



بررسی رابطه‌ی تغییرات استفاده‌ی زمین و پوشش نباتی با درجه‌ی حرارت سطحی در شهر پل علم بین (۲۰۱۴ - ۲۰۲۴)

محمد خالد خواص^۱، طیب الله احساس^۲، مصطفی عسکری^۳

^۱دیارتمت جغرافیه، پوهنځی زمین شناسی، پوهنتون کابل، کابل، افغانستان

^۲دیارتمت جغرافیه، پوهنځی تعلیم و تربیه، پوهنتون نورستان، نورستان، افغانستان

^۳دیارتمت جغرافیه، پوهنځی زمین شناسی، پوهنتون بامیان، بامیان، افغانستان

ایمیل: khalid.khawas@ku.edu.af

چکیده

گسترش سریع شهرها به دلیل استفاده‌ی زیاد و پوشش سطح زمین اثرات محروم‌ریزی بر کیفیت محیط زیست در سطح جهان داشته است. بررسی و مطالعه تغییرات استفاده از زمین و رابطه‌ی آن با درجه‌ی حرارت سطحی در محدوده‌ی زمانی ۱۰ ساله (۲۰۱۴ الی ۲۰۲۴) با کمک قمر مصنوعی لندست و سنسورهای (TIRS و OLI) مقادیر NDVI و LST برای بررسی تغییرات زمین و شبیه‌سازی تغییرات با استفاده از مودل ماشین SVM در شهر پل علم محاسبه گردیده است. برای برآورد معیارهای فوق از باندهای ۶، ۵، ۴، ۳ و ۱۰ قمر مصنوعی لندست ۸ استفاده شده؛ برای تغییرات استفاده‌ی زمین نیز از روش ماشین بردار پشتیبان (SVM) استفاده شد. نتایج نشان داده است که بیش‌ترین همبستگی منفی بین LST و NDVI به میزان -۰.۹۹۹۸۶۹ برقرار بوده. به منظور تهیه نقشه‌ی استفاده‌ی زمین از روش طبقه‌بندی نظارت شده و الگوریتم حد اکثر احتمال در نرم‌افزار (ENVI) استفاده گردیده است. و برای نمایش نقشه‌ها و گراف‌ها از نرم‌افزار (GIS) نیز استفاده شده است.

واژه‌های کلیدی الگوریتم حد اکثر احتمال؛ پوشش نباتی؛ درجه‌ی حرارت سطحی؛ شبکه عصبی؛ لندست

Assessment of (LULC) Changes and their Relationship with (LST) in Pol-e Alam City, Using Satellite Imagery (2014- 2024)

Mohammad Khalid Khawas¹, Taibullah Ehsas², Mustafa Askari³

¹Geography Department, Geoscience Faculty, Kabul University, Kabul, Afghanistan

²Geography Department, Education Faculty, Nuristan University, Nuristan, Afghanistan

³Geography Department, Geoscience Faculty, Bamyani University, Bamyani, Afghanistan

Email: khalid.khawas@ku.edu.af

Abstract

The rapid expansion of cities, due to extensive land use and land cover changes, has had significant detrimental effects on environmental quality worldwide. The investigation and study of land use changes and their relationship with land surface temperature over a 10-year period (2014 to 2024) were conducted using Landsat satellite data and its sensors (TIRS and OLI). NDVI and LST values were calculated to analyze land changes and simulate these changes using the Support Vector Machine model and neural networks in the city of Pol-e Alam. To estimate the aforementioned indices, bands 6, 5, 4, 3, and 10 of Landsat 8 were utilized. For land use change analysis, the Support Vector Machine (SVM) method was employed. The results indicated the strongest negative correlation between LST and NDVI, reaching -0.999869. To produce the land use map, a supervised classification method and the Maximum Likelihood algorithm were applied using ENVI software. Additionally, GIS software was used to display the maps.

Keywords

Convective Transfer; Nuclear Fusion; Internal Structure; Radiative Transfer; Solar Core; Solar Energy

ارجاع: خواص، م.، خ. احساس، ط. ا. و عسکری، م. (۱۴۰۵). بررسی رابطه‌ی تغییرات استفاده‌ی زمین و پوشش نباتی با درجه‌ی حرارت سطحی در شهر پل علم بین (۲۰۱۴ - ۲۰۲۴). مجله علمی - تحقیقی علوم طبیعی پوهنتون کابل، ۹(۱)، ۸۷-۱۰۳.

<https://doi.org/10.62810/jns.v9i1.548>

مقدمه

الحمد لله رب العالمين و الصلوة و السلام على سيد المرسلين و على آله و أصحابه أجمعين.

در دهه‌های اخیر استفاده و پوشش اراضی در شهرهای بزرگ تفاوت بسیاری نسبت به حومه‌های شهر پیدا کرده است (ساسان‌پور و همکاران، ۱۳۹۲). تغییرات استفاده و پوشش زمین از موضوعات اصلی بررسی تأثیرات محیط‌زیستی جهانی و توسعه‌ی پایدار است. توسعه‌ی شهری تأثیر زیادی بر استفاده و پوشش زمین می‌گذارد. پوشش زمین به تمامی عناصر طبیعی و بیولوژیکی موجود بر روی سطح زمین اطلاق می‌شود که شامل پوشش نباتی، زمین‌های بایر، آب و ساختارهای مصنوعی می‌باشد. استفاده از زمین به روش‌ها و اهداف انسان برای استفاده اراضی و منابع آن اطلاق می‌گردد. شناسایی تغییرات زمانی و دقیق استفاده‌ی زمین اساس درک بهتری از ارتباطات و تأثیرات متقابل انسان و منابع اراضی می‌باشد. رشد نفوس و انکشاف اقتصادی عامل اثرگذار و تغییرکننده‌ی پوشش نباتی است. امروز نفوس جهان رشد بی‌سابقه کرده است که این رشد تأثیر قابل ملاحظه را بالای استفاده از زمین دارد. روند این تغییرات اگر در جهت کاهش ظرفیت تولید اراضی باشد، می‌تواند به تخریب اراضی منجر شود. اغلب پروسه‌های تغییر و تخریب اراضی به طور عمده در نواحی خشک و نیمه‌خشک اتفاق می‌افتد و باعث اثرات نامطلوبی در منابع اراضی می‌گردد. حرارت سطحی (LST) یک عامل اساسی در روند فزینی و تعامل بین زمین و اتموسفیر است که بر تعادل انرژی سطح، آب و هوای منطقه و تبادلات انرژی تأثیر می‌گذارد (عابدینی و همکاران، ۱۴۰۲). بنابراین، با توجه به اهمیت مطالعه بررسی تغییرات استفاده و پوشش اراضی، همچنین تعیین برنامه‌ریزی هماهنگ و یکپارچه بر استفاده‌ی پایدار از منابع اراضی، با تعیین تغییرات در استفاده و پوشش اراضی شهر پل علم به کمک معلومات قمر مصنوعی روند تغییرات زمانی استفاده اراضی با استفاده از روش‌های مختلف را نسبت به عوامل محیطی بررسی نمودیم. بنابراین در تحقیق حاضر تلاش صورت گرفته تا روند تغییرات استفاده و پوشش اراضی شهر پل علم بین سال‌های ۲۰۱۴ الی ۲۰۲۴ م با استفاده از تکنالوژی سنجنش از دور (RS) و سیستم معلومات جغرافیایی (GIS) مورد بررسی قرار گرفته است. تغییرات درجه‌ی حرارت سطحی یکی از علایم مشخص تغییرات اقلیمی است که با استفاده از این ارقام خیلی به ساده‌گی توسط ارقام قمر مصنوعی در طول زمان پدیده‌ی اقلیمی را تحلیل و با کسب معلومات دقیق بتوانیم چگونگی تأثیرات تغییرات اقلیمی را بالای پوشش نباتی و استفاده از اراضی داشته باشیم و بر مبنای آن تصمیم را اتخاذ نماییم. همچنان بررسی این نوع تغییرات به درک بهتر تأثیرات خوب و بد آن بالای ایکوسیستم‌ها یاری می‌رساند. انجام این تحقیق باعث افزایش دانش در باره‌ی مدیریت منابع آب می‌گردد که توسط معلومات دقیق در

