

صص ۴۹-۷۳

پایش تغییرات پوشش سطح زمین در راستای تخریب سرزمین (۲۰۱۹-۲۰۰۱) MODIS Land Cover Product (مطالعه موردی: استان گلستان)

صالح آرخی*

دانشیار، گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران

عبدالحافظ پناهی

دکترای تخصصی آب و هواشناسی، اداره کل هواشناسی استان گلستان، گرگان، ایران

رقیه اسلامی

دانشجوی کارشناسی ارشد تغییر اقلیم، گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱/۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۶/۴

چکیده

مسئله تخریب سرزمین یکی از مهم ترین مشکلات زیست محیطی در سراسر جهان است. روش مطالعه در این پژوهش بر پایه مطالعات میدانی و تجزیه و تحلیل تولیدات (MODIS landcover-500MCD12Q) از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۹ با هدف پایش تغییرات پوشش سطح زمین در راستای تخریب سرزمین در استان گلستان صورت گرفته است. نتایج نشان می دهد که جنگل های پهن برگ همیشه سبز، جنگل های سوزنی برگ خزان کننده، درختچه زارهای متراکم و کاربری های طبقه بندی نشده در طول دوره زمانی ۱۹ ساله در محدوده مورد مطالعه هیچ پیکسلی به خود اختصاص نداده اند همچنین ترکیب و موزاییکی از اراضی زراعی و طبیعی، جنگل های سوزنی برگ همیشه سبز، و تالاب های دائمی در کل دوره، کمترین مقادیر سطوح پوششی و پیکسلی را به خود اختصاص داده اند. سطوح اراضی شهری و ساخته شده در محدوده مورد مطالعه از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۷ هیچ گونه تغییری نداشته اما از سال ۲۰۰۸ به بعد روند افزایشی را طی نموده است. در این بازه زمانی، علفزارها، اراضی زراعی، درختچه زارهای تنک و جنگل های مخروط به ترتیب دارای بیشترین مجموع پیکسل ها بودند. بدین معنی که طی این مدت، علفزارها با مجموع ۶۲۰۴۴۴ پیکسل، رتبه اول را به خود اختصاص داده و پس از آن اراضی زراعی با ۵۵۴۹۴۵ پیکسل رتبه دوم و درختچه زارهای تنک یا پراکنده با ۲۹۲۷۹۱ پیکسل رتبه سوم و جنگل های مخلوط با ۱۱۱۷۸۱ پیکسل رتبه چهارم را در بین تمام کاربری ها به خود اختصاص داده بودند. البته با مقایسه این کاربری ها مشاهده می شود که در این محدوده زمانی، اراضی زراعی دائماً در حال افزایش بوده و از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۹ حدود ۹۲/۱۵ درصد افزایش را نشان می دهد. در حالی که علفزارها و جنگل های مخلوط طی این سال ها روند تغییرات کاهشی را طی کرده اند. تالاب های دائمی تغییرات شدید کاهشی را تجربه کرده اند و این حاکی از خشک سالی های پی در پی، و احداث سد در مسیر رودهای ورودی به این تالاب ها می باشد که موضوعی بسیار نگران کننده است. چرا که تالاب های استان در فعال ساختن اکوسیستم منطقه، اعتدال آب و هوای منطقه و به لحاظ زیباشناختی و گردشگری می توانند در رونق گردشگری و اقتصاد استان نقش اساسی

ایفا کنند. ضمن اینکه خشک شدن تالاب‌ها پیامدهای منفی همچون ایجاد ریزگردهای شدید را به همراه خواهد داشت. پهنه‌های آبی در استان از سال ۲۰۰۱ با مساحت ۱۷۷/۳۱ کیلومترمربع به مساحت ۱۸۷/۶۱ کیلومترمربع در سال ۲۰۱۹ رسیده‌اند و این روند افزایشی می‌تواند بیانگر احداث سدهای متعدد در استان طی این سال‌ها باشد که از این نمونه می‌توان به سد دانشمند و آب‌بندان روستای کرد در شمال استان اشاره کرد. اراضی بایر استان در طی این مدت دارای روند کاهشی بوده است و مشخص می‌شود که این اراضی، تغییر کاربری داده و در مواردی به واحدهای صنعتی در استان تبدیل شده است، واحدهای صنعتی در شمال آق‌قلا و شهرک صنعتی اینچه‌برون و راه‌آهن اینچه‌برون و بعضی از واحدهای صنعتی که در زمین‌های بایر استان احداث شده است، نمونه‌هایی از این دست هستند. جنگل‌های پهن‌برگ خزان‌کننده در طی ۱۹ سال، ۳۴/۹ درصد از وسعت آن‌ها کاسته شده است که این میزان کاهش از جنگل‌های با ارزش هیرکانی در حقیقت یک فاجعه بزرگ است.

واژگان کلیدی: استان گلستان، پوشش زمین، تخریب سرزمین، سنسور مودیس.

مقدمه

در سال‌های گذشته استان‌های شمالی ایران نیز از نظر کاربری اراضی و پوشش زمین، دستخوش تحولات زیادی شده‌اند. جهانی که در آن زندگی می‌کنیم دائماً در حال تغییر و تحول است. پدیده‌هایی نظیر پوشش سطح زمین، در اثر عوامل طبیعی یا انسانی به مرور زمان دستخوش تغییر شده که عملکرد اکوسیستم را نیز تحت تأثیر قرار داده است (حسین زاده و همکاران، ۱۳۹۳). رویدادهایی چند از جمله افزایش نسبتاً دو برابری جمعیت به نسبت گذشته، تغییر کاربری زمین جنگلی و مرتعی به زمین‌های کم بازده کشاورزی (ثمره افزایش تولید محصولات کشاورزی) و نهایتاً افزایش محصولات چوبی موجب گردیده است که پوشش جنگلی و به تبع سطح زمین از بین برود. همچنین، با توجه به فعالیت‌های انسانی شاخص‌های کاربری و پوشش سطح زمین از جمله شاخص‌های تخریب سرزمین و بیابان‌زایی است (بدرالدین و همکاران^۱ ۲۰۱۳: ۲). امروزه به دلیل افزایش جمعیت و نیازمندی‌های جامعه بشری برای تأمین مایحتاج زندگی و تأمین امنیت غذایی جوامع بشری نیاز به افزایش کاربری‌های کشاورزی در جوامع بشری است که این امر با تغییر کاربری‌های زمین و در مواقعی همراه با تخریب زمین همراه می‌باشد در این بین تغییرات شدید اقلیمی نیز بر شدت این تغییرات می‌افزاید. گسترش سریع شهرها به دلیل تغییرات گسترده در کاربری و پوشش زمین تأثیرات منفی بر کیفیت زیست‌محیطی جهانی داشته، از جمله: کیفیت هوا، افزایش دما و تغییرات چشم‌انداز و همچنین تبدیل زمین‌های کشاورزی که منجر به از بین رفتن تنوع زیستی می‌شود. دمای سطح زمین شاخص مهمی در مطالعه مدل‌های تعادل انرژی در سطح زمین و فعل و انفعالات بین زمین و اتمسفر در مقیاس منطقه‌ای و جهانی است (درویشی و همکاران، ۱۳۹۸: ۳۶) این امر در نتیجه فشارهای ناشی از افزایش جمعیت بر منابع محدود اراضی به‌عنوان یک مشکل اساسی در مقابل امنیت غذایی و کیفیت مطلوب زندگی برای نسل‌های آینده به‌خصوص در کشورهای در حال توسعه نظیر ایران مطرح است. تخریب زمین در مناطق خشک با پدیده‌های شدید فیزیکی- زیستی و اقتصادی- اجتماعی همراه است که ممکن است به پدیده‌های غیرقابل برگشت از جمله تخریب

¹ Badreldin et al

محیط زیست تبدیل شوند (سالواتی ۲۰۰۸). معیشت بیش از ۱,۲ میلیارد نفر از ساکنان مناطق خشک که در ۱۱۰ کشور دنیا پراکنده می باشند به وسیله بیابان زایی، تخریب سرزمین و خشک سالی تهدید می گردد (راهداری^۳ و همکاران، ۲۰۱۳). تخریب زمین و بیابان زایی در طول دهه های اخیر در ایران از یک رشد فزاینده ای برخوردار بوده است. تصاویر ماهواره ای ابزار بسیار قدرتمندی جهت پایش و ارزیابی تغییرات پوشش زمین می باشند. یکی از مهم ترین کاربردهای داده های سنجش از دور مطالعه و بررسی پدیده های پویا و در حال تغییر در طول زمان است از جمله پدیده های پویا در کشاورزی و منابع طبیعی می توان به رشد محصولات کشاورزی، تخریب منابع خاک و پوشش گیاهی، تخریب اراضی، بیابان زایی و به طور کلی پوشش سطحی زمین اشاره نمود. به دلیل آن که بیابانی شدن، تخریب سرزمین و تغییر پوشش سطحی زمین در طی زمان رخ می دهد، بنابراین از طریق داده های سنجش از دور و ماهواره ای می توان نسبت به ارزیابی مکانی و زمانی اراضی بیابانی اقدام نمود. اطلاعات مودیس^۴ توسط دو ماهواره ناسا ترا و اکوا^۵ و در سه سطح رزولوشن های ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ متر جمع آوری می شوند (ناسا، ۲۰۱۴) (Nasa ۲۰۱۴).

اخوان قالیباف و همکاران (۱۳۹۸) در مقاله تحت عنوان بررسی تغییرات پوشش سطح زمین و کاربری حوضه سطح دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره MODIS به بررسی در این پژوهش جهت بررسی تغییرات مساحت پوشش زمین حوضه آبخیز دریاچه ارومیه از محصولات پوشش زمین سالانه مودیس MCD12Q1 با فرمت HDF و قدرت تفکیک مکانی ۵۰۰ متر استفاده گردید. نتایج نشان داد که در فاصله سال های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۶ بیشترین افزایش مساحت کاربری به ترتیب مربوط به زمین های کشاورزی و زمین های بایر و یا پوشیده از پوشش تنک به ترتیب با افزایش ۱۶۴۸ و ۸۳۷ و بیشترین کاهش مساحت کاربری به ترتیب مربوط به پهنه های آبی و پوشش بیابانی با کاهش ۱۳۸۳ و ۱۱۵۹ کیلومتر مربع است. نسبت مساحت زمین های کشاورزی و پهنه های آبی در سال ۲۰۱۶ نسبت به سال ۲۰۰۵ به ترتیب برابر ۱/۳۹ و ۶۹ می باشد مساحت اراضی زراعی آبی و باغی در نقشه استخراجی از محصول مودیس ۵۸۶۰ کیلومتر مربع است. کیخسروی و محمدی (۱۳۹۸) در مقاله خود تحت عنوان آشکارسازی تغییرات پوشش سطح زمین ناحیه شمال غرب ایران به عنوان نمایه ای از بیابان زایی به بررسی جهت بررسی روند بیابان زایی شمال غرب ایران، از تصاویر ماهواره های سنجنده مودیس مرتبط با محصول پوشش زمین MCD12Q1 در فواصل زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۳ استفاده شده است. نتایج تغییرات پوشش سطح زمین بر اساس الگوریتم Change Detection بیانگر آن است که ۸ طبقه پوششی در طی ۱۳ سال دچار تغییر در نوع پوشش شده اند؛ که این طبقات شامل (طبقه بوته زارها، طبقه زمین های زراعی، طبقه پوشش های گیاهی پراکنده، طبقه جنگل های برگ ریز پهن برگ، طبقه جنگل های مخلوط، طبقه پوششی مراتع، طبقه پوششی ساوانا و طبقه پوششی آب) می باشند که بخشی از مساحت این طبقات تبدیل به پوشش های از قبیل زمین های زراعی، مراتع، پوشش های

²salvati³ Rahdari et al⁴ MODIS⁵ Terra (EOS AM) and Aqua (EOS PM)⁶ National Aeronautics and Space Administration Nasa

گیاهی پراکنده و ... شده‌اند؛ بنابراین با توجه به تغییرات پوششی شمال غرب ایران می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که فقط ۹ درصد مساحت منطقه (عمدتاً در اطراف دریاچه ارومیه) دچار دگرگونی در نوع پوشش شده است. نیک پور و همکاران (۱۳۹۹) در مقاله پایش تغییرات پوشش سطح زمین در راستای تخریب سرزمین - MODIS land cover product 2001-2013 باهدف پایش تغییرات پوشش سطح زمین در راستای تخریب سرزمین در استان ایلام صورت گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که (کدهای ۲، ۳، ۴، ۱۱، ۱۴ و ۲۵۵)، در طول دوره زمانی ۱۳ ساله در محدوده مورد مطالعه هیچ پیکسلی به خود اختصاص نداده‌اند. همچنین (کدهای ۱، ۵، ۶، ۸ و ۹) در کل دوره حداقل مقادیر سطوح پوششی و پیکسلی یعنی به ترتیب ۳، ۶، ۳۶، ۲۳ و ۱۳ پیکسل به خود اختصاص داده‌اند. همچنین سطوح آبی (کد صفر) در محدوده مورد مطالعه از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۳ دستخوش تغییرات افزایشی بسیار کمی بوده است. سطوح مربوط به مناطق شهری و مسکونی (کد ۱۳) هیچ‌گونه تغییری در آن مشاهده نشد. به‌طور کلی روند تغییرات سطوح بدون پوشش گیاهی در طول ۱۳ سال یک‌روند افزایشی را نشان می‌دهد. و این می‌تواند یک موضوع نگران‌کننده به لحاظ تخریب سرزمین باشد. که باید با جدیت مورد توجه قرار گیرد. در مقابل روند تغییرات پهنه‌های جنگلی درختچه‌های باز در طول دوره مورد مطالعه یک‌روند کاهشی (وسعت ۵۳٪) را نشان می‌دهد. که در مقایسه با روند افزایشی سطوح فاقد پوشش گیاهی (۴۱/۶۰٪) یعنی تخریب سرزمین در منطقه صورت گرفته است. سلیمی و همکاران (۱۴۰۰) در مقاله تحت عنوان ارزیابی عملکرد نقشه‌های پوشش اراضی جهانی در استخراج محدوده اراضی کشاورزی مطالعه موردی: حوضه آبریز دریاچه ارومیه، محصول پوشش اراضی CGLS بهترین عملکرد را در تعیین محدوده‌های کشاورزی داراست و با توجه به قدرت تفکیک مکانی مناسب این محصول (۱۰۰ متر)، برای استفاده در تحلیل‌های مربوط به برآورد مصارف و یا شناسایی الگوهای توسعه کشاورزی در سطح حوضه آبریز توصیه می‌شود. حجازی زاده و سنبل (۱۴۰۱) در مقاله بررسی تغییرات شاخص پوشش گیاهی و کاربری اراضی در راستای توسعه پایدار مطالعه موردی: شهرستان ملارد که با استفاده از سنجنده مودیس MODIS به ارزیابی پرداختند نتایج این مطالعه نشان داد که در ماه‌های می، ژوئن، ژوئیه و اوت روند کاهشی در درصد مساحت مقادیر NDVI به میزان ۰.۳- تا ۰.۹- در ماه مشاهده گردیده است. بر اساس نتایج و منطبق بر ماه‌های با حداکثر NDVI مشخص گردید که بر میزان زمین‌های بایر به میزان ۳ کیلومترمربع در هر ۶ سال افزوده و از میزان نواحی پوشش یافته از جنگل‌ها و گیاهان سبز در این شهرستان تا ۳ کیلومتر در هر ۳ سال کاسته شده است. بنابراین، این شهرستان نیازمند به‌کارگیری تدابیر و برنامه‌های لازم‌الاجرا برای جلوگیری از بیابان‌زایی می‌باشد که مطابق با اهداف توسعه پایدار در راستای کاهش خطر فجایع آب و هوایی نظیر سیل و همچنین کاهش آلودگی هوا عمل نماید. خالدی و همکاران (۱۴۰۱) در پژوهشی تحت عنوان بررسی اثر تغییرات پوشش زمین بر دمای رویه سطحی زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده مودیس مطالعه موردی: شمال شرق ایران به این نتیجه رسیدند که دمای سطح زمین این منطقه، دارای ساختار فضایی بوده و به شکل خوشه‌ای در سه خوشه توزیع شده است. خوشه‌های داغ، مناطق کم ارتفاع، خوشه‌های سرد، مناطق پر ارتفاع و نا خوشه‌ها کوهپایه‌ها را در برگرفتند. در بررسی اثرات پوشش‌های سطح زمین بر دمای رویه سطحی زمین، در طی ۱۹ سال، دمای شبانه‌روزی لایه

