

区域 PRED 的系统分析与决策制定方法*

张志强

(中国科学院地理研究所 北京 100101)
国家计划委员会

摘 要 人口问题、资源问题、环境问题和发 展问题是当今世界人地关系的四大焦点问题, 它们相互联系、相互影响, 因而解决它们的关键在于实现 PRED 四者的协调发展。从定义“区域 PRED 系统”这一概念入手, 进而运用系统科学的分析方法, 可以较为深入地探讨区域 PRED 协调发展的相互作用与内部信息联系机制。在此基础上, 通过数学分析、模型仿真和多目标决策评判等方法 的逐步深入, 可以构筑起区域 PRED 协调发展的辅助决策支持系统的运行框架。

关键词 区域 PRED 系统 区域 PRED 协调发展 调控变量 协调度

分 类 (中图法) F123.7 (科图法) 57.1711

1 区域 PRED 系统与区域 PRED 协调发展

当今世界, 伴随着人口的快速增长, 人类社会活动和经济活动的广度和强度空前加剧, 人与自然界之间的关系也日趋失调。人口问题(Population problems)、资源问题(Resource problems)、环境问题(Environment problems)、和发展问题(Development problems)成为困扰世界各国的四大普遍问题, 我们简称其为 PRED 问题。这四大问题相互作用、相互影响和相互制约, 并在一个具体的区域上复合而成一个紧密联系的统一体, 我们称其为区域 PRED 系统。它可视为是从经济、社会、人口、资源与环境等物质实体系统中抽象出来的一个“软系统”和“概念系统”。

区域 PRED 系统具有系统本身所具有的最根本的属性——整体性。这决定了 PRED 四者中任何一者的解决或任何一者要实现持续发展的目标, 都必须同时处理好与其它几者的关系, 即局部性的问题只能通过整体的协调处理才能得以全面解决。因此, 解决 PRED 问题的关键在于实现人口增长、资源利用、环境保护及经济和社会发展四者之间在不同尺度区域上的相

* 本文获 1994 年中国科学院地理研究所青年优秀论文奖, 承毛汉英先生悉心指教, 特此致谢。

收稿日期: 1995-03-16, 收到修改稿日期: 1995-06-13

互协调，也就是区域 PRED 的协调发展。它是实现区域持续发展的基础与前提，具有重大的理论与实践意义。

2 区域 PRED 协调发展的机制

区域 PRED 协调发展的机制主要应包括：推动区域 PRED 系统协调发展的原因、系统内部元素之间的相互作用原理以及系统的演化轨迹。

2.1 相互作用——区域 PRED 协调发展的推动力

系统的演化是确定性和非确定性的统一，其演化方向存在多种可能性。所谓区域 PRED 协调发展就是使 PRED 系统朝有序度和自组织性不断提高方向演变的进程，而系统的有序度又取决于以下两种不同类型的相互作用。

2.1.1 系统与环境之间的相互作用 根据最大熵原理，封闭系统会自发走向“熵增”和“减序”。因此，作为与外界不断发生物质、能量与信息“三大流”相互作用的开放的区域 PRED 系统，就必须保持从外区域输入原材料、资金、劳动力和信息等负熵流，以克服内部的增熵，才能使有序度不断提高。也就是说，通过与环境的相互作用而使系统维持一种“耗散结构”的状态，是区域 PRED 系统走向有序和自组织的基础与前提。

2.1.2 系统内部的相互作用 根据哈肯的协同论(Synergetics)，形成系统有序结构的根本原因不在于系统现状的平衡与否，也不在于系统距平衡态多远，而在于系统内部各子系统间相互关联的“协同作用”。尽管区域 PRED 系统内部变量数目众多，但在其多反馈回路的相互作用中，必然能找到几个在临界点附近不仅不衰减，而且始终左右着系统演化的“慢驰豫变量”。它们就是人类控制 PRED 系统走向优化和良性循环的“调控变量”或“调控开关”，如人口出生率、经济增长速度、产业结构、投资倾斜度、短缺性资源的分配以及环境污染状况等指标。

2.2 信息联系——PRED 系统相互作用的基本形式

系统的相互作用大致可归纳为物质流、能量流和信息流三大类。由于物质和能量均可视为信息的一种载体，因此我们可将“三大流”抽象为“信息联系”这一统一的格式。区域 PRED 系统虽然涉及到人与地理环境之间各种量纲不同、具体表现形式不一的要素，但若撇开这些物质与能量的具体表现形式，而从系统内部的信息反馈与调节入手，并运用系统动力学或控制论等方法进行定量与定性的综合描述，就可充分认识系统的运行机制。图 1 简要地表示出区域 PRED 系统的信息联系与反馈控制机制，其中有两主要的反馈控制回路：一是从人口→资源开采量→资源缺口→人口；二是从人口→经济发展→环境污染→人口。

