

认知图理论的应用研究

马继红, 师 军, 关慧芬

(陕西师范大学 计算机科学学院, 陕西 西安 710062)

摘 要: 认知图又称心象图, 是近年来研究的热点。它是一种定性推理技术, 也可以看作是一种计算智能, 能有效地解决基于先验知识的自适应行为。文中对认知图理论作了系统的归纳总结, 主要包括古典认知图和模糊认知图两方面, 模糊认知图是认知图的延伸与扩展。文中通过对模糊认知图扩展模型的描述以及扩展模型之间优缺点的比较, 得出了模糊认知图扩展模型的实用性和优越性。

关键词: 心象图; 古典认知图; 模糊认知图; 扩展模型

中图分类号: TP18

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2008)08-0126-04

Survey of Application about Theories of Cognitive Map

MA Ji-hong, SHI Jun, GUAN Hui-fen

(College of Computer Science, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China)

Abstract: Cognitive map, also called mental map, has recently become a hot spot of research for several years. It is a technique of qualitative reasoning, and seen a computational intelligence, which can be used to solve the self-adapting behaviors based on transcendental knowledge. It sums up the theories of the cognitive map in this text, including classical cognitive map and fuzzy cognitive map. Fuzzy cognitive map is seen as the extended cognitive map. Then it describes the extended model of the fuzzy cognitive map and makes a comparison between the strongpoint and the shortcoming, and then educes the practicability and the superiority.

Key words: mental map; classical cognitive map; fuzzy cognitive map; extended model

0 引 言

认知图(Cognitive Map, CM)是近几年的一个研究热点, 也称为心象图(Mental Map, MM)。始于认知心理学, 它是人们对现实世界感知的心象表示, 是一个人的头脑中关于环境的空间结构的大量知识。针对认知图的这一特性可以被应用到因果知识的信息处理中, 属于定性推理的一种, 可以用来解决地理信息系统中的路径查询问题; 它可看作是一种计算智能, 是能提供有效的软计算工具来支持基于先验知识的自适应行为^[1]。针对它可以利用先验知识的这一特点, 可以被用于模糊推理、不确定性推理及神经网络等人工智能的相关领域中。

认知图首先由 Tolman 于 1948 年在“cognitive map in rats and men”一文中提出, 他的目的是想为心理学建立一个模型, 此后认知图便被其他学者所借用^[2]。

不同的专家在不同的领域给出了关于认知图的不同含义。但这期间大多数专家认为它是个有向图, 是由一些弧和节点组成的集合, 并且对这些弧和节点给予了不同的定义及其组成结构。与前所述不同的是, Kuipers 认为认知图是存在于人脑中关于环境知识的空间结构的描述, 它的结构不是固定的, 也不是由一个固定位置感知出来的, 而是通过大量的观察资料所推论出来的^[3]。

文中主要从古典认知图和模糊认知图两大类讲述认知图理论的应用, 在模糊认知图中通过对各种应用模型之间优缺点的比较来体现其优越性。

1 古典认知图及其关系模型

古典认知图(Classical Cognitive Map, CCM)认为认知图是一个个体关于它所处环境信任的断言, 它包括 Kelly 与 Axelrod 的认知图。后者主张的认知图是由节点集合 C 与节点箭头 A 组成, 即 $CM = \{C, A\}$, 其结构示意图见图 1。节点表示一个概念, 其可为系统的目的、作用等。箭头方向表示概念间因果关系的方向, 表示一个概念如何影响另外一个概念变量的断言^[1]。

收稿日期: 2007-11-15

基金项目: 国家自然科学基金项目(40471102)

作者简介: 马继红(1981-), 女, 河南濮阳人, 硕士研究生, 研究方向为智能信息处理; 师 军, 副教授, 硕士生导师, 研究方向为智能信息处理。

“+”和“-”分别表示概念之间的两种定性因果关系:“+”表示原因概念与结果概念是同方向;“-”表示反方向变化;“0”表示不具有因果关系。

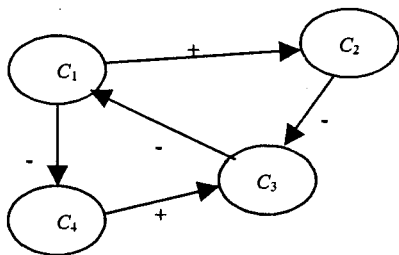


图1 古典认知图的结构示意图

由箭头上的概念间的关系组成的集合中定义了4种操作:并、交、和与乘。这4种操作有可能出现推理矛盾,使系统出现不一致。因此,Axelrod后来提出了认知图的关系模型,它不仅定义了3种集合操作(并、交、包含),谓词与真值3种符号操作(\vee 、 \wedge 、 \rightarrow),而且还规定了一些基本的符号操作。

