

Research Article

Explaining the Relationship between Thermal Islands and a Number of Morphological Factors of the City Using Remote Sensing and GIS (Case Study: Ahvaz)

Azimi, Elaheh

M.Sc. Graduate of Urban Planning, Yazd University, Yazd, Iran.

Akbari, Reza

Assistant Professor, Department of Urban Planning, Faculty of Art and Architecture, Yazd University, Yazd, Iran.

Armin, Mohsen (Corresponding Author)

Assistant Professor, Natural Resources Engineering Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Yasouj University, Yasouj, Iran.

Abstract

In this research, land use map was prepared by maximum likelihood method in 8 areas of Ahvaz city and altitude and slope maps were prepared. To evaluate the classification accuracy of the land use map, the error of the classified image was compared with a reference image containing a number of ground control points. The map of urban thermal islands was prepared using a separate window algorithm on the Landsat 8 satellite data set in the ENVI software environment. The results showed that the prepared land use map has an kappa coefficient of 86% and good accuracy and credit. The relationship between land use and thermal islands, the results indicate that the eight cities of Ahvaz with an average temperature of 43.3 and the fourth region with an average temperature of 32.6 had the highest and lowest temperatures, respectively. By comparing the percentage of land use classes in the eight and four districts of Ahvaz, it can be said that industrial land use will increase the average temperature of urban areas and space land use will reduce the average temperature of urban areas. Areas with a slope of zero to 1.5 percent have an average temperature of 34 degrees and areas with a slope of 10 to 37 percent have an average temperature of 41 degrees Celsius. In urban areas with altitudes below sea level and urban areas with an altitude of 64 to 80 meters above sea level, the average temperature is 34 and 41 degrees Celsius, respectively.

Keywords: Urban Morphology, Thermal Islands, Geographic Information System (GIS), Remote Sensing (RS), Ahvaz.

Citation: Azimi, E; Akbari, R.; Armin, M. (2023), Explaining the Relationship between Thermal Islands and a Number of Morphological Factors of the City Using Remote Sensing and GIS (Case Study: Ahvaz), Journal of Geography and Environmental Studies, 11 (44), 42-57. Dor: 20.1001.1.20087845.1401.11.44.3.6

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author (s), with publication rights granted to Journal of Geography and Environmental Studies. This is an open – access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



مقاله پژوهشی

تبیین رابطه جزایر حرارتی شهری و تعدادی از عوامل مورفولوژی شهر با استفاده از سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: شهر

اهواز)

الهه عظیمی

دانش آموخته کارشناسی ارشد برنامه ریزی شهری، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

رضا اکبری

گروه شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

محسن آرمین*

استادیار، گروه مهندسی منابع طبیعی - آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران

چکیده

جزیره‌ی حرارتی شهری (UHI)، بیانگر نقش انسان در تغییر محیط زیست است که ممکن است وضعیتی شدید و غیرقابل برگشت از تغییرات اقلیمی و محیطی برای شهروندان ایجاد کند. هدف از این پژوهش بررسی رابطه جزایر حرارتی شهری و عوامل مورفولوژی شهری شامل کاربری اراضی، شیب و ارتفاع از سطح دریا با استفاده از سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در شهر اهواز است. برای این منظور نقشه کاربری اراضی به روش حداکثر احتمال در مناطق ۸ گانه شهر اهواز و نقشه‌های ارتفاع از سطح دریا و شیب در محیط نرم‌افزار Arc Map تهیه شد. برای ارزیابی صحت طبقه‌بندی نقشه کاربری اراضی، خطای تصویر طبقه‌بندی شده با یک تصویر مرجع حاوی تعدادی نقاط کنترل زمینی مقایسه گردید. نقشه دمای سطح زمین با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا روی مجموعه داده‌های ماهواره لندست ۸ در محیط نرم‌افزار ENVI تهیه شد. نتایج نشان داد که نقشه کاربری اراضی تهیه شده دارای ضریب کاپای ۸۶ درصد و صحت و اعتباری مطلوب می‌باشد. در بخش تحلیل رابطه بین کاربری اراضی و جزایر حرارتی، نتایج حاکی از آن است که منطقه هشت شهر اهواز با میانگین دمای ۴۳/۳ و منطقه چهار با میانگین دمای ۳۲/۶ به ترتیب بیشترین و کمترین دما را به خود اختصاص دادند. با مقایسه درصد طبقات کاربری در مناطق هشت و چهار شهر اهواز می‌توان گفت که کاربری صنعتی باعث افزایش میانگین دمای مناطق شهری و کاربری فضای سبز باعث کاهش میانگین دمای مناطق شهری خواهد شد. مناطق با شیب صفر تا ۱/۵ درصد دارای میانگین دمای ۳۴ درجه و مناطق با شیب ۱۰ تا ۳۷ درصد دارای میانگین دمای ۴۱ درجه سانتی‌گراد هستند. در مناطق شهری دارای ارتفاع پایین‌تر از سطح دریا و مناطق شهری با ارتفاع ۶۴ تا ۸۰ متر از سطح دریا میانگین دمای به ترتیب ۳۴ و ۴۱ درجه سانتی‌گراد است. با توجه به تغییرات کم شیب و ارتفاع از سطح دریا در شهر اهواز و اینکه بخش زیادی از شهر در مناطق مسطح و کم ارتفاع قرار دارد، می‌توان گفت وجود صنایع حرارت‌زا می‌تواند عامل اصلی افزایش دمای سطحی شهر اهواز باشد که به عنوان یک راهکار در راستای برنامه‌ریزی شهری باید صنایع مذکور به مرور زمان به خارج از شهر منتقل شوند.

کلمات کلیدی: مورفولوژی شهری، جزایر حرارتی، سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، سنجش از دور (RS)، اهواز.

تاریخ ارسال: ۱۴۰۱/۰۳/۰۳

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۴/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۱۹

نویسنده مسئول: محسن آرمین، استادیار، گروه مهندسی منابع طبیعی - آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه یاسوج.

