

文章编号:1672-3961(2010)05-0072-05

基于 agent 的模式表示模型 AIM

程显毅^{1,2}, 朱倩², 管致紧¹

(1. 南通大学计算机科学与技术学院, 江苏 南通 226019;
2. 江苏大学计算机科学与通信工程学院, 江苏 镇江 212013)

摘要:针对模式表示研究存在的语义缺失问题,基于 agent 技术和人的记忆原理,提出一个新的模式表示模型 agent 影响图(agent influence map, AIM)。AIM 反映了模式的整体特征,提供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。AIM 通过特征的多阶段整合呈现记忆模式的层次性;把模式信息存储在整个网络中,通过协作涌现出高层次特征体现记忆的语义特性。

关键词:智能体;模式表示;定性特征

中图分类号:TP311 **文献标志码:** A

The AIM model of pattern expression based on an agent

CHENG Xian-yi^{1,2}, ZHU Qian², GUAN Zhi-jin¹

(1. College of Computer Science, Nantong University, Nantong 226019, China;
2. College of Computer Science and Telecommunications Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

Abstract: To solve the existing problems of semantic loss in pattern expression, a new model of pattern expression was proposed, which is called the AIM (agent influence map) that is based on an agent and memory principle. AIM reflected the whole character of the pattern, and it provided an effective soft computing tool to support adaptive behavior that is based on prior knowledge. AIM showed the hierarchy of the memory model by integrating the character in multi-stages, while the pattern information is stored in the entire network, and high-level features are manifested by collaboration, and demonstrate the memory's semantic features.

Key words: agent; pattern expression; qualitative character

0 引言

模式表示模型决定着模式识别的效率,目前模式识别中,大多采用特征向量、灰度矩阵表示图像模型,只有在句法模式识别中,才把模式表示为基元树或基元图模型,但使用基元图表示要求问题有很好的结构,这大大限制了应用范围。把模式看作特征空间中的一个点,本质上把模式作为数据看待,不符合人的记忆模式。其实,把模型看作知识更恰当,因为模式所包含的信息是立体的、多层次的、有语义

的、分布的。

因为基于 agent 的系统具有许多优点:系统放松了对集中式、规划、顺序控制的限制,提供了分散控制、应急和并行处理,并且降低了软件和硬件的费用,提供协作的其他求解模式。利用 agent 计算模式,使得复杂的任务可以通过相互协作来完成,突破了时间和空间的限制,充分利用网络资源和智能化处理技术^[1]。十余年来,agent 和多 agent 系统 (multi-agent system, MAS) 的研究取得了很大的进展,已经在许多领域中得到推广应用^[2]。如何把 agent 技术引入到模式识别的研究才刚刚起步^[3]。

收稿日期:2010-04-16

基金项目:国家自然科学基金资助项目(60873069);江苏省研究生创新项目(CX99B204)

作者简介:程显毅(1956-),男,黑龙江哈尔滨人,教授,博士生导师,主要研究方向为多 agent 系统. E-mail:xycheng@ntu.edu.cn

许多学者对 agent 技术进行大量的研究,提出了一些切实可行的方案和框架,如 JAVA Applet 结构^[4], 中间件结构^[5]和 CORBA 技术^[6],在字符(语音)识别和处理领域产生一定的影响,为将 agent 引入到模式识别领域打下了基础。

基于人的记忆原理模式表示模型 AIM,开始时对输入模式用一种 agent(可以是方法、模板、模型、特征、视角…)去认识输入模式,由于 agent 知识的不完备,一种 agent 无法认识输入模式,它将依据一定的准则繁殖或重组 agent,增加对输入模式认识的知识。随着时间的推移,agent 的数量是渐增的,直到模式记忆模型建立为止。这一过程,就 agent 数量而言,呈现开始少,逐层增多,通过动态连接形成了具有层次结构的模式记忆模型。

