

ارزیابی اثرات تغییر کاربری اراضی محدوده شهرهای میبد و اردکان بر شدت فرسایش بادی

❖ محمدعلی صارمی نایینی*؛ استادیار، گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

چکیده

رشد فزاینده جمعیت و نیاز به تأمین ضروریات زندگی، سبب گردیده تا بشر به صورت گسترده به تغییر بی‌رویه کاربری و پوشش اراضی، مبادرت ورزد. در بسیاری از موارد، این تغییرات با برهم‌زدن تعادل در طبیعت و فراهم نمودن زمینه فرسایش و تخریب خاک همراه بوده است. پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر تغییر کاربری و پوشش اراضی بر افزایش شدت فرسایش بادی انجام شد. بدین منظور، از تصاویر ماهواره‌ای لندست و طبقه‌بندی نظارت شده با الگوریتم ماشین بردار پشتیبان برای تهیه نقشه کاربری اراضی بهره گرفته شد. همچنین، دمای سطح زمین به عنوان یکی از عوامل مؤثر در شکل‌گیری باد با الگوریتم‌های تک کانالی و پنجره مجزا در کاربری‌های مختلف برآورد گردید. به منظور ایجاد ارتباط بین تغییر کاربری و شدت فرسایش بادی، پارامترهای اقلیمی مؤثر شامل دما، رطوبت نسبی و بیشینه سرعت باد بررسی شدند. در مراتع فقیر و اراضی بدون پوشش، بیشترین دما و در ارتفاعات و اراضی دارای پوشش گیاهی کمترین میزان دمای سطحی مشاهده شد. روند تغییرات اقلیمی در یک دوره ۳۰ ساله، افزایش میانگین، بیشینه و کمینه مطلق دما و کاهش رطوبت نسبی را نشان داد. در طی یک دهه گذشته، بیشینه سرعت باد افزایش قابل ملاحظه‌ای را نشان داد به طوری که از مقدار هشت متر بر ثانیه در سال ۱۹۹۰، به بیش از ۲۰ متر بر ثانیه در ده سال اخیر رسیده است. این موضوع نشان می‌دهد که تغییر کاربری اراضی و از بین بردن پوشش گیاهی و همچنین افزایش بی‌رویه ساخت و سازهای انسانی و ایجاد جزایر حرارتی در ۳۰ سال گذشته، تأثیر قابل توجهی در پیدایش نوسانات اقلیمی و افزایش سرعت باد داشته است.

کلید واژگان: طبقه‌بندی نظارت شده، ماشین بردار پشتیبان، دمای سطح زمین، پنجره مجزا، دشت یزد - اردکان.

۱. مقدمه

تغییر کاربری اراضی و فشار بر روی منابع طبیعی، نتیجه رشد فزاینده جمعیت جهان و گسترش مناطق و تأسیسات شهری در نقاط مختلف این کره خاکی است. با افزایش جمعیت، اراضی بیشتری برای تولید مواد غذایی و تأمین ضروریات زندگی بشر، مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند و این در حالی است که فعالیت‌های اقتصادی و زیرساخت‌های شهری، اغلب بدون توجه به اثرات محیط زیستی آن، در مناطق جدید گسترش یافته و با تغییر کاربری اراضی و حذف پوشش محافظت کننده از زمین، بستر فرسایش و تخریب خاک را مهیا می‌سازند. تقریباً یک سوم اراضی کره زمین، درگیر با فرآیند فرسایش بادی است [۲۲]. فرسایش بادی فرآیندی طبیعی و از جنبه‌های مهم تخریب اراضی، در مناطق خشک و نیمه‌خشک است [۲۳]. در حقیقت خشک بودن اقلیم منجر به افزایش شدت فرسایش بادی می‌شود [۸]، تغییرات دما و رطوبت سطح زمین دو عامل مؤثر طبیعی در شکل‌گیری باد به عنوان عامل شروع فرسایش بادی در یک منطقه هستند، که با فعالیت‌های مخرب انسانی و مدیریت نادرست عرصه‌های منابع طبیعی و تغییرات نامناسب در کاربری و پوشش اراضی، زمینه‌های تشدید آن فراهم می‌شود. فرسایش بادی خاک، همچنین عامل اصلی در تأمین منبع آلودگی ناشی از طوفان‌های گردوغبار و ایجاد تأثیر منفی بر سلامت، ایمنی و رفاه ساکنین در معرض این نوع از فرسایش می‌باشد [۱۷، ۱۹]. بنابراین شناخت تغییرات کاربری و پوشش اراضی و تأثیر آن بر عوامل مؤثر بر شکل‌گیری فرسایش بادی می‌تواند کمک مؤثری در درک چالش‌ها و تهدیدهای زیستی موجود در یک منطقه فراهم نماید و در شناخت بهتر و ملموس‌تر مشکلات و معضلات موجود در یک منطقه، و برنامه‌ریزی و مدیریت بهینه چالش‌های پیش‌روی آن تأثیرگذار باشد. بر همین اساس مطالعات انجام شده در چین، نشان می‌دهد که فرسایش بادی نسبت به تغییرات کاربری و پوشش اراضی ناشی از فعالیت‌های انسانی حساسیت زیادی دارد [۵]. در بررسی فرسایش بادی مناطق زراعی و مرتعی

شمال چین در سال ۲۰۱۷، روند فرسایش بادی بر روی اراضی زراعی کشت شده، اراضی زراعی کشت نشده و مرتع لگدمال شده با استفاده از دستگاه سنجش فرسایش بادی قابل حمل شبیه سازی شد. همچنین نمونه‌های خاک هر سه منطقه، مورد آزمایش و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که در مقایسه با مرتع، اراضی زراعی دارای ظرفیت نگهداری آب بیشتر و تراکم حجم خاک کمتری هستند. میزان فرسایش بادی مرتع لگدمال شده بسیار بیشتر از اراضی زراعی بدون کشت و زمین‌های زراعی است. همچنین، در اراضی کشت شده، میزان فرسایش بادی خاک پس از کاشت به میزان قابل توجهی کمتر از خاک بدون کشت می‌باشد. یافته‌های حاصل از بررسی نتایج دستگاه سنجش فرسایش بادی، نشان می‌دهد که تغییر در سرعت باد و رسیدن آن به یک آستانه مشخص، موجبات شروع فرسایش بادی را فراهم می‌آورد. بنابراین میزان سرعت باد و پوشش سطح خاک به ویژه پوشش گیاهی از عوامل کلیدی و قابل توجه بر شدت فرسایش بادی است [۱۵]. به‌طور کلی، پوشش گیاهی عامل مهمی برای محافظت از سطح خاک و کنترل مؤثر فرسایش بادی است [۹]. از سویی دیگر، آگاهی از تغییرات دمای سطح زمین و میزان تغییرات مکانی و زمانی آن، بیان‌کننده نوع تعامل انسان با محیط اطراف خود می‌باشد. بررسی دمای سطح زمین در مواجهه با کاربری‌ها و پوشش‌های مختلف اراضی محدوده شهر اردبیل و حاشیه آن با به‌کارگیری تکنیک‌های سنجش از دور و محاسبه دمای سطح زمین (LST) نشان می‌دهد که دمای سطحی در هر محدوده‌ای از زمین، ناشی از عوامل سطحی و ویژگی‌های آن می‌باشد. به‌طوری که مناطق با کمترین پوشش گیاهی و دارای خاک‌های بدون پوشش، بیشترین دمای سطحی را دارد. همچنین اراضی بایر در نواحی حاشیه شهری گرم‌تر از سایر کاربری‌های موجود در سطح شهر هستند [۱]. ارزیابی تغییرات کاربری اراضی شهرستان مراغه بر فرسایش خاک، با بهره‌گیری از روش‌های سنجش از دور و تهیه نقشه‌های کاربری اراضی آن در یک محدوده زمانی ۱۷ ساله، نشان

