

本讲座选自清华大学电子工程系章毓晋老师于 2015 年 11 月 26 日在 RONG v2.0——图形图像处理与大数据技术论坛上所做的题为《图象工程发展的统计综述》的演讲。



清华大学数据科学研究院·RONGv2.0系列交流会
“图形图像处理与大数据技术”专场 (15/11/26)

图象工程发展 的统计综述

章毓晋

清华大学电子工程系 100084 北京

章毓晋：首先谢谢韩院长的邀请。

我是做图象技术方面的工作的，我们做图象的人一直认为图象数据就已经是大数据了。不过，我一直在做一个图象领域的综述，今年刚好是二十年，这里涉及到的数据量也比较大。今天我稍微向大家介绍一下，和大家共享一些信息。



大 纲

- ✓ 引言
- ✓ 图象工程：
 图象技术、三个层次、其他学科
- ✓ 统计综述：
 综述概况、五个大类、23个小类
- ✓ 发展情况：
 选取率、各大类比例、小类介绍
- ✓ 结语

2015/12/11

2/39

下面我按照引言、图象工程、统计综述、发展情况和结语的顺序逐一向大家介绍。



引 言

- 图象：
 用各种观测系统以不同形式和手段观测客观世界而获得的，可以直接或间接作用于人眼并进而产生视知觉的实体

 图象（广义/抽象） \supset 图像（狭义/具体）
- 图象和信息：
 人类从外界（客观世界）获得的信息约有**75%**来自视觉系统

2015/12/11

3/39

我们从引言开始。这是图象的定义，这和图形不一样，虽然这个论坛叫做图形图象，对我们这个领域的人来讲，图形和图象是有区别的。图象是从客观世界获得的，是要看的，能直接或间接地作用到人眼上。人若想了解这个世界，就要去感受和认知它，需要能产生视觉的实体。

讲一个小插曲，我个人认为图像中的“象”字应该用没有“亻”的象。事实上，在上个世纪我们是用“象”的，本世纪才改用“像”。要从历史上来说，象是更加广义的概念。早期我们获取图象的时候都是拍人，现在大家拍的东西就多了。有单人旁的“像”是比较狭义的，所以我还是喜欢用“象”。



图象技术简介

➤ 图象技术：

图象技术在广义上是各种与图象有关的技术的总称

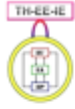
➤ 图象技术功能：

对图象的各种加工（见下）

基于加工结果的判断决策和行为规划

为此进行的硬件设计及制作

下面我简要介绍一下图象技术。这是我们广义上对图象技术的定义以及图象技术的功能。



图象技术简介

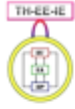
➤ 图象技术类别：《英汉图象工程辞典》

图象的采集、获取、编码、存储和传输，合成和产生，显示和输出，变换、增强、修补/修复、校正、恢复/复原和重建，图象的分割，目标的检测、表达和描述，特征的提取和测量，序列图象的校正，3-D景物的重建复原，图象数据库的建立、索引、查询和抽取，图象和目标的分类、表示和识别，图象模型的建立和匹配，图象和场景的分类、解释和理解，……

2015/12/11

5/39

从采集到获取信息都与图象的加工有关系。在图象技术的基础上我们提出图象工程的概念。所谓工程是指将自然科学的原理应用到工业部门而形成的各学科的总称。现在数字图象技术几十年的发展，也是借助了数学、物理、生理、心理等等各个方面自然科学的知识，同时我们的技术也运用到各种领域中，在非常广的范围内得到了应用。