سکونتگاه‌ها حدود ۱۲ / ۱ درجه و لایه زمین‌های زراعی ۴۱ / ۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است. در مقیاس دمای روزانه، لایه سکونتگاه‌ها از افزایش دمای حدود ۱ درجه برخوردار است. در مقیاس دمای سطحی شبانه، پوشش‌های زمین‌های زراعی، پوشش‌های گیاهی پراکنده و لایه سکونتگاه‌ها به ترتیب ۲/۶، ۸/۰ و ۶/۰ درجه سانتی‌گراد، افزایش دما را برای خود ثبت کردند. ستاری راد و همکاران (۱۴۰۲) در پژوهشی تحت عنوان امکان‌سنجی خودکارسازی تعیین تغییرات مناطق جنگلی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی: منطقه حفاظت‌شده البرز مرکزی) پرداختند نتایج بررسی همگنی پوشش گیاهی در ۵ منطقه نمونه نشان داد که در سه لایه طبقه‌بندی، همگن بوده و از طبقه جنگل‌های پهن‌برگ خزان‌کننده هستند. نتایج محاسبات انحراف معیار و میانگین ماهانه ارزش جنگل حاکی از آن است که ماه‌های جون، جولای و اوت (۱۱ خرداد الی ۹ شهریور) برای بررسی تغییرات پوشش جنگلی منطقه مورد مطالعه مناسب هستند. آستانه برای این ماه‌ها به ترتیب برابر با ۵۵/۸۵۹۶، ۸۰۰۰ و ۵۱/۸۴۹۷ به دست آمد. با اعمال آستانه‌ها بر روی تصاویر در این سه ماه در سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۱۶ و کسر این تصاویر از یکدیگر، پیکسل‌هایی که ارزش جنگلی خود را ازدست‌داده بودند، مشخص شدند. درنهایت، پس از انجام عملیات بولین، ۲۰۰ پیکسل با مساحت تقریبی ۲۳/۱۷۲۸ هکتار به‌عنوان نقاط تغییر یافته با کاهش پوشش جنگلی شناسایی شد. پس از بررسی، دقت کلی برای نقاط تعیین‌شده برابر با ۵/۸۸ درصد بود. بنابراین با اعمال آستانه‌های تعیین‌شده، امکان تشخیص خودکار تغییرات در عرصه‌های پوشش جنگلی به‌صورت به‌روز و مستمر فراهم است.

اکوسیستم‌های شمال استان گلستان یک زیستگاه حیاتی برای گونه‌های متفاوت و یک مأخذ معیشت برای انسان‌ها است که به علت افزایش فشار جمعیت از سوء مدیریت از نظر تخریب زمین تهدید می‌شود. مسئله تخریب سرزمین در استان گلستان متأثر از ترکیبی از عوامل طبیعی و انسانی از جمله جنگل‌زدایی، خشک‌سالی، چرای بیش از حد، کشاورزی تشدید و افزایش عملکرد رسوبات ناشی از فرسایش خاک، تبخیر، سدسازی و خشک‌سالی است. ریزش‌ها و تخریب‌های صورت گرفته در نواحی با تراکم جمعیت زیاد و بارش کم و همچنین در استان گلستان که استانی مهاجرپذیر است و جمعیت آن روز بروز افزوده می‌شود، بیشتر مشهود است. تغییراتی که برای اکولوژیست‌ها و مدیران منابع بسیار مهم است آن‌هایی هستند که در نهایت با فعالیت‌های انسانی مانند جنگل‌زدایی و پاک‌سازی زمین برای کشاورزی و دام‌پروری ارتباط دارند. بنابراین تغییرات پوشش سطح زمین و کاربری اراضی به‌منظور پایش تغییرات زیست‌محیطی و برنامه‌های مدیریتی منابع پایدار برای اکوسیستم‌های شکننده‌ای مانند استان گلستان مورد بررسی قرار گرفت تا نتایج حاصله را در اختیار مدیران و برنامه‌ریزان منطقه جهت احیا و پیشگیری از گسترش این مشکل قرار دهیم.

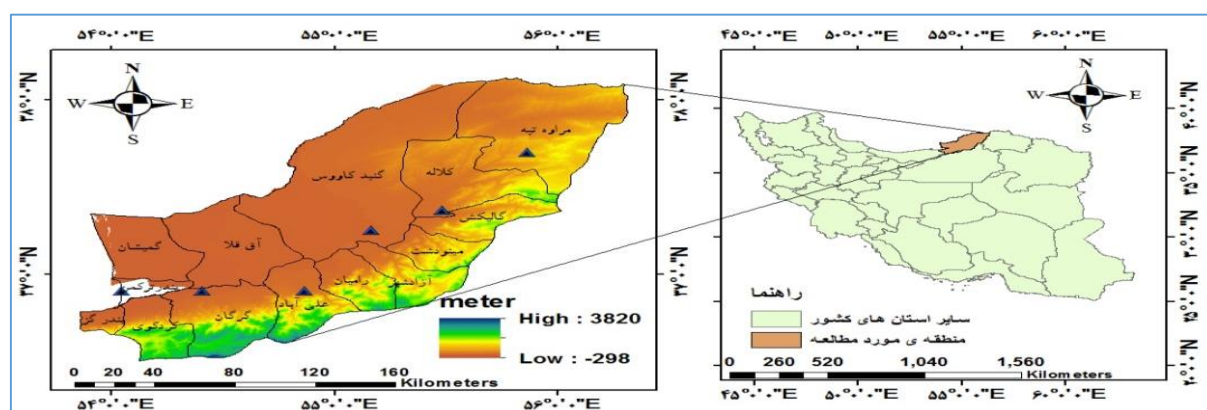
هدف اصلی این مطالعه پایش تغییرات پوشش سطح زمین در راستای تخریب سرزمین با استفاده از اندازه‌گیری‌های ماهواره‌ای برای تغییرات پوشش سطح زمین مرتبط با تخریب زمین در اکوسیستم استان گلستان واقع در شمال کشور ایران است. تکنیک‌های سنجش از راه دور ماهواره‌ای به‌طور گسترده‌ای برای نظارت بر تغییر در انواع محیط‌های طبیعی به کار گرفته شده است. در این پروژه برای پایش تغییرات پوشش زمینی در استان گلستان از تصاویر سنجنده مودیس استفاده

شد. ابتدا از سایت ارث دیتا با کد محصول MCD12Q1، تصاویر پوشش زمین^۷ سالانه با رزولوشن متوسط ۵۰۰ متر طی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۹ استخراج شد. سپس این تصاویر وارد محیط نرم‌افزاری جی‌آی‌اس^۸ GIS شده و تغییرات و طبقه‌بندی‌های لازم بر روی آن صورت گرفته، و بعد از آن مساحت کاربری‌های موجود، در محیط اکسل به دست آمده است. همچنین درصد مساحت کاربری‌های اراضی طی دوره‌های ۵ ساله در محیط نرم‌افزاری انوی (Envi) طی این بازه زمانی مشخص شد و تبدیل کاربری‌ها به یکدیگر آشکارسازی گردید.

داده‌ها و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

استان گلستان در بخش شمالی کشور با وسعت ۲۰۴۳۸ کیلومترمربع با مختصات جغرافیائی، ۵۳ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۲۲ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۸ دقیقه عرض شمالی واقع گردیده است. این استان از شمال به کشور ترکمنستان، از جنوب به استان سمنان، از شرق به استان خراسان شمالی و از غرب به دریای خزر و استان مازندران محدود می‌شود استان گلستان از آب و هوای گوناگونی برخوردار است. از ۱۳ اقلیم شناخته‌شده در جهان، استان گلستان دارای ۸ اقلیم معتدل مرطوب، معتدل مدیترانه‌ای، معتدل خشک، معتدل کوهستانی، سرد کوهستانی، خشک سرد، نیمه‌خشک و خشک می‌باشد. در قسمت‌های شمالی استان مناطق خشک و نیمه‌خشک وجود دارد و هر چه به‌سوی مرز ترکمنستان نزدیک می‌شویم بر خشکی آن افزوده می‌شود میزان بارندگی در استان گلستان سالانه ۴۷۰ میلی‌متر می‌باشد. (شکل ۱).



شکل ۱: نقشه محدوده مورد مطالعه مأخذ: ترسیم نگارندگان، ۱۴۰۳

⁷ Landcover

⁸ Geographic Information System

داده‌های ماهواره‌ای مورد استفاده در پژوهش

تشریح ویژگی‌های پوشش سطح زمین و مساحتی در مقیاس جهانی از ۳۰ سال پیش تاکنون از جنبه توان تفکیک‌های فضایی، موضوعی و زمانی به نحو چشمگیری پیشرفت کرده است (جری و همکاران، ۲۰۱۳: ۳۰)^۹ هم‌اکنون تعدادی از محصولات پوشش جهانی زمین عبارت‌اند از خصوصیات پوشش جهانی زمین^{۱۰}، پوشش جهانی زمین^{۱۱}، محصول پوشش زمین مودیس^{۱۲}، پوشش جهانی^{۱۳}، پایگاه داده طبقه‌بندی و پارامتر سازی اکوسیستم‌ها ورژن^{۱۴} و پوشش زمین جهانی - اشتراک^{۱۵}. این محصولات به آگاهی ما از مقدار و پراکنش گونه‌های مختلف پوشش سطحی زمین یاری می‌رساند (لاسم^{۱۶} و همکاران، ۲۰۱۴: ۳۱) محصول پوشش سطح زمین مودیس اطلاعاتی در مورد پوشش سطح زمین و کنترل کیفیت را تهیه می‌کند. همچنین محصول ترکیبی پوشش زمین ترا و آکوای مودیس^{۱۷} پنج طرح طبقه‌بندی از پوشش سطح زمین دارد که با شیوه طبقه‌بندی نظارتی کنترلی گرفته شده است. نوع محصول پوشش زمین مودیس - ام‌سی‌دی ۱۲ کیو^{۱۸} رشته‌ای از دسته‌ای از داده‌های علمی^{۱۹} است که در بازه زمانی یک سالانه نقشه پوششی ۵۰۰ متری برای ۶ نوع پوشش مختلف سطح زمین تولید می‌کند. این داده‌ها پس از سال ۲۰۰۱ در ۵ طبقه^{۲۰} در دسترس است (جانسن و گرگوریو^{۲۱} ۲۰۰۲: ۲). (جدول ۱). هر کدام از این طبقات در ناحیه‌های مختلف مورد استفاده است. در این پژوهش از طبقه^{۲۲} که ویژه نواحی خشک و نیمه‌خشک است استفاده گردیده است طبقه‌بندی پوشش سطح زمین مودیس بر پایه رویه نظارت شده با الگوریتم درخت تصمیم‌گیری چند زمانه است. از محصول پوشش سطح زمین مودیس^{۲۳} برای ترسیم حدود زمین‌های کشاورزی استفاده می‌شود. دانشگاه بوستون داده‌های محصول پوشش زمین مودیس^{۲۴} را تولید می‌کند و داده‌های بازه زمانی یک سال تقویمی و وضوح ۵۰۰ متر در ۵ سیستم طبقه‌بندی عرضه می‌دارد.