Mohsenarmin2007@gmail.com

با توسعه شهرنشینی مقادیر زیادی از مساحت مناطق کشاورزی و جنگلی جای خود را به مناطق شهری، صنعتی و دیگر زیرساخت‌ها داده‌اند. افزایش جمعیت، افزایش آلودگی ناشی از صنایع و افزایش تردد اتومبیل‌ها موجب افزایش دمای برخی مناطق شهری نسبت به دیگر مناطق می‌گردد، بنابراین در مناطق شهری بسته به پوشش زمین، مناطقی با درجه حرارت بیشتر از سایر نواحی به وجود می‌آید که این پدیده به نام جزیره حرارتی شهری^۱ (UHI) نام‌گذاری شده است (عقیلی‌نسب و همکاران، ۱۳۹۲: ۸۵). بررسی وضعیت پراکندگی تابش‌های حرارتی و ارتباط آن با نوع کاربری‌های موجود در نواحی شهری دارای اهمیت زیادی می‌باشد. جزایر حرارتی شهری جزو آن دسته از مناطق شهری هستند که به میزان قابل توجهی از محیط پیرامون گرم‌تر باشند که بر این مبنای سه نوع جزیره حرارتی در قالب جزیره حرارتی لایه مرزی شهر^۲ (درجه حرارت اتمسفر بالای شهر نسبت به نقاط اطراف)، جزیره حرارتی تاج شهر^۳ (درجه حرارت بخشی از اتمسفر شهر در فاصله زمین تا بام ساختمان‌ها) و جزیره حرارتی سطح شهری^۴ (اختلاف دمای سطح زمین بین شهر و روستا) قابل شناسایی است (ترکاشوند، ۱۳۹۵: ۱۲۵). گرم شدن سطح زمین و جزایر حرارتی نمونه‌ای از تغییرات اقلیمی ناخواسته متأثر از تغییرات سطح و اتمسفر زمین ناشی از فرآیند شهرنشینی می‌باشد (فلاح زاده، ۱۳۸۸: ۱۵). ارتباط بین مورفولوژی شهری و دما از دهه چهارم آخر قرن بیستم مورد مطالعه قرار گرفته است. با وجود درجه عدم قطعیت پارامترهای اقلیمی، تجزیه و تحلیل مقایسه‌ای می‌تواند از وابستگی متقابل بین مورفولوژی شهری و الگوهای مکانی حرارتی مناطق شهری پرده برداری کند. بسته به نوع مورفولوژی شهر که به صورت ارگانیک، شطرنجی، شعاعی و ستاره‌ای است، میزان جزایر حرارتی متفاوت می‌باشد. در مورد جزیره حرارتی سطح زمین، خصوصیات سطح و پوشش اراضی عناصر مهمی هستند زیرا جنبه‌هایی از جمله آلودگی یا رطوبت را تعیین می‌کنند. مقایسه دمای سطح اراضی با خصوصیات مکانی مانند تراکم یا پوشش سطح زمین، همبستگی بین مورفولوژی شهری و جزیره شهری را تأیید می‌کنند. چهار عامل مهم در اقلیم و آب‌وهوای شهری ساختار شهری (ابعاد ساختمان‌ها و فضاهای بین آن‌ها، عرض خیابان و فاصله)، پوشش شهری (کسری از سطوح ساخته شده، آسفالت، پوشش گیاهی، خاک و آب)، بافت شهری (ساخت‌وساز و مواد طبیعی) و متابولیسم شهری (گرما، آب و آلاینده‌ها به دلیل فعالیت انسانی) است. این چهار عامل کنترل، همه مربوط به مورفولوژی شهری است و نقش مهمی در ایجاد محیط‌های اقلیمی شهری خاص دارند (اوکی^۵، ۱۹۹۸: ۶۴). رابطه نزدیکی بین برنامه‌ریزی شهری، مورفولوژی شهری و آب‌وهوای شهری وجود دارد. متغیرهای سلامتی ساکنین، آسایش، زندگی اجتماعی و مصرف انرژی و شاخص‌های آب‌وهوایی مانند تابش خورشیدی، دمای هوا و باد جنبه‌های اساسی مؤلفه‌های عملکردی و روان‌شناختی یک محل زندگی در شهر است. به طور مشابه، برنامه‌ریزی شهری، مورفولوژی شهری را تحت تأثیر قرار می‌دهد و با تأثیرگذاری بر شیوه‌های زندگی بر اوضاع شهری تأثیر می‌گذارد (معروف‌نژاد، ۱۳۹۰: ۲۷). در طول دو دهه اخیر نیاز فراوان به اطلاعات دمای سطح زمین، سنجش از دور را به یکی از موضوعات مهم علمی تبدیل کرده است (سورینو^۶ و دیگران، ۲۰۰۴: ۴۳۴). تکنولوژی سنجش از دور مادون قرمز حرارتی یکی از ابزارهای مهم برای مطالعه ویژگی‌های حرارتی سطح زمین است. با توجه به محدودیت‌های اطلاعاتی در تأمین داده‌ها به ویژه در وسعت زیاد و غیرممکن بودن دست‌یابی به آن‌ها در زمان واقعی، استفاده از فناوری سنجش از دور با شرایط زمانی مورد اشاره همراه با ویژگی پیوستگی و داده‌برداری در محدوده‌های گسترده، می‌تواند بسیار کارآمد باشد (جلیلی^۷ و دیگران، ۲۰۰۸: ۱۴۰).

¹ Urban Heat Island

² Urban Boundary Layer Heat Island

³ Canopy Boundary Layer Heat Island

⁴ Surface Heat Island

⁵ Oke

⁶ Sobrino

⁷ Jalili

احمدی و همکاران (۱۳۹۵) تحولات کالبدی شهر اصفهان و بازتاب حرارتی آن را بررسی کردند. نتایج یکی از مهمترین عوامل مؤثر بر دمای هوا را سایه‌اندازی‌ها و ضریب آسمان قابل رؤیت بر پایه محصوریت کالبدی و فضای سبز معرفی می‌نماید. علیجانی و همکاران (۱۳۹۶) بر اساس هندسه شهری محله کوچه باغ شهر تبریز، شدت جزیره حرارتی را با استفاده از معادله عددی - نظری اوکی^۱ محاسبه کردند. هندسه محله با توجه به شعاع ۱۵ متری از محور معابر به بلوک‌هایی مجزایی تقسیم‌بندی شد. سپس نسبت عرض معابر و ارتفاع بناها در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی محاسبه و بر اساس معادله اوکی شدت جزیره حرارتی شهری حداکثر محاسبه و شبیه‌سازی شد. نتایج نشان داد که در محله کوچه باغ تبریز هرچه بناها بلندتر و عرض معابر کمتر باشد، میزان شدت جزیره حرارتی بیش تر و هر قدر عکس این شرایط حاکم باشد، مقدار شدت جزیره حرارتی نیز کمتر خواهد بود. دلبسته و همکاران (۱۳۹۷) تغییرات فضایی دمای سطحی کلان شهر مشهد را ارزیابی کردند. مدل الگوی فضایی دمای سطحی شهر مشهد در طول سال، افزایش دمای سطحی از مرکز به حاشیه شهر در زمان گذر ماهواره است به طوری که مناطق مرکزی و قدیمی شهر دمای سطحی پایین تری نسبت به حومه شهر دارند. کاربری‌های حمل و نقل شهری، زمین بایر و ارتفاعات در طول سال حداکثر دمای سطحی و حداقل دما در کاربری تفریحی و گردشگری، کشاورزی و باغ‌ها به خصوص در ماه‌های گرم وجود دارد. عزیزی و همکاران (۱۳۹۹) اثرهای ویژگی‌های کالبدی و مورفولوژیکی مناطق مسکونی بر تغییرات دمای سطح زمین در مناطق خشک را با استفاده از تصاویر سنجنده TM ماهواره لندست ۵ تجزیه و تحلیل کردند. نتایج نشان داد که بین ویژگی‌های مورفولوژی شهری یا ریزدانگی نیز همبستگی بالا و منفی با دمای سطح زمین مشاهده شده است. نتایج ضریب همبستگی پیرسون بین پوشش‌های سطحی و ویژگی‌های پیکربندی و مورفولوژی با دمای سطح زمین به طور کامل معنی‌دار بوده‌اند. حمل‌ونقل درون‌شهری، گسترش افسارگسیخته بافت شهری، شرایط اقلیمی، محیط‌زیستی و بحث ریزگردها، از بین رفتن پوشش گیاهی، تبدیل شدن زمین‌های کشاورزی به دیگر کاربری‌های از جمله کاربری‌های تجاری صنعتی و مسکونی و طرح‌های انتقال آب رودخانه کارون و دیگر رودخانه‌های استان به شهرهای اطراف از جمله شهر اصفهان، می‌تواند باعث افزایش درجه حرارت در شهر اهواز نسبت به محیط اطراف آن شود که این گرما نه تنها باعث افزایش مصرف انرژی برای خنک کردن ساختمان‌ها و افزایش سرانه بار مالی به ویژه در ماه‌های گرم سال می‌شود، بلکه همچنین باعث ایجاد آلودگی در جو از جمله تولید گاز منواکسید کربن و ازن و افزایش ترکیبات زیان‌بار کربنی، گوگردی و دیگر آلاینده‌های آسیب‌رسان در سطح زمین می‌شود (جوکار، ۱۳۹۰: ۱۸۰). با توجه به دلایل ذکر شده در بالا، ضرورت شناخت محیط جزایر حرارتی شهر اهواز، تبیین مورفولوژی شهر و رابطه بین ویژگی‌های مورفولوژی شهر که باعث افزایش و یا کاهش پدیده جزیره حرارتی می‌شود، از اهمیت بالایی برخوردار است. لذا هدف از این پژوهش بررسی رابطه بین برخی از عوامل مورفولوژی شهری با جزایر حرارتی می‌باشد.

