



فصلنامه علوم محیطی، دوره هجدهم، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۹

۱۶۰-۱۴۱

سنجش پراکنده‌رویی شهری و تأثیر آن بر تغییرات کاربری و پوشش زمین‌ها مطالعه موردی: شهر زنجان طی دوره ۱۳۶۵-۱۳۹۵

محمد تقی رضویان و علی رحیمی*

گروه جغرافیای انسانی و آمایش، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۲۰

رضویان، م. و ع. رحیمی. ۱۳۹۹. سنجش پراکنده‌رویی شهری و تأثیر آن بر تغییرات کاربری و پوشش زمین‌ها مطالعه موردی: شهر زنجان طی دوره ۱۳۶۵ - ۱۳۹۵. فصلنامه علوم محیطی. ۱۸(۴): ۱۴۱-۱۶۰.

سابقه و هدف: پدیده پراکنده‌رویی شهری امروزه به یکی از مهمترین دغدغه‌های برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران تبدیل شده است؛ به‌طوری‌که توجه نکردن به آن، پیامدهای جبران ناپذیری همچون تهدید منابع طبیعی، محدودیت‌ها و زیان‌های اجتماعی، اقتصادی، کالبدی و محیطی را به‌دنبال داشته است. برای درک بهتر چنین الگویی، لازم به ارزیابی و شناخت عامل‌های اجتماعی - اقتصادی مؤثر بر آن می‌باشد.

مواد و روش‌ها: روش تحقیق در این پژوهش، به‌صورت ترکیبی از پژوهش توصیفی و تبیینی بوده و نوع تحقیق، کاربردی و رویکرد آن، به دو صورت کمی و کیفی لحاظ می‌شود. همچنین جمع‌آوری داده‌ها با استفاده از دو روش کتابخانه‌ای و میدانی، صورت پذیرفته و از تکنیک سنجش از دور و از تصاویر ماهواره‌ای لندست منطقه، برای گرفتن تصاویر ماهواره‌ای محدوده مورد مطالعه در دوره زمانی بیان شده، استفاده شده است. همچنین روش طبقه‌بندی نظارت شده، طبقه‌بندی کاربری زمین‌ها و مدل کراس تب، میزان تغییرات انواع کاربری‌ها به کاربری زمین‌های ساخته‌شده، و از مدل هلدن، پراکنده‌رویی شهر زنجان، مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است.

نتایج و بحث: برای پیش‌بینی روند تغییرات و بررسی تغییرات احتمالی، کاربری زمین‌ها برای افق زمانی سال ۱۴۰۵، از روش زنجیره‌های مارکوف استفاده شده است. در منطقه مورد پژوهش (زنجان) نتایج به‌دست آمده از تحقیق بیانگر این مطلب می‌باشند که در سه دهه گذشته با گسترش ناموزون شهر زنجان مساحت شهر بیش از ۳ برابر شده است. بررسی تئوریک پراکنده‌رویی شهر زنجان براساس مدل هلدن، مبین نقش قابل توجه پراکنده‌رویی شهری در گسترش فیزیکی شهر زنجان می‌باشد که همواره اثر آن بیش از عامل رشد جمعیت بوده است. مساحت شهر زنجان در طی سال‌های مورد مطالعه افزایش چند برابری را داشته که در مقابل این گسترش، زمین‌های باغی و کشاورزی کاهش قابل توجهی داشته است. در این میان آنچه که این مسئله را مهم می‌نماید تغییر زمین‌های باغی و کشاورزی به زمین‌های ساخته شده می‌باشد. و عامل‌های پدید و پنهان بسیاری در این امر دخیل بوده‌اند که مهمترین آن‌ها عامل رشد جمعیت و پراکنده‌رویی شهری بوده است.

نتیجه‌گیری: با توجه به پیش‌بینی صورت گرفته برای سال ۱۴۰۵ احتمال تغییر کاربری زمین‌ها به شهر در طی ۱۰ سال قابل توجه

* Corresponding Author: *Email Address*.ali.rahimi3@mail.sbu.ac.ir
<http://doi.org.10.52547/envs.18.4.141>

است که در این میان، زمین‌های ساخته شده شهر زنجان از ۵۲۵۸/۸۸ هکتار به ۶۳۱۱/۸۸ هکتار خواهد رسید و زمین‌های کشاورزی و باغی در مجموع ۲۳/۵۶ درصد احتمال تبدیل به شهر را دارند که اقدام‌های لازم در این زمینه را می‌طلبد تا از گسترش بی‌رویه شهر به این زمین‌ها جلوگیری شود. در کشورهای توسعه یافته با توجه به اهمیت بالای توسعه پایدار، حفظ محیط زیست و استفاده کارا از منابع مختلف، مباحثی چون رشد هوشمند و توسعه درونزای شهری بسیار مدنظر بوده و هست. از این گذشته جلوگیری از افزایش بی‌رویه محدوده شهر، در دستور کار قراردادن بلند مرتبه‌سازی و استفاده از الگوی شهر فشرده و همچنین هدایت جهت گسترش شهر به سمت زمین‌های بایر و رها شده با هدف جلوگیری از ساخت و ساز در زمین‌های کشاورزی را می‌توان در نظر داشت.

واژه‌های کلیدی: پراکنده‌رویی شهری، زنجان، سنجش از دور، کاربری زمین‌ها، تصاویر ماهواره‌ای.

مقدمه

دارند. با این روند تا سال ۲۰۳۰ این آمار به ۶۰ درصد، برابر با ۵ میلیارد نفر افزایش خواهد یافت. همانطور که شهرها حدود ۳ درصد سطح مساحت زمین را اشغال کرده‌اند. پراکنده‌رویی شهری به‌عنوان یک نوع کشیدگی ادامه‌دار مناطق شهری می‌تواند منجر به افزایش مساحت‌های سفر، تراکم و انباشتگی شود (Burge et al., 2013) که طرح‌ها و جانمایی فضایی شهرها در مواجه شدن با این فشارها حیاتی و اثرگذار هستند (Barton, 1990). بحث در مورد پراکنده‌رویی کلان‌شهرها و تأثیرهای آن در سراسر جهان ادامه دارد. از عوارض مخرب و اثرهای محیطی پراکنده‌رویی می‌توان به الگوهای مصرف‌گرایی اشاره کرد که به گرم شدن کره زمین بر اثر مصرف بیش از حد منابع منتهی شده است (Squires, 2002). گفتنی است افرادی که به‌صورت پراکنده در حومه منطقه‌های شهری با تبعیت از پراکنده‌رویی سکنا گزیده‌اند، بیشتر در معرض بحران‌های طبیعی همچون سیل، زمین لغزش، نشست زمین و غیره قرار گرفته‌اند (Sarafi et al., 2014). برای درک بهتر چنین الگویی، لازم به ارزیابی و شناخت عوامل‌های اجتماعی - اقتصادی مؤثر بر آن است. از این رو می‌توان از عوامل‌های مؤثر بر پراکنده‌رویی شهری به الگوی تراکم مجاز ساخت مسکن، یارانه‌های مدیریت ملی و محلی برای تشویق، پرهیز از پراکنده‌رویی شهری سوخت، ظرفیت و کیفیت معابر، رشد جمعیت، کیفیت زیرساخت‌ها و مراکز تفریحی و خدماتی، فرصت‌های

پدیده پراکنده‌رویی شهری امروزه بسیاری از شهرهای دنیا را تحت تأثیر قرار داده است به‌طوری‌که همه برنامه‌ریزان بر تأثیرهای گسترده آن بر چشم‌اندازهای شهری اتفاق نظر دارند (Frenkel and Ashkenazi, 2007). نیروهای مولد نیز اثرگذاری بالایی در تشدید تغییر و تحول ساختار فضایی - مکانی سکونتگاه‌های انسانی دارند؛ به‌طوری‌که با روند گسترش فضایی خود موجب خوردگی زمین‌های پیرامون شهر می‌شوند. توسعه و رشد یکباره و بدون برنامه شهرها که منجر به ایجاد ساختار فضایی نامناسب می‌گردد در اثر جابجایی و تغییر مکان فعالیت‌ها و جمعیت از مرکز شهر به طرف حومه پدیدار می‌شود. چنین پدیده‌ای پیامدهای جبران‌ناپذیری همچون تهدید منابع طبیعی که به خودی خود سبب ناپایداری توسعه و همچنین محدودیت‌ها و زیان‌های اجتماعی، اقتصادی، کالبدی و محیطی می‌شود را به بار می‌آورد (Anas, 1999). در این راستا نتایج مخربی چون از بین رفتن زمین‌های کشاورزی و همچنین زوال و مردگی مراکز شهری پدیدار می‌شوند که با نگرشی ژرف و آسیب شناسانه به این عوارض این موضوع را می‌توان دریافت که چنین پدیده‌ای تصادفی نیست (Soule, 2006). شهرنشینی یکی از قدرتمندترین و آشکارترین نیروهای انسان ساز روی کره زمین می‌باشد (Dawson, 2007). براساس گزارش جمعیت سازمان ملل^۱ در سال ۲۰۱۱، هم اکنون ۵۰ درصد جمعیت جهان در شهرها سکونت

استفاده بیش از حد از اتومبیل شخصی و توسعه بزرگراه‌ها، شهروندان را مجاب به تمرکززدایی که چیزی جز یک استراتژی نئولیبرال برای پیشبرد انباشت سرمایه نیست، نمود و امکان پذیرش زندگی در محیط‌های پیرامونی شهر را فراهم کرد (Kouzegarkaleji and Pourmousavi, 2016). از آن پس این پدیده در دیگر نقاط دنیا نیز بروز پیدا نمود و سبب ایجاد گسترش افقی شهرها با ماهیت و سنجه‌های متفاوتی گردید. از این رو در دهه ۱۹۷۰ بریتانیا نیز از این انگاشت بی‌بهره نماند. چرا که این الگوی ناکارآمد شهری، منجر به آسیب‌رسانی شهرهای داخلی شده بود که در آن دوره سیاست‌گذاری‌هایی در جهت تجدید حیات شهری توسط شورای استانی صورت گرفت. در پی آن بعد از چنین اقدام‌های، مطالعات زیادی در این زمینه انجام گرفت که در طی سه دهه پراکنده‌رویی تحت کنترل در آمد. در سال‌های اخیر نیز تحقیق‌ها و پژوهش‌های زیادی در جهت ارتقاء سطح دانش تخصصی و دست‌یابی به رویکردی جامع در این زمینه انجام شده است که از جمله آنان می‌توان به سیاست مرز رشد شهری، سیاست خرید زمین و بالابردن درآمدهای حاصله از فضای باز و همچنین ابزارهایی چون اداره امور منطقه و تعمیق همکاری‌های بین شهرداری‌ها و بازسازی برنامه‌ریزی فضایی با قوانین مختلف در فرانسه و آمریکا اشاره کرد. در دهه گذشته سازمان رشد هوشمند آمریکا (SGA) و آژانس حمایت محیط زیستی آمریکا (EPA) به‌وسیله انجام تحقیق‌های پیشگامانه بر رویه پراکنده‌رویی و پیامدهای کیفیت زندگی ناشی شده از آن، سعی بر ارتقاء سطح این مبحث کرد (Ewing *et al.*, 2003). در انجام تحقیق حاضر از تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شده که به مواردی در این زمینه اشاره می‌شود. که در (جدول ۱) به اختصار بیان شده است.

