



JOURNAL OF IMAGE AND GRAPHICS

主办: 中国科学院空天信息创新研究院
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

2021
05
VOL.26

ISSN1006-8961
CN11-3758/TB



参与介质渲染 P961



第26卷第5期 (总第301期)

2021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

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.

主管单位 中国科学院

主办单位 中国科学院空天信息创新研究院

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 吴一戎

编辑出版 《中国图象图形学报》编辑部

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 Aerospace Information Research Institute, CAS

China Society of Image and Graphics

Institute of Applied Physics and Computational Mathematics

Editor-in-Chief Wu Yirong

Editor, Publisher Editorial Office 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



均匀参与介质的渲染方法研究(第0961页)



循环生成对抗网络的线稿图像自动提取(第1117页)



伪点云修正增强激光雷达数据(第1157页)

学者观点

均匀参与介质的渲染方法研究

王贝贝, 樊家辉 0961

布料仿真建模研究进展

靳雁霞, 张晋瑞, 贾瑶, 马博 0970

综述

中国图像工程:2020

章毓晋 0978

图像处理和编码

双阶段信息蒸馏的轻量级图像超分辨率网络

李明鸿, 常侃, 李恒鑫, 谭宇飞, 覃团发 0991

具有纹理感知能力的超像素分割方法

吴江, 刘春晓 1006

图像分析和识别

深度聚类注意力机制下的显著对象检测

陈庆文, 谢宏文, 查浩, 奚瑜, 张雪 1017

特征增强策略驱动的车标识别

贺敏雪, 余烨, 程茹秋 1030

医学图像处理

融合上下文和注意力的视盘视杯分割

刘洪普, 赵一浩, 侯向丹, 郭鸿湧, 丁梦园 1041

遥感图像处理

复杂背景下SAR近岸舰船检测

阮晨, 郭浩, 安居白 1058

对抗型长短期记忆网络的雷达回波外推算法

方巍, 庞林, 张飞鸿, 盛胜利 1067

混沌系统和DNA编码的并行遥感图像加密算法

周辉, 谢红薇, 张昊, 张慧婷 1081

激光雷达大会2020

图匹配算法激光扫描点云树干分割

徐姗姗 1095

多特征融合与残差优化的点云语义分割方法

杜静, 蔡国榕 1105

NCIG 2020

循环生成对抗网络的线稿图像自动提取

王素琴, 张加其, 石敏, 赵银君 1117

面向COVID-19疫情预测的图卷积神经网络时空数据学习

杨成意, 刘峰, 齐佳音, 段妍, 吕润倩, 肖子龙 1128

结合汉明码和图像矫正的彩色图像盲水印

刘得成, 苏庆堂, 袁子涵, 张雪婷 1138

密文域高嵌入率图像全方位可逆数据隐藏

周旭, 吴福虎, 陈志立, 任帅 1147

伪点云修正增强激光雷达数据

宋绪杰, 戴孙浩, 林春雨, 詹书涛, 赵耀 1157

前沿进展

中国遥感软件研制进展与发展方向——以像素专家PIE为例

刘东升, 廖通逵, 孙焕英, 任芳 1169

CONTENTS

JOURNAL OF IMAGE AND GRAPHICS



Survey of rendering methods for homogeneous participating media(P0961)



Image extraction of cartoon line art based on cycle-consistent adversarial networks(P1117)



LiDAR data enhancement via pseudo-LiDAR point cloud correction(P1157)

Scholar View

Survey of rendering methods for homogeneous participating media

Wang Beibei, Fan Jiahui 0961

Progress of cloth simulation modeling

Jin Yanxia, Zhang Jinrui, Jia Yao, Ma Bo 0970

Review

Image engineering in China: 2020

Zhang Yujin 0978

Image Processing and Coding

Lightweight image super-resolution network via two-stage information distillation

Li Minghong, Chang Kan, Li Hengxin, Tan Yufei, Qin Tuanfa 0991

Superpixel segmentation with texture awareness

Wu Jiang, Liu Chunxiao 1006

Image Analysis and Recognition

Salient object detection based on deep clustering attention mechanism

Chen Qingwen, Xie Hongwen, Zha Hao, Xi Yu, Zhang Xue 1017

Vehicle logo recognition method based on feature enhancement

He Minxue, Yu Ye, Cheng Ruqiu 1030

Medical Image Processing

Optic disc and cup segmentation by combining context and attention

Liu Hongpu, Zhao Yihao, Hou Xiangdan, Guo Hongyong, Ding Mengyuan 1041

Remote Sensing Image Processing

SAR inshore ship detection algorithm in complex background

Ruan Chen, Guo Hao, An Jubai 1058

Radar echo extrapolation algorithm based on adversarial long short-term memory network

