

## 简评第七届 IFAC 辨识会议

袁震东

(华东师范大学)

第七届 IFAC 辨识与系统参数估计会议于 1985 年 7 月 3 日至 7 月 7 日在英国 York 召开。34 个国家的 362 名代表出席了会议，其中我国代表为 16 名（其中 1 名来自台湾）。会议收到论文 450 余篇，经审查挑选收入预印本（录用）的有 316 篇，约占收到论文数的三分之二。我国论文被收入预印本的为 30 篇，在数量上占世界第三位。会议除大会报告和张贴交流外，分 52 个组进行交流。内容包括自校正控制器，辨识算法改进，收敛性分析，时间序列分析，事故检测，辨识实验室建设等，涉及的领域有工业生产过程控制，航天航海，生物医学系统，环境系统，社会经济系统等。许多国际著名学者出席了会议，如现代控制理论奠基人之一 R. Kalman 教授，IFAC 副主席兼技术委员会（Technical Broad）主席 B. D. O. Anderson 教授，IFAC 常务理事 K. J. Åström 教授，IFAC 控制理论委员会主席 L. Ljung 教授等。大会上宣读的论文有：K. J. Åström 的《重谈自校正调节器》，G. C. Goodwin 的《关于稳健（Robust）估计与控制的某些观察》，J. M. Mendel 关于地震数据处理，V. A. Lototsky 的《最优辨识算法及其在过程控制和库存系统中的应用》，R. Kalman 关于系统辨识看法的讲话等。

这次会议是系统辨识学科发展进程中的一个环节，从这一点说它并没有非常突出之处。从会议的论文来看，研究课题比较分散（除自校正器外），但通过这表面现象可以看到这个学科正在向纵深、统一、完整的方向发展。在会议中有下面两点给我们较深的印象：

（一）自校正控制器，发展非常迅速，会议中这方面的论文有 60 篇，是论文最集中的课题。

如所周知，1973 年以来自校正控制器有了很大的发展。从方法来说，自校正控制器主要由两部分组成：参数估计与控制方案设计。多年来，人们对这两部分作了很多改进。在理论方面，Åström 和 Wittenmark 的自校正性，Ljung, Goodwin, 陈翰馥的收敛性，稳定性分析，B. D. O. Anderson 的指数收敛定理都是出色的成果。然而自适应控制问题并没有完全解决。这是由于下面一些原因造成的：

1. 许多实际系统具有未知或变动的滞时，而许多自适应算法关于滞时是灵敏的。这就是说，如果滞时估得不准，可以大大影响自适应控制的精度。而利用运行数据来估计系统的滞时又不易估得准确。

2. 许多实际系统的阶数是未知的。对于系统阶数的错误假定,可以降低自适应控制的精度。

3. 自适应控制系统的稳定性条件是难于验证的。

4. 许多实际系统所受的干扰,并非目前人们在文献中所假定的——平稳噪声,而是非平稳噪声。还有许多系统是非线的。

正是这些实际问题,激发人们去寻找一种自校正控制器,它能在阶数、滞时估计不十分准确,或非平稳干扰存在,甚至是时变参数的情形下正常工作。这就是所谓的稳健( Robust )自适应控制器。这次会议的论文正是朝着这个方向前进的。

关于自校正控制方案的设计目前主要有三种方法:广义最小方差控制, LQG 控制和极点配置。关于参数估计有递推最小二乘法, 增广递推最小二乘法和随机梯度法等。由于广义最小方差控制律简单, 所以使用广泛。但使用了确定性等价原理, 用参数估计值代替真值, 而不考虑参数估计的误差, 因此影响了控制精度。会上一一种既考虑控制精度又考虑估计精度的控制——对偶( dual )控制已经引起一些人的注意。广义最小方差控制律的稳健性欠佳, 使用极点配置可以增强稳健性, 这次会议有 7 篇论文讨论了极点配置算法。LQG 算法考虑了控制精度和对控制量能量的限制, 但这种方法比广义最小方差大大增加了计算量, 因此这次会议有 7 篇论文讨论了 LQG 方案的简化算法。多年的实践发现广义最小方差自校正器常发生偏差。这次会议中, 很多作者使用增量预测模型来消除偏差。澳大利亚学者 G. C. Goodwin 提出了自适应稳健控制的术语。为了增强稳健性, 他分别对自校正器的两个组成部分进行改进。稳健控制采用了增量预测法, 稳健估计采用滤波器加最小二乘法。由这两部分构成一个自适应稳健控制器, 有很好的稳健性。

