

用信息方法确定地图的变化信息量

何宗宜 白亭颖 滕艳敏

(武汉测绘科技大学国土信息与地图科学系,武汉市珞喻路39号,430070)

摘要 地图要素的信息变化可用信息方法量测。根据这个原理建立了用信息方法确定地图变化信息量的数学模型。通过同一地区不同年代的2幅地图的实际量测试验表明,用模型所得分析结果与实际情况相符。

关键词 信息方法;地图变化信息量;地图更新

分类号 P28

1 确定地图变化信息量的原理

1.1 地图变化信息量的确定

一般说来,反映某类制图要素多样性、差异性、重要性和复杂性的变化特征值主要有4个:地物变化总个数 ΔN ,地物变化级数 Δm ,地物变化的平均复杂程度 Δp ,地物变化的平均重要程度 Δq 。地图要素是由地物符号和注记组成的,地物符号变化信息量 $\Delta I_{\text{地物}}$ 和注记变化信息量 $\Delta I_{\text{注记}}$ 可用下式求得:

$$\Delta I_{\text{地物}} = \sum_{i=0}^2 \sum_{j=1}^{N_i} \Delta N \log_2 \sum_{k=1}^{\Delta N_{ij}} (\Delta m + 1)(\Delta p + 1)(\Delta q + 1) \quad (1)$$

$$\Delta I_{\text{注记}} = \sum_{i=1}^{N_i} \Delta n \log_2 (\Delta s + 1)(\Delta t + 2) \quad (2)$$

式中, ΔN 表示地物变化数; N_i 表示 i 维地物类数; ΔN_{ij} 表示 N_i 类地物的变化数; i 表示维数, $i=0$ 为点状地物, $i=1$ 为线状地物, $i=2$ 为面状地物; $\Delta m = |m_{\text{新}} - m_{\text{原}}|$ 表示地物的变化级数, m 是分级数。当个数多且面积互不相等时,变化分级数 m 确定方法如下。先按地物面积由小到大依次排列: $S_1, S_2, \dots, S_i, S_{i+1}, \dots, S_n$ ($i=1, 2, \dots, n$)。若 $S_{i+1} - S_i > (S_n - S_1)/(n-1)$, 则 S_1, \dots, S_i 属第一级; 若 $S_{i+1+j} - S_{i+1} > (S_n - S_1)/(n-1)$ ($j=1, 2, \dots, n-i-1$), 则 S_{i+1}, \dots, S_{i+j} 属第二级。依次类推,即可得分级数 m 。 $\Delta p = |p_{\text{新}} - p_{\text{原}}|$ 表示地物平均复杂程度的变化数, p 值为确定地图符号形状所需的最少点数。 $\Delta q = |q_{\text{新}} - q_{\text{原}}|$ 表示地物的平均重要程度变化数, $q = \sum_{i=1}^m u_i r_i / \sum_{i=1}^m u_i$ 。式中 r_i 为 i 级的重要程度权值,一般取最低一级地物权值 $r=1$,最高一级权值 $r=m$ 。 u_i 为地物点的个数。对于线状或面状地物,通常采用 1cm 的线状地物或 1cm² 的面状地物折算成 1 个地物点的办法统计。为方便起见,常记 $\Delta Q = \sum_{k=1}^{\Delta N_{ij}} (\Delta m + 1)(\Delta p + 1)(\Delta q + 1)$ 。 Δn 表示注记总的变化数, Δs 表示注记字体变化数, Δt 表示注记字级变化数。

1.2 原图信息量的确定

为确定地图信息量的变化程度,还需计算原图信息量。原图地物符号信息量 $I_{\text{地物}}$ 和注记信

息量 $I_{\text{注记}}$ 可用下式求得:

$$I_{\text{地物}} = \sum_{i=0}^2 \sum_{j=1}^{N_i} N \log_2 \sum_{k=1}^{N_{ij}} (m+1)(p+1)(q+1) \quad (3)$$

$$I_{\text{注记}} = \sum_{i=1}^{N_i} n \log_2 (s+1)(t+2) \quad (4)$$

(3)式中, N 表示总地物数, N_i 表示 i 维地物的总数; N_{ij} 表示 N_i 类地物数; m 表示地物级数; p 表示地物的平均复杂程度; q 表示地物的平均重要程度。为方便起见, 常记 $Q = \sum_{k=1}^{N_{ij}} (m+1)(p+1)(q+1)$ 。 (4)式中 n 表示注记总数, s 表示注记字体数, t 表示注记字级数。

