

# 海洋环境下武器效能评估系统的知识库构建

张维琴, 严洪森, 刘乔乔

(东南大学 复杂工程系统测量与控制教育部重点实验室, 江苏 南京 210096;

东南大学 自动化学院, 江苏 南京 210096)

**摘要:**为了解决海洋环境下武器装备效能的评估问题,利用成熟的关系数据库技术提出了一种通用的知识表示方法,构建出海洋环境对武器效能影响评估系统的知识库。首先介绍了知识的两类来源,分析了效能评估知识的特点,表明传统的知识表示方法难以满足该评估系统的计算要求。然后详细地阐述了将规则、函数、算法、模型等统一到一个关系数据库中的通用关系知识表示方法,与一般知识表示进行比较,并根据其特点研究通用关系知识库的知识存储结构以及效能评估系统的推理机。最后给出基于框架知识知识表示和推理实例。一个完善的通用关系知识库的构建将有助于解决海洋环境下武器装备效能的定量评估问题,为决策提供参考。

**关键词:**海洋环境;效能评估;知识库;关系数据库;通用关系知识表示

**中图分类号:**TP391

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2012)03-0059-05

## Foundation of Knowledge Base for Weapon Efficiency Evaluation System Under Marine Environment

ZHANG Wei-qin, YAN Hong-sen, LIU Qiao-qiao

(Ministry of Education Key Laboratory of Measurement and Control of CSE,

Southeast University, Nanjing 210096, China;

School of Automation, Southeast University, Nanjing 210096, China)

**Abstract:** Aiming at the problem of efficiency evaluation for weapon equipment under marine environment and using the mature technology of relational database, a universal knowledge representation method is proposed, and the knowledge base for the evaluation system is designed. First, two kinds of the sources of knowledge are introduced, and the characteristics of the efficiency evaluation knowledge are analyzed which shows that traditional knowledge representations are hard to satisfy the computing requirements of this efficiency evaluation system. Secondly, the universal relational knowledge representation, which unifies the rules, functions, algorithms, models, etc. into one relational database, is expounded in detail by being compared with normal knowledge representation. According to the characteristics of universal relational knowledge representation, the storage structure of universal relational knowledge base and inference engine of the evaluation system are studied. Finally, an example based on frame knowledge and inference engine is given. A perfect universal relational knowledge base can help to solve the problem of quantitative efficiency evaluation for weapon equipment in marine environment and provide references for decision-making.

**Key words:** marine environment; efficiency evaluation; knowledge base; relational database; universal relational knowledge representation

## 0 引言

随着信息战、电子战等一些现代战术的应用,各种先进电子设备陆续用到了海军武器装备上,这些现代化装备对环境要求比较严格,海洋环境对任一个武器装备效能的影响都会对整个编队的作战效果产生不同程度的制约<sup>[1]</sup>。国内关于评估海洋环境对武器效能影

响方面的研究才刚刚起步,工作较少,方法也比较简单。目前的一些评估分析主要是简单的统计查询或是根据保障经验总结出来的定性描述<sup>[2-5]</sup>,特征阐述模糊,缺乏客观合理的量化指标,无法准确推算和有效评估各种气象水文要素对武器装备效能产生的综合影响,尚未形成有效、权威的评估体系,难以适应信息化条件下高技术战争的保障需要。因此,针对武器效能建立科学、合理、综合的气象水文保障评估系统成为亟待解决的问题。

海洋环境下武器效能评估系统是一个庞大复杂的信息化系统,从结构上看,至少包括数据库、模型库、方

收稿日期:2011-07-30;修回日期:2011-11-01

基金项目:国家自然科学基金资助项目(50875046,60934008)

作者简介:张维琴(1986-),女,江苏如东人,硕士研究生,研究方向为计算机集成制造;严洪森,教授,博士生导师,研究方向为生产计划与调度、知识化制造、并行工程等。

法库和知识库子系统。其中,知识库承担着存储管理知识和组织调用各种模型、方法及数据的责任,是系统的核心部分,决定着整个系统的成败<sup>[6]</sup>。

## 1 知识分析

海洋环境下武器效能评估系统的知识从逻辑上可分为事实和规则两类:事实是常识性信息,以及通过领域专家分析和实践经验得出的结论性信息,是知识推理过程中的基本源,一方面可以被用于获得更新、更深层次的知识,另一方面也可以直接被用户查询;规则是判别和推理的依据,实际应用时需推理机的帮助下完成实际结论的获取。图 1 为海洋环境对武器效能影响评估系统知识的来源及分类。

