JOURNAL OF IMAGE AND GRAPHICS

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

2020
05
VOL.25

ISSN1006-8961
CN11-3758/TB

中国图象图形学报

刊名题字：宋健 | 月刊（1996年创刊）

第25卷第5期（总第289期）
2020年5月16日

中国精品科技期刊
中国国际影响力优秀学术期刊
中国科技核心期刊
中文核心期刊

主管单位 中国科学院
主办单位 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

主　　编 顾行发
编辑出版 《中国图象图形学报》编辑出版委员会
通信地址 北京市海淀区北四环西路19号
邮　　编 100190
电子信箱 jig@radi.ac.cn
电　　话 010-58887035
网　　址 www.cjig.cn

广告发布登记号 京朝工商广登字20170218号
总 发 行 北京报刊发行局
订　　购 全国各地邮局
海外发行 中国国际图书贸易集团有限公司
（邮政信箱：北京399信箱　邮编：100048）
印刷装订 北京科信印刷有限公司

Journal of Image and Graphics

Title inscription: Song Jian | Monthly, Started in 1996

Superintended by Chinese Academy of Sciences
Sponsored by Institute of Remote Sensing and Digital Earth, CAS
China Society of Image and Graphics
Institute of Applied Physics and Computational Mathematics

Editor-in-Chief Gu Xingfa
Editor, Publisher Editorial and Publishing Board of Journal of Image and Graphics
Address No. 19, North 4th Ring Road West, Haidian District, Beijing, P. R. China
Zip code 100190
E-mail jig@radi.ac.cn
Telephone 010-58887035
Website www.cjig.cn

Distributed by Beijing Bureau for Distribution of Newspapers and Journals
Domestic All Local Post Offices in China
Overseas China International Book Trading Corporation
(P.O.Box 399, Beijing 100048,P.R.China))
Printed by Beijing Kexin Printing Co., Ltd.

CN 11-3758/TB
ISSN 1006-8961
CODEN ZTTXFZ

国外发行代号 M1406
国内邮发代号 82-831
国内定价 60.00元

版权声明

凡向《中国图象图形学报》投稿，均视为同意在本刊网站及CNKI等全文数据库出版，所刊载论文已获得著作权人的授权。本刊所有图片均为非商业目的使用，所有内容，未经许可，不得转载或以其他方式使用。

Copyright

All rights reserved by Journal of Image and Graphics, Institute of Remote Sensing and Digital Earth, CAS. The content (including but not limited text, photo, etc) published in this journal is for non-commercial use.

2020年5月 第25卷 第5期（总第289期）
中国图象图形学报
Zhongguo Tuxiang Tuxing Xuebao

目次

多相图像分割Vese-Chan模型连续最大流方法(第0926页)

保持区域平滑的3维动画形状高效编辑(第1019页)

树形结构卷积神经网络优化的城区遥感图像语义分割(第1043页)

学者观点

多源空—谱遥感图像融合方法进展与挑战
肖亮，刘鹏飞，李恒 …… 0851

综述

中国图像工程：2019
章毓晋 …… 0864

图像处理和编码

相同编码参数HEVC视频重压缩检测
潘鹏飞，姚晔，王慧 …… 0879
密集连接卷积网络图像去模糊
吴迪，赵洪田，郑世宝 …… 0890
密集网络图像哈希检索
王亚鸽，康晓东，郭军，李博，张华丽，刘汉卿 …… 0900

图像分析和识别

域自适应城市场景语义分割
张桂梅，潘国峰，刘建新 …… 0913
多相图像分割Vese-Chan模型连续最大流方法
王洁，潘振宽，魏伟波，徐子森 …… 0926
结合注意力机制和多属性分类的行人再识别
郑鑫，林兰，叶茂，王丽，贺春林 …… 0936
多分辨率特征注意力融合行人再识别
沈庆，田畅，王家宝，焦珊珊，杜麟 …… 0946
全卷积网络电线识别方法
刘嘉玮，李元祥，龚政，刘心刚，周拥军 …… 0956
双核压缩激活神经网络艺术图像分类
杨秀芹，张华熊 …… 0967

图像理解和计算机视觉

高效检测复杂场景的快速金字塔网络SPNet
李鑫泽，张轩雄，陈胜 …… 0977
结合自底向上注意力机制和记忆网络的视觉问答模型
闫茹玉，刘学亮 …… 0993
统筹图像变换与缝合线生成的无参数影像拼接
高炯笠，吴军，刘祺昌，徐刚 …… 1007

计算机图形学

保持区域平滑的3维动画形状高效编辑
冼楚华，杨煜，黄俊贤，李桂清 …… 1019

医学图像处理

肌骨超声图像特征检测及拼接
颜焕欢，张培镇，王伊侬，李璇，阳维，王青 …… 1032

遥感图像处理

树形结构卷积神经网络优化的城区遥感图像语义分割
胡伟，高博川，黄振航，李瑞瑞 …… 1043
融合累积变异比和集成超限学习机的高光谱图像分类
尹玉萍，魏林，刘万军 …… 1053

封面图片由武汉大学张良培教授团队提供

Volume 25, Number 5
Published May 16, 2020

CONTENTS
JOURNAL OF IMAGE AND GRAPHICS

Continuous max-flow method for multiphase segmentation Vese-Chan model(P0926)

Efficient 3D animation shape manipulation with region smoothness preservation(P1019)

Semantic segmentation of urban remote sensing image based on optimized tree structure convolutional neural network (P1043)

Scholar View
Progress and challenges in the fusion of multisource spatial-spectral remote sensing images
Xiao Liang, Liu Pengfei, Li Heng ····· 0851

Review
Image engineering in China: 2019
Zhang Yujin ····· 0864

Image Processing and Coding
Detection of double compression for HEVC videos with the same coding parameters
Pan Pengfei, Yao Ye, Wang Hui ····· 0879
Motion deblurring method based on DenseNets
Wu Di, Zhao Hongtian, Zheng Shibao ····· 0890
Image Hash retrieval with DenseNet
Wang Yage, Kang Xiaodong, Guo Jun, Li bo, Zhang Huali, Liu Hanqing ····· 0900

Image Analysis and Recognition
Domain adaptation for semantic segmentation based on adaption learning rate
Zhang Guimei, Pan Guofeng, Liu Jianxin ····· 0913
Continuous max-flow method for multiphase segmentation Vese-Chan model
Wang Jie, Pan Zhenkuan, Wei Weibo, Xu Zisen ····· 0926
Improving person re-identification by attention and multi-attributes
Zheng Xin, Lin Lan, Ye Mao, Wang Li, He Chunlin ····· 0936
Multi-resolution feature attention fusion method for person re-identification
Shen Qing, Tian Chang, Wang Jiabao, Jiao Shanshan, Du Lin ····· 0946
Power line recognition method via fully convolutional network
Liu Jiawei, Li Yuanxiang, Gong Zheng, Liu Xingang, Zhou Yongjun ····· 0956
Art image classification with double kernel squeeze-and-excitation neural network
Yang Xiuqin, Zhang Huaxiong ····· 0967

Image Understanding and Computer Vision
Snap Pyramid Network: Real-time complex scene detecting system
Li Xinze, Zhang Xuanxiong, Chen Sheng ····· 0977
Visual question answering model based on bottom-up attention and memory network
Yan Ruyu, Liu Xueliang ····· 0993
Stitching of parametric-free images based on coordinated image transformation and seam-line generation
Gao Jiongli, Wu Jun, Liu Qichang, Xu Gang ····· 1007

Computer Graphics
Efficient 3D animation shape manipulation with region smoothness preservation
Xian Chuhua, Yang Yu, Huang Junxian, Li Guiqing ····· 1019

Medical Image Processing
Feature detection algorithm of musculoskeletal ultrasound image and its application of image stitching
Yan Huanhuan, Zhang Peizhen, Wang Yinong, Li Xuan, Yang Wei, Wang Qing ····· 1032

