

粤港澳大湾区人口、经济 和环境协同的理论框架 与分析视角探析

钟柳青¹ 傅 愈² 王文军² 吴嘉军³

1. 广东医科大学人文与管理学院, 东莞;

2. 深圳市云天统计科学研究所, 深圳;

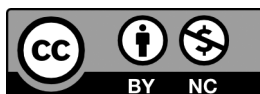
3. 东莞市维科应用统计研究所, 东莞

摘 要 | 目前正值粤港澳大湾区战略实施的初期阶段, 各项政策措施的效应还没有显现出来, 难以进行实证分析, 但应该尽快做好理论准备。研究大湾区人口、经济与环境之间的协同状态和机制, 分析各子系统之间的相互关系, 可以为调控或规避不利后果提供政策线索, 具有必要性和现实意义。基于此, 本文提出由系统状态、要素关系、目标函数和约束条件、协同机制等构成的理论分析模型, 并对理论模型进行了数理推导。本文提出“创新的溢出效应”理论假设, 即在系统协同的帕累托最优解集和协同稳定性的条件下, 创新不仅可以产生自身效应, 而且可以通过改变要素关系产生协同的外部收益。最后, 从实证研究、政策分析和情景分析三个方面对粤港澳大湾区人口、经济与环境协同研究进行了展望。

关键词 | 粤港澳大湾区; 人口、经济与环境; 协同机制

Copyright © 2022 by author (s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



基金项目: 广东省哲学社会科学“十三五”规划2020年度共建项目(批准号: GD20XYJ03); 广东省哲学社会科学“十三五”规划2020年度一般项目(批准号: GD20CGL10); 2021年度广东省普通高校特色创新类项目(批准号: 2021WTSCX035); 广东省哲学社会科学“十四五”规划2021年度一般项目(批准号: GD21CGL04)。

通讯作者: 傅愈, 博士, 助理研究员, 研究方向: 环境经济学, E-mail: 13714603315@139.com。

文章引用: 钟柳青, 傅愈, 王文军, 等. 粤港澳大湾区人口、经济和环境协同的理论框架与分析视角探析[J]. 社会科学进展, 2022, 4(3): 340-357.

<https://doi.org/10.35534/pss.0403030>

1 引言

粤港澳大湾区是我国开放程度最高、经济活力最强的区域之一，其使命是指向中国社会的未来发展方向，在国家发展大局中具有重要战略地位。

实施大湾区战略的根本目的是充分发挥各地区比较优势，优化区域功能布局，以形成分工合理、功能互补、错位发展的城市群发展格局。然而，整个湾区涉及“一个国家、两种制度、三个关税区、四个核心城市”，在制度文化、社会背景、资源禀赋等方面存在明显的差异，同时粤港澳三地面临的问题也各不相同，香港的人口老龄化带来的劳动力供给问题，澳门的产业单一带来的经济发展瓶颈问题，以及内地城市的前期粗放式发展带来的环境赤字问题，等等。大湾区内部的社会经济发展差距较大，且已形成了各自的发展惯性，协同发展既是重点也是难点。现有的大量关于人口、经济与环境要素关系和协同机制的理论和实践都是基于不同的制度文化、社会背景、资源禀赋，传统的协同发展模式无法适应粤港澳大湾区的特殊性和差异性。要实现成为世界级城市群的战略目标，就必须把握大湾区人口、经济与环境之间的协同状态和机制，在机制上找到新的突破口，寻找适合于粤港澳大湾区的人口、经济与环境协同的政策体系和发展模式。

然而，人口、经济与环境的协同状态不可能自发形成。纵观世界著名大湾区（纽约、旧金山、东京湾区）的发展历程，也经历过城市病、人口膨胀、交通拥堵、房价飞涨、环境污染、制造业外迁、产业空心化、城市之间同质竞争等协同性问题^[1]。同样，粤港澳大湾区各城市曾经历过经济高速发展、人口高度聚集、环境退化严重的过程，也经历过港澳地区通过资本和技术输出向珠三角地区转移环境压力的过程。中国乃至世界仍没有找到解决人口、经济与环境协同发展问题的根本方案。

在这种情况下，仅从政策效果最大化出发部署推进粤港澳大湾区的行动，即使每个子系统都达到最优状态，整个系统的总体状态也可能不是最优的，可能因为忽略人口、经济与环境系统的各要素相互影响产生的抵消或倍增效应，在实际工作中造成“政策冲突”或“事倍功半”现象，例如产业政策可能增加资源消耗从而给环境造成压力，严格的环保政策增加企业成本从而影响经济增长，等等。

显然，大湾区的长远发展不能只是被动地解决当前的矛盾，还要有一定的预见性。如果将整个湾区的人口、经济与环境要素置于一个统一的系统进行协同管理，无疑能够提供更丰富的解决方案，也是实施大湾区战略的初衷。因此，

研究大湾区人口、经济与环境之间的协同状态和机制,分析各子系统之间的相互关系,以及通过“创新”调控要素关系,可以为调控或规避不利后果提供政策线索,也是大湾区发展初期阶段顶层设计迫切需要解决的关键问题。

