

مقاله علمی پژوهشی

بررسی الگوی فضایی و بصری سازی پراکنده رویی شهری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و آنتروپی شانون در GIS، مطالعه موردی: شهر تبریز از سال ۱۳۵۱-۱۳۹۲

*نورالدین میثاق^۱، فرسام میثاق^۲، عادل مردانه^۳، سعید مددی^۴

۱. دانشجوی دکتری، گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۲. استادیار، گروه ریاضی و آمار، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

۳. کارشناسی ارشد، گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۴. کارشناسی ارشد، گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۰۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۱۱

Investigation of Spatial Pattern and Visualization of Urban Sprawl Using Satellite Images and Shannon Entropy in GIS, Case Study: Tabriz City, 1972-2013

*Nouraddin Misagh¹, Farsam Misagh², Adel Mardaneh³, Saeid Madadi⁴

1. Ph.D. Candidate Department of Remote Sensing and Geographic Information Systems, University of Tehran, Tehran, Iran.

2. Assistant Professor, Department of Mathematics and Statistics, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

3. MSc. Student, Department of Remote Sensing and Geographic Information Systems, University of Tehran, Tehran, Iran.

4. MSc. Student, Department of Remote Sensing and Geographic Information Systems University of Tehran, Tehran, Iran.

Received: 2018/06/01

Accepted: 2019/08/25

Abstract

Urban sprawl or uncontrolled dispersion of built-up areas imposes many economic, social, and environmental issues to cities with a high growth rate. The combination of Remote Sensing and GIS. Technologies with the Shannon Entropy Model can be used to identify, quantify and analyze the trends of urban sprawl patterns. In this research, Landsat satellite imagery, spatial analysis of GIS and Shannon entropy were used in two levels (for the whole city and within urban areas) in Tabriz city. After geometric and radiometric correction of images and the mapping of urban and non-urban areas in four periods from 1972 to 2013, to calculate the total entropy of each period, the region was divided into 58 cells. In addition, to create a spatial pattern map and visualize urban sprawl, the whole city was divided into 100 cells with 16 sub-cells, the amount of entropy of 16 cells was calculated, and sprawl spatial pattern was obtained by Kriging interpolation method. The results of this study showed that urban sprawl of Tabriz has been approaching the maximum entropy (4.06) from 1972 to 2013 and has caused a two-fold gap between the growth of urban areas and the population. In addition, the spatial pattern of urban sprawl is unbalanced and focuses on the city's communication axes.

Keywords

Landsat, Shannon Entropy, GIS, Tabriz, Urban Sprawl, Spatial Pattern.

چکیده

پراکنده‌روی شهری یا پراکنده‌گی کنترل‌نشده مناطق ساخته شده، مسائل زیادی را از جنبه‌های اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی به شهرهای با رشد زیاد تحمیل می‌کند. ترکیب فناوری‌های سنجش از دور و GIS با مدل آنتروپی شانون می‌تواند برای تشخیص، کمی‌سازی و تحلیل روند الگوی پراکنده‌روی شهری به کار گرفته شود. در این تحقیق، از تصاویر ماهواره لندست، تحلیل‌های فضایی GIS و آنتروپی شانون در دو سطح (برای کل شهر و در داخل نواحی شهری) در شهر تبریز استفاده گردید. پس از انجام تصحیحات هندسی و رادیومتریک تصاویر و ایجاد نقشه مناطق شهری و غیر شهری در چهار دوره از سال ۱۳۵۱ تا ۱۳۹۲، جهت محاسبه میزان آنتروپی کلی هر دوره، منطقه به ۵۸ سلول قطعه‌بندی گردید. همچنین جهت ایجاد نقشه الگوی فضایی و بصری سازی پراکنش شهری، کل شهر به ۱۰۰ سلول با ۱۶ زیر سلول تقسیم بندی شدند و میزان آنتروپی ۱۶ سلول محاسبه و با روش درون یابی کریجینگ، الگوی فضایی پراکنده رویی بدست آمد. نتایج تحقیق نشان داد که این شهر از سال ۱۳۵۱ تا ۱۳۹۲ به حداکثر آنتروپی (۴/۰۶) نزدیک شده و شکاف دو برابری در رشد مناطق شهری و جمعیت را موجب شده است. همچنین الگوی فضایی پراکنش شهری نیز ناموزون بوده و در راستای محورهای ارتباطی شهر متمرکز شده است.

واژگان کلیدی

لندست، آنتروپی شانون، GIS، تبریز، اسپرال شهری، الگوی فضایی.

مقدمه

امروزه شهرهای کشورهای درحال توسعه و توسعه یافته در حال تجربه تغییرات سریع و رشد در مساحت و جمعیت بطور همزمان هستند. مطرح شدن توسعه پایدار، به عنوان شعار اصلی هزاره سوم نیز ناشی از آثار مخرب شهرها بر گستره زیست کره و ابعاد مختلف زندگی انسانی است (فیروز بخت، ۱۳۹۱: ۲۴۱). در حال حاضر ۵۰/۶ درصد از جمعیت جهان در شهرها زندگی می کنند که پیش بینی می شود تا سال ۲۰۵۰ میلادی، این مقدار به ۶۸/۷ درصد برسد. مطابق پیش بینی ها، بیشترین میزان افزایش جمعیت شهری در کشورهای در حال توسعه خواهد بود و تا سال ۲۰۵۰ میلادی تعداد شهرنشینان این کشور بیش از دو برابر خواهد شد و از ۲/۵ میلیارد نفر به ۵/۳ میلیارد نفر افزایش خواهد یافت (Un-habitat, 2011). رشد شهرنشینان ایران در نیم قرن اخیر بویژه از دهه ۱۳۵۵، سرعت زیادی گرفته است. ۳۱/۴ درصد از کل جمعیت ایران در سال ۱۳۳۵ در شهرها زندگی می کردند که در سال ۱۳۵۵ به ۴۷ درصد، در سال ۱۳۶۵ به ۵۴/۳ درصد و در حال حاضر به ۷۲ درصد رسیده است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰). میانگین رشد جمعیت شهری کشور در طول این دوره بیش از چهار برابر میزان رشد جمعیت روستایی بوده است. توسعه کنترل نشده مناطق شهری به مسائل گسترده ای از محیطی و اجتماعی می انجامد و به یک نگرانی اصلی برای طراحان و ساستمداران شهری در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه شده است (Nechyba & Walsh, 2004: 179).

اصطلاح پراکنده رویی^۱ شهری برای اولین بار در اواسط قرن بیستم به منظور بررسی اثر استفاده بی رویه از اتومبیل شخصی و توسعه بزرگراهها و بسط فضاهای شهری و در نتیجه آن، گرایش به حومه نشینی در آمریکا مطرح شد (Hess et al, 2001: 11). پراکنده رویی یا توسعه میهار نشده و بی رویه شهری، موجب پراکنده شدن قطعات ساخته نشده بین قطعات ساخته شده (Sullivan et al, 2006: 152)، اسراف در استفاده از منابع طبیعی و زمین (Sturm et al, 2004: 488)، اتلاف انرژی و آلودگی ناشی از رفت و آمد زیاد اتومبیلها (Burchel et al, 2003: 1534)، تشدید جدایی گزینی اجتماعی، تخریب محیط زیست و از دست رفتن تنوع زیستی (Alberti, 2005: 168)، مصرف نابجا و غیرعادلانه هزینه های توسعه و عمران در نواحی مختلف می انجامد (Bertaud & Richardson, 2004: 298). تبدیل زمین های طبیعی به مناطق شهری می تواند تاثیرات شدید بر اکوسیستم، تنوع زیستی، سیستم های هیدرولوژیکی و آب و هوا داشته باشد (Xu et al, 2007: 925). از آنجا که گسترش شهری روندی اجتناب ناپذیر است، تلاش های برنامه ریزان شهری می تواند در راستای هدایت آن بنحوی باشد که منابع طبیعی و نیازها و حقوق مردم حفظ شود (Mills, 1981: 201). با توجه به تاثیر اساسی شکل شهر بر پایداری آن لزوم شناخت، مطالعه و درک ابعاد مختلف آن و هدایت آن در راستای توسعه پایدار ضروری است. روش های متعددی به منظور کمی کردن، اندازه گیری الگوها و تجزیه و تحلیل روند رشد شهری و پراکنده رویی وجود دارد. استفاده از ماتریس انتقال (Li and Yeh 1998: 1510)،

متریک های فضایی و سرزمین (Ewing et al, 2008: 51)، آمارهای فضایی (Sudhira et al, 2004: 41)، روش سلول های خودکار (Arsanjani et al, 2013: 270) و روش آنتروپی (Bhatta et al, 2010: 100) روش های متداول بررسی میزان تغییرات و پراکنده رویی شهری بوده اند. مدل آنتروپی شانون برپایه تئوری اطلاعات است و یک تخمین ریاضی از رشد شهری است که به صورت تصادفی اتفاق می افتد. آنتروپی شانون از شاخص هایی است که توزیع نامتعادل جمعیت یا اشتغال در واحدهای فضایی بکار می رود (Batty, 1974: 5). در روش آنتروپی شانون، مساحت مناطق ساخته شده شهری شامل مناطق مسکونی، تجاری، صنعتی و ... یک پارامتر کلیدی برای کمی کردن پراکنده رویی شهری است که بوسیله نقشه برداری زمینی و داده های سنجنش از دوری می توانند شناسایی شوند. متأسفانه نقشه برداری زمینی گران بوده و نیاز به زمان زیادی دارند و بیشتر شهرهای در حال توسعه فاقد این نقشه ها هستند. بدین منظور در بیشتر تحقیقات پایش رشد شهری از GIS و تکنولوژی سنجنش از دور استفاده می شود. امروزه تصاویر ماهواره ای سنجنش از دور به علت مزایای زیادی از قبیل هزینه و زمان بسیار کمتر، تکراری بودن تصاویر، داشتن دید وسیع، قدرت تفکیک مکانی مناسب به طور گسترده در مباحث شهری استفاده می شوند (Bhatta et al, 2010: 101). سیستم های اطلاعات جغرافیایی^۲ و سیستم های مدیریت پایگاه داده با قابلیت های نمایش، ذخیره سازی و آنالیز داده های رقومی به پایش، مدل سازی و پیش بینی پراکنده رویی شهری کمک کرده اند (Longley et al, 2003: 212).

