



DATA
VISUAL
ANALYSIS

高等学校教材

数据可视分析

王 勋 韩培友 编著

西北工业大学出版社



高等学校教材

SHUJU KESHI FENXI 数据可视分析

王 勋 韩培友 编著



西北工业大学出版社

西安

【内容简介】 本书以图形理论为基础,以数据可视技术为手段,以交互可视分析为目的,以基本图形生成作为切入点,采取循序渐进的方法,由简单到复杂,由二维到三维,理论与实践相结合,系统全面地阐述了图形与数据可视的基本原理、实用技术和实现方法。全书共 11 章,主要内容包括图形与数据可视技术概述、点可视、线可视、图形变换、面可视、分形可视、体可视、真实感图形、图形动画、交互可视和科学可视。

本书可作为高等学校计算机图形学、计算机绘图、计算机科学与技术、软件工程、计算机网络、计算机视觉和数据可视分析等相关专业的教材,也可作为从事图形图像技术、遥感、测绘、地理信息系统和数据可视分析等相关专业领域的科技人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

数据可视分析/王勋,韩培友编著. —西安:西北工业大学出版社,2018. 10

ISBN 978-7-5612-6285-6

I. ①数… II. ①王… ②韩… III. ①图象处理 IV. ①TP391.413

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 216338 号

策划编辑:雷 军

责任编辑:张 友

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:陕西金德佳印务有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:31.25

字 数:766 千字

版 次:2018 年 10 月第 1 版 2018 年 10 月第 1 次印刷

定 价:88.00 元

前 言

从古代的壁画图案和象形文字到现代的工程图纸和地图等,都是采用图形这种简单直观的方式来表示各种信息。随着计算机硬件和软件的快速发展,图形已经发展成为人类表示信息的主要手段,从而得到了极大重视和快速发展,同时出现了很多新理论、新算法、新设备和新软件,并在科学研究、工农业生产、军事技术、航空、航天、航海、医学、气象和天文等各个领域得到了广泛的应用,从而使图形与数据可视技术发展成为计算机技术最完整的和系统的经典学科。

现代社会的办公自动化和生活网络化,必然促使人们从图形的理论高度和绘图的实用技术来研究图形生成技术,开发数据可视软件。尽管有关图形理论、高级语言绘图和图形系统等都有很多图书和资料,但是基本上均是独立出现。经过多年的教学、科研和软件研发,笔者深刻地体会到,没有图形理论作为基础,图形生成与数据可视就无从谈起,没有高级语言描述算法的详细思路 and 具体实现方法,复杂的图形理论就不能真正得到理解和应用。因此,本书把图形理论与数据可视实践结合起来,在图形理论与交互可视软件之间架起一座桥梁,对图形的原理和方法尽量用详细的算法程序描述出来,从而使读者掌握用高级语言进行交互可视软件设计的技术,在理论与实践两方面均做到举一反三、运用自如。

图形与数据可视是应用性很强的技术,图形理论是基础,而数据的实用可视技术和实现方法是手段,学以致用是目的。

基于 Eclipse 平台的交互数据语言 IDL 是语法简单、跨平台(Unix, Windows, Macintosh)、面向对象、支持 ODBC 的快速数据可视分析语言。IDL 内嵌了多维大数据的可视引擎和数据分析引擎 IMSL(International Mathematical & Statistical Library),包括线性系统、特征系统分析、插值和概率、微分方程、变换、非线性方程、优化、矩阵运算和矢量运算、特殊方程、回归、相关和协方差、变量分析、绝对和离散数据分析、非参数统计、拟合优度、时间序列和预测、多元分析、残差分析、概率分布、随机数集生成等,使得图像分析更加简单、灵活、方便、快捷、高效。

本书以基于 Eclipse 平台的最新第 4 代交互数据语言 IDL 为图形工具,详细介绍图形与数据可视的实用技术和实现方法,同时介绍图形与数据可视分析系统的设计与实现,并提供完整程序代码。

全书分为 11 章,第 1 章介绍数据可视技术的发展、研究内容 and 应用以及图形的坐标系统和显示模式;第 2 章介绍点可视的理论算法及其实现(单像素点、多像素点、六角星、水帘、摆线、伪彩点阵图);第 3 章介绍线可视的理论算法及其实现(数值微分法、中点画线法、Bresenham 算法、线型、线宽、走样、折线、多边形、裁剪、填充、幂函数、有理/无理函数、指数函

