

温州市耕地非农化驱动因素分析

余云涛¹ 王心良^{2*}

1 浙江海洋大学, 浙江 舟山 316000; 2 浙江水利水电学院, 浙江 杭州 310018

摘要: 本文以浙江省温州市为研究区域, 使用地理探测器测度温州市耕地非农化的驱动因素 q 值, 探究了温州市耕地非农化最主要驱动因素, 对政府提出针对性的政策提供理论依据, 对温州经济快速增长的同时兼顾耕地保护, 提高耕地非农化效率, 控制耕地非农化数量, 具有重要意义。结果表明: (1) 温州市耕地非农化主要受人口数量、人均生产总值、耕地资源、一般公共预算收入等要素影响, 解释力分别为 94.50%、90.78%、89.56%、78.84%。(2) 耕地非农化的驱动因素具有很强的协同效应。除路网密度与地理位置的交互作用类型为非线性增强外, 其他因子之间的交互作用类型均为双因子增强。

关键词: 温州市; 耕地非农化; 驱动因素; 地理探测器

Driving Factors Analysis of Cultivated Land Conversion to Non-Agricultural Uses in Wenzhou City

Yu, Yuntao¹ Wang, Xinliang^{2*}

1 Zhejiang Ocean University, Zhoushan, Zhejiang, 316000, China

2 Zhejiang University of Water Resources and Electric Power, Hangzhou, Zhejiang, 310018, China

Abstract: This article takes Wenzhou City, Zhejiang Province as the research area, uses a geographic detector to measure the driving factor q value of farmland non agriculturalization in Wenzhou City, explores the main driving factor of farmland non agriculturalization in Wenzhou City, and provides theoretical basis for the government to propose targeted policies. It is of great significance for Wenzhou's rapid economic growth while also considering farmland protection, improving the efficiency of farmland non agriculturalization, and controlling the quantity of farmland non agriculturalization. The results show that: (1) The non-agricultural use of cultivated land in Wenzhou City is mainly influenced by factors such as population size, resource endowment, regional GDP, and general public budget revenue, with explanatory power of 94.50%, 89.56%, 82.25%, and 78.84%, respectively. (2) The driving factors of non-agricultural cultivation of arable land have strong synergistic effects. Except for the non-linear enhancement of the interaction between road network density and geographical location, the interaction between other factors is a two factor enhancement.

Keywords: Wenzhou City; Non agriculturalization of cultivated land; Driving factors; Geographic detector

DOI: 10.62639/sspsstr31.20250203

“粮食安全是‘国之大者’，耕地是粮食生产的命根子，是保障国家粮食安全的根本，是我国最为宝贵的资源。近些年来，政府明确要求严守 18 亿亩耕地红线，加大耕地执法监督力度，严厉查处违法违规占用耕地从事非农建设。这些都表明了耕地保护的迫切性，研究耕地非农化对于保护有限的耕地资源、防止城镇无序蔓延有重要的意义。耕地非农化的本质是改变耕地的农业用途转化为建设用地的过程，即耕地的非农占用，它具有动态性、难逆转性、政策倾向性、阶段性和危害性等特点。

苑韶峰等研究了耕地非农化的社会经济驱动因素，发现受到人口、富裕度产生的正效应和第三产业的比重高低影响，东部地区经济发达省市的耕地非农化程度相对较高，不容忽视。2023 年 9 月 15 日，受国家自然资源总督察委托，国家自然资源专职副总督察在北京集中约谈耕地非农化

违法违规问题突出的 9 个市（州）人民政府主要负责同志，明确提出要坚决遏制耕地违法行为，牢牢守住耕地保护红线。而浙江省温州市在九个子州名单之内，耕地非农化形势严峻。因此本文采取浙江省温州市为研究对象，基于 2007—2022 年的 30m 空间分辨率的 LUCC 数据，采用地理探测器模型探究浙江省温州市的耕地非农化时空驱动因素，为温州市政府提出针对性的政策提供理论依据，对温州经济快速增长的同时兼顾耕地保护，提高耕地非农化效率，控制耕地非农化数量，具有重要意义。

一、研究区概况

温州位于浙江省东南部，东经 119° ~121° 15'，北纬 27° 10' ~28° 35' 之间。东临东海，南与福建相邻，西与丽水毗连，

(稿件编号: SST-25-3-4001)

作者简介: 余云涛 (2000-)，男，浙江乐清人，浙江海洋大学硕士研究生，主要从事土地资源管理研究。

通讯作者: 王心良 (1974-)，男，浙江缙云人，浙江水利水电学院教授，主要研究领域：土地资源管理，乡村振兴研究。

基金项目: 浙江省社科规划办“党的二十大和省十五届二次全会精神研究阐释”专项课题：“国土空间规划体系下耕地保护差异化管控研究”（项目批准号：202327051）。

全国统计科学研究优选项目：“乡村人才振兴统计监测研究”（2024LY065）。

北与台州接壤。全市陆域面积 12103 平方公里，海域面积约 11000 平方公里，常住人口 917.5 万人。市域范围内包含鹿城、龙湾、瓯海、洞头四区，下辖永嘉、平阳、苍南、泰顺、文成五县及瑞安、乐清、龙港 3 个县级市。地形上温州地势自西向东倾斜，西部属浙南中山区，迤东高度逐渐降低为丘陵地，东部是沿海平原，具体高程图