1 模式记忆原理

1.1 记忆模型

人们对记忆结构及其运行机制的研究由来已久,不仅做了大量实验,而且,提出了一系列理论模型。较著名的有 Hunt 的分布记忆模型,Anderson 的认知模型 ACT, Schank 的 MOPs, Minsky 的 K-line 模型, Rosenfield 的事物表达记忆模型, Alonso 的记忆储存理论, Edelman 的“神经元群的选择理论”和集存储和操作于一体的结构^[7]。该理论认为模式记忆应具有既能记忆存储,又能进行各种操作的功能,其模型是一个多维、多层互连、拓扑动态可变的复杂网络。该理论突破了语法层次的某些困难,从语义层次上实现对知识的处理。

1.2 联想记忆与神经网络的局限性

人类智能的一个重要特点就是具有很强的联想记忆能力。人不仅能识别记忆中的完整模式,而且也能根据记忆中模式的部分信息进行正确识别(自联想)。比如人能根据背影或走路形态,从人群中认出自己的老朋友,从缺损或模糊的字符中识别出实际字符。人工神经网络正是为实现这种模拟而提出的一种数学模型。但神经网络存在如下局限性:

- (1)神经信号在大脑中也不像计算机中那样用二进制表示,而是表现为不同频率的神经脉冲序列。
- (2)在大脑的某一范围内,所有的神经元之间都是相互联结,联结强度与两个神经元之间作用的相关性成比例,学习(记忆)过程就是调整这种强度的过程而不是对神经元本身进行调整。
- (3)作为联想记忆的神经网络模型,无论是 Hopfield 模型还是 BP 模型,实践表明对非常相似的

样本或称为同类样本都很难记忆。要实现相似样本的记忆,网络必须具备两种能力:聚类分析与定性推理能力(我们称为理解式记忆)。BP 网络是一种前馈网络, Hopfield 网络是一种单层反馈网络,要求如此简单结构的网络同时具有这两种能力是不现实的。我们将 agent 用于模式内部建模工具,神经网络用于模式外部建模工具,给出了具有定性分析功能的模式表示框架 AIM,它可以根据任何相似度对样本进行聚类,由神经网络实现人类在求解复杂问题时所使用的定性推理。

2 基于知识的模式表示宏观框架

2.1 模式表示宏观框架

记忆原理表明,宏观层次上的记忆是对模式特征和特征间关系的抽象过程,是一种网络。微观层次上的记忆是动态可变的,是被记忆模式诸特征与关系的整体(拓扑)结构的一个感知映像。

图 1 给出了基于知识的模式表示的宏观框架。该框架包含模式本身的各种特征(作为对象的属性);各属性之间的关系(作为对象的操作);规则(作为对象的约束)使模式具有主动反应能力。其中虚线框内的内容,不能通过原始模式直接获得,必须通过额外的定性处理来获得。

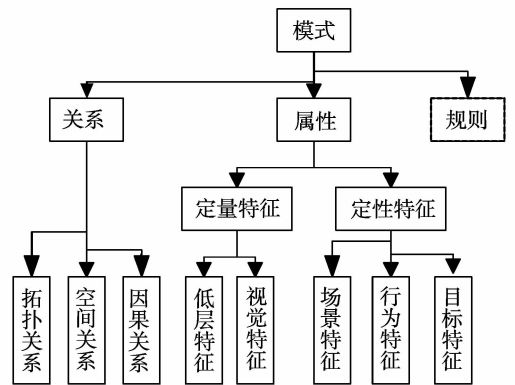


图 1 模式表示宏观框架

Fig. 1 The macroscopical frame of pattern expression

视觉特征存在的主要问题是建立视觉内容和模式语义之间的关联。例如,一块圆形红色区域既可能是一朵红花,也可能是一个红苹果。因此,不能直接给出识别结果的解释。AIM 的目标是填补视觉内容和模式解释之间的语义缝隙。

规则包括:推理的公理系统;模式特征之间联系的语法等同性和相似性规则;人对等同性和相似性理解的描述规则;在感觉和模式的差别下描述模式的等同性和差别性的物理规则;描述空间模式等同

