

2000—2018 年广东省土地生态安全与 经济发展耦合协调分析

张焱文, 王 枫

(华南农业大学 公共管理学院, 广州 510642)

摘 要:土地生态安全是生态文明建设的重要组成部分,经济发展是国家富强、社会进步和人民生活水平提升的需要,探究两者的耦合协调关系,有利于统筹经济发展和土地保护。从广东省宏观角度出发,收集 2000—2018 年的数据,在借鉴文献的基础上,构建土地生态安全与经济发展评价指标体系,然后建立耦合模型测算耦合协调度,分析和探讨经济发展及其各子系统与土地生态安全的耦合协调水平。结果表明:(1) 广东省土地生态安全和经济发展整体呈现上升趋势,耦合程度保持在中度耦合水平,耦合协调状况经历了中度失调—轻度失调—中度失调—轻度失调—勉强协调—基本协调—中度协调的变化,2013 年从经济滞后型转变为土地生态滞后型;(2) 经济总量、人民生活与土地生态安全的耦合协调水平不断增强,但后者与土地生态安全的耦合协调水平要低,而经济结构与土地生态安全则处于失调状态。研究结果能为广东省经济发展和生态文明建设提供决策依据。

关键词:土地生态安全; 经济发展; 耦合协调; 广东省

中图分类号:X826; F127

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2021)01-0242-08

Coupling and Coordination of Land Ecological Security and Economic Development in Guangdong Province from 2000 to 2018

ZHANG Yanwen, WANG Feng

(College of Public Administration, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: Land ecological security is an important part of ecological civilization construction. Economic development is the need of national prosperity, societal progress and people's living standards. To explore the coupling and coordination between the two is conducive to overall economic development and land protection. From the macro perspective of Guangdong Province, the data of 2000—2018 were collected, and on the basis of references, the evaluation index system of land ecological security and economic development was constructed, then the coupling model was established to measure the coupling and coordination, and the coupling and coordination level of economic development and its subsystems and land ecological security were analyzed and discussed. The results were showed as follows. Firstly, the overall trend of land ecological security and economic development in Guangdong Province was on the rise, and the coupling degree remained at a moderate level. The coupling coordination situation had experienced the change of moderate maladjustment-mild maladjustment-mild maladjustment-barely coordination-basic coordination-moderate coordination. In 2013, it changed from the economic lag type to the land ecological lag type. Second, the level of coupling and coordination between economic aggregate, people's life and land ecological security had been increasing, but the level of coupling and coordination between the latter and land ecological security were lower, while the economic structure and land ecological security were in a disordered state. These results can provide decision-making basis for economic development and ecological civilization construction of Guangdong Province.

Keywords: land ecological security; economic development; coupling coordination; Guangdong Province

收稿日期:2020-04-13

修回日期:2020-05-02

资助项目:国家自然科学基金(41301078,41401626);广州市哲学社科规划 2020 年度课题(2020GZYZB40)

第一作者:张焱文(1997—),男,广东梅州人,学士,主要从事土地资源利用研究。E-mail:1535543746@qq.com

通信作者:王枫(1979—),男,湖南津市人,副教授,博士,主要从事土地资源开发利用与保护研究。E-mail:wfcjc@163.com

土地是万物之本,人类的生存和发展要求保护土地的安全。然而,工业革命以来,城市化和工业化的快速发展,导致土地不合理利用和环境的污染,给土地造成巨大的压力。而我国改革开放以来,在传统发展观的影响下,片面追求经济发展,大规模发展污染环境的工业,从而严重威胁到土地的安全。土地生态安全是衡量土地安全状况的主要指标,土地生态安全又是生态文明建设的重要组成部分。进入新时代,生态文明建设被国家提高到了战略性的高度,如何协调好土地生态安全与经济发展的关系成为众多土地科研人员的热门研究课题。通过对土地生态安全和经济发展进行定量的耦合协调分析,有利于了解研究区域土地生态安全与经济发展的耦合协调状况,为进一步研究或制定相应的土地保护和经济发展措施提供有效依据。

国内学者对土地生态安全的研究较多,如曲福田、梁留科、崔峰等从宏观层面判断土地生态系统能否满足自身需求、提供人类发展所需资源、对环境造成破坏三方面功能状态探究土地生态安全概念^[1-4]。评价体系上,采用压力—状态—响应(PSR)^[5-6]、自然—经济—社会(NES)^[7-8]、经济—环境—社会(EES)等^[9-10]概念模型,结合研究区实际情况构建评价指标体系,并采用熵值法^[5-6]、层次分析法^[9]、综合赋权法等^[10]确定权重,从而对特定区域进行土地生态安全评价分析。结合一系列成果来看,大部分研究都仅是围绕土地生态安全,从不同的角度,运用不同模型探究其含义和评价方式,对于土地生态安全与经济发展水平两系统的研究相对较少^[11-13],研究还主要集中于评价二者的耦合协调关系,评价结果属于两系统的总体关系状况,为此,有必要对土地生态安全与经济发展各子系统的耦合协调关系进行分析探讨。广东省是我国第一经济大省,粤港澳大湾区有 9 个城市分布于此,经济发展与土地生态环境的矛盾和问题较为突出,与我国其他省份相比具有代表性。基于以上考虑,本文以广东省为研究区域,运用驱动力—压力—状态—影响—响应(DPSIR)概念模型建立土地生态安全评价指标体系,从经济实力、人民生活和经济结构 3 个层面确定广东省经济发展状况,然后测算广东省 2000—2018 年土地生态安全和经济发展的耦合协调度,并进一步分析和探讨经济总量、人民生活、经济结构与土地生态安全的耦合协调水平,以期广东省经济发展和生态文明建设提供决策依据。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