Fang Wei, Pang Lin, Zhang Feihong, Sheng Victor S 1067

Parallel remote sensing image encryption algorithm based on chaotic map and DNA encoding

Zhou Hui, Xie Hongwei, Zhang Hao, Zhang Huiting 1081

China LiDAR Conference 2020

Tree stem segmentation of laser scanning point clouds based on graph matching algorithm

Xu Shanshan 1095

Point cloud semantic segmentation method based on multi-feature fusion and residual optimization

Du Jing, Cai Guorong 1105

NCIG 2020

Image extraction of cartoon line art based on cycle-consistent adversarial networks

Wang Suqin, Zhang Jiaqi, Shi Min, Zhao Yinjun 1117

Spatiotemporal data learning of graph convolutional neural network for epidemic prediction of COVID-19

Yang Chengyi, Liu Feng, Qi Jiayin, Duan Yan, Lyu Runqian, Xiao Zilong 1128

Blind color image watermarking method combining Hamming code with image correction

Liu Decheng, Su Qingtang, Yuan Zihan, Zhang Xueting 1138

All bit planes reversible data hiding for images with high-embedding-rate in ciphertext field

Zhou Xu, Wu Fuhu, Chen Zhili, Ren Shuai 1147

LiDAR data enhancement via pseudo-LiDAR point cloud correction

Song Xujie, Dai Sunhao, Lin Chunyu, Zhan Shutao, Zhao Yao 1157

Frontier

Research progress and development direction of Chinese remote sensing software: taking PIE as an example

Liu Dongsheng, Liao Tongkui, Sun Huanying, Ren Fang 1169

中图法分类号: TP391 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2021)05-0978-13

论文引用格式: Zhang Y J. 2021. Image engineering in China; 2020. Journal of Image and Graphics, 26(05):0978-0990(章毓晋. 2021. 中国图像工程; 2020. 中国图象图形学报, 26(05):0978-0990)[DOI:10.11834/jig.210233]

中国图像工程: 2020

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二十六。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, 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 2020 年度图像工程相关文献进行了统计和分析。具体是从国内 15 种有关图像工程重要中文期刊在 2020 年发行的共 154 期上所发表的 2 785 篇学术研究和应用技术文献中, 选取 813 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、技术应用的综述评论 5 个大类, 然后进一步分入 23 个专业小类(与前 15 年相同), 并在此基础上分别进行各期刊与各类文献的统计和分析。根据对 2020 年统计数据的分析可以看出: 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、人体生物特征提取和验证等都是研究的焦点。另外, 遥感、雷达、声呐、测绘以及生物、医学等领域的图像技术开发和应用最为活跃。总的来说, 中国图像工程在 2020 年的研究深度和广度还在继续提高和扩大, 仍保持着快速发展的势头。综合 26 年的统计数据还为读者提供了更全面和更可信的各研究方向发展趋势的信息。

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: 2020

Zhang Yujin

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

Abstract: This is the 26th 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. Specifically, considering the wide distribution of related publications in China, 813 references on image engineering research and technique are selected carefully from 2 785 research papers published in 154 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 15 years). Analysis and discussions about the statistics of the results of classifications by journal as well as by category are also presented. Analysis on the statistics in 2020 shows that image analysis is receiving the most attention, in which the focuses are mainly on object detection and recognition, image segmentation and edge detection, as well as human biometrics detection and identification. In addition, the studies and applications of image technology in various areas, such as remote sensing, radar, sonar and mapping, as well as biology

收稿日期: 2021-03-18; 修回日期: 2021-04-13; 预印本日期: 2021-04-20

and medicine are continuously active. In conclusion, this work shows a general and up-to-date picture of the various continuing progresses, either for depth or for width, of image engineering in China in 2020. The statistics for 26 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

