

基于 PSR 模型和熵权法的南宁市城市土地集约利用评价

韦苏蓉¹, 韦燕飞¹, 童新华²

(1. 南宁师范大学 自然资源与测绘学院, 南宁 530100; 2. 南宁师范大学 地理科学与规划学院, 南宁 530100)

摘要:以南宁市为例, 基于压力-状态-响应(pressure-state-response, PSR)模型建立土地集约利用评价体系, 运用熵权法对各项指标测算权重, 定量评价南宁市土地集约利用情况。结果表明, 2012—2021年南宁市土地集约利用水平不断提高, 土地压力系统呈先下降后上升的趋势, 土地状态系统呈上升趋势, 土地响应状态比较平稳, 土地集约利用协调度也处于一个较平稳的状态。南宁市人口密度不断上升, 土地压力呈上升趋势, 但建设用地增长率逐渐下降, 说明南宁市建设用地扩张的趋势有明显的好转。

关键词:集约利用; 熵权法; PSR 模型; 南宁市

中图分类号:F301.2 文献标志码:A 文章编号:1671-1807(2023)16-0044-06

土地是我们人类生活的基本载体, 为人类提供物质基础, 也是我们发展的基本前提^[1]。随着我国经济飞速发展, 城市化进程不断加快, 城市土地的供给与需求问题成为社会发展的一个重要问题之一, 如何优化土地资源, 提高土地利用率, 已经成为新城发展中的一个重要问题^[2]。城市扩张, 越来越多的农村人口在城市定居, 使得城市建设不断向外扩张, 导致耕地面积逐渐减少, 在城市扩张的过程中不仅要保证基本农田不减少, 还要提高城市建设用地的集约利用效率, 这是土地问题的关键^[3]。集约利用管理是城市土地管理的核心之一, 土集约利用的核心内容是土地集约利用评价, 加强对城市土地的集约利用评价, 对促进城市可持续发展有重要意义^[4-5]。

国外研究土地集约利用的模型和方法有许多, 在土地利用领域的研究处于前沿^[6]。但是在研究城市集约利用评价时的许多方法与模型并不适用于中国的城市研究。国内许多学者在土地集约利用进行研究, 并建立了一系列的评价模型, 如范丽娟和田广星^[7]基于模糊综合评价法, 从土地投入水平、土地利用程度和土地利用效率3个方面对银川市土地集约利用进行研究, 得出银川市土地利用集约程度为较集约水平; 魏源和刘淑

英^[8]运用多因素综合评价、特尔菲法和模糊综合评价方法, 对兰州高新区土地集约利用程度进行研究, 得出高新区土地集约利用水平为集约利用, 并提出土地集约利用水平应从改善用地结构和提高土地利用强度两方面入手; 王荣华等^[9]基于BP人工神经网络算法, 对临沂市土地利用集约状况进行预测, 得出临沂市土地利用集约度逐渐向好发展的结论; 曹靖文等^[10]、吴儒练和李洪义^[11]、李立等^[12]运用PSR模型, 对城市土地集约利用进行研究; 王向东等^[13]基于技术效率测度, 对京津冀城市群土地集约利用潜力进行研究, 为城市土地集约利用实践与管理提供科学指导; 程歆等^[14]运用夜间灯光遥感数据对城市土地集约利用进行评价, 对江苏省不同发展水平的城市分别进行基于滞后项系数的灯光与存量用地和新增用地之间的制约关系分析, 研究结果表明该模型能较好地反应曾是利用水平, 为中国城市化过程中的土地集约利用评价方法提供参考。不同的学者在进行土地集约利用评价时所运用的模型和采取的评价指标不同, 但是目前我国也没有统一的评价指标和标准。基于不同学者的研究和数据的可获取性, 本文选取南宁市作为研究对象, 选用PSR模型构建土地集约利用评价指标体系, 分析南宁市土地利用集

收稿日期:2023-03-26

作者简介:韦苏蓉(1997—), 女, 广西柳州人, 南宁师范大学自然资源与测绘学院, 硕士研究生, 研究方向为土地利用优化配置相关研究领域; 通信作者韦燕飞(1978—), 女, 广西百色人, 南宁师范大学自然资源与测绘学院, 教授, 博士, 研究方向为土地利用优化配置; 童新华(1964—), 男, 广西百色人, 南宁师范大学地理科学与规划学院, 副教授, 研究方向为国土信息技术。

