

基于神经网络的机器人智能抓取研究

杨敬轩

学 院：机电工程与自动化学院 专 业：机械设计制造及其自动化

学 号：SZ160310217 指导教师：某某某教授

2020 年 3 月

哈爾濱工業大學(深圳)

畢業設計 (論文)

題 目 基於神經網絡的機器人
智能抓取研究

專 業 機械設計製造及其自動化

學 號 SZ160310217

學 生 楊敬軒

指 導 教 師 某某某教授

答 辯 日 期 2020 年 3 月 13 日

摘 要

摘要是论文内容的高度概括，应具有独立性和自含性，即不阅读论文的全文，就能通过摘要了解整个论文的必要信息。摘要应包括本论文的目的、理论与实际意义、主要研究内容、研究方法等，其中重点突出研究成果和结果。

摘要中不宜使用公式、化学结构式、图表和非公知公用的符号和术语，不标注引用文献编号。摘要的内容要完整、客观、准确，应做到不遗漏、不拔高、不添加，避免将摘要写成目录式的内容介绍。摘要在叙述研究内容、研究方法和主要结论时，除作者的价值和经验判断可以使用第一人称外，一般使用第三人称，采用“分析了 XXX 原因”、“认为 XXX”、“对 XXX 进行了探讨”等记述方法进行描述。避免主观性的评价意见，避免对背景、目的、意义、概念和一般性（常识性）理论叙述过多。

关键词在正文之后隔一行顶格书写。各关键词之间用分号，换行缩进对齐，最后一个关键词后不加标点。

（关键词是供检索用的主题词条。关键词应集中体现论文特色，反映研究成果的内涵，具有语义性，在论文中有明确的出处，并应尽量采用《汉语主题词表》或各专业主题词表提供的规范词，应列取 3 至 6 个关键词，按词条的外延层次从大到小排列）

关键词：关键词 1；关键词 2；关键词 3；关键词 4；关键词 5

Abstract

Abstract is a highly generalization of the content of the paper, which should be independent and self-contained, that is, without reading the full text of the paper, we can understand the necessary information of the whole paper through the abstract. It should include the purpose, theoretical and practical significance, main research contents, research methods, etc. of this paper, especially the research results and results.

It is not suitable to use formula, chemical structure formula, chart and non-public symbols and terms in the abstract, without reference number. The content of the abstract should be complete, objective and accurate, and should not be omitted, promoted or added, so as to avoid the introduction of the abstract as a table of contents. In describing the research content, research methods and main conclusions, except the author's value and experience judgment, the third person is generally used. Avoid subjective evaluation opinions and excessive narration of background, purpose, significance, concept and general (common sense) theory.

Interlace the body of the abstract. Key words are written at the top of the text. Use semicolons between keywords, line feed indents to align, and do not punctuate the last keyword.

Keywords: keyword 1, keyword 2, keyword 3, keyword 4, keyword 5

目 录

摘 要	I
ABSTRACT	II
第 1 章 绪论	1
1.1 课题背景及研究意义	1
1.1.1 课题来源	1
1.1.2 研究背景及意义	1
1.2 国内外研究现状	1
1.2.1 国外研究现状	1
1.2.2 国内研究现状	1
1.3 本文的主要研究内容	1
第 2 章 运动学分析	2
2.1 引言	2
2.2 运动学分析	2
2.3 速度级运动学分析	2
2.3.1 并排图和子图	2
2.4 本章小结	3
第 3 章 内容 XXX	4
3.1 引言	4
3.2 对物理量符号进行注释的情况	4
3.3 子公式	4
3.4 本章小结	5
第 4 章 内容 XXX	6
4.1 引言	6
4.2 普通表格的绘制方法	6
4.3 XXXX 分析	6
4.4 XXXX 分析	7
4.5 本章小结	7
第 5 章 内容 XXX	8
5.1 引言	8
5.2 参考文献引用方法	8