图象工程三个层次

➤ 图象工程：

一门系统地研究各种图象理论、技术和应用的新的交叉学科
不同层次图象技术的有机结合及应用

➤ 三个层次：

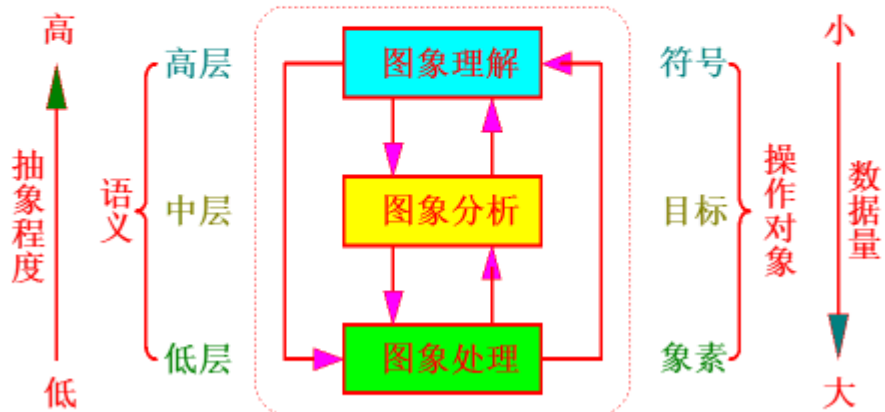
- 图象处理（图象 ——> 图象）
- 图象分析（图象 ——> 数据）
- 图象理解（图象 ——> 解释）

这是我们对图象工程的定义，同时划分了三个层次。下面说一下区别：图象处理输入是图象，输出还是图象；图象分析的输出含有一些定量的描述性数据；图象理解的输出包括对输入图象所反映的客观世界的理解和解释。



图象工程三个层次

三个层次图解



这是三个层次的关系。



图象工程三个层次

三个层次在抽象程度和数据量上各有特点，操作对象和语义层次各不相同

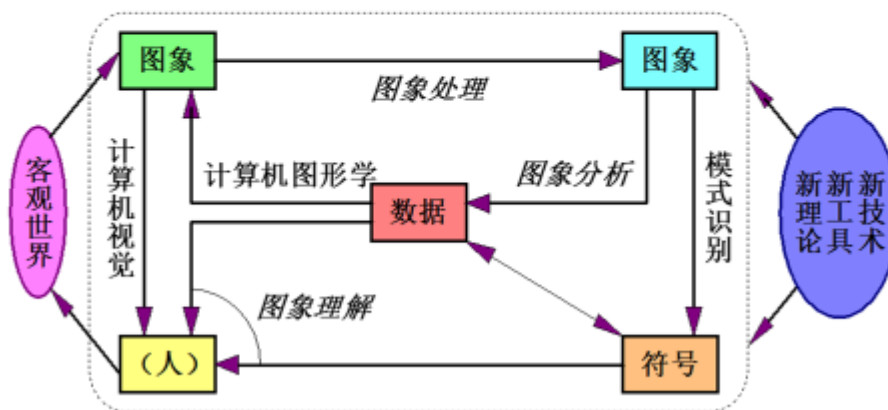
- 图象处理是比较低层的操作，主要在图象的象素层次上进行处理，处理的数据量非常大
- 图象分析则进入了中层，分割和特征提取把原来以象素描述的图象转变成比较简洁的对目标的描述
- 图象理解主要是高层操作，操作对象基本上是从描述中抽象出来的符号，其处理过程和方法与人类的思维推理有许多类似之处

这是三个层次的特点。



其他相关学科

图象工程与其他学科图解



图象工程和其他学科有很多关联。大家都在做图象领域的工作，但是每个人的侧重都不一样。前面说过图象工程研究的是我们希望从

客观世界了解和把握信息。那么我们首先要从客观世界获得图象，然后通过图像处理获得更清晰、更直观的图象，再经过分析得到描述性数据。计算机图形学与我们做的事刚好相反，我们是从图到数据，他们是从数据到图。清华的自动化系在做模式识别，我们做的图象识别是模式识别的一部分。我们通过图象识别从图象中抽象出可以符号化的数据。清华计算机系在做计算机视觉的研究，这个研究希望计算机像人眼一样通过图象得到数据并对这些数据进行解释，这和图象分析尤其是图象理解非常相似。

刚才我简要介绍了图象技术，下面介绍一下综述的情况。



© zhangyujin

综述系列概况

- 1996年5月：中国图象图形学报创建
- ⇒ 专业综述系列
- (1) 概括我国专业发展现状/情况
(这个基本目的仍没有改变，期刊)
 - (2) 便利从事该专业人员查阅有关文献
(现在多在网上搜索相关文献)
 - (3) 提供期刊编者和文献作者参考信息
(借助文献计量学原理分析)