باره‌ی درجه‌ی حرارت سطحی و پوشش زمین که حرارت بالا سبب تبخیر و تفرق می‌شود. در سکتور زراعت دانستن درجه‌ی حرارت خیلی مهم است چون رابطه میان پوشش نباتی و درجه‌ی حرارت سطح زمین می‌تواند به‌طور مستقیم بالای رطوبت خاک تأثیر داشته باشد. در مقاله‌یی که تحت عنوان «بررسی تغییرات استفاده و پوشش اراضی با استفاده از ریموت سنسنگ» (مطالعه‌ی موردی: منطقه‌ی چهارتاق در ولایت چهارمحال و بختیاری، ایران) می‌باشد که به بررسی تغییرات استفاده از زمین در یک دوره‌ی زمانی ۱۴ ساله توسط تصاویر قمر مصنوعی استر (سال ۱۳۸۰) پس از انجام تصحیحات و طبقه‌بندی که با روش حد اکثر احتمال و ضرایب ارزیابی صحت استخراج شده پرداخته است. نتایج تحقیق نشان داده است که در طی سال‌های ۱۳۸۰ الی ۱۳۹۴ استفاده‌ی زمین‌های تحت بایر روند کاهشی و استفاده‌ی آب زمین‌های تحت کشت، مراتع و جنگل‌ها روند افزایشی داشته است (لهرابی و همکاران، ۱۳۹۴). بروجنی و ندوشن (۱۳۹۸) در مقاله‌ی خود تحت عنوان «بررسی رابطه‌ی پوشش نباتی شهری و درجه‌ی حرارت سطحی با استفاده از تصاویر ماهواره‌یی لندست TM و OLI و سنجنده LST به تحقیق پرداخته‌اند. نتایج این مطالعه نشان‌دهنده‌ی روند افزایشی درجه‌ی حرارت در سال‌های اخیر نسبت به سال‌های گذشته است. به‌طوری‌که افزایش متوسط حرارت سالانه در محدوده‌ی زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۶ به میزان ۰٫۶۱ درجه‌ی سانتی‌گرید ثبت شده است. در مقابل، افزایش متوسط حرارت از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۰ تنها به ۰٫۰۵ درجه‌ی سانتی‌گرید معطوف می‌باشد. مهدویان و همکاران در سال ۱۴۰۱ تحقیقی انجام داده‌اند که در آن حرارت سطحی در دوره‌یی به مدت ۳۳ سال مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که اندازه‌ی متوسط حرارت سطحی در سال ۱۹۸۷ از ۲۸٫۳۹ درجه‌ی سانتی‌گرید به ۳۸٫۸۶ درجه‌ی سانتی‌گرید افزایش یافته است. علاوه براین، در سال ۲۰۱۹، حرارت سطحی از ۳۴٫۳۵ درجه‌ی سانتی‌گرید به ۴۶٫۶۲ درجه‌ی سانتی‌گرید رسیده است. در کتمان‌دو، نیپال، تحقیقی تحت عنوان «ارزیابی رابطه بین پوشش نباتی و درجه‌ی حرارت سطحی از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸» انجام شده است. این تحقیق به تحلیل حرارت سطحی با استفاده از ارقام قمرهای مصنوعی Landsat و MODIS پرداخته است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که حرارت در مناطق شهری به‌طور مداوم بیشتر از مناطق غیرشهری است و میزان افزایش حرارت در حاشیه‌های شهر در حال افزایش می‌باشد. همچنین، تغییرات چشم‌گیری در مناطق جنگلی ناشی از توسعه‌ی شهری وجود دارد که به تغییرات پوشش نباتی منجر شده است و در این راستا، مشاهده شده که پوشش نباتی تقریباً ۱۵ درصد کاهش یافته و مناطق ساخته شده به میزان ۲۵ درصد افزایش یافته است. این یافته‌ها اهمیت مدیریت و برنامه‌ریزی شهری را در راستای حفظ پوشش نباتی و کنترل حرارت سطحی برجسته می‌سازد.

(Mishra et al., 2019). در شهر کادونا نیجریا، تحقیقی تحت عنوان «ارزیابی رابطه بین حرارت زمین و پوشش نباتی سطح» انجام شده است که با استفاده از ارقام MODIS در طی سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۳ و با روش ریگرسیون خطی صورت گرفته است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که پوشش نباتی در این منطقه روند کاهشی معنادار داشته است، در حالی که حرارت سطحی، به‌ویژه در شب‌ها، افزایش یافته است. تحلیل همبستگی رابطه‌ی منفی بین NDVI و LST روزانه به میزان -0.4 و رابطه‌ی مثبت ضعیف با LST شبانه را نشان می‌دهد. کاهش پوشش نباتی عمدتاً ناشی از گسترش شهرنشینی و پروژه‌های ساختمانی بوده که به افزایش اثر جزیره‌ی حرارتی شهری (UHI) منجر شده است. علاوه بر این، در ایران نیز مطالعات متعددی در این زمینه انجام شده است. به‌ویژه، سراجیان و آخوندزاده (۱۴۰۲) با استفاده از تصاویر ASTER جزایر حرارتی شهر تهران را بررسی کرده و توانمندی ارقام حرارتی را در تحلیل محیط شهری به نمایش گذاشته‌اند. با توجه به ماهیت این تحقیق، اهداف زیر در نظر گرفته شده است. بررسی تأثیرات تغییرات پوشش نباتی بالای درجه‌ی حرارت سطحی در شهر پل علم بین سال‌های ۲۰۱۴ الی ۲۰۲۴ می‌باشد.

بررسی و تحلیل رابطه میان درجه‌ی حرارت سطحی LST و پوشش نباتی NDVI و همچنان شناخت همبستگی و تأثیرات متقابل آن‌ها؛

ارزیابی بلندرفتن درجه‌ی حرارت بالای پوشش نباتی.

