基于生态学的复杂系统稳定性逻辑分析模型*)

冯乃勤[1,2] 邱玉辉[1] 张应山[3] 詹从赞[4] 郑忠国[4]
(西南大学计算机与信息科学学院 重庆 400715)[1]
(河南师范大学计算机与信息技术学院 新乡 453007)[2]
(华东师范大学概率统计系 上海 200062)[3] (北京大学数学学院概率统计系 北京 100871)[4]

摘 要 复杂系统的稳定性是众多学科所关注的问题。根据生态平衡的理论，从人工智能、自然智能、智能逻辑和数学的角度，给出了一个基于生态学的复杂系统稳定性逻辑分析模型，并进行了严格的推理论证，从而为分析和解决复杂系统的稳定性问题提供了一个有力的工具，也为复杂系统理论增添了新的内容。

关键词 复杂系统，稳定性，生态平衡，食物链，相邻，相间

A Logic Analysis Model of Stability of Complex System Based on Ecology

FENG Nai-Qin[1,2] QIU Yu-Hui[1] ZHANG Ying-Shan[3] ZHAN Cong-Zan[4] ZHENG Zhong-Guo[4]
(Faculty of Computer & Information Science, Southwest-China University, Chongqing 400715)[1]
(Faculty of Computer & Information Science, Henan Normal University, Xinxiang 453002)[2]
(Department of Probability & Statistics, East-China Normal University, Shanghai 200062)[3]
(Department of Probability & Statistics, Peking University, Beijing 100871)[4]

Abstract The problem of stability of complex system is of great concern to many branches of knowledge. A logic analysis model of stability of complex system based on ecology, according to the theory of ecological balance, from the point of view of artificial intelligence, natural intelligence, intelligent logic and mathematics, is presented and proved strictly. Therefore, a powerful tool for analyzing and solving the problem of stability of complex systems is provided, and the new contents are added to the theory of complex system.

Keywords Complex system, Stability, Ecological balance, Food chain, Neighbor, Separateness

1 引言

物质世界中，彼此间相互作用、相互依赖的事物，有规律地联合的集合体被称为系统。一般认为，构成系统至少满足三个条件：① 系统是由许多成分（要素）组成的；② 系统各成分间不是孤立的，而是彼此相互联系、相互作用的；③ 系统具有独立的、特定的功能[1]。如果系统各组成成分之间的关系错综复杂，不是单一的、简单的关系，那么，该系统就是一个复杂系统[2]。

一般来说，我们希望系统是稳定的，对复杂系统亦然。问题是一个复杂系统在什么情况下才是稳定的？从结构上来说，一个稳定的复杂系统必然要求有一个稳定的逻辑结构，那么这个稳定的逻辑结构该是什么样的呢？

稳定性的逻辑分析是众多学科所关注的问题。一个原子为什么相对于物质世界，能成为相对稳定的系统呢[3]？一个生物基因组合模型为什么能形成相对稳定的结构呢？一个特殊的基因结构，为什么又能成为遗传病的某种固定的原因呢？一个工厂的特定生产工序，是什么原因使其成为稳定的生产工序，从而得到稳定的产品质量[4,5]呢？怎样求取一个复杂系统的稳定中心呢？如此等等，遇见的稳定性问题相当多，但对稳定性的逻辑分析结构到底应该如何定义，至今没有一个统一的见解[6,7]。

本文从自然计算[8]、人工智能、智能逻辑[9]和数学[10]的角度对复杂系统的稳定性结构进行了研究。受生态学和生态平衡思想的启发，提出了一种复杂系统稳定性逻辑分析模型，并进行了推理论证。这不仅丰富了复杂系统理论宝库，而且也为分析和解决复杂系统的稳定性问题提供了有力的工具。

2 生态学基础

生物群落连同其所在的物理环境共同构成生态系统（ecosystem）。生态系统由四大部分组成[11,12]：即生产者（植物）、消费者（动物）、分解者（微生物）和非生命环境（非生命物质）。其特征是系统内部以及系统与系统外部之间存在着能量的流动和由此推动的物质的循环。

