

بررسی اثر تغییرات پوشش زمین بر دمای رویه سطحی زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده مودیس مطالعه موردی: شمال شرق ایران

شهریار خالدي^۱

قاسم کیخسروی^۲

فرزانه احمدی براتی^۳

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۱۲/۱۱

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۵/۰۹

چکیده

به منظور بررسی تغییرات پوشش زمین بر دمای رویه سطحی زمین، تصاویر مودیس مربوط به پوشش سطح زمین (MCD12Q1) در فاصله زمانی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۹ میلادی دریافت شد. محصول پوشش سطح زمین بر اساس برنامه بین المللی ژئوسفر- زیست کره استخراج و با کمک الگوریتم درخت خوشه‌بندی تغییرات پوشش سطح زمین مشخص شد. برای تهیه انواع مؤلفه‌های دمای سطحی، محصول دمای سطح زمین (MOD11) نیز در مقیاس روزانه در محیط سامانه گوگل ارث انجین تهیه شد. در مرحله آخر برای آشکارسازی تأثیر پوشش‌های زمین، بر مؤلفه‌های دمای سطحی از ابزار تحلیل خودهمبستگی موران جهانی، شاخص انسلین موران محلی، همچنین ضریب همبستگی پیرسون، رابطه رگرسیونی و مقدار معناداری بین متغیرها در محیط برنامه‌نویسی R اقدام شد. براساس نقشه‌های پوشش سطح زمین، پوشش بوته‌زارها، علفزارها، زمین‌های زراعی، پوشش گیاهان پراکنده و مناطق سکونتگاهی، پوشش‌های غالب منطقه را تشکیل می‌دهند. در طی ۱۹ سال افزایش وسعت طبقه پوشش گیاهی پراکنده و بوته‌زارهای بی‌ثمر نشان‌دهنده تغییرات منفی در اکوسیستم منطقه است. به گونه‌ای که از مساحت طبقات دیگر همچون زمین‌های زراعی، و علفزارها کاسته و بر وسعت این طبقات افزوده شده است. دمای سطح زمین این منطقه، دارای ساختار فضایی بوده و به شکل خوشه‌ای در سه خوشه توزیع شده است. خوشه‌های داغ، مناطق کم‌ارتفاع، خوشه‌های سرد، مناطق پراارتفاع و ناخوشه‌ها کوهپایه‌ها را دربر گرفتند. در بررسی اثرات پوشش‌های سطح زمین بر دمای رویه سطحی زمین، در طی ۱۹ سال، دمای شبانه روزی لایه سکونتگاه‌ها حدود ۱/۱۲ درجه و لایه زمین‌های زراعی ۰/۶۱ 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 ۶/۲، ۰/۸ و ۰/۶ درجه سانتی‌گراد، افزایش دما را برای خود ثبت کردند.

واژه‌های کلیدی: پوشش‌های سطح زمین، دمای سطحی زمین، مودیس، شاخص موران، خوشه

۱- استاد اقلیم‌شناسی، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین shahriar_khaledi6@yahoo.com

۲- استادیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین (نویسنده مسئول) ms167023@yahoo.com

۳- کارشناسی ارشد، اقلیم‌شناسی، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین ahmadibarati.f@yahoo.com

۱- مقدمه

انواع پوشش‌های سطح زمین را می‌توان مدل‌سازی کرد. از جمله تحقیقاتی که در زمینه این پژوهش توسط محققان داخلی و خارجی صورت گرفته می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود. حسینی و همکاران در سال ۱۳۹۳، با بررسی پدیده‌ی تغییر اقلیم و تأثیرات آن بر کاربری اراضی طبیعی حوضه‌ی آبریز گرگان رود متوجه شدند که تغییرات در این دامنه‌ی زمانی به سمت کاهش اراضی مرتعی و جنگلی و همچنین افزایش اراضی زراعی- باغی و زمین‌های بایر در سطح حوضه پیش رفته است. وقوع خشکسالی در برخی قسمت‌های این حوضه به شکل سالانه یا فصلی است که نشان‌دهنده اثر تغییرات اقلیمی بر تغییر کاربری اراضی است (حسینی و همکاران، ۱۳۹۳).

عیسوی و رضایی چپانه در سال ۱۳۹۳، در بررسی تأثیر خشکسالی و تغییرات کاربری و پوشش اراضی بر تالاب‌های منطقه سولدز به این نتیجه رسیدند که کاربری‌های منطقه مورد مطالعه و اقلیم محلی نوساناتی را در طی زمان داشته است. به‌طوری‌که این تغییرات، بر روی اکوسیستم تالاب‌ها نیز تأثیر گذاشته و موجب نوسان مساحت آن در طی زمان شده است. تغییرات رشد گیاهان آبی تالاب‌ها و توسعه اراضی کشاورزی در نزدیکی اکوسیستم تالاب‌ها، دارای ضریب همبستگی ۹۱/۵ درصد می‌باشد. بنابراین بیشترین تغییرات ناشی از عوامل انسانی، مربوط به جامعه گیاهی اکوسیستم تالاب‌ها می‌باشد (عیسوی و رضایی چپانه، ۱۳۹۳).

جهانی شکیب و همکاران با استفاده از شاخص بارش استاندارد، روند تغییرات کاربری زمین و تغییر اقلیم در سیمای سرزمین تالاب با تأکید بر آثار محیط زیستی را ارزیابی کردند و به این نتیجه رسیدند که تحلیل هم‌زمان تغییر کاربری و اقلیم با توجه به خشکسالی طولانی مدت نشان‌دهنده‌ی تحمیل فشارهای زیاد و ایجاد آثار تجمعی در محیط زیست منطقه است (جهانی شکیب و همکاران، ۱۳۹۳).

صفوی‌گردینی و همکاران از آزمون‌های آماری، برای بررسی تغییرات اقلیمی بر پوشش گیاهی مراتع شهرستان فسا استفاده کردند. آن‌ها نشان دادند که رابطه‌ی معنی‌داری بین عناصر

در چند دهه اخیر تغییر کاربری اراضی و پوشش سطح زمین و به‌دنبال آن تغییر دما به مسئله بسیار مهمی در جهان تبدیل شده است و محققین و دانشمندان با انجام تحقیقات و بررسی‌های خود سعی در آشکارسازی این مسئله دارند تا پیامدهای ناشی از تغییر کاربری زمین و پوشش سطح زمین را گوشزد کنند. تغییرات کاربری اراضی/ پوشش سطح زمین هم دلایل طبیعی دارد هم انسانی و مهم‌ترین آن‌ها، عامل انسانی تلقی می‌شود. در واقع افزایش جمعیت انسانی و نیازهای روز افزون بشر، باعث شده که جنگل‌ها، مراتع و پوشش گیاهی به‌طور فزاینده‌ای مورد دست‌اندازی قرار گرفته و انسان‌ها به‌منظور دستیابی به اهداف خود در تأمین منابع، مبادرت به تخریب آن‌ها کرده و به مناطق مسکونی و زمین‌های کشاورزی تبدیل کنند. این تغییرات در پوشش سطح زمین، محیط زیست را هم تحت تأثیر قرار می‌دهد. شکی نیست که مهم‌ترین اثری که این تغییرات بر جای می‌گذارند، بر روی میزان دما است. به بیان دیگر، با تبدیل جنگل‌ها، مراتع و پوشش گیاهی به سطوح غیر قابل نفوذ، افزایش دما به‌طور محسوس‌ی اتفاق می‌افتد. در بین عناصر اقلیمی تأثیر دما در یک منطقه و تغییرات آن اثرات چشمگیری بر تاب‌آوری زمین دارد و می‌تواند پوشش و کاربری اراضی یک مکان را دچار تنش سازد. در این میان، دمای سطح زمین عاملی مهم در مطالعات گرمایش جهانی و به‌عنوان یک نماینده برای تغییرات آب و هوا و برآورد بیان تابش در مطالعات توزان انرژی به‌شمار می‌رود (رمضانی و همکاران، ۱۳۹۹). با توجه به تفاوت گرمای ویژه هریک از پوشش‌های سطح زمین از جمله کاربری‌های پوشش گیاهی، زمین‌های بایر، منابع آبی، مناطق سکونتگاهی، مقداری از انرژی‌های تابشی خورشید را جذب و باعث افزایش دمای پوشش سطح زمین می‌گردد، درنهایت این گرما به‌صورت تابش‌های طول موج بلند، از سطح انواع پوشش‌ها به محیط ساطع می‌شود. در صورت محاسبه دمای سطح زمین در دوره‌های مختلف روند افزایش و یا کاهش دما در سطح

زمین بر روی محدوده‌ی دمای روزانه مناطق گرمسیری هند با استفاده از داده‌های سنجنش‌ازدور برای مدت ۱۱ سال در طول سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۱ نشان داده اند که دهلی شاهد شهرنشینی گسترده از نظر رشد جمعیت، حدود ۲۰/۹۶ درصد بوده است و تحولات عمده در مناطق 'LU /LC بیش از ۵۰ درصد بوده است (موهان و همکاران، ۲۰۱۵). بوکائی و همکاران با ارزیابی جزیره حرارتی شهری بر اساس رابطه بین دمای سطح زمین و کاربری زمین، پوشش سطح زمین در تهران با استفاده از تصاویر ماهواره Landsat TM نشان دادند که جزیره حرارتی ایجاد شده در تهران از نظر عامل مسبب، متفاوت است و همچنین در بررسی ارتباط بین پوشش زمین و دمای سطح زمین، همبستگی منفی بین این دو پارامتر را نشان داد (بوکائی و همکاران، ۲۰۱۶). اوس و همکاران در شناسایی تغییر دمای سطح زمین و پوشش زمین، کاربری زمین در کلان‌شهر لاگوس در نیجریه به نتیجه رسیدند که پوشش گیاهی در طی ۳۰ سال، حدود ۱۰٪ کاهش یافته است و این تغییرات به تغییرات در میکرو اقلیم کمک کرده و شدت جزیره گرمایی را تحت‌تأثیر قرار داده است (اوس و همکاران، ۲۰۱۶). کین هو و همکاران با بررسی تأثیر استفاده از پوشش زمین، کاربری اراضی بر روی دمای سطح زمین کلان شهر کوالالمپور، در توزیع میانگین تغییرات در LST مناطق شهری (منطقه با مترائ بالا) بیشترین افزایش دما و پس از آن مناطق شهری (سطح پایین)، زمین‌های چمن، زمین‌های جنگلی و نواحی آبی در رتبه های بعدی قرار دارند (کین هو و همکاران، ۲۰۱۸). نگا و همکاران با استفاده از سنجنش از دور تأثیر تغییر پوشش گیاهی بر بارندگی و دمای سطح زمین در آب و هوای نیمه‌گرمسیری اتیوپی را ارزیابی کردند نتیجه ارزیابی آن‌ها نشان داد که پوشش گیاهی در سال‌های ۱۹۸۵ و ۲۰۱۷ به ترتیب ۷/۴ درصد (۲۱۰۱۷۷ هکتار) و ۶/۲ درصد (۱۱۶۳۸۷ هکتار) منطقه را پوشش داده است که نشان‌دهنده این است که ۱/۲ درصد از پوشش گیاهی طی ۳۲ سال گذشته از بین رفته است

آب و هوایی (درجه حرارت، بارندگی و ...) بر فاکتورهای تولید و تراکم وجود دارد (صفوی گردینی و همکاران، ۱۳۹۴). تیموری و همکاران در تحقیقی در سال ۱۳۹۷، تحت عنوان ارزیابی اثر تغییر کاربری اراضی بر فرسایش خاک (مطالعه موردی: حوضه آبخیز کندران)، به این نتیجه رسیدند که فاکتورهای فرسایش باران و عامل پوشش گیاهی در مدل RUSLE تحت‌تأثیر مستقیم تغییرات اقلیمی و نیز تغییرات کاربری اراضی و پوشش گیاهی قرار دارند. و به‌طوری کلی طی ۵ دهه‌ی آینده ۲۰ درصد بر میزان فرسایش افزوده می‌شود (تیموری و همکاران، ۱۳۹۷).

