

文章编号:1001-1595(2009)02-0156-06

基于 GIS 的贴体坐标网格自动生成算法研究

吴迪军^{1,2},孙海燕¹,黄全义³,熊 伟²,李静兰¹

1. 武汉大学 测绘学院,湖北 武汉 430079; 2. 中铁大桥勘测设计院有限公司,湖北 武汉 430050; 3. 清华大学 公共安全研究中心,北京 100084

Research on the Algorithm for Body-Fitted Coordinate Grids Generation Based on GIS

WU Di-jun^{1,2}, SUN Hai-yan¹, HUANG Quan-yi^{1,3}, XIONG Wei², LI Jing-lan¹

1. School of Geodesy and Geomatics, Wuhan University, Wuhan 430079, China; 2. China Zhongtie Major Bridge Reconnaissance & Design Institute Co. Ltd., Wuhan 430050, China; 3. Center for Public Safety Research, Tsinghua University, Beijing 100084, China

Abstract: The algorithm for body-fitted coordinate grids generation is one of the key techniques of numerical simulation in hydrokinetics. The previous researches on this technique were rarely combined with the Geographic Information System (GIS), so resulting in a low-level atomization of grids generation. On the other hand, the stability and precision of numerical computation are the chief concerned matters in single kinetic issues, which undoubtedly reduce the computation speed. To meet the quick-reaction need of the Emergency System, an automatic generation algorithm of body-fitted coordinate grids based on GIS is then put forward. Finally, the algorithm is realized through an example.

Key words: GIS; body-fitted coordinate grids; emergency reaction system

摘 要: 贴体坐标网格生成算法是流体动力学等领域中进行数值模拟的关键技术问题。以往的研究很少与地理信息系统紧密结合,致使网格生成的自动化程度低;另一方面,纯力学问题中数值计算的稳定性和精度是首要问题,这无疑会影响到算法的效率。结合应急系统中快速反应的需求,本文提出一种基于 GIS 的贴体坐标网格自动生成算法,通过实例进行了算法的实现。

关键词: GIS; 贴体坐标网格; 应急系统

中图分类号: P208 文献标识码: A

基金项目: 国家自然科学基金(40274005)

1 引 言

在洪水演进和水域污染模拟的数值计算等流体动力学问题中,计算区域的边界总是由不规则的曲线组成的,利用有限差分法求这类问题的数值解时,如何处理好不规则边界是一个重要的问题。基于笛卡儿直角坐标的传统方法是采用折线边界逼近曲线边界,再利用适当的方法将原来的曲线边界的边界条件转移到近似的折线边界上去,并引入计算。这种方法处理不规则边界十分麻烦而且不利于实现计算网格的自动生成。另一类方法是使用曲线网格,即应用解析变换或数值变换将不规则的曲线边界的物理区域变换成矩形或规则折线边界的计算区域,然后在计算区域上进行有限差分运算。这种网格能使物体边界与坐标线贴合一致,达到减小数值误差、保证解的稳定性的目的。

国内外学者对曲线网格的研究比较多^[1-11],

但以往的研究大多停留在单一的网格生成算法方面,而与地理信息系统结合的甚少^[6,12],致使网格生成的自动化程度低。另一方面,由于传统的水力学计算中特别关注数值计算的稳定性和精度问题,这无疑会牵制和降低算法的效率。而在公共安全应急系统的洪水演进和水域污染模拟计算中,要求在保证一定精度的前提下快速、高效、自动地生成曲线网格,此时计算精度不再是首要问题。本文正是在这样的背景下,基于应急系统中快速反应的需要,研究和提出了一种利用拉普拉斯方法自动生成贴体坐标网格的方法。该方法充分利用地理信息系统强大的空间信息处理和分析功能,适合于应用各类应急系统的数值模拟中。

2 贴体网格生成原理

贴体坐标(Body-Fitted Coordinates, BFC)网格,是一种与曲线边界良好贴合的曲线网格,其生成可以有多种方法,如通过解一组椭圆型微分

方程组(最简单形式是 Laplace 方程或 Poisson 方程)的 TTM 法、代数生成法、保角变换法、几何生成法等。其中 TTM 法由美国著名网格生成专家 Thompson、Thames 和 Mastin 联合提出,自 1974 年以来得到了成熟的发展,是目前在水力学等流体力学领域中应用最广泛的方法。本文重点讨论这种方法,并在此基础上提出适合于各种应急系统中采用的贴体网格快速生成算法。