阳光、氧气、二氧化碳、水、植物营养素（无机盐）是物理环境的最主要要素，生物残体（如落叶、秸杆、动物和微生物尸体）及其分解产生的有机质也是物理环境的重要要素。物理环境给活的生物提供能量和养分。

生态系统的生命角色有三种，即生产者、消费者和分解者，分别由不同种类的生物充当。生产者吸收太阳能并利用

*）基金项目：河南省自然科学基金资助项目（0511012500），河南省科技攻关项目“Agent 核心技术及其在电子商务中的应用”。教育部科技司资助项目“基于禁忌搜索的模糊神经控制研究。冯乃勤 博士研究生，副教授，主要研究方向：人工智能，模糊理论，神经网络。邱玉辉 教授，博士生导师，主要研究方向：人工智能，计算智能，神经模糊控制等。张应山 教授，博士研究生，主要研究方向：试验设计，多边矩阵理论，复杂系统。

无机营养元素(C、H、O、N等)合成有机物,将吸收的一部分太阳能以化学能的形式储存在有机物中。生产者的主体是绿色植物,以及一些能够进行光合作用的菌类、藻类。消费者是直接或间接地利用生产者所制造的有机物作为食物和能源,而不能直接利用太阳能和无机态的营养元素的生物。分解者可将消费者尸体分解并最终还原为植物可以利用的营养物。

在生态系统中,物质从物理环境开始,经生产者、消费者和分解者,又回到物理环境,完成一个由简单无机物到各种高能有机化合物,最终又还原为简单无机物的生态循环。在这个物质的生态循环过程中,太阳能以化学能的形式被固定在有机物中,供食物链上的各级生物利用。

生产者所固定的能量和物质,通过一系列取食和被食的关系在生态系统中传递,各种生物按其食物关系排列的链状顺序称为食物链。一个典型的食物链如下所示:

鹰→蛇→青蛙→稻螟虫→水稻

值得注意的是,这条食物链并非到鹰终止。真实的情况是,能流和物流在食物链中的循环是永恒的。考虑到鹰的尸体被微生物利用和分解后,最终又还原为简单无机物回到物理环境而再次被水稻等植物利用和生产,上述食物链也就构成了一个环状的链:

鹰→蛇→青蛙→稻螟虫→水稻→鹰

实际上,在食物链中,并非只有取食(削弱、抑制)和被食的一种关系,至少还存在另一种关系。例如,当鹰取食蛇的同时,它也就帮助(增长、促进)了青蛙;当青蛙取食稻螟虫的同时,它也就帮助了水稻的生长。如果用实线箭头表示第一种关系,用虚线箭头表示第二种关系,则上述食物链可用下面的语义网络表示(图1)。

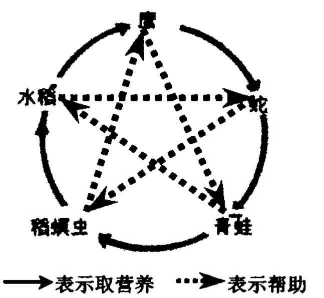

图1 一个典型的食物链及其关系语义网

生态系统中的能量流和物质循环在通常情况下(没有受到外力的剧烈干扰)总是平稳地进行着,与此同时生态系统的结构也保持相对稳定状态,这叫做生态平衡。

由生产者、消费者和分解者这三个亚系统的生物成员与非生物环境之间通过能流和物流而形成的高层次的生物组织,是一个物种间、生物与环境之间协调共生、能持续生存和相对稳定的系统。向自然界生态系统寻找这些协调共生、能持续生存和相对稳定的机理,能给我们对复杂系统稳定性的研究带来许多新的启示。

根据生态平衡的理论,我们提出了一种具有三种关系的稳定的复杂系统逻辑分析模型,并对它的一些性质和定理进行了论证。

3 具有三种关系的复杂系统模型

定义1 设A是一个非空集合,$\sim$是A上的一个关系。如果$\sim$具有反身性,对称性,传递性,则称$\sim$是一个等价关系,即$\sim$具有如下三个性质:

1. 反身性 $x\sim x$;
2. 对称性 若$x\sim y$,则$y\sim x$;
3. 传递性 若$x\sim y,y\sim z$,则$x\sim z$。

定义2 设A是一个非空集合,$\to$和$\Rightarrow$是A上两个不同的关系。如果$\to$和$\Rightarrow$满足以下3个条件,则称$\to$为相邻关系,$\Rightarrow$为相间关系。

1. 第一种三角形推理(以下称为跃迁推理),即:设$x,y,z\in A$

1)若$x\to y,y\to z$,则$x\Rightarrow z$,即$\to$、$\to$相遇,发生跃迁现象;

2)若$x\to y,x\Rightarrow z$,则$y\to z$;

3)若$x\Rightarrow z,y\to z$,则$x\to y$。

此种推理可表示为如下三角形的任两边决定第三边:

x

$\Downarrow\searrow$

$z\leftarrow y$

2. 第二种三角形推理(以下称为返祖推理):

1)若$x\Rightarrow y,y\Rightarrow z$,则$z\to x$。即$\Rightarrow$,$\Rightarrow$相遇,发生返祖现象。

2)若$z\to x,x\Rightarrow y$,则$y\Rightarrow z$。

3)若$y\Rightarrow z,z\to x$,则$x\Rightarrow y$。

此种推理可表示为如下三角形的任两边决定第三边:

x

$\Downarrow\nwarrow$

$y\Rightarrow z$

3. 等价关系$\sim$分别与$\to$和$\Rightarrow$相遇时,按如下法则进行传递(以下称为遗传推理),即:

1)若$x\sim y,y\to z$,则$x\to z$;

2)若$x\sim y,y\Rightarrow z$,则$x\Rightarrow z$;

3)若$x\to y,y\sim z$,则$x\to z$;

4)若$x\Rightarrow y,y\sim z$,则$x\Rightarrow z$。

定义3 设V是一个集合,在V上存在三个不同的关系$\sim$、$\to$和$\Rightarrow$。对任意元素$x,y\in V$(x,y可以相同),其间至少存在$\sim$、$\to$和$\Rightarrow$三种关系中的某一种关系,并且不能同时关于两种关系$\to$,$\Rightarrow$都成立,即$x\to y,x\Rightarrow y$不能同时成立,则称V为一个复杂系统模型。

上述复杂系统模型的无矛盾性(独立性)显而易见,因为两个三角形推理相互独立,且其任两边决定第三边,各种推理又相互协调。以后也把$\to$和$\Rightarrow$称为跃迁关系和返祖关系。

上述复杂系统模型有如下三种基本性质:

性质1 各种关系的存在唯一性成立,即对任何$x,y\in V$,那么以下5种情况有一种并且只有一种关系成立:$x\sim y$,$x\to y,y\to x,x\Rightarrow y,y\Rightarrow x$。

证明:若同时$x\sim y,x\to y$成立,用等价关系的对称性知此条件即同时$y\sim x$和$x\to y$成立,则由遗传推理可知$x\to x$。又$x\to y$,由跃迁推理得$x\Rightarrow y$。这与$x\to y,x\Rightarrow y$不能同时成立矛盾,所以上述两种关系不能同时成立。

若$x\sim y,x\Rightarrow y$同时成立,即$y\sim x,x\Rightarrow y$同时成立,则由遗传推理知$y\Rightarrow y$。又$x\Rightarrow y$,由返祖推理则$y\to x$,这与上述证明的$y\sim x,y\to x$不能同时成立矛盾,所以上述两种关系不能同时成立。

同理可证:$x\sim y,y\to x$与$x\sim y,y\Rightarrow x$都不能同时成立。

若$y\to x,x\to y$同时成立,由跃迁推理则$y\Rightarrow y$,又$y\sim y$,这与前面证明的结论矛盾。

若 $x \to y$，$y \Rightarrow x$ 同时成立，由返祖推理的协调推理知 $x \Rightarrow x$，又 $x \sim x$，这与前面的证明矛盾。

