

## Research Paper

# Monitoring Urban Expansion of Zanjan City and Assessment of its Urban Areas Scattering Using Statistical and Spatial Analyses during Four Decades

Mehri Rahimi <sup>1</sup>, Farhad Hosseinali\*<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> MA in Surveying Engineering, University of Shahid Rajae Teacher Training, Tehran, Iran

<sup>2</sup> Assistant Professor of Surveying Engineering, University of Shahid Rajae Teacher Training, Tehran, Iran



10.22080/usfs.2021.17926.1912

## Received:

January 10, 2020

## Accepted:

July 22, 2020

## Available online:

February 2, 2021

## Keywords:

Shannon Relative Entropy, Urban Scattering, Geographic Information Systems, Zanjan

## Abstract

Urban growth as a dynamic phenomenon is an evidence of population growth, economic development and the increasing importance of cities. The goal of this paper is the assessment and evaluation of spatio-temporal expansion of Zanjan city in five time periods using Geographic Information Systems (GIS) and Shannon's relative entropy. In this research, the aerial photographs of 1973, 1982, 1998, and satellite images of 2008 and 2016 were used to achieve the goal. After data preparation, to determine the amount of expansion in urban areas of Zanjan, ten sides (zones) of growth were taken into account. The hypothesis of zoning the expansion area creates an obvious view of the urban expansion as a whole, the sides of development and the amount of development in each time period. The results of this study show that Zanjan still is not scattered because Shannon's relative entropy has not become more than 0.5 till now. The results represent useful guidelines for modeling urban sprawl, understanding the motivations for urbanization and forecasting the patterns of future urban developments

## Extended Abstract

### 1. Introduction

The second half of the twentieth century will coincide with increase in urban population of developing countries. Based on the researches, it is expected that 67% of the globe's population will live in cities in 2020 while a great portion of this population belongs to the developing

countries. Growth an uncontrolled development of population and residential areas will result in horizontal uncontrolled growth of urban area (urban sprawl). This phenomenon causes severe problems such as informal settlements, environmental pollutions, occupation of agricultural area, unplanned urban growth and change in the cities' spatial structure, tendency to live in suburbia and changing

\*Corresponding Author: Farhad Hosseinali

Address: Department of Surveying Engineering, University of Shahid Rajae Teacher Training, Tehran, Iran

Email: [f.hosseinali@sru.ac.ir](mailto:f.hosseinali@sru.ac.ir)

Tel: 02122970021

the landscape. Since the importance of this subject, it requires precise planning. In fact, urban growth affects the life of people directly. Altogether, modelling urban expansion is vitally important. Modelling may be done for several reasons. Because of the importance of urban growth modelling, the researchers and managers have modelled the urban growth of several cities in Iran. Literature review shows that the directions of urban expansion for the cities with central core have rarely been considered. Thus, in this research in addition to the use of GIS and remote sensing, the direction of urban growth is taken into the consideration. The urban form is the result of action of many urban elements and urban concepts. The major urban forms in Iran contain: radial, linear, organic and combined forms. In another categorization, urban forms based on the theories of Persman and Minery include five categories of scattered, compact, suburbia, passageway and edge cities. One other categorization divides the urban forms into two major groups of: 1) dense and compact and 2) scattered and expanded.

## 2. Research Methodology

The current research method is some type of descriptive-analytical that comparatively scrutinizes population rise and city expansion in multiple periods. The IRS satellite images are from years 2008 and 2016 with a resolution of 2.5 meters. It is worth mentioning that the reason for the choice of the years was their availability that forced us to choose as possible as the years that make near to 10 years intervals.

First, the data went under primary quality assessments to control the atmospheric, radiometric and geometric errors. After transforming the photos to UTM WGS 84 coordinate system, they were set as the basis of binary maps in which we have two values for built and not

built regions respectively. The heart of the city that is Zanjan bazar was determined on the maps. In this research using relatively new approach to divide the region, the relative Shannon's entropy is calculated. In contrary of other previous researches that have been based on political divisions by municipalities this research deploys 20 degrees sectors that are derived from Zanjan's bazar as the social heart of the city. This method of tessellation is such that there are a lot of regions that make it possible to do the analyzes in details. From the most effective parameters that are assumed necessary, the total area of regions and the built parts are calculated and studied. The method of this research, relative Shannon's entropy is resilient enough through the cases with several types of tessellation and also different degree of scattering. In order to examine the closeness to the social heart of the city, Zanjan's bazar, the divisions are such that the closer to bazar, the smaller the divisions.

## 3. Research Findings

From the classified maps it is derived that built areas in some regions are denser and also more scattered in some others. It is also obvious that expansion of the city is irregular during the period of study. In order to comprehend the trend of scattering in each region and from each side, the difference of Shannon's relative entropy of old and recent times are computed.

Scrutinizing the evolution of Zanjan's population revealed that during the years 1956 to 2016 the amount of population was always increased. Since there are some time lags between that images are taken and census data are collected, in this research with the technique of interpolation, the data of population are matches with the years 1973, 1982, 1988, 2008 and 2016, the years that the images were taken. Comprising Shannon's

entropy during the time period and the corresponding population reveals that the time interval the most urban expansion (1998-2008) does not the same time as the highest population growth. Therefore, one can conclude that the urban sprawl is not absolutely because of the population growth.

#### **4. Conclusion**

Taking the results of computing entropy and rate of population together into account, it is turned out that the time interval from 1998 to 2008 with the maximum horizontal expansion is not the concurrent with highest rate of population growth. Then it is concluded that the growth of population is not necessarily the reason of city expansion in the interval 1998-2008. Generally, with respect to expansion of Zanjan city from past times, it is explicit that period 1998-2008 has the most changes in Shanon's entropy and then the most changes of city expansion. The reasons of this argument can be considered in increasing the personal vehicles and growing interest in. Since the global entropy in the Zanjan city hasn't yet exceeded 0.5 that is the average of relative entropy, it can be stated that the city isn't yet extremely horizontally expanded. As an instance, the most important factor that prevent expansion of the southern parts of the city, is rail way. On the other hand, Zanjan city still has an almost traditional texture. Altogether, it seems that migration generally and migration from the villages particularly is the most important factor of urban expansion in Zanjan city. Fortunately, in such a situation it is possible to prevent urban scattering using proper policies.

#### **Funding**

There is no funding support.

#### **Authors' Contribution**

Authors contributed equally to the conceptualization and writing of the

article. All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work

#### **Conflict of Interest**

Authors declared no conflict of interest.

#### **Acknowledgments**

We are grateful to all the persons for scientific consulting in this paper.

علمی پژوهشی

# پایش گسترش و واکاوی پراکنش شهر زنجان در طول چهار دهه با تحلیل‌های آماری و مکانی

مهری رحیمی<sup>۱</sup>، دکتر فرهاد حسینعلی<sup>۲\*</sup> ID

<sup>۱</sup> دانش‌آموخته کارشناسی ارشد سیستم اطلاعات مکانی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران  
<sup>۲</sup> استادیار گروه مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران



10.22080/usfs.2021.17926.1912

## چکیده

پدیده پویای رشد شهری از نشانه‌های رشد جمعیت، توسعه اقتصادی و همچنین افزایش اهمیت شهر است. مطالعات شهری و همچنین برنامه‌ریزی‌های آتی برای شهرسازی نیازمند داده‌های فعلی و تاریخی مربوط به ادوار گذشته از شهر است. هدف از پژوهش حاضر مطالعه، بررسی و ارزیابی گسترش مکانی-زمانی شهر زنجان در پنج برهه زمانی به کمک سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) و با به‌کارگیری مدل آماری آنتروپی نسبی شانون است. در این پژوهش از عکس‌های هوایی مربوط به سه دوره زمانی سال‌های ۱۳۵۲، ۱۳۶۱، ۱۳۷۷ و دو دوره تصاویر ماهواره ای ۱۳۸۷ و ۱۳۹۵ استفاده شد. پس از آماده‌سازی اطلاعات مکانی مورد نیاز، سیستم اطلاعات جغرافیایی برای تعیین میزان توسعه نواحی شهری و رشد شهرنشینی در زنجان ده جهت مختلف به‌کار گرفته شد. فرضیه به‌کاررفته برای تقسیم‌بندی نواحی در آنتروپی نسبی شانون، دید خوبی از رشد کلی شهر، جهت رشد شهر و رشد شهر در دوره‌های زمانی متفاوت ارائه می‌کند. براساس نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق، شهر زنجان دارای پراکندگی افقی شدید نیست، چراکه میزان آنتروپی نسبی شانون محاسبه‌شده برای شهر از ۵/۰ تجاوز نکرده است. از سوی دیگر یکی از مهم‌ترین نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق این است که گسترش شهری در شهر زنجان از افزایش جمعیت پیشی گرفته است و به عبارت دیگر، افزایش سطح شهر فراتر از افزایش جمعیت بوده است. این خود مؤید پراکنده‌تر شدن تدریجی شهر است که معمولاً در اثر ماشینی شدن شهرها اتفاق می‌افتد. با توجه به روند طولانی‌مدت بررسی‌شده در زنجان، نتایج به‌دست‌آمده راهنمای خوبی برای مدل‌سازی فرایند پراکندگی افقی (اسپرال) شهری، درک عوامل شهرنشینی و پیش‌بینی الگوهای توسعه شهر در آینده است.

تاریخ دریافت:

۲۰ دی ۱۳۹۸

تاریخ پذیرش:

۲ مرداد ۱۳۹۹

تاریخ انتشار:

۵ اسفند ۱۳۹۹

کلیدواژه‌ها:

آنتروپی نسبی شانون،  
پراکندگی افقی شهری،  
سیستم‌های اطلاعات  
جغرافیایی، شهر زنجان.

