



Evaluation of Urban Growth and Its Impact on Vegetation and Environmental Sustainability (Case study: Zahedan City)

Zahra Kalmishi¹| Iman Rousta²| Rahman Zandi³
Mohammad Mansourmoghaddam⁴

1. Department of Geography, Faculty of Humanities, Yazd University, Yazd, Iran.
2. Corresponding Author, Department of Geography, Faculty of Humanities, Yazd University, Yazd, Iran. E-mail: irousta@yazd.ac.ir
3. Department of Remote Sensing, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran.
4. Department of Remote Sensing and GIS, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

Article Info

ABSTRACT

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 18 Dec 2023

Received in revised form:
05 May 2024

Accepted: 06 May 2024

Available online: 21 Jun
2024

Keywords:

Physical development,
Zahedan city,
Remote sensing,
Geographic information
system,
Vegetation,
Sustainability.

unplanned urban physical development inflicts irreparable damages such as Land use change causes, vegetation loss, an increase in the temperature of the earth's surface, an increase in the price of residential land, and the tendency to marginalization becomes unplanned. In this research, To investigate urban changes during a 25-year study period from 1995 to 2020 to prevent the mentioned damages due to physical development without a plan three Landsat images for analysis were obtained from the USGS website. Pre-processing and processes to identify the changes on the images to estimate the physical development were done in ArcGIS and ENVI software, the surface temperature was extracted, the marginal areas were determined, the change map was obtained and finally the results were validated. The results showed that in 2020 and 2015, the temperature of the earth's surface in the northern and northeastern regions is higher than in other directions of the city, during 2020-1995, about 1850 hectares have been added to the area of urban areas. The main reason for the physical development of Zahedan city in the east and northeast direction is the expansion of marginalization in agricultural lands. Also, one of the reasons for the expansion of the city of Zahedan in the south and southwest direction is the presence of industrial towns and administrative centers such as universities. Therefore, due to the increase of built-up lands (marginal areas), the agricultural land in the north and northeast of Zahedan City has decreased and its temperature has increased. It is necessary to continuously monitor urban changes so that urban managers can carefully plan for the physical development of cities to prevent uncontrolled urban physical development and its possible future risks.

Cite this article: Kalmishi, Z., Rousta, I., Zandi, R., & Mansourmoghaddam, M. (2024). Evaluation of Urban Growth and Its Impact on Vegetation and Environmental Sustainability (Case study: Zahedan City). *Geography and Environmental Sustainability*, 14 (2), 1-17. <https://doi.org/10.22126/GES.2024.10009.2717>



© The Author (s).

DOI: <https://doi.org/10.22126/GES.2024.10009.2717>

Publisher: Razi University

ارزیابی جهش شهری و تأثیر آن بر پوشش گیاهی و پایایی زیست محیطی (مطالعه موردی: شهر زاهدان)

زهرا کل‌میشی^۱ | ایمان روستا^۲ | رحمان زندی^۳ | محمد منصورمقدم^۴

۱. گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.
۲. نویسنده مسئول، گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه یزد، یزد، ایران. رایانامه: irousta@yazd.ac.ir
۳. گروه سنجش‌ازدور، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.
۴. گروه سنجش‌ازدور و GIS، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
<p>نوع مقاله: مقاله پژوهشی</p> <p>تاریخچه مقاله:</p> <p>تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۲۷</p> <p>تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۲/۱۶</p> <p>تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۱۷</p> <p>دسترسی آنلاین: ۱۴۰۳/۰۴/۰۱</p> <p>کلیدواژه‌ها:</p> <p>توسعه فیزیکی، شهر زاهدان، سنجش‌ازدور، سیستم اطلاعات جغرافیایی، پوشش گیاهی، پایداری.</p>	<p>توسعه فیزیکی بدون برنامه باعث آسیب‌های جبران‌ناپذیری همچون تغییر کاربری اراضی، ازبین‌رفتن پوشش گیاهی، افزایش دمای سطح زمین، گران‌شدن اراضی مسکونی و گرایش به حاشیه‌نشینی بدون برنامه می‌شود. در این مقاله به‌منظور بررسی تغییرات شهری طی یک دوره مطالعاتی ۲۵ ساله از سال ۱۳۷۴ تا سال ۱۳۹۹ به‌منظور جلوگیری از آسیب‌ها ذکر شده در اثر توسعه فیزیکی بدون برنامه، سه تصویر Landsat برای تجزیه و تحلیل از وبسایت سازمان زمین‌شناسی آمریکا تهیه شد. پیش‌پردازش و پردازش‌ها برای شناسایی تغییرات بر روی تصاویر جهت برآورد توسعه فیزیکی در نرم‌افزار ArcMap و ENVI انجام‌شده، دمای سطح زمین استخراج شد، مناطق حاشیه‌نشین مشخص گردید. نقشه تغییرات به دست آمد و در نهایت نتایج به دست آمده اعتبارسنجی گردید. نتایج نشان داد در سال ۱۳۹۹ و ۱۳۹۴ میزان دمای سطح زمین در مناطق شمالی و شمال شرقی نسبت به جهات دیگر شهر بیشتر است. در سال ۱۳۷۴ دمای سطح زمین در مناطق شمال شرق کمتر از دمای مناطق جنوبی بوده است. در طی سال ۱۳۷۴-۱۳۹۹، حدود ۱۸۵۰ هکتار به مساحت مناطق شهری افزوده شده است. اصلی‌ترین دلیل توسعه فیزیکی شهر زاهدان در جهت شرق و شمال شرق، گسترش حاشیه‌نشینی در اراضی کشاورزی است. همچنین، از دلایل گسترش شهر زاهدان در جهت جنوب و جنوب غرب، وجود شهرک‌های صنعتی و مراکز اداری مانند دانشگاه است. از این رو به دلیل افزایش اراضی ساخته‌شده (مناطق حاشیه‌نشین) از اراضی کشاورزی در حاشیه شمال و شمال شرقی شهر زاهدان کاسته و دمای آن افزایش پیدا کرده است. برای جلوگیری از توسعه فیزیکی لجام‌گسیخته و جلوگیری از خطرات احتمالی آن در آینده، لازم است تغییرات شهری به طور مداوم پایش گردد تا مدیران شهری بتوانند برنامه‌ریزی دقیقی برای توسعه فیزیکی داشته باشند.</p>

استناد: کل‌میشی، زهرا؛ روستا، ایمان؛ زندی، رحمان؛ منصورمقدم، محمد (۱۴۰۳). ارزیابی جهش شهری و تأثیر آن بر پوشش گیاهی و پایایی زیست‌محیطی (مطالعه موردی: شهر زاهدان). *جغرافیا و پایداری محیط*، ۱۴ (۲)، ۱-۱۷. <https://doi.org/10.22126/GES.2024.10009.2717>

مقدمه

امروزه یکی از ویژگی‌های مهم شهرنشینی، توسعه فیزیکی سریع شهرها به دلایل تحولات جدید شهری است و این تحولات به صورت افزایش سریع جمعیت و رشد فیزیکی شهر نمایان می‌شود. رشد فیزیکی معمولاً به صورت لجام‌گسیخته و بدون برنامه‌ریزی دقیق و به صورت ناهماهنگ بوده است (انصاری لاری و همکاران، ۱۳۹۰). در کشور ایران توسعه فیزیکی شهرها بنا به دلایلی چون ادغام روستاها با شهرها، مهاجرت‌های روستا به شهر و... بوده است که این عوامل بر توسعه فیزیکی شهرها تأثیرگذار بوده و باعث ایجاد مشکلات فراوانی شده است (حاتمی نژاد و همکاران، ۱۳۹۰) که این مشکلات خود را به صورت حاشیه‌نشینی در اطراف شهرهای بزرگ نشان می‌دهد مانند ساخت سازه‌های غیر رسمی بدون برنامه و لجام‌گسیخته است (طاهرخانی و یزدانفر، ۱۳۹۹).

در شهر زاهدان مهاجرت‌های بی‌رویه به شهر زاهدان باعث به وجود آمدن چهار منطقه حاشیه‌نشین (شیرآباد، باباییان، کارخانه نمک، کریم‌آباد) شده است؛ جمعیت حاشیه‌نشین در شمال غرب، شمال شرق و شمال شهر زاهدان واقع شده‌اند (ابراهیم‌زاده و همکاران، ۱۳۸۳) که این جمعیت تشکیل‌دهنده بخش بزرگی از جمعیت شهر زاهدان است و باعث افزایش اسکان‌های غیر رسمی در حاشیه شهر شده‌اند که ناشی از مهاجرت بی‌رویه از شهرستان‌ها و روستاهای اطراف است (جمشیدزهی شه‌بخش و قنبری، ۱۳۹۹).

از اثراتی که توسعه فیزیکی بدون برنامه می‌تواند بر جای گذارد، افزایش دمای سطح زمین (ناصحی و همکاران، ۱۴۰۱) و کاهش پوشش گیاهی (منصورمقدم و همکاران، ۱۴۰۰) است. دما یکی از عوامل مهم مطالعات جهانی برای کنترل فرایندهای بیولوژیکی شیمیایی و فیزیکی زمین است (فیضی زاده و همکاران، ۱۳۹۵). دمای شهرها به دلیل نوع بافت (نوع مصالح مورد استفاده در ساخت شهرها مانند نما و پوشش ساختمان‌ها سطح خیابان‌ها) از اطراف خود دارای دمای بیشتری است (ولی‌زاده کامران و همکاران، ۱۳۹۶). گسترش شهرنشینی و استفاده از مواد صنعتی و افزایش صنایع و نوع ساخت ساز و سطوح نفوذناپذیر (سوخته‌زاری، ۱۳۹۸) باعث افزایش حرارت و ایجاد جزایر حرارتی در شهرها شده است (اسماعیلی، ۱۴۰۱). سنجش‌ازدور فناوری بین‌رشته‌ای است که با رشته‌های مانند اپتیک، الکترونیک، کامپیوتر، خاک‌شناسی، جنگلداری و... ارتباط دارد که با استفاده از آن می‌توان اطلاعات را در زمان کوتاه از یک شیء، ناحیه، یا یک پدیده را فراهم آورد (علوی‌پناه، ۱۳۹۲: ۴۴). همچنین با استفاده از تکنولوژی سنجش‌ازدور و تصاویر سری زمانی ماهواره‌ها، با صرف هزینه و زمان کم و با دقت زیاد می‌توان به پایش تغییرات شهرها پرداخت (زائری امیرانی و سفیانیان، ۱۳۹۳؛ Mansourmoghaddam et al., 2023).

تاکنون مطالعات زیادی در زمینه توسعه فیزیکی شهرها انجام شده است که در این پژوهش به برخی از آنها پرداخته می‌شود. زنگی‌آبادی و همکاران (۱۳۹۴) به مطالعه توسعه فیزیکی-کالبدی شهر کرمان از پیدایش تاکنون پرداخته است. در این پژوهش از روش توصیفی-تحلیلی استفاده شده و اطلاعات جمع‌آوری‌شده در نرم‌افزار ArcMap مورد تجزیه تحلیل قرار گرفته است. نتایج این پژوهش نشان داد که در ابتدا شهر کرمان از طریق راه‌های ارتباطی توسعه پیدا کرده و توسعه شهر به سمت غرب و جنوب غرب بوده است. همچنین روستاهای نزدیک به هم در این شهر ادغام شده‌اند.

