



全国工程专业学位研究生教育国家级规划教材

张贤达 周杰 编著

矩阵论及其工程应用

<http://www.tup.com.cn>



清华大学出版社

全国工程专业学位研究生教育国家级规划教材



清华大学出版社数字出版网站

WQBook  书文
www.wqbook.com

ISBN 978-7-302-41035-5



9 787302 410355 >

定价：38.00元

内 容 简 介

本书主要为全国工程硕士研究生学位课程“矩阵论”的教学所编写。针对各工程领域对矩阵论相关内容的实际应用需求,确定了教材编写的基本思想是“强调问题的工程背景、注重基本概念和原理、重点介绍常用的矩阵论方法、淡化理论推导、突出应用案例”。

主要内容包括:代数与矩阵的基本概念、特殊矩阵、矩阵的相似化简与特征分析、奇异值分析、子空间分析、广义逆及矩阵方程求解、矩阵微分与梯度分析等。本书旨在主要介绍:(1)矩阵的基本理论和方法;(2)主要结果的求解思路;(3)矩阵的应用方法及有关应用案例。

本书适用于各相关工程领域的工程硕士研究生学位课程“矩阵论”作教学用书,也可作为工科各专业的大学本科生和研究生矩阵论课程的教学参考用书,还可供从事相关研究和开发工作的工程技术人员自学和参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

矩阵论及其工程应用/张贤达,周杰编著.--北京:清华大学出版社,2015

全国工程专业学位研究生教育国家级规划教材

ISBN 978-7-302-41035-5

I. ①矩… II. ①张… ②周… III. ①矩阵论-研究生-教材 IV. ①O151.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 169173 号

责任编辑:刘颖

封面设计:何凤霞

责任校对:刘玉霞

责任印制:王静怡

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:16.75 字 数:406千字

版 次:2015年9月第1版 印 次:2015年9月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:38.00元

产品编号:057904-01

目 录

第 1 章 代数与矩阵基础.....	1
1.1 代数与矩阵的基本概念	1
1.1.1 代数基本概念	1
1.1.2 矩阵与向量	3
1.1.3 矩阵的基本运算	4
1.2 矩阵的初等变换	6
1.2.1 初等行变换与阶梯型矩阵	7
1.2.2 初等行变换的两个应用	9
1.2.3 初等列变换	12
1.3 矩阵的性能指标	13
1.3.1 矩阵的行列式	13
1.3.2 矩阵的二次型	14
1.3.3 矩阵的特征值	14
1.3.4 矩阵的迹	15
1.3.5 矩阵的秩	16
1.4 内积与范数	18
1.4.1 向量的内积与范数	18
1.4.2 矩阵的内积与范数	22
1.5 矩阵和向量的应用案例	23
1.5.1 模式识别与机器学习中向量的相似比较	23
1.5.2 人脸识别的稀疏表示	25
本章小结	26
习题	26
第 2 章 特殊矩阵	29
2.1 置换矩阵、互换矩阵与选择矩阵	29
2.1.1 Hermitian 矩阵	29
2.1.2 置换矩阵与互换矩阵	30
2.1.3 广义置换矩阵与选择矩阵	32
2.1.4 广义置换矩阵在鸡尾酒会问题中的应用案例	33
2.2 正交矩阵与酉矩阵	34
2.3 三角矩阵	36

2.4	Vandermonde 矩阵与 Fourier 矩阵	37
2.4.1	Vandermonde 矩阵	38
2.4.2	Fourier 矩阵	40
2.5	Hadamard 矩阵	41
2.6	Toeplitz 矩阵与 Hankel 矩阵	43
2.6.1	Toeplitz 矩阵	43
2.6.2	Hankel 矩阵	44
	本章小结	45
	习题	45
第 3 章	矩阵的相似化简与特征分析	48
3.1	特征值分解	48
3.1.1	矩阵的特征值分解	48
3.1.2	特征值的性质	50
3.1.3	特征向量的性质	52
3.1.4	特征值分解的计算	53
3.2	矩阵与矩阵多项式的相似化简	54
3.2.1	矩阵的相似变换	54
3.2.2	矩阵的相似化简	57
3.2.3	矩阵多项式的相似化简	60
3.3	多项式矩阵及相抵化简	63
3.3.1	多项式矩阵与相抵化简的基本理论	64
3.3.2	多项式矩阵的相抵化简方法	66
3.3.3	Jordan 标准型与 Smith 标准型的相互转换	69
3.4	Cayley-Hamilton 定理及其应用	74
3.4.1	Cayley-Hamilton 定理	74
3.4.2	在矩阵函数计算中的应用	75
3.5	特征分析的应用	78
3.5.1	Pisarenko 谐波分解	78
3.5.2	主成分分析	81
3.5.3	基于特征脸的人脸识别	82
3.6	广义特征值分解	87
3.6.1	广义特征值分解及其性质	87
3.6.2	广义特征值分解算法	89
3.6.3	广义特征分析的应用	90
3.6.4	相似变换在广义特征值分解中的应用	92
	本章小结	95
	习题	95

