

基于模糊框架-产生式知识表示 及推理研究

尚福华, 李 想, 巩 淼

(东北石油大学 计算机与信息技术学院, 黑龙江 大庆 163318)

摘 要:知识表示是专家系统求解能力及正确性的基础。针对不同知识表示方法的局限性,采用框架与产生式知识表示法结合表示专家知识。同时鉴于传统知识表示及推理方法在描述事实生产中不确定知识及经验中的缺陷问题,将模糊推理与知识表示相结合,应用模糊因子,定量细化描述模糊知识;并结合知识表示特点应用动态加权平均匹配函数及模糊推理方法,提出基于模糊框架-产生式知识表示方法及推理的研究,量化地表示知识及推理过程,为决策人员提供更加直观、准确的推理依据。

关键词:专家系统;知识表示;模糊推理

中图分类号:TP311

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2014)07-0038-05

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2014.07.010

Research on Knowledge Representation and Inference Based on Fuzzy Framework-production

SHANG Fu-hua, LI Xiang, GONG Miao

(College of Computer and Information Technology, Northeast Petroleum University,
Daqing 163318, China)

Abstract: Knowledge representation is the basis of expert system solving ability and correctness. According to the limitations from different knowledge representations, use framework and production knowledge representation combining to express the expert knowledge. At the same time, in consideration of the defects coming from traditional knowledge representation and reasoning method in describing the uncertain and experience, combining the fuzzy reasoning and knowledge representation, and applying fuzzy factors, quantitatively and detailedly describe fuzzy knowledge. And combining with the characteristics of knowledge representation, using dynamic weighted average matching function and fuzzy reasoning method, present the research on knowledge representation and reasoning method based on fuzzy framework-production, quantitatively represent the knowledge and reasoning process, providing decision makers with more intuitive and accurate basis of reasoning.

Key words: expert system; knowledge representation; fuzzy inference

0 引 言

知识表示是信息与专家系统结合的核心部分,它的完备性决定了专家系统中知识获取、知识库及推理机建立的正确性及系统的智能化程度。专家系统的智能化程度及准确性正是目前研究热点。针对各领域间知识表现形式的不同,出现多种知识表示方法。这些年来各国的专家学者提出谓词逻辑、语义网络、框架及产生式规则等多种方法表示知识结构并在智能领域广

泛应用。如文献[1]中提出的框架网络结构模式,以“分层、继承”为目的,用于解决地理决策专家系统问题;文献[2]中提出的应用产生式规则表示法与面向对象思想相结合建立知识框架体系结构,提出“复合知识树法”,应用于农业领域中的诊断型专家系统当中;文献[3]中针对战场损伤程度评估,提出基于损伤树的面向对象的知识表示方法。但是实际生产中的动态模糊性,造成知识的复杂性,传统专家系统无法处理

收稿日期:2013-08-29

修回日期:2013-12-15

网络出版时间:2014-02-24

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61170132);黑龙江省教育科学技术研究项目(12521055)

作者简介:尚福华(1962-),男,吉林延吉人,教授,博士后,研究方向为人工智能、机器学习、数据挖掘、图像处理等;李 想(1988-),女,黑龙江齐齐哈尔人,硕士研究生,研究方向为人工智能、数据挖掘。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20140224.0922.049.html>

复杂模糊的知识表示及匹配关系。

文中通过分析各自的优缺点及多领域知识多样性问题,将其两种知识表示法结合应用。同时鉴于实际应用中的各类知识多具有不确定性及模糊性的特点,将模糊理论应用于知识表示及相应推理,应用模糊因子,定量细化描述不确定性知识,提出基于模糊框架-产生式知识表示及推理方法的研究。

1 框架-产生式知识表示

1.1 框架表示法

框架表示法的基本思想是应用层次化的表现方式对某种客观事物以类似轮廓的形式进行存储^[4-5]。其优点在于对结构性强的知识进行描述,可以把知识的内部构成及知识间的联系清晰地表现出来。同时框架表示法可描述知识间层次关系,减少知识冗余。

