

经典教材 双语辅导

数字图像处理 学习指导与题解

Learning Guidance and Problem Solutions
for Digital Image Processing

陈 青 编著

清华大学出版社





数字图像处理 学习指导与题解

陈青 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是 Rafael C. Gonzalez 和 Richard E. Woods 的经典教材 *Digital Image Processing* 本科教学部分的辅导资料。每章由学习要求、要点总结、习题解答等部分组成,突出基本理论、基本概念和基本方法。习题和解答由中文和英文两大部分构成,可供灵活取舍分别用于中文、全英文和双语教学。习题包含选择题、填空题、判断题、简答题和计算题等类型。选题力求体现各章的重点和难点,注重加深对基本概念的理解和基础知识的融会贯通,全书共 7 章,主要内容包括引言、数字图像基础、空域图像增强、频域图像增强、图像复原、彩色图像处理、图像压缩。

本书可作为计算机、通信和电子等相关专业的学生学习“数字图像处理”专业课程及专业英语课程的参考书。

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

数字图像处理学习指导与题解/陈青编著. —北京:清华大学出版社,2017

ISBN 978-7-302-44785-6

I. ①数… II. ①陈… III. ①数字图像处理—教学参考资料 IV. ①TN911.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 189740 号

责任编辑:梁 颖 薛 阳

封面设计:常雪影

责任校对:焦丽丽

责任印制:宋 林

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

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 刷 者:清华大学印刷厂

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:19.25

字 数:470 千字

版 次:2017 年 3 月第 1 版

印 次:2017 年 3 月第 1 次印刷

印 数:1~1500

定 价:45.00 元

产品编号:067930-01

前言 FOREWORD

数字图像处理是信息科学中快速发展的热点研究方向,是当前信息技术的核心技术之一,是信息工程、控制工程及计算机科学与技术等专业的本科生和研究生的主干课程。

R. C. Gonzalez & R. E. Woods 主编的经典英文教材 *Digital Image Processing* 是二十多年来此领域最权威的教材之一,已在世界 500 多所大学和研究所使用,也被国内众多高校选作数字图像处理课程双语和全英教学的英文教材。教材内容丰富、翔实,由浅入深,循序渐进,配有大量的图表和实例,易于激发学生的学习兴趣,发挥学生的积极性和主动性。但是原版教材叙述太过详细,篇幅巨大,对于以掌握学科知识体系和重要知识点、了解学科发展规划为目标的本科教学,显得负担过重,特别是用英语进行专业课教学,给学生理解相关专业知识造成很大的困难。

随着全球化进程的加快,高等教育国际化也成为必然,双语教学、全英语教学也必将跟上时代步伐,以适应扩大国际间交流合作、鼓励科技工作者在国际优秀期刊发表英文论文的目标。为配合高校的教育改革创新和国际化进程,辅助教师的双语及全英教学,帮助学生学习、巩固、提高,编者根据多年的双语和全英语教学经验编写了这本与英文教材 *Digital Image Processing* 配套的学习指导书。

为便于教学及配合原英文教材,书中采用与原英文教材章节一致的编排顺序,主要特点如下:

(1) 习题及解答由中文和英文两大部分构成,可供灵活取舍分别用于中文、全英文和双语教学。

(2) 根据教学大纲的要求,对所有知识点进行提纲挈领的阐述,突出重点、难点及易混淆之处,力求使读者一目了然。

(3) 习题解答注重解题思路,以帮助学生掌握解题方法和技巧,培养学生科学的思维方法。

(4) 习题包含选择题、填空题、判断题、简答题和计算题等多种类型。选题力求体现各章的重点和难点,注重加深对基本概念的理解和基础知识的融会贯通。

(5) 附录给出专业术语英汉对照,便于读者进行本课程的英文学习及阅读相关英文文献。

本书适宜于作为高等院校信息科学及其相关专业学生学习“数字图像处理”课程(尤其是全英语和双语学习)的配套教辅教材,也可供教师作为教学参考,还可作为数字图像处理和图像分析领域的科技工作者的参考书。

在本书的编写过程中,得到了上海理工大学王朝立教授的大力支持和帮助,还有多位研究生为本书的完善做了部分图文工作,在此表示衷心感谢!

