

武汉大学遥感信息工程学院

2005---2006 学年度第 二 学期期末考试

《摄影测量学》试卷参考答案

一、 名词解释：

1 、影像匹配：

【答】通过一定的匹配算法在两幅或多幅影像之间识别同名点，如二维影像匹配中通过比较目标区和搜索区中相同大小的窗口的相关系数，取搜索区中相关系数最大所对应的窗口中心点作为同名点；

2、 金字塔影像：

【答】对二维影像进行低通滤波，并逐渐增大采样间隔，形成的影像像素数依次减少的影像序列；

3、 立体正射影像对：

【答】由正射影像和通过该正射影像生成的立体匹配片两者组成的立体相对；

4、 同名核线：

【答】 同一核面与左右影像相交形成的两条核线，其中核面指物方点与摄影基线所确定的平面；

5、 立体透视图：

【答】运用透视原理和一定的数学模型（共线方程）将物方具有三维信息的点转换到指定的平面上，并通过消影处理获得立体透视效果。

二、 简答题：

- 1、 以图 1 所示数字高程模型矩形格网为例,请说明图 1 中所画等高线的跟踪过程.如果有特征线存在,应该如何处理?

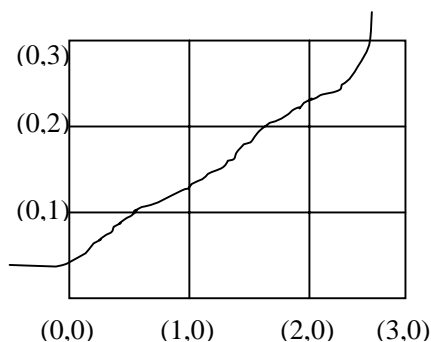


图 1 基于矩形格网的等高线跟踪

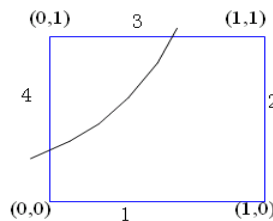
【答】1、等高线的跟踪过程：

(1) 确定等高线高程：根据格网中最低点 Z_{\min} 与最高点 Z_{\max} ，计算最低点高程 z_{\min} 与最高点高程 z_{\max} ， $z_{\min} = INT(\frac{Z_{\min}}{\Delta Z} + 1) \cdot \Delta Z$ ， $z_{\max} = INT(\frac{Z_{\max}}{\Delta Z}) \cdot \Delta Z$ ，

$$\text{取 } z_k = z_{\min} + k \cdot \Delta Z \quad (k=0, 1, \dots)$$

(2) 初始化状态矩阵，依据本题所画的矩形格网，设其中等高线所示高程为 z_k ，由 $v_{0,0}=1$ ， $v_{3,0}=0$ ， $h_{0,3}=1$ ， $h_{0,0}=1$ 可知该等高线为开曲线；

(3) 由 $v_{0,0}=1$ 得该等高线的起始点，其坐标通过线性内插可得 $\begin{cases} X = X_0 \\ Y = Y_0 + \frac{z - Z_0}{Z_1 - Z_0} \cdot (Y_1 - Y_0) \end{cases}$ ，按逆顺针对格网边进行编号，可知 $IN=1$ ，然后搜索跟踪等高线出的方向；



(4) 判断 $(Z_{i,j} - z_k)(Z_{i+1,j} - z_k)$ 与 0 的大小以及 $(Z_{i,j} - z_k)(Z_{i,j+1} - z_k)$ 与 0 的大小，由图可知： $(Z_{0,1} - z_k)(Z_{1,1} - z_k) < 0$ ，而其它的均大于 0，所以 $OUT=3$ ，并将状态矩阵中相应的元素置为 0，同时对于下一个格网 $IN=1$ ；

(5) 重复第 5 步，依次向下搜索跟踪，并每次将上一格网的出边作为这次格网的进入边，直至跟踪到边界（状态矩阵的所有元素变为 0）；

2、地形特征线的处理：

地形特征线是表示地貌形态、特征的重要结构线，在等高线绘制过程中必须考虑地形特征线以正确表示地貌形态，在跟踪等高线时应注意：

- (1)、若在某一条格网边上由地形特征线穿过，必须特征线与格网线的交点与相应的格网点内插等高线点，而不能直接用格网点内插等高线；
- (2) 当等高线穿过山脊线（山谷线）时，还必须在山脊线（山谷线）上补插等高线点；
- (3) 当等高线遇到断裂线或边界时，等高线必须断在断裂线或边界线上；

1、图 2 是一幅 SPOT 影像，当影像的外方位元素和 DEM 已知时，如何制作正射影像，请说明其原理过程，并指出与框幅式的航空影像制作正射影像算法的相同和不同之处。

