

图形演化下的图学学科

彭正洪¹, 于海燕², 焦洪赞¹, 蔡鸿明³, 何援军³

(1. 武汉大学城市设计学院, 湖北 武汉 430072;

2. 东华大学机械工程学院, 上海 201620;

3. 上海交通大学计算机系, 上海 200240)

摘 要: 本文回顾了人类在适应自然、改造自然的过程中对图形的需求以及图形的发展对社会进步的作用, 从图形引出文字、图形引出数字的本源出发, 追溯图之源。用一个“形”、“意”、“元”、“用”四维结构演绎图形的属性、地位和作用, 并从这4个维度分析图形的演化过程, 揭示了图形在“形”维度的高维化、“意”维度的深度化、“元”维度的融合化和“用”维度的渗透化的发展趋势。阐述了在这个图形演化趋势下的图学科学的形成、变革与发展, 揭示图学科学的内涵。在此认知下给出了一个基于图形要素的图学学科框架体系。

关 键 词: 图形; 图像; 图学; 学科

中图分类号: TP 391

DOI: 10.11996/JGJ.2095-302X.2018050984

文献标识码: A

文章编号: 2095-302X(2018)05-0984-06

Graphics Discipline Based on the Graphical Evolution

PENG Zhenghong¹, YU Haiyan², JIAO Hongzan¹, CAI Hongming³, HE Yuanjun³

(1. School of Urban Design, Wuhan University, Wuhan Hubei 430072, China;

2. College of Mechanical Engineering, Donghua University, Shanghai 201620, China;

3. Department of Computer Science, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China)

Abstract: The paper reviews the need of graphs in the course of human adaptation to nature and transformation of nature, and the role graphs played in social development by looking back at how script and number originated from graphs. The paper explains the features, status and functions of the graph based on a four dimensional descriptive structure, including “shape”, “meaning”, “element” and “utility”, and also analyzes the evolution of graphs on these four dimensions. It is shown that the “shape” dimension is characterized with height, the “meaning” dimension with depth, the “element” dimension with fusion and “utility” dimension with penetration. Along this line of graphic evolution, the present study explicates the formation, transformation, and development of graphics, as well as what graphics refers to. In this sense, a framework of graphics is proposed based on elements of the graph.

Keywords: graph; image; graphics; discipline

《2012-2013 图学学科发展报告》提出了“大图学”的概念^[1], 认为图学与文学和数学一起, 共同支撑科学与工程的发展, 引领生活。因此, 可以用“图学”之名, 统一计算机图形学、工程图学、计算机图像处理等现有学科, 将分散在其他学科中有关图

的理论、方法与技术整合在大图学框架下。在人工智能、大数据、边缘计算等信息技术快速发展的背景下, 面向大图学概念, 相关学科体系如何构建, 引起了广大图学工作者的思考。

本文将从揭示图形的内涵, 回顾图形的演化历

收稿日期: 2018-01-18; 定稿日期: 2018-05-28

基金项目: 中国科学技术协会《大数据背景下“大图学”学科体系建设研讨会》项目(2017XSHY006)

第一作者: 彭正洪(1967-), 男, 湖北天门人, 教授, 博士, 博士生导师。主要研究方向为 CAD、数字城市技术。E-mail: laopeng129@vip.sina.com

程，分析图形的发展趋势和应用前景，提炼图形发展中的科学本质，阐述图学学科的内涵，在这个认知下给出一个图学学科的框架。

1 图形的内涵

图形，以一种“画”的形式出现，但究其内涵，图形包含了展现形态(形)、承载意义(意)、构成元素(元)以及应用领域(用)等 4 个要素，可以用“形、意、元、用”的四维结构表述图形的内涵(图 1)。

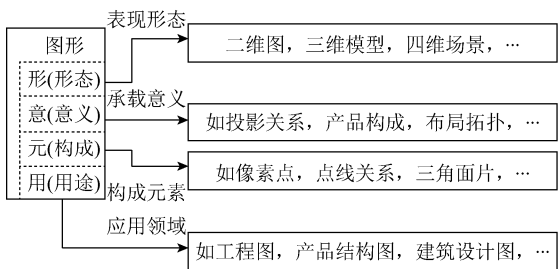


图 1 图形的内涵表示

(1) 图形的展现形态(简称“形”)。通过一定的表达方式和表达载体呈现出的图形形态。目前，图形的呈现形式为二维图形图像，表达的是其本身及三维模型、动态的四维场景等。

