

基于地理探测器模型的热带沿海地区城市扩张 驱动力因素分析

——以海口市为例

王雅清

上海工程技术大学管理学院, 上海

收稿日期: 2021年12月26日; 录用日期: 2022年1月16日; 发布日期: 2022年1月29日

摘要

城市作为当地人口、经济等要素的集合体, 其发展会受到自然条件、经济条件等多方面因素的约束。当前, 城市化扩展的速度持续加快, 这表明城市边界的延伸、空间的扩大以及居民人数的不断升高, 为城市发展注入了更多的活力和可能性。但同时人地之间的矛盾也随之出现, 并不断激化。本文以海口市作为研究对象, 对其城市扩张驱动力的因素进行分析, 了解热带沿海地区城市扩张的驱动力因素, 不仅对丰富城市发展理论具有极大的帮助, 而且海口市作为海南省的省会城市, 其涵盖的问题更加全面且突出, 尤其是对其主城区的相关研究, 能为其他具有相似问题的地级市提供借鉴经验和理论指导。本文以较为翔实的数据, 利用皮尔逊相关系数以及地理探测器模型分析城市建设用地的社会经济驱动力因素, 研究得出的结论如下: 海口城市发展尚处于以投资驱动扩张为特点的初级阶段, 因而投资的规模与强度对城市扩张的影响较大。另外从交互探测结果可以看出城镇人口和人口增长率交互后对建设用地扩张解释力度增强, 由此看出市场需求是建设用地扩张的内在因素, 因而只有合理扩大人口规模、推进精细增长, 才能提高城市空间利用效益。

关键词

城市扩张, 热带沿海城市, 驱动力因素, 城市化

Analysis of Urban Expansion Drivers in Tropical Coastal Areas Based on the Geodetector Model

—Taking Haikou City as an Example

Yaqing Wang

School of Management, Shanghai University of Engineering and Technology, Shanghai

Abstract

As a collection of local population and economic elements, its urban development will be constrained by natural conditions, economic conditions and other factors. At present, the speed of urbanization expansion continues to accelerate, which indicates that the extension of urban boundaries, the expansion of space and the increasing number of residents have injected more vitality and possibilities into urban development. But at the same time, the contradiction between people and land also appeared, and constantly intensified. This paper takes Haikou city as the research object, analyzes the driving forces of urban expansion, and understands the driving forces of urban expansion in tropical coastal areas, which is not only of great help to enrich the theory of urban development; moreover, as the capital city of Hainan Province, Haikou covers more comprehensive and prominent issues, especially related research on its main urban area, which can provide reference experience and theoretical guidance for other prefecture-level cities with similar problems. With more detailed data, using Pearson correlation coefficient and geographical detector model to analyze the social and economic driving factors, the conclusion is as follows: Haikou city development is still in the primary stage characterized by investment-driven expansion, so the scale and intensity of investment have a great influence on urban expansion. In addition, it can be seen from the interaction of the interactive detection results of the expansion of the urban population and the population growth rate, which can see that the market demand is the internal factor for the expansion of construction land. Therefore, only by reasonably expanding the population scale and promoting fine growth can the efficiency of urban space utilization be improved.

Keywords

Urban Expansion, Tropical Coastal Cities, Driving Factors, Urbanization

Copyright © 2022 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

由于经济持续向前发展，城市化会导致各种资源不断地涌向城市，汇集于此。进而城市用地空间也不断扩张，城市周边地区逐渐转变成城区，城市开始尝试通过多种途径对土地进行更高效地利用。城市作为生态系统中改变程度比较显著的部分，尤其是在积极推广现代化的时代环境下，其发展会对地区乃至国家建设都产生巨大的影响[1]。

