

# GIS 中线元的熵不确定带研究

李大军<sup>1,2)</sup> 龚键雅<sup>1)</sup> 谢刚生<sup>2)</sup> 杜道生<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>(武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室, 武汉 430079)

<sup>2)</sup>(东华理工学院测量系, 江西临川 344000)

**摘要** 空间数据的不确定性将直接影响地理信息产品的质量及 GIS 空间决策的可靠性, 现已把它作为一个重要的基础理论问题加以研究, 其中线元的位置不确定性是研究的一个热点. 针对现有的线元位置不确定性模型的不足, 通过引入信息熵理论, 首先提出了二维随机点的熵误差椭圆指标与三维随机点的熵误差椭球指标; 然后将它们扩展到线元的熵不确定带. 实践证明, 由于该模型能够根据联合熵唯一确定, 且与置信水平的选取无关, 因此比较适合作为线元位置不确定性度量的指标.

**关键词** 线元 位置不确定性 联合熵 熵不确定带

**中图法分类号:** P208 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-8961(2002)11-1214-06

## Research on Entropy Uncertainty Band of Linear Segments in GIS

LI Da-jun<sup>1),2)</sup>, GONG Jian-ya<sup>1)</sup>, XIE Gang-sheng<sup>2)</sup>, DU Dao-sheng<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>(National Laboratory of Information Engineering, Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, Wuhan 430079)

<sup>2)</sup>(Department of Surveying, East China Institute of Technology, Jiangzi Linchuan 344000)

**Abstract** Spatial data uncertainty can directly affect the quality of digital products and GIS-based decision making and is one of the important topics of geographic information system(GIS). Among them, positional uncertainty of linear segments is a research focus. Much attention and effort have been devoted to the modeling of positional uncertainty of line segments and a lot of models are put forward by scholars, such as  $\epsilon$ -band, e-band, g-band and so on. Although the most of exist models could be divided into two classes, namely error band model and confidence region model, they are in nature two different form confidence region, which have different band width with respect to confident levels. Diversity of models makes difficult to visualize uncertainty. In order to overcome the limitation of above models, it is necessary to put forward entirely determinate uncertainty model for line segments. In this paper, by introducing the concept of information entropy theory, entropy error ellipse of two dimension random point and entropy error ellipsoid of three dimension random point are presented and probability of falling into them is computed respectively, and then point entropy uncertainty model is extended to entropy uncertainty band of line segments. Finally, some conclusion is drawn as follows: ①Entropy uncertainty band for line segment is a mean uncertainty region, and is solely determined by union entropy and it is independent of a certain confident levels. ②For normal distribution, entropy uncertainty band width for two dimension line segment is as 2.332 times as g-band, and for three dimension line segment, as 2.564 times as g-band. ③Entropy uncertainty band is a very suitable measure index of linear positional uncertainty, because it has a determinate band width.

**Keywords** Line segments, Positional uncertainty, Union entropy, Entropy uncertainty band

## 0 引言

在 GIS 中, 线段是矢量数据的基本要素之一, 虽

然可由两端点的坐标唯一确定, 但由于线段本身常作为一个基元参与 GIS 的叠置操作, 故其位置不确定性应作为一个整体来进行研究. 至今这方面的研究均是基于带的概念展开的, Pekal 在 1956 年首先提出

基金项目: 国家自然科学基金(46071068)资助

收稿日期: 2001-11-19; 改回日期: 2002-05-08

了“ε 带”<sup>[1]</sup>;Chrisman 引用这个概念来描述线元位置的不确定性<sup>[2]</sup>;Caspary 对“ε 带”进行了扩展,提出了“e 带”<sup>[3]</sup>;史文中、刘文宝博士基于随机过程理论,提出了广义误差带“g 带”<sup>[4]</sup>,统一了前人的部分研究成果。“g 带”就是过线元两端点的一个标准误差带。实际上,给定不同的置信概率,就可得到一族同心的误差带,如或然差带、地图 ε 精度误差带、极限差带等等<sup>[5]</sup>。能否在这一族同心误差带中依据某种客观的标准确定一个误差带,且该误差带与置信概率的选取无关呢?实践证明,信息论的熵作为信源平均不确定度的度量指标,可以用于 GIS 点元、线元,乃至面元的不确定度建模。目前已有一些学者在这方面做了初步的探讨,如文献[6]推导了一维随机变量在几种概率分布下的熵不确定性区间,文献[7]提出了熵意义下的 ε 带。本文通过引入信息论中的联合熵概念和最大熵定理,首先确定了二维随机点的熵误差椭圆指标及三维随机点熵误差椭球指标,然后进一步建立了线元的熵不确定带模型。

