

基于World Wind平台的海洋流场三维可视化研究

张翰林, 陈 静

(交通运输部天津水运工程科学研究所, 天津 300456)

摘 要:针对如何在庞大但杂乱无章的海洋流场数据中获取有用信息,提出了建立三维动态可视化的World Wind平台。以Codar地波雷达采集到的三维空间数据为基础,对其进行了预处理,包括格式变换、提取有效数据经纬度和速度矢量信息(X、Y、U、V)和求取数据的最大范围,将处理后的每一时刻数据依据点图标映射法进行颜色映射,依照颜色映射结果,将处理后的每一时刻数据利用Direct3D技术绘制成流场箭头显示的形式,并在此基础上剪辑成视频,实现在World Wind平台上三维动态可视化的显示海洋流场信息。结果表明,该方法可直观展示流场信息的动态变化效果,并能为挖掘隐含信息提供方法。

关键词:World Wind;海洋流场;三维可视化;点图标映射法

中图分类号:TP 311

文献标识码:A

文章编号:1005-8443(2015)01-0088-05

当今时代,包括计算机技术在内的科学技术都在迅速发展,因此获取到的数据可谓成指数增长。数量庞大但杂乱无章的数据,对人们来说只会徒增烦恼,但无任何意义可言。可视化技术的产生为人们解决了这一难题。它可以以直观的视觉显示方式从庞大的数据群中发现规律,从而获取有用信息^[1]。

对三维数据的可视化可以称得上可视化技术的核心所在,这些三维数据又大都与空间信息相关。例如,风场、气压场、流场等海洋环境信息数据。传统的可视化方法在显示空间数据方面做得不错,但是却有致命的缺点,不能模拟相应的地理环境。相较而言,在三维空间数据可视化显示的同时,注入影像、地形、地物等信息,不仅可以使可视化效果更加形象、生动和直观,还能帮助人们获得更为准确的结果^[2-3]。

NASA开发的World Wind平台为三维空间数据的可视化提供了良好的基础。不但开放源代码,而且具有强大的卫星数据自动更新能力,可以在World Wind平台基础上开发出满足自身需求的三维空间数据可视化系统^[4-5]。

1 World Wind二次开发平台

1.1 插件机制

插件机制支持多种语言的插件形式,并有较高的运行效率。添加插件有两种方式来进行:

(1)外部插件。在World Wind安装文件下的Plugins文件夹中直接添加插件源文件或者编译好的程序集,此种方式为World Wind二次开发的常规方式。(2)内部插件。在World Wind项目中添加插件文件代码,在项目生成时直接编译到程序集中。

1.2 运行机制

主程序调用PluginCompiler搜索\Plugins目录及子目录,将插件文件(包含.es,.vb,.js,.du格式)读入内存,需要编译则进行编译,然后查找已编译的程序集。在运行过程中可以用插件管理器来管理插件。

1.3 插件代码的书写格式

(1)插件信息头。在源文件开头以上书写插件信息,这些信息可以被PluginInfo类读取。信息头是可选的,

收稿日期:2014-07-08;修回日期:2014-08-01

作者简介:张翰林(1989-),男,河北省唐山人,助理工程师,主要从事网络安全运行方面工作。

Biography: ZHANG Han-lin(1989-), male, assistant engineer.

其格式可以自定义。(2)源文件。包含插件加在第1类(PluginLoader)和应用类(功能实现类)^[6]。

2 三维空间数据可视化

如图1所示,依据三维空间数据可视化流程,对采集到的三维空间数据首先进行预处理,其次对处理后的数据进行颜色映射,再次依据颜色映射结果,将处理后的数据绘制成箭头显示的形式,最后实现在World Wind平台上三维动态可视化的显示海洋流场信息。

3 数据预处理

3.1 原数据格式

以Codar地波雷达项目采集到的数据为研究基础。地波雷达要以成对形式使用,才能获得海洋环境信息。

将两台Codar地波雷达分别架设在山东省滨州港通海大道尽头码头西南角(118.123 3E,38.300 6N)和山东省无棣县贝壳堤岛与湿地保护区大河口堡监管站(117.867 0E,38.264 1N)。其中,位于滨州港的地波雷达采用中国电信3G上网卡提供网络数据传输、位于保护区的地波雷达以宽带网络提供数据传输。数据采集的空间分辨率为 $0.027^{\circ} \times 0.027^{\circ}$,时间分辨率为1 h。保存如图2所示^[7]。

3.2 求取数据最大范围

从图2所示的采集到的数据信息中,提取每一时刻数据的经纬度和速度矢量信息(X、Y、U、V),汇总数据并保存。数据格式如下:

count :123

x,y,u,v

117.8751,38.3098,14.6210,39.8740

117.8751,38.3371,16.7850,31.7570

117.8750,38.3644,16.8920,23.9900

117.8749,38.3918,6.3590,21.8690

117.8748,38.4191,26.8060,51.3720

117.9100,38.2551,14.8140,2.6610

.....