约水平,以期为提高南宁市土地集约利用水平提供一定的参考依据。

1 研究对象及研究区概况

南宁市位于广西壮族自治区的南部,位于东经 $107^{\circ}45'$ ~ $108^{\circ}51'$,北纬 $22^{\circ}13'$ ~ $23^{\circ}32'$,全市总面积为 $22\,099\text{ km}^2$,2022年南宁市常住人口为874.16万人,城镇人口为616.4万人,地区生产总值为5218.34亿元。南宁市是广西的首府,是广西的政治、经济、文化和教育中心,是中国重要的交通枢纽地区,是北部湾城市群的核心城市,是珠江-西江经济带的核心城市,也是中国-东盟博览会永久举办地,南宁市地理位置如图1所示。

2 数据来源

本文的数据主要涉及南宁市的人口、社会经济等数据,数据主要来自2012—2021年《广西统计年鉴》《南宁市统计年鉴》以及相应的统计公报。

3 研究方法

3.1 指标体系的确定

PSR模型是由经济合作与发展组织(OECD)和联合国环境规划署(UNEP)共同提出的,用于评价人类与自然资源之间的关系^[7]。模型中P指的是土地资源受到的外界给予的压力,S是土地资源的变化情况,R是人类为改善不良环境而采取的措施。南宁市土地集约利用的过程是一个复杂且动态的过程,受到社会环境、经济环境、政治环境、自然环境等多方面的影响,保证评价结果的系统性、全面性、科学性和客观性。借鉴有关学者的研究成果,选取的压力指标为人口密度、建设用地增长率、人口与用地增长弹性系数、建设用地与GDP增长弹性系数、建成区绿地覆盖率;状态指标为人均耕地面积、人均建设用地、人均道路面积、人均地方财政收入、地均GDP、地均第二、三产业的GDP、地均社会

消费品零售额、人均公园绿地面积;响应指标为地均固定资产投入、市垃圾无害化处理率、污水处理率,共16项指标(表1)。

表1 地集约利用评价指标体系

准则层	指标层	指标描述	方向性
压力指标	人口密度/(万人· km^{-2})	城镇人口/建成区面积	+
	建设用地增长率/%	指年内建设用地增长比上年增加的百分比	+
	人口与用地增长弹性系数	城镇人口增长百分比/建设用地增长百分比	+
	建设用地与GDP增长弹性系数	建设用地增长百分比/GDP增长百分比	+
状态指标	人均耕地面积/($\text{km}^2 \cdot \text{万人}^{-1}$)	耕地面积/城镇人口	-
	人均建设用地/($\text{m}^2 \cdot \text{人}^{-1}$)	建设用地总面积/城镇人口	-
	人均道路面积/($\text{m}^2 \cdot \text{人}^{-1}$)	城镇道路总面积/城镇人口	+
	人均地方财政收入/($\text{万元} \cdot \text{人}^{-1}$)	地方财政收入总值/城镇人口	+
	地均地区生产总值/($\text{亿元} \cdot \text{km}^{-2}$)	城镇GDP/城镇建成区面积	+
	地均第二、三产业的GDP/($\text{亿元} \cdot \text{km}^{-2}$)	第二、三产业GDP/总GDP	+
	地均社会消费品零售额/($\text{亿元} \cdot \text{km}^{-2}$)	社会消费品零售总额/土地总面积	+
	建筑容积率/%	建筑总面积/城镇建成区总面积	+
	地均固定资产投入/($\text{亿元} \cdot \text{km}^{-2}$)	城镇固定资产投资/城镇建成区面积	+
响应指标	人均公园绿地面积/($\text{m}^2 \cdot \text{人}^{-1}$)	公共绿地面积/城镇人口	+
	污水处理率/%	经过处理的生活污水、工业废水量占污水排放总量的比例	+

