

车载测污激光雷达数据处理软件的设计

赵 博,胡顺星,曹开法,汪少林

(中国科学院 安徽光学精密机械研究所大气光学研究中心,安徽 合肥 230031;
中国科学院 大气成分与光学重点实验室,安徽 合肥 230031)

摘 要:数据处理软件是激光雷达系统的重要组成部分。根据车载测污激光雷达采集系统的特性与科研工作的需要设计了车载测污激光雷达数据处理软件。该软件集成了测量物的数据处理与显示功能;能够实时检测到激光雷达的回波信号,并自动进行处理;解决了多种测量物时间、空间分布实时显示的问题。在软件设计过程中,采用了双缓冲技术消除了闪烁现象;利用 API 函数实现了实时处理功能;在等值线的绘制中使用了不规则三角网对数据进行建模。经过测试,该软件能较好地完成车载测污激光雷达的数据处理工作。

关键词:激光雷达;不规则三角网;数据处理软件

中图分类号: TP311.5

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2010)10-0122-05

Data Processing Software Design for Monitoring Pollutants Mobile Lidar

ZHAO Bo, HU Shun-xing, CAO Kai-fa, WANG Shao-lin

(Center for Atmospheric Optics, Anhui Institute of Optics and Fine Mechanics,
Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031, China;

Key Lab. of Atmospheric Composition and Optical Radiation, Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031, China)

Abstract: Data processing software is one of important parts in lidar system. A data processing software is designed for needs of scientific research, which is used in a monitoring pollutants mobile lidar and based on feature of the lidar data acquisition system. The software comprises both functions of data processing and real-time display of pollutants concentration, and can detect lidar real-time echo and then automatically deal with it. So the software overcome the difficulties in real-time temporal and spatial distribution display of multi-pollutant. The flicker phenomena is avoided by using the double buffering technique, and real-time display is achieved by using API function. In plot of contour line, triangulated irregular network to model data was adopted. At last, the software was demonstrated feasible for satisfying the requirements of the lidar data processing by testing.

Key words: lidar; data processing software

1 概 述

激光雷达是一种主动式的现代光学遥感设备^[1],其基本工作原理与普通雷达类似:由发射系统发送一个信号与目标物质作用,返回的带有目标物质信息的信号被接收系统收集并进行处理以获得需要的信息^[2]。所不同的是激光雷达的发射信号是激光,它是传统无线电波雷达在光学频段上的延伸^[3]。基于激光

的各种特性,激光雷达具有很高的时空分辨率和探测灵敏度,在大气探测和研究方面有着广阔的应用前景。

车载激光雷达由中国科学院安徽光学精密机械研究所大气光学中心研制,它采用车载平台,具有极强的机动性,更能发挥激光雷达的功能和作用,而且其观测资料更能代表区域性大气成分的分布。文中主要介绍该车载激光雷达数据处理软件的设计与实现。

2 软件的总体设计

该车载激光雷达可探测大气中气溶胶的消光系数以及大气中 SO₂、NO₂ 和 O₃ 等微量气体的浓度,其测量的过程可以叙述如下:激光光源产生的激光脉冲通过发射光路和扫描镜以一定的方位发射到大气中,被测大气的后向散射光通过扫描镜后被望远镜接收,然

收稿日期:2010-02-03;修回日期:2010-05-09

基金项目:科技部科技基础性工作专项基金资助项目(2007FY110700)

作者简介:赵 博(1985-),男,山东菏泽人,硕士研究生,从事激光雷达电子技术、软件技术研究;胡顺星,研究员,从事激光雷达技术研究。

后通过小孔光阑、光纤、滤光片、衰减片到达光电倍增管,光电倍增管把光信号转变为电信号,再通过前置放大器进行放大,然后由数据采集卡采集到计算机中^[4]。

数据处理软件采用特定的算法对采集到计算机中的数据进行处理,得到被测物质的浓度以及大气中气溶胶的消光系数并以适当的形式显示出来。软件的总体设计是由激光雷达的功能以及科研的需要决定的。软件的运行状态可以分为普通处理模式与实时处理模式,实时处理模式是在实验的同时计算出测量结果并实时显示被测物质的分布,普通处理模式则是对已经采集到的数据进行事后处理研究。图 1 为软件的功能结构框图,作为最基本的功能软件应该可以对测得的单组数据进行处理并以曲线的形式显示出来。为得到被测物质的时间分布特性激光雷达可以对同一物质进行长时间的测量,软件应该具有时间演化图绘制能力。激光雷达还可以进行空间的扫描测量,软件要具有剖面图绘制能力

