

DOI:10.11992/tis.201507057  
网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/23.1538.tp.20151110.1354.026.html>

# 基于可拓学和 HowNet 的策略生成系统研究进展

杨春燕<sup>1</sup>, 李卫华<sup>2</sup>, 汤龙<sup>1</sup>, 汪中飞<sup>2</sup>, 陶星<sup>2</sup>

(1. 广东工业大学 可拓学与创新方法研究所, 广东 广州 510006; 2. 广东工业大学 计算机学院, 广东 广州 510006)

**摘 要:**在已有可拓策略生成系统框架基础上, 利用可拓信息-知识-策略形式化表示体系、HowNet 的知识系统描述语言(KDML)和 Agent 的智能引导, 建立了基于可拓学和 HowNet 的策略生成系统的基本流程和系统框架结构, 增强了可拓策略生成系统解决矛盾问题的能力, 改善了知识资源缺乏问题, 提高了其问题模型建立的准确性和知识处理能力。初步的应用显示了该研究的优越性。把可拓学和 HowNet 这 2 个中国原创的理论和应用工具相结合研究策略生成系统, 将使这项有别于传统研究思路的基础研究取得重要突破, 产生具有完全自主知识产权的成果。这也是为将来能实现矛盾问题的智能化处理作基础性的工作。

**关键词:**可拓学; HowNet; 策略生成; 可拓策略生成系统; 矛盾问题

**中图分类号:**TP18 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-4785(2015)06-0823-08

中文引用格式:杨春燕, 李卫华, 汤龙, 等. 基于可拓学和 HowNet 的策略生成系统研究进展[J]. 智能系统学报, 2015, 10(6): 823-830.

英文引用格式:YANG Chunyan, LI Weihua, TANG Long, et al. Strategy-generating system based on Extenics and HowNet[J]. CAAI Transactions on Intelligent Systems, 2015, 10(6): 823-830.

## Strategy-generating system based on Extenics and HowNet

YANG Chunyan<sup>1</sup>, LI Weihua<sup>2</sup>, TANG Long<sup>1</sup>, WANG Zhongfei<sup>2</sup>, TAO Xing<sup>2</sup>

(1. Research Institute of Extenics and Innovation Methods, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China; 2. School of Computers, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China)

**Abstract:**Due to the lack of a sufficient knowledge base, traditional extension strategy-generating systems (ESGS) are often not sufficiently robust to generate effective strategies for solving given contradictory problems. To overcome this drawback, this paper proposes the use of the HowNet knowledge base to help ESGS to generate strategies. We established the basic flow chart and system frame structure using the formalized system of extension information knowledge-strategy, the knowledge database description language (KDML) of HowNet, and the intelligence guidance by Agent. Preliminary applications have shown the superiority of this concept. Combining Extenics with HowNet, both original Chinese theories and application tools, respectively, will establish a research foundation that will necessarily diverge from traditional research ideas toward the likelihood of significant breakthrough. This research will produce original results characterized by independent intellectual property rights, which will make possible the realization of the intelligent processing of contradictory problems in the future.

**Keywords:** Extenics; HowNet; strategy-generating; extension strategy-generating system (ESGS); contradictory problem

收稿日期:2015-07-23. 网络出版日期:2015-11-10.  
基金项目:国家自然科学基金资助项目(61273306);广东省科技计划资助项目(2012B061000012).  
通信作者:杨春燕. E-mail:fly\_swallow@126.com.

随着社会经济的发展和网络信息技术的不断进步, 信息和知识越来越多, 各种系统越来越复杂, 要考虑的参数越来越多, 矛盾也越来越多。如何利用

计算机和网络存储信息量大、计算快的特点生成和搜索解决各领域矛盾问题的策略,已成为提高计算机智能化水平的关键。

目前,人们已经能将大量工作交给计算机处理,并在许多方面得到了满意的结果,比如科学计算、数据处理、信息检索、网络通信等。但是在问题求解、特别是矛盾问题求解方面的研究还很不够。人工智能领域确实花了很长时间考虑问题求解,从中发展了搜索和问题归约等技术<sup>[1]</sup>,但对于解决矛盾问题的策略生成并没有解决,主要原因就在于系统没有自动生成解决矛盾问题的策略的功能。

所谓矛盾问题,是指人们要达到的目标在现有条件下无法实现的问题。面向未来,无法处理矛盾问题的软件和网络、不能从解决用户矛盾问题的角度出发的搜索引擎和信息平台,就不是真正意义上的智能化。人们在遇到各种问题时,希望能够利用网络和计算机进行创造性思维,辅助提出高水平的解决方案。这就需要计算机具有从主观目标出发,搜集客观环境中有关的信息和知识,去生成解决矛盾问题的策略的能力。到目前为止,这方面的研究还较少见,但这是人类进步和社会发展的前沿课题,是国民经济各领域现代化进程中无法回避的且难度较大的重要问题。