第 4 章 奇异值分析.....	100
4.1 数值稳定性与条件数	100
4.2 奇异值分解	102
4.2.1 奇异值分解及其解释	102
4.2.2 奇异值的性质	105
4.2.3 矩阵的低秩逼近	107
4.2.4 奇异值分解的数值计算	108
4.3 乘积奇异值分解	111
4.3.1 乘积奇异值分解问题	111
4.3.2 乘积奇异值分解的精确计算	112
4.4 奇异值分解的工程应用案例	114
4.4.1 静态系统的奇异值分解	114
4.4.2 图像压缩	115
4.4.3 数字水印	119
4.5 广义奇异值分解	123
4.5.1 广义奇异值分解的定义与性质	123
4.5.2 广义奇异值分解的实际算法	125
4.5.3 广义奇异值分解的应用例子	128
本章小结	129
习题	129
第 5 章 子空间分析.....	131
5.1 子空间的一般理论	131
5.1.1 子空间的基	131
5.1.2 无交连、正交与正交补	133
5.1.3 子空间的正交投影与夹角	135
5.2 列空间、行空间与零空间	137
5.2.1 矩阵的列空间、行空间与零空间	137
5.2.2 子空间基的构造：初等变换法	140
5.2.3 基本空间的标准正交基构造：奇异值分解法	142
5.3 信号子空间与噪声子空间	144
5.4 快速子空间跟踪与分解	147
5.4.1 投影逼近子空间跟踪	147
5.4.2 快速子空间分解	152
5.5 子空间方法的应用	156
5.5.1 多重信号分类	156
5.5.2 子空间白化	157
5.5.3 盲信道估计的子空间方法	158
本章小结	164
习题	164

第 6 章 广义逆与矩阵方程求解	167
6.1 广义逆矩阵	167
6.1.1 满列秩和满行秩矩阵的广义逆矩阵	167
6.1.2 Moore-Penrose 逆矩阵	168
6.2 广义逆矩阵的求取	172
6.2.1 广义逆矩阵与矩阵分解的关系	172
6.2.2 Moore-Penrose 逆矩阵的数值计算	173
6.3 最小二乘方法	175
6.3.1 普通最小二乘方法	176
6.3.2 数据最小二乘	177
6.3.3 Tikhonov 正则化方法	178
6.3.4 交替最小二乘方法	180
6.4 总体最小二乘	184
6.4.1 总体最小二乘问题	184
6.4.2 总体最小二乘解	185
6.4.3 总体最小二乘解的性能	190
6.5 约束总体最小二乘	190
6.5.1 约束总体最小二乘方法	190
6.5.2 最小二乘方法及其推广的比较	192
6.6 稀疏矩阵方程求解	193
6.6.1 L_1 范数最小化	194
6.6.2 贪婪算法	195
6.6.3 同伦算法	197
6.7 三个应用案例	198
6.7.1 恶劣天气下的图像恢复	198
6.7.2 总体最小二乘法在确定地震断层面参数中的应用	202
6.7.3 谐波频率估计	204
本章小结	209
习题	210
第 7 章 矩阵微分与梯度分析	213
7.1 Jacobian 矩阵与梯度矩阵	213
7.1.1 Jacobian 矩阵	213
7.1.2 梯度矩阵	214
7.1.3 梯度计算	215
7.2 一阶实矩阵微分与 Jacobian 矩阵辨识	217
7.2.1 一阶实矩阵微分	217
7.2.2 标量函数的 Jacobian 矩阵辨识	219
7.2.3 矩阵微分的应用举例	226

7.3 实变函数无约束优化的梯度分析	227
7.3.1 单变量函数 $f(x)$ 的平稳点与极值点	228
7.3.2 多变量函数 $f(\boldsymbol{x})$ 的平稳点与极值点	230
7.3.3 多变量函数 $f(\boldsymbol{X})$ 的平稳点与极值点	231
7.3.4 实变函数的梯度分析	233
7.4 平滑凸优化的一阶算法	235
7.4.1 凸集与凸函数	235
7.4.2 无约束凸优化的一阶算法	237
7.5 约束凸优化算法	243
7.5.1 标准约束优化问题	243
7.5.2 极小 - 极大化与极大 - 极小化方法	244
7.5.3 Nesterov 最优梯度法	248
本章小结	250
习题	250
参考文献	252