同理可以证明，$x \Rightarrow y$，$y \to x$ 以及 $x \Rightarrow y$，$y \Rightarrow x$ 不能同时成立。即：所求得证。

性质 2 对任何 $x,y,z \in V$，如果 $x \to y$，并且 $x \to z$，那么 $y \sim z$。同样，如果 $x \Rightarrow y$ 并且 $x \Rightarrow z$，那么 $y \sim z$。

证明：用反证法。用条件 $x \to y$ 并且 $x \to z$，考虑 y,z 的关系，若 $y \to z$，则由跃迁推理得 $x \Rightarrow z$，这与 $x \to z$ 矛盾。

若 $y \Rightarrow z$，则由返祖推理 $z \Rightarrow x$，与 $x \to z$ 矛盾。

同样可以证明 $z \to y$，$z \Rightarrow y$ 都不成立，所以 $y \sim z$。

关于第二种关系 $\Rightarrow$ 的情况，证明类似。

性质 3 对任何 $x,y,z \in V$，如果 $x \to z$ 并且 $y \to z$，那么 $x \sim y$；同样，如果 $x \Rightarrow z$ 并且 $y \Rightarrow z$ 那么 $x \sim y$。

证明：类似于性质 2 的证明。

4 稳定的复杂系统模型

定义 4（稳定的复杂系统模型） 一个复杂系统模型 V 称为稳定的，如果它至少对于关系 $\to$ 或 $\Rightarrow$ 其中之一，比如说 $\to$，具有如下形式的循环链（或因果圈）：

$$x_1 \to x_2 \to x_3 \to \cdots \to x_n \to x_1$$

如上稳定性的定义，对于一个相对稳定的系统来说，它是最基本的。如果此圈不存在，那么在系统内将存在众多的元素没有原因，也有众多的元素没有结果。系统必然处于寻找原因和结果的状态之中，其稳定性是无从谈起的，即系统将处于一个不稳定的状态。

上述定义的稳定的复杂系统模型有如下有趣的结果：

定理 1 在一个稳定的复杂系统模型 V 中，必然存在链长为 5 的循环链，而且不会有链长小于 5 的循环链。

证明：只须证明以下三个事实：

1. 链长为 1,2,3,4 的循环链不存在。

2. 链长为 5 的循环链存在。

3. 任意一个稳定的复杂系统模型 V 中，必然能够找到链长为 5 的循环链。

1. 的证明：很显然 $x_1 \to x_1$，$x_1 \to x_2 \to x_1$，$x_1 \to x_2 \to x_3 \to x_1$ 是不存在的。

设有 $x_1 \to x_2 \to x_3 \to x_4 \to x_1$，则根据跃迁推理，$x_1 \Rightarrow x_3 \Rightarrow x_1$，所以 $x_1 \to x_1$，与性质 1 矛盾。

2. 的证明：对于链长为 5 的循环链：

$$x_1 \to x_2 \to x_3 \to x_4 \to x_5 \to x_1$$

可以推出：$x_1 \Rightarrow x_3 \Rightarrow x_5 \Rightarrow x_2 \Rightarrow x_4 \Rightarrow x_1$，不会导出矛盾。

3. 的证明：对任意一个稳定的复杂系统模型 V，由定义 4 知，存在如下循环链：

$$x_1 \to x_2 \to x_3 \to \cdots \to x_n \to x_1$$

由上面 1. 的证明，$n \geqslant 5$

若 $n=5$，则 3 得证。

若 $n>5$ 则有 $x_1 \to x_2 \to x_3 \to x_4 \to x_5 \to x_6 \to \cdots$，所以 $x_1 \Rightarrow x_3 \Rightarrow x_5$，则由返祖推理：$x_5 \to x_1$。