\* نویسنده مسئول: دکتر فرهاد حسینعلی

آدرس: گروه مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه تربیت دبیر شهید  
رجایی، تهران، ایران

ایمیل: [f.hosseinali@sru.ac.ir](mailto:f.hosseinali@sru.ac.ir)  
تلفن: ۰۲۱۲۲۹۷۰۰۲۱

## ۱ مقدمه

افزایش جمعیت شهری و فرایند شهرنشینی، که از مهم‌ترین جنبه‌های تغییر جهانی محسوب می‌شوند، در تاریخ تمدن بشری اصلی‌ترین نقش را در تغییرات کاربری زمین ایفا کرده‌اند (دکا<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۲). نیمه دوم قرن بیست و یکم میلادی با تراکم جمعیت کشورهای درحال توسعه همراه بود و براساس مطالعات انجام شده انتظار می‌رود در سال ۲۰۲۰ شهرها، ۶۷ درصد جمعیت جهان را در خود جای دهند، که سهم عظیمی از تغییرات مذکور در کشورهای درحال توسعه رخ خواهد داد (کارولینی<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۵). در طول قرن گذشته در کشورهای درحال توسعه از یک سو رشد سریع شهرنشینی (شلومو<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۵) و از سوی دیگر، رشد اقتصادی، علاوه بر افزایش مشکلات شهری منجر به تغییرات قابل توجهی در چشم‌اندازهای شهری شده است (یه و لی<sup>۴</sup>، ۲۰۰۱). رشد و توسعه کنترل نشده جمعیت و نواحی مسکونی در شهر منجر به رشد و پراکندگی افقی کنترل نشده (اسپرال<sup>۵</sup>) خواهد شد. پدیده پراکندگی افقی شهری باعث بروز مشکلات جدی همچون کمبود غذا، ایجاد سکونت‌گاه‌های غیرقانونی، آلودگی‌های زیست‌محیطی، تخریب محیط زیست، اشغال اراضی کشاورزی حاصل خیز، تخریب جنگل، کاهش آب‌های سطحی، گسترش مهارنشده و بروز تغییرات فراوان در ساختار فضایی شهرها، گرایش به سمت حومه‌نشینی و تغییرات غیرقابل جبران در پوشش زمین می‌شود (الشریف و پرادهان<sup>۶</sup>، ۲۰۱۴). اهمیت جلوگیری و رسیدگی به مشکلات فوق‌الذکر، جغرافی‌دانان و برنامه‌ریزان شهری را به مطالعه جدی گسترش شهری واداشته است. برنامه‌ریزان شهری به منظور دستیابی به رشد هوشمند و متعادل در شهر، بررسی و درک

وضعیت موجود کاربری اراضی و همچنین برآورد الزامات آتی، نیازمند ابزاری مفید و کارآمد برای ارزیابی، پیش‌بینی و نظارت بر گسترش و پراکندگی هستند (الپاپی<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۱۱). وجود اطلاعاتی راجع به مقدار و روند گسترش شهری به منظور مدیریت منابع آب و زمین، تخصیص امکانات، برنامه‌ریزی شهری و غیره ضروری است. آگاهی از فرم فضایی و شکل شهر یکی از عوامل تأثیرگذار در میزان موفقیت برنامه‌ریزان و مجریان شهری است و به بهبود محیط‌های شهری کمک شایانی می‌نماید (شیخی<sup>۸</sup> و همکاران، ۲۰۱۲). مطابق نظر سادیرا<sup>۹</sup> و همکاران (۲۰۰۴) بررسی و تجزیه و تحلیل تغییرات و همچنین نظارت بر سری‌های زمانی مختلف با استفاده از تکنیک‌های سنتی نقشه‌برداری کار بسیار دشواری است، درحالی‌که سیستم‌های سنجش از دور و فتوگرامتری که ابزاری سریع و مقرون به صرفه برای جمع‌آوری داده‌ها هستند، این کار را تسهیل می‌نمایند. در مطالعات شهری علاوه بر وجود اطلاعات کافی، به روز و جامع، به تجزیه و تحلیل و درک روند تغییرات مکانی-زمانی گسترش شهری و کشف الگوهای شهری نیاز است. فرایند شهرسازی را می‌توان به کمک سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی<sup>۱۰</sup>، سنجش از دور یا فتوگرامتری و همچنین به کمک اطلاعات توصیفی از منطقه مورد مطالعه، بررسی نمود (الشلی<sup>۱۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۳). علاوه بر این، ابزار فوق‌الذکر توانایی استخراج الگوهای گسترش و پراکندگی شهری از منطقه مطالعاتی را دارند (بارنز<sup>۱۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۲).

هرچند براساس پژوهش‌های موجود، گسترش افقی شهری دارای تعریف جامعی نیست (باتا<sup>۱۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۰)، اما به سادگی می‌توان پراکندگی افقی شهری را به عنوان مقدار ناحیه ساخته شده شهری و میزان پراکندگی آن ناحیه تعریف نمود.

<sup>8</sup> Sheykhi

<sup>9</sup> Sudhira

<sup>10</sup> Geographic Information Systems

<sup>11</sup> Al-shalabi

<sup>12</sup> Barnes

<sup>13</sup> Bhatta

<sup>1</sup> Deka

<sup>2</sup> Carolini

<sup>3</sup> Shlomo

<sup>4</sup> Yeh and Li

<sup>5</sup> Sprawl

<sup>6</sup> Alsharif and Pradhan

<sup>7</sup> Alpopi



بهبتر و توسعه مناسب شهر، بررسی تغییرات کاربری زمین‌ها و توسعه شهر ضروری است. برای نیل به توسعه پایدار به‌ناچار نیاز به مطالعه و رسیدگی کارشناسانه به موضوع رشد شهری و مدیریت و برنامه‌ریزی دقیق داریم (سودهیرا<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۰۴).

## ۲ مبانی نظری و پیشینه تحقیق

### ۲/۱ بیان مسئله

براساس نظریه متخصصان، صندوق جمعیت سازمان ملل جهان در طول تاریخ با سه انقلاب بزرگ مواجه بوده است: (۱) ابداع کشاورزی در ۱۰۰۰۰ سال قبل؛ (۲) پدیده صنعتی شدن در قرن نوزدهم میلادی و (۳) پدیده شهری شدن مناطق غیرشهری یا توسعه شهری. جمعیت جهان به‌شدت در حال رشد است؛ به نحوی که سالانه حدود ۸۰ میلیون نفر به آن افزوده می‌شود و این عدد معادل است با جمعیت کشور آلمان. در حال حاضر، جمعیت جهان حدود ۷/۸ میلیارد نفر است و براساس پیش‌بینی‌ها در ۲۰ سال آینده به بیش از ۹ میلیارد نفر خواهد رسید. براساس همین پیش‌بینی‌های سازمان ملل در سال ۲۰۳۰، حدود ۵ میلیارد نفر یعنی معادل ۶۰ درصد مردم جهان در شهرها زندگی خواهند کرد.

با توجه به این روند فزاینده رو به رشد جمعیت و افزایش محدوده شهرها و تغییرات عظیم در کاربری‌های زمین‌های اطراف شهر، نیاز مبرمی به برنامه‌ریزی اصولی و علمی برای مدیریت این پدیده احساس می‌شود. نتایج این بررسی‌ها و خروجی‌های مدل‌سازی می‌تواند در برنامه‌ریزی صحیح و کاربردی به‌وسیله مدیران شهری و مقامات برنامه‌ریز و تصمیم‌گیران مورد استفاده قرار بگیرد و در رسیدن به توسعه پایدار شهری کمک شایانی نماید. حل مسائل و مشکلات موجود و جلوگیری از تشدید آنها

بنابراین، در گسترش افقی شهری نواحی ساخته‌شده که معمولاً غیرقابل تغییر به ساخته‌نشده هستند، افزایش می‌یابند که پراکندگی این سطوح، پراکندگی افقی را نشان می‌دهد (جاگر<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۰). تاکنون برای تعیین و عددی نمودن پراکندگی شهری از معیارها و عوامل مختلفی استفاده شده است که بیشتر آن‌ها با محدودیت همراه بوده‌اند (باتا و همکاران، ۲۰۱۰) (حسینعلی<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۳). آنتروپی شانون<sup>۳</sup> که در مقالات مختلف برای تجزیه و تحلیل آماری پراکندگی افقی شهری مورد استفاده قرار گرفته است، می‌تواند گسترش شهری را تأیید و آن را به شکل عددی بیان کند (الابی<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۹). هرچند در مطالعات جغرافیای شهری معمولاً از مدل آنتروپی شانون استفاده می‌شود، اما در مطالعات پیشین از آنتروپی شانون برای تجزیه و تحلیل الگوهای شهری در نواحی مختلف و یا برای مشخص کردن پراکندگی یک ناحیه مشخص در یک زمان معین نیز استفاده شده است، ولی جهت پراکندگی، تغییرات پراکندگی و فاصله تا نواحی تجاری در نظر گرفته نشده است.

همچنین، فرایند شهرنشینی پدیده‌ای است که در دهه‌های اخیر به‌طور فزاینده‌ای در کشورهای در حال توسعه متمرکز شده است. اگرچه آهنگ تغییر به‌طور قابل توجهی میان کشورها و مناطق متفاوت بوده، اما در واقع همه کشورهای در حال توسعه به‌شدت در حال شهری شدن هستند. شواهد مربوط به کاهش نرخ رشد برخی از بزرگ‌ترین شهرها و برگشت تمرکز یا تمرکززدایی مکانی به فرم‌های کلان‌شهری چندهسته‌ای، خدش‌های در این مسئله که جهان در حال توسعه به‌طور فزاینده‌ای در حال شهری شدن است، وارد نمی‌کند (پاچپونه<sup>۵</sup>، ۲۰۱۴). پرواضح است که بستر اصلی حل بهینه هر مسئله، برنامه‌ریزی و مدیریت دقیق است. از این رو، در فرایند توسعه شهری نیز برنامه‌ریزی جایگاه ویژه‌ای دارد. برای مدیریت هرچه

<sup>4</sup> Alabi  
<sup>5</sup> Pacione  
<sup>6</sup> Sudhira

<sup>1</sup> Jaeger  
<sup>2</sup> Hosseinali  
<sup>3</sup> Shannon

- آیا افزایش جمعیت در یک محدوده، دلیل کلی تغییر شکل آن محدوده است؟

در این مطالعه، از عکس‌های هوایی سه دوره ۱۳۵۲، ۱۳۶۱ و ۱۳۷۷ و تصاویر ماهواره‌ای دو دوره ۱۳۸۷ و ۱۳۹۵ برای تعیین نواحی ساخته‌شده در منطقه مطالعاتی بهره گرفته شد. همچنین الگوهای پراکندگی شهری زنجان به کمک آنتروپی شانون و شرایط رشد شهر ارزیابی شده است. تقسیمات منطقه‌ای مورد استفاده در این مطالعه، متفاوت از روش‌های موجود برای ارزیابی رشد شهری است.

به دلایلی که ذیلاً عنوان می‌شود می‌توان انجام چنین تحقیقاتی را برای شهرهایی نظیر زنجان، که توسعه سریعی را تجربه کرده یا می‌کنند، ضروری دانست:

- گسترش شناخت و درک نسبت به فرایند مکانی-زمانی رشد شهری به منظور سهولت بخشیدن به درک نظام شهری منطقه و هدایت فعالیت‌های مربوط به برنامه‌ریزی، طراحی و مدیریت شهری؛
- شناخت و درک قانون‌مندی‌های کلی در مورد شکل‌گیری و تحول مکانی-زمانی شهر؛
- آگاه ساختن برنامه‌ریزان، مدیران و تصمیم‌گیران از روند، الگوها و فرایندهای رشد شهری؛

از همین رو است که در دنیا تحقیقات مختلفی مرتبط با حیطه‌های مختلف رشد شهری انجام شده است، که در ادامه به برخی از تحقیقات مرتبط با این پژوهش اشاره می‌شود.

## ۲،۲ پیشینه تحقیق

امروزه محققان زیادی در سراسر دنیا مسئله پراکندگی افقی شهری را مورد بررسی قرار داده‌اند. برای مثال دنگ<sup>۱</sup> و همکاران در سال ۲۰۰۸ میلادی در

و ایجاد محیطی قابل زندگی در آینده مستلزم گسترش دامنه هدایت، کنترل و مداخله برنامه‌ریزی‌شده توسعه به عرصه کل شهر است. از این رو، گام نخست در مدیریت، کنترل و مداخله علمی در شهر مستلزم فراهم ساختن دیدی جامع در مورد فرایندها و الگوهای مکانی-زمانی رشد شهری، تحلیل عوامل محرک و ساز و کارهای مؤثر بر شهرنشینی و رشد شهری در منطقه است.