شغلی، تمایل افراد دارای نفوذ و مقامات محلی به گسترش محدوده شهر، دسترسی به اتومبیل شخصی و هماهنگی با تنش‌های نژادی و قومی و غیره اشاره کرد (Ziyari, 2009). الگوی رشد شهرها در ایران ابتدا به حالت ارگانیک و تحت تأثیر عامل‌های درون‌زا و محلی بوده است که پاسخگوی کاربری‌های متعدد مورد نیاز را بود. این در حالی است که با تزریق درآمد نفتی در اقتصاد شهری، مبنای توسعه و گسترش شهر ماهیت برون‌زا به خود گرفت که در پی آن موجب عوارضی همچون نابسامانی بازار زمین و مسکن، بویژه زمین‌های بلافصل و گسترش افقی و لجام گسیخته شهرها شده است (Taghvayi and Sorayi, 2004). شهر زنجان نیز از اثرهای مخرب حاصل از پراکنده‌رویی در امان نمانده به‌طوریکه توجه نکردن به رشد شهر از درون و توجه نکردن به بلند مرتبه‌سازی منجر به پراکنده‌رویی شهری شده است. با توجه به اینکه تاکنون در این زمینه تحقیقی جامع در شهر زنجان صورت نگرفته است، این پژوهش سعی دارد به‌صورت جامع، پراکنده‌رویی شهر زنجان را ارزیابی کرده و اثرهای آن را از ابعاد مختلف مورد تجزیه و تحلیل قرار دهد.

مبانی نظری

سنجش از دور مجموعه داده‌های فضایی سازگار را فراهم می‌کند که زمینه‌های زیادی را با هردو، جزئیات فضایی بالا و فرکانس زمانی بالا پوشش می‌دهند. اهمیت سنجش از دور به‌عنوان یک دیدگاه منحصر به فرد دینامیک فضایی و مکانی از فرآیندها در پایش رشد شهری و تغییر کاربری زمین‌ها، بارز است. بدین ترتیب تکنیک‌های سنجش از دور ماهواره‌ای به‌طور گسترده‌ای بر شناسایی و نظارت بر تغییرات پوشش زمین‌ها در مقیاس‌های مختلف با نتایج مفید استفاده می‌شوند (Mamun *et al.*, 2013). برای اولین بار در اواسط قرن بیستم در آمریکا، در زمانی که

جدول ۱- نمونه‌ای از تحقیق‌های خارجی و داخلی انجام شده در رابطه با ارزیابی پراکنده‌رویی و تغییرهای کاربری زمین‌ها

Table 1. An example of external and internal research regarding urban sprawl estimation and land use/land cover changes

نویسنده (نویسندگان) Authors	عنوان Title	هدف Aim	مواد و ابزار Software
Sonde <i>et al.</i> (2020)	شناسایی و تجزیه پراکنده‌رویی شهری با استفاده از طبقه‌بندی بدون نظارت از سطح بالا داده‌های تصویری با وضوح منطقه ناحیه بندر جواهرلال نهرو در هند Urban sprawl detection and analysis using unsupervised classification of high-resolution image data of Jawaharlal Nehru Port Trust area in India	شناسایی و تجزیه تحلیل پراکنده- تصاویر ماهواره‌ای لندست سال‌های 2004_2014 رویی شهری Identification and analysis of urban sprawl	Landsat satellite imagery in 2004 - 2014 & GIS
Bhat <i>et al.</i> (2017)	پراکنده‌رویی و تأثیرهای آن روی تغییرات کاربری زمین‌ها مطالعه موردی: دهرادون هند Urban sprawl and its impact on land use/land cover dynamics of Dehradun City, India	ارزیابی تغییرات کاربری زمین‌های شهری در نتیجه پراکنده‌رویی Assessing land use/cover changes due to urban sprawl	تصاویر ماهواره‌ای سال‌های 2004_2014 و GIS Landsat satellite imagery in 2004 - 2014 & GIS
Sun <i>et al.</i> (2016)	اثرهای تغییرات کاربری زمین‌ها روی کیفیت هوا در شهرهای چین Impact of Land-Use /Cover Change on urban air quality in representative cities of China	استخراج آلودگی هوا در نتیجه تغییرات کاربری زمین‌های شهری Extraction of air pollution as a result of land use changes in urban areas	تصاویر ماهواره‌ای سال‌های 2000_2010 و GIS Landsat satellite imagery in 2000 - 2010 & GIS
Wakode <i>et al.</i> (2013)	ارزیابی گسترش شهری با استفاده تصاویر ماهواره‌ای لندست و GIS مطالعه موردی: حیدرآباد هند Impact of urbanization on groundwater recharge and urban water balance for the city of Hyderabad, India	استخراج تغییرات کاربری زمین‌های شهری در نتیجه گسترش شهر Extraction of land use changes in urban areas as a result of the city's expansion	تصاویر ماهواره‌ای لندست سال‌های 1989_2000_2005 و GIS Landsat satellite imagery in 1989_2000_2005 & GIS
Cheng Sun <i>et al.</i> (2013)	کم‌سازی میزان رشد و پویایی شهر در شهر گوانژو با استفاده از RS Quantifying different types of urban growth and the change dynamic in Guangzhou using multi-temporal remote sensing data	برآورد میزان کمی رشد شهری و کمک به برنامه‌ریزان در استفاده از زمین‌های شهری Estimating the quantities of urban growth and assisting planners in using urban landscapes	تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های RS و GIS Landsat satellite imagery & GIS and RS technics
Mishra (2012)	بررسی گسترده‌رویی شهری و تغییرات کاربری زمین‌ها با استفاده از RS و GIS نمونه موردی: شهر بوبانسوار Urban sprawl mapping and land use change analysis using remote sensing and GIS (case study of Bhubaneswar City, Orissa)	ارزیابی پراکنش شهر، نظارت بر استفاده از زمین شهری، ارزیابی تغییرات کاربری زمین‌ها، پیش-بینی گسترش شهر در آینده Assessing the distribution of the city, monitoring the use of urban land, assessing land use changes, predicting the future expansion of the city	تصاویر ماهواره‌ای سال‌های 1997_2000_2005 و GIS Landsat satellite imagery in 1997_2000_2005 & GIS
Sharifzadegan, and Nouri (2015)	بررسی اثر پراکنده‌رویی شهری بر آسیب‌های اجتماعی در برنامه‌ریزی شهری Investigating the effect of urban sprawl on social harms in urban planning	به‌کارگیری رهیافت برنامه ریزی راهبردی فضایی در جهت رویایی با مشکل پراکنده‌رویی و کاهش آسیب‌های اجتماعی شهری Applying the strategic spatial planning approach to deal with the problem of urban sprawl and reducing urban social harm	تصاویر ماهواره‌ای و GIS و SPSS, QSPM, ANP Landsat satellite imagery & GIS, SPSS, QSPM, ANP

تحقیقات خارجی
International researchتحقیقات داخلی
National and local research

ادامه جدول ۲- نمونه‌ای از تحقیق‌های خارجی و داخلی انجام شده در رابطه با ارزیابی پراکنده‌رویی و تغییرهای کاربری زمین‌ها
Table 1. An example of external and internal research regarding urban sprawl estimation and land use/land cover changes

نویسنده (نویسندگان) Authors	عنوان Title	هدف Aim	مواد و ابزار Software
Sharifzadegan, and Nouri (2015)	بررسی اثر پراکنده‌رویی شهری بر آسیب‌های اجتماعی در برنامه‌ریزی شهری Investigating the effect of urban sprawl on social harms in urban planning	به‌کارگیری رهیافت برنامه‌ریزی راهبردی فضایی در جهت رویایی با مشکل پراکنده‌رویی و کاهش آسیب‌های اجتماعی شهری Applying the strategic spatial planning approach to deal with the problem of urban sprawl and reducing urban social harm	تصاویر ماهواره‌ای و GIS و SPSS, QSPM, ANP Landsat satellite imagery & GIS, SPSS, QSPM, ANP
Ahadnezhad Reveshty and Hosseini (2012)	ارزیابی و پیش‌بینی تغییرات و پراکنش افقی شهرها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه و سیستم اطلاعات جغرافیایی نمونه موردی: شهر تبریز در مقطع زمانی (1363-1389) Evaluation and prediction of changes and horizontal distribution of cities using multi-time satellite images and geographic information system case study: Tabriz city in (1984-2009)	استخراج میزان تغییرات کاربری زمین‌ها در نتیجه گسترش افقی شهر و پیش‌بینی تغییرات تا سال 1400 Extraction of land use changes as a result of horizontal expansion of the city and forecast changes until 2021	تصاویر ماهواره‌ای لندست سال‌های 1984_2010 و GIS Landsat satellite imagery in 1984_2010 & GIS
Vahediyani et al. (2012)	اثر توسعه فیزیکی شهر تهران بر تغییر کاربری زمین‌ها منطقه ۵ The effect of physical development of Tehran on land use change in district 5	شناخت و تحلیل کاربری‌هایی که نقش مهمی در حفظ و سلامت منطقه و شهر دارند Recognition and analysis of land uses that play an important role in maintaining the health of the region and the city	تصاویر ماهواره‌ای لندست سال‌های 1388_1379_1369_1359_1352 و GIS Landsat satellite imagery in 1973-1980-1990_2008 & GIS
Rabiei et al. (2006)	کشف و بازیابی تغییرات کاربری و پوشش زمین‌های شهر اصفهان به کمک سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی Discovery and retrieval of land use changes and landscaping in Isfahan with the help of remote sensing and GIS	ارزیابی تغییرات کاربری و پوشش زمین‌ها با تأکید بر گسترش افقی شهر اصفهان Evaluation of land use changes and land cover with emphasis on the horizontal expansion of Isfahan	تصاویر ماهواره‌ای لندست سال‌های 1990_1998 و GIS Landsat satellite imagery in 1990_1998 & GIS

