



University of Tehran

An Examination of the Effect of Land Use Changes on the Temporal-Spatial Models of Land Surface Temperature Using Remote Sensing and GIS Data (Case Study: Ilam City)

Hojat Sheikhi^{1*}  Reza Malekmohamadi² 

1. Corresponding Author, Department of Geography and Urban Planning, Ilam University, Ilam, Iran. Email: h.shaykhi@ilam.ac.ir

2. Department of Geography and Urban Planning, Ilam University, Ilam, Iran. Email: malekmohamadi1993@gmail.com

ARTICLE INFO

Article type:

Research Article

Article History:

Received November 19, 2022

Revised January 30, 2023

Accepted February 19, 2023

Keywords:

Land use,

Remote sensing,

NDVI,

LST,

GIS,

Ilam city.

ABSTRACT

Due to the vast changes it brings about in the land use and land cover, the rapid expansion of cities has had many negative effects on the environmental quality at global level. Examples include air quality, increased temperature, changes in perspective, and the alteration of agricultural lands into barren lands that leads to the loss of biodiversity. Since land use changes happen at extensively, remote sensing technology is a necessary, efficient, and valuable means to monitor changes. In this study, the effect of land use changes on the temporal-spatial patterns of land surface temperature in the urban lands of Ilam city in a 30-year period (1990-2020) was examined using Landsat satellite images and simulation of changes using fuzzy ARTMAP neural network model. Landsat satellite sensors (TM, OLI, ETM) were used to investigate the longitudinal and spatial changes (LST) in Ilam city. To provide the land use map, the pixel-based classification for all periods (1990-1995-2000-2005-2010-2015-2020) was applied using ENVI and Ecognition software packs and then estimations were made using NDVI and LST models. The results showed that Ilam city ecosystem has moderate levels of NDVI. The average temperature of residential land use level in June is 35.8 degrees centigrade, and the temperatures of three land uses of horticulture, agriculture, and other uses (uncovered lands) were 32.22, 37.25, and 38.46, respectively, with the main lands with the minimum temperature being green highlands. In city, existence of high rise buildings and building shading, use of materials with less heat absorption such as Isogam, urban green space and furniture, and air pollution lead to lesser absorption of energy. On the other hand, the spatial distribution of NDVI was aligned with LSP values. The results regarding land use areas using fuzzy-neural network show that residential land uses has risen from 19.18 percent in 1990 to 39.35 percent in 2020, which shows the city expansion and development. On the other hand, the horticultural land use has declined from 8.64 in 1990 to 3.49 in 2020, which can be attributed to the development of urban space.

Cite this article: Sheikhi, H., Malekmohamadi, R. (2023). An Examination of the Effect of Land Use Changes on the Temporal-Spatial Models of Land Surface Temperature Using Remote Sensing and GIS Data (Case Study: Ilam City). *Town and Country Planning*.15 (1), 165-186. Doi: 10.22059/jtcp.2023.351369.670365



© Hojat Sheikhi, Reza Malekmohamadi **Publisher:** University of Tehran Press.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jtcp.2023.351369.670365>



دانشگاه تهران

آمایش سرزمین

شاپا الکترونیکی: ۶۲۶۸-۲۴۲۳

سایت نشریه: <https://jtcp@ut.ac.ir/>

بررسی تغییرات کاربری اراضی بر الگوهای زمانی - مکانی دمای سطح زمین در اراضی شهری با استفاده از داده‌های سنجنش از دور و GIS (مطالعه موردی: شهر ایلام)

حجت شیخی^{۱*} رضا ملک‌محمدی^۲

۱. نویسنده مسئول، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران. رایانامه: hojat.sheikhi@gmail.com

۲. گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران. رایانامه: malekmohamadi1993@gmail.com

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله:

پژوهشی

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۲۸

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۱/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۳۰

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۲/۰۶

کلیدواژه:

کاربری اراضی،

سنجنش از دور،

NDVI

LST

GIS

شهر ایلام.

گسترش سریع شهرها به دلیل تغییرات گسترده در کاربری و پوشش سطح زمین اثرات منفی زیادی بر کیفیت زیست‌محیطی در سطح جهان داشته است؛ از جمله: کیفیت هوا، افزایش دما، تغییرات چشم‌انداز و همچنین تبدیل زمین‌های کشاورزی به اراضی بایر که منجر به از بین رفتن تنوع زیستی می‌شود. از آنجاکه تغییرات کاربری اراضی در سطوح وسیع و گسترده صورت می‌گیرد. تکنولوژی سنجنش از راه دور ابزاری ضروری، کارآمد و با ارزش، جهت پایش تغییرات می‌باشد. در این مطالعه با توجه به اهمیت موضوع، بررسی تغییرات کاربری اراضی بر الگوهای زمانی- مکانی دمای سطح زمین در اراضی شهری در یک دوره زمانی ۳۰ ساله (۲۰۲۰ - ۱۹۹۰) با استفاده از تصاویر ماهواره لندست و شبیه‌سازی تغییرات با استفاده از مدل شبکه عصبی آرتمپ فازی در شهر ایلام انجام شد. نیز، از سنجنده‌های (TM, OLI, ETM) ماهواره لندست، برای بررسی تغییرات طولی و فضایی (LST) در شهر ایلام استفاده شد. برای تهیه نقشه کاربری اراضی از روش طبقه‌بندی پیکسل پایه برای تمامی دوره‌ها (۱۹۹۰ - ۱۹۹۵ - ۲۰۰۰ - ۲۰۰۵ - ۲۰۱۰ - ۲۰۱۵ - ۲۰۲۰) و از نرم‌افزارهای (ENVI) و (Ecognitio) استفاده شد و سپس با الگوی (NDVI) و (LST) تخمین زده شد. نتایج حاصل از پژوهش نشان می‌دهد در اکوسیستم شهر ایلام مقادیر (NDVI) نسبتاً متوسطی وجود دارد، میانگین دمای سطح کاربری مسکونی در ماه خرداد نیز برابر با ۳۵/۸۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد و میزان دمای سه کاربری باغ، و کشاورزی و سایر کاربری‌ها (اراضی بدون پوشش) به ترتیب برابر با ۳۲/۳۳ و ۳۷/۲۵ و ۳۸/۴۶ است که مهم‌ترین کانون کمینه آن مناطق با پوشش سبز و مرتفع هستند و در سطح شهر نیز بلندمرتبه‌سازی و سایه‌اندازی ساختمان‌ها در سطح شهر، استفاده از مصالح با جذب حرارتی کمتر، همچون ایزوگام، و مبلمان و فضای سبز شهری، و همچنین آلودگی هوا سبب جذب کمتر انرژی می‌شوند. از طرف دیگر، توزیع فضایی (NDVI) هم‌سو با مقادیر (LST) بوده است. با توجه به این پژوهش، مساحت کاربری‌ها نشان می‌دهد که کاربری اراضی مسکونی، در روش شبکه عصبی- فازی از ۱۹/۱۸ درصد در سال ۱۹۹۰ به ۳۹/۳۵ درصد در سال ۲۰۲۰ رسیده است که نشان‌دهنده رشد و توسعه شهر می‌باشد. از سوی دیگر، کاربری باغ از ۸/۶۴ درصد در سال ۱۹۹۰ به ۳/۴۹ درصد در سال ۲۰۲۰ رسیده که می‌توان علت این کاهش را توسعه فضای شهری دانست.

استناد: شیخی، حجت؛ ملک‌محمدی، رضا (۱۴۰۲). بررسی تغییرات کاربری اراضی بر الگوهای زمانی- مکانی دمای سطح زمین در اراضی شهری با استفاده از داده‌های سنجنش از دور و GIS (مطالعه موردی: شهر ایلام). *آمایش سرزمین*، ۱۵ (۱) ۱۶۵-۱۸۶.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jtcp.2023.351369.670365>

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© حجت شیخی، رضا ملک محمدی

DOI: <http://doi.org/10.22059/jtcp.2023.351369.670365>



مقدمه

در طول نیم قرن گذشته، سطح زمین دستخوش تغییرات فراوانی ناشی از فعالیت‌های انسانی از طریق جنگل‌زدایی و توسعه شهرها شده است (Adel et al., 2014). همچنین بیش از ۵۰ درصد جمعیت جهان در مناطق شهری زندگی می‌کنند و پیش‌بینی می‌شود این رقم تا سال ۲۰۵۰ به ۶۹/۶ درصد برسد (United Nations, 2010). از طرفی انتظار می‌رود رشد شهرنشینی، رشد سریع صنعتی در قرن بیست و یکم، با سرعت بیشتری در کشورهای در حال توسعه ادامه یابد (Mousa et al., 2018) که یکی از دلایل اصلی تغییرات آب‌وهوایی در جهان است (بابایی فینی، ۱۳۹۴). توسعه مناطق شهری و فعالیت‌های انسانی مانند تخریب کاربری اراضی، کاهش فضای سبز و غیره امری اجتناب‌ناپذیر شده است و موجب پیدایش جزایر حرارتی می‌شود (اسماعیل‌پور و عزیزپور، ۱۳۸۸). این پدیده در گذر زمان تأثیرات نامطلوبی بر سلامت انسان و محیط زیست می‌گذارد (شعبانی و همکاران، ۱۳۹۸؛ Amiri et al., 2018) از جمله کیفیت هوا، افزایش دمای سطح، تغییرات چشم‌انداز طبیعی یک ناحیه، و همچنین تبدیل زمین‌های کشاورزی و باغ به اراضی بایر که منجر به از بین رفتن تنوع زیستی می‌شود (Abootaleb et al., 2015). این فعالیت‌ها بعضی تغییرات را در جذب، پخش و بازتابش انرژی خورشید ایجاد می‌کند و هم‌زمان با رشد شهر موجب نگهداشت بیشتر دما و افزایش دمای سطح در این نواحی می‌شود و ادامه این روند به ایجاد پدیده جزایر حرارتی می‌انجامد (شعبانی و همکاران، ۱۳۹۸). دلایل متعددی برای ایجاد جزایر حرارتی شهری وجود دارد؛ مثلاً سطوح تیره، از قبیل پیاده‌روها و نمای ساختمان‌ها، جاذب درصد زیادی از انرژی خورشیدی می‌باشند یا سطوحی مانند انواع بتن و آسفالت به دلیل ماهیت و جنسی که دارند، از ظرفیت گرمایی و تابش سطحی بیشتری در مقایسه با مناطق حاشیه شهرها برخوردار هستند. این مواد باعث تغییر در بیلان انرژی مناطق شهری هستند. دلیل اصلی دیگر پدیده جزایر حرارتی شهری کمبود تبخیر و تعرق به دلیل کمبود و فقدان پوشش گیاهی در مناطق شهری می‌باشد (هادی پور و دارابی، ۱۳۹۶؛ ملک‌پور و طالعی، ۱۳۹۰). همچنین، ساختمان‌های با جذب حرارتی بالا و خیابان‌های باریک جریان هوا را کاهش می‌دهند و هوای پیرامون را گرم‌تر می‌کنند و باعث افزایش دمای سطح زمین می‌شوند (Gago et al., 2013) که به تغییر الگوی بادهای محلی، تقویت رشد ابرها و مه‌ها، افزایش تعداد رعد و برق، و تأثیر بر میزان بارش می‌انجامد (هاشمی دره بادامی و همکاران، ۱۳۹۴). پس از این جهت، دمای سطح زمین یکی از پارامترهای مهم در مطالعه محیط حرارتی و جزیره گرمایی شهر و یک متغیر کلیدی در آنالیز و مدل‌سازی بیان انرژی سطح، رطوبت سطحی، تبخیر، تعرق و مطالعات تغییر اقلیم در مقیاس‌های گوناگون است (Wang et al., 2014; Ronald et al., 2017). همچنین، دمای سطح زمین عاملی مهم در مطالعات گرمایش جهانی و به عنوان یک نماینده برای تغییرات آب و هوا به شمار می‌رود (Sophia et al., 2017) و استفاده از آن در تجزیه و تحلیل‌های مختلف برای تعیین مشکلات مرتبط با محیط بسیار حائز اهمیت است (Hao et al., 2016; Orhan et al., 2016; Tomlinson and Chapman, 2011). دمای سطح اثر غیرمستقیم اما قابل توجهی بر روی دمای هوا دارد و با توجه به اینکه LST از عوامل موجود در سطح زمین تأثیر می‌پذیرد. در نواحی ای که تراکم پوشش گیاهی بیشتر است و تبخیر و تعرق بالاتری صورت می‌گیرد طبیعی است که دمای سطح نسبت به جاهایی که عاری از پوشش گیاهی است کمتر باشد. پوشش گیاهی با جذب انرژی خورشید و تعرق آب از طریق برگ‌های خود به داخل جو یک سیستم تهویه مطبوع طبیعی است (حمزه و همکاران، ۱۳۹۷). همچنین مطابق با تحقیقات انجام‌شده، طبقه با پوشش گیاهی کم و فاقد پوشش بیشترین دما را نسبت به طبقات با پوشش گیاهی متوسط و زیاد دارد (شعبانی و همکاران، ۱۳۹۸). برای مثال، پارک‌ها و مناطق رویشی گیاهان در سطح شهر به‌طور معمول سطح خنک‌تری را نسبت به سایر سطوح دارند و موجب خنک شدن دمای هوای اطرافشان می‌شوند (Rajeshwari and Mani, 2014). بازتاب اشعه تابشی خورشید از انواع سطوح، متفاوت است. در نتیجه منجر به تفاوت در LST می‌شود (Hou et al., 2010). از این جهت یکی از پرکاربردترین روش‌ها برای دستیابی به دمای سطح استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های سنجنش‌ازدور است. استفاده از داده‌های سنجنش‌ازدور برای برآورد دمای سطح زمین روش نسبتاً جدیدی است که هزینه‌های تخمین دما به روش کلاسیک را به‌طور چشمگیری کاهش می‌دهد (Tilahun et al., 2015). از آن جا که ایستگاه هواشناسی فقط دمای مربوط به مکان‌های خاص ارائه می‌کند، روش سنجنش‌ازدور می‌تواند دمای مناطق مختلف سطح زمین را