اصغری سراسکانرود و امامی در پایش دمای سطح زمین و بررسی رابطه کاربری اراضی با دمای سطح با استفاده از تصاویر سنجنده OLI و ETM+ شهرستان اردبیل، به این نتیجه رسیدند که رابطه قوی بین کاربری اراضی و دمای سطحی وجود دارد. کاربری شهری و نواحی بایر داری دمای بیشتری نسبت به نواحی همچون کشاورزی و مرتع می‌باشند، زیرا پوشش گیاهی همواره به‌صورت مانع برای ورود حرارت عمل کرده و رابطه معکوس با حرارت سطحی دارد (اصغری سراسکانرود و امامی، ۱۳۹۸). روسی و همکاران، با تحلیل دمای سطح زمین و کاربری زمین و پوشش زمین با استفاده از انواع تصاویر سنجنش‌ازدور در شهر چنای هند به این نتیجه رسیدند که داده‌ها بیانگر افزایش دما در مناطق شهری و کاهش در مناطق پوشش گیاهی هستند (روسی و همکاران، ۲۰۰۹). ستیریو و همکاران در تحلیل تأثیر کاربری اراضی، پوشش زمین با استفاده از سنجنش از دور دریافتند که تغییر کاربری زمین عامل مهمی برای افزایش LST بوده است (ستیریو و همکاران، ۲۰۱۳). در مطالعه واکنش دمای سطح زمین نسبت به پوشش‌های سطح زمین، با تجزیه و تحلیل LST با پوشش زمین و کاربری اراضی، نتایج نشان‌دهنده‌ی همبستگی منفی بین شاخص پوشش گیاهی و LST می‌باشد و همچنین مشخص شد که افزایش دما در سال‌های اخیر در طول دهه گذشته وجود داشته است (دینگ و همکاران، ۲۰۱۳). در مطالعه تأثیر شهرنشینی و کاربری زمین، پوشش سطح

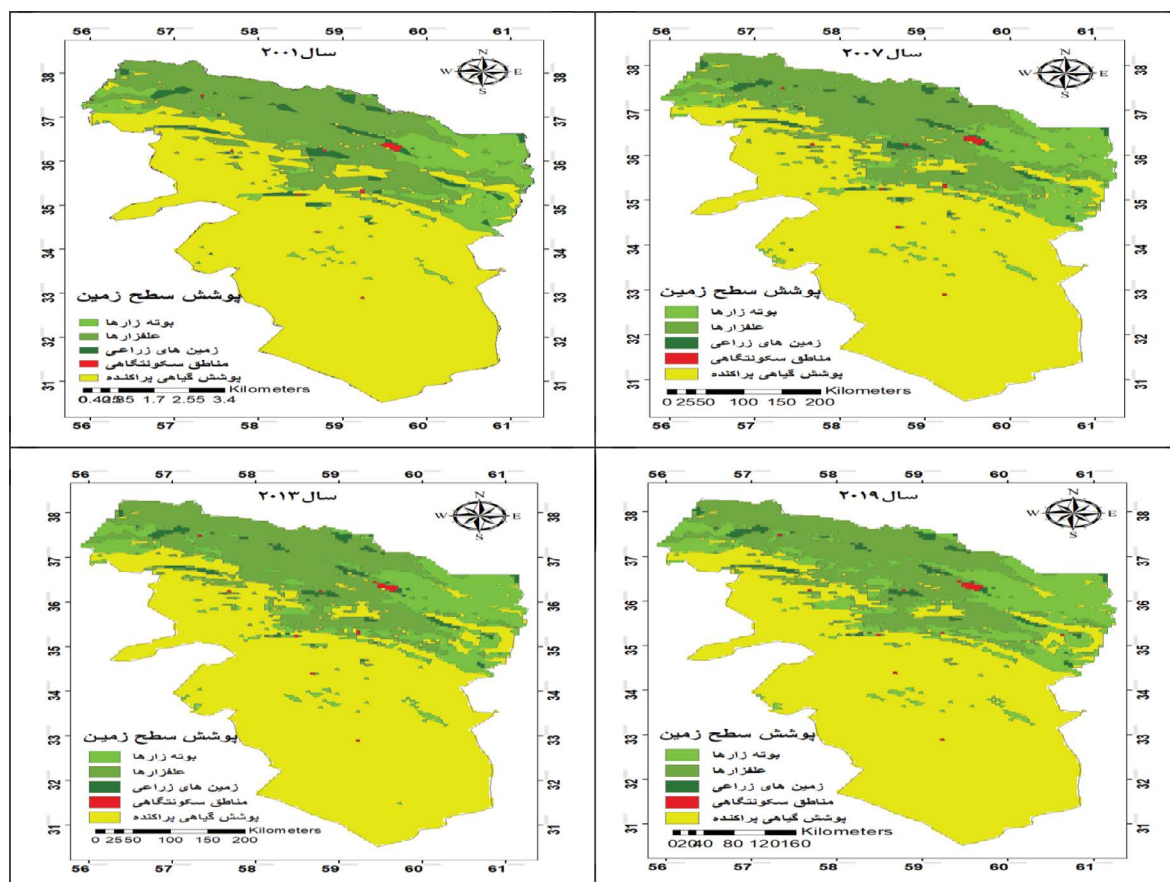
فزاینده‌ای برای تعیین و تجزیه و تحلیل تغییرات کاربری و پوشش زمین به کار گرفته می‌شوند (هاتوت، ۲۰۰۲). از جمله روش‌هایی که می‌توان تغییرات پوشش‌های سطح زمین و دمای سطح زمین را بررسی نمود. استفاده از محصولات سنجنده مودیس می‌باشد. این محصولات در سه حوزه اتمسفر، اقیانوس و خشکی از سال ۲۰۰۰ تا زمان حاضر در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی ارائه شده است. گستردگی استان‌های شمال‌شرقی کشور و عواملی مانند وجود رشته‌کوه‌های مرتفع و مناطق کویری، دوری از پهنه‌های آبی و وزش بادهای مختلف موجب گوناگونی آب و هوا در مناطق آن گردیده است. کاربری‌های عمده‌ای سطح منطقه را تشکیل می‌دهند که در این تحقیق سعی بر آن است با استفاده از محصولات سنجنده مودیس (محصول پوشش سطح زمین و محصول دمای سطح زمین) روند افزایشی و کاهش دمای سطح زمین را بر سطح هر یک از کاربری‌ها (پوشش‌های سطح زمین) مدل‌سازی شود.

۲- داده‌ها و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه از نظر موقعیت جغرافیایی، در عرض‌های ۳۱ تا ۳۸ درجه شمالی و ۵۶ تا ۶۱ درجه طول جغرافیایی در شمال شرق کشور ایران واقع شده است. این منطقه (استان‌های خراسان رضوی، شمالی و جنوبی) با وسعتی بالغ بر ۳۱۳۵۲۴ کیلومتر مربع، حدود یک‌پنجم از سطح کشور را در بر گرفته است. در این پژوهش برای بررسی تغییرات پوشش سطح زمین، تصاویر مودیس مربوط به پوشش سطح زمین از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۹ میلادی دریافت شد. محصول پوشش سطح زمین (MCD12Q1) شامل پنج طرح طبقه‌بندی پوشش زمین می‌باشد که به وسیله یک روش نظارت شده درخت تصمیم‌گیری ایجاد شده است. طرح اولیه پوشش زمین شامل ۱۷ کلاس که ۱۱ کلاس آن مربوط به پوشش گیاهی و سه کلاس مربوط به کلاس‌های انسان ساخت و سه کلاس مربوط به کلاس‌های غیر پوشش گیاهی است. این محصول به صورت سالانه و

(نگا و همکاران، ۲۰۱۹). نتایج به دست آمده از پژوهش نایاک و همکاران، در مورد بررسی تأثیر تغییرات کاربری اراضی و تغییرات سطح زمین بر روند دما در هند نشان داد که در فاصله زمانی سال‌های ۲۰۰۶-۱۹۸۱ کشور هند حدود ۱۰ درجه سانتی‌گراد گرم‌تر شده است. تغییرات کاربری‌ها در این فاصله زمانی در بعضی از سال‌ها، باعث تغییر دما شده است (نایاک و همکاران، ۲۰۱۹).

تایسسی و همکاران در بررسی مدل‌سازی سیستم‌اتی اثرات استفاده از زمین و تغییرات پوشش زمین بر دمای سطح زمین در منطقه آداما زوریا، اتیوپی به این نتیجه رسیدند که در سال ۱۹۸۹ در بیشتر میزان دمای سطح زمین آن پایین بوده و در سال‌های ۱۹۹۹ و ۲۰۱۶ با تغییرات مختلف در الگوی کاربری، پوشش زمین به دماهای بالاتر تغییر یافتند (تایسسی و همکاران، ۲۰۱۹). سها و همکاران در بررسی هم‌افزایی چند رویکردی بین دمای سطح زمین و سطح زمین کاربری زمین نقشه‌های LULC و LST نشان می‌دهند که LST از ۲۷/۰۱ تا ۳۳/۸۶ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد در حالی که مناطق ساخته شده از ۶/۹۳٪ به ۱۰،۲۷٪ در طول سال‌های ۱۹۸۸-۲۰۱۸ افزایش یافته‌اند (سها و همکاران، ۲۰۱۹). در مطالعه تحلیلی گوها و همکاران بر رابطه بین دمای سطح زمین و استفاده از پوشش زمین، نتایج نشان داد قوی‌ترین همبستگی بین LST و شاخص‌های پوشش زمین، کاربری زمین در فصل باران‌های موسمی و پس از موسم بارندگی، همبستگی نسبتاً ضعیفی مشاهده می‌شود (گوها و همکاران، ۲۰۲۰). شفرینا و همکاران در بررسی تأثیر جنگل‌زدایی بر روی دمای سطح زمین، مطالعه موردی پراک و کدا کشور مالزی، یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که تقریباً ۱۶٪ (۴۲۳ هکتار) از پوشش جنگلی در پراک و بیش از ۹٪ (۳۳۳۹۱ هکتار) از پوشش جنگل در کدا در طی ۲۹ سال به دلیل فعالیت‌های انسانی از بین رفته است که این کاهش در ناحیه پوشش گیاهی، منجر به افزایش دمای سطح می‌شود (شفرینا و همکاران، ۲۰۲۰). امروزه سنجنش‌ازدور ماهواره‌ای همراه با سیستم اطلاعات جغرافیایی، به‌طور



نگاره ۱: نقشه های پوشش های سطح زمین براساس استاندارد IGBP (۲۰۱۹-۲۰۰۱)

خودهمبستگی Moran جهانی و برای تحلیل خوشه ها و ناخوشه ها از شاخص انسلین Moran محلی^۳ استفاده شد، در مرحله آخر برای ارزیابی رابطه دمای سطحی شبانه روزی، دمای روزانه و دمای شبانه با انواع پوشش های سطح زمین بعد از تبدیل نقشه های رستری NDVI و LST به نقشه های وکتوری، ضریب همبستگی پیرسون، رابطه رگرسیونی و مقدار معناداری بین متغیرها در محیط برنامه نویسی R محاسبه شد.

