

中图法分类号: TP391 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2024)05-1307-14

论文引用格式: Zhang Y J. 2024. Image engineering in China: 2023. Journal of Image and Graphics, 29(05): 1307-1320(章毓晋. 2024. 中国图像工程: 2023. 中国图象图形学报, 29(05): 1307-1320)[DOI: 10. 11834/jig. 240166]

中国图像工程: 2023

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二十九。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, 本文对2023年度发表的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2023年发行的所有154期上发表的学术研究和技术应用文献(共2 989篇)中, 选取出所有属于图像工程领域的文献(共865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18年相同), 并在此基础上分别进行了各个期刊及各类文献的统计和分析。根据对2023年统计数据的分析可以看出: 从研究角度看, 图像分析方向当前得到了最多的关注, 其中图像分割和基元检测、目标检测和识别以及人体生物特征提取和验证等都是研究的焦点; 从应用角度看, 遥感、雷达、声呐、测绘等领域最为活跃, 而且新的图像技术开发和应用领域拓展很快。总的来说, 中国图像工程在2023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29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: 2023

Zhang Yujin*

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

Abstract: This is the 29th 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 (865) on image engineering research and technique are selected carefully from the research papers (2 989 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 18 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 2023 shows that: from a research perspective, image analysis has currently received the most attention, with image segmentation and primitive detection, object detection and recognition, as well as human biometric feature extraction and

收稿日期: 2024-03-15; 修回日期: 2024-03-29; 预印本日期: 2024-04-05

* 通信作者: 章毓晋 zhang-yj@tsinghua.edu.cn

validation being the focus of research; from an application perspective, remote sensing, radar, sonar, surveying and mapping are the most active fields, and the development and application of new image technologies are expanding rapidly. 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 2023. The statistics for 29 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

图像工程是信息科学领域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,还对各种图像设备进行研制和使用(Zhang, 1996)。从它的覆盖内容来看,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, 1996a, b)。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、人工智能等专业学科新技术的支持。图像工程技术的应用范围已经非常广泛且在不断扩展,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2023年,笔者已连续撰写了29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, 1996a, b, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001a, 2002a, 2003, 2004, 2005, 2006a, 2007, 2008, 2009a, 2010, 2011a, 2012, 2013a, 2014, 2015a, 2016, 2017a, 2018a, 2019, 2020, 2021a, 2022, 2023),每篇综述性文章上涉及的统计文献均来自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、统计和分析,构成了一个已连续近30年的中国图像工程的年度文献综述系列(章毓晋, 2021b, 2023)。

本文是关于中国图像工程的年度文献综述系列之二十九。本文从2023年刊载在国内15种中国图像工程重要期刊上的2 989篇中文文献中,选出了865篇有关图像工程的文献(见附录),并对其进行专业分类和统计(包括文献选取、期刊刊登和各个类别数量等),还结合分类和统计结果对2023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, 1996a)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, b, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001a, 2002a, 2003, 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(以及一定程度上国际)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。

经过近30年的发展,应该说这个基本目的仍没有改变。事实上,近年来科技界对期刊的关注和重视更加强了,期刊文献对图像工程研究和应用的牵引指导作用也更大了。同时由于本综述系列对学科发展趋势的分析判断与实际情况相吻合(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是达到了,而且会继续起到它的作用。

2) 便利从事图像工程研究和图像技术应用的人员查阅有关文献。一门学科的重要期刊一般是受到该专业读者特别关注的期刊(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,本综述系列已进入了第29个年头。随着网络的发展,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并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所覆盖领域的重点,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,因为这里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。此外,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,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(且不断有所增加),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,1996a,b,1997,1998,1999,2000,2001a,2002a,2003,2004,2005,2006a,2007,2008,2009a,2010,2011a,2012,2013a,2014,2015a,2016,2017a,2018a,2019,2020,2021a,2022,2023),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,一般平均每期至少有两篇以上。

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,1996a,b,1997,1998,1999,2000,2001a,2002a,2003,2004,2005,2006a,2007,2008,2009a,2010,2011a,2012,2013a,2014,2015a,2016,2017a,2018a,2019,2020,2021a,2022,2023)。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, 1996a, b, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001a, 2002a, 2003, 2004, 2005, 2006a, 2007, 2008, 2009a, 2010, 2011a, 2012, 2013a, 2014, 2015a, 2016, 2017a, 2018a, 2019, 2020, 2021a, 2022, 2023)保持一致。

