCognition 9.01

Table 2. Information used in eCognition 9.01 software

منبع دریافت اطلاعات Source of received data	شماره بلوک دریافتی Received sheet number	قدرت تفکیک مکانی یا مقیاس Spatial resolution	تاریخ تولید یا دریافت داده Date of receiving data	نام لایه اطلاعاتی Information layer
https://earthexplorer.usgs.gov	165/37, 165/36, 166/37, 166/36, 167/37, 167/36	30 Meters	June 2019 May 2019	Landsat 8 OLI and TIRS
https://earthexplorer.usgs.gov	T39SUS, T39SVS, T39STS, T39SUT, T39SUT, T39STT, T38SPB, T39STS, T38SPC, T38SQD	10 Meters	May 2019 July 2018	Sentinel2B Sentinel2A
https://lpdaac.usgs.gov	تمام استان The whole province	30 Meters		ASTER GDEM V2
https://search.asf.alaska.edu	برخی از قسمت‌های استان Some parts of the province	5 Meters 12 Meters		ALOS PALSAR DEM
https://lorestan.frw.ir https://rifr-ac.ir	تمام استان The whole province	1:100000 to 1:1000000		نقشه‌های موضوع GIS: کاربری زمین‌های، جاده‌ها و منطقه‌های انسان‌ساخت، منابع آب، تیپ‌های پوشش گیاهی GIS layers: land use, roads and human made areas, water resources, vegetation types
ArcBruTile Google Earth PRO Portable Base Map Server GPS Garmin eTrex 10	برخی تا تمام استان Some up to the whole province	-		تصاویر و اطلاعات کمکی برداشت نمونه‌های آموزشی و نقاط کنترل زمینی Images and auxiliary information collecting training samples and ground control points

سگمنت‌سازی تصاویر

سگمنت‌سازی اولین و مهمترین مرحله در ریز طبقه‌بندی تصویر به واحدهای تصویری مجزا می‌باشد. سگمنت به معنی گروهی از پیکسل‌های همسایه در داخل یک ناحیه است که شباهت (نظیر ارزش عددی و بافت) مهمترین معیار مشترک آن‌ها است. سگمنت‌سازی با استفاده از الگوریتم Multiresolution Segmentation انجام شده است که یکی از روش‌های سگمنت‌سازی پایین به بالا است که فرآیند خود را از پیکسل‌های منفصل شروع کرده و به صورت پیوسته پیکسل‌ها یا اشیاء تصویر را ادغام کرده و در نتیجه شی‌های تصویری را ایجاد می‌کند (Feizizadeh et al., 2018). الگوریتم Multiresolution Segmentation در این تحقیق از سطح Image Object Level در سگمنت‌سازی تصویر منطقه مورد مطالعه استفاده شده است. به دلیل بزرگی منطقه مورد مطالعه، قدرت تفکیک مکانی متوسط تصاویر لندست و اعمال یکپارچگی، بعد از تکرار و مقایسه سنجه‌های سگمنت‌سازی مختلف ارزش اعمال شده برای پارامتر مقیاس ۳۰ و برای پارامترهای ضریب شکل و ضریب فشردگی به ترتیب ۰/۴ و ۰/۵ انتخاب شد (شکل ۳). در تحلیل شی‌گرایی تصاویر ماهواره‌ای افزون بر امکان استفاده از بهترین ترکیب باند برای سگمنت‌سازی، امکان اعمال وزن نیز برای هر کدام از باندها وجود دارد. در تحقیق حاضر با تفسیر منحنی‌های انعکاس طیفی و همچنین ارزیابی هیستوگرام همبستگی باندها، ترکیب باندی مطرح شده در جدول سه به عنوان بهترین ترکیب برای طبقه‌بندی انتخاب شد. دلیل انتخاب وزن‌های مورد نظر تأثیر گذاری و تشخیص طبقات کاربری در باند انتخابی بوده است.

گام سوم: طبقه‌بندی شی‌گرایی تصاویر

طبقه‌بندی شی‌گرایی فرآیندی است که طبقات پوشش زمین‌ها را به اشیاء تصویری پیوند می‌دهد (Feizizadeh and Helali, 2010) در این تحقیق از الگوریتم طبقه‌بندی Assign Class استفاده شده است که این الگوریتم همه شی‌های موجود در تصویر را براساس دامنه مشخص شده برای طبقه و پارامتر تعریف شده برای آن استخراج می‌کند. تعدادی از پارامترهای بکار گرفته شده در پردازش شی‌گرایی تصویر در شکل ۴ نشان داده شده است. که از آن جمله می‌توان به سنجه‌های بافت شامل پارامترهای GLCM، همگنی، کنتراست، نامتجانس، آنترپی، میانگین، انحراف استاندارد و

همبستگی، همچنین سنجه‌های درجه روشنایی، پوشش گیاهی و هندسی و عدم تقارن اشاره نمود.

ارزیابی دقت و صحت طبقه‌بندی

ارزیابی دقت کلی طبقه‌بندی با مقایسه نقشه طبقه بندی شده و نقاط کنترل زمینی برداشت شده توسط GPS (۱۳۰ نقطه تعلیمی) انجام شد.

گام چهارم: مدل‌سازی خدمات زیستگاهی اکوسیستم

در این گام مدل کیفیت زیستگاه از بسته نرم‌افزاری 3.0.0 InVEST اجرا شد. در نرم‌افزار InVEST به منظور بررسی خدمات زیستگاهی، رویکرد کیفیت زیستگاه^{۱۲} بکار گرفته می‌شود. در این مدل میزان کیفیت زیستگاه به پتانسیل و توان سیمای سرزمین در تأمین شرایط مناسب برای بقای گونه‌ها بستگی دارد. مدل با هدف ایجاد نقشه کیفیت زیستگاه، اطلاعات کاربری و پوشش اراضی و تهدیدهای زیستگاه را ادغام می‌کند. با تشخیص اینکه کدام کاربری زیستگاه گونه‌های مختلف محسوب می‌شود، لایه کاربری و پوشش اراضی زمین‌ها به نقشه زیستگاه تبدیل می‌شود. کیفیت زیستگاه به اثر نسبی تهدیدها، میزان حساسیت زیستگاه به تهدیدها، فاصله میان زیستگاه و منابع تهدید و موقعیت مکانی منطقه‌های حفاظت شده بستگی دارد (Sharp et al., 2014) که در ادامه توضیح داده می‌شود. خلاصه داده‌های مورد نیاز مدل خدمات زیستگاهی در جدول ۵ قابل مشاهده است.

داده تهدید و نقشه منابع تهدید: جدولی از تهدیدهای انسانی موجود در منطقه تهیه شد. جدول شامل اهمیت نسبی یا وزن هر تهدید بر کیفیت زیستگاه نسبت به دیگر تهدیدها با دامنه وزنی از صفر تا یک است. فاصله اثر هر تهدید نیز در جدول وارد می‌شود که عبارت است از حداکثر فاصله‌ای که هر تهدید، کیفیت زیستگاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. اثر تهدید r که در سلول y شکل می‌گیرد (r_y)، بر زیستگاهی در سلول x عبارت است از i_{rxy} و با معادله زیر نشان داده می‌شود:

$$i_{rxy} = 1 - \left(\frac{d_{xy}}{d_r \max} \right) \quad (1)$$

جایی که d_{xy} فاصله خطی بین سلول x و y و $d_r \max$ حداکثر فاصله اثر گذاری تهدید r است. در ادامه نقشه رستری بولین از هر یک تهدیدها تهیه شد.