广东省位于我国最南部,北纬 $20^{\circ}13'$ — $25^{\circ}31'$,

东经 $109^{\circ}39'$ — $117^{\circ}19'$,境内陆地面积为 17.98 万 km^2 ,海岸线长 3 368.1 km。属于东亚季风气候,光水热资源丰富,年平均气温约 $19\sim 24^{\circ}\text{C}$,降水量约 $1\,300\sim 2\,500\text{ mm}$ 。地势北高南低,地貌类型复杂,山地和丘陵面积约为 11.15 万 km^2 ,占全省陆地面积的 62%,主要分布在北部、东北部和西部;台地和平原则主要分布于中部和南部,面积约为 6.83 万 km^2 ,占全省陆地面积的 38%。分为珠三角、粤东、粤西和粤北 4 个区域,下辖 21 个地级市。

据统计,2018 年末,全省常住人口达 1.135 亿人,占我国大陆总人口的 8.13%,城镇化率为 70.70%;从 1989 年开始,广东经济总量超过江苏成为中国第一经济大省后,已连续 31 年稳居全国第一,2019 年全省全年地区生产总值达 10.767 万亿元,占全国生产总值的 10.89%,比第二名的江苏多 0.804 万亿元。随着《粤港澳大湾区发展规划纲要》的印发,广东未来经济的发展将更加快速,土地生态安全与经济发展的矛盾将日益突出,如果能及时解决土地生态安全问题,将为广东经济的可持续发展扫清一重障碍。

1.2 数据来源

本研究数据来源于 2001—2019 年《广东统计年鉴》、《广东统计公报》和《中国农村统计年鉴》,国家统计局和中国经济社会大数据研究平台统计数据,以及研究文献整理获得的数据。对于无法直接获取的数据,则通过科学公式计算出相应的数值。

2 研究方法

2.1 评价指标体系构建

土地生态安全系统和经济发展系统均为涉及多影响因子的复合系统,复杂程度高,在构建评价指标体系时,应当遵循科学性、客观性原则、整体性与层面性原则、代表性与可得性原则,才能更加真实、准确地描述两系统的状况,保障研究结果的可靠性和可用性。

2.1.1 土地生态安全评价指标体系 土地生态安全评价指标体系的选择和确定是定量研究土地生态安全的关键所在^[14],目前学术界用来研究土地生态安全评价指标体系的模型较多,本研究采用 DPSIR 模型,一方面该模型继承了 DPS 模型的优点,具有清晰的逻辑思路和理论框架^[15],另一方面该模型经过多年的发展,已是较成熟的理论框架模型。在中国知网中,有 508 条关于该模型的研究和应用,被广泛运用于城市发展、水资源、生态环境等领域。

本文将 DPSIR 模型作为准则层,借鉴其他专家的研究成果^[5-6,14,16-17],结合广东省的土地生态环境状况,建立包括 16 个具体评价指标的广东省土地生态安全评价指标体系(表 1),以客观、真实地描述广东省土地生态安全水平。

表 1 广东省土地生态安全评价指标体系				
准则层	评价指标	单位	指标趋向性	权重
驱动力 <i>D</i>	人口密度	人/hm ²	负向	0.0593
	人口自然增长率	‰	负向	0.0356
	单位面积土地 GDP 产值	万元/hm ²	正向	0.0656
压力 <i>P</i>	单位面积耕地化肥施用量	kg/hm ²	负向	0.0615
	单位面积耕地农药使用量	kg/hm ²	负向	0.0595
	城镇化水平	%	负向	0.0621
状态 <i>S</i>	人均耕地面积	hm ² /人	正向	0.0444
	森林覆盖率	%	正向	0.0907
	人均水资源拥有量	m ³ /人	正向	0.0578
影响 <i>I</i>	造林面积	千 hm ²	正向	0.0692
	有效灌溉面积	千 hm ²	正向	0.0923
	粮食单产	kg/hm ²	正向	0.0706
响应 <i>R</i>	受灾面积	千 hm ²	负向	0.0292
	生活垃圾无害化处理率	%	正向	0.0812
	城市污水日处理能力	万 m ³	正向	0.0692
	建成区绿化覆盖率	%	正向	0.0518