性和差别性的几何和拓扑规则;分类目录的规则;人为的习惯或者与人相关的模式引出的观念等同性和差别性的规则等等。

2.2 模式分析的层次

获得有效视觉特征之后,需要对每一个视觉特征进行解释。根据解释可进一步获得高层的对目标内容的语义描述。场景是有一定空间关系的目标结合体或集合,它是模型的最高层,主要考虑模式作为整体所体现出来的语义(如图2所示)。

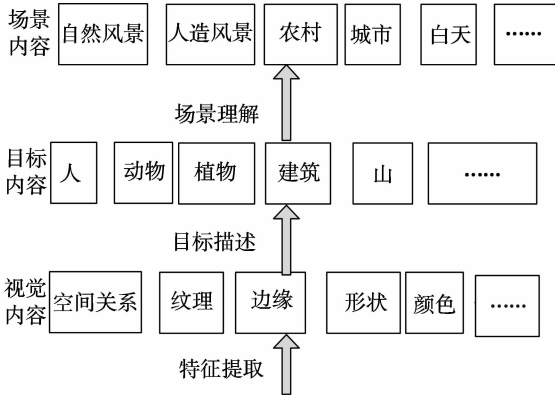


图2 模式分析层次

Fig. 2 The hierarchy of pattern analysis

2.3 定量特征和定性特征

模式无不具有一定的特征,分类就是肯定或者否定模式具有(或不具有)某种特征。根据模式所具有的“质”和“量”的两种规定性及模式分析层次,给出如下定义:

定义1 (定性特征):我们把相邻两层,上层特征称为相对下层特征为定性特征,简称定性特征(或称之为“语义特征”、“高级特征”)。

定义2 (定量特征):我们把相邻两层,下层特征称为相对上层特征为定量特征,简称定量特征。

定义3 (简单特征):我们把直接从原始模式中提取的特征称为简单特征。

定性特征来自于低层次定量特征的整合。假设对同一模式 M 的两个定量特征 $p(x)$ 和 $q(x)$ 的整合,则可能获得模式 M 的一个新的特征 $r(x)$ 。如,直线起点特征和方向特征的整合,可得直线“相交”,“平行”特征等。

定性特征的引入是发现导致变化模式的那些不变的规律。根据定义3,传统模式识别所说的特征指简单特征。我们把特征分为简单特征、定量特征和定性特征符合人的认知过程,定性特征和定量特征是相对的,简单特征一定是定量特征,因为它处于特征层次的最低层。模式表示框架要解决的关键问题是定性特征的提取。

3 基于知识的模式表示微观框架

3.1 AIM概念

基于知识的模式表示的困难表现在:模式本身包含大量的简单特征、定量特征和定性特征,这些特征之间存在复杂的关系,并且是隐含的、动态的、语义的。

对定性特征提取操作是以agent为基本单位开始的。从图2可知,每个agent的能力有限。基于agent的模式表示的任务就是要通过agent的演化和相互作用获取模式的定性特征、规则和关系,最后形成模式各agent及相互关系的模式记忆结构AIM(见图3所示)。

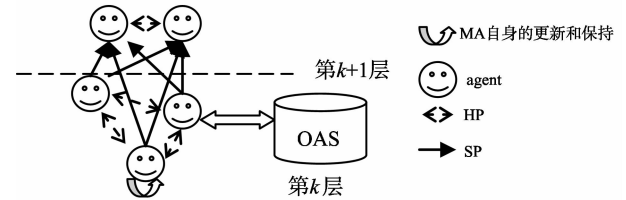


图3 AIM结构图

Fig. 3 The chart of AIM's structure

符号约定如下:

$A_k(i)$:第 k 层的第 i 个agent;

$V_k(i)$:第 k 层的第 i 个agent的状态值,取值在 $[0,1]$,值越大表明agent适应能力越强,可信度越高;

SP:相邻层特征间的显性通路(show path),单向,由定量特征指向定性特征,表示此定量特征参与了定性特征的涌现;