5.3 XXXX 分析	8
5.4 本章小结	9
第 6 章 内容 XXX	10
6.1 引言	10
6.2 定理和定义等	10
6.3 XXXX 分析	10
6.3.1 算法	10
6.3.2 脚注	10
6.3.3 源码	10
6.4 本章小结	11
结 论	12
参考文献	13
原创性声明	14
致 谢	15
附录 1 外文资料的调研阅读报告或书面翻译	16
1.1 单目标规划	16
1.1.1 线性规划	16
1.1.2 非线性规划	17
1.1.3 整数规划	17
附录 2 外文资料原文	18
2.1 Single-Objective Programming	18
2.1.1 Linear Programming	19
2.1.2 Nonlinear Programming	20
2.1.3 Integer Programming	20
附录 3 其它附录	22

第 1 章 绪论

绪论一般作为第 1 章。绪论应包括：本研究课题的来源、背景及其理论意义与实际意义；国内外与课题相关研究领域的研究进展及成果、存在的不足或有待深入研究的问题；综述与分析。

1.1 课题背景及研究意义

1.1.1 课题来源

发展国防工业、微电子工业等尖端技术需要精密和超精密的仪器设备，精密仪器设备要求高速、.....

.....

1.1.2 研究背景及意义

气体轴承是利用气膜支撑负荷或减少摩擦的机械构件。.....

.....

1.2 国内外研究现状

.....

1.2.1 国外研究现状

1828 年，R.R.Willis^[3] 发表了一篇关于小孔节流平板中压力分布的文章，这是有记载的研究气体润滑的最早文献。.....

1.2.2 国内研究现状

.....

1.3 本文的主要研究内容

本课题的研究内容主要是针对局部多孔质止推轴承的多孔质材料的渗透率、静压轴承的静态特性、稳定性及其影响因素进行展开，.....。

第2章 运动学分析

2.1 引言

每章的引言起到承接上一章引启下一章的作用。

.....

2.2 运动学分析

考虑三个空间，分别是驱动空间、关节空间以及操作空间。驱动空间包含的是各个绳索长度组成的矩阵，不同时刻绳索长度可能不同。关节空间包含的是机械臂各个关节的关节角组成的矩阵，不同时刻关节角可能不同。操作空间包含的是机械臂末端位姿组成的位姿矩阵，不同时刻位姿可能不同，单个关节三维模型如图2-1所示。



图 2-1 打高尔夫球的人

2.3 速度级运动学分析

2.3.1 并排图和子图

位置级运动学的分析过程对速度级运动学的分析有很大帮助。在速度级运动学分析中，绳驱机械臂同样需要考虑三个空间，分别是驱动空间、关节空间以及操

作空间。三者之间的关系如图2-2与图2-3所示。



图 2-2 打高尔夫球的人。注意，此图对齐方式是图片底部对齐



图 2-3 打高尔夫球的人

2.4 本章小结

总结本章的叙述内容。

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

第3章 内容 XXX

3.1 引言

每章的引言起到承接上一章引启下一章的作用。

.....

3.2 对物理量符号进行注释的情况

为使得对公式中物理量符号注释的转行与破折号“——”后第一个字对齐，此处最好采用表格环境。此表格无任何线条，左对齐，且在破折号处对齐，一共有“式中”二字、物理量符号和注释三列，表格的总宽度可选为文本宽度，因此应该采用`tabularx`环境。由`tabularx`环境生成的对公式中物理量符号进行注释的公式如式(3-1)所示。

$$\ddot{\rho} - \frac{\mu}{R_t^3} \left(3R_t \frac{R_t \rho}{R_t^2} - \rho \right) = a \quad (3-1)$$