2 文献回顾

人口、经济与环境关系一直是学术界关注的重点领域,区域协同和城市群的研究成果也比较丰富,但置于粤港澳大湾区的现实环境之下,人口、经济与合作的协同状态和机制、现有理论的适应性问题,都还需要进行检验。

(1) 人口、经济与环境关系的不同研究视角。从现有文献来看,人口、经济与环境相互关系研究主要有两种不同的路线。

一是以环境库茨涅茨曲线为代表的侧重经济增长对环境质量影响的研究路线^[2, 3],认为经济增长与环境质量呈“倒U”关系。大量的实证研究发现^[4-6],经济规模和结构、国际贸易、市场机制、人口城市化等因素与环境污染具有“倒U”关系。尽管也有实证研究否定环境库茨涅茨曲线假设^[7],但国内研究表明环境库茨涅茨曲线在中国还是有一定的解释能力,经济增长、人口城市化、国际贸易、政府行为、经济聚集等因素对环境质量的影响符合环境库茨涅茨曲线关系^[8-10]。

二是基于Ehrlich等^[11]提出的IPAT模型,认为环境质量(I)主要受人口(P)、财富(A)和技术(T)因素的影响,IPAT模型对环境问题的社会科学研究产生了深远的影响。随后,Dietz等^[12]将IPAT模型扩展为随机STIRPAT模型,使其可以容纳丰富的人口、经济和社会因素。因IPAT和STIRPAT模型简单易行,出现了大量实证研究,并利用因素分解法解释人口和经济因素对环境的影响程度^[13, 14],且在模型中引入财富的平方项来检验环境库茨涅茨曲线的适用性^[15, 16]。

三是人口与经济、人口与环境之间相互作用的机制也日趋明确。人口变化主要通过三个渠道,即劳动力供给、储蓄和技术进步,直接或间接地作用于经济发展^[17, 18],经济因素通过影响人口的生育、死亡和迁移作用于人口变动^[19];人口除了受到环境的作用外,环境变化也会对人口健康及死亡产生影响^[20, 21]。总之,人口、经济与环境之间存在复杂的双向关系,应该置于系统框架进行研究。

(2) 系统协同理论在各领域得到广泛应用。协同理论^[22]把复杂系统有序变化规律描述为由简单到复杂的演化过程,随着控制变量的连续变化,导致一

系列性质不同的新旧模式的演替,各子系统协同行动导致系统结构或功能有序演化,不稳定性原理、序参量原理和支配原理构成了协同学的核心理论。不论是在宏观领域还是微观领域,“协同”对区域复合系统的作用已形成共识,协同理论在众多领域得到应用。例如,将协同理论应用于系统稳定性研究,定量考察制度因素对社会生态系统的影响^[23];利用协同理论和相关方法检验城市化对资源环境的影响及其协同作用^[24];从关注环境与社会系统的协同演化入手,强调环境系统和社会系统的相互作用和选择过程^[25]。同时,协同理论与可持续发展研究相结合,出现了环境与经济系统协同发展的可持续发展分析框架^[26],可持续性发展中的政策和技术效应对社会经济系统的作用^[27],社会生态协同发展基础上的可持续性研究^[28]等一系列研究成果。

国内的可持续发展研究也大量采用了协同理论及其分析框架,用于分析城市化与生态环境系统的耦合、生态环境与经济系统的耦合等^[29, 30],通过多指标综合评价、系统耦合模型等方法对协同状态进行评价^[31, 32]。范斐等^[33]利用协同理论构建了社会—经济与资源环境复合系统模型,并采用加速遗传算法对系统的稳定性、平衡点进行定量测算,体现了协同理论在复杂系统的子系统相关性研究,以及系统整体演化趋势研究中的应用价值。

纵观现有相关文献,就回答粤港澳大湾区人口、经济与环境协同机制等方面的问题,还存在几个值得深入探讨的方面。

一是系统整体性研究。人口、经济与环境相互作用关系研究主要集中探讨两两之间的影响及机制上,把人口、经济与环境作为一个整体系统,进行协同状态及驱动机理的研究还比较缺乏。

二是系统动态性研究。要揭示人口、经济与环境的协同机制,不仅需要评价系统协同的现状,而且要对其发展历程和趋势有准确的把握,并从中归纳出阶段性特征和发展规律。而现有研究多以系统协同现状的静态评价为主,这显然不利于归纳出协同机制。

三是理论适应性检验。现有研究主要是针对国家、省(区、市)等同质性较高的区域进行协同性分析,而粤港澳大湾区是世界上独一无二的“制度、行政、法律、关税、货币、文化”都存在差异的区域共同体,以往理论的适应性有待证实或证伪。