Remote Sensing Image Processing
Semantic segmentation of urban remote sensing image based on optimized tree structure convolutional neural network
Hu Wei, Gao Bochuan, Huang Zhenhang, Li Ruirui ····· 1043
Ensemble extreme learning machine with cumulative variation quotient for hyperspectral image classification
Yin Yuping, Wei Lin, Liu Wanjun ····· 1053

E-mail: jig@radi.ac.cn
Website: www.cjig.cn
Tel: 010-58887035

中国图象图形学报
JOURNAL OF IMAGE AND GRAPHICS
©中国图象图形学报版权所有

中图法分类号:TP391　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1006-8961(2020)05-0864-15

论文引用格式:Zhang Y J. 2020. Image engineering in China:2019. Journal of Image and Graphics,25(05):0864-0878(章毓晋. 2020. 中国图像工程:2019. 中国图象图形学报,25(05):0864-0878)[DOI:10.11834/jig.200102]

中国图像工程:2019

章毓晋

清华大学电子工程系,北京　100084

摘　要:　本文是关于中国图像工程的年度文献综述系列之二十五。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更全面地了解国内图像工程研究和发展的现状,能够有针对性地查询有关文献,且向期刊编者和作者提供有用的参考,对2019年度图像工程相关文献进行了统计和分析。从国内15种图像工程相关重要中文期刊在2019年发行的共148期上所发表的2 854篇学术研究和技术应用文献中,选取出761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、技术应用和综述评论5个大类,然后进一步分入23个专业小类(与前14年相同),并在此基础上分别进行各期刊各类文献的统计和分析。另外,还将这25年从这15种期刊的共2 964期上所发表的65 040篇学术研究和技术应用文献中所选取出的15 856篇属于图像工程领域的文献分成5个五年的阶段,分别对5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。根据对2019年统计数据的分析可看出:图像分析方向当前得到了最多的关注,其中目标检测和识别、图像分割和边缘检测、目标特性的提取分析都是关注的焦点。遥感、雷达、测绘等领域的图像技术研究和应用最为活跃。根据对25年统计数据的比较可看出:图像处理、图像分析、图像理解和技术应用4个大类中都有一些小类的文献数量保持领先,但也有一些小类的文献数量逐步减少,反映了不同研究方向这些年来的变化情况。中国图像工程在2019年的研究深度和广度还在提高和扩大,仍保持了快速发展的势头。综合25年的统计数据为读者提供了更全面和更可信的各研究方向发展趋势信息。

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: 2019

Zhang Yujin

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

Abstract: This is the 25th annual survey series of bibliographies on image engineering in China. This statistic and analysis study aims to capture the up-to-date development of image engineering in China, provide a targeted means of literature searching facility for readers working in related areas, and supply a useful recommendation for the editors of journals and potential authors of papers. Considering the wide distribution of related publications in China, 761 references on image engineering research and technique are selected carefully from 2 854 research papers published in 148 issues of a set of 15 Chinese journals. These 15 journals are considered important, in which papers concerning image engineering have higher quality and are relatively concentrated. The selected references are initially classified into five categories (image processing, image analysis, image understanding, technique application, and survey) and then into 23 specialized classes in accordance with their main contents (same as the last 14 years). Analysis and discussions about the statistics of the results of classifications by journal and by category are also presented. In addition, as a roundup of the quarter of a century

收稿日期:2020-03-20;**修回日期**:2020-04-10;**预印本日期**:2020-04-17

© 中国图象图形学报版权所有

for this review series, the 15 856 articles in the field of image engineering selected from 65 040 academic research and technical applications published in a total of 2 964 issues over the past 25 years are divided into five periods of five-years, comprehensive statistics and analysis were made on the selection of image engineering literature and the number of image engineering literatures in each category and in each class. Analysis on the statistics in 2019 shows that image analysis is receiving the most attention, in which the focuses are on object detection and recognition, image segmentation and edge detection, and object feature extraction and analysis. The studies and applications of image technology in various areas, such as remote sensing, radar, and mapping, are continuously active. According to the comparison of 25 years of statistical data, it can be seen that the number of literatures in some classes of the four categories of image processing, image analysis, image understanding, and technology applications has kept ahead, but there are also some classes that the numbers are gradually decreasing, reflecting changes in different research directions over the years. This work shows a general and op-to-date picture of the various progresses, either for depth or for width, of image engineering in China in 2019. The statistics for 25 years also provide readers with more comprehensive and credible information on the development trends of various research directions.

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，以及研制和使用各种图像设备的综合学科，主要可分成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（Zhang，1996a）。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，并得到越来越多数学、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在不断扩展，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。

从 1996 年开始，已连续撰写了 25 篇统计图像工程研究应用文献的综述性文章（其中前两篇为同一年，发表在接续的两期上）（章毓晋，1996a，1996b，1997，1998，1999，2000，2001a，2002a，2003a，2004，2005，2006a，2007a，2008，2009a，2010，2011，2012，2013a，2014，2015a，2016，2017a，2018a，2019），每篇综述性文章上涉及的文献均发表在前一年国内的 15 种中国图像工程重要期刊上。基于对它们内容的分类和统计，构成了一个已连续 20 多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二十五，本文从 2019 年刊载在国内 15 种中国图像工程重要期刊上的 2 854 篇中文文献中，选出了 761 篇有关图像工程的文献（见附录），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 2019 年我国图像工程发展的热点和所展现的趋势进行了分析和讨论。

1 综述目的

该综述系列的目的在此综述系列文献第 1 篇中（Zhang，1996）就有阐述。当 2006 年该系列文献综述进入第 2 个 10 年时（章毓晋，2006a），曾对该文献综述原先的 3 个主要目的（章毓晋，1996a，1996b，1997，1998，1999，2000，2001a，2002a，2003a，2004，2005）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（林被甸和张其苏，1996），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中国图像工程研究和应用的总体情况，还能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 1/4 个世纪的发展，基本目的仍没有改变。科技界对期刊的关注和重视日益增强，期刊文献对图像工程研究和应用的牵引指导作用也更大。同时

© 中国图象图形学报版权所有

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(章毓晋,2002b),且也在多年实践中得到了验证,所以本文献综述系列的目的已达成,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(林被甸和张其苏,1996)。作为一门比较新兴的交叉学科,图像工程具有内容新、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的特点。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。

本文献综述系列已进入第 25 个年头。随着网络的发展,许多研究人员常借助关键词通过网络搜索相关文献,而不再有规律地翻阅相应期刊。从这个角度看,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准确地搜索到,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,该综述系列所提供的统计信息在查阅文献特别是了解趋势时仍然有用且可靠。

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(林被甸和张其苏,1996),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(章毓晋和李睿,2000;章毓晋和胡峰,2006),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,而本综述系列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,而大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。从期刊编者的角度看,虽然文献内容有了新的传播方式,本综述系列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各种不同因素的影响。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不同专业的特点,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(章毓晋和马婧,2007)。

2 期刊选取

图像工程涉及范围广泛,研究发展迅速,相关期刊较多,文献分布也较广。考虑到综述系列的特殊性,本综述系列对期刊选取的原则基本保持了一致性,最初的主要考虑是:

1)读者较广,均为发行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(章毓晋,1998)。本综述系列从开始以来也一直选取这些期刊作为文献源。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中选取的期刊完全相同。

© 中国图象图形学报版权所有

与前些年相比，这 15 种期刊虽然是由多个不同单位（学会或机构）主办的，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系列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，而且其电子版也都可以通过“中国知网（www. cnki. net）”或刊物主页等获得。对读者来说，文献更容易获取了，同时对获取这些文献的统计分类信息和了解其总体情况的需要也更迫切了。本综述系列就是试图提供这样的信息和满足这样的需求。

3 文献选取和分类

本文在从上述 15 种期刊中选取有关图像工程的文献时所使用的基本选取原则与本综述系列前 24 年的原则仍然保持一致，这些原则主要是：

1）以中文发表的（各刊上仅用英文撰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，本文只选取了在 2019 年出版的期刊（未考虑增刊）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 个大类；然后在每个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的小类。具体对文献的分类情况（名称和主要内容）和各类所用代号见表 1。

