

# 案例推理在果树病虫害诊断与防治专家系统的研究

刘双印<sup>1</sup>, 徐龙琴<sup>1</sup>, 涂超<sup>1</sup>, 袁红旭<sup>2</sup>

(1. 广东海洋大学 信息学院, 广东 湛江 524025;

2. 广东海洋大学 农学院, 广东 湛江 524088)

**摘要:**根据果树病虫害诊断与防治的特点和要求, 将案例推理技术引入到果树病虫害诊断与防治专家系统设计中。阐述了案例推理概念和工作过程, 在具体应用中提出了案例知识表示、两层的案例库组织结构和检索推理机制, 得出基于案例推理果树病虫害诊断与防治专家系统实现算法流程。该系统在实际应用中获得了较好的效果。

**关键词:**案例推理; 果树病虫害诊断与防治; 专家系统; 案例检索

中图分类号: TP182

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2007)09-0227-04

## Research of Case - Based Reasoning in Expert System for Diagnosis and Prevention of Fruit Diseases and Pests

LIU Shuang-yin<sup>1</sup>, XU Long-qin<sup>1</sup>, TU Chao<sup>1</sup>, YUAN Hong-xu<sup>2</sup>

(1. Information Institute of Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524025, China;

2. Agricultural College of Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China)

**Abstract:** Considering the characteristics and requirements of diagnosis and prevention of fruit diseases and pests, a case-based reasoning apply to diagnosis and prevention of fruit diseases and pests. First introduces the method of CBR conception and work process briefly, proposes the case representation and a two-layered structure of case base and reasoning principle in expert system for diagnosis and prevention of fruit diseases and pests. That system acquired the good result in actual application.

**Key words:** case-based reasoning; diagnosis and prevention of fruit diseases and pests; expert system; case retrieval

## 0 引言

中国是一个农业大国, 如何使科学技术更有效地服务于农业生产是关系到国计民生的大事, 农业领域的专家系统是“973”科技攻关计划支持的一个重要项目。传统基于规则的推理、模糊逻辑推理的系统, 知识表达的不准确和领域知识获取的不完备, 导致了这些传统推理机制的推理效率低, 缺乏学习能力, 鲁棒性不好, 无法有效利用大量的案例。尤其农业领域特有的复杂性及该领域专家系统的使用对象是农民及基层农技人员, 知识的获取已成为专家系统的主要“瓶颈”之一。

病虫害诊断与防治是果树无公害生产的关键环节之一, 由于误诊或防治措施不当, 果实的农药残留超

标, 造成果树减产或果实品质下降, 严重影响人畜健康。所以, 准确地预报、防治才是控制病虫害的有效手段。探讨合适的知识表示和推理方法来表达领域知识及过去的经验和教训, 对研究果树病虫害诊断和防治推理具有重要意义。因此, 文中将讨论基于案例推理技术在南方常见果树病虫害诊断与防治专家系统中的具体应用。

## 1 基于案例推理概述

案例推理 (Case Based Reasoning)<sup>[1]</sup>最早是由 Roger Schank 及其学生从认知学角度提出的一种基于记忆、利用过去的案例和经验来解决新问题的一种方法, 它可以看作是从一个案例 (旧案例) 到另一个案例 (新问题) 的类比推理。该技术的最大特点是充分利用已有的案例经验来分析和解决问题, 并通过吸收新的案例来增加知识, 具有自学习功能, 使系统尽量减少人为因素的干扰。另外, CBR 具有易学易用、知识获取容易、适应性强等优点, 受到人工智能研究者的高度重视, 是人工智能领域新兴的一种重要的推理技术之一。

收稿日期: 2006-12-21

基金项目: 广东省 151 项目 (GDA119)

作者简介: 刘双印 (1978-), 男, 山东菏泽人, 硕士, 讲师, 主要从事人工智能、分布式计算、智能信息系统等研究工作; 涂超, 博士, 副教授, 研究方向为神经网络、人工智能、地理信息系统; 袁红旭, 博士, 教授, 研究方向为植物保护。

目前,基于案例推理技术已广泛应用于如法律咨询、医疗诊断、工程规划和设计以及故障诊断等一些已积累丰富经验的领域中。

基于案例推理的专家系统基本解题步骤可分为 4 步:(1)案例检索;(2)案例匹配;(3)案例修正;(4)案例学习与维护<sup>[2]</sup>。其简单工作流程如图 1 所示。

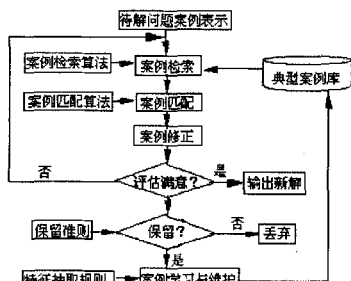


图 1 基于案例推理的一般工作过程

(1)案例检索:根据当前问题通过一系列的搜索和相似度的计算,将案例库中的案例过滤,取出与目标案例相似的若干案例组成相关案例集。常用的检索方法有:最近相邻法、归纳法、知识引导法和模板检索法等<sup>[3]</sup>,可以单独或联合地运用这些方法作为检索策略。

