

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و هفت، شماره یک، فروردین ماه ۱۴۰۴ (۸۵-۷۱)

بررسی تغییرات دمای سطحی زمین با استفاده از مدل کین و شاخص های سیمای سرزمین (مطالعه موردی: شهر قزوین)

ریحانه اسدی لطفی^{*}

reyhaneh.asadi1403@gmail.com

علی رضا وفایی نژاد^۲

علی اصغر آل شیخ^۳

زهرا چترسیماب^۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۲۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۱۸

چکیده

زمینه و هدف: دمای سطحی زمین یکی از پارامترهای مهم مربوط به انرژی سطحی و تعادل آب و هوایی در مقیاس محلی و جهانی است. جزایر حرارتی شهری در نتیجه فاکتورهای مختلفی بوجود می آید که ویژگی های دمایی مواد پوشاننده سطح زمین یکی از مهمترین عوامل هستند. هدف یافتن ارتباط بین دمای سطحی و پوشش اراضی است.

روش بررسی: با استفاده از تجزیه و تحلیل تصاویر ماهواره لندست ۵ و سنجنده TM برای سه دوره زمانی ۱۹۸۹، ۱۹۹۹ و ۲۰۰۹ دمای سطحی زمین در محدوده شهر قزوین با استفاده از مدل Qin2001 محاسبه شد؛ پس از نرمال سازی دما بر اساس میانگین و انحراف معیار در ۴ طبقه دمایی پهنه بندی گردید و پوشش اراضی در سه دوره زمانی ۳ طبقه اراضی شهری، کشاورزی و بایر استخراج شد.

یافته ها: با توجه به تغییرات روزانه و فصلی برآورد میزان دمای سطحی متفاوت است برای این منظور از نرمال سازی دما استفاده شد. میزان همبستگی بین دمای سطحی و دمای هوا در ۰/۷۷ می باشد. به منظور کمی سازی رابطه بین تغییرات دمای و پوشش اراضی از سنجش های سیمای سرزمین شامل تعداد لکه، تراکم لکه، مساحت و نسبت محیط به مساحت استفاده شد که گویای تغییرات دمای سطح زمین با پوشش اراضی است.

۱- دانشجوی دکتری تخصصی رشته سنجش از دور و سیستم های اطلاعات جغرافیایی دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. * (مسئول مکاتبات)

۲- دانشیار دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران.

۳- استاد گروه مهندسی نقشه برداری، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران.

۴- دانشجوی دکتری تخصصی رشته سنجش از دور و سیستم های اطلاعات جغرافیایی دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

بحث و نتیجه گیری: بیشترین دمای سطحی برای کاربری شهرک صنعتی در حومه و داخل شهر قزوین با بیشترین میزان تعداد لکه و تراکم لکه برآورد شد و فضای سبز و اراضی کشاورزی کمترین میزان دما را دارد. اراضی بایر به دلیل عدم پوشش گیاهی مناسب و همچنین کاهش تبخیر و تعرق سطحی دارای دمایی بالایی است.

واژه‌های کلیدی: جزایر حرارتی شهری، دمای سطحی زمین، مدل Qin، پوشش اراضی، شهر قزوین.

Change detection of land surface temperature by using Qin model and landscape Index (Case Study: Qazvin)

Reyhaneh Asadi Lotfi^{1*}

reyhaneh.asadi1403@gmail.com

Alireza Vafaenezhad²

Aliasghar alesheikh³

Zahra chatresimab⁴

Admission Date: February 24, 2024

Date Received: January 7, 2025

Abstract

Background and Objectives: Surface temperature is one of the important parameters of surface energy and climate balance on a local and global scale. Urban heat islands occur as a result of various factors, which comes to thermal characteristics of the material covering the surface of the Earth is one of the most important factors. The aim is to find the relationship between surface temperature and land cover.

Material and Methodology: with image priccessing of Landsat 5 Thematic Mapper (TM) for the three periods of 1989, 1999, and 2009, the surface temperature of the land in the city of Qazvin was calculated using the Qin2001 model; after normalizing the temperature based on the average and standard deviation of 4 floors the temperature was determined. After zoning of temperature, land cover was extracted in three periods of time in three categories: urban, agricultural and Bear lands.

Finding: Regarding the daily and seasonal variations, the surface temperature is different. The correlation between surface temperature and air temperature is 0.77. Temperature was normalized then to quantify the relationship between temperature and land cover changes was used landscape Index such as the number of Pach, Pach density, area Pach and perimeter of the area.

Discussion and Conclusion: The highest surface temperature for industrial use in the suburbs and inside of Qazvin city with the highest number and density pach was estimated and agricultural lands have the lowest temperature. Bare lands are high due to the lack of appropriate vegetation and also the reduction of Evaporation and transpiration.

Keywords: urban heat islands, land surface temperature, the Qin, land cover, Qazvin.

1- Ph.D. student of GIS and RS, Faculty of Natural Resources and Envirmental, Science and Research, Islamic Azad University, Tehran, Iran. **(Correspondence Author)*

2- Asssocioant Professor, Faculty of Civil, Water and Environmental Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

3- Professor, Department of Surveying Engineering, Khaje Nasir Al-Din Tusi University, Tehran, Iran.

4- Ph.D. student of GIS and RS, Faculty of Natural Resources and Envirmental, Science and Research, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

مقدمه

دمای سطح زمین (Land Surface Temperature)، شاخص مهمی در مطالعه مدل‌های تعادل انرژی در سطح زمین و بررسی اثرات گلخانه‌ای به حساب می‌آید و از مهمترین پارامترها در بررسی فعل و انفعالات سطح زمین در مقیاس منطقه‌ای و جهانی است (۱، ۲).

دمای سطح زمین یکی از پارامترهای کلیدی در کنترل فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی در پروسه‌های زمین و عامل مهمی برای مطالعه آب و هوای شهری محسوب می‌شود (۳). تمرکز زیاد جمعیت و تغییر گسترده در چهره طبیعی زمین توسط پدیده‌های پویای شهرنشینی و گسترش پیش از حد شهرها اهمیت زمینه‌های تحقیقی جدید در ارتباط با تغییرات پوشش زمین و اثرات آن در الگوهای توزیع حرارتی (ایجاد وارونگی دما) و آب و هوایی مناطق شهری (باران‌های اسیدی) و تاثیر آنها در کیفیت زندگی شهروندان را نمایان می‌سازد (۴).

یکی از مهم‌ترین و اصلی‌ترین تهدیدهای محیط‌زیست شهرها به ویژه کلان شهرها افزایش قابل ملاحظه و مداوم درجه حرارت هوا در آنها به دلیل ایجاد جزایر حرارتی شهری (UHI) می‌باشد. در اثر تغییرات کاربری و پوشش اراضی حاصل از فعالیت‌های انسانها اقلیم شهرها و مناطق اطراف آن تغییر یافته است. مهم‌ترین اثر این مشکل تغییر و تبدیل سطوح پوشش گیاهی به سطوح غیر قابل نفوذ می‌باشد. سطوح غیر قابل نفوذ ضمن تغییر در جذب تابشی، دمای سطحی، نرخ تبخیر، ذخیره سازی گرما و در تلاطم باد باعث تغییر در اتمسفر نزدیک به سطح شهرها می‌شود. به اختلاف دمای بین مناطق شهری و روستایی جزایر حرارتی شهری اطلاق می‌شود (۵).

اندازه‌گیری‌های به دست آمده نشان می‌دهد که حداکثر گرادیان افقی دما بین بخش مرکزی شهر و حومه در حدود ۱ الی ۲ درجه سانتی گراد در یک کیلومتر در شهرهای کوچک و متوسط است. در حالت‌های افراطی گرادیان به ۵ درجه در یک کیلومتر می‌رسد (۶).