1.3 地图信息变化程度的确定

地图信息变化程度即地图老化程度, 可用下式确定:

$$F = \Delta I / I \quad (5)$$

式中, $\Delta I = \Delta I_{\text{地物}} + \Delta I_{\text{注记}}$, ΔI 表示地图变化信息量; $I = I_{\text{地物}} + I_{\text{注记}}$, I 为原图信息量。一般认为, $F > 35\%$, 则全图需更新; $35\% > F > 20\%$, 则需更新一部分; $F < 20\%$, 则该图不需更新。

地图单要素信息变化程度可用下式确定:

$$F_i = \Delta I_i / I_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (6)$$

式中, $\Delta I_i = \Delta I_{i\text{地物}} + I_{i\text{注记}}$, ΔI_i 为地图上 i 种要素变化信息量; $I_i = I_{i\text{地物}} + I_{i\text{注记}}$, I_i 为地图上 i 种要素信息量; n 为地图包含的要素数目。一般认为, $F_i > 30\%$, 则需全部更新该要素; $F_i < 30\%$, 则不需更新该要素。

2 确定地图变化信息量的试验

为验证这种方法的合理性, 我们选用了同一地区不同年代的 2 幅地图, 即 1966 年和 1981 年出版的九江市 1:5 万地形图进行试验。1966 年版地图为原图, 从 1981 年版地图获取变化信息。

2.1 点状地物变化信息量的确定

所谓“变化”, 不仅

表 1 点状居民地量测数据

| 包括新增的或消失的地 物, 还包括形状、位置等 | 原图 | | | | 新图 | | | | 变 化 | | | |
|----------------------------|-----|-----|------|------|------|-----|-----|------|------------|------------|------------|------------|
| | N | m | p | q | N | m | p | q | ΔN | Δm | Δp | Δq |
| 2561 | 2 | 3 | 1.21 | 1.21 | 3572 | 2 | 3 | 1.39 | 1545 | 0 | 0 | 0.18 |
| 77 | 2 | 3 | 1.21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 77 | 2 | 3 | 1.21 |
| 688 | 2 | 3 | 1.21 | 1.21 | 746 | 2 | 3 | 1.39 | 58 | 0 | 0 | 0.18 |

数据见表 1。据(1)式可得点状居民地变化信息量 $\Delta I \approx 20061.19\text{bit}$, 据(3)式可得点状居民地原图信息量 $I \approx 54641.46\text{bit}$ 。同理, 可求得独立地物、桥梁等点状地物变化信息量和原图信息量(见表 2)。从表 2 可以看出, 独立地物变化信息量很大, 这是由于在这几年新建了许多与人民生活密切相关的设施, 如水塔、窑和烟囱、道路、桥梁等。这与该图实际变化完全一致。

表 2 点状地物变化信息量计算分析表

| | N | Q | I/bit | ΔN | ΔQ | $\Delta I/\text{bit}$ | F |
|----------|-------|-----------|----------------|------------|------------|-----------------------|---------|
| 独立地物 | 89 | 1 928 | 970.99 | 201 | 1 060 | 2 712.39 | 279.34% |
| 居民地 | 3 326 | 8 8205.52 | 54641.46 | 1 680 | 3 933.58 | 20 061.19 | 36.71% |
| 桥梁 | 115 | 3 842.64 | 1 369.41 | 164 | 1 243.79 | 1 206.64 | 88.11% |
| Σ | 3 530 | 93 976.16 | 56 981.86 | 2 055 | 4 869.04 | 23 980.22 | 42.08% |

