

基于 ArcObject 和 GM(1,1)的海岸线预测系统

陈路遥^{1,2}, 蒋卫国^{1,2}, 李京^{1,2}, 陈云浩^{1,2}

(1. 北京师范大学资源学院, 北京 100875; 2. 北京师范大学地表过程与资源生态国家重点实验室, 北京 100875)

摘要: 海岸线变化对海岸带地区的可持续发展有重要的影响作用。该文以 Microsoft C#.NET 为软件平台, 应用 ESRI 公司提供的组建对象模型对象库——ArcObjects, 利用 GM(1,1)模型, 通过设置预测原点和侧线, 并与海岸线矢量数据进行叠加, 得到若干 GM(1,1)原始数列, 由此计算出海岸线变化的预测点, 实现了对海岸线变化的趋势预测, 并将该预测系统应用于辽宁省国土资源规划地理信息系统中。

关键词: 地理信息系统; 组建对象模型; ArcObjects 开发; GM(1,1)模型; 海岸线预测

Coastline Forecast System Based on ArcObjects and GM(1,1)

CHEN Lu-yao^{1,2}, JIANG Wei-guo^{1,2}, LI Jing^{1,2}, CHEN Yun-hao^{1,2}

(1. College of Resources Science & Technology, Beijing Normal University, Beijing 100875;

2. State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resource Ecology, Beijing Normal University, Beijing 100875)

【Abstract】 Coastline change has a considerable effect on sustainable development of coastal zone. Applying the ESRI's Component Object Model(COM) object library——ArcObjects, this paper describes the method to design and implements coastline forecast system based on Microsoft C#.NET with GM(1,1). An original point and a serial of lateral lines which are superposed with the coastline vector data is set up in order to obtain forecast points. The forecast system is applied in Geographic Information System(GIS) of land resources planning in Liaoning Province.

【Key words】 Geographic Information System(GIS); Component Object Model(COM); ArcObjects development; GM(1,1); coastline forecast

海岸线所处的海岸带在海洋动力、入海河流、气候、气温等一系列自然因素无限循环的作用下, 接受侵蚀或淤积; 同时填海造陆、渔业养殖等人类活动也极大地影响着它的变化速度和方向。海岸线变化趋势的预测和研究对近海生态环境和入海河流的治理以及海岸带地区的可持续发展有很大的促进作用。但是目前对海岸线变化趋势的研究还停留在定性分析阶段, 存在着量化程度低和自动化水平低的问题。随着计算机技术和 GIS 技术的发展, “数字海岸”已经成为海岸线管理的发展趋势。

1 ArcObjects 组件开发

系统采用 ESRI 公司的 ArcObjects 作为二次开发的平台, 利用 COM 组件开发模式。组件对象模型(Component Object Model, COM)是微软公司提出的一种开发支持和支持程序对象组件的框架, 它不仅定义了组件程序之间进行交互的标准, 而且也提供了组件程序运行所需要的环境, 即 COM 本身要实现的一个称为 COM 库(COM library)的 API, 它由一些对象和对象的接口组成^[1]。ArcObjects 是 ArcGIS 的桌面软件开发平台, 而且完全是 COM 化的组件式 GIS, 由 1 000 多个组件、几百个具有良好文档说明的接口、几千个方法所组成^[2]。ArcObjects 组件库的所有类可分为 3 种^[3]: 抽象类(abstract class), 普通类(class)和组件类(coclass), 这些类之间的关系有继承、生成、组成和关联 4 种。ArcObjects 为组件式开发提供了这种框架, 利用目前流行的编程语言, 开发者可以实现商业 GIS 软件的所有功能。

