



بررسی تغییرات کاربری ارضی و مولفه‌های اقلیمی در شهرستان مشکین شهر

بتول زینالی^{۱*}، الهام ملانوری^۲ و شیوا صفری^۳

۱) دانشیارگروه جغرافیای طبیعی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۲) دانشجوی دکتری رشته آب و هواشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۳) کارشناسی ارشد دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

* ایمیل نویسنده مسئول: zeynali.b@uma.ac.ir

چکیده:

زمینه و هدف: تغییر اقلیم تأثیرات منفی بر منابع آبی و جوامع انسانی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک دارد. سنجش از راه دور کاربرد وسیعی در مطالعاتی از جمله نظارت بر محیط زیست، کشاورزی و اقلیم کره زمین دارد. این فن‌آوری امکان پژوهش و بررسی این دست از مطالعات را در مناطق بزرگ با وضوح مکانی و زمانی بالا، به‌ویژه مناطق صعب‌العبور و یا مناطقی که فاقد ایستگاه اندازه‌گیری زمینی (مانند ایستگاه‌های سینوپتیک) هستند را فراهم می‌کند. با توجه به گسترش اقلیم نیمه بیابانی سرد در منطقه شمال غرب کشور و تغییرات کاربری اراضی منطقه مشکین شهر در سال‌های اخیر، هدف از پژوهش حاضر بررسی رابطه متقابل مولفه‌های اقلیمی دما، بارش و همچنین رطوبت خاک با تغییرات کاربری اراضی است.

روش پژوهش: شهرستان مشکین شهر در شمال غرب ایران واقع شده و یکی از شهرستان‌های مهم استان اردبیل می‌باشد. در پژوهش حاضر منطقه مورد مطالعه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ برای سال ۲۰۰۲ و لندست ۸ برای سال ۲۰۲۱ در هفت کلاس کشاورزی آبی، کشاورزی دیم، منطقه مسکونی، مناطق آبی، پوشش برفی، مرتع خوب و مرتع ضعیف جهت بررسی تغییرات کاربری اراضی طبقه‌بندی شدند. در ادامه مولفه‌های دما و بارش (به همراه صحت‌سنجی با داده‌های زمینی) به‌ترتیب با استفاده از الگوریتم تک کاناله و پایگاه داده GPM و رطوبت خاک نیز با استفاده از الگوریتم نوری-حرارتی (TOTRAM) با اعمال پارامترهای LST و NDVI به صورت سری زمانی برای سال‌های ۲۰۰۲، ۲۰۰۶، ۲۰۱۱، ۲۰۱۶، ۲۰۱۹ و ۲۰۲۱ بررسی شدند.

یافته‌ها: با بررسی نقشه‌های حاصل تغییرات قابل ملاحظه‌ای در کاربری‌های مختلف مشاهده شده که بیشتر این تغییرات در زمینه‌ی افزایش زمین‌های کشاورزی آبی و مراتع ضعیف و از بین رفتن مراتع مرغوب بوده است. همچنین نوسانات دمایی و بارشی در سال‌های مورد مطالعه کاملاً روشن است و از روند منظمی برخوردار نمی‌باشند، به‌طوری‌که برای مثال در سال ۲۰۱۱ افزایش ناگهانی بارش به مقدار ۴۶ میلیمتر مشاهده می‌شود. ولی میزان کمینه‌ی دما نسبت به بیشینه‌ی آن در سال‌های مختلف افزایش بیشتری در مقایسه با سال ۲۰۰۲ نشان می‌دهد. پوشش گیاهی و میزان رطوبت خاک نیز روند صعودی یا نزولی خاصی نداشته و مقادیر متفاوتی در سال‌های مختلف نشان می‌دهند، اما حداکثر پوشش گیاهی، یعنی مقدار ۱ در مورد شاخص NDVI در سال ۲۰۰۲ مشاهده می‌شود.

نتایج: با توجه به نتایج و نوسانات مقادیر مولفه‌های اقلیمی، به‌ویژه تغییرات ناگهانی در برخی سال‌ها، نشانه‌هایی از تغییرات اقلیم در منطقه مشاهده می‌شود، ولی نظری قطعی نمی‌توان در رابطه با روند تغییرات کاربری اراضی و تغییرات اقلیمی بیان کرد. بررسی نتایج نشان می‌دهد که تغییرات کاربری به‌ویژه در بخش کشاورزی می‌تواند تحت تأثیر شرایط اقلیمی باشد. وابستگی مولفه‌های اقلیمی به یکدیگر و متأثر بودن رطوبت خاک و پوشش گیاهی از این مولفه‌ها، از نتایج دیگر این مطالعه است. به‌طوری‌که با افزایش دما شاهد کاهش میزان رطوبت و سطح پوشش گیاهی هستیم. زمان‌هایی که رطوبت خاک نسبت به سال‌های دیگر بیشتر است، با توجه به نقش خنک‌کنندگی تبخیر، دما پایین و پوشش گیاهی مطلوب است. در نتیجه بین مولفه‌های مختلف وابستگی روشنی وجود دارد و تغییر در پارامتری بقیه پارامترها را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد، اما به‌نظر می‌رسد مولفه‌ی دما نقش پررنگ‌تری نسبت به بقیه پارامترها ایفا می‌کند.

کلید واژه‌ها: تغییر اقلیم، کاربری اراضی، الگوریتم TOTRAM، NDVI

نشریه حفاظت منابع آب و خاک

آدرس تارنما:

<https://wsrj.srbiau.ac.ir>

پست الکترونیک:

iauwsrj@srbiau.ac.ir

iauwsrj@gmail.com

سال دوازدهم

شماره سه (۴۷)

بهار ۱۴۰۲

تاریخ دریافت:

۱۴۰۱/۰۵/۰۹

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۱/۰۷/۲۴

صفحات: ۱۵-۳۱



مقدمه

سنجش‌ازدور حرارتی به‌عنوان شاخه‌ای از علم سنجش‌ازدور که در محدوده مادون قرمز حرارتی کار می‌کند به دلیل محدودیت ایستگاه‌های هواشناسی و عدم امکان اندازه‌گیری دما در تمام مناطق بسیار حائز اهمیت است (Asghari and Emami, 2019; Sekertekin et al, 2020). ممکن است استفاده از سنسورهای زمینی برای اندازه‌گیری رطوبت خاک منجر به صرف زمان و توزیع نامناسب نمونه‌ها در مقیاس‌های بزرگ شود بنابراین سنجش‌ازدور می‌تواند ابزار مهمی در برآورد رطوبت خاک باشد (Adab et al, 2017; Prashant et al, 2016).

حسینی و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی به بررسی پدیده تغییر اقلیم و تاثیر آن بر تغییر کاربری اراضی در حوضه گرگان رود پرداختند. این محققین در مطالعه‌ی خود از تجزیه و تحلیل داده‌های بارش، دما و رطوبت نسبی ایستگاه‌های سینوپتیک و آزمون‌های آماری استفاده کرده‌اند. یافته‌های این محققین در بازه‌ی زمانی سی ساله نشان می‌دهد، تغییرات کاربری اراضی به سمت کاهش اراضی مرتعی و جنگلی و افزایش اراضی زراعی-باغی و زمین‌های بایر در سطح حوضه پیش رفته و خشکسالی در بخش‌هایی از حوضه تحت تاثیر تغییرات کاربری اراضی و اقلیمی شناسایی شده است. بحری و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی به بررسی اثرات تغییر اقلیم و تغییر کاربری اراضی جهت پیش‌بینی پاسخ هیدرولوژیک حوزه آبخیز اسکندی در آینده پرداخته‌اند. نتایج نشان دهنده‌ی افزایش ۷/۲ تا ۱۰/۹ درصدی بارش متوسط سالانه دهه ۲۰۲۰ می‌باشد. افزایش توامان دمای حداقل و حداکثر منطقه مطالعاتی در تمامی ماه‌ها موجب افزایش ۰/۸۲ تا ۱/۰۲ درجه سانتی‌گراد دمای متوسط سالانه خواهد شد. افزایش دبی اوج و حجم سیلاب در ماه‌های مارس، اکتبر و فوریه و کاهش آن در ماه آوریل پیش‌بینی شده است. به‌طوری‌که در صورت تغییر کاربری اراضی همراه با تغییر اقلیم این افزایش شدیدتر خواهد بود. فرخزاده و همکاران (۱۳۹۴) در مطالعه‌ای به بررسی اثر تغییر اقلیم و کاربری اراضی بر رواناب و وضعیت سیلاب حوزه آبخیز بالیقلو چای اردبیل

تغییر کاربری زمین و تغییرات آب‌وهوا به‌عنوان دو عامل اصلی موثر بر اکوسیستم کره زمین شناسایی شده‌اند (Bai et al, 2019). اکثر یافته‌ها نشان می‌دهند که تغییرات کاربری زمین و اقلیم بر فرآیندهای هیدرولوژیکی مانند تبخیر و تعرق، رواناب و نفوذپذیری تأثیر می‌گذارد که منجر به تغییرات مکانی و زمانی الگوهای جریان سطحی و زیرسطحی می‌شود (Hero Marhaento et al, 2018). در دهه‌های اخیر، تغییرات آب و هوای جهانی به‌دلیل اثرات نامطلوب بر اکوسیستم جهانی، اقتصاد و جامعه باعث نگرانی جهانی شده است (Orozco et al, 2020). پیش‌بینی می‌شود هنگامی که این تغییرات با رشد جمعیت و تغییر کاربری زمین همراه شود، به‌عنوان یک تهدید جدی تلقی شده و تأثیرات عمیقی بر امنیت غذایی جهانی در آینده خواهد داشت (Tang et al, 2005; Molotoks, 2021). در دهه‌های اخیر، اثرات تغییرات آب و هوایی، عمدتاً در افزایش دما، و افزایش و یا کاهش بارندگی در چندین منطقه از جهان، قابل مشاهده بوده است (Chung et al, 2011; Eskandari et al, 2020). با توجه به گزارش IPCC، با پایان قرن جاری، میانگین دمای فازاز ۱/۱ الی ۴/۶ درجه سانتیگراد در سراسر جهان افزایش می‌یابد (Majeed et al, 2021). LST^۱ تابعی از انرژی خالص بر سطح زمین است؛ که به گسیلمندی سطح، مقدار انرژی رسیده به سطح زمین، رطوبت و جریان هوای اتمسفر بستگی دارد (Naji Domirani et al, 2017). عدم تعادل در میزان بارش و تبخیر تعرق می‌تواند منجر به کاهش رطوبت خاک و در نتیجه پدیده طبیعی خشکسالی شود. رطوبت سطحی خاک (عمق ۵ سانتی متری خاک) وظیفه‌ی تقسیم بارندگی به رواناب و نفوذ را داشته و در نتیجه در انباشت آب تاثیرگذار است (Shafian et al, 2015; Srivastava et al, 2013). فن‌آوری سنجش‌ازدور با استفاده از سکوها و سنجنده‌های مختلف امکان مشاهده زمین و پدیده‌ها و عوارض گوناگون را فراهم می‌کند.