جوان‌ترین سازندهای زمین‌شناسی را می‌توان در این دشت پهناور مشاهده نمود. با توجه به شرایط اقلیمی خشک و فراخشک حاکم بر منطقه و همچنین تنوع واحدهای سنگ‌شناسی از پرکامبرین تا کواترن، انواع رخساره‌های ژئومورفولوژی از کوه‌های لخت و پرشیب، تا دشت‌های صاف و هموار و چاله‌های کویری پلایا در این منطقه قابل مشاهده است. از دیگر ویژگی‌های قابل توجه در این دشت، افزایش شدت فرسایش بادی و وقوع رخداد‌های گردوغبار در طی دهه‌های اخیر با توسعه جوامع شهری و تغییر در کاربری اراضی است. بنابراین به‌منظور بررسی تأثیر تغییرات کاربری و پوشش اراضی بر روی عوامل مؤثر بر شکل‌گیری فرسایش بادی، محدوده دو شهرستان اردکان و میبد، که بیشترین خسارت را از این نوع فرسایش و پیامدهای گردوغبار آن متحمل می‌شوند، در نظر گرفته شد (شکل ۱). این محدوده با مساحتی در حدود ۷۲۲۹۲ هکتار در موقعیت طول جغرافیایی $36^{\circ} 54' 53''$ تا $36^{\circ} 09' 54''$ و عرض جغرافیایی $35^{\circ} 06' 32''$ تا $36^{\circ} 24' 32''$ قرار دارد. حداقل و حداکثر ارتفاع در محدوده مطالعاتی، به ترتیب ۹۹۰ و ۱۵۰۹ متر از سطح دریا و ارتفاع متوسط آن ۱۰۷۹ متر از سطح دریا است.

۲.۲. اطلاعات جمع‌آوری شده

در پژوهش حاضر، به‌منظور بررسی میزان تغییرات کاربری و پوشش اراضی و تأثیر آن بر میزان عوامل مؤثر بر شکل‌گیری فرسایش بادی، محدوده زمانی مورد مطالعه ۳۰ سال (۲۰۲۰-۱۹۹۰) در نظر گرفته شد. براساس هدف پژوهش و با توجه به دارا بودن بیشترین فراوانی وزش بادهای فرساینده و وقوع طوفان‌های گرد و غبار، زمان مورد پژوهش، ماه می میلادی (تقریباً معادل با اردیبهشت ماه) انتخاب گردید و داده‌های مورد بررسی نیز تصاویر ماهواره‌ای لندست از سنجنده TM و OLI_TIRS در نظر گرفته شد (جدول ۱). برای بررسی تغییرات اقلیمی نیز از داده‌های دما، رطوبت نسبی و سرعت باد سازمان هواشناسی استان یزد استفاده شد.

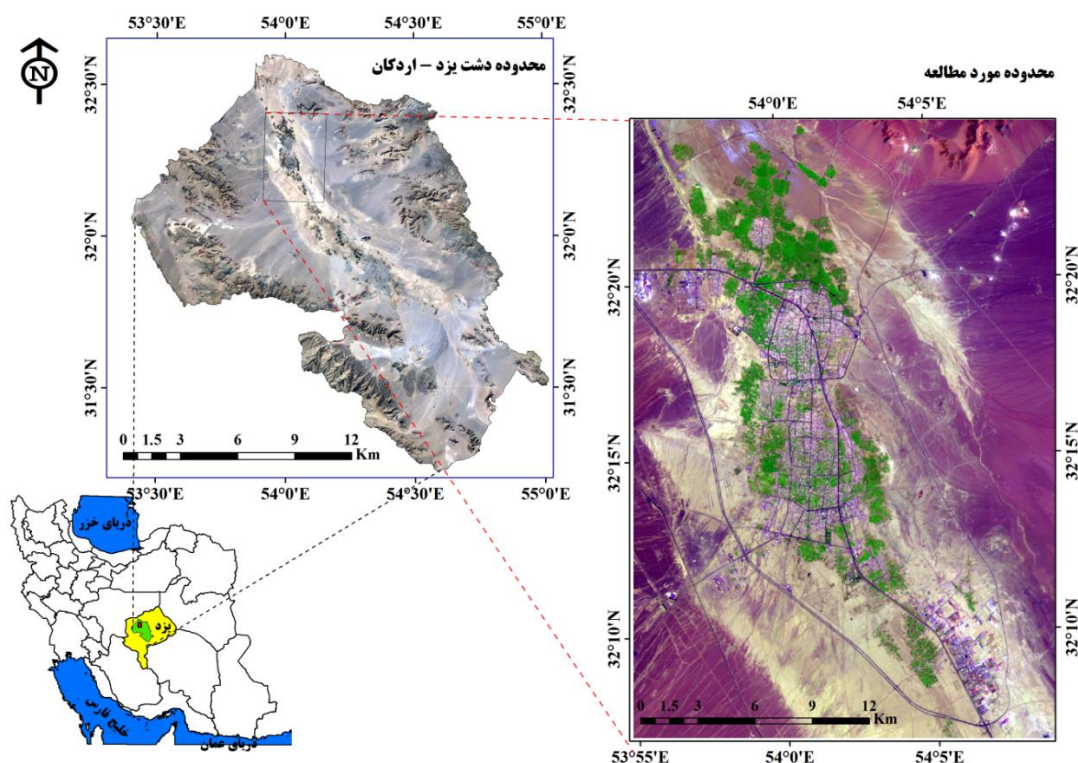
می‌دهد که تخریب و تبدیل شدن اراضی مرتعی و دیم به سایر کاربری‌ها، نقش مهمی را در افزایش آسیب‌پذیری این منطقه در مقابل فرسایش خاک دارد [۱۱].

اگرچه استان یزد همواره در معرض فرسایش بادی و طوفان‌های گردوغبار ناشی از این نوع فرسایش قرار داشته است، اما در طی دهه‌های گذشته با افزایش وسعت شهرها، گسترش تأسیسات و زیرساخت‌های شهری و صنعتی، و تغییر در کاربری و پوشش‌های اراضی منطقه، افزایش اثرات فرسایش بادی و وقوع رخداد‌های گردوغبار بیش از پیش مشهود شده است. اما با وجود مشهود بودن تغییرات و رخداد‌های گردوغبار، به ویژه در بخش شمال غربی به سمت مرکز استان، پژوهشی کمی بر روی میزان تغییرات کاربری اراضی ناشی از عوامل انسانی و طبیعی در این محدوده و تأثیر این تغییرات بر روی تغییر دمای سطح زمین، صورت نگرفته است. بنابراین، هدف از مطالعه حاضر شناخت میزان تأثیرپذیری تغییرات کاربری و پوشش اراضی بر تغییر دمای سطحی خاک است که به‌عنوان یکی از عوامل مؤثر در شکل‌گیری جریان باد و شروع فرسایش بادی و تخریب خاک محسوب می‌شود.

۲. روش‌شناسی

۱.۲. معرفی منطقه مورد مطالعه

دشت یزد - اردکان واقع در فلات مرکزی ایران، یکی از مهم‌ترین دشت‌های استان یزد از دیدگاه منابع طبیعی، انسانی و اقتصادی است، که به دلیل واقع بودن در زیر مرکز پرفشار جنب حاره‌ای دارای نوسان دمایی زیاد است. کمینه دمای ثبت شده در ایستگاه هواشناسی یزد 18°C - و بیشینه آن $45/6^{\circ}\text{C}$ است. بارش‌های این منطقه اندک و نامنظم است. بارش سالانه یزد طی ۵۰ سال گذشته از ۱۷ میلی‌متر تا ۱۲۶ میلی‌متر با ضریب تغییرات ۵۱/۰ در نوسان است و مقدار تبخیر آن بین ۲۲۰۰ تا ۳۲۰۰ میلی‌متر است [۱۶]. بر طبق نقشه‌های سازمان زمین‌شناسی، از قدیمی‌ترین تا



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان یزد و دشت یزد - اردکان

جدول ۱. مشخصات تصاویر ماهواره‌ای به کار گرفته شده در پژوهش حاضر

سنجنده	سکو	تاریخ (میلادی)	تاریخ (شمسی)	گذر	ردیف	قدرت تفکیک مکانی (متر)
TM	لندست ۵	۱۹۹۰/۰۵/۱۴	۱۳۶۹/۰۲/۲۴	۱۶۲	۳۸	۳۰
OLI_TIRS	لندست ۸	۲۰۲۰/۰۵/۱۶	۱۳۹۹/۰۲/۲۷	۱۶۲	۳۸	۳۰