如图 1 所示,利用式(1)的一组 Poisson 方程的边值问题求解,将物理平面所构筑的曲线网格变换到计算平面规则网格。

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} &= P(\xi, \eta) \\ \frac{\partial^2}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2}{\partial \eta^2} &= Q(\xi, \eta) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

其中, (ξ, η) 是变换平面(计算平面)的坐标, x, y 是实际物理平面的坐标。 P, Q 的作用是调整实际物理平面中曲线网格的形状和疏密程度。

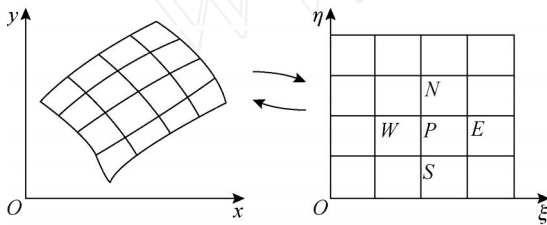


图 1 物理平面与计算平面之间的转换关系

Fig.1 The conversion between physical plan and computing plan

利用逆变换关系式

$$\left. \begin{aligned} x &= x(\xi, \eta) \\ y &= y(\xi, \eta) \end{aligned} \right\}$$

式(1)转化为

$$\left. \begin{aligned} x_{\xi\xi} - 2x_{\xi\eta} + x_{\eta\eta} + J^2(Px + Qx) &= 0 \\ y_{\xi\xi} - 2y_{\xi\eta} + y_{\eta\eta} + J^2(Py + Qy) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

其中, $J^2 = x_\xi^2 + y_\xi^2$; $x_{\xi\eta} = x_\xi y_\eta + y_\xi x_\eta$; $J = x_\xi^2 + y_\xi^2$;

$$J = \frac{\partial(x, y)}{\partial(\xi, \eta)} = x_\xi y_\eta - y_\xi x_\eta。$$

对式(2)的偏微分项进行差分离散,即可用数值计算方法解出各网格点的 x, y 值。

3 贴体坐标网格的快速生成算法

正交曲线坐标系下的 P, Q 函数可有多种形式,如 J. F. Thompson 等、P. D. Thomas 和 J. F. Middlecoff、魏文礼等、汤立群分别提出了不同

形式的 P, Q 函数,从而也就相应地形成了多种曲线网格生成方法^[1-5]。在这些方法中,普遍存在的问题是计算过程较繁琐,不易编制计算机程序,且多采用手工方法获取网格点的初始值,计算及网格生成效率偏低,不适合在要求实时、快速生成网格的应急系统中采用。文献[6]将 P, Q 函数分别取为常数 C_1, C_2 ,提出了对 Poisson 方程组进行简化的方法,有效地提高了计算的速度,但它对常数 C_1, C_2 如何选取的问题未进行研究,仍需较多的人工干预,自动化程度不完全。本文针对公共安全应急系统要求快速、数据组织方便,但精度不是特别高的特点和需求,在文献[6]的基础上,进一步化简 P, Q 函数,提出了直接利用 Laplace 方程组生成曲线网格的简便方法,同时论文还对边界正交性提出了一种实用的处理方法。

3.1 拉普拉斯网格生成方法

当 P, Q 函数均取为 0 时,式(1)变成较简单的拉普拉斯(Laplace)方程组(3)。

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} &= 0 \\ \frac{\partial^2}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2}{\partial \eta^2} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

对应于式(3),式(2)变成式(4)。

$$\left. \begin{aligned} x_{\xi\xi} - 2x_{\xi\eta} + x_{\eta\eta} &= 0 \\ y_{\xi\xi} - 2y_{\xi\eta} + y_{\eta\eta} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

使用有限差分法求解式(4)的边值问题就可确定 2 种坐标的相互关系,生成拉普拉斯贴体曲线网格。此法具有方便、简单和快捷的优点,但精度要比 Poisson 方法略低。