式中 ρ ——追踪飞行器与目标飞行器之间的相对位置矢量；

$\ddot{\rho}$ ——追踪飞行器与目标飞行器之间的相对加速度；

a ——推力所产生的加速度；

R_t ——目标飞行器在惯性坐标系中的位置矢量；

ω_t ——目标飞行器的轨道角速度；

由此方法生成的注释内容应紧邻待注释公式并置于其下方，因此不能将代码放入`table`浮动环境中。但此方法不能实现自动转页接排，可能会在当前页剩余空间不够时，全部移动到下一页而导致当前页出现很大空白。因此在需要转页处理时，还请您手动将需要转页的代码放入一个新的`tabularx`环境中，将原来的一个`tabularx`环境拆分为两个`tabularx`环境。

（矩阵、矢量用“粗、斜体”，如矢量 \mathbf{R} ；单变量用“斜体”（不加粗），如 x, y ；上下标：有变量含义的用斜体，如 x_i ；数字、单词首字母、单位等无变量含义的用正体，如 x_1 ，矩阵转置 \mathbf{A}^T （T 为转置 Transpose 的首字母））

3.3 子公式

子公式编号示例：如果需要对公式的子公式进行编号，则使用`subeqnarray`环

境：

$$x = a \times b \quad (3-2a)$$

$$= z + t \quad (3-2b)$$

$$= z + t \quad (3-2c)$$

式 (3-2) 中，label 为整个公式的标签，slabel 为子公式的标签。

3.4 本章小结

总结本章的叙述内容。

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

第 4 章 内容 XXX

4.1 引言

每章的引言起到承接上一章引启下一章的作用。

.....

4.2 普通表格的绘制方法

表格应具有三线表格式，因此需要调用 `booktabs` 宏包，其标准格式如表 4-1 所示。全表如用同一单位，则将单位符号移至表头右上角，加圆括号。表中数据应

表 4-1 符合研究生院绘图规范的表格

$D(\text{in})$	$P_u(\text{lbs})$	$u_u(\text{in})$	β	$G_f(\text{psi.in})$
5	269.8	0.000674	1.79	0.04089
10	421.0	0.001035	3.59	0.04089
20	640.2	0.001565	7.18	0.04089

准确无误，书写清楚。数字空缺的格内加横线“—”（占 2 个数字宽度）。表内文字或数字上、下或左、右相同时，采用通栏处理方式，不允许用“/”、“同上”之类的写法。表内文字说明，起行空一格、转行顶格、句末不加标点。如某个表需要转页接排，在随后的各页上应重复表的编号。编号后加“（续表）”，表题可省略。续表应重复表头。

4.3 XXXX 分析

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan

eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

4.4 XXXX 分析

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

4.5 本章小结

总结本章的叙述内容。

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

第 5 章 内容 XXX

5.1 引言

每章的引言起到承接上一章引启下一章的作用。

.....

5.2 参考文献引用方法

引文标注遵照 GB/T7714-2005，采用顺序编码制。正文中引用文献的标示应置于所引内容最后一个字的右上角，所引文献编号用阿拉伯数字置于方括号“[]”中，用小 4 号字体的上角标。要求：

（1）引用单篇文献时，如“二次铣削^[1]”。

（2）同一处引用多篇文献时，各篇文献的序号在方括号内全部列出，各序号间用“，”，如遇连续序号，可标注起序号。如，...形成了多种数学模型^[1,2]...注意此处添加\inlinecite 中文空格 [1, 2]，可以在 cfg 文件中修改空格类型。

（3）多次引用同一文献时，在文献序号的“[]”后标注引文页码。如，...间质细胞 CAMP 含量测定^{[2]100-197}...。...含量测定方法规定^{[2]92}...

（4）当提及的参考文献为文中直接说明时，则用小 4 号字与正文排齐，如“由文献 [3] 可知”

（5）多^[4]引^[5]用^[6]—^[7]些^[8]参^[9]考^[10]文献以生成附录参考文献。

5.3 XXXX 分析

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan

eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

5.4 本章小结

总结本章的叙述内容。

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

第 6 章 内容 XXX

6.1 引言

每章的引言起到承接上一章引启下一章的作用。

.....