图像工程是一门逐步得到关注的综合学科,它系统地对各种图像理论进行研究,对各种图像技术进行开发,还对各种图像设备进行研制和使用(Zhang,1996a)。从它的覆盖领域来看,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(章毓晋,1996b,1996c)。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,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。图像工程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诸多领域。

从1996年到2020年,笔者已连续撰写了26篇(其中前两篇为同年发表在接续的两期上)统计图像工程研究应用文献的综述性文章(章毓晋,1996b,1996c,1997,1998,1999,2000,2001a,2002a,2003b,2004,2005,2006b,2007a,2008,2009a,2010,2011b,2012,2013a,2014,2015d,2016,2017a,2018b,2019,2020),每篇综述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(章毓晋,1999)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(章毓晋,2021)。

本文是关于中国图像工程的年度文献综述系列之二十六。从2020年刊载在国内15种中国图像工程重要期刊上的2785篇中文文献中,选出了813篇有关图像工程的文献,并对其进行了专业分类和统计(包括文献选取情况,期刊刊登情况和各个类别数量情况),还结合分类和统计结果对2020年中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(章毓晋,1996b)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,2006b),曾对该文献综述原先的3个主要目的(章毓晋,1996b,1996c,1997,1998,1999,2000,2001a,2002a,2003b,2004,2005)进行了新的讨论。下面概述这3个主要目的和讨论结果:

1)概括中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,不仅可以帮助学者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。

经过四分之一世纪的发展,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(章毓晋,2002b),且也在多年实践中得到了验证,所以本文文献综述系列已达到该目的,而且会继续发挥作用。

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、覆盖领域面大,有关文献的内容涉及方向多,文献的分布比较广泛的特点。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,以达到共同发展中国图像工程事业的目的。

现在,本文文献综述系列已进入了第26个年头。

随着网络的发展,许多研究人员常借助关键词等上网来搜索相关文献,而不再有规律地翻阅相应的期刊。从这个角度来说,该系列帮助学者选择期刊这一目的有一定的变化。然而需要指出,该综述系列所提供的并不只是文献的简单罗列,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更准确可靠。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。对网上海量文献,如不进行专业的归纳分析,也会使人不知所从。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,因此需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到参考和导向作用。需要指出,该综述系列的统计结果相对来说比较客观,文献的分类有一定的客观标准,而大数量的统计也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。从期刊编者的角度来说,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实际中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的专业特点,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,该工作对揭示中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(章毓晋和李睿, 2001)。

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,本综述系列对期刊选取的原则基本保持了一致性(章毓晋, 1996b, 1996c, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001a, 2002a, 2003b, 2004, 2005, 2006b, 2007a, 2008, 2009a, 2010, 2011b, 2012, 2013a, 2014, 2015d, 2016, 2017a, 2018b, 2019, 2020),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(章毓晋, 1999)。本综述系列从开始以来也一直选取这些期刊作为文献源(章毓晋, 1996b, 1996c, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001a, 2002a, 2003b, 2004, 2005, 2006b, 2007a, 2008, 2009a, 2010, 2011b, 2012, 2013a, 2014, 2015d, 2016, 2017a, 2018b, 2019, 2020)。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 15 种期刊仍然与历年本综述系列中选取的期刊(章毓晋, 1996b, 1996c, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001a, 2002a, 2003b, 2004, 2005, 2006b, 2007a, 2008, 2009a, 2010, 2011b, 2012, 2013a, 2014, 2015d, 2016, 2017a, 2018b, 2019, 2020)保持了一致。

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,这使得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基本都可以通过“中国知网(www.cnki.net)”或刊物(编辑部)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文献所使用的基本选取原则与本综述系列前25年的原则(章毓晋,1996b,1996c,1997,1998,1999,2000,2001a,2002a,2003b,2004,2005,2006b,2007a,2008,2009a,2010,2011b,2012,2013a,2014,2015d,2016,2017a,2018b,2019,2020)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)、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2020年出版的期刊(未考虑增刊(章毓晋,1997))上发表的文献。

