

中国农村环境管理解困丛书

栾胜基主编



农村环境管理模拟 农户行为的仿真分析

Rural environmental management simulation
based on the analysis of agricultural households' behavior

杨顺顺 / 著



科学出版社

中国农村环境管理解困丛书

栾胜基 主编

农村环境管理模拟： 农户行为的仿真分析

Rural environmental management simulation:
based on the analysis of agricultural households' behavior

杨顺顺 著

本书出版得到“十一五”国家科技支撑计划重点项目、国家环境管理决策支撑关键技术研究专题“新农村建设环境污染控制与管理配套技术研究”(2007BAC16B04)及湖南省社会科学院资助

科学出版社

北京

内 容 简 介

针对我国农村“社会-经济-环境”系统的复杂性和不确定性,本书介绍采用复杂适应系统理论和多主体建模方法,从模拟农户行为与农村环境的响应关系入手进行分析,利用 Swarm 平台开发的、支持农村环境管理的综合集成体系——MAREM 系统的设计与应用。本书详细阐述 MAREM 系统的理论背景、前提假设、总体设计、子系统设计以及系统的有效性检验过程,并给出使用该系统对不同政策控制农业面源污染的绩效,实现模拟和对比的案例研究。MAREM 系统将为我国农村环境管理提供一套新的分析思路和技术支持。

本书的读者对象主要包括环境科学、系统科学和农村社会学的研究人员,农村环境管理的政策制定者和实践者,以及对农村环境管理或复杂系统分析方法等相关领域有兴趣的社会人士。

图书在版编目(CIP)数据

农村环境管理模拟:农户行为的仿真分析/杨顺顺著. —北京:科学出版社, 2012

(中国农村环境管理解困丛书/栾胜基主编)

ISBN 978-7-03-033714-6

I. 农… II. 杨… III. 农村-环境管理-计算机仿真-中国 IV. X322.2-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 037332 号

责任编辑:张 震/责任校对:刘小梅

责任印制:钱玉芬/封面设计:无极书装

科 学 出 版 社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社编务公司排版制作

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012 年 4 月第 一 版 开本: B5 (720 × 1000)

2012 年 4 月第一次印刷 印张: 13

字数: 260 000

定价: 56.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

序

翻开近几年的《中国环境状况公报》，呈现在我们面前的是农业非点源污染与点源污染共存、农村生活污染和工业污染叠加、新旧污染与二次污染相互交织、工业及城市污染向农村转移；土壤肥力减退、垃圾侵占土地、沟渠水塘变质、化肥农药过度使用、畜禽养殖污染严重等问题。可见中国农村环境保护形势之严峻、利益之复杂、任务之艰巨。农村环境管理日益成为我国环境管理体系中的短板，农村环境状态的优劣不仅关系到能否为国家经济发展提供良好的物质基础和生态服务，也关系到能否为几亿农民的生活质量和身体健康提供基本的保障条件。

中国农村环境问题的根源在哪里？

政治家可溯源于城乡之间二元管理体制的制度原因，社会学家可归因于农村社区公众参与乏力，经济学家认为是农村公共物品管理中存在“搭便车”现象，环境学家则更倾向化肥农药过量使用……每一种解释都有其合理性，都能说明某一方面问题的严重程度。我们虽然是环境学的研究者，但不能仅仅停留在从污染物的治理角度认识农村环境问题，而应该有全局的视角和意识，将各环境要素整合到农村社会的大背景中进行思考。

我国正处在传统农业向现代农业的转化过程中，传统农村社会形态与非传统农村社会形态并存且广泛交织，传统农村社会正在以各种方式接受现代化的元素。尽管现代生产要素已经广泛应用到我国农村生产和生活的各个领域，但并没有实现我国农村的普遍富裕和资源的有效利用。当农户传统的生产方式和生活方式与现代生产和生活要素尚未彼此适应，随之而来的便是各种形式的现代环境问题。因此，农村环境问题的根源在于传统农村生产和生存方式与现代生产和生活方式的冲突，而在这个冲突当中的矛盾主体则是农户。

中国农村环境管理的出路在何方？

传统的农村社会必须要接受和容纳现代化的元素，现代化的农村社会难以放弃农村固有的传统，因为这些传统积累了千百年来农村与自然和谐共生的智慧。要实现现代文明成果与传统生存智慧的完美结合，关键在于如何在传统和现代的碰撞中找到平衡点，或者说融合点。这也是农户环境行为演变的最终目标。正如舒尔茨关于理性小农的论断，改变传统农业的本质，重点在于提供给小农可以合理运用的“现代生产要素”。保护农村环境，需要对农户经济行为进行正确引导，使得他们可以在传统农业向现代农业的转化过程中，真正做到合理运用“现代生

