

· 新技术应用 ·

农业专家系统及其应用

上官周平

(中国科学院西北水土保持研究所 陕西杨陵 712100)

提 要 本文综述了专家系统在农业生产管理中的应用现状,并以黄土旱塬小麦生产综合管理专家系统为例,简述了农业生产管理专家系统的设计与实现方法,指出专家系统技术在实现农业生产管理现代化方面具有重要意义,提出了专家系统在农业生产管理应用中有待进一步深入研究的课题。

农业生产系统是一个自然与经济再生产交织在一起的复杂系统,农业生产的发展受到自然、经济、社会、生态、技术等众多因素的影响,而且这些因素关系复杂、边界模糊、不确定性强、可控性差,加之农业科技迅速发展,科技成果的转化加快、应用周期缩短以及农业生产具有较强的地域性、时空性和综合性,使得农业生产管理的科学决策较为困难。与过去相比,今天各项农业技术之间的联系日益加强,种养加、产供销各个生产环节相互制约、相互促进的关系更加明显,从而对农业生产决策的科学性和时效性提出了更为迫切的要求。因此,面对农业生产中日益增长的多学科知识,有必要建立一种能有效地组织、处理并分析这些知识的新方法,强化农业生产管理决策的科学性,加强信息和智能的综合应用。专家系统技术以其快速的计算能力和推理功能,将在有效解决农业生产管理困难的同时,有效地完善农业生产管理技术体系。

1 专家系统

所谓专家系统(下文简称为ES)就是在专家知识的基础上,具有自动推理的智能软件系统,把专家在解决问题过程中使用的知识分成事实和规则,以适当的形式存贮到计算机中并构成知识库,依据用户提供的信息,运用存贮的有关知识,选择合适的推理机制进行推理,最后提出解答供用户决策时参考。

一般可将ES分为具有人工智能(下文简称为AI)性质的和没有AI性质的两种。后一种ES没有自己发挥智能的行为和主动性,它不具有知识表达、产生、推理等功能,很难达到专家在最佳思维状态下的决策水平;前一种ES具有AI的行为,具有对知识进行表达、获取、利用、解释,并对知识库进行控制和扩充的功能。

ES是在AI研究停滞不前时发展起来的,也是AI中发展最快和应用最为成功的领域。尽管如此,ES发展的一个盲目高潮已经过去,它遇到了技术方面的障碍,主要有:①知识的不完备性与脆弱性,即常识和基本原理知识的缺乏及启发性知识的狭窄;②推理的单一性和呆板性;即ES仅用一种求解方法,缺乏多种不同求解方法的协作,缺乏非单调推理和常识推理;③

1994-06-28 收稿

不具备学习功能,即系统对自身的知识与推理不能深刻的认识,不能进行自我改进和完善,且系统的知识增长与系统的灵活性成反比,这与人类专家形成鲜明对照。上述不足严重影响了 ES 的实际应用,也是目前 AI 所有知识系统需待解决的关键问题。

2 专家系统在农业生产管理中的应用

国际上自 70 年代后期即开始将专家系统技术运用于农业领域,80 年代中叶有了迅速的发展,引起许多国家的充分重视。目前,国内外就作物栽培、施肥、病虫害防治、农业经济效益分析、杂草控制、储存管理、市场销售管理、作物轮作、森林环保、家畜饲养等方面研制了不少 ES,但开发成功并投入使用的农业 ES 还为数不多。有人预测 90 年代将是出现研制农业 ES 的高潮,今后 10 年将是广泛应用农业 ES 的时代。国内外研究开发的农业专家系统,按其功能和结构的主要特征,可归纳为如下五类:

2.1 启发式专家系统 以某些领域专家的经验知识为基础,按传统方式建立的 ES,它与起初的 ES 概念接近,如 SOYBUG,SOY-EX 和小麦新品种选育 ES 均属这一类。启发式 ES 适用于那些目标明确、内容较窄和商品价值较高的领域,但这些系统的知识获取工作量较大,这对于市场经济日益发达,商品化程度日益增强的中国农业来说,值得深思。

2.2 实时控制专家系统 它利用来自传感器检测装置的数据,运用专家处理问题的知识经验,依据状态条件的变化去自动调整或控制某些参数或装置。由于这类系统涉及的领域极端狭窄,目标非常明确,知识获取工作量较少,因而比启发式 ES 更为成功。在农业上这种系统多用于温室的自动调节与控制,典型例子是美国的 MISTING。