(2) 图形的承载意义(简称“意”)。图形表象背后承载的意义，图形图像表达的对象、内容及隐含的深刻含义。

(3) 图形的构成元素(简称“元”)。构建图形的基本元素及内在关系，包括点、线、面、体等几何元

素及线形、线宽、颜色等属性信息，以及构造关系、构成关系、位置关系等构建信息。图形计算的主体是几何及几何关系；构成图像的基本元素是像素点的几何位置及色调(hue)、色饱和度(saturation)和亮度(lightness)等属性信息，处理的主体主要是数字和矩阵。

(4) 图形的用途(简称“用”)。在前三要素基础上，定制能用于表达、交流，面向各专业领域的特定图，如工程图、产品结构图、建筑设计图，以及照片、真实感图形、阴影图等。

在图形的四维结构中，元构建形，形表达意，最终达到用的目标。

2 图形的演化

基于图形的四维结构表述，下面分别从“形”、“意”、“元”、“用”4 个维度分别分析图形在各个历史阶段的演化过程(图 2)。

2.1 图形“意”维度的演化

图形形成和发展的历史进程大致可分为 3 个阶段^[2]。

第 1 个阶段：远古时期人类的象形记事性原始图画。原始人的图画式符号是图形的原始形式，也是文字的雏形(图 3)。考古发现在旧石器时代，人类用兽齿和骨头做装饰时在上面刻有密密麻麻的线条，可以看出这是人为有意识的图形刻画。新石器时代，表达装饰的图形进化成植物、动物和人物，甚至几何图形。

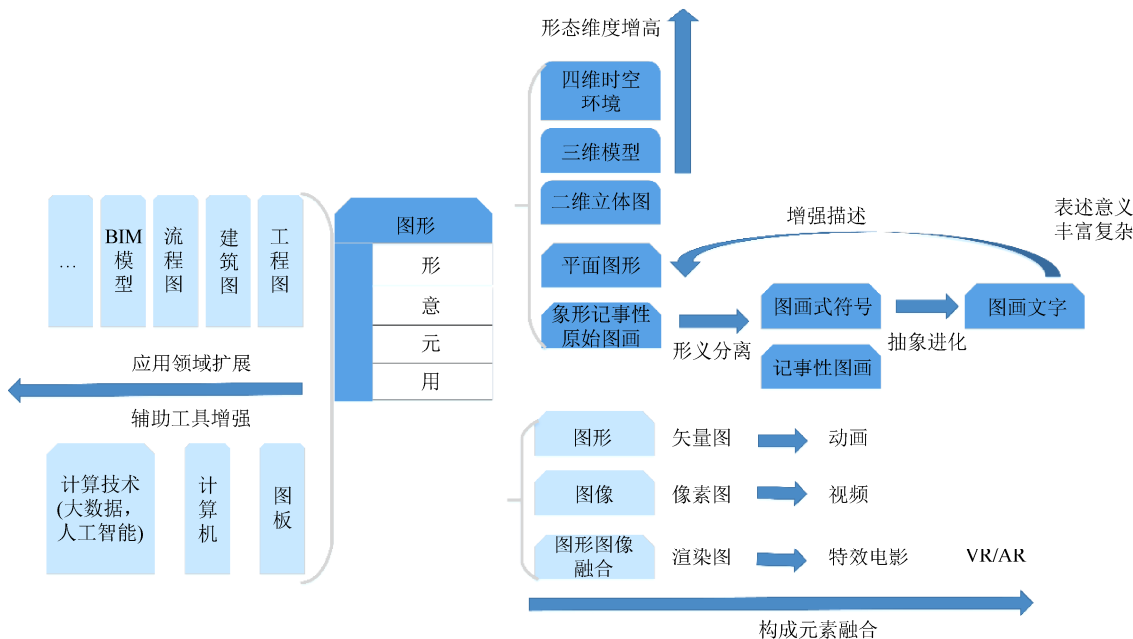


图 2 基于四维表述的图形内涵和演化趋势



图3 象形记事性原始图画实例

第2个阶段：由形向义上升，形义分离。一部分图画式符号演变成文字，图画式符号与记事性图画的区别在于后者更为简化，更具抽象性。记事性的图画在实用中不断被简化，渐渐形成了图画文字。中国的汉字就是一种象形文字，有四千多年的历史。中国商朝后期(前14~前11世纪)的甲骨文被认定为最早的文字(图4)，其已经由图形功能上升到文字的层面了。