2015/12/11

9/39

做这个综述的起因是差不多 20 年前，我们创建了中国图象图形学报。我们想要把学报办好，所以希望有一个专业的综述系列。首先，这个综述系列一定要概括专业的发展情况。第二，我们希望方便专业人员查阅文献。二十年前网络不是那么兴旺，还有很多人在看印刷的

刊物。但是现在我们这个目的已经不太重要了。第三，我们要对读者作者编者提供一些有用的参考信息，现在我们还在借助文献计量学的原理做很多分析的工作。



综述系列概况

- ◆ 综述持续年：20（1996~2015）
- ◆ 涉及期刊：15（2224期）
- ◆ 总文献数：50478（2524/年）
- ◆ 选出文献数：12126（606/年）
- ◆ 选取比例：24.02%（14.74%~27.97%）
- ◆ 分大类：5（包括小类：23）

这是我们综述的规模，下面是所涉及的15种期刊。



综述系列概况

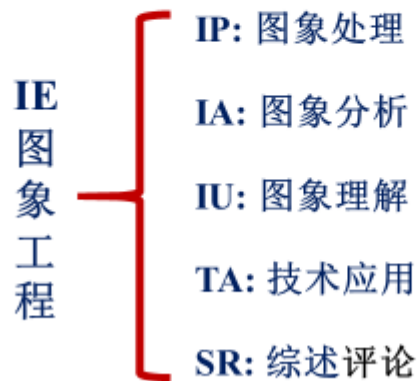
图象工程期刊

- (1) [CT]: 《CT理论与应用研究》
- (2) [CX]: 《测绘学报》
- (3) [DC]: 《电子测量与仪器学报》
- (4) [DK]: 《电子科学学刊》
- (5) [DX]: 《电子学报》
- (6) [JX]: 《计算机学报》
- (7) [MR]: 《模式识别与人工智能》
- (8) [SC]: 《数据采集与处理》
- (9) [TX]: 《通信学报》
- (10) [XC]: 《信号处理》
- (11) [YX]: 《遥感学报》
- (12) [ZS]: 《中国生物医学工程学报》
- (13) [Zti]: 《中国体视学和图象分析》
- (14) [Ztu]: 《中国图象图形学报》
- (15) [ZX]: 《自动化学报》



五个大类文献

◆ 图象工程文献的分类



2015/12/11

12/39

我们搜集到文献后对其进行如下分类：图象处理、图象分析、图象理解、技术应用和综述评论。

在此基础上，我们还逐步将文献划分到 23 个小类中。



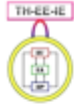
23个小类划分

分类（1996年开始）

- A: 图象处理**
 - A1: 图象采集和获取（成像方法、摄像机校正）
 - A2: 图象重建（从投影重建图象）
 - A3: 图象变换，滤波，增强，恢复或复原等
 - A4: 图象压缩编码（算法研究、国际标准实现）
- B: 图象分析**
 - B1: 边缘检测，图象分割
 - B2: 目标表达，描述，测量（二值图处理、数学形态学方法等）
 - B3: 目标形状，纹理，空间，运动等的分析
 - B4: （2-D）目标识别，分类和提取

2015/12/11

13/39



23个小类划分

分类（1996年开始）

- C: 图象理解** C1: (序列/立体) 图象匹配、融合、镶嵌
C2: 3-D 建模, 重构、场景恢复
C3: 图象感知, 解释, 推理
- D: 技术应用** D1: 硬件, (硬件) 系统和快速/并行算法
D2: 视频, 通信
D3: 文档 (包括文字, 数字, 符号等)
D4: 生物, 医学
D5: 遥感、雷达、测绘
D6: 其他
- E: 综述评论** E1: 综述 (介绍图象处理、分析、理解
或它们的综合, 进展)

2015/12/11

14/39

小类的划分在 1996 年的时候只有 18 类。这是当时的分类。



23个小类划分

2001年开始增加了3个小类

- A: 图象处理**
A5: 图象数字水印和图象信息隐藏
- B: 图象分析**
B5: 人脸和器官的检测、定位与识别
- C: 图象理解**
C4: 基于内容的图象和视频检索

2015/12/11

15/39

2001 年, 综述进行了 5 年后, 我们发现有些新领域文献也比较集中, 于是又增加了三个类。



23个小类划分

2006年开始增加了2个小类

A: 图象处理

A6: 图象多分辨率处理(超分辨率重建、
图象分解和插值、分辨率转换等)