在提取经纬度和速度矢量数据的过程中,每个时刻的数据精度范围都不同,有些数据的坐标精度在小数点后7位,而有效数字只有4位,在不影响精度的情况下,设定阈值,对所有数据进行精度统一,并在此基础上,求得提取数据的经纬度和速度矢量信息(X、Y、U、V)的最大范围。

如图4所示,提取数据的经纬度和速度矢量信息的最大范围,其中深色面积较小的圆点代表某一时刻的经纬度和速度矢量信息,浅色面积稍大的圆点代表某一时刻之前和之后某些时刻的经纬度和速度矢量信息。

为保持动态模拟的连续性,对经纬度信息在时间维度上进行插值;并在空间维度上,根据提取的速度矢量信息,以最大范围为当前时刻的范围,外推出最大范围内所有点的速度矢量。

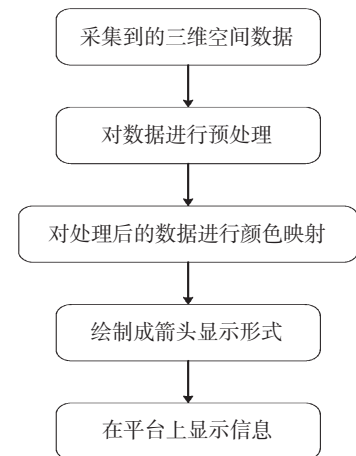


图1 三维空间数据可视化流程

Fig.1 Visualization process of 3D space data

%%	Longitude	Latitude	U comp	V comp	VectorFlag	U StdDev	V
StdDev	Covariance	X Distance	Y Distance	Range	Bearing	Velocity	
Director	Site Contributors						
%%	(deg)	(deg)	(cm/s)	(cm/s)	(GridCode)	Quality	(cm/s)
Quality	Quality	Quality	Quality	Quality	Quality	Quality	Quality
(True)	#1	#2	#3	#4	#5	#6	
117.8751485	38.3097628	-5.262	3.001	0	0	7.460	
10.590	66.850	-18.2083	-30.3471	35.3905	211.0	6.058	
293.7	3	10	0	0	0		
117.8750702	38.3371018	-3.056	4.501	0	0	8.340	
10.570	70.990	-18.2083	-27.3124	32.8254	213.7	5.440	
325.8	3	7	0	0	0		
117.8749917	38.3644406	-4.788	-24.029	0	0	9.730	
5.320	45.300	-18.2083	-24.2777	30.3471	216.9	24.501	
191.3	3	3	0	0	0		
117.8749132	38.3917793	-31.438	-21.787	0	0	9.880	
5.370	17.420	-18.2083	-21.2430	27.9786	220.6	38.249	
235.3	5	2	0	0	0		
117.8748346	38.4191179	-49.390	-21.868	0	0	9.090	
4.330	29.180	-18.2083	-18.2083	25.7504	225.0	54.015	
243.1	4	2	0	0	0		
117.9098459	38.3096195	-8.034	-1.953	0	0	4.970	
7.310	31.740	-15.1736	-30.3471	33.9291	206.6	8.268	
255.3	4	19	0	0	0		