3 人口、经济与环境协同的理论模型

目前正值粤港澳大湾区战略实施的初期阶段，各项政策措施的效应还没有显现出来，难以进行实证分析，但应该尽快做好理论准备。

3.1 人口、经济与环境协同的系统结构

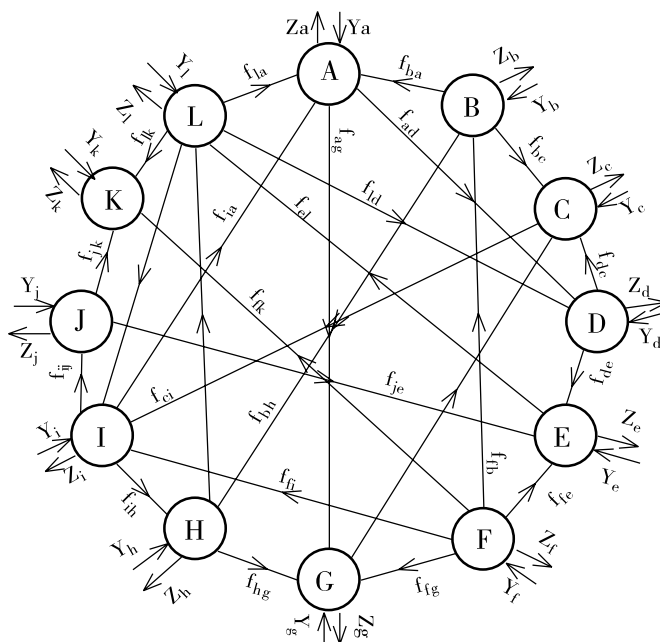
在粤港澳大湾区的制度、行政、法律、关税、货币、文化等差异背景下，按照整体系统（大湾区）、子系统（人口、经济、环境）、要素（规模、结构、分布、质量……）、指标（如表 1）的多层级结构进行细分，然后从下往上透析各层级的要素关系，构成人口、经济与环境协同的系统结构，这是从理论上全面揭示影响粤港澳大湾区人口、经济与环境协同的关键因素与内在机制的重要理论基础。

表 1 系统要素构成

Table 1 System element composition

人口、经济与环境系统					
人口子系统		经济子系统		环境子系统	
要素	指标	要素	指标	要素	指标
人口规模 A	人口总量	经济规模 E	人均 GDP	环境质量 I	空气质量指数
	机械增长率		GDP 增长率		土地污染超标率
	自然增长率		规模以上工业增加值		地表水质达标率
	总和生育率		地方一般公共预算收入		主要污染物排放强度
	死亡水平(预期寿命)		第三产业增加值占比		自然灾害损失额
人口分布 B	地区分布	经济结构 F	城乡收入占比	资源利用 J	万元 GDP 能耗
	人口密度		工业产品销售率		万元 GDP 水耗
	城市化水平		出口总值占比		CO ² 排放量 / 万元 GDP
人口结构 C	劳动年龄人口占比		外商投资占比		建成区面积占比
	年龄中位数		消费贡献率		生产资料投入产出比
	人口老龄化水平	经济质量 G	全社会劳动生产率	环境保护 K	人均水资源蕴藏量
	少儿抚养比		城镇居民可支配收入		环保支出占比
	流动人口占比		经济增长波动率		新建绿色建筑占比
人口素质 D	出生人口性别比		高新技术产业增加值占比		绿化覆盖率
	预期受教育年限		战略新兴产业增加值占比		公共交通出行占比
	科技人员占比	金融发展 H	产品质量优等品率	环保文化 L	环境 NGO 数量
	高等教育人员占比		单位能耗产出率		环保宣传指数
	婴儿死亡率		社会融资规模		环保意识指数
	孕产妇死亡率		居民存款占比		生态环境满意度
	出生缺陷发生率		金融业不良率		节能节水普及率

由于人口、经济与环境之间存在相互关系^[34]，假设各系统要素之间两两相关，根据表1所示的系统要素构成，构建如图1所示的系统结构示意图，具体要素关系可以通过实证分析进行要素关系识别。



注：A-L 分别表示表1的各要素； Y_i 表示要素*i*受到的外部效能影响， Z_i 表示要素*i*对外的效能影响； f_{ij} 表示要素*i*对要素*j*的效能影响。

图1 人口、经济与环境系统结构示意图

Figure 1 Schematic diagram of the structure of population, economic and environmental systems

3.2 人口、经济与环境系统的要素关系识别

利用 Wulff 等^[35]的方法，得到要素指标的效能元素(f_{ij})：

$$f_{ij} = \frac{Y_j}{Z_j} \times \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \log(a_i \times n / (n+m) \log(b_j \times m / (n+m))) \quad (1)$$

式中， a_i 为要素A的第*i*个指标； b_j 为要素B的第*j*个指标； n 、 m 分别为要素A和B的维度； Z_j 和 Y_j 为指标*j*受到的外部效应。

$$d_{ij} = \frac{f_{ij} - f_{ji}}{T_j} \left| T_j = \sum_{j=1}^n f_{ij} + dif_j + inno_j + Y_j \right. \quad (2)$$

式中, d_{ij} 为指标 i 对指标 j 的直接效能; dif_j 为系统内部的差异性对指标 j 的效能, $inno_j$ 为创新对指标 j 的效能, Y_j 为系统外部其它因素对要素 j 的效能。

$$D = \begin{vmatrix} d_{11} & \cdots & d_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ d_{in} & \cdots & d_{nn} \end{vmatrix} \quad (3)$$

$$U(i, j) = (u_{ij}) = D^0 + D^1 + D^2 + \cdots + D^k + \cdots = (I - D)^{-1} \quad (4)$$

将直接效能矩阵 D 代入式 7 得到系统效能矩阵 U , 其中 D^0 为原始效能, D^1 为直接效能, $D^2 + \cdots + D^k + \cdots$ 为间接效能。根据系统效能矩阵元素的符号, 构建如表 2 的各种要素二元关系^[36]。