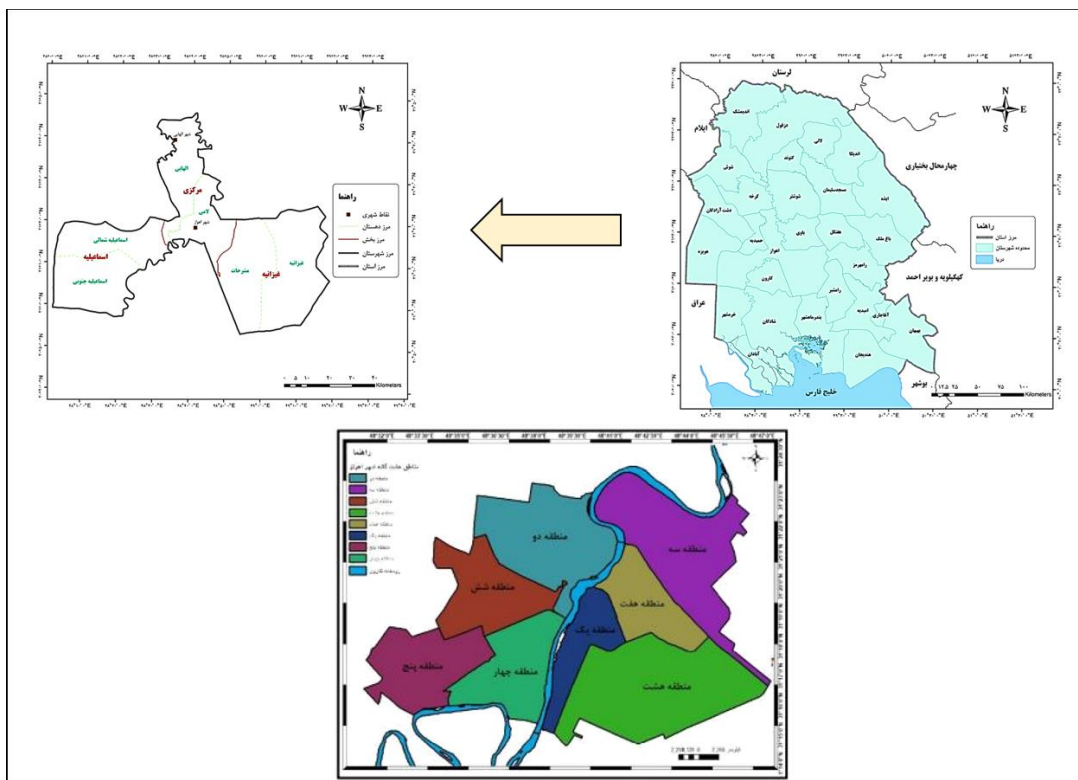
داده‌ها و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

شهر اهواز، محور ترابری بسیار مهمی است که به وسیله راه‌های زمینی و ریلی و هوایی سایر نقاط کشور را به بنادر مهم آبادان، خرمشهر، بندر امام خمینی و ماهشهر پیوند می‌دهد. همچنین با وجود پایانه و بازارچه‌های مرزی شلمچه و چزابه در نزدیکی اهواز، این شهر به طور مستقیم متأثر از ترافیک کالا و مسافر و مسافران سیاحتی و زیارتی ایرانی و عراقی است. شهر اهواز به عنوان یکی از شهرهای بزرگ ایران و مرکز شهرستان اهواز و استان خوزستان از نظر جغرافیایی در ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است (جوکار، ۱۳۹۰: ۱۸۳).

¹ Oke

وسعت شهر اهواز در محدوده‌ی قانونی شهری ۲۲۲ کیلومتر مربع، در محدوده‌ی خدماتی ۳۰۰ کیلومتر مربع و در محدوده‌ی استحقاقی ۸۹۵ کیلومتر مربع می‌باشد (سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۸۸:۱۴). شهر اهواز تا سال ۱۳۹۰ دارای هشت منطقه‌ی شهری بوده که هر یک سه یا چهار ناحیه را شامل می‌شد ولی در سال ۱۳۹۱، منطقه پنج آن از دیگر مناطق شهری جدا و شهر اهواز به هفت منطقه شهری تقسیم گردید. موقعیت جغرافیایی کلان‌شهر اهواز در سطح کشور ایران، استان خوزستان و شهرستان اهواز در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی کلانشهر اهواز در سطح کشور، استان خوزستان

روش تحقیق

تهیه تصاویر ماهواره‌ای و پیش‌پردازش آن‌ها

لندست ۸ آخرین تصویر از سری لندست NASA است. داده‌های لندست ۸ به صورت رایگان در وب‌سایت سازمان زمین‌شناسی آمریکا^۱ (USGS) به تارنمای وجود دارند. در این مطالعه تصاویر لندست ۸ سنجنده‌های OLI و TIRS مربوط به ۴ آبان ۱۳۹۹ شامل سین‌های با گذر ۱۶۴ و ردیف‌های ۳۸ و ۳۹ در برگیرنده منطقه مورد مطالعه برای تهیه نقشه کاربری اراضی و جزایر حرارتی مورد استفاده قرار گرفتند. با توجه به اینکه منطقه مورد مطالعه در دو ردیف ۳۸ و ۳۹ قرار گرفته، از نرم‌افزار ENVI5-3 برای لیر استیکینگ^۲ باندهای مورد نظر و موزاییک کردن دو تصویر استفاده شد. ابتدا نقشه مرز منطقه مورد مطالعه در محیط نرم‌افزار Arc Map 10-4-1 تهیه و به صورت یک Shape File وارد نرم‌افزار ENVI شد. سپس نقشه پلی‌گونی منطقه مورد مطالعه به یک نقشه رستری تبدیل شد و نقشه رستری در تصویر موزاییک شده ضرب شد که حاصل آن تصویر ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه در ۴ آبان ۱۳۹۹ است.

¹ <https://earthexplorer.usgs.gov>

² Layer Stacking

تهیه نقشه کاربری اراضی

ابتدا به منظور تشخیص هر چه بهتر عوارض بر روی تصاویر، با استفاده از دو روش ترکیب رنگی (باندهای ۱۳۴، ۲۳۵، ۳۴۵ و ۳۵۷) تصاویر آشکارسازی شدند. پس از آشکارسازی تصاویر اقدام به طبقه‌بندی آنها با استفاده از طبقه‌بندی نظارت شده به روش حداکثر احتمال شد. طبقه‌بندی نظارت شده نیز شامل مراحل انتخاب نقاط آموزشی، تولید فایل‌های امضاء، طبقه‌بندی و ارزیابی صحت آن است. با استفاده از مشاهده‌ی میدانی از محل، تصاویر گوگل ارث^۱ و نقشه کاغذی کاربری اراضی، نقاط آموزشی تهیه شد. فایل‌های امضاء شامل نقاطی هستند که دارای ویژگی‌های مشترکی می‌باشند، نقاط دارای ویژگی مشترک با روش حداکثر درست‌نمایی^۲ انتخاب شد و نام یک کلاس^۳ را بر آن قرار داده شد. در طبقه‌بندی، نقاط دارای ویژگی مشترک به عنوان یک طبقه شناخته می‌شوند. برای ارزیابی صحت طبقه‌بندی یا بررسی خطای طبقه‌بندی لازم است که تصویر طبقه‌بندی شده با یک تصویر مرجع حاوی تعدادی نقاط کنترل زمینی مقایسه شود. برای انجام این کار نقاط شاهد با استفاده از مشاهدات صحرائی و نرم‌افزار برای هر کدام از طبقات کاربری اراضی و پوشش زمین به صورت تصادفی از سطح منطقه تهیه شد (سعی شده نقاط از مناطق همگن برداشت شود تا خطای انسانی سهم ناچیزی در برآورد صحت داشته باشد) و پس از پیاده‌سازی نمونه‌های کنترلی بر سطح تصویر، ماتریس خطای طبقه‌بندی استخراج شد. در این ماتریس مشخصات آماری شامل درستی تولید کننده، درستی مصرف کننده و شاخص کاپا برای هر کدام از طبقات کاربری و پوشش زمین نمایش داده می‌شود.

تهیه نقشه شیب

برای تهیه نقشه شیب از نقشه مدل رقومی ارتفاع (DEM) با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ شهر اهواز استفاده شده و نقشه شیب در پنج کلاس بدون شیب (مسطح)، ۰ تا ۵، ۵ تا ۸، ۸ تا ۱۰ و ۱۰ تا ۳۷ (درجه) تهیه شد.