## 1 信息熵与联合熵

### 1.1 信息熵

众所周知,信息熵表示信源的平均不确定度,而对于一维连续随机变量  $x$ , 设其概率密度函数为  $f(x)$ , 则它的信息熵  $H(x)$  定义为

$$H(x) = - \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \log f(x) dx \quad (1)$$

其中,熵的单位由对数的底决定。如果取 2 为底,则单位为比特(bit);若取 e 为底,则单位为奈特(nat);若取 10 为底,则单位为哈特(hart)。为了计算的方便,常取 e 为底。

假如一维连续随机变量  $x$  存在 ±Δ 的随机误差,且在 [-Δ, Δ] 区间内服从等概率的均匀分布

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{2\Delta} & -\Delta \leq x \leq \Delta \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (2)$$

则它的信息熵为

$$H(x) = - \int_{-\Delta}^{\Delta} \frac{1}{2\Delta} \ln \frac{1}{2\Delta} dx = \ln 2\Delta \quad (3)$$

假如一维连续随机变量  $x$  服从正态分布,则其概率密度函数为

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left[-\frac{(x-u)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (4)$$

则它的信息熵为

$$\begin{aligned} H(x) &= - \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left[-\frac{(x-u)^2}{2\sigma^2}\right] \\ &\quad \ln \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left[-\frac{(x-u)^2}{2\sigma^2}\right] dx \\ &= \frac{1}{2} \ln(2e\pi\sigma^2) \end{aligned} \quad (5)$$

### 1.2 联合熵

$N$  维连续矢量  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$  的联合熵定义为

$$H(X) = - \int_{\mathcal{R}} \dots \int_{\mathcal{R}} f(x_1, x_2, \dots, x_n) \times \log f(x_1, x_2, \dots, x_n) dx_1 \dots dx_n \quad (6)$$

假如  $N$  维连续随机矢量  $X$  服从正态分布,则它的概率密度函数为

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{n}{2}} |\Sigma|^{\frac{1}{2}}} \exp\left[-\frac{1}{2}(X-u)'\Sigma^{-1}(X-u)\right]$$

$$\text{令 } (X-u)'\Sigma^{-1}(X-u) = K^2$$

式中,  $\Sigma$  表示  $X$  的协方差矩阵。

通过平移、旋转后,其概率密度函数可以简化为

$$\begin{aligned} f(y_1, y_2, \dots, y_n) &= \left( \frac{1}{(2\pi)^{\frac{n}{2}} a_1 a_2 \dots a_n} \right) \times \\ &\quad \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{y_1^2}{a_1^2} + \frac{y_2^2}{a_2^2} + \dots + \frac{y_n^2}{a_n^2}\right)\right\} \end{aligned} \quad (7)$$

其中,  $\frac{y_1^2}{a_1^2} + \frac{y_2^2}{a_2^2} + \dots + \frac{y_n^2}{a_n^2} = K^2$ 。

$N$  维连续随机矢量  $X$  的联合熵为

$$\begin{aligned} H(X) &= - \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} f(y_1, y_2, \dots, y_n) \times \\ &\quad \ln f(y_1, y_2, \dots, y_n) dy_1 dy_2 \dots dy_n \\ &= \ln[(2\pi)^{n/2} a_1 a_2 \dots a_n] + \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \dots \\ &\quad \int_{-\infty}^{\infty} f(y_1, y_2, \dots, y_n) \left(\frac{y_1^2}{a_1^2} + \dots + \frac{y_n^2}{a_n^2}\right) dy_1 dy_2 \dots dy_n \\ &= \ln[(2\pi)^{n/2} a_1 a_2 \dots a_n] + \frac{1}{2(2\pi)^{n/2}} \int_{-\infty}^{\infty} \dots \\ &\quad \int_{-\infty}^{\infty} \exp\left[-\frac{(z_1^2 + \dots + z_n^2)}{2}\right] \cdot (z_1^2 + \dots + z_n^2) dz_1 \dots dz_n \\ &= \ln[(2\pi)^{n/2} a_1 a_2 \dots a_n] + \frac{1}{2(2\pi)^{n/2}} (2\pi)^{n/2} n \\ &= \ln[(2\pi e)^{n/2} a_1 a_2 \dots a_n] \end{aligned} \quad (8)$$

