

城郊土地人口承载力 系统动力学应用研究

隋玉柱 胡双熙 申元村编著

SD

山东省地图出版社

城郊土地人口承载力 系统动力学应用研究

隋玉柱 胡双熙 申元村编著

山东省地图出版社

- 00391

内 容 提 要

环境问题、资源问题、人口问题已经构成全球性三大问题,以旨在协调资源——人口——环境关系的土地人口承载力研究正日益为各国政府和科技界所瞩目。本书以银川市为例,运用系统动力学原理和方法,对城市郊区这一生态脆弱区的土地人口承载力进行了探讨。主要内容包括土地人口承载力综述,系统动力学原理和应用方法,研究系统辨识, YLCM模型的建立,子模型分析,模型仿真以及 PRED 发展模式与决策等。

本书可供土地、农业、人口、规划设计、系统工程等方面的科研、生产人员和管理干部及大专院校师生参考,对正在进行土地人口承载力研究的单位具有一定的借鉴价值。

城郊土地人口承载力系统动力学应用研究

隋玉柱 胡双熙 申元村编著

责任编辑: 魏祖智

山东省地图出版社出版

(济南市文化东路紫竹园)

宁夏农林科学院科技印刷厂印刷

山东省地图出版社发行

开本: 1/32 印张: 6.60 字数: 159千字 印数: 0001—1000

1992年10月第一版 1992年11月第一次印刷

ISBN 7-80532-092-6/K·92

鲁新登字11号 定价: 7.00元

目 录

第一章 土地人口承载力综述

- 第一节 引 论..... (1)
- 第二节 土地人口承载力研究的历史、现状和方法
..... (3)
- 第三节 土地人口承载力研究所面临的困境..... (11)
- 第四节 系统动力学对土地人口承载力研究的独特
作用..... (16)

第二章 系统动力学基本原理和方法介绍

- 第一节 系统动力学的有关概念..... (19)
- 第二节 系统动力学的基本观点..... (21)
- 第三节 系统动力学解决问题的过程与步骤..... (26)

第三章 系统辨识

- 第一节 系统地理边界..... (39)
- 第二节 系统要素分析..... (41)
- 第三节 系统演替..... (51)

第四章 银川郊区土地人口承载力系统动力学模型的建立

- 第一节 建模目的..... (55)
- 第二节 模型的总体构成及各子模型之功能..... (56)

第五章 子模型分析

- 第一节 人口子模型..... (62)
- 第二节 消费子模型..... (81)
- 第三节 大农业子模型..... (94)

第四节	土地子模型.....	(137)
第五节	其它子模型.....	(157)

第六章 模型的仿真与PRED协调决策

第一节	模型的检验.....	(164)
第二节	模型运行方案的设计.....	(171)
第三节	模型的仿真与PRED协调决策.....	(176)
第四节	方案的评估.....	(192)
第五节	结 语.....	(193)

附录

主要参考文献

编后

第一章 土地人口承载力综述

第一节 引 论

纵观当今世界，随着经济的发展，人口的增长和物质、文化生活水平的不断提高，人类对土地资源的索取，不仅“面”（广度开发）上逐渐扩展，而且“度”（深度开发）上日趋加大。资源、人口、环境之间的矛盾正变得越来越突出。人口问题、环境问题、资源问题等一系列的问题亦更加尖锐地摆在了人类面前。

众所周知，世界人口已于1987年突破了50亿大关，我国人口也于1989年超过了11亿，人口翻番时间亦在不断缩短，人类的物质、文化生活水平和生存环境质量又要求不断提高。而作为人类衣食之“源”，住行之“基”的土地资源数量却不会增加。耕地面积虽可能增加，但很快就会趋向极限。事实上，随大量农田的被侵占，我国及大多数国家的人均耕地在急速下降。土地质量是可以提高的，但这需要资金与科技的大量投入以及有关土地政策的落实。然而，资金的短缺、科技的落后和决策的失误又往往使这一切化为泡影，致使在人口膨胀，生活水平提高欲望不断增强的同时，土地质量、环境质量、土地生产力在不断下降，耕地面积在不断减少，土地大面积沙化、盐渍化，土壤被严重污染，水土大量流失，滑坡、泥石流、酸雨等人为造成的灾害正在波及越来越多的地区……。

