

沉积相数据可视化的研究与应用

尚福华,李惠娟

(东北石油大学 计算机与信息技术学院,黑龙江 大庆 163318)

摘要:为了将各种沉积相数据的特征以及油水井的布局叠加展示,以便更加直观地表现出剩余油层的分布情况,从而为油田的开发决策者提供决策依据,研究了沉积相数据可视化的一些方法,因为地质数据可视化技术是建设数字油田的关键步骤。以地质数据成图平台为依托,结合常见的数据可视化技术、三角剖分技术对沉积相数据进行可视化的研究与应用。主要介绍了数据可视化的发展、实现的步骤、关键核心技术以及三角剖分的主要思想、步骤、实现的方法等。其中可视化映射的方法主要以三角网格剖分为主,也描述了数据的预处理、凸包建立步骤以及三角网优化等算法。系统以 Java2D 绘图技术为核心,可视化映射速度快、精准度高、人机交互方便快捷,达到了预想的实验目的。

关键词:数据可视化;沉积相;仿射变换;三角剖分

中图分类号:TP39

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2016)08-0191-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2016.08.041

Research and Application of Data Visualization of Sedimentary Facies

SHANG Fu-hua, LI Hui-juan

(School of Computer and Information Technology, Northeast Petroleum University, Daqing 163318, China)

Abstract: In order to overlay display the characteristics of sedimentary facies data and distribution of oil and water wells, as well as be more convenient and intuitive to show the distribution of remaining oil and helpful for the decision makers of foundation for decision making, some methods of sedimentary facies data visualization are studied because visualization of geological data is a key step in the construction of digital oil field. Based on the geological data mapping platform, data visualization technology and triangulation technology is applied to research the distribution characteristic and data rules of sedimentary facies. In this paper, the development, implementation steps and key core technology of data visualization and main ideas, steps and implementation method of triangulation technology are introduced. The method of visualization mapping is mainly based on triangulation and the methods of the data preprocessing, steps of establishing convex closure and triangular mesh optimization is discussed. The system relied on takes Java2D as the core of rendering technology. Its high speed of visual mapping, high accuracy and convenient man-machine interaction make the system very excellent, which achieves the expected objective.

Key words: data visualization; sedimentary facies; affine transformation; triangulation technology

1 概述

数据可视化(Data Visualization)是利用计算机图形学和图像处理技术,将数据转换成图形或图像在屏幕上显示出来,并进行交互处理的理论、方法和技术^[1]。数据可视化的出现为人们对数据的研究方式产生了极大的影响,相比于大型数据集中的数据以及冗长繁多的数据离链表,现在人们能直观地观察数据展示出来的各种图表,从而更加方便用户去查看数据的走向、位置分布、分布的疏密度以及不同位置的不同形

态或者物件等等。数据可视化的核心思想就是用图形元素(点、线、面)来表示数据关系。随着数据仓库技术、数据挖掘技术、网络技术以及电子商务技术等的发展,数据可视化技术的使用范围也越来越广泛,带来的效益也越来越大。

所谓的沉积相数据可视化,就是以油田地质数据中的沉积相数据为研究对象,通过可视化技术将沉积相数据以二维图幅的形式展示出来,实现由抽象不可见到直观可见的过程。将各种沉积相数据的特征以及

收稿日期:2015-12-13

修回日期:2016-04-06

网络出版时间:2016-08-01

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61170132);国家重大专项(2011ZX05020-007)

作者简介:尚福华(1962-),男,教授,博士(后),研究方向为人工智能、数据挖掘、计算机理论与方法;李惠娟(1989-),女,硕士研究生,研究方向为计算机应用技术。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20160801.0909.062.html>

油水井的布局叠加展示,更加直观地表现出剩余油层的分布情况,从而对下一步油田开发起到决策支持的作用。

由于计算机技术的快速发展,使得数据可视化的能力越来越强大,也越来越能满足用户的需求,尤其是现在的可视化技术提供了大量的交互功能,为用户的使用带了极大的便利,用户可以根据自己的喜好对感兴趣的全部或局部数据进行各种角度的交互处理。因此数据可视化的应用领域也得到了大幅度的拓宽,除了原先的生物医药、交通、气象预报、海洋领域,又增加了数据挖掘、社交、金融、通信以及网络等等^[2]。文中着重讲述了油田地质数据中的沉积相的可视化过程。