۳- نتایج و بحث:

۳-۱- بررسی تغییرات پوشش های سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره مودیس

از ۱۷ کلاس استاندارد IGBP، پنج نوع پوشش غالب سطح زمین در منطقه شمال شرق طی دوره آماری (۲۰۱۹-۲۰۰۱)، شناسایی شد. براساس نقشه های تهیه شده پوشش های

به صورت پیکسل سائز ۵۰۰ متر ارائه می شود. محصول پوشش سطح زمین^۱ براساس ۴ استاندارد^۲ طبقه بندی شده است. در این پژوهش از استاندارد IGBP و برای تبدیل به فرمت نقشه و تغییرات پوشش سطح زمین از الگوریتم Decision tree و Change Detection استفاده شده است. محصول دمای سطح زمین (MOD11) در مقیاس متوسط سالانه (شب هنگام، روز هنگام) برای هر دو ماهواره ترا و اکوا در محیط سامانه گوگل ارث انجین به تفکیک سال تهیه شد. در مطالعات محیطی اغلب با مشاهداتی سروکار داریم که مستقل از یکدیگر نبوده و وابستگی آن ها با یکدیگر ناشی از موقعیت و مکان قرار گرفتن مشاهدات در فضای مورد مطالعه می باشد. بدین منظور برای آشکارسازی تأثیر پوشش های زمین بر مؤلفه های دمای سطحی از ابزار تحلیل

1- Land cover

2- IGBP, UMD, LAI/FPAR, PFT

3- Anselin local Moran's i

جدول ۱: پوشش سطح زمین به تفکیک سال براساس استاندارد IGBP محصول MCD12C1

مساحت km2 سال	پوشش گیاهی پراکنده	مناطق سکونتگاهی	زمین‌های زراعی	علفزارها	بوته‌زارها
۲۰۰۱	۱۵۵۴۰۶	۴۵۹	۵۳۴۴	۵۳۰۲۷	۲۵۲۳۴
۲۰۰۲	۱۵۴۲۰۳	۴۵۱	۵۳۸۵	۵۳۴۵۱	۲۵۹۳۳
۲۰۰۳	۱۵۳۳۵۰	۴۲۲	۵۴۴۲	۵۳۷۰۸	۲۶۴۹۵
۲۰۰۴	۱۵۳۱۰۹	۴۲۲	۵۲۱۹	۵۳۶۳۹	۲۷۰۳۲
۲۰۰۵	۱۵۲۷۹۳	۴۵۱	۴۸۰۳	۵۴۱۳۸	۲۷۲۴۷
۲۰۰۶	۱۵۲۷۹۲	۴۵۱	۴۴۹۰	۵۴۰۸۲	۲۷۶۱۶
۲۰۰۷	۱۵۲۷۳۴	۴۵۱	۴۷۵۱	۵۴۰۲۰	۲۸۰۲۶
۲۰۰۸	۱۵۳۰۸۸	۴۵۱	۳۸۴۸	۵۳۲۰۳	۲۸۸۲۱
۲۰۰۹	۱۵۲۹۸۱	۴۸۳	۳۹۳۶	۵۲۱۱۱	۲۹۹۰۱
۲۰۱۰	۱۵۳۱۲۲	۴۸۳	۳۷۴۸	۵۱۲۸۸	۳۰۷۲۵
۲۰۱۱	۱۵۳۷۸۵	۴۷۴	۳۴۷۱	۵۱۲۱۸	۳۰۳۲۱
۲۰۱۲	۱۵۴۴۲۰	۴۹۹	۳۴۸۹	۵۱۱۳۴	۲۹۸۵۱
۲۰۱۳	۱۵۴۹۹۳	۴۵۷	۳۶۰۲	۵۰۱۳۱	۳۰۲۲۵
۲۰۱۴	۱۵۶۵۵۲	۴۳۲	۳۴۸۵	۴۹۱۱۰	۲۹۸۵۸
۲۰۱۵	۱۵۶۷۵۳	۴۳۲	۶۳۶۵	۴۸۶۱۸	۲۹۹۳۸
۲۰۱۶	۱۵۶۷۸۸	۴۵۷	۳۷۵۷	۴۸۳۶۴	۳۰۰۴۰
۲۰۱۷	۱۵۶۸۴۰	۴۳۳	۳۴۴۸	۴۹۱۰۵	۲۶۵۷۴
۲۰۱۸	۱۵۷۸۸۲	۴۳۳	۲۶۵۷	۴۷۳۰۲	۳۰۸۶۲
۲۰۱۹	۱۵۲۳۴۳	۴۸۸	۳۶۱۷	۴۸۳۷۱	۳۴۶۱۶

جدول ۲: ضریب همبستگی پیرسون بین پوشش‌های سطح زمین با دوره آماری (۲۰۰۱-۲۰۱۹)

بوته‌زارها	علفزارها	زمین‌های زراعی	مناطق سکونتگاهی	پوشش گیاهی پراکنده	پوشش سطح زمین
۰/۷۶	-۰/۹۲	-۰/۹۰	۰/۰۳	۰/۵۲	ضریب پیرسون

۲۰۱۰ مساحت بوته‌زارها یک روند افزایشی ملایم داشته و به ۳/۳۰۷۲۵ کیلومترمربع رسیده است، در سال ۲۰۱۷ با کاهش ناگهانی شدید به ۶/۲۶۲۷۴ کیلومترمربع رسیده است و در سال ۲۰۱۹ با مساحت ۱/۳۴۶۱۶ کیلومترمربع به شدت افزایش پیدا کرده است. براساس نتایج جدول (۲) طبقه پوشش بوته‌زارها با دوره آماری ۱۹ ساله، با ضریب همبستگی ۰/۷۶ دارای روند افزایشی می‌باشد.

۲. طبقه علفزارها

علفزار یک اکوسیستم وسیع است که با گیاهان خودرو، گل‌ها و بوته‌ها پوشیده شده است. این دشت‌ها به‌خودی‌خود سرسبز و خرم هستند و نیاز به آبیاری ندارند. درواقع

غالب زمین شامل، پوشش بوته‌زارها، علفزارها، زمین‌های زراعی، پوشش‌های گیاهی پراکنده و مناطق سکونتگاهی می‌باشد. بیشترین مساحت منطقه را پوشش‌های گیاهی پراکنده (۵۰ درصد) و علفزارها (۲۰ درصد) و کمترین آن را مناطق سکونتگاهی (۱۵ درصد) تشکیل می‌دهند.

۱. طبقه بوته‌زارها

بر اساس استاندارد IGBP پوشش بوته‌زارها، غالب گیاهان چند ساله چوبی که ارتفاع آن‌ها ۱-۲ متر و ۱۰-۶۰ درصد پوشش می‌باشند را شامل می‌شوند. براساس جدول (۱) طبقه بوته‌زارها در سال ۲۰۰۱ حدود ۸/۲۵۲۳۴ کیلومترمربع مساحت منطقه را در بر گرفته است، و تا سال

توسط شاه حسینی در سال ۱۳۹۵ انجام گرفته است، همسو می‌باشد. ایشان در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند بروز خشکسالی‌ها در سال‌های اخیر منجر به کاهش زمین‌های زراعی شده است. در شمال‌شرق کشور با توجه به اینکه عمده زمین‌های زراعی متکی بر کشت‌های دیم می‌باشد و با توجه به تغییرات آب و هوایی که طی چند سال اخیر به وقوع پیوسته است از لحاظ مساحتی به شدت کاهش پیدا کرده است.

۲. طبقه مناطق سکونتگاهی

اراضی سکونتگاهی شامل سطح غیرقابل نفوذ از جمله مصالح ساختمانی، آسفالت و غیره می‌شوند. جایگزینی پوشش‌های گیاهی با آسفالت، بتن و تغییر کاربری اراضی از عوامل اصلی انتشار گرماهای انسان‌ساز به شمار آمده که باعث افزایش دمای محیط زیست شهری و منجر به ایجاد جزیره حرارتی شهری می‌شود (خسروی و همکاران، ۱۳۹۶: کیخسروی، ۲۰۱۹). وضعیت مناطق مسکونی و انسان‌ساخت در شمال‌شرق ایران در طول دوره آماری، با توجه به ضریب همبستگی ناچیز (۰/۳۵)، دارای نوسانات ضعیفی بوده است و افزایش و کاهش قابل توجهی نداشته است به‌طوری‌که در سال ۲۰۰۱ مساحت ۴۵۹/۲ کیلومترمربع و در سال ۲۰۱۹ مساحت ۴۸۸ کیلومترمربع را داشته است. به‌نظر می‌رسد پایین بودن توان تفکیک مکانی سنجنده مودیس باعث شده است که کاربری سکونتگاه‌های انسانی در سطح منطقه به‌خوبی قابل شناسایی نباشد.

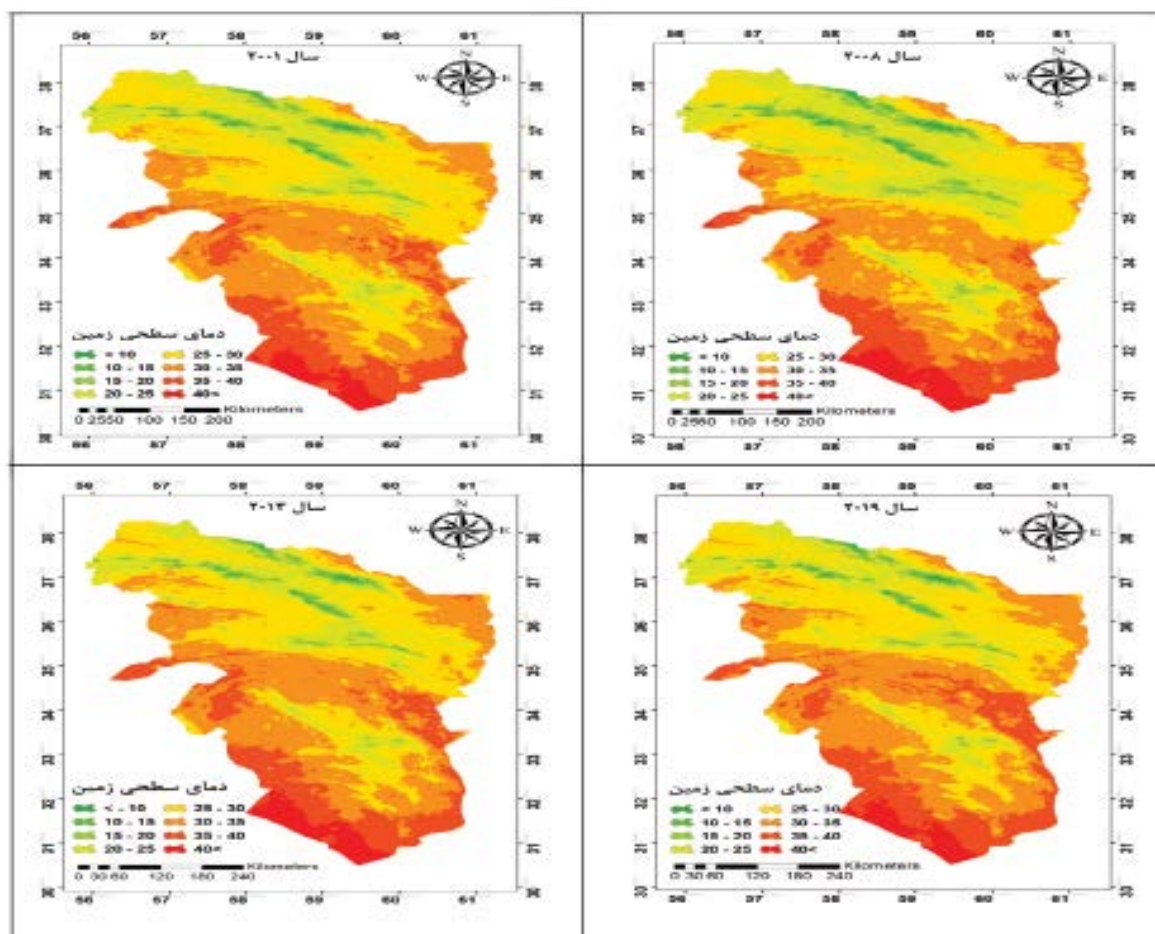
۳. طبقه پوشش گیاهی پراکنده

افزایش وسعت طبقه پوشش گیاهی پراکنده و بی‌ثمر نشان‌دهنده تغییرات منفی در اکوسیستم منطقه است. به گونه‌ای که از مساحت طبقات دیگر همچون نواحی آبی، زمین‌های زراعی و غیره کاسته شده و بر وسعت این طبقه افزوده شده است (کیخسروی و همکاران، ۱۳۹۸). پوشش