3.2 数值算法

在式(4)中,取 $\eta = 0$,以满足内部网格的正交性要求。在计算平面上矩形求解区域内部采用二阶精度的中心差分,边界节点采用向前或向后差分,控制式(4)离散为

$$\begin{aligned} f_{i,j} &= \frac{f_{i+1,j} - 2f_{i,j} + f_{i-1,j}}{2} + \\ &\frac{f_{i,j+1} - 2f_{i,j} + f_{i,j-1}}{2} = 0 \end{aligned} \quad (5)$$

式中, f 表示 x 或 y 。采用超松弛迭代法对以上离散形式方程进行求解,得到物理平面坐标 (x, y) 与计算平面坐标 (ξ, η) 之间一一对应的映射关系。

为简便起见,计算时取 $\eta = 0$, 则 $f_{i,j} = x_{i,j}^2 + y_{i,j}^2$,代入式(5),有

$$f_{i,j} = \frac{f_{i+1,j} + f_{i-1,j} + f_{i,j+1} + f_{i,j-1}}{4} \quad (6)$$

将 f 代以 x 或 y , 则可根据边界上节点的坐标, 利用式(7) 计算区域内部节点的坐标:

$$\left. \begin{aligned} x_{i,j} &= (x_{i-1,j} + x_{i+1,j} + x_{i,j-1} + x_{i,j+1})/4 \\ y_{i,j} &= (y_{i-1,j} + y_{i+1,j} + y_{i,j-1} + y_{i,j+1})/4 \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

式中, $x_{i,j}, y_{i,j}$ 为区域内部节点的坐标, $i = 2, 3, 4, \dots, m - 1; j = 2, 3, 4, \dots, n - 1; m, n$ 为区域沿 x, y 方向的网格节点数。

若式中的下标用图 1 所示的网格点名称代替, 则式(7) 可改写成式(8)。

$$\left. \begin{aligned} x_p &= (x_E + x_W + x_S + x_N)/4 \\ y_p &= (y_E + y_W + y_S + y_N)/4 \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

3.3 边界正交性的处理方法

前面讨论的方法保证了区域内部网格线的正交性, 但在边界处的正交性要求不能得到很好的满足。在洪水水力计算中, 为了方便地引入边界条件, 同时也为了提高差分求解的稳定性和计算精度, 还需研究边界正交性的处理方法。

网格线与边界的正交性有多种调整和处理方法, 大致可分为 2 类。第一类是通过调整 θ 和 η 的方法来获得正交网格^[7-8]。第二类则按照计算需要预先确定计算域中的 θ 和 η 的疏密分布, 这种分布在整个计算过程中保持不变, 用迭代方法求解式(2) 或式(4), 每轮迭代结束后调整 4 个边界上的节点^[2,6,9,13-14], 或固定一组相对边界中的一个而调整另一个边界上的网格点^[10-11,15], 使其达到正交, 此即所谓的滑动边界法。第二类方法比第一类方法编程简单, 且收敛速度快。本文根据应急系统的需求特点, 采用第二类方法, 提出一种既具有较好精度又简便易行的边界处理方法。

如图 2 所示, 假设 $\eta = n$ 岸边线上的网格点位置 $x(i, n), y(i, n)$ 根据正交性要求调整, $\eta = i$ 线与 $\eta = n$ 线的交点 P 处的交角为^[16]

$$\cos \theta = \left(\frac{x x' + y y'}{J} \right)_P \quad (9)$$

式中, $J = \sqrt{x^2 + y^2} \cdot \sqrt{x'^2 + y'^2}$ 。

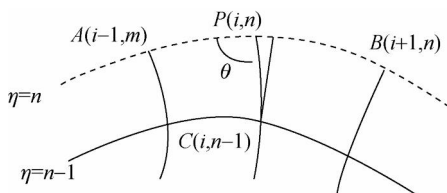


图 2 边界点修正方法

Fig. 2 Boundary point modifying method

如要使网格线与边界线正交, 即要求 $\cos \theta = 0$, 亦即使 $x x' + y y' = 0$ 。其中 x, x', y, y' 按式(10) 计算。

$$\left. \begin{aligned} x &= \frac{x_{i+1,n} - x_{i-1,n}}{2}, \quad y = \frac{y_{i+1,n} - y_{i-1,n}}{2} \\ x &= \frac{x_{i,n} - x_{i,n-1}}{2}, \quad y = \frac{y_{i,n} - y_{i,n-1}}{2} \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

