

机载 LiDAR 数据滤波方法及质量评价

许晓东¹ 刘经南² 张小红³

(1 广州地质勘察基础工程公司, 广州市环市东路 477 号, 510075)

(2 武汉大学校长办公室, 武汉市珞珈山, 430072)

(3 武汉大学测绘学院, 武汉市珞瑜路 129 号, 430079)

摘要: 在测绘行业步入信息化时代, 多种多样的测量手段应运而生, 其中机载 LiDAR 技术就是一个典型的代表。机载 LiDAR 技术是一种快速获取地面信息的手段, 并且在许多应用领域有其特有的优势。在机载激光扫描测高数据处理过程中, 滤波处理是关键步骤之一。本文中提出了一种基于分层思想的自适应数据滤波方法。该方法采用了迭代选权方法的基本思想, 并在方法实现中加入了自适应与分层的思想, 使得该方法也可用于处理城区点云数据, 然后给出滤波实践, 最后提出滤波方法评价体系并对本文提出的滤波方法进行评价。

关键词: 机载激光扫描测高技术; 滤波; 选权迭代法; 分层; 质量评价

一、概述

机载 LiDAR 技术是近些年来快速发展起来的一项技术, 它在快速获取地面信息如 DTM、DSM 等方面有着独特的优势。经过十几年的发展, 机载 LiDAR 技术在硬件方面已经取得了巨大的进步, 并仍处在高速发展的时期。但机载 LiDAR 数据处理技术相对比较滞后, 近些年来, 许多专家学者都投入到数据处理的研究中, 也取得了一些成果, 但至今仍没有一套非常成熟的数据处理系统问世^[1]。这主要是由激光数据处理的复杂性造成的。在机载 LiDAR 数据处理过程中, 滤波是最关键的部分之一, 它是进行后续高层次数据处理的基础。滤波就是从离散的激光扫描测高数据中剔除非地面点数据, 得到地面点数据, 从广义上讲, 滤波也属于分类的范畴。在实际应用中, 机载 LiDAR 数据滤波主要为生成地面 DEM 提供数据, 故大多数情况下滤波处理与生成 DEM 的过程紧密联系在一起, 现有的滤波方法中很多都能直接获得 DEM。

现有的数据滤波方法有很多, ISPRS 的第 III 委员会的第三工作组曾对八种滤波方法进行了评价, 最后结论表明每种方法各有其优缺点^[1]。由于现实生活中地形条件的不确定性, 每一种滤波方法都是基于自己特定的假设, 因此很难适应任何地形条件。笔者根据数据滤波的实现过程的不同, 将滤波方法(除利用强度影像信息进行滤波的方法)分为两类, 第一种是直接进行激光扫描得到的“点云”数据进行滤波, 剔除掉非地面点之后再内插生成 DEM, 即完成分类后一次性获得地面 DEM, 如 Axelsson 提出来的可适应 TIN 的滤波方法^[2]; 第二种方法中 DEM 是通过不断精化迭代生成的, 而且每一次数据滤波都是基于前一步生成的 DEM 平面, 生成的相应 DEM 也是根据前一步得到的滤波结果内插生成的, 如 Kraus 等提出选权迭代法^[3]。

实施。系统先期要实现的总体目标是：按照电子政务的建设标准，完成基础地理空间数据的加工、整合；基于 B/S 模式 Geowindows 软件平台，建立河南省电子政务空间信息服务系统，按不同的需求分别建立和完善多尺度、多类型的空间数据库及非空间数据库，在一定的范围内实现数据共享，在地理空间数据的支持下，实现专题信息的空间定位，对数据进行直观、可视化的分析和查询，进而发掘隐藏在统计数据中各种潜在的联系及发展趋势，进行预测分析及空间分析，为河南省电子政务建设提供一个法定的、标准的、统一的空间定位基础，为省政府和各部门提供可靠的基础地理信息服务，以利于整合政务信息，加速河南省统一电子政务的建设。

具体目标包括：

(1) 以全省多尺度（1: 400 万、1: 100 万、1: 25 万、1: 5 万及 1: 1 万）、多类型（矢量、影像、栅格、DEM）等基础空间数据为基础，设计多尺度地理空间信息数据库，叠加部门的专业数据即专题信息，并在服务器端由大型关系数据库 Oracle9i 来管理，以提高系统的稳定性，实现系统的正常运行；建立服务于河南省电子政务内网的河南省电子政务空间信息服务系统。