策略生成的问题是国内外学者感到棘手的问题。Ilan Fischer 指出,策略生成的2个方面是进化发展和(强化)学习<sup>[2]</sup>。于劲松等<sup>[3]</sup>提出一种基于遗传算法的诊断测试策略生成方法,他们利用遗传算法的自适应性、全局优化性和隐含并行性,针对大规模诊断测试问题,能够较快产生全局最优的诊断测试策略。但这仍然属于传统的搜索解法。这些方法都没有涉及解决矛盾问题的策略生成,因为它们没有采用能解决矛盾问题的模型与推理技术。

可拓学<sup>[4-5]</sup>是中国学者创立的一门涉及范围广泛的横断学科,它用形式化模型研究事物拓展与变换的可能性和开拓创新的规律与方法,并用于解决矛盾问题。中国科学技术协会“2009—2010 智能科学与技术学科发展报告”<sup>[6]</sup>,详细介绍了可拓学与智能科学相结合的基础研究成果和应用研究成果,如可拓逻辑、可拓策略生成、可拓数据挖掘、可拓模式识别等。通过多年来对智能科学和可拓学相结合的探讨,初步建立了矛盾问题求解的基础理论与基本方法<sup>[7-8]</sup>。

自可拓学的创立者蔡文研究员<sup>[9]</sup>1983年发表

了处理矛盾问题这一研究方向的首篇论文以后,逐步开始建立处理矛盾问题的基础理论和方法,并于2003年主持完成国家自然科学基金项目“可拓策略生成系统的基础理论和基本方法研究”,出版了专著《可拓逻辑初步》<sup>[10]</sup>和《可拓策略生成系统》<sup>[11]</sup>,很多学者跟踪研究,发表了一批相关论文<sup>[12-16]</sup>,研究了用形式化方法生成解决矛盾问题的策略所需要的逻辑基础和工具。文献[17-18]研究了通过Agent的智能引导建立可拓模型和让Agent具有策略生成能力的方法。由科学出版社出版的专著《可拓工程》<sup>[19]</sup>和《可拓学》<sup>[20]</sup>中,集中介绍了“矛盾问题求解方法”的研究成果。

在上述理论和方法研究的基础上,国内的一些学者也相继开展了可拓策略生成的研究,开发了一些应用于具体领域的策略生成系统软件<sup>[21-24]</sup>。

前期对策略生成系统的研究仅仅是基于关系数据库进行的,还没有充分涉及基于网络上的知识资源解决矛盾问题的策略生成问题。该研究是一项很复杂、很艰巨的工作,大量的问题还需要继续深入进行研究。主要有3个方面:1)建立生成策略所需的知识库的问题;2)解决矛盾问题的可拓变换的选取和收敛问题;3)如何表示、生成或获取解决矛盾问题所需的变化知识(可拓知识)。文献[25]提出了“可拓信息-知识-策略形式化表示体系”,文献[26-27]研究了基于变换的知识——可拓知识(包括可拓分类知识、可拓聚类知识、传导知识、可拓知识链等)的表示和获取方法及其计算机实现,为处理矛盾问题提供了新的知识表示和获取方法。目前这些研究也还仅限于关系数据库和规则知识库中可拓知识的获取。

HowNet(知网)自从1999年3月在网上发布了研究成果的第1版,如今已有越来越多的人关注、应用甚至发展知网<sup>[28-30]</sup>。笔者通过对HowNet的研究,认为HowNet的建网方式、知识获取和表达方式、事件概念分类方法和其自行设计的知识数据库描述语言(knowledge database mark-up language, KDML)与可拓学中的基元(包括物元、事元、关系元以及由它们复合而成的复合元)表示体系类似,符合提出的解决矛盾问题的策略生成的知识需求,因此,探索了以HowNet作为策略生成的知识资源,结合可拓知识的获取方法、拓展分析与共轭分析、可拓

推理、可拓变换和矛盾问题求解的一般方法,研究当人们遇到矛盾问题时,如何让计算机利用 HowNet 上已有的信息和知识生成解决矛盾问题的策略,可以辅助解决现有策略生成系统研究中由于知识库中知识不足致使生成的策略不足的问题,提高策略生成的智能化水平。