代入式(9), 并注意到 $\cos \theta = 0$, 则有

$$\begin{aligned} &(x_{i+1,n} - x_{i-1,n})(x_{i,n} - x_{i,n-1}) + \\ &(y_{i+1,n} - y_{i-1,n})(y_{i,n} - y_{i,n-1}) = 0 \end{aligned}$$

简记为

$$(x_B - x_A)(x - x_C) + (y_B - y_A)(y - y_C) = 0 \quad (11)$$

其中, x, y 为符合正交性要求的 P 点的新坐标。

由 A, P, B 3 点进行 3 点样条插值

$$\begin{aligned} y &= y_A \frac{(x - x_P)(x - x_B)}{(x_A - x_P)(x_A - x_B)} + y_P \frac{(x - x_A)(x - x_B)}{(x_P - x_A)(x_P - x_B)} + \\ &y_B \frac{(x - x_P)(x - x_B)}{(x_A - x_P)(x_A - x_P)} \end{aligned} \quad (12)$$

联立求解式(11) 和式(12), 得出两方程交点 P 的坐标 (x, y) , 即为新的边界点坐标。

应用类似方法可以对 $\eta = 1, \eta = i$ 和 $\eta = m$ 的边界线进行正交性处理。

4 基于 GIS 的贴体坐标网格自动生成算法的实现

上面的网格生成算法中, 需要提取计算区域边界点的坐标, 一般的贴体网格剖分方法多以手工方法获取。其次, 在开始迭代计算之前, 还需对每个网格点赋予初始坐标值, 即划分初始网格。初始网格越接近最终的正交曲线网格, 那么网格生成速度也就越快。本文利用地理信息系统(GIS) 技术自动获取边界点坐标, 提出一种基于 GIS 的初始网格生成方法。

4.1 边界点坐标自动提取

首先, 将河道或计算区域地形图导入 GIS 平台软件(如 ArcGIS 等), 生成栅格 DEM 数据, 导出相应的 ASCII 文本, 以利后续的网络点高程插值。然后, 逐个点击计算边界或河岸线直接拾取边界点坐标 (x_i, y_i) , 形成边界点坐标数据文件。边界点间距一般取 300 ~ 500 m, 较顺直段分布稀些, 弯曲大时分布密些。亦可等间距布置网格。控制断面与河道边界线交点固定为边界拾取点。相对的两条边界线上的边界点数量应相等, 相对应处的点间距大致相同。

4.2 初始网格的划分

在 ArcGIS 平台上,两两连接两相对边界线(或河岸线)上的对应点,形成河宽方向的断面线(方向的网格线)。沿每根线按线数量等间距地截取网格内点,根据两端边界点坐标内插计算各内点的坐标,作为网格点坐标的计算初值。最后生成初始网格点坐标的数据文件。使用这种代数插值法生成初始网格,可以减少后续网格计算中的迭代次数,加快收敛速度。

4.3 网格点高程插值方法

最终的贴体坐标网格生成后,还必须内插确定网格点的高程,用于后续的水动力计算。网格点高程可采用前面生成的 DEM 栅格数据进行内插得到。大量实验证明,由于实际地形的非平稳性,插值的精度主要取决于原始采样点的密度和分布以及地形特征顾及与否,对于相同的原始数据,不同的内插方法对 DEM 的精度并无显著影响^[17],这里选用 GIS 中的双线性多项式内插方法。该法的优点是便于适应河道边界,程序算法复杂度低,计算效率高^[12]。如图 3 所示,点 $G(I, J)$ 处的高程值以 $V(I, J)$ 表示, dx, dy 是点 P 到其所在格网的左下角点 $G(I, J)$ 间的 X, Y 坐标值之差,对格网大小 d 归一化后, $X = dx/d, Y = dy/d$, 则点 P 处的高程值可以近似表示为