图像工程文献涉及内容多,覆盖面广,规范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研究方向、技术特点或应用领域进一步分成不同的小类(章毓晋,1996b,1996c,1997,1998,1999,2000,2001a,2002a,2003b,2004,2005,2006b,2007a,2008,2009a,2010,2011b,2012,2013a,2014,2015d,2016,2017a,2018b,2019,2020)。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”中均包含了18个小类(章毓晋,1996b,1996c,1997,1998,1999,2000),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2000年的综述开始,在继承文献5个大类(由图像工程的整体框架确定)的格局基础上,在图像处理、图像分析和图像理解3大类中的每类各增加了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,2003b,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),这样,本综述系包括了23个小类(章毓晋,2006b)。近年来,图像工程的研究有一些新的动向和趋势,但从它们的文献数量上看,还没有形成足够集中和完全独立的持续关注方向,所以虽然本综述系列现已经过了5个“五年”,但按照近年对图像工程文献内容的分析(对2020年的分析见下),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(章毓晋,2006b,2007a,2008,2009a,2010,2011b,2012,2013a,2014,2015d,2016,2017a,2018b,2019,2020)。需要指出,尽管这些年来各个小类的名称基本未变,但考虑到技术的发展变化,对表1里所用名词和文字内容还是进行了一些调整和充实。表1里名称和内容中各名词的定义可参见章毓晋(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,从2020年出版的15种期刊共154期上所发表的2785篇文献中,选出了内容与图像工程密切有关的813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,但根据本综述系列的一贯方案,根据该文献的主要研究内容或主要技术观点仅归入一个小类(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)。从粗到细

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(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/恢复(包括变换、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(包括算法研究、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(包括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(包括人体、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(包括序列、立体图的配准、镶嵌等)
		C2	场景恢复(3-D 景物建模、重构或重建、表达、描述等)
		C3	图像感知和解释(包括语义描述、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(包括相应的标注、语义描述、场景分类等)
		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(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(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)

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 26 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 26 年中对前述 15 个期刊所登载的文献的数量(文献总数)、从中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 26 年进行的,5 个分类栏中括号内的百分率数据为该文献数量在(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 绘出了 1995 年到 2020 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。图 2 绘出了近 26 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)2020 年 15 个期刊的总出版期数比 2019 年增加了 6 期,达到 154 期。但是,2020 年所统计到的文献总数比 2019 年的文献总数仍有下降。在

表2 1995–2020年图像工程文献选取和分类表

Table 2 Selection and categorization of image engineering publications over the last 26 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	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)
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 (0.66)
2020	2 785	813	29.19	153 (18.8)	300 (36.9)	134 (16.5)	217 (26.7)	9 (1.11)
小计	67 825	16 669	—	5 024 (30.14)	5 380 (32.28)	2 507 (15.04)	3 608 (21.64)	150 (0.90)
平均	2 609	641	24.58	193	207	96	139	6

注:“—”表示无数据。

2020年,只有一篇英文文献没有纳入统计,可见这些期刊有效版面空间还是有明显增加。2020年这15个期刊的发文总数进一步减少的原因应该还是如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)。

2)虽然2020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2019年却有明显增加(超过6.0%)。文献总数下降,而选取的文献总数增加,这使得2020年的文献选取率首次超过29.00%,达到了历史最高。而且该选取率也使得综

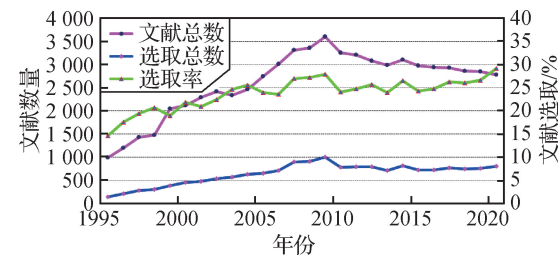


图1 1995 年到 2020 年图像工程文献选取曲线

Fig. 1 Selection curves for image engineering publications from 1995 to 2020

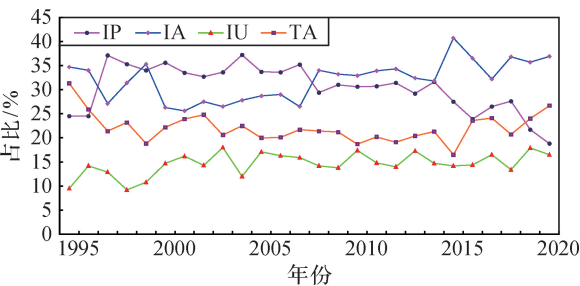


图2 1995 年到 2020 年图像工程文献分类曲线

Fig. 2 Categorization curves for image engineering publications from 1995 to 2020