产要素”，努力避免农户经济行为对环境的负面影响。同时，也要认识到，传统农户基本特征的逐渐消失同样激化了传统与现代的冲突，农村生产系统中传统的物质循环和污染消纳途径逐步地在现代要素应用中被挤出，加深了我国农村环境问题的严重性。因此，尊重和引导农户的理性选择是化解传统农村生产和生存方式与现代生产和生活方式冲突的重要途径。

农户作为基本经济组织形式，其生产行为既是经济过程，又是生态过程。相对于城市的居民和企业而言，农户对环境损害的理解不仅仅是污染物存在的形式，重要的是其污染和破坏的过程是在剥夺他们的生产要素，蚕食他们的生活空间。从这种意义上理解，农户具备关心环境的原动力，因为环境就是农户生产与生活的来源与归宿，农户的行为实际上是一种寻求经济和生态共生的过程。但遗憾的是，这种过程在现行制度的缺位和短期经济利益的影响下开始被扭曲，离开既有的轨道，而且渐行渐远。

农户在我国农村“社会-经济-环境”系统中占有的核心地位不言而喻，在这个具有非线性、开放式、动态演化特点的复杂农村环境系统中，研究农户的行为与环境的关系是一件困难且极具挑战的工作。本丛书以农户环境行为为视角，厘清农村环境问题产生的原因，从而提出农村环境管理的途径。丛书中所提出的研究方法既不同于农业生产环境的研究，也不同于村落环境的研究，而是以农户为研究切入点，将农户作为农村环境的主体，研究农户行为与环境的关系，借鉴现行的城市环境管理模式，探寻改进我国农村环境管理政策与实践的突破口。

北京大学农村环境课题组，在 20 世纪末开始致力于农户环境行为的研究，先后得到国家自然科学基金委员会、环境保护部、科学技术部和联合国环境署的多方支持。有数十位研究生在不同的时期分赴不同的农村地区开展了各类的实地调研和环境监测，完成各类论文和科研报告多份，取得了一系列的研究进展和应用成果，现以丛书形式公开出版，以飨读者。

若本丛书多个方面的讨论，能提供给读者更多迸发思想火花的机会，那么其刊行会更有意义。

栾胜基

2011 年 11 月 2 日于南国燕园塘琅山下

目 录

序

第 1 章 导论	1
1.1 问题的提出	1
1.2 研究方法与思路	6
第 2 章 理论背景	17
2.1 农户模型理论与方法	17
2.1.1 概念界定	17
2.1.2 理论与应用进展	19
2.1.3 模型的基本形式与特点	24
2.2 复杂适应系统理论与多主体模型	27
2.2.1 复杂适应系统理论概述	27
2.2.2 多主体模型概述	30
2.2.3 建模平台 Swarm 介绍	34
2.3 适应性管理理论	37
第 3 章 模型假设与总体设计	42
3.1 模型的前提条件和假设	42
3.2 MAREM 系统总体设计	44
3.2.1 时空设置	45
3.2.2 农户主体的规则	46
3.2.3 其他主体的功能	51
3.3 MAREM 系统的层次关系	52
第 4 章 模型各子系统设计	54
4.1 农户生产子系统	54
4.2 农户消费子系统	70
4.3 农户从业选择子系统	87
4.4 农村环境评估子系统	92
第 5 章 模型正确性、有效性检验	111
5.1 模型正确性检验	111
5.2 模型有效性检验	113

5.2.1	MAREM 系统的参数设置	113
5.2.2	仿真结果分析与有效性检验	123
5.2.3	农户要素配置有效性讨论	146
5.2.4	模型参数敏感性分析	149
5.3	有效性检验结论	152
第 6 章	案例研究：农业面源污染控制	155
6.1	化肥税模拟	155
6.2	环境服务付费模拟	160
6.2.1	支付标准	160
6.2.2	情景分析	164
6.3	政策建议	176
第 7 章	结论与讨论	180
7.1	主要结论	180
7.2	本书的局限性	184
参考文献		186
后记		200

第 1 章 导 论

1.1 问题的提出

我国是一个农业大国,近年来,我国经济增长一直处于高位运行阶段,农村经济的迅速发展,使得各种现代生产要素全面涌入农业生产,也推动了农村消费规模的攀升和消费结构的变动,而随之带来的农村环境问题的严峻性和紧迫性也日益凸显。尽管“九五”和“十五”期间我国在农村环境保护工作方面采取了不少措施,但农村生态环境质量整体上仍呈持续下降趋势。当前我国农村环境问题按直接成因可以分为内源性环境问题和外源性环境问题。前者主要包括农业面源污染、土地退化、地下水与饮用水安全隐患、畜禽养殖业污染、乡镇企业污染扩散、小城镇和农村聚居点的生活污染等;后者则主要指城市污染物、旅游污染物向农村转移加剧的问题。本书主要关注农村内源性环境问题中与农户生产、消费行为所紧密相关的部分,建立能够表征农户这一微观个体行为的多主体模型,通过定量化描述各种政策影响下农户与农户群体生产生活决策与经营活动过程的变动,来揭示农户行为与农村环境之间的响应关系,从而讨论通过政策和市场干预在我国农村实现经济与环境双赢的途径。