^۱Land Surface Temperature

تصاویر ماهواره لندست ۵، ۷ و سنجنده‌های TM و OLI و شاخص NDVI افزایش مراتع کم تراکم و کاهش مراتع نیمه‌مترکم و تمایل منطقه به سمت بیابانی شدن را نشان می‌دهد. مارهنتو^۱ و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای به تجزیه و تحلیل پاسخ هیدرولوژیکی نسبت به تغییرات کاربری ارضی و تغییرات اقلیم در دو دوره ۱۹۸۳-۲۰۰۵ و ۲۰۳۰-۲۰۵۰ پرداخته‌اند. آن‌ها در مطالعه خود از مدل SWAT جهت شبیه‌سازی مدل هیدرولوژیکی با ورودی مدل‌ها و سناریوهایی در ارتباط با تغییرات کاربری ارضی و تغییرات اقلیم استفاده کرده‌اند. طبق نتایج این محققین تغییرات کاربری ارضی و تغییرات اقلیم به طور مجزا اجزای تعادل آب را تحت تاثیر قرار می‌دهند و در صورت ترکیب این عوامل محرک، تغییرات بارزتری، به‌ویژه در جریان سالانه و رواناب سطحی انتظار می‌رود. در پژوهشی بای^۲ و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی سرویس‌های اکوسیستم مرتبط با آب با در نظر گرفتن تغییرات کاربری ارضی و اقلیم با استفاده از مدل InVEST، سناریوهای محیطی و دو شاخص توسعه یافته پرداخته‌اند. نتایج مطالعه‌ی این محققین نشان داده است که تغییرات اقلیم نسبت به تغییرات کاربری ارضی تاثیر زیادی در حفاظت از آب دارد و تغییرات کاربری ارضی حفاظت خاک را بیشتر تحت تاثیر خود قرار می‌دهد. در حالت کلی تغییرات اقلیم و کاربری ارضی تاثیر بازدارنده‌ای در حفاظت آب و میزان نیتروژن و فسفر خاک داشته و میزان این تاثیر بسته به مقیاس و منطقه می‌تواند متفاوت باشد. اورزکو^۳ و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای به ارزیابی جنبه‌های مختلف یک حوزه آبخیز در برابر تغییرات اقلیمی و کاربری ارضی پرداخته‌اند. برای این کار این محققین در یک روش جدیدی از مدل توزیع هیدرولوژی، مدل‌های اقلیم جهانی، سناریوهای تغییر اقلیم و کاربری ارضی و بیشترین تعداد متغیر محاسبه شده با اطلاعات منابع رسمی استفاده کرده‌اند. این محققین به این نتیجه

در آینده پرداخته‌اند. این محققین از مدل‌های آماری و سناریوهای مختلف و مدل شبیه سازی هیدرولوژیکی HEC-HMS جهت بررسی وضعیت گذشته و پیش‌بینی آینده استفاده کرده‌اند. طبق نتایج پیش‌بینی این محققین مولفه اقلیمی بارش و دما در دهه ۲۰۲۰ افزایش خواهند داشت. همچنین بررسی سناریوهای مربوط به تغییرات کاربری ارضی نشان دهنده افزایش اراضی کشاورزی و کاهش مراتع در دهه‌های ۲۰۲۰ بوده است. نظری سامانی و همکاران (۱۳۹۷) پژوهشی در ارتباط با تاثیر تغییرات اقلیمی و کاربری ارضی بر بیابان‌زایی آتی در سبزوار انجام داده‌اند. این محققین با بررسی تغییرات اقلیمی و کاربری ارضی در گذشته و حال به پیش‌بینی روند این تغییرات در آینده پرداختند. آن‌ها برای این منظور از مدل تعیین شدت بیابان‌زایی و مدل‌های اقلیمی با محاسبه‌ی دما و بارش در گذشته و مدل زنجیره مارکوف استفاده کردند. نتایج این محققین افزایش شدت بیابان‌زایی در طول زمان و همچنین روند افزایشی آن در آینده را نشان داده است. در پژوهشی دیگر کینا و همکاران (۱۳۹۹) به بررسی اثر اقلیم بر کاربری ارضی و عملکرد بخش کشاورزی در استان مازندران طی سال‌های ۱۳۶۰-۱۳۹۰ پرداخته‌اند. طبق نتایج این محققین و تحلیل‌های مدل PMP تغییرات اقلیم و مولفه‌های دما و بارش در ارتباط با آن در عملکرد برنج و گندم اثر معنی‌داری داشته و در جهت افزایش کشت این محصولات تغییر یافته است. البته این محققین به جنبه‌های مثبت تغییر اقلیم جهت بهره‌برداری بهینه از منابع و امکانات نیز اشاره کرده‌اند. قوامی و همکاران (۱۴۰۰) در مطالعه‌ای به بررسی تغییرات کاربری ارضی و اقلیم بر بیابان‌زایی در منطقه‌ی شیراحمد سبزوار در دوره زمانی ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۹ پرداخته‌اند. طبق نتایج این محققین در بررسی تغییر اقلیم، روند خطی شاخص‌های حدی دوره‌های گرم افزایشی و دوره‌های سرد کاهشی بوده و نتیجه ۰/۳۳ درصدی شاخص SPI طبقه نسبتاً نرمال از نظر خشکسالی را برای منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد. همچنین نتایج بررسی تغییرات کاربری ارضی با استفاده از

¹ Marhaento

² Bai

³ Orozco

بر اثر تغییرات اقلیمی از ۱۱ مورد به ۹ مورد کاهش داشته است. نکته قابل توجه منطقه شمال غرب ایران می‌باشد که بیشترین تغییرات را متحمل شده و اقلیم نیمه‌بیابانی سرد در این منطقه به سرعت در حال گسترش بوده و در حال از بین بردن گروه‌های اقلیم برفی و معتدل است (Raziei, 2017). شهرستان مشکین شهر نیز به عنوان یکی از شهرستان‌های مهم استان اردبیل، در دامنه کوهستان سبلان در منطقه شمال غرب کشور واقع شده است. طی بررسی‌های صورت گرفته در سال‌های اخیر این منطقه شاهد تغییرات کاربری اراضی به‌ویژه در بخش مرتع و کشاورزی بوده و کاهش میزان بارش، منطقه را از جنبه‌های گوناگون تحت تاثیر خود قرار داده است (Asghari et al, 2021). با توجه به نتایج پژوهش‌های صورت گرفته در مورد رابطه تغییرات کاربری اراضی و تغییرات اقلیم؛ بررسی مولفه‌های اقلیمی دما و بارش و تاثیر آن بر تغییرات کاربری اراضی و محیط‌زیست در این منطقه ضروری بوده و می‌تواند آگاهی‌های لازم را در اختیار کارشناسان و برنامه‌ریزان قرار دهد؛ بنابراین هدف از مطالعه حاضر بررسی تغییرات کاربری اراضی و اقلیم در سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۲۱ در شهرستان مشکین شهر می‌باشد. همچنین بررسی رطوبت سطحی خاک منطقه با به‌کارگیری الگوریتم سنجش از دوری TOTRAM⁶ از اهداف دیگر این مطالعه می‌باشد. بررسی همزمان مولفه‌های اقلیمی و پارامتر رطوبت خاک و همچنین بررسی تغییرات کاربری اراضی و ارتباط آن با مولفه‌های بررسی شده را می‌توان به عنوان نوآوری مطالعه حاضر مد نظر قرار داد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

شهرستان مشکین شهر در شمال غرب ایران و ۹۰ کیلومتری شهرستان اردبیل واقع شده است. وسعت این شهرستان حدود ۳۸۰۰ کیلومتر مربع بین طول‌های جغرافیایی

رسیدند که بیشترین آسیب‌پذیری‌های کنونی و آتی سیستم نتیجه فعالیت‌ها در مناطق کشاورزی و مراکز شهری است. مجید^۱ و همکاران (۲۰۲۱) در مطالعه‌ای به بررسی تغییرات کاربری و پوشش اراضی و عوامل تغییر اقلیم در مناطقی از پاکستان با استفاده از GIS و داده‌های ماهواره‌ای پرداختند. طبق نتایج این محققین اکثر کشاورزان معتقد به تغییرات شدید در بارندگی و خشکسالی و کاهش دسترسی آب برای آبیاری در سال ۲۰۲۰ نسبت به ۳۰ سال قبل هستند. همچنین آن‌ها به ارتباط واضح تغییرات LULC با دما، NDBI^۲ و NDVI^۳ در منطقه مورد مطالعه اشاره کرده و تغییرات در مساحت کاربری‌های زمین بایر، پوشش گیاهی و ساخت و ساز از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ را کاملاً برجسته دانسته‌اند که احتمالاً منجر به افزایش دما، کاهش آب برای آبیاری و تغییر الگوی بارندگی می‌شود. این محققین در پی این تغییرات کاهش تمایل کشاورزان به کشاورزی را پیش‌بینی کرده‌اند. موتلکس^۴ و همکاران (۲۰۲۱) در مطالعه‌ای به بررسی تاثیر تغییرات کاربری اراضی، جمعیت و اقلیم بر امنیت غذایی جهانی تا سال ۲۰۵۰ با استفاده از مدل FEEDME^۵ و سناریوهای مختلف پرداختند. طبق نتایج این محققین کشورهایی با کاهش رشد جمعیت، امنیت غذایی بالاتری داشتند، در حالی‌که کشورهایی با رشد سریع جمعیت بدترین تاثیر را بر امنیت غذایی شاهد بودند. همچنین آنان نقش تغییر اقلیم را در شیوع سوءتغذیه، بعد از عامل رشد جمعیت تاثیرگذار دانسته‌اند.

