

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

中国图象学报 中国图形学报

2022
04
VOL.27

ISSN1006-8961
CN11-3758/TB



口罩人脸姿态分类 P1125



第27卷第4期（总第312期）
2022年4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@aircas.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 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@aircas.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



残差密集结构的东巴画渐进式重建(第1084页)



结合双模板融合与李生网络的鲁棒视觉目标跟踪(第1191页)



注意力机制的曲面沉浸式投影系统补偿(第1238页)

综述

中国图像工程: 2021

章毓晋 1009

人脸伪造及检测技术综述

曹申豪, 刘晓辉, 毛秀青, 邹勤 1023

数据集论文

MTMS300: 面向显著物体检测的多目标多尺度基准数据集

李楚为, 张志龙, 李树新 1039

图像处理和编码

利用条件生成对抗网络的光场图像重聚焦

谢柠宇, 丁宇阳, 李明悦, 刘渊, 律睿悠, 晏涛 1056

二阶变分图像恢复模型的重启动快速ADMM方法

宋田田, 潘振宽, 魏伟波, 李青 1066

残差密集结构的东巴画渐进式重建

蒋梦洁, 钱文华, 徐丹, 吴昊, 柳春宇 1084

图像分析和识别

融合自注意力机制的生成对抗网络跨视角步态识别

张红颖, 包雯静 1097

着装场景下双分支网络的人体姿态估计

吕中正, 刘骊, 付晓东, 刘利军, 黄青松 1110

嵌入双尺度分离式卷积块注意力模块的口罩人脸姿态分类

陈森椒, 刘文波, 张弓 1125

联合损失优化下的高相似度奶山羊身份识别

尚诚, 王美丽, 宁纪锋, 李群辉, 姜雨, 王小龙 1137

对抗一致性约束的无监督域自适应绝缘子检测

李梅玉, 李仕林, 赵明, 方正云, 张亚飞, 余正涛 1148

注意力机制改进轻量SSD模型的海面小目标检测

贾可心, 马正华, 朱蓉, 李永刚 1161

注意力引导网络的显著性目标检测

何伟, 潘晨 1176

结合双模板融合与李生网络的鲁棒视觉目标跟踪

陈志良, 石繁槐 1191

流形正则化约束的图像语义分割

肖振久, 宗佳旭, 兰海, 魏宪, 唐晓亮 1204

空洞可分离卷积和注意力机制的实时语义分割

王因, 侯志强, 蒲磊, 马素刚, 程环环 1216

自适应多任务学习的自动艺术分析

杨冰, 向学勤, 孔万增, 施妍, 姚金良 1226

虚拟现实与增强现实

注意力机制的曲面沉浸式投影系统补偿

雷清桦, 杨婷, 程鹏 1238

遥感图像处理

遥感影像空间分治快速匹配

卫春阳, 乔彦友 1251

Chinagraph 2020

结合门循环单元和生成对抗网络的图像文字去除

王超群, 全卫泽, 侯诗玉, 张晓鹏, 严冬明 1264

面向人体骨骼运动数据优化的双自编码器网络

李书杰, 朱海生, 王磊, 刘晓平 1277

采用蒸馏训练的时空图卷积动作识别融合模型

杨清山, 穆太江 1290

面向时变体数据的特征可视化方法

刘力 1302

ChinaVR 2020

带法向约束的隐式T样条曲线重构

任浩杰, 寿华好, 莫佳慧, 张航 1314

观看经度联合加权全景图显著性检测算法

孙耀, 陈纯毅, 胡小娟, 李凌, 邢琦玮 1322

CONTENTS

JOURNAL OF IMAGE AND GRAPHICS



Gradual model reconstruction of Dongba painting based on residual dense structure(P1084)



Double template fusion based siamese network for robust visual object tracking(P1191)



An attention mechanism based inter-reflection compensation network for immersive projection system(P1238)

Review

- Image engineering in China: 2021
Zhang Yujin 1009
- A review of human face forgery and forgery-detection technologies
Cao Shenhao, Liu Xiaohui, Mao Xiuqing, Zou Qin 1023