⁹ Giri Et al

¹⁰ GLCC

¹¹ GLC2000

¹² MODIS LCP (Land Cover Product)

¹³ Glob Cover

¹⁴ ECOCLIMAP-II

¹⁵ GLC-SHARE

¹⁶ Latham Et al

¹⁷ Modis terra+Aqua combined land cover

¹⁸ MODIS Land Cover-MCD12Q1

¹⁹ SDSs

²⁰ LAI,UMD,IGBP,BFT,BGC

²¹ Jansen & Gregorio,

²² UMD LAND COVER TYPE

²³ MCD12Q1, version 51, "Land Cover Type Yearly L3 Global 500 m SIN Grid

²⁴ MODIS LCP

جدول ۱: انواع طبقه‌بندی پوشش سطح زمین مودیس (فریدل و همکاران^{۲۵}، ۲۰۱۰: ۱۶۹)

ردیف	نوع پوشش زمین	شرح
۱	پوشش زمین نوع ۱	طرح طبقه‌بندی پوشش گیاهی جهانی ^{۲۶}
۲	پوشش زمین نوع ۲	طرح دانشگاه مریلند ^{۲۷}
۳	پوشش زمین نوع ۳	طرح محاسبه شاخص سطح برگ ^{۲۸} /فرکانس جذب تابش فعال عکس‌العمل گیاهان ^{۲۹} ز داده‌های ماهواره‌ای مودیس
۴	پوشش زمین نوع ۴	طرح محاسبه تولید اولیه خالص ^{۳۰} از داده‌های ماهواره‌ای مودیس
۵	پوشش زمین نوع ۵	طرح نوع عملکرد گیاه ^{۳۱}

(Friedl Et al, 2010: 169) مأخذ:

بر طبق مشاهدات زمینی از میان محصولات جهانی حال حاضر پوشش سطح زمین، کیفیت محصول مودیس بالا و پوشش زمانی و مکانی آن ۱ سال و کل سطح زمین است. مضافاً اینکه داده‌های آن آموزشی و الگوریتم‌های طبقه‌بندی‌اش به‌طور منظم هر شش ماه یک‌بار تجدیدنظر می‌گردند. (فریدل و همکاران، ۲۰۱۰: ۱۷۰-۱۸۰). نهایتاً وینترو^{۳۲} و همکاران (۲۰۱۲) دریافتند که محصول پوشش سطح زمین مودیس در مساحتی محصولات زراعی و پوشش سطح زمین از دیگر محصولات ماهواره‌ای بهتر عمل می‌کند (وینترو و همکاران، ۲۰۱۲: ۹۲). در غالب برنامه‌های کاربردی، درستی و دقت داده‌های پوشش زمین یا کاربری زمین^{۳۳} تصاویر سنجش‌ازدور حائز اهمیت است. تأثیرات متقابل عوامل متعددی همچون خصوصیات چشم‌انداز، الگوریتم‌های پیش‌پردازش، امکان تفکیک سنجنده و شیوه‌های طبقه‌بندی در خطای طبقه‌بندی دخیل‌اند. اطلاعات جهانی و ناحیه‌ای استفاده از پوشش زمینی کاربری زمین^{۳۴} برای تعداد زیادی از اموری همچون طرح‌ریزی زمین پایش محیط‌زیست و اداره ذخایر حائز اهمیت است (لین و همکاران^{۳۵}، ۲۰۰۸: ۴-۷۶۲) کاربری اراضی و پوشش سطح زمین بر فعالیت‌های زیست‌بوم که اقلیم و غذا پاک را آماده می‌کند تأثیرگذارند (آبر کروم بی و فریدل^{۳۶}، ۲۰۱۶: ۷۰۳). در ۲۰ سال گذشته محصولات سنجش از راه دور مأخذ اصلی داده‌های موردنیاز بررسی پوشش جهانی سطح زمین شده‌اند. هم‌اکنون چند محصول جهانی پوشش زمین^{۳۷} در دسترس پژوهشگران است. دانشگاه مریلند نمونه‌ی مقدماتی پوشش سطحی زمین را در ۱۷ کلاس تعریف کرده است که ۱۴ کلاس آن طبقاتی طبیعی، ۱ کلاس آن تغییر یافته توسط انسان، ۱ کلاس آن فاقد پوشش گیاهی و ۱ کلاس دیگر طبقه‌بندی نشده‌اند (جدول ۲ و ۳)

²⁵Friedl Et al²⁶IGBP²⁷UMD²⁸LAI; leaf area index²⁹FPAR; fraction of incident photosynthetically active radiation³⁰MODIS-derived Net Primary Production (NPP) scheme³¹Plant Functional Type (PFT) scheme³²Vintrou et al³³Land Use /land cover³⁴IULC³⁵Lin et al³⁶Abercrombie& Friedl³⁷MODIS land cover, MODIS vegetation continuous Fields, Glob cover product, product from MERIS data

جدول ۲: ویژگی‌های سری داده‌های مودیس از پوشش سطح زمین

ردیف	داده‌های مودیس از پوشش سطح زمین	ویژگی
۱	پوشش زمانی (شماره ۰۵۱)	۲۰۰۱-۲۰۱۳
۲	مساحت تایل شبکه‌بندی شده زمین	تقریباً ۱۲۰۰*۱۲۰۰ کیلومتر (تقریباً ۱۰°×۱۰° از خط استوا)
۳	ابعاد تصویر	۲۴۰۰*۲۴۰۰ ستون/ردیف
۴	حجم فایل	تقریباً ۸۸ مگابایت
۵	رزولوشن	۵۰۰ متر
۶	سیستم تصویر ^{۳۸}	سینوسی
۷	نوع داده	عدد صحیح بدون علامت ۸ بیتی ^{۳۹}
۸	فرمت داده	HDF-EOS
۹	لایه‌های مجموعه داده علمی ^{۴۰}	۱۶

مأخذ: <https://lpdaac.usgs.gov>

جدول ۳: رهنما و تعریف‌های دانشگاه مریلند از طبقات پوشش سطح زمین

ردیف	نام	ارزش	ردیف	نام	ارزش
۱	پهنه‌های آبی	۰	۱۰	ساواناها	۹
۲	جنگل‌های سوزنی‌برگ همیشه‌سبز	۱	۱۱	علفزارها	۱۰
۳	جنگل‌های پهن‌برگ همیشه‌سبز	۲	۱۲	تالاب‌های دائمی	۱۱
۴	جنگل‌های سوزنی‌برگ خزان‌کننده	۳	۱۳	اراضی زراعی	۱۲
۵	جنگل‌های پهن‌برگ خزان‌کننده	۴	۱۴	اراضی شهری و ساخته‌شده	۱۳
۶	جنگل‌های مختلط	۵	۱۵	ترکیب و موزاییکی از اراضی زراعی / طبیعی	۱۴
۷	بوته‌زار متراکم	۶	۱۶	برف و یخ	۱۵
۸	بوته‌زار تنک	۷	۱۷	اراضی بایر	۱۶
۹	ساواناهای چوبی	۸			

مأخذ: (Sulla-Menashe, et al. 2011: 395)

در این پژوهش جهت پایش دگرگونی‌های پوشش سطحی زمین استان گلستان بازه زمانی ۲۰۱۹-۲۰۰۱، از محصولات پوشش سطح زمین MODIS ماهواره ترا^{۴۱} از نوع MCD12Q1 (دسته‌ای از داده‌های علمی که در بازه زمانی یک سالانه نقشه پوششی ۵۰۰ متری برای ۶ نوع پوشش مختلف سطح زمین تولید می‌کند) استفاده و تصاویر از پایگاه اینترنتی مربوطه^{۴۲} <https://search.earthdata.nasa.gov> دانلود گردید. همه داده‌های محدوده مورد مطالعه با سامانه مختصات جهانی مرکاتور معکوس^{۴۳} زمین مرجع^{۴۴} شدند. پس از آن در محیط نرم‌افزارهای GIS^{۴۵} و ENVI5.0^{۴۶} تصاویر تصحیح

³⁸ Projection

³⁹ 8-bit unsigned integer

⁴⁰ SDS; Science Data Set

⁴¹ MCD12Q1

⁴² <http://search.earthdata.nasa.gov>

⁴³ UTM

⁴⁴ Georeference

⁴⁵ Geographic Information System

⁴⁶ The Environment For Visualizing Images

(هندسی، رادیو متریک و اتمسفری) شدند. در مرحله بعد، محدوده منطقه موردنظر از تصاویر جدا^{۴۷} و تصاویر طبقه‌بندی نظارت شده و ذخیره گردیدند. در کل، از تصاویر ۱۹ سال سنجنده MODIS برای بررسی تغییرات پوشش سطح زمین بازه زمانی استفاده گردید. همه طبقات پوشش سطح زمین بر مبنای ظرفیت تفکیک فضایی ۵۰۰ متر هر تصویر MODIS، از نقشه‌های به دست آمده استخراج گردید. مقدار پیکسل‌های بازه زمانی ۱۹ ساله از پوشش سطح زمین منطقه برای هر کلاس، حساب (در دوره‌های ۵ ساله) و فرایند دگرگونی‌های مربوط به هر طبقه بر روی نمودار خطی برای همه کلاس‌ها به شکل جداگانه نمایش داده شد. مجموعه دگرگونی‌های ۱۹ ساله ۱۷ کلاس طبقه‌بندی پوشش زمین دانشگاه مریلند نیز به شکل نمودار نشان داده شد. در آخر برای کالیبره کردن، انطباق با واقعیت و اعتبارسنجی از منطقه بازدید میدانی و نمونه‌برداری زمینی شد. (شکل ۲)



شکل ۲: چارچوب کلی روش مطالعه مأخذ: ترسیم نگارندگان، ۱۴۰۳

یافته‌های پژوهش

در ابتدا تصاویر مربوط به پوشش سطح زمین از سایت Earth Data دانلود شد. بعد از طبقه‌بندی داده‌ها و ایجاد نقشه‌ها و تجزیه و تحلیل آن‌ها، جداول مربوط به هر کاربری (کدهای ۰ تا ۲۵۵)، تعداد پیکسل‌های هر کد، مجموع پیکسل‌های هر کد، و مجموع مساحت‌ها و درصد پوششی هر کدام در طول این ۱۹ سال محاسبه شد (جدول ۴)

⁴⁷ Clip

جدول ۴: کد کاربری‌ها، تعداد و مساحت پیکسل‌ها ۲۰۰۱-۲۰۱۹

کدهای پوشش سطح	۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
نوع پوشش تعریف شده برای هر کد در طبقه بندی UMD نوع	پهنه‌های آبی	جنگل‌های سوزنی‌برگ همیشه سبز	جنگل‌های پهن‌برگ همیشه سبز	جنگل‌های سوزنی‌برگ خزان کننده	جنگل‌های پهن‌برگ خزان کننده	جنگل‌های مخلوط	درختچه زارهای متراکم	درختچه زارهای تنک یا پراکنده	ساوانهای چوبی
مجموع پیکسل‌های هر کد در ۱۹ سال	۱۶۱۵۶	۶۲۲	-	-	۴۶۶۲۲	۱۱۱۷۸۱	-	۲۹۲۷۹۱	۷۷۰۴۰
مجموع مساحت‌های هر کد در ۱۹ سال به کیلومتر مربع	۳۴۶۸,۰۳	۱۲۹,۵۲	-	-	۱۰۰۰۷,۸۲	۲۳۹۹۴,۷۶	-	۶۲۵۸۰,۱۳	۱۶۵۳۷,۳۰

ادامه

کدهای پوشش سطح	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۲۵۵
نوع پوشش تعریف شده برای هر کد در طبقه بندی UMD نوع	ساواناها	علفزارها	تالاب‌های دائمی	اراضی زراعی	اراضی شهری و ساخته شده	ترکیب و موزاییکی از اراضی زراعی/طبیعی	اراضی بایر	طبقه بندی نشده
مجموع پیکسل‌های هر کد در ۱۹ سال	۹۲۶۵	۶۲۰۴۴۴	۱۱۲۵	۵۵۴۹۴۵	۱۷۳۳۸	۶۰۱	۴۹۴۵۸	-
مجموع مساحت‌های هر کد در ۱۹ سال به کیلومتر مربع	۱۹۸۸,۸۱	۱۳۳۱۸۳,۶۹	۲۴۳,۶۴	۱۱۹۱۲۳,۷۶	۳۷۲۱,۷۵	۱۲۹,۰۱	۱۰۶۱۶,۵۹	-

در نهایت با استفاده از دستور Change Detection در محیط نرم افزار ENVI مشخص شد که هر کاربری طی این مدت به کدام کاربری تبدیل شده است و میزان مساحتان به کیلومتر مربع و درصدها نیز محاسبه شد. برای این کار، تغییرات کاربری‌ها در دوره‌های ۵ ساله یعنی بازه‌های زمانی ۲۰۰۱-۲۰۰۵، ۲۰۰۵-۲۰۱۰، ۲۰۱۰-۲۰۱۵، و ۲۰۱۵-۲۰۱۹ مورد ارزیابی قرار گرفت. پس از اجرای این دستور و استخراج داده‌ها به محیط اکسل و همچنین با مشاهده نمودارهای روند تغییرات، چگونگی تبدیل کاربری‌ها مشخص شد.

جدول ۵: تغییرات کاربری‌های دوره زمانی ۲۰۰۱-۲۰۱۹

تغییرات کاربری دوره پنج ساله اول سال‌های ۲۰۰۱-۲۰۰۵	تغییرات کاربری دوره پنج ساله دوم سال‌های ۲۰۰۵-۲۰۱۰
کاربری پهنه‌های آبی: ۰/۲ درصد از مساحت این آب‌ها یعنی معادل ۰/۴۳ کیلومتر مربع به اراضی بایر تبدیل شده است. کاربری جنگل‌های سوزنی‌برگ همیشه سبز: ۳/۴۸٪ به علفزار و ۳/۴۸٪ به ساوان‌های چوبی و جنگل‌های مخلوط هر کدام به مساحت ۰/۲۱ کیلومتر یعنی مجموعاً معادل ۰/۶۳ کیلومتر مربع از این کاربری تبدیل شده است. کاربری جنگل‌های مخلوط: ۰/۰۳٪ از جنگل‌های مخلوط به جنگل‌های سوزنی‌برگ همیشه سبز، ۲/۸٪ به جنگل پهن‌برگ خزان کننده، ۰/۱۰٪ به درختچه‌زارهای تنک، ۱/۹۱٪ به ساوان‌های چوبی، ۰/۰۴٪ به علفزار یعنی به ترتیب ۰/۴۳ کیلومتر مربع، ۳۷/۹ کیلومتر، ۰/۲۱ و ۲۵/۷ کیلومتر تبدیل شده است. کاربری درختچه‌زارهای تنک یا پراکنده: ۰/۱۵٪ به پهنه‌های آبی، ۰/۱۵٪ به جنگل‌های پهن‌برگ خزان کننده، ۰/۴۵٪ به ساوان‌های چوبی، ۲۰/۱۳٪ به علفزار، ۰/۲ به اراضی زراعی، ۰/۰۸٪ به ترکیب و موزاییکی از اراضی زراعی/طبیعی و ۰/۱۰ به اراضی بایر به ترتیب معادل ۰/۴۳	کاربری پهنه آبی: ۱/۰۵ درصد معادل ۲/۱۵ کیلومتر مربع به درختچه‌زارهای تنک و پراکنده ۰/۹۵ درصد معادل ۱/۹۳ کیلومتر مربع به علفزارها ۳/۲۸ درصد معادل ۶/۶۵ کیلومتر مربع به تالاب‌های دائمی ۸/۲۶ درصد معادل ۱۶/۷۴ کیلومتر مربع به اراضی بایر کاربری جنگل‌های سوزنی‌برگ همیشه سبز: ۵/۷۱ درصد معادل ۰/۴۳ کیلومتر مربع به ساوان‌های چوبی ۲۸/۵ درصد معادل ۲/۱۵ کیلومتر مربع به علفزارها ۶/۰۶ درصد معادل ۴۰/۱۴ کیلومتر مربع به جنگل مخلوط ۰/۰۳۲ درصد معادل ۰/۲۱ کیلومتر مربع به درختچه‌زارهای تنک و پراکنده ۲۹/۶۷ درصد معادل ۱۹۶/۴۱ کیلومتر مربع به ساوان‌های چوبی ۰/۲۵ درصد معادل ۱/۷۲ کیلومتر مربع به ساواناها ۰/۰۳ درصد معادل ۰/۲۱ کیلومتر مربع به علفزارها کاربری جنگل مخلوط: ۰/۱۶ درصد معادل ۰/۲۱ کیلومتر مربع به جنگل‌های سوزنی‌برگ ۱/۴۸ درصد معادل ۱۹/۳۲ کیلومتر مربع به جنگل‌های پهن‌برگ ۰/۰۳ درصد معادل ۰/۴۳ کیلومتر مربع به درختچه زارهای تنک و پراکنده ۵/۸۰ درصد معادل ۷۵/۷۷ کیلومتر مربع به ساوان‌های چوبی ۰/۱۴۸ درصد معادل ۱/۹۳ کیلومتر مربع به علفزارها