本系统正是采用在 C# 中应用的 COM 组件式开发技术来实现系统的所有功能。

2 关键算法模型

GM(1,1)模型的建立过程如图 1 所示。

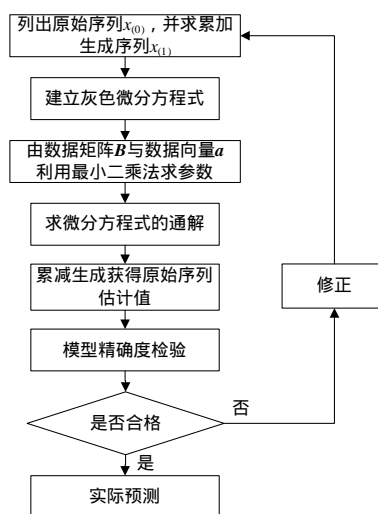


图 1 GM(1,1)模型

灰色系统理论是我国学者邓聚龙等于 20 世纪 80 年代提出的。灰色系统是指, 相对于一定的认识层次, 系统内部的信息部分已知、部分未知, 即信息不完全的系统。灰色系统理论认为, 由于各种环境因素对系统的影响, 使得表现系统行为特征的离散数据呈现出离乱, 但是这一无规的离散数列是潜在有规序列的一种表现, 系统总是有其整体功能, 也就

基金项目: 国家科技支撑计划课题基金资助项目(2006BAJ09B01, 2006BAJ09B06)

作者简介: 陈路遥(1981 -), 男, 硕士研究生, 主研方向: 地理信息系统; 蒋卫国, 讲师、博士; 李京, 教授、硕士; 陈云浩, 副教授、博士

收稿日期: 2007-08-06 **E-mail:** lychen@ires.cn

必然蕴含着某种内在规律。因而任何随机过程都可看作是在一定时空区域变化的灰色过程，随机量可看作是灰色量，通过生成变换可将无序序列变成有序序列^[4-5]。作为灰色系统理论核心和基础的灰色模型(Grey Model)，简称GM模型，概括而言具有以下3个特点：

(1)建模所需信息较少，通常只要有4个以上数据即可建模；

(2)不必知道原始数据分布的先验特征，对无规或不服从任何分布的任意光滑离散的原始序列，通过有限次的生成即可转化成为有序序列；

(3)建模的精度较高，可保持原系统的特征，能较好地反映系统的实际状况^[5]。

海岸线形态的变化是河流径流、泥沙、海洋动力作用等众多因素综合作用的结果，不易用明确或白化的数学模型来表达。因此，利用变化过程中已知离散的白化数据(如增长面积、岸线位置)组成原始数列，建立GM(1,1)模型。

系统以4期海岸线轮廓的矢量图和数据源，根据灰色系统预测方法，建立海岸线变化预测模型。具体建模步骤如下：

(1)用户选择陆地上一点作为原点(O)输入预测的时间和预测精度，系统自动按照预测精度，以该原点为顶点做若干条放射状侧线。

(2)每条侧线与输入的4期海岸线轮廓矢量图层分别叠加，将得到的4个交点坐标进行记录，并分别求出4个交点与原点的距离。由一条侧线产生的4个距离值就形成了GM(1,1)模型的初始序列 $x_{(0)}$ 。

(3)对每条侧线的原始序列做Accumulated Generating Operation(AGO)序列 $x_{(1)}$ ，并取相邻2项的平均值，生成如下矩阵：

$$B = \begin{pmatrix} -\frac{1}{2}[x_{(0)}(1) + x_{(0)}(2)] & 1 \\ -\frac{1}{2}[x_{(0)}(2) + x_{(0)}(3)] & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -\frac{1}{2}[x_{(0)}(n-1) + x_{(0)}(n)] & 1 \end{pmatrix}$$

可求得灰色序列微分方程 $x_{(1)}(k+1) = [x_{(0)}(1) - \frac{b}{a}]e^{-ak} + \frac{b}{a}$ 中的待定系数 a 和 b ，由此可确定最终的预测值 $x_{(1)}(k+1)$ 。

(4)将各条侧线计算出的预测值用平滑曲线连接，便得到了预测的海岸线轮廓图。

为了验证模型的正确性，本系统采用后验差检验和交叉检验2种方式。后验差检验的结果是预测模型精度为一级(好)；交叉检验的结果是预测海岸线与从遥感图像中提取的海岸线基本重合。2种方法都证明了该模型是合理的。

3 开发实例

3.1 系统设计

“基于ArcObjects和GM(1,1)模型的海岸线变化趋势预测系统”在设计中采用组件式开发模式，将各个功能模块化，便于集成和修改。主要的功能模块有：影像添加，获得包络线，海岸线提取，获得侧线，计算侧线在包络线上的坐标，侧线层与影像层叠加并获取叠加点，叠加点过滤，形成GM(1,1)序列并得到预测点，连接预测点，模型验证，预测值验证，图层显示(包括放大、缩小、平移等)等功能模块。其工作模式是：

