感知 Agent 的基本模型研究*)

李凡长[1] 佘玉梅[2]
（苏州大学计算机科学与技术学院 苏州215006）[1] （云南民族大学数学与计算机科学学院 昆明650031）[2]

摘 要 抓住 Agent 的性质，利用动态模糊集的思想，构造和设计了感知 Agent 的基本模型，并给出了相关理论基础。通过本文的研究将为人们设计感知 Agent 奠定了新的理论模型和方法。

关键词 感知 Agent，生成系，动态模糊集

Research on General Model of Perception Agent

LI Fan-Zhang[1] SHE Yu-Mei[2]
(College of Computer Science and Technology, Soochow University, Suzhou 215006)[1]
(College of Mathematics and Computer, Yunnan University of the Nationalities, Kunming 650031)[2]

Abstract Based on the character of Agent, make full use of the latest achievements in dynamic fuzzy sets. In this paper, we give the general model of Agent and its Correlated with theories. By the research of this model theory, this paper has abundanted the content of perception Agent.

Keywords Perception Agent, Generating system, Dynamic fuzzy sets

Agent 系统被认为是解决智能信息系统开发的一种新的思想，受到了人们的高度重视。Agent 涉及到计算机科学的许多方面，就此而言，Agent 技术主要分为三大类：Agent 系统、Agent 的逻辑及 Agent 的相关应用[1,4,5]。Agent 系统的概念很广，涵盖了大到电脑空间中网络系统，小到计算机中的一个（功能上独立的）软件模型，Agent 的逻辑则以形式化和符号形式为主，Agent 的应用涉及的面更广，但是其关键仍集中于如何采用智能体的思想来构造求解具体应用问题的过程。就 Agent 本身而言，信息的加工、处理以及相对应的系统行为是智能体动态操作的主要环节，感知 Agent 是该领域的核心技术之一，目前在这方面的工作研究得还很少，因此本文从生物学的角度来研究感知 Agent 的基本模型，以丰富该方面的内容。

1 感知 Agent 的构造

约定1 感知 Agent 是在 MP-模型基础上建立起来的单细胞神经网络的信息处理器，它的基本特征是神经细胞的工作特征，作为动态模糊集模型，可以用图1表示，并归纳为如下几点：

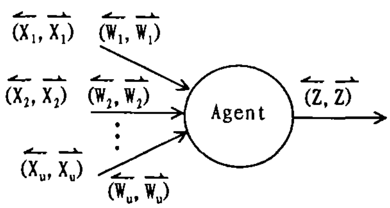

图1

(1)感知 Agent 是一个多输入，单输出的运算系统，表示一个神经元的运算特性，它的输入状态向量为：

$$(\overleftarrow{x},\overrightarrow{x})^n=((\overleftarrow{x_1},\overrightarrow{x_2}),(\overleftarrow{x_2},\overrightarrow{x_2}),\cdots,(\overleftarrow{x_n},\overrightarrow{x_n}))$$

其中每个输入分量$(\overleftarrow{x_i},\overrightarrow{x_i})$为第 i 个神经元的状态，我们记

$$(\overleftarrow{\omega},\overrightarrow{\omega})^n=((\overleftarrow{\omega_1},\overrightarrow{\omega_1}),(\overleftarrow{\omega_2},\overrightarrow{\omega_2}),\cdots,(\overleftarrow{\omega_n},\overrightarrow{\omega_n}))$$

为权向量，其中$(\overleftarrow{\omega_i},\overrightarrow{\omega_i})$为第 i 个神经元与感知 Agent 的连接权系数。

(2)感知 Agent 的状态值可为感知 Agent 的输出值，它由输入状态向量$(\overleftarrow{x},\overrightarrow{x})^n$、权向量$(\overleftarrow{\omega},\overrightarrow{\omega})^n$与阈值$(\overleftarrow{h},\overrightarrow{h})$决定，因此，它可表示为：

$$(\overleftarrow{Z},\overrightarrow{Z})=(\overleftarrow{T},\overrightarrow{T})((\overleftarrow{\omega},\overrightarrow{\omega})^n,(\overleftarrow{h},\overrightarrow{h});(\overleftarrow{x},\overrightarrow{x})^n) \tag{1}$$

其中$(\overleftarrow{T},\overrightarrow{T})(\cdot)$为运算函数，最常用的一阶感知 Agent 的运算函数为：

$$(\overleftarrow{Z},\overrightarrow{Z})=(\overleftarrow{f},\overrightarrow{f})(\sum_{i=1}^{n}(\omega_i,\omega_i)(\overleftarrow{x_i},\overrightarrow{x_i})-(\overleftarrow{h},\overrightarrow{h})) \tag{2}$$

