

文章编号: 1007-6301 (2001) 增刊-0113-08

“农业专家决策支撑系统”的原理和方法

梁启章, 李钜章

(中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要: 本文在总结多年的研究与实践经验基础上, 提出了“农业专家决策支撑系统”的基本原理与方法。这类系统的设计目标是帮助基层领导提出农业结构的优化方案, 提出农林牧渔与农产品加工业的协调发展战略, 并在结构优化基础上制定农业年度生产计划和长远发展规划, 提高农业开发投资(资金、物资、运输和仓储等)和农业布局决策的科学水平。开发这类系统的关键技术包括: 基于预测模型的农业发展规划/计划的计算机模拟方法, 农业结构优化多标准评价模型, 农业投资决策评估模型, 农业专家知识获取和知识库建立方法, 农业运输和仓储系统分析和发展战略决策方法, 决策支持系统和专家系统的用户界面设计中的对弈策略与可视化技术, 农业资源与环境信息管理中的GIS与Web GIS开发、应用技术, 数据库共享服务与农村经济发展动态分析中的统计分析、制表和地图制作、报表联合应用技术, 综合性系统的集成技术等。

关键词: 信息农业; 农业专家决策支撑系统; 对弈策略; 预测模型

中图分类号: P329 **文献标识码:** A

发展信息农业是实现农业现代化的重要途径, 研究“农业专家决策支撑系统”的原理与方法及其系统开发与推广应用是促进我国信息农业发展的重要课题。中国科学院农业项目办公室在“八五”与“九五”期间先后组织了“黄淮海平原农业综合开发决策支撑系统”与“农业专家决策支撑系统”研究与推广工作, 同时签订了包括本课题在内的中美农业科技合作研究协议, 围绕本课题组织了中美学者互访与学术交流, 联合申请研究项目并开展了部分合作研究工作。该项重大课题经过近十年实验研究与应用推广, 现已形成适用于建立县/地/省“农业专家决策支撑系统”通用平台, 并且在云南省蒙自县、新疆自治区新和县、贵州省六盘水市等六个地区建立了实用系统, 这些系统的初步应用已经显示了较好的社会效益。本文在总结多年的研究与实践经验基础上, 提出了“农业专家决策支撑系统”的基本原理与方法。同时还详细介绍了开发这类系统的关键技术。

1 决策支撑系统(DSS)的原理和方法

1.1 决策支撑系统的基本特征

DSS 开创人之一 Christer Carison 认为: “……这种将个人的智力资源同计算机连接起来的系统, 使管理科学开始了新的黎明。……决策不能独立存在, 它总是与决策者相联系

收稿日期: 2001-08; 修订日期: 2001-09

作者简介: 梁启章 (1940-), 男, 研究员。主要从事农业专家系统研究, 发表论文、专著多篇。

的。决策者的任务是阐明决策问题,并且提出影响决策问题的要素和要素之间的关系。决策支持就是帮助决策者阐明决策问题,并且提供影响决策问题的要素数量和质量特征及其相关状况的信息”^[1]。这些论述概括了决策支撑系统的设计目标和开发策略,同时阐明了DSS与MIS和其他信息系统的基本区别。

决策问题可以分为结构化、非结构化和半结构化3类,DSS着眼于决策者的决策行为和需要,不仅保证决策者使用模型解决结构化决策问题,同时还要拓展他们的能力,着重于在解决半结构化问题过程中帮助决策者,甚至将非结构化问题转换成半结构化状态。但是,DSS只提供决策支撑而不是代替管理判断。一般的决策支撑系统将提供下列支撑:

- (1) 数据与信息咨询
- (2) 辅助提出决策问题
- (3) 提供最优分析结果帮助决策者形成决策方案
- (4) 预测决策方案的效益和效率,帮助最后决策

1.2 决策支撑系统的发展

决策支撑系统(DSS)开始于20世纪70年代,80年代末期的DSS已经发展成为信息系统的主流。决策支撑系统经历了下列发展阶段:

(1) 模型辅助决策,包括人口预测、投入/产出、资源评价、线性规划、多目标规划等模型,使用这些模型可以对数据进行深入分析和预测,所获得的分析结果可以用来辅助决策。模型辅助决策系统中通常是采用一个模型解决一类决策问题,这类决策问题通常属于结构化决策问题。