数、对数函数、三角函数、二次曲线、三次曲线、Bezier 曲线、B 样条、平面 2D 曲线、空间 3D 曲线、圆角长方形、沙丘曲线、心形曲线);第 4 章介绍二维(三维)平移、旋转、放缩、对称、转置和球面等图形变换;第 5 章介绍面可视的理论算法及其实现(平面、椭球面、旋转面、双线性曲面、Coons 曲面、Bezier 曲面、B 样条曲面、空间 3D 曲面);第 6 章介绍分形可视(Von Koch 曲线可视、Sierpinski 方形分形、Sierpinski 三角分形、Hilbert 曲线可视、Peano 曲线可视、正方形分形、圆形分形、多边形分形、分形树、山分形、龙分形、心脏分形、塔分形、闪电分形);第 7 章介绍体可视(模型、表示方式(特征/分解/扫描/构造/边界)、求交、集合运算、长方体、仿真卫星、球体、分子结构、锥体、环体、绳结、Ribbon 带、文本、心脏);第 8 章介绍真实感图形的理论算法及其实现(线消隐、面消隐(画家/深度缓冲区/扫描线/区域细分/光线投射)、材质、纹理、贴图(平面/台面/球面/曲面));第 9 章介绍图形动画的理论算法及其实现(原理、分类、特点、关键技术、创作过程、图形序列、视频文件、视频播放器);第 10 章介绍人机交互可视技术(内容、设备、接口、图形标准、交互模式、定位、笔划、定向、定量、定路径、文本、引力、橡皮筋、选择、移动、放缩、旋转、拾取、菜单、GUI 设计、交互图形系统(结构/准则/功能)、二维图形编辑器、三维图形编辑器、曲线编辑器、轮廓编辑器、颜色表编辑器、图像转换器、Mandelbrot 分形分析器、分形树生成器、俄罗斯方块游戏、图形与数据可视范例演示系统);第 11 章介绍科学可视理论及其实现(原理、面绘制、体绘制、体数据分割、体数据可视分析、切片提取与分析、人体透明漫游分析)。

为了便于读者使用本书,笔者提供了配套资料和程序源代码,需要者可以登录西北工业大学出版社网站(<http://www.nwpu.com/>)下载。

本书是笔者多年从事图形与数据可视教学和科研的经验和总结。第 1~7 章由浙江工商大学计算机与信息工程学院的王勋教授编写,第 8~11 章由浙江工商大学计算机与信息工程学院的韩培友副教授编写。

在编写本书的过程中曾参考了大量相关文献,有关单位的同仁给予了大力支持,在此一并表示诚挚的感谢!

由于水平有限,疏漏与不妥之处在所难免,敬请专家和读者提出宝贵建议。

作者

2018 年 6 月

目 录

第 1 章 数据可视技术概述.....	1
1.1 数据可视技术发展	1
1.2 数据可视技术内容	15
1.3 坐标系统	19
1.4 显示模式	22
1.5 数据可视技术应用	34
习题	38
第 2 章 点可视	40
2.1 单像素点可视	40
2.2 多像素点可视	42
2.3 点图形可视	45
习题	51
第 3 章 线可视	52
3.1 直线可视	52
3.2 折线可视	67
3.3 曲线可视	94
3.4 曲线图	126
习题	131
第 4 章 图形变换.....	140
4.1 二维几何变换	140
4.2 空间变换	150
4.3 三维几何变换	162
习题	177
第 5 章 面可视.....	184
5.1 面可视基础	184

5.2 平面可视	185
5.3 椭球面可视	186
5.4 旋转面可视	190
5.5 双线性曲面可视	193
5.6 Coons 曲面可视	195
5.7 Bezier 曲面可视	199
5.8 B 样条曲面可视	204
5.9 空间 3D 曲面可视	209
习题	211
第 6 章 分形可视	218
6.1 分形概述	218
6.2 常用分形可视	220
习题	261
第 7 章 体可视	267
7.1 体的概念	267
7.2 体的模型	270
7.3 体的点、线、面关系	273
7.4 体的表示方式	275
7.5 几何元素求交与多体集合运算	285
7.6 常用体可视	290
习题	310
第 8 章 真实感图形	312
8.1 线消隐	313
8.2 面消隐	320
8.3 材质与灯光	327
8.4 纹理与贴图	346
习题	360
第 9 章 图形动画	362
9.1 动画基础	362
9.2 动画创作	375
9.3 图形序列与动画视频文件	388
习题	395
第 10 章 交互可视	398
10.1 人机交互基础	398

10.2 人机交互技术	402
10.3 GUI 设计	453
10.4 交互图形系统	457
习题	469
第 11 章 科学可视	471
11.1 科学可视概述	471
11.2 科学可视的实现	478
习题	490
参考文献	491

第 1 章 数据可视技术概述

在当今信息时代,人们需要处理大量的数据,图形(Graphics)是直接显示数据之间关系的主要工具和手段,而数据可视则是研究如何利用计算机以图形的形式快速显示数据的技术,进而揭示数据之间的关系,并最终理解数据,做出决策。

在计算机技术的发展过程中,数据可视技术得到了快速发展,而且出现了很多新理论、新方法和新设备。人们也越来越多地利用可视的图形来解决实际问题,从而使图形技术发展成为一名计算机技术的经典核心学科——计算机图形学,并且把图形学的应用技术发展成为数据可视的新学科,进而使数据可视从二维可视发展到三维可视,乃至四维可视,并且在科学研究、军事、三航(航空、航天和航海)、工业、农业、医学、地质、勘探、气象和天文等多个领域得到了广泛的应用。

1.1 数据可视技术发展

图形是在纸张、显示设备、绘制设备或者其他平面上,使用绘图系统(或者人工)通过绘画表现出来的物体的形状和形象。

数据可视(Data Visual, DV)是运用计算机图形学、计算机技术和图像技术等,研究利用计算机将数据转换为图形或者图像,并进行显示、生成和交互处理的理论、方法和技术,涉及计算机图形学、图像技术、计算机视觉、计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD)、计算机辅助制造(Computer Aided Manufacturing, CAM)和人机交互技术等多个领域。