所以，$x_1 \to x_2 \to x_3 \to x_4 \to x_5 \to x_1$，即所求得证。

由这个定理的证明我们可以知道，关于两种关系 $\to$ 和 $\Rightarrow$ 的链长为 5 的循环链是并存的，即循环链 $x_1 \to x_2 \to x_3 \to x_4 \to x_5 \to x_1$ 与 $x_1 \Rightarrow x_3 \Rightarrow x_5 \Rightarrow x_2 \Rightarrow x_4 \Rightarrow x_1$ 并存。

定理 2 对于任何一个稳定的复杂系统模型 V，可以把 V 的逻辑分析元素分成 5 类：V_1,V_2,V_3,V_4,V_5，其中 $V_i \cap V_j = \phi(i \neq j)$，并且 $\bigcup_{i=1}^{5} V_i = V$，每类里的元素是等价的，而类与类之间被两种关系 $\to$ 和 $\Rightarrow$ 所制约。

证明：对任何一个稳定的复杂系统模型 V，由定理 1，存在如下的循环链：

$$x_1 \to x_2 \to x_3 \to x_4 \to x_5 \to x_1$$

则令 $V_i = \{x: x \sim x_i, x \in V\}$，$i=1,2,\cdots,5$。

先证 $V_i \cap V_j = \phi(i \neq j)$。

反证法，若 $V_i \cap V_j \neq \phi(i \neq j)$，则存在 $x \in V_i \cap V_j$，所以 $x \sim x_i$，$x \sim x_j$，所以 $x_i \sim x_j$，矛盾。

再证 $\bigcup_{i=1}^{5} V_i = V$，也就是要证对于任意的 $x \in V$，都存在 x_i，使得 $x \sim x_i$。

因为 x,x_1 之间必然存在如下几种关系中的一种：$x \sim x_1$，$x \to x_1$，$x_1 \to x$，$x \Rightarrow x_1$，$x_1 \Rightarrow x$，

若 $x \sim x_1$，则所求得证。

若 $x \to x_1$，又 $x_5 \to x_1$，则 $x \sim x_5$。

若 $x \Rightarrow x_1$，又 $x_4 \Rightarrow x_1$，则 $x \sim x_4$。

其他几种情况可类似证明。

此定理说明要研究具有三种关系的复杂系统的稳定性，可以通过研究其相应的 5 个等价类的 5 项指标来进行。

定理 3 对任何具有等价关系 $\sim$、相邻关系 $\to$ 及相间关系 $\Rightarrow$ 的复杂系统 V，在按等价关系进行分类的情况下，其唯一的稳定结构如图 2 所示（$V_1^{\sim}$ 表示 V_1 的等价类，余类推）：

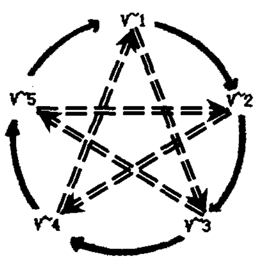

图 2 稳定的复杂系统逻辑分析结构

定理 3 为定理 1 和定理 2 的直接推论。

上述定理的意义是深远的。

5 举例

例 1 在产品质量的在线控制系统中，一般要考虑工序及管理两个完全不同的关系。例如，记 $\to$ 为工序流程，$\Rightarrow$ 为管理流程，在两个管理检验点之间的工序流程段理解为等价，如下一个在线控制系统是可以采用的：设 $x_1,x_2,\cdots$ 为工序管理允许检验点，则

$$x_1 \to x_2 \to x_3 \to \cdots$$

其中，$x_i \to x_{i+1}$ 称为采用第 i 工序流程段，假设设计允许的每段次品率为 q。如果管理人员要检验工序段 $x_2 \to x_3 \to \cdots \to x_6$ 是否处于稳定生产状态（例如，质检员发现 $x_2 \to x_3$ 工序段可能存在问题，高层管理人员就要采取相应行动），可以在 x_2 处检验一次该点的次品率，记为 q_1，另外在 x_4 处检验一下次品率，记为 q_2，再在 x_6 处检验一下次品率，记为 q_3，设

$$r_1 = 1 - \sqrt{(1-q_2)/(1-q_1)},$$

$$r_2 = 1 - \sqrt{(1-q_3/(1-q_2)}$$

那么，$r_1 > q$ 将表示工序段 $x_2 \to x_3 \to x_4$ 可能存在问题，但是检验犯错误的可能性也是存在的，因此作连续检验。如果连续检验发现 $r_2 > q$，那么认为工序段 $x_2 \to x_3 \to \cdots \to x_6$ 有质量问题是合理的，并且质量问题最有可能出现在 $x_2 \to x_3 \to x_4$ 段，

