

# GIS 技术在台风预报服务产品制作系统中的应用<sup>\* 1</sup>

郑卫江<sup>1)</sup> 吴焕萍<sup>1)</sup> 罗 兵<sup>1)</sup> 刘震坤<sup>1)</sup> 吕终亮<sup>1)</sup> 孙利华<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>(国家气象中心,北京 100081) <sup>2)</sup>(中国矿业大学(北京),北京 100083)

## 摘 要

根据台风预报业务的实际需求,建立了基于 GIS 技术的台风预报服务产品制作系统。提出了采用地图表达技术的台风数据可视化方案,讨论了基于空间插值与动态缓冲的台风预报概率圆生成算法,利用叠加分析技术完成了台风路径影响范围分析功能,并提供了一键式材料快速制作功能。业务化运行结果表明:GIS 技术能够实现功能建设,较好地满足了目前中央气象台台风预报服务产品制作需求。

**关键词:** GIS; 台风预报; 动态缓冲; 空间叠加分析

## 引 言

我国是世界上季风气候特征最为显著的国家之一<sup>[1]</sup>,台风灾害造成了严重的经济及人员损失。为了适应台风预报工作准确、及时、科学、高效等要求,进一步完善和规范台风预报服务产品类型与表现形式,国家气象中心组织研发了台风预报服务产品加工制作系统(Tropical Cyclone Product Generation system,简称 TCPG),其中 GIS 技术作为集获取、处理、管理和分析空间数据的综合信息技术在系统建设中发挥了关键作用<sup>[2]</sup>。

近年来,GIS 技术在气象领域如天气预报、气候区划、人工影响天气、地质灾害气象预报、气象灾害评估、气象资料管理与站点选址分析以及综合气象服务系统等方面得到初步应用<sup>[3-11]</sup>,在一定程度上提升了天气预报或决策服务水平。

本文结合中央气象台台风决策气象与公众气象服务需求,尤其是台风服务产品的高质量分析与制作要求,重点研究了 GIS 支持下的台风预报服务产品制作技术,提出了层次化设计的系统框架,利用地图表达技术以及空间数据库技术,能够高质量、高效率地制作台风预报产品,具有较强的业务化能力。

## 1 系统简介

### 1.1 系统技术框架

为了满足实际业务需求,TCPG 分别采用 GIS

技术、Office 嵌入技术、COM 技术以及气象数据转接入技术。其中,GIS 可视化技术主要融合了地学与计算机可视化技术,完成台风相关数据显示;GIS 空间分析技术为 GIS 的核心功能之一,利用该技术,通过对原始数据模型的运算,可以挖掘新的知识,并以此作为空间行为的决策依据;GIS 空间数据库技术是指具有地理空间坐标信息的地图图形数据库,与通用数据库相比,空间数据库能够存储拓扑关系、建立网络关联。嵌入式 Office 是微软在 2003 版本以上采用的核心技术,提供了方便的应用程序接口,便于实现 Office 各子模块的通信与互操作。COM-GIS 是基于微软 COM 技术的成熟的二次开发技术,其基本思想是将 GIS 各大功能模块进行划分,每个组件完成不同的功能。为了解决台风原始数据转换的要求,系统还采用了气象数据转接入技术,为了兼容 MICAPS 格式数据并提高运行效率,该系统采用 C++ 语言编写 MICAPS 数据格式转换函数,并封装为 .Net 组件供系统调用。

系统运行于 Windows 98 以上操作系统,基于 Microsoft .Net Framework 2.0,嵌入 Microsoft Powerpoint 视图,利用 ArcGIS Engine 9.2 二次开发组件,可运行于 32 位个人 PC 机或中小型服务器。其主要特点是地理信息丰富,制图与输出质量高,并基于空间分析技术对台风气象信息进行分析,而且较好地兼容了 MICAPS 系统产生的数据产品。

### 1.2 系统功能

根据国家级台风预报与服务的业务需求,

\* 科技部项目(2006BAK01A29,2006BAK01A18,2006BAD04B10)和中国气象局基建项目([2007]203)共同资助。  
2009-07-15 收到,2010-02-10 收到再改稿。