随着 HowNet 技术的不断完善,以 HowNet 的知识资源为基础,借助其知识数据库描述语言(KDML)等工具,将有望让计算机自动生成(或人机结合引导生成)解决矛盾问题的策略。该研究具有开创性的科学意义,可为将来进一步研制矛盾问题智能化处理系统打下坚实的基础,同时也拓展了 HowNet 的应用领域,必将有广阔的应用前景,且具有鲜明的自主创新性。

本文将介绍基于可拓学和 HowNet 的策略生成的主要步骤、系统的基本流程和系统的框架结构,并介绍一种基于 WebService 的 4 层可拓策略生成系统软件架构。研究显示,将可拓学与 HowNet 这 2 个中国原创的理论和应用工具相结合,研究解决矛盾问题的策略生成问题,可为策略生成研究提供一种新的思路。

## 1 可拓策略生成的基本流程

文献[11]中给出了可拓策略生成的基本步骤和基本流程。结合可拓学和 HowNet,进一步研究了解决矛盾问题的可拓策略生成的主要步骤如下:

1) 针对需要解决的原始问题,首先要利用“可拓信息-知识-策略形式化体系”、Agent 智能引导、结合 HowNet 的 KDML 语言,建立原问题的可拓模型,再根据问题目标的要求和条件的限制,通过人机结合抽象出核问题的可拓模型。

2) 进入矛盾问题库,用问题相似度判断是否与已有矛盾问题相似(或相同),若是,则进入可拓策略库,搜索选取相应的策略,从而获得解决矛盾问题的策略;否则,进入下一步。

3) 利用可拓集合与关联函数,建立矛盾度函数,判断问题矛盾的程度,若大于 0,则认为问题是伪矛盾问题,不需要解决,结束。否则,进入下一步。

4) 判断问题的目标和条件哪一个不能变,对可以变的目标或条件进行拓展分析或共轭分析,即进入知识库,选取其拓展型知识或共轭型知识,根据可

拓推理规则,从而形成矛盾问题的拓展树(发散树、相关树或蕴含树),进入下一步。若找不到拓展型知识或共轭型知识,则选取 HowNet 中与问题相关的知识或利用基于知识库的可拓数据挖掘从 HowNet 中获取与问题相关的可拓知识,从而形成矛盾问题的拓展树,进入下一步。

5) 进入可拓变换库,选取可拓变换,再根据传导变换,获得变换后的问题树,再利用矛盾度函数判断变换后问题的矛盾程度是否大于 0,若是,则获得解决矛盾问题的可拓策略;否则,返回可拓变换库,继续选择可拓变换或变换的运算,直至获得可拓策略。

6) 通过上述步骤可以获得多个可拓策略,再进入知识库的优度评价模块,选取评价特征和优度评价函数对策略进行评价筛选,并根据优度对策略排序,选取优度较高者,存入可拓策略库,作为提供给决策者的参考策略。

根据上述步骤,可以进一步细化获得解决矛盾问题的可拓策略生成的流程,如图 1 所示。

## 2 可拓策略生成系统框架结构

基于可拓学与 HowNet 的策略生成系统的结构将与已有研究的基于数据库的策略生成系统不同,它的知识库中的知识不只来源于可拓学和所涉及专业特有的领域知识,还可以将 HowNet 作为解决矛盾问题的知识资源和获取可拓知识的来源,主要包括基础信息元库、问题可拓模型库、语义处理模块、矛盾问题库、知识库、可拓变换库、可拓策略库等。其框架结构如图 2 所示。

基础信息元库是实现策略生成的基础,按照“可拓信息-知识-策略形式化体系”的规范构造,存放各种物、事、关系等信息,HowNet 中的很多常识知识也可以用基元表示,因此也存放在该库中。

问题可拓模型库包括原问题的可拓模型和核问题的可拓模型,针对要解决的问题,根据文献[20]中规定的问题可拓模型的建立方法,通过 Agent 智能引导和人机交互,首先建立原问题的可拓模型,然后根据目标和条件的要求,抽象出核问题的可拓模型。文献[32]研究了领域问题可拓模型库的建立方法,并以教育领域的高考志愿填报系统为例,基于 HowNet 的知识库,构建了支持基于分类的可拓策略生成系统,具有一定的语义能力。