图4 形义分离实例
(由图形功能上升到文字层面的甲骨文)

第3个阶段：作为图形的一种抽象，文字作为记录语言的符号而独立。由图形产生的文字脱离了图形限制，独立上升到更抽象的视觉传达形式，反过来去描述更复杂的图形，表达更多的信息、更深的含义。使人类的沟通和交往更加便捷、交流更加深入。

图形，能综合复杂信息且内容又极易被领会的形式展现，更容易被擅长于空间思维的人脑所接收，快速地形成完整、立体的信息反馈，人称“一图胜千言”。

文字，其与语言结合起来，能在更深层次上去表达图形传递的表面信息，文字的出现使信息可以跨越时间、空间进行广泛而准确地传播，使人类的文明得以传承和发展。于是又有“一字值千金”之说。

因此，从图形的意维度来说，随着社会的发展，图形承载的意义越来越丰富，也即是图形意维度的日趋复杂化，这也对图形的形态和构成提出了更多

的要求，也为图形的广泛应用提供了更多空间。

2.2 图形“形”维度的演变

在视觉上，图形的表达最先是以二维形式来呈现的。文艺复兴后人们开始利用透视规律，力图在二维平面上来展示三维空间，这种表达具有了空间环境的视觉效果(图5)。随着现代工业科技的发展，人们用分解物体的方法来表现物体运动的感觉，改变了物体的静态表现方式，引入时间的维度，从三维具有空间的表现过渡到四维的时空环境。



图5 二维立体图实例(具有立体感的绘画)

进入20世纪，随着计算机的发明和计算技术的发展，三维模型可以直接被创建及展示，三维模型越来越受到产品设计、建筑设计、动画影视等应用的青睐，成为当前应用的主流。不同于标准欧几里得空间的四维时空，应用领域开始更关注扩展了时间维度的四维时空环境，例如BIM模型^[3]，领域四维模型^[4]等。这已成为图形表示模型的发展趋势。当然，更高维度的模型如何创建，目前限于认识和表述局限，暂无法描述，但图形的维度增高已是不争的趋势，也为承载更多丰富的意义提供了更为直观的表达和途径。

2.3 图形“元”维度的演化

图形在远古时代就存在，而图像，相对地是一个新名词。随着照相机的出现，用照相机记录的影像(照片)就是图像最初的表现形式。将随着计算机科学与技术的发展，在计算机领域就产生了图形图像处理理论和技术。图形和图像有一种约定俗成的划分，图形一般是指用线性画面，如直线、圆、圆弧、矩形、任意曲线和图表等。而图像则是指由输入设备捕捉实际场景产生的数字画面。理论上讲数字画面也是连续的，但是数字图像是离散的。

虽然图形与图像在显示终端上都是以像素形式显示的，但是其记录形式不尽相同。图像，记录的是像素的几何信息，即位置、颜色及灰度。

图形,记录的除基本图元几何信息外,还须记录几何本身的属性信息,如线宽、线型和颜色等,以及保证完整表达图形意义的几何间相互关系,例如连接、相交关系等拓扑信息。图形含有几何属性,更强调场景的几何表示,是由场景的几何模型和景物的物理属性共同组成的。图像是以像素的集合——位图形式存在的,主要是色彩、亮度和灰度信息,像素相对独立。因此,用计算机来处理图形与图像的方法也有所不同。

