

# 基于 AE 的空间数据批量插值方法

杨 宇<sup>1</sup>, 管 群<sup>1</sup>, 胡凯衡<sup>2,3</sup>, 李洪雷<sup>1</sup>

(1. 四川大学计算机学院, 成都 610065; 2. 中国科学院山地灾害与地表过程重点实验室, 成都 610041;  
3. 中国科学院-水利部成都山地灾害与环境研究所, 成都 610041)

**摘 要:** 为得到样本空间内连续的栅格数据, 以 ANUDEM 插值算法为基础, 基于 ArcGIS Engine 组件进行二次开发, 实现一种空间数据的批量插值方法。对样本空间内的离散测量数据进行检索, 重新组织数据格式并进行批量插值操作, 将结果以图形化的形式显示。在云南蒋家沟流域水文计算系统中的应用结果表明, 利用该方法可得到大批量可信度较高的流域雨量分布数据。

**关键词:** 空间数据; 插值; 组件; 地理信息系统; 二次开发

## Batch Interpolation Method of Spatial Data Based on AE

YANG Yu<sup>1</sup>, GUAN Qun<sup>1</sup>, HU Kai-heng<sup>2,3</sup>, LI Hong-lei<sup>1</sup>

(1. School of Computer Science, Sichuan University, Chengdu 610065;

2. Key Laboratory of Mountain Hazards and Surface Processes, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041;

3. Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences & Ministry of Water Conservancy, Chengdu 610041)

**【Abstract】** An ArcGIS Engine and ANUDEM algorithm based batch interpolating method is implemented to create continuous raster data from discrete spatial data. The program retrieves measured discrete data within research area, reorganizes the data form, carries out batch interpolating and display the result graphically. It is adopted by hydrological computational system of Jiangjia Basin in Yunnan and the application results show that the method can obtain a great amount of reliable rainfall distributing data.

**【Key words】** spatial data; interpolation; component; Geographic Information System(GIS); secondary development

### 1 概述

随着空间数据处理技术和地理信息系统(Geographic Information System, GIS)技术的推广与发展,人们对空间数据的质量和分辨率要求越来越高。要得到高分辨率的空间数据,理论上可以在样本空间内设置高密度的数据采集点,但这种方法需要耗费大量的人力物力,采样点成本和维护费用开支巨大,实际上不可行。空间插值即按一定的函数关系式根据研究区域内已知点的数据来推求其他未知点的数据,将离散的测量数据转换为连续的曲面数据<sup>[1]</sup>。基于样本空间内采集点的离散测量数据,通过插值建立规则网格的栅格数据,是目前最为成熟和经济实用的空间连续栅格数据获取方法。空间插值通常在 GIS 系统中实现,多数 GIS 软件都提供很好的空间插值功能,比如业界内应用最广的 ESRI 公司的 ArcGIS Desktop 软件就提供了 ANUDEM, IDW, Krige, Spline 等插值功能。单纯利用 GIS 软件进行数据插值可以满足小范围内的需求,一旦数据量增大便需要进行大量的重复劳动,严重影响工作效率。随着计算机软件技术的发展,GIS 组件化发展到了一个新的阶段,组件式 GIS(Com GIS)的出现大大降低了 GIS 二次开发的难度,这使对常规 GIS 软件的数据插值功能进行集成和扩展具有更高的可行性。

### 2 程序功能和设计流程

#### 2.1 研究目的及程序功能

本文主要对云南蒋家沟流域降雨情况进行插值模拟,将离散的雨量点文本数据进行插值,使之成为能被 GIS 系统处理的连续雨量栅格面数据格式。常规方法是通过 GIS 软件(如

ArcGIS Desktop)建立观测站点矢量数据,在其属性表中创建每个站点的坐标、降雨时段、降雨量字段并赋予相应的值,然后用软件提供的插值方法插值成为整个区域的降雨栅格数据。这种手动的方法可以用于站点和时间序列较少的情况,但如果涉及的区域较大,站点和时间序列较多,人工数据检索和插值计算的工作量较大,文件储存也会异常繁琐。因此,本文开发并实现一种快速高效的方法,让程序自动对观测站点得到的原始雨量数据进行数据检索和数据组织,批量进行插值计算,完成从离散矢量数据到栅格数据的转换,插值结果进行图形化显示,得到研究区域内降雨的时间空间分布情况。