(2) 决策支持系统,包括人机交互、模型库和数据库系统3个有机结合的部分,它极大地扩充了数据库功能和模型库功能,它可以解决一系列半结构化或非结构化的决策问题。在这个系统中,人们通过使用人机交互界面统一调度模型库和数据库,从而确保决策者的智慧和计算机系统的较好结合。

(3) 专家系统—决策支撑系统的一种形式,专家系统需要大量的专家知识,完成知识的获取需要知识工程师。专家系统属于定性分析的辅助决策,它不同于决策支撑系统的定量分析,代表决策支持系统的发展潮流是将定性分析和定量分析结合起来。

(4) 决策支撑系统的高级阶段—智能决策支撑系统,它集成了模型、数据、人机交互和专家系统,这种系统的集成需要克服许多困难,首先要解决两个系统之间的部件接口,然后再进一步解决系统的集成问题。

(5) 决策支撑系统的最新发展,主要表现在人机交互设计过程中的对弈策略以及网络技术和多媒体技术的应用。对弈策略将导致决策支撑系统更符合决策者的使用环境要求,促使决策支撑系统发挥更好的作用。网络技术可以将不同地方的单个系统连成群体系统;多媒体技术可以设计更符合自然环境的交互界面,提高决策者的形象思维能力。

2 对弈式系统与专家系统

2.1 专家系统(ES)方法

为了说明本系统采用的对弈式方法,首先有必要介绍专家系统方法的基本特征。专家系统的先驱Feigenbaum认为:ES是一种智能计算机程序,它使用知识和推理过程来解决

十分困难的问题, 解决这些问题非常需要人类的重要经验, 这些知识和推理过程可看作该领域中最有经验的实践者的经验模型^[1]。ES 的知识由事实和启发式信息组成, 事实所包含的信息可以被共享, 并可以获得领域专家承认; 启发式信息通常属于具体某个权威专家或者具有共识的专家集体, 用以表达领域专家的决策水平。ES 的性能水平决定于它拥有的知识库的大小和质量。因此, 采用专家系统方法的一个先决条件是至少有一名具有权威的专家或者拥有一个具有共识的专家集体, 这个专家或专家集体应当能够提供该领域的公认事实和启发式信息, 同时, 必须选择一个有价值的问题和一个建立系统的工具(专家系统开发工具)来建立专家系统。上述 3 方面的条件缺一不可, 许多事实都证明了: 建立 ES 的主要失误是选择了一个无价值的问题, 过高的期望以及不充足的知识来源。

正如前面所介绍的那样, 农业专家决策支撑系统需要用到许多专家的知识 and 经验, 其中有些问题的解决可以采用专家系统的方法来建立一个系统, 例如农作物的常规育种、施肥、灌水和田间管理等, 由中国科学院合肥智能机械研究所研究开发的农业专家系统已经在蒙自县的系统中获得了推广和应用效果, 其详细方法将在“蒙自县农业信息管理与规划决策系统”一节中介绍。但是, “农业专家决策支撑系统”需要解决的是区域农业信息管理和宏观决策问题, 正如前面所论述的那样, 决策过程中需要用到许多数据、信息、模型和决策者的智慧等, 难以采用事实和启发式信息的表达方法。同时, 开发这个系统还要用到多种工具, 例如 GIS、Office、Web Server 和其他开发工具。因此, 20 世纪 90 年代的一些决策支撑系统在可能条件下采用集成专家系统技术的方式, 许多决策支撑系统中的人机交互界面设计采用了对弈方法的最新技术, 这种能够观察全局的人机交互方式获得了决策者的欢迎和赞赏。

2.2 对弈式系统方法

对弈策略来自于计算机下棋(Play Chess)软件开发和界面设计方法, 这种软件继承并发展了“人机交互”的优点。传统的“人机交互”实现了一对一的输入/返回结果, 但是, 用户在一个界面上不能观察到解决一个问题的全局, 即一个问题的所有输入和输出不能显示在一个界面上。对弈下棋的软件提供一盘棋的全局, 人们在与计算机下棋时可以通观全局来决定自己的每一步棋的走法选择。显然, 这种对弈方法十分有利于决策者的智慧发挥。