2. 文献综述

针对城市化的研究，国外学者在这方面有比较丰富的经验和理论基础，较早地关注到了该进程中存在的一些难题。首先在研究工具方面，国外学者利用空间遥感技术实现了对城市数据的监控，例如卡沃德、罗伯茨分别通过 Landsat 卫星和航空拍摄技术，完成对城市土地基础数据和分类的监测与探索，并利用回归分析研究了土地扩张、人口变化等因素。其次在影响城市化的因素方面，斯登指出当地经济和自然条件与用地结构和用地特点是密切相关的。相反科斯提出了不同的观点，他认为影响城市扩展的首要

因素是不同的地租水平,而非经济水平[2]。总的来说,国外的学者对城市扩展的研究大都聚焦在研究技术、影响动因等方面,为国内的相关研究提供了较好的技术支持和理论基础。但是城市化具有很强的地域性和国家特色,而国外学者的研究大多关注的是西方城市化进程,较少地将其拓展应用到其他国家和地区,缺乏普遍性和针对性。

与国外对城市化的探索相比,国内的相关研究起步较晚。但是近年来,随着我国城镇化建设的推进,相关的学术研究也开始持续丰富。首先在城市扩展现状方面,以往学者主要关注我国城市扩展的形态、方式和阶段等。例如武进通过研究发现了我国的四种城市扩展形态,包括同心圆式、跳跃式等。而顾朝林则对我国城市增长和扩张的形式进行了归类研究,其中增长形式方面有城市延伸,郊区拓展和规划新区等,而扩展形式则包括轴式和外向式。除此之外,江涛利用复杂的数据统计方法,对不同时期的 TM 数据集展开 K-L 变换,获取了与城市扩展边界与趋势相关的数据资料;其次在影响因素方面,谈明洪通过元分析,整合了近年来学者们对影响因素的研究,提出了影响城市扩展的核心因素是国民经济的发展,而汪小钦则利用 RS、GIS 技术,基于统计数据发现了城市扩展与外来投资之间的关系[3]。

3. 研究区概况与数据来源

3.1. 研究区概况

海口是海南省的政治经济文化教育交通中心,位于南渡江的入海口。自《北京条约》签订后,海口的未来发展由此转变。该条约指出,琼州成为中国与外界贸易的窗口并将海运码头设在了海口所城。1928年海口正式建市,其政治、经济水平都迅速崛起,真正开始实现自主发展[4]。1950年解放后,海口一跃成为海南的政治中心直至今今。

3.2. 数据来源

本研究中所用到的数据均来源于以下材料:

- 1) 2003~2018年海口市城市数据及不同类型用地数据信息来源于《中国城市建设统计年鉴》。
- 2) 2003~2018年海口市社会经济等原始数据均来源于《海南省统计年鉴》与《海口市统计年鉴》市辖区数据。

4. 研究方法 with 模型构建

4.1. Pearson 相关系数

皮尔逊相关系数法是一种常见的参数统计方法,多用于分析变量之间相关性关系,进而通过相关系数精确地反映变量之间线性相关程度。其运算基于观测值展开,运用数量分析得到各变量中间的间距大小,从而来评判相关程度。提出原假设:即两个总体没有显著性线性关系,存在零相关。然后,通过计算显著性水平概率 P-值。如果所得 P-值小于给定的显著性水平 α ,则可以拒绝原假设,即两个总体之间存在显著的线性关系;反之则接受原假设。

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}}$$

式中 \bar{X} 、 \bar{Y} 分别为 n 个试验值的均值。相关系数 r 的取值范围在-1和+1之间,即 r 的绝对值越接近 1,则表明 x 与 y 线性相关程度越高。一般情况下,相关程度可分为以下几种情况:当 $|r| \geq 0.8$ 时,视为高度相关; $0.5 \leq |r| < 0.8$ 时,视为中度相关; $0.3 \leq |r| < 0.5$ 时,视为低度相关;当 $|r| < 0.3$ 时,说明两个变量之间的相关程度极弱,可视为非线性相关。