表 2 要素二元关系

Table 2 Binary relationships of elements

		j 要素	
		+	-
i 要素	+	(+, +) 合作关系, 两者的效能都增加	(+, 0) 共栖关系, 一个要素的效能增加, 一个要素的效能不变
	0	(0, +)	(0, 0) 中性关系, 两者的效能都不变
	-	(-, +)	(-, 0)
			(-, -) 竞争关系, 两者的效能都降低
			(+, -) 利他关系, 一个要素的效能增加, 一个要素的效能降低
			(0, -) 偏害关系, 一个要素的效能降低, 一个要素的效能不变

3.3 人口、经济与环境协同的目标函数与约束条件

《粤港澳大湾区发展规划纲要》对大湾区中远期发展目标进行了定性描述, 采取适当的方法, 就可以将人口、经济与环境定性规划目标转化为定量的目标函数与约束条件。

首先, 相于经济、技术和制度的演变, 人口发展趋势的不确定性最低^[37], 在人口惯性的作用下表现出一定的变化轨迹。因此, 将人口系统作为约束条件具有合理性, 即假设人口作为大湾区社会经济发展的基础性因素, 在目标期限

内人口发展轨迹不会因为社会经济环境的改变而产生重大转变。这样,就可以通过人口预测结果设定人口约束条件:人口规模约束条件(P_t),人口分布约束条件(P_d),人口结构约束条件(P_s),人口质量约束条件(P_q)。另外,资源环境条件、区域协调性和内部差异性也是对大湾区发展形成约束的因素,可以作为约束条件对系统起到调节作用,如表3所示。

其次,实施大湾区战略的根本目的不是为了实施某个单一目标,而是整个区域内的总体发展水平实现质的飞跃,这就要求整个系统的总效能大于各个子系统的效能之和。另外,经济发展水平、创新体系建设、资源要素的流动性等也是大湾区发展的目标,可以通过定量分析模型将其转化为系统的目标函数,如表3所示。

表3 目标函数与约束条件预设

Table 3 Objective functions and constraint presets

	定性描述	一般表达式	优先级	修正依据	参数说明
目标函数	在协同状态下,系统总效能大于各子系统效能之和,取极大值	$F=Max [E^h (s) - \sum_{i=1}^m E (S_i)] >0$	P1	相关理论、要素关系识别结果、调研结果	E (S) 为系统总效能, E (S _i) 为 i 子系统效能
	形成以创新为主要支撑的经济体系和发展模式,经济实力、科技实力大幅跃升,国际竞争力、影响力进一步增强	$E (S) =f (\theta (t) , q, U (i, j) , w) >E_0+bt \mid b>0$ $Inno=f (I, W) >I_0$	P2	实证分析结果	Inno 为创新体系综合评价指数, I 为创新要素矩阵, W 为权重向量, I ₀ 为创新体系基准情景; 其它见式 (9)
	市场高水平互联互通基本实现, 各类资源要素高效便捷流动	$Syn= \sum_{ij} (u_{ij} , 0) + \sum_{ij} (v_{ij} , 0)$	P3	政策分析结果、调研结果	Syn 为协同度; u 为正效能, v 为负效能
约束条件	资源节约集约利用水平显著提高, 生态环境得到有效保护	$E (S_{em}) =f (\theta (t) , q, U (I, j) , w) >E_0+bt \mid b>0$	N/A	实证分析结果	见式 (9)

续表

	定性描述	一般表达式	优先级	修正依据	参数说明
约束条件	人口有序发展, 人力资源合理开发	$Pop = (P_i, P_d, P_s, P_q)$	N/A	人口惯性、人口预测结果	P_i 为人口规模预测矩阵; P_d 为人口分布预测矩阵; P_s 为人口结构预测矩阵; P_q 为人口质量预测矩阵
	区域发展协调性显著增强, 对周边地区的引领带动能力进一步提升	$E(k) = [u_{ij}(k)] \mid k \sim (1, 11)]$	N/A	协同发展情景分析结果、政策文本分析结果、现实可行性	$E(k)$ 为 k 城市的效能基准情景矩阵; $u_{ij}(k)$ 为 k 城市的 (i, j) 要素的效能基准情景
	粤港澳社会制度不同, 法律制度不同, 分属于不同关税区域, 市场互联互通水平有待进一步提升	$dif = f(M, w) < M_0$	N/A	政策文本分析结果、调研结果	dif 为差异性综合评价指数, M 为差异矩阵, w 为权重向量, M_0 为差异性基准情景矩阵