决策支撑系统开发过程中采用对弈方法的技术关键是决策过程的分解和每一个决策过程的“棋谱”设计。下面将详细介绍对弈式系统的设计方法。

3 农业专家决策支撑系统的逻辑结构

“农业专家决策支撑系统”属于对弈式的、定量分析与定性分析相结合, 具有网络和多媒体管理功能的新一代决策支撑系统。

3.1 农业专家决策支持系统的逻辑结构

农业专家决策支持系统的逻辑结构(图 1)包括数据库系统、模型库系统和对弈系统 3 部分, 并通过网络或单机连接成一个整体系统。数据库系统提供与决策有关的数据和数据管理技术(维护和更

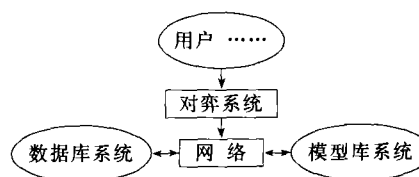


图1 农业专家决策支撑系统的逻辑结构

Fig. 1 Logical Structure of agriculture Expert Decision Support System

新),模型库系统提供一系列与决策有关的模型,这些模型分别与对弈系统中的决策问题相连接。对弈系统提供了一系列交互界面,每一个对弈式交互界面就像一盘棋,解决一个决策问题。对弈式界面为用户提供了十分清楚的交互方式。用户每次输入后,该系统将可能运行一个模型或者进行一次简单的运算,或者调用数据库中的数据,或者调用已经产生的结果,随后就会返回一个新的结果供用户判断。用户在使用基于网络的决策支撑系统时,每一步交互均需在网上运行。

3.2 面向系统的模型

决策支撑系统中的模型或模型库系统可以随时提供对弈操作时使用,决策者通过对弈界面能够清晰地了解模型的物理意义和运行结果。但是,模型系统总是面向系统设计的,即模型总是与一定的对弈操作连接在一起,用户根本不知道所使用模型的具体结构。对于那些需要用户建立的模型,系统提供了建立这个模型的对弈操作界面,例如,单位产量投入/产出模型,用户可以直观地提供自己的知识与经验以完成模型的建立工作,在这种情况下用户可以比较清晰地知道该模型结构及其参数。“农业专家决策支撑系统”中还提供了期望值与农产品需求预测模型、农业结构优化模型、投资环境评价模型等,本研究报告将在相应的地方详细介绍每类模型的构建方法和作用。

3.3 面向用户的对弈界面和数据

“农业专家决策支撑系统”包含了多层次的对弈界面,其中每一个对弈界面均由明确的决策问题和若干次对弈操作组成,一系列的对弈界面组成了整个对弈系统,例如本系统的农业规划决策模块中包含的对弈界面主要有:

(1)需求分析,提供了人口、劳动力预测以及粮食、油料、棉花、蔬菜和肉类等主要农产品需求预测模型和对弈界面;

(2)资源配置,提供了土地、水、气候和生物资源以及农用物资(化肥、农药等)可配置规模的对弈界面;

(3)单价调整,提供了种子、产品、化肥、农药等系统中需要的单价调整对弈操作;

(4)种植业规划/计划,提供了单产分析模型、科技增产模型、播面调整模型和效益计算模型和对弈界面;

(5)林果业规划/计划,提供了单产分析模型、科技增产模型、播面调整模型和效益计算模型和对弈界面;

(6)畜牧业规划/计划,提供了天然草场和人工饲料发展分析、畜种选择、投入/产出分析和效益分析模型和对弈界面;

(7)农产品加工业规划/计划,提供了加工品种的生产能力和现有规模分析、原料和市场分析模型和对弈界面;

(8)综合规划/计划,提供了农、林、牧、渔和农产品加工业的综合规划/计划以及二级规划/计划方案;