کاربری درختچه‌زارهای تنک و پراکنده: ۰/۱۱ درصد معادل ۲/۷۹ کیلومترمربع به ساوان‌های چوبی ۰/۱۷ درصد معادل ۰/۴۳ کیلومترمربع به ساوان‌ها ۴/۰۸ درصد معادل ۱۰۲/۳۹ کیلومترمربع به علفزارها ۰/۰۸ درصد معادل ۰/۲۱ کیلومترمربع به اراضی زراعی ۱/۵۴ درصد معادل ۳۹/۲۸ کیلومترمربع به اراضی بایر کاربری ساوان‌های چوبی: ۰/۰۵۴ درصد معادل ۰/۴۳ کیلومترمربع به جنگل‌های سوزنی‌برگ همیشه‌سبز ۰/۰۲۷ درصد معادل ۰/۲۱ کیلومترمربع به جنگل‌های مخلوط ۲/۴۶ درصد معادل ۱۹/۷۵ کیلومترمربع به درختچه‌زارهای تنک و پراکنده ۴/۳۷ درصد معادل ۳۴/۹۹ کیلومترمربع به ساوان‌ها ۹/۶۷ درصد معادل ۷۷/۴۴ کیلومترمربع به علفزارها ۰/۱۶ درصد معادل ۱/۲۹ کیلومترمربع به اراضی زراعی ۰/۳۴ درصد معادل ۲/۷۹ کیلومترمربع به ترکیب و موزاییکی از اراضی زراعی و طبیعی کاربری ساوان‌ها: ۸۳/۳ درصد معادل ۳/۲۲ کیلومترمربع به درختچه‌زارهای تنک و پراکنده ۰/۲۵۶ درصد معادل ۰/۲۱ کیلومترمربع به ساوان‌های چوبی ۱۹/۹۴ درصد معادل ۱۶/۷۴ کیلومترمربع به علفزارها ۹/۲۰ درصد معادل ۷/۷۳ کیلومترمربع به اراضی زراعی ۰/۵۱۰ درصد معادل ۰/۴۳ کیلومترمربع به ترکیب و موزاییکی از اراضی زراعی و طبیعی کاربری علفزارها: ۱۱/۹۸ درصد معادل ۹۰۴/۱۴ کیلومترمربع به درختچه‌زارهای تنک و پراکنده ۰/۰۶ درصد معادل ۴/۵۱ کیلومترمربع به ساوان‌های چوبی ۰/۰۶ درصد معادل ۴/۵۱ کیلومترمربع به ساوان‌ها ۰/۰۰۶ درصد معادل ۰/۴۳ کیلومترمربع به تالاب‌های دائمی ۱/۱۱۸ درصد معادل ۸۴/۳۶ کیلومترمربع به اراضی زراعی ۰/۰۴۳ درصد معادل ۳/۲۲ کیلومترمربع به اراضی بایر کاربری تالاب‌های دائمی: ۴۶/۸۰ درصد معادل ۴/۷۲ کیلومترمربع به علفزارها ۲/۱۲۸ درصد معادل ۰/۲۱ کیلومترمربع به اراضی شهری و ساخته‌شده ۲/۱۲۸ درصد معادل ۰/۲۱ کیلومترمربع به اراضی بایر کاربری اراضی شهری و ساخته‌شده: در این پنج سال هیچ تغییر کاربری صورت نگرفته است. کاربری ترکیب و موزاییکی از اراضی زراعی و طبیعی: ۱۲/۵ درصد معادل ۰/۸۶ کیلومترمربع به علفزارها ۴۰/۶۲ درصد معادل ۲/۷۹ کیلومترمربع به اراضی زراعی	کیلومتر، ۰/۴۳۰، ۱۲/۶۶، ۵۳۶/۴۸ کیلومترمربع، ۷/۷۳ به اراضی زراعی و ۰/۲۱ به ترکیب و موزاییکی از اراضی زراعی و طبیعی و ۳/۰۱ کیلومترمربع به اراضی بایر تبدیل شده است. کاربری ساوان‌های چوبی: در این پنج سال ۰/۰۶٪ از مساحت آن به جنگل‌های سوزنی‌برگ همیشه‌سبز، ۰/۹۸٪ به جنگل‌های پهن‌برگ خزان‌کننده، ۰/۴۶ به جنگل‌های مخلوط، ۰/۳۳ به درختچه‌زارهای تنک، ۰/۸۲ به ساوان‌ها، ۱/۲٪ به علفزارها، ۰/۰۳ به اراضی زراعی و ۰/۱۸ به ترکیب و موزاییکی از اراضی زراعی/ترکیبی تبدیل شده کاربری ساوان‌ها: ۰/۲۳ درصد معادل ۰/۲۱ کیلومترمربع به جنگل‌های پهن‌برگ همیشه‌سبز ۰/۹ درصد معادل ۰/۸۶ کیلومترمربع به درختچه‌زارهای تنک و پراکنده ۸/۹۸ درصد معادل ۸/۱۶ کیلومترمربع به ساوان‌های چوبی کاربری علفزارها: ۰/۰۸۶ درصد از مساحت آن‌ها معادل ۶/۶۵ به پهنه‌های آبی تبدیل شده است ۰/۰۲۲ درصد معادل ۱/۷۲ کیلومترمربع به جنگل‌های سوزنی‌برگ همیشه‌سبز . ۰/۰۰۶ درصد معادل ۰/۴۳ به جنگل مخلوط ۰/۹۱۴ درصد معادل ۷۰/۶۲ کیلومترمربع به درختچه‌زارهای تنک و پراکنده ۰/۴۳۴ درصد معادل ۳۳/۴۹ کیلومترمربع به ساوان چوبی ۰/۰۸۱ معادل ۶/۲۳ کیلومترمربع به ساوان‌ها ۰/۰۰۸ درصد معادل ۰/۶۴ کیلومترمربع به تالاب دائمی ۹/۱۲۷ درصد معادل ۷۰۴/۹۴ کیلومترمربع به اراضی زراعی ۰/۰۰۶ درصد معادل ۰/۴۳ کیلومترمربع به ترکیب و موزاییکی از اراضی زراعی و طبیعی ۰/۱۰۶ درصد معادل ۸/۱۶ کیلومترمربع به اراضی بایر کاربری تالاب دائمی: ۱۲/۲۸۱ درصد معادل ۱/۵ کیلومترمربع به علفزارها ۱۰/۵۲ درصد معادل ۱/۲۹ کیلومترمربع به اراضی بایر کاربری اراضی زراعی: ۰/۰۰۷ درصد معادل ۰/۴۳ کیلومترمربع به درختچه‌زارهای تنک و پراکنده ۰/۰۲۲ درصد معادل ۱/۲۹ کیلومترمربع به ساوان‌های چوبی ۰/۰۵۶ درصد معادل ۳/۲۲ کیلومترمربع به ساوان‌ها ۰/۵۵۴ درصد معادل ۳۱/۷۷ کیلومترمربع به علفزارها ۰/۰۱۹ درصد معادل ۱/۰۷ کیلومترمربع به ترکیب و موزاییکی از اراضی زراعی و طبیعی. کاربری اراضی شهری و ساخته‌شده هیچ‌گونه تبدیل کاربری نداشته‌اند.
تغییرات کاربری دوره پنج‌ساله چهارم سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۱۹	تغییرات کاربری دوره پنج‌ساله سوم سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۱۰
کاربری پهنه‌های آبی: ۰/۱۲ درصد معادل ۰/۲۱ کیلومترمربع به علفزارها ۰/۲۴۵ درصد معادل ۰/۴۲ کیلومترمربع به اراضی بایر کاربری جنگل‌های سوزنی‌برگ همیشه‌سبز: ۱۱/۷۶ درصد معادل ۰/۸۶ کیلومترمربع به ساوان‌های چوبی ۱۱/۷۶ درصد معادل ۰/۸۶ کیلومترمربع به علفزارها کاربری جنگل‌های پهن‌برگ خزان‌کننده: ۰/۱ درصد معادل ۰/۴۳ کیلومترمربع به جنگل‌های سوزنی‌برگ همیشه‌سبز ۱۵/۳۳ درصد معادل ۶۵/۹ کیلومترمربع به جنگل‌های مخلوط ۰/۰۵ درصد معادل ۰/۲۱ کیلومترمربع به درختچه‌زارهای تنک و پراکنده ۲/۲۴ درصد معادل ۹/۶۶ کیلومترمربع به ساوان‌های چوبی	کاربری پهنه‌های آبی: ۰/۲۴ درصد معادل ۰/۴۳ کیلومترمربع به درختچه‌زارهای تنک و پراکنده ۰/۲۴ درصد معادل ۰/۴۳ کیلومترمربع به علفزارها ۰/۱۲ درصد معادل ۰/۲۱ کیلومترمربع به اراضی بایر کاربری جنگل‌های سوزنی‌برگ همیشه‌سبز: ۷/۶ درصد معادل ۰/۴۳ کیلومترمربع به ساوان‌های چوبی کاربری جنگل‌های پهن‌برگ خزان‌کننده: ۳/۴۴ درصد معادل ۱۵/۲۴ کیلومترمربع به جنگل‌های مخلوط ۰/۰۹۷ درصد معادل ۰/۴۳ کیلومترمربع به درختچه‌زارهای تنک و پراکنده ۱۱/۴۹ درصد معادل ۵۰/۸۷ کیلومترمربع به ساوان‌های چوبی کاربری جنگل‌های مخلوط: ۰/۰۸ درصد معادل ۱/۰۷ کیلومترمربع به جنگل‌های سوزنی‌برگ همیشه‌سبز

کاربری جنگل‌های مخلوط: ۰/۱۹ درصد معادل ۲/۳۶ کیلومترمربع به جنگل‌های سوزنی‌برگ همیشه‌سبز تبدیل شده است. ۳/۹۰ درصد معادل ۴۷/۴۴ کیلومترمربع به جنگل‌های پهن‌برگ خزان‌کننده ۰/۱۸ درصد معادل ۰/۲۱ کیلومترمربع به درختچه‌زارهای تنک و پراکنده ۰/۲۸۳ درصد معادل ۳/۴۳ کیلومترمربع به ساوان‌های چوبی کاربری ساوان‌های چوبی: ۴/۸۹ درصد معادل ۴۴/۸۶ کیلومترمربع به جنگل‌های پهن‌برگ خزان‌کننده ۳/۵۸ درصد معادل ۳۲/۸۴ کیلومترمربع به جنگل‌های مخلوط ۱/۱۲ درصد معادل ۱۰/۳ کیلومترمربع به درختچه‌زارهای تنک و پراکنده ۰/۸۹ درصد معادل ۸/۱۶ کیلومترمربع به ساواناها ۱/۲۱ درصد معادل ۱۱/۱۶ کیلومترمربع به علفزارها ۰/۱۱ درصد معادل ۱۰/۷ کیلومترمربع به ترکیب و موزاییکی از اراضی زراعی و طبیعی کاربری ساواناها: ۱/۸۶ درصد معادل ۲/۳۶ کیلومترمربع به درختچه‌زارهای تنک و پراکنده ۱۳/۸۹ درصد معادل ۱۷/۶ کیلومترمربع به ساوان‌های چوبی ۵/۵۹ درصد معادل ۷/۰۸ کیلومترمربع به علفزارها ۶/۴۴ درصد معادل ۸/۱۶ کیلومترمربع به اراضی زراعی ۰/۱۶ درصد معادل ۰/۲۱ کیلومترمربع به اراضی شهری و ساخته‌شده ۰/۶۷ درصد معادل ۰/۸۶ کیلومترمربع به ترکیب و موزاییکی از اراضی زراعی و طبیعی کاربری علفزارها: ۰/۰۴۸ درصد معادل ۳/۲۲ کیلومترمربع به پهنه‌های آبی ۰/۰۰۳ درصد معادل ۰/۲۱ کیلومترمربع به جنگل‌های سوزنی‌برگ همیشه‌سبز ۰/۰۰۶ درصد معادل ۰/۴۳ کیلومترمربع به جنگل‌های پهن‌برگ خزان‌کننده ۰/۰۲۲ درصد معادل ۱/۵ کیلومترمربع به جنگل‌های مخلوط ۰/۰۱ درصد معادل ۰/۶۴ کیلومترمربع به تالاب‌های دائمی ۶/۷۶ درصد معادل ۴۵۴/۸ کیلومترمربع به اراضی زراعی ۰/۰۰۳ درصد معادل ۰/۲۱ کیلومترمربع به اراضی شهری و ساخته‌شده ۰/۳۴۵ درصد معادل ۲۳/۱۸ کیلومترمربع به اراضی بایر کاربری تالاب‌ها: ۴۹/۰۲ درصد معادل ۵/۳۷ کیلومترمربع به پهنه‌های آبی ۲۱/۵۶ درصد معادل ۲/۳۶ کیلومترمربع به علفزارها ۲۷/۴۵ درصد معادل ۳/۰۱ کیلومترمربع به تالاب‌های دائمی کاربری اراضی زراعی: ۰/۱۰۳ درصد معادل ۶/۴۴ کیلومترمربع به ساواناها ۰/۶۷۸ درصد معادل ۴۲/۲۹ کیلومترمربع به علفزارها کاربری اراضی شهری و ساخته‌شده: بدون تغییر کاربری اراضی بایر: ۰/۳۳۸ درصد معادل ۱/۷۲ کیلومترمربع به پهنه‌های آبی ۲/۰۲۷ درصد معادل ۱۰/۳ کیلومترمربع به علفزارها ۰/۰۴۲ درصد معادل ۰/۲۱ کیلومترمربع به تالاب‌های دائمی	۳/۳۲ درصد معادل ۴۱/۴۳ کیلومترمربع به جنگل‌های پهن‌برگ خزان‌کننده ۱/۵۳ درصد معادل ۱۹/۱ کیلومترمربع به ساوان‌های چوبی ۰/۰۸۶ درصد معادل ۱/۰۷ کیلومترمربع به علفزارها کاربری ساوان‌های چوبی: ۱/۲۷ درصد معادل ۱۲/۰۲ کیلومترمربع به جنگل‌های پهن‌برگ خزان‌کننده ۱/۵۶ درصد معادل ۱۴/۸۱ کیلومترمربع به جنگل‌های مخلوط ۲/۲۲ درصد معادل ۲۱/۰۴ کیلومترمربع به درختچه‌زارهای تنک و پراکنده ۲/۱۱ درصد معادل ۱۹/۹۶ کیلومترمربع به ساواناها ۵/۰۲ درصد معادل ۴۷/۴۴ کیلومترمربع به علفزارها ۰/۲۰ درصد معادل ۱/۹۳ کیلومترمربع به ترکیب و موزاییکی از اراضی زراعی و طبیعی کاربری ساواناها: ۱/۴۳ درصد معادل ۱/۵ کیلومترمربع به درختچه‌زارهای تنک و پراکنده ۵/۵ درصد معادل ۵/۸ کیلومترمربع به ساوان‌های چوبی ۱۰/۶۷ درصد معادل ۱۱/۱۶ کیلومترمربع به علفزارها ۰/۲ درصد معادل ۰/۲۱ کیلومترمربع به تالاب‌های دائمی کاربری علفزارها: ۰/۰۰۳ درصد معادل ۰/۲۱ کیلومترمربع به پهنه‌های آبی ۰/۰۱۲ درصد معادل ۰/۸۶ کیلومترمربع به جنگل‌های سوزنی‌برگ ۶/۵۹ درصد معادل ۴۶۴/۹۵ کیلومترمربع به درختچه‌زارهای تنک و پراکنده ۰/۱۱ درصد معادل ۷/۷۳ کیلومترمربع به ساوان‌های چوبی ۰/۰۱۵ درصد معادل ۱/۰۷ کیلومترمربع به تالاب‌های دائمی ۱/۹۹ درصد معادل ۱۴۰/۶ کیلومترمربع به اراضی زراعی ۰/۰۱۲ درصد معادل ۰/۸۶ کیلومترمربع به اراضی شهری ۰/۰۹۱ درصد معادل ۶/۴۴ کیلومترمربع به اراضی بایر کاربری تالاب‌های دائمی: ۱/۵۸ درصد معادل ۰/۲۱ کیلومترمربع به درختچه‌زارهای تنک و پراکنده ۳۶/۵۰ درصد معادل ۴/۹۴ کیلومترمربع به علفزارها ۴/۷۶ درصد معادل ۰/۶۴ کیلومترمربع به اراضی کاربری اراضی زراعی: ۰/۰۰۷ درصد معادل ۰/۴۳ کیلومترمربع به درختچه‌زارهای تنک و پراکنده ۰/۱۴۸ درصد معادل ۹/۲۳ کیلومترمربع به ساواناها ۱/۹۴ درصد معادل ۱۲۰/۸۵ کیلومترمربع به علفزارها کاربری اراضی شهری و ساخته‌شده: بدون تغییر کاربری اراضی بایر: ۰/۰۴۱ درصد معادل ۰/۲۱ کیلومترمربع به پهنه‌های آبی ۳/۳۹ درصد معادل ۱۷/۸۲ کیلومترمربع به علفزارها
---	---