پس نظر به اهداف تحقیق می‌توانیم سوالات ذیل را در پروسه‌ی تحقیق خود جواب بدهیم.

آیا روند تأثیرات تغییرات پوشش نباتی بالای درجه‌ی حرارت سطحی در شهر پل علم بین سال‌های ۲۰۱۴ الی ۲۰۲۴ چگونه خواهد بود؟

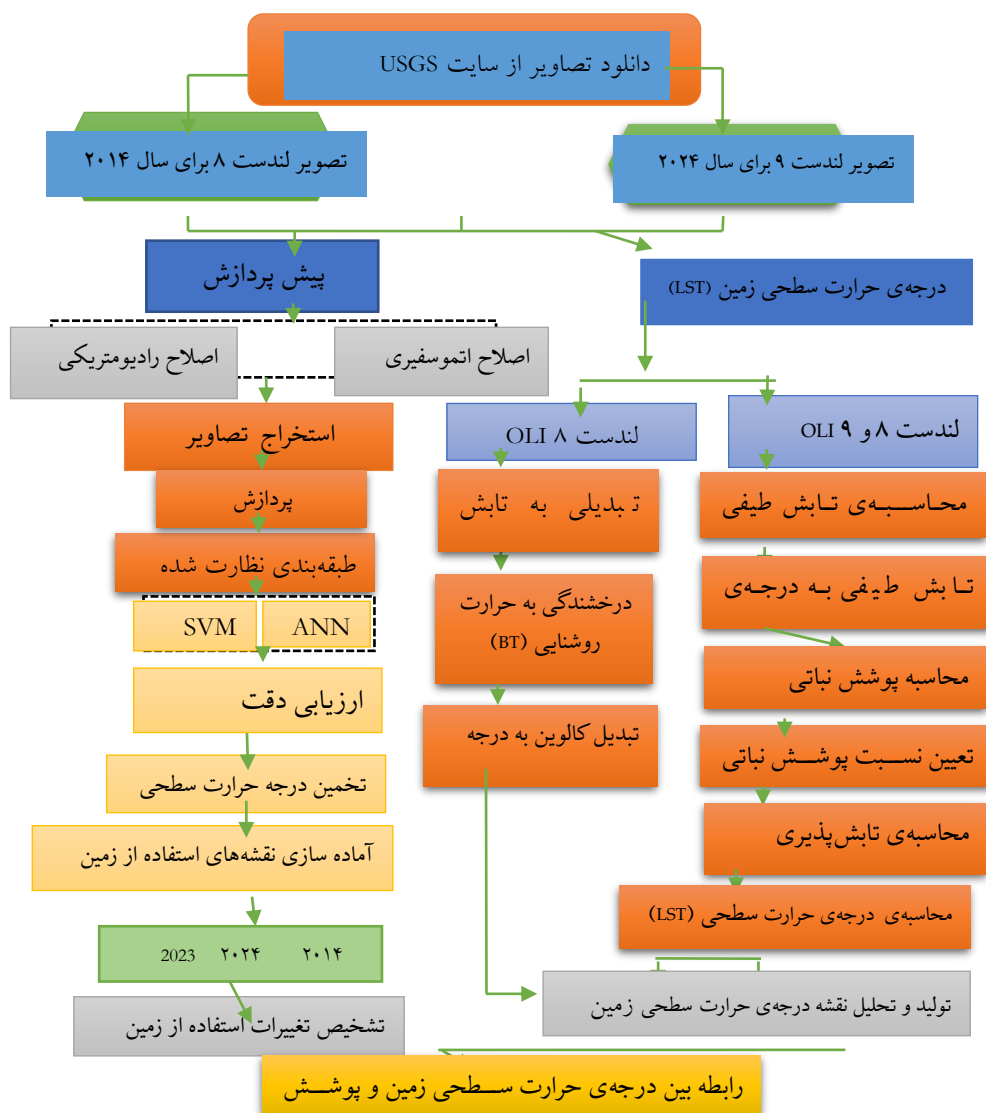
رابطه میان درجه‌ی حرارت سطحی و پوشش نباتی و تأثیرات آن چگونه خواهد بود؟

بلندرفتن درجه‌ی حرارت سطحی بالای پوشش نباتی چه تأثیراتی خواهد داشت؟

روش تحقیق

هدف اصلی این تحقیق، بررسی و درک عمیق‌تر تغییرات زمین و تحلیل تأثیرات تغییرات حرارت بر پوشش زمین و مدیریت پایدار منابع طبیعی است. برای دستیابی به این هدف، از ارقام و تصاویر به‌دست آمده از اقمار مصنوعی استفاده می‌شود. این تحقیق به تجزیه و تحلیل نحوه تأثیرات تغییرات حرارت بر کیفیت و تنوع پوشش زمین پرداخته و به ضرورت مدیریت منابع طبیعی به‌صورت پایدار اشاره می‌کند. ارقام مورد استفاده در این تحقیق شامل تصاویر قمر مصنوعی لندست ۸ است که از

سنسورهای OLI (Operational Land Imager) برای استخراج نقشه‌های استفاده از زمین بهره‌برداری شده است. همچنین، از سنجنده TIRS (Thermal Infrared Sensor) به منظور استخراج ارقام حرارت سطحی برای سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۲۴ استفاده شده است. در ادامه، نتایج این ارقام به صورت چارت نمایش داده شده است تا به فهم بهتر تغییرات و تحلیل‌های انجام‌شده کمک کند.



شکل ۱: روش تحقیق

جدول ۱: مشخصات سنسور و تصاویر قمر مصنوعی

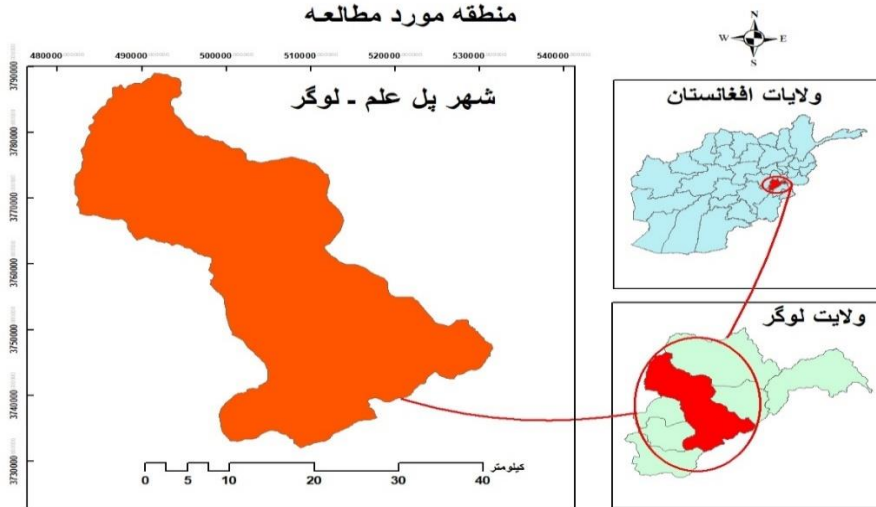
شماره	قمر مصنوعی	سنسور	تعداد باند	کیفیت (ریزولیشن)	پوشش ابری	تاریخ تصاویر	اخذ سیستم	منبع تصویر
1	لندست 8	OLI &	11	30	0.29	2024/07/20	UTM	USGS
2	لندست 8	OLI &	11	30	0.67	2014/07/07	UTM	USGS

