

رابطه سنجی بین تغییرات کاربری اراضی با شاخص های اقلیمی در راستای تعیین روند انتشار CO₂ بر اساس سناریوی REDD یک پارادایم جدید برای حفاظت از طبیعت

(مطالعه موردی: منطقه حفاظت شده کجور)

یوسف درویشی^۱ محمد عینعلی^۲ بابک پیرزاده^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۰۸

چکیده:

تغییر کاربری اراضی اغلب بدون رعایت اصول و محدودیت های زیست محیطی صورت می گیرد و تبعاتی همچون جنگل زدایی را به دنبال خواهد داشت، کسب اطلاعات دقیق از پتانسیل های کاربری اراضی امری ضروری است. هدف اصلی این سناریو در واقع کاهش گازهای گلخانه ای (متان، دی اکسید کربن و دی اکسید نیتروژن) و افزایش ترسیب کربن در منطقه ای با تغییرات شدید کاربری اراضی است. لذا در این پژوهش بر ضرورت ایجاد و تداوم یک نهضت آموزشی با هدف تغییر رفتار و اصلاح بینش عمومی نسبت به محیط زیست و تغییرات اقلیمی، برای دستیابی به توسعه پایدار تاکید شده است. در تحقیق حاضر از تصاویر ماهواره لندست در ۷ دوره زمانی استفاده شد. به منظور بررسی و تحلیل تغییرات پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه از شاخص های EVI, DVI و NDVI استفاده گردید، این شاخص ها از پردازش تصاویر ماهواره های لندست ۵، ۴ و ۸ که به صورت محصول سنجش از دور در دسترس است در بازه زمانی ۱۹۸۵، ۱۹۹۰، ۱۹۹۵، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۷ با استفاده از پردازنده گوگل ارث انجین استخراج شدند. در همین راستا اجرای مدل سازی پتانسیل انتقال با الگوریتم رویه یادگیری بر مبنای پرسپترون چند لایه و پیش-بینی تغییرات برای بهترین مدل با استفاده از زنجیره مارکف انجام شد. سپس برای ارزیابی صحت مدل سازی با آماره های Hit، Misses و False alarm استفاده گردید. در پایان بر طبق روش (BioCF) BioCarbon Fund و دوره پایه ۱۳۶۴-۱۳۹۶ مدل سازی تغییرات پوشش جنگل برای ۳۰ سال آینده (تا سال ۱۴۲۶) صورت گرفت و میزان انتشار Carbon Stock تا سال ۱۴۲۶ محاسبه گردید. نتایج تحلیل همبستگی نشان داد که همبستگی مکانی معنی داری بین دینامیک پوشش گیاهی با بارندگی وجود داشته که در ماه های زمستان، این ارتباط معنی دار و مستقیم و در تابستان معکوس بوده است. بین سال های ۱۳۹۶ تا ۱۴۲۶ در صورت عدم اجرای استراتژی پروژه حدود ۱۹۹۵۶۹ هکتار پوشش جنگل تخریب می شود و ۱۹۹۵۶۹۵ تن دی اکسید کربن انتشار می یابد که در صورت اجرای پروژه REDD این میزان انتشار به ۴۰۵۵۱۲ تن دی اکسید کربن میرسد که می توان از انتشار ۱۵۹۰۱۸۳ تن دی اکسید کربن به جو فوقانی زمین جلوگیری نمود. جهت جلوگیری از گسترش بی رویه مناطق مسکونی و تخریب عرصه های جنگلی و پوشش گیاهی باید اقدامات مدیریتی انجام شود و تصمیمات مدیریتی اتخاذ گردد زیرا مقدار سطح جنگلهای متراکم و نیمه متراکم در مناطق با شیب زیاد تا سال ۱۴۲۶ کاهش بیشتری می یابد.

کلیدواژه ها: شاخص های پوشش گیاهی، اقلیم، منطقه حفاظت شده کجور، کاربری اراضی، Gis.

^۱ استادیار گروه جغرافیا دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. Email: phddarvishi@yahoo.com. نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۹۳۶۲۹۹۱

^۲ کارشناسی ارشد سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده نقشه برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیر طوسی، تهران، ایران.

^۳ کارشناس ارشد برنامه ریزی شهری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، تبریز، ایران.

مقدمه:

است (حق شناس و همکاران، ۲۰۱۶). در واقع پدیده تغییر اقلیم ناشی از افزایش گازهای گلخانه‌ای به ویژه دی اکسیدکربن در اتمسفر است که منجر به گرم شدن کره زمین میشود (جوادی بهی و همکاران، ۱۴۰۰: ۴۳). این موضوع از مهمترین موضوعات علمی، چالش‌های زیست محیطی و جدی ترین مسئله‌ای است که زندگی بشر کنونی با آن مواجه است. ارزیابی دوره‌ای از ذخایر کربن جنگل به عنوان بخشی از تلاش‌های جهانی برای کاهش جنگل زدایی و تخریب جنگلها و کاهش تغییرات آب و هوایی مورد نیاز است (Sasaki et al., ۲۰۲۱). کاهش مداوم جنگل-ها احتمالاً تأثیرات جدی بر آب و هوای جهانی خواهد داشت (Stibig et al., ۲۰۱۴). کاربری زمین و تغییرات آب و هوایی مهمترین عواملی هستند که باعث تغییر خدمات اکوسیستمی می شوند.

جنگل‌های مناطق پیراشهری با ارائه خدمات اکوسیستمی ملموس و غیر ملموس نقش مهمی در زندگی مردم ایفا می‌کنند (Tzoulas et al., ۲۰۰۷). از این رو، حمایت یا جلوگیری از جنگل زدایی و تخریب جنگل به عنوان یک تلاش ملی در کاهش انتشار کربن از جنگل امری مهم تلقی می‌گردد (Zahrul, et al., ۲۰۱۹). مدل‌های ارزیابی پوشش زمین می‌توانند احتمال تغییرات انواع مختلف پوشش زمین را برای انواع عوامل پیشران بررسی نمایند. این اطلاعات در پیشبینی شرایط آتی منطقه مطالعاتی نقش حیاتی ایفا می‌کنند (Kumar et al., ۲۰۱۴). مکانیسم REDD به عنوان یک استراتژی بین المللی برای خدمات اکوسیستم (PES) به نقل از محققانی همچون Corbera, ۲۰۱۰, Pattanayak et al., ۲۰۱۲, Scholz & Schmidt, ۲۰۰۸ طراحی شده است.

اقلیم و پوشش گیاهی در مقیاس‌های زمانی و مکانی مختلف بر یکدیگر اثر متقابل دارند. هم در مقیاس جهانی و هم در مقیاس محلی، شرایط محیطی به طور مستقیم توسط اقلیم تحت تاثیر قرار می‌گیرد. گرم شدن هوا اثرات مخربی بر حیات موجودات داشته و سبب تخریب اکوسیستم‌های طبیعی، وقوع سیل، خشکسالی و برهم خوردن تعادل اقلیمی و اکولوژیکی می‌شود. تشدید اثر گازهای گلخانه‌ای در جو در اثر تراکم دی اکسید کربن باعث افزایش گرمای زمین، ذوب یخ‌های قطبی، وقوع سیلاب‌های عظیم و نابودی جنگل‌ها می‌شود. (O'Hara, ۲۰۱۹). در این رابطه هرگونه تغییر سریع در شرایط آب‌وهوایی باعث تغییرات قابل توجهی در الگوهای رشد و نمو این گیاهان شده و بسته به شدت این تغییرات ممکن است باعث جابجایی مکانی و زمانی آن‌ها و در نهایت حتی حذف آن‌ها از جوامع گیاهی یک منطقه خاص شود (Howe et al., ۲۰۱۹). پوشش گیاهی از زیست‌بوم‌های اصلی زمین است و نقش غیرقابل جایگزینی در تنظیم و حفاظت از هوا سپهر، آب‌و خاک، کاهش غلظت گازهای گلخانه‌ای و افزایش و حفظ ثبات آب‌وهوا دارد (Weishou et al., ۲۰۱۱: ۲۴۳۸). اطلاع از تغییرات پوشش زمین (گیاهی و غیر گیاهی) و کاربری آن نه تنها در بعد مکان بلکه در بعد زمان نیز اهمیت بسیار زیادی دارد. پژوهشگران سراسر دنیا از فواید فناوری سنجش از دور آگاه بوده و از آن برای استخراج اطلاعات در مورد کاربری زمین و پوشش آنچه در بعد زمان و چه در بعد مکان از آن استفاده کرده‌اند (Treitz et al., ۲۰۰۴). از میان گازهای تشکیل دهنده اتمسفر، دی اکسید کربن اثرگذارترین گاز بر روی حرارت اتمسفر

استفاده از زمین در همه بیوم‌ها، به ویژه در مناطق گرمسیری، پیش می‌برد (Graham, et al, ۲۰۱۹). انتشار خالص CO₂ به جو آتمسفر ناشی از مدیریت کاربری اراضی حدود ۱۰٪ از انتشار جهانی CO₂ عوامل انسانی را شامل می‌شود. در مقابل، انتشار ناخالص ناشی از استفاده-های چرخشی از جنگل‌ها برای برداشت چوب و تغییر جهت کشت ۳۷٪ از کل انتشار CO₂ است. اگر استفاده از جنگل چرخشی متوقف شود، حذف ناخالص در احیا مجدد جنگل برای دهه‌ها با رویکرد توسعه سبز ادامه خواهد داشت (Houghton, ۲۰۱۹). با ترکیب این تلاش‌ها می‌توانیم با اثرات تغییرات کاربری اراضی و تخریب محیط‌زیست در یک اکوسیستم طبیعی مبارزه کنیم که نشان داده شده است در مبارزه با تغییرات آب و هوایی انسانی نقش بسزایی دارد.

ین و همکاران (۲۰۱۶) در تحقیقی در شمال چین به منظور بررسی تغییرات پوشش گیاهی و میزان بارندگی از تصاویر ماهواره‌های لندست ۸⁺ ETM استفاده نمودند. نتایج نشان داد که در مناطق علفزار همبستگی بسیار زیادی بین پوشش گیاهی و بارندگی وجود دارد. سولومو و همکاران (۲۰۱۷). در مقاله‌ای تحت عنوان اثرات تغییرات آب‌وهوایی بر روی گیاهان در جنگل‌های مدیترانه به این نتیجه دست‌یافته‌اند که شرایط محیطی در تعیین عملکرد و توزیع پوشش گیاهی نقش مهمی در ارتباط با سایر عوامل بازی می‌کند. چنگ و همکاران (۲۰۱۷). در مقاله‌ای تحت عنوان تأثیر تغییرات اقلیمی بر فنولوژی پوشش گیاهان مختلف پوشش زمینی در صفحات تبت به این نتیجه دست‌یافته‌اند که تجزیه و تحلیل همبستگی نشان داد که بارش کافی در فصل زمستان ممکن است فنولوژی جنگل‌های همیشه سبز در فلات

تغییرات کاربری اراضی امروزه تقریباً ۲۰ درصد از کل گازهای گلخانه‌ای را تشکیل می‌دهد که فراتر از کل بخش گازهای تولید شده توسط سیستم حمل و نقل است. بیشتر این انتشارات از جنگل زدایی در کشورهای در حال توسعه برای بوجود آمدن شرایط کشاورزی و محصولات بدست آمده حاصل از الوار درختان رخ می‌دهد از این رو سیاست‌گذاران عرصه بین‌المللی در حال بررسی چگونگی ایجاد انگیزه برای کاهش انتشار ناشی از جنگل زدایی و تخریب جنگل (REDD) هستند (Madeira, ۲۰۰۸). پاکسازی غیرقانونی جنگل با حذف منابعی مانند سوخت، غذا و سرپناه و غیره از محیط زیست اغلب به منظور ایجاد صنایع رقیب مرتبط برای منافع اقتصادی کسانی که متکی به حفظ اکوسیستم‌های طبیعی نیستند، اثرات منفی اجتماعی و اکولوژیکی ایجاد می‌کند. در مناطق حفاظت شده این محرک‌ها اغلب جنگل‌ها را در معرض تخریب بیشتر قرار می‌دهند. حذف درختان ظرفیت اثرات تغییرات اقلیمی را افزایش می‌دهد. در نتیجه، حذف بی‌رویه پوشش‌های گیاهی پیامدهای متعددی دارد که می‌تواند بر مردم و طبیعت تأثیر فراوانی بگذارد (K. Bos et al, ۲۰۱۹). بررسی نتایج سناریو REDD به ما این امکان را می‌دهد تا درک درست از پدیده‌های طبیعی موجود در محیط پیرامون خود داشته باشیم، همچنین توزیع و تکامل رویکردهای پیشنهادی این پروژه به ما کمک می‌کند تا مناطقی که دچار همگرایی و واگرایی زیاد هستند را مشاهده کنیم (Parker, et al, ۲۰۰۸). به رسمیت شناختن ارزش واقعی جنگل‌ها، به دلیل عملکرد ذخیره سازی کربن، موافقت‌نامه‌ها و سیاست‌های جهانی را برای ارتقا استراتژی سناریو REDD کاهش انتشار از