از آن‌جا که موضوع رشد شهری دارای ابعاد و پیچیدگی‌های زیادی است، اهمیت برنامه‌ریزی دقیق در آن بسیار مشهود است و با زندگی افراد ارتباط مستقیمی دارد. از همین رو بررسی تغییرات شهر از گذشته تا حال از یک‌سو تصویری از روند مدیریت شهری و فرایند شهرنشینی به دست می‌دهد و از سوی دیگر، داده‌ای ضروری برای هر نوع مدل شبیه-سازی جهت پیش‌بینی روند آتی شهر و بررسی سناریوهای مدیریت شهری فراهم می‌آورد.

هدف از این تحقیق، بررسی و مطالعه مکانی-زمانی پراکندگی افقی شهر زنجان با استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای، سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل آماری آنتروپی نسبی شانون است. در جهت رسیدن به این هدف، اطلاعات ذی‌قیمتی به دست می‌آید که حاوی ساختار فیزیکی شهر در دوره‌های مورد بررسی و پایش تغییرات فشرده‌گی و پراکندگی محدوده مورد مطالعه در گذر زمان می‌شود. از طرفی مشاهده روند رشد فیزیکی شهری، در طول مدت زمانی که داده‌های موثق مکانی در ایران وجود دارد، از محصولات جانبی این تحقیق است. برای دستیابی به هدف مطرح شده باید بتوان به پرسش‌های ایجاد شده زیر پاسخ مناسب، علمی و فنی داد:

- چه روندی از نظر پراکندگی رشد شهری در طول مدت بررسی شده، بر محدوده مورد مطالعه حاکم بوده است و دلایل آن چیست؟

<sup>1</sup> Deng

که شهر به صورت پراکنده رشد نموده و دچار رشد بی‌قواره یا پراکنده (اسپرال) شهر شده است. بر این اساس الگوی رشد فشرده (عمودی) به‌عنوان الگوی توسعه آتی شهر با در نظر گرفتن رشد سایر کاربری‌ها با کاربری مسکونی و ایجاد مجتمع‌های مسکونی در نواحی کم‌تراکم، پیشنهاد شد. افراخته و حجی‌پور<sup>۴</sup> (۲۰۱۳)، تحقیقی در مورد خزش شهری بیرجند و تأثیر آن بر توسعه پایدار روستایی انجام داده‌اند و پس از مقایسه تصاویر ماهواره‌ای مربوط به تغییر کاربری روستاهای واقع در حومه شهر بیرجند، نتیجه گرفتند که در مقطع زمانی ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۹، خزش شهری فضای روستاهای پیرامونی را در خود حل نموده و اراضی روستایی نیز به کاربری مسکونی تبدیل شده‌اند. بدین ترتیب، رشد فیزیکی شهری، منجر به تحول ساختار اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی، مدیریتی و خدماتی روستاهای پیرامونی شده است که با توسعه پایدار روستایی هماهنگ نبوده است. عدم توجه به هسته یا هسته‌های مرکزی شهر و تمرکز صرف بر نواحی روستایی در بررسی گسترش شهر از انتقادهای وارد بر این تحقیق محسوب می‌شود. روستایی<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به سنجش فضایی گسترده‌ی شهری ارومیه با تأکید بر تغییرات کاربری اراضی پرداختند و نتیجه گرفتند که مساحت شهر ارومیه از سال ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۰، نزدیک به پنج برابر شده است، درحالی‌که با تحلیل صورت‌گرفته ۵۴۹۶ هکتار از مساحت اشغال‌شده برای ساخت و ساز شهری نیاز نبوده است و دلیل آن، عدم برنامه‌ریزی و سیاست‌های نادرست شهری است که در چنین وضعیتی احتمال افزایش ویژگی‌های شهری در بلندمدت برای افق ۱۴۰۰ و پیوستن مناطق پیرامون منطقه مورد مطالعه به زمین‌های شهری قابل پیش‌بینی است.

بررسی مطالعات قبلی نشان داد که مدل آنتروپی شانون از مدل‌های باسابقه و درعین‌حال رایج برای

بررسی شهرهای چین به این نتیجه رسیده‌اند که یکی از عوامل اصلی گسترش افقی شهر در کنار سایر عوامل، فقرای شهری یا همان حاشیه‌نشینانی هستند که مجبور به اسکان در حاشیه و پیرامون محدوده‌های شهری شده‌اند. با توجه به اهمیت این مسئله، در ایران نیز محققان این مسئله را برای شهرهای مختلف کشور مورد ارزیابی قرار داده‌اند. ابراهیم‌زاده و رفیعی<sup>۱</sup> (۲۰۰۹) در مطالعه‌ای به بررسی برنامه‌ریزی فضایی- کالبدی بافت مرکزی شهر مرودشت با کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداخته است. محقق در این تحقیق اظهار کرده است که سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌تواند ابزار بسیار مناسبی برای کمک به تصمیم‌گیرندگان و برنامه‌ریزان در حل پاره‌ای از معضلات شهری و منطقه‌ای باشد. در این تحقیق، نهایتاً الگوی قطاعی- متمرکز به‌عنوان الگوی مطلوب گسترش آتی آن تشخیص داده شد. پوراحمد<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۸) به مطالعه و بررسی روند و گسترش کالبدی- فضایی شهر قم به‌عنوان چهارمین شهر مهاجرپذیر ایران پرداخته‌اند. آن‌ها عنوان کردند که با توجه به رشد جمعیت و شهرنشینی، به‌ویژه پس از پیروزی انقلاب، شهر قم با رشد سریعی از بُعد کالبدی و فیزیکی مواجه بوده است؛ بنابراین بازه زمانی بین سال‌های ۱۳۳۵ تا ۱۳۹۰ را برای این مطالعه انتخاب کردند. همچنین تحلیل چگونگی گسترش کالبدی- فضایی این شهر را با بهره‌گیری از مدل‌های آنتروپی شانون، هلدن و جینی انجام دادند. نتایج حاصل از به‌کارگیری و تحلیل این مدل‌ها نشان می‌دهد که طی این دوره‌ها، گسترش فیزیکی شهر، به‌صورت پراکنده و غیرمترکم بود و زمینه را برای رشد پراکنده‌ی افقی و بدون برنامه شهر آماده نموده است. در تحقیق مزبور، به علل گسترش پراکنده شهر پرداخته نشده است. رحمانی و رحمانی<sup>۳</sup> (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای، که دوره زمانی بررسی آن طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵ بوده، به این نتیجه رسیدند

<sup>4</sup> Afrakhteh, H. & Hadjipour

<sup>5</sup> Roostayee

<sup>1</sup> Ebrahimzadeh & Rafiei

<sup>2</sup> Pourahmad

<sup>3</sup> Rahmani & Rahmani



است. بنابراین فرم شهری حاصل هم‌گرایی شکل‌گیری بسیاری از مفاهیم و عناصر شهری است. فرم‌های غالب شکل شهری در شهرهای ایران شعاعی، شطرنجی، خطی، ارگانیک و ترکیبی است (عظیمی<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۳). در یک طبقه‌بندی دیگر فرم‌های شهری براساس نظریات پرسمن<sup>۴</sup> در سال ۱۹۸۵ و مینری<sup>۵</sup> در سال ۱۹۹۲ میلادی به پنج دسته پراکنده، فشرده، حاشیه‌ای، کریدوری و لبه‌ای تقسیم‌بندی شده‌اند (برتون<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۱۳) که به شکل زیر تعریف می‌شوند:

**شهر پراکنده<sup>۷</sup>:** توسعه مداوم حومه‌های شهر با تراکم پایین جمعیت، ساخت مسکن و ایجاد مشاغل و سرمایه‌گذاری زیرساختاری بیشتر در حمل و نقل جاده‌ها. این نوع توسعه بیشتر در شهرهای استرالیا دیده شده است.

**شهر فشرده<sup>۸</sup>:** جمعیت و تراکم افزایش یافته در گروه‌های داخلی حومه‌های شهرها همراه با سرمایه‌گذاری در حمل و نقل عمومی.

**شهر حاشیه‌ای<sup>۹</sup>:** افزایش جمعیت، ساخت مسکن با تراکم و ایجاد مشاغل در نقاط منتخب شهر؛ افزایش سرمایه‌گذاری در بزرگراه‌های مداری با هدف ارتباط شهرهای حاشیه‌ای.

**شهر کریدوری<sup>۱۰</sup>:** تمرکز رشد در جهت کناره‌های خطی تقویت شده از بخش تجاری مرکزی و حمایت شده به وسیله زیرساختار حمل و نقل عمومی.

**شهر لبه‌ای<sup>۱۱</sup>:** رشد اضافی به‌طور عمده در لبه‌های شهر.

در طبقه‌بندی دیگر، گروهی فرم‌های شهری را به دو گروه اصلی تقسیم می‌کنند که این دو گروه عبارت‌اند از: (۱) متراکم و فشرده‌سازی شهری و (۲)

بررسی پراکندگی شهری است. از طرفی، برای پیاده‌سازی مدل‌های مختلف نیاز به اطلاعات مکانی در دوره‌های زمانی مختلف وجود دارد که اغلب تنها از طریق تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی قابل استخراج هستند. با استخراج نقشه‌ها و اطلاعات مکانی از عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای می‌توان اقدام به بررسی‌های مختلف روی شهر نمود و در این زمینه، بسیاری از تحلیل‌ها توسط سیستم اطلاعات جغرافیایی و یا در بستر آن انجام می‌شوند.

رویکرد تحلیل دلایل رشد و پراکندگی شهری، رویکردی مناسبی است که در برخی از تحقیقات مرور شده مغفول مانده است؛ درحالی‌که واکاوی آن ضروری به نظر می‌رسد و لذا در این تحقیق به آن پرداخته می‌شود. همچنین طبق بررسی نویسندگان تاکنون جهت گسترش شهری با مبدأ هسته مرکزی شهر بررسی نشده است. بنابراین در پژوهش حاضر، علاوه بر تلفیق تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، معیار جهت گسترش شهری به‌عنوان جنبه نوآوری تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است.