#### 2.2 技术路线及设计思路

ComGIS 是采用面向对象技术和组件技术,基于微软 COM/ActiveX 规范实现的一种 GIS 系统,它将 GIS 的各大功能模块分化为独立的组件,每个组件完成不同的功能。各个 GIS 组件之间,以及非 GIS 组件与 GIS 组件之间,可方便地通过可视化软件开发工具集成起来,最终形成 GIS 运用。GIS 功能的组件化为开发者带来了传统 GIS 运用无法比拟的优点:小巧灵活,完备的 GIS 功能,直接嵌入的便捷性等,这

**基金项目:** 国家自然科学基金资助项目(40671025);中科院知识创新工程重要方向基金资助项目(KZCX2-YW-302);中科院成都山地灾害与环境研究所创新工程基金资助项目(1100001062)

**作者简介:** 杨 宇(1985 - ),男,硕士研究生,主研方向:GIS 应用;管 群(通信作者),副教授、博士;胡凯衡,副研究员;李洪雷,硕士研究生

**收稿日期:** 2009-07-20

**E-mail:** guangun@cs.scu.edu.cn

也是组件式 GIS 开发成为目前 GIS 二次开发主流方式的主要原因<sup>[2]</sup>。本文基于 ComGIS, 采用 ESRI 公司提供的 ArcGIS Engine 开发组件, 结合 Visual C++ 进行二次开发。ArcGIS Engine 是一个创建定制的 GIS 桌面应用程序的开发产品, 包括构建 ArcGIS 产品的所有核心组件。使用 ArcGIS Engine 可以在面向对象的编程环境中获取任意的 GIS 功能组合来构建专门的 GIS 应用方案, 创建独立界面版本(stand-alone)的应用程序或对现有的应用程序进行扩展<sup>[3]</sup>。

考虑到现有数据资源与流域地貌特征等情况, 本文以目前国外比较流行的 ANUDEM 方法为核心插值算法。ANUDEM 方法利用等高线、高程点、河流等基本地形信息进行插值, 可全部或部分清除地形伪下陷点, 合理表现地表高程的连续与突变, 强调坡向转折, 保证流水线的连续性和流域边界的准确等, 被称为是一种水文地貌关系正确(Hydrological Correct)的插值方法<sup>[4]</sup>。在 ArcGIS Engine 中, 类 RasterInterpolationOp 的 TopoToRasterByFile 方法实现了该算法。

程序首先遍历所有雨量文件, 对数据进行重新组织, 以日期为字段名写入到 Shapefile 相应站点记录中; 然后读取 Shapefile 中每一个字段, 以日为单位进行插值并进行显示, 直到所有字段插值完成。程序流程如图 1 所示。

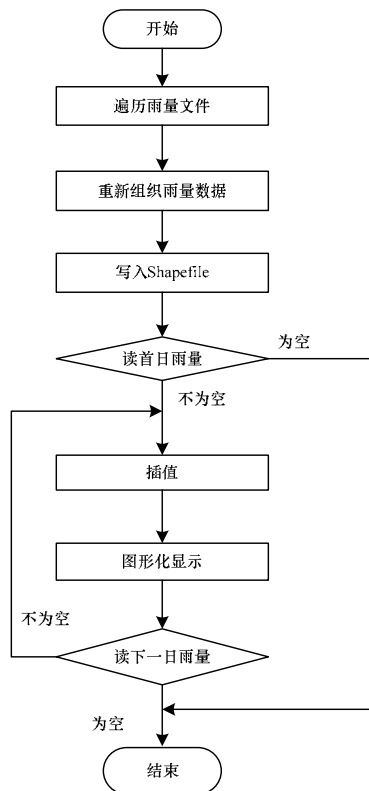


图 1 程序流程

### 3 程序实现

#### 3.1 数据检索与组织

蒋家沟流域雨量观测点的自动雨量计得到的雨量数据以文本形式存放, 每个站点测得的数据保存为一个文本文件, 文件名为“站点名称.txt”, 文件内部每一行记录一天的雨量, 例如, 表 1 为“背阴山.txt”记录的雨量数据, 其中, 日期和雨量之间为一个制表符。

表 1 原始雨量数据格式

日期	雨量/mm
2008-07-29	2.0
2008-07-30	2.8
2008-07-31	1.9
2008-08-01	2.5
2008-08-02	0.2
...	...