صداقتی و همکاران (۱۴۰۱) در مطالعه‌ای به بررسی مدل‌سازی و پیش‌بینی گسترش و توسعه فیزیکی شهر بجنورد پرداختند. در مطالعه آنها از داده‌های سنجش دور مربوط به ماهواره لندست استفاده شده و با محاسبه و برآورد تغییرات کاربری زمین و سهم هر کاربری، مدل‌سازی و پیش‌بینی تغییرات کاربری زمین برای سال ۲۰۳۱ بر اساس ترسیم نقشه پتانسیل انتقال برای کاربری‌ها و تشکیل زنجیره مارکوف با در نظر گرفتن پارامترهای مانند شیب، ارتفاع، فاصله از گسل، زمین‌های کشاورزی، راه‌های اصلی، شبکه برق اصلی، مناطق ساخته‌شده و قیمت زمین نشان داد که مناطق ساخته‌شده افزایش پیدا کرده است و باعث افزایش کاربری‌های شهری و کاهش کاربری کشاورزی و مرتع شده است.

روستا و همکاران (۱۳۹۲) با مطالعه روند توسعه فیزیکی شهر شیراز و تأثیر شرایط فیزیوگرافیک بر روی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از سنجش‌ازدور برای یک دوره ۱۹ ساله به مقایسه نقشه تغییرات با نقشه شیب و جهت و

ارتفاع پرداختند. نتایج نشان داد زمین‌های کشاورزی و باغات در طی دوره مطالعاتی کاهش یافته است. ناصحی و همکاران (۱۴۰۲) به مطالعه سنجش فضایی زمانی رشد شهری، شهر بندرعباس پرداختند. در این مطالعه از سنجش‌ازدور برای طبقه‌بندی دوره‌های مورد مطالعه، استفاده شده است. نتایج نشان داد اراضی ساخته‌شده دارای بیشترین تغییرات در دوره مورد مطالعه بوده است و پوشش گیاهی کاهش پیدا کرده است. استفان و همکاران، به مطالعه رشد فیزیکی و گسترش شهرک مارکوردی با استفاده از GIS و سنجش‌ازدور پرداختند. این مطالعه برای یک دوره ۳۰ ساله از ۱۹۷۶ تا ۲۰۰۶ و با استفاده از چهار تصویر لندست انجام شد. نتایج به دست آمده نشان داد شهر مارکوردی بین سال‌های ۱۹۷۶ تا ۲۰۰۶ گسترش قابل توجهی از سواحل رودخانه‌ای به سمت خارج و تغییرات قابل توجهی بین دوره‌های ۱۰ ساله داشته است. همچنین دوره ۱۰ ساله ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۶ افزایش بیشتری را در کل زمین شهری نشان داد. این مطالعه نتیجه‌گیری می‌کند که رشد فیزیکی و گسترش شهر مارکوردی نشان‌دهنده پراکندگی ناشی از تغییر وضعیت یک ماهی کوچک و خانه‌های مزرعه به مقر اداری دولت است (Stephe et al., 2017).

ستینال و همکاران، به مطالعه تأثیر دانشگاه‌های تازه تأسیس‌شده بر توسعه شهری با استفاده از سنجش‌ازدور پرداختند که در این مطالعه ۱۳ دانشگاه تازه تأسیس‌شده بعد از سال ۲۰۰۶ در مناطق شرقی و جنوب شرقی برای تعیین تأثیر دانشگاه در الگوی کاربری شهری مورد تجزیه تحلیل قرار گرفت و برای این کار از تکنیک NDVI برای یک دوره ۱۰ تا ۱۳ ساله استفاده شد و همچنین بافرهای برای پردیس‌ها و مراکز شهری به طول ۳ و ۵ کیلومتری در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که تغییرات در مرکز شهر ۴۹.۴ بوده و ۷ دانشگاه تأثیرات گسترده‌ای بر توسعه شهرها داشته است (Cetinal et al., 2021).

باتوجه به مطالعاتی زیادی در رابطه با گسترش شهری در داخل و خارج از ایران صورت گرفته است و راه‌حل‌های برای این مشکل ارائه شده است؛ ولی هنوز این مشکل وجود دارد و شهر زاهدان درگیر این مشکل است و باعث از بین رفتن پوشش گیاهی شده است. در این مطالعه باتوجه به مسائلی مانند حاشیه‌نشینی و دمای سطح زمین به پدیده گسترش شهری پرداخته شده است که از دلایل اصلی گسترش شهری لجام‌گسیخته در شهر زاهدان است و در این پژوهش سعی شده است با استفاده از سنجش‌ازدور به این مسئله پرداخته شود و تا حدودی بتواند از گسترش شهری بدون برنامه جلوگیری کند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

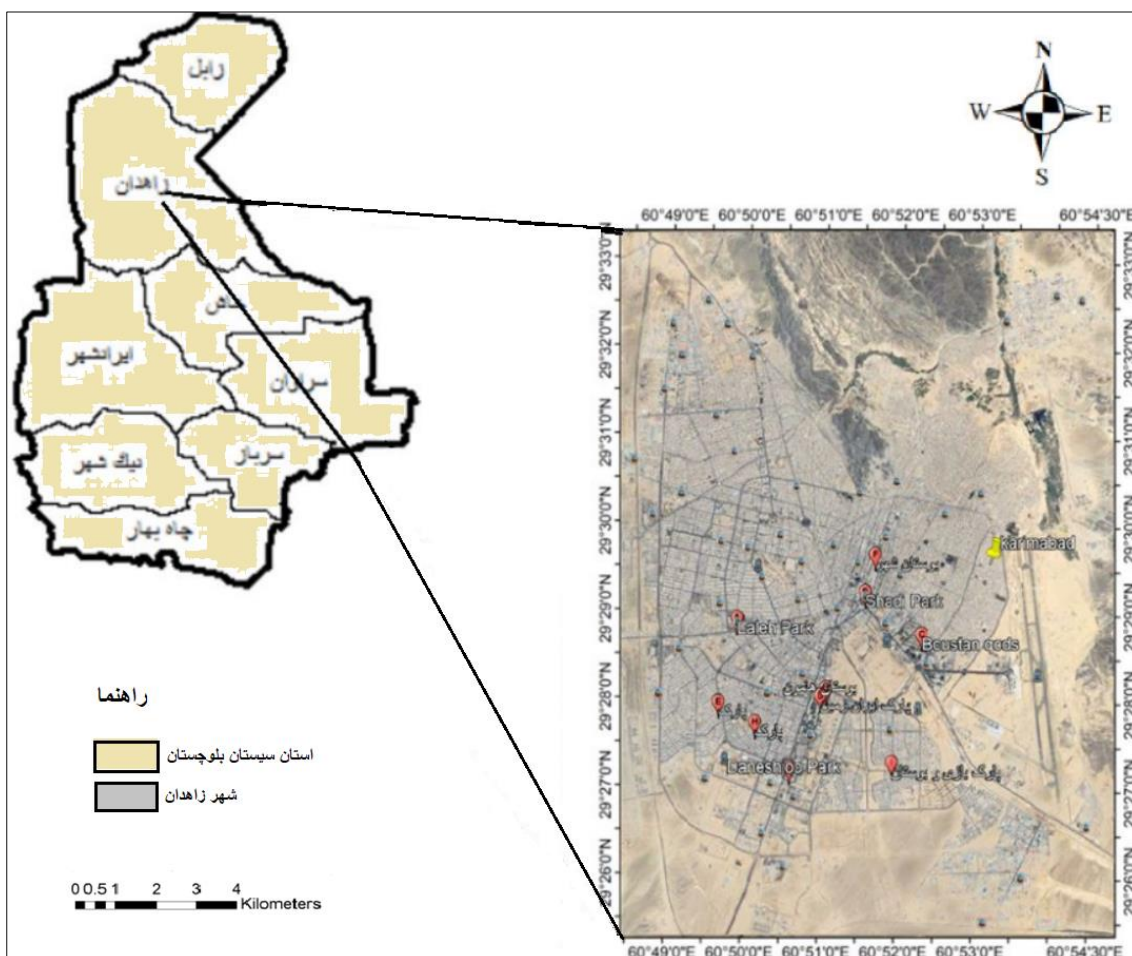
شهر زاهدان به‌عنوان مرکز استان سیستان و بلوچستان است. جمعیت این شهر، ۵۸۷۷۳۰ نفر و وسعت آن، ۸،۱۲۳ هکتار (هادیانی و همکاران، ۱۴۰۰) است. شهر زاهدان از لحاظ موقعیت جغرافیایی در طول جغرافیایی ۶۰ درجه و ۵۰ دقیقه غربی تا ۶۰ درجه ۵۵ دقیق شرقی و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۲۶ دقیقه جنوبی تا ۲۰ درجه ۳۲ دقیقه شمالی قرار گرفته و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۷۸ متر است. حدود چهارگانه شهر زاهدان از شرق با کشور افغانستان، از شمال با شهرستان زابل، از غرب با استان کرمان، از جنوب هم با شهرستان خاش محدود می‌شود. موقعیت جغرافیایی شهر زاهدان در شکل (۱) نشان داده شده است.

روش انجام کار

دریافت تصاویر ماهواره‌ای

در این مطالعه ابتدا تصاویر سنجنده OLI و TM لندست ۸ و ۵ با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر برای باندهای مرئی و به ترتیب، ۱۰۰ و ۱۲۰ متر برای باندهای حرارتی برای سال‌های ۱۳۷۴، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۹ از وبگاه سازمان زمین‌شناسی آمریکا (www.earthexplorer.usgs.gov) برای اواخر فصل بهار اخذ شد. مشخصات تصاویر مورد استفاده در پژوهش

حاضر در جدول (۱) نمایش داده شده است. پیش‌پردازش‌ها شامل تصحیحات (هندسی، اتمسفری، رادیومتریک) و پردازش تصاویر نیز در نرم‌افزار ENVI و ArcMap انجام شده است.