جدول ۳- پارامترهای مؤثر در سگمنت سازی

Table 3. Effective parameters in segmentation

ارزش‌ها (وزن) اعمال شده Used values	پارامترهای سگمنت سازی Segmentation parameters
30	مقیاس Scale
0.4	ضریب شکل Shape coefficient
0.5	ضریب فشردگی Compactness coefficient
باند 2 و 3 و 4 و 6 و 8 سنجنده Landsat Bands 2, 3, 4, 6 and 8 of Landsat باند 2 و 3 و 4 سنجنده Sentinel Bands 2, 3 and 4 of Sentinel	ترکیب باندهای مناسب Suitable band composition
باند 4 و 8 سنجنده با وزن 40 Bands 4 and 8 of Sentinel with weight of 40 باند 1 و 2 و 3 سنجنده با وزن 40 Bands 1, 2 and 3 of Landsat with weight of 40	وزن انتخابی برای هر باند Selected weight for each band

که حساسیت بیشتر یک تیپ زیستگاهی نسبت به یک تهدید، تخریب بیشتر آن تیپ زیستگاه را به دنبال خواهد داشت. بنابراین سطح تهدید کلی D_{xj} در سلول x با کاربری زمین‌ها یا تیپ زیستگاهی ز عبارت است از:

$$D_{xj} = \sum_{r=1}^R \sum_{y=1}^Y \left(\frac{\omega_r}{\sum_{r=1}^R \omega_r} \right) r_y i_{rxy} \beta_x S_{jr} \quad (2)$$

در این معادله اگر $S_{jr} = 0$ سپس D_{xj} تابعی از تهدید r نیست. میزان تخریب شدگی سلول با استفاده از تابع نیم اشباع به کیفیت زیستگاه تبدیل می‌شود. هر چه میزان تخریب افزایش یابد، کیفیت زیستگاه کاهش می‌یابد. کیفیت زیستگاه در سلول x که در کاربری زمین‌های ز قرار دارد با Q_{xj} نشان داده می‌شود:

$$Q_{xj} = H_j \left(1 - \left(\frac{D_{xj}^z}{D_{xj}^z + k^z} \right) \right) \quad (3)$$

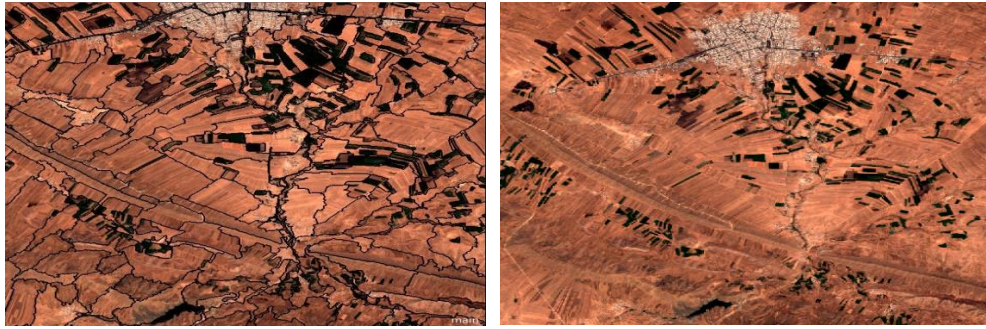
اگر $H_j = 0$ ، Q_{xj} برابر با صفر خواهد بود. H_j افزایش می‌یابد و با D_{xj} کاهش می‌یابد. هرگز بزرگتر از یک نمی‌شود. k و z اعداد ثابت هستند که z برابر ۲/۵ است. ثابت k ثابت نیم اشباع است و توسط کاربر تعیین می‌شود.

ثابت نیم-اشباع (k): با اجرای مدل، میزان تخریب در هر سلول تعیین و نصف بیشترین میزان تخریب، ثابت k را مشخص می‌کند که در این مطالعه با اجرای مدل، ثابت ۰/۱۳ در نظر گرفته شد.

بررسی سطح اثر تهدیدات: لایه پلی‌گونی از مناطق تحت حفاظت موجود در استان لرستان تهیه شد. فرض مدل بر این است که حمایت قانونی سبب می‌شود این مناطق کمتر تحت تأثیر عوامل تهدید قرار بگیرند. با توجه به اینکه اثر تهدید بر زیستگاه با افزایش فاصله از منبع تهدید کاهش می‌یابد، مناطق تحت حفاظت (پارک ملی، اثر طبیعی ملی، منطقه حفاظت شده و پناهگاه حیات وحش) در مقابل اثر تهدید ارزش کمتر از یک و مناطق دیگر ارزش یک می‌گیرند. در این رابطه $\beta_x \in [0,1]$ سطح دسترسی هر تهدید به سلول x را نشان می‌دهد که ارزش یک دسترسی کامل را نمایش می‌دهد. اگر تهدیدهای مورد نظر با حمایت‌های قانونی کاهش نیابند برای همه سلول‌ها $\beta_x = 1$ در نظر گرفته می‌شود.

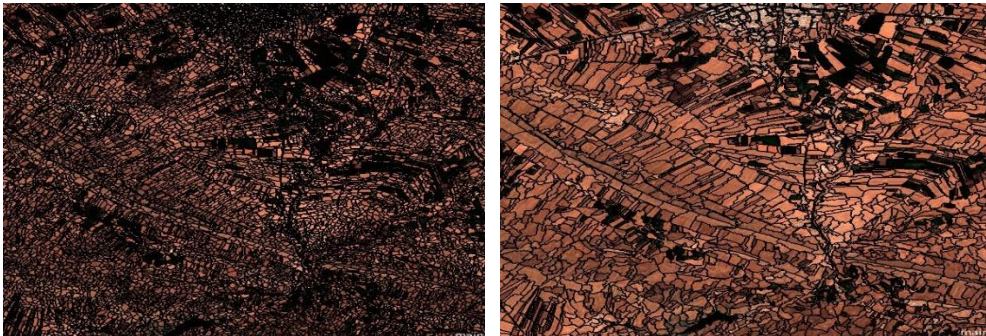
تعیین تیپ‌های زیستگاهی و حساسیت آن‌ها به هر تهدید:

جدولی از تیپ‌های کاربری زمین‌های موجود در منطقه مورد مطالعه تهیه و بررسی شد که کدام یک را می‌توان زیستگاه محسوب نمود. در ادامه حساسیت نسبی هر تیپ زیستگاه نسبت به هر تهدید مشخص شد. در این مورد $S_{jr} \in [0,1]$ حساسیت کاربری زمین‌های j (تیپ زیستگاه) نسبت به تهدید r را نشان می‌دهد که با نزدیک شدن به یک حساسیت بیشتر می‌شود. مدل فرض می‌کند



مقیاس ۱۰، ضریب شکل ۰/۴، فشردگی ۰/۵
Scale 10, shape coefficient 0.4,
compactness 0.5

