

# 航摄底片信息容量的确定\*

宣家斌 S.A.Hempenius

## 摘 要

为了定量地分析航摄底片的信息容量,本文在影象数字化的基础上,从理论上分析信息容量的估算公式,并重点研究用“比特分割”的方法确定其有效的比特数。

【关键词】 信息容量;最佳取样孔径;比特分割

## 一、序 言

任何传感器都是信息传输的通道,评定传感器质量的指标之一就是传感器的“信息容量”,即含有信息的数据量。信息容量越大,表示传感器的功能越强,能够获取的地物信息越多。

在航空摄影中,航摄底片的信息容量既取决于航摄系统(航摄仪,感光材料)本身的质量,也取决于摄取航摄底片时的曝光(大气条件,飞机发动机的震动,象点移位和滤光片的选择)及冲洗条件。为了定量地分析航摄底片的信息容量,本文在影象数字化的基础上,从理论上分析估算信息容量的一般公式,并重点研究用“比特分割”原理确定象元的有效比特数。

## 二、航摄底片的信息容量

航摄底片数字化的第一个步骤,是用测微密度仪(数字化器)对航摄底片进行取样和量化。为此,首先要考虑两个重要的参数,即最佳取样孔径的大小( $d$ )和对密度量化时灰度等级的划分。

显然,取样孔径的大小是底片分解力的函数。底片分解力越高,取样孔径应该越小,这样才能较少地损失原始图象中包含的信息(取样后,某一象元的灰度值是取样孔径点扩散函

本文1986年5月收到。

\* 本文由宣家斌根据参考文献[5]改写。

数与图象上该象元灰度函数的卷积)。对具有一定分解力的航摄影片而言, 取样孔径太大, 就会丢失影像的碎部, 而取样孔径太小, 就会不必要地产生过多的数据量, 而这些多余的数据量并不包含任何额外的信息。

在遥感中, 传感器的瞬时视场 (IFOV) 与其相应的地面分解力 (D) 之间的经验公式为

$$D = 2 \sqrt{2} \times \text{IFOV}$$

由于比例尺为 1 : m 的航摄影片, 其分解力 (R) 与其相应的地面分解力 (D) 之间的关系为

$$R = \frac{m}{D}$$

因此, 按照同样的原理, 最佳取样孔径 d 为

$$d = \frac{1000}{2 \sqrt{2}} R \quad \text{微米} \quad (1)$$

对一张象幅为 23 × 23 厘米的航摄影片而言, 与最佳取样孔径 d 相对应的总象元数为

$$\text{总象元数} = \left( \frac{23 \times 10^4}{d} \right)^2 \quad (2)$$

量化密度时, 灰度等级的划分主要取决于航摄影片的颗粒度 (RMS), 为了保证各级的量化值都包含不同的信息, 按照最小二乘法原理, 量化等级的划分应以 RMS 值的 2 ~ 3 倍为准。如果密度分得过细, 每一级的级差都将小于航摄影片的颗粒噪声, 从而使地物信息被颗粒噪声所淹没。

因此, 对于具有一定影像反差 (密度差) 的航摄影片而言, 若以两倍 RMS 为界, 则量化的级数 N 为

$$N = \frac{\Delta D \times 1000}{2 \times \sigma_d} \quad (3)$$

式中:  $\Delta D$  —— 航摄影片的密度差;

$\sigma_d$  —— 与最佳取样孔径 d 相应的航摄影片的颗粒度。

在计算航摄影片的信息容量时, 根据信息论的要求, 量化等级 N 应以比特数表示, 即取以 2 为底的对数:

$$\text{比特数} = \log_2 N \quad (4)$$

于是, 对于一张象幅为 23 × 23 厘米的航摄影片, 其信息容量的估算公式为

$$C = \left( \frac{23 \times 10^4}{d} \right)^2 \cdot \log_2 \left( \frac{\Delta D \times 1000}{2 \times \sigma_d} \right) \quad (5)$$

公式 (5) 为估算航摄影片信息容量的一般关系式, 它表示航摄影片所能包含信息的数据量, 是航摄影片被最佳取样孔径取样后所得到的总象元数和每个象元的有效比特数的相乘积, 其单位为比特。