2.2 线状地物变化信息量的确定

线状地物变化信息

量的确定与点状地物的区别在于要将线状地物的长度换算成个数。现以境界为例,量测数据见表3。据(1)式可得境

界变化信息量 $\Delta I \approx 141.42$ bit。按(3)式,可得境界原图信息量 $I \approx 565.78$ bit。同理,可求得道路、水系、管线、堤和等高线等变化信息量(见表4)。从表4可以看出,管线变化信息量最大,与图中分析结果相符。

表 3 境界量测数据

| N | m | 原图 | | 新图 | | | | 变化 | | | |
|----|---|----|-----|----|---|----|-----|------------|------------|------------|------------|
| | | p | q | N | m | p | q | ΔN | Δm | Δp | Δq |
| 3 | 2 | 6 | 1.8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 2 | 6 | 1.8 |
| 11 | 2 | 15 | 1.8 | 10 | 2 | 7 | 1.7 | 1 | 0 | 8 | 0.1 |
| 55 | 2 | 11 | 1.8 | 55 | 2 | 11 | 1.7 | 0 | 0 | 0 | 0.1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | 2 | 19 | 1.7 | 14 | 2 | 19 | 1.7 |

表 4 线状地物变化信息量计算分析表

| | N | Q | I/bit | ΔN | ΔQ | $\Delta I/bit$ | F |
|----------|-------|------------|-----------|------------|------------|----------------|---------|
| 道路 | 433 | 14 986.3 | 6 006.3 | 260 | 676.2 | 2 444.34 | 40.70% |
| 境界 | 69 | 294 | 565.78 | 18 | 231.8 | 141.42 | 25.00% |
| 水系 | 234 | 2 987.64 | 2 701.48 | 162 | 476.03 | 1 440.98 | 53.34% |
| 管线 | 207 | 680 | 1 947.74 | 320 | 217 | 2 483.2 | 127.49% |
| 堤 | 320 | 4 451.37 | 3 878.41 | 185 | 1 107.04 | 1 870.35 | 48.22% |
| 等高线 | 1 571 | 8 455.2 | 25 713.42 | 723 | 1 471.5 | 7 608.18 | 29.59% |
| Σ | 2 834 | 107 951.31 | 40 813.13 | 1 668 | 4 179.57 | 15 988.47 | 39.17% |

2.3 面状地物变化信息量的确定

面状地物变化信息量的确定与点状地物的区别有两点:①需将面状地物的面积换算成个数;②分级数 m 需要通过运算求得。现以沙地为例来说明。沙地的量测数据见表5。

m 值确定如下。首先把面积由小到大排列:3, 5, 9, 21, 36, 55($i=1, 2, \dots, 6$)。据前述,有 $S_{i+1} - 3 > (55 - 3)/$

$(6-1), S_{i+1} > 13.4$ 。由此得 $i=3$ 。故 3, 5, 9 为第一级; $S_{4+i} - 21 > (55 - 3)/(6-1), S_{4+i} > 31$, 4, 故 21 为第二级。同理可得 36 为第三级, 55 为第四级, 最后得 $m=4$ 。

据(1)式,沙地变化信息量 $\Delta I \approx$

1 648.27 bit, 沙地原图信息量与其变化量相等,即 $I=\Delta I=1 648.27$ bit。同理,可求出其它面状物的变化信息量(见表6)。从表6可看出沙地变化信息量最大,这是由于沙地全部消失而

表 5 沙地量测数据

| N | m | 原图 | | 新图 | | | | 变化 | | | |
|----|---|-----|---|----|---|---|---|------------|------------|------------|------------|
| | | p | q | N | m | p | q | ΔN | Δm | Δp | Δq |
| 5 | 4 | 20 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 4 | 20 | 3 |
| 9 | 4 | 40 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 4 | 40 | 3 |
| 36 | 4 | 14 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 36 | 4 | 14 | 3 |
| 55 | 4 | 163 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 55 | 4 | 163 | 3 |
| 21 | 4 | 76 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 21 | 4 | 76 | 3 |
| 3 | 4 | 32 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 4 | 32 | 3 |

