

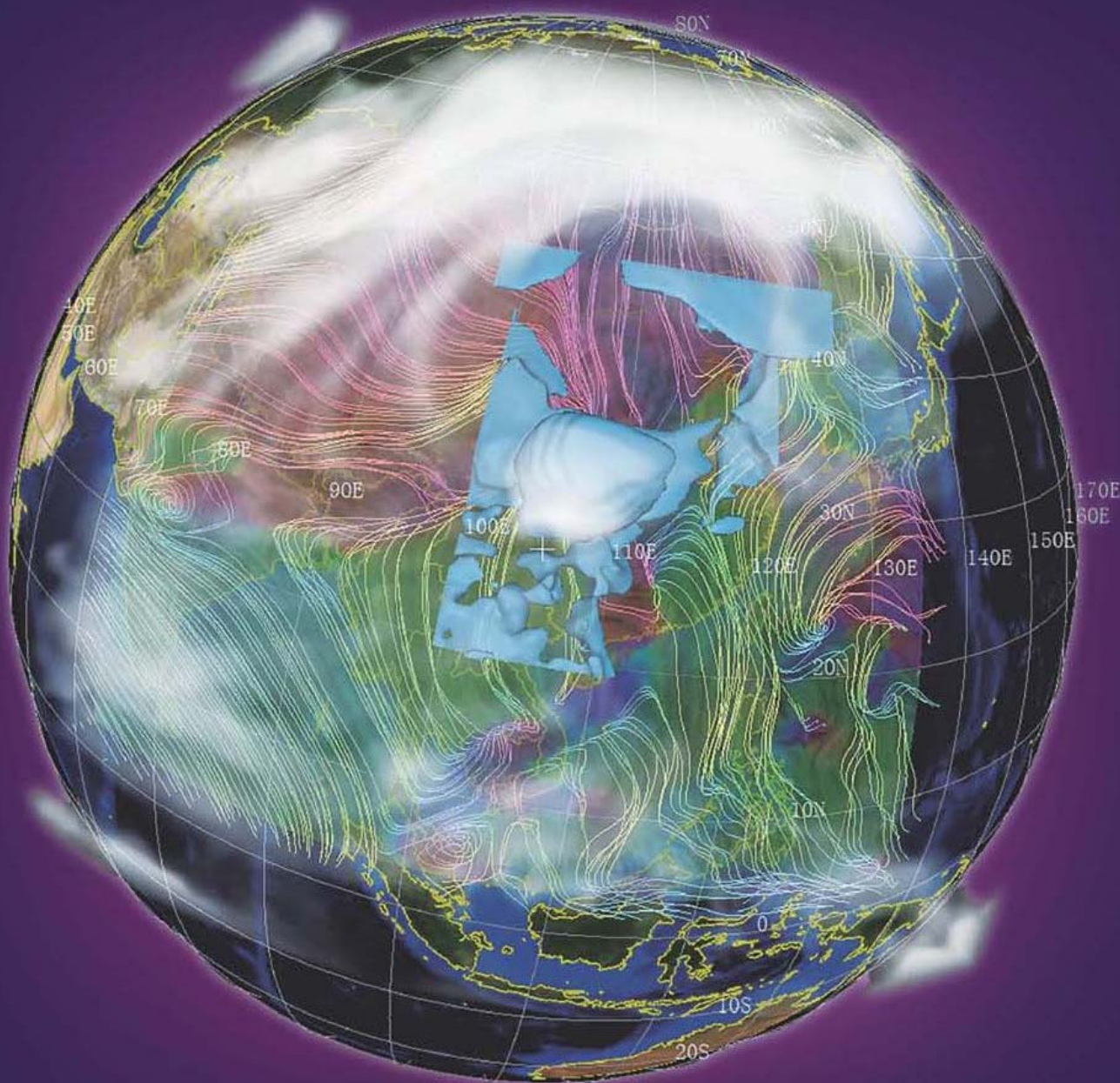


主办: 中国科学院遥感与数字地球研究所  
中国图象图形学学会  
北京应用物理与计算数学研究所

# 中国图象图形学报

2015  
05  
VOL.20

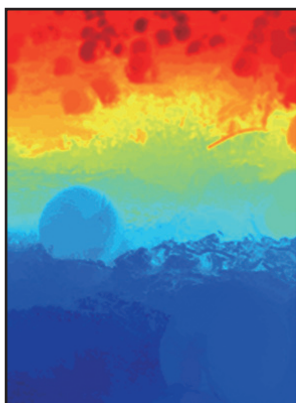
ISSN1006-8961  
CN11-3758/TB



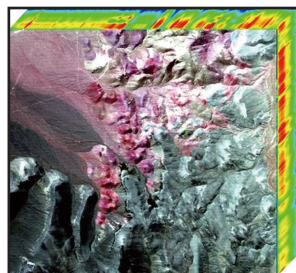
风场云场混合可视化



面向彩色增强图像的客观质量评价算法(第0643页)



使用柯西分布点扩散函数模型的单幅散焦图像深度恢复(第0708页)



基于蛙跳算法的离散粒子群优化端元提取(第0724页)

## 综述

中国图像工程: 2014

章毓晋 ..... 0585

图像分割中的超像素方法研究综述

宋熙煜, 周利莉, 李中国, 陈健, 曾磊, 闫钊 ..... 0599

## 图像处理和编码

结合通道共生和选择集成的彩色图像隐写分析

栗风永, 张新鹏 ..... 0609

复数基下的图像伪装算法

朱喜玲, 陈伟, 宋瑞霞, 齐东旭 ..... 0618

复杂自然环境下感兴趣区域检测

肖志涛, 王红, 张芳, 耿磊, 吴骏, 李月龙, 李峰 ..... 0625

结合调整差值变换的(K,N)有意义图像分存方案

欧阳显斌, 邵利平, 陈文鑫 ..... 0633

## 图像分析和识别

面向彩色增强图像的客观质量评价算法

李子印, 倪军 ..... 0643

基于局部模型匹配的几何活动轮廓跟踪

刘万军, 刘大千, 费博雯, 曲海成 ..... 0652

密集特征加权跟踪算法

罗会兰, 梅晶, 孔繁胜 ..... 0664

利用Kolmogorov-Smirnov统计的区域化图像分割

赵泉华, 张洪云, 李玉 ..... 0678

混合生成式和判别式模型的图像自动标注

李志欣, 施智平, 张灿龙, 王金艳 ..... 0687

基于协作表示残差融合的3维人脸识别

詹曙, 臧怀娟, 相桂芳 ..... 0700

## 图像理解和计算机视觉

使用柯西分布点扩散函数模型的单幅散焦图像深度恢复

明英, 蒋晶珏 ..... 0708

## 计算机图形学

用户驱动的微博可视化搜索

周霞娟, 汪飞, 金玲, 陈为, 王章野 ..... 0715

## 遥感图像处理

基于蛙跳算法的离散粒子群优化端元提取

吴国伟, 赵艳玲, 王龙, 倪巍, 许立江, 冉艳艳 ..... 0724

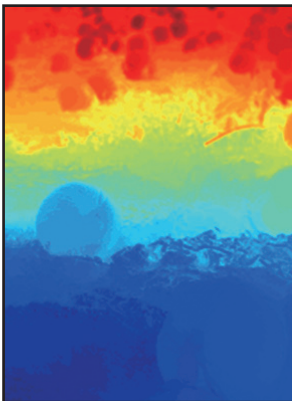


# CONTENTS

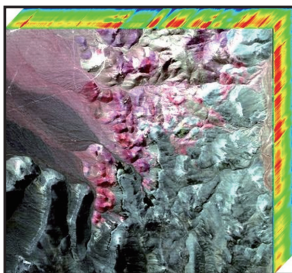
## JOURNAL OF IMAGE AND GRAPHICS



Objective quality assessment  
for enhanced chromatic  
images(P0643)



Depth recovery from a single  
defocused image using a  
Cauchy-distribution-based  
point spread function model  
(P0708)



Discrete particle swarm  
optimization endmember  
extraction based on shuffled  
frog leaping algorithm  
(P0724)

### Review

|                                                                                                                             |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Image engineering in China: 2014<br>Zhang Yujin .....                                                                       | 0585 |
| Review on superpixel methods in image segmentation<br>Song Xiyu, Zhou Lili, Li Zhongguo, Chen Jian, Zeng Lei, Yan Bin ..... | 0599 |

### Image Processing and Coding

|                                                                                                                                                  |      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Steganalysis for color images based on channel co-occurrence and selective ensemble<br>Li Fengyong, Zhang Xinpeng .....                          | 0609 |
| Image disguise algorithm based on complex number base<br>Zhu Xiling, Chen Wei, Song Ruixia, Qi Dongxu .....                                      | 0618 |
| ROI detection under the complicated natural environment<br>Xiao Zhitao, Wang Hong, Zhang Fang, Geng Lei, Wu Jun, Li Yuelong, Li Feng .....       | 0625 |
| Meaningful $(K, M)$ image sharing scheme combined with the adjusting difference transformation<br>Ouyang Xianbin, Shao Liping, Chen Wenxin ..... | 0633 |

### Image Analysis and Recognition

|                                                                                                                                            |      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Objective quality assessment for enhanced chromatic images<br>Li Ziyin, Ni Jun .....                                                       | 0643 |
| Geometric active contour tracking based on locally model matching<br>Liu Wanjun, Liu Daqian, Fei Bowen, Qu Haicheng .....                  | 0652 |
| The dense feature-weighted object tracking<br>Luo Huilan, Mei Jing, Kong Fansheng .....                                                    | 0664 |
| Regionalized image segmentation using Kolmogorov-Smirnov statistics<br>Zhao Quanhua, Zhang Hongyun, Li Yu .....                            | 0678 |
| Hybrid generative/discriminative model for automatic image annotation<br>Li Zhixin, Shi Zhiping, Zhang Canlong, Wang Jinyan .....          | 0687 |
| Three dimensional face recognition by fused residual based on collaborative representation<br>Zhan Shu, Zang Huaijuan, Xiang Guifang ..... | 0700 |