基于上述分析, 本文提出如图 2 所示的理论分析模型。

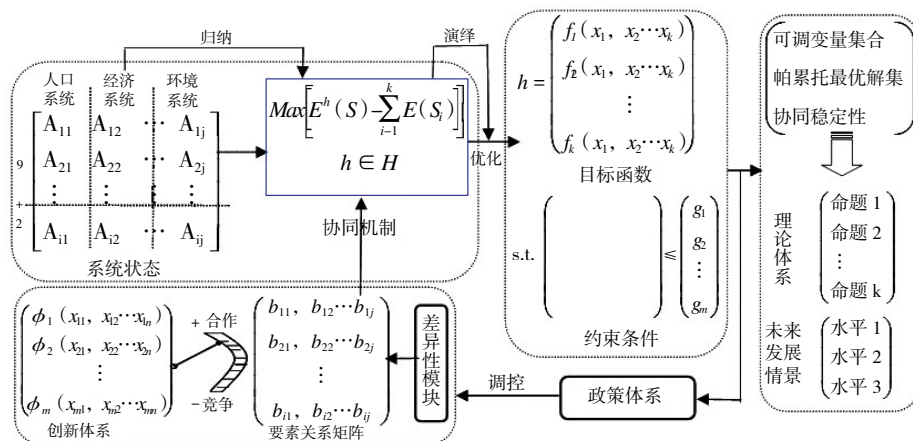


图 2 人口、经济与环境协同的理论分析框架

Figure 2 A theoretical analytical framework for demographic, economic and environmental synergies

4 人口、经济与环境的协同机制

4.1 人口、经济与环境系统状态

人口、经济与环境是多维、动态、非递归的开放系统，利用理论模型和表1的系统要素构建人口、经济与环境协同的多维动态模型，如图3所示，进而判断系统协同的阶段特征和影响因素，生成系统状态矩阵，构成对理论模型的内在逻辑性检验，同时为下一步多目标优化模型和未来情景分析提供初始参数。

$$\eta = \sum_{j=0}^p B_j \eta_{t-j} + \sum_{j=0}^q \Gamma_j \xi_{t-j} + \zeta_t \quad (5)$$

$$y_t = \Lambda_y \eta_t + \varepsilon_t \quad (6)$$

$$x_t = \Lambda_x \xi_t + \delta_t \quad (7)$$

其中， η 为内生潜在变量（人口、经济与环境子系统）组成的向量； ξ 为外生潜在变量（差异性、创新体系、控制变量、政策体系）组成的向量； ζ 是结构方程的误差向量； ε 和 δ 分别为内生变量和外生变量的误差向量。B 和 Γ 是系数矩阵； Λ_y 和 Λ_x 为内生变量和外生变量的负载矩阵。 p 、 q 为滞后的期数。

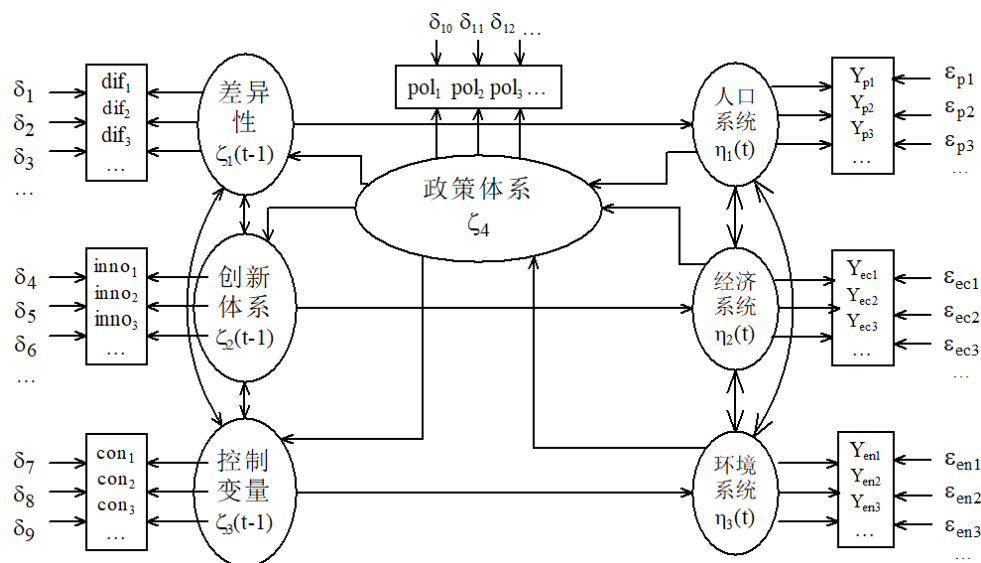


图3 人口、经济与环境协同的动态结构方程模型示意图

Figure 3 Schematic diagram of a dynamic structural equation model of demographic, economic and environmental synergy

根据负载矩阵 (Λ_y/Λ_x) 判断预设的要素指标的解释力度, 根据系数矩阵 (I) (B/Γ) 的显着性水平和数值判断各要素之间的关系方向和程度, 可以从中筛选出可被政策调控的变量, 为多目标优化分析、未来发展情景分析和政策建议提供基础参数。

4.2 协同机制的数理描述

理论模型的内涵是通过多目标优化实现人口、经济与环境协同, 以达到粤港澳大湾区的整体效能极大化。其实质在于, 基于粤港澳大湾区人口、经济与环境系统 (S) 的结构功能特征, 寻找有效的协同状态 $h \in H$, 使得在协同 (h) 的作用下, 系统 (S) 的总体效能 ($E(S)$) 大于各子系统的效能 ($E(S_i)$) 之和且取极大值, 即:

$$F = \text{Max} \left[E^h(S) - \sum_{i=1}^m E(S_i) \right] \quad (8)$$

$$E(S) = f(\theta(t), q, U(i, j), w) \quad (9)$$

$$h = \begin{cases} f_1(x_1, x_2 \cdots x_k) \\ f_2(x_1, x_2 \cdots x_k) \\ \vdots \\ f_n(x_1, x_2 \cdots x_k) \end{cases} \quad (10)$$

$$s.t. \begin{cases} q \in Q_0(p, e_c, e_n, \text{inno}, \text{dif}, o) \\ h(q) \in Q_1 \\ h \in H \end{cases} \quad (11)$$