تشکیل جزایر حرارتی شهری موجب اختلال در محیط زیست

شهری از جمله آلودگی هوا، افزایش مصرف آب و انرژی و تغییرات اکولوژیک شهری بدلیل افزایش درجه حرارت در نقاط مختلف شهر می‌گردد.

حرارت وسایل نقلیه، کارخانه‌ها و وسایل تهویه کننده هوا، گرمای محیط را افزایش داده و اثرات جزیره حرارتی را تشدید می‌کند. جزیره حرارتی با تغییر الگوی بادهای محلی، تقویت رشد ابرها و مه، افزایش تعداد رعد و برق و تأثیر بر میزان بارش، شرایط هوا و اقلیم محلی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. همچنین افزایش مصرف انرژی برای خنک‌کنندگی، کیفیت هوای شهری را پایین آورده و سبب ناراحتی و عدم آسایش شهرنشینان می‌شود و با تأثیر بر سلامتی انسان‌ها، احتمال بروز آسم و انواع بیماری‌های تنفسی دیگر را افزایش می‌دهد (۵) (۷). دمای سطحی به دو روش تعیین می‌گردد. الف) پنجره مجزای طیفی: اگر داده‌های مربوط به جو و زمین به طور کامل موجود باشد و تنها دمای سطح زمین مجهول باشد با استفاده از مدل‌های انتقال تابش و اندازه‌گیری در محدوده مادون قرمز حرارتی، تعیین دمای سطح امکان پذیر می‌گردد. ولی به دلیل عدم مولفه‌های جوی، یک تابع خطی باضرایب مجهول به اندازه‌گیری‌های این دو پنجره و اندازه‌گیری‌های زمینی برازش داده شده و ضرایب تابع خطی تعیین می‌گردد. این روش در ابتدا برای اندازه‌گیری دمای سطح دریا SST^۲ مطرح شد ولی در اندازه‌گیری دمای سطحی زمین خطای زیادی دارد.

ب) روش چند باندی: با استفاده از باندهای طیفی مادون قرمز حرارتی و اندازه‌گیری در دو زمان روز و شب عمل می‌کند. در این روش، از مبانی فیزیکی تابش و بازتاب حرارتی در روز و شب استفاده می‌شود. از مشکلات این الگوریتم اختلاف در توان تشعشعی روز و شب (عدم وجود داده‌های جوی) و همچنین تشخیص و جداسازی پیکسل‌های ابری نیازمند تحقیقات بیشتر می‌باشد (۸) (۹).

Oke جزیره گرمایی را در یازده شهر اروپایی اندازه‌گیری نمود و معادله مفیدی برای تخمین حداکثر اختلاف دما بین مناطق شهری و مناطق روستایی و پیرامونی به دست آورد (۱۰).

زمین از روش TES استفاده شده است. نتایج این مطالعه حاکی از این مسأله است که تأثیر جزایر حرارتی در هنگام شب بیشتر از روز می باشد (۱۵).

کامران ولیزاده و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از سنجنده TIRS لندست ۸، مقایسه‌ای بین الگوریتم پنجره مجزا و روش سبال وارونگی دمای سطح زمین را در شهر تهران انجام دادند. نتایج نشان داد که وارونگی دمای سطح زمین در روش پنجره مجزا دارای دقت با کمتر از سانتیگراد ۰/۱۷ درجه بود، در حالی که روش سبال دقتی برابر با ۳/۲۷ درجه سانتیگراد داشت (۱۶). اکولوژی منظر یا سیمای منظر به عنوان زیر شاخه‌ای از اکولوژی می باشد. سیمای منظر نمایانگر این است که چگونه تغییر مکانی سیمای سرزمین، چگونه فرآیندهای اکولوژیکی مانند توزیع و جریان انرژی و پراکنش مواد و افراد را در محیط زیست تحت تأثیر قرار می دهد. برای کمی کردن سیمای سرزمین از سنجه-های سیمای سرزمین استفاده می شود. کمی کردن به درک و شناخت بهتر بین فعالیت‌های انسانی و تغییرات سیمای سرزمین کمک می کند.

با مروری بر تحقیقات گذشته این نکته حائز اهمیت است که محقق در صدد یافتن الگوریتم مناسب و یا بررسی شاخص URI^۴ به بررسی جزایر حرارتی پرداخته اند که صرفاً یک مدل عددی بدون در نظر گرفتن شرایط محیطی می باشد. شاخص نسبی جزایر حرارتی شهری نوعی تکنیک آشکار سازی تغییرات دمایی می باشد. در این پژوهش سعی شده است تا با استفاده از مدل کین در شهر قزوین دمای سطحی استخراج گردد و در نتیجه بررسی تغییرات مکانی و زمانی دمایی با توجه با شاخص های سیمای سرزمین با در نظر گرفتن پوشش اراضی به صورت کمی نمایش داده شده است.

روش بررسی

منطقه مورد مطالعه

شهر قزوین بین ۴۸ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۵۰ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۳۷ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۴۵ دقیقه

باند مادون قرمز حرارتی ماهواره ای (TIR) مستقیماً با دمای سطحی زمین از طریق معادله انتقال تابش ارتباط دارد. و برای اولین بار در دهه ۷۰ مورد استفاده قرار گرفت (۱۱). نخستین تلاش برای مطالعه جزایر حرارتی شهری با استفاده از مادون قرمز حرارتی از سنجنده NOAA, AVHRR صورت پذیرفت (۱۲). در قرن بیستم نخستین بار به منظور استخراج دمای سطح استفاده از تصاویر ماهواره ای توسط Tiros II انجام شد. در محدوده طیفی ۱۰/۴ تا ۱۲/۵ میکرون یکی از پرکاربردترین ماهواره ها برای تجزیه و تحلیل تابش های سطح زمین باند Land sat TM 6 می باشد. این سنجنده با قدرت تفکیک ۱۲۰ متر در باند حرارتی دارای قدرت تفکیک بهتری نسبت به سنجنده های MODIS, NOAA (با قدرت ۱/۲ کیلومتر) می باشد. اگرچه این سنجنده قادر به تصویر برداری در شب نمی باشد (۱۳).

چن و همکاران در سال ۲۰۰۶، در پژوهشی در دلتای رودخانه پیرل در جنوب چین، به بازیابی دمای کاربری زمین با استفاده از تصاویر سنجنده TM, ETM+ از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰ اقدام کردند. نتایج نشانگر این است که الگوی پراکندگی جزیره حرارتی شهر با انواع خاصی از پوشش زمین مرتبط است.

وان و سان پارا دیت (۲۰۱۲) به بررسی تأثیر جزایر حرارتی با استفاده از تصاویر ماهواره ای Landsat TM و روش دانش مبنا^۲ در محدوده زمانی سالهای ۲۰۰۶ تا ۲۰۰۹ پرداختند. به منظور بررسی وضعیت جزایر حرارتی شهری در ناحیه کانترایچی، مهسارقام تایلند از دو روش استفاده شده است و دمای رادیانس سطح^۳ شاخص پوشش گیاهی^۴ شاخص تغییرات مناطق مسکونی^۵ تجزیه و تحلیل شد. نتایج حاصل از این مطالعه حاکی از این مسأله است که الگوریتم دانش مبنا روش مناسبی برای نمایش تغییرات کاربری و پوشش زمین است (۱۴).