2.1.2 经济发展评价指标体系 经济发展是以经济增长为基础,社会经济结构持续高级化的创新过程或变化过程,涉及的因素众多,其内涵比经济增长更广泛,除了要展现地区自身的经济水平和未来的发展外,还要体现人民的生活水平。前人的研究^[11-14,18-19]多从经济总量、经济结构和经济效益三方面描述经济发展水平,虽然经济效益的指标选取上会关注到人民的生活水平,但还是以经济本身为出发点,对人民生活状况的体现不够全面、深入。

鉴于此,本研究对前人的三方面评价体系进行改进、优化,从经济总量、人民生活和经济结构 3 个层面出发,根据广东省经济发展的实际情况,建立具有 10 项具体评价指标的经济发展评价指标体系(表 2),使评价体系在更加关注人本身、突出人文关怀的基础上,实现对广东省经济发展的全面、客观评价。

2.2 数据标准化处理

土地生态安全与经济发展评价指标体系中,每个指标的量纲和单位存在一定的差异,如果直接参与计算得到结果,进行分析时会造成数字过大,评定标准难易确定等问题。因此,在计算前应采用极差标准化法进行标准化处理,将各指标数据投影到 0~1 之间,

实现数据的无量化。而根据指标趋向性的不同,采用的公式存在差异。

正向指标: $B_{ij} = (X_{ij} - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$ (1)

负向指标: $B_{ij} = (X_{\max} - X_{ij}) / (X_{\max} - X_{\min})$ (2)

式中: B_{ij} 为标准化处理结果值; X_{ij} 为第*i*列第*j*行的指标实际值; X_{\max} 第*i*列指标实际值中的最大值; X_{\min} 为第*i*列指标实际值中的最小值。

表 2 广东省经济发展评价指标体系				
准则层	评价指标	单位	指标趋向性	权重
经济总量	地区生产总值	亿元	正向	0.0955
	全社会固定资产投资	亿元	正向	0.0997
	地方财政预算收入	亿元	正向	0.1091
	社会消费品零售额	亿元	正向	0.1092
人民生活	居民消费水平	元/人	正向	0.0977
	城镇居民人均可支配收入	元/人	正向	0.0966
	农村居民人均可支配收入	元/人	正向	0.1092
经济结构	第二产业产值占比	%	负向	0.0983
	第三产业产值占比	%	正向	0.0958
	固定资产投资占 GDP 比重	%	负向	0.0889

2.3 计算综合评价值

土地生态安全与经济发展综合评价的首要任务是赋权,指标权重的确定可分为主观赋权法、客观赋权法、主客观组合赋权法^[20]。主观赋权法受研究者主观偏好影响较大,研究结果容易出现误差;主客观组合赋权法虽然综合运用到了主、客观赋权法,在一定程度上能降低主观偏好的影响,但算法的复杂度普遍比较高,其应用性受到较大限制。因此,本研究采用客观赋权法。

客观赋权法又分为熵值法、主成分分析法和多目标规划法,其中运用较多的是熵值法,它是根据指标离散程度的大小来确定指标权重,具有较强的客观性、合理性和科学性,可以充分避免个人主观因素对评价结果的影响,提高研究结果的可信度。具体计算方法为:

第一步:计算第*i*列指标的熵值:

$$E_j = -k \sum_{i=1}^n P_{ij} \ln P_{ij}$$
 (3)

式中: E_j 为第*i*列指标的熵值, $k = 1/\ln n$, $P_{ij} = B_{ij} / \sum_{i=1}^n B_{ij}$ 。由式可知,当 $B_{ij} = 0$ 时, $P_{ij} = 0$,与上式不符,因此需改进公式,改进后的公式为: $p_{ij} = (1 + B_{ij}) / (n + \sum_{i=1}^n B_{ij})$

第二步:计算各指标的差异系数和权重:

$$G_i = 1 - E_j$$
 (4)

$$W=G_i/\sum_{i=1}^nG_i \tag{5}$$

式中: G_i 为指标差异系数值; W 为各指标权重。

第三步:计算土地生态安全和经济发展的综合评价价值:

$$N=\sum_{i=1}^mB_{ij}W \tag{6}$$

$$M=\sum_{i=1}^mB_{ij}W \tag{7}$$

式中: N 土地生态安全综合评价价值; M 为经济发展综合评价价值。

2.4 构建耦合协调模型

借鉴相关成果^[21],确定土地生态安全与经济发展耦合协调水平要通过构建耦合协调模型,测算耦合度指数,再计算土地生态安全与经济发展综合指数进而求得耦合协调度指数,从而判断两系统的耦合协调发展程度,公式如下:

$$C=\{NM/[(N+M)/2]^2\}^2 \tag{8}$$

$$T=aN+bM \tag{9}$$

$$D=\sqrt{CT} \tag{10}$$

式中: C 为耦合度指数; T 为综合指数; D 为耦合协调度指数; a, b 分别为土地生态安全和经济发展重要性系数。由于土地生态安全和经济发展对于社会、国家和人类的未来同等重要,所以 a, b 值均取 0.5。