2.3 区域 PRED 的协调发展轨迹

信息反馈现象的客观存在决定了任一系统元系的发展过程都是两种作用协调后的结果：一是系统要素自身固有的“内禀自然增长”，二是与之相联系的其它要素的反馈制约作用。因此，协调发展的理论轨迹将满足逻辑斯谛方程。

以人口数量的增长为例，设 r 是人口的内禀自然增长率， N 是人口数， N_0 是时间 t_0 时刻的人口数， K 是环境的限制容量，则可推出微分式和积分式的逻辑斯谛方程：

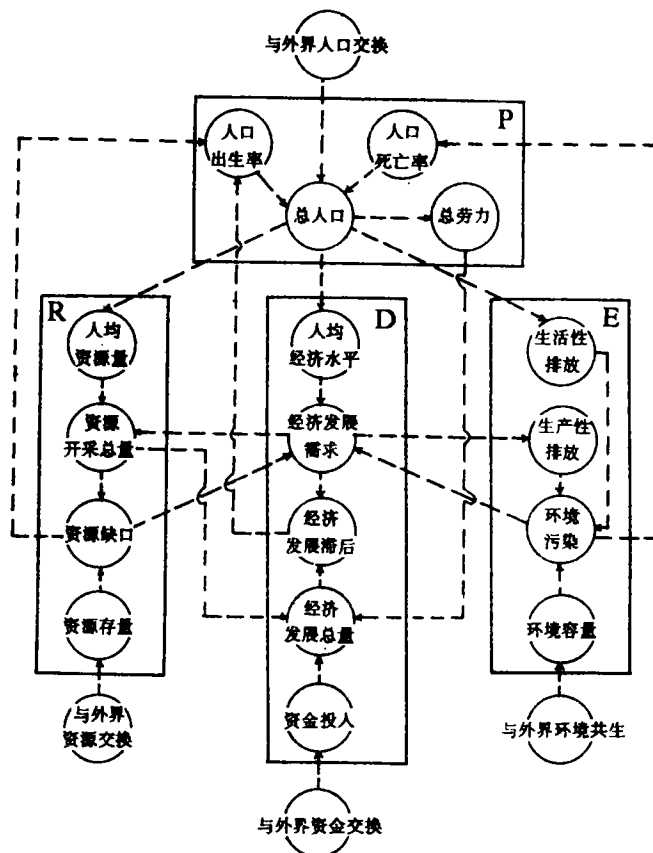


图 1 区域 PRED 系统信息反馈机制简图

Fig. 1 Mechanism of feedbacks in a regional PRED system

$$\frac{dN}{dt} = RN = r(1 - \frac{N}{K})$$

$$N = \frac{K}{1 + ce^{-\alpha t}} \quad \text{其中: } C = \frac{K - N_0}{N_0}$$

图 2 中的 S 型曲线 B 即为协调发展后的种群增长曲线, 它表明了种群密度与增长率之间的反馈制约机制, 即随种群密度的增加, 环境阻力 (图 2 中阴影部分所示) 也增大, 因此协调后种群的实际增长率先增后减, 分界点出现在 $N = K/2$ 处。

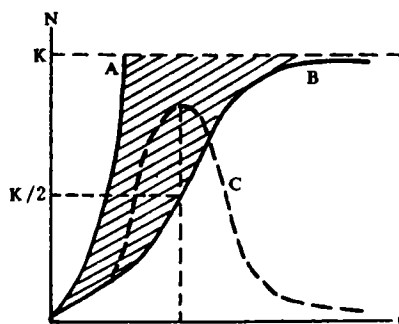


图 2 协调发展的理论轨迹

Fig. 2 Theoretical curves for a coordinate development

3 区域 PRED 协调发展的决策制定方法

PRED 系统属于高阶次、多回路的复杂巨系统,其决策研究必须采用定性与定量相结合的方法,并借助计算机将有关数据、知识、专家判断和数学模型等有机地结合起来,建立一个辅助决策支持系统(参见图 3)。它大致包括以下五个步骤:

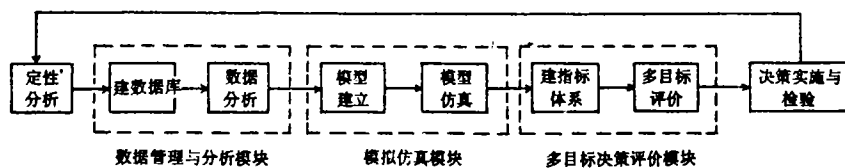


图 3 区域 PRED 协调发展的决策制定过程

Fig. 3 The process of decision making for the coordinate development of a regional PRED system.

