

doi:10.3799/dqkx.2010.058

基于 S-57 标准的电子海图三维可视化

扈震, 杨之江, 马振强

中国地质大学信息工程学院, 湖北武汉 430074

摘要: S-57 是 HIO“数字海道”测量数据传输的标准, 已成为全球海道部门进行信息化管理的重要手段。随着三维建模及可视化技术广泛应用于海道信息化建设, 如何利用 S-57 海道数据实现三维可视化是“数字海道”有待解决的问题。基于 S-57 标准建立海道数据三维可视化模型, 利用空间插值技术, 优化数字海道的三维地形数据, 同时建立三维对象的实时数据交换接口, 真实反映海域内船舶的航行状况及电子海图对象的空间信息, 为船舶监控、海上营救和海事管理提供重要的参考依据。

关键词: 电子海图; 数据提取; 空间插值; 三维可视化。

中图分类号: P208; TP311

文章编号: 1000-2383(2010)03-0471-04

收稿日期: 2010-01-15

Electronic Navigation Chart 3D Visualization Based on S-57

HU Zhen, YANG Zhi-jiang, MA Zhen-qiang

Faculty of Information Engineering, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

Abstract: S-57 is the HIO standard for digital hydrographic data, which now has become an important means of information management for the global hydrographic departments. Additionally, the technology of 3D modeling and visualization has been widely used in the information construction of the hydrographic management. And it is urgent to work out the technical issue in the maritime management system as how to extract the useful information from the S-57 format data and realize the 3D modeling and visualization. In order to solve these problems, this paper presents the model of 3D visualization of the sea based S-57 standard, using the spatial interpolation techniques to optimize the three-dimensional terrain data of the digital hydrographic management, providing the interaction interface of 3D objects, truthfully displaying the sailing condition in the sea area and electronic chart object's spatial information, which offers an important reference to the sea rescue and the maritime management.

Key words: electronic navigation chart (ENC); data extraction; spatial interpolation; 3D visualization.

近几年,随着海洋资源的开发及海洋运输业的升温,港口附近船舶的通航密度加大,由于水域环境复杂,加上人为疏忽等原因,船舶碰撞事故逐渐增多,海事管理日益困难。为了能有效地对船舶航行状况进行监控和碰撞预测,一些学者开始研究基于电子海图数据的三维可视化技术,直观展现海道及船舶的三维效果(洪碧光等,2006)。

本文基于 S-57 标准对电子海图数据进行提取、建立三维 DEM 地形数据,并生成三维模型,该模型通过提取电子海图中的测控点的水深、等深线等信息,生成海洋三维地形场景,并通过电子海图的实时更新数据对船舶进行航行监控及动态三维显示,为

海事管理提供了有效的解决方案。

1 基于 S-57 电子海图数据分析

1.1 S-57 数据标准

S-57 是国际海道测量组织(HIO)数字化海道测量数据传输标准,由 IHO 电子数据委员会(CHRIS)提出,于 1992 年 4 月 15 日第九届国际海道测量大会上通过并成为 IHO 正式标准。其目的是规范各国海道测量部门的数字化海道数据,用于数字化海道数据传输,用作电子海图显示与信息系統(ECDIS)的数据源(IHB, 2000)。S-57 标准所规定

的数据模型和编码方式是各种应用电子海图系统所必须遵守的,是一种国际通用的数据传输格式,在海事管理方面有着广泛的应用。

1.2 数据结构分析

S-57 数据文件的命名格式如:CCPXXXXX.EEE,前两个字符 CC 表示生产者的代码,第 3 个字符 P 表示导航目标(navigational purpose),第 4 个至第 8 个字符用来表示海图单元代码,由生产者用来标识唯一文件名,扩展名 EEE 表示数据更新的版本,如 000 表示新数据集。

通常电子海图的一个物标结构化成一条记录,一条记录由一个或多个字段组成,一个字段由一个或多个子字段组成(郝江凌等,2005)。多条记录可以组成一个交互集,记录的种类主要有以下 5 种:数据集描述、目录、数据字典、特征和空间信息。

S-57 数据由一个或多个逻辑记录组成,每个逻辑记录由头标区、目次区和字段区构成。首记录为数据描述记录(data descriptive record,DDR),其后的各个记录为数据记录(data record,DR)。这种交换格式便于数据规范化传输,但不便于信息实时操纵。因此任何数据生产或应用系统都不能用它当作系统操纵的内码,必须自行设计适合需要的文件结构。这种交换格式一般以文本形式出现,也可使用二进制方式提供,但 DDR 必须是文本格式。其组织结构如图 1 所示。