### Image Understanding and Computer Vision

|                                                                                                                                              |      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Depth recovery from a single defocused image using a Cauchy-distribution-based point spread function model<br>Ming Ying, Jiang Jingjue ..... | 0708 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|

### Computer Graphics

|                                                                                                        |      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| User-driven visual micro-blog search<br>Zhou Xiajuan, Wang Fei, Jin Ling, Chen Wei, Wang Zhangye ..... | 0715 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|

### Remote Sensing Image Processing

|                                                                                                                                                                                |      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Discrete particle swarm optimization endmember extraction based on shuffled frog leaping algorithm<br>Wu Guowei, Zhao Yanling, Wang Long, Ni Wei, Xu Lijiang, Ran Yanyan ..... | 0724 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|

中图法分类号: 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2015)05-0585-14

论文引用格式: Zhang Y J. Image engineering in China: 2014[J]. Journal of Image and Graphics, 2015, 20(5): 0585-0598. [章毓晋. 中国图像工程: 2014[J]. 中国图象图形学报, 2015, 20(5): 0585-0598. ] [DOI: 10. 11834/jig. 20150501]

## 中国图像工程: 2014

章毓晋

清华大学电子工程系, 北京 100084

**摘要:** **目的** 该文是关于中国图像工程的年度文献综述系列之二十。为了使国内广大从事图像工程研究和图像技术应用的科技人员能够较全面地了解国内图像工程研究和发展的现状, 能够方便地查询有关文献, 且向期刊编辑者和作者提供有用的参考, 对 2014 年度图像工程重要文献进行了综述分析。**方法** 从 2014 年在国内 15 种有关图像工程重要中文期刊的共 148 期上所发表的 3 103 篇学术研究和应用技术文献中, 选取出 822 篇属于图像工程领域的文献, 并根据各文献的主要内容将其分别归入图像处理, 图像分析, 图像理解, 技术应用和综述 5 个大类, 然后进一步分入 23 个专业小类(与前 9 年相同), 并在此基础上分别进行了各期刊各类文献的统计和分析。另外, 借此综述系列 20 年之际, 还将这 20 年从共 2 224 期上所发表的 50 478 篇学术研究和应用技术文献中所选取出的 12 126 篇属于图像工程领域的文献分成 4 个 5 年的阶段, 分别对 4 个阶段的图像工程文献的选取情况以及各大类和各小类图像工程文献的数量进行了综合统计和对比分析。**结果** 根据对 2014 年统计数据的分析可看出: 图像增强和恢复等处理技术仍然得到较多关注, 图像分割和边缘检测仍然是图像分析中的一个焦点, 图像获取的文献数量有明显增加, 图像匹配融合及其在遥感测绘的应用再次成为热点。另根据对 20 年统计数据的比较可看出: 有 7 个小类的文献数量基本一直保持增加, 有 3 个小类的文献数量逐步在减少, 其余小类的文献数量仍在起伏变化中。**结论** 我国图像工程的研究深度和广度 2014 年仍在提高和扩大, 保持了快速进展的势头。综合 20 年的统计数据为读者提供了更全面和可信的各方向发展趋势信息。

**关键词:** 图像工程; 图像处理; 图像分析; 图像理解; 技术应用; 文献综述; 文献统计; 文献分类; 文献计量学

## Image engineering in China: 2014

Zhang Yujin

Department of Electronic Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China

**Abstract:** **Objective** This is the twentieth in the annual survey series of the yearly bibliographies on image engineering in China. The purpose of this survey work is mainly to capture the up-to-date development of image engineering in China, to provide a convenient means of literature searching facility for readers working in related areas, and to supply a useful recommendation for the editors of journals and potential authors of papers. **Method** Considering the wide distribution of related publications in China, 822 references on image engineering research and technique are selected carefully from 3 103 research papers published in 148 issues of a set of 15 Chinese journals. These 15 journals are considered as important journals in which papers concerning image engineering have higher quality and are relatively concentrated. Those selected references are classified first into 5 categories (image processing, image analysis, image understanding, technique appli-

收稿日期: 2015-03-03; 修回日期: 2015-03-05

基金项目: 国家自然科学基金项目(61171118)

第一作者简介: 章毓晋(1954—), 男, 长聘教授, 1989 年于比利时列日大学获应用科学博士学位, 1989 年—1993 年为荷兰德尔夫特大学博士后及研究人员, 研究领域为图像工程。E-mail: zhang-yj@tsinghua.edu.cn, 主页: http://oa.ee.tsinghua.edu.cn/~zhangyujin/

Supported by: National Natural Science Foundation of China (61171118)

cation and survey), and then into 23 specialized classes according to their main contents (same as the last 9 years). Some analysis and discussions about the statistics made on the results of classifications by journal and by category are also presented, respectively. Besides, taking this opportunity the 12 126 references on image engineering research and technique, selected from 50 478 research papers published in past 20 years, are divided into four "five-year" periods, and a comparative analysis for the selection of papers concerning image engineering as well as for the numbers of selected references belonging to each category and each class is conducted. **Result** According to the analysis on the statistics in 2014, it seems that image techniques for enhancement and restoration are still obtaining many attentions, image segmentation is yet a focus in image analysis, the numbers of references on image acquisition increases a lot, and image matching and fusion as well as their applications in remote sensing and survey mapping become a hot point again. Following the comparison of all statistics in 20 years, it can find that the numbers of references for 7 classes are almost increasing every year, 3 classes are about decreasing progressively recently, while other classes are changing with ups and downs. **Conclusion** This work shows a general and off-the-shelf picture of the various progresses, either for depth or for width, of image engineering in China in 2014. The statistics for 20 years provides even more complete and reliable information for the tendency and development.

**Key words:** image engineering; image processing; image analysis; image understanding; technique application; literature survey; literature statistics; literature classification; bibliometrics

## 0 引言

图像工程是一个系统地研究各种图像理论,开发各种图像技术和使用各种图像设备的综合学科,主要可分成如下紧密联系又有区别的3个层次:图像处理、图像分析和图像理解<sup>[1]</sup>。近年来,图像工程的研究内容越来越深入,与越来越多学科的研究相结合,得到越来越多数学、物理、心理、生理等基础学科的新理论和电子、计算机等专业学科新技术的支持。图像技术的应用范围也已非常广泛,涉及通信、教育、生物、医学、遥感、测绘、军事、公安、交通、航天、工业自动化和办公自动化等诸多领域。

从1996年开始,笔者连续撰写了20篇统计图像工程研究应用文献的综述性文章(见文献[1-20]),这些文献均源自前一年发表在国外的15种中国图像工程重要期刊<sup>[5]</sup>。根据对它们内容的分类和统计,已构成了一个19年的中国图像工程的年度文献综述系列。

本文是关于中国图像工程的年度文献综述系列之二十,从2014年刊载在国内15种中国图像工程重要期刊上的3 103篇中文文献(另有42篇英文文献未考虑)中,选出了822篇有关图像工程的文献<sup>①</sup>,并对其进行了专业分类和统计(包括文献选取

情况,期刊刊登情况和各类别数量情况),还结合分类和统计结果对2014年我国图像工程发展的热点和趋势进行了分析和讨论。另外,借此综述系列20年之际,还将这20年从15种期刊共2 224期上所发表的50 478篇学术研究和技术应用文献中所选取出的12 126篇属于图像工程领域的文献分成4个5年的阶段,分别对4个阶段的图像工程文献的选取情况以及各大类和各小类图像工程文献的数量进行了综合统计和对比分析,以为读者提供更全面和可信的发展趋势信息。

## 1 综述目的

该综述系列的目的是在其第1篇中<sup>[1]</sup>就有阐述。当2006年该文献综述系列进入第2个10年时<sup>[12]</sup>,曾对该文献综述原先的3个主要目的<sup>[1-11]</sup>进行了新的讨论。下面概述这3个主要目的和讨论的结果:

1)概括我国图像工程发展现状。众所周知,期刊是一类独具特色的信息载体。由于一门学科的重要期刊一般均刊载大量相关学科的信息,且水平较高,能够反映该学科的最新研究成果、进展以及前沿动态<sup>[21]</sup>,因此通过对有关图像工程重要期刊上刊载文献的统计分析,不仅可以帮助人们了解我国图像

① 822篇文献目录详见本刊网站(www.cjig.cn)2015年第5期“中国图像工程:2014”统计文献分类一览。



工程研究和应用的总体情况,还能够为制定相关学科发展方向和研究策略提供科学的依据。

经过20年的发展,应该说这个基本目的仍没有改变。事实上,近年来科技界对期刊的关注和重视更加强了,期刊文献对图像工程研究和应用的牵引指导作用也更大了。同时由于本综述系列对学科发展趋势的分析判断与实际情况相吻合<sup>[22]</sup>,且也在多年实践中得到了验证,所以本文献综述系列的这个目的是达到了,而且会继续起到它的作用。

2)便利从事图像工程研究和图像技术应用的人员查阅有关文献。一门学科的重要期刊一般是受到该专业读者特别关注的期刊<sup>[21]</sup>。因为作为一门比较新兴的学科,图像工程内容新,覆盖面大,有关文献的内容涉及领域宽,文献的分布也比较广,所以通过对重要期刊上有关文献的归纳分类可以方便研究应用人员进行文献查阅,定期掌握专业动向,以达到共同发展我国图像工程事业的目的。