TCPG 的主要功能包括了台风数据可视化、编辑、分析、路径检索以及产品制作,该系统功能如图 1 所示。

可视化:台风可视化方式包括了预报路径、历史移动路径、七级和十级风圈、风雨分布区,以及概率圆预报区域的显示。结合中国气象局热带气旋分级

标准,分别制作了热带低压、热带风暴、强热带风暴、台风、强台风、超强台风 6 个级别的台风符号,可以依据台风强度的不同进行台风点位渲染;系统提供了最新 0 h 时效的台风点位七级、十级风圈显示与否的控制能力。

系统将历史与实时的台风点位连接,构成台风

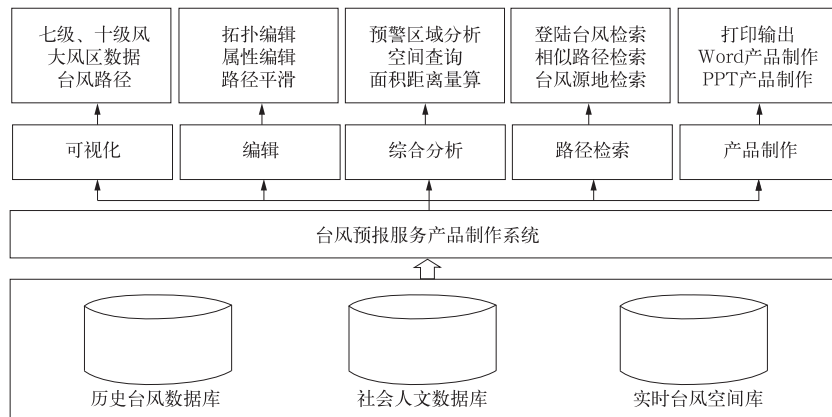


图 1 台风预报服务产品制作功能框架

Fig. 1 The functional architecture of TCPG

路径后进一步提供了多种路径平滑算法,如贝赛尔平滑、样条函数平滑等;同时还提供了防御台风区域示意,台风图例以及地图区域定制的能力,并实现了台风移动路径的动画显示效果与视频输出功能;针对风雨分布区数据,系统还提供了是否按国界进行裁剪(如保留国界内、国界外的区域、不对区域进行裁剪)的功能。

编辑:提供了台风点位以及台风路径的空间位置和属性信息的编辑,结合 GIS 的空间拓扑分析能力,用户还可以通过调整某一点位来调整路径曲线,并可直接编辑台风点位的风速、中心气压、七级和十级风圈半径等属性信息。根据服务产品的需要,用户可以进一步增加如等值线、等值面等图形符号信息。

分析:根据台风实时移动路径或者预报路径可以分析出其可能影响的地理范围(即台风预警区),结合电子地图还能够进一步统计出预警区内所属行政区域(省、市、县)的面积大小、社会经济信息以及人口信息,形成 Word 表格与图形文档,从而给防汛等决策部门提供必要的基础信息。系统还提供了多

种方式的距离分析,可测量台风点位到某区域的距离,并根据台风平均移动速度估算到达该区域的时间;面积分析则可对台风可能影响的范围进行面积量算,并输出为统计结果。空间查询则为用户提供了地图视图下的基础地理信息的点击查询,以及台风综合信息查询,并能实现图形、属性相互定位。

路径检索:在台风路径历史空间数据库的支持下,TCPG 提供了基于时间、空间、强度的台风历史相似路径检索、登陆台风检索、台风发源地检索等功能;用户可以选择某一时间段,或通过用户界面交互式绘制台风通过的任意形状的关键区域,或根据台风强度等多种输入条件进行空间与属性信息的检索。

产品制作:除了地图视图外,系统还增加了微软的 PowerPoint 页面视图,用户可以一键式自动生成台风服务 PowerPoint 产品,其产品制作界面如图 2 所示。服务产品中包括了标题、台风路径、概率圆区域、预报点位的时效、压强、风速以及图例等必要信息,较好地提高了产品生成效率。