由公式 (5) 可以看出, 信息容量直接与三个参数有关, 即最佳取样孔径 d, 与 d 相应的航空软片颗粒度  $\sigma_d$  和航摄影片的影像反差  $\Delta D$ 。因此, 研究航摄影片的信息容量不但对影像数字化具有实际的指导意义, 而且在影像数字化的基础上提供了一种评定象质的方法。

### 三、最佳取样孔径的确定

在实际的航摄底片上, 由于没有分解力规板的影象, 无法直接求得航摄底片的实际分解力。一般只能采用简接的方法, 其中较为简单的方法可概述如下〔3〕:

选择一小块包括城区特征地物的取样区域, 大小为  $2.5 \times 2.5$  平方厘米, 用各种大小的取样孔径 ( $d_1, d_2, d_3 \dots d_i = 2d_{i+1}$ ), 对该取样区域进行扫描, 然后以 50 微米 ( $d_i$ ) 的取样孔径所扫描的数据为基础, 与用较小的取样孔径, 即 25 微米 ( $d_{i+1}$ ) 所扫描的数据进行比较:

$$f_i^k = d_i - d_{i+1}^k \quad (k = 1, 2, 3, 4) \quad (6)$$

即用  $d_i$  的数据减去相应象元上的四个  $d_{i+1}$  数值。然后将由 (6) 式获得的数据, 打印成图象, 如果显示的图象只是一种噪声图象而没有任何特征地物, 则表明用 50 微米的孔径所扫描的数据与用 25 微米的孔径所扫描的数据并不存在质的差别。反之, 则用较小的取样孔径 (25 微米与 12.5 微米) 再进行比较。

这种在同名象元内, 按取样孔径的大小连续相减的方法所确定的最佳取样孔径是比较简单和实用的方法, 而且与当前数字化的技术条件也是一致的。

### 四、有效比特数的确定

在影象数字化时, 测微密度仪将象元的密度值一般都量化成 256 级灰度 ( $2^8$ ), 即 8 比特。这是因为计算机磁带上可提供 8 个磁道记录某一象元的灰度值。但是, 任何传感器所接受的信号, 都带有随机噪声, 就航摄底片而言, 噪声主要来自航空软片的颗粒度以及景物相邻碎部反射光间的交互反射。在航摄底片数字化时, 量化值还会受到数字化器本身量化噪声的影响。所有上述随机噪声 (统称为量化噪声) 都会对量化值产生影响, 其中软片的颗粒噪声是主要的噪声源, 其它两种噪声取决于当时的航空摄影条件和数字化器的质量。

假定相邻两个象元  $x_1, x_2$  的灰度值分别为  $g_1$  和  $g_2$ 。如果这两个象元实际上代表同一地物, 则其灰度值之差应为零, 否则, 就表示存在噪声, 这种噪声可以看作是上述的量化噪声, 并以比特数表示 (图 1)。

显然, 对噪声的分析是不可能按象元逐个进行的,

只能在一个代表典型地物的取样区域内进行综合的分析。以下提出的“比特分割”分析的方法

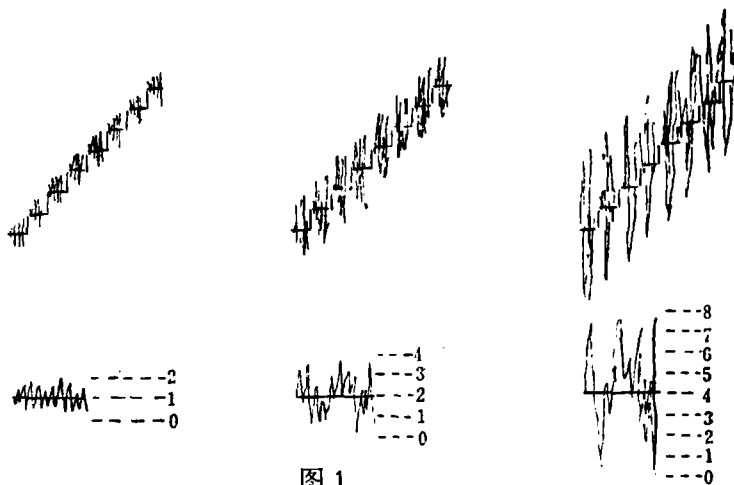


图 1

法，就是在取样区域内，逐个分析每个“比特位”的图象，如果量化的等级是合理的，则从最低的比特位起都应能显示出图象某一部分的信息。

比特分割就是将量化后的数据分成不同的比特位，在每个比特位上交替地以黑、白标记表示0和1。假如图象上有一条公路，量化后的灰度值在24到27之间（图2），图2a表示量化后的原始数据，图2b、c和d分别表示比特分割后在0比特位、1比特位和2比特位时的