图形和图像存在共性——源于形,都是表达和描述客观世界和虚拟世界的存在。

从图构成来说,虽然矢量图和像素图构成和处理方式不同,但从可视化的表述方式来说是统一的。图形图像的交互融合是当前的主流,基于图形或三维模型的图片生成已广泛应用于建筑或产品渲染图等各行各业中,融合图形图像的混合方法^[5]及应用也较为普遍,而基于图像的三维模型重构技术^[6]也是当前的技术热点,各种图形的构成要素加速融合是当前的主要趋势,也为图形的外部形态提供了更为丰富的表现形式。

2.4 图形“用”维度的演化

图形的应用领域随着当前支撑理论方法工具等的飞速发展,可以说已经达到了无处不用的地步。这也推动了相关支撑体系的建设,从图板到计算机,到当前更为广泛的云平台、大数据、人工智能等信息技术,以及具有更广泛应用的其他计算技术,都推动了应用领域的深入扩展。反之也对图形的支撑体系提出了更多需求。

研究图形图像应用的目前主要分为工程图学和计算机图形图像处理两类。

工程图学的基本对象是工程图纸,其在工程技术界被称为是工程界互相交流的一种技术语言。工程图学的基础是投影理论,其可解决平面对空间的表达以及从平面到空间的构造规则。在建筑制图上也采用中心投影(如透视图),其理论与方法也是工程图学的内容。图形是设计思想的具体表现,在表达上是采用尺规来绘制图形还是采用计算机来绘制图形,只是绘图效率的问题。

计算机图形图像处理,目前分别包含计算机图形学与图像处理两个方面。计算机图形学的主要研究内容就是如何在计算机中表示图形、以及利用计算机进行图形的计算、处理和显示的相关原理与算法。图像处理主要是指数字图像处理,包括图像的空间域处理、频域处理、复原处理、压缩处理、形

态学处理、分割处理等等。研究如何结合计算机本身的特点完成物体在计算机内的构造、运算、显示,算法与数据结构及程序设计是用计算机完成工作的处理方式。计算机图形图像处理涉及的理论与方法比工程图学要复杂得多,其应用范围也更加广泛。随着计算机科学与技术的快速发展,计算机图形图像处理的内容也会更加丰富。

3 基于图形多维度演化趋势的图学科学

总结这个基于图形四维度的图学学科的内涵及学科演化过程,可以看到:

(1) 形:主要研究图形的表达方式与表达载体。对图学的表示方式,从无序到规范(标准),从具体到抽象,从连续到离散(图像,真实感),从二维到三维、四维,形成了手工绘图、计算机绘图、三维建模、图像处理、三维重构等理论与技术。

(2) 意:透过呈现形式,研究其内在关系,解读其承载意义,达到交流目的。对图形的解读方式从手工作图求解(画法几何等)到计算机计算,从由二维表述三维到三维建模、图形图像融合表述,形成了各种投影变换、三维重构、图像识别等理论与技术等。

(3) 元:面向计算与处理,研究图形的各构成要素及其内在关系。对图形的构造由线条逐步丰富,产生了阴影与透视、光照,并由图形扩展到图像、图形图像融合及各种成像理论和方法,图形构成关系更为复杂。

(4) 用:面向图学应用,研究相关规范、标准和技术。支撑理论方法工具等与应用相互促进,图形的应用领域不断扩展,如工程设计、科学仿真、科学计算可视化等。即使常规的应用领域,如工程图学等,其内涵与外延也在急剧扩展,需要研究其发展定位及所需配套支撑理论、技术与规范。

分析图形演化的历史进程,图形意义向着承载内容更为丰富,表现方式更为复杂高维,构成方式则趋向于交互融合,应用领域不断向深度和广度的方向发展。图形的科学本质逐渐被揭示,其需要的理论、方法和技术的支撑也逐渐清晰,特别是推动以图形为核心的“形计算”的创立^[7]。研究图形和图像的科学也逐渐成为一个相对独立的图学学科,其对“形”的表示、“意”的处理、“元”的构造、“用”的扩展等进行多维度的融合和处理。