(2)案例匹配:从检索出的案例集中提取最佳案例,即从已检索出的相关案例集中抽取特征最为相似的案例或案例片段。用相似度表征待解问题和相关案例集中案例的相似程度。根据相似度,判断已经存在的解决方案是否符合当前问题的求解需要,以便调整案例集的解决方案,从而获得待解问题的建议方案。

(3)案例修正:根据案例库中已存案例与待解问题之间的差异,若用户对系统给出的方案不满意,推理系统将就此方案进行修改或重新设计后再提交给用户。如果用户认为差异太大,则求解过程终止。

(4)案例学习与维护:经过实际应用后,根据应用效果分析评价求解结果是否有保留价值,若认为有保留价值则按一定的存储策略将其纳入案例库中,实现案例库的不断更新、完善;否则,重新匹配和修正。

## 2 基于案例推理技术的南方常见果树病虫害诊断与防治专家系统

根据基于案例推理的特点,将案例推理技术应用与南方常见果树病虫害诊断与防治专家系统。鉴于该系统的具体特征,其过程描述如下。

### 2.1 案例的获取

案例库由一系列案例组成,每个案例都含有丰富

的、描述其本质特征的信息,其正确性直接影响着 CBR 的推理,因此,案例获取方式很重要。本系统主要通过如下渠道获取案例:收集整理了当地专家、农技推广人员的经验和涉及南方果树各个学科领域的多位专家的科研成果、知识经验和数据,包括龙眼、荔枝、香蕉、菠萝、芒果等果树从建园到果树衰老全育期的土壤管理、营养诊断与无公害施肥、病虫害诊断与无公害防治等内容,从成功的经验中提取初始案例;通过推理方法的自学习能力丰富案例库中的案例<sup>[4]</sup>。

### 2.2 案例的知识表示

采用如下知识表示形式:

案例编号	案例类别	案例属性	决策结果	诊断结论	成功次数	失败次数	置信度
------	------	------	------	------	------	------	-----

1)案例编号:案例库中每个案例拥有唯一案例编号,便于案例的提取。

2)案例类别:为了有效地组织案例库中的案例,方便进行索引和检索,需对案例进行分类,案例中应有表示其类别的属性,如发病时间、发病部位等。

3)案例属性:将案例属性分为条件属性和辅助属性,其中条件属性是对症状的具体描述,或对案例类别的属性细化、量化,且在推理过程中起重要作用、与决策结果有因果关系的属性,而辅助属性与决策结果无明显的因果关系,仅用来更加全面地对案例进行描述。

针对果树病虫害这一对象,用一个特征向量来表示一个案例:  $B = (B_1, B_2, B_3, \dots)$ ,  $B_j$  表示该案例在第  $j$  个病害症状上的表现特征(共有  $n$  个病害症状)。考虑到症状程度的轻重,  $B$  取为模糊向量(接近人的思维方式),  $b_j$  在  $[0, 1]$  区间取值。当症状不存在时,  $b_j = 0$ 。

4)决策结果:案例的分类结果或在求解案例时所采用的方法与措施。

5)诊断结论:该案例采用了上述的决策结果后,所产生的结果情形的描述,包括病虫害名称及相应的防治方法。

6)成功/失败次数:根据案例的结果对 CBR 推理所得的解决方案进行评价,记录成功/失败的次数。

7)置信度:置信度用来衡量案例自身发生的可信程度。置信度取决于专家的认可程度、案例成功失败的次数。当案例来源于专家时,专家提供案例的初始可信度;当案例来源于案例学习时,系统给定置信度的初始值;以后根据案例成功次数和案例总次数(案例成功次数和案例失败的次数之和)之比作为案例的置信度。当案例的置信度低于系统给定的评判值,经专家验证后可以考虑将此案例从案例库中删除。

与此相对应,案例对象的数据部分可采用如下的 9 元组表示:

Case = (NO, CID, CP, AP, D, R, S, F, C)。其中 NO 表示案例编号, CID 表示案例类别, CP 表示条件属性集, AP 表示辅助属性集, D 表示决策结果, R 表示诊断结论, S 表示成功次数, F 表示失败次数, C 表示置信度。