图2 采集到的局部流场数据

Fig.2 Local flow field data

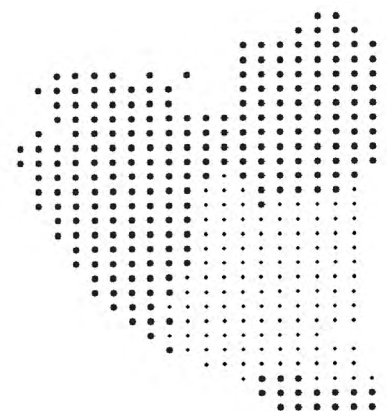


图3 提取数据的最大范围

Fig.3 The maximum range of extracted data

4 Direct3D 技术绘制流场箭头

4.1 颜色映射技术

颜色映射原理:假定矢量大小 $S(\geq 0)$ 在 S_{\min} 和 S_{\max} 之间变化,进行如下变换使得 $S'[0,1]$

$$S' = \frac{S - S_{\min}}{S_{\max} - S_{\min}} \quad (1)$$

映射公式为

$$C(r, g, b) = \begin{cases} r = 3S', g = 0, b = 0, 0 \leq S' \leq 1/3 \\ r = 0, g = 3(S' - 1/3), b = 0, 1/3 < S' \leq 2/3 \\ r = 0, g = 0, b = 3(S' - 2/3), 2/3 < S' \leq 1 \end{cases} \quad (2)$$

随着变换后的矢量大小 S' 从0到1改变,对应的颜色从红到蓝相应变化。例如 S' 为0时,会呈现红色; S' 为0.5时,会呈现黄色; S' 为1时,会呈现蓝色。

4.2 点图标映射法

点图标映射法是最简单也最直观的矢量数据映射方法。他的基本原理为:在网格点处绘制一定的点图标,图标的一些特征可以反映矢量的大小,另一个特征可以反映矢量的方向。该方法可以从全局的角度反映数据的分布,而且无需对应用数据进行过多的转换或者提取^[8]。

点图标中被使用次数最多的是矢量箭头,其他的还有锥体、有向线段等多种表示方法。箭头可以很好地反映出矢量的方向和大小信息,因此在矢量场中得到了广泛的使用。

对于每一采集点,用具有大小、方向和颜色的矢量箭头来映射该采样点矢量的大小和方向。用箭头表示矢量时,箭头的长短表示矢量大小,箭头的方向表示矢量方向。

4.3 绘制流场

运用点图标映射法,根据每个提取数据的经纬度信息,确定箭头的起始位置;根据每个提取数据的速度矢量信息,确定箭头的方向;根据速度矢量信息的绝对值信息,确定箭头的长度和映射的显示颜色。

4.4 Direct3D 技术绘制流场

Direct3D(简称D3D)是微软公司在Microsoft Windows操作系统上所开发的一套3D绘图编程接口,是DirectX的一部分。与OpenGL同为电脑绘图软件最常使用的两套绘图编程接口之一^[9]。利用D3D技术,将图3中的某一时刻的数据以箭头形式显示,将提取的全部数据的最大范围绘制成流场箭头,如图4所示。