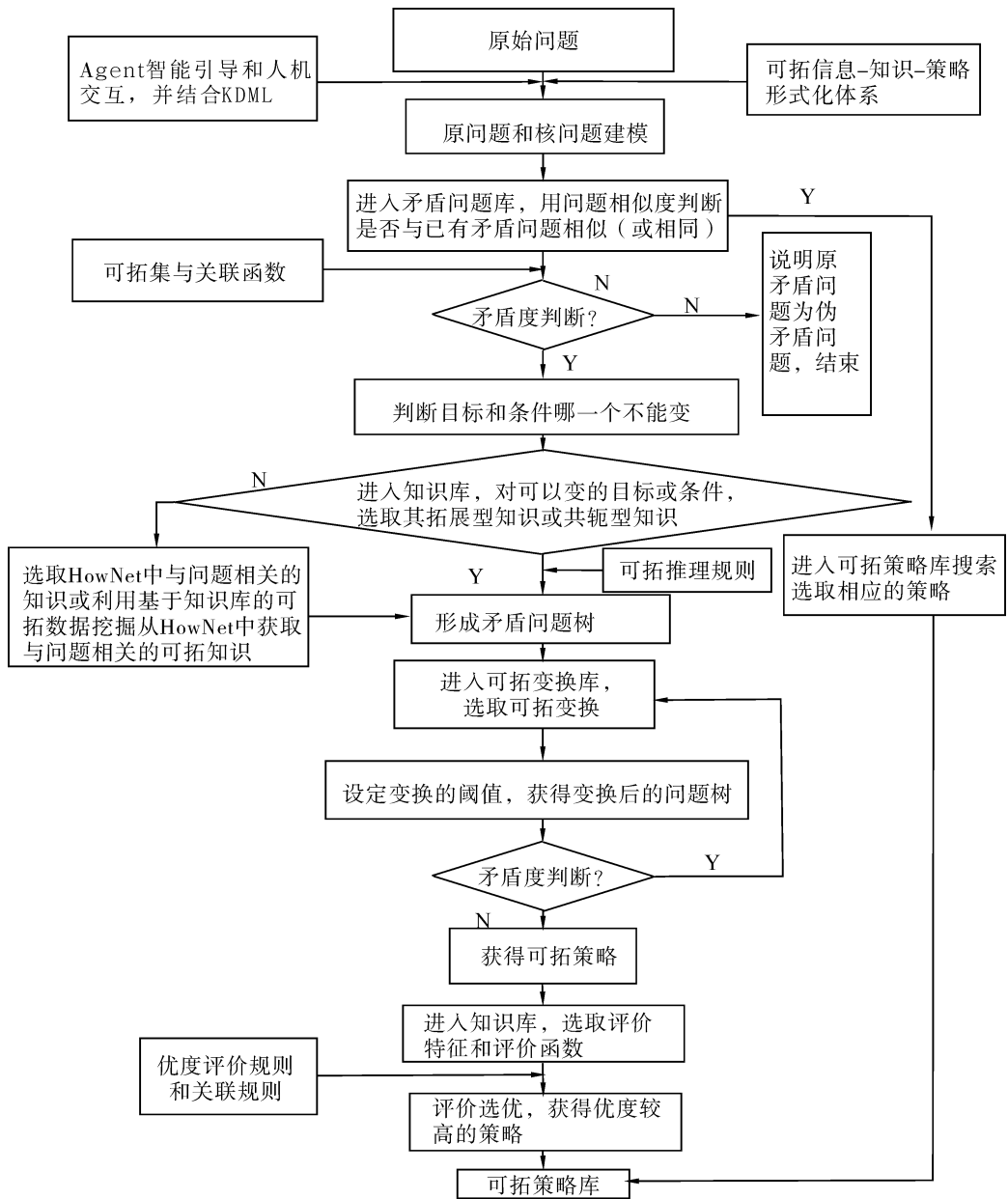


图 1 基于可拓学和 HowNet 的策略生成流程

Fig.1 The flow chart of strategy-generating based on Extenics and HowNet

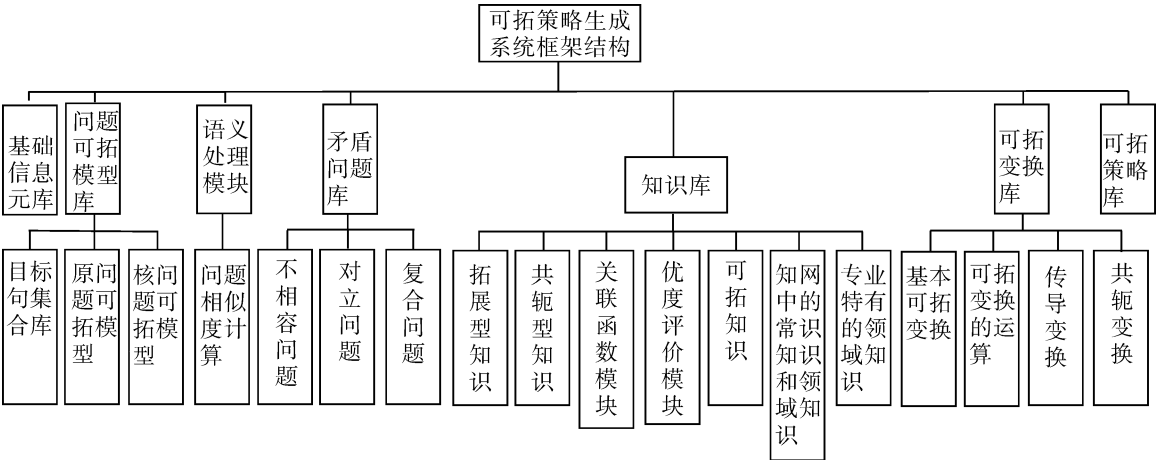


图 2 可拓策略生成系统框架结构图

Fig.2 The frame structure of extension strategy-generating system



矛盾问题库中的问题是经过矛盾度判断为矛盾问题的,包括不相容问题、对立问题或复合矛盾问题。矛盾问题库中的问题,可以通过问题相似度与新的需要解决的问题进行比对,为寻找解决矛盾问题的策略提供便利。

知识库中的知识,是实现策略生成的重要部分。对可拓推理规则、关联函数、优度评价规则和基于数据库的可拓知识,均已在前期研究中解决。在 HowNet 的 KDML2000 版中,通过一些特定的符号来描述义原之间的关系。由于 HowNet 本身就是一个具有语义的通识知识库,可以借助其中义原及其语义关系的表达方式,对基元的结构进行重新构造,利用 KDML 语言和基元、复合元的对应关系,转化为基元、复合元形式及他们的运算式形式,从而作为今后解决矛盾问题的知识基础。