نتایج حاصل از پژوهش محققین در مورد تغییرات اقلیم و کاربری اراضی نشان دهنده اهمیت مطالعه در این زمینه بوده و استفاده از ابزارهای جدید سنجش از دوری در این مورد بسیار حائز اهمیت می‌باشد. با توجه به بررسی‌های صورت گرفته گروه‌های اقلیم کشور ایران

¹ Majeed

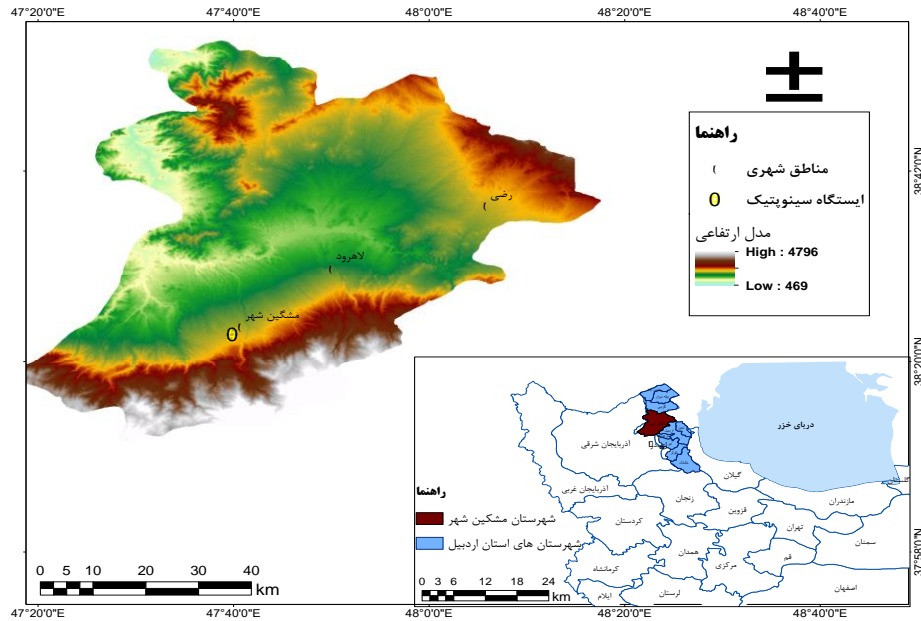
² Normalized Difference Built Index

³ Normalized difference vegetation index

⁴ Molotoks

⁵ Food Estimation and Export for Diet and Malnutrition Evaluation

⁶ traditional thermal-optical trapezoid model



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه

مشخصات تصاویر اخذ شده را نشان می‌دهد. در ادامه پژوهش مولفه‌های اقلیمی دما (با استفاده از الگوریتم single channel (Ndossi & Avdan, 2016)) و بارش (با استفاده از پایگاه داده GPM²) برای سال‌های ۲۰۰۲، ۲۰۰۶، ۲۰۱۱، ۲۰۱۶، ۲۰۱۹، ۲۰۲۱ استخراج و با داده‌های اخذ شده از ایستگاه زمینی مقایسه شدند. همچنین نقشه رطوبت خاک با استفاده از الگوریتم نوری-حرارتی (TOTRAM)، در همین سال‌ها با اعمال پارامترهای دما و پوشش گیاهی استخراج شد (Sadeghi et al, 2017). سپس نقشه‌های کاربری اراضی مرتبط با سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۲۱ در هفت کلاس کشاورزی آبی، کشاورزی دیم، منطقه مسکونی، مناطق آبی، پوشش برفی، مرتع خوب، مرتع ضعیف به روش نزدیک‌ترین همسایه در نرم افزار eCognition طبقه‌بندی شده (Flanders et al, 2003) و نقشه‌ی تغییرات آنها تحلیل و رابطه آن با پارامترهای اقلیمی و رطوبت خاک مورد بررسی قرار گرفت.

۴۷ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱۲ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی در مناطق مرکزی استان اردبیل واقع شده که بیش از ۲۰ درصد از مساحت استان را در بر می‌گیرد. مرتفع‌ترین قسمت این شهرستان بخش جنوبی آن یعنی دامنه‌های شمالی و شمال‌غربی توده‌های آتشفشانی سبلان است که در ۲۵ کیلومتری شهر مشکین واقع شده است. حداکثر ارتفاع محدوده ۴۷۹۶ متر و حداقل ارتفاع آن ۴۶۹ متر از سطح دریا می‌باشد. آب و هوای این شهرستان معتدل کوهستانی است. شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه را در کشور نشان می‌دهد.

در مطالعه حاضر تصاویر ماهواره‌ای (مربوط به ساعت ۷ صبح) لندست ۵ (TM) مرتبط با سال‌های ۲۰۰۲، ۲۰۰۶، ۲۰۱۱ و تصاویر سنجنده OLI مربوط به سال‌های ۲۰۱۶، ۲۰۱۹ و ۲۰۲۱ دریافت و پس از حصول اطمینان از وجود خطاهای معمول، عمل تصحیح اتمسفری با استفاده از مدل FLAASH¹ (Cooley et al, 2002) در نرم‌افزار ENVI 5.3 صورت گرفت و قسمتی از تصاویر بر اساس منطقه مورد مطالعه برش داده شد. جدول ۱

² The Tropical Rainfall Measuring Mission

¹ Fast Line-of-Sight Atmospheric Analysis of Hypercubes

جدول ۱. اطلاعات تصاویر ماهواره لندست ۵ و ۸

نوع ماهواره	نوع سنجنده	مسیر	گذر	تاریخ
لندست ۵	TM	۱۶۷	۳۳	۲۰۰۲/۰۸/۰۶
لندست ۵	TM	۱۶۷	۳۳	۲۰۰۶/۰۸/۰۱
لندست ۵	TM	۱۶۷	۳۳	۲۰۱۱/۰۸/۳۱
لندست ۸	OLI	۱۶۷	۳۳	۲۰۱۶/۰۸/۱۲
لندست ۸	OLI	۱۶۷	۳۳	۲۰۱۹/۰۸/۲۱
لندست ۸	OLI	۱۶۷	۳۳	۲۰۲۱/۰۹/۱۱

طبقه‌بندی با استفاده از تکنیک شیء‌گرا

تکنیک شیء پایه یکی از روش‌های رایج برای طبقه‌بندی تصاویر بوده که علاوه بر اطلاعات طیفی از پارامترهایی همچون بافت، شکل، رنگ و... در طبقه‌بندی استفاده می‌کند (Ebrahimi et al, 2019). قطعه‌بندی بخش مهمی از تکنیک شیء‌گرا می‌باشد. پس از انجام طبقه‌بندی، مقادیر صحت کلی^۱ و ضریب کاپا^۲ از طریق انتخاب تعدادی پیکسل نمونه و مقایسه با نتایج طبقه‌بندی به منظور ارزیابی کمی صحت طبقه‌بندی، در نرم‌افزار ENVI 5.3 به صورت ماتریس خطا استخراج شد.

داده‌های بارشی تهیه‌شده از رصدخانه GPM

شرکت GPM، توسط ناسا و آژانس اکتشافات هوافضای ژاپن (JAXA) در فوریه ۲۰۱۴ راه‌اندازی شده که در حال حاضر در یک مدار غیر همزمان با زاویه میل ۶۵ در تمام ساعات روز فعالیت می‌کند و کل کره زمین را تحت پوشش خود قرار می‌دهد (Skofronick-Jackson et al, 2017). این سیستم جایگزین سیستم ماموریت اندازه‌گیری بارش‌های حاره‌ای^۳ (TRMM) است. مفهوم پایه ماموریت GPM مجموعه‌ای از مشاهدات بارشی است که مشترکاً توسط ماهواره‌های مختلف بین‌المللی ارائه شده است. ماموریت GPM چندین هدف علمی دارد؛

از جمله آن می‌توان به بهبود دانش سیستم‌های بارشی اشاره کرد. GPM قادر است اطلاعات بارشی با قدرت تفکیک مکانی ۰/۱ درجه در بازه‌ی زمانی ۳۰ دقیقه را در اختیار کاربر قرار دهد (Xu et al, 2016). رصدخانه GPM از یک سیستم راداری دو فرکانسه (باند Ku در ۱۳/۶ گیگاهرتز و باند k در ۳۵/۵ گیگاهرتز) جهت اندازه‌گیری میزان، نوع و شدت بارش و یک تصویرگر میکروویو چند کاناله GPM (محدوده فرکانس بین ۱۰ تا ۱۸۳ گیگاهرتز) جهت اندازه‌گیری پروفیل‌های سه بعدی و شدت بارش و داده‌های مرتبط با ساختار داخلی طوفان‌ها در داخل و زیر ابرها تشکیل شده است (Hanson & Gray, 2013).

محاسبه دما با استفاده از روش single channel

برای تعیین دمای واقعی سطح زمین از الگوریتم‌های گوناگونی همچون الگوریتم تک کاناله استفاده می‌شود. این الگوریتم با هدف استخراج دمای سطح زمین با استفاده از یک باند مادون قرمز حرارتی توسعه داده شده است. در روش تک بانندی دما با فرض معلوم بودن ضریب گسیل و پروفیل‌های اتمسفری تخمین زده می‌شود. از مزایای مدل‌های تک بانندی می‌توان به سادگی آن و کاربردی بودن روش برای داده‌هایی با تنها یک باند حرارتی اشاره کرد (Ndotsi & Jouybari Moghaddam et al, 2015)؛ در همین راستا برای محاسبه LST از (Avdan, 2016)

¹ Overall Accuracy

² Kappa coefficient

³ Tropical Rainfall Measurement Mission

مورد استفاده قرار می‌گیرد (Yadav et al, 2019). دامنه شاخص NDVI از ۱ تا -۱- متغیر است. مقادیر منفی نشان می‌دهد که زمین توسط ابرها، آب یا برف پوشانده شده است. مقدار صفر نشانگر وجود سنگ‌ها یا خاک‌های برهنه است. و مقادیر مثبت وجود پوشش گیاهی را نشان می‌دهد (Peng et al, 2020). رابطه (۱). روابط ۷ تا ۱۱ مراحل محاسبه رطوبت به روش TOTRAM می‌باشد.