见图 1-1。气候上全年温和湿润，属于亚热带季风气候，雨热同期，四季分明，雨量充沛。年均气温 17.3℃，无霜期 267.5 天，农业上作物可一年三熟。温暖的气候使得温州中西部的山地多红壤、黄壤，而东部平原水网地带以冲积土和人工培育的水稻土为主，土地肥沃，人口稠密，是温州粮食作物和经济作物的主要产区。

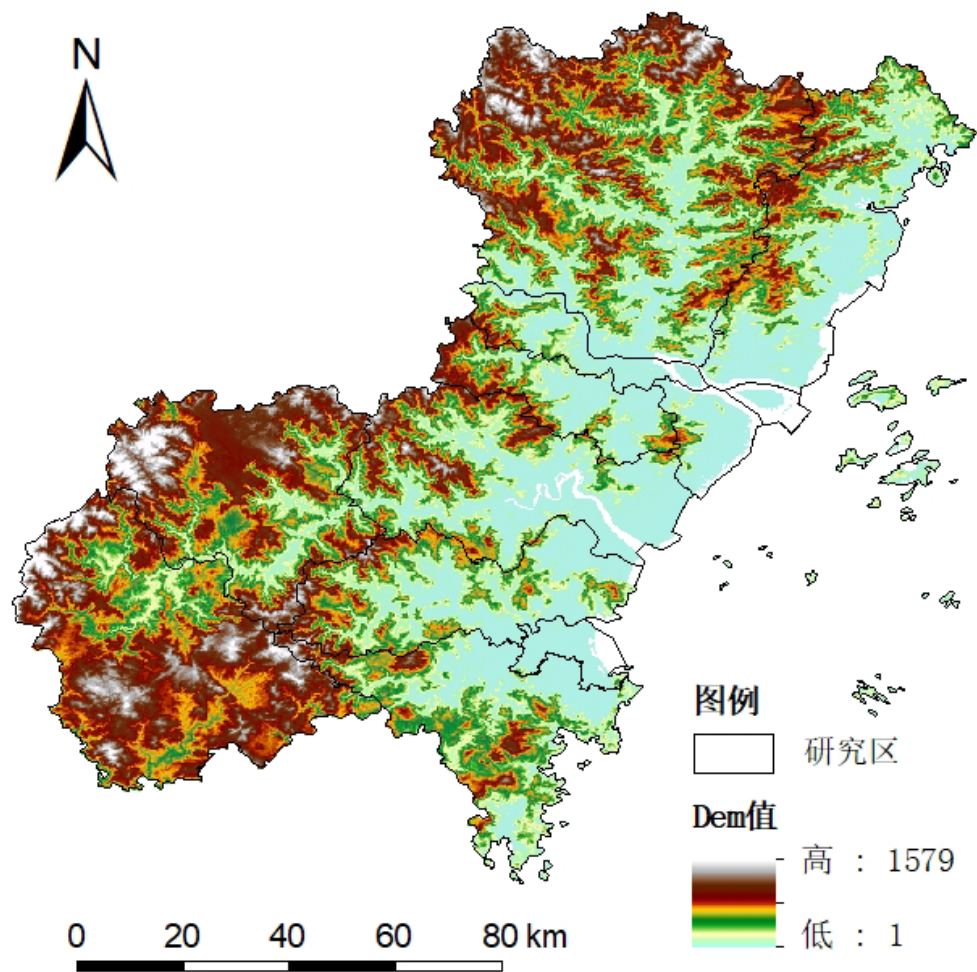


图 1-1 温州市高程图

二、数据来源及预处理

土地利用数据采用的矢量数据来源于武汉大学杨杰、黄昕教授的 CLCD 数据集，《30m annual land cover and its dynamics in China from 1990 to 2022》。并且在原基础上提取温州市 2007-2022 年的土地利用数据，根据中国科学院的土地利用分类体系，运用 ArcGIS 软件重分类工具将原来的二级地类重分类为一级地类，将土地利用类型划分为耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用地 6 种类型进行面积统计。

社会经济原始数据主要采集于《温州市统计年鉴》（2007-2022）以及各区县同期统计年鉴。数据来源于温州市统计局。

三、研究方法

（一）耕地非农化面积提取

本文将耕地“非农化”定义为耕地转为建设用地。本文基于 ArcGIS 软件的空间叠加分析功能计算当期的非农化面积^[1]。非农化率即非农化面积占耕地初期面积的比值，表达式为

$$R_i = \frac{N_i}{C_i} \times 1000\% \quad (1.1)$$

i 为时间段； R_i 为该时间段的非农化率； N_i 为该时间段的非农化面积； C_i 为该时间段初期的耕地面积。

（二）地理探测器

地理探测器模型最初是由王劲峰研究员基于地理要素空间分异理论，为获取因子变量与结果

变量之间的相关性而提出^[2]。最初, 地理探测器模型被运用于环境因素对经形成的影响(王劲峰, 2010), 随后被逐渐推广到各个领域。截至目前, 地理探测器模型已经被运用于自然到社会十分广泛的领域, 包括: 土地利用、公共健康、区域经济、区域规划、考古、气象、环境和计算机网络等, 如表 1-1 所示。其研究区域大到国家尺度, 小到一乡镇尺度。