HP:同一层特征间的隐性通路(hidden path),双向,表示这两个特征有可能涌现出有语义特征集。

定量特征集(quantitative attribute set, QAS)。

$W_s(A_k(i), SP(j))$:第 k 层的第 i 个agent的第 j 条显性通路的权重。

$W_h(A_k(i), HP(j))$:第 k 层的第 i 个agent的第 j 条隐性通路的权重。

在AIM中,很容易看出agent之间相互作用关系,一个agent对哪些agent有影响,影响度有多大,是正影响还是负影响。

设 A 为全部agent集合,即

$$A = \{A_1(1), A_1(2), \dots, A_1(n_1), A_2(1), A_2(2), \dots, A_2(n_2), \dots, A_m(1), A_m(2), \dots, A_m(n_m)\}.$$

A 中元素对应的状态值集合:

$$V = \{V_1(1), V_1(2), \dots, V_1(n_1), V_2(1), V_2(2), \dots, V_2(n_2), \dots, V_m(1), V_m(2), \dots, V_m(n_m)\}.$$

通路(包含显性通路和隐性通路)权重向量:
 $W_1 = \{w_{11}, w_{12}, \dots, w_{1n_1}\}, W_2 = \{w_{21}, w_{22}, \dots, w_{2n_2}\},$
 $\dots, W_m = \{w_{m1}, w_{m2}, \dots, w_{mn_m}\}$,其中 w_{ij} 是 agent i 对 agent j 的影响度,取值在 $[-1, 1]$,取负数表示 agent i 对 agent j 实施负的影响,即 agent j 的状态值随着 agent i 状态值的增加而减少;取正数表示 agent i 对 agent j 实施正的影响,即 agent j 的状态值随着 agent i 状态值的增加而增加;取 0 表示 agent i 对 agent j 不实施任何影响,即 agent j 的状态值的改变与 agent i 状态值的改变是独立进行的。

定义 4 (邻接矩阵): 设 AIM 的节点集合 $A = \{A_1, A_2, \dots, A_k\}$, 对应 A 的影响度用矩阵表示为 $W = \{W_1, W_2, \dots, W_k\}$, 则该矩阵称为 AIM 的邻接矩阵。

所以,基于知识的模式表示微观框架 AIM 可定义为如下三元组:

$$AIM = \langle A, V, W \rangle$$

图 4 显示了第 k 层 AIM 结构。

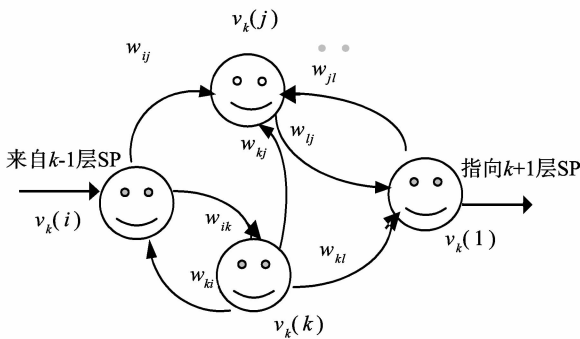


图 4 第 k 层 AIM 示意图
 Fig. 4 The K -th layer of AIM

定义 5 (原因节点和结果节点): 设 AIM 的节点集合 $A = \{A_1, A_2, \dots, A_k\}$, 对 A 中两个不同的节点 A_i, A_j , 若存在以 A_i 为箭尾节点, A_j 为箭头节点的边, 分别称 A_i, A_j 为原因节点和结果节点。

定义 6 (节点状态值) 设 AIM 的节点集合 $A = \{A_1, A_2, \dots, A_k\}$, 对应 A_i 的 $t + 1$ 时刻的状态值定义为

$$V_j(t+1) = f\left(\sum_{i \neq j, i \in E} V_i(t)w_{ij}(t)\right), \quad (1)$$

式中, $V_j(t)$ 为节点 A_j 在时刻 t 的状态, f 为阈值函数, $w_{ij}(t)$ 为 A_i 对 A_j 在 t 时刻的影响度。

定义 7 (影响度的多重条件概率): 若原因节点 A_i 与结果节点 A_j 之间的影响测度 $w_{ij}(t)$ 不仅依赖 A_i 的状态值 $V_i(t)$, 而且还依赖于其它节点 $A_m, A_n \dots$ 的状态值 $V_m(t), V_n(t) \dots$, 则用多重条件概率