در اختیار کاربران قرار دهد، به خصوص مناطق صعب‌العبور و کوهستانی که به دلیل مشکلاتی امکان احداث ایستگاه هواشناسی در آن مقدور نمی باشد این روش می‌تواند جایگزین مناسبی باشد (فیضی زاده و دیده‌بان، ۱۳۹۴). فناوری سنجش‌ازدور می‌تواند نقش کلیدی در ارائه اطلاعات در مورد شهرها و شهرنشینی داشته باشد، از این رو میان علم و برنامه‌ریزی در دستیابی به هدف اصلی بهبود کیفیت زندگی در فضای شهری رابطه ای برقرار می‌شود. استفاده از این فناوری، به دلیل پوشش وسیع، پیوسته، به هنگام بودن و توانایی کسب اطلاعات در ابعاد مختلف محلی، منطقه‌ای و جهانی، منبع اطلاعاتی مناسبی برای تهیه اطلاعات جامع درباره شرایط موردنیاز تحقق رشد شهری پایدار به شماره می‌آید و کاربردهای بسیاری در این حوزه دارد (Chudnovsky et al., 2004). تصاویر سنجش‌ازدور به علت رقومی بودن ارائه اطلاعات به هنگام، فراهم آوردن دید همه‌جانبه استفاده از قسمت‌های مختلف طیف الکترومغناطیس برای ثبت خصوصیات پدیده‌ها، پوشش تکراری، سرعت انتقال، چند طیفی بودن، و تنوع اشکال داده‌ها از ارزش زیادی برخوردار است (Jiménez and Sobrino, 2010; Rozenstein et al., 2014). همچنین، محققان زیادی به بررسی و مطالعه روش‌های پایش تغییرات کاربری اراضی و دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و روش‌های سنجش‌ازدور پرداخته اند؛ که می‌توان به تحقیقات (He et al., 2018; Fathizad et al., 2017; Orhan et al., 2016) اشاره کرد. در دانش سنجش‌ازدور، تصاویر ماهواره‌ای لندست یکی از بهترین ابزارها برای تحلیل و گردآورد آوری داده‌های رقومی و تحلیل مکانی است. از این جهت تصاویر لندست به‌طور گسترده ای برای مطالعه دمای سطح زمین استفاده می‌شود (Kato and Yamaguchi, 2005; Li and Zhao, 2003; Lu and Weng, 2005; Srivastava et al., 2009; Sobrino et al., 2004; Latif, 2014). یکی از موضوعات مهم در بررسی و پایش دمای سطحی شهرها به کارگیری مدل‌های زمانی و مکانی است (Dempsey et al., 2017). در مطالعات محیطی اغلب با مشاهداتی ارتباط داریم که مستقل از یکدیگر نبوده و وابستگی آن‌ها با یکدیگر ناشی از موقعیت و مکان قرار گرفتن مشاهدات در فضای مورد مطالعه می‌باشد. این مشاهدات داده‌های فضایی نامیده می‌شوند (Bloser et al., 2017). مطالعات فراوانی در رابطه با موضوع در داخل و خارج از کشور صورت گرفته است.

تراوره^۱ و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهشی به ارزیابی تغییرات کاربری/ پوشش زمین و اثرات آن بر دمای سطح زمین در بانگوی (پایتخت جمهوری آفریقای مرکزی) اقدام نموده اند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد به موازات تغییرات کاربری اراضی بین سال‌های ۱۹۸۳ تا ۲۰۱۷ میانگین دمای سطح زمین در شهر افزایش یافته است. این مطالعه همچون مطالعات پیشین نشان داد بین *NDBI* و *LST* یک همبستگی مثبت و بین *LST* با *NDVI* همبستگی منفی وجود دارد (Traore et al., 2021; Mansourmoghaddam et al., 2022d; Rousta et al., 2022).

نصیر^۲ و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی به بررسی تغییرات کاربری زمین و تأثیر آن‌ها بر دمای سطح زمین در شهر کوهات پاکستان در سال‌های ۲۰۰۰، ۱۹۹۸ و ۲۰۱۸، می‌پردازند. نتایج نشان می‌دهد دمای سطح زمین از متوسط ۳۱/۸۱ سال ۱۹۹۸ به ۳۶/۱۷ در سال ۲۰۱۸ افزایش یافته است. بر اساس این مطالعه، بیشترین تغییر در دمای سطح زمین در مناطق پرجمعیت و کمترین در آب و باغات رخ داده است.

عمران^۳ و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی تأثیر تغییرات پوشش زمین بر دمای سطح زمین و آسایش حرارتی انسان بین سال‌های ۱۹۹۳، ۲۰۰۷ و ۲۰۲۰ در شهر داکا بنگلادش پرداخته اند. نتایج نشان می‌دهد که بین دمای سطح زمین و شاخص (*NDVI*) و شاخص (*NDWI*) همبستگی منفی وجود دارد. در حالی که بین دمای سطح زمین و شاخص (*NDBAI*) همبستگی مثبت وجود دارد (Imran et al., 2021).

عابدینی و قلعه (۱۴۰۱) در پژوهشی به بررسی رابطه کاربری اراضی با دمای سطح در بازه زمانی ۲۸ ساله، در شهرستان مشکین شهر پرداخته اند. نتایج نشان داد رابطه قوی بین کاربری اراضی و دمای سطحی وجود دارد و کاربری کشاورزی دیم

1. Traore
2. Nasir
3. Imran

نسبت به مناطق مجاور دارای بیشترین میانگین دما می باشد. همچنین مناطق با پوشش گیاهی بالا و مناطق آبی دارای درجه حرارت پایین بوده اند.

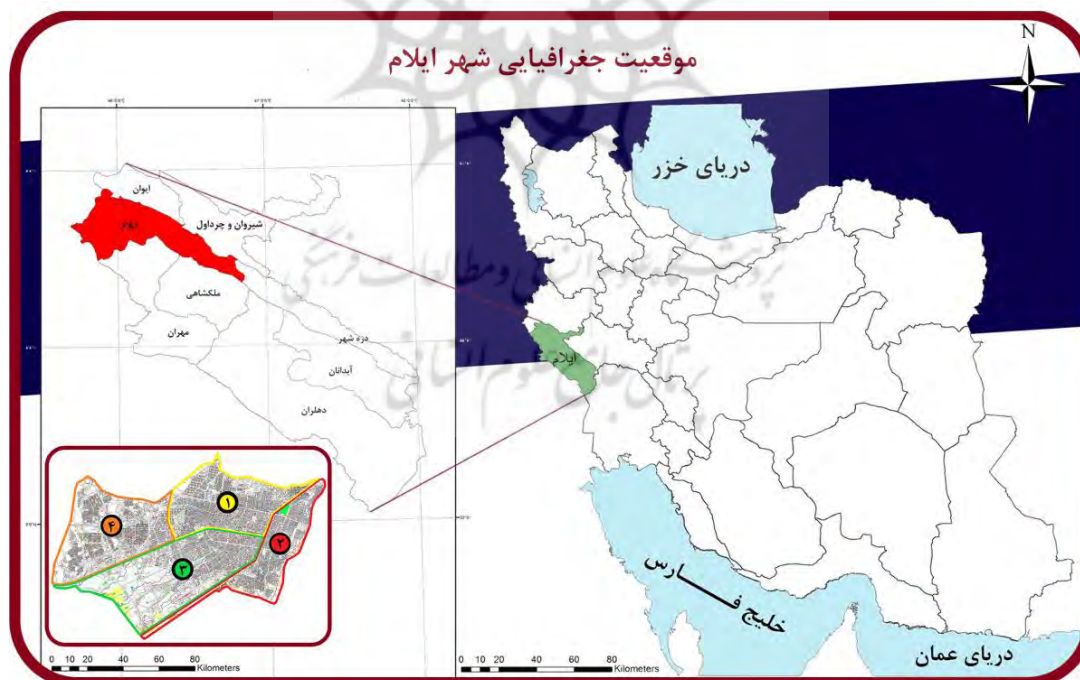
حلبیان و همکاران (۱۴۰۰) به تحلیل تغییرات مکانی و زمانی الگوهای حرارتی شهر اراک پرداخته اند. نتایج به‌کارگیری شاخص‌های (NDVI) و (LST) نشان داد بیشترین نمود جزایر گرمایی در مناطق با کاربری صنعتی، مکان‌های پرتراپیک و دارای آلودگی شدید هوا و تراکم بالای جمعیت، مناطق با پوشش گیاهی ضعیف، مناطق دارای بافت فشرده و فرسوده مشاهده گردید.

لذا، هدف از این پژوهش، بررسی تغییرات کاربری اراضی بر الگوهای زمانی - مکانی دمای سطح زمین در اراضی شهری ایلام با استفاده از داده‌های سنجش از دور و GIS می باشد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، با مساحت ۶۰۶۶/۰۲ هکتار در شمال استان ایلام و در مختصات جغرافیایی ۴۶ درجه و ۲۶ دقیقه طولی - شرقی و ۳۲ درجه و ۳۸ دقیقه عرضی- شمالی واقع شده است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰) (شکل ۱). شهر ایلام دارای اقلیم سرد و کوهستانی است و حداقل و حداکثر دمای آن ۷- تا ۴۳ درجه سانتی‌گراد است (آرخی و کلوی، ۱۳۹۸: ۵). منطقه ایلام از نظر تقسیمات زمین‌شناسی در بخش زاگرس چین‌خورده یا در بخش خارجی حوزه زاگرس قرار گرفته و امتداد ناهمواری‌ها به تبعیت از سیستم زاگرس شمال غربی - جنوب شرقی است (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان ایلام، ۱۳۸۵: ۹). به همین دلیل دو مسیر اصلی حوزه که از ارتفاعات سرچشمه می‌گیرند از درون شهر عبور کرده و در نهایت از سمت جنوب غربی منطقه خارج می‌شوند. شهر ایلام بر اساس آخرین سرشماری نفوس و مسکن مرکز آمار ایران، در سال ۱۳۹۵ دارای ۱۹۴۰۳۰ نفر جمعیت بوده است.



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

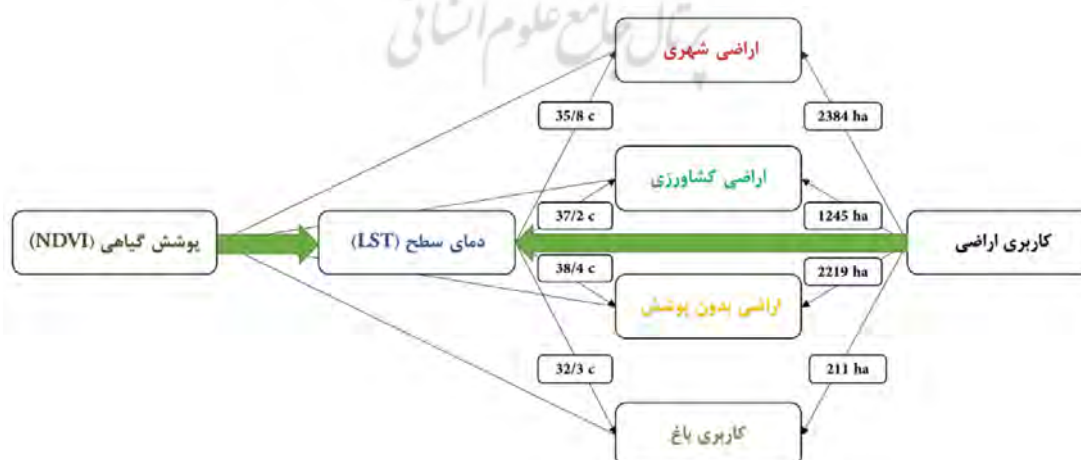
روش تحقیق

با توجه به اهداف و موضوع پژوهش، روش توصیفی - تحلیلی است. از تصاویر ماهواره لندست، سنجنده‌های (OLI, ETM, TM) برای بررسی تغییرات زمانی و مکانی (LST) در شهر ایلام استفاده شد (جدول ۱). در این پژوهش برای تهیه نقشه کاربری اراضی از روش طبقه‌بندی پیکسل پایه (شبکه عصبی آرتمپ فازی) سال‌های (۱۹۹۰، ۱۹۹۵، ۲۰۰۰، ۲۰۰۵، ۲۰۱۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۲۰) استفاده و سپس با الگوی پنجره مجزا LST تخمین زده شد.