本书以 R. C. Gonzalez & R. E. Woods 编著的 *Digital Image Processing* 为主要参考书,同时也参考了其他文献和著作,在此谨向这些书的作者表示诚挚的谢意。编者还要真诚地感谢清华大学出版社的梁颖主任,他为本书的出版做了大量指导和具体工作。

由于作者的视野和水平有限,加上编写时间仓促,对于书中需要改进的地方,恳请广大师生和读者提出批评及建议。

编 者

2016 年 12 月



目录

CONTENTS

第 1 章 引言	1
1.1 学习要求	1
1.2 要点总结	1
1.2.1 图像及图像处理	1
1.2.2 数字图像处理的特点	2
1.2.3 数字图像处理的目的	2
1.2.4 数字图像处理的主要研究内容	2
1.2.5 图像工程的三个层次	3
1.2.6 数字图像处理的应用领域	3
1.2.7 数字图像处理的发展动向	4
1.3 习题解答	4
第 2 章 数字图像基础	13
2.1 学习要求	13
2.2 要点总结	13
2.2.1 图像感知和获取的常用方法	13
2.2.2 图像数字化	14
2.2.3 数字图像的表达	14
2.2.4 像素间的一些基本关系	15
2.2.5 图像处理的基本数学公式	16
2.3 习题解答	19
第 3 章 空域图像增强	54
3.1 学习要求	54
3.2 要点总结	54

3.2.1 图像增强的概念	54
3.2.2 灰度变换技术	55
3.2.3 直方图增强技术	56
3.2.4 多幅图像空域增强技术	57
3.2.5 空域滤波	59
3.3 习题解答	61
第4章 频域图像增强	105
4.1 学习要求	105
4.2 要点总结	105
4.2.1 图像变换与频域图像增强	105
4.2.2 图像的傅里叶变换及性质	106
4.2.3 频域滤波	107
4.3 习题解答	110
第5章 图像复原	136
5.1 学习要求	136
5.2 要点总结	136
5.2.1 图像退化与复原	136
5.2.2 图像噪声	137
5.2.3 空间域滤波复原	138
5.2.4 频率域滤波复原	140
5.3 习题解答	141
第6章 彩色图像处理	162
6.1 学习要求	162
6.2 要点总结	162
6.2.1 三基色(三原色)原理及颜色模型	162
6.2.2 颜色空间的表示及其转换	164
6.2.3 彩色图像增强技术	166
6.3 习题解答	169
第7章 图像压缩	188
7.1 学习要求	188
7.2 要点总结	188
7.2.1 图像编码的基本理论	188
7.2.2 数据冗余	189
7.2.3 图像质量	190
7.2.4 图像压缩编码的分类	191

7.2.5 图像压缩模型.....	191
7.2.6 信息理论基础.....	192
7.2.7 无损压缩编码.....	192
7.2.8 有损压缩编码.....	194
7.2.9 静止图像压缩编码标准——JPEG	195
7.3 习题解答	196
附录 A 术语英汉对照	241
附录 B 术语汉英对照	271
参考文献.....	300

引 言

1.1 学习要求

- (1) 了解图像及图像处理的概念;
- (2) 了解数字图像处理的发展;
- (3) 了解数字图像处理系统的构成;
- (4) 了解数字图像处理技术的应用。

1.2 要点总结

1.2.1 图像及图像处理

1. 图像

1) 定义

图像是对客观存在对象的一种相似性的、生动性的描述或写真,是各种图形和影像的总称。

2) 分类

按图像的明暗程度和空间坐标的连续性,可以将图像分为数字图像和模拟图像。数字图像和模拟图像的区别在于:模拟图像连续可见,不便于用计算机处理,也不便于图像的储存、传输;数字图像不连续可见。