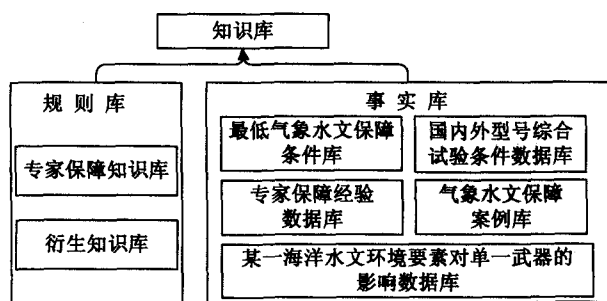


图 1 海洋环境对武器效能影响评估系统的知识来源分类

武器效能评估系统涉及的对象较多,知识构成和功能实现要求复杂<sup>[7]</sup>,给知识库构建和推理机提出了难题,主要表现在以下三方面:

第一,海洋环境气象水文要素数量多,一个武器又总是受多个环境要素影响,要素之间“与”、“或”关系复杂。

第二,事实案例少,试验数据匮乏,大部分武器装备的试验数据匮乏。

第三,要求准确推算和有效评估海洋环境对武器装备效能的影响,不仅需要定性定量地分析影响因子,而且需要使用特定的模型算法求解<sup>[8]</sup>。

## 2 知识库构建

针对武器效能评估系统知识的复杂性特点,文中利用关系数据库的成熟管理技术,提出一种通用关系知识表示方法,在数据库中引入现有的人工智能技术,建立知识数据库,扩大数据库的功能,使其不但具有传统数据库的功能,还具有某些人工智能的能力,实现数据库演绎、推理和智能化<sup>[8]</sup>。

### 2.1 通用关系知识表示的概念

本设计将产生式规则和框架知识表示成关系数据,可方便地对知识库中各类知识进行增加、删除、修改等操作管理。其中,产生式规则是面向前件和后件

中具有‘与’、‘或’、‘非’混合运算的复杂知识表示方法,而框架是面向其前件和后件中具有全‘与’、‘非’运算,或全‘或’、‘非’运算的相对简单的知识表示方法。两者均既可以调用其它规则或框架,又可以调用函数、程序、算法和模型,进行变量和常量的逻辑运算,将产生式规则(框架)、变量、常量、函数、程序、算法、模型和数据统一到一个关系数据库中,从而实现了彼此有机和无缝集成,并兼具软件的灵活性和免编译。

与传统人工智能语言 Prolog 相比,这种知识表示方法利用了关系数据库的强大数据处理与管理能力,易于与 C++、.NET 等主流编程语言和平台集成,便于软件开发,且能够表达 Prolog 所能表示的任意复杂的规则,具有 Prolog 便于添加、更新和删除规则而程序免编译的灵活性,但克服了 Prolog 繁琐的谓词演算,难于与其他语言和关系数据库兼容,难于调用程序、算法和模型等缺点<sup>[9]</sup>。

与现有的基于关系数据库的普通知识表示方法相比,后者只能表示单一逻辑‘与’运算,遇到‘或’逻辑,必须利用等价关系转化成‘与’逻辑,增加了知识逻辑转换的额外负担。在规则存储中,往往是将规则的前件和后件分开存储在不同表中<sup>[9]</sup>,浪费存储空间,更不能直接调用程序、算法和模型,因此只能表示与处理非常简单的诊断、咨询类问题<sup>[10-13]</sup>,对于复杂知识的表示处理受到限制。

由此可见,本设计中基于关系数据的规则和框架知识表示是一种新的通用知识表示方法,统称为通用关系知识表示,相应的知识库称为通用关系知识库,相应的规则称为通用关系规则,简称关系规则,相应的框架称为通用关系框架,简称关系框架。

●通用关系知识表示方法表示关系规则和关系框架有以下共同点:

①关系规则和关系框架都采用树型结构表示知识,对于同一父节点,都遵循其所有子节点间要么同为‘与’,要么同为‘或’的原则;

②需要把知识转变成 IF→THEN 的形式并按照关系基表的格式存入知识库;

③每条产生式规则/框架只定义了前提满足后应完成的子任务,若干相关规则/框架的集合定义了整个问题的求解任务,而任务的具体执行由推理机完成实现求解;