تصویر اصلی
Primary image

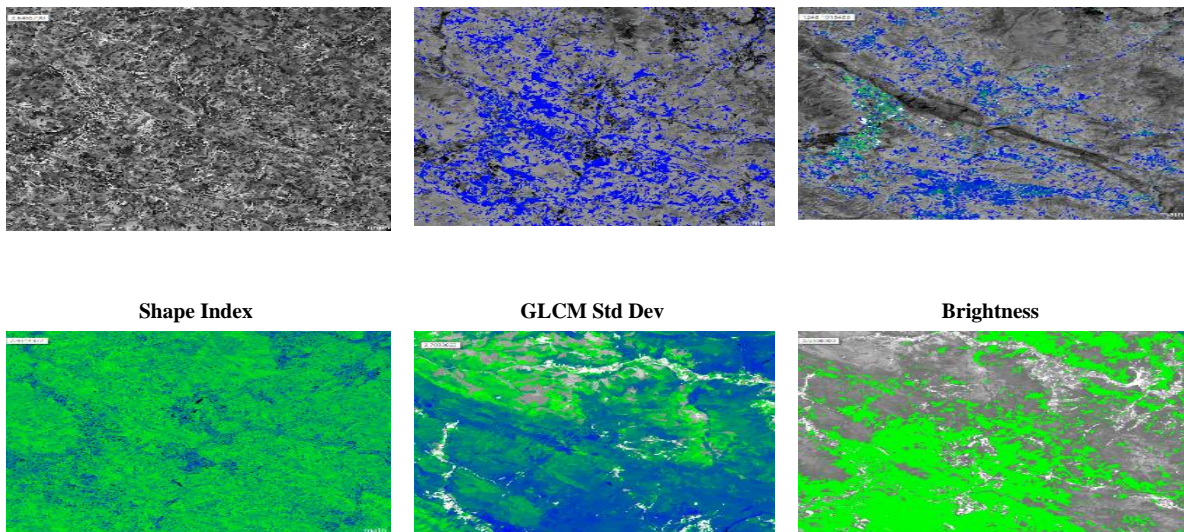


مقیاس ۱۳۰، ضریب شکل ۰/۴، فشردگی ۰/۵
Scale 130, shape coefficient 0.4,
compactness 0.5

مقیاس ۳۰، ضریب شکل ۰/۴، فشردگی ۰/۵
Scale 30, shape coefficient 0.4,
compactness 0.5

شکل ۳- نمایش تصویر اصلی و سگمنت‌سازی در مقیاس، ضریب شکل و فشردگی مختلف

Fig. 3- Presentation of the original image and segmentation in different scales, coefficients, and compactness



GLCM entropy

NDVI

Max. different

شکل ۴- الگوریتم‌های استفاده شده در محیط نرم‌افزار eCognition 9.01

Fig. 4- Algorithms used in eCognition 9.01

جدول ۴- پارامترها و مقادیر آستانه برای استخراج کاربری‌های مورد نظر

Table 4. Parameters and threshold values to extract the desired land uses

ردیف	کاربری مورد نظر	نوع داده	آستانه	تعریف شاخص	شاخص کلی
Row	Land use/ cover type	Data type	Threshold	Index definition	Overall index
1	منابع آبی Water resources	رودخانه	0-500	فاصله اقلیدسی	سفارشی User-defined
		دریاچه		فاصله اقلیدسی	سفارشی User-defined
2	منطقه‌های انسان‌ساخت Human made areas	کاربری و پوشش زمین - ها cover Land use/	طبقه منابع آبی Water resource class	نوع طبقه کاربری Land use type	سفارشی User-defined
		باند 4 لندست	1500-1600	میانگین بازتابش	میانگین Mean
		باند 8 لندست	2700-3200	میانگین بازتابش	میانگین Mean
		باند 4 سنتینل	98-110	میانگین بازتابش	میانگین Mean
		حداکثر اختلاف	2.67-2.87	میانگین بازتابش	میانگین Mean
		روشنایی	800-1030	میانگین بازتابش	میانگین Mean
		کاربری و پوشش زمین - ها Land use/ cover	طبقه کاربری مسکونی Human made class	نوع طبقه کاربری Land use type	سفارشی User-defined
		شهرها و روستاها	0-1000	فاصله اقلیدسی	سفارشی User-defined
3	جاده Road	باند 3 سنتینل	160-176	میانگین بازتابش	میانگین Mean
		باند 2 سنتینل	183-190	میانگین بازتابش	میانگین Mean
		حداکثر اختلاف	2.3-2.4	میانگین بازتابش	میانگین Mean
		روشنایی	1400-1500	میانگین بازتابش	میانگین Mean
		باند 2 سنتینل	< 150	میانگین بازتابش	میانگین Mean
		طول و عرض	>10	میانگین بازتابش	سفارشی User-defined
		طول	>200	میانگین بازتابش	سفارشی User-defined
4	معادن Mines	فاصله از جاده	0-100	فاصله اقلیدسی	سفارشی User-defined
		روشنایی	> 1625	میانگین بازتابش	میانگین Mean
		موقعیت معادن	< 1000	میانگین بازتابش	سفارشی User-defined

User-defined			Mine location		
میانگین			باند 8 سنتینل		
Mean		4000-4300	B8 of Landsat		
میانگین	NIR - R/NIR + R		NDVI		
Mean		0.9 -0.95			
سفارشی	نوع طبقه کاربری	طبقه کاربری کشاورزی	کاربری و پوشش زمین -		
User-defined	Land use type	آبی	ها		
		Irrigated agriculture	Land use/ cover	کشاورزی آبی	5
میانگین			روشنایی	Irrigated agriculture	
Mean		1100-1200	Brightness		
بافت			GLCM		
Texture		> 0.08	Homogeneity		
میانگین	میانگین بازتابش		باند 4 سنتینل		
Mean	Mean reflection	1400-2300	B4 of Landsat		
میانگین			حداکثر اختلاف	کشاورزی دیم	6
Mean		2, 5-2,6	Max. difference	Rain fed agriculture	
میانگین	NIR - R/NIR + R		NDVI		
Mean		< 0.3			
میانگین	$\sqrt{NDVI + 0.5}$		TVI		
Mean		< 0.4			
میانگین	میانگین بازتابش	<	روشنایی		
Mean	Mean of reflection	1300	Brightness		
سفارشی	نوع طبقه کاربری	طبقه کاربری کشاورزی	کاربری و پوشش زمین -		
User-defined	Land use type	دیم	ها		
		Rain fed agriculture	Land use/ cover		
میانگین	میانگین بازتابش		روشنایی	جنگل	7
Mean	Mean reflection	115-900	Brightness	Forest	
میانگین			ارتفاع		
Mean		>1200	Elevation		
سفارشی	نوع طبقه کاربری	طبقه کاربری جنگل	کاربری و پوشش زمین -		
User-defined	Land use type	Forest class	ها		
			Land use/ cover		
میانگین	NIR - R/NIR + R		NDVI		
Mean		0.23- 0.3			
سفارشی			شیب		
User-defined		< 65%	Slope		
میانگین	$\sqrt{NDVI + 0.5}$		TVI	مرتع	8
Mean				Rangeland	
سفارشی	نوع طبقه کاربری	طبقه کاربری مرتع	کاربری و پوشش زمین -		
User-defined	Land use type	Rangeland class	ها		
			Land use/ cover		
میانگین	NIR - R/NIR + R		NDVI		
Mean		< 0.3			
میانگین	Green - NIR/Green + N		NDWI		
Mean		0.3- 0.7			
بافت			GLCM		
Texture		0.01- 0.06	Homogeneity		