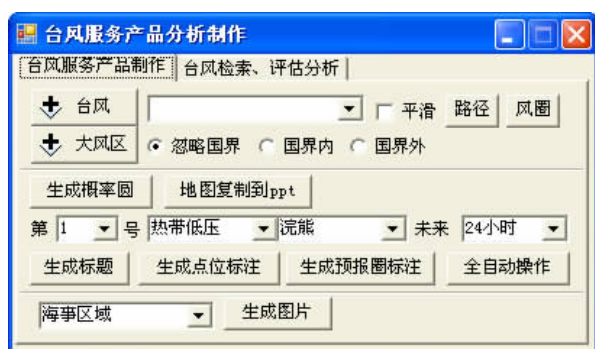


图2 台风服务产品制作一键式操作面板

Fig. 2 The one-touch operation panel of TCPG

## 2 GIS应用分析

### 2.1 台风实时与历史数据存储

地理空间数据库是 ArcGIS 一种最新的空间数据模型<sup>[12]</sup>,是建立在关系数据库管理系统之上的统一、智能化的空间数据库,它完善了对空间数据的管理,并支持拓扑特征集<sup>[13]</sup>。结合台风服务产品对基础地理信息数据以及台风数据集的要求,设计采用了 ORACLE 10G 为数据库平台,以 ESRI ArcSDE 9.2 为中间件的历史台风空间数据库,同时提供了台风数据录入、更新等功能。

台风实时数据主要用于台风的可视化显示以及在此基础上的属性编辑,因此,利用 MICAPS 转换组件,将台风数据转换为文件型空间数据库格式。为了实现高效的台风路径检索以及准确性和效率需求,系统建立了自 1955 年以来西北太平洋的台风路径历史空间数据库,分别建立了基于空间数据库的台风点和线路要素集。建立了按“时间”字段来存储台风点位的时间信息,进一步提高用户检索效率;建立了按“顺序”字段来标识相同台风路径上点的先后顺序,便于校验检索结果。

### 2.2 台风产品显示

GIS 的地图可视化能力很强,其主要采用专题图技术(如密度图、分级渲染图等)以及丰富的地图符号支持能力来形象地完成地图显示。ArcGIS 的地图表达(representation)就是一种较为先进的图层渲染技术,它可以利用灵活的、存储于地理空间数据库中的基于规则的结构来对数据进行符号化动态显示。空间要素类可以同时支持多种地图表达,并且单个要素的地图表达方式可以进行编辑修改<sup>[14]</sup>。

以上特点可以实现一种数据的多种地图表现。对于数据量较大的历史台风数据来说,该技术可以大大提高台风的可视化表现效果和加载显示效率。

为满足公共气象服务要求,台风预报服务产品需要打印质量高且图像美观,因此结合台风预报服务产品的业务规范要求实现了以下台风数据可视化效果:历史实况路径以实心红线表示,预报路径数据以红虚线表示,台风点位的符号方案按强度的不同而确定,大风区的七级风区以深棕色表示,十级风区以黄色斜线表示,并完成多种图形填充模式的风雨分布区显示。利用地图表达技术,可快速、直观、形象地完成台风数据的显示,并生成显示模板。系统可生成的 4 种图形产品如图 3 所示。

### 2.3 台风概率圆预报

以历史上最近年份各预报时次的统计误差为基础,根据相应算法绘制未来时间段台风可能通过的区域,该区域称之为概率圆。概率圆作为一种重要的台风预报服务产品,近年来在国际上也得到了广泛应用。

GIS 缓冲区分析是指对一组或一类地图要素按设定的距离条件,形成具有一定范围的多边形实体,从这个多边形里查找具有某种特征的地理空间要素,从而实现数据在二维空间扩展的信息分析方法<sup>[15]</sup>。当空间物体对临近对象随距离变化而呈不同程度的扩散或衰减,则称之为动态缓冲区分析。本文结合 GIS 缓冲区分析技术,并考虑到业务需求的时效性、实用性,提出了两种概率圆算法。

空间插值算法:加密台风预报点位,取该点加权预报误差半径,做台风预报路径的垂线并沿台风预报路径左右方向分别延伸,求得台风概率圆控制点,分别连接这些控制点,得到台风概率圆曲线,最后对该曲线进行贝赛尔光滑,即可得到台风概率圆:

$$r = w \times (r_{72} - r_{48}) / (w + 1) + r_{48} \quad (1)$$

式(1)中, $r$ 为加权误差半径; $w$ 为自定义权值,本系统采用 5; $r_{72}, r_{48}$ 分别为 72, 48 h 点位的最近年份预报平均统计误差。

