



Measuring and evaluating urban sprawl using satellite images and Landscape metrics in Iraq Country (Case study: Al-Diwaniyahcity)¹

Haider Karim Badr Al-Murshidi¹, Mirnajaf Mousavi^{*2}, Ayoub Manouchehri³, AliReza Jamshidi³

1- PhD Student in Land Use Planning, Department of Geography, Faculty of Literature and Humanities, Urmia University Campus, Urmia, Iran

2- Professor, Department of Geography, Faculty of Literature and Humanities, Urmia University, Urmia, Iran

3- Assistant Professor, Department of Geography, Faculty of Literature and Humanities, Urmia University, Urmia, Iran

Received Date: 31 December 2024

Accepted Date: 28 February 2025

Abstract

Background and Objective: Urbanization is a global trend that significantly impacts sustainable urban development and the quality of urban life. Assessing urban sprawl is critical for sustainable urban planning and aligns with the key objectives of the United Nations sustainable development goals. The present descriptive-analytical study aims to identify and measure the intensity of urban sprawl in the city of Al-Diwaniyah, Iraq.

Methodology: Using geographic technology and landscape indicators, the study assesses, maps, and quantifies the extent of urban sprawl in Al-Diwaniyah from 1990 to 2024. Therefore, to achieve the desired goal, a supervised machine learning algorithm using a support vector machine (SVM) along with landscape criteria was used. In this regard, first, satellite images for the years 1990, 2000, 2011, 2020, and 2024 were extracted using the Landsat satellite and classified and changes were revealed using the SVM algorithm in ENVI4.8 software. Also, by applying landscape metrics using Fragstats 4.2 software, urban sprawl in the city of Al-Diwaniyah was examined and extracted.

Findings and Conclusion: The results showed that the amount of construction in Al-Diwaniyah city increased from 2069 hectares in 1990 to 4420 hectares in 2024 during the 34-year study period. In other words, the city witnessed a growth of 113.6%. The study also discovered through landscape criteria that all forms of urban sprawl, leapfrog, infill, strip/ribbon, and low density development characterize the urban sprawl pattern in Diwaniyah.

Keywords: Urban sprawl, Land cover changes, Support vector machine, Landscape metrics, Al-Diwaniyah.

¹ This article is an extracted from a Ph.D Thesis titled "Explaining the Relationship Between Urban Sprawl and Livability in Iraq (Case Study: Diwaniyah City)," first author, supervisors: second and third authors, advisor: fourth author, Urmia University, Urmia, Iran.

* **Correspong Author Email:** mousavi424@yahoo.com

Cite this article: Karim Badr Al-Murshidi, H., Mousavi, M., Manouchehri, A. and Jamshidi, A. (2025). Measuring and evaluating urban sprawl using satellite images and Landscape metrics in Iraq Country (Case study: Al-Diwaniyahcity). *Journal of Sustainable Urban & Regional Development Studies (JSURDS)*, 6(3), 199-215.



سنجش و ارزیابی پراکنده رویی شهری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و شاخص‌های چشم‌انداز در کشور عراق (مطالعه موردی: شهر دیوانیه)^۱

حیدر کریم بدر المرشدی^۱، میرنجف موسوی^{۲*}، ایوب منوچهری^۳، علی‌رضا جمشیدی^۳

۱- دانشجوی دکتری برنامه‌ریزی آمایش سرزمین، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، پردیس دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۲- استاد گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۳- استادیار گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۱۰

چکیده

زمینه و هدف: شهرنشینی یک روند جهانی است که به طور قابل توجهی بر توسعه پایدار شهری و کیفیت زندگی شهری تأثیر می‌گذارد. ارزیابی پراکنده رویی شهری برای برنامه‌ریزی شهری پایدار حیاتی است و با اهداف کلیدی اهداف توسعه پایدار سازمان ملل متحد همسو است. هدف از پژوهش حاضر که از نوع توصیفی-تحلیلی است، شناسایی و سنجش شدت پراکنده‌رویی شهری در شهر دیوانیه از کشور عراق با استفاده از فناوری جغرافیایی و شاخص‌های چشم‌انداز برای ارزیابی، نقشه‌برداری و کمی کردن گستره پراکنده رویی شهری در دیوانیه از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۴ می‌باشد.

روش‌شناسی: لذا برای دستیابی به هدف مورد نظر، از الگوریتم یادگیری ماشین نظارت شده توسط ماشین بردار پشتیبان (SVM) همراه با معیارهای چشم‌انداز استفاده شده است. در این راستا ابتدا تصاویر ماهواره‌ای مربوط به سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۱، ۲۰۲۰ و ۲۰۲۴ به کمک ماهواره Landsat استخراج و با استفاده از الگوریتم SVM در نرم‌افزار ENVI4.8 طبقه‌بندی و تغییرات آشکار شدند. همچنین، با کاربست متریک‌های چشم‌انداز با استفاده از نرم‌افزار Fragstats 4.2، پراکنده‌رویی شهری در شهر دیوانیه بررسی و استخراج شد.

یافته‌ها و نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد، میزان ساخت در شهر دیوانیه در دوره مطالعه ۳۴ ساله، از ۲۰۶۹ هکتار در سال ۱۹۹۰ به ۴۴۲۰ هکتار در سال ۲۰۲۴ رسیده است. به عبارتی این شهر شاهد رشد ۱۱۳/۶ درصد بوده است. این مطالعه همچنین از طریق معیارهای چشم‌انداز کشف کرد که الگوی پراکنده رویی شهری در دیوانیه با همه اشکال پراکنده رویی شهری، یعنی جهش، پر کردن، نوار/روبان، و توسعه کم تراکم مشخص می‌شود.

واژگان کلیدی: پراکنده‌رویی شهری، تغییر پوشش زمین، ماشین بردار پشتیبان، شاخص‌های چشم‌انداز، دیوانیه.

^۱ این مقاله مستخرج از رساله دکتری تحت عنوان "تبیین رابطه پراکنده رویی شهری و زیست پذیری در کشور عراق (مطالعه موردی: شهر دیوانیه)، نویسنده اول، استادان راهنما: نویسنده دوم و سوم، استاد مشاور: نویسنده چهارم دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران است.

*نویسنده مسئول: mousavi424@yahoo.com

ارجاع به این مقاله: کریم بدر المرشدی، حیدر، موسوی، میرنجف، منوچهری، ایوب و جمشیدی، علیرضا. (۱۴۰۴). ۱۵. سنجش و ارزیابی پراکنده رویی شهری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و شاخص‌های چشم‌انداز در کشور عراق (مطالعه موردی: شهر دیوانیه). فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه‌ای، ۶(۳)، ۱۹۹-۲۱۵.

مقدمه و بیان مسأله

جهان از زمان انقلاب صنعتی به بعد شهرنشینی سریعی را تجربه کرده و تا سال ۲۰۲۰، ۵۶ درصد از جمعیت جهان در مناطق شهری زندگی می‌کنند. سازمان ملل (۲۰۱۹) پیش‌بینی می‌کند که این رقم تا سال ۲۰۵۰ تا ۶۸ درصد افزایش خواهد یافت و بیش از ۹۰ درصد از این رشد در آسیا و آفریقا رخ خواهد داد. لازم به ذکر می‌باشد، شهرنشینی تجربه شده توسط کشورهای آسیایی در حال ظهور، مانند کره جنوبی، چین، هند و ویتنام، متفاوت از حومه‌نشینی کشورهای غربی بوده و رخ می‌دهد. حومه‌نشینی غربی شامل انتشار کم تراکم متمرکز بر خانه‌های حومه شهر با انگیزه افزایش درآمد است، شهرنشینی در اکثر کشورهای نوظهور با پراکندگی تراکم بالا که توسط افزایش شدید جمعیت شهری ایجاد می‌شود، مشخص می‌شود (UN, 2019: 1).

برای ایجاد رشد سریع اقتصادی، اکثر کشورهای نوظهور به دنبال توسعه نامتوازن مراکز رشد جهت تمرکز منابع بر شهرهای مرکزی بوده‌اند و جمعیت روستایی به سرعت در مناطق شهری به دنبال شغل جمع شده‌اند. از طریق این فرآیند، سیاست‌ها و سیستم‌های برنامه‌ریزی شهری ناپایدار برخی از کشورها منجر به پراکندگی شهری نابسامان و ناکارآمد شده و چالش‌های سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی را به وجود آورده است (Mun et al., 2022: 2).

رشد جمعیت در شهرهای بزرگ، نگرانیهای زیادی را در مورد تواناییهای آینده برای رفع مشکلات اساسی آنها ایجاد کرده است (جمینی و همکاران، ۱۴۰۰). گسترش سریع شهری و پراکندگی اغلب باعث نابرابری فضایی چند بعدی و نابرابری های منطقه ای می‌شود (Wei and Ewing, 2018). به عنوان مثال، مطالعات قبلی نشان داده است که پراکندگی اثرات منفی اقتصادی، از جمله افزایش شکاف درآمد، کاهش کیفیت شغل، و همچنین به دلیل شکاف بین افراد غنی و فقیر باعث جدایی فضایی شده و خواهد شد (Chapple, 2018; Guo et al., 2019). از طرفی دیگر، نتایج مطالعات مختلف فرضیه عدم تطابق فضایی را تایید کرده، و بیان می‌کند که جداسازی فضایی منجر به نابرابری دستمزد می‌شود (Mun et al., 2022: 2). لازم به توضیح بوده که از دیدگاه اجتماعی، تأیید شده پراکندگی منجر به نابرابری در آموزش، مهاجرت و دسترسی به خدمات عمومی شده است (Frenkel and Israel, 2018; Ewing et al., 2016). این نابرابری‌ها در جوامعی با نابرابری‌های نژادی و جنسیتی شدیدتر است (McLafferty and Preston, 1992). همچنین، مشخص شده که پراکندگی اثرات زیست محیطی منفی دارد، از جمله از بین رفتن فضاهای باز شهری، بدتر شدن کیفیت هوا، تخریب سیستم‌های اکولوژیکی و افزایش دمای سطح (Bereitschaft and Debbage, 2013; Stone et al., 2010; Stone, 2008).

