

# 基于遥感影像的济南市城市扩张与驱动力分析

谭梦宇

哈尔滨师范大学地理科学学院, 黑龙江 哈尔滨

收稿日期: 2023年11月10日; 录用日期: 2023年12月21日; 发布日期: 2023年12月29日

## 摘要

城市扩张是判断城市化程度的重要指标, 城市扩张研究对城市合理规划具有重要意义。本文运用GIS和RS技术, 以济南市2003、2009、2020年Landsat影像为数据源, 结合城市扩张强度、紧凑度等指标, 定量分析济南市城市扩张时空动态变化特征, 并分析其驱动因素。结果表明: 2003~2020年济南市城市用地面积扩张了1049.35 km<sup>2</sup>, 扩张强度先上升后下降。近10年来, 济南市城市扩张形态较狭长, 城市重心向东南方向偏移, 自然环境、人口增长、经济发展等影响因子影响着济南市的城市扩张。

## 关键词

遥感影像, GIS, 城市扩张, 济南市

# Analysis of Urban Expansion and Driving Force in Jinan Based on Remote Sensing Imagery

Mengyu Tan

School of Geographical Sciences, Harbin Normal University, Harbin Heilongjiang

Received: Nov. 10<sup>th</sup>, 2023; accepted: Dec. 21<sup>st</sup>, 2023; published: Dec. 29<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

Urban expansion is an important indicator to judge the degree of urbanization, and the study of urban expansion is of great significance to the rational planning of cities. This paper uses GIS and RS technology, takes Landsat images of Jinan in 2003, 2009 and 2020 as data sources, combines urban expansion intensity and compactness, and quantitatively analyzes the temporal and spatial dynamic changes of Jinan's urban expansion, and analyzes its driving factors. The results show

that from 2003 to 2020, the urban land area of Jinan City expanded by 1049.35 km<sup>2</sup>, and the expansion intensity first increased and then decreased. In the past 10 years, Jinan's urban expansion has been narrow and long, the center of gravity of the city has shifted to the southeast, and the natural environment, population growth, economic development and other influencing factors have affected Jinan's urban expansion.

## Keywords

Remote Sensing Imagery, GIS, Urban Sprawl, Jinan City

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

通过对城市扩张的研究,可以掌握该城市研究时期的城市扩张指标,对这些信息进行分析可以了解城市扩张的时空动态特征,同时城市重心的确定可以得到研究期内城市重心的偏移方向,对未来城市发展方向和城市规划具有重要意义,同时根据所得数据分析可以解决城市发展过程中的出现人地矛盾等问题。城市扩张的研究不仅能提高土地利用和城市未来发展规划的合理性,而且对城市可持续发展也具有重要的意义[1] [2] [3] [4]。

国内外城市空间扩张的研究越来越多。如: Jenberu 等采用混合研究设计来生成和分析数据,探讨了埃塞俄比亚南部 Arba Minch 镇城市化的驱动力、土地利用模式[5]; 王成新等基于 Landsat 遥感数据,从扩展速度、分形维数、强度等方面探究 1992~2018 年济南市城市扩张,并对济南市城市扩张驱动力进行分析[6]; 张颖诗等分析了 1988~2017 年,京津冀城市群与粤港澳大湾区城市在扩张速率、强度、差异指数等指标的建设用地扩张时空特征及其差异,并对其建设用地扩张的影响因素进行分析[7]。2019 年山东省撤销莱芜市设立为莱芜区,划归济南市管辖。本文以调整行政区划后的济南市为研究区,研究 2003~2020 年济南市城市扩张现状与规律。

济南市经济的快速发展加速了城市扩张的进程,济南市在空间上的扩展也十分显著,所以本文根据济南市 2003 年到 2020 年间重要时间节点的遥感影像进行研究分析,并结合自然、人口、经济等因素对城市空间扩张进行了分析[8]。通过遥感影像处理技术和 GIS 空间分析技术研究济南市城市扩张状况,并结合相关数据探究济南市扩张的时空动态变化及扩张驱动力。

## 2. 研究区域概况及数据来源

### 2.1. 研究区域

济南市位于山东省的中西部,是黄河中下游的中心城市。它作为山东省的省会城市,在环渤海经济区也发挥着十分重要作用。2019 年山东省将莱芜市所辖区域划归济南市管辖,在行政区划上共辖 12 个区县(图 1)。

