

# 基于 Agent 技术的人性化 E-learning 系统研究

解迎刚<sup>1</sup>, 王志良<sup>1</sup>, 永井正武<sup>2</sup>, 乔向杰<sup>1</sup>, 祝长生<sup>1</sup>, 平安<sup>1</sup>

(1. 北京科技大学信息工程学院, 北京 100083; 2. 日本帝京大学科学工程学院情报学科)

**摘 要:** 设计了以 Agent 技术为核心的人性化的 E-learning 系统。以 Agent 技术和人工心理理论为基础, 构建了 ISM 多层次结构化 Learning-Map, 在此基础上实现个性化的 Learning-Map。在人性化研究方面, 运用基于图像处理的人脸检测、表情识别技术实现情感的认知, 并构建情感认知模型, 通过智能 Agent 助手对认知的情感进行智能处理。

**关键词:** E-learning 系统; Agent 技术; 人工心理; 情感计算

## Research on Humanization E-learning System Based on Agent Technology

XIE Yinggang<sup>1</sup>, WANG Zhiliang<sup>1</sup>, Masatake Nagai<sup>2</sup>, QIAO Xiangjie<sup>1</sup>, ZHU Changsheng<sup>1</sup>, PING An<sup>1</sup>

(1. School of Information Engineering, University of Science & Technology, Beijing 100083;

2. Department of Information Sciences, School of Science and Engineering, Teikyo University, Japan)

**【Abstract】** This paper presents a humanization E-learning system, which uses agent as the core. Based on such theories as agent and artificial psychology, an individualized learning-map with ISM (interpretive structural model) multi-levels structure is constructed. In humanization research, it is likely to build up an emotion cognition model on the basis of facial detection and expression recognition. It can cope with the emotion and cognition of the student by an assistant agent.

**【Key words】** E-learning system; Agent technique; Artificial psychology; Affective computing

### 1 概述

随着计算机技术的迅速发展和网络的普及, 电子教室教学、远程教学、多媒体教学等利用现代化技术的教育形式越来越受到人们的关注。电子教育系统在国外经过多年的发展已经得到广泛的应用。美国 2000 年教育技术高层论坛提出了“Digital learning”即“数字化学习”的计划。德国人工智能研究中心 DFKI(German Research Center for Artificial Intelligence)专门成立了一个研究开发 E-learning 系统的中心。E-Learning 是指通过因特网或其它数字化内容进行学习与教学的活动, 它充分利用现代信息技术所提供的、具有全新沟通机制与丰富资源的学习环境, 实现一种全新的学习方式; 这种学习方式将改变传统教学中教师的作用和师生之间的关系, 从而根本改变教学结构和教育本质<sup>[2]</sup>。

我们国家也极大地关注于远程教育的发展, 并且实施了“现代远程教育工程”, 现在国内各类网络化教育系统、远程教育系统不断问世。但是当前的各类远程教育系统缺乏教师与学生的情感互动, 教师无法及时了解学生的反应, 无法针对学生的学习情况实施因材施教的个性化教学方案。而脑科学的研究成果表明情感在人类学习中起着十分重要的作用<sup>[1]</sup>。因此情绪对学习有很大的影响。当前电子教育系统已经进入了个性化人性化发展时代, 要求我们的教育系统实现人性化交互教学, 个性化因材施教, 同时针对学习者的学习兴趣、学习情绪的不同, 进行智能化调整。针对此类问题, 本文结合 Learning-Map 构建方法以及人工心理理论设计了一个基于 Agent 的 E-Learning 结构, 以个性化教学和情感交互为核心, 实现学习的个性化和协同化, 体现和谐人机交互理念

的人性化的 E-learning 系统。

### 2 系统介绍

本系统是以 Agent 技术和人工心理理论为基础, 在个性化教学方面, 系统构建 ISM 结构化 Learning-Map, 并在此基础上设计了个性化 Learning-Map 的实现。本系统的核心是以 ISM 技术和灰色分析方法形成个性化 Learning-Map, 以及基于表情识别的情感建模研究, 并在此基础上建立情感认知模型。系统在实现上采用了 Agent 和 Java 技术, Java 语言不仅适合作为 Agent 的开发语言, 而且具有平台无关和安全性高的特点, 客户端通过运行 Java Applet 来增强客户端的功能, 减轻服务器端负担, 并且这些 Applet 根据客户赋予的权限对客户端内容进行操作, 增加了安全性。此外采用 JSP 技术来组织教学内容, 使得教学的内容和形式相分离, 从而可以为不同认知水平的学习者提供不同的教学内容, 强化了个性化和人性化学习的功能。