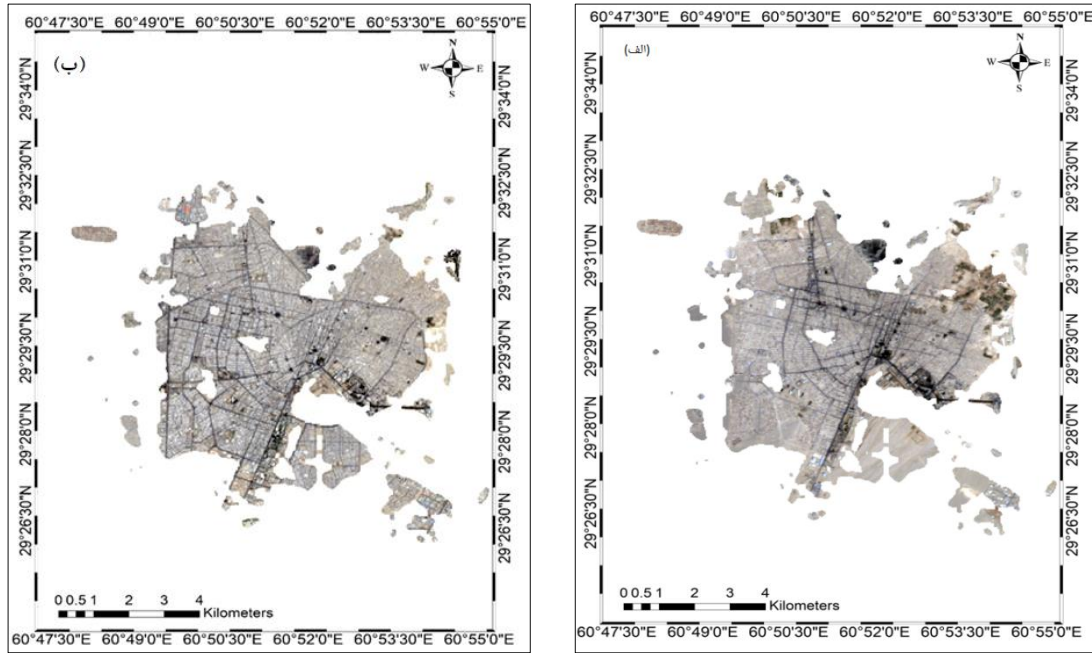
شکل ۱. موقعیت شهر زاهدان در شهرستان و استان سیستان و بلوچستان و تصویر ماهواره‌ای لندست ۸

جدول ۱. مشخصات تصاویر مورد استفاده

نوع تصویر	تاریخ اخذ تصویر (میلادی)	تاریخ اخذ تصویر (شمسی)	قدرت تفکیک مکانی باندهای مورد استفاده	ابرینگی (%)
سنجنده TM لندست ۵	۱۹۹۵-۰۵-۰۹	۱۳۷۴-۲-۱۹	باندهای ۱-۵ و ۷: ۳۰ متر باند ۶: ۱۲۰ متر	(۰.۰۰)
سنجنده OLI لندست ۸	۲۰۱۵-۰۵-۱۶	۱۳۹۴-۲-۲۶	باندهای ۲-۷: ۳۰ متر باندهای ۱۰ و ۱۱: ۱۰۰ متر	(۰.۰۰)
	۱۳۹۹-۲-۲۴	۱۳۹۹-۲-۲۴		(۰.۲۰)

پیش‌پردازش تصاویر

تصاویر اخذ شده از وبگاه سازمان زمین‌شناسی آمریکا دارای یک سری خطاهای هندسی و نوفه‌هایی است به همین علت تصاویر اخذ شده نیازمند تصحیحات رادیومتریک، هندسی و اتمسفری است. ابتدا تصحیحات رادیومتریک برای بالابردن کیفیت تصاویر انجام و سپس تصحیح اتمسفری و تصحیح هندسی برای از بین بردن خطاها سنجنده بر روی تصاویر اعمال شد (هاشمی و همکاران، ۱۴۰۰؛ Mansourmoghaddam et al., 2022). نتیجه تصحیح اتمسفری در شکل (۲) نمایش داده شده است.



شکل ۲. الف: تصویر تصحیح‌شده لندست ۵ (۱۳۷۴) ب: تصویر تصحیح‌شده لندست ۸ (۱۳۹۹) شهر زاهدان

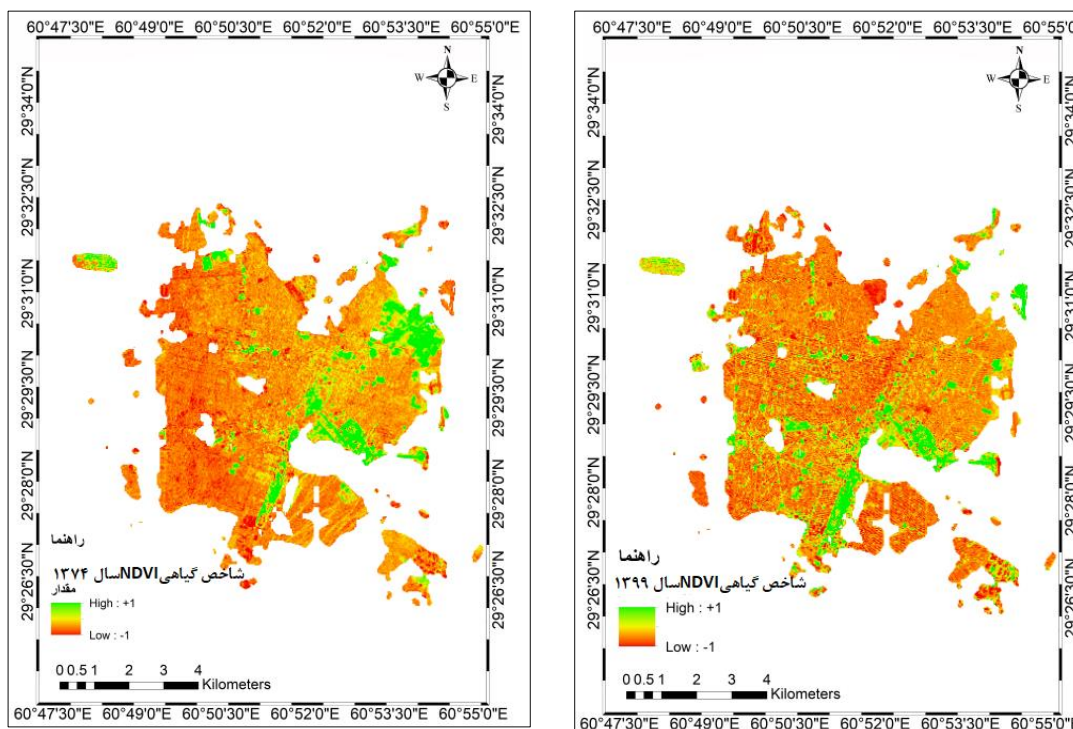
مراحل کلی انجام کار تهیه نقشه چندزمانه، نقشه دمای سطح زمین، نقشه پوشش گیاهی و نقشه مناطق حاشیه‌نشین برای منطقه مورد مطالعه بوده است. سپس به طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای از منطقه (به کلاس‌های اراضی بایر، اراضی ساخته‌شده و اراضی دارای پوشش گیاهی) اقدام شد. نقشه طبقه‌بندی پوشش اراضی منطقه، با ضریب کاپا مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای شناسایی تغییرات، تصاویر با یکدیگر تلفیق شده تا میزان تغییرات در پوشش گیاهی و اراضی ساخته‌شده طی سال‌های ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۹ مشخص شود. پوشش گیاهی از طریق شاخص گیاهی NDVI و مناطق ساخته‌شده با استفاده از شاخص NDBI محاسبه شده. نقشه دمای سطح زمین نیز با استفاده از تصاویر سال‌های ۱۳۷۴، ۱۳۹۴، ۱۳۹۹ به دست آمد. پوشش گیاهی نرمال شده تفاضلی (NDVI) به منظور نمونه‌برداری دقیق از تصاویر چندزمانه مقدار منطقه مورد مطالعه، پوشش گیاهی آن برای هر یک از تصاویر با استفاده از شاخص NDVI محاسبه شد (رابطه ۱). از معروف‌ترین شاخص‌های که می‌توان با استفاده از آن به بررسی طبقه‌های آب، یخ، برف، خاک و پوشش گیاهی شاخص NDVI است. هر یک از موارد ذکرشده دارای NDVI متفاوتی هستند. NDVI بر اساس باند قرمز و مادون قرمز محاسبه شد (عیسی زاده و همکاران، ۱۳۹۹). مقادیر شاخص NDVI بین ۱- تا ۱+ است، مقادیر منفی بیانگر آب، یخ و برف، مقادیر صفر بیانگر پوشش سنگ و خاک لخت و مقادیر مثبت (۰/۲ تا ۱) بیانگر پوشش گیاهی است (Mansourmoghaddam et al., 2024) که در شکل ۳ ارائه شده است.

$$NDVI = \frac{NIR-Red}{NIR+Red} \quad \text{رابطه (۱)}$$

محاسبه NDBI

محاسبه شاخص NDBI از نسبت بین باند قرمز و فرورسرخ نزدیک به دست می‌آید. این شاخص برای جداسازی اراضی ساخته‌شده از سایر پوشش‌ها کاربرد دارد. مقادیر شاخص NDBI بین ۱- و ۱+ است که عدد نزدیک ۱+ نشان‌دهنده میزان بالای اراضی ساخته‌شده و عدد نزدیک ۱- نشان‌دهنده اراضی بدون کاربری‌های ساخته شده است (Zha et al., 2003). این شاخص مطابق با (رابطه ۲) محاسبه شده است (منصورمقدم و همکاران، ۱۴۰۲).

$$NDBI = \left(\frac{SWIR1-NIR}{SWIR1+NIR} \right) \quad \text{رابطه (۲)}$$



شکل ۳. شاخص پوشش گیاهی (NDVI) شهر زاهدان برای سال‌های ۱۳۷۴، ۱۳۹۹

طبقه‌بندی با الگوریتم نظارت‌شده ماشین بردار پشتیبان (SVM)

ماشین بردار پشتیبان یکی از الگوریتم‌های نظارت‌شده یادگیری ماشین است. در روش الگوریتم ماشین بردار پشتیبان، کلاس‌بندی با استفاده از نمونه‌ها، مرز هر کلاس مشخص می‌شود. الگوریتم روش ماشین بردار پشتیبان بر اساس نظریه یادگیری آماری است و یکی از روش‌های آماری غیر پارامتریک است. الگوریتم ماشین بردار پشتیبان، بردار ویژه و مقادیر ویژه بین باندها را پیدا می‌کند و طبقه‌بندی را انجام می‌دهد.

برای تهیه نقشه اراضی طبقه‌بندی سال‌های ۱۳۷۴ و سال ۱۳۹۹ شهر زاهدان، از الگوریتم طبقه‌بندی نظارت‌شده ماشین بردار پشتیبان استفاده شده است. در روش طبقه‌بندی بر اساس ماشین بردار پشتیبان، هر یک از پیکسل‌های انتساب داده شده به هر کلاس بر اساس نمونه‌های مرز هر کلاس مشخص می‌کند محاسبه می‌شود (نجفی و همکاران، ۱۳۹۶). به طور کلی طبقه‌بندی دارای چندین مرحله است: تعریف کلاس، انتخاب نمونه، طبقه‌بندی، ارزیابی دقت کلاس‌ها. به منظور تهیه نقشه طبقه‌بندی، سه کلاس اراضی ساخته شده، پوشش گیاهی و اراضی بایر تعریف شد و برای هر یک از این کلاس‌ها، تعداد ۱۰۰ نقطه به عنوان نمونه انتخاب شد و طبقه‌بندی بر اساس این نمونه‌ها انجام شد. در انتها به ارزیابی دقت نقشه طبقه‌بندی شده پرداخته شده است. سپس بر اساس نمونه طبقه‌بندی هر یک از تصاویر طبقه‌بندی می‌شود. به منظور ارزیابی کلاس با استفاده از گوگل ارث و نقشه‌های ماهواره‌ای ۴۰ نقطه انتخاب شده و کلاس‌های طبقه‌بندی شده مورد ارزیابی قرار گرفته است.