۳،۲. روش پژوهش

۱،۳،۲. بررسی تغییرات کاربری و پوشش اراضی

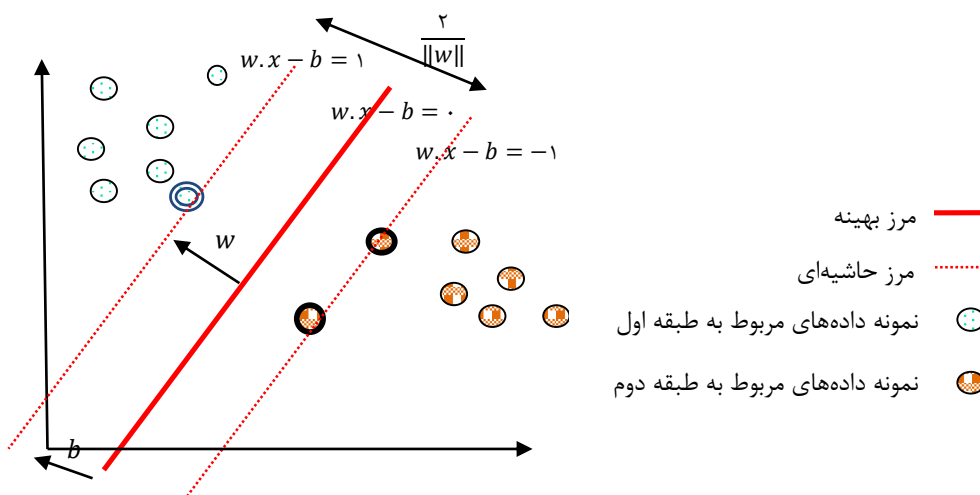
در پژوهش حاضر، برای بررسی تغییرات کاربری و پوشش اراضی، نقشه‌های کاربری اراضی ماه می میلادی (معادل اردیبهشت ماه) در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰، به روش طبقه‌بندی نظارت شده براساس الگوریتم ماشین بردار پشتیبان^۱ در محیط نرم‌افزاری ENVI 5.3 تولید

شد. در ابتدا، پیش‌پردازش‌های لازم در قالب تصحیحات رادیومتریک و اتمسفریک بر روی تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده صورت گرفت. با توجه به اینکه، تصاویر سنجنده لندست به صورت زمین مرجع شده در اختیار کاربران قرار گرفته می‌شود، با بررسی نقاط مختلف و تأیید مختصات جغرافیایی آن‌ها، الزامی برای تصحیح هندسی و زمین مرجع‌سازی تصاویر مذکور، تشخیص داده نشد.

^۱Support Vector Machine (SVM)

۲.۳.۲. ماشین بردار پشتیبان

در طی سال‌های اخیر، تکنیک ماشین بردار پشتیبان برای طبقه‌بندی داده‌های سنجش از دور مورد توجه قرار گرفته است. این الگوریتم در واقع، یک روش آماری غیرپارامتریک و یک طبقه‌بندی کننده دودویی است که



شکل ۲. بردارهای پشتیبان به همراه مرز و حاشیه بهینه [۱۷]

$$w.x - b = 1 \quad (1)$$

$$w.x - b = -1 \quad (2)$$

که در آن:

w : برداری n بعدی عمود بر مرز تصمیم‌گیری؛

x : یک نقطه بر روی مرز تصمیم‌گیری؛

b : عرض از مبدأ با حداکثر مرز جداکننده.

نکته قابل توجه این است که اگر داده‌های تعلیمی به صورت خطی تفکیک‌پذیر باشند، می‌توان دو ابر سطح مرزی را به گونه‌ای انتخاب کرد که هیچ داده‌ای بین آن‌ها نباشد و سپس فاصله بین این دو ابر سطح موازی را به حداکثر رساند. با به کارگیری قضایای هندسی، فاصله این دو ابر سطح عبارت است از $2/||w||$ ، پس باید $||w||$ را به حداقل رساند. همچنین باید از قرار گرفتن نقاط داده در ناحیه درون مرز جلوگیری کرد، برای این کار یک محدودیت ریاضی به تعریف

در محاسبه مرز تصمیم‌گیری دو کلاس کاملاً مجزا، از روش حاشیه بهینه استفاده می‌شود. در محاسبه این حاشیه به این صورت عمل می‌شود که نمونه‌های کلاس $+1$ در یک طرف مرز، و نمونه‌های کلاس -1 در طرف دیگر قرار می‌گیرند. مرز تصمیم‌گیری بین نمونه‌ها، فاصله نزدیک‌ترین نمونه تعلیمی هر دو کلاس از یکدیگر در راستای عمود بر مرز تصمیم‌گیری، تا حد امکان حداکثر می‌شود. چنانچه، مرز تصمیم‌گیری به‌طور موازی توسط دو خط از دو طرف گسترش یابد، به‌طوری که از بین نزدیک‌ترین نمونه‌های دو کلاس بگذرد، مرز تصمیم‌گیری بهینه با بیشترین فاصله بین نمونه‌های دو کلاس، به‌وجود می‌آید که به آن دو خط موازی، مرز حاشیه‌ای گفته می‌شود [۱۷].

فرمول ریاضی این دو ابر سطح موازی که مرز جداکننده را تشکیل می‌دهند در روابط (۱) و (۲) نشان داده شده است:

نقشه‌های مذکور، با تولید ماتریس خطا و محاسبه صحت کلی (رابطه ۵) و ضریب کاپا (رابطه ۶) بررسی گردید.

$$OA = 1/N(\sum P_{ii}) \quad (5)$$

$$Ka = (OA - 1/q) / (1 - 1/q) \quad (6)$$

که در آن:

OA: صحت کلی؛

N: تعداد کل پیکسل‌های آزمایشی؛

$\sum P_{ii}$: مجموع پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده؛

Ka: ضریب کاپا و q: پیکسل‌های در ست طبقه‌بندی نشده هستند.

۴.۳.۲. مقایسه بعد از طبقه‌بندی

بعد از تأیید صحت نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۲۰، میزان تغییرات ۳۰ ساله کاربری و پوشش اراضی منطقه مطالعاتی از طریق مقایسه بعد از طبقه‌بندی به روش تفریق تصاویر انجام شد و بدین ترتیب میزان تغییرات مشخص گردید.

۵.۳.۲. تهیه نقشه دمای سطح زمین^۱

الگوریتم‌های مختلفی برای محاسبه دمای سطح زمین با استفاده از سنجش از دور ارائه شده‌اند، به عنوان مثال الگوریتم‌های تک پنجره^۲، تک کانالی^۳، تقسیم پنجره کوین^۴، دفتر علوم لندست^۵ و پنجره مجزا^۶ که با استفاده از باندهای حرارتی تصاویر ماهواره‌ای دمای سطح زمین را برآورد می‌کنند. برآورد دمای سطح زمین در این الگوریتم‌ها با محاسبه محتوای بخار آب اتمسفر، دمای روشنایی و انتشار گرمای سطح زمین انجام می‌پذیرد [۲۰]. در پژوهش حاضر، دمای سطح زمین با روش

فرمول اضافه می‌شود. برای هر n، با اعمال محدودیت‌هایی در قالب روابط ۳ و ۴ اطمینان حاصل می‌شود که هیچ نقطه‌ای در مرز قرار نمی‌گیرد [۱۷]:

$$(3) \quad w.x_i - b \geq 1 \quad \text{برای داده‌های مربوط به طبقه اول}$$

$$(4) \quad w.x_i - b \leq -1 \quad \text{برای داده‌های مربوط به طبقه دوم}$$

در پژوهش حاضر، به منظور اجرای الگوریتم ماشین بردار پشتیبان، ابتدا نمونه‌های تعلیمی از طریق برداشت‌های زمینی، نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و پیمایش از طریق گوگل ارث مشخص گردید. سپس، نمونه‌های تعلیمی برای ورود به الگوریتم، در طبقات پوشش گیاهی، اراضی بدون پوشش، اراضی مرتعی فقیر، مناطق و تأسیسات شهری و رخنمون سنگی تعریف شدند. برای طبقه‌بندی تصاویر مورد مطالعه، تعداد لایه‌های ورودی برابر با تعداد باندهای هر تصویر به استثنای باندهای حرارتی آن در نظر گرفته شد، و با توجه به اینکه در مطالعات سنجش از دور، لایه میانی برابر با یک پیشنهاد می‌شود، در این پژوهش نیز، لایه میانی برابر با یک و لایه خروجی برابر با تعداد طبقات کاربری در نظر گرفته شد. با توجه به پژوهش‌های صورت گرفته بر روی الگوریتم ماشین بردار پشتیبان و مقایسه کرنل‌های مختلف در الگوریتم مذکور، کرنل شعاعی به عنوان بهترین کرنل در طبقه‌بندی کاربری‌های اراضی، معرفی شده است که در انجام طبقه‌بندی حاضر نیز از کرنل مذکور استفاده شد.