如图 1-2 所示, 其原理是假定区域 A 为研究区, B 图中的方格是疾病分布的基本单元, 记作 $b_1, \dots, b_n$; C 和 D 为两个可能致病的因素, 图 C 和 D 中 c_1, c_2, c_3 和 d_1, d_2, d_3 分别代表因素 C 和 D 在地理空间分布上的不同子类别区域。王劲峰研究员将疾病的流行率用字母 y 来代表, 将疾病空间分布图(1-2B)与可能致病因素图(1-2C)进行空间叠加得到图 1-2E, 空间子区域 c_1, c_2, c_3 中疾病流行率的均值和方差分别表示为 $\bar{Y}_{c_1}, \bar{Y}_{c_2}, \bar{Y}_{c_3}$ 和 $Var_{c_1}, Var_{c_2}, Var_{c_3}$ 。若当空间子区域 c_1, c_2, c_3 区内疾病流行率的变异性非常小, 或在极端情况下等于 0, 且 c_1, c_2, c_3 区域之间的差异性非常显著, 则表明这样的类别分区可以部分或者全部解释疾病流行率的空间分布差异。可能致病因子 C 对疾病流行率(y)的解释率 q 可以写作:

$$q = 1 - \frac{(n_{c_1}Var_{c_1} + n_{c_2}Var_{c_2} + n_{c_3}Var_{c_3})}{nVar} \quad (1.2)$$

当且仅当式中 $n_{c_1}Var_{c_1} = n_{c_2}Var_{c_2} = n_{c_3}Var_{c_3} = 0$ 时, 即疾病流行率在 3 个不同的分区变异性为 0, 此时, $q=1$ 。将模型推广到一般情况, 则可用写成:

$$q = 1 - \frac{\sum_{h=1}^L \frac{n_h \sigma_h^2}{n \sigma^2}}{n \sigma^2} = 1 - \frac{SSW}{SST} \quad (1.3)$$

$$SSW = \sum_{h=1}^L n_h \sigma_h^2, SST = n \sigma^2$$

(1.3) 式中: $h=1, \dots, L$ 为变量 Y 或 X 因子的分层, 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 和 σ^2 分别是层 h 和全区的 Y 值的方差。SSW 和 SST 分别为层内方差之和和全区总方差。

在本文的研究中, q 是影响因素 X 对耕地非农化的解释力; n 和 σ^2 分别是整个区域样本量和耕地非农化水平的离散方差。 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, 反之则越弱。极端情况下, q 值为 1 表明因子 X 完全控制了 Y 的空间分布, q 值为 0 则表明因子 X 与 Y 没有任何关系, q 值表示 X 解释了 $100 \times q\%$ 的 Y 。

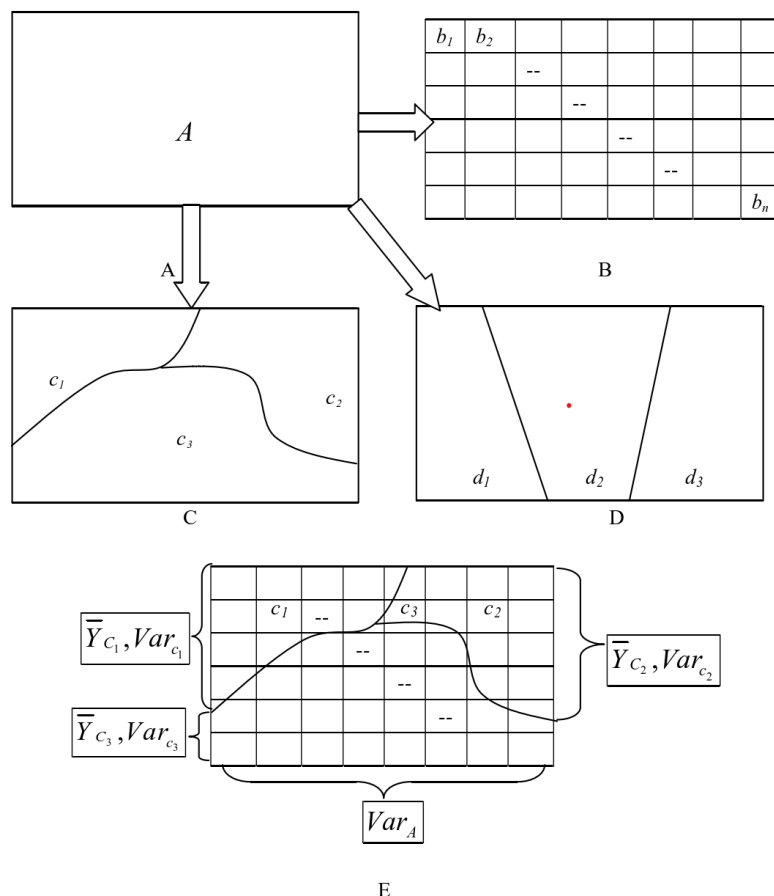


图 1-2 地理探测器原理图及参数

交互作用探测器：识别不同因子 X_s 之间的交互作用，即评估两个因子共同作用时是否会增加或减弱对因变量 Y 的解释力，或这些因子对 Y 的影响是相互独立的。方法是首先分别计算两种因子对 Y 的 q 值，并计算它们交互时的 q 值，对

$q(X_1)$ 、 $q(X_2)$ 与 $q(X_1 \cap X_2)$ 进行比较。两个因子之间的关系可分为双因子增强、独立、非线性增强、非线性减弱、单因子非线性减弱 5 类。

