

# GIS 环评可视化的自适应图形处理方法

吴培宁<sup>1</sup>, 赵越<sup>2</sup>, 孙晓霞<sup>1</sup>

(1. 中国劳动关系学院高职学院, 北京 100037; 2. 国防科工委信息中心, 北京 100081)

**摘要:**为表现环境影响评价信息的空间特征与属性特征的关系, 提出基于 GIS 的点源大气环评可视化的自适应图形处理方法。针对现有图形处理技术在 GIS 开发中的不足, 提出基于大气污染物浓度分布的自适应网格划分方法和一种新的等值线、区域填充快速生成算法, 实现对 GIS 环评结果的快速可视化显示与分析。

**关键词:**地理信息系统; 环境影响评价; 可视化

## Processing Method of Self-adaptive Graphic for GIS-based EIA Visualization

WU Pei-ning<sup>1</sup>, ZHAO Yue<sup>2</sup>, SUN Xiao-xia<sup>1</sup>

(1. High Professional College, China Institute of Industrial Relations, Beijing 100037;

2. Information Center, Commission of Science Technology and Industry for National Defense, Beijing 100081)

**【Abstract】**To analyze the attribute characteristic and geo-spatial feature of atmospheric Environmental Impact Assessment(EIA), this paper presents a processing method of self-adaptive graphic for visualization of GIS-based point source atmospheric EIA. A self-adaptively grid partition algorithm based on the spreading attribute of the point source atmospheric pollutant, and a new contour, area filling algorithm and proposed. It visualizes and analyzes the result of GIS-based EIA fleetly.

**【Key words】**Geographic Information System(GIS); Environmental Impact Assessment(EIA); visualization

### 1 概述

基于GIS的大气环评可视化能以地图方式显示环评计算结果, 将涉及地理信息的环境状况调查结果与评价项目的污染因子扩散模拟计算结果有机结合, 从而准确、直观地显示并分析污染因子排放对项目周边环境, 尤其是对环境敏感区域的影响<sup>[1-2]</sup>。

在现有基于GIS的可视化研究中, 主要通过调用Surfer等专用等值线软件在GIS中生成等值线<sup>[3]</sup>, 对这种等值线无法进行裁减、统计加权平均值等与地理信息相关的操作, 且文件转换与叠加显示过程繁琐<sup>[4]</sup>。将已有等值线生成算法用于GIS二次开发直接生成等值线的效果也很不理想。针对上述情况, 本文提出基于GIS的点源大气环境影响评价自适应图形处理方法, 可视化评价项目污染因子的排放模拟计算结果, 将其绘制在GIS专题图层上并与包含评价区域自然地理信息及环境信息的背景地图叠加显示。

### 2 基于污染物浓度分布的网格自适应划分算法

目前在区域环评计算中主要采用均匀网格, 这造成了大量冗余计算, 影响了环评数值计算的效率。针对点源大气污染物的分布情况, 本文提出一种基于评价项目污染因子排放分布的非结构化各向异性笛卡尔网格自适应划分策略。

#### 2.1 基于浓度分布的结构化网格自适应划分方法

根据国家大气环境影响评价技术导则, 点源评价区域内任意一点(x, y)在 24 h 取样时间内的污染物浓度值(单位为 mg/m<sup>3</sup>)如下:

$$c(x, y) = (Q/2\pi U \sigma_y \sigma_z) \exp(-Y^2/2\sigma_y^2) F \quad (1)$$

$$F = \sum_{m=k}^k \{ \exp[-(2nh - He)^2/2\sigma_z^2] + \exp[-(2nh + He)^2/2\sigma_z^2] \} \quad (2)$$

其中, Y 是该点与通过排气筒的平均风向轴线在水平面上的垂直距离;  $\sigma_y$  是垂直于平均风向的水平横向扩散参数;  $\sigma_z$  是垂直扩散参数; h 表示混合层厚度; He 表示排气筒有效高度。

由式(1)和式(2)可以看出, 关心区域内大气污染物的扩散分布与众多环评参数相关。污染物浓度值大小沿主导风向轴两侧对称分布, 且离排气口越近其浓度变化越剧烈。因此, 在进行整个关心区域环评计算网格划分前先计算 2 条探测线上的污染物浓度分布, 并以此作为在 X 轴方向和 Y 轴方向上自适应地确定关心区域网格间距的依据, 具体步骤如下:

**Step1** 以点污染源中心位置为坐标原点、以主导风向轴为 X 轴、以垂直于主导风向轴的方向为 Y 轴, 建立笛卡儿坐标系。

**Step2** 以一条从原点出发沿 X 轴正向穿越关心区域的射线为 X 轴方向的浓度分布探测线, 以另一条从关心区域中心点沿 Y 轴正向穿越关心区域的射线为 Y 轴方向的浓度分布探测线。

**Step3** 分别计算 2 条探测线上一系列等间距节点处的大

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目(69873038); 中国劳动关系学院院级科研基金资助项目“基于变层厚切割单元法的复杂形体温度场可视化”

