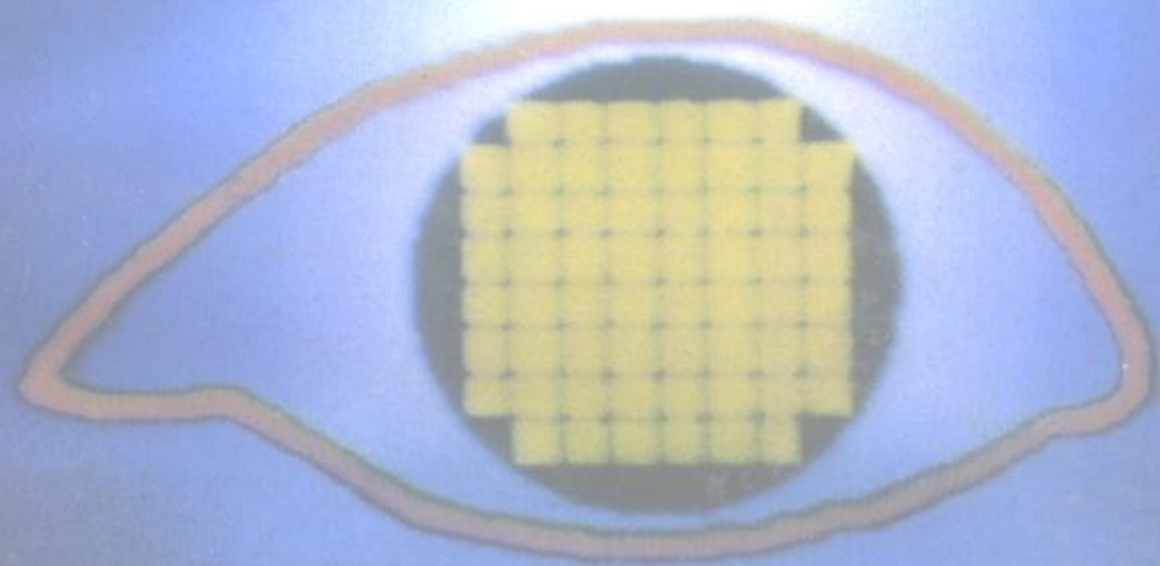


机器人视觉技术

钟玉琢 乔秉新 李树青 编著



国防工业出版社

机器人视觉技术

钟玉琢 乔秉新 李树青 编著

国防工业出版社

(京)新登字 106 号

DBP/OP

图书在版编目(CIP)数据

机器人视觉技术/钟玉琢等编著. —北京:国防工业出版社,1994

ISBN 7-118-01179-7

- I. 机…
- II. 钟…
- III. 机器人视觉-技术
- IV. TP242

机器人视觉技术

钟玉琢 乔秉新 李树青 编著
责任编辑 何曼庆

*

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

新华书店经售

北京市王史山胶印厂印刷

*

开本 850×1168 1/32 印张 17 13/16 465 千字

1994 年 11 月第 1 版 1994 年 11 月北京第 1 次印刷 印数:1—1300 册

ISBN 7-118-01179-7/TP·157 定价:20.50 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

致·读·者

本书由国防科技图书出版基金资助出版。

国防科技图书出版工作是国防科技事业的一个重要方面。优秀的国防科技图书既是国防科技成果的一部分,又是国防科技水平的重要标志。为了促进国防科技事业的发展,加强社会主义物质文明和精神文明建设,培养优秀科技人才,确保国防科技优秀图书的出版,国防科工委于1988年初决定每年拨出专款,设立国防科技图书出版基金,成立评审委员会,扶持、审定出版国防科技优秀图书。

国防科技图书出版基金资助的对象是:

1. 学术水平高,内容有创见,在学科上居领先地位的基础科学理论图书;在工程技术理论方面有突破的应用科学专著。
2. 学术思想新颖,内容具体、实用,对国防科技发展具有较大推动作用的专著;密切结合科技现代化和国防现代化需要的高新技术内容的专著。
3. 有重要发展前景和有重大开拓使用价值,密切结合科技现代化和国防现代化需要的新工艺、新材料内容的科技图书。
4. 填补目前我国科技领域空白的薄弱学科和边缘学科的科技图书。
5. 特别有价值的科技论文集、译著等。