4.2. 地理探测器因子探测与交互探测

地理探测器是探测空间分异性，最初由中国科学院地理科学与资源研究所王劲峰研究员提出，最初用于研究地理空间分区因素对疾病风险的影响机理[5]。地理探测器模型在应用时优于较传统统计方法的是没有过多的假设条件，可以克服传统统计方法处理变量所受的限制，因此被广泛应用于社会环境因素和自然环境因素的影响机理研究[6]。根据地理探测器原理， q 值越大表示所选驱动力指标对城市扩张的解释力越强， p 值表示 q 值所对应的显著性。

交互或因子探测：探测 Y 的空间分异性；以及探测某因子 X 多大程度上解释了属性 Y 的空间分异。用 q 值度量[7]，表达式为：

$$q = 1 - \frac{\sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2}{N \sigma^2}$$

$$q = 1 - \frac{SSW}{SST}$$

$$SSW = \sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2, \quad SST = N \sigma^2$$

式中： $h=1, \dots, L$ 为变量 Y 或因子 X 分层，即分类或分区， N_h 和 N 分别为层 h 和全区的单元数； σ_h^2 、 σ^2 分别是层 h 和全区的 Y 值得方差。 SSW 和 SST 分别为层内方差之和(Within Sum of Squares)和全区总方差(Total Sum of Squares)。 q 的值域为[0, 1]，值越大说明 Y 的空间分异性越明显；如果分层是由自变量 X 生成的，则 q 值越大表示自变量 X 对属性 Y 的解释力越强[8]。

4.3. 指标选取

根据以往学者的研究，考虑指标的潜在重要性及数据的可获得性。本文选取了海口市的 GDP、人口增长、城镇化率、贸易、入境旅游者数量等指标来分析其对海口市扩张的影响，主要指标说明见表 1。

Table 1. Construction of the index system

表 1. 指标体系构建

一级指标	二级指标	指标涵义
经济发展	GDP	反映城市经济发展状况
	第一二三产业增比	反映产业结构的优化水平，促进新型城镇化发展
	固定资产投资	反映城市用地内部结构以及优化城市用地模式，促进城市可持续发展
人口规模	自然增长率	反映人口发展速度，用来表明人口自然增长的程度和趋势
	城镇人口	反映人口城镇化发展状况
社会政策	对外贸易进出口总额	反映一定时间内的进出数量，是衡量地区对外贸易状况的重要指标
	港口货物吞吐量	反映港口生产经营活动成果，是衡量城市建设和发展的量化参考依据
	入境旅游者	反映对旅游商品的需求规模及水平

5. 实证分析

5.1. Pearson 相关系数计算结果与分析

本研究主要从三个方面来分析，主要探究城市扩张与哪些因素关联性较大，城市扩张与哪些因素关联较弱，从经济、社会、政策等相关的因素进行挖掘，以期发现与城市扩张相关性大的因素。

1) 经济增长对城市扩张的影响

城市扩张的根本驱动力是经济增长，建设用地是城市一系列生产生活用地的载体。随着经济的发展，城市建设用地也需要进行相应的调整[9]。

通过分析 2003 年~2018 年海口市的 GDP、三大产业增比，发现从 2003~2018 年，海口市的 GDP 从 238.86 亿元提升到 1510.51 亿元，约提升了 532%，城市用地面积则从 50 平方千米扩展为 161 平方千米，约扩展了 222%。通过绘制 GDP 与城市建设用地面积的散点图，可以看出，GDP 与城市建设用地面积呈现正相关，见图 1。