(۷)

$$NDVI = \frac{R_{NIR} - R_{red}}{R_{NIR} + R_{red}}$$

در این رابطه R_{NIR} بازتاب امواج الکترومغناطی در باند مادون قرمز نزدیک و R_{red} : بازتاب امواج الکترومغناطی در باند مادون قرمز است.

(۸)

$$W = \frac{\theta - \theta_d}{\theta_w - \theta_d} = \frac{LST_d - LST}{LST_d - LST_w}$$

W : مقدار رطوبت خاک نرمال شده؛ θ_d حداقل مقدار رطوبت خاک خشک در شرایط عادی؛ θ_w حداکثر مقدار رطوبت خاک مرطوب در شرایط عادی؛ LST_d و LST_w به ترتیب مربوط به دمای سطح خاک خشک و مرطوب می‌باشند.

$$LST_d = i_d + s_d NDVI \quad (9)$$

$$LST_w = i_w + s_w NDVI \quad (10)$$

id و sd به ترتیب مربوط به بیش‌ترین دمای سطح زمین و کم‌ترین تراکم پوشش گیاهی، i_w و s_w به ترتیب مربوط به کم‌ترین دمای سطح زمین و بیش‌ترین تراکم پوشش گیاهی است.

پس از محاسبه دمای سطح زمین و تراکم پوشش گیاهی، رطوبت خاک با استفاده از رابطه ۱۱ به روش مدل دوزنقه‌ای نوری حرارتی سنتی محاسبه می‌شود:

(۱۱)

$$TOTRAM = \frac{i_d + s_d NDVI - LST}{i_d - i_w + (s_d - s_w) NDVI}$$

باند ۶ سنجنده TM و از باند ۱۰ سنجنده OLI و از معادلات ۱، ۲ و ۳ استفاده می‌شود.

(۱)

$$Ts = \gamma [\varepsilon^{-1} (\psi_1 L_{sensor} + \psi_2) + \psi_3] + \delta$$

(۲)

$$Y = \left\{ \frac{c_2 L_{sensor, \lambda}}{T_{sensor}^2} \left[\frac{\lambda^4}{c_1} L_{sensor, \lambda} + \lambda^{-1} \right] \right\}^{-1}$$

(۳)

$$\delta = -\gamma L_{sensor, \lambda} + T_{sensor}$$

در این معادلات T_s مخفف LST است، T_{sensor} دمای روشنایی حسگر بر حسب کلون است، λ طول موج موثر یک باند مادون قرمز حرارتی، ε مقدار گسیلمندی، $C_1 = 1.19104 \cdot 10^8 \text{ W m}^2 \text{ sr}^{-1}$ و $C_2 = 14387.7 \text{ m K}$ و پارامترهای ψ_1 ، ψ_2 و ψ_3 را می‌توان به ترتیب از معادلات ۴، ۵ و ۶ تخمین زد. با اعمال آن‌ها اثر اتمسفر بر خروجی‌ها از بین رفته و یا تا حد زیادی تعدیل می‌شود.

(۴)

$$\psi_1 = 0/14714W^2 - 0/15583W + 1/1234$$

(۵)

$$\psi_2 = -1/1836W^2 - 0/3760W - 0/52894$$

(۶)

$$\psi_3 = -0/04554W^2 + 1/8719W - 0/39071$$

در این معادلات W مقدار بخار آب موجود در جو است.

مدل دوزنقه ای نوری حرارتی سنتی (TOTRAM)

مدل به اصطلاح دوزنقه یا مثلث یکی از روش‌های بسیار کاربردی سنجش‌ازدوری جهت برآورد رطوبت خاک با استفاده از داده‌های نوری و حرارتی است. مدل TOTRAM بر اساس توزیع پیکسل بر مبنای یک معادله خطی در فضای دمای سطح زمین (LST) و پوشش گیاهی (NDVI) می‌باشد (Sadeghi et al, 2017). معمولاً در روش TOTRAM شاخص پوشش گیاهی مطرح NDVI

رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی (WGR)

رگرسیون وزن دار جغرافیایی تکنیکی است که برای تحلیل‌های توصیفی بر روی آمار فضایی با در نظر گرفتن معادلات رگرسیون برای هر عارضه، مورد استفاده قرار می‌گیرد. متغیرهای Z و R2 جهت بررسی نتایج رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی استفاده می‌شوند. برآورد محلی پارامترها با استفاده از رگرسیون جغرافیایی وزن‌دار از رابطه ۱۲ بیان می‌شود.

(۱۲)

$$y_i = \beta_0(u_i \cdot v_i) + \sum_{j=1}^n \beta_k(u_i \cdot v_i)x_{ij} + \varepsilon_i$$

در رابطه ۱۲، Y: متغیر وابسته؛ xi: متغیر مستقل؛ β_0 و β : ضرایب جهت تخمین؛ ε : جزء خطا؛ ui و vi: طول و عرض جغرافیایی نقطه i ام؛ Bk (ui.vi): پیاده سازی عامل مورد بررسی بر یک سطح پیوسته (Sari Sarraf et al, 2019).

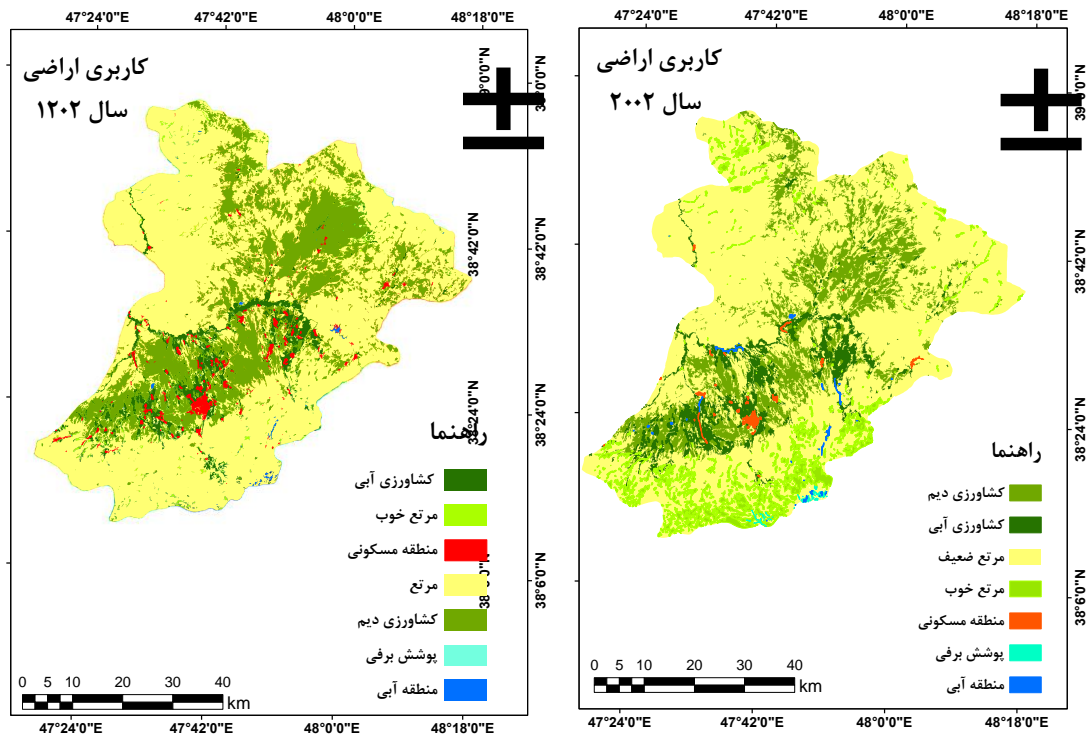
نتایج و بحث

شکل ۲ نقشه‌های مرتبط با طبقات کاربری اراضی حاصل از طبقه‌بندی را به ترتیب با صحت کلی و ضریب کاپای ۹۵٪ و ۹۳٪ برای سال ۲۰۰۲ و ۹۸٪ و ۹۶٪ برای سال ۲۰۲۱ نمایش می‌دهد. جدول ۲ نیز نشان دهنده‌ی مساحت تحت پوشش هر کاربری به کیلومتر مربع می‌باشد.