2.3 基于模型的专家系统 这类系统是把模拟模型与知识库结合在一起,利用 ES 为模型提供参数并对模型结果进行解释,以使用户更好地使用已被验证的模型。最著名的农业专家系统 COMAX 是一个基于模型的 ES,它很好地将 ES 与模拟技术融合在一起,极大提高了棉花模型 GOSSYM 的实用价值。模型 ES 不仅能整理、解释模型的运行结果,还能表达深层的因果关系,这是一般 ES 所不能回答的问题。基于模型的 ES,由于它能把定性分析和定量分析,符号处理和数值处理有效地结合起来,因而具有美好的应用前景,这将是未来农业科研和 AI 领域的重要研究方向。

2.4 专家数据库 目前国内外建立的许多数据库系统,由于库容量和复杂性已成为用户利用的障碍,将 ES 与数据库相结合可改善数据库的可检索性与对数据库信息的解释能力。例如美国建立的 DHLES 奶牛群营养分析 ES。

2.5 问题专用外壳 它是利用 ES 的外壳及针对某些共同的问题研制的一种软件工具,在 ES 建造和知识获取阶段可避免大量重复性工作,方便 ES 的建造。尽管市场上已有许多商品 ES 化外壳,如 VP-EXPERT,LEVELS,SELECT 和 GURU 等,但对于解决农业问题并非最佳,因此,很多农业知识工程专家都非常重视农业 ES 外壳的研究。

上面介绍的农业 ES,从研究角度看都是成功的,其实用价值都不尽然。国内外在开发农业 ES 时基本有一条经验,就是尽可能减少启发性知识的采集工作,同时 ES 解决的目标愈狭窄、范围愈明确,开发就愈成功。农业 ES 开发成功与否在很大程度上依赖于适当地定义目标,如我国所研制的施肥,病虫害诊断、育种等方面的 ES,国外研制的奶牛营养动态分析,农场金融状况,温室植物控制等 ES 就是解决农业生产管理中的某个具体问题。

3 专家系统在作物生产综合管理中的应用

作物生产管理系统是作物、环境和技术三个子系统互相作用,包括许多因子组成的多种开放的复杂的系统,涉及到土肥水种密保管工等方面,而且彼此相关、难以分割,作物生产系统包含生物因素、环境因素、技术因素和经济因素四个方面的信息。要在如此多变的环境条件下,做出合理的决策反应,一般都要经过信息收集——状态判断——作出决策这一过程。从数学角度看,农业决策者的思维过程就是从形状表现(包括生物、环境、技术和经济等因素)到决策建议的集合映射。

作物生产管理的特点是因地制宜,需视条件变化作出不同的优化安排,而这种优化措施安排往往需要在不同层次上综合分析诸多因素的相互联系作为决策和判断的依据,如果仅建立某项栽培措施的ES是不能解决对作物生产过程全方位管理和服的问题。因此,为了适应多变的实际生产状况,我们研制的黄土旱塬小麦生产综合管理专家系统(下文简称为ESWPMLP),将小麦生产动态管理的全过程与天气、土壤、社会、经济状况等环境结合起来,作为一个有机的整体统筹分析,并对其实行优化、控制、分类和决策,解决生产各阶段的问题,为此,ESWPMLP应有下列一些特殊的性能要求:

① 必须具有良好的实时性和较高的可靠性 ESWPMLP 所作出的决策与广大农民的生活和经济收益密切相关,加之本系统面临的对象是瞬时而变的作物及其环境,实时性较强,如何实现实时性和可靠性的均衡是一个重要问题。

② 必须具有与数据处理系统自动结合的能力 在旱地小麦栽培中,众多学者从不同方面建立不少有价值的模拟模型、统计模型和知识模型,其中模拟模型可用于预测小麦对多种环境因素的反应,分析多种可控因子(如播前各生长季中氮肥的使用、株距行距、密度和各种栽培措施)对作物生长发育和产量的影响,对小麦生产的科学决策具有积极意义。所以,ESWPMLP 应尽可能将数据处理系统与知识处理系统融合成一个有机的整体。

③ 必须具有较强的解释功能和友善的用户接口 在农业生产实践中,农民是实践的的主体。本系统作为农民的一种有力的辅助决策工具,应能提供较好的解释能力,向用户解释所作决策的理由,以使用户更好地理解、接受或拒绝。此外,系统向用获取,查询信息也需要有灵活的用户接口,在本系统中,人机界面的设计尤显重要。

为了实现上述性能,在开发研制过程中考虑到本系统是一种实时监控系,涉及的领域知识复杂,需采用多种求解问题的方法,为此,ESWPMLP 采用静态知识库,动态知识库、数据库和模型库相结合的策略来构成知识库,依据管理内容分别建立子系统,各子系统可以运用不同的推理机制,调用不同的数据库和模型库。在研制过程中依据旱塬小麦生产管理知识的多元性特点,采用了多层次、多知识元的复合型知识表达方式,即知识表达形式有产生式规则、过程表示和数表图表示等方式,其中大部分知识以数据库的形式贮存。

