

摘要

随着工业过程的大型化、复杂化，故障发生的可能性也随之增加，对故障诊断方法进行研究显得越来越重要。本文首先阐述了课题研究的背景和意义，对课题中用到的方法即主元分析、支持向量机和文化算法分别进行概念、原理、优点方面的概述。与传统的人工神经网络相比，支持向量机不仅结构简单，而且各种技术性能尤其是泛化能力明显提高。文化算法是近年来提出的且有良好性能的优化算法，因此本文提出将两者结合并采用文化算法来优化核函数参数的选择。整个策略是对原始样本进行预处理然后采用主元分析提取故障特征，并建立结合文化算法和支持向量机的分类器模型进行故障诊断，最终形成三者相结合的故障诊断方法，经仿真结果有效可行。

关键词：故障诊断，文化算法，支持向量机，主元分析

备注：

中英文摘要各为一页，页码和目录一起单独编页，页码位于页面下方居中，用罗马数字。摘要要求先中文(“摘要”)后英文(“Abstract”),中文为 150~250 字,英文为 100~150 个实词。“摘要”两字、“Abstract”一词和“目录”两字分别用黑体小二号、Times New Roman 粗体小二号和黑体小二号，居中。“摘要”设置段前为 102 磅，段后为 12 磅，摘要的内容用宋体小四号。“关键词”三个字(“Keywords”)用黑体(Times New Roman 粗体)小四号，内容用宋体小四号(Times New Roman 体)，3 至 5 个词，中间用逗号分隔，结束时不用标点符号。关键词与摘要相距 12 磅。目录设置段前为 0 磅，段后为 12 磅，“目录”两字用黑体小二号，内容要求列出一、二级标题，一级标题用黑体四号，二级标题用黑体小 4 号。

Abstract

The possibility that the fault happens increased a lot, since the process of the industry became more complex and huge than before. Considered that, studying fault diagnosis is getting more necessary. The importance and the background information of the topic are introduced this paper first. The theory used in the paper like Cultural algorithm, Support Vector Machine and Principal Component Analysis also be simply introduced. Comparing with the ANN, The structure of Support Vector Machine is simply and easy to use. Cultural algorithm is a new optimization algorithm invented in recent years. In this paper, Cultural algorithm is used to optimize the parameter of kernel function. The whole technological process is that the data analyzed by the Principal Component Analysis is the training set and test set of the Support Vector Machine to build model. In the training progress, Cultural algorithm is used to optimize the model of Support Vector Machine. The result of the simulation shows the method works.

Keywords : Cultural algorithm, Fault diagnosis, Support Vector Machine, Principal Component Analysis

目录

1 前言	1
1.1 课题背景	1
1.2 本文研究内容	1
2 主元分析与统计决策	2
2.1 主元分析方法介绍	2
2.2 主元分析与统计决策应用	3
3 基于文化算法与支持向量机的故障诊断技术	4
3.1 支持向量机 (SVM)	4
3.2 文化算法介绍	4
3.3 TENNESSEE EASTMAN 过程介绍	5
3.4 故障特征选择仿真实验	6
4 结束语	7
4.1 工作小结	7
4.2 讨论与展望	7
参考文献	8
致谢	9

2 主元分析与统计决策

2.1 主元分析方法介绍

2.1.1 主元分析方法介绍

主元分析法(PCA)是基于多元随着神经解剖学、神经生理学以及神经元的电生理过程等的研究取得突破性进展,人们对人脑的结构、组成及最基本工作单元有了越来越充分的认识,在此基本认识的基础上,综合数学、物理学以及信息处理等学科的方法对人脑统计的分析方法^[2],将其转综合数学、物理学以及信息处理等学科的方法对化为相互独立的低维变量空间,实现对复杂过程数据的特征抽取,并建立相应过程的主元模型^[3]。

主元分析主要公式如式 2-1 所示:

$$\max_{v \neq 0} \frac{v^T X^T X v}{v^T v} \quad (2-1)$$

其中 v 是 m 维列向量。该稳态点可以通过下式的奇异值分解来计算,如式 2-2 所示:

$$\frac{1}{\sqrt{n-1}} X = U \Sigma P^T \quad (2-2)$$

负荷向量是矩阵 P 中的正交的列向量,样本矩阵 X 沿矩阵 P 第 i 列的投影的方差等于 σ_i^2 。求解该奇异值分解问题可以等价于样本协方差矩阵 R 的特征值分解,如式 2-3 所示:

$$R = \frac{1}{n-1} X^T X = P \Lambda P^T \quad (2-3)$$

主元分析的结构图如图 2-1 所示:

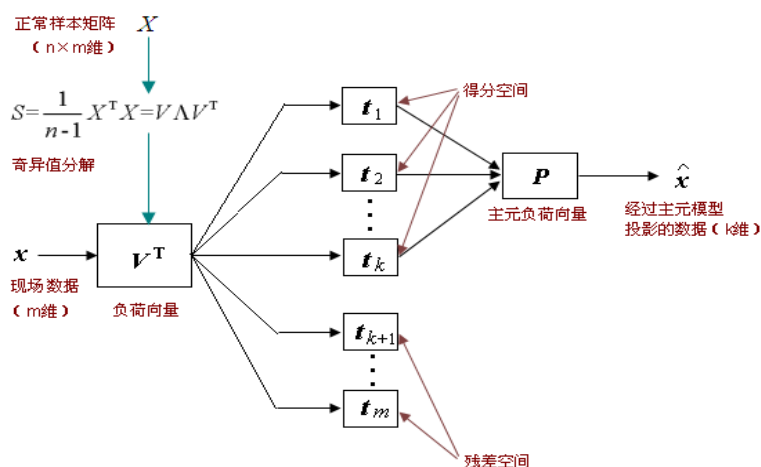


图 2-1 主元分析结构

2.1.2 主元分析方法中存在的不足

一般情况下,传统主元分析^[4~5] (Principal Component Analysis, PCA)方法存在着的不足之处就是:它首先算出随机矩阵的协方差,并用这些协方差数据组成一个协方差阵,接着计算出这个协方差阵的特征值,然后再依据这些特征值的大小依次排序,选择达到主元贡献率的前几个主元变量,作为该模型的主元。.....

2.2 主元分析与统计决策应用

在介绍过主元分析的基本概念后,接下来对 PCA 的使用和建立统计决策作一个简单的应用。.....

3 基于文化算法与支持向量机的故障诊断技术

3.1 支持向量机（SVM）

3.1.1 故障诊断中的小样本问题

传统统计学主要研究渐进理论即当训练样本趋向无穷大时的解决方案，应用经验风险最小化来优化学习机器的参数。但是理论表明，经验风险与实际风险之间具有一定的差异，在小样本情况下，这种差异尤其明显。.....

3.1.2 支持向量机的发展

统计学习理论(Statistical Learning Theory—SLT)一种专门研究小样本情况下机器学习规律的理论，为解决少样本学习问题提供了一个统一的框架。V.Vapnik 等人在这一理论基础上发展了支持向量机(Support Vector Machine—SVM)^[3]，近年来受到国际学术界的重视，常用核函数如表 3.1 所示。

表 3.1 常用核函数

名称	核函数
高斯核函数	$K(x, x_i) = \exp(-\frac{\ x - x_i\ ^2}{2\sigma^2})$
指数型核函数	$K(x, x_i) = \exp(-\frac{\ x - x_i\ }{2\sigma^2})$
多项式核函数	$K(x, x_i) = (x \cdot x_i + 1)^d, d = 1, 2, \dots, N$
感知器核函数	$K(x, x_i) = \tanh(\beta x_i + b)$
B 样条核函数	$K(x, x_i) = B_{2n+1}(x - x_i)$

3.2 文化算法介绍

3.2.1 文化算法的产生及优势

文化被 Durham 定义为“一个通过符号编码表示众多概念的系统，而这些概念是在

群体内部及不同群体之间被广泛和历史般长久传播的”^[6~8]，文化算法框架如图 3-1。

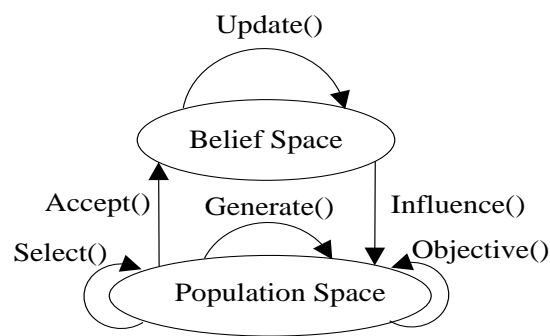


图 3-1 文化算法框架

种群空间与信念空间是两个相对独立的进化空间，图 3-2 描绘了仅基于种群模型 (population-only) 的进化循环。

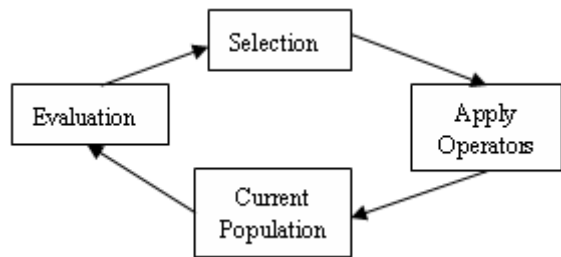


图 3-2 基于种群模型的进化循环

3.3 Tennessee Eastman过程介绍

Tennessee Eastman(TE)过程是基于实际工业过程的过程控制案例，是由美国伊斯曼化学公司的过程控制小组创建，其目的是为评价过程控制和监控方法提供一个现实的工业过程。TE 过程包括 41 个测量变量和 12 个控制变量。控制变量在表 3.2 中列出。由于搅拌速度变量 XMEAS(12)一直稳定在 50，通常不作考虑，因此 TEP 有 41 个测量变量和 11 个控制变量，一共 52 个过程输出变量。