我国农业生产处于传统农业与现代农业特征共存的过渡期,这一时期的主要特征表现为现代农业生产要素全面进入农业生产,化肥、农药、农地膜、农用机械已经广泛使用,但是与之对应的是,由于地形、资源等自然条件和中国社会现状的限制,大部分地区不具备实现同欧美国家家庭农场相似的社会化大生产组织形式的条件,农户依然持续小生产、小规模、市场化程度低和精耕细作的传统生产理念,现代化生产方式尚难以伴随现代生产要素的进入而取代传统的以农户为单位的生产组织形式。而且,在现代农业要素使用过程中,农户缺乏科学的使用方式指导,化肥、农药、地膜等生产资料的过量施用,或者在生产过程中回收不力产生的废弃物造成内源性污染在我国已经相当严重,其污染现状表现为下面六个方面。

(1)化肥污染。近 15 年来,我国化肥折纯施用量以年均 5%的速度递增,全国化肥施用总量由 1991 年的 2805 万 t 提高到 2007 年的 5108 万 t(均为折纯

量), 每公顷耕地化肥施用量约 420 kg(每亩^①约 28 kg), 超过试验数据给出的主要作物的化肥适宜施用量^②, 也远大于发达国家为防止化肥污染所设置的氮肥 15 kg/亩的施用量安全上限^③, 居世界中上水平。从化肥的施用结构上看, 单质肥料比重较大, 复合肥比重小。2005 年氮肥折纯施用量约 2290 万 t, 复合肥约 1300 万 t。氮肥中, 尿素占到各种氮肥施用总量的 71%, 而其氨态氮(NH₃-N)的最大排放因子在各种含氮化肥中最高。尿素施用导致排放 NH₃-N 的量占到氮肥和复合肥施用导致排放 NH₃-N 总量的 75%以上(陈辽辽, 2008)。化肥的过量使用, 使大量的氮磷由于降雨淋溶渗入地下水, 或者氮以氨气(NH₃)形式挥发, 造成了地下水污染和地表水富营养化, 而由于光化学反应速率低, NH₃在大气中通过光化学反应的去除率仅为 10%(Sanhueza, 1982)。化肥的施用量增加也对土壤产生不利影响, 导致土壤硝酸盐积累、土壤结构破坏、腐殖质降低使土壤板结、土壤微生物活动降低, 而在大气中无法中和的 NH₃ 随降雨沉降至土壤, 由于硝化作用加剧土壤酸化和营养物质失衡。

(2) 农药污染。自 20 世纪 80 年代我国开始禁止使用有机氯农药后, 目前农药成分主要为有机磷农药, 尽管其较有机氯农药残留时间短, 但毒性更大。全国农药施用量 2005 年为 146 万 t, 15 年来年均增速约 4%, 全国农药单位面积平均施用量高出发达国家一倍, 但施用农药中仅有 10%~30%作用于靶作物(叶春和王云鹏, 2007)。伴随农业生产上农药持续的巨大需求, 农药由于管理不当造成过量施用较为普遍。由于农药品种繁多、成分各异、性质不同, 其对环境的影响也非常复杂, 目前尚没有统一的农药施放参考标准来度量其污染情况。农药大量施用的直接后果是导致农村生物多样性指数下降, 土壤生物和鸟类的生存受到较大影响, 而且农药的施用对地下水安全也造成了严重威胁。

(3) 农地膜污染。由于大棚农业和地膜覆盖栽培技术的推广和普及, 而农用塑料薄膜具有不溶解、难降解、易破碎的物理特性, 其所引起的污染也呈日益严重的趋势。目前我国地膜用量和覆盖面积已居世界首位, 农地膜年残留量大于 35 万 t^③。破碎的废膜难以回收, 土壤中废膜过多会改变土壤的物理结构,

① 1 亩≈666.7m²

② 适宜施用量数据这里参考了李家康、林葆所著《中国全国化肥试验网的发展及其成就》专题, 水稻化肥适宜用量为每亩 12.2kg, 小麦为 11.4kg, 玉米为 11.2kg, 在考虑全国平均复种指数情况下, 2005 年化肥施用量仍远高于试验值。本书模型中采用环境保护部相关标准(征求意见稿)的氮肥和磷肥水平, 其为保证环境安全的最高建议施用水平。

③ 此数据参考中国环境与发展国际合作委员会报告《新农村建设中的环境问题及对策研究》。http://www.china.com.cn/tech/zhuanti/wyh/2008-02/13/content_9673551.htm

