

下辽河平原多熟种植农业生态模式 专家系统设计 . 系统设计思想*

梁文举 闻大中 沈善敏 (中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110015)

D. D. Calvin M. C. Saunders E. G. Rajotte J. E. McClure
(美国宾夕法尼亚州立大学, PA 16802)

郑秉林 刘拂翔 (东北大学, 沈阳 110006)

【摘要】 以下辽河平原为背景, 以多熟种植农业生态模式为研究对象, 描述了多熟种植农业生态模式在下辽河平原的实践, 应用农业生态学原理, 提出了多熟种植农业生态模式专家系统设计思想; 运用专家系统、地理信息系统和关系数据库管理系统相集成的方法论述了系统总体结构设计原理. 本文在理论上试图为应用现代计算机高新技术从事区域农业生态系统管理探索一条新路.

关键词 多熟种植农业生态模式 专家系统 地理信息系统 关系数据库管理系统 下辽河平原

Expert system design for agroecological patterns of multiple cropping in Lower Reaches of Liaohe Plain . Design thought of the system. Liang Wenju, Wen Dazhong and Shen Shanmin (*Institute of Applied Ecology, Academia Sinica, Shenyang 110015*), D. D. Calvin, M. C. Saunders, E. G. Rajotte and J. E. McClure (*The Pennsylvania State University, University Park, PA 16802, USA*), Zheng Binglin, Liu Fuxiang (*Northeast University, Shenyang 110006*). *-Chin. J. Appl. Ecol.*, 1996, 7(3): 321 ~ 325.

In this paper the practice of agroecological patterns of multiple cropping in the Lower Reaches of Liaohe Plain is described. The design thought of an expert system of agroecological patterns of multiple cropping is put forward by applying the principles of agroecology, and the design principles for overall structure of the system is described with the integrated approach of expert system (ES), geographic information system (GIS) and relational database management system (RDBMS). A new approach to the management of regional agroecosystems is theoretically explored by means of high and new technology of computer.

Key words Multiple cropping, Agroecological patterns, Expert system, Geographic information system, Database management system, Lower Reaches of Liaohe Plain.

1 引言

农业是基于知识系统和传统通讯技术得以应用的具有很大潜力的领域. 在该领域开发出来的专家系统多数应用于管理作物害虫、诊断作物病害^[6], 少数用于决策农业宏观区域问题. Emilien 和 Grabshi^[8] 提

出的农业地理信息系统用于辅助设计国家层次上的农业规划. 该系统能将专家系统壳、数据库管理系统和地理信息系统集成在一起, 用于确定单一作物对特定地区的适宜性. 在多熟种植系统中, 有关专家系统

* 中国科学院“八·五”重大资助项目.
1995年12月14日收到, 1996年4月9日改回.

已有报道^[2, 13, 15]. 但这些系统表示的分析结果并不直观, 都没有与地理信息系统相集成. 下辽河平原多熟种植农业生态模式专家系统设计是在上述研究的基础上以专家系统、地理信息系统、关系数据库管理系统相结合, 开发出集成的专家系统, 试图解决区域层次(省、县、乡)上的多熟种植模式生态适宜性问题.

2 多熟种植在下辽河平原的实践

下辽河平原地区位于辽宁省中部, 处于40°19' ~ 42°11' N、121°14' ~ 123°29' E, 包括沈阳、鞍山、辽阳、营口、盘锦、锦州6个市的233个乡镇, 土地总面积 1.98×10^4 km², 农村人口 5.4×10^6 人, 耕地面积 8.76×10^5 hm², 总播种面积 9.02×10^5 hm², 生产粮食为 $5.32 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 粮食商品率约为

45%. 该地区海拔低于50 m, 属于半湿润气候区, 年均气温8 ~ 10 ℃, 无霜期160 ~ 180 d, 平均降水量600 ~ 700 mm, 主要土壤类型有草甸土、水稻土、盐碱土、沼泽土. 主要作物有玉米、水稻、高粱、大豆、春小麦. 单作占主导地位. 近年来, 该地区也开发出一些高产、高效、持续、多样的多熟种植农业生态模式(表1). 例如, 在小麦间作玉米模式中, 小麦产量为 $4.5 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 玉米为 $10.5 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$. 在春小麦复种蔬菜的模式中, 小麦产量为 $3.30 \sim 4.50 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 蔬菜为 $10.0 \sim 75.0 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$; 复种的经济效益是清种玉米的3 ~ 4倍^[4]. 在辽宁省多熟种植模式中, 以春小麦为前茬的模式占41%, 其中小麦间套玉米面积占34.3%, 间套大豆面积占14.3%, 小麦间套高粱和小麦复种水稻面积很小,

表1 以春小麦为前茬的多熟种植农业生态模式^[3]