Dataset

- MTMS300: a multiple-targets and multiple-scales benchmark dataset for salient object detection
Li Chuwei, Zhang Zhilong, Li Shuxin 1039

Image Processing and Coding

- Light field image re-focusing based on conditional generative adversarial networks leverage
Xie Ningyu, Ding Yuyang, Li Mingyue, Liu Yuan, Lyu Ruimin, Yan Tao 1056
- Restart fast ADMM methods for second-order variational models of image restoration
Song Tiantian, Pan Zhenkuan, Wei Weibo, Li Qing 1066
- Gradual model reconstruction of Dongba painting based on residual dense structure
Jiang Mengjie, Qian Wenhua, Xu Dan, Wu Hao, Liu Chunyu 1084

Image Analysis and Recognition

- The cross-view gait recognition analysis based on generative adversarial networks derived of self-attention mechanism
Zhang Hongying, Bao Wenjing 1097
- Dual branch network for human pose estimation in dressing scene
Lyu Zhongzheng, Liu Li, Fu Xiaodong, Liu Lijun, Huang Qingsong 1110
- A embedded dual-scale separable CBAM model for masked human face poses classification
Chen Senqiu, Liu Wenbo, Zhang Gong 1125
- Joint loss optimization based high similarity identification for milch goats
Shang Cheng, Wang Meili, Ning Jifeng, Li Qunhui, Jiang Yu, Wang Xiaolong 1137
- Unsupervised domain adaptation insulator detection based on adversarial consistency constraints
Li Meiyu, Li Shilin, Zhao Ming, Fang Zhengyun, Zhang Yafei, Yu Zhengtao 1148
- Attention-mechanism-based light single shot multiBox detector modelling improvement for small object detection on the sea surface
Jia Kexin, Ma Zhenghua, Zhu Rong, Li Yonggang 1161
- The salient object detection based on attention-guided network
He Wei, Pan Chen 1176
- Double template fusion based siamese network for robust visual object tracking
Chen Zhiliang, Shi Fanhuai 1191
- Image semantic segmentation based on manifold regularization constraint
Xiao Zhenjiu, Zong Jiaxu, Lan Hai, Wei Xian, Tang Xiaoliang 1204
- Real-time semantic segmentation analysis based on cavity separable convolution and attention mechanism
Wang Nan, Hou Zhiqiang, Pu Lei, Ma Sugang, Cheng Huanhuan 1216
- Automatic art analysis based on adaptive multi-task learning
Yang Bing, Xiang Xueqin, Kong Wanzeng, Shi Yan, Yao Jinliang 1226

Virtual Reality and Augmented Reality

- An attention mechanism based inter-reflection compensation network for immersive projection system
Lei Qinghua, Yang Ting, Cheng Peng 1238

Remote Sensing Image Processing

- Spatial divide and conquer based remote sensing image quick matching
Wei Chunyang, Qiao Yanyou 1251

Chinagraph 2020

- Gate recurrent unit and generative adversarial networks for scene text removal
Wang Chaoqun, Quan Weize, Hou Shiyu, Zhang Xiaopeng, Yan Dongming 1264
- Dual auto-encoder network for human skeleton motion data optimization
Li Shujie, Zhu Haisheng, Wang Lei, Liu Xiaoping 1277
- Action recognition using ensembling of different distillation-trained spatial-temporal graph convolution models
Yang Qingshan, Mu Taijiang 1290
- A feature visualization method for time-varying volume data
Liu Li 1302

ChinaVR 2020

- Implicit T-spline curve reconstruction with normal constraint
Ren Haojie, Shou Huahao, Mo Jiahui, Zhang Hang 1314
- Saliency detection algorithm of panoramic images using joint weighting with observer's attention longitude
Sun Yao, Chen Chunyi, Hu Xiaojuan, Li Ling, Xing Qiwei 1322

中图法分类号: TP391 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2022)04-1009-14

论文引用格式: Zhang Y J. 2022. Image engineering in China; 2021. Journal of Image and Graphics, 27(04): 1009-1022 (章毓晋. 2022. 中国图像工程; 2021. 中国图象图形学报, 27(04): 1009-1022) [DOI: 10.11834/jig.220257]