式中, $\theta(t)$ 为随时间变化的序参量向量; U 为要素关系矩阵; h 为系统 (S) 协同的多目标优化函数向量 (f_i); q 为系统的状态矩阵, 包括人口因素 (p), 经济因素 (e_c), 环境因素 (e_n), 创新体系 (inno), 差异性 (dif), 其它因素 (o); Q_0 为系统的初始状态条件; Q_1 为系统协同的约束条件。满足上式的目标 (f_i) 为系统 (S) 的协同状态 (h), 协同状态 h 的集合记为 H , 即为系统 (S) 的协同机制。

通过遗传算法求解上述多目标决策模型^[38], 可以得出系统协同的帕累托最优解集和协同稳定性。

4.3 协同机制的优化途径

现有的大量关于人口、经济与环境要素关系和协同机制的理论和实证研究都是基于不同的制度文化、社会背景、资源禀赋，传统的协同发展模式无法适应粤港澳大湾区的特殊性和差异性。要实现成为世界级城市群的战略定位，就必须在机制上找到新的突破口，寻找适合于粤港澳大湾区的人口、经济与环境协同发展模式。创新能够影响甚至改变人口、经济与环境系统的要素关系^[39, 40]，进而对整个系统的协同产生外部收益，从而为机制突破提供可能。

本文提出“创新的溢出效应”理论假设，即在特定的条件下，创新不仅可以产生自身效应，而且可以通过改变要素关系产生协同的外部收益。

根据式1~4的要素关系推导过程，式1的 a_{ij} 、 b_{ij} 如果受“创新”的影响发生变化，则 f_{ij} 也会发生变化；式2是 a_{ij} 、 b_{ij} 和 T_j 的函数，其中 T_j 也受“创新”的影响，则 d_{ij} 发生变化；同理， D 和 U 也在“创新”的作用下发生变化，即通过“创新”改变了要素关系矩阵。

将多目标优化模型求得的 $\theta(t)$ 、 q 和 w 的解作为已知常量，代入效能函数(式9)，此时效能函数只受要素关系矩阵的影响。根据上述分析，要素关系是 f_{ij} 和 T_{ij} 的函数，将式1的 f_{ij} 记作 x ，式2的 T_{ij} 记作 y ，则

$$E(S) = f(\theta(t), q, U(i, j), w) \Rightarrow E(S) = f(x, y) \quad (12)$$

对式12进行多重积分，就相当于控制其它因素($\theta(t)$ 、 q 、 w)的情况下，“创新”对系统效能的“净影响”，即“创新的溢出效应”(IS)：

$$IS = \iiint_C f(x, y) d\delta = \int_{f_1}^{f_2} \left[\int_{T_1}^{T_2} f(x, y) dy \right] dx \quad (13)$$

式中， $d\delta$ 为面积元素， C 为积分域：

$$C = \left\{ (x, y) \left| \begin{array}{l} T_1 \leq y \leq T_2 \\ f_1 \leq x \leq f_2 \end{array} \right. \right\} \quad (14)$$

式中， $[f_1, f_2]$ 为“创新”对 f_{ij} 的作用区间； $[T_1, T_2]$ 为“创新”对 T_{ij} 的作用区间。

综上所述，通过求解多目标决策模型，可以得到系统协同的帕累托最优解集(平衡点)和协同的稳定性，并在控制其它因素的情况下，分离出“创新的

溢出效应”，从而为全景展示未来发展情景（期望的系统协同状态）和精准调控提供基本参数和条件。

5 人口、经济与环境协同的研究展望

《粤港澳大湾区发展规划纲要》出台以来，先后成立了粤港澳大湾区建设领导小组，广东省推进粤港澳大湾区建设领导小组，各市也成立了相应的机构，陆续出台了《广东省推进粤港澳大湾区建设三年行动计划（2018—2020年）》等配套政策100多项，涉及科技、金融、财税、教育、人才、要素互通等内容，涵盖了人口、经济与环境的方方面面。尽管各项政策出台前都经过了充分的论证，但这些政策措施对人口、经济与环境产生怎样的“协同效应或竞争损失”还没有完全显现出来，未来至少应该以下三个方面加强研究。

一是粤港澳大湾区人口、经济与环境协同的状态和机制的实证研究。协同无论是作为一种状态还是过程，都是各种要素关系有机组合的结果。虽然人口、经济与环境之间存在错综复杂的相互关系已在现有文献中得到充分的体现，但将人口、经济与环境系统置于粤港澳大湾区的背景之下，考察系统内部各要素之间的相互关系如何影响整个系统的协同状态，进而对整个系统的效能产生何种影响，却不得而知。这就需要对每一对要素关系的属性和强度重新进行鉴别，并将这些数量众多、属性和强度各异的“关系”置于系统之中进行整体性分析，才可能准确把握人口、经济与环境系统的协同状态和机制。