لازم به ذکر است که بسیاری از برنامه‌ریزیان و متخصصان در حوزه شهری به ویژه از دهه هفتاد میلادی به بعد، بیشتر در مباحث خود بخش هزینه‌های اقتصادی و اجتماعی پراکنده‌رویی شهری را مورد توجه قرار داده و حتی دلایل توجه خود به این موضوع را به دلایل ذکر شده منوط کرده‌اند (نیک‌پور و یاراحمدی، ۱۴۰۱: ۱۹۰). بر این اساس، به نقل از باتا (۲۰۱۰) اتنسن، پراکنده رویی شهری را نوعی گسترش پخش شده در توسعه‌های جدید به شمار می‌آورد که این توسعه از سایر مناطق شهری جدا بوده و در اراضی خالی و بایر شهری به ویژه در حومه شهر اتفاق می‌افتد (Bhatta, 2010: 54). همچنین، مطابق با دیدگاه لادو، پراکنده روی شهری عبارت است گسترش فیزیکی ولی کم تراکم شهری که عمدتاً در اطراف و در درون اراضی کشاورزی می‌باشد (Tian et al, 2017: 428). به نقل از کوبیناه (۲۰۱۷)، باسو و چاکرابورتی نیز پراکنده رویی شهری را توسعه فیزیکی مسکن شهری در مناطق کم تراکم و عمدتاً به سمت حومه و نواحی روستایی اطراف شهر که در فواصلی بیشتری از مرکز شهر قرار دارند، می‌داند (Cobbinah and Aboagye, 2017: 134). براساس آنچه که گفته شد، گسترش شهری یکی از پیامدهای اصلی دگرگونی‌های ناشی از تجمع جمعیت در مراکز شهری است (Mosammam et al. 2017; Xu et al. 2019). اگرچه به طور کلی "رشد نامحدود مسکن در بسیاری از مناطق شهری، توسعه تجاری و جاده‌ها در اراضی با قطعات بزرگ، با نگرانی کمی برای برنامه‌ریزی شهری" اشاره دارد (Fouberg et al., 2012)، اما توسط محققان مختلف برای منعکس کننده هدف مطالعات مربوطه آنها تعریف شده است. در حال حاضر، رشد جمعیت شهری در سرتاسر جهان به‌عنوان عامل مستقیماً مسئول نرخ بی‌سابقه گسترش شهرها در شهرهای جنوب جهان در نظر گرفته می‌شود (Shao et al., 2021).

با افزایش جمعیت یک مرکز شهری، نیاز آن به زیرساخت‌هایی مانند حمل و نقل، آب، فاضلاب و امکاناتی مانند مسکن، تجارت، بهداشت، مدارس و تفریح افزایش می‌یابد که اغلب منجر به پدیده‌ای به نام گسترش یا پراکنده‌روی شهری می‌شود (Fenta et al., 2019; Sumari et al., 2017; Tanveer et al., 2017). با توجه به افزایش سریع سطح شهرنشینی در اکثر کشورهای جهان از سال ۱۹۵۰ (UN, 2018)، نظارت و تجزیه و تحلیل گسترش شهری به موضوعی محبوب در کاربردهای علوم زمین در مناطق مختلف در سراسر جهان تبدیل شده است (Zhang et al., 2019).

گسترش افقی شهر که اصطلاحاً پراکندگی یا پراکنده رویی نامیده می‌شود، پدیده‌ای است که در نیم قرن اخیر نه تنها در کشورهای توسعه یافته بلکه در کشورهای در حال توسعه نیز اتفاق افتاده است (مختاری ملک آبادی و همکاران، ۱۳۹۱: ۹۴). این امر سبب شده است که شهرها به صورت افقی گسترش یابند و پیامدهای ناگوار زیادی را برای شهرها پدید آورده است (عابدینی و خلیلی، ۱۳۹۶: ۶۴). لذا، به منظور شناسایی، سنجش و تجزیه و تحلیل درک فرایند پراکنده رویی شهری به تکنیکها و استراتژیهای نوآورانه نیاز می‌باشد (Taubenböck, 2009).

هدف از این مطالعه ارزیابی، شناسایی، نقشه‌برداری، نظارت و تعیین کمیت تغییرات پوشش زمین در شهر دیوانیه از کشور عراق از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۴ است. معیارهای چشم‌انداز ترکیب، پیکربندی و اتصال تکه‌های کاربری زمین را مشخص می‌کنند. این رویکرد به دو سؤال کلیدی پژوهش می‌پردازد: پوشش زمین در طول زمان چگونه تغییر کرده است؟ عوامل ایجاد تغییرات پوشش زمین چیست؟ استفاده از معیارهای چشم‌انداز برای تجزیه و تحلیل پیکربندی، اتصال، و ترکیب، بینش‌هایی را در مورد پویایی، وسعت، درجه و نوع پراکندگی شهری در دیوانیه عراق ارائه می‌دهد.

مبانی نظری

پراکندگی شهری، که به طور گسترده در برنامه‌ریزی و توسعه شهری مورد مطالعه قرار گرفته است، با گسترش بی‌نظم در مناطق مسطح شهری مشخص می‌شود که اغلب منجر به توسعه کم تراکم می‌شود. یوینگ (۲۰۰۸) گسترش را با استفاده از عباراتی مانند پراکنده، جهشی، نوار یا روبان، و توسعه مداوم با چگالی کم توصیف کرد. بروکنر (۲۰۰۰) آن را رشد فضایی بیش از حد شهرها تعریف کرد. این توصیفات ماهیت چند وجهی پراکندگی را برجسته می‌کند و بر پیچیدگی آن و چالش‌هایی که برای برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران شهری ایجاد می‌کند تأکید می‌کند (Mun et al., 2024: 2).

پراکندگی یک مفهوم دوجهی نیست، بلکه در یک طیف قرار داشته، و درجات مختلفی از مناطق مختلف شهری را که بر اساس الگوهای توسعه منحصر به فرد و سیاست‌های برنامه‌ریزی شهری نشان می‌دهند. اوینگ (۲۰۰۸) اشاره کرد که "پراکندگی یک موضوع درجه‌بندی شده است"، و پیشنهاد می‌کند که انواع توسعه، مانند پراکنده یا چند مرکزی، در یک پیوستار وجود دارند نه به عنوان دسته‌های متمایز. طبقه بندی پراکندگی هم به الگوی فیزیکی و هم به اثرات توسعه در طول زمان بستگی دارد، که نشان می‌دهد درک پراکندگی با تغییر چشم‌اندازهای شهر و چالش‌های شهری تکامل می‌یابد. به صورت کلی می‌توان گفت، علل و پیامدهای گسترش شهری متفاوت است. علل عبارتند از افزایش درآمد، کاهش هزینه‌های زیرساختی، سفر و ازدحام بیش از حد، ناکارآمدی انرژی، تخریب محیط‌زیست، از دست دادن زمین‌های کشاورزی و به خطر افتادن سلامت است (Lopez, 2004). با این حال، برخی استدلال می‌کنند که ترافیک و آلودگی هوا نیز مسائل مهمی در مناطق پرجمعیت مرکز شهر هستند و انتخاب فردی و برابری باید در نظر گرفته شود (گوردون و ریچاردسون، ۲۰۰۰).

از دهه ۲۰۰۰، تلاش‌ها برای تعیین کمیت پراکندگی شهری بر معیارهای فضایی که الگوهای کاربری زمین در مناطق شهری را توصیف می‌کند، متمرکز شده است. این مطالعه یک شاخص ترکیبی برای توضیح جنبه‌های مورفولوژیکی پراکندگی، از جمله تراکم، مداوم، مجاورت، مرکزیت، پیچیدگی، تخلخل، و خوشه‌بندی در مناطق شهری ایجاد می‌کند (Huang et al., 2007). آمار فضایی جنبه‌های عملکردی پراکندگی را با استفاده از شاخص‌های اجتماعی-اقتصادی که جمعیت، اشتغال، ترافیک، شبکه‌های خیابانی، مصرف منابع

زمین، کارایی استفاده از زمین، کیفیت زندگی، و فعالیت را پوشش می‌دهد، توصیف می‌کند (Hamidi et al., 2015). همچنین، شاخص آنتروپی پراکندگی شهری را از طریق روش‌های سنجش از دور اندازه‌گیری می‌کند و ارزیابی شهودی توزیع فضایی را با بررسی تراکم و پراکندگی تسهیل می‌کند (Bhatta et al., 2010b). محققانی مانند Yeh and Li (2001) و Bhatta et al. (2010a) از این رویکرد برای تحلیل پراکندگی در مناطق مختلف استفاده کرده‌اند.

پیشینه پژوهش

اسماعیل پور (۱۳۹۰) در مطالعه‌ای با هدف بررسی تاثیر رشد پراکنده بر نابودی اراضی کشاورزی صفاشهر و راهبردهای تعدیل آن نشان داد، صفاشهر طی چند دهه اخیر دچار رشد پراکنده شهری شده و این پدیده زمینه نابودی ۷۸ هکتار از اراضی کشاورزی را در طی سال‌های ۱۳۶۹ - ۱۳۸۱ فراهم کرده است. علاوه بر این، طی همین دوره از میزان اراضی کشاورزی کلاس‌های خیلی خوب، خوب و متوسط شهر به شدت کاسته شده و در مقابل به میزان قابل ملاحظه‌ای بر مساحت اراضی کلاس ضعیف افزوده شده است. سرانجام اینکه، از مساحت اختصاص یافته به کلاس حرارتی خیلی خنک و خنک شهر کاسته شده و در مقابل بر کلاس حرارتی گرم و به ویژه خیلی گرم افزوده شده است.

عابدینی و خلیل (۱۳۹۶) در مطالعه‌ای با هدف شناسایی و سنجش شدت پراکنده‌روی شهری در شهر ارومیه با استفاده از شاخص‌های چشم‌انداز نشان دادند پراکنده‌روی شهری در شهر ارومیه در بازه زمانی ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۰ روندی کاهشی داشته و از این دوره تا به امروز روند افزایشی را پیموده است.

