

中国农业系统工程丛书

农业系统的预测与决策

山东科学技术出版社

一九八八年·济南

中国农业系统工程丛书
农业系统的预测与决策

刘德铭 主编

*

山东科学技术出版社出版
(济南市玉函路)

山东省新华书店发行 山东新华印刷厂潍坊厂印刷

*

650×1168毫米32开本 12.75印张 287千字
1988年8月第1版 1988年8月第1次印刷
印数：1—5,305

ISBN 7-5331-0240-1/S·38

定价 4.30 元

前 言

农业是人类赖以生存最重要的产业，也是劳动密集、技术密集和科学密集的产业。中国是世界上最古老的农业大国之一，中华人民共和国成立后，逐步解决了十亿人口的吃饭和穿衣问题，这是世界性的创举。现代科学技术的发展，日新月异，当今世界已进入信息社会，新技术革命已在全球范围内展开，总结农业现代化国家的经验，探索我国农业现代化的道路，是历史的必然，经济建设的需要。要走自己的农业现代化的道路，必须解决好农业决策科学化，农业在国民经济、社会、生态、科学技术综合发展中的作用及相互关系，农业的结构与布局，农业生态平衡，农业人口的发展与控制，以及能源、交通、商品生产、农村城镇建设等农业大系统中的系统性问题。国内外经验证明，农业系统工程是解决这些问题的重要科学方法与手段。

我国开展农业系统工程的应用，始于1980年，起步虽晚，但路子对头，发展很快。一开始，就在中国系统工程学会名誉理事长钱学森教授所倡导的“强调实践，讲求实效，不坐而论道”的思想指导下，面向农村经济发展，经过农业系统工程专家、技术人员和农业管理干部的辛勤劳动，短短六年，就在全中国24个省（市、自治区）、250个地、县开展了农业系统工程的应用实践，并出现了黑龙江省海伦县、吉林省靖宇县、宁夏回族自治区固原县、山东省长清县和湖南省娄底地区、浏阳县等，一批具有中国特色、对农业系统工程理论和实践有重要意

义的典型。自农业系统工程的应用试点开始，就十分重视人才开发和培养，强调为国民经济建设服务、为农业现代化服务。所以，农业系统工程发展快，效益高，受到各级党、政领导干部和广大农民欢迎，普及范围日益广泛。目前，用农业系统工程的理论、方法，进行预测、决策和管理，制订农村经济、社会、生态、科技综合发展规划，已成为不可缺少的科学手段。

为了总结农业系统工程的应用经验，满足全国各地迫切需要，中国系统工程学会农业系统工程委员会组织全国著名专家和有丰富实践经验的科技人员百余人，编写了《中国农业系统工程丛书》。这套丛书强调了农业系统思想、理论、方法、工具和程序的统一，以设计和效益为主线，包括十一个分册，即：《农业系统工程概论》、《农业系统工程总体设计》、《农业系统工程子系统设计》、《农作物栽培技术系统优化设计》、《农业系统动力学》、《农业系统线性规划》、《农业投入产出技术与模型》、《农业系统灰色理论与方法》、《农业系统的预测与决策》、《微机与农业系统工程应用软件》和《农业系统工程应用与效益》。

中国系统工程学会理事长、中国科学院学部委员许国志先生，给予热情指导，并在百忙中，克服视力障碍，为《丛书》写序。我们努力做到“寓巴人于白雪之中，出阳春于下里之内”和“笔执众人，书成一体”的要求。

农业系统工程在我国仍处开拓阶段，《丛书》的出版，是我国农业系统工程发展的一个里程碑，愿将它奉献给读者，意在抛砖引玉，共同实践，继续探索，不断修改，日臻完善，为加快我国农村经济、社会、生态、科技协调发展作出贡献。