因此，无论是人口、经济与环境协同的影响因素、多目标优化决策，还是人口、经济与合作的协同机制、未来发展情景，都需要从通过实证研究进行证实或证伪。

二是开展以精准调控为目标的动态政策分析。粤港澳大湾区是涵盖制度、经济、文化和生活的社会共同体，各项政策措施不仅数量众多，而且还有陆续出台，使得政策分析的时效性面临挑战。首先，通达网络爬虫技术挖掘国家、广东省、大湾区各城市有关粤港澳大湾区政策和规划、政策条文解释、政府公报、官方新闻报道、利益相关方言论等，建立动态更新的政策文本语料库，为政策分析和评估提供基础信息。其次，采用政策文本计算模型，对政策语料库进行政策文本计算，从政策取向、政策冲突、政策质量、政策辅助决策等方面定量

分析政策体系；最后，以系统协同的稳定平衡点为基准，根据政策取向、政策质量和政策冲突，比对人口、经济与环境协同优化目标，并根据现实可行性提出人口、经济与环境协同的多目标优化政策建议。

三是模拟粤港澳大湾区人口、经济与环境协同的未来发展情景。情景分析可以展示在现实条件下，人口、经济与环境协同最可能的发展轨迹，达到期望的系统协同状态所需要的条件和可能性，从而为精准调控提供准确的依据。根据稳定的系统协同平衡点模拟未来发展情景，可以得到粤港澳大湾区人口、经济与环境系统可能达成的协同状态，是理论上可能达到的最优状态。另外，情景参数确定后，假设系统的要素关系都是可以调控的，穷尽各种关系组合后，得到调控组合集，并将其逐一代入模型，可以得到未来发展情景的所有可能（也就是未来发展情景的理论空间），在提出政策建议时，就可以按照政策取向和现实条件从中找到可行性的发展路径。

参考文献

- [1] 周世锋, 王辰. 世界城市群发展演变特点及其对长三角的启示 [J]. 江苏城市规划, 2010 (8): 15-18.
- [2] Grossman G M, Krueger A B. Economic Growth and the Environment [J]. Quarterly Journal of Economics, 1995 (110): 353-377.
- [3] Panayotou T. Green markets: the economics of sustainable development [J]. Journal of Asian Studies, 1993, 52 (3): 697-710.
- [4] Nahman A, Antrobus G. The Environmental Kuznets Curve: A Literature Survey [J]. South African Journal of Economics, 2005 (73): 105-120.
- [5] Dinda, Soumyananda. Environment and economic growth: a convergence approach [J]. International Journal of Global Environmental Issues, 2009, 9 (1/2): 137.
- [6] Stern, David I. The environmental Kuznets curve [J]. Companion to Environmental Studies, 2018 (6): 49-54.
- [7] Perman R, Stern D I. Evidence from panel unit root and cointegration tests that

- the Environmental Kuznets Curve does not exist [J]. *Australian Journal of Agricultural & Resource Economics*, 2003, 47 (3): 325–347.
- [8] 许和连. 外商直接投资导致了中国的环境污染吗 [J]. *管理世界*, 2012 (2): 30–43.
- [9] 王远, 王春春, 赵静, 等. 江苏省SO₂排放环境库兹涅茨关系研究: 基于半参数面板数据模型分析 [J]. *中国环境科学*, 2016, 36 (10): 3143–3149.
- [10] 朱冉, 赵梦真, 薛俊波. 产业转移、经济增长和环境污染: 来自环境库兹涅茨曲线的启示 [J]. *生态经济*, 2018 (7): 35–43.
- [11] Ehrlich P, Holdren J. *Impact of Population Growth in Population, Resources and the Environment* [M]. Washington D C: US Government Printing Office, 1972: 365–377.
- [12] Dietz T, Rosa E A. Rethinking the Environmental Impacts of Population, Affluence and Technology [J]. *Human Ecology Review*, 1994 (1): 277–300.
- [13] Glaeser E L, Kahn M E. The greenness of cities: Carbon dioxide emissions and urban development [J]. *Nber Working Papers*, 2010, 67 (3): 1–418.
- [14] 罗能生. 人口规模、消费结构和环境效率 [J]. *人口研究*, 2017 (3): 38–47.
- [15] 彭希哲. 我国人口态势与消费模式对碳排放的影响分析 [J]. *人口研究*, 2010, 34 (1): 48–58.
- [16] 谢锐. 新型城镇化对城市生态环境质量的影响及时空效应 [J]. *管理评论*, 2018 (1): 230–241.
- [17] Paul Krugman. *Currency Regimes, Capital Flows, and Crises* [J]. *IMF Economic Review*, 2014, 62 (4): 470–493.
- [18] 蔡昉, 王美艳. 中国城镇劳动参与率的变化及其政策含义 [J]. *中国社会科学*, 2004 (4): 68–79.