$$p(w_{ij}(t) | V_i(t), V_m(t), V_n(t), \dots) \quad (2)$$

表示这种节点间因果联系的时空特性。

定义 7 中的概率是广义的, 它即可表示成频率稳定的客观概率, 也可表示专家对某事物主观的确定程度。对于很难计算的多重条件概率可根据专家的经验确定, 这时的 $p(w_{ij}(t) | V_i(t), V_m(t), V_n(t), \dots)$ 表现为先验概率。当我们对这一因果关系有了足够的了解与知识积累后, 可利用 Bayes 公式计算出 agent 间因果关系的影响测度, 或利用机器学习学习规则的方法来寻找 $p(w_{ij}(t) | V_i(t), V_m(t), V_n(t), \dots)$ 的概率分布, 从而使 AIM 中 agent 间因果关系的影响测度更加符合客观世界。

AIM 的显著特点就是可利用模式的先验知识, 并对复杂模式的子模式(模式片段)具有简单的可加性, 解决了用决策树、Bayesian 网络及 Markov 等很难表示的因果关系的问题。

3.2 AIM 节点结构

AIM 节点, 或称为记忆 agent (memory agent, MA), 它的结构描述了 agent 的组成。一般来说, 记忆 agent 体系结构不应该有一个统一的标准, 就像有成千上万种动物占据着成千上万个不同的生态位一样。体系结构的确切形式将取决于任务和执行这些任务的环境(如 RoboCup) 中工作, 它的结构必须能适应对不可预料的和正在改变的环境状态的反应, 必须是快而不含糊的。在一个不强调时间的环境(如下棋)中的 agent, 它的结构要求有时间和知识来预测动作和未来过程结果, 以便能做出更合理的选择。为了实现模式记忆和推理, 基于模式记忆原理, 我们给出了图 5 所示的记忆 agent 的体系结构。

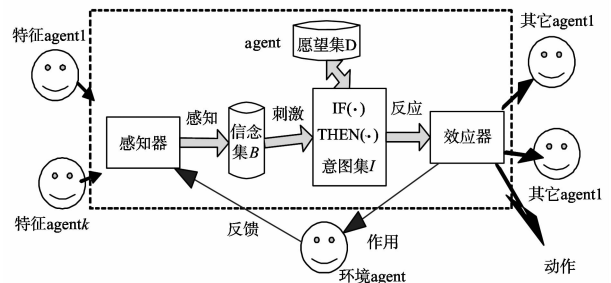


图 5 记忆 agent 的体系结构
 Fig. 5 The architecture of memory agent

图 5 表明, 一个记忆 agent 就是一组消息处理规则。

(1) 信念集 (belief), 即规则的前件。存放模式的定量特征和定性特征, 包括: 代数的、几何的、拓扑的、统计的、目标、事件、场景等, 反映了 agent 处理消息的能力。

(2) 愿望集 (desire), 即规则的后件。存放模式的定性特征, 包括: 目标、事件、场景等。它能决定与

其它记忆 agent 的交互。信念集和愿望集统称为记忆 agent 的资源,记忆 agent 交互的目的就是获取其它记忆 agent 的资源,以自己的适应能力。

(3)感知器。它的任务是过滤和离散化环境产生的输入。感知器是把环境信息转化为二进制的装置,即,当某环境 agent 反馈和特征 agent 出现时,转向“开”,否则转向“关”,传递的信息量与特征数目呈指数关系。例如 3 个特征的感知器可以编码成 $2^3 = 8$ 种刺激,20 个特征的感知器可以编码成 220,约 100 万种刺激。

(4)意图集(intention)。它表征 MA 处理消息的能力,是一组形如 IF/THEN 规则,规则的条件与信念匹配,规则的结论与愿望匹配。意图集中每个规则具有一定的强度,强度的平均值,即 MA 的状态值。