其中,  $a_1, a_2, \dots, a_n$  为超误差椭球各主轴的半径。

(1) 如果  $X$  为三维连续随机矢量,且服从正态分布,则它的联合熵为

$$H(X) = \ln[(2\pi e)^{3/2} a_1 a_2 a_3] \quad (9)$$

(2) 如果  $X$  为二维连续随机矢量,且服从正态分布,则它的联合熵为

$$H(X) = \ln(2\pi e a_1 a_2 a_3) \quad (10)$$

(3) 如果三维连续随机矢量  $X$  在三维空间  $R^{(3)}$  服从如下均匀分布

$$f(X) = \begin{cases} \frac{1}{4\pi a_1 a_2 a_3 K^3} & 0 \leq \frac{y_1^2}{a_1^2} + \frac{y_2^2}{a_2^2} + \frac{y_3^2}{a_3^2} \leq K^2 \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

则它的联合熵为

$$H(X) = - \int_{R^{(3)}} f(y_1, y_2, y_3) \ln f(y_1, y_2, y_3) dy_1 dy_2 dy_3 = \ln\left(\frac{4}{3}\pi a_1 a_2 a_3 K^3\right) \quad (11)$$

(4) 如果二维连续随机矢量  $X$  在二维空间  $R^{(2)}$  内服从如下均匀分布

$$f(X) = \begin{cases} \frac{1}{\pi a_1 a_2 K^2} & 0 \leq \frac{y_1^2}{a_1^2} + \frac{y_2^2}{a_2^2} \leq K^2 \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

则它的联合熵为

$$H(X) = - \int_{R^{(2)}} f(y_1, y_2) \cdot \ln f(y_1, y_2) dy_1 dy_2 = \ln(\pi a_1 a_2 K^2) \quad (12)$$

## 2 点位不确定性熵指标的确定

### 2.1 确定熵不确定指标的基本思想

为了便于解释,现以二维随机点为例来说明. 根据误差的有界性,在测量前总能确认二维连续随机矢量  $X$  在一个有界而不是无界的范围内取值,设想二维连续随机矢量在一个很大的误差椭圆内  $S_1: (X-u)^T \Sigma^{-1} (X-u) \leq K^2$  取值. 根据峰值功率受限条件下的最大熵定理,二维连续随机矢量  $X$  在这个误差椭圆内服从均匀分布时具有最大熵,设最大初始熵为  $H(X)$ , 且为  $\ln S_1$ . 经过观测获得了相应的信息量,此时随机不确定性得到大部分解除,这样随机矢量  $X$  的不确定范围就缩小至另一个很小的误差椭圆内:  $S_2: (X-u)^T \Sigma^{-1} (X-u) \leq K_2^2$ . 设观测矢量为  $X_n$ , 则剩余熵值为  $H(X/X_n)$ ; 若随机矢量在  $S_2$  内,且服从均匀分布,则剩余熵为  $\ln S_2$ . 根据申农的信息论,测量过程中获得的信息量等于最大初始熵与剩余熵的差值,即

$$I = H(X) - H(X/X_n) = \ln S_1 - \ln S_2 = \ln \frac{S_1}{S_2} = \ln N$$

其中,  $S_1, S_2$  为误差椭圆的面积;  $N$  表示误差椭圆  $S_1$

内所容纳误差椭圆  $S_2$  的数目,即文献[8]中所谓的分割梯级数目,且  $S_2$  所代表的误差椭圆可作为二维连续随机矢量的不确定性度量.

测量前后熵不确定区域的变化情况如图 1 所示.