تعریف اکوسیستم علفزار مربوط به مراتع یا زمین‌های کشاورزی نمی‌شود که به دست انسان ایجاد شده است. علفزارها مناطقی هستند که جنگل‌ها را از بیابان‌ها جدا می‌کنند. علفزارهای بلند (با گیاهانی با ارتفاع بلندتر از یک و نیم متر)، چمن‌زارهای مختلط (با گیاهانی با ارتفاع ۶۰ تا ۹۰ سانتی‌متر) و علفزارهای کوتاه گیاهان موجود در علفزارها با شرایط خشکسالی طولانی‌مدت، سازگار هستند. ضریب همبستگی پیرسون در محیط برنامه‌نویسی R، بین مساحت پوشش علفزارها در هر دوره با دوره آماری ۱۹ ساله (۲۰۱۹-۲۰۰۱)، تعیین شد، با توجه به نتایج جدول (۲)، مساحت پوشش علفزارها با توجه به نسبت همبستگی ۰/۹۲- روند کاهشی معناداری را تجربه می‌کند. به‌طوری‌که مساحت علفزارها در سال ۲۰۱۹ نسبت به سال ۲۰۰۱ حدود ۴۶۵۶ کیلومتر مربع، کاهش داشته است (جدول ۲).

۱. طبقه زمین‌های زراعی

زمین از عوامل مهم تولید در کشاورزی است. با وجود پیشرفت‌های فناورانه و افزایش بهره‌وری زمین، به دلیل رشد زیاد جمعیت، اهمیت این نهاده رو به فزونی است. به‌علت کاهش بارش و تغییرات اقلیمی چند سال اخیر انتظار می‌رود از میزان زمین‌های زراعی کاسته شود. با توجه به نتایج جدول (۱) می‌توان نتیجه گرفت که در طی ۱۹ سال از سال ۲۰۰۱ تا سال ۲۰۱۹ از مساحت زمین‌های زراعی کاسته شده است. زمین‌های زراعی در سال ۲۰۰۱ از مساحت ۵۳۴۴ کیلومترمربع به مساحت ۳۶۱۷/۸ کیلومترمربع کاهش داشته است که کمترین میزان مساحت زمین‌های زراعی در سال ۲۰۱۸، ۲۶۵۷/۳ کیلومترمربع بوده است. با توجه به نتایج جدول (۲) زمین‌های زراعی در طول دوره آماری ۱۹ ساله (همبستگی بین مساحت زمین‌های زراعی با دوره آماری)، با ضریب همبستگی ۰/۹۰- دارای روند کاهشی می‌باشد. کاهش زمین‌های زراعی با نتایج پژوهشی که



نگاره ۲: متوسط دمای سطحی زمین در ناحیه شمال شرق ایران

گیاهی پراکنده که بیش از نیمی از مساحت منطقه را شامل می‌شود، به‌طور کلی همانطور که در جدول (۱) مشاهده می‌شود روندی افزایشی را داشته است، به‌گونه‌ای که در سال‌های آخر دوره آماری حدود ۳۰۰۰ کیلومتر مربع به وسعت این پهنه پوششی زمین افزوده شده است. نتایج جدول (۲) نیز با ضریب همبستگی ۰/۵۲ مثبت، که بین مساحت این طبقه پوششی در هر سال با دوره آماری محاسبه شده است، روند افزایشی را نشان می‌دهد.

۲-۳- بررسی تغییرات دمای سطح زمین^۱ به تفکیک پوشش‌های سطح زمین

به‌منظور ارزیابی تغییرات سطحی زمین، از محصول MOD11 سنجنده مودیس در محیط سامانه گوگل ارث انجین که بالغ بر حدود ۲۹۲۵۱۵ یاخته اندازه‌گیری می‌باشد در مقیاس‌های متوسط شبانه‌روزی دما، متوسط دمای روزانه و متوسط دمای شبانه، در فاصله زمانی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۹ استفاده شد. به‌علت زیاد بودن تعداد نقشه‌های دمای سطحی در سه مقیاس (۵۷ نقشه)، فقط چند نمونه از نقشه‌های دمای سطحی (نگاره ۲) و جداول آماری که از نقشه‌ها به‌دست آمده بود، به تفکیک پوشش‌های سطح زمین استخراج شد، در این پژوهش ارائه می‌شود. جداول شماره‌های ۳ تا ۵ وضعیت دمای سطحی زمین را در سه مقیاس (متوسط شبانه‌روزی دما، متوسط دمای روزانه و متوسط دمای شبانه) به تفکیک پوشش‌های سطح زمین را نشان می‌دهند.

۱- Land surface temperature

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سام)

بررسی اثر تغییرات پوشش زمین بر دمای روبه سطحی زمین با استفاده از ... / ۱۸۷

جدول ۳: متوسط دمای سطحی شبانه‌روزی پوشش‌های سطح زمین به تفکیک سال

کاربری سال	پوشش گیاهی پراکنده	مناطق سکونتگاهی	زمین‌های زراعی	علفزارها	بوته‌زارها
۲۰۰۱	۳۲/۳۵	۲۸/۵۳	۲۶/۱۸	۲۳/۵۱	۲۸/۰۵
۲۰۰۲	۳۳/۲۱	۳۰/۰۱	۲۷/۹۵	۲۵/۱۷	۲۹/۷۴
۲۰۰۳	۳۲/۸	۲۹/۳۴	۲۶/۷۷	۲۴/۰۱	۲۹/۱۹
۲۰۰۴	۳۳/۲۴	۲۹/۳۵	۲۷/۲۴	۲۴/۳۱	۲۹/۲۲
۲۰۰۵	۳۲/۶۴	۲۸/۸۶	۲۶/۳۶	۲۳/۳	۲۸/۸۵
۲۰۰۶	۳۳/۸۵	۳۱/۰۶	۲۸/۴	۲۵/۴۲	۳۰/۴۱
۲۰۰۷	۳۱/۶۷	۲۸/۸۸	۲۶/۰۲	۲۳/۴۳	۲۸/۵
۲۰۰۸	۳۱/۹۷	۲۷/۰۹	۲۴/۷۴	۲۱/۸۴	۲۶/۵۴
۲۰۰۹	۳۲/۲۱	۲۸/۰۳	۲۵/۵۷	۲۲/۷۱	۲۷/۸۰
۲۰۱۰	۳۲/۶۴	۲۹/۱۹	۲۶/۷	۲۴/۱۴	۲۸/۷۵
۲۰۱۱	۳۲/۲۴	۲۹/۷۱	۲۶/۹۱	۲۳/۸۲	۲۸/۶
۲۰۱۲	۳۱/۴۱	۲۸/۹۵	۲۶/۸	۲۳/۲۲	۲۸/۵۳
۲۰۱۳	۳۲/۵۵	۲۹/۳۱	۲۶/۳۱	۲۳/۶۸	۲۸/۴۷
۲۰۱۴	۳۲/۳	۳۰/۳۸	۲۷/۶۶	۲۴/۵	۲۸/۵۵
۲۰۱۵	۳۲/۹۲	۳۰/۹۵	۲۷/۷۵	۲۴/۸	۲۹/۵
۲۰۱۶	۳۳/۴۹	۳۰/۶۴	۲۷/۹۳	۲۴/۹	۲۹/۶
۲۰۱۷	۳۲/۷۳	۲۹/۶۷	۲۷/۰۱	۲۴	۲۸/۴۱
۲۰۱۸	۳۲/۴۹	۳۰/۸۵	۲۸/۳۲	۲۴/۹۶	۲۸/۸۹
۲۰۱۹	۳۲/۶۰	۲۹/۶۵	۲۶/۵۹	۲۳/۷۰	۲۸/۳۶

جدول ۴: متوسط دمای سطحی روزانه پوشش‌های سطح زمین به تفکیک سال

کاربری سال	پوشش گیاهی پراکنده	مناطق سکونتگاهی	زمین‌های زراعی	علفزارها	بوته‌زارها
۲۰۰۱	۴۵/۵	۳۳/۱	۳۳/۹	۳۵/۳	۳۵/۲
۲۰۰۲	۴۶	۳۳/۹	۳۶	۳۶/۳	۳۶/۵
۲۰۰۳	۴۶/۵	۳۳/۱	۳۵/۱	۳۶/۴	۳۶/۴
۲۰۰۴	۴۷/۳	۳۳/۸	۳۵/۳	۳۶/۸	۳۵/۹
۲۰۰۵	۴۶/۲	۳۲/۳	۳۴/۵	۳۵/۹	۳۵/۹
۲۰۰۶	۴۷/۳	۳۵	۳۶	۳۷/۷	۳۷
۲۰۰۷	۴۴/۹	۳۱/۹	۳۲/۷	۳۶	۳۵/۸
۲۰۰۸	۴۶	۳۲/۷	۳۳/۷	۳۵/۲	۳۴/۴
۲۰۰۹	۴۵/۴	۳۳	۳۲/۵	۳۵/۵	۳۴/۸
۲۰۱۰	۴۵/۸	۳۲/۹	۳۴/۳	۳۶/۴	۳۹/۱
۲۰۱۱	۴۵/۵	۳۳/۱	۳۴/۳	۳۶	۳۸/۳
۲۰۱۲	۴۴/۳	۳۲/۲	۳۴/۷	۳۶	۳۷/۲
۲۰۱۳	۴۶/۳	۳۳/۵	۳۳/۶	۳۵	۳۹/۲
۲۰۱۴	۴۵/۳	۳۳/۲	۳۳/۹	۳۵/۳	۳۸/۴
۲۰۱۵	۴۶	۳۳/۷	۳۴/۹	۳۶/۱	۳۹/۲
۲۰۱۶	۴۷	۳۴/۹	۳۴/۷	۳۶/۴	۴۰/۱
۲۰۱۷	۴۶/۷	۳۴/۷	۳۳/۹	۳۴/۸	۳۵/۷
۲۰۱۸	۴۶	۳۴/۳	۳۴/۳	۳۶/۶	۳۷/۳
۲۰۱۹	۴۵/۶	۳۴/۱	۳۳	۳۴/۹	۳۵/۷

جدول ۵: متوسط دمای سطحی شبانه پوشش‌های سطح زمین به تفکیک سال

کاربری سال	پوشش گیاهی پراکنده	مناطق سکونتگاهی	زمین‌های زراعی	علفزارها	بوته‌زارها
۲۰۰۱	۷/۸	۲۴/۳	۱۳/۴	۵/۴	۱۶/۱
۲۰۰۲	۹/۴	۲۵/۹	۱۳/۹	۷/۷	۱۷/۴
۲۰۰۳	۸/۵	۲۴/۹	۱۲/۴	۶/۳	۱۶/۲
۲۰۰۴	۷/۸	۲۵/۲	۱۲/۹	۵/۱	۱۶/۸
۲۰۰۵	۶/۶	۲۳/۸	۱۲/۱	۴/۶	۱۴/۸
۲۰۰۶	۸/۲	۲۶/۴	۱۴	۶/۴	۱۶/۹
۲۰۰۷	۷	۲۳/۸	۱۹	۴/۶	۱۵
۲۰۰۸	۶/۴	۲۲/۶	۱۷	۴/۷	۱۱/۴
۲۰۰۹	۱۰/۱	۲۳/۲	۱۸/۶	۴/۸	۱۱/۹
۲۰۱۰	۱۱/۶	۲۴/۸	۱۸/۷	۷/۲	۱۳/۱
۲۰۱۱	۱۰	۲۶	۱۹/۸	۴/۷	۱۲/۵
۲۰۱۲	۸/۴	۲۴/۵	۱۹/۵	۳/۷	۱۲/۵
۲۰۱۳	۱۱/۲	۲۵/۳	۱۸/۶	۵/۸	۱۳/۵
۲۰۱۴	۱۰/۹	۲۶/۱	۱۸/۹	۵/۵	۱۴/۸
۲۰۱۵	۱۱	۲۶/۲	۲۰/۶	۶/۴	۱۰/۴
۲۰۱۶	۱۱/۴	۲۶/۴	۱۸/۸	۷	۱۰/۶
۲۰۱۷	۱۰/۲	۲۵/۸	۱۹/۲	۵/۴	۱۷
۲۰۱۸	۱۲	۲۷/۴	۱۹/۹	۷/۷	۱۶/۸
۲۰۱۹	۸/۶	۲۴/۹	۱۹/۶	۶	۱۴/۸

سانتی‌گراد، و میانگین دمای روزانه بالغ بر ۳۴/۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. متوسط دمای شبانه به‌علت بالا بودن گرمای ویژه آب و پوشش‌های گیاهی زمین‌های زراعی که در طی روز گرما را جذب کرده و در طی شب گرما را در قالب تابش‌های طول موج بلند زمینی به محیط ساطع می‌کنند، نسبت به دیگر پوشش‌ها قدری بالاست به‌گونه‌ای که متوسط دمای شبانه در طی دوره آماری با توجه به نتایج جدول (۵) به ۱۷/۲۱ درجه سانتی‌گراد می‌رسد.