此时,产品或半成品将必须由 x_6 处返回 x_2 处进行返工再生产。从以上分析可以看出,对于上述质量检验管理来讲,→可以理解为某工序段质检发现错误,⇒可以理解为一次高级质检发现错误,认定如下推理是合理的:

$$\begin{array}{ccc} x_2 & & \\ \Downarrow & \searrow & \\ x_4 & \leftarrow & x_3 \end{array} \qquad \begin{array}{ccc} x_2 & & \\ \Downarrow & \nwarrow & \\ x_4 & \Rightarrow & x_6 \end{array}$$

如上推理规则形成对生产工序稳定性的检验。此规则相应于一条常识:"有再一再二,没有再三再四"。

例 2 在可靠性系统设计中,一般考虑风险函数 $\lambda(k)$ 及标性变量 r,

$$\lambda(k)=\frac{P_k}{\sum_{i=k}^{n}P_i},r=\frac{P_{k+i}}{P_i}-\frac{P_{k+i+1}}{P_{i+1}}$$

其中,$P_1,P_2,\cdots,P_n$ 是离散概率分布密度,n 为产品寿命。综观生产产品的状态,可以发现它们处于如下的流程之中:

生产期:$A_1:\lambda(0)=0$;

初期:$B_1:0<\lambda(k)<1,r<0$;

偶发期:$C_1:0<\lambda(k)<1,r=0$;

破损期:$D_1:0<\lambda(k)<1,r>0$;

寿命终期:$E_1:\lambda(k)=1$;

再次生产期:$A_2:\lambda(0)=0$;

再次初期:$B_2:0<\lambda(k)<1,r<0$;

…

无论对产品设计者还是对产品可靠性的检验人员来说,生产期是共同要注意的状态,但设计者可能更关心偶发期及寿命终期的设计,而检测者一般常常对初期及破损期的指标进行检测,我们把同一类状态,比如 $A_1,A_2,\cdots$ 理解为等价~,而把两个连续状态理解为→,再把相隔一点的状态之间的关系理解为⇒,很明显,上述产品的状态过程关于~,→及⇒也形成一个稳定的逻辑分析系统,它满足定理 1,定理 2 和定理 3。

例 3 在产品的试验设计中,往往有许多因素或许多指标需要考虑,有时多达十几个甚至几十个。这些指标之间的关系错综复杂,每一个指标的调整,都可能使一些指标变好,而使另一些指标变坏。这实际上就是一个复杂系统。对这些指标的每一个组合逐一试验,不仅耗时费力,有时甚至是不可能的,不能保证系统的收敛性和稳定性。

复杂系统稳定性逻辑分析模型为复杂系统的试验设计提供了一个优化的方法。我们只需要按照等价关系将众多指标划分成 5 个等价类,每个等价类用一个指标来表征,并使之满足复杂系统稳定性逻辑分析模型,然后对优化的 5 个指标进行组合试验,可以最大限度地减少试验次数,并保证系统的稳定性,其经济效益和社会效益都是不言而喻的。

结束语 自然界蕴涵着无限的智慧。本文受生态平衡现象的启迪,提出了具有三种关系的复杂系统模型及其稳定性逻辑分析模型。这种模型简单清晰,在分析一个复杂系统的稳定性时常常是成功的。实践证明,该模型不仅具有复杂系统理论意义,而且具有实际应用价值。它有助于很多复杂系统的稳定性建模和分析推理,在工业等领域的生产和试验设计中发挥着重要作用。