TIRS

منطقه‌ی مورد مطالعه

پل علم، مرکز ولایت لوگر با مساحت ۱۱۳۲ کیلومتر مربع واقع شده است. این ولایت در شمال با ولسوالی محمدآغه، در جنوب با ولایت پکتیا، در شرق با ولسوالی خوشی، در غرب با ولایت میدان وردک و در جنوب غرب با ولسوالی‌های برکی برک و چرخ هم‌مرز می‌باشد. از نظر مختصات جغرافیایی، پل علم بین ۳۳ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۲۶ دقیقه و ۱۸ ثانیه عرض البلد شمالی و ۶۸ درجه و ۳۷ دقیقه تا ۶۹ درجه و ۵۳ دقیقه و ۳۰ ثانیه طول البلد شرقی قرار دارد. این ولایت دارای اقلیم نیمه‌خشک است و ارتفاع متوسط آن از سطح بحر، ۲۱۸۶ متر می‌باشد. براساس ارقام استیشن‌های هواشناسی موجود، حد وسطی بارندگی سالانه در این ولایت به ۲۲۲ میلی‌متر می‌رسد و توزیع بارندگی در طول سال یکسان نبوده و نوسانات خاصی دارد. همچنین، درجه‌ی حرارت متوسط سالانه در پل علم ۱۱،۴ درجه‌ی سانتی‌گرید ثبت شده است.

منطقه مورد مطالعه



شکل ۲: منطقه‌ی مورد مطالعه

پیش‌پردازش تصاویر

به منظور افزایش دقت تحلیل‌ها، تصحیح‌های هندسی، رادیومتریکی و اتموسفیری بر روی تصاویر در نرم‌افزار ENVI 5.3 اعمال شد. تصحیح رادیومتریکی با هدف همگام‌سازی مقادیر روشنایی و حذف اثرات ناشی از تفاوت‌های سنسورها و شرایط تصویربرداری انجام گردید. این مرحله‌ی از پردازش به کاهش تأثیرات نامطلوب ناشی از تغییرات در شرایط تصویربرداری کمک می‌کند.

تصحیح اتموسفیری نیز به منظور حذف اثرات جذب و پراکندگی اتموسفیر و نزدیک کردن مقادیر ثبت شده به شرایط واقعی سطح زمین صورت گرفته است. با انجام این تصحیح‌ها، کیفیت و دقت ارقام برای تحلیل‌های بعدی به طرز قابل ملاحظه‌ی افزایش می‌یابد و امکان بررسی دقیق‌تر ویژگی‌های تغییرات اقلیمی و کاربردهای محیطی فراهم می‌شود.

طبقه‌بندی استفاده‌ی زمین و پوشش آن

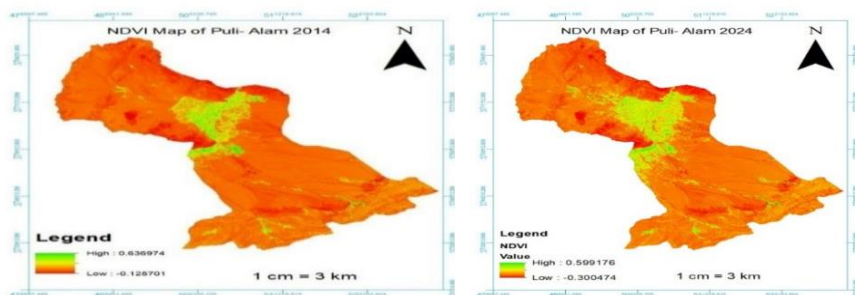
برای تهیه‌ی نقشه‌های استفاده‌ی زمین و پوشش شهر پل علم، از روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده‌ی شبکه عصبی مصنوعی (ANN) و روش وکتور پشتیبان (SVM) در محیط نرم‌افزار ArcGIS 10.8 استفاده شده است. چهار صنف شامل مناطق شهری، پوشش نباتی، منابع آبی و اراضی خاکی استخراج گردید. انتخاب این روش‌ها به دلیل توانایی بالا در مدل‌سازی روابط غیرخطی و دقت مناسب آن‌ها در مطالعات ریموت سنسنگ انجام گردیده است.

یافته‌ها

برای محاسبه معیار تفاوت نورمال شده‌ی نباتات از فورمول زیر استفاده می‌نمایم.

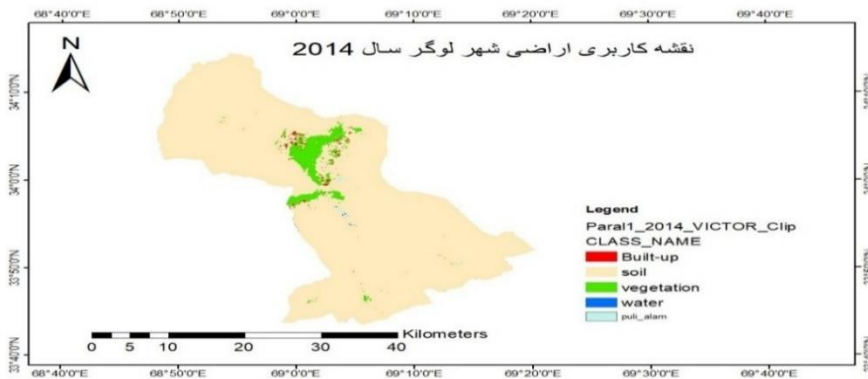
$$NDVI = \text{float} (NIR - Red) / \text{float} (NIR + Red)$$

$$NDVI = \frac{Band5 - Band4}{Band5 + Band4}$$



شکل ۳: نقشه‌ی پوشش نباتی شهر پل علم

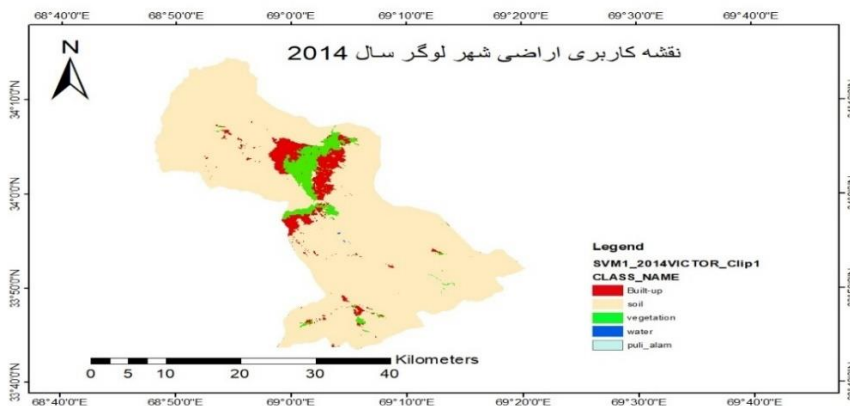
Band 4 و Band 5 برای لندست ۸-ماه تحت سرخ نزدیک (NIR) این باند نشان‌دهنده‌ی بازتاب ما تحت سرخ سطح زمین است و به شدت به پوشش نباتی حساس است. مقادیر NDVI بین -۱ تا +۱ تغییر می‌کند، که مقدار بالا (۰,۶ تا ۰,۹)، پوشش نباتی سالم و انبوه (مثل جنگل‌ها) و مقدار متوسط (۰,۲ تا ۰,۵): نباتات کم تراکم (مثل مراتع) و مقدار پایین (۰ تا ۰,۱) زمین‌های بدون نبات (خاک لخت، مناطق شهری) را نشان می‌دهد.