当然,随着近年许多期刊全文上网,人们获取文献的方式有所改变。现在多数人常借助关键词来搜索相关文献,而不再有规律地翻阅相应的期刊了。从这个角度来说,该系列帮助人们选择期刊的目的有一定的变化。然而需要指出,该综述系列所提供的并不是文献的简单罗列,而是包含了由专业人员通过阅读文献而给出的文献分类排列结果,所以从中查询文献要比仅用关键词上网进行搜索准确可靠。特别要指出的是,由于不同领域和专业背景的作者各有一些常用的术语和惯用的表述方式,使得许多技术内容相近的文献不能仅靠几个关键词来全面搜索,而使用同一个关键词搜索到的文献在内容上也常有很大的离散性。因此对希望定期掌握专业动向的人员来说,该综述所提供的统计信息在查阅文献特别是了解趋势时仍有用且可靠。

3)提供期刊编者和文献作者有用的参考信息。由于对期刊文献的统计结果可反映出当前有关该学科信息在各期刊中的分布状况<sup>[21]</sup>,因此对期刊的编者来说,通过结合文献计量学原理和方法的分析(如文献[23-24]),可进一步了解学科的进展变化和期刊的现状情况,并从中确定期刊应有的学术地位、作用和发展策略;对文献的作者来说,由于发表

科研文献的主要目的是宣传研究成果,促进技术交流,因此要关注期刊的学术权威性和领域重点,而本综述工作正好可对投稿起参考和导向作用。需要指出,该综述系列的统计结果相对来说是比较客观的,因为文献的分类有一定的客观标准,而数量的统计不易受主观因素的影响。

上述参考信息主要是向两方面的人提供的。从期刊编者的角度来说,虽然文献内容有了新的传播方式,该综述在帮助确定期刊的学术定位、读者对象和拓展领域方面都保持了原来的作用;但从文献作者的角度来说,由于期刊全文上网和读者查阅期刊文献方式的变化,导致读者在查阅文献时并不一定首先注意到期刊的学术权威性和覆盖的专业领域,而作者在投稿时也会受到其他因素的影响。不过从深一些的层次思考这个问题,需要注意到期刊文献总是由同行或相近专业人员评审后才得以发表的。由于历史的原因和期刊的性质,各期刊的审稿人还保持了许多专业特点,或者说他们的研究领域还是有所侧重的。如果投稿者考虑到上述情况,选择恰当的期刊,就有望使稿件得到密切相关领域专家的评审,反馈的信息将会更有意义。另外,该工作对揭示我国图像工程科技人员的水平,现状和变化的研究也打下了很好的基础<sup>[25]</sup>。

## 2 期刊选取

图像工程涉及范围广泛,研究发展迅速,相关期刊比较多,文献分布也比较广。不过,考虑到综述系列的特殊性,过去近20年中对期刊选取的原则基本保持了一致<sup>[1-20]</sup>,最初的主要考虑是:

1)读者较广:均为发行比较广泛的国内中文一次文献期刊;

2)水平较高:主要为国内一级学会的会刊,其余也是相关专业领域中重要的二级学会会刊;

3)信息较多:指期刊内有关图像工程的文献比较集中,一般平均每期多在两篇以上。

根据上述原则选出并认定的15种期刊已被称为中国图像工程重要期刊<sup>[5]</sup>。本综述系列自开始以来也一直选取这些期刊作为文献源<sup>[1-20]</sup>。虽然近年来随着图像工程的迅速发展,相关的新期刊时有出现,而且一些原来侧重于其他研究领域和专业方向的期刊上也开始刊登了不少有关图像工

程的文献,但是考虑到本综述系列的连续性和统计的一致性,以及这些中国图像工程重要期刊本身的发展情况,本文今年所选取的期刊仍与历年本综述系列选取的期刊<sup>[1-20]</sup>完全相同,其刊名仍根据所给的缩写代号统一按拼音顺序排列如表1。

表1 所选期刊名称和代号表  
Table 1 Selected journals and their abbreviations

| 序号 | 代号    | 期刊名称         |
|----|-------|--------------|
| 1  | [CT]  | 《CT理论与应用研究》  |
| 2  | [CX]  | 《测绘学报》       |
| 3  | [DC]  | 《电子测量与仪器学报》  |
| 4  | [DX]  | 《电子学报》       |
| 5  | [DxX] | 《电子与信息学报》    |
| 6  | [JX]  | 《计算机学报》      |
| 7  | [MR]  | 《模式识别与人工智能》  |
| 8  | [SC]  | 《数据采集与处理》    |
| 9  | [TX]  | 《通信学报》       |
| 10 | [XC]  | 《信号处理》       |
| 11 | [YX]  | 《遥感学报》       |
| 12 | [ZS]  | 《中国生物医学工程学报》 |
| 13 | [ZTi] | 《中国体视学与图像分析》 |
| 14 | [ZTu] | 《中国图象图形学报》   |
| 15 | [ZX]  | 《自动化学报》      |

与上一年相比,这15种期刊虽由多个不同单位(学会或机构)主办,但均基本保持了原来的覆盖领域和出版风格,这使今年的统计结果与综述开始以来各年的统计结果有较大的可比较性和相关性。需要指出,从2009年开始,所有这15种期刊都不仅有印刷版,而且其上全文文献的电子版也都可以通过“中国期刊网”等获得。对读者来说,文献更容易获取了,同时对其统计分类了解总体情况的需要也更迫切了。

### 3 文献选取和分类

本文只从上述15种期刊中选取了有关图像工

程的文献,其选取的基本原则与本综述系列前19年的原则<sup>[1-20]</sup>仍一致,这些原则主要是:

1)以中文发表的(各刊上仅用英文写的文献和直接从外文翻译的译文没有考虑,同时有中英文两种版本的仅考虑了中文的)、主要报道国内研究人员工作成果的文献;

2)属于学术论文、研究简报、研究通信、技术应用等介绍图像工程最新研究成果与技术进展的文献(没有包括诸如科学普及类型和介绍性讲座类型的文献);

3)作为年度综述系列,本文只选取在2014年出版的期刊(未考虑增刊<sup>[3]</sup>)上发表的文献。

图像工程文献涉及内容多,覆盖面广,合理的文献分类方案至关重要。本文仍采用了本综述系列一贯的分类方案,即首先把所有文献分成图像处理、图像分析、图像理解、技术应用和综述评论5大类;然后在每大类中再根据文献内容的主要技术特点或应用领域进一步分成不同小类<sup>[1-20]</sup>。具体对文献的分类情况和各类所用代号见表2。

本综述系列的第1个5年均包含18个小类<sup>[1-6]</sup>,考虑到进入新世纪后图像工程研究出现的一些新热点,所以从对2000年的综述开始,在继承本系列分5大类的格局基础上,在图像处理、图像分析和图像理解3大类中每类各增加了1个小类(分别为A5, B5, C4),所以本综述系列第2个5年中均有21个小类<sup>[7-11]</sup>。从对2005年的综述开始,本系列进入第3个5年,结合图像工程研究和应用的进展在图像处理和图像理解两大类中每类各增加了1个小类(分别为A6, C5),达到了23个小类<sup>[12]</sup>。从对2010年的综述开始,本系列进入第4个5年,根据对当时图像工程文献内容的分析,虽然有一些新类别的苗头,但大多数文献仍还可归纳在原有类别中,所以没有增加新的小类<sup>[16]</sup>。在第4个5年中一直延续了这种分类。

由上所述,对2014年文献的分类方案仍与前九年相同<sup>[12-20]</sup>,还是5个大类和23个小类。需要指出,尽管这些年来小类的名称基本未变,但考虑到技术的发展变化,对所用名词和写在括号内的内容还是进行了一些充实。表2里名称和内容中各名词的定义可参见文献[26]。

表 2 文献分类表  
Table 2 Classification scheme for publications

| 大类 | 名称   | 小类 | 名称和主要内容                             |
|----|------|----|-------------------------------------|
| A  | 图像处理 | A1 | 图像获取(包括各种成像方式方法,图像采集、表达及存储,摄像机校准等)  |
|    |      | A2 | 图像重建(从投影等重建图像,间接成像等)                |
|    |      | A3 | 图像增强和恢复等(包括变换、滤波、复原、修补、置换、校正、质量评价等) |
|    |      | A4 | 图像(视频)压缩编码(包括算法研究、国际标准实现等)          |
|    |      | A5 | 图像数字水印和图像信息隐藏                       |
|    |      | A6 | 图像多分辨率处理(超分辨率重建、图像分解和插值、分辨率转换等)     |
| B  | 图像分析 | B1 | 图像分割,边缘及角点(感兴趣点/控制点)等基元的检测          |
|    |      | B2 | 目标表达、描述、测量(包括二值图处理分析等)              |
|    |      | B3 | 目标特性(颜色、纹理、形状、空间、结构、运动、显著性等)的提取分析   |
|    |      | B4 | 目标检测和识别(目标 2-D 定位、追踪、提取、鉴别和分类等)     |
|    |      | B5 | 人体生物特征提取和验证(包括人体、人脸和器官的检测、定位与识别)    |
| C  | 图像理解 | C1 | 图像匹配和融合等(包括序列、立体图的配准、镶嵌等)           |
|    |      | C2 | 场景恢复(3-D 表达、建模、重构或重建等)              |
|    |      | C3 | 图像感知和解释(包括语义描述、信息模型、机器学习、认知推理等)     |
|    |      | C4 | 基于内容的图像和视频检索(包括相应的标注)               |
|    |      | C5 | 时空技术(高维运动分析、3-D 姿态检测、跟踪,举止判断和行为理解)  |
| D  | 技术应用 | D1 | 硬件,系统设备和快速(/并行)算法                   |
|    |      | D2 | 通信、视频传输(包括电视、网络、广播等)                |
|    |      | D3 | 文档、文本(包括文字,数字,符号等)                  |
|    |      | D4 | 生物、医学                               |
|    |      | D5 | 遥感、雷达、测绘                            |
|    |      | D6 | 其他(不明确包含在以上各小类的技术应用)                |
| E  | 综述评论 | E1 | 跨大类综述(概括图像处理/分析/理解,或综合新技术)          |

