

过程专家系统的自适应实现¹⁾

江青茵

舒迪前

(厦门大学技术服务中心, 厦门 361005)

(北京科技大学自动化系, 北京 100083)

摘 要

本文讨论了工业过程优化控制及操作过程运转专家系统的自适应实现问题, 给出了知识库的自组织结构及其实现方法. 介绍了从过程操作数据中学习过程特性的学习系统 SLFOD, 以及构成 SLFOD 的各要素, 并给出仿真结果.

关键词: 自组织, 专家系统, 知识库.

一、引 言

建立过程专家系统的知识库的难点主要在于深层知识. 这是由于工业过程的复杂性, 以及人们对过程特性的了解往往有限, 而且不少工业过程都具有慢时变特性, 这些都使得建立具有一定质量的深层知识库变得困难. 因此使过程专家系统具有自适应能力非常重要, 它是使过程控制专家系统发挥作用的关键. 近年来已引起广泛的关注, 但尚未能从理论和应用上得到解决, 本文将从知识库的自组织来讨论这一问题.

二、知识库的自组织结构

自适应系统的最大特点是能够适应动态环境的变化, 使系统的输出策略总能与当前系统的特性形成最佳匹配, 通常有两类在线调整实现方法 1) 直接调整输出策略. 2) 调整与过程特性有关部分, 在此基础上调整输出策略. 前者难度较大, 而后者较为可行. 因此要使专家系统具有自适应能力, 关键应使知识库能自动根据环境变化来调整本身内容, 即知识库应具备自组织能力.

所谓自组织, 即不存在外部指令时, 系统能按照某种原则协调工作, 自动从混乱无序发展到有序的过程^[1]. 或能从旧的已瓦解的结构发展新结构的过程. 耗散结构论认为, 系统实现自组织的前提条件必须是远离平衡态的开放系统. 若系统在其平衡态附近没有与外界的交流, 则它以后的发展就会受制于热力学第二定律, 逐步走向熵最大, 并从原有的有序态逐步走向无序, 结构组织逐步瓦解^[2]. 由此可见知识库具备自组织能力的

本文于 1991 年 5 月 23 日收到.

1) 国家自然科学基金资助项目.

重要性。当动态环境及系统特性发生变化时,显然原有的知识内容已不再适应,若此时知识库不具备自组织能力,则原有结构将退化,系统将走向无序。

由于实现自组织的前提是远离平衡态的开放系统,因此信息的反馈和吸收是实现自组织的重要保证,但这仅是必要条件。H. Haken 认为,自组织的实现,依靠的是系统几个序参量互相依赖又互相竞争,从而协同一致形成一个不受外界作用和内部涨落影响的自组织结构。

通常自组织系统具有下述特点:

- 1) 自生成。这是自组织的最基本特点。自组织系统首先要有一个称为基核的组织核心,此核心主要依靠自生成形成。
- 2) 自催化和自反馈,自催化相当于正反馈,是形成基核的重要手段。
- 3) 自协调。根据序参量的合作与竞争,使系统朝着有序的方向发展。

为实现自组织,知识库的结构如图 1 所示,图中生成机构起信息正反馈作用,形成知识库的内容。评价机构和筛选系统起信息负反馈作用,根据反馈信息对生成的知识进行评价筛选,使系统朝着正确有序的方向发展。