سابرینو و همکاران (۲۰۱۳) وضعیت تأثیر جزایر شهری سال ۲۰۰۸ در مادرید با استفاده از داده های سنجنش از دور حرارتی مورد ارزیابی قرار دادند. در این مطالعه برای تخمین دمای سطح

4- NDVI

5- NDBI

6- Urban Heat Island Ratio Index

1- Thermal Infrared Sensor

2- Knowledge base

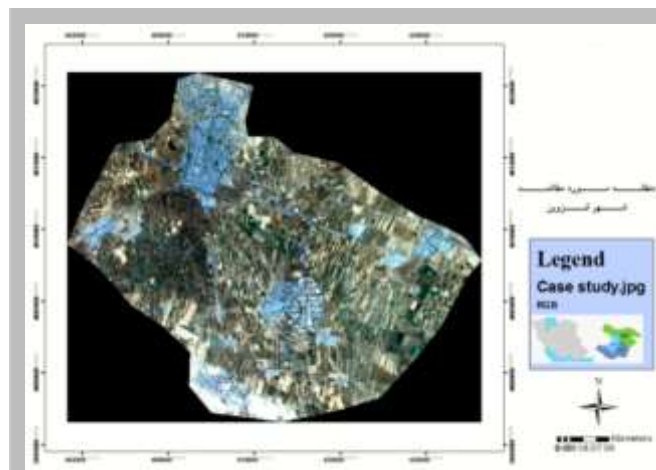
3- SRT

داده‌های مورد استفاده

در این تحقیق از تصاویر TM ماهواره لندست در سال‌های ۱۰/۶/۱۹۸۹، ۱۶/۷/۱۹۹۹، ۲۵/۶/۲۰۰۹ و داده‌های هواشناسی استفاده شد. با توجه به بررسی همزمان دما و پوشش اراضی در طی ۲۰ سال برای جمع آوری داده‌ها (سنجنده TM ماهواره لندست ۵) از سه باند مرئی (آبی، سبز و قرمز) و یک باند مادون قرمز نزدیک و دو باند مادون قرمز میانی و یک باند در بخش‌های حرارتی استفاده شد. قدرت تفکیک فضایی داده‌های این سنجنده برای تمام باندها ۳۰ متر و در باند حرارتی باند ۶ (۱۲۰ متر) است.

عرض شمالی واقع در حوضه مرکزی ایران می‌باشد. (شکل ۱) قزوین به لحاظ شرایط طبیعی به دو ناحیه کوهستانی و دشتی تقسیم می‌شود. منطقه کوهستانی آن در شمال شهر قرار دارد و دهستان‌های الموت، رودبار و قسمتی از کوهپایه اقبال و پشگلدره را در بر می‌گیرد. در همین ناحیه، بخشی از رشته‌کوه البرز از بخش شمال غربی و از استان گیلان به طرف جنوب غربی در داخل استان قزوین کشیده شده است. سیلان و الموت دو قله از قله‌های معروف کوهستان‌های بخش غربی البرز در این منطقه قرار دارند.

توجه به شرایط طبیعی (کوهستانی و دشتی) دمای سطحی زمین در تشکیل جزایر حرارتی شهر قزوین مورد بررسی قرار گرفت.



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه

Figure 1. The study area

(۵ سانتی متر خاک در ساعت ۳ صبح، ۶ صبح، ۳ بعد از ظهر به وقت گرینویچ که ساعت ۶ صبح مطابق با ساعت ۹/۳۰ در ایران) از دمای ساعت ۹/۳۰ صبح به وقت محلی برای تمامی تصاویر اعم از سال ۱۹۸۹ محاسبه گردید

روش تحقیق

در این پژوهش ابتدا دمای سطحی کین محاسبه گردیده و سپس پوشش اراضی و سنج‌های سیمای سرزمین محاسبه می‌گردد و سپس تغییرات دمای و پوشش اراضی در ارتباط با یکدیگر با استفاده از سنج‌های سیمای سرزمین بررسی می‌شود.

این ماهواره هر ۱۶ روز یکبار از منطقه مورد نظر عبور می‌کند. باتوجه به اینکه حداکثر شدت جزایر حرارتی سطح زمین در ساعات انتهایی شب می‌باشد، استفاده از داده‌های ساعت‌های اولیه صبح برای توصیف ویژگی‌های جزایر حرارتی سطح مناسب است. برای شناسایی جزایر حرارتی و بررسی تصاویر و الگوریتم‌ها داده‌های هواشناسی نظیر دمای هوا، رطوبت نسبی و دمای خاک برای محاسبه قابلیت عبوردهی جو، میانگین دمای موثر جو و گسیلمندی سطحی مورد نیاز از داده‌های سینوپتیک هواشناسی ایستگاه استان قزوین از سازمان هواشناسی تهیه شد. با توجه به اینکه قزوین در منطقه معتدل واقع گردیده و اختلاف دمای شب و صبح فاحش نبوده، برای به دست آوردن دمای سطحی از داده‌هایی نظیر دمای هوا، رطوبت نسبی و دمای خاک

الگوریتم تک پنجره^۱

الگوریتم تک پنجره در سال ۲۰۰۱ توسط Qin ارائه شده است. در این روش برای بازیابی دمای سطح زمین تنها از یک باند حرارتی ماهواره استفاده می‌شود. سه پارامتر اصلی این روش. گسیل‌مندی سطح، میزان عبور اتمسفری و دمای متوسط موثر

اتمسفرفی باشد. مراحل اجرای مدل به شرح ذیل می‌باشد (۱۷). الف) میزان بخار آب جو در هنگام تصویر برداری با استفاده از رابطه (۱) و داشتن میزان دمای هوا و رطوبت نسبی محاسبه می‌شود.

$$Exp = \frac{(17.27 * (Ta - 273.15))}{273.3 + (Ta - 273.15)} \quad (1)$$

$$wv = (0.0981 * 10 * 0.6108 * Exp * rh) + 0.1697 \quad (2)$$

wv میزان بخار آب جو و Ta میانگین دمای هوا و rh رطوبت نسبی هوا است. طبق جدول (۱) براساس میزان بخار آب و میزان دمای هوا (پروفیل حرارتی) میزان عبور اتمسفری بدست می‌آید. (ب) محاسبه میزان عبور اتمسفری (Ti)

جدول ۱- تخمین میزان پراکنش جوی (Qin ۲۰۰۱)

Table 1. Estimation of atmospheric transmittance (Qin 2001)

پروفیل‌های اتمسفری	بخار آب w6 (g/cm ²)	پراکنش اتمسفری
دمای بالای هوا (۳۵ درجه سانتیگراد)	۰/۴ - ۱/۶ ۱/۶ - ۳	-0/08007w + ۰/۹۷۴۲۹۰ -0/11536w + ۰/۳۱۴۱۲ 1
دمای پایین هوا (۱۸ درجه سانتیگراد)	۰/۴ - ۱/۶ ۱/۶ - ۳	-0/982007 + 0/09611w -1/053710 + 0/14142w

ج) محاسبه دمای متوسط موثر اتمسفر برای محاسبه این پارامتر از روابط موجود برای mid-latitude summer و For mid-latitude winter استفاده شده است. منطقه مورد مطالعه از روابط موجود در جدول زیر استفاده می‌شود که با توجه به واقع شدن شهر قزوین در عرض‌های میانی،

جدول ۲- معادلات دمای اتمسفری در عرض‌های مختلف جغرافیایی (Qin ۲۰۰۱)

Table 2. Atmospheric temperature equations in different geographical latitudes (Qin 2001)

Atmospheric Temperature Equation	Area
$T0 * ۰/۸۸۰۴۵ + ۲۵/۹۳۹۶$	For USA 1976
$T0 * ۰/۹۱۷۱۵ + ۱۷/۹۷۶۹$	For tropical
$T0 * ۰/۹۲۶۲۱ + ۱۶/۰۱۱۰$	For mid-latitude summer
$T0 * ۰/۹۱۱۱۸ + ۱۹/۲۷۰۴$	For mid-latitude winter

دمای سطح زمین با استفاده از روش Q_{in} به این صورت محاسبه می‌شود (۱۸).

$$T_s = [a_6(1 - C_6 - D_6) + (b_6(1 - C_6 - D_6) + C_6 + D_6)T_6 - D_6T_a]/C_6 \quad (۳)$$

$$N_i = \frac{T_{St} - T_{S\min}}{T_{S\max} - T_{S\min}} \quad (۶)$$

که N_i ارزش نرمال شده پیکسل i ، T_{St} ارزش دمای تابشی پیکسل i ، $T_{s\min}$ حداقل ارزش دمای تابشی در تصویر، T_s $\max$ حداکثر دمای تابشی در تصویر است.