20 多年来，本综述系列的大类没有变化，仍保持了原有的框架和格局。不过，随着技术的发展，小类的数量和内容有一些演变。本综述系列在第 1 个“五年”中均包含 18 个小类（章毓晋，1996a，1996b，1997，1998，1999，2000），考虑到进入 21 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，在继承文献分 5 个大类的格局基础上，在图像处理、图像分析和图像理解 3 个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“五年”中均有 21 个小类（章毓晋，2001a，2002a，2003a，2004，2005）。从对 2005 年的综述开始，本综述系列进入第 3 个“五年”，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个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（（章毓晋，2006a）。近年来，图像工程的研究有一些新的动向和趋势，但从文献数量上看，还没有形成足够集中和完全独立的关注方向，所以虽然本综述系列现已有了 5 个“五年”，但按照对近年图像工程文献内容的分析（章毓晋，2006a，2007a，2008，2009a，2010，2011，2012，2013a，2014，2015a，2016，2017a，2018a，2019），绝大多数文献仍然还可归纳在原有类别中，所以这些年没有增加新的小类，仍然还是 5 个大类和 23 个小类。需要指出，尽管这些年来各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文字内容还是进行了一些调整和充实。表 2 里名称和内容中各名词的定义可参见文献（章毓晋，2015b）。

4 文献分类统计结果和讨论

根据上述的期刊选取和文献分类原则，本文从 2019 年出版的 15 种期刊共 148 期上所发表的 2 854 篇文献中，选出了内容与图像工程密切有关的 761 篇文献。然后，根据如表 1 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（根据本综述系列的一贯方案）总是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（综合不同大类的综述文献目前都归在 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 25 年图像工程文献选取和分类概况比较

表 2 给出从本综述系列开始以来共 25 年间对前述15个期刊所登载的文献的数量（文献总数）、

© 中国图象图形学报版权所有

表 1　文献分类表

Table 1　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(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(从投影重建图像、间接成像等)
		A3	图像增强/恢复(变换、滤波、复原、修补、置换、校正、视觉质量评价等)
		A4	图像/视频压缩编码(算法研究、相关国际标准实现改进等)
		A5	图像信息安全(数字水印,信息隐藏,图像认证取证等)
		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	图像分割和基元检测(边缘、角点、控制点、感兴趣点等)
		B2	目标表达、描述、测量(二值图像形态分析等)
		B3	目标特性提取分析(颜色、纹理、形状、空间、结构、运动、显著性、属性等)
		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(人体、人脸和器官等的检测、定位与识别等)
C	图像理解	C1	图像匹配和融合(序列、立体图的配准、镶嵌等)
		C2	场景恢复(3-D 景物表达、建模、重构或重建等)
		C3	图像感知和解释(语义描述、场景模型、机器学习、认知推理等)
		C4	基于内容的图像/视频检索(相应的标注、分类等)
		C5	时空技术(高维运动分析、目标 3-D 姿态检测、时空跟踪,举止判断和行为理解等)
D	技术应用	D1	硬件,系统设备和快速/并行算法
		D2	通信、视频传输播放(电视、网络、广播等)
		D3	文档、文本(文字,数字,符号等)
		D4	生物、医学(生理、卫生、健康等)
		D5	遥感、雷达、声呐、测绘等
		D6	其他(没有直接/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(同时覆盖图像处理/分析/理解,或涉及综合新技术)

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 个大类统计得到的结果。其中,小计和平均都是对 25 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。

为了更容易和直观地看出多年来的发展变化情况,图 1 为近 25 年来文献选取的情况,即文献总数、选取总数和选取率的曲线,右边竖轴指示文献选取率。图 2 绘出了 1995 年—2019 年文献分类中的图像处理(IP)、图像分析(IA)、图像理解(IU)和技术应用(TA)4 类文献数量的曲线。

通过对表 2 的统计数据以及图 1 和图 2 的数据曲线的分析可以看出:

1)2019 年 15 个期刊的总期数应与 2018 年相同,都是 148 期。2019 年所统计的文献总数比 2019 年所统计的文献总数略有下降。在 2019 年,各刊都取消了英文文献,所以这些期刊有效的版面空间还是有所增加的。那么,2019 年这 15 个期刊的发文总数进一步减少的原因应该还是如对 2016 年的综述(章毓晋,2017a)中就已指出的,即仍是文献平均长度的增加(章毓晋,2016),而这表明总体来说这 15 个期刊所发表文献的内容深度还是有所提升的(章毓晋,2017b)。

© 中国图象图形学报版权所有

表 2　1995 年—2019 年图像工程文献选取和分类表

Table 2　Selection and categorization of image engineering publications in 1995 – 2019

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的比例/%）				
				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	36（24.5）	51（34.7）	14（9.52）	46（31.3）	—
1996	1 205	212	17.59	52（24.5）	72（34.0）	30（14.2）	55（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	1008	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）
2015	2 975	723	24.30	199（27.5）	294（40.7）	103（14.2）	119（16.5）	8（1.11）
2016	2 938	728	24.78	174（23.9）	266（36.5）	105（14.4）	172（23.6）	11（1.51）
2017	2 932	771	26.30	204（26.5）	248（32.2）	127（16.5）	186（24.1）	6（0.78）
2018	2 863	747	26.09	206（27.6）	275（36.8）	100（13.4）	155（20.7）	11（1.47）
2019	2 854	761	26.66	165（21.7）	272（35.7）	136（17.9）	183（24.0）	5（6.57）
小计	65 040	15 856	—	4 871（30.72）	5 080（32.04）	2 373（14.97）	3 391（21.39）	141（0.89）
平均	2 602	634	24.38	195	203	95	136	6

注：“—”表示无数据。

2）虽然 2019 年统计的文献总数略有下降，但从中选取出来的图像工程文献总数比 2018 年仍有所增加（接近 2.0%）。考虑到 2019 年所统计的文献总数比 2018 年所统计的文献总数略有下降，而选取出来的图像工程文献总数又有增加，这使 2019 年的文献选取率最终约为 26.66%，是近 10 来的最高。而且该选取率也使得综述系列的平均选取率继续增加。这也反映了图像工程的研究仍是相关信息领域中得到持续关注的方向和热点。

3）2019 年图像分析大类的文献数量仍然在各个大类中排名第一，而且推动了该大类文献数量在 25 年的所有大类中的平均比例进一步增加。同时可以看到，图像处理大类的文献数量有较大的下降。正如在对 2017 年的综述（章毓晋，2018a）中所指出

© 中国图象图形学报版权所有

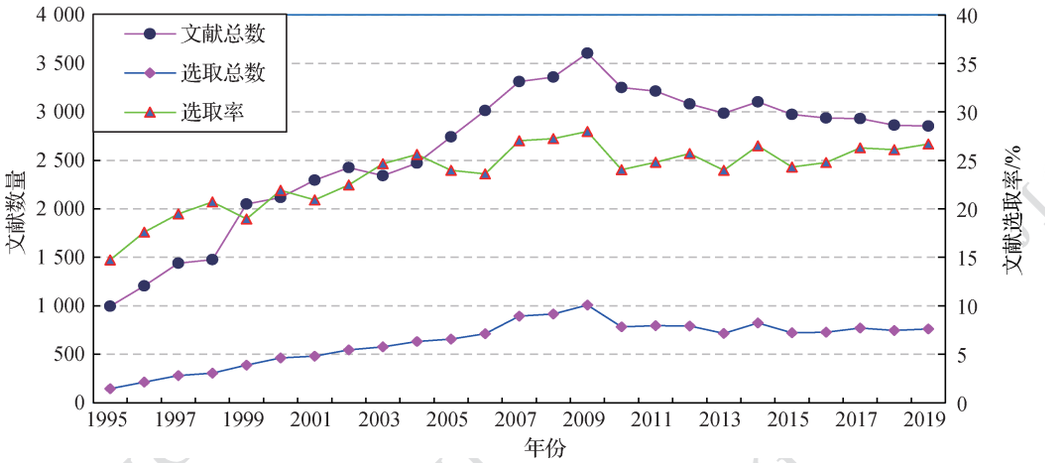

图 1　近 25 年图像工程文献选取曲线

Fig. 1　Selection curves for image engineering publications over the last 25 years