شکل ۴: نقشه‌ی استفاده‌ی زمین سال ۲۰۱۴ به روش وکتور پشتیبان

روش وکتور پشتیبان

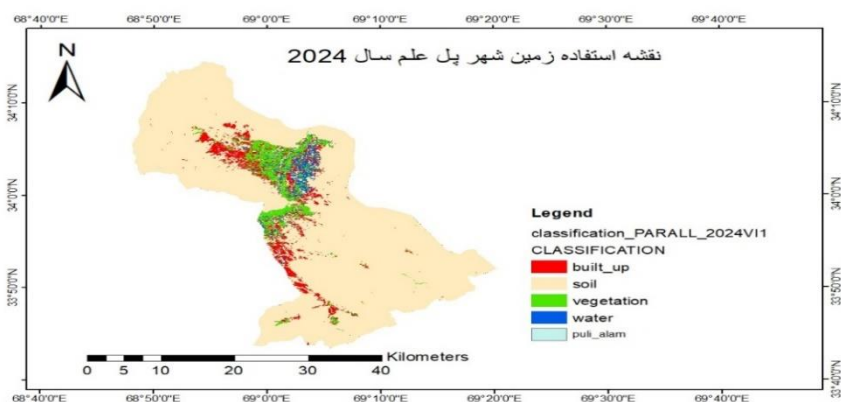
برای تهیه‌ی نقشه استفاده از اراضی، از روش وکتور پشتیبان بهره‌برداری شده است. نقشه‌ی زیر مربوط به سال ۲۰۱۴ می‌باشد و در چهار صنف طبقه‌بندی شده است. این طبقه‌بندی به گونه‌ی ارائه شده است که ساحات به‌طور دقیق و شفاف نشان داده شده‌اند.



شکل ۵: نقشه‌ی استفاده‌ی زمین سال ۲۰۱۴ به روش شبکه‌ی عصبی

روش شبکه‌ی عصبی

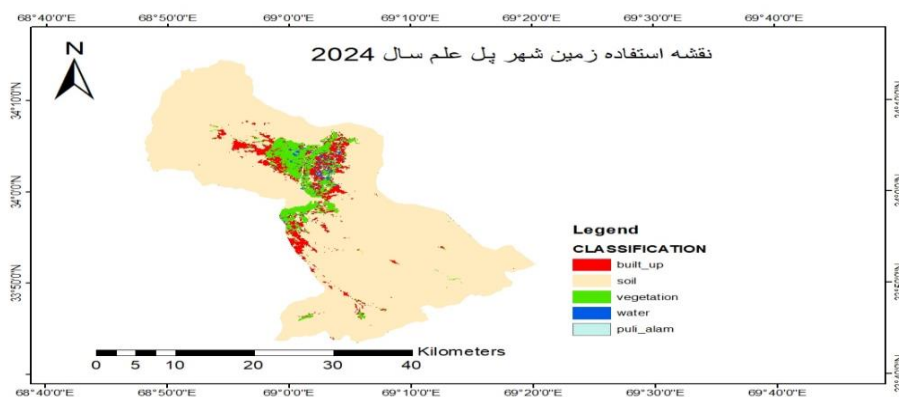
نقشه‌ی زیر مربوط به سال ۲۰۲۴ شهر پل علم است که پس از اعمال طبقه‌بندی بر اساس روش شبکه‌ی عصبی، وضعیت استفاده از اراضی در چهار صنف مختلف را نشان می‌دهد. این طبقات شامل ساحات شهری، ساحات خاکی، پوشش آبی و پوشش نباتی می‌باشد. از نتایج این نقشه چنین استنباط می‌شود که ساحات شهری و آبی نسبت به سال‌های گذشته کاهش یافته‌اند، در حالی که میزان پوشش نباتی در مقایسه با سال ۲۰۱۴ افزایش چشم‌گیری داشته است. این نقشه نشان‌دهنده‌ی افزایش ساحات شهری به دلیل ساخت و سازهای جدید در این منطقه است و به‌طور کلی روند تغییرات کاربری زمین را به وضوح نمایان می‌سازد.



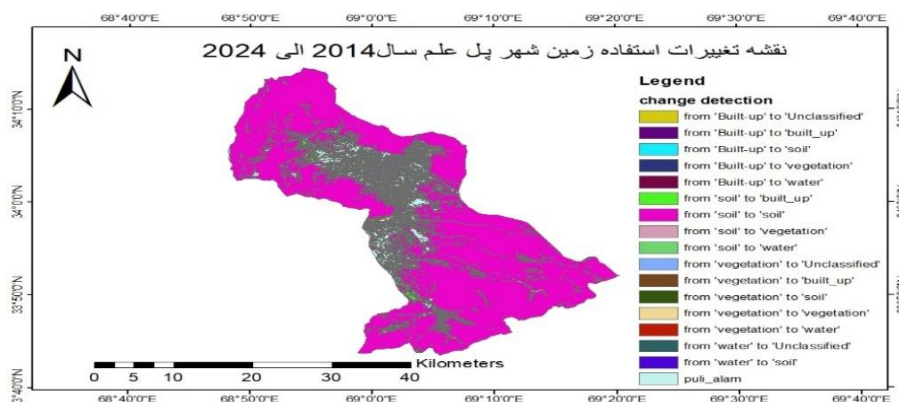
شکل ۶: نقشه‌ی استفاده‌ی زمین سال ۲۰۲۴ به روش ماشین وکتور پشتیبان

روش وکتور پشتیبان

نقشه‌ی زیر مربوط به سال ۲۰۲۴ می‌باشد که در آن از روش وکتور پشتیبان استفاده شده است. استفاده از تصاویر قمر مصنوعی لندست به عنوان بهترین گزینه برای مطالعات توسعه‌ی فیزیکی شهری در این نقشه به کار رفته است. این روش امکان تحلیل دقیق‌تر و شفاف‌تر از تغییرات کاربری زمین را فراهم می‌آورد و به شناسایی تحولات در ساختار فضایی شهر کمک می‌کند.