面对有限自然资源的加速衰减，人们不得不问：我们居

住的星球或地区的土地到底可以供养多少人口？一个行政（或自然）区域提高供养人口的途径何在？

这些问题得到了各国政府和科技界的广泛关注，人们正在担心地球上的资源满足不了不断增长的人口需要（并且人们生活水平已经提高了，再要把生活水平降下来也是办不到的），担心“人口爆炸”的来临，更担心由此引起全球范围的为争夺土地而进行的人类相互残杀的战争。美国麻省理工学院对未来人口、资源、环境的关系和状况作了如下预测（见图1—1），也有少数人已经把这个问题作为预言世界

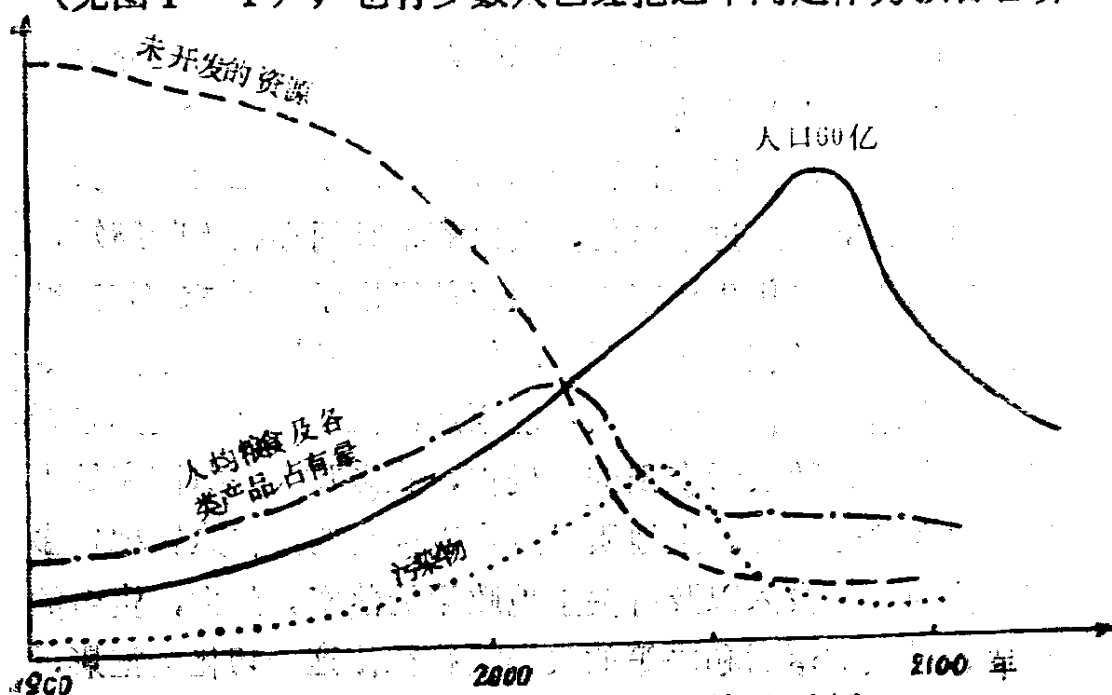


图1—1 未来人口、资源、环境关系图

末日的新话题。然而，绝大多数有识之士则从痛悔中反思到：我们一方面应该认识到人口和财富可以无限制增长的观点就是自我欺骗和自取毁灭，超出地球容纳量而不加调节地增加人口，应视为道德上的犯罪行为；另一方面还应认识到：盲目地悲观是毫无道理的，也是毫无用处的，应该以积

