

粤北山区社会—生态—经济系统恢复力及其协调度

唐波, 肖欣

(中山大学新华学院资源与城乡规划系, 广东广州510520)

摘要: [目的] 对粤北山区5市的社会—生态—经济系统的恢复力进行测度和协调度评价, 为欠发达地区的可持续发展提供理论基础。[方法] 以恢复力的视角构建了社会—生态—经济耦合系统的理论框架和评价体系, 并建立二元和三元协调度模型。[结果] ①社会—经济—生态系统恢复力总体上升, 社会子系统和经济子系统恢复力增速较为缓慢, 生态子系统恢复力有所下降; ②社会—经济—生态系统恢复力等级空间明显, 社会子系统恢复力等级升高, 呈现“四周高中间低”的特点, 经济系统恢复力呈现出“东高西低”的特征, 生态子系统恢复力等级出现了下降的趋势。③生态—经济系统濒临失调, 社会—生态系统基本协调, 社会—经济系统初级协调; 社会—生态—经济系统协调度仍然处于轻度失调阶段。[结论] 粤北地区耦合系统的恢复力有待提高, 特别是生态系统恢复力。后期应该注重社会—生态—经济系统的协调和互动能力。

关键词: 恢复力; 耦合系统; 协调度; 粤北山区

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2020)05-0218-09

中图分类号: X820.3, F301

文献参数: 唐波, 肖欣. 粤北山区社会—生态—经济系统恢复力及其协调度[J]. 水土保持通报, 2020, 40(5): 218-226. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2020.05.032; Tang Bo, Xiao Xin. Resilience and coordination degree of social-ecological-economic system in mountainous areas of Northern Guangdong Province [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2020, 40(5): 218-226.

Resilience and Coordination Degree of Social-Ecological-Economic System in Mountainous Areas of Northern Guangdong Province

Tang Bo, Xiao Xin

(Department of Resources and the Urban Planning,

Xinhua College of Sun Yat-sen University, Guangzhou, Guangdong 510520, China)

Abstract: [Objective] The resilience and coordination degree of the social-ecological-economic system of five cities in the mountainous areas of northern Guangdong Province were measured to provide a theoretical basis for the sustainable development of underdeveloped areas. [Methods] From the perspective of resilience, this study constructed a theoretical framework and evaluation method of the social-ecological-economic coupling system, and established binary and ternary coordination-degree models. [Results] ① The resilience of the social-economic-ecological system generally increased; the resilience of the social and economic subsystems increased relatively slowly, whereas the resilience of the ecological subsystem decreased. ② The resilience level of the social-economic-ecological system was obvious. For example, the resilience level of the social subsystem increased, and exhibited the characteristics of being high in the surrounding areas and low in the central area. In contrast, the resilience level of the economic system exhibited a downward trend, and was high in the east and low in the west. ③ The ecological-economic system was on the verge of maladjustment, the social-ecological system was basically coordinated, and the social-economic system was primary coordinated; hence, the social-ecological-economic system was in the stage of slight maladjustment. [Conclusion] The

收稿日期: 2020-05-14

修回日期: 2020-06-05

资助项目: 广东省哲学社会科学“十三五”规划项目“一带一路背景下珠三角城市经济脆弱性研究: 机制, 格局与管理”(GD17YGL10); 中山大学新华学院科研启动基金(2017QN001); 大学生创新创业训练计划(S201913902019); 2016年广东省特色重点学科“公共管理”建设项目(2017STSZD01)

第一作者: 唐波(1988—), 男(汉族), 湖南省衡山县人, 硕士, 副教授, 主要从事区域经济发展、城市灾害风险评价研究。Email: tballen196@163.com.

resilience of the coupling system in Northern Guangdong Province needs to be improved, especially with respect to the ecosystem. In the future, close attention should be given to the coordination and interaction of the social-ecological-economic system in Northern Guangdong Province.

Keywords: resilience; coupling system; coordination degree; mountainous areas of Northern Guangdong Province

恢复力研究为人地关系和可持续发展提供了全新方向和视角,被广泛运用于地理、生态、社会、工程等学科。在国外,恢复力(resilience)思想首先运用于生态学研究^[1],主要指某事物受干扰后恢复或变回原来状态的能力。后来学者将其思想引入社会—生态—经济耦合系统研究,恢复力经历了从单一系统到耦合系统转变的进程^[2]。研究尺度上,国外主要集中在国家、区域等中宏观尺度,以及街道社区和旅游景点等小尺度^[3-4],强调灾害事件、公共安全和人为干预等对恢复力的影响。在研究方法上,主要通过构建了社会—生态—经济系统恢复力的理论框架,建立数据模型和进行定量分析,剖析恢复力的动态变化、形成过程和机理^[5]。恢复力的管理和提升路径也逐渐开始受到关注。

在国内,自然灾害和生态环境是恢复力研究的主要方向,近年也逐渐关注社会系统、旅游城市、资源城市的恢复力研究^[6-8]。同时对于不同类型和不同尺度的研究对象形成了一套比较完善的评价方法体系,不断提升地理信息和大数据在研究方法中的地位^[9-12]。随着中国生态文明、扶贫政策、健康公平理念的推行,

生态脆弱区、欠发达地区、社区健康的恢复力研究也成为热点^[13-15]。综上,国内外学者对于恢复力研究注重理论与实例结合,研究方法以评价体系 and 定量模型为主,但是对于耦合系统恢复力的时空变化和协调度的内在关联还可以进一步探讨。粤北山区作为广东省重要的生态建设区,但由于经济发展过程中忽视了环境的负反馈,生态系统遭受了很大的干扰及破坏,进而使广东区域经济协调发展受到阻碍。基于此,本文通过对粤北山区 5 市为例,构建经济—生态—社会系统的恢复力理论框架和评价体系,进行测度并探讨耦合系统的协调度,以期对粤北山区的生态文明建设和可持续发展提供相关理论参考。

1 研究方法

1.1 理论构建

本文恢复力研究重点关注山区社会、经济和生态 3 个系统,这种耦合系统具有开放性、阶段性和循环性,有必要深入探讨生态、经济和社会之间的作用机制和互动关系,所以构建了粤北山区耦合系统恢复力的理论框架(见图 1)。