3.1 定性分析

运用有关专家的理论经验知识,对区域发展存在的各种问题和系统的内在运行机制进行解剖和假设,并建立区域 PRED 协调发展的概念模型。

3.2 数据的管理与分析

根据概念模型要求收集有关的时间序列数据与空间数据(图形),将其录入到图形库和数据库中进行管理。通过从库中提取数据进行数学统计和回归等分析,可建立反映系统内部相关要素之间关系的数学方程。

3.3 模型仿真

以上述数学方程为基础,建立描述系统结构与功能的数学模型,运用它来设计并仿真各种决策方案。数学模型的设计可采用投入—产出模型、系统动力学(SD)模型、ECCO 模型或灰色系统模型等,其中又以 SD 模型最适合于模拟区域 PRED 系统内部复杂的信息反馈与动态变化现象。在定性分析方面,它可充分利用决策者和专家的经验与判断,设置调控开关;在定量分析方面,它吸取了系统论、反馈理论与控制论的精华,可选用延迟、平滑、表函数等多种函数来模拟非线性关系,并配有专用的系统动力学语言(Professional Dynamo),为采用计算机对 PRED 系统进行政策模拟提供了极大的方便。

3.4 多目标决策分析

PRED 协调发展决策优劣的衡量或评价是个多目标、多层次的优化判别过程,它又包括以下三个方面:

3.4.1 建立多层次评价指标体系

若以 PRED 的协调度为总目标层,则经逐层分解后可建立如图 4 所示的指标体系。该指标体系选取的原则有四点:一是数量与质量相结合,如人口增长与人口素质;二是绝对量与

相对量相结合，如水资源总量和人均水资源总量；三是正面与反面相结合，如三废排放量与处理量；四是静态与动态相结合，如产值与产值年增长率。

3.4.2 确定指标权重

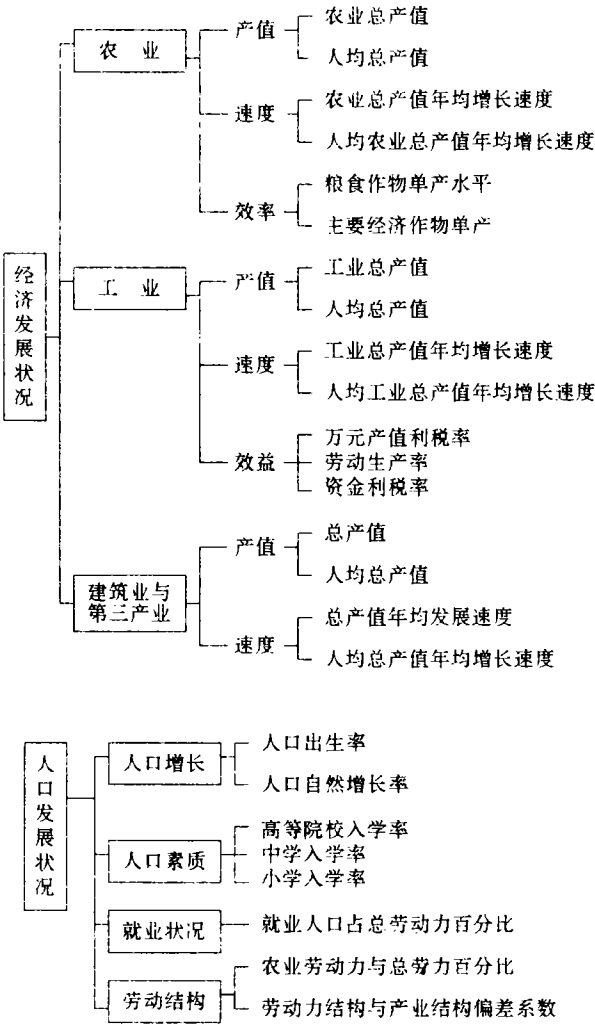
采用层次分析法（AHP），经构造穆迪优先图表、专家填表、层次单排序和总排序后可得以各层因素相对于 PRED 协调度的总排序权值和单排序权值。