(2) 建立服务于河南省政府门户网站（公众网）近期急需的空间信息服务系统（电子地图），设计非涉密多尺度地理空间信息数据库。

(3) 建立服务于河南省电子政务外网（公务员网）的空间信息服务系统；设计准涉密多尺度地理空间信息数据库。

在确保系统在电子政务的各个网上运行正常后，随着数据内容的更新与数据量的增加，结合新的需求再对系统进行扩充和完善。

2.3 系统的体系结构

系统采用中国测绘研究院政府地理信息系统研究中心自主研发的面向政府办公的空间辅助决策的 GIS 平台——GeoWindows。系统结构体系采用基于 Web 服务的 B/S（浏览器/服务器）模式，在互联网上发布空间信息。采用 Oracle 进行多种类、多尺度、海量的地理信息的一体化管理。电子政务空间辅助决策系统维护工具（后台数据支撑）用于对电子政务空间辅助决策系统进行系统初始化，数据处理、入库，应用专题功能设置，用户权限设置，系统备份转储等系统维护工作。

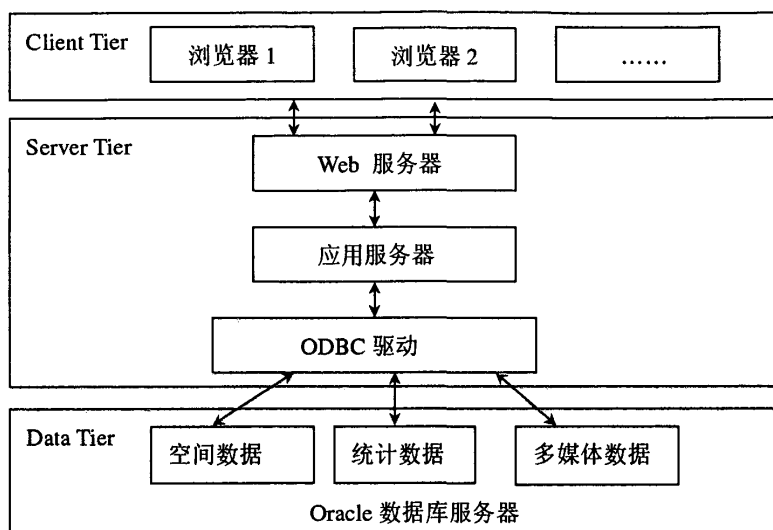


图 1 系统体系结构

3、系统的设计方案

3.1 系统的总体设计：

依托统一的标准体系和质量保障体系，完善数据生产体系，采集基础地理信息数据；建成数据库管理体系，形成完整的电子信息化的数据库；以 GIS 应用为主，兼顾地图产品的制作，建立产品开发体系和分发服务体系，以及支持系统运行的网络交换体系。为解决人口、资源、环境等面临问题提供有力的信息保障，为省、市、县宏观决策、规划修编、灾害监测提供有力的信息保障，促进经济与社会可持续发展而提供有力的信息保障。总体设计如下：

1、建立多尺度的地理空间数据库

2、建成专题信息内容全面、数据权威可靠、及时更新、有效管理空间信息服务系统，并由省发改委协调管理，发挥最大效益。

3、实现基础地理空间数据与专题统计数据的集成，形成基于空间、时间和自然、经济、社会等综合信息的辅助决策分析。

4、通过电子政务内、外网应用系统的运行，支持政府宏观决策，满足各个层面管理决策的需要，同时也满足社会各界方便获取、查询空间地理信息。

该系统基于网络技术的应用系统，根据社会及政府客观需要，所建的地理空间基础数据

框架适应多尺度、多分辨率和多用途的要求，建设全省 1：100 万、1：25 万、1：5 万及局部地区 1：1 万等比例尺、多数据类型的地理空间基础数据库；并建立宏观的社会经济信息数据库，实现多源、多尺度海量空间数据与非空间数据的融合，建立一系列应用专题。

3.2 系统的具体设计

河南省电子政务空间信息服务系统具有多个应用层次。目前有两类：一是政府部门网络，以地理信息为空间载体，进行复杂显示查询和分析，用于提高政府机关办公效率和共享信息；另一个是各级政府门户网站，以地图作为定位

背景，简单显示电子地图，为大众提供服务。两者对系统的需求不同，功能也不同，下面分系统设计。

3.2.1 河南省政府门户网站电子地图系统

基于 B/S 模式 Geowindows 软件平台，建立河南省政府门户网站电子地图服务系统，按照特定的需求对已建立的多尺度多类型的空间数据库及非空间数据库进行处理，在地理空间数据的支持下，实现提供河南省电子地图服务。面向公众服务的电子政务涉及的空间信息应为非涉密数据或经过脱密处理的数据。

