

基于 GIS 的绿潮漂移预测数值模拟系统的建设与应用分析^①

王瑞富^② ** 马庆荣^③ ** 高 松^{***} 辛全波^{**} 徐茂景^{**} 郝连秀^{**}

(* 海岛(礁)测绘技术国家测绘地理信息局重点实验室 青岛 266590)

(** 山东科技大学测绘科学与工程学院 青岛 266590)

(*** 国家海洋局北海预报中心 青岛 266061)

摘 要 实现了海洋数值模式计算与地理信息系统(GIS)空间分析及产品制作的集成。针对数值模式计算时间长的问题,从空间数据组织角度研究了绿潮数值模式的并行计算,将数据与计算模式按空间范围进行分解并建立其对应的空间索引,实现了分区计算过程自动化,大幅缩短了计算时间。采用 GIS 空间表达技术,研究了绿潮数值模拟结果在 GIS 中的可视化,将绿潮预测结果转换为以散点表示的绿潮覆盖点与以边框线表示的绿潮分布范围,并以矢量元素实时绘制,实现了绿潮漂移过程的空间动态表达。采用 GIS 专题地图制作技术,结合绿潮业务化特点,研究了绿潮预测产品的业务化制作,从长时间序列数据查询与抽取、多源预报数据综合、标准化报告等角度,实现了绿潮专题图与快报等产品的标准化输出。

关键词 绿潮预测,地理信息系统(GIS),数值模拟,并行计算

0 引 言

近几年,黄海绿潮连续大规模暴发,严重影响到该区域的海上交通运输、水产养殖及旅游业等相关产业的发展^[1,2]。因此对绿潮进行有效的预测预警具有十分重要的理论和现实意义。近年来国内外许多科研人员针对绿潮的生长机制、运动方向和速度等特点进行了多方面研究^[3,4]。Aurousseup 通过建立三维生物地球化学模式,对法国 Brest 湾绿潮的生长和腐败-漂移-沉降进行了模拟^[5]。Cugier 等人建立了浮游植物三维生态学模型和三维水动力模型,同时开展了潮间带绿潮的预报研究^[6]。Perrot 等人进一步完善了预报潮间带海藻的简单方法,并于 2007 年建立了绿潮在潮间带生长和漂移的预报模式^[7]。然而单一的模式计算耗时长^[8],计算结果通常通过 Matlab 或 Surfer 的方式表达^[9],这些方式虽然对单一时刻的结果表达清晰,但是不能对大量的计算结果数据进行系统的管理,而且产品制作过程繁杂、效率低、需要人工干预,没有实现系统的业务化应用。如果能够利用地理信息系统(geographic

information system, GIS)在空间数据管理方面的优势,将数学模型计算过程中产生的海量的数据转入到 GIS 的数据表中,以 GIS 的方式进行表达,将会方便数据的显示、查询、制图等后处理过程^[10-12]。针对以上问题,本文从三个方面开展了工作。首先对输入数据及输出产品进行解析与处理,为数值模式提供了相应的输入输出接口,实现了绿潮漂移预测模式的集成;其次,利用 GIS 的组件编程技术,开发了集绿潮漂移预测、可视化表达及地图制图等功能于一体的业务化系统,实现了绿潮漂移趋势的动态显示、漂移过程交互编辑、简报制作发布等功能;第三,研究了基于空间分区的并行计算技术,对计算数据与计算任务分解,并建立其索引关系,实现了绿潮漂移数值模式的并行计算。

1 主要研究内容

绿潮漂移预测数值模拟的基本过程是:通过遥感手段获取绿潮分布信息,将这些分布信息以点的形式输入数值模拟程序,计算点的漂移位置,形成未

① 海洋公益性行业科研专项经费(201205010-4)资助项目。
② 男,1975 年生,博士,副教授;研究方向:海洋 GIS 应用研究;E-mail: WangruiFu@263.net
③ 通讯作者,E-mail: qazwsx3210127@126.com
(收稿日期:2014-02-27)

来一段时间的绿潮漂移趋势。

本文数值模拟程序输入的源数据分为散点数据和边框数据。散点数据为绿潮的分布点,主要包含空间坐标信息;边框数据为绿潮分布范围边界,由于绿潮分布不连续,所以边框通常有多个,其组织形式为有顺序的点集,在数值模式计算过程中也作为点数据处理。

本文基于 GIS 进行海洋绿潮漂移预测数值模拟研究,主要研究内容包括三个方面:GIS 环境与数值模式的集成、GIS 下绿潮预测结果的表达和产品的制作与发布。

(1) GIS 环境与数值模式的集成

GIS 环境与数值模式集成的主要内容包括数据解析、计算数据的分区管理与数值模式的并行计算。

数据解析主要分析输入输出数据的格式、组织方式、索引关系,确定数据与数值模式的交互接口及 GIS 环境下预报结果的交互处理方式。数据输入时,主要对散点与边框数据进行解析,并结合风场、流系数、风系数等基础环境数据进行模式计算。数据输出时,建立散点及边框线的索引并完成多块数据的拼接。