HowNet 中的领域知识很少,而要建立的可拓策略生成系统一定是领域型的,因此,对不同的领域,可以根据 KDML 的要求和“可拓信息-知识-策略的形式化体系”重新构建领域知识库。还有一些其他类型的可拓知识,需要利用基于知识库的可拓数据挖掘方法获取。这就为解决矛盾问题提供了多种路径。

可拓变换库中有很多类型的变换,可以根据矛盾问题的目标和条件中产生矛盾的属性(特征)的相应属性值(特征值)的差异,选择变换的类型,且实施变换后马上利用矛盾度函数度量是否是有效变换;还应该根据具体问题预设阈值、相关度、评价特征及其评价函数,以便在可拓变换库中选择变换时,既能保证生成的解决矛盾问题的有效策略足够多,又能避免组合爆炸问题的发生。

可拓策略库中存放各种不同类型矛盾问题的解决策略,当以后再遇到矛盾问题时,可以首先利用文献[33]建立的问题相关度计算方法,与问题库中的已解决的问题进行比对,如果有相似度达到一定阈值的问题,则可直接到可拓策略库查询对应的问题所采取的解决策略,如果可用,则获得解决该矛盾问题的可拓策略,否则,再进行策略生成的全过程。建立该可拓策略库,可提高解决矛盾问题的策略生成的有效性和可靠性。