其中$(\overleftarrow{f},\overrightarrow{f})(\overleftarrow{u},\overrightarrow{u})$为界于$(-\overleftarrow{1},-\overrightarrow{1})$与$(\overleftarrow{1},\overrightarrow{1})$之间的单增函数，被称之为激励函数，而

$$(\overleftarrow{u},\overrightarrow{u})=(\overleftarrow{u},\overrightarrow{u})((\overleftarrow{x},\overrightarrow{x})^n,(\overleftarrow{\omega},\overrightarrow{\omega})^n,(\overleftarrow{h},\overrightarrow{h}))'$$
$$=\sum_{i=1}^{n}(\overleftarrow{\omega_i},\overrightarrow{\omega_i})(\overleftarrow{x_i},\overrightarrow{x_i})-(\overleftarrow{h},\overrightarrow{h}) \tag{2'}$$

为感知 Agent 的整合函数，常取激励函数$(\overleftarrow{f},\overrightarrow{f})(\overleftarrow{u},\overrightarrow{u})$为符号函数：

$$Sgn(\overleftarrow{u},\overrightarrow{u})=\begin{cases}(+\overleftarrow{1},+\overrightarrow{1}), 如果(\overleftarrow{u},\overrightarrow{u})\geqslant 0\\(-\overleftarrow{1},-\overrightarrow{1}), 如果(\overleftarrow{u},\overrightarrow{u})<0\end{cases} \tag{3}$$

或连续型函数，连续型的激励函数有

$$(\overleftarrow{f},\overrightarrow{f})(\overleftarrow{u},\overrightarrow{u})=\frac{(\overleftarrow{z},\overrightarrow{z})}{(\overleftarrow{1},\overrightarrow{1})+\exp(-(\overleftarrow{\lambda},\overrightarrow{\lambda})(\overleftarrow{u},\overrightarrow{u}))}-(\overleftarrow{1},\overrightarrow{1}),$$
$$(\overleftarrow{\lambda},\overrightarrow{\lambda})>0 \tag{3'}$$

它具有连续可微性，单调上升性与此直线$(\overleftarrow{y},\overrightarrow{y})=\pm(\overleftarrow{1},\overrightarrow{1})$为渐近性的性质。

*)本文的研究得到江苏省自然科学基金(BK2002040)和江苏省教育厅自然科学基金(02KJB520001)项目资助。**李凡长** 教授，主要研究方向是人工智能，动态模糊智能理论，多 Agent 系统等。**佘玉梅** 副教授，主要研究方向：人工智能、动态模糊逻辑等。

约定2 感知 Agent 的分类定义：

(1)如果激励函数$(\overleftarrow{f},\overrightarrow{f})(\overleftarrow{u},\overrightarrow{u})$是连续的，那么相应的感知 Agent 为连续型感知 Agent，如果激励函数$(\overleftarrow{f},\overrightarrow{f})(\overleftarrow{u},\overrightarrow{u})=Sgn(\overleftarrow{u},\overrightarrow{u})$，那么相应的感知 Agent 为离散感知 Agent。

(2)感知器的输入向量$(\overleftarrow{x},\overrightarrow{x})$一般可在$R^n$($n$维实空间)任意取值，如果$(\overleftarrow{x},\overrightarrow{x})^n$的每个分量$(\overleftarrow{x}_i,\overrightarrow{x}_i)$都在$\{(-\overleftarrow{1},-\overrightarrow{1}),(+\overleftarrow{1},+\overrightarrow{1})\}$中取值，那么这个感知 Agent 为 DFMP_模型(6)。

感知 Agent 的基本功能是对外部的输入状态进行“感知”与“识别”，这就是当外部的 n 个神经元处于一定的状态时，感知 Agent 就呈现出“兴奋”状态，而当外部的 n 个神经元处于另一些状态时，感知 Agent 就呈现“抑制”状态，如我们用(1)表示感知 Agent 的运算函数，那么它的运算目标就是：

$$(\overleftarrow{Z},\overrightarrow{Z})=(\overleftarrow{T},\overrightarrow{T})(\overleftarrow{\omega},\overrightarrow{\omega})^n,(\overleftarrow{h},\overrightarrow{h});(\overleftarrow{x},\overrightarrow{x})^n$$
$$=\begin{cases}(+\overleftarrow{1},+\overrightarrow{1}),\text{如果}(\overleftarrow{x},\overrightarrow{x})^n\in(\overleftarrow{A},\overrightarrow{A})\\(-\overleftarrow{1},-\overrightarrow{1}),\text{如果}(\overleftarrow{x},\overrightarrow{x})^n\in(\overleftarrow{B},\overrightarrow{B})\end{cases}\tag{4}$$