محققانی از جمله، بیچندر و همکاران (۲۰۱۴) سعی کردند تا روند توسعه سریع شهر روحتاک^۳ در هند را در ۳۸ سال با آنتروپی

1. Sprawl

2. Geographic Information Systems

3. Rohtalk

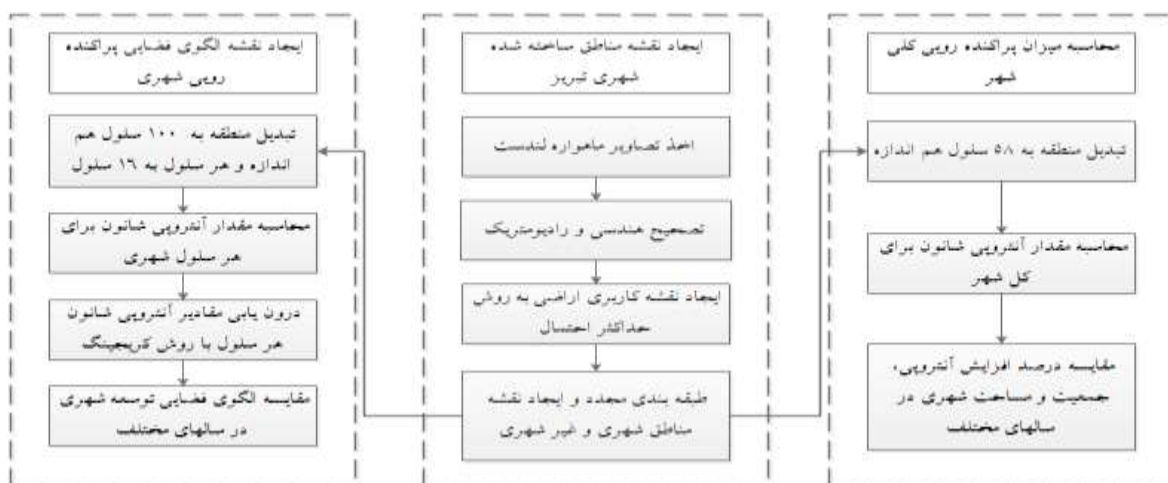
شانون و تصاویر ماهواره لندست و IRS بررسی کنند. آنها نتیجه گرفتند در دوره ی ۲۰۰۵ - ۲۰۰۲، مناطق شهری با ۲۴/۱۴ درصد و رشد جمعیت ۱۴/۴۷ درصد بوده و رشد مناطق شهری حدود دو برابر بیشتر از رشد جمعیتی رخ داده است که این نتایج با نتایج آنتروپی شانون نیز مطابقت داشتند (Singh, 2014: 544). میثاق و میثاق (۱۳۹۵) از آنتروپی شانون و آنتروپی تراکمی موزون به منظور بررسی میزان اسپرال شهری و ایجاد نقشه پراکندگی اسپرال شهر تبریز در سالهای ۱۳۷۲ و ۱۳۹۲ استفاده کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که آنتروپی تراکمی موزون نسبت به آنتروپی شانون، شاخص مناسبتری در شناسایی و پایش پراکندگی یا تمرکز مناطق ساخته شده شهری است و توانست نواحی فشرده شهری از نواحی غیر فشرده را به صورت شفافتری مشخص کند. همچنین نقشه الگوی پراکنش شهری در تبریز رشد نامتوازن داشته و در راستای محوره‌های ارتباطی تهران - تبریز، تبریز به مراغه و مرند بیشترین پراکندگی و رشد شهری را نشان می‌دهد (میثاق و میثاق، ۱۳۹۵: ۱۲). پور احمد و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از مدل‌های آنتروپی شانون و هلدن و درجه تجمع (موران و گری) به بررسی الگوی گسترش کالبدی - فضایی شهر گرگان پرداختند. نتایج نشان داد که رشد پراکنده شهری از سال ۱۳۶۵ شروع شده و در سال ۱۳۸۵ به حداکثر پراکندگی با استفاده از مدل‌های مورد نظر رسیده است (پور احمد و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۷). قربانی و همکاران (۱۳۹۱) در مقاله‌ای به تحلیل گسترش افقی شهر تبریز و ظرفیت‌های درون بافتی اراضی پرداختند که بخش زیادی از گسترش افقی به سبب عدم استفاده صحیح از اراضی موجود اتفاق افتاده است و با برنامه‌ریزی صحیح شهر تبریز تا ۲۱ سال آینده نیازی به گسترش افقی پیدا نخواهد کرد (قربانی و همکاران، ۱۳۹۱: ۶۱). حسین زاده دلیر و همکاران (۱۳۹۱) از مدل آنتروپی شانون جهت تحلیل الگوی توسعه پراکنده کلان شهر تبریز و از مدل قطاعی - جغرافیایی جهت تعیین مسیر رشد افقی استفاده کردند. نتایج نشان داد که بیشترین پراکنده‌روی تبریز در سال ۱۳۷۵ بوده است و جهت گسترش افقی با موقعیت کریدورهای اصلی ورودی منطقه شهری تبریز بیشترین انطباق را دارند (حسین زاده دلیر، ۱۳۹۱: ۵۸). کمتر شهری در ایران است دچار این مشکلات ناشی از توسعه و گسترش شهری نباشد. کلانشهر تبریز بعنوان بزرگترین شهر شمال غرب ایران و پنجمین شهر پرجمعیت ایران، نمونه‌ای از این شهرها است که رشد و توسعه سریع آن طی دهه‌های اخیر سازمان فضایی و نظام محله‌بندی سنتی آن را در هم شکسته و شهری که تا چند دهه پیش در فضایی محدود، ارگانیک و منسجم شکل گرفته بود و با برج و بارو در فضایی کالبدی سخت محصور بود امروزه گسترش زیادی یافته و گرفتار ساختاری متخلخل و ناموزون است (پورمحمدی ۱۳۹۰: ۳۶).

هدف این مقاله ارائه یک کاربرد ترکیبی از سنجش از دور و GIS با آنتروپی شانون به منظور محاسبه و نمایش الگوهای پراکنده‌روی شهری تبریز در ۴۱ سال گذشته می‌باشد. این تحقیق علاوه بر بررسی میزان آنتروپی و رشد پراکنده در کل شهر تبریز، سعی شده است تا الگوی فضایی پراکنش و اسپرال شهری به صورت بصری و با نقشه نشان داده شود. بدین منظور مقدار آنتروپی در نواحی داخلی شهری با استفاده از ابزارهای تحلیلی سیستم اطلاعات جغرافیایی محاسبه شده است که در تحقیقات قبلی به آن پرداخته نشده است. در این تحقیق در ادامه، از سه بخش تشکیل شده است که در بخش اول، روش تحقیق، تکنیک آنتروپی شانون و منطقه مورد مطالعه بیان شده و در بخش دوم نیز یافته‌ها و نتایج تحقیق بررسی شده است. در بخش آخر، به نتیجه گیری و پیشنهادات تحقیق پرداخته شده است.