(1) 模拟图像:又称光学图像,其空间坐标和明暗程度是连续变化的,计算机无法直接处理,属于可见图像。

(2) 数字图像:空间坐标和灰度均不连续的、用离散的数字(一般整数)表示的图像,是图像的数字表示,能用计算机处理。像素是其最小的单位。

2. 图像处理

图像处理是指对图像信息进行加工以满足人的视觉或应用需求的行为,包括图像变换、

图像增强、图像恢复、图像压缩编码、图像的特征提取、形态学图像处理方法等。

3. 数字图像处理

数字图像处理(Digital Image Processing)又称为计算机图像处理,它是指将图像信号转换成数字信号并利用计算机对其进行处理的过程。即利用计算机对数字图像进行去除噪声、增强、复原、分割、特征提取、识别等一系列操作,从而获得某种预期结果的技术。

数字图像处理与计算机图形学的联系和区别:数字图像处理与计算机图形学都是用计算机来处理图像和图形,结合紧密且相互渗透,但其属于两个不同的技术领域,数字图像处理是对景物或图像的分析技术,是从图像到图像的处理过程;而计算机图形学是通过算法和程序在显示设备上构造图形,是从数据到图像的处理过程。

1.2.2 数字图像处理的特点

- (1) 处理精度高,再现性好;
- (2) 易于控制处理效果;
- (3) 处理具有多样性;
- (4) 处理技术综合性强;
- (5) 图像数据量庞大,处理费时。

1.2.3 数字图像处理的目的

(1) 提高图像的视感质量。如进行图像的亮度、彩色变换,增强或抑制图像中的某些成分,对图像进行几何变换达到艺术效果等。

(2) 提取图像中所包含的某些特征或特殊信息。这些被提取的特征或信息往往为计算机分析图像提供便利。提取特征或信息的过程是模式识别或计算机视觉的预处理。提取的特征可以包括很多方面,如频域特征、灰度或颜色特征、边界特征、区域特征、纹理特征、形状特征、拓扑特征和关系结构等。