- [19] Easterlin, Richard A. An Economic Framework for Fertility Analysis [J] .
Studies in Family Planning, 1975, 6 (3) : 54–78.
- [20] Diarmid C L, Rosalie W. Comparative risk assessment of the burden of disease
from climate change [J] . Environmental Health Perspectives, 2006, 114
(12) : 1935–1941.
- [21] 潘小川, 李国星, 高婷. 危险的呼吸: PM_{2.5}的健康危害和经济损失评估研究 [M] . 北京: 中国环境科学出版社, 2012.
- [22] Haken H. Information and Self–Organization: A Macroscopic Approach to
Complex Systems [J] . American Journal of Physics, 2006, 57 (10) :
958–987.
- [23] Anderies J M, Janssen M A, Ostrom E. A Framework to Analyze the
Robustness of Social–ecological Systems from an Institutional Perspective [J] .
Ecology & Society, 2004, 9 (1) : 243–252.
- [24] Fan P, Chen J, John R. Urbanization and Environmental Change During the
Economic Transition on the Mongolian Plateau: Hohhot and Ulaanbaatar [J] .
Environmental Research, 2016 (144) : 96–112.
- [25] Matutinović I. An Institutional Approach to Sustainability: Historical Interplay
of Worldviews, Institutions and Technology [J] . Journal of Economic
Issues, 2007, 41 (4) : 1109–1137.
- [26] Mulder P, Bergh J C J M, Van Den. Evolutionary economic theories of
sustainable development [J] . Growth & Change, 2010, 32 (1) : 110–
134.
- [27] Edmondson D L, Kern F, Rogge K S. The Co–evolution of Policy Mixes and
Socio–technical systems [J] . Research Policy, 2018, 61 (3) : 25–36.
- [28] Mura M, Longo M, Micheli P, et al. The Evolution of Sustainability
Measurement Research [J] . International Journal of Management Reviews,
2018, 20 (3) : 661–695.
- [29] 赵宏林, 陈东辉. 城市化与生态环境之关联耦合性分析: 以上海市青浦

- 区为例[J]. 中国人口、资源与环境, 2008(6): 180–183.
- [30] 方创琳. 特大城市群地区城镇化与生态环境交互耦合效应解析的理论框架及技术路径[J]. 地理学报, 2016, 71(4): 531–550.
- [31] 马丽, 金凤君, 刘毅. 中国经济与环境污染耦合度格局及工业结构解析[J]. 地理学报, 2012(10): 5–13.
- [32] 曾鹏, 朱玉鑫. 中国十大城市群生态与经济协调度比较研究[J]. 统计与决策, 2014(16): 117–120.
- [33] 范斐, 孙才志, 王雪妮. 社会、经济与资源环境复合系统协同进化模型的构建及应用: 以大连市为例[J]. 系统工程理论与实践, 2013(2): 143–149.
- [34] 魏一鸣, 范英, 蔡宪唐, 等. 人口、资源、环境与经济协调发展的多目标集成模型[J]. 系统工程与电子技术, 2002(8): 1–5.
- [35] Wulff F, Field J G, Mann K H. A detailed guide to network analysis [M]. Springer-Verlag, 1992: 15–61.
- [36] Fath B D, Patten B C. Network synergism: Emergence of positive relations in ecological systems [J]. Ecological Modelling, 1998, 107(2): 1–14.
- [37] Yong C. China's Demographic Prospects: A UN Perspective [J]. International Economic Review, 2012, 12(2): 114–136.
- [38] 周明, 孙树栋. 遗传算法原理及应用 [M]. 北京: 国防工业出版社, 1999.
- [39] Alpay E, Buccola S, Kerkdie J. Productivity Growth and Environmental Regulation in Mexican and US Food Manufacturing [J]. American Journal of Agricultural Economics, 2002, 84(4): 887–901.
- [40] Die Hu, Yuandi Wang, Yu Li. How Does Open Innovation Modify the Relationship between Environmental Regulations and Productivity: Open Innovation Modifies the PH [J]. Business Strategy & the Environment, 2017, 26(1): 215–236.

The Theoretical Framework and Analytical Perspectives of Population, Economy and Environment Synergy in Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area

Zhong Liuqing¹ Fu Yu² Wang Wenjun² Wu Jiajun³

1. School of Humanities and Management, Guangdong Medical University, Dongguan;

2. Yuntian Statistical Science Institute of Shenzhen, Shenzhen;

3. Dongguan Vico Applied Statistics Institute, Dongguan

Abstract: At the initial stage of the strategy of Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area (GBA), the effects of various policies and measures have not yet appeared, it is difficult to carry out empirical analysis, but should be prepared for the theory as soon as possible. It is necessary and realistic to study the synergy between population, economy and environment in GBA and analyze the interrelation between subsystems, which can provide policy clues for regulating or avoiding adverse consequences. Based on this, this paper presents a theoretical analysis model consisting of system state, factor relationship, target function and constraint condition, synergistic mechanism, etc., and makes mathematical deductions to the theoretical model. This paper puts forward the theoretical hypothesis of “innovation spillover effect”, that is, under the condition of the optimal solutions and synergy of the system’s synergy, innovation can not only produce its own effect, but also produce the external benefits of synergy by changing the factor relationship. Finally, from three aspects of the empirical research, policy analysis and situation analysis, The future research direction is proposed.

Key words: Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area; Population; Economy and environment; Synergic mechanism