جدول ۱. مشخصات تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده

Row	Path	Date	Sensor	Year
37	167	1990.05.17	TM	1990
37	167	1995.05.15	TM	1995
37	167	2000.05.04	ETM ⁺	2000
37	167	2005.06.11	TM	2005
37	167	2010.06.25	TM	2010
37	167	2015.06.07	OLI	2015
37	167	2020.05.19	OLI	2020

همچنین از نرم‌افزار سامانه اطلاعات جغرافیایی و پردازش تصویر شامل نرم‌افزارهای (ENVI, ArcGIS 10.3) و (Ecognitio) جهت پردازش و استخراج اطلاعات و تحلیل‌های مکانی استفاده شده است. فرایند پردازش داده‌ها در سه مرحله پیش‌پردازش، پردازش و پس پردازش انجام گرفته است. پس از تفکیک کاربری‌های موجود در منطقه، با استفاده از شاخص NDVI، دمای سطح زمین برآورد گردید. از نقشه‌های پوشش زمین، ماتریس تبدیل وضعیت کلاس‌های پوشش زمین بین هر دوره زمانی به دست آمد. برای اعتبارسنجی مدل نقشه کاربری اراضی شبیه‌سازی شده سال ۲۰۲۰ با نقشه واقعی حاصل از طبقه‌بندی تصویر ماهواره‌ای همان سال مقایسه شد. در پایان، سهم هر کاربری در افزایش یا کاهش درجه حرارت سطح زمین طی دوره ۳۰ ساله حاصل شد. پس از تصحیحات هندسی و رادیومتری بر روی تصاویر ماهواره‌ای و برش آن در محدوده مورد مطالعه، اقدام به تهیه و استخراج نقشه کاربری اراضی گردید. جهت بررسی تشابه طبقات و میزان تفکیک‌پذیری و تباین کلاس‌ها، از روش ارزیابی کمی تفکیک‌پذیری استفاده و تفکیک‌پذیری آن‌ها با استفاده از شاخص واگرایی تبدیل شد. به منظور بررسی دقت طبقه‌بندی تصویرها، با استفاده از نمونه‌های تعلیمی، نسبت به محاسبه صحت با استفاده از ماتریس خطا و محاسبه پارامترهای آماری صحت کل، ضریب کاپا، دقت تولیدکننده و دقت استفاده‌کننده اقدام شد. در این تحقیق جهت تخمین میزان گسیل‌مندی و درجه حرارت سطح زمین از روش پنجره مجزا استفاده شده است. در شکل ۲ روند مراحل انجام تحقیق نشان داده شده است.



شکل ۲. مدل مفهومی تحقیق (منبع: نگارنده)

الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی آرتمپ فازی

شبکه ART یکی از شبکه‌های رایجی است که در گروه‌بندی و خوشه‌بندی استفاده می‌شود. خوشه‌بندی یک فرایند دسته‌بندی بدون نظارت و گروه بندی فرایند دسته بندی با نظارت است (Wiley, 2002). آرتمپ فازی یک شبکه عصبی است و بر پایه نظریه تشدید انطباقی استوار است (فتحی زاد و همکاران، ۱۳۹۴: ۷۰). هر سیستم آرتمپ از دو مدل (ARTa) و (ARTb) تشکیل شده که طبقات بازشناسی پایداری را در پاسخ به دنباله‌های دلخواه از الگوهای ورودی ایجاد می‌کند. این دو مدل از طریق یک مدل واسطه به نام ناحیه نگاشت (Fab) پیوند می‌یابند. آرتمپ باینری سیستم ARTI را به عنوان مدل‌های ARTa و ARTb به کار می‌گیرد و این در حالی است که آرتمپ فازی از سیستم‌های ART فازی بدین منظور بهره می‌گیرد؛ بدین ترتیب که مثلاً عملگر (Ω) با عملگر AND فازی جایگزین می‌شود (فتحی‌زاد و همکاران، ۱۳۹۴: ۷۱).

الگوریتم پنجره مجزا برای محاسبه دمای سطح (LST)

الگوریتم پنجره مجزا به سه پارامتر گسیل‌مندی، عبور اتمسفری، و میانگین دمای مؤثر هوا برای محاسبه دمای سطح زمین نیاز دارد (Qian et al., 2015). این الگوریتم را سال ۲۰۰۱ توسط کین و همکاران برای محاسبه دمای سطح توسط سنجنده TM لندست ۵ ارائه شد و پس از آن با تغییرات اندکی در ضرایب معادلات آن برای دیگر سنجنده‌ها نیز کالیبره شد (Rozensten et al., 2014). این الگوریتم با استفاده از اطلاعات زمینی، اطلاعات دمای روشنایی سنسور حرارتی (TIRS)، قابلیت انتشار دمای سطح زمین (LSE) و عامل پوشش گیاهی جزء به جزء (FVC) بدست آمده از باند چند طیفی (OLI) محاسبه دمای سطح زمین را فراهم می‌کند (Shahid Latif, 2014). از آنجا که الگوریتم SW از هر دو باند OLI و TIRS استفاده می‌کند، دمای سطح زمین استخراج شده با استفاده از آن معتبرتر و دقیق‌تر است (Soria et al., 2008). این الگوریتم با حذف اثرات جو، نسبت به سایر الگوریتم‌های تک باندی (SC) از دقت بالاتری برخوردار است (Wang et al., 2013; Du et al., 2015). در پژوهش حاضر از الگوریتم پنجره مجزا برای تخمین دمای LST بر اساس داده‌های سنجنده لندست ۸ و ۵ استفاده شده است. در این روش دمای سطح با استفاده از رادیانس حرارتی تصحیح شده به دست می‌آید. برای محاسبه رادیانس حرارتی تصحیح شده نیاز به محاسبه گسیل‌مندی در باند حرارتی می‌باشد. در این روش از آستانه گذاری NDVI استفاده می‌شود. در واقع هر یک از عوارض زمینی دارای گسیل‌مندی خاصی هستند (Fathizad, 2017). با تشخیص حداقل و حداکثر آن میزان NDVI به دست می‌آید. بنابراین با داشتن میانگین گسیل‌مندی خاک و پوشش گیاهی می‌توان گسیل‌مندی سایر مناطق را با رابطه ۱ محاسبه نمود.

$$P = s(1 - P) + d \quad (1)$$

که در آن گسیل‌مندی مناطقی با پوشش گیاهی کامل و s گسیل‌مندی مناطقی با خاک خشک است. همچنین dv اثر پراکنش سطوح است که با استفاده از رابطه ۲ محاسبه می‌گردد.

$$d = (1 - F) + s \quad (2)$$

F در این رابطه عامل شکل و مقدار میانگین آن برابر ۰/۵۵ است. P نیز درصد پوشش گیاهی است که از رابطه (۳) به دست می‌آید.

$$P = \frac{NDVI_{max} - NDVI}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \quad (3)$$

شاخص NDVI

شاخص نرمال شده پوشش گیاهی NDVI یک شاخص خوب برای شناسایی تغییرات دراز مدت پوشش گیاهی و وضعیت آن است (Baihua and Isabela, 2015). در مناطقی که منابع آب کافی وجود دارد، افزایش دمای سطح ممکن است تراکم

پوشش گیاهی در منطقه را افزایش دهد (Wei et al., 2011). طبق تحقیقات انجام شده، یک ارتباطی منطقی بین شاخص NDVI و دمای سطح زمین وجود دارد (Wei et al., 2015). این شاخص بیشترین حساسیت را به تغییرات پوشش گیاهی داشته و در مقابل اثرات جوی و زمینه خاک، به جز در مواردی که پوشش گیاهی کم باشد، حساسیت کمتری دارد. شاخص NDVI از رابطه ۴ محاسبه می‌شود (Allen et al., 2002).

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (4)$$

که در آن NIR بازتاب در باند فرورسرخ نزدیک و RED انعکاس در باند سرخ است. اگرچه از دیدگاه نظری مقدار این شاخص در محدوده -۱ و +۱ می‌باشد ولی در عمل کمتر از ۱ و بیشتر از ۱ است. مقادیر این شاخص برای پوشش گیاهی تراکم به سوی عدد یک میل می‌کند. اما ابرها برف و آب با مقادیر منفی مشخص می‌شوند. سنگ‌ها و خاک‌های بایر که واکنش‌های طیفی مشابه در دو باند مورد استفاده دارند با مقادیر نزدیک به صفر دیده می‌شوند. در این شاخص خاک معمولی معادل صفر منظور می‌شود. هر چه فاصله شاخص یک پیکسل بالاتر از اندازه خاک باشد نشان‌دهنده تراکم بیشتر پوشش گیاهی است (Fathizad, 2017).

تصحیح درجه حرارت منتشر شده از زمین (LST)

غالباً زمین به سبب داشتن رنگی روشن‌تر نسبت به آب تابش کمتری را جذب می‌کند. حتی اگر این دو سطح آلدوی یکسانی داشته باشند گرمای ویژه سطح، تعیین‌کننده مقدار انرژی دمایی لازم برای افزایش ویژه دما در واحد حجم خواهد بود. همچنین پوشش زمین، توپوگرافی و انرژی تشعشعی ورودی، عوامل مهم کنترل‌کننده توزیع مکانی LST می‌باشند (Stroppiana et al., 2014). در این روش نیز دمای سطح زمین از رابطه ۵ برحسب کلونین به دست می‌آید.

$$LST = \frac{T_B}{1 + \frac{T_B}{Ln}} \quad (5)$$

که در آن LST دمای سطح زمین برحسب درجه کلونین طول موج باند مورد نظر و برابر با $11/5 \mu m$ می‌باشد (Weng and Schubring, 2004).

ثابت بولتزمن، h ثابت بلانک و برابر با $6.626 \cdot 10^{-34}$ و c سرعت نور با میزان $2.998 \cdot 10^8$ m/s و $P = \frac{h \cdot c}{1.438 \cdot 10^{-2} \cdot mk}$ ثابت بولتزمن، T_B دمای روشنایی بر حسب کلونین است از رابطه ۶ به دست می‌آید.

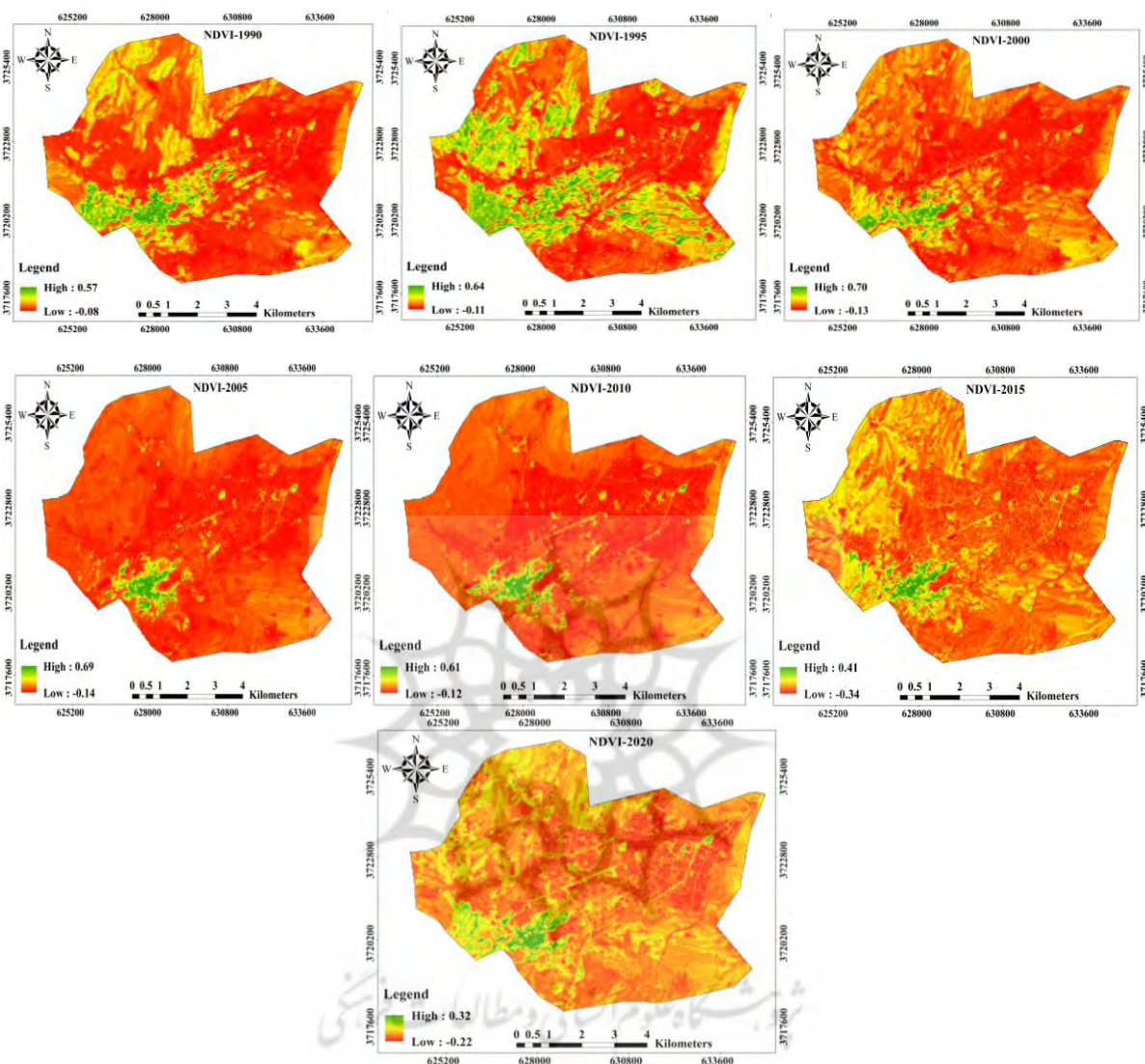
$$T_B = \frac{K_2}{\ln \frac{K_1}{L} + 1} \quad (6)$$

K_1 و K_2 ضریب تصحیح هستند که به ترتیب دارای مقادیر $666/0.9$ و $1287/71$ هستند (برای تصاویر لندست).