由于绿潮监测数据的点数量多,采用单一的模式计算耗时长,因此数值模式计算时需要开展数据分区管理与并行计算。本文将绿潮漂移预测的计算范围按照离岸距离分为三个区域,不同区域采用不同的数值模式,每个区域的散点及边框线数据都分别管理。为增加并行计算数量,本文将这三个区域进一步划分为多个子区域,分别调用对应的数值模式同时计算。计算完成后的产品数据相互独立,需要将多个区的计算结果合并,形成完整的产品。

(2) GIS 环境下绿潮预测结果的表达

绿潮预测结果的表达主要是基于 GIS 的空间显示与分析技术,实现对绿潮预测结果数据的地理空间显示及分析。主要功能包括对不同时刻绿潮边框线及散点整体分布状况的自动切换显示、单点漂移轨迹的动态查询、专家交互及历史记录回溯等。

(3) 基于 GIS 的产品制作与发布

GIS 环境下的产品制作与发布,实现绿潮预测结果专题制图与统计报告制作,主要包括任意时刻散点边框的漂移分布图、综合分布图、漂移趋势图与散点漂移图等,并实现绿潮简报的制作与发布。产品制作过程中,提供了多种灵活的制图方式,可以按照预定义、用户拉框、同步综合图等方式调整出图范围,能够自动添加经纬网、图例等制图图饰,可以单

独或批量输出散点漂移图等。

2 关键技术路线

本文在进行绿潮漂移预测与表达的过程中,为实现 GIS 与绿潮数值模型集成,遇到的技术问题主要包括模式的调用方案、预测结果数据文件的格式转换、任意时刻预测结果数据的显示控制、制图表达及产品的发布等。针对以上部分问题本文提出了如下相应的解决方案。

2.1 数值模式调用与并行计算

根据预测区域范围的不同,绿潮的预警预测需要达到不同的预测精度。如图 1 所示,绿潮预测范围为青岛区、渤海区及黄渤海区 3 个区域,本文采用了 3 套精度不同的预测模式,分别针对以上 3 个区域的绿潮漂移情况进行预测。

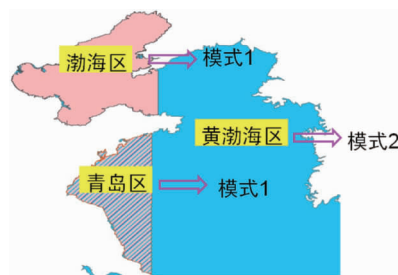


图 1 绿潮漂移预测范围

每套漂移预测模式对应一套独立的程序,每套程序需要的输入数据包括待计算监测点数据文件、风场数据文件、漂移参数数据文件。本文通过定义输入输出接口,在调用漂移预测程序时即可自动读取对应的输入数据文件实现漂移计算。

绿潮监测数据的散点及边框线节点数量庞大,通常为数千个点,而且通常每个点的计算时长大约为 1.2s,若采用串行模式计算,整套数据计算完毕需要的时间长达数小时。为有效地发挥多核计算机性能,提高计算效率,本文通过对源数据进行分解,实现多核多线程并行计算。其中主要技术难点是计算区域数据的分解与索引的构建。

图 2 为绿潮漂移数值模式并行计算的概念模型。首先,在绿潮监测源数据解析完成后,读取绿潮散点数据及边框数据;其次,根据点的空间位置判断所属模式范围,同时调用各自对应的数值模式;最后,得到数值模式的计算结果。每个模式的计算结果文件独立存储,每个绿潮点都对应一个结果文件,每个文件分别存放该点 72 个时刻的漂移位置,即单点多时刻数据文件。