述系列的平均选取率继续增加,也达到了历史最高。这进一步反映了图像工程的研究是相关信息领域中持续关注的方向和热点。

3)2020 年图像分析大类的文献数量仍然在各个大类中排名第 1,也是近 10 年数量最多的一年。另外,图像处理大类的文献数量仍有下降。在 2020 年,图像分析大类的文献数量几乎是图像处理大类文献数量的两倍,这是从来没有过的。正如在对 2017 年的综述(章毓晋, 2018b)中所指出的,这是图像工程的研究由低层向高层发展的结果。

4)在 2020 年,技术应用大类的文献数量继续超过图像处理大类的文献数量,并且差距进一步拉大。这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。

4.2 2020 年各刊图像工程文献刊载情况

表 3 给出了对各刊 2020 年文献选取情况以及分 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有关图像工程的文献数量;选取比

表 3 各刊 2020 年图像工程文献选取分类一览表

Table 3 Summary of selected image engineering publications in 2020 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				
						A	B	C	D	E
CT 理论与应用研究(CT)	6	86	12	13.95	1.48	4	1		7	
测绘学报(CX)	12	150	48	32.00	5.90	2	14	11	21	
电子测量和仪器学报(DC)	12	312	66	21.15	8.12	12	18	13	22	1
电子学报(DX)	12	319	69	21.63	8.49	16	28	14	11	
电子与信息学报(DxX)	12	372	65	17.47	8.00	22	25	3	15	
计算机学报(JX)	12	142	22	15.49	2.71	6	4	8	3	1
模式识别与人工智能(MR)	12	112	58	51.79	7.13	4	29	16	9	
数据采集与处理(SC)	6	117	31	26.50	3.81	8	11	4	8	
通信学报(TX)	12	238	20	8.40	2.46	8	6	3	3	
信号处理(XC)	12	232	65	28.02	8.00	18	23	12	12	
遥感学报(YX)	12 ⁽¹⁾	123	50	40.65	6.15	8	7	2	33	
中国生物医学工程学报(ZS)	6	94	23	24.49	2.83	4	4	1	14	
中国体视学与图像分析(ZTi)	4	48 ⁽²⁾	26	54.17	3.20	9	5	2	10	
中国图象图形学报(ZTu)	12	223	208	93.27	25.58	23	105	31	43	6
自动化学报(ZX)	12	217	50	23.04	6.15	9	20	14	6	1
小计	154	2 785	813	29.19	100.00	153	300	134	217	9

注:(1) 2020 年改为月刊;(2)另有英文一篇。

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研究、应用和发展的贡献)。

表3中右侧的分类栏中根据表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分大类的数量情况。从中可以看出各期刊的主要覆盖领域范围和文献内容特点。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)等4个大类(综述评论大类(E)文献数量较少,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》的文献内容没有完全覆盖上述4个大类。不过,各刊也有各自的专业特点,这可从各刊在各个类别的相对数量看出。结合起来可以看出,不同刊物在内容上有一些互补性,它们综合起来提供了对图像工程各个方向的完整覆盖。

为更加直观地进行互比较,图3将各期刊在2020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:

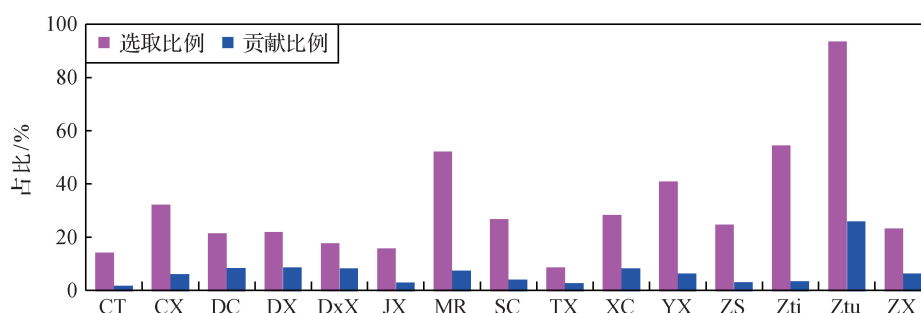


图3 各刊2020年的图像工程文献选取比例和贡献比例

Fig. 3 Selection ratio and contribution ratio of image engineering publications in 2020 over 15 journals