文献[34]结合面向服务的软件体系结构的优点,设计出一种基于 WebService 的 4 层可拓策略生成系统软件架构,如图 3 所示。

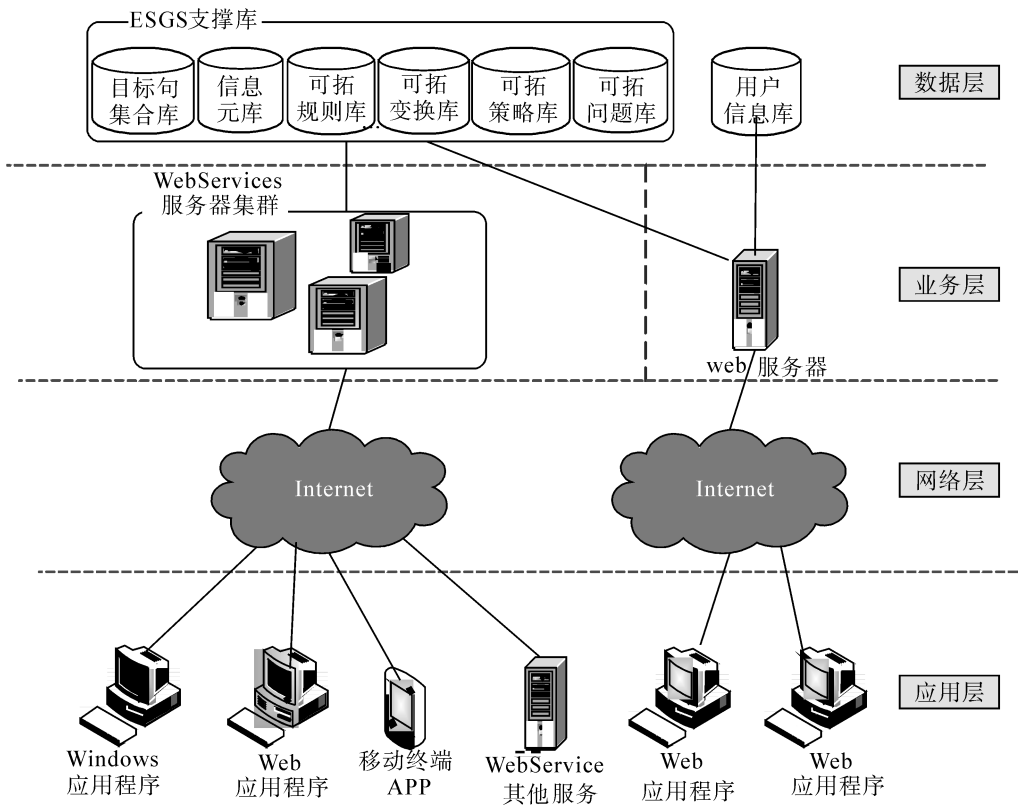


图 3 基于 WebService 的可拓策略生成系统软件架构

Fig.3 The software architecture of extension strategy-generating system based on WebService

基于此软件架构,并结合 HowNet 添加语义处理功能模块,增强了计算机对自然语言表达的矛盾问题的处理能力,从而更准确恰当地建模。该文献还对各模块进行了详细分析,总结出每个模块需要提供的功能,并进行封装,通过网络提供 Web 服务接口,增强了模块的通用性,并以教育领域的毕业生求职问题为例,证明了该架构的可用性,也说明了该可拓策略生成系统的有效性。

文献[35]还以企业提高客户价值需求为案例,研制了结合 HowNet 的可拓策略生成软件,能利用人和计算机各自的优势,为企业提高客户价值提供技术支持。该软件已申请软件著作权。该研究进一步说明了结合 HowNet 的可拓策略生成系统的可靠性和有效性。

### 3 结束语

可拓学研究用形式化定量化的方法去处理矛盾问题,通过 30 年的研究,已经对此有了较系统的认识,形成了可拓论、可拓创新方法、可拓推理及可拓集合和关联函数等定性与定量相结合的工具,并研究了矛盾问题求解的一般理论与方法、可拓信息-知识-策略形式化体系、可拓数据挖掘、可拓策略生成系统的基础理论和基本方法等。通过近年对相关理论与方法的研究,已逐步摸索到进行策略生成系统研究的基本思路,开发了几个解决具体矛盾问题的可拓策略生成系统。目前结合 HowNet 的相关研究成果进行了更深入的研究,增强了可拓策略生成系统解决矛盾问题的能力,改善了知识资源缺乏问题,提高了其问题模型建立的准确性和知识处理能力,可解决前期研究中遇到的难点问题。

本研究的主要特色和创新之处是:1) 基于可拓学和 HowNet 研究解决矛盾问题的策略生成系统,解决了现有研究中由于知识库中的知识资源不足而导致生成的解决矛盾问题的策略不足的问题,同时也扩展了 HowNet 的应用领域,并具有鲜明的我国自主知识产权;2) 采取 Agent 智能引导和人机交互的方式,结合 KDML,建立矛盾问题的可拓模型,能避免由于自然语言理解不足导致的可拓模型建立不恰当的问题;3) 所研究的策略生成系统弥补了 HowNet 或其他知识管理系统无法应用于产生解决矛盾问题的策略的不足。

可拓学和 HowNet 都是中国原创的理论和应用工具,把它们相结合研究策略生成系统,将使这项有别于传统研究思路的基础研究取得重要突破,产生具有完全自主知识产权的成果。这也是为将来能实现矛盾问题的智能化处理作基础性的工作。