3.3 标准化

根据指标对土地集约利用的影响,可将指标分为正向指标和负向指标,为了消除由于指标单位不同的影响,使各数据具有可比性,去除指标之间的量纲差异,采用标准化公式如下。

正向指标:

$$X'_{ij} = \frac{X_{ij} - \min X_j}{\max X_j - \min X_j} \quad (1)$$

负向指标:

$$X'_{ij} = \frac{\min X_j - X_{ij}}{\max X_j - \min X_j} \quad (2)$$

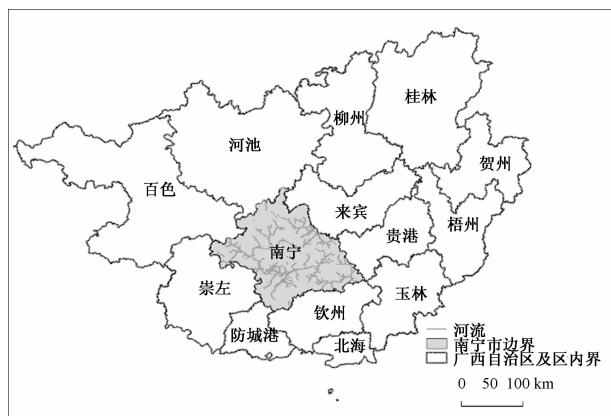


图1 南宁市位置示意图

式中： X'_{ij} 为数据标准化后的指标值； X_{ij} 为第 i 个年份第 j 项评价指标的原始数值； $\min X_j$ 和 $\max X_j$ 分别为所有年份中第 j 项评价指标的最小值和最大值^[7]。

3.4 熵值法确定指标权重

利用熵值法对 16 个指标进行权重计算，计算公式如下。

计算标准化后第 i 年第 j 项指标的占比 Y_{ij} 为

$$Y_{ij} = \frac{X'_{ij}}{\sum_{i=1}^m X'_{ij}} \quad (3)$$

计算指标信息熵为

$$e_j = k \sum_{i=1}^m Y'_{ij} \times \ln Y_{ij} \quad (4)$$

计算信息熵冗余度为

$$d_j = 1 - e_j \quad (5)$$

计算指标权重为

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} \quad (6)$$

式中： $k = 1 / \ln m$, m 为评价年数, n 为指标数。

计算得到的评价指标体系各指标层及准则层权重值如表 2 所示。

表 2 南宁市土地集约利用指标层与准则层权重

目标层	准则层	指标层	指标权重	子系统权重
城市土地集约利用水平	压力指标	人口密度/(万人·km ⁻²)	0.05	0.43
		建设用地增长率/%	0.15	
		人口与用地增长弹性系数	0.07	
		建设用地与 GDP 增长弹性系数	0.13	
	状态指标	人均耕地面积/(km ² ·万人 ⁻¹)	0.04	0.43
		人均建设用地/(m ² ·人 ⁻¹)	0.06	
		人均道路面积/(m ² ·人 ⁻¹)	0.11	
		人均地方财政收入/(万元·人 ⁻¹)	0.03	
		地均地区生产总值/(亿元·km ⁻²)	0.07	
	响应指标	地均第二、三产业的 GDP/(亿元·km ⁻²)	0.07	0.14
		地均社会消费品零售额/(亿元·km ⁻²)	0.04	
		建筑容积率/%	0.05	
		地均固定资产投入/(亿元·km ⁻²)	0.04	
		人均公园绿地面积/(m ² ·人 ⁻¹)	0.07	
		污水处理率/%	0.03	

3.5 综合评价模型

土地集约利用评价是压力系统、状态系统、响应系统三个子系统的数据进行综合计算得来的，计算公式如下。

$$F = W_P \sum_{j=1}^n P_i \omega_i + W_S \sum_{j=1}^m P_j \omega_j + W_R \sum_{k=1}^j P_k \omega_k \quad (6)$$

式中： F 为城市土地集约利用的综合情况； W_P 为压力指标的权重； W_S 为状态指标的权重； W_R 为响应指标的权重； P_i 、 ω_i 分别为压力指标中各单项指标的权重和标准化值； P_j 、 ω_j 分别为状态指标各单项指标的权重和标准化值； P_k 、 ω_k 分别为响应指标各单项指标的权重和标准化值。