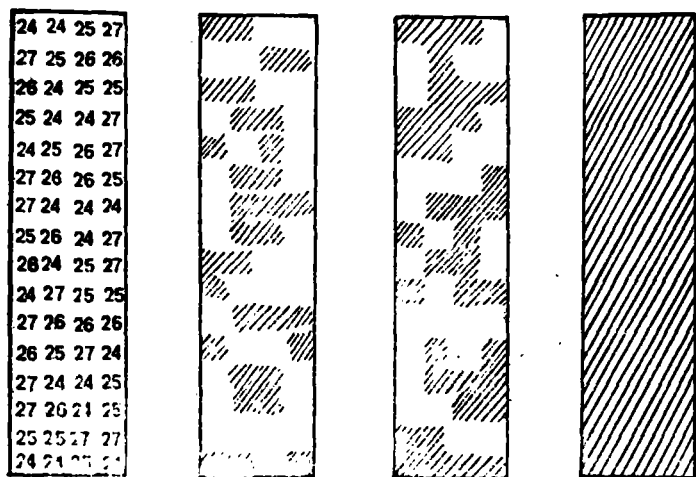


图 2

的图象。公路应该是光强分布均匀的地物，由图2可见，只有在2比特位上才能完整的显示出公路的图象，而在低于2比特位的图象上，由于量化等级太细，显示不出公路的图象，因此在图2的情况下，量化噪声为2比特。

图2只是一种极为简单的例子，由于影象是由不同光强，不同类型的地物所组成，因此比特分割必须在整个灰度范围内，由低比特位

到高比特位系统地进行分析。如果前 $n$ 个比特位都显示噪声图象，则量化噪声为 $n$ 比特，即 $n=1$ ，表示1比特量化噪声（灰度 $\pm 1$ ）， $n=2$ ，表示2比特量化噪声（灰度 $\pm 2$ ）等等。

比特分割的具体步骤如下：

### 1、直方图分析

直方图分析的目的是为了检查灰度的最小值和最大值，从而决定比特分割的层次。

### 2、灰度值移位和压缩

根据直方图分析的资料，将每一灰度值都减去最小灰度值，从而使灰度值从0开始。另外，如果灰度范围的两端象元数不多或存在离散的灰度值，则合并成一个灰度，以便尽可能减少一次比特分割的过程。

### 3、比特分割

将每一个比特分割后的文件，交替地以黑、白标记打印图象。

### 4、比特合成

将 $n$ 个显示为噪声的比特分割图象，合并成一个图象，以最后确定其量化噪声。比特合成在一般情况下是不必要的，因为每次比特分割后的图象是互不相关的，但是，在某些情况下，当对某一比特位的图象无法最后确定其是否为噪声图象时，可以用比特合成作进一步的验证。

## 5、排除量化噪声

通过比特分割的方法确定了量化噪声后，就可以将原始灰度数据进行比特压缩，从而消除量化噪声。

图3为航摄影像的比特分割图象。摄区位于荷兰，爱恩斯赫坦城镇附近，摄影比例尺为1:5000，航摄影为RC—10，航摄影焦距为210毫米，所用的航摄影片为柯达2405，其软片的颗粒度 $\sigma_4$ 。在标准显影条件下为26~30，数字化时取样孔径为50微米，航摄影片的密度差为1.6。