بر اساس میانگین و انحراف معیار دما در سطح محدوده مورد مطالعه چهار طبقه دمایی برای تحلیل جزایر حرارتی شهرقزوین انتخاب شد. درویش صفت معیار طبقه بندی را به صورت زیر بیان نموده است.

- طبقه ۱: مقادیر کوچکتر از میانگین منهای انحراف معیار
طبقه ۲: مقادیر از میانگین منهای انحراف معیار تا میانگین
طبقه ۳: مقادیر از میانگین تا میانگین بعلاوه انحراف معیار
طبقه ۴: مقادیر بزرگتر از میانگین بعلاوه انحراف معیار (۲۱).

تعیین پوشش زمین در سطح محدوده تحقیق

برای تعیین پوشش سطح زمین در این مطالعه از روش طبقه‌بندی نظارت شده حداقل فاصله^۲ استفاده شد. پیش‌نیاز استفاده از این الگوریتم به منظور طبقه‌بندی تصاویر ماهواره انتخاب نمونه‌های تعلیمی است در این مطالعه با توجه به کیفیت داده‌ها برای سه دوره زمانی ۱۹۸۹، ۱۹۹۹ و ۲۰۰۹ نمونه‌های تعلیمی برای سه طبقه کاربری محدوده‌های مسکونی، فضاهای باز شهری و همچنین اراضی باز و مرتعی تهیه شد. انتخاب تعداد و پراکنش نمونه‌های تعلیمی کاملاً سلیقه‌ای و بسته به نظر مفسر می‌باشد (۲۲).

الگوهای سنج‌های سیمای منظر

سنج‌های سیمای سرزمین، ساختار فضائی سیمای سرزمین را به عنوان مجموعه ای واحد و دارای هویت معین در هر زمان تشریح می‌کنند و برای به دست آوردن یک طبقه بندی اولیه از سیمای سرزمین مفیدند. این شاخص‌ها همچنین در نزدیک‌تر کردن زبان برنامه ریزان شهری و اکولوژیست‌ها بسیار حایز اهمیت

T_e میزان عبور اتمسفری و T_a میزان دمای متوسط موثر اتمسفر و a_e و b_e مقادیر ثابت به ترتیب $۰/۴۵۸۶۰۶ - ۶۷/۳۵۵۳۵۱$ می‌باشند. ضرایب C و D (با تاثیر از فاکتور میزان عبور اتمسفری و گسیلمندی) از فرمول‌های زیر محاسبه می‌شود.

$$C = \tau_i * \varepsilon \quad (۴)$$

$$C = \tau_i * \varepsilon \quad (۵)$$

$$D = (r - \tau_i)[1 + (1 - \varepsilon) * \tau_i]$$

$$D = (1 - \tau_i)[1 + (1 - \varepsilon) * \tau_i]$$

برای کالیبراسیون داده‌های بدست آمده از تصاویر ماهواره‌ای از داده‌های ایستگاه سینوپتیک هواشناسی بر اساس رابطه بین دمای هوا و دمای عمق ۵ سانتی متری خاک در ساعت ۹:۳۰ دقیقه به وقت محلی بازسازی شد. با استفاده از روابط رگرسیونی بین روش کین و دمای هوای بدست آمده از ایستگاه‌های هواشناسی برازش انجام شد که در سال ۲۰۱۰ نتایج آن $R^2 = ۰/۷۷$ بود.

نرمال سازی دما سطحی

بخش مهمی از مطالعات برای شناسایی تغییرات فضایی و زمانی جزایر حرارتی از روش‌های آمار کلاسیک استفاده کرده اند. تصاویر حرارتی دارای تغییرات فصلی و ماهانه هستند. لذا مقایسه مستقیم داده‌های مطلق دمای استخراج شده از تصاویر عموماً کاربردی ندارد. برای حل این مشکل ابتدا باید داده‌های حرارتی نرمال (استاندارد) شوند (۱۹).

معمولاً مطالعات جزایر حرارتی بر روی الگوهای مختلف مکانی دما تمرکز دارند. تفاوت‌های فصلی می‌توانند روی مقادیر مطلق دمایی تأثیرگذار باشند اما الگوهای توزیع دمایی را تغییر نمی‌دهند. بنابراین نرمال‌سازی تصاویر دمایی تولید شده در تاریخ‌های متفاوت و فصل‌های مختلف می‌تواند دمای تابشی (سطحی) را به مقادیری بین ۰ و ۱ تبدیل نموده و تأثیر تفاوت‌های فصلی را از بین ببرد (۲۰).

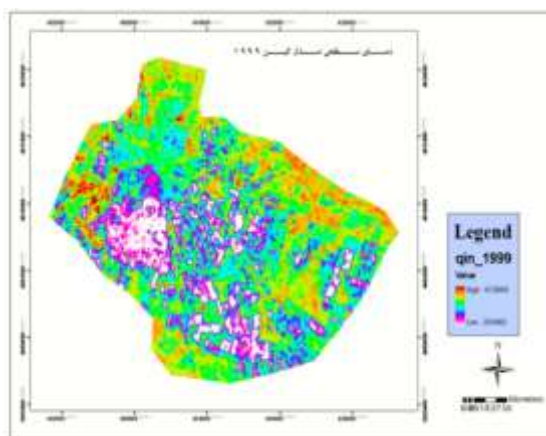
یافته‌ها

در این تحقیق در مجموع از سه تصویر مربوط به سال‌های ۱۹۸۹، ۱۹۹۹ و ۲۰۰۹ مورد بررسی قرار گرفتند. تصاویر مورد نظر با استفاده از باند ۶ سنجنده‌های مورد نظر و داده‌های هواشناسی مورد بررسی قرار گرفت و دمای سطح زمین با استفاده از مدل کین استخراج گردید. روش Qin و همکاران در سال ۲۰۰۱ که همان الگوریتم تک پنجره است با استفاده از داده‌های هواشناسی میزان بخار آب جو، میزان عبور اتمسفری با استفاده از داده‌های درجه حرارت هوا و رطوبت نسبی با جای گذاری در الگوریتم تک پنجره استفاده شد و دمای سطح زمین با این روش بدست آمد.

نکته قابل توجه این است که با توجه به بررسی تغییرات پوشش زمین در فاصله زمانی ۲۰ ساله از تصاویر TM استفاده شد. نتایج دمای سطح زمین در شکل (۴-۲) نمایش داده شده است. نقشه پوشش اراضی شهری به منظور بررسی رابطه بین سنجه‌های مختلف لکه‌های فضاهای سبز شهری و تغییرات دما در سطح مناطق و همچنین بررسی سنجه‌های مختلف کاربری‌های شهری در سطح پهنه‌های دمایی، در سه گروه می‌باشد: ۱- مناطق ساخته شده شهری (مسکونی، خدماتی و غیره) ۲- فضاهای سبز با پوشش درختی فضاهای سبز حاشیه معابر، باغ‌های فضاهای سبز با پوشش غیر درختی (اراضی کشاورزی) ۳- اراضی بایر و مراتع فقیرکه در شکل (۵-۷) تا نمایش داده شده است.