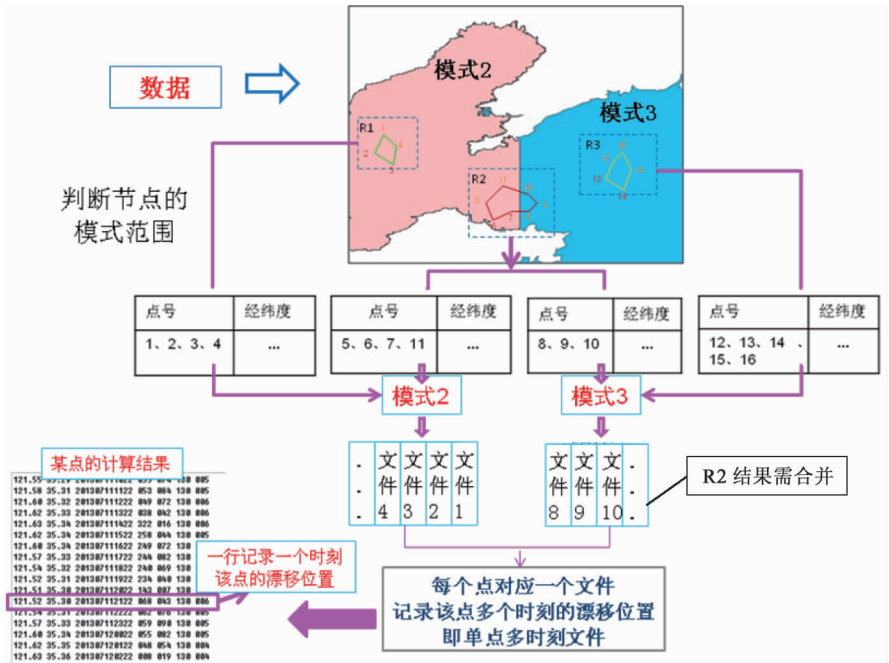


图 2 数值模式并行计算概念模型

2.1.1 计算区域分解

基于多核的多线程程序设计的关键就在于对应用程序并行性的充分挖掘,将一个程序尽量平均地分解成多个可以同时执行的单元,各执行单元由不同的线程在不同的内核上执行,其中,这些执行单元之间存在着相互依赖的关系。目前,在多核多线程并序程序设计中常用的分解方法有三种:任务分解、数据分解和数据流分解。分解的目的是使各个处理器都能分配到平衡的工作负载,从而提高运算的并行性。

本文采用数据分解与任务分解相结合的方法,首先对绿潮漂移数值模式进行数据分解,然后在数据分解结果的基础上进一步进行任务分解,图 3 为计算区域分解的整体概念模型。

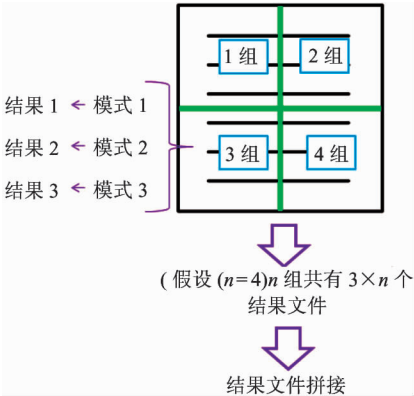


图 3 计算区域分解整体概念模型

(1) 数据分解

通常绿潮监测点数目庞大,若直接采用任务分解的方式,最终分配到三个模式中的点数仍然较多,根据阿姆达尔定律^[13]可知其并行处理能力所能达到的加速比相对较低。为进一步提高计算效率,本文首先进行数据分解。假设点的总数为 N , 希望分成 M 组,则将输入数据分别以 N/M 个点为一组进行分组,为后续计算及结果合并,需要建立索引,分别记录点的组号,图 4 为数据分解流程。



图 4 数据分解流程

(2) 任务分解

由于绿潮漂移计算有多个模式范围,数据分解完成后同一组内绿潮点所属的区域可能不同,因此需要对同一组内的散点及边框节点进一步进行任务分解。

首先获取数据点与对应三个模式范围空间位置信息,然后通过空间拓扑计算将数据点划分到三个模式范围内,并记录点与模式的对应关系。图 5 为任务分解流程。

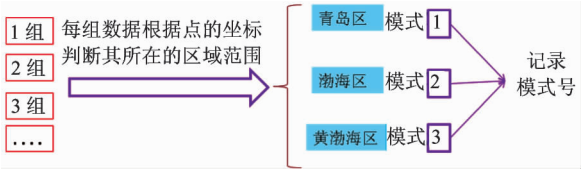


图5 任务分解流程

2.1.2 索引的构建

经过计算区域分解与多个模式的并行计算后,绿潮散点及边框节点会发生漂移,点的位置与顺序会发生变化,每个时刻都需要重新按照点的原顺序绘制,还原图形。尤其是边框节点顺序将直接影响后续工作中图形绘制结果的正确性,如图6所示。

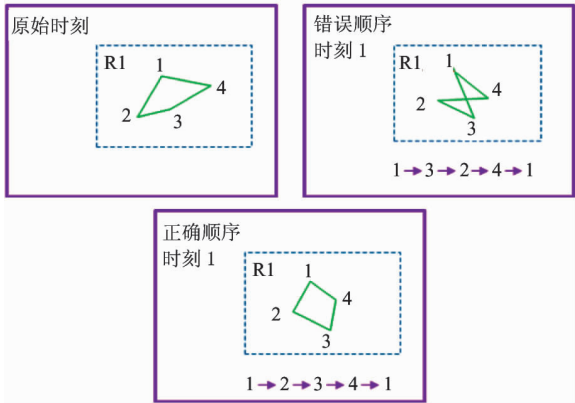


图6 节点顺序对绘制结果图形的影响

为实现在 GIS 中每个预测时刻绿潮散点及边框的正确表达,避免图形恢复时多个预测时刻间的点及同一时刻内的点顺序产生混乱,本文采用创建索引表的方案,记录源数据中点的排列顺序及经模式计算后对应预测时刻该点的结果文件存放位置与标号。