در بوته‌زارها میانگین دمای شبانه‌روزی ۲۸/۷۴، میانگین دمای شبانه ۱۴/۳۴ درجه سانتی‌گراد و میانگین دمای روزانه ۳۷ درجه سانتی‌گراد به ثبت رسیده است. پوشش علفزارها از کمترین مقدار میانگین دما با ۵/۷ درجه سانتی‌گراد و پوشش گیاهی پراکنده از بیشترین مقدار میانگین دما برخوردار می‌باشند.

در مناطق سکونتگاهی میانگین دمای شبانه‌روزی با ۲۹/۵۰ درجه سانتی‌گراد، میانگین دمای شبانه آن با ۲۵/۱۲

با توجه به توزیع و پراکنش مقادیر دما نتایج حاصل از محاسبه دمای سطحی زمین (نگاره ۱ و جداول ۳ تا ۵) نشان می‌دهد مناطق با پوشش گیاهی مناطق مرتفع و پوشیده از برف دارای حداقل مقادیر دمایی بوده و بیشترین مقادیر دمایی مربوط به نواحی عاری از پوشش گیاهی است. محدوده‌های با دمای بالا مربوط به پوشش گیاهی پراکنده می‌باشد. میانگین دمای شبانه‌روزی در این پوشش با ۳۲/۰۶ درجه سانتی‌گراد، میانگین دمای شبانه آن ۹/۳۲ درجه سانتی‌گراد و میانگین دمای روزانه آن ۴۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. کمترین میانگین دماها به پوشش علفزارها با میانگین شبانه‌روزی ۲۳/۹۷ درجه سانتی‌گراد، میانگین دمای شبانه ۵/۷۴ و میانگین دمای روزانه ۳۵/۹ درجه سانتی‌گراد تعلق دارد. در زمین‌های زراعی به‌دلیل آبیاری زمین‌ها در فصول کشت و انطباق این فصول با فصل گرم باعث کمتر بودن دمای خاک در مقیاس روزانه و شبانه روزی می‌شود به‌طوری که میانگین دمای شبانه‌روزی به ۲۶/۹۱ درجه

درجه سانتی‌گراد، میانگین دمای روزانه با ۳۳/۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. توسعه شهرنشینی، افزایش جمعیت و تبدیل زمین‌های کشاورزی و جنگلی به ساختمان‌ها و مناطق صنعتی، مسبب افزایش دمای مناطق شهری نسبت به دیگر پوشش‌های سطح زمین می‌باشد. در کل می‌توان گفت در منطقه مورد مطالعه، در عرض‌های جغرافیایی بالا، به دلیل نزدیکی به منابع آب، متأثر از پرفشار سیبری و ارتفاع بیشتر، دمای سطحی زمین کمتر می‌باشد ولی عرض جغرافیایی پایین به دلیل سیطره پرفشار آזור و تراکم کم پوشش گیاهی، دماهای سطحی بالایی را تجربه می‌کند.

۳-۳- بررسی الگوی فضایی داده‌های دمای سطحی (شبانه‌روزی)

دمای سطحی زمین، اطلاعات مفیدی پیرامون تغییرات زمانی و مکانی وضعیت موازنه سطحی فراهم می‌کند و اهمیت فراوانی در مطالعات تبخیر و تعرق، تغییرات اقلیمی، چرخه هیدرولوژیکی، پایش پوشش‌های گیاهی، اقلیم شهری، مطالعات محیطی دارد. برای بررسی دمای سطحی در این تحقیق از محصول سنجنده مودیس استفاده شد. بعد از تهیه نقشه‌های دمای سطحی زمین (LST) در دوره آماری (۲۰۱۹-۲۰۰۱)، برای ارزیابی مقادیر خودهمبستگی فضایی، از روش موران جهانی استفاده شد. خروجی‌های تحلیل خودهمبستگی فضایی موران جهانی به‌صورت عددی در جدول (۶) ارائه شده است.

در موران جهانی فرضیه صفر این‌گونه بیان می‌شود که هیچ نوع خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر عنصر مرتبط با عوارض جغرافیایی مدنظر وجود ندارد. حال زمانی که مقدار p-value بسیار کوچک و مقدار z محاسبه‌شده بسیار بزرگ باشد، آنگاه می‌توان فرضیه‌ی صفر را رد کرد. جدول شماره (۶) متوسط مقادیر خودهمبستگی فضایی موران جهانی را نشان می‌دهد، مقدار شاخص موران برای ۱۹ سال مطالعه شده است و متوسط شاخص موران ۰/۹۸۹۳۴۷ است. دمای سطح زمین منطقه شمال شرق ایران در تمام سال‌های مورد مطالعه خود همبستگی معنادار مثبتی دارد و ارزیابی توأمان مقادیر به‌دست‌آمده با آستانه معنادار نشان می‌دهد که مقادیر به‌دست‌آمده برای این سال‌ها معنادار هستند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از شاخص موران جهانی می‌توان فرضیه مبنی بر عدم ارتباط فضایی دمای سطح زمین منطقه

بنابراین با توجه به اینکه تفاوت دمای سطح زمین و دمای هوا در یک منطقه، از تغییرات در نوع پوشش‌های سطح زمین و ظرفیت حرارتی پوشش‌ها نشأت می‌گیرد، توصیه می‌شود در حفظ و نگهداری پوشش‌های سطح زمینی که نقش مهمی در تعدیل درجه حرارت سطح زمین دارند، برنامه‌ریزی مناسبی توسط مسئولین انجام گیرد. چرا که افزایش دماهای سطحی، زمینه لازم را برای ایجاد وقوع انواع مخاطرات از قبیل توفان‌های گرد و خاک، تغییر الگوی بادهای محلی، ایجاد تنش‌های حرارتی بین گیاهان، نابودی گیاهان کم‌مقاوم و... را سبب می‌شود.

با توجه به نتایج جدول ۳ تا ۵ به‌دلیل توان تفکیک مکانی پایین سنجنده مودیس (۱۰۰۰ متر)، در ناحیه مورد مطالعه، مناطق سکونتگاهی که از وسعت‌های پایینی برخوردارند، در سطح تصاویر قابل مشاهده نیستند، همچنین سکونتگاه‌هایی که از وسعت بیشتری برخوردارند، به‌علت پایین بودن توان تفکیک مکانی، دمای سطحی فقط در ۲ تا ۳ نقطه از سطح شهر برآورد می‌شود. لذا این سنجنده برای شناسایی تفاوت‌های دمایی وسعت‌های کوچک (سکونتگاه‌های انسانی) از کارایی زیادی برخوردار نیست و پیشنهاد می‌شود برای آشکارسازی تفاوت‌های دمایی سکونتگاه‌ها،

جدول ۶: خروجی عددی آماره موران برای دمای سطح زمین در شمال شرق ایران

شکل شاخص	سطح معنی داری (p-value)	نمره z	متوسط شاخص موران	سال
الگوی خوشه‌ای	۰/۰۰	۱۴۳۷/۹	۰/۹۸	۲۰۰۱-۲۰۱۹

کرده، بلکه آن‌ها را بر روی نقشه نیز نمایش داد از ابزارهای تهیه نقشه خوشه‌ها استفاده می‌شود. به کمک این ابزارها می‌توان مکان‌هایی که در آن‌ها لکه‌های داغ، سرد و ناخوشه فضایی معنادار از نظر آماری وجود دارند را تعیین نمود.

نگاره شماره (۳) وضعیت خوشه‌های گرم، سرد و ناخوشه‌ها را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد. مناطق کم‌ارتفاع شمال شرق مناطق جنوبی و بخشی از شرق و غرب این ناحیه دارای خوشه‌های بالا (مناطق گرم) است که در واقع لکه‌های داغ را تشکیل می‌دهند. همچنین مناطق پرارتفاع که شامل قسمت‌هایی از مناطق مرکزی در جنوب این ناحیه و شمال این محدوده، دارای خوشه‌های پایین (مناطق سرد) است. این در حالی است که در حاشیه لکه‌های گرم و لکه‌های سرد در جنوب و لکه‌های سرد در شمال پهنه‌ها، ناخوشه‌ها قرار دارند.

خوشه‌های گرم در طی ۱۹ سال مورد مطالعه از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۹ نوسان زیادی نداشته ولی یک روند افزایشی دنبال کرده‌اند. کمترین مساحت خوشه‌های گرم در سال ۲۰۰۴ در حدود ۷۴۸۶۸/۶ کیلومترمربع و بیشترین مساحت آن در سال ۲۰۰۵ با ۹۰۸۷۶/۳ کیلومترمربع بوده است. خوشه‌های سرد عمدتاً مناطق کوهستانی و عرض‌های جغرافیایی بالا را شامل می‌شوند. این خوشه‌ها دارای نوسان شدیدی است به گونه‌ای که پایین‌ترین مساحت آن در سال ۲۰۱۲ با ۶۸۶۰۸/۲ کیلومترمربع و بالاترین آن در سال ۲۰۰۸ با مساحت ۸۰۷۷۲/۳ کیلومترمربع مشاهده می‌شود.

ناخوشه‌ها عمدتاً اطراف خوشه‌های سرد به عبارت دیگر مناطق کوهپایه‌ای منطقه مورد مطالعه را شامل می‌شوند. این خوشه‌ها نیز در طی ۱۹ سال دارای نوسان زیادی هستند به گونه‌ای که بیشترین مساحت ناخوشه‌ها در سال ۲۰۰۳ با ۸۹۲۲۱/۰ و کمترین آن با مساحت ۷۵۷۶۴/۳ کیلومترمربع در سال ۲۰۰۸ مشاهده می‌شود. به طور کلی ناخوشه‌ها در طی دوره آماری از روند نزولی برخوردار بوده و در حال تبدیل شدن به خوشه‌های گرم هستند.

