

武汉大学 2005—2006 学年下学期

《数字摄影测量》试卷(A)答案

一、单项选择题:(从下列各题备选答案中选出一个正确答案,将其代号填写在相应的横线上。每小题 1 分,共 10 分)

1、A; 2、A; 3、C; 4、D; 5、C; 6、A; 7、B; 8、D; 9、D; 10、D。

二、多项选择题:(从下列各题备选答案中选出一个以上正确答案,将其代号填写在相应的横线上。每个空 0.5 分,共 10 分)

1、A, C; 2、A, B; 3、C, D; 4、A, D; 5、C, B; 6、A, B; 7、D, C; 8、B, D; 9、D, B; 10、C, B。

三. 简答题(50 分)

1. 简述利用斜平行投影法制作立体正射影像的原理。(10 分)

答:如果要获得立体效应,就需要引入一个具有人工视差的匹配片。该人工视差的大小应能反映实地的地形起伏情况。最简单的方法是利用投射角为 的平行光线法。

利用斜平行投影法从同一数字高程模型出发制作立体匹配片,必须包括以下几个步骤。

第一步:按 XY 平面上一定间隔的方形格网,将它正射投影到数字高程模型上,获得 X_i 、 Y_i 、 Z_i 坐标,再由共线方程求出对应像点在左片上的坐标 x_i 、 y_i ,用此影像断面数据可制作正射影像。

第二步:由 XY 平面上同样的方格网,沿斜平行投影方向将格网点平行投影到数字高程模型表面,该投影方向平行于 XZ 面。则该投影线与 DEM 表面交点坐标 $\bar{X}_i, \bar{Y}_i, \bar{Z}_i$ 可由下式求出:

$$\bar{Y}_i = Y_i$$

$$\bar{X}_i = [(X_{i+1} - X_i)(X_i + kZ_i) - X_i k(Z_{i+1} - Z_i)] / [X_{i+1} - k(Z_{i+1} - Z_i) - X_i]$$

$$\bar{Z}_i = Z_i + (Z_{i+1} - Z_i)(\bar{X}_i - X_i) / (X_{i+1} - X_i)$$

式中 $k = \tan \theta$

第三步:将斜平行投影后的地表点坐标 $\bar{X}_i, \bar{Y}_i, \bar{Z}_i$ 按中心投影方程式变换到右方影像上去,得到一套影像断面数据 \bar{x}_i, \bar{y}_i ,由此数据可制成立体匹配片。

2. 简述一种框幅式航空影像制作其核线影像的方法。(10 分)

答:利用基于影像几何纠正的核线解折关系方法寻找核线,首先将影像上的核线

投影到一对平行于摄影基线的影像对上后，则核线相互平行。

设倾斜影像上的坐标系为 x, y ；“水平”影像上的坐标系为 u, v 则：

$$\left. \begin{aligned} x &= -f \cdot \frac{a_1 u + b_1 v - c_1 f}{a_3 u + b_3 v - c_3 f} \\ y &= -f \cdot \frac{a_2 u + b_2 v - c_2 f}{a_3 u + b_3 v - c_3 f} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

显然在“水平”影像上， $v = \text{某常数}$ 即表示某一核线。将 $v = c$ 代入 (1) 式，经整理得

$$\left. \begin{aligned} x &= \frac{d_1 u + d_2}{d_3 u + 1} \\ y &= \frac{e_1 u + e_2}{e_3 u + 1} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

若以等间隔取一系列的 u 值 $k\Delta, (k+1)\Delta, (k+2)\Delta, \dots$ ，即解求得一系列的像点坐标 $(x_0, y_0), (x_1, y_1), \dots$ 。这些像点就位于倾斜影像的核线上，若将这些像点经重采样后的灰度 $g(x_0, y_0), g(x_1, y_1), \dots$ 直接赋给“水平”影像上相应的像点，即

$$\begin{aligned} g_0(k\Delta, c) &= g(x_0, y_0) \\ g_0((k+1)\Delta, c) &= g(x_1, y_1) \end{aligned}$$

就能获得“水平”影像上之核线。

由于在“水平”影像对上，同名核线的 v 坐标值相等，因此将同样的 $v' = c$ 代入右影像共线方程：

$$\left. \begin{aligned} x' &= -f \cdot \frac{a_1' u' + b_1' v' - c_1' f}{a_3' u' + b_3' v' - c_3' f} \\ y' &= -f \cdot \frac{a_2' u' + b_2' v' - c_2' f}{a_3' u' + b_3' v' - c_3' f} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

即能获得右影像上的同名核线。

由以上分析可知，此方法的实质是一个数字纠正，将倾斜影像上的核线投影（纠正）到“水平”影像对上，求得“水平”影像对上的同名核线。

3. 请说明利用相关系数的影像匹配和最小二乘法影像匹配的异同点？(10 分)