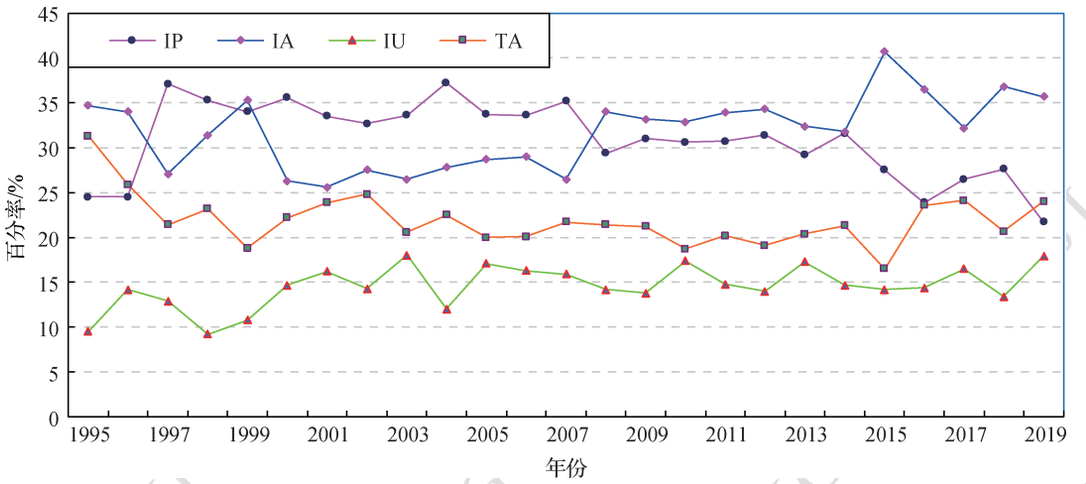

图 2　1995 年—2019 年图像工程文献分类曲线(竖轴为占选取文献总数的百分率)

Fig. 2　Categorization curves for image engineering publications in 1995 – 2019

的,这是图像工程的研究由低层向高层发展的结果。

4)在 2019 年,技术应用大类的文献数量超过了图像处理大类的文献数量,升为第二。这可能可以解读为图像工程的研究有了一定的成熟度,相关技术应用更多了。

4.2　2019 年各刊图像工程文献刊载情况

表 3 给出了对各刊 2019 年文献选取情况和分 5 个大类统计的具体结果(刊名根据所给的缩写代号统一按拼音顺序)。表 3 中,选取期数和文献总数的含义一目了然;选取数量是指从各刊发表的文献总数中选取的有关图像工程的文献数量;选取比例是指各刊所选取的图像工程文献数量与该刊发表的文献总数量之比,体现了该刊中图像工程文献的集中程度;贡献比例是指从该刊中选取的图像工程文献数量在所有 15 种期刊中选取的图像工程文献总数量里面所占的百分比,反映了该刊对综述统计的相对贡献(也在一定程度上体现了该刊对图像工程发展的贡献)。

表 3 中右侧的分类栏根据表 1 的文献分类方案给出的 5 个大类分成了 5 列,分别给出了各期刊所选文献数量的分大类情况。从中可看出各期刊的主要覆盖领域范围和内容特点。从表 3 可以看出,大部分期刊虽有内容侧重,但均比较全面地覆盖了图像处理(IP)、图像分析(IA)、图像理解(IU)和技术应用(TA)4 个大类(综述评论大类(E)文献数量较少,就没有在这里的分析中考虑)。事实上,只有一个期刊《CT 理论与应用研究》的文献内容主要集中在 2 个大类中。另外,不同的期刊在内容上也有一

© 中国图象图形学报版权所有

些互补性,它们综合起来提供了对图像工程各个方向的完整覆盖。

表 3　各刊 2019 年图像工程文献选取分类一览表

Table 3　Summary of selected image engineering publications in 2019 over 15 journals

期刊名称(缩写代号)	选取期数	文献总数	选取数量	选取比例/%	贡献比例/%	分类/篇				
						A	B	C	D	E
CT 理论与应用研究(CT)	6	86	10	11.63	1.31	8			2	
测绘学报(CX)	12	159	58	36.48	7.62	7	17	12	22	
电子测量和仪器学报(DC)	12	319	86	26.96	11.30	9	28	12	37	
电子学报(DX)	12	348	55	15.80	7.23	11	25	7	12	
电子与信息学报(DxX)	12	405	71	17.53	9.33	30	27	8	6	
计算机学报(JX)	12	173	24	13.87	3.15	6	3	10	3	2
模式识别与人工智能(MR)	12	120	46	38.33	6.04	10	22	9	5	
数据采集与处理(SC)	6	119	29	24.37	3.81	6	11	7	5	
通信学报(TX)	12	242	15	6.20	1.97	9	2	3	1	
信号处理(XC)	12	242	65	26.86	8.54	14	23	10	18	
遥感学报(YX)	6	107	30	28.04	3.94	3	3	4	19	1
中国生物医学工程学报(ZS)	6	95	27	28.42	3.55	3	8	1	15	
中国体视学与图像分析(ZTi)	4	40	17	42.50	2.23	8	2	2	5	
中国图象图形学报(ZTu)	12	198	184	92.93	24.18	35	83	39	25	2
自动化学报(ZX)	12	201	44	21.89	5.78	6	18	12	8	
小计	148	2 854	761	26.66	100.00	165	272	136	183	5

为更加直观地进行互相比较,图 3 将各期刊在 2019 年的选取比例和贡献比例分别以柱形图显示了出来。根据表 3 和图 3 的统计数据,可以分析得到下面的结果:

1)各刊的选取比例给出了 2019 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。由图 3 可见,《中国图象图形学报》的选取比例再一次创了纪录,接近了 93%,稳居所有期刊第一。这个事实表明《中国图象图形学报》确实是最专门的图像工程期刊。接下来 3 个在 2018 年选取比例较高的期刊依次分别是《中国体视学与图像分析》,《模式识别与人工智能》和《测绘学报》,选取比例都超过了 30%。

2)在文献计量学中,有 7 个指标常被用来对期刊进行评价和衡量(丁学东,1993)。其中,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的第 1 个指标。由于关注的是图像工程的文献,考虑分析各期刊的相对有效载文量,将其称为贡献比例。各期刊的贡献比例反映的是从该期刊所选取的图像工程文献数量在所有 15 种期刊所选取的图像工程文献数量中所占的比例,在一定程度上体现了该期刊对图像工程发展所起的作用和所作的贡献。从学科发展的意义上讲,该比例很值得重视。由表 3 可见,《中国图象图形学报》的贡献比例在 2019 年接近 25%,仍与其创刊 20 多年来一样保持最大。这正如章毓晋和胡峰(2006)指出的,《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(章毓晋和马婧,2007),其对中国图像工程的重要意义是不言而喻的。接下来贡献比例超过 8% 的期刊依次是《电子测量和仪器学报》、《电子与信息学报》和《信号处理》。值得指出的是:各种图像技术正越来越多地应用到各种测量设备和仪器仪表中,所以《电

© 中国图象图形学报版权所有

子测量和仪器学报》上的相关文献数量近年有了明显增加。

3)根据文献离散律(丁学东,1993),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2019年的数据看,图像工程学科文献的分布也符合这个规律。由表3中各刊的选取数量或贡献比例可见,发表在集中程度最高的4种期刊,即《中国图象图形学报》,《电子测量和仪器学报》,《电子与信息学报》和《信号处理》上的图像工程文献数量占了总数的53%以上,高于另外11种期刊的总和。