4 评价结果分析

采用熵权法对南宁市土地集约利用进行评价，得出 2012—2021 年南宁市城市土地集约利用评价结果(表 3)及其变化趋势(图 2)。

4.1 土地压力状况分析

如图 3 所示，2012—2015 年南宁市土地压力下降，其原因在于期间城镇人口建设用地与 GDP 增长弹性系数和建设用地增长率快速下降，导致土地压力指标下降。2016—2017 土地压力上升，主要是除了人口密度，其他各指标均上升，导致土地整体压力指标升高。2017—2020 年，南宁市土地压力相对较平稳，原因主要是由于建设用地增长率、人口与用地增长弹性系数相对较平稳，所以土地压力相平稳。2020—2021 年土地压力上升，主要是建设用地与 GDP 增长弹性系数增长幅度较大，所以土地利用状态上升。从总体上看南宁市 2012—2021 年土地压力处于先下降后上升的趋势，可以看得出来南宁市对人口的吸引逐渐增大，城镇人口总数由 2012 年的 401.62 万人增加到 2021 年的 616.40 万人，GDP 总量也在不断上升，2012 年南宁市 GDP 总量为 2 503.18 亿元，2021 年南宁市 GDP 总量为 5 120.94 亿元，可见 10 年间，南宁市 GDP 总量翻了一番。

表 3 南宁市土地集约利用评价结果

准则层	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年
压力指标	1.06	0.74	0.38	0.33	0.53	0.58	0.56	0.61	0.65	0.89
状态指标	0.24	0.59	1.19	1.24	1.29	1.87	2.50	2.46	2.73	2.10
响应指标	0.24	0.15	0.15	0.18	0.16	0.23	0.22	0.29	0.29	0.31
综合指标	1.53	1.48	1.72	1.75	1.98	2.69	3.28	3.36	3.67	3.30

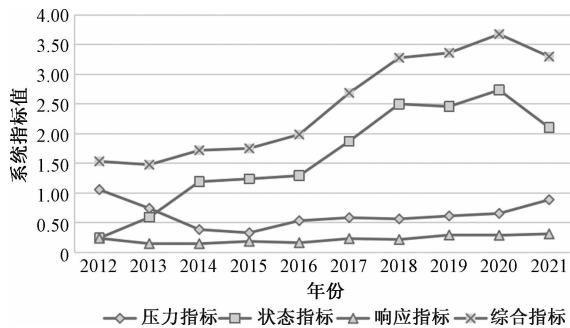


图 2 南宁市土地集约利用综合评价及各子系统
评价结果变化

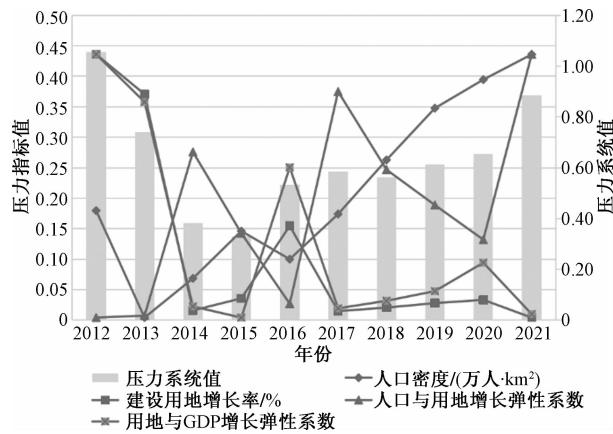


图 3 2012—2021 年南宁市压力指标值与压力系统总体变化

4.2 土地状态分析

由图 2 可知,南宁市土地状态总体状况处于上升趋势,2012—2020 年土地状态稳步上升,土地状态指标值由 2012 年的 0.24 升高到 2020 年的 2.73,2020—2021 年土地状态小幅度下降。

如图 4 所示,南宁市土地状态变化趋势与地均社会消费品零售额总体趋势基本一致。南宁市土地状态在 2012—2020 年提升,其中 2012—2016 年上升幅度比 2016—2020 年的上升幅度小,主要是由于 2012—2020 年南宁市除了人均道路和建筑容积率,其他各项指标均是上升的,带动了南宁市土地整体状态的升高。2020—2021 年南宁市土地状态下降,这是由于 2020—2021 年南宁市人均建设用地急剧下降导致的。从总体上看,近 10 年南宁市的经济发展带动了土地状态评价结果总体上升。

4.3 土地响应分析

由图 2 可知,南宁市土地响应状况在 2012—2021 年总体呈先下降后上升趋势,2012—2014 年土地响应状态下降,2014—2021 年土地响应状态上升,土地响应状况由 2016 年的 0.16 升高到 2020 年的 0.31。