在编写过程中，承蒙中共山东省委、山东省人民政府、山东

省科学技术委员会以及全国各有关领导和同行的大力支持，在此表示衷心感谢。

《中国农业系统工程丛书》编委会

一九八七年三月

序

自从党中央提出在本世纪末，我国国民经济翻两番的号召后，许多地区都在制订规划，特别在县一级，农业规划占着很重要的份量，是经济规划的中心课题之一。科学技术应该面向经济建设，而经济建设又应该依靠科学技术。制订规划是进行经济建设的重要步骤，也必须从现代科学技术中寻求新的概念、新的方法。我国农业系统工程，一开始就紧密联系实际，服务于中心课题，所以，在近年来得到了迅速发展，显示了它的生命力。

从事农业系统工程工作，需要三方面的人才，即农业专家、系统工程专家和懂得系统工程的农业专家或懂得农业的系统工程专家。后一方面的人才，是不可或缺，急需培养的，举办短训班，出版适合自修之用的课本，过去几年证明，是行之有效的方法。但还很不够，特别是书籍出版方面。《中国农业系统工程丛书》正是在这种情况下问世的。

发挥集体智慧，由较多人共同执笔，可缩短时间，取材或可较丰富。但在编辑、校审方面，若不加强，则可能有零金碎玉，难成一体之嫌。

这套书自需兼普及与提高。这是一项很难的工作，权衡取舍，颇费思考。若能寓巴人于白雪之中，出阳春于下里之内，则可称上乘。

丛书的编辑和撰稿同志，在过去几年中，曾共同研究项目，相处有年，观点与共，故能笔执众人，书成一体；他们或素习

科研，或娴于教学，但都参与实际工作，对农业系统工程的理论和实践，亲有体会。

希望丛书的出版，对我国农业系统工程的进一步开展，作出贡献。

中国系统工程学会理事长 许国志
中国科学院学部委员

一九八七年二月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 农业中的预测问题	1
第二节 预测和决策的关系	3
第三节 科学预测与决策科学化	6
第二章 定性预测	15
第一节 特尔菲法	15
第二节 主观概率法	18
第三节 交叉影响法	22
第四节 其他定性预测方法	27
第三章 确定性定量预测	30
第一节 移动平均法和指数平滑法	30
第二节 模型法预测	49
第三节 分段残差辨识预测	57
第四章 不确定性定量预测	67
第一节 随机变量与随机过程	67
第二节 回归分析预测	82
第三节 趋势外推预测	123
第四节 马尔可夫过程预测法	154
第五节 蒙特卡洛预测法	179
第六节 模糊预测	187
第五章 决策	197
第一节 决策分析基础	197
第二节 马尔可夫决策	236

第三节	多目标决策	250
第四节	其他决策方法	277
第六章	模糊决策	285
第一节	模糊集合和语言变量	286
第二节	模糊关系	316
第三节	模糊聚类	330
第四节	模糊综合评判	346
第五节	模糊规划	355
第六节	多目标模糊决策	365
第七节	模糊协调决策	380
参考文献		394

第一章 绪 论

第一节 农业中的预测问题

一、预测在现代经济建设中的作用

进入 20 世纪以来，世界政治和经济形势都在发生着巨大的变化。

在建国后的 30 多年里，中国共产党领导全国人民励精图治，艰苦奋斗，把一个羸弱疲病的旧中国建设成初步繁荣昌盛的国家。我国的经济建设成就，使世界为之瞩目。近 10 多年来，随着改革的不断深化，我国各项建设事业更是突飞猛进。党中央提出要在本世纪末我国经济实现翻两番，这一宏伟蓝图鼓舞着亿万人民去奋斗，去开拓。但这一蓝图能否实现？这就需要科学的方法进行预测。

预知未来是人类历来的愿望。我国上古时代的人用火烧龟甲来预测凶吉，这种活动叫占卜。甲骨文是我国迄今为止发现最早的成系统的汉字，其内容即为占卜的辞语及与占卜有关的纪事。当然，在科学的预测方法产生之前，这种占卜及后来的卜卦算命之类，只是人类想预知未来的迷信活动。到了本世纪中叶，随着科学的预测方法的出现，预知未来才成为可能，并于 60 年代得到应用。