四、温州市耕地非农化现状诊断及水平分级

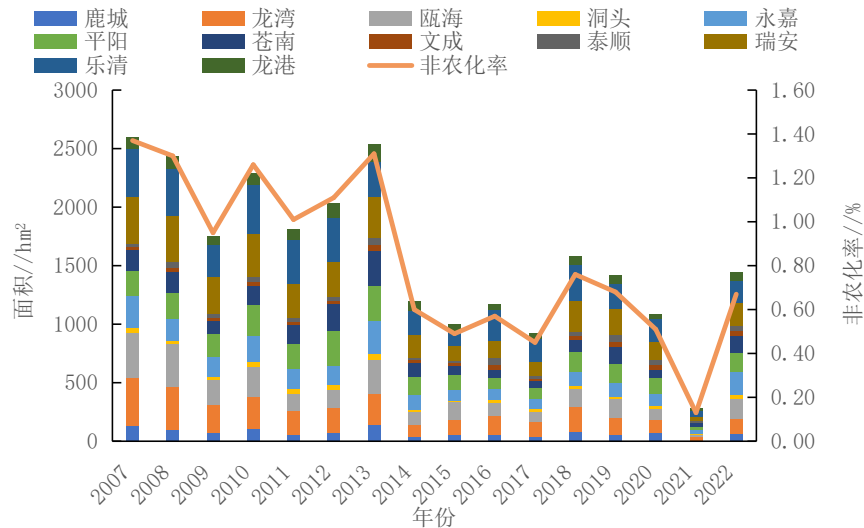


图 2-1 温州市 2007-2022 年耕地非农化面积和非农化率变化

(一) 温州市耕地非农化现状诊断

1. 温州市耕地非农化具有一定的阶段性和波动性，整体呈现下降的趋势，但近年来有所回升。结合图 2-1，和图 2-2，从总体上看，自 2007 年以来，温州市 GDP 增长迅速，年平均增长率达到了 8%，而快速地经济发展往往意味着更多的建筑用地需求，2007-2022 年，温州市耕地非农化面积共 25548.3 公顷，年平均非农化面积 1596.76 公顷。见图 3-1，温州市 2007-2022 年耕地非农化面积与非农化率总体呈现一样的趋势，都为“波动-下降-波动-下降-上升”趋势：2007-2013 年，温州市耕地非农化程度在经过一系列波动后到达第一个波峰，随后在 2014 年急剧下降到第一个波谷，在 2014-2017 年波动，在 2018 年到达第二个波峰，随后又大幅下降在 2021 年到达第二个波谷，在 2022 年大幅

回升到达第三个波峰。其中耕地非农化面积与非农化率的最大值在 2007 年，耕地非农化面积为 2597.58 公顷，非农化率为 1.37%，最小值在 2021 年，耕地非农化面积为 270.99 公顷，非农化率为 0.13%。从区县看，十二个县市变化趋势与总体变化趋势基本一致，数量上有四个县市在 2007-2022 年稳居高位，分别为乐清市、龙湾区、瑞安市、瓯海区。如图 3-2，乐清市在 2007-2022 年耕地非农化面积大部分时间段都位居首位，最高峰在 2010 年，非农化面积为 418.68 公顷，仅在 2009 年、2013 年、2022 年被瑞安市超过，文成县、泰顺县、洞头区三个县市较为稳定，非农化面积基本维持在 60 公顷以下。

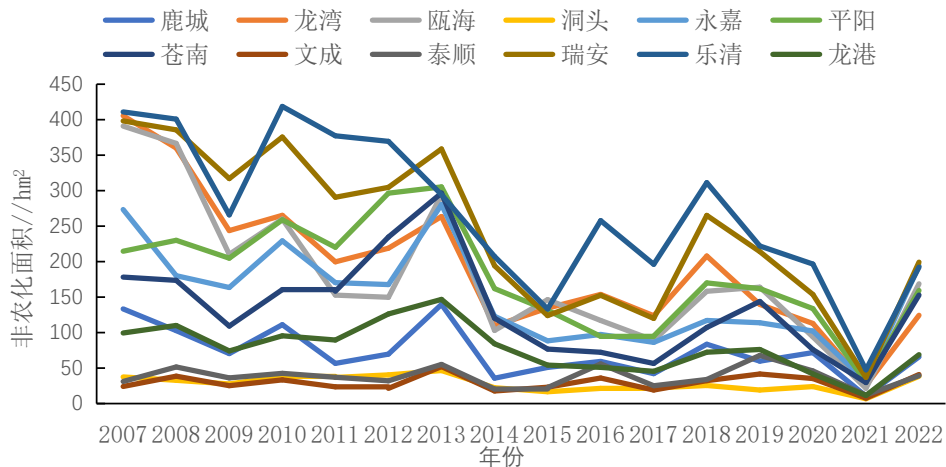


图 2-2 温州市不同区县非农化面积变化图

2. 温州市的耕地非农化在空间上分布不均，集中在经济发展良好，人口众多的城市。从总体上看，温州市的耕地非农化率的热点区域除了西南区域两县和洞头区较为稳定，始终处于低水平耕地非农化，其他区域在不同时间段均达到过中等水平及以上耕地非农化。2007 年和 2012 年，高水平耕地非农化主要集中在温州市的中部以及东北部，2017 年温州市耕地非农化水平明显下降，只有乐清市、瑞安市、洞头区三个中等水平耕地非农化，但在 2022 年迅速扩散，中等水平耕地非农化区域由三个增加到七个。另外值得注意的是，在 2007、2012、2017、2022 四个时间点，瑞安市、乐清市、龙湾区始终保持着比同时段其他区域更高的耕地非农化水平。

分区县 2007-2022 年累计耕地非农化面积最大的前三个区县集中在经济发展良好，人口众多的乐清市、瑞安市、龙湾区，分别为 4301.55 公顷、3890.25 公顷、3088.53 公顷，这三个区域的耕地非农化面积占全市耕地非农化面积的 44.2%。累计耕地非农化面积最小的三个区县为洞头区、文成县、泰顺县，分别为 455.94 公顷、472.14 公顷、608.85 公顷，这三个区域的耕地非农化面积占全