جدول ۵- داده‌های ورودی مورد نیاز نرم‌افزار InVEST

Table 5. Required input of InVEST software

توضیحات Description	ورودی مورد نیاز Required input	خدمات اکوسیستمی Ecosystem services
IMG یا GRID لایه رستری با فرمت Raster layer in GRID or IMG format	کاربری و پوشش زمین‌ها Land use/ cover	
شامل وزن هر تهدید با دامنه وزنی از صفر تا یک Weight of each threat from 0 to 1	جدول منابع تهدید انسانی Table of human threats	خدمات زیستگاهی Habitat services
شامل زمین‌ها کشاورزی، منطقه‌های مسکونی، جاده‌های اصلی و فرعی Agriculture, residential areas, main and secondary roads	نقشه منابع تهدید Map of threats	
در قالب وکتور و پلی‌گون Vector and polygon format	منطقه‌های تحت حفاظت موجود در منطقه Protected areas in the study area	
	انواع زیستگاه و حساسیت انواع زیستگاه به تهدید Habitat types and habitat sensitivity to threat	
	جداول و حساسیت تیپ‌های زیستگاهی به تهدید Tables and sensitivity of habitat types to threat	
فرمت csv csv format	وزن نسبی و فاصله اثر تهدید Relative weight of threat	
	Distance of threat impact	

نتایج و بحث

ارزیابی صحت نقشه کاربری و پوشش زمین‌های تهیه شده

با نرم‌افزار eCognition 9.01

هیچ طبقه‌بندی تا زمانی که دقت آن ارزیابی نشود مستند نخواهد بود و لازمه استفاده از هر نوع اطلاعات موضوعی و طبقه‌بندی، آگاهی از میزان صحت و درستی آن است (Feizizadeh *et al.*, 2018). سنجه کاپا، یکی از معروفترین پارامترهای آماری برای بیان صحت نقشه‌های تولیدی است که با اجرای ماژول Validate در نرم‌افزار ایدرسی محاسبه شد. نتایج جدول ۶ و آمار به‌دست آمده برای دقت و صحت طبقه‌بندی با روش شیء‌گرا نتایج قابل قبولی را

بیان می‌کند به‌طوری‌که ضریب کاپای طبقه‌بندی معادل ۰/۹۳ برآورد شده است. این دقت بالا در تحقیق Feizizadeh *et al.* (2008) با ضریب کاپا معادل ۰/۹۳ حاصل شده است. همچنین Feizizadeh *et al.* (2018) در تحقیق خود دقت بالای طبقه‌بندی بیان شده بر اساس روش شیء‌گرا را به اثبات رسانده‌اند و دلیل آن را افزون بر استفاده از اطلاعات طیفی در قالب ارزش عددی پیکسل‌ها، به‌کارگیری اطلاعات مربوط به محتوا، شکل، بافت و الگو در طبقه‌بندی تصاویر دانسته‌اند. نقشه کاربری و پوشش زمین‌های مستخرج از تصاویر لندست سال ۲۰۱۹ در شکل ۵ قابل مشاهده است.

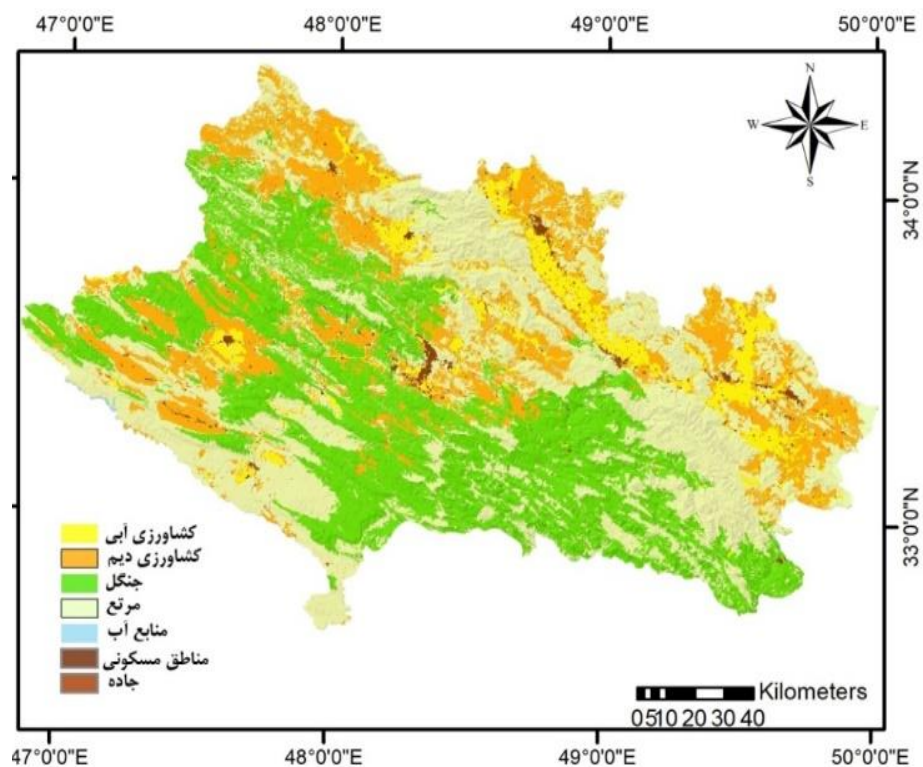
جدول ۶- آمار مربوط به دقت تولیدکننده، ضریب کاپا و مساحت
Table 6. Statistics on manufacturer accuracy, kappa coefficient and area

نقشه مستخرج از تصاویر ماهواره لندست سال 2019
 Map derived from Landsat satellite images 2019

طبقات کاربری زمین‌ها Land use/land cover type	کشاورزی آبی Water agriculture	کشاورزی دیم Rain fed agriculture	جنگل Forest	مرتع Rangeland	منابع آب Water resources	منطقه‌های مسکونی Residential areas	کل Overall	ErrorC	مساحت (هکتار) Area (hectare)	مساحت (درصد) Area (%)
کشاورزی آبی Water agriculture	39	2	0	0	1	0	42	0.93	180550.9	6.4
کشاورزی دیم Rain fed agriculture	1	59	1	2	0	1	64	0.92	540341.4	19.1
جنگل Forest	1	1	65	2	0	0	69	0.94	934611.5	33.0
مرتع Rangeland	0	4	2	51	0	0	57	0.89	112597.14	39.8
منابع آب Water resources	2	0	0	0	36	0	38	0.95	4879.4	0.2
منطقه‌های مسکونی Residential areas	0	1	0	1	0	43	45	0.96	42929.8	1.5
کل Overall	43	67	68	56	37	44	315	-	-	-
ErrorO	0.91	0.88	0.96	0.91	0.97	0.98	0.93	Overall kappa: 0.93	282928.45	100