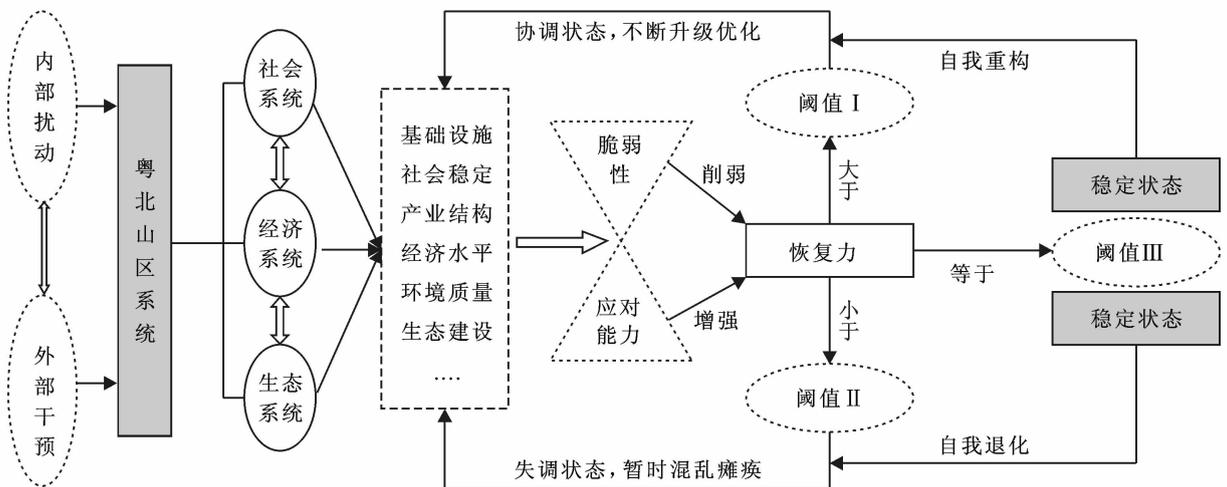


图 1 粤北山区耦合系统恢复力理论框架

衡量社会—生态—经济系统的恢复力关键在于如何识别系统内部扰动和外部干预,这些因子会以脆弱性和应对能力 2 个方面来综合影响系统的恢复力。其中脆弱性主要与系统自身的敏感程度和外部遭受的威胁有关,一般会削弱恢复力,而应对能力是系统

通过自身完善和结构调整,一定程度上会提高恢复力。耦合系统恢复力强调系统内部之间的协调和融合关系,是关乎系统可持续发展的一个重要指标。同时耦合系统恢复力处于一个演化、累积、循环的状态,当恢复力小于系统最大承受阈值,整个系统就会陷入

瘫痪和混乱的状态;当恢复力大于系统最大承受阈值,系统则进入一个相对协调状态,且不断升级与优化;当恢复力等于最大承受阈值时,系统则进入一个相对稳定状态,但这种状态会随着系统自我重构或者自我退化发生改变。最后,不同区域的生态—经济—社会发展模式、过程、水平、质量存在差异,影响恢复力的因素繁多,使得耦合系统的恢复力测度变得复杂。

1.2 评价指标

基于定量化、科学化和可比性原则,借鉴相关研究成果^[16-18],从脆弱性和应对能力 2 个角度,选取社会、经济、生态三大系统中 25 个指标因子(见表 1)。以往的恢复力指标大多只涉及灾害、旅游、土地、乡村或者城市、社会—生态等一元和二元系统,该指标体系结合粤北地区发展过程中的经济、社会和生态问题,注重了 3 大系统的协调和融合。人地系统一直是地理学研究的核心,而恢复力关注人地系统的稳定性、自组织能力、抗干扰过程等内容^[19],所以在人地和谐和“三生”协同的视角下,该指标体系展现了人类活动对粤北地区耦合系统的干预、适应、调整等内容,注重了恢复力的量化表征、空间分析和演变序列。

(1) 脆弱性方面。社会子系统选取 2 个主要指标因子,其中生产安全事故死亡率体现粤北山区社会安全风险的情况;失业率则体现就业和产业发展的问题;经济子系统借鉴文献^[17]选取 3 个指标因子,第一产业占国内生产总值的比例反映了经济产出受自然气候因素影响的程度,因为农业是粤北地区重要的产业类型,而农业易受气候条件的影响,所以过高的农业比重一方面增加了经济的敏感程度;旅游总收入占比反映粤北山区旅游业的发展影响,粤北地区依托丰富的旅游资源和有利的政策引导,旅游业发展速度较快,但是旅游产业易受外界的影响,脆弱性比较强,过高的旅游比例不利于粤北地区经济稳定;商品价格指数反映系统物价变动趋势和幅度,一定程度上影响了经济的稳定性。生态子系统选择 5 个指标因子,其中人口密度反映系统的生态环境承载力;废气排放、废水排放总量、固体废物产生量、耗电量这 4 个指标反映粤北长期重工业对资源和环境的影响。

(2) 应对能力方面。社会子系统应对能力指标参考王群等^[20]选取 5 个指标因子,其中公路通车里程反映系统基础设施情况,因为粤北地区地形较为崎岖,公路里程能体现地区交通发展的程度;城镇化率主要反映粤北山区系统的城市化水平和社会发展潜力;地方财政自给率衡量政府抵御社会风险的能力;金融机构存款余额反映社会积储能力;医疗床位数反映医疗水平和援救能力。经济子系统选择 5 个指标

因子,其中人均 GDP 反映系统经济发展水平,居民人均可支配收入反映粤北人均收入水平,消费零售总额反映经济消费能力,固定资产投资额体现经济发展的支持力度、外商投资额反映了粤北地区对外开放程度和地区融资能力,伴随着粤港澳大湾区建设和广东区域经济发展的政策,粤北在承接产业转移等方面发挥了较大的作用,也一定程度上提升了粤北地区经济的活力。生态子系统借鉴展亚荣等^[18]选取 5 个指标因子,其中人均绿地面积反映城市绿化建设程度;污水处理率、垃圾处理率用来衡量生态系统维护和政府对环境建设的投入管理;因为粤北地区石漠化和水土流失等生态问题较为明显,荒山荒地造林面积、森林覆盖率反映粤北的生态建设成效和粤北生态安全的能力。