动态缓冲区算法:基于积分思想,结合概率圆半径,将台风预报路径拆分为以公里为单位的片段,并根据式(2)结果对该片段进行缓冲计算,并将计算得到的缓冲区进行合并计算,由此得到台风概率圆:

$$d = r_{48} + (i + 1) \times (r_{72} - r_{48}) / (c - 1) \quad (2)$$

式(2)中, $d$ 为缓冲区半径; $i$ 为片段的计数; $r_{72}, r_{48}$ 分别为 72, 48 h 点位预报平均误差; $c$ 为片段总数。

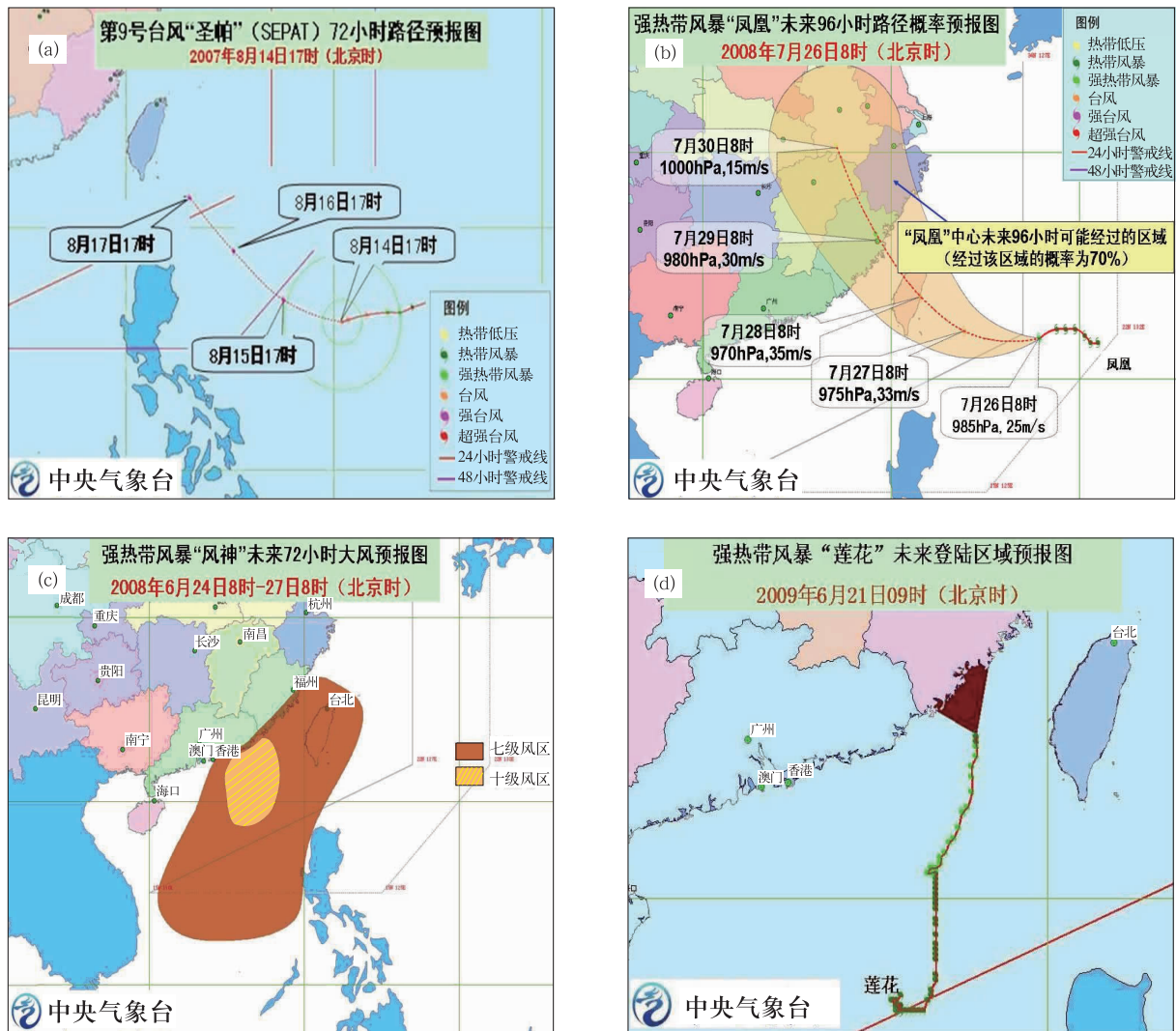


图 3 台风预报服务产品图 (a)台风路径预报图,(b)台风概率圆预报图,(c)大风预报图,(d)登陆区域预报图  
 Fig. 3 The schematic diagram of typhoon forecasting services (a)typhoon track prediction diagram, (b)typhoon probability forecast diagram,(c)wind forecast diagram,(d)landing area forecast diagram

从算法分析来看,空间差值算法较好地解决了概率圆的平滑问题,其存在的问题是在台风预报路径曲率半径较概率圆半径偏小时,其生成的概率圆会重叠严重,从而影响其表现;而动态缓冲区算法能够避免以上问题,但其缓冲距离以公里为单位,在台风预报路径较长时计算效率较低。目前正在考虑采用人工智能方法提供一种机制来根据台风预报路径的长短自动选用两种方法,则能较好地解决以上问题。综合中央气象台台风预报实际业务应用情况,系统采用了动态缓冲算法来制作台风预报概率圆。