### ۲،۳ مبانی نظری

شناخت الگوی توسعه کالبدی شهر و ارزیابی درجه پراکندگی و فشردگی آن جهت هدایت آن در زمینه توسعه پایدار شهری ضروری است؛ چراکه امروزه اکثر محققان معتقدند ارتباط معنی‌داری میان الگوی توسعه کالبدی شهر (فرم شهر) با پایداری شهری وجود دارد (حسینی و قدمی<sup>۱</sup>، ۲۰۱۴). در یک دیدگاه کلی، فرم شهری ترکیبی از کاراکترهایی است که با الگوی کاربری زمین، سیستم حمل و نقل شهری و طراحی شهری مرتبط است. لینچ<sup>۲</sup> در سال ۱۹۸۴ میلادی، فرم شهری را الگوی فضایی گسترده، ساکن و پایدار عناصر فیزیکی در شهر می‌داند. فرم نتیجه یک تراکم کم و بیش تکرارشونده عناصر شهری

<sup>6</sup> Burton

<sup>7</sup> Sprawl city

<sup>8</sup> Compact city

<sup>9</sup> Fringe city

<sup>10</sup> Corridor city

<sup>11</sup> Edge city

<sup>1</sup> Hosseini & Ghadami

<sup>2</sup> Lynch

<sup>3</sup> Azimi

<sup>4</sup> Persman

<sup>5</sup> Minery

به‌ویژه در کشورهای استرالیا، آمریکا و کانادا به‌وجود آمد، هم‌اکنون در بسیاری از هسته‌های شهری کشورهای درحال توسعه دیده می‌شود. پراکنش افقی شهری واژه‌ای است که در نیم‌قرن اخیر در قالب اصطلاح «اسپرال» در ادبیات پژوهش‌های شهری وارد شده است و امروزه موضوع محوری بیشتر سمینارهای شهری کشورهای درحال توسعه است. سابقه کاربرد این اصطلاح به اواسط قرن بیستم برمی‌گردد. زمانی که در اثر استفاده بی‌رویه از خودروی شخصی و توسعه سیستم بزرگراه‌ها، گسترش فضاهای شهری در آمریکا رونق گرفت (هس<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۱).

اسپرال یا پراکنندگی افقی، اصطلاحی است که به معنای رشد سریع و پراکنده نواحی مادرشهر و حتی شهرهای کوچک است که در برخی موارد تا نواحی روستایی کشیده شده است. برخی پژوهشگران دیگر، پراکنش افقی را عبارت از توسعه کم‌تراکم، پراکنده، تنک و جسته و گریخته شهری، توسعه ناپیوسته و گسترش به طرف عرصه‌های خارج از محدوده و نواحی کم‌تراکم حومه شهری همراه با تسلط خودروهای شخصی در حمل و نقل دانسته‌اند (وسمر و شولاک<sup>۳</sup>، ۲۰۰۳). امروزه با فراگیر شدن اثرات گسترش افقی شهرها، مفهوم پراکنندگی افقی در اکثر کشورهای جهان با ماهیت، شاخص‌ها و نتایج مختلفی به‌کاربرده می‌شود. در آمریکا که مهد کاربرد این مفهوم است، پراکنندگی افقی موضوع بسیار جذاب و داغ روز شده است. در این کشور، رشد جمعیت تنها عامل افزایش کمیت کاربری زمین نیست، بلکه شتاب انضمام زمین به محدوده شهرها بیش از رشد جمعیت شهری مؤثر بوده است. در اکثر شهرهای بزرگ این کشور افزایش سهم زمین هر خانوار شهری<sup>۴</sup> در طی سال‌های مختلف گویای رشد وسیع شهرهاست (شلومو و همکاران، ۲۰۰۵).

موضوع پراکنندگی افقی شهری در مشرق‌زمین نیز در کشورهایی چون چین زمینه مطالعات فراوانی

پراکنش و گسترندگی شهری (مثنوی<sup>۱</sup>، ۲۰۰۳). در ادامه این دو گروه مورد بررسی قرار می‌گیرند:

### الف) شهر فشرده

مباحث مربوط به توسعه پایدار شهری، دیدگاه‌های مربوط به تحول و بهبود شهر مدرن را انسجام بیشتری بخشد و به پایداری ایده‌های جدید در برنامه‌ریزی شهری انجامید که از میان آنها، ایده‌ای که بر افزایش تراکم شهری و استفاده از آن در سامان‌دهی شهری تأکید دارد، ایده شهر فشرده است و سعی دارد با تحول در عناصر فرم کالبدی شهر، زمینه پایداری بیشتر آن را فراهم کند. بیشتر نظریات مربوط به شهر فشرده بر ارتباط فرم شهری و کیفیت زندگی تأکید داشته‌اند. ادعا شده است متراسازی شهری باعث ایجاد نواحی شهری امن‌تر و سرزنده‌تر می‌شود و علاوه بر این، موجب حمایت از مشاغل و سرویس‌های محلی و روابط اجتماعی شهری می‌گردد (برتون و همکاران، ۲۰۱۳). این گرایش به کیفیت زندگی در حرکت‌های معاصر و جاری به‌سوی طراحی فرم‌های شهری و سنتی جدید روستاشهر، به‌عنوان گرایش مسلط قابل‌مشاهده است. ایده شهر فشرده می‌تواند برای ارتقای کیفیت زندگی شهری شهروندان با ایجاد فضاهای پرتحرک، مناسب و جذاب از نظر انرژی مقرون‌به‌صرفه و مشوق حمل و نقل عمومی سودمند باشد (مثنوی، ۱۳۸۲). در فرم شهر فشرده، تأکید بر رشد مراکز شهری موجود و زمین‌های بازیافتی و درعین حال دوری از گسترش و پخش شدن در حاشیه‌هاست.

### ب) پراکنش افقی شهر

دومین الگوی شکل شهر که به‌طور کامل متضاد با شکل فشرده است و در مقابل آن قرار می‌گیرد، شکل گسترده است. این الگو که در چند دهه گذشته ابتدا در کشورهای توسعه‌یافته به دلیل استفاده زیاد از خودروی شخصی و حومه‌نشینی،

<sup>4</sup> Per household land consumption

<sup>1</sup> Masnavi

<sup>2</sup> Hess

<sup>3</sup> Wassmer and Shulock

شهر منطبق بر ۴۸ درجه و ۲۹ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۴۰ دقیقه عرض شمالی و در بین مجموعه‌ای از ارتفاعات از طرف شمال، شمال شرق، جنوب و جنوب غرب قرار گرفته است. این شهر دارای سابقه طولانی قابل توجهی در نظام شهرنشینی ایران است. موقعیت‌های نسبی شهر زنجان از حیث تأثیرگذاری در روند رشد و توسعه عبارت‌اند از:

- قرارگیری در مسیر یکی از محورهای ممتاز سطح کشور، منطبق بر راه ترانزیت تهران- تبریز - بازرگان و به تبع آن برخورداری از امکانات ارتباطی ممتاز؛
  - هم‌جواری با دو قطب رشد و توسعه‌یافته ایران (تبریز- تهران) با فاصله تقریبی ۳۰۰ کیلومتر؛
  - هم‌جواری با ۷ استان که در نوع خود منحصربه‌فرد است؛
  - قرارگیری در منطقه مرتفع کوهستانی، معتدل و خوش آب‌وهوای شمال غرب کشور؛
- شکل ۱ موقعیت و محل قرارگیری این شهر در شمال غرب ایران را نشان می‌دهد.

بوده است. هرچند بنیان‌های پراکندگی افقی در چین متفاوت از آمریکا است ولی شباهت‌هایی در این دو نمونه دیده می‌شود. اصلی‌ترین تفاوت پراکندگی افقی در چین و آمریکا این است که در آمریکا ثروتمندان با سکونت در حومه‌ها و تخلیه بخش مرکزی شهر به پراکندگی افقی دامن زده‌اند؛ در صورتی که در چین، بخش مرکزی شهرها از اهمیت بالایی برخوردار است و مورد توجه ثروتمندان است. در اینجا گروهی که موجب این پدیده شهری شده‌اند فقرا بوده‌اند که نتوانسته‌اند در مرکز شهر زمین داشته باشند و مجبور به حاشیه‌نشینی و در نتیجه رشد افقی شهر شده‌اند (ژانگ<sup>۱</sup>، ۲۰۰۰). پراکندگی افقی شهری در کشورهای در حال توسعه نیز از ویژگی‌های شناخته‌شده شهرهای ناحیه‌ای و بزرگ به شمار می‌رود، اما پراکندگی افقی در این کشورها علل و زمینه‌های متفاوتی را داراست. فرایند شهرنشینی در اغلب کشورهای در حال توسعه با تأخیر صورت گرفته است و در جریان آن نفوذ سرمایه‌داری با الگوی متمرکز بر رشد فضایی نواحی پیرامونی و توسعه غیرقانونی سکونت‌گاه‌ها در حاشیه شهر، مقررات شهری را محدود ساخته و موجب رشد افقی شهر شده‌اند. همچنین پراکندگی افقی شهری در اغلب کشورهای در حال توسعه چشم‌اندازی از فقر، بدشکلی و الگوهای غیرقانونی از کاربری زمین همراه با فقدان ساختار و شالوده تسهیلات عمومی و خدمات اساسی را نشان می‌دهد. این الگو تفاوت آشکاری با الگوی ایالات متحده دارد (لانگو<sup>۲</sup>، ۲۰۰۱)، بنابراین می‌توان گفت رشد افقی شهر، در مجموع، نوعی پراکندگی شهری و افزایش مفرط زمین شهری به شمار می‌رود که باعث کاهش تراکم جمعیت، افزایش سهم فضاهای باز و بلااستفاده و در نتیجه گسستگی بخش‌های شهری و جدایی‌گزینی فضایی و اکولوژیکی می‌شود.

## ۲٫۴ محدوده مطالعاتی

شهر زنجان مرکز استان زنجان است که در شمال غرب کشور واقع شده است. موقعیت جغرافیایی این

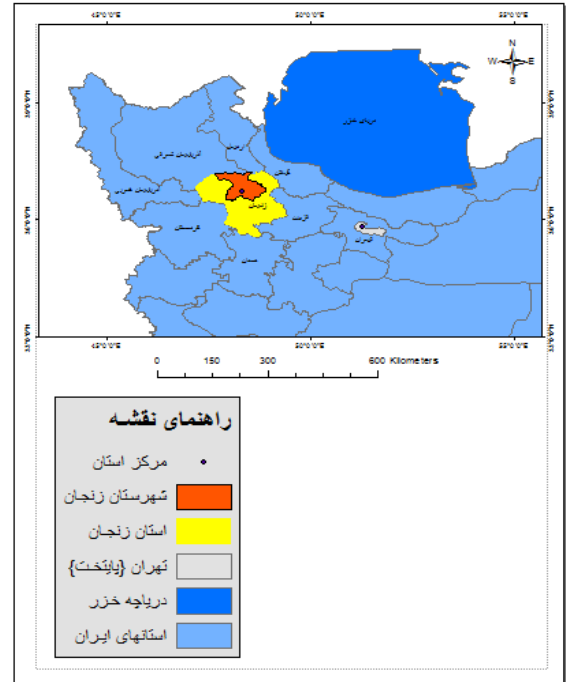
<sup>2</sup> Lungo

<sup>1</sup> Zhang

نرم افزار ArcGIS 10 تصاویر هوایی به نقشه‌های باینری که دارای دو مقدار صفر و یک هستند و معرف نواحی ساخته‌شده و ساخته‌نشده هستند، تبدیل شدند و محل هسته مرکزی شهر، که بازار قدیمی زنجان است، روی نقشه‌ها مشخص شد. در این تحقیق به منظور محاسبه آنتروپی نسبی شانون از یک رویکرد نسبتاً جدید برای ناحیه‌بندی منطقه مورد مطالعه استفاده شد. برخلاف پژوهش‌های پیشین که معمولاً از ناحیه بندی مصوب شهرداری‌ها یا به عبارتی تقسیم‌بندی‌های سیاسی استفاده کرده‌اند، در این تحقیق با در نظر گرفتن هسته مرکزی شهر که بازار زنجان است، منطقه مورد مطالعه به کمک داده‌های برداری مطابق شکل ۲ (همچنین شکل ۴) به ۵۶ ناحیه تقسیم شد که این نواحی در ۱۰ جهت با فواصل ۲۰ درجه واقع شده‌اند. علت انتخاب تعداد جهات زیاد و در نتیجه نواحی زیاد، بررسی پراکندگی شهری به صورت جزئی در سراسر شهر زنجان است. مساحت کلی هر ناحیه و همچنین مساحت بخش ساخته‌شده هر ناحیه برای هر دوره محاسبه شد. به این ترتیب اطلاعات لازم برای تعیین روند گسترش فیزیکی شهر زنجان در ادوار مختلف بین سال‌های ۱۳۵۲ و ۱۳۹۵ آماده گردید. مدل به کاررفته در این تحقیق (آنتروپی نسبی شانون)، علاوه بر این که محدودیتی در تعداد نواحی ندارد، دارای انعطاف‌پذیری بالا در انواع تقسیم‌بندی منطقه مطالعاتی است (باتا و همکاران، ۲۰۱۰).