极的态度，用科学的方法，综合系统地协调资源——人口——环境之间的关系，使得在节制人口增长的同时，提高土地资源的生产能力。那种“头痛医头，脚痛医脚”的“单打一”研究已经不宜上述复杂问题的根本解决，越来越多的人寄望于土地人口承载力的研究，而土地人口承载力研究也正是在这样的背景之下产生和发展起来的，它从可能性回答：全球或某一地区的土地生产量有多大，能够供养的人口数量有多大，以及采取哪些措施以达到土地利用的较优方案，从而为各级各类决策部门制定土地、农业、人口的长期规划和相应的政策、决策提供科学依据。因此，土地人口承载力研究正日益为各国政府和科技界所瞩目。

第二节 土地人口承载力研究的历史、现状和方法

对某一研究历史的追溯，其意义不仅在于继前人之长，更重要的在于把握本项研究的发展方向。对一项研究起点的确定，往往因人而异。究其原因，除研究者的出发点有差异外（如有的研究者，为了说明某项研究的“源远流长”，往往把研究的起点定得很早，却使后人难以掌握研究的历史趋向），更重要的是对某项研究的定义以及研究内容的不统一而造成的。

我们认为，要想有意义地研究某项研究的历史，必须首先研究某项研究的定义及其内容。关于土地人口承载力的定义，国外有些学者称其为土地人口承载能力，有些学者则称其为资源人口承载能力。由于土地资源是综合的资源，是人

类最基本的生产资料 and 最主要的劳动对象，所以，可以认为，土地人口承载能力本质上就是资源人口承载能力。从国外学者的实际研究内容来看，两者基本上也是一致的。

根据联合国教科文组织的定义：“一个国家或地区的资源承载力是指在可以预见的时期内，利用当地的能源和其它自然资源以及智力、技术等，在保证与其社会文化准则相符合的物质生活水平下能够持续供养的人口数量。”我国土地资源人口承载力研究中采用的定义是：“在未来不同时间尺度内，以可以预见的技术、经济和社会发展水平及与此相适应的物质生活水准为依据，一个国家或地区利用其自身的土地资源所能持续稳定供养的人口数量。

由此可见，两个定义虽然文字叙述略有差异，但定义内容却是基本相同的，二者都涉及到了影响土地人口承载能力的主要因素：土地资源、人口生活水平、科技投入等等。因此，两个定义的基本涵义没有根本差别。

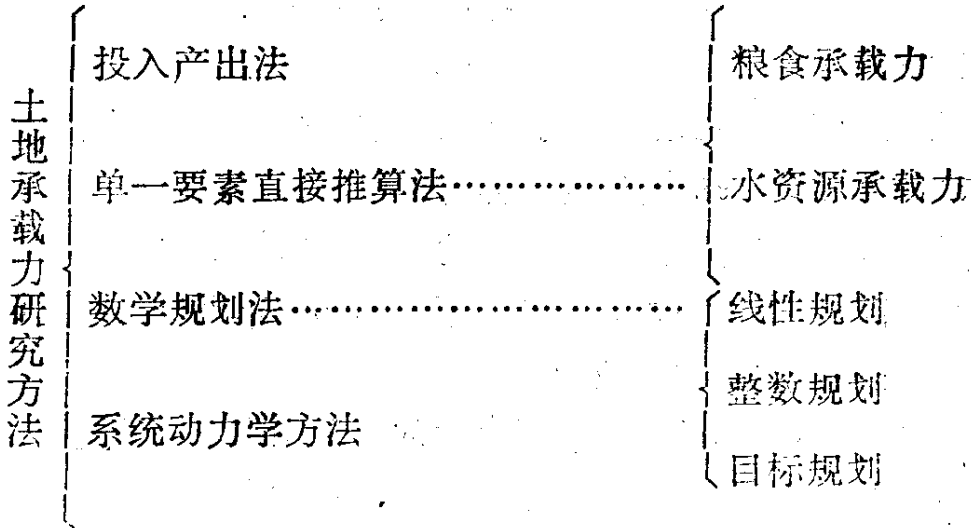
如果把定义的产生（1977年）作为土地人口承载力研究的起始，屈指算来，此项研究的历史也不过十几年。我国土地承载力研究则更是近几年才刚刚开始起步。如果把由全国农业区划委员会1986年主持的“中国土地资源承载能力”研究项目的开始作为我国土地资源人口承载力研究的起始的话，我国此项研究的历史也仅有几年的时间。