显示出被测物质的空间分布特性。车载激光雷达还配备了地面设备以得到地面点被测物质的特性,软件需要显示出地面设备测量的结果。对普通处理模式还应增加多组数据批处理的功能减少工作人员的工作量。

软件基于模块化的设计思想,降低了设计开发的复杂度并使设计步骤清晰,也有利于提高软件健壮性、灵活性、可复用性等^[5]。软件由实时处理模块、数据处理算法模块、曲线绘制模块、时间演化图绘制模块以及剖面图绘制模块组成,软件的各项功能由各模块协同完成(见图 2)。

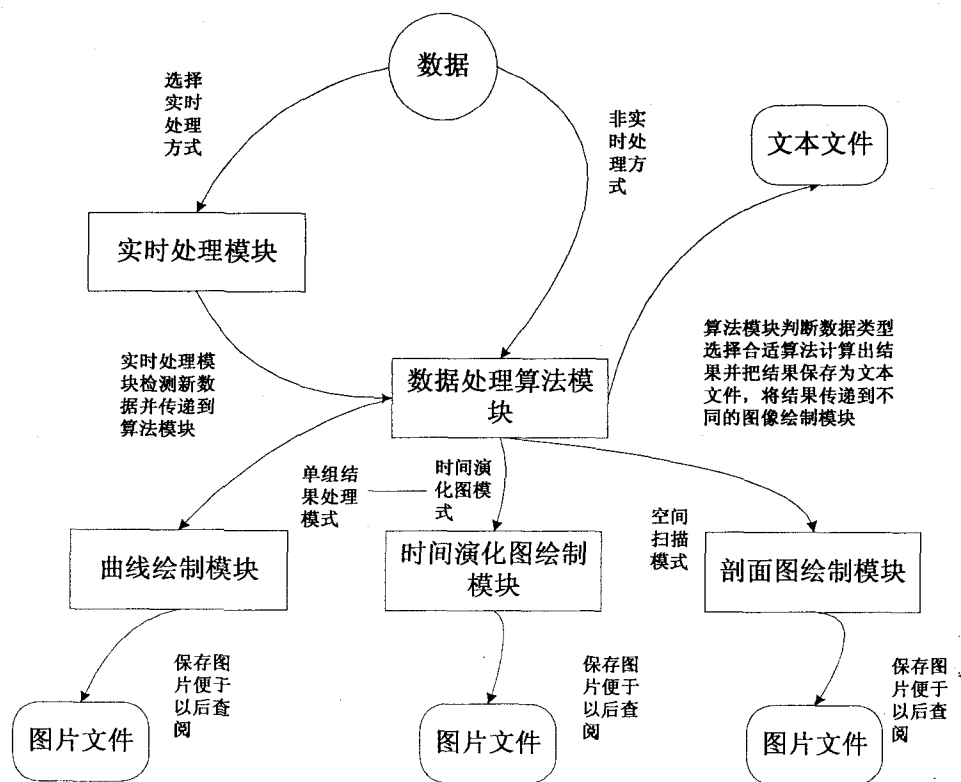


图 2 软件模块与数据流

如果采用实时处理模式,新产生的数据被实时处理模块捕获,实时处理模块对数据的合法性进行检查同时判断出数据的类型然后传递到数据处理算法模块。

数据处理算法模块根据数据的类型调用合适的算法进行计算,一方面把结果存入文本文件,另一方面根据显示模式的不同把结果传递到不同的图像绘制模块。在一般测量情况下将数据传递到曲线绘制模块,车载激光雷达进行被测物质时间分布测量时将数据传递到时间演化图绘制模块,如果车