ارزیابی دقت نقشه طبقه‌بندی

به منظور بررسی دقت نقشه‌های طبقه‌بندی شده، از دقت تولیدکننده، دقت کاربر دقت کلی و ضریب کاپا برای هر یک از کلاس‌ها استفاده شد. در هر سال برای هر کدام از کلاس‌ها ۴۰ نقطه بر اساس تفسیر دقیق کلاس‌ها و گوگل ارث تصاویر ماهواره‌ای برداشت شد. دقت کاربر دقت تولیدکننده دقت کلی محاسبه شد. دقت تولیدکننده از تقسیم کل پیکسل‌های صحیح در یک کلاس وجود دارند به کل پیکسل‌های آن کلاس به دست می‌آید. دقت کلی از تقسیم کردن تمام پیکسل‌های طبقه‌بندی شده به صورت صحیح، بر تمام پیکسل‌های در ماتریس خطا به دست می‌آید. دقت کاربر از اندازه‌گیری تمام

پیکسل‌های صحیح در یک طبقه به تمام پیکسل‌های موجود طبقه‌بندی شده در آن تقسیم می‌شود (منصومقدم و همکاران، ۱۴۰۰). میزان ضریب کاپای متغیر بین صفر و یک است. ضریب کاپا میزان سازگاری بین مقادیر واقعی و مقادیر کلاس‌های طبقه‌بندی شده است. اگر میزان ضریب کاپا صفر باشد طبقه‌بندی به صورت تصادفی بوده است و اگر مقدار ضریب کاپا یک باشد یعنی طبقه‌بندی انجام شده کاملاً درست است و تصادفی نیست (رنجبر و همکاران ۱۳۹۸؛ مقصودی و همکاران، ۱۳۹۷).

محاسبه دمای سطح زمین با استفاده از الگوریتم تک‌کاناله

برای محاسبه دمای سطح زمین باندهای حرارتی تصاویر مورد استفاده به رادینانس تبدیل شوند. بدین منظور، باندهای حرارتی با استفاده از (رابطه ۳) به دمای درخشندگی تبدیل شدند (Rousta et al., 2018):

$$TB = \frac{K_2}{\ln\left[\frac{K_1}{L\lambda} + 1\right]} - 273.15 \quad \text{رابطه (۳)}$$

که در آن، TB دمای روشنایی سنجنده برحسب کلوین، $L\lambda$ تابش طیفی دریافت شده از سوی سنجنده برحسب w/m^2 و K_1, K_2 ضرایب ثابت کالیبراسیون دمای روشنایی است.

در مرحله بعد به محاسبه گسیل‌مندی اقدام شد. از آنجاکه گسیل‌مندی سطح زمین شاخص NDVI و نسبت پوشش گیاهی (PV: Proportion of Vegetation cover) به دست می‌آید، پس از محاسبه NDVI، شاخص PV از (رابطه ۴) محاسبه شد (سلیمانی و همکاران، ۱۳۹۹):

$$PV = \left[\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right]^2 \quad \text{رابطه (۴)}$$

سپس با استفاده از (رابطه ۵) به محاسبه گسیل‌مندی صورت گرفت (Das & Angadi, 2020):

$$LSE = (0.004 \times PV) + 0.986 \quad \text{رابطه (۵)}$$

در نهایت، دمای سطح زمین با استفاده از (رابطه ۶)، برحسب درجه سلسیوس محاسبه شد (Artis et al., 1982):

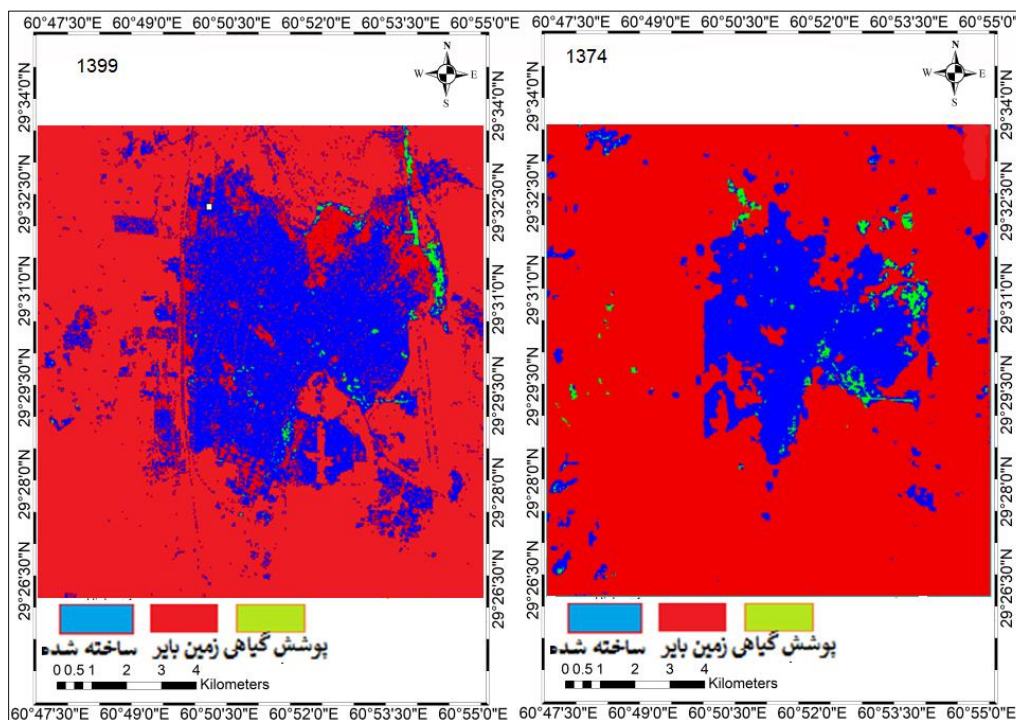
$$LST = \frac{BT}{1 + \left[\frac{W \times BT}{P} \times \ln(\epsilon_i) \right]} - 273.15 \quad \text{رابطه (۶)}$$

که در آن، LST دمای سطح زمین ($^{\circ}C$)، BT دمای روشنایی (K)، W طول موج تابش ساطع شده (10.9×10^{-6} m) [B10]، P ثابت پلانک ضرب در سرعت نور 1.438×10^{-2} (mk) و ϵ_i گسیل‌مندی (LSE) است.

نتایج

توسعه فیزیکی شهر زاهدان برای سال ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۹

در این مطالعه برای به دست آوردن نقشه طبقه‌بندی گسترش شهری از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده استفاده می‌شود. طبقه‌بندی و تولید کلاس‌ها بر اساس پوشش گیاهی، اراضی ساخته‌شده، زمین‌های بایر انجام شد. پیش از طبقه‌بندی حدود ۱۰۰ نمونه برای کلاس‌های ذکر شده استخراج و سپس طبقه‌بندی برای هر سال انجام شد. طبق نتایج به دست آمده از طبقه‌بندی با الگوریتم نظارت‌شده ماشین بردار پشتیبان، در طی دوره مورد مطالعه اراضی ساخته‌شده روندی صعودی را در پیش گرفته‌اند. اراضی ساخته‌شده از ۳۳۷۲۹۳۰۰ متر مربع از سال ۱۳۷۴ به ۱۸۵۰۳۱۰۰ در سال ۱۳۹۹ افزایش پیدا کرده است و نتایج نشان می‌دهد که اراضی بایر و پوشش گیاهی روندی نزولی را از سال ۱۳۷۴ به سال ۱۳۹۹ در پیش گرفته است. اراضی کشاورزی ۴۴۱۰۹۰۰ متر مربع از سال ۱۳۷۴ به ۷۳۵۳۰۰ متر مربع در سال ۱۳۹۹ کاهش پیدا کرده است. همچنین گسترش شهری باعث کشیده شدن شهر به سمت گسل زاهدان شده است، گسترش شهر بیشتر به سمت شمال، شمال شرق، جنوب و جنوب غرب بوده است. همان‌طور که در شکل (۴) نمایش داده شده است.



شکل ۴. طبقه‌بندی گسترش شهری شهر زاهدان برای سال‌های ۱۳۷۴، ۱۳۹۹

اعتبارسنجی نتایج طبقه‌بندی

به‌منظور ارزیابی دقت نقشه‌های طبقه‌بندی شده، شاخص‌های دقت کلی، دقت کاربر، دقت تولید کنند و ضریب کاپا بر اساس ۴۰ نقطه صحیح از پیکسل‌ها مربوط به پوشش گیاهی، کاربری‌های ساخته‌شده و زمین‌های بایر در جهت‌های مختلف برای بررسی دقت نقشه‌های طبقه‌بندی شده شهر زاهدان برای سال‌های ۱۳۷۴ و ۱۳۹۹ از گوگل ارث و نقشه‌های که اراضی ساخته‌شده، پوشش گیاهی و اراضی بایر به صورت کامل مشخص است و در گوگل ارث هم کاملاً مشهود است برداشت و محاسبه (جدول ۲). پس از بررسی نتایج نشان داد برای سال ۱۳۷۴ دقت کلی کلاس‌ها ۹۷/۸۷ و ضریب کاپا ۰/۹۲ بوده است، برای سال ۱۳۹۹ (جدول ۱) دقت کلی کلاس‌ها ۹۶/۸۱ و ضریب کاپا ۰/۸۸ بوده است (جدول ۴). با توجه به این موضوع می‌توان گفت کلاس‌ها به دست آمده با این میزان صحت در سطح مطلوب قرار دارند.

جدول ۲. ماتریس ارزیابی دقت کاربر و تولیدکننده برای سال ۱۳۹۹

کلاس	دقت تولیدکننده	دقت کاربر
ساخته‌شده	۱۰۰/۰۰	۷۳/۰۸
زمین‌های بایر	۹۶/۳۲	۱۰۰/۰۰
پوشش گیاهی	۱۰۰/۰۰	۱۰۰/۰۰

جدول ۳. ماتریس ارزیابی دقت کاربر و تولیدکننده برای سال ۱۳۷۴

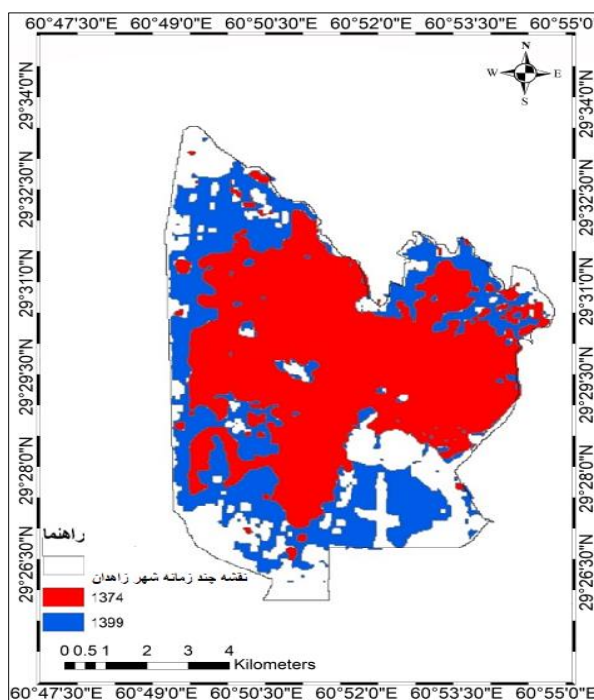
کلاس	دقت تولیدکننده	دقت کاربر
ساخته‌شده	۱۰۰/۰۰	۸۰/۴۹
زمین‌های بایر	۹۷/۴۸	۱۰۰/۰۰
پوشش گیاهی	۱۰۰/۰۰	۱۰۰/۰۰

جدول ۴. ماتریس دقت کلی و ضریب کاپا

سال	دقت کلی	ضریب کاپا
۱۳۷۴	۹۷/۸۷	۰/۹۲
۱۳۹۹	۹۶/۸۱	۰/۸۸

نقشه نهایی چندزمانه شهر زاهدان

در نهایت نقشه شناسایی تغییرات تصاویر طبقه‌بندی شده برای سال ۱۳۷۴-۱۳۹۹ استخراج شد (شکل ۵). نتایج حاصله بیانگر آن است که در مقایسه با آمار سال ۱۳۷۴، در سال ۱۳۹۹ شمسی، کلاس‌های اراضی ساخته شده شهر زاهدان حداکثر رشد را داشته‌اند. بدین ترتیب در سال ۱۳۹۹ شمسی، کلاس‌های شهری با رشد مثبتی روبه‌رو بوده است و کلاس‌های اراضی بایر و پوشش گیاهی رشد منفی داشته‌اند. همان‌طور که در نقشه چند زمانه مشاهده می‌شود تغییرات کاملاً مشهود است، اراضی کشاورزی و اراضی بایر به اراضی ساخته شده تغییر کاربری داده است که نشان‌دهنده روند گسترش شهر زاهدان از سال ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۹ است. در نقشه چند زمانه تغییرات هر سال به یک رنگ نشان داده می‌شود. توسعه فیزیکی شهر زاهدان در جنوب، جنوب غرب، شمال و شمال شرق شهر زاهدان رخ داده است، در قسمت جنوب و جنوب غربی شهر شاهد گسترش بیشتری نسبت به جهات دیگر هستیم. رشد شهر بیشتر به صورت افقی بوده است. رشد بی‌سابقه شهری منجر به مشکلات زیست‌محیطی و اکولوژیکی می‌شود که مرتبط با رشد بی‌برنامه شهری است.