۳.۳.۲. صحت سنجی نقشه‌های کاربری اراضی

به منظور تعیین صحت نقشه‌های تولید شده، نقاط کنترلی از طریق پیمایش زمینی، نقشه‌های توپوگرافی و تصاویر گوگل ارث برداشت گردید. در ادامه صحت

^۱Land Surface Temperature (LST)

^۲Mono-Window Algorithm (MWA)

^۳Single-Channel Method (SCM)

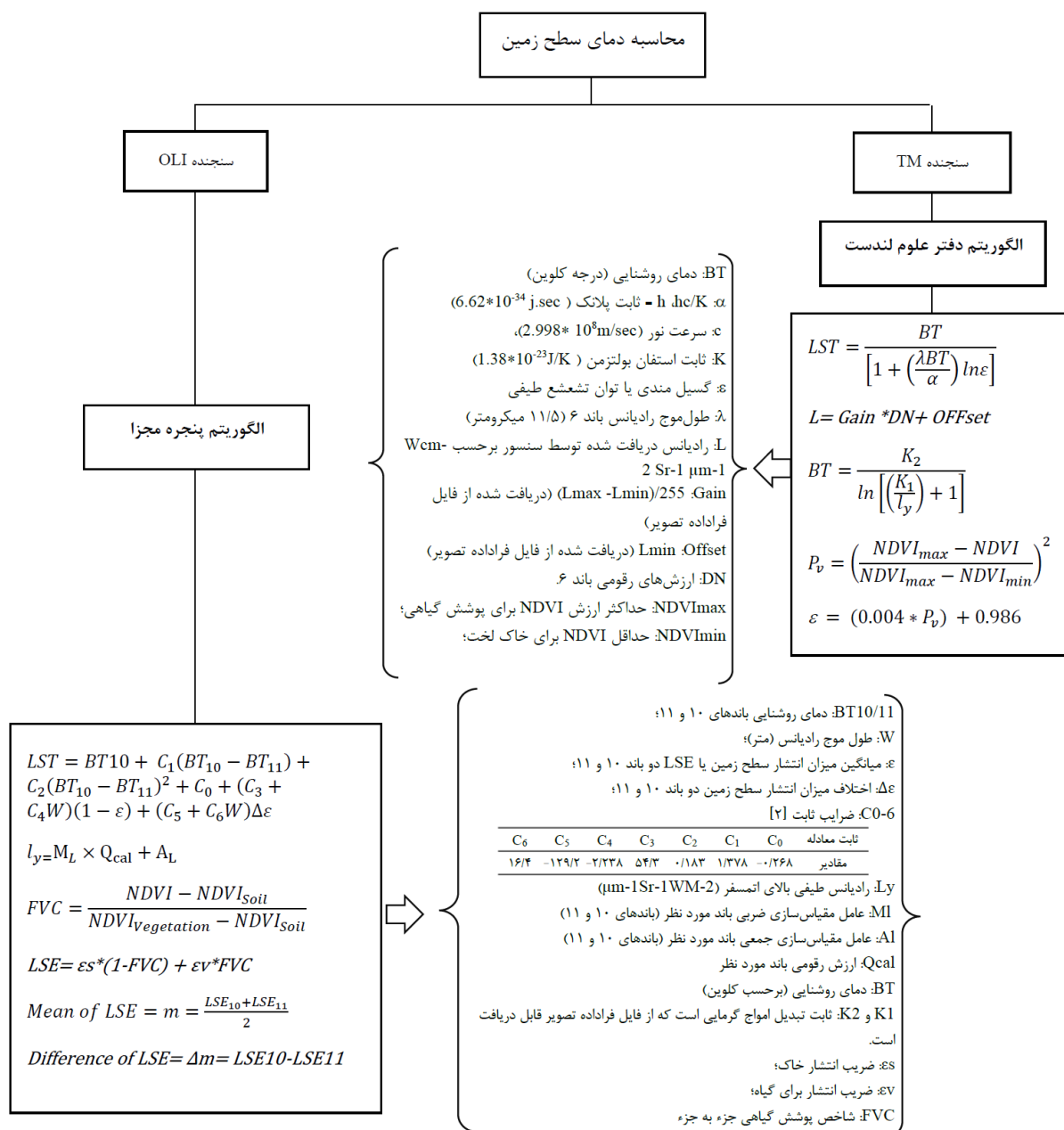
^۴Qin's Split-Window Algorithm (SWA-Q)

^۵Landsat Project Science Office Model

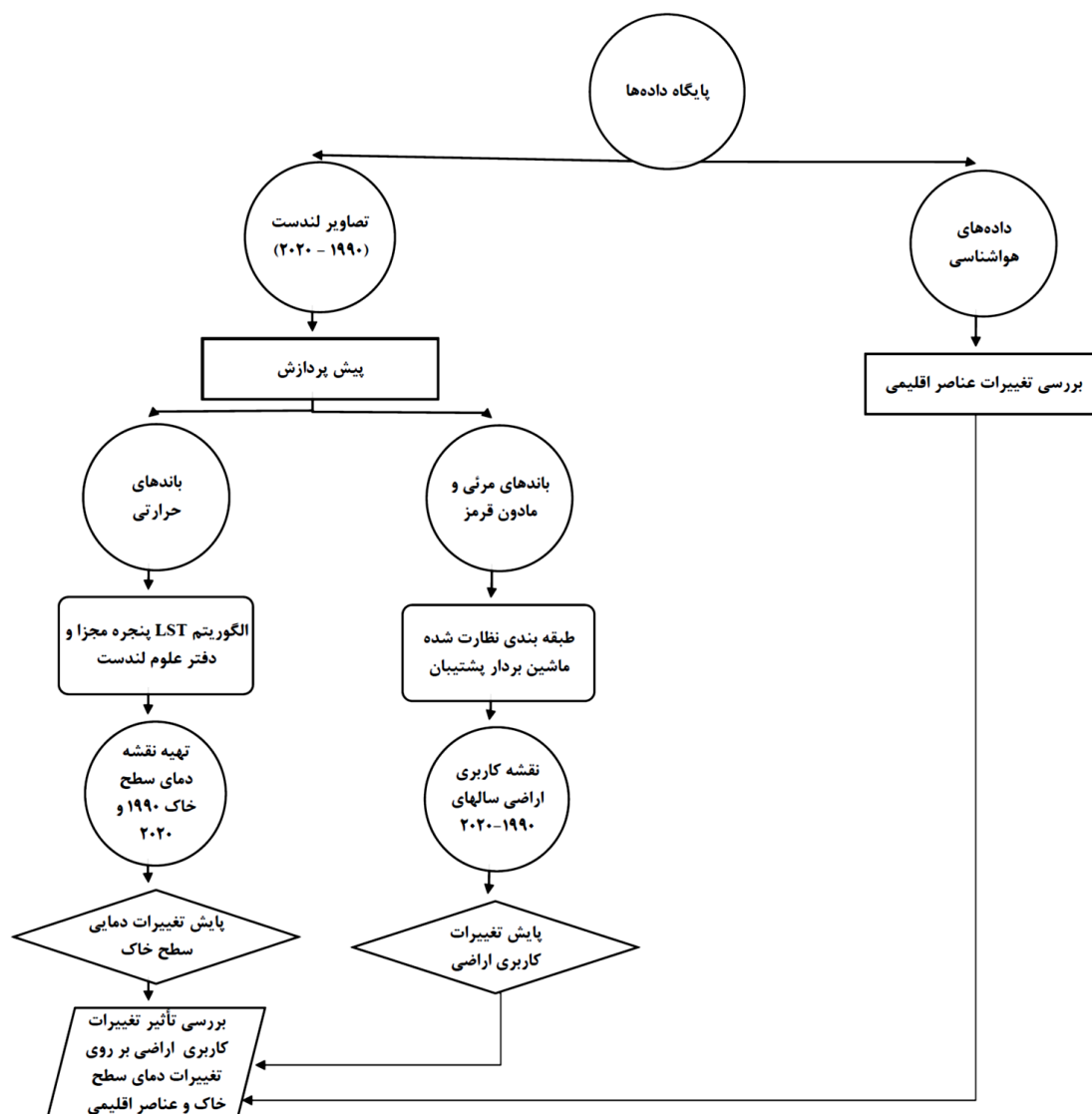
^۶Split-Window Algorithm (SWA)