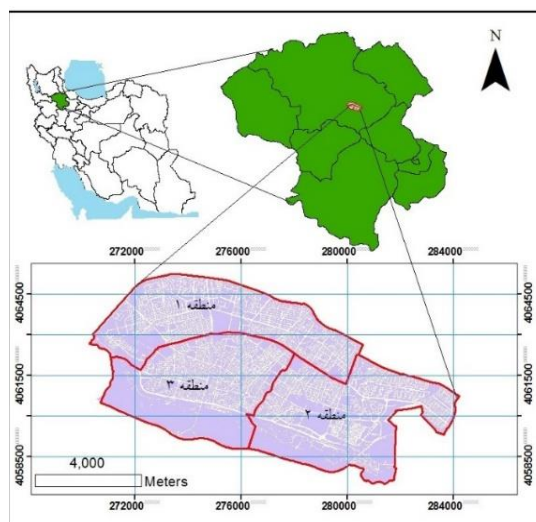
تحقیقات داخلی
National and local research

موقعیت منطقه مورد مطالعه

شهر زنجان در موقعیت ۴۸ درجه و ۲۶ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۳۴ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۳۹ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۴۱ دقیقه عرض شمالی و در فاصله ۳۳۰ کیلومتری شهر تهران قرار گرفته است. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در شکل (۱) نشان داده شده است (Zanjan Detailed Plan, 2009).

مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر، از تصاویر ماهواره‌ای لندست منطقه مورد مطالعه استفاده شده و در نرم افزار Idrisi با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت شده و به الگوریتم

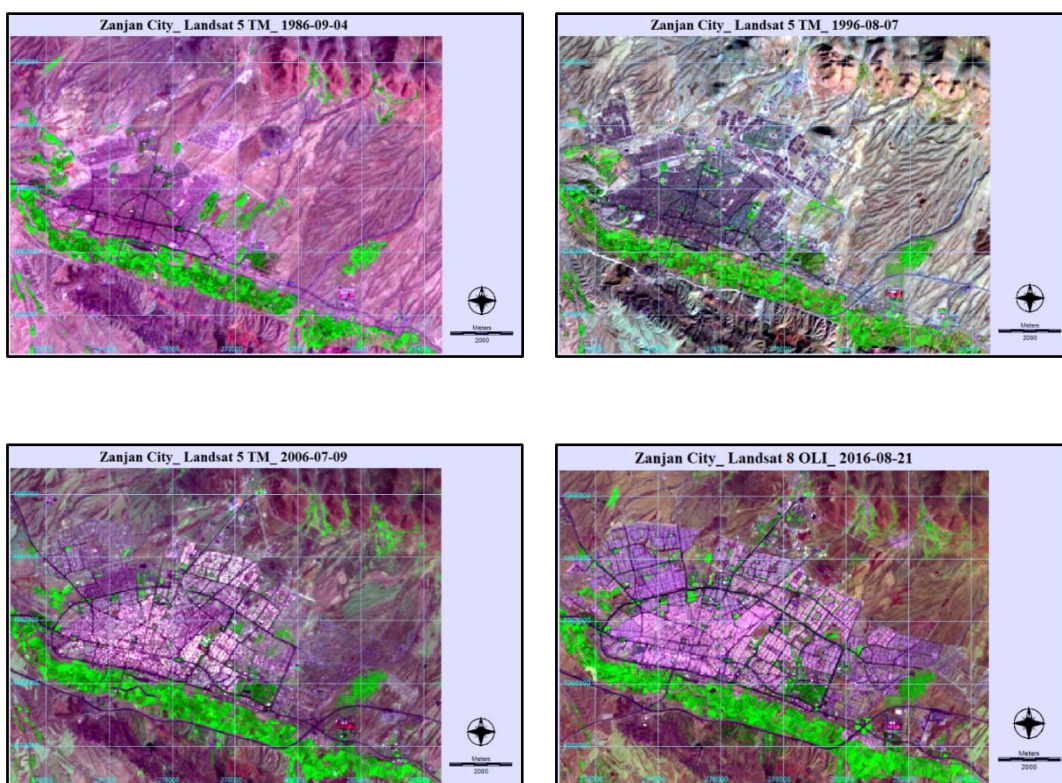


شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه
Fig. 1- Geographical location of the study area

باشد بررسی می‌شود و سپس پیکسل به کلاسی که بیشترین احتمال را داشته باشد اختصاص می‌یابد. روش طبقه بندی حداکثر احتمال یکی از رایج‌ترین الگوریتم‌های طبقه‌بندی نظارت شده است (Jensen, 2005).

در ادامه با استفاده از مدل کراس تب، میزان تغییرات انواع کاربری‌ها به کاربری زمین‌های ساخته شده مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت و با استفاده از مدل‌های آنتروپی شانون و هلدن پراکنده- رویی شهر زنجان تحلیل و بررسی شده است. همچنین برای پیش‌بینی روند تغییرات و بررسی تغییرات احتمالی کاربری زمین‌ها برای افق زمانی سال ۱۴۰۵، روش زنجیره‌های مارکوف و سلول‌های خودکار بکار گرفته شده است. تصاویر ماهواره‌ای لندست منطقه مورد مطالعه در شکل (۲) نشان داده شده است.

طبقه بندی حداکثر احتمال ۵ جهت طبقه‌بندی کاربری و پوشش زمین پرداخته شده است. در این روش میزان کمی واریانس و هم بستگی ارزش‌های طیفی باندهای مختلف برای مناطق نمونه محاسبه می‌شود و از همین خاصیت برای ارتباط یک پیکسل طبقه بندی نشده به یکی از گروه‌ها یا نمونه‌های طیفی نیز استفاده می‌شود. به بیان دیگر، برای بررسی نحوه توزیع ارزش‌های طیفی و احتمال آماری ارتباط یک پیکسل با یکی از گروه‌های نمونه، از ماتریس واریانس و بردار میانگین، که خود، واریانس و هم بستگی ارزش‌های طیفی را تعریف می‌کنند استفاده می‌شود. این روش از دیگر روش‌های موجود برای طبقه‌بندی دقیقتر است (Majd and Zibari, 2013). این روش بر مبنای احتمالات استوار است، یعنی احتمال این که یک پیکسل به هر یک از مجموعه‌های m کلاس تعلق داشته



شکل ۲- تصاویر ماهواره‌ای لندست شهر زنجان در مقاطع زمانی مورد مطالعه

(منبع: سایت سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده آمریکا)

Fig. 2- Landsat satellite imagery of Zanjan City in the studied time periods (Source: U.S. Geological Survey website)

نتایج و بحث

زراعی به نفع ساخت و سازها، دست‌اندازی به حریم رودخانه‌ها و ارزش‌های محیط‌زیستی، توسعه در شیب‌های تند، هم‌جواری‌های نامناسب در کاربری‌ها و ... از جمله پیامدهای این نوع گسترش فیزیکی است (Karam and Mohamadi, 2009). پراکنده‌رویی نیز نظیر دیگر مسئله‌های به‌وجود آمده و مطرحه در مطالعات شهری دارای اثرهای مثبت و منفی می‌باشد که به‌دلیل رشد ناموزون و عدم کنترل این پدیده، پیامدهای منفی آن بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. می‌توان این پیامدها را از ابعاد اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی مورد بررسی قرار داد که در جدول ۲ به اختصار به آن‌ها اشاره شده است.

در جهت مقابله با این پدیده، راه‌کارهای زیادی در دستور کار قرار گرفته است. رشد و توسعه بدون برنامه شهرهای امروزی، الگوهای گوناگون و همچنین پیامدهای تأثیرگذاری در پی داشته است. این در حالی است که شهرسازی امروز متأثر از نظریه توسعه پایدار و مبتنی بر اصول آن می‌باشد. از این رو برای تحلیل هر چه بهتر دلیل تغییرهای کاربری و از بین بردن پوشش گیاهی، سنجه‌هایی همچون تراکم، پیوستگی، تمرکز، خوشه‌بندی، مرکزیت، هسته‌ای بودن، کاربری-های مختلط و مجاورت در نظر گرفته شده است تا با ارزیابی و شناخت بیشتر این پدیده توسط این سنجه‌ها، به شناسایی و کنترل هر چه بهتر این پدیده پرداخته شود (Sarafi et al., 2014).