**作者简介:**吴培宁(1966 -), 男, 讲师、博士, 主研方向: 可视计算与图形学; 赵越, 工程师、硕士; 孙晓霞, 助教、硕士

**收稿日期:**2007-08-22 **E-mail:** wupeining@163.com

气污染物浓度值。

**Step4** 计算 2 条探测线上相邻 2 节点处的浓度值差, 根据浓度差所属范围将节点划分为不同的区域。按其相邻节点间浓度差值的大小将  $X$  轴分成  $M$  个区段、将  $Y$  轴分成  $N$  个区段。如图 1 所示, 左侧的黑五角星处为点源排气筒中心位置即坐标原点。在水平方向上的主导风向轴( $X$  轴)上将关心区域分成 4 个区段。在垂直于主导风向轴的方向( $Y$  轴)上将关心区域分成上下对称的 6 个区段。

**Step5** 分别在每个区段内根据其  $X$  轴和  $Y$  轴上起点和终点的浓度差值及节点数确定该区段内  $X$  轴及  $Y$  轴上的网格间距值。

**Step6** 根据得到的划分策略将整个关心区域划分成如图 1 所示的结构化笛卡尔网格。

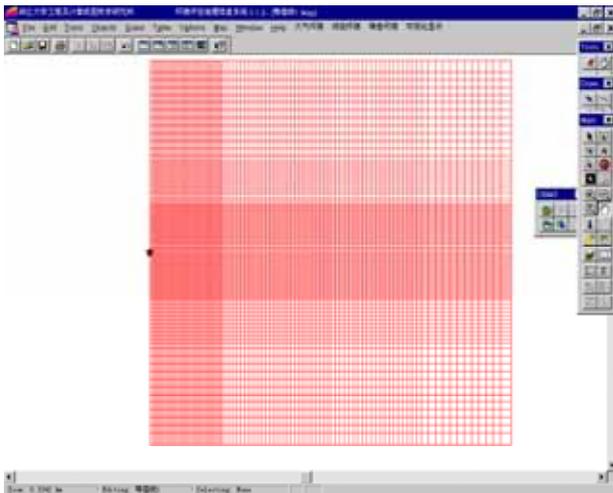


图 1 自适应划分得到的结构化笛卡尔网格

## 2.2 各向异性非结构化笛卡尔网格的生成

通过上述方法得到的结构化笛卡尔网格在某些区域仍存在大量冗余网格。针对这种情况本文提出基于扩散浓度场分布的四边形局部网格加密及稀疏算法, 采用如图 2 所示的过程对通过自适应划分得到的结构化网格进行各向异性加密与稀疏, 生成非结构化笛卡尔网格以提高计算及显示的效率。

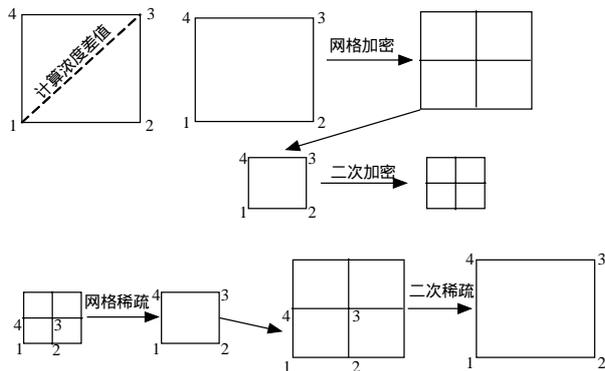


图 2 四边形局部网格加密及稀疏过程

算法步骤如下:

**Step1** 在网格中  $Y$  轴正向上具有相同网格间距的各区段内的右下角及左上角各选取 4 个相邻节点构成 2 个四边形, 根据扩散模型计算这 8 个节点处的污染物浓度值。

**Step2** 分别计算 2 个四边形中节点 1 和节点 3 的浓度值差  $\Delta N$ 。

**Step3** 判断是否对某个网格区段进行加密或稀疏操作。

若该区段左下角处四边形的  $\Delta N$  小于网格稀疏阈值, 则对该区段的网格进行稀疏。将该区段网格  $X$  轴及  $Y$  轴上的网格间距加倍。若右上角处四边形的  $\Delta N$  大于网格加密阈值, 则对该区段的网格进行加密。将该区段网格  $X$  轴及  $Y$  轴上的网格间距减半。