C: 图象理解

C5: 时空技术(3-D运动分析、姿态检测、
对象跟踪、行为判断和理解)

2015/12/11

16/39

2006年,综述进行了10年后,我们又增加了两个新领域。图象理解多了个时空技术小类。我们的图象严格地讲是五维的东西,三个空间维度,一个时间维度和一个波长维度。两次增加分类后,我们现在有23个小类。



文献选取率

前十年

年度	论文总数	选取总数	选取率
1995	997	147	14.7%
1996	1205	212	17.6%
1997	1438	280	19.5%
1998	1477	306	20.7%
1999	2048	388	19.0%
2000	2117	464	21.9%
2001	2297	481	20.9%
2002	2426	545	22.5%
2003	2341	577	24.7%
2004	2473	632	25.6%
平均	1816	378	21.4%

2015/12/11

17/39

96 年综述的是 95 年的文献，所以这里文献从 1995 年开始。这里给出综述前十年选取率的数据。前面给出的 15 种统计期刊覆盖了信息领域的很多方面和很多学科，选取率的变化反映了图象工程学科与其他信息领域学科的相对发展情况。注意这里前十年的选取率从七分之一增加到了五分之一。五篇文章中就有一篇和图象有关。



© zhangyujin

文献选取率

后十年

年度	论文总数	选取总数	选取率
2005	2734	656	23.99
2006	3013	711	23.60
2007	3312	895	27.02
2008	3359	915	27.24
2009	3604	1008	27.97
2010	3251	782	24.05
2011	3214	797	24.80
2012	3083	792	25.69
2013	2986	716	23.98
2014	3103	822	26.49
平均	3166	809	25.6%

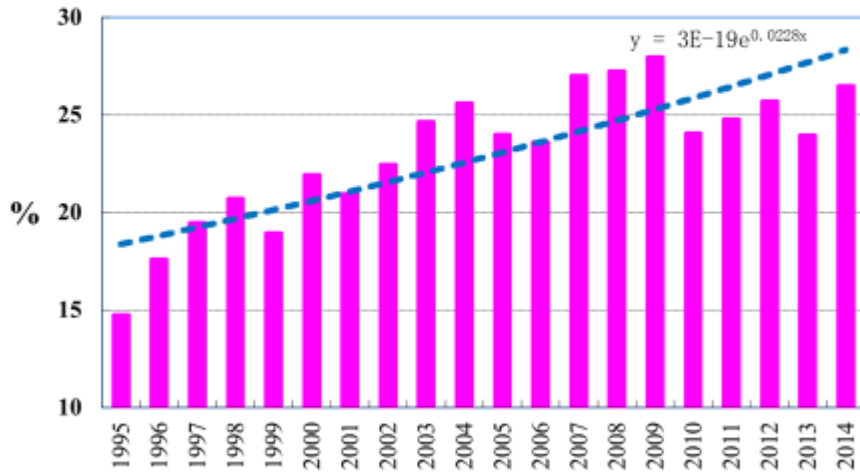
2015/12/11

18/39

后面十年选取率进一步达到了四分之一。从这个数字能看出大家在图象工程方面做了很多工作，有了很多成果。文章不是你想发表就发表的，而是要有研究成果。首先要研究，然后你还得研究出来成果，最后才有文章。



文献选取率



我们这个领域有越来越多的人在做贡献，也有越来越多的成果出来。我们做了一个指数趋势线，基本上是线性增加的。



各大类比例

前十年	年度	图像处理	图像分析	图象理解	技术应用
	1995	35 (23.8)	52 (35.4)	14 (9.52)	46 (31.3)
	1996	52 (24.5)	72 (34.0)	30 (14.2)	55 (25.9)
	1997	104 (37.1)	76 (27.1)	36 (12.9)	60 (21.4)
	1998	108 (35.3)	96 (31.4)	28 (9.15)	71 (23.2)
	1999	132 (34.0)	137 (35.3)	42 (10.8)	73 (18.8)
	2000	165 (35.6)	122 (26.3)	68 (14.7)	103 (22.2)
	2001	161 (33.5)	123 (25.6)	78 (16.2)	115 (23.9)
	2002	178 (32.7)	150 (27.5)	77 (14.3)	135 (24.8)
	2003	194 (33.6)	153 (26.5)	104 (18.0)	119 (20.6)
	2004	235 (37.2)	176 (27.8)	76 (12.0)	142 (22.5)
	平均	136 (34.0)	116 (29.0)	55 (13.8)	92 (23.0)