因为图形信息直接明了、内涵丰富,具有表达直观、易于理解、表示准确、简明精练(一图胜千言)、信息量大、“实时”反映过程的变化规律等特点,所以,图形技术一直是计算机技术的核心,多媒体技术的基础,进而促进了计算机技术的快速发展。图形技术的经典理论是计算机图形学。

计算机图形学(Computer Graphics, CG)是研究怎样利用计算机来显示、生成和处理图形的原理、方法和技术的一门学科。

图形与数据可视的发展可以分为图形技术、科学计算可视、空间数据可视、信息可视等阶段,其中图形技术贯穿整个发展过程。

1.1.1 图形技术

图形技术是数据可视技术的核心,其发展过程可以从现在一直追溯到 1854 年。

1854 年,英国伦敦暴发霍乱,英国著名医生约翰·斯诺(John Snow)创造性地使用在地图

上标记病例分布的方法,将污染源锁定在布劳德大街的公用抽水机上,并首次提出了“霍乱是介水传播”的著名科学论断,有效地控制了疾病的蔓延。而该研究成功的关键是把研究取得的数据通过图形进行形象化。这是图形与数据可视的首例成功案例。

图形技术的真正发展过程应该是自 20 世纪 50 年代以来的 60 多年,即 50 年代的酝酿阶段、60 年代的萌芽阶段、70 年代的发展阶段、80 年代的普及阶段、90 年代的提高阶段和 2000 年以来的成熟阶段等。

1950 年,美国麻省理工学院(MIT)的旋风 I 号计算机的第一台图形显示器。

1958 年,美国 Calcomp 公司的滚筒式绘图仪和 GerBer 公司的平板式绘图仪。

50 年代末,MIT 林肯实验室在旋风计算机上开发了 SAGE 空中防御体系,出现 CAD。

1962 年,MIT 林肯实验室的 I.E.Sutherland 发表题为“Sketchpad:一个人机交互通信的图形系统”的博士论文。首次使用 Computer Graphics。他被称为计算机图形学之父。

1962 年,雷诺汽车公司的工程师 Bezier 提出 Bezier 曲线曲面理论,成为 CAGD 先驱。

1964 年,MIT 的 Coons 提出超限插值的新思想,通过插值四条边界曲线构造曲面。

60 年代末,出现图形算法,出现画线显示器和存储式显示器,出现 CAD 系统雏形。

1970 年,Bouknight 提出了第一个光反射模型。

1971 年,Gourand 提出了“漫反射模型+插值”思想,出现 Gourand 明暗处理。

1974 年,美国计算机学会成立图形标准化委员会(ACM SIGGRAPH),制定“核心图形系统”(Core Graphics System),ISO 发布 CGI,CGM,GKS 和 PHIGS 等标准。同年在 Colorado 大学召开了第一届 SIGGRAPH 年会,并取得了巨大的成功。

1975 年,Phong 提出了著名的简单光照模型(Phong 模型)。

70 年代末,出现光栅扫描显示器,出现实用 CAD 系统,推动交互式图形技术发展。

1980 年,Whitted 提出了光透视模型(Whitted 模型),并第一次给出光线跟踪算法的范例,实现了 Whitted 模型。

1984 年,Cornell 大学和广岛大学的学者将热辐射工程的辐射度方法引入图形技术。

80 年代末,出现彩色 CRT(Cathode Ray Tube,阴极射线管)显示器,实用的 CAD 系统进入普及阶段,出现科学计算可视技术。

90 年代,出现商用液晶显示器和离子显示器;图形技术进入标准化、集成化和智能化,国际标准化组织(ISO)公布多个更加成熟的图形标准,使数据可视得到快速发展。

2000 年以来,普及液晶显示器和等离子显示器;图形技术进入成熟阶段,同时出现数据可视技术标准,使数据可视技术逐渐成熟。

在图形技术的发展过程中,显示器是图形技术的关键设备,实现数据可视的核心设备是显示适配器(即显示卡),而显示卡的心脏是图形处理器(Graphic Processing Unit,GPU)。显示卡和显示器分别如图 1.1 和图 1.2 所示。

显示卡的作用是控制显示器的显示方式。按照总线类型分类,显示卡主要有 ISA,VESA,PCI,AGP 等。显示卡的性能取决于显示卡的图形芯片 GPU。

1981 年,IBM 推出的个人电脑提供了两种显示卡:单色显示卡 MDA(Monochrome Display Adapter,单色显示适配器)和彩色绘图卡 CGA(Color Graphic Adaptor,彩色图形适配器)。MDA 用于单色显示器,分辨率为 720×350 像素。CGA 用于彩色显示器,绘制图形和处理文本数据,分辨率为 640×350 像素,颜色数是 16 色。