4 文献分类统计结果和讨论

根据上述的期刊和文献选取原则,本文从 2014 年出版的 15 种期刊(共 148 期)上所发表的 3 103 篇文献中,选出了内容与图像工程密切有关的 822 篇文献。然后,根据如表 2 所列的文献分类方案将这些文献全部分到 5 个大类,并进一步分到 23 个小类中。需要指出,虽然有些文献的内容可能与几个小类均相关,但本文一般根据该文献的主要研究内容或主要技术观点而仅归入一个小类(概括不同大类的综合文献

目前都归在 E 类中,且因文献数量不多,只分了 1 个 E1 小类)。下面从粗到细分 3 种情况(3 个层/级/档)来介绍、分析和讨论分类统计的结果。

4.1 20 年图像工程文献选取和分类概况比较

表 3 给出从综述系列开始以来共 20 年间对前述 15 个期刊所登载的文献的数量(文献总数)、所选取的图像工程文献的数量(选取总数)和选取率(选取总数除以文献总数)以及对所选文献分 5 大类统计得到的结果。其中,小计和平均都是对 20 年进行的,5 个分类栏中括号内的百分率数据为该类文献数量在(当年)总选取文献数量中所占的比例。



表 3 近 20 年图像工程文献选取和分类表  
Table 3 Selection and categorization of image engineering publications over the last 20 years

| 年度   | 文献总数   | 选取总数   | 选取率/% | 文献数量(文献数量在当年总选取文献数量中所占比例/%) |              |              |              |           |
|------|--------|--------|-------|-----------------------------|--------------|--------------|--------------|-----------|
|      |        |        |       | 图像处理                        | 图像分析         | 图像理解         | 技术应用         | 综述评论      |
| 1995 | 997    | 147    | 14.74 | 35(23.8)                    | 52(35.4)     | 14(9.52)     | 46(31.3)     | —         |
| 1996 | 1 205  | 212    | 17.59 | 52(24.5)                    | 72(34.0)     | 30(14.2)     | 5(25.9)      | 3(1.42)   |
| 1997 | 1 438  | 280    | 19.47 | 104(37.1)                   | 76(27.1)     | 36(12.9)     | 60(21.4)     | 4(1.43)   |
| 1998 | 1 477  | 306    | 20.72 | 108(35.3)                   | 96(31.4)     | 28(9.15)     | 71(23.2)     | 3(0.98)   |
| 1999 | 2 048  | 388    | 18.95 | 132(34.0)                   | 137(35.3)    | 42(10.8)     | 73(18.8)     | 4(1.03)   |
| 2000 | 2 117  | 464    | 21.92 | 165(35.6)                   | 122(26.3)    | 68(14.7)     | 103(22.2)    | 6(1.29)   |
| 2001 | 2 297  | 481    | 20.94 | 161(33.5)                   | 123(25.6)    | 78(16.2)     | 115(23.9)    | 4(0.83)   |
| 2002 | 2 426  | 545    | 22.46 | 178(32.7)                   | 150(27.5)    | 77(14.3)     | 135(24.8)    | 5(0.92)   |
| 2003 | 2 341  | 577    | 24.65 | 194(33.6)                   | 153(26.5)    | 104(18.0)    | 119(20.6)    | 7(1.21)   |
| 2004 | 2 473  | 632    | 25.60 | 235(37.2)                   | 176(27.8)    | 76(12.0)     | 142(22.5)    | 3(0.47)   |
| 2005 | 2 734  | 656    | 23.99 | 221(33.7)                   | 188(28.7)    | 112(17.1)    | 131(20.0)    | 4(0.61)   |
| 2006 | 3 013  | 711    | 23.60 | 239(33.6)                   | 206(29.0)    | 116(16.3)    | 143(20.1)    | 7(0.98)   |
| 2007 | 3 312  | 895    | 27.02 | 315(35.2)                   | 237(26.5)    | 142(15.9)    | 194(21.7)    | 7(0.78)   |
| 2008 | 3 359  | 915    | 27.24 | 269(29.4)                   | 311(34.0)    | 130(14.2)    | 196(21.4)    | 9(0.98)   |
| 2009 | 3 604  | 1 008  | 27.97 | 312(31.0)                   | 335(33.2)    | 139(13.8)    | 214(21.2)    | 8(0.79)   |
| 2010 | 3 251  | 782    | 24.05 | 239(30.6)                   | 257(32.9)    | 136(17.4)    | 146(18.7)    | 4(0.51)   |
| 2011 | 3 214  | 797    | 24.80 | 245(30.7)                   | 270(33.9)    | 118(14.8)    | 161(20.2)    | 3(0.38)   |
| 2012 | 3 083  | 792    | 25.69 | 249(31.4)                   | 272(34.3)    | 111(14.0)    | 151(19.1)    | 9(1.14)   |
| 2013 | 2 986  | 716    | 23.98 | 209(29.2)                   | 232(32.4)    | 124(17.3)    | 146(20.4)    | 5(0.70)   |
| 2014 | 3 103  | 822    | 26.49 | 260(31.6)                   | 261(31.8)    | 121(17.7)    | 175(21.3)    | 5(0.61)   |
| 小计   | 50 478 | 12 126 | —     | 3 922(32.34)                | 3 726(30.73) | 1 802(14.86) | 2 576(21.24) | 100(0.82) |
| 平均   | 2 524  | 606    | 24.02 | 196                         | 186          | 90           | 129          | 5         |

从表 3 的统计数据可以看出以下特点:

- 1)2014 年 15 个期刊所登载的文献总数比 2013 年的文献总数略有增加(约 4%)。其中,《CT 理论与应用研究》由季刊改为双月刊,《测绘学报》由双月刊改为单月刊是主要原因之一(两刊文献总数的增量约占 15 个期刊文献总数增量的 3/4)。
- 2)2014 年选取到的图像工程文献总数相比 2013 年也有所增加(约 15%)。除去上述两刊更改出版周期的影响外,其余大部分刊物的选取率都有所增加也是重要原因。
- 3)经过 20 年的发展,文献总数的每年平均值已达到第 1 年文献总数的 2.5 倍,选取总数的每年

- 平均值已达到第 1 年选取总数的 4 倍。这 20 年选取率的总体增加趋势是很明显的。
  - 4)从几个大类文献数量的排序来看,仍与前几年类似。其中图像分析大类仍是第一,其后是图像处理大类,图像理解大类仍少于技术应用大类。
- 4.2 2014 年各刊图像工程文献刊载情况
- 表 4 给出了对各刊 2014 年文献选取情况和分 5 大类统计的具体结果。表 4 中,选取期数和文献总数的含义一目了然;选取数量是指各刊从文献总数中选取的图像工程文献的数量;选取比例是指从各刊所选取的图像工程文献数与该刊文献总数的比。这 4 项均与各对应期刊相关。表 4 中分类栏按 5 个大类分成了 5 列,从表 4 可以看出,各期刊的主

表4 各刊2014年图像工程文献选取分类一览表

Table 4 Summary of selected image engineering publications in 2014 over 15 journals

| 期刊名称       | 选取期数              | 文献总数               | 选取数量 | 选取比例/% | 分类  |     |     |     |   | 文献比例/% |
|------------|-------------------|--------------------|------|--------|-----|-----|-----|-----|---|--------|
|            |                   |                    |      |        | A   | B   | C   | D   | E |        |
| CT理论与应用研究  | 6 <sup>(1)</sup>  | 119 <sup>(2)</sup> | 42   | 35.29  | 21  | 5   | 1   | 15  | — | 5.11   |
| 测绘学报       | 12 <sup>(3)</sup> | 179                | 54   | 30.17  | 11  | 7   | 15  | 21  | — | 6.57   |
| 电子测量和仪器学报  | 12                | 192                | 34   | 17.71  | 5   | 13  | 4   | 12  | — | 4.14   |
| 电子学报       | 12                | 390                | 75   | 19.23  | 27  | 21  | 9   | 18  | — | 9.12   |
| 电子与信息学报    | 12                | 474                | 99   | 20.89  | 46  | 30  | 8   | 15  | — | 12.04  |
| 计算机学报      | 12                | 226                | 26   | 11.50  | 6   | 10  | 8   | 1   | 1 | 3.16   |
| 模式识别与人工智能  | 12                | 143                | 56   | 39.16  | 6   | 34  | 11  | 5   | — | 6.81   |
| 数据采集与处理    | 6                 | 152                | 35   | 23.03  | 15  | 9   | 6   | 5   | — | 4.26   |
| 通信学报       | 12 <sup>(4)</sup> | 290                | 24   | 8.28   | 13  | 6   | 1   | 4   | — | 2.92   |
| 信号处理       | 12                | 208                | 40   | 19.23  | 18  | 18  | 3   | 1   | — | 4.87   |
| 遥感学报       | 6                 | 91 <sup>(5)</sup>  | 27   | 31.87  | 1   | 4   | 4   | 18  | — | 3.28   |
| 中国生物医学工程学报 | 6                 | 105                | 22   | 20.95  | 3   | 4   | 2   | 13  | — | 2.68   |
| 中国电视学与图像分析 | 4                 | 55                 | 15   | 27.27  | 6   | 6   | —   | 2   | 1 | 1.82   |
| 中国图象图形学报   | 12                | 216                | 194  | 89.81  | 63  | 65  | 32  | 32  | 2 | 26.28  |
| 自动化学报      | 12                | 263 <sup>(6)</sup> | 79   | 30.01  | 19  | 29  | 17  | 13  | 1 | 9.61   |
| 小计         | 148               | 3 103              | 822  | 26.49  | 260 | 261 | 121 | 175 | 5 | —      |

