

基于推理模型甘蔗智能专家系统实时决策的设计及实现^①

The Design and Implementation of Real time Decision for Sugar cane Intelligence Expert System Based on Inference Model

谭宗琨 欧钊荣 何燕 丁美花 杨鑫

(国家卫星气象中心遥感应用试验基地、广西区气象减灾研究所 南宁 530022)

摘要:本文详细介绍基于推理模型的甘蔗智能专家系统实时决策的基本结构、知识表达和推理机制,系统采用关系矩阵和基于产生式推理相结合的推理方法,提高了甘蔗智能专家系统实时决策的准确性。

关键词:甘蔗 智能专家系统 诊断推理 实时决策

甘蔗是蔗糖生产企业生存和发展不可缺少的原料。与棉花、黄麻等经济作物不同,甘蔗收获的是新鲜的营养体。在广西、云南、广东、海南等蔗糖主产省(区),制糖企业为了确保甘蔗的新鲜度,多采取随砍、随运、随压榨的方式来调度、安排榨季生产。因此,甘蔗也成为实施智能农业实时决策既面向广大蔗农也面向企业的农作物之一。目前广西各地实施、推广的甘蔗智能农业专家系统,由于受到信息的获取及信息传输不对称等因素的影响,其推理过程多是基于规则的,即通过总结、汇集各方面的农业专家(如甘蔗栽培专家、土肥专家、植保专家等)知识和长期积累的宝贵经验,以及农业气候等基础农业数据资料,然后根据不同的目标产量值来设置相应的种植、管理方案,针对性和实用性不够强。随着多部门实行数据资料共享,以及计算机和网络技术在广大农村的普及、延伸,与农作物生长、发育相关的各类环境信息,如气象信息、病虫害、

农作物发育进程等实时信息源源不断地追加到农业专家系统中,并且作为智能农业决策重要依据已成为必然趋势,但伴随而来的是农业专家决策系统规模不断增大,可能会产生规则的组合爆炸,造成规则的矛盾、不完备和长时间的推理过程等。

为了有效地解决基于规则的智能农业专家系统的不足,在广西当前实施的智能农业专家系统中引入基于模型的推理概念,即利用被诊断系统的结构和功能来进行推理,并以广西主要经济作物——甘蔗为例,说明基于模型的甘蔗智能农业专家系统实时决策的实现,供参考。

1 基于模型的甘蔗智能专家系统基本结构及功能介绍

基于模型的甘蔗智能专家系统由以下几部分组成:用户接口,前端服务器,诊断推理机,专家知识规则库,甘蔗生长模拟模型及气象、土壤、种子、肥料等与农

① 基金项目:国家 863 计划(2001AA115360)、中国气象局新技术推广项目(CMATG2006M42)和桂科攻(0424007—3)项目资助

作物生长发育相关的环境要素数据库等,其总体结构如图1所示。

其中用户接口是专家系统与专家及一般用户之间的界面,通过与系统的前端服务器完成输入和输出工作。专家知识规则库是存贮农作物栽培、植保、土肥、气象等领域专家知识。环境要素数据库则包含了与农作物生长发育相关的环境要素数据,如气象、土壤类型、土壤肥力、种子、病虫害、农药、化肥等,它既包含环境要素历史数据,同时又具备接收、记录实时数据的功能,它是推理诊断不可缺少一个场所。农作物生长模

特性,农业决策诊断专家知识表示格式固定,形式简单,可以将生产管理知识分解成一条条来表示。因此,农业专家系统知识表示多采用产生式表示法。

在影响农作物生长的环境因素中,天气气候要素、气象灾害及其演生的其它灾害是制约农业生产关键因素。众所周知,天气、气候要素是随时间、空间变化的,不同季节、不同区域的天气气候差异明显,尤其是灾害性天气的发生、影响更具有突发性、不确定性和局地性。因此,能否根据不同区域、作物种植类型及其生长发育进程对环境条件的需求不尽相同的特点,结合天