*آنتروپی شانون:* در تئوری اطلاعات برای سنجش عدم قطعیت موجود در یک فرایند تصادفی یا میزان دشواری حدس زدن نتیجه از تابعی ریاضی استفاده می‌کنیم که آنتروپی شانون نامیده می‌شود. رابطه ریاضی مورد استفاده برای محاسبه آنتروپی در پاراگراف بعد توضیح داده می‌شود.

این مدل توانایی آشکارسازی پیکربندی و جهت‌گیری الگوهای مکانی را دارد و می‌تواند برای تجزیه و تحلیل متغیرهای مکانی در GIS به کار رود (دوکوتا<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۳). درجه پراکندگی افقی



شکل ۱ - موقعیت شهر و شهرستان زنجان (منبع: نگارندگان)

### ۳ روش تحقیق

روش تحقیق حاضر از نوع توصیفی-تحلیلی است که در عین حال با رویکرد تطبیقی، به بررسی ادوار مختلف رشد جمعیتی و کالبدی شهر با استفاده از داده‌های موجود شهر می‌پردازد. پس از انتخاب قلمرو مکانی، عکس‌های هوایی با قدرت تفکیک عکسی ۲۸ میکرون با مقیاس‌های ۱:۸۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰ متعلق به سه دوره ۵۲، ۶۱ و ۷۷ از سازمان نقشه‌برداری کشور و همچنین تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۹۵ تک‌باندی IRS با دقت ۲/۵ متر از سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح تهیه شدند. شایان ذکر است که به دلیل نبود اطلاعات و بررسی هر بازه ده‌ساله، بازه‌های ذکر شده انتخاب شد. ابتدا به منظور کنترل کیفیت داده‌ها و آگاهی از وجود خطاهای اتمسفری، هندسی و رادیومتری داده‌ها مورد ارزیابی اولیه قرار گرفتند، سپس فرایند زمین مرجع‌سازی عکس‌های هوایی با مبنای WGS 84 و سیستم مختصات UTM انجام شد. به کمک

<sup>1</sup> Devkota

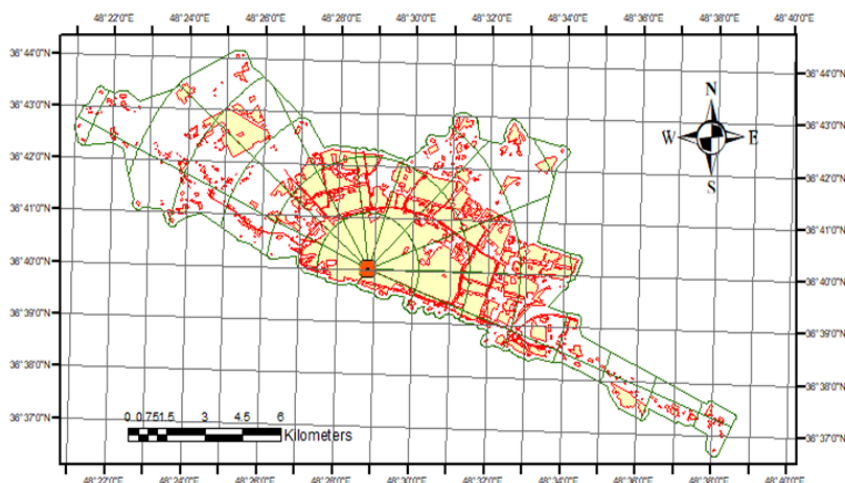
به منظور اعمال تأثیر فاصله از هسته مرکزی شهر یعنی بازار زنجان، تقسیم‌بندی نواحی به گونه‌ای است که مناطق با فاصله کمتر از بازار به بخش‌های کوچک‌تر تقسیم می‌شوند. چنین تقسیم‌بندی جزئیات بیشتری از فرایند رشد شهرنشینی فراهم می‌کند. روند گسترش فیزیکی و توسعه شهر زنجان با استفاده از مدل آنتروپی نسبی شانون برای کل منطقه و همچنین برای هر ناحیه در هر دوره به دست آمد. در نهایت، داده‌های مربوط به سرشماری عمومی نفوس و مسکن برای شهر زنجان از مرکز آمار ایران تهیه شد تا روند تغییر جمعیت در کنار تغییر نواحی ساخته‌شده مورد ارزیابی قرار گیرد. شکل ۲ نحوه تقسیم‌بندی منطقه مطالعاتی را به همراه نواحی ساخته‌شده و نشده در سال ۱۳۹۵ نشان می‌دهد. با هدف رعایت اختصار، از ارائه نقشه منطقه مطالعاتی در تمام دوره‌ها خودداری می‌شود.

شهری به وسیله مقدار آنتروپی مشخص می‌شود. آنتروپی نسبی شانون مقداری بین صفر تا یک است. مقدار صفر آن نشان‌دهنده توزیع متمرکز نواحی شهری و مقادیر نزدیک به یک نشان‌دهنده توزیع پراکنده است. مقادیر آنتروپی نسبی شانون (HN) به وسیله رابطه (۱) محاسبه گردید:

رابطه ۱

$$H_n = \sum_i^n P_i \log(1/P_i) / \log(n)$$

Pi درصد تغییرات در ناحیه i است که از تقسیم مساحت بخش ساخته‌شده ناحیه i بر کل مساحت ناحیه i به دست می‌آید و n تعداد مجموع نواحی (که در این تحقیق ۵۶ است) می‌باشد.



شکل ۲ - نقشه بخش ساخته‌شده و نشده سال ۱۳۹۵ و تقسیم‌بندی آن (منبع: نگارندگان)

بخش‌های ساخته‌شده در برخی از نواحی دارای تراکم بالا و در نواحی دیگر به شکل گسسته واقع شده‌اند. بررسی روند تغییرات مکانی نواحی ساخته‌شده حاکی از گسترش گسسته و نامنظم شهر است. علاوه بر اینکه گسترش پراکنده شهر طی ادوار گذشته به شکل بصری قابل مشاهده است، به