在古典认知图中空集表示概念间不存在因果关系,而在关系模型中空集不仅表示不存在因果关系,而且还包含矛盾的情绪。在关系模型中普遍关系是一个因果变量,它能引起何种变化是不能完全确定的。

2 模糊认知图及其应用

Axelrod提出的认知图(CM)由概念(concept)与概念间的关系(relation of concepts)组成。他的认知图是表达和推理系统中概念间因果关系的图模型,作为一种新的知识表示和定性推理的技术方法,可用于鸟瞰智能系统的概念结构,作为智能信息处理的重要工具,它提供了一个有效的软计算工具来支持基于先验知识的自适应行为^[4]。后来,Kosko融合Zadeh的模糊集理论和Axelrod的认知图理论,提出了模糊认知图(Fuzzy Cognitive Map, FCM),FCM的概念值和弧的权值都可以为模糊值,它是一种软计算,是模糊逻辑和神经网络结合的产物,其知识表示和推理能力更强。FCM理论在政治、经济、医学、军事、社会关系和信息系统、网络管理、故障分析、多Agent系统、工业控制、虚拟现实等领域中得到了广泛应用^[5]。

2.1 模糊认知图的构造及推理机制

2.1.1 模糊认知图的基本构造

模糊认知图是在认知图中引入模糊测度,把概念之间的三值逻辑关系扩展为区间 $[-1, 1]$ 上的模糊关系,可以看成是面向对象的神经网络,把概念之间的因果关系模拟为模糊推理,属于软计算范畴。

Kosko的模糊认知图示意图见图2,其数学模型可

$$\text{以表示为: } V_{C_j(t+1)} = f\left(\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j \\ i \in E}}^n V_{C_i(t)} W_{ij}\right)$$

式中 V_{C_i} 、 V_{C_j} 分别为原因与结果概念的状态值, E 为与 C_j 有因果关系的集合, W_{ij} 为概念 C_i 对 C_j 的因果联系强度,为概念 C_j 的阈值函数。

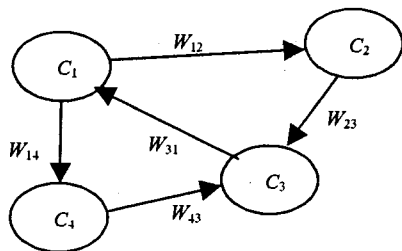


图2 模糊认知图的结构示意图

在图2中节点 C_i 是概念,也可以为系统的事件、目标、感情等,反应系统的属性、特征、质量和状态。 C_i 具有一定的状态,状态值是模糊值,也可以为二值 $\{0, 1\}$,以表示状态存在的程度或所处的开/关状态^[6]。 W_{ij} 为原因概念 C_i 对结果概念 C_j 的影响程度,其为模糊值,也可以退化为三值 $\{-1, 0, 1\}$ 逻辑。若 $W_{ij} > 0$,则 W_{ij} 表示 C_i 的变化引起 C_j 的同方向变化的程度;若 $W_{ij} < 0$,则 W_{ij} 表示 C_i 的变化引起 C_j 的反方向变化的程度;若 $W_{ij} = 0$ 表示概念 C_i 与 C_j 不存在因果关系。

2.1.2 模糊认知图的推理机制及建模过程

模糊认知图是基于定性推理的一种技术,并且主要是用于处理知识概念之间的关系,有人认为它是古典认知图的扩展。

模糊认知图的基本推理机制来源于每个节点的状态,是根据它所得到的输入来决定的,即输入决定它的输出,这使得模糊认知图具有推理能力。

模糊认知图的建模过程基本框架见图3,它包括:问题描述(即在问题中抽取概念);数据收集(数据预处理);学习建立概念间的定量因果关系;模型检测。

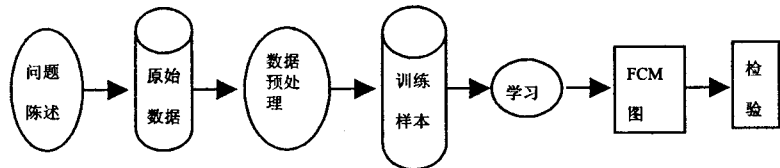


图3 模糊认知图的建模框架

模糊认知图将模糊测度引入系统对象间因果关系的定性分析中,具有较强的模糊信息表达和推理能力^[7]。从结构上看可以当作是带反馈的单层的神经网络,为权值的学习优化提供可借鉴的理论和方法;从模拟结果上看,该方法具有短期预测能力。但是,模糊认知图本身也存在很多缺点,为使得利用模糊认知图的效率更高,人们引入了模糊认知图的扩展模型。