自校正器中的参数估计算法, 仍然以递推最小二乘法, 递推增广最小二乘法为主。为了增强稳健性, Wittenmark 用 Kalman 滤波来估计时变参数。有几篇文章采用时变遗忘因子, 使递推最小二乘法适应于时变系统。法国学者 De Larminat 用二步最小二乘使得辅助变量法的矩阵保证对称性, 克服一般辅助变量法矩阵不对称性, 另外也不需要象增广最小二乘那样估计噪声多项式  $C(z^{-1})$ 。

这次会议对于非最小相位系统, 时变系统, 大时滞系统和非线性系统的自适应控制也作了探讨。

(二) 系统辨识与其他学科如时间序列分析, 事故检测, 信号分析, 语言分析相互渗透, 是这次会议的另一特点。这种渗透拓广了系统辨识的研究领域, 也使系统辨识从其他学科中吸取新的营养。下面我们举例加以说明。

Söderström, Friedlander 和 young 等人在会上发表的论文表明, 时间序列分析中: 估计 ARMA 模型系数所用的 Yule-Walker 方程与系统辨识中的辅助变量方法有着天然的联系。他们用辅助变量法来辨识 ARMA 模型的系数, 获得良好的渐近性质。反过来, 也有人用时间序列分析来研究多变量系统的辨识。Ljung 曾经说过, 时间序列可以看作输入不能量测的系统输出。

Ljung 从信号分析出发, 引入经验传递函数作为对系统传递函数的粗略估计, 然后

对这种估计,引入加权平均就能简洁地导出传递函数的频谱估计。从而避免了频谱估计和 Winer-Hopf 方程那一套推导。

语言信号是稍纵即逝的,一般辨识方法算法太复杂,不适用,从而发展许多快速算法和辨识计算方法。这次会议有一个组(session)专门讨论语言分析中的辨识问题。

用数学模型和算法来检测事故,可以把事故检测归结为如何用系统辨识来判别系统参数有无变化,从而来确定事故是否已经发生以及事故发生在何处。这次会议有 10 篇论文讨论这方面的问题。反过来,也有人如 Åström 的博士生 T. Hagglund 把事故检测引入时变系统的参数辨识。

另外,从系统辨识学科本身来看,过去二十年中人们在辨识方法,结构辨识(阶估计),试验设计,收敛性分析方面获得了很大进展。然而仍然有许多问题有待解决。

这次会议中非线性系统辨识和分布参数系统辨识仍然受到学者们的关注。辨识中的计算方法,辨识算法的收敛性也是学者们关心的问题。这次会议有 7 篇论文讨论收敛性分析。但仍有许多实际应用效果好的近似算法,缺乏理论分析。而一些收敛性得到严格证明的算法,又因为实际应用时收敛太慢而不被采用。还有,大系统辨识和小样本辨识也受到人们重视。所有这些说明系统辨识正在向深度和广度方面发展。

这篇简评主要是一些个人看法,写作过程中采用了笔者与袁著祉、陈亚陵、邓自立的综述文章<sup>[1]</sup>的部分材料。详细内容最好还是阅读第七届 IFAC 辨识会议的论文集预印本。这种预印本在北京、上海、天津、南京、广州等地都能找到。

注: [1] 是他们为《自动化与仪表》写的综述《系统辨识新进展》。