④推理过程均是从根规则/框架结果部分开始逆向遍历所有其子规则/框架,然后从所遍历的最后一条子规则/框架开始正向按照与逆向遍历相反的次序依次执行所有子规则/框架直至其根规则/框架结果部分,因此,需要设置堆栈用以存放这些被遍历的所有规则/框架 ID;

⑤根据问题求解任务的需要,在知识库可随时添加、更新和删除产生式规则/框架,而推理机始终不变,也不需要重新编译程序。

●通用关系知识表示方法表示关系规则和关系框架的区别在于:

①对于关系框架,遇到前提和结果中具有‘与’、‘或’、‘非’混合运算,则需将混合运算转换成多个全‘与’、‘非’运算或者全‘或’、‘非’运算的框架,所以对于同样的求解任务,关系框架数量要远多于关系规则数量。

②关系规则的‘与’、‘或’、‘非’混合逻辑运算,通过父子节点嵌套实现,所以一条关系规则的运算速度比一个关系框架的运算速度慢。

由以上介绍可知,通用关系知识表示可方便地表示任意逻辑运算,由于篇幅限制,文中只介绍基于关系框架的通用关系知识表示。

2.2 基于关系框架的知识存储结构

海洋环境下武器效能评估系统的知识以关系数据表的形式存储,数据表的设计是否合理决定了知识库的有效性。对于关系框架知识,根据规范化设计原则,在满足3个范式的基础上设计了5张表,5张表之间的关系属于一对多关系(见图2)。其中,关系框架库是知识存储的核心部分。

下面引入一个小示例,将产生式规则 $A+B \rightarrow \bar{C}$ 存储在关系框架库表中,介绍存储方法。 $A+B \rightarrow \bar{C}$ 的存储结构如表1,具体说明如下:

(1)“前件(Pre)”项用来区分记录属于相应框架知

识的前件部分还是后件部分,“Yes”表示记录为前件,“No”表示记录为后件,表1中A和 $\bar{B}$ 是前件,相应“Pre”值为“Yes”,这样就将框架知识的前件和后件存储在同一张表中。

(2)“子前件/后件之间的操作符(SCO)”项是用来标识子前件或者子后件之间的逻辑运算符“AND”或者“OR”,默认值为“AND”。其中,由“前提(Pre)”项决定(SCO)表示的是子前件间还是子后件间的关系。

(3)“子前件/后件 NOT 操作(NSC)”和“变量的NOT 操作符(NV1/2)”用来表示‘非’操作。表1中,子前件A和 $\bar{B}$ 相‘或’后取‘非’操作,则相应“NSC”的值取为1;前件A没有取‘非’,前件B取‘非’操作,则相应的“NV1”的值取为0,“NV2”的值取为1。

(4)“VO”项是用来表示两变量之间的操作,包括算术操作符(“+”,“-”等)、关系操作符(“<”,“>”等)和逻辑操作符(“AND”,“OR”等)。表1中,A和 $\bar{B}$ 之间为或操作,因此“VO”取值为“OR”。

(5)路径“VR1/2”非空,则路径表示所调用函数/程序的路径,相应变量名“VN1/2”为函数/程序名,相应变量值“VV1/2”和类型“VT1/2”为其函数/程序的返回值及其类型,其中“VT1/2”中存储的“Char”或“Num”分别表示返回值是字符或数字。示例中没有调用函数/程序,则路径置空且“VT1/2”中存储的“Char”或“Num”分别表示“VV1/2”是字符或数字。

由示例可看出,关系框架库表不仅能方便地表示‘与’、‘或’和‘非’操作,而且能调用函数、程序和模型,可以满足实现海洋环境对武器效能影响评估系统

表1 示例存储结构表

FID	FNo	Pre	SCO	NSC	NV1	NV2	VO	VN1	VT1	VV1	VR1	VN2	VT2	VV2	VR2
1	F9	Yes	AND	1	0	1	OR	A	Char	x		B	Char	y	
2	F9	No	AND	1				C	Char	z					