3 模糊认知图的扩展模型

从上文对模糊认知图的讨论中,可以看出模糊认知图只能表示概念之间的线性关系,不能表示时间概念、因果关系的延迟等。针对这些问题,M. Hagiwara 于 1992 年提出了对模糊认知图的扩展模型,即扩展模糊认知图(Extended Fuzzy Cognitive Maps, EFCM)。此图没有对 FCM 的概念节点进行扩展,只是对概念之间的因果关系加以改进,使其可表示较为复杂的因果关系。从某种程度上说,它能更自然地描述现实世界。

扩展的模糊认知图模型具有以下特点:

- (1)具有时间概念;
- (2)概念之间的因果关系可以是非线性关系;
- (3)考虑概念之间因果关系的延迟;
- (4)具有条件权重。

3.1 基于神经元的模糊认知图

3.1.1 神经元模糊认知图的基本结构

所谓神经元模糊认知图(Neural Fuzzy Cognitive Maps, NFCM)就是用神经网络来估计模糊认知图中各概念之间因果关系的图结构。由于模糊认知图的推理过程是通过简单的矩阵运算来实现,因而其灵活性较差,预测能力有限。而神经网络具有较强的处理动态信息的能力,将其融合到模糊认知图中有助于从不确定性或主观的知识中获取有用的信息^[8]。

在基于神经元的模糊认知图中采用演化算法是基于群体结构的,先利用遗传算法并行搜索空间的一个群体,构成不断进化的种群序列,再以某种评价方式,进行解的“优胜劣汰,适者生存”的自然进化向最优解逼近^[9]。神经元模糊认知图的结构示意图见图 4。

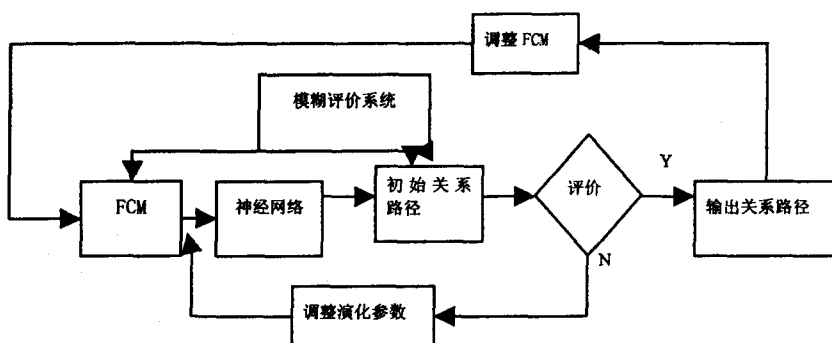


图 4 神经元模糊认知图的结构示意图

3.1.2 神经元模糊认知图的建模算法

神经元模糊认知图是基于遗传算法来建模的。它是基于一个候选解群的迭代过程,用适应度来评价候选解的优劣^[10]。算法可以概括地表述为:确定问题的解空间,并对其进行编码;用背景知识设计评价函数,评价候选解的优劣;遗传算子的设计及参数的选定。

算法过程如下:

1)初始化:设置进化代数计数器,设置最大优化代数;根据系统特征随机生成种群,由于 Sigmoid 函数的特性,设置初始权值分布在 0~1 之间。

2)个体评价:计算群体中各个体的适应度。

3)选择运算:将选择算子作用于群体。

4)交叉运算:将交叉算子作用于群体。

5)变异运算:将变异算子作用于群体。群体经过选择、交叉运算、变异运算之后得到下一代群体。

6)终止条件判断:若 t (当前进化代数) $\leq T$ (算法执行的最大次数),则: $t = t + 1$ 转到步骤 2);若 $t > T$,则以进化过程中所得到的具有最大适应度的个体作为最优输出,终止运算^[11]。