ستاری و همکاران (۱۳۹۹) در مطالعه‌ای به بررسی ارزیابی پراکنده‌روی و تغییرات کاربری اراضی کلان‌شهر تهران در دوره‌های مختلف و تغییر کاربری نسبت به همدیگر پرداختند. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل اطلاعات نشان می‌دهد تغییر کاربری طبیعی به کاربری‌های ساخته‌شده روند رو به گسترشی داشته، به طوری که این اراضی در سال ۱۳۵۳ از ۹ درصد به ۵۴ درصد در سال ۱۳۹۷ افزایش یافته است و با توجه پیش‌بینی در سال ۱۴۱۰، اراضی ساخته‌شده به ۶۲ درصد از کل مساحت می‌رسد، که شدت بحران زیست‌محیطی نشان را می‌دهد همچنین کاربری بایر با ۷۱ درصد و پوشش گیاهی با ۲۸ درصد بیشترین کاهش را به سمت کاربری ساخته‌شده داشتند و بیشترین درصد تغییرات را در زمین‌های مفید شهر تهران (اراضی آبی و اراضی پوشش گیاهی) می‌باشد، و اراضی دیگر با رشد منفی کندتری نسبت به این دو کاربری شاهد تغییر هستند که نشان از شدت بحران‌های زیست‌محیطی در آینده دارد. رستمی و همکاران (۱۴۰۰) در مطالعه‌ای با هدف تحلیل فضایی پراکنده‌روی شهری با استفاده از GIS و مدل هلدن در شهر بستک از استان هرمزگان نشان دادند که طرح‌های تفکیکی بین سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۹ موجب پراکنده‌روی این شهر گردیده و همچنین دو نوع پراکنده‌روی انشعاب خطی و خوشه‌ای مشاهده شده است. در پایان نیز پیشنهادهایی هم‌چون؛ جلوگیری و مقابله با سوداگران و بورس بازان، استفاده و بهره‌برداری از مناطق بلااستفاده‌ی درون بافت، تشویق عموم به سازندگی با تراکم بالا، انبوه‌سازی و عمودسازی با اختصاص وام و تسهیلات به آن برای جلوگیری و کنترل این پدیده در شهر بستک ارائه شده است.

ارخی (۱۴۰۴) در مطالعه خود به بررسی و مدل‌سازی و پیش‌بینی رشد شهری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و مدل CA-Markov در شهر گرگان پرداخت. نتایج این مطالعه نشان داد، بیشترین افزایش کاربری‌ها مربوط به کاربری‌های شهری (کاربری‌های ساخته شده) است که از رقم ۶۰۰۵/۷۹ در سال ۱۴۰۰ به رقم ۷۱۴۱/۶۶ هکتار در سال ۲۰۵۰ خواهد رسید. بر اساس نتایج این پژوهش، رشد شهر گرگان طی سال‌های آینده به سمت زمین‌های زراعی در پیرامون شمال، شمال غربی و شمال شرقی خواهد رفت.

پولیدورو^۱ و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای با هدف بررسی اثرات محیطی پراکنده‌روی شهری در شهر لندنرا و پارانا در کشور برزیل نشان داده‌اند، سیاست‌های عمومی مسکن و تحولات بزرگ صنعتی و تجاری در طول ده‌های گذشته باعث بوجود آمدن پدیده جدیدی به اسم پراکنده‌روی شهری شده و این عامل علاوه بر اینکه باعث افزایش مسئولیت دولت شده، تاثیرات زیست محیطی سنگینی همانند

^۱ Polidoro

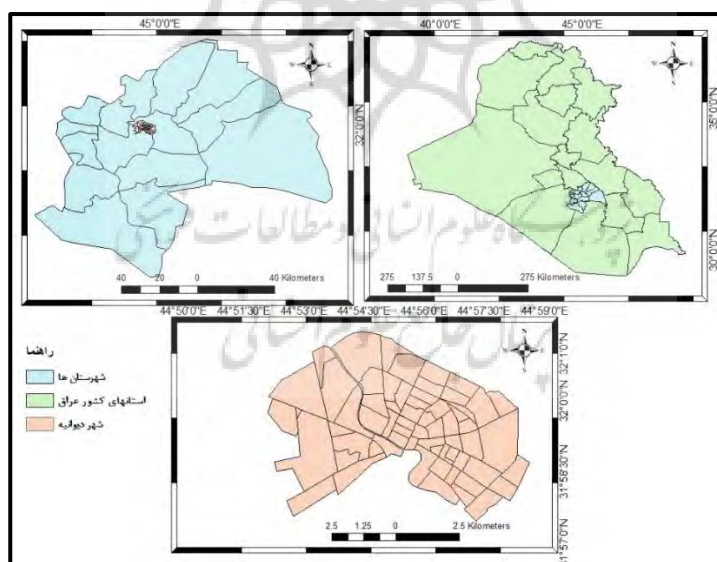
کمبود زیرساخته‌ها، کیفیت آب آشامیدنی، آلودگی هوا و عواملی دیگر بر ساکنان این مناطق در مناطق مختلف شهری و روستایی داشته است.

ژنگ^۱ و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه خود به بررسی گسترش افقی و عمودی در سه شهر پکن، سئول و توکیو در غرب آسیا پرداختند. در این مطالعه از اطلاعات سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۰ استفاده شده است. نتایج این مطالعه نشان داد که در سه شهر مورد مطالعه گسترش افقی زیادی وجود داشته و بالاترین گسترش افقی مربوط به شهر پکن با مساحت ۲۰/۷ کیلومتر مربع بوده است. همچنین، در این مطالعه نشان داد شد به دلایل مختلفی از جمله اینکه شهرهای مورد مطالعه به لحاظ وضعیت توسعه در یک سطح نیستند، دارای الگوهای متفاوت رشد بوده‌اند. از طرفی دیگر نتایج این مطالعه نشان داد که در هر سه شهر مورد مطالعه رشد در ابتدا به صورت افقی و پراکنده رویی بوده و بعد در مناطق توسعه یافته تر رشد به صورت عمودی ادامه پیدا کرده است.

سیتوله^۲ و همکاران (۲۰۲۴) در مطالعه‌ای با استفاده از فناوری جغرافیایی و معیارهای چشم‌انداز برای ارزیابی، نقشه‌برداری و کمی کردن گستره پراکندگی شهری در Bulawayo از سال ۱۹۸۴ تا ۲۰۲۲ پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد شهر Bulawayo چهار نوع پراکندگی شهری را نشان می‌دهد: جهشی، نوار/روبان، تراکم کم، و پرکننده. گسترش شهری به شهرنشینی و سیاست کاربری زمین در حال تحول نسبت داده می‌شود. گسترش شهری پیامدهای برنامه ریزی شهری متعددی بر مدیریت حمل و نقل، از بین رفتن زیستگاه و جنگل زدایی، کاهش و آلودگی منابع آب شیرین و بسیاری موارد دیگر دارد. این مطالعه برای برنامه ریزان، محققان و تصمیم‌گیرندگان/سیاست‌گذاران استراتژیک است زیرا اطلاعات مرتبط، به روز و دقیقی را برای برنامه ریزی شهری پایدار ارائه می‌دهد.

شناخت محدوده مورد مطالعه

دیوانیه شهری در استان قادسیه کشور عراق است که در سرشماری سال ۲۰۰۸ میلادی، ۴۶۶ ۸۰۰ نفر جمعیت داشته است. این شهر در ۱۸۰ کیلومتری از شهر بغداد واقع شده است.



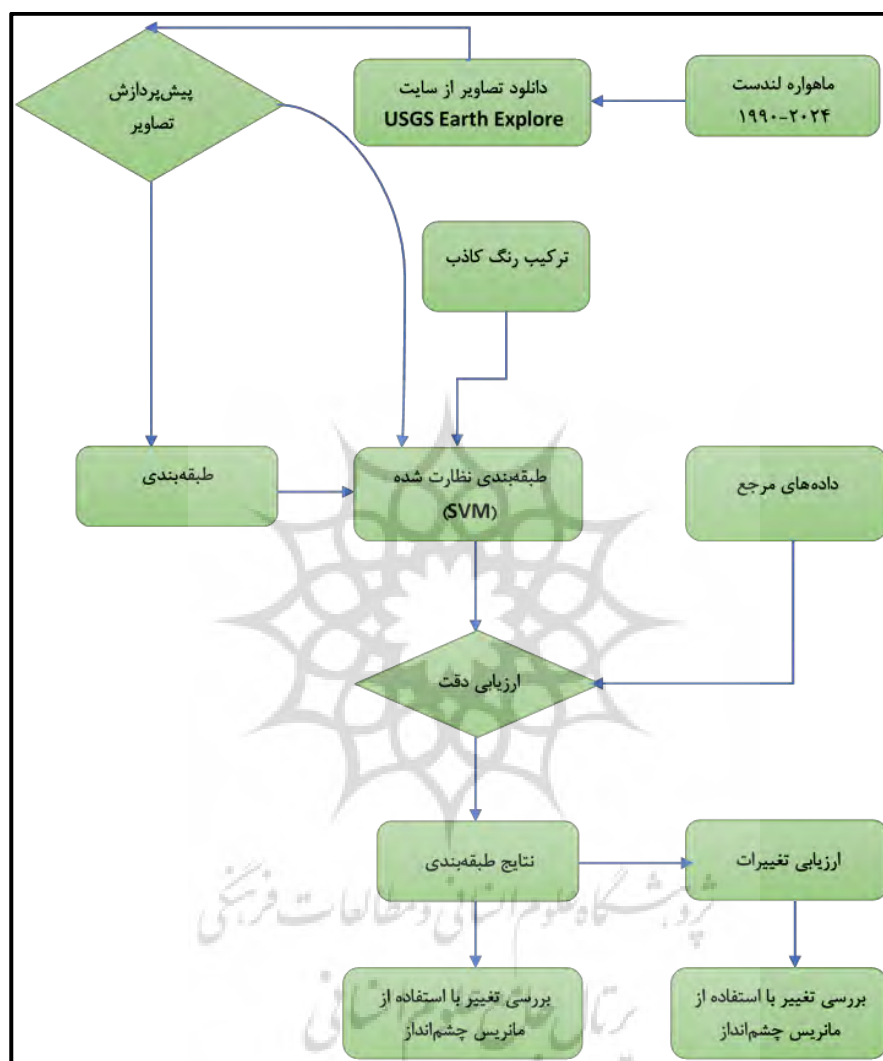
شکل ۱. موقعیت شهر دیوانیه عراق نسبت به استان قادسیه و کشور عراق

^۱ Zhang

^۲ Sithole

روش پژوهش

روش مورد استفاده در این مطالعه یک فرآیند چند مرحله‌ای است که شامل دانلود، پیش پردازش، آموزش، طبقه‌بندی، ارزیابی دقت، تشخیص تغییر و تجزیه و تحلیل تغییر با استفاده از معیارهای چشم‌انداز بوده که در شکل ۲ قابل مشاهده است.