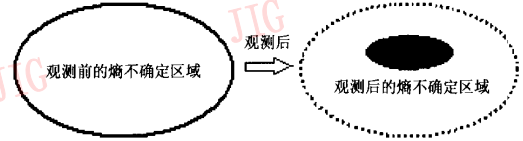


图 1 观测前后的熵不确定区域

就研究随机点的位置不确定性而言,人们感兴趣的不是测量过程中获得了多少信息量,而是与剩余熵对应的不确定区域的大小. 如果观测后的误差椭圆的大小由实际误差分布的联合熵所确定,则将这个误差椭圆定义为熵误差椭圆. 如果二维连续随机矢量的平均功率受限(即协方差矩阵受限),那么即使具体的概率函数分布形式未知,也仍然可以根据平均功率受限时的最大熵定理来确定熵误差椭圆.

$$\ln S_2 = H_{\max}(X/X_n)$$

$H_{\max}(X/X_n)$  为正态分布的最大熵. 确定误差椭圆大小的关键是确定熵系数  $K$ , 而熵系数可根据联合熵值确定. 三维、多维连续随机矢量熵系数确定的原理与前面一致.

上述思想的实质就是利用信息熵来建立随机等概率分布与随机非等概率分布之间的联系,以便将求非等概率分布(如正态分布)随机矢量的不确定区间(区域、空域)问题转化为求等概率分布随机矢量的不确定区间(区域、空域)问题,且在转化过程中,保持信息熵值不变. 由于此时等概率随机分布,实际上起到了一个度量基准的作用,且使得不同概率分布的不确定性指标统一在同一基准下,从而保证了指标体系的一致性.

### 2.2 一维随机点的熵区间的确定

根据式(3),有

$$\Delta = \frac{e^{H(X)}}{2} \quad (13)$$

将正态分布的最大熵代入上式,则这样确定的  $\Delta$  即为熵不确定度

$$\Delta = \frac{e^{\ln(\sqrt{2\pi e \sigma^2})}}{2} = \frac{\sqrt{2\pi e} \sigma}{2} \quad (14)$$

而正态分布的熵系数定义为

$$K = \Delta/\sigma = \frac{\sqrt{2\pi e}}{2} = 2.066 \quad (15)$$

因此,一维正态变量的熵不确定度区间为  $(-2.066\sigma, 2.066\sigma)$ ,且该区间可由信息熵唯一确定。

一维随机点落入熵区间的概率为

$$P(-2.066\sigma < x < 2.066\sigma) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{2.066} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt = 0.961 \quad (16)$$

一维随机点几种不确定性指标的比较如表 1 所示。

表 1 一维随机点几种不确定性指标的比较

不确定区间名称	K 值	区间大小	落入误差区间的概率 P(%)
标准误差区间	1.0	$(-\sigma, \sigma)$	68.3
或然误差区间	0.675	$(-0.675\sigma, 0.675\sigma)$	50
地图线精度区间	1.645	$(-1.645\sigma, 1.645\sigma)$	90
熵不确定度区间	2.066	$(-2.066\sigma, 2.066\sigma)$	96.1
极限误差区间	3.0	$(-3\sigma, 3\sigma)$	99.7

### 2.3 二维随机点熵误差椭圆的确定

根据式(12),有

$$K = \sqrt{\frac{e^{H(x)}}{\pi a_1 a_2}} \quad (17)$$

这里,  $K$  为熵系数。

若将式(10)代入上式,有

$$K = \sqrt{\frac{e^{\ln(2\pi e a_1 a_2)}}{\pi a_1 a_2}} = \sqrt{2e} = 2.332 \quad (18)$$

则熵误差椭圆区域  $G_1$  可表示为

$$G_1: \frac{y_1^2}{a_1^2} + \frac{y_2^2}{a_2^2} \leq K^2 = 2e \quad (19)$$

而二维随机点落入  $G_1$  内的概率为

$$\begin{aligned} P\{(y_1, y_2) \in G_1\} &= \iint_{G_1} \frac{1}{2\pi a_1 a_2} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{y_1^2}{a_1^2} + \frac{y_2^2}{a_2^2}\right)\right) dy_1 dy_2 \\ &= \iint_{G_1} \frac{1}{2\pi} \exp\left(-\frac{1}{2}(z_1^2 + z_2^2)\right) dz_1 dz_2 \\ &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} d\theta \int_0^K \exp\left(-\frac{r^2}{2}\right) r dr \\ &= \int_0^K \exp\left(-\frac{r^2}{2}\right) r dr = 1 - e^{-\frac{1}{2}K^2} \quad (20) \end{aligned}$$