(1)用户输入4期海岸线轮廓矢量图、预测精度和预测时间；

(2)系统对4期影像进行叠加显示，并获得4个图层的总包络线；

(3)系统按照用户输入的预测精度 n ，将包络线的4边边长分别平分 n 份，获取平分点的坐标，并以用户输入的原点和各平分点为端点作侧线，将侧线存储于新的图层；

(4)用侧线图层与4个海岸线轮廓图层进行叠加，获取每条侧线的4个叠加点，并将其组成预测的原始序列；

(5)利用GM(1,1)模型对每条侧线的原始进行海岸线预测，并得到预测点；

(6)用平滑曲线依次连接预测点，得到预测海岸线，并将其绘制在新的图层上；

(7)保存并显示预测海岸线。

其工作流程如图2所示。

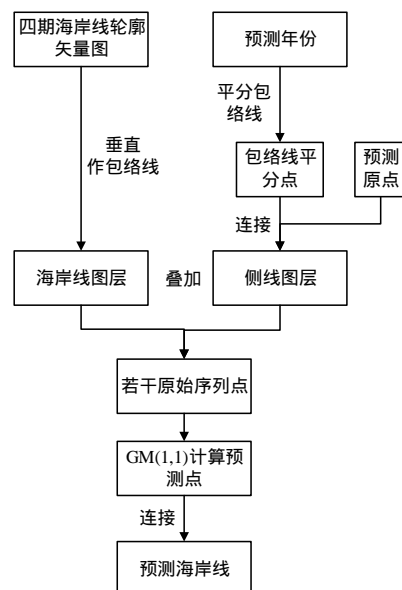


图2 系统工作流程

3.2 系统实现

“基于ArcObjects和GM(1,1)模型的海岸线变化趋势预测系统”实现的是一个工作流过程，在这个工作流中主要用到的GIS功能如下：

(1)图形显示：实现海岸线遥感影像图与矢量图叠加显示、矢量图与矢量图叠加显示、图像的放大、缩小、平移、图层的添加和移除等。

(2)海岸线提取：通过灰度值、湿润指数、植被指数计算和统计陆域与海域的分界值，利用阈值法提取海岸线，对局部地区进行人工修正。

(3)获取包络线：采用ArcObjects中的IEnvelope接口， $IEnvelope m_IEnvelope=axMapControl.ActiveView.Extent$ ，即可获得包络线的四角坐标。

(4)叠加分析：是获取预测原始序列的核心算法。ArcObjects的实现方法是实例化一个IBasicGeoprocessor，然后采用Intersect方法进行叠加，并将结果存入featureClass中。但是如果使用ArcObjects中FID对侧线进行编号，叠加之后侧线的FID号会被完全打乱，无法确定叠加结果点与原侧线的对应关系。因此本系统在每个侧线的属性表里添加了ID属性，用以对侧线进行标示，而且ID属性不会因为叠