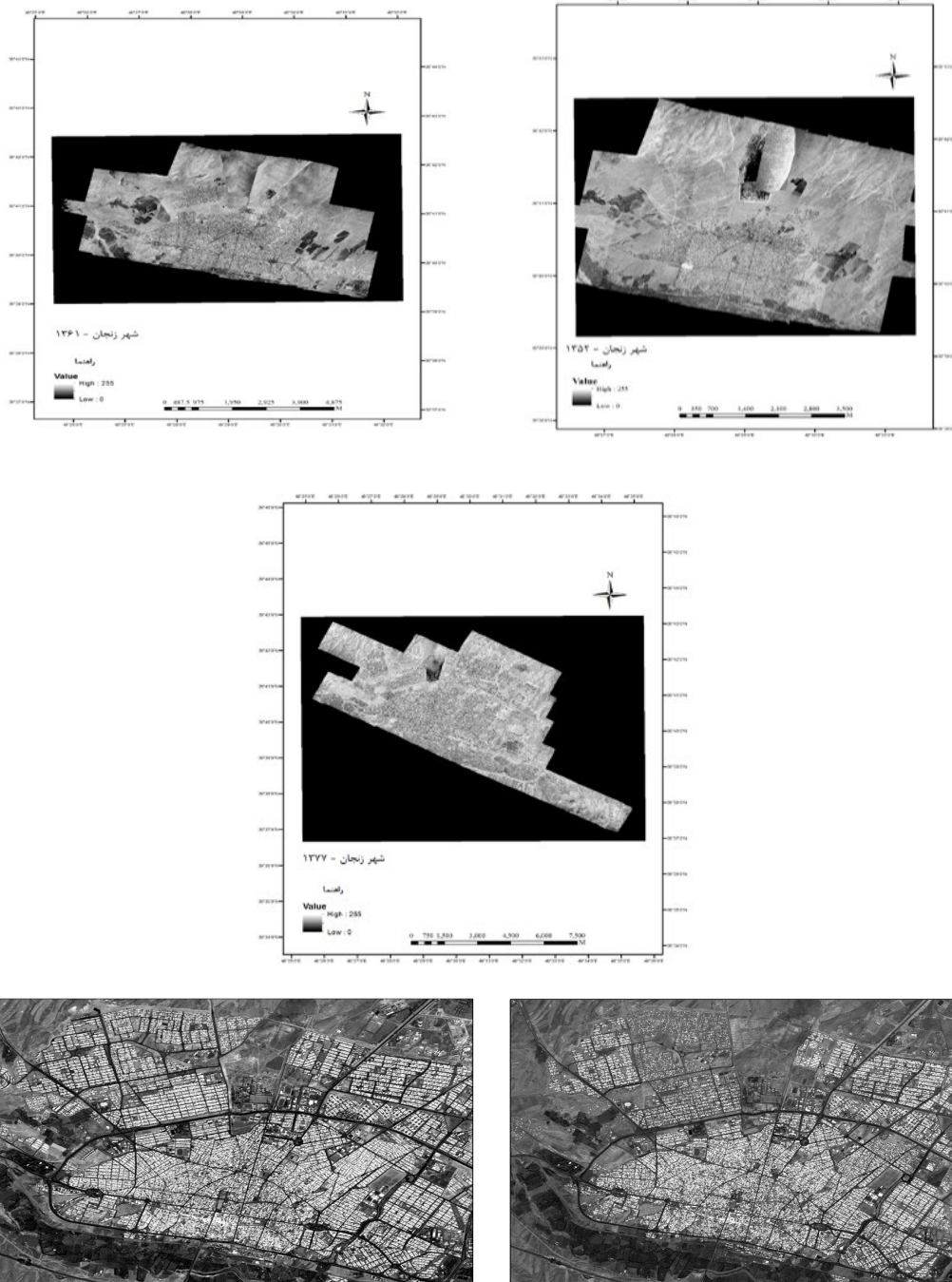
## ۴ یافته‌ها و بحث

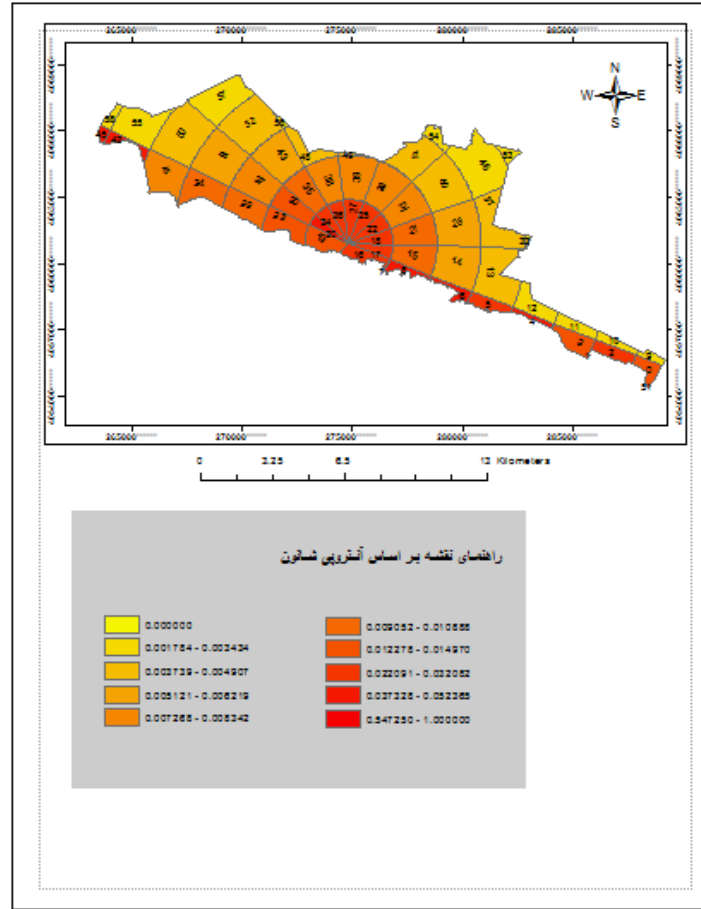
همان‌گونه که گفته شد، تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی پنج دوره زمانی مورد بررسی (شکل ۳) در دو کلاس ساخته‌شده و ساخته‌نشده طبقه‌بندی شدند. از بررسی نقشه‌های طبقه‌بندی‌شده به راحتی می‌توان دریافت که



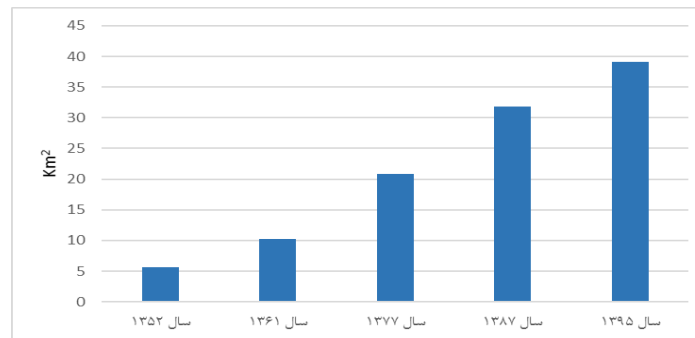
نواحی ساخته شده را برای هر دوره نشان می‌دهد که بر طبق آن بیشترین میزان تغییر بین سال‌های ۱۳۷۷ و ۱۳۸۷ به وقوع پیوسته است.

کمک معیارهای عددی این موضوع را اثبات کرد. شکل ۴ مقادیر آنتروپی نسبی شانون را برای قسمت‌های تقسیم‌بندی شده در سال ۱۳۹۵ به تصویر کشیده است. مقادیر شکل ۵ مساحت کل



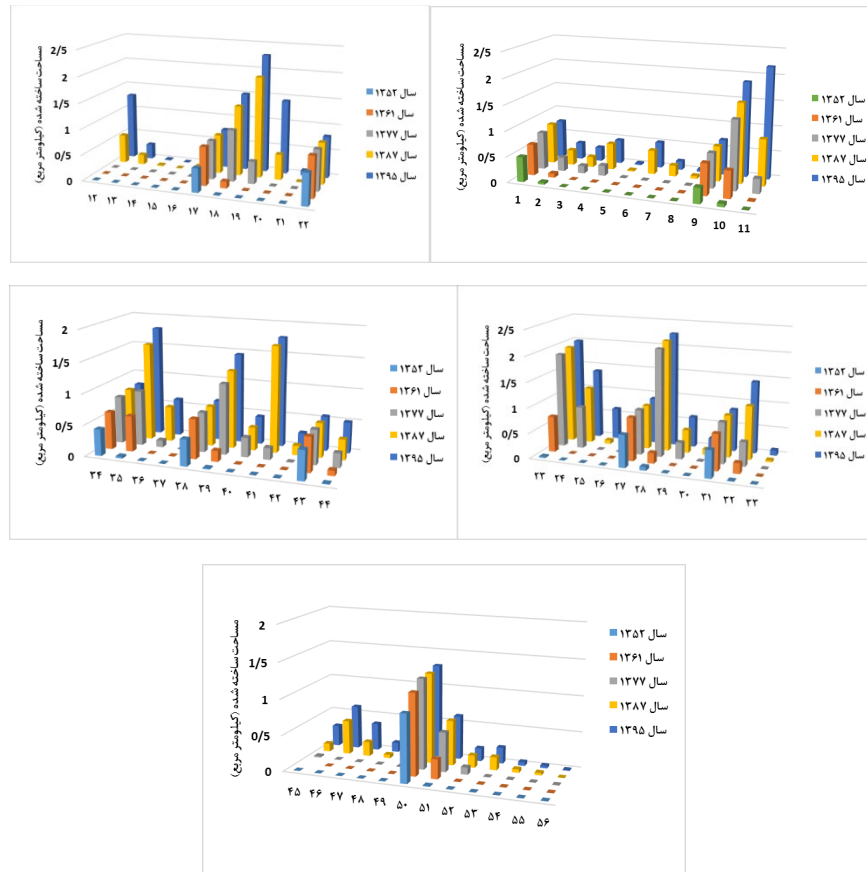


شکل ۴ - تقسیم‌بندی محدوده مطالعاتی و میزان آنتروپی شانون در هر ناحیه در سال ۱۳۹۵ (منبع: نگارندگان)



شکل ۵ - مساحت کلی ساخته شده در هر دوره (منبع: نگارندگان)

نمودارهای ستونی شکل ۶ مساحت ساخته شده را به تفکیک هر ناحیه و برای هر دوره نشان می‌دهند. این نمودارها اطلاعات ارزشمندی از بخش‌های ساخته شده در هر ناحیه و تغییرات آن در هر دوره را ارائه می‌کنند.



شکل ۶ - مساحت بخش ساخته شده هر ناحیه در دوره‌های مختلف (منبع: نگارندگان)

کرد که پراکندگی افقی یا پراکندگی افقی شهری در شهر زنجان شدید نیست؛ بنابراین می‌توان امیدوار بود با اتخاذ سیاست‌های مناسب از وقوع پراکندگی افقی شهری در این شهر جلوگیری شود.

جدول ۱ نشان می‌دهد که مقادیر کلی آنتروپی نسبی شانون در ادوار مختلف در حال رشد است؛ اما از آنجا که میزان آن تاکنون به شکل قابل‌توجهی از ۰/۵ تجاوز نکرده است، می‌توان با قاطعیت عنوان

جدول ۱ - مقدار آنتروپی شانون برای کل منطقه مطالعاتی در دوره‌های مختلف

سال	۱۳۵۲	۱۳۶۱	۱۳۷۷	۱۳۸۷	۱۳۹۵
$H_n$	۰/۲۱۴۴	۰/۳۱۳۹	۰/۴۴۸۴	۰/۵۱۴۴	۰/۵۲۹۶

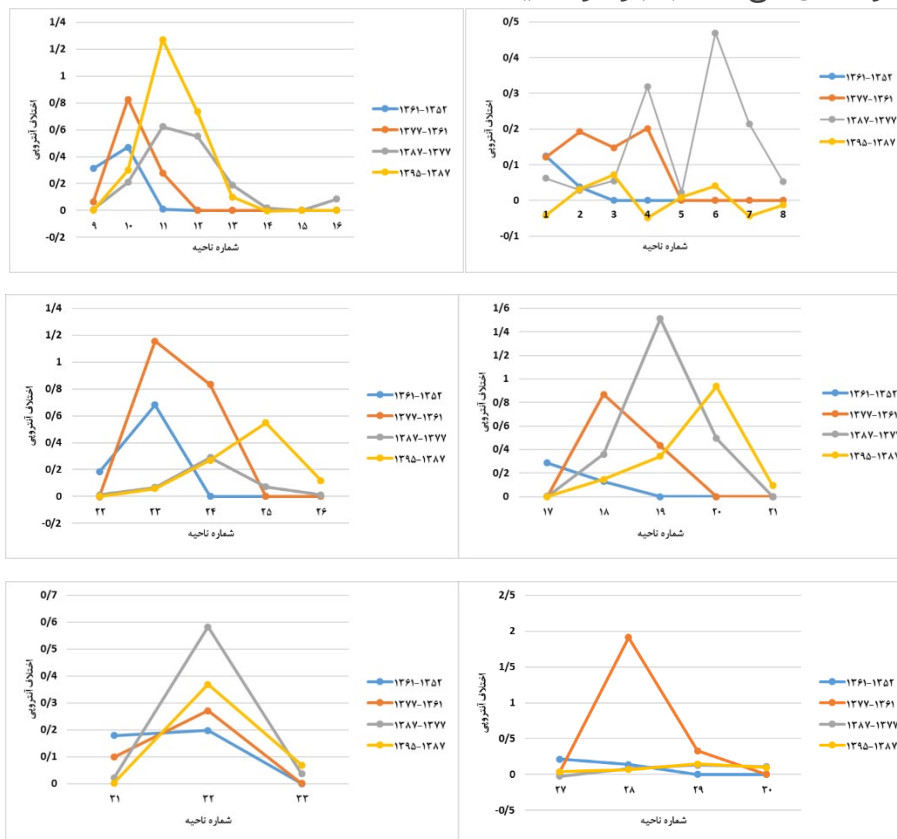
منبع: نگارندگان

مثبت هرچه بیشتر باشد، نرخ پراکندگی افقی بیشتر و به عبارت‌دیگر رشد پراکنده شهر را نشان می‌دهد. بالعکس مقادیر منفی، نرخ پراکندگی افقی کمتر و به عبارت‌دیگر تراکم بیشتر در آن ناحیه را