1) 各刊的选取比例给出了2020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,超过了93%,稳居所有期刊第一(事实上也是一直占据榜首)。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2020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《遥感学报》,选取比例都超过了40%(前两个都超过了50%),图像工程的数量在这些刊物上都名列前茅,值得相关读者持续关注。

2) 在文献计量学中,有7个指标常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。因为这里关心的是不同期刊的相互比较,所以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总数量中所占的比例,这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做的贡献。从学科发展的意义上讲,这个比例很值得重视。由表3可见,《中国图象图形学报》的贡献比例在2019年超过了25%(历史最高),仍与其创刊20多年以来一样保持最大。这正如文献(章毓晋和胡峰,2006c)中已指出的,它说明《中国图象图形学报》在反映中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,2007c),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《电子学报》、《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 2020 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 中各刊物的选取数量或贡献比例可见, 发表在相关文献集中程度最高的 5 种期刊, 即《中国图象图形学报》、《电子学报》、《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 58% 还多, 约为另外 10 种期刊总和的 1.4 倍。

4.3 2020 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度的研究工作(及撰写的科技论文)常常会集中在若干个研究方向上, 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方向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 2020 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 2020 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 2020

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	3					1										1					6	
[CX]	1					1	7	1		6		8		3								21	
[DC]	2	2	5		2	1	7	1	1	4	5	7		1		5	1		3		7	11	1
[DX]	4	2	6	1	2	1	4		4	17	3	1		4	1	8	1			3	6	1	
[DxX]	7		8	1	6		5		6	7	7	1	1		1		1	1		1	8	4	
[JX]	1		4		1		1	1	1		1		1	1	4	2		2		1			1
[MR]			2			2	3		3	15	8	4		2	6	4			4	1	2	2	
[SC]	1	1	4			2	1		2	6	2	1	1		2		1	1		2		4	
[TX]	1		3		4		2			1	3				2	1		1			2		
[XC]	2		6	2	6	2	4		2	7	10	3	1		5	3	1				7	4	
[YX]	6		1			1	4			3		2					1				31	1	
[ZS]	2	2					4					1								14			
[ZTi]		4	4			1	1	3		1		2					2			1		7	
[ZTu]	3		9	2	7	2	43	1	13	24	24	13	2	2	7	7			3	25	13	2	6
[ZX]	2	1	4			2	3	1	6	2	8	5	3	1	1	4			1		2	3	1
小计	33	15	56	6	28	15	90	8	38	93	71	48	9	14	29	34	9	5	11	48	99	45	9

为了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, 1996b, 1996c, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001a, 2002a, 2003b, 2004, 2005, 2006b, 2007a, 2008, 2009a, 2010, 2011b, 2012, 2013a, 2014, 2015d, 2016, 2017a, 2018b, 2019, 2020)比较可以看出:

1) 在 2020 年, 小类“D5: 遥感、雷达、声呐、测绘

等”的文献数量又一次排名第 1(上次是 2017 年)。这个小类近年一直是图像工程应用文献数量最多的小类, 如果将与其密切相关的小类“C1: 图像匹配融合等”结合考虑, 这表明这是一个近年图像工程研究和应用结合的热点领域。

2) 在 2020 年, 排名第 2 的小类“B4: 目标检测和识别”的文献数量超过了 90。事实上, 过去的五年中, 该小类的文献数量除 2017 年外均排名第 1, 可见该方向的研究得到关注的程度。根据该小类文献的题目, 可发现今年出现最多的词是“检测”或