شکل ۲. نمودار جریان روش پژوهش در مطالعه حاضر

پیش پردازش

داده‌ها به‌طور رایگان از ژئوپورتال زمین اکسپلورر سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده (USGS) دانلود شد و در سیستم مختصات UTM زون ۳۳ جنوبی منطقه انتخاب و برش داده شد و برای تمامی دوره‌های انتخابی یعنی سال ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۱، ۲۰۲۰ و ۲۰۲۴ دانلود شد. لازم به توضیح بوده که تصاویر مورد نظر از تصاویر ماهواره‌ای Landsat TM و OLI برای سال‌های مورد ذکر استخراج گردید و فقط به دلیل محدودیت‌های داده‌ها برای سال ۲۰۱۰، نگارندگان به ناچار از اطلاعات سال ۲۰۱۱ استفاده کرده‌اند (جدول ۲). در پژوهش حاضر تلاش گردیده است تصاویر نزدیک به هم انتخاب شوند، لذا تصاویر مورد استفاده همگی مربوط به ماه آگوست (مرداد) بوده و در این ماه در منطقه مورد مطالعه کمترین میزان ابرناکی را دارد.

سپس در مرحله پیش پردازش، قبل از هرگونه عملیات (پردازش بصری یا رقومی) تصاویر مورد نظر به صورت جداگانه وارد نرم‌افزار ENVI5.6 شده و پردازش‌های لازمه از جمله تصحیح رادیومتری، اتمسفری، هندسی و ... انجام گرفت و خطاهای احتمالی برطرف شدند. بنابراین در این مرحله تصحیحات هندسی و رادیومتری لازم بر روی تصاویر مورد نظر صورت گرفت و در آخر تصاویر تصحیح شده در ۵ بازه زمانی مورد نظر طبقه‌بندی شدند. لازم به توضیح بوده که در این مطالعه برای اجرای الگوریتم طبقه‌بندی کاربری‌ها از روش طبقه‌بندی نظارت شده و با استفاده از الگوریتم ماشین بردار پشتیبان (SVM) استفاده شد و تصاویر مورد نظر به پنج طبقه اصلی مناطق ساخته شده، آب، پوشش گیاهی و کشاورزی و اراضی خالی (بایر و بیابانی) تقسیم شدند.

الگوریتم ماشین بردار پشتیبان (SVM) به دلیل مزایای متعدد آن انتخاب شد که شامل ارائه سطح بالایی از دقت، پیش‌بینی عالی، توانایی کارآمد برای مدیریت مجموعه‌های داده بزرگ و توانایی زیاد در انجام وظایف طبقه‌بندی و رگرسیون چند وظیفه‌ای است. همچنین، محققان خاطرنشان می‌کنند که در حالی که دقت سایر الگوریتم‌های طبقه‌بندی با اندازه داده‌های مورد استفاده کاهش می‌یابد، دقت طبقه‌بندی SVM تقریباً به طور مداوم به عنوان تابعی از ویژگی‌ها افزایش می‌یابد. الگوریتم ماشین بردار پشتیبان یک الگوریتم یادگیری ماشینی همه کاره و قدرتمند است که به دلیل استحکام آن نسبت به موارد پرت انتخاب شده است. این کار را به این دلیل انجام می‌دهد که بر روی نقاط داده نزدیکتر به مرز تصمیم تمرکز می‌گیرد و کمتر تحت تأثیر نقاط پرت از مرز قرار می‌گیرد (Sithole et al., 2024: 4).

جدول ۲. مشخصات قدرت تفکیک مکانی،

ماهواره/سنجنده	تعداد باند	تاریخ اخذ تصویر	Path/Row	تفکیک باند پانکروماتیک	تفکیک مکانی باندهای حرارتی	تفکیک باندهای مرئی و مادون قرمز نزدیک و میان
لندست ۵ / TM	۷	۱۱/۰۷/۱۹۹۰	۱۶۸/۳۸	-	۳۰*۳۰	۳۰*۳۰
لندست ۵ / TM	۷	۰۶/۰۷/۲۰۰۰	۱۶۸/۳۸	-	۳۰*۳۰	۳۰*۳۰
لندست ۵ / TM	۷	۰۵/۰۷/۲۰۱۰	۱۶۸/۳۸	-	۳۰*۳۰	۳۰*۳۰
لندست ۸ / OLI/TIRS	۱۱	۲۹/۰۷/۲۰۲۰	۱۶۸/۳۸	۱۵*۱۵	۳۰*۳۰	۳۰*۳۰
لندست ۸ / OLI/TIRS	۱۱	۲۴/۰۷/۲۰۲۴	۱۶۸/۳۸	۱۵*۱۵	۳۰*۳۰	۳۰*۳۰

ارزیابی دقت

در این پژوهش جهت ارزیابی دقت اطلاعات طبقه‌بندی شده در زمینه پوشش زمین از Google Earth استفاده شد. ارزیابی با استفاده از نقاط کنترل تصادفی زمینی ایجاد شده با استفاده از ArcMap انجام شد. مجموعه داده‌های تولید شده به دو مجموعه آموزش (داده‌هایی که با استفاده از تصاویر گوگل ارث و بازدید میدانی استخراج شدند) و آزمایش (داده‌های طبقه‌بندی شده با استفاده از الگوریتم SVM) تقسیم شدند. مجموعه‌های آموزشی برای آموزش طبقه‌بندی کننده SVM و مجموعه تست برای ارزیابی عملکرد طبقه‌بندی کننده استفاده شد. برای ارزیابی دقت الگوریتم SVM از ضریب کاپا استفاده شد. هر داده طبقه بندی شده با داده‌های مرجع مقایسه شد. تصاویر طبقه بندی شده بیشتر به دو دسته اصلی، یعنی ساخته شده و غیر ساخته شده، همانطور که در جدول ۲ توضیح داده شده است، طبقه بندی شدند.

جدول ۲. ویژگی‌های طبقات پوشش زمین مورد استفاده در این مطالعه

توضیحات	طبقه‌بندی پوشش زمین
مناطق تجاری، مناطق صنعتی، زیرساخت‌های حمل و نقل، شبکه ارتباطی، مناطق مسکونی رسمی و غیررسمی	ساخته شده
اراضی بایر، اراضی کشاورزی، اراضی باتلاقی و آبی، سدها، رودخانه‌ها، فضاهای سبز شهری	ساخته نشده

کمیت معیارهای چشم‌انداز

این مطالعه از دوازده (۱۲) شاخص چشم‌انداز با استفاده از نرم‌افزار FRAGSTATS4.2 برای محاسبه اندازه مناطق شهری در حالت‌های نسبی، مطلق، پیچیده و ایزوله آنها استفاده شده است. گوکایر^۱ (۲۰۱۳) معیارهای چشم‌انداز را به عنوان الگوریتم‌هایی تعریف می‌کند که سازمان فضایی الگوها، به طور خاص، پوشش زمین را در یک منطقه جغرافیایی معین اندازه‌گیری می‌نمایند. معیارهای منظر برای درک ساختار و تغییرات چشم‌انداز مهم هستند (گوکایر، ۲۰۱۳). دو شاخص برای اندازه‌گیری اندازه مطلق ویژگی‌های شهر دیوانیه از کشور عراق، از جمله سطح کلاس و سطح چشم‌انداز استفاده شد. فهرست دقیق و شرح این شاخص‌ها در جدول ۳ قابل مشاهده است. این دوازده معیار چشم‌انداز به این دلیل انتخاب شدند که در اندازه‌گیری واحدهای چشم‌انداز حیاتی بوده و در بسیاری از موارد به عنوان جایگزینی برای تغییر عمل می‌کنند. این شاخص‌ها به دلیل توانایی‌شان برای عمل به عنوان جانشینی برای تغییر و برای روشن کردن و کمی‌سازی الگوهای فضایی و فرآیندهای بوم‌شناختی در مکان و زمان مورد استفاده قرار می‌گیرند (لی^۲ و همکاران، ۲۰۰۵). معیارهای منظر در سطح جهانی برای تعیین کمیت میزان استفاده از زمین و تغییرات پوشش زمین به کار گرفته شده است. برخی از معیارهای رایج مورد استفاده که در این مطالعه نیز مورد استفاده قرار گرفته‌اند در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳ ترسیم معیارهای منظر به کار رفته در این پژوهش

متریک‌ها	توصیف
شاخص درصد چشم‌انداز (PLAND)	نسبت چشم‌اندازی که از یک نوع لکه تشکیل شده است
شاخص مجاورت (AM)	شاخصی برای سنجش تراکم لکه‌ها می‌باشد و به عنوان شاخصی که نشان دهنده درجه تکه تکه شدن چشم‌انداز است، به کار می‌رود. این شاخص در محدوده صفر تا یک بوده و هرچه به یک نزدیکتر باشد نشان از فشردگی را دارد
شاخص شکل چشم‌انداز (LSI)	یک معیار استاندارد از فشردگی لکه که اندازه لکه را محاسبه می‌کند
شاخص تنوع شانون (SHDI)	برابر است با ۱ منهای مجموع در همه لکه‌ها، فراوانی متناسب هر لکه به مجذور آن
شاخص تنوع سیمپسون (SIDI)	برابر ۱ منهای مجموع، در همه انواع لکه‌ها فراوانی متناسب هر نوع لکه در آن نسبت ضرب شده است
شاخص ENN MN	شاخص میانگین وزنی اقلیدوسی فاصله نزدیکترین فاصله همسایگی: هر کلاس را به عنوان میانگین هر لکه متعلق به کلاس I خلاصه می‌کند و فاصله تا نزدیکترین لکه همسایه همان کلاس را اندازه می‌گیرد.
شاخص بعد فراکتال (Fractal-AM)	شاخصی برای بررسی پیچیدگی شکل لکه‌ها است
شاخص بزرگترین قطعه (Largest Patch Index)	نوعی لکه متناظر که به وسیله مجموع نواحی شهری جدا شده است
شاخص تعداد قطعه (Number of Patches)	تعداد لکه‌های شهری موجود در کل چشم‌انداز
شاخص شکل (Shape-AM)	شاخصی برای اندازه‌گیری فشردگی اشکل لکه‌ها
شاخص ENN AM	شاخص میانگین وزنی اقلیدوسی فاصله نزدیکترین فاصله همسایگی: کوتاهترین فاصله خط مستقیم (m) بین یک لکه و نزدیکترین همسایه کلاس آن.
شاخص تراکم لکه (PD)	تعداد لکه‌ها از همان نوع (کلاس) در واحد سطح