框架表示法是多层次间的纵向关联方法。常见的纵向框架的结构如图1所示。

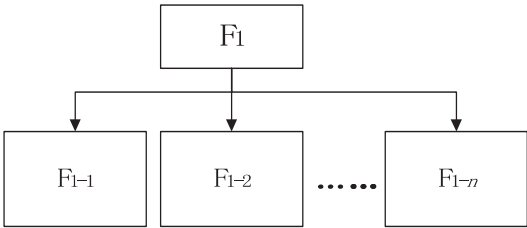


图1 框架结构图

其中F₁为一级框架,F₁₋₁到F_{1-n}为二级继承框架。每个根框架标注框架名,唯一标识及其包含的约束条件及规则。针对油田钻控工程的实际情况,将一级框架划分为F₁<油井>、F₂<水井>,在其基础上扩展生成二级框架,分为F₁₋₁<钻前调整期>、F₁₋₂<钻控过程>及F₁₋₃<钻后恢复期>。

框架最基本的组成结构为“槽”,用来描述对象的基本属性。同时每一个槽在不同情况下可以分为具有多个侧面值的多个侧面,可以很好地表示知识结构及关联。框架知识表示钻控工程知识的实例如图2所示。

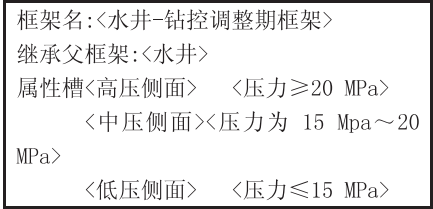


图2 钻控知识框架描述

1.2 产生式表示法

产生式表示法可以针对各种知识单元间存在的前提与结论的关系,采用产生式规则表示具有很好的优越性^[6-7]。传统的产生式规则构建过程中为方便知识

的推理及存储,是由一组前提条件P及相应规则产生的结论T构成,具体描述如下:

$$R_k: \bigvee_{i=1}^n (\bigwedge_{j=1}^m P_{kij}) \rightarrow T_k(CB_k)$$

在上式中,R_k代表第k条规则,P_{kij}表示规则前提条件,T_k代表其对应结论,常见的拓扑结构如图3所示。

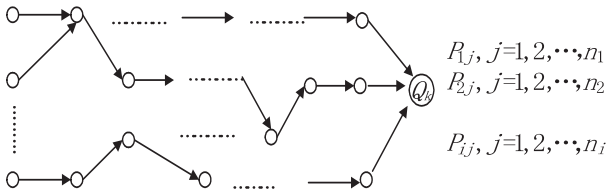


图3 产生式结构图

例如应用产生式表示法表示钻控工程的描述方法如下:

if 高压(水井) and 二次井网(井网类型) and 低渗透(渗透率) and 高含水(含水量)
then (直接停注,提前40天左右关井)

1.3 模糊框架-产生式知识表示

框架-产生式知识表示的原理是将产生式规则以框架为主体,进行聚类。这种将产生式规则嵌入框架的知识表示方法,可以将具有相同特性的产生式规则在同一框架下聚为一类。框架-产生式知识体系结构可以表示为图4。

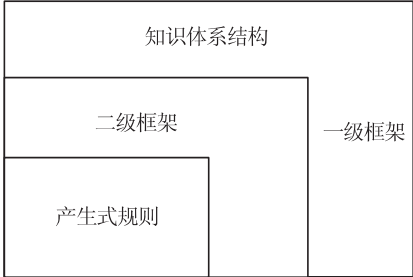


图4 框架-产生式知识体系结构图

框架-产生式知识表示可以使具有相同特征的规则聚类,提高规则检索和匹配的速率,增强专家知识库系统的动态性与可扩展性^[8-9]。框架-产生式知识体系结构其实质就是将知识表示划分层次,知识框架的使用可以方便表示产生式规则知识。每一个框架中可以有多个产生式规则,并且框架的使用只在自身相关联的对象间发生作用,可以在一定程度上减少产生式规则中经常发生的“组合爆炸”性问题。