一般用三个较为重要的步骤来讲述数据可视化技术:数据预处理(源数据转化到 DB (DataBase) 中,包括数据选样、数据变换等)、可视化映射(数据到可视化结构的转换以及可视化结构到视图的转换,包括坐标映射、几何映射等)、可视化交互(建立人与系统之间的一种交流方式,包括选择交互、过滤交互、细节交互等)。可视化的步骤模型如图 1 所示^[3-4]。

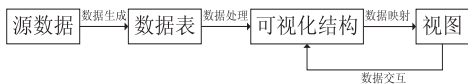


图 1 可视化的步骤流程

2 数据预处理

沉积相是对单层砂体规模、展布情况、接触连通情况以及储层成因的详细刻画,是对垂直方向上的非均匀物质演化规律的有效反映。在该系统中,沉积相数据可视化映射主要用图形学中最基本的点、线和面构成。其中用点来说明不同的井位信息,指的是对于不同的井别(油井和水井)应该按照不同的映射方式进行区别展示,并根据不同的坐标数据确定映射位置,并且确定该井所在位置包含的其他有关沉积相形成的数据信息,例如相别等。另外相别也是沉积相数据可视化的基本数据,根据沉积相数据来形成沉积相带线,沉积相带线是沉积相数据可视化的重要组成部分,由于沉积相是对单层沉积物质的数字语言描述,因此比较适合用二维平面的角度来反映当前区域具有的沉积规律。闭合的相带线所围成的面描述了映射范围中具体地层单元的该相别的空间分布情况,颜色代表的是不同相别之间的区分,需要用图例来展示。

系统用到的数据是大庆油田中获取到的真实数据,通过专家对数据进行处理,形成一系列的数据文件,系统对这些文件进行解编处理,建立专门的数据库,将坐标点以 BLOB 的形式存储于数据表中,再针对这些数据点进行坐标转换等。从某种程度上来说,采

取合适的坐标系转换方法能够简化沉积微相的可视化过程。由于该系统主要针对大庆油田中数字油田的建立而设计,而且大庆地区的井网排列有一定程度的倾角,这就为井位点的排序、井网的剖分带来了诸多不便。为了便于可视化映射,将原始井网的区块形态进行逆时针旋转等稍微的转变,变为较为规则的形态^[5]。

经过大量的资料查阅,系统采用仿射变换处理坐标变换相关操作,其中包括井位屏幕坐标变换、图幅的平移和缩放等。

仿射变换可以通过一定的方式将原有的图形进行平移、旋转和缩放,这对可视化的交互具有非常重要的作用,而且可以将沉积相数据进行坐标角度的处理,处理之后的数据不改变原有的数据特性。仿射变换中的坐标转换可以通过二维矩阵来表示,设原坐标为 (x, y) , 转变之后的坐标为 (x_1, y_1) , a 、 b 、 c 、 d 、 e 、 f 分别是变换的参照系数。通过仿射变换不会改变原来图像的“平直性”^[6-8]。

仿射变换的一般形式为:

$$\begin{cases} x_1 = ax + by + e \\ y_1 = cx + dy + f \end{cases} \quad \Delta = \begin{vmatrix} a & b \\ c & d \end{vmatrix} \neq 0$$

矩阵形式为:

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e \\ f \end{bmatrix}$$

3 数据点剖分映射

二维数据进行面几何可视化映射时主要用到的是网格剖分技术,由于普通的三角网无法自动解决地质数据二维可视化中的一系列问题,因此在普通的三角网剖分上提出一种基于改进约束三角网的地质二维数据可视化方法^[9-11]。

三角网建立的基本思路是:扫描数据点进行绘制凸包;采用逐点插入法构建初始的三角网;将离散点插入到三角网中进行三角网的局部修改;为了使剖分的三角形效率和精准度更高,再对三角网进行局部优化;对凸包进行合并处理。

(1)扫描离散点构建凸包:凸包在可视化映射中的几何映射中有广泛应用,常常是其他几何形态构建进行所必要的图形基础,也是进行可视化映射的必要步骤,并且在很多实际的科研项目中,难点的解决都需要借助凸包的构建作为工具。凸包就是将二维平面上所用点集构成的最外层的一个凸多边形^[12-15]。相当于在一个木板上订上很多图钉,用一条橡皮筋将所有图钉圈起来,这个橡皮筋就相当于所有点的凸包。遍历绘制中遇到的所有点,将位置坐标相同的点合并成一个点,并且找到 x (横坐标) 和 y (纵坐标) 方向上