系统采用 B/S 系统结构, 利用 mobile Agent 实现消息的

**基金项目:** 北京市“现代信息科学与网络技术”重点实验室开放基金资助项目“多模人机交互技术中的情感计算方法研究”(TDXX0503); 北京科技大学基金资助重点项目“NBIC 会聚技术研究”; 国家自然科学基金资助项目“基于状态空间描述的人工情绪理论和方法研究”(60573059)

**作者简介:** 解迎刚(1978 -), 男, 博士生, 主研方向: 普适计算, Agent 系统应用与研究, E-learning 系统, 人工心理, 情感计算; 王志良、永井正武, 教授、博导; 乔向杰、祝长生、平安, 博士生

**收稿日期:** 2006-03-21 **E-mail:** yinggangxie@163.com

传递。分布在网络空间中的 Agents 包括：学生 Agent，教师 Agent(由管理 Agent 派生)，个性化 Learning-Map Agent，白板 Agent，通信 Agent，情感分析 Agent，教学 Agent、中介 Agent 以及智能助手 Agent 等，这些 Agent 实体由管理 Agent 动态维护。系统框图如图 1 所示。

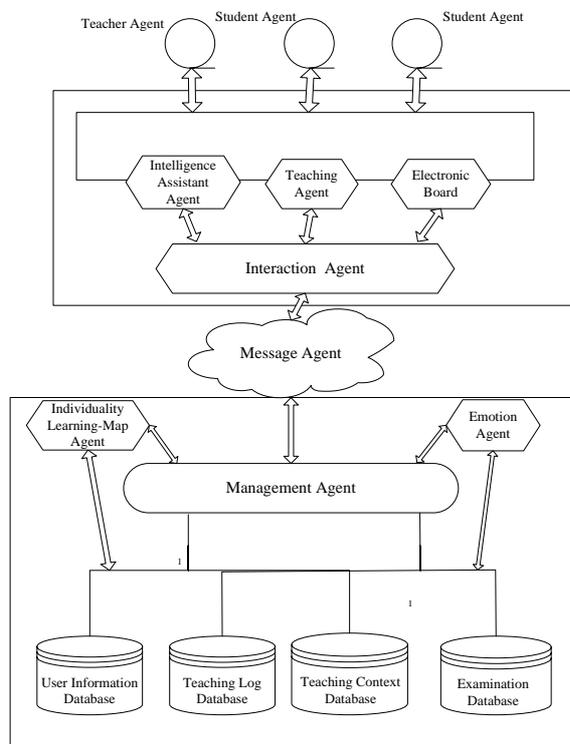


图 1 系统框图

在系统中通过个性化 Learning-Map Agent 实时跟踪学习者的学习过程，记录其兴趣、爱好等个性特征，适时地调整对学习采用者的教学策略，形成个性化的 Learning-Map，从而实现个性化的因材施教。同时通过情感分析 Agent 跟踪学习者学习中的表现、学习中情感状态的变化，记录其学习状态、情绪变化等特征，并进行智能化处理或提交老师处理，使教学者调整其教学策略和内容，从而形成人性化教学。

### 3 系统核心功能模块设计

#### 3.1 个性化 Learning-Map Agent 设计

个性化 Learning-Map 的构建是本系统研究的重点。下面主要根据构造化研究成果，通过对教材要素的分析，建立起科学的 Learning-Map，并根据对学生已有基础的分析、学习兴趣的分析、学习习惯的分析帮助学生建立起自己的个性化知识体系。

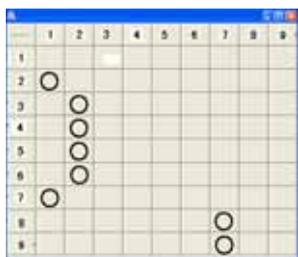


图 2 教学要素关联表

下面对个性化 Learning-Map 的构建进行详细说明。先根据学习内容提取学习要素，将全部学习要素逐一相互比较，看其间是否有前后关联性，如有则标记，无则不标记。如在

本例子中仅以 Agent 课程总体结构为例，进行简单说明。Agent 课程总体结构可以划分为 9 个要素，我们记为要素  $i(i=1, 2, \dots, 9)$ 。其中要素 3、要素 4、要素 5、要素 6 作为 2 的内容，同要素 2 具有前后关联性，则将它们交集关联起来。最后完成全部要素关联表，如图 2 所示。