插值过程如下:

(1)创建雨量站点 Shapefile 并写入各个站点的名称及经纬度坐标等基础数据。Shapefile 是 ESRI 公司发布的最主要的几种数据格式之一, 1 个 Shapefile 文件包括主文件(\*.shp)、索引文件(\*.shx)和数据库文件(\*.dbf)。主文件储存 Shapefile 的图形信息; 索引文件包含了对应于每一条主文件记录的偏移量; 数据库文件主要存储与每一条几何信息相对应的属性信息<sup>[5]</sup>。Shapefile 本身是一个要素类, 可以通过 ArcGIS Engine 中的 IFeatureClass 接口进行读写操作。将创建的 Shapefile 的 Geometry Type 设置为 Point, 然后为其添加 LO(经度)、LA(纬度)和 Name(站点名)字段, 并分别赋值。

(2)遍历数据存放文件夹下的所有文件。首先任取其中一个文件, 依次读取所有日期并分别作为新的字段添加到 Shapefile 中, 用于保存每一天的雨量值。然后对于每一个文件, 读取其文件名, 与 Shapefile 中 Name 字段的每一条记录进行对比, 相等则读取该文件中所有雨量数据并按照日期写入 Shapefile 中该条记录的对应位置。部分关键代码如下:

```

hFind=FindFirstFile("E:\\data\\*.txt",&FindFileData);
//获取第一个文件句柄
while(FindNextFile(hFind,&FindFileData)){ //遍历所有文件
    FileName = FindFileData.cFileName; //获取文件名
    ifstream infile("E\\data\\" + FileName);
    while(getline(infile,line)){ //遍历文件中每一行的数据
        idx = line.find("\t");
        tmpDate = line.substr(0,idx); //获取日期
        tmpRainfall = line.substr(idx+1); //获取雨量
        ipFieldEdit->put_Name(tmpDate);
        ipCoorFeatureClass->AddField(ipFieldEdit);
        //为 Shapefile 添加新的日期字段
        ipFeatureCursor->NextFeature(&ipFeature);
        //用要素游标遍历要素类
        while(ipFeature!=NULL){
            ipFields->FindField("Name",&Index);
            //获取站点名称字段
            ipFeature->get_Value(Index,&NameValue);
            if(FileName==Name Value)
                ipFeature->put_Value(Index,tmpRainfall);
            //若名称匹配则为该要素写入相应雨量值
            ipFeatureCursor->NextFeature(&ipFeature);
        }
    }
}
  
```

读取蒋家沟流域的 9 个雨量站点得到的 2008 年 6 月-2008 年 9 月的雨量数据, 写入到将要插值的 Shapefile 中。以降雨较为集中的 7 月 1 日-7 月 5 日为例, 写入数据后的 Shapefile 属性表如图 2 所示。

LO	LA	Name	2008_7_29	2008_7_30	2008_7_31	2008_8_1	2008_8_2
103.1673	26.268	阴家凹	3.9	15	10.9	4.8	3.6
103.1557	26.263	青湖山	2	2.8	1.9	2.5	.2
103.1393	26.237	上凹子	1.3	.3	1.3	15.3	.2
103.1984	26.246	猴洞	1.5	.6	23.9	3.8	.3
103.2021	26.267	蚂蚁坪	2.3	.1	18.1	3.9	3.6
103.1868	26.241	麻家梁子	2.2	4.3	27.7	4.1	.5
103.1901	26.234	弯房子	.6	2.6	24.3	3.6	2.5
103.1338	26.245	双洞楼	.2	.1	1.1	9.5	0
103.172	26.285	李家丫口	5	3.3	25.3	6.7	.4

图2 写入数据后的 Shapefile 属性表

### 3.2 插值操作与结果保存

本文使用 ArcGIS Engine 类 RasterInterpolationOp 的 TopoToRasterByFile 方法进行插值计算,其函数原型为

HRESULT TopoToRasterByFile(BSTR paramFile, IFeatureClass\*\* outStream, IFeatureClass\*\* outSink, IRasterDataset\*\* outSurface);

其中, outStream 和 outSink 是可选项,分别代表河流多边形和凹陷点要素的输出要素类,这里计算不涉及这些数据,所以此处设为 NULL; outSurface 为输出的栅格数据; paramFile 是参数文件的输入路径。参数文件应包含坐标点 Shapefile 路径、流域边界路径、离散误差因子、插值范围、栅格大小等内容,其中,坐标点 Shapefile 路径参数的格式为