### 2.2. 数据来源

本文通过选取研究区范围无云层遮盖的遥感图像,以准确提取城市建设用地现状和土地利用情况的相关信息,所选用的 Landsat 系列卫星数据主要来自地理空间数据云平台和遥感数据共享平台。以济南市

2003年、2009年和2020年3个时间节点作为研究对象,间隔时间约10年,如表1所示,同时参考济南市社会经济统计年鉴[9]等资料以供辅助分析。

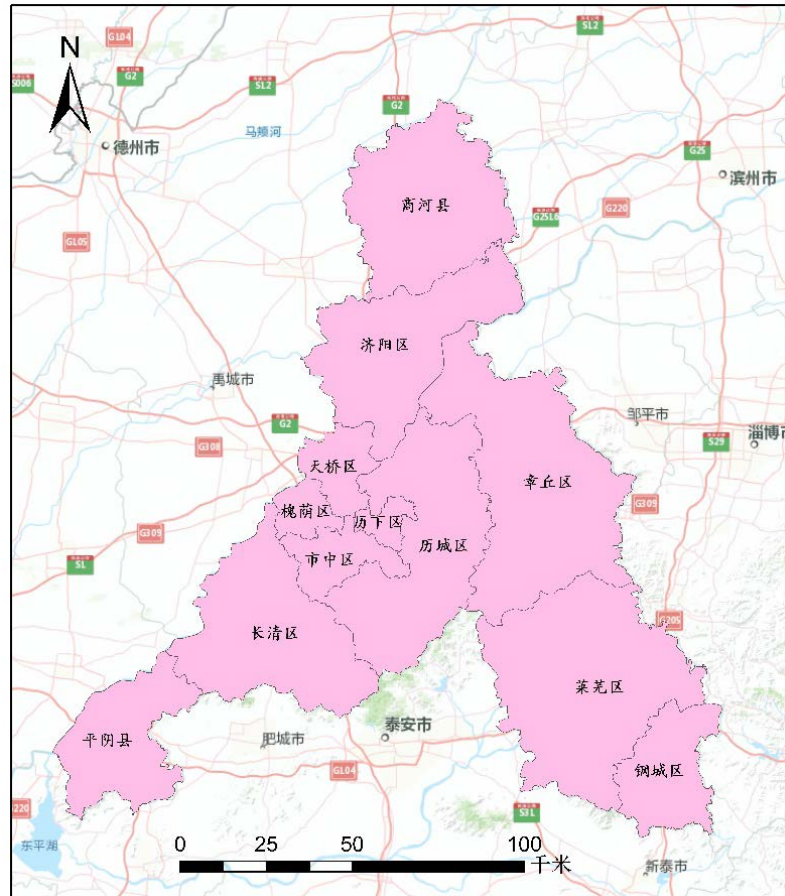


Figure 1. Geographical location of Jinan  
图1. 济南市地理位置示意图

Table 1. Remote sensing data information in Jinan  
表1. 济南市遥感数据信息

获取时间	卫星类型	数据类型	分辨率
2003-6-22	Landsat5	TM	30 m (热红外波段 120 m)
2003-6-22	Landsat5	TM	
2009-5-3	Landsat5	TM	
2009-5-3	Landsat5	TM	
2020-5-15	Landsat8	OLI_TIRS	30 m (波段 8 为 15 m 全色波段)
2020-5-15	Landsat8	OLI_TIRS	

### 3. 研究方法

#### 3.1. 遥感影像预处理

为了使各时相遥感影像的识别、分类、解译等后续操作结果更加准确,首先,利用 ENVI 软件对 2003

年、2009年、2020年行编号为34和35的两幅遥感图像进行辐射定标和大气校正处理，再进行拼接处理；其次，基于济南市矢量地图数据，结合ArcGIS10.2软件及ENVI软件对研究区遥感图像进行裁剪处理；最终，得到2003、2009、2020年济南市行政区划遥感预处理影像。

### 3.2. 遥感影像监督分类

本文将济南市的土地利用类型分成建设用地、耕地、水域、植被4类。进行训练样本分离度检验，判断样本是否合格[10]。如果样本合格则进行下一步，否则重新选择或合并样本。此次选择的样本均合格且优秀。对各时相影像进行监督分类[11][12]，最终得到济南市2003、2009、2020年影像监督分类结果。