当  $K = \sqrt{2e}$  时,  $P\{(y_1, y_2) \in G_1\} = 1 - e^{-e} = 0.9340$ 。

二维随机点几种不同误差椭圆的比较如表 2 所示。

表 2 二维随机点几种不同误差椭圆的比较

误差椭圆名称	K 值	落入误差椭圆内概率 P(%)
标准误差椭圆	1.0	39.35
或然误差椭圆	1.1774	50
均方误差椭圆	1.4142	63.21
地图圆精度椭圆	2.1460	90
熵误差椭圆	2.3316	93.40
极限误差椭圆	3.5	99.78

### 2.4 三维随机点熵误差椭球的确定

根据式(11),有

$$K = \sqrt[3]{\frac{e^{H(x)}}{\frac{4}{3}\pi a_1 a_2 a_3}} \quad (21)$$

若将公式(9)带入上式,有

$$\begin{aligned} K &= \sqrt[3]{\frac{e^{\ln[(2\pi e)^{\frac{3}{2}} a_1 a_2 a_3]}}{\frac{4}{3}\pi a_1 a_2 a_3}} = \sqrt[3]{\frac{2(\pi e)^{\frac{3}{2}} a_1 a_2 a_3}{\frac{4}{3}\pi a_1 a_2 a_3}} \\ &= \sqrt[3]{\frac{3}{4\pi}} \cdot \sqrt{2\pi e} = 2.564 \quad (22) \end{aligned}$$

则熵误差椭球体  $G_2$  的方程为

$$G_2: \frac{y_1^2}{a_1^2} + \frac{y_2^2}{a_2^2} + \frac{y_3^2}{a_3^2} \leq K^2 = (2.564)^2$$

三维随机点落入熵误差椭球内的概率为

$$\begin{aligned} P\{(y_1, y_2, y_3) \in G_2\} &= \iiint_{G_2} \frac{1}{(2\pi)^{\frac{3}{2}} a_1 a_2 a_3} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{y_1^2}{a_1^2} + \frac{y_2^2}{a_2^2} + \frac{y_3^2}{a_3^2}\right)\right) dy_1 dy_2 dy_3 \\ &= \iiint_{G_2} \frac{1}{(2\pi)^{\frac{3}{2}}} \exp\left(-\frac{1}{2}(z_1^2 + z_2^2 + z_3^2)\right) dz_1 dz_2 dz_3 \\ &= \frac{1}{(2\pi)^{\frac{3}{2}}} \int_0^{2\pi} d\theta \int_0^\pi \sin\theta d\theta \int_0^K \exp\left(-\frac{r^2}{2}\right) r^2 dr \\ &= \sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^K \exp\left(-\frac{r^2}{2}\right) r^2 dr = 0.913 \quad (23) \end{aligned}$$

三维随机点几种误差椭球之比较见表 3。

表 3 三维随机点几种不同误差椭球的比较

误差椭球名称	K 值	落入误差椭球概率 P(%)
标准误差椭球	1.0	19.99
或然误差椭球	1.538	50
地图圆精度椭球	2.5	90
熵误差椭球	2.564	91.3
极限误差椭球	3.0	97

## 3 线元熵不确定带的确定

### 3.1 广义的误差带(g 带)

图 2 为用平行于  $xoy$  的平面截取的随机线元  $z_0 z_1$  的概率密度分布曲面,当将截线投影到平面  $xoy$  上,即得到一族同心带。其中,由过随机线元  $z_0 z_1$  两端点误差椭圆平面所截得的曲线带被定义为广义误差带(g-带)。g 带是广义意义上的误差带,它能够准确表示线状要素的非均匀性和各向同性。

g 带的形状和大小,由随机线元的协方差矩阵

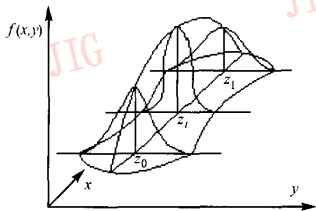


图2 平面线元的分布密度曲面图象

唯一确定.若线元两端点的坐标矢量服从正态分布,则由文献[4]知,随机线元上的任意点  $z_i$  的坐标矢量  $Z(t) = (x(t), y(t))^T$  服从如下正态分布

$$Z(t) = (x(t), y(t))^T \sim N_Z(u_z(t), \Sigma_{zz}(t)), t \in [0, 1] \quad (24)$$