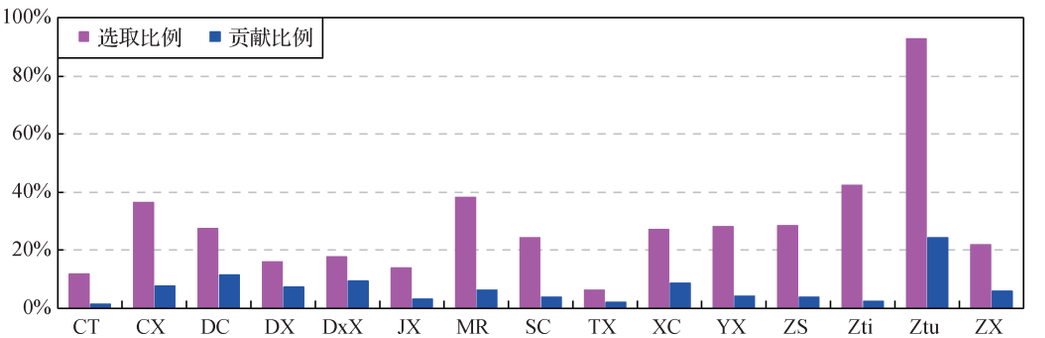

图3　各刊2019年的图像工程文献选取比例和贡献比例

Fig. 3　Selection ratio and contribution ratio of image engineering publications in 2019 over 15 journals

4.3　2019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,大多数科研人员在同一年的研究工作(和撰写的科技论文)会集中在若干个方向上,所以各小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4给出了对2019年所选图像工程文献进一步按表1所列23个小类进行分类统计的详细结果。

表4　2019年图像工程文献分23小类统计细表

Table 4　Detailed classifications (23 classes) of selected image engineering publications in 2019

期刊代号	A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5	D1	D2	D3	D4	D5	D6	E1
[CT]	1	7																				2	
[CX]	4		2	1			5	5	3	4		9	2		1		1				21		
[DC]	1		5		3		9	2	1	8	8	10			1	1	2			5	8	22	
[DX]		2	5		4		4		10	6	5	1		1	2	3	1		1	5	4	1	
[DxX]	18		7	1	3	1	6	1	5	12	3	2	1		1	4	1	2			3		
[JX]	1		3	2				1	1		1	3		1	6		2	1					2
[MR]			7			3	7		1	8	6	3	1			5			2		2	1	
[SC]	1		5				3	1		3	4	2	2			3					1	4	
[TX]	1		1		7		1				1				2	1						1	
[XC]	10		2	2			4		3	10	6	3			5	2		2	1	3	11	1	
[YX]	2					1	1		1	1		4									19		1
[ZS]		3					5		2		1				1					15			
[ZTi]		4	4							2					1	1	1		1	3			
[ZTu]	4		18	2	6	5	19	2	10	27	25	17	5	4	7	6	1			3	13	8	2
[ZX]	1		3		1	1	2		5	7	4	4	3	2		3				2	1	5	
小计	44	16	62	8	24	11	66	12	42	88	64	58	14	8	27	29	9	5	5	36	83	45	5

© 中国图象图形学报版权所有

为了更方便和直观地看出各个小类文献数量的相对排名分布情况，图 4 以直方图的形式来展示表 4 中 23 个小类的分类统计结果。通过对表 4 和图 4 统计数据的分析并与综述系列中前些年的对应数据（章毓晋，1996a，1996b，1997，1998，1999，2000，2001a，2002a，2003a，2004，2005，2006a，2007a，2008，2009a，2010，2011，2012，2013a，2014，2015a，2016，2017a，2018a，2019）比较可以看出：

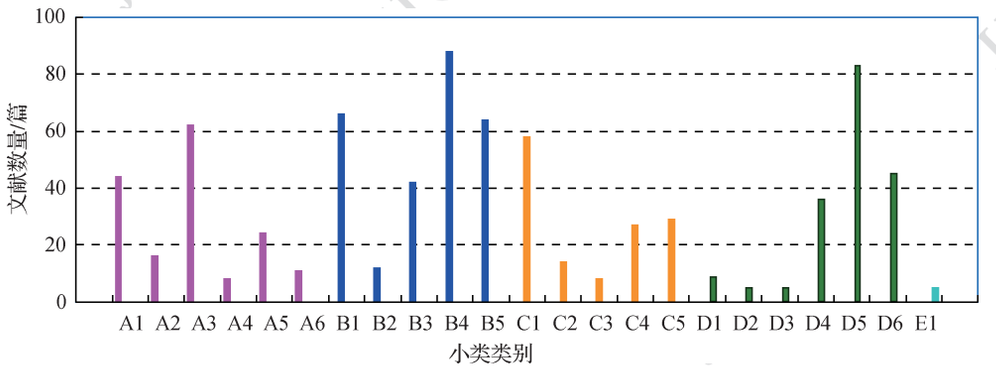

图 4　2019 年对 23 个小类进行文献分类的结果

Fig. 4　Classification results for selected publications in 23 classes for 2019

1）2019 年，小类“B4：目标检测和识别”的文献数量如 2018 年一样仍排名第 1。事实上，在 2015 和 2016 年，该小类的文献数量就曾经都排名第 1。今年这个小类的文献中，题目里出现最多的词是“跟踪”或“检测”，在 88 篇文献中，题目中有“检测”的为 27 篇，题目中有“跟踪”的为 23 篇。另外，借助深度学习方法的有 19 篇，而利用各种神经网络的文献数量有 17 篇。这都延续了 2018 年该小类的特点。

2）2019 年，文献数量排名第 2 的是小类“D5：遥感、雷达、声呐、测绘等”（2017 年曾是第 1）。如果将与其密切相关的小类“C1：图像匹配融合等”结合考虑，这仍是近年图像工程研究和应用结合的一个热点领域。这也与 2018 年的情况类似。

3）2019 年，小类“B1：图像分割和边缘检测”的文献数量排名第 3，继续维持在较高水平。相比直接根据对物体的中层属性描述进行的目标检测（划在了小类“B4：目标检测和识别”中），图像分割更常利用偏底层的统计特征，且所采用的方法技术以及面向的对象更具一般性。所以，尽管图像分割已有 50 多年的历史（Zhang，2015c），它仍然是图像分析中的一个难点。正如在综述系列中已多次指出的，虽然对图像分割的研究已取得了许多成果（章毓晋，2001b；Zhang，2006b），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（Zhang，2015c）。另一方面，与 2018 年几乎没有文献题目中专门提语义分割不同，2019 年的该小类文献中有 10 多篇在题目中用了语义分割一词。事实上，从图像分割的定义看，所有图像分割要获取的感兴趣目标都是一个有语义含义的较高层的概念，所以图像分割过程和结果总是有语义含义的，使用语义分割并没有体现出工作的特殊性。

4）在 2019 年，文献数量排名第 4 的是小类“B5：人体生物特征提取和验证”。虽然其中有关人脸识别（一些基本原理和具体方法可见（章毓晋，2009b））的文献数量仍占一定的比例，但对表情、年龄（包括美丽程度）等更为广泛的人脸图像分析研究明显有了提升（国际上的一些相关工作可见（Zhang，2011b，2015e））。另外，对人体的检测和对行人再识别的研究也有相当的数量。

5）2019 年，文献数量排名第 5 的是小类“A3：图像增强/恢复”。这是一个传统的图像处理方面的内容。许多新的图像增强/恢复技术得到了研究，不仅要去各种噪声、去各种模糊，还有去雾，甚至去雨的方法。

另外，有一些小类统计数据的增加变化也值得指出：

6）在图像技术应用大类中，小类“D6：其他技术应用”的文献数量如 2018 年继续快速增加，其中最大的贡献来自《电子测量和仪器学报》。许多新的利用图像技术的测量仪器研制了出来，更广泛的应用领域拓宽了学者的思路。

© 中国图象图形学报版权所有

7)在图像分析大类中,小类“B3:目标特性的提取分析”的文献数量已连续3年有较明显的增加。对目标各种特性的提取和分析得到了广泛的关注,其中有关显著性(目标)检测的文献比较突出。

8)在图像理解大类下,小类“C5:时空技术”的文献数量在2019年有较大增长(比2018年增加了约70%),升到大类中第2位。该小类自从对2005年的综述(章毓晋,2006a)开始加进来后,一直不温不火。但正如章毓晋(2013b)所说,该方向有望得到更多的关注和更深入的研究,目前该趋势已显现出来了(Zhang,2018b)。