یکی از اثرات تغییر اقلیم، تأثیر آن بر پوشش گیاهی و نواحی جنگلی می باشد. بگونه ای که این تغییرات اقلیمی، در برخی نواحی منجر به کاهش پوشش جنگلی شده است. بهرحال اثرات کاهش پوشش های جنگلی و گیاهی خود می تواند پتانسیل برخی دیگر از رخدادهای طبیعی نظیر افزایش سیل، افزایش فرسایش ها، شکل گیری نقاط و هسته های دمایی، و غیره را دنبال داشته باشد. درنهایت با توجه به مباحث مطرح شده میتوان چنین استنباط کرد که مسئله ی تغییر آب و هوا حاصل از انتشار گازهای گلخانه ای دامنه ی گسترده ای از پرسش ها در مورد چگونگی تأثیرگذاری این گونه تغییرات و سازگاری انسان با تغییرات به همراه داشته است. از این رو توجه برنامه ریزان برای آینده باید بیشتر به این سمت معطوف شود، بدون تردید مناطق حفاظت شده، و به طور کلی زیستگاه های زیست کره میراث های با ارزش طبیعی هر سرزمین و کشور محسوب می شوند. حفاظت پایدار از چنین مناطقی تنها در گرو درک و شناخت واقعی ارزش های نهفته در آن ها امکان پذیر است. لذا به منظور حفاظت از این منطقه، نه تنها شناخت مناسب از عوامل انسانی، بلکه نقش عوامل طبیعی از جمله اقلیم بسیار با اهمیت می باشد. اثر اقلیم در قالب دگرگونی های اقلیمی در تغییرات پوشش گیاهی را نمی توان نادیده گرفت. لذا در این مقاله، ما به دنبال آشکارسازی نقش اثرات گرمایش جهانی بر تغییرات پوشش گیاهی منطقه در استان مازندران و پیش بینی روند تغییر پذیری این فرایند برای دهه های آینده می باشیم. بطوری که با پیش بینی های مناسب از تغییرات کاربری اراضی در این ناحیه مطالعاتی می توان، مدیریت ریسک را جایگزین مدیریت بحران در عرصه های طبیعی،

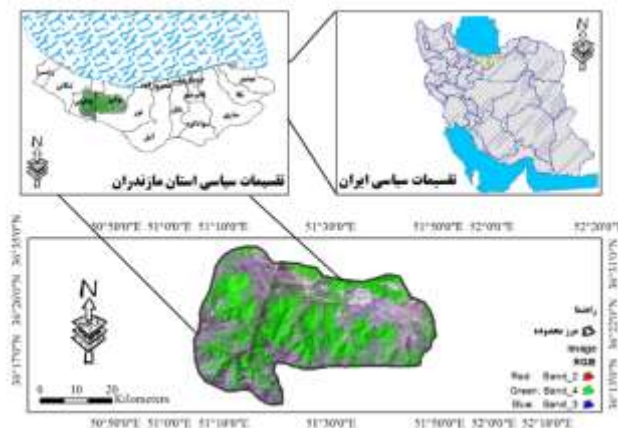
جنوب شرقی را تسریع کند. جویت و همکاران (۲۰۱۵). در مقاله ای تحت عنوان تغییرات آب و هوایی و تحولات شتاب دهنده گیاهان ارتفاع بالا در آلپ مرکزی به این نتیجه دست یافته اند که ترکیبی از افزایش دما و کاهش طول پوشش برف تأثیر عمده ای بر ترکیب، عملکرد و پایداری گونه های گیاهی در جوامع غربی دارد. پارسامهر (۱۳۹۵)، در پژوهش تحت عنوان معرفی کاربردی مدلسازی پروژه های REDD راهکاری برای کاهش پیامدهای تغییر اقلیم به این نتایج دست پیدا کرده است که طی بازه زمانی ۱۹۰۹-۱۹۰۹ حدود ۹۲۱۹ هکتار پوشش جنگل تخریب شده است. همچنین، ارزیابی صحت بیانگر صحت مناسب مدل با میزان ROC برابر با ۰۳۱/۹ درصد میباشد. علیزاده و همکاران (۱۳۹۸)، در پژوهشی تحت عنوان تحلیل اثرات نوع کاربری اراضی بر ترسیب کربن خاک (مطالعه موردی: حوزه آبخیز واز شهرستان نور) به این نتایج دست یافته اند که جنگل ها دارای بیشترین مقادیر ذخیره کربن در هر دو عمق مورد مطالعه و پس از آن اراضی زراعی و باغات، مراتع و در نهایت مناطق روستایی دارای کمترین مقدار بوده است. محمدی و همکاران (۱۳۹۸)، در پژوهشی تحت عنوان بررسی الگوی تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS و ارتباط آن با بارش به این نتایج دست یافته اند که حداکثر همبستگی برابر با ۰/۵۲ بین شاخص RVI و بارش است. مدل سازی پوشش گیاهی با استفاده از بارندگی هم زمان و تا دو ماه تأخیر، نشان داد که شاخص های DVI، RVI و EVI در گام هم زمان بهترین رابطه رگرسیونی را ارائه می دهند، در حالی که برای شاخص NDVI بهترین رابطه رگرسیونی با بارش دو ماه قبل بود.

۲۰۰۲ متر از سطح دریا قرار گرفته است. بر اساس مطالعات انجام شده سطوح ارتفاعی ۴۳۲ تا ۱۲۲۰ متر بیشترین تعداد نقاط سکونتگاهی را به خود اختصاص داده‌اند. در این طبقه ۷۵ نقطه سکونتگاهی جای گرفته است که ۳۷/۵ درصد از کل سکونتگاه‌های منطقه را شامل می‌شود. به طوری که در این منطقه اراضی پست کمتر از ۱۷۵۰ متر بیشترین گسترش را دارند. این اراضی که جزو اراضی نسبتاً پست استان نیز به شمار می‌روند. بیشتر در بخش‌های شمال و شمال غربی شرقی منطقه قابل مشاهده است. در مجموع ارتفاع در این منطقه بیشتر از سطح دریاهای آزاد است. بیشترین ارتفاع مشاهده در سطح منطقه در بخش‌های جنوبی می‌باشد که ارتفاعی در حدود ۳۸۰۰ متر را شامل می‌شوند (منبع، پردازش- مدل ارتفاعی توسط نویسندگان، ۱۳۹۹). گفتنی است در همین منطقه حفاظت شده کجور چهار گونه جنگلی (زربین، شمشاد، توسکای قشلاقی، توس، غان) وجود دارد که خود نشان دیگری از ارزش طبیعی این منطقه است (منبع، سازمان هواشناسی ایران ۱۳۹۸). در شکل (۱) محدوده جغرافیایی منطقه مطالعاتی را نشان می‌دهد (شکل ۱).

منجمله حفاظت از این سرمایه‌ی ملی اعمال نمود. موفقیت این پژوهش هم از منظر آکادمیک و هم از نظر مدیریتی دارای اهمیت خاصی خواهد بود.

منطقه مورد مطالعه:

منطقه حفاظت شده البرز مرکزی با مساحت ۳۹۹ هزارهکتار به موجب مصوبه شورای عالی محیط‌زیست ایران در سال ۱۳۴۶ به عنوان یکی از مناطق ارزشمند ایران از نظر تنوع ژنی و گونه‌ای در فهرست شبکه مناطق حفاظت‌شده جهان به ثبت رسیده بر این اساس منطقه مورد مطالعه در حریم منطقه البرز مرکزی واقع گردیده است (منبع، مصوبه شماره ۴ شورای عالی محیط زیست مورخ ۱۳/۷/۱۳۴۶). لذا به منظور حفاظت از این منطقه، نه تنها شناخت مناسب از عوامل انسانی، بلکه نقش عوامل طبیعی منجمله اقلیم بسیار با اهمیت می‌باشد. منطقه مورد بررسی حدود ۱۸۳۵،۳۵۱ کیلومترمربع است. و بیشترین مساحت منطقه مورد مطالعه در بخش محدوده مورد مطالعه در حریم شهرستان نوشهر قرار دارد. منطقه مورد بررسی در موقعیت جغرافیایی ۵۱ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۴۳ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه عرض شمالی با ارتفاع متوسط حدود



شکل ۱. نقشه منطقه مورد مطالعه (منبع: یافته‌های نویسندگان حاصل از پردازش تصاویر ماهواره‌ای)

مواد و روش‌ها

مراحل پیش پردازش دیتاها

در تحقیق حاضر از تصاویر ماهواره لندست در ۷ دوره زمانی استفاده شد که بترتیب برای بازه ۲ ژوئن ۱۹۸۵، ردیف ۱۶۴ و گذر ۰۳۵، ۲۸ می ۱۹۹۰، ۱۳ جولای ۱۹۹۵، ۸ ژوئن ۲۰۰۰ از تصویر سنجنده TM ماهواره لندست ۵ استفاده گردید. همچنین برای تاریخ ۴ ژوئن ۲۰۱۰ از تصویر سنجنده TM ماهواره لندست ۷ و برای بازه ۱۷ می ۲۰۱۵، ۷ ژوئن ۲۰۱۷ از تصویر سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ استفاده می‌شود.

به منظور بررسی و تحلیل تغییرات پوشش گیاهی در بخش کجور استان مازندران از شاخص‌های DVI, EVI و NDVI بهره گرفته شد. در گزارش حاضر جهت پایش تغییرات پوشش زمین از طبقه‌بندی نظارت شده و الگوریتم حداکثر شباهت استفاده شد. برای رسیدن به هدف تحقیق ابتدا اقدام به برداشت نمونه‌های آموزشی شد. برداشت نمونه‌های آموزشی به منظور انجام طبقه‌بندی نظارت شده با استفاده از عکس‌های هوایی، تصاویر Google Earth و نقاط برداشت شده با GPS در عملیات میدانی بوده و سعی گردید تا حد امکان پراکنش نمونه‌های آموزشی در سطح منطقه مطالعاتی در داخل منطقه همگن و با پراکنش مناسب باشند. لازم به توضیح بوده که تعداد پیکسل‌های انتخاب شده در هر نمونه آموزشی حداقل باید به اندازه ده برابر تعداد باندهای طیفی تصویر مورد استفاده باشد که این نکته بخوبی در مطالعه حاضر رعایت شد. در ادامه به این منظور برای اراضی فاقد پوشش گیاهی از ۱۲۰ نمونه آموزشی، اراضی با پوشش گیاهی مرتعی ۱۰۰ نمونه و پوشش گیاهی جنگلی ۱۵۰ نمونه جهت تهیه نقشه پوشش

اراضی استفاده شد. برای روش طبقه‌بندی از الگوریتم بیشترین شباهت در محیط نرم‌افزار ERDAS IMAGINE استفاده شد. شایان ذکر بوده که تغییرات کاربری اراضی برای پوشش جنگلی به غیر جنگلی در بین سالهای ۱۳۶۴ تا ۱۳۹۶، شناسایی گردید. سپس با استفاده از روش شبکه عصبی MLP این تغییرات در محیط مدلسازی تغییر سرزمین برای سال ۱۴۲۶ پیش بینی گردید.

آشکار سازی تغییرات سرزمین

در مطالعه حاضر به منظور برآورد درصد پوشش - های گیاهی از شاخص های EVI، NDVI و DVI استفاده گردید. همچنین از زنجیره مارکوف برای پیش بینی تغییرات این پوشش‌های گیاهی برای آینده و در نهایت بعنوان داده ای ورودی برای آنالیز انتشار گازهای گلخانه‌ای با توجه به پروژه REDD برای دهه‌های آینده استفاده خواهد شد. در ادامه هر یک از روشهای فوق توضیح داده شده‌اند:

شاخص پوشش گیاهی EVI : این شاخص برای بهینه‌سازی سیگنال پوشش گیاهی با بهبود سازی حساسیت در مناطق با بيموس بالا و بهبود پایش پوشش گیاهی از طریق ایجاد ارتباط بین سیگنال پس زمینه تاج و پوشش و کاهش اثرات اتمسفری عمل می‌کند. این شاخص براساس رابطه ۱ محاسبه می‌شود (Huete et al, ۲۰۰۲).

$$EVI = G \frac{\rho_{NIR} - \rho_{red}}{\rho_{NIR} + C_1 \times \rho_{red} - C_2 \times \rho_{blue} + 1} \quad (1)$$

که در آن ρ اصلاحات جوی و یا اصلاحات جزئی جوی (تصحیح ریلی و جذب اتمسفری) مربوط به بازتاب سطحی، L اصلاحات مربوط به پس زمینه

تاج و پوشش که غیر خطی می‌باشد. NIR و red به ترتیب باند مادون قرمز و مادون قرمز نزدیک، C₁, C₂ ضرایب مقاومت آروسل که برای تصحیحات مربوط به باند آبی و تاثیر اثرات جوی در باند قرمز استفاده می‌شوند. ضرایب ثابت در این شاخص L=1, C₁=6, C₂=7/5 و G=2/5 می‌باشد. همچنین آستانه عدد این شاخص بین ۱ تا ۱- می‌باشد.

شاخص پوشش گیاهی NDVI : جهت شناسایی مناطق پوشیده از پوشش گیاهی از شاخص گیاهی NDVI بهره گرفته شد. شاخص NDVI براساس رابطه ۲ محاسبه می‌شود (Rouse et al, ۱۹۷۴).

$$\text{رابطه ۲} \quad NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

در این رابطه RED مقدار بازتاب در محدوده باند قرمز و NIR مقدار بازتاب در باند مادون قرمز نزدیک است. مقدار این شاخص بین ۱- و ۱+ تغییر می‌کند. مقدار این شاخص برای پوشش گیاهی متراکم به سمت ۱+ میل می‌کند و برای آب، ابرها و برف مقدار آن منفی است.

شاخص DVI: شاخص پوشش گیاهی تفاضلی که اولین بار توسط اوریت و ریچاردسون در سال ۱۹۹۲ پیشنهاد شد، از کسر کردن مقادیر انعکاس باند قرمز از باند مادون قرمز بدست می‌آید (Hadjimitsis et al, ۲۰۱۰).