1.3 恢复力测度方法

(1) 标准化数据。因各类指标对系统的影响性质有所差异,对正向、负向指标数据进行标准化。

$$\begin{cases} X'_{ip} = \frac{X_{ip} - \min\{X_p\}}{\max\{X_p\} - \min\{X_p\}} & (\text{正向指标}) \\ X'_{ip} = \frac{\max\{X_p\} - X_{ip}}{\max\{X_p\} - \min\{X_p\}} & (\text{负向指标}) \end{cases} \quad (1)$$

(2) 第 p 年在第 i 项指标的所占权重。

$$Y_{ip} = X'_{ip} / \sum_{i=1}^m X'_{ip} \quad (2)$$

(3) 第 i 项指标的信息熵。

$$e_i = - \sum_{i=1}^m (Y_{ip} \times \ln Y_{ip}) / \ln m \quad (3)$$

(4) 第 i 项指标的权重。

$$\omega_j = (1 - e_i) / \sum_{i=1}^m (1 - e_i) \quad (4)$$

在公式(1)中, X_{ip} 表示第 p 年第 i 项的原始值, X'_{ip} 表示第 p 年第 i 项的标准化值。在公式(2)–(4)中, Y_{ip} , e_i 分别表示第 p 年第 i 项的比重和信息熵, m 为总年数, n 为指标因子总数。

(5) 将 3 个子系统的指标标准化值与它们的权重值相乘后在进行相加,首先得到粤北山区 3 个子系统的恢复力值,然后再算出 2009—2018 年粤北山区在经济、社会、生态耦合系统恢复力值。

$$U_i = \sum \omega_j \cdot X'_{ij} \quad (5)$$

式中: U_i 为 3 个子系统恢复力计算值; ω_j 为第 j 项指标所对应的权重值。

1.4 耦合协调度模型

为深入探讨社会、经济、生态系统之间的协调性,引入耦合协调度模型^[21]进行测算,其中二元耦合协调度模型如下:

$$C = \left\{ \frac{u_1 u_2}{[(u_1 + u_2)/2]^2} \right\}^{\frac{1}{2}}; T = \alpha u_1 + \beta u_2 \quad (6)$$

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (7)$$

根据二元子系统耦合模型机制,构建社会、经济、生态系统三元系统协调发展度模型:

$$C = \left\{ \frac{u_1 u_2 u_3}{[(u_1 + u_2 + u_3)/3]^3} \right\}^{\frac{1}{3}}; T = \alpha u_1 + \beta u_2 + \gamma u_3 \quad (8)$$

$$D' = \sqrt{C' \times T'} \quad (9)$$

式中: D 为系统协调发展度; α, β, γ 为待定权重;因社会系统、经济系统、生态 3 个子系统同等重要,将式

(6) 中 $\alpha = \beta = \frac{1}{2}$; 式(8)中 $\alpha = \beta = \gamma = \frac{1}{3}$, 其中 $u_1; u_2; u_3$ 为社会、经济、生态系统的恢复力。

表 1 粤北山区社会—生态—经济系统恢复力测度指标体系

系统层	目标层	指标层	指标含义及性质	权重
社会子系统恢复力	脆弱性	生产安全事故死亡率/%	衡量系统安全(-)	0.029 7
		失业率/%	衡量系统稳定(-)	0.026 1
	应对能力	公路通车里程/km	衡量系统基础设施(+)	0.051 1
		城镇化率/%	衡量城镇化水平(+)	0.056 9
		地方财政自给率/%	衡量政府抵御社会风险的能力(+)	0.055 1
		金融机构存款余额/ 10^8 元	衡量社会存储状况(+)	0.050 5
		万人拥有医疗床位数(张/ 10^4 人)	衡量医疗卫生条件(+)	0.045 8
		第一产业占 GDP 比重/%	衡量经济产出受自然因素力度(-)	0.046 0
经济子系统恢复力	脆弱性	旅游总收入占 GDP 比/%	衡量系统对旅游业的依赖度(-)	0.031 4
		商品价格指数	衡量系统消费水平(-)	0.020 2
		人均 GDP(10^4 元/人)	衡量经济发展水平(+)	0.025 5
	应对能力	城镇居民人均可支配收入(10^4 元/人)	衡量居民收入水平(+)	0.029 3
		社会消费品零售总额/ 10^8 元	衡量经济消费能力(+)	0.034 6
		固定资产投资额/ 10^8 元	衡量社会再生资本推动力(+)	0.043 6
		外商直接投资额/ 10^8 美元	衡量对外开放程度(+)	0.094 6
		人口密度(人/ km^2)	衡量人口导致的土地压力(-)	0.049 2
生态子系统恢复力	脆弱性	工业废气排放总量/ $10^8 m^3$	衡量废气排放导致的生态压力(-)	0.033 1
		废水排放总量/ $10^8 t$	衡量废水排放导致的生态压力(-)	0.059 5
		工业固体废弃物产生量/ $10^4 t$	衡量工业化对环境产生的影响(-)	0.017 2
		耗电量($10^8 kW/h$)	反映社会用电导致的生态压力(-)	0.037 6
		人均绿地面积(m^2 /人)	衡量城市绿化建设程度(+)	0.067 2
	应对能力	城镇生活污水处理率/%	衡量污水处理力度(+)	0.021 7
		生活垃圾无害化处理率/%	衡量固体废弃物处理力度(+)	0.016 9
		荒山荒地造林面积/ hm^2	衡量生态恢复的力度(+)	0.031 7
		森林覆盖率/%	衡量生态系统抗干扰能力(+)	0.025 7

式中:“+”为正向指标,“-”为负向指标。

2 研究区概况与数据来源

2.1 研究区概况

粤北山区城市包括清远、韶关、梅州、河源、云浮 5 个地级市,均属于山区城市。行政区域总面积 $7.67 \times 10^4 km^2$,总人口约 1.72×10^7 人。粤北五市约占全省比重 6.2%,人均 GDP 均低于全省平均水平,经济相对落后。粤北山区以有色金属、钢材、建材等特色资源型产业和重工业为主,此外水稻、蔬菜等特色种植业也发展稳定。凭借广东东北大门的优势和旅游资源的独特性,旅游产业发展迅猛。随着广东区域协调发展政策的推动,在“双转移”和珠江三角洲地区的辐射功能的带动下,粤北山区不断优化完善产业结构,经济发展态势良好^[22]。