注:(1)该刊由季刊改为双月刊;(2)该刊另有1篇英文文献没有参与统计;(3)该刊由双月刊改为单月刊;(4)该刊另有2期增刊没有参与统计;(5)该刊中文和英文(互译)重复的只统计中文文献,另有些文献仅有中文稿;(6)该刊另有41篇英文文献没有参与统计。

要覆盖领域范围(大部分虽有侧重,但均覆盖比较全面)。最后一列的文献比例则是指从该刊中选取的图像工程文献数量在从所有15种期刊中选取的文献总数里所占的百分比。

对表4的统计数据可以进行以下几方面的分析:

1)各刊的选取比例给出了2014年这一年度内对应期刊所刊载的有关图像工程文献的相对频度,在一定程度上反映了在该刊所覆盖的专业范围中图像工程学科所占的比例,或者说有关图像工程文献的集中程度。由表4可见,一直占据榜首的《中国图象图形学报》仍然稳居第一(选取比例继续增加,几乎为9/10)。这个事实表明《中国图象图形学报》确实是图像工程的最专门的一种期刊。其他在2014年选取比例较高的期刊主要为《模式识别与人工智能》《CT理论与应用研究》《遥感学报》《测绘学报》和《自动化学报》,选取比例均超过了30%。另一方面,比例最低的《通信学报》也达到了平均每期有两篇有关图像工程的

文献。

2)期刊载文量是对科技期刊在科学活动和文献交流中所起作用及其质量进行评价常用的7个指标中的第1个<sup>[27]</sup>。表4中最后一列的各刊文献比例对应各期刊在(15种期刊的)图像工程文献载文中所占的比例。这些比例值在一定程度上体现了该刊对图像工程发展所起的作用和所作的贡献。从这个意义上讲,这个文献比例很值得重视。由表4可见,《中国图象图形学报》的文献比例仍与其创刊以来近二十年<sup>[3-20]</sup>一样保持最大。这正如文献[24]中已指出的,它说明《中国图象图形学报》在反映我国图像工程领域研究的进展,报道该领域科技的成果等方面都起到了重要的作用,并为从事图像工程研究、开发和应用的人员提供了互相交流的最集中场所。考虑到该期刊已是一个比较成熟的期刊<sup>[28]</sup>,其对中国图像工程的重要意义是不言而喻的。接下来文献比例较高的期刊依次为《电子与信息学报》《自动化学报》《电子学报》《模式识别与人工智能》和《测绘

学报》。

3) 根据文献离散律<sup>[27]</sup>, 有关某一学科的学术文献会大量地集中在为数不多的主要期刊上, 而其余少量文献则分散在较多的其他期刊上。从 2014 年的数据看, 图像工程文献的分布也符合这个规律。由表 4 中各刊的选取数量或文献比例可见, 发表在前述有最高文献比例的 6 种期刊, 即《中国图象图形学报》《电子与信息学报》《自动化学报》《电子学报》《模式识别与人工智能》和《测绘学报》上的图像工程文献数量占了总数的 2/3, 比其余 9 种期刊的总和还要多一倍。

4.3 2014 年所有图像工程文献详细分类情况

科技论文的发表是科研人员研究成果的一种体现, 所以各类文献的数量在一定程度上反映了不同科学领域中相关研究所受到的关注程度和研究力量的投入情况, 同时也对研究所取得的成果有一定的衡量评价作用。表 5 给出了对 2014 年所选图像工程文献进一步按表 2 所列 23 个小类进行分类统计的详细结果。

为更方便和直观地看出各小类文献数量的排名分布情况, 图 1 以直方图的形式来表示表 5 中 23 个小类分类统计的结果。

表 5 2014 年图像工程文献分 23 小类统计细表

Table 5 Detailed classifications (23 classes) of selected image engineering publications in 2014

| 期刊代号  | 分类 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|       | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | D1 | D2 | D3 | D4 | D5 | D6 | E1 |
| [CT]  | 3  | 17 | 1  |    |    |    | 3  | 1  |    | 1  |    | 1  |    |    |    |    | 8  |    |    | 4  |    | 3  |    |
| [CX]  | 6  |    | 4  |    |    | 1  | 2  | 2  |    | 3  |    | 13 | 2  |    |    |    | 1  |    |    |    |    | 20 |    |
| [DC]  | 1  |    | 4  |    |    |    | 5  |    | 2  | 1  | 5  | 1  |    |    | 1  | 2  | 5  |    |    |    |    | 2  | 5  |
| [DX]  | 10 | 2  | 9  | 3  | 2  | 1  | 7  | 1  | 1  | 7  | 5  | 2  | 1  | 1  | 4  | 1  | 7  |    |    | 3  | 5  | 3  |    |
| [DxX] | 24 | 1  | 8  | 5  | 5  | 3  | 9  |    | 3  | 13 | 5  | 6  |    |    | 1  | 1  | 2  | 3  |    | 1  | 7  | 2  |    |
| [JX]  |    |    | 3  |    | 2  | 1  | 2  | 1  | 1  | 3  | 3  |    | 2  |    | 3  | 3  |    |    | 1  |    |    |    | 1  |
| [MR]  | 1  |    | 3  |    |    | 2  | 3  | 2  | 1  | 8  | 20 | 6  |    |    | 2  | 3  |    |    | 1  | 1  | 2  | 1  |    |
| [SC]  | 6  |    | 5  | 3  | 1  |    | 4  |    |    | 4  | 1  | 5  |    |    |    | 1  | 1  | 1  | 1  |    | 2  |    |    |
| [TX]  | 2  |    | 5  | 1  | 3  | 2  | 2  | 1  |    | 1  | 2  |    |    |    | 1  |    |    | 1  | 1  |    |    | 2  |    |
| [XC]  | 9  |    | 5  | 2  |    | 2  | 3  |    | 1  | 7  | 7  | 2  | 1  |    |    |    |    |    |    |    | 1  |    |    |
| [YX]  | 1  |    |    |    |    |    | 3  |    |    | 1  |    | 1  | 2  | 1  |    |    | 1  |    |    |    | 14 | 3  |    |
| [ZS]  | 1  | 1  |    |    |    | 1  | 4  |    |    |    |    | 1  | 1  |    |    |    | 2  |    |    | 11 |    |    |    |
| [ZTi] | 1  | 1  | 3  |    | 1  |    | 2  |    | 1  | 3  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1  | 1  | 1  |
| [ZTu] | 9  |    | 30 | 5  | 11 | 8  | 22 | 4  | 9  | 18 | 12 | 14 | 4  | 2  | 8  | 4  | 2  | 4  | 3  | 5  | 13 | 5  | 2  |
| [ZX]  | 4  |    | 7  | 1  | 3  | 4  | 11 |    | 3  | 8  | 7  | 8  | 1  | 1  | 6  | 1  | 2  |    |    | 3  | 3  | 5  | 1  |
| 小计    | 78 | 22 | 87 | 20 | 28 | 25 | 82 | 12 | 22 | 78 | 67 | 60 | 14 | 5  | 26 | 16 | 31 | 9  | 7  | 28 | 70 | 30 | 5  |

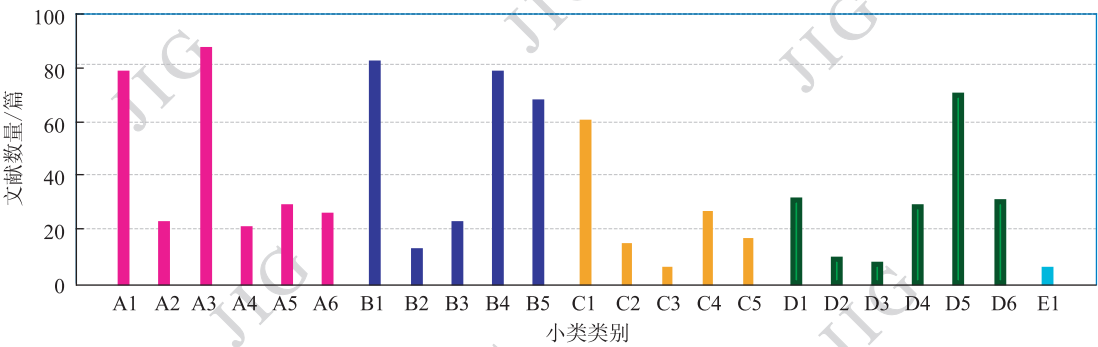


图 1 2014 年对 23 个小类进行文献分类的结果图

Fig. 1 Classification results for selected publications in 23 classes for 2014



通过对表5和图1统计数据的分析并与综述系列前些年的对应数据<sup>[1-20]</sup>比较可以看出:

1)在2014年,小类“A3:图像增强和恢复等”的文献数量排名第1。这本是一个历史比较久的传统小类,其内容覆盖面比较大、近年有几个得到较多关注的方向。传统的图像去噪/降噪以及图像增强仍然得到关注,另外还有3个内容的文献比较集中:(1)有关图像修补/修复(inpainting),特别是图像去雾方面;(2)有关图像质量评价,主要集中在提出一些与主观感受相一致的客观评价准则,或主客观相结合的评价方法;(3)有关图像认证和取证(在前3年的综述<sup>[18-20]</sup>中均讨论过),包括来源取证、篡改取证、隐写取证等。正如去年的综述<sup>[20]</sup>里提到的,由于图像认证和取证技术是被动鉴别技术,与以图像水印技术等为代表的有可能会降低图像质量且会受到各种攻击的主动鉴别技术相比,它更关心对图像真实性和完整性的鉴别,所以近年来得到更多的关注。顺便指出,10年前在各小类文献数量中曾排名到第3<sup>[11]</sup>的小类“A5:图像数字水印和图像信息隐藏”在2014年只能排名并列第10,比2013年又有所下降。

2)在2014年,小类“B1:图像分割和边缘检测”的文献数量排名第2。事实上,在过去的20年里,该小类已12次排名第1,8次排名第2。可见图像分割一直是图像分析中的一个研究热点。图像分割已有50多年的历史<sup>[29]</sup>,目前利用image segmentation作为关键词在EI Compendex中Subject/Title/Abstract栏的搜索可以获得约10万个记录。大量的工作表明图像分割也一直是图像分析中的一个难点,具有很强的挑战性。事实上,尽管对图像分割的研究已取得了许多成果<sup>[30-31]</sup>,但还有许多没有解决和需要解决的问题,且更广泛的研究正在深入开展<sup>[29]</sup>。另外在许多相关研究中,由于待分割对象或目标比较明确,利用先验知识或领域知识把一般的通用分割问题转化为对特定目标的直接检测、提取以及跟踪是一个趋势,与此有关的文献是归在“B4:目标检测和识别”小类中的,而2014年该小类的文献数量排名处在并列第3名。将“B1”和“B4”两个小类的文献数量加起来,几乎是总选取文献的1/5(与前两年类似)。所以可以说,将感兴趣目标从图像中提取出来在目前的图像工程研究中占据了最重

要的地位。

3)另一个文献数量并列第3名的小类是“A1:图像获取”,它在2013年只是第6名。从文献的绝对数量来说,增加得最明显,比2013年翻了一倍还多。在2014年的文献中,除了仍然包含各种有关合成孔径雷达(SAR)成像的文献外,有关压缩感知重建/重构的文献数量有明显提高。作为一种新颖的信号获取理论和方法,压缩感知将压缩和采样相结合,在图像获取中可降低速率,减少采样和计算成本,所以得到了较多的关注和研究<sup>[32]</sup>。

4)在2014年,文献数量排名第5的是小类“D5:遥感、雷达、测绘”。如果再考虑上与其密切相关的排名第7的小类——“C1:图像匹配融合等”,它们应代表了2014年图像工程研究和应用的又一个热点。

5)小类“B5:人体生物特征提取和验证”在2014年的排名有所下降(虽然绝对文献数量略有增加),由2013年的并列第4名变成了第6名。与上一年类似,有关人脸识别的文献(一些基本原理和具体方法可见文献[33])仍占据了该小类的大多数,尽管更为广泛的人脸图像分析研究(国际上的一些相关工作可见文献[34])也逐渐在开展,其中包括表情分类。在对基于图像技术的其他人体生物特征的研究方面,对虹膜、步态等都有所涉及,而且有一些手腕识别、手语识别、手掌静脉识别的工作。从技术角度看,借助稀疏表示/稀疏编码的方法多了起来。

6)前面讨论中涉及的小类“A5:图像数字水印和图像信息隐藏”和“B5:人体生物特征提取和验证”都是在综述系列开始5年后的2000年增加进来的。另一个同时增加进来的小类是“C4:基于内容的图像和视频检索”。该小类在2014年的文献数量比2013年增加了约1/3,不过总数量并不很多。正如前两年分析的那样<sup>[19-20]</sup>,目前在基于内容的图像和视频检索中原来的典型研究内容<sup>[35]</sup>基本成熟,而在基于语义的图像和视频检索研究方面<sup>[36]</sup>进展还不明显,仍期待有新的突破。

7)综述系列开始10年后的2005年增加了两个新兴的小类:“A6:图像多分辨率处理”和“C5:

时空技术”。与 2013 年的变化趋势相反,在 2014 年前一个小类的文献数量有所增加,而后一个小类的文献数量则有所减少。这些变化应可以归为由于总体统计数量较少而导致的起伏波动,还需要进一步积累更多的统计数据并对数据进行更细致的分析。从图像工程整体的发展倾向来看,时空行为理解<sup>[37]</sup>有望接下来得到更多的关注和更深入的研究。其中,机器学习的方法,特别是深度学习的技术在这个领域已得到了一些应用并取得了显著的成果<sup>[38]</sup>。

5 前后 4 个 5 年的比较

本文综述系列从对 1995 年的文献开始统计,

现已历经 20 年。其中第 1 个 5 年(1995 年—1999 年)统计的正好是 20 世纪的最后 5 年,中间两个 5 年(2000 年—2004 年和 2005 年—2009 年)统计的正好是 21 世纪的第 1 个 10 年,最后一个 5 年(2010 年—2014 年)统计的则是 21 世纪的第 2 个 10 年的前 5 年。表 6 分别给出这 4 个 5 年里对图像工程文献的选取统计的概括情况,还给出了 20 年的总合计数数据和 20 年的每年平均数据。为比较方便和了解进展趋势,表中还给出了第 2 个 5 年“二五”相对于第 1 个 5 年“一五”的比值,第 3 个 5 年“三五”相对于第 2 个 5 年的比值和第 4 个 5 年“四五”相对于第 3 个 5 年的比值。大于 1 的比值代表增加,小于 1 的比值代表减少(用斜体表示以方便区分)。

表 6 前后 4 个 5 年图像工程文献选取的统计情况

Table 6 Statistics of four “five-year” selections for publications of image engineering

|        | 一五     | 二五     | 三五     | 四五     | 20 年合计 | 平均     | $\frac{\text{二五}}{\text{一五}}$ | $\frac{\text{三五}}{\text{二五}}$ | $\frac{\text{四五}}{\text{三五}}$ |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 选取期数   | 410    | 528    | 596    | 690    | 2 224  | 111    | 1. 29                         | 1. 13                         | 1. 16                         |
| 文献总数   | 7 165  | 11 654 | 16 022 | 15 637 | 50 478 | 2 524  | 1. 63                         | 1. 37                         | 0. 98                         |
| 选取文献数  | 1 333  | 2 699  | 4 185  | 3 909  | 12 126 | 606    | 2. 03                         | 1. 55                         | 0. 93                         |
| 选取比例/% | 18. 60 | 23. 16 | 26. 12 | 25. 00 | 24. 02 | 24. 02 | 1. 24                         | 1. 13                         | 0. 96                         |

对表 6 的 4 行统计数据分别讨论:

1) 选取期数在 4 个阶段是逐步增加的(3 个比值均大于 1)。这主要是由于多个期刊由季刊改为双月刊或由双月刊改为单月刊。

2) 文献总数在前 3 个阶段是逐步增加的,但最后一个阶段略有减少。虽然期数不断增加,但近年许多文献长度增加,抵消了期数的影响,相当于总容量减少了。

3) 选取文献数也是在前 3 个阶段逐步增加,而最后一个阶段略有减少。初步的解释是图像工程进入一个较平稳发展的时期,而统计期刊所覆盖的一些其他领域有较快的进展。

4) 选取比例也是在前 3 个阶段逐步增加,而最后一个阶段略有减少(且比选取文献数的减少要慢些)。解释应基本同 3)。

表 7 给出对这 4 个 5 年中图像工程文献数量各小类的统计情况。表 7 中后 9 列的含义和表达都与表 6 相同,只是“平均”一列在计算时考虑到不同小类的统计年限不同(有些小类是在综述系列开始 5 年或 10 年后才加入的),要根据其实际统计周期来计算,这样得到的结果是实际每年平均的结果,比较起来更合理些。“平均”一列里括号中给出的是排名次序。

另外,为了更加直观和清晰,图 2 还用直方图形式给出这 4 个 5 年里(除 E1 外)22 个小类文献数量的分类对比情况,其中图 2(a)—(d)分别对应 A, B, C 和 D 四大类的情况。对每个小类,如果 20 年来一直统计,则分别有 4 个直方条;如果只统计了 15 年或 10 年(即在综述系列开始 5 年或 10 年后才加入),则分别只有 3 个直方条或 2 个直方条。