مدل CA MARKOV: احتمال تغییرات پوشش اراضی یک سیستم به یک وضعیت در یک زمان خاص (t₂) از اطلاعات مربوط به همان سیستم در زمان گذشته (t₁) بدست می‌آید. (Eastman, ۲۰۰۳; Rajitha, ۲۰۱۰). مدل مارکوف همچنین موقعیت هر کاربری را با تولید مجموعه‌ای از تصاویر احتمال وضعیت از ماتریس

احتمال انتقال نشان می‌دهد. در مرحله آخر از مدل‌سازی با استفاده از ماتریس مساحت انتقال در مدل CA مارکوف می‌توان نقشه شبیه سازی شده از کاربری اراضی در آینده را به دست آورد (Fan, ۲۰۰۸; Pontius, ۲۰۰۰). در این مطالعه پیش‌بینی وضعیت سه کلاس پوشش زمین، شامل اراضی فاقد پوشش، اراضی دارای پوشش گیاهی مرتعی و طبقه دارای پوشش جنگلی در منطقه مورد مطالعه برای سال ۱۴۲۶ بر اساس نقشه‌های پوشش زمین سال ۱۳۶۴ به عنوان نقشه دوره اول و نقشه پوشش زمین سال ۱۳۹۶ به عنوان نقشه دوره دوم به مدل مدلساز تغییر سرزمین (LCM) معرفی و با استفاده از شبکه عصبی MLP با مقدار صحت ۷۰ درصد ماتریس احتمال انتقال کاربری‌ها برای ۳۰ سال آینده محاسبه گردید.

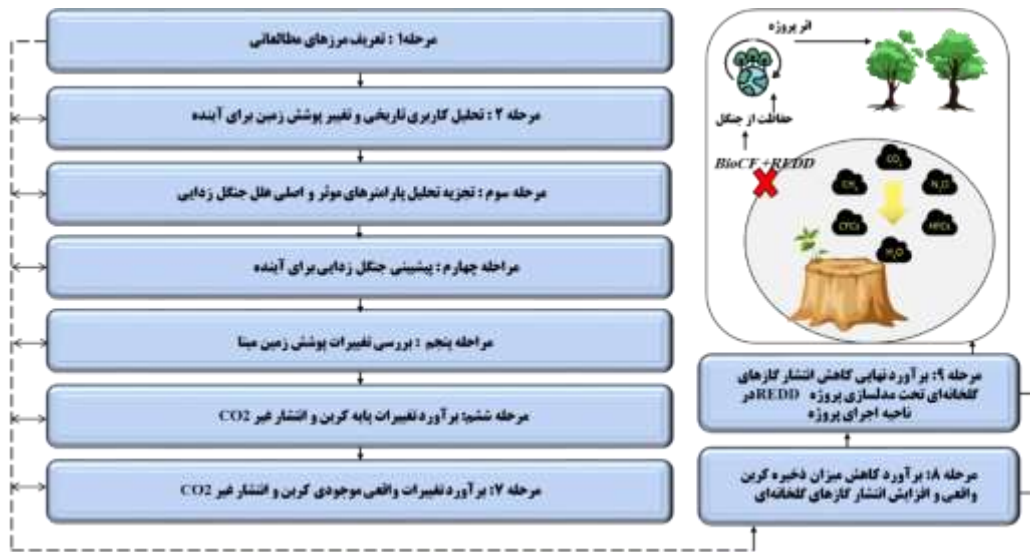
مدل سازی سناریوی REDD براساس رویکرد BioCF

در این پژوهش از مدل REDD در Land Change Modeler (LCM) جهت محاسبه تخمین کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای که نتیجه پیاده سازی یک پروژه REDD است استفاده شده است. مدلسازی پروژه REDD شامل ۹ مرحله می‌باشد که رویکرد آن بر اساس متدولوژی BioCF طراحی شده است. این متدولوژی به چندین ورودی جغرافیایی نیاز دارد که اولین ورودی تعیین محدوده Project Area (منطقه پروژه) می‌باشد. ورودی جغرافیایی دوم و سوم به ترتیب Leakage Area (منطقه تراوش) و Reference Area می‌باشند که باید این نواحی به مدل معرفی شوند. در این پژوهش از مدل REDD در LCM جهت محاسبه تخمین کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای که نتیجه پیاده سازی یک پروژه REDD است استفاده شده است. در

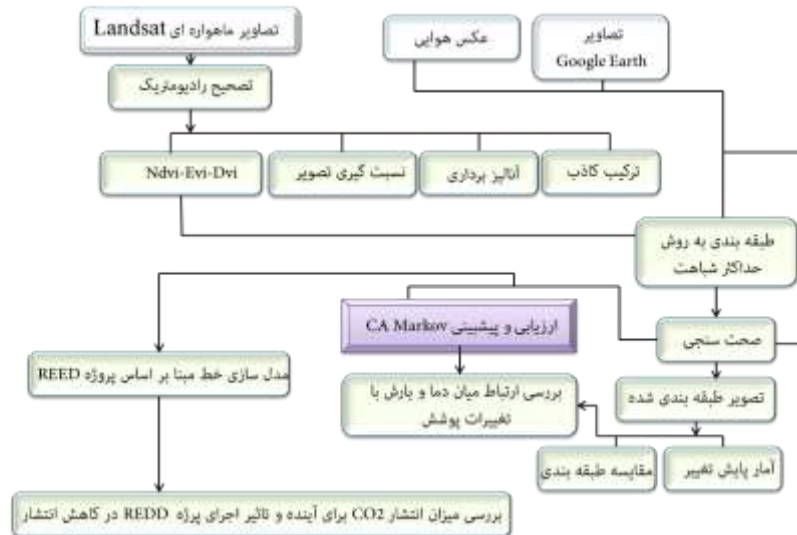
عنوان بهترین روش پهنه بندی انتخاب گردید و مطابق با آن داده‌ها پهنه بندی شدند. در این مطالعه به منظور بررسی روند پارامترهای اقلیمی از ایستگاه نوشهر استفاده گردید زیرا این ایستگاه نزدیک ایستگاه بین ایستگاه های مورد استفاده بوده است. نتایج تجزیه و تحلیل روند سری زمانی طولانی مدت ایستگاه نوشهر با استفاده از روش من-کندال برای بارش و دما ارائه شد. جهت بررسی آماری رابطه بین متغیرهای اقلیمی و پوشش گیاهی در این تحقیق، بعد از تهیه لایه‌های مورد نیاز، این لایه‌ها وارد محیط نرم‌افزار GIS شده و با استفاده از منوی Statistics و Analysis و ماژول روش REGRESS عمل رگرسیون انجام گردید.

شکل (۲) مراحل مدل سازی سناریو REDD به نقل از روش پیشنهادی BioCF ارائه شده است (BioCarbon Fund, ۲۰۰۸).

درخصوص پایش روند تغییرات دما و بارش ایستگاه‌های سینوپتیک موجود عبارت‌اند از (بابلسر، رامسر، نوشهر، قائمشهر) طول دوره آماری بکاررفته برای هر یک از پارامترهای آب و هوایی ۳۲ ساله از سال ۱۳۶۴ تا ۱۳۹۶ می‌باشد. برای برقراری ارتباط بین پوشش گیاهی و عناصر اقلیمی از روش‌های آماری استفاده شد که ابتدا به منظور پهنه بندی شاخص‌های اقلیمی روش‌های عکس مجذور فاصله، چند جمله‌ای، توابع شعاعی پایه ای و روش‌های کریجینگ مورد استفاده قرار گرفت. سپس در بین روش‌های مورد استفاده روشی که مقدار خطای RMSE آن کمتر است به



شکل ۲. مدل سازی سناریو REDD به نقل از روش پیشنهادی BioCF (BioCarbon Fund, ۲۰۰۸).



شکل ۳. فلوجارت فرآیند کلی انجام کار (منبع: یافته‌های نویسندگان)

یافته های تحقیق

پایش تغییرات پوشش اراضی

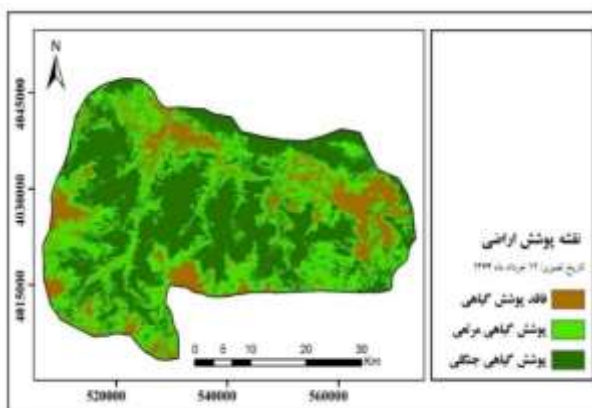
جهت طبقه بندی تصویر سنجنده MSS از ترکیب باندی ۲۳۴، برای سنجنده TM از ترکیب باندی ۲۴۶۷ و برای تصویر سنجنده OLI از ترکیب باندی ۲۳۵۷ استفاده و طبقات اراضی فاقد پوشش گیاهی، اراضی مرتعی و پوشش گیاهی جنگلی برای سال‌های ۱۳۶۴، ۱۳۶۹، ۱۳۷۴، ۱۳۷۹، ۱۳۸۹، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۶ تهیه شد. براساس نتایج به دست آمده تغییرات رخ داده در بازه زمانی بین سال‌های ۱۳۶۴-۱۳۶۹ برای طبقه فاقد پوشش و طبقه پوشش مرتعی به ترتیب بصورت ۰/۶۵ درصد و ۱/۳۸ درصد کاهش مساحت را نشان می‌دهد و برای کلاس پوشش جنگل نیز ۲/۰۳ درصد افزایش مساحت حادث شده است. در بازه بین سال‌های ۱۳۷۴-۱۳۶۹ تغییرات رخ داده برای طبقات فاقد پوشش و پوشش مرتعی به ترتیب ۵/۸۹ و ۳/۹۷ درصد و بصورت افزایشی بوده است. برای کلاس پوشش جنگل نیز تغییرات بصورت ۹/۸۶ درصد کاهش در مقدار مساحت حادث شده است. در بازه زمانی

بین سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۷۴ تغییرات برای کلاس فاقد پوشش مقداری در حدود ۶/۸۴ درصد افزایش در مقدار مساحت و برای کلاس پوشش مرتعی و پوشش جنگلی تغییرات به ترتیب مقداری در حدود ۴/۸۱ و ۲/۰۳ و بصورت کاهش در مقدار مساحت رخ داده است. در بازه زمانی بین سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۷۹ تغییرات برای طبقه فاقد پوشش گیاهی مقدار در حدود ۱۳/۶ درصد کاهش در مقدار مساحت حادث شده و برای طبقات پوشش مرتعی و پوشش جنگلی تغییرات به ترتیب مقداری در حدود ۴/۶۹ و ۸/۹۱ درصد و بصورت افزایش در مقدار مساحت حادث شده است. تغییرات در بازه زمانی بین سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۸۹ برای طبقات پوشش اراضی فاقد پوشش و اراضی دارای پوشش مرتعی به ترتیب مقداری در حدود ۱/۸۷ و ۳/۹۹ و بصورت کاهش در مقدار مساحت حادث شده است برای طبقه پوشش اراضی جنگلی تغییرات بصورت ۵/۸۷ درصد افزایش در مقدار مساحت بوده است. در بازه زمانی بین سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۹۴ تغییرات برای طبقات پوششی اراضی فاقد پوشش و طبقه

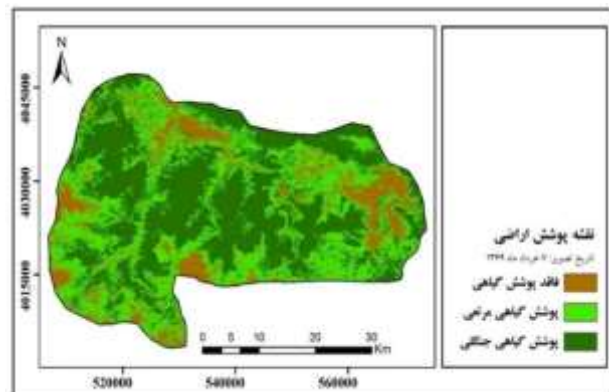
سال ۱۳۶۴ نشان دهنده دقت کلی ۸۹ درصد و ضریب کاپا ۰/۸۲ می‌باشد. برای سال ۱۳۶۹ دقت کلی و ضریب کاپا به ترتیب ۸۷ درصد و ۰/۸ بدست آمد. برای سال ۱۳۷۴ دقت کلی ۸۸ درصد و ضریب کاپا ۰/۸ برآورد شد. نتایج بدست آمده از ارزیابی شاخص‌های دقت کلی و ضریب کاپا برای سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۹، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۶ به ترتیب ۸۹ درصد، ۰/۸۲، ۹۱ درصد و ۰/۸۶، ۹۲ درصد و ۰/۸۶، و در نهایت ۹۱ درصد و ۰/۸۶ برآورد شد جهت طبقه‌بندی تصویر سنجنده MSS از ترکیب باندهی ۲۳۴، برای سنجنده TM از ترکیب باندهی ۲۴۶۷ و برای تصویر سنجنده OLI از ترکیب باندهی ۲۳۵۷ استفاده و طبقات اراضی فاقد پوشش گیاهی، اراضی مرتعی و پوشش گیاهی جنگلی برای سال‌های ۱۳۶۴، ۱۳۶۹، ۱۳۷۴، ۱۳۷۹، ۱۳۸۹، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۶ تهیه شد که به ترتیب در شکل‌های ۴ تا ۱۰ آورده شده‌اند.

پوششی جنگل به ترتیب مقداری در حدود ۱/۵ و ۰/۴ درصد بصورت کاهش در مقدار مساحت حادث شده است. طبقه پوشش مرتع نیز ۱/۹۳ درصد افزایش در مقدار مساحت رخ داده است براساس نتایج بدست آمده از مقدار کل مساحت طبقه فاقد پوشش مساحتی در حدود ۲۵۴۸۲ هکتار بدون تغییر باقی مانده و ۲۵۱۹ و ۲۱ هکتار به ترتیب از طبقه بدون پوشش به طبقات پوشش مرتعی و پوشش جنگلی تبدیل شده‌اند. از کل مساحت طبقه پوشش مرتعی ۲۳۴۷۲ هکتار به طبقه بدون پوشش و ۱۳۶۶ هکتار به طبقه پوشش جنگلی تبدیل شده است. از طبقه پوششی جنگل ۱۰۷۳ هکتار به طبقه بدون پوشش و ۱۸۰۰۷ هکتار به طبقه پوشش گیاهی مرتعی تبدیل شده است.