其中$(\overleftarrow{A},\overrightarrow{A})$，$(\overleftarrow{B},\overrightarrow{B})$是$R^n$中两个互不相交的动态模糊集，$(\overleftarrow{\omega},\overrightarrow{\omega})$与$(\overleftarrow{h},\overrightarrow{h})$为适当的动态模糊参数。

约定3 我们称$((\overleftarrow{A},\overrightarrow{A}),(\overleftarrow{B},\overrightarrow{B}))$为感知 Agent 的学习目标，如果$(\overleftarrow{A},\overrightarrow{A})$，$(\overleftarrow{B},\overrightarrow{B})$是$R^n$中两个互不相交的动态模糊集，且要使方程组(4)成立。对于连续型感知 Agent，相应的学习目标是：

$$(\overleftarrow{T},\overrightarrow{T})((\overleftarrow{\omega},\overrightarrow{\omega})^n,(\overleftarrow{h},\overrightarrow{h}),(\overleftarrow{x}_i,\overrightarrow{x}_i)^n)=(\overleftarrow{Z}_i,\overrightarrow{Z}_i)\quad i=1,\cdots,m\tag{4'}$$

与(4)等价的不等式方程组为：

$$\sum_{i=1}^{n}(\overleftarrow{\omega}_i,\overrightarrow{\omega}_i)(\overleftarrow{x}_i,\overrightarrow{x}_i)-(\overleftarrow{h},\overrightarrow{h})\geqslant 0,\text{如果}(\overleftarrow{x},\overrightarrow{x})^n\in(\overleftarrow{A},\overrightarrow{A})$$
$$<0,\text{如果}(\overleftarrow{x},\overrightarrow{x})^n\in(\overleftarrow{B},\overrightarrow{B})\tag{5}$$

与(5)等价的不等式方程组为：

$$\sum_{i=1}^{n}(\overleftarrow{\omega}_i,\overrightarrow{\omega}_i)(\overleftarrow{x}_i,\overrightarrow{x}_i)-(\overleftarrow{h},\overrightarrow{h})>0,\text{如果}(\overleftarrow{x},\overrightarrow{x})^n\in(\overleftarrow{A},\overrightarrow{A})$$
$$<0,\text{如果}(\overleftarrow{x},\overrightarrow{x})\in(\overleftarrow{B},\overrightarrow{B})\tag{6}$$

与(4′)等价的方程组为：

$$(\overleftarrow{f},\overrightarrow{f})(\sum(\overleftarrow{\omega}_j,\overrightarrow{\omega}_j)(\overleftarrow{x}_{ij},\overrightarrow{x}_{ij})-(\overleftarrow{h},\overrightarrow{h}))=(\overleftarrow{Z}_i,\overrightarrow{Z}_i),i=1,\cdots,m\tag{5'}$$

或
$$\sum_{j=1}^{n}(\overleftarrow{\omega}_j,\overrightarrow{\omega}_j)(\overleftarrow{x}_{ij},\overrightarrow{x}_{ij})-(\overleftarrow{h},\overrightarrow{h})=(\overleftarrow{y}_i,\overrightarrow{y}_i),i=1,\cdots,m\tag{6'}$$

其中$(\overleftarrow{y}_i,\overrightarrow{y}_i)=(\overleftarrow{f},\overrightarrow{f})^{-1}(\overleftarrow{Z}_i,\overrightarrow{Z}_i)$，而$(\overleftarrow{y},\overrightarrow{y})=(\overleftarrow{f},\overrightarrow{f})^{-1}(\overleftarrow{Z},\overrightarrow{Z})$是$(\overleftarrow{Z},\overrightarrow{Z})=(\overleftarrow{f},\overrightarrow{f})(\overleftarrow{y},\overrightarrow{y})$的反函数。

如果我们记

$(\overleftarrow{\omega},\overrightarrow{\omega})^{n+1}=((\overleftarrow{\omega},\overrightarrow{\omega})^n,(\overleftarrow{\omega}_{n+1},\overrightarrow{\omega}_{n+1}))=((\overleftarrow{\omega}_1,\overrightarrow{\omega}_1),(\overleftarrow{\omega}_2,\overrightarrow{\omega}_2),\cdots,(\overleftarrow{\omega}_n,\overrightarrow{\omega}_n),(\overleftarrow{\omega}_{n+1},\overrightarrow{\omega}_{n+1}))$