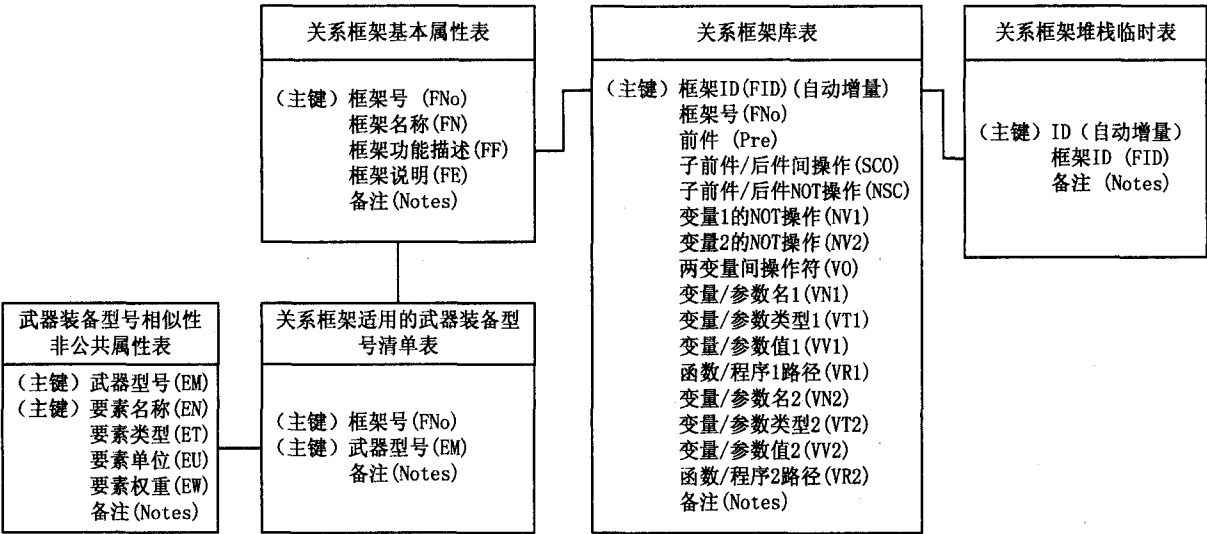


图2 存储表及表之间的关系

中效能计算的要求。

### 2.3 推理机

关于海洋气象水文变化对武器装备影响的实际数据极度匮乏,为了得到相关武器的效能数据,选择采用模糊推理机,主要由案例匹配器、模糊衍生推理器、结论保存部件、驱动解释部件组成<sup>[14]</sup>。

在武器型号和环境要素的事实输入消息的驱动下,案例匹配器对比已有的事实案例,若在五个基本事实库中已存在,则推理获取效能数据,否则运行模糊推理器。模糊衍生推理器根据武器的要素及权重,在事实库中检索给定相似度(由用户输入,可交互调整)下的样本数据,然后根据衍生推理知识,调用相关的通用模型算法,分别对每个通用模型进行训练,从中选择一个对该样本数据拟合最好的通用模型作为被评估武器的衍生专用条件模型,将结果传送到数据库中保存给解释器,并通过黑板机制向用户反馈推理过程。

## 3 实例分析

采用 Oracle 10g 数据库和 C#面向对象语言,以一个简单的地理海洋环境数据示例,基于五个基本事实知识库之一的专家武器装备保障经验数据库,说明存储推理过程。其中,效能是评估武器装备在综合环境要素下的发挥状况,其取值范围为 0~1:1 为最适宜装备工作状态,0 为装备无法工作状态<sup>[3]</sup>。

### 3.1 知识表示

专家武器装备保障经验库中存有框架知识 F10:对于某普通深水炸弹 A,海流小于 1m/s,且海浪浪高小于 3m,且水深小于 1500m<sup>[8]</sup>,其发挥效能一般为 0.856。限于篇幅只列出在数据库中的部分存储表,见

表 2 和表 3(参考图 2)。

表 2 专家保障经验关系框架适用的武器装备型号清单表

FN0	EM	Notes
F10	深水炸弹 A	对于深水炸弹 A,海流小于 1m/s,海浪小于 3m,水深小于 1500m,其发挥效能一般为 0.856

### 3.2 推理过程

系统在武器型号和环境要素的事实输入消息的驱动下,使用专家武器装备保障经验关系框架库和系统内存中的信息进行匹配推理获得效能值<sup>[15]</sup>,其推理机制的实现过程如图 3 所示:

第 1 步,系统向用户询问武器的型号,当获得回答“武器型号=深水炸弹 A”,输入到工作内存中;