### 3.3. 分类精度评价

本文采用Kappa系数进行分类精度评价操作，若Kappa值大于0.8，则合格；否则，应重新选择训练样本。所选用的样本分类精度如表2所示，所选样本均合格。

**Table 2.** Kappa values of supervision classification by period  
**表 2.** 各时期监督分类 Kappa 值

年份	Kappa 值
2003 年	0.947
2009 年	0.975
2020 年	0.951

### 3.4. 图像叠加分析

采用ArcGIS10.2软件对济南市各时相遥感影像进行重分类，提取出建设用地，然后对不同时期的济南市建设用地进行叠置分析。

## 4. 城市扩张分析

### 4.1. 城市扩张时间特征分析

#### 1) 城市扩张面积变化分析

通过对比3个时期的济南市城市建设用地面积，得到不同时期济南市城市扩张情况：2003年济南市城市用地面积为2463.17 km<sup>2</sup>，2009年为2862.35 km<sup>2</sup>，2020年为3512.52 km<sup>2</sup>，显然在2003~2020年间，济南市建成区面积不断增长。

对各研究时段济南市城市用地扩张面积变化进行分析可知(表3)，2009~2020年增长面积与年均增长面积较2003~2009年相比均增加约1.6倍。通过这些数据可知，近十年济南市的城市面积不断增加，2003~2009年济南市建成区年均增长率较高，说明济南市的城区建设正处于快速发展阶段。2009~2020年间，济南市城市扩张强度减小，土地开发利用强度减缓。

**Table 3.** Changes in the area of urban land expansion in Jinan  
**表 3.** 济南市城市用地扩张面积变化

时期	增加面积/km <sup>2</sup>	年均增长面积/km <sup>2</sup>	年均增长率/%
2003~2009	399.18	66.53	2.53
2009~2020	650.17	59.10	1.88

## 2) 城市扩张强度分析

扩张强度指数是指在研究区范围内的一定时期城市建设用地扩张的面积占研究区土地总面积的比值[13]。

通过计算得到济南市不同时段城市用地扩张强度，根据自然断点法分为四级[14] (表 4)。

**Table 4.** Criteria for dividing the types of expansion intensity

**表 4.** 扩张强度类型划分标准

扩张强度类型	扩张强度范围/(km <sup>2</sup> ·a <sup>-1</sup> )
快速增长	1.05~1.92
中速增长	0.59~1.05
低速增长	0.28~0.59
缓慢增长	0~0.28

由表 5 中可知，在 2003~2020 年济南市城市扩张强度先上升后下降，扩张强度由 0.65 km<sup>2</sup>/a 降低到 0.58 km<sup>2</sup>/a，同时扩张强度也由中速增长转变为低速增长。济南市城市面积虽然在继续增加，但城市用地扩张面积增长速度在逐渐降低。城市扩张强度的降低，表明在这一阶段，济南市土地开发强度减缓。

**Table 5.** Intensity of urban construction land expansion in Jinan at different stages

**表 5.** 济南市各阶段城市建设用地扩张强度

时期	扩张强度/(km <sup>2</sup> ·a <sup>-1</sup> )	扩张强度类型
2003~2009	0.65	中速增长
2009~2020	0.58	低速增长

## 4.2. 城市扩张空间特征分析

为研究 2003~2020 年济南市城市的发展方向，利用 ArcGIS10.2 软件确定出 2003 年、2009 年和 2020 年济南市城市重心的位置，然后对各时期济南市城市重心位置的转移进行分析[15]。

城市重心是向着更适宜人类生存和发展的方向偏移[16] [17]。

利用 ArcGIS10.2 得到 2003 年、2009 年和 2020 年的济南市建成区的重心位置，最后通过计算可以得到济南市各个时期城市重心的坐标(表 6)。

**Table 6.** The center of gravity of Jinan in different periods

**表 6.** 各时期济南市城市重心

	2003 年		2009 年		2020 年	
	X	Y	X	Y	X	Y
重心坐标/°	117.047	36.642	117.094	36.622	117.195	36.598
偏移距离/km	—		4.82		9.40	
偏移方向	—		向东偏南		向东偏南	