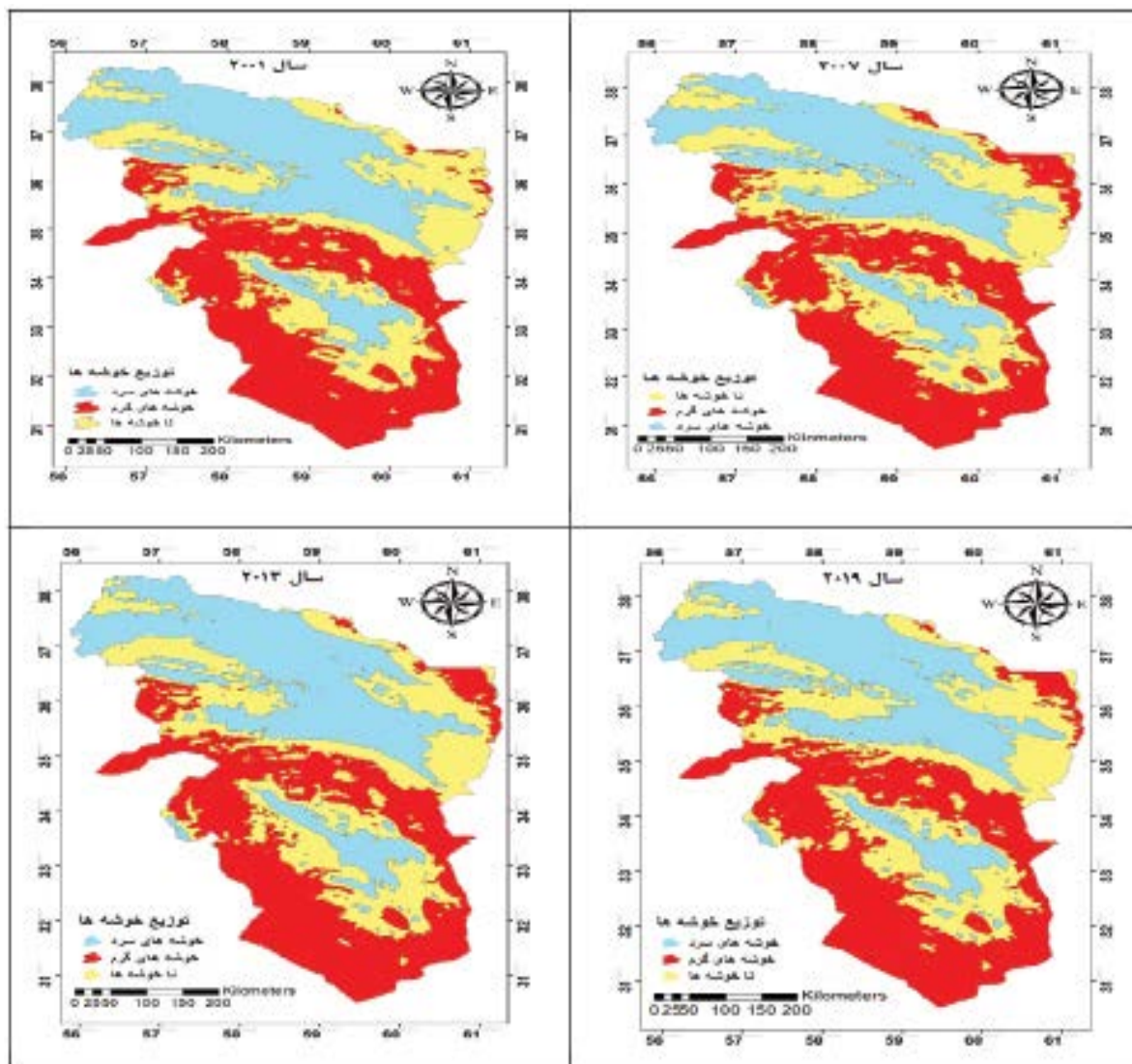
شمال شرق ایران را رد کرد، پس می‌توان نتیجه گرفت که داده‌های سطح زمین این منطقه دارای ساختار فضایی بوده و به شکل خوشه‌ای توزیع شده است، یعنی یاخته‌های دمایی بالا و پایین تمایل به متمرکز شدن یا خوشه‌ای شدن در فضا دارند.

- تهیه نقشه خوشه‌ها

تحلیل خوشه‌ها و ناخوشه‌ها که به شاخص انسلین موران محلی^۱ نیز مشهور است، الگویی بهینه برای نمایش توزیع آماری پدیده‌ها در فضا است. اگر فرض کنیم تعدادی عارضه جغرافیایی وزن‌دهی شده داشته باشیم، این ابزار نشان می‌دهد که در کجاها مقادیر زیاد و یا کم این پدیده‌ها در فضا به طور خوشه‌ای توزیع شده‌اند و کدام عوارض دارای مقادیر بسیار متفاوت از عوارض پیرامونشان هستند، این ابزار ناخوشه‌های فضایی را نیز شناسایی می‌کنند. در تحلیل آماره موران محلی، وضعیت خوشه‌ها به ۴ حالت به شرح زیر است:

- ۱- خوشه‌های حداکثر - حداکثر (HH): خوشه‌های مقادیر زیاد (گرم) و دارای خودهمبستگی فضایی مثبت
- ۲- خوشه‌های حداقل - حداقل (LL): خوشه‌های مقادیر کم (سرد) و دارای خودهمبستگی فضایی منفی
- ۳- ناخوشه‌های حداکثر - حداقل (HL): عارضه دارای مقدار زیاد است و توسط مقادیر کم محاصره شده و در اصطلاح ناخوشه است.
- ۴- ناخوشه‌های حداقل - حداکثر (LH): عارضه دارای مقدار کم است و توسط مقادیر زیاد محاصره شده و به اصطلاح ناخوشه است.

خروجی حاصل از تحلیل خودهمبستگی موران جهانی به صورت یک عدد گزارش شده و فقط مشخص می‌کند که آیا تراکم یا پراکندگی فضایی معناداری بین داده‌ها وجود دارد یا وجود ندارد. برای آن‌که بتوان الگوهای پراکنش داده‌های فضایی را نه تنها از نظر آمار فضایی اثبات یا رد



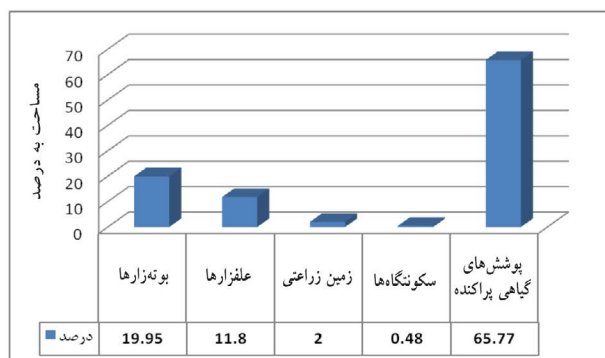
نگاره ۳: وضعیت لکه‌های داغ، خنک و ناخوشه‌ها براساس شاخص انسلین موران محلی در ناحیه شمال شرق کشور

۳-۱- بررسی ارتباط بین خوشه‌ها با پوشش‌های

سطح زمین

در پهنه مساحتی خوشه‌های سرد که عمدتاً مناطق کوهستانی منطقه را شامل می‌شود بیشترین توزیع مساحتی پوشش‌های سطح زمین بر حسب درصد به ترتیب شامل پوشش‌های گیاهی پراکنده (۲۷/۲۱ درصد)، علفزارها (۵۵/۹ درصد) و بوته‌زارها (۱۳/۴ درصد) است. در پهنه مساحتی خوشه‌های گرم، پوشش‌های گیاهی پراکنده با مساحت ۹۵/۴ درصد، بیشترین پهنه را به خود اختصاص داده‌اند. در مرتبه دوم پوشش بوته‌زارها با ۳/۸ درصد قرار گرفته است. در مورد طبقه ناخوشه‌ها بیشترین پهنه مساحتی به ترتیب

به‌منظور نمایش تغییرات مکانی مقادیر خوشه‌ها در ارتباط با نوع پوشش‌های سطح زمین، پوشش‌های سطح زمین هر طبقه از خوشه‌ها به تفکیک سال مشخص و سپس متوسط مساحتی پوشش‌ها در طی دوره آماری (۲۰۰۱-۲۰۱۹) محاسبه شد. نگاره‌های شماره ۴ تا ۶ پهنه مساحتی هر کدام از پوشش‌های سطح زمین را در خوشه‌های گرم، سرد و ناخوشه‌ها نشان می‌دهند.



نگاره ۶: توزیع مساحتی پوشش های سطح زمین در طبقه ناخوشه ها در طی دوره آماری (۲۰۱۹-۲۰۰۱)

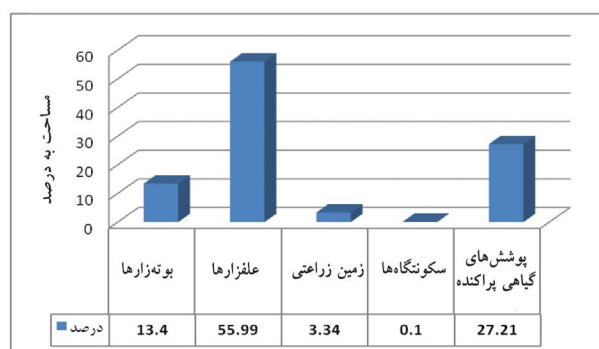
۳-۳-۲ بررسی تغییرات دمای سطح زمین^۱ در ارتباط با پوشش های سطح زمین

برای ارزیابی رابطه دمای سطحی شبانه روزی، دمای روزانه (ساعت یک و نیم نیمروز) و دمای شبانه (ساعت ده و نیم بامداد) با انواع پوشش های سطح زمین بعد از تبدیل نقشه های رستری پوشش های سطح زمین و LST به نقشه های وکتوری، ضریب همبستگی پیرسون، رابطه رگرسیونی و مقدار معناداری (P_value) بین متغیرها در محیط برنامه نویسی R محاسبه شد.

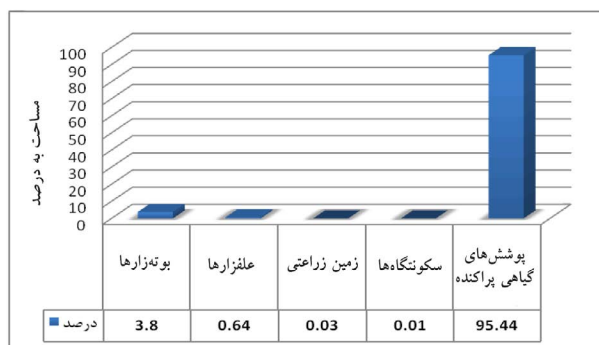
نگاره شماره (۷) ضرایب آماری رابطه بین دمای سطحی شبانه روزی با دوره آماری ۱۹ ساله را به تفکیک پوشش های سطح زمین نشان می دهد. براساس نمودارها، لایه کاربری سکونتگاهها با ضریب همبستگی ۰/۳۹۶ بیشترین رابطه معناداری در بین انواع پوشش های سطح زمین با طول دوره آماری را نشان می دهد. به طوری که در مقیاس متوسط دمای شبانه روزی، حدود ۱/۱۲ درجه سانتی گراد افزایش داشته است. در مرتبه دوم و سوم لایه کاربری زمین های زراعی با ضریب همبستگی ۰/۲۳۵ و با افزایش دمای ۰/۴۱ درجه سانتی گراد و لایه کاربری علفزارها با ضریب ۰/۱۳۴ با افزایش دمای ۰/۱۹ درجه سانتی گراد قرار دارند. بنابراین افزایش دماهای سطحی شبانه روزی در سه کاربری یاد

متعلق به پوشش های گیاهی پراکنده (۶۵/۷ درصد)، بوته زارها (۱۹/۹ درصد) و علفزارها (۱۱/۸ درصد) می باشد. با توجه به توزیع نوع پوشش ها در انواع خوشه ها می توان اینگونه نتیجه گرفت با وجود این که پوشش های گیاهی پراکنده عمده مساحتی مناطق گرم منطقه را پوشش می دهند، نوع پوشش سطح زمین در توزیع لکه های گرم تأثیر چندانی ندارد چرا که تقریباً همه پوشش های سطح زمین در سه خوشه گرم، سرد و ناخوشه ها پراکنده شده اند.