刚才我们说图象技术分为处理、分析和理解。那么这三个层次发展的状况各是什么样的呢？图中是前十年的情况。仅看一下平均值，

前十年中处理层面的工作是最多的，然后是分析，理解最少。



各大类比例

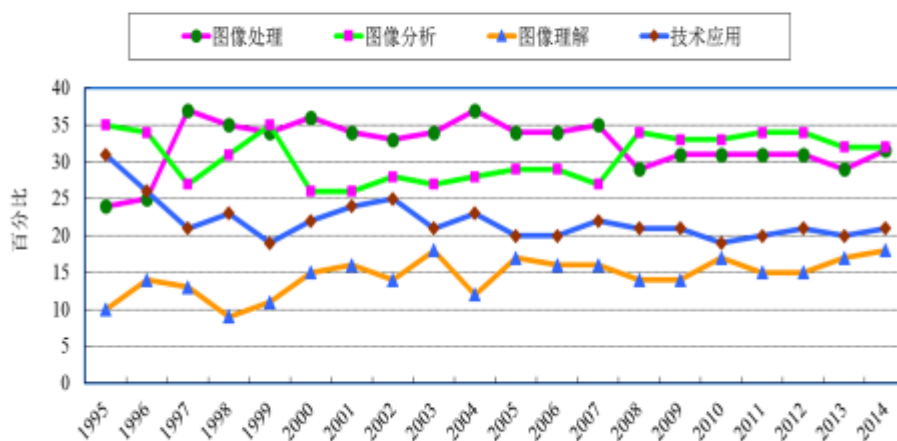
后十年

年度	图像处理	图像分析	图象理解	技术应用
2005	221 (33.7)	188 (28.7)	112 (17.1)	131 (20.0)
2006	239 (33.6)	206 (29.0)	116 (16.3)	143 (20.1)
2007	315 (35.2)	237 (26.5)	142 (15.9)	194 (21.7)
2008	269 (29.4)	311 (34.0)	130 (14.2)	196 (21.4)
2009	312 (31.0)	335 (33.2)	139 (13.8)	214 (21.2)
2010	239 (30.6)	257 (32.9)	136 (17.4)	146 (18.7)
2011	245 (30.7)	270 (33.9)	118 (14.8)	161 (20.2)
2012	249 (31.4)	272 (34.3)	111 (14.0)	151 (19.1)
2013	209 (29.2)	232 (32.4)	124 (17.3)	146 (20.4)
2014	260 (31.6)	261 (31.8)	121 (17.7)	175 (21.3)
平均	256 (31.8)	257 (32.0)	125 (15.5)	166 (20.6)

这是后十年的统计。分析层面的工作有了明显的增加，这说明我们对图象技术的研究是从底层往中层走，而且有往高层走的趋势。



各大类比例



浅绿色的是图象分析，近年已经超越了图象处理，大家开始不满

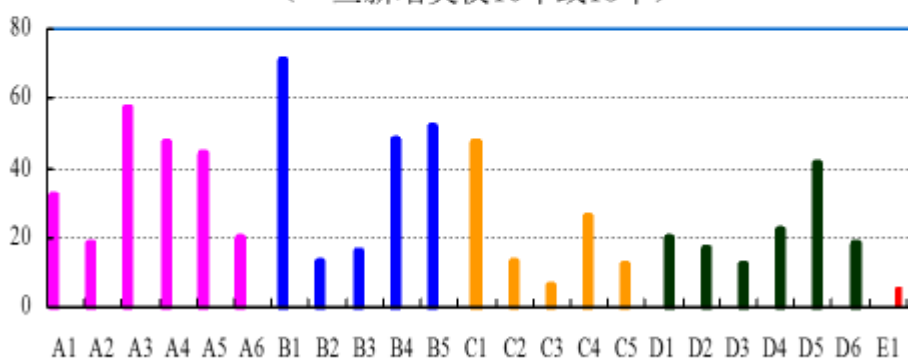
足于仅看到更好的图象，而是希望从图象中获取更多的信息。图像理解虽然看起来有些困难，因为需要很多生理和心理认知方面的知识，但它是在往前走的。