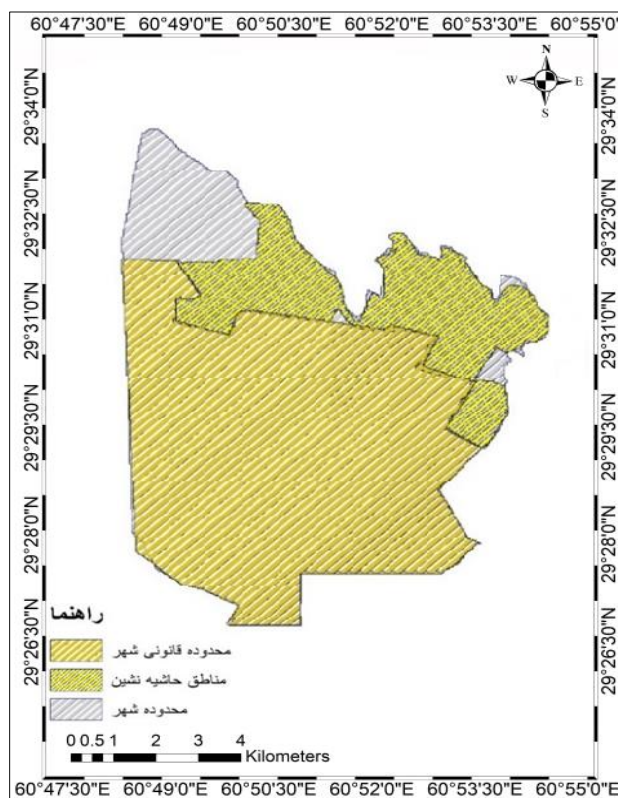
شکل ۵. نقشه چند زمانه توسعه شهری شهر زاهدان طی دوره ۱۳۷۴-۱۳۹۹

مناطق حاشیه‌نشین در بازه زمانی موردنظر

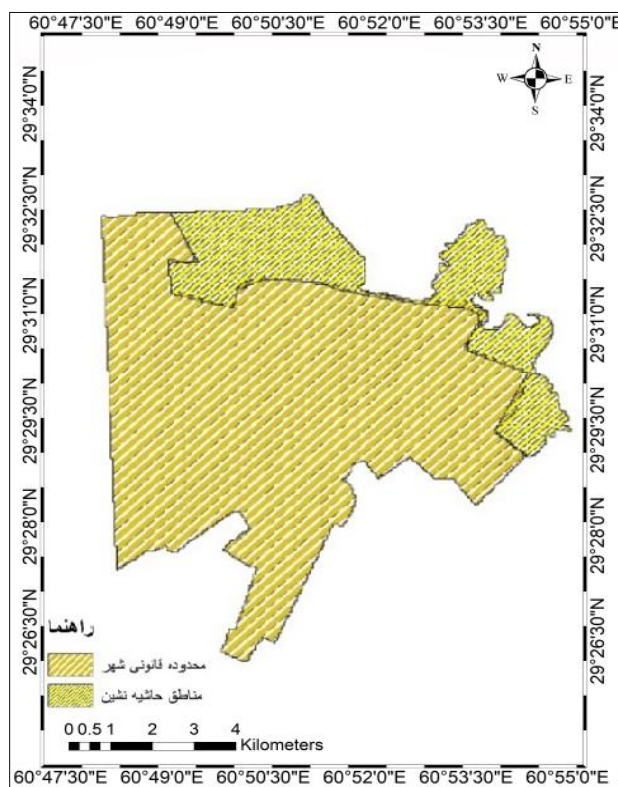
طبق شکل ۶ و ۷ روند افزایش حاشیه‌نشینی نشان داده می‌شود. در سال ۱۳۷۴ محدوده مناطق حاشیه‌نشین ۸۱۶۷۵۰۰ متر مربع بوده است، در سال ۱۳۹۹ محدوده مناطق حاشیه‌نشین به ۱۴۶۴۵۷۰۰ متر مربع رسیده است؛ به عبارت دیگر ۶۴۷۸۲۰۰ متر مربع بر مناطق حاشیه‌نشین افزوده شده است. این موضوع نشان‌دهنده افزایش بیش از حد حاشیه‌نشینی، ناشی از مدیریت ضعیف شهری است.

نتایج مربوط به استخراج دمای سطح زمین، شهر زاهدان در طی دوره مورد مطالعه هر چند روند دما نزولی بوده؛ ولی در مناطق شمال شرق و شمالی روندی صعودی را از سال ۱۳۹۹ نسبت به سال ۱۳۷۴ را نشان می‌دهد (شکل ۸). بدین ترتیب دمای سطح زمین در شهر زاهدان در سال ۱۳۷۴، ۴۹ درجه سلسیوس و در سال ۱۳۹۹، به ۴۲ درجه سلسیوس بوده است. در سال ۱۳۹۹ کمترین دما یعنی خنک‌ترین دماها مربوط به جهت جنوبی و جنوب غربی شهر، بیشترین دما مربوط به شمال و شمال شرق است. اطراف شهر از بالاترین دما برخوردار است. برای اینکه نشان داده شود که آیا دما سطح زمین در این مناطق تقریباً ثابت است یا نه یک تصویر برای سال ۱۳۹۴ انتخاب شد، دمای به دست آمده برای این سال نشان داد دمای

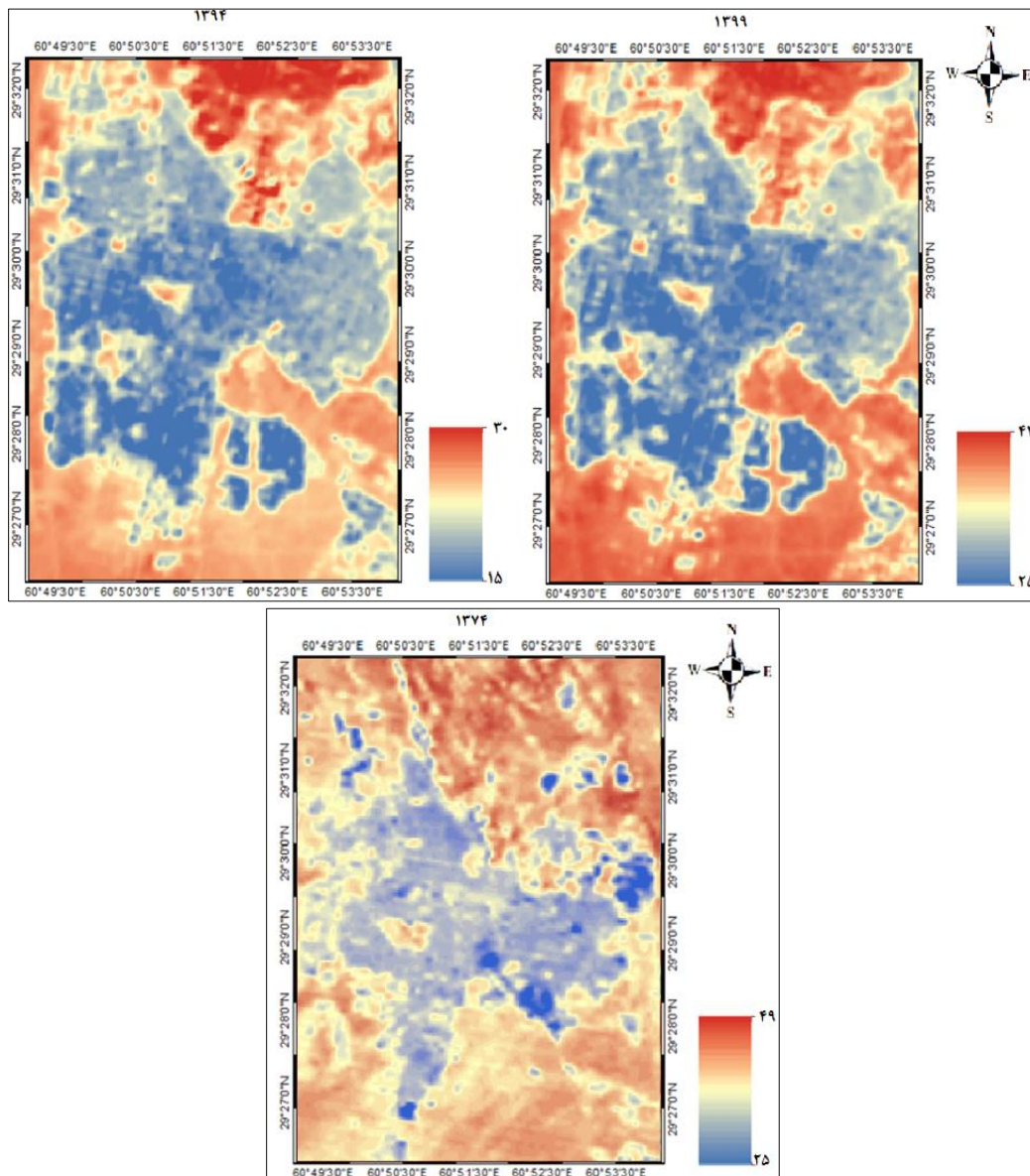
سطح زمین در مناطق به دست آمده ثابت است؛ به عبارت دیگر دما در مناطق شمال و شمال شرق گرم‌تر از مناطق جنوب و جنوب غرب در سال ۱۳۹۴ و ۱۳۹۹ بوده است.



شکل ۶. مناطق حاشیه‌نشین شهر زاهدان در سال ۱۳۹۹



شکل ۷. مناطق حاشیه‌نشین شهر زاهدان در سال ۱۳۷۴



شکل ۸. نقشه دمای سطح زمین شهر زاهدان در سال ۱۳۹۹، ۱۳۹۴، ۱۳۷۴

بحث

توسعه فیزیکی شهرها به علت رشد شتابان جمعیت طی دهه‌های اخیر، امری اجتناب‌ناپذیر است. این امر بدون در نظر گرفتن عوامل محیطی و انسانی موجب توسعه ناپایدار شهری می‌شود. همان‌طور که پژوهشگران زیادی همچون (Stephe et al., 2017; Cetinal et al., 2021؛ روستا و همکاران، ۱۳۹۰؛ کمالی باغراهی و همکاران، ۱۳۹۴) به این موضوع پرداخته‌اند.