其中,  $t$  为参变量,且  $u_z(t)$  是点  $Z(t)$  的数学期望,  $\Sigma_{zz}(t)$  是  $Z(t)$  的协方差阵.它们分别为

$$u_z(t) = \begin{bmatrix} u_x(t) \\ u_y(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (1-t)u_{x_0} + tu_{x_1} \\ (1-t)u_{y_0} + tu_{y_1} \end{bmatrix}$$

$$\Sigma_{zz}(t) = \begin{bmatrix} \sigma_x^2(t) & \sigma_{xy}(t) \\ \sigma_{yx}(t) & \sigma_y^2(t) \end{bmatrix}$$

而  $z_i$  点的误差椭圆参数  $A(t), B(t)$  和  $\varphi(t)$  可用下式计算

$$\left. \begin{aligned} A^2(t) &= \sigma_0^2 \lambda(t)_1 = \frac{1}{2} (\sigma_x^2(t) + \sigma_y^2(t) + W) \\ B^2(t) &= \sigma_0^2 \lambda(t)_2 = \frac{1}{2} (\sigma_x^2(t) + \sigma_y^2(t) - W) \\ \tan 2\varphi(t) &= \frac{2\sigma_{xy}(t)}{\sigma_x^2(t) - \sigma_y^2(t)} \end{aligned} \right\} \quad (25)$$

其中  $W = [(\sigma_x^2(t) - \sigma_y^2(t))^2 + 4\sigma_{xy}^2(t)]^{\frac{1}{2}}$ .

根据式(25)可计算出误差椭圆参数,进而可画出随机线元上的无数个误差椭圆.而误差椭圆族的包络线与端点处的误差椭圆一起构成的以随机线元真值为中心的带状区域,即为“g带”.

### 3.2 线元的熵不确定带

在图2中,如果取不同的截面,则可得到不同的误差带.假如  $K$  取1,就得到标准误差带(g带);假如  $K$  取熵系数,则得到熵误差带.由此可见,线元的熵不确定带是“g带”的同心带,它也是截面方程取熵系数时,所得的截线投影带.随机线元上,任意点的熵误差椭圆长、短半轴的长度与广义误差带的误差椭圆长、短半轴的长度之比即为熵系数.与二维熵带相类似,三维线元的熵不确定空域可用一系列熵误差椭圆来定义.

对于平面线元,设线元上任意点的熵误差椭圆长、短半轴的长度为  $A'(t), B'(t)$ ;同时设广义误差

带上同一点的误差椭圆长、短半轴的长度分别为  $A(t), B(t)$ ,则它们之比为

$$\frac{A'(t)}{A(t)} = \frac{B'(t)}{B(t)} = \sqrt{2e} = 2.332$$

同理,对于三维空间的线元有

$$\frac{A'(t)}{A(t)} = \frac{B'(t)}{B(t)} = \frac{C'(t)}{C(t)} = \sqrt{\frac{3}{4\pi}} \cdot \sqrt{2\pi e} = 2.564$$

平面线元的熵误差带与“g带”的关系如图3所示.图3外面的图形为熵误差带,里面的图形为“g带”.

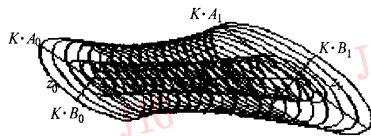


图3 二维线元的熵误差带与“g带”

## 4 结论

本文通过引入联合熵,不仅将一维的熵不确定区间扩展到二维的熵误差椭圆与三维的熵误差椭圆,还进一步将随机点的熵不确定模型推广到线元的熵不确定模型.通过本文的研究,得出了如下一些有意义的结论:

(1) 导出了二维随机点熵误差椭圆与三维随机点熵误差椭球的熵系数分别为,2.332,2.564,而随机点落入熵误差椭圆和熵误差椭圆中的概率分别为93.40%、91.3%.

(2) 提出了线元的熵不确定带概念.该带除具有“g带”的基本特征外,还与“g带”存在一定的比例关系,同时将熵不确定带作为线元平均不确定性的度量指标,并在其内集中了随机线元的主要不确定性.

(3) 熵不确定指标与以往的误差指标有本质的区别,因为它是一个比较客观的指标,且其是由信息熵或联合熵唯一确定的,而与置信水平的选取无关.由于采用熵不确定指标可以克服原有误差指标的多样性,因此把它作为不确定可视化指标,将具有特殊的优越性.