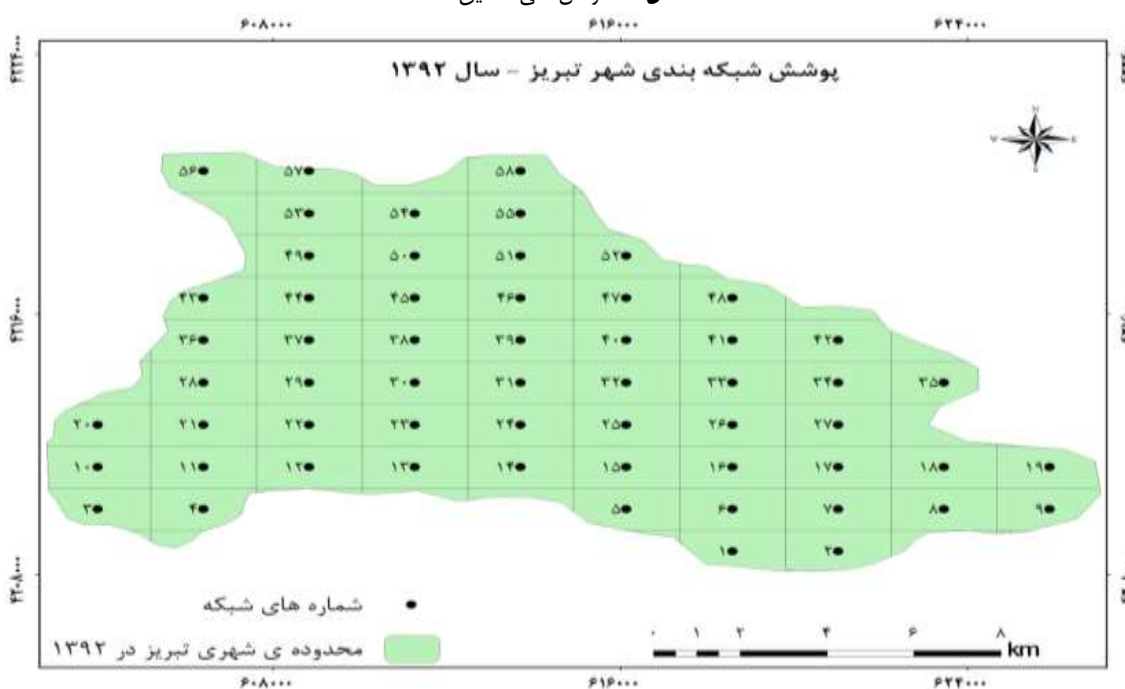
روش تحقیق

مراحل کلی تحقیق در شکل (۱)، نشان داده شده است. ابتدا، به منظور شناسایی مناطق ساخته شده شهری، تصاویر سنجنده‌های ماهواره لندست در سال‌های ۱۳۵۱، ۱۳۶۳، ۱۳۷۲، ۱۳۸۲ و ۱۳۹۲ از سایت زمین شناسی آمریکا (USGS) دریافت گردید (جدول ۱). گفتنی است تصاویر بدون ابر بوده و در ماه‌های تیر و مرداد پوشش گیاهی منطقه مورد نظر به رشد حداکثری خود می‌رسد. در ادامه با استفاده از نرم افزار ENVI، محدوده‌ی شهر تبریز از تصاویر ماهواره‌ای مورد نظر جدا گردید. از آنجا که تصاویر اخذ شده در سال‌های متفاوتی اخذ شده‌اند در نتیجه تصحیحات رادیومتریکی و هندسی مورد نیاز است. تصحیحات رادیومتریکی با تکنیک کاهش پیکسل تاریک از مقدار DN و تصحیحات هندسی نیز توسط روش تصویر با نقاط کنترل موسوم به GCP^۴ اعمال و در سیستم مختصات (WGS-84) UTM ژئورفرنس می‌شوند (Jensen, 2005). نقاط کنترل بایستی هم روی نقشه و هم روی تصاویر ماهواره‌ای به صورت دقیق مشخص باشند. محل تلاقی آبراهه‌ها، تلاقی جاده‌ها، مراکز شهری و غیره نقاط کنترلی خوبی هستند. این مقادیر در نرم افزار، در یک آنالیز رگرسیون مورد استفاده قرار می‌گیرند تا ضریبی برای دو رابطه انتقال مختصات که می‌تواند مختصات روی نقشه را

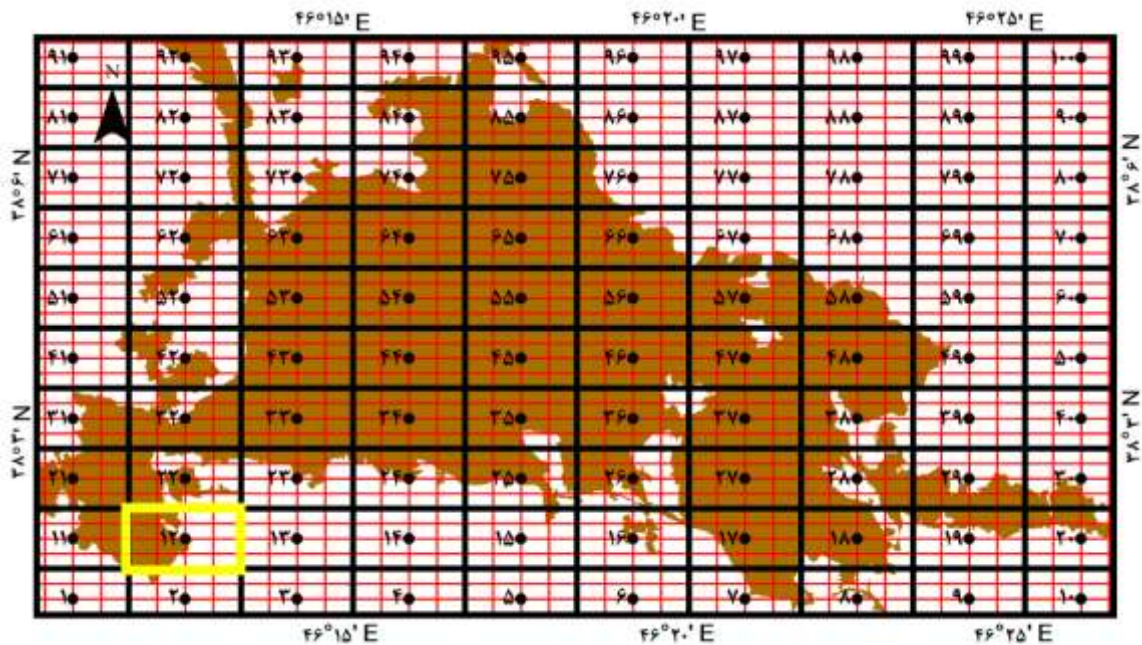
با مختصات روی تصویر ماهواره‌ای به هم ارتباط دهد، به دست آید. از روش طبقه‌بندی نظارت شده با نقاط تعلیمی و روش حداکثر احتمال (Jensen, 1987) جهت تهیه نقشه‌های کاربری‌های اراضی شهر تبریز (دو کلاس ساخته شده شهری و غیر شهری) استفاده گردید. روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال یکی از رایج‌ترین روش‌های طبقه‌بندی تصویر است. در این روش، احتمال اینکه یک پیکسل بتواند به هر یک از کلاس‌های موجود تعلق یابد مورد بررسی قرار می‌گیرد و سپس پیکسل به کلاسی که بیشترین احتمال شباهت را دارد اختصاص می‌یابد. قاعده تصمیم‌گیری آن مبتنی بر احتمال بوده و تغییرات موجود در هر کلاس را با استفاده از ماتریس کوواریانس برای طبقه‌بندی پیکسل مورد نظر، لحاظ کرده و از همین خاصیت برای ارتباط یک پیکسل طبقه‌بندی نشده به یکی از گروه‌ها یا نمونه‌های طیفی استفاده می‌کند (Jensen, 1987). در ادامه نقشه طبقه‌بندی شده در هر سال، بار دیگر به دو کلاس مناطق ساخته شده و مناطق ساخته نشده شهری طبقه‌بندی مجدد گردید، نقشه‌های تولید شده به حالت برداری تبدیل شده و با استفاده از ابزارهای fishnet, intersection به ۵۸ سلول هم اندازه تقسیم بندی شدند تا تراکم مناطق ساخته شده شهری در هر سلول و مقدار آنتروپی شانون برای کل شهر در هر سال محاسبه شوند (شکل ۲). در مرحله دوم، به منظور ایجاد نقشه بصری الگوی پراکنش پراکنده رویی شهری در تبریز، محدوده شهر به ۱۰۰ سلول هم اندازه قطعه بندی و هر سلول دوباره به ۱۶ سلول دیگر تقسیم گردید تا امکان محاسبه آنتروپی شانون در هر سلول نیز فراهم گردد (شکل ۳).



شکل ۱. مراحل کلی تحقیق



شکل ۲. شبکه بندی محدوده شهر تبریز به ۵۸ سلول (محاسبه آنتروپی کلی)



شکل ۳. شبکه‌بندی محدوده‌ی شهر تبریز به ۱۰۰ سلول با ۱۶ قسمتی جهت ایجاد نقشه الگوی فضایی پراکنده‌رویی شهری (سلول شماره ۱۲ با کادر زرد رنگ نشان داده شده است که از ۱۰ سلول منطقه ساخته شده و ۶ سلول خالی تشکیل شده است)

شاخص آنتروپی شانون

مفهوم آنتروپی برای اولین بار توسط فیزیک دان آلمانی رودلف پیشنهاد شد که قانون دوم ترمودینامیک را مدل کرد که در آن آنتروپی بوسیله کسری از انرژی موجود در جسم که برای ایجاد کار قابل دسترس نیست تعریف می‌شود (Clausius, 1867). کلود شانون به آنتروپی یک ویژگی آماری داد که تئوری اطلاعات او پایه ارتباطات دیجیتالی مدرن است (Shannon, 1948: 490). آنتروپی شانون به منظور اندازه‌گیری تمرکز فضایی یا پراکندگی متغیرهای جغرافیایی (مناطق ساخته شده شهری) در میان n واحد فضایی (نواحی شهری) و تخمین پراکنده‌رویی شهری استفاده می‌شود (Yeh, 2001: 89). میزان آنتروپی شانون با استفاده از رابطه (۱) محاسبه می‌گردد:

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \times \ln(p_i) \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن، H مقدار آنتروپی شانون، p_i نسبت مساحت ساخته شده (تراکم کلی مسکونی) منطقه i به کل مساحت ساخته شده مجموع مناطق و n مجموع مناطق است. ارزش مقدار آنتروپی شانون از صفر تا $\ln(n)$ است که در آن مقدار صفر بیانگر توسعه فیزیکی خیلی متراکم (فشرده) شهر است و مقدار $\ln(n)$ ، بیانگر توسعه فیزیکی پراکنده شهری است. اگرچه از آنتروپی برای اندازه‌گیری نحوه توزیع مناطق ساخته شده شهری استفاده می‌شود، تفاوت آنتروپی بین دو دوره مختلف نیز می‌تواند برای شناسایی تغییر در درجه پراکندگی مناطق شهری یا پراکنده‌رویی شهری طبق رابطه (۲) بکار رود:

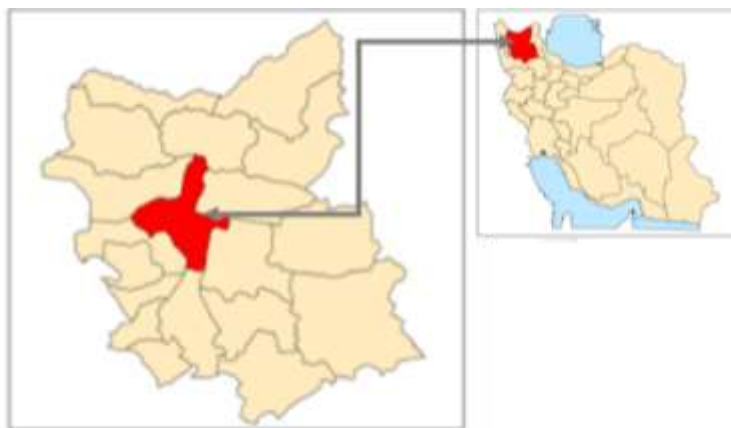
$$\Delta E_n = E_n(t+1) - E_n(t) \quad \text{رابطه (۲)}$$

که ΔE_n اختلاف مقادیر آنتروپی شانون بین دو دوره زمانی t و $t+1$ است.

محدوده مورد مطالعه

تبریز یکی از شهرهای بزرگ ایران و مرکز استان آذربایجان شرقی است (شکل ۴). این شهر، پنجمین شهر بزرگ کشور پس از تهران، مشهد، کرج و اصفهان بزرگ‌ترین شهر منطقه شمال غرب ایران و قطب اداری، ارتباطی، بازرگانی، سیاسی، صنعتی، فرهنگی و نظامی این منطقه شناخته می‌شود و بزرگترین صنایع سنگین عمده فعال در این شهر، طیف گسترده‌ای از صنعت سیمان نساجی، ماشین‌سازی

و پتروشیمی را شامل می‌شود. شهر تبریز در ۴۶ تا ۲۵ طول شرقی و ۳۸ تا ۲ عرض شمالی از نصف‌النهار گرینویچ واقع شده است و ارتفاع تقریبی آن از سطح دریا، ۱۳۵۰ متر می‌باشد. جمعیت تبریز در سال ۱۳۹۰ خورشیدی بالغ بر ۱۴۹۴۹۹۸ نفر بوده است که پنجمین شهر پرجمعیت ایران و دویست و بیست و ششمین شهر پرجمعیت جهان محسوب می‌شود (پورتال شهرداری تبریز، ۱۳۹۲).



شکل ۴. موقعیت شهر تبریز در ایران و استان آذربایجان شرقی

یافته‌ها

بررسی تغییرات مناطق شهری

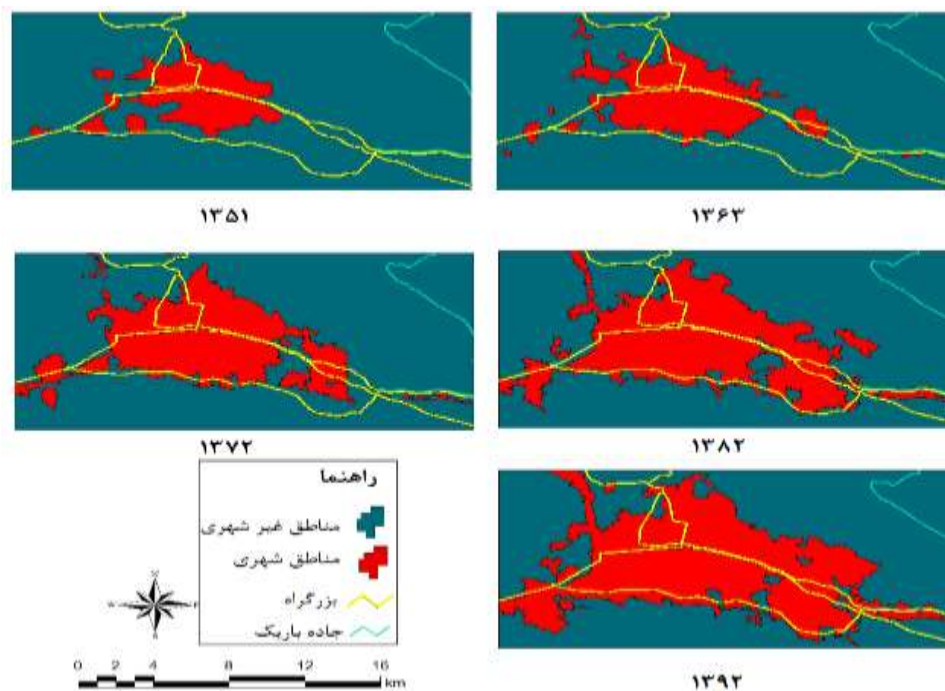
هدف این مقاله شناسایی الگوی پراکنده رویی شهری در کلانشهر تبریز است، بدین منظور نقشه‌های مناطق ساخته شده شهری بوسیله تصاویر ماهواره‌ای در سال‌های مورد نظر تولید گردید (شکل ۵). بمنظور ارزیابی دقت نقشه‌های تولید شده، از ماتریس خطا به همراه تصاویر گوگل ارث و نقشه‌های ۱:۲۰۰۰۰ شهر تبریز که از سازمان نقشه برداری کشور اخذ شده بود، استفاده گردید. مشخصات تصاویر ماهواره‌ای به همراه، میزان دقت کلی و کاپا برای هر یک از نقشه در جدول (۱)، نشان داده شده است. گفتنی است دقت نسبتاً کم نقشه‌های ایجاد شده سال‌های ۱۳۵۱ و ۱۳۶۳ به دلیل کیفیت کم تصاویر ماهواره‌ای است.

جدول ۱. مشخصات تصاویر ماهواره‌ای اخذ شده در سال‌های مختلف به همراه میزان دقت نقشه شهری تولید شده

ماهواره	سنجنده	روز / ماه	سال	تفکیک مکانی	ردیف / گذر	دقت کلی (نقشه شهری)	دقت کاپا
LANDSAT_1	MSS	۷/۲۳	۱۳۵۱	۶۰	۱۸۱/۳۴	۰/۷۷	۰/۷۴
LANDSAT_5	TM	۴/۱۹	۱۳۶۳	۳۰	۱۶۸/۳۴	۰/۷۹	۰/۷۶
LANDSAT_5	TM	۲/۲۶	۱۳۷۲	۳۰	۱۶۸/۳۴	۰/۸۲	۰/۷۹
LANDSAT_7	ETM	۲/۱۴	۱۳۸۲	۳۰	۱۶۸/۳۴	۰/۸۸	۰/۸۳
LANDSAT_8	OLI	۴/۱۹	۱۳۹۲	۳۰	۱۶۸/۳۴	۰/۹۲	۰/۸۹

با توجه به مقایسه رشد جمعیت و مساحت مناطق ساخته شده شهری در طول سال‌های مورد نظر می‌توان گفت که مساحت مناطق ساخته شده شهری در سال ۱۳۵۱، ۳۰۴۶ هکتار و جمعیت بطور تقریبی ۵۱۰ هزار نفر بوده است که در سال ۱۳۶۳ مناطق شهری حدود ۴۹/۱ درصد و جمعیت ۷۲/۶ درصد رشد پیدا کرده‌اند. هرچند در این دوره رشد جمعیت، حدود ۲۳ درصد بیشتر از مناطق ساخته شده است اما می‌توان گفت که میزان گسترش شهری با رشد جمعیت متناسب است و هر دو روند افزایشی دارند. از سال ۱۳۶۳ تا ۱۳۷۲، میزان رشد مناطق ساخته شده و جمعیت به ترتیب ۵۶/۱ و ۲۸/۱ درصد بوده است که برعکس دوره ۱۳۵۱ تا ۱۳۶۳، رشد مناطق شهری حدود ۲ برابر بیشتر از رشد جمعیت است. می‌توان گفت که هر چند جمعیت نسبت به دوره قبل کاهش داشته است اما رشد زیاد جمعیت در دوره قبل، تاثیر زیادی در رشد مناطق شهری در این دوره داشته است. شکاف دو برابری بین رشد مناطق شهری و جمعیت نشان می‌دهد که در این دوره، توسعه افقی بیشتر از فرم عمودی اتفاق افتاده است. در طی ۱۳۸۲ - ۱۳۷۲ نسبت رشد مناطق ساخته شهری، ۲۷/۸ و رشد جمعیت به ۱۸ درصد رسید که ادامه روند توسعه افقی شهر، اشاره دارد. در نهایت در سال ۱۳۹۲، مساحت مناطق ساخته شده به ۱۱۶۹۷ هکتار و جمعیت به ۱۵۱۴۷۰۰ رسید که از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۲، میزان رشد مناطق شهری و جمعیت به ترتیب