构建索引表的基本流程是:首先读取散点及边框数据记录原点号及经纬度坐标(边框还要记录边界号),完成计算区域分解后记录组号、模式号及点索引号。图7给出了索引表的具体构建流程。

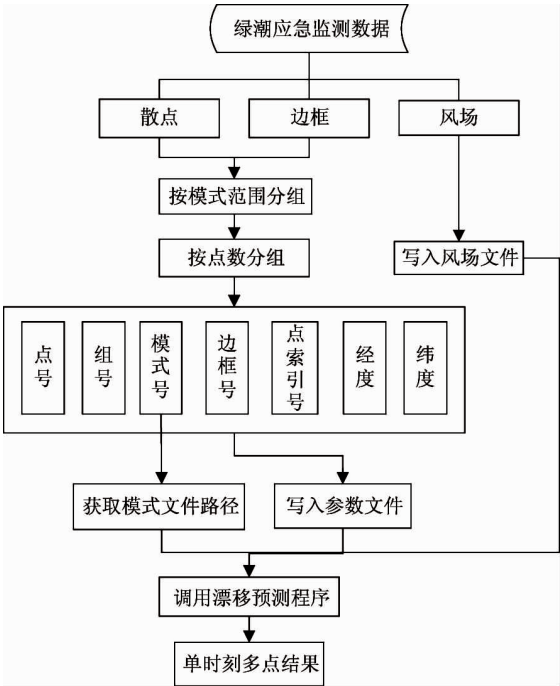


图7 索引表的构建流程

由于绿潮边框节点存在绘制顺序问题,其数据结构与索引机制相对散点数据较为复杂,因此两种数据的索引文件独立构建,如图8所示,(a)为边框索引文件,(b)为散点索引文件。索引表中每行记录为一个点的索引信息,其中点号表示点的原绘制顺序,组号为数据分解后该点所属的区块,模式号表示该点进行任务分解后所属的绿潮漂移数值模式编

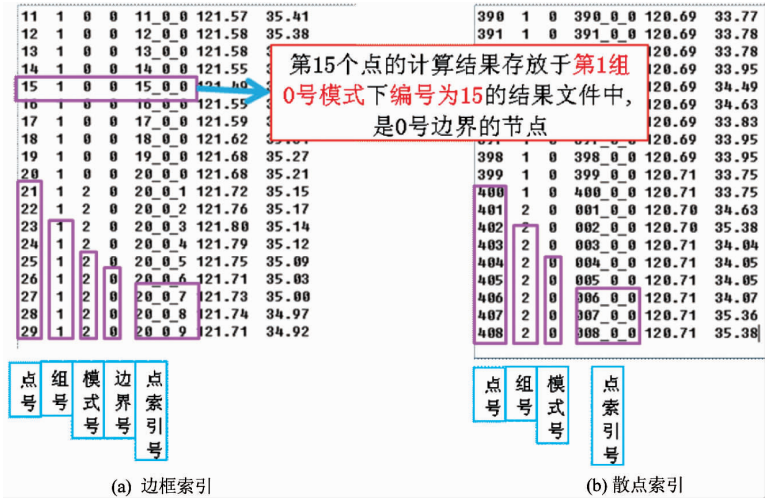


图8 索引文件

号,点索引号表示在某组中某个模式下该点的新编号。边界号是边框节点区别于散点的关键特征,相同边界号的所有节点同属一个多边形,同一个边界号的节点内部以点号表示绘制的先后顺序。

2.2 数据块的拼接

绿潮漂移模式的计算结果为单点多时刻的数据文件,文件数量达到数千个,且存放于不同的模式结果文件夹中。在查看某一时刻绿潮的整体分布状况时,需要遍历所有文件,绘制效率低^[14,15]。为提高在 GIS 中的显示效率,需要将结果文件进行拼接。为达到较好的拼接效果首先需要对模式计算的结果数据结构进行解析,分析文件的数据内容与组织方

式,然后确定适合 GIS 表达的数据格式,制定数据块拼接策略。

2.2.1 模式计算结果数据解析

模式计算结果为单点多时刻文件,且每个模式的结果文件独立存储。图 9(a)为某一模式的计算结果文件,每个在该模式中计算的点产生一个单点多时刻文件,每个文件记录一个点在一系列漂移预测时刻的信息。文件的数据结构如图 9(b)所示,一行记录为一个时刻该点的漂移信息,包括经纬度坐标、计算时间等信息。本文对绿潮点进行了 72 个时刻的漂移预测,因此本文中每个单点多时刻文件各有 72 条记录。