(3) 图像数据的变换、编码和压缩,以便于图像的存储和传输。

1.2.4 数字图像处理的主要研究内容

1. 图像数字化

图像数字化将一幅光学图像表示成一组数字,既不失真又便于计算机分析处理,主要包括图像的采样与量化。

2. 图像增强

图像增强用来改善图像的对比度,突出感兴趣的图像信息,提高图像的目视解释效果,它包括灰度拉伸、平滑、锐化、滤波、变换、彩色合成、代数运算、融合等。

3. 图像恢复/复原

图像恢复/复原去除和压抑成像过程中由各种因素影响而导致的图像失真。

4. 图像编码

图像编码简化图像的表示,压缩表示图像的数据,以便于存储和传输。

5. 图像的重建

图像的重建是由二维图像重建三维图像(如CT)。

6. 图像分割与特征提取

1) 图像分割

图像分割用于从背景中分割出感兴趣的物体目标。分割的结果可作为监督分类的训练区。

2) 图像的特征提取

图像的特征提取包括形状特征、纹理特征、颜色特征等。

7. 图像分析

对图像中的不同对象进行分割、分类、识别、描述和解释。

图像分类：按照特定的分类系统对图像中像素的归属类别进行划分。

8. 图像隐藏

(1) 媒体信息的相互隐藏；

(2) 数字水印；

(3) 图像的信息伪装。

9. 图像通信

传送和接收图像信号。

1.2.5 图像工程的三个层次

三个层次(如图 1.1 所示)为图像理解(从图像到解释)、图像分析(从图像到数据)、图像处理(从图像到图像)：

(1) 抽象程度(从高到低)；

(2) 数据量(从小到大)；

(3) 语义(高层、中层、低层)；

(4) 操作对象(符号、目标、像素)。

1. 图像处理

图像输入→图像处理(增强、复原、编码、压缩等)→图像输出。

2. 图像分析

图像输入→图像预处理(增强、复原)→图像分割→特征提取→图像分类→类别、识别结果。

图像分析主要是对图像中感兴趣的目标进行检测和测量,以获得它们的客观信息,从而建立对图像的描述。

3. 图像理解

图像输入→图像预处理→图像描述→图像分析和理解→图像解释。

图像理解的重点是在图像分析的基础上,进一步研究图像中各个目标的性质和它们之间的相互联系,并得出对图像内容含义的理解以及对原来客观场景的解释,从而指导和规划行动。

1.2.6 数字图像处理的应用领域

(1) 通信：图像传输、电视电话等。

(2) 工业生产：产品质量检测、生产过程控制、CAD/CAM、无损探伤、石油勘探、生产过程自动化(识别零件,装配质量检查)、工业机器人研制等。

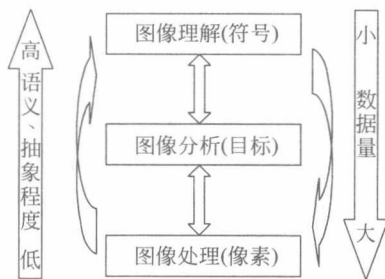


图 1.1 图像工程层次示意图

(3) 机器人视觉: 军事侦察、危险环境的自主机器人、邮政和医院以及家庭服务的智能机器人、装配线工件识别及定位、太空机器人的自动操作等。

(4) 遥感: 地形、地质、矿藏探索, 森林、水利、海洋、农业等资源调查, 自然灾害预测, 环境污染的监测, 气象云图。

(5) 生物医学: CT、X 射线成像、B 超、红外图像、显微图像、DNA 成像分析。

(6) 军事: 军事目标侦察、制导系统、警戒系统、自动火器控制、反伪装等。

(7) 公安: 现场照片、指纹、手迹、印章、伪钞识别、安检、人像等处理和鉴别。

(8) 档案: 历史文字、图片档案的修复和处理。

(9) 娱乐: 电影特技、动画、广告、MTV 等。

(10) 电子商务: 身份认证、产品防伪、水印技术等。

1.2.7 数字图像处理的发展动向

1. 提高精度和处理速度

在进一步提高精度的同时着重解决处理速度问题。如: 在航天遥感、气象云图处理方面, 巨大的数据量 and 处理速度仍然是主要矛盾之一。

2. 加强软件研究, 开发新方法

特别要注意移植和借鉴其他学科的技术和研究成果, 创造新的处理方法。

3. 加强边缘学科的研究工作, 促进图像处理技术的发展

例如, 在人的视觉特性、心理学特性等方面研究如果有所突破, 将对图像处理技术的发展起到极大的促进作用。

4. 加强理论研究

逐步形成图像处理科学自身的理论体系。

5. 图像处理领域的标准化问题

图像的信息量大、数据量大, 因而图像信息的建库、检索和交流是一个重要的问题。从现有的情况看, 软件、硬件种类繁多, 交流和使用极为不便, 这成为资源共享的严重障碍。应建立图像信息库, 统一存放格式, 建立标准子程序, 统一检索方法。

1.3 习题解答

1. 单选题

C1. 1.1 在影像处理硬件系统的外围设备中, 下列哪个设备不属于输入设备? ()

A. 电子摄像机

B. CCD 摄像机

C. 台式图像扫描仪

D. 光带

答案: D

E1. 1.1 In the hardware peripherals of image processing, which of the following equipments does not belong to the input devices? ()

A. Electron camera

B. CCD video camera

C. Desktop image scanner

D. Light tape

Ans: D

C1.1.2 下列设备哪个不属于影像处理系统硬件设备的显示装置? ()

- A. 帧缓冲存储器 B. 一览表 C. D/A 变换器 D. 胶片

答案: D

E1.1.2 Which of the following devices does not belong to the display devices of image processing system? ()

- A. Frame buffer memory B. List
C. D/A converter D. Film

Ans: D

C1.1.3 在影像处理硬件系统的外围设备中,下列哪个设备不属于输出设备? ()

- A. 胶片 B. 普通纸 C. 专用纸 D. 光带

答案: D

E1.1.3 In the hardware peripherals of image processing, which of the following equipments does not belong to the output devices? ()

- A. Film B. Common paper
C. Particular paper D. Light tape

Ans: D

C1.1.4 一幅数字图像是()。

- A. 一个观测系统 B. 一个由许多像素排列而成的实体
C. 一个 2D 数组中的元素 D. 一个 3D 空间的场景

答案: B

提示: 考虑图像和数字图像的定义。

E1.1.4 A digital image is ()。

- A. an observation system B. an entity arranged by pixels
C. an element in an 2D array D. a scene in 3D space

Ans: B

Hint: Consider the definition of images and digital images.