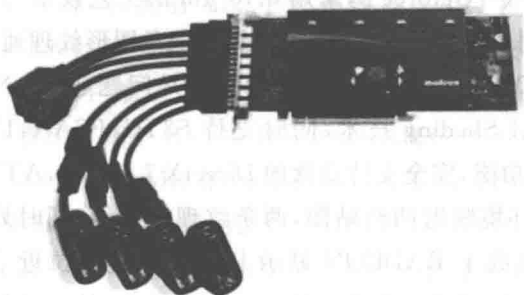


图 1.1 MATROX M9188 显示卡

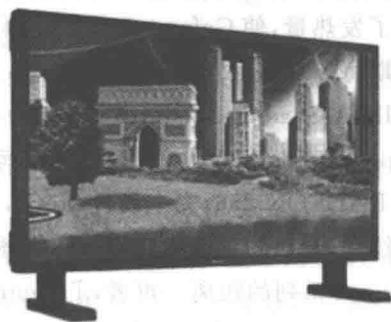


图 1.2 飞利浦 BDL6551V 显示器

1982 年,IBM 推出了 MGA(Monochrome Graphic Adapter,单色图形适配器),除了能显示图形外,还保留了 MDA 的功能。游戏需要这款卡才能显示动画。

1984 年,IBM 为 PC AT 计算机配备了 EGA(Enhanced Graphics Adaptor,增强型图形适配器)显示卡,分辨率为 640×350 像素,颜色数是 16 色。

1987 年,ATI 推出通用 ISA 总线接口的 VGA(Video Graphic Array,显示绘图阵列)显示卡,使显示卡进入 2D 显示的辉煌时代。分辨率为 640×480 像素,颜色数是 256 色。

1995 年,显示卡的里程碑,3D 图形加速卡正式推出。3Dfx 公司推出了第一块真正意义的 3D 图形加速卡 Voodoo。3Dfx 的专利技术 Glide 引擎接口一度称霸整个 3D 世界,直至 D3D 和 OpenGL 的出现才改变了这种局面。Voodoo 标配 4 MB EDO 显存,能够提供在 640×480 分辨率下 3D 显示速度和最华丽的画面。

1996 年,推出了融合 3D 加速、支援 DirectX 的显示卡 S3 Virge,且含有许多先进 3D 加速功能(Z-buffering, Doubling buffering, Shading, Atmospheric effect, Lighting 等)。

1998 年,3Dfx 推出了又一划时代的产品:Voodoo2。Voodoo2 自带 8 MB/12 MB EDO 显存,PCI 接口,双芯片,可以做到单周期多纹理运算,第一次支持双显示卡技术,让两块 Voodoo2 并联协同工作获得双倍的性能。

1999 年,百花齐放的一年,3Dfx 推出了 Voodoo3,配备 16 MB 显存,支持 16 色渲染。同时,nVidia 推出继 TNT 之后的 TNT2 Ultra,TNT2 和 TNT2 M64 三个版本的芯片,后来又有 PRO 和 VANTA 两个版本。配备了 8 MB/32 MB 显存,支持 AGP2X/4X,支持 32 位渲染等众多技术。再者,Matrox 推出了 Matrox MGA G400,拥有 16 MB/32 MB 显存,支持 AGP 2X/4X,支持大纹理以及 32 位渲染、独特的 EMBM 硬件凹凸贴图技术,营造出完美凹凸感并能实现动态光影效果。

1999 年末,nVidia 推出了革命性的显卡 GeForce 256(彻底打败 3Dfx)。NV10 GeForce 256 支持 Cube-Environment Mapping,完全的硬件 T&L(Transform & Lighting),把原来有 CPU 计算的数据直接交给显示芯片处理,大大解放了 CPU,也提高了芯片的使用效率。GeForce 256 拥有 4 条图形纹理通道,单周期每条通道处理两个像素纹理,支持 SDRAM 和 DDR

RAM,使用 DDR 的产品能更好地发挥 GeForce 256 的性能。

2000 年,nVidia 的第五代 3D 图形加速卡——Geforce 2,采用 0.18 μm 的工艺技术,大大降低了发热量,使 Geforce 2 的工作频率提高到 200 MHz。Geforce 2 拥有四条图形纹理通道,单周期每条通道处理两个像素纹理,且使用 DDR RAM 解决显存带宽不足问题,拥有 NSR (NVIDIA Shading Rasterizer),支持 Per Pixel Shading 技术,同时支持 S3TC,FSAA,Dot3 Bump Mapping 以及硬件 MPEG-2 动态补偿功能,完全支持微软的 DirectX 7。同时,ATI 推出了 RADEON 256,完全硬件 T&L,Dot3 和环境映射凹凸贴图,两条纹理流水线,同时处理三种纹理,最出彩的 HYPER-Z 技术,大大提高了 RADEON 显示卡的 3D 速度,拉近了与 Geforce 2 系列的距离。再者,Trident 推出 Blade T64。采用 0.18 μm 制造工艺,核心时钟频率为 200 MHz,像素填充率达到 1.6 GPixel/s,支持 Direct X7.0 等。

2001 年,nVidia 与 ATI 两雄争霸。nVidia 推出了 Geforce 3。增加可编程 T&L 功能,能够对几乎所有的画面效果提供硬件支持,具有 4 条像素管道,填充速率可以达到 800MPixel/s,拥有 nfiniteFX 顶点处理器、nfiniteFX 像素处理器以及 Quincunx 抗锯齿系统等技术。ATI 推出了 ATI Radeon 8500/7500,采用 0.15 μm 工艺制造,包括 6000 万个晶体管,采用了 Transform,Smartshader 等新技术。核心/显存工作频率为 300/600 MHz。