مأخذ: (Feng & Li, 2012)؛ (Megahed et al., 2015)؛ (Sithole et al., 2024)؛ عابدینی و خلیلی، (۱۳۹۶)

¹ Gokyer

² Li

یافته‌های پژوهش

ارزیابی دقت

در پژوهش حاضر برای ارزیابی دقت تصاویر طبقه‌بندی شده از تغییرات پوشش زمین، ابتدا ماتریس خطا تشکیل شد و براساس آن دقت کلی و ضریب کاپا محاسبه گردید (جدول ۱). براساس نتایج بدست آمده می‌توان عنوان کرد که نقشه‌های پوشش زمین ایجاد شده با استفاده از الگوریتم SVM دارای دقت طبقه‌بندی مناسب و قابل قبولی بوده به طوری که مقادیر دقت طبقه‌بندی ثبت شده برای سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۱، ۲۰۲۰ و ۲۰۲۴ به ترتیب ۸۸، ۹۴، ۹۵، ۹۲ و ۹۴ بوده که این موارد را می‌توان در جدول ۴ مشاهده نمود. همچنین، مقادیر ضریب کاپا برای نقشه‌های طبقه‌بندی شده مربوط به تغییر پوشش زمین در سال‌های مورد نظر نشان می‌دهد که برای همه‌ی نقشه‌های تولید شده بالاتر از ۰/۷ است. نویسندگان مختلفی از جمله وان بل^۱ (۲۰۱۶) و کانگالتون و گرین^۲ (۲۰۱۹)، ضریب کاپا را به عنوان یک شاخص رایج برای ارزیابی توافق بین دو نوع ارزیابی دانسته‌اند و عنوان کرده‌اند که ضریب کاپای نزدیک به ۰/۸ نشان دهنده عملکرد بالا و مناسب طبقه‌بندی بوده و به عبارتی نشان دهنده تطابق بالای تصویر طبقه‌بندی شده با تصویر مرجع است. به عبارتی می‌توان عنوان کرد که الگوریتم مورد استفاده (SVM) جهت تولید نقشه‌های پوشش زمین یک الگوریتم قابل اعتماد است.

جدول ۴. نتایج ضریب کاپا و ارزیابی دقت برای تصاویر طبقه‌بندی شده استخراجی با استفاده از الگوریتم SVM

سال	شاخص کاپا	دقت کلی (درصد)
۱۹۹۰	۰/۷۳	۸۸
۲۰۰۰	۰/۸۵	۹۴
۲۰۱۱	۰/۸۵	۹۵
۲۰۲۰	۰/۸۱	۹۲
۲۰۲۴	۰/۸۶	۹۴

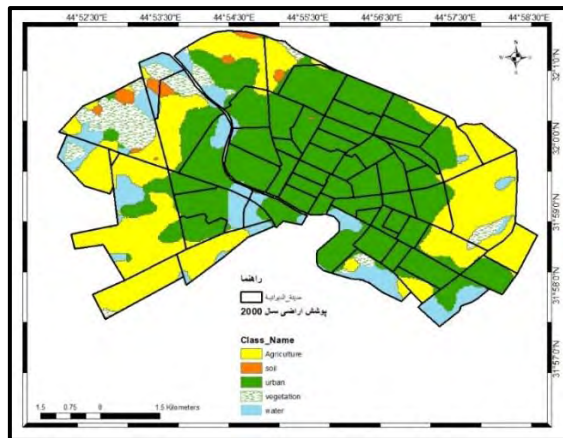
مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳

تغییر کاربری و پوشش زمین

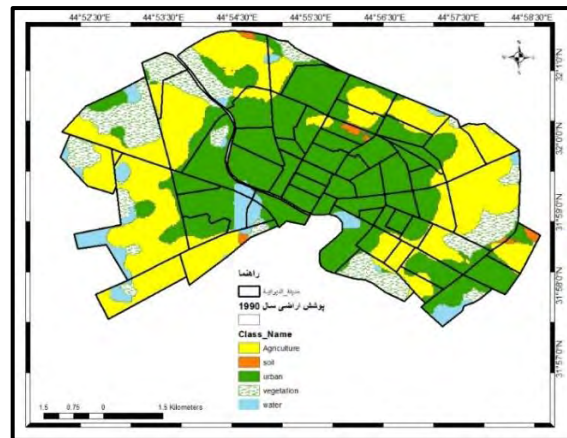
در این مطالعه پس از بررسی و استخراج نقشه‌های پوشش زمین در شهر دیوانیه برای سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۱، ۲۰۲۰ و ۲۰۲۴ که در شکل ۳ قابل مشاهده است، نتایج نشان از تغییرات زیاد در بین سال‌های مختلف در پوشش‌های زمین را دارد. در شهر دیوانیه باتوجه به تغییرات به وجود آمده، از بین رفتن فضای سبز، ازدحام و ترافیک و آلودگی هوا و از طرفی دیگر کم آبی قابل تصور بوده و تشدید آنها قابل انتظار است.

^۱ Vanbelle

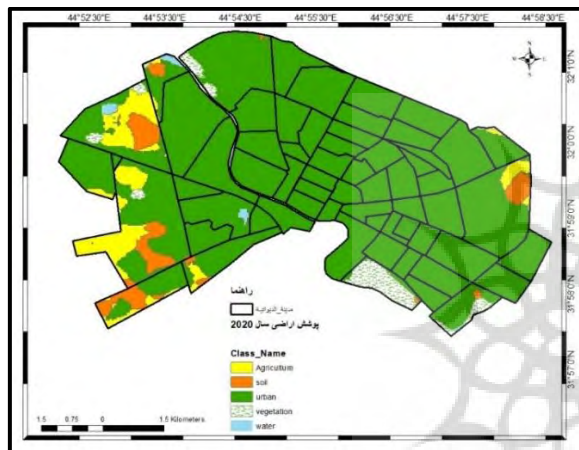
^۲ Congalton and Green



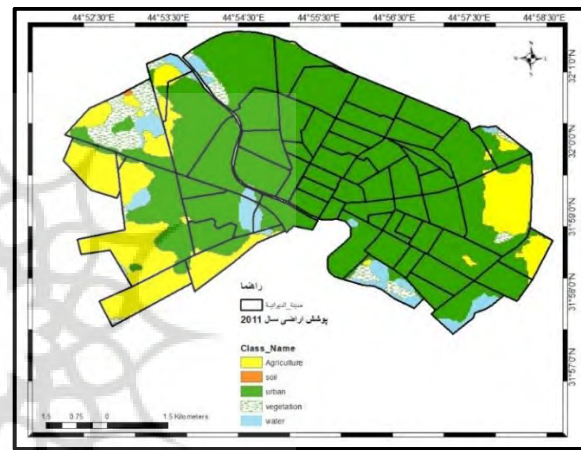
پوشش اراضی در سال ۲۰۰۰



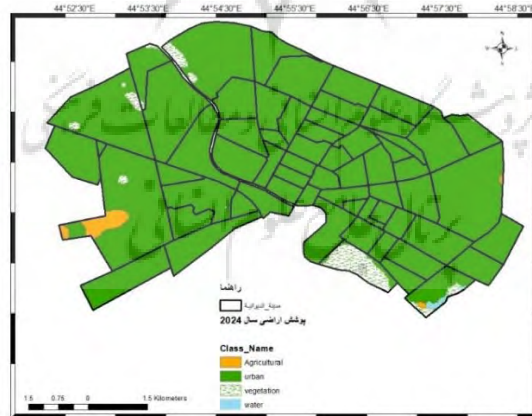
پوشش اراضی در سال ۱۹۹۰



پوشش اراضی در سال ۲۰۲۰



پوشش اراضی در سال ۲۰۱۱



پوشش اراضی در سال ۲۰۲۴

شکل ۳. وضعیت پوشش اراضی در شهر دیوانیه کشور عراق در بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۴

مناطق ساخته شده و ساخته نشده

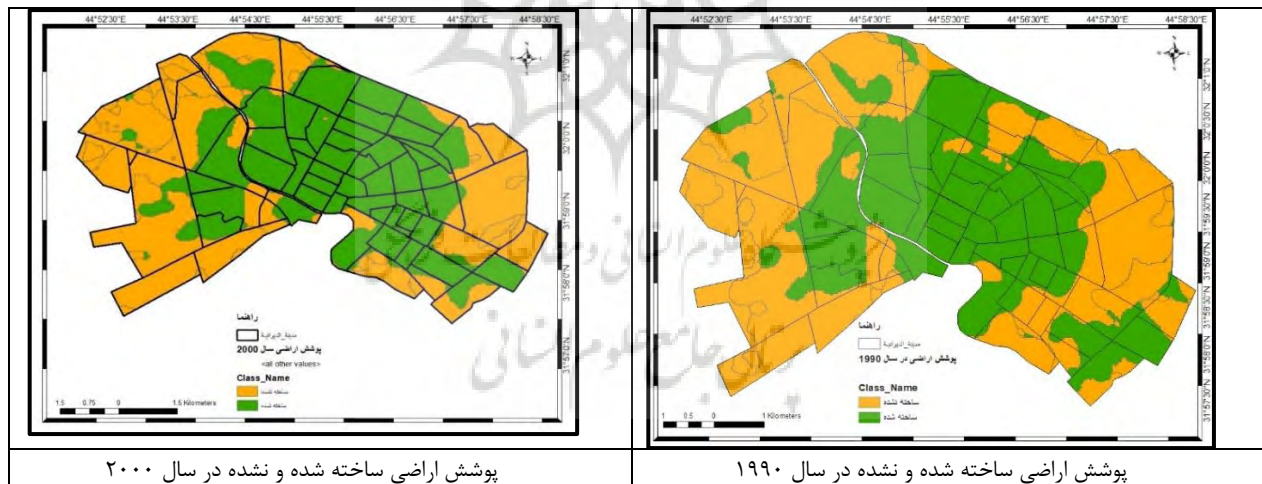
در این مطالعه پس از بررسی و استخراج نقشه‌های پوشش زمین در شهر دیوانیه، مجدد نقشه‌ای استخراجی برای سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۱، ۲۰۲۰ و ۲۰۲۴ به دو طبقه ساخته شده و ساخته نشده طبقه‌بندی شدند که نتایج نشان از تغییرات زیاد در بین