①功能需求

河南省政府门户网站电子地图系统的建设过程根据河南省的实际情况，分轻重缓急，循序渐进，逐步升级构建各功能模块。先期目标功能需求主要表现在：

- ◆ 地图游览功能：地图缩放、漫游、鹰眼、图层控制、全图。
- ◆ 地图查询功能：空间查询、属性查询、乡镇以上地名查询、面积量算、距离量算等。

②数据需求

空间信息数据库

- ◆ 1: 400 万世界图电子地图
- ◆ 1: 100 万河南省电子地图
- ◆ 十八省辖市行政区划图（县级图）

1: 100 万电子地图为涉密数据，经过处理将其坐标屏蔽，向公众展示全省范围内及周边地区的基础性地理信息，包括行政区划、居民地、河流、道路、地名注记等地理信息。

十八省辖市行政区划图（县级图）为非涉密数据，以十八省辖市行政区划为单位显示，包括行政区划、居民地、河流、道路、地名注记等更为详细的地理信息。

3.2.2 河南省电子政务外网地理信息系统

1)、系统需求分析

①系统功能

系统为电子政务建设提供空间信息显示查询与地理分析技术支撑，采用 GIS 技术统一集成、管理、查询、显示地图数据、遥感数据及与地理要素相关的属性数据，以空间信息为载体进行复杂显示查询、分析。

- ◆ 各种分辨率矢量、栅格数据的无缝连接和叠加显示、数据分层显示。
- ◆ 检索与查询：面向专题的信息查询、查询结果的表格、文字、图形、图表及多媒体多种形式表达。支持图形与属性的双向查询。
- ◆ 经济信息统计分析、预测

②数据需求

空间信息数据：包括涉密和非涉密数据

- ◆ 世界地图
- ◆ 1: 400 万中国地图

- ◆ 1: 100 万河南省地图
- ◆ 1: 25 万矢量、影像、栅格、DEM 数据。
- ◆ 1: 5 万矢量
- ◆ 十八省辖市行政区划图（县级图）
- ◆ 1: 5 万电子地图（示范）
- ◆ 省辖市城区图
- ◆ 县城城区图
- ◆ 乡镇及村图（1: 1 万数据）
- ◆ 城市局部三维景观
- ◆ 城市 1 米分辨率卫星影像图
- ◆ 局部 1: 500 电子地图（省直地籍图）

以上的地理空间数据除表现全省包括行政区划、居民地、河流、道路、地名注记等地理信息外，还有局部（如郑州市金水区）反映地表更为详尽信息的 1 米分辨率卫星影像图、1: 500 电子地图及城市三维景观。在这些地理信息的支撑下，通过建立各种应用专题，对专题数据进行直观、可视化的分析和查询，进而发掘隐藏在统计数据中各种潜在的联系及发展趋势，进行预测分析及空间分析。

专题服务数据：

该系统不仅为电子政务构架一个基础地理信息平台，还要通过这样一个平台为政府领导提供了解当前社会热点如中部崛起、中原城市群建设、建设社会主义新农村等服务。

4、系统建设

4.1、地理空间信息的采集

地理空间信息的采集是整个地理信息链条的起点，它对地理空间信息下游的处理、交换及共享应用有十分重要的意义。信息采集的发展，不仅可以增加空间信息的内容和数量，更为重要的是信息采集手段的更新可以推动信息应用的发展。

基础地理信息数据主要包含三种类型的数据，涉及到数字高程模型、数字正射影像（遥感影像）和数字线划地图数据，生产采集的设备情况不同，各种数据的生产技术和工艺流程也不同。

4.2. 地理空间信息数据的分类、分比例尺整理及入库前后的处理

由于地理信息获取的手段方法的差异、加工处理工艺的不同、使用软硬件环境的不同导致地理空间信息数据从数据格式、数据性质、数据内涵及数据关系等方面存在着很大的不同，这给数据的应用带来很大的不便，需要对地理空间信息数据进行有效地处理、组织，才能更好、更有利地服务电子政务及社会公众。为此我们对准备入库的数据进行数据的处理、组织及数据入库后对数据进行符号化、线型化、调色处理等工作。

在本系统的建设过程中根据数据的具体情况我们分类型（矢量数据、栅格

数据、地名数据）分比例尺分别对数据进行了处理，其中矢量数据包括基本比例尺矢量数据（1：100 万、1：25 万、1：5 万、1：1 万）和专题矢量数据（全省十八省辖市政区图、河南省交通通信图、河南省 1:25 万政区图、河南省 1:40 万政区图、河南省 1:40 万地势图等专题地图数据）。

4.3 地理空间信息集成——数据库建设

数据库的建立是将多种来源的地理空间信息数据转化为选定的 GIS 软件支持下的数字化数据模型、再组织的过程，从而展示给用户一个空间连续无缝、可变分辨率且逻辑一致的地理空间信息。将处理好的数据，通过 GeoWindows 软件的后台维护工具导入到 Oracle 数据库中。