(9)效益分析,提供了农、林、牧、渔和农产品加工业的单项与综合效益方案。

决策支撑系统中的对弈系统担当了总调度的角色,用户只有通过使用对弈界面才能达到使用决策支撑系统完成各项决策方案的仿真和判断目的。用户必须按照系统规定的次序完成预定的操作。当然,这种对弈操作可以循环地发生,从而可以获得多个决策方案。系统提供的综合评判模型可以帮助用户获得最佳决策方案。

另外,为了确保系统的长期使用,由用户来完成数据库的更新维护是十分重要的开发目标,用户可以直接访问数据库系统或者通过使用专门设计的界面来完成这项任务。

面向用户的对弈界面和数据库系统是一种重要的系统设计目标和开发策略。对弈界面的开发可以采用 VB 或 VB Application+Excel,数据库系统通常采用 Office 中的数据库系统或 SQL 数据库系统以及相应的 Web Server 系统。

4 数学方法与定量化研究

农业专家决策支撑系统中应用了许多数学模型与计算方法,这些模型与方法都是研究人员在经过大量调查与试验基础上进行的数学抽象与推理,或者总结了当地专家的经验与定量化实验结果而形成的经验模型,例如单产投入/产出与科技水平的计算方法,规划/计划方案的综合评判模型,投资环境评价方法等;有些是经典数学方法,例如线性规划与多目标规划方法。总之,数学模型是系统的灵魂,它们发挥了重大作用,但是对于解决农业方面的决策问题来说,模型运算结果往往不是最科学的结论或者说不是最符合实际的结论。因此我们有必要深入讨论有关数学方法与定量化研究及其应用过程中的许多理论与实践问题。

4.1 数学方法的理解

任何数学方法都是对人的思维之模拟。象综合评判、分类、分区等问题本身就是人的思维活动,而象土壤水分的变化,农作物产量的形成等自然过程(现象)的数学模拟,也只能是通过模拟人对该问题的认识进行间接的模拟。从本质上说,数学本身就具有很高的抽象性,不经过抽象就不可能变为形式化的数学语言,而抽象就是人的一种思维。所以即使象牛顿力学的基本公式 $F=ma$ 这样反映确定性物理规律的数学式,也只有通过对人的认识的模拟才能建立起来。也只是人的认识的一种表达。它能够正确反映客观规律,是以人对该问题的认识正确反映客观规律为前题。并在通过物理实验(客观实际)的验证,证明这种认识和模拟的正确性之后,才能最终确立。还必须指出:数学的抽象形式表现力是有局限性的,抽象概念本身总是带有某种片面性和僵化性,所以并不是运用了数学方法,经过数学计算或经过计算机处理就一定是科学的。

4.2 数学模拟的思维实质

无论运用什么数学方法都必须明了它所模拟的思维实质、了解它的作用。不应在了解某种数学方法实质之前就拿来套用。数学的形式逻辑系统有助于正确逻辑思维的形成,但应该特别指出的是,这种作用主要是在应用数学方法,即建立数学模型的过程之中。它帮助和促使人们对已有认识进行归纳总结,加以条理化、规范化。从而加深对所论问题的认识。而这又要以充分了解所用的数学方法,正确处理定性与定量、定性思维与数学方法的关系为前题。而模拟结果的正确性,归根结蒂要通过与物质世界相联系的实践去验证。

4.3 定量化

应用数学方法首先必须定量化,进行数学模拟建立信息系统当然也必须首先定量化。因而定量与定性的关系是应用数学方法时必须十分明确的另一个重要问题。定量与定性是密切相关的,它们之间并没有截然的分界线。质和量是不可分割的,任一种性质总和一定的数量相关联。例如一个山地包含有若干自然垂直带,各带有着不同性质,每个垂直自然带