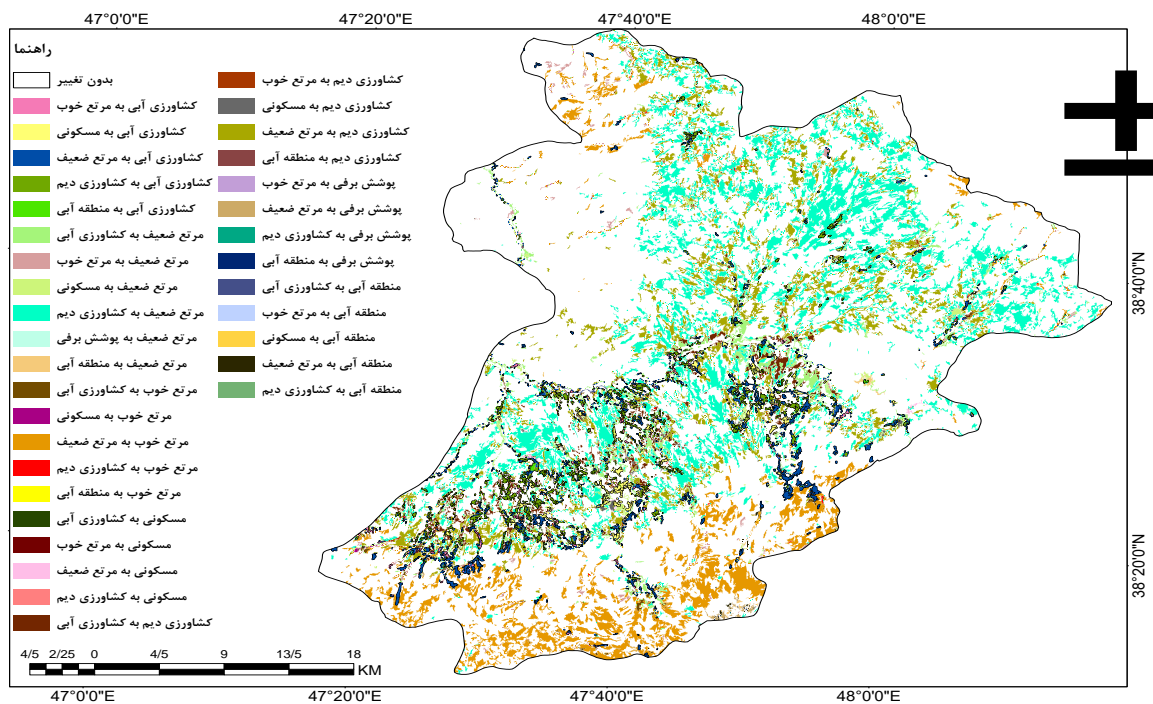
همان‌طور که از نقشه‌ها مشخص است کاربری مرتع ضعیف با مقدار ۲۷۰۶ کیلومتر مربع در سال ۲۰۰۲ بیشترین مساحت را به خود اختصاص داده و در سال ۲۰۲۱ با تغییر به مقدار ۲۶۱۴ کاهش چشمگیری داشته است. از طرفی مساحت کاربری‌های کشاورزی آبی و دیمی و منطقه مسکونی در سال ۲۰۰۲ به ترتیب ۲۲۴، ۷۱۴ و ۹ کیلومتر مربع به دست آمده که در سال ۲۰۲۱ با افزایش به مقادیر ۲۶۸، ۹۲۴ و ۴۰ کیلومتر مربع تغییر محسوسی داشته‌اند. همچنین مساحت کاربری‌های مناطق آبی و پوشش برفی در سال ۲۰۲۱ نسبت به سال ۲۰۰۲ به‌طور قابل توجهی کاهش داشته؛ به طوری که مناطق آبی از ۴ کیلومتر مربع به ۰/۷ کیلومتر مربع و پوشش برفی از مقدار ۲ کیلومتر مربع به ۰/۰۵ کیلومتر مربع کاهش داشته است. نقشه تغییرات کاربری اراضی (شکل ۳) و مقادیر مرتبط با آن (جدول ۳) تایید موارد گفته شده می‌باشد. به طوری که تغییر از کلاس مرتع ضعیف به کشاورزی بایر با مساحت ۴۴۲/۲۴ کیلومتر مربع بیشترین میزان تغییر را به خود اختصاص داده و بعد از آن تغییر از کاربری‌های کشاورزی دیم به مرتع ضعیف و مرتع خوب به مرتع ضعیف به ترتیب با مقادیر ۲۰۷/۰۹ و ۱۹۱/۷۲ کیلومتر مربع تغییرات قابل توجهی داشته‌اند.

جدول ۲. مساحت کاربری‌های مختلف

نوع کلاس	سال ۲۰۰۲ (کیلومتر مربع)	سال ۲۰۲۱ (کیلومتر مربع)
کشاورزی آبی	۲۲۴	۲۶۸
کشاورزی دیم	۷۱۴	۹۲۴
مرتع خوب	۲۱۴	۲۶
مرتع ضعیف	۲۷۰۶	۲۶۱۴
منطقه مسکونی	۹	۴۰
مناطق آبی	۴	۰/۷
پوشش برفی	۲	۰/۰۵



شکل ۲. طبقات کاربری اراضی



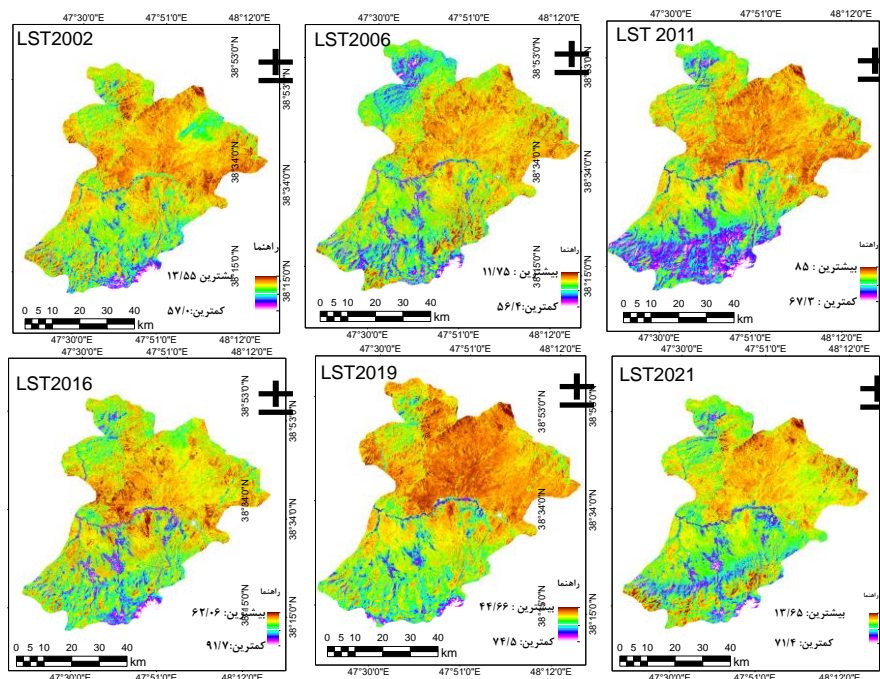
شکل ۳. تغییرات کاربری اراضی در بازه‌ی زمانی ۱۹ ساله

جدول ۳. مقادیر تغییر یافته کاربری‌های مختلف

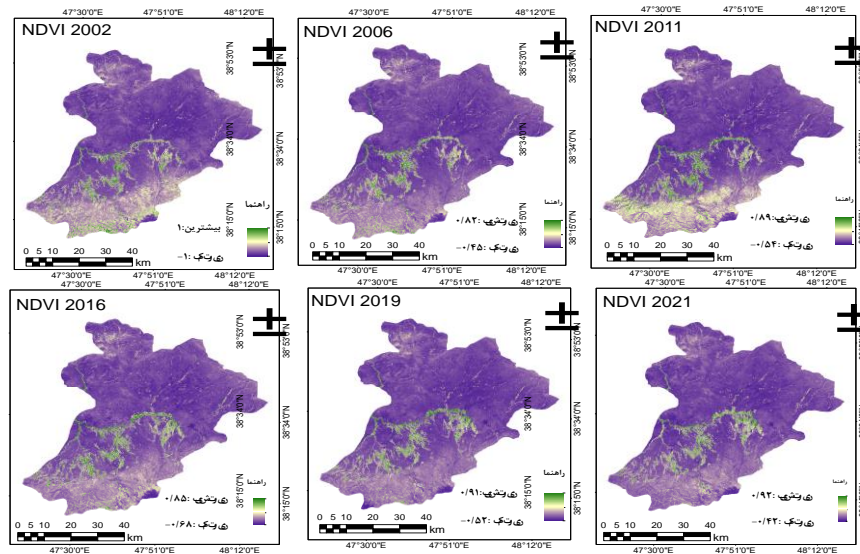
کاربری‌های تغییر یافته	مساحت (کیلومتر مربع)	کاربری‌های تغییر یافته	مساحت (کیلومتر مربع)
مسکونی به کشاورزی آبی	۱/۶۳	کشاورزی دیم به منطقه آبی	۰/۰۲
مسکونی به کشاورزی دیم	۰/۷۲	کشاورزی دیم به کشاورزی آبی	۴۵/۴۹
مسکونی به مرتع ضعیف	۱/۴۰	کشاورزی دیم به مرتع خوب	۲/۰۸
منطقه آبی به مسکونی	۰/۰۹	کشاورزی دیم به مرتع ضعیف	۲۰۷/۰۹
منطقه آبی به کشاورزی آبی	۱/۱۷	مرتع خوب به مسکونی	۰/۹۰
منطقه آبی به مرتع خوب	۰/۰۱	مرتع خوب به منطقه آبی	۰/۰۹
منطقه آبی به مرتع ضعیف	۱/۸۹	مرتع خوب به کشاورزی آبی	۸/۸۱
کشاورزی آبی به مسکونی	۱۰/۴۴	مرتع خوب به کشاورزی دیم	۱/۸۶
کشاورزی آبی به منطقه آبی	۰/۵۲	مرتع خوب به مرتع ضعیف	۱۹۱/۷۲
کشاورزی آبی به کشاورزی دیم	۲۷/۰۲	مرتع ضعیف به مسکونی	۱۴/۷۰
کشاورزی آبی به مرتع ضعیف	۳۲/۶۵	مرتع ضعیف به منطقه آبی	۲/۵۸
پوشش برفی به منطقه آبی	۰/۱۴	مرتع ضعیف به کشاورزی آبی	۶۱/۱۷
پوشش برفی به مرتع خوب	۰/۰۳	مرتع ضعیف به کشاورزی بایر	۴۴۲/۲۴
پوشش برفی به مرتع ضعیف	۲۶/۳۱	مرتع ضعیف به مرتع خوب	۹/۸۰
کشاورزی دیم به مسکونی	۷/۶۳		

تمامی سال‌های مورد مطالعه در منطقه حدود ۵۵ الی ۶۶ درجه سانتی‌گراد و کمینه‌ی آن حدود ۱ الی ۷ درجه سانتی‌گراد است. بررسی‌ها نشان می‌دهد دمای محاسبه شده

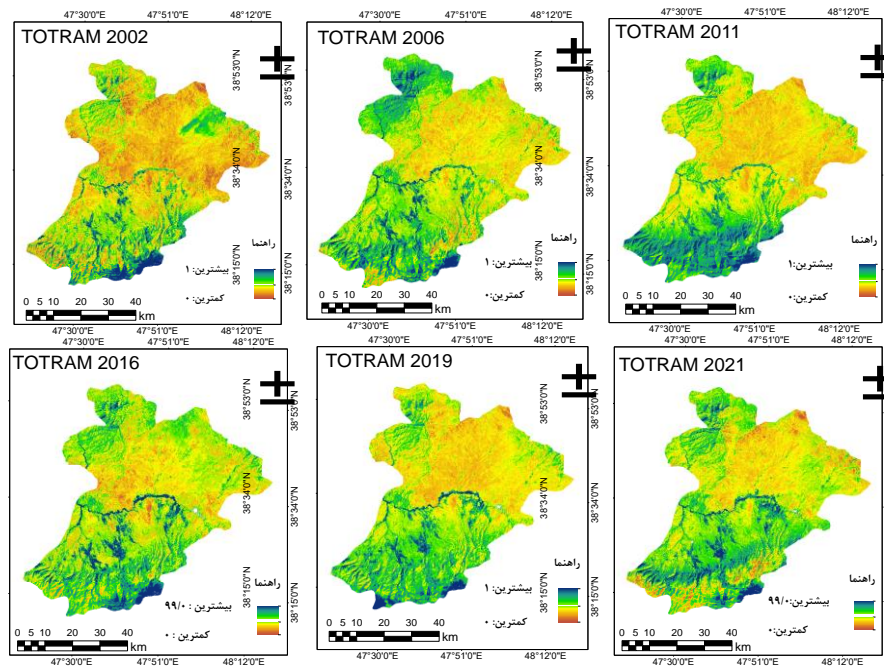
شکل‌های ۴ و ۵ نقشه‌های مرتبط با دمای سطح زمین (LST) و شاخص NDVI را در شش سال متفاوت در بازه‌ی زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۱ نشان می‌دهد. LST بیشینه در