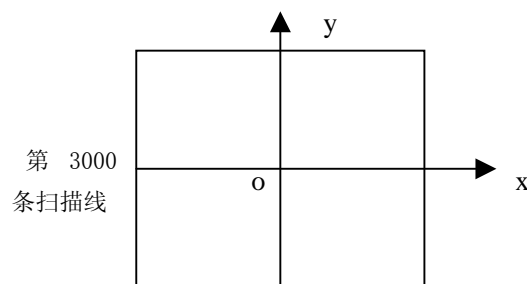


图2 一幅 SPOT 影像

【答】对于 SPOT 影像，当外方位元素和 DEM 已知知识，可采用直接法和间接法结合的方法制作正射影像：

1、 正解法解求影像规则格网点对应的地面坐标：在影像上确定一个规则格网，由内定向可确定像元 (i, j) 所对应的影像坐标 (x, y)，通过正解法数字纠正结合 DEM 利用下述公式可求得相应的地面点 (X, Y, Z)，地面点组成的为一非规则格网；

$$\begin{aligned}
 X &= X_s(t) + \frac{a_1(t)x - a_3(t)f}{c_1(t)x - c_3(t)f} (Z - Z_s(t)) & \varphi_i &= \varphi_0 + (l_i - l_0)\Delta\varphi \\
 Y &= Y_s(t) + \frac{b_1(t)x - b_3(t)f}{c_1(t)x - c_3(t)f} (Z - Z_s(t)) & \omega_i &= \omega_0 + (l_i - l_0)\Delta\omega \\
 & & \kappa_i &= \kappa_0 + (l_i - l_0)\Delta\kappa \\
 & & X_{Si} &= X_{S0} + (l_i - l_0)\Delta X_s \\
 & & Y_{Si} &= Y_{S0} + (l_i - l_0)\Delta Y_s \\
 & & Z_{Si} &= Z_{S0} + (l_i - l_0)\Delta Z_s
 \end{aligned}$$

2、 内插求解地面规则格网对应的像点坐标：由非规则的地面格网点拟合出平面，采用四个点可拟合出平面，

$x' = a_0 + a_1X' + a_2Y'$ 由此可由地面规则格网点坐标 (Xp, Yp) 计算出其对应的像点坐标 $y' = b_0 + b_1X' + b_2Y'$ 标 (xp, yp)；

3、 反解法计算各地面元对应像素坐标的：重复第三步可得到地面所有规则格网点的影像坐标，然后通过双线性内插即可得到每一个地面元所对应的影像坐标，再经过灰度重采样和赋值即可获得正射影像。

由于 SPOT 影像是线阵扫描式影像，每一条影像的外方位元素都不同，在采用正解法或反解法制作正射影像时都存在迭代求解的过程，框幅式航空影像是点投影式影像，整幅影像的外方位元素唯一，制作正射影像采用反解法时无需迭代；另一方面 SPOT 影像可采用多项式纠正的方法来制作正射影像，而多项式纠正法则不适合于框幅式航空影像制作正射影像；

两者在制作正射影像时都存在通过原始影像内插、重采样来获得每一个地面元所对应的影像坐标及其灰度值，以构成正射影像的过程；

3. “相关系数最大”影像匹配、基于物方的 VLL 法影像匹配和最小二乘法

影像匹配的相同点及差别是什么？

【答】“相关系数最大”影像匹配是指在左影像上以目标点为中心选取一定大小的区域作为目标区，将右片同名点可能存在的区域作为搜索区，比较目标窗口和搜索区内同大小窗口的灰度相关系数，将相关系数最大所对应的窗口的中心作为同名点。

基于物方的 VLL 法影像匹配是在待定点的地面平面坐标已知的情况下，通过共线方程和合理的高程设定值，解算其相应的像点坐标，通过比较不同高程所对应的像点的相关测度，取最大测度处的像点作为同名点，相应的高程作为物点的高程；

最小二乘法影像匹配是指顾及影像的几何和辐射畸变并引入相应的变形参数，同时按最小二乘的原则解求这些参数，将相关系数最大处的左片目标窗口采用坐标梯度加权平均作为目标点，右片同名点的位置由求得的几何参数计算而得；

由上可知三种匹配算法的相同点：都是基于灰度的影像匹配，都用到了相关系数最大作为匹配的测度；

不同点：“相关系数最大”影像匹配是基于像方的，通过选定目标区窗口与搜索区中相应大小的窗口中相关系数最大的窗口中心点作为同名点，匹配精度与窗口大小、影像信噪比有关；