$$V(P) = (1 - X)(1 - Y)V(I, J) + X(1 - Y)V(I + 1, J) + (1 - X)YV(I, J + 1) + XYV(I + 1, J + 1) \quad (13)$$

根据曲线网格点的坐标,计算出其所在坐标网格,从 DEM ASCII 文本中检索到对应网格点高程进行计算。

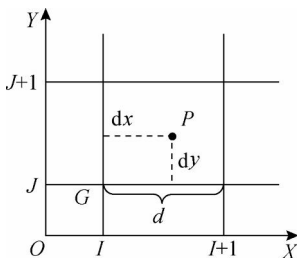


图 3 双线性多项式内插算法原理图

Fig. 3 Bi-linear multinomial interpolation method

4.4 计算步骤

1. 根据计算需要确定计算域中 Δx 和 Δy 的疏密安排。设定曲线网格间距 Δx 和 Δy 的值,为了

计算方便,可均取值为 1。

2. 利用 ArcGIS 软件自动读入边界坐标值并确定计算初值。

3. 修正边界节点使其满足正交性要求。如图 2,联立求解式(11)和式(12),得到边界点坐标新值,并将其赋予相应的边界点,即沿边界滑动边界点至与网格正交的位置上。

4. 求解离散方程组。按式(8)迭代求解各网格内点的坐标。

5. 计算边界点 $x = |(x^{n+1} - x^n)/x^n|$ 和 $y = |(y^{n+1} - y^n)/y^n|$ 的最大值,判断其是否小于给定的值,若是则迭代结束,输出相应于每个 (i, j) 网格点的 (x, y) 值,否则回到第 3 步,直到获得收敛的解为止。

6. 在 GIS 平台上利用栅格 DEM 实现网格点高程的内插并形成相应的数据文件。

7. 输出各网格点的坐标及高程数据 (x, y, H) ,并绘图输出以河道地形为背景的曲线网格图。

4.5 算例

采用本文提出的方法,对具有复杂几何形状的计算区域进行贴体坐标网格的生成,结果令人满意。如图 4 所示,网格内点及边界处的网格线均具有良好的正交性,而且计算速度也较快,能满足水灾应急处置中快速生成网格的要求。

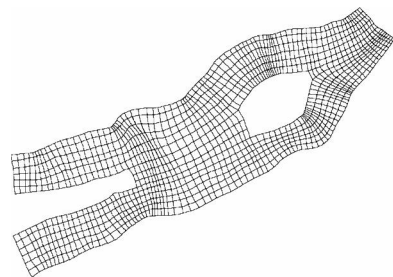


图 4 复杂区域之贴体网格图

Fig. 4 Body-fitted grids for a complicated area

在包含分汊河段的河道网格生成中,首先根据地形特点将整个计算区域划分为若干分区,每两分区的连接断面作为边界条件处理,分区生成正交曲线网格,在处理分区连接断面时,将已计算出的分区曲线网格的边界断面作为下一个分区的边界条件处理,这样就可以保证整个网格的连续性。

5 结论

1. 由于 Laplace 方程组比 Poisson 方程组结

构简单,需要确定的参数少,人工干预程度低,因此 Laplace 网格生成方法比 Poisson 网格生成方法简便易行、速度快。

2. 按计算需要预先确定 ρ 和 σ 的分布,提出一种简便易行的边界点处理算法,满足边界正交性的要求。

3. 利用地理信息系统(GIS)在处理空间数据方面的突出优势,自动读取边界点初始坐标,自动划分初始网格并计算网格点初始坐标值,实现基于 GIS 的贴体网格自动生成。利用 DEM 栅格数据自动内插网格点的高程值,方便后续的水力计算。

4. 理论分析和算例表明,本文提出的贴体坐标网格生成算法具有原理简单、易于编制计算程序、收敛速度快、网格生成效率高的优点,适合在应急系统中使用。

参考文献:

- [1] THOMPSON J F. Body-fitted Coordinate Systems for Numerical Solution of Partial Differential Equations [J]. *J Comput Phys*, 1982, 47: 1- 108.
- [2] XING Chang-hu, YU Yan, ZHAI Hua-ying, *et al.* Generation of Body-fitted Grids and Transformation of Universal Transportation Equation in Body-fitted Coordinate Regions [J]. *Journal of Shanghai University (Natural Science)*, 2002, 8(5): 423- 427. (邢长虎,于艳,翟华英,等. 贴体网格的生成与通用传输方程在贴体坐标区域中的变换[J]. *上海大学学报(自然科学版)*, 2002, 8(5): 423- 427.)
- [3] THOMAS P D, *et al.* Direct Control of the Grid Point Distribution in Meshes Generated by Elliptic Equations [J]. *AIAA J*, 1980, 18: 652- 656.
- [4] WEI Wen-li, WANG Ling-ling, JIN Zhong-qing. Study of Curvilinear Grid Generation [J]. *Journal of Hohai University*, 1998, 26(3): 92- 96. (魏文礼,王玲玲,金忠青. 曲线网格生成技术研究 [J]. *河海大学学报*, 1998, 26(3): 92- 96.)
- [5] TANG Li-qun. Study and Application of Sediment Mathematical Models in Rivers and Catchments [D]. Nanjing: Hohai University, 1999. (汤立群. 河流及流域泥沙数学模型的研究与应用[D]. 南京:河海大学,1999.)
- [6] LIU Yan-cheng, LIN Jian-guo, YIN Pei-hai, *et al.* Automatic Generating Method of Body-fitted Coordinates Grid Based on GIS Used for Marine Oil Spill [J]. *Marine Environmental Science*, 2003, 22(3): 63- 67. (刘彦呈,林建国,殷佩海,等. 海上溢油基于 GIS 流场计算贴体坐标网格自动生成方法与技术研究[J]. *海洋环境科学*, 2003, 22(3): 63- 67.)
- [7] PATANTONIS D E, ATHARASSIADIS N A. A Numerical Procedure for the Generation of Orthogonal Body-fitted Coordinate Systems with Direct Determination of Grid Points on the Boundary [J]. *International J for Numerical Methods in Fluids*, 1985, (5): 245- 255.
- [8] YU Li-ren. Numerical Procedure and General Code for Generation of 2-D Orthogonal Body-fitted Coordinate System [J]. *Journal of Hydrodynamics*, 1989, (3): 113-121. (余利仁. 2 维正交贴体坐标系的数值生成和通用程序 [J]. *水动力学研究与进展*, 1989, (3): 113- 121.)
- [9] XIE Wei, CHENG Cai-kan, CHENG Er-sheng. A Method to Generate Body-fitted Grids Orthogonally Intersecting Boundary [J]. *Journal of Hydrodynamics*, 1996, A11(2): 151- 153. (谢伟,陈材侃,程尔升等. 一种边界正交曲线网格的生成方法 [J]. *水动力学研究与进展*, 1996, A11(2): 151- 153.)
- [10] ZHANG Jie. Autogeneration of Plane Orthogonal Curved Meshes Fitting to River Boundary [J]. *Journal of Yangtze River Scientific Research Institute*, 2003, 20(6): 16- 18. (张杰. 河道贴体平面正交曲线网格自动生成技术研究 [J]. *长江科学院院报*, 2003, 20(6): 16- 18.)
- [11] XIE Yan-fang, WANG Ying, CHENG Gang, *et al.* Generation of Body-fitted Grids and Transformation of the 2-D Sediment Movement Equation in Body-fitted Coordinate Regions [J]. *Jour of Northwest Sci-Tech Univ of Agri and For (Nat Sci Ed)*, 2005, 33(3): 125- 132. (谢艳芳,王颖,陈刚,等. 贴体网格的生成与平面 2 维泥沙运动方程在贴体坐标区域中的变换 [J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2005, 33(3): 125- 132.)
- [12] JIANG Zhi-jun, LI De-ren, WANG Wei, *et al.* Research on a GIS-based Automatic Generation Algorithm of Body-fitted Meshes Adaptive to River Terrain [J]. *Advances in Water Science*, 2004, 15(6): 794- 800. (江志军,李德仁,王伟,等. 基于 GIS 的河道贴体网格自动生成算法研究 [J]. *水科学进展*, 2004, 15(6): 794- 800.)
- [13] DENG Jian-zhong. Computational Methods [M]. Xi'an: Xi'an Jiaotong University Press, 1985. (邓建中. 计算方法 [M]. 西安:西安交通大学出版社, 1985.)
- [14] DONG Zhuang. Comparison of Some Adjusting Factors of Boundary-fitted Grid [J]. *Hydro-Science and Engineering*, 2002, (4): 49- 53. (董壮. 贴体网格中几种调节因子的比较 [J]. *水利水运工程学报*, 2002, (4): 49- 53.)
- [15] WEI Wen-li. Computational Hydrodynamics Theory and Application [M]. Xi'an: Shaanxi Science and Technology Press, 2001. 135- 136. (魏文礼. 计算水力学理论及应用 [M]. 西安:陕西科学技术出版社, 2001. 135- 136.)
- [16] SHUAI Shi-jin, HU Yu-li, LIU Yong-chang. A Study of Grid Point Distribution Controlled by the Modified TM Method [J]. *J Huazhong Univ of Sci & Tech*, 1997, 25(3): 69- 71. (帅石金,胡欲立,刘永长. 改进 TM 法控制贴体网格节点分布的研究 [J]. *华中理工大学学报*, 1997, 25(3): 69- 71.)
- [17] WANG Jia-yao. Spatial Information System Principles [M]. Beijing: Science Press, 2001. 187- 194. (王家耀.