برای طبقه‌بندی تصاویر ابتدا باید نوع طبقه-بندی مشخص شود؛ در این تحقیق برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای از روش طبقه‌بندی نظارت شده حداکثر احتمال استفاده شده است. در این طبقه-بندی نمونه برداری و آشنایی با منطقه مورد مطالعه از ضروریات می‌باشد. در این روش، نمونه‌های انتخابی از نظر نوع کاربری یا پوشش زمین‌ها مشخص می‌شود و با کدهایی به سیستم معرفی می‌شوند. برای

واژه پراکنده‌رویی شهری که معادل لاتین آن اربان اسپرال (Urban Sprawl) است، به معنای رشد سریع، کم تراکم، جسته و گریخته و پراکنده نواحی مادر شهری و حومه‌ای آن می‌باشد و از آن به‌عنوان یکی از مشکل‌های کنونی نواحی شهری کره زمین بویژه کشورهای در حال توسعه یاد شده است که در قرن اخیر با مسلط شدن مسائل اقتصادی و ترویج الگوهای اقتصاد سرمایه‌داری (مصرف‌گرایی) زندگی بشر رقم خورده است (Razaviyan et al., 2016). این انگاشت در حقیقت یک نوع توسعه فیزیکی می‌باشد که در آن تمایل به گسترش افقی محدوده شهر به‌طور غیر قابل کنترل دیده می‌شود. بنابر گزارش آژانس محیط زیست اروپا، این پدیده یک تهدید حیاتی برای نواحی روستایی و طبیعی می‌باشد (Foran, 2009). پراکنده‌رویی شهری در منطقه‌های پیرامونی شهر بویژه در امتداد راه‌های ارتباطی و جاده‌ها که فاقد امکانات اولیه و تسهیلات شهری می‌باشند به‌صورت غیرقابل کنترل و نامنظم دیده می‌شود. این پدیده با رشد غیر قابل تصور خود، برنامه-ریزان را در تدوین سیاست‌ها و برنامه‌ریزی‌هایشان غافل-گیر کرده است (Sudhira and Ramachandra, 2007). پدیده پراکنده‌رویی در حال حاضر در کشورهای توسعه یافته و کشورهای در حال توسعه به روش‌های مختلف به چشم می‌خورد. با توجه به اینکه بیشتر شهرهای ایران نیز در چند دهه اخیر این پدیده نامطلوب شهری را تجربه کرده‌اند، تحقیق‌های زیادی در زمینه این موضوع انجام شده است. یکی از مهمترین دلیل‌های رشد سریع این شهرها، تمرکز خدمات، صنایع و تسهیلات در آن‌ها بوده که منجر به مهاجرپذیری شدید گشته است. افزایش جمعیت به‌نوبه خود سبب توسعه فیزیکی و کالبدی بدون برنامه و لجام‌گسیخته، افزایش حاشیه‌نشینی و ایجاد شهرک‌ها در پیرامون کلان‌شهرها و شهرهای بزرگ می‌شود. تخریب باغ‌ها و زمین‌های

کمکی نظیر نقشه کاربری زمین‌های منطقه و بازدید میدانی استفاده شده است؛ و منطقه به ۵ کلاس یا کد براساس هدف‌های تحقیق طبقه‌بندی شده و به سیستم معرفی شده است. جدول (۳) ویژگی‌های کلاس‌های طبقه‌بندی کاربری و پوشش زمین‌ها را در ۵ کلاس نشان می‌دهد.

انجام طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای بعد از تصحیح هندسی و بارز سازی تصاویر، کلاس‌های طبقه‌بندی تعیین می‌شود. کلاس‌های طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای با توجه به نوع تصاویر ماهواره‌ای و منطقه مورد مطالعه با همدیگر فرق می‌کنند. برای انتخاب باندهای مناسب برای تعیین کلاس‌های طبقه‌بندی تصاویر از اطلاعات

جدول ۲- ابعاد، اثرها و پیامدهای مثبت و منفی پراکنده‌رویی شهری
Table 2. Positive and negative dimensions, effects, and consequences of urban sprawl

اثرهای منفی پراکنده‌رویی Urban sprawl negative impacts	اثرهای مثبت پراکنده‌رویی Urban sprawl positive impacts	اثرها و ابعاد Impacts and dimensions
افزایش مصرف سوخت Increased fuel consumption افزایش هزینه و دسترسی نداشتن به خدمات عمومی (آتشنشانی و...) Increased cost and lack of access to public services (firefighting, etc.) زمین‌خواری و استفاده بی‌رویه از زمین Land grabbing and improper use of land افزایش اختصاص دادن سرمایه جهت خدمات رسانی سیستم حمل و نقل شهری Increase the allocation of capital to provide services for the urban transportation system افزایش هزینه رفت آمد Increased travel costs	ارزان بودن زمین و کاهش هزینه‌های مسکن Land cheapness and housing cost reduction افزایش تولیدهای اقتصادی Increasing economic production بالا رفتن امکان مالکیت مسکن Increasing the possibility of home ownership	ابعاد اقتصادی Economical dimensions
جدایگزینی اجتماعی - فضایی Social-spatial separation توزیع نابرابر و دسترسی به امکانات (مدارس، اشتغال و...) بین گروه‌های اجتماعی Unequal distribution and access to facilities (schools, employment, etc.) between social groups افزایش نرخ جرم و جنایت در مناطق حومه‌ای Increasing crime rates in suburban areas نبود هویت محلی به دلیل الگوی جدید سکونتگاهی Lack of local identity due to the new settlement pattern فشارهای اجتماعی به دلیل تفاوت در آمد و سبک زندگی Social pressures due to differences in income and lifestyle	خانه‌های بزرگتر و راحتی بیشتر به دلیل فراوانی زمین Larger houses and more comfort due to the abundance of land کاهش تراکم و آسایش بیشتر Reduced density and more comfort	ابعاد اجتماعی Social dimensions
از بین رفتن منابع طبیعی، زمین‌های کشاورزی و محل سکونت حیوانات و تهدید حیات وحش به دلیل توسعه بافت‌های شهری و گسترش زیر ساخت‌ها که منجر به تکه تکه شدن زیستگاه‌ها نیز می‌گردد. The destruction of natural resources, agricultural lands and animal habitats, and the threat to wildlife due to the development of urban fabric and the expansion of infrastructure, which also leads to the fragmentation of habitats. تخریب اکوسیستم به دلیل توسعه زیر بناهای جدید حمل و نقل همانند بزرگراه‌ها Ecosystem degradation due to the development of new transportation infrastructure such as highways اتلاف منابع انرژی و تشدید آلودگی Loss of energy resources and intensification of pollution	دسترسی بهتر به مناظر طبیعی به دلیل فراهم بودن فضای باز و سبز Better access to natural landscapes due to the availability of open and green space کم بودن آلودگی‌ها به دلیل تراکم کم و آستشمام هوای پاک Low pollution due to low density and inhalation of clean air امکان استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر نظیر انرژی خورشیدی و باد Ability to use renewable energy such as solar and wind	ابعاد محیط زیستی Environmental dimensions

جدول ۳- طرح کلی طبقه‌بندی کاربری و پوشش زمین‌ها

Table 3. Land use /cover classification scheme

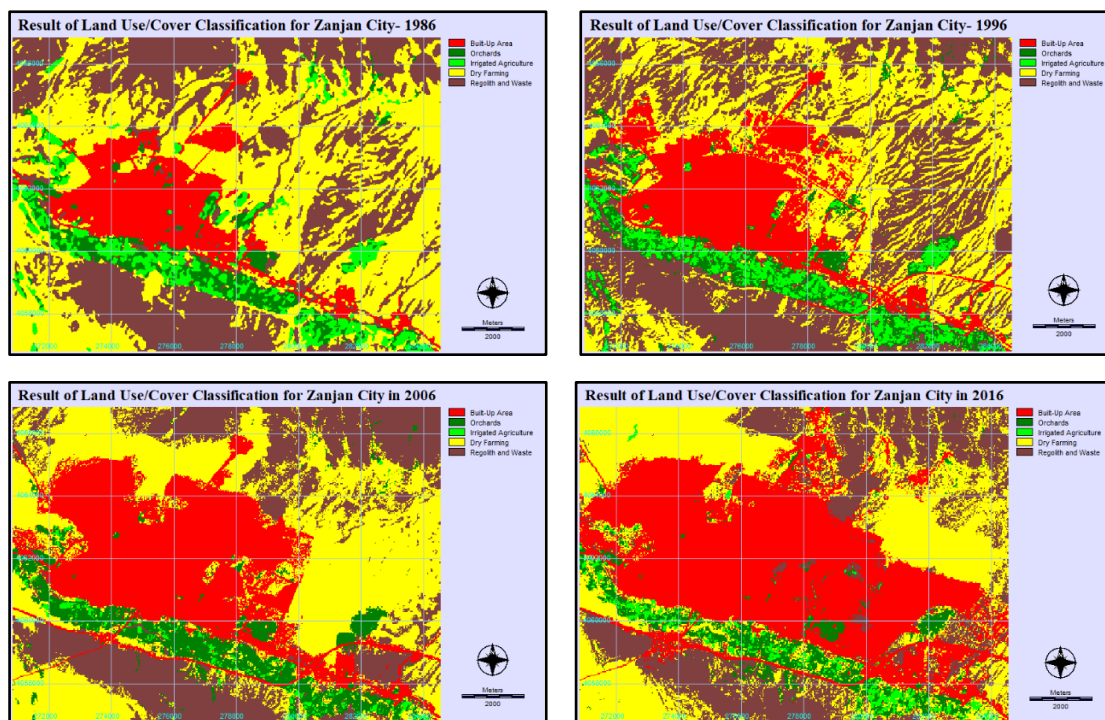
پهنه‌های طبقه‌بندی Classification area	کاربری و پوشش زمین‌های	Land use /cover	کد
شامل کلیه زمین‌های ساخته شده Including total built-up area	زمین‌های ساخته شده	Built-up area	1
شامل فضاهای سبز، پارک‌ها، جنگل‌ها، کمربندهای سبز Including green spaces, parks, forests, green belts	باغ‌ها	Orchards	2
شامل زمین‌های کشاورزی آبی Including Irrigated agricultural lands	کشاورزی آبی	Irrigated agriculture	3
شامل زمین‌های کشاورزی دیم Including dry farming lands	کشاورزی دیم	Dry farming	4
شامل زمین‌های ساخته نشده، رها شده و برونزدگی‌های سنگی Including regolith and waste land	بایر و برونزدگی‌های سنگی	Regolith and waste	5

پوشش زمین‌ها، زمین‌شناسی، کاربری زمین‌ها و دیگر عوارض سطح زمین منتسب می‌شود (Alavipanah, 2003). شکل (۳) نقشه‌های طبقه‌بندی شده کاربری و پوشش زمین‌های محدوده مورد مطالعه را در مقطع زمانی مورد مطالعه نشان می‌دهد. همچنین اطلاعات تفصیلی در جدول (۴) و شکل (۴) نشان داده شده است.

طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۳۶۵،

۱۳۷۵، ۱۳۸۵ و ۱۳۹۵

به جداسازی مجموعه‌های طیفی مشابه و تقسیم‌بندی طبقاتی آن‌ها که دارای رفتار طیفی یکسانی باشند، طبقه‌بندی اطلاعات ماهواره‌ای گفته می‌شود. در عمل طبقه‌بندی، هر کدام از درجه روشنایی‌ها به کلاس‌های



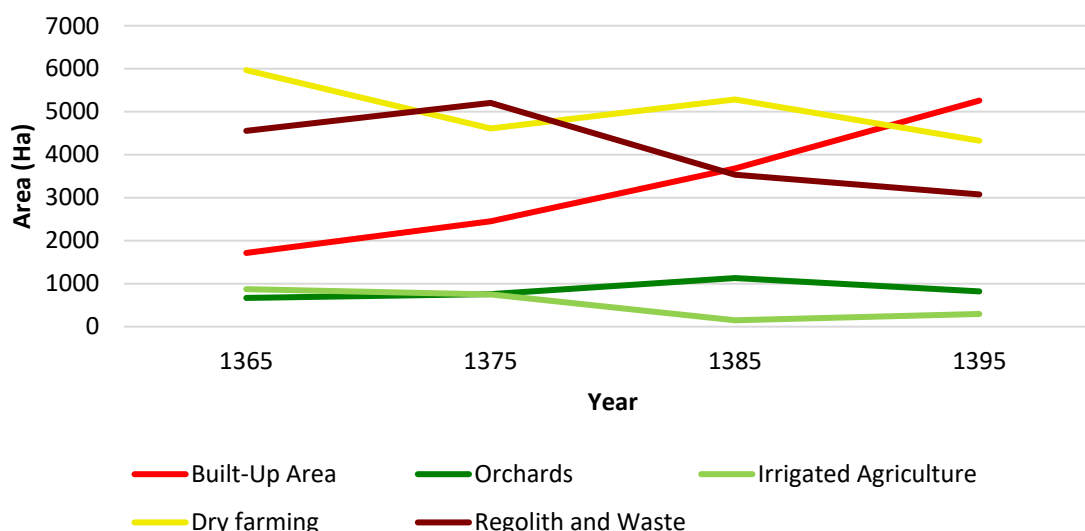
شکل ۳- نقشه‌های طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای لندست در مقاطع زمانی مورد مطالعه

Fig. 3- Classification of Landsat satellite imagery in the studied time periods

جدول ۴- نتایج تفصیلی طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای لندست در مقاطع زمانی مورد مطالعه (هکتار)
Table 4. Detailed results of Landsat satellite imagery classification in the studied time periods (hectares)

1395	1385	1375	1365	کاربری و پوشش زمین‌ها	Land use/cover	کد
5258.88	3679.38	2452.95	1714.86	زمین‌های ساخته شده	Built-up area	1
821.16	1130.67	756.09	668.25	باغ	Orchards	2
295.92	148.23	751.5	872.37	کشاورزی آبی	Irrigated agriculture	3
4326.3	5283.72	4612.41	5967.36	کشاورزی دیم	Dry farming	4
3076.29	3536.55	5205.6	4555.71	بایر و برونزدگی‌های سنگی	Regolith and waste	5
13778.55	13778.55	13778.55	13778.55	مجموع	Total	

Land Use/Cover



شکل ۴- نمودار تغییرات مساحت کاربری‌ها در مقاطع زمانی مورد مطالعه
Fig. 4- Chart of land use/cover area changes in the studied time periods

ماتریسی (جدول ۵) می‌توان گفت که منطقه مورد مطالعه از لحاظ تغییر و دگرگونی کاربری‌ها در ۵ کلاس در طی مقطع زمانی مورد مطالعه چه مقدار تغییر داشته است. نتیجه بررسی میزان تغییرات کاربری زمین‌ها به صورت یک جدول ماتریسی که ستون‌های آن نشان‌دهنده تصویر طبقه‌بندی شده سال ۱۳۶۵ و ردیف‌های آن نشان‌دهنده تصویر طبقه‌بندی شده سال ۱۳۹۵ است، در جدول ۵ نمایش داده شده و نقشه تغییرات کاربری و پوشش زمین‌ها در شکل (۵) نشان داده شده است.

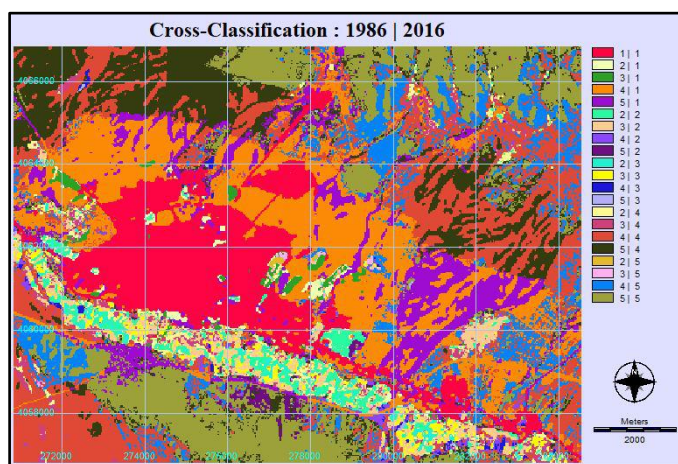
تحلیل تغییرات حادث شده در کاربری زمین‌ها

جهت پی بردن به تغییرات ایجاد شده در مقطع زمانی مورد مطالعه، تصاویر طبقه‌بندی شده مورد مقایسه قرار گرفتند. برای بررسی و تحلیل دقیق تغییرهای روی‌داده در منطقه مورد مطالعه از مدل Cross Tab در نرم افزار Terrset استفاده شده است. در این مدل هم شناسایی پیکسل‌هایی که در بین دو تصویربرداری تغییر یافته‌اند، امکان‌پذیر شده و هم می‌توان ماهیت تغییرات کاربری زمین‌ها را مشخص کرد. بنابر جدول

جدول ۵- تغییرات کاربری و پوشش زمین‌ها در منطقه مورد مطالعه از سال ۱۳۹۵ - ۱۳۶۵ (هکتار)

Table 5. Land use/cover changes in the studied area during 1986 - 2016 (Hectare)

مجموع Total	بایر و برونزدگی-های سنگی Regolith and waste	کشاورزی دیم Dry farming	کشاورزی آبی Irrigated agriculture	باغ‌ها Orchards	زمین‌های ساخته شده Built-up area	کاربری و پوشش زمین‌ها Land use/cover	کد کاربری Code
1714.86	0	0	0	0	1714.86	زمین‌های ساخته شده Built-up area	1
668.25	24.93	162.99	92.97	278.01	109.35	باغ‌های Orchards	2
872.37	26.01	232.38	151.11	347.31	115.56	کشاورزی آبی Irrigated agriculture	3
5967.36	1107.45	2400.48	41.4	107.01	2311.02	کشاورزی دیم Dry farming	4
4555.71	1917.9	1530.45	10.44	88.83	1008.09	بایر و برونزدگی‌های سنگی Regolith and waste	5
13778.55	3076.29	4326.3	295.92	821.16	5258.88	مجموع Total 1395 2016	



شکل ۵- نقشه تغییرات کاربری و پوشش زمین‌ها در منطقه مورد مطالعه از سال ۱۳۶۵ - ۱۳۹۵

Fig. 5- Map of land use/ cover changes from 1986 to 2016

ساختارهای جدید اقتصادی - اجتماعی دارد، نقش عمده‌ای در توسعه فیزیکی شهرها برعهده دارد (Khalili Araghi, 1988). مدل‌های مختلف برای ارزیابی تئوریک گسترش افقی شهرها بکار گرفته می‌شود که در این تحقیق از مدل هلدرن استفاده شده است. یکی از روش‌های اساسی برای مشخص نمودن رشد بی‌قواره شهری، استفاده از روش هلدرن است. Helder (1991) روشی را برای تعیین نسبت رشد

تحلیل تئوریک پراکنده‌رویی شهر زنجان

توسعه شهر در ارتباط تنگاتنگ با میزان رشد جمعیت شهری هست و در این ارتباط افزایش طبیعی جمعیت شهری، میزان مهاجرت خالص به شهر، انتقال ساخت جمعیتی جوامع غیرشهری به شهر و ساخت جمعیت شهر از عامل‌های اساسی به‌شمار می‌روند. مهاجرت نیز به‌عنوان یکی از معلول‌های سیاسی، اقتصادی و اجتماعی، که خود تأثیر عمده‌ای در ایجاد

$$\text{Ln} \left(\frac{\text{سرانه ناخالص پایان دوره}}{\text{سرانه ناخالص آغاز دوره}} \right) + \text{Ln} \left(\frac{\text{جمعیت دوره پایان}}{\text{جمعیت دوره آغاز}} \right) = \text{Ln} \left(\frac{\text{وسعت شهر در پایان دوره}}{\text{وسعت شهر در آغاز دوره}} \right)$$

برای تحلیل گسترش افقی شهر زنجان با استفاده از مدل هلدن نیاز به اطلاعات جمعیتی، مساحت زمین‌های ساخته شده و سرانه مسکونی ناخالص داریم که این اطلاعات در جدول (۶) بیان شده است.