神经元模糊认知图具有以下优点:

- (1)运用遗传算法网络进行概念之间因果关系的推理,并能独立地估计出每对概念之间的因果关系;
- (2)能估计时间序列的因果关系,并有时间延迟;
- (3)具有反馈连接,使得 NFCM 不仅可以考虑每个节点自身的变化,且能适应外界环境的变化;
- (4)运用修剪法能消除无用的权重及节点。

3.2 基于概率的模糊认知图

虽然模糊认知图有很多优点,但是它也存在一些缺点,明显地是不能表示概念之间因果关系的测度对概念状态值的依赖关系,不能表示概念之间因果关系测度的不确定性。为解决这一缺陷,在模糊认知图中引入了条件概率关系,提出了概率模糊认知图模型(Probabilistic Fuzzy Cognitive Map, PFCM)。

3.2.1 PFCM 的数学模型及其构造

该模型将因果关系的不确定性有效地融入了模糊认知图中,很好地扩展了模糊认知图的模拟现实的能力。PFCM 的数学模型^[12]为:

$$V_{C_j(t+1)} = f\left(\sum_{i=1}^n V_{C_i(t)} P(W_{ij(t)}/V_{C_i(t)}, V_{C_m(t)}, \dots) + \gamma V_{C_j(t)}\right) \quad (1)$$

$j = 1, 2, \dots, n$

(1)式中, n 为所有概念的总个数, $V_{C_j(t+1)}$ 、 $V_{C_i(t)}$ 和 $V_{C_m(t)}$ 分别表示结果概念 C_j 在 $t+1$ 时刻的状态值、原因概念 C_i 在 t 时刻的状态值和相关概念 C_m 在 t 时刻的状态值, $W_{ij(t)}$ 是在 t 时刻概念 C_i 对概念 C_j 因果联系强度, γ 是上一时刻对下一时刻状态值的影响因子, $f(x)$ 是概念 C_j 的阈值函数。

如前文可知原来就有人认为模糊认知图是一种表示因果关系的有向图,节点表示概念,边的连接权表示

节点之间的因果联系强度。此图也可以用一个连接权矩阵表达出来。因 PFCM 是模糊认知图的扩展模型, 则一个概率模糊认知图及其对应的连接权矩阵见图 5^[13]。

概率模糊认知图模型具有简单、鲁棒性好、实用等特点, 具有比模糊认知图模型对现实世界更为真实的模拟能力。它具有时间序列与时空整合功能。后来又有人提出在 PFCM 的基础上加入信任知识库, 即形成基于信任知识库的概率模糊认知图 (probabilistic fuzzy cognitive map based on belief knowledge database, BKPFM)。这一模型具有更强的模拟现实能力。

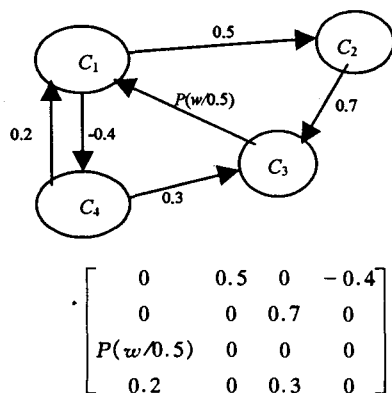


图5 基于概率模糊认知图的结构示意图及其连接权矩阵

3.2.2 基于信任知识库的 PFCM 的数学模型

基于信任知识库的概率模糊认知图能更好地解决专家知识的不确定性及概念之间的因果关系测度的不确定的表示与推理。其数学模型是由 PFCM 演化而来^[14]:

$$V_{c_j(t+1)} = f\left(\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^n V_{c_i(t)} BK_{ij}(P(W_{ij(t)}/V_{c_i(t)}, V_{c_m(t)}, \dots)) + \gamma V_{c_j(t)}\right) \\ j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

(2) 式中, $BK_{ij}(P(W_{ij(t)}/V_{c_i(t)}, V_{c_m(t)}, \dots))$ 不仅可以表示概念之间因果关系测度的不确定性及专家对知识的不确定性, 而且 $P(W_{ij(t)}/V_{c_i(t)}, V_{c_m(t)}, \dots) + \gamma V_{c_j(t)}$ 可以表示为概念之间的概率测度。当 $W_{ij(t)}$ 与 $V_{c_i(t)}, V_{c_m(t)}, \dots$ 无关, 且不随时间发生变化时, $BK_{ij}(P(W_{ij(t)}/V_{c_i(t)}, V_{c_m(t)}, \dots))$ 就退化为模糊认知图中概念之间的模糊测度。