مقادیر دمای سطح زمین با کسر مقدار ۲۷۳/۱۵ به درجه سلسیوس تبدیل و تغییرات ۳۰ ساله آن بررسی گردید. در شکل (۴) روند نمای مراحل انجام پژوهش ارائه شده است.

الگوریتم پنجره مجزا بر روی تصویر لندست ۸ سال ۲۰۲۰ و با توجه به وجود تک باند حرارتی در سنجنده TM محاسبه شد و از روش تک کانال نیز بر روی تصویر لندست ۵ سال ۱۹۹۰ استفاده شد. در شکل (۳) مراحل محاسبه هر دو الگوریتم نشان داده شده است. در پایان



شکل ۳. محاسبه دمای سطح زمین با روش های الگوریتم دفتر علوم لندست و پنجره مجزا



شکل ۴. روند نمای مراحل انجام پژوهش

شناسایی و تفکیک گردید (شکل ۵).

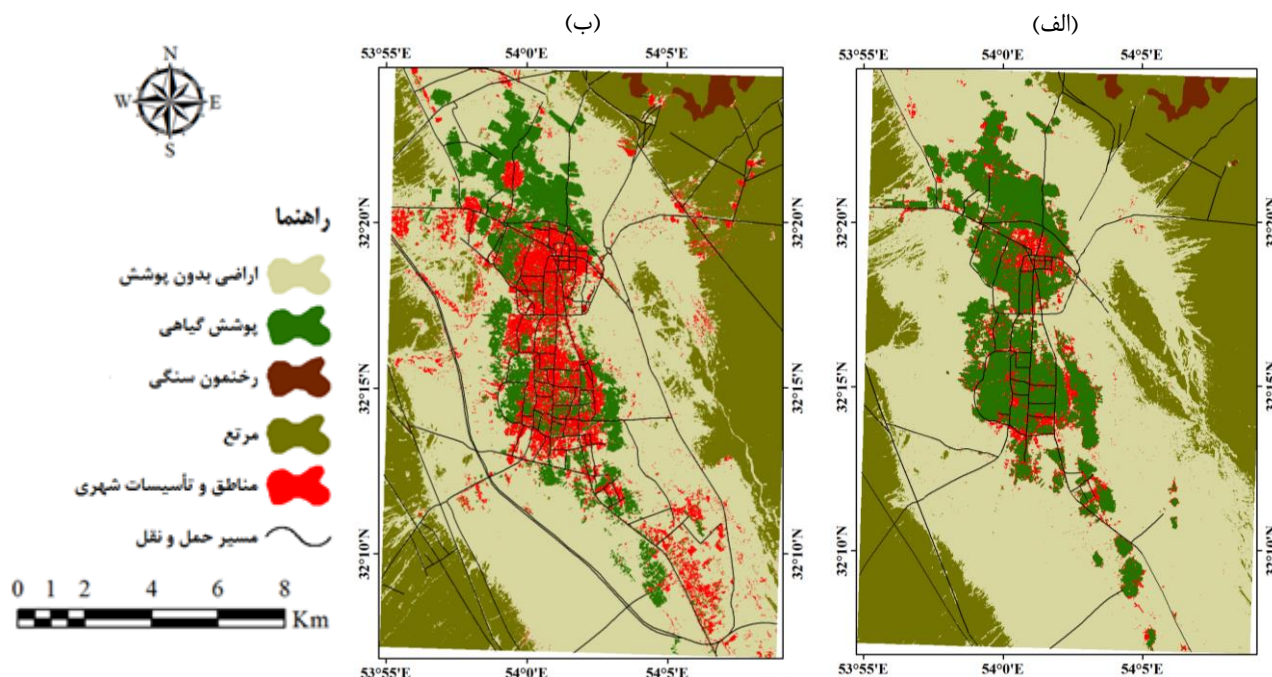
۳. نتایج

۱,۳. تغییرات کاربری و پوشش اراضی در دوره

۳۰ ساله

براساس نقشه کاربری و پوشش اراضی تولید شده در سال های ۱۹۹۰ و ۲۰۲۰، پنج کاربری و پوشش اراضی شامل پوشش گیاهی، اراضی بدون پوشش، اراضی مرتعی فقیر، مناطق و تأسیسات شهری، و رخنمون سنگی

نتایج بررسی صحت نقشه های کاربری و پوشش اراضی در سال های مورد مطالعه نشان داد که نقشه های تولید شده در سال های ۱۹۹۰ و ۲۰۲۰ به ترتیب با صحت کلی ۹۱/۷ و ۹۰ درصد و ضریب کاپای ۰/۹ برای هر دو نقشه تولیدی، قابلیت به کارگیری برای ارزیابی میزان تغییرات را دارند. در جدول (۲) جزئیات صحت سنجی نقشه ها ارائه شده است.



شکل ۵. نقشه کاربری و پوشش اراضی منطقه مورد مطالعه در سال‌های الف) ۱۹۹۰ و ب) ۲۰۲۰

جدول ۲. نتایج صحت‌سنجی نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی محدوده مورد مطالعه

تاریخ	کاربری/پوشش اراضی						
	پارامتر صحت‌سنجی	اراضی بدون پوشش	پوشش گیاهی	مرتفع	مناطق و تأسیسات شهری	رخنمون سنگی	صحت کلی
۱۹۹۰	دقت تولید کننده (%)	۹۵/۲	۱۰۰	۹۳/۳	۴۲/۹	۱۰۰	
	دقت کاربر (%)	۸۷	۹۵/۷	۹۳/۳	۷۵	۱۰۰	۹۱/۷
	کاپای جزئی	۰/۸	۰/۹	۰/۹	۰/۷	۱	
۲۰۲۰	دقت تولید کننده (%)	۶۶/۷	۸۷/۵	۸۴/۲	۱۰۰	۱۰۰	
	دقت کاربر (%)	۸۰	۸۷/۵	۸۸/۹	۸۹/۵	۱۰۰	۹۰
	کاپای جزئی	۰/۸	۰/۸	۰/۸	۰/۹	۱	

قابل چشم‌پوشی و تا حدودی در نتیجه خطای طبقه‌بندی است و می‌توان گفت که سطح مرتفع تقریباً بدون تغییر بوده است و عمده تغییرات کاربری صورت گرفته در اراضی بدون پوشش حریم شهرها که به نوعی مراتع تخریب یافته هستند و باغات و فضای سبز حاشیه شهرها بوده است.