的极大值与极小值。以找出来的这四个点(特殊情况下其中的两点会重合,形成的初始凸包为三角形)连成线形成初始的凸包四边形,用相邻的两点按逆时针组成有向线段,搜索其右侧能与之形成最大面积的三角形的另一个点,将该点记录下来,重复这个操作直到链表中没有其他的坐标点,这个时候初始的凸包就建立完成了。三角形面积可以用链表中点的坐标通过行列式来表示:

$$S = \frac{1}{2} \begin{vmatrix} X_i & Y_i & 1 \\ X_r & Y_r & 1 \\ X_{i+1} & Y_{i+1} & 1 \end{vmatrix}$$

(2)建立初始三角网:以凸包边集合中的任意一条边为起始边,如 AB ,加上其相邻的边 AF ,由于凸包链上的其他点(C,D,E)均在 $\triangle ABF$ 的外接圆外面,那么将该三角形记录下来并且同时将点 A 从凸包链中删除掉,此时凸包链上仅剩下点集 $\{B,C,D,E,F\}$,下次搜索以 BF 为起点边进行循环搜索,这是三角网划分的一条非常重要的准则,按照这个原则一直重复到凸包链表中剩下的最后三个点。把三个点两两连接成一个三角形,建立初始的三角网的工作就成功结束了。走完该步之后,凸包中的点就会形成很多的 Delaunay 三角形,如图 2 所示。

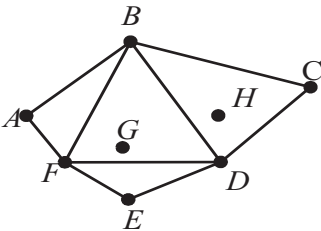


图2 凸包三角剖分

(3)逐步向区域内插入新点:在建立的初始三角网中还存在很多离散的点,如图 3 中点 G 。通过逐步向区域中插入离散点,可以将点 G, H 按照一定的规则插入到三角网中。首先找出含有点 G 的三角形即

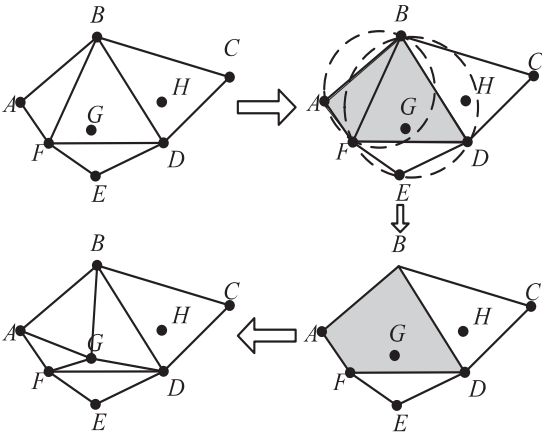


图3 插入离散点

$\triangle BFD$, 然后寻找与 $\triangle BFD$ 相接临的三角形,看其外接圆是否包含点 G ,若包含如 $\triangle ABF$,则将 $\triangle BFD$ 与 $\triangle ABF$ 形成一个区域,然后删除掉两个三角形的公共边 BF ,最后将点 G 与形成区域的所有顶点连接起来形成 AG, BG, DG, FG 四条边,此时已完成将离散点 G 插入到三角网中的全部过程。

(4)优化三角网:使用 Lawson 局部优化算法,凡是经过此算法进行局部优化的三角网,它在该局部区域内的三角形都会变成 Delaunay 三角形。Delaunay 三角形有唯一性(以任何一个点为起点都不会影响最终的三角网结构)、局部性(不影响之前剖分好的三角网结构)、最优性(形成的三角网是最优的)、最规则性(最小角进行排序)、最近性(保证三角网的均匀)、存在凸多边形的外壳(网格的最外层界限所有点均为凸点)、空圆特性(任一外接圆中不含有别的点)以及对偶性等。Lawson 优化算法的主要实施方法是判断拥有公共边的两个三角形是否需要重新设定公共边,遵循的原则是空外接圆和最小角最大的原则。实现起来就是判断一个三角形的外接圆是否包含另一个三角形的另一个顶点,若包含(如图 4 中的点 C 在 $\triangle ABD$ 的外接圆内),则将 BD 边删除,连接 AC ,即将对角线进行交换重绘。这种方法易于理解且便于实施到程序中。

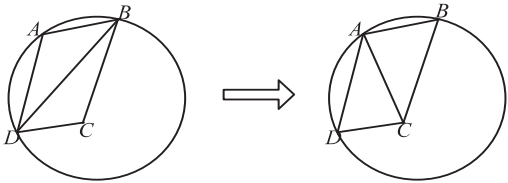


图4 局部优化三角网

(5)合并凸包:根据两个凸包投影的关系,先找出两个凸包的支撑点,根据凸包的合并原理,利用公共支撑线和支撑点在两个凸包之间生成新的三角形,同时为了保证两个凸包合并时没有交叉,也要对原有凸包里面的公共支撑线进行新的三角剖分。