آن چیزی که در توزیع مناطق گرم (لکه های داغ) مؤثر است عامل عرض جغرافیایی و سطوح ارتفاعی است. به گونه ای که مناطقی که در عرض های پایین منطقه واقع شده اند و همچنین دارای کمترین ارتفاع هستند، دارای آب و هوای گرم تری نسبت به دیگر مناطق می باشند.



نگاره ۴: توزیع مساحتی پوشش های سطح زمین در خوشه های سرد در طی دوره آماری (۲۰۱۹-۲۰۰۱)



نگاره ۵: توزیع مساحتی پوشش های سطح زمین در خوشه های گرم در طی دوره آماری (۲۰۱۹-۲۰۰۱)

1- Land surface temperature

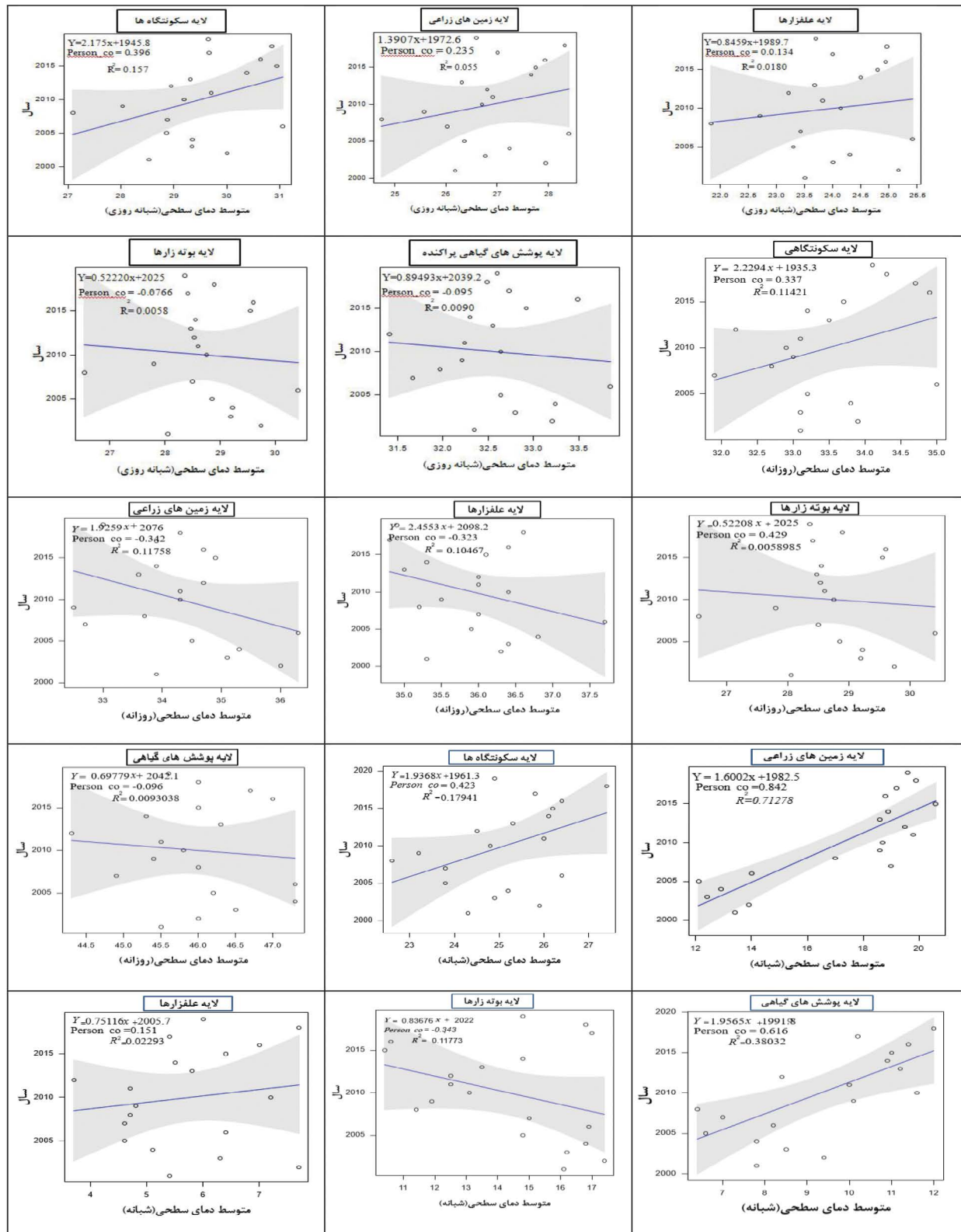
بوته‌زارها بر عکس لایه‌های کاربری دیگر، باعث کاهش دماهای شبانه می‌شوند. بنابراین در بررسی شاخص‌های دماهای سطحی (دمای حداقل، حداکثر و میانگین)، در رابطه با انواع پوشش‌های سطح زمین می‌توان به این نتیجه رسید که رفتار پارامترهای دمای سطحی حداقل (دمای سطحی شبانه)، حداکثر (دمای سطحی روزانه) و متوسط (دمای شبانه روزی) با یکدیگر متفاوت بوده به‌طوری که نرخ افزایش دمای حداقل از دمای متوسط و حداکثر بیشتر بوده است.

به‌طور کلی افزایش دماهای سطحی حداقل (دمای شبانه) در اکثر پوشش‌های سطح زمین (زمین‌های زراعی، پوشش‌های گیاهی پراکنده، سکونتگاه‌ها، علفزارها) با درجه شدت‌های مختلف رخ داده به‌عبارت دیگر افزایش دمای حداقل نه به دلیل کاهش تابش‌های ورودی (که تعیین‌کننده دمای روزانه است) بلکه به‌دلیل کاهش تابش‌های خروجی (که تعیین‌کننده دمای شبانه است) می‌باشد و این تابش‌های خروجی به‌شدت متأثر از مقدار گازهای گلخانه‌ای جو هستند. در میان انواع پوشش‌های سطح زمین، لایه سکونتگاه‌ها در سه پارامتر دمایی سطحی (دمای حداقل، حداکثر، متوسط) از بیشترین روند افزایشی دما نسبت به دیگر کاربری‌ها برخوردار بوده است. ساخت و سازهای انبوه شهری با از بین بردن پوشش گیاهی و ایجاد سطوح غیرقابل نفوذ و استفاده از مصالحی مانند آسفالت و بتن که ظرفیت گرمایی بالایی دارند سبب کاهش تبخیر و تعرق و آزادسازی آرام انرژی جذب شده می‌شوند. از طرفی هندسه شهری با ایجاد ساختار سه‌بعدی خاص به وسیله ساختمان‌های مرتفع سبب سکون هوا و کاهش سرعت باد در محدوده شهری می‌شوند. سکونتگاه‌ها بر خلاف پوشش‌های دیگر زمین، خاک و گیاه کمتری دارند. در شهرها مقدار زیادی از انرژی ورودی خورشید، مستقیم موجب گرمای خیابان‌ها و ساختمان‌ها به آهستگی به هوا گسیل می‌شود که روند کاهش دما را کند می‌کند. این اثر موجب گرم‌تر شدن سکونتگاه‌ها می‌شود.

شده در طی ۱۹ سال رخ داده است که در این میان مناطق سکونتگاهی از بیشترین افزایش دما برخوردار بودند. لایه‌های کاربری بوته‌زارها و پوشش‌های گیاهی پراکنده در مقیاس دمای سطحی شبانه‌روزی از روند کاهشی دما برخوردار بودند.

در مقیاس دمای سطحی روزانه در طی دوره آماری، لایه کاربری سکونتگاه‌ها با ضریب همبستگی $0/337$ (با افزایش دمای ۱ درجه سانتی‌گراد در طی ۱۹ سال) بیشترین روندهای افزایش دما را به‌خود ثبت کردند. در روز هنگام با توجه به اینکه دمای سطحی از عوامل موجود در زمین متأثر است، در نواحی که پوشش گیاهی وجود دارد و متناسب با آن تبخیر و تعرق صورت می‌گیرد، دمای سطحی کمتری نسبت به جاهایی که عاری از پوشش گیاهی و یا دارای پوشش گیاهی کمتری هستند، ثبت شده است.

نتایج بررسی نشان می‌دهد لایه‌های کاربری زمین‌های زراعی ($-0/342$)، علفزارها ($-0/323$) و پوشش‌های پراکنده ($-0/096$) از روندهای کاهشی دما برخوردار بودند. در مقیاس دمای سطحی شبانه، میزان روند معناداری انواع پوشش‌های سطح زمین در رابطه با عنصر میکروکلیمایی دمای سطحی نسبت به متوسط دماهای شبانه‌روزی و متوسط دمای روزانه بیشتر است. در این مقیاس با وجود اینکه لایه کاربری سکونتگاه‌ها بالاترین دمای شبانه را دارا می‌باشد، اما از لحاظ روند افزایشی دما در مرتبه سوم بعد از کاربری‌های زمین‌های زراعی و پوشش‌های گیاهی پراکنده قرار دارد به‌طوری که براساس نگاره (۷)، پوشش‌های زمین‌های زراعی با ضریب همبستگی $0/842$ بالاترین میزان همبستگی در رابطه با افزایش دماهای سطحی شبانه را نشان می‌دهد، متوسط دمای شبانه این لایه از پوشش سطح زمین در طی ۱۹ سال حدود $6/2$ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است. لایه پوشش‌های گیاهی پراکنده و لایه سکونتگاه‌ها به ترتیب با ضریب همبستگی $0/616$ و $0/423$ به‌ترتیب با افزایش دمای $0/8$ و $0/6$ درجه سانتی‌گراد، در مرتبه‌های دوم و سوم قرار دارند. در بین پوشش‌های سطح زمین، لایه



نگاره ۷: رابطه بین متوسط دمای سطحی (شبهانه روزی، روزانه، شبهانه) به تفکیک پوشش‌های سطح زمین (۲۰۱۹-۲۰۰۱)

۴- نتیجه گیری

تغییرات کاربری، پوشش اراضی، توسعه مناطق شهری و کشاورزی و جنگل زدایی باعث تغییر رژیم دمای منطقه‌ای و محلی می‌شود. آگاهی از میزان دمای سطح زمین کمک قابل توجهی به طیف وسیعی از مسائل مرتبط با علوم زمین مانند اقلیم شهری، تغییرات جهانی محیطی و بررسی تعاملات انسان و محیط می‌نماید.

در شمال شرق ایران براساس محصول پوشش سطح زمین سنجنده مودیس ۵ پوشش غالب شامل بوته‌زارها، علفزارها، زمین‌های زراعی، پوشش‌های گیاهی پراکنده و مناطق سکونتگاهی در فاصله زمانی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۹ شناسایی شد. بیشترین مساحت منطقه را پوشش‌های گیاهی پراکنده (۵۰ درصد) و در مرتبه دوم علفزارها (۲۰ درصد)، تشکیل می‌دهند. در طی این ۱۹ سال پوشش بوته‌زارها و طبقه پوششی گیاهان پراکنده دارای روند افزایشی و پوشش علفزارها و زمین‌های زراعی دارای روند کاهشی می‌باشد. طبقه سکونتگاه‌ها با وجود روند افزایشی، از نظر آماری معنادار نمی‌باشد. افزایش وسعت طبقه پوشش گیاهی پراکنده و بوته‌زارهای بی‌ثمر نشان‌دهنده تغییرات منفی در اکوسیستم منطقه است. به گونه‌ای که از مساحت طبقات دیگر همچون زمین‌های زراعی، و علفزارها کاسته و بر وسعت این طبقات افزوده شده است.