由于专业领域知识的模糊性,传统的知识表示方法不能将自然语言有效地表示出来,不利于理解,所以将模糊框架-产生式知识表示是在原有的知识表示方法中结合模糊理论的思想和方法。应用“权重”、“可信度”等模糊概念与文中所采用的知识体系结构^[10],将专业知识分层次进行表示。

采用下面方法进行上层框架知识表示:

$$R = \left(E_1/\lambda_1/H_1/\mu_1/B_1, E_2/\lambda_2/H_2/\mu_2/B_2, \dots \right. \\ \left. E_n/\lambda_n/H_n/\mu_n/B_n, T/\alpha_i/B_i/\beta/\chi \right)$$

在上述框架规则中, $E_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 代表其规则中的每一项前提条件或其子框架名称; $\lambda_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 代表规则前提发生的模糊程度, λ_i 值在 $[0, 1]$ 之间; $H_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 代表规则前提间联系, 取值为 0 和 1。当 $H_i = 1$ 时表示规则间的 AND 关系, 当 $H_i = 0$ 时表示规则之间的 OR 关系; μ_i 代表规则前提在框架规则中的权重; B_i 表示规则前提的可信度; T 代表此规则结论; α_i 代表结论发生的模糊程度; B_i 代表规则结论的可信度; β 代表规则的静态强度; χ 代表多为专家提供的规则的可用阈值。

事实规则匹配上层框架知识规则后, 进入对应框架中的产生式规则继续进行模糊匹配。不同于传统的区间模糊产生式, 此处采用基于区间值动态传播加权的模糊产生式规则表示法, 结合断言可信度、权重及其阈值。针对这种方式知识表示形式如下:

if (X_1 is A_1, χ_1, μ_1) and (X_2 is A_2, χ_2, μ_2) and ... and (X_n is A_n, χ_n, μ_n)

then Y is B ($CF = B_i$)

其中 μ_i, χ, B_i 与上述定义相同, X 与 Y 为规则前提条件, A 与 B 为论域上的区间值模糊集合。

2 模糊推理设计

2.1 模糊匹配函数

模糊匹配的实质是用于判断一组事实断言和规则前件断言相似程度大小的过程^[11]。由于采用的知识规则是模糊框架-产生式表示法, 因此, 需要首先定制动态传播加权区间值产生式规则的前件与生产事实间的模糊匹配函数 $M(S, P)$ 。下面给出两个相似函数的定义。

定义 1: $\bar{\alpha}, \bar{\beta}$ 是空间内两个 n 维向量, $\bar{\alpha}, \bar{\beta} \in R_n, \bar{\alpha} = \langle a_1, a_2, \dots, a_n \rangle, \bar{\beta} = \langle b_1, b_2, \dots, b_n \rangle$, 其中 $a_i, b_i \in [0, 1]$, 则 $\bar{\alpha}, \bar{\beta}$ 的相似函数为

$$S(\bar{\alpha}, \bar{\beta}) = \frac{\bar{\alpha} \bullet \bar{\beta}}{\max(\bar{\alpha} \bullet \bar{\alpha}, \bar{\beta} \bullet \bar{\beta})} \quad (1)$$