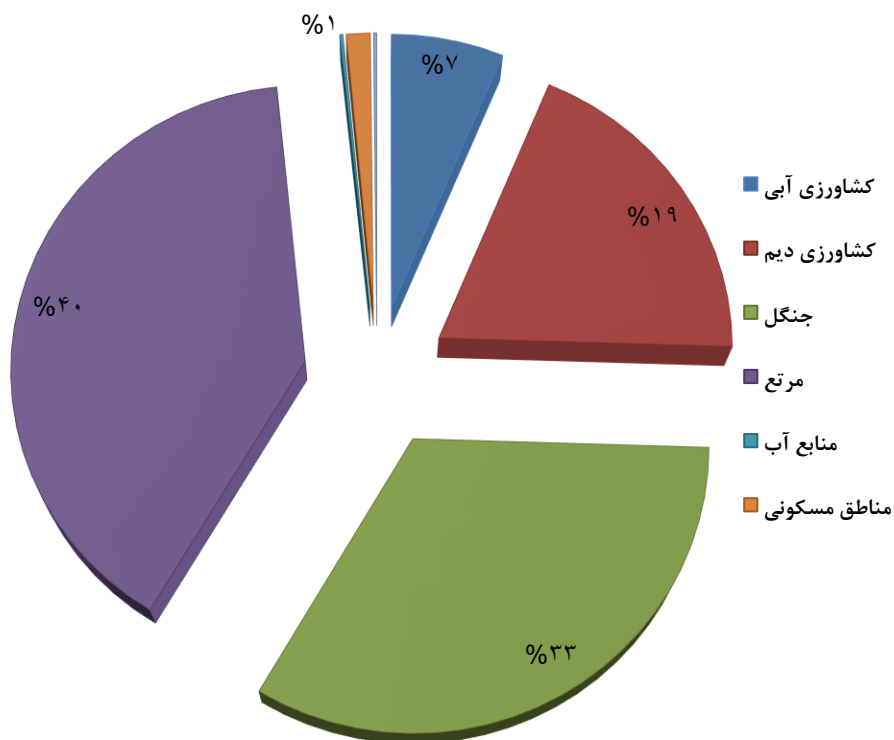
تقاطع کنترل زمینی

ErrorO = Errors of Omission (expressed as proportions)
 ErrorC = Errors of Commission (expressed as proportions)



شکل ۵- نقشه کاربری و پوشش زمین‌های مستخرج از تصاویر لندست سال ۲۰۱۹

Fig. 5- Land use/ cover map derived from Landsat image



شکل ۶- درصد مساحت طبقات کاربری زمین‌های مستخرج از تصاویر لندست سال ۲۰۱۹

Fig. 6- Percentage of different land uses derived from Landsat image

نیز به این موضوع اشاره دارند. در این تحقیق سعی شد که با استفاده از تغییر خصوصیات سگمنت نظیر شکل، تن، بافت و همچنین اطلاعات جانبی، این محدودیت برطرف شود. مقدار افزایش صحت در طبقه‌بندی شیء‌گرا ارتباط مستقیمی با پارامتر سگمنت‌سازی و مقیاس آن دارد. تعیین پارامترهای سگمنت‌سازی بر عهده کاربر است و با شناخت بیشتر از منطقه می‌توان بر اساس پارامترهای شکل و بافت، ضریب فشردگی سگمنت‌سازی تصویر را تعیین کرد (Feizizadeh *et al.*, 2018).

نتایج مدل‌سازی خدمات زیستگاهی با نرم‌افزار

InVEST

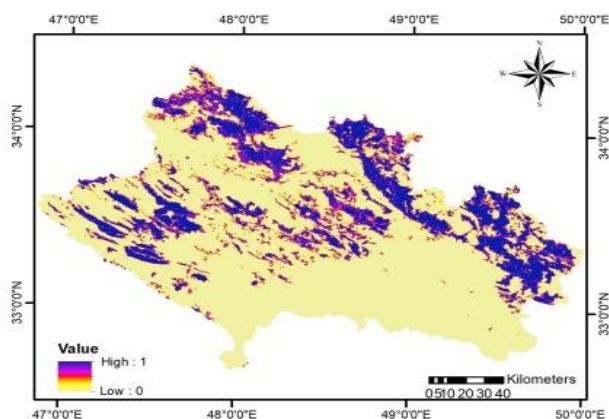
در این پژوهش مدل‌سازی کیفیت زیستگاهی تابعی از اثر نسبی تهدیدها، میزان حساسیت زیستگاه به تهدیدها، فاصله میان زیستگاه و منابع تهدید و موقعیت مکانی مناطق حفاظت شده قرار داشت. عامل‌های تهدید انسانی مؤثر بر کیفیت زیستگاه در سه گروه زمین‌های کشاورزی، منطقه‌های مسکونی و جاده‌ها قرار گرفتند (شکل‌های ۷ تا ۹). وزن و حداکثر فاصله اثرگذاری هر یک از تهدیدها بر کیفیت زیستگاه در جدول ۷ قابل مشاهده است. منطقه‌های تحت حفاظت در مقابل اثر تهدید ارزش کمتر از یک دارند، درحالی‌که دیگر منطقه‌ها ارزش یک گرفتند (شکل ۱۰).

مطابق جدول ۶ در محدوده مورد مطالعه، طبقات کاربری و پوشش زمین‌های شامل کشاورزی آبی و دیم، جنگل، مرتع، منطقه‌های انسان‌ساخت و منابع آب شناسایی شد. طبقات منطقه‌های انسان‌ساخت و منابع آب با بیشترین دقت استخراج شدند. بنابر نتایج قابل مشاهده در شکل ۶، مرتع‌ها و جنگل با درصد مساحت ۳۹/۸ و ۳۳/۰ درصد بیش از ۷۲/۸ درصد سطح استان لرستان را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین آمار و ارقام بیان شده در جدول ۶ در مقایسه با سطح‌های زیرکشت سازمان جهاد کشاورزی و مساحت جنگل‌ها و مراتع اداره کل منابع طبیعی لرستان همبستگی قابل قبولی را نشان داد. با توجه به اینکه روش‌های سنتی تهیه نقشه کاربری و پوشش زمین‌ها از طریق نقشه‌برداری زمینی و تفسیر عکس‌های هوایی در مقیاس منطقه‌ای زمان‌بر و پرهزینه می‌باشد، در پژوهش حاضر از طبقه‌بندی شیء‌گرا و تصاویر ماهواره‌ای لندست جهت تهیه نقشه کاربری و پوشش زمین‌ها استفاده شد. در روند تهیه نقشه کاربری زمین‌ها مشکل‌های زیادی وجود داشت که از مهمترین آن‌ها می‌توان به عدم توانایی ابزارهای مورد استفاده نظیر تصاویر ماهواره‌ای لندست با ابعاد پیکسلی ۳۰ متری در تفکیک زارعت دیم، مراتع و جنگل‌های کم‌تراکم به دلیل تشابه طیفی آن‌ها و همچنین منطقه‌های روستایی به دلیل سطح کوچک آن‌ها اشاره نمود. همچنان‌که (Baban and Wan (2001) و (Ghorbani *et al.* (2013)

جدول ۷- وزن نسبی و فاصله مؤثر اثرگذاری هر منبع تهدید

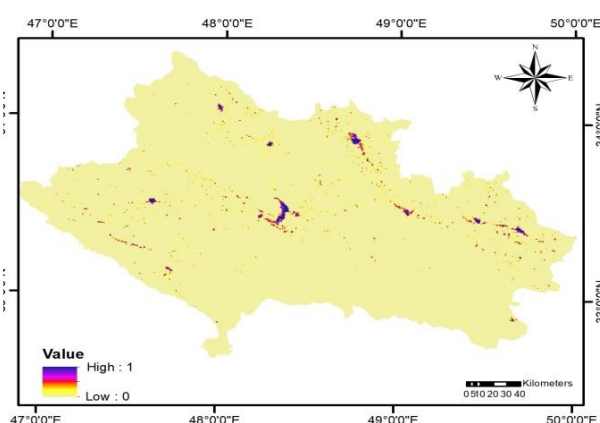
Table 7. Relative weight of each threat and the distance of impact of each threat