نتایج برآورد شاخص تفاضل پوشش گیاهی (NDVI)

پوشش گیاهی یکی از مهم‌ترین مشخصه‌های مؤثر در تغییرات درجه حرارت سطح زمین است که می‌تواند در تحلیل‌های مربوط به رشد و گسترش شهری تأثیرگذار باشد (نادی زاده و همکاران، ۱۳۹۷). توزیع فضایی NDVI در منطقه مورد مطالعه برای سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ میلادی به صورت نقشه در شکل ۳ ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد، تراکم پوشش گیاهی به طور میانگین در بخش‌های غربی، جنوب و جنوب غربی نسبت به سایر نواحی مورد بررسی وضعیت مطلوب‌تر و مساعدتری دارد. همچنین با توجه به تحلیل نقشه‌های خروجی، در برخی نواحی پوشش گیاهی وجود ندارد و زمین‌های بایر و خشک مشاهده می‌گردد. با توجه به جدول ۲، بیشترین تراکم پوشش گیاهی موجود نیز مربوط به سال ۱۹۹۵ می‌باشد و کمترین

تراکم مربوط به سال‌های ۲۰۰۵ و ۲۰۱۰ میلادی است که به دلیل خشک‌سالی در این دوره شاهد پوشش گیاهی ضعیفی هستیم. اما در سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۲۰ وضعیت پوشش گیاهی رو به بهبود بوده است.



شکل ۳. نقشه شاخص تفاضل پوشش گیاهی طی بازه زمانی ۱۹۹۰-۲۰۲۰

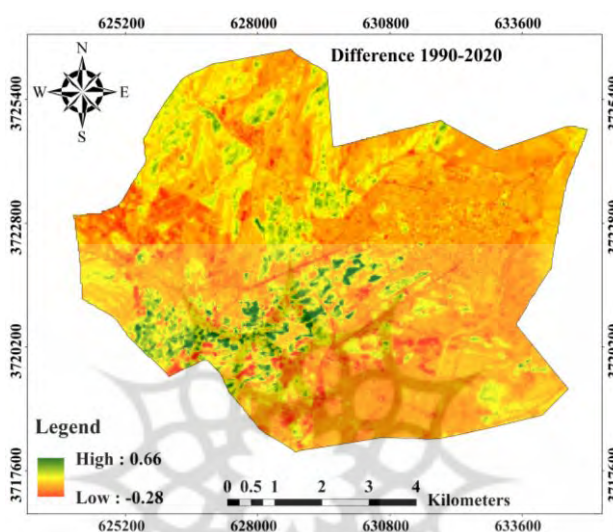
نتایج آماری شاخص پوشش گیاهی که نشان دهنده کاهش تراکم پوشش گیاهی و افزایش اراضی با پوشش گیاهی کم تراکم و لخت در طول دوره مورد بررسی است در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲. اطلاعات آماری شاخص پوشش گیاهی (NDVI) استخراج شده

تاریخ تصاویر	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف معیار
1990	-0.08	0.58	0.08	0.1
1995	-0.11	0.64	0.13	0.15
2000	-0.13	0.70	0.07	0.10
2005	-0.14	0.69	0.01	0.08
2010	-0.12	0.61	0.01	0.05
2015	-0.34	0.41	0.02	0.07
2020	-0.22	0.32	0.03	0.05

برای تعیین و ارزیابی داده‌ها، نقشه روند شاخص تفاضل پوشش گیاهی سال ۱۹۹۰ و ۲۰۲۰ میلادی تهیه گردید. این شکل نشان می‌دهد میزان روند پوشش گیاهی شاخص NDVI به طور میانگین و با توجه به شکل ۴ از روند افزایشی با مقدار $+0/66$ تا روند کاهشی با مقدار $-0/28$ متغیر است.

در شکل ۴ مقادیر مثبت با رنگ سبز بیانگر افزایش پوشش گیاهی و مقادیر منفی با رنگ قرمز نشان دهنده کاهش پوشش گیاهی است. مقادیر بینابینی که با رنگ زرد نشان داده شده‌اند، نشان دهنده مناطق بدون تغییر پوشش هستند. بر این اساس و با توجه به این شکل، مناطق سبز رنگ که نشان دهنده روند صعودی در داده‌های شاخص پوشش گیاهی هستند در مناطق شمال، شمال غرب، غرب و جنوب غرب حوضه و اندکی به سمت جنوب منطقه به چشم می‌خورد. همچنین، بیشترین روند کاهش پوشش گیاهی در مناطق جنوب، جنوب شرق و شرق منطقه رخ می‌دهد.

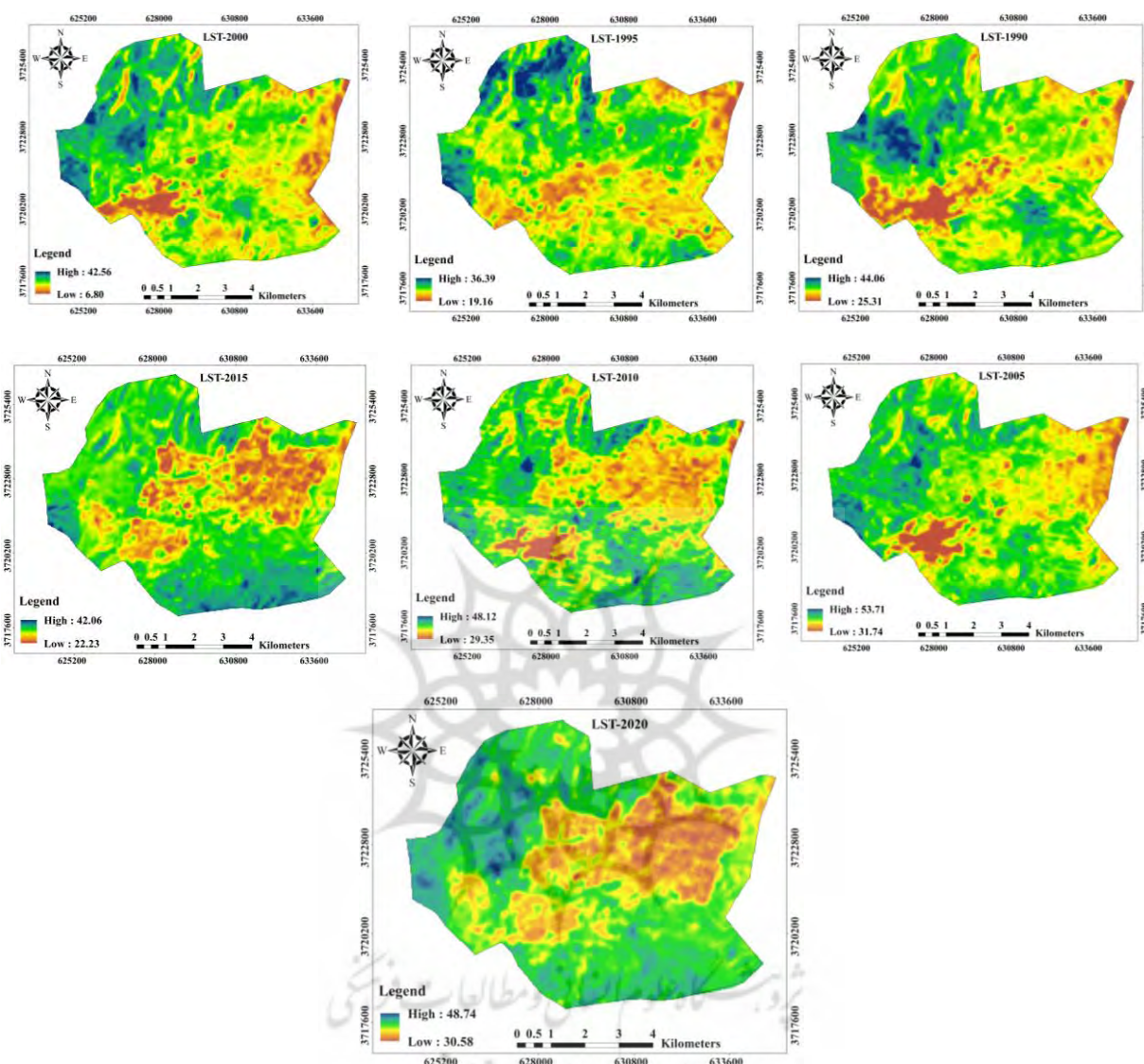


شکل ۴. نقشه روند تغییرات پوشش گیاهی شاخص NDVI در شهر ایلام طی بازه زمانی ۱۹۹۰-۲۰۲۰

نتایج دمای سطح زمین (LST)

دمای سطح زمین تحت تأثیر عوامل مختلفی است؛ از جمله شرایط توپوگرافی، میزان انرژی موج کوتاه و بلند ورودی، عامل ارتفاع، شرایط اقلیمی، کاربری اراضی، وضعیت پوشش گیاهی، موقعیت جغرافیایی و در بافت شهری هم عوامل آلودگی هوا، هندسه شهری، جنس مصالح استفاده شده، تراکم ساخت، تراکم جمعیت، شیب، جهت شیب و فاصله از جاده اثرگذار می‌باشند (حمزه و همکاران، ۱۳۹۷؛ جمالی و همکاران، ۱۳۹۸؛ کریمی و همکاران، ۱۳۹۸؛ روشن و همکاران، ۱۳۸۸؛ آروین، ۱۳۹۷). همان‌طور که گفته شد برای به دست آوردن نقشه‌های دمای سطحی زمین از الگوریتم پنجره مجزا و تصاویر مربوط به ماه خرداد سال‌های مد نظر استفاده شد. از آن‌جا که زمان گرفتن تصاویر ماهواره‌ای خرداد ماه است و با توجه به شرایط گرمسیری منطقه ایلام، سطح تاج پوشش مراتع و اراضی کشاورزی در این زمان کم شده و در بخش‌های زیادی پوشش مرتعی خشک شده است این اتفاق بر دمای سطحی تأثیرگذار بوده است. در شکل ۵ نقشه LST بین بازه زمانی ۱۹۹۰-۲۰۲۰ برای منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود حداقل و حداکثر درجه حرارت منطقه در سال‌های مورد مطالعه بین ۶ تا ۵۳ درجه سانتی‌گراد بوده چنانچه در تمامی تصاویر مشاهده می‌گردد جنوب غربی و شرق و مرکز داری کمترین درجه حرارت هستند و آن هم به دلیل کوهستانی بودن، وجود اراضی جنگلی و فضای سبز منطقه است. با توجه به نقشه‌های درجه حرارت به دست آمده بدون لحاظ کردن تأثیر پارامتر ارتفاع در مناطق مختلف منطقه مورد مطالعه، بخش عظیمی از قسمت غرب و جنوبی منطقه از درجه حرارت بالایی برخوردار هستند. نتایج دمای سطح زمین روندی افزایشی را طی دوره مطالعه شده نشان می‌دهد، به طوری که از دمای بیشینه ۴۴ درجه سانتی‌گراد در سال ۱۹۹۰ به دمای ۴۸/۷۴ درجه سانتی‌گراد در سال ۲۰۲۰ رسیده است به بیان

دیگر در دوره ۳۰ ساله نزدیک ۵ درجه سانتی گراد به دمای سطح زمین افزوده شده است که دلیل آن وجود کاربری‌های با پوشش ضعیف تر و یا فاقد پوشش، رشد و توسعه شهرنشینی، آلودگی هوا و فعالیت‌های انسانی هستند.