4 应用实例

该软件是针对实现数字油田而设计的,用于实现“同一平台的一口井计划”。系统首先将沉积相可视化的映射结果结合井位坐标图作为底层展示。系统主要以 Java 语言开发为核心,使用了先进的 RIA (Rich Internet Applications) 丰富互联网技术,前端采用 .NET 网页框架和 Applet 网页嵌入技术,后端主要采用 Java2D 绘图技术。在绘图过程中采用 Java 2D API,通过一个 Web 浏览器使用 Java 插件软件,使用 Java Web Start (Java 运行时环境中较新的一门技术)来部署应用程序。

该系统通过仿射变换将原有的沉积相数据坐标点

转换成用于剖分三角形的坐标点集,通过三角剖分将点集剖分成三角形区域块,将相同的沉积相通过曲线平滑形成相带线。图 5 为结果展示。



图 5 可视化映射展示图

5 结束语

文中详细研究了数据可视化的发展及应用技术,针对数据可视化映射的研究较为详细,将沉积相数据进行可视化映射的意义非常重大,并且文中算法具有以下特点:

(1)思路简单,易于实现,算法较成熟;

(2)算法的效率较高,将时间和空间复杂度进行了较好的搭配;

(3)针对不同的数据做了不同的数据预处理,简化了后面可映射难度。

另外,该系统的可视化映射不仅速度快并且精准度高,大大提高了以往地质数据可视化的效率。系统又对映射结果进行了交互处理,主要包括选择交互、过滤交互以及抽象交互等。选择交互可以显示数据的一部分,对该数据进行操作;过滤交互是对感兴趣的部分进行约束交互,不满足的部分不予考虑或被隐藏;缩放交互是对局部或者整体进行缩放,抽象交互及在过滤交互的基础上对约束数据进行详细细节的抽象操作。建立了人与系统之间的一种交流方式,能更好地帮助用户理解和揭示数据信息。

参考文献:

- [1] 韩丽娜. 数据可视化技术及其应用展望[J]. 煤矿现代化, 2005(6):39-40.
- [2] 杨彦波,刘 滨,祁明月. 信息可视化研究综述[J]. 河北科技大学学报,2014,35(1):91-102.
- [3] 王媛媛,丁 毅,孙媛媛,等. 数据可视化技术的实现方法研究[J]. 现代电子技术,2007,30(4):71-74.
- [4] Lee M D, Butavicius M A, Reilly R E. Visualizations of binary data: a comparative evaluation[J]. International Journal of Human-Computer Studies, 2003, 59(3):569-602.
- [5] 尚福华,冀 宇,曹茂俊. 改进约束三角网在沉积相带图中的应用研究[J]. 计算机技术与发展, 2014, 24(11):242-245.
- [6] 宋麦玲,陈云亮. 基于仿射变换的图象定位方法[J]. 电脑知识与技术, 2007(14):478-480.
- [7] 张 伟,任仙怡,张桂林,等. 基于对数极坐标变换和仿射变换的目标识别定位方法[J]. 中国图象图形学报, 2006, 11(9):1255-1259.
- [8] 孙 焘,王秀坤,邵 刚,等. 二维点模式图像的仿射变换配准[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2005, 17(7):1497-1503.
- [9] 徐道柱,刘海砚. 大量约束边条件下 Delaunay 三角网的快速生成[J]. 测绘工程, 2007, 16(3):6-10.
- [10] 邹永贵,张 涛. 改进的平面域 Delaunay 三角网生成算法[J]. 计算机工程与应用, 2013, 49(20):171-174.
- [11] 徐 旭,李 源,陈学工. 一种基于插入法的 Delaunay 三角网生成算法[J]. 电脑与信息技术, 2010, 18(4):29-31.
- [12] 宁化展,徐炳喜,田茂义,等. 带有边界条件的 Delaunay 三角网生成算法的研究与实现[J]. 全球定位系统, 2010, 35(4):39-42.
- [13] 蔡 强,杨 钦,陈其明. 地质结构重叠域的限定 Delaunay 三角剖分研究[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2004, 16(6):766-771.
- [14] Chew L P. Constrained Delaunay triangulations[J]. Algorithm-mica, 1989(4):97-108.
- [15] Lee D T, Schachter B J. Two algorithms for constructing a Delaunay triangulation[J]. International Journal of Computer & Information Sciences, 1980, 9(3):219-242.