导致透气透水性下降,阻碍农作物生长,导致农作物减产。中国农业科学院相关研究表明,残膜只有在 4 cm^2 以下才不会对农作物生长产生威胁,而一般农地膜无法自然降解成此尺度以下的碎片,据估计,每亩残留 25 kg 农地膜会造成小麦减产 26% ,而仅湖南省每年因农地膜残留污染耕地造成的经济损失就达 8600 万元(徐玉宏,2003)。

(4)其他种植业固体废弃物污染。种植业产生的固体废弃物主要是稻草、秸秆和蔬菜废物这些残留物,我国每年种植业固废量十分巨大,每年约 7.8 亿 t 种植业废物,其中稻草、玉米秆、其他作物秸秆占到 80% 。有关研究表明,我国主要农作物地表残留物与农作物产量的比值分别约为水稻 0.9 、小麦 1.1 、玉米 2.0 (毕于运等,2008a);种植业固废在传统生产方式中常用于肥料或燃烧,但是直接燃烧所产生的热能利用效率低,而且随着现代化要素在农业生产投入中占到主导位置,其利用率已大大降低,目前丢弃和无控焚烧的现象较为普遍,对当地生态和大气环境都造成不利影响。

(5)养殖业污染。近年来,我国大牲畜、猪、羊的饲养量稳步上升,其年均增长率为 $2\%\sim 5\%$ 。统计数据显示 2005 年我国大牲畜、猪、羊存栏出栏近 17 亿头(只),由此估算畜禽养殖产生的粪便超过 30 亿 t ,而粪便还田率仅为 $30\%\sim 50\%$,大量未经处理的粪便则通过物理和化学作用威胁饮用水源并产生 NH_3 、 H_2S 等大气污染物。根据中国环境与发展国际合作委员会对 2003~2004 年数据的估算,在农业生产中,由养殖业带来的化学需氧量(COD)和氨氮排放量均占到农业生产源的 60% 以上,是目前我国农业面源污染的主要来源之一^①。此外,从 20 世纪 90 年代开始,我国学者也对养殖业氨排放进行了相关研究,在北京、江苏、浙江、湖北、华北地区等地的研究结果表明,畜禽源对人为源的氨排放贡献率达到 $30\%\sim 64\%$,与氮肥施用同为氨排放的最大贡献源,这与国际上同类研究的贡献率结论也较为吻合(Zhao and Wang, 1994; 徐新华, 1997; 王文兴等, 1997; 孙庆瑞和王美蓉, 1997; 彭应登等, 2000; Lee and Park, 2002; Battye et al., 2003)。

(6)农村的生活污染。与上述生产性污染相对应,农村生活污染是我国农村内源性污染的另一个主要来源。相对于城市,我国农村污染控制和环境保护方面的基础设施建设极为落后,普遍缺乏基本的污水处理和垃圾清运系统,而且随着农村生活水平的提高,各种现代消费品进入农村,使农村生活垃圾的组成结构发生了变化,无机物成分显著增加。以往传统的农业经济条件下,生活

^① 此数据来源于中国环境与发展国际合作委员会报告《经济与环境:预警机制与政策分析》。http://www.china.com.cn/tech/zhuanti/wyh/2008-01/11/content_9518930.htm。

垃圾和生活污水的主要污染成分基本为有机物，它们可以通过直接还田等途径实现几乎全量循环的再资源化利用。由于生活垃圾的结构和生产要素投入的改变使其大为弱化。农村生活垃圾缺乏集中填埋场所，一般直接露天堆放甚至投入水体，生活污水未经处理直接渗入地下或排入水塘、径流，这些都影响着农村景观、环境卫生并威胁饮用水源。目前我国农村人均生活垃圾产生量为 $0.43\sim 2\text{ kg}/(\text{人}\cdot\text{d})$ ，农村年生活垃圾生产总量约2亿t，生活污水90多亿吨^①。

可见，对农村环境问题的研究已具有其严重性和紧迫性，农村内源性环境问题从根本上说是大量涌入农村的现代元素与农民传统的生产、生活方式、与农村薄弱的环保基础设施和管理体系不匹配而造成的。我国农村普遍存在基础设施建设滞后、农民环保意识不高、处理手段不当的问题，同时也不能有效处理现代化生产资料和消费资料使用过程中所带来的环境问题。

农村环境的不断退化直接影响着广大农民的身体健康，威胁着农村的可持续发展。而当前国内对农村环境的研究才刚刚起步，其研究方法仍遵循城市环境研究中按水体、大气、土壤等要素进行指标分类抽取关键污染物在宏观尺度上进行分析的方法，但是相对城市来说，农村的环境监测数据不够充分，特别是其历史数据，往往存在信息的缺失问题，因此通常采用宏观数据估计结合清单分析的手段进行定量化研究，通常仅仅针对单一的投入要素造成的环境影响进行研究。由于大部分研究的尺度较大，对农户生产生活的经营过程则难以作深入探讨，基于宏观尺度研究结果给出的政策指导方案操作性仍有待提高，虽易于反映政策变化对宏观指标的影响，但难于恰当反映政策实施对不同特征人群(贫富差异、风险偏好、个人素质)的不同影响和这种影响所带来的农户行为变迁，难以深刻揭示农户行为与农村环境是如何相互影响、相互作用的。