6.2 定理和定义等

定理 6.1^[1] 宇宙大爆炸是一种爆炸。

定义 6.1（霍金） 宇宙大爆炸是一种爆炸。

假设 6.1 宇宙大爆炸是一种爆炸。

引理 6.1 宇宙大爆炸是一种爆炸。

推论 6.1 宇宙大爆炸是一种爆炸。

练习 6.1 宇宙大爆炸是一种爆炸。

问题 6.1 (Albert Einstein) 宇宙大爆炸是一种爆炸。

注释 6.1 宇宙大爆炸是一种爆炸。

公理 6.1（爱因斯坦） 宇宙大爆炸是一种爆炸。

猜想 6.1 宇宙大爆炸是一种爆炸。

6.3 XXXX 分析

6.3.1 算法

算法不在规范中要求，此处不给出示例，在 `hitszthesis.sty` 中有定义示例。

6.3.2 脚注

不在再规范^①中要求，模板默认使用清华大学的格式。

6.3.3 源码

也不在再规范中要求。如果有需要最好使用 `minted` 包，但在编译的时候需要

① 规范是指《哈尔滨工业大学（深圳）研究生学位论文撰写规范》和《哈尔滨工业大学（深圳）本科生毕业论文撰写规范》

添加“-shell-escape”选项且安装 pygmentize 软件，这些不在模板中默认载入，如果需要自行载入。

6.4 本章小结

总结本章的叙述内容。

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

结 论

学位论文的结论作为论文正文的最后一章单独排写，但不加章标题序号。

结论是对整个论文主要成果的总结。在结论中应明确指出本研究内容的创新性成果或创新点（含新见解、新观点），并指出今后进一步在本研究方向进行研究的展望与设想，上述各项用（1）、（2）表述，不要将结论写成论文的摘要。结论字数一般在 2000 字以内。

参考文献

- [1] 任春珍, 杨再华, 孙刚, 等. 空环境飞行器交会对接设备精测工艺方法研究[J]. 航天器环境工程, 2010, 27(6): 768-771.
- [2] Gravagne I A, Rahn C D, Walker I D. Large Deflection Dynamics and Control for Planar Continuum Robots[J]. IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, 2003, 8(2): 299-307.
- [3] Webster III R J, Jones B A. Design and Kinematic Modeling of Constant Curvature Continuum Robots: A Review[J]. The International Journal of Robotics Research, 2010, 29(13): 1661-1683.
- [4] 刘天亮. 面向狭小空间作业的绳索驱动超冗余机械臂的研究[D]. 深圳: 哈尔滨工业大学, 2016: 61-63.
- [5] 付亚南. 狭小空间作业绳驱分段联动机器人设计及控制研究[D]. 深圳: 哈尔滨工业大学, 2018: 12-13.
- [6] 翟士民, 刘荣, 薛彤. 绳驱动连续型机械臂设计[J]. 机械工程与自动化, 2015, 2: 119-121.
- [7] 姚艳彬, 杜兆才, 魏志强. 蛇形臂机器人装配系统研究[J]. 航空制造技术, 2015, 491(21): 26-30.
- [8] Jones B A, Walker I D. Kinematics for Multisection Continuum Robots[J]. IEEE Transactions on Robotics, 2006, 22(1): 43-55.
- [9] McMahan W, Jones B A, Walker I D. Design and Implementation of a Multi-section Continuum Robot: Air-Octor[C] // IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Shanghai, China, 2005: 2578-2585.
- [10] Jones B A, McMahan W, Walker I. Design and Analysis of a Novel Pneumatic Manipulator[C] // IFAC Symposium on Mechatronic Systems, Hanburg, German, 2004: 745-750.

