

# 基于知识分层的智能校正控制\*

韩 兵

(郑州工学院计自系)

**摘 要:** 本文从人工智能的方法出发将动态控制系统进行分解,按知识分层来表达系统的动态特征。根据分解,系统组织结构由知识库,监督学习机构等组成。控制器按知识分层实现了暂态逻辑,模式识别和自校正控制。仿真结果表明,这种智能复合控制比常规自适应控制有更好的动态响应性能和鲁棒性。

**关键词:** 控制理论, 人工智能

随着计算机和控制技术的高速发展,在控制系统设计和分析过程中建立完备数学模型的方法限制了控制理论的工程应用。对于复杂系统来说,用单一数学模型来完备描述被控制过程越来越困难。为了解决这个问题控制理论和应用研究人员都在力图寻找新的方法。由于计算机技术的发展,利用人工智能的方法来解决复杂控制问题已成为可能。在1989年举行的国际会议上提出了许多智能控制方法<sup>(1)(2)(3)</sup>,表现出极强的发展趋势。但现存的智能控制大多数直接依赖于专家数据库。本文提出了基于知识分层的智能校正控制方法。从认识方式和过程的观点出发,将动态系统按知识分层进行分解,利用不同动态子系统知识表达如暂态逻辑描述和特征提取来构造权控制,实现了智能校正控制系统。

## 1 控制系统组织结构

智能控制系统包括几个部分:知识库,监督机构,学习机构,控制器和动态过程。

### 1.1 知识库

知识库用来存贮控制系统的动态过程分层知识,相应的知识分层的控制算法。知识库的知识可以分层描述为:①当前系统状态知识;②系统历程的输入输出描述;③系统特征知识;④关于系统不确定性的先验知识;⑤专家环境与决策知识。

这五类知识水平一级比一级高,其信息压缩程度一级比一级大。这些知识的内容包括:观测与预估的状态,模型参数,特征值和各种约束,控制策略。

### 1.2 监督机构

监督机构为上级决策机构,用来协调控制系统各机构之间的功能,根据知识库中的知识来决定当前控制方案的选择,将新获得的各种动态过程和环境知识按知识分层送入知识库中。支持监督机构决策的是专家环境与决策知识。

\* 收稿日期: 1990.04

1.3 学习机构

学习机构从动态过程实时获得新的知识。它具有各种状态观测、滤波和预估, 参数和结构辨识, 特征提取功能。该机构将在线地对被控过程进行学习, 不断修改学习结果和调整学习方法, 并把知识送监督机构提供决策支持和存贮。

1.4 控制器

控制器利用上级监督机构提供的控制算法, 根据状态反馈对动态过程进行实时控制。控制器按照当前状态和参数结构进行实时控制, 而不涉及其它高级决策知识。

1.5 动态过程

它是由实时控制目标决定的被控制动态过程, 包括各种复杂动态行为和不确定性。如非线性、时变和扰动, 随机过程。

智能控制系统的组织结构见图1所示。

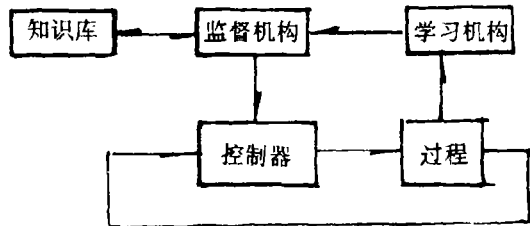


图1 智能控制系统的组织结构

2 动态过程和控制的分解

从认识论的观点来看, 对一个复杂系统要想用一种模型来完备描述动态过程是困难的。因此, 为了解决这个问题将动态过程按知识的分层结构进行分解。这种分解的目的是为了建立基于知识表达的控制分解。

假定控制过程由映射  $H: u(t) \rightarrow Y(t)$  来表示,  $u(t)$ 、 $Y(t)$  为输入、输出变量。系统的输出被分解为:  $Y(t) = \text{out}(Y_i(t)), \quad i = 1, \dots, n$  (1)