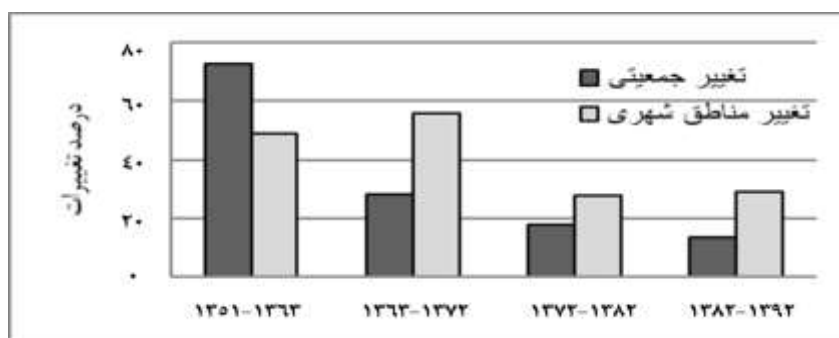
۲۹/۱ و ۱۳/۷ درصد بوده است (جدول ۲). با توجه به شکل (۶)، نیز مشخص می‌گردد که به جز در دوره اول، در بقیه دوره‌ها میزان رشد مناطق شهری از میزان رشد جمعیتی بیشتر بوده است. نتایج این تحقیق نشان داد که نسبت رشد مناطق ساخته شده در شهر تبریز از نسبت رشد جمعیت آن پیشی گرفته است. در طول این دوره، مناطق متعدد صنعتی، تجاری و مسکونی توسعه پیدا کردند، از جمله شهرک نصر، یاغچیان، رشديه، مرزداران. رشد غربی به شرقی شهر در راستای بزرگراه‌های اصلی شهر تبریز که در دوره ۱۳۵۱ تا ۱۳۶۳ شروع شده بود در طول دروره‌های بعد بعنوان یک عامل جذاب توسعه مناطق شهری بوده است.



شکل ۵. نقشه رشد شهری تبریز در از سال ۱۳۵۱ تا ۱۳۹۲

جدول ۲. میزان آنتروپی شهر تبریز از سال ۱۳۵۱-۱۳۹۲

سال	مناطق شهری (هکتار)	درصد تغییر مناطق شهری	جمعیت (نفر)	درصد تغییر جمعیت	آنتروپی شانون	ΔE_n	درصد تغییر آنتروپی
۱۳۵۱	۳۰۴۶/۳		۵۱۰۷۴۱		۲/۸۶۸		
۱۳۶۳	۴۵۴۳/۱	۴۹/۱	۸۱۴۶۵	۷۲/۶	۳/۲۲۲	-۰/۳۵۴	۱۲/۳۴
۱۳۷۲	۷۰۹۰/۶	۵۶/۱	۱۱۲۸۷۶۳	۲۸/۱	۳/۵۶۵	-۰/۳۴۳	۱۰/۶۴
۱۳۸۲	۹۰۶۲/۹	۲۷/۸	۱۳۳۱۹۳۳	۱۸	۳/۷۸۵	-۰/۲۲	۶/۱۷
۱۳۹۲	۱۱۶۹۷/۳	۲۹/۱	۱۵۱۴۷۰۰	۱۳/۷	۳/۹۶۱	-۰/۱۷۶	۴/۶۵



شکل ۶. مقایسه درصد تغییرات مناطق شهری و جمعیت شهر تبریز (۱۳۵۱-۱۳۹۲)

اندازه‌گیری پراکنده‌رویی کلی شهری

برای اندازه‌گیری پراکنده‌رویی کلی شهری در تبریز از شاخص آنتروپی شانون استفاده گردید که مقدار آن برای هریک از ۵۸ سلول که محدوده شهر را می‌پوشاند به دست آمد (جدول ۲). حد بالای مقدار آنتروپی شانون برابر با $\ln(n)$ می‌باشد که در این مطالعه برابر با $\ln(n) = 4/06$ می‌باشد (n برابر با تعداد سلول‌ها). مقادیر نزدیک به این حد از آنتروپی نشان‌دهنده رشد شهری با توزیع پراکنده می‌باشد. در طول این دوره، کمترین مقدار آنتروپی شانون، ۲/۸۶۸ در سال ۱۳۵۱ و بیشترین مقدار آن، ۳/۹۶۱ در سال ۱۳۹۲ بوده است که نشان می‌دهد در سال ۱۳۵۱، مناطق ساخته شده شهری به حالت فشرده توزیع شده‌اند و به‌نوعی همگن می‌باشند. بیشترین میزان اختلاف آنتروپی، بین سال‌های ۱۳۵۱-۱۳۶۳ دیده می‌شود و نشان می‌دهد که در این دوره شهر تبریز نسبت به دوره قبل پراکندگی بیشتری را تجربه کرده است. مقدار آنتروپی در سال‌های ۱۳۵۱، ۱۳۶۳، ۱۳۷۲، ۱۳۸۲ و ۱۳۹۲ به ترتیب برابر با ۲/۸۶۸، ۳/۲۲۲، ۳/۵۶۵، ۳/۷۸۵ و ۳/۹۶۱ بوده است که روند افزایشی پیوسته را نشان می‌دهد. با توجه به نزدیکی مقدار آنتروپی در سال ۱۳۹۲ به بالاترین حد آنتروپی (۴/۰۶) می‌توان گفت که شهر تبریز در این سال دارای توزیع پراکنده بالا می‌باشد. نتایج آنتروپی شانون برای پنج دوره نامبرده در جدول (۳) نشان داده شده است. به‌منظور بررسی نتایج کارایی و قابلیت استفاده از آنتروپی شانون در تحلیل پراکنده‌رویی شهری، سعی گردید تا درصد رشد آنتروپی شانون به همراه رشد مناطق شهری و جمعیتی مورد بحث قرار گیرد. همچنین، بیشترین درصد رشد آنتروپی شانون با ۱۲/۳۴ درصد در دوره (۱۳۵۱-۱۳۶۳) بوده داده است. هر چند که بیشترین رشد مناطق شهری با ۵۶/۱ درصد در دوره بعدی (۱۳۶۳ - ۱۳۷۲) دیده می‌شود اما با توجه به اینکه شهر تبریز در دوره (۱۳۵۱-۱۳۶۳) بیشترین رشد جمعیتی با ۷۲/۶ درصد را تجربه کرده است در نتیجه درصد رشد آنتروپی نیز بیشتر است، هر چند که با درصد رشد مناطق شهری متناسب نیست اما در دوره‌های بعدی این مقدار با رشد مناطق شهری و جمعیتی متناسب است. برای مثال در دوره (۱۳۶۳-۱۳۷۲)، درصد رشد مناطق شهری، جمعیتی و آنتروپی به ترتیب ۵۶/۱، ۲۸/۱ و ۱۰/۶۴، دوره (۱۳۷۲-۱۳۸۲) به ترتیب ۲۷/۸، ۱۸ و ۶/۱۷ و در دوره (۱۳۸۲-۱۳۹۲) نیز به ترتیب ۲۹/۱، ۱۳/۷ و ۴/۶۵ درصد بوده است.