加而打乱。

(5)连接点：系统按照 ID 顺序用平滑曲线将预测点连接。具体方法是获取每个点的 ID 属性，利用 ArcObjects 中的 ILine 接口进行画线。

(6)灰色预测模型：根据灰色系统理论、利用 C#和 ArcObjects ,开发了海岸线预测模型、海岸线预测模型的相关功能如下：

1)数据平滑：为了除去序列中的噪点，主要采用求平均值的方法对数据进行平滑。

2)矩阵运算：主要包括矩阵转置、矩阵乘法、矩阵加法和矩阵求逆的运算。

3)GM(1,1)：其核心代码如下所示：

```

// 计算 G(1,1)模型
// 参数：thelist 原始序列 ArrayList;which 预测年数
public double ComputeG11(ArrayList thelist,int which)
{int num = thelist.Count;
// 建立一个 B 矩阵
double [,] MatrixB = new double [num -1,2];
for(int i = 0; i < num -1; i++)
{MatrixB[i,0]=-(double)m_theList[i]+
(double)m_theList[i+1])/2.0;
MatrixB[i,1] = 1;}
// 获得转置矩阵
double [,] MatrixBT = new double [2,num -1];
theMatrix.Transpose(MatrixB,MatrixBT,num -1,2);
// 中间矩阵 1 BT * B
double [,] MatrixBTB1 = new double [2,2];
theMatrix.MultiplyMatrix(MatrixBT,MatrixB,MatrixBTB1,2,2,
num-1);
// 中间矩阵 1 BT * B 的逆矩阵
theMatrix.Athwart(MatrixBTB1,2);
// 中间矩阵 2 逆矩阵 * BT
double [,] MatrixBTB2 = new double [2,num -1];
theMatrix.MultiplyMatrix(MatrixBTB1,MatrixBT,MatrixBTB2,2,
num-1,2);
// 结果矩阵 中间矩阵 2 * Yn
double [,] MatrixResult = new double [2,1];
double [,] MatrixYn = new double [num -1,1];
for(int i = 0; i < num -1; i++)
MatrixYn[i,0] = (double)thelist[i + 1];

```

```

theMatrix.MultiplyMatrix(MatrixBTB2,MatrixYn,MatrixResult,2,
1,num-1);
// 得到 a,u
m_dParaA = MatrixResult[0,0];
m_dParaU = MatrixResult[1,0];
double result =
PridictValue((double)thelist[0],m_dParaA,m_dParaU,which-1)-
PridictValue((double)thelist[0],m_dParaA,m_dParaU,which -2);
return result;}

```

(7)模型验证：通过计算原始数列的方差与标准差、残差的方差与标准差、后验差比值与小误差概率，求得相对误差值。根据相对误差值大小，判断模型的精度及模型的科学性。

(8)预测值验证：将海岸线预测值与遥感影像提取值进行叠加，计算各测线的误差值，统计与计算测线误差的最大值、最小值、平均值、方差和标准差。

该系统可以作为独立模块单独使用，可以与其他地理信息系统模块相结合。目前该系统已经集成于辽宁省国土资源规划地理信息系统中，属于该系统决策分析的模块之一。实际应用证明了该系统的预测结果比较准确。

4 结束语

本文通过基于 ArcObjects 和 GM(1,1)模型的海岸线变化趋势预测系统的设计与实施，准确有效地实现了海岸线变化趋势的预测，并以 GIS 的方式表达，解决了传统海岸线预测工作中的量化程度、自动化程度和预测效率低的问题。在辽宁省国土资源规划地理信息中的应用证明了使用基于 COM 技术的 ArcObjects 组件库的二次开发，使系统更加灵活、重用性好。

参考文献

- [1] Freeze W S. Visual Basic 开发指南 COM 和 COM+篇[M]. 北京: 电子工业出版社, 2000.
- [2] Zeiler M. Exploring ArcObjects[M]. California, USA: Environmental Systems Research Institute, Inc., 2002.
- [3] ESRI Corp.. ArcObjects Object Model Diagrams[M]. California, USA: Environmental Systems Research Institute, Inc., 2002.
- [4] 邓聚龙. 灰色系统理论教程[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1990.
- [5] 刘思峰, 郭天榜, 党耀国. 灰色系统理论及应用[M], 北京: 科学出版社, 1999.

(上接第 244 页)

表 3 基于不同策略划分集的统计实验结果(平均值) (%)

	set1	set2	set3	set4
分段正确率	96.2	95.3	94.7	94.1
策略提取准确率	99.1	98.5	97.0	96.2

对结果进行分析表明，策略划分越细即越接近元策略的时候，分段的正确率和策略提取准确率就越高，策略划分越粗即每个策略由若干个命令对象或元策略组成时，分段的正确率和策略提取的准确率就会有所降低。这是因为当策略划分越粗时，每个命令对象的策略归属集就增大，导致其归属某个结论的可信度降低，分段正确率和策略提取准确率下降。但是策略的细划分可能会提高以后的配置诊断和优化的复杂

度，所以策略划分的细化程度还有待考虑。

参考文献

- [1] 蔡自兴, 徐光祐. 人工智能及其应用[M]. 3 版. 北京: 清华大学出版社, 2004.
- [2] Rolston D W. 人工智能与专家系统开发原理[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 1991: 78-85.
- [3] Shortliffe E H. Computer-based Medical Consultations: MYCIN[M]. New York: American Elsevier Publishing Co., Inc, 1976.
- [4] 陆钟万. 面向计算机科学的数理逻辑[M]. 2 版. 北京: 科学出版社, 2002.