其中$(\overleftarrow{\omega}_{n+1},\overrightarrow{\omega}_{n+1})=(\overleftarrow{h},\overrightarrow{h})$，我们又记

$$(\overleftarrow{D},\overrightarrow{D})=(\overleftarrow{A},\overrightarrow{A})\odot\{(-\overleftarrow{1},-\overrightarrow{1})\}\cup(-\overleftarrow{B},-\overrightarrow{B})\odot\{(+\overleftarrow{1},+\overrightarrow{1})\}$$

其中$(\overleftarrow{A},\overrightarrow{A})\odot\{(-\overleftarrow{1},-\overrightarrow{1})\}=\{((\overleftarrow{x},\overrightarrow{x})^n,(-\overleftarrow{1},-\overrightarrow{1}));(\overleftarrow{x},\overrightarrow{x})^n\in(\overleftarrow{A},\overrightarrow{A})\}$

$(-\overleftarrow{B},-\overrightarrow{B})\odot\{(+\overleftarrow{1},+\overrightarrow{1})\}=\{(-(\overleftarrow{x},\overrightarrow{x}),(+\overleftarrow{1},+\overrightarrow{1}));(\overleftarrow{x},\overrightarrow{x})\}^n\in(\overleftarrow{B},\overrightarrow{B})\}$

这时与方程式(6)等价的不等式方程组

$$\sum_{i=1}^{n+1}(\overleftarrow{\omega}_i,\overrightarrow{\omega}_i)(\overleftarrow{x}_i,\overrightarrow{x}_i)>0,\text{如果}(\overleftarrow{x},\overrightarrow{x})^{n+1}\in(\overleftarrow{D},\overrightarrow{D})\tag{7}$$

约定4 对于方程组(7)可换为

$$\sum_{i=1}^{n}(\overleftarrow{\omega}_i,\overrightarrow{\omega}_i)(\overleftarrow{x}_i,\overrightarrow{x}_i)>0,\text{如果}(\overleftarrow{x},\overrightarrow{x})^n\in(\overleftarrow{D},\overrightarrow{D})\tag{7'}$$

其中$(\overleftarrow{D},\overrightarrow{D})$为$R^n$空间中的任一动态模糊集合，如果$(\overleftarrow{D},\overrightarrow{D})$是$R^n$空间中的一个有限集合，那么可用 DF 矩阵$(\overleftarrow{M},\overrightarrow{M})_{(\overleftarrow{D},\overrightarrow{D})}$记之，即

$$(\overleftarrow{M},\overrightarrow{M})_{(\overleftarrow{D},\overrightarrow{D})}=\begin{bmatrix}(\overleftarrow{x}_{1,1},\overrightarrow{x}_{1,1}),(\overleftarrow{x}_{1,2},\overrightarrow{x}_{1,2})\cdots(\overleftarrow{x}_{1,n},\overrightarrow{x}_{1,n})\\\cdots\\(\overleftarrow{x}_{m,1},\overrightarrow{x}_{m,1}),(\overleftarrow{x}_{m,2},\overrightarrow{x}_{m,2})\cdots(\overleftarrow{x}_{m,n},\overrightarrow{x}_{m,n})\end{bmatrix}\tag{8}$$

其中m为集合$(\overleftarrow{D},\overrightarrow{D})$的向量个数，这时矩阵$(\overleftarrow{M},\overrightarrow{M})_{(\overleftarrow{D},\overrightarrow{D})}$为方程组(7′)的系数矩阵，它的行向量记为：

$(\overleftarrow{x}_i,\overrightarrow{x}_i)^n=((\overleftarrow{x}_{i,1},\overrightarrow{x}_{i,1}),\cdots,(\overleftarrow{x}_{i,n},\overrightarrow{x}_{i,n})i=1,2,\cdots,m$

为解方程组(7′)，现给出学习算法步骤如下：

L-1取$(\overleftarrow{\omega},\overrightarrow{\omega})^n(0)=(\overleftarrow{\lambda},\overrightarrow{\lambda})(\overleftarrow{x}_i,\overrightarrow{x}_i)^n$，其中$(\overleftarrow{x}_i,\overrightarrow{x}_i)^n$为$(\overleftarrow{M},\overrightarrow{M})_{(\overleftarrow{D},\overrightarrow{D})}$的任一行向量，而$(\overleftarrow{\lambda},\overrightarrow{\lambda})>0$为一适当系数。