مأخذ: یافته‌های پژوهش

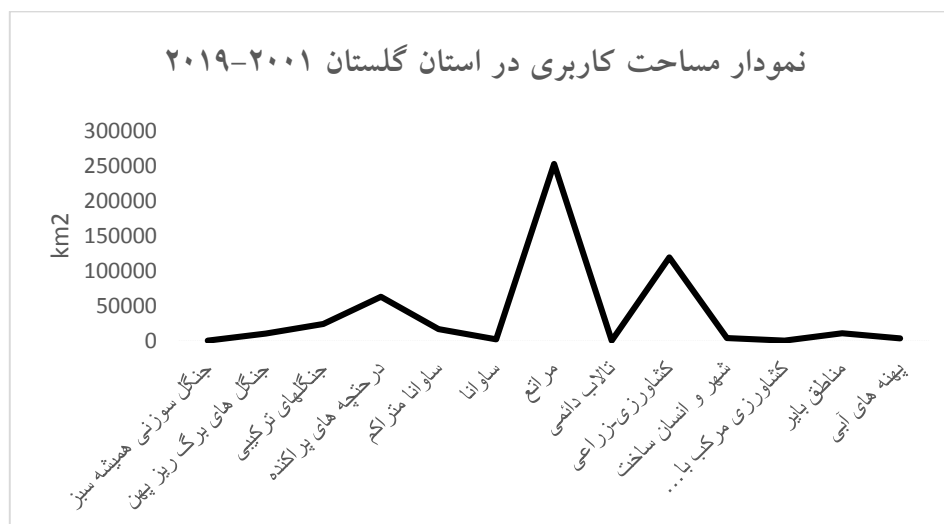
با توجه به جدول (۵)، و نقشه‌های (۴-۲۲) می‌توان به میزان تغییرات مربوط به انواع پوشش سطح زمین در سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۹ در استان گلستان پی برد. با استفاده از نتایج به دست آمده شکل (۳ الف و ب) مشخص شد

درختچه‌زارهای متراکم، جنگل‌های پهن‌برگ همیشه‌سبز، جنگل‌های سوزنی‌برگ خزان‌کننده و کاربری‌های طبقه‌بندی نشده، طی این مدت هیچ پیکسلی را به خود اختصاص نداده‌اند. در عین حال غلفزارها، اراضی زراعی و درختچه‌زارهای تنک یا پراکنده، به ترتیب بیشترین میزان پیکسل‌ها را دارا هستند. و سایر کاربری‌ها نیز کمترین پیکسل‌ها را به خود اختصاص داده‌اند. در طول این ۱۹ سال، پهنه‌های آبی مجموعاً تعداد ۱۶۱۵۶ پیکسل را دارا هستند هرچند در بعضی سال‌ها نوساناتی داشته‌اند اما در مجموع روند افزایشی یا کاهشی زیادی را نشان نمی‌دهند. و میزان مساحت آن‌ها از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۹ به میزان ۵/۸٪ یعنی ۱۰/۳ کیلومترمربع، افزایش را نشان می‌دهد. کمترین میزان پیکسل‌ها متعلق به ترکیب و موزاییکی از اراضی زراعی/طبیعی با تعداد ۶۰۱ پیکسل و جنگل‌های سوزنی‌برگ همیشه‌سبز با تعداد ۶۲۲ پیکسل می‌باشد. ترکیب و موزاییکی از اراضی زراعی/طبیعی از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۹ افزایش داشته‌اند و مساحت آن‌ها از ۴ هزار کیلومترمربع به ۱۲ هزار کیلومترمربع رسیده است. اما همان‌طور که در نقشه‌ها (۴-۲۲) و جدول (۵) مشاهده می‌شود طی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۵ تعداد پیکسل‌ها و مساحت جنگل‌های سوزنی‌برگ همیشه‌سبز، روند افزایشی داشته اما از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۸ کاهش یافته‌اند، سپس از سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۹ دوباره روند افزایشی را طی کرده‌اند و تعداد پیکسل‌ها و مساحت آن‌ها افزایش یافته است، نتیجتاً در مجموع از سال ۲۰۰۱ به ۲۰۱۹ مساحت جنگل‌های سوزنی‌برگ همیشه‌سبز در استان با شیب بسیار ملایم، سیر صعودی را طی کرده است و از ۵,۵۸ کیلومترمربع در سال ۲۰۰۱ به ۸,۵۸ کیلومترمربع در سال ۲۰۱۹ رسیده‌اند. آنچه در مورد کاربری ساوان‌های چوبی، اهمیت دارد این است که طی این بازه زمانی، افت و خیزهای اندکی داشته اما در کل، روند افزایشی بسیار کمی در میزان مساحت آن‌ها مشاهده می‌شود. طی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۱ همواره روند افزایشی داشته اما در چند سال اخیر تا سال ۲۰۱۹ از میزان مساحت این درختان کاسته شده است. در مجموع، از مقایسه سال ۲۰۰۱ با ۲۰۱۹ مشاهده می‌کنیم که مساحت این کاربری به میزان ۱۹۷/۴۸ کیلومترمربع یعنی در حدود ۲۸ درصد افزایش داشته‌اند. و تعداد پیکسل‌های آن در این ۱۹ سال مجموعاً ۷۷۰۴۰ پیکسل بوده است. سطوح پوششی جنگل‌های پهن‌برگ خزان‌کننده ۴۶۶۲۲ پیکسل را دارا هستند. این جنگل‌ها نیز نوسان‌های افزایشی و کاهشی داشته‌اند. اما در مجموع از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۹، ۲۴۰/۸۴۸ کیلومترمربع یعنی ۳۴/۹٪، از این جنگل‌ها به دلایل مختلفی همچون آتش‌سوزی‌ها و تغییر کاربری به زمین‌های زراعی یا مناطق مسکونی و یا مصارف صنعتی، کاهش یافته است. با توجه به آنکه شمال ایران، خاستگاه جنگل‌های پهن‌برگ خزان‌دار است و جنگل‌های هیرکانی به لحاظ گردشگری و زیبایی‌شناختی و زیست‌محیطی و اعتدال آب و هوا از اهمیت بالایی برخوردار هستند، این مقدار کاهش از جنگل‌ها طی تقریباً ۲۰ سال بسیار نگران‌کننده و در حقیقت فاجعه است بدین جهت لزوم دقت و نظارت هرچه بیشتر این ذخیره‌گاه با ارزش زیست‌محیطی شمال ایران را می‌طلبید. جنگل‌های مخلوط استان مجموعاً ۱۱۱۷۸۱ پیکسل را دارا هستند. مساحت این جنگل‌ها از ۱۳۴۳/۳۳ کیلومترمربع در سال ۲۰۰۱ به ۱۲۶۱/۷۶ کیلومترمربع کاهش یافته، یعنی ۶ درصد از جنگل‌های مخلوط استان، دستخوش تغییر شده‌اند و همه‌ساله روند کاهشی آن‌ها را تا سال‌های اخیر شاهد هستیم، اما از سال ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۹ مساحت این جنگل‌ها رو به افزایش داشته‌اند. درختچه‌زارهای تنک یا پراکنده در

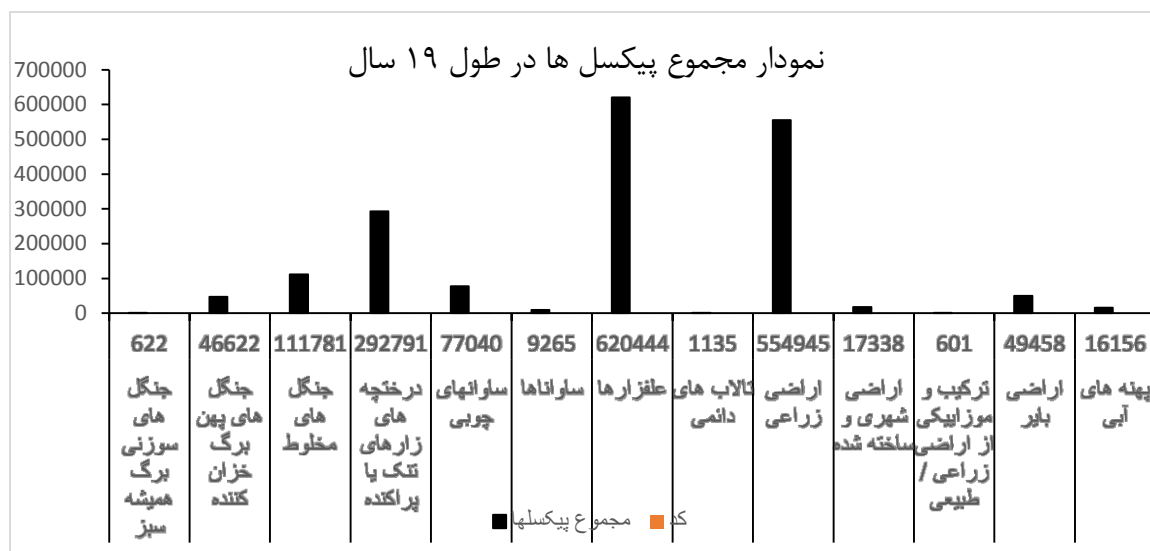
مجموعاً ۲۹۲۷۹۱ پیکسل را دارا هستند. این کاربری در سال‌های مختلف، روند افزایشی کمی داشته است. در سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۵ مساحت این کاربری کاهش یافته اما از آن به بعد بیشتر روند افزایشی را طی کرده است. از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۹ به میزان ۸۲۶/۴۳ کیلومترمربع یعنی ۲۹/۵۳ درصد بر مساحت این کاربری افزوده شده است. اراضی زراعی مجموعاً ۵۵۴۹۴۵، پیکسل را به خود اختصاص داده‌اند. مساحت این کاربری طی ۱۹ سال، مدام در حال افزایش بوده است که نشان‌دهنده تخریب جنگل‌ها و تبدیل آن‌ها به زمین‌های زراعی می‌باشد. البته باید توجه داشت که به دلیل مهاجرپذیری استان گلستان و در نتیجه، افزایش جمعیت و نیاز روزافزون به مسکن و تولیدات محصولات کشاورزی، شاهد تبدیل کاربری‌های جنگلی به زمین‌های زراعی هستیم. با توجه به محاسبات انجام شده و تعداد پیکسل‌ها در سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۹ مشخص می‌شود که اراضی زراعی استان طی این ۱۹ سال ۱۵/۹۲ درصد افزایش یعنی ۹۱۴/۲۳۶ کیلومتر افزایش داشته است. اراضی زراعی استان بیشتر در بخش میانی (جلگه‌ای) واقع شده‌اند. پوشش علفزارها یا همان مراتع بیش از سایر کاربری‌ها بوده است. مجموع پیکسل‌های این کاربری در ۱۹ سال به ۶۲۰۴۴۴ پیکسل رسیده است. مساحت این کاربری در این سال‌ها همواره روند کاهشی با شیب ملایم داشته است و فقط سال‌های ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹ روند افزایشی را نشان می‌دهد. مساحت این کاربری از سال ۲۰۰۱ که ۷۷۲۳ کیلومترمربع بوده است به ۶۴۰۶ کیلومترمربع در سال ۲۰۱۹ رسیده است. یعنی به میزان ۱۳۱۶/۹۳ کیلومترمربع و به عبارتی ۱۷/۰۵٪ از مساحت خود را از دست داده است. علفزارها در بخش جنوبی و کوهستانی و همچنین بخش‌های شمالی استان واقع می‌باشند و چرای بیش از حد مراتع و آتش‌سوزی‌ها می‌تواند از جمله دلایل کاهش این کاربری طی این سال‌ها باشد. پوشش‌های سطحی ساواناها و تالاب‌های دائمی، پیکسل‌های بسیار کمی را به خود اختصاص داده‌اند. ساواناها در مجموع ۹۲۶۵ پیکسل و تالاب‌های دائمی ۱۱۳۵ پیکسل را دارا هستند. پوشش سطحی ساواناها طی بازه ۱۹ سال روند افزایشی را نشان می‌دهد. و مساحت آن از ۹۰/۸۰ در سال ۲۰۰۱ به ۱۳۱/۱۶ کیلومترمربع در سال ۲۰۱۹ رسیده است. یعنی مساحت آن معادل ۴۰/۳۶ کیلومتر و ۴۴٪ افزایش داشته است. آنچه که از نمودار روند تغییرات اشکال (۲۳) استنباط می‌شود این است که تالاب‌های دائمی طی سال‌های متفاوت دچار نوسانات افزایشی و کاهشی زیادی شده‌اند. اما در کل، میزان آن کاهش پیدا کرده است و مساحت تالاب‌ها از سال ۲۰۰۱ که ۱۲/۲۴ کیلومترمربع بوده به ۳/۸۶ کیلومترمربع در سال ۲۰۱۹ رسیده یعنی ۸/۳۸ کیلومترمربع برابر با ۶۸٪ کاهش یافته است. اراضی بایر مجموعاً ۴۹۴۵۸ پیکسل، در محدوده جغرافیایی شمال و تا اندازه‌ای شمال شرق استان می‌باشد و به دلیل مجاورت با بیابان ترکمنستان و میزان بارندگی ناچیز و خاک بسیار شور و نامساعد، هیچ‌گونه پوشش گیاهی در آن رشد نکرده و بیابانی می‌باشد. مساحت این کاربری، طی این سال‌ها در حال کاهش بوده و از سال ۲۰۰۱ با مساحت ۸۳۶/۱۰ کیلومترمربع به ۴۸۲/۷۷ کیلومترمربع در سال ۲۰۱۹ رسیده است. در نتیجه، مساحت آن، طی این بازه زمانی، ۳۵۳/۳۳ کیلومترمربع یعنی به میزان ۴۲٪ کاهش را نشان می‌دهد. اراضی شهری و ساخته‌شده مجموعاً ۱۷۳۳۸ پیکسل را دارا هستند و از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۷ هیچ‌گونه تغییری نداشته اما از سال ۲۰۰۷ به بعد تعداد پیکسل‌ها و نمودار تغییرات، افزایش را در این کاربری نشان می‌دهد. هر چند در این میان، بعضی از