تهیه نقشه ارتفاع از سطح دریا

نقشه ارتفاع از سطح دریا در چهار کلاس بدون ارتفاع (ارتفاع منفی)، صفر تا ۳۰، ۳۰ تا ۶۰ و ۶۰ تا ۸۴ متر از سطح دریا تهیه گردید.

تهیه نقشه دمای سطح زمین با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا

سنجنده‌های TIRS (حرارتی) لندست ۸ داده‌های درجه حرارت را دریافت کرده و این اطلاعات را به صورت ارزش رقومی (DN) در یک دامنه صفر و ۲۵۵ ذخیره می‌کنند. دمای سطح با استفاده از رادیانس حرارتی تصحیح شده به دست می‌آید. برای محاسبه رادیانس حرارتی تصحیح شده نیاز به گسیل‌مندی در باند حرارتی می‌باشد. برای محاسبه گسیل‌مندی در باند حرارتی به ترتیب نیاز به محاسبه رادیانس طیفی (L_{γ})، بازتابندگی در هر باند (P_{γ}) و آلبیدوی سطحی می‌باشد. دستورالعمل تفصیلی گام به گام زیر برای محاسبه جزایر حرارتی (LST) مورد استفاده قرار گرفته است:

گام یک- رادیانس طیفی لایه بالای اتمسفر از باندهای ۱۰ و ۱۱ سنجنده TIRS و باندهای ۲ تا ۵ سنجنده OLI با استفاده از رابطه (۱) برآورد می‌شود. این الگوریتم ارزش رقومی تصویر خام را به رادیانس طیفی تبدیل می‌کند.

$$L_{\gamma} = M_L Q_{cal} + A_L \quad \text{رابطه ۱}$$

L_{γ} : رادیانس طیفی لایه بالای اتمسفر ($\mu\text{m}^{-1}\text{Sr}^{-1}\text{WM}^{-2}$)، M_L : عامل مقیاس‌سازی ضربی باند خاص
 A_L : عامل مقیاس‌سازی جمعی باند خاص (RADIANCE_MULTI_BAND_X, Where X is the band number 10 or 11)
 Q_{cal} : ارزش رقومی باند خاص (DN). (RADIANCE_ADD_BAND_X, Where X is the band number 10 or 11).

مقادیر M_L و A_L از فایل مرجع تصویر استخراج شده‌اند. بنابراین L_{γ} برای منطقه مورد مطالعه به صورت زیر است:

¹ Google Earth

² Maximum Accuracy

³ Class

$$L_{\gamma} = 3.342 \times 10^{-4} \times Q_{cal} + 0.1$$

گام دوم- با استفاده از ثابت‌های حرارتی ارائه شده در فایل مرجع تصویر رادیانس طیفی به دمای روشنایی (BT) تبدیل می‌شود. دمای روشنایی تشعشع الکترومغناطیسی انتقالی رو به بالا از لایه بالای اتمسفر زمین است. فرایند تبدیل حرارتی با تبدیل مقادیر ارزش رقومی باندهای حرارتی خام سنجنده TIRS به رادیانس طیفی لایه بالای اتمسفر انجام می‌شود و سپس با استفاده از رابطه ۲ (رابطه پلانک) دمای روشنایی محاسبه می‌شود. در واقع در این مرحله واریانس طیفی به دمای جسم سیاه در سطح سنجنده تبدیل می‌شود.

$$BT = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\gamma}} + 1\right)} \quad \text{رابطه ۲}$$

که BT دمای روشنایی ماهواره برحسب کلونین، K_1 ثابت حرارتی اول (تبدیل حرارتی باند خاص از فایل مرجع تصویر (K1-Constant_Band_X, Where X is the band number 10 or 11) معادل $774/89$ ، K_2 ثابت حرارتی دوم (تبدیل حرارتی باند خاص از فایل مرجع تصویر (K2-Constant_Band_X, Where X is the band number 10 or 11) معادل $1321/08$ و L_{γ} رادیانس طیفی لایه بالای اتمسفر بر حسب $(\text{WM}^{-2}) \mu\text{m}^{-1}\text{Sr}^{-1}$ است. بر اساس رابطه (۲)، BT برای منطقه مورد مطالعه به صورت زیر است:

$$BT = 1321.08 / \ln(774.89/\text{Band}10\text{Radiance} + 1) - 273$$

گام سوم- با استفاده از رابطه (۳) شاخص پوشش گیاهی تفاضلی نرمال شده (NDVI) با استفاده از باندهای نوری سنجنده OLI برآورد می‌شود.

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad \text{رابطه ۳}$$

گام چهارم- گسیلندگی سطح زمین (LSE) با استفاده از رابطه (۴) برآورد می‌شود. نسبت بین گسیلش از یک شیء به گسیلش از جسمی سیاه در دمای ثابت را گسیل مندی می‌گویند. گسیلندگی سطح زمین معیاری از ویژگی‌های ذاتی سطح خاک و توانایی آن برای تبدیل انرژی حرارتی یا گرمایی به انرژی تشعشعی است. مقدار گسیل مندی برای تبدیل دمای روشنایی به دمای جنبشی سطح مورد نیاز است، چرا که دمای روشنایی به دست آمده از رابطه (۲) دمایی است که جسم سیاه به منظور تولید رادیانس معلوم در طول موج معلوم (۱۱/۵) دارد. یکی از روش‌های مؤثر برای تخمین گسیل مندی سطح زمین، مدل ترکیبی درصد پوشش زمین است، با این فرض که خاک لخت و پوشش گیاهی مقدار گسیل مندی مشخصی دارند (Shakiba et al., 2009:57).

$$\varepsilon = mFVC + n \quad \text{رابطه ۴}$$

که در آن FVC پوشش گیاهی سبز جزء به جزء و ε گسیل مندی است. مقادیر m و n از رابطه (۵) قابل محاسبه‌اند.

$$m = \varepsilon_v - \varepsilon_s - (1 - \varepsilon_s)F\varepsilon_v \quad \text{رابطه ۵}$$

$$n = \varepsilon_s + (1 - \varepsilon_s)F\varepsilon_v$$

ε_s ، گسیل مندی خاک و ε_v ، گسیل مندی پوشش گیاهی است. برای گسیل مندی پوشش گیاهی مقدار $0/99$ ولی با توجه به تنوع بالای گسیل مندی خاک در مقایسه با پوشش گیاهی مقدار $0/97$ برای خاک در نظر گرفته شد (Sobrino et al, 2004:436).

F ضریب شکل که مقدار میانگین آن $0/55$ است. با توجه به رابطه (۵) گسیل مندی منطقه مورد مطالعه به صورت زیر است:

$$\varepsilon = 0.004 FVC + 0.986$$

گام پنجم- دمای سطح زمین با استفاده از رابطه (۶) برآورد شد (Artis & Carnahan, 1982:36).

$$LST = \frac{BT}{1 + W\left(\frac{BT}{p} \cdot \ln \varepsilon\right)} - 273 \quad \text{رابطه ۶}$$

که در آن LST دمای سطح زمین بر حسب درجه سانتی گراد، W طول موج رادیانس بر حسب متر (11.5×10^{-6})، ρ ضریب ثابت که از رابطه $\rho = \frac{hc}{k}$ بدست می آید که h ثابت پلانک ($6.62 \times 10^{-34} \text{ j} \cdot \text{sec}$)، c سرعت نور ($2.998 \times 10^8 \text{ m/sec}$)، k ثابت استفان-بولتزمن ($1.38 \times 10^{-23} \text{ j/k}$) و ϵ گسیل مندی است.