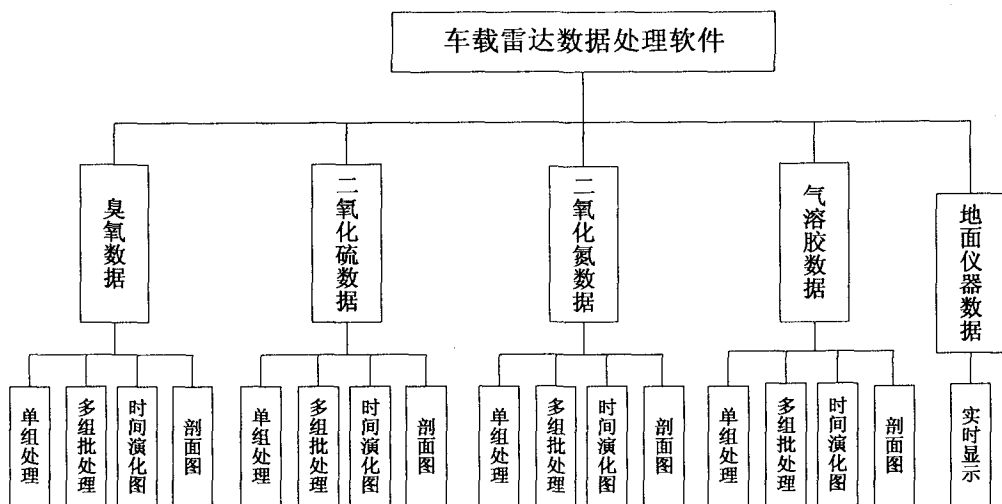


图 1 软件功能结构框图

载激光雷达进行被测物质空间分布测量时将数据传递到剖面图绘制模块。各图像绘制模块完成结果的显示后将图像保存为图片文件以备以后查阅。

3 关键问题

3.1 双缓冲技术

车载雷达数据处理软件的一个重要功能是对测量结果进行显示,需要进行频繁的绘图作业,就不可避免地遇到闪烁的问题。绘图代码主要在 OnDraw 或者 OnPaint 函数中,屏幕显示时 OnPaint 会调用 OnDraw^[6]。当窗口由于某些原因需要重绘时,总是先用背景色将显示区清除,然后再调用 OnPaint。这样在短时间内背景和显示图形会交替显示,而且背景色往往与绘图内容反差很大,这就会使得程序绘图区域看起来在闪烁。为了防止闪烁,使用双缓冲技术^[7]。其基本原理是把要显示的图形先在内存中绘制好,然后再一次性的将内存中的图形覆盖到屏幕上去而省去背景刷新的过程。当在屏幕上显示时,因为显示的图像与改变前的图像差别很小,所以看起来就不会闪烁。其部分代码如下:

```

BOOL CMYView::OnEraseBkgnd(CDC * pDC)
{
    return CView::OnEraseBkgnd(pDC); //首先要屏蔽背景刷新
}

void CLidarView::OnDraw(CDC * pDC)
{
    .....

    CRect rect;
    GetClientRect(&rect);
    CDC AtmemDC; //用于缓冲作图的内存 DC
    CBitmap memmp;
    MemDC.CreateCompatibleDC(pDC);
    memmp.CreateCompatibleBitmap(pDC, rect.Width(), rect.Height());
    MemDC.SelectObject(&memmp); //将兼容位图选择进内存 DC
    MemDC.FillSolidRect(rect, pDC->GetBkColor());
    ..... //绘图代码(使用 MemDC 进行绘图作业)
    pDC->BitBlt(0,0,rect.Width(),rect.Height(),
    &MemDC,0,0,SRCCOPY); //完成显示
    MemDC.DeleteDC();
    memmp.DeleteObject();
}

```

3.2 等值线绘制

时间演化图和剖面图的绘制是本软件的核心功能,也是研究人员比较关心的部分。激光雷达采集的数据是时间上和空间上离散的点,对被测物质的空间、时间分布的绘制,其实质就是根据离散点绘制等值线。