الگوی فضایی و بصری سازی پراکنده‌رویی شهری

تغییر زمانی الگوهای فضایی و بصری توسعه شهری را می‌توان به سادگی با استفاده از اندازه‌گیری تغییرات آنتروپی بدست آورد. بدین منظور همانطور که بیان شد، محدوده شهر تبریز به ۱۰۰ سلول هم اندازه ۱۶ قسمتی، تقسیم‌بندی شد و در هریک از این سلول‌ها، مقدار آنتروپی برای مناطق ساخته شده شهری محاسبه گردید. در ادامه با استفاده از ابزارها و تکنیک های GIS، مقدار آنتروپی هر سلول به نقاط مرکزی آن الصاق گردید و از روش درون‌یابی به روش کریجینگ از نوع معمولی^۵، الگوی فضایی و بصری پراکنده‌رویی شهری تبریز ایجاد شد (شکل ۷). نحوه محاسبه آنتروپی در یکی از سلول های مورد نظر (سلول شماره ۱۲) در جدول (۳)، نشان داده شده است. سلول ۱۲، از ۱۰ سلول مناطق ساخته شده و ۶ سلول خالی تشکیل شده است (شکل ۳). زمانی که کل مساحت ریز سلول، منطقه ساخته شده باشد، مساحت ۱۹۷۷۷۲ متر مربع و مقدار آنتروپی ۰/۲۸۰، خواهد بود که بیشترین آنتروپی در میان ۱۶ سلول خواهد بود. میزان آنتروپی کلی سلول ۱۲ (۲/۱۰۷) نیز از مجموع آنتروپی ۱۶ سلول مورد نظر بدست آمده است. در جدول (۴)، مقدار آنتروپی برای همه سلول‌های دارای مناطق ساخته شده، نشان داده شده است. زمانی که همه ۱۶ ریز سلول، به طور کامل مناطق ساخته شده باشد، مقدار آنتروپی ۲/۷۷۳ خواهد بود که در جدول (۴)، به رنگ قهوه‌ای مشخص شده‌اند. گفتنی است که برخی از سلول‌ها نیز از قبیل سلول شماره‌های ۲ و ۷، که در دوره‌های اولیه، فاقد منطقه ساخته شده بودند در دوره‌های بعد با توسعه ساخت و ساز شهری، مقدار آنتروپی مشخصی را دریافت کرده‌اند. جابه‌جایی سلول‌ها از مناطق پراکنده به متوسط و فشرده در طی سال‌های مورد بررسی نشان می‌دهد که قسمت‌های بزرگی از شهر الگوی فشرده را تجربه کرده‌اند. همچنین افزایش سلول‌های پراکنده در سال‌های بعد، نشان دهنده رشد شهری و افزایش الگوی پراکنده شهری می‌باشد. در سال ۱۳۵۱ حدود ۲۳ سلول ساخته شده شهری وجود داشت که ۱۰ مورد از آنها، ۷۶ درصد از کل منطقه شهری را پوشش می‌داد. با ادامه رشد شهر، همان ۱۰ سلول از ۷۶ درصد کاهش پیدا کرد و به ۵۷ درصد در ۱۳۶۳، ۴۱ درصد در ۱۳۷۲، ۳۳ درصد در ۱۳۸۲ و ۲۶ درصد در ۱۳۹۲ رسید که این امر نشان دهنده پراکندگی منطقه ساخته شده در طول دوره‌های مورد بررسی می‌باشد. با توجه به شکل (۷)، می‌توان گفت بطور کلی فرم و الگوی فضایی پراکنده‌رویی شهری تبریز در سال ۱۳۵۱ حالت فشرده و دایره‌ای دارد و تنها در قسمت شرقی اندکی پراکندگی دیده می‌شود. در سال ۱۳۶۳، هرچند که بخش‌های مرکزی شهر فشرده‌گی بالا و مقادیر بالای آنتروپی دارند اما میزان پراکندگی در بیشتر جهات شهر دیده می‌شود. در این دوره

پراکنده‌روی شهری حالت بیضوی دارد که محور اصلی آن جاده های حمل و نقل اصلی و بزرگراه سراسری را دنبال می‌کند. دولت‌ها نیز با توسعه نهادها و سازمان‌های خود در اطراف شهر مثل فرودگاه‌ها، پادگان‌ها و دانشگاه‌ها در توزیع پراکنده شهری نقش دارند. رشد شهری در جهت شمال شرقی و شرق به دلیل عدم وجود دلیل مهم و تاثیرگذار در رشد شهری و به دلیل وجود کوه‌های عون بن علی در آن منطقه، بسیار کمتر از جهات دیگر می‌باشد. از سال ۱۳۷۲، لکه‌هایی از مناطق ساخته شده به صورت پراکنده ایجاد شدند که این لکه‌ها در سال‌های بعد جزئی از مناطق شهری شده و موجب افزایش پراکنده‌روی شهری شده‌اند. الگوی توسعه در سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۹۲ شباهت زیادی به هم دارند. قسمت‌های فشرده شهر حالت بیضی دارند که در بعضی قسمت‌ها مناطق پراکنده به داخل شکل بیضی نفوذ کرده‌اند. در طی این دوره‌ها، جهت اصلی توسعه شهر در جهت غربی (تهران - تبریز)، جهت شرقی (مراغه - تبریز) و جهت شمالی (مرند - تبریز) بوده است که در مسیر بزرگراه‌های اصلی شهر می‌باشد.

جدول ۳. مراحل محاسبه آنتروپی در یک سلول از ۱۰۰ سلول الگوی فضایی پراکنده روی شهری تبریز

شماره زون	مساحت (متر مربع)	p_i	$\ln(p_i)$	$-(p_i \times \ln(p_i))$
۱	۱۹۰۴۴۱	۰/۱۴۰۱	-۱/۹۶۶	۰/۲۷۵
۲	۱۱۸۳۰۳	۰/۰۸۷۰	-۱/۴۴۲	۰/۲۱۲
۳	۱۹۷۷۷۲	۰/۱۴۵۴	-۱/۹۲۸	۰/۲۸۰
۴	۱۸۶۷۶۲	۰/۱۳۷۳	-۱/۹۸۵	۰/۲۷۲
۵	۲۱۹۲۵	۰/۱۶۱۳	-۴/۱۲۷	۰/۰۶۶
۶	۱۹۷۷۷۲	۰/۱۴۵۵	-۱/۹۲۸	۰/۲۸۰
۷	۱۰۹۱۷۰	۰/۰۸۰۳	-۲/۵۲۲	۰/۲۰۲
۸	۲۶۵	۰/۰۰۰۲	-۸/۵۴۲	۰/۰۰۲
۹	۱۹۷۷۷۲	۰/۱۴۵۵	-۱/۹۲۸	۰/۲۸۰
۱۰	۱۳۹۴۲۷	۰/۱۰۲۵	-۲/۲۷۷	۰/۲۳۳
مجموع	۱۳۵۹۶۱۴	۱		

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \times \ln(p_i) = 2/1.7$$

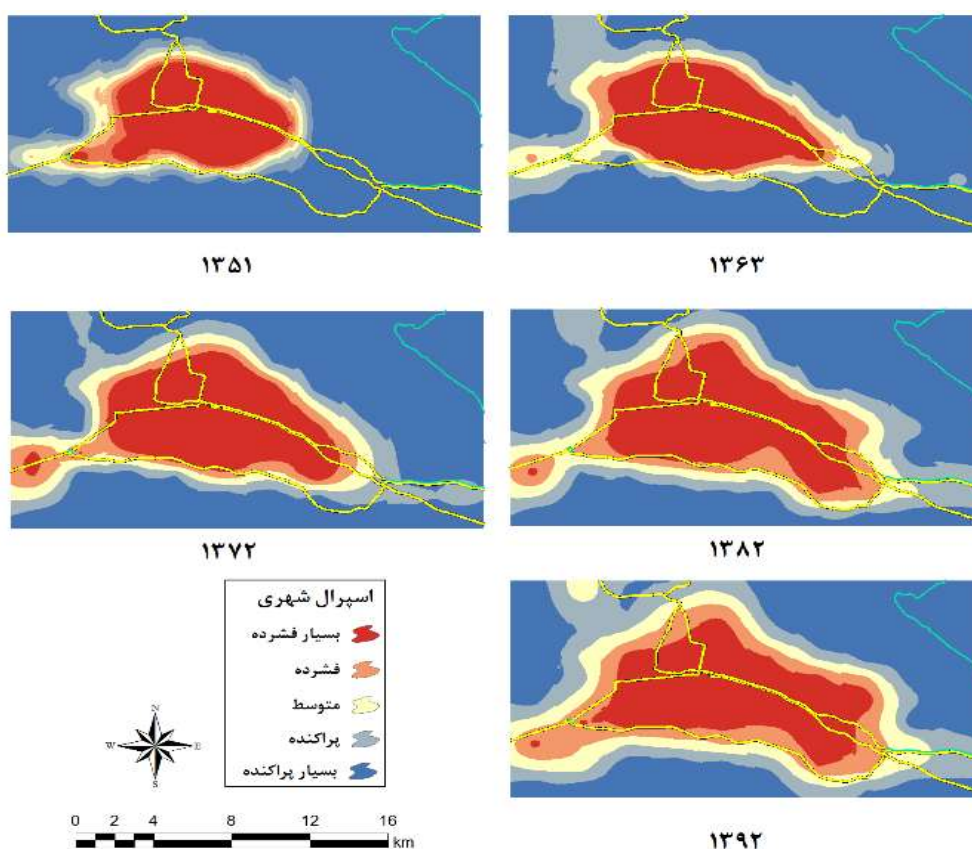
جدول ۴-الف. مقدار آنتروپی هر یک از سلول‌های مناطق ساخته شده شهری

(سلول‌هایی که به طور کامل، منطقه ساخته شده هستند به رنگ قهوه‌ای نشان داده شده‌اند)