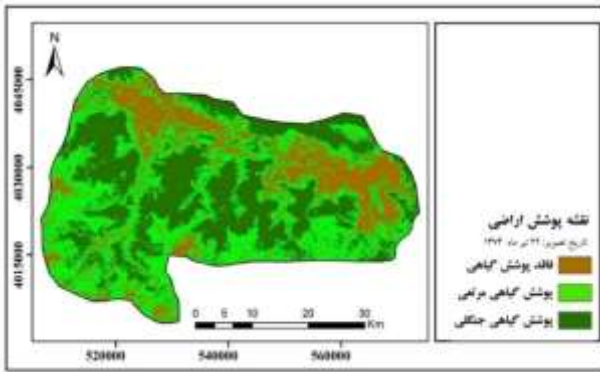
ارزیابی صحت طبقه‌بندی یک پارامتر مهم جهت مدلسازی و پیش بینی دقیق: نتایج بدست آمده برای آزمون صحت طبقه بندی پوشش اراضی



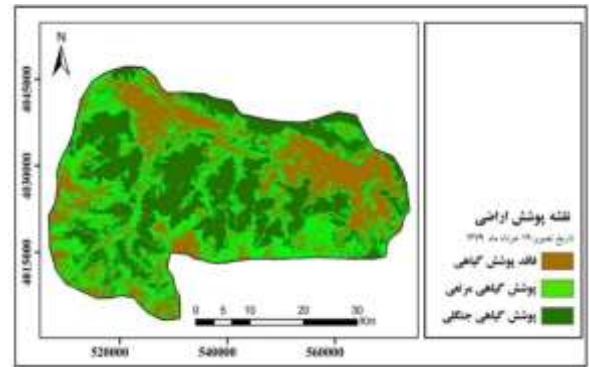
شکل ۴. نقشه پوشش اراضی برای سال ۱۳۶۴



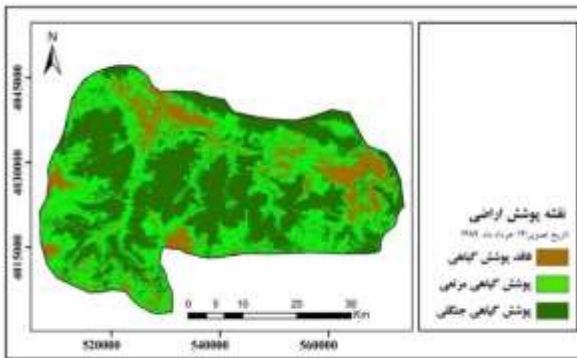
شکل ۵. نقشه پوشش اراضی برای سال ۱۳۶۹



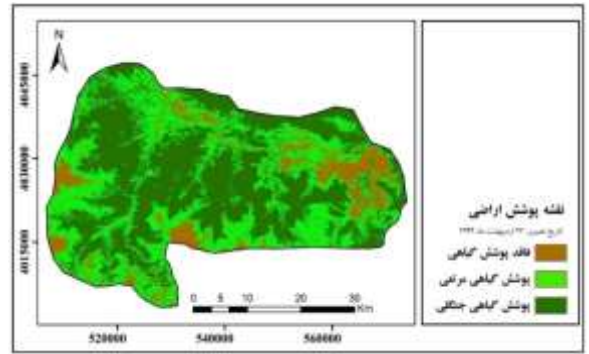
شکل ۶. نقشه پوشش اراضی برای سال ۱۳۷۴



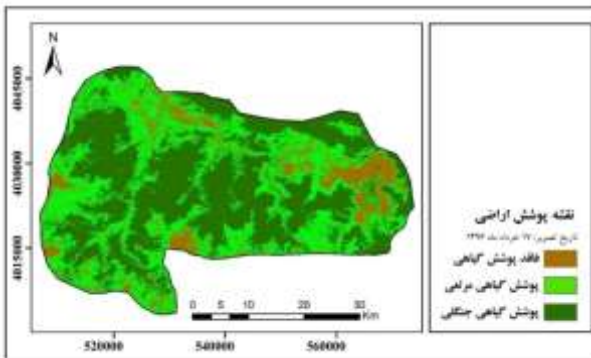
شکل ۷. نقشه پوشش اراضی برای سال ۱۳۷۹



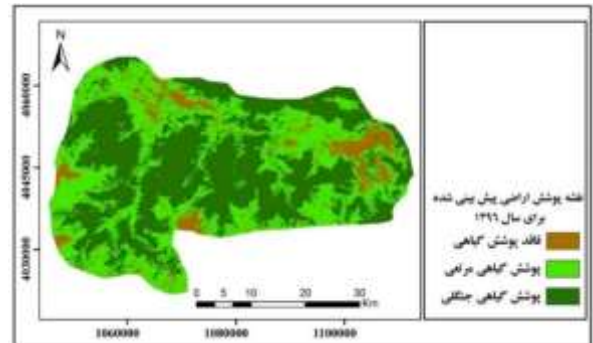
شکل ۸. نقشه پوشش اراضی برای سال ۱۳۸۹



شکل ۹. نقشه پوشش اراضی برای سال ۱۳۹۴



شکل ۱۰. نقشه پوشش اراضی برای سال ۱۳۹۶



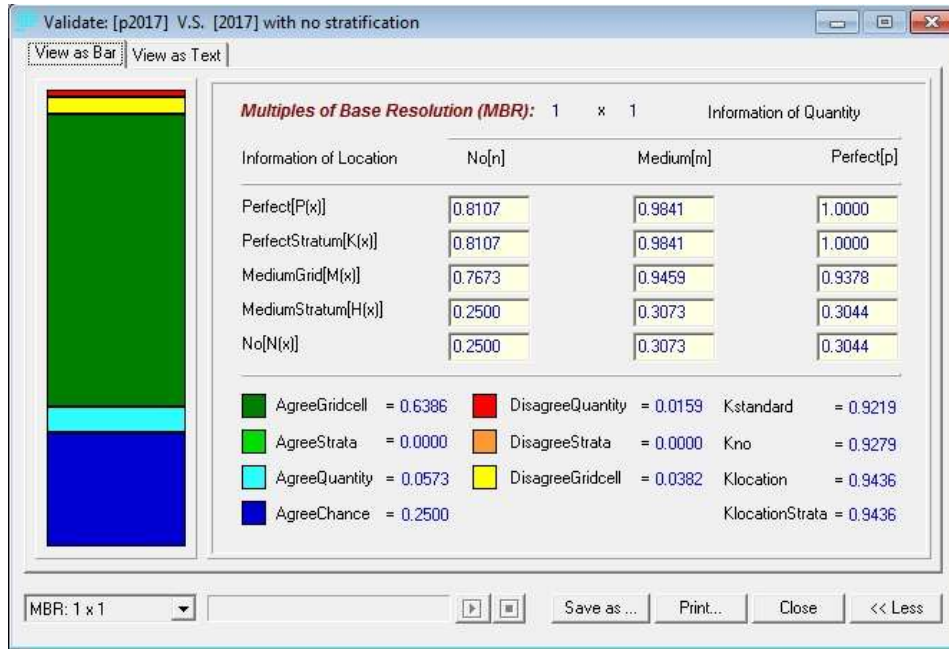
شکل ۱۱. نقشه پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین ۱۳۹۶ (یافته‌های نویسندگان حاصل از پردازش تصاویر ماهواره‌ای)

ناشی از کمیت نیز با توجه به رابطه $[P(m)]$ - $[P(p)]$ برابر $0/02$ و همین‌طور توافق و عدم توافق مکانی (مکان کلاس‌ها در دو نقشه واقعی و پیش‌بینی شده) به ترتیب $0/63$ و $0/25$ برآورد شد. شاخص Klocation که توانایی مدل در پیش‌بینی مکان پیکسل‌ها را نشان می‌دهد، برابر $0/94$ و شاخص Kquantity که توانایی مدل در پیش‌بینی تعداد پیکسل‌ها را نشان می‌دهد براساس رابطه ۳ محاسبه شد.

با توجه به شکل ۱۱ و ۱۲ این نتایج برای سال ۱۳۹۶ استنباط می‌گردد که توافق بین نقشه واقعی و پیش‌بینی شده $[M(m)]$ برابر $0/93$ است. عدم توافق بین دو نقشه نیز با توجه به رابطه $[M(m)] - 1$ برابر $0/07$ است، توافق ناشی از شانس $[N(n)]$ که بدون داشتن هیچ اطلاعی از موقعیت و کمیت به دست می‌آید برابر $0/25$ است، توافق ناشی از کمیت (تعداد سلول‌ها برای هر کلاس در دو نقشه) که از رابطه $[N(n)] - [M(m)]$ برابر $0/68$ محاسبه شد، عدم توافق

رابطه ۳

$$K_{quantity} = \frac{M(m) - NQML}{PQML - NQML} = \frac{0.9459 - 0.7673}{0.9378 - 0.7673} = 1$$



شکل ۱۲. توافقی و عدم توافقی نقشه واقعی و پیش بینی شده سال ۱۳۹۶ (منبع: یافته‌های

نویسندگان حاصل از پردازش تصاویر ماهواره‌ای)

جدول ۱. مساحت و درصد مساحت طبقات مختلف پوشش اراضی برحسب هکتار

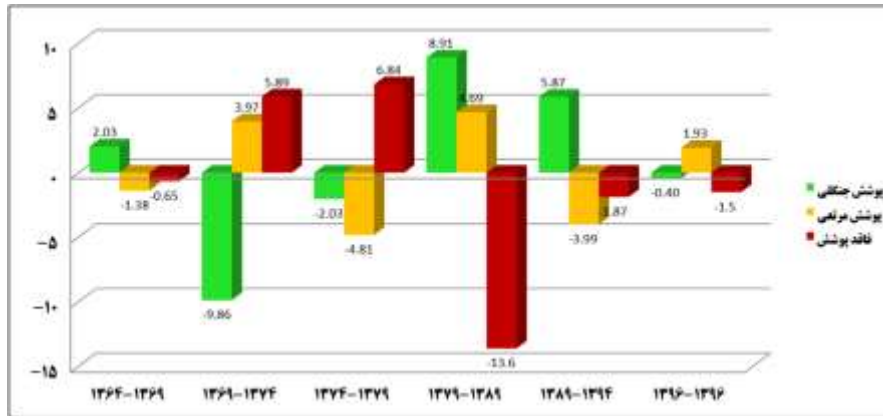
پوشش جنگلی		پوشش مرتعی		فاقد پوشش		سال / کلاس
درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	
۴۵/۵۹	۸۳۶۸۲	۳۹/۱۱	۷۱۷۸۴	۱۵/۲۹	۲۸۰۷۱	۱۳۶۴
۴۷/۶۳	۸۷۴۲۴	۳۷/۷۲	۶۹۲۴۵	۱۴/۶۳	۲۶۸۶۹	۱۳۶۹
۳۷/۷۶	۶۹۳۱۴	۴۱/۷	۷۶۵۴۳	۲۰/۵۳	۳۷۶۸۰	۱۳۷۴
۳۵/۷۳	۶۵۵۸۵	۳۶/۸۸	۶۷۷۰۱	۲۷/۳۷	۵۰۲۵۱	۱۳۷۹
۴۴/۶۴	۸۱۹۴۱	۴۱/۵۸	۷۶۳۲۴	۱۳/۷۶	۲۵۲۷۲	۱۳۸۹
۵۰/۵۲	۹۲۷۳۰	۳۷/۵۸	۶۸۹۸۳	۱۱/۸۹	۲۱۸۲۴	۱۳۹۴
۵۰/۰۸	۹۱۹۳۲	۳۹/۵۲	۷۲۵۴۰	۱۰/۳۸	۱۹۰۶۴	۱۳۹۶

(منبع: یافته‌های نویسندگان حاصل از پردازش تصاویر ماهواره‌ای)

جدول ۴. تغییرات طبقات پوشش اراضی برحسب درصد

پوشش جنگلی	پوشش مرتعی	فاقد پوشش	سال / کلاس
۲/۰۳	-۱/۳۸	-۰/۶۵	۱۳۶۴-۱۳۶۹
-۹/۸۶	۳/۹۷	۵/۸۹	۱۳۶۹-۱۳۷۴
-۲/۰۳	-۴/۸۱	۶/۸۴	۱۳۷۴-۱۳۷۹
۸/۹۱	۴/۶۹	-۱۳/۶	۱۳۷۹-۱۳۸۹
۵/۸۷	-۳/۹۹	-۱/۸۷	۱۳۸۹-۱۳۹۴
-۰/۴	۱/۹۳	-۱/۵	۱۳۹۴-۱۳۹۶

(منبع: یافته‌های نویسندگان حاصل از پردازش تصاویر ماهواره‌ای)



شکل ۱۳. تغییرات مساحت پوشش اراضی برحسب درصد (منبع: یافته‌های نویسندگان حاصل از پردازش تصاویر ماهواره‌ای)

کمتر از صفر می باشد. با بررسی جدول شماره ۲ می توان پی برد که همواره بیشترین سطح اشغال شده در این شاخص در کلاس ۰/۱-۰/۲ می باشد (بجز سال ۱۳۹۶) و کمترین سطح منطقه نیز در کلاس کمتر از صفر می باشد که این کلاس شامل نواحی آبی یا پوشش برفی می باشند. لازم به ذکر است که در سال ۱۳۹۶ کلاس بزرگتر از ۰/۳، بیشترین سطح از منطقه را به خود اختصاص داده است. این امر حاکی از آن است که سطح پوشش گیاهی متراکم در سال ۱۳۹۶ بیشتر شده است.