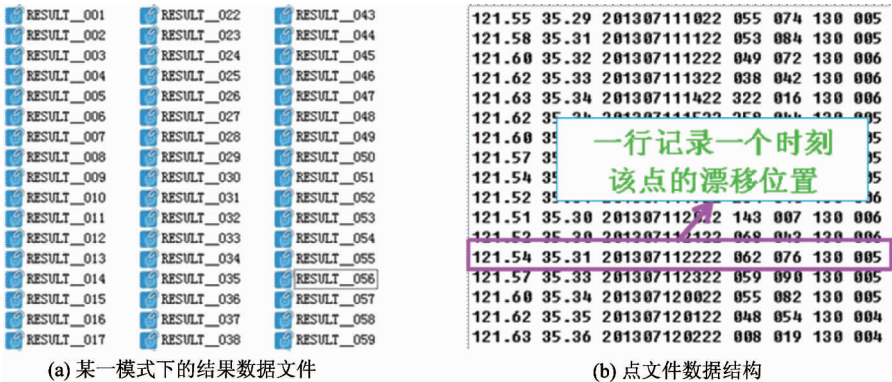


图 9 计算结果文件组织结构

2.2.2 数据块拼接策略

绘制绿潮在某一预测时刻的漂移结果时,需要获取所有绿潮散点及边框节点在该时刻的漂移位置,因此需要查找每个点所属的分组及采用的计算模式,找到对应的单点多时刻文件,读取该点的结果文件,获取点在该时刻的漂移信息。绿潮散点及边框节点数量庞大,导致绿潮分布结果图绘制效率低,无法达到多个时刻绿潮整体分布图快速切换的效果。

为提高绿潮点在任意时刻整体分布图在 GIS 中的显示效率,本文采取了数据拼接的策略,将所有模式的计算结果,即单点多时刻文件,拼接为一系列的单时刻多点数据文件,每个单时刻多点数据文件记录一个时刻所有点的漂移位置。

(1) 概念模型

图 10 为边框数据块拼接的概念模型,参考上节中图 2 数值模式并行计算概念模型可知,边框 R1 的计算结果存放于结果 2 中,R3 的计算结果存放于结果 3 中,而 R2 的计算结果分两部分,部分节点的计算结果存放于结果 2,其余节点存放于结果 3 中。

要正确地拼接各数据块,首先需要找到对应的结果文件,然后再按照边框节点的原顺序逐个时刻进行拼接,最终得到单时刻多点文件。

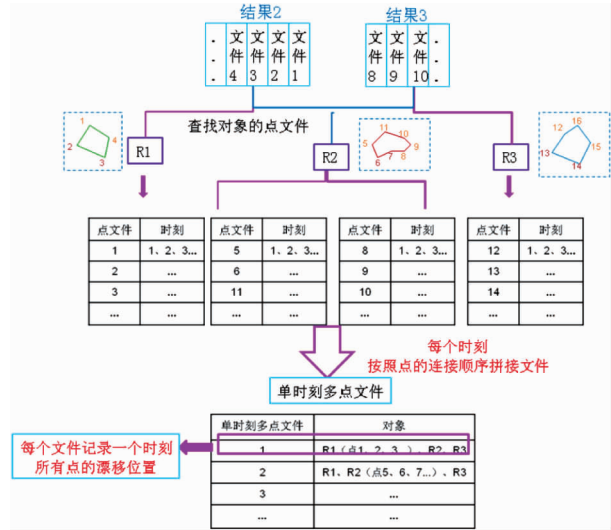


图 10 模式计算结果数据的拼接概念模型

(2) 技术流程

由于绿潮边框节点绘制时存在顺序问题,因此

其数据块拼接过程相对散点较为复杂。下面以边框节点拼接为例详细介绍其拼接流程。

如图 11 所示,首先逐行读取索引文件,根据点的组号、模式号找到点所属的分组及所属模式的计算结果文件夹;根据点索引号找到该点对应的单点多时刻文件,读取文件逐一获取单个时刻该点的漂移信息,并根据点号确定每行记录的排列顺序,将点的边界号、经纬度坐标等主要信息存储到数据表中,同理读取其他点在该时刻的漂移信息添加到数据表中。读取完索引文件全部点记录后,将数据表转存为以时刻序列命名的数据文件,即单时刻多点文件。以同样的方式为所有时刻生成对应的单时刻多点文件。

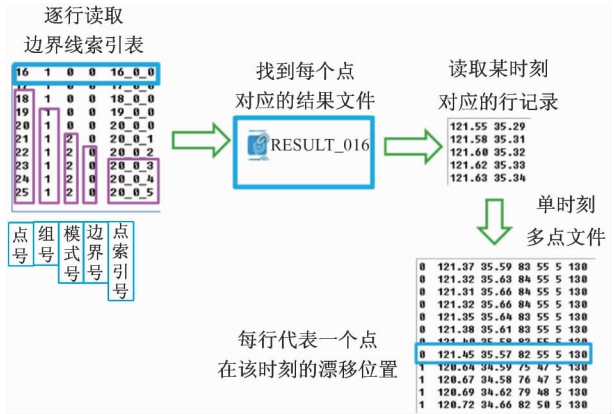


图 11 边框节点拼接流程

2.3 表达

模式计算的计算结果通常通过 Matlab 或 Surfer 的方式表达,这些方式对单一时刻的结果表达清晰,但是产品制作过程繁杂、效率低,需要人工干预,没有实现系统的业务化应用。本文基于专业 GIS 软件平台 ArcGIS,实现了不同时刻绿潮边框线及散点整体分布状况的自动切换显示、单点漂移轨迹的动态查询及边框线节点编辑等功能。