国防科技图书出版基金评审委员会在国防科工委的领导下开展工作,负责掌握出版基金的使用方向,评审受理的图书选题,决定资助的图书选题和资助金额,以及决定中断或取消资助等。经评审给予资助的图书,由国防工业出版社列选出版。

国防科技事业已经取得了举世瞩目的成就。国防科技图书承

担着记载和弘扬这些成就,积累和传播科技知识的使命。在改革开放的新形势下,国防科工委率先设立出版基金,扶持出版科技图书,这是一项具有深远意义的创举。此举势必促使国防科技图书的出版,随着国防科技事业的发展更加兴旺。

设立出版基金是一件新生事物,是对出版工作的一项改革。因而,评审工作需要不断地摸索、认真地总结和及时地改进,这样,才能使有限的基金发挥出巨大的效能。评审工作更需要国防科技工业战线广大科技工作者、专家、教授,以及社会各界朋友的热情支持。

让我们携起手来,为祖国昌盛、科技腾飞、出版繁荣而共同奋斗!

国防科技图书出版基金
评审委员会

前 言

机器人视觉技术是 80 年代发展起来的新兴技术。近年来,机器人视觉技术已成为高技术领域一个重要的研究课题。它为可行走机器人、装配机器人以及其他种类的机器人解决视觉问题提供了技术基础。它将使传统的工业生产面貌发生巨大变化,对人类社会的生活和生产产生深远影响。目前,国内外都在竞相开展有关机器人视觉的基础理论、基本技术以及应用方面的研究工作。因此,本书应当务之急,较全面介绍这方面的基本方法和成果。

视觉计算理论创始人 D·Marr 建立了系统的视觉信息理论,他认为对视觉的研究可分成三个层次:视觉的计算理论、算法和系统结构。

视觉信息处理可以看作是从三维环境的图像中抽取、描述和解释信息的过程。它可划分为六个主要部分:传感、预处理、分割、描述、识别以及知识表达和解释。传感是获取图像的过程;预处理是去噪声和细节增强;分割是将图像划分成有一定含义的物体的过程;描述则是讨论区别不同物体特征(几何性质、形状及尺寸)的计算;识别是分析、理解和认识物体的过程;解释则是将某种含义赋给由已识别出物体组成的组合体的过程,它可作为对图像进一步分类或作为语义学解释的依据。

美国普渡大学(Purdue University)傅京孙教授等人根据上述各种过程所涉及的方法和技术的复杂性,将它们分成三个处理层次:低层视觉、中层视觉和高层视觉。传感和预处理被认为是低层视觉;对低层视觉处理所形成的图像进行元素抽取、表示和标记的过程属于中层视觉,即把上述的分割、描述和单个物体的识别看作是中层视觉;试图模仿认识行为的解释过程则属于高层视觉。本书

主要从上述的三个层次,比较完整地介绍机器人视觉技术的全貌和本质。

清华大学计算机系从1987年开始就给高年级大学生开设“机器人视觉”课程。本书根据作者在清华大学计算机系多年从事机器人视觉和数字图像处理等方面的教学和科研工作的经验与成果,并参阅了大量国内外有关资料撰写而成。

本书的第一、二章综述了机器人视觉技术的基本概念和发展进程,并重点介绍了机器人视觉系统硬件的体系结构和工作原理;第三~八章系统地论述了机器人视觉技术六个主要组成部分:传感、预处理、分割、描述、识别和图像知识表达与匹配。最后一章,即第九章介绍了目前我们正在研制的、也是世界上公认很有发展前途的基于CAD模型的多传感器视觉系统(CMMS——CAD Model Based Multiple Sensor Vision System)。