Table 1 Spring wheat-based agroecological patterns for multiple cropping

模 式 Pattern	地 点 Site	年 份 Year	下茬作物 Succeeding crop	产 量 Yield ($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$)
小麦/玉米 Wheat/corn	沈阳 Shenyang	1991 ~ 1992	玉米 Maize	10.55
小麦/高粱 Wheat/sorghum	沈阳 Shenyang	1992	高粱 Sorghum	6.31
小麦/大豆 Wheat/soybean	西丰 Xifeng	1992 ~ 1993	大豆 Soybean	4.40
小麦/花生 Wheat/peanut	黑山 Heishan	1988 ~ 1989	花生 Peanut	4.43
小麦/西瓜 Wheat/watermelon	黑山 Heishan	1990	西瓜 Watermelon	22.80
小麦-水稻 Wheat-rice	台安 Taian	1992	水稻 Rice	8.25
小麦-玉米 Wheat-corn	辽阳 Liaoyang	1991	玉米 Maize	15.77*
小麦-糜子 Wheat-panic	盘山 Panshan	1990	糜子 Panic	3.36
小麦-大豆 Wheat-soybean	辽中 Liaozhong	1991	大豆 Soybean	3.53
小麦-绿豆 Wheat-mung bean	新城子 Xinchengzi	1989	绿豆 Mung bean	1.58
小麦-芸豆 Wheat-kidney bean	黑山 Heishan	1985	芸豆 Kidney bean	10.31
小麦-豇豆 Wheat-string bean	黑山 Heishan	1985	豇豆 String bean	11.25
小麦-青椒 Wheat-bell peper	黑山 Heishan	1992 ~ 1993	青椒 Bell peper	36.67
小麦-黄瓜 Wheat-cucumber	黑山 Heishan	1985	黄瓜 Cucumber	35.13
小麦-西瓜 Wheat-watermelon	开原 Kaiyuan	1990	西瓜 Cucumber	33.60
小麦-马铃薯 Wheat-potato	黑山 Heishan	1985	马铃薯 Potato	21.93
小麦-向日葵 Wheat-sunflower	辽阳 Liaoyang	1980	向日葵 Sunflower	1.50
小麦-甜菜 Wheat-sugar beet	黑山 Heishan	1990	甜菜 Sugar beet	40.35
小麦-大萝卜 Wheat-radish	黑山 Heishan	1985	大萝卜 Radish	75.00
小麦-胡萝卜 Wheat-carrot	铁岭 Tieling	1989	胡萝卜 Carrot	37.89
小麦-大葱 Wheat-leek	辽中 Liaozhong	1989	大葱 Leek	45.00
小麦-甘蓝 Wheat-cabbage	黑山 Heishan	1985	甘蓝 Cabbage	72.27
小麦-菜花 Wheat-cauliflower	黑山 Heishan	1985	菜花 Cauliflower	26.25
小麦-大白菜 Wheat-Chinese cabbage	黑山 Heishan	1985	大白菜 Chinese cabbage	112.50

* 混合产量 Mixed yield.

并处于试验之中. 这些多熟种植农业生态模式主要集中在辽河平原地区.

因此, 农业决策人员需要运用管理多熟种植系统的专门知识, 探索这些模式在自然条件相似地区的适应性, 制定出科学的决策方案.

3 系统总体设计思想

3.1 系统设计思想

多熟种植农业生态模式专家系统设计的关键是确定这些模式对不同地区的适宜性. 某一地区多熟种植农业生态模式的适宜性取决于农业生态条件和作物适应能力, 因而需要调查农业生态条件的时空分布, 评价农作物生产对其自然环境资源的可利用性^[11]. 一旦获得农业生态条件数据, 就有可能将该地区划分成同质的农业生态单元^[5, 8]. 在每个同质的农业生态单

元中, 诸如气候、水资源可利用性、土地和土壤特性等作物生产的农业生态条件是相同的或相似的. 这些同质农业生态单元是决定农业生态模式适宜性的基本区域单元. 在作物适应性调查中, 要辨识作物与农业生态模式对气候、土壤特性和水资源可利用性的生态要求. 最后, 比较作物与模式对生态条件的要求, 选择适宜于每个同质农业生态单元的农业生态模式. 如果某一特定模式所需的条件均满足要求, 则该模式被认为是适宜的(图1).

确定多熟种植农业生态模式的适宜性涉及到诸多领域的知识, 需要考虑气候、土壤、水资源等农业生态条件信息, 农作物选择及品种的特性等信息和少耕、免耕、轮作、育苗移栽、地膜覆盖等农艺技术的知识(图2).