中国图像工程: 2021

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二十七。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 2021 年度图像工程相关文献进行了统计和分析。具体从国内 15 种有关图像工程重要中文期刊在 2021 年发行的所有 154 期上所发表的学术研究和技术应用文献(共 2 958 篇)中, 选取出所有属于图像工程领域的文献(共 833 篇), 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 16 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。根据对 2021 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 2021 年的研究深度和广度还在继续提高和扩大, 仍保持了快速发展的势头。综合 27 年的统计数据还为读者提供了更全面和更可信的各个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: 2021

Zhang Yujin*

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

Abstract: This is the 27th 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, all references (833) on image engineering research and technique are selected carefully from the research papers (2 958 in total) published in all issues (154) 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 and 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

收稿日期: 2022-03-07; 修回日期: 2022-03-21; 预印本日期: 2022-03-28

* 通信作者: 章毓晋 zhang-yj@tsinghua.edu.cn

as biology 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 2021. The statistics for 27 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,并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, c)。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、心理和生理等基础学科的新理论以及电子、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,已经非常广泛,涉及通信、广播、网络、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2021年,笔者已连续撰写了27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, c, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001a, 2002a, 2003a, 2004, 2005, 2006a, 2007a, 2008, 2009a, 2010, 2011a, 2012, 2013a, 2014, 2015a, 2016, 2017a, 2018a, 2019, 2020, 2021a),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(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, 2021b)。

本文是关于中国图像工程的年度文献综述系列之二十七。本文从2021年刊载在国内15种中国图像工程重要期刊上的2 958篇中文文献中,选出了833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2021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于此综述系列文献第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, 2006a),曾对该文献综述原先的3个主要目的(章毓晋, 1996b, c, 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。

经过四分之一多世纪的发展,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(章毓晋, 2002b, 2021b),且也在多年实践中得到了验证,所以本文综述系列的这个目的已经达到,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、覆盖领域面大、有关文献的内容涉及方向多、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。

现在,本综述系列已进入第27个年头。随着近年网络的发展,近年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,2000b;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是比较客观的,因为文献的分类有一定的客观标准,而大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员提供的。从期刊编者的角度来说,虽然文献内容有了新的传播方式,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,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(章毓晋和李睿,2001c)。

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, c, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001a, 2002a, 2003a, 2004, 2005, 2006a, 2007a, 2008, 2009a, 2010, 2011a, 2012, 2013a, 2014, 2015a, 2016, 2017a, 2018a, 2019, 2020, 2021a),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, c, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001a, 2002a, 2003a, 2004, 2005, 2006a, 2007a, 2008, 2009a, 2010, 2011a, 2012, 2013a, 2014, 2015a, 2016, 2017a, 2018a, 2019, 2020, 2021a)。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2021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, c, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001a, 2002a, 2003a, 2004, 2005, 2006a, 2007a, 2008, 2009a, 2010,

2011a, 2012, 2013a, 2014, 2015a, 2016, 2017a, 2018a, 2019, 2020, 2021a)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2021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的文献时所使用的基本选取原则与本综述系列前26年的原则(章毓晋,1996b, c, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001a, 2002a, 2003b, 2004, 2005, 2006a, 2007a, 2008, 2009a, 2010, 2011a, 2012, 2013a, 2014, 2015a, 2016, 2017a, 2018a, 2019, 2020, 2021a)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版本)、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2021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,因此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, c, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001a, 2002a, 2003b, 2004, 2005, 2006a,

2007a, 2008, 2009a, 2010, 2011a, 2012, 2013a, 2014, 2015a, 2016, 2017a, 2018a, 2019, 2020, 2021a)。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, c, 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,所以从对2000年的综述开始,在继承文献分5个大类(由图像工程的整体框架所确定)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),这样,本综述系列包括了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2021年的分析见下),绝大多数文献仍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,2006a, 2007a, 2008, 2009a, 2010, 2011a, 2012, 2013a, 2014, 2015a, 2016, 2017a, 2018a, 2019, 2020, 2021a)。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2里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章毓晋(2021c)。