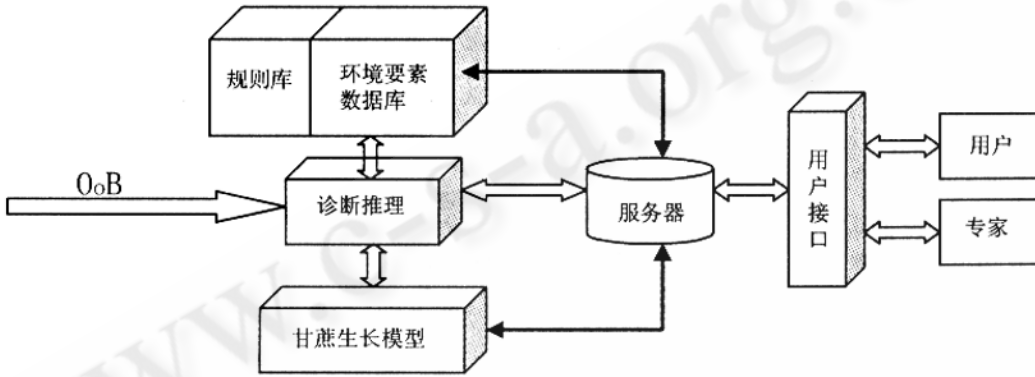


图 1 基于模型的甘蔗智能专家系统的总体结构

气气候实况及未来天气预报信息,以便采取相应的生产管理措施,是实现农作物生产管理智能决策的关键所在。

为了便于比较,同时又能客观评价不同时间尺度的天气实况和预报信息,设置气候要素评价指标是必要的。假设某气候

拟模型是农作物生长生育过程的基本规律和关系的量化表达形式,它是根据农作物固有的生物特性,综合作物生长发育的系统、机理性及其与环境因子的动态关系而构建的。而基于诊断推理子系统的典型结构包含待诊断系统的模型和基于模型的诊断引擎。通常诊断引擎就是一组程序,它们能够根据观测值和系统模型推理得到相应的候选结果。在基于模型的诊断中,诊断过程是根据系统输出与期望值之间的偏差(Out of Bound, OoB),然后诊断引擎根据系统模型推理可能得到的故障事件集合。

要素的旬多年平均值为 \bar{x}_i , 该要素历年数据组成的序列均方差为 δ_i , 则可把气候要素分为极高(多)、偏高(多)、正常、偏低(少)、极低(少)五个等级。其划分标准如下:

- $\leq \bar{x}_i - 2\delta_i$ 极低(少)
- $(\bar{x}_i - 2\delta_i, \bar{x}_i - 0.5\delta_i]$ 偏低(少)
- $(\bar{x}_i - 0.5\delta_i, \bar{x}_i + 0.5\delta_i)$ 正常
- $[\bar{x}_i + 0.5\delta_i, \bar{x}_i + 2\delta_i)$ 偏高(多)
- $\geq \bar{x}_i + 2\delta_i$ 极高(多)

各气象要素实况分级可用集合表示,如雨量实况:雨量实况等级: $PA = \{PA01, PA02, PA03, PA04, PA05\}$ 。其中 PA01 为极少, PA02 为偏少, PA03 为正常, PA04 为偏多, PA05 为极多;

同理,将天气预报要素——旬平均气温、旬平均最高(低)气温、旬雨量及旬日照时数等预报结果进行分级。如旬平均气温预报等级: $TP = \{TP01, TP02, TP03, TP04, TP05\}$ 。其中 TP01 为极低, TP02 为偏低, TP03 正

2 甘蔗生产管理专家实时决策知识规则的表示

在专家系统中,知识的表达法通常有一阶谓词逻辑表示法、产生式表示法、框架表示法、语义网络表示法、面向对象表示法等。由于农业生产及其相关的环境条件,如气候条件等具有一定的周期性、重复性,而且农作物生长发育过程还具有相对固定、不可逆转的

常, TP04 为偏高, TP05 极高。

显然, 过去某时段的天气实况和未来的天气预报要素规则组合表达式为: $TA \cap TMA \cap TNA \cap PA \cap SA \cap TP \cap TMP \cap TNP \cap PP \cap SP$ 。