若按(4)式估算，其有效比特数为

$$\log_2 \frac{1600}{52} \doteq 5 \text{ 比特}$$

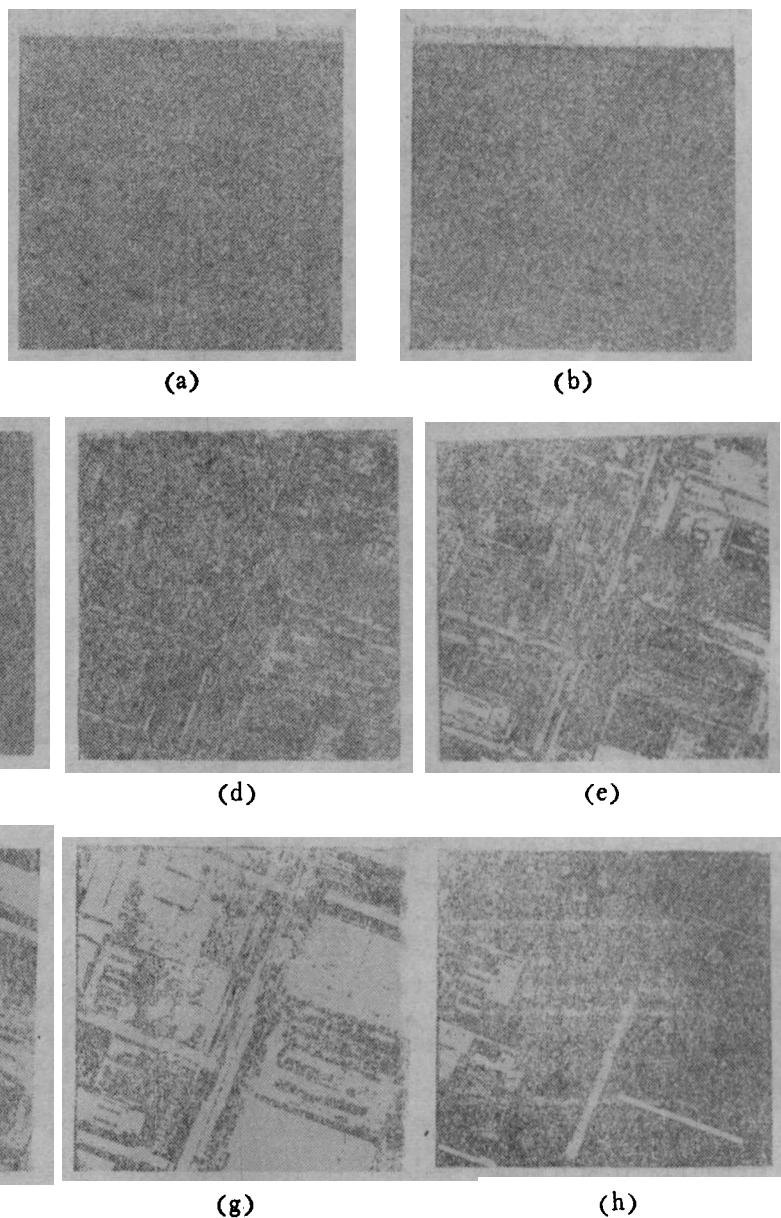


图3

由图3可以看出，在最低的三个比特位上都是量化噪声，即实际有效的比特数为5比特，这不但说明公式(4)是合理的，而且就该数字化数据而言，数字化器的量化噪声和地物间反射光谱的互相干扰并不严重。

图4 (a) 为用8比特表示的原始扫描数据的图象, 图4 (b) 为压缩成5比特后的图象。这两张图象都是在 Optronics C—4300 上用50微米的孔径扫描后再放大成5倍的图象。由图4可见, 压缩成5比特的图象与原始图象之间是完全一致的, 从而再次证明含有信息的有效比特数为5比特。

试验证明, “比特分割”方法可以确定每个象元的有效比特数, 这种方法同样可以用来分析其它用数字形式记录的遥感数据, 从而为分析所有传感器的信息容量提供了切实可行的方法。