虽然土地承载力研究开展时间很短，但却受到了广泛的

*《中国土地资源生产能力及人口承载量研究》课题组，《中国土地资源生产能力及人口承载量研究》，中国人民大学出版社，1991。

关注并得以迅速的展开。研究区域大至洲际、国家，小至市、县。

从研究方法上看，有许多种方法都在尝试中逐步完善，但常见的主要有以下四种：



一、投入产出法

这种方法把农业生产作为一个灰色系统，以现实土地资源的数量和质量为基础，选取农、林、牧三个方面，通过劳务与物质投入量，参考历史和试验资料，计算土地产出量，根据生活水平指标得出土地人口承载力。

二、单一要素直接推算法

1. 粮食人口承载力

这是研究土地人口承载力的早期研究方法。其研究目的是计算出某个地区的集约化农业生产所提供的粮食能够养活多少人口。利用粮食总产量与人均粮食消费量，直接推算土地人口承载力的上限。其代表性研究是联合国粮农组织于

1977年开始的一项研究。研究目的是确定发展中国家土地资源承载人口的潜在能力。该研究以国家为单位进行计算，将每个国家分为若干类农业生态区，同类农业生态区有类似的土壤、气候，地貌以及土壤侵蚀趋势等条件，同时给出各类农业生态区的农业产出对三种投入水平（低、中、高）的效应。按照人体对粮食提供的热量和蛋白质的需求，给出最优种植结构及相应的农业产出。承载力按每公顷能承载人口数量计算。该组织1980提供的计算结果按低、中、高三种投入水平给出，并与各个国家2000年的预计人口数量相比较后指出：即使在高水平投入的条件下，到2000年仍有一些发展中国家超过土地资源承载力。

国内这方面的研究有谢庭生的“湖南省洞庭湖地区土地承载力的初步研究”。本项研究亦是在确定农、林、牧、渔用地规模基础上，作出粮食农产品的产量预测，再与不同生活水平条件的人均耗粮数相比，从而得出相应的土地人口承载力的。

这种承载力研究所依据的定义是生态学家所用承载力定义的直接延伸。这种方法把人口因素作为外生变量，不考虑人口对农业生产的反馈作用，也不考虑达到集约化农业生产所需要的投入量。因为没有考虑对农业的投入与整个经济系统其余部门之间的反馈作用，这种方法只能提供未来某个时间阶段内该地区所能养活人口数量的粗略估计，是一种静态研究。在成果应用上具有较明显的局限性。

2. 水资源人口承载力

这种研究方法是基于水资源的限制而进行的。主要根据一个国家或地区的水资源总量（地上径流、地下可开采量）

和不同生活水平下的人均耗水量（包括工业用水、大农业用水及生活用水）来直接推算的。

这种方法简便易行，对水资源贫乏地区尤为有效。如澳大利亚的水资源承载力研究，按照澳大利亚水资源条件，他们得出的结果是：可以养活8000万人左右。国内宋健等人从淡水方面求出我国百年后的人口承载量是6.3—6.5亿。

3. 数学规划法

在科学研究中，根据已掌握的资料，建立数学模型，对复杂的自然、经济现象与过程进行描述，这是认识客观事物的一种重要方法。这种方法也较早地被应用到土地人口承载力的研究之中。