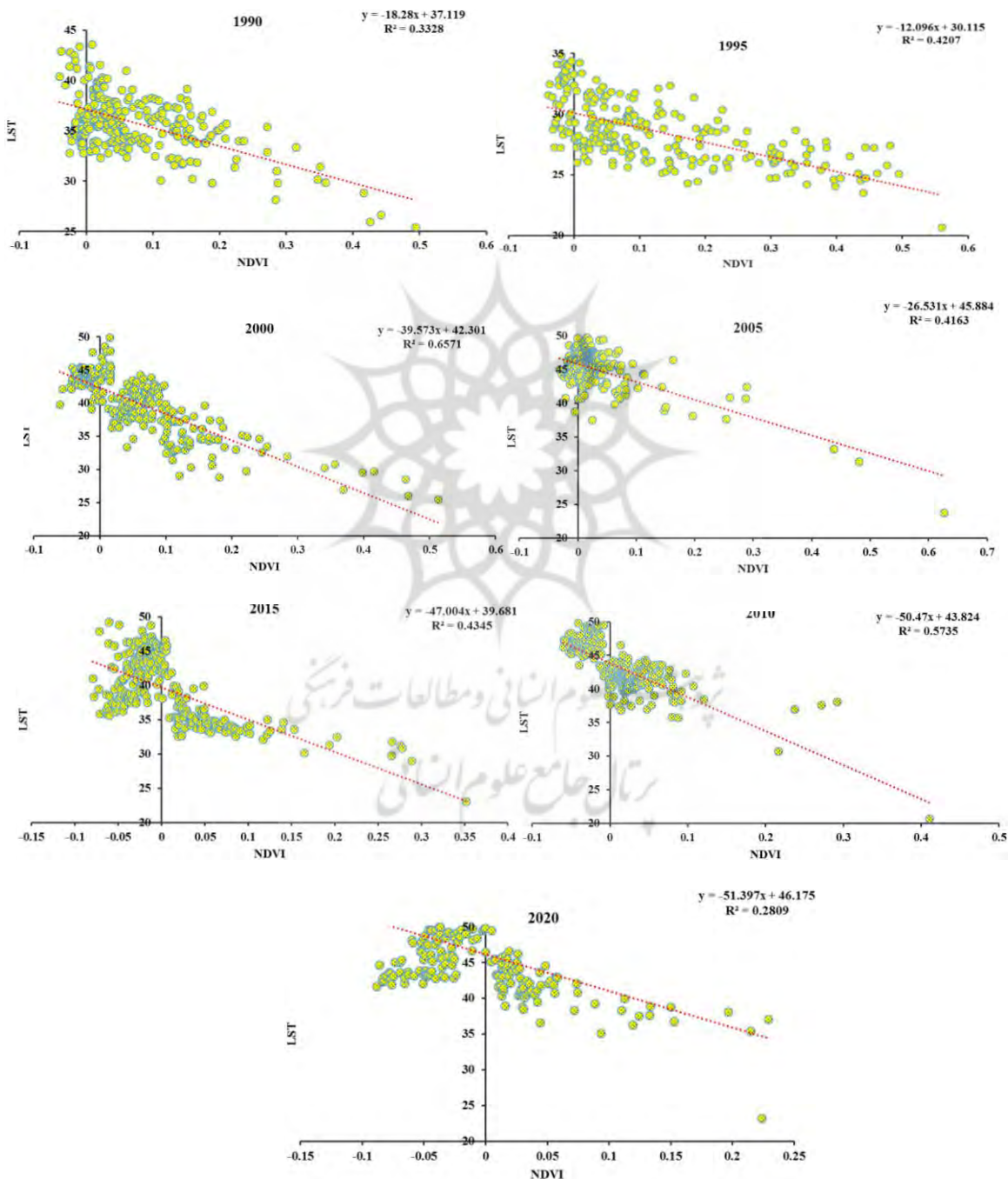


شکل ۵. نقشه LST طی بازه زمانی ۱۹۹۰-۲۰۲۰

رابطه بین شاخص پوشش گیاهی (NDVI) و درجه حرارت سطح زمین (LST)

به منظور بررسی رابطه بین NDVI و LST، به صورت تصادفی تعدادی نقاط (۲۴۱ نقطه) انتخاب شد و ارزش پیکسل‌های برداشته شده از تصاویر NDVI و LST برای هر سال استخراج شده است و نمودار رابطه همبستگی بین LST و NDVI برای هر سال انجام شد نتایج آنها در شکل (۷) آورده شده است. مقدار R2 (میزان همبستگی) در تمامی سال‌های مورد بررسی پایین می باشد و هر چه به سال ۲۰۲۰ میلادی نزدیک می شود کمتر می شود که نشان می دهد از میزان همبستگی LST و NDVI کاسته شده است. وجود وابستگی شدید میان درجه حرارت سطح زمین و NDVI در کاربری باغ بستر روابط رگرسیونی را فراهم می کند. با توجه به شکل ۶ از تراکم نمونه‌هایی با NDVI بالا و دمای پایین در سال ۲۰۰۰ کاسته شده است. این نمونه‌ها در سال ۲۰۲۰ پراکنده‌تر شده‌اند و به سوی NDVI پایین و دمای بالا حرکت کرده‌اند. بیشتر این تغییرات در مرزهای اراضی بایر و شهری مشاهده می شود؛ جایی که مساحت شهر و اراضی بایر در حال افزایش است در مناطق با پوشش گیاهی متراکم، افزایش NDVI با کاهش دمای سطح همراه است (تصاویر سال‌های ۱۹۹۰، ۱۹۹۵، ۲۰۰۰) و در اراضی بایر و کشاورزی‌های دیم با کاهش پوشش گیاهی دمای سطح رو به افزایش بوده است. با

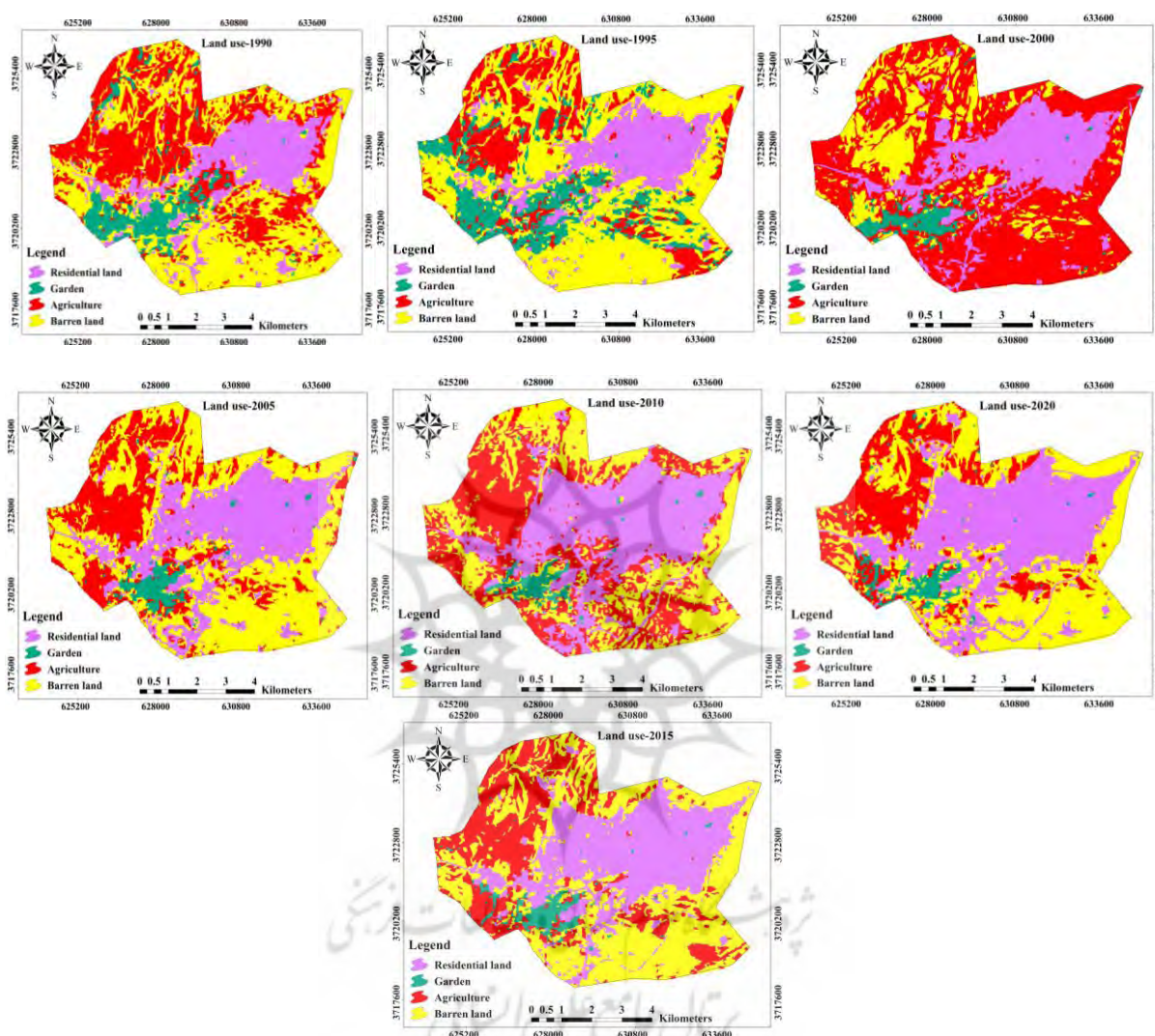
توجه به این که کاربری انسان ساخت کاربری غالب سیمای شهری و تراکم پوشش گیاهی در این نوع سیما کمتر است. اما رشد و توسعه شهرنشینی (شکل ۶) و (شکل ۵) نه تنها باعث افزایش دما در بافت شهری نشده بلکه دمای بافت شهری را به طرز چشمگیری نسبت به کاربری های دیگر (اراضی بایر و کشاورزی) پایین آورده است. در واقع استفاده از مصالح با جذب حرارتی پایین، بلند مرتبه سازی، و تغییرات شرایط جوی همبستگی بین LST و $NDVI$ را در مناطق شهری کاهش داده است. بررسی نمودار پراکنش ارتباط بین دمای سطح زمین و پوشش گیاهی نشان می دهد دو پارامتر دارای ارتباط خطی و معکوس اند. مقدار میانگین پوشش گیاهی برای هر منطقه پایین و اختلاف میانگین پوشش گیاهی برای طبقات ارتفاعی مختلف اندک است که ناشی از ضعیف بودن و یکنواخت بودن پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه است.



شکل ۶. نمودار رابطه همبستگی بین LST و $NDVI$ در بازه زمانی ۱۹۹۰-۲۰۲۰ شهر ایلام

تهیه نقشه کاربری اراضی

به منظور تعیین طبقات و کاربری‌ها در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰، پس از بررسی‌های میدانی، مشاهدات چشمی و بررسی ترکیب‌های مختلف تصاویر ماهواره‌ای و با استفاده از الگوریتم شبکه عصبی- آرت‌مپ فازی چهار طبقه کاربری (اراضی شهری، باغ، کشاورزی و اراضی بدون پوشش) شناسایی گردید (شکل ۷).



شکل ۷. نقشه کاربری اراضی شهر ایلام در بازه زمانی ۱۹۹۰-۲۰۲۰

ارزیابی دقت طبقه‌بندی

به منظور بررسی درستی طبقه‌بندی، مقایسه‌ای با نقشه‌های کاربری موجود و همچنین بازدیدهای میدانی انجام شد. معمول‌ترین پارامترها برای برآورد درستی شامل درستی کل، درستی تولیدکننده، درستی تهیه‌کننده و ضریب کاپا می‌باشد (Lu, 2004). از نظر تئوری احتمالات، دقت کل نمی‌تواند معیار خوبی برای ارزیابی نتایج طبقه‌بندی باشد. زیرا در این شاخص نقش شانس قابل توجه است. برای تعیین نقشه موقعیت زمین، از برداشت زمینی و نرم‌افزار گوگل ارث و نقشه‌های کاربری موجود استفاده شده است. تصاویر گوگل ارث به دلیل دقت مکانی زیاد و ارائه تصاویر در مقیاس زمانی متفاوت ابزاری مفید برای نظارت بر کاربری‌ها و اعمال طبقه‌بندی محسوب و استفاده از این تصاویر هنگام طبقه‌بندی از بروز خطاهای احتمالی جلوگیری می‌کند (Wibowo et al., 2016). نتایج حاصل از مقایسه نقاط نمونه برداری شده با واقعیت زمینی در ماتریس خطا وارد شد و طبق آن درستی کل و ضریب کاپا به دست آمد (جدول ۳).

جدول ۳. پارامترهای آماری دقت نقشه‌های کاربری اراضی در بازه زمانی ۲۰۲۰-۱۹۹۰ به روش الگوریتم آرتمپ فازی

Year	Overall Accuracy (%)	Kappa Coefficient
1990	92.95	0.90
1995	89.84	0.85
2000	96.45	0.95
2005	98.24	0.97
2010	97.69	0.96
2015	93.75	0.92
2020	98.63	0.98

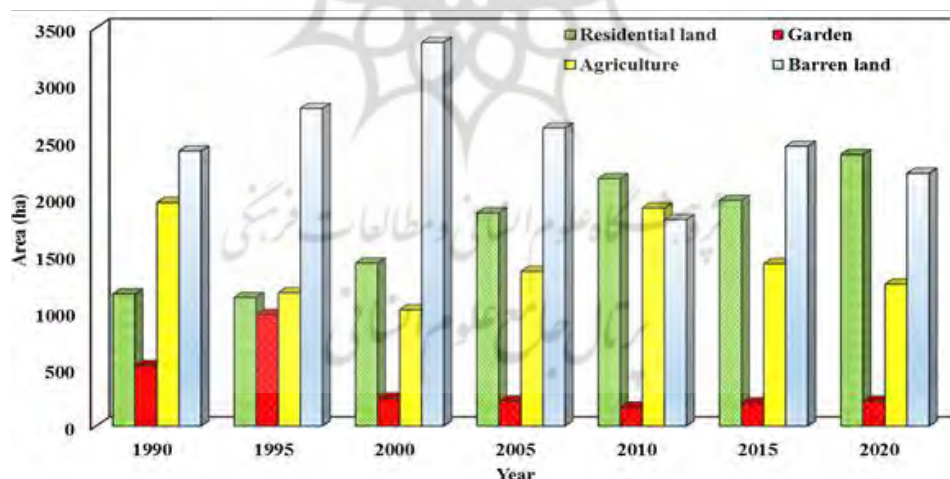
مطابق جدول ۴ مساحت کاربری‌ها نشان می‌دهد کاربری اراضی مسکونی در روش شبکه عصبی- فازی از ۱۹/۱۸ درصد در سال ۱۹۹۰ به ۳۹/۳۵ درصد در سال ۲۰۲۰ رسیده است که نشان دهنده رشد و توسعه شهر می باشد. از سوی دیگر، کاربری باغ از ۸/۶۴ درصد در سال ۱۹۹۰ به ۳/۴۹ درصد در سال ۲۰۲۰ رسیده و همین‌طور کاربری کشاورزی نیز نسبت به سال ۱۹۹۰ کاهش داشته است که می‌توان علت این کاهش را توسعه فضای شهری، دیمی بودن کشاورزی و همچنین خشک‌سالی‌های دوره‌ای در شهر ایلام دانست (شکل ۸).