从表 6 可以看出，济南市的城市重心向东南方向偏移。重心坐标偏移方向发生变化，由于在济南市东部依次排开奥体文博、唐冶、明水等高端产业，构成了济南市经济发展的龙头。同时，2019 年莱芜区的划定，城市建成区面积的不规则扩大，在一定程度上带动着济南市城市重心的偏移。

由表 7 可知，在研究时期内济南市城市建成区紧凑度较低，位置分散，城市建成区还会继续不断扩

展,同时紧凑度的不断增长,表明随着社会进步和经济发展,济南市城市内各部分之间联系的距离越来越小,济南市的基础设施和土地利用效率得到提高[18]。

**Table 7.** Compactness of urban land use in Jinan during different periods  
**表 7.** 各时期济南市城市用地紧凑度

年份	2003 年	2009 年	2020 年
紧凑度	0.098	0.120	0.160

## 5. 城市扩张的驱动力因素分析

### 5.1. 自然环境

济南市位于暖温带地区,其气候特点是雨热同期,四季分明,适宜人类居住,有利于济南市的城市扩张。

城市扩展模式自然地形的深刻影响。济南市南部地势偏高,北部地势偏低,受自然地理条件的限制,济南市在南部山区与平原区北部黄河之间的东西向带上延展,城市重心向东南方向偏移,城市建设也向东发展,最终形成了现今东西向块体的布局结构。

### 5.2. 人口增长

近十年,济南市的常住人口不断增加,从济南市户籍人口统计图中的数据可以看出,济南市总人口从 2003 年末的 582.56 万到 2019 年末的 796.74 万,为原来的 1.4 倍。人类活动需要在一定的空间内进行,人口的增长便促进了济南市房地产的快速发展,在一定程度上促进了济南市建成区面积的扩张。

### 5.3. 经济发展

初步核算,2019 年全年济南市地区生产总值 9443.37 亿元,相比 2003 年的 1352.15 亿元,增长了约 7 倍。2019 年济南市人均地区生产总值 106,416 元,相比 2003 年的 23,362 元,增长了约 6 倍,这为济南市城市进一步扩张奠定了经济基础。

城市经济状况在城市居民的收支情况也有很大体现,从济南市居民人均年收支趋势可看出 2000~2019 年济南市城市居民的年人均可支配收入和消费性支出的变化趋势是逐年增长的,表明经济增长会加速济南市的城市扩张。

### 5.4. 交通发展

交通是城市的纽带,在国家城市化政策的推进下,济南市交通不断发展,城市边缘的发展得到一定程度的优化。交通的发展会带动沿线产业的发展,引导者城市发展方向,交通也增加了人口流动,促进城市发展。济南市政府制定关于济南市发展规划,以经十路为发展主轴,带动经十路沿线地区的经济发展,严格执行“沿经十路、铁路、小清河、黄河的四沿带动战略”。

### 5.5. 政府规划和政策

政府规划和政策的推行及实施在速度和规模上在很大程度上影响了济南市城市形态空间扩展[19]。最近,齐鲁的科技创新走廊最东端的“山东大学创新圈”规划人才创新创业园等,带来了高新技术。济南东城的快速发展带动济南市城市重心的偏移,促进了经十路两岸的济南市东城至章丘区一带经济的可持续发展。同时 2019 年将莱芜市改为莱芜区划入济南市管辖,也加速了济南市城市扩张向东南方向偏移。

## 6. 结论

近年来, 济南市的城市扩张显而易见, 本文主要利用 2003 年、2009 年和 2020 年的济南市遥感图像, 利用 ENVI 和 ArcGIS10.2 软件进行操作, 并结合相关统计数据, 研究了济南市城市建设用地的扩张特征, 并对其驱动力进行分析, 可以得到以下结论:

1) 从扩张时间特征上看, 在研究时期济南市城市扩张强度先上升后下降, 2003~2009 年济南市城市用地面积增加了 399.18 km<sup>2</sup>, 为中速增长, 2009~2020 年城市用地面积增加了 650.17 km<sup>2</sup>, 为低速增长。2003 年~2020 年, 济南市建成区总面积增加了 1049.35 km<sup>2</sup>。