2002 年,nVidia 与 ATI 白热竞争。nVidia 推出了 Geforce 4 系列,DirectX 8 下最强劲的 GPU 图形处理器。芯片的晶体管数量高达 6 300 万个,使用 0.15 μm 工艺,采用 PBGA 封装,运行频率达到了 300 MHz,配合频率为 650 MHz DDR 显存,可以实现每秒 49 亿次的采样。GeForce 4 内建 4 条渲染流水线,每条流水线含 2 个 TMU(材质贴图单元)。ATI 推出了 R9700/9000/9500 系列。首次支持 DirectX 9,支持 AGP 8X,核心频率是 300 MHz,显存时钟是 550 MHz,实现可程序化的革命性硬件架构。符合 AGP 8X 最新标准,配有 8 个平等处理的彩绘管线,每秒可处理 25 亿个像素,4 个并列的几何处理引擎,更能每秒处理 3 亿个形迹及光效多边形。同时,SiS 发布了 Xabre 系列,第一款 AGP 8X 显示卡,全面支持 DirectX 8.1,采用 0.15 μm 工艺,具备 4 条像素渲染流水线,并且每条流水线拥有两个贴图单元。提供高达 1200MPixel/s 的像素填充率和 2400MTexel/s 的材质填充率。随后发布的 Xabre600,采用 0.13 μm 工艺。

2003 年,nVidia 与 ATI 共统天下。nVidia 的 Gf FX 5800(NV30)系列拥有 32 位着色,颜色画面有质的提高;GeForce FX 5900,提高了晶体管数,降低了核心频率与显存频率,改用 256B99 DDR,提高了显存带宽;后续推出 GF FX 5950/5700 系列。ATI 推出了 Radeon 9800/pro/SE/XT,凭借性能和价格,再次打败 GF GX 5800。

2004 年,ATI 大放异彩,ATI 面向中低端的 Radeon 9550,最具性价比,基于 RV350 核心,采用 0.13 μm 制程,核心频率为 250 MHz,显存频率为 400 MHz,4 条渲染管道,1 个纹理单元,同时兼容 64b 和 128b。nVidia 推出 GF FX 5900XT/SE。

2005 年,PCI E 平台时代。nVidia 的 Geforce 6200/6600/6800 系列和 ATI 的 X300/X700/X800 系列,使整个显示市场百花齐放。同 AGP 取代 PCI,PCI E 将取代 AGP。

2006 年,nVidia 推出了 Geforce 7800/7900 系列和划时代的 G80;ATI 推出了 Radeon X1800/1900 系列。PCI E 全部取代 AGP 显卡。AMD 并购 ATI。

2007年,DirectX 10时代,nVidia推出了基于G84/86/92芯片的8400/8500/9600/8800GT系列,拥有112个流处理器。ATI推出了基于RV610/630/670芯片的HD2400/2600/2900/3870系列,拥有320个流处理器,支持新一代DX 10.1规范。

2008年,普及DirectX10,nVidia推出G9x核心的9600GSO和9600GT系列。AMD-ATI推出了基于RV770核心的HD4850/4870系列。

2009年,AMD推出支持DirectX 11的基于RV870的HD5850/5870。AMD推出了GTX260/280/290系列。

2010年,普及DirectX 11。AMD推出基于RV870的双核HD5970。基于两个AMD顶级RV870(Cypress)核心设计,采用最新40nm工艺,每颗核心拥有1600个流处理单元、80个纹理单元和32个光栅处理单元,整体规格是上代Radeon HD4870 X2的两倍,性能相当于两张HD5870,支持DirectX 11和Shader Model 5.0规范。HD6970是第2代DirectX 11的单核心旗舰产品。采用Northern Islands(北方群岛)架构。HD6970的革新是核心架构为小幅改进的VLIW 4D架构模式,在一定程度上提高了晶体管的使用率,增强了曲面细分计算能力;增加了MLAA和EQAA抗锯齿技术;采用了新一代PowerTune节电技术。AMD推出GeForce GTX 470/480系列。GDDR5/DDR3取代GDDR3。

2011年,GPU显示核心在晶体管数量、芯片规模上已经是CPU的数倍,图形运算能力非常强大。AMD于12月22日推出采用Tahiti核心的南方群岛架构SI的拥有43亿个晶体管的Radeon HD7970。SI体系全新采用兼顾传统图形计算和通用计算的GCN架构模式,引入多层次的并行处理架构和多级可读写高速缓存。AMD Radeon HD7970显卡采用28nm工艺,拥有32个计算单元(相当于原来2048个流处理单元),925 MHz GPU核心频率,384b显存位宽,1375 MHz(等效于5500 MHz)的显存频率,264 Gb/s的显存带宽,Gb级的显存,128个纹理单元,2个专用几何引擎流水线(曲面细分计算),3.79TFlops单精度和947GFlops双精度浮点计算能力;支持DirectX 11.1,OpenGL 4.2,Directcompute 5.0和PCI-E 3.0,AMD APP加速并行处理技术,AMD Eyefinity单卡多屏输出技术2.0、AMD HD3D立体成像输出技术、AMD Eyefinity 3D单卡多屏立体成像输出技术、独立数字多点音频输出技术、VCE视频编码引擎、AMD CrossfireX多卡交火技术(3路)。