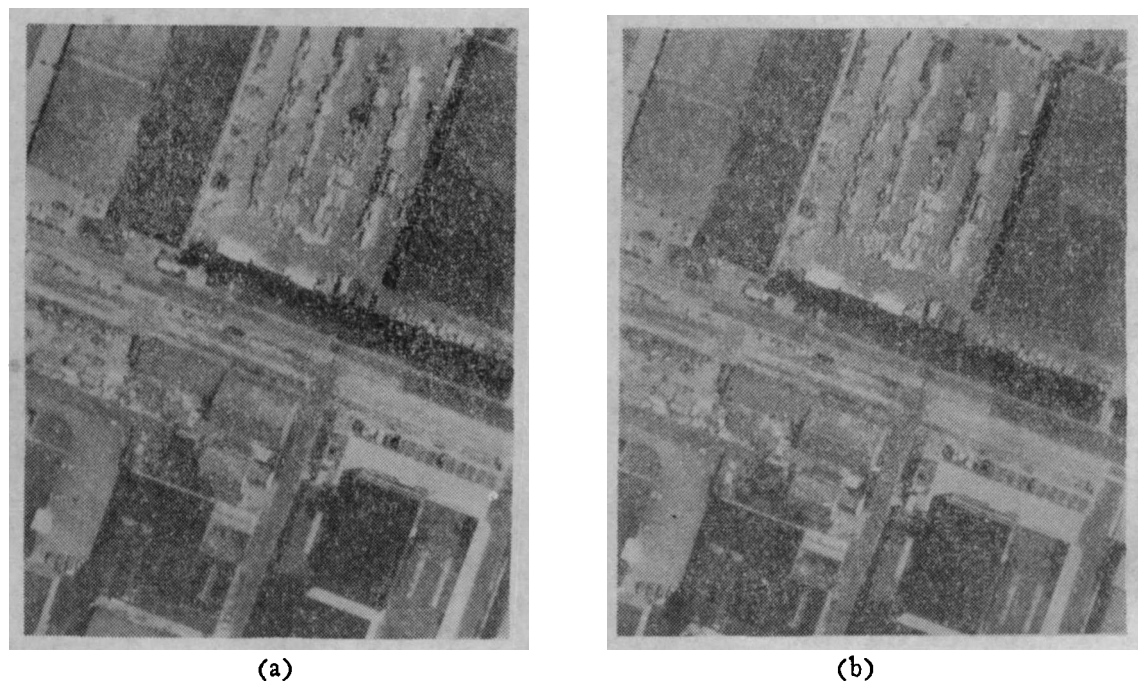


图4

## 五、結 論

本文在影象数字化的基础上, 分析了航摄底片信息容量的估算公式, 并提出用比特分割方法确定其实际的有效比特数。

比特分割方法同样可以研究其它遥感数字化数据的信息容量, 这种方法不但简单、实用而且还可以将比特分割后的某几个带有主体图象的比特分割图进行合成, 用于遥感数据的图象分类或利用比特分割原理确定地球资源卫星专题制图仪第六波段, 即 TM—6 温度辐射标尺的精度<sup>[4]</sup>。

航摄底片的信息容量涉及到与决定影象质量有关的三个主要参数, 即航摄底片的分解力, 航摄软片的颗粒度和影象反差, 这种方法的特点是将影象的宏观质量(影象反差)和微观质量(即显出影象的物理特性)进行综合考虑, 从而在影象数字化的基础上, 提供了一种新的评价象质的方法。

## 参 考 文 献

- [ 1 ] R.C.Gonzalez, P.Wintz, Digital Image Processing, Chapter 2, USA, 1977.
- [ 2 ] P.N.Slater, Remote Sensing — Optics and Optical System, Chapter 12, USA, 1980.
- [ 3 ] P.Lohmann, Digital Image Processing of Metric Camera Imagery, ESA, SP-209, 1985.
- [ 4 ] S.A.Hempenius, Xuan Jiabin, Thermographic Landsat-5 TM Data of Iraq, Libanon and The Netherlands, Presented at the First National Symposium on Remote Sensing, Baghdad, Iraq, 1985.
- [ 5 ] S.A.Hempenius, Xuan Jiabin, On The Equivalent Pixel-Size and Meaningful Bit-Number of Airphotographs, presented at the ISPRS-Commission 1 Symposium, Stuttgart, West Germany, 1986.

## The Determination of Information Content of Aerial Negative

*Xuan Jiabin    S. A. Hempenius*

### Abstract

Any type of sensor, including aerial camera, is an information transmission channel. A formula based on the digital image processing was theoretically analysed for quantitatively estimating the information content on the aerial negative. Major emphasis focuses on the idea of "bitslicing" for determining the effective bit number. As the information content for a given aerial negative deals with resolution, granularity and image contrast, a criterion for evaluating the image quality both in the macro and micro structure was established. The idea described here can readily be adapted to any other type of sensor to estimate the information content in remote sensing.

**[Key Words]** information content, optimal sampling aperture, bitslicing