本书第一、二章和第九章由钟玉琢撰写,第三、四章和第八章由李树青撰写,第五、六、七章由乔秉新撰写。全书由钟玉琢审阅。

机器人视觉技术涉及视频信息获取技术,视频信号处理技术,计算机技术,模式识别技术以及人工智能技术等,目前,它们都处于迅速发展阶段,作者很难全面掌握,深入理解,再加上时间仓促,书中内容难免存在不足或错误之处,恳请读者给予批评指正。

作者

1992. 10. 30

国防科技图书出版基金 第一届评审委员会组成人员

主任委员：冯汝明

副主任委员：金朱德 太史瑞

委员：尤子平 朵英贤 刘琯德

(按姓氏笔画排列) 何庆芝 何国伟 张汝果

范学虹 金 兰 柯有安

侯 迁 高景德 莫梧生

曾 铎

秘 书 长：刘琯德

内 容 简 介

机器人视觉技术可以看作从三维景物中抽取、描述和解释视觉信息的过程。本书阐述其六个主要部分：客观景物的感知和图像生成、预处理、分割、描述、识别以及图像的知识表达和解释。

书中详细论述了各部分的原理、算法以及实现技术,重点讲述了机器人视觉的体系结构的组成原理和设计以及基于 CAD 模型的多传感器视觉系统 (CMMS)。

本书可供模式识别、图像处理、机器人视觉、计算机视觉和多媒体计算机等有关专业的科研人员和工程技术人员参考,也可供高等院校相关专业的教师、研究生和大学生作教学参考书。

目 录

第一章 引论

- 1.1 机器人和机器人视觉 (1)
- 1.2 机器人视觉技术 (6)
- 1.3 机器人视觉技术的应用 (9)

第二章 机器人视觉系统

- 2.1 机器人视觉系统的组成 (14)
- 2.2 景物和距离传感器 (16)
 - 2.2.1 电视摄像机 (17)
 - 2.2.2 CCD 像感器 (35)
 - 2.2.3 超声波传感器 (54)
- 2.3 视觉信号数字化技术 (64)
 - 2.3.1 视频信号数字化技术的作用 (64)
 - 2.3.2 黑白视频信号数字化仪的原理和设计 (65)
 - 2.3.3 彩色视频信号数字化技术 (77)
 - 2.3.4 数字式彩色电视解码电路在视频信号数字化技术中的应用 (82)
- 2.4 视频数字信号快速处理器 (94)
 - 2.4.1 视频数字信号快速处理器的作用 (94)
 - 2.4.2 基于 DSP 的视频信号快速处理器 (97)
 - 2.4.3 流水线结构的图像处理机 (106)
 - 2.4.4 混合型视觉计算机 (112)
- 2.5 几种商业通用视觉系统简介 (118)

2.5.1	VS-100 和 OMS 视觉系统	(118)
2.5.2	PUMA260 和 BLOB-1 视觉演示系统	(123)

第三章 图像的生成和变换

3.1	引言	(131)
3.2	图像的生成	(131)
3.2.1	透视投影	(132)
3.2.2	正交投影	(133)
3.3	图像模型	(134)
3.3.1	图像函数	(134)
3.3.2	成像几何	(135)
3.3.3	辐射模型	(139)
3.3.4	彩色图像模型	(140)
3.3.5	数字图像	(145)
3.4	离散二维图像的正交变换	(156)
3.4.1	图像变换的一般公式	(156)
3.4.2	离散傅里叶变换	(162)
3.4.3	离散余弦变换	(193)
3.4.4	离散沃尔什变换	(219)
3.4.5	离散 K-L 变换	(234)

第四章 图像的预处理

4.1	用直方图修改技术进行图像增强	(242)
4.1.1	灰度直方图	(242)
4.1.2	直方图均衡化处理技术	(244)
4.1.3	直方图规定化处理技术	(251)
4.2	图像的平滑	(255)
4.2.1	邻域平均法	(255)
4.2.2	模板法	(257)
4.2.3	中值滤波	(258)