بررسی رابطه پارامترهای مورفولوژی شهری و جزایر حرارتی شهری

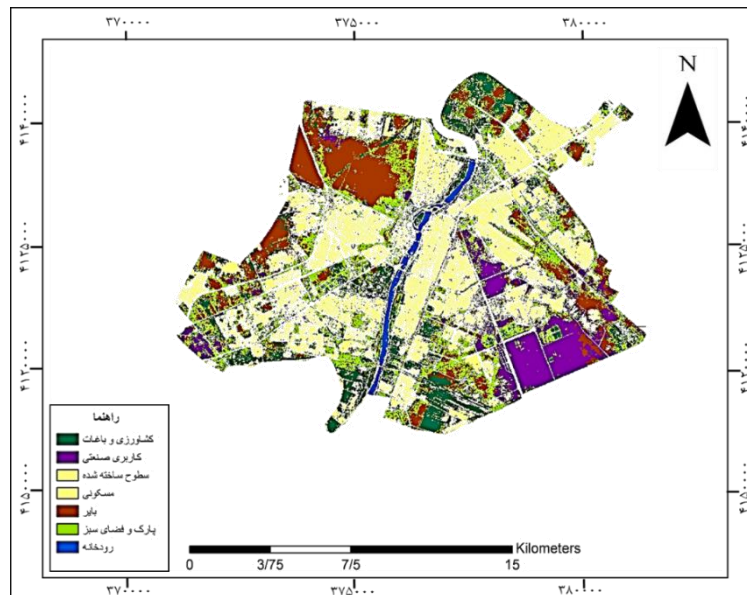
برای تبیین رابطه بین مورفولوژی شهری و جزایر حرارتی شهری، بررسی‌های زیر صورت گرفت:

- محاسبه حداقل، میانگین و حداکثر دمای سطح زمین در هر یک از مناطق هفت گانه شهر اهواز
- ترسیم نیمرخ حرارتی شهر اهواز در دو جهت شمالی - جنوبی و شرقی - غربی
- محاسبه مساحت طبقات کاربری مختلف در مناطق هشت گانه شهر اهواز
- محاسبه میانگین دما در طبقات مختلف کاربری اراضی
- محاسبه میانگین دما در طبقات مختلف شیب
- محاسبه میانگین دما در طبقات مختلف ارتفاع از سطح دریا
- مقایسه مناطق هشت گانه شهر اهواز از نظر ویژگی‌های مؤثر در ایجاد جزایر حرارتی

یافته‌ها و بحث

نقشه کاربری اراضی

در شکل ۲ نقشه کاربری اراضی شهر اهواز به روش الگوریتم حداکثر احتمال در ۴ آبان ۱۳۹۹ داده شده است. مساحت و درصد اختصاص یافته به هر کدام از طبقات کاربری اراضی موجود در شهر اهواز در جدول ۱ ارائه شده است.



شکل (۲): نقشه کاربری اراضی شهر اهواز

جدول (۱): مساحت به هکتار و درصد اختصاص یافته به طبقات مختلف کاربری اراضی در شهر اهواز

درصد اراضی بایر	مساحت اراضی بایر	درصد کشاورزی و باغات	مساحت کشاورزی و باغات	درصد پارک و فضای سبز	مساحت پارک و فضای سبز	درصد ساخته شده	مساحت ساخته شده	درصد مسکونی	مساحت مسکونی	درصد کاربری صنعتی	مساحت کاربری صنعتی	مناطق
۴/۵	۳۰/۶۰	۶/۶۲	۴۹/۴۵	۵/۹۲	۴۴/۲۱	۳۹/۱	۱۵۱/۵۰	۱۲/۴۱	۲۳۶	۱/۹۸	۱۴/۷۸	منطقه ۱
۵۵/۴	۱۵/۲۳	۰/۰۲	۰/۴۵	۱/۳۹	۳۴/۸۸	۱۲/۵۲	۲۱۱/۷۷	۵/۲۵	۲۳/۰۶	۸/۸۲	۴۵/۸	منطقه ۲
۲۲/۵	۵۸/۱۲	۴/۵۲	۱۲۰/۶۷	۱۶/۵۶	۴۴۱/۶۹	۱۵/۲۱	۴۶۳/۲۴	۹/۰۷	۲۸/۲۳	۱/۴۳	۴۹/۳۲	منطقه ۳
۱۷/۲	۳/۱۹	۱۱/۸۱	۴۰۶/۲۱	۱۲/۱۶	۷۴/۲۹	۱۵/۲۳	۵۴۸/۲۳	۱۰/۱۶	۲۶/۵۸	۶/۷۱	۲۰۳/۸۳	منطقه ۴
۶۰/۵	۱۹/۸۷	۰/۶۶	۱۹/۷۳	۰/۴	۱۲/۱۳	۱۱/۱۰	۳۷۹/۲۳	۷/۳۳	۱۸/۱۲	۷/۷۵	۲۰۳/۰۶	منطقه ۶
۳۶/۲	۱۵/۴۸	۰	۰	۳/۲۰	۴۷/۳۹	۱۸/۱۲	۲۵۰/۳۱	۱۴/۹	۱۴/۹۷	۱۱/۷۲	۱۷۳/۳	منطقه ۷
۲/۳	۶۹/۷۹	۰/۵۱	۱۲/۵۷	۵/۲۱	۱۲۷/۰۲	۱۰/۱۴	۳۲۱/۱۹	۶/۹۲	۱/۳۷	۲۹/۹	۷۲۸/۹	منطقه ۸

با توجه به جدول ۱، کاربری صنعتی در منطقه هشت بیشترین درصد به میزان ۲۹/۹ و در منطقه سه کمترین درصد به میزان ۱/۴۳ را به خود اختصاص داده است. کاربری مسکونی در منطقه یک بیشترین درصد به میزان ۱۲/۴۱ و در منطقه ۲ کمترین درصد به میزان ۵/۲۵ را به خود اختصاص داده است. سطوح ساخته شده در منطقه یک بیشترین درصد به میزان ۳۹/۱ و در منطقه هشت کمترین درصد به میزان ۱۰/۱۴ را به خود اختصاص داده است. کاربری پارک و فضای سبز در منطقه سه بیشترین درصد به میزان ۱۶/۵۶ و در منطقه شش کمترین درصد به میزان ۰/۴ را به خود اختصاص داده است. کاربری باغات و کشاورزی در منطقه چهار بیشترین درصد به میزان ۱۱/۸۱ و در منطقه هفت کمترین درصد به میزان صفر را به خود اختصاص داده است. اراضی بایر در منطقه شش بیشترین درصد را به میزان ۶۰/۵ و در منطقه هشت کمترین درصد را به میزان ۲/۳ به خود اختصاص داده است. در جدول ۲ ارزیابی صحت طبقه‌بندی نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه ارائه شده است.

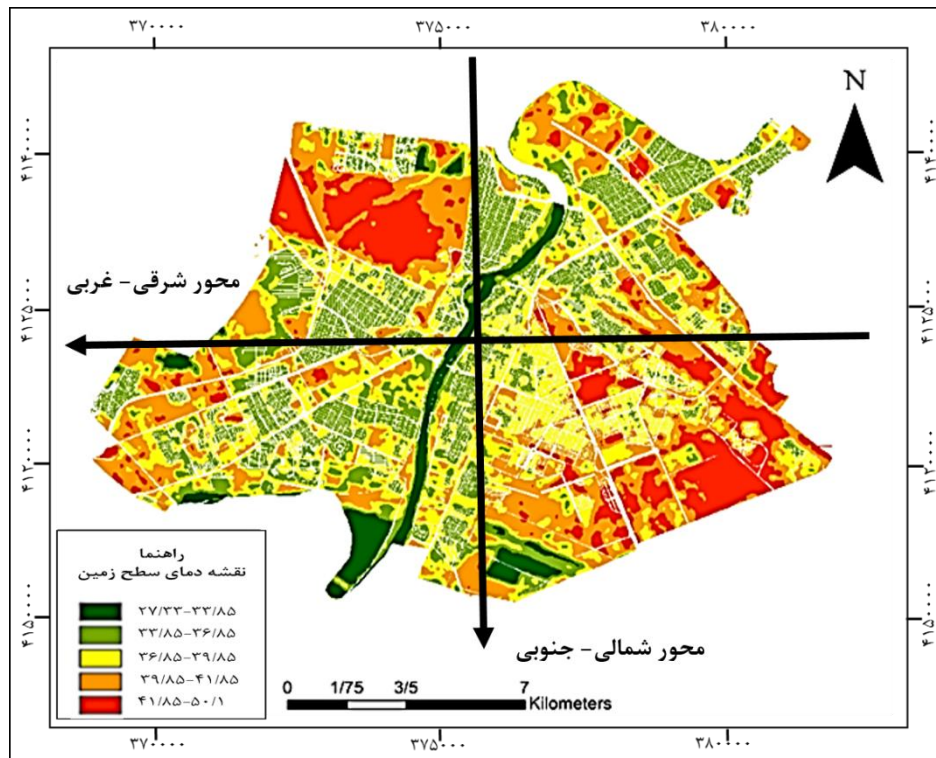
جدول (۲): ارزیابی صحت‌سنجی نقشه کاربری اراضی