(5)效应器。它表征了 MA 作用于环境和 MA 的能力。注意环境本身也可看作一种 agent。

因为两个 MA 发生交互,必然会是一个 MA 的信念导致对由另一个 MA 的愿望所指定的动作十分敏感。即一个 MA 的信念与另一 MA 愿望进行匹配,反之亦然。

如果 MA1 信念与 MA2 愿望匹配得很好,那么它就获得对方的大部分资源,从而消灭对方。如果 MA1 信念与 MA2 愿望匹配得不好,则 MA2 就只能获得 MA1 过剩的那部分资源,或者一无所获。

在图 5 中,当 MA 发生交互后,MA 将处理相应的动作;或发出作用于环境的消息或直接作用于其它 MA;或改变其信念-愿望-意图(belief-desire-intention, BDI)。

MA 体系结构可简化为

$$\text{IF (B) THEN (D), } V, \quad (3)$$

B 为信念,D 为愿望,V 为记忆 agent 状态值,V 的取值在 $[0,1]$ 。

由于感知器和效应器是一组开关,所以,在实现上我们把信念和愿望都表示为 0-1 串,如果对信念或愿望某些特征位不在乎,则用通配符“?”代替,如:11?? 001,说明对特征 3 和特征 4 不在乎,特征 1、2 和 7 存在,而特征 5 和 6 不存在,设长度为 n 的信念或愿望集合为 $M = \{1,0,?\}^n$ 。

4 结语

基于人的记忆原理和定性特征,提出了基于知

识的模式表示的微观框架 AIM。AIM 本质上是一个具有记忆功能的神经网络。即结构类似于神经网络,但和神经网络有着本质很重要的区别:首先,神经网络中的神经元间的相互联系和影响基本上是以固定的“有线连接的”方式进行的,而 AIM 中的 agent 之间的联系却是以一种变动的、可移动的“无线连接”方式实现的;其次,神经网络的神经元是没有思维和记忆的,而 AIM 的节点是有思维和记忆的,其状态用 BDI 刻画,关于 AIM 节点状态值计算,影响度学习,AIM 形成算法另文讨论。

参考文献:

- [1] 程显毅,刘一松,晏立. 面向智能体的知识工程[M]. 北京:科学出版社,2008:9.
CHENG Xianyi, LIU Yisong, YAN Li. Agent-oriented knowledge engineering [M]. Peking: Scientific Press, 2008:9.
- [2] BOVENKAMP E G P, DIJKSTRA J, BOSCH J G, et al. Multi-agent segmentation of IVUS images[J]. Pattern Recognition, 2004, 37(4): 647-663.
- [3] LIU Jinming. 多智能体原理与技术[M]. 北京:清华大学出版社,2003.
LIU Jinming. The principle and technology of multi-agent [M]. Peking: Tsinghua University Press, 2003.
- [4] HEUTTE L, NOSARY A, PAQUET T. A multiple agent architecture for handwritten text recognition[J]. Pattern Recognition, 2004, 37(3):665-674.
- [5] 谷学静,石志国,王志良. 基于 BDIagent 技术的情感机器人语音识别技术研究[J]. 计算机应用研究, 2003, 40(4):24-27.
GU Xuejing, SHI Zhiguo, WANG Zhiliang. Research of affective robot based on BDI agent[J]. Journal of Computer Research and Development, 2003, 40(4):24-27.
- [6] 唐云挺,程显毅. 基于 agent 模式识别框架的研究[J]. 计算机研究与发展, 2006, 43(5):867-873.
TANG Yunting, CHENG Xianyi. Research on frame of pattern reorganization based on agent [J]. Journal of Computer Research and Development, 2006, 43(5): 867-873.
- [7] 陈苒,董占球. 模式记忆理论的记忆结构刻画[J]. 计算机研究与发展, 2000, 37(5):634-641.
CHEN Ran, DONG Zhanqiu. The discussion on the memory structure based on schematic memory[J]. Journal of Computer Research and Development, 2000, 37(5):634-641.

(编辑:陈燕)