**Step4** 对稀疏或加密后的网格区段继续执行 Step 1。

通过上述算法, 自适应地得到如图 3 所示的非结构化笛卡尔网格, 该网格在污染物浓度值变化剧烈的区域采用细网格, 在浓度值变化平缓的区域采用粗网格。

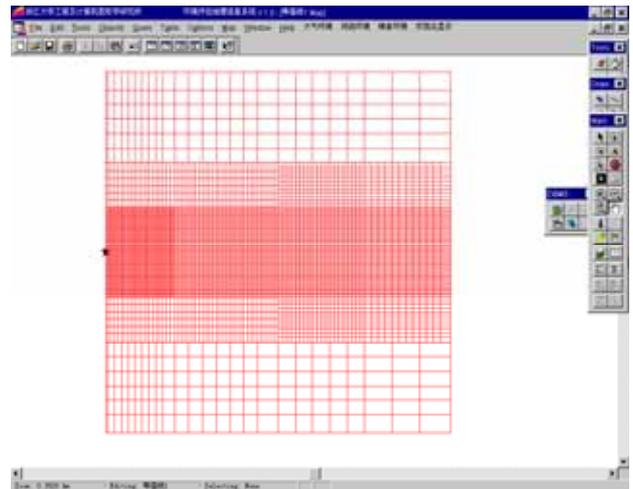


图 3 加密及稀疏后得到的非结构化笛卡尔网格

## 3 等值线快速生成算法

目前常用的二维标量场等值线抽取算法主要是网格序列法, 采用的网格通常是三角形和笛卡尔网格<sup>[5]</sup>。这类算法不适用于本文采用的基于非结构化笛卡尔网格的污染物浓度场, 因此, 本文结合点源大气污染物分布的特殊规律, 提出一种新的等值线快速生成方法, 在保证等值线精度的前提下极大提高了在 GIS 中生成等值线的速度。等值线快速生成算法步骤如下:

**Step1** 从排气口开始, 以主导风向为  $X$  轴。沿  $X$  轴, 以其上 2 个相邻节点的间距为步长, 变步长地逐步遍历查询整个评价区域, 直至到达评价区域边缘结束。对每个  $X$  值执行 Step2 ~ Step5。

**Step2** 找出评价区域内横坐标等于该  $X$  值且纵坐标大于等于零的各个节点处污染物浓度的最小值及最大值。

**Step3** 若等值线值在最大浓度值与最小浓度值之间, 则找出这一行网格节点中浓度值与等值线值最接近的节点的坐标值。

**Step4** 将得到的最接近节点处的浓度值与等值线值相比较, 若节点浓度值大于等值线值, 则所寻找的等值点的纵坐标值大于该节点的纵坐标值; 若节点浓度值小于等值线值, 则所寻找的等值点的纵坐标值小于该节点的纵坐标值。采用线性插值计算等值点的纵坐标值, 并将计算得到的等值点坐标值存入专门的等值点表中。

**Step5** 在 GIS 中创建一个图层, 将 Step2 ~ Step4 得到的等值点表中的等值点依次连接起来就得到了评价区域中某一污染物浓度的等值线。

## 4 基于 GIS 的污染物浓度等值线栅格填充算法

等值线除了采用曲线直接表示外, 还可以采用区域填充

的表示方法，即在计算网格单元中寻找不同等值线之间的封闭多边形，对不同封闭多边形填以不同的等值层颜色。目前在基于栅格的区域填充算法中扫描线种子填充算法被广泛使用，但该算法存在效率低下的缺陷。一些学者对此提出了各种改进算法<sup>[6]</sup>。本文根据GIS的特点提出一种基于笛卡尔网格节点的栅格数据等值线区域填充方法。

用于等值线填充的非结构化笛卡尔网格数据场中的任意网格节点可由下式表示：

$$G_i = \{value, \{(x_i, y_i), (x_i^+, x_i^-, y_i^+, y_i^-), i=1, 2, \dots, m\}\}$$

其中， $value$ 为数据场中该节点处的值； $(x_i, y_i)$ 为节点坐标， $x_i^+, x_i^-, y_i^+, y_i^-$ 为该节点沿X轴和Y轴距相邻节点的距离，分别为右节点间距、左节点间距、上节点间距和下节点间距。