پس از ارزیابی شاخص پوشش گیاهی DVI نقشه های حاصل در پنج کلاس کمتر از صفر، بین صفر تا ۰/۱، بین ۰/۱ تا ۰/۲، بین ۰/۲ تا ۰/۳ و بیش از ۰/۳ طبقه بندی شدند که نتایج حاصل از آنها در قالب جدول ۵ برای سال‌های ۱۳۶۴ تا ۱۳۹۶ ارائه شده است. نتایج این بخش از مطالعه نشان می دهد که در سال ۱۳۶۴ بیشترین سطح این شاخص (۳۵ درصد) در کلاس ۰/۱ تا ۰/۲ قرار گرفته است. کمترین سطح این شاخص با اندازه ۰/۵۳ درصد از کل سطح منطقه متعلق به کلاس

جدول ۲. مساحت و درصد مساحت طبقات مختلف شاخص پوشش گیاهی DVI

شاخص پوشش گیاهی DVI										
سال / کلاس	< ۰	۰-۰/۱	۰/۱-۰/۲	۰/۲-۰/۳	> ۰/۳					
	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد
۱۳۶۴	۹۸۳	۰/۵۳	۵۵۱۵۲	۳۰	۶۵۰۶۲	۳۵/۴	۵۱۰۸۸	۲۷/۸	۱۱۲۵۳	۶/۱
۱۳۶۹	۱۷۷	۰/۰۹	۲۹۱۲۲	۱۵/۸	۶۴۵۴۲	۳۵/۱	۶۰۳۳۴	۳۲/۸	۲۹۳۶۳	۱۶
۱۳۷۴	۴	۰	۵۰۱۸۲	۲۷/۳	۸۳۲۰۰	۴۵/۳	۴۷۵۹۸	۲۵/۹	۲۵۵۵	۱/۴
۱۳۷۹	۲	۰	۵۱۸۸۱	۲۸/۲	۶۳۲۲۳	۳۴/۴	۴۶۶۴۴	۲۵/۴	۲۱۷۸۹	۱۱/۸
۱۳۸۹	۳۶	۰/۰۱	۲۵۰۵۵	۱۳/۶	۶۵۷۰۹	۳۵/۸	۶۲۵۹۵	۳۴/۱	۳۰۱۴۴	۱۶/۴
۱۳۹۴	۴۰۲	۰/۲	۲۱۵۳۳	۱۱/۷	۶۲۲۰۶	۳۳/۹	۵۴۶۸۲	۲۹/۸	۴۴۷۱۶	۲۴/۳
۱۳۹۶	۷۷	۰/۴۰	۱۵۸۷۸	۸/۶	۵۹۶۷۰	۳۲/۵	۴۳۴۳۷	۲۳/۶	۶۴۴۷۷	۳۵/۱

(منبع: یافته‌های نویسندگان حاصل از پردازش تصاویر ماهواره‌ای)

قالب جدول ۶ برای سال‌های ۱۳۶۴ تا ۱۳۹۶ ارائه شده است. نتایج حاصل از طبقه بندی شاخص EVI در جدول ۳ نشان می‌دهد که بیشترین سطح در سال‌های مختلف در کلاس‌های مختلف

پس از ارزیابی شاخص پوشش گیاهی EVI نقشه های حاصل در پنج کلاس کمتر از صفر، بین صفر تا ۰/۲، بین ۰/۲ تا ۰/۴، بین ۰/۴ تا ۰/۶ و بیش از ۰/۶ طبقه بندی شدند که نتایج حاصل از آنها در

قرار گرفته اند اما همواره کمترین سطح در کلاس کمتر از صفر قرار گرفته است. نتایج نشان می دهد که بیشترین سطح در سال ۱۳۶۴ در کلاس بیشتر از ۰/۶ می باشد. بیشترین سطح در سال ۱۳۶۹، ۱۳۷۴ و ۱۳۷۹ در کلاس ۰/۲ تا ۰/۴ قرار دارد. همچنین بیشترین سطح در سایر سال‌ها (۱۳۸۹، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۶) برای شاخص EVI در کلاس بیشتر از ۰/۶ قرار گرفته است.

جدول ۳. مساحت و درصد مساحت طبقات مختلف شاخص پوشش گیاهی EVI

شاخص پوشش گیاهی EVI									
سال/ کلاس	<۰	۰-۰/۲	۰/۲-۰/۴	۰/۴-۰/۶	>۰/۶	مساحت	درصد	مساحت	درصد
۱۳۶۴	۹۸۲	۴۰۳۵۵	۲۲	۴۱۶۷۶	۲۲/۷	۴۵۷۲۳	۲۴/۹	۵۴۷۹۰	۲۹/۸
۱۳۶۹	۲۶۷	۲۶۴۷۰	۱۴/۴	۵۳۹۳۶	۲۹/۴	۵۱۷۰۶	۲۸/۱	۵۱۱۵۷	۲۷/۸
۱۳۷۴	۳	۳۹۰۹۱	۲۲	۵۹۰۸۳	۳۲/۱	۶۰۰۰۶	۳۲/۷	۲۵۳۵۲	۱۳/۸
۱۳۷۹	۱	۴۸۲۱۴	۲۶	۵۶۱۴۷	۳۰/۶	۳۴۴۷۲	۱۸/۸	۴۴۷۰۲	۲۴/۳
۱۳۸۹	۳۷	۲۱۵۵۷	۱۱/۷	۵۶۵۳۷	۳۰/۸	۴۵۷۴۱	۲۴/۹	۵۹۶۶۴	۳۲/۵
۱۳۹۴	۹۹۸	۱۹۲۰۷	۱۰/۴	۵۲۶۶۳	۲۸/۷	۴۲۸۹۶	۲۳/۳	۶۷۷۷۳	۳۶/۹
۱۳۹۶	۲۹۷۰	۱۴۳۴۱	۷/۸	۵۴۵۰۲	۲۹/۷	۳۶۱۶۱	۱۹/۷	۷۵۵۶۳	۴۱/۱

(منبع: یافته‌های نویسندگان حاصل از پردازش تصاویر ماهواره‌ای)

همانند سایر شاخص‌ها کمترین سهم درصد مساحت در تمامی دوره‌ها را در کلاس کمتر از صفر نشان داده است اما بیشترین مقدار این شاخص بجز در سال ۱۳۷۹ که در کلاس ۰/۲ تا ۰/۴ نشان داده است در سایر دوره‌ها بیشترین سهم مربوط به کلاس بیشتر از ۰/۶ می باشد.

پس از ارزیابی شاخص پوشش گیاهی NDVI نقشه‌های حاصل در پنج کلاس کمتر از صفر، بین صفر تا ۰/۲، بین ۰/۲ تا ۰/۴، بین ۰/۴ تا ۰/۶ و بیش از ۰/۶ طبقه بندی شدند که نتایج حاصل از آنها در قالب جدول ۴ برای سال‌های ۱۳۶۴ تا ۱۳۹۶ ارائه شده است. همانطور که نتایج این بخش از مطالعه نشان می دهد این شاخص

جدول ۴. مساحت و درصد مساحت طبقات مختلف شاخص پوشش گیاهی NDVI

شاخص پوشش گیاهی NDVI									
سال/ کلاس	<۰	۰-۰/۲	۰/۲-۰/۴	۰/۴-۰/۶	>۰/۶	مساحت	درصد	مساحت	درصد
۱۳۶۴	۳۰۳	۱۶۷۲۸	۹/۱	۴۴۶۴۰	۲۵/۴	۴۹۳۶۵	۲۶/۹	۷۰۵۰۰	۳۸/۴
۱۳۶۹	۱۷۷	۱۵۶۷۵	۸/۵	۴۵۹۶۸	۲۵	۴۶۰۹۰	۲۵/۱	۷۵۶۲۶	۴۱/۲
۱۳۷۴	۳	۲۳۵۵۳	۱۲/۸	۵۲۱۴۲	۲۸/۴	۵۴۴۸۶	۲۹/۷	۵۳۳۵۲	۲۹
۱۳۷۹	۱	۳۱۷۶۳	۱۷/۳	۶۰۶۳۶	۳۳	۳۴۲۴۴	۱۸/۶	۵۶۸۹۲	۳۱
۱۳۸۹	۳۶	۱۳۵۸۵	۷/۴	۵۱۶۹۴	۲۸/۱	۴۸۳۵۹	۲۶/۳	۶۹۸۶۲	۳۸
۱۳۹۴	۴۴۷	۱۲۲۶۸	۶/۷	۴۴۱۱۵	۲۴	۴۴۹۰۵	۲۴/۴	۸۱۸۰۱	۴۴/۵
۱۳۹۶	۷۹	۹۳۱۳	۵	۴۸۴۰۷	۲۶/۳	۴۲۹۳۰	۲۳/۴	۸۲۸۰۸	۴۵/۱

(منبع: یافته‌های نویسندگان حاصل از پردازش تصاویر ماهواره‌ای)

اما در تعیین تراکم و سبزی‌نگی پوشش گیاهی یکسان نبودند. با بررسی درصد مساحت در جداول ارائه شده می توان پی برد که با وجود

مقایسه سه شاخص EVI، DVI و NDVI نشان می دهد که اگرچه این سه شاخص در تعیین مناطق برفی و آبی کاملاً مشابه هم عمل کردند

پیش‌بینی تغییرات کاربری برای آینده

چنانچه روند تغییرات آینده را معادل تغییرات فعلی در نظر بگیریم، جدول ۵ ماتریس احتمال به‌دست آمده از نقشه‌های سال‌های ۱۳۶۴ و ۱۳۹۶ با بهره‌گیری از LCM و MLP برای پیش‌بینی تغییرات ۳۰ سال آینده (۱۴۲۶) را نشان می‌دهد. در ماتریس مذکور، سطرها نشان‌دهنده طبقات پوشش سال ۱۳۹۶ و ستون‌ها مربوط به طبقات پوشش سال ۱۴۲۶ است. لازم به ذکر است که این مدل، پیش‌بینی طبقات پوشش در سال ۱۴۲۶ را با فرض ثابت ماندن فرایندهای تغییر پوشش اراضی در طی ۳۰ سال بعد (بازه ۱۳۹۶ تا ۱۴۲۶) انجام داده است.

اینکه در دوره ای به علت کمبود بارش و خشک‌سالی بارش کاهش پیدا کرده و در نتیجه آن بیوماس و سبزی‌نگی کم شده اما در چند سال اخیر به دلیل از بین رفتن خشک‌سالی وضعیت رویش و سبزی‌نگی پوشش گیاهی مجدداً به حالت قبلی برگشته است. همچنین مقایسه نتایج این سه شاخص نشان می‌دهد که بیشترین درصد مساحت در سال‌های مختلف برای کلاس پوشش خیلی متراکم (کلاس بیشتر از ۰/۶ برای NDVI و EVI و کلاس بیشتر از ۰/۳ برای DVI) در سال ۱۳۹۶ بوده است. لازم به ذکر است که علاوه بر افزایش بارندگی در سال‌های اخیر، طرح‌های آبخیزداری و حفاظت از مراتع و جنگل‌ها می‌تواند یکی از دلایل افزایش پوشش گیاهی در منطقه باشد.

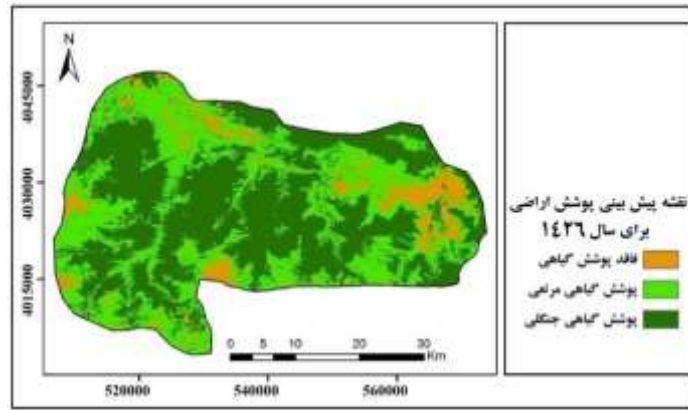
جدول ۵. ماتریس احتمال انتقال محاسبه شده بر اساس نقشه‌های پوشش اراضی در سال‌های ۱۳۶۴ و ۱۳۹۶

طبقه فاقد پوشش	طبقه پوشش مرتعی	طبقه پوشش جنگلی	۱۳۹۶ و ۱۳۶۴
۰/۴۷۷	۰/۵	۰/۰۱	طبقه فاقد پوشش
۰/۰۵	۰/۶۵	۰/۲۹	طبقه پوشش مرتعی
۰/۰۱	۰/۱۹	۰/۷۸	طبقه پوشش جنگلی

(منبع: یافته‌های نویسندگان حاصل از پردازش تصاویر ماهواره‌ای)

مارکوف و با لحاظ نقشه پوشش زمین سال ۱۳۹۶ به عنوان نقشه پایه و معرفی فایل مساحت انتقال حاصل از مرحله قبل اجرا و نقشه پوشش زمین برای سال ۱۴۲۶ پیش‌بینی شد که در شکل ۱۴ آورده شده است. مساحت و درصد مساحت طبقات مختلف پوشش اراضی در سال ۱۴۲۶ در جدول ۶ نیز نشان داده شده‌اند. براساس نتایج بدست آمده طبقات پوشش اراضی فاقد پوشش مساحتی در حدود ۱۴۸۱۶ هکتار معادل ۸ درصد، طبقه پوشش مرتعی مساحتی در حدود ۷۴۹۱۴ هکتار معادل ۴۰/۸ درصد و طبقه پوششی جنگل مساحتی در حدود ۹۳۸۰۷ هکتار معادل ۵۱/۱ درصد خواهند داشت.

همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود با احتمال ۰/۴۷ پیکسل‌های مربوط به طبقه فاقد پوشش در سال ۱۳۹۶، در سال ۱۴۲۶ نیز بدون پوشش باقی بماند و ۰/۵ احتمال دارد که به اراضی با پوشش مرتعی تبدیل شود. همچنین احتمال می‌رود، طبقه پوشش مرتعی ۰/۶۵ و طبقه پوشش جنگلی ۰/۷۸ بدون تغییر باقی بمانند. احتمال می‌رود که ۰/۲۹ از طبقه پوشش مرتع در سال ۱۳۹۶، به طبقه پوشش جنگل در سال ۱۴۲۶ تبدیل شود. همچنین پیش‌بینی می‌شود که ۰/۱۹ از طبقه پوشش جنگل در سال ۱۳۹۶، به طبقه پوشش مرتعی در سال ۱۴۲۶ تبدیل شود. در نهایت با استفاده از عملگر



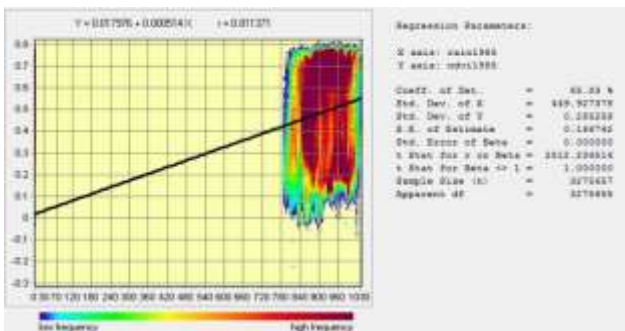
شکل ۱۴. نقشه پیش بینی شده پوشش اراضی برای سال ۱۴۲۶

(منبع: یافته‌های نویسندگان حاصل از پردازش تصاویر ماهواره‌ای)

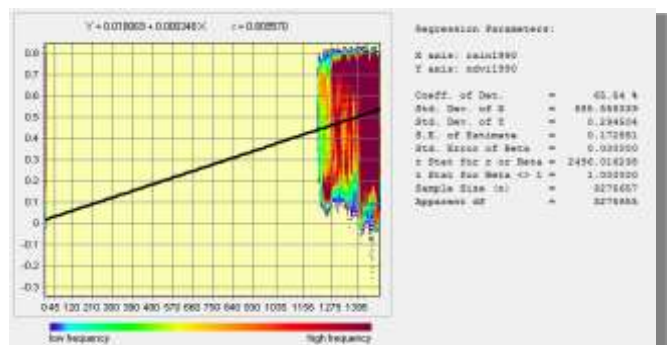
جدول ۶. مساحت و درصد مساحت طبقات پوشش اراضی در سال ۱۴۲۶ برحسب هکتار

سال/کلاس	فاقد پوشش گیاهی		پوشش گیاهی مرتعی		پوشش گیاهی جنگلی	
	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	درصد
۱۴۲۶	۱۴۸۱۶	۸/۰۷	۷۴۹۱۴	۴۰/۸۱	۹۳۸۰۷	۵۱/۱۱

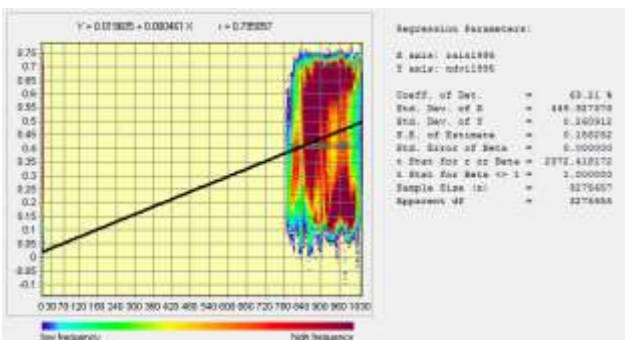
(منبع: یافته‌های نویسندگان حاصل از پردازش تصاویر ماهواره‌ای)



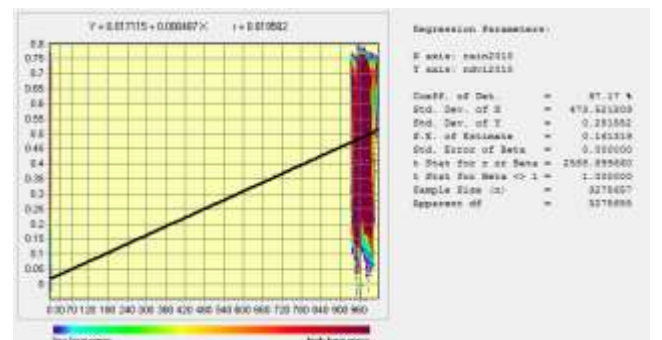
شکل ۱۵. همبستگی بین بارندگی و پوشش گیاهی برای سال ۱۳۶۴



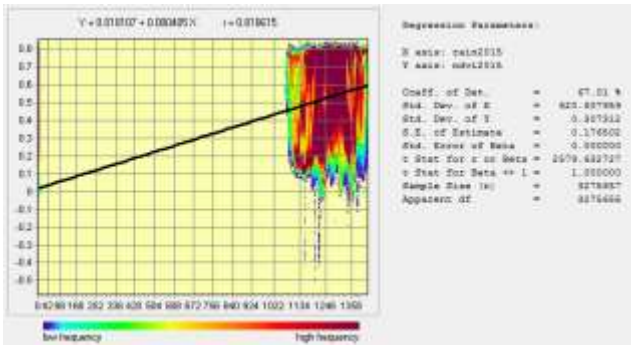
شکل ۱۶. همبستگی بین بارندگی و پوشش گیاهی برای سال ۱۳۶۹



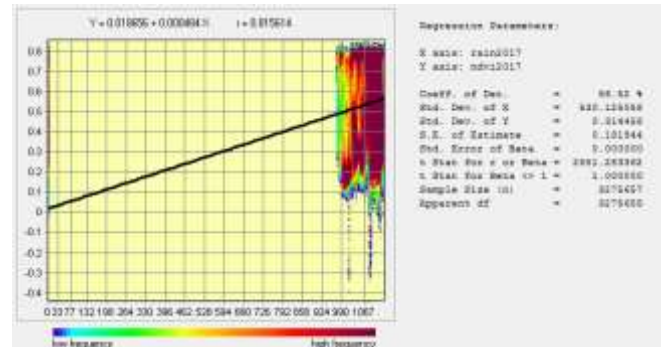
شکل ۱۷. همبستگی بین بارندگی و پوشش گیاهی برای سال ۱۳۷۹



شکل ۱۸. همبستگی بین بارندگی و پوشش گیاهی برای سال ۱۳۸۹



شکل ۱۹. همبستگی بین بارندگی و پوشش گیاهی برای سال ۱۳۹۴



شکل ۲۰. همبستگی بین بارندگی و پوشش گیاهی برای سال ۱۳۹۶

(منبع: یافته‌های نویسندگان حاصل از پردازش تصاویر ماهواره‌ای)

از نتایج مقدار R² دیده می‌شود بیشترین مقدار این شاخص برای متغیر اقلیمی بارش در رابطه با پوشش گیاهی به مقدار ۰/۸۱۹ برای سال ۱۳۸۹ بدست آمده است کمترین مقدار این شاخص برای بارش در رابطه با پوشش گیاهی به مقدار ۰/۷۵۳ برای سال ۱۳۷۹ بدست آمد.

رابطه رگرسیونی و ضریب تعیین برای هر یک از متغیرهای اقلیمی بارش به عنوان متغیر مستقل در رابطه با متغیر وابسته پوشش گیاهی در جدول شماره ۷ آورده شده است. ضریب تعیین (R²) میزان تغییرپذیری متغیر وابسته را بر مبنای متغیر مستقل نشان می‌دهد. همان طور که

جدول ۷. روابط رگرسیونی بین پوشش گیاهی و متغیر اقلیمی (بارش)

متغیر اقلیمی	رابطه رگرسیونی	R ²	متغیر اقلیمی	رابطه رگرسیونی	R ²
بارش سالانه ۱۳۶۴	y = 0.017976 + 0.000514X	0.811	بارش سالانه ۱۳۸۹	y = 0.017115 + 0.000487X	0.819
بارش سالانه ۱۳۶۹	y = 0.018069 + 0.000348X	0.809	بارش سالانه ۱۳۹۴	y = 0.018107 + 0.000405X	0.818
بارش سالانه ۱۳۷۴	y = 0.019605 + 0.000461X	0.795	بارش سالانه ۱۳۹۶	y = 0.018656 + 0.000484X	0.815
بارش سالانه ۱۳۷۹	y = 0.016873 + 0.000421X	0.753	بارش سالانه ۱۳۸۹	y = 0.017115 + 0.000487X	0.819

(منبع: یافته‌های نویسندگان حاصل از پردازش تصاویر ماهواره‌ای)

جدول ۸. ارزیابی پهنه بندی بارندگی مقدار خطای روش های درون یابی با استفاده از شاخص RMSE

سال	کریجینگ	چند جمله ای	توابع شعاعی پایه ای	عکس مجذور فاصله
۱۹۸۵	۲۵۵	۴۹۶	۳۰۵	۳۱۳
۱۹۹۰	۱۷۰	۳۲۰	۱۱۳	۲۱۷
۱۹۹۵	۱۹۰	۴۷۶	۱۷۰	۲۱۰
۲۰۰۰	۱۸۰	۷۳۴	۱۹۸	۲۷۰
۲۰۱۰	۱۹۲	۶۱۳	۲۳۷	۲۵۷
۲۰۱۵	۱۴۱	۲۱۷	۱۰۲	۲۸۸
۲۰۱۷	۲۳۵	۳۹۸	۱۰۱	۱۷۳

(منبع: یافته‌های نویسندگان حاصل از پردازش تصاویر ماهواره‌ای)

به نرمال سازی داده‌ها نموده و گاه‌ها حدهای آستانه بالا و پایین ایستگاه‌ها را تغییر می‌دهند بنابراین برای انجام پهنه بندی استفاده از این روش در مطالعه حاضر پیشنهاد نمی‌شود. به عبارت دیگر می‌توان ذکر کرد که همواره میزان

با بررسی نتایج به دست آمده از ارزیابی خطای روش های درون یابی می‌توان پی برد که روش‌های درون یابی RBF و کریجینگ نسبت به سایر روشهای درون یابی مقدار خطای کمتری دارند، اما از آنجاییکه روش‌های کریجینگ اقدام

خطای پایین به معنی افزایش دقت نیست. با توجه به نکات ذکر شده تمامی لایه ها در این مطالعه با استفاده از روش RBF تهیه گردیدند که دلایل انتخاب این روش به عنوان روش مناسب ۲ مورد می باشد: (۱) مقدار خطای پایین نسبت به سایر روش ها و (۲) عدم تغییر دامنه شاخص های اقلیمی می باشد. همچنین پس از بارش، دمای منطقه مورد مطالعه نیز به همین منوال پهنه بندی گردید و نتایج آن در بخش بعدی ارائه گردید.

جدول ۹. مقدار متوسط شاخص پوشش گیاهی و متغیرهای اقلیمی بارش و دما

ردیف	سال	متوسط مقدار شاخص NDVI	متوسط بارش سالانه (میلی متر)	متوسط دمای سالانه (درجه سانتی گراد)
۱	۱۳۶۴	۰/۴۹	۱۰۵۱	۱۲/۵
۲	۱۳۶۹	۰/۵	۱۴۰۰	۱۲/۴
۳	۱۳۷۴	۰/۴۴	۹۱۸	۱۲/۶
۴	۱۳۷۹	۰/۴۲	۹۷۳	۱۳/۲
۵	۱۳۸۹	۰/۴۹	۹۷۰	۱۴
۶	۱۳۹۴	۰/۵۳	۱۲۶۵	۱۴/۲
۷	۱۳۹۶	۰/۵۴	۱۰۸۵	۱۳/۷

(منبع: یافته های نویسندگان حاصل از پردازش تصاویر ماهواره ای)

جدول شماره ۱۰. میزان کاهش انتشار CO₂ بواسطه جابه جایی برخی فعالیت های جنگل زدایی در ناحیه اجرای

پروژه ، تحت سناریو REDD

Year	A tCO ₂ e	B tCO ₂ e	Year	A tCO ₂ e	B tCO ₂ e	Year	A tCO ₂ e	B tCO ₂ e
۲۰۱۸	۴۹۶۹۴	۲۱۶۰۶	۲۰۲۸	۷۰۴۰۱۱	۲۴۴۰۶۱	۲۰۳۸	۱۴۱۰۷۱۴	۳۳۲۳۹۹
۲۰۱۹	۹۹۳۸۸	۴۳۲۱۲	۲۰۲۹	۷۷۹۹۳۱	۲۵۳۵۵۱	۲۰۳۹	۱۴۷۶۹۴۷	۳۴۰۶۷۸
۲۰۲۰	۱۴۹۰۸۲	۶۴۸۱۸	۲۰۳۰	۸۵۵۸۵۰	۲۶۳۰۴۱	۲۰۴۰	۱۵۴۳۱۷۹	۳۴۸۹۵۷
۲۰۲۱	۱۹۸۷۷۶	۸۶۴۲۴	۲۰۳۱	۹۳۱۷۷۰	۲۷۲۵۳۱	۲۰۴۱	۱۶۰۹۴۱۲	۳۵۷۲۳۶
۲۰۲۲	۲۴۸۴۷۰	۱۰۸۰۳۰	۲۰۳۲	۱۰۰۷۶۹۰	۲۸۲۰۲۱	۲۰۴۲	۱۶۷۵۶۴۴	۳۶۵۵۱۵
۲۰۲۳	۳۲۴۳۹۴	۱۳۳۳۳۸	۲۰۳۳	۱۰۷۵۰۴۸	۲۹۰۴۴۱	۲۰۴۳	۱۷۳۹۶۴۱	۳۷۳۵۱۵
۲۰۲۴	۴۰۰۳۱۸	۱۵۸۶۴۷	۲۰۳۴	۱۱۴۲۴۰۶	۲۹۸۸۶۰	۲۰۴۴	۱۸۰۳۶۳۷	۳۸۱۵۱۴
۲۰۲۵	۴۷۶۲۴۳	۱۸۳۹۵۵	۲۰۳۵	۱۲۰۹۷۶۵	۳۰۷۲۸۰	۲۰۴۵	۱۸۶۷۶۳۳	۳۸۹۵۱۴
۲۰۲۶	۵۵۲۱۶۷	۲۰۹۲۶۳	۲۰۳۶	۱۲۷۷۱۲۳	۳۱۵۷۰۰	۲۰۴۶	۱۹۳۱۶۳۰	۳۹۷۵۱۳
۲۰۲۷	۶۲۸۰۹۲	۲۳۴۵۷۱	۲۰۳۷	۱۳۴۴۴۸۱	۳۲۴۱۲۰	۲۰۴۷	۱۹۹۵۶۲۶	۴۰۵۵۱۳