人们对自己赖以生存的地球上的许多问题都很关心。例如，世界人口在高速增长，但地球上生产的粮食，最多能养活多少

人？石油、煤炭等资源还能开采多少年？一旦这类能源枯竭怎么办？大气污染、水资源污染、森林采伐过度，等等，都会给人类生存带来不同程度的影响，人们迫切希望知道这些问题所产生后果的严重程度及相应的对策。而只有进行科学的预测，才能寻找出问题的答案及制定出有效的决策。又例如，要兴建三峡水利工程，就要从各个方面对此工程的利弊作出科学的预测。权衡利弊才能确定是否上马，如果上马，则必须制定能发挥其效益，抑制其弊端的措施。再以我国人口为例，1949年我国为5亿人，而发展到1986年的10.2亿人，只用了37年时间。人口的迅速增长，给我国的粮食生产、教育、城市建设与住房、就业、交通等都带来沉重的负担。假如当年能作出全面的预测，详细分析人口增长过快带来的后果，作出正确决策，制定必要的措施，那么我国的整个形势，则将会是另外一种面貌了。

自从党中央提出2000年工农业产值翻两番的号召之后，便产生一个能否实现的重大研究课题。因此，国务院技术经济研究中心自1982年下半年开始，对《2000年的中国》进行了课题研究的必要准备，并于1983年开展研究。这是一项大规模的预测活动，这项研究将描绘2000年中国的蓝图，为我国各有关部门制定发展规划提供比较可信的科学依据，具有极其重要的指导意义。

1982年10月中央书记处农村政策研究室和中国农村发展研究中心委托中国农业科学院主持进行我国粮食和经济作物发展问题的研究。这是一项重点课题。参加这项工作的有中央的12个部、委，5个高等院校和科研单位，以及中国科学院所属19个专业所。研究的目的是为了合理开发利用农业资源，为各地调整种植业生产结构布局，为国家制定长远规划和农村发

展纲要提供科学依据。其意义是显而易见的。

1983 年以来，我国许多县、市（地区）陆续开展了以 2000 年为远期目标的“经济、社会、科技发展规划”的研究，其中即有各项预测研究。如果预测正确，措施得当，规划的实现就有了可靠的保证。

二、经济建设需要正确的决策

在我国建国后的经济发展中，有成功的经验，也有失误的教训。认真回顾总结一下即可发现，失误的产生绝大多数是由于不正确的决策所致。

例如，为了解决我国人民的温饱问题，曾提出“以粮为纲”的口号，虽然促成了粮食产量的迅速提高，但亦产生了农业结构的不平衡，林业、副业、牧业、渔业的生产停滞或萎缩的弊端。面对农业比例失调的状况，亟需在预测的基础上作出比较科学的决策。党的十一届三中全会以来制定的关于农村的各项政策为正确决策提供了保障。

预测我国人口与经济增长趋势，确定社会的需求趋势；预测土地资源的变化，做到合理利用与开发这些资源；预测将来农村中剩余劳动力的变化情况，从而为之寻找出路。总之，在经济建设的各个领域里，到处都需要正确的决策，而正确的决策是在科学的预测的基础上进行的。

第二节 预测和决策的关系

一、什么是决策

人们为了达到预定的目的，可以提出各种可行的方案。然而，世界上的事物是非常复杂的，存在许多不确定因素和随机

因素，为了达到预期目的，决策人必须在权衡各种方案实施所带来的利弊之后，做出最好的抉择，这种抉择就是决策。例如，人们曾提出“南水北调”的设想来解决北方的干旱问题，所提出的方案有东线、中线、西线。假如要进行决策，则至少要调查、研究以下问题：三条线路经过哪些地方？各自带来的效益是什么？这些效益有多大？三条线路各自受益的地区是哪一些？这些地区的经济发展对我国的经济建设有何重要意义？有没有现成的水道可以利用？各自需要多少工程投资费？需要多少年才能完成？与之配套的附加工程有哪些？它们的工程与投资是多少？三条线路各自涉及的居民迁移的户数有多少？如何安置？线路要穿过哪些交通线？需修哪些桥梁、隧道？是否需要穿越河流及如何穿越？南水北调以后对生态环境的影响是什么？沿途的水文、地质状况如何？工程建立后每年的维修费用有多少？等等。只有对这些问题进行了论证，对由于采取某项措施带来的后果进行预测，才能定下决心。决策的过程大致如图 1—1 所示。