通过对 S-57 理论模型和数据结构的分析,为以后系统中提取水深数据,进行数据转换,以及三维可视化操作打下了坚实的理论基础。

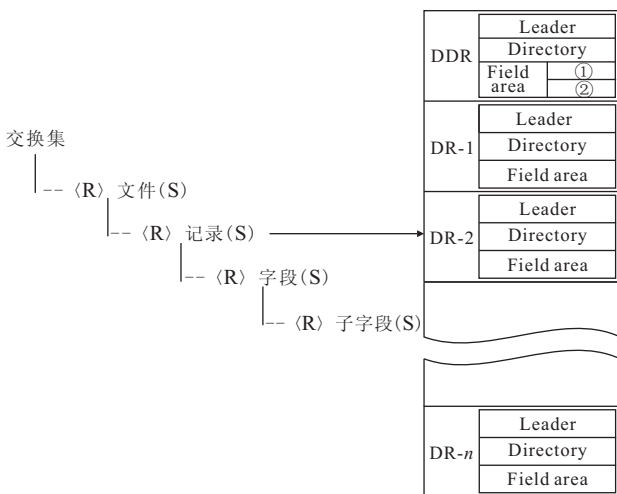


图 1 基于 S-57 的数据交换结构

Fig. 1 The structure of S-57 transfer file

(R)结构表示允许重复;①File control field;②Data descriptive field

1.3 空间数据提取

S-57 规定了矢量的空间记录,矢量记录的类型可以为孤立节点、连接节点或面。测量水深的几何特性可看作是孤立节点的特殊情形,矢量记录的类型存储于 VRID 字段中的 RCNM 中;等深线则是通过属性记录和空间矢量记录的连结字段 FSPT 提取。

空间坐标信息主要存储于空间记录的坐标字段中,SG2D、SG3D 和 ARCC 这 3 个坐标字段分别对应于节点(包括孤立节点和连接节点)、测量水深和面类型矢量记录的坐标信息。SG2D 包含 Y、X 坐标,SG3D 还包含水深。至于弧和曲线的描述,首先由 ARCC 字段中的 ATYP 子字段来标识是哪种弧或曲线,然后再分别对应[AR2D][EL2D][CT2D]子字段存储坐标信息。而数据集地理参考记录中则包含数据集参数(如基准面、单位、乘数因子等)、数据集投影参数和控制点等信息。

总之,从 S-57 数据中能够获取地理数据库的元数据信息、数据字典信息和要素信息(空间及属性信息)。因此,可以将其数据信息转换为 DEM 数据,在地理信息系统(geographic information system, GIS)中三维展示和分析,提供船舶导航、航行模拟、信息发布等业务功能。

2 三维可视化设计与实现

2.1 三维可视化设计思路

基于 S-57 数据的电子海图三维可视化采用插件式 GIS 开发,以构建功能插件的方式开发(吴亮等,2006),其主要组成部分包括:(1)S-57 数据提取接口。提取海道空间及相关属性数据,以 GIS 面向实体的空间数据模型存储(叶亚琴等,2006);(2)三维可视化插件。通过 S-57 数据提取接口获取所需要的测量点的三维空间坐标信息,然后利用 GIS 平台的三维功能接口集进行三维建模;(3)提供三维视图交互接口集。其整体构架及操作流程如图 2 所示。

其中,S-57 数据三维可视化插件是整个系统结构中的关键环节,提供强大的功能接口支持,包括 S-57 数据导入、三维模型编辑和场景操作,完成从 S-57 数据的读取到三维可视化实现的整个过程(图 3)。