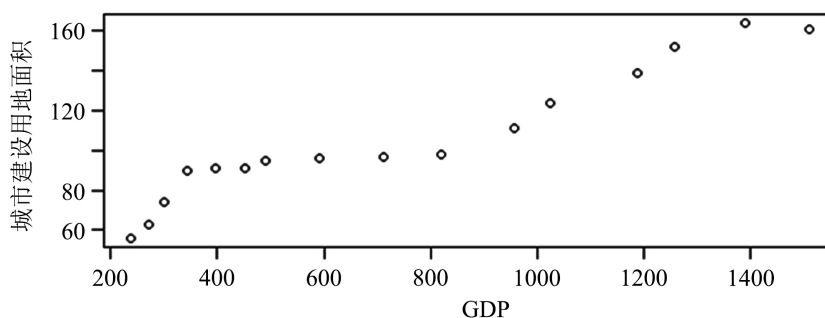


Figure 1. Relationship between GDP and urban construction land area in Haikou City from 2003 to 2018

图 1. 海口市 2003~2018 年 GDP 和城市建设用地面积的关系

运用 R 语言分析城市建设用地与 GDP 的相关性，结果表明城市建设用地与 GDP 的 Pearson 相关系数为 0.964，两者之间的相关性极强。计算好相关性之后，利用 `cor.test()` 函数进行显著性检验。这个函数检验了城市建设用地与 GDP 相关系数为 0 的原假设。

此外，城市的固定资产投资，通常将资金投入到居民建筑，公共建筑和市政公共设施三部分，是城市发展的重要驱动力，固定资产的投资往往直接作用在土地上，增加对各类城市建设用地的需求，对城市的扩张具有直接作用[10]。

基于对海口市 2003~2018 年固定资产投资的分析，本文发现了该要素与城市建设用地面积之间是呈正比关系的，见图 2。

运用 R 语言对上述相关性进行分析，结果表明城市建设用地与固定资产投资的 Pearson 相关系数为 0.962，两者之间的相关性极强。通过显著性检验得到 p 值小于 0.05，通过了显著性检验，说明城市建设用地与固定资产投资存在很强的相关性。

2) 社会因素对城市扩张的影响

人口的增长，以及城镇化率的增长，都会影响到城市人口的数量，城市人口的增长将有效拉动住宅用地、公共设施用地和道路交通用地等土地用地需求，对于城市扩张具有积极的影响[11]。

运用 R 语言分别分析人口增长与城市建设用地面积的相关性，结果表明城市建设用地面积与人口增长的 Pearson 相关系数为 0.732，表明这两个变量间显著相关。通过显著性检验得到 p 值小于 0.05，说明人口增长与城市建设用地显著不等于 0，即城市建设用地面积和人口增长具有一定的相关性，见图 3。

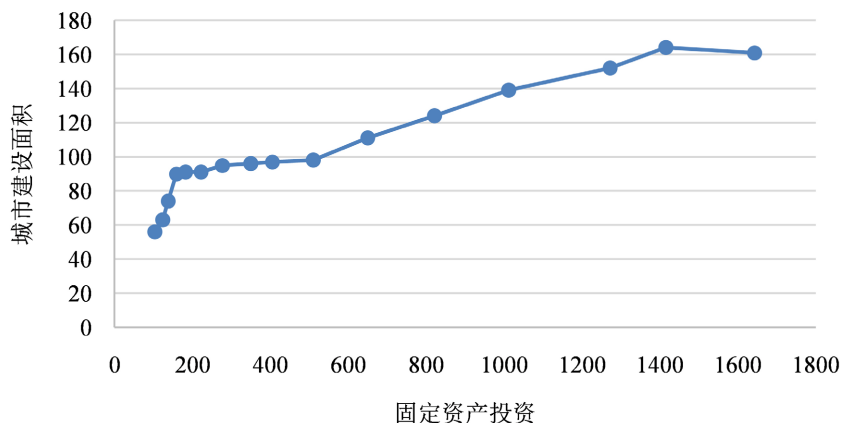


Figure 2. Relationship between fixed assets investment and urban construction land area in Haikou City from 2003 to 2018