(1)图形的绘制

本文显示表达的主要内容包括散点边框分布、边框线漂移对比、单点漂移趋势。

绘制单点漂移轨迹时需要读取索引文件,根据点的组号、模式号、点索引号找到相应组中对应模式结果数据中该点的单点多时刻文件进行绘制。分别通过读取源数据、模式计算结果文件中的单时刻多点数据绘制散点边框图和边框线漂移图。下面给出了绘制结果(图 12 ~ 图 15),依次为散点边框分布、边框线漂移对比、单点漂移预测,其中图 14 中浅色(螺旋)线为点的漂移轨迹。

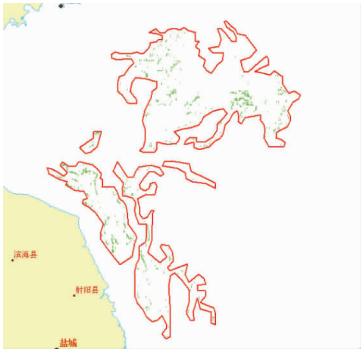


图 12 散点与边框图

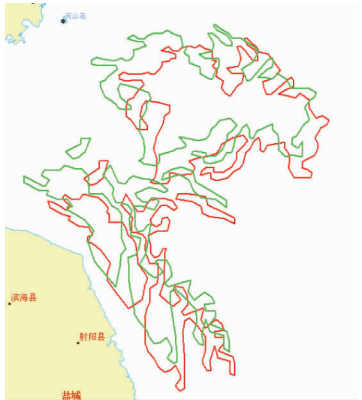


图 13 边框线漂移图



图 14 单点漂移图

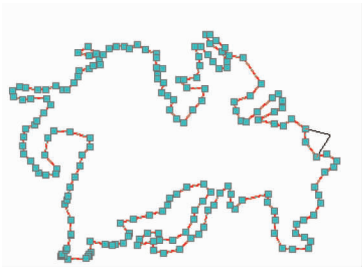


图 15 边框节点编辑图

(2)任意时刻预测结果数据的显示控制

由于边框线及散点有多个时刻的漂移图,为实现不同时刻漂移图的快速切换,需要对任意时刻预

测结果数据进行高效的显示控制。本文根据预测时刻建立时间序列索引表,当用户选择任意时刻时,系统根据时间索引查找到预测结果数据中该时刻对应的单时刻多点文件,读取该文件的点记录,绘制图形。

由于图形以 ArcGIS 中 Element 的形式绘制,需要通过界面的不断刷新与重绘实现任意时刻漂移结果的切换显示。为有效地利用内存和节省重绘时间,系统将结果图初次被选定时存放于内存中,再次被选定时直接从内存中调取数据。

上述绘制的结果为影像解译或模式运算的结果,跟实际情况难免会存在偏差,需专业人员进行交互调整。本文开发了结点的编辑功能,包括要素移动、删除、结点编辑、添加、删除等。

2.4 产品制作与发布

(1) 制图输出

本文将模式计算后的结果数据利用 GIS 的地图可视化功能制作成不同的成果图,主要包括综合分布图、漂移趋势图及散点漂移图。

本文通过调用 ArcGIS 中 ICharacterMarkerSymbol 接口绘制综合分布图及漂移趋势图中的比例尺,其他各要素分别以 Element 的形式添加到成果图。

综合分布图通过调用初始的边框和散点数据进行绘制,主要描述监测当天的绿潮分布情况,包括绿潮散点分布和边框范围(以经纬度的方式描述)、覆盖面积,并添加地图整饰。图 16 为综合分布图成图结果。

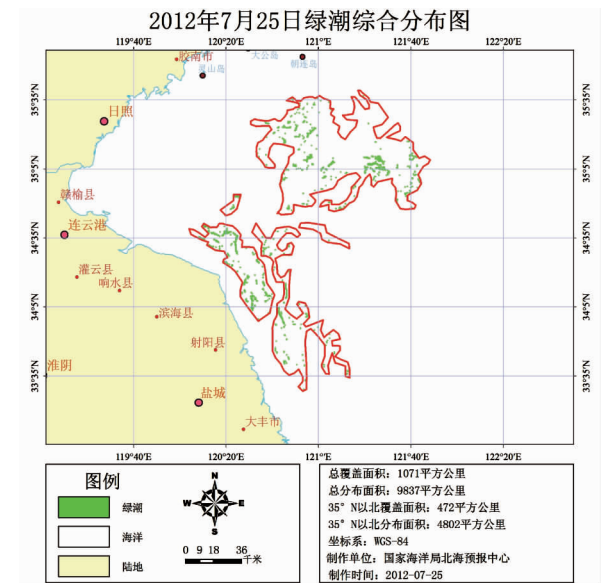


图 16 综合分布图成图结果

漂移趋势图根据用户选择的预测时刻自动搜索漂移计算结果数据中相应时刻的边框数据文件进行绘制,主要描述绿潮边框线(即绿潮的整体分布范围)的漂移趋势。图 17 中红色(深色)边框为初始时刻绿潮的分布范围,绿色(浅色)边框线为某一时刻的漂移结果,可任意选择某时刻进行绘图,也可以使用单点预测工具添加单点的漂移轨迹。