哈尔滨工业大学（深圳）本科毕业设计（论文）原创性声明

本人郑重声明：在哈尔滨工业大学（深圳）攻读学士学位期间，所提交的毕业设计（论文）《基于神经网络的机器人智能抓取研究》，是本人在导师指导下独立进行研究工作所取得的成果。对本文的研究工作做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式注明，其它未注明部分不包含他人已发表或撰写过的研究成果，不存在购买、由他人代写、剽窃和伪造数据等作假行为。

本人愿为此声明承担法律责任。

作者签名：

日期： 年 月 日

致 谢

对导师和给予指导或协助完成学位论文工作的组织和个人，对课题给予资助者表示感谢。内容应简朴、语言应含蓄。

衷心感谢导师 XXX 教授对本人的精心指导。……，他的言传身教将使我终生受益。

感谢 XXX 教授，以及实验室全体老师和同窗们的热情帮助和支持！

本课题承蒙 XXXX 基金资助，特此致谢。

附录 1 外文资料的调研阅读报告或书面翻译

英文资料的中文标题

摘要：本章为外文资料翻译内容。如果有摘要可以直接写上来，这部分好像没有明确的规定。

1.1 单目标规划

北冥有鱼，其名为鲲。鲲之大，不知其几千里也。化而为鸟，其名为鹏。鹏之背，不知其几千里也。怒而飞，其翼若垂天之云。是鸟也，海运则将徙于南冥。南冥者，天池也。

$$p(y|\mathbf{x}) = \frac{p(\mathbf{x}, y)}{p(\mathbf{x})} = \frac{p(\mathbf{x}|y)p(y)}{p(\mathbf{x})} \quad (123)$$

吾生也有涯，而知也无涯。以有涯随无涯，殆已！已而为知者，殆而已矣！为善无近名，为恶无近刑，缘督以为经，可以保身，可以全生，可以养亲，可以尽年。

1.1.1 线性规划

庖丁为文惠君解牛，手之所触，肩之所倚，足之所履，膝之所倚，砉然响然，奏刀騞然，莫不中音，合于桑林之舞，乃中经首之会。

表 1-1 *

表 1 这是手动编号但不出现在索引中的一个表格例子

Network Topology		# of nodes	# of clients			Server
GT-ITM	Waxman Transit-Stub	600	2%	10%	50%	Max. Connectivity
Inet-2.1		6000				
	ABCDEF					

文惠君曰：“嘻，善哉！技盖至此乎？”庖丁释刀对曰：“臣之所好者道也，进乎技矣。始臣之解牛之时，所见无非全牛者；三年之后，未尝见全牛也；方今之时，臣以神遇而不以目视，官知止而神欲行。依乎天理，批大郤，导大窾，因其固然。技经肯綮之未尝，而况大瓠乎！良庖岁更刀，割也；族庖月更刀，折也；今臣之刀十九年矣，所解数千牛矣，而刀刃若新发于硎。彼节者有间而刀刃者无厚，以无厚入有间，恢恢乎其于游刃必有余地矣。是以十九年而刀刃若新发于硎。虽然，每至于族，吾见其难为，怵然为戒，视为止，行为迟，动刀甚微，謦然已解，如土

委地。提刀而立，为之而四顾，为之踌躇满志，善刀而藏之。”

文惠君曰：“善哉！吾闻庖丁之言，得养生焉。”

1.1.2 非线性规划

孔子与柳下季为友，柳下季之弟名曰盗跖。盗跖从卒九千人，横行天下，侵暴诸侯。穴室枢户，驱人牛马，取人妇女。贪得忘亲，不顾父母兄弟，不祭先祖。所过之邑，大国守城，小国入保，万民苦之。孔子谓柳下季曰：“夫为人父者，必能诏其子；为人兄者，必能教其弟。若父不能诏其子，兄不能教其弟，则无贵父子兄弟之亲矣。今先生，世之才士也，弟为盗跖，为天下害，而弗能教也，丘窃为先生羞之。丘请为先生往说之。”