2) 从扩张空间特征上看, 在研究时期济南市的城市发展属于狭长形态, 同时受地形影响, 济南市城市在东西方向延伸, 在发展过程中, 济南市土地使用效率在不断提高。根据对城市建成区重心转移的分析可知, 莱芜区的划入使济南市发展向东南方向偏移。济南市的制定促进东南地区发展的相关政策, 提供一定程度的便利条件, 继续推动济南市的可持续发展。

3) 从驱动因素上看, 城市的扩张是多种因素共同作用的结果。通过对驱动力的分析, 在未来济南市发展规划中更应结合相关因素, 趋利避害, 为济南市高速发展奠定基础。

济南城市空间扩展过程及驱动力相较于其他省会城市既有一定的相似性, 也表现出其特殊性。济南市在未来发展中应制定合理的发展规划, 保证各项指标处在合理区间内, 提高土地资源利用率, 为济南市可持续发展奠定基础。

## 参考文献

- [1] 李瑞玲. 近二十年鄂尔多斯市东胜区的城市扩张研究[D]: [硕士学位论文]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2009.
- [2] 吴小君, 方秀琴, 苗月鲜, 等. 基于 Landsat 的合肥市城市扩张研究[J]. 浙江大学学报(理学版), 2017, 44(6): 631-639.
- [3] 朱滨, 程小龙, 胡煦航. 基于 Landsat 影像的莆田市仙游县城市扩张研究[J]. 江西理工大学学报, 2020, 41(5): 48-54.
- [4] 童陆亿, 胡守庚. 中国主要城市建设用地扩张特征[J]. 资源科学, 2016, 38(1): 50-61.
- [5] Jenberu, A.A. and Admasu, T.G. (2020) Urbanization and Land Use Pattern in Arba Minch Town, Ethiopia: Driving Forces and Challenges. *Geojournal*, **85**, 761-778. <https://doi.org/10.1007/s10708-019-09998-w>
- [6] 王成新, 窦旺胜, 程钰, 等. 快速城市化阶段济南城市空间扩展及驱动力研究[J]. 地理科学, 2020, 40(9): 1513-1521.
- [7] 张颖诗, 冯艳芬, 郭冠华, 等. 近 30 年中国典型城市群建设用地扩张的时空特征及其对比——以京津冀城市群和粤港澳大湾区为例[J]. 华南师范大学学报(自然科学版), 2022, 54(1): 79-90.
- [8] 苏小凤, 张彦, 武政, 等. 福建省厦漳泉都市区建设用地扩张及其驱动力[J]. 地理空间信息, 2023, 21(8): 53-57.
- [9] 张威, 刘毅, 邵景安. 基于面向对象分类法的农田识别提取[J]. 灌溉排水学报, 2019, 38(12): 121-128.
- [10] 济南市统计局. 济南统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2020.
- [11] 廖启卿, 况润元, 袁爽, 等. 基于 Landsat 影像的鄱阳湖入江通道动态变化监测分析[J]. 江西理工大学学报, 2017, 38(1): 22-28.
- [12] 何微. 基于 ASTER 遥感图像的宜昌市区土地利用监督分类[J]. 时代农机, 2018, 45(3): 160-162.
- [13] 王磊, 赵国庆, 郝敬锋. 基于 RS 的城市扩张监测与分析[J]. 地理空间信息, 2015(2): 147-149.
- [14] 高秀丽, 曾伟业. 基于夜间灯光数据的北部湾城市群空间扩张及驱动力研究[J]. 时空信息学报, 2023, 30(3): 400-409.
- [15] 侯景新. 论城市重心转移规律——以北京市为例[J]. 学习与实践, 2007(5): 46-53.
- [16] 陈宝芬. 福州市城市用地扩张分析与模拟研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安科技大学, 2017.
- [17] 占昕, 潘文斌, 蔡莞镔, 等. 基于多源遥感数据的城市扩张测度研究——以厦门市为例[J]. 福州大学学报(自然科学版), 2017, 45(3): 355-361.

- [18] 王晶, 刘锦. 基于多时相遥感数据的连云港城市扩展监测——以新浦区为例[J]. 城市勘测, 2011(1): 81-83.
- [19] 李哲, 郑瑶, 张亚丽, 等. 近 40 年郑州市建成区扩张演变特征与驱动因素研究[J]. 河南科学, 2022, 40(3): 377-383.