图 2. 海口市 2003~2018 年固定资产投资和城市建设用地面积的关系

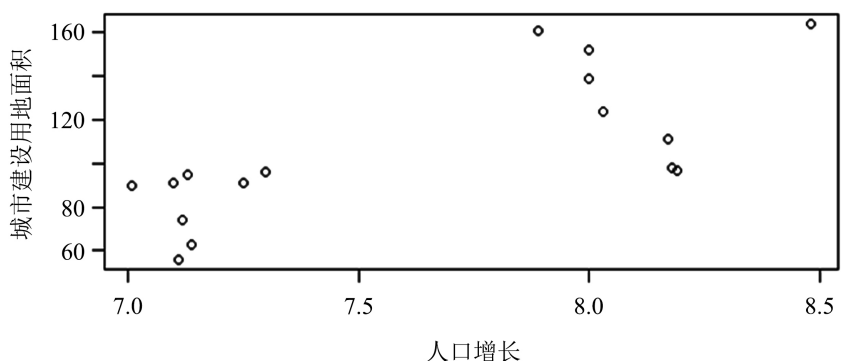


Figure 3. Population growth and urban construction land area in Haikou City

图 3. 海口市人口增长与城市建设用地面积

对于城市而言，城镇人口是城市扩张的主要推动者，海口市城镇人口从 2003 年的 76 万上涨到 2018 年的 104.5 万，城镇人口的扩张拉动了城市居住用地，公共配套用地等城市用地规模的增长，最终导致城市建设用地的扩张。运用 R 语言分别分析城镇人口与建设用地面积的相关性，结果表明两者的 Pearson 相关系数为 0.767，两者之间具有较强的相关性，见图 4。

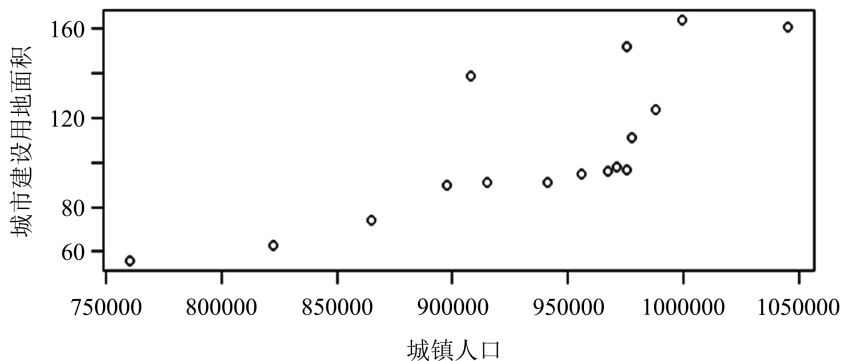


Figure 4. Urban population and urban construction land area in Haikou City

图 4. 海口市城镇人口与城市建设用地面积

3) 政策因素对城市扩张的影响分析

通过分析发现, 对外贸易进出口总额、入境旅游者的数据与城市建设用地面积的 Pearson 相关系数分析为 0.51 和 0.63, 具有一定的关系, 但是关联度不大, 但是城市建设用地面积与港口货物吞吐量相关性极强, 达到 0.965, 对城市建设用地面积和港口货物吞吐量的相关性进行显著性检验, 发现 p 值 = $1.434e-09$, 远远小于 0.05, 说明它们之间显著不等于 0, 城市建设用地面积和港口货物吞吐量具有极强的相关性。主要原因是随着港口货物吞吐量的增长, 港口的建设用地, 仓储用地等城市建设用地需要大幅度提高, 才能满足港口货物吞吐量的需求, 见图 5。