3 结果与分析

3.1 广东省土地生态安全综合水平分析

从土地生态安全水平来看(图 1),2000—2018 年十九年间广东省土地生态安全经历了从下降—快速上升—波动上升的变化。2000—2004 年广东省土地生态安全一直下降,土地生态安全综合评价价值从 0.303 3 下降到 0.184 3,约降低 39.23%,土地生态系统不断遭受破坏。2004—2010 年广东省土地生态安全综合评价价值由 0.184 3 快速增长到了 0.500 9,增长率高达 1.5 倍以上,年均增长约 28.63%,其中 2006—2007 年有所下降,但降幅不太,降低后仍超过 2000 年的综合评价价值,由此可以看出该段时间内土地生态系统获得快速改善,生态环境得到重视。2010—2018 年是广东省土地生态安全综合评价价值波动上涨的阶段,年均增长率约为 1.92%,其中 2017—2018 年增长率较大,增长率约为 16.12%。

为使广东省土地生态安全评价结果有更加直观的判断和比较,根据广东省的土地生态系统实际状况和结合学者对其他地区土地生态安全等级的划分研究^[5-6,9-10],将广东省土地生态安全水平划分为 5 个

等级:[0,0.25)为不安全:[0.25,0.45)为较不安全:[0.45,0.55)为临界安全:[0.55,0.75)为安全:[0.75,1]为非常安全。因此,广东省的土地生态安全等级从 2009 年开始就升到临界安全等级,2015 年达到安全等级且一直保持。

对于土地生态安全 DPSIR 模型中的各子系统(图 1),驱动力子系统变化较小,评价值在 0.059 3 至 0.091 6 内波动,最小值出现在 2000 年、2014 年达到最大值;压力子系统整体上呈现波动下降,2000—2007 年的波动轨迹与土地生态安全综合评价价值完全吻合且每年的波动幅度较接近,从 2007 年开始,该子系统评价值与土地生态安全综合评价价值随着时间呈相反方向发展,前者不断降低,后者则呈上升趋势;状态子系统整体在波动上升,波动规律明显,前 5 a 上下波动交替出现,波动幅度小,变化不大,对土地生态安全综合评价价值影响较小,后 14 a 则每上涨两年或三年下降一次,且下降之前总能创造 2000 年以来的峰值,2018 年达最大值,为 0.151 4;影响子系统的变化较为复杂,2000—2006 年系统评价值在缓慢下降,平均每年下降 0.009 9,2006 年开始不断上升,直至 2012 年,接着是快速降低和反弹回升的三年,最后保持在 0.22 水平上下,其中快速降低上升的三年对土地生态安全影响较大,使得综合评价价值产生略微的降低;响应子系统的评价价值除 2011 年有所下降外,其他各年都在不断上升,2018 年已达到 0.202 2,年均增长 0.010 6,在不断提升土地生态安全状况。

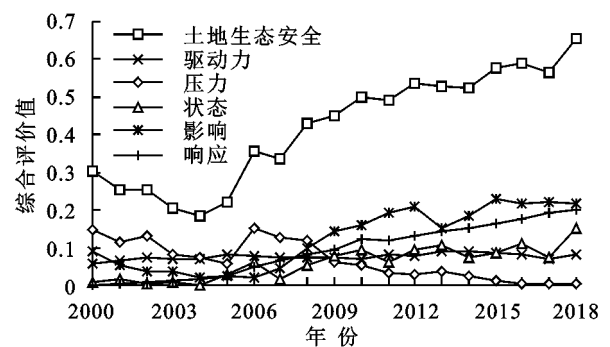


图 1 广东省土地生态安全综合评价价值

综合来看,研究期前期土地生态安全综合评价价值下降是因为压力子系统与影响子系统评价值的降低,后期的逐渐增长则是受影响子系统、响应子系统和状态子系统的作用。从指标层面看,主要受单位面积土地 GDP 产值和造林总面积的增加,城镇污水日处理能力的增强以及生活垃圾无害化处理率上升的影响。

3.2 广东省经济发展综合水平分析

从经济发展水平来看(图 2),广东省的经济发展

水平总体上呈现不断上涨趋势,经济发展综合评价价值从 2000 年的 0.013 8 增长到 2018 年的 0.911 1,增长了 65.02 倍,由此也可以看出广东省作为我国的第一经济大省的发展速度之快,特别是从 2005 年以来,每年平均以 36.74% 的速度增长。但是研究中广东省在 2002—2004 年广东省的经济发展出现了下降,这与广东省经济水平是一直上涨的常理相违背,为此需要进一步对准则层和指标进行具体分析。