就与一个海拔区间数相关联；水的流体性质与一定的温度区间数相关联，等等。人们在了解事物的性质之后就要进一步了解与之相关联的量。譬如在了解一个山地含有什么垂直自然带之后，自然就要求了解它们的分布高度，也就是要了解与各自然带相关联的海拔区间数。又如在了解了水的流体性质及其与温度的关系之后，会要求了解在什么温度下水能保持其流体性质，也就是要了解与之关联的温度区间数。也就是说，研究的深化自然要求定量，即要求研究那些引起质变的量。而这种决定事物性质的量（界限、阈值）在绝大多数情况下，并不是确定不变的，而且往往不能精确地确定下来，即使较简单，较分明的与水的流体性质相关联的温度区间数，也不是固定不变地总是 $[0, 100]$ （摄氏度）。这个区间数至少会因大气压不同而发生变化。而且即使在同一环境下，在一般日常测量精度下，这个区间数可以被看作是分明的，精确的，但当测量精度足够高时，这个区间的边界仍然存在着一一定的模糊性。至于与自然垂直带相关联的海拔区间数就更是这样，两个垂直带之间一般是一个过渡带而不是一条截然的分界线，而这个过渡带在不同地点往往会有不同的宽度和不同的海拔高度。所以这种量可以称之为定性的模糊量。用一个模糊集来表示一个自然垂直带的分布空间显然是适宜的。从另一角度来说，在宏观研究中常用的定性分等（分级）方法实际上也是一种定量，而且是分明的（确定性的）定量。虽然这种方法存在着较明显的缺点，但它毕竟是属于某一等级的事物就仅属于该等级而完全不属于其它任何别的等级，所以排中律在这里是完全的，其中没有一点模糊性。例如对土壤盐碱化程度分为无盐碱、轻度盐碱、中度盐碱和重度盐碱（盐碱土）4个等级，就是对土壤盐碱程度的一种量的刻度。而且任一土壤都必属于一个且仅属于一个等级，所以是一种分明的（确定的）定量化。只不过其精度较粗，并且没有用数字形式加以表达而已。由此可见，用自然语言描述，侧重定性的研究中，也有定量的内容，存在着定量化因素。其实，定量化是研究深入的必然结果，而且随着研究的深入，定量的精度会逐步提高。再从分析研究方法上看，定性与定量同样也不是截然分离，毫不相关的，更不是互相对立的。读者可以找到大量定性思维与数学定量方法互相渗透，互相依赖的例证。事实上，数学方法本身就是形式化的人类思维，其中大多数都是定性分析思维的总结归纳。人的认识本来就总是始于感性认识，经过定性阶段才能达到定量化。就以数理统计方法而言，它实质上就是一般定性经验的积累、形成过程思维活动的归纳总结之后的形式化抽象，而在有了数理统计分析方法之后人们常常运用数理统计分析方法来帮助分析、总结已掌握的资料数据，并从而获得经验性的认识。这在以往基本上是定性的宏观研究中也是常用的，只不过大多数仅限于诸如平均值、变率等简单的方法。由于数理统计方法仅以所提供的样本之数据为依据，而不问它们的实际含义和代表性如何，对每个数据一律一视同仁，因而在一定程度上有利于排除主观因素的影响。这是数学方法的优点，同时也是数学方法的缺点。因为由于不以定性分析为基础，仅凭数理统计方法从仅有的数据中得出结论，有时会与客观规律相违背。特别是当提供用作数理分析统计的数据（样本）数量不多时，更易发生这种情况。综上所述，定性与定量是相对的，互相渗透的，两者绝非截然不同，更不是互相对立的。定量分析研究，特别是应用抽象的数学方法时，必须以定性研究为基础，定量研究是定性研究深化的必然要求和必然结果。

4.4 定量化精度

任何数量都有一个精度，而任何精度都有其相对性。所以数量化不是绝对的。而且一

个数也并不是越精确越好,有时一个精确度较差、定性的模糊量(任何一个数对更高的精度而言都可以看作是一个模糊量),比一个刻板的过于精确的量,能够更深刻地反映事物的本质,因而更合理、更准确、更实用,当然也应该算更好。比如在日常生活中,人们根据没有严格地精确定量的定性印象可以确认多年不见的亲人或老友,而如果要严格地按精确的刻板的量来识别一个人,则恐怕连刚刚分手的熟人也不能确认。因为任何一个人每时每刻都在发生变化。所以严格地说,同一个人前一瞬间和后一瞬间都不可能完全绝对相同。也就是说,即使对同一个人也不可能两次测出极精确的完全相同的刻板数据来。当然也就不可能刻板地按极精确的量来识别任何一个人。事实上,任何学科的任何规律都有其相应的精度,超过这个相应的精度其结果也就不再正确。这个精度与研究深度和详细程度密切相关。实际上由于问题的多元性,在研究中一般都不能把所有有关的因素及其交互作用都一一加以考虑。这些未被考虑的因素必然大大降低研究结果(规律、模型等)的精度。不问对问题的研究深度、研究目的和研究之详细程度,单从数学方法上提高数值上的精度是没有意义的,有时甚至是错误的。读者将在下面的分析中看到规划与决策不可能有很高的精度。如果从实用的角度来衡量定量化的好坏,则显然还必须考虑经济效益。而一般来说获得较精确的数据都必须付出较多的花费,那么提高研究成果的精度当然也要花费更多的时间、精力和经费。所以,有时虽然从学科上说完全可以获得较高一些的精度,但从实际需要和经济效益考虑还可能选择精度较低的研究方案。因为,只要能够满足实际需要(能够解决实际问题)当然以花费较少的方案为好。