数学规划方法主要有：线性规划、目标规划、整数规划。

国内学者梅成瑞认为，土地人口承载力与农业自然资源之间存在着线性关系，采用线性规划方法确定土地人口承载力是可行的，它能使单因子分析或定性描述逐步过渡到综合定量分析。农业生产受资源、地域差异以及人为因素等多方面的制约，应找出主因子之间的制约关系，建立数学模型，利用电子计算机，求算土地高产值，以作为估算土地承载力的基础。其模型如下：

决策变量 x_j ($j = 1, 2, 3 \dots, n$) 满足条件：

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n A_{ij} X_j = b_i & (b_i \geq 0, i = 1, 2, 3, \dots, m) \\ X_j \geq 0 & \text{(约束条件)} \end{cases}$$

A_{ij} 投入产出系数 b_i 约束方程右边项

使目标函数（土地年最大生产总值）趋于最大：

$$f = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n \rightarrow \text{Max}$$

C为利益系数

梅成瑞首先根据土地资源利用现状，确定了研究区土地总面积、耕地总面积、基本农田面积、林地面积、草地面积、粮食供需平衡、种植业内部结构、人口等二十多项约束条件，通过求解目标函数，计算出了宁夏不同区域的土地人口承载力。

目标规划所研究的问题是目标决策问题，而土地承载力研究的问题也恰是一个多目标决策问题。例如：人类生存对粮食的需求，对高质量农产品的需求，对蛋白质、脂肪、热量的摄取，维持土地质量的良性循环，提高人口素质等等。

多目标问题的显著特点是：

①不可公度性，即各目标之间常常没有一致的量纲。比如：粮食以kg计，牲畜以头计，而蛋白质、热量以g、大卡计量。因此，这些指标难以直接相互比较。

②目标间的矛盾性，指当用一种方案去改进某一目标时，可能会使另一目标难于达到。例如：为了增加农产品供给量，往往既需要扩大粮田面积，又需要扩大草场面积、果林面积、鱼池面积，但它们又都受土地总面积的限制，彼此是矛盾的。

在一般的多目标决策问题中，通常无法找到一个方案使所有的目标都达到最优。目标规划方法是由决策者预先给出一组理想的目标值，通过模型的运行，获得一组在满足全部约束方程的前提下，尽可能逼近理想目标的非劣可行解。模型结构如下：

$$\min \sum_{i=1}^n P_i U D^-$$

$Ax - D^+ + D^- = F$ 目标方程

$Rx \leq B$ 约束方程

P_i : 优先级别向量

$\bar{U}$: 权系数向量

D^+ : 偏差目标的正偏差向量

D^- : 偏差目标的负偏差向量

F : 目标值向量

B : 资源约束向量

X : 农作物结构及畜牧结构的向量

国内学者齐文虎、李立贤等建立的京津地区土地资源承载力模型，包含的要素有：土地资源数量、农作物单位面积产量、生态环境质量、物质生活水平目标等。目标方程主要有：年人均细粮（225kg）、年人均蔬菜（182.5kg）、年人均植物油（3kg）、年人均水果（17.5kg）、年人均肉（20kg）、年人均蛋（6kg）、年人均奶（10kg）、日人均蛋白质（70kg）、日人均热量（2400大卡）等十三个目标方程，并把十三个方程划分为四个优先级别。

第一级：人均细粮（225kg），即把口粮放在第一位。

第二级：人均蔬菜、人均植物油、人均水果。这一级别的运算是在实现了上一级目标后，求得一个合理的其它作物结构。

第三级：人均肉、蛋、奶。通过这一级别的运算，根据对肉蛋奶的要求，获得一个恰当的禽畜结构。

第四级：人均蛋白质、人均热量的摄取。

该模型共有二十个约束方程，主要分为三大类：

①土地面积约束；

②水资源约束；

③饲料、饲草约束。

在确定了变量与参数之后，得出了复种指数为1.57和1.45两种方案下京津地区的承载人口量分别为1420万人和1340万人这一结果。

这一研究综合考虑了制约土地承载力的众多因素，通过模型的多次运行及相应的分析，揭示了制约土地承载力的因素之间定量的相互关系，找到了最主要的影响因素，有利于寻求提高土地承载力的途径，较线性规划更具有现实的生产指导意义。