سال‌ها ثابت بوده و افزایش یا کاهش نداشته است. در مجموع، طی این ۱۹ سال اراضی شهری و ساخته‌شده روند افزایش را نشان می‌دهند. در این مقاله همچنین با استفاده از نرم‌افزار انوی (ENVI)، مشخص شد که طی دوره‌های ۵ ساله، هر کاربری به کدام کاربری تغییر یافته است و درصد و میزان مساحت این تغییرات نیز محاسبه گردید. پس از محاسبه درصد و مساحت کاربری‌های تبدیل‌شده، جدول مربوطه در محیط اکسل تنظیم گردید و نتایج زیر حاصل شد.

نتایج نشان می‌دهد در طول دوره زمانی ۱۹ ساله در محدوده مورد مطالعه جنگل‌های پهن‌برگ همیشه‌سبز و جنگل‌های سوزنی‌برگ خزان‌کننده و درختچه‌زارهای متراکم و کاربری‌های طبقه‌بندی نشده هیچ پیکسلی به خود اختصاص نداده‌اند. همچنین ترکیب و موزاییکی از اراضی زراعی و طبیعی، جنگل‌های سوزنی‌برگ همیشه‌سبز، و تالاب‌های دائمی در کل دوره، حداقل مقادیر سطوح پوششی و پیکسلی را به خود اختصاص داده‌اند. سطوح اراضی شهری و ساخته‌شده در محدوده مورد مطالعه از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۷ هیچ‌گونه تغییری نداشته اما از سال ۲۰۰۸ به بعد روند افزایشی را طی نموده است. در این بازه زمانی به ترتیب دارای بیشترین مجموع پیکسل‌ها بودند. بدین معنی که طی این مدت، علفزارها با مجموع ۶۲۰۴۴۴ پیکسل، رتبه اول را به خود اختصاص داده و پس از آن اراضی زراعی با ۵۵۴۹۴۵ پیکسل رتبه دوم و درختچه‌زارهای تنک یا پراکنده با ۲۹۲۷۹۱ پیکسل رتبه سوم و جنگل‌های مخلوط با ۱۱۱۷۸۱ پیکسل رتبه چهارم را در بین تمام کاربری‌ها به خود اختصاص داده بودند. البته با مقایسه این کاربری‌ها مشاهده می‌شود که در این محدوده زمانی اراضی زراعی دائماً در حال افزایش بوده و از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۹ حدود ۹۲/۱۵ درصد افزایش را نشان می‌دهد.

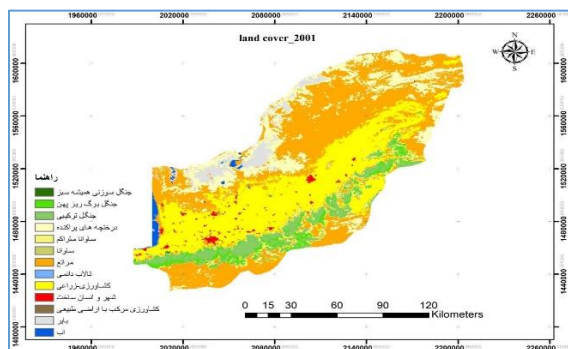


شکل ۳ الف: نمودار مساحت کاربری‌ها در استان گلستان در دوره مورد مطالعه ۲۰۱۹-۲۰۰۱. مأخذ: ترسیم نگارندگان، ۱۴۰۳

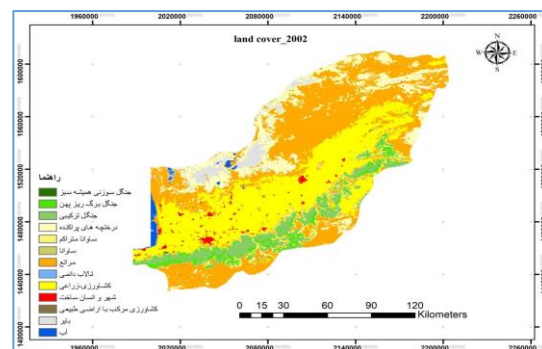


شکل ۳ ب: مجموع پیکسلها در بازه زمانی مورد مطالعه ۲۰۰۱-۲۰۱۹ مأخذ: ترسیم نگارندگان، ۱۴۰۳

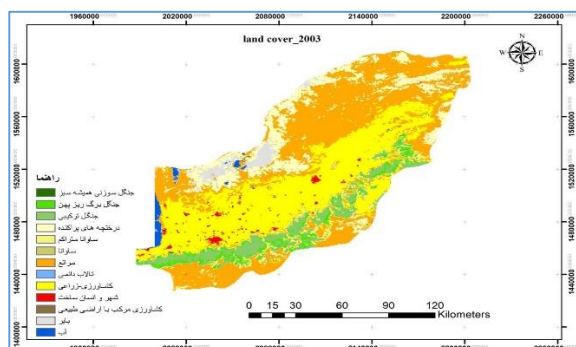
در حالی که علفزارها و جنگل های مخلوط طی این سال ها روند تغییرات کاهشی را طی کرده اند. تالاب های دائمی تغییرات شدید کاهشی را تجربه کرده اند و این حاکی از خشک سالی های پی در پی، و احداث سد در مسیر رودهای ورودی به این تالاب ها است که موضوعی بسیار نگران کننده است. چرا که تالاب های استان در فعال ساختن اکوسیستم منطقه، اعتدال آب و هوای منطقه و به لحاظ زیباشناختی و گردشگری می توانند در رونق گردشگری و اقتصاد استان نقش اساسی ایفا کنند ضمن اینکه خشک شدن تالاب ها پیامدهای منفی همچون ایجاد ریزگردهای شدید را به همراه خواهد داشت. پهنه های آبی در استان با کد (صفر)، از سال ۲۰۰۱ با مساحت ۱۷۷,۳۱ کیلومتر مربع به مساحت ۱۸۷,۶۱ کیلومتر مربع در سال ۲۰۱۹ رسیده اند و این روند افزایشی می تواند بیانگر احداث سدهای متعدد در استان طی این سال ها باشد که از این نمونه می توان به سد دانشمند و آب بندان روستای کرند در شمال استان و ... اشاره کرد. اراضی بایر در طی این مدت دارای روند کاهشی بوده است و مشخص می شود که این اراضی، تغییر کاربری داده و در مواردی به واحدهای صنعتی در استان تبدیل شده است که واحدهای صنعتی در شمال آق قلا و شهرک صنعتی اینچه برون و راه آهن اینچه برون و بعضی از واحدهای صنعتی که در زمین های بایر استان احداث شده است، نمونه هایی از این دست هستند. جنگل های پهن برگ خزان کننده در طی ۱۹ سال، ۳۴/۹ درصد از وسعتشان کاسته شده است که این میزان کاهش از جنگل های با ارزش هیرکانی در حقیقت یک فاجعه بزرگ است



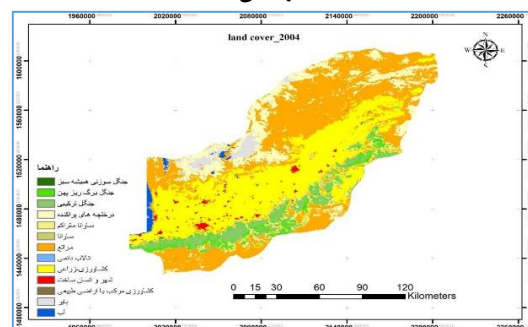
شکل ۴: نقشه پوشش سطح زمین ۲۰۰۱ (محصول ماهواره MODIS)
مآخذ: نگارندگان، ۱۴۰۳



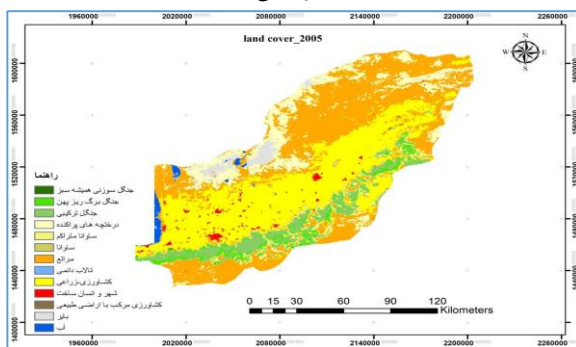
شکل ۵: نقشه پوشش سطح زمین ۲۰۰۲ (محصول ماهواره MODIS)
مآخذ: نگارندگان، ۱۴۰۳



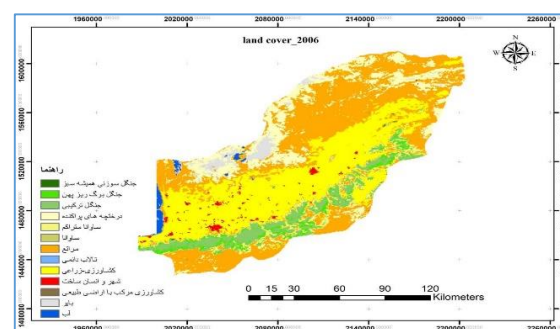
شکل ۶: نقشه پوشش سطح زمین ۲۰۰۳ (محصول ماهواره MODIS)
مآخذ: نگارندگان، ۱۴۰۳



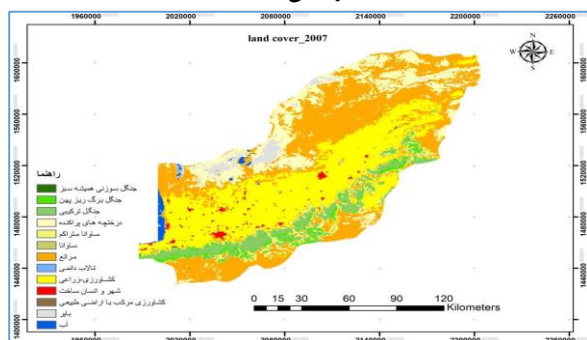
شکل ۷: نقشه پوشش سطح زمین ۲۰۰۴ (محصول ماهواره MODIS)
مآخذ: نگارندگان، ۱۴۰۳



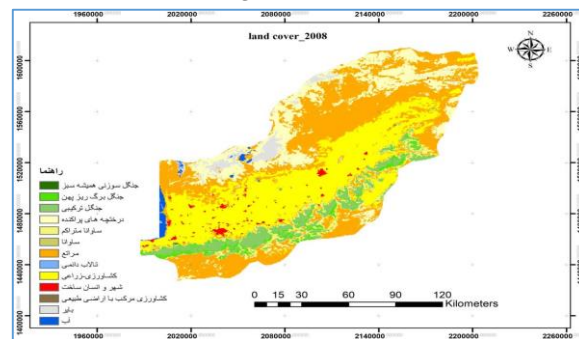
شکل ۸: نقشه پوشش سطح زمین ۲۰۰۵ (محصول ماهواره MODIS)
مآخذ: نگارندگان، ۱۴۰۳



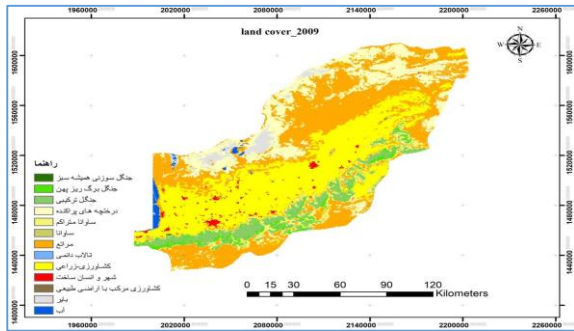
شکل ۹: نقشه پوشش سطح زمین ۲۰۰۶ (محصول ماهواره MODIS)
مآخذ: نگارندگان، ۱۴۰۳



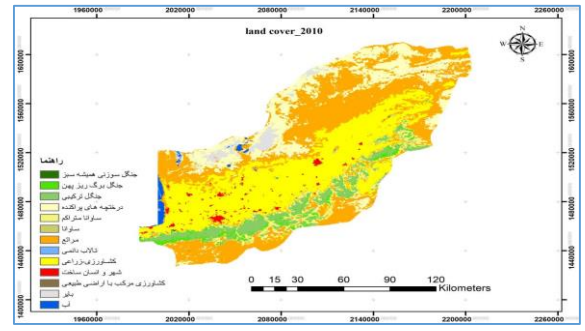
شکل ۱۰: نقشه پوشش سطح زمین ۲۰۰۷ (محصول ماهواره MODIS)
مآخذ: نگارندگان، ۱۴۰۳