表 3.2 TE 过程的控制变量

控制变量	描述	控制变量	描述
XMV(1)	D 进料量（流 2）	XMV(7)	分离器罐液流量（流 10）
XMV(2)	E 进料量（流 3）	XMV(8)	汽提器液体产品流量（流 11）
XMV(3)	A 进料量（流 1）	XMV(9)	汽提器水流阀
XMV(4)	总进料量（流 4）	XMV(10)	反应器冷却水流量
XMV(5)	压缩机再循环阀	XMV(11)	冷凝器冷却水流量
XMV(6)	排放阀（流 9）	XMV(12)	搅拌速度

测试过程是基于一个真实工业过程的仿真，很适合于研究过程控制技术。其中的成分、动力学、运行条件等因为专利权的问题都作了修改。过程包括五个主要单位：反应器、冷凝器、气液分离器、循环压缩机和一个汽提塔；物料包含八种成分：A、B、C、D、E、F、G 和 H。

3.4 故障特征选择仿真实验

TE 过程作为一个化工过程著名的仿真平台，伊斯曼化学公司把开环操作下的 TE 仿真进行了公开，该过程在开环下是不稳定的，在现实的工业过程需要施加闭环控制方案。具体的全局控制方案多种多样，产生的运行数据也不尽相同。

4 结束语

4.1 工作小结

这次的毕业设计，使我获益匪浅。

4.2 讨论与展望

文化算法与支持向量机在国内尚处在初步研究中，还没有大量应用于实际生产过程中，在本文中有许多不足之处，如本文仅对核函数种的核宽度作了优化，还可以对另外的惩罚系数等等做出优化。另外，在支持向量分类机模型的构建上有所不足，故障分辨率不是很理想，原因在于对原始数据的处理还有需要改进的地方。在程序部分需要的改进还有很多。

相信在经过更多学者的研究与实验后文化算法与支持向量机这门学科将成工业故障诊断中强大的技术支持与理论。

参考文献

- [1]贾民平, 钟秉林.设备工况监视与故障诊断方式的研究[J].中国电力, 1997, 30(5): 28-30
- [2]李士勇.模糊控制·神经控制和智能控制论[M].哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1998
- [3]赵永玲.基于神经网络控制系统的故障诊断研究[D].大庆: 大庆石油学院, 2003
- [4]朱松青, 史金飞.状态监测与故障诊断中的主元分析法[J].机床与液压, 2007, 35(1): 241-243
- [5]李想.基于主元分析的工业过程故障诊断算法研究[D].沈阳: 沈阳大学, 2010
- [6]Andre Lamothe. Tricks of the Windows Game Programming GURUS[M]. USA: Pearson Education, 2004
- [7]Shoji HAYASHI, Toshiyuki ASAKURA, Sheng ZHANG. Study of Machine Fault Diagnosis System Using Neural Networks[J]. Faculty of Engineenng, 2002, (4): 95-99
- [8]Ming Rao, Haibin Yang, Heming Yang. Integrated distributed intelligent system architecture for incidents monitoring and diagnosis[J]. Computers in industry, 1998, (37): 143-151

致谢

大学四年的生活匆匆而过，却给我留下了最美好的回忆。在这四年中，我身边的老师和同学给了我无微不至的关怀和帮助，在此，向所有关怀和帮助过我的老师和同学致以最衷心的感谢。

在最后的毕业设计阶段，我的导师黄海燕老师给了我细心的帮助和精心的指导，她在教学和科研中严谨的态度，以及高超的学术水平，使我受益匪浅，在此向她表示最诚挚的谢意。

补充说明：

1. 本文为格式模板，文中内容有删减，并无连贯性，仅作参考。

2. 参考文献标注方法：

(1) 参考文献的编号均须在正文中所引用的内容后以上标的形式标出，且编号在文中首次引用须按从小到大的次序标记，同一篇文章可以在文中多次引用，如按[1],[2],[3],[1],[4].....，这样的标注次序是正确的，但[1],[2],[4],[3].....或者[1],[2],[1],[4],[3]是不正确的，因为[4]首次引用出现在[3]首次引用之前不正确。

(2) 英文参考文献在 5 篇以上，参考文献总数根据指导老师要求确定。

3. 图片、表格及公式：

图片、表格和公式在每章中连续编号，且其中图片和表格的编号必须在图表出现之前加以引用。

4. 参考文献主要类型及格式如下：

(1) 期刊：[序号]作者. 题名[J]. 刊名，出版年，卷号（期号）：起止页码.

(2) 专著：[序号]作者. 书名. 版本（初版不写）[M]. 出版地：出版者，出版年. 起止页码.

(3) 论文集析出文献：[序号]作者. 题名[A]. 主编. 论文集名[C]. 出版地：出版者，出版年. 起止页码.

(4) 学位论文：[序号]作者. 题名[D]. 保存地点：保存单位，年份.

(5) 专利文献：[序号]专利申请者. 题名[P]. 专利国别：专利号，出版日期.

(6) 电子文献：[序号]作者. 题名[EB/OL]. 电子文献地址. 发表或更新日期/引用日期.