(A) میزان انتشار CO₂ بواسطه جابجایی برخی فعالیت های جنگل زدایی تحت اجرای پروژه (B) میزان

انتشار CO₂ در ناحیه تراوش (منبع: یافته های نویسندگان حاصل از پردازش تصاویر ماهواره ای)

جدول شماره ۱۱. میزان tCO₂e جلوگیری شده به آتمسفر در صورت اجرای پروژه REDD

Year	A	B	Year	A	B	Year	A	B
	tCO ₂ e	tCO ₂ e		tCO ₂ e	tCO ₂ e		tCO ₂ e	tCO ₂ e
۲۰۱۸	۱۰۸۰۳۰	۳۶۷۳۰	۲۰۲۸	۱۲۶۷۷۵۴	۳۱۹۶۸۲	۲۰۳۸	۲۱۵۱۱۳۳	۴۰۸۰۲۰
۲۰۱۹	۲۱۶۰۶۱	۷۳۴۶۱	۲۰۲۹	۱۳۶۲۶۵۴	۳۲۹۱۷۲	۲۰۳۹	۲۲۳۳۹۲۳	۴۱۶۲۹۹
۲۰۲۰	۳۲۴۰۹۱	۱۱۰۱۹۱	۲۰۳۰	۱۴۵۷۵۵۳	۳۳۸۶۶۲	۲۰۴۰	۲۳۱۶۷۱۴	۴۲۴۵۷۸
۲۰۲۱	۴۳۲۱۲۱	۱۴۶۹۲۱	۲۰۳۱	۱۵۵۲۴۵۳	۳۴۸۱۵۲	۲۰۴۱	۲۳۹۹۵۰۵	۴۳۲۸۵۷
۲۰۲۲	۵۴۰۱۵۱	۱۸۳۶۵۱	۲۰۳۲	۱۶۴۷۳۵۲	۳۵۷۶۴۲	۲۰۴۲	۲۴۸۲۲۹۶	۴۴۱۱۳۶
۲۰۲۳	۶۶۶۶۹۲	۲۰۸۹۶۰	۲۰۳۳	۱۷۳۱۵۵۰	۳۶۶۰۶۲	۲۰۴۳	۲۵۶۲۲۹۱	۴۴۹۱۳۶
۲۰۲۴	۷۹۳۲۳۳	۲۳۴۲۶۸	۲۰۳۴	۱۸۱۵۷۴۸	۳۷۴۴۸۲	۲۰۴۴	۲۶۴۲۲۸۶	۴۵۷۱۳۵
۲۰۲۵	۹۱۹۷۷۳	۲۵۹۵۷۶	۲۰۳۵	۱۸۹۹۹۴۶	۳۸۲۹۰۱	۲۰۴۵	۲۷۲۲۲۸۲	۴۶۵۱۳۵
۲۰۲۶	۱۰۴۶۳۱۴	۲۸۴۸۸۴	۲۰۳۶	۱۹۸۴۱۴۴	۳۹۱۳۲۱	۲۰۴۶	۲۸۰۲۲۷۷	۴۷۳۱۳۴
۲۰۲۷	۱۱۷۲۸۵۵	۳۱۰۱۹۲	۲۰۳۷	۲۰۶۸۳۴۲	۳۹۹۷۴۱	۲۰۴۷	۲۸۸۲۲۷۳	۴۸۱۱۳۴

(A) میزان انتشار CO₂ در ناحیه اجرای پروژه تحت متولوژی BioCF طی ۳۰ سال آینده (B) انتشار کربن واقعی در ناحیه اجرای پروژه تحت سناریوی REDD (منبع: یافته‌های نویسندگان حاصل از پردازش تصاویر ماهواره‌ای)

شامل ۶۴۸۱۸ تن بوده سپس این میانگین برای ۵ ساله دوم ۲۰۲۳ تا ۲۰۲۷ شامل ۱۸۳۹۵۴ تن خواهد شد. همچنین این میانگین برای ۵ ساله سوم ۲۰۲۷ تا ۲۰۳۲ شامل ۲۶۳۰۴۱ تن بوده سپس برای ۵ سال چهارم ۲۰۳۳ تا ۲۰۳۷ شامل ۳۰۷۲۸۰ تن خواهد شد در ادامه روند این میانگین برای ۵ سال پنجم ۲۰۳۸ تا ۲۰۴۲ شامل ۳۴۸۹۵۷ تن بوده که در نهایت این میزان برای ۵ ساله ششم ۲۰۴۳ تا ۲۰۴۷ شامل ۳۸۹۸۱۳ تن خواهد شد. بر اساس جدول شماره ۱۳ میزان جلوگیری شده دی اکسید کربن در بین سال شروع پیش بینی تا سال آخر به ترتیب از ۳۶۷۳۰ تن در سال ۲۰۱۸ به ۴۸۱۱۳۴ تن در سال ۲۰۴۷ افزایش خواهد یافت که این میزان در مقایسه با قبل اجرای پروژه مقدار قابل توجهی را نشان می دهد. زیرا با این روند به سمت احیای جنگل و حفظ گونه‌های زیستی و اجرای سیاست‌های پروتکل کیوتو پیش خواهیم رفت و مسیر برای یک روند پایدار پاک باز خواهد شد.

بر طبق جدول شماره ۱۰ که میزان کاهش انتشار CO₂ بواسطه جابه جایی برخی فعالیت های جنگل زدایی در ناحیه اجرای مدل ، تحت سناریو REDD را نمایان میکند، میتوان چنین نتیجه گرفت که میانگین انتشار دی اکسید کربن در ناحیه اجرای مدل به ترتیب در بازه زمانی ۵ ساله اول ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۲ شامل ۱۴۹۰۸۲ تن بوده سپس این میانگین برای ۵ ساله دوم ۲۰۲۳ تا ۲۰۲۷ شامل ۴۷۶۲۴۲ تن خواهد شد. همچنین این میانگین برای ۵ ساله سوم ۲۰۲۷ تا ۲۰۳۲ شامل ۸۵۵۸۵۰ تن بوده سپس برای ۵ سال چهارم ۲۰۳۳ تا ۲۰۳۷ شامل ۱۲۰۹۷۶۵ تن خواهد شد و در ادامه این میانگین برای ۵ سال پنجم ۲۰۳۸ تا ۲۰۴۲ شامل ۱۵۴۳۱۷۹ تن بوده و در نهایت این میزان برای ۵ ساله ششم ۲۰۴۳ تا ۲۰۴۷ شامل ۱۸۶۷۶۳۳ تن خواهد شد. بر حسب جدول شماره ۱۱ میانگین کاهش انتشار CO₂ در ناحیه تراوش تحت سناریو REDD به ترتیب در بازه زمانی ۵ ساله اول ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۲

نتایج حاصل از بررسی روند شاخص‌های

پوشش گیاهی

در مطالعه حاضر روند تغییرات شاخص‌های پوشش گیاهی DVI، EVI و NDVI و در بازه زمانی ۱۳۹۶-۱۳۶۴ در جداول ۲ تا ۴ آورده شده است. براساس نتایج بدست آمده سه شاخص مذکور در بازه تحقیق روند مشابه افزایش پوشش گیاهی و کاسته شدن از طبقه بدون پوشش را نشان می‌دهد که دلیل آن را با توجه به ثابت بودن روند دما و بارش به عامل انسانی و قرار گرفتن سطح وسیعی از منطقه مورد مطالعه در فهرست مناطق حفاظت شده سازمان محیط زیست دانست.

نتایج حاصل از بررسی روند تغییرات پوشش

اراضی

براساس نتایج به‌دست آمده از بررسی پوشش اراضی در سال ۱۳۶۴ مساحت کلاس اراضی فاقد پوشش، پوشش گیاهی مرتعی و پوشش گیاهی جنگلی به ترتیب ۲۸۰۷۱ هکتار، ۷۱۷۸۴ هکتار و ۸۳۶۸۲ هکتار بوده است. در سال ۱۳۶۹ مساحت کلاس اراضی فاقد پوشش ۲۶۸۶۹ هکتار، کلاس اراضی دارای پوشش مرتعی ۶۹۲۴۵ هکتار و کلاس پوشش جنگل ۸۷۴۲۴ هکتار بوده است. مساحت طبقات پوشش اراضی در سال ۱۳۷۴ برای اراضی فاقد پوشش ۳۷۶۸۰ هکتار، اراضی دارای پوشش گیاهی مرتعی ۷۶۵۴۳ هکتار و مساحت کلاس پوشش جنگل ۶۹۳۱۴ هکتار بوده است. برای سال ۱۳۷۹ مساحت طبقات پوششی اراضی فاقد پوشش، اراضی دارای پوشش مرتعی و اراضی دارای پوش جنگلی به ترتیب ۵۰۲۵۱ هکتار، ۶۷۷۰۱ هکتار و ۶۵۵۸۵ هکتار بوده است. در سال ۱۳۸۹ مساحت اراضی فاقد پوشش گیاهی ۲۵۲۷۲ هکتار، مساحت طبقه پوششی

نتیجه گیری:

در حال حاضر کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده‌های اتمسفر، هدف مهم سیاست‌های انرژی و زیست محیطی جهان را تشکیل می‌دهد. در نتیجه حتی اگر در تمام کره خاکی میزان تولید دی‌اکسید کربن را به یک‌باره صفر برسانیم، هنوز خطر گرمایش زمین، تغییرات اقلیمی و از بین رفتن گونه‌های زمینی و دریایی وجود خواهد داشت. پس باید راهی پیدا کنیم که این گاز را از جو تا حدودی تعدیل و از انتشار آن جلوگیری کنیم بر این اساس اجرای سناریوهای این پروژه (REDD) می‌تواند گامی موثر در کنترل هر بیشتر دی‌اکسید کربن به اتمسفر و به حفظ جنگل‌ها و حریم سبز کمک شایانی برساند.

بررسی وضعیت اقلیمی

به منظور بررسی زمانی ارزیابی پارامتر اقلیمی بارش از سری زمانی من-کندال استفاده گردید. همچنین به منظور برآورد شیب روند از روش تخمین شیب سنس استفاده گردید. نتایج این نشان می‌دهد که وضعیت بارش در دوره های مختلف تغییراتی داشته اما شیب بارش مثبت بوده و مقدار این شیب برای تمامی دوره ها بسیار کم بوده و به شکل ثابت بوده است بنابراین می‌توان گفت تغییرات بارش در منطقه به شکلی نبوده که نشانگر وقوع تغییرات اقلیمی در منطقه باشد و شیب ضریب سنس بین کمتر از ۰/۱ برای تمامی دوره‌ها بین ۰/۱- تا ۰/۱ بوده است. نتایج نشان می‌دهد که شیب Q یا شیب سنس در روش من-کندال برای تمامی دوره‌ها بین ۰/۱- تا ۰/۱ بوده بنابراین می‌توان گفت که تغییرات اقلیمی با شدت زیاد با استفاده از شاخص مقدار دما در طول دوره آماری مشاهده نشد.

تحقیق با نتایج تحقیقات چنگ و همکاران (۱۳۹۵) در خصوص رابطه بین فعالیت‌های جنگل‌زدایی با سیاست‌های انتشار کربن همخوانی داشته است. نتایج این تحقیق با نتایج تحقیق پرسون و همکاران (۱۳۹۵) در مورد درک بهتر محیط زیست و استفاده از فرصت‌ها برای پرداختن به تغییرات آب و هوا، بهبود دانش در مورد انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از تخریب جنگل‌ها همخوانی داشته است.

با توجه به پیشبینی زنجیره مارکوف، در صورت حفظ روند فعلی (گرم شدن تدریجی اقلیمی) وضعیت پوشش گیاهی به سمت کاهش و طبقات ضعیف‌تر پیش خواهد رفت. بنابراین با توجه به قابلیت زنجیره مارکوف در مدیریت منابع طبیعی پیشنهاد می‌گردد که مدیریت مرتع در این مناطق، جهت حفظ وضعیت پوشش گیاهی، باید به سمت کاهش تعداد دام، جایگزین کردن دام‌های با عملکرد بالا، استفاده از گونه‌های گیاهی مقاوم به شرایط خشکی و نیز تدوین برنامه‌های حمایتی برای دام و مرتع دار پیش برود. همچنین بر این مبنا پیشنهاد می‌شود در بررسی‌های دیگر در این زمینه، از تعداد بیشتری از متغیرهای اقلیمی استفاده شود. در جستار پیش رو اقلیم به صورت مولفه ثابتی در نظر گرفته شده و تاثیر تغییر اقلیم که حتی در مقیاس سالانه نیز قابل مشاهده است، در نظر گرفته نشده که این مسئله می‌تواند ارتباطات آشکار شده را با مقادیر عدم قطعیت همراه سازد.