با توجه با شکل ۸ اراضی مسکونی و کشاورزی روندی افزایشی و اراضی باغ و بایر روندی کاهشی داشته است.

جدول ۴. مساحت کاربری‌های استخراج شده طی دوره مطالعه شده (هکتار)

سال	اراضی شهری	کاربری باغ	اراضی بایر	اراضی کشاورزی
1990	1129.55	523.73	2415.53	1962.29
1995	1155.38	978.06	2789.76	1164.65
2000	1432.13	240.17	3369.93	1019.37
2005	1873.26	217.35	2613.87	1357.29
2010	1982.58	201.22	2457.67	1419.32
2015	2172.44	164.80	1814.05	1909.36
2020	2384.61	211.54	2219.52	1245.52

میزان تغییرات اراضی



شکل ۸. مساحت کلاس‌های کاربری‌ها و روند تغییرات آن‌ها در بازه زمانی ۲۰۲۰-۱۹۹۰

رابطه بین کاربری اراضی و LST

برای تشخیص بهتر رابطه میان (LST) و کاربری اراضی، وضعیت دمایی و پوشش هر کاربری بر اساس دمای کمینه، بیشینه و میانگین بررسی شد. اراضی ساخته‌شده به دو دلیل دمای بالاتری نسبت به کاربری باغ دارند. نخست اینکه ساختار و مورفولوژی شهر ظرفیت جذب و ذخیره قابل توجهی از تابش خالص خورشیدی را به‌ویژه در شرایط جوّی آرام و صاف ماه خرداد دارد. این امر منجر به ایجاد گرمای شبانه بر مرکز شهر (نواحی تجاری) و تشکیل جزیره حرارتی در خردادماه می‌شود. دوم به دلیل آزاد شدن گرما از طریق فعالیت‌های انسانی (مصرف سوخت‌های فسیلی، استفاده از انرژی الکتریسیته، تردد خودروها و ...) مناطق

ساخته شده دمای بالایی نسبت به کاربری باغ دارند. همچنین کمترین دما به کاربری باغ مربوط است، علت کاهش دما برای کاربری باغ تبخیر و تعرقی است که موجب می شود دمای سطح آن همیشه پایین باشد. زمین های کشاورزی نسبت به اراضی بایر دمای پایین تری دارند. چرا که دارای زیتوده سبز است، بنابراین میزان رطوبت در این مناطق بالاتر است. بیشترین دما مربوط به اراضی بایر و بدون پوشش و همچنین اراضی کشاورزی (فصل برداشت اراضی کشاورزی) بوده است که این مسئله تأثیر کاهش پوشش گیاهی را بر افزایش دمای سطحی نشان می دهد. پوشش گیاهی با توجه به نقش تعدیل کننده خود تأثیر زیادی بر افزایش و کاهش دمای سطح زمین دارد. از طرفی نیز مشخص شده است دمای باغات (باغ، فضاهای سبز شهری و پارک جنگلی) با وجود دارا بودن درختان زیاد نسبت به گذشته به اندازه ۶ درجه سانتی گراد افزایش یافته است. علت احتمالی آن را می توان به کاهش تعداد درختان و وجود ذرات معلق درشت نظیر گرد و غبار رسوب شده بر روی سطح برگ ها که به کاهش تبادل گازی درختان منجر شده، و از طرفی دیگر افزایش دمای سطح برگ ها، کاهش عمل فتوسنتز و زرد شدن برگ ها، به دلیل عدم توانایی رشد سبب گشته است، باشد. بنابراین یکی از دلایل افزایش دما طی این چند دوره کاهش پوشش گیاهی و رشد و توسعه شهری است که در این مطالعه دیده می شود.

جدول ۵. کمینه، بیشینه، و میانگین دمایی (برحسب سانتی گراد) در هر یک از کاربری ها طی بازه زمانی ۱۹۹۰-۲۰۲۰

سال	کاربری	MIN	MAX	MEAN
1990	اراضی شهری	26.16	40.57	35.02
	کاربری باغ	24.46	39.02	30.71
	اراضی بدون پوشش	26.16	43.21	36.84
	اراضی کشاورزی	26.16	41.33	35.16
1995	اراضی شهری	18.31	32.35	28.15
	کاربری باغ	20.54	31.14	26.26
	اراضی بدون پوشش	19.65	35.54	28.28
	اراضی کشاورزی	20.1	35.15	27.7
2000	اراضی شهری	5.95	39.81	34.06
	کاربری باغ	24.46	36.33	29.42
	اراضی بدون پوشش	25.31	41.33	36.56
	اراضی کشاورزی	14.18	41.71	34.37
2005	اراضی شهری	30.89	49.86	44.61
	کاربری باغ	31.25	46.59	37.59
	اراضی بدون پوشش	35.56	52.12	46.74
	اراضی کشاورزی	35.14	52.86	45.73
2010	اراضی شهری	28.5	45.7	39.17
	کاربری باغ	29.3	42.5	35.42
	اراضی بدون پوشش	33.75	47.27	41.71
	اراضی کشاورزی	32.46	46.88	41.49
2015	اراضی شهری	21.38	40.93	32.2
	کاربری باغ	26.44	36.74	31.22
	اراضی بدون پوشش	28.23	41.21	35.03
	اراضی کشاورزی	24.67	41	34.61
2020	اراضی شهری	29.73	46.66	37.5
	کاربری باغ	30.73	42.75	36.13
	اراضی بدون پوشش	34.41	47.89	42.03
	اراضی کشاورزی	32.87	46.85	41.36

نتیجه گیری

پژوهش حاضر با هدف تعیین ارتباط بین تغییرات کاربری اراضی و شاخص پوشش گیاهی با دمای سطح زمین انجام گرفت. به عبارتی طی بررسی انجام شده مشخص شد مساحت کاربری‌های باغ و زمین‌های کشاورزی روند کاهشی و کاربری‌های نواحی مسکونی و زمین‌های بایر روند افزایشی داشته‌اند. سپس نسبت به استخراج نقشه‌های شاخص پوشش گیاهی (NDVI) و دمای سطح زمین اقدام شد. در این میان اراضی بایر و کشاورزی دمای بیشتری نسبت به کاربری‌های دیگر داشته‌اند و کاربری اراضی شهری ایلام در نقشه‌های دمای سطح زمین (۱۹۹۰-۱۹۹۵-۲۰۰۰) نسبت به کاربری‌های دارای پوشش گیاهی درجه حرارت بالایی را نشان می‌دهد. که با نتایج (Lu et al., 2002) و خیبری و همکاران (۱۳۹۶) مبنی بر اینکه روند کاهشی پوشش گیاهی تأثیر مستقیمی بر افزایش دمای سطح در کاربری شهری داشته و مناطق شهری و مسکونی به دلیل ساخته شدن از مواد غیر متخلخل مانند فلز، آسفالت و بتن درجه حرارت بالاتری دارند، مطابقت دارد. بنابراین دمای سطحی زیادتر در مناطق شهری نسبت به اراضی کشاورزی و پوشش‌های گیاهی و آب را می‌توان به سطوح غیر قابل نفوذ نظیر بتن، آسفالت و کاشی نسبت داد که به صورت گسترده‌ای در مناطق شهری مورد استفاده قرار می‌گیرند (Zhang et al., 2015). دمای زیاد اراضی بایر نسبت به مناطق شهری ناشی از آن است که میزان انعکاس در اراضی بایر پایین بوده و در نتیجه نور بیشتری را در خود نگاه می‌دارد (Georgescu et al., 2011). تخریب پوشش گیاهی به افزایش دمای سطح زمین می‌انجامد؛ زیرا پوشش گیاهی به منزله یکی از مهم‌ترین دلایل تعدیل دمای سطح زمین موجب می‌شود؛ چنانچه پوشش گیاهی از بین برود، فرایند بازتابش دما صورت نمی‌گیرد و همین مسئله در گذر زمان موجب افزایش دمای سطح می‌شود (شعبانی و همکاران، ۱۳۹۸). واکنش حرارتی حتی زمانی که گیاهان سبز هستند نیز اتفاق می‌افتد؛ به طوری که با بسته شدن روزنه گیاهان میزان هدررفت آب ترقی کاهش می‌یابد؛ با کاهش فشار حرارتی نهان برای تعادل بیلان انرژی، فشار حرارتی محسوس و به تبع دمای برگ افزایش می‌یابد. در نتیجه این مسئله باعث بالا رفتن اختلاف دمای هوای برگ و اطراف برگ خواهد شد و در نتیجه منجر به کاهش دمای سطح می‌شود (امینی و همکاران، ۱۳۹۳). اما نقشه‌های دمایی سطح زمین در سال‌های (۲۰۱۵ و ۲۰۲۰) حاکی از آن است، که به دلیل استفاده از پوشش‌های سقفی همچون ایزوگام به جای مصالح قدیمی و نامناسب که جذب حرارتی بیشتری داشتند، بلندمرتبه‌سازی و سایه‌اندازی ساختمان‌ها بر روی یکدیگر و همچنین استفاده از درختان در پیاده‌روها و رشد درختان در طی این چند سال و تغییرات شرایط آب و هوایی سبب شده است که دمای محیط شهری نسبت به اراضی بایر وضعیت مطلوب‌تری داشته باشد. در اغلب شهرهای صنعتی، افزایش جمعیت در مناطق شهری با افزایش برون رفت‌های حرارتی دمای سطحی را افزایش می‌دهد (Zhou et al., 2011)، اما ایلام به خاطر غیر صنعتی بودن و نداشتن کارخانه و صنایع آلاینده و بافت شهری نسبتاً کم تراکم توانسته است یک رابطه‌ای منعطف با محیط پیرامونش برقرار کند و شهر را از نظر دمایی به یک توازن نسبی برساند و از آنجا که ایلام یک شهر گرمسیری می‌باشد این میزان دما در خرداد ماه نسبتاً دمای مطلوبی می‌باشد.

در منطقه مورد بررسی، مناطق با پوشش سبز به دلیل دارا بودن زیاده سبز نسبتاً زیاد، دارای بیشترین شاخص پوشش گیاهی هستند. چنانچه در نقشه وضعیت دمای سطح زمین دیده می‌شود، اثر محیط حرارتی اراضی فاقد پوشش گیاهی و شهر را می‌توان با این تفسیر که مقادیر (LST) در مناطق مسکونی و فاقد پوشش گیاهی مقدار کمتری است، در مقایسه با اراضی سبز به وضوح تشخیص داد. نتایج دمای سطح زمین و شاخص پوشش گیاهی در محدوده شهر ایلام نشان داد که میانگین دما در سال ۲۰۲۰ حدوداً ۳۷ درجه سانتی‌گراد و میانگین پوشش گیاهی منطقه نیز ۰/۱۸۵ می‌باشد. با توجه به اغلب منابع تحقیقاتی موجود درباره طبقه‌بندی پوشش گیاهی بر اساس شاخص (NDVI)، میانگین دمای سطح زمین در طی این سه دهه برای پوشش انسان‌ساخت ۳۵/۸۰ درجه سانتی‌گراد، باغ ۳۲/۳۳ درجه سانتی‌گراد، کشاورزی، ۳۷/۲۵ درجه سانتی‌گراد و سایر کاربری‌ها (اراضی بدون پوشش) ۳۸/۴۶ درجه سانتی‌گراد است. در جدول (۴) میزان همبستگی برابر ۰/۱۸ می‌باشد که نشان می‌دهد همبستگی کمتری بین (LST و NDVI) وجود دارد. به عبارتی بررسی آماری روند تغییرات دمای سطح زمین و شاخص پوشش گیاهی (NDVI) در منطقه نشان می‌دهد در بازه ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ روندی تغییرات میانگین شاخص پوشش گیاهی سیر نزولی و میانگین دمای سطح سیر صعودی داشته است. نتایج تجزیه و تحلیل انواع کاربری‌های اراضی و پوشش زمین، نشان می‌دهد که انواع کاربری‌ها اثرات

مختلف معناداری روی رابطه بین LST و NDVI دارند. تحقیقات زیادی حاکی از منفی بودن رابطه بین پوشش گیاهی و دمای سطح زمین است و از طرفی عوامل مختلفی بر نوع و شکل این رابطه اثرگذار است که از جمله می‌توان به شرایط توپوگرافی، میزان انرژی موج کوتاه و بلند ورودی، عامل ارتفاع، شرایط اقلیمی، کاربری اراضی، وضعیت پوشش گیاهی، موقعیت جغرافیایی، فصل سال، نوع اکوسیستم و در بافت شهری عوامل آلودگی هوا، هندسه شهری، جنس مصالح استفاده‌شده، تراکم ساخت، تراکم جمعیت، شیب، جهت شیب و فاصله از جاده اشاره کرد. میزان همبستگی بین درجه حرارت سطح زمین و شاخص پوشش گیاهی بیانگر اثرگذاری این پوشش بر کاهش دمای سطح زمین است. به طور کلی بررسی شاخص پوشش گیاهی و درجه حرارت سطح زمین مؤید این مطلب است که برای کلاس‌های مختلف کاربری زمین، وجود پوشش گیاهی سبب کاهش درجه حرارت سطح زمین می‌شود، به طوری که دمای سطحی در بخش‌های پرتراکم شهری بیشتر از دیگر مناطق است، از این رو، می‌توان عنوان کرد که نقش پوشش گیاهی در کاهش دمای سطح شهر اهمیت زیادی دارد.