2.2 数据来源

研究数据源自 2010—2019 年《广东统计年鉴》和韶关、清远、云浮、梅州、河源 5 市国民经济和社会发展统计公报(2010—2019)及相关政府工作报告等。

3 结果与分析

3.1 恢复力时间变化

从粤北山区恢复力值年际变化(见图 2)可以看出,粤北山区总恢复力值变化总体呈现上升变化趋势,巩固粤北山区的稳定发展态势。但各系统的恢复力有较大的差异,社会—经济系统的恢复力得到较快提升,但是生态恢复力有下降的趋势。主要是由于随着城镇化进程、产业结构优化和生态旅游推进,粤北的社会治理能力和经济质量得到提升,产业多样性提

高,基础设施不断完善,提高社会—经济系统的恢复能力。由于粤北山区早期的发展严重依赖重污染和高能耗的产业为主,生态环境保护意识较为薄弱,三废排放量增加、生态破坏等一系列问题,导致粤北山区生态系统恢复能力不高。

3.2 恢复力的空间分异

利用平均值 M 和标准差 Std 作为分类标准,将粤北山区 2009—2018 年社会、经济、生态恢复力分为 4 个等级,其分为 4 类:低度、中度、较高和高度。利用 GIS 空间分类方法,以 2009,2012,2015,2018 年为时间节点,制作恢复力等级空间演变图(详见图 3—5)。

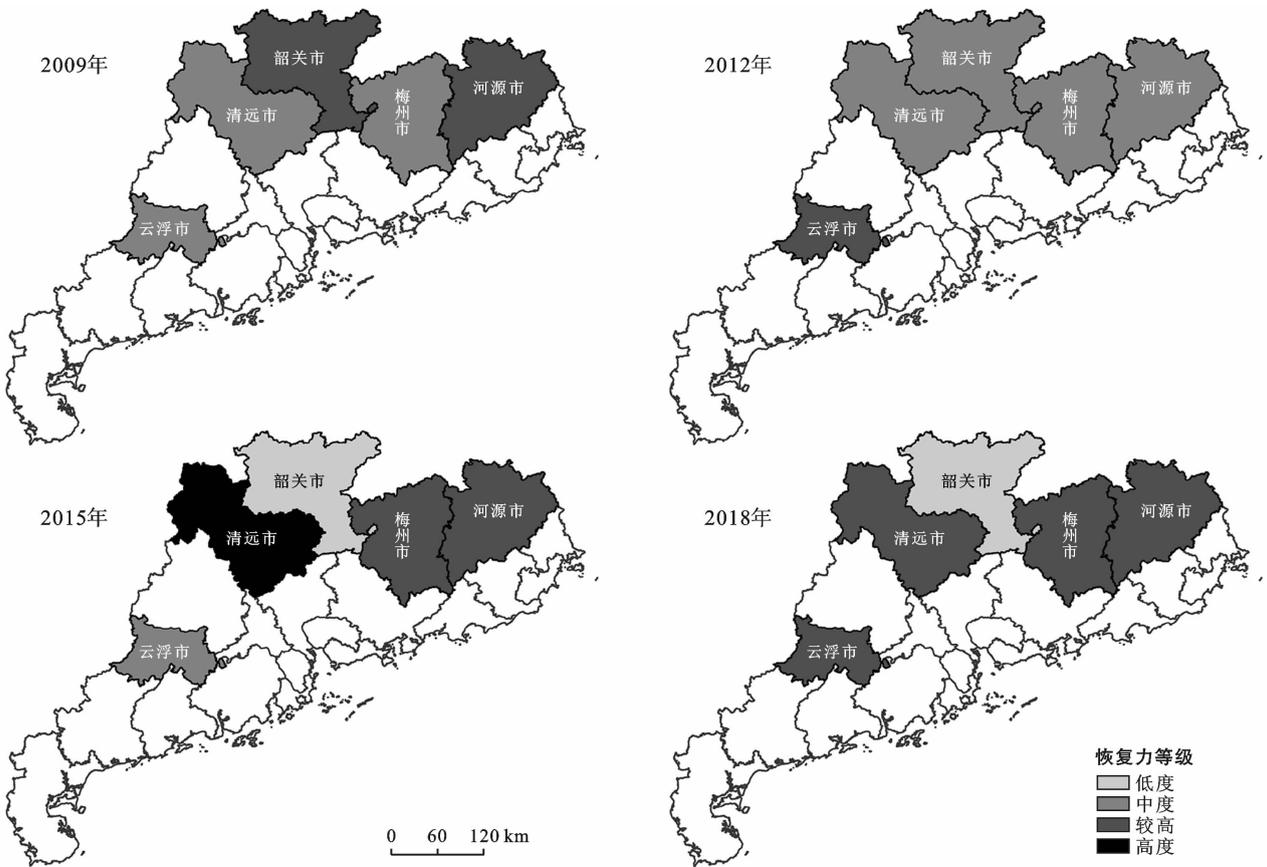


图 3 2009—2018 年粤北山区社会系统恢复力空间变化

从图 3—5 可知,2009—2018 年粤北 5 市的社会子系统恢复力等级总体升高,但内部空间差异较大,呈现“四周高中间低”的特点。其中,梅州市的社会子系统恢复力等级一直保持较高,云浮市、河源市和清远市社会子系统恢复力等级波动上升,韶关市社会子系统恢复力等级有所下降。2009—2018 年,粤北 5 市经济系统恢复力等级空间变化较大,后期以较高等级为主,呈现出“东高西低”的特征。其中韶关市、河源市、梅州市经济子系统恢复力等级波动上升,云浮市和清远市则出现了恢复力等级下降的特点,从较高