农村的内源性环境问题多是在农户的生产与消费中产生，农户作为我国农村最基本的经济组织，是外部环境的承受者，其生产和消费行为深受各种社会经济政策的影响。因此从农户行为受政策影响变迁角度来探讨我国农村环境问题的产生与变化趋势是一个新的视角，并借鉴适应性管理思路提供我国农村环境管理政策与实践的新型管理模式，有助于构造和直接反映“政策实施—农户行为响应—农村环境变动—评估并调整政策”这一循环影响链条的内在联系。本研究即尝试通过模拟微观个体的行为来“涌现”宏观现象，重点提供解释政策变动、农户行为变动与环境变动的内在联系与响应机制的多主体模型实现方案，此外还将给出采用适应性管理政策调动管理双方的积极性和自主性，设计

^① 此数据参考中国环境宏观战略环境领域保护战略课题《农村环境保护战略专题研究报告》。该项目总报告《中国环境宏观战略研究》于2011年3月出版(中国环境科学出版社)。

并优化农业环境管理策略的实例。

凡是以农户为基本研究单元的都可以归属于农户模型的研究范畴,农户模型提供了本研究中多主体的核心模块——农户行为模块中模拟农户决策的基本方法。在农业经济学中,认为农户是最基本的农业微观经济组织形式;在农村社会学中,一般将农户称为农业家庭,其强调婚姻关系和血缘关系(包括收养关系)。本书综合国内学界的定义,认为农户是以婚姻、血缘或收养关系为基础,主要依靠家庭劳动力从事生产经营活动的农村家庭。从家庭契约关系上看,我国农户和西方家庭农场的家庭契约关系并无本质区别,但现实中,家庭农场一般带有社会化大生产组织形式的含义,而发展中国家农户一般具有小生产、小规模、专业化、市场化程度低,经济比较封闭、自给自足程度高等特点(尤小文,1999)。农户模型是用来描述农户内部各种关系的一种与一般均衡经济理论相一致的经济模型(陈和午,2004),是用于分析农户的生产、消费和劳动力供给行为(即农户生产函数、消费函数和劳动力供给函数等)的模型,它是将农户行为的相关变量数量化(张林秀,1996)。目前国际上农户模型的应用同时体现在小农和家庭农场两个层面上。

农户行为模型化最早出现在20世纪20年代,苏联经济学家Chayanov建立了分析苏联小农的模型,自此40年之后,从1965年开始,农户模型在理论和实践上的应用才进入活跃期,20世纪70年代末农户模型有了第一次数量化的实际应用。从农户模型理论和实际应用的发展上看,可以分为几个主要阶段。

自20世纪60年代中期开始,单一可分性模型在理论上逐步完善并在1978年采用中国台湾时序数据首次实现了模型估计,这一时期的模型存在以下两个主要特点:其一,它们都假定农户的家庭各成员的效用是共同的,农户作为一个整体进行研究,即农户是研究的最小单元,称为“单一”模型;其二,这些理论模型尽管很多同时包括了生产、消费决策,但在这一时期在实际应用中都首先假设具有可分性,农户把生产决策与消费决策作为两个独立问题分开解决,因此称为单一可分性模型。

20世纪80年代后期,在单一模型的应用中出现了不可分性模型的实际应用,认为农户的生产以及劳动力供给是同时相互影响的,将其放在同一个方程中进行求解,即单一不可分性模型。目前,基于以农户为基本研究单元的单一模型在农户经济行为分析方面得到了广泛使用,可分性与不可分性假设在学者们不同的研究目的和要求中分别被采用,可分性和不可分性的理论探讨仍在继续。

20世纪80年代后期,农户模型理论界的研究又有了新的分支,即将研究视角从农户之间和农户与外界社会经济环境之间转移到农户的家庭内部成员之间,以家庭成员具有不同效用函数的集体模型取代了具有共同效用函数

的单一模型。目前集体模型的实际应用主要通过博弈论的应用得以实现。集体模型和单一模型分别针对分析有关农户的不同范围的问题，笔者主要关注农户行为与外界环境之间的关系，因此对于集体模型不作过多的讨论。