市耕地非农化面积的 6%。

(二) 温州市耕地非农化水平分级

为了将区县的耕地非农化水平更直观的呈现且具有可比性，参考部分文献，并结合数据样本特征，将区域年度建设用地占用耕地地面积与区域当年初期耕地面积的比值作为衡量区域耕地非农化水平的指标，即耕地非农化率（LCR）^[3]。根据温州市实际情况将耕地非农化率（LCR）分为三类：LCR ≥ 0.15% 为第一类，高水平耕地非农化；0.1% ≤ LCR < 0.15% 为第二类，较水平耕地地非农化；0.05% ≤ LCR < 1% 为第三类，中等水平耕地非农化；0 ≤ LCR < 0.05% 为第四类，低水平耕地非农化。

由于自然资源禀赋、社会经济发展水平以及政策支持的不同，温州市下辖各区县对于耕地转用也呈现出不同的需求，导致耕地非农化水平空间分布地域性差异显著。为了更加直观准确地分析温州市耕地非农化率的空间格局变化情况，研究在 ArcGIS10.2 软件平台支撑下对温州市 2007、2012、2017、2022 年耕地非农化率区域差异进行空间表征，如图 2-3。

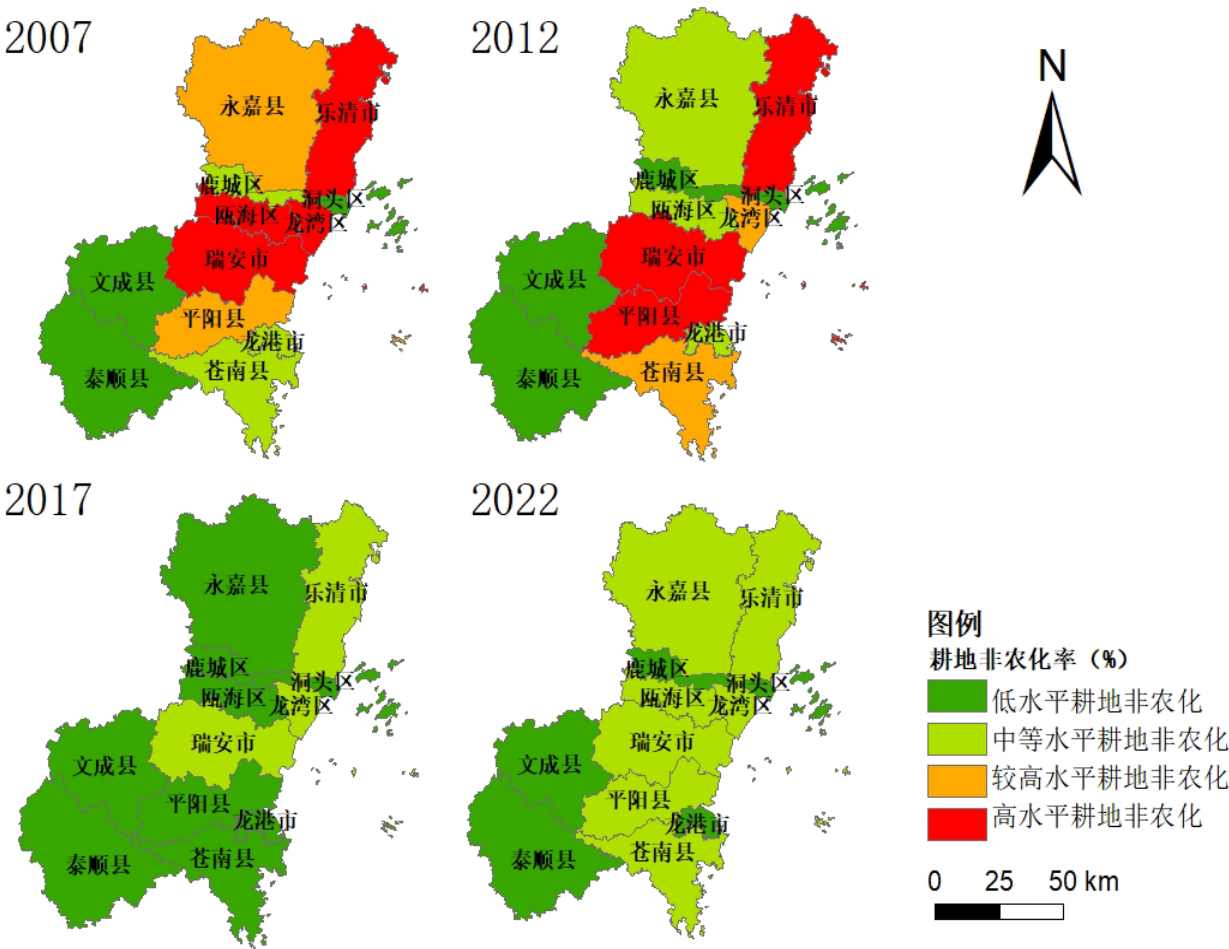


图 2-3 温州市耕地非农化水平分级图

五、温州市耕地非农化驱动因素指标选取

耕地非农化是一个复杂的系统,与地区资源禀赋、经济发展阶段、社会发展阶段和政策支持都息息相关,因此研究从这四个方面分析耕地非农化的主要驱动因素,并且参考前人研究成果,详情见表 3-1,结合数据的可获取性,拟选择耕地资源、地形条件、地理位置、路网密度、第二产业增加值、第三产业增加值、人均生产总值、房地产开发投资、人口数量、城乡收入差距、城镇化率、一般公共预算收入 12 个指标,如表 3-2 所示。