定义 2: 设论域 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_i, \dots, u_n\}$, P 与 H 为论域 U 中两个区间值模糊集合, 表示形式如下:

$$P = \{ (u_1, [a_{11}, a_{12}]), (u_2, [a_{21}, a_{22}]), \dots, \\ (u_i, [a_{i1}, a_{i2}]), \dots, (u_n, [a_{n1}, a_{n2}]) \} = \\ \{ (u_i, [a_{i1}, a_{i2}]) \mid 1 \leq i \leq n \} \\ H = \{ (u_1, [b_{11}, b_{12}]), (u_2, [b_{21}, b_{22}]), \dots, \\ (u_i, [b_{i1}, b_{i2}]), \dots, (u_n, [b_{n1}, b_{n2}]) \} =$$

$$\{ (u_i, [b_{i1}, b_{i2}]) \mid 1 \leq i \leq n \}$$

则模糊集合 P, H 的匹配函数 $M(P, Q)$ 定义如下:

$$M(P, H) = \frac{2 \bullet S(\bar{P}_1, \bar{H}_1) \bullet S(\bar{P}_2, \bar{H}_2)}{S(\bar{P}_1, \bar{H}_1) + S(\bar{P}_2, \bar{H}_2)} \quad (2)$$

其中, $S(\bar{P}_1, \bar{H}_1)$ 为两个模糊集合应用向量表示法后上界的相似函数, $S(\bar{P}_2, \bar{H}_2)$ 为两个模糊集合应用向量表示法后下界的相似函数, $S(\bar{P}_1, \bar{H}_1), S(\bar{P}_2, \bar{H}_2) \in [0, 1]$, 且 $M(P, H) \in [0, 1]$; 若匹配函数 $M(P, Q)$ 的值越大说明模糊集合 P, H 间匹配程度越高。

定义 3: 设论域 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_i, \dots, u_n\}$, E 与 E' 为论域 U 中两个框架知识模糊集合, 则它们之间的匹配函数形式如公式(3):

$$Q(E_i, E'_i) = 1 - d(E, E') = n - \sum_{i=1}^n \mid \mu E_i(u_i) - \mu E'_i(u_i) \mid / n \quad (3)$$

其中, $\mu E_i(u_i)$ 表示 u_i 对于 E_i 的隶属度; $d(E, E')$ 表示两模糊集的语义距离。

若匹配函数 $Q(E_i, E'_i)$ 的值越大说明模糊集合 E_i, E'_i 间匹配程度越高。匹配度取极小值, $\delta_{\text{match}} = \min(Q(E_i, E'_i)) \geq \chi$ (专家给定阈值) 时可匹配, 否则, 不能进行匹配。

定义 4: 动态传播加权平均匹配函数 FW。

$$FW = \sum_{i=1}^n [M(A_i, A'_i) * \frac{W_i}{\sum_{j=1}^n W_j}] * Q(A, A') \quad (4)$$

针对框架-产生式知识表示方法将领域知识分层存储的特点, 需要将外层框架知识模糊匹配函数值动态传播至内层产生式知识, 以确保平均匹配函数值的完备性与正确性。

匹配函数用于表示事实与规则前件的相似度, 计算结果越大, 表示规则前件与事实匹配程度越高。当匹配数值大于专家预定的断言阈值时, 将会触发执行该项规则^[12-14], 并计算其动态传播加权平均函数值, 获得值 $CF = FW \times B$ (规则确信度), 用于表示规则执行后产生结论具有的确定性程度。当函数匹配数值小于专家断言阈值, 则系统不触发该项规则。

2.2 模糊推理方法

步骤一: 根据各领域专家提供的经验、启发性知识建立知识库中的规则, 将其中的经验知识模糊化, 连同规则相关的参数 (例如: 权重、可信度及阈值) 一起存入知识库中。

步骤二: 根据公式(3)中框架规则匹配函数计算观测事实 A 与规则前件中每项断言的匹配值。若事实与规则前件断言的匹配程度大于领域专家预定的阈

值,则系统自动触发执行该项规则,同时将函数匹配值 $Q(A, A')$ 动态传播至内层产生式规则表示中继续进行知识的模糊匹配。

步骤三:针对内层产生式规则应用公式(2)匹配函数计算事实模糊集合 A 与规则断言 A' 的匹配度。若事实与规则前件包含的每一项断言的匹配度大于相应领域专家预定断言阈值,则系统出发执行该项规则,同时结合步骤二中框架知识匹配度获取动态传播加权平均匹配函数值及其可信度,用来表示规则后件语义及可信度。若存在匹配值小于断言阈值,则系统不执行此项规则,从而有效避免“组合爆炸”及匹配度过小生成的无用结论,加快系统执行效率。