C1.1.5 数字图像处理不包含()。

- A. 图像数字化 B. 图像增强 C. 图像分割 D. 图像存储

答案: D

E1.1.5 Digital image processing does not include the content of()。

- A. image digitization B. image enhancement
C. image segmentation D. digital image storage

Ans: D

2. 多选题

C1.2.1 数字图像处理研究的内容不包括(), 包括()等。

- A. 图像数字化 B. 图像增强

C. 图像分割

D. 数字图像存储

答案: (1)D; (2)A B C

E1.2.1 Digital image processing does not include the contents of(), includes the contents of().

A. image digitization

B. image enhancement

C. image segmentation

D. digital image storage

Ans: (1)D; (2)ABC

C1.2.2 以下图像技术中属于图像处理技术的是()。

A. 图像编码

B. 图像合成

C. 图像增强

D. 图像分类

答案: A C

提示: 对比较狭义的图像处理技术, 输入输出都是图像。图像合成输入的是数据, 图像分类输出的是类别数据。

E1.2.2 In the following image techniques, the techniques belonging to the technology of image processing are().

A. image coding

B. image synthesis

C. image enhancement

D. image classification

Ans: A C

Hint: The image processing technology in the narrower sense is that the input and output are all images. The input of image synthesis is the data, and the output of image classification is the category data.

C1.2.3 以下哪个选项属于超越可见光谱范围的图像采集技术? ()

A. 热图像

B. 摄影

C. 雷达图像

D. X 射线图像

答案: A C D

E1.2.3 Which of the following options belong to image acquisition that beyond visible? ()

A. Thermal image

B. Photography

C. Radar image

D. X ray image

Ans: A C D

3. 填空题

C1.3.1 一个基本的数字图像处理系统由: _____、_____、_____、_____、_____ 5 个模块组成。

答案: 图像输入, 图像存储, 图像输出, 图像通信, 图像处理和分析

E1.3.1 A basic digital image processing system consists of 5 parts: _____, _____, _____, _____, _____.

Ans: image input, image storage, image output, image communication, image processing and analysis

C1.3.2 数字图像处理,即用_____对图像进行处理。

答案: 计算机

E1.3.2 Digital image processing, that is to process the image by _____.

Ans: computer

C1.3.3 列举数字图像处理的三个应用领域_____, _____, _____。

答案: 医学,天文学,军事

E1.3.3 List three application areas of digital image processing _____, _____, _____.

Ans: medicine, astronomy, military

C1.3.4 数字图像处理的主要研究内容包括: _____、_____、_____、_____、_____。

答案: 图像数字化,图像增强,图像的几何变换,图像变换,图像识别与理解

E1.3.4 The main contents of the digital image processing are _____, _____, _____, _____, _____.

Ans: image digitization, image enhancement, image geometric transformation, image recognition and understanding

C1.3.5 广义的图像处理包含三个层次: _____、_____和_____。

答案: 图像处理,图像分析,图像理解

E1.3.5 Generalized image processing consists of three levels: _____, _____ and _____.

Ans: image processing, image analysis, image understanding.

C1.3.6 数字图像处理可以理解为两个方面的操作: 一是_____,如图像增强等; 二是_____,如图像测量等。

答案: 从图像到图像,从图像到非图像

E1.3.6 Digital image processing can be understood as two aspects of the operation: one is _____, such as image enhancement, etc; the other is _____, such as image measurement.

Ans: from image to image, from image to non-image

C1.3.7 图像处理可分为_____, _____, _____三个阶段。

答案: 低级处理,中级处理,高级处理

E1.3.7 Image processing can be divided into three stages _____, _____, _____.