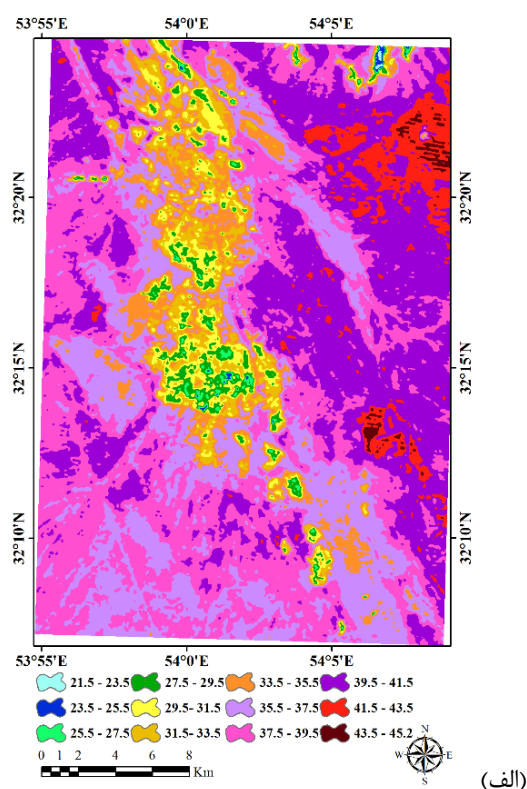
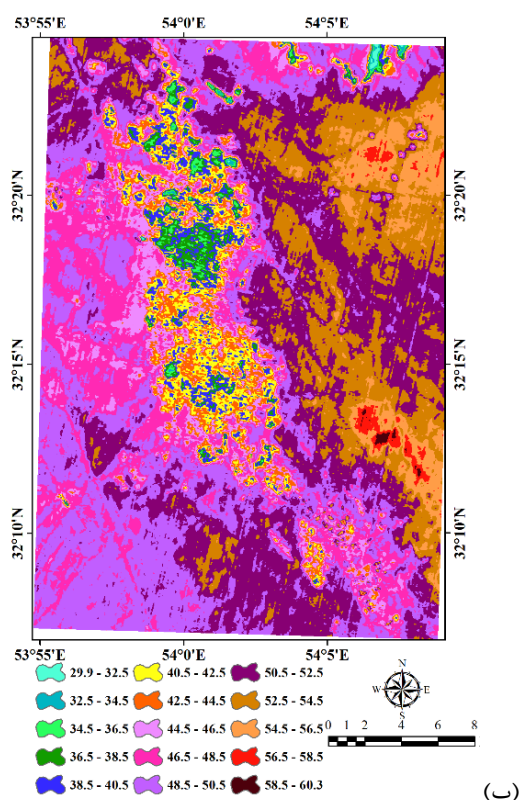
بررسی تغییرات کاربری و پوشش اراضی در طی یک دوره ۳۰ ساله نشان داد که در طول این دوره، از وسعت اراضی دارای پوشش گیاهی به شدت کاسته شده و بر وسعت منطقه شهری و تأسیسات و زیرساخت‌های آن، افزوده شده است (جدول ۳). همچنین در اراضی مرتعی مقدار افزایش سطح اندکی مشاهده گردید که این مقدار

جدول ۳. میزان تغییرات کاربری و پوشش اراضی محدوده مورد مطالعه در طی دوره ۳۰ ساله

کاربری و پوشش اراضی	۱۹۹۰	۲۰۲۰	میزان تغییرات
اراضی بدون پوشش	۴۰۱۷۹	۳۸۰۲۷	↓۲۱۵۱
پوشش گیاهی	۷۶۹۳	۵۸۸۴	↓۲۰۷۹
مرتع	۲۱۱۶۱	۲۱۳۴۴	↑۱۸۳
مناطق و تأسیسات شهری	۶۱۲۶	۶۱۲۶	↑۴۰۴۷
رخنمون سنگی	۵۸۳	۵۸۳	۰

۲,۳. تغییرات دمای سطح زمین در دوره ۳۰ ساله
مقایسه تغییرات دمایی سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۲۰،
نشان داد که تغییر کاربری اراضی و افزایش مساحت

تأسیسات شهری تأثیر مشخص و واضحی بر روی تغییر و
افزایش دمای این مناطق نسبت به دوره مشابه ۳۰ ساله
قبل داشته است (شکل ۶).



شکل ۶. روند تغییرات دمای سطح زمین (LST) در طی سال‌های الف) ۱۹۹۰ و ب) ۲۰۲۰

افزایشی بوده است و متوسط دمای سطح زمین در این
محدوده از ۳۳/۴ درجه سلسیوس به ۴۵/۱ درجه، افزایش

نتایج حاصل از برآورد دمای سطح زمین نشان داد که
روند تغییرات دما در طی دوره ۳۰ ساله مورد مطالعه

است که این امر تأثیر زیادی در افزایش دمای سطح زمین دارد و به دلیل اینکه سطح خاک مستقیماً در معرض تابش آفتاب قرار می‌گیرد، دمای آن در طول روز به مقدار قابل توجهی بالا می‌رود. کمترین دمای سطح زمین بعد از ارتفاعات (رخنمون سنگی)، در مناطق دارای پوشش گیاهی مشاهده گردید.

در پژوهش حاضر، ارتباط بین داده‌های اندازه‌گیری شده دمای سطحی در کاربری‌های مختلف و مقادیر برآورد شده با شاخص LST سال ۲۰۲۰، همبستگی کاملاً مناسب و معنی‌داری را در سطح ۹۵٪ بین داده‌های برآورد شده با داده‌های واقعیت میدانی با توجه به جدول ANOVA نشان داد و صحت نقشه‌های دمایی تولید شده تأیید شد (جدول ۴).

یافته است (شکل ۵). در پژوهش حاضر مشخص گردید که محدوده دمای سطح زمین در سال ۱۹۹۰ مابین ۲۱/۵ تا ۴۵/۲ درجه سلسیوس بوده است که نسبت به کاربری و پوشش‌های مختلف اراضی، مقادیر دمای سطح زمین متغیر بوده است و در فاصله زمانی تقریباً مشابه در سال ۲۰۲۰، این دامنه تغییرات بین ۲۹/۹ تا ۶۰/۳ درجه سلسیوس قرار گرفته است. این موضوع تغییرات دمایی را به وضوح نشان می‌دهد که این افزایش دما احتمالاً ناشی از کاهش پوشش گیاهی و تغییر کاربری اراضی در طی دوره مورد بررسی می‌باشد. شایان ذکر است، بیشترین دمای سطح زمین در اراضی مرتعی فقیر مشاهده شد که با توجه به اینکه وضعیت پوشش مرتع در محدوده مورد مطالعه بسیار فقیر است لذا بخش وسیعی از اراضی بدون پوشش گیاهی و با سنگریزه‌های تیره رنگ پوشیده شده

جدول ۴. اعتبارسنجی نقشه دمایی تولید شده از شاخص LST

مدل	جمع مربعات	df	میانگین مربعات	R	F	Sig.
رگرسیون	۱۱۲/۲۳۸	۱	۱۱۲/۲۳۸	۰/۹۱۵	۱۵/۴۷۳	۰/۰۲۹
باقیمانده	۲۱/۷۶۲	۳	۷/۲۵۴			
کل	۱۳۴/۰۰۰	۴				

بازه زمانی ۳۰ ساله مورد مطالعه، در پوشش مرتعی نزدیک به ۱۲ درجه و برای مناطق دارای پوشش گیاهی حدود ۱۰ درجه سلسیوس برآورد گردید (جدول ۵).