步骤四:针对拥有多规则知识库,如果同时有多条规则满足被触发,相应得出多个规则后件的确定程度,通过对比确定性程度,选择确定度最大值的后件作为系统最终决策。

3 实例分析

以采油三厂完井钻控工程为例,选取对钻控方案影响较大的因素,地层压力及含水量,建立钻控工程的因素集 $E = (e_1, e_2)$, 针对地理信息及现场施工环境的复杂多样性,应用有限因素必然无法满足不同情况的需求,因为具体的影响因素的定义可依据具体情况确定。

假设知识库中存在以下两条框架规则:

rule₁

$$\left(e_1/0.6/1/0.4/0.7, e_2/0.7/1/0.6/0.8 \right)$$

rule₂

$$\left(e_1/0.7/1/0.6/0.8, e_2/0.3/1/0.4/0.7 \right)$$

已知事实证据

$$e_1'/0.5/0.7/1, e_2'/0.4/0.3/1$$

具体推理过程如下:

$$S(\bar{R}_1, \bar{A}_1) = \frac{\bar{R}_1 \bullet \bar{A}_1}{\max(\bar{R}_1 \bullet \bar{R}_1, \bar{A}_1 \bullet \bar{A}_1)} = \frac{< 0, 0, 0.9, 1 > \bullet < 0, 0, 0.87, 1 >}{\max(< 0, 0, 0.9, 1 > \bullet < 0, 0, 0.9, 1 >, < 0, 0, 0.87, 1 > \bullet < 0, 0, 0.87, 1 >)} = \frac{0.9 \times 0.87 + 1}{0.9 \times 0.9 + 1} = 0.98$$

$$S(\bar{\bar{R}}_1, \bar{\bar{A}}_1) = \frac{\bar{\bar{R}}_1 \bullet \bar{\bar{A}}_1}{\max(\bar{\bar{R}}_1 \bullet \bar{\bar{R}}_1, \bar{\bar{A}}_1 \bullet \bar{\bar{A}}_1)} = \frac{< 0, 0, 0.95, 1 > \bullet < 0, 0.6, 0.92, 1 >}{\max(< 0, 0, 0.95, 1 > \bullet < 0, 0, 0.95, 1 >, < 0, 0.6, 0.92, 1 > \bullet < 0, 0.6, 0.92, 1 >)} = \frac{0.9 \times 0.92 + 1}{0.95 \times 0.95 + 1} = 0.96$$

1) 计算 rule₁ 框架规则的综合匹配度。

$$Q(e_1, e_1') = 1 - d(e_1, e_1') = 0.9$$

① 根据公式(3) 计算 rule₁ 的综合匹配度。

$$Q(e_2, e_2') = 1 - d(e_2, e_2') = 0.7$$

② $\delta_{\text{match}} = \min(Q(e, e')) = 0.7 \geq \chi = 0.6$ 均成立, 则规则 1 可以进行匹配。且最大匹配函数值为 1.43。

2) 同理计算 rule₂ 框架规则的函数综合匹配度 $\delta_{\text{match}} = \min(Q(e, e')) = 0.8 \geq \chi = 0.6$ 。

3) 根据前两步的结果发现, 同一事实证据产生两种结果, 此时采用其中匹配程度最大的作为最终结论, 因此应用 T_2 作为最终结果进入内层产生式规则中继续进行规则匹配, 有效减少产生式规则导致的组合爆炸性问题。