这里选取的15种期刊虽然是由多个不同单位(学会或机构)主办的,但多年来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,而且其全文文献的电子版也都可以通过“中国知网(www.cnki.net)”等平台或相应刊物(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的基本选取原则与本综述系列前28年的原则(章毓晋, 1996a, b, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001a, 2002a, 2003, 2004, 2005, 2006a, 2007, 2008, 2009a, 2010, 2011a, 2012, 2013a, 2014, 2015a, 2016, 2017a, 2018a, 2019, 2020, 2021a, 2022, 2023)仍然保持一致,这些原则主要是:

1) 以中文发表的(各刊上完全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2023年出版的期刊上发表的文献,未考虑增刊(章毓晋, 1997)。

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, 1996a, b, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001a, 2002a, 2003, 2004, 2005, 2006a, 2007, 2008, 2009a, 2010, 2011a, 2012, 2013a, 2014, 2015a, 2016, 2017a, 2018a, 2019, 2020, 2021a, 2022, 2023)。具体对文献的分类情况(名称和主要内容)如表1所示。

近30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, 1996a, b, 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,在继承文献分5个大类(由图像工程的整体框架所确定的)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, 2003, 2004, 2005)。从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),从此,本综述系列共包括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2023年的分析见下),绝大多数文献仍然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, 2007, 2008, 2009a, 2010, 2011a, 2012, 2013a, 2014, 2015a, 2016, 2017a, 2018a, 2019, 2020, 2021a, 2022, 2023)。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中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, 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

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,摄像机标定等)
		A2	图像投影重建(从投影等重建图像、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、描述及测量(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	目标检测与分类识别(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(人体、人脸和器官等的检测、定位、分类与识别等)
C	图像理解	C1	图像匹配和融合(立体图、序列图的配准、拼接、镶嵌等)
		C2	目标重建和场景恢复(3D 景物建模、重构或重建、表达、描述等)
		C3	图像描述和场景解释(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(包括相应的标注、语义描述、模态转换、场景分类等)
		C5	时空技术和行为理解(高维运动分析、3D 目标姿态检测、时空跟踪和举止判断等)
D	技术应用	D1	硬件、系统和设备以及快速、并行算法
		D2	通信、视频(电视、网络、广播等)的传输播放
		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	其他应用领域(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)

2023 年出版的 15 种期刊共 154 期上发表的 2 989 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 865 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)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 29 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 29 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 29 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 29 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,左边竖轴指示文献数量(文献总数或选取总数),右边竖轴指示文献选取率。图 2 绘出了这 29 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。

表 2 最近 29 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 29 years

年度	文献总数/ 篇	选取总数/ 篇	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)/篇				
				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 (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)
2022	3 096	908	29.33	220 (24.2)	284 (31.3)	129 (14.2)	267 (29.4)	8 (0.88)
2023	2 989	865	28.94	161 (18.61)	289 (33.41)	112 (12.95)	294 (33.99)	9 (1.04)
小计	76 868	19 308	—	5 576 (28.88)	6 265 (32.45)	2 878 (14.91)	4 379 (22.68)	177 (0.92)
平均	2 650	666	25.12	192	216	99	151	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) 2023 年文献选取率继续保持在高位上(历史第 3 高)。在它的带动下,整个综述的选取率(29 年

平均)首次超过了 1/4。选取率创纪录应是图像工程快速发展的一个佐证,这也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。