L-2如果$(\overleftarrow{\omega},\overrightarrow{\omega})(t)=((\overleftarrow{\omega}_1,\overrightarrow{\omega}_1)(t),\cdots,(\overleftarrow{\omega}_n,\overrightarrow{\omega}_n)(t))$已知，那么我们计算$(\overleftarrow{\omega},\overrightarrow{\omega})^n(t)$与$(\overleftarrow{x}_i,\overrightarrow{x}_i)^n$向量内积为：

$$((\overleftarrow{\omega},\overrightarrow{\omega})^n(t),(\overleftarrow{x}_i,\overrightarrow{x}_i)^n)=\sum_{j=1}^{n}(\overleftarrow{\omega}_j,\overrightarrow{\omega}_j)(\overleftarrow{\omega}_{ij},\overrightarrow{\omega}_{ij})$$

如果对于任何$i=1,2,\cdots,m$，都有

$$((\overleftarrow{\omega},\overrightarrow{\omega})^n(t),(\overleftarrow{x},\overrightarrow{x})^n)>0\tag{9}$$

成立，那么$(\overleftarrow{\omega},\overrightarrow{\omega})(t)$就为方程组(7′)的解，否则就有一个$(\overleftarrow{x},\overrightarrow{x})(t)\in(\overleftarrow{D},\overrightarrow{D})$，使$((\overleftarrow{\omega},\overrightarrow{\omega})(t),(\overleftarrow{x},\overrightarrow{x})(t))\leqslant 0$ (10)

成立，那么我们作：

$$(\overleftarrow{\omega},\overrightarrow{\omega})^n(t+1)=(\overleftarrow{\omega},\overrightarrow{\omega})(t)+(\overleftarrow{\lambda},\overrightarrow{\lambda})(\overleftarrow{x},\overrightarrow{x})^n(t)\tag{11}$$

其中，$(\overleftarrow{\lambda},\overrightarrow{\lambda})$为$L$-1中的系数。

L-3由此继续，我们得到一系列

$((\overleftarrow{\omega},\overrightarrow{\omega})^n(t),(\overleftarrow{x},\overrightarrow{x})(t)),t=0,1,\cdots$

它们满足关系式(10)，(11)，且$(\overleftarrow{x},\overrightarrow{x})^n(t)\in(\overleftarrow{D},\overrightarrow{D})$，这个运算直到(9)式对任何$i=1,2,\cdots,m$成立为止，这时相应的$(\overleftarrow{\omega},\overrightarrow{\omega})^n(t)$就为方程组(7′)之解。

我们称上述算法L-1～L-3为感知 Agent 的学习算法。

2 感知 Agent 学习算法的收敛性定理

定理1 如果$(\overleftarrow{D},\overrightarrow{D})$是一个有限 DF 集合，且方程(7′)是可解的，那么上述给出的感知 Agent 的学习算法L-1～L-3一定是收敛的，也就是该学习算法一定能在有限步计算下求出不等式方程组(7′)的解，这时存在一个正整数$(\overleftarrow{t}_0,\overrightarrow{t}_0)$，使$(\overleftarrow{\omega},\overrightarrow{\omega})^n(\overleftarrow{t}_0,\overrightarrow{t}_0)$为方程(7′)的解，其中$(\overleftarrow{\omega},\overrightarrow{\omega})(\overleftarrow{t}_0,\overrightarrow{t}_0)$由$L$-1～$L$-3所得。

证明：因为$(\overleftarrow{D},\overrightarrow{D})$是一个有限 DF 集合，且方程组(7′)是可解的，那么必存在一个向量$(\overleftarrow{\omega}_0,\overrightarrow{\omega}_0)^n=((\overleftarrow{\omega}_{0,1},\overrightarrow{\omega}_{0,1}),\cdots(\overleftarrow{\omega}_{0,n},\overrightarrow{\omega}_{0,n}))$与正数$\delta>0$使

$\|(\overleftarrow{\omega}_0,\overrightarrow{\omega}_0)\|=(\overleftarrow{1},\overrightarrow{1})$

且使$((\overleftarrow{\omega}_0,\overrightarrow{\omega}_0),(\overleftarrow{x}_i,\overrightarrow{x}_i))\geqslant\delta>0,i=1,2,\cdots,m$ (12)