زون	۱۳۵۱	۱۳۶۳	۱۳۷۲	۱۳۸۲	۱۳۹۲	زون	۱۳۵۱	۱۳۶۳	۱۳۷۲	۱۳۸۲	۱۳۹۲
۲						۴۵	۰/۱۵۱				
۷						۴۶	۱/۵۹۳	۰/۷۸۴			
۸						۴۷	۲/۱۰۲	۰/۰۹۲			
۱۱						۴۸	۲/۰۹۴	۱/۹۴۶	۱/۹۲۴	-۰/۳۲۸	
۱۲						۴۹	۲/۱۰۶	۰/۶۷۰			
۱۶						۵۲	۱/۸۴۶				
۱۷						۵۳	۲/۶۲۵	۲/۴۹۰	-۰/۵۵۶		
۱۸						۵۴	۲/۶۶۶		۱/۲۱۸		
۱۹						۵۵	۱/۹۴۴	۲/۵۶۳	۱/۶۸۶	-۰/۶۶۱	
۲۰						۵۶	۱/۹۵۹	۱/۸۲۷	۱/۶۲۸		
۲۱						۵۷	۲/۷۳۰	۱/۷۸۰	۲/۵۴۷	۱/۲۳۰	
۲۲						۵۸	۲/۵۱۹	۲/۶۴۱	-۰/۱۶۵		
۲۳						۶۲	۱/۸۴۶	۰/۸۲۲			
۲۴						۶۳	۱/۹۹۷	۱/۸۴۸	۱/۲۵۳		
۲۵						۶۴	۲/۵۴۱	۲/۵۰۸	۲/۳۴۷	-۰/۷۹۰	
۲۶						۶۵	۲/۵۶۶	۲/۴۶۴	۱/۷۴۶		
۲۷						۶۶	۲/۷۲۳	۲/۷۵۷	۲/۶۴۰		
۲۸						۶۷	۲/۶۶۷	۲/۵۶۲	۱/۴۹۱		
۲۹						۷۲	۲/۲۹۰	۱/۴۴۹	-۰/۷۷۷		
۳۰						۷۳	۱/۵۰۹	۱/۲۱۱	-۰/۸۳۷	-۰/۵۲۴	
۳۱	۱/۰۱۴	۱/۸۲۷	۲/۲۲۸	۱/۹۹۷	۲/۰۱۴	۷۴	۲/۰۱۴	۱/۹۹۷	۲/۲۲۸	۱/۸۲۷	۱/۰۱۴
۳۲	۱/۶۰۲	۱/۷۰۴	۲/۴۷۰	۲/۵۱۶	۲/۶۷۹	۷۵	۲/۶۷۹	۲/۵۱۶	۲/۴۷۰	۱/۷۰۴	۱/۶۰۲

جدول ۴-ب. مقدار آنتروپی هر یک از سلول‌های مناطق ساخته شده شهری

۱/۵۶۰	۰/۹۹۸	۲/۷۷۰			۷۶	۲/۷۷۳	۲/۶۸۴	۲/۲۹۲	۱/۶۲۴	۰/۶۰۲	۳۳
۱/۴۱۵	۱/۳۷۱	۱/۵۵۰	۱/۲۷۸		۸۲	۲/۷۷۳	۲/۷۷۳	۲/۷۵۹	۲/۲۶۳	۲/۲۶۱	۳۴
۱/۵۰۱	۱/۰۲۲	۰/۱۷۹	۰/۱۶۰		۸۳	۲/۷۲۹	۲/۷۲۰	۲/۷۷۰	۲/۷۰۴	۰/۶۰۶	۳۵
۲/۴۰۶	۲/۲۴۹	۱/۵۶۳	۰/۸۶۹	۰/۴۵۸	۸۴	۲/۶۹۶	۲/۴۱۰	۲/۴۳۰	۲/۰۴۵		۳۶
۲/۲۳۸	۲/۵۴۵	۱/۷۶۶			۸۵	۲/۷۵۴	۲/۶۹۷	۲/۴۹۴	۲/۲۳۹		۳۷
۰/۵۶۲	۰/۶۸۴				۸۶	۲/۶۷۷	۱/۷۸۳	۱/۴۷۷	۱/۳۵۲		۳۸
۲/۳۱۶	۱/۹۴۲	۰/۶۱۰	۱/۲۸۵		۹۲	۰/۶۷۶					۴۱
۱/۰۷۲					۹۳	۲/۴۱۰	۲/۱۹۸	۰/۶۳۰	۰/۹۴۰	۰/۳۰۱	۴۲
۱/۲۱۰	۰/۴۷۷	۰/۳۵۷			۹۴	۲/۷۷۱	۲/۷۵۷	۲/۷۵۸	۲/۳۹۶	۱/۱۰۲	۴۳
۲/۰۱۸	۱/۰۰۱	۰/۵۰۰			۹۵	۲/۷۷۳	۲/۷۷۳	۲/۷۷۳	۲/۷۷۳	۲/۲۰۳	۴۴



شکل ۷. الگوی فضایی پراکنده رویی شهری تبریز با آنتروپی شانون (۱۳۵۱-۱۳۹۲)

بحث و نتیجه گیری

استفاده از آنتروپی شانون با کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی و فناوری سنجش از دور، ابزار بسیار مفید و کاربردی به منظور کمی سازی الگوهای رشد شهری و بررسی الگوی رشد پراکنده رویی شهری است. با پردازش‌های لازم بر روی تصاویر سنجش از دوری می‌توان نقشه‌های کاربری اراضی و محدوده‌های رشد شهری را مشخص کرد. قابلیت‌های توابع موجود در سیستم اطلاعات جغرافیایی امکان ایجاد پایگاه داده و محاسبات مربوط به مناطق ساخته شده شهری را ممکن کرده است. نتایج این مطالعه در کنار مقالات مشابه که در پیشینه تحقیق ذکر شدند نشان داد که آنتروپی شانون یک شاخص خوب در شناسایی و پایش پراکنده‌گی یا تمرکز مناطق ساخته شده شهری است. یکی از نوآوری‌های این تحقیق استفاده از شاخص آنتروپی در دو سطح کل شهر و تقسیمات داخلی بود که توانسته است، نقشه پراکنش شهری را به صورت الگوی فضایی نیز نمایش دهد. در این مقاله سعی گردید تا به صورت بصری، الگوی پراکنده رویی شهر تبریز در دوره‌های مختلف بیان شده و میزان رشد آنتروپی شانون در دوره‌های مختلف با رشد مناطق شهری و جمعیتی نیز مقایسه گردد. می‌توان گفت توزیع مناطق ساخته شده شهری در تبریز از سال ۱۳۵۱ تا ۱۳۹۲ به سمت پراکنده‌گی حرکت

کرده و در سال ۱۳۹۲ به حداکثر رشد و پراکندگی رسیده است. نتایج نشان داد که نقشه الگوی پراکنش پراکنده‌رویی شهری در تبریز نشان دهنده رشد نامتوازن بوده و می‌توان گفت که این رشد در همه جهات به یک اندازه نیست و در راستای محورهای ارتباطی تهران - تبریز، تبریز به مراغه و مرند بیشترین پراکندگی و رشد شهری اتفاق افتاده است. فرم و الگوی فضایی پراکنده‌رویی شهری تبریز در سال ۱۳۵۱ حالت فشرده و دایره‌ای داشته اما در سال ۱۳۶۳، برخی مناطق با مقادیر آنتروپی کمتر و پراکندگی بالا بوده و بخش‌های مرکزی شهر فشرده‌گی بالا و مقادیر بالای آنتروپی نشان می‌دهند که فرم شهری حالت بیضوی به خود گرفته است. از سال ۱۳۷۲، لکه-هایی از مناطق ساخته شده به صورت پراکنده ایجاد شدند که این لکه‌ها در سال‌های بعد به جزئی از مناطق شهری تبدیل شده و موجب افزایش پراکنده‌رویی شهری شده‌اند. الگوی توسعه در سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۹۲ شباهت زیادی به هم دارند. قسمت‌های فشرده شهر حالت بیضی دارند که در بعضی قسمت‌ها مناطق پراکنده به داخل بیضی نفوذ کرده‌اند. در این دوره‌ها پراکنده‌رویی شهری حالت بیضوی دارد که محور اصلی آن جاده‌های حمل و نقل اصلی و بزرگراه سراسری را دنبال می‌کند. حقیقت این است که باید فشار انسانی و ساختمانی در بخش‌های مختلف شهر تا اندازه‌ای برابر باشد و اختلاف زیادی نداشته باشند اما چنانچه بعضی از مناطق شهری دارای تراکم بالا و برخی دیگر تراکم بسیار پایین را تجربه می‌کنند که نشان از عدم توزیع متعادل جمعیت و ساخت و سازها در شهرها دارد. دولت‌ها نیز با توسعه‌ی نهادها و سازمان‌های خود در اطراف شهر مثل فرودگاه‌ها، پادگان‌ها و دانشگاه‌ها در توزیع پراکنده شهری نقش دارند بنابراین جهت دست یافتن به توسعه پایدار و آثار زیان بار پراکنده‌رویی شهری، نیاز است تا مدیران شهری با اتخاذ برنامه‌هایی نظیر هماهنگ کردن رشد سایر کاربری‌ها با رشد کاربری مسکونی و با در نظر گرفتن الگوی گسترش متمرکز درون بافتی (فشرده و عمودی) به رشد متعادل شهر کمک رسانند.

به منظور تحقیقات آتی توصیه می‌شود در تهیه نقشه‌های کاربری مناطق شهری دقیق‌تر از تصاویر با قدرت تفکیک بیشتر از جمله تصاویر ماهواره‌ای ایکونوس و اسپات و عکس‌های هوایی استفاده شود و نتایج این تحقیق با موارد دیگر آنتروپی از قبیل توابع آنتروپی تراکمی موزون که اندازه‌ای وابسته به مکان هستند و توسط نویسندگان مقاله (میثاق، ۱۳۹۵) و (Misagh, 2016) بسط داده شده‌اند مقایسه گردد. جهت پیش‌بینی روند توسعه آتی شهر تبریز نیز می‌توان از مدل مارکوف با سلول‌های خودکار (میثاق و همکاران، ۱۳۹۶) و سایر روش‌های موجود استفاده کرد و نحوه پراکندگی توسعه شهری در سال‌های بعدی را با روشی که در این مقاله به آن پرداخته شد مورد بررسی قرار داد.