Point <Path> <Item>

其中, Item 代表字段名称,插值操作以字段为单位,每一次操作完成一个字段的插值,经过前面的数据组织,由于在站点 Shapefile 中,每一个字段代表一天的雨量分布情况,因此只要依次对所有字段进行插值操作,就能得到每日雨量分布情况。部分关键代码如下:

```
ipCoorFeatureClass->get_Fields(&ipFields); //获取字段集
ipFields->get_FieldCount(&FieldCount); //获取字段数
for(i=4;i<FieldCount;i++){ //从第一个日期字段开始遍历
    ipFields->get_Field(i,&ipField);
    ipField->get_Name(&FieldName); //获取字段名
    ofstream ItpFile("E:\\Itpfile.txt"); //paramFile
    ItpFile << "POINT " << "E:\\Point.shp" << " " <<
    FieldName << endl; //站点坐标文件路径和插值字段名
    ItpFile << "BOUNDARY " << "E:\\Boundary.shp" << endl;
    //流域边界文件路径
    ItpFile << "DISCRETE_ERROR_FACTOR 1" << endl;
    //离散误差因子
    ItpFile << "VERTICAL_STANDARD_ERROR 0" << endl;
    //垂直标准误差
    ItpFile << "TOLERANCES 2.5 100" << endl; //容限值
    ItpFile << "EXTENT 493712.3 2901495.5 505847.5
    2908652.2" << endl; //空间插值范围
    ItpFile << "CELL_SIZE 5" << endl; //栅格大小
    ipInterpOp->TopoToRasterByFile("E:\\Itpfile.txt",NULL,
    NULL,&ipRaster); //对该字段进行插值
    ipRastBandColl->SaveAs(FieldName,ipOutWorkspace,"
    GRID", &ipOutDatases::dfdfaf::et);
    //以栅格形式保存到输出工作空间
}
```

### 3.3 结果显示

程序基于插值好的栅格数据创建栅格图层,并加载到“云南蒋家沟流域水文计算系统”中。图3为批量插值生成的2008年7月和2008年8月蒋家沟流域降雨分布情况,其中,左侧 TableofContent 控件显示所有雨量分布图层的图层名及图例等信息,右侧 MapControl 控件以图形化的形式显示最顶层图层的雨量分布情况。通过与其他 GIS 平台得到的插值数据进行比较以及后续水文计算实验结果表明,插值结果可信,模拟精度较高。

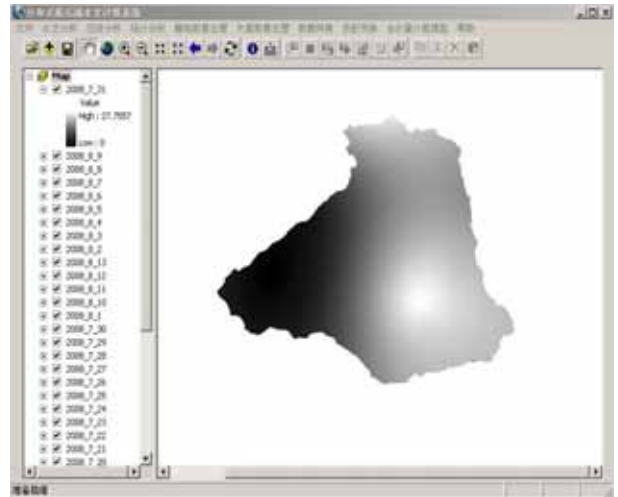


图3 插值结果显示

### 4 结束语

利用空间插值通过已知的空间数据对未知领域进行估算已经被广泛的应用于自然科学和社会科学的各个领域。通过常用 GIS 软件进行人工插值费时费力,且容易出错。本文采用组件式 GIS 技术在“云南蒋家沟流域水文计算系统”中对 ANUDEM 插值算法进行无缝、高效的集成和扩展,取得了令人满意的效果,提高了工作效率。该思路还可扩展到对其他插值算法的程序实现中,如克里金法、反距离加权内插法等。

### 参考文献

- [1] 邬伦,刘瑜. 地理信息系统——原理、方法和应用[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [2] 白亚茹,陆鑫. 基于 ArcObjects 组件的 GIS 应用软件开发[J]. 计算机工程, 2009, 35(14): 66-68.
- [3] ESRI Inc.. ArcGIS Engine Developer Guide[M]. Redlands, USA: ESRI Inc., 2003.
- [4] Hutchinson M F. New Procedure for Gridding Elevation and Stream Line Data with Automatic Removal of Spurious Pits[J]. Journal of Hydrology, 1989, 106(3/4): 211-232.
- [5] ESRI Shapefile Technical Description[EB/OL]. (2007-02-10). <http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/shapefile.pdf>.

编辑 金胡考