در مقایسه تغییرات دمای سطح زمین طی سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۲۰، مشخص گردید که دمای سطح زمین، در تمام کاربری و پوشش‌های اراضی مورد مطالعه به‌طور فزاینده‌ای افزایش یافته است. به‌طوری‌که اختلاف دما در

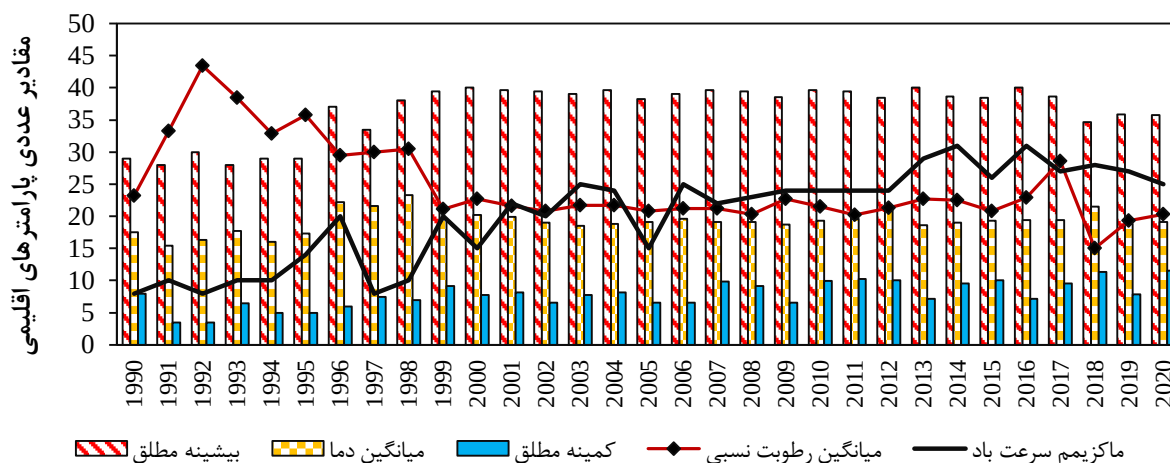
جدول ۵. تغییرات دمای سطح زمین در کاربری و پوشش‌های اراضی منطقه مورد مطالعه در دوره زمانی ۳۰ ساله

کاربری و پوشش اراضی	متوسط دمای سطح زمین در ۱۴ می ۱۹۹۰ (درجه سانتی‌گراد)	متوسط دمای سطح زمین در ۱۶ می ۲۰۲۰ (درجه سانتی‌گراد)
اراضی بدون پوشش	۳۸	۵۰
پوشش گیاهی	۳۲/۱	۴۲
مناطق و تأسیسات شهری	۳۴/۹	۴۴/۸
مرتع	۳۹/۸	۵۱/۴
رخنمون سنگی	۳۱/۹	۴۱/۲

۳.۳. روند تغییرات سرعت باد در دوره ۳۰ ساله

محدوده دشت یزد-اردکان، یکی از کانون‌های بسیار مهم فرسایش بادی و گرد و غبار در استان یزد است که همواره مرکز شدیدترین و خطرناک‌ترین رخدادهای گردوغبار بوده است. بررسی‌های صورت گرفته در محدوده مورد مطالعه نشان می‌دهد که در طی سال‌های اخیر، بر شدت فرسایش بادی، وقوع گردوغبارها و همچنین فراوانی آن‌ها افزوده شده است که مهمترین عامل آن محیا شدن بستر شکل‌گیری فرسایش بادی از طریق تغییرات کاربری و پوشش اراضی، از بین رفتن پوشش سطحی زمین و بهم خوردگی خاک‌های سطحی است. با توجه به اینکه، اختلاف دما بین عوارض و ایجاد جزایر حرارتی یکی از عوامل مؤثر در شکل‌گیری باد و در ادامه، در صورت رسیدن سرعت باد به سرعت آستانه فرسایش، ایجاد فرسایش و وقوع رخدادهای گردوغبار است، لذا در پژوهش حاضر اقدام به بررسی اختلاف دمای سطح زمین در کاربری و پوشش‌های مختلف اراضی گردید که نتایج

حاصل افزایش دمای سطح زمین در طول دوره مورد مطالعه را نشان داد (جدول ۵). بنابراین، برای درک بهتر روند تغییرات و نقش آن در افزایش سرعت و میزان فرسایش بادی، تغییرات دمایی و بیشینه سرعت باد، بهره‌گیری از داده‌های هواشناسی ایستگاه‌های کليما تولوژی واقع در محدوده مورد مطالعه، بررسی گردید. نتایج بررسی میانگین دمای محیط، بیشینه و کمینه مطلق دما در طی یک دوره ۳۰ ساله در ماه می، معادل با اردیبهشت ماه، نشان داد که روند تغییرات دمایی در سطح منطقه افزایشی بوده است. در حالی که، میزان رطوبت نسبی محیط در طی این دوران، روند کاهشی را نشان می‌دهد. نکته جالب توجه اینکه، در طی این زمان، بیشینه سرعت باد روند افزایشی به خود گرفته است و از مقدار هشت متر بر ثانیه، به بالاتر از ۲۰ متر بر ثانیه در دهه اخیر رسیده است (شکل ۷). این درحالی است که، سرعت آستانه فرسایش بادی در محدوده مورد مطالعه حدود شش متر بر ثانیه است.



شکل ۷. تغییرات عناصر آب و هوایی مورد بررسی در ماه می میلادی در طی دوره ۳۰ سال (۱۹۹۰-۲۰۲۰)

بررسی میزان تغییرات کاربری اراضی در محدوده شمالی دشت یزد-اردکان، به عنوان بحرانی‌ترین کانون گرد و غبار استان یزد، نشان داد که در طی سی سال گذشته، از

۴. بحث و نتیجه‌گیری

تغییرات بی‌رویه و غیراصولی در کاربری اراضی، با برهم زدن تعادل طبیعت، همواره چالش برانگیز بوده است.

مناطق شهری از مقدار بالاتری نسبت به اراضی مجاور خود، به خصوص اراضی دارای پوشش گیاهی، برخوردار است که این اختلاف دما در شکل‌گیری باد و افزایش سرعت آن و در نهایت ایجاد فرسایش تأثیرگذار است.

از آنجا که شدت فرسایش بادی در طی سال‌های اخیر روند افزایشی به‌خود گرفته است و با توجه به نقشه تغییرات کاربری و دمای سطح زمین، می‌توان به این نتیجه رسید که، تغییر در کاربری و پوشش اراضی، به‌ویژه کاهش سطح پوشش گیاهی و افزایش سطح مناطق مسکونی و تأسیسات شهری نقش مؤثری در افزایش میزان فرسایش بادی در سطح منطقه داشته است. پژوهش‌های مشابه انجام شده بر روی تغییرات کاربری اراضی و تغییرات فرسایش پذیری خاک نشان می‌دهند که این‌گونه تغییرات تأثیر مشخصی بر افزایش شدت فرسایش بادی، هدر رفت خاک و میزان انتشار ذرات گرد و غبار دارد [۱۰، ۶] که این نتایج منطبق بر نتایج پژوهش حاضر مبنی بر روند افزایشی سرعت باد در نتیجه کاهش سطح پوشش گیاهی و حفاظتی زمین و گسترش فرسایش بادی در منطقه مورد مطالعه است.

تغییرات کاربری ایجاد شده در سه دهه اخیر به صورت موضعی افزایش متوسط دما، بیشینه و کمینه دما و کاهش در میزان رطوبت نسبی هوا را نشان داد. در مجموع می‌توان نتیجه گرفت، که تغییر کاربری اراضی و تخریب پوشش گیاهی و از بین بردن سطوح حفاظتی زمین، امکان ایجاد جزایر حرارتی و شکل‌گیری بادهای فرساینده را در سطح منطقه افزایش می‌دهد که این امر در افزایش شدت فرسایش بادی محدوده مورد مطالعه نقش مؤثری داشته است. در پایان، با توجه به حساسیت بالای اکوسیستم‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک و اثرات منفی تخریب پوشش گیاهی در این‌گونه مناطق پیشنهاد می‌شود بر روی نحوه بهره‌برداری از اراضی و تغییرات کاربری نظارت بیشتری صورت گیرد و برای اصلاح مناطق بدون پوشش حفاظتی خاک، از روش‌های کنترلی مؤثر و منطبق بر شرایط منطقه نظیر استفاده از دیواره‌های کوتاه گلی استفاده شود.