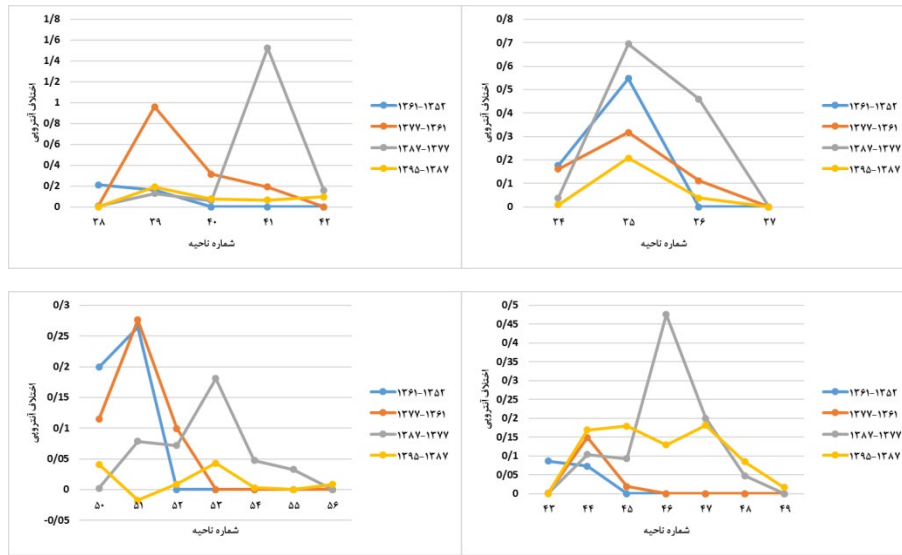
به‌منظور درک و ارزیابی روند تغییر پراکندگی در هر ناحیه و در هر جهت، مقادیر محاسبه‌شده آنتروپی نسبی شانون در دوره‌های قدیمی از مقدار آن در دوره‌های جدید تفریق شده است. مقادیر

۲۸ام در بازه ۱۳۶۱ تا ۱۳۷۷. در جهت ششم، الگوی تقریباً یکسانی را در بازه‌های زمانی مختلف شاهد هستیم و به شکل شگفت‌آوری ناحیه ۳۲ همواره در حال گسترش بوده است. در جهت هفتم، ناحیه ۳۵ که در مجاورت ناحیه ۳۲ قرار دارد، شرایط مشابهی با این ناحیه دارد. در جهت هشتم، در دو ناحیه ۳۹ و ۴۱ به ترتیب در دو بازه ۱۳۶۱ تا ۱۳۷۷ و بازه ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۷ افزایش پراکندگی افقی را شاهد هستیم. در جهت نهم در بازه ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۵ به‌طور کلی تغییرات مثبت آنتروپی رخ می‌دهد. در همین جهت، در ناحیه ۴۶، تغییرات شدید آنتروپی مثبت در بازه ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۷ نشان‌دهنده افزایش پراکندگی افقی است. در نهایت، جهت دهم که شامل نواحی ۵۰ تا ۵۶ است، در ناحیه ۵۱، افزایش شدید تغییرات آنتروپی برای دو بازه اول رخ می‌دهد. همچنین ناحیه ۵۳ در دوره ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۷ دارای تغییرات مثبت قابل‌توجهی است.

نشان می‌دهد. شکل ۷ به‌خوبی تغییرات آنتروپی را در طول دوره‌های مختلف نشان می‌دهد. مطابق شکل ۷، در جهت اول که شامل نواحی ۱ تا ۸ است، به‌وضوح تغییرات شدید آنتروپی در بازه ده‌ساله ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۷ را می‌توان مشاهده کرد. در جهت اول، در بازه ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۷ ناحیه ۶ بیشترین تأثیر را در ایجاد پراکندگی افقی شهری داشته است. جهت دوم در بازه‌های زمانی مختلف الگوی تقریباً یکسانی را دنبال می‌کند؛ به‌گونه‌ای که با افزایش فاصله از هسته مرکزی شهر و باگذشت زمان مقدار تغییرات آنتروپی افزایش می‌یابد. در جهت سوم، ناحیه ۱۹ در بازه ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۷ شاهد بیشترین تغییرات بوده است. در جهت چهارم، ناحیه ۲۳ طی دو بازه ۱۳۵۲ تا ۱۳۶۱ و ۱۳۶۱ تا ۱۳۷۷ تغییرات آنتروپی مثبت بالا را نشان می‌دهد، به این معنی که این ناحیه در جهت چهارم بیشترین پراکندگی را داشته است. جهت پنجم در تمام دوره‌ها مقدار کم تغییرات آنتروپی را نشان می‌دهد، به‌جز در ناحیه



شکل ۷ - تغییرات آنتروپی برای هر جهت در بازه‌های زمانی مختلف (منبع: نگارندگان)



شکل ۷ - تغییرات آنتروپی برای هر جهت در بازه‌های زمانی مختلف (منبع: نگارندگان)

ایران در این دوره افزایش داشته، اما در زنجان رشد جمعیت معادل ۸/۰۱ درصد بوده و جمعیت آن بیش از دو برابر شده است. از دلایل عمده این روند می‌توان به نرخ رشد طبیعی بالا، عدم توجه به سیاست‌های تنظیم خانواده، توصیه‌های مسئولین در زمینه باروری و افزایش تعداد فرزندان به‌خاطر سیاست‌های تشویقی دوران جنگ تحمیلی، کاهش مرگ و میر و مهاجرت‌های بیرونی از شهرهای کوچک استان و برخی از استان‌های هم‌جوار و افزایش مهاجرت روستایی به شهر زنجان اشاره داشت. بر این اساس جدول ۲ تحولات جمعیتی شهر زنجان را طی دوره ۱۳۳۵ تا ۱۳۹۵ را نشان می‌دهد.

بررسی تحولات جمعیتی شهر زنجان نشان می‌دهد که جمعیت این شهر طی سال‌های ۱۳۳۵ تا ۱۳۹۵ همواره رو به افزایش بوده است. این روند رشد در طی سال‌های ۱۳۴۵ تا ۱۳۶۵ محسوس‌تر است. جمعیت شهر زنجان در اولین سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۳۵ برابر ۴۷۱۵۹ نفر بوده که با رشدی معادل با ۴/۶۱ درصد به ۲۸۶۲۹۵ نفر در سال ۱۳۷۵ بالغ شده است. در دهه ۱۳۵۵ تا ۱۳۶۵ جمعیت این شهر دوبرابر شده؛ به‌طوری که از ۱۰۰۳۵۱ نفر در سال ۱۳۵۵ به ۲۱۸۵۰۵ نفر در سال ۱۳۶۵ افزایش یافته است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۷). اگرچه جمعیت تمام شهرهای

جدول ۲ - جمعیت زنجان در سرشماری‌های نفوس مسکن (مرکز آمار ایران)

سال	۱۳۳۵	۱۳۴۵	۱۳۵۵	۱۳۶۵	۱۳۷۵	۱۳۸۵	۱۳۹۰	۱۳۹۵
نفر	۴۷۱۵	۵۸۷۱۴	۱۰۰۳۵۱	۲۱۸۵۰۵	۲۹۰۱۳	۳۵۲۱۵۱	۳۸۹۲۷۰	۴۳۳۴۷۵

۱۳۶۱، ۱۳۷۷، ۱۳۸۷ و ۱۳۹۵ برآورد شد. جدول ۳ جمعیت زنجان را در پنج دوره مورد بحث نشان می‌دهد.

از آنجا که سال‌های سرشماری عمومی نفوس و مسکن منطبق بر سال‌های اخذ تصاویر هوایی و ماهواره‌ای نیست، در این تحقیق به کمک درون‌یابی، میزان جمعیت شهر زنجان برای پنج دوره ۱۳۵۲،

<sup>1</sup> Statistical Center of Iran

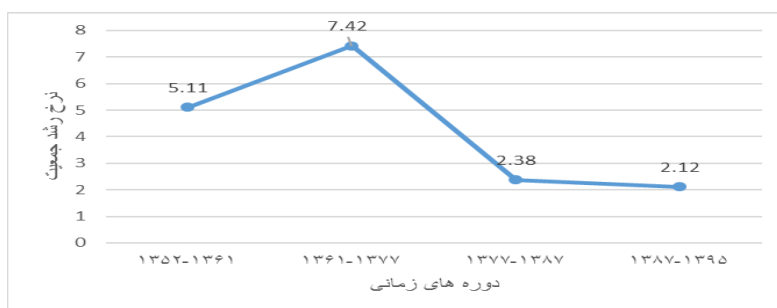


جدول ۳ - جمعیت زنجان در پنج دوره مطالعاتی

سال	سال ۱۳۹۵	سال ۱۳۸۷	سال ۱۳۷۷	سال ۱۳۶۱	سال ۱۳۵۲
نفر	۴۳۳۴۷۵	۳۶۶۹۹۸	۳۰۳۱۶۰	۱۷۱۲۴۴	۸۷۸۶۰

شکل ۸ نرخ رشد جمعیت را برای پنج دوره منتخب نشان می‌دهد.

در تجزیه و تحلیل‌های جمعیت آنچه اهمیت دارد، نرخ رشد متوسط جمعیت است که می‌تواند برای مقایسه با رشد شهری مورد استفاده قرار گیرد.



شکل ۸ - نرخ رشد جمعیت در پنج دوره مطالعاتی (منبع: نگارندگان)

نشان می‌دهد که سیاست‌گذاری متولیان امور شهر در زمینه جلوگیری از این روند کارآمد نبوده است و متوقف ساختن آن توجه خاصی را می‌طلبد.

## ۵ نتیجه‌گیری

در این تحقیق، میزان پراکندگی افقی شهری برای هر ناحیه و همچنین کل منطقه مطالعاتی توسط مدل آماری آنتروپی نسبی شانون محاسبه شد. از آنجا که پراکندگی افقی شهری در جهت‌های مختلف دارای الگوهای متفاوتی است، می‌توان در رابطه با هر جهت سیاست مناسب را اتخاذ نمود. به‌طور کلی در رابطه با گسترش شهری در ادوار گذشته شهر زنجان به‌صراحت می‌توان گفت بازه ده‌ساله ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۷ دارای بیشترین تغییرات در میزان آنتروپی شانون و به‌عبارت دیگر، بیشترین میزان تغییرات در گسترش شهری است. دلیل این امر را نیز می‌توان در ازدیاد خودروهای شخصی و گسترش حمل و نقل ماشینی جست‌وجو نمود. بعد از این بازه، بازه ۱۳۶۱ تا ۱۳۷۷ با تغییرات زیادی همراه بوده است. بررسی نرخ رشد

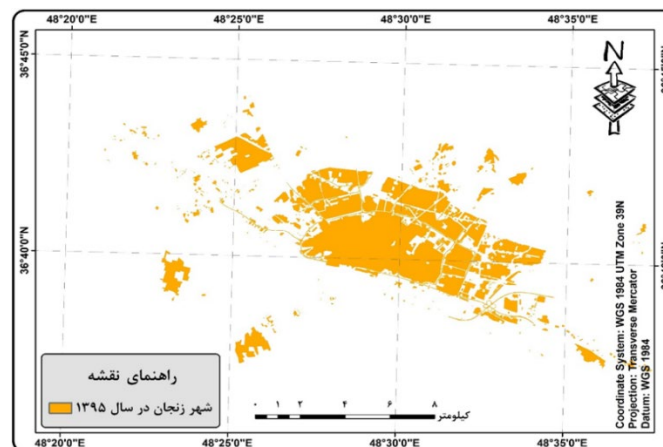
از تجزیه و تحلیل نرخ رشد جمعیت و همان‌طور که به‌وضوح در شکل ۸ مشخص است، در بازه زمانی بین سال‌های ۱۳۶۱ تا ۱۳۷۷ شاهد بیشترین نرخ رشد جمعیت در زنجان یعنی ۷/۴۲ بوده‌ایم. از انطباق نتایج حاصل از محاسبه آنتروپی و نتایج محاسبه نرخ جمعیت می‌توان دریافت که بازه زمانی دارای بیشترین گسترش افقی یعنی بازه ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۷ با بازه دارای بیشترین نرخ جمعیت یکسان نیست، بنابراین پراکندگی افقی شهری در بازه ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۷ منحصراً به دلیل رشد جمعیت نیست؛ اما به‌طور کلی ردپای افزایش جمعیت در افزایش پراکندگی افقی شهری قابل مشاهده است. به‌طور کلی همان‌گونه که در مبانی نظری پژوهش بدان اشاره شد، دلیل اصلی افزایش گسترش پراکنده شهرها در جهان ازدیاد استفاده از خودروی شخصی بوده است و شهرهای ایران و از جمله زنجان نیز از این امر مستثنی نیستند. لذا دلیل عمده این رشد پراکنده را می‌توان ماشینی شدن حمل و نقل شهری دانست، ولی از سویی این افزایش پراکندگی