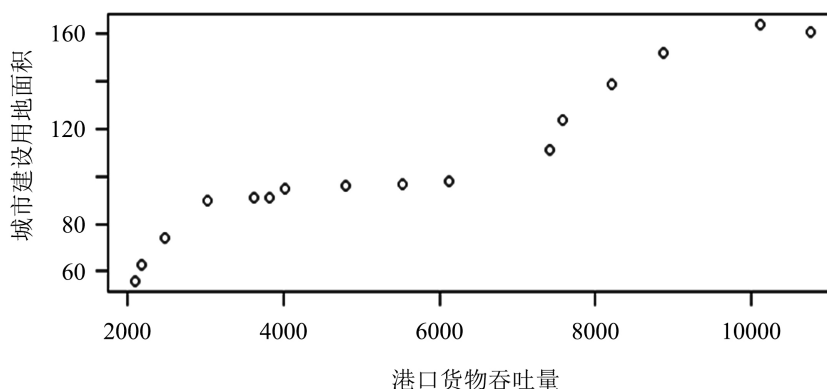


Figure 5. The port cargo throughput and urban construction land area of Haikou City
图 5. 海口市港口货物吞吐量与城市建设用地面积

综合所述, 影响城市扩张的因素主要包括经济发展, 体现在 GDP, 固定资产投资等的增长, 社会发展包括人口, 特别是城镇人口的增长, 此外, 对外贸易、港口货物吞吐量等对于城市建设用地也有积极的拉动作用。

5.2. 地理探测器

地理探测器的核心思想是基于这样的假设: 如果某个自变量对某个因变量有重要影响, 那么自变量和因变量的空间分布应该具有相似性。地理探测器通过分别计算和比较各单因子 q 值及两因子叠加后的 q 值, 可以判断两因子是否存在交互作用, 以及交互作用的强弱、方向、线性还是非线性等。

1) 因子探测结果

用因子探测器探测 8 个影响因子分别对海口市扩张变化的影响及影响力大小的问题。根据地理探测器原理, q 值越大表示所选驱动力指标对城市扩张的解释力越强, p 值表示 q 值所对应的显著性, 因子探测结果见表 2。

Table 2. Influence and influence size of Haikou City
表 2. 海口市扩张变化的影响及影响力大小

	第二产业 贡献比	第三产业 贡献比	人口自然 增长率	财政收入	工业总产值	对外贸易进 出口总额	城镇人口	固定资产 投资额
q	0.612	0.490	0.556	0.942	0.756	0.390	0.376	0.936
p	0.011	0.007	0.004	0.000	0.000	0.482	0.022	0.000

因子探测结果显示，城市扩张因子的决定力的特征如下：财政收入 > 固定资产投资额 > 工业总产值 > 第二产业贡献比 > 人口自然增长率 > 第三产业贡献比 > 对外贸易进出口总额 > 城镇人口。其中，财政收入、固定资产投资的解释力远高于其他影响因素，均为 0.9 以上说明该影响因子是耕地变化的主要影响因素。

财政收入的高低是地方经济实力的重要象征，会为当地经济的发展和基础设施建设提供有力的经济支持。通常来说，地区的财政收入越高，当地政府对就会越支持基础设施建设、越倾向于改善城市和生活环境，进而对城市扩张的积极作用就越明显[12]。

此外，固定资产投资代表着一个地区的厂房、设备等生产要素的增加以及交通、通信、房地产等基础设施的发展和改善，也说明了区域的经济对城市扩张的影响作用十分强烈。在空间上的表现则是城市区域的不断扩展[13]。

在影响建设用地面积的因素中，固定资产和城镇人口分别表示影响最大和最小。这主要是因为海口市目前还处于城市拓展的前期阶段，相关的基础设施建设并不完备，所以发展的重要前置条件还是资金保障。其次，还有可能是因为海口市目前的城市优势不够明显，人口流动和增加比率不够显著，导致对城市扩张的驱动力还有所欠缺。

2) 交互作用探测结果

本部分通过使用地理探测器中的交互作用探测器，来识别不同影响因子的交互作用对因变量的解释力度强弱，交互探测结果见表 3。

Table 3. The explanatory strength of the interaction of the different influencing factors on the dependent variables
表 3. 不同影响因子的交互作用对因变量的解释力度强弱