شکل ۷: نقشه استفاده‌ی زمین سال ۲۰۲۴ به روش شبکه‌ی عصبی



شکل ۸: نقشه تغییرات استفاده‌ی زمین شهر پل علم سال ۲۰۱۴ الی ۲۰۲۴

جدول ۲: اندازه‌ی تغییرات به درصد از سال ۲۰۱۴ الی ۲۰۲۴

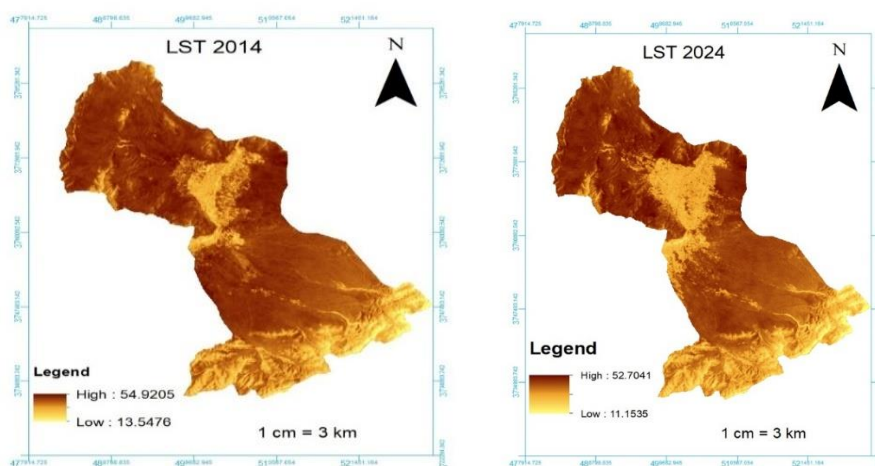
پوشش نباتی	آب	عمران‌ها	
خاک	4.26	15.57	6.06
پوشش نباتی	54.20	0.167	14.89
آب	8.001	4.385	9.56
عمران‌ها	1.44	0.191	6.34
تغییرات طبقه	45.79	95.6	90.43
			18.74

رشد شدید مناطق شهری نشان دهنده‌ی توسعه‌ی بشری و پیشرفت‌های اجتماعی است. این توسعه نمایانگر تلاش‌های بشر برای ایجاد زیرساخت‌ها و تسهیل زندگی روزمره در جوامع شهری است. با این حال، اگر این روند ادامه پیدا کند عواقب نگران‌کننده‌ی در پی خواهد داشت. در حقیقت این

پدیده می‌تواند به تدریج منجر به بحران‌های محیط زیستی و کاهش کیفیت زندگی باشندگان مناطق شهری در این شهر گردد.

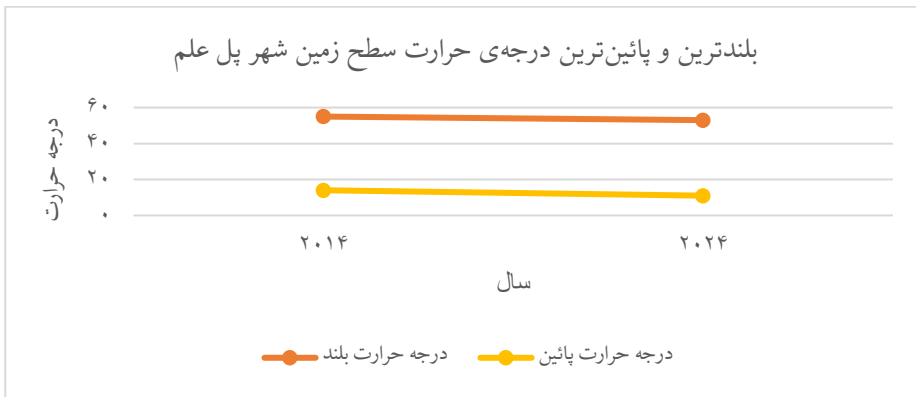
محاسبه‌ی درجه‌ی حرارت سطحی زمین

حرارت سطحی زمین به عنوان یکی از عناصر کلیدی در مطالعات اقلیم شهری، نقش مهمی در تحلیل اثرات تغییرات استفاده از زمین و پوشش اراضی بر شرایط حرارتی سطحی ایفا می‌کند. این پارامتر به درک چگونگی تأثیر تحولات انسانی بر حرارت و کیفیت محیط زیست کمک می‌نماید. نقشه‌های حرارت سطحی مربوط به سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۲۴ در ادامه، وضعیت کنونی و تغییرات حرارتی را به طور واضح نمایش می‌دهند و به محققان و برنامه‌ریزان این امکان را می‌دهند تا تأثیرات تغییرات استفاده از زمین را بهتر تحلیل کنند.



شکل ۹: نقشه‌ی حرارت سطحی شهر پل علم

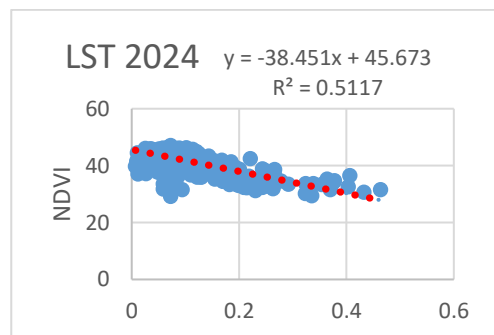
درجه‌ی حرارت سطحی برای سال ۲۰۱۴ به طور مشخص دارای بالاترین درجه‌ی حرارت ۵۵ درجه‌ی سانتی‌گرید و پایین‌ترین آن ۱۳ درجه‌ی سانتی‌گرید بود. در مقایسه، در سال ۲۰۲۴، بالاترین درجه‌ی حرارت به مقدار ۵۳ درجه‌ی سانتی‌گرید و پایین‌ترین آن ۱۱ درجه‌ی سانتی‌گرید ثبت شده است. این تغییرات در درجه‌ی حرارت سطحی به وضوح در گراف زیر نمایش داده شده است.



شکل ۱۰: بلندترین و پائین ترین درجه ی حرارت شهر پل علم به سانی گرید

رشد شهرنشینی و تغییرات استفاده از زمین تأثیر قابل توجهی بر حرارت سطحی (LST) دارد. پوشش نباتی به طور مستقیم و غیرمستقیم بر امواج حرارتی تأثیر می گذارد و به عنوان یک عامل کلیدی در مدیریت حرارت و بهبود کیفیت محیط زیست عمل می کند. استفاده از افزارهای تحلیل مکانی مانند شبکه ی شطرنجی (Create Fishnet) می تواند روابط بین این عوامل را به طور مؤثری نشان دهد و کمک کند تا تصاویر واضح تری از تأثیرات متقابل بین پوشش نباتی و حرارت سطحی به دست آید.