2) 2023 年另一个比较明显的特点是技术应用

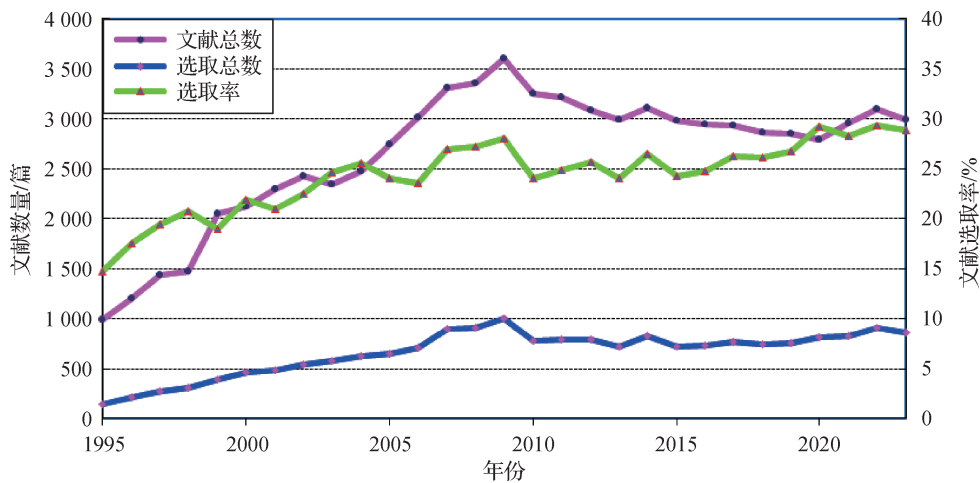


图 1 近 29 年图像工程文献选取曲线

Fig. 1 Selection curves for image engineering publications over the last 29 years

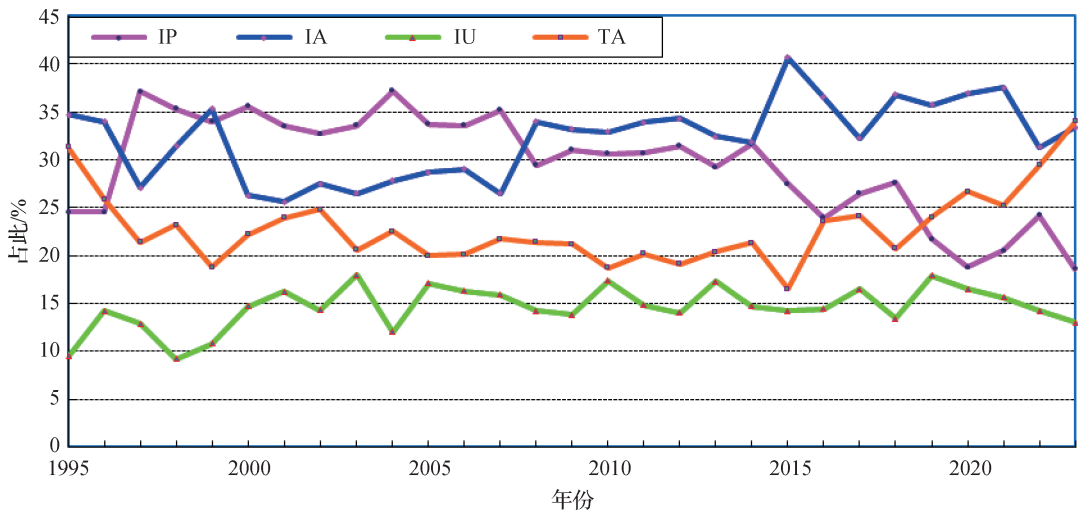


图 2 近 29 年图像工程文献分类曲线

Fig. 2 Categorization curves for image engineering publications over the last 29 years

大类的文献数量继续有较大幅度的提升,达到了历史最高。而且该数量超过了当年总文献数的 1/3,第 1 次成为所有五大类中最多的。对此情况应还可以套用上一年的解读(章毓晋, 2023):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)。

3) 由于技术应用大类的文献数量 2023 年为五大类之首,所以 2023 年图像分析大类的文献数量只能排在各个大类中第 2(差距小于 0.6%)。如果从图像工程 3 个研究层次看,与上年相比,图像处理的文献选取率减少了约 5%,图像分析的文献选取率增加了约 2%,图像理解的文献选取率减少了约 1%。所以,从 2017 年开始的图像工程的研究逐步向高层发展的趋势(章毓晋, 2018a)在 2023 年仍基本继续保持。

4.2 2023 年各刊图像工程文献刊载情况

表 3 给出了对各刊 2023 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;选取总数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;选取率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;贡献率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。如表3所示,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,因而未在这里

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 各刊2023年图像工程文献选取分类一览表
Table 3 Summary of selected image engineering publications in 2023 over 15 journals