在系统中，将图 2 的要素关联表使用关系行列式表示，如图 3 所示。

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Mobile Agent	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2. Agent definition	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3. Agent characteristic	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4. Aglet system	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5. Aglet introduction	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6. Aglet method	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
7. Agent application	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8. Hello Agent	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
9. Learning map	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00

图 3 关联行列式

将图 3 的关系行列式转化为数学表现形式，即具有二值矩阵(binary matrix)性质的关联矩阵(adjacent matrix)，在这里用符号 A 来表示，以便于数学运算。

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

将关联矩阵 A 加上单位矩阵 I，变为含有自己因果关系的矩阵，用 B 来表示，然后通过计算将 B 转化为可达矩阵，以 T 表示：

$$B = (A + I) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$B \neq B^2 \neq \dots B^{n-1} = B^n = T$$

$$T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

最后将可达矩阵转化为 ISM 教材结构化分析图，形成 Learning-Map，见图 4。

该模块的核心内容为分析教材要素，形成 Learning-Map，帮助学习者了解全面的知识结构，学习初始阶段对学生已有基础进行分析，在学习过程中形成单章节知识点的 Learning-Map，并在教学中跟踪学习者的学习过程，记录其

兴趣、爱好等个性特征。根据对学生已有基础的分析、学习兴趣的分析、学习习惯的分析，从而形成个性化的 Learning-Map，帮助学生建立起自己的个性化知识体系，并可在教学中适时地调整对学习采用的教学策略，帮助学习者提高学习效率，减少学习时间。

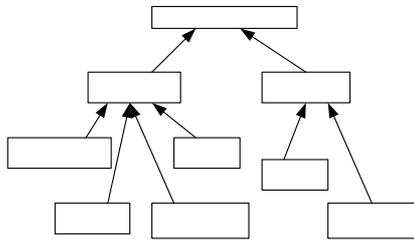


图 4 形成的 Learning-Map 图

为进一步说明个性化 Learning-Map 和教学策略，这里仅通过对学生已有基础的分析，进而形成不同 Learning-Map 和教学策略的情况举例说明。例如，我们现在的教学内容为 Java 编程语言，众所周知，程序语言有很多相通性，且 C 语言和 Java 语言的相通之处更多。根据学生不同的程序基础对其指定不同的学习内容和教学策略。

设有 5 个同学(ABCDE)，基础各不相同，见表 1。

表 1 不同学生学习基础的分析

learner	Programme knowledge	Programme experience	Teaching strategy	Hour
A	null	null	Overall knowledge, overall programme	56
B	Visual Basic	little	most knowledge, most programme	44
C	C++	little	Section knowledge, Section programme	28
D	C programme	null	Similarities and differences in Knowledge, overall programme	36
E	C++	much	Similarities and differences in Knowledge and programme	12

这 5 类情况在各个知识点所需要学时不同，如表 2 所示(该知识点的划分参照《Teach yourself Java in 21 days, professional reference edition》，并由新东方 Java 编程语言讲师石志国指导)。

表 2 针对学习者不同的基础实施不同的教学方案

程序 设计 概念	变量 对象	处理 逻辑 循环	列表, 类 方法	重载 多态	异常 处理	接口	Swing 编程	通多线 信程	程序 设计 1	程序 设计 2	程序 设计 3
A	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
B	2	4	2	4	4	4	4	2	4	2	4
C	1	1		2	2	4	2	2	4		2
D	2	2	1	1	2	4	2	2	4	4	4
E	1			1	2	1	2	3			2

根据以上对知识点的解析，可以形成如图 5 所示的不同 Learning-Map(限于篇幅原因仅列出 A 和 C 形成的 Learning-Map)。

在图 5 中，仅对整个教学内容的总体结构框架形成了不同的 Learning-Map，在实际系统中，对各个知识点每个人得到的 Learning-Map 也不是完全相同的，这样综合多种个性化分析手段，建立起了学生自己的个性化知识体系。帮助学生建立起自己的个性化知识体系，并在教学中适时地调整对学习采用的教学策略，从而帮助学习者提高学习效率，实现个性化的因材施教。