سال	طبقات کاربری	درستی مصرف کننده	درستی تولید کننده	ضریب کاپا
۲۰۲۰	کشاورزی و باغات	۰/۹۰	۰/۹۲	۰/۸۶
	کاربری صنعتی	۰/۸۹	۰/۹۰	
	سطوح ساخته شده	۰/۷۸	۰/۷۰	
	کاربری مسکونی	۰/۸۷	۰/۸۰	
	بایر	۰/۷۰	۰/۷۸	
	پارک و فضای سبز	۰/۹۰	۰/۹۰	
	رودخانه	۱	۱	

بر اساس جدول ۲، نقشه کاربری اراضی دارای صحت و اعتباری با ضریب کاپای ۸۶ درصد می‌باشد.

نقشه دمای سطح زمین شهر اهواز

در شکل ۳ نقشه دمای سطحی شهر اهواز بر حسب درجه سلسیوس نشان داده شده است.



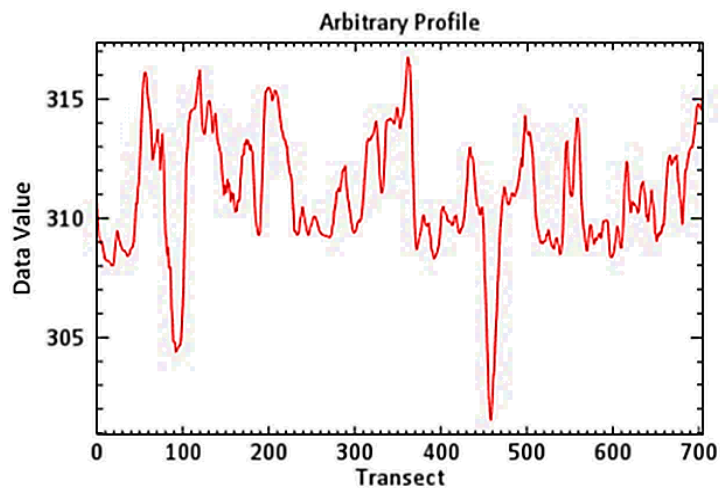
شکل (۳): نقشه دمای سطح زمین شهر اهواز (درجه سلسیوس)

نقشه دمای سطح زمین شهر اهواز نشان داده شده در شکل ۳ مربوط به تاریخ ۴ آبان ۱۳۹۹ می باشد. در این نقشه نقاط قرمز رنگ حاکی از بالاترین میزان درجه حرارت و نقاط سبز رنگ کمترین میزان درجه حرارت را نشان می دهند. رودخانه کارون به عنوان عنصری شاخص در شهر اهواز است که داری کمترین دما نسبت به نقاط اطراف می باشد که در نقشه کاربری اراضی با رنگ آبی و نقشه دمای سطحی با رنگ سبز نشان داده شده است. در جدول ۳ بیشترین و کمترین دمای مناطق هفت گانه شهر اهواز نشان داده شده است.

جدول (۳): بیشترین و کمترین دمای مناطق هفت گانه شهر اهواز

مناطق	مساحت مناطق (هکتار)	کمترین درجه حرارت	بیشترین درجه حرارت	میانگین دمای مناطق (سلسیوس)
منطقه ۱	۱۱۲۰/۴۴	۳۷	۴۲	۳۴/۷
منطقه ۲	۳۳۰۲/۳۴	۳۱	۴۳	۳۵/۵
منطقه ۳	۳۸۴۶/۵۶	۳۴	۴۴	۳۴/۶
منطقه ۴	۲۰۵۲/۷۰	۲۸	۴۲	۳۲/۶
منطقه ۶	۲۲۴۰/۴۲	۳۱	۴۳	۳۵/۳
منطقه ۷	۱۷۲۵/۷۲	۳۷	۴۴	۳۵/۳
منطقه ۸	۳۸۴۷/۸۶	۳۸	۴۶	۴۳/۳

نیمرخ حرارتی شهر اهواز در دو جهت شمالی - جنوبی و شرقی - غربی به ترتیب در شکل های ۵ و ۶ نشان داده شده است که امتداد این نیمرخها در نقشه دمای سطح زمین در شکل ۳ نشان داده شده است.

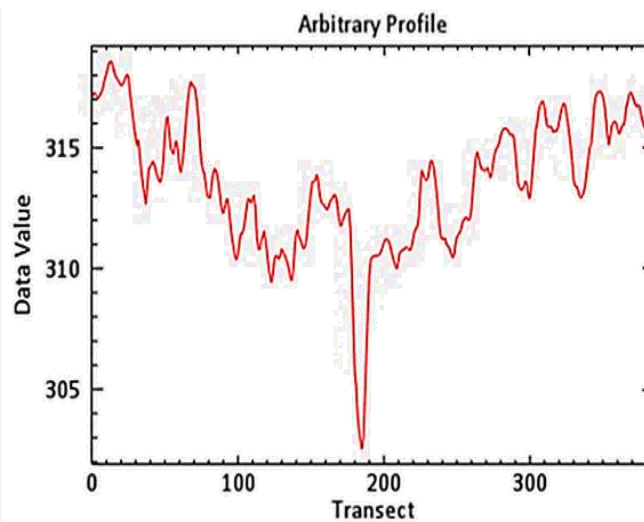


شکل (۵): نیم‌رخ دمایی شمالی- جنوبی شهر اهواز

در جدول ۴ تغییرات دمایی در نیم‌رخ شمالی- جنوبی شهر اهواز نشان داده شده است.

جدول (۴): تغییرات دمایی نیم‌رخ شمالی- جنوبی شهر اهواز

حداکثر دما	میانگین دما	حداقل دما	دما (سلسیوس)
۴۳	۳۷	۲۹	نیم‌رخ شمالی- جنوبی



شکل (۶): نیم‌رخ دمایی شرقی- غربی شهر اهواز

در جدول ۵ تغییرات دمایی نیم‌رخ دمایی شرقی- غربی شهر اهواز نشان داده شده است.

جدول (۵): تغییرات دمایی نیم‌رخ شرقی- غربی

حداکثر دما	میانگین دما	حداقل دما	دما (سانتی گراد)
۴۶	۳۹	۲۶	نیم‌رخ شرقی- غربی

رابطه دمای سطحی شهر و کاربری اراضی

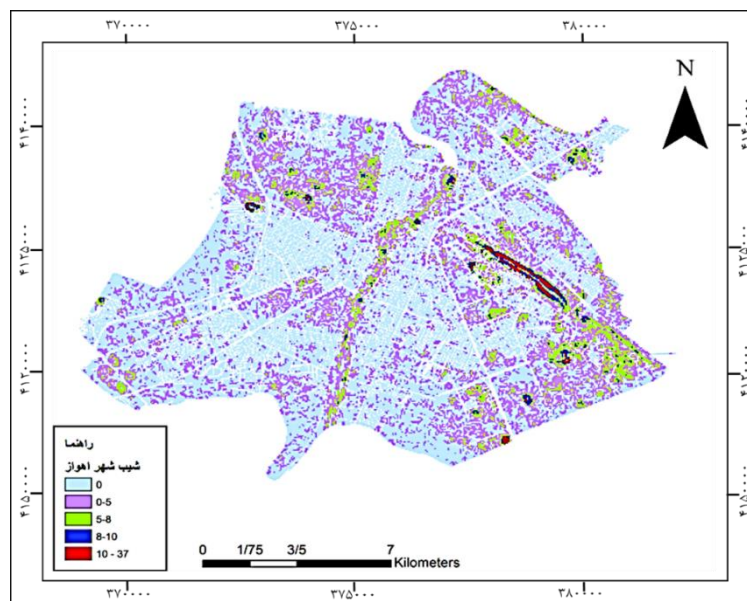
در جدول ۶ میانگین دمای طبقات کاربری مختلف در شهر اهواز نشان داده شده است.