表 3-1 驱动因素指标选取文献参考

文献	研究区	资源禀赋	经济要素	社会要素	财政要素
晋明倩 (2023)	云南省	粮食产量 增长率	人均 GDP 增长率、第一产业生产总值增长率、第二产业生产总值增长率、第三产业生产总值增长率、农村居民人均可支配收入增长率	城镇化增长率、总人口增长率、乡村人口增长率、人口密度增长率	/
李宏鹏 (2022)	延安市	粮食产量	地区生产总值、人均生产总值、农林渔业增加值、工业总产值、	户籍人口、城镇人口	财政收入、财政支出
王梓卓 (2021)	广西北海	农田灌溉用水、有效灌溉面积、水果种植面积、农业机械总动力、粮食产量	生产总值、居民消费价格总指数、农村居民人均可支配收入、第一产业总值、第二产业总值、第三产业总值、旅游总消费量、农林牧渔总产值、畜牧业总产值	总人口、农村人口、农村常住户比、城镇化率	/
许健玮 (2020)	吉林省	耕地面积、粮食单产	固定资产投资在 GDP 中的比重、土地比较收益	农村人均居住面积、城市化水平、城乡收入差距	地方政府土地财政比重
李涛 (2016)	重庆市	资源禀赋、地形条件、地理位置、路网密度	城镇固定资产投资、第二产业增加值、第三产业增加值、人均 GDP、土地利用比较效益	城镇化率、人口密度、城乡收入差距	土地财政、土地市场化程度、规划制度、地票政策

表 3-2 温州市耕地非农化驱动因素指标选取阐释表

	探测因素	指标诠释
资源禀赋	耕地资源 (公顷) X_1	县域耕地面积
	地形条件 (米) X_2	县域海拔高度差距
	地理位置 (千米) X_3	距中心区 (鹿城区) 的距离
	路网密度 (千米 / 平方千米) X_4	县域公路里程 / 县域面积

经济要素	第二产业增加值 (万元) X_5	第二产业增加值 (万元)
	第三产业增加值 (万元) X_6	第三产业增加值 (万元)
	人均生产总值 (万元) X_7	地区生产总值 / 常住人口
	房地产开发投资 (万元) X_8	房地产开发投资额
社会要素	人口数量 (万人) X_9	常住人口
	城乡收入差距 (%) X_{10}	城镇居民人均可支配收入 / 农村居民可支配收入
	城镇化率 (%) X_{11}	常住城镇人口 / 总人口
财政因素	一般公共预算收入 (万元) X_{12}	一般公共预算收入额

(一) 禀赋要素

李涛 (2016) 采用了资源禀赋、地形条件、地理位置、路网密度作为要素禀赋指标。

由于土地资源是自然供给的,所以地区的耕地资源禀赋对耕地非农化具有基础性影响。地形条件对耕地非农化的影响主要体现在建设用地的选取上,海拔高度对建设用地的选取和布局起着决定性作用,因此海拔高差间接影响着耕地非农化的进度。中心区往往是经济最发达活跃的地方,越接近中心区,土地开发利用程度越高,耕地非农化就越容易发生。交通条件很大影响着一个区域的经济发展,容易诱导城镇沿交通干线发展,从而推进耕地非农化进程。

本文采取耕地面积、地形条件、地理位置、路网密度这四个指标作为影响温州市耕地非农化的具体影响因素。

(二) 经济要素

ZHAI (2000)、Seto (2003)、贾晗悦 (2019) 等学者均表明经济发展状况对耕地非农化进程有着全局性影响,GDP 作为衡量一个地区经济发展的标准自然对耕地非农化有着极大的影响。

产业结构的变化会影响土地资源的配置,进而导致土地利用的方向和需求转变,影响到耕地非农化。

经济发展的同时,投资规模也会不断扩大,在我国经济发展阶段下,固定资产投资极大的影响了地区耕地非农化的进程。由于温州市统计年鉴固定资产投资额数据缺失,采取房地产开发投资额代替。

因此经济要素方面,本文采取人均生产总值、第二产业增加值、第三产业增加值、房地产开发投资这四个指标作为影响温州市耕地非农化的具体驱动因素。

(三) 社会要素

晋明倩 (2023) 采用了城镇化增长率、总人口增长率、乡村人口增长率、第三产业生产总值增长率、人口密度增长率作为社会要素指标。李宏鹏 (2022) 采用户籍人口、城镇人口作为社会要素指标。李涛 (2016) 采用了城镇化率、人口密度、城乡收入差距作为社会要素指标。

城镇化的不断深入和发展促进了非农产业和人口在空间上集聚,非农人口在空间的集聚会在

居住、产业、公共建设方面对建设用地提出更多的需求，建设用地的需求直接导致了耕地非农化数量急剧增加，相关研究表明当城镇人口每增加一人时，会导致大约增加 0.1 公顷耕地用于非农用途。配第·克拉克认为产业之间存在的相对收入差会导致劳动力由低收入产业部门向高收入产业部门进行转移，而现代经济学理论也证明了各产业部门之间如果存在相对收入差异，生产要素便会呈现由低收入产业部门向高收入产业部门进行转移的趋势（于刃刚,1996），现阶段，由于我国城乡收入仍存在较大差距，所以农业部门中的劳动力、资本等生产要素容易由收益较低的农业部门向收益较高的非农部门进行转移，城乡收入差距一方面对农村剩余劳动力形成“拉力”，促进了劳动力向非农产业的地域转移，另一方面也导致从事农业的农村劳动力的大量流失使得耕地资源大量撂荒，加剧了区域耕地非农化态势，故城乡收入差距的拉大将会强力推动区域耕地非农化进程。因此社会要素方面，本文采取人口数量、城乡收入差距、城镇化率这三个指标作为影响温州市耕地非农化的具体驱动因素。