期刊名称 (缩写代号)	选取期数	文献总数/篇	选取总数/篇	选取率/%	贡献率/%	分类				
						A	B	C	D	E
CT理论与应用研究(CT)	6	98 ⁽¹⁾	13	13.27	1.50	6	1	0	6	0
测绘学报(CX)	12	185	75	40.54	8.67	5	13	17	39	1
电子测量和仪器学报(DC)	12	318	99	31.13	11.45	11	19	13	56	0
电子学报(DX)	12	354	83	23.45	9.60	22	36	7	17	1
电子与信息学报(DxX)	12	485	81	16.70	9.36	18	23	14	26	0
计算机学报(JX)	12	144	31	21.53	3.58	5	15	8	2	1
模式识别与人工智能(MR)	12	80	37	46.25	4.28	3	18	6	10	0
数据采集与处理(SC)	6	120	46	38.33	5.32	9	23	7	7	0
通信学报(TX)	12	239	19	7.95	2.20	7	3	2	7	0
信号处理(XC)	12	195	34	17.44	3.93	11	4	4	14	1
遥感学报(YX)	12	214	45	21.03	5.20	5	3	4	33	0
中国生物医学工程学报(ZS)	6	81	14	17.28	1.62	2	8	0	4	0
中国体视学与图像分析(ZTi)	4	41 ⁽²⁾	20	48.78	2.31	4	9	1	6	0
中国图象图形学报(ZTu)	12	244	224	91.80	25.90	40	90	27	62	5
自动化学报(ZX)	12	191	44	23.04	5.09	13	24	2	5	0
小计	154	2 989	865	28.94	100.00	161	289	112	294	9

注:(1) 另有英文1篇;(2) 另有英文4篇。

为更加直观地进行相互比较,图3将各期刊在2023年的选取率和贡献率分别以柱形图进行显示。根据表3和图3的统计数据,可以分析得到下面的结果:

1) 各刊的选取率给出了2023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2023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40%,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)。

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 2023 年仍超过 25%,与其创刊近 30 年以来一直继续在这些期刊中保持最高比例。这正如文献(章毓晋和胡峰, 2006)中已指出的,它说明《中国图象图形学报》在反映我国图像工程领域研究的进展,报道该领域科技的成果等方面起到了重要的作用;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。由于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,《电子测量和仪器学报》的贡献比例超过 11%。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来增加较多。接下来,《电子学报》、《电子与信息学报》和《测绘学报》的贡献比例依次均超过了 8%。

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 2023 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,发表在上面提到的、相关文献集中程度最高(贡献比例最大)的 5 种期刊上的图像工程文献数量占了总数的近 2/3,约为另外 10 种期刊总和的 2 倍。

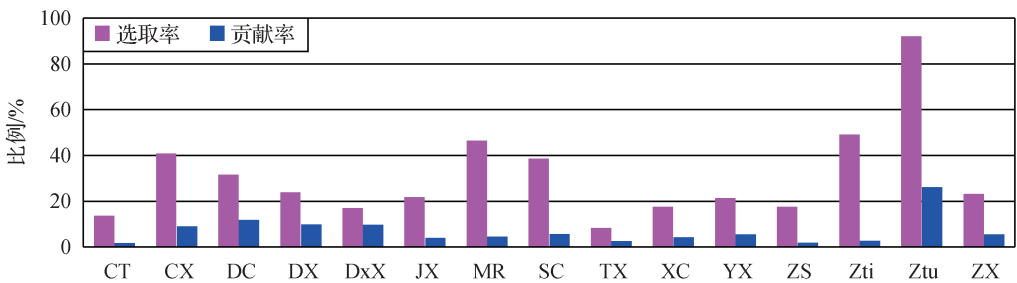


图 3 各刊 2023 年的图像工程文献选取率和贡献率

Fig. 3 Selection ratio and contribution ratio of image engineering publications in 2023 over 15 journals

4.3 2023 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)常常会集中在若干个相关的研究方向上,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 2023 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。由表 4 和图 4 可见,各个小类的文献数量相互之间有比较明显的差别。下面对比较突出的几类进行一些分析和讨论。

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, 1996a, b, 1997,

1998, 1999, 2000, 2001a, 2002a, 2003, 2004, 2005, 2006b, 2007, 2008, 2009a, 2010, 2011a, 2012, 2013a, 2014, 2015a, 2016, 2017a, 2018a, 2019, 2020, 2021a, 2022, 2023)进行比较可以看出:

1) 2023 年小类数量最引人注目的是,图像技术应用大类中的小类“D5: 遥感、雷达、声呐、测绘等”的文献数量快速增加,不仅延续了前些年的上升势头,排名到了第 1,而且其绝对数量(133)也创综述之最(之前小类文献的最大数量为 123)。事实上,该小类对应的遥感、雷达、声呐、测绘等近年来一直是图像工程技术最大的应用领域(章毓晋, 2023)。

2) 在 2023 年,图像分析大类中的小类“B1: 图像分割和基元的检测”的文献数量排名第 2,与往年类似,继续维持在较高水平。一方面,图像分割从提出已有 60 多年的历史(Zhang, 2015b),提出的方法成千上万,但由于尚无统一的分割理论,也无适用于

表 4 2023 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 2023																							
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	4	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	0
[CX]	3	0	0	0	0	2	7	2	3	0	1	12	3	2	0	0	0	0	0	0	39	0	1
[DC]	5	0	6	0	0	0	6	1	1	4	7	7	1	0	1	4	3	0	0	1	1	51	0
[DX]	3	1	11	0	5	2	9	1	4	13	9	3	1	1	1	1	2	0	0	2	11	2	1
[DxX]	10	2	2	1	3	0	7	0	4	4	8	5	1	1	3	4	6	0	1	4	13	2	0
[JX]	0	0	1	0	4	0	1	1	2	6	5	0	2	2	1	3	1	0	0	0	1	0	1
[MR]	0	0	2	0	0	1	4	0	3	8	3	1	0	2	2	1	0	4	0	1	1	4	0
[SC]	2	1	3	0	1	2	9	0	1	5	8	2	0	1	3	1	1	1	1	1	2	1	0
[TX]	1	0	1	2	3	0	1	0	0	2	0	1	0	0	0	1	0	4	1	0	1	1	0
[XC]	5	0	3	1	1	1	1	0	0	0	3	2	0	1	0	1	1	0	0	0	13	0	1
[YX]	2	0	2	0	0	1	2	1	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	33	0	0
[ZS]	1	1	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0
[ZTi]	2	1	1	0	0	0	5	0	0	2	2	0	1	0	0	0	1	0	0	4	0	1	0
[ZTu]	0	2	14	1	17	6	28	0	2	33	27	10	3	1	3	10	1	1	14	17	17	12	5
[ZX]	3	1	5	1	1	2	5	1	4	10	4	0	1	0	1	0	0	0	2	0	1	2	0
小计	38	13	52	6	35	17	94	7	24	87	77	47	13	11	15	26	16	10	19	37	133	79	9

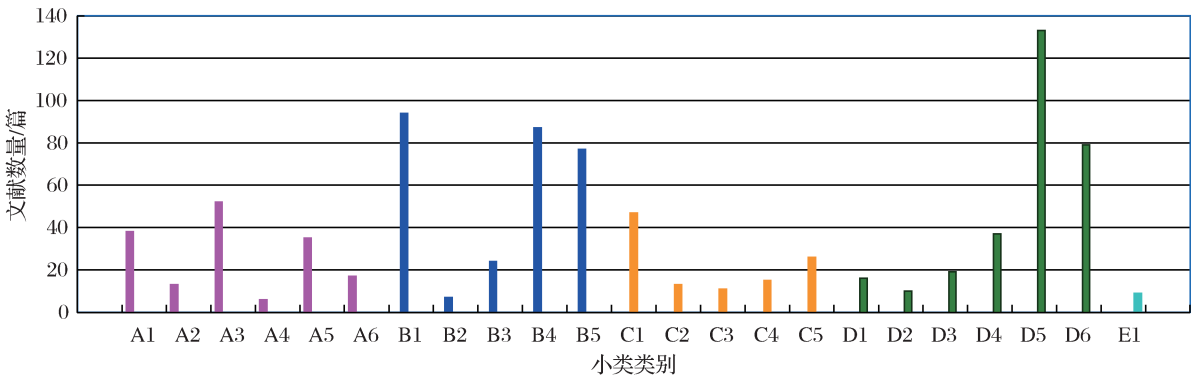


图 4 2023 年对 23 个小类进行文献分类的结果

Fig. 4 Classification results for selected publications in 23 classes for 2023

所有图像的通用算法,所以仍然是图像分析中的一个难点和热点;另一方面,随着图像工程的研究和应用逐步向高层发展,分割出图像中感兴趣目标一直得到广泛的关注,考虑到要分割的图像各有特点,进行分割常常需要反复进行试验。这些问题的存在促使人们一直不断地对图像分割开展大量工作。另外,去年的综述曾对“全景分割”的概念(Kirillov, 2019)进行了简单的剖析,指出其与图像分割的区别更多是在称谓上。今年使用“全景分割”(以及其两