منابع

- پور احمد احمد، حسام مهدی، آشور حدیثه و محمد پور صابر (۱۳۸۹). تحلیل بر گسترش کالبدی - فضایی شهر گرگان با استفاده از مدل‌های آنتروپی شانون و هلدرن، مجله پژوهش و برنامه ریزی شهری، ۱(۲)، ۱-۱۸.
- پورتال شهرداری تبریز، <http://www.tabriz.ir>
- پورمحمدی محمدرضا و محمد جام کسری (۱۳۹۰). تحلیلی بر الگوی توسعه ناموزون تبریز، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۲۵ (۱۰۰)، ۳۱ - ۵۴.
- حسین زاده کریم، پورمحمدی محمد رضا، هادیلی بهمن و چوبساز سهیلا (۱۳۹۱). تحلیل الگوی توسعه پراکنده کلان شهر تبریز با استفاده از مدل شانون و تعیین جهت گیری توسعه فیزیکی آن، مجله نقش جهان، ۲(۲)، ۵۵-۶۶.
- فیروزبخت پرهیزگار و ربیعی فر ولی اله (۱۳۹۱). راهبردهای ساختار زیست محیطی شهر با رویکرد توسعه ی پایدار شهری (مطالعه موردی: شهر کرج). پژوهش‌های جغرافیای انسانی، ۴۴(۸۰)، ۲۱۳-۲۳۹.
- قربانی رسول، ولی بیگی مجتبی و تقی پور علی اکبر (۱۳۹۱). تحلیلی بر گسترش افقی شهر تبریز و ظرفیتهای درون بافتی اراضی، فصلنامه جغرافیایی چشم انداز زاگرس، ۴(۱۲)، ۵۹ - ۷۰.
- کرامت الله زیاری، حافظ مهدنژاد و فریاد پرهیز (۱۳۸۸)، مبانی و تکنیک‌های برنامه‌ریزی شهری، محل نشر: چابهار، انتشارات دانشگاه بین المللی چابهار، چاپ اول، ۴۰-۵۶.
- میثاق نورالدین و میثاق فرسام (۱۳۹۵). روشی نوین مبتنی بر آنتروپی تراکمی موزون برای بررسی الگوی پراکنش رشد شهری تبریز در GIS، نشریه علمی ترویجی مهندسی نقشه برداری و اطلاعات مکانی، ۸(۱)، ۹-۱۸.
- میثاق نورالدین، نیسانی سامانی نجمه و تومانیان آرا (۱۳۹۶). شبیه‌سازی رشد شهری تبریز با استفاده از مدل CA-Markov و تصمیم‌گیری چندمعیاره، پژوهش‌های جغرافیای انسانی، ۵۰(۱)، ۲۱۷-۲۳۱.

نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن، (۱۳۹۰)، مرکز آمار ایران <http://amar.org.ir>

- Alberti, M. (2005). The effects of urban patterns on ecosystem function. *International regional science review*, 28(2), 168-192.
- Arsanjani, J. J., Helbich, M., Kainz, W., & Boloorani, A. D. (2013). Integration of logistic regression, Markov chain and cellular automata models to simulate urban expansion. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 21, 265-275.
- Batty, M. Spatial entropy. *Geogr. Anal.* 1974, 6, 1-31.
- Bertaud, A., & Richardson, H. W. (2004). *Transit and density: Atlanta, the United States and western Europe. Urban Sprawl in Western Europe and the United States.* London: Ashgate, 293-310.
- Bhatta, B. (2010). *Analysis of urban growth and sprawl from remote sensing data.* Springer Science & Business Media.
- Bhatta, B., Saraswati, S., & Bandyopadhyay, D. (2010). Quantifying the degree-of-freedom, degree-of-sprawl, and degree-of-goodness of urban growth from remote sensing data. *Applied Geography*, 30(1), 96-111.
- Burchell, R. W., & Mukherji, S. (2003). Conventional development versus managed growth: the costs of sprawl. *American Journal of Public Health*, 93(9), 1534-1540.
- Clausius, R. (1867). *The mechanical theory of heat: with its applications to the steam-engine and to the physical properties of bodies.* J. van Voorst.
- Ewing, R., Schmid, T., Killingsworth, R., Zlot, A., & Raudenbush, S. (2003). Relationship between urban sprawl and physical activity, obesity, and morbidity. *American journal of health promotion*, 18(1), 47-57.
- Firouzbakht, P., RabieiFar, Elah. (2011). Strategies of the environmental structure of the city with the approach of sustainable urban development (case study: Karaj city). *Human Geography Research*, 44(80) 213-239. (In persian)
- Hess, G., Daley, S. S., Dennison, B. K., Lubkin, S. R., McGuinn, R. P., Morin, V. Z., ... & Wrege, B. M. (2001). Just what is sprawl, anyway. *Carolina Planning*, 26(2), 11-26.
- Hoseinzade, Dalir, K., Pourmohammadi, M., Hadili, B., & Choubsaz, S. (2012) Analysis of Urban Sprawl Pattern of Tabriz City, Using Shannon's Entropy and Indicating Urban Growth Directions. *Naqshejahan*, 2 (1) 55-66. (In persian)
- Iran Statistics Center, (2013). <http://amar.org.ir>. (In persian)
- Jensen, J. R., & Lulla, K. (1987). *Introductory digital image processing: a remote sensing perspective.*
- Li, X., & Yeh, A. G. O. (1998). Principal component analysis of stacked multi-temporal images for the monitoring of rapid urban expansion in the Pearl River Delta. *International Journal of Remote Sensing*, 19(8), 1501-1518.
- Longley, P., & Batty, M. (2003). *Advanced spatial analysis: the CASA book of GIS.* ESRI, Inc..
- Mills, D. E. (1981). Growth, speculation and sprawl in a mono centric city. *Journal of Urban Economics*, 10(2), 201-226.
- Misagh, F. (2016). On Shift Dependent Cumulative Entropy Measures. *International Journal of Mathematics and Mathematical Sciences*, ID 7213285, 8 pages, doi:10.1155/2016/7213285
- Misagh, N., Misagh, F. (2017). A New Method Based on Weighted Cumulative Entropy to Assess the Sprawl Pattern of Urban Growth of Tabriz City in GIS. *Geospatial Engineering Journal*, 8(1)9-18. (In persian)
- Misagh, N., Nissani, Samani, N., & Tomanian, A. (2016). Simulating the urban growth of Tabriz using CA-Markov model and multi-criteria decision-making, *human geography research*, 50(1) 217-231. (In persian)
- Nechyba, T. J., & Walsh, R. P. (2004). Urban sprawl. *Journal of economic perspectives*, 18(4), 177-200.
- Portal of Tabriz Municipality, <http://www.tabriz.ir>. (In persian)
- Pourahmad, A., Hossam, M., Ashour, H., & Mohammadpour, S. (2012). Analysis of physical-spatial expansion of Gorgan city using Shannon and Heldren entropy models. *Journal of Urban Research and Planning*, 1(2) 1-18. (In persian)
- Pourmohammadi, M. R., Mohammad jam, K. (2013). An analysis of the Sprawl pattern of Tabriz, *Geographical Research Quarterly*, 25(100) 54-31. (In persian)
- Punia, M., & Singh, L. (2012). Entropy approach for assessment of urban growth: a case study of Jaipur, India. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 40(2), 231-244.
- Qurbani, R., WaliBegi, Mojtabi., & Taghipour, A. A. (1391). An analysis on the horizontal expansion of the city of Tabriz and the intratextual capacities of the lands, *Zagros Landscape Geographical Quarterly*, 4(12) 59-70. (In persian)
- Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication, *bell System technical Journal* 27: 379-423.
- Singh, B. (2014). Urban growth using Shannon's entropy: A case study of Rohtak City. *International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS*, 3(1), pp-544.
- Sturm, R., & Cohen, D. A. (2004). Suburban sprawl and physical and mental health. *Public health*, 118(7), 488-496.

- Sudhira, H. S., Ramachandra, T. V., & Jagadish, K. S. (2004). Urban sprawl: metrics, dynamics and modelling using GIS. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 5(1), 29-39.
- Sullivan, W. C., & Lovell, S. T. (2006). Improving the visual quality of commercial development at the rural-urban fringe. *Landscape and Urban Planning*, 77(1), 152-166.
- Un-habitat. (2010). *State of the world's cities 2010/2011: bridging the urban divide*. Earthscan.
- Xu, C., Liu, M., Zhang, C., An, S., Yu, W., & Chen, J. M. (2007). The spatiotemporal dynamics of rapid urban growth in the Nanjing metropolitan region of China. *Landscape ecology*, 22(6), 925-937.
- Yeh, A. G. O., & Xia, L. (2001). Measurement and monitoring of urban sprawl in a rapidly growing region using entropy. *Photogrammetric engineering and remote sensing*, 67(1), 83-90.
- Ziari, K. Mahdanjad, H., & Parhiz, F. (2011), *Urban Planning Basics and Techniques*, Chabahar: Chabahar International University Publications, 40-56. (In persian)

Copyrights

© 2022 by the authors. Licensee PNU, Tehran, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY4.0) (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>)