سال‌های مختلف را دارد. همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، در سال ۱۹۹۰ شهر دیوانیه ۲۰۶۹ هکتار (۴۴/۸۵ درصد) ساخته شده و ۲۵۲۴ هکتار (۵۵/۱۴ درصد) توسط اراضی غیرساخته شده اشغال شده و در سال ۲۰۰۰، اراضی ساخته شده توسعه قابل توجه نداشته و به مرز ۲۴ هکتار نزدیک شده است. این در حالی بوده که در سال ۲۰۱۱ اراضی ساخته شده با رشد حدود ۲۰ درصدی نسبت به سال ۲۰۰۰، به مرز ۳۳۵۵ هکتار رسیده و اراضی ساخته نشده نیز در این سال برابر با ۱۲۵۸ هکتار بوده است. همچنین، نقشه تغییر کاربری زمین در شهر دیوانیه در سال ۲۰۲۰ نشان می‌دهد که ۳۹۸۳ هکتار (۸۶/۳۴ درصد) جزء اراضی ساخته شده شهری و ۶۲۸ هکتار (۱۳/۶۵ درصد) در طبقه اراضی غیرشهری یا ساخته نشده قرار دارد. همچنین، نتایج بررسی نقشه تغییر کاربری زمین شهر دیوانیه در سال ۲۰۲۴ نشان داد که بخش اعظمی از محدوده شهری جزء مناطق ساخته شده شهری است. به طوری که ۹۵/۸۱ درصد (۴۴۲۰ هکتار) از کل پهنه شهری در طبقه ساخته شده قرار دارد. به صورت کلی براساس نتایج استخراج شده که در جدول ۵ و شکل ۴ قابل مشاهده است، می‌توان گفت در محدوده شهری دیوانیه عراق، مناطق ساخته شده در طول ۳۴ سال گذشته به تدریج دارای رشد بالایی بوده است.

جدول ۵. ارزیابی تغییرات در کلاس‌های ساخته شده و ساخته نشده از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۴ در شهر دیوانیه

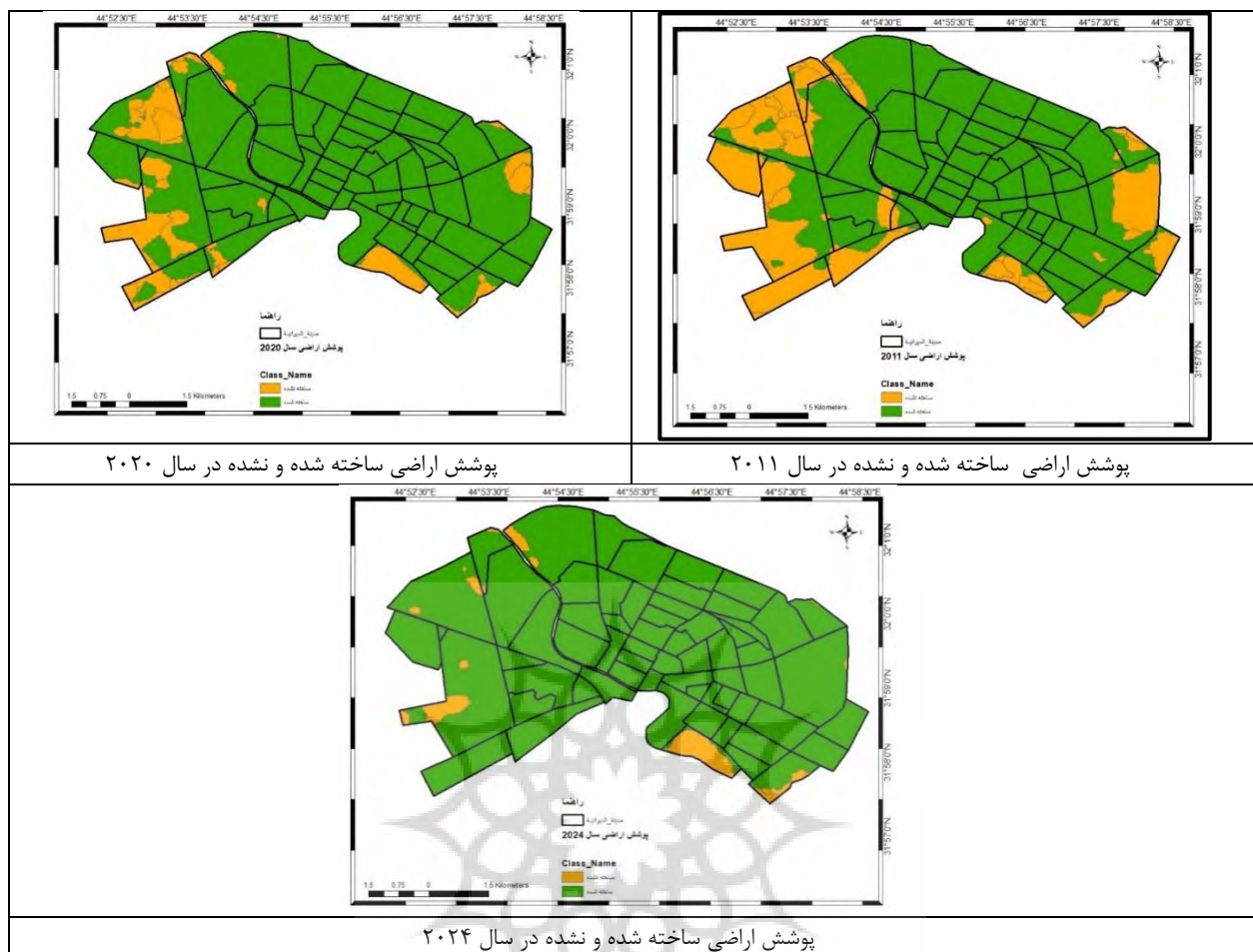
سال	۱۹۹۰	۲۰۰۰	۲۰۱۱	۲۰۲۰	۲۰۲۴
مناطق ساخته شده (هکتار)	۲۰۶۹	۲۳۵۹	۳۳۵۵	۳۹۸۳	۴۴۲۰
مناطق غیرساخته شده (هکتار)	۲۵۲۴	۲۲۵۴	۱۲۵۸	۶۲۸	۱۹۱
مساحت کل (هکتار)	۴۶۱۳	۴۶۱۳	۴۶۱۳	۴۶۱۳	۴۶۱۳
درصد ساخته شده	۴۴/۸۵	۵۱/۱۳	۷۲/۷۲	۸۶/۳۴	۹۵/۸۱
درصد غیرساخته شده	۵۵/۱۴	۴۸/۸۶	۲۷/۲۷	۱۳/۶۵	۴/۱۸

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳



پوشش اراضی ساخته شده و نشده در سال ۲۰۰۰

پوشش اراضی ساخته شده و نشده در سال ۱۹۹۰



شکل ۴. منطقه ساخته شده و غیر ساخته شده در شهر دیوانیه عراق برگرفته از طبقه بندی تصاویر نظارت شده با استفاده از الگوریتم یادگیری ماشین SVM برای سال های ۱۹۹۰، ۲۰۰، ۲۰۱۱، ۲۰۲۰ و ۲۰۲۴.

تجزیه و تحلیل شاخص‌های چشم‌انداز

در این بخش از مطالعه به بررسی و تحلیل شاخص‌های مربوط به چشم‌انداز با استفاده از نرم‌افزار FRAGSTATS4.2 پرداخته شده که نتایج آن در جداول ۶ و ۷ نشان داده شده است. تعداد لکه‌های شهری (NP) در طول دوره بررسی به نحوی نشان دهنده وضعیت پراکنده‌رویی شهری است. همان‌طور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود از سال ۱۹۹۰ تا سال ۲۰۲۰ دارای روندی تقریباً افزایشی بوده اگرچه در سال ۲۰۱۱ یک روند کاهشی و به عبارتی توقف در روند پراکنده‌رویی شهر قابل مشاهده است. همچنین، نتایج شاخص PLAND که درصد اشغال هر کلاس در کل چشم‌انداز را نشان می‌دهد، نشان داد که مناطق ساخته شده در حال افزایش بوده و از ۴۵/۳ درصد به ۹۵/۸۸ درصد رسیده است. از طرفی دیگر نتایج بررسی شاخص PD (تراکم لکه) نشان می‌دهد که تعداد لکه‌ها یا قطعات ساخته شده در واحد سطح تا سال ۲۰۲۰ افزایشی بوده است.

براساس نتایج موجود در جدول ۷، مشاهده می‌شود که شاخص بزرگترین قطعه (LPI) در سال ۱۹۹۰ برابر با ۳۷/۹۵ بوده و در سال ۲۰۲۴ به ۹۵/۵۷ رسیده و نشان از روند افزایشی دارد. و به عبارتی می‌توان گفت شهر به صورت قابل توجهی به سمت پراکنده‌رویی میل داشته است. علاوه بر این، شاخص شکل چشم‌انداز (LSI) بدست آمده نیز نشان می‌دهد که از ابتدای دوره مورد بررسی تا سال ۲۰۲۰ دارای یک روند افزایشی بوده که این مورد نشان از افزایش پیچیدگی مناطق ساخته شده را دارد. و به عبارتی شهر دیوانیه عراق

از سال ۱۹۹۰ تا سال ۲۰۲۰ به علت توسعه فیزیکی شهر و یا از طریق پراکندگی شهری نامنظم‌تر شده، و از سال ۲۰۲۰ تا سال ۲۰۲۴ نشان از رشد فشرده و منظم‌تر شهر وجود دارد.