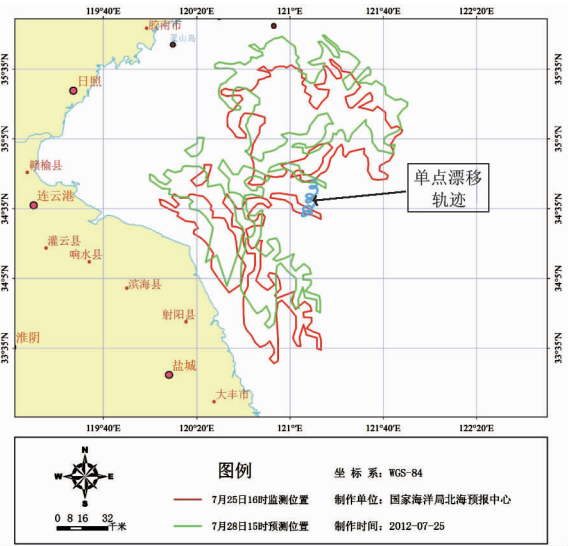


图 17 漂移趋势图成图结果

散点漂移图通过调用漂移计算结果数据中不同时刻的散点数据文件绘制而成,分别描述不同时刻绿潮散点数据的分布,可以通过多个时刻的散点漂移图的动态显示更加逼真的模拟绿潮的漂移过程。

通常情况下在 Matlab 或 Surfer 中实现用户交互制图的操作较为复杂,尤其当要求多幅成果图制图范围一致时,操作更加繁琐。为更方便地实现用户交互制图,本文实现了三种不同的制图范围获取方式,分别为程序自动获取、用户拉框获取、同步综合图范围。程序自动获取是指在加载边框数据时,系统自动计算边框包络线的 4 个角点值,然后将该范围放大一定比例作为成图范围;用户拉框选择是以交互的方式拖动鼠标选择范围;同步综合图是指系统自动获取综合分布图的制图范围,并以此为标准确定其他两种成图结果的制图范围,例如,用户以拉框的方式确定了综合分布图制图范围后,在进行绘制漂移趋势图、散点漂移图时只需在制图范围获取方式的选项中选择同步综合图,无需再次拉框即可实现三种成果图以相同的制图范围输出。制图输出过程均在后台完成,无需人工参与。

(2) 业务化快报制作和发布

针对业务化需求,本文为不同的业务单位提供不同类型快报文件的制作,并以邮件的形式分别发往相应单位。

快报制作的实现思路是根据固定的模板以书签的方式插入相关内容,主要包括一系列制图结果图、综合分析结果、预警区域面积统计图表、海洋环境预报表等。其中,综合分析结果是专业人员根据绿潮的监测数据及预测结果对本次绿潮灾害造成的影响及防御措施的分析。系统自动记录上次的分析结果,并支持对分析结果进行实时改动。

本文使用 System. Net. Sockets 类开发邮件发送功能,连接简单邮件传输协议(SMTP)服务器,支持添加大附件文件,无需人工添加邮箱或附件,系统自动发送各单位对应的快报到默认的相应业务单位。

3 系统业务化应用的效果评价

绿潮漂移预测数值模拟系统自 2012 年在国家海洋局北海预报中心正式投入业务化运行,得到了充分的应用,大大提高了绿潮应急监测的工作效率。以 2013 年业务化工作情况为例,北海预报中心从 2013 年 3 月 25 日开始,每日对中国黄渤海海域开展绿潮监测,监测范围覆盖 $30^{\circ}\text{N} - 38^{\circ}\text{N}$ 的中国沿海海域。2013 年绿潮漂移预测数值模拟系统实际运行时间长达 150 余天,无故障运行率达到 90% 以上。截至 2013 年 8 月 25 日绿潮监测工作结束,共发布绿潮卫星遥感监测信息快报 152 期,绿潮微波遥感监测信息快报 46 期,绿潮综合分布图 67 期,绿潮预警信息简报 57 期,多年综合对比图 8 期。

4 结 论

本文实现了 GIS 平台与数值模式结合的业务化应用。所用绿潮漂移预测数值模拟系统既具备数值模式的预报预测与高速计算的功能,又具备 GIS 空间显示分析与制图的优势,是海洋数值模拟与 GIS 两个学科的交叉应用研究的成果。目前该系统已经应用于国家海洋局北海预报中心,取得了一定的成果,提高了其工作效率,但是由于时间和水平有限,还可以从以下方面进行扩展:

(1)进一步缩短数值模式的计算时间。本文采用多核多线程的并行计算技术,通过对绿潮监测源数据进行区域分解,有效地缩短了数值模式的计算时间。目前的计算时间可以控制在 10min 以内,下

一步考虑在并行计算机上实现,进一步缩短计算时间。

(2)绿潮漂移预测数值模拟系统在业务化应用中未解决的问题。通过业务化运行,发现有时需要业务人员结合专业知识对漂移预测结果进行适当修改,并且将修改结果保存至源数据中。由于本系统在显示时采用实时绘制的方式,显示结果只保存在内存中,显示内容更新刷新时,内存自动清空并重新读取数据文件进行显示,即数据文件与内存是单向的数据流,并没有从内存返回数据文件的索引机制,所以目前对显示结果的修改不能保存到源数据中。下一步,拟建立显示数据与源数据对应关系的索引表,将修改信息与源数据实时同步。

参考文献

- [1] 白涛,黄娟,高松等. 黄海绿潮应急预测系统业务化研究与应用. 海洋预报,2013,1(30):51-58
- [2] 唐启生,张晓雯,叶乃好等. 绿潮研究现状与问题. 中国科学基金,2010,1:5-10
- [3] 刘桂梅,李海,王辉等. 我国海洋绿潮生态动力学研究进展. 地球科学进展,2010,2(25):147-153
- [4] 唐泽艳,魏永亮. 绿潮卫星遥感监测技术应用研究. 遥感信息,2013,3:63-68
- [5] Aurousseau P. Les flux d'azote et de phosphore provenant des bas-sins versants de la rade de Brest. Comparaison avec la Bretagne Océan,2001,27:137-161
- [6] Cugier P, Le Hir P. Three dimensional (3D) ecological modeling of the Bay of Seine (English Channel, France). J Sea Res, 2005,54:104-124
- [7] Perrot T, Dion P, Populus J, et al. A predictive approach to the mapping of fucoid beds using Spot imagery and a digital elevation model. In: Proceedings of the 8th International Seaweed Symposium, Bergen, Norway, 2004
- [8] 余德平. 数值模拟的发展现状. 勘探地球物理进展,2003,5-6(26):407-412
- [9] 张成才,陈继祖,李红伟. 基于 GIS 和 Surfer 的工业点源大气污染扩散模拟. 安全与环境工程,2009,5(16):48-52
- [10] 赵晓东,彭林军,蒋宇静等. 开采沉陷计算的 GIS 空间建模及模型耦合研究. 大连大学学报,2007,28(6):10-14
- [11] 赵晓东,宋振骐,兰柏超. GIS 与工程模型耦合应用模式研究. 计算机应用,2001,21(10):4-5
- [12] 王亮,赵晓东,沈永明. 基于 GIS 的 POM 模型及其在渤海潮流模拟中的应用. 水动力学研究与发展,2009,6(24):768-777
- [13] Ananth Grama, Anshul Gupta, George, Karypis, et al. 并

行计算导论(英文版.第2版[M]).北京:机械工业出版社,2003.7

[14] 武强,邹德禹,孙卫东等. GIS 与地下水流数值模拟耦合系统(GIS-FEM)的研制与应用.地质评论,2000,(46):189-194

[15] 陈迪,李义天,孙昭华. 基于 GIS 技术与水动力数学模型的航道水流模拟系统.武汉大学学报,2012,3(45):325-334

Construction and application analysis of a GIS-based numerical simulation system for forecast of green tide drift

Wang Ruifu^{***}, Ma Qingrong^{**}, Gao Song^{***}, Xin Quanbo^{**}, Xu Maojing^{**}, Hao Lianxiu^{**}
(^{*} Key Laboratory of Surveying and Mapping Technology on Island and Reef, NASMG, 266590)
(^{**} Geomatics College, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266590)
(^{***} North China Sea Marine Forecasting Center of State Oceanic Administration, Qingdao 266061)

Abstract

The numerical oceanic mode and the geographic information system (GIS) were integrated to perform the spatial analysis and product fabrication of forecasting of green tide drift. The green tide mode was calculated with the parallel computing technique based on the spatial data structure to shorten the numerical mode computing time. The source data and the simulation modes of green tide were divided based on the spatial distribution, and the corresponding spatial indexes were respectively built to automatically implement the numerical simulation of each partition. The results of the numerical simulation of green tide were expressed in the GIS environment with the spatial visualization technique. The forecasting results were expressed with the discrete points and the border lines as the distribution of green tide which were drawn with the vector elements in real time to achieve the visualization of the green tide drift procedure. The operational products of green tide forecasting were made with the thematic mapping technique in GIS based on the operational characteristics of green tide, including the inquiry and extraction of long time series, the integration of multi-source forecasting data, the normalized reports, etc. The thematic maps and bulletins of green tide can be normally released to satisfy the requirements of monitoring and management of green tide.

Key words: green tide forecast, geographic information system (GIS), numerical simulation, parallel computing