2.2 电子海图场景优化

在三维可视化过程中,虽然可以从 S-57 数据中提取大量的离散点高程数据,但是利用这些离散点

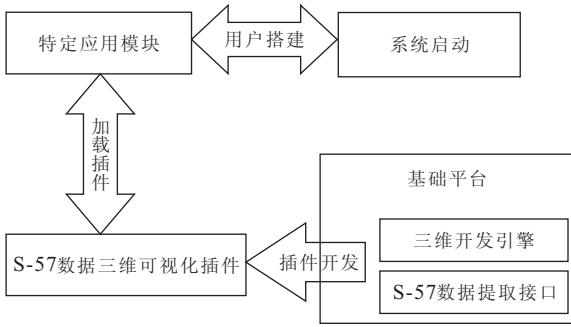


图 2 三维可视化插件结构

Fig. 2 The model structure of 3D visualization control

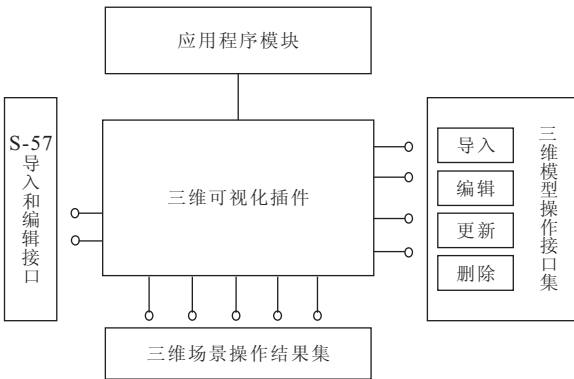


图 3 3D可视化插件接口集

Fig. 3 The interface set of 3D visualization control

数据直接建模的光滑效果很差,并不能真实地反映出海洋地形的起伏.因此,需要对所获取的离散点高程进行插值处理.

DEM 主要包括 3 种数据模型:规则格网模型(regular square grid, RSG)、不规则三角网模型(triangulated irregular network, TIN)和等高线模型(contour line model)(奚大平和江文萍,2002;王海等,2008).然而由于 TIN 模型中的顶点分布是任意的,而且顶点的分布密度与地形特征相关,可以将海底的起伏表现更加真实,因此能够很好地描述地形中峭壁、沟壑等具有高度复杂性的地形(谭兵等,2001).所以这里采用了基于 Delaunay 三角网的 DEM 内插算法,从而较好地模拟海平面地形特征,反映海道的真实形态.

Delaunay 三角网的 DEM 内插算法主要流程如下:

(1)首先进行 Delaunay 三角网的构建.在这里可以采用基于自适应分块的 Delaunay 三角网构建算法,对数据分块建网,然后再对子三角网进行合并,这样可以很大程度地提高建网效率.

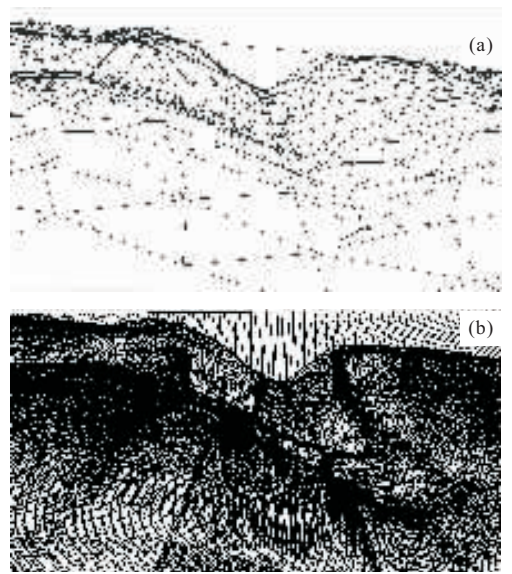


图 4 三角网插值前后效果对比

Fig. 4 The display effect of TIN before and after interpolation

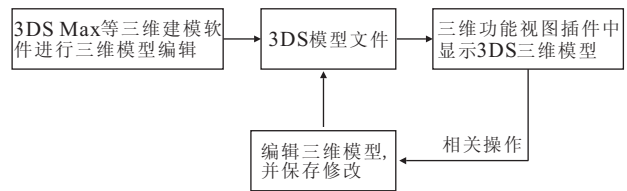


图 5 三维建模流程

Fig. 5 The flow of 3D models

(2)在 Delaunay 三角网的基础上进行规则格网的内插.其中关键是对包含插值点的三角形进行检索.获取该三角形顶点坐标信息后,就可以计算得到插值点的高程信息(图 4).

对 S-57 离散点数据的插值优化是电子海图三维可视化的关键,只有在拥有相当的数据后才能建立更加精确的三维模型,对海道地形进行真实模拟.