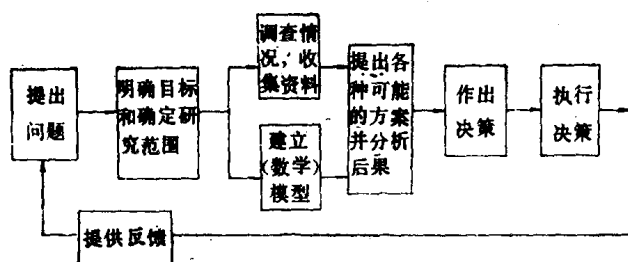


图 1—1 决策过程

决策正确与否对经济建设有巨大的影响。决策正确，经济便会迅速发展。党的十一届三中全会以来作出的一系列符合实

际的方针、政策，使我国经济建设取得了巨大的成就。如在人口问题上采取控制发展的政策；在农业生产上，提倡生态农业，提倡种植业、林业、畜牧业、渔业有一个合理的结构，适当发展经济作物；提出要发展一些村镇工业，并对村镇进行规划，等等。这些政策和措施的施行，有力地促进了农村经济的发展，也为今后农业的发展打下了基础。而决策错误，也会给经济发展带来严重的破坏。如在“大跃进”时期所作的违反经济规律的一些决策，给我国经济建设带来的恶果是众所周知的。

二、预测是决策的基础

假如要修建一项水利工程，就必须对各种方案实施后产生的后果进行充分的预测分析，才能得出较合理的决策，否则可能产生不好的结果。例如黄河的三门峡水库，由于当时对泥沙淤积的研究与预测做得不充分，从而导致建成后不久便发生了严重的淤积，库容量大大缩小，影响了水库效益（据统计在水库中已沉积了60亿吨泥沙），虽经多次改修补救，但效果仍不甚理想，且泥沙淤积已向渭河上游延伸。这是一个教训。吃一堑，长一智，人们在讨论建设规模巨大的三峡高坝时，长江水流挟带泥沙的处理，就成了重要的论证课题。长江出三峡，经四川，挟带大量泥沙，并将河底的卵石冲到中下游，在地质历史上造成了两湖、三江冲积平原，而且仍在不断地建造着苏北和上海浦东的滩涂；同时，河口向海中延伸，堆积起的泥沙，抬高了河床和扩大了两岸平原。南岸的川沙县在南北朝时代尚在海外；北岸的如东、启东、大丰、射阳设县的历史才70年。估计苏北海疆每年造地至少10万亩。这些泥沙都是来自四川。至于河口处的崇明岛，则全系泥沙沉积形成的。据1954~1981年水文资料统计，长江输沙量如下表所示。

表 1—1 1954~1981 年长江年均输沙量

水 文 站	寸 滩 (重庆)	武 隆 (乌江)	宜 昌	汉 口	大通(芜湖)
平均年输沙量 亿吨/年	4.65	0.313	5.35	4.31	4.91
平均含沙浓度 公斤/立方米	1.32	0.637	1.229	0.614	0.557

从表中可看出，川江挟带泥沙量很大，由于此段江面水流湍急，泥沙被冲向中下游，而一旦在川内修筑高坝，泥沙便不能顺利出川而淤积在库区，对此必须进行科学的预测，并制定出正确决策。

再如，中国医学科学院卫生研究所预计，到本世纪末我国人民食物结构会有极大改进：每人每日摄取热量达到 10032 千焦耳，蛋白质 75 克，谷物类食物提供的热量占总热量的 55%。这种结构能否实现？这就要对我国各种粮食作物，油料作物以及蔬菜、水果等的产量进行预测，并研究从中可拿出多少谷物作为饲料来发展畜牧业，从而获得与本世纪末我国人民食物结构变化相适应的肉类、家禽、鲜蛋、水产品、奶制品、油脂等。当然还有其他一系列问题需要预测。总之，没有科学的预测，决策只能是无本之木，科学的预测是正确的作出决策的基础。