从1981年至今近40年显示卡的发展不难看到,数据可视从最初只能显示文本信息,已经发展到现在多姿多彩的图形画面,进而让我们得到了视觉上的享受。目前的显示技术可以说已经发展到了“没有做不到,只有想不到”的水平。

1.1.2 科学计算可视

数据可视最早运用于科学计算,并于1987年提出科学计算可视(Visualization in Scientific Computing),进而发展成为数据可视技术的一个重要分支。

科学计算可视是将科学计算的过程及其结果转换为图形图像显示在屏幕上的方法与技术。它是运用图形技术、图像处理、机器视觉、计算机辅助设计和人机交互技术等多个学科的理论知识的综合技术。

科学计算可视能够把科学数据(例如:测量数据、图像数据或者计算数据等)变为直观的、

以图形图像表示的、随时间和空间变化的物理现象或者物理量呈现在研究者面前,使他们能够方便、直观、灵活地进行观察、模拟、计算和分析。

科学计算可视是图形技术的典型应用领域,是图形技术的一个分支,也是当前图形技术的研究热点之一。科学计算的结果是数据流,不易验证和理解。科学计算可视可以对空间数据场构造中间几何图素或者用体绘制技术在屏幕上产生可见图像。

科学计算可视通常应该具有如下基本功能:

- (1) 计算结果处理。对科学计算结果或者测量数据进行处理,然后用图像显示出来。
- (2) 中间结果的实时跟踪、处理及其显示。
- (3) 中间结果的实时交互。可以实时交互修改原始数据、边界条件或者参数。

目前图形技术的发展使得二维和三维显示技术相当成熟,并且能够再现三维世界中的物体,能够用三维形体表示复杂的信息。科学计算可视技术使人能够在三维图形世界中直接对具有形体的信息进行操作,并且可以与计算机直接交互,实现了人和机器的直觉而自然方式上的统一,这无疑可以极大地提高工作效率,同时赋予人们二维/三维仿真和实时交互的能力,从而可以在三维图形世界中用以前不可想象的手段来获取信息或者发挥自己创造性的思维。工程师可以从二维平面图中得以解放直接进入三维世界,从而很快得到自己设计的三维机械零件模型。医生可以从病人的三维扫描图像分析病人的病灶。军事指挥员可以面对用三维图形技术生成的战场地形,指挥具有真实感的三维飞机、军舰、坦克向目标开进并且分析战斗方案的效果。

科学计算可视已经成功应用于有限元分析、分子模型构造、地震数据处理、大气科学、生物化学、地理信息系统、计算流体力学、医学图像、空间探测、天体物理、地球科学、数学等领域。科学计算可视源于图形技术,我国的科学计算可视技术始于 20 世纪 90 年代初。

【例 1.1】 已知山的高程数据文件为 Ch01ContourOfMountainDem.hpy,山的图像文件为 Ch01ContourOfMountainDem.jpg,要求利用该高程数据绘制山,并利用图像数据对山进行贴图处理,然后绘制山的等高线及其地面投影。程序如下:

```

;-----
;Ch01ContourOfMountainDem.pro
;-----
PRO Ch01ContourOfMountainDem
    MDem=BYTARR(64,64,/NOZERO)
    OPENR,Lun,'Ch01ContourOfMountainDem.hpy',/GET_Lun ;打开高程数据文件
    READU,Lun,MDem & FREE_Lun,Lun ;读取高程数据
    MDem=REVERSE(TEMPORARY(MDem),2) ;按照第 2 维数逆序
    ;光滑处理
    MDem=SMOOTH(TEMPORARY(MDem),3,/EDGE_TRUNCATE)+1
    MDemDim=SIZE(MDem,/DIMENSIONS) & XyScale=14.0
    x=FINDGEN(MDemDim[0])*XyScale
    y=FINDGEN(MDemDim[1])*XyScale
    ;读取山的图像数据
    READ_JPEG,'Ch01ContourOfMountainDem.jpg',IData,TRUE=3

```

;绘制等高线

```
ICONTOUR,VIEW_GRID=[2,1],/NO_SAVEPROMPT,TITLE='山的等高线与投影'
```

```
ICONTOUR,MDem,x,y,VIEW_NUMBER=2,N_LEVELS=11,COLOR=[255,0,0]
```

;绘制高程数据及其贴图

```
ISURFACE,VIEW_NUMBER=1,MDem,x,y,TEXTURE_IMAGE=IData
```

;绘制等高线的投影

```
ICONTOUR,MDem,x,y,COLOR=[255,255,0],PLANAR=0,TICKLEN=7,$
```

```
N_LEVELS=11,C_LABEL_SHOW=0,/OVERPLOT
```

```
END
```