مرتع ۷۶۳۲۴ هکتار و مساحت طبقه پوششی جنگل نیز ۸۱۹۴۱ هکتار بوده است. در سال ۱۳۹۴ مساحت طبقه بدون پوشش، طبقه پوشش مرتعی و طبقه پوشش جنگلی به ترتیب ۲۱۸۲۴ هکتار ۶۸۹۸۳ هکتار و ۹۲۷۳۰ هکتار بوده است. و در نهایت در سال ۱۳۹۶ طبقه فاقد پوشش گیاهی مساحتی در حدود ۱۹۰۶۴ هکتار، طبقه پوشش گیاهی مرتعی مساحتی در حدود ۷۲۵۴۰ هکتار و مساحت طبقه پوشش جنگل ۹۱۹۳۲ هکتار معادل بوده است. براساس نتایج بدست آمده در سال ۱۴۲۶ طبقه اراضی فاقد پوشش مساحتی در حدود ۱۴۸۱۶ هکتار، طبقه پوشش مرتعی مساحتی در حدود ۷۴۹۱۴ هکتار و طبقه پوششی جنگل مساحتی در حدود ۹۳۸۰۷ هکتار خواهند داشت. نتایج بررسی پوشش اراضی در بازه بین سال‌های ۱۳۶۴ تا ۱۴۲۶ بیان‌گر روند کاهشی در مقدار مساحت طبقه فاقد پوش و روند افزایشی مقدار مساحت در طبقات پوشش مرتعی و پوشش جنگل می‌باشد که باتوجه به ثابت بودن الگوی دما و بارش در منطقه عامل رخداد این وضعیت را می‌توان به وجود قسمت وسیعی از منطقه در فهرست مناطق حفاظت شده عنوان کرد. نتایج این پژوهش در خصوص کاهش انتشار گازهای گلخانه تحت اجرای پروژه (REDD) با نتایج تحقیقات تزولاس و همکاران (۱۳۸۵)، گارهام و همکاران (۱۳۹۹) مبنی بر جلوگیری از تخریب جنگل با تاکید بر پایداری زیست محیطی، ساساکی (۱۳۹۹) مبنی بر اثر کاربری زمین در کنترل انرژی زمین همخوانی نزدیکی داشته است. در همین راستا نتایج این

Reference:

۱. بهی، محمد جواد، مختاری، محمد حسین، مرادی، غلامحسین، صارمی نائینی، محمد علی. (۱۴۰۰). بررسی تغییرات و پیش بینی وضعیت آبی پوشش گیاهی منطقه دشت فهله استان فارس با تأکید بر ویژگیهای آب و هوایی، جغرافیای طبیعی، ۱۴(۵۴)، ۳۹-۵۶.
۲. پارسامهر، کوشا. (۱۳۹۴). معرفی کاربردی مدلسازی پروژههای REDD: راهکاری برای کاهش پیامدهای تغییر اقلیم، پژوهش های محیط زیست، ۷(۱۳)، ۱۸۳-۲۰۲.
۳. علی زاده، میثم، ملکپور، بهروز، آریا، حمید، وردیان، سمانه (۱۳۹۸). تحلیل اثرات نوع کاربری اراضی بر ترسیب کربن خاک (مطالعه موردی: حوزه آبخیز واز شهرستان نور)، مرتع و آبخیزداری، ۷۲(۱)، ۱۸۳-۱۹۳.
۴. محمدی، عبدالحسین، قضاوی، رضا، میرزایی، روح الله، ناصری، حمید رضا (۱۳۹۸). بررسی الگوی تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS و ارتباط آن با بارش، مرتع و آبخیزداری، ۷۲(۳)، ۸۴۳-۸۵۲.
۵. BioCarbon Fund, RED-NM-۰۰۱ / Version ۰۱(۲۰۰۸) Proposed Methodology for Estimating Reductions of GHG Emissions from Mosaic Deforestation., http://redd.unfccc.int/uploads/۲_۱۴۷_redd_۲۰۰۹_۴۲۵_biocarbon_fund.pdf.
۶. Bos, K., & Gupta, J. (۲۰۱۹). Stranded assets and stranded resources: Implications for climate change mitigation and global sustainable development. *Energy Research & Social Science*, ۵۶, ۱۰۱۲۱۵. <https://doi.org/۱۰.۱۰۱۶/j.erss.۲۰۱۹.۰۵.۰۲۵>
۷. Eastman, J.R. (۲۰۰۳). *IDRISI Kilimanjaro: guide to GIS and image processing*. Clark Labs, Clark University Worcester, MA.
۸. Cheng, M., Jin, J., Zhang, J., Jiang, H., & Wang, R. (۲۰۱۷). Effect of climate change on vegetation phenology of different land-cover types on the Tibetan Plateau. *International Journal of Remote Sensing*, ۳۹(۲), ۴۷۰-۴۸۷. doi: ۱۰.۱۰۸۰/۰۱۴۳۱۱۶۱,۲۰۱۷,۱۳۸۷۳۰۸.
۹. Charlie Parker, Andrew Mitchell, Mandar Trivedi & Niki Mardas (۲۰۰۸) *The Little REDD Book*, Global Canopy Programme John Krebs Field Station Oxford OX۲ ۸QJ uk, ۰-۶۰.
۱۰. Corbera, E., ۲۰۱۲. Problematizing REDD+ as an experiment in payments for ecosystem services. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, ۴(۶): ۶۱۲-۶۱۹.
۱۱. Fan, F., Wang, Y., Wang, Z. (۲۰۰۸). Temporal and spatial change detecting (۱۹۹۸-۲۰۰۳) and predicting of land use and land cover in Core corridor of Pearl River Delta (China) by using TM and ETM+ images. *Environmental Monitoring and Assessment*, ۱۳۷(۱), ۱۲۷-۱۴۷.

۱۲. Howe et al (۲۰۱۹). P.D. Howe, J.R. Marlon, M. Mildenerger, B.S. Shield, How will climate change shape climate opinion?, *Environ Res Lett*, ۱۴ (۱۱) (۲۰۱۹), p. ۱۱۳۰۰۱.
۱۳. Houghton, R. A. (۲۰۱۹). Negative Emissions From Stopping Deforestation and Forest Degradation. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9,11889-5>.
۱۴. Haghshenas, M., Mohadjer, M.R.M., Attarod, P., Pourtahmasi, K., Feldhaus, J. and Sadeghi, S.M.M., ۲۰۱۶. Climate effect on tree-ring widths of *Fagus orientalis* in the Caspian forests, northern Iran. *Forest science and technology*, Vol. ۱۲, No. ۴, ۱۷۶-۱۸۲.
۱۵. Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E.P., Gao, X., Ferreira, L.G. (۲۰۰۲). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote sensing of environment*, ۸۳(۱), ۱۹۵-۲۱۳.
۱۶. Hadjimitsis. D. G, Papadavid. G, Agapiou. A, Themistocleous. k, Hadjimitsis. M, Retalis. A. (۲۰۱۰), Atmospheric correction for satellite remotely sensed data intended for agricultural applications: impact on vegetation indices, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, ۱۰, PP ۸۹-۹۵.
۱۷. Madeira, M (۲۰۰۸). Policies to Reduce Emissions from Deforestation and Degradation in Developing Countries. Design and production: Meadows Design Office Inc., Washington, DC, www.mdmedia.com. P ۱-۸۲. <https://core.ac.uk/download/pdf/6312913.pdf>.
۱۸. Graham, V., Nurhidayah, Laely., Astuti, Rini (۲۰۱۹). Reducing emissions from tropical deforestation and forest degradation, *Encyclopedia of the World's Biomes*, Pages ۲۶۰-۲۶۸. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9,11928-1>.
۱۹. O'Hara PA (۲۰۱۹). Political economy of climate change, ecological destruction and uneven development. *Ecological Economics* ۶۹(۲): ۲۲۳-۲۳۴.
۲۰. Parker, C. Mitchell, A. Trivedi, M. & Mardas, N (۲۰۰۸). The Little REDD Book, Global Canopy Foundation, P ۱
۶۰. http://redd.unfccc.int/uploads/۲_۱۲۳_the_little_redd_book_dec_۰۸.pdf
۲۱. Pattanayak, S.K., Wunder, S. and Ferraro, P.J., ۲۰۱۰. Show me the money: do payments supply environmental services in developing countries? *Review of Environmental Economics and Policy*, ۴(۲): ۲۵۴-۲۷۴.
۲۲. Scholz, I. and Schmidt, L., ۲۰۰۸. Reduzierung entwaldungsbedingter Emissionen in Entwicklungsländern. *DIE Analysen und Stellungnahmen*, ۶/۲۰۰۸.
۲۳. Pearson, T.R.H., Brown, S., Murray, L. et al. Greenhouse gas emissions from tropical forest degradation: an underestimated source. *Carbon Balance Manage* ۱۲, ۳ (۲۰۱۷). <https://doi.org/10.1186/s13021-017-0072-2>.

۲۴. Pontius, R.G. (۲۰۰۰). Quantification error versus location error in comparison of categorical maps. *Photogrammetric engineering and remote sensing*, ۶۶(۸), ۱۰۱۱-۱۰۱۶.
۲۵. Rajitha, K., Mukherjee, C., Vinu Chandran, R., Prakash Mohan, M. (۲۰۱۰). Land-cover change dynamics and coastal aquaculture development: a case study in the East Godavari delta, Andhra Pradesh, India using multi-temporal satellite data. *International Journal of Remote Sensing*, ۳۱(۱۶), ۴۴۲۳-۴۴۴۲.
۲۶. Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A. (۱۹۷۴). Monitoring the vernal advancement of retrogradation (greenwave effect) of natural vegetation.
۲۷. Sasaki, N., Myint, Y. Y., Abe, I., & Venkatappa, M. (۲۰۲۱). Predicting carbon emissions, emissions reductions, and carbon removal due to deforestation and plantation forests in Southeast Asia. *Journal of Cleaner Production*, ۳۱۲, ۱۲۷۷۲۸.
۲۸. Stibig, H.J., Achard, F., Carboni, S., Rasi, R., Miettinen, J., ۲۰۱۴. Change in tropical forest cover of Southeast Asia from ۱۹۹۰ to ۲۰۱۰. *Biogeosciences* ۱۱, ۲۴۷-۲۵۸.
۲۹. Treitz P, Rogan J (۲۰۰۴): Remote Sensing For Mapping And Monitoring Land-Cover And Land-Use Change-An Introduction. *Progress In Planning* ۶۱(۴): ۲۶۹-۲۷۹.
۳۰. Tzoulas K, Korpela K, Venn S, Yli-Pelkonen V, Kaźmierczak A, Niemela J, James P (۲۰۰۷) Promoting ecosystem and human health in urban areas using green infrastructure: a literature review. *Landsc Urban Plan* ۸۱(۳, ۲۰): ۱۶۷-۱۷۸.
۳۱. <http://www.earthwatchers.org/ALBORZ-۷.html>.
۳۲. <https://www.irimo.ir/far/index.php>.
۳۳. <https://doe.ir/portal/home/>.
۳۴. Kumar S, Radhakrishnan N, Mathew S (۲۰۱۴): Land Use Change Modelling Using A Markov Model And Remote Sensing. *Geomatics, Natural Hazards And Risk* ۵(۲): ۱۴۵-۱۵۶.
۳۵. Weishou, Shen. , Zhang Hui, Ji. , Di, Shouguang. , Yan, Haidong. , Li , Naifeng. , Lin.(۲۰۱۱) , The Response Relation between Climate Change and NDVI over the Qinghai-Tibet plateau, *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Science Index* ۵۹, Vol ۵, No ۱۱, P ۲۴۳۸-۲۴۴۴.
۳۶. Yin G, Hu Z, Chen X, Tiyp T., (۲۰۱۶). Vegetation dynamics and its response to climate change in Central Asia. *Journal of Arid Land*, ۸(۳): ۳۷۵-۳۸۸.

Relationship between land use change and climatic indicators in order to determine the CO₂ emission trend based on the REDD scenario A new paradigm for nature protection(Case study: Kojoor Protected Area)

Yosef Darvishi^ξ, Mohammad Einali^ο, Babak Pirzad^٦

Abstract

Land use change often takes place without observing the principles and restrictions of the environment and will have consequences such as deforestation, obtaining accurate information about land use potentials is essential. The main purpose of this scenario is to reduce greenhouse gases (methane, carbon dioxide and nitrogen dioxide) and increase carbon sequestration in areas with severe land use change. Therefore, in this study, the need to create and continue an educational movement with the aim of changing behavior and improving public perceptions of the environment and climate change, to achieve sustainable development has been emphasized. In the present study, Landsat satellite images were used in ٧ time periods. In order to study and analyze vegetation changes in the study area, EVI, DVI and NDVI indices were used. These indices are from the image processing of Landsat ^ο, ^ξ and ^٦ satellites, which is available as a remote sensing product. The engine was extracted between ١٩٨٥, ١٩٩٠, ١٩٩٥, ٢٠٠٠, ٢٠١٠, ٢٠١٥ and ٢٠١٧ using the Google Earth processor. In this regard, the transfer potential modeling was performed with a learning procedure algorithm based on multilayer perceptron and prediction of changes for the best model was performed using Markov chain. Then it was used to evaluate the accuracy of modeling with Hit, Misses and False alarm statistics. Finally, according to the BioCF method and the basic period of ١٣٦٤-١٣٩٦, modeling of forest cover changes for the next ^ξ years (until ١٤٢٦) was modeled and the amount of Carbon Stock emission until ١٤٢٦ was calculated. The results of correlation analysis showed that there was a significant spatial correlation between vegetation dynamics and rainfall, which was significant and direct in winter and inverse in summer. Between ١٣٩٦ and ١٤٢٦, if the project strategy is not implemented, about ١٩٩٥٦٩ hectares of forest cover will be destroyed and ١٩٩٥٦٩٥ tons of carbon dioxide will be emitted. Prevented the release of ١٥٩٠,١٨٣ tons of carbon dioxide into the Earth's upper atmosphere. In order to prevent the uncontrolled expansion of residential areas and the destruction of forest areas and vegetation, management measures should be taken and management decisions should be made, because the amount of dense and semi-dense forests in areas with high slopes will be further reduced by ١٤٢٦.

Keywords: Vegetation Indices, Climate, Kojoor Protected Area, Land Use, Gis

^ξ - Assistant Professor of Geography, Payame Noor University, Tehran, Iran

^ο - Department of Geospatial Information Systems, Faculty of Geodesy and Geomatics Engineering, K. N. Toosi University of Technology, Tehran, Iran.

^٦ - MA of Urban Planning, Faculty of Art and Architecture, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.