شکل ۴. تغییرات مکانی و زمانی دمای سطح زمین



شکل ۵. تغییرات مکانی و زمانی NDVI



شکل ۶. تغییرات مکانی و زمانی رطوبت خاک

مشخصات خاک می‌باشد (Pandey et al, 2020). بر اساس قانون وانتروف در هر ده درجه افزایش دما، سرعت فعل و انفعالات شیمیایی ۲ الی ۳ برابر می‌شود. (Alavipanah, 2018). افزایش دما می‌تواند منجر به کاهش رطوبت خاک و آسیب به رشد گیاه شود (Ghavami et al, 2021). تغییر در میزان رطوبت خاک می‌تواند مولفه‌های اقلیمی را تحت تاثیر قرار دهد. شکل ۶ نقشه‌های مربوط به تخمین رطوبت خاک در سال‌های مورد مطالعه است. با

توسط تصاویر ماهواره‌ای و دمای حاصل از ایستگاه زمینی مقادیر معقول و نزدیک به هم را در محل ایستگاه زمینی نشان می‌دهند. با توجه به نقشه‌ها، برخلاف اینکه تمام تصاویر مربوط به تابستان هستند، شاهد مقادیر متفاوت پوشش گیاهی و دما و نوسان این مقادیر در سال‌های مختلف هستیم. نکته حائز اهمیت در اینجا میزان رطوبت خاک است؛ رطوبت خاک مقدار آب ذخیره شده در ذرات خاک بوده و تحت تاثیر عواملی مانند بارش، دما و سایر

(۲۰۱۶) دلیل تحت تاثیر قرار گرفتن LST را تاثیر رطوبت خاک بر ضریب گسیلمندی دانسته اند. فتح‌العلومی و همکاران (۱۴۰۰) نیز به رابطه‌ی قوی رطوبت و LST اشاره کرده و دلیل این امر را کاهش بازتاب در باند مادون‌قرمز نزدیک موج مرئی با افزایش رطوبت خاک معرفی کرده‌اند. همچنین در بررسی مولفه‌ی اقلیمی بارش، نوسانات بارشی در سال‌های مورد مطالعه مشاهده می‌شود. حتی شاهد افزایش ناگهانی این مولفه در سال ۲۰۱۱ هستیم. (شکل ۷). قابل ذکر است در بررسی همبستگی مقادیر بارشی و داده‌های زمینی با استفاده از تابع رگرسیونی همبستگی متوسطی بین این دو داده مشاهده شده و مقادیر sig و t و r^2 به ترتیب برابر با ۰، ۳۰۷/۵۴ و ۰/۴۵ به دست آمده است.

در برخی سال‌ها (مانند سال ۲۰۱۱) بر خلاف بارش بالا (۴۶ میلیمتر) نسبت به سال‌های دیگر، به دلیل افزایش دما (۳-۵۸ درجه سانتی‌گراد)، شاهد کاهش میزان رطوبت خاک به مقدار ۰/۲۶ کیلوگرم در هر متر مکعب و کاهش دامنه‌ی پوشش گیاهی به مقدار ۰/۵۴ الی ۰/۸۹ هستیم؛ به دلیل اینکه رشد گیاهان فقط در یک محدوده‌ی معین از دما صورت می‌گیرد (Alavipanah, 2018). قابل ذکر است تغییر الگوهای بارشی می‌تواند مولفه‌های دیگر را تحت تاثیر قرار دهد؛ به طوری سبسی^۲ و همکاران (۲۰۲۲) در مطالعه خود به این نکته اشاره کرده و افزایش یا کاهش ناگهانی بارش را به عنوان عامل مهمی در افزایش تبخیر و تعرق و کاهش رطوبت خاک دانسته‌اند. در سال ۲۰۱۶ نیز افزایش کمینه و بیشینه‌ی محسوس دما به مقدار ۷ الی ۶۰ درجه سانتی‌گراد منجر به کاهش دامنه پوشش گیاهی به میزان ۰/۶۸ الی ۰/۸۵ و فاصله آن از عدد ۱ (تراکم پوشش گیاهی) در مقایسه با سال‌های دیگر شده است. یا در سال ۲۰۰۲ با توجه به بارش کم و حداقل کمینه و بیشینه دما (۷۵-۵۵) نسبت به سال‌های دیگر، رطوبت خاک بالا و پوشش گیاهی متراکمی وجود دارد.

توجه به نقشه‌ها می‌توان به چگونگی تأثیرگذاری شرایط بر میزان رطوبت پی‌برد؛ به طوری که در مناطق شهری و جنوب منطقه (در مجاورت کوهستان سبلان) میزان رطوبت خاک بیشتری مشاهده می‌شود.

جدول ۴ میانگین مولفه‌های اقلیمی دما و بارش و مقادیر به دست آمده‌ی آن‌ها از ایستگاه‌های زمینی، شاخص پوشش گیاهی (NDVI) و رطوبت خاک منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. جدول ۵ و ۶ نیز به ترتیب نشان دهنده‌ی میانگین دما و رطوبت کاربری‌های مختلف در سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۲۱ می‌باشد. با توجه به بررسی‌ها می‌توان افزایش دما در اکثر کاربری‌ها را مشاهده می‌شود. بیشترین مقدار دمای ثبت شده در هر دو سال مربوط به کاربری کشاورزی دیم و مرتع ضعیف و کمترین مقدار دما به ترتیب مربوط به پوشش برفی و آبی است که دلیل این امر ظرفیت گرمایی بالای آب می‌باشد. میزان رطوبت خاک نیز در سال ۲۰۲۱ نسبت به سال ۲۰۰۲ کاهش داشت است. به بیان بهتر در مناطقی با پوشش گیاهی و به‌ویژه پوشش گیاهی متراکم و همچنین مناطقی با حضور عارضه‌ی آبی میزان رطوبت خاک بالا و دما پایین و در مناطقی با دمای بالا میزان رطوبت خاک پایین و پوشش گیاهی کم (یا فاقد پوشش گیاهی) مشاهده می‌شود. اصغری و همکاران (۱۴۰۱) نیز در همین رابطه تغییر شرایط و کاهش سطح و تراکم پوشش گیاهی و افزایش دما را در کاهش میزان رطوبت تأثیرگذار دانسته و پوشش گیاهی را به عنوان مانعی در مقابل تبخیر و تعرق معرفی کرده‌اند. البته در مورد مناطق مسکونی به دلیل کاهش نفوذپذیری میزان رطوبت بالا و به دلیل اینکه خود عامل تولید گرما هستند دمای بالایی را به خود اختصاص داده‌اند. قابل ذکر است تبخیر اثر خنک‌کنندگی دارد و این اثر بر دمای تابشی زمین مرطوب غلبه می‌کند (Alavipanah, 2018)؛ که یکی از دلایل دمای پایین در مناطق آبی و مناطقی با حضور پوشش گیاهی و خاک مرطوب نیز همین است؛ به طوری که هارتی^۱ و همکاران

² Sisay¹ Harti

جدول ۴. میانگین مولفه‌های اقلیمی دما و بارش و مقادیر به‌دست آمده‌ی آن‌ها از ایستگاه‌های زمینی، شاخص پوشش گیاهی (NDVI) و رطوبت خاک

سال	میزان دما برآورده شده با تصاویر ماهواره‌ای	میزان دما در ایستگاه سینوپتیک (سانتی گراد)	مقدار بارش برآورده شده توسط سیستم GPM (میلی متر)	مقدار بارش در ایستگاه (میلی متر)	مقدار میانگین NDVI	میانگین رطوبت خاک
۲۰۰۲	۴۰	۳۰	۱۰/۱۹	۱/۵	۰/۱۸	۰/۴۲
۲۰۰۶	۲۷	۳۸	۳/۰۳	۴/۲	۰/۱۹	۰/۲۱
۲۰۱۱	۲۹	۲۶	۴۲	۴۶/۴۱	۰/۱۰	۰/۲۶
۲۰۱۶	۳۷	۳۰	۱/۸۱	۰	۰/۱۰	۰/۲۲
۲۰۱۹	۳۸	۲۸	۹/۸۸	۲	۰/۰۹	۰/۱۸
۲۰۲۱	۲۸	۲۳	۶/۸۷	۱۰	۰/۰۸	۰/۲۸

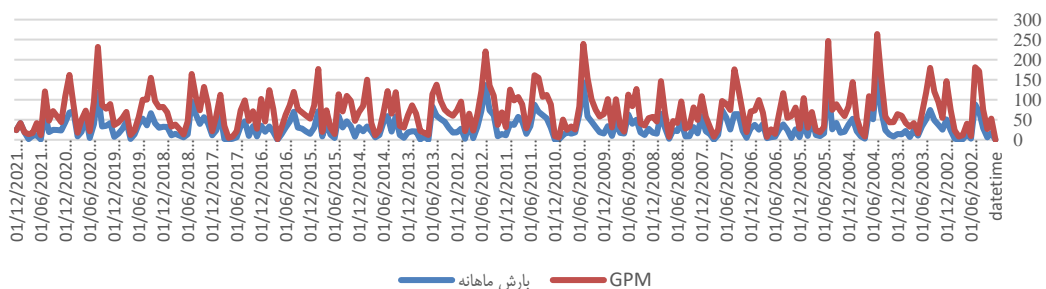
جدول ۵. میانگین دمای مربوط به هر کاربری در سال‌های ۲۰۲۱ و ۲۰۰۲