动态子系统映射  $H_i: u(t) \rightarrow Y_i(t)$  是按不同知识表达方式来分解的。由动态过程分解, 控制输入相应被分解为:  $u(t) = \text{inp}(u_i(t)), \quad i = 1, \dots, n$  (2)

控制和动态过程的分解由动态系统分层知识决定, 选择  $Y(t) = \sum_{i=1}^n Y_i(t)$ ,  $u(t) = \sum_{i=1}^n u_i(t)$ 。

根据分解可构造反馈控制映射  $H_{ci}: Y_i(t) \rightarrow u_i(t)$ 。分解结构动态控制系统拓扑结构如图2所示。根据映射算子, 构造的控制系统方框图如图3所示。

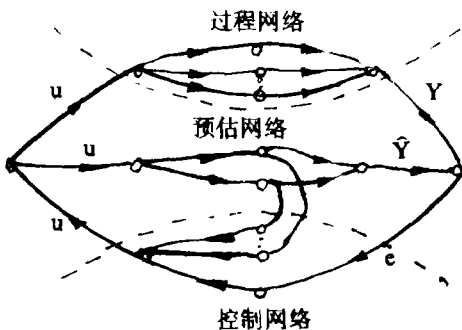
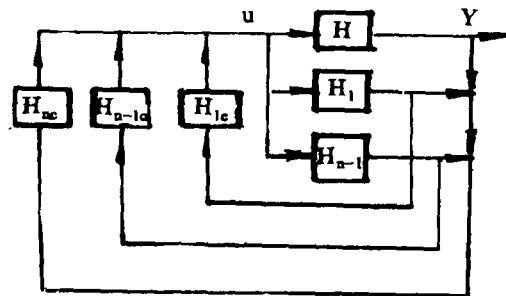


图2 控制系统拓扑结构图

根据上述分解原则, 可一般地取:



$$Y(t) = Y_1(t) + Y_2(t) + Y_3(t) \quad (3)$$

$$u(t) = \alpha u_1(t) + \beta u_2(t) + \gamma u_3(t) \quad (4)$$

其中权系数  $\alpha, \beta, \gamma > 0$ 。  $u_1(t)$  为暂态逻辑控制,  $u_2(t)$  为模式识别控制,  $u_3(t)$  为自校正控制。

### 3 暂态逻辑描述和未建模动态识别

利用知识分层的表达式可以建立鲁棒控制、特征控制和自校正控制。这三种控制依赖于动态过程的暂态逻辑描述, 模式识别和输入输出模型估计。首先讨论实现鲁棒控制的暂态逻辑描述。

#### 3.1 暂态逻辑描述

定义五个扩展时间模态算子:  $\square$  (从此),  $\diamond$  (最终),  $\bigcup$  (直到),  $\bigcirc$  (下次),  $\Delta$  (短期)。五个算子中两个是时间点描述, 三个是时间区间描述。另外定义  $E_{ij}$  ( $i, j=1, \dots, n$ ) 为动态过程的二维状态集合,  $E_{s,K}$  为  $\square$  标集。选择鲁棒控制器具有高增益和低增益特性, 其暂态逻辑表达为:  $\square [E_{ij} \supset H_K]$ ,  $K=1$  或 2 (5)

$K=1$  为高增益特性,  $K=2$  为低增益特性, 且满足  $\min_k (E_{ij})$ 。  $g(E_{ij})$  为估价函数。

若控制满足终值条件[4], 闭环动态系统的暂态逻辑表示为:

$$\square [E_{ij} \wedge H_1 \bigcup E_{i+1,j+1} \supset \Delta \diamond (E_{ij} \wedge \bigcirc E_{i+1,j+1}) \wedge E_{ij} \bigcup E_{i+1,j+1}] \quad (6)$$

$$\square [E_{ij} \wedge H_2 \bigcup E_{i+1,j-1} \supset \Delta \diamond (E_{ij} \wedge \bigcirc E_{i+1,j-1}) \wedge E_{ij} \bigcup E_{i+1,j-1}] \quad (7)$$