وسعت اراضی مرتعی حریم شهرها کاسته شده و بر وسعت مناطق شهری و تأسیسات صنعتی افزوده شده است. نتایج تغییرات دمایی محدوده مورد مطالعه، روند افزایشی دما را در سطح اراضی که در آنها تغییر کاربری صورت گرفته است، نشان داد. لذا تأثیر پوشش سبز گیاهی در تعدیل دمای مناطق مجاور خود کاملاً مشخص بود و مناطقی که در مجاورت پارک‌ها و فضاهای سبز شهری قرار داشتند، از دمای کمتری نسبت به مناطق بدون پوشش گیاهی برخوردار بودند. به‌طور کلی، مناطق بدون پوشش در حاشیه شهرها، با توجه به نبود پوشش گیاهی، ظرفیت جذب گرما بالاتری دارند، که این امر منجر به بالا رفتن آستانه‌های دمایی در این مناطق [۲۱] و تشکیل جزایر حرارتی می‌شود. یافته‌های حاصل از پژوهش‌های انجام شده در خصوص بررسی تغییرات کاربری اراضی بر روی تغییرات دمای سطح زمین، در مناطقی که افزایش روند شهرنشینی و کاهش سطح پوشش گیاهی کاملاً مشهود بوده است، نیز نشان می‌دهد که تغییر در کاربری اراضی و افزایش اراضی بایر و بدون پوشش، و کاهش در صد پوشش گیاهی منجر به افزایش دمای سطح زمین می‌شود. به‌طوری‌که در مناطق دارای پوشش گیاهی و به‌ویژه اراضی زراعی، دمای سطح زمین (LST) کمتر است که در سطوح فاقد پوشش گیاهی این دما به مقدار قابل توجهی بالاتر می‌باشد. با توجه به نتایج پژوهش‌هایی که در این خصوص انجام شده است، افزایش سطح مناطق مسکونی و اراضی بایر و به تبع آن کاهش مساحت مناطق دارای پوشش گیاهی و اراضی کشاورزی، منجر به افزایش روند دمایی خاک سطحی شده‌اند [۱۳، ۴، ۳، ۲]. نتایج نشان داد که، در حدود ۱۲ درجه، به دمای سطح زمین در این‌گونه اراضی در طی ۳۰ سال گذشته افزوده شده است که بیشترین میزان تغییرات در مراتع فقیر و اراضی فاقد پوشش گیاهی مشاهده شد. شایان ذکر است که این افزایش دما به مفهوم تغییر اقلیم در سطح منطقه نیست و تأثیر حذف پوشش گیاهی در سطح منطقه و به تبع آن تابش مستقیم خورشید بر سطح خاک را نشان می‌دهد. دمای سطح زمین، در

References

- [1] Ahmadi, B., Ghorbani, A., Safarrad, T. and Sobhani, B. (2015). Evaluation of surface temperature in relation to land use/cover using remote sensing data. *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 6(1), 61-77.
- [2] Akbari, E., Ebrahimi, M., Fiezizadeh, B. and Nezhadsoleimani, H. (2016). Evaluating Land Surface Temperature related to the Land use Change Detection by Satellite Image (Case study: Taleghan Basin). *Geography and Environmental Planning*, 26(4), 151-170.
- [3] Darvishi, S., rashidpour, m. and soleimani, K. (2019). Analysis of Land Use Role in the Formation of Thermal Islets of Marivan County Using Landsat Satellite Images. *Geography And Development Iranian Journal*, 17(54), 143-162. doi:10.22111/gdij.2019.4361
- [4] Entezari, A., Amir Ahmadi, A., Aliabadi, K., Khosravian, M. and Ebrahimi, M. (2016). Monitoring Land Surface Temperature and Evaluating Change Detection Land Use (Case Study: Parishan Lake Basin). *Hydrogeomorphology*, 3(8), 113-139.
- [5] Gao, Y., Dang, P., Zhao, Q., Liu, J. and Liu, J. (2018). Effects of vegetation rehabilitation on soil organic and inorganic carbon stocks in the Mu Us Desert, northwest China. *Land Degradation and Development*, 29(4), 1031-1040.
- [6] He, J.-j., Cai, Q.-g. and Cao, W.-q. (2013). Wind tunnel study of multiple factors affecting wind erosion from cropland in agro-pastoral area of Inner Mongolia, China. *Journal of Mountain Science*, 10(1), 68-74.
- [7] Jiang, Y., Gao, Y., Dong, Z., Liu, B. and Zhao, L. (2018). Simulations of wind erosion along the Qinghai-Tibet Railway in north-central Tibet. *Aeolian Research*, 32, 192-201.
- [8] Mahmoodabadi, M., Dehghani, F. and Azimzadeh, H. R. (2011). Effect of Soil Particle Size Disturbution on Wind Erosion Rate. *Electronic Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 1(1), 81-97.
- [9] Meng, Z., Dang, X., Gao, Y., Ren, X., Ding, Y. and Wang, M. (2018). Interactive effects of wind speed, vegetation coverage and soil moisture in controlling wind erosion in a temperate desert steppe, Inner Mongolia of China. *Journal of Arid Land*, 10(4), 534-547.
- [10] Mirhasani, M., Rostami, N., Bazgir, M. and Tavakoli, M. (2018). An Investigation of Land-Use Effect on Dust Concentration and Soil Loss in Desert Areas: A Case of Ein Khosh-Dehloran, Ilam. *Quarterly Journal of Environmental Erosion Research*, 8(1), 1-20.
- [11] Mohammadnejad, v., Asghari, S. and Emami, H. (2019). Investigation Land use change with Use of a Pixel-based method and Object-Oriented Method and Analysis of the Effect of Land Use Change on Soil Erosion (case Study of Maragheh County). *Quantitative Geomorphological Research*, 8(1), 160-178.
- [12] Mountrakis, G., Im, J. and Ogole, C. (2011). Support vector machines in remote sensing: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 66(3), 247-259.
- [13] Nadizadeh Shorabeh, S., Hamzeh, S., Kiavarz, M. and Afsharipoor, S. K. (2018). Effects of Spatial and Temporal Land Use Changes and Urban Development on the Increase of Land Surface Temperature Using Landsat Multi-Temporal Images (Case study: Gorgan City). *Geographical Urban Planning Research (GUPR)*, 6(3), 545-568.
- [14] Najafi, A., Azizi Ghalati, S. and Mokhtari, M. H. (2017). Assessment Kernel Support Vector Machines in Classification of Land uses (Case Study: Basin of Cheshmeh Kileh-Chalkrod). *Journal of Watershed Management Research*, 8(15), ۹۲-۱۰۱.
- [15] Nan, L., Dong, Z., Xiao, W., Li, C., Xiao, N., Song, S., ... Du, L. (2018). A field investigation of wind erosion in the farming-pastoral ecotone of northern China using a portable wind tunnel: a case study in Yanchi County. *Journal of Arid Land*, 10(1), 27-38.
- [16] Pouyan, S., Zare, M., Ekhtesasi, M. and Mokhtari, M. (2019). Estimating of Surface Albedo in Geomorphological Facies of Desert Regions of the Yazd-Ardakan Plain Using Landsat 8 Data. *Desert Management*, 6(12), 33-48
- [17] Saeedzadeh, F., Ebadi, H., Sahebi, M. and Sadeghi, V. (2016). Comparing the performance of object-based methods to change detection in the state using different object-oriented classification by multi temporal high resolution images. Paper presented at the The 1st National Conference on Geospatial Information Technology (NCGIT), Tehran, Iran.

- [18] Shen, Y., Zhang, C., Wang, X., Zou, X. and Kang, L. (2018). Statistical characteristics of wind erosion events in the erosion area of Northern China. *CATENA*, 167, 399-410.
- [19] Tsou, J., Zhuang, J., Li, Y. and Zhang, Y. (2017). Urban Heat Island Assessment Using the Landsat 8 Data: A Case Study in Shenzhen and Hong Kong. *Urban Science*, 1(1), 10.
- [20] Valizadeh Kamran, K., Gholamnia, K., Eynali, G. and Moosavi, M. (2017). Estimation land surface temperature and extract heat islands using split window algorithm and multivariate regression analysis (Case Study of Zanjan). *Scientific Journal Management System*, 8(30), 35-50.
- [21] Webb, N.P., McGowan, H.A., Phinn, S.R. and McTainsh, G.H. (2006). AUSLEM (AUStralian Land Erodibility Model): A tool for identifying wind erosion hazard in Australia. *Geomorphology*, 78(3), 179-200.
- [22] Zhao, Y., Wu, J., He, C. and Ding, G. (2017). Linking wind erosion to ecosystem services in drylands: a landscape ecological approach. *Landscape Ecology*, 32(12), 2399-2417.