وزن Weight	فاصله اثرگذاری (کیلومتر) Distance of impact (km)	تهدید Threat
0.8	4.0	زمین‌های کشاورزی Agriculture
1.0	5.0	منطقه‌های مسکونی Human-made areas
0.7	3.0	جاده‌ها Roads



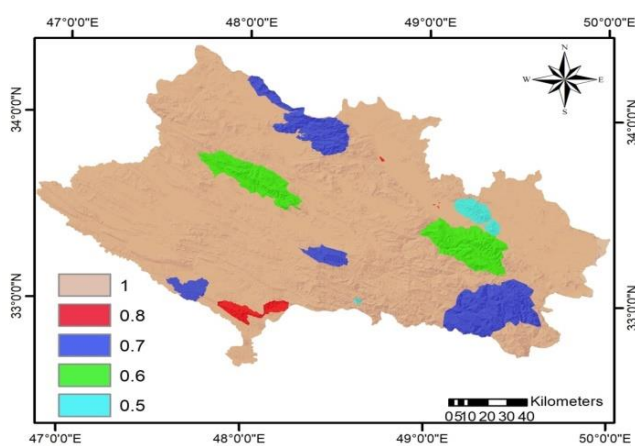
شکل ۸- منبع تهدید زمین‌های کشاورزی پس از اعمال وزن و فاصله اثرگذاری

Fig. 8- Agriculture threat after importing the weight and distance of impact



شکل ۷- منبع تهدید منطقه‌های مسکونی پس از اعمال وزن و فاصله مؤثر اثرگذاری

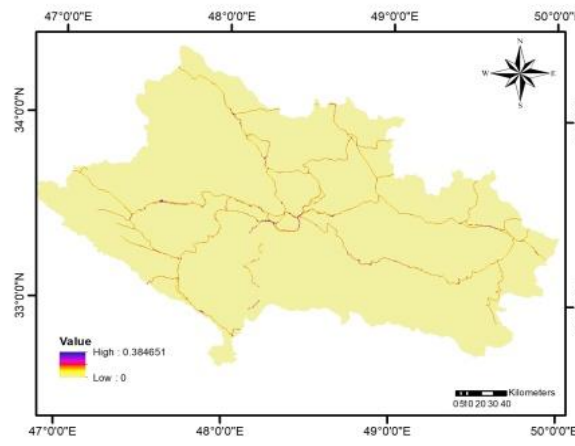
Fig. 7- Residential areas threat after importing the weight and distance of impact



شکل ۱۰- میزان حمایت قانونی از زمین

Fig. 10- The amount of legal protection of the land

است. با اجرای مدل سنجه کیفیت زیستگاه که متغیری بدون واحد با ارزشی بین صفر تا یک است، مطابق شکل ۱۱ تهیه شد. به طوری که کیفیت زیستگاه در هر پیکسل تابعی از کاربری زمین‌های آن سلول، کاربری زمین‌های سلول‌های مجاور و حساسیت زیستگاه در پیکسل مورد نظر



شکل ۹- منبع تهدید جاده‌ها پس از اعمال وزن و فاصله مؤثر اثرگذاری

Fig. 9- Roads threat after importing the weight and distance of impact

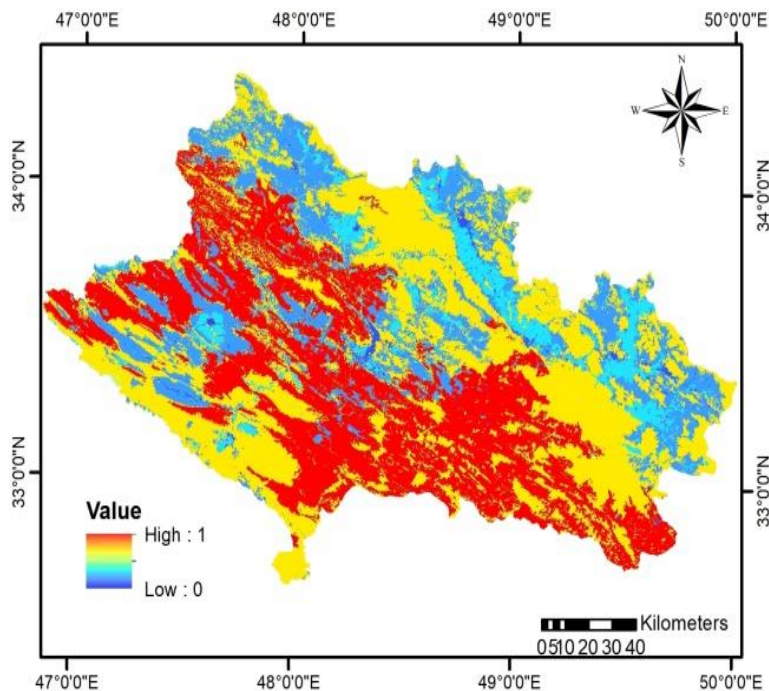
در ادامه برای هر نوع کاربری زمین‌ها، درجه مطلوبیت زیستگاه در نظر گرفته شد. همچنین حساسیت هر یک از تیپ‌های زیستگاه به تهدیدهای مورد نظر در منطقه مورد مطالعه وزندهی شد. ارزش بالاتر در جدول ۸ بیانگر حساسیت بیشتر هر تیپ زیستگاهی به منبع‌های تهدید

به تهدیدهای مختلف بود. نرم‌افزار InVEST بر نقشه‌سازی کیفیت زیستگاه به‌عنوان سنج‌ای از وضعیت تنوع زیستی تأکید دارد. با به‌کارگیری زنجیره‌ای از مطلوبیت زیستگاه در طول انواع کاربری زمین‌ها، اهمیت مدیریت کاربری زمین‌ها بر کیفیت زیستگاه به‌صورت کلی قابل بررسی خواهد بود. در مطالعه حاضر فرض شد که اگر تغییرات زیستگاه نماینده تغییرهای ژنتیکی، گونه‌ای و اکوسیستمی در نظر گرفته شود، نواحی با کیفیت زیستگاه بالا، تمام سطوح تنوع زیستی را بهتر حمایت می‌کنند. کاهش در وسعت و کیفیت زیستگاه در طی زمان به معنی کاستن در ثبات و دوام، برگشت پذیری زیستگاه است. بنابراین این رویکرد امکان ارزیابی تنوع زیستی را فراهم ساخت. تحقیق‌های انجام شده (He et al. (2017)، Niquisse (2017) و Han et al. (2019) با نرم‌افزار InVEST نشان می‌دهد که مدل‌سازی و تهیه نقشه خدمات اکوسیستم با داده کاربری و پوشش زمین، ابزاری کاربردی در مطالعات برنامه‌ریزی مکانی سرزمین و حفاظت تنوع زیستی محسوب می‌شود.