افقی شهر و رشد جمعیت به کار برد. با استفاده از این روش می‌توان مشخص نمود چه مقدار از رشد شهر ناشی از رشد جمعیت و چه مقدار ناشی از رشد بی‌قواره شهری بوده است (Beck et al., 2003). ساختار کلی مدل به این شرح است:

$$a = \frac{A}{P} \quad (1)$$

در این رابطه: a سرانه ناخالص برابر است با حاصل

جدول ۶- جمعیت، مساحت و سرانه ناخالص مسکونی شهر زنجان در مقطع زمانی مورد مطالعه
Table 6. Population, area, and gross residential per capita of Zanjan City in the studied period

سال سنج	جمعیت شهر	مساحت زمین‌های ساخته شده در محدوده قانونی شهر به متر مربع	سرانه ناخالص مسکونی به متر مربع
Year	City population	Built-up area in city boundary (m ²)	Gross residential per capita (m ²)
1395	430871	45663227.05	106
1385	349713	34463226.9	98.54
1375	286295	23157941.523	80.88
1365	215458	16209057.98	75.23
	2.11	2.02	2.42
	7.93		

$$\left(\frac{0.2843}{0.3976} \right) + \left(\frac{0.0724}{0.3976} \right) = \left(\frac{0.3976}{0.3976} \right)$$

$$0.5032 + 0.4968 = 1$$

$$50.32 + 49.68 = 100$$

می‌توان نتیجه‌گیری کرد که ۵۰/۳۲ درصد از رشد شهر زنجان در فاصله سال‌های ۱۳۸۵ - ۱۳۷۵ مربوط به رشد جمعیت و ۴۹/۶۸ درصد مربوط به رشد افقی و پراکنده‌رویی شهری می‌باشد.

نتایج مدل هلدن برای سال‌های ۱۳۸۵ - ۱۳۹۵

$$\text{Ln} = \left(\frac{430871}{349713} \right) + \text{Ln} \left(\frac{106}{98.54} \right) = \text{Ln} \left(\frac{45663227.05}{34463226.9} \right)$$

$$\text{Ln} = \text{Ln} (1.23) + \text{Ln} (1.08) = \text{Ln} (1.32)$$

$$0.2087 + (0.073) = 0.2814$$

$$\left(\frac{0.2087}{0.2814} \right) + \left(\frac{0.073}{0.2814} \right) = \left(\frac{0.2814}{0.2814} \right)$$

$$0.7416 + 0.2594 = 1$$

$$74.16 + 25.94 = 100$$

می‌توان نتیجه‌گیری کرد که ۷۴/۱۶ درصد از رشد شهر زنجان در فاصله سال‌های ۱۳۸۵ - ۱۳۹۵ مربوط به رشد جمعیت و ۲۵/۹۴ درصد مربوط به رشد افقی و

نتایج مدل هلدن برای سال‌های ۱۳۶۵ - ۱۳۷۵

$$\text{Ln} = \left(\frac{286295}{215458} \right) + \text{Ln} \left(\frac{80.88}{75.23} \right) = \text{Ln} \left(\frac{23157941.5}{16209057.98} \right)$$

$$\text{Ln} = \text{Ln} (1.33) + \text{Ln} (1.08) = \text{Ln} (1.43)$$

$$0.2843 + (0.0724) = 0.3567$$

$$\left(\frac{0.2843}{0.3567} \right) + \left(\frac{0.0724}{0.3567} \right) = \left(\frac{0.3567}{0.3567} \right)$$

$$0.797 + 0.203 = 1$$

$$79.7 + 20.3 = 100$$

می‌توان نتیجه‌گیری کرد که ۷۹/۷ درصد از رشد شهر زنجان در فاصله سال‌های ۱۳۶۵ - ۱۳۷۵ مربوط به رشد جمعیت و ۲۰/۳ درصد مربوط به رشد افقی و پراکنده‌رویی شهری می‌باشد که نتیجه آن کاهش تراکم ناخالص جمعیت و افزایش سرانه ناخالص زمین شهری در راستای گسترش افقی شهر زنجان می‌باشد (جدول ۷).

نتایج مدل هلدن برای سال‌های ۱۳۷۵ - ۱۳۸۵

$$\text{Ln} = \left(\frac{349713}{286295} \right) + \text{Ln} \left(\frac{98.54}{80.88} \right) = \text{Ln} \left(\frac{34463226.9}{23157941.5} \right)$$

$$\text{Ln} = \text{Ln} (1.22) + \text{Ln} (1.22) = \text{Ln} (1.49)$$

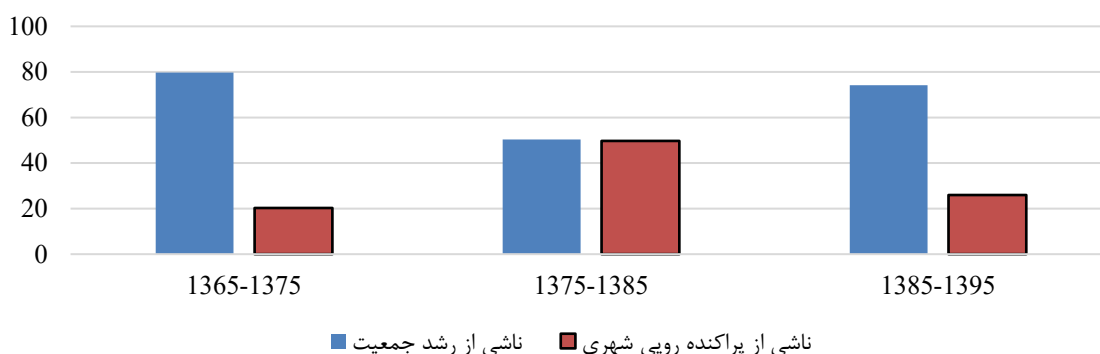
$$0.2001 + (0.1975) = 0.3976$$

در بافت درونی و فرسوده داخل شهر. هر چند در سال‌های اخیر به عامل رشد درونی شهر توجه شده است. لیکن هنوز هم پراکنده‌رویی شهر زنجان درصد قابل توجهی از گسترش فیزیکی شهر را سبب شده است.

پراکنده‌رویی شهر می‌باشد (جدول ۷ و شکل ۶). می‌توان گفت با وجود ظرفیت بالای زمین‌های بازیافتی در شهر زنجان، همواره پاسخگویی به تقاضای زمین در عمل به صورت گسترش محدوده شهر بوده است نه بازیافت زمین

جدول ۷- سهم عامل جمعیتی و پراکنده‌رویی شهری در میزان رشد شهر زنجان در فاصله‌های زمانی مورد مطالعه (درصد)
Table 7. Contribution of demographic factors in urban sprawl at Zanjan City in the study period (percentage)

مقطع زمانی Time period	1365-1375	1375-1385	1385-1395
ناشی از رشد جمعیت Due to population growth	79.7	50.32	74.16
ناشی از پراکنده‌رویی شهری Due to urban sprawl	20.3	49.68	25.94



شکل ۶- نمودار سهم عامل جمعیت و پراکنده‌رویی شهری در میزان رشد شهر زنجان (درصد)
Fig. 6- The chart of population factor and urban sprawl at Zanjan's urban growth (percentage)

پیش‌بینی آن، می‌توان راه‌های رسیدن به توسعه پایدار در آینده را جستجو کرد. بررسی روند توسعه شهری نیازمند به‌کارگیری سامانه‌ای شبیه‌ساز به‌عنوان پیش‌رانه است. در این میان، مدل سلول‌های خودکار به سبب ساختار ساده و پویای خویش و نیز برخورداری از ویژگی‌های قدرتمند مکانی به‌طور گسترده در شبیه‌سازی تغییرات مکانی - زمانی پدیده‌های گوناگون از جمله رشد و گسترش شهرها مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند. سلول‌های خودکار، سامانه‌هایی پویا و گسسته به‌شمار می‌روند که رفتارشان براساس پیوندهای محلی استوار است. فضا در این جا به صورت شبکه‌ای از سلول‌ها با مجموعه‌ای متناهی از وضعیت‌ها تعریف می‌شود که در هر گام زمانی، هر سلول وضعیت جدید خود را با توجه به همسایه‌های خود و بر پایه‌ی قوانین تعریف شده به‌دست می‌آورد. مدل‌های

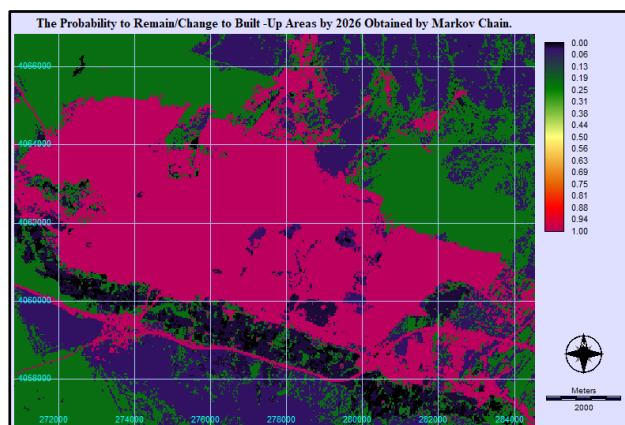
پیش‌بینی روند تغییرات کاربری و پوشش زمین‌ها با استفاده از مدل زنجیره‌های مارکوف برای این منظور در نرم افزار TerrSet با مقایسه تصاویر طبقه‌بندی شده سال ۱۳۶۵ با سال ۱۳۹۵ از روش زنجیره‌های مارکوف به پیش‌بینی روند تغییرات پرداخته شده و افق پیش‌بینی برای سال ۱۴۰۵ مد نظر قرار گرفته است. جدول (۸) نتایج پیش‌بینی روند تغییرات برای سال ۱۴۰۵ را با استفاده از زنجیره‌های مارکوف و شکل شماره (۷) نقشه احتمال تغییرات سایر کاربری‌ها به زمین‌های ساخته شده را برای افق زمانی بیان شده نشان می‌دهد. امروزه توسعه شهری از مهمترین مسئله‌ها در سطح جهان است که به‌صورت روزافزون توجه مدیران و برنامه‌ریزان شهری را به خود معطوف کرده است. توسعه شهری یک مسئله مهم در حوزه محیط زیست است که با پوشش و

فرد آن در مدل‌سازی عوارض طبیعی و فیزیکی سطح زمین، کاربرد وسیعی در پیش‌بینی تغییرات کاربری زمین‌ها و توسعه زمین‌های شهری پیدا کرده است. مدل سلول‌های خودکار یک تکنیک مدل‌سازی است که در فضای رستری تعریف می‌شود. وضعیت سلول به‌طور معمول پوشش و کاربری زمین‌های آن سلول را بیان می‌کند و تغییر در شکل یک سلول به شکل دیگر وابسته به وضعیت سلول در زمان حال و وضعیت سلول‌های همسایه است.