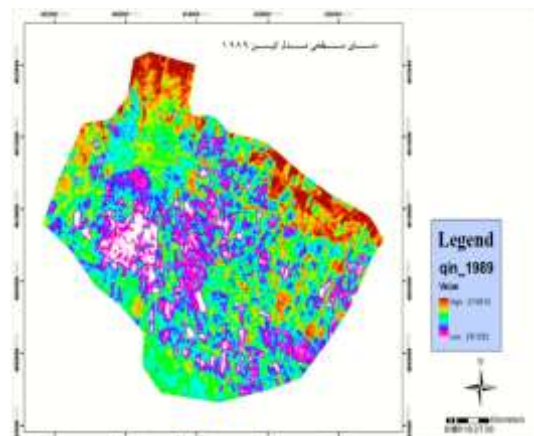
هستند. مفهوم عام واژه سیمای منظر در واقع به معنی سطحی از زمین است که لکه‌های مختلفی را در بر دارد و با عنوان موزائیکی از لکه‌ها (پوشش زمین) یا موزائیک عناصر سیمای منظر نامیده می‌شود. سنجه‌های سیمای سرزمین شاخص‌های توسعه یافته‌ای هستند که ویژگی‌های کمی نقشه‌های طبقه بندی شده را محاسبه می‌کنند. در این پژوهش سعی شده است تغییرات پوشش اراضی و تغییر روند طبقات دمایی و البته جزایر حرارتی توام با هم بررسی گردد، در نتیجه از سنجه‌های سیمای سرزمین استفاده شده است.

یک ابزار مهم برای پایش تغییرات دمایی با توجه به تغییر پوشش زمین استفاده از کمی کردن الگوهای سیمای سرزمین است که این امر توسط سنجه‌های سرزمین صورت می‌پذیرد. این امر توسط افزونه FRAGSTAS اجرا می‌شود. سنجه‌هایی که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفتند عبارتند از: الف) تعداد لکه‌ها (NP)، ب) تراکم لکه‌ها در سطح کلاس‌ها (PD) این سنجه برابر است با تعداد لکه‌های مربوط به یک کلاس تقسیم بر کل منطقه (سیمای سرزمین) ضربدر ۱۰۰ و ۱۰۰۰۰ برای تبدیل به ۱۰۰ هکتار می‌باشد. ج) مساحت هر کلاس در سیمای سرزمین (CA) د) سنجه نسبت محیط به مساحت (P/S)، اگر نسبت محیط به مساحت در اراضی شهری افزایش یابد، دما نیز افزایش می‌یابد که نشان‌دهنده تخریب اراضی کشاورزی و افزایش اراضی بایر و ساخت و ساز شهری است.



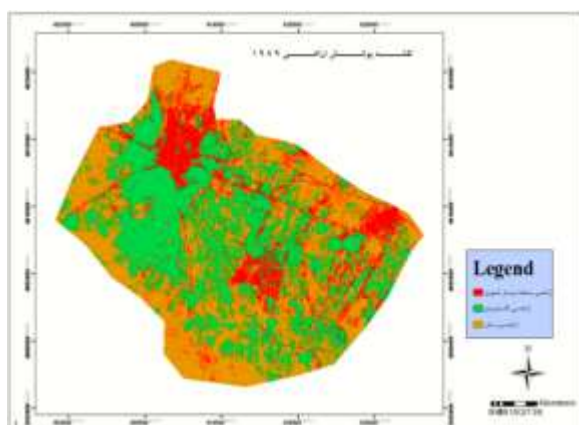
شکل ۳- نقشه طبقات دمایی ۱۹۹۹

Figure 3. Map of temperature classes 1999



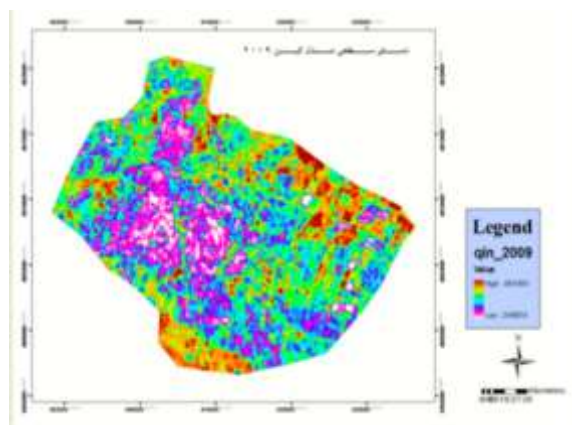
شکل ۲- نقشه طبقات دمایی ۱۹۸۹

Figure 2. Map of temperature classes 1989



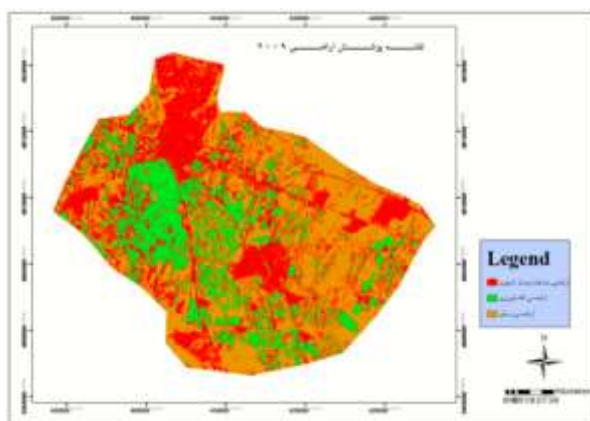
شکل ۵- نقشه پوشش اراضی سال ۱۹۸۹

Figure 5. Landcover map 1989



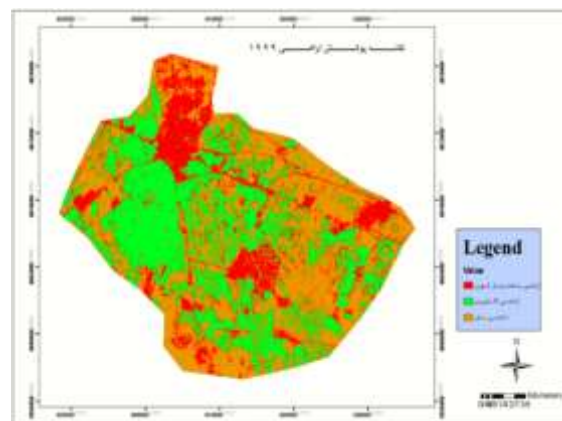
شکل ۴- نقشه طبقات دمایی ۲۰۰۹

Figure 4. Map of temperature classes 2009



شکل ۷- نقشه پوشش اراضی سال ۲۰۰۹

Figure 7. Landcover map 2009



شکل ۶- نقشه پوشش اراضی سال ۱۹۹۹

Figure 6. Landcover map 1999

در حقیقت از سنجه‌های سیمای منظر برای کمی کردن ساختار و توزیع لکه‌ها در سطح و همچنین طبقه‌های دمایی استفاده شد. بررسی تغییرات طبقات دمایی با استفاده از سنجه سیمای سرزمین تعداد لکه‌ها (NP)، تراکم لکه‌ها (PD)، مساحت لکه‌ها (CA)، سنجه نسبت محیط به مساحت (P/S) محاسبه شد تا تغییرات دما در پی تغییر پوشش زمین بررسی شود.

روند تغییرات سنجه تعداد لکه (NP)

در ساخت و ساز شهری در شکل (۸) نشان داده شده است. در دو طبقه اول دمایی از سال ۱۹۸۹ تا ۱۹۹۹ تراکم در ساخت و ساز شهری روند کاهشی را دارد که نشان از توسعه شهر به صورت پراکنده دارد در طبقه سوم و چهارم از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۹ روند

سنجه‌های سیمای سرزمین الگوریتم‌هایی برای کمی کردن خصوصیات مکانی لکه‌ها و موزائیک سیمای سرزمین می‌باشند. این سنجه‌ها می‌توانند به عنوان اساس مقایسه سناریوهای متفاوت یا درک تغییرات وضعیت سیمای سرزمین در طی زمان مورد استفاده قرار بگیرند.