第 2 步,系统根据武器型号读取数据库中的“气象水文对武器装备型号影响的要素表”,获取主要影响该武器效能的气象水文要素;

第 3 步,影响该武器的气象水文要素为:海流、海浪、水深,将其输入到工作内存中;

第 4 步,系统向用户询问海流、海浪、水深,获得回答“海流=0.4m/s,海浪=1m,水深 800m”,输入到工作内存中;

第 5 步,系统查找“专家保障经验关系框架适用的武器装备型号清单表”,获取该深水炸弹 A 的相应关系框架知识;

第 6 步,将深水炸弹 A 的相应关系框架 F10 输入到工作内存中;

第 7 步,将工作内存中的信息与 F10 的前提逐个匹配;

第 8 步,三个前提全部匹配成功,输出结论,即效能值 0.856。

表 3 专家保障经验关系框架库表

FID	FN0	Pre	SCO	NSC	NV1	NV2	VO	VN1	VT1	VV1	VR1	VN2	VT2	VV2	VR2	Notes
1	F10	Yes	AND	0	0	0	<	Null	Char	海流	Null	Null	Num	1	Null	海流<1m/s
2	F10	Yes	AND	0	0	0	<	Null	Char	海浪	Null	Null	Num	3	Null	海浪<3m
3	F10	Yes	AND	0	0	0	<	Null	Char	水深	Null	Null	Num	1500	Null	水深<1500m
4	F10	No	AND	0	0	0	=	Null	Char	效能	Null	Null	Num	0.856	Null	效能=0.856

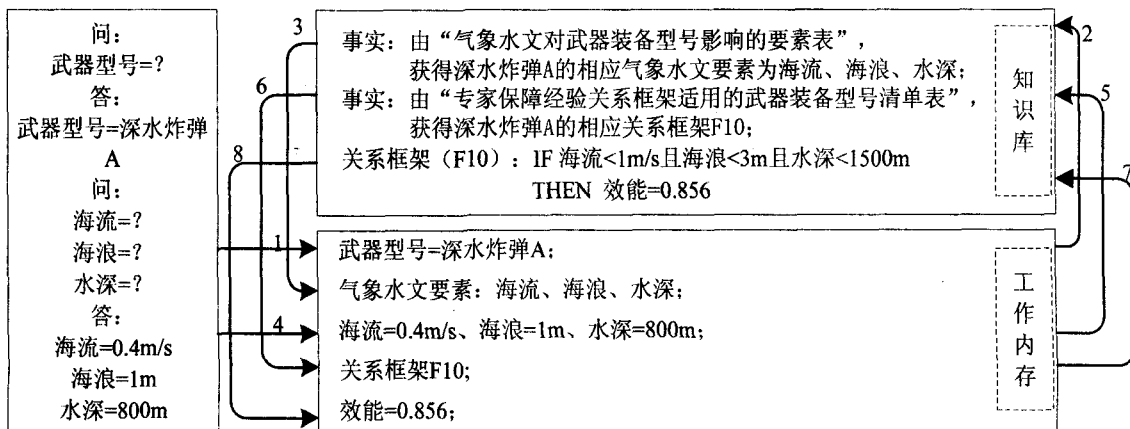


图 3 推理机制实现过程

## 4 结束语

1)通过分析海洋环境下武器效能评估问题的研究意义和现状,表明建立科学、合理的武器效能评估系统的重要性。

2)根据海洋环境下武器效能评估系统知识库的知识来源,分析知识的复杂性特点,对知识表示提出新要求。

3)针对海洋环境下武器效能评估系统知识的特性,借助关系数据库的成熟管理技术,提出通用关系知识表示方法,将规则(框架)、变量、常量、函数、算法、模型和数据统一到一个关系数据库中,实现了知识库与数据库的有机统一,很好满足了海洋环境对武器效能影响的定量评估要求。

4)详细介绍了通用关系知识表示方法的特点和存储结构,并给出一个简单实例分析,利用专家武器装备保障经验库知识推理衍生出气象水文对武器效能的定量影响。

5)在海洋环境下武器效能评估系统知识库运用实践中,除了搜集更丰富的知识存储到知识库中,模型库中通用模型的选择、武器相似度的计算也是需要解决的问题,以期获得比较准确的效能评估值。