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2021年出版的15种期刊共154期上所发表的2958篇文献中,根据前述选取原则选出了内容与图像工程密切有关的833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

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2D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(3D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3D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)

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 27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27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27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绘出了这27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,其中横轴指示年度,左边纵轴指示文献数量(文献总数或选取总数),右边纵轴指示文献选取率。图2绘出了近27年文献分类中的图像处理(image processing, IP)、

图像分析 (image analysis, IA)、图像理解 (image understanding, IU) 和技术应用 (technique application, TA) 4 类文献数量的曲线 (横轴指示年度, 纵轴指示其占选取文献总数的百分率/%)。

表 2 最近 27 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 27 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)
2021	2 958	833	28.16	171 (20.5)	312 (37.5)	130 (15.6)	210 (25.2)	10 (1.20)
小计	70 783	17 535	—	5 195 (29.63)	5 692 (32.47)	2 637 (15.04)	3 818 (21.77)	160 (0.91)
平均	2 622	649	24.77	192	211	98	141	6

注：“—”表示无数据。

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) 2021 年 15 个期刊的总出版期数与 2020 年相同, 仍是 154 期。但 2021 年所统计到的文献总数

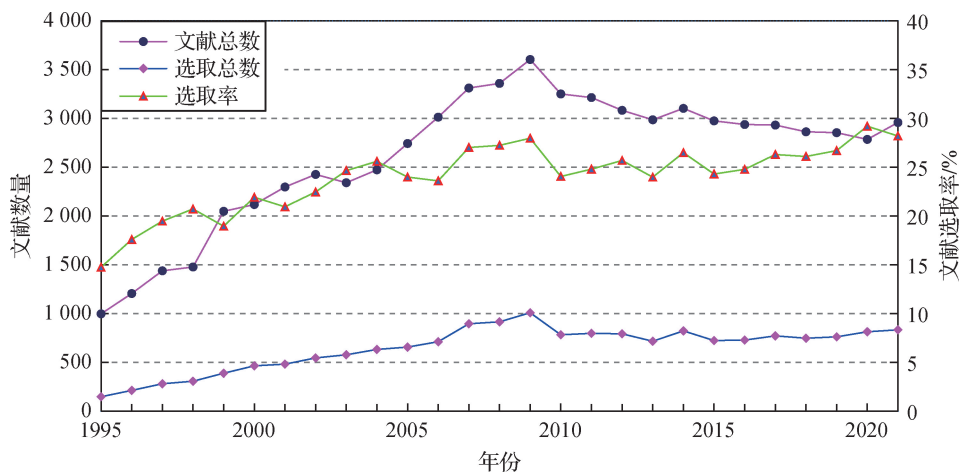


图1 最近27年图像工程文献选取曲线

Fig. 1 Selection curves for image engineering publications over the last 27 years