该模型具有以下特点:

(1) 不仅能给出预测的结果, 而且可以给出关于预测结果的信任测度;

(2) BKPFM 使用了知识库及信任测度, 它不仅可以表示概念之间的非线性关系, 而且还能表示非单调推理;

(3) 概念之间因果关系的测度可随时间及环境发生变化;

(4) 利用信任测度的改变来调整原因概念与结果概念之间因果关系的模糊测度, 使边“遗忘”旧的因果关系的测度, 而记住新的变化^[1]。

另外, 还有人提出了其他的扩展模型, 诸如基于规则的模糊认知图 (RBFCM)、NCM 等, 这些模型也逐渐成为了研究热点。

4 结束语

文中从古典认知图和模糊认知图两个大的方面讨论了认知图的理论知识, 主要介绍了模糊认知图的推理机制和建模框架, 针对模糊认知图的缺陷提出了其扩展模型诸如 NFCM、PFCM、BKPFM 等。通过扩展模型和模糊认知图间的优缺点的比较得出了其较强的实用性和优越性。认知图以后的发展应该加强其存储记忆功能, 顺便在其中引入其他关系; 以及培养其较强的非单调推理能力、Agent 与认知图的结合等。对于认知图的应用应该逐渐向多领域发展, 特别在智能信息处理、智能图像理解与分析中的应用很有价值。

参考文献:

- [1] 骆祥峰. 认知图理论及其在图象分析与理解中的应用[D]. 合肥: 合肥大学, 2003.
- [2] Merhant T. Theory and Methodology Cognitive Maps and Fuzzy Implications[J]. European Journal of Operational Research, 1999, 114: 626 - 637.
- [3] Kuipers B J. Representing Knowledge of Large - Scale Space [D]. Cambridge, Massachusetts: Mathematics Department, Massachusetts Institute of technology, 1977: 19 - 20.
- [4] 张桂芸, 马希荣, 杨炳儒. 复杂系统模糊认知图的分解研究[J]. 计算机科学, 2007, 34(4): 129 - 131.
- [5] Kosko B. Fuzzy cognitive maps[J]. Int J Man - machine Studies, 1986, 24: 65 - 75.
- [6] Demuth H B, Beale M H. 神经网络设计[M]. 戴葵, 李伯民译. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [7] 林春梅, 何跃. 模糊认知图在股票市场预测中的应用研究[J]. 计算机应用, 2006, 26(1): 195 - 197.
- [8] LIU Zhi - Qing. Causation, Bayesian network, and cognitive maps[J]. Anta automatic a sinica, 2001, 27(4): 553 - 565.
- [9] 刘萍萍, 罗钧旻, 乔奎贤. 基于神经网络的模糊认知图的演化研究[J]. 微电子学与计算机, 2007, 24(7): 69 - 71.
- [10] 史延科, 史忠科. 压缩遗传算法及其在交通控制中的应用[J]. 信息与控制, 2003, 32(2): 595 - 598.
- [11] Papagpeorgdu E I, Groumpos P P. Optimization of fuzzy cognitive map model in clinical radio therapy through differential

根据锂离子电池的特性对工步参数和工艺逻辑提出了规约,在下发工步逻辑前,系统将对该逻辑进行检查,若逻辑中参数设置不当或出现与工艺要求不符的逻辑顺序系统将返回提示警告,这样可以有效地减少操作人员的误操作。在实时数据显示的基础上增加了数据曲线绘制和历史数据、曲线储存功能,使得电池性能比对与分析更加直观和便利。

中位机软件由初始化模块、液晶显示模块、通讯模块等组成。有些检测设备增加了逻辑编辑功能,通过柜上嵌入的小键盘来输入工步逻辑,这样实现了检测柜的单机独立控制,使用户可以根据生产需要对设备进行自由组合。

下位机软件主要完成数据采集、充放电执行、自检自诊断以及异常保护功能。

2 结束语

目前,锂离子电池行业平均每年以 30% 的速度增长,电池化成、检测等与电池生产相关的设备也得到了蓬勃的发展。随着电池产品质量和容量的提高,对锂离子电池检测设备也提出了更高的要求。下一阶段,锂离子电池检测设备的研究主要集中在以下几个方面^[19-21]:

(1) 向高可靠性、高准确度发展,以适合大批量、高质量生产的需要;

(2) 向大功率发展,以适应电动工具、数字通讯、电动汽车发展的需要;向多功能、多参数发展,以适应更多的电池参数,如:温度、内压内阻等参数测试的需要;

(3) 向自动化、智能化、数字化发展,以适应大规模全自动化生产的需要;

(4) 向组合结构、模块化发展,缩短设备开发周期,形成一个适应多种电池、各种容量电池的生产及科研需要的一个通用的测试平台。

参考文献:

- [1] Majima M. Development of Long Life Lithium in Battery for Power Storage[J]. Fuel and Energy Abstracts, 2002, 43(4): 261-264.
- [2] 赵建民,张贤忠. 迪卡龙原装化成设备的国产化[J]. 蓄电池, 2001, 1: 43-45.

- [3] 刘正光,梅健强,胡 斌. 多通道高精度通用电池测试系统[J]. 自动化仪表, 2005, 26(11): 56-70.
- [4] 李革臣. 电池放电能量再利用报告[R]. 哈尔滨: 哈尔滨理工大学, 2004.
- [5] 乐 浪. 锂离子电池综合测试系统的研究与设计[D]. 哈尔滨: 哈尔滨理工大学, 2006.
- [6] 古启军,陈以方,吴知非. 串联电池组电压测量方法研究[J]. 电测与仪表, 2002, 39: 26-29.
- [7] 贾高峰,韩赞东,王克争. 电动汽车用动力电池组性能测试[J]. 电源技术, 2004, 28(11): 712-714.
- [8] 孙逢春,张成宁,郭海涛. 带充电状态显示的动力电池管理系统[J]. 北京理工大学学报, 1998, 7(2): 166-172.
- [9] 王震坡,孙逢春. 电动汽车电池组连接可靠性及不一致性研究[J]. 车辆与动力技术, 2002, 4: 11-14.
- [10] 彭明杰,钟汉枢. 串联电池组监测统[J]. 系仪表与技术传感器, 2005, 5: 42-44.
- [11] 李红林,孙缝春,史建军. Digatron 电动车辆电池测试系统[J]. 电源技术, 2004, 28(4): 245-250.
- [12] 史鹏飞. 化学电源工艺学[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2006.
- [13] 付进军. 动力电池组管理系统总线测温技术研究[J]. 中国测试技术, 2004(11): 10-11.
- [14] 姜立国. 可充电电池内阻检测仪[D]. 成都: 电子科技大学, 2006.
- [15] Chatzakis J, Kalitakis K, Voulgaris N C. Designing a New Generalized Battery Management System[J]. IEEE Transaction on Industry Electronics, 2003, 50(5): 990-998.
- [16] Kutkut N H, Wiegmanh L N, Divan D M. Design consideration for charge equalization of electric vehicle battery system[J]. IEEE Transaction on Industry Applications, 1999, 35(1): 28-35.
- [17] 闫智刚. 脉冲化成在电动自行车铅蓄电池上的应用[J]. 电池工业, 2003, 8(5): 207-209.
- [18] 张朝阳,刘 明,张 严. 锂离子动力电池充电技术研究[J]. 鱼雷技术, 2007, 15(1): 22-25.
- [19] 孙频东. 基于专家系统的蓄电池智能充电装置[J]. 电源技术, 2005, 29(1): 41-45.
- [20] 符明明,李桂森,李好文,等. 锂离子电电池通用测试系统的设计与实现[J]. 哈尔滨理工大学学报, 2003, 8(2): 26-28.
- [21] 戴开云. 基于神经网络动力电池性能评估[D]. 北京: 华北电力大学, 2005.

(上接第 129 页)

- evolution algorithm, Biomed[J]. Soft Compute un. Sci. 2003, 9(2): 25-31.
- [12] 杨 锋,钟 诚,李 智. 基于概率模糊认知图的 Mstream 攻击检测方法[J]. 计算机工程, 2006, 32(10): 125-127.
- [13] 姚淑萍,郑 链,刘 峰. 基于概率模糊认知图的入侵检测警报融合机制[J]. 计算机工程, 2005, 31(21): 118-120.
- [14] 骆祥峰,高 隽,张旭东. 基于信任知识库的概率模糊认知图[J]. 计算机研究与发展, 2003, 40(7): 925-933.