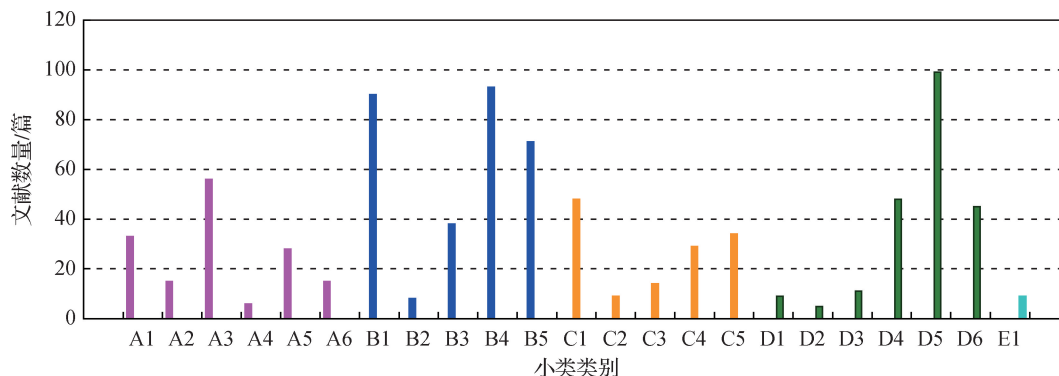


图4 2020 年对 23 个小类进行文献分类的结果

Fig. 4 Classification results for selected publications in 23 classes for 2020

“跟踪”,其中题目中有“检测”的为33篇,有“跟踪”的为25篇;另外,借助深度学习方法的有17篇,而利用各种神经网络的文献数量有23篇。这都延续了前两年该小类的特点。

3)在2020年,小类“B1:图像分割和边缘检测”的文献数量排名第3(且数量比去年增加了1/3),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),图像分割常常更多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广泛性和一般性。由于成像条件的变化性和分割对象的多样性,尽管图像分割已有近60年的历史(Zhang, 2015c),它仍然是图像分析中的一个难点和热点。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, 2006a),但还有许多尚未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)。在2020年的该小类文献中有16篇在题目中用了“语义分割”一词,但仅使用“分割”一词的有50多篇。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”比使用“分割”增加的信息量并不是很多。

4)在2020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”,与2019年排名相同。其中,有关行人检测和识别(包括再识别/重识别)的文献数量有20多篇,有关表情识别文献数量也有10多篇(国际上的一些相关工作可见文献(Zhang, 2011a)),相对来说有关人脸识别(一些基

本原理和具体方法(章毓晋, 2009b; Zhang, 2015a))的文献数量已不太多了(应用开始多起来了)。

5)在2020年,文献数量排名第5的仍然是小类“A3:图像增强/恢复”。其中有关图像恢复/复原的研究比较多,还有较多的利用图像恢复/复原原理进行去雾和去雨的工作(国际上也有相关的去雪(Huang等, 2020)和沙尘(Park和Eom, 2021)的工作)。

另外,有一些小类统计数据的变化也值得指出:

6)在图像技术应用大类中,小类“D4:生物、医学”的文献数量比2019年有比较明显的增加,并列排名第6。随着人们对卫生健康的不断重视,可以预料这种增长将稳步前进。

7)在图像技术应用大类中,小类“D6:其他技术应用”的文献数量与前两年类似都比较多。事实上,随着图像技术的发展,许多新的应用领域得到开发,许多新的仪器设备研制了出来,图像技术正向更广泛的范围拓展。

8)在图像理解大类下,小类“C5:时空技术”的文献数量在2020年继续增加,仍然保持大类中第2的位置。虽然作为一个有望得到更多关注和更深入研究的新方向(章毓晋, 2013b),但该小类自从加入对2005年的综述(章毓晋, 2006b)以来,经历了多年的低位徘徊。这种情况一直到2019年才有了比较大的变化,今年又延续了良好的势头,这种趋势正应了文献(Zhang, 2018c)的预测。

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年和2020年也

都有了比较明显的增加。在这个方向上,虽然说原来的典型研究内容(章毓晋, 2003a)已基本成熟,但广泛的应用还未到来。另外,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(Zhang, 2007b, 2015e)。

5 结 语

本文是关于中国图像工程的年度文献综述系列之二十六。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2020年在中国图像工程重要期刊上发表的813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,以及所选期刊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(章毓晋, 1996b, 1996c, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001a, 2002a, 2003b, 2004, 2005, 2006b, 2007a, 2008, 2009a, 2010, 2011b, 2012, 2013a, 2014, 2015d, 2016, 2017a, 2018b, 2019, 2020)的综合比较可以看出:2020年图像工程的研究和应用在中国又有了许多新的进展。考虑到近年来中国科技的进步和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2020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重要期刊。

本综述系列的一个特点是从开始至今一直选取了统一相同的15种期刊,对文献的选取原则也基本保持了一致,对文献所用的统计和分类准则也有延续性,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, 2018a)。综合考虑整个综述系列,从中除了可以了解过去和当前中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。另外,该综述系列对揭示中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(章毓晋和李睿, 2001c)。所以,虽然这个工作