表 6 面状地物变化信息量计算分析表

| | N | Q | I/bit | ΔN | ΔQ | $\Delta I/bit$ | F |
|----------|-------|-----------|-----------|------------|------------|----------------|--------|
| 水域 | 490 | 56 725.9 | 7 737.94 | 115 | 1 795 | 1 258.98 | 16.27% |
| 植被 | 1 388 | 16 511.04 | 19 447.47 | 172 | 1 506.72 | 1 816.32 | 9.3% |
| 沙地 | 129 | 7 020 | 1 648.27 | 129 | 7 020 | 1 648.27 | 100% |
| 居民地 | 9 | 92 | 58.71 | 11 | 33 | 55.49 | 94.52% |
| Σ | 2 016 | | 28 892.39 | 427 | | 4 779.06 | 16.54% |

表 7 点、线、面地物变化信息计算分析表

| | 点状 | 线状 | 面状 | I/bit | F |
|--|-----------|-----------|----------|------------|--------|
| | 23 980.22 | 15 988.47 | 4 779.06 | 56 981.86 | 42.08% |
| | | | Σ | 40 813.13 | 39.17% |
| | | | | 28 892.39 | 16.54% |
| | | | | 126 687.38 | 35.32% |

引起的。

表7显示,点状地物的变化信息量最大。从图上分析可知,点状地物变动确实很大,如独立地物、桥、居民地的增减或位置、形状等的改变,这与独立地物等点状地物的易变性是分不开的。线状地物的变化信息量居第二。相对而言,面状地物变动较小,比较稳定,因而它的变化信息量最小。表7的分析结果与实际情况完全相符。

2.4 注记变化信息量的确定

注记是地图信息量中不可缺少的部分。现以植被注记为例,来说明注记变化信息量的确定。由原图上统计出5条注记,即 $n=5$,字体和字级均为1;而在新图上又出现了7条新注记,字体、字级数也为1。同地物变化一样,注记的变化不仅包括注记的增加或减少,还包括字级、字数、名称的改变。在原图中的5条注记都发生了变化,再加上新图中新出现的7条注记,有 $\Delta n=12$, Δt 、 Δs 均为0。因此,植被注记变化信息量 $\Delta I=12\text{bit}$,植被注记原图信息量 $I=15.85\text{bit}$ 。同理,可求得其它注记的变化信息量(见表8)

表8 注记变化信息量计算分析表

| | n | t | s | I/bit | Δn | Δt | Δs | $\Delta I/\text{bit}$ | F |
|-----|----------|-----|-----|----------------|------------|------------|------------|-----------------------|--------|
| 居民地 | 752 | 7 | 2 | 3575.68 | 702 | 3 | 0 | 1630 | 45.59% |
| 水系 | 71 | 4 | 2 | 525.53 | 144 | 2 | 0 | 288 | 54.80% |
| 数字 | 298 | 2 | 1 | 894 | 480 | 1 | 0 | 760.78 | |
| 地名 | 4 | 1 | 1 | 10.34 | 2 | 1 | 0 | 3.17 | 63.53% |
| 地貌 | 21 | 1 | 1 | 54.28 | 26 | 0 | 0 | 26 | |
| 等高线 | Σ | | | 1 243.50 | | | | 789.95 | |
| 植被 | 5 | 1 | 1 | 15.85 | 12 | 0 | 0 | 12 | 75.71% |
| 道路 | 5 | 1 | 1 | 15.85 | 10 | 0 | 0 | 10 | 63.09% |
| | Σ | | | 5 176.41 | | | | 2 729.95 | 53% |

2.5 地图各要素变化信息量的确定

考虑到地图更新方案的多样性,从实际应用出发,还需计算各要素的变化信息量。现以道路为例来说明要素变化信息量的确定。道路的变化信息量由点状地物中桥、线状地物中道路和注记的变化信息量组成。从表2、表4、表8中可得:

$$\begin{aligned}\Delta I_{\text{道}} &= \Delta I_{\text{道(线)}} + \Delta I_{\text{道(注)}} + \Delta I_{\text{桥(点)}} \\ &= 3 660.98\text{bit}\end{aligned}$$