4.5 构造数学模型

人对任一事物的认识由浅入深的过程,一般表现为如下阶段:①可意会不能言传的感觉阶段;②能够在与别人的当面讨论交谈中用口头(加上表情、声调等)加以表述;③能够用文字加以表达;④能抽象概括地用形式化的数学语言来表达。应用数学方法迫使和有助于人们自觉地加速这个认识过程。实践证明:建立数学模型的过程,实际上是首先对所论问题已有认识的归纳、总结和条理化的过程,同时又是对所论问题的分析,研究加深认识的过程。所以一个数学模型的构造(建造)者,往往会感到在建造数学模型过程中的收获要大于应用该模型所得到的结论。当然在数学模型建立之后,对使用者来说,一般是不问建立过程,甚至不问模型的结构,而主要关心其结果。事实上数学模型既然是对人类思维形式化、定量化的模拟,就首先要求对问题有较深入的理性认识,而且必须经过抽象和条理化,同时还要求量化。因此,建造模型者必须对已有的认识进行归纳整理,明确一些不甚明确的问题和不甚明确的各因素之间及它们与目标之间的关系,而且还要一一作出量化的估计。这就迫使研究者要认真地对待每一个细节。同时也自然促使研究者更自觉,更有目的地运用各种数学方法对资料数据进行整理和分析,诸如求均值,直方图统计,回归分析、相关分析、散点图、过程图等,从而获得对认识问题有用的信息。在构造数学模型过程中还会发现所论问题研究中的相对薄弱环节,了解各有关因素在所论问题中的地位 and 有关方面研究的深入与精度的提高对整个问题的研究深度和精度的影响,这就便于明确今后研究工作的重点和突破口。这些对所论问题的研究工作无疑是十分有意义的。所以在建立系统时应该与当地的使用者很好结合。这样在建立系统的过程中便促使和帮助用户对已有认识进行归纳总结,加以条理化、规范化,从而加深对所论问题的认识。也可以使用户了解工作的薄弱环节。同时技术人员也将从中吸取经验。

参考文献:

- [1] 梁启章 等. 农业专家决策支撑系统[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2000.
- [2] 李钜章. 现代地学数学模拟[M]. 北京: 气象出版社, 1994.
- [3] 陈文传 等. 决策支持系统及其开发[M]. 北京: 清华大学出版社, 1994.
- [4] 中国科学院遥感应用研究所. 中国农业状况图集[M]. 星球地图出版社, 1997.
- [5] Arne Hallam. Size, Structure, and the Changing Face of American Agriculture[M]. Westview Press, 1993.

The Theory and Method of Agricultural Expert Decision Support System

LIANG Qi-zhang, LI Ju-zhang

(Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: This paper expounds the theory and methods of Agricultural Expert Decision Support System based on the authors' research and practice experiences. The objective of the system is to set up optimum scheme on agricultural structure for the base units' leaders. The key technologies are the computer simulation on agricultural development planning, the multi-standard evaluation models for agricultural structure, the agricultural investment evaluation models, the agriculture expert system, the strategy and method of agricultural transportation and storage, the interface for the agricultural expert decision support system, as well as the dynamic analysis and mapping for agricultural development, etc..

Key words: Information agriculture; Agricultural expert decision support system; strategy like play chess; forecast model