### 2.3 案例库的组织

案例库案例随着案例学习和案例保留不断增多,如果在设计时不采取有效的检索策略,它将直接影响案例检索效率和系统响应时间。本系统对案例库组织时采用两层结构:第一层为典型案例库;第二层为被分类的子案例库,且第二层中的每一个子案例库对应着典型案例库中的一个典型案例。具体地说首先对案例进行分类,每一类组成一个较小的子案例库,并在其中选出一个典型案例,作为对该类案例的索引,所有类的典型案例构成一个典型案例库。检索时,先在典型案例库中找到最相近的典型案例,然后在最相似的典型案例所对应的那类案例中进行进一步的检索,案例库的两层结构可以更方便检索案例<sup>[5,6]</sup>。

### 2.4 案例的匹配检索

案例的匹配检索是实现案例推理的关键步骤,也是 CBR 专家系统的核心部分之一。其主要目的是根据对待解问题的定义和描述从案例库中检索出尽可能少,而对问题的解决有参考价值的一组相似案例作为待解问题求解的依据。检索策略有许多种,恰当的选取检索策略对快速、有效地完成案例的检索及问题求解的效率有直接影响。

本系统采用改进的最近相邻法作为案例检索策略,即采用带索引的最近相邻法。在检索时,先在第一层的典型案例库中找到最相近的典型案例(此步骤相当于对决策问题进行分类,看它属于那一类案例,并填写它的 CID 部分),然后在检索出的典型案例所对应的第一层的那类案例中进行进更深一层的检索。

在某类果树病虫害案例库中检索的详细步骤为:

(1) 待解问题与该案例库中的  $k$  个案例逐个进行比较(即比较  $n$  条件属性),将比较结果保存为矩阵的形式:

$$\delta = \begin{bmatrix} \delta_{11} & \delta_{12} & \cdots & \delta_{1n} \\ \delta_{21} & \delta_{22} & \cdots & \delta_{2n} \\ \cdots & \delta_{ij} & \cdots & \cdots \\ \delta_{k1} & \delta_{k2} & \cdots & \delta_{kn} \end{bmatrix}$$

其中  $i = 1, 2, \dots, k, j = 1, 2, \dots, n$ ,  $i$  表示第  $i$  个案例,  $j$  表示第  $j$  个条件属性,则  $\delta_{ij}$  为待解问题与第  $i$  个案例在第  $j$  个条件属性上的局部相似度。

(2) 将矩阵  $\delta$  与权重向量  $[w_1, w_2, \dots, w_n]^T$  相乘 ( $w_j$  为第  $j$  个条件属性的权值),得到结果  $[\delta_1, \delta_2, \dots,$

$\delta_k]$ ,即待解问题与  $k$  个案例各自的整体相似度。具体公式如下所示:

$$\delta = \begin{bmatrix} \delta_{11} & \delta_{12} & \cdots & \delta_{1n} \\ \delta_{21} & \delta_{22} & \cdots & \delta_{2n} \\ \cdots & \delta_{ij} & \cdots & \cdots \\ \delta_{k1} & \delta_{k2} & \cdots & \delta_{kn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdots \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \\ \cdots \\ \delta_k \end{bmatrix}$$

(3) 从中选择相似度最大的 1 个或  $m$  个案例作为检索结果。检索到的案例可能是正例也可能是反例。正例提供了经验而反例则提供了教训,可使大家避免重复过去的错误。此处采用矩阵形式进行运算有很大的优点,一方面可以用  $\delta$  保存当前案例库中所有案例与待解问题的比较结果(局部相似度),使人们可以很直观地看到各案例的匹配情况。另外通过矩阵相乘来计算总体相似度,统一运算提高了运算效率。

#### (4) 属性权重的设置

一个属性的权重反映了该属性对决策结果的影响程度,权重的设置是否合理对案例推理结果的准确性有着很大的影响。该系统是属性权重由领域专家来设定。

### 2.5 案例的修正

案例修正是案例推理过程中最具有挑战性的环节。一旦检索到一个匹配的案例,CBR 系统就应该调整这个检索到的案例解答,以满足当前案例的要求。案例修正则分两种情况进行:①若是分类问题,则把最相似案例的分类结果直接用于新案例。②若是问题求解类的问题,则它的调整往往与一个特定的领域相关,CBR 系统在领域知识的缺乏使得案例修改一直没有像案例检索一样有成型的算法,因而很难找到一个通用的方法来执行案例的调整。本系统中的这一部分采用了人机交互方法加以解决。

### 2.6 新案例的评估

经过修正产生的新解不一定是正确的,需要经过实际的检验,评估结束后,根据反馈结果判断本次推理的成功与失败,并填充其诊断结论部分(成功/失败)和成功/失败次数;若成功则得到解决方案,并产生了一个有着完整描述的新案例。

### 2.7 案例库的学习、维护

通过修改和评估后,将为有价值的新案例建立合适的索引,加入到案例库的存储结构中。新案例的加入标志着系统进行了一次知识获取,完成了一次学习过程。

随着新案例的不断加入,案例库不断增长,推理能力也就不断加强。对于新案例加入案例库中,可能会有下列几种情况:①直接作为新案例被加入到案例库中;②替换已有的旧案例;③如果案例库中有完全相同