9)在图像理解大类下,小类“C4:基于内容的图像和视频检索”的文献数量在2019年也有比较明显的增加。在这个方向上,虽然说原来的典型研究内容(章毓晋,2003b)已基本成熟,但在基于语义的图像和视频检索研究与应用方面仍然有很多工作要做(章毓晋,2007b;Zhang,2015d)。

5 1995年–2019年的五年比较

本文献综述系列从对1995年的文献开始统计,现已历经25年。其中第1个五年(1995～1999)统计的正好是20世纪的最后5年,中间2个五年(2000～2004年和2005～2009年)统计的正好是21世纪的第1个10年,最后2个五年(2010～2019)统计的则是21世纪的第2个10年。表5分别给出这5个五年里对图像工程文献的选取统计的概括情况,以及25年的总合计数据和25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个五年“二五”相对于第1个五年“一五”的比值,第3个五年“三五”相对于第2个五年的比值,第4个五年“四五”相对于第3个五年的比值和第5个五年“五五”相对于第4个五年的比值。大于1的比值代表增加,小于1的比值代表减少。

表5 前后5个五年图像工程文献选取的统计情况

Table 5 Statistics of five “five-year” selections for publications of image engineering

	“一五”	“二五”	“三五”	“四五”	“五五”	25年合计	平均	“二五”/“一五”	“三五”/“二五”	“四五”/“三五”	“五五”/“四五”
选取期数	410	528	596	690	740	2 964	119	1.29	1.13	1.16	1.07
文献总数	7 165	11 654	16 022	15 637	14 562	65 040	2 601	1.63	1.37	*0.98*	*0.93*
选取文献数	1 333	2 699	4 185	3 909	3 730	15 856	634	2.03	1.55	*0.93*	*0.95*
选取比例/%	18.60	23.16	26.12	25.00	25.61	24.38	24.38	1.24	1.13	*0.96*	1.02

注:斜体表示小于1的数值。

对表5的4行统计数据分别讨论:

1)选取期数在5个阶段是逐步增加的(4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2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2个阶段略有减少。这与文献总数的减少相关,另外也与图像工程进入一个较平稳发展时期相关。

4)选取比例也是在前3个阶段逐步增加,第4个阶段略有减少,但最后一个阶段又有增加(这后3个阶段的波动不大,基本在1%上下,应可以归于统计数据随年的波动)。

表6给出对这5个五年中图像工程文献数量各小类的统计情况。表6中后11列的含义和表达都与表5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5还用直方图形式给出这5个五年里(除E1外)22个小类文献数量的分类对比情况,其中图5(a)—(d)分别对应A,

© 中国图象图形学报版权所有

表 6　1995 年 –2019 年前后 5 个五年各类图像工程文献数量的统计情况

Table 6　Statistics of the numbers of publications for different classes of image engineering in five periods of "five-year"

小类代号	"一五"	"二五"	"三五"	"四五"	"五五"	25 年合计	平均（名次）	"二五"/"一五"	"三五"/"二五"	"四五"/"三五"	"五五"/"四五"
A1	54	136	197	246	257	890	35.6(9)	2.52	1.45	1.25	1.04
A2	54	67	122	113	92	448	17.9(16)	1.24	1.82	*0.93*	*0.81*
A3	102	239	389	416	319	1 465	58.6(2)	2.34	1.63	1.07	*0.77*
A4	222	300	262	145	77	1 006	40.2(7)	1.35	*0.87*	*0.55*	*0.53*
A5	—	191	289	182	127	789	39.5(8)	—	1.51	*0.63*	*0.70*
A6	—	—	97	100	76	273	18.2(15)	—	—	1.03	*0.76*
B1	186	290	468	466	362	1 772	70.9(1)	1.56	1.61	1.00	*0.78*
B2	84	73	49	44	43	293	11.7(20)	*0.87*	*0.67*	*0.90*	*0.98*
B3	50	82	102	92	166	492	19.7(13)	1.64	1.24	*0.91*	1.80
B4	112	147	337	370	464	1 430	57.2(3)	1.31	2.29	1.10	1.25
B5	—	132	321	320	320	1 093	54.7(4)	—	2.43	1.00	1.00
C1	71	198	340	324	264	1 197	47.9(5)	2.79	1.72	*0.95*	*0.81*
C2	64	68	65	65	75	337	13.5(19)	1.06	*0.96*	1.00	1.15
C3	15	17	23	35	36	126	5.0(23)	1.13	1.35	1.52	1.03
C4	—	120	148	125	105	498	24.9(10)	—	1.23	*0.84*	*0.84*
C5	—	—	63	61	91	215	14.3(18)	—	—	*0.97*	1.49
D1	66	92	125	110	72	465	18.6(14)	1.39	1.36	*0.88*	*0.65*
D2	44	88	141	63	27	363	14.5(17)	2.00	1.60	*0.45*	*0.43*
D3	50	89	70	28	31	268	10.7(21)	1.78	*0.79*	*0.40*	1.11
D4	63	107	138	134	154	596	23.8(11)	1.70	1.29	*0.97*	1.15
D5	51	123	300	339	381	1 194	47.8(6)	2.41	2.44	1.13	*0.97*
D6	31	115	104	105	148	505	20.2(12)	3.71	*0.90*	1.01	1.41
E1	14	25	35	26	41	141	5.6(22)	1.79	1.40	*0.74*	1.58

注：斜体表示小于 1 的数值，"—"表示没有数据。

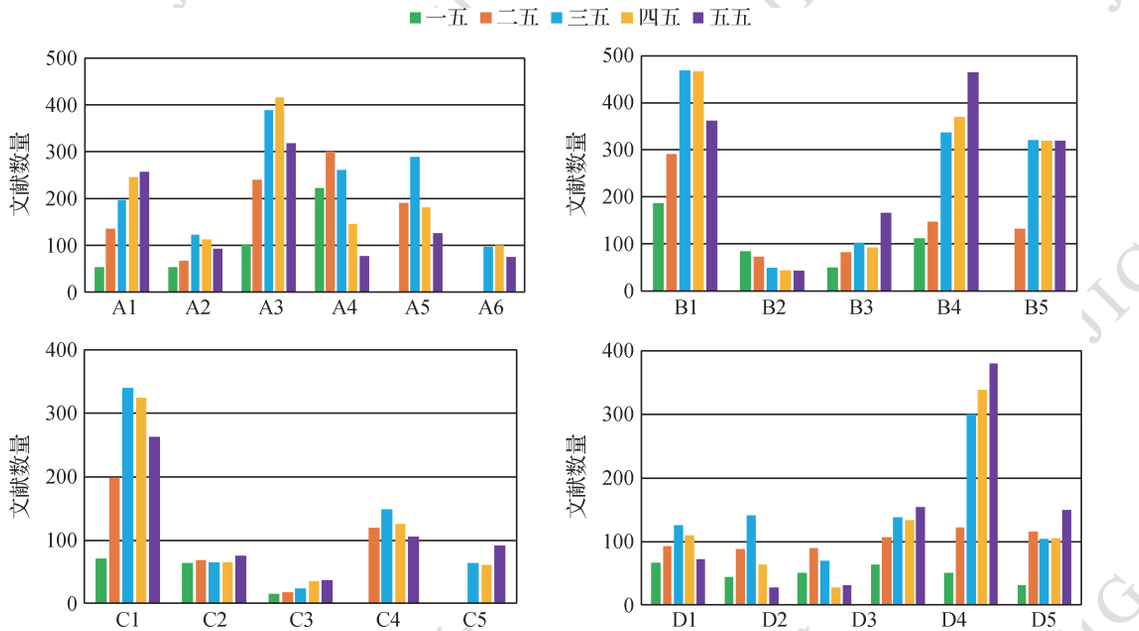

图 5　前后 5 个五年各类文献数量的对比情况

Fig. 5　Comparison of the numbers of publications for different techniques in five periods of "five-year"

© 中国图象图形学报版权所有

B,C 和 D 四大类的情况。对每个小类,如果 25 年持续统计,则分别有 5 个直方条;如果只统计了 20 年或 15 年(即在综述系列开始 5 年或 10 年后才加入),则分别只有 4 个直方条或 3 个直方条。