فضایی، ابزارهایی مفید برای درک فرآیند توسعه‌ی شهری، ابزار کمی سیاست‌گذاری مدیریت و برنامه‌ریزی شهری و فراهم کننده اطلاعات برای ارزیابی تأثیرهای شهری بر محیط زیست و اکوسیستم هستند. با مدل‌سازی سیستم پیچیده‌ی شهری، الگوهای فضایی و روندهای رشد شهری را می‌توان شبیه‌سازی کرد و درک بهتری از سیستم شهر به‌عنوان یک کل به‌دست آورد. مدل سلول‌های خودکار به دلیل داشتن ماهیت پویا و همچنین ویژگی‌های منحصر به

جدول ۸ - احتمال تغییرات سایر کاربری‌ها به زمین‌های ساخته شده تا سال ۱۴۰۵ براساس مدل زنجیره‌های مارکوف (درصد)
Table 8. Probabilities of land use changes to built-up areas until 2026 based on the Markov chains model

Regolith and waste	Dry farming	Irrigated agriculture	Orchards	Built-up area	Land uses
0	0	0	0	100	ساخته شده Built-up area
0	20.89	18.32	58.51	2.28	باغ‌های Orchards
0	23.46	25.78	50.76	0	کشاورزی آبی Irrigated agriculture
19.95	56.84	0.65	1.28	21.28	کشاورزی دیم Dry farming
59.41	35.51	0	1.41	3.67	بایر Regolith and waste



شکل ۷- نقشه احتمال تغییرات سایر کاربری‌ها به زمین‌های ساخته شده براساس مدل زنجیره‌های مارکوف
Fig. 7- Probabilities of land use changes to built-up areas based on the Markov chains model

زمینه تمهیداتی اندیشیده نشود، رشد لجام گسیخته شهر ادامه پیدا خواهد که در این میان به‌دلیل گسترش افقی و پراکنده شهر، آسیب‌های جدی بر ساختارهای اکولوژیک طبیعی و شبه طبیعی این شهر وارد خواهد شد.

مدل سلول‌های خودکار به‌دلیل نزدیکی با داده‌های رستری در GIS مورد توجه قرار گرفته است. براساس نتیجه پیش‌بینی مدل سلول‌های خودکار تا سال ۱۴۰۵ (جدول ۹) زمین‌های ساخته شده شهر زنجان به ۶۳۱۱/۸۸ هکتار خواهد رسید که اگر در این

جدول ۹- مساحت کاربری و پوشش زمین‌ها در سال ۱۴۰۵ براساس نتیجه پیش‌بینی سلول‌های خودکار

Table 9. Land use/cover area in 2026 based on the prediction results of Cellular Automata

مساحت سال 1405 به هکتار Total area in 2026 (Hectar)	کاربری و پوشش زمین‌ها	Land use/cover	کد Code
6311.88	زمین‌های ساخته شده	Built-up area	1
728.46	باغ‌ها	Orchards	2
254.52	کشاورزی آبی	Irrigated agriculture	3
3793.5	کشاورزی دیم	Dry farming	4
2690.19	بایر و برونزدگی‌های سنگی	Regolith and waste	5
13778.55		Total مجموع	

نتیجه‌گیری

نقشه‌ها چنین نتیجه‌گیری می‌شود که: مساحت شهر زنجان در طی ۳۰ سال از ۱۷۱۴/۸۶ به ۵۲۵۸/۸۸ هکتار رسیده است و در مقابل زمین‌های باغی، کشاورزی و بایر با توجه به جدول ۴ کاهش قابل توجهی را داشته‌اند. در این میان آنچه مهم می‌نماید تغییر زمین‌های باغی و کشاورزی به زمین‌های ساخته شده می‌باشد که بنابر مقایسه تصاویر طبقه‌بندی شده براساس مدل کراس تب که در جدول ۵ بیان شده، می‌باشد. در این میان عامل-های پیدا و پنهان بسیاری در این امر دخیل بوده‌اند که مهمترین آن‌ها عامل رشد جمعیت و پراکنده‌رویی شهری بوده است. بنابر نتایج حاصل از مدل هلدرن در سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۷۵، ۱۳۸۵ و ۱۳۹۵ به ترتیب ۷۹/۷، ۵۰/۳۲ و ۷۴/۱۶ درصد از رشد شهر مربوط به عامل جمعیت و ۲۰/۳، ۴۹/۶۸ و ۲۵/۹۴ درصد مربوط به پراکنده‌رویی شهر زنجان بوده است. با توجه به پیش-بینی صورت گرفته برای سال ۱۴۰۵ احتمال تغییر کاربری زمین‌ها به شهر در طی ۱۰ سال قابل توجه است که در این میان، میزان زمین‌های ساخته شده شهر زنجان به ۶۳۱۱/۸۸ هکتار خواهد رسید و زمین‌های کشاورزی و باغی در مجموع ۲۳/۵۶ درصد احتمال تبدیل به شهر را دارند که اقدام‌های لازم در این زمینه را می‌طلبد تا از گسترش بی‌رویه شهر به این زمین‌ها جلوگیری شود. در سه دهه گذشته با توسعه ناموزون شهر زنجان مساحت شهر بیش از ۳ برابر شده است. بررسی تئوریک پراکنده‌رویی شهر زنجان براساس مدل

رشد ناموزون و پراکنده‌رویی فزاینده شهرها، از جمله مسئله‌ها و مشکل‌های شهرهای امروزی است. شهرهای ایران نیز از این امر مستثنی نبوده‌اند و پراکنده‌رویی در آن‌ها به مسئله مهمی تبدیل شده است. به‌طوریکه سنج‌های پراکنده‌رویی که شامل تراکم، پیوستگی، تمرکز، خوشه‌بندی، مرکزیت، هسته‌ای بودن، کاربری‌های مختلط و مجاورت است در آن‌ها به چشم می‌خورد. زنجان یکی از شهرهای تاریخی و کهن ایران است. در محدوده این شهر نواحی با ارزش محیط زیستی و طبیعی بسیاری وجود دارد که از جمله آن‌ها می‌توان به منابع و تفرجگاه‌های آبی، چشمه‌ها، قنات‌ها، ارتفاعات، باغ‌ها و پارک‌های جنگلی اشاره نمود. جمعیت این شهر و سهم جمعیتی آن از استان همواره در حال افزایش بوده و دسترسی‌های مطلوب آن به دیگر شهرهای مهم از جمله تهران و تبریز، موجب تقویت نقش آن شده و آن را به یکی از مهمترین کانون‌های جمعیتی در این منطقه تبدیل کرده است. شهر زنجان هم مانند دیگر شهرهای بزرگ کشور، گسترش کالبدی شتابانی را در طی دهه‌های اخیر تجربه کرده است که همین امر ضرورت ارزیابی اصولی این گسترش را نمایان می‌سازد. با توجه به کارایی منحصر به فرد تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در زمینه ارزیابی گسترش افقی شهر و اثرهای آن در این تحقیق نیز از این تکنیک‌ها استفاده شده است. از بررسی جدول‌ها و

توسعه پایدار، حفظ محیط زیست و استفاده کارا از منبع‌های مختلف، مباحثی مانند رشد هوشمند و توسعه درونزای شهری بسیار مدنظر بوده و هست. از این گذشته جلوگیری از افزایش بی‌رویه محدوده شهر، در دستور کار قرار دادن بلند مرتبه‌سازی و استفاده از الگوی شهر فشرده و همچنین هدایت جهت گسترش شهر به سمت زمین‌های بایر و رها شده با هدف جلوگیری از ساخت و ساز در زمین‌های کشاورزی را می‌توان در نظر داشت.

پی‌نوشت‌ها

¹ United Nation Population Found

² Urban Sprawl

³ Smart Growth of America (SGA)

⁴ Environment Protection Agency (EPA)

⁵ Maximum Likelihood

هلدرن، مبین نقش قابل توجه پراکنده‌رویی شهری در گسترش فیزیکی شهر زنجان می‌باشد که همواره اثر آن بیش از عامل رشد جمعیت بوده است. مشکل امروز شهرهای ما کمبود زیرساخت‌ها، نبود تناسب کالبدی در ساخت و سازها و زود فرسوده شدن واحدهای ساخته شده است. به دلیل پایین بودن توان درآمدی مردم در این مناطق و اعتباردهی پایین بازارهای سرمایه در ایران، نوسازی این بافت‌ها به سرعت انجام نمی‌گیرد و مشکل بافت‌های فرسوده و مسکن نامناسب برای بسیاری هنوز رخ می‌نماید. از این رو پیشنهادهایی با هدف یاری رسانی به برنامه‌ریزان شهری در رابطه با رویارویی با پدیده پراکنده‌رویی شهر زنجان به شرح زیر مطرح می‌گردد:

در کشورهای توسعه یافته با توجه به اهمیت بالای

منابع

Ahadnezhad Reveshty, M. and Hosseini, A., 2012. Estimation and prediction of horizontal changes and distribution of cities using multi-temporal satellite imagery and geographic information system the case study of Tabriz city during 1363-1389. *Research and Urban Planning Journal*. 2(4), 1-20.

Anas, A., 1999. The costs and benefits of fragmented metropolitan governance and the new regionalist policies. *Planning and Markets*. 22(2), 289-317.