答：最小二乘影像匹配的基本思想是，在影像匹配中引入几何和辐射变形参数，同时按最小二乘的原则 $\sum v v = \min$ ，在影像匹配的同时解求这些参数。

单纯地利用相关系数测度进行影像匹配算法是，计算目标区域与搜索区域中相同大小影像的相关系数，选择最大相关系数对应窗口中的中心像元为同名点。

两种算法相同点：相关系数是仅考虑辐射的线性畸变的最小二乘匹配。因为相关系数不受左右影像灰度线性畸变的影像，在最小二乘匹配影像匹配中，影像经过几何和辐射变形改正之后，评判它们的相似程度仍用相关系数。因此，可以

两种算法本质是相同的。

不同之处：

(1) 最小二乘影像匹配中把像素的灰度值视为观测值，并充分考虑了影像的系统误差改正，改善了影像匹配的精度。

(2) 最小二乘影像匹配采用最小二乘法计算原则，有利于考虑观测值（像素）与观测值或其他地面目标之间的关系，灵活应用这些控制条件，使其的精度和可靠性有所提高，并使它的解的形式不仅仅局限与传统的左右位移。

(3) 最小二乘影像匹配可以进行多张影像的匹配。并能够与其他匹配算法相结合。

(4) 在最小二乘影像匹配中，由于观测误差方程式是非线性函数，需要进行线性化，因此需要较为准确的初值。

4. 请叙述一种构建不规则的三角网的方法。（10分）

答：三角网 DTM 的建立应基于最佳三角形的条件，即应尽可能保证每个三角形是锐角三角形或三边的长度近似相等，避免出现过大的钝角和过小的锐角。利用角度判断法建立 TIN，是当已知三角形的两个顶点（即一条边）后，利用余弦定理计算备选第三顶点的三角形内角的大小，选择最大者对应的点为该三角形的第三顶点。其步骤为

(1) 将原始数据分块，以便检索所处理三角形邻近的点，而不必检索全部数据。

(2) 确定第一个三角形。从几个离散点中任取一点A，通常可取数据文件中的第一个点或左下角检索格网中的第一个点。在其附近选取距离最近的一个点B作为三角形的第二个点。然后对附近的点C_i，利用余弦定理计算 $\angle C_i$

$$\cos \angle C_i = \frac{a_i^2 + b_i^2 - c^2}{2a_i b_i} \quad (1)$$

其中 $a_i = BC_i$, $b_i = AC_i$, $c = AB$ 。

若 $\angle C = \max\{\angle C_i\}$ ，则 C 为该三角形第三顶点。

(3) 三角形的扩展。

由第一个三角形往外扩展，将全部离散点构成三角网，并要保证三角网中没有重复和交叉的三角形。其做法是依次对每一个已生成的三角形的新增加的两边，按角度最大的原则向外进行扩展，并进行是否重复的检测。

• 向外扩展的处理。若从顶点为 $P_1(X_1, Y_1)$, $P_2(X_2, Y_2)$, $P_3(X_3, Y_3)$ 的三角形之 P_1P_2 边向外扩展，应取位于直线 P_1P_2 与 P_3 异侧的点。 P_1P_2 直线方程为

$$F(X, Y) = (Y_2 - Y_1)(X - X_1) - (X_2 - X_1)(Y_2 - Y_1) = 0 \quad (2)$$

若备选点 P 之坐标为 (X, Y) ，则当

$$F(X, Y) \cdot F(X_3, Y_3) < 0$$

时，P 与 P_3 在直线 P_1P_2 的异侧，该点可作为备选扩展顶点。

• 重复与交叉的检测。由于任意一边最多只能是两个三角形的公共边，因此只需给每一边记下扩展的次数，当该边的扩展次数超过 2，则扩展无效；否则扩

展才有效。

5. 简述利用单张航空影像进行修测的原理。(10 分)

答：由于地图修测的主要内容是地物的增减，因而利用已有的 DEM 可进行单幅影像的修测，这样可节省资金与工时。其步骤为

- (1) 进行单幅影像空间后方交会，确定影像的方位元素；
- (2) 量测像点坐标 (x, y) ；
- (3) 取一高程近似值 Z_0 ；
- (4) 将 (x, y) 与 Z_0 代入共线方程，计算出地面平面坐标近似值 (X_1, Y_1) ；
- (5) 由 (X_1, Y_1) 及 DEM 内插出高程 Z_1 ；
- (6) 重复 (4), (5) 两步骤，直至 $(X_{i+1}, Y_{i+1}, Z_{i+1})$ 与 (X_i, Y_i, Z_i) 之差小于给