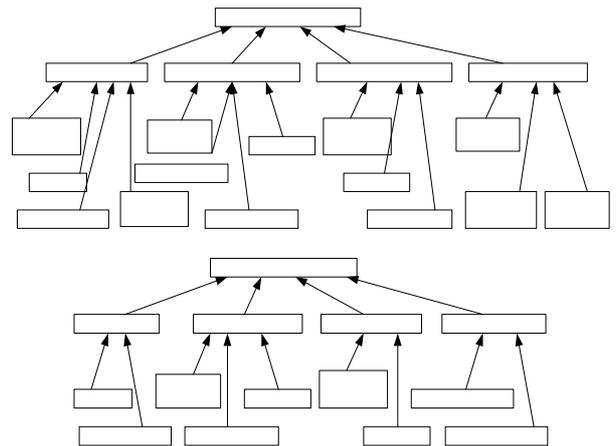


图 5 不同 learning-map 图的比较

### 3.2 情感分析 Agent 设计

情感建模是本系统研究的重点。心理学理论认为，情绪作为一种心理过程，具有独特的外部表现形式——表情。表情包括面部表情、姿态表情和声调表情<sup>[3]</sup>。在这 3 种表情形式中，面部表情模式能最精细地区分出不同性质的情绪，并且只有面部表情具有特定情绪的特定模式，因而面部表情是鉴别情绪的主要标志。因此，在本系统现阶段的表情信息以面部表情为主。

对于精细的面部表情的检测来说，还需要在图像处理方面做很多工作，在这里仅通过对人脸的跟踪监测，并引入趋避度的概念，来实现系统情感认知模型，见图 6。

### 5. Agent introduction

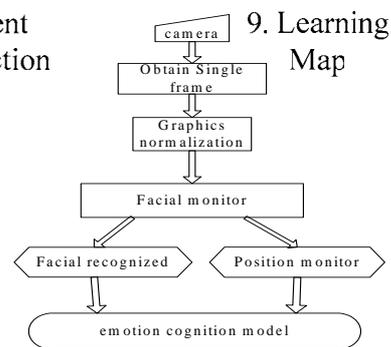


图 6 情感识别模型

心理学家对基本情绪的定义各不相同，结合本 E-learning 系统的特点要求，在现阶段仅定义了两种基本情绪：兴趣和厌恶，并建立了一维情绪空间。如图 7 所示，情绪空间的维度：兴趣——厌恶，在本系统中的所有正常的情绪都能在以兴趣——厌恶为横向坐标轴的区域中找到对应的点，其中坐标原点代表平静状态，兴趣与厌恶互为反向情绪，分别代表横向坐标轴上的 1 和 -1，区域以外为非正常情绪。

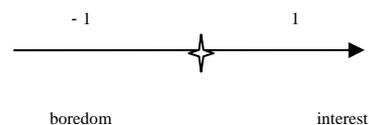


图 7 情绪空间的维度

对于任何一种正常情绪，都可以用向量 X 来表示，向量的模 |X| 表示情绪的强度，情绪强度最大为 1，最小为 0，超出这个范围，则认为情绪失控。向量的角度 θ 表示情绪向 2 种基本情绪(兴趣——厌恶)的趋避度，其中

$$\gamma = \sqrt{x^2}, \quad \theta = \begin{cases} \arccos \frac{x}{\sqrt{x^2}} \end{cases}$$

由于情绪是一种多成分、多维、多类型、多水平整合的复合心理过程，因此任何基本情绪定义和维度空间的定义都是有局限性的<sup>[2]</sup>，本系统的情绪空间和基本情绪的定义也是如此，只是一种适合本系统应用的情绪表示方法。

为了清晰地表达学生的学习状态，系统还定义了 2 种学习心理状态：喜欢(表示对课程非常有兴趣)和厌烦(表示对课程没有丝毫兴趣)，并根据情绪与认知的关系(正向情绪促进学习、负向情绪不利于学习)，将 2 种学习状态与一维情感空间相对应。如图 8 所示，我们将图 8(a)中所表现出的情绪表述为正常状态，图 8(b)为正向情绪，图 8(c)为负向情绪，图 7(d)(学习者离开)为非正常情绪的表现。根据这种对应关系，可以将学生的学习状态通过人脸跟踪进行监测，并将监测结果与一维情感空间一一对应起来。

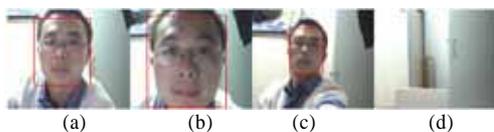


图 8 不同面部表情和情感空间的比较

学习状态评价 =  $\cos(\theta) \times \gamma$ ，其中  $\theta$  和  $\gamma$  分别指情绪向量  $x$  的角度和模，当评价值为 1 时表示当前心理状态非常适合学习，当评价值为 -1 时，表示该学生此时不适合学习。