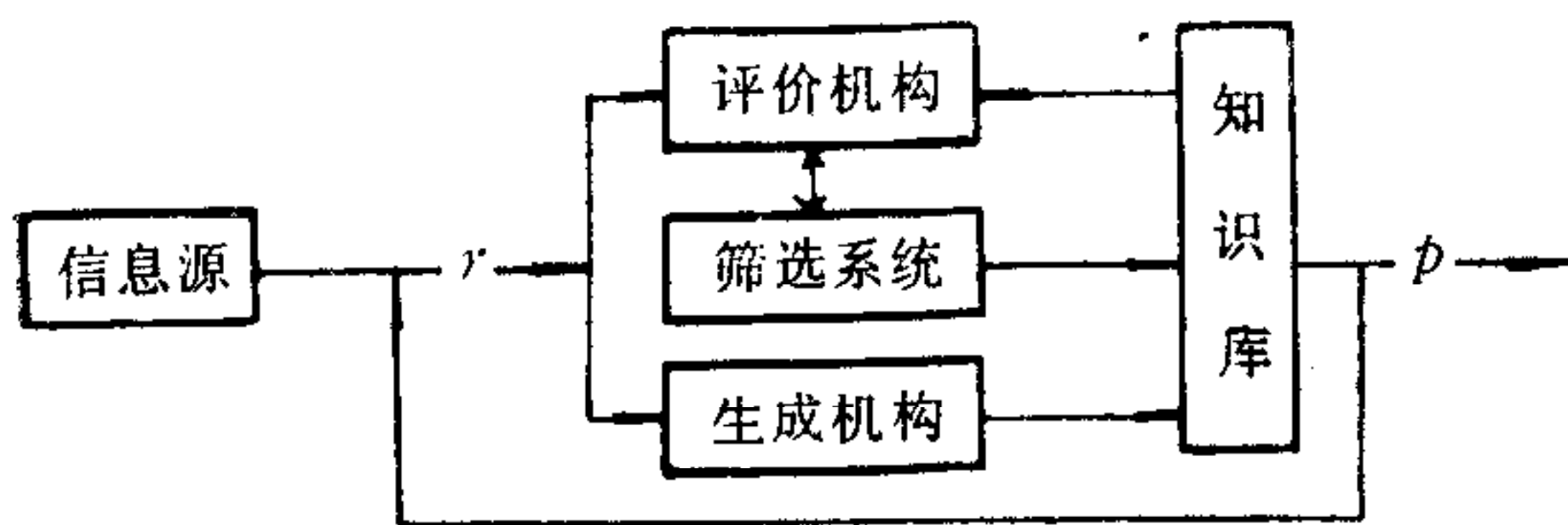


图 1 知识库的自组织结构

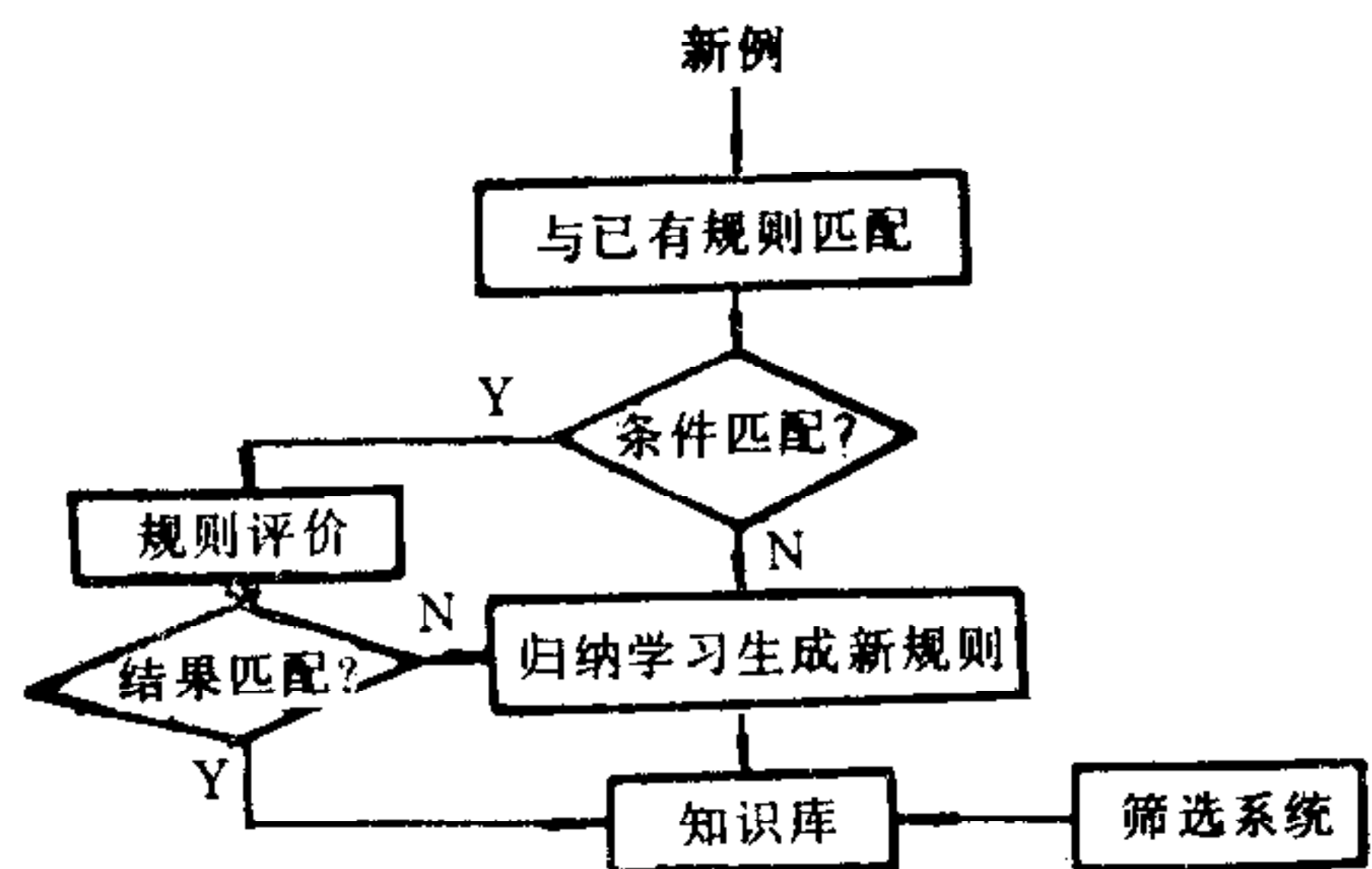


图 2 自组织学习过程

三、知识库自组织的实现

实现知识库自组织的关键在于建立两大系统——知识自生成系统和评价筛选系统。

知识自生成可采用在线学习的方法。对于过程专家系统,所能在线获得的信息是生产操作数据,如温度、压力、原料性质等。对于个体每一组数据均为一特例。这类系统主要是模拟人类的认知过程,通过一些归纳原则,从特例中抽象出一类事物的共性。

评价筛选可通过对所生成的知识的可信度 $cf \in [-1, 1]$ 的计算来实现。知识的可信度包括

- 1) 时间因素。可信度随着时间的增长下降。
- 2) 反馈信息 F_i 。若反馈信息与知识匹配,则可信度增加,反之减少。
- 3) 生成知识所用算法的可信度 cf_a 。
- 4) 生成知识时所用信息的可信度 cf_i 。

在上述因素中, cf_a, cf_i 实际上是可信度的初始值,需在线修正的为前两项。

从自组织的再生看, 由于信息具有自组织能力, 因此可信度主要应体现信息的积累效应, 即 cf 不仅与当前反馈信息有关, 且与历史反馈信息有关. 因此可将可信度看成用下列状态方程描述的动态系统:

$$cf(k+1) = acf(k) + bF_i(k), \quad (1)$$