علاوه بر شاخص‌هایی که در بالا اشاره شد، شاخص میانگین وزنی اقلیدوسی نزدیکترین فاصله همسایگی (ENN MN) که برای تعیین کمیت فاصله اقلیدوسی یک لکه یا قطعه خاص از نزدیکترین همسایگی (همسایه شبیه به خود) استفاده می‌شود. این اندازه‌گیری همچنین به تعیین مرکزیت مناطق ساخته شده کمک می‌کند (Sithole et al., 2024). نتایج جدول ۶ نشان می‌دهد، مقادیر ENN_MN در طول زمان کاهش یافته و به عبارتی می‌توان عنوان کرد پراکندگی شهری در حال گسترش به دور از مرکز شهر دیوانیه بوده است. همچنین، براساس مقادیر استخراجی برای سال ۲۰۲۰ و ۲۰۲۴ می‌توان گفت رشد شهری در حال پرکردن قطعات خالی متمایل به مرکز و مناطق تجاری شهر بوده است. این نتیجه با نتایج مطالعه سیتوله و همکاران (۲۰۲۴) که در شهر بولاویا در زیمبابوه و ورما و گارگ^۱ (۲۰۲۱) در شهر لاکنو در هند انجام شده مطابقت دارد. همچنین نتایج شاخص ENN AM نشان می‌دهد فاصله اقلیدوسی لکه‌ها یا قطعات از یک کلاس (کلاس ساخته شده شهری) در حال کم شدن هستند.

جدول ۶. محاسبه شاخص‌های چشم‌انداز در شهر دیوانیه (مناطق ساخته شده) برای سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۴

شاخص	NP	PLAND	PD	LSI	ENN MN	ENN AM
۱۹۹۰	۷۰۱۷	۴۵/۳	۱/۷۱	۴/۴۰۲	۳۹۳/۱	۸۶۴/۶
۲۰۰۰	۷۹۱۲	۵۱/۱۹	۱/۸۸	۴/۸۶	۳۶۰/۴	۸۶۴/۳
۲۰۱۱	۶۴۰۳	۷۲/۸۲	۱/۳۸	۵/۷۰۹	۲۱۲/۸	۲۷۶/۳
۲۰۲۰	۸۷۰۱	۸۶/۴۸	۱/۵۱	۶/۰۵۵	۱۵۶/۸	۱۸۷/۳
۲۰۲۴	۲۴۲۰	۹۵/۸۸	۰/۵۲	۲/۹۴۱	۱۵۵/۹	۱۴۳/۹

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲

در جدول ۷، بخش دیگری از محاسبه شاخص‌های چشم‌انداز در شهر دیوانیه (مناطق ساخته شده) برای سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۴ مورد بررسی قرار گرفته‌اند. همان‌طور که مشاهده می‌شود، شاخص مجاورت، که فشردگی را نشان می‌دهد، در شهر دیوانیه یک روند متعادلی از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰ و از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰ را داشته و به عبارتی فشردگی موجود خود را حفظ کرده است. به صورت کلی براساس این شاخص می‌توان عنوان کرد که روند پراکنده‌رویی در شهر دیوانیه از سال ۲۰۲۰ به بعد کم‌تر شده است. یکی دیگر از شاخص‌های مورد بررسی، شاخص بعد فراکتال است. این شاخص پیچیدگی و تکه تکه شدن هر قطعه را با استفاده از نسبت محیط به مساحت توصیف می‌نماید. براساس نتایج موجود در جدول ۷، مشاهده می‌شود که پراکنده رویی در شهر دیوانیه کشور عراق از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰ جزئی بوده ولی از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰ شدت گرفته است. همچنین، شاخص شکل نشان دهنده پراکنده‌رویی در شهر دیوانیه دارد. به طوری که اوج این وضعیت در بین سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰ می‌باشد. از نتایج این شاخص در جدول ۷، می‌توان نتیجه گرفته که یک بی‌نظمی در قطعات ساخته شده در شهر دیوانیه دارد که باعث رشد تصادفی و به عبارتی توسعه بدون برنامه شهر شده است.

جدول ۷. محاسبه شاخص‌های چشم‌انداز در شهر دیوانیه (مناطق ساخته شده) برای سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۴

شاخص	شاخص مجاورت (Contiguity-AM)	شاخص بعد فراکتال (Fractal-AM)	شاخص بزرگترین قطعه (Largest Patch Index)	شاخص شکل (Shape-AM)
۱۹۹۰	۰/۹۵۱	۱/۱۲	۳۷/۹۵	۲/۷۴
۲۰۰۰	۰/۹۵۴	۱/۱	۴۲/۴۱	۲/۲
۲۰۱۱	۰/۹۶۳	۱/۱۳	۷۲/۴۲	۲/۷۹
۲۰۲۰	۰/۹۶۸	۱/۱۴	۸۶/۱۲	۳/۰۰۳
۲۰۲۴	۰/۹۸۲	۱/۱	۹۵/۵۷	۲/۴۹

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این مطالعه سعی شد تا روند پراکندگی شهری فضایی-زمانی شهر دیوانیه از کشور عراق را با استفاده از فناوری‌های جغرافیایی و معیارهای چشم‌انداز انجام دهد. پنج نقشه موضوعی برای نشان دادن تغییرات بین مناطق ساخته شده و غیر ساخته شده از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۴ ایجاد شد. در این مطالعه با استفاده از مدل بردار پشتیبان به‌عنوان یک الگوریتم طبقه‌بندی، به بررسی، تجزیه و تحلیل پوشش اراضی شهر دیوانیه پرداخته شد. همچنین، از دوازده معیار چشم‌انداز برای تعیین کمیت پراکندگی شهری استفاده شد. قابل ذکر است، نتایج معیارهای منظر و تغییرات پوشش زمین شواهدی از گسترش شهری و تغییرات پوشش زمین در شهر دیوانیه از کشور عراق ارائه می‌دهد. اینها عمدتاً ناشی از کاهش فشار جنگ‌های طولانی در کشور عراق و به ویژه در دوران بعداز داعش و مهاجرت روستا به شهر برای پیگیری زندگی بهتر را دارد. نتایج به طور کلی نشان می‌دهد که میزان ساخت در شهر دیوانیه در دوره مطالعه ۳۴ ساله، از ۲۰۶۹ هکتار در سال ۱۹۹۰ به ۴۴۲۰ هکتار در سال ۲۰۲۴ رسیده است. به عبارتی این شهر شاهد رشد ۱۱۳/۶ درصد بوده است. این مطالعه همچنین از طریق معیارهای چشم‌انداز کشف کرد که الگوی پراکندگی شهری در دیوانیه با همه اشکال پراکندگی شهری، یعنی جهش، پر کردن، نوار/روبان، و توسعه کم تراکم مشخص می‌شود. نتایج حاصل از معیارهای چشم‌انداز نشان‌دهنده تکه تکه شدن قابل توجه مناطق غیر ساخته‌شده به دلیل توسعه شهری (ساخته‌شده) است. این یافته‌ها پیامدهای عمیقی برای برنامه‌ریزی و مدیریت شهری در شهر دیوانیه از کشور عراق دارند. نتایج بدست آمده در این مطالعه با نتایج مطالعات عابدینی و خلیلی (۱۳۹۶)، سیتوله و همکاران (۲۰۲۴)، ورما و گارگ (۲۰۲۱)، مک‌گریگال و مارکس^۱ (۱۹۹۵) و بینداجام^۲ و همکاران (۲۰۲۱) همخوانی دارد. در پایان براساس نتایج بدست آمده می‌توان پیشنهادهای زیر را در جهت کنترل پراکنده‌رویی شهری در شهر دیوانیه ارائه نمود:

- استفاده از رشد هوشمند شهری در بخش توسعه میان‌افزا در برنامه‌های توسعه شهری شهر دیوانیه؛
- استفاده از تسهیلات تشویقی در بخش فرسوده و قدیمی شهر به منظور توسعه میان‌افزای شهری؛
- رعایت نسبت تراکم ساختمانی و رشد جمعیتی در نواحی مختلف شهر دیوانیه به منظور جلوگیری از رشد پارکنده بدون اصول شهر دیوانیه.

منابع و مأخذ

اسماعیل پور، نجما. (۱۳۹۰). بررسی تاثیر رشد پراکنده بر نابودی اراضی کشاورزی صفاشهر و راهبردهای تعدیل آن. فصلنامه پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، سال دوم، شماره ۴، صص ۷۳-۹۶.