Ans: low processing, intermediate processing, advanced processing

C1.3.8 数字图像处理包含很多方面的研究内容。其中,_____的目的是根据二维

平面图像数据构造出三维物体的图像。

答案: 图像重建

E1.3.8 Digital image processing includes many aspects of research. Among them, the purpose of _____ is to reconstruct three-dimensional image based on two-dimensional image data of the object.

Ans: image reconstruction

C1.3.9 数字图像处理系统包括硬件系统和软件系统两大部分,其中硬件系统主要由计算机、____、____、____和____、操作台组成。

答案: 数字化器,大容量存储器,显示器,输出设备

E1.3.9 Digital image processing system includes two parts-hardware and software, of which the hardware system consists of a computer, _____, _____, _____, and _____, console components.

Ans: digitizer, large capacity storage, display, output devices

C1.3.10 计算机图形学目前的一个主导研究方向是_____。

答案: 虚拟现实技术

E1.3.10 A current leading research area of computer graphics is _____.

Ans: virtual reality technology

C1.3.11 在人类接收的信息中,图像等视觉信息所占的比重约达到_____%。

答案: 75

E1.3.11 In the messages that people get, images and other visual information approximately account for _____%.

Ans: 75

4. 判断题

C1.4.1 数字图像可以定义为由连续函数或离散函数生成的抽象图像。()

答案: 正确

E1.4.1 A Digital image can be defined as an abstract image generated from a continuous mathematical function or a discrete function. ()

Ans: True

5. 名词解释

C1.5.1 数字图像

答案: 数字图像是将一幅画面在空间上分割成离散的点(或像元),各点(或像元)的灰度值经量化用离散的整数来表示,形成计算机能处理的形式。

E1.5.1 Digital image

Ans: Digital image is splitting a screen into discrete points (or pixels) in space, being quantized, each point (or pixel) of gray values are turned into discrete integer, represented in the form of which computers can handle.

C1.5.2 数字图像处理

答案: 数字图像处理是采用特定的算法对由人类视觉或软硬件输入接口获取的数字图像进行处理的过程。

E1.5.2 Digital image processing

Ans: Digital image processing is the process that specific algorithms are used to process digital images acquired by human vision or input interface of software or hardware.

6. 简答题

C1.6.1 什么是图像? 什么是数字图像?

答案: 图像是当光照在物体上,经过它的反射或透射,或由发光物体本身发出的光,在人的视觉器官中所重现出的物体的视觉信息。

数字图像,又称数码图像或数位图像,是二维图像用有限数字数值像素的表示。

E1.6.1 What is image? What is digital image?

Ans: Image is the visual information which remains in human's vision organ and reflects the object, and the visual information is caused by light energy through reflection or transmission when it shines on an object, or by the light energy from a luminous object itself.

Digital image, also known as numerical code image or digitally-manipulated image, is a two-dimensional representation of digital image with limited values and number's of pixels.

C1.6.2 什么是数字图像处理? 数字图像处理系统由哪几部分组成? 各部分的主要功能和常见设备有哪些?

答案: 数字图像处理是指利用计算机技术或其他数字技术,对图像信息进行某些数学运算及各种加工处理,以改善图像的视觉效果和提高图像实用性的技术。数字图像处理系统主要由图像获取设备、专用图像处理设备或装配有图像处理软件的计算机、图像输出设备等组成。图像获取设备可以是图像数字扫描仪、数码摄像机等。图像输出设备可以是显示图像的显示器、进行图像打印输出的打印机、记录图像信息的存储设备等。

E1.6.2 What is digital image processing? Which parts will compose a digital image processing system? What are the main functions and common used devices of each part?

Ans: Digital image processing is a kind of techniques whose purposes are to improve visual effect and practicability of images by using computer technology and other digital technology to perform some mathematical operations and processing on visual information. Digital image processing system is mainly composed of image acquisition devices, special image processing devices or computer with image processing software, image output devices, etc. Image acquisition devices can be a digital image scanner, a digital camera, etc. Image output devices can be a monitor for image display, a printer for image printout, storage devices for image information recording, etc.