总体上说，近几十年来国内外农户模型的理论发展和实际应用主要关注点是经济领域，使用的方法主要是计量经济学、运筹学与数理规划和其他一些系统分析方法，从其分析解决的问题上说都可以称为农户经济学模型。从农户模型在环境方面的研究情况看，国际上 20 世纪 90 年代后已经出现了使用农户模型分析一些重要的环境问题的研究，近年的报道上，较多的关注于家庭农场环境管理的集成模型，如 EMA 方法、DIALECTE 方法和 FarmSmart 方法，前两者研究尺度处于农场水平，FarmSmart 是国家尺度模型的简化形式，具有部分农场水平的信息但并不完整 (Lewis and Bardon, 1998; Tziliavakis and Lewis, 2004; Van der Werf et al., 2007)，它们对农场环境变化的判断只追溯到直接原因，模型的输入是生产要素的选取和投入量以及投入方式，对影响农户行为决策的政策变化考虑不多，但这些方法可以在家庭/非家庭农场的环境管理方面通用。国内基于农户模型针对农村环境问题的相关研究尚较少见，其对环境的研究当前主要表现可以归纳为三个方面：其一，与农村环境污染来源紧密相关的农业生产投入，如化肥、农药投入及施用方式对面源污染的贡献；其二，与环境保护有关的特定政策，如退耕还林、退耕还草的经济-环境效益分析；其三，与环境保护相关的生态农业生产模式及包含了可持续发展相关指标的农业/农户生产模式的绩效评估体系的研究。目前仍少有整合农业政策、农户决策和环境污染排放的分析方法，而这正是笔者研究的重点。

1.2 研究方法 with 思路

作为目前研究农户经济行为的主要方法——农户模型，其主要采用计量经济学和数理规划方法，应用中存在的主要困难有以下几点：

(1) 农户模型的纯理性假设与现实有一定差距。按照理性预期学派经济学的观点完全理性假设包括行为完全理性和知识完全理性 (方美琪和张树人, 2005)，而现实情况下这两者都难以达到，在追求收益最大化的同时，农户存在着风险规避和劳苦规避等多种情况，只能达到“有条件的利润最大化” (弗兰克·艾利思, 2006)，并受到个人素质和喜好的影响，而且信息不对称和不完全使得农户不可能在做出生产决策时就能预测到产品最终出售的价格，生产决策只能建立在过去一年的市场价格基础上 (孙学敏, 1994)。诸多原因都导致

农户很难按照经济学边际分析或者数理规划给出的资源配置理论最佳值来作出自己的生产投入决策,且隐藏着利润最大化假设的计量经济学和数理规划方法的假设前提与实际情况存在出入。

(2)较难表现一些显而易见的经验和定性知识所起到的作用。数学的应用使经济学概念精确化,降低了经济学内部分工所产生的通信费用,但强调“技术”使经济学方法对无法进行最大化分析和边际分析的问题关注不足。农户的生产消费行为决策在追逐利润和效用的前提下,明显受到了以往决策所形成的“经验”的影响,并可能由于其所处社会环境、群体和个人特征而作出一些带有随机性因素的决策,这些现实社会中存在的复杂纷繁的现象很难使用经典的经济学模型进行描述,必须借助社会统计的基础数据和仿真方法来进行模拟。

(3)当前的农户模型较少体现农户的个体差异。从目前农户模型应用的案例来看,基本都将农户看成同质的个体,采用一个典型个体代替群体,农户群由具有相同特征的农户个体组成,或者将农户分成几个大类,在每一个大类中,每一个个体是完全均一(well mixed)的。在同样的条件下,这些同质的个体会作出同样的生产消费决策,群体的决策基本是个体决策的总和。从以往的研究上看,这种假定简化了计算过程,富有操作性,符合研究目标的要求。在本书的研究中,由于农户研究的基本单元,有必要刻画不同特征农户的差异,因此在设计中发挥了多主体模型中随机因素的作用,来实现农户的个体差异,同时也给进一步可能细分农户类型的研究留下必要的系统接口。

(4)农村环境信息缺失。我国环境管理职权向下仅限于县(区)一级环保局,在县(区)级以下很少设立派出机构,而且县(区)一级环境治理资金常不充足,这都导致县(区)级以下的环境监测数据缺失,很难收集到村一级的环境生态方面的具体信息,特别是历史数据。而农村环境研究又与基层数据收集紧密相关,因此,目前在农村环境方面的研究仍只能以参考宏观社会经济数据结合一些经验估算方法,并以实验室数据辅助的方法为主,视角一般放在中、大区域农村污染排放估计与控制方面。而且目前国内农户模型的应用尚很少涉及农村环境领域,这与基层环境数据缺乏也有直接联系。

为了能够恰当表征和描述农户个体和农户群的行为,克服传统的农户模型在农村环境研究应用中的困难,建立由农户视角出发的研究农村经济和环境变动分析方法,笔者在研究中主要借助了基于复杂适应系统(complex adaptive system, CAS)理论采用分布式人工智能技术建模的多主体模型(multi-agent based model, M-ABM)来连接计量经济学模型、概率分布函数和污染物排放模型,在计算机中建立人工村落和虚拟农户,从而形成整合的多主体仿真平台,