若干小类讨论

过去20年23个小类文献的平均数量

(一些新增类仅10年或15年)

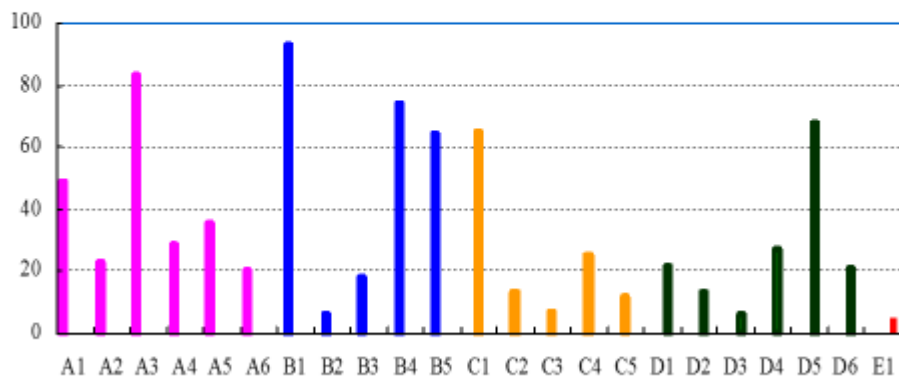


上图中是对各小类 20 年的统计，其中有高有低，热点清晰。



若干小类讨论

最近五年23个小类文献的平均数量

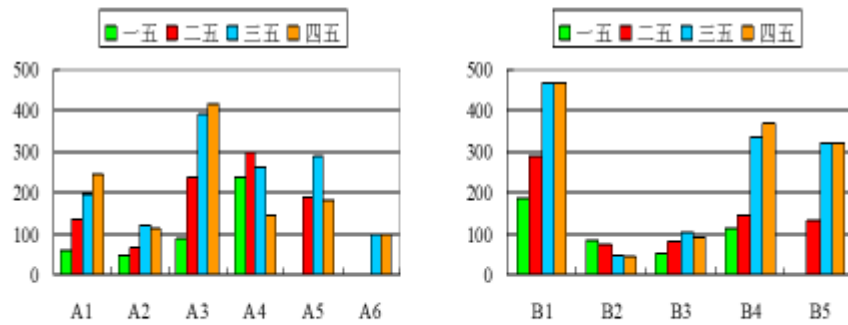


上面是最近五年的统计。



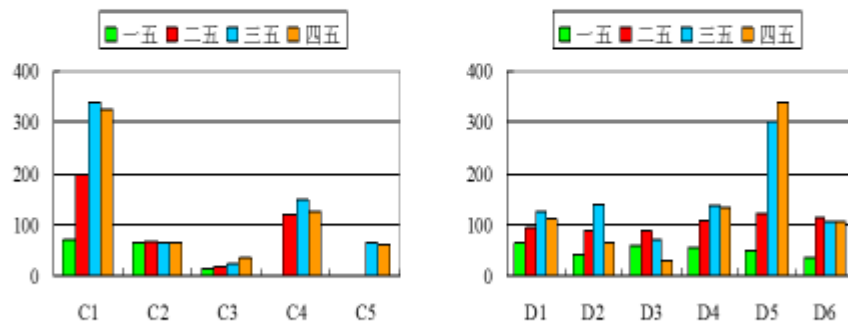
若干小类讨论

四个五年小类文献的变化情况

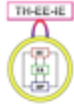


若干小类讨论

四个五年小类文献的变化情况



上面是四个五年的小类统计，从中能看出各个方面的变化。因为类目很多，我简单把各大类中排第一的小类简单介绍一下。



若干小类讨论

◆ 各大类中排第一的小类

(A) A3: 滤波, 增强, 恢复

➤ 图象修补

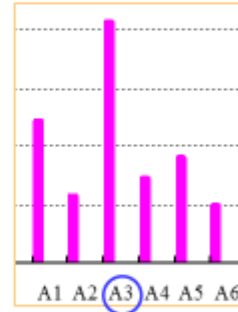
修复 vs. 补全

➤ 图象质量评价

人类视觉特性, 感知质量

➤ 图象取证

来源鉴定, 拼接, 复制, 视频篡改取证



图象处理中 A3 类排在第一。为什么这里面有许多的研究呢？从文献数量看，第一是做图象的修补，第二是做质量的评价，第三是做图象的取证。这是近年来大家研究比较集中的几个点。