第三节 科学预测与决策科学化

一、预测的基础和要素

客观或社会的需求标准是预测的前提。例如，50 年代出现的 D.D.T., 被认为是优良的杀虫剂，当时人们预测了它的产量以及它为农业生产带来的好处，但后来却发现它的残留物

给生态环境带来的污染十分严重，许多国家已经禁止使用。由于对它的认识改变了，对预测结果的分析所得出的结论也就会改变，而这种改变是由客观世界或社会的需求标准的改变所决定的。

掌握客观事物的变化规律是作出正确预测的基本条件。人们对所预测的对象认识愈深，经验愈多，预测就愈有把握。譬如，一个重物自高空自由下落，在其未落至地面前，人们便能预知它在何时能落在地面。这是因为人们经过千万次的观察试验，已总结出自由落体的规律，并且建立了计算公式。再如，人们能正确的预报日食、月食的時刻，也是基于人们长期对星体的观测，掌握了日、月的运动规律。而人们之所以对地震不能准确预测，正是因为人们对地球内部的变化规律的认识还不深刻，经验还不够丰富。人们要预测的事物或对象往往若明若暗，不确定因素和随机因素很多，因此，经验在预测中具有十分重要的作用。

收集可靠的情报、数据资料是作好预测的必要条件。每天的天气预报，实际上是各地气象观测站所收集的气象情报资料的结果。同样，对病虫害灾害的预报，也是在农田中虫情的数据资料的基础上进行的。

正确选择使用预测方法是作好预测技术保证。预测的方法，一般是指数学方法，大部分是概率论以及数理统计的数学方法的应用，近年来也采用了模糊数学的方法。

在以上基础上，明确预测的目标、任务及研究的范围，提出判别优劣的准则，即给出预测好坏的标准和边界条件，还要根据预测对象的特点，它与周围的环境及其他事物间的联系，用系统分析的方法建立物理模型，研究预测对象的特性和变化

趋势。例如泥沙淤积问题，可以模拟各种水流环境和各类含沙成分不同的水流来检验，推算泥沙的沉积、冲刷以及其他有关问题。在物理模型的基础上（如确有把握，亦可不建立物理模型）建立数学模型，用数学方法和计算机进行计算，并对计算出的结果进行分析，与实践经验或用其他预测方法得来的结果进行比较，征询专家意见，必要时还应修改模型。预测过程如图 1—2。

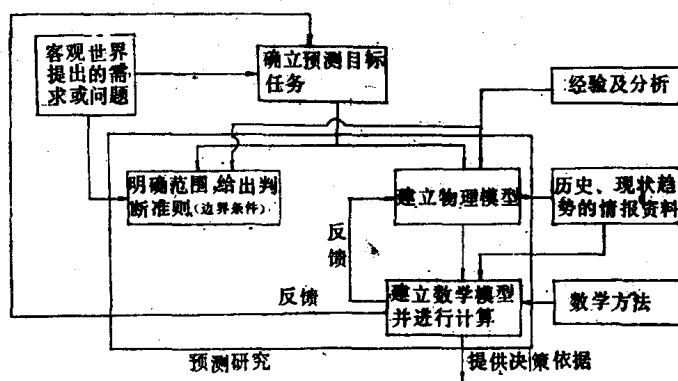


图 1—2 预测的过程

综上所述，预测过程大致有以下步骤：

第一，根据客观需求，确定预测对象，明确预测目标和任务，建立基本假设，确定研究方法，进行必要的准备（包括组织）工作。

第二，大量收集预测的背景材料，即预测问题中涉及的科学技术、经济建设、政治、社会、文化等各种因素的材料，内容包括历史演变、现状、动向趋势及潜在的因素；还应尽可能收集国内外同类预测问题（或对象）的有关资料作为借鉴。

第三，根据已有的经验，用系统分析的方法对情报资料进