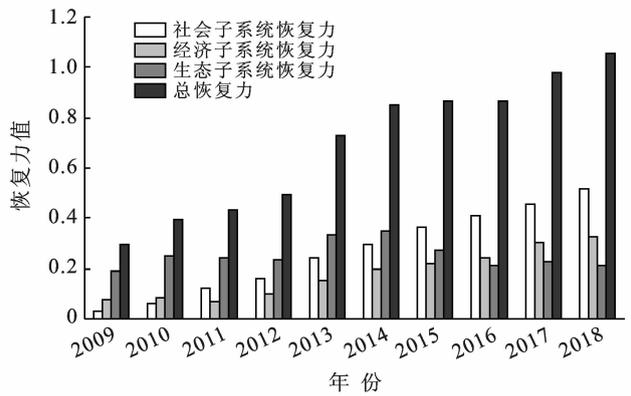


图 2 2009—2018 年粤北山区社会—经济—生态恢复力变化

级等级变为中度等级。相比于经济子系统和社会子系统恢复力等级上升的趋势,粤北 5 市生态系统恢复力等级则出现了下降的特点。2009 年粤北 5 市生态系统恢复力等级以较高和中度为主,但 2018 年梅州市和河源市的生态系统恢复力等级为低度,生态系统发展不容乐观,但是清远市和云浮市的等级变成较高。综合社会、经济和生态系统恢复力等级的差异,发现粤北 5 市的社会—经济—生态系统并不稳定,恢复力等级变化大且不协调。如韶关市的经济系统恢复力等级高,但是生态和社会系统恢复力等级低,云浮

市的生态和社会系统恢复力等级高,但是经济系统恢复力等级中等,这些都不利于粤北山区的协调发展。

3.3 耦合协调度分析

借鉴耦合协调度“十分法”评价等级标准,进行二

元系统和三元系统的协调度等级分类,见表 2。并选取 2009,2012,2015,2018 年 4 个时间点,对粤北山区社会—经济—生态耦合协调度进行空间分布特征的分析。

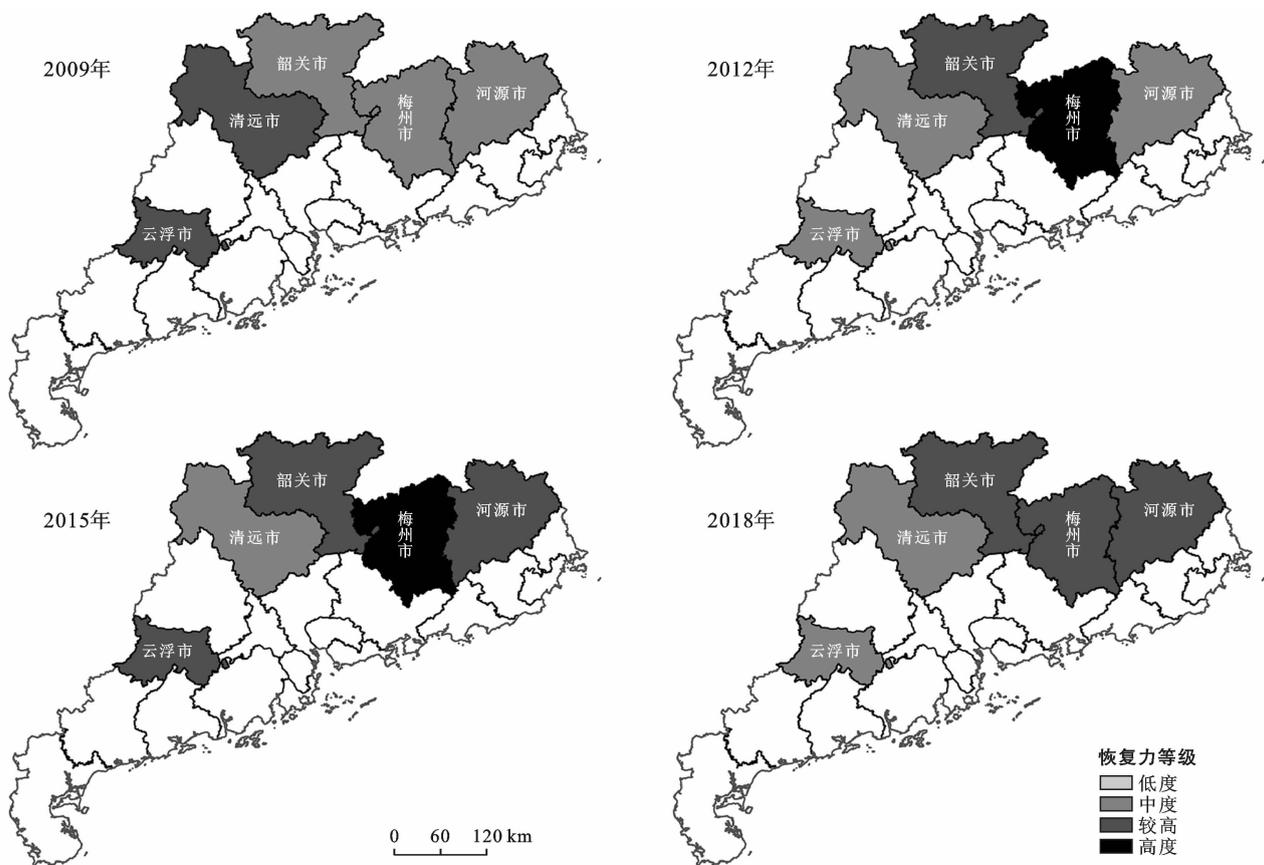


图 4 2009—2018 年粤北山区经济系统恢复力空间变化

表 2 2009—2018 年粤北山区经济系统耦合协调发展度 (D_j) 划分等级

D_j	0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1.0
协调等级	极度失调	严重失调	中度失调	轻度失调	濒临失调	基本协调	初级协调	中级协调	良好协调	优质协调

3.3.1 社会—生态系统协调度 从表 3 可以看出,粤北 5 市在 2009,2012,2015,2018 年社会—生态耦合协调度值介于 0.286~0.619 之间,粤北的社会—经济耦合协调情况还较为乐观。梅州、云浮的生态—社会系统发展较为同步,在粤北 5 市中处于上中等行列;韶关、河源、清远在濒临失调和基本协调阶段往复变化。韶关市 2006,2010,2015 年这 3 a 处于濒临失调阶段,2018 年属于基本协调阶段;清远和河源市在 10 a 间协调度发生了跳跃式变化,2012—2015 年之间处于基本协调阶段,但 2009,2018 年处于中度失调和濒临失调阶段。综合而言,2009 年处于中度失调阶段的梅州市到基本协调阶段用了 5 a 的时间;2009