2.3 三维模型的导入和编辑

三维可视化插件提供 3DS 格式三维模型的导入接口,可以动态加载三维模型,并且可以根据用户的需求在场景中对模型进行编辑.3DS 格式是比较通用的三维模型文件格式,大多数三维建模软件都支持该格式的转换.用户可以通过 3DS Max 等建模软件进行三维建模,然后导出 3DS 格式文件,通过导入功能将三维模型数据导入到三维场景中(图 5).

通过 S-57 数据进行电子海图三维场景建模后,系统可以将船舶等对象的三维模型导入场景中,通过船载 GPS 定位系统获取船舶的实际位置坐标.在

三维场景中对船舶进行实时模拟、显示海道运行路线及航行状况,实现船舶的实时监控。同时也可以将雷达系统捕获的监测信息转换成三维空间实体,挂接到此场景中,真实地反映海域的安全状况。

3 结论

基于 S-57 数据,实现电子海图地形三维可视化,进而在三维场景中实时模拟显示船舶的航行状况。本系统有效解决了基于 S-57 的电子海图数据共享与可视化的问题,基于可视化平台,扩展实现多种海事管理业务,主要体现在以下 3 个方面:

(1) 基于 GPS 定位的船舶实时动态三维显示。系统根据船载 GPS 终端设备,通过无线通讯网络,实时获取船舶当前位置、航行方向、航行速度等信息,同步更新到三维场景视图中进行动态模拟展现。

(2) 救援指挥。在船舶遇到险情时,监控中心可进行水域指标分析,协助救援队进行决策,提高救援成功率。

(3) 船舶碰撞模拟分析。动态模拟船舶的碰撞过程,得到碰撞前后各个船舶的船位、航向以及各自所采取的措施,提供准确的船舶碰撞数据,辅助分析事故责任。

由此看出,基于 S-57 标准的数据三维可视化平台对军事作战及海事管理有着广泛的应用前景和意义。

References

- Hao, J. L., Liu, D. Y., Zhou, L. B., et al., 2005. About S-57. *World Shipping*, 28(6): 48—56 (in Chinese with English abstract).
- Hong, B. G., Shi, G. Y., Jia, C. Y., 2006. Real time dynamic simulation of ship collision process. *Navigational of China*, 68(3): 51—54, 67 (in Chinese with English abstract).
- Tan, B., Jiang, D. H., Xu, S. Q., 2001. The DEM interpolation based on delaunay triangulated networks. *Journal of Institute of Surveying and Mapping*, 18: 26—28 (in Chinese with English abstract).
- The International Hydrographic Bureau MONACO, 2000. “IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic Data”, Edition 3. 1, Monaco.
- Wang, H., Chen, G. L., Huang, X. Y., 2008. Discussion about DEM data interpolation in three-dimensional terrain generation. *Computer Applications and Software*, 25(2): 35—36, 56 (in Chinese with English abstract).
- Wu, L., Yang, L. Y., Yin, Y. B., 2006. Plugin-base GIS application framework; research and implementation. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 31(5): 609—614 (in Chinese with English abstract).
- Xi, D. P., Jiang, W. P., 2002. Research and application of three-dimensional visibility based on digital map. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 27(3): 278—284 (in Chinese with English abstract).
- Ye, Y. Q., Zuo, Z. J., Chen, B., 2006. Orient-entity spatial data model. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 31(5): 595—599 (in Chinese with English abstract).
- 附中文参考文献
- 郝江凌, 刘大禹, 周连滨, 等, 2005. 关于 S-57. 世界海运, 28(6): 48—56.
- 洪碧光, 史国友, 贾传莹, 2006. 船舶碰撞过程的实时动态仿真. 中国航海, 68(3): 51—54, 67.
- 谭兵, 蒋定华, 许素芹, 2001. 一种顾及地形特征的 DEM 内插方法. 测绘学院学报, 18: 26—28.
- 王海, 陈国良, 黄心渊, 2008. 实时生成三维地形中关于 DEM 数据插值的探讨. 计算机应用与软件, 25(2): 35—36, 56.
- 吴亮, 杨凌云, 尹艳斌, 2006. 基于插件技术的 GIS 应用框架的研究与实现. 地球科学——中国地质大学学报, 31(5): 609—614.
- 奚大平, 江文萍, 2002. 数字地图的三维可视化研究及其若干应用. 地球科学——中国地质大学学报, 27(3): 278—284.
- 叶亚琴, 左泽均, 陈波, 2006. 面向实体的空间数据模型. 地球科学——中国地质大学学报, 31(5): 595—599.