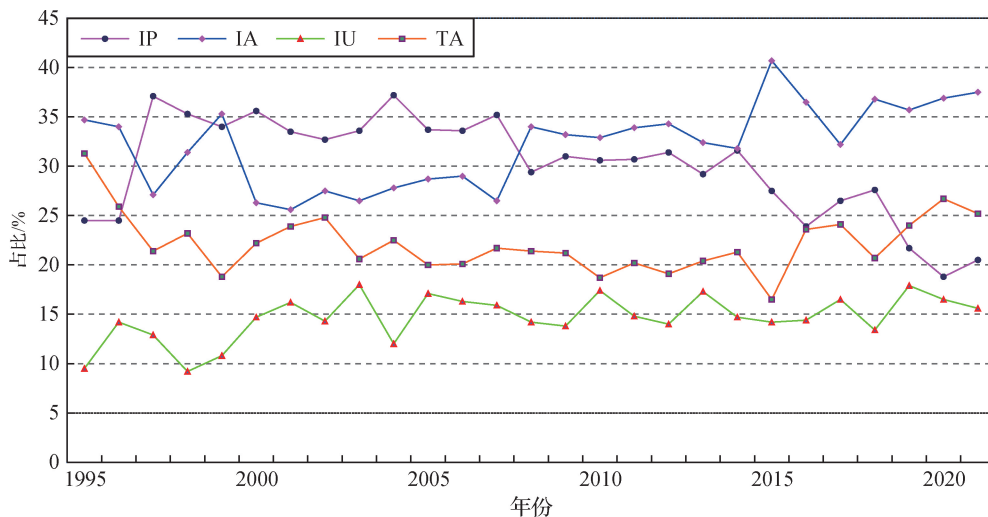


图2 最近27年图像工程文献分类曲线

Fig. 2 Categorization curves for image engineering publications over the last 27 years

比2020年的文献总数有增加。这里的主要原因是,在2021年,有些期刊的版面空间有了较明显的增加,而文献平均长度没有明显变化。

2)2021年统计的文献总数有了增加,同时2021年选取的文献总数也有了增加,不过选取率略有下降,但仍然是历史第二高,也使得综述系列的平均选取率继续增加,并达到了历史最高。从平均值来看,基本上这些期刊27年来发表的所有文献中有1/4与图像技术有关。这进一步反映了图像工程的研究是相关信息领域中得到持续关注的方向和热点。

3)2021年图像分析大类的文献数量仍然在各个大类中排名第1,也在历史上图像分析大类各年的文献数量中排第2,也在历史上图像分析大类在当年各大类文献数量的占比中居第2。还是如在对

2017年的综述(章毓晋,2018a)中所指出的,这是图像工程的研究逐步由低层向高层发展的结果。

4)在2021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。这应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(章毓晋,2021a)。

4.2 2021年各刊图像工程文献刊载情况

表3给出了对各刊2021年文献的选取情况以及分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,故没有在这里的分析中考虑)。有若干期刊的文献内容没有完全覆盖上述 4 个大类,在一定程度上反映了各刊的内容侧重和专业特点。这也可以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。

表 3 15 种期刊 2021 年图像工程文献选取分类一览表
Table 3 Summary of selected image engineering publications in 2021 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	10	11.63	1.20	5	1		4	
测绘学报(CX)	12	157	35	22.29	4.20		5	10	20	
电子测量和仪器学报(DC)	12	328	79	24.09	9.48	13	27	11	28	
电子学报(DX)	12	303	52	17.16	6.24	14	18	10	9	1
电子与信息学报(DxX)	12	458	89	19.43	10.68	30	37	9	13	
计算机学报(JX)	12	144	24	16.67	2.88	10	6	7	1	
模式识别与人工智能(MR)	12	108	58	53.70	6.96	10	34	9	5	
数据采集与处理(SC)	6	118	42	35.59	5.04	8	26	6	2	
通信学报(TX)	12	240	12	5.00	1.44	4	6		2	
信号处理(XC)	12	254	66	25.98	7.92	21	27	9	9	
遥感学报(YX)	12	179	51	28.49	6.12	12	10	10	18	1
中国生物医学工程学报(ZS)	6	87	22	25.29	2.64	5	3		14	
中国体视学与图像分析(ZTi)	4	46*	27	58.70	3.24	8	5	3	11	
中国图象图形学报(ZTu)	12	227	207	91.19	24.85	24	74	38	63	8
自动化学报(ZX)	12	223	59	26.46	7.08	7	33	8	11	
小计	154	2 958	833	28.16	100.00	171	312	130	210	10

注: * 表示另有英文一篇。

为更加直观地进行互相比,图 3 将各期刊在 2021 年的选取比例和贡献比例分别以柱形图显示出来。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 2021 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》的选取比例继续超过 90%,稳居所有期刊第 1(事实上

也是一直占据榜首)。这一事实表明,《中国图象图形学报》确实是最专门的图像工程期刊。接下来两个在 2021 年选取比例较高的期刊依次分别是《模式识别与人工智能》和《中国体视学与图像分析》,选取比例都超过了 50%。它们都是比较专门的图像工程刊物,值得相关读者持续关注。事实上,一般期刊每期发表的文献数量均为两位数(>10),所以,选取比例超过 20% 的期刊平均每期都会有两篇以上的相关文献(参见期刊选取第 3 个考虑)