4.2.4	多图像平均法	(261)
4.2.5	低通滤波	(262)
4.3	图像的锐化	(268)
4.3.1	微分尖锐化	(268)
4.3.2	高通滤波	(273)
4.4	图像的同态滤波处理	(276)
4.5	伪彩色图像处理	(278)
4.5.1	密度分层技术	(278)
4.5.2	灰度到彩色的映射变换	(280)
4.5.3	滤波法	(280)

第五章 分割

5.1	灰度级阈值法	(283)
5.1.1	像素分类	(283)
5.1.2	阈值选择	(286)
5.1.3	颜色分割	(290)
5.2	边缘检测	(291)
5.2.1	差分边缘检测	(292)
5.2.2	梯度边缘检测	(294)
5.2.3	拉普拉斯算子边缘检测	(297)
5.2.4	二阶差分边缘检测	(299)
5.2.5	检测给定形状的曲线——Hough 变换	(300)
5.2.6	利用图论方法进行边缘检测	(306)
5.3	边缘匹配与拟合	(310)
5.3.1	掩模板匹配	(311)
5.3.2	阶跃匹配	(313)
5.3.3	斜面和曲面拟合	(318)
5.4	跟踪和增长	(321)
5.4.1	边界跟踪	(321)
5.4.2	区域跟踪与增长	(327)
5.5	迭代分割—松弛法	(332)

5.5.1	概率松弛法	(332)
5.5.2	模糊松弛法	(343)
5.5.3	离散松弛法	(347)
5.6	运动分割	(349)
5.6.1	基本方法	(350)
5.6.2	累计差	(351)
5.6.3	建立参考图像	(354)

第六章 描述

6.1	表示	(356)
6.1.1	行程码和二叉树	(357)
6.1.2	中轴变换和4叉树	(360)
6.1.3	三维物体表示	(362)
6.1.4	近似表示	(367)
6.2	二值图像的几何特性	(369)
6.2.1	二值图像	(369)
6.2.2	简单的几何特性	(370)
6.2.3	离散二值图像	(379)
6.3	二值图像的拓扑特性	(379)
6.3.1	多个物体	(379)
6.3.2	局部计算和迭代修改	(387)
6.4	边界描述	(399)
6.4.1	链码和隙码跟踪	(399)
6.4.2	特征图	(404)
6.4.3	多边形近似	(406)
6.4.4	形状数	(410)
6.5	域描述符	(413)
6.5.1	某些简单的域描述符	(413)
6.5.2	纹理	(419)
6.5.3	扩展和收缩	(423)
6.5.4	细化和骨架	(425)

6.5.5 线性特征描述——不变距	(430)
-------------------------	-------

第七章 识别

7.1 引言	(433)
7.2 决策理论方法	(436)
7.2.1 最近邻域分类法	(437)
7.2.2 最近重心分类法	(439)
7.2.3 利用概率密度模型进行分类	(441)
7.2.4 不同形状聚集区域的分类法	(442)
7.3 结构方法	(444)
7.3.1 匹配形状数	(444)
7.3.2 串匹配	(446)
7.3.3 句法方法	(449)

第八章 图像的知识表达和使用

8.1 引言	(456)
8.2 语义网络	(457)
8.2.1 语义网络表达方法简介	(457)
8.2.2 语义网络的应用	(462)
8.2.3 语义网络推理	(466)
8.2.4 连接词在语义网络中的表示法	(471)
8.3 框架	(474)
8.3.1 框架表示方法简介	(474)
8.3.2 框架推理	(478)
8.4 匹配	(479)
8.4.1 图匹配及其应用	(481)
8.4.2 图匹配算法	(484)
8.4.3 实践中的匹配	(488)

第九章 基于 CAD 模型的多传感器视觉系统(CMMS)

9.1	引言	(491)
9.2	基于 CAD 模型的多传感器视觉系统 (CMMS)的系统结构	(494)
9.3	视觉建模子系统	(497)
9.3.1	视觉建模子系统总体框图	(497)
9.3.2	三维物体的表示	(500)
9.3.3	扩展高斯图像	(507)
9.3.4	物体稳定位置的计算	(517)
9.3.5	主特征选择与匹配策略的生成	(524)
9.4	多传感器信息处理子系统	(535)
9.4.1	多视角图像投影三维信息的获取	(536)
9.4.2	基于预测的物体识别和定位	(540)