的案例,则替换之。在综合这 3 种情况把案例加入库中后,根据相似程度大小对库中的案例重新组织或排序。这样,便于系统的推理联想,避免检索时间过长和影响推理的效率。

### 3 基于案例推理技术的南方果树病虫害诊断与防治专家系统实现方法

基于案例推理技术的南方果树病虫害诊断与防治专家系统的算法流程,如图 2 所示。

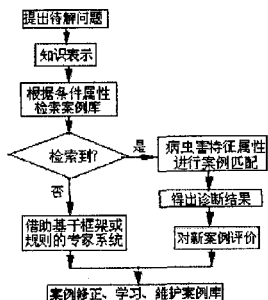


图 2 南方果树病虫害诊断与防治专家系统算法流程

对算法流程操作中需要说明的是:①当案例库中的案例有限时,系统采用以基于案例推理为主,以基于框架或规则推理为辅的机制,以提高系统的稳定性和鲁棒性。②初始案例库的建立时主要是将该领域专家以及专业技术人员经验和科研成果表示成案例形式存入案例库。③根据实际的应用系统,以及不同属性特征分量在诊断和防治中所占重要性,结合领域专家、专业技术人员的经验来确定案例匹配时条件属性特征各分量的权值。④置信度涉及到领域专家的评判,实

际案例成功失败的经历。同时作为系统保留案例的置信度的门槛值也和实际应用联系紧密。⑤案例学习也很重要,案例库中还没有的而被领域专家认可的新案例可以添加到案例库中,不断地完善案例数据库。

### 4 结 论

基于案例推理南方常见果树病虫害诊断与防治中的专家系统,考虑了果树病虫害诊断与防治系统的具体特点,解决专家系统的案例获取、知识表示和案例检索匹配问题,提出案例库组织的两层结构方案,具有方便灵活检索、系统维护修改容易、推理模块功能强大特点,并随着系统的使用,将不断扩充新的案例,进一步提高系统的整体性能。

随着我国农业信息化进程的不断推广,加上案例推理技术特有的优点,基于案例推理的农业专家系统中有着广泛的应用前景。

#### 参考文献:

- [1] 尹朝庆,尹 皓. 人工智能与专家系统[M]. 北京:中国水利水电出版社,2002.
- [2] 张光前,邓贵仕,李朝晖. 基于案例推理的技术及其应前景[J]. 计算机工程与应用,2002,38(20):52-55.
- [3] 蔡自兴,约翰·德尔金. 高级专家系统:原理、设计及应用[M]. 北京:科学出版社,2005.
- [4] 王衍安,李 明,王丽辉,等. 果树病虫害诊断与防治专家系统知识库的构建[J]. 山东农业大学学报:自然科学版,2005,36(3):475-480.
- [5] 熊范伦. 农业专家系统及开发工具[M]. 北京:电子工业出版社,2000.
- [6] 王庆雷,沈佐锐,刘春琴,等. 林果病虫害防治技术专家系统的建立与应用[J]. 农业网络信息,2005(3):13-15.

(上接第 226 页)

据请求、数据添加和数据更新等,这些一般对应于服务端的一个处理模块。无论是对数据的操作,还是数据本身,为了在供应链各分布式系统之间进行交互,需要将所有的操作(服务调用)和操作的数据(服务调用的参数和返回值)进行规范化的描述,形成规范文档后发布,以供所有需要进行互操作的供应链合作伙伴共同遵守并建立数据交换平台。

在实际应用中,核心企业事先建立一系列 XML 格式的基本数据结构及逻辑调用的规范,各企业成员按照这一规范在数据交换平台中将本身的数据转换成标准的数据格式并提供标准的调用接口,实现数据的互相访问和操作,从而实现敏捷供应链企业间有效便捷的信息整合。

#### 参考文献:

- [1] 陈 冰,魏生民,王润孝. 基于 Web 服务的动态虚拟企业[J]. 机械科学与技术,2003,22(4):529-530.
- [2] Amer-Yahia S. A Web-Services Architecture for Efficient XML Data Exchange[C]//Proceedings of the 20th International Conference on Data Engineering (ICDE'04). Boston, Massachusetts: IEEE, 2004.
- [3] 马忠贵,叶 斌. 基于 Web 服务的数据交换引擎研究[J]. 计算机应用,2005,25:354-355.
- [4] 余腊生,李 徐. 基于 Web 服务的跨网络异构数据交换技术[J]. 计算机应用,2005,25:9-10.
- [5] 熊光彩. 基于 Web Services 的敏捷供应链管理系统研究[D]. 西安:西北工业大学,2003:24-25.