在实际农业生产中, 当气象要素值达到某一临界值时, 就会直接制约农作物正常生长发育, 甚至造成减产、绝收, 这一气象要素的临界值称为农业气象灾害指标。显然, 偏离临界值越大, 则灾害越为严重, 农作物损失越为明显。据研究, 制约广西蔗糖生产的主要气象灾害有春季干旱、秋季干旱、渍害、洪涝、霜冻或冰冻等。

将春季干旱、秋季干旱、渍害、洪涝、霜冻或冰冻等常规气象灾害进行编号, 记为 $ZZ = \{Z01, Z02, Z03, Z04, Z05\}$, 并根据历年灾害实际损失将气象灾害危害程度划分为轻、中、重、极重, 记为 $FF = \{F01, F02, F03, F04\}$, 结合气象资料, 将气象灾害发生至消亡过程划分为发生、持续、加重、缓和、缓解或解除, 记为 $XX = \{X01, X02, X03, X04, X05\}$ 。

气象灾害的组合表达式为: $(ZZ \cup FF) \cap (ZZ \cup XX)$ 。

3 推理机制

从天气实况与天气预报要素的规则组合及气象灾害的规则组合可以看出, 上述组合基本覆盖了主要影响和即将影响甘蔗生长发育的环境要素, 但规则组合量是非常巨大的。显然, 若完全按照这种组合来确定生产规则, 仍无法避免知识规则过于膨胀和知识规则重复的事实。为此, 在建立生产规则时预先设置域值, 采用相似程度的方法来“过滤”农作物生产管理专家决策知识规则的重复性。另外, 遵循灾害优先原则, 即一旦气象灾害及其演生的其它自然灾害的出现时, 农业生产管理上采取相应的避灾、抗灾措施, 可不考虑其它环境要素的影响, 直接得到最终结论。系统推理过程如下:

(1) 首先用户选择作物类型后, 系统自动连接到环境要素数据库, 选择用户所在行政区域的近期气象实况资料;

(2) 调用气候要素评价指标, 给出用户所在行政

区域的气候要素实况等级;

(3) 调用气象灾害等级指标, 判断是否出现灾害。若前期已出现灾害, 系统则直接调用抗灾、救灾措施结论;

(4) 检索天气预报信息库, 选择用户所在行政区域的最新预报信息, 应用(2)、(3)已调用的指标, 评价未来一段时期内气候要素等级, 并判断是否可能出现灾害。若可能出现灾害, 系统则直接调用防灾、减灾预案结论;

(5) 若前期天气气候实况和未来天气预测均没有灾害发生, 则比较要素组合值与域值关系, 最终得到诊断结果。

4 甘蔗智能农业专家系统实时决策功能的实现

影响甘蔗生长发育或蔗糖分积累的某种气象灾害从发生至消亡过程可用下列关系表示: $XX \cdot RZ$ 。其中

$$R_z = \begin{matrix} & \begin{matrix} \text{轻度} & \text{中等} & \text{严重} & \text{极度} \end{matrix} \\ \begin{matrix} Z_1 F_{01} \\ Z_2 F_{01} \\ Z_3 F_{01} \\ Z_4 F_{01} \\ Z_5 F_{01} \end{matrix} & \begin{matrix} Z_1 F_{02} \\ Z_2 F_{02} \\ Z_3 F_{02} \\ Z_4 F_{02} \\ Z_5 F_{02} \end{matrix} & \begin{matrix} Z_1 F_{03} \\ Z_2 F_{03} \\ Z_3 F_{03} \\ Z_4 F_{03} \\ Z_5 F_{03} \end{matrix} & \begin{matrix} Z_1 F_{04} \\ Z_2 F_{04} \\ Z_3 F_{04} \\ Z_4 F_{04} \\ Z_5 F_{04} \end{matrix} & \begin{matrix} \text{春季干旱} \\ \text{秋季干旱} \\ \text{苗期渍害} \\ \text{洪涝灾害} \\ \text{霜冻或冰冻} \end{matrix} \end{matrix}$$

$$XX = \{X01 \quad X02 \quad X03 \quad X04 \quad X05\}$$

从影响甘蔗生长发育或蔗糖分积累的气象灾害及其演生的其它灾害发生时段看, 出现重叠性气象灾害的可能性并不大, 即在甘蔗生长发育及糖分积累过程中以单一灾害为主。因此, 对一具体时段和区域而言, R_z 可简化为 $R_{zi} = (Z_i F_{01} \quad Z_i F_{02} \quad Z_i F_{03} \quad Z_i F_{04})$, 而且灾害出现时, 灾害等级只要一种, 其余等级应为 0, 其演变过程也只有一种等级。求出 $XX \cdot R_z$ 值后, 根据预先设置的专家知识规则及识别码, 即可得到准确的推理诊断结论。