其中  $K < j$ , 对应  $E_{s,K}$ 。

$$\square [E_{ij} \wedge H_1 \bigcup E_{i-1,j-1} \supset \Delta \diamond (E_{ij} \wedge \bigcirc E_{i-1,j-1}) \wedge E_{ij} \bigcup E_{i-1,j-1}] \quad (8)$$

$$\square [E_{ij} \wedge H_2 \bigcup E_{i-1,j+1} \supset \Delta \diamond (E_{ij} \wedge \bigcirc E_{i-1,j+1}) \wedge E_{ij} \bigcup E_{i-1,j+1}] \quad (9)$$

其中  $K > j$ , 对应  $E_{s,K}$ 。

例如控制器为:  $G(S) = K_1 / (1 + Ts)$ ,  $K=1$

$$G(S) = K_2 / (1 + Ts), \quad K=2$$

估价函数为:

$$g(E_{ij}) = (i_0 - S)^2 / (j_0 - K) + \dots + (i - S)^2 / (j - K)^2 + (i - S)^2 + C_0(j - K)^2;$$

$$C_0 > 0; \quad j_0 = 1, \dots, j \neq K$$

利用启发式搜索可实现暂态逻辑控制<sup>[4]</sup>。

#### 3.2 特征控制

特征控制依赖于对动态过程的模式识别来实现实时控制。定义动态过程的特征为:

$$C = f_\lambda(\|u(t)\|, \|Y(t)\|, \|Y_i(t)\|) \quad (10)$$

其中  $f_\lambda(\cdot) > 0$ ,  $\lambda$  为权系数。可选取  $C$  为:

$$C = \left\{ \sup_{u \in U} \frac{\|Y_2(t)\|}{\|u(t)\|}, \quad \sup_{y \in Y} \frac{\|Y_2(t)\|}{\|Y(t)\|} \right\} \quad (11)$$

利用距离  $\rho(\hat{C}, C_i) = \|\hat{C} - C_i\|$ , 将抽取的特征在特征空间  $\Omega$  中聚类, 其中  $C_i$  ( $i = 1, 2$ ) 是特征空间第  $i$  类中心值,  $C_i \in \Omega$ . 当  $\hat{C}$  使  $\min \rho(\hat{C}, C_i) \leq \varepsilon$  时, 认为  $\hat{C} \in \Omega_i$ . 取  $C_1 = (a_1, b_1)$ ,  $C_2 = (a_2, b_2)$ . 利用  $\hat{C}$  构造特征控制:

$$u_2(t) = C_3(i), \quad \text{当 } \hat{C} \in \Omega_i \text{ 时.} \quad (12)$$

$$C_3(t) = K_1 \cdot \min(|V(t)|, |\sigma(t)|) \cdot \text{sign} \sigma(t) \quad (12)$$

$$\sigma(t) = H_\sigma c(t) \quad (13)$$

$$V(t) = H_V c(t) \quad (14)$$

其中  $H_\sigma$  为超前网络,  $H_V$  为滞后网络.  $c(t)$  为系统输入误差. 参数  $a_1 > a_2 > 0$ ,  $b_2 > b_1 > 0$ ,  $K_2 > K_1 > 0$ .

选择特征控制的目的在于仅从动态过程中抽取某些重要特征来实现控制目标, 而不需要对系统的完备模型知识.