若干小类讨论

◆ 各大类中排第一的小类

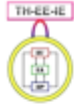
(A) A3: 滤波, 增强, 恢复

➤ 图象修补

修复 vs. 补全



修补是指修复和补全。



若干小类讨论

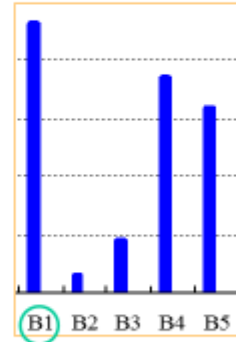
◆ 各大类中排第一的小类

(B) B1: 边缘检测, 图象分割

➢ 也是所有大类中排第一的小类

尽管50多年来已有很多进展, 但尚无统一的理论, 还有很多问题需要解决

每年全世界有成千上万相关文献发表, 许多数学理论和工具都引入到分割中



图象分析中排第一的是图象分割小类 (B1)。图象分割已经有 50 多年的历史了, 至今没有一个统一的理论, 因此大家还是在继续努力研究, 不断有成果涌现。

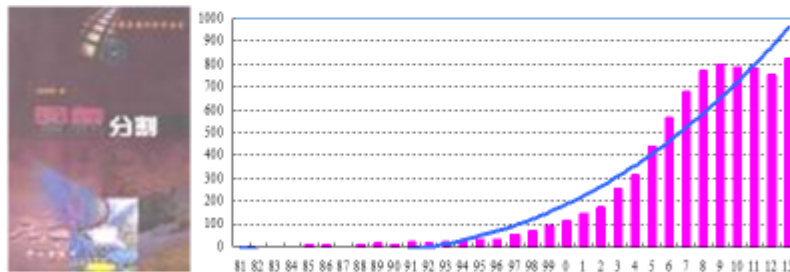
我们对图象分割 50 年的发展做过一个总结回顾。



若干小类讨论

◆ 各大类中排第一的小类

(B) B1: 边缘检测, 图象分割



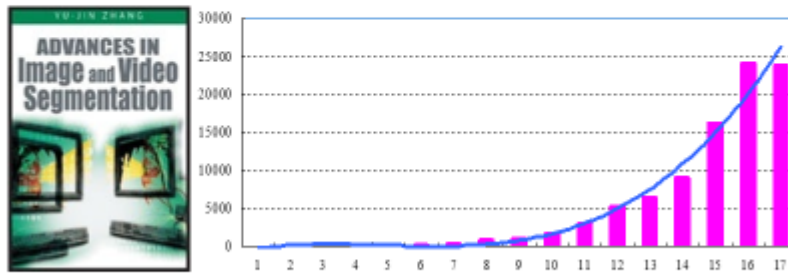
章毓晋. 图像分割50年回顾. 机器视觉, 2014, (6): 12-20



若干小类讨论

◆ 各大类中排第一的小类

(B) B1: 边缘检测, 图象分割



Zhang Y-J. "Half Century for Image Segmentation." Encyclopedia of Information Science and Technology, 3rd Edition, Chapter 584 (5906-5915), 2014.

我们还从网上获得了一些国内外文献信息，并进行了统计。可见国内外的发展趋势都是指数上升的。另外，写了两本书，一本是中文的，一本是英文的，反映了这方面的进展情况。



若干小类讨论

◆ 各大类中排第一的小类

(C) C1: 配准, 匹配, 融合

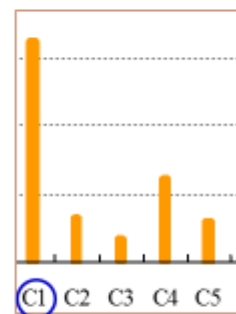
➤ 多种原因和动机

图象采集设备的进展

不同模态信息的组合

多视点图像配准, 影像与几何模型的配准

全景图拼接, 视频拼接, 嫦娥二号月面影像自动拼接, 车载全景序列影像匹配

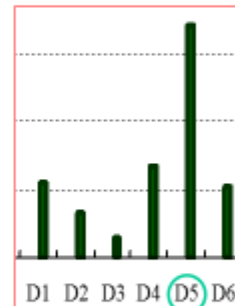


图象的匹配、配准、融合，这方面也有很多的成果。



若干小类讨论

- ◆ 各大类中排第一的小类
(D) D5: 遥感, 雷达, 测绘
- 多种原因和动机
 - 影像: 卫星, 气艇, 无人机
 - SAR: InSAR, 全极化SAR, 星载SAR, 机载聚束SAR,