假设针对外层框架规则匹配后, 在知识库中存在以下两条产生式规则

Rule₁: if e_1 is A_1 and e_2 is A_2 then C is C_5 ; 其中 $\mu_{A_1} = 0.95, \mu_{A_2} = 0.8, \chi_{A_1} = 0.95, \chi_{A_2} = 0.5, B_i = 0.905$

Rule₂: if e_1 is B_1 and e_2 is B_2 then C is C_5 ; 其中 $\mu_{B_1} = 0.92, \mu_{B_2} = 0.78, \chi_{B_1} = 0.7, \chi_{B_2} = 0.75, B_i = 0.940$

事实证据: e_1 is R_1 and e_2 is R_2

$$R_1 = \{ (u_1, [0, 0]), (u_2, [0, 0]), (u_3, [0.9, 0.95]), (u_4, [1, 1]) \}$$

$$R_2 = \{ (u_1, [0, 0]), (u_2, [0, 0]), (u_3, [0, 0.5]), (u_4, [0.75, 0.8]) \}$$

$$A_1 = \{ (u_1, [0, 0]), (u_2, [0, 0.6]), (u_3, [0.87, 0.92]), (u_4, [1, 1]) \}$$

$$A_2 = \{ (u_1, [1, 1]), (u_2, [1, 1]), (u_3, [0.82, 0.95]), (u_4, [0, 0.7]) \}$$

$$B_1 = \{ (u_1, [0, 0.6]), (u_2, [0, 0]), (u_3, [0.3, 0.6]), (u_4, [1, 1]) \}$$

$$B_2 = \{ (u_1, [0, 0.5]), (u_2, [0, 0]), (u_3, [0.9, 1]), (u_4, [0.87, 0.92]) \}$$

由公式(1) 计算规则 Rule₁ 与事实的匹配结果:

根据公式(2)

$$M(R_1, A_1) = \frac{2 \bullet S(\overline{R_1}, \overline{A_1}) \bullet S(\overline{R_1}, \overline{A_1})}{S(\overline{R_1}, \overline{A_1}) + S(\overline{R_1}, \overline{A_1})} = 0.97 > \chi_{A1} = 0.95$$

同理可得:

$$S(\overline{R_2}, \overline{A_2}) = 0, S(\overline{R_2}, \overline{A_2}) = 0.305$$

$$S(\overline{R_1}, \overline{B_1}) = 0.70, S(\overline{R_1}, \overline{B_1}) = 0.82$$

$$S(\overline{R_2}, \overline{B_2}) = 0.86, S(\overline{R_2}, \overline{B_2}) = 0.67$$

则:

$$M(R_2, A_2) = 0 < \chi_{A2} = 0.5$$

$$M(R_1, B_1) = 0.75 > \chi_{B1} = 0.7$$

$$M(R_2, B_2) = 0.753 > \chi_{B2} = 0.75$$

由上述结果可知, Rule_2 被激活执行。

根据公式(4) 计算匹配事实与 Rule_2 的动态加权平均匹配函数值与相应后件的确定度:

$$FW_{Rule_2} = 0.75$$

$$CF_{Rule_2} = 0.75 \times 0.94 = 0.71$$

用户信任度值为 0.75, 假定事实规则阈值设定为 0.7, 则可以参考推理获取措施结果, 同时结合专家鉴定, 生成钻控等生产过程方案。

4 结束语

文中针对传统知识表示及推理方法在表示事实生产中模糊知识及经验中的缺陷问题, 将模糊理论应用于知识推理, 应用模糊因子, 定量细化描述模糊知识, 提出一种基于模糊框架-产生式知识表示方法。并针对知识表示特点提出动态加权平均匹配函数及模糊推理方法。该方法能够方便有效地表示钻控等生产领域的知识, 结合两种知识表示方法的优点, 有效降低推理机复杂度及执行效率, 降低系统对计算资源的需求, 提高求解效率, 模糊概念的引入大大提升系统智能化。鉴于模糊知识表示问题的复杂度, 在如何建立智能化知识库等问题仍需要进一步研究, 以使知识表示法及