在构造了暂态逻辑控制和特征控制之后,  $u_3(t)$  可选择为自校正控制, 取  $\hat{Y}(t) = Y_3(t)$ . 控制权系数  $(\alpha, \beta, \gamma)$  由监督机构确定, 它的控制决策是:

① 当  $\|Y_2(t)\| > \|Y_3(t)\|$  且  $\hat{C} \in \Omega_1$ ,  $\alpha = 1, \beta = \gamma = 0$

② 当  $\|Y_2(t)\| > \|Y_3(t)\|$  且  $\hat{C} \in \Omega_2$ ,  $\alpha = 0$

$$\beta = \|Y_2(t)\| / (1 + \|Y_2(t)\|) \quad \gamma = 1 / (1 + \|Y_2(t)\| \|u_3(t)\|)$$

③ 当  $\|Y_3(t)\| > \|Y_2(t)\|$ ,  $\alpha = \beta = 0, \gamma = 1$

根据上述动态分解和控制分解构造了智能校正控制系统. 计算机仿真结果表明, 当系统未建模动态具有干扰、非线性和时变情况控制系统仍有良好的动态响应和较强的鲁棒性. 计算机模拟结果见图 4 所示.

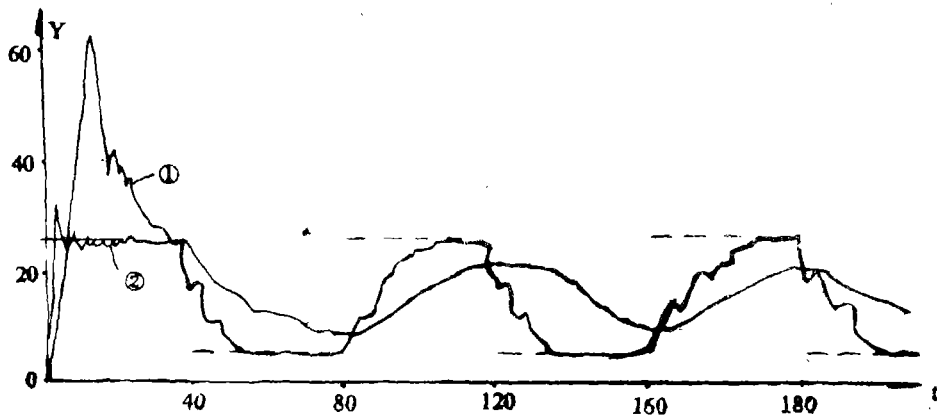


图 4 控制系统的动态响应

① 自适应控制      ② 智能校正控制

## 4 结 论

利用对动态过程的知识分层, 本文构造了由暂态逻辑、模式识别和自校正控制复合智能控制系统。这种智能控制使系统在未建模动态下, 时变和扰动的情況下比单一自适应控制有更好的控制效果。在初始控制, 参数严重偏移, 非线性突变时, 控制系统具有较强的鲁棒性。模拟计算表明, 基于知识分层的智能校正控制具有良好的动态响应性能。

## 参 考 文 献

- (1) Åström, K.J., J.J.Anton, and K-E.Årzén. Expert Control. Automatica, 22, No.3, 277-286, 1986
- (2) Åström, K.J.. Assessment of achievable performance of simple feedback loops. 1988 IEEE Decision and Control Conference. Austin, Texas
- (3) Åström, K.J., Hang.C.C. and Persson.P.. Towards intelligent PID control. 1989IFCA Artificial Intelligence in Real-Time Control. ShenYang, PRC
- (4) Han Bing, Chen Xinhai. A description of the variable structure system in temporal Logic. 1989 IFCA Artificial Intelligence in Real-Time Control, ShenYang, PRC

## Intelligence Tune Control Based on Knowledge Division Level

Han Bing

(ZhengZhou Institute of Technology)

**Abstract:** In this paper, dynamic control systems are divided by way of artificial intelligence and the dynamic property of the system is expressed according to knowledge division level. By division, the system architecture consists of knowledge base, supervisory learning institute and etc. The controller implemented temporal-logic, pattern-recognized and self-tuning control according to knowledge division level. The result of simulation shows that this kind of intelligence complex control has better dynamic response and robustness than normal adaptive controls.

**Keywords:** control theory, artificial intelligence