Barton, H., 1990. *Local Global Planning. The Planner*. 26, 12-15.

Beck, R., Kolankiewicz, L. and Camarota, S.A., 2003. *Outsmarting smart growth*. Center for Immigration Studies, Washington DC, USA.

Bhat, P.A., Shafiq, M., Mir, A.A. and Ahmed, P., 2017. Urban sprawl and its impact on land use/land cover dynamics of Dehradun City, India. *International Journal of Sustainable Built Environment*. 6(2), 513-521.

Burge, G.S., Trostler, T.L., Nelson, A.C., Juergensmeyer, J.C. and Nicholas, J.C., 2013. Can development impact fees help mitigate urban sprawl? *Journal of the American Planning Association*. 79(3), 235-248.

Dawson, R., 2007. Re-engineering cities: a framework for adaptation to global change. *Philosophical transactions. Series A, Mathematical, Physical, and Engineering Sciences*. 365(1861), 3085-98.

Ewing, R., 1997. Is Los Angeles-style Sprawl desirable? *Journals of the American Planning Association*. 63(1), 107-126.

Ewing, R. and Hamidi, S., 2014. *Measuring urban sprawl and validating sprawl measures*. National Institutes of Health and Smart Growth America, Washington, DC., USA.

Ewing, R., Pendall, R. and Chen, D., 2003. *Measuring sprawl and its transportation impacts*. *Transportation Research Record: Journal of the*

- Transportation Research Board. 1831(1), 175-183.
- Ewing, R., Schieber, R.A., and Zegeer, C.V. (2003). Urban sprawl as a risk factor in motor vehicle occupant and pedestrian fatalities. *American Journal of Public Health*. 93(9), 1541-1545.
- Ewing, R., Schmid, T., Killingsworth, R., Zlot, A. and Raudenbush, S., 2008. Relationship between urban sprawl and physical activity, obesity, and morbidity. In: Marzluff J.M. et al. (eds) *Urban Ecology*. Springer, Boston, MA. 567-582
- Foran, M., 2009. *Expansive Discourses: Urban Sprawl in Calgary, 1945-1978*. Athabasca University Press, Canada.
- Frenkel, A. and Ashkenazi, M., 2008. The integrated sprawl index: measuring the urban landscape in Israel. *The Annals of Regional Science*. 42(1), 99-121.
- Handy, S.L., Boarnet, M.G., Ewing, R. and Killingsworth, R.E., 2002. How the built environment affects physical activity: views from urban planning. *American Journal of Preventive Medicine*. 23(2), 64-73.
- Jensen, J.R., 2005. *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*. Prentice-Hall Inc., USA.
- Karam, A. and Mohamadi, A., 2010. Evaluation and zoning of land suitability for physical development of Karaj city and peripheral lands based on natural factors and AHP method. *Quarterly Journal of Natural Geography*. 88, 59-74.
- Kelly-Schwartz, A.C., Stockard, J., Doyle, S. and Schlossberg, M., 2004. Is sprawl unhealthy? A multilevel analysis of the relationship of metropolitan sprawl to the health of individuals. *Journal of Planning Education and Research*. 24(2), 184-196.
- Khalili Araghi, M., 1998. *Understanding the effective factors in the expansion of the Tehran city*. Tehran University Academic Press. Tehran, Iran.
- Majd, A. and Zibari, M., 2014. *Familiarity with remote sensing and application in natural resources (satellite information, aerial photography, space)*. Institute of Printing and Publishing, University of Tehran, Iran.
- Mamun, A.A., Mahmood, A. and Rahman, M., 2013. Identification and monitoring the change of land use pattern using remote sensing and GIS: A case study of Dhaka City. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*. 6(2), 20-28.
- Mishra, M., Mishra, K.K., Subudhi, A.P., Phil, M. and Cuttack, O., 2006. *Urban sprawl mapping and land use change analysis using remote sensing and GIS*. Indian Institute of Remote Sensing, Deheradun, Uttarakhand, India.
- Rabiei, H., Ziyaeiyan, P. and Alimohamadi, A., 2006. Recovery and alteration of land use and land cover in Isfahan by remote sensing and geographic information system. *Quarterly Journal of Human Sciences*. 84, 41-54.
- Razaviyan, M., Kanouni, R. and Yarmoradi, K., 2017. *Urban Environment*. Nashre Elm Academic Press Inc., Tehran, Iran.
- Razaviyan, M. and Mirzayi Ghale, F., 2017. *Spatio-Economic Planning and Entrepreneurship in Iran*. First ed. Jahad Daneshgahi Shahid Beheshti University Academic Press, Tehran, Iran.
- Sarafi, M., Tavkioliniya, J. and Mohamadiyan, H., 2015. *New Thoughts in Urban Planning*. First ed. Gadyani Academic Press Inc., Tehran, Iran.

- Sharifzadegan, M. and Nouri, S., 2015. Investigating the Urban Sprawl Social Damage in Urban Planning the case study of Sanandaj city. MSc. Thesis, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
- Sonde, P., Balamwar, S. and Ochawar, R.S., 2020. Urban sprawl detection and analysis using unsupervised classification of high-resolution image data of Jawaharlal Nehru Port Trust area in India. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*. 17, 100282.
- Soule, D.C., 2006. *Urban sprawl a comprehensive reference guide. Defining and managing urban sprawl*. Greenwood Press.
- Squires, G.D. ed., 2002. *Urban sprawl: Causes, consequences, & policy responses*. The Urban Institute.
- Sudhira, H.S. and Ramachandra, T.V., 2007. Characterizing urban sprawl from remote sensing data and using landscape metrics. In *Proceedings of 10th international conference on computers in urban planning and urban management*. Available online at: <http://eprints.iisc.ernet.in/11834/>.
- Sun, C., Wu, Z.F., Lv, Z.Q., Yao, N. and Wei, J.B., 2013. Quantifying different types of urban growth and the change dynamic in Guangzhou using multi-temporal remote sensing data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 21, 409-417.
- Sun, L., Wei, J., Duan, D.H., Guo, Y.M., Yang, D.X., Jia, C. and Mi, X.T., 2016. Impact of land-use and land-cover change on urban air quality in representative cities of China. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*. 142, 43-54.
- Taghvayi, M. and Sorayi, M., 2005. Horizontally extend of cities and existing land capacities the case study of Yazd city. *Quarterly Journal of Geographic Research*. 83, 187-210.
- Vahediyan Beygi, L., Pourahmad, A. and Seyfodini, F., 2012. The effect of physical development of Tehran on land use change in region 5. *New Thoughts in Human Geography Journal*. 90, 29-46.
- Wakode, H.B., Baier, K., Jha, R. and Azzam, R., 2014. Analysis of urban growth using Landsat TM/ETM data and GIS-a case study of Hyderabad, India. *Arabian Journal of Geosciences*. 7(1), 109-121.
- Ziyari, K. and Mahdnezhad, H., 2010. *Shout, Avoidance, Basics and Urban Planning Techniques*. First ed. Chabahar International University Academic Press, Chabahar, Iran.
- Ziyari, K., 2010. *Basics and Urban Planning Techniques*. First ed. Chabahar International University Academic Press, Chabahar, Iran.





Environmental Sciences Vol.18 / No.4 / Winter 2021

141-160

Estimation of urban sprawl and its impacts on land use/land cover changes (case study: Zanjan City during 1986-2016)

Mohamadtaghi Razavian and Ali Rahimi *

Department of Human Geography and Spatial Planning, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Received: 2019.05.20

Accepted: 2020.09.10

Razavian, M. and Rahimi, A., 2021. Estimation of urban sprawl and its impacts on land use/land cover changes (case study: Zanjan City during 1986-2016). *Environmental Sciences*. 18(4): 141-160.

Introduction: Nowadays, the urban sprawl phenomenon has become one of the most important concerns of planners and policymakers. The lack of attention to this phenomenon has led to irreparable consequences such as threatening natural resources, and social, economic, physical, and environmental constraints and disadvantages. In order to better understand such a model, it is necessary to evaluate and identify the socioeconomic factors affecting it.

Material and methods: The methodology in this research was a combination of descriptive and explanatory research, the type of research was applied, and its approach was considered quantitative and qualitative. Data collection was done using library and field survey methods. Also, remote sensing and Landsat satellite images of the studied area during the mentioned period was used. In addition, to analyze Zanjan's urban sprawl, the method of classified classification, land use classification and cross-feasibility model, the extent of changes in different land uses, and the Holdern model were used. In order to predict the trend of changes and to investigate possible changes in land uses for the 2026 horizon, the Markov chains model was used.

Results and discussion: In the studied area, the results of the research indicated that over the past three decades, with uneven development in Zanjan City, the urban area has almost tripled. Theoretical analysis of Zanjan's urban sprawl according to Helder model indicated significant urban sprawl domination in the physical development of Zanjan, which always had more effect than the population growth. During the studied years, Zanjan's urban area had a multiplier increase that in contrast to this expansion, had a significant decrease in orchards and agriculture. In this situation, what made a big difference were the changes in orchard and

* Corresponding Author: *Email Address*.ali.rahimi3@mail.sbu.ac.ir
<http://doi.org.10.52547/envs.18.4.141>

agricultural land uses. There were many factors involved in this matter, most notably the growth of urban population and urban sprawl.

Conclusion: Based on the forecast for 2026, the probability of land use changes to the city over the next 10 years is significant, during which the number of built-up areas in Zanjan will reach 6311.88 hectares. It should be noted that orchards and agricultural lands have only a 23.56% possibility of conversion to urban areas. Therefore, necessary actions are required to prevent over-urbanization. In developed countries, considering the importance of sustainable development, environmental protection and the efficient use of various sources, smart growth, and urban development are highly important. Moreover, preventing the excessive growth of the city's boundaries, the high-ranking agenda, and the use of the compact city pattern, as well as the direction of the expansion of the city towards regolith and abandoned lands with the aim of preventing constructions in agricultural land can be considered.

Keywords: Urban sprawl, Zanjan, Remote sensing, Land-use, Satellite images.