جدول (۶): میانگین دمای طبقات مختلف کاربری‌ها در شهر اهواز

کاربری	حداقل دما	میانگین دما	حداکثر دما
پارک و فضای سبز	۲۹/۲	۳۰/۳	۳۱/۲
مسکونی	۳۵/۲	۳۷/۴	۳۸/۳
سطوح ساخته شده	۳۶/۱	۳۹/۵	۴۱/۲
رودخانه	۲۵/۱	۲۶/۵	۲۷/۲
بایر	۳۷/۳	۴۰/۲	۴۳/۶
کشاورزی و باغات	۳۰/۱	۳۲/۲	۳۴/۲
صنعتی	۴۳/۳	۴۴/۲	۴۶/۵

رابطه دمای سطحی شهر و شیب زمین

نقشه طبقه‌بندی شیب شهر اهواز در شکل ۷ نشان داده شده است.



شکل (۷): نقشه طبقه‌بندی شیب شهر اهواز

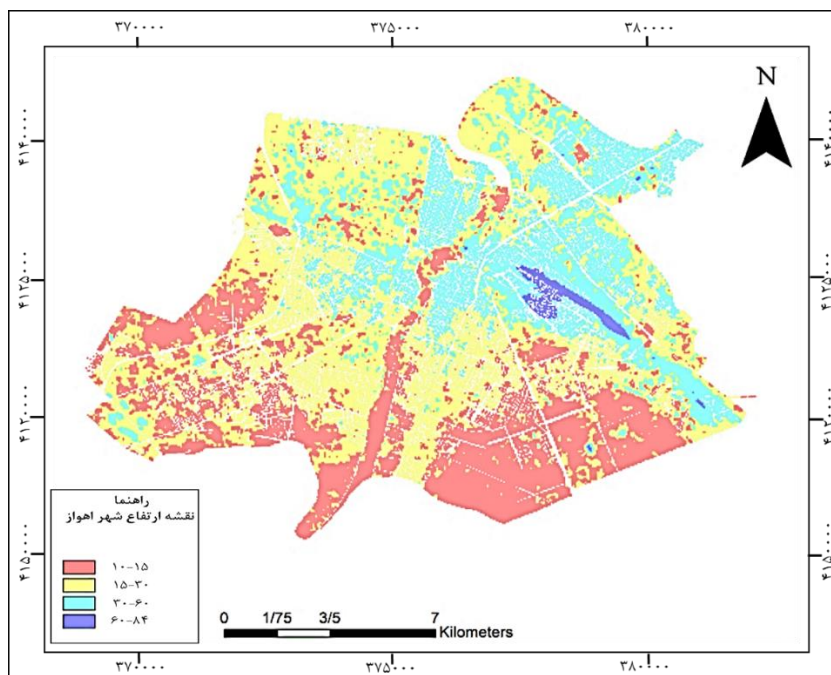
در جدول ۷، میانگین دمای طبقات مختلف شیب در شهر اهواز نشان داده شده است.

جدول (۷): میانگین دما طبقه‌بندی شیب

شیب (درصد)	حداقل دما	میانگین دما	حداکثر دما
۰	۳۱	۳۴	۳۶
۵-۰	۳۵	۳۷	۳۸
۸-۵	۳۶	۳۹	۴۱
۱۰-۸	۳۹	۴۱	۴۳
۳۷-۱۰	۴۰	۴۳	۴۶

رابطه دمای سطحی شهر و ارتفاع از سطح دریا

نقشه طبقه‌بندی ارتفاع از سطح دریا در شهر اهواز در شکل ۸ ارائه گردیده است.



شکل (۸): نقشه طبقه‌بندی ارتفاع به متر شهر اهواز

در جدول ۸، میانگین دمای، حداقل و حداکثر دمای طبقات ارتفاعی در شهر اهواز نشان داده شده است.

جدول (۸): میانگین دمای طبقات ارتفاعی در شهر اهواز

ارتفاع	حداقل دما	میانگین دما	حداکثر دما
۱۵-۱۰	۳۲	۳۴	۳۶
۳۰-۱۵	۳۵	۳۷	۳۸
۶۰-۳۰	۳۷	۳۹	۴۱
۸۴-۶۰	۳۹	۴۱	۴۳

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که دمای سطح زمین در شهر اهواز عمدتاً تحت تأثیر کاربری اراضی و پوشش زمین تغییر پیدا می‌کند. بر اساس نقشه دمای سطحی نشان داده شده در شکل ۴، می‌توان چنین گفت که در سطح شهر اهواز جزایر حرارتی وجود دارد. بر اساس نتایج جدول ۳، منطقه هشت شهر اهواز دارای بیشترین درجه حرارت به میزان ۴۳/۳ درجه سانتی‌گراد به تاریخ ۴ آبان ۱۳۹۹ می‌باشد که بالا بودن دما در این منطقه ناشی از وجود درصد بالای کاربری صنعتی و کمبود میزان پارک و فضای سبز و در نتیجه کمبود پوشش گیاهی می‌باشد. منطقه چهار دارای کمترین درجه حرارت به میزان ۳۲/۴ درجه سانتی‌گراد است که پایین

بودن درجه حرارت در این منطقه می‌تواند ناشی از وجود درصد بالای کاربری پارک و فضای سبز و باغات و اراضی کشاورزی نسبت به سایر مناطق باشد. نیمرخ دمایی شمالی - جنوبی شهر اهواز (شکل ۵) دارای نقاط عطف می‌باشد که این نقاط وجود باغات و پارک‌های درون شهر را که دمای کمتری نسبت به دیگر نقاط از جمله مناطق مسکونی، اراضی بایر و مناطق صنعتی دارند را نشان می‌دهد. تغییرات پوشش سطح زمین از جمله تغییر در نوع کاربری نقاط عطف را در نیمرخ شمالی - جنوبی مشخص می‌کند. نیمرخ دمایی شرقی - غربی شهر اهواز دارای نقطه‌ی عطف مهمی می‌باشد (شکل ۶) که در این نیمرخ به وضوح قابل مشاهده است که این نقطه عطف رودخانه کارون می‌باشد. تغییرات در سطح پوشش زمین به طوری که وجود رود کارون و تغییر در سطح از عنصر آب به پوشش کاربری مسکونی و سطوح ساخته شده تغییراتی را در نیمرخ دمایی شرقی - غربی نشان می‌دهد. با توجه به جداول ۴ و ۵ تغییرات دمایی نیمرخ‌ها، تغییرات دمایی بیشتری در نیمرخ شرقی - غربی وجود دارد که این تغییرات بیشتر ناشی از وجود رودخانه کارون و تغییرات پوششی از عنصر آب به سطوح ساخته شده و کاربری مسکونی می‌باشد.