### 2.4 台风影响范围分析

GIS 能够对空间数据进行运算以派生新的信

息,而空间分析技术是基于地理对象位置和形态特征的一项技术,其目的在于提取和传输空间信息<sup>[4]</sup>。空间叠加分析是 GIS 中重要的空间分析功能之一,它是将多幅图层相重叠生成新的图形单元和重新组合属性的过程。结合该项技术,系统设计了台风路径影响范围分析功能。建立台风预报概率圆之后,可以分析出可能受影响的行政区域范围,并依据最新全国 1:5 万基础地理信息数据,结合社会人文数据,统计可能受影响人口、农作物面积等信息,为气象决策提供支持。图 4 中,颜色较深部分(棕红色)、斜线部分、颜色较浅部分(蓝色)分别为 24 h,48 h,72 h 内台风可能影响的市级行政区划范围。

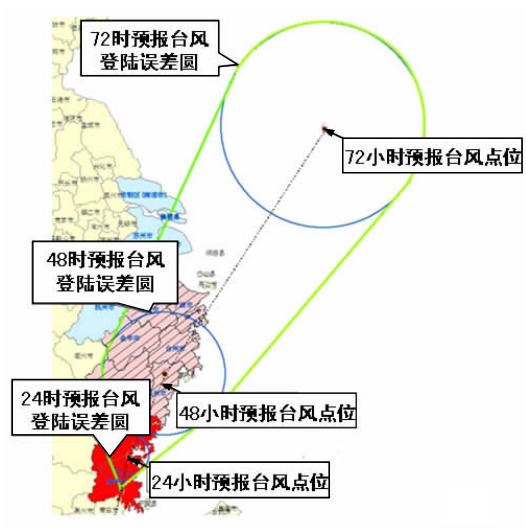


图4 台风路径影响范围分析

Fig. 4 Typhoon affected areas analysis

### 3 结束语

本文对台风预报服务产品制作系统的主要功能进行了介绍,并讨论了GIS技术应用于该系统的若干关键技术问题,如基于地图表达技术的台风数据可视化技术,利用地理空间数据库与空间数据引擎技术建立历史台风数据库技术,基于空间插值和动态缓冲的概率圆预报技术,基于GIS空间叠置分析技术的台风影响范围分析技术。应用以上关键技术成功开发了台风预报服务产品制作系统。该系统于2008年起在中央气象台台风与海洋气象预报中心业务运行,在汛期提供台风路径预报图、台风未来影响区域图、台风登陆区域图等预报服务产品。