从经济总量上看,广东省的地区生产总值、固定资产投资、地方财政预算收入和社会消费品零售总额 4 项指标与经济发展的关系都成正向性,指标值越大,经济发展水平越高。人民生活层面中的居民消费水平、城镇居民人均可支配收入和农村居民人均可支配收入指标也是如此,因此这两个层面的发展水平都在不断提高。但经济结构层面不一样,在该层面内 3 项指标中,只有第三产业产值占比才与经济发展水平成正向性,而第二产业产值占比和固定资产投资占 GDP 比重指标与经济发展水平呈负向性,因为第二产业属于对环境破坏较大的产业,其比重越大,对土地生态系统的污染和影响越严重,而固定资产投资占 GDP 比重越大,说明每年可以灵活运用的资金越少,区域经济潜力越小,经济结构越不稳固,越不利于区域经济发展,所以该两项指标的数值越大,在指标权重不变的情况下,若其

他各项指标与权重乘积的累加值小于它们时,就会导致广东省经济发展水平的下降,研究中 2002—2004 年出现经济发展下降正是这个原因。

3.3 土地生态安全与经济发展耦合协调分析

构建的耦合协调模型中,土地生态安全与经济发展耦合指数和耦合协调度指数是使用 0 至 1 区间范围内的数字来表示的,数字越接近 0,耦合度和协调度越差;如果越接近 1,则耦合效果越好,土地生态安全系统与经济发展系统也就越协调。但是,为对广东省的土地生态安全与经济发展的耦合协调状况做出更加清晰判定和认识,以便研究结果有更好的实用性和操作性,需结合耦合度指数和协调度指数的测算结果及广东省社会经济的实际情况,借鉴前人的研究成果^[11-14],进行耦合度(表 3)和协调度(表 4)的等级划分。

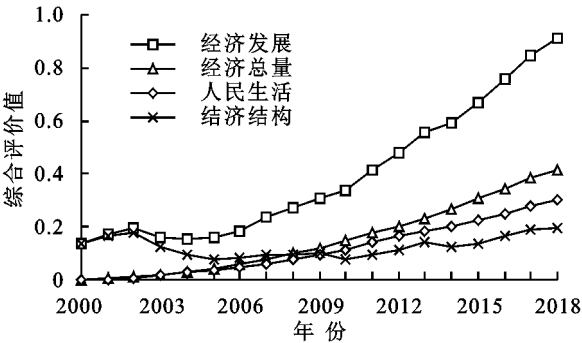


图 2 广东省经济发展综合评价

表 3 广东省土地生态安全与经济发展耦合类型划分标准

耦合指数区间	[0,0.2)	[0.2,0.45)	[0.45,0.6)	[0.6,0.85)	[0.85,1]
耦合类型	不耦合	勉强耦合	基本耦合	中度耦合	高度耦合

表 4 广东省土地生态安全与经济发展协调类型划分标准

协调度指数区间	协调类型	两系统综合值对比
[0,0.15)	严重失调	土地生态安全综合评价值 N 和经济发展综合评价值 M 比较 当 N>M 时,为经济发展滞后型 当 N<M 时,为土地生态滞后型 当 N=M 时,为同步发展型
[0.15,0.25)	中度失调	
[0.25,0.35)	轻度失调	
[0.35,0.45)	濒临失调	
[0.45,0.55)	勉强协调	
[0.55,0.7)	基本协调	
[0.7,0.85)	中度协调	
[0.85,1]	高度协调	

3.3.1 耦合指数 C 分析 耦合指数可用来描述系统相互耦合作用的强弱相互关系^[22],本研究中表示广东省的土地生态安全系统与经济发展系统耦合作用的强弱。广东省土地生态安全与经济发展的耦合指数每年是上升还是下降有较强的不确定性,趋势不明显,但总体水平较高,在研究的时间范围内,只有 2000 年和 2006 年的值较低,分别为 0.223,0.360 8,其余年份耦合指数都在 0.6 以上(表 5),说明广东省土地生态安全与经济发展十

九年来的耦合程度保持在较高水平,大部分年份属于中度耦合类型,反映出两系统不断磨合以保证土地生态系统的经济和经济的平稳发展。

3.3.2 耦合综合指数 T 分析 耦合模型综合指数可描述耦合作用主体整体发展水平对相互耦合协调度的贡献程度,如果综合指数越大,各主体的发展对耦合协调度的贡献就越大。反之,综合指数越小,贡献也就越小。在本研究中,土地生态安全与经济发展综

合指数描述的是广东省土地生态安全与经济发展对于两系统相互耦合协调度的贡献程度。广东省土地生态安全和经济发展综合指数呈“勾型”,2000—2004 年不断下降,2004 年降到最低值 0.168 3,然后开始逐年上涨(表 5),说明 2004 年开始这两系统的整体发展对其耦合协调度的贡献力在不断增强。

3.3.3 耦合协调度 *D* 分析 广东省土地生态安全与经济发展耦合协调度大致可以分为 3 个阶段(表 5)。第一阶段是 2000—2002 年,耦合协调度指数快速上升,