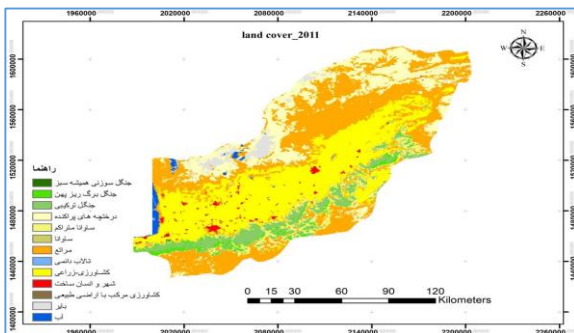
شکل ۱۱: نقشه پوشش سطح زمین ۲۰۰۸ (محصول ماهواره MODIS)
مآخذ: نگارندگان، ۱۴۰۳



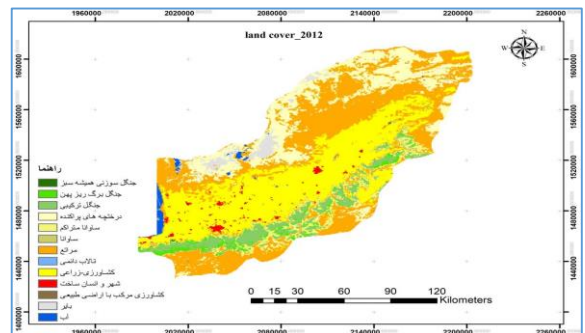
شکل ۱۲: نقشه پوشش سطح زمین ۲۰۰۹ (محصول ماهواره MODIS) مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۳



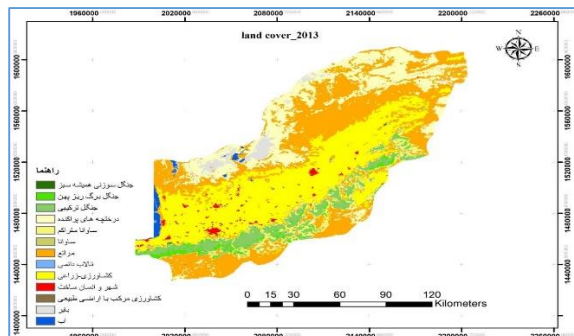
شکل ۱۳: نقشه پوشش سطح زمین ۲۰۱۰ (محصول ماهواره MODIS) مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۳



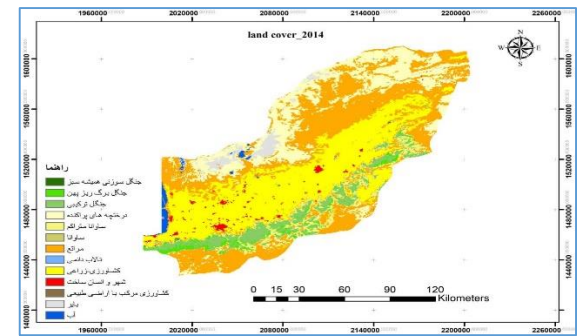
شکل ۱۴: نقشه پوشش سطح زمین ۲۰۱۱ (محصول ماهواره MODIS) مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۳



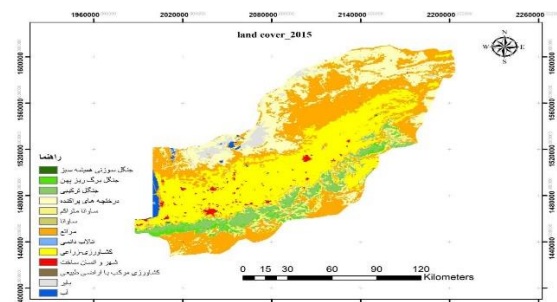
شکل ۱۵: نقشه پوشش سطح زمین ۲۰۱۲ (محصول ماهواره MODIS) مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۳



شکل ۱۶: نقشه پوشش سطح زمین ۲۰۱۳ (محصول ماهواره MODIS) مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۳

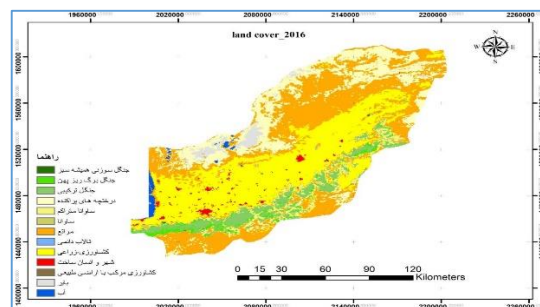


شکل ۱۷: نقشه پوشش سطح زمین ۲۰۱۴ (محصول ماهواره MODIS) مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۳



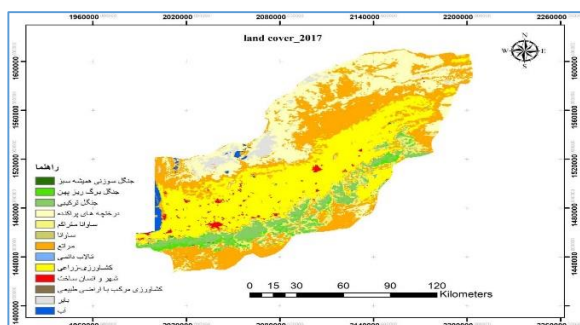
شکل ۱۸: نقشه پوشش سطح زمین ۲۰۱۵ (محصول ماهواره MODIS)

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۳



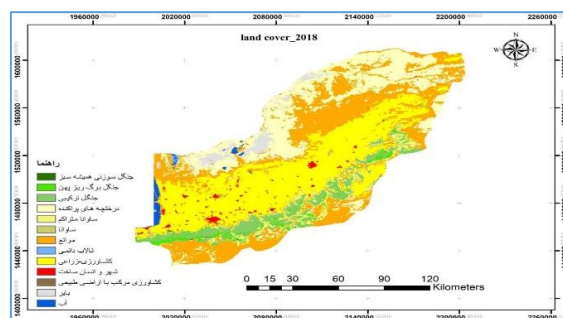
شکل ۱۹: نقشه پوشش سطح زمین ۲۰۱۶ (محصول ماهواره MODIS)

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۳



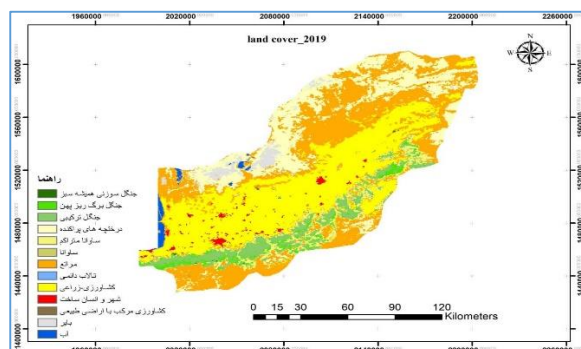
شکل ۲۰: نقشه پوشش سطح زمین ۲۰۱۷ (محصول ماهواره MODIS) مأخذ:

نگارندگان، ۱۴۰۳



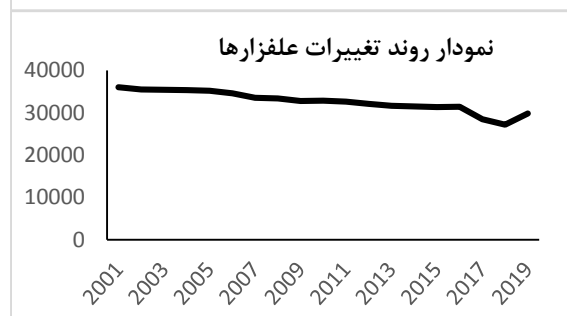
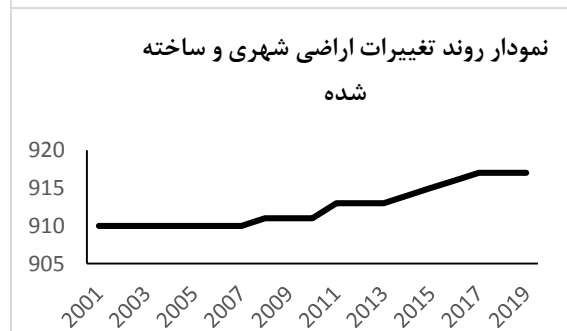
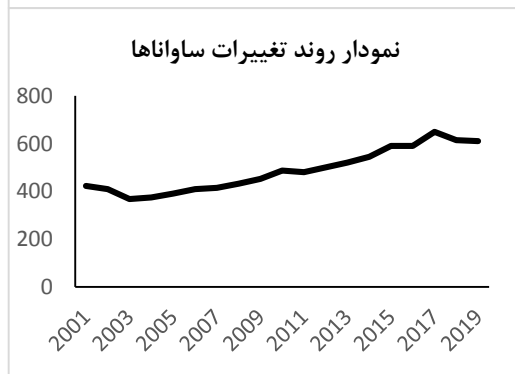
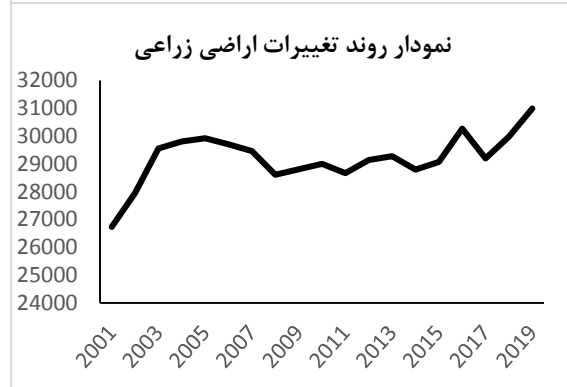
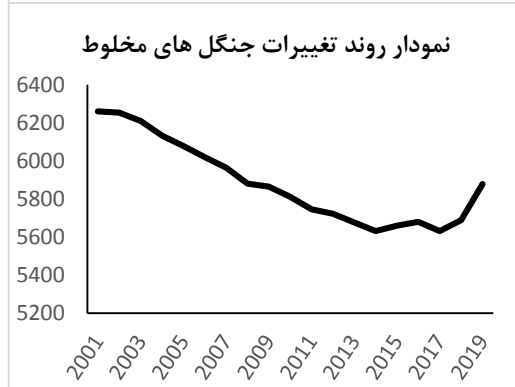
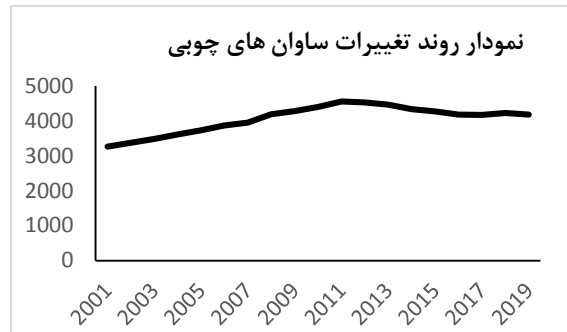
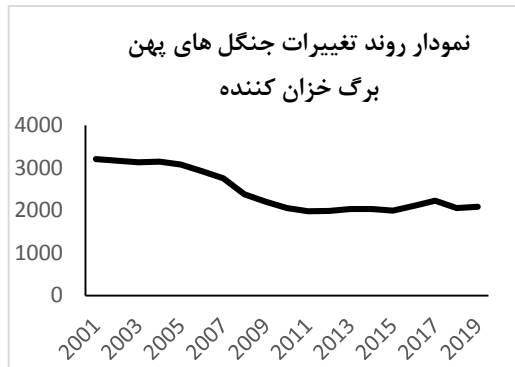
شکل ۲۱: نقشه پوشش سطح زمین ۲۰۱۸ (محصول ماهواره MODIS) مأخذ:

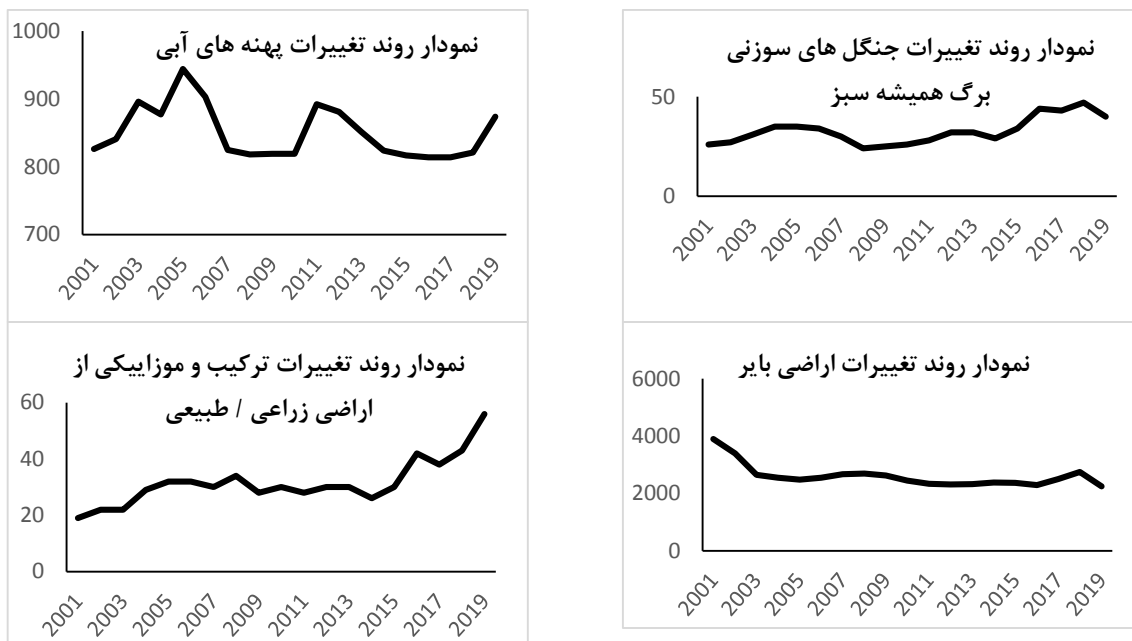
نگارندگان، ۱۴۰۳



شکل ۲۲: نقشه پوشش سطح زمین ۲۰۱۹ (محصول ماهواره MODIS)

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۳





شکل ۲۳: نمودارهای روند تغییرات کاربری‌های مختلف در استان طی سال‌های ۲۰۱۹-۲۰۰۱ مأخذ: نگارندگان ۱۴۰۳

نتیجه‌گیری

در این پژوهش به بررسی پوشش زمین و تغییرات پوشش زمینی که عمده این تغییرات توسط فعالیت‌های انسانی ایجاد شده‌اند پرداخته‌ایم. محدوده مطالعاتی این مطالعه، استان گلستان و روش پژوهش، مبتنی بر تحلیل محصولات ۵۰۰ متر پوشش زمین سنجنده مودیس، ام‌سی‌دی ۱۲ کیو ۱ در بازه زمانی ۲۰۱۹-۲۰۰۱ است. پس از دریافت تصاویر از پایگاه اینترنتی earthdata و سه مرحله پردازش در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی نقشه‌های مربوطه سال‌های مختلف استخراج شد و جهت مقایسه بصری، تغییر کاربری‌های مختلف در بازه‌های زمانی ۵ ساله به شکل نقشه ترسیم گردید. مهم‌ترین و بیشترین تغییرات را سطوح پوششی جنگل‌های پهن‌برگ خزان‌کننده دارا هستند. این جنگل‌ها از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۹، ۲۴۰/۸۴۸ کیلومترمربع یعنی ۳۴/۹٪، از مساحت خود را از دست داده‌اند که به دلایل مختلفی همچون آتش‌سوزی‌ها و تغییر کاربری به زمین‌های زراعی یا مناطق مسکونی و یا مصارف صنعتی، کاهش یافته است. با توجه به آنکه شمال ایران، خاستگاه جنگل‌های پهن‌برگ خزان‌دار است و جنگل‌های هیرکانی به لحاظ گردشگری و زیبایی‌شناختی و زیست‌محیطی و اعتدال آب و هوا از اهمیت بالایی برخوردار هستند، این مقدار کاهش از جنگل‌ها طی تقریباً ۲۰ سال بسیار نگران‌کننده و در حقیقت فاجعه است. به دلیل مهاجرپذیری استان گلستان و در نتیجه، افزایش جمعیت و نیاز روزافزون به مسکن و تولیدات محصولات کشاورزی، شاهد تبدیل کاربری‌های جنگلی به زمین‌های زراعی هستیم. با توجه به محاسبات انجام شده و تعداد پیکسل‌ها در سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۹ مشخص می‌شود که اراضی زراعی استان طی این ۱۹ سال ۱۵/۹۲ درصد افزایش یعنی ۹۱۴/۲۳۶ کیلومتر افزایش داشته است. اراضی زراعی استان بیشتر در بخش میانی (جلگه‌ای) واقع شده‌اند. پوشش علفزارها یا همان مراتع بیش از سایر کاربری‌ها بوده است. مساحت این کاربری در این سال‌ها همواره روند کاهشی با شیب ملایم داشته است و فقط سال‌های ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹ روند افزایشی را نشان می‌دهد.