部分,即语义分割和实例分割)于标题的文献只有大约 B1 小类的 20%。

3) 在 2023 年,图像分析大类中的小类“B4: 目标检测和识别”的文献数量排名第 3。根据该小类文献的题目,可发现今年出现最多的词仍是“检测”和“跟踪”,有 45 篇,超过了一半;接下来是“识别”、“分类”和“聚类”,有 27 篇;最后,利用各种学习方法或网络的有 18 篇。这些题目基本上反映了近几年该小类的特点和内容。

4) 在2023年,图像技术应用大类中的小类“D6:其他应用领域”的文献数量比2022年增加了约50%,排名来到第4。其中,仅对各种缺陷(裂纹、瑕疵、裂缝)的检测文献就有30多篇。可见在工业生产中,各种基于图像的检测技术得到了广泛应用。不过这些应用涉及的领域比较多,采用的图像技术在原理、方案等方面各有特点。是否能专门分出一个子类,还需要持续地关注和分析。

5) 在2023年,图像分析大类中的小类“B5:人体生物特征提取和验证”的文献数量排名第5。其中,有关行人检测和识别(包括再识别/重识别(Wang等,2022))的文献数量有约30篇,有关人脸识别(一些基本原理和具体方法可见文献(章毓晋,2009b; Zhang, 2015c))的文献数量有20多篇。此外,还有一些有关表情识别的文献(国际上的一些相关工作可见文献(Zhang, 2011b; Chen, 2022)),以及有关手势手语的文献。

6) 在2023年,图像处理大类中的小类“A3:图像增强/恢复”的文献数量比2022年减少较多,仅排名第6。其中,有关图像增强和图像去噪的文献数量约为总数量的一半,这些传统的图像处理工作由于采用了新的技术(如深度学习和神经网络)而有了新意。另外,仍有较多的关于图像去雾(去雨、去沙尘也类似)的文章。国际上去沙尘的一个方法可见Park和Eom(2021)。最后,还有多篇针对水下图像的增强/恢复文献。国际上有关水下图像恢复的一个综述可见Fayaz等人(2021)。

除上面讨论的之外,还有几个各大类中统计数据量较大的子类简述如下:

7) 在2023年,图像处理大类中的小类“A1:图像获取”的文献数量排名为该大类中的第2。其中,有多个研究考虑在采集图像的同时根据应用要求进行相应的增强工作,以更快地采集高质量的图像。国际上一个内容相关的比较工作可参见Dhiman等人(2023)。

8) 在2023年,图像理解大类中的小类“C5:时空技术”的文献数量比2022年有所减少,但仍为该大类中的第2。这是一个随着相关技术的发展逐渐得到更多关注和更多应用的新领域(章毓晋,2013b)。当然,其中有不少困难的问题需要解决(Zhang, 2018c)。2023年的工作多引入了深度学习的方法,这应是更深入研究的一个方向。

9) 在2023年,图像技术应用大类中的小类“D4:生物、医学”的文献数量也比2022年有所减少,但在该大类中仍比其他应用的文献数量要多。随着人们对医疗卫生健康近年来不断重视和投入,以及越来越多的医工交叉和结合工作的开展,相关的研究和成果在未来几年应会保持在高位上。