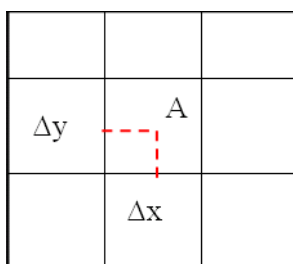
“基于物方的 VLL 法”影像匹配是基于物方的，而且能直接确定物方点的空间三维坐标，将不同高程处所对应左右影像中的像点作为可能的匹配点，取相关系数最大处作为同名像点，同时也获得了物点的高程信息，匹配精度与步距 dz 、影像信噪比、匹配窗口大小有关；

“最小二乘法”影像匹配是基于像方的，考虑了几何畸变、辐射畸变等系统误差，可灵活引入了各种参数和约束条件，匹配精度较高，可达子像素级，匹配点的位置左片通过窗口梯度加权平均而求得，右片由求得的几何参数计算而得，匹配精度与信噪比、影像的纹理结构有关。

4. 简述一次样条有限元数字高程模型内插方法的原理流程

【答】一次样条有限元数字高程模型内插方法的原理为：

$$\phi(x, y) = (1 - \Delta x)(1 - \Delta y)C_{i,j} + \Delta x(1 - \Delta y)C_{i+1,j} + (1 - \Delta x)\Delta y C_{i,j+1} + \Delta x \Delta y C_{i+1,j+1}$$



如上所示 A (X, Y) 距格网点 (i, j) 的距离分别为 Δx 、 Δy ，(Δx , Δy 是以格网边长为单位时点 A 相对于点 P_{ij} 的坐标增量) 则根据线性内插原理可知：

$$v_A = (1 - \Delta X)(1 - \Delta Y)Z_{i,j} + \Delta X(1 - \Delta Y)Z_{i+1,j} + (1 - \Delta X)\Delta Y Z_{i,j+1} + \Delta X \Delta Y Z_{i+1,j+1} - Z_A$$

在有 n 个已知高程点时，可列出 n 个方程，用平差的方法即可求得格网点的高程，为了保证地面的圆滑和连续可引入 x 和 y 方向的二次差分为 0 作为虚拟观测值：

$$v_x(i, j) = Z_{i-1, j} - 2Z_{i, j} + Z_{i+1, j} - 0$$

$$v_y(i, j) = Z_{i, j-1} - 2Z_{i, j} + Z_{i, j+1} - 0$$

结合观测值和虚拟观测值，采用最小二乘法解算即可内插得到格网点处的高程值 $z(i, j)$ 。

三、综合题

1、什么是特征匹配？它与基于灰度的影像匹配有什么不同？结合课间编程实习内容，请说明实现自动相对定向的方法原理和关键技术

【答】特征匹配是指通过分别提取左右片影像或多张影像的特征（点、线、面等特征），对特征进行参数描述，然后运用所描述的参数来进行匹配的一种匹配算法；

特征匹配与灰度匹配的区别：灰度匹配是基于像素的，特征匹配则是基于区域的，特征匹配在考虑像素灰度的同时还考虑诸如空间整体特征、空间关系等因素；

自动相对定向的方法原理：用特征提取算子提取左影像上的特征点，根据一定的匹配算法找出左片上的特征点在右片上的同名点，采用粗差剔除法去掉误差超限的同名点，留下 5 组以上的同名点对，根据相对定向原理有左右影像上的同名像点解算 5 个相对定向元素；

关键技术：

(1). 特征点的自动提取：可通过 Moravec 算子或 Forstner 算子进行特征点的自动提取；

(2). 特征点的自动匹配：依据影像的实际情况采用适当的匹配算法如采用最小二乘法影像匹配、跨接法影像匹配等，对于右片既可以通过特征提取挑选预测区内的特征点作为可能的匹配点，也可以不进行特征提取将预测区内的每一点作为可能的匹配点，或“爬山法”搜索动态地确定各选点；

(3). 粗差剔除：由于所选同名点较多，为保证相对定向元素的求解结果精度较高，在匹配后必须针对匹配结果剔除误差过大的同名点，但必须保留至少 5 对同名点；

(4). 相对定向解算：定向元素与采用连续法还是独立法相对定向有关；

2、除了所学过的影像匹配方法之外,你还知道哪几种比较有效的匹配算法,请叙述其中一种方法的基本原理及特点

【答】其他类匹配算法：遗传算法、动态规划算法、附加空间相互关系约束的区域匹配算法，以及综合多种算法优点的匹配算法。

附加空间相互关系约束的区域匹配算法的基本原理：在对图像进行区域分割、特征提取的基础上，附加与周围地物的空间相互关系作为约束条件进行区域匹配，以提高匹配的精度和可靠性；

特点：

一、精度比单纯依赖区域特征进行匹配有所提高；

二、在影像存在平移、缩放、旋转的情况下，附加空间相互关系能显著提高匹配的可靠性；

三、对空间相互关系的描述和附加参数的设置比较复杂，还需进一步完善。