图4为提取的全部数据的最大范围,其中箭头代表某一时刻数据的流场箭头显示,X代表某一时刻之前和之后某些时刻的数据。

5 基于World Wind平台的海洋流场三维可视化

将提取的每一时刻的经纬度和速度矢量信息绘制成流场箭头搭载到World Wind平台上,构筑海洋流场三维可视化

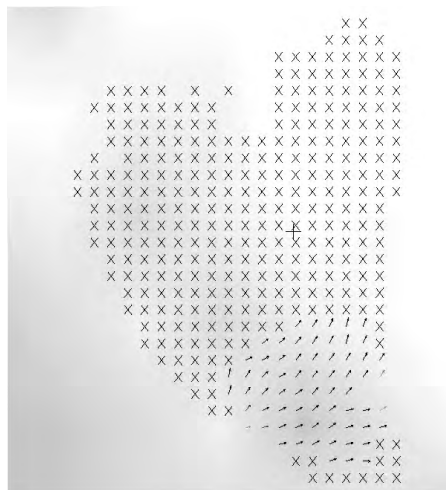


图4 绘制数据最大范围的流场箭头

Fig.4 The maximum range data of flow arrow

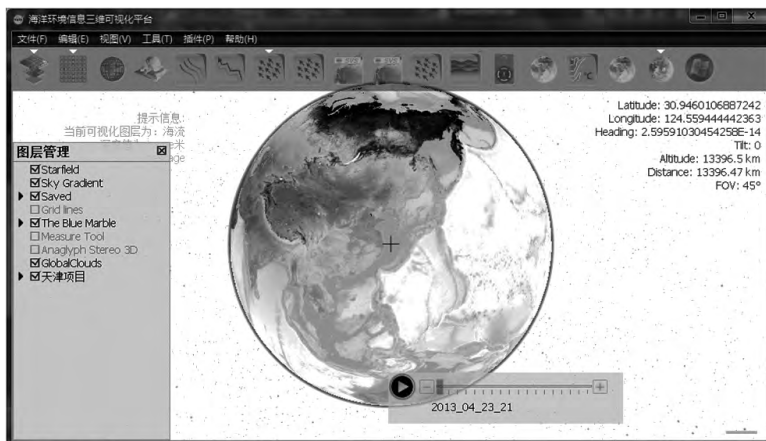


图5 海洋流场三维可视化平台

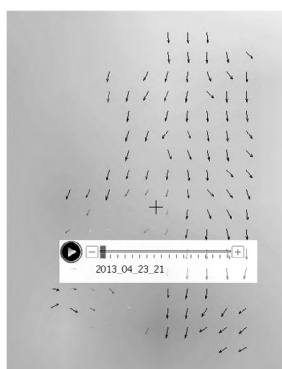
Fig.5 3D visualization platform of ocean flow field

平台,如图5所示。

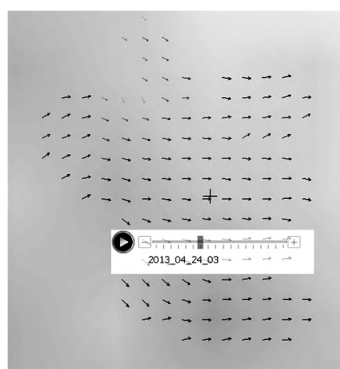
图5中,海洋流场三维可视化平台的工具栏包括文件、编辑、视图、工具、插件和帮助6项内容。图层管理可使用的有Starfield、Sky Gradient、Saved、The Blue Marble、GlobalClouds和本项目相关内容。平台右侧显示的是此时采集到的原始数据中的一些关键数据,包括纬度、经度、方向、倾斜、海拔、距离、视角等信息。当前画面为2013年4月23日21时从中国山东省架设的两台codar地波雷达提取到的经纬度和速度矢量信息,以流场箭头的方式显示出来。由于图5展示的地球仪的整体效果,本项目的相关信息在图中已经显示,但是只能在相应位置看到彩色的点。将渤海海域放大后,到可以清晰看到经纬度和速度矢量信息流场箭头显示的图像,如图6所示。

将每一时刻的经纬度和速度矢量信息绘制成流场箭头显示的图像,并剪辑成视频。视频可生动、形象的展示一个时间段内流场的变化情况。图6所示为截取视频时间为2013年4月23日21时和2013年4月24日3时的2幅画面。

为使本平台更加直观、生动地展示,底图中加载国家边界矢量线。图7为加载国家边界矢量线后的平台效果展示。



6-a 2013年4月23日21时
流场箭头显示图像



6-b 2013年4月24日3时
流场箭头显示图像

图6 流场箭头显示图像

Fig.6 Image of flow arrow display

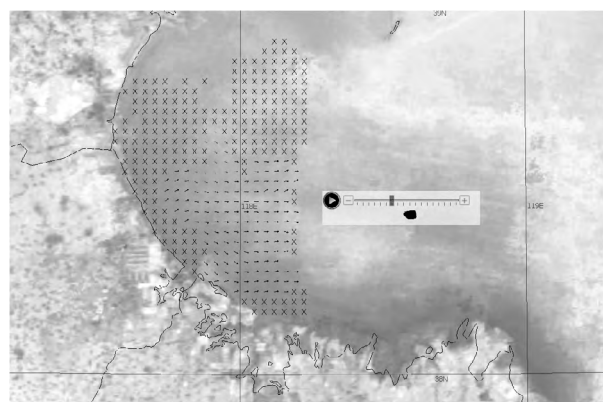


图7 加载国家边界矢量线后的流场图像

Fig.7 Flow image uploaded by state boundary vector

6 结语

本文运用World Wind来构建海洋流场三维可视化平台,在构建的平台中实现了海洋流场信息的动态模拟,其效果不仅为人们直观、逼真地展示了流场等信息的动态变化,更能为深层挖掘杂乱无章的数据群中的隐含信息提供了有效途径。

参考文献:

- [1] 韩晓宁,陈希,王娇艳.三维海战场雷达探测可视化研究与实现[J].计算机科学,2013,40(3):147-150.
HAN X N, CHEN X, WANG J Y. Research and Realization on Visualization of Radar Detection in 3D Sea Battle-field[J]. Computer Science, 2013, 40(3): 147-150.
- [2] 郝文霞,刘万龙,李学刚,等.基于World Wind的三维电网资源管理平台技术研究[J].电力信息与通信技术,2014,12(1):90-95.
HAO W X, LIU W L, LI X G, et al. Research on 3D Grid Resource Management Platform Based on World Wind[J]. Electric Power Information and Communication Technology, 2014, 12(1): 90-95.
- [3] 黄彩军,覃豪杰.基于World Wind的三维空间数据场可视化研究[J].城市建设理论研究,2012(31):1-5.
- [4] 孙恺,徐晓刚.基于World Wind平台的卫星云图模拟技术研究[J].科学技术与工程,2011,11(22):5 328-5 330.
SUN K, XU X G. Study of Satellite Cloud Image Simulation Technology Based on World Wind[J]. Science Technology and Engi-

- neering, 2011, 11(22): 5 328-5 330.
- [5] 卢海滨, 郑文峰, 银正彤, 等. World Wind 网络空间数据扩展应用[J]. 国土资源遥感, 2008(4): 96-99.
LU H B, ZHENG W F, YIN Z T, et al. The Extended Network Application of Geospatial Data with NASA World Wind[J]. Remote Sensing for Land & Resources, 2008(4): 96-99.
- [6] 曹国, 高光林, 丘衍航, 等. 基于 World Wind 平台的建筑信息模型在 GIS 中的应用[J]. 土木建筑工程信息技术, 2013, 5(5): 114-118.
CAO G, GAO G L, QIU Y H, et al. Application in GIS of Building Information Model Based on World Wind Platform[J]. Journal of Information Technology in Civil Engineering and Architecture, 2013, 5(5): 114-118.
- [7] 陈静, 张翰林. 基于 SSH 协议的 Codar 地波雷达数据传输技术研究[J]. 中国水运, 2014, 5(14): 105-107.
- [8] 丁治宇, 陈海东, 吴斐然, 等. 多变量空间数据场可视化综述[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2013, 25(11): 1 597-1 605.
DING Z Y, CHEN H D, WU W R, et al. A Survey of Multivariate Spatial Data Visualization[J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2013, 25(11): 1 597-1 605.
- [9] 鲁大营, 朱登明, 王兆其. 三维流场的流线提取算法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2013, 25(5): 666-673.
LU D Y, ZHU D M, WANG Z Q. Streamline Selection Algorithm for Three-Dimensional Flow Fields[J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2013, 25(5): 666-673.

Research on 3D visualization of ocean environment information based on World Wind platform

ZHANG Han-lin, CHEN Jing

(Tianjin Research Institute for Water Transport Engineering, Tianjin 300456, China)

Abstract: To obtain useful information from large amounts of ocean flow field data, World Wind platform of 3D dynamic visualization was proposed. 3D space data which collected by Codar ground wave radar were preprocessed for format conversion, extraction of available data of latitude, longitude and the velocity vector information, and the maximum range of data calculation. Processed data of each moment was color mapped on the basis of point icon mapping method. According to the result of color mapping, the processed data of each moment were drawn into the flow field in the form of arrows using Direct3D technology. On this basis, it was edited into a video. The ocean environment information was showed on 3D dynamic visualization based on World Wind platform. The result indicates that the platform can directly show the effect of dynamic changes of the flow field information, and the platform can provide method to excavate the implied information.

Key words: World Wind; ocean environment information; 3D visualization; point icon mapping method

天津水运工程科研院获国家水路绿色建设与灾害防治国际科技合作基地证书

本刊从交通运输部天津水运工程科学研究院获悉, 2015年1月15日, 交通运输部天津水运工程科学研究院荣获科技部授予的国家水路绿色建设与灾害防治国际科技合作基地证书。水路绿色建设与灾害防治国际科技合作基地是我国水路交通领域首家、也是目前唯一一家国家国际科技合作基地。此次证书的获得标志着该院国际科技合作基地正式落成并进入建设运行阶段。近年来, 该院坚持“走出去”战略, 在东南亚、非洲、中东等开展了众多海外工程研究, 并提供了有力的技术支撑和智力支持, 为我国水运科技走出去做出了重要贡献。(殷岳, 梅深)