本系统基础空间数据的建设主要包括数据的格式转换、投影变换、图幅拼接与裁切、建立索引表等过程。建库流程如下：

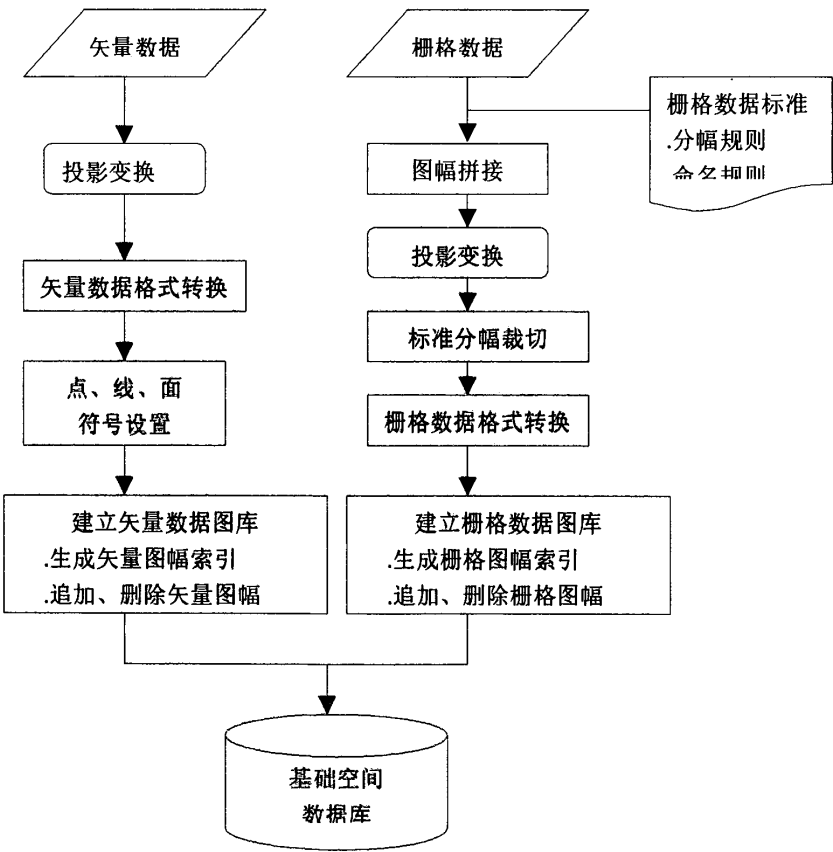


图 2 基础空间数据库建库流程

4.4 应用专题的建立

主要从河南省情、专题地图、地级政区图及中原城市群几个方面研建。

5、结论与展望

建成后的河南省空间信息服务系统是一个多比例尺、多数据源、多时相、多分辨率、无缝的、具有国内先进水平的集成化数据库,是以形成数字信息服务为目标,通过对各种不同技术手段获取的自然资源空间地理基础信息进行采集、编辑处理、存贮,建成多种类型的自然资源与空间地理基础信息数据库,并建立数据传输网络体系,为国家和省(市、自治区)各部门提供自然资源空间地理基础信息服务。它是一个面向全社会各类用户、应用面最广的公益型地理信息系统,同时兼顾其他小比例尺数据的更新和部分重点城市大比例尺数据的生产,是一个实用化的、长期稳定运行的信息系统实体,是河南省空间数据基础设施的重要组成部分。

该系统实现了专题信息的空间定位,空间分析和辅助决策,从而拓宽测绘成果的应用领域,开发了 GIS 为政府领导服务的新领域,提高了测绘成果的应用层次。

河南省电子地图已于 2006 年 10 月成功地安装并运行在河南省政府门户网站。地理空间信息及技术在政府门户网站的应用,丰富了政府门户网站的内容,使政府网站内容的科学性及服务质量大大提高,为政府网站增加了亮点,很大程度地满足公众的日益增长的需求。该系统的顺利实施产生了巨大的社会效益。

电子政务的空间地理基础信息平台已经建好,下一步的主要工作应该是应用的研发。河南省电子政务中有一部分如安全生产管理信息系统、应急管理信息系统、金盾工程等都需要在空间地理信息数据的平台上建设,我们将联合这些部门采用地理信息系统进行项目的开发,这样既避免了重复投资,又实现了资源的共享。还可以与农业、林业、国土资源、交通、环保、水利、电力、电信、地震、气象、旅游、等专业领域和相关部门联合开发,为其提供可靠高效的服务。

参 考 文 献

- [1] 张清浦 刘纪平 政府地理信息系统 科学出版社 2003
- [2] 李军,曾澜 地理空间信息及技术在电子政务中的应用 电子工业出版社 2004
- [3] 张清浦,电子政务与 GIS,测绘科学,2003。
- [4] 刘纪平,电子政务空间信息服务:需求、技术与应用,测绘科学,2006。

作者简介:杨进,女,1973 年生,工程硕士,河南省基础地理信息中心,工程师,主要从事地理信息系统的开发应用工作,郑州市黄河路 8 号,450003,E-mail: hnyangjin@126.com,电话:0371-65941427-6018