同样,可得道路的原图信息量:

$$I_{\text{道}} = I_{\text{道(线)}} + I_{\text{道(注)}} + I_{\text{桥(点)}} = 7 391.56\text{bit}$$

同理,可得其它要素的变化信息量(见表9)。表9表明,独立地物信息变化率最大。

2.6 信息变化程度分析

求得了变化信息量(见表9),就可对信息变化程度进行分析,确定如何更新地图。地图信息变化程度分析结果见表10。由表10可知,该图需要更新,如分要素考虑,除境界和植被外都需更新。但境界是特殊要素,对现势性要求较高,变化程度即使小于30%也应更新。

表9 各要素变化信息量计算分析表

| | I | ΔI | F |
|------|-----------|------------|----------|
| 居民地 | 58 275.85 | 21 746.68 | 37.3% |
| 地貌 | 28 605.19 | 10 046.4 | 35.12% |
| 道路 | 7 391.56 | 3 660.98 | 49.5% |
| 水系 | 14 643.36 | 4 858.31 | 33.2% |
| 植被 | 19 463.32 | 1 828.32 | 9.4% |
| 境界 | 565.78 | 141.42 | 25% |
| 管线 | 1 947.74 | 2 483.2 | 127.5% |
| 独立地物 | 970.99 | 2 712.39 | 279.3% |
| | Σ | 131 863.79 | 47 477.7 |
| | | | 36% |

表 10 地图信息变化程度分析表

| | 全图 | 独立地物 | 管线 | 道路 | 居民地 | 地貌 | 水系 | 境界 | 植被 |
|---------|------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|------|------|
| F 分析 | 36% | 279.3% | 127.5% | 49.6% | 37.3% | 35.12% | 33.2% | 25% | 9.4% |
| | >35% | >30% | >30% | >30% | >30% | >30% | >30% | <30% | <30% |

参 考 文 献

- 1 何宗宜. 地图信息的量测. 武汉测绘科技大学学报, 1987(1): 70~80
- 2 偶卫军, 姚贤林. 地图信息的测度——综合特征值量测法. 地图, 1988(4): 3~7
- 3 刘宏林. 地图信息度量方法的研究. 郑州测绘学院学报, 1992(3): 49~55
- 4 祝国瑞, 徐肇忠. 普通地图制图中的数学方法. 北京: 测绘出版社, 1990. 146~174

Determining Varied Information Content of Map with Information Method

He Zongyi Bai Tingying Teng Yanmin

(Dept. of Land Information & Cartography, WTUSM, 39 Luoyu Road, Wuhan, China, 430070)

Abstract Information variation of map elements can be measured with information method. Based on this principle a mathematical model used in determining varied information content of map is established. Through an experiment, the result obtained by using this model is proved to be well consistent with the actual variation on the map.

Key words information method; varied information content of map; map revision

科 技 简 讯

由陈永奇教授主持研究的高等学校博士学科点专项科研基金资助项目“变形分析方法的研究”最近结题并评审。该研究的主要成果有：

(1) 变形反分析。是在变形观测物理解释基础上的进一步发展。它利用变形观测数据, 对变形的机理、变形体物理参数和几何特征进行反演。该研究是国际变形观测分析的前沿领域。

(2) 变形分析软件。研制了变形几何分析软件 DEF-ANA, 它综合位移分析法和观测值分析法来估算变形的几何参数。该软件可用于科研和生产实践, 具有重要的实用价值。

(3) 应用灰色系统理论在变形分析中的应用。研究了通过灰色系统(GS)理论来预报变形的时间特性, 还研究了 GPS 系统误差对变形观测的影响。

该成果对理解变形的机理, 改进工程建筑物的设计, 调整矿山开采方式和进度, 防止和减轻自然灾害所造成的损失等, 都有着重要意义。 (周)