黄土旱塬小麦生产管理专家系统由6个子系统组成,各主要子系统的功能为:

① 生产潜力预测子系统 在作物气候生产力模型的基础上,加进了年型特点、品种特性、供水条件、土壤肥力、病虫害以及农技普及率等方面的内容,可为一定的地区和年份提供合理的产量潜力和目标。

② 经济效益分析子系统 对旱塬小麦生产两大限制因素——水、肥进行综合分析,进而研究水分,肥料的生产效益;依据生长期间的投肥量、劳力和机器等项目来分析小麦的纯收益、

产投比、收入和支出等项目;探讨某一农技措施变化对产量及其构成因素的影响,以确定最佳措施组合的合理性。

③ 播前决策子系统 可根据当地的土壤水分肥力和其它气候条件,给出一个区域不同生态类型品种的最佳搭配比例;对用户的有限投资进行优化分配;对播前耕作技术进行指导,推荐最佳的限量灌溉方案,给具体农田推荐适应此环境条件的具体品种和处理技术方案,并就小麦播种给出最佳农业措施优化组合方案。

④ 生长期管理子系统 依据气象条件和栽培措施预测小麦苗情,并给出不同苗情的管理方案,对不同时期的麦苗提出合理的分类管理措施,并就小麦种子提纯复壮提出建议。

⑤ 气象灾害防治子系统 对小麦生产中的主要气象灾害如冻害、干旱、干热风 and 倒伏等进行预测和分级,并提出相应的防御措施和防治途径,使灾害的危害降到最小。

⑥ 病虫害防治子系统 可对小麦生长过程中的病虫害危害程度进行预测,并协助用户诊断病虫害的种类、发生程度和提供防治策略,包括推荐农药,介绍使用方法及注意事项。

ESWPMLP 的研制成功,为 ES 技术进一步在农业生产管理中的应用开辟了广泛前景,可加速黄土旱塬小麦生产管理现代化、科学化的进程,但因黄土旱塬地域广阔,条件复杂,各种微气候环境众多,因此,本系统要在实际应用中进一步求得完善和发展。

4 专家系统在农业生产管理中的发展前景

农业 ES 是一项投资少、见效快的高新技术,它将成为我国农业发展和现代化的一个重要工具,在我国农业生产管理中必将有着非常广阔的发展前景。将人工智能技术用于农业管理,能消除一般管理人员在应用计算机时因对计算机和数学生疏而产生的不适应。为了使农业 ES 在我国农业生产中健康、迅速地发展,今后在研制应用农业 ES 时应注意如下几个问题:

4.1 加速开展各种实用的农业专家系统 要从农业生产的现状和发展趋势出发,针对技术性强、商品率高的领域建立一些解决农民实际问题的 ES,在开展过程中应加强深层推理能力、学习功能和增加深层知识,克服以前研制的农业 ES 的脆弱性。考虑到农业生产的特点,可研制综合性和实时性的生产管理专家系统。

4.2 加强农业专家系统的基础研究 要研制出高层次、功能强的新一代农业 ES,应结合国情和农业领域的特点,提出若干有效而表达能力强的知识来表示技术与方法;提高农业知识的自动获取机器学习技术,重点是自实例学习、类比学习及人工神经网络学习模型的研究,建造农业专用领域的 ES 构造工具和语言,使农业专家构造自己领域的 ES,以缩短构造周期。

4.3 专家与其它系统或高新技术融合集成 ES 和模拟模型、大中型资源数据库、农业专家或知识库、遥感、决策支持系统、现代控制技术、计算机网络等技术的有机结合,可以极大的丰富农业 ES 的内容功能和价值。

4.4 多专家系统或分布式专家系统的开发 农业是一个经验性强且分散的综合性专业,农业生产决策涉及环境因素错综复杂,在生产中决策问题涉及多个领域时,决策者则需要具有不同且相关知识的多个领域 ES 的共同合作来辅助,也可通过 ES 联网以得以辅助。

总之,农业领域中的广阔天地赋予农业 ES 强大生命力,我国已有不少人工智能专家和农业专家从事这项新兴的项目,并已开发出一批水平较高、又有实用价值的 ES。我们相信,农业科学中,专家系统技术的引入将使农业生产和科学研究得到飞跃性的发展,同时所研制的新的农业专家系统一定会在我国农业生产中发挥重要作用。