(4) 在研究空间数据的不确定性时,若将信息论与概率论相结合,则可以简化某些不确定性问题数学处理方法.

## 参 考 文 献

- 1 Perkal J. On Epsilon length. Bullitin de l'Academic Polonaise Des Sciences[J]. 1956,4:399~403.
- 2 Chrisman NR. A theory of cartographic error and it's measurement in digital databases[A]. In:Proceedings of Auto-Carto5[C]. Virginia,USA,1982:159~168.
- 3 Caspasy W, Scheuring R. Error band as measurers of geometrical accuray [C]. In: Proceeding of EGIS'92 [C]. Utrecht,1992:226~233.
- 4 史文中,刘文宝. GIS 中线元位置不确定性的随机过程模型[J]. 测绘学报,1998,27(1):37~44.
- 5 戴洪磊. 矢量 GIS 位置不确定度量与传播的理论[D]. 武汉:武汉测绘科技大学,2000,6.
- 6 孙海燕. 熵与不确定度区间[J]. 武汉测绘科技大学学报,1994,19(1):63~70.
- 7 范爱民,郭达志. 误差熵不确定带模型[J]. 测绘学报,2001,30(1):48~53.
- 8 [苏]波·佛·诺维茨基,伊·阿·佐格拉夫著. 测量结果误差估计[M]. 北京:中国计量出版社,1990:58~68.
- 9 周炯荣. 信息理论基础[M]. 北京:人民邮电出版社,1983:210~223.



李大军 1966 年生,副教授,武汉大学在读博士生. 主要研究方向是 GIS 数据质量研究与 GIS 应用研究. 发表论文 10 余篇.



龚健雅 1958 年生,武汉大学测绘遥感信息工国家重点实验室教授,博士生导师. 主要从事 GIS 理论与 GIS 基础软件的开发研究. 出版学术专著 5 部,发表论文百余篇.



谢刚生 1962 年生,东华理工学院测量系教授,博士生导师. 主要从事 GIS 理论与应用研究. 出版著作 2 部,发表论文 30 余篇.

杜道生 1942 年生,武汉大学测绘遥感信息工国家重点实验室教授,博士生导师. 主要从事 GIS 数据质量及标准化研究.

## ELSA 推出 Winner4 系列多屏幕显卡

近日,艾尔莎国际科技股份有限公司推出了 Winner4 200NVS, Winner4 400NVS 多屏幕显卡.

这款 Winner4 200NVS 采用了 nVIDIA 最新的 Quadro4 200NVS 专业图形显示芯片,同时还搭配功能完善的多屏幕显示应用管理软件 nView.

ELSA Winner4 200NVS 采用 6 层 PCB 板的小板形设计,并配备了 nVIDIA Quadro4 200NVS 专业图形显示芯片,其核心频率为 250MHz,工作电压为 1.6V. 它支持 AGP 4X 和 AGP 2X 接口,具有 128 位的 64MB SDRAM 高速显存,显存频率为 166MHz. 同时,它的双头显示功能,使用户可以更方便地连接模拟显示或数字显示,给用户更大的灵活性.

ELSA Winner4 200NVS 带有 nVIDIA 最新开发的多屏显示技术 -- nView. nView 技术支持不同模拟显示器和数字平板显示器的组合,可以满足用户的不同需求,并能以最佳的方式呈现图象资料,使用户的工作不受限于屏幕大小,从而可大幅度提高工作效率. nView 支持 multiView/Clone 等各种显示模式,并具有强大的视窗,以及对对话框位置的记忆或复位功能等. 此外,它还具有智能灵活的用户界面,如热键功能、增强式的视窗管理功能及可存储多达 32 种的 Windows 桌面配置.

ELSA Winner4 400NVS 多屏幕专业显卡采用了双图形显示芯片架构,1 块 ELSA Winner4 400NVS 就可以同时实现 4 个屏幕模拟输出或数字输出,特别适用于电视台和其他对多屏幕输出有特殊需求的专业领域.

ELSA Winner4 400NVS 使用 2 个 Quadro4 200NVS GPU,可以同时连接 4 个屏幕模拟输出或数字输出. 它采用 PCI 接口,在一台计算机上可装上 4 片 ELSA Winner4 400NVS 图形卡,同时支持 16 个显示器的输出,其强大的功能可完全满足专业用户对超大屏幕显示的要求,并能使工作效率成倍提高.