成立，如果$((\overleftarrow{\omega},\overrightarrow{\omega})^n(\overleftarrow{t},\overrightarrow{t}),(\overleftarrow{x},\overrightarrow{x})^n),t=0,1,\cdots$，是由$L$-1～$L$-3所求得的一列向量，它们满足关系式(10)和(11)，我们估计$((\overleftarrow{\omega}_0,\overrightarrow{\omega}_0),(\overleftarrow{\omega},\overrightarrow{\omega})(t))/(\|\overleftarrow{\omega}_0,\overrightarrow{\omega}_0\|\|(\overleftarrow{\omega},\overrightarrow{\omega})^n(t)\|)$的值，其中$\|(\overleftarrow{\omega}_0,\overrightarrow{\omega})_0\|$，$\|(\overleftarrow{\omega},\overrightarrow{\omega})^n(t)\|$分别为$(\overleftarrow{\omega}_0,\overrightarrow{\omega}_0)$，$(\overleftarrow{\omega},\overrightarrow{\omega})(t)$的模，这时必有

$(-\overleftarrow{1},-\overrightarrow{1})\leqslant(\overleftarrow{\omega}_0,\overrightarrow{\omega}_0),(\overleftarrow{\omega},\overrightarrow{\omega})^n(t)/\|(\overleftarrow{\omega}_0,\overrightarrow{\omega}_0)\|\|(\overleftarrow{\omega},\overrightarrow{\omega})^n(t)$

$\| \leqslant (\overleftarrow{1},\vec{1})$ (13)

成立。另一方面，我们又有

$$((\overleftarrow{\omega}_0,\vec{\omega}_0)^n,(\overleftarrow{\omega},\vec{\omega})^n(t+1))=((\overleftarrow{\omega}_0,\vec{\omega}_0)^n,(\overleftarrow{\omega},\vec{\omega})^n(t)+(\overleftarrow{\lambda},\vec{\lambda})(\overleftarrow{x},\vec{x})^n(t))=((\overleftarrow{\omega}_{i0},\vec{\omega}_{i0})^n,(\overleftarrow{\omega},\vec{\omega})^n(t))+(\overleftarrow{\lambda},\vec{\lambda})((\overleftarrow{\omega}_0,\vec{\omega}_0)^n,(\overleftarrow{x},\vec{x})^n(t)) \quad (14)$$

$$\geqslant((\overleftarrow{\omega}_0,\vec{\omega}_0)^n,(\overleftarrow{\omega},\vec{\omega})^n(t))+(\overleftarrow{\lambda},\vec{\lambda})(\overleftarrow{\delta},\vec{\delta})\geqslant(\overleftarrow{\lambda},\vec{\lambda})(\overleftarrow{\delta},\vec{\delta})(t+1)$$

与

$$((\overleftarrow{\omega},\vec{\omega})^n(t+1),(\overleftarrow{\omega},\vec{\omega})^n(t+1))=((\overleftarrow{\omega},\vec{\omega})^n(t)+(\overleftarrow{\lambda},\vec{\lambda})(\overleftarrow{x},\vec{x})^n(t),(\overleftarrow{\omega},\vec{\omega})(t)+(\overleftarrow{\lambda},\vec{\lambda})(\overleftarrow{x},\vec{x})^n(t))$$

$$=((\overleftarrow{\omega},\vec{\omega})^n(t),(\overleftarrow{\omega},\vec{\omega})^n(t))+2(\overleftarrow{\lambda},\vec{\lambda})\cdot((\overleftarrow{\omega},\vec{\omega})^n(t)\cdot(\overleftarrow{x},\vec{x})^n(t)+(\overleftarrow{\lambda},\vec{\lambda})^n(\overleftarrow{x},\vec{x})^n(t),(\overleftarrow{x},\vec{x})(t))$$

$$\leqslant((\overleftarrow{\omega},\vec{\omega})^n(t),(\overleftarrow{\omega},\vec{\omega})^n(t))+(\overleftarrow{\lambda},\vec{\lambda})^2(\overleftarrow{M},\vec{M})^2\leqslant(\overleftarrow{\lambda},\vec{\lambda})^2(\overleftarrow{M},\vec{M})^2(t+1) \quad (15)$$