جدول ۸- مطلوبیت زیستگاه هر تیپ کاربری زمین‌ها و میزان حساسیت هر تیپ زیستگاه به منابع تهدید

Table 8. Habitat suitability of each land use type and sensitivity of each habitat type to threats

مطلوبیت زیستگاه Habitat suitability	جاده فرعی Side road	جاده اصلی Main road	منطقه‌های مسکونی Human-made areas	زمین‌های کشاورزی Agriculture	منبع تهدید/ کاربری زمین‌ها Threat/ land use
0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	منطقه‌های مسکونی (شهر و روستا) Residential areas
1.0	0.4	0.6	0.5	0.8	جنگل Forest
0.8	0.4	0.5	0.5	0.8	مرتع Rangeland
0.2	0.4	0.5	0.6	0.0	کشاورزی Agriculture
0.5	0.2	0.3	0.5	0.7	منابع آب (رودخانه و سد) Water resources
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	جاده Road



شکل ۱۱- نقشه کیفیت زیستگاه

Fig. 11- Habitat quality map

نتیجه گیری

تنوع زیستی دهد. استان لرستان به دلیل تنوع بالای اکوسیستمی، زیستگاه مناسبی برای بسیاری از گونه‌ها از جمله پستانداران و پرندگان محسوب می‌شود. وجود منطقه‌های حفاظت شده اشترانکوه و سفیدکوه، اثر طبیعی ملی غار ماهی کور و منطقه‌های شکار و صید ممنوع تالاب‌های پلدختر بر ارزش زیستگاهی این استان در حفظ تنوع زیستی تأکید دارند. با توجه به نبود مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه گونه‌های مختلف حیات وحش در سطح استان، تحلیل برپایه زیستگاه و تهیه نقشه کیفیت زیستگاه می‌تواند اقدامی مناسب در جهت انتخاب سیستماتیک آن دسته از منطقه‌های دارای ارزش نهفته حفاظتی باشد که هم اکنون در معرض تهدیدهای مختلف انسانی قرار دارند و در عین حال از هیچگونه حمایت قانونی نیز برخوردار نمی‌باشند. بر اساس نتایج به دست آمده از این پژوهش پیشنهاد می‌شود که پژوهشگران از تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالاتر و همچنین الگوریتم‌های مناسب در استخراج ویژگی‌های طبقات کاربری زمین‌ها استفاده نمایند.

رویکردهای مختلفی برای نقشه‌سازی خدمات اکوسیستم وجود دارد (Burkhard *et al.*, 2009; Eigenbrod *et al.*, 2010) که یکی از آن‌ها استخراج اطلاعات خدمات اکوسیستم به‌طور مستقیم از نقشه‌های کاربری و پوشش زمین‌ها است (Burkhard *et al.*, 2009; Vihervaara *et al.*, 2010; Haines-Young *et al.*, 2012). چنان‌که رویکردی برای آن دسته از منطقه‌های بزرگ مقیاس مناسب است که از نظر داده‌های در دسترس و نیروی متخصص محدودیت دارند و خدمت مورد بررسی مانند تولید غذا، تولید چوب و خدمات زیستگاهی، به‌طور مستقیم با کاربری زمین‌های منطقه مورد مطالعه مرتبط است. همچنین به کارگیری نقشه کاربری و پوشش زمین‌ها در مطالعاتی که بررسی حضور مکانی خدمات اکوسیستمی بیشتر از میزان عرضه آن خدمت مدنظر است، توصیه می‌شود (Maes *et al.*, 2012). برای نمونه در مورد خدمات زیستگاهی در منطقه-هایی که اطلاعات مربوط به توزیع و وضعیت گونه‌ها بویژه گونه‌های نادر، بوم‌زاد^{۱۳} و در خطر انقراض ضعیف بوده و یا در دسترس نباشد، تحلیل بر پایه زیستگاه بجای رویکردهای بر پایه گونه می‌تواند اطلاعات مفیدی از وضعیت حفاظت

پی‌نوشت‌ها

- ¹ AND
² Texture
³ Geometry
⁴ NDVI
⁵ GLCM
⁶ Providing
⁷ Supporting
⁸ Regulating
⁹ Cultural
¹⁰ Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs
¹¹ Natural Capital Project
¹² Habitat Quality
¹³ Endemic

منابع

- Asadolahi, Z., Salmanmahiny, A., Sakieh, Y., Mirkarimi, S.H., Baral, H. and Azimi, M., 2018. Dynamic trade-off analysis of multiple ecosystem services under land use change scenarios: towards putting ecosystem services into planning in Iran. *Ecological Complexity*. 36, 250-260.
- Baban, S.M. and Wan Yusof, K., 2001. Mapping land use/cover distribution on a mountainous tropical island using remote sensing and GIS. *International Journal of Remote Sensing*. 22(10), 1909-1918.
- Bagstad, K.J., Semmens, D.J., Waage, S. and Winthrop, R., 2013. A comparative assessment of decision-support tools for ecosystem services quantification and valuation. *Ecosystem Services*. 5, 27-39.
- Balvanera, P., Castillo, A. and Martínez-Harms, M.J., 2011. Ecosystem Services in Seasonally Dry Tropical Forests. In *Seasonally Dry Tropical Forests* (pp.259-277). Island Press, Washington, DC, USA.
- Batista e Silva, F., Lavalle, C. and Koomen, E., 2013. A procedure to obtain a refined European land use/cover map. *Journal of Land Use Science*. 8(3), 255-283.
- Burkhard, B., Kroll, F., Müller, F. and Windhorst, W., 2009. Landscapes' capacities to provide ecosystem services—a concept for land-cover based assessments. *Landscape Online*. 15(1), 1-22.
- Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S.J., Kubiszewski, I., Farber, S. and Turner, R.K., 2014. Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*. 26, 152-158.
- Eigenbrod, F., Armsworth, P.R., Anderson, B.J., Heinemeyer, A., Gillings, S., Roy, D.B., Thomas, C.D. and Gaston, K.J., 2010. The impact of proxy-based methods on mapping the distribution of ecosystem services. *Applied Ecology*. 47(2), 377-385.
- Feizizadeh, B. and Helali, H., 2010. Comparison pixel-based, object-oriented methods and effective parameters in classification land cover/ land use of west province Azerbaijan. *Physical Geography Research*. 42(71), 78-99. (In Persian with English abstract).
- Feizizadeh, B., Jafari, F. and Nazmfar, H., 2008. Application of remote sensing data in change detection of urban land uses. *Honar-Haye-Ziba*. 34, 17-24. (In Persian with English abstract).
- Feizizadeh, B., Khedmatzadeh, A. and Nikjoo, M., 2018. Micro-classification of orchards and agricultural croplands by applying object based image analysis and fuzzy algorithms for estimating the area under cultivation. *Researches in Geographical Sciences*. 18(48), 201-216. (In Persian with English abstract).
- Ghorbani, R., Poormohamadi, M. and Mahmoudzadeh, H., 2013. Ecological Approach in land use change modeling of Tabriz metropolitan using multi temporal satellite images, multi criteria analysis and Cellular Automata Markov Chain (1984-2038). *Urban Studies*. 16, 13-30. (In Persian with English abstract).
- Haines-Young, R., Potschin, M. and Kienast, F., 2012. Indicators of ecosystem service potential at European scales: mapping marginal changes and trade-offs. *Ecological Indicators*. 21, 39-53.