基于离散数据绘制等值线的建模方法主要有 4 种^[8]: 基于点的方法、基于规则格网的方法、基于不规则格网的方法和混合方法。

基于点的方法并不实用,而所谓的混合方法其实是规则格网和不规则格网方法的结合,在实际应用中规则格网与不规则格网方法是普遍使用的方法。规则格网的生成需要规则的采样点或者把不规则采样点内插成规则点^[9],内插的方法主要有距离加权法、双线性插值法、趋势面插值法、样条插值法和克里金插值法。规则格网的优点是数据结构简单算法实现容易。TIN(不规则三角形网)是不规则格网中的一种,同规则格网相比,虽然不规则格网储存量大、数据结构和操作都很复杂,但是不规则格网比规则格网能更准确反应数据信息的细节特征。本软件采用 TIN 的建模方法。不论规则格网还是不规则格网建模方法,等值线的生成都可以分为 3 个步骤:格网的生成、等值线的追踪和等值线的平滑。

TIN 的生成算法中有三种被普遍采用:分割-归并法、逐点插入法和逐步生长法^[10]。本软件采用逐点插入算法,其基本步骤是:定义一个包括所有数据点的初始多边形,在初始多边形中建立初始三角网。插入第一个数据点 D,在初始三角网中找到包含 D 点的三角形 A,把 D 点与三角形的三个顶点相连生成三个新的三角形从而形成新的三角网。再插入下一个数据点重复上面的过程,直到最后一个数据点被插入,这样 TIN 就生成完毕了。

等值线追踪是将数据点中具有相同值而又满足一定的条件认为是属于同一条等值线的点有序地连接起来。首先选定需要追踪的值,然后按照一定的顺序遍历三角形网选定起始三角形。追踪等值线的过程从起始三角形开始,依次处理邻接的三角形。根据邻接三角形具有共同边的性质,逐一确定等值线延伸方向上的三角形。追踪时,等值线经过的每一个三角形都被加注标记,以避免重复检索。当等值线延伸返回起始三角形或追踪到位于边界的三角形时,这一条等值线的追踪过程结束。由于可能有多条同一值的等值线存在,所以还要按照顺序在未被标记的三角形中继续寻找新的起始三角形,继续追踪,直到整个 TIN 都被检索^[11]。当等值线追踪工作结束后还要对等值线进行平滑,对等值线划分的区域进行颜色填充。

3.3 实时处理系统的实现

车载激光雷达采集系统在采集完一组数据后存储到计算机磁盘中,实时处理系统的核心任务就是及时发现新产生的数据文件,然后交给数据处理算法模块。实现文件变更监控的方法较多,按照实现机制的不同

可以分为 3 种:基于 Windows API 的方法,基于拦截系统调用的方法和基于中间层驱动程序的方法^[12]。Windows API 方式最容易实现,功能上具有很强的针对性,只需要调用几个 API 函数就可以实现相应的功能,它的执行效率很高因此我们采用此方式。Windows 为了提供对文件和目录监控的系统服务提供了两个 API 函数,它们分别是:Find First Change Notification 和 Read Directory ChangesW^[12]。对指定的一个目录进行监控,当该目录中有文件发生改变,并通知处理。其中通过 FindFirstChangeNotification 函数只能监控到某一目录下有文件发生改变,而不能监控到具体是哪一文件发生改变,所以选用 Read Directory ChangesW 函数。实时处理系统的部分代码如下:

```
HANDLE hDir = CreateFileA(ThePath, FILE_LIST_DIRECTORY, FILE_SHARE_READ | FILE_SHARE_DELETE, NULL, OPEN_EXISTING, FILE_FLAG_BACKUP_SEMANTICS, NULL); //选择监控的目录
char buffer[1024];
FILE_NOTIFY_INFORMATION * pBuffer (FILE_NOTIFY_INFORMATION *) buffer;
DWORD BytesReturned;
while ( ReadDirectoryChangesW ( hDir, &buffer, sizeof ( buffer ),
```

```
TRUE, FILE_NOTIFY_CHANGE_CREATION, & BytesReturned, NULL, NULL))
{
    if (pBuffer->Action == FILE_ACTION_ADDED)
    {
        WideCharToMultiByte(CP_ACP, 0, pBuffer->FileName,
        pBuffer->FileNameLength, path, sizeof(path), NULL,
        FALSE);
        char path[MAX_PATH];
        WideCharToMultiByte(CP_ACP, 0, pBuffer->FileName,
        pBuffer->FileNameLength, path, sizeof(path), NULL,
        FALSE); //获取新产生的文件
        .....//检测到新文件产生,进行处理
    }
}
```