3.2 系统总体设计原理

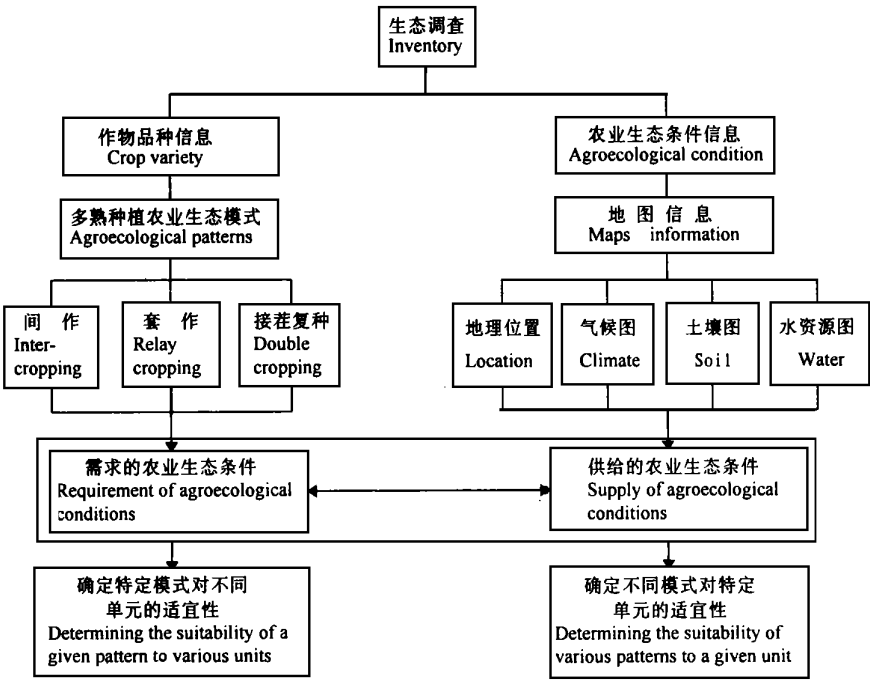


图1 多熟种植农业生态模式专家系统设计思想
Fig. 1 Design thought of expert system of agroecological patterns for multiple cropping.

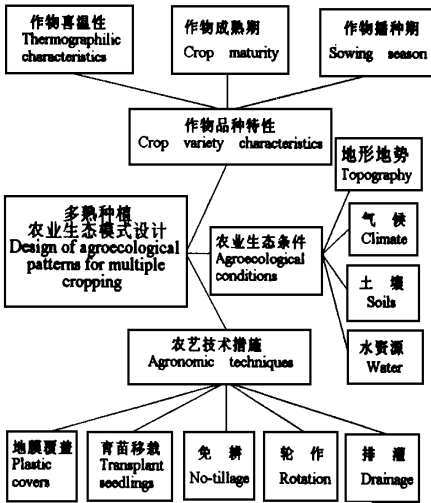


图2 多熟种植农业生态模式设计中的知识结构
Fig. 2 Knowledge relevant to designing agroecological patterns for multiple cropping.

专家系统是近年来人工智能走向实用化研究中最引人注目的一个分支,实际上是一种以知识为基础,广泛地利用专门知识求解问题,达到人类专家水平结论的计算机程序系统^[12]. 专家是在某一特定领域具有专门知识的人;专家系统的知识或专门知识或者是来自于书籍、杂志及拥有知识的人. 专家系统术语——基于知识系统或基于知识的专家系统通常用于同一词^[7, 12, 14]. 多数人简称为专家系统. 尽管在其专家系统中没有专门知识,仅有一般知识,还是称之为专家系统^[12]. 它不同于一般的计算机系统,主要特点是: 1) 启发性,运用专家知识和经验进行推理和判断; 2) 透明性,系统能解释本身的推理过程,并回答用户提出的问题; 3) 灵活性,系统能不断地增长知识和修改原有的知识; 4) 针对性,即一个特定的专家系统完成的任务领域比较窄,解决的问题也较专; 5) 实用性,强调适用性,解决人们的生产实践、科学研究及其它领域的实际问题^[1].

本系统的设计与开发结合和集成了关系数据库系统、地理信息系统和基于知识

系统中的许多概念和技术,用于确定下辽河平原地区多熟种植农业生态模式的适宜性. 其基本结构包括6个部分: 1) 用户,通过图形用户界面直接将管理对象进入到系统; 2) 图形用户界面,系用户与系统之间通讯的桥梁,通过用户界面,将建议和支持信息构成的中间和最终结果传给用户,在决策中评价和使用; 3) 连接管理系统,解决同一计算机之内或不同计算机之间的通讯问题; 4) 空间数据库,由工作站 ARC/INFO^[19]建立的空间数据库,通过 PC ArcView^[10]的 IMPORT 命令转换成二进制数据文件,提供与其它系统进行通讯; 5) 关系数据库,为专家系统推理提供所需要的事实来源; 6) 知识库,是专家系统的核心部分,由存放着以一定形式表示的专家系统知识、经验、书本知识及常识,以备推理判断之用的相关网络组成(图3). 建立这样一个系统结构是因为这种集成系统的每一个部分在发挥系统总体功能上都有些优缺点. 地理信息系统可以获取和描述空间问题及其空间关系,储存和管理大量复杂的和异质的空间数据,利用空间或地理模型组织可以利用的信息,有效地管理和分