$$cf(0) = cf_a \times cf_i,$$

式中 $F_i(k)$ 为第 k 个采样点的反馈信息, 常值系数 a, b 应满足归一化条件, 即

$$a + b = 1. \quad (2)$$

考虑到物理特性应有 $a > 0, b > 0$, 显然上述系统的稳定条件是 $a < 1$.

首先通过归纳学习, 建立起知识库的第一批产生式规则, 当学习系统得到新的信息(新例)时做下述处理:

1) 判断. 新例是否与知识库的已有规则条件匹配.

2) 条件匹配处理. 根据新例与规则结果部分的匹配情况对规则进行评价, 若新例与规则的结果不匹配, 转入条件不匹配处理.

3) 条件不匹配处理. 根据新例和规则库的现有内容, 通过归纳方法生成新的知识或调整旧规则内容, 充实和改造知识库.

如此不断进行, 并根据筛选原则和评价结果定时对知识库内容进行筛选, 更新知识库.

四、SLFOD 实现结构和仿真结果

学习系统 SLFOD 用 C 语言开发, 实现上述知识库自组织过程. 包括七部分, 其结构见图 3.

1) 数据库. 存放过程生产操作数据.

2) 数据库管理系统. 挑选合用的过程操作数据, 并实现对数据的分类管理及插入删除处理.

3) 知识库. 存放由学习系统所获取的过程特性知识(用产生式规则表示)和过程结构知识.

4) 知识库筛选管理系统. 执行知识的排序分类, 根据筛选原则实现知识库自动筛选管理.