需要指出,与前面的表 2 和图 4 仅是对一个年度的统计数据不同,这里表 6 和图 5 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。下面分别对图 5 各大类对应的直方条(结合表 6 的统计数据)进行分析:

1)如图 5(a)所示,在图像处理大类中,A3 小类多年来一直得到较多的研究,成果总数量最多(在 23 个小类中排第 2);A4 和 A5 两个小类都有一段时间发展很快,但近年工作都逐步有所减少;A1 小类则每个阶段都在上升,值得将来进一步关注。

2)如图 5(b)所示,在图像分析大类中,B1 小类多年来一直得到较多的研究,成果总数量最多(在 23 个小类中排第 1);不过 B4 和 B5 两个小类近 3 个"五年"都发展很快,尤其是 B4 小类的文献数量增加势头不减。相比 B1 小类技术,B4 小类技术不仅要提取图像中的目标,还对目标进一步分析,向更高层次扩展。

3)如图 5(c)所示,在图像理解大类中,C1 小类多年来一直得到较多的研究,成果总数量最多(在 23 个小类中排第 5);C4 小类有统计的 4 个阶段都在图像理解大类中排在第 2;C5 小类最近 1 个阶段开始有了明显上升,这个趋势应会保持甚至增强。

4)如图 5(d)所示,在技术应用大类中,D5 小类多年来一直得到较多的研究,成果总数量最多(在 23 个小类中排第 6);D4 小类也是一个重要的应用领域,成果数量一直在稳步增长;D6 小类值得关注,有可能在未来从中分离出新的小类;D2 和 D3 两个小类所处的研究方向已相对比较成熟并得到了许多具体的应用,相关文献数量持续减少是意料之中的。

6 结 语

本文是关于中国图像工程的年度文献综述系列之二十五。文中先根据该综述系列一贯的期刊选取方案以及文献选取和分类原则,对 2019 年在中国图像工程重要期刊上发表的 761 篇有关文献进行了选取、分类、统计、分析和讨论。为更直观地看出所统计数据的变化情况,还将一些文献选取数据,文献分大类和分小类数据,以及所选情况文献选取和贡献比例绘成了图表。从对统计结果的分析以及与综述系列以前相关数据的综合比较可以看出 2019 年图像工程的研究和应用在我国又有了许多新的进展。考虑到国内外学术交流的广泛开展,从中也可看出一些国际上的发展动态。

根据对 2019 年的文献分析可知:目前研究方面得到最多关注的是图像分析技术,其中目标检测和识别、图像分割和边缘检测、目标特性的提取分析都是关注的焦点;而在图像技术的应用方面,遥感、雷达、测绘等领域都很活跃;最后,《中国图象图形学报》确实是相关文献最集中的图像工程期刊。

另外,借此对中国图像工程的年度文献综述系列满四分之一个世纪之际,本文还将该系列 25 年来的统计数据(包括从 65 040 篇文献中选出的 15 856 篇)分成 5 个五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 25 年中国图像工程的动态发展情况和趋势。

本综述系列的一个特点是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具有可比性和参照性,而且时间越长其特点就越明显(Zhang,2018c)。综合考虑整个综述系列,从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,也可对未来发展提供一些趋势预测,从而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。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(章毓晋和马婧,2007)。所以,虽然这个工作随着该领域的发展,涉及的文献数量和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缺的(Rosenfeld,2000),但却是很有意义的。这样的工作将会继续下去,并希望把文献计量学的理论与内容分析法的手段(邱均平和王曰芳,2008)相结合,进一步描绘中国图像工程不断发展前进的新"图像"。

© 中国图象图形学报版权所有

参考文献(References)

Ding X D. 1993. Fundamentals of Literature Metrology. Beijing: Beijing University Publishers(丁学东. 1993. 文献计量学基础. 北京: 北京大学出版社)

Lin B D and Zhang Q S. 1996. A Guide to the Core Journals of China. Beijing: Beijing University Publishers(林被甸, 张其苏. 1996. 中文核心期刊要目总览. 北京: 北京大学出版社)

Qiu J P and Wang Y F. 2008. Bibliometrics Content Analysis. Beijing: National Library Press(邱均平, 王曰芬. 2008. 文献计量内容分析法. 北京: 国家图书馆出版社)

Rosenfeld A. 2000. Classifying the literature related to computer vision and image analysis. Computer Vision and Image Understanding, 79(2): 308-323. [DOI: 10.1006/cviu.2000.0851]

Zhang Y J. 1996a. Image engineering in China: 1995. Journal of Image and Graphics, 1(1): 78-83(章毓晋. 1996a. 中国图像工程: 1995[J]. 中国图象图形学报,1(1): 78-83) [DOI: 10.11834/jig.19960115]

Zhang Y J. 1996b. Image engineering in China: 1995 (Supplement). Journal of Image and Graphics, 1(2): 170-174(章毓晋. 1996b. 中国图象工程: 1995(续). 中国图象图形学报, 1(2): 170-174) [DOI: 10.11834/jig.19960241]

Zhang Y J. 1997. Image engineering in China: 1996. Journal of Image and Graphics, 2(5): 336-344(章毓晋. 1997. 中国图像工程: 1996. 中国图象图形学报, 2(5): 336-344) [DOI: 10.11834/jig.19970599]

Zhang Y J. 1998. Image engineering in China: 1997. Journal of Image and Graphics, 3(5): 404-414(章毓晋. 1998. 中国图像工程: 1997. 中国图象图形学报, 3(5): 404-414) [DOI: 10.11834/jig.199805123]

Zhang Y J. 1999. Image engineering in China: 1998. Journal of Image and Graphics, 4(5): 427-438(章毓晋. 1999. 中国图像工程: 1998. 中国图象图形学报, 4(5): 427-438) [DOI: 10.11834/jig.199905100]

Zhang Y J. 2000. Image engineering in China: 1999. Journal of Image and Graphics, 5(5): 359-373(章毓晋. 2000. 中国图像工程: 1999. 中国图象图形学报, 5(5): 359-373) [DOI: 10.11834/jig.20000501]

Zhang Y J. 2001a. Image engineering in China: 2000. Journal of Image and Graphics, 6(5): 409-424(章毓晋. 2001a. 中国图像工程: 2000. 中国图象图形学报, 6(5): 409-424) [DOI: 10.11834/jig.20010596]

Zhang Y J. 2001b. Image segmentation. Beijing: Science Press(章毓晋. 2001b. 图像分割. 北京: 科学出版社)

Zhang Y J. 2002a. Image engineering in China: 2001. Journal of Image and Graphics, 7(5): 417-433(章毓晋. 2002a. 中国图像工程: 2001. 中国图象图形学报, 7(5): 417-433) [DOI: 10.11834/jig.200205148]

Zhang Y J. 2002b. Image engineering in China and some current research focuses. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics,14(6): 489-500(章毓晋. 2002b. 中国图像工程及当前的几个研究热点. 计算机辅助设计与图形学学报, 14(6): 489-500) [DOI: 10.3321/j.issn:1003-9775.2002.06.001]

Zhang Y J. 2003a. Image engineering in China: 2002. Journal of Image and Graphics, 8(5): 481-498(章毓晋. 2003a. 中国图像工程: 2002. 中国图象图形学报, 8(5): 481-498) [DOI: 10.11834/jig.200305172]

Zhang Y J. 2003b. Content-Based Visual Information Retrieval. Beijing: Science Publishers(章毓晋. 2003b. 基于内容的视觉信息检索. 北京: 科学出版社)

Zhang Y J. 2004. Image engineering in China: 2003. Journal of Image and Graphics, 9(5): 513-531(章毓晋. 2004. 中国图像工程: 2003. 中国图象图形学报, 9(5): 513-531) [DOI: 10.11834/jig.20040597]

Zhang Y J. 2005. Image engineering in China: 2004. Journal of Image and Graphics, 10(5): 537-560(章毓晋. 2005. 中国图像工程: 2004. 中国图象图形学报, 10(5): 537-560) [DOI: 10.11834/jig.200505111]