随着该领域的发展,涉及到的文献数量 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缺的(Rosenfeld, 2000))。该工作已证明是很有意义的。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(邱均平和王曰芬, 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”。

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)
- Huang S C, Jaw D W, Chen B H and Kuo S Y. 2020. Single image snow removal using sparse representation and particle swarm optimizer. ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology, 11 (2): 1-15 [DOI: 10.1145/3372116]
- 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)
- Park T H and Eom I. 2021. Sand-dust image enhancement using successive color balance with coincident chromatic histogram. IEEE ACCESS, 9: 19749-19760 [DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3054899]
- 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]
- 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)
- Zhang Y J. 1996a. Image engineering and bibliography in China. Technical Digest of International Symposium on Information Science and Technology, 158-160
- Zhang Y J. 1996b. Image engineering in China; 1995. Journal of Image and Graphics, 1(1): 78-83 (章毓晋. 1996b. 中国图象工程: 1995. 中国图象图形学报, 1(1): 78-83) [DOI: 10.11834/jig.19960115]
- Zhang Y J. 1996c. Image engineering in China; 1995 (Supplement). Journal of Image and Graphics, 1(2): 170-174 (章毓晋. 1996c. 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. 中国图象工程: 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. 中国图象工程; 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. 中国图象工程; 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. 中国图象工程; 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. 中国图象工程; 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. 图象分割. 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. 中国图象工程; 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. Content-Based Visual Information Retrieval. Beijing: Science Publishers (章毓晋. 2003a. 基于内容的视觉信息检索. 北京: 科学出版社)
- Zhang Y J. 2003b. Image engineering in China; 2002. Journal of Image and Graphics, 8(5): 481-498 (章毓晋. 2003b. 中国图象工程; 2002. 中国图象图形学报, 8(5): 481-498) [DOI: 10.11834/jig.200305172]
- 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. Advances in Image and Video Segmentation. Hershey, Philadelphia, USA: IRM Press, 2006
- Zhang Y J. 2006b. Image engineering in China; 2005. Journal of Image and Graphics, 11(5): 601-623 (章毓晋. 2006b. 中国图像工程; 2005. 中国图象图形学报, 11(5): 601-623) [DOI: 10.11834/jig.200605102]
- 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, 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. Advances in Face Image Analysis: Techniques and Technologies. Hershey, Philadelphia, USA: IGI Global
- Zhang Y J. 2011b. Image engineering in China; 2010. Journal of Image and Graphics, 16(5): 693-702 (章毓晋. 2011b. 中国图像工程; 2010. 中国图象图形学报, 16(5): 693-702) [DOI: 10.11834/jig.20110531]
- 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. A comprehensive survey on face image analysis// Khosrow-Pour M. Encyclopedia of Information Science and Technology. 3rd ed. USA: Information Resources Management Association; Chapter 47 (491-500)
- Zhang Y J. 2015b. An English-Chinese Dictionary of Image Engineering. 2nd ed. Beijing: Tsinghua University Press (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, Chapter 584 (5906-5915)
- Zhang Y J. 2015d. Image engineering in China; 2014. Journal of Image and Graphics, 20(5): 585-598 (章毓晋. 2015d. 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. 2015e. 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; Chapter 123 (1294-1303)
- 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. 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; 1319-1330
- Zhang Y J. 2018b. Image engineering in China; 2017. Journal of Image and Graphics, 23(5): 617-628 (章毓晋. 2018b. 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. 2018c. The Understanding of Spatial – Temporal Behaviors. Encyclopedia of Information Science and Technology, 4th ed. USA: IGI Global; 1344-1354
- 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. 2020. Image engineering in China; 2019. Journal of Image and Graphics 25(5): 864-878 (章毓晋. 2020. 中国图像工程; 2019. 中国图象图形学报, 25(5): 864-878) [DOI: 10.11834/jig.200102]
- Zhang Y J. 2021. Twenty-five years of image engineering in China. Journal of Image and Graphics. 26 (章毓晋. 2021. 中国图像工程25年. 中国图象图形学报, 26) [DOI: 10.11834/jig.200395]
- 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-yi@tsinghua.edu.cn