نتایج به دست آمده از این پژوهش را می‌توان به عنوان ابزاری برای ارزیابی‌های زیست‌محیطی مناطق شهری به کار برد. به عبارت دیگر، با توجه به تأثیر کاربری اراضی بر دمای سطحی می‌توان از طریق مدیریت کاربری اراضی محیط حرارتی مناسبی را در مناطق شهری ایجاد کرد، راه‌کارهای زیر می‌توانند نمونه‌ای از اقدامات مناسب جهت تداوم خنک شدن مناطق شهری در منطقه مورد مطالعه و مناطق مشابه باشند:

۱. توسعه فضای سبز و کشاورزی شهر.
۲. با دانستن اینکه درجه حرارت سطح زمین وابستگی منفی با میزان تراکم پوشش گیاهی دارد، توصیه می‌شود نواحی و بخش‌هایی از شهر که برای گسترش فضای سبز شهری هستند، به ویژه مناطق شهری با تراکم بالای ساخت و ساز و مناطق بایر، در اولویت برنامه‌ریزان شهری قرار بگیرند.
۳. هدایت توسعه شهر در جهاتی غیر از اراضی جنگلی.
۴. مطالعه بیشتری در این زمینه در فصول و شرایط مختلف سال انجام شود.
۵. برای دستیابی به نتایج بهتر، به‌ویژه تخمین دقیق‌تر درجه حرارت سطح زمین، از تصاویر سنجنده‌هایی با قدرت تفکیک مکانی باند حرارتی بالاتر استفاده شود.

منابع

- آرخی، صالح؛ اصفهانی، محدثه (۱۳۹۸). پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر چندزمانه و مدل زنجیره‌ای MARKOV (مورد شناسی: شهر ایلام)، فصل نامه جغرافیا و آمایش شهری منطقه‌ای، سال نهم، شماره ۳۰، ص ۹۵-۱۱۲.
- آرخی، صالح؛ کلوی، شیرین (۱۳۹۸). مقایسه روش‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه و شیء‌گرا در تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از تصویر ماهواره‌ای (مورد شناسی: شهر ایلام)، جغرافیا و آمایش شهری منطقه‌ای، سال نهم، شماره ۳۲، ص ۱۶-۱.
- آروین، عباس‌علی (۱۳۹۷). بررسی جزیره حرارتی در ارتباط با آلودگی هوا در شهر اصفهان، جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۲۵، ص ۱۱۵-۱۲۹.
- اسماعیل‌پور، نجما؛ عزیزپور، ملکه (۱۳۸۸). تغییر کاربری اراضی کشاورزی و افزایش نسبی دمای شهر یزد ناشی از رشد سریع آن، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، شماره ۱۲، ص ۵۴-۳۷.
- امینی، سمیرا؛ زارع، حیدر، اکبری، مهدی (۱۳۹۳). برآورد دما و شاخص پوشش گیاهی سطح زمین با استفاده از داده‌های سنجش از دور (مطالعه موردی: استان همدان)، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، سال چهل و ششم، شماره ۳، ص ۳۴۸-۳۳۳.
- بابایی فینی، ام‌السلمه (۱۳۹۴). بررسی رابطه دمای سطح زمین و شاخص بهنجار شده پوشش گیاهی در محیط شهری (مطالعه موردی: کلان‌شهر اصفهان)، فصل نامه جغرافیای طبیعی، سال هشتم، شماره ۲۹، ص ۷۵-۹۰.
- جمالی، زهرا؛ اونق، مجید، سلمان ماهینی، عبدالرسول (۱۳۹۸). تحلیل ارتباط دمای سطح زمین با کاربری اراضی و شاخص اختلاف گیاهی نرمال شده در دشت گرگان، برنامه‌ریزی و آمایش فضا، دوره بیست و سوم، شماره ۳، ص ۱۹۴-۱۷۴.
- حلییان، امیرحسین؛ پروین؛ نادر، نقیب‌زاده، رؤیا (۱۴۰۰). تحلیل تغییرات مکانی- زمانی الگوهای حرارتی شهر اراک با پردازش تصاویر ماهواره‌ای و GIS، فصل نامه علمی پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، ۳۰ (۱۱۹)، ص ۱۳۸-۱۲۱.
- روشن، غلام‌رضا؛ خوش‌اخلاق؛ فرامرزی، نگهبان؛ سعید، میرکتولی، جعفر (۱۳۸۸). تأثیر آلودگی هوا بر نوسانات اقلیمی شهر تهران، علوم محیطی، سال هفتم، شماره ۱، ص ۱۹۲-۱۷۲.
- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان ایلام (۱۳۸۵). جایگاه استان ایلام در تحقق جهت‌گیری‌های آمایش سرزمین.
- شعبانی، مرتضی؛ درویشی، شادمان؛ سلیمانی، کریم (۱۳۹۸). بررسی آثار تغییرات کاربری اراضی بر الگوهای زمانی- مکانی دمای سطح زمین و جزایر حرارتی (مطالعه موردی: شهرستان سقز)، فصل نامه جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره ۱، ص ۵۴-۳۷.
- عابدینی، موسی؛ قلعه، احسان (۱۴۰۱). پایش دمای سطح زمین و بررسی رابطه کاربری اراضی با دمای سطح با استفاده از تصاویر سنجنده OLI و TM (مطالعه موردی: شهرستان مشکین‌شهر)، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۲۲ (۶۷)، ص ۳۹۳-۳۷۵.
- فتحی‌زاد، حسن؛ تازه، مهدی؛ کلاتتری، سعیده (۱۳۹۴). مقایسه کارایی روش‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه (روش‌های شبکه عصبی آرتمپ فازی و تصمیم‌گیری درختی) و شیء‌گرا در تهیه نقشه کاربری اراضی (مطالعه موردی: حوزه خشک و نیمه خشک میمه استان ایلام)، فصل نامه علمی پژوهشی خشک بوم، جلد ۵، شماره ۲، ص ۸۱-۶۹.
- فیضی‌زاده، بختیار؛ دیده بان، خلیل (۱۳۹۴). برآورد دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸ و الگوریتم پنجره مجزا (مطالعه موردی: حوزه آبریز مهاباد)، فصل نامه علمی پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، دوره ۲۵، شماره ۹۸، ص ۱۸۲-۱۷۱.
- کریمی، عامر؛ پهلوانی، پرهام؛ بیگدلی، بهناز (۱۳۹۸). تعیین عوامل مؤثر بر دمای سطح زمین شهر تهران با استفاده از تصاویر لندست و ترکیب رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی و الگوریتم ژنتیک، نشریه علمی پژوهشی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی، سال هفتم، شماره ۳، ص ۱۰۲-۷۹.
- ملک‌پور، پیمان؛ طالعی، محمد (۱۳۹۰). مدل‌سازی ارتباط کاربری پوشش اراضی و حرارت سطح زمین، با استفاده از داده‌های سنجنده ASTER، فصل نامه محیط‌شناسی، سال سی و هفتم، شماره ۵۸، ص ۴۹-۳۵.
- نادی‌زاده، سامان؛ حمزه، سعید؛ کیاورز، مجید؛ افشاری‌پور، سید کریم (۱۳۹۷). بررسی تغییرات مکانی- زمانی کاربری اراضی، گسترش شهری و تأثیر آن بر افزایش دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر چند زمانه لندست (مطالعه موردی: شهر گرگان)، فصل نامه پژوهش‌های جغرافیایی برنامه‌ریزی شهری، دوره ۶، شماره ۳، ص ۵۶۸-۵۴۵.
- هادی‌پور، مهرداد؛ دارابی، حمید (۱۳۹۶). بررسی جزایر حرارتی شهری و ارتباط آن با شرایط آلودگی هوا و شاخص‌های NDVI و NDBI در شهر اراک، فصلنامه علمی پژوهشی اطلاعات جغرافیایی، دوره ۲۸، شماره ۱۲، ص ۲۶۹-۲۵۰.

- هاشمی دره بادامی، سیروس؛ خزایی، علی؛ علوی پناه، سید کاظم (۱۳۹۴). بررسی تأثیر بام‌های انعکاسی در کاهش اثر جزیره حرارتی شهری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، نشریه مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، دوره ۷، شماره ۲۵، ص ۱۸-۱.
- Abedini, M, and Qaleh, E, (2022), Monitoring The Temperature Of The Earth^s Surface And Investigating The Relationship Between Land Use And Surface Temperature Using OLI and TM Sensor Images, (Case Study: Meshkin City), Applied Research Journal Of Geographical Sciences, 22 (67), pp 375-393 (in Persian).
- Abootaleb.-W, and Ho, A, (2015), Scaling of the urban heat island effect based on the energy balance. nighttime minimum temperature increase vs urban length scale of Phoenix and Tucson, AZ, USA. Climate Res.
- Adel Effat, H, and Abdel Kader, O, (2014), Changedetection of urban heat islands and somere latedparameters using multi-temporal Landsat images (acase study for Cairo city), Journal Of Urbanclimate, 10, pp 171-188.
- Allen, R., Bastiaanssen, W., Tasumi, M. and Trezza, R., (2002), SEBAL, Surface Energy Balance.
- Amini, S, akbari, M, (2014),. Estimation Of Temperature And Land Surface Vegetation Index Using Remote Sensing Data (Case Study: province Hamadan)", Natural Geography Research, year 46, No 30, pp. 333-348 (in Persian).
- Amiri., Cleugh, H.A., and Oke, T.R., (2018). An objective urban heat storage model and its comparison with other schemes.
- Arkhi, S, and Esfahani, M, (2018), Prediction of land use changes using multi- temporal images and Marco chain model, (case study: ilam city), Chapter Of Geography And Urban- Regional Studies, ninty year, Number 30, pp95-112 (in Persian).
- Arkhi, S, and Kalvi, S, (2018), Comparison Of Pixel- Based And Object- Oriented Classification Methods In The Preparation Of Land Use Maps Using Satellite Images, (Case Study: Ilam City), Chapter Of Geography And Uraban- Regional Studies, ninth year , Number 32, pp 1-16 (in Persian).
- Arvain, A. A, (2017), Investigating Thermal Island In Connection With Air Pollution In Isfahan City, Geography and Environmentall Risks, , Number 25, pp 115-129 (in Persian).
- Babai feni, O, (2014), Investigation The Relationship Between Ground Surface Temperature And The Normalized Index Of Vegetation Cover In The Urban Environment, (Case Study: The Metropolis Of Isfahan), Natural Geography Quarterly, year 8, , Number 29, pp 75-90 (in Persian).
- Baihua, F, and Isabela, B., (2015), Riparian vegetation NDVI dynamics and its relationship with climate, surface water and groundwater. Journal of Arid Environments, 113, Pp 59-68.
- Blöser, Clodia. and Titus Stahl., (2017), Hope (Stanford Encyclopedia of Philosophy), Stanford Encyclopedia of Philosophy Spring.
- Chudnovsky, A., Ben-Dor, E., and Saaroni, H., (2004), Diurnal Thermal Behavior of Selected Urban Objects Using Remote Sensing Measurements, Energy and Buildings, Vol. 36, Number 11, pp 1063-1074.
- Dempsey, Judith A., Andrew J, Plantinga, Jeffrey D. Kline, Joshua J. Lawler, Sebastian Martinuzzi, Volker, C. Radeloff, and Daniel, P. Bigelow, (2017), Effects of local land -use planning on development and disturbance in riparian areas Land Use Policy, Number 60. pp 16-25.
- Du, C., Ren, H., Qin, Q., and Meng, J., (2015), A practical split-window algorithm for estimating landsurface temperature from Landsat 8 data Remote Sensing, 7, pp 647- 655..
- Esmailpour, N, and Azizpour, M, (2010), The Change In The Use Of Agricultural Lands And The Relative Increase In The Temperature Of Yazd City Due To Its Rapid Growth, Journal Of Geography And Regional Development, Number 12, pp 37-54 (in Persian).
- Faizizaedh, B, and Dedahban, K, (2014), Estimation Of Earth,S Surface Temperature Using Landsat And Satellite Images And Separate Window Algorithm (Case Study: Mahabad Water Shed), Quartery scientific-research journal of geographic information, The Period 25, Number 98, pp 171-182 (in Persian).
- Fathizad, H., Tazeh, M., Kalantari, S., and Shojaei, S, (2017), The investigation of spatiotemporal variations of land surface temperature based on land use changes using NDVI in southwest of Iran, Journal of African Earth Sciences. 137, pp 249-256.
- Gago, E. J. et al, (2013), The City and Urban Heat Islands: A Review of Strategies to Mitigate Adverse Effects, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 25, Number 25, pp 749-758.
- Georgescu, M., Moustauoui, M., Mahalov, A., and Dudhia, J, (2011), An alternative explanation of the semiarid urban area "oasis effect", Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 116, pp 1-13.
- Hadipour, M, and Darabi, H, (2016), Investigating Urban Thermal Islands and Its Relationship With Air Pollution Conditions and NDVI and NDBI Index In Arak City, Quartery scientific- research journal of geographic information.The Period 28, Number 12, Winter 98, pp 250-269 (in Persian).
- Halabian, AH. parvin, N, and Naghibzadeh, R, (2022), Analysis of spatio- temporal changes in thermal patterns of Arak city by processing satellite images and GIS, Quarterly scientific- research journal of geographic information, (SEPEHR), 30, (119), pp 121-138 (in Persian).
- Hao, X., Li, W, & Deng, H, (2016), The oasis effect and summer temperature rise in arid regions-case study in Tarim Basin. Sci Rep 6, 35418, <https://doi.org/10.1038/srep35418>.