با توجه به مقادیر خودهمبستگی فضایی موران جهانی در رابطه با دمای سطح زمین ناحیه شمال شرق، می‌توان نتیجه گرفت که دمای سطح زمین این منطقه، دارای ساختار فضایی بوده و به شکل خوشه‌ای توزیع شده است لذا با عوارض طبیعی منطقه، دارای ارتباط فضایی می‌باشد. الگوهای پراکنش داده‌های فضایی دمای سطح زمین به سه طبقه لکه‌های داغ، سرد و ناخوشه‌ها تقسیم می‌شود. مناطق کم‌ارتفاع جنوبی و بخشی از شرق و غرب ناحیه، لکه‌های داغ، مناطق پر ارتفاع شامل قسمت‌هایی از مناطق مرکزی در جنوب این ناحیه و شمال این محدوده، لکه‌های سرد و حاشیه لکه‌های سرد، ناخوشه‌ها (مناطق کوهپایه‌ای) را

تشکیل می‌دهند. در بررسی تغییرات مکانی مقادیر خوشه‌ها در ارتباط با نوع پوشش‌های سطح زمین می‌توان اینگونه نتیجه گرفت با وجود این که پوشش‌های گیاهی پراکنده عمده مساحتی مناطق گرم منطقه را پوشش می‌دهند، نوع پوشش سطح زمین در توزیع لکه‌های گرم تأثیر چندانی ندارد چرا که تقریباً همه پوشش‌های سطح زمین در سه خوشه گرم، سرد و ناخوشه‌ها پراکنده شده‌اند. آن چیزی که در توزیع مناطق گرم (لکه‌های داغ) مؤثر است عامل عرض جغرافیایی و سطوح ارتفاعی می‌باشد.

در ارزیابی رابطه دمای سطحی شبانه‌روزی، دمای روزانه و دمای شبانه با انواع پوشش‌های سطح زمین نتایج ذیل حاصل شد.

در مقیاس دمای سطحی شبانه‌روزی، لایه کاربری سکونتگاه‌ها و زمین‌های زراعی، بیشترین رابطه معناداری در بین انواع پوشش‌های سطح زمین را نشان می‌دهد. به طوری که در طی دوره آماری مورد مطالعه (۲۰۱۹-۲۰۰۱)، دمای شبانه‌روزی لایه سکونتگاه‌ها حدود ۱/۱۲ درجه و لایه زمین‌های زراعی ۰/۴۱ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است. در مقیاس دمای روزانه در نواحی که پوشش گیاهی وجود دارد و متناسب با آن تبخیر و تعرق صورت می‌گیرد، دمای سطحی کمتری نسبت به جاهایی که عاری از پوشش گیاهی و یا دارای پوشش گیاهی کمتری هستند، ثبت شده است. لذا لایه‌های کاربری زمین‌های زراعی، علفزارها و پوشش‌های گیاهی پراکنده دارای روند کاهشی و لایه سکونتگاه‌ها افزایش دمای حدود ۱ درجه در طی ۱۹ سال برخوردار هستند.

در مقیاس دمای سطحی شبانه میزان روند معناداری انواع پوشش‌های سطح زمین در رابطه با عنصر میکروکلیمایی دمای سطحی تشدید می‌شود به گونه‌ای که پوشش‌های زمین‌های زراعی (۶/۲ درجه سانتی‌گراد)، پوشش‌های گیاهی پراکنده (۰/۸ درجه سانتی‌گراد) و لایه سکونتگاه‌ها (۰/۶ درجه سانتی‌گراد) بالاترین میزان همبستگی در رابطه با افزایش دماهای سطحی شبانه را از خود نشان می‌دهند.

فاطمه، بهرام، احمدرضا، یونس، فاطمه، ۱۳۹۳، ارزیابی روند تغییرات کاربری زمین و تغییر اقلیم در سیمای سرزمین تالاب چغاخور با تأکید بر آثار محیط زیستی، محیط‌شناسی، ۳، ۶۴۳-۶۳۱.

۴- حسینی، غفارزاده، عابدی، شیرین؛ سیده‌شعله، حمیدرضا، زهرا، نیما، ۱۳۹۳، بررسی پدیده تغییر اقلیم و تأثیرات آن بر کاربری اراضی طبیعی حوضه آبریز گرگان رود، محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، ۱، ۳۹-۲۵.

۵- خسروی، حیدری، توکلی، زمانی؛ یونس، محمدعلی، آزاده، عباسعلی، ۱۳۹۶، تحلیل رابطه تغییرات زمانی دمای سطح زمین و الگوی فضایی تغییرات کاربری اراضی (مطالعه موردی شهر زنجان)، برنامه‌ریزی و آمایش فضا، ۳، ۱۴۴-۱۱۹.

۶- رضائی، دخت‌محمد، بهمن، سیده‌مریم، ۱۳۸۹، شناخت محدوده مکانی تشکیل جزیره گرمایی در شهر رشت، مجله پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، مجله پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، ۱، ۶۴-۴۹.

۷- شاه حسینی، سجاد، ۱۳۹۵، آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی فسا با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، سلیمانی، کریم، مؤسسه آموزش عالی آبان هراز، دانشکده علوم محیطی.

۸- عیسوی، رضایی چیانه؛ وحید، اسماعیل، ۱۳۹۳، تحلیل اثر خشک‌سالی و تغییرات کاربری و پوشش اراضی بر تالاب‌های منطقه سولدز، اکو بیولوژی تالاب، ۱۰۱-۹۱.

۹- صفوی گردینی، بزرگی، غفاری مهر، شیبانیان؛ مریم، امیرعلی، اعظم، عباس، ۱۳۹۴، بررسی تأثیر تغییرات اقلیمی بر پوشش گیاهی مراتع شهرستان فسا، دومین کنفرانس بین‌المللی محیط زیست و منابع طبیعی، شیراز، مؤسسه عالی علوم و فناوری خوارزمی.

۱۰- کیخسروی، محمدی؛ قاسم، زینب، ۱۳۹۷، آشکارسازی تغییرات پوشش سطح زمین ناحیه شمال غرب ایران به‌عنوان نماینده‌ای از بیابان‌زایی، فصلنامه جغرافیای طبیعی، ۴۳، ۱۴۰-۱۲۳.

بنابراین در بررسی الگوی فضایی دمای سطحی، عامل عرض جغرافیایی و ارتفاع، تأثیرگذارترین عامل و در بررسی اثرات پوشش‌های سطح زمین، لایه سکونتگاه‌ها در سه پارامتر دمایی سطحی (دمای حداقل، حداکثر، متوسط) از بیشترین روند افزایشی دما نسبت به دیگر کاربری‌ها برخوردار بوده‌اند.

در سکونتگاه‌ها، مخصوصاً سکونتگاه‌های شهری عواملی همچون تغییر در موازنه انرژی، انعکاس مضاعف تابش موج کوتاه بین سطوح شهری، کاهش آلودگی، منابع گرمایی انسان‌ساز، کاهش تبخیر و تعرق با توجه به مصالح ساختمانی، افزایش مخازن گرمایی و کاهش انتقال گرمایی که بستگی به کاهش سرعت باد و توپوگرافی شهر دارد در روند افزایشی دماهای سطحی تأثیرگذار بودند.

در پایان پیشنهاد می‌شود با توجه به پایین بودن توان تفکیک مکانی سنجنده مودیس (۱۰۰ متر)، برای آشکارسازی تفاوت‌های دمایی انواع پوشش‌ها و کاربری‌های سطح زمین در وسعت‌های کوچک از سنجنده‌هایی که در باندهای حرارتی از توان تفکیک مکانی بالاتری برخوردار هستند (سنجنده استر ۹۰ متر، سنجنده TM لندست ۱۲۰ متر، سنجنده ETM لندست ۶۰ متر، سنجنده OLI لندست ۱۰۰ متر) استفاده شود.

۵- منابع و مآخذ

۱- اصغری سراسکانرود، امامی؛ صیاد، هادی، ۱۳۹۸، پایش دمای سطح زمین و بررسی رابطه کاربری اراضی با دمای سطح با استفاده از تصاویر سنجنده OLI و ETM+ مطالعه موردی: (شهرستان اردبیل)، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۵۳، ۲۱۵-۱۹۵.

۲- تیموری، بذرافشان، رفیعی ساردویی؛ فاطمه، ام‌البین، الهام، ۱۳۹۸، ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر فرسایش خاک (مطالعه موردی: حوضه آبخیز کندران)، اکوهیدرولوژی، SID، ۲، ۳۶۸-۳۵۳.

۳- جهانی شکیب، ملک‌محمدی، یاوری، شریفی، عادل؛

over Lagos Metropolis, Nigeria. *Journal of Remote Sensing & GIS*, 5:3, 1-7.

21- Rose, A. L., & Devadas, M. (2009). Analysis of land surface temperature and land use / land cover types using remote sensing imagery - A case in Chennai City, India. *The seventh International Conference on Urban Climate*, Yokohama, Japan, 1-4.

22- Saha, P., Bandopadhyay, K., Mitra, S., & Chandan, C. (2019). Multi approach synergic investigation between land surface temperature and land-use land-cover, *J. Earth Syst.* 129 74, 1-21.

23- Setturu, B., & Rajan, K.S. (2013). Land Surface Temperature Responses to Land Use Land Cover Dynamics. *Geoinfor Geostat: An Overview*, 1, 4, 1-10.

24- Shafrina Wn, Mohd, J., & et al. (2020). The Influence of Deforestation on Land Surface Temperature-A Case Study of Perak and Kedah, Malaysia. *Forests*, 11, 670.

25- Taesse, B., & Venkata suryabhagavan, K. (2019). Systematic modeling of impacts of land-use and land-cover surface temperature in Adama Zuria District, Ethiopia.

11- Bokaie, M., Kheirkhah, Z., Daneshkar, A., Hosseini, M., & Peyman, A. (2016). Assessment of Urban Heat Island based on the relationship between land surface temperature and Land Use/ Land Cover in Tehran. *Sustainable Cities and Society*, 23, 94-104.

12- Ding, H., & Shi, W. (2013). Land-use/land-cover change and its influence on surface temperature: a case study in Beijing City. *International Journal of Remote Sensing*, 34, 15, 5503-5517.

13- Guha, S., Govil, G., Dey, H., & Neetu, A. (2020). Analytical study on the relationship between land surface temperature and land use/land cover indices. *Annals of GIS*, 26:2, 201-216.

14- Hathout, S. (2002). The use of GIS for monitoring and predicting urban growth in East and West St Paul. Winnipeg, Manitoba, Canada, *Environmental Management*.

15- Kean Hua, A., & Owi Wei, P. (2018). The influence of land-use/land-cover changes on land surface temperature: a case study of Kuala Lumpur metropolitan city. *European Journal of Remote Sensing*, 51:1. 1049-1069.

16- Keikhosravi, Q. (2019). The effect of heat waves on the intensification of the heat island of Iran's metropolises (Tehran, Mashhad, Tabriz, Ahvaz). *Urban Climate* 28, 100453. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2019.100453>

17- Mohan, M., & Kandya, A. (2015). Impact of urbanization and land-use/land-cover change on diurnal temperature range: A case study of tropical urban airshed of India using remote sensing data. *Science of the Total Environment*, journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv

18 - Nayak, S., & Mandal, M. (2019). Impact of land use and land cover changes on temperature trends over India. *Land Use Policy*, 89, 104238.

19- Nega, W., Hailu, F., & Tesfaw Hailu, A. (2019). An assessment of the vegetation cover change impact on rainfall and land surface temperature using remote sensing in a subtropical climate, Ethiopia. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 16, 100266, 1-11.

20- OS, B., & Akinsanola, A.A. (2016). Change Detection in Land Surface Temperature and Land Use Land Cover