第一章 引 论

1.1 机器人和机器人视觉

1920年,原捷克斯洛伐克剧作家卡雷尔·卡培克(Karel·Capek)写了一部名为《Rossum's Universal Robots》(罗沙姆万能罗博特公司)的剧本,“机器人”这一词汇第一次出现,此后,“机器人”成为许多科学幻想小说的主人。

工业生产的迅速发展,推动着科学技术的突飞猛进,但在不少工业生产和科研领域中,存在着长时间高温、有气味、有危险以及要求重复性的强体力消耗的工作环境,这就给科学工作者提出了研制替代人的“机器人”课题,把幻想变成现实。

最早的机器人是1954年美国的乔治·希·德沃尔(George·C·Devol)研制的适用于重复作业的通用性工业机器人,它是一台机器人实验装置,并获得了专利。1958年,美国(AMF)(机械与铸造公司)研制成功一台数控自动通用机器,商品命名为 Uersatran,它的含义是多才多艺的传送机器。与此同时,美国的 Consolidated Control(联合控制)公司根据 Devol 的技术专利,研制成功万能自动工业机器人,商品名为“Unimate”。这两种型号的机器人以“示教再现”的方式在汽车生产线上成功地代替人进行传送、焊接、喷漆和安装等作业,机器人在工作中表现出来的可靠性、灵活性以及经济效益,使世界上发达国家的工业界为之振奋,于是,Unimate 和 Versatran 作为商品开始在世界市场上销售,日本和欧洲也纷纷从美国引进机器人技术。

1967年,日本丰田织机公司引进美国的“Uersatran”,川崎重工公司引进“Unimate”,并获得迅速发展。日本通过引进技术,仿

制并改造创新,很快研制出日本国产化的机器人,其技术水平很快赶上美国并超过了其他国家。

1968年,美国斯坦福人工智能实验室(SAIL)的麦卡锡(J·McCarthy)等人研制了带有手、眼、耳的计算机系统,给机械手装上了摄像机和拾音器,在计算机的管理和控制下,它们表演了一套能够识别语音命令、“看见”散放在桌面上的方块以及按计算机指令进行操作的系统。

70年代,机器人大量研究工作的重点是使用外部传感器以改善机器人的各种操作,例如配有视觉、触觉的机器人可以用于铸件、泵体的识别和检查,也可用于集成电路的装配、焊接等。1973年,博尔斯(Bolles)和保罗(Paolo)在斯坦福使用视觉和力的反馈,表演了与PDP-10计算机相连的机械手,用于自动装配水泵。1975年,IBM公司的威尔(Weare)和格罗斯曼(Closman)研制了一个带有触觉和力觉传感器计算机控制的机械手,用它完成了20个零件的打字机机械装配工作。

与此同时,对早期智能机器人的研究工作也相继开始,使它们从对物体的识别转向对环境的识别,例如开展了景物分析、任务规划及用自然语言进行人机对话的研究。

到了80年代,由于计算机技术、超大规模集成电路技术、人工智能技术以及知识工程等学科的飞跃发展,另一方面由于民用和军事工业生产的急需,使得上述学科的技术成果有了在机器人智能化研究领域得到实现的可能。世界各国都很重视,投入了大量的人力和物力积极开展智能机器人的研究工作。以可行走智能机器人为例,世界各国在这个项目的研究中,通常先建立必要的试验床,然后着手研究其中的关键技术,以及各种技术的集成。如美国国防高级研究计划局(DARPA)投资6亿美元研究自主式地面车辆(ALV)。在已建立的实验系统中,最引人注目的是美国Carnegie-Mellon大学研制的NAVLAB自主车(Autonomous Vehicle),它采用了多传感器信息处理和理解系统,系统包括声纳、激光测距、双彩色摄像机平台及目标识别摄像机等多种传感器。为进