- Han, Y., Kang, W., Thorne, J. and Song, Y., 2019. Modeling the effects of landscape patterns of current forests on the habitat quality of historical remnants in a highly urbanized area. *Urban Forestry & Urban Greening*, 41, 354-363.
- He, J., Huang, J. and Li, C., 2017. The evaluation for the impact of land use change on habitat quality: a joint contribution of cellular automata scenario simulation and habitat quality assessment model. *Ecological Modeling*, 366, 58-67.
- Healy, M. and Secchi, S., 2016. A comparative analysis of ecosystem service valuation decision support tools for wetland restoration. Association of State Wetland Managers. Windham, ME, USA.
- Keshtkar, M., 2018. Land sustainable planning based on strategic assessment of ecosystem services (case study: Zagros Biom's in Iran). M.Sc. Thesis. Shahid Beheshti University, Iran. (In Persian with English abstract).
- Lavalle, C., Baranzelli, C., e Silva, F.B., Mubareka, S., Gomes, C.R., Koomen, E. and Hilferink, M., 2011. A high resolution land use/cover modelling framework for Europe: Introducing the EU-ClueScanner100 model. In: Murgante B., Gervasi O., Iglesias A., Taniar D., Aduhan B.O. (eds) *Computational Science and Its Applications - ICCSA 2011*. ICCSA 2011. Lecture Notes in Computer Science, vol 6782. Springer, Berlin, Heidelberg, Germany.
- Maes, J., Egoh, B., Willemen, L., Liqueste, C., Vihervaara, P., Schägner, J.P., Grizzetti, B., Drakou, E.G., La Notte, A., Zulian, G. and Bouraoui, F., 2012. Mapping ecosystem services for policy support and decision making in the European Union. *Ecosystem Services*, 1, 31-39.
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Scenarios: Findings of the Scenarios Working Group (Vol. 2)*. Island Press, USA.
- Mobarghaei, N., 2008. Presentation and application of spatial evaluation model of forest ecosystem services using geographic system. Ph.D. Thesis. Environmental Planning, University of Tehran, Iran. (In Persian with English abstract).
- Nahlik, A.M., Kentula, M.E., Fennessy, M.S. and Landers, D.H., 2012. Where is the consensus? A proposed foundation for moving ecosystem service concepts into practice. *Ecological Economics*, 77, 27-35.
- Niquisse, S., Cabral, P., Rodrigues, A. and Augusto, G., 2017. Ecosystem services and biodiversity trends in Mozambique as a consequence of land cover change. *Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 13(1), 297-311.
- Rezaei Moghadam, M., Rezaeibanafshe, M. and Feizizadeh, B., 2010. Land cover/land use classification based on object oriented techniques and satellite images, case study: west Azerbaijan province. *Watershed Management Research*, 87, 20-36. (In Persian with English abstract).
- Sharp, R., Chaplin-Kramer, R., Wood, S., Guerry, A., Tallis, H. and Taylor, R., 2014. *InVEST User's Guide: Integrated Valuation of Environmental Services and Tradeoffs*. The Nature Conservancy & WW Foundation Stanford, USA.
- Statistical Yearbook of Lorestan, 2014. Available online at: <https://www.amar.org.ir>.
- Vihervaara, P., Kumpula, T., Tanskanen, A. and Burkhard, B., 2010. Ecosystem services—A tool for sustainable management of human–environment systems. Case study Finnish Forest Lapland. *Ecological Complexity*, 7, 410-420.
- Yan, G., 2003. Pixel Based and Object Oriented Image Analysis for Coal Fire Research. ITC, Switzerland
- Zarandian, A., Baral, H., Stork, N.E., Ling, M.A., Yavari, A.R., Jafari, H.R. and Amirnejad, H., 2017. Modeling of ecosystem services informs spatial planning in lands adjacent to the Sarvelat and Javaherdasht protected area in northern Iran. *Land Use Policy*, 61, 487-500.
- Zulian, G., Paracchini, M.L., Maes, J. and Liqueste, C., 2013. ESTIMAP: Ecosystem

services mapping at European scale.
Publications Office of the European Union,
Luxembourg.





Environmental Sciences Vol.18/No.3/Autumn 2020

49-72

Application of satellite images and object-oriented processing in land use/land cover map extraction to model ecosystem services (case study: Lorestan Province)

Zahra Asadolahi^{1†}, Mostafa Keshtkar² and Zia Badehian³

¹Department of Environment and Fisheries, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorram Abad, Iran

²Department of Environmental Planning, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

³Assistant Professor of Forest Science, Faculty of Agriculture and natural resources, Lorestan University, Khorram Abad, Iran

Received: 2019. 11.08 Accepted: 2019.12.29

Asadolahi, Z., Keshtkar, M. and Badehian, Z., 2020. Application of satellite images and object-oriented processing in land use/land cover map extraction to model ecosystem services (case study: Lorestan Province). *Environmental Sciences*. 18(3): 49-72

Introduction: Due to the importance of ecosystem services mapping in decision making, different approaches have been developed for mapping ecosystem services. InVEST software is based on models that combine land use/cover with ecosystem services, and so land use is considered an essential component of all models. Currently, remote sensing technology is one of the top techniques in land use/cover map extraction using both pixel-based and object-oriented methods. While the pixel-based method is based on the classification of numerical values of images, object-oriented image processing is more accurate in the classification process, due to the use of spectral information, texture, and content information, being widely used in all sectors including environmental sciences. In this regard, the present study aimed to apply satellite images and object-oriented processing in land use/cover mapping and habitat services modeling.

Material and methods: The research was carried out using eCognition 9.01 and InVEST3.0 software in four steps including preparing information, object-oriented processing of satellite images, object-oriented classification, and finally, habitat modeling. Images of Landsat and Sentinel satellites were fused to the eCognition software and processed in conjunction with ASTER digital elevation model data. Segmentation was performed as the first step of object-oriented classification using multi-resolution segmentation algorithm. Due to the size of the study area and the average spatial resolution of Landsat images, the images were segmented with 30 scales, 0.4 coefficient, and 0.5 compression. Geometry, vegetation (NDVI), Pixel Gray Surface Composition (GLCM), and lighting degrees were classified using the Assign class classification algorithm. Then, by matching the extracted map with 130 teaching points, the accuracy of the kappa coefficient was determined. Next, land use/cover map was introduced into InVEST software.

Results and discussion: The results and statistics obtained from object-oriented classification accuracy presented acceptable results with a kappa coefficient of 0.93. In the study area, land use/cover classes were prepared in six

[†] Corresponding Author: *Email Address*. asadolahi.z@lu.ac.ir
<http://doi.org.10.29252/envs.18.3.49>

categories including irrigated and rain-fed agriculture, forest, rangeland, man-made areas, and water resources. According to the results, rangeland and forest types with an area of 39.8% and 33.0% covered more than 72.8% of Lorestan Province's area. Major problems with land use mapping were the inability of 30-m pixel Landsat satellite imagery to distinguish between rain-fed agriculture, rangeland, and low-density forest types due to their spectral similarity as well as rural areas due to their small surface area. Hence, we attempted to overcome this limitation by modifying the segment characteristics such as shape, tone, texture, and other information. Habitat suitability was considered for each land use class. The susceptibility of each habitat type to the threats in the study area was also weighted. Human threats affecting habitat quality were classified into three groups of agricultural lands, residential areas, and roads. Finally, the model was implemented and a habitat quality index was obtained with values ranging from zero to one.

Conclusion: There are different approaches to ecosystem services mapping, one of which is extracting ecosystem services information directly from land use/cover maps. Such an approach is appropriate for large-scale areas that are restricted in terms of available data and expert knowledge, and the service is directly related to land use.

Keywords: InVEST, Landsat, Sentinel, Habitat services.