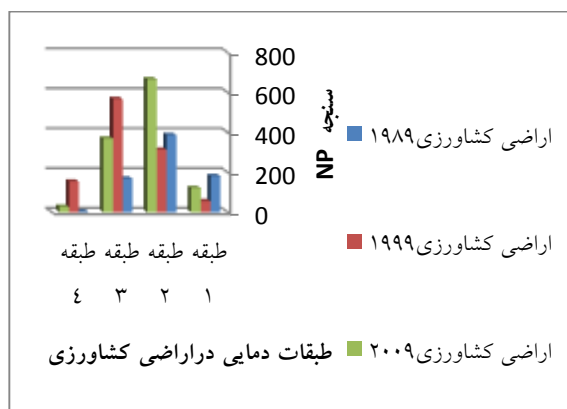
در این پژوهش برای ثبت تغییرات در جغرافیای مکانمند وزمانمند از مدل‌سازی فضایی_زمانی اسنپ شات^۱ استفاده شد. هر لایه مجموعه‌ای از واحدهایی می‌باشد که از نظر زمانی همگونند. در زمانهای جدید، لایه‌های جدید ساخته می‌شوند، کل اطلاعات تغییر یافته و تغییر نیافته در یک لایه ذخیره می‌گردد (۲۳).

1- snap shot

می دهد در طبقه اول دمایی سهم پوشش اراضی بایر از همه بیشتر است که نشان از تراکم بالای این کاربری را دارد ولی با سیر کاهشی شدید در سایر طبقات را طی می کند. از طبقه دوم به چهارم تراکم ساخت وساز شهری افزایش می یابد که نشان توسعه روند شهر نشینی است و افزایش دما است. تراکم در چهار طبقه دمایی اراضی کشاورزی روند رو به رشدی دارد یعنی برنامه ریزی در جهت کنترل دما موثر است.

در کاربری محدوده های اراضی بایر در طبقات اول و دوم دمایی از سال ۱۹۸۹ تا ۱۹۹۹ سنجه تراکم در اراضی بایر افزایش یافته است به علت شرایط مناسب دمایی و ارتفاعی می باشد. از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۹ تراکم روند نزولی دارد. در طبقه سوم و چهارم این روند کاهشی بسیار دارد که این کاهش تراکم اشاره به تخصیص مناطق بایر به اراضی شهری و افزایش وسعت شهر است.

بررسی روند تغییرات در سنجه تراکم لکه در سال ۲۰۰۹ در سه طبقه اول دمایی کاربری با ساخت وساز شهری و اراضی کشاورزی با شیب بسیار ملایم افزایش میابد که نشان از تراکم پایین است سپس کاربری با ساخت وساز شهری با شیب بسیار زیاد تراکم در طبقه چهار افزایش میابد و در مرتبه بعدی اراضی کشاورزی افزایش میابد. در حقیقت به موازات تشکیل ساخت ساز شهری جزایر حرارتی و دمای سطحی افزایش چشم گیری دارد.



شکل ۹- روند تغییرات سنجه NP در اراضی کشاورزی

Figure 9. The trend of NP index changes in agricultural lands

افزایشی با شتاب بسیار زیادی دارد که نشان دهنده توسعه شهری و پیوستگی بین لکه ها و افزایش دما است.

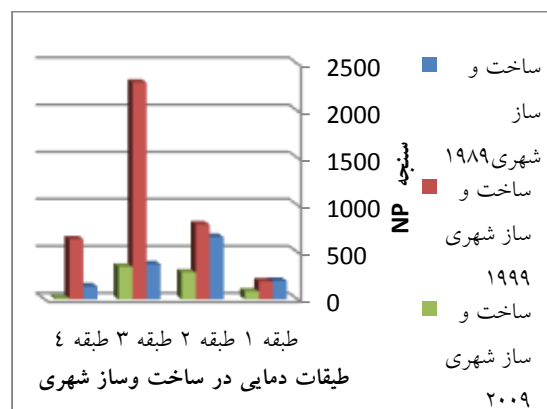
تعداد لکه اراضی کشاورزی در طبقه سوم و چهارم دمایی بیشتر از طبقات دیگر است. و پس از آن از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۹ تعداد لکه ها رو به کاهش است که این نشان دهنده توسعه شهری در سال ۱۹۹۹ و پیوستگی بین لکه های توسعه یافته در سال ۲۰۰۹ است (شکل ۹).

در طول زمان از سال ۱۹۸۹ تا ۱۹۹۹ تعداد لکه های اراضی بایر در طبقات دمایی رو به افزایش و پس از آن از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۹ تعداد لکه ها رو به کاهش است که این نشان دهنده توسعه شهری در سال ۱۹۹۹ و پیوستگی بین لکه های توسعه یافته در سال ۲۰۰۹ است. روند بیایانی شدن در طبقه دمایی سوم بیشتر است و جزایر حرارتی طبیعی در این طبقه تشکیل می شود. نتایج در شکل (۱۰) آمده است.

روند تغییرات در سنجه تراکم لکه (PD)

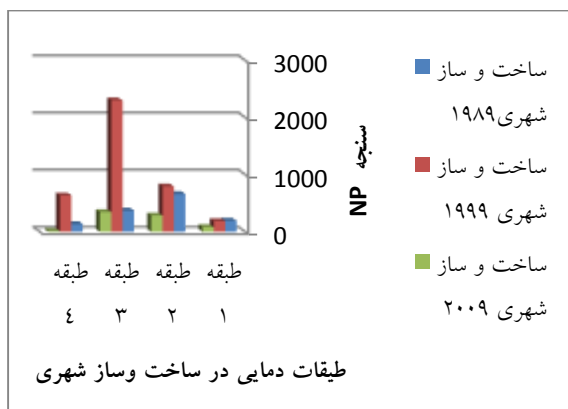
بررسی نمودار تراکم لکه در ساخت و ساز شهری در طبقه سوم دمایی (جزایر حرارتی) بیشینه است (شکل ۱۱). در طبق چهارم دمایی از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۹ روند کاهش دارد درست برعکس تراکم لکه اراضی کشاورزی (شکل ۱۲) که به علت توسعه چشمگیر شهرنشینی می باشد.

بررسی روند تغییرات در سنجه تراکم لکه در سال ۱۹۹۹ نشان



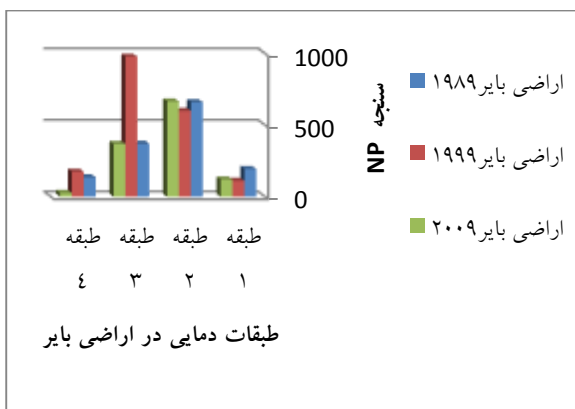
شکل ۸- روند تغییرات سنجه NP در ساخت وساز شهری

Figure 8. The trend of NP index changes in urban construction



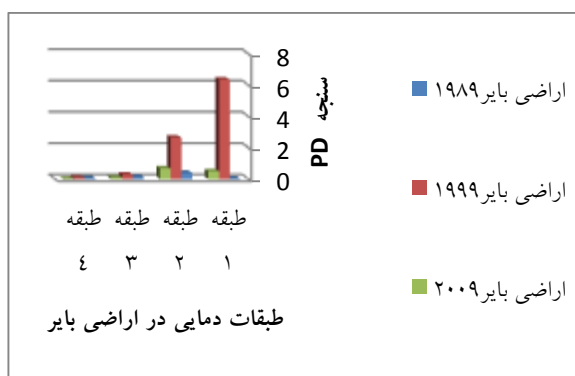
شکل ۱۱- روند تغییرات سنجه PD در ساخت و ساز شهری