柳下季曰：“先生言为人父者必能诏其子，为人兄者必能教其弟，若子不听父之诏，弟不受兄之教，虽今先生之辩，将奈之何哉？且跖之为人也，心如涌泉，意如飘风，强足以距敌，辩足以饰非。顺其心则喜，逆其心则怒，易辱人以言。先生必无往。”

孔子不听，颜回为驭，子贡为右，往见盗跖。

1.1.3 整数规划

盗跖乃方休卒徒大山之阳，脍人肝而铺之。孔子下车而前，见谒者曰：“鲁人孔丘，闻将军高义，敬再拜谒者。”谒者入通。盗跖闻之大怒，目如明星，发上指冠，曰：“此夫鲁国之巧伪人孔丘非邪？为我告之：尔作言造语，妄称文、武，冠枝木之冠，带死牛之胁，多辞缪说，不耕而食，不织而衣，摇唇鼓舌，擅生是非，以迷天下之主，使天下学士不反其本，妄作孝弟，而侥幸于封侯富贵者也。子之罪大极重，疾走归！不然，我将以子肝益昼铺之膳。”

附录 2 外文资料原文

The title of the English paper

Abstract: As one of the most widely used techniques in operations research, *mathematical programming* is defined as a means of maximizing a quantity known as *objective function*, subject to a set of constraints represented by equations and inequalities. Some known subtopics of mathematical programming are linear programming, nonlinear programming, multiobjective programming, goal programming, dynamic programming, and multilevel programming^[1].

It is impossible to cover in a single chapter every concept of mathematical programming. This chapter introduces only the basic concepts and techniques of mathematical programming such that readers gain an understanding of them throughout the book^[2,3].

2.1 Single-Objective Programming

The general form of single-objective programming (SOP) is written as follows,

$$\begin{cases} \max f(x) \\ \text{subject to:} \\ g_j(x) \leq 0, \quad j = 1, 2, \dots, p \end{cases} \quad (123)$$

which maximizes a real-valued function f of $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ subject to a set of constraints.

Definition 2.1 In SOP, we call x a decision vector, and x_1, x_2, \dots, x_n decision variables. The function f is called the objective function. The set

$$S = \{x \in \mathbb{R}^n \mid g_j(x) \leq 0, j = 1, 2, \dots, p\} \quad (456)$$

is called the feasible set. An element x in S is called a feasible solution.

Definition 2.2 A feasible solution x^* is called the optimal solution of SOP if and only if

$$f(x^*) \geq f(x) \quad (2-1)$$

for any feasible solution x .

One of the outstanding contributions to mathematical programming was known as the Kuhn-Tucker conditions²⁻². In order to introduce them, let us give some definitions.

An inequality constraint $g_j(x) \leq 0$ is said to be active at a point x^* if $g_j(x^*) = 0$. A point x^* satisfying $g_j(x^*) \leq 0$ is said to be regular if the gradient vectors $\nabla g_j(x)$ of all active constraints are linearly independent.

Let x^* be a regular point of the constraints of SOP and assume that all the functions $f(x)$ and $g_j(x)$, $j = 1, 2, \dots, p$ are differentiable. If x^* is a local optimal solution, then there exist Lagrange multipliers λ_j , $j = 1, 2, \dots, p$ such that the following Kuhn-Tucker conditions hold,

$$\begin{cases} \nabla f(x^*) - \sum_{j=1}^p \lambda_j \nabla g_j(x^*) = 0 \\ \lambda_j g_j(x^*) = 0, \quad j = 1, 2, \dots, p \\ \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, p. \end{cases} \quad (2-2)$$

If all the functions $f(x)$ and $g_j(x)$, $j = 1, 2, \dots, p$ are convex and differentiable, and the point x^* satisfies the Kuhn-Tucker conditions (2-2), then it has been proved that the point x^* is a global optimal solution of SOP.

2.1.1 Linear Programming

If the functions $f(x)$, $g_j(x)$, $j = 1, 2, \dots, p$ are all linear, then SOP is called a *linear programming*.