以计算网格节点为种子点，对以节点为填充单元的矩形内每个像素点进行颜色填充，就实现了等值线的栅格填充。

基于网格节点的等值线栅格填充算法步骤如下：

**Step1** 选取数据值位于填充阈值内的所有网格节点的坐标  $(x_i, y_i)$  及该节点与相邻节点的距离值  $(x_i^+, x_i^-, y_i^+, y_i^-)$  并将其存入填充种子表中。

**Step2** 建立填充色渐变的颜色映射表，根据起始颜色、终止颜色及中间位置数，通过插值计算得出每个填充阈值对应的颜色 RGB 值。

**Step3** 遍历整个填充种子表，读取其中每个节点的浓度值并根据颜色映射表赋予其颜色 RGB 值。

**Step4** 以每个节点为种子进行区域颜色填充。以种子节点为矩形填充区域的中心，以该矩形中心的种子节点的颜色 RGB 值填充整个矩形区域。矩形边界长度为  $x = (x_i^+ + x_i^-)/2, y = (y_i^+ + y_i^-)/2$ ，在填充时为了避免 2 个相邻区域边界线的重复填充问题，对每个填充矩形的边界采用取左上弃右下的策略，即每个矩形的右下两边边界在填充时都要在矩形区域内侧让出一个边界线宽度的区域不予填充。

## 5 不同风向的显示

在大气环境影响评价中需要了解典型日内不同风向情况下，污染源对评价区域大气环境的影响。为了显示不同风向下的大气污染物浓度等值线和浓度区域填充，本文采用了图形几何变换方法。首先假设评价区域内主导风向为正西风，使用本文提出的等值线生成算法将计算得到的等值点坐标值存入专门的等值点表中，再对该表中的等值点坐标进行旋转变换。其坐标旋转公式为

$$\begin{bmatrix} x^* & y^* & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x & y & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 \\ -\sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \theta = \theta_1 - \theta_2$$

其中， $\theta_1$  为需要显示的新主导风向轴的角度； $\theta_2$  为原有主导风向轴的角度。

将经过坐标旋转的等值点依次连接起来就生成了新风向下的污染物浓度等值线，以经过坐标旋转的区域填充表内的节点为种子点进行区域填充就得到了新风向下的评价区域内大气污染物浓度分布区域填充图。

## 6 实例研究与结论

采用本文方法开发基于 GIS 的环境影响评价系统，表 1 为本文方法与网格序列法等值线生成算法在 GIS 上生成浓度等值线的时间比较。评价区域边长为 3 000 m，测试所用网格

为结构化笛卡尔网格。

表 1 不同算法在 GIS 中生成等值线所需时间

算法	网格间距 50 m	网格间距 20 m	网格间距 10 m
等值线快速生成算法	2	7	16
网格序列法	15	98	387

由表 1 可看出，本文方法应用于 GIS 上生成等值线的时间较短，且对网格数目不敏感，在网格数较多的情况下其时间优势更明显。典型日 24 h 内点源西风向关心区域中一氧化碳污染物浓度分布等值线图与嘉兴市秀成区地图叠加显示的效果如图 4 所示。图 5 是与图 4 相同环评计算参数情况下的评价区域内大气污染物浓度等值线填充图。



图 4 点源西风向关心区域污染物浓度等值线

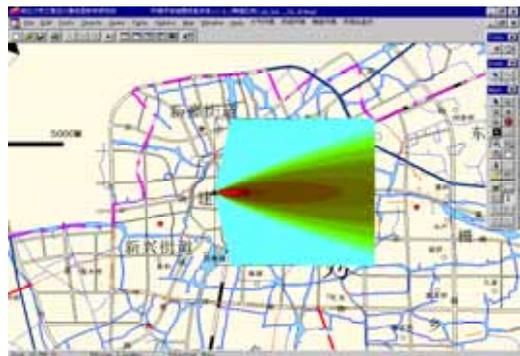


图 5 点源西风向关心区域浓度填充图

实验结果表明本文提出的图形处理方法应用效果良好。基于污染物浓度分布的非结构化笛卡尔网格兼顾了精度与效率，新的等值线生成算法与等值线栅格填充算法可快速、清晰、直观地反映评价区域污染物浓度的分布状况。

## 参考文献

- [1] Antunes P. The Application of Geographical Information Systems to Determine Environmental[J]. Environmental Impact Assessment Review, 2001, 21(6): 511-535.
- [2] 赵廷宁, 武健伟, 王 贤, 等. 我国环境影响评价研究现状、存在的问题及对策[J]. 北京林业大学学报, 2001, 23(2): 67-71.
- [3] Facchinelli A. Multivariate Statistical and GIS-based Approach to Identify Heavy Metal Sources in Soils[J]. Environmental Pollution, 2001, 114 (3): 313-324.
- [4] 赵冬泉, 贾海峰. 基于 MapX 的等值线绘制分析[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2002, 42(8): 1023-1026.
- [5] 冯跃志. 二维标量场等值线自动生成方法与程序实现[J]. 华北水利水电学院学报, 2001, 22(4): 50-52.
- [6] 倪玉山, 林德生. 扩充堆栈结构的种子点区域填充算法[J]. 复旦学报: 自然科学版, 2000, 39(1): 99-103.