表7 前后4个5年各类图像工程文献数量的统计情况

Table 7 Statistics of the numbers of publications for different classes of image engineering in four periods of “five-year”

| 小类代号 | 一五  | 二五  | 三五  | 四五  | 20 年合计 | 平均     | 二五<br>一五 | 三五<br>二五 | 四五<br>三五 |
|------|-----|-----|-----|-----|--------|--------|----------|----------|----------|
| A1   | 58  | 136 | 197 | 246 | 637    | 32(9)  | 2.34     | 1.45     | 1.25     |
| A2   | 49  | 67  | 122 | 113 | 351    | 18(14) | 1.37     | 1.82     | 0.93     |
| A3   | 86  | 239 | 389 | 416 | 1 130  | 57(2)  | 2.78     | 1.63     | 1.07     |
| A4   | 238 | 300 | 262 | 145 | 945    | 47(5)  | 1.26     | 0.87     | 0.55     |
| A5   | —   | 191 | 288 | 182 | 661    | 44(7)  | —        | 1.51     | 0.63     |
| A6   | —   | —   | 98  | 100 | 198    | 20(12) | —        | —        | 1.02     |
| B1   | 187 | 290 | 468 | 466 | 1 411  | 71(1)  | 1.55     | 1.61     | 1.00     |
| B2   | 84  | 73  | 49  | 44  | 250    | 13(18) | 0.87     | 0.67     | 0.90     |
| B3   | 50  | 82  | 102 | 92  | 326    | 16(17) | 1.64     | 1.24     | 0.91     |
| B4   | 112 | 147 | 337 | 370 | 966    | 48(4)  | 1.31     | 2.29     | 1.10     |
| B5   | —   | 132 | 321 | 320 | 773    | 52(3)  | —        | 2.43     | 1.00     |
| C1   | 71  | 198 | 340 | 324 | 933    | 47(5)  | 2.79     | 1.72     | 0.95     |
| C2   | 64  | 67  | 65  | 65  | 261    | 13(18) | 1.05     | 0.97     | 1.00     |
| C3   | 15  | 18  | 23  | 35  | 91     | 6(22)  | 1.20     | 1.28     | 1.52     |
| C4   | —   | 120 | 148 | 125 | 393    | 26(10) | —        | 1.23     | 0.84     |
| C5   | —   | —   | 63  | 61  | 124    | 12(20) | —        | —        | 0.97     |
| D1   | 65  | 92  | 125 | 110 | 392    | 20(12) | 1.42     | 1.36     | 0.88     |
| D2   | 40  | 88  | 141 | 63  | 332    | 17(16) | 2.20     | 1.60     | 0.45     |
| D3   | 57  | 89  | 70  | 28  | 244    | 12(20) | 1.56     | 0.79     | 0.40     |
| D4   | 56  | 107 | 138 | 134 | 435    | 22(11) | 1.91     | 1.29     | 0.97     |
| D5   | 51  | 123 | 300 | 339 | 813    | 41(8)  | 2.41     | 2.44     | 1.13     |
| D6   | 36  | 115 | 104 | 105 | 360    | 18(14) | 3.19     | 0.90     | 1.01     |
| E1   | 14  | 25  | 35  | 26  | 100    | 5(23)  | 1.79     | 1.40     | 0.74     |

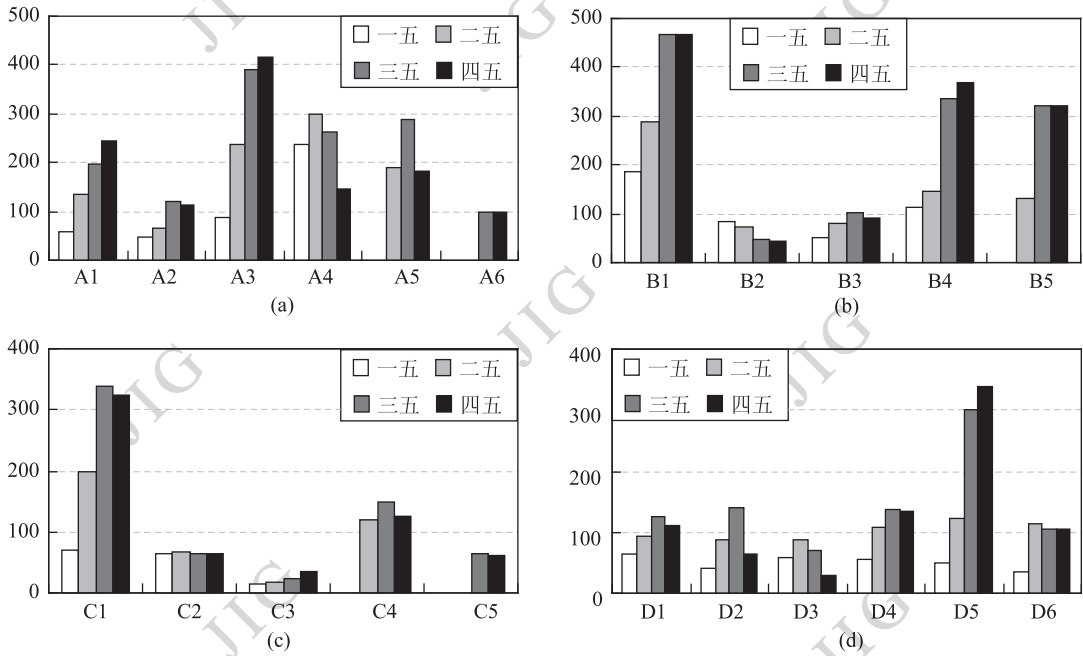


图2 前后4个5年各类文献数量的对比情况

Fig. 2 Comparison of the numbers of publications for different techniques in four periods of “five-year”



下面来分析表 7 和图 2 的统计数据和对应的直方条。需要指出,与前面的表 5 和图 1 仅是对一个年度的统计数据不同,这里表 7 和图 2 中的每个数据都是某个 5 年阶段的总和,用它们来分析变化及其趋势应该更为可靠和可信。从单项技术的角度考虑,不算 E1 小类,有以下几点值得指出:

1) 在第 1 个 5 年就开始统计的 17 个小类中,有 6 个小类的统计数据是每阶段都增加的。它们是 A1, A3, B1, B4, C3, D5。这些 20 年前就有的研究方向至今人们仍在继续关注,且研究深度和广度仍在提高和扩大。

2) 在第 1 个 5 年就开始统计的 17 个小类中,有 8 个小类的统计数据是有一个阶段下降的。其中“四五”比“三五”下降的是 A2, B3, C1, D1, D2, D4; “三五”比“二五”下降的是 C2, D6。这些起伏波动是否确实反映了相应研究方向的兴衰还可能需要更多的时间来判断。

3) 在第 1 个 5 年就开始统计的 17 个小类中,有 2 个小类的统计数据是有两个阶段连续下降的。它们是 A4, D3。对 A4 小类的分析多年前就已在本综述系列中多次讨论过<sup>[9-16]</sup>;对 D3 小类的分析则在本综述系列 15 年时讨论过<sup>[16]</sup>。概括来说就是这些研究方向已相对比较成熟并得到了全面的应用,所以新的研究和成果都逐步减少是意料之中的。

4) 在第 1 个 5 年就开始统计的 17 个小类中,有 1 个小类的统计数据是 3 个阶段都下降的。这就是 B2。对其的讨论在本综述系列 15 年时就有了<sup>[16]</sup>,现在看来基本情况依旧。

5) 在第 2 个 5 年才开始统计的 3 个小类中, B5 小类保持了两个阶段的连续增加,其绝对数量也保持在较高的水平。另外两个小类 A5 和 C4 则都是前一个阶段增加而后一个阶段减少。从其覆盖的研究领域和发展情况来看, B5 小类应还可以保持一段时间的研究活力;但 A5 小类开始势头较猛但以后可能会趋于平缓;而 C4 小类在理论上应还有相当的研究空间,而在应用方面还有待开拓。

6) 在第 3 个 5 年才开始统计的 2 个小类中, A6 小类略有增加而 C5 小类略有减少。相关工作还在深入进行,所以其发展趋势还需根据将来的情况进行判断。

## 6 结 论

本文是关于中国图像工程的年度文献综述系列之二十。文中先根据该综述系列一贯的期刊选取以及文献选取和分类原则,对 2014 年在中国图像工程重要期刊上发表的 822 篇有关文献进行了选取、分类、统计、分析和讨论。从对统计结果的分析以及与综述系列以前相关数据<sup>[1-20]</sup>的综合比较可以看出,图像工程的研究和应用在我国又有了许多新的进展,也可看出一些新的发展趋势。另外,借此对中国图像工程的年度文献综述 20 年之际,本文还将该系列 20 年来的统计数据分成 4 个 5 年阶段进行了对比分析和讨论,以期提供一个更为概括的回顾和总结,更为全面可靠地了解这 20 年中国图像工程的动态发展情况和趋势。

本综述系列从开始以来一直选取了统一的 15 种期刊,对文献的选取原则也基本保持了一致,所用的统计和分类准则有延续性,所以这使得多年的统计结果仍有可比性和参照性,而且时间越长其特点就越明显。从本综述系列中除了可以了解过去和当前我国图像工程研究和应用的总体情况,也可建立对学科的全面认识并找到制定学科发展方向的一些具体依据。而且,它对揭示我国图像工程科技人员的水平,现状和变化的研究也打下了很好的基础<sup>[25]</sup>。所以,虽然这个工作随着该领域的发展,涉及的文献数量 and 对其统计分析的工作量始终处在一个较高的层次和较大的基数上,因而需要大量的收集、阅读、分析和分类等人工投入(自动化类似工作的尝试表明,尽管其中有些步骤可以借助计算机来进行,但人工的检验和校正对保证质量仍是必不可少的<sup>[39]</sup>),但却是很意义的。所以,今后将会进一步努力(其中一个考虑是进一步把文献计量学的理论与内容分析法的手段<sup>[40]</sup>相结合),把对中国图像工程不断发展前进的新“图像”继续描绘下去。

## 参考文献 (References)

- [1] Zhang Y J. Image engineering in China: 1995 [J]. Journal of Image and Graphics, 1996, 1(1): 78-83. [章毓晋. 中国图像工程: 1995 [J]. 中国图象图形学报, 1996, 1(1): 78-83.]
- [2] Zhang Y J. Image engineering in China: 1995 (Supplement)