### 参考文献:

- [1] 蔡自兴, 徐光祐. 人工智能及其应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 1996.
- [2] FISCHER I. Evolutionary development and learning: two facets of strategy generation[J]. Journal of Artificial Societies and Social Simulation, 2003, 6(1).
- [3] 于劲松, 徐波, 李行善. 基于遗传算法的序贯诊断测试策略生成[J]. 系统仿真学报, 2004, 16(4): 833-836.  
YU Jinsong, XU Bo, LI Xingshan. Generation of test strategy for sequential fault diagnosis based on genetic algorithms [J]. Journal of System Simulation, 2004, 16(4): 833-836.
- [4] CAI Wen. Extension theory and its application[J]. Chinese Science Bulletin, 1999, 44(17): 1538-1548.
- [5] CAI Wen, YANG Chunyan, WANG Guanghua. A new cross discipline—extenics [J]. Science Foundation in China, 2005, 13(1): 55-61.
- [6] 中国人工智能学会. 2009-2010 智能科学与技术学科发展报告[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2010.
- [7] 杨春燕, 李卫华, 李小妹. 矛盾问题智能化处理的理论与方法研究进展[J]. 广东工业大学学报, 2011, 28(1): 86-94, 97.  
YANG Chunyan, LI Weihua, LI Xiaomei. Recent research progress in theories and methods for the intelligent disposal of contradictory problems[J]. Journal of Guangdong University of Technology, 2011, 28(1): 86-94, 97.
- [8] YANG Chunyan, CAI Wen. Extenics: theory, method and application[M]. Beijing: Science Press, 2013: 25-30.
- [9] CAI Wen. Extension set and non-compatible problems [M]//Qian. Advances in Applied Mathematics and Mechanics in China. Beijing: International Academic Publishers, 1990: 1-21.
- [10] 蔡文, 杨春燕, 何斌. 可拓逻辑初步[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [11] 李立希, 杨春燕, 李铎汶. 可拓策略生成系统[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [12] 于跃. 图像识别可拓策略生成系统的研究[D]. 济南: 山东大学, 2013.  
YU Yue. Research on image recognition of extension strate-

- gy generating system[D]. Jinan, China: Shandong University, 2013.
- [13] 黄海鸥. 可拓策略生成系统算法研究及其在企业管理中的应用[D]. 长春: 长春理工大学, 2009.
- HUANG Hai'ou. Algorithm research for ESGS and its application in business management[D]. Changchun, China: Changchun University of Science and Technology, 2009.
- [14] 陈智斌, 彭平, 陈宇亮. 基于可拓策略生成技术的商品搜索服务改进研究[J]. 数学的实践与认识, 2009, 39(4): 160-167.
- CHEN Zhibin, PENG Ping, CHEN Yuliang. Research on improvement of product search service base on extension strategy generating technique[J]. Mathematics in Practice and Theory, 2009, 39(4): 160-167.
- [15] 陈军伟. 基于知识的智能鞋品概念设计策略生成系统[D]. 青岛: 青岛大学, 2009.
- CHEN Junwei. An intelligent footwear CACD system based on knowledge[D]. Qingdao, China: Qingdao University, 2009.
- [16] 方耀楣, 李俭, 崔霁. 基于可拓方法的都市拆迁的策略生成[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2006, 38(7): 1179-1183.
- FANG Yaomei, LI Jian, CUI Ji. Strategy formation for urban house pulling down and migration using extension methods[J]. Journal of Harbin Institute of Technology, 2006, 38(7): 1179-1183.
- [17] 李卫华, 杨春燕. Agent 识别矛盾问题核问题的方案研究[J]. 计算机工程与科学, 2010, 32(8): 127-129, 137.
- LI Weihua, YANG Chunyan. The scheme research for identifying the kernel problem of the contradiction problems with agents[J]. Computer Engineering & Science, 2010, 32(8): 127-129, 137.
- [18] 李卫华, 傅晓东. 智能 Agent 的可拓策略生成机制[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2006, 38(7): 1150-1152.
- LI Weihua, FU Xiaodong. Extension strategy generation mechanism of intelligent Agent[J]. Journal of Harbin Institute of Technology, 2006, 38(7): 1150-1152.
- [19] 杨春燕, 蔡文. 可拓工程[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [20] 杨春燕, 蔡文. 可拓学[M]. 北京: 科学出版社, 2014.
- [21] 赵燕伟, 占胜, 赵福贵, 等. 基于可拓实例推理的产品族配置系统. 软件著作权号: 2010SR011081[Z].
- ZHAO Yanwei, ZHAN Sheng, ZHAO Fugui, et al. Reasoned product configuration design system based on extension examples. Copyright registration No.: 2010SR011081[Z].
- [22] 杨国为, 王钰, 陈军伟. 基于层次化矛盾求解的鞋品创新设计策略生成系统. 软件著作权号: 2009SR01561[Z].
- YANG Guowei, WANG Yu, CHEN Junwei. Innovative shoes design strategy generation system based on hierarchical conflict resolution. Copyright registration no.: 2009SR01561[Z].
- [23] 李卫华, 方卓君, 杨春燕. 自助游可拓策略生成系统软件 V1.0. 软件著作权号: 2011SR063980[Z].
- LI Weihua, FANG Zhuojun, YANG Chunyan. DIY tour extension strategy generation system software V1.0. Copyright registration no.: 2011SR063980[Z].
- [24] 李兴森, 朱正祥. 可拓策略辅助生成系统. 软件著作权号: 2010SR006257[Z].
- LI Xingsen, Zhu Zhengxiang. Extension strategy aided generation system. Copyright registration no.: 2010SR006257[Z].
- [25] 杨春燕, 蔡文. 可拓信息-知识-智能形式化体系研究[J]. 智能系统学报, 2007, 2(3): 8-11.
- YANG Chunyan, CAI Wen. A formalized system of extension information-knowledge-intelligence[J]. CAAI Transactions on Intelligent Systems, 2007, 2(3): 8-11.
- [26] 蔡文, 杨春燕, 陈文伟, 等. 可拓集与可拓数据挖掘[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [27] 杨春燕, 李小妹, 陈文伟, 等. 可拓数据挖掘方法及其计算机实现[M]. 广州: 广东高等教育出版社, 2010.
- [28] 董振东, 董强, 郝长伶. 知网的理论发现[J]. 中文信息学报, 2007, 21(4): 3-9.
- DONG Zhendong, DONG Qiang, HAO Changling. Theoretical findings of HowNet[J]. Journal of Chinese Information Processing, 2007, 21(4): 3-9.
- [29] 董振东. 语义关系的表达和知识系统的建造[J]. 语言文字应用, 1998, (3): 76-82.
- DONG Zhendong. Expression of Semantic relationship and establishment of knowledge system[J]. Applied Linguistics, 1998, (3): 76-82.
- [30] 赵应秋, 罗军, 张君艳. 基于知网的词语语义相关度计算[J]. 信息技术, 2010, (3): 90-93.
- ZHAO Yingqiu, LUO Jun, ZHANG Junyan. Word semantic relevancy computation based on HowNet[J]. Information Technology, 2010, (3): 90-93.
- [31] 杨春燕, 蔡文. 可拓学与矛盾问题智能化处理[J]. 科技导报, 2014, 32(36): 15-20.