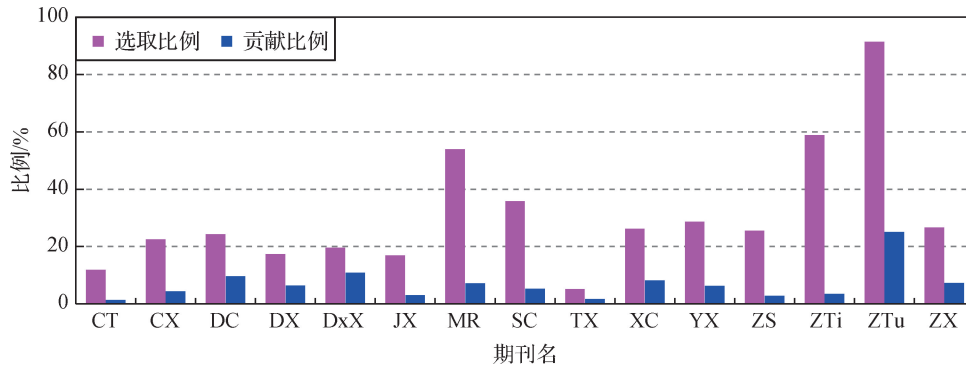


图3 各刊2021年的图像工程文献选取比例和贡献比例

Fig. 3 Selection ratio and contribution ratio of image engineering publications in 2021 over 15 journals

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之间的相互比较,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2021年接近25%,仍与其创刊20多年以来一样继续在这些期刊中保持最高比例。这正如章毓晋和胡峰(2006)所指出,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(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6.7%($\approx 1/15$)的期刊依次有《电子与信息学报》、《电子测量和仪器学报》、《信号处理》、《自动化学报》和《模式识别与人工智能》。另外,正如前几年就已指出的(章毓晋,2019):各种图像技术正越来越多地应用到涉及许多工业、生活领域的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2021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》、《电子与信息学报》、《电子测量和仪器学报》、《信号处理》和《模式识别与人工智能》上的图像工程文献数量占据总数的60%还多,约为另外10种期刊总和的1.5倍。

4.3 2021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(和撰写的科技论文)常常会集中在若干研究方向上,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的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2021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。

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以柱形图的形式来展示表4中23个小类分类统计的小计结果。

通过对表4和图4统计数据进行分析并与综述系列中前些年的对应数据(章毓晋,1996b, c, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001a, 2002a, 2003a, 2004, 2005, 2006b, 2007a, 2008, 2009a, 2010, 2011a, 2012, 2013a, 2014, 2015a, 2016, 2017a, 2018a, 2019, 2020, 2021a)进行比较可以看出:

1)在2021年,图像分析小类“B4:目标检测和识别”的文献数量超过了120并排名第1(2020年排名第2)。该小类的文献数量这些年来均排名在前2,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2021年出现最多的词是“检

表 4 2021 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 2021

期刊代号	小类类别																						
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5	D1	D2	D3	D4	D5	D6	E1
[CT]		4	1				1													2		2	
[CX]							2			3		9			1							18	2
[DC]	4	1	7		1		7	1	3	11	5	5	1			5	5		1	3	1		18
[DX]	3		7	2	2		4		2	7	5	2	3		4	1		1	3	3	2		1
[DxX]	15		8	1	5	1	8		4	16	9	2	1		1	5	4		2	1	4		2
[JX]	1		5		4		2			2	2	1	1	2	2	1							1
[MR]		2	5	1		2	11		3	14	6	2		2	3	2	1			3			1
[SC]			5	1	2		6		3	8	9	2			1	3	1						1
[TX]			1		3					5	1							1					1
[XC]	8		1	2	10		5		1	15	6	1	1		1	6					8		1
[YX]	9		3				2	1		7		9		1			1					17	1
[ZS]	4	1					3										1			13			
[ZTi]	2	3	2			1	2		1	1	1	3					1			4	2		4
[ZTu]	3		7	1	6	7	35		8	19	12	9	12	2	9	6	4	2	2	12	28	15	8
[ZX]	2		2		1	2	10		1	15	7	4	1		2	1	2		2	3			4
小计	51	11	54	8	34	13	98	2	26	123	63	49	20	7	24	30	20	4	10	44	80	52	10