Figure11. The trend of PD index in urban construction



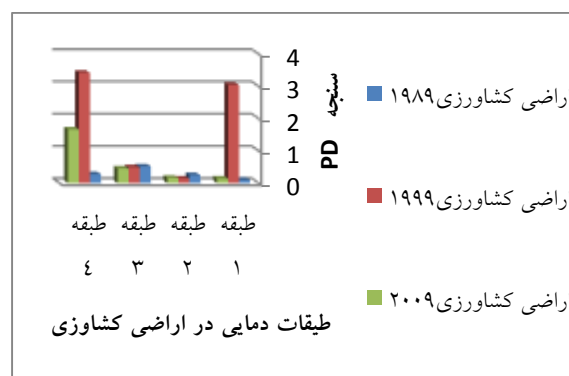
شکل ۱۰- روند تغییرات سنجه NP در اراضی بایر

Figure10. The trend of NP index bare land



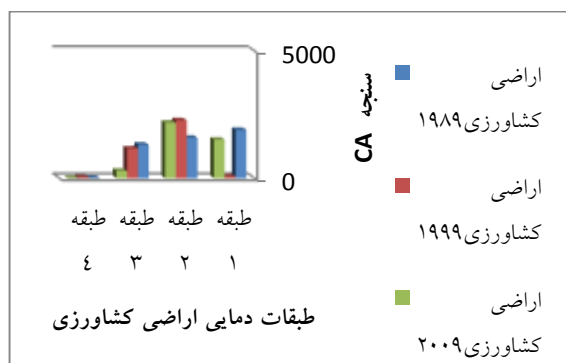
شکل ۱۳- روند تغییرات سنجه PD در اراضی بایر

Figure13. The trend of PD index in bare lands



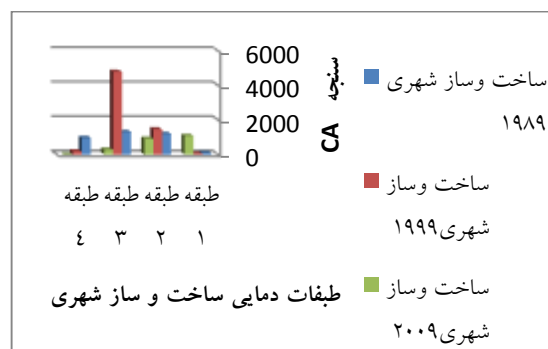
شکل ۱۲- روند تغییرات سنجه PD در اراضی کشاورزی

Figure12. The trend of PD index in agricultural lands



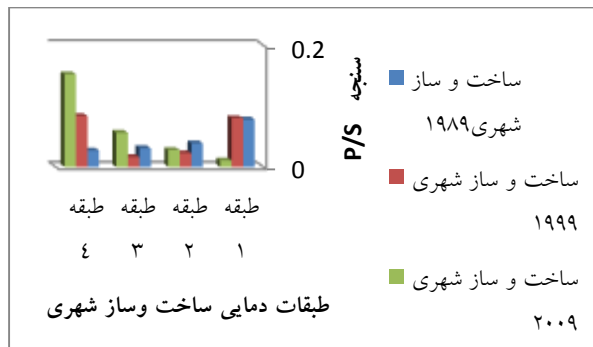
شکل ۱۵- روند تغییرات سنجه CA در اراضی کشاورزی

Figure15. The trend of CA index in agricultural land



شکل ۱۴- روند تغییرات سنجه CA در ساخت و ساز شهری

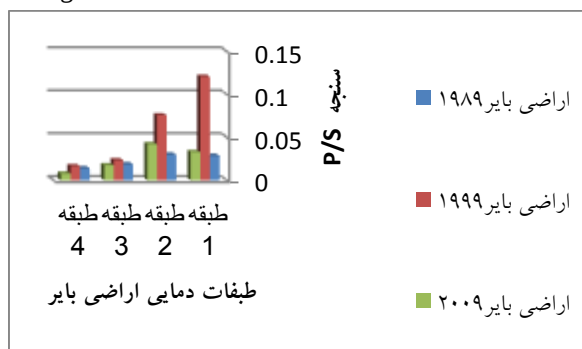
Figure14. The trend of CA index in urban construction



شکل ۱۷- روند تغییرات سنجه P/S در اراضی ساخت و ساز

شهری

Figure 17. The trend of P/S in urban construction



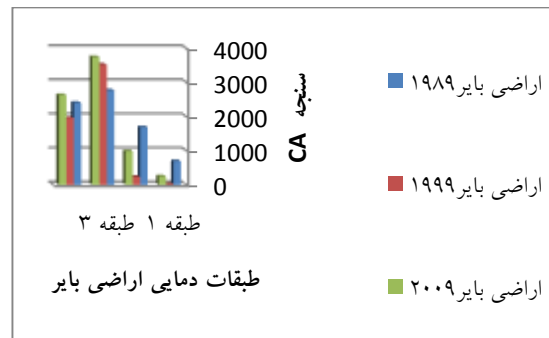
شکل ۱۹- روند تغییرات سنجه P/S در اراضی بایر

Figure19. The trend of P/S in bare land

بیشتر اراضی کشاورزی پوشش غالب دارد. پوشش اراضی کشاورزی از سال ۱۹۸۹ تا ۱۹۹۹ روند منفی دارد که نشان دهنده توسعه شهری و تخریب اراضی کشاورزی است. در اراضی بایر در تمامی طبقات دمایی نسبت محیط به مساحت پوشش اراضی بایر از سال ۱۹۸۹ تا ۱۹۹۹ روند صعودی دارد. در تمامی طبقات دمایی نسبت محیط به مساحت پوشش اراضی بایر در سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۹ روند کاهشی دارد (شکل ۱۷، ۱۸ و ۱۹).

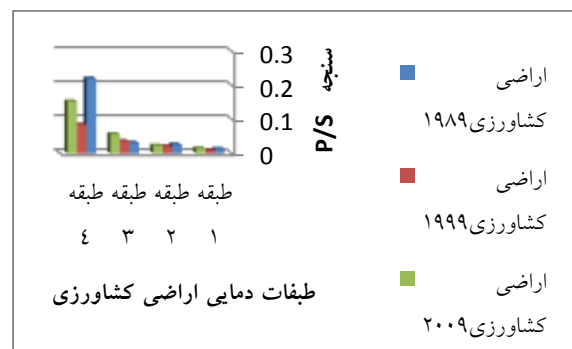
بحث و نتیجه گیری

در این پژوهش مدل کین با استفاده از داده‌های هواشناسی میزان بخار آب جو، میزان عبور اتمسفری با استفاده از داده‌های درجه حرارت هوا و رطوبت نسبی با جای گذاری در الگوریتم تک پنجره دمای سطح زمین محاسبه گردید. به منظور بررسی رابطه بین سنجه‌های مختلف لکه‌های



شکل ۱۶- روند تغییرات سنجه CA در اراضی بایر

Figure16. The trend of CA index in bare land



شکل ۱۸- روند تغییرات سنجه P/S در اراضی کشاورزی

Figure18. The trend of P/S index in agricultural lands

روند تغییرات در سنجه CA

با افزایش طبقات دمایی در سال ۱۹۸۹ از میزان سطح اراضی کشاورزی کاسته و بر سطح اراضی بایر و شهری افزوده می‌شود. اما این روند در طبقه ۴ افزایش می‌یابد که نشان از عدم توسعه یافتگی در مناطق شهری است. با ساخت و ساز شهری افزایش می‌یابد که نشان دهنده تغییر سیمای سرزمین است. در طول زمان از سال ۱۹۸۹ تا ۱۹۹۹ سطح لکه‌های شهری در طبقات دمایی رو به افزایش و پس از آن از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۹ سطح لکه‌ها رو به کاهش است که این نشان دهنده توسعه شهری و پیوستگی بین لکه‌های توسعه یافته در سال ۱۹۹۹ است. این روند در طبقه چهارم با شیب بسیار ملایم می‌باشد (شکل ۱۴ و ۱۵ و ۱۶).