### 参考文献:

- [1] 许兆新,吴传力,殷志伟. 美国海军海洋环境信息应用系统综述[J]. 舰船电子工程,2005,25(4):25-29.
  - [2] 方书甲. 海洋环境要素纳入战场辅助决策的技术讨论[J]. 舰船科学技术,2008,30(3):23-25.
  - [3] 万自明,廖良才,陈英武. 武器系统效能评定模式研究[J]. 系统工程与电子技术,2000,22(3):1-3.
  - [4] Huang Yanyan. A methodology of simulation and evaluation on the operational effectiveness of weapon equipment[C]//2009 Chinese Control and Decision Conference. Guilin, China: [s. n.],2009:17-19.
  - [5] Li Dong, Li Guolin, Che Dasheng. Research on evaluation method of weapon equipment based on LS-SVM with parameters optimization[C]//The 1st International Conference on Information Science and Engineering (ICISE). Nanjing, China: [s. n.],2009:4082-4085.
  - [6] 金 妍. 车辆导航的智能查询知识库系统研究[D]. 大连: 大连理工大学,2006.
  - [7] 徐 勇,邹振华. 海洋环境对舰载鱼雷效能的影响评估[J]. 舰船电子工程,2009,29(7):177-180.
  - [8] 张 韧,彭 鹏,黄志松,等. 海洋环境影响航母编队反潜效能的三级评估模型[J]. 指挥控制与仿真,2008,30(6):66-69.
  - [9] Roventa E, Rosu G. The diagnosis some kidney diseases in a small prolog expert system[J]. Soft Computing Applications, 2009,9(3):219-224.
  - [10] Cai Heng. Development expert system[J]. Journal of Donghua University (Eng. Ed.),2010,27(3):435-438.
  - [11] Chen Wenbin, Liu Xiaoning, He Changjiu, et al. Knowledge base design for fault diagnosis expert system based on production rule[C]//2009 Asia-Pacific Conference on Information Processing. Shenzhen, China: [s. n.],2009:117-119.
  - [12] Shi Songfang, Song Jiangping. Some problems about the maintenance of the knowledge base in expert system[J]. Journal of Hubei Institute of Education,2006(8):24-25.
  - [13] Drigas A, Kouremenos S, Vrettos S, et al. An expert system for job matching of the unemployed[J]. Expert Systems with Applications,2004,26(2):217-224.
  - [14] Zhang Jianxun, Wang Hongyu, Song Xu. Knowledge expression and reasoning process in an expert system for welding procedure qualification[J]. China Welding,2007,16(4):77-82.
  - [15] 严洪森. 柔性制造系统建模、调度、控制和仿真的研究及应用[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学,1992.
- 
- (上接第58页)
- [3] 罗正军. 数据库技术的发展及趋势[J]. 黄金科学技术, 2000(4):36-39.
  - [4] Petrini M, Pozzebon M. Managing sustainability with the support of business intelligence: integrating socio-environmental indicators and organisational context[J]. The Journal of Strategic Information Systems,2009,18(4):178-191.
  - [5] Elbashir M Z, Collier P A, Davern M J. Measuring the effects of business intelligence systems: the relationship between business process and organizational performance[J]. International Journal of Accounting Information Systems,2008,9(3):135-153.
  - [6] 宋远芳. 基于本体的数据挖掘技术在商务智能中的应用[J]. 计算机技术与发展,2009,19(1):184-185.
  - [7] 宋丽丽,王嵘冰. 商务智能系统的数据体系结构研究[J]. 辽宁大学学报(自然科学版),2009,36(1):55-56.
  - [8] Zhang Xufeng, Sun Weiwei, Wang Wei, et al. Generating Incremental ETL Processes Automatically[C]//Proceedings of the First International Multi-Symposiums on Computer and Computational Sciences (IMSCCS'06). [s. l.]: [s. n.], 2006:516-521.
  - [9] 马 鸣,赵轶超. 实时商务智能的框架及其技术分析[J]. 计算机应用与软件,2009,26(10):130-132.
  - [10] 周 瑾. 支持实时决策的商务智能研究[J]. 中国管理信息化,2009,12(5):60-62.
  - [11] Salchenberger L. A strategy for integrating artificial intelligence technology into a graduate business curriculum[J]. Education and Computing,1989,5(3):189-196.
  - [12] 焦雪勤,刘峰涛. 系统分析视角下的交通运输管理方法选择策略[J]. 制度建设,2008(4):56-57.