4 测试结果

分别选取几组数据对软件的单组处理结果图、时间演化图以及剖面图功能进行测试。图 3 为单组结果图的显示界面,分别对回波信号、PR² 信噪比和测量物浓度进行显示。图 4 为时间演化图的显示效果,显示了探测物浓度随时间的变化。图 5 是剖面图的显示效果,是激光雷达进行扫描作业时探测出的测量物的空间分布。

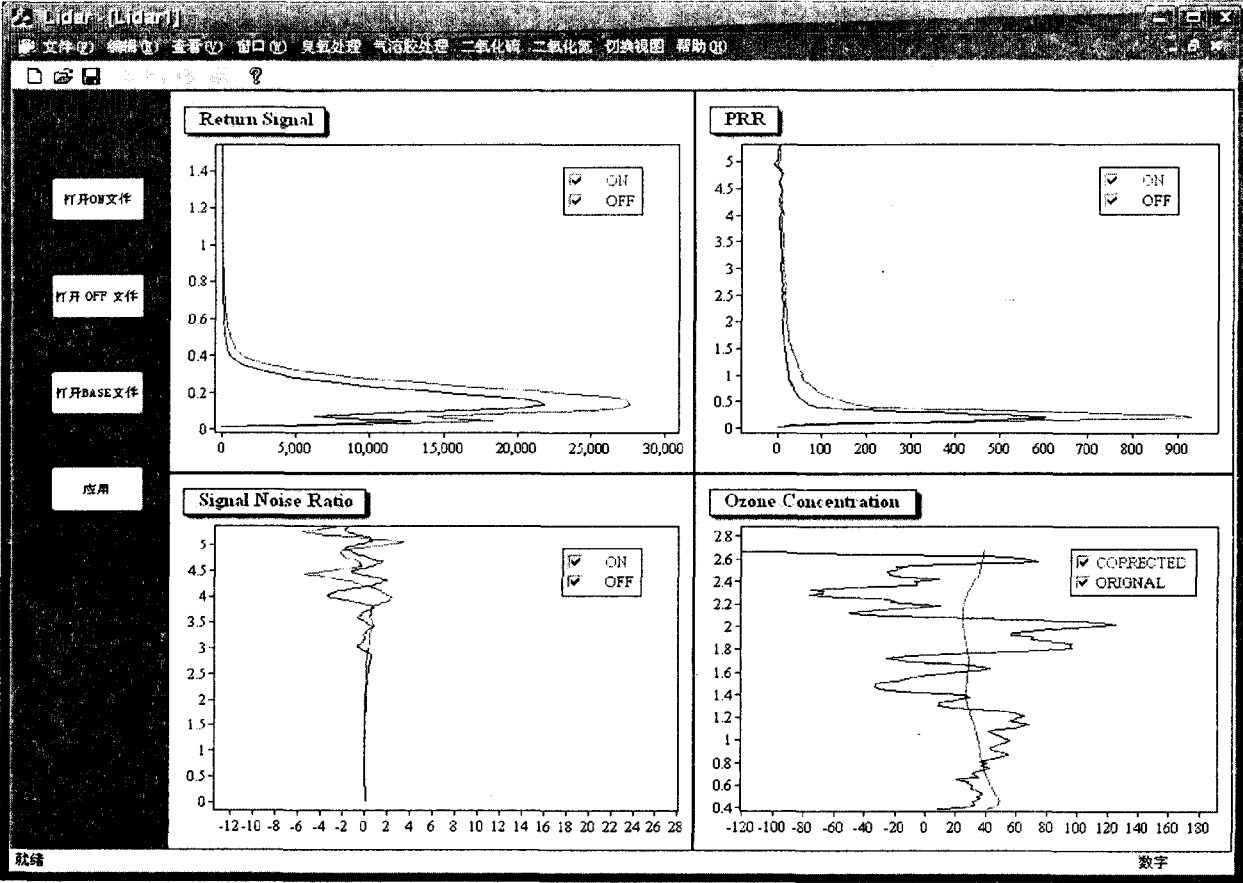


图 3 单组结果界面

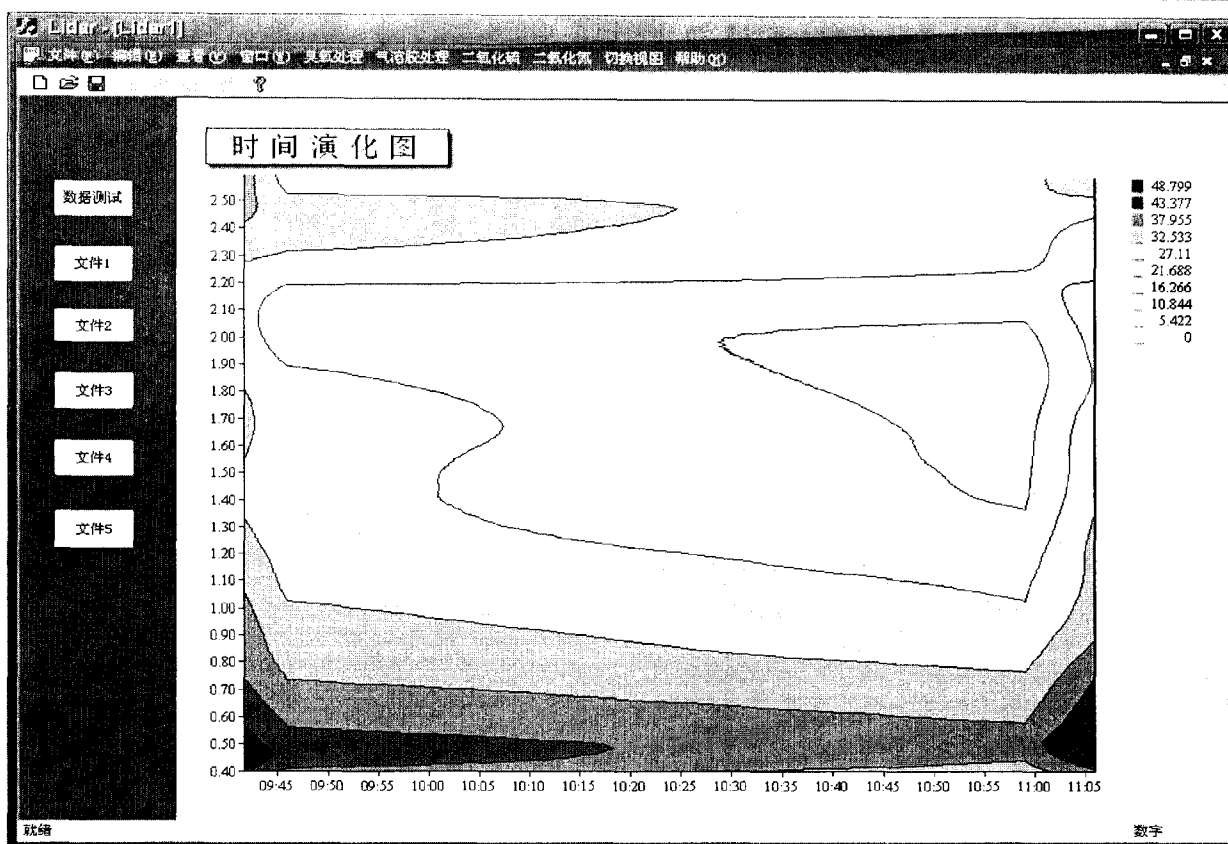