笔者将此仿真系统命名为 MAREM^①(multi-agent agricultural household model for rural environmental management), 即多主体农户和农村环境管理模型, 平台总体和各个子系统设计在后面的章节中将有详细说明。

具有适应性主体(agent)的多主体模型, 虽然从开发到实际应用至今仅有十余年的时间, 但在国际上已经应用在经济学、社会学、生态学等诸多领域。以多主体计算为研究方法的经济学被称为基于主体的计算经济学(agent-based computational economy, ACE), 通常经济学被认为是非实验型科学, 一般不能按照设计 and 要求获得相应的经济数据, 但是 ACE 却属于实验型经济学的一个特殊分支。由于经济系统也属于复杂适应系统, 经济主体行为的有限理性使其往往偏离理论最优值, 在均衡状态处震荡, 从而存在创新突破的可能。ACE 有限理性、动态演化和进行可控实验的思想是对新古典经济学的有利补充。

我国农村“社会-经济-环境”系统是具有非线性、开放式、动态演化特点的复杂系统, 农村环境保护不可能采用污染转移输出的扩张式发展模式。而如前文所述, 我国环境管理职权向下常限于县(区)一级, 农村基层环境管理职权缺失和构建困难的现实与当前以行政控制为主的环境管理模式存在矛盾, 针对农村环境系统的特点和传统管理模式的困境, 采用适应性管理能有效应对环境系统的不确定性、复杂性和管理过程的时滞性, 积极探索在依托自身条件、优化发展模式、和谐人与自然关系的“内生式发展”格局下, 实现农村环境管理目标和可持续发展的可行途径。

关于农户模型、CAS 理论、适应性管理理论在国内外理论研究和实际应用上的变动和进展, 将在第 2 章中进行详细介绍, 这里不再累述。

针对农户模型在农村环境研究方面存在的问题, 笔者运用多主体建模将社会学、经济学和环境物理模型统一到同一个评价分析平台: 社会是经济的基本框架, 经济嵌入社会关系之中(张其仔, 2001), 以从社会调查和统计数据 and 公认的主观认知抽象出的概率分布函数来模拟个体属性和个体行为, 随机方法的调用模拟了个体处于不完全理性的决策, 采用程序代码实现自然语言所表述的社会事件、地理特征和资源禀赋, 个体在追求利润与效用的理性框架下, 受自身、他人与社会环境的影响作出生产、消费、外出就业等实际决策。模型中易于刻画各种定性条件和主体的个体差异, 在客观规律的表现

① 在笔者较早的报道中, 系统的名称使用了 SFRE, 其参考了中国人民大学经济科学实验室开发的宏观经济运行环境框架结构 SFEE (swarm-based framework of economic environment) 的命名方法。SFEE 是采用 Swarm 平台建立的城市经济运行的仿真模拟系统, 是国家自然科学基金重大项目“支持宏观经济决策的人机结合综合集成体系研究”的一部分研究成果。笔者考虑到本书模型今后进一步扩展中可能更换开发平台, 结合国内外专家意见, 将其命名修改为 MAREM。

能力上又不失去精度,借用计量经济学上常使用的 Cobb-Douglas 生产函数和再扩展的扩展线性支出系统(extend linear expenditure system, ELES)描述的消费函数来表述农户生产消费方面所潜在的固有规律。采用以物质流或者实验统计等方法建立的污染物产生、流失和排放的定量化模型构成一系列典型环境污染排放的计算与评估方法。这一通用的分析平台能够尽可能地封装政策、农户行为、环境要素等各个不同层面的统计学、经济学模型和污染物排放模型。模型建立所遵循的 CAS 理论从基础上确保了不完全理性和农户异质化假设并容纳了定性知识,由于其表现的是一个用户定义的人工世界,其使用的是概率分布函数产生的抽象数据,一定程度上克服了环境信息缺失的问题。通过多主体方法模拟个体在环境中的各种决策行为,对各种社会现象能够作较为透彻的理论解释。

综上所述,新农村建设中,面对我国农村环境问题的严峻性和紧迫性,如何从“农户”这一研究单元切入,从而有效分析和评价各种政策实施与农户和农村环境的内在联系及其影响;如何考察政策实施对不同特征的地区和农户的指导作用;如何一体化考虑从政策到行为、从行为到环境状态的变化;如何正确表征环境系统的变化并从多方面评估政策绩效,给出适宜的政策调整方向和建议,这些是笔者在农村环境研究领域中所面临的挑战。本书在分析方法和理论分析中所涉及的主要内容如下:

(1)本书最重要的任务是设计以农户为研究基本单元,能够讨论政策实施和社会环境如何影响农户行为变迁,从而进一步导致农村环境变动,能够进行不同政策组合实施的情景预测,进行农村环境领域的理论分析、政策设计、绩效评价提供帮助的一套统一方法平台。这将从技术上提供描述农户行为变迁与农村环境之间的响应机制的工具,此工具也是进一步进行有效性分析和情景分析的方法基础。笔者将采用多主体统一仿真平台 Swarm,在计算机中建立人工村落,并实现农户、种养殖业用地、农资生产企业、政府、外部市场等模拟主体,构成包含生产子系统、消费子系统、农户从业选择子系统和农村环境评估子系统等部分的多主体仿真系统,本书将其称为 MAREM 系统,这也是本书进行理论研究和情景分析的分析工具。MAREM 系统设计框架示意图如图 1-1 所示,农户在每个仿真周期都根据自身属性,并结合他人决策和自身的历史决策作出本期从业选择、生产及消费决策;政府则通过生产消费引导等一系列政策来影响农户决策,环境评估模块会对农户的生产、消费行为所造成的环境后果进行测算,给出指标污染物的变化趋势,帮助使用者进行农户行为的环境评估。

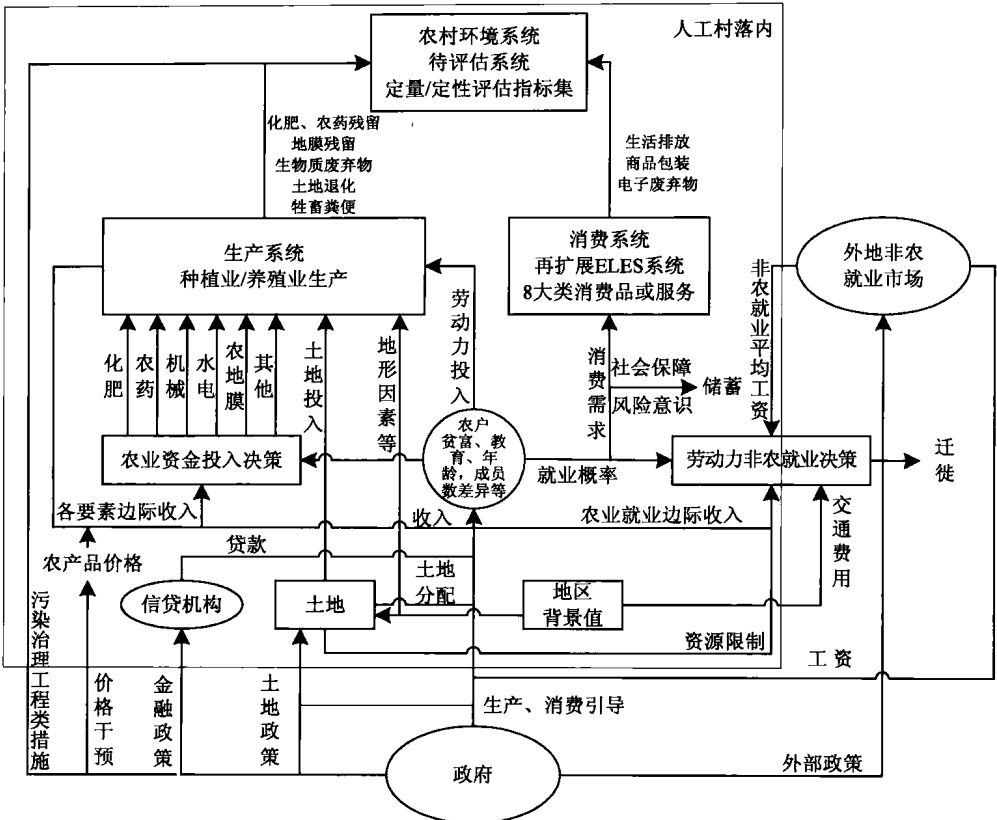


图 1-1 MAREM 系统框架示意图

(2) 解释和模拟历史上我国农村出现的一些社会、经济现象的成因和目前及今后农村环境变化的基本走势。本书中将会采用 MAREM 系统对农村劳动力转移、农业种植业-养殖业结构变化、农民收入变动、生产要素投入强度变化等现象的成因，以及随之而来的一些典型污染物排放量变化趋势进行微观上的模拟和解释，并与目前已见报道的使用宏观数据或中国各地区调研数据建立的模型的模拟结果进行比较分析，完成 MAREM 系统的有效性检验，并得到对我国农村社会历史和未来情景的基本判断与结论。

(3) 农户行为既是一个经济过程又是一个生态过程，本书提出农户行为的生产要素配置有效和环境友好的概念，前者指农户在现代生产要素的配置行为上具有有效性，后者指农户行为符合环境安全标准。本书将使用仿真结果说明处于传统农业与现代农业特征共存的过渡期农业的农户，在可受其控制的生产