مساحت این کاربری از سال ۲۰۰۱ که ۷۷۲۳ کیلومترمربع بوده است به ۶۴۰۶ کیلومترمربع در سال ۲۰۱۹ رسیده است. یعنی به میزان ۱۳۱۶/۹۳ کیلومترمربع و به عبارتی ۰/۵٪ از مساحت خود را از دست داده است. بیشترین تبدیل نوع کاربری‌ها نیز مربوط به پوشش‌های گیاهی استان اعم از علفزار، درختچه‌زارهای تنک و پراکنده و جنگل‌های پهن‌برگ خزان‌دار و... می‌باشد و طی ۱۹ سال، پوشش‌های گیاهی استان مدام تخریب شده و تغییر کاربری داده و به اراضی شهری و زراعی تبدیل شده‌اند. و کمترین نوع تبدیل مربوط به زمین‌های بایر و پهنه‌های آبی می‌باشد. بدین معنی که طی این مدت این کاربری‌ها کمتر به کاربری دیگری تبدیل شده است. همچنین اراضی شهری و ساخته شده نیز بدون تخریب و تغییر کاربری بوده‌اند. در این بازه زمانی در استان گلستان کاربری جنگل‌های پهن‌برگ همیشه‌سبز و جنگل‌های سوزنی‌برگ خزان‌دار و درختچه‌زارهای متراکم و کاربری‌های طبقه‌بندی نشده هیچ پیکسلی را به خود اختصاص نداده بودند درحالی‌که علفزارها و جنگل‌های مخلوط طی این سال‌ها روند تغییرات کاهشی را طی کرده‌اند. تالاب‌های دائمی نیز تغییرات شدید کاهشی را تجربه کرده‌اند و این حاکی از خشک‌سالی‌های پی‌درپی، و احداث سد در مسیر رودهای ورودی به این تالاب‌ها می‌باشد که موضوعی بسیار نگران‌کننده است. چرا که تالاب‌های استان در فعال ساختن اکوسیستم منطقه، اعتدال آب و هوای منطقه و به لحاظ زیباشناختی و گردشگری می‌توانند در رونق گردشگری و اقتصاد استان نقش اساسی ایفا کنند. ضمن اینکه خشک شدن تالاب‌ها پیامدهای منفی همچون ایجاد ریزگردهای شدید را به همراه خواهد داشت. پهنه‌های آبی در استان با کد (صفر)، از سال ۲۰۰۱ با مساحت ۱۷۷,۳۱ کیلومترمربع به مساحت ۱۸۷,۶۱ کیلومترمربع در سال ۲۰۱۹ رسیده‌اند و این روند افزایشی می‌تواند بیانگر احداث سدهای متعدد در استان طی این سال‌ها باشد که از این نمونه می‌توان به سد دانشمند و آب‌بندان روستای کرند در شمال استان و... اشاره کرد. اراضی بایر در طی این مدت دارای روند کاهشی بوده است و مشخص می‌شود که این اراضی، تغییر کاربری داده و در مواردی به واحدهای صنعتی در استان تبدیل شده است که واحدهای صنعتی در شمال آق‌قلا و شهرک صنعتی اینچه‌برون و راه آهن اینچه‌برون و بعضی از واحدهای صنعتی که در زمین‌های بایر استان احداث شده است، نمونه‌هایی از این دست هستند. در پایان باید گفت با توجه به روند تغییرات اقلیم و پدیده گرمایش جهانی در دهه‌های اخیر که باعث خشک‌سالی‌های پی‌درپی در استان و بیابانی شدن قسمت‌هایی از آن، آتش‌سوزی جنگل‌ها، فرسایش خاک، جاری شدن سیل‌های ویرانگر و... در استان شده است، باید به مسئله تغییر کاربری‌ها و تخریب پوشش سطح زمین جهت حفظ منابع با ارزشی چون مراتع، تالاب‌های دائمی و جنگل‌های هیرکانی در استان توجه و نظارت بیشتری شود. نتایج این پژوهش. در شاخص پوشش گیاهی و کاربری اراضی با پژوهش حجازی زاده و سنبل (۱۴۰۱) و در قسمت تغییرات پوشش سطح زمین با پژوهش خالدی و همکاران (۱۴۰۱) و در استفاده و کاربرد و کارای ماهواره مدل MODIS با پژوهش‌های نیک پور و همکاران (۱۳۹۹)، اخوان قالیباف و همکاران (۱۳۹۸) و کیخسروی، محمدی (۱۳۹۸) مطابقت و همخوانی دارد.

پیشنهادهای

استان گلستان به علت دارا بودن منابع طبیعی مثل دریا، جنگل، مراتع و ... و افزایش جمعیت و مهاجرپذیر بودن در معرض انواع تغییرات کاربری قرار دارد. با توجه به روند تغییرات اقلیم و پدیده گرمایش جهانی در دهه‌های اخیر که باعث خشک‌سالی‌های پی‌درپی در استان و بیابانی شدن قسمت‌هایی از آن، آتش‌سوزی جنگل‌ها، فرسایش خاک، جاری شدن سیل‌های ویرانگر و ... در استان شده است، باید به مسئله تغییر کاربری‌ها و تخریب پوشش سطح زمین جهت حفظ منابع با ارزشی چون مراتع، تالاب‌های دائمی و جنگل‌های هیرکانی در استان توجه و نظارت بیشتری شود.

منابع

- ۱- اخوان قالیباف، محمد. علی پور، حمید. قلیوف، الوست. کورنووا، مارینا. مختاری، محمدحسین (۱۳۹۸): بررسی تغییرات مساحت پوشش زمین و کاربری حوضه آبخیز دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر MODIS. هیدروژئومورفولوژی، ۶(۱۸)، ۹۷-۱۱۳.
- ۲- حجازی زاده، زهرا. سنبل، زهرا (۱۴۰۱): بررسی تغییرات شاخص پوشش گیاهی و کاربری اراضی در راستای توسعه پایدار (مطالعه موردی: شهرستان ملارد). مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه‌ای، ۳(۲)، ۱۶۹-۱۸۸.
- ۳- حسین زاده، محمد مهدی، براتی، غلامرضا، صابر نیا، زهرا (۱۳۹۳): اثرات تغییرات پوشش و کاربری اراضی بر فرسایش بادی و وقوع روزه‌های غبارآلود در منطقه شهریار. پژوهش‌های علوم زمین، جلد ۵، شماره ۱ - شماره ۱۷، ۷۶-۸۸.
- ۴- خالدی، شهریار، کیخسروی. قاسم، احمدی براتی، فرزانه (۱۴۰۱): بررسی اثر تغییرات پوشش زمین بر دمای روبه سطحی زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده مودیس - مطالعه موردی: شمال شرق ایران. اطلاعات جغرافیایی سپهر 31(123)، 179-197.
Doi: 10.22131/sephr.2022.699921
- ۵- درویشی، ش.، سلیمانی، ک.، رشیدپور، م (۱۳۹۸): تأثیر شاخص‌های گیاهی و خصوصیات سطح شهری بر تغییرات دمای سطح زمین مطالعه موردی شهرستان سنج. سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۱۰(۱)، صص ۳۵-۵۰.
- ۶- زندسلیمی، زانکو. سیما، سمیه، موسیوند، علی جعفر (۱۴۰۰): ارزیابی عملکرد نقشه‌های پوشش اراضی جهانی در استخراج محدوده اراضی کشاورزی (مطالعه موردی: حوضه آبریز دریاچه ارومیه. تحقیقات آب و خاک ایران ۵۲(۳). صص ۷۹۵-۸۱۰.
Doi: 10.22059/ijswr.2021.315097.668828
- ۷- ستاری راد، امیر، رایگانی، بهزاد، جهانی، علی و گشتاسب میگوئی، حمید. (۱۴۰۳): امکان‌سنجی خودکارسازی تعیین تغییرات مناطق جنگلی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی: منطقه حفاظت‌شده البرز مرکزی). فصلنامه اکولوژی انسانی، ۲(۴).
Doi: 10.22034/el.2024.450145.1022. ۲۷۸-۲۹۲.
- ۸- کیخسروی، قاسم. محمدی، زینب (۱۳۹۸): آشکارسازی تغییرات پوشش سطح زمین ناحیه شمال غرب ایران به‌عنوان نمایه‌ای از بیابان‌زایی. جغرافیای طبیعی لارستان. دوره ۱۲ شماره ۴۳، صص ۱۲۳-۱۴۰.
- ۹- نیک پور، نورا،، فتوحی، صمد، نگارش، حسین، حسینی، سیدزین العابدین، بهرامی، شهرام (۱۳۹۹): پایش تغییرات پوشش سطح زمین در راستای تخریب سرزمین (MODIS Land Cover Product 2001-2013): محدوده جغرافیایی استان ایلام. پژوهش‌های دانش زمین 11(1)، 130-151.

- 10- Abercrombie, P. Friedl, M. A. (2016): Improving The Consistency Of Multitemporal Land Cover Maps Using A Hidden Markov Model. IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing (Volume: 54, Issue: 2), Pp.703 - 713.
- 11- Badreldin, N. Frankl, A. Goossens, R. (2013): Assessing The Spatiotemporal Dynamics Of Vegetation Cover As An Indicator Of Desertification In Egypt Using Multi-Temporal MODIS Satellite Images. Arabian Journal Of Geosciences 7(11), 15-1
- 12- Foley JA, Defries R, Asner GP, Barford C, Bonan G, Carpenter SR, Chapin FS, Coe MT, Daily GC, Gibbs HK, Helkowski JH, Holloway T, Howard EA, Kucharik CJ, Monfreda C, Patz JA, Prentice IC, Ramankutty N, Snyder PK. Global Consequences Of Land Use. Science. (2005 Jul 22); 309 (5734):570-4.
- 13- Friedl, M., Sulla-Menashe, D., Tan, B., Schneider, A., Ramankutty, N., Sibley, A. And Huang, X., 2010. MODIS Collection 5 Global Land Cover: Algorithm Refinements And Characterization Of New Datasets, Remote Sensing Of Environment, V.114, Pp. 168-182.168-182, ISSN00344257, <https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.08.016>
- 14- Jansen, L. J. Gregorio, A. D. (2000): Land Cover Classification System (LCCS): Classification Concepts And User Manual. Rome: FAO.
- 15- Giri, C. Pengra, B. Loveland, T.R. (2013): Next Generation Of Global Land Cover Characterization, Mapping, And Monitoring. International Journal Of Applied Earth Observation And Geoinformation 25, Pp. 37-30
- 16- Latham, J. Cumani, R. Rosati, I. Bloise, M. (2014): Land Cover (GLC-SHARE) Beta-Release 1,0 Database, Land And Water Division. Rome: FAO.
- 17- Lin, H. Wang, J. Jia, X. Bo, Y. Wang, D. Wang, Z. (2008): Evaluation Of MODIS Land Cover Product Of East China. International Geoscience And Remote Sensing Symposium (Pp.765-762). Boston, MA, USA: IEEE. Doi:10.1109/Igarss.2008.4779834
- 18- NASA. (2014): Moderate-Resolution Imaging Spectro Radiometr (MODIS). Retrieved 3110, 2023, From <http://Nasa.Gov/>:
http://Modis.Gsfc.Nasa.Gov/About/Media/Modis_Brochure.Pdf
- 19- Rahdari, G.R., Rahdari, M.R., Fakhireh, A.A., Shahryari, A.R. And Khosravi, H., 2013. GIS-Based Monitoring And Ewss Of Desertification (Case Study; Southeastern Of Iran), International Journal Of Advanced Biological And Biomedical Research, V. 1(10), Pp.. 1185-1198.
- 20- Salvati, L. Zitti, M. (2008): Regional Convergence Of Environmental Variables: Empirical Evidences From Land Degradation. Ecological Economics, V. 68 (1), Pp.-168-162.
- 21- Sulla-Menashe, D. And Friedl, M.A., 2018. User Guide To Collection 6 MODIS Land Cover (MCD12Q1 And MCD12C1) Product,
https://lpdaac.usgs.gov/dataset_discovery/modis/modi_sproductstable/mcd_12q1.
- 22- Sulla-Menashe, D. Friedl, M. A. Krankina, O. N. Baccini, A. Woodcock, C. E. Sibley, A... . Elsakov, V. (2011): Hierarchical Mapping Of Northern Eurasian Land Cover Using MODIS Data. Remote Sensing Of Environment, 115(2), Pp. 403-392
- 23- Vintrou, E. Desbrosse, A. Bégué, A. Traoré, S. Baron, C. Seen, D. L. (2012): Crop Area Mapping In West Africa Using Landscape Stratification Of MODIS Time Series And Comparison With Existing Global Land Products. International Journal Of Applied Earth Observation And Geoinformation 14(1), Pp. 93-83.