定的限差。

用单幅影像与 DEM 进行修测是一个迭代求解过程，当地面坡度与物点的投影方向与竖直方向夹角之和大于等于 90° 时，迭代将不会收敛。此时可在每两次迭代后，求出其高程平均值作为新的 Z ，或在三次迭代后由下式计算近似正确高程：

$$Z = \frac{Z_1 Z_3 - Z_2^2}{Z_1 + Z_3 - 2Z_2} \quad (1)$$

其中 Z_1, Z_2, Z_3 为三次迭代的高程值。此公式是在假定地面为斜平面的基础上推导出来的。

四. 综合题 (30 分)

1. 结合课间编程实习内容，请叙述基于特征点的影像匹配方法原理，并画出相应的程序框图。(15 分)

答：(1) 特征提取：采用一定的特征提取算法对左影像进行特征提取。特征点的分布则可有随机分布和均匀分布。对右影像也进行相应的特征提取，挑选预测区内的特征点作为可能的匹配点，或者右像不进行特征提取，将预测区内的每一点都作为可能的匹配点。或者右影像不进行特征提取，但也不将所有的点作为可能的匹配点，而用“爬山法”搜索，动态地确定各选点。爬山法主要用于二维匹配。对一维匹配仅用于在搜索区边沿取得匹配测度最大的情况。

(2) 特征点的匹配

当影像方位参数未知时，必须进行二维的影像匹配。如果形成核线影像进行一维匹配。如果采用金字塔影像的数据结构，可以采用“深度优先”方式进行匹配，即对最上一层左影像每提取到一个特征点，即对其进行匹配。然后将结果化算到下一层影像进行匹配，直至原始影像。也可以采用“广度优先”方式，即首先对最上一层影像进行特征提取与匹配，将全部点处理完后，将结果化算到下一层，并加密，进行匹配。重复以上过程直至原始影像。

(3) 匹配的准则。

除了运用一定的相似性测度（主要是相关系数）外，一般还可考虑特征的方向，周围已匹配点的结果，如将前一条核线已匹配的点沿边缘线传递到当前核线上同一边缘线上的点。由于特征点的信噪比应该较大，因此其相关系数也应较

大，故可设一较大的阈值，当相关系数高于阈值时，才认为其是匹配点，否则需利用其他条件进一步判别。经验表明，特征的相关系数一般都能达到 0.9 以上。

(4) 粗差的剔除。

可在一个小范围内利用倾斜平面或二次曲面为模型进行视差(或右片对应点位)拟合，将残差大于某一阈值的点作为粗差剔除。

(程序框图略)

2. 真实景观图与模拟景观图的区别是什么？请说明制作真实景观图的原理以及在 Virozo 作业流程。(15 分)

答：景观图比地图要形象、逼真，能够很好地表现地面的真实情况，它在工程设计、农林、水利、环境规划以及旅游等方面都有很好的应用。它分为真实景观图与模拟景观图，前者采用地面目标的真实纹理，而后者是人工利用目标对光线的反射程度来模拟再地面目标的。

真实景观图的制作原理和模拟景观图相似，即在 DEM 透视图的基础上，对每一像素赋予一灰度值(或彩色)，但此时的灰度值(或彩色)并不是由模拟计算得到的明暗度，而是取自对实地所摄影像的真实灰度值。

(1). 由 DEM 与原始影像制作景观图

- 将每一 DEM 格网划分为 $m \times n$ 个地面元，原则依然是使景观图上像素之间无缝隙并尽可能地大；
- 依次计算各地面元在景观图上的像素行列号 (I_i, J_i) ；
- 进行消隐处理；
- 由地面元计算其对应的原始影像像素行列号 (I_p, J_p) ；
- 由双线性内插计算 (I_p, J_p) 的灰度 $g_p(I_p, J_p)$ ；
- 将原始影像灰度 g_p 赋予景观图像素 (I_i, J_i)

$$g_i(I_i, J_i) = g_p(I_p, J_p)$$

以上过程实际上是将透视图的绘制与正射影像图的制作结合起来进行的过程。

(2). 由 DEM 与正射影像制作景观图

如果已经有了正射影像图，则不需利用原始影像，而可以直接利用正射影像制作景观图，这样可以大大地节省计算工作量。其处理过程的前(1)(2)(3)步与利用原始影像时完全相同，所不同的步骤为：

- 由地面元计算其对应的正射影像像素行列号，此时是简单的平移与缩放，而不需利用共线方程来计算；
- 将正射影像相应像素的灰度值 g_0 取出赋予景观图像素 (I_i, J_i)

$$g_i(I_i, J_i) = g_0$$

(作业流程略)