روند تغییرات در سنجه (P/S)

در سال ۱۹۸۹ تا ۲۰۰۹ دمایی نسبت محیط به مساحت ساخت و ساز شهری سپس کاربری بایر از سایر کاربری‌ها بیشتر است که نشان دهنده روند رو به رشد دما است. در طبقه چهارم دمایی

- Temperature Time Series Estimation at the Local Scale by Spatial-Spectral Unmixing of Satellite Observations. *Remote Sensing*. 2015;7(4).
2. Accuracy of sea ice temperature derived from the advanced very high resolution radiometer. *Journal of Geophysical Research: Oceans*. 1995;100(C3):4525-32.
 3. Khandelwal S, Goyal R, Kaul N, Mathew A. Assessment of land surface temperature variation due to change in elevation of area surrounding Jaipur, India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. 2018;21(1):87-94.
 4. Li ZL, Wu H, Duan SB, Zhao W, Ren H, Liu X, et al. Satellite remote sensing of global land surface temperature: Definition, methods, products, and applications. *Reviews of Geophysics*. 2023;61(1).
 5. Li Z-L, Tang B-H, Wu H, Ren H, Yan G, Wan Z, et al. Satellite-derived land surface temperature: Current status and perspectives. *Remote Sensing of Environment*. 2013;131:14-37.
 6. Mojarrad, Fi., *Climate and Environmental Crises*, Tahibastan Publications, Razi University, Faculty of Literature, Kermanshah.(2015). (In Persian)
 7. Li, Bo-Hui Tang, Hua Wu, Huazhang Ren, Guangjian Yan, zhengming Wan, Isabel F. Trigo and Jose A. Sobrino, (2013), "Satellite-derived land surface temperature: current status and perspectives", *Remote Sensing of Environment*, NO.131, PP.14-37.
 8. Haashemi S, Weng Q, Darvishi A, Alavipanah KS. Seasonal Variations of the Surface Urban Heat Island in a Semi-Arid City. *Remote Sensing*. 2016;8(4).
 9. Alavi Panah, Sayed Kazem. *Thermal Remote sensing and its Application in Earth Sciences*. Tehran, Iran. Publications

سبز شهری و تغییرات دما در سطح مناطق و همچنین بررسی سنجه‌های مختلف کاربری‌های شهری در سطح پهنه‌های دمایی نقشه پوشش اراضی شهری در سه گروه استخراج گردید: ۱- مناطق ساخته شده شهری (مسکونی، خدماتی و غیره) ۲- فضاهای سبز با پوشش درختی فضاهای سبز حاشیه معابر، باغ- های فضاهای سبز با پوشش غیر درختی (اراضی کشاورزی) ۳- اراضی بایرو مراتع فقیر.

در نهایت روند تغییرات پوشش اراضی و تغییرات دمایی و جزایر و طبقات گرمایی در ارتباط با یکدیگر با شاخص های سیمای سرزمین NP,CA,P/S,PD بررسی شد.

بر مبنای داده‌های بدست آمده از دما و سنجه‌ها مشخص گردید که کاربری‌ها و پوشش‌های موجود دارای دماهای متفاوتی می- باشند. در زمینه تاثیر کاربری‌های شهری بر دمای سطحی آن قدر همبستگی بین دمای سطح و کاربری و پوشش زمین زیاد است که از دمای سطحی برای طبقه‌بندی کاربری‌ها نیز استفاده کرده- اند (23). بین دمای سطحی و برخی از کاربری‌ها رابطه معنی‌داری وجود دارد به طوری که در محدوده مورد مطالعه کمترین مقدار متوسط دما مربوط به کاربری فضاهای سبز شهری می‌باشد. حداکثر بودن میزان دمای سطحی یا تشکیل جزایر حرارتی در سطح مناطق با ساخت و ساز متراکم است و در این مطالعه بیشترین دمای سطحی برای کاربری شهرک صنعتی در حومه و داخل شهر قزوین با بیشترین میزان تعداد لکه و تراکم لکه برآورد شد. پوشش‌های مرتعی و اراضی بایر به دلیل عدم پوشش گیاهی مناسب و همچنین کاهش تبخیر و تعرق سطحی دارای دمایی بالایی است. پس از محدوده‌های صنعتی و شهری، پوشش‌های مرتعی و اراضی بایر از نظر میزان دمای سطحی مناطق حساسی محسوب می‌شوند.

باتوجه به بررسی زمانی و محدودیت تصاویر تنها از تصاویر لندست استفاده شد که پیشنهاد می‌گردد با تصاویر کیفیت بالاتر استفاده شود که می‌تواند نتایج بهتری از پایش تغییرات را در بر داشته باشد.

References

1. Mitraka Z, Chrysoulakis N, Doxani G, Del Frate F, Berger M. *Urban Surface*

17. Rozenstein O, Qin Z, Derimian Y, Karnieli A. Derivation of Land Surface Temperature for Landsat-8 TIRS Using a Split Window Algorithm. *Sensors*. 2014;14(4).
18. Qin Z, Karnieli A, Berliner P. A mono-window algorithm for retrieving land surface temperature from Landsat TM data and its application to the Israel-Egypt border region. *International Journal of Remote Sensing*. 2001;22(18):3719-46.
19. Grover A, Singh BR. Analysis of Urban Heat Island (UHI) in Relation to Normalized Difference Vegetation Index (NDVI): A Comparative Study of Delhi and Mumbai. *Environments*. 2015;2(2).
20. Sadeghinia, A., et.al "Analysis of Spatial - Temporal Structure of the Urban Heat Island in Tehran through Remote Sensing and Geographical Information System", *GEOGRAPHY AND ENVIRONMENTAL HAZARDS*, (2012) , Vol 1, No 4 PP. 1-17. (In Persian)
21. Dervishsefat , A," Estimation of the accuracy of the GIS database thematic maps" *The 5th GIS Conference*, (1998), Tehran, Iran. (In Persian)
22. Dervishsefat , A, Estimation of the accuracy of the GIS database thematic maps. *The 5th GIS Conference*, (1998), Tehran, Iran. (In Persian)
23. Lin J, Qiu S, Tan X, Zhuang Y. Measuring the relationship between morphological spatial pattern of green space and urban heat island using machine learning methods. *Building and Environment*. (2023); 228:109910.
- of the University of Tehran(7),2006. Volume I, Chapter II.. (In Persian)
10. Ashraf, B., et .al , "The Investigation of Mashhad's Heat Island Using Satellite Images and Applying Fractal Theory", *GEOGRAPHY AND ENVIRONMENTAL HAZARDS*, 2012, NO. 1 , PP.17-34. (In Persian)
11. Estimation of sea surface temperatures from two infrared window measurements with different absorption. *Journal of Geophysical Research*. 1975;80(36):5113-7.
12. Balling RC, Brazel SW. High-resolution surface temperature patterns in a complex urban terrain. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 1988 Sep;54(9):1289-1293
13. Zhangyan , J., C. Y. L. J. (2006). "On urban heat island of Beijing based on landsat TM data." *Geo-spatial Information Science*, 9(4), 293-297
14. Laosuwan.T,Sangpradit., "Urban heat island monitoring and analysisby using integration of satellite data and knowledge based method", (2012), *International Journal of. Development and Sustainability*, Vol. 1 No. 2, pp. 99–110
15. Li, Zh., Tang, Bo-Hui, B.H., Wu,H., Ren,H., Yan,G., Wan,Zh.,Trigo,I, Sobrino,A.J," Satellite- derived land surface temperature: current statuse and perspectives ", *Remote Sensing of Enviornment*,(2013), NO. 131, PP.14-37.
16. Valizadeh, Kh ., et.al, "Estimation land surface temperature and extract heat islands using split window algorithm and multivariate regression analysis (Case Study of Zanjan)", *Journal Management system*,(2017), NO. 30, PP.35-50. (In Persian)