其中$(\overleftarrow{M},\vec{M})=\max\{\|(\overleftarrow{x},\vec{x})\| : (\overleftarrow{x},\vec{x})^n\in(\overleftarrow{D},\vec{D})\}$而(14)与(15)的不等式分别由(12)与(10)可得，现将(14)与(15)代入(13)可得

$$(\overleftarrow{1},\vec{1})\geqslant\frac{((\overleftarrow{\omega}_{iu},\vec{\omega}_u),(\overleftarrow{\omega},\vec{\omega})^n(t))}{\|(\overleftarrow{\omega}_0,\vec{\omega}_0)\|\|(\overleftarrow{\omega},\vec{\omega})^2(t)\|}\geqslant\frac{(\overleftarrow{x},\vec{x})(\overleftarrow{\delta},\vec{\delta})t}{\sqrt{t(\overleftarrow{\lambda},\vec{\lambda})^n(\overleftarrow{M},\vec{M})^2}}$$

成立。因此，必有 $t\leqslant(\overleftarrow{M},\vec{M})^2/(\overleftarrow{\delta},\vec{\delta})^2$成立，这时，运算 L-1～L-3不可能无限继续，必在有限步内停止，且求出方程组(7′)的一个解。证毕

3 感知 Agent 的模型生成系

从图1我们可以看出：把该图用线性关系写出来便是

$$\sum_{i=1}^{n}(\overleftarrow{\omega}_i,\vec{\omega}_i)(\overleftarrow{x}_i,\vec{x}_i)\to(\overleftarrow{Z},\vec{Z})\in(\overleftarrow{Y},\vec{Y}) \quad (16)$$

这里设$(\overleftarrow{S},\vec{S})=\{(\overleftarrow{S},\vec{S})_\lambda\in\Lambda\}$为 U-模$(\overleftarrow{X},\vec{X})$中一些模元素$(\overleftarrow{S}_\lambda,\vec{S}_\lambda)$的集合，且$(\overleftarrow{Y},\vec{Y})\subseteq(\overleftarrow{S},\vec{S})$，则称(16)为感知 Agent 的生成系模型。

在 Agent 的感知过程常会碰到这样的情况，如有三个元素{0,1,2}，并规定0<1,0<2，但1与2不能比较，现在范畴 $\mathscr{U}$ 中相应的正向系是

$\phi_1: A_0\to A_1,\phi_2: A_0\to A_2$，如图2($a$)：

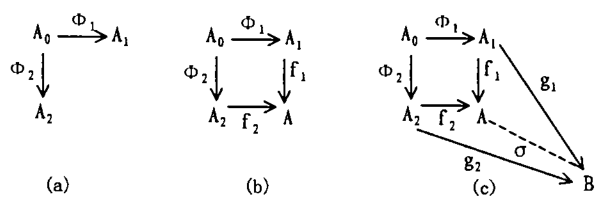

图2

从图上可以看出它们的正向极限是(A,f_1,f_2)，在图2(b)可交换，即 $f_1\phi_1= f_2\phi_2$，并且对任何(B,g_1,g_2)，只要 $g_1\phi_1=g_2\phi_2$，就必有唯一的 $\sigma: A\to B$，使 $\sigma f_i= g_i, i=1,2$，即图2(c)也可交换，这样的(A,f)叫做$\{\phi_1,\phi_2\}$的推出。

与上图相对偶有：设有反向系图3(a)

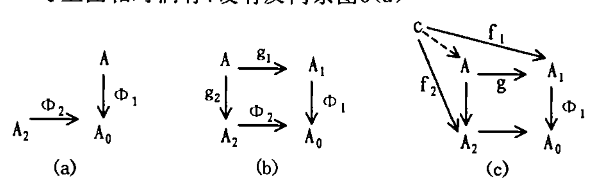

图3

那么，它们的反向极限就是一个(A,g_1,g_2)，使图3(b)可交换，且有由图3(c)所示的泛性质，这个(A,g_1,g_2)叫做$\{\varphi_2,\Psi_2\}$的拉回[3]。

定理2 (1)(A,ψ_1,ψ_2)是$\{\phi_1,\phi_2\}$的推出，当且仅当

$$A_0\xrightarrow{(\varphi_1+\varphi_2)}A_1\oplus A_2\xrightarrow{(\psi_1+\psi_2)}A\to 0 \quad (17)$$

右正合；

(2)(A_0,ϕ_1,ϕ_2)是$\{\psi_1,\psi_2\}$的拉回，当且仅当

$$0\to A_0\xrightarrow{(\varphi_1,-\varphi_2)}A_1\oplus A_2\xrightarrow{\varphi_1+\varphi_2}A \quad (18)$$