如图 5 所示,2012—2014 年土地响应状态下降,主要原因是 2012—2014 年各项指标在不同的时间都有下降和上升的趋势,导致土地压力指标下降。2014—2021 年土地响应状态总体呈上升趋势,主要是由于地均固定资产投入和污水处理率上升,导致土地压力指标总体属于上升趋势。由图 5 可知,地均固定资产投入会直接影响土地的响应状况。2012—2021 年南宁市响应状况总体已有很大提高,但人均公园绿地面积总体上处于下降趋势,今后可进一步提高公园绿地的面积。

4.4 PSR 系统的协调度分析

压力-状态-响应系统是由三个子系统之间相互协作、共同影响、相互作用影响的,每一个子系统发生变化都会影响土地集约利用的评价结果,不能单独某个子系统来评价土地的集约利用状况,由此引入协调度来进一步分析南宁市土地集约利用情况,计算公式为

$$U = \frac{P + S + R}{\sqrt{P^2 + S^2 + R^2}} \quad (8)$$

式中: U 为系统协调度指数; P 、 S 、 R 分别为压力、状态、响应综合评价指数。如图 6 所示,南宁市土地 PSR 系统协调度处于一个较平稳的状态,但是 2013—2020 年的协调值处于缓慢下降的趋势,直到

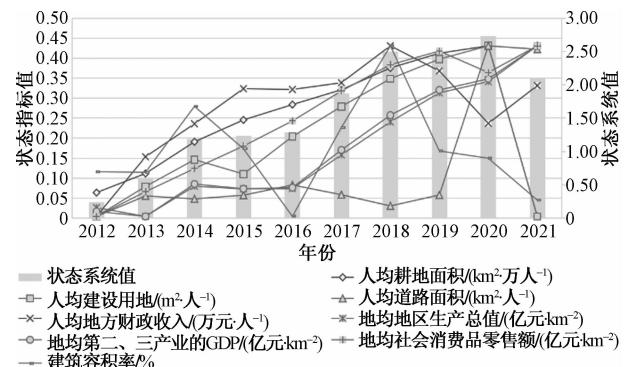


图 4 2012—2021 年南宁市状态指标值与状态系统总体变化

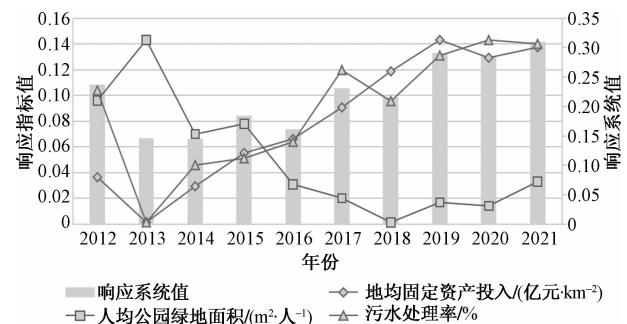


图 5 2012—2021 年南宁市响应指标值与响应系统总体变化

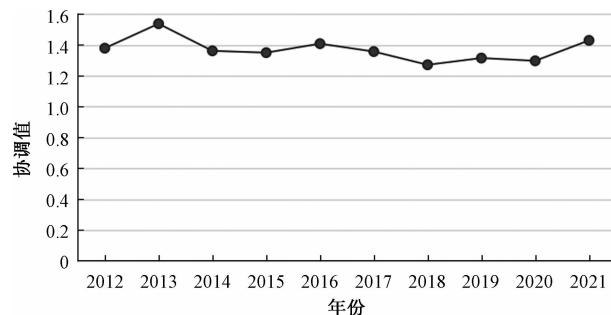


图6 南宁市2012—2021年土地集约利用协调度变化

2020—2021才有上升的趋势,由此可见南宁市土地集约度的三个子系统之间的协调度有下降的趋势。

5 结论

通过构建PSR模型,建立土地集约利用评价指标体系,运用熵权法确定指标权重,综合评价南宁市土地集约利用状况,得出以下结论。

1)从综合评价结果来看,南宁市2012—2021年土地集约利用水平不断提高,土地压力系统呈先下降后上升的趋势,土地状态系统整体呈上升趋势,土地响应状态处于比较平稳的状态,没有太大的浮动,说明南宁市近10年土地集约利用状况在逐步提高。从土地集约利用协调度变化情况来看,南宁市土地集约利用协调度处于一个较平稳的状态。