- Hashemi Dareh-Badami, S, Khazai, A. and Alavi Panah, S.K, (2014), Investigating The Effect Of Reflective Roofs In Reducing The Urban Heat Island Effect Using Satellite Images Journal Of Urban And Regional Studies And Researches, The Period 7, Number 25, pp 1-18 (in Persian).
- He, J., Zhao, W., Li, A., Wen, F. and Yu, D, (2018), The impact of the terrain effect on land surface temperature variation based on Landsat-8 observations in mountainous areas, International Journal of Remote Sensing, pp 1-20.
- Hou, G. L. Zhang, H. Y. Wang, Y. Q. Qiao, Z. H., & Zhang, Z. X, (2010), Retrieval and Spatial Distribution of Land Surface Temperature in the Middle Part of Jilin Province Based on MODIS Data, Scientia Geographica Sinica 30, pp 421-427.
- Ilam province management and planning organization (2007), The Position Of Ilam Province In The Realization Of Land Development Directions (in Persian).
- Imran, H. M., Hossain, A., Islam, A. K. M., Rahman, A., Bhuiyan, M. A. E., Paul, S., & Alam, A, (2021), Impact of land cover changes on land surface temperature and human thermal comfort in Dhaka City of Bangladesh, Earth Systems and Environment, 5(3), pp 667-693.
- Jamali, Z. Ovnagh, M. and Salman Mahini, A, (2018), Analysis Of The Relationship Between Land Surface Temperature And Land Use And Normalized Vegetation Difference Index In Gorgan Plain, Space Planning And Preparation, The Period 23, Number 3, pp 174-194 (in Persian).
- Jiménez-Muñoz, J.C, Sobrino, J.A. Skoković, D. Mattar, C. and Cristóbal, J, (2014), Land surface temperature retrieval methods from Landsat-8 thermal infrared sensor data, IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 11(10), pp 1840-1843.
- Karimi, A, Pahlavani, P, and Begdeli, B, (2018), Determining The Factors Affecting The Surface Temperature Of Tehran Using Landsat Images And The Combination Of Geographic Weighted Regression And Genetic Algorithm, Scientific- Research Journal Of Spatial Information Technology Engineering, Year 7, Number 3, pp 79-102 (in Persian).
- Kato, S, and Yamaguchi, Y, (2005), Analysis of Urban Heat-Island Effect Using ASTER and ETM+ Data: Separation of Anthropogenic Heat Discharge and Natural Heat Radiation from Sensible Heat Flux, Remote Sensing of Environment, Vol. 99, Number 1, pp 44-54.
- Latif, M. S, (2014). Land Surface Temperature Retrieval of Landsat-8 Data Using Split Window Algorithm A Case Study of Ranchi District, Int J Eng Dev Res (IJEDR), Vol. 4, Number 2, pp 3840-3849.
- Li, J, and Zhao, H. M, (2003), Detecting Urban Land-Use And Land-Cover Changes In Mississauga Using Landsat TM Images, Journal of Environmental Informatics, Vol. 2, Number 1, pp 38-47.
- Lu, D, and Weng, Q, (2005), Urban Classification Using Full Spectral Information of Landsat ETM+ Imagery in Marion County, Indiana, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 71, Number 11, pp 1275-1284.
- Lu, D, Mausel, P, Brondi Zio, E., and Moran, E, (2004), Change detection techniques. INT. J. REMOTE SENSING, 25 (12), pp 2365-2407.
- Malekpour, P, and Talei, M, (2010), Modeling The Relationship Between Land Use And Land Surface Heat Using ASTER Sensor Data, Ecology, Year 37, Number 58, pp 35-49 (in Persian).
- Mansourmoghaddam, M., Ghafarian Malamiri, H. R., Rousta, I, Olafsson, H., and Zhang, H, (2022d). Assessment of Palm Jumeirah Island's Construction Effects on the Surrounding Water Quality and Surface Temperatures during 2001-2020. Water, 14 (4), 634.
- Megahed, Y, Cabral, P, Silva, J, and Caetano, M, (2015), Land Cover Mapping Analysis and Urban Growth Modelling Using Remote Sensing Techniques in Greater Cairo Region-Egypt, International Journal of Geo-Information, 4, pp 1750-1769.
- Mousa, Lawson Jr, R.E, (2018), A laboratory study of the urban heat island in a calm and stably stratified.
- Nadizadeh, S, Hamzaeh, S, Keyavarz, M, and Afsharipour, SK, (2017), Investigating The Spatial- Temporal Changes Of Land, Urban Expansion And Its Effect On The Increase In Surface Temperature Using Landsat Multi- Temporal Images (Case Study: Gorgan City), Quarterly Journal Of Geographical Researches On Urban Planninh, The Period 6, Number 3, pp 545-568 (in Persian).
- Nasir, M. J, Ahmad, W. Iqbal, J, Ahmad, B., Abdo, H. G., Hamdi, R., and Bateni, S. M. (2022). Effect of the Urban Land Use Dynamics on Land Surface Temperature: A Case Study of Kohat City in Pakistan for the Period 1998-2018. Earth Systems and Environment, 6 (1), pp 237-248.
- Orhan, O, Ekerin, S, and Dadaser-Celik, F, (2014), Use of Landsat Land Surface Temperature and Vegetation Indices for Monitoring Drought in the Salt Lake Basin Area, Turkey, The Scientific World Journal, vol. 2014, Article ID 142939, 11 pages. doi:10.1155/2014/142939.
- Orhan, O, aM. Yakara, (2016), Investigating Land Surface Temperature Changes Using Landsat Data in Konya, Turkey, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume. XLI-B8, 2016XXIII ISPRS Congress, 12-19, Prague, Czech Republic.

- Rajeshwari, A, and Mani, N.D, (2014), Estimation of Land Surface Temperature of Dindigul District using Landsat 8 data, IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology.
- Ronald, C, Estoque, M. Yuji, M, S W, (2017), Effects of landscape composition and pattern on land surface temperature: An urban heat island study in the megacities of Southeast Asia, National Library of Medicine, U.S, 15 (577), pp 349-359.
- Roshan, G, Khoshakhlagh, F, Negahban, S, and Mirkatoli, J, (2010), The Effect Of Air Pollution On Climatic Fluctuations Of Tehran City, Environmental Science, Year 7, Number, pp 172-192 (in Persian).
- Rozenstein, O, Qin, Z, Derimian, Y, and Karnieli, A, (2014), Derivation of land surface temperature for Landsat-8 TIRS using a split window algorithm. Sensors, 14 (4), pp 5768-5780.
- Shabani, M., Darvishi, Sh., and Solaimani, K, (2018), Investigation The Effects Of Land Use Changes On The Temporal- Spatial Pattern Of Land Surface Temperature And Thermal Island, (Case Study: Saqez City), Journal Of Geography And Environmental Planning, Number 1, pp 37-54 (in Persian).
- Shahid, L, (2014), Land Surface Temperature Retrieval of Landsat-8 Data Using Split Window Algorithm- A Case Study of Ranchi District, IJEDR, Volum. 2, Issue 4.
- Shikhar Deep ab, Akansha Saklani, (2014), Urban Sprawl Modeling Using Cellular Automata, The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences (2014), 17, pp 179-187.
- Sophia, S, Rwanda, Ndambuki, J, M, (2017), Accuracy Assessment of Land Use/Land Cover Classification Using Remote Sensing and GIS, International Journal of Geosciences, 8, pp 611-622.
- Soria, G, Sobrino, J.A. Atitar, M. Jiménez-Muñoz, J.C, Hidalgo, V, Julien, Y, Ruescas, A.B, Franch, B, Mattar, C, Oltra, R. AATSR Land Surface Temperature Product: Comparison with SEVIRI and MODIS in the Framework of CEFLES2 Campaigns. In Proceedings of the 2nd - Sobrino, J. A., Jiménez Muñoz, J. C., and Paolini, L., 2004, Land Surface Temperature Retrieval From LANDSAT TM 5, Remote Sensing of Environment, Vol. 90, No. 4, PP 434-440. MERIS/AATSR User Workshop, 22-26 September 2008, Frascati, Italy, 2008.
- Srivastava, P. K., Majumdar, T. J., and Bhattacharya, A. K, (2009), Surface Temperature Estimation in Singhbhum Shear Zone of India Using Landsat-7 ETM+ Thermal Infrared Data, Advances in Space Research, Vol. 43, Number 10, pp 1563-1574.
- Stroppiana, D, Antoninetti, M, and Brivio, A, (2014), Seasonality of MODIS LST over Southern Italy and correlation with land cover, topography and solar radiation, European Journal of Remote Sensing, 47, pp 133-152. doi: 10.5721/EuJRS20144709.
- Tilahun, A, and Teferie, B, (2015), Accuracy Assessment of Land Use Land Cover Classification using Google Earth, American Journal of Environmental Protection, 4 (4), pp 193-198.
- Tomlinson, C. J, and Chapman, L. Thrones, J. E. and Baker, C, (2011), Remote sensing land surface temperature for meteorology and climatology: a review. Meteorological Applications. 18, pp 296-306.
- Traore, M., Lee, M. S., Rasul, A., and Balew, A, (2021), Assessment of land use/land cover changes and their impacts on land surface temperature in Bangui (the capital of Central African Republic). Environmental Challenges, 4, 100114.
- United Nations (2010), World Urbanization Prospects: The 2009 Revision Population Database, [Http://Esa.Un.Org/Unpd/Wup/Index.Htm](http://Esa.Un.Org/Unpd/Wup/Index.Htm).
- Wang, F., Qin, Z, Song, C, Tu, L., Karnieli, A., and Zhao, S, (2015), An improved mono-window algorithm for land surface temperature retrieval from landsat 8 thermal infrared sensor data, Remote Sensing, Volume. 7, Number 4, pp 4268-4289.
- Wang, J, Yin, K., and Xiao, L, (2014), Landslide susceptibility assessment based on gis and weighted information value: A case study of wanzhou district, three gorges reservoir. Chin. J. Rock Mech. Eng. 33, pp 797-808.
- Wei, L, Jean-Daniel, M. S., and Thomas, W. G, (2015), A comparison of the economic benefits of urban green spaces estimated with NDVI and with high-resolution land cover data, Landscape and Urban Planning, 133, pp 105-117.
- Weixin, X., Song, G, XinQuan, Z, Jianshe, X., Yanhong, T, Jingyun, F., Juan, Z., and Sha, J, (2011), High positive correlation between soil temperature and NDVI from 1982 to 2006 in alpine meadow of the Three-River Source Region on the Qinghai-Tibetan Plateau, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 13, pp 528-535.
- Weng, Q, Lu, D, and Schubring, J, (2004), Estimation of land surface temperature- vegetation abundance relationship for urban heat island studies: Remote Sensing of Environment., 89, pp 467-483.
- Wibowo, A., Osman Salleh, Kh., Sitanala Frans, F.R., and Mulyo Semedi, J, (2016), Spatial Temporal Land Use Change Detection Using Google Earth Data, 2nd International Conference of Indonesian Society for Remote Sensing, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, Vol. 47 (1), pp 1-11.

- Zhang, Y, Balzter, H, Zou, C, Xu, H, and Tang, F, (2015), Characterizing bi-temporal patterns of land surface temperature using landscape metrics based on sub-pixel classifications from Landsat TM/ETM. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 42, pp 87-96.
- Zhou, W, Huang, G, and Cadenasso, M.L, (2011), Does spatial configuration matter? Understanding the effects of land cover pattern on land surface temperature in urban landscapes, Landscape and Urban Planning 10 (2), pp 54-63.