نوع کلاس	میانگین دما سال ۲۰۰۲ (درجه سانتی گراد)	میانگین دما سال ۲۰۲۱ (درجه سانتی گراد)
کشاورزی آبی	۳۵	۳۷
کشاورزی دیم	۴۲	۴۳
مرتع خوب	۳۶	۳۷
مرتع ضعیف	۴۳	۴۱
منطقه مسکونی	۳۹	۳۵
مناطق آبی	۳۱	۲۴
پوشش برفی	۹	۱۲

جدول ۶. میانگین مقدار رطوبت خاک مربوط به هر کاربری در سال‌های ۲۰۲۱ و ۲۰۰۲

نوع کلاس	میانگین رطوبت سال ۲۰۰۲	میانگین رطوبت سال ۲۰۲۱
کشاورزی آبی	۰/۶۰	۰/۴۰
کشاورزی دیم	۰/۳۸	۰/۲۵
مرتع خوب	۰/۶۵	۰/۳۶
مرتع ضعیف	۰/۴۰	۰/۲۷
منطقه مسکونی	۰/۵۲	۰/۴۰
مناطق آبی	۰/۸۰	۰/۶۵
پوشش برفی	۰/۹۸	۰/۸۸

مقدار بارش



شکل ۷. نمودار حاصل از بررسی نوسانات بارشی در بازه زمانی ۲۰۲۱-۲۰۰۲

نتیجه‌گیری

مانعی در مقابل تبخیر و تعرق می‌باشد، در زمان‌هایی که افزایش سطح و تراکم پوشش گیاهی مشاهده می‌شود میزان رطوبت خاک نیز افزایش داشته و میزان دمای پایینی ثبت شده است. از طرفی در مناطقی با حضور آب و عارضه‌ی آبی، همچنین رطوبت خاک مناسب و غیر قابل انکار بودن نقش خنک‌کنندگی تبخیر و ظرفیت گرمایی بالای آب شاهد کاهش دما هستیم. وجود عوامل انسان ساخت و جاذب حرارت مانند جاده‌های آسفالت و ساختمان‌ها به عنوان عوامل تولید‌کننده‌ی گرما، باعث بالا رفتن دمای آن منطقه شده است. بنابراین می‌توان به رابطه متقابل بین تغییر کاربری اراضی و تغییرات اقلیم پی‌برد. نکته قابل توجه در پژوهش حاضر بازه‌ی زمانی مورد مطالعه است، از آنجایی که نوسانات دما و بارش و همچنین عامل رطوبت در سال‌های مختلف مشاهده می‌شود، نمی‌توان در مورد نوع روند افزایش یا کاهش این عامل‌ها در بازه‌ی زمانی ۲۰ ساله به طور دقیق احضار نظری کرد، اما در هر صورت تاثیر این نوسانات و رابطه آن‌ها با تغییرات کاربری اراضی و بالعکس، تحت تاثیر بودن این عامل‌ها توسط کاربری‌های مختلف کاملاً روشن است.

پیشنهاد می‌شود تاثیر عوامل دیگر مانند طوفان‌های گرد و غبار و وزش بادهای گرم و خشک، نوسانات سطح سفره‌ی آب‌های زیرزمینی و سایر تصاویر ماهواره‌ای جهت بررسی بیشتر عوامل اقلیمی و تاثیر آن‌ها بر تغییرات کاربری اراضی بررسی شود.

تغییرات ایجاد شده در آب و هوا می‌تواند منجر به تغییر سبک زندگی شده و عواملی از جمله کاربری زمین را تحت تاثیر خود قرار دهد. تغییر کاربری اراضی نیز با تخریب زمین منجر به تغییرات مضر مختلفی در چشم‌انداز می‌شود و عوامل اقلیمی و زیست محیطی را متاثر می‌کند. همچنین رابطه متقابل بین مولفه‌های اقلیمی نیز غیر قابل انکار می‌باشد، به طوری که نوسانات در دمای طبیعی می‌تواند منجر به کمبود بارش شده و افزایش حوادث خشکسالی و کاهش دسترسی آب را به دنبال داشته باشد و از این رو مستقیماً بر جامعه انسانی تاثیر می‌گذارد. در پژوهش حاضر با بررسی نقشه‌ها مشخص شد، تحت تاثیر تغییرات اقلیمی و کاربری اراضی، عوارض آبی و برف در سال ۲۰۲۱ نسبت به سال ۲۰۰۲ کاهش داشته‌اند، همچنین تغییرات کاربری قابل ملاحظه‌ای از مرتع به کشاورزی و از بین رفتن مناطق کشاورزی دیم و تبدیل به مراتع ضعیف قابل مشاهده است. با توجه به افزایش محسوس دما از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۱، برخلاف اینکه با افزایش بارش در سال ۲۰۲۱ نسبت به سال ۲۰۰۲ روبه رو هستیم، کاهش چشمگیر رطوبت مشاهده می‌شود. قابل ذکر است این میزان از افزایش علاوه بر اینکه می‌تواند نشانه‌ای از تغییرات آب و هوا باشد، ممکن است در زمینه‌های مختلف از جمله رشد و توسعه محصولات کشاورزی زیان‌بار نیز باشد. همچنین به دلیل اینکه پوشش گیاهی

Reference:

- Alavipanah, K. (2018). Thermal Remote Sensing. Tehran University Publications, 506 pp https://press.ut.ac.ir/book_1807.html [in Persian]
- Asghari saraskanroud, S., Safari, S., & Mollanouri, E. (2021). Estimation of the levels of Groundwater Aquifers under the Influence of Land-Use Changes by Using GRACE Satellite Data. *Geography and Environmental Planning*, 32(4), 65-86. [in Persian]
- Asghari Saraskanrod, S., Esfandayari Darabad, F., Mollanouri, E., & Safary, S. (2022). Investigation of Soil Surface Moisture in Ardabil City Using Landsat 8 and Sentinel 1 satellite Data. *Journal of Water and Soil Resources Conservation*, 11(4), 89-103. [in Persian]
- Adab, H. (2017). Estimation of the Instantaneous Soil Surface Moisture Content in Cold Seasons by using Optical and Thermal Remote Sensing Data under Clear Sky. *Water and Soil Sci*, 21(2), 175-191. [in Persian]
- Asghari, S., & Emami H. (2019). Monitoring the earth surface temperature and relationship land use with surface temperature using of OLI and TIRS Image. *Scientific Journals Management System*, 19 (53), 195-215. [in Persian]
- Bahri, M., & Dastorani, M. (2017). Evaluation of the Impacts of Climate and Land Use Changes on Hydrological Responses of Eskandari Basin in the Future Decade. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 6(2), 37-57. [in Persian]

- Bai, J., Cui, Q., Zhang, W., & Meng, L. (2019). An Approach for Downscaling SMAP Soil Moisture by Combining Sentinel-1 SAR and MODIS Data. 1–20.
- Ebrahimi, H., Rasuly, A., & Ahmadvand, A. (2019). Modeling dynamic changes of Land Use with Object Based Image Analysis and CA-Markov approach (Case study: Shiraz city). *Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 27(108), 137-149. [in Persian]
- Chung, E.S., Park, K., & Lee, K.S. (2011). The relative impacts of climate change and urbanization on the hydrological response of a Korean urban watershed. *Hydrol. Process*, 25, 544–560, doi:10.1002/hyp.7781.
- Cooley, T., Anderson, G. P., Felde, G. W., Hoke, M. L., Ratkowski, A. J., Chetwynd, J. H., Gardner, J. A., Adler-Golden, S. M., Matthew, M. W., Berk, A., Bernstein, L. S., Acharya, P. K., Miller, D., & Lewis, P. (2002). FLAASH, a MODTRAN4-based atmospheric correction algorithm, its applications and validation. *International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, 3(C), 1414–1418. <https://doi.org/10.1109/igarss.2002.1026134>
- Eskandari Damane, H., Zehtabian, G., Khosravi, H., Azarnivand, H., & Barati, A. (2020). Simulation and forecasting of climatic components of temperature and precipitation in arid regions (Case study: Minab plain). *Geography*, 18(66), 110-128. [in Persian]
- Fatholouloumi, S., Vaezi, A., Alavipanah, S., & Ghorbani, A. (2020). Modeling the Influence of Biophysical Properties and Surface Topography on the Spatial Distribution of Soil Moisture in the Summer: A Case Study of Balikhli-Chay Watershed. *Iranian journal of Ecohydrology*, 7(3), 563-581. doi: 10.22059/ije.2020.299783.1307. [in Persian]
- Farrokhzadeh, B., Choobeh, S., Nouri, H., & Goodarzi, M. (2018). Study of climate change and land use changes impacts on surface runoff: Balighlo Chai Watershed in Ardebil. *Watershed Engineering and Management*, 10(3), 318-331. [in Persian]
- Hanson, H., & Gray, E. (2013). *Global Precipitation Measurement: Core Observatory*. 1–20.
- Skofronick-Jackson, G., Petersen, W. A., Berg, W., Kidd, C., Stocker, E. F., Kirschbaum, D. B., Kakar, R., Braun, S. A., Huffman, G. J., Iguchi, T., Kirstetter, P. E., Kummerow, C., Meneghini, R., Oki, R., Olson, W. S., Takayabu, Y. N., Furukawa, K., & Wilhelm, T. (2017). The global precipitation measurement (GPM) mission for science and Society. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 98(8), 1679–1695. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-15-00306.1>
- Sisay, S., Mamuye, F., Yesuf, B., Saeed, S., Bhattacharjee, S., & Hossain, S. (2022). Analysis of Precipitation and Temperature Trends Under the Impact of Climate Change Over Ten Districts of Jimma Zone , Ethiopia. *Earth Systems and Environment*. <https://doi.org/10.1007/s41748-022-00322-0>
- Ghavami, A., Akbari, M., Karimi, A., & Yazdandad, H. (2021) Assessing impact of climate change and land-use changes on desertification in the Shirahmadprotected area of Sabzevar, in the 1st International and the 8th National Conference on Rangeland Management in Iran. [in Persian]
- Hosseini, S., Ghaffarzadeh, H., Abedi, Z., & Shiry, N. (2014). Assessment of Climate Change and its Impacts on the Natural Land use of Gorgan River Basin. *Journal of Natural Environment*, 67(1), 25-39. [in Persian]
- Harti, E., Lhissou, A., Chokmani, R., Ouzemou, K., Hassouna, J. & Bachaoui, m. (2016). Spatiotemporal monitoring of soil salinization in irrigated Tadla Plain (Morocco) using satellite spectral indices. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 50, 64-73.
- Hanson, H., & Gray, E. (2013). *Global Precipitation Measurement: Core Observatory*. 1–20.
- Jouybari Moghaddam, Y., Akhoondzadeh, M., & Saradjian., M. R. (2015). A Novel Method for Retrieving Landsurface Emissivity from Landsat-8 Satellite Data Based on Vegetation Index. *Journal of Geomatics Science and Technology*. 5(1), 175-187 [in Persian]
- Keikha, A., Khanlary, A., Keikha, A., & Sabouhi, M. (2020). The effect of climate change on land usage and agricultural sector performance in Mazandaran province. *Journal of Environmental Science and Technology*, 22(10), 93-104. [in Persian]
- Majeed, M., Tariq, A., Anwar, M. M., Khan, A. M., Arshad, F., Mumtaz, F., Farhan, M., Zhang, L., Zafar, A., Aziz, M., Abbasi, S., Rahman, G., Hussain, S., Waheed, M., Fatima, K., & Shaukat, S. (2021). Monitoring of land use–Land cover change and potential causal factors of climate change in Jhelum district, Punjab, Pakistan, through GIS and multi-temporal satellite data. *Land*, 10(10). <https://doi.org/10.3390/land10101026>
- Molotoks, A., Smith, P., & Dawson, T. P. (2021). Impacts of land use, population, and climate change on global food security. *Food and Energy Security*, 10(1), 1–20. <https://doi.org/10.1002/fes3.261>
- Marhaento, H., Booi, M. J., & Hoekstra, A. Y. (2018). Hydrological response to future land-use change and climate change in a tropical catchment. *Hydrological Sciences Journal*, 63(9), 1368–1385. <https://doi.org/10.1080/02626667.2018.1511054>