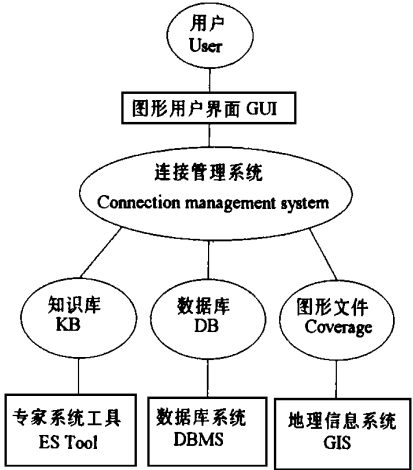


图3 系统结构及主要组成
Fig 3 Structure and major components of the system.

析空间数据,能够进行简单的地图叠加和复杂的空间分析,便于多种显示.然而,地理信息系统缺乏推理能力,并不适宜于解决非结构化问题,缺乏更新数据的灵活性,而利用关系数据库管理系统管理与更新数据非常容易.基于知识系统最适合于处理非结构化问题,而且易于进行推理和结论解释.地理信息系统,基于知识系统和关系数据库管理系统的集成可以避免每个系统中存在的某些限制条件和困难.

4 结 语

多熟种植农业生态模式专家系统设计是农业生态系统管理中一个崭新的领域.由于这类专家系统设计和开发较为复杂,因而该领域研究进展缓慢.此外,系统要求农业管理人员应该对人工智能技术有深入的了解,很好地掌握计算机技术,广泛地收集多熟种植领域的专门知识和专家经验和熟悉直观显示多熟种植模式适宜性的GIS技术.以往开发出来的许多计算机模型非常复杂,且不直观,多数用户必须花费大量的精力去学习和掌握这些技术,而这种集成系统有助于数据准备、地图显示、提供图形用户界面,图形用户界面能直接解决这些复杂问题,一步一步地引导用户得出结论.因此,开发这样集成的专家系统可以传递专门知识和领域专家的经验,为农业决策者提供直观的、可解释的建议,有助于农业管理决策的科学化和实用化.

参考文献

- 1 王树森、袁志宏. 1991. 专家系统设计原理. 北京: 科学出版社, 18 ~ 20.
- 2 成升魁. 1990. 中国北方麦田多熟种植系统阈值与潜力及其理论研究. 北京农业大学博士学位论文.
- 3 梁文举. 1995. 下辽河平原持续农业生态结构模式设计专家系统. 中国科学院沈阳应用生态研究所博士学位论文.
- 4 靳盛武、赵延魁. 1986. 以小麦为前茬高经济效益复种类型开发研究初报. 辽宁农业科学, (4): 49 ~ 50.
- 5 Cao, M. et al. 1995. Potential productivity and human carrying capacity of an agroecosystem: An analysis of food production potential of China. *Agricultural Systems*, **47**: 387 ~ 414.
- 6 Carrascal, M. J. and Pau, L. F. 1992. A survey of expert systems in agriculture and food processing. *AI Applications*, **6**(2): 27 ~ 49.
- 7 Coulson, R. N. and Saunders, M. C. 1987. Computer-assisted decision-making as applied to entomology. *Ann. Rev. Entomol.*, **32**: 415 ~ 437.
- 8 Emilien, D. M. and Grabski, S. V. 1992. DREAGIS: a knowledge-based agricultural geographic information system for the Dominican Republic. In: *Expert Systems in Developing Countries*. Westview Press, 127 ~ 145.
- 9 ESRI. 1994a. Understanding GIS-The ARC/INFO Method. Environmental Systems Research Institute, Inc., Redlands, CA.
- 10 ESRI. 1994b. Introducing ArcView. Environmental Systems Research Institute, Inc., Redlands, CA.
- 11 FAO. 1978 ~ 1980. Reports of the Agro-ecological Zone Project. World Soil Resource Report 48. Vols. 1 ~ 4. Rome.
- 12 Giarratano, J. and Riley, G. 1994. *Expert Systems: Principles and Programming* (2nd Edition). PWS Publishing Company, Boston.
- 13 Halterman, S. T. et al. 1988. Double cropping expert system. *Trans. ASAE*, **31**: 234 ~ 239.
- 14 Plant, R. E. and Stone, N. D. 1991. *Knowledge-Based Systems in Agriculture*. McGraw-Hill, Inc., New York.
- 15 Warkentin, M. E. et al. 1991. A knowledge-based expert system for planning and design of agroforestry systems. *Agroforestry Systems*, **11**(1): 71 ~ 83.