در جهات شرقی و شمال شرقی زنجان، شاهد بیشترین مقدار آنتروپی شانون هستیم، که نشان‌دهنده تنوع کاربری اراضی زیاد است. همچنین به دلیل اینکه در همین نواحی مقدار آنتروپی از ۰/۵ تجاوز کرده است، شهر زنجان از همین نواحی دچار گسترش افقی شهری شده و در آینده نزدیک به مسائل و مشکلاتی که در گسترش افقی یا پراکندگی افقی وجود دارد، دچار خواهد شد. برای جلوگیری از ادامه روند می‌توان از سیاست‌های انبوه‌سازی و بلندمرتبه‌سازی، که یکی از بهترین روش‌های کنترل گسترش افقی شهر، توسعه عمودی و برج‌سازی است، استفاده کرد. البته این سیاست با توجه به عوامل اجتماعی، اقتصادی، محیطی و فرهنگی هر منطقه از شهر صورت می‌گیرد. همچنین استفاده از این روش باید به همراه کاهش زیربنا و قطعات تفکیکی صورت گیرد.

در جهات غربی و شمال غربی زنجان، که نه به صورت فشرده و نه به صورت پراکنده است، مناطق و زمین‌های خالی نسبتاً زیادی وجود دارد که می‌توان به‌جای گسترش ابعاد شهر از این زمین‌ها استفاده کرد و در واقع از توسعه میان‌افزا بهره برد. شکل ۹ مناطق ساخته‌شده شهر زنجان را در سال ۱۳۹۵ نمایش می‌دهد.

جمعیت در دوره‌های مورد مطالعه در این تحقیق نشان می‌دهد که در این دوره، دارای بیشترین پراکندگی افقی شهری نرخ رشد جمعیت ۲/۳۸ درصد بوده است؛ بنابراین علت اصلی افزایش پراکندگی افقی شهری در این دوره، افزایش نرخ رشد جمعیت نبوده است. از آنجا که آنتروپی کلی شهر زنجان طی دوره‌های مختلف به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای از ۰/۵ که حد میانی آنتروپی نسبی است تجاوز نکرده است، می‌توان گفت که شهر زنجان دارای پراکندگی افقی شدید نیست، چراکه به‌عنوان مثال عمده‌ترین عامل عدم توسعه منطقه جنوب زنجان همان خط آهن است؛ همچنین بافت منطقه به‌طور کلی روستایی و ارگانیک‌وار است. می‌توان به این نتیجه رسید که پدیده مهاجرت به‌صورت اعم و مهاجرت روستائیان به‌طور اخص، عاملی اساسی در گسترش فضایی- کالبدی شهر زنجان بوده است و خوشبختانه در چنین شرایطی می‌توان با اتخاذ سیاست‌های صحیح از بروز پدیده پراکندگی افقی شهری در زنجان جلوگیری کرد.

همچنین، در جهت‌های مرکزی و جنوب غربی زنجان که قدیمی‌ترین و پرتراکم‌ترین نواحی شهر هستند، ۴۸ درصد کل املاک شهر در این مناطق واقع شده است. این نواحی به‌صورت فشرده هستند که اگر بتوان از توسعه میان‌افزا استفاده کرد، باعث توسعه و رونق منطقه و شهر خواهد شد.



شکل ۹ - شهر زنجان در سال ۱۳۹۵ (منبع: نگارندگان)

فرایندهای رشد شهری در منطقه زنجان می‌توانند جلوی این پدیده شهری را هرچه زودتر بگیرند، تا گسترده شدن افقی شهر و در پی آن، به وجود آمدن مشکلات عدیده‌ای که در طول این تحقیق بیان شد، صورت نگیرد.

در نهایت، با توجه به نقشه طرح تفصیلی شهر زنجان و مقایسه آن با نقشه شهر در سال ۹۵، در مجموع می‌توان گفت که شهر زنجان دارای پراکندگی افقی شدید نیست و با آگاه ساختن برنامه‌ریزان، مدیران و تصمیم‌گیران از روند، الگوها و

## منابع

- Afrakhteh, H. & Hadjipour, M (2013). Urban Sprawl and its consequences on Rural Sustainable Development (Case study: Surrounding Villages of Birjand City). *Geography*, 11(39), 158-185. (In Persian).
- Al-shalabi, M., Billa, L., Pradhan, B., Mansor, S., & Al-Sharif, A. A. A. (2013). Modelling urban growth evolution and land-use changes using GIS based cellular automata and SLEUTH models: the case of Sana'a metropolitan city, Yemen. *Environmental Earth Sciences*, 70(1), 425-437.
- Alabi, A. O., Tampier, M., Bibeau, E., Seed Science, L., & British Columbia Innovation, C. (2009). Microalgae technologies & processes for biofuels-bioenergy production in British Columbia: current technology, suitability & barriers to implementation: final report.
- Alpopi, C., Manole, C., & Colesca, S. E. (2011). Assessment of The Sustainable Urban Development Level Through the Use of Indicators of Sustainability. *Theoretical and Empirical Researches in Urban Management*, 6(2), 78-87.
- Alsharif, A. A. A., & Pradhan, B. (2014). Urban Sprawl Analysis of Tripoli Metropolitan City (Libya) Using Remote Sensing Data and Multivariate Logistic Regression Model. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 42(1), 149-163.
- Azimi, N, Azadeh, S. & Zare Roudbazani, M. (2013). Geographical analysis of city form in Iran. *Motaleate Shahri*, 2(7), 89-100.
- Barnes, K., Morgan, J., Roberge, M., & Lowe, S. (2002). *Sprawl development: Its patterns, consequences, and measurement*. Retrieved from Towson University :
- Bhatta, B., Saraswati, S., & Bandyopadhyay, D. (2010). Urban sprawl measurement from remote sensing data. *Applied Geography*, 30(4), 731-740.
- Burton, E., Jenks, M., & Williams, K. (2013). *Achieving Sustainable Urban Form: Taylor & Francis*.
- Carolini, G. Y., Garau, P., Sclar, E., & Un Millennium Project, (2005). *A home in the city*. London: Sterling.
- Deka, J., Tripathi, O., & Khan, M. (2012). Urban growth trend analysis using Shannon Entropy approach – a case study in north east India. *International Journal of Geomatics and Geosciences*, 2, 1072-1078.
- Deng, X., Huang, J., Rozelle, S., & Uchida, E. (2008). Growth, population and industrialization, and urban land expansion of China. *Journal of Urban Economics*, 63(1), 96-115.

- Devkota, K. C., Regmi, A. D., Pourghasemi, H. R., Yoshida, K., Pradhan, B., Ryu, I. C., Dhital, M. R., & Althuwaynee, O. F. (2013). Landslide susceptibility mapping using certainty factor, index of entropy and logistic regression models in GIS and their comparison at Mugling-Narayanghat road section in Nepal Himalaya. *Natural Hazards*, 65(1), 135-165.
- Ebrahimzadeh, E. & Rafiei, Q. (2009) An analysis of the physical-spatial expansion pattern of Marvdasht city using Shannon and Holdern entropy models and presenting its optimal future expansion pattern. *Journal of Human Geography Research*, 41(69), 123-138. (In Persian).
- Hess, G. R., Morin, V. Z., Daley, S. S., Snow, C. M., Potter, K. M., Dennison, B. K., Wrege, B. M., Savage, R. E., McGuinn, R. P., Lubkin, S. R., & Shelton, W. G. (2001). Just What is Sprawl, Anyway? *Carolina Planning Journal*, 26(2), 11-26.
- Hosseinali, F., Alesheikh, A. A., & Nourian, F. (2013). Agent-based modeling of urban land-use development, case study: Simulating future scenarios of Qazvin city. *Cities*, 31, 105-113. (In Persian).
- Hosseini, S & Ghadami, M. (2014). Analysis of Sabzevar Physical-Spatial development pattern. *Geographic Space*, 13(44), 219-240. (In Persian).
- Jaeger, J., Bertiller, R., Schwick, C., & Kienast, F. (2010). Suitability criteria for measures of urban sprawl. *Ecological Indicators*, 10, 397-406.
- Lungo, M. (2001). Urban Sprawl and Land Regulation in Latin America. *Land Lines*, March 2001, 7-8.
- Lynch, K. (1984). *Good City Form*: MIT Press.
- Pacione, M. (2014). *Urban Problems (Routledge Revivals): An Applied Urban Analysis*: Routledge.
- Masnavi, M. (2003). Sustainable development and new paradigms of urban development: "compact city" and "expanded city". *Journal of Environmental Studies*, 29(31), 89-104. (In Persian).
- Pourahmad, A., Mahdi, A. & Mahdian, M. (2018). Study and survey of trend and physical- space expansion of Qom city using Shannon's Entropy, Holdern and Gini models. *Quarterly of Geography (Regional Planning)*, 7(4), 59-76. (In Persian).
- Rahmani, A. & Rahmani, M. (2018). Pattern of a spread physical - spatial town through Shannon entropy model (Case study: Serish Abad Town). *Quarterly Journal of Environmental Based Territorial Planning*, 11(41), 1-22. (In Persian).
- Roostayee, S., AhadNezhd Ravashti, M. & Farrokhi Some'e, M. (2015). Spatial evaluation of urban sprawl with an emphasize on landuse charges, using satellite Imagery (Case study of Urmia). *Journal of Geography and Planning*, 18(50), 189-206. (In Persian).
- Sheykhi, H., Parizadi, T., Rezaei, M. R., & Sajadi, M. (2012). Determining the physical form of isfahan using gary and moran model. *Research and urban planning*, 3(9), 119-136.
- Shlomo, A., Sheppard, S. C., & Civco, D. L. (2005). *The Dynamics of Global Urban Expansion*. Washington D.C.: Transport and Urban Development Department, The World Bank.

- Statistical Center of Iran (2019). Statistical reports. <https://www.amar.org.ir>
- 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.
- Wassmer, R., & Shulock, N. (2003). *A Quantitative Study of California Community College Transfer Rates: Policy Implications and a Future Research Agenda*. California: Senate Publications.
- 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(1), 83-90.
- Zhang, T. (2000). Land market forces and government's role in sprawl: The case of China. *Cities*, 17(2), 123-135.