The feasible set of linear is always convex. A point x is called an extreme point of convex set S if $x \in S$ and x cannot be expressed as a convex combination of two points in S . It has been shown that the optimal solution to linear programming corresponds to an extreme point of its feasible set provided that the feasible set S is bounded. This fact is the basis of the *simplex algorithm* which was developed by Dantzig as a very efficient method for solving linear programming.

表 2-1 *

Table 1

This is an example for manually numbered table, which would not appear in the list of tables

Network Topology		# of nodes	# of clients			Server
GT-ITM	Waxman Transit-Stub	600	2%	10%	50%	Max. Connectivity
Inet-2.1		6000				
	ABCDEF					

Roughly speaking, the simplex algorithm examines only the extreme points of the

feasible set, rather than all feasible points. At first, the simplex algorithm selects an extreme point as the initial point. The successive extreme point is selected so as to improve the objective function value. The procedure is repeated until no improvement in objective function value can be made. The last extreme point is the optimal solution.

2.1.2 Nonlinear Programming

If at least one of the functions $f(x), g_j(x), j = 1, 2, \dots, p$ is nonlinear, then SOP is called a *nonlinear programming*.

A large number of classical optimization methods have been developed to treat special-structural nonlinear programming based on the mathematical theory concerned with analyzing the structure of problems.

Now we consider a nonlinear programming which is confronted solely with maximizing a real-valued function with domain \mathcal{R}^n . Whether derivatives are available or not, the usual strategy is first to select a point in \mathcal{R}^n which is thought to be the most likely place where the maximum exists. If there is no information available on which to base such a selection, a point is chosen at random. From this first point an attempt is made to construct a sequence of points, each of which yields an improved objective function value over its predecessor. The next point to be added to the sequence is chosen by analyzing the behavior of the function at the previous points. This construction continues until some termination criterion is met. Methods based upon this strategy are called *ascent methods*, which can be classified as *direct methods*, *gradient methods*, and *Hessian methods* according to the information about the behavior of objective function f . Direct methods require only that the function can be evaluated at each point. Gradient methods require the evaluation of first derivatives of f . Hessian methods require the evaluation of second derivatives. In fact, there is no superior method for all problems. The efficiency of a method is very much dependent upon the objective function.

2.1.3 Integer Programming

Integer programming is a special mathematical programming in which all of the variables are assumed to be only integer values. When there are not only integer variables but also conventional continuous variables, we call it *mixed integer programming*. If all the variables are assumed either 0 or 1, then the problem is termed a *zero-one programming*. Although integer programming can be solved by an *exhaustive enumeration* theoretically,

it is impractical to solve realistically sized integer programming problems. The most successful algorithm so far found to solve integer programming is called the *branch-and-bound enumeration* developed by Balas (1965) and Dakin (1965). The other technique to integer programming is the *cutting plane method* developed by Gomory (1959).

Uncertain Programming (BaoDing Liu, 2006.2)

References

NOTE: These references are only for demonstration. They are not real citations in the original text.

- [1] Donald E. Knuth. The T_EXbook. Addison-Wesley, 1984. ISBN: 0-201-13448-9
- [2] Paul W. Abrahams, Karl Berry and Kathryn A. Hargreaves. T_EX for the Impatient. Addison-Wesley, 1990. ISBN: 0-201-51375-7
- [3] David Salomon. The advanced T_EXbook. New York : Springer, 1995. ISBN:0-387-94556-3

附录 3 其它附录

不论何种类型的论文都要将其中一篇与所撰写论文内容最直接相关的外文文献译成中文，不少于 3000 汉字，并将其编入附录。有些不宜放在正文中，但有参考价值的内容（如外文文献复印件及中文译文、公式的推导、程序流程图、图纸、数据表格等）可编入论文的附录中。附录放在论文最后，如不宜放在论文后面时可单独装订，与论文一起保存。

附录 1 与附录 2 为外文文献翻译示例，其他的附录如数据、代码等，可以放在这里。