هدف از پژوهش حاضر برآورد گسترش شهر زاهدان و تأثیر آن بر پوشش گیاهی و پایایی زیست‌محیطی با در نظر گرفتن عواملی همچون حاشیه‌نشینی و دمای سطح زمین بوده است. در پژوهش حاضر ابتدا مناطق حاشیه‌نشین استخراج و دمای سطح زمین محاسبه شد. این پژوهش تلاش دارد که به مسئله مهم حاشیه‌نشینی و اثرات آن در شهر زاهدان بپردازد که در پژوهش‌های قبلی مربوط به این شهر به این امر پرداخته نشده و بیشتر نسبت اراضی ساخته‌شده، اراضی بایر، اراضی کشاورزی و... در نظر گرفته شده‌اند. به طور مثال، زنگی‌آبادی و همکاران (۱۳۹۴) فقط به رشد شهری پرداخته و عوامل دیگر از قبیل اینکه رشد شهر ناشی از چه عواملی است، چه تأثیری بر دما داشته، چه تأثیری بر اراضی کشاورزی و پوشش گیاهی داشته

است را مورد بررسی قرار نداده‌اند.

صداقتی و همکاران (۱۴۰۱) به رشد شهرها در رابطه با تغییرات کاربری پرداخته و سهم هر کاربری را مشخص کرده‌اند، ولی اشاره‌ای به حاشیه‌نشینی نداشته‌اند. چون حاشیه‌نشینی در شهری مانند زاهدان بیشتر ناشی از مهاجرت‌های بدون برنامه‌ریزی دقیق است، حاشیه‌نشینی از عوامل مخرب تأثیرگذار بر توسعه فیزیکی شهری بوده است. همچنین اسماعیلی (۱۴۰۱) و سوخته‌زاری (۱۳۹۸) به افزایش دمای شهرها، ایجاد جزایر حرارتی ناشی از نوع ساخت ساز و مصالح به کاررفته و صنایع پرداختند و بیان داشته‌اند که نوع ساخت ساز، مصالح و صنایع باعث افزایش دما در شهرها می‌شود. ولی نتایج این پژوهش در مورد شهر زاهدان، عکس این موضوع را نشان می‌دهد. به طوری که سطح شهر و مناطق صنعتی دارای دمای کمتری نسبت به مناطق حاشیه‌نشین و اراضی بایر است. این مورد با یافته‌های اژدری و همکاران که اشاره کرده‌اند در نواحی با آب هوای گرم و نیمه‌خشک، دمای سطح زمین در اراضی بایر بیشتر از اراضی ساخته‌شده شهری است، همخوانی دارد (Azhdari et al., 2018).

همچنین نوع مصالح مناطق حاشیه‌نشین می‌توانند از عوامل تأثیرگذار بر افزایش دما باشد که در پژوهش‌های ذکر شده در نظر گرفته نشده است؛ ولی در پژوهش حاضر به این موضوع مورد مطالعه واقع است. به علت گران بودن مصالح ساختمانی، در مناطق حاشیه‌نشین از مصالح در دسترس در محیط پیرامون برای ساخت مسکن با ارتفاع کم استفاده می‌کنند. از آنجایی که اراضی بیابانی دارای دمای بالای هستند و مصالح بکار رفته در ساخت مناطق حاشیه‌نشین شهر زاهدان نیز اغلب از جنس اراضی بیابانی است، بنابراین این مناطق حاشیه‌نشین نیز نوع انعکاس به تقریب مساوی با اراضی بایر داشته و متعاقباً دمایی نزدیک به اراضی بایر نیز خواهند داشت. در نهایت به کارگیری مصالح ذکر شده در ساخت و ساز مناطق حاشیه‌نشین شهر زاهدان، باعث بالا رفتن دمای سطح زمین در این مناطق شده است. الروزوق و همکاران، به این موضوع اشاره کرده‌اند، در نواحی با اراضی بیابانی جنس و بافت و پوشش زمین از عوامل اصلی بالا بودن دمای سطح زمین بوده و جایگزین کردن اراضی بیابانی با پوشش گیاهی، ساختمان‌های بلندمرتبه و مناطق صنعتی باعث خنک شدن این مناطق می‌شود (Al-Ruzouq et al., 2022)؛ ولی در مناطق حاشیه‌نشین شهر زاهدان پوشش گیاهی تقریباً از بین رفته و مسکن هم با ارتفاع کوتاه ساخته شده‌اند، بنابراین این موضوع باعث افزایش دمای سطح زمین در مناطق حاشیه‌نشین شده است. همچنین در این پژوهش ارتباط جهش شهری بر پوشش گیاهی و تأثیر آن بر محیط‌زیست نیز نشان داده شده است. نتایج گویای این است که جهش شهری باعث از بین رفتن اراضی کشاورزی در شهر زاهدان شده است. از سوی دیگر، این کاهش پوشش گیاهی باعث افزایش دمای سطح زمین گردیده است.

همان‌طور که گو و همکاران (Guo a et al., 2012)، فرهودی و همکاران (۱۳۹۳) و سلیمانی و همکاران (۱۳۹۴) به این موضوع اشاره کرده و بیان داشته‌اند که ضمن تأیید تأثیر از بین رفتن پوشش گیاهی بر دمای سطح زمین، هنوز با توجه به پدیده گرمایش جهانی، هنوز خرد اقلیم‌هایی که ناشی از طبیعت مناطق است می‌توانند رفتارهای متفاوتی داشته باشند. همچنین ژیانگ و همکاران (Jiang et al., 2015) به خرد اقلیم‌های ناشی از شهرنشینی اشاره کرده‌اند که می‌توانند باعث ایجاد خرد اقلیم‌ها شوند. بدین ترتیب، بررسی این خرد اقلیم‌های شهری شهر زاهدان می‌تواند موضوعی برای پژوهش‌های بعدی باشد.

نتیجه‌گیری

هدف از پژوهش حاضر، بررسی جهش شهری، شهر زاهدان و اثر آن بر پوشش گیاهی و پایایی زیست‌محیطی طی سال‌های ۱۳۷۴ تا سال ۱۳۹۹ با استفاده از پارامترهای دمای سطح زمین، پوشش گیاهی و اراضی ساخته شده است. با بررسی گسترش شهری، شهر زاهدان با استفاده از سنجش‌ازدور در رابطه با دمای سطح و حاشیه‌نشینی، طبق نقشه‌ها می‌توان به این نتیجه رسید گسترش شهری در شهر زاهدان به صورت لجام‌گسیخته و در همه جهات اتفاق افتاده است. گسترش شهری شهر زاهدان در جهات شمالی، شمال شرقی، شمال غربی و جنوبی بیشتر بوده و هیچ برنامه‌ای برای جلوگیری از گسترش شهری به جهت شمالی و شمال شرقی که به دلیل نزدیکی به گسل زاهدان جز مناطق پرخطر به حساب می‌آید، اتخاذ نشده

است. اراضی کشاورزی در اثر حاشیه‌نشینی به اراضی ساخته‌شده تبدیل شده‌اند و باعث بالا رفتن دمای سطح زمین در این مناطق شده است.

یکی از دلایل اصلی گسترش شهر به سمت شمال، شمال شرق و شمال غرب، پدیده حاشیه‌نشینی است که در اثر مهاجرت‌های بی‌رویه به شهر زاهدان صورت گرفته است. اراضی واقع در جنوب زاهدان به دلیل آب هوای مناسب و وجود مراکز اداری مانند دانشگاه‌ها و شهرک‌های صنعتی به اراضی ساخته‌شده تبدیل شده‌اند و یکی از دلایل اصلی گسترش شهر به جهت جنوب و جنوب غربی وجود شهرک‌های صنعتی دانشگاه و مراکز اداری بود است. با توجه به نتایج به دست آمده، رشد شهر زاهدان بدون برنامه‌ریزی بوده و باعث از بین رفتن اراضی با پوشش گیاهی و ناپایداری در محیط (تغییر کاربری اراضی کشاورزی در شمال شرق زاهدان به اراضی مسکونی، گسترش شهر به سمت گسل زاهدان، تغییر کاربری‌ها به کاربری مسکونی) شده است.

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که می‌باید از گسترش بیشتر شهر به سمت گسل زاهدان و اراضی با پوشش گیاهی جلوگیری شود. این امر می‌تواند با اتخاذ سیاست‌هایی برای کاهش مهاجرپذیری شهر زاهدان یا برنامه‌ریزی برای اسکان در مناطق غیر حساس امکان‌پذیر باشد. برای جلوگیری از رشد بی‌برنامه شهری به مدیران شهری پیشنهاد می‌شود تا از سنجش‌ازدور برای گسترش شهری در جهت مناسب استفاده شود تا از گسترش شهر به طرف زمین‌های مرغوب، اراضی کشاورزی، گسل‌ها و... جلوگیری شود.

منابع

- ابراهیم‌زاده، عیسی؛ بریمانی، فرامرز؛ صیری، یوسف (۱۳۸۳). حاشیه‌نشینی: ناهنجاری‌های شهری و راهکارهای تعدیل آن موردشناسی: کریم‌آباد زاهدان. *مجله جغرافیا و توسعه*، ۳ (۲)، ۱۲۱-۱۴۶. doi:10.22111/GDIJ.2004.3833
- اسماعیلی، سمیرا (۱۴۰۱). کاربرد سنجش‌ازدور حرارتی GIS در ارزیابی توزیع مکانی دمای سطح زمین در محیط‌های شهری (شهر تبریز). *نشریه کاربرد سنجش‌ازدور و GIS در علوم محیطی*، ۲ (۳)، ۱-۲۳. https://rsgi.tabrizu.ac.ir/article_15374.html
- انصاری لاری، احمد؛ نجفی، اسماعیل؛ نوربخش، سیده فاطمه (۱۳۹۰). قابلیت‌ها و محدودیت‌های ژئومورفولوژیکی توسعه فیزیکی شهر ایلام. *آمایش محیطی*، ۴ (۱۵)، ۱-۱۶. <https://sid.ir/paper/130564/fa>
- جمشید زهی شه بخش، امید؛ قنبری، سیروس (۱۳۹۹). خزش شهری و تحولات کالبدی-فضایی سکونتگاه‌های پیراشهر زاهدان. *مجله توسعه فضاهای پیراشهری*، ۲ (۱)، ۸۵-۱۰۴. doi:20.001.1.26764164.1399.2.1.6.3
- حاتمی‌نژاد، حسین؛ منوچهری میاندوآب، ایوب؛ فرجی ملاتی، امین (۱۳۹۰). تحلیل کیفیت زندگی روستاهای ادغام‌شده در شهر. *مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای*، ۹ (۱)، ۲۱۹-۲۴۳. doi:10.22067.geography.V9i16.11036
- رنجبر، ابوالفضل؛ ولی، عباسعلی؛ مکرم، مرضیه؛ تاری پناه، فریده (۱۳۹۸). بررسی روند تغییرات زمانی-مکانی پوشش گیاهی و واکنش آن به عوامل محیطی در شمال استان فارس، ایران. *نشریه سنجش‌ازدور و GIS ایران*، ۱۱ (۴)، ۶۱-۸۲. doi:10.52547/gisj.11.4.61
- روستا، زهرا؛ منوری، سیدمسعود؛ درویشی، مهدی؛ فلاحتی، فاطمه؛ مروتی، مریم (۱۳۹۲). ارزیابی روند توسعه فیزیکی شهر شیراز و تأثیر شرایط فیزیوگرافیک بر روی روند تغییرات کاربری اراضی. *مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۲۴ (۱)، ۱۸۳-۲۰۰. doi:20.1001.1.20085362.1392.24.1.14.9
- زائری امیرانی، آزاده؛ سفیانیان، علیرضا (۱۳۹۲). آشکارسازی تغییرات سطوح نفوذناپذیر در مناطق شهری مطالعه موردی: شهر اصفهان. *همایش ملی ژئوماتیک*. <https://sid.ir/paper/894431/fa>
- زنگی‌آبادی، علی؛ نسترن، مهین؛ کمالی باغراهی، اسماعیل (۱۳۹۴). تحلیل روند و نحوه توسعه فیزیکی-کالبدی شهر کرمان از پیدایش تاکنون. *جغرافیای اجتماعی شهری*، ۲ (۴)، ۲۳-۴۲. doi:10.22103/JUAS.2017.1818
- سلیمانی، کریم؛ روحانی قادیکلایی، فاطمه؛ شعبانی، مرتضی؛ روحانی قادیکلایی، محسن (۱۳۹۹). بکارگیری الگوریتم تک‌کاناله در تحلیل جزیره حرارتی منطقه شهری. *نشریه سنجش‌ازدور و GIS ایران*، ۱۲ (۳)، ۸۷-۱۰۲. doi:10.2547/gisj.12.3.87
- سوخته‌زاری، سارا (۱۳۹۸). بررسی و پیش‌بینی تغییرات کاربری مکانی و زمانی در شهر جدید هشتگرد با ترکیب سنجش‌ازدور و مدل خودکار مارکوف. *مجله کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش‌ازدور در برنامه‌ریزی*، ۱۰ (۴)، ۷-۲۶. <https://sanad.iau.ir/journal/gisrs/Article/671532?jid=671532>