5 结 语

本文是关于中国图像工程的年度文献综述系列之二十九。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2023年在中国图像工程重要期刊上发表的865篇有关图像工程文献进行了选取、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,1996a, b, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001a, 2002a, 2003, 2004, 2005, 2006b, 2007, 2008, 2009a, 2010, 2011a, 2012, 2013a, 2014, 2015a, 2016, 2017a, 2018a, 2019, 2020, 2021a, 2022, 2023)的综合比较可以看出:2023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2023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),其中图像分割和边缘检测、目标检测和识别、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、声呐、测绘等领域以及医学、卫生等领域都很活跃,而且在许多新领域图像工程技术也得到了广泛关注和应用,并取得了一系列成果;最后,从统计数据看,《中国图象图形学报》确实仍然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))。该工作已被证明是很有意义的。这样的工作将会继续进行下去,并进一步与文献计量学的基本理论和内容分析法的手段(邱均平和王曰芬,2008)相结合,更好地描绘中国图像工程不断发展前进的新“图像”。

参考文献(References)

- Chen T S, Pu T, Wu H F, Xie Y, Liu L B and Lin L. 2022. Cross-domain facial expression recognition: a unified evaluation benchmark and adversarial graph learning. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 44(12): 9887-9903 [DOI: 10.1109/tpami.2021.3131222]
- Dhiman P, Kaur A, Balasaraswathi V R, Gulzar Y, Alwan A A and Hamid Y. 2023. Image acquisition, preprocessing and classification of citrus fruit diseases: a systematic literature review. *Sustainability*, 15(12): #9643 [DOI: 10.3390/su15129643]
- 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 Dollar P. Panoptic segmentation//*Proceedings of 2019 CVPR*. Long Beach, USA: IEEE: 9396-9405 [DOI: 10.1109/00963]
- Lin B D, 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]
- 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]
- Wang X, Zheng S, Yang R, Zheng A H, Chen Z, Tang J and Luo B. 2022. Pedestrian attribute recognition: a survey. *Pattern Recognition*, 121: #108220 [DOI: 10.1016/j.patcog.2021.108220]
- Zhang Y J. 1996. Image engineering and bibliography in China. *Technical Digest of International Symposium on Information Science and Technology*, 158-160
- Zhang Y J. 1996a. Image engineering in China: 1995. *Journal of Image and Graphics*, 1(1): 78-83 (章毓晋. 1996a. 中国图象工程: 1995. 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. 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. 2003. Image engineering in China; 2002. *Journal of Image and Graphics*, 8(5): 481-498 (章毓晋. 2003. 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. 中国图象工程: 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. 中国图象工程: 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. 中国图象工程: 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, Philadelphia, USA: IRM Press, 2006
- Zhang Y J. 2007. Image engineering in China; 2006. *Journal of Image and Graphics*, 12(5): 753-775 (章毓晋. 2007. 中国图象工程: 2006. 中国图象图形学报, 12(5): 753-775) [DOI: 10.11834/jig.20070501]
- Zhang Y J. 2008. Image engineering in China; 2007. *Journal of Image and Graphics*, 13(5): 825-852 (章毓晋. 2008. 中国图象工程: 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. 中国图象工程: 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. 中国图象工程: 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. 中国图象工程: 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, Philadelphia, 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. 中国图象工程: 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. 中国图象工程: 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. 中国图象工程: 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. 中国图象工程: 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. 2016. Image engineering in China; 2015. *Journal of Image and Graphics*, 21(5): 533-543 (章毓晋. 2016. 中国图象工程: 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. 中国图象工程: 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. 中国图象图形学报, 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. 中国图象工程: 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//Khosrow-Pour M. *Encyclopedia of Information Science and Technology*, 4th ed. USA: Information Resources Management Association; 1344-1354
- Zhang Y J. 2019. Image engineering in China; 2018. *Journal of Image and Graphics*, 24(5): 665-676 (章毓晋. 2019. 中国图象工程: 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. 2022. Image engineering in China; 2021. Journal of Image and Graphics 27(4): 1009-1022 (章毓晋. 2022. 中国图像工程: 2021. 中国图象图形学报, 27(4): 1009-1022) [DOI: 10.11834/jig.220257]
- Zhang Y J. 2023. Image engineering in China; 2022. Journal of Image and Graphics 28(4): 879-892 (章毓晋. 2023. 中国图像工程: 2022. 中国图象图形学报, 28(4): 879-892) [DOI: 10.11834/jig.230163]
- 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, 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, 通信作者, 男, 教研系列长聘教授, 主要研究方向为图像工程(图像处理、图像分析、图像理解, 以及技术应用)。

E-mail: zhang-yj@tsinghua.edu.cn