Zhang Y J. 2006a. Image engineering in China: 2005. Journal of Image and Graphics, 11(5): 601-623(章毓晋. 2006a. 中国图像工程: 2005[J]. 中国图象图形学报, 11(5): 601-623) [DOI: 10.11834/jig.200605102]

Zhang Y J. 2006b. Advances in Image and Video Segmentation. Hershey, Philadelphia, USA: IRM Press

Zhang Y J. 2007a. Image engineering in China: 2006. Journal of Image and Graphics, 12(5): 753-775(章毓晋. 2007a. 中国图像工程: 2006. 中国图象图形学报, 12(5): 753-775) [DOI: 10.11834/jig.20070501]

Zhang Y J. 2007b. Semantic-Based Visual Information Retrieval. Hershey, Philadelphia, USA: IRM Press

Zhang Y J. 2008. Image engineering in China: 2007. Journal of Image and Graphics, 13(5): 825-852(章毓晋. 2008. 中国图像工程: 2007. 中国图象图形学报, 2008, 13(5): 825-852) [DOI: 10.11834/jig.20080501]

Zhang Y J. 2009a. Image engineering in China: 2008. Journal of Image and Graphics, 14(5): 809-837(章毓晋. 2009a. 中国图像工程: 2008. 中国图象图形学报, 14(5): 809-837) [DOI: 10.11834/jig.20090508]

Zhang Y J. 2009b. Subspace-Based Face Recognition. Beijing: Tsinghua University Press(章毓晋. 2009b. 基于子空间的人脸识别. 北京: 清华大学出版社)

Zhang Y J. 2010. Image engineering in China: 2009. Journal of Image and Graphics, 15(5): 689-722(章毓晋. 2010. 中国图像工程: 2009. 中国图象图形学报, 15(5): 689-722) [DOI: 10.11834/jig.20100501]

Zhang Y J. 2011a. Image engineering in China: 2010. Journal of Image and Graphics, 16(5): 693-702(章毓晋. 2011a. 中国图像工程:

© 中国图象图形学报版权所有

2010. 中国图象图形学报, 16(5): 693-702) [DOI: 10.11834/jig.20110531]

Zhang Y J. 2011b. Advances in Face Image Analysis: Techniques and Technologies. Hershey, Philadelphia, USA: IGI Globall

Zhang Y J. 2012. Image engineering in China: 2011. Journal of Image and Graphics, 17(5): 603-612(章毓晋. 2012. 中国图像工程: 2011. 中国图象图形学报, 17(5): 603-612) [DOI: 10.11834/jig.20120501]

Zhang Y J. 2013a. Image engineering in China: 2012. Journal of Image and Graphics, 18(5): 483-492(章毓晋. 2013a. 中国图像工程: 2012. 中国图象图形学报, 18(5): 483-492) [DOI: 10.11834/jig.20130501]

Zhang Y J. 2013b. Understanding spatial-temporal behaviors. Journal of Image and Graphics, 18(2): 141-151(章毓晋. 2013b. 时空行为理解. 中国图象图形学报, 18(2): 141-151) [DOI: 10.11834/jig.20130203]

Zhang Y J. 2014. Image engineering in China: 2013. Journal of Image and Graphics, 19(5): 649-658(章毓晋. 2014. 中国图像工程: 2013. 中国图象图形学报, 19(5): 649-658) [DOI: 10.11834/jig.20140501]

Zhang Y J. 2015a. Image engineering in China: 2014. Journal of Image and Graphics, 20(5): 585-598(章毓晋. 2015a. 中国图像工程: 2014. 中国图象图形学报, 20(5): 585-598) [DOI: 10.11834/jig.20150501]

Zhang Y J. 2015b. An English-Chinese Dictionary of Image Engineering. 2nd ed. Beijing: Tsinghua University Press, 2015b(章毓晋. 2015b. 英汉图像工程辞典(第2版). 北京: 清华大学出版社)

Zhang Y J. 2015c. Half century for image segmentation//Khosrow-Pour M. Encyclopedia of Information Science and Technology. 3rd ed. USA: Information Resources Management Association: 584: 5906-5915

Zhang Y J. 2015d. Up-to-date summary of semantic-based visual information retrieval//Khosrow-Pour M. Encyclopedia of Information Science and Technology, 3rd ed. USA: Information Resources Management Association, 123: 1294-1303

Zhang Y J. 2015e. A comprehensive survey on face image analysis // Khosrow-Pour M. Encyclopedia of Information Science and Technology. 3rd ed. USA: Information Resources Management Association, 47: 491-500

Zhang Y J. 2016. Image engineering in China: 2015. Journal of Image and Graphics, 21(5): 533-543(章毓晋. 2016. 中国图像工程: 2015. 中国图象图形学报, 21(5): 533-543) [DOI: 10.11834/jig.20160501]

Zhang Y J. 2017a. Image engineering in China: 2016. Journal of Image and Graphics, 22(5): 563-574(章毓晋. 2017a. 中国图像工程: 2016. 中国图象图形学报, 22(5): 563-574) [DOI: 10.11834/jig.170115]

Zhang Y J. 2017b. Journal of Image and Graphics founded 20 years——a statistical analysis of the publication. Journal of Image and Graphics, 22(4): 415-421(章毓晋. 2017b. 创刊20年的《中国图象图形学报》——对一些出版情况的统计分析, 22(4): 415-421) [DOI: 10.11834/jig.20170401]

Zhang Y J. 2018a. Image engineering in China: 2017. Journal of Image and Graphics, 23(5): 617-628(章毓晋. 2018a. 中国图像工程: 2017. 中国图象图形学报, 23(5): 617-628) [DOI: 10.11834/jig.180121]

Zhang Y J. 2018b. The Understanding of Spatial-Temporal Behaviors. Encyclopedia of Information Science and Technology, 4th ed, 115: 1344-1354

Zhang Y J. 2018c. Development of image engineering in the last 20 years//Khosrow-Pour M. Encyclopedia of Information Science and Technology, 4th ed. USA: Information Resources Management Association, 113: 1319-1330

Zhang Y J. 2019. Image engineering in China: 2018. Journal of Image and Graphics, 24(5): 665-676(章毓晋. 2019. 中国图像工程: 2018. 中国图象图形学报, 24(5): 665-676) [DOI: 10.11834/jig.190074]

Zhang Y J and Hu F. 2006. Ten years' statistical analysis on the articles and authors of "Journal of Image and Graphics" since its first publication. Journal of Image and Graphics, 11(1): 1-7(章毓晋, 胡峰. 2006. 对《中国图象图形学报》创刊10年来文章和作者的统计分析. 中国图象图形学报, 11(1): 1-7) [DOI: 10.11834/jig.20060101]

Zhang Y J and Li R. 2000. Statistical analysis on the articles and authors of "Journal of Image and Graphics". Journal of Image and Graphics, 5(1): 6-10(章毓晋, 李睿. 2000. 对《中国图象图形学报》论文和作者的统计分析. 中国图象图形学报, 5(1): 6-10) [DOI: 10.11834/jig.20000102]

Zhang Y J and Li R. 2001. Statistical analysis on the authors of paper cited in the survey series "Image engineering in China". Journal of Image and Graphics, 6(1): 1-5(章毓晋, 李睿. 2001. 对"中国图象工程"综述系列里文献作者的统计分析. 中国图象图形学报, 6(1): 1-5) [DOI: 10.11834/jig.20010102]

Zhang Y J and Ma J. 2007. Statistical analysis of Lotka's parameters for "Chinese Journal of Image and Graphics". Journal of Image and Graphics, 12(5): 776-781(章毓晋, 马婧. 2007. 对《中国图象图形学报》之洛特卡分布参数的统计分析. 中国图象图形学报, 12(5): 776-781) [DOI: 10.11834/jig.20070502]

作者简介

章毓晋, 1954年生, 男, 教研系列长聘教授, 主要研究方向为图像工程。
E-mail: zhang-yj@tsinghua.edu.cn

© 中国图象图形学报版权所有