其推理机制更加完备。

参考文献:

- [1] 付 炜. 基于框架网络结构的专家知识表示方法研究[J]. 计算机应用, 2002, 22(1): 3-5.
- [2] 姚旭国, 郑可锋, 祝利莉, 等. 一种新型知识表示在诊断型农业专家系统中的实现[J]. 农业网络信息, 2008(6): 9-11.
- [3] 王润生, 贾希胜, 刘 利. 战场损伤评估中的广义损伤树知识表示方法[J]. 系统工程与电子技术, 2003, 25(11): 1377-1380.
- [4] 谢 锋, 向铁元, 聂 云, 等. 框架理论在操作票专家系统中的应用[J]. 电力自动化设备, 2003, 23(10): 69-71.
- [5] Frost R. Introduction to knowledge base system[M]. London: Collins, 1986.
- [6] Brachman R J, Levesque H J. Knowledge representation and reasoning[M]. USA: MaPlePress, 2004.
- [7] 蔡自兴, 约翰德尔金, 龚 涛. 高级专家系统: 原理、设计及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [8] 马 驰, 吴保国. 基于产生式与框架知识表示的造林专家系统研建[J]. 农业网络信息, 2009(5): 22-24.
- [9] Jenei S. A note on the ordinal sum theorem and its consequence for the construction of triangular norms[J]. Fuzzy Sets and Systems, 2002, 126(2): 199-205.
- [10] 姜 跃, 朱光菊, 朱林立, 等. 基于模糊逻辑的产生式-框架的知识表示及推理的研究[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2007, 29(S2): 171-174.
- [11] 邓 超, 郭茂祖, 王亚东. 一种基于产生式规则的不确定推理模板模型的研究[J]. 计算机工程与应用, 2003, 39(30): 57-61.
- [12] Chen S M. Fuzzy group decision making for evaluating the rate of aggregative risk in software development[J]. Fuzzy Sets and Systems, 2001, 118(1): 75-88.
- [13] 陈世权. 模糊性的层次特征与模糊论[J]. 模糊系统与数学, 1999, 13(4): 1-6.
- [14] 王 岑, 潘正华, 程天笑. 基于中介逻辑的模糊知识推理的搜索处理[J]. 计算机工程与应用, 2009, 45(21): 175-178.
- [12] Qiao Lishan, Chen Songcan, Tan Xiaoyang. Sparsity preserving projections with applications to face recognition[J]. Pattern Recognition, 2010, 43(1): 331-341.
- [13] Cai Deng, He Xiaofei, Han Jiawei, et al. Orthogonal Laplacian-faces for face recognition[J]. IEEE Trans on Image Processing, 2006, 15(11): 3608-3614.
- [14] Zhang D, Kong W K, You J, et al. Online palmprint identification[J]. IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2003, 25(9): 1041-1050.

(上接第 37 页)

tern recognition. Miami, FL: IEEE, 2009: 429-436.

- [10] Zhang Tianhao, Huang Kaiqi, Li Xuelong, et al. Discriminative orthogonal neighborhood-preserving projections for classification[J]. IEEE Trans on Systems, Man, and Cybernetics, 2010, 40(1): 253-263.
- [11] Wright J, Yang A Y, Ganesh A, et al. Robust face recognition via sparse representation[J]. IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2009, 31(2): 210-227.

基于模糊框架-产生式知识表示及推理研究

作者: [尚福华](#), [李想](#), [巩淼](#), [SHANG Fu-hua](#), [LI Xiang](#), [GONG Miao](#)
作者单位: [东北石油大学 计算机与信息技术学院, 黑龙江 大庆, 163318](#)
刊名: [计算机技术与发展](#) 
英文刊名: [Computer Technology and Development](#)
年, 卷(期): 2014(7)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201407010.aspx