- صدادتی، عاطفه؛ مداحی، علی؛ طالب‌خواه، حمید (۱۴۰۱). مدل‌سازی و پیش‌بینی روند گسترش و توسعه فیزیکی شهر بجنورد. *پژوهش‌های جغرافیایی انسانی*، ۵۴ (۴)، ۱۵۸۵-۱۵۶۳. doi:10/22059/JHGR.021.329110.1008364
- طاهرخانی، بهنوش؛ یزدانفر، عباس (۱۳۹۹). بررسی و مطالعه حاشیه‌نشینی و پدیده اسکان غیررسمی. *نشاء علم*، ۱۱ (۱)، ۹۲-۱۰۱. doi:20.1001.1.2008935.1399.11.1.9.8
- علوی‌پناه، کاظم (۱۳۹۲). *اصول سنجش‌ازدور نوین و تفسیر تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی*. تهران: موسسه چاپ و انتشارات دانشگاه تهران.
- عیسی‌زاده، وحید؛ آسیایی، شکوفه؛ عیسی‌زاده، اسماعیل (۱۳۹۹). بررسی پایش دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر لندست ۸ و الگوریتم‌های تک‌کاناله و پنجره مجزا (منطقه مورد مطالعه: شهرستان دزفول). *مجله جغرافیا و روابط انسانی*، ۳ (۳)، ۲۵-۸. doi:10.22034/GAHR.2020.259461.1480
- عیسی‌زاده، وحید؛ قنبری، ابوالفضل؛ ولیزاده کامران، خلیل (۱۴۰۰). ارزیابی شاخص‌های طیفی و استخراج عوارض ساخته‌شده و ساخته نشده شهری و مقایسه آن با دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۷ و ۸ مطالعه موردی: شهر تهران. *مجله آمایش جغرافیایی فضا*، ۱۱ (۴)، ۲۳-۳۹. doi:10.0488/GPS.2021.243118.3283
- فاطمی، سید باقر، رضایی، یوسف (۱۳۹۶). *مبانی سنجش‌ازدور*. تهران: آزاده (راهیان ارشد).
- فیضی‌زاده، بختیار؛ دیده‌بان، خلیل؛ غلام‌نیا، خلیل (۱۳۹۵). برآورد دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸ و الگوریتم پنجره مجزا مطالعه موردی: حوضه آبریز مهلباد. *فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی*، ۲۵ (۹۸)، ۱۷۱-۱۸۱. doi.org/10.22131/sepehr.2016.22145
- مقصودی، مهران؛ گنجائیان، حمید؛ حسینی، جواد (۱۳۹۷). ارزیابی کارایی روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده و نظارت‌نشده در پایش ریگزارها (مطالعه موردی: ریگ جازموریان). *نشریه مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، ۸ (۳۲)، ۹۲-۸۱. https://jargs.hsu.ac.ir/article_161472.html
- منصورمقدم، محمد؛ روستا، ایمان؛ زمانی، محمدصادق؛ مختاری، محمدحسین؛ کریمی فیروزجانی، محمد؛ علوی‌پناه، سید کاظم (۱۴۰۰). مطالعه و پیش‌بینی تغییرات دمای سطح زمین شهر یزد: بررسی اثر مجاورت و تغییرات پوشش اراضی. *سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، ۱۲ (۴)، ۲۷-۱. <https://sanad.iau.ir/journal/girs/Article/682083?jid=682083>
- منصورمقدم، محمد؛ روستا، ایمان؛ زمانی، محمدصادق؛ مختاری، محمدحسین؛ فیروزجانی، محمد؛ علوی‌پناه، سید کاظم (۱۴۰۲). بررسی و مدل‌سازی تأثیر و ترکیب و آرایش چشم‌انداز شهر یزد بر دمای سطح زمین با استفاده از یادگیری ماشین و داده‌های لندست-۸ و سنتینل-۲. *نشریه سنجش‌ازدور و GIS ایران*، ۱۵ (۳)، ۱-۲۶. doi:10.48308/gisj.2023.102195
- نادری، حسینعلی (۱۳۸۰). *حماسه بازسازی (نگرشی بر چگونگی بهسازی و ساماندهی حاشیه شهر زاهدان)*. زاهدان: انتشارات شهرداری زاهدان.
- ناصحی، سعیده؛ نوحه‌گر، احمد؛ فرهادی، رضا (۱۴۰۲). سنجش فضای زمانی الگوهای رشد شهری به‌منظور ارائه راهبردهای برنامه‌ریزی پایدار اراضی (نمونه موردی: شهر بندرعباس). *نشریه جغرافیا و پایداری محیطی*، ۱۳ (۴)، ۶۹-۸۳. doi:10.22126/GES.2023.9381.2675
- ناصحی، سعیده؛ یآوری، احمدرضا؛ صالحی، اسماعیل (۱۴۰۱). بررسی ارتباط بین تغییرات شهری با دمای سطح زمین به‌منظور مدیریت جزیره حرارتی شهری (مطالعه موردی: شهر تهران). *نشریه جغرافیا و پایداری محیطی*، ۱۲ (۳)، ۱۰۷-۱۰۳. doi:10.22126/GES.2022.7625.2517
- نجفی، احمد؛ عزیزی قلاتی، سارا؛ مختاری، محمدحسین (۱۳۹۶). کاربرد ماشین بردار پشتیبان در طبقه‌بندی کاربرد اراضی حوزه چشمه کیله-چالکرو. *پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز*، ۸ (۱۵)، ۹۲-۱۰۱. doi:10.29252/jwmr.8.15.92
- نیک‌پور، نورالله؛ نگارش، حسین؛ فتوحی، صمد؛ حسینی، زین‌العابدین؛ بهرامی، شهرام (۱۳۹۷). پایش روند تغییرات شاخص پوشش گیاهی (NDVI)، یکی از مهم‌ترین شاخص‌های تخریب سرزمین (در استان ایلام). *نشریه تحلیل مخاطرات محیطی*، ۵ (۴)، ۲۱-۴۸. doi:10.29.252/jsaeh.5.4.2
- ولی‌زاده کامران، خلیل؛ غلام‌نیا، خلیل؛ عینالی، گلزار؛ مساوی، محمد (۱۳۹۶). برآورد دمای سطح زمین و استخراج جزایر حرارتی با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا و تحلیل رگرسیون چندمتغیره (مطالعه موردی: شهر زنجان). *پژوهش و برنامه‌ریزی شهری*، ۸ (۳۰)، ۳۵-۵۰. doi:20.1001.1.22285229.1396.8.30
- هادیانی، زهره؛ سرگلزایی، صدیقه؛ قاسمی، سجاده؛ کاشفی‌دوست، دیمین؛ پودینه، سجاد (۱۴۰۰). بررسی نقش مشارکت اجتماعی در

زیست‌پذیری شهرها (نمونه موردی: شهر زاهدان). فصلنامه آینده‌پژوهی شهری، ۱ (۱)، ۵۴-۷۱. doi:10.30495/uf.2021.1933363.1007

هاشمی، زهره؛ سودای‌زاده، حمید؛ مختاری، محمدحسین (۱۴۰۰). بررسی رابطه دمای سطح زمین با پوشش گیاهی و رطوبت سطحی در کاربری‌های اراضی منطقه زهک دشت سیستان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست. نشریه سنجش‌ازدور و GIS/ایران، ۱۴ (۱)، ۴۲-۲۱. doi:10.52547/gisj.2021.215345.0