YANG Chunyan, CAI Wen. Extenics and intelligent processing of contradictory problems[J]. Science & Technology Review, 2014, 32(36): 15-20.

[32] 陶星. 基于知网的领域可拓基础库的研究与实现[D]. 广州: 广东工业大学, 2015.

TAO xing. Research and implementation of extension domain base on HowNet[D]. Guangzhou, China: Guangdong University of Technology, 2015.

[33] 曹礼园, 李卫华. 基于基元和知网的问题相关度计算[J]. 智能系统学报, 2015, 10(2): 234-239.

CAO Liyuan, LI Weihua. Calculation of correlation problem based on basic element and HowNet[J]. CAAI Transactions on Intelligent Systems, 2015, 10(2): 234-239.

[34] 汪中飞. 结合知网的 ESGS 软件架构的研究与实现[D]. 广州: 广东工业大学, 2015.

WANG Zhongfei. Research and implementation of software architecture of ESGS based on HowNet[D]. Guangzhou, China: Guangdong University of Technology, 2015.

[35] 李卫华, 杨春燕. 结合 HowNet 的可拓策略生成软件研制[J]. 科技导报, 2014, 32(36): 32-36.

LI Weihua, YANG Chunyan. Develop an extension strategy generating software system combined with HowNet[J]. Science & Technology Review, 2014, 32(36): 32-36.

作者简介:



杨春燕,女,1964 年生,研究员。主要研究方向为可拓论和可拓创新方法及其在人工智能、管理决策、信息与知识管理等领域中的应用研究工作。主持 3 项国家自然科学基金项目、3 项

广东省自然科学基金项目和 1 项广东省科技计划项目。获广东省科学技术奖二等奖 1 项、三等奖 2 项,获中国人工智能学会首届“吴文俊人工智能科学技术奖创新奖”一等奖 1 项。发表学术论文 90 余篇,出版专著 9 部。



李卫华,女,1957 年生,教授,硕士生导师,主要研究方向为智能软件、面向 Agent 计算、网络信息系统、可拓策略生成系统等,发表学术论文 40 余篇。



汤龙,男,1985 年生,讲师,广东工业大学可拓学与创新方法研究所,中国人工智能学会可拓学专业委员会青年部副部长。主要研究方向为可拓策略生成与可拓数据挖掘,目前主持国家自

然科学基金 1 项,广东省教育厅项目 1 项,在 SCI、EI 以及国内核心期刊共发表论文 6 篇。