从 0.221 9 涨到 0.439 5,年均增长率约为 49.03%,使广东省土地生态安全与经济发展协调类型从中度失调跃升到濒临失调。在此期间,广东省的土地生态安全综合评价价值大于经济发展综合评价价值,但都保持在较低水平且土地生态安全综合评价价值在减小,经济发展综合评价价值在增加,两者评价价值之差在缩小。因此,根据广东省土地生态安全与经济发展耦合协调类型划分标准,可以确定广东省当时属于低水平经济发展滞后型,且一直处于失调状态。

表 5 广东省土地生态安全与经济发展耦合协调度测算

年份	土地生态安全综合评价价值	经济发展综合评价价值	耦合指数 <i>C</i>	综合指数 <i>T</i>	耦合协调度 <i>D</i>	耦合类型	协调类型
2000	0.3033	0.1384	0.2230	0.2209	0.2219	勉强耦合	中度失调
2001	0.2553	0.1740	0.6944	0.2146	0.3861	中度耦合	濒临失调
2002	0.2520	0.1971	0.8602	0.2246	0.4395	高度耦合	濒临失调
2003	0.2056	0.1605	0.8582	0.1831	0.3964	高度耦合	濒临失调
2004	0.1843	0.1523	0.9134	0.1683	0.3921	高度耦合	濒临失调
2005	0.2205	0.1577	0.7562	0.1891	0.3782	中度耦合	濒临失调
2006	0.3545	0.1862	0.3608	0.2703	0.3123	勉强耦合	轻度失调
2007	0.3337	0.2350	0.7368	0.2844	0.4577	中度耦合	勉强协调
2008	0.4283	0.2736	0.6079	0.3509	0.4619	中度耦合	勉强协调
2009	0.4507	0.3093	0.7033	0.3800	0.5170	中度耦合	勉强协调
2010	0.5007	0.3381	0.6818	0.4194	0.5347	中度耦合	勉强协调
2011	0.4910	0.4139	0.9298	0.4525	0.6486	高度耦合	基本协调
2012	0.5378	0.4817	0.9701	0.5097	0.7032	高度耦合	中度协调
2013	0.5272	0.5552	0.9933	0.5412	0.7332	高度耦合	中度协调
2014	0.5257	0.5933	0.9642	0.5595	0.7345	高度耦合	中度协调
2015	0.5761	0.6673	0.9476	0.6217	0.7675	高度耦合	中度协调
2016	0.5914	0.7587	0.8565	0.6751	0.7604	高度耦合	中度协调
2017	0.5634	0.8469	0.6618	0.7052	0.6832	中度耦合	基本协调
2018	0.6542	0.9111	0.7610	0.7827	0.7717	中度耦合	中度协调

第二阶段是 2002—2006 年,耦合协调度在逐渐减小,两系统的耦合协调类型从濒临失调降至轻度失调,土地生态安全综合评价价值仍旧大于经济发展综合评价价值,且各年的增减趋势相同,属于经济滞后型。其中 2002—2004 年两系统的综合评价价值都在下降,两系统综合评价价值之差保持在相同水平,而 2004—2006 年综合评价价值开始上升,土地生态安全综合评价价值增长速度大于经济发展;2005—2006 年土地生态安全综合评价价值的明显上涨造成两系统的协调度指数迅速下降,使协调类型下降一级至轻度失调,分析土地生态安全评价指标数据每年的变化发现,2005—2006 年单位面积耕地化肥施用量和农药施用量有明显的减少,下降率分别为 24.38%,21.95%,对土地生态安全状况影响较大。

第三阶段是 2006—2018 年,广东省土地生态安全与经济发展耦合协调水平愈来愈高,耦合协调度从 0.312 3 上升到 0.771 7,增长率为 147.1%。其中 2006—2007 年、2010—2011 年增长较快,增长率分别为 46.58%,21.3%,2016—2017 年受土地生态安全综合评价价值的影响,耦合协调度有所降低,不过接着下一年又恢复到正常水平。相应地该段时间内广东省土地生态安全与经济发展协调类型经过了从轻度失调—勉强协调—基本协调—中度协调的等级上升变化,2017 年出现降级,降至基本协调。对比土地生态安全与经济发展综合评价价值,两系统综合评价价值之差经历了先减小后增大的变化,从 2013 年开始广东省就从原先的经济滞后型转变为土地生态滞后型,且两系统的综合评价价值之差在不断地增大。由此也可

以看出广东省虽然对土地实施了一定的保护措施和政策,土地生态安全与经济发展协调水平有了较大提升,但是随着经济的快速发展,土地保护已不再能跟上,造成土地生态系统保护的滞后。

3.4 土地生态安全与经济发展子系统耦合协调分析

为进一步增加研究的实用性和针对性,以便更好地制定土地生态保护和经济发展的政策,需进一步分析土地生态安全与经济发展各层面的耦合协调状况。

3.4.1 土地生态安全与经济总量耦合协调分析 由图 3A 可知,广东省土地生态安全与经济总量的耦合指数在研究时期内除 2006 年和 2018 年有降低外,整体呈现上升水平,从 0 上涨到 0.909,耦合类型从研究期初的不耦合至期末的高度耦合。协调度呈现出非常平稳的上涨,从 0 开始一直上涨到 0.693 5,协调类型从严重失调等级逐步升到基本协调。由此看出,广东省土地生态安全与经济总量相互耦合作用不断增强,协调水平不断上涨,以更好地相互促进,实现土地生态保护和经济总量的健康发展。