程序运行结果如图 1.3 所示。

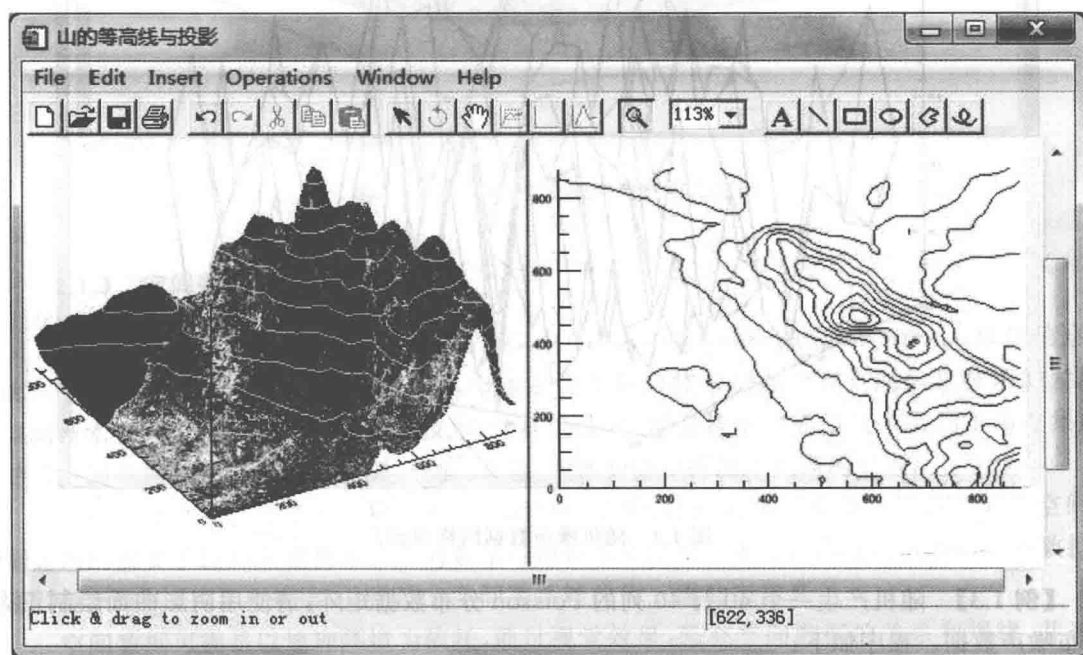


图 1.3 山的等高线及其地面投影

【例 1.2】 随机产生一个 20 行 10 列的随机噪声数据矩阵,数据的范围为[6,16],请使用网格曲面绘制噪声数据。程序如下:

```
;Ch01RandomU20x10_6To16.pro
```

```
PRO Ch01RandomU20x10_6To16
```

```
DEVICE, DECOMPOSED=1
```

```
! P.BACKGROUND='FFFFFF'XL & ! P.COLOR='000000'XL
```

```
WINDOW,6,XSIZE=560,YSIZE=360,TITLE='随机噪声可视'
```

```
PLOT,[0],/DEVICE,XRANGE=[0,200],YRANGE=[0,100],/NODATA,/ISOTROPIC
```

```
MinValue=6 & MaxValue=16
```

```
NoiseData=FIX((MaxValue - MinValue) * RANDOMU(Seed,20,10) + MinValue)
```

```
SURFACE,NoiseData
```

```
END
```