因此,图学可以概括为研究“图”与“形”关系的科学。“图”描述与展现客观与虚拟事物或世界;“形”包含两重含义:一是指事物或世界本身的形态;二是图表达出的事物或世界的形状。图,主要指面向应用的最终呈现,主要涉及“用”;形,指图的产生根源和方法,主要涉及“形、意、元”3个要素。形,不管其是客观存在的,还是虚拟想象的,其属性是“表示”;图,是对形的描述与展现,其属性是“表现”。因此,图是形的表像,形是图之源,图与形相互关联。

基于以上分析,图学的定义表述如下:图学以图为核心,研究将形演绎到图,由图构造形的过程中图的表达、产生、处理与传播的理论、技术及其应用的科学^[8]。

4 图学学科框架

从图形的起源与发展来看,图与文字、数字、语言都是人类表达思想、交流与沟通的工具和形式。在历史的发展进程中,文字、数字、语言分别形成了相应的学科,因此,有理由认为图学具备学科的地位^[9-10]。根据形是图之源,图是形的表现^[7]的基本认知,基于图形四要素,图学学科的学科体系应包含以下几个部分,如图6所示。

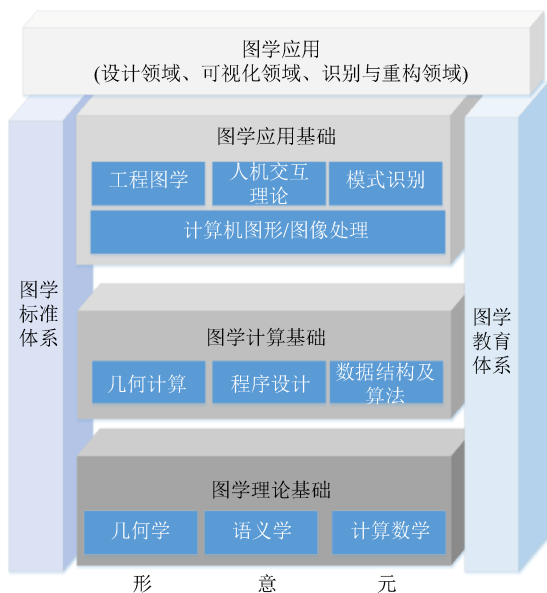


图6 基于图形要素的图学学科框架

(1) 图学理论基础。图学学科的基础理论应该从图形的形、意、元三方面来考虑,因此数学学科中的几何学(如解析几何、画法几何、射影几

何、计算几何、分形几何等)与计算数学(如数学分析中的实变函数、泛函分析、傅里叶分析等;应用数学中的概率统计、数值分析、矩阵论等)是构建图学学科的数学基础。前者是几何基础,主表现框架;后者是代数基础,主处理框架;而语义学是作为意义表述的基础,也能与图形的表现理论和处理框架相关联。

(2) 图学计算基础。图学学科的计算基础^[8]主要包括从计算机角度的图形表征模型、处理方法到开发实现的计算方法,主要涉及到计算机科学中的几何计算理论^[11]、程序设计、数据结构和算法等理论,指的是计算支持理论及工具。

(3) 图学应用基础。图学的应用领域较为广泛,但主要可分为3个领域:①设计领域,如工程设计、艺术设计等;②可视化领域,如科学计算可视化、计算机动画、虚拟现实等;③识别与重构领域,如模式识别、反求工程等。因此,从应用领域来说,主要的图学应用基础涉及到图形的生成、交互、反求等部分,包括计算机图形学^[12-13]、工程图学、人机交互、图像处理等学科,在计算技术飞速发展的今天,面向复杂模型的交互应用支持,体现了表现和表示分离思想的计算机图形学^[14]是当前图学应用的重要基础支持方法。

(4) 图学应用领域。面向设计领域、可视化领域、识别与重构领域等不同的应用领域,图学学科可以有应用分支,例如产品设计、建筑设计、游戏开发、医疗图像可视化、视频制作等,其应用非常广泛。

(5) 图学标准体系。图形作为科学、工程、艺术等的交流语言,也需遵循一定的规范和标准。图学学科标准横贯图学的各个层面,但按照工具划分主要可以分为两个方面:一是面向工程的图形标准,如机械制图标准、建筑制图标准等。二是面向计算机处理的图形标准、图像标准,如图形图像记录标准、传输标准等。构造全面的图学标准体系,是图学的重要支持和保障。