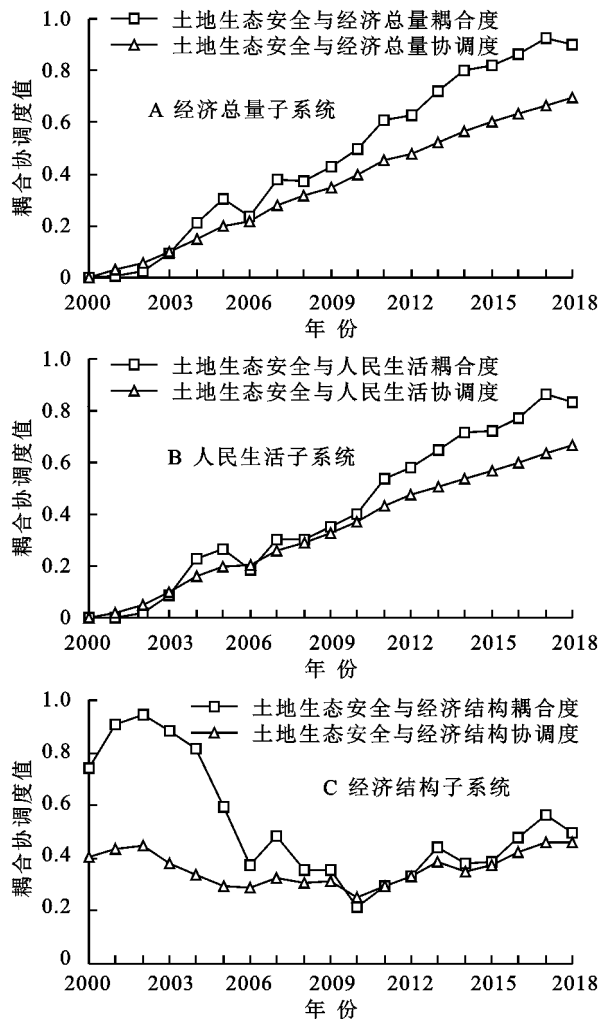


图 3 广东省土地生态安全与经济发展子系统耦合协调度
3.4.2 土地生态安全与人民生活耦合协调分析 由

图 3B 可知,广东省土地生态安全与人民生活的耦合指数、协调度指数和土地生态安全与经济总量的相似度高,研究期初都为 0,但各年的耦合指数与协调度指数都相对较小,2018 年的耦合指数值为 0.749 9,协调度值为 0.599 2,耦合类型为中度耦合,协调类型为基本协调,说明广东省土地生态安全与人民生活的耦合等级比土地生态安全与经济总量要低一级,协调类型等级则相同。这说明在与土地生态安全耦合协调上,广东省的人民生活水平要弱于经济总量。在所选的经济总量和人民生活指标都与经济发展呈正相关关系,因此可以更加关注人民的生活,进一步提高人民生活水平,促进土地生态安全与经济发展的协调程度的提升。

3.4.3 土地生态安全与经济结构耦合协调分析 由图 3C 可知,广东省土地生态安全与经济结构耦合度整体呈现上升—下降—上升的变化趋势,2002 年增长到最大值 0.942 6,2010 年降至最小值 0.216 3。耦合类型从期初的中度耦合升级到高级耦合,之后逐步降级至勉强耦合,最后又升级到基本耦合,研究期后三年均保持在该等级。协调度整体变化不大,指数值介于 0.2~0.45,协调类型经历了濒临失调—轻度失调—中度失调—轻度失调—濒临失调的变化,呈现出“V”字型,属于缓慢式的升降级变化。结合经济结构层面各指标数值发现,2000—2018 年广东省第二产业产值占比呈现先变大后变小、第三产业产值占比和固定资产投资占 GDP 比重都呈波动式上涨。第二、三产业产值占比从接近到第二产业高于第三产业,再到第三产业高于第二产业,由此反映出广东省从以发展第二产业为主的经济结构向以第三产业为主转变,而固定资产投资占比的上升正好说明广东为实现该转变进行的投资,也就使得广东省土地生态安全与经济结构协调度能逐渐上升。

4 讨论与结论

(1) 2000—2018 年广东省土地生态安全 and 经济发展整体呈现上升趋势,其中土地生态安全经历了从下降—快速上升—波动上升的变化,土地生态安全等级从 2015 年开始达到安全等级;经济发展水平经历了上升—下降—稳步上升的变化。