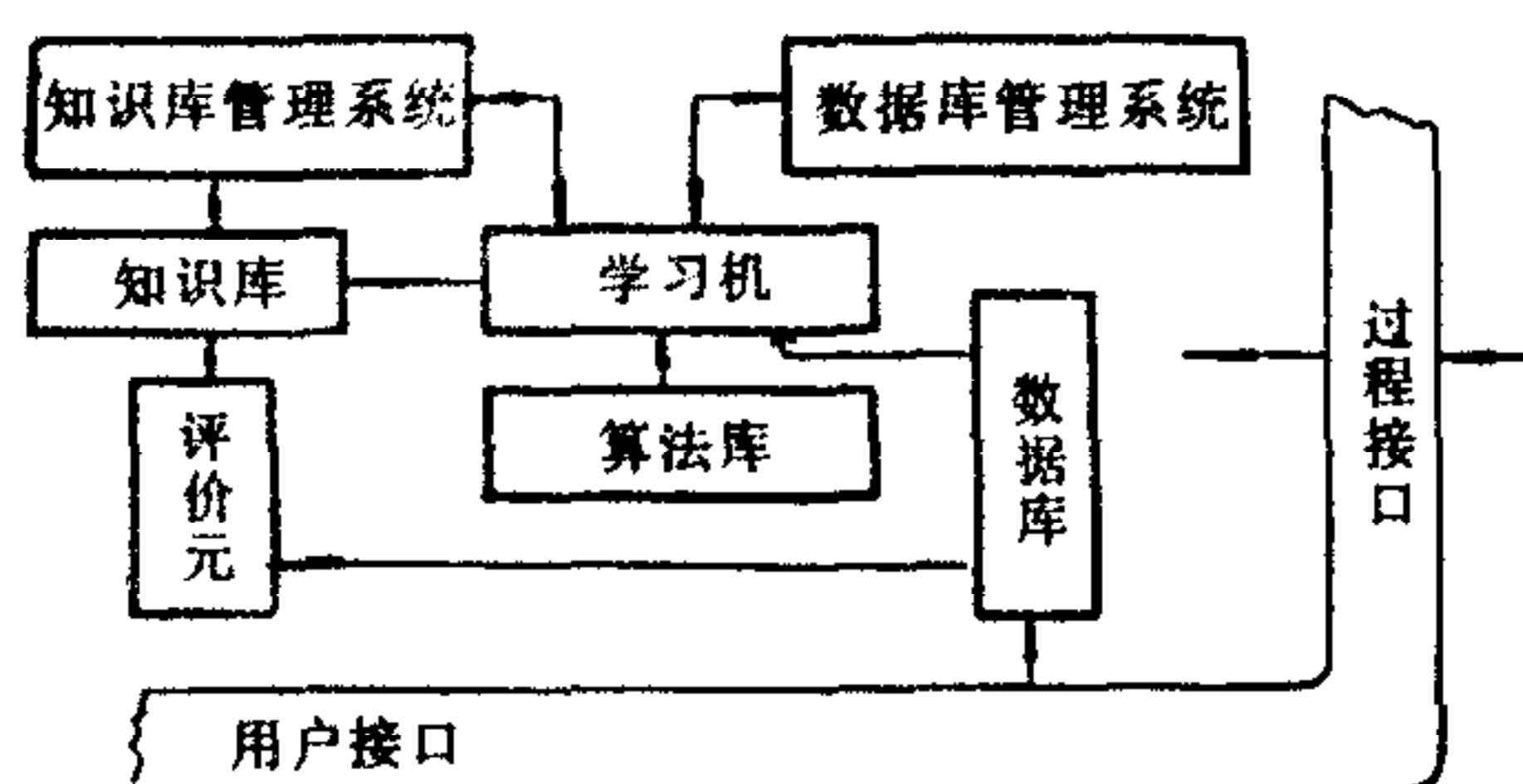


图3 SLFOD 系统结构

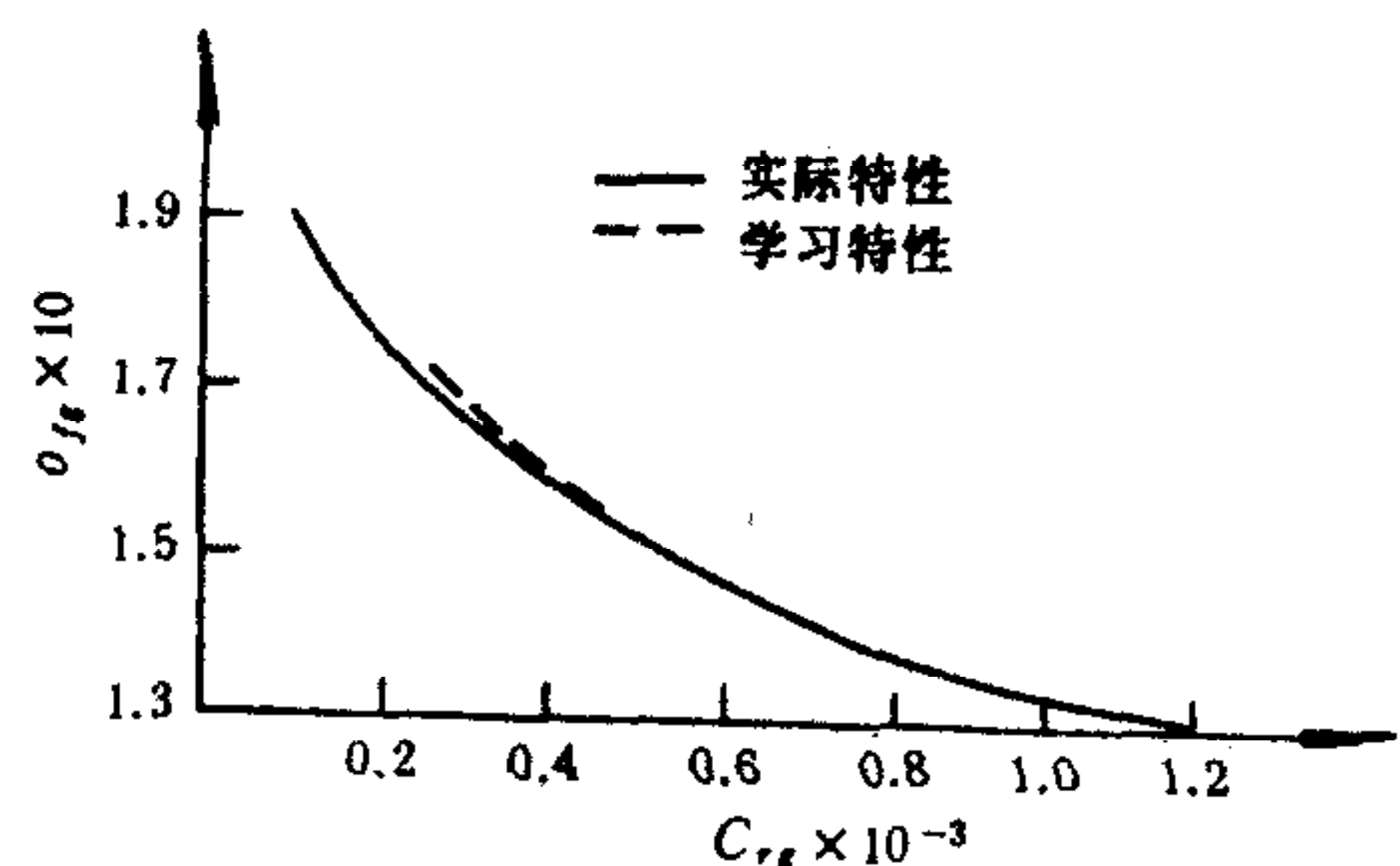


图4 仿真结果

5) 评价元。对所获取的知识进行评价。

6) 算法库。存放根据归纳原则开发的算法。

7) 学习机。包括元知识库,推理机及执行机构三部分,执行动态存贮分配、在线和离线调度。

为验证 SLFOD 的学习效果,对催化裂化过程的烧焦特性¹⁾进行仿真学习(图 4),图中 O_{fg} 为含氧量, C_{rg} 为催化剂含炭量,是影响烧焦特性的重要变量,实线为根据数学模型计算的特性,虚线为根据学习系统获取的规则绘制的特性,表明所开发的系统具有较好的效果。

参 考 文 献

- [1] H. Haken, Synergetics—An Introduction, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York, 1977.
[2] 宋毅、何国祥,耗散结构论,中国展望出版社,1986.

ADAPTIVE REALIZATION OF EXPERT SYSTEM FOR PROCESS CONTROL AND OPERATION

JIANG QINGYIN

(Xiamen University, Xiamen 361005)

SHU DIQIAN

(Beijing University of Science and Technology, Beijing 100083)

ABSTRACT

This paper discusses the adaptive realization problem of expert system for industrial process control and operation. A self-organizing structure of knowledge base is put forward, and the realization problems of the self-organizing structure is discussed. Based on this discussion, a learning system SLFOD is developed to learn the knowledge about the process properties from the observed process operation data. The structure and simulation results of SLFOD are also given.

Key words: Self-organization; expert system; knowledge base.

1) 江青茵,工业过程的智能优化控制研究,北京科技大学硕士论文,1990.