参 考 文 献

1 程胜高,罗泽娇,曾克峰. 环境生态学. 北京:化学工业出版社,2003
2 张江. 什么是复杂系统. http://www.swarmagents.com/complex/intro/articles.htm
3 爱因斯坦著,李灏译. 相对论的意义. 北京:科学出版社,1979
4 田口玄一著,中国兵器工业质量管理协会译. 开发、设计阶段的质量工程学. 中国兵器工业出版社,1992
5 田口玄一著,中国兵器工业质量管理协会译. 制造阶段的质量工程学. 中国兵器工业出版社,1992
6 jake. 复杂系统、复杂性科学目前的问题. http://www.swarmagents.com/complex/intro/mistakes.htm
7 张江. 复杂性科学中的几个误区与偏见. http://www.swarmagents.com/complex/intro/mistakes.htm
8 丁永生. 计算智能. 北京:科学出版社,2004
9 王永庆. 人工智能原理与方法. 西安:西安交通大学出版社,1999
10 张应山. 多边矩阵理论. 北京:中国统计出版社,1993
11 李博主编. 生态学. 北京:高等教育出版社,2001
12 金岚. 环境生态学. 北京:高等教育出版社,1992

(上接第 210 页)

的方法很容易定制复杂领域的模板。

③模块化的模板定制方法,使得模板具有很好的可扩展性和可重用能力。单个子模板的更改和替换不影响整体,并且如果其他的领域中用到了相同的子模板(如 Person),那么可以直接拿去应用,也可根据需要稍加修改,从而能够提高效率。

④模板 Schema 定义确定后,系统采用一个统一的模板分析模块(Analyzer)和装配模块(Assembler),完成对模板的解析和摘要的装配,因此程序模块是可重用的,降低了开发成本,并且具有很好的可通用性。

但是,该文摘算法存在以下不足:

①表现形式还是不够丰富。针对一个特定的领域,当其领域文摘模板方案形成后,则针对该领域的知识文摘结果在形式上具有相似性,表现形式仍然不够丰富。

②模板的定义仍需要领域专家的参与,编写一个既能满足语义的逻辑关系,又能兼顾语义层次结构的模板仍然是件复杂的事情。

我们将在下一步工作中考虑和解决这些问题。

总结 本文讨论了本体知识文摘问题,并将领域知识文摘问题定义为一个将本体描述的语义信息用自然语言进行表示的过程。基于模板技术,本文提出了一个本体知识文摘方法。在实验室的语义信息管理平台 SWARMS 中实现了该方法。初步实验表明,本文提出的方法取得了较好的结果。

作为下一步工作,我们计划利用机器学习的方法实现模板的自动学习,同时也计划将本文提出的方法应用到其他的语义信息管理系统中。

参 考 文 献

1 Berners-Lee T, Hendler J, Lassila O. The Semantic Web. Scientific American, 2001. 279
2 OWL Web Ontology Language. http://www.w3.org/TR/owl-features/
3 Kalyanpur A, Halaschek-Wiener C, Kolovski V, et al. Effective NL Paraphrasing of Ontologies on the Semantic Web. NLDB05
4 Drummond R N, Horridge M, Rogers J, et al. Owl pizzas: Common errors & common patterns from practical experience of teaching owl-dl. In: European Knowledge Acquisition Workshop (EKAW), 2004
5 Fuchs S U, Torge S. Controlled natural language can replace first-order logic. In: 14th IEEE International Conference on Automated Software Engineering. Cocoa Beach, Florida, Oct.
6 Barzilay R, Lee L. Bootstrapping lexical choice via multiple-sequence alignment. In: Proceedings of EMNLP, 2002
7 Wilcock G. Talking owls: Towards an ontology verbalizer. In: Proceedings of the 2th International Semantic Web Conference (ISWC)
8 Guha R V, McCool R. Miller E. Semantic Search. In: Proceedings of the Twelfth International Conference on World Wide Web (WWW2003). ACM Press, 2003
9 SWARMS. http://keg.cs.tsinghua.edu.cn/project/pswmp.htm
10 SourceForge. http://sourceforge.net/
11 Resource Description Framework(RDF). http://www.w3.org/RDF/