但目前台风预报服务产品形式单一,需要研究更丰富的表现形式,如台风三维动画应用等。GIS若与台风预报数值模式相结合,可以更直观形象地表现预报预警结果,为台风预报与决策服务提供更可靠的科学依据。也有利于台风预报业务水平的不断提升。

### 参考文献

- [1] 中国气象局办公室. 中国气象局业务技术体制改革总体方案. <http://www.cma.gov.cn/qxzt/yjtzgg/wjhb/zt/t20060406-170222.phtml>, 2006.
- [2] 陈述彭, 鲁学军, 周成虎. 地理信息系统导论. 北京: 科学出版社, 2000: 78-85.
- [3] 吴焕萍, 罗兵, 王维国, 等. GIS技术在决策气象服务系统建设中的应用. 应用气象学报, 2008, 19(3): 380-384.
- [4] 鲁小琴, 雷小途. 用地理信息系统改进热带气旋的客观定位精度. 应用气象学报, 2005, 16(6): 841-848.
- [5] 曾明剑, 于波, 周曾奎, 等. 台风业务应用和预警系统简介. 气象科学, 2007, 27(4): 452-456.
- [6] Frans J M, van der Wel. Making Meteorological Data Accessible to the User Community: The Increasing Role of GIS at a Meteorological Institute. ESRI User Conference of 99 Year. <http://gis.esri.com/library/userconf/proc99/proceed/papers/pap603/p603.htm>, 2006.
- [7] Shipley Scott. GIS Applications in Climate and Meteorology. 16th Interactive Information Processing Systems, 2000: 179-182.
- [8] Sivakumar M V K, Donald E Hinsman. Satellite Remote Sensing and GIS Applications in Agricultural Meteorology and WMO Satellite Activities. <http://www.wamis.org/agm/pubs/agm8/paper-1.pdf>, 2007.
- [9] 刘品高, 江南, 谭萍, 等. 气象地理信息系统的设计与实现. 应用气象学报, 2005, 16(4): 547-553.
- [10] 王远飞, 陆涛, 朱海燕, 等. 基于GIS的热带气旋相似路径检索系统研究. 测绘科学, 2006, 31(5): 124-125.
- [11] 刘勇, 吴必文, 王东勇. 一种台风路径相似检索的算法研究. 气象, 2006, 32(7): 18-24.
- [12] 龙瀛, 杜鹏飞, 赵东东, 等. 基于Geodatabase的城市水资源管理系统. 清华大学学报(自然科学版), 2006, 46(9): 1560-1563.
- [13] 蒋波涛. ArcObjects开发基础与技巧——基于Visual Basic, Net. 武汉: 武汉大学出版社, 2006: 13-14.
- [14] Bob Booth, Andy MacDonald. Building a Geodatabase. USA: ESRI Press, 2006: 57-59.
- [15] 邹伦, 刘瑜, 张晶, 等. 地理信息系统——原理、方法和应用. 北京: 科学出版社, 2001: 22-26.

## Application of GIS to Tropical Cyclone Product Generation System

Zheng Weijiang<sup>1)</sup> Wu Huanping<sup>1)</sup> Luo Bing<sup>1)</sup> Liu Zhenkun<sup>1)</sup> Lü Zhongliang<sup>1)</sup> Sun Lihua<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> (National Meteorological Center, Beijing 100081)

<sup>2)</sup> (China University of Mining & Technology, Beijing 100083)

### Abstract

China is one of the most typhoon-influenced countries in the world, so it is urgent to strengthen the capacity of typhoon forecast services, in which Geographic Information System (GIS) plays a more important role increasingly.

On analyzing the operational requirement of typhoon forecast, the workflow of tropical cyclone product generation is designed with the support of historical and real-time typhoon spatial database. First, visualize typhoon track and wind data. Second, smooth typhoon track, edit feature property and validate topology for spatial analysis. Then analyze the data to obtain landing area, real-time and future affected area, and similar track search results. Finally, service product is generated using Microsoft Office development technology.