- Nazari Samani, A., Khalighi Sigaroodi, S., Abdolshahnejad, M., Syadi Lotf Abadi, S., & Habibi Nokhandan, M. (2019). Determination the role of climate change and land use on future desertification status, case study: Sabzevar. *Watershed Engineering and Management*, 11(3), 806-818. [in Persian]
- Naji Domirani, S., Ziaian Firouzabadi, P., Sadidi, J., Rahimi, K. (2016). Earth surface temperature calculation using split window algorithm and Landsat 8 satellite images (case study: Nahavand city), National Geomatics Conference. [in Persian]
- Ndossi, M., & Avdan, U. (2016). Application of Open Source Coding Technologies in the Production of Land Surface Temperature (LST) Maps from Landsat: A PyQGIS Plugin, *Journal remote sensing*, 8(413), 1-31.
- Orozco, I., Martínez, A., & Ortega, V. (2020). Assessment of the water, environmental, economic and social vulnerability of a watershed to the potential effects of climate change and land use change. *Water (Switzerland)*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/W12061682>
- Pandey, R., Goswami, S., Sarup, J. & Matin, S. (2020). The thermal-optical trapezoid model-based soil moisture estimation using Landsat-8 data, *Journal Modeling Earth Systems and Environment*, 1-9. <https://doi.org/10.1007/s40808-020-00975-8>.
- Peng, W., Wang J., Zhang, J. & Zhang, Y. (2020). Soil moisture estimation in the transition zone from the Chengdu Plain region to the Longmen Mountains by field measurements and LANDSAT 8 OLI/TIRS-derived indices. *Arabian Journal of Geosciences*, 1-15. <https://doi.org/10.1007/s12517-020-5152-z>.
- Prashant, K. S., George, P. P., & Yann, H. K. (2016). *Satellite Soil Moisture Retrieval Techniques and Applications*, 411 pp.
- Raziei, T. (2017). Identification of the temperature regimes of Iran using multivariate methods. *Iranian Journal of Geophysics*, 11(2), 15-35. [in Persian]
- Sari Sarraf, B., Naghizadeh, H., Rasouly, A., Jahanbakhsh, S., & Babaeyan, I. (2019). Modeling and spatial analysis of snow depth in Northern Iran based on database from European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF). *Physical Geography Research Quarterly*, 51(4), 651-671. doi: 10.22059/jphgr.2019.268047.1007289. [in Persian]
- Sekertekin, A., & Bonafoni, S. (2020). Land surface temperature retrieval from Landsat 5, 7, and 8 over rural areas: Assessment of different retrieval algorithms and emissivity models and toolbox implementation. *Remote Sensing*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/rs12020294>
- Sadeghi, M., Babaeyan, E., Tuller, M. & Jones, S. (2017). The optical trapezoid model: A novel approach to remote sensing of soil moisture applied to Sentinel-2 and Landsat-8 observations, *Journal Remote Sensing of Environment*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2017.05.041> t, 52-68.
- Shafian, S. & Maas, S. (2015). Improvement of the Trapezoid Method Using Raw Landsat Image Digital Count Data for Soil Moisture Estimation in the Texas (USA) High Plains, *Sensors*, doi:10.3390/s150101925, 1925-1944.
- Srivastava, P.K., Han, D., Rico-Ramirez, M.A., Al-Shrafany, D., & Islam, T. (2013). Data fusion techniques for improving soil moisture deficit using SMOS satellite and WRF-NOAH land surface model. *Water Resour. Manage.* 27, 5069-5087.
- Skofronick-Jackson, G., Petersen, W. A., Berg, W., Kidd, C., Stocker, E. F., Kirschbaum, D. B., Kakar, R., Braun, S. A., Huffman, G. J., Iguchi, T., Kirstetter, P. E., Kummerow, C., Meneghini, R., Oki, R., Olson, W. S., Takayabu, Y. N., Furukawa, K., & Wilhelm, T. (2017). The global precipitation measurement (GPM) mission for science and Society. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 98(8), 1679-1695. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-15-00306.1>
- Tang, Z.; Engel, B.; Pijanowski, B.; & Lim, K. (2005). Forecasting land use change and its environmental impact at a watershed scale. *J. Environ. Manag.* 76, 35-45.
- Xu, R., Tian, F., Yang, L., Hu, H., Lu, H., & Hou, A. (2017). Ground validation of GPM IMERG and trmm 3B42V7 rainfall products over Southern Tibetan plateau based on a high-density rain gauge network. *Journal of Geophysical Research*, 122(2), 910-924. <https://doi.org/10.1002/2016JD025418>
- Yadav, S., Singh, P., Pal Singh Jadaun, S., Kumar, N. & Upadhyay, R. (2019). SOIL MOISTURE ANALYSIS OF LALITPUR DISTRICT UTTAR PRADESH INDIA USING LANDSAT AND SENTINEL DATA The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 3(6), 1-7.



Print ISSN: 2251-7480
Online ISSN: 2251-7400

Journal of
**Water and Soil
Resources Conservation
(WSRCJ)**

Web site:

<https://wsrcj.srbiau.ac.ir>

Email:

iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

**Vol. 12
No. 3 (47)
Spring 2023**

Received:
2022-07-31

Accepted:
2022-10-16

Pages: 15-31

Investigation of Land use Changes and Climatic Components in Meshkinshahr City

Batool Zeynali^{1*}, Elham Mollanouri² and Shiva Safary³

1) Associate Professor, Department of Natural Geography, Faculty of Literature and Humanities, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

2) Ph.D. Student in Hydrology and Meteorology, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran.

3) MSc of Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran.

*Corresponding author email: zeynali.b@uma.ac.ir

Abstract:

Introduction: Climate change has negative effects on water resources and human societies, especially in arid and semi-arid regions. Remote sensing is widely used in studies such as monitoring the environment, agriculture, and climate of the earth. This technology makes it possible to research and investigate such studies in large areas with the high spatial and temporal resolution, especially inaccessible areas or areas that do not have ground measurement stations (such as synoptic stations) provides. Considering the expansion of the cold semi-desert climate in the northwestern region of the country and the changes in land use in the Meshkinshahr region in recent years, the purpose of this research is to investigate the interrelationship between climatic components of temperature, precipitation, and soil moisture with land use changes.

Methods: Meshkinshahr city is located in the northwest of Iran and is one of the important cities of Ardabil province. In the present research, the studied area using satellite images of Landsat 5 for 2002 and Landsat 8 for 2021 in seven classes of irrigated agriculture, rain-fed agriculture, residential area, water areas, snow cover, good pasture, and poor pasture for investigation of the changes in land-use has been classified. In the following, temperature and precipitation components (along with verification with ground data) respectively using the single-channel algorithm and GPM database and soil moisture using the optical thermal algorithm (TOTRAM) by applying LST and NDVI parameters as a time series were reviewed for the years 2002, 2006, 2011, 2016, 2019 and 2021.

Result: By examining the resulting maps, it has been observed that there have been significant changes in different land uses, and most of these changes have been related to the increase of irrigated agricultural lands and poor pastures, and the loss of quality pastures. Also, temperature and precipitation fluctuations in the studied years are quite clear and do not have a regular trend, so for example, in 2011, a sudden increase in precipitation to the amount of 46 mm is observed. But the minimum temperature compared to its maximum in different years shows a greater increase compared to 2002. Vegetation and soil fertility do not have a particular upward or downward trend and show different values in different years, but the maximum vegetation cover, i.e. value 1 in the case of the NDVI index, is observed in 2002.

Conclusion: According to the results and fluctuations in the values of climatic components, especially sudden changes in some years, signs of climate change can be observed in the region, but a definite opinion cannot be expressed regarding the trend of land use changes and climate changes. Examining the results shows that land use changes, especially in the agricultural sector, can be affected by climatic conditions. The dependence of climatic components on each other and the influence of soil moisture and vegetation on these components are other results of this study. So, with the increase in temperature, we see a decrease in the amount of humidity and the level of vegetation. The times when soil moisture is higher than in other years, due to the cooling role of evaporation, low temperature, and vegetation cover are favorable. As a result, there is a clear dependence between the different components and the change in one parameter affects the other parameters, but it seems that the temperature component plays a more colorful role than the other parameters.

Keywords: climate change, land use, TOTRAM algorithm, NDVI