(2) 2000—2018 年,广东省土地生态安全与经济发展耦合程度较高,基本保持在中度耦合水平,对协调度的贡献从 2004 年开始不断增大,两系统的协调度上下波动较明显,协调状况经历了中度失调—轻

度失调—中度失调—轻度失调—勉强协调—基本协调—中度协调的变化,2013 年实现经济滞后型向土地生态滞后型的转变。

(3) 2000—2018 年广东省的经济总量和人民生活水平评价价值都在稳步上涨,两者与土地生态安全的耦合度和协调度也在不断增强,但后者与土地生态安全的耦合协调水平要弱。广东省经济结构综合评价价值和经济结构与土地生态安全的协调度处于稳定水平,但因耦合度的下降导致两系统一直处于失调状态。

根据以上结论,结合粤港澳大湾区建设背景,未来广东经济的发展速度将逐渐加快,协调土地生态安全与经济发展,广东省需继续推进产业结构优化,发展第三产业和高新技术产业,完善各城市内部环境保护设施建设,提高绿化水平,关注人民的生活质量。需要说明的是,本研究只是对广东省宏观区域进行了分析和探讨,未从空间区域的角度对各市的土地生态安全与经济发展耦合协调水平进行分析,因各数据都为全省平均水平,在数据差异较大的地区,最终分析的结果可能存在较大差别,因此在实际应用中有必要结合各市情况,进行相应的深入研究。此外,受篇幅的限制,研究中并未对各具体评价指标的影响效果进行分析,因此在未来的研究中,可以对这一方面进行探讨。

参考文献:

[1] 梁留科,张运生,方明.我国土地生态安全理论研究初探[J].云南农业大学学报:自然科学版,2005,20(6):81-86.

[2] 曲福田,赵海霞,朱德明.江苏省土地生态安全问题及对策研究[J].环境保护,2005(2):57-59.

[3] 崔峰.我国土地生态安全问题管窥[J].南京农业大学学报:社会科学版,2006,6(4):51-56.

[4] 熊建华.土地生态安全评价研究回顾、难点与思考[J].地理与地理信息科学,2018,34(6):71-76.

[5] 张军以,苏维词,张凤太.基于 PSR 模型的三峡库区生态经济区土地生态安全评价[J].中国环境科学,2011,31(6):1039-1044.

[6] 麦麦丽开·艾麦提,满苏尔·沙比提,张雪琪,叶尔羌河平原绿洲耕地生态安全评价及预警分析[J].中国农业资源与区划,2019(7):135-144.

[7] 余晓玲,宋慷慷,林珍铭.工业城市土地生态安全评价及其障碍因子分析[J].江苏农业科学,2019,47(11):271-275.

[8] 刘志有,蒲春玲,闫志明,等.基于生态文明视角新疆绿洲土地生态安全影响因素及管控机制研究:以塔城市为例[J].中国农业资源与区划,2018,39(3):155-160.

[9] 茹小斌,孙玮健,牛劲达.区域土地生态安全评价研究:以北京市海淀区为例[J].环境与可持续发展,2019,44(6):145-148.

[10] 张松男,雷国平.基于 E-E-S 协同模型的土地生态安全模糊物元评价:以哈尔滨市为例[J].国土资源情报,2012(11):51-56.

[11] 张轩诚,王国梁.陕西省土地生态安全与经济发展耦合协调分析[J].嘉应学院学报,2018,36(5):82-88.

[12] 熊建华,唐将伟.广州市土地生态安全与社会经济发展耦合协调研究[J].安全与环境学报,2019,19(2):615-620.

[13] 代杰.湖南省土地生态安全与经济发展耦合协调分析[J].农村经济与科技,2019,30(7):42-45.

[14] 郭晶.渝东北山区近 20 年生态安全与经济发展水平耦合协调分析[D].重庆:重庆师范大学,2019.

[15] Karen Tscherning, Katharina Helming, Bernd Krip-pner, et al. Does research applying the DPSIR frame-work support decision making[J]. Land Use Policy, 2011,29(1):102-110.

[16] 田原,李连营,江文萍,等.长江中游城市群土地生态安全评价及时空格局分析[J].北京测绘,2019,33(11):1291-1296.

[17] 徐美,朱翔,李静芝.基于 DPSIR-TOPSIS 模型的湖南省土地生态安全评价[J].冰川冻土,2012,34(5):1265-1272.

[18] 王维.长江经济带生态保护与经济发展耦合协调发展格局研究[J].湖北社会科学,2018(1):73-80.

[19] 张蓉.区域生态环境与经济耦合协调发展的评价研究[D].重庆:西南大学,2015.

[20] 郭昱.权重确定方法综述[J].农村经济与科技,2018,29(8):252-253.

[21] 伦丹,周文佐,苏维词.1999—2013 年重庆市土地持续利用与生态环境协调发展耦合性分析[J].中国岩溶,2016,35(4):453-459.

[22] 胡凤英,郑毅,周正龙.基于耦合协调度的土地生态安全与经济关系的评价研究[J].安徽农业科学,2015,43(18):266-270.