图 9 实际识别中的异常情况

如前所述，情绪是一种多成分、多维、多类型、多水平整合的复合心理过程，所以任何基本情绪定义和维度空间的定义都是有局限性的，而且本系统所定义的一维情绪空间是针对系统特定需求的，所以相对简单。在实际应用中，对于图 9 出现的情况，如再根据上述方法判断，则结果将是不

准确的。对此我们将系统的检测方法和情感模型进行了改进，增加了眼球跟踪监测和声音识别，限于篇幅这里不再进一步介绍。

#### 4 系统实现

本系统的实现采用 Aglet、Java 语言和 JSP 技术；数据库采用 SQL Server；表情识别模块采用几何特征定位和肤色模型方法。在教学过程中，由学生通过人机接口申请学习登录，生成学生 Agent。系统得到学生的相关信息后，由位于服务器端的管理 Agent 进行学生信息分析和教学策略分析，并形成相关的 learning-Map，随后在非同步教学中通过对学生学习状态、学习情绪、学习日志的分析，并结合单元测试情况，改善教学策略和 Learning-Map，形成针对学生的个性化教学方案。在同步教学过程中，启用电子白板进行辅助教学，并由学生 Agent 对学生端学习状态进行智能管理。在教学过程中，利用情感模型对学生的学习状态进行判断，并在必要的时候由智能 Agent 助手给教师以人性化的提示。

#### 5 结论

本文通过分析传统的基于 Web 远程教学系统存在的问题，综合现代化远程教育的要求，提出了一个以 Agent 技术为核心的人性化 E-learning 系统。以 Agent 技术和人工心理理论为基础，构建了 ISM(Interpretive Structural Model)多层次结构化的 Learning-Map，并在此基础上实现了个性化 Learning-Map。在人性化研究方面，构建了情感认知模型，并通过智能 Agent 助手对认知的情感进行智能化处理。当然本系统还有很多不足之处，需要在此基础上进行更深入的研究，改善系统的情感认知模型，改进监测方法和识别算法，从而设计出更具有个性化、人性化的 E-learning 系统。

#### 参考文献

- 1 王志良. 人工心理学——关于更接近人脑工作模式的科学[J]. 北京科技大学学报, 2000, 22(5): 479.
- 2 孟秀艳, 王志良, 王国江. 基于人工心理理论的教学辅助系统研究[C]//情感和智能交互国际会议, 北京, 2005.
- 3 王有智, 欧阳仑. 心理学基础——原理与应用[M]. 1 版. 北京: 首都经济贸易大学出版社, 2003-08.

(上接第 40 页)

担当配合兵力(蓝方)的水面舰艇由 CGF 生成，能够对潜艇进行搜索、跟踪、攻击和对抗。图 2 表现了水面舰艇与舰载机协同反潜的战术过程。在这里，1 号舰艇既承担了指挥的角色，还承担了搜索、监视的角色，舰载机承担了搜索和攻击的角色，而 2 号舰艇则扮演了搜索和警戒的角色。

利用角色理论，系统在设计时将不同战场态势下的战术任务预先进行分解，作为角色的先赋约束。在仿真过程中，系统能够根据训练任务和战场态势对角色所承担的任务进行动态分配，各 CGF-Agent 也能够根据自己的角色任务自主行动，使作为自动兵力的舰艇 CGF 在对抗训练中表现出一定的智能性。该系统是在 DMSO RT11.3 环境下，利用 VC++ 编程实现。

#### 6 结论

综上所述，BGC 模型能够较好地表达命令机制下智能体的思维状态，而基于角色的结构形式，更利于 MAS 组织的

建立、协作和任务分配。实际仿真应用表明，BGC 角色模型能够较好地满足 CGF 的灵活性和可靠性要求。本文所探讨的 BGC 模型的语义和对角色的形式化描述，为基于命令的 MAS 结构奠定了一定的理论基础。进一步的研究将集中在角色的能力描述和交换机制，以及在 BGC 模型下的多智能体协作。

#### 参考文献

- 1 何汉明, 李永强. 多 Agent 社会的结构模型[J]. 计算机应用与软件, 2005, 22(4): 58-59, 104.
- 2 Ferber J, Gutknecht O. A Meta-mode for the Analysis and Design of Organization in Multi-agent Systems[C]//Proc. of the 3<sup>th</sup> Intel. Conf. on MAS. 1998: 258-266.
- 3 卢春霞, 张申生, 王英林. 基于角色的活动动态分配[J]. 上海交通大学学报, 2003, 37(6): 887-891.
- 4 Rao A, Georgeff M. BDI Agents: From Theory to Practice[C]//Proc. of the 1<sup>st</sup> International Conf. on Multi-agent System. 1995: 438-445.