④系统动力学方法

近些年来，英国科学家马尔科姆·斯莱塞 (Malcom slessor) 教授等，提出了承载能力估算的综合资源计量技术，即ECCO (Enhancement of Carrying capacity options) 方法或称“提高承载能力的备择方案”法，这是为中长期规划服务的承载能力研究方法，是反映人口、资源、环境和发展之间的相互关系的综合方法。其手段是建立系统动力学模型 (System Dynamics)，模拟不同备择方案下人口变化和承载能力之间的动态变化。这种研究试图判断决策者作出的各种政策备择方案的长远后果。换言之，它要检验决策者可能认为适宜的那些直观认识，也就是把各种方案放在系统动力学模型上进行模拟。通过揭示系统各组成部分之间相互依赖、相互制约的反馈关系和通过对多个方案

进行分析、比较、选优，从而得出较为满意的土地——人口——环境的协调实施方案。

归纳起来，这一研究方法具有以下明显的特点：①把人口作为内生变量。一反过去把人口作为外生变量，不考虑其本身变化对土地生产潜力的重大影响的思维方法；②把农业生产系统置于整个国民经济大系统之中。把农业生产部门（种植业、畜牧业、林业、渔业）和非农业生产部门（第二、第三产业）的相互协调放进系统中去，使研究更接近实际；③采用动态研究方法。把时间变量和各种因素随时间而变化的因果关系引进模型中去，以反映不同时间尺度上的承载能力变化，更利于决策部门进行土地、人口政策和措施的制定。

这一方法已在联合国粮农组织和教科文组织的赞助下应用于肯尼亚、英国的土地人口承载力研究，并取得了令人满意的结果。

第三节 土地人口承载力研究所面临的困境

综上所述，不难看出，土地人口承载力研究对协调人与环境之间的关系是非常重要的。但它也与任何一项研究一样，一开始就遇到了许多困难，也恰是这些困难，使不少致力于土地人口承载力研究的学者进退维谷，望而兴叹。

土地人口承载力研究是一项综合、横断研究，属于土地经济学范畴。它以农业生产力为基础，以土地资源为核心，以土地——人口的协调规划为目标。

农业生产力是自然生产力与社会生产力的结合，农业生产的本质是劳动者与生产资料的结合，自然生产力始终在这一过程中起主导作用。提高自然生产力是增加土地生物生产量的基础，当中也包含劳动生产率的提高。所以土地承载力研究具有自然和社会两重性，它完全符合土地经济学，是研究土地在开发、利用、治理和保护过程中有关经济问题的研究项目，其研究内容当然也包括人口与土地的关系问题，这是土地资源研究工作的外延和深入。研究中必然联系到人口学、土地学、地理学、生物学、土壤学、农业经济学、生态学、协同学、系统工程学等学科，需要土地利用现状、土地利用规划、土地生产潜力、自然条件及社会经济条件、人口发展等基本数据资料。这就要求研究者必须从土地承载力研究的相应性出发，对相关学科的研究方法和手段有选择地加以吸收利用。

因此，研究者必须具备多方面的知识和统筹协调能力，这就使得从事单项专一研究的学者一筹莫展、无所适从。除此之外，土地承载力研究的困难还在于如下几个方面：

一、研究的系统结构复杂，要素繁多

由于土地承载力研究是一项综合横断研究，研究对象是一事理系统，系统本身是一人为确定的系统（事理系统的特性）。由于研究方法的不同和精度要求的差异，系统要素繁简差异明显。一般而论，土地承载力研究要涉及到人口、农业、土地、生产投入、消费、环境等子系统。这些子系统之间不仅相互联系、相互依存、相互影响，而且每个系统内部又由众多的更次级系统或要素构成，它们之间也相互制