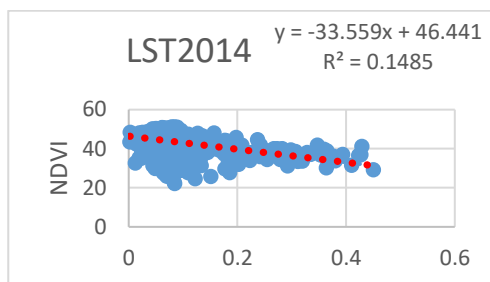
	NDVI2024	LST2024
NDVI2024	1	
LST2024	-0.999869	1



شکل ۱۱: رابطه بین پوشش نباتی و درجه ی حرارت سطحی سال ۲۰۲۴

طوری که دیده می شود میزان تأثیرپذیری پوشش نباتی با درجه ی حرارت -0.999869 است یعنی پوشش نباتی با درجه ی حرارت رابطه ی معکوس دارد. هر قدر پوشش نباتی زیاد شود اندازه ی درجه ی حرارت در آن ساحه کم می شود و هر قدر پوشش نباتی کم شود، اندازه ی درجه ی حرارت در آن ساحه زیاد می شود.

	NDVI2014	LST2014
NDVI2014	1	
LST2014	-0.38816	1



شکل ۱۲: رابطه بین پوشش نباتی و درجه‌ی حرارت سطحی سال ۲۰۱۴

طوری‌که دیده می‌شود مقدار تأثیرپذیری پوشش نباتی با درجه‌ی حرارت -0.38816 است یعنی پوشش نباتی با درجه‌ی حرارت رابطه‌ی معکوس دارد. هر قدر پوشش نباتی زیاد شود، اندازه‌ی درجه‌ی حرارت در آن ساحه کم می‌شود و هر قدر پوشش نباتی کم شود، اندازه‌ی درجه‌ی حرارت در آن ساحه زیاد می‌شود.

جدول ۴: ماتریس خطا

سال	روش	ضریب کاپا	دقت کلی
۲۰۱۴	ANN	۰٫۹۰	۸۹٫۱
	SVM	۰٫۹۱	۹۰٫۲۱
۲۰۲۴	ANN	۰٫۸۹	۹۲٫۶۱
	SVM	۰٫۹۱	۹۴٫۷۸

جدول ماتریس خطای طبقه‌بندی الگوریتم‌های ماشین بردار پشتیبان و شبکه‌ی عصبی در زمان‌های متفاوت را نشان می‌دهد. نتایج به‌دست آمده حاکی از آن است که روش ماشین بردار پشتیبان در دقت کلی و ضریب کاپا عمل‌کرد بهتری دارد و از دقت بالاتری برخوردار است. در مقابل، روش شبکه‌ی عصبی نشان‌دهنده‌ی دقت کمتری نسبت به روش ماشین بردار پشتیبان است.

بحث و مناقشه

نتایج این تحقیق حاکی از آن است که تغییرات استفاده از اراضی در شهر پل علم تأثیر قابل توجهی بر حرارت سطحی داشته است. با وجود افزایش سطوح شهری، حرارت سطحی بین سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۴ روند کاهشی را نشان می‌دهد که به افزایش پوشش نباتی و نقش آن در پروسه تبخیر-تعرق و کاهش جذب انرژی تابشی نسبت داده می‌شود. همچنین، تحلیل همبستگی نشان‌دهنده‌ی وجود رابطه‌ی منفی بین پوشش نباتی و حرارت سطحی و رابطه‌ی مثبت بین مناطق شهری و حرارت سطحی

است. در مناطق روستایی با پوشش نباتی بالا (NDVI)، مقادیر پایینی از حرارت سطحی (LST) مشاهده شده است که با یافته‌های مطالعات قبلی همخوانی دارد. به عنوان مثال، تحقیقی در شهر فیصل آباد پاکستان نشان می‌دهد که مساحت پوشش نباتی از ۳۴ درصد در سال ۲۰۰۰ به ۱۴٫۴ درصد در سال ۲۰۱۵ کاهش یافته و در عین حال، حد وسط درجه‌ی حرارت سطحی از ۳۹٫۸ به ۴۴ درجه‌ی سانتی‌گرید افزایش یافته است. این نتایج بیان‌گر این نکته است که مناطق با تراکم نباتی بالا، مانند حومه‌های شهری، حرارت کم‌تری دارند، در حالی که مناطق شهری با کاهش پوشش نباتی گرم‌تر هستند. ملک‌پور و طالعی نیز در تحقیق خود به این نتیجه رسیده‌اند که اراضی زراعتی کم‌ترین حرارت سطحی را دارند.

نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر به بررسی رابطه‌ی تغییرات استفاده‌ی زمین و پوشش نباتی با درجه‌ی حرارت سطحی در شهر پل علم مرکز ولایت لوگر بین سال‌های ۲۰۱۴ الی ۲۰۲۴ م با استفاده از GIS و RS پرداخته شده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که تغییرات در پوشش نباتی تأثیرات قابل توجهی بالای درجه‌ی حرارت سطحی در شهر پل علم داشته است و این تأثیرات در دو دوره‌ی زمانی (۲۰۱۴ و ۲۰۲۴) تغییرات چشم‌گیری را نشان می‌دهند. طوری که در سال ۲۰۱۴ درجه‌ی حرارت سطحی به ۵۵ درجه‌ی سانتی‌گرید رسیده اما در سال ۲۰۲۴ درجه‌ی حرارت سطحی به ۵۳ درجه‌ی سانتی‌گرید رسیده است. در سال ۲۰۱۴ رابطه میان پوشش نباتی و حرارت سطحی منفی بوده، طوری که کاهش پوشش نباتی منجر به افزایش درجه‌ی حرارت سطحی گردیده، اما درجه‌ی حرارت سطحی با پوشش نباتی در سال ۲۰۲۴ نیز رابطه‌ی منفی را نشان می‌دهد. چون با افزایش پوشش نباتی درجه‌ی حرارت سطحی کاهش پیدا نموده است. این نتایج نشان‌دهنده‌ی تأثیر مثبت پوشش نباتی در کاهش درجه‌ی حرارت سطحی به ویژه در مناطقی است که دارای پوشش نباتی مناسب بودند. تحلیل همبستگی بیان‌گر وجود رابطه‌ی منفی بین پوشش گیاهی و حرارت سطحی زمین و رابطه‌ی مثبت بین مناطق شهری و حرارت سطحی زمین بوده است. یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهند که مدیریت بهتر استفاده از زمین و افزایش پوشش نباتی به عنوان یک راهکار کارا و مؤثر در کاهش حرارت سطحی و بهبود شرایط محیط‌زیستی شهرها باید مورد توجه برنامه‌ریزان قرار گیرد.

محدودیت اصلی این تحقیق وابستگی به ارقام ریموت سنسنگ با تفکیک مکانی متوسط، علاوه بر این محدود بودن تعداد مقاطع زمانی و عدم دسترسی به ارقام دقیق و باکیفیت بالا از محدودیت‌های دیگر است که بر نتایج این تحقیق تأثیر می‌گذارد.