年处于轻度失调阶段的清远经历 4 a 的时间变化为基本协调阶段。

3.3.2 社会—经济系统协调度 从表 4 可以看出,基于粤北 5 市 2009,2012,2015,2018 年经济系统与社会系统耦合协调度值介于 0.182~0.672 之间,而且都是从轻中度失调逐渐变成基本协调或者初级协调。可以看出粤北山区近年来经济系统和经济系统较为协调,发展趋势较好。经济的发展在很大程度上会决定社会发展的水平,资金的投入将使得社会物质生活水平不断地提高。其中耦合协调度变化最明显的河源市在 2009 年的严重失调,再到 2013 年后的基本协调阶段,2016 年则已经处于初级协调阶段。

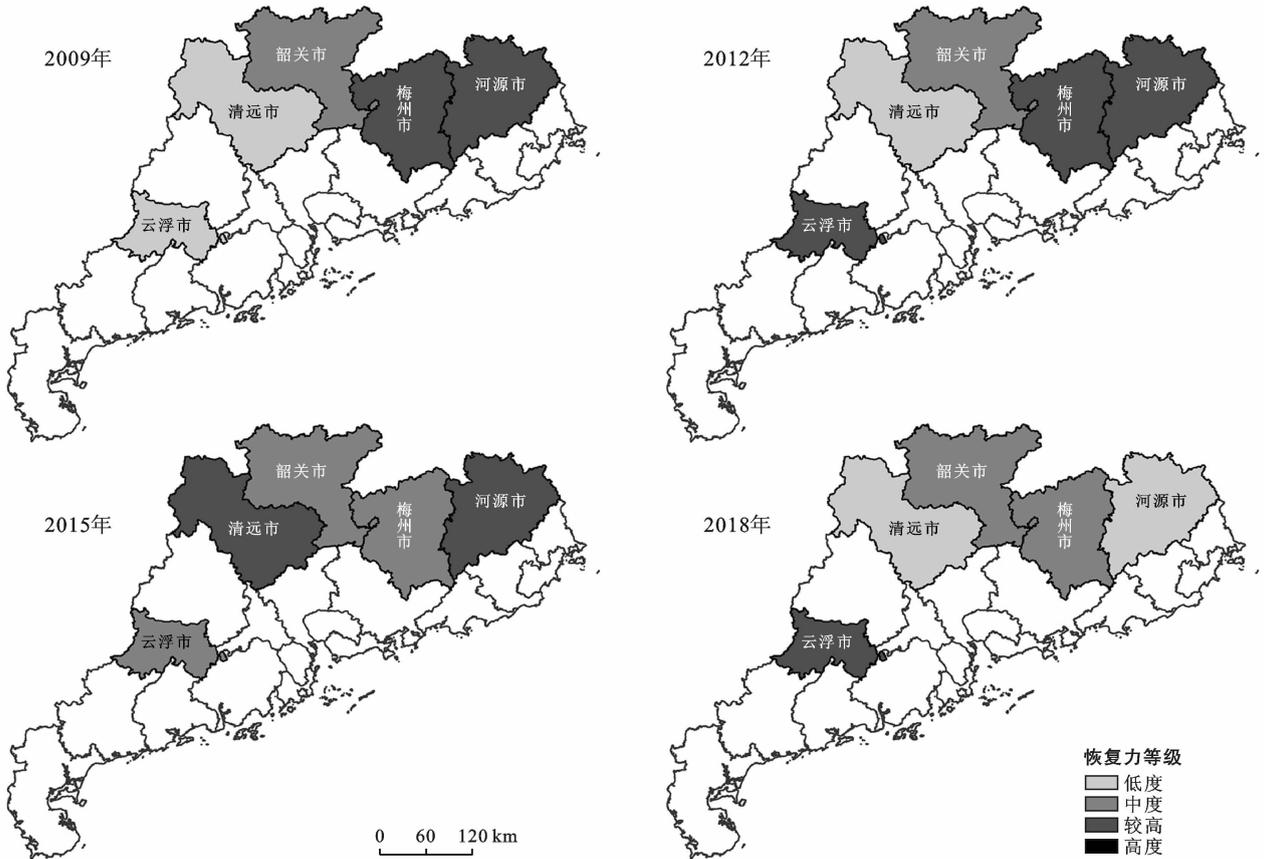


图 5 2009—2018 年粤北山区生态系统恢复力空间变化

表 3 社会—生态恢复力协调发展度

地区	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年
韶关	濒临失调	基本协调	濒临失调	濒临失调	濒临失调	基本协调	濒临失调	濒临失调	濒临失调	基本协调
河源	中度失调	濒临失调	基本协调	基本协调	基本协调	基本协调	基本协调	濒临失调	濒临失调	濒临失调
梅州	轻度失调	轻度失调	濒临失调	轻度失调	基本协调	基本协调	基本协调	基本协调	初级协调	初级协调
清远	轻度失调	轻度失调	濒临失调	濒临失调	濒临失调	濒临失调	濒临失调	基本协调	基本协调	基本协调
云浮	中度失调	轻度失调	濒临失调	濒临失调	基本协调	基本协调	基本协调	基本协调	基本协调	初级协调
粤北	中度失调	轻度失调	濒临失调	濒临失调	基本协调	基本协调	基本协调	基本协调	基本协调	基本协调

表 4 社会—经济恢复力协调发展度

地区	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年
韶关	轻度失调	轻度失调	轻度失调	轻度失调	濒临失调	基本协调	基本协调	基本协调	基本协调	基本协调
河源	严重失调	轻度失调	轻度失调	濒临失调	基本协调	基本协调	基本协调	初级协调	初级协调	初级协调
梅州	中度失调	中度失调	轻度失调	轻度失调	濒临失调	濒临失调	基本协调	基本协调	初级协调	初级协调
清远	轻度失调	轻度失调	轻度失调	轻度失调	濒临失调	濒临失调	基本协调	濒临失调	基本协调	基本协调
云浮	中度失调	轻度失调	轻度失调	轻度失调	濒临失调	基本协调	基本协调	基本协调	初级协调	初级协调
粤北	中度失调	中度失调	轻度失调	轻度失调	濒临失调	濒临失调	基本协调	基本协调	初级协调	初级协调