(6) 图学教育体系。面向各层面图学学科构建和应用需要,构造全面的图学教育体系,是图学支持的持久保障。

图学学科是集理论基础、计算基础、应用基础等一体的交叉学科,图学专业培养的是具备图形生成与图像处理的基本理论,掌握现代计算相关技术与应用的复合型人才。

5 结 束 语

图形是重要的信息载体,在人类的生产生活过程中起着非常重要的作用。从图形中又抽象出了各种符号,包括文字符号和数字符号。文字按一定的规则组合,形成具有语义的语句,继而形成表达思想内涵的文学;数字,从计数抽象扩展到计算,形成数学。与文字与数字相比,图形表达更直观、计算更简洁、表达含义更丰富。但是,由于图形在输入、计算、传播、表示上相对复杂,其发展受到了一些抑制,没有形成专门的科学和学科。

信息技术的发展,使图形的表达、交流、传递、计算成为可能。在科学、技术与生活中,对此的需求也急剧增长。然而,目前对图形相关研究分散在不同的理论、方法、技术与学科中。系统的图学理论与方法的缺乏,已经并将更加严重制约图形研究与应用的发展。

本文以图形的“形、意、元、用”的四维结构揭示了图形内涵的演化和发展趋势——“形”维度的多维化、“意”维度的深度化、“元”维度的融合化和“用”维度的渗透化。由此给出了图学的科学本质:图学是对图形的“形、意、元、用”及其相互关系进行研究的科学。从一个新的角度论证了建立图学学科的必要性和重要性。

在这个大前提下,梳理了与研究图形有关的众多相关分支的理论、方法和技术,分析了图学研究内容的理论深度和广度、应用需求的广泛性和复杂性,构建了一个以图学的理论基础、计算基础、应用基础、应用领域、标准体系和教育体系为主要内容的图学学科框架。

参 考 文 献

- [1] 中国图学学会. 2012-2013 图学学科发展报告[R]. 北京: 中国科学技术出版社, 2014: 3-30.
- [2] [美]亨得里克·威廉·房龙著. 人类简史[M]. 逸凡译. 南昌: 江西人民出版社, 2017: 1-8
- [3] BILLE R, SMITH S P, MAUND K. Extending building information models into game engines [C]//Proceedings of the 2014 Conference on Interactive Entertainment. New York: ACM Press, 2014: 1-8.
- [4] DAN C, TEJERA M, GUILLEMAUT J Y, et al. 4D parametric motion graphs for interactive animation [C]//Proceedings of the ACM SIGGRAPH Symposium on Interactive 3D Graphics and Games. New York: ACM Press, 2012: 103-110.
- [5] WANG M, LAI Y K, LIANG Y, et al, BiggerPicture: data-driven image extrapolation using graph matching [J]. ACM Transactions on Graphics, 2014, 33(6): 173.
- [6] LIU J C, LIAN Z H, XIAO J G. Auto-colorization of 3D models from images [C]//SIGGRAPH Asia Technical Briefs. New York: ACM Press, 2017: 1-4.
- [7] 何援军, 童秉枢, 丁宇明, 等. 图与图学[J]. 图学学报, 2013, 34(4): 1-10.
- [8] 于海燕, 蔡鸿明, 何援军. 图学计算基础[J]. 图学学报, 2013, 34(6): 1-6.
- [9] 丁宇明. 工程图学学科内涵及分支探讨[J]. 工程图学学报, 1998, 19(1): 84-89.
- [10] 童秉枢. 对图学学科和工程图学学科的若干认识[J]. 工程图学学报, 2010, 31(6): 1-6.
- [11] 何援军. 几何计算[M]. 北京: 高等教育出版社, 2013: 1-26, 226-240.
- [12] ROGERS D F. 计算机图形学算法基础[M]. 石教英, 彭群生, 等译. 北京: 机械工业出版社, 2002: 1-37.
- [13] FOLEY J D. 计算机图形学导论[M]. 董士海, 等译. 北京: 机械工业出版社, 2005: 1-5.
- [14] 何援军. 计算机图形学[M]. 3 版. 北京: 机械工业出版社, 2009: 180-183.