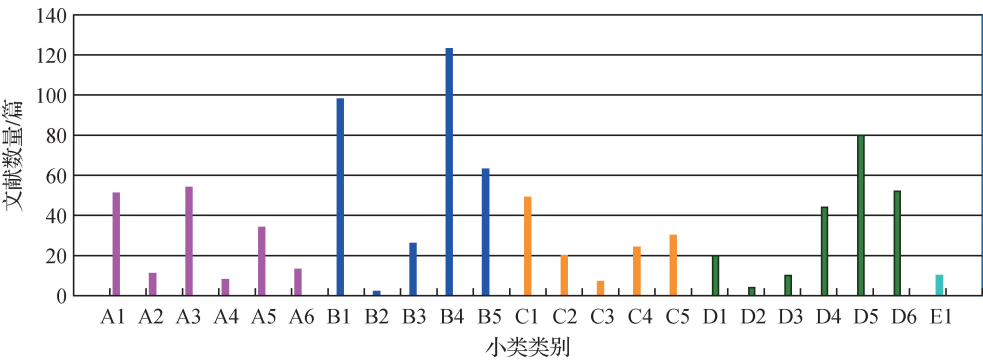


图 4 2021 年对 23 个小类进行文献分类的结果
Fig. 4 Classification results for selected publications in 23 classes for 2021

测”或“跟踪”,其中题目中有“检测”的为 36 篇,有“跟踪”的为 30 篇。另外,仅从题目就能看出借助深度学习或利用各种神经网络的有 37 篇。这些都延续了前 3 年该小类的特点。

2)在 2021 年,图像分析小类“B1:图像分割和边缘检测”的文献数量排名第 2,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等因素,所以尽管图像分割已有约 60 年的历史(Zhang, 2015b),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, 2018d),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, 2015b)。顺便指出,图像分割的原始定义强调两个

内容:将图像像素分类为区域,并提取所需区域。近年提出的全景分割概念包含两个内容(Kirillov等,2019):为每个像素分配类标签(称为语义分割),检测和提取每个对象实例(称为实例分割)。可见,语义分割基本对应原始定义中将图像像素分类为区域的部分,所以语义分割与图像分割并不是同等的概念。事实上,在2021年的该小类文献中仅有16篇在题目中用了“语义分割”一词,但仅使用“分割”一词的多达62篇。

3)在2021年,技术应用小类“D5:遥感、雷达、声呐、测绘等”的文献数量排名降到第3(2020年排名第1)。不过,如果将与其密切相关的研究小类“C1:图像匹配融合等”(其中多数文献涉及不同模态图像的融合及相关的配准工作)结合考虑,它们仍然构成了一个聚焦了非常多图像工程文献数量的领域。

4)在2021年,文献数量排名第4的是图像分析小类“B5:人体生物特征提取和验证”,这与2019年和2020年的排名相同。其中,有关行人检测和识别(包括再识别/重识别)的文献数量,有关表情识别的文献数量(国际上的一些相关工作可见Zhang(2011b)),以及有关人脸识别(一些基本原理和具体方法可见章毓晋(2009b)和Zhang(2015c))的文献数量相对较多,合计占该小类文献数量的一半多。其余文献主要涉及手势识别、步态识别等。

5)在2021年,文献数量排名第5的仍然是图像处理小类“A3:图像增强/恢复”。其中有关图像恢复/复原(包括去模糊、去雾)的工作比较多,还有图像增强(包括消噪声)的工作也比较多。这些传统的图像处理工作一方面由于采用了新的技术而有了新意;另一方面也由于应用领域的扩展带来了新的需要解决的问题。国际上有关图像恢复的一个综述可见Fayaz等人(2021)的论文。

另外,有一些小类统计数据的变化情况也值得指出:

6)在图像技术应用大类中,小类“D6:其他技术应用”的文献数量又有增加,排名到了第6。图像技术的应用不再局限于传统领域,许多新的应用领域得到开发,如智能交通、自动驾驶等,但目前领域还不太集中。

7)在图像技术应用大类中,小类“D4:生物、医学”的文献数量与2020年基本持平。随着人们对医

疗卫生健康的不断重视,可以预料这种情况将会持续下去。

8)在图像处理大类下,小类“A1:图像获取”的文献数量在2021年有较大增加(约50%),仍然保持大类中第2的位置(所有小类中第7)。随着更多成像设备和仪器的研制,成像模式和成像方法都越来越得到关注。

9)在图像理解大类下,小类“C5:时空技术”的文献数量也与2020年基本持平。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。这种情况一直到近3年才有了比较大的增加变化,这种趋势正应了Zhang(2018c)的预测。

10)在图像理解大类下,小类“C4:基于内容的图像和视频检索”的文献数量在这3年也都处于相对较高的水平增加。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,但应用实例还不太多。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,2015d)。

5 结 语

本文是关于中国图像工程的年度文献综述系列之二十七。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2021年在中国图像工程重要期刊上发表的833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,c,1997,1998,1999,2000,2001a,2002a,2003a,2004,2005,2006b,2007a,2008,2009a,2010,2011a,2012,2013a,2014,2015a,2016,2017a,2018a,2019,2020,2021a)的综合比较可以看出,2021年图像工程的研究和应用在我国又有了许多新的进展。考虑到近年来我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2021年的文献分析可知,目前研究方面

得到最多关注和取得最多成果的仍是图像分析技术(延续已有 10 多年),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都是关注的焦点;而在图像技术的应用方面,遥感、雷达和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, 2018b)。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。另外,该综述系列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(章毓晋和李睿, 2001)。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)
- Fayaz S, Parah S A, Qureshi G J and Kumar V. 2021. Underwater image restoration; a state-of-the-art review. IET Image Processing, 15(2): 269-285 [DOI: 10.1049/ipr2.12041]
- Kirillov A, He K M, Girshick R, Rother C and Dollár P. 2019. Panoptic segmentation//Proceedings of 2019 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). Long Beach, USA: IEEE: 9396-9405 [DOI 10.1109/00963]
- 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 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[M]. 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. 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. 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, USA: IRM Press, 2006
- 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, 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. Image engineering in China; 2010. Journal of Image and Graphics, 16(5): 693-702(章毓晋. 2011a. 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. 2011b. Advances in Face Image Analysis; Techniques and Technologies. Hershey, USA: IGI Global
- 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. Half century for image segmentation//Khosrow-Pour M. Encyclopedia of Information Science and Technology. 3rd ed. USA: Information Resources Management Association; 5906-5915
- Zhang Y J. 2015c. A comprehensive survey on face image analysis//Khosrow-Pour M. Encyclopedia of Information Science and Technology. 3rd ed. USA: Information Resources Management Association; 491-500
- 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; 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. 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. 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. 2018c. The Understanding of Spatial-Temporal Behaviors. 4th ed. Encyclopedia of Information Science and Technology; 1344-1354

Zhang Y J. 2018d. A critical overview of image segmentation techniques based on transition region. 4th Edition. Encyclopedia of Information Science and Technology; 1308-1318

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. 2021a. Image engineering in China; 2020. Journal of Image and Graphics 26(5): 978-990 (章毓晋. 2021a. 中国图像工程; 2020. 中国图象图形学报, 26(5): 978-990) [DOI: 10.11834/jig.210233]

Zhang Y J. 2021b. Twenty-five years of image engineering in China. Journal of Image and Graphics, 26(10): 2326-2336 (章毓晋. 2021b. 中国图像工程 25 年. 中国图象图形学报, 26(10): 2326-2336) [DOI: 10.11834/jig.200395]

Zhang Y J. 2021c. An English-Chinese Dictionary of Image Engineering. 3rd ed. Beijing: Tsinghua University Press (章毓晋. 2021c. 英汉图像工程辞典. 第 3 版. 北京: 清华大学出版社)

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“中国图像工程”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