3.3.3 生态—经济系统协调度 从表 5 可以看出,粤北 5 市在 2009,2012,2015,2018 年 4 个年份经济系统与社会系统耦合协调度值介于 0.36~0.57 之间,变化不大,一直处于濒临失调和基本协调阶段。其中韶关和河源市一直在基本协调和濒临失调阶段徘徊。说明粤北经济发展一定程度上使得生态系统

受到干扰,才会出现生态—经济系统协调度往长期处于濒临失调的状况。

3.3.4 社会—生态—经济系统协调度 从表 6 可以看出,粤北 5 市在 2009,2012,2015,2018 年 4 个年份生态—经济—社会系统耦合协调度值介于 0.07~0.33 之间,协调度不高,其中韶关、河源、清远在 2018

4 讨论和结论

4.1 讨论

耦合系统恢复力强调系统内部应对由社会、经济和生态等变化带来的扰动的能力。引发耦合系统内部失调和外部失衡可能是因为社会—经济—生态系统中任何一个子系统的干扰。目前,粤北山区地系统恢复力相比于珠三角等省内发达地区,仍然属于较低的水平,加强对粤北山区的政策支持以及制定科学的资源和环境保护措施,对于恢复力提高以及系统稳定有着极其重要的意义。本文从市域尺度,探讨了粤北山区耦合系统恢复力的空间分异性和协调度,但恢复力作为一个抽象概念并没有普遍取得共识的量化方式^[23],形成机理、阈值计算和趋势预见还没深入探索;在指标选择上,本研究主要基于脆弱性和应对能力建立恢复力指标体系,虽然考虑了时空演变的趋势,但忽视了非空间化的一些干扰因素如政府管理;在方法选择上采用了传统的综合因子分析法和协调度模型,在大数据和 RS 分析上欠考虑;最后在耦合系统恢复力走向空间恢复力的转变过程中,需要精细化的尺度研究(如县域尺度)和综合的决策管理路径,这些都是未来深入研究的重要方向。

粤北山区作为广东省区域经济协调发展的“痛点”,在经济、社会和生态环境面临较大的压力。未来粤北山区坚持“绿水青山就是金山银山”的发展理念,要处理好经济发展、社会进步和环境保护之间的关系。一方面充分发掘粤北山区的自然和文化资源,发挥地方特色,大力扶持文化旅游、自然观光等绿色产业,加强内生型经济的发展,另一方面在经济发展和产业迁入时,重视污染防治,提升工业规模、集聚和标准化,不断提高与区域外部经济的联系。

4.2 结论

(1) 恢复力时间变化。粤北山区总恢复力值变化总体呈现上升变化趋势,但是各系统的恢复力有较大的差异,社会—经济系统的恢复力得到较快提升,但是生态恢复力有下降的趋势。

(2) 恢复力空间变化。2009—2018 年粤北 5 市的社会—经济—生态系统并不稳定,恢复力等级变化大且空间不协调。社会子系统恢复力等级总体升高,但内部空间差异较大,呈现“四周高中间低”的特点。经济系统恢复力等级空间变化较大,后期以较高等级为主,呈现出“东高西低”的特征。生态系统恢复力等级以高度、较高和中度为主,但 2018 年云浮市和河源市的生态系统恢复力等级为低度,生态环境和保护发展不容乐观。

(3) 系统协调发展度。粤北山区五市二元系统中生态—经济系统处于濒临失调,社会—生态系统基本协调,而社会—经济系统还处于基本—初级协调的状态;三元系统协调发展协调度均呈现上升趋势,但仍然处于轻度失调阶段,生态系统的不稳定性较大程度上影响了粤北山区经济、社会、生态系统耦合协调度的提升速度。因此提升生态系统的稳定性是当前粤北山区社会—经济—生态系统保持协调的重点方面。

[参 考 文 献]

- [1] Holling C S. Resilience and stability of ecological systems [J]. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1973, 4(1):1-23.
- [2] Ruiz-Ballesteros E. Social-ecological resilience and community-based tourism: An approach from Agua Blanca, Ecuador [J]. *Tourism Management*, 2011, 32(3):655-666.
- [3] 陈亚慧. 神农架林区社会—生态系统恢复力测度与影响机理[D]. 武汉:华中师范大学,2018.
- [4] Dawson J, Maher P T, Slocombe D S. Climate change, marine tourism and sustainability in the Canadian Arctic: Contributions from systems and complexity approaches [J]. *Tourism in Marine Environments*, 2007, 4(2):69-83.
- [5] Blancas F J, Caballero R, González M, et al. Goal programming synthetic indicators: An application for sustainable tourism in Andalusian coastal counties [J]. *Ecological Economics*, 2010, 69(11):2158-2172.
- [6] 孙晶,王俊,杨新军. 社会—生态系统恢复力研究综述[J]. *生态学报*, 2007, 27(12):5371-5381.
- [7] 杨新军,石育中,王子侨. 道路建设对秦岭山区社会—生态系统的影响:一个社区恢复力的视角[J]. *地理学报*, 2015, 70(8):1313-1326.
- [8] 周晓芳. 从恢复力到社会—生态系统:国外研究对我国地理学的启示[J]. *世界地理研究*, 2017, 26(4):156-167.
- [9] 周晓芳. 社会—生态系统恢复力的测量方法综述[J]. *生态学报*, 2017, 37(12):4278-4288.
- [10] 陈娅玲. 陕西秦岭地区旅游社会—生态系统脆弱性评价及适应性管理对策研究[D]. 陕西 西安:西北大学,2013.
- [11] 王群,陆林,杨兴柱. 国外旅游地社会—生态系统恢复力研究进展与启示[J]. *自然资源学报*, 2014, 29(5):894-908.
- [12] 陈娅玲,杨新军. 西藏旅游社会—生态系统恢复力研究[J]. *西北大学学报(自然科学版)*, 2012, 42(5):827-832.
- [13] 杨美玲,李同昇,米文宝,等. 宁夏限制开发区生态脆弱性评价及分类发展模式[J]. *水土保持通报*, 2014, 34(4):236-242.