（四）财政要素

李涛（2016）采用了土地市场化程度、规划制度、地票政策作为财政要素指标。李宏鹏（2022）采用财政收入、财政支出作为财政要素指标。

由于产权制度和管理体制的不完善，耕地非农化过程中存在“低征高卖”巨大利益空间，即地方政府通过“招拍挂”的土地供应方式向土地使用者收取土地出让金，扣除相应的征地补偿，其间的巨额差价便成为政府预算外收入，在这一巨大利益的驱使下，地方政府往往做出加大土地征收的行为选择。土地出让金包含在一般公共预算收入内，故用一般公共预算代替。其余政府政策等难以量化亦或是数据难以获取，因此财政要素仅选取一般公共预算收入作为影响温州市耕地非农化的具体驱动因素。

六、地理探测器探测结果

（一）驱动因素探测

如表 3-3 所示，因子探测可以探测耕地非农化的空间分异性以及各驱动因子在多大程度上解释了耕地非农化空间分异。P 值显示人均生产总值、固定资产开发投资、人口数量、一般公共预算收入在 1% 的显著性水平下显著相关，耕地资源在 5% 的显著性水平下显著相关。

温州市耕地非农化主要受人口数量、人均生产总值、耕地资源、一般公共预算收入等要素影响。Q 值大小反映了各驱动因素对耕地非农化的解释力大小。综合来看，各因子对耕地非农化的影响程度不一，由表 4-2 可得，人口数量（0.9450）>人均生产总值（0.9078）>耕地资源（0.8956）>一般公共预算收入（0.7884）>第二产业增加值（0.7143）>城乡收入差距（0.6475）>第三产业增加值（0.6338）>地形条件（0.5914）>固定资产投资（0.5680）>城镇化率（0.5665）

>路网密度（0.4338）>地理位置（0.3447）。

上述探测结果也十分符合温州市非农化的实际情况。在 2007-2022 年累计耕地非农化面积最大的三个区县分别为乐清市、瑞安市、龙湾区。这三个区域的耕地非农化面积占全温州市耕地非农化面积的 44.2%，这三个区域也聚集了全温州市近 40% 的人口，30% 的耕地，同时 GDP 总量之和达到了温州市 GDP 总量的 45%。在温州市土地利用总体规划（2006-2020）中明确规划了乐清市南部柳市电电器产业园、北白象智能电器和新材料产业园，瑞安市中部、东部的经济开发区和汽摩配产业基地，龙湾区的永中中心工业区、瓯江口新区等多个工业园区的升级与建设。从资源禀赋来看，这些工业园区附近聚集着大量的耕地，又面临着建筑用地缺乏的困境，在早期耕地保护未受到重视时，这些建设用地确实很大影响了周边耕地的非农化。从社会要素来看，一方面，工业园区的建设提供了大量工作岗位，吸引了大量务工人员，人口是劳动力，直接影响着经济的发展速度，另一方面，人口的聚集直接影响着建筑用地的需求，进而导致耕地非农化的进程加速。从经济要素看，整个温州市第一产业的占比基本处于 4% 以下，对 GDP 的贡献远低于第二产业和第三产业，将耕地转化为建设用地，无论是房地产还是工业园区，从短期来看，耕地非农化对 GDP 的增长能起到正向作用。从财政要素看，在 2007-2022 年，土地财政占温州政府财政收入的占比颇高。由于房地产价格的疯狂上涨，在土地比较收益的推动下，土地来源又以耕地征收为主，耕地非农化进程自然在被推动。综合来看，温州市耕地非农化受到资源禀赋、经济要素、社会要素、财政要素等多方面影响形成了现有的耕地非农化格局。另外近年来遏制耕地非农化的政策也对温州市耕地非农化进程产生了极大的影响，但相关政策无法量化，故本文不再赘述。

表 3-3 温州市耕地非农化驱动因素因子探测结果

	探测因素	解释力(值)	显著性(p 值)
资源禀赋	耕地资源（公顷） X_1	0.8956	0.018*
	地形条件（米） X_2	0.5914	0.199
	地理位置（千米） X_3	0.3447	0.605
	路网密度（平米/平方千米） X_4	0.4348	0.453
经济要素	第二产业增加值(万元) X_5	0.7143	0.227
	第三产业增加值(万元) X_6	0.6338	0.286
	人均生产总值(万元) X_7	0.9078	0.000**
	固定资产投资(万元) X_8	0.5680	0.002**
社会要素	人口数量(万人) X_9	0.9450	0.000**
	城乡收入差距(%) X_{10}	0.6475	0.221
	城镇化率(%) X_{11}	0.5665	0.364
财政因素	一般公共预算收入(万元) X_{12}	0.7884	0.008**

注：*表示在 5% 显著性水平上显著相关，

★★表示在 1% 显著性水平上显著相关。

(二) 交互作用探测

交互作用探测识别不同驱动因子 X_s 之间的交互作用, 即评估因子 X_1 和 X_2 共同作用时是否会增加或减弱对因变量 Y 的解释力, 或这些因子对 Y 的影响是相互独立的。