- [J]. Journal of Image and Graphics, 1996, 1(2): 170-174. [章毓晋. 中国图像工程: 1995(续) [J]. 中国图象图形学报, 1996, 1(2): 170-174.]
- [3] Zhang Y J. Image engineering in China; 1996 [J]. Journal of Image and Graphics, 1997, 2(5): 336-344. [章毓晋. 中国图像工程: 1996 [J]. 中国图象图形学报, 1997, 2(5): 336-344.]
- [4] Zhang Y J. Image engineering in China; 1997 [J]. Journal of Image and Graphics, 1998, 3(5): 404-414. [章毓晋. 中国图像工程: 1997 [J]. 中国图象图形学报, 1998, 3(5): 404-414.]
- [5] Zhang Y J. Image engineering in China; 1998 [J]. Journal of Image and Graphics, 1999, 4(5): 427-438. [章毓晋. 中国图像工程: 1998 [J]. 中国图象图形学报, 1999, 4(5): 427-438.]
- [6] Zhang Y J. Image engineering in China; 1999 [J]. Journal of Image and Graphics, 2000, 5(5): 359-373. [章毓晋. 中国图像工程: 1999 [J]. 中国图象图形学报, 2000, 5(5): 359-373.]
- [7] Zhang Y J. Image engineering in China; 2000 [J]. Journal of Image and Graphics, 2001, 6(5): 409-424. [章毓晋. 中国图像工程: 2000 [J]. 中国图象图形学报, 2001, 6(5): 409-424.]
- [8] Zhang Y J. Image engineering in China; 2001 [J]. Journal of Image and Graphics, 2002, 7(5): 417-433. [章毓晋. 中国图像工程: 2001 [J]. 中国图象图形学报, 2002, 7(5): 417-433.]
- [9] Zhang Y J. Image engineering in China; 2002 [J]. Journal of Image and Graphics, 2003, 8(5): 481-498. [章毓晋. 中国图像工程: 2002 [J]. 中国图象图形学报, 2003, 8(5): 481-498.]
- [10] Zhang Y J. Image engineering in China; 2003 [J]. Journal of Image and Graphics, 2004, 9(5): 513-531. [章毓晋. 中国图像工程: 2003 [J]. 中国图象图形学报, 2004, 9(5): 513-531.]
- [11] Zhang Y J. Image engineering in China; 2004 [J]. Journal of Image and Graphics, 2005, 10(5): 537-560. [章毓晋. 中国图像工程: 2004 [J]. 中国图象图形学报, 2005, 10(5): 537-560.]
- [12] Zhang Y J. Image engineering in China; 2005 [J]. Journal of Image and Graphics, 2006, 11(5): 601-623. [章毓晋. 中国图像工程: 2005 [J]. 中国图象图形学报, 2006, 11(5): 601-623.]
- [13] Zhang Y J. Image engineering in China; 2006 [J]. Journal of Image and Graphics, 2007, 12(5): 753-775. [章毓晋. 中国图像工程: 2006 [J]. 中国图象图形学报, 2007, 12(5): 753-775.]
- [14] Zhang Y J. Image engineering in China; 2007 [J]. Journal of Image and Graphics, 2008, 13(5): 825-852. [章毓晋. 中国图像工程: 2007 [J]. 中国图象图形学报, 2008, 13(5): 825-852.]
- [15] Zhang Y J. Image engineering in China; 2008 [J]. Journal of Image and Graphics, 2009, 14(5): 809-837. [章毓晋. 中国图像工程: 2008 [J]. 中国图象图形学报, 2009, 14(5): 809-857.]
- [16] Zhang Y J. Image engineering in China; 2009 [J]. Journal of Image and Graphics, 2010, 15(5): 689-722. [章毓晋. 中国图像工程: 2009 [J]. 中国图象图形学报, 2010, 15(5): 689-722.]
- [17] Zhang Y J. Image engineering in China; 2010 [J]. Journal of Image and Graphics, 2011, 16(5): 693-702. [章毓晋. 中国图像工程: 2010 [J]. 中国图象图形学报, 2011, 16(5): 693-702.]
- [18] Zhang Y J. Image engineering in China; 2011 [J]. Journal of Image and Graphics, 2012, 17(5): 603-612. [章毓晋. 中国图像工程: 2011 [J]. 中国图象图形学报, 2012, 17(5): 603-612.]
- [19] Zhang Y J. Image engineering in China; 2012 [J]. Journal of Image and Graphics, 2013, 18(5): 483-492. [章毓晋. 中国图像工程: 2012 [J]. 中国图象图形学报, 2013, 18(5): 483-492.]
- [20] Zhang Y J. Image engineering in China; 2013 [J]. Journal of Image and Graphics, 2014, 19(5): 649-658. [章毓晋. 中国图像工程: 2013 [J]. 中国图象图形学报, 2014, 19(5): 649-658.]
- [21] Lin B D, Zhang Q S. A Guide to the Core Journals of China [M]. Beijing: Beijing University Publishers, 1996. [林被甸, 张其苏. 中文核心期刊要目总览 [M]. 北京: 北京大学出版社, 1996.]
- [22] Zhang Y J. Image engineering in China and some current research focus [J]. Journal of Computer-Aided Design and Graphics, 2002, 14(6): 489-500. [章毓晋. 中国图像工程及当前的几个研究热点 [J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2002, 14(6): 489-500.]
- [23] Zhang Y J, Li R. Statistical analysis on the articles and authors of "China Journal of Image and Graphics" [J]. Journal of Image and Graphics, 2000, 5(1): 6-10. [章毓晋, 李睿. 对《中国图象图形学报》论文和作者的统计分析 [J]. 中国图象图形学报, 2000, 5(1): 6-10.]
- [24] Zhang Y J, Hu F. Ten years' statistical analysis on the articles and authors of "Journal of Image and Graphics" since its first publication [J]. Journal of Image and Graphics, 2006, 11(1): 1-7. [章毓晋, 胡峰. 对《中国图象图形学报》创刊10年来文章和作者的统计分析 [J]. 中国图象图形学报, 2006, 11(1): 1-7.]
- [25] Zhang Y J, Li R. Statistical analysis on the authors of paper cited in the survey series "Image engineering in China" [J]. Journal of Image and Graphics, 2001, 6(1): 1-5. [章毓晋, 李睿. 对

- “中国图像工程”综述系列里文献作者的统计分析 [J]. 中国图象图形学报, 2001, 6(1): 1-5. ]
- [26] Zhang Y J. An English-Chinese Dictionary of Image Engineering, 2nd edition [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2015. [章毓晋. 英汉图像工程辞典, [M]. 2 版. 北京: 清华大学出版社, 2015. ]
- [27] Ding X D. Fundamentals of Literature Metrology [M]. Beijing: Beijing University Publishers, 1993. [丁学东. 文献计量学基础 [M]. 北京: 北京大学出版社, 1993. ]
- [28] Zhang Y J, Ma J. Statistic analysis of Lotka's parameters for "Chinese Journal of Image and Graphics" [J]. Journal of Image and Graphics, 2007, 12(5): 776-781. [章毓晋, 马婧. 对《中国图象图形学报》之洛特卡分布参数的统计分析 [J]. 中国图象图形学报, 2007, 12(5): 776-781. ]
- [29] Zhang Y J. Half century for image segmentation [M] // Mehdi Khosrow-Pour. Encyclopedia of Information Science and Technology, 3rd ed. Information Resources Management Association, USA, 2014, Chapter 584 (5906-5915).
- [30] Zhang Y J. Image Segmentation [M]. Beijing: Science Publishers, 2001. [章毓晋. 图象分割 [M]. 北京: 科学出版社, 2001. ]
- [31] Zhang Y J. Advances in Image and Video Segmentation [M]. Hershey, Philadelphia, USA: IIR Press, 2006.
- [32] Yang J G, Huang X T, Jin T. Compressed Sensing Radar Imagin [M]. Beijing: Science Publishers, 2014. [杨俊刚, 黄晓涛, 金添. 压缩感知雷达成像 [M]. 北京: 科学出版社, 2014. ]
- [33] Zhang Y J, et al. Subspace-Based Face Recognition [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2009. [章毓晋等. 基于子空间的人脸识别 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2009. ]
- [34] Zhang Y J (ed.). Advances in Face Image Analysis: Techniques and Technologies [M]. Hershey, Philadelphia, USA: IGI Global. 2011.
- [35] Zhang Y J. Content-Based Visual Information Retrieval [M]. Beijing: Science Publishers, 2003. [章毓晋. 基于内容的视觉信息检索 [M]. 北京: 科学出版社, 2003. ]
- [36] Zhang Y J (ed.). Semantic-Based Visual Information Retrieval [M]. Hershey, Philadelphia, USA: IIR Press. 2007.
- [37] Zhang Y J. Understanding spatial-temporal behaviors [J]. Journal of Image and Graphics, 2013, 18(2): 141-151. [章毓晋. 时空行为理解 [J]. 中国图象图形学报, 2013, 18(2): 141-151. ]
- [38] Zheng Y, Chen Q Q, Zhang Y J. Deep learning and its new progress in object and behavior recognition [J]. Journal of Image and Graphics, 2014, 19(2): 175-184. [郑胤, 陈权崎, 章毓晋. 深度学习及其在目标和行为识别中的新进展 [J]. 中国图象图形学报, 2014, 19(2): 175-184. ]
- [39] Rosenfeld A. Classifying the literature related to computer vision and image analysis [J]. Computer Vision and Image Understanding, 2000, 79(2): 308-323.
- [40] Qiu J P, Wang Y F, et al. Bibliometric Content Analysis [M]. Beijing: National Library Press, 2008. [邱均平, 王曰芬, 等. 文献计量内容分析法 [M]. 北京: 国家图书馆出版社, 2008. ]