图 4 时间演化图界面

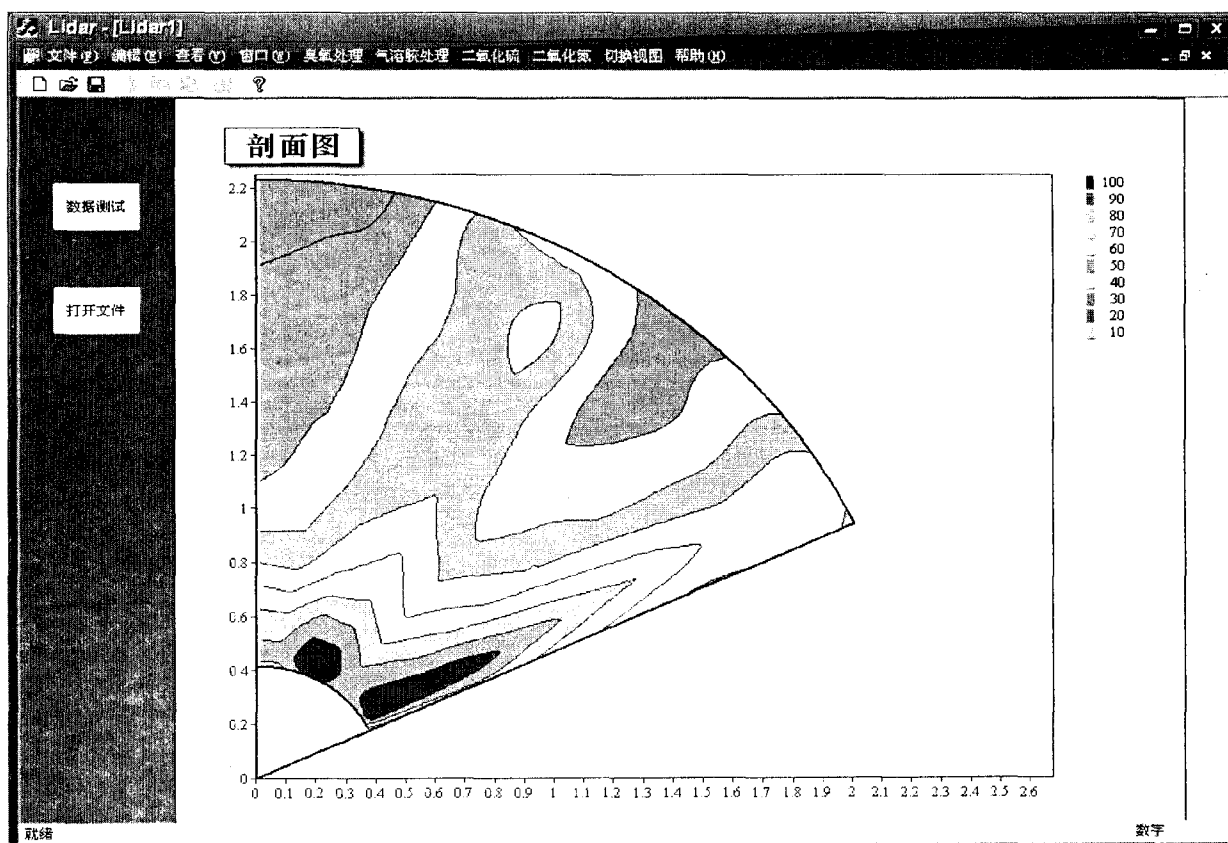


图 5 剖面图界面

(下转第 130 页)

大量的对象和属性时只有采用计算机构建才可以快速、准确、高效地实现模糊概念格的构建。

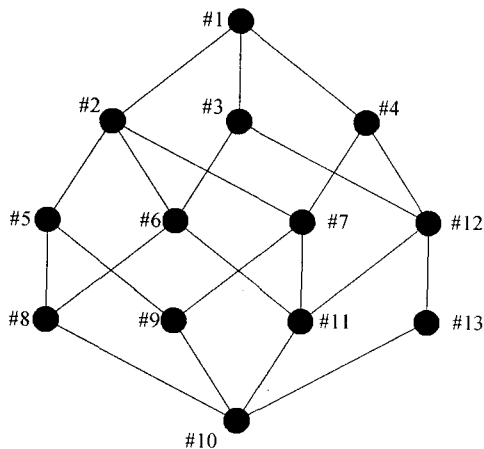


图 2 实例的模糊概念格 Hasse 图

文中基于模糊关系运算,改进了概念格构建的 Bordat 方法,提出了模糊概念格构建的一种新方法。由此可将属性值介于 0 和 1 之间的模糊形式背景结构层次化为模糊概念格,同时绘制出其 Hasse 图。该方法简单明了,易于计算机实现。进一步的研究将致力于建格方法效率的改进、模糊概念格约简和模糊概念格的合并等。

参考文献:

- [1] Quan T, Siu C. Automatic fuzzy ontology generation for semantic web[J]. IEEE Transactions on Knowledge and Data

Engineering, 2006, 18(6): 842-856.