- [4] 李佳鸣,冯长春. 基于土地利用变化的生态系统服务价值及其改善效果研究:以内蒙古自治区为例[J]. 生态学报, 2019, 39(13): 4741-4750.
- [5] 王保盛,陈华香,董政,等. 2030年闽三角城市群土地利用变化对生态系统水源涵养服务的影响[J]. 生态学报, 2020, 40(2): 484-498.
- [6] 张骞,高明,杨乐,等. 1988—2013年重庆市主城九区生态用地空间结构及其生态系统服务价值变化[J]. 生态学报, 2017, 37(2): 566-575.
- [7] 程建,程久苗,吴九兴,等. 2000—2010年长江流域土地利用变化与生态系统服务功能变化[J]. 长江流域资源与环境, 2017, 26(6): 894-901.
- [8] 刘菁华,李伟峰,周伟奇,等. 京津冀城市群扩张模式对区域生态安全的影响预测[J]. 生态学报, 2018, 38(5): 1650-1660.
- [9] 赵先贵,马彩虹,赵晶,等. 生态文明视角的陕西省资源环境压力评价[J]. 干旱区资源与环境, 2016, 30(10): 19-25.
- [10] 韩博,金晓斌,项晓敏,等. 基于“要素—景观—系统”框架的江苏省长江沿线生态修复格局分析与对策[J]. 自然资源学报, 2020, 35(1): 141-161.
- [11] 王大菊,卫海燕,贺敏,等. 基于土地利用的三峡库区生态系统服务价值时空格局分析[J]. 长江流域资源与环境, 2020, 29(1): 90-100.
- [12] 巩杰,张金茜,钱彩云,等. 1990-2014年甘肃省白龙江流域土地利用变化对人类活动响应[J]. 水土保持通报, 2017, 37(4): 219-224.
- [13] 张舟,吴次芳,谭荣. 生态系统服务价值在土地利用变化研究中的应用:瓶颈和展望[J]. 应用生态学报, 2013, 24(2): 556-562.
- [14] 郭旭东,谢俊奇. 新时代中国土地生态学发展的思考[J]. 中国土地科学, 2018, 32(12): 1-6.
- [15] 陈万旭,李江风,曾杰,等. 中国土地利用变化生态环境效应的空间分异性与形成机理[J]. 地理研究, 2019, 38(9): 2173-2187.
- [16] 宇振荣,杨新民,陈雅杰. 河南省南太行地区山水林田湖草生态保护与修复[J]. 生态学报, 2019, 39(23): 8886-8895.
- [17] 李潇,吴克宁,刘亚男,等. 基于生态系统服务的山水林田湖草生态保护修复研究:以南太行地区鹤山区为例[J]. 生态学报, 2019, 39(23): 8806-8816.
- [18] 董会忠,姚孟超. 成渝经济区土地利用变化对生态系统服务价值的影响[J]. 水土保持通报, 2020, 40(1): 213-220.
- [19] 张建国,李晶晶,殷宝库,等. 基于转移矩阵的准格尔旗土地利用变化分析[J]. 水土保持通报, 2018, 38(1): 131-134.
- [20] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. Nature, 1997, 387(6630): 253-260.
- [21] 谢高地,鲁春霞,冷允法,等. 青藏高原生态资产的价值评估[J]. 自然资源学报, 2003, 18(2): 189-196.
- [22] 谢高地,张彩霞,张昌顺,等. 中国生态系统服务的价值[J]. 资源科学, 2015, 37(9): 1740-1746.
- [23] 谢高地,张彩霞,张雷明,等. 基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进[J]. 自然资源学报, 2015, 30(8): 1243-1254.
- [24] 郭椿阳,高尚,周伯燕,等. 基于格网的伏牛山区土地利用变化对生态服务价值影响研究[J]. 生态学报, 2019, 39(10): 3482-3493.
- [25] 陈永春,邓国志. 资源型城市土地利用变化对生态系统服务价值的影响:以安徽省淮南市为例 [J]. 水土保持通报, 2018, 38(4): 247-252.

(上接第 226 页)

- [14] 陈佳,杨新军,王子侨,等. 乡村旅游社会—生态系统脆弱性及影响机理:基于秦岭景区农户调查数据的分析[J]. 旅游学刊, 2015, 30(3): 64-75.
- [15] 杨莹,林琳,钟志平,等. 基于应对公共健康危害的广州社区恢复力评价及空间分异[J]. 地理学报, 2019, 74(2): 266-284.
- [16] 王群,陆林,杨兴柱. 千岛湖社会—生态系统恢复力测度与影响机理[J]. 地理学报, 2015, 70(5): 779-795.
- [17] 武剑,杨爱婷. 基于 SPA 的广东省区域经济脆弱性及障碍因素研究[J]. 经济地理, 2012, 32(9): 32-38.
- [18] 展亚荣,盖美. 滨海旅游地社会—生态系统恢复力测度及协调发展研究[J]. 地域研究与开发, 2018, 37(5): 158-164.
- [19] 刘焱序,傅伯杰,王帅,等. 空间恢复力理论支持下的人地系统动态研究进展[J]. 地理学报, 2020, 75(5): 891-903.
- [20] 王群,陆林,杨兴柱. 千岛湖社会—生态系统恢复力测度与影响机理[J]. 地理学报, 2015, 70(5): 779-795.
- [21] 许明军,杨子生. 西南山区资源环境承载力评价及协调发展分析:以云南省德宏州为例[J]. 自然资源学报, 2016, 31(10): 1726-1738.
- [22] 唐波,李燕芬. 粤北山区农村旅游扶贫经济效应与发展路径[J]. 南方农村, 2018, 34(5): 39-45.
- [23] 刘焱序,王仰麟,彭建,等. 耦合恢复力的林区土地生态适宜性评价:以吉林省汪清县为例[J]. 地理学报, 2015, 70(3): 476-487.