程序运行结果如图 1.4 所示。

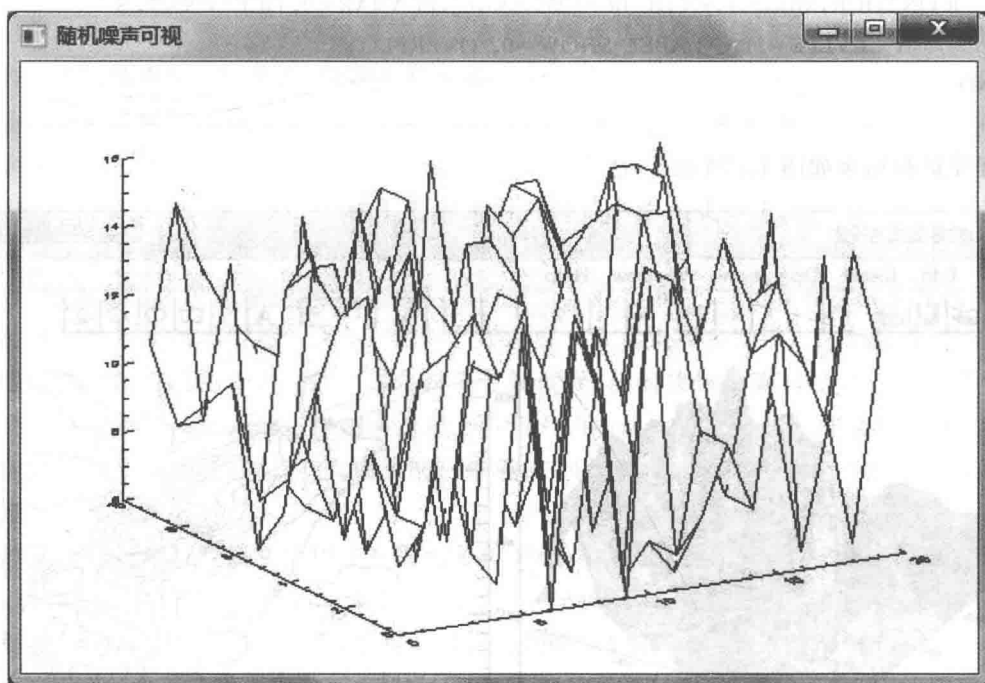


图 1.4 随机噪声数据网格曲面

【例 1.3】 随机产生一个 40 行 40 列的 Poisson 分布数据矩阵,请使用阴影曲面绘制正态分布噪声数据。程序如下:

```

;
;Ch01Poisson40x40.pro
;
PRO Ch01Poisson40x40
    DEVICE, DECOMPOSED=1
    ! P.BACKGROUND='FFFFFF'XL & ! P.COLOR='000000'XL
    WINDOW,6,XSIZE=560,YSIZE=360,TITLE='Poisson 分布噪声可视'
    PLOT,[0],/DEVICE,XRANGE=[0,200],YRANGE=[0,100],/NODATA,/ISOTROPIC
    NoiseData=10 * BESELJ(SHIFT(DIST(40),20,20)/2,0)
    SHADE_SURF,NoiseData
END

```

程序运行结果如图 1.5 所示。

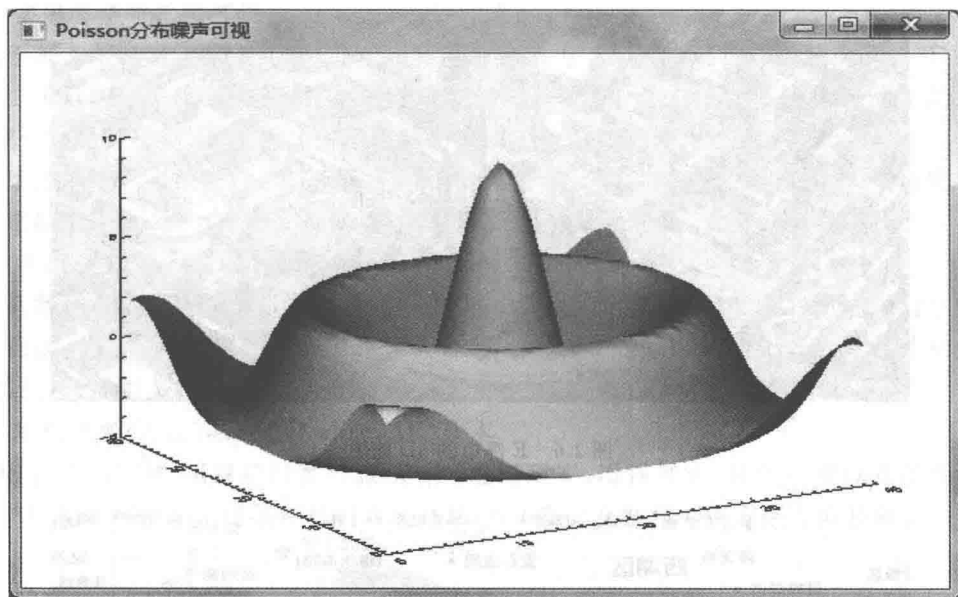


图 1.5 Poisson 分布噪声数据阴影曲面

1.1.3 空间数据可视

随着 3S(RS(Remote Sensing, 遥感), GIS(Geography Information Systems, 地理信息系统), GPS(Global Positioning Systems, 全球定位系统))技术的融合和空间信息技术的发展, 空间技术、传感技术、卫星定位导航技术、计算机技术、网络技术和通信技术得到了高度集成, 并对空间数据的采集、处理、管理、分析、表达、传播和应用提出了更高的要求。

空间数据可视以及基于可视技术的空间数据挖掘、分析和知识发现已经发展成为空间数据处理的重要手段和关键技术。空间数据可视技术可以用三维图形图像直接表示空间数据内在的复杂结构、关系和规律, 并把静态空间关系转化为三维动态仿真。

空间数据可视是以地理环境为依托, 通过视觉效果, 研究空间数据的关系和规律, 并通过空间数据的处理和分析, 获取空间信息和知识, 是数据可视技术的具体应用。

空间数据在人类生活中起着非常重要的作用, 从史前捕食的路线规划到今天的交通自动导航, 以图形方式呈现的空间信息极大地促进了人们对周围空间的认知。地图是空间数据最早的可视方式, 是人类直观认识自然的最好的表现形式, 在人类生活中发挥着重要的作用。随着数据可视技术的发展, 地图在一定程度上已经逐渐被 GIS、GPS 和三维电子地图(亦称 3D 地图)等取代。

互联网上 E 都市的 3D 地图就是一个成功的事例(<http://www.edushi.com>)。E 都市的 3D 地图、2D 地图和卫星地图分别如图 1.6~图 1.8 所示。

空间数据可视通常相当复杂, 具体表现在以下方面:

1. 空间数据的二维可视

空间数据的初级可视通常是二维可视, 即空间数据的实时二维可视的数字化实现。二维可视目前是空间数据可视的主流方法。原因是数据量小, 实时效果好。