		Interaction detector							
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	
X1	0.612								
X2	0.635	0.489							
X3	0.877	0.805	0.556						
X4	0.955	0.947	0.948	0.942					
X5	0.802	0.799	0.839	0.953	0.756				
X6	0.805	0.746	0.684	0.968	0.861	0.390			
X7	0.710	0.616	0.703	0.957	0.786	0.784	0.376		
X8	0.963	0.958	0.962	0.964	0.959	0.980	0.958	0.936	

指标说明：第二产业贡献比(X1)，第三产业贡献比(X2)，人口自然增长率(X3)，财政收入(X4)，工业总产值(X5)，对外贸易进出口总额(X6)，城镇人口(X7)，固定资产投资额(X8)。

由上表可以看出，每个指标对城市扩张的影响程度并不是相互独立的，相反，通过指标因子之间的交互作用会增强对城市扩张的影响作用。这说明在任意两个因素的控制作用下，城市扩展变化的内部差异呈减小的趋势，交互后因子解释力均明显增强，同时也说明城市化是社会、经济等因素共同作用的结果。而且由表可以看出，财政收入(X4)、固定资产投资额(X8)与其他指标的交互作用最强，说明财政收

入与固定资产投资额为影响海口城市扩张的最主要因素。

这反映了经济因子对城区建设用地扩张的交互解释力度很强，彼此间具有明显的系统关联性和结构协调性，符合城市化初级阶段的扩张规律。

这说明经济因子对城市扩展的交互解释力较强，与前期城市扩张的特点是一致的。除此之外，当城镇人口和人口增长率交互后，其解释力度也有所提升，说明市场需求是建设用地扩张的内在因素，因而只有扩大人口规模、推进精细型增长，才能提高城区土地利用效益。

综上所述，由于海口还处于城市扩展的前期阶段，所以投资对其产生的作用最为明显，但其效益和结构并不明显。除此之外，城镇人口和人口增长率交互后对建设用地扩张解释力度增强，说明市场需求是建设用地扩张的内在因素，因而需要合理扩大人口规模、优化人口结构、加强土地的聚集经济效益，从而实现城市土地的合理扩张。

6. 讨论与对策

6.1. 加强土地利用效率和质量

在海口市土地资源有限的背景下，如果无法把握土地利用效率，会对城市的短期利益和可持续发展都产生负面影响。因此，海口市在推进城市扩张的过程中，首先就需要致力于提高土地利用效率，从流程上来说，可以从以下几点做起：第一，在进行城市扩展前，需要做好充分的信息收集和实地调研工作，包括土地的历史用途、地理位置、周边经济与人口等信息，再结合土地的新用途，进行综合评估，确定城市扩展的范围、周期等；第二，在城市扩展的进程中，需要加强项目管理工作和流程监督，确保扩展的实际流程符合原有规划；第三，需要向其他城市规划与扩展较好的城市学习，积累经验，把握对海口市土地资源的整体情况，充分利用闲置土地，挖掘未开发地区的潜力。

6.2. 完善土地管理办法加强资源监管

除了从流程上对土地利用效率进行把控外，海口市政府还需要从制度和政府监管的角度切实加强土地资源的管理，主要可以从以下几点出发：第一，完善土地管理、城市建设监督方面的制度体系。尽管海口市目前也有出台土地管理法等规定，但是都是从宏观的角度对全市的土地资源进行规范，而缺乏更细致的、专门针对城市扩展方面的政策[14]；第二，加强政策制度的推进和执行。海口市政府在制定政策后，还需要设置相关的执行要求和措施，对其执行情况和进度进行监督。

6.3. 提高城区扩展地区的保护力度

海口市作为一个旅游业发达的城市，其在城市扩张的过程中还需要加强对扩展地区的保护力度，避免出现掠夺式扩张的现象，应该在保护自然生态环境的基础上推进城市扩展。主要可以从以下几个方面展开：第一，树立保护自然的观念。个人和社会对待自然的观念和态度，是决定其城市扩展过程中能否做到保护环境的首要因素。因此海口市政府在政策、通知以及对外宣传的过程中，都要向公众传达保护环境这一观念[15]；第二，进行符合城市环境和调性的建设扩展。海口市作为一个海洋资源、热带资源丰富的城市，在对其进行扩展的过程中总应该尽量选择与城市风格相符合的项目，这样既能减少开发量，还能在最大程度上保持自然的原有生态[16]。