2)从各项指标来看,南宁市人口密度不断上升,土地压力呈上升趋势,但建设用地增长率逐渐下降,说明南宁市建设用地扩张的趋势有明显的好转。近10年来南宁市的经济状态逐年上涨,吸引力越来越多的人口向城市靠拢,为城市发展起到了重要作用,同时不断增强对城市环境的处理,使城市的环境越来越好。

通过对南宁市土地的集约利用分析,提出以下建议:一是保持现有的土地规模,提高现有土地的集约利用率,对城市利用率低的土地进行改造,提高利用率,严格审批土地的扩张,盘活“存量”、带动“增量”,提高土地集约利用度。二是提高土地的集约利用度,虽然土地的响应状态处于一个比较平稳的状态,但是响应值较低,所以采取更多措施和手段,以提高土地集约利用度。

参考文献

- [1] 周京奎.城市土地经济学[M].北京:北京大学出版社,2007.
- [2] 姚士谋,张平宇,余成,等.中国新型城镇化理论与实践问题[J].地理科学,2014,34(6):641-647.
- [3] 王静,郑振源,黄晓宇,等.对中国现行土地利用战略解决土地供需矛盾的反思[J].中国土地科学,2011,25(4):9-12.
- [4] 陈莹,刘康,郑伟元,等.城市土地集约利用潜力评价的应用研究[J].中国土地科学,2002(4):26-29.
- [5] 孙小祥,秦艺娟.基于PSR模型的城市土地集约利用评价研究——以苏州市为例[J].西南大学学报(自然科学版),2021,43(4):100-108.
- [6] 彭冲.新型城镇化对城镇土地集约利用的影响研究[D].长沙:湖南大学,2015.
- [7] 范丽娟,田广星.基于模糊综合评价法的银川市土地集约利用评价[J].农业科学研究,2018,39(1):6-9.
- [8] 魏源,刘淑英.基于模糊综合评价的兰州高新技术产业开发区土地集约利用评价[J].黑龙江农业科学,2012(2):104-108.
- [9] 王荣华,刘荔,孟婷婷.基于BP人工神经网络算法的临沂市土地利用集约状况探析[J].山东国土资源,2014,30(11):84-86.
- [10] 曹竞文,李淑杰,李高行,等.基于PSR模型和熵权法的扶余市城市土地集约利用评价[J].东北师大学报(自然科学版),2019,51(1):125-132.
- [11] 吴儒练,李洪义.基于PSR模型的全域旅游示范区土地集约利用评价研究——以上饶市为例[J].生态经济,2020,36(6):129-134.
- [12] 李立,王佳,章静敏.基于PSR模型的邯郸市城市土地集约利用评价[J].河北工业大学学报,2017,46(3):112-117.
- [13] 王向东,刘小茜,裴韬,等.基于技术效率测算的京津冀城市土地集约利用潜力评价[J].地理学报,2019(9):1853-1865.
- [14] 程歆,邵华,李杨,等.基于夜间灯光遥感数据的城市土地集约利用评价模型[J].农业工程学报,2018,34(8):262-268.
- [15] 李君.身体力行,自觉践行强首府战略[N].南宁日报,2019-12-05(7).
- [16] 孙雯雯,梅昀,陈银蓉,等.基于PSR模型的郑州市土地低碳集约利用评价研究[J].湖北农业科学,2015(3):560-564.

Evaluation of Urban Land Intensive Use in Nanning City Based on PSR Model and Entropy Weight Method

WEI Surong¹, WEI Yanfei¹, TONG Xinhua²

(1. School of Natural Resources and Geomatics, Nanning Normal University, Nanning 530100, China;

2. School of Geographic Science and Planning, Nanning Normal University, Nanning 530100, China)

Abstract: Taking Nanning City as an example, the evaluation system of land intensive use was established based on PSR model, and the entropy weight method was used to calculate the weight of various indicators to evaluate the situation of land intensive use in Nanning City quantitatively. The results show that the level of land intensive use in Nanning continues to improve from 2012 to 2021, the land pressure system decreases first and then rises, the land state system increases, the land response state is relatively stable, and the coordination degree of land intensive use is also in a stable state. The population density of Nanning City is increasing, and the land pressure is rising, but the growth rate of construction land is decreasing gradually, which indicates that the expansion trend of construction land in Nanning City is obviously improved.

Keywords: intensive utilization; entropy weight method; PSR model; Nanning City