空间信息系统原理 [M]. 北京: 科学出版社, 2001. 187- 194.)

(责任编辑:丛树平)

博士生,主要从事工程测量、地理信息系统与应急管理等方面的研究。E-mail: wudi01 @163.com

First author : WU Di-jun(1964-), male , PhD candidate , majors in researches on engineering survey. E-mail: wudi01 @163.com

收稿日期: 2007-12-05

修回日期: 2008-05-15

第一作者简介: 吴迪军(1964-),男,教授级高级工程师,

(上接第 155 页)

82-85. (陈 军. Voronoi 动态空间数据模型[M]. 北京: 测绘出版社, 2002. 24-28, 82-85.)

[9] ZHAO Ren-ling. Voronoi Methods for Computing Spatial Relations in GIS [M]. Beijing: Surveying and Mapping Press, 2006. 39-44, 77-81. (赵仁亮. 基于 Voronoi 图的 GIS 空间关系计算. 北京: 测绘出版社, 2006. 39-44, 77-81.)

[10] REICHENBACHER T. The World in Your Pocket —Towards a Mobile Cartography[A]. The Proceedings of the 20th International Cartographic Conference [C]. Beijing: Surveying and Mapping Press, 2001. 2 514-2 521.

[11] REICHENBACHER T. Adaptive Methods for Mobile Cartography[A]. The Proceedings of the 21th International Cartographic Conference (ICC) [C]. Durban: The International Cartographic Association (ICA), 2003. 1 311-1 322.

[12] MENG L. Egocentric Design of Map-based Mobile Serv-

ices[J]. The Cartographic Journal. 2005, 42(1): 5-13.

[13] NIVALA A M AND SARIJA KOSKIL T. An Approach to Intelligent Maps: Context Awareness[A]. The Proceedings of the Workshop W1 “HCI in Mobile Guides 2003” [C]. Udine:[s. n.], 2003. 45-50.

(责任编辑:张燕燕)

收稿日期: 2008-03-24

修回日期: 2008-11-10

第一作者简介: 陈 军(1956-),男,教授,博士生导师,主要从事 GIS 空间数据模型、空间决策支持系统等方面的研究。

First author : CHEN Jun(1956-), male , Professor , PhD supervisor , majors in the research on spatial data model of GIS and spatial decision making support system.

《中国学术期刊综合引证报告》2008 版发布

《中国学术期刊综合引证报告》是以 CNKI“中国知识资源总库”中“中国期刊全文数据库”所收录的各类学术期刊的引文数据为基础编制而成的一部大型综合性科学文献计量年报,共收录自然科学、社会科学、工程技术、艺术与人文科学等各个学科的期刊 6 631 种,以下为其发布的部分遥感测绘类期刊统计数据。

刊名	影响因子	总被引频次	他引总引比	Web 即年下载率
测绘学报	1.403	1 245	0.91	53
大地测量与地球动力学	1.292	876	0.54	17.6
遥感学报	0.992	1 599	0.95	83.6
国土资源与遥感	0.918	735	0.84	41.6
武汉大学学报(信息科学版)	0.779	1728	0.90	48.2
测绘科学	0.778	866	0.69	42.2
遥感技术与运用	0.749	821	0.93	42.0
遥感信息	0.700	497	0.93	43.4
测绘通报	0.661	1 504	0.93	38.9
测绘科学技术学报	0.538	477	0.90	31.8
海洋测绘	0.522	408	0.82	22.5
测绘信息与工程	0.470	488	0.80	35.3
测绘与空间地理信息	0.466	338	0.91	25.4
测绘工程	0.450	409	0.93	29.4
地理信息世界	0.386	265	0.88	26.9