如表 3-3 和表 3-4 所示, 结果显示耕地非农化的驱动因素具有很强的协同效应。除路网密度与地理位置的交互作用类型为非线性增强外, 其他因子之间的交互作用类型均为双因子增强, 这说明路网密度与地理位置两因子交互后 q 值大于各因子单独的解释力之和, 其他因子两两交互后 q 值大于两个因子单独解释力的最大值。由此可见, 上述的驱动因子在经过两两交互后对耕地非农化的影响程度都要大于单一因子对耕地非农化的影响, 存在两两交互增强的情况, 具有很强的协同效应。其中耕地资源 X_1 , 第三产业增加值 X_6 , 人均生产总值 X_7 , 人口数量 X_9 , 一般公共预算收入 X_{12} 在与其他因子的交互后 q 值均达到了 0.9 以上, 说明这些因子与其他因子分别交互后对耕地非农化的驱动增强作用非常明显。综合来看, 耕地非农化是个非常复杂的问题, 是由多个因素共同作用的结果, 在提出解决耕地非农化问题政策时要考虑多方面因素。

表 3-4 温州市耕地非农化驱动因素交互探测结果

	X1	X2	X3	X4	X5	X6
X1	0.8956	0.9717	1.0000	0.9274	0.9995	0.9834
X2	0.9717	0.5914	0.8631	0.7557	0.9551	0.9834
X3	1.0000	0.8631	0.3447	0.8660	0.8418	1.0000
X4	0.9274	0.7557	0.8860	0.4348	0.8960	1.0000
X5	0.9995	0.9551	0.8418	0.8960	0.7143	0.9313
X6	0.9834	0.9834	1.0000	1.0000	0.9313	0.6338
X7	0.9665	0.9623	0.9203	0.9506	0.9991	0.9909
X8	0.9877	0.9419	0.9453	0.9995	0.8646	0.9222
X9	0.9803	0.9616	0.9526	0.9970	0.9986	0.9715
X10	0.9086	0.9754	1.0000	0.9279	1.0000	0.9834
X11	0.9696	0.9993	0.8857	0.8859	0.8965	1.0000
X12	0.9803	0.9616	1.0000	0.9256	0.9141	0.9834

续表 3-4

	X7	X8	X9	X10	X11	X12
X1	0.9665	0.9877	0.9803	0.9086	0.9696	0.9803
X2	0.9623	0.9419	0.9616	0.9754	0.9993	0.9616
X3	0.9203	0.9453	0.9526	1.0000	0.8857	1.0000
X4	0.9506	0.9995	0.9970	0.9279	0.8859	0.9256
X5	0.9991	0.8646	0.9986	1.0000	0.8965	0.9141
X6	0.9909	0.9222	0.9715	0.9834	1.0000	0.9834
X7	0.9078	0.9909	0.9991	0.8343	0.7691	1.0000
X8	0.9909	0.5680	0.9685	0.9828	0.8574	0.9685
X9	0.9991	0.9685	0.9450	0.9808	0.9996	0.9611
X10	0.9343	0.9828	0.9808	0.6475	0.9996	0.9808
X11	0.9691	0.8574	0.9996	0.9996	0.5665	0.9996
X12	1.0000	0.9685	0.9611	0.9808	0.9996	0.7884

注: X_1 为耕地资源; X_2 为地形条件; X_3 为地理位置; X_4 为路网密度; X_5 为第二产业增加值; X_6 为第三产业增加值; X_7 为人均生产总值; X_8 为固定资产投资; X_9 为人口数量; X_{10} 为城乡收入差距; X_{11} 为城镇化率; X_{12} 为一般公共预算收入。红色底框表示 q 值大于 0.9。

表 3-5 交互探测判据

判据	交互作用
$q(X_1 \cap X_2) < \min[q(X_1), q(X_2)]$	非线性减弱
$\min[q(X_1), q(X_2)] < q(X_1 \cap X_2) < \max[q(X_1), q(X_2)]$	单因子非线性减弱
$q(X_1 \cap X_2) > \max[q(X_1), q(X_2)]$	双因子增强
$q(X_1 \cap X_2) = q(X_1) + q(X_2)$	独立
$q(X_1 \cap X_2) > q(X_1) + q(X_2)$	非线性增强

七、结论

随着经济的快速发展和城市化进程的加速, 耕地非农化现象日益显著, 对粮食安全和土地资源可持续利用构成了严峻挑战。本文以温州市为研究对象, 运用地理探测器模型, 对耕地非农化的驱动因素进行定量测度与分析, 以期由政府制定针对性的耕地保护政策提供理论依据。

通过对温州市耕地非农化驱动因素的深入分析, 揭示了耕地非农化是个非常复杂的问题, 是由多个因素共同作用的结果, (1) 主要受人口数量、人均生产总值、耕地资源、一般公共预算收入等要素影响, 解释力分别为 94.50%、90.78%、89.56%、78.84%。(2) 耕地非农化的驱动因素具有很强的协同效应。除路网密度与地理位置的交互作用类型为非线性增强外, 其他因子之间的交互作用类型均为双因子增强。

本文通过揭示耕地非农化的主要驱动因素, 为政府制定针对性的耕地保护政策提供了科学依据。研究结果有助于深化对耕地非农化现象的认识, 为土地资源管理和规划提供新的思路和方法, 对于温州市乃至全国的耕地保护和土地资源可持续利用具有重要的理论和实践意义。

参考文献:

[1] 晋明倩. 云南省耕地“非农化”与“非粮化”动态变化及驱动因素研究 [D]. 云南财经大学

[2] 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.

[3] 李涛. 重庆市农地非农化时空动态演进与形成机理研究 [D]. 西南大学, 2016.