- [2] 陈世权,程里春. 模糊概念格[J]. 模糊系统与数学, 2002, 16(4): 12-18.
- [3] 蒋平,任胜兵,林鹏. 形式概念分析在软件工程中的应用[J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(4): 127-129.
- [4] Belohlavek R, Dvůřák J, Outrata J. Fast factorization by similarity in formal concept analysis of data with fuzzy attributes[J]. Journal of Computer and System Sciences, 2007, 73(6): 1012-1022.
- [5] 胡可云,陆玉昌,石纯一. 概念格及其应用进展[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2000, 40(9): 77-81.
- [6] 胡明涵,张俐,任飞亮. 模糊形式概念分析与模糊概念格[J]. 东北大学学报: 自然科学版, 2007, 28(9): 1274-1277.
- [7] Ganter B, Wille R. Formal concept analysis: mathematical foundations[M]. Berlin: Springer, 1999.
- [8] 杨强,赵明清. 概念格研究进展[J]. 计算机工程与设计, 2008, 29(20): 5293-5296.
- [9] 赵志坤,李义杰. 对 Bordat 建格算法的一个改进[J]. 中国科技信息, 2007(4): 275-278.
- [10] 刘瑞新,孙士保,秦克云. 基于不同蕴含算子的模糊概念格建格算法研究[J]. 计算机工程与应用, 2007, 43(17): 179-181.
- [11] 张涛,周爱武,谢荣传. 基于概念格和关联规则 Web 个人化系统[J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(2): 139-142.
- [12] 陈世权. 模糊性的层次结构与模糊论[J]. 模糊系统与数学, 1999, 13(4): 1-6.

(上接第 126 页)

5 结束语

文中提出了车载激光雷达数据处理软件的设计方案,并对设计过程中的关键问题进行了阐述。该软件将多个测量对象的处理功能集成在一起,并实现了数据的实时处理与显示。降低了用户数据处理的工作量,给用户对测量物质分布的研究工作带来了极大的便利。同时,文中对其他激光雷达系统的数据处理软件的设计有较高的参考价值。

参考文献:

- [1] 吕勇辉. AML-2 车载激光雷达中的信号检测及控制技术[D]. 合肥:中国科学院安徽光机所, 2004.
- [2] 方欣,胡顺星,赵培涛,等. ATS-1 激光雷达实时处理显示系统设计[J]. 计算机工程, 2009, 35(11): 276-279.
- [3] Megie G. Simultaneous Nighttime Lidar Measurements of Atmospheric Sodium and Potassium[J]. Planetary and Space Science, 1978, 26(1): 27-35.

- [4] 杜小勇,张寅超,屈凯峰,等. 车载激光雷达探测低层大气中 NO₂ [J]. 大气与环境光学学报, 2006, 1(2): 97-100.
- [5] Kruglinski D J, Wingo S, Shepherd G. Programming VC++ 6.0[M]. Beijing: Hope Electronic Press, 1999.
- [6] 吴涵. 基于 VC++ 的研究生信息管理系统的设计与实现[J]. 计算机技术与发展, 2006, 16(12): 184-186.
- [7] 柳钰,王明辉. 基于 GDI+ 的快速图形图像绘制技术研究[J]. 现代显示, 2006(11): 66-69.
- [8] 武晓波,王世新,肖春生. Delaunay 三角网的生成算法研究[J]. 测绘学报, 1999, 28(1): 28-35.
- [9] 石宏斌,陈性义,赖祖龙. 基于离散数据的等值线绘制[J]. 工程地球物理学报, 2006, 3(6): 484-487.
- [10] 韦美雁,陈学工. 基于规则格网的等值线光滑算法研究[J]. 现代计算机, 2007(4): 30-32.
- [11] 武晓波,王世新,肖春生. Delaunay 三角网的生成算法研究[J]. 测绘学报, 1999, 28(1): 28-35.
- [12] 于扬,杨泽红,贾培发. 计算机安全监控系统的关键技术研究[J]. 计算机工程, 2007, 33(24): 146-148.