Four key issues of GIS application on production system are discussed in details. GIS spatial analysis aims at extracting and transporting spatial information based on geospatial object location and geometry character. Using Geodatabase and Spatial Data Engine, historical and real-time typhoon database can be built and provide the ability of data record and update. ESRI representation symbolizes data using a flexible and rule-based structure that is stored inside the geodatabase along with data, supporting multiple representations simultaneously. Constructing feature filling modes and color representation styles by standard rules can efficiently implement the visualization of large volume of typhoon data. In order to precaution which administrative region would be affected in the near future, the spatial overlay analysis is carried out to extract and transport spatial information. Two probability ellipse methods of typhoon track forecasting are also proposed to predict potentially infected districts ahead of schedule. With spatial interpolation method intensive typhoon forecasts are made for multiple points, and for each point a weight error radius is calculated, then the vertical line throughout the points are determined, finally the control points are linked to construct a polygon and smoothed with Bezier Curve. Dynamic buffer method is based on integral splits the typhoon tracks by kilometer unit, by the ratio of the length of typhoon track the buffer radius can be calculated, after then do dynamic buffer based on a series of radiuses and combine the buffer area to a probability ellipse.

GIS provides a reliable scientific basis for typhoon forecast, and with its aid more applicable and efficient typhoon forecast models can be achieved in the near future.

**Key words:** GIS; typhoon forecast; dynamic buffer; spatial overlay

## 《应用气象学报》征稿简则

《应用气象学报》(双月刊)是大气科学理论与应用研究的综合性学术期刊,主要刊登反映新理论与新技术在大气科学中的应用,以及大气科学理论与实践相结合,应用于各个有关领域的研究论文、业务系统和研究简报;国内外大气科学与应用气象科学发展中的新动态与新问题的探讨与评论;国内外重要学术会议或研究、业务活动的报道;气象书刊评介。

投稿要求和注意事项:

1. 论点明确、文字精炼。摘要请按文摘四要素(目的、方法、结果、结论)撰写,列出3~8个关键词,作者姓名请附汉语拼音,所在单位请附中、英文全名、地名、邮编。要求中文摘要为200~400字,英文摘要为500个单词左右(并请附对应的中文译文)。

2. 插图请插入文中,要求准确、清晰、美观。图中坐标、单位请勿遗漏,中、英文图题及说明写在插图下面。表格请采用三线表形式,并列出中、英文表题,文字须端正和清晰。

3. 参考文献请择主要的列入,并请按文中引用顺序标号。期刊书写格式:作者. 文章题目. 刊名, 年, 卷(期): 起止页. 专著书写格式: 作者. 书名. 译编者. 出版地: 出版社, 出版年: 起止页。

4. 计量单位请按《中华人民共和国法定计量单位》列出,已废止的单位请换算成法定计量单位。

5. 科技术语和名词请使用全国自然科学名词审定委员会公布的名词。外国人名和地名,除常用者外请注原文。

6. 网上投稿(<http://qk.cams.cma.gov.cn>)请同时寄送全体作者签名的《承诺书》(请网上自行下载)。稿件自收到之日起,将在6个月内决定刊用与否,来稿一经刊登,酌情收取版面费,并酌付稿酬,请自留底稿,不登者恕不退还。

7. 寄交最后审定稿时,请在A4幅面的纸上用5号字隔行单面打印稿件,连同电子版一并交编辑部。稿件中的数字及符号必须清楚无误,易混淆的外文字母、符号,用铅笔标注文种,大、小写,正、斜体,黑、白体,公式中的上、下标。

8. 本刊已加入“中国学术期刊(光盘版)”、“万方数据——数字化期刊群”和“中文科技期刊数据库”。本刊所付稿酬包含光盘稿酬和刊物内容上网服务报酬。凡向本刊投稿的作者(除事先声明外),本刊视为同意将其稿件纳入此两种版本进行交流。

欢迎投稿。投稿请登录 [qk.cams.cma.gov.cn](http://qk.cams.cma.gov.cn)。

地址:中国气象科学研究院《应用气象学报》编辑部,邮政编码:100081;电话:(010)68407086,68408638;  
网址: [qk.cams.cma.gov.cn](http://qk.cams.cma.gov.cn); E-mail: [yyqxxb@cams.cma.gov.cn](mailto:yyqxxb@cams.cma.gov.cn), [yyqxxb@163.com](mailto:yyqxxb@163.com)。