پیشنهادها

با توجه به نتایج تحقیق حاضر که نشان‌دهنده‌ی تأثیرات معنادار تغییرات استفاده‌ی زمین، کاهش پوشش نباتی و تخریب منابع آبی بر افزایش حرارت سطحی در ساحه‌ی شهر پل علم می‌باشد، اتخاذ راهکارهای مدیریتی فوری ضروری دیده می‌شود. پس یافته‌های این تحقیق ایجاب تدوین پیشنهادهای ذیل را می‌نماید.

شاروالی‌ها باید در طرح‌های توسعه‌ی شهری، سهم مشخصی را به ایجاد و حفظ فضاهای سبز اختصاص دهند.

تأثیر سیاست‌های مدیریت زمین و برنامه‌های توسعه‌ی شهری بر روند تغییرات مشاهده‌شده باید بررسی شود.

مناطق پرخطر از نظر حرارت محیطی در این شهر مشخص گردد و نقشه‌ی آن ساخته شود.

به ساخت زیربناهای ذخیره‌سازی آب و بهترسازی روش‌های آبیاری پرداخته شود زیرا می‌تواند از کمبود آب جلوگیری نموده، در تنظیم درجه‌ی حرارت منطقه کمک کند.

اجرای برنامه‌های جامع احیای جنگلات و توسعه‌ی فضای سبز در مناطق متأثر ضروری بوده، تا نقش تعدیل‌کننده‌ی پوشش نباتی در کاهش درجه‌ی حرارت سطحی تقویت گردد.

سپاس‌گزاری

از تمامی همکاران و دوستان عزیزی که ما را در روند تهیه‌ی معلومات و ارقام این تحقیق همکاری نموده‌اند، صمیمانه ابراز تشکر و امتنان نموده، موفقیت‌های شان را از درگاه ایزد متعال خواهانیم.

سهم نویسندگان

پوهنیار محمدخالد خواص به حیث نویسنده و مسؤول اصلی این تحقیق فعالیت داشته، همچنان، پوهنیار طیب‌الله احساس در تحلیل محتوا و مصطفی عسکری در ساختار و مرور این تحقیق همکاری کرده‌اند.

تضاد منافع

تصدیق می‌گردد که بین نویسندگان و محققان این مقاله هیچ‌گونه تضاد در منافع مالی، علمی و شخصی وجود ندارد. بدین وسیله، تلاش شده است تا شفافیت کامل در ارتباط با فعالیت‌های عملی و تحقیقی حفظ شود و تمام جوانب تحقیق با صداقت و امانت‌داری انجام گردیده است.

منابع

- آرخی، ص.؛ شاهکویی، ا.؛ عطا، ب. (۱۴۰۱). ارزیابی تکنیک‌های تغییرات پوشش گیاهی/ کاربری اراضی با استفاده از GIS، حوضه گرگانو، نبرنامه ریزی توسعه کالبدی، 9(2)، 41-60.
<https://doi.org/10.30473/psp.2022.60210.2506>
- قلعه، ا.؛ غفاری، س.؛ اصغری، ص.؛ قربانی، ا.؛ وکاکه ممی، آ. (۱۳۹۹). بررسی رابطه تغییرات استفاده و پوشش نباتی با حرارت سطحی در ولایت نمنین. *سنجش از دور و سامانه معلومات جغرافیایی در منابع طبیعی*، 11(2)، 27-48.
<https://doi.org/10.30495/girs.2020.674652>
- ساسان پور، ف.؛ ضیائی، پ.؛ بهادری، م. (۱۳۹۳). بررسی رابطه کاربری و پوشش اراضی و جزایر حرارتی شهر تهران. *فصل نامه بین المللی انجمن جغرافیای ایران*، 11(۳۹)، 247-261. <http://noo.rs/su8y7>
- مهدویان، ش.؛ زینالی، ب.؛ صلاحی، ب. (۱۴۰۱). تغییرات استفاده اراضی و ارتباط آن با حرارت سطحی و معیار پوشش نباتی در نواحی جنوب ولایت اردبیل. *سنجش از دور و سامانه معلومات جغرافیایی در منابع طبیعی*، 13(۴)، 21-48. <https://doi.org/10.30495/GIRS.2022.686395>
- عابدینی، م.؛ پاسبان، ا.؛ (۱۴۰۲). ارزیابی ارتباط حرارت سطح زمین با کاربری اراضی و معیار پوشش نباتی، جغرافیا و روابط انسانی، ۶(۳). <https://doi.org/10.22034/gahr.2023.418850.1953>
- سبحانی، ب.؛ ملانوری، ا.؛ (۱۴۰۳). بررسی تغییرات پوشش نباتی با استفاده از معیار NDVI و ارتباط آن با حرارت سطحی، شهرستان کوثر، مطالعات علوم محیط زیست، 9(3)، 81-87.
<https://doi.org/10.22034/jess.2023.407679.2086>
- بروجنی، م.؛ ندوشن، م.؛ (۱۳۹۸). بررسی رابطه پوشش نباتی شهری و درجه‌ی حرارت سطحی با استفاده از تصویرهای قمر مصنوعی لندست TM و OLI و سنجه LST در شهر اصفهان. *فصلنامه علوم محیطی*، ۱۷(4)، 164-177.
 DOI: <https://doi.org/10.29252/envs.17.4.163>.
- شیخی، ر.؛ محمدی، ر.؛ (۱۴۰۲). بررسی تغییرات استفاده اراضی بر الگوهای زمانی - مکانی حرارت سطحی در اراضی شهری با استفاده از ارقام سنجش از دورو جی ای اس، شهرایلام، موسسه انتشارات پوهنتون تهران، 15(1)
<http://doi.org/10.22059/jtcp.2023.351369.670365.165-186>
- ملک پور، پ.؛ طالعی، م.؛ (۱۳۸۹). بررسی تغییرات درجه‌ی حرارت سطح و پوشش نباتی- کاربری اراضی، *سنجش از دور و GIS ایران*، شماره سوم، 2(3)، 90-102. https://scj.sbu.ac.ir/article_94575.html
- Sahak, A., Hotaki, M., Ahmadi, K., Karsli, (2022). Evaluating the Impact of Land Use/Land Cover Changes on the Surface Urban Heat Island intensity, The case study of Kabul city, Afghanistan.
<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1824915/v1>

Ahmadi, K., Sahak,A., Azizi,A., Saraj,M., Sahak,A.(2024). Analyzing Flood Damage and Mapping Flood Hazard Zones Using AHP Model, A Case Study of Pol-e-Alam, Logar Province, Afghanistan.

<https://doi.org/10.34104/ajeit.024.037050>

Mishra,B., Sandifer,J.(2019) .evaluating relationship between NDVI and LST from 2000 to 2018, international journal of environmen, Volume-8.

DOI: <http://dx.doi.org/10.3126/ije.v8i1.22546>

Mujeeb,M., Ahmadzai,M., Mushwani,H.(2024).The Role of Logar River in Sustaining Agricultural Production, Journal of Natural Science Review ,59.

<https://doi.org/10.62810/jnsr.v2i3.78>