参考文献

- [1] 邓保彪, 王雅琪, 翁睿, 苏敏, 鲍捷. 快速城镇化背景下迅速扩张型城市空间演化时空特征及驱动力机制——以合肥市为例[J]. 资源开发与市场, 2019, 35(10): 1280-1287.
- [2] 朱文龙, 孙乾翔, 秦萧, 闫晗. 基于夜间灯光数据的淮海城市群空间扩张及驱动力研究[J]. 西北师范大学学报

- (自然科学版), 2019, 55(5): 106-113.
- [3] 王莉红, 张军民. 基于地理探测器的绿洲城镇空间扩张驱动力分析——以新疆石河子市为例[J]. 地域研究与开发, 2019, 38(4): 68-74.
- [4] 琚青青, 尹菡怿, 李微, 周鹏. 海口市城市边缘区空间范围的识别研究[J]. 海南大学学报(自然科学版), 2019, 37(2): 180-185.
- [5] 陆步来, 王劲峰, 曾光. 疾病空间聚集性研究方法[J]. 疾病监测, 2010, 25(5): 394-397.
- [6] 杨忍, 罗秀丽, 陈燕纯. 中国县域乡村地域多功能格局及影响因素识别[J]. 地理科学进展, 2019, 38(9): 1316-1328.
- [7] Wang, J.F., Li, X.H., Christakos, G., *et al.* (2010) Geographical Detectors-Based Health Risk Assessment and Its Application in the Neural Tube Defects Study of the Heshun Region, China. *International Journal of Geographical Information Science*, **24**, 107-127. <https://doi.org/10.1080/13658810802443457>
- [8] 王劲峰, 徐成东. 地理探测器:原理与展望[J]. 地理学报, 2017, 72(1): 116-134.
- [9] 周慧敏, 刘玉, 王成新, 姚士谋, 苗毅, 于尚坤. 中国省级城市用地效率与用地扩张的空间关系研究——基于精明增长理论的思考[J]. 地域研究与开发, 2021, 40(3): 157-162+180.
- [10] 杨雪荻, 白永平, 车磊, 周亮, 乔富伟, 王治国. 黄河上游生态脆弱区城市增长边界划定——以临夏回族自治州为例[J]. 自然资源学报, 2021, 36(1): 162-175.
- [11] 李柳华, 刘小平, 欧金沛, 牛宁. 基于随机森林模型的城市扩张三维特征时空变化及机制分析[J]. 地理与地理信息科学, 2019, 35(2): 53-60.
- [12] 陈万旭, 李江风, 熊锦惠, 张桀滢. 基于GWR的中国城市用地扩张驱动力差异性研究[J]. 河南大学学报(自然科学版), 2018, 48(5): 522-530.
- [13] 张戈, 刘嘉勋, 马磊, 周桢津, 李满春. 快速城市化的空间过程检测与动态机制分析[J]. 地理信息世界, 2018, 25(3): 76-81.
- [14] 翟浩然, 唐新明, 王光辉, 李佳雨, 邢丽玮. 中国超大城市建设用地遥感监测与时空格局[J]. 遥感信息, 2019, 34(4): 39-47.
- [15] 邹秀清, 谢美辉, 肖泽干, 陈红艳. 农业人口转移与城市建设用地增加耦合态势及空间协调特征——以江西省为例[J]. 中国土地科学, 2019, 33(10): 31-38.
- [16] 周鹏超, 杨永芳. 郑州城市建设用地扩张格局及其动力机制[J]. 江西农业学报, 2018, 30(12): 98-105.