左正合。

证明：(1)必要性：设(A,ψ_1,ψ_2)是$\{\phi_1,\phi_2\}$的推出，取 $f: A_1\oplus A_2\to B$ 为$(\phi_1,-\phi_2)$的上核。让 f_1为 f 在 A_1上的限制，而 f_2为 f 在 A_2上的限制，故 $f=f_1+f_2$，且$0=f(\phi_1,-\phi_2)=(f_1+f_2)(\phi_1,-\phi_2)=f_1\phi_1-f_2\phi_2$。由推出性，有唯一的 $\sigma: A\to B$，使 $\psi_1=f_1,\sigma\psi_2=f_2$，另一方面，因 f_1+f_2是$(\phi_1,-\phi_2)$的上核，故有唯一的 $\tau: B\to A$，使 $\tau(f_1+f_2)=\psi_1+\psi_2$，所以 $\tau\sigma(\varphi_2+\varphi_2)=\psi_1+\psi_2,\sigma\tau(f_1+f_2)=f_1+f_2$。由于 σ 与 τ 的唯一性，$\tau\sigma=\varepsilon A,\sigma\tau=\varepsilon B$，故 A 与 B 同构，因此(17)右正合。

反过来，任取 $f_1: A_1\to B, f_2: A_2\to B$，使 $f_1\phi_1=f_2\phi_2$，则有 $f_1+f_2: A_1\oplus A_2\to B$，使$(f_1+f_2)(\phi_1,-\phi_2)=0$，由于 $\psi_1+\psi_2$是$(\phi_1,-\phi_2)$的上核，故有唯一的 $\sigma: A\to B$，使 $\sigma(\psi_1+\psi_2)=f_1+f_2$，即 $\sigma\psi_1=f_1,\sigma\psi_2=f_2$，所以$(A,\psi_1,\psi_2)$是$\{\phi_1,\phi_2\}$的推出。

第二部份类似可证：(略)

接下来设$(\overleftarrow{A},\vec{A})=(\overleftarrow{A},\vec{A})_p,(\overleftarrow{B},\vec{B})=(\overleftarrow{B},\vec{B})_q,(\overleftarrow{C},\vec{C})=(\overleftarrow{C},\vec{C})_r$为三个 DF 分级模，则称正合列

$$\cdots\to(\overleftarrow{C},\vec{C})_{n-n_2}\xrightarrow{Q_{n+n_2}}(\overleftarrow{A}_n,\vec{A}_n)\xrightarrow{\phi_n}(\overleftarrow{B}_{n+n_1},\vec{B}_{n+n_1})\xrightarrow{\psi_{n+n_1}}(\overleftarrow{C}_{n+n_1+n_2},\vec{C}_{n+n_1+n_2})\xrightarrow{Q}(\overleftarrow{A}_{n+n_1+n_2+n_3},\vec{A}_{n+n_1+n_2+n_3})\xrightarrow{\phi}\cdots \quad (19)$$

为一个正合三角形，常形象化地表示为

$$\begin{array}{ccc}(\overleftarrow{A},\vec{A}) & \xrightarrow{\psi[n1]} & (\overleftarrow{B},\vec{B})\\ Q[n3]\nwarrow & & \swarrow\psi[n2]\\ & (\overleftarrow{C},\vec{C}) & \end{array} \quad (20)$$

现在我们用过滤的方法来对如上结果进行处理后可得到我们研究的目的了。

定义 对于$(\overleftarrow{D},\vec{D})$中的对象$(\overleftarrow{C},\vec{C})$，若有一个规则 F，使当 $P\in Z$ 时，恒有 $F^p(\overleftarrow{C},\vec{C})\subseteq(\overleftarrow{C},\vec{C})$而且

$$\cdots\cdots\subseteq F^{p-1}(\overleftarrow{C},\vec{C})\subseteq F^p(\overleftarrow{C},\vec{C})\subseteq F^{p+1}(\overleftarrow{C},\vec{C})\subseteq\cdots \quad (21)$$

则 F 数为$(\overleftarrow{C},\vec{C})$的一个过滤。

结束语 到此我们讨论了感知 Agent 的基本模型及感知 Agent 学习算法，基于这些基本概念进一步给出了该模型的生成系等内容，今后我们将再作进一步的实际应用和理论探讨，以便使感知 Agent 的基本内容得到完善。

参 考 文 献

1 李凡长. 基于 DFL 的多 Agent 协调工作机制研究. 自动化学报，2003,29(3)
2 沈世镒. 神经网络系统理论及其应用. 科学出版社，2001
3 周佰壎. 同调代数. 科学出版社，1991年第三版
4 http://www.cs.cmu.edu
5 http://www.robocup.v.kinotrope.co.jp/research
6 李凡长，等. 动态模糊集及其应用. 云南科技出版社，1997