با توجه به جدول ۶، بیشترین میزان دما را کاربری صنعتی به میزان ۴۴/۲ درجه سانتی‌گراد به خود اختصاص داده است. عنصر آب (رودخانه کارون) در شهر اهواز نقش مهمی در کاهش دما دارد به طوری که با دمای ۲۶/۵ درجه سانتی‌گراد کمترین میزان درجه حرارت را دارا می‌باشد و نقش مهمی در تعدیل دمای هوا در شهر اهواز دارد. در شهر اهواز نقاط بدون شیب دارای میانگین دمای ۳۴ درجه سانتی‌گراد و نقاط با بیشترین شیب دارای میانگین دمای ۴۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

در شهر اهواز نقاط دارای ارتفاع ۱۰ تا ۱۵ متر از سطح دریا دارای میانگین دمایی ۳۴ درجه سانتی‌گراد و مناطق با ارتفاع بین ۶۰-۸۴ متر از سطح دریا دارای بیشترین درجه حرارت به میزان ۴۱ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

نتایج این پژوهش با نتایج پژوهش محمود زاده و همکاران (۱۳۹۷)، که به این نتیجه رسیدند که بین شاخص پوشش گیاهی و دمای سطح زمین ارتباطی وجود دارد و مشخص کردند که مناطق شهری با بیشترین دما دارای کمترین فضای سبز و مناطق با کمترین دما دارای بیشترین فضای سبز هستند، همخوانی دارد. همسو با نتایج این تحقیق خسروی و همکاران (۱۳۹۶) نیز نشان دادند که با تغییر کاربری اراضی دما تغییر می‌یابد. نتایج این تحقیق با نتایج پژوهش هاشمی دره‌آبادی و همکاران (۱۳۹۴) که تحلیل توسعه جزیره حرارتی و ارتباط آن با کاربری اراضی شهر رشت را با استفاده از سری زمانی تصاویر ماهواره‌ای بررسی کردند، همخوانی دارد. معروف‌نژاد (۱۳۹۰) در زمینه تأثیر کاربری اراضی در شکل‌گیری جزایر حرارتی نشان داد که کاربری صنعتی بیشترین دما و کاربری فضای سبز کمترین دما را دارد که همسو با نتایج این تحقیق است. شکیبیا و همکاران (۱۳۸۸) از نظر توجه به تأثیر کاربری اراضی و نوع کاربری اراضی در شکل‌گیری جزایر حرارتی با نتایج این پژوهش همخوانی دارد. نتایج این پژوهش همچنین با نتایج پژوهش آئو و نگو^۱ (۲۰۰۰) که نشان دادند مناطق دارای پوشش گیاهی دما کمتری دارند همخوانی دارد. پژوهش ونگ^۲ (۲۰۰۴) نیز نشان داد که مناطق دارای پوشش گیاهی و جزایر حرارتی رابطه دارند که با نتایج این تحقیق نیز همخوانی دارد. یکی از عوامل اصلی ایجاد جزایر حرارتی در سطح شهر اهواز وجود صنایع آلاینده و حرارت‌زا در مناطق صنعتی است که لازم است جهت از بین رفتن این نواحی حرارتی، صنایع مذکور به مناطق خارج از شهر منتقل گردند، البته به شرطی که انتقال این صنایع به بیرون از شهر بر وضعیت اقتصادی کارگرانی که در این صنایع کار می‌کنند، اختلالی ایجاد نکند.

¹ Ao & Ngo

² Weng

منابع

- احمدی و نه‌ری، ارمغان، غفاری، علی، طاهباز، منصوره. (۱۳۹۵). تحولات کالبد شهر و بازتاب حرارتی آن بررسی موردی: اصفهان. نامه معماری و شهرسازی، ۱۷: ۱۵۵-۱۷۱.
- ترکاشوند، محمدقاسم. (۱۳۹۵). آشکارسازی جزایر حرارتی شهر اراک مبتنی بر تحلیل‌های خودهمبستگی فضایی. فصلنامه آمایش محیط، ۳۵: ۱۲۳-۱۴۸.
- خداکریمی جمال، حاتمی مجتبی. (۱۳۹۵). جزیره حرارتی متغیری جدید در معماری و شهرسازی. تهران، فکر نو.
- خسروی یونس، حیدری محمدعلی، توکلی آزاده، زمانی عباسعلی. (۱۳۹۶). تحلیل رابطه تغییرات زمانی دمای سطح زمین و الگوی فضایی تغییرات کاربری اراضی (مطالعه موردی: شهر زنجان). برنامه ریزی و آمایش فضا (مدرس علوم انسانی)، ۲۱(۳): ۱۴۴-۱۱۹
- جوکار، سجاد. (۱۳۹۰). بررسی الگوهای مراکز خرید و مجتمع‌های تجاری در شهر اهواز. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، استاد راهنما: محمدعلی فیروزی، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح. (۱۳۸۸). فرهنگ جغرافیایی آبادی‌های شهرستان اهواز، جلد اول.
- شکیبا، علیرضا، ضیاییان فیروزآبادی، پرویز. عاشورلو، داوود، نامداری، سودابه. (۱۳۸۸). تحلیل رابطه کاربری و پوشش اراضی و جزایر حرارتی شهر تهران، با استفاده از داده‌های ETM^+ ، سنجش از دور و GIS ایران، ۱(۱): ۵۶-۳۹.
- علیجانی بهلول، طولابی نژاد میثم، صیادی فریبا. (۱۳۹۶). محاسبه شدت جزیره حرارتی بر اساس هندسه شهری مورد مطالعه: محله کوچه باغ شهر تبریز. تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۴(۳): ۹۹-۱۱۲.
- عقیلی نسب، سیده زهرا، محمدزاده، مرجان: سلمان ماهینی، عبدالرسول و زارعی، حسین. (۱۳۹۲). تحلیل جزایر حرارتی شهری با استفاده از سنجش از دور و رابطه آن با توسعه دوست‌دار محیط‌زیست. دوفصلنامه محیط زیست و توسعه، ۴(۸): ۸۸-۷۹.
- عزیزمند، کیوان. عقیقی، حسین. عاشورلو، داوود. شاهی آقبلاغی، عارف. (۱۳۹۹). تجزیه و تحلیل اثرهای ویژگی‌های کالبدی و مورفولوژیکی زمین‌های ساخته‌شده بر تغییرات دمای سطح زمین در مناطق نیمه‌خشک. فصلنامه علوم محیطی، ۱۸(۲): ۱۸-۱.
- فلاح زاده، فاطمه. (۱۳۸۸). مطالعه روند دمای میکرو اقلیم شهر یزد، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه جغرافیا، استاد راهنما احمد مزیدی دانشگاه یزد.
- دل‌بسته سمیه، دوستان رضا، کریمی نعمت‌اله. (۱۳۹۷). ارزیابی تغییرات فضایی دمای سطحی کلان شهر مشهد. جغرافیا و آمایش شهری - منطقه‌ای، ۲۷: ۱۹-۳۶.
- محمودزاده، حسن و نصیری، سلطانخانم و قاسمی، ترکان. (۱۳۹۸). جزایر حرارتی، پنجمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی محیط زیست و منابع طبیعی، ۲۵ اردیبهشت ۱۳۹۸. تهران.
- معروف‌نژاد، عباس. (۱۳۹۰). تأثیر کاربری‌های شهری در ایجاد جزایر حرارتی مطالعه موردی شهر اهواز. آمایش محیط، ۴(۱۴): ۱۰۵-۱۱۹.
- هاشمی دره بادامی، سیروس، نورایی صفت، ایثار، کریمی، سعید، نظری، سجاد. (۱۳۹۴). تحلیل روند توسعه جزیره حرارتی شهری در رابطه با تغییر کاربری اراضی/پوشش با استفاده از سری زمانی تصاویر لندست. سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی. ۶(۳): ۱۵-۲۸.
- Jalili, SH, Morid, S, Ziaieian firoozabadi, P, (2008). Performance comparison of satellite and meteorological indices in drought monitoring. Soil and Water Research of Iran, 1: 139- 149.
- Oke, T.R. (1998). The Eenergetic basis of the urban heat island. 108: 1-24
- Sobrino JA, Jiménez-Muñoz JC, Paolini L, (2004). Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. Remote Sensing of environment, 90(4): 434- 440.
- Weng, Q, Lu, D, Schubring, J, (2004). Estimation of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island studies. Remote Sensing of Environment 89: 467 – 483.

نحوه ارجاع به مقاله:

عظیمی، الهه؛ اکبری، رضا؛ آرمین، محسن (۱۴۰۱)، تبیین رابطه جزایر حرارتی شهری و تعدادی از عوامل مورفولوژی شهر با استفاده از سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: شهر اهواز)، فصلنامه جغرافیا و مطالعات محیطی، ۱۱ (۴۴)، ۴۴-۵۷. Dor: 20.1001.1.20087845.1401.11.44.3.6

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author (s), with publication rights granted to Journal of Geography and Environmental Studies. This is an open – access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