^۱ McGarigal and Marks

^۲ Bindajam

- ارخی، صالح. (۱۴۰۴). پیش بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر چند زمانه و مدل CA-MARKOV مطالعه موردی: شهر گرگان. فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه‌ای، ۶(۳): ۱۳۸-۱۲۱. https://www.srds.ir/article_217034.html
- ستاری، محمد حسین، سرور، رحیم و مهدوی، مسعود. (۱۳۹۹). ارزیابی اثرات پراکنده رویی در تغییر کاربری اراضی شهری مطالعه موردی: کلان‌شهر تهران. مجله شهر پایدار، دوره سوم، شماره چهارم، صص ۱۲۱-۱۰۷.
- جمینی، داود، جمشیدی، علیرضا و اسمعیلی، زهرا (۱۴۰۰). بررسی و تحلیل وضعیت شهر شاد و شناسایی تعیین‌کننده‌های آن در فضاها کوچک شهری (مطالعه موردی: شهر روانسر)، فصلنامه سیاست گذاری محیط شهری، ۱(۴): ۲۸-۱۵.
- عابدینی، اصغر و خلیلی، امین. (۱۳۹۶). سنجش پراکنده رویی شهری با استفاده از داده‌های فضایی- زمانی، نمونه موردی: شهر ارومیه. فصلنامه مطالعات شهری، ۷(۲۵): ۷۶-۶۳.
- رستمی، محمدحسین، انوری، فردوس و امامدادی طارمی، محمدمهدی. (۱۴۰۰). تحلیل فضایی پراکنده‌روی شهری با استفاده از GIS و مدل هلدرن (مطالعه‌ی موردی: شهر بستک، استان هرمزگان). فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه‌ای، ۲(۱): ۱۲۱-۱۰۰. https://www.srds.ir/article_132603.html
- مختاری ملک آبادی، رضا، اجزاء شکوهی، محمد و قاسمی، یاسر. (۱۳۹۱). تحلیل الگوی گسترش شهر بهشهر بر اساس مدل‌های کمی برنامه‌ریزی منطقه‌ای. فصلنامه علمی و پژوهشی پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، ۳(۸): ۱۱۲-۹۳.
- نیک‌پور، عامر و یاراحمدی، منصوره (۱۴۰۱). سنجش و ارزیابی میزان پراکنده رویی شهری مطالعه موردی: شهر ساری. مجله پژوهش‌های جغرافیایی برنامه‌ریزی شهری، ۱۰(۲): ۲۰۴-۱۸۹.
- Bereitschaft, B. and Debbage, K. (2013) 'Urban Form, Air Pollution, and CO2 Emissions in Large U.S. Metropolitan Areas'. *The Professional Geographer*, 65, 612-635.
- Bhatta, B. (2010). Analysis of Urban Growth and Sprawl from Remote Sensing Data, *Advances in Geographic Information Science*.
- Bhatta, B., Saraswati, S., & Bandyopadhyay, D. (2010a). Quantifying the degree-of-freedom, degree-of-sprawl, and degree-of-goodness of urban growth from remote sensing data. *Applied Geography*, 30, 96-111. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2009.08.001>.
- Bhatta, B., Saraswati, S., & Bandyopadhyay, D. (2010b). Urban sprawl measurement from remote sensing data. *Applied Geography*, 30, 731-740. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2010.02.002>.
- Bindajam, A. A., Mallick, J., Balha, A., Al Qadhi, S., Shohan, A. A. A., Singh, C. K., & Rahman, A. (2021). Characterizing the urban decadal expansion and its morphology using integrated spatial approaches in semi-arid mountainous environment, Saudi Arabia. *Polish Journal of Environmental Studies*, 30(5), 4437-4451.
- Chapple, K. (2018) 'The fiscal trade-off: Sprawl, the conversion of land, and wage decline in California's metropolitan regions'. *Landscape and Urban Planning*, 177, 294-302.
- Cobbinaha, P., & Aboagye, H. (2017). A Ghanaian twist to urban sprawl. *Land Use Policy*, 5(3), 124-143.
- Congalton, R.G., Green, K. (2019). *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices*, CRC press.
- Ewing, R. H. (2008). Characteristics, causes, and effects of sprawl: A literature review. In *Urban ecology* (pp. 519-535). United States: Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-73412-5_34.
- Ewing, R., Hamidi, S. and Grace, J. B. (2016) 'Urban sprawl as a risk factor in motor vehicle crashes'. *Urban Studies*, 53, 247-266.
- Feng, L., Li, H. (2012). "Spatial Pattern Analysis of Urban Sprawl: Case Study of Jiangning, Nanjing, China." *J. Urban Plann. Dev.*, 10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000119, 263-269.
- Fenta, A. A., H. Yasuda, N. Haregeweyn, S. Belay, Z. Hadush, and M. A. Gebremedhin. (2017). *The Dynamics of Urban Expansion and Land Use/land Cover Changes Using Remote Sensing and*

Spatial Metrics: The Case of Mekelle City of Northern Ethiopia. *International Journal of Remote Sensing* 38 (14): 4107–4129. doi:10.1080/01431161.2017.1317936.

Fouberg, E. H., A. B. Murphy, and H. J. DeBlij. (2012). *Human Geography: People, Place, and Culture*. 10th ed. John Wiley & Sons Inc. ISBN-10: 1118514653.

Frenkel, A. and Israel, E. (2018) 'Spatial inequality in the context of city-suburb cleavages—Enlarging the framework of well-being and social inequality'. *Landscape and Urban Planning*, 177, 328-339.

Gkyer, E. (2013). Understanding Landscape Structure Using Landscape Metrics. *InTech*. doi: 10.5772/55758.

Gordon, P., & Richardson, H. W. (2000). Defending suburban sprawl. *The Public Interest*, 139, 65–71.

Guo, C., Buchmann, C. M. and Schwarz, N. (2019) 'Linking urban sprawl and income segregation - Findings from a stylized agent-based model'. *Environment and Planning B-Urban Analytics and City Science*, 46, 469-489.

Hamidi, S., Ewing, R., Preuss, I., & Dodds, A. (2015). Measuring sprawl and its impacts: An update. *Journal of Planning Education and Research*, 35(1), 35–50. <https://doi.org/10.1177/0739456X14565247>

Huang, J. G., Lu, X. X., & Sellers, J. M. (2007). A global comparative analysis of urban form: Applying spatial metrics and remote sensing. *Landscape and Urban Planning*, 82 (4), 184–197. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.02.010>

Li, X., He, H. S., Bu, R., Wen, Q., Chang, Y., Hu, Y., & Li, Y. (2005). The adequacy of different landscape metrics for various landscape patterns. *Pattern recognition*, 38(12), 2626-2638.

Lopez, R. (2004). Urban sprawl and risk for being overweight or obese. *American Journal of Public Health*, 94(9), 1574–1579. <https://doi.org/10.2105/ajph.94.9.1574>.

McGarigal, K. Marks, B.J. (1995). Spatial pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-351, US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, pp. 1–122.

McLafferty, S. and Preston, V. (1992) 'Spatial Mismatch and Labor Market Segmentation for African-American and Latina Women'. *Economic Geography*, 68, 406-431.

Megahed, Y., Cabral, P., Silva, J., Caetano, M. (2015). Land Cover Mapping Analysis and Urban Growth Modelling Using Remote Sensing Techniques in Greater Cairo Region- Egypt. *ISPRS International Journal of Geo- Information*, 4, 1750-1769; doi: 10.3390/ijgi4031750.

Mosammam, H. M., J. T. Nia, H. Khani, A. Teymouri, and M. Kazemi. (2017). "Monitoring Land Use Change and Measuring Urban Sprawl Based on Its Spatial Forms: The Case of Qom City." *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science* 20 (1): 103–116. doi:10.1016/j.ejrs.2016.08.002.

Mun, J., Kim, S., & Lee, J. S. (2022). Remote sensing the urban sprawl in South Korea: the effects of sprawl on spatial inequality. XXVIII International Seminar on Urban Form ISUF2021: URBAN FORM AND THE SUSTAINABLE AND PROSPEROUS CITIES 29th June – 3rd July 2021, Glasgow.

Mun, J., Lee, J. S., & Kim, S. (2024). Effects of urban sprawl on regional disparity and quality of life: A case of South Korea. *Cities*, 151, 105125.

Polidoro, M., de Lollo, J. A., Barros, M. V. F. (2011). Environmental impacts of urban sprawl in Londrina, Paraná, Brazil, *Journal of Urban and Environmental Engineering*, vol 5(2), PP 73-83.

Shao, Z., Sumari, N. S., Portnov, A., Ujoh, F., Musakwa, W., & Mandela, P. J. (2021). Urban sprawl and its impact on sustainable urban development: a combination of remote sensing and social media data. *Geo-Spatial Information Science*, 24(2), 241-255.

Sithole, S. M., Musakwa, W., Magidi, J., & Kibangou, A. Y. (2024). Characterising landcover changes and urban sprawl using geospatial techniques and landscape metrics in Bulawayo, Zimbabwe (1984–2022). *Heliyon*, 10, e27275.

Stone, B. (2008) 'Urban sprawl and air quality in large US cities'. *Journal of Environmental Management*, 86, 688-698.

Stone, B., Hess, J. J. and Frumkin, H. (2010) 'Urban Form and Extreme Heat Events: Are Sprawling Cities More Vulnerable to Climate Change Than Compact Cities?'. *Environmental Health Perspectives*, 118, 1425-1428.

Sumari, N. S., Z. Shao, M. Huang, C. A. Sanga, and J. L. Van Genderen. (2017). Urban Expansion: A Geo-spatial Approach for Temporal Monitoring of Loss of Agricultural LAND. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives 42 XLII-2/W7 (2W7)*: 1349–1355. doi:10.5194/isprs-archives-XLII-2-W7-1349-2017.

Tanveer, H., T. Balz, S. Sumari, and R. Shan. (2019). Pattern Analysis of Substandard and Inadequate Distribution of Educational Resources in Urban–rural Areas of Abbottabad, Pakistan. *GeoJournal*. doi:10.1007/s10708-019-10029-x.

Taubenböck, H., Wegmann, M., Roth, A., Mehl, H., Dech, S. (2009). Analysis of urban sprawl at mega city Cairo, Egypt using multisensorial remote sensing data, landscape metrics and gradient analysis. *International Symposium on Remote Sensing of Environment (ISRSE)*: 1-4.

Tian, L., Li, Y., & Yan, Y. (2017). Measuring urban sprawl and exploring the role planning plays: A shanghai case study. *Land Use Policy*, 67, 426–435.

UN (2019) *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision (ST/ESA/SER.A/420)* (United Nations, New York).

United Nations, Department of Economic and Social Affairs Population Division. (2018). *World Urbanisation Prospects: The 2018 Revision*. New York: United Nations.

Vanbelle, S. (2016). A new interpretation of the weighted kappa coefficients, *Psychometrika* 81 (2), 399–410.

Verma, R. and Garg, P.K. (2021). Spatio-temporal land use change analysis in directional zones of Lucknow City, India. *Int. Arch. Photogram. Rem. Sens. Spatial Inf. Sci.* 44: 181–186.

Wei, Y. D. and Ewing, R. (2018) 'Urban expansion, sprawl and inequality'. *Landscape and Urban Planning*, 177, 259-265.

Xu, G., T. Dong, P. Brandful, L. Jiao, N. S. Sumari, B. Chai, and Y. Liu. (2019). "Urban Expansion and Form Changes across African Cities with a Global Outlook: Spatiotemporal Analysis of Urban Land Densities. *Journal of Cleaner Production* 224: 802–810. doi:10.1016/j.jclepro.2019.03.276.

Yeh, A. G. O., & Li, X. (2001). Measurement and monitoring of urban sprawl in a rapidly growing region using entropy. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 67, 83–90. https://www.asprs.org/wp-content/uploads/pers/2001journal/january/2001_jan_83-90.pdf.

Zhang, H., X. Ning, Z. Shao, and H. Wang. (2019). Spatiotemporal Pattern Analysis of China Cities Based on High-resolution Imagery from 2000 to 2015. In *ISPRS International Journal of Geo-Information* 8: 241. doi:10.3390/ijgi8050241.

Zhang, W., Li, W., Zhang, C., Hanink, D. M., Liu, Y., Zhai, R. (2018). Analyzing horizontal and vertical urban expansions in three East Asian megacities with the SScMCRF model. *Landscape and Urban Planning*, vol 177, PP 114-127.