检测: 水灾变化, 建筑物变化, 海面风向, 海冰密度, 对流云团, 热带气旋云系,

2015/12/11

33/39

图象应用中排名第一的是遥感、雷达和测绘。现在影像的获取方法很多, 光是 SAR 就有很多, 今年的文献里面就有 InSAR、全极化 SAR 星载、机载等等, 检测的范围包括水灾变化、气流、云层等等。关于综述就介绍到这里。



结 语

- ◆ 概述了一个有前途的学科——图象工程——的整体情况
- ◆ 给出了一个20年来全面的和与时俱进的图象工程进步、成熟和扩展概况
- ◆ 揭示了图象工程, 特别是其不同层次和不同分支继续发展的趋势
- ◆ 提供了选择进一步研究的方向、开展相关领域科研工作的一些有用的信息

2015/12/11

34/39

结语，我们希望通过客观的评价给大家带来一些有用的信息。



结 语

- ◆ 中国图象图形学报，5月期；（20年）
- ◆ 其他相关文章（~20篇）
 - 中国图像工程及当前的几个研究热点
 - 对“中国图象工程”综述系列里文献作者的统计分析
 - 对《中国图象图形学报》创刊10年来文章和作者的统计分析
 - 对《中国图象图形学报》之洛特卡分布参数的统计分析
 - Statistics on Image Engineering Literatures
 - Image Engineering and Related Publications

2015/12/11

35/39

顺便说一下，原来的综述是每年发表在这个学报上，20年已经有20篇了，除了综述我们还写了很多其他相关的文章，也有20多篇，这里列了几个题目，中英文都有，发表的地方也不相同。



结 语

- ◆ 文献计量学
 - 期刊载文量
 - 作者发文量
 - 作者合著量
 - 文章平均作者数
 - 活跃作者群
 - 作者增复量
- 不同发文量的作者比例，根据洛特卡定律，对比较成熟的刊物这个比例应该为约60%
(+)
- 反映了学科自身的覆盖面及与其他学科之间相互渗透的情况
- ↓
- “中国图象图形学报”创建10年后发展到何种程度？

洛特卡指数在3.11~3.72之间 ⇒ 比较成熟的刊物

2015/12/11

36/39

如前已提到的，在综述数据的基础上，我们借助文献计量学的手段，也做了些工作。包括统计了期刊载文量、作者发文量等信息，对期刊的发展也有帮助的作用。例如，根据一个刊物上作者发文量和作者合著量，借助文件计量学中的洛特卡定理进行分析，可判断这个刊物是否已经成熟。根据分析，我们统计得到中国图象学报创办十年之后，洛特卡指数在 3.11 到 3.72 之间，已成为一个成熟的刊物。



相关参考信息

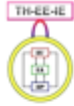
✓ 国际图象处理大会 (ICIP)

(International Conference on Image Processing)

- 从1994年开始，每年一届
- 由IEEE Signal Processing Society主办
- **2017年的ICIP将在北京召开**

(China National Convention Center)

我们已将 2017 年的国际图象处理大会邀请到中国来开，欢迎大家参加。



联系信息

- 通信地址：北京清华大学电子工程系（100084）
- 办公地址：罗姆楼，6层305室
- 办公电话：(010) 62798540
- 传真号码：(010) 62770317
- 电子邮件：zhang-yj@tsinghua.edu.cn
- 个人主页：oa.ee.tsinghua.edu.cn/~zhangyujin

2015/12/11

38/39

这是我的联系方式，欢迎大家进一步交流。

（整理者按：由于现场问答环节中麦克风和环境的问题，问和答的话语不很清楚，所以就全部删除了）

整理：刘博

校对：王斐