对无灾害发生的时段而言, 与甘蔗生长发育和蔗糖分积累相关的气象要素实况及天气要素预测值的组合可用关系矩阵表示:

	极低(少)	偏低(少)	正常	偏高(多)	极高(多)		
$R_A =$	TA01	TA02	TA03	TA04	TA05	平均气温实况	
	TMA01	TMA02	TMA03	TMA04	TMA05		最高气温实况
	TNA01	TNA02	TNA03	TNA04	TNA05		最低气温实况
	PA01	PA02	PA03	PA04	PA05		雨量实况
	SA01	SA02	SA03	SA04	SA05		日照时数实况

	极低(少)	偏低(少)	正常	偏高(多)	极高(多)		
$R_p =$	TP01	TP02	TP03	TP04	TP05	平均气温预测	
	TMP01	TMP02	TMP03	TMP04	TMP05		最高气温预测
	TNP01	TNP02	TNP03	TNP04	TNP05		最低气温预测
	PP01	PP02	PP03	PP04	PP05		雨量预测
	SP01	SP02	SP03	SP04	SP05		日照时数预测

根据气候要素实况值及其预测值的等级是唯一的、其余等级均为 0 的特性,不难求出 $R_A \cdot R_p$ 值。结合预先设置的域值及其对应的知识规则,即可得到相应的推理诊断结论。

类别、不同耕作水平农作物的实际生长情况。因此,甘蔗智能农业专家系统要最终达到类似农业专家亲临田间、地头实时指导农业生产,还需要多方面专家的共同努力才能实现。

5 结束语

推理诊断中的域值确定合理与否直接影响到智能农业专家系统实时决策的质量。域值的确定有多种方法,如对比排序法、专家评判法、田间试验法、人工气候箱模拟法等。本系统采取由专家预先给出域值,结合广西南宁、贵港、天等、崇左等地农业气象试验站多年甘蔗物候观测资料及农田试验、调查结果,再做一些相应调整,从而提高推理的效率和诊断的准确性。甘蔗智能农业专家系统实时决策模块经过近 3 年示范和完善,目前已在广西智能农业信息网、“三农”科技信息网和广西区、市、县三级兴农网近 80 个网站同时发布智能农业专家系统实时决策信息,覆盖了广西各县市甘蔗种植区,取得了预期效果。但是由于受到天气气候信息空间尺度过大、天气预报信息,尤其是中长期天气预报信息准确率偏低等因素的影响,以县、市行政区域为服务对象还远远满足不了当前农业生产的实际需要。此外,以县、市行政区域常年甘蔗生长模拟模型作为参照标准,还不能全面地反映出不同地类、不同耕作

参考文献

- 1 姜云飞、范昭赋,关于智能诊断中模型的构建和应用,计算机科学,2006,Vol. 33, No. 2:193-196.
- 2 郑宇飞、刘磊、丰强泽等,农村科技信息共享服务系统的设计和实现,计算机科学,2005,Vol. 32, No. 8: 1-6,11.
- 3 郭平、杨国洲、谭燕等,基于 GIS 的航管智能决策支持原型系统计算机科学,2005,Vol. 32, No. 8:173-175,240.
- 4 李洪宝、曾文方、伍凌威,基于 Web 的实时信息发布系统的设计与实现,计算机应用,1999,Vol. 19, No12:54-55.
- 5 向艳、王洪元,基于模糊推理模型的专家系统的研究与应用,计算机工程,2005,Vol. 31, No10:180-181,187.
- 6 张秀斌、郭波、谭跃进,基于模型的诊断专家系统计算机工程,2003,Vol. 29, No12:88-89,107.