References

- Alavipanah, K. (2012). Principles of modern remote sensing and interpretation of satellite images and aerial photographs. Tehran. Tehran University Printing and Publishing Institute. (In Persian).
- Al-Ruzouq, R., Shanableh, A., Khalil, M., Zeiada, W., Hamad, K., Dabous, S., Gibril, M., Al-Khayyat, G., Kaloush, K., Al-Mansoori, S., & Jena, R. (2022). Spatial and Temporal Inversion of Land Surface Temperature along Coastal Cities in Arid Regions. *Remote Sens.*, 14 (8), 1893. doi.org/10.3390/rs14081893
- Ansari Lari, A., Najafi, I., & Nourbakhsh, F. (2010). Capabilities and geomorphological limitations of the physical development of Ilam city. *Amish Environment*, 4 (15), 1-16. (In Persian). <https://www.sid.ir/paper/130564/en>
- Artis, D. A., Carnahan, W. H., & Carnahan (1982). Survey of Emissivity Variability in Thennography of Urban Areas. *Remote Sensing of Environment*, 12 (4), 313-329. doi.org/10.1016/0034-4257(82)90043-8
- Azhdari, A., Soltani, A., & Alidadi, M. (2018). Urban morphology and landscape structure effect on land surface temperature: evidence from shiraz, a semi-arid city. *Sustainable Cities and Society*. 41, 853-864. DOI:10.1016/j.scs.2018.06.034
- Cetinal, M., Aksoyb, T., Cabukc, N., Kurkuolud, M & Alper, C. (2021). Employing remote sensing technique to monitor the influence of newly established universities in creating an urban development process on the respective cities. *Land use policy*, 109, 105705. doi:10.1016/j.landusepol.2021.105705
- Das, S., & Angadi, D. (2020). Land use-land cover (LULC) Transformation and its Relation with Land Surface Temperature Changes: A Case Study of Barrackpore Subdivision, West Bengal, India. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 19 (2), 1-28. doi:10.1016/j.rsase.2020.100322
- Ebrahimzadeh, I., Brimani, F., & Nasiri, Y. (2013). Marginalization: urban anomalies and its adjustment solutions, case study: Karimabad, Zahedan. *Journal of Geography and Development*, (2)3, 121-146. doi:10.22111/GDIJ.2004.3833. (In Persian).
- Faizizadeh, B., Dehban, K., & Gholamnia, K. (2015). Estimation of land surface temperature using Landsat 8 satellite images and separate window algorithm, case study: Mahabad watershed. *Geographical Information Scientific-Research Quarterly*, 25 (98), 171-181. doi.org/10.22131/sepehr.2016.22145. (In Persian).
- Fatemi, B., & Rezaei, Y. (2016). Basics of remote sensing. Tehran. Azadeh (Rahian Arshad). (In Persian).
- Guo, Z., Wang, S.D., Cheng, M. M., & Shu, Y. (2012). Assess the effect of different degrees of urbanization on land surface temperature using remote sensing images, *Procedia Environmental Sciences*, 13, 935-942. doi:10.1016/j.proenv.2012.01.087.
- Hadiani, Z., Sargolzaei, S., Ghasemi, S., Kashfi Dost, D., & Pudina, S. (2021). Examining the role of social participation in the livability of cities (case example: Zahedan city). *Future Research Quarterly*, 1 (1), 71-54. doi: 10.30495/uf.2021.1933363.1007. (In Persian).
- Hashemi, Z., Sodayzadeh, H., & Mokhtari, M. H. (2021). Investigating the relationship between ground surface temperature, vegetation cover and surface moisture in the land uses of Zahak Dasht Sistan using Landsat satellite images. *Iranian Remote Sensing and GIS Journal*, 14 (1), 21-42. doi:10.52547/gisj.2021.215345.0. (In Persian).
- Hataminejad, H., Manochehri Miandoab, A., & Farji Melai, Amin (2018) Analysis of the quality of life of villages integrated into the city. *Geography and Regional Development journal*, 9 (1), 219-243. doi:10.22067/geography.V9i16.11036.

- Hemba, Stephe, Enoch, T., Iortyom, Orimoleye I., Ropo, Dam P., & D aniel. (2017). Analysis of the Physical Growth and Expansion of Makurdi Town Using Remote Sensing and GIS Techniques. *Imperial Journal of Interdisciplinary Research (IJIR)*, 3 (7), 2454-1362.
- Isazadeh, V., Asiabi, S., & Iszadeh, I. (2019). Investigating earth surface temperature monitoring using Landsat 8 images and single channel and separate window algorithms (Study area: Dezful city). *Journal of Geography and Human Relations*, 3 (3), 8-25. doi:10.22034/GAHR.2020.259461.1480. (In Persian).
- Isazadeh, V., Qanbari, A., & Valizadeh, K. (2021). Evaluation of spectral indices and extraction of built and unbuilt urban features and comparing it with the temperature of the earth's surface using Landsat 7 and 8 satellite images, case study: Tehran. *Journal of Space Geographical Research*, 11 (4), 23-39. doi:10.30488/GPS.2021.243118.3283. (In Persian).
- Ismaili, S. (2022). The application of GIS thermal remote sensing in evaluating the spatial distribution of ground surface temperature in urban environments (Tabriz city). *Journal of application of remote sensing and GIS in environmental sciences*. 1 (3), 1-23. https://rsgi.tabrizu.ac.ir/article_15374.html. (In Persian).
- Jamshid Zahi Shah Bakhsh, O., & Ghanbari, S. (2019). Urban creep and physical-spatial transformations of Pirasher Zahedan settlements. *Journal of Development of Suburban Spaces*, 2 (1), 85-104. doi: 20.1001.1.26764164.1399.2.1.6.3. (In Persian).
- Jiang Y., Fu P., & WengQ. (2015). Assessing the Impacts of Urbanization-Associated Land Use/Cover Change on Land Surface Temperature and Surface Moisture: A Case Study in the Midwestern United States. *Remote Sens*. 2015, 7 (4), 4880-4898. doi:10.3390/rs70404880
- Mansourmoghaddam, M., Rousta, I., Ghafarian Malamiri, H., Sadeghnejad, M., & Krzyszcak, J. Ferreira, CSS. (2024). Modeling and Estimating the Land Surface Temperature (LST) Using Remote Sensing and Machine Learning (Case Study: Yazd, Iran). *Remote Sensing*, 16 (3), 454. doi:10.3390/rs16030454.
- Mansourmoghaddam, M., Rousta, I., Ghaffarian, H., & Mokhtari, M. H. (2022). Evaluating the capability of spatial and spectral fusion in land-cover mapping enhancement. *Earth Observation and Geomatics Engineering*, 6 (1). doi:10.22059/EOGE.2022.348987.1125
- Mansourmoghaddam, M., Rousta, I., Olafsson, H., Tkaczyk, P., Chmiel, S., Baranowski, P., & Krzyszcak, J. (2023). Monitoring of Carbon Monoxide (CO) changes in the atmosphere and urban environmental indices extracted from remote sensing images for 932 Iran cities from 2019 to 2021. *International Journal of Digital Earth*, 16 (1), 1205-1223. doi: 10.1080/17538947.2023.2196445
- Mansourmoghaddam, M., Rusta, I., Zamani, M. S., Mokhtari, M. H., Karimi Firouzjani, M., & Alavi Panah, K. (2021). Studying and predicting changes in ground surface temperature in Yazd city: investigating the effect of proximity and changes land cover. *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 12 (4), 1-27. <https://sanad.iau.ir/journal/girs/Article/682083?jid=682083>. (In Persian).
- Mansourmoghaddam, M., Rusta, I., Zamani, M. S., Mokhtari, M. H., Firouzjaei, M. F., & Alavi Panah, K. (2023). Investigating and modeling the effect and composition of Yazd landscape on the surface temperature using machine learning and Landsat-8 and Sentinel-2 data. *Iranian Journal of Remote Sensing and GIS*, 15 (3), 1-26. doi.org/10.48308/gisj.2023.102195. (In Persian).
- Maqsoudi, M., Ganjaian, H., & Hosseini, J. (2017). Evaluating the efficiency of supervised and unsupervised classification methods in the monitoring of detectors (case study: Rig Jazmurian). *Journal of Geographical Studies of Dry Areas*, 8 (32), 81-92. https://jargs.hsu.ac.ir/article_161472.html. (In Persian).
- Naderi, H. A., (2001). The saga of reconstruction (view on how to improve and organize the outskirts of Zahedan city). Zahedan. Zahedan Municipal Publications. (In Persian).
- Najafi, A., Azizi Qalati, S., & Mokhtari, M. H. (2016). The application of support vector machine in the land use classification of Kileh-Chalkrod basin. *Watershed management research paper*. 8 (15), 92-101. doi:10.29252/jwmr.8.15.92. (In Persian).
- Nasehi, S., Nohagar, A., & Farhadi, R. (2023). Measuring the time space of urban growth patterns in order to provide sustainable land planning strategies (case example: Bandar Abbas city).

- Journal of Geography and Environmental Sustainability*, 13 (4), 69-83. doi:10.22126/GES.2023.9381.2675. (In Persian).
- Nasehi, S., Yaori, A. R., & Salehi, I. (2022). Investigating the relationship between urban changes and ground surface temperature in order to manage the urban heat island (case study: Tehran). *Jaghar magazine efia and environmental sustainability*, 12 (3), 103-107. doi:10.22126/GES.2022.7625.2517. (In Persian).
- Nikpour, N, Negaresh, H, Fatuhi, S, Hosseini, Z. A., & Bahrami, S. (2017). Monitoring the change trend of vegetation index (NDVI), one of the most important indicators of land degradation (in Ilam province). *Journal of Environmental Risk Analysis*, 5 (4), 21-48. doi:10.29.252/jsaeh.5.4.2. (In Persian).
- Ranjbar, A., Wali, A. A., Makram, M., & Taripanah, F. (2018). Investigating the temporal-spatial changes of vegetation cover and its response to environmental factors in the north of Fars province, Iran. *Iranian Remote Sensing and GIS Journal*, 11 (4), 61-82. doi:10.52547/gisj.11.4.61. (In Persian).
- Rousta I., Sarif M., Gupta R., Olafsson H., Ranagalage M., Murayama Y., Zhang H., & Mushore TD. (2018). Spatiotemporal analysis of land use/land cover and its effects on surface urban heat island using Landsat data: A case study of Metropolitan City Tehran (1988–2018). *Sustainability*, 10 (12), 4433. doi:org/10.3390/su10124433
- Rusta, Z., Manouri, M., Darvishi, M., Falahati, F., & Maruti, M. (2012). Evaluation of the physical development process of Shirazo city and the impact of physiographic conditions on the process of land use changes. *Journal of Geography and Environmental Planning*, 24 (1), 183-200. doi:20.1001.1.20085362.1392.24.1.14.9. (In Persian).
- Sedaghati, A., Madhaghi, A., & Talebkah, H. (2022). Modeling and forecasting the process of expansion and physical development of Bojnord city. *Human Geography Research*, 54 (4), 1563-1585. doi.10.22059/JHGR.2021.329110.1008364. (In Persian).
- Sokhtehzari, S. (2018). Investigating and predicting spatial and temporal land use changes in the new city of Hashtgerd by combining remote sensing and automatic Markov model. *Journal of Application of Geographical Information System and Remote Sensing in Planning*, 10 (4), 7-26. <https://sanad.iau.ir/journal/gisrs/Article/671532?jid=671532>. (In Persian).
- Soleimani, K., Rouhani Qadiklai, F., Shabani, M., & Rouhani Qadiklai, M. (2019). Using single-channel algorithm in heat island analysis of urban area. *Iranian Remote Sensing and GIS Journal*, 12 (3), 87-102. doi:10.52547/gisj.12.3.87. (In Persian).
- Taherkhani, B., & Yazdanfar, A. (2019). Investigation and study of marginalization and the phenomenon of informal settlement. *Nasha Alam*, 11 (1), 92-101. doi.20.1001.1.2008935.1399.11.1.9.8. (In Persian).
- Valizadeh K. Khalil, Gholamnia, K., Ainali, G., & Mevis, M. (2016). Estimating the surface temperature of the earth and extracting thermal islands using a separate window algorithm and multivariate regression analysis (case study: Zanjan city). *Urban research and planning*, 8 (30), 35-50 doi:20.1001.1.22285229.1396.8.30. (In Persian).
- Zairi Amirani, A., & Sufianian, A. (2012). Revealing changes in impervious surfaces in urban areas, a case study: Isfahan city. *National Geomatics Conference*. <https://sid.ir/paper/894431/fa>. (In Persian).
- Zangiabadi, A., Nastern, M., & Kamali Baghbrahi, I. (2014). Analyzing the process and method of physical-physical development of Kerman city from its beginning until now". *Journal of Urban Area Studies of Shahid Bahonar University of Kerman*, 2 (4), 23-42. doi:10.22103/JUAS.2017.1818. (In Persian).
- Zha, Y., Gao, J., & Ni, S. (2003). Use of Normalized Difference Built-up Index in automatically mapping urban areas from TM imagery. *Journal of Remote sensing*, 24 (3), 583-594. doi:10.1080/01431160304987.