3.4.3 评价决策方案

各指标经归一化处理后化成统一无量纲的数值，再将其乘以指标权重值即得到各决策方案的总评分值，从而可给出各决策方案的优劣先后排序。

3.5 决策的实施与检验

将经过优选和专家认可后的决策方案付诸实施，在实际执行过程中检验其效果，并对产生的新问题进行分析，从而开始新一轮的决策制定过程。



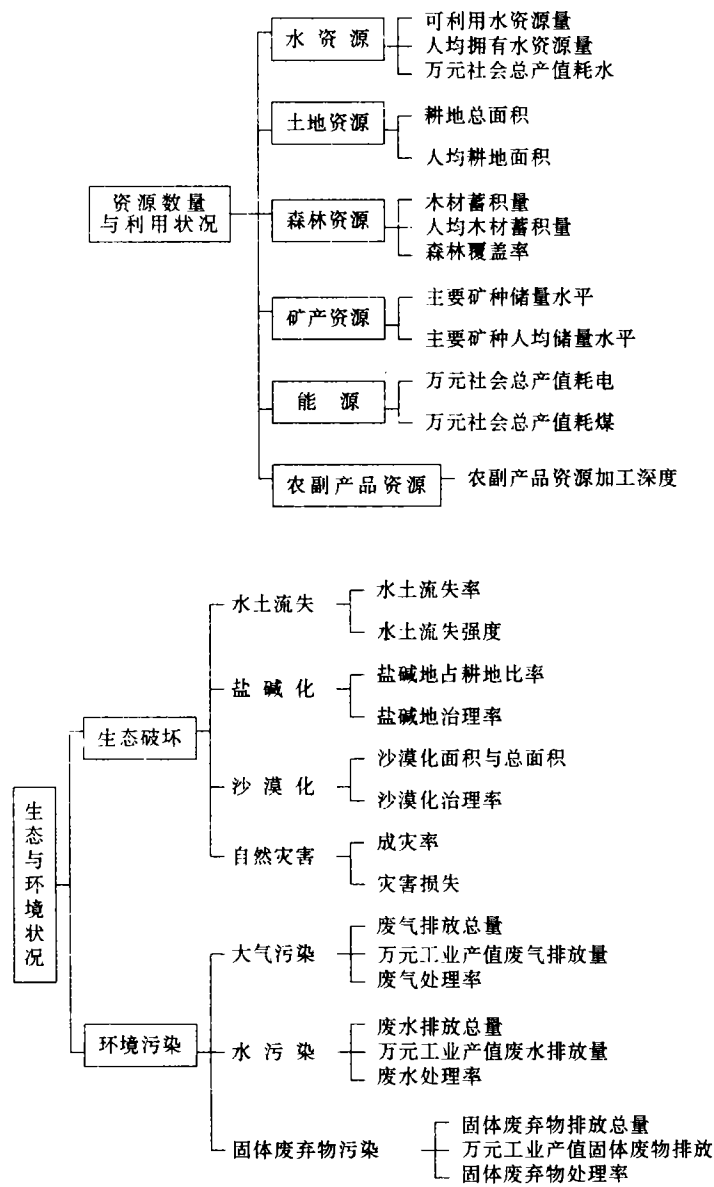


图 4 区域 PRED 协调度的评价指标体系

Fig. 4 Indices system for the evaluation of the coordination degree of a regional PRED system.

参 考 文 献

- 1 雷恰逊等著. 系统动力学建模导论. 安徽科技出版社, 1987.
- 2 周硕愚编著. 系统科学导引. 地震出版社, 1988.
- 3 毛汉英. 县城经济社会同人口、资源、环境协调发展研究. 地理学报, 1991, 46 (4).

THE METHOD FOR REGIONAL PRED SYSTEM-ANALYSIS AND DECISION MAKING

Zhang Zhiqiang

(*Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101*)

Abstract

Population, Resource, Environment and Development (PRED) are four foci of the human—environment relationship. There are complex relationships and feedback among them. Therefore, the key to solving these problems is to make PRED develop co—ordinately and harmoniously. By defining the concept of “Regional PRED System” and applying the system-analysis method, we can explore the mechanism of the interplay and feedback of the PRED system. On the basis of this, the framework of the subordinate decision-making support system (SDSS) for the regional PRED coordinated development can be constructed, including the processes of quantitative analysis, modelling, simulation, and multi-objective decision evaluation.

Key words Regional PRED system, Regional PRED system, Regional PRED coordinated development, Regulation variable, Coordination degree