

《遥感应用模型实习》指导书

气溶胶定量反演

一、 实习目的

通过本次实习加强对遥感应用模型课程理论知识的理解，增强用遥感方法解决实际问题的能力。掌握数据准备，数据预处理，模型建立，数据处理，结果输出等操作过程。

能对 MODIS 数据进行格式转换，裁减，图层分离，像元合并，利用角度数据的处理。能对无云的地区进行暗目标提取。知道 6S 模型，掌握气溶胶反演的原理，能建立查找表。了解气溶胶定量反演的过程和步骤。

二、 实习原理

大气气溶胶是指大气中悬浮的半径小于几十微米的固态或液态微粒。气溶胶在大气辐射收支平衡和全球气候中扮演着重要的角色，是大气物理学中的重要研究对象。一方面，气溶胶通过散射和吸收太阳辐射及地面辐射直接影响地-气系统的辐射收支平衡；另一方面，大量的气溶胶粒子作为云凝结核，可以使单位体积的云粒子数量增加，云滴半径减小，增加云的短波反射率，同时增加云的生命时间，这种变化影响地气系统的短波辐射和长波辐射。

气溶胶不仅影响全球变化，而且也是影响区域大气环境质量的主要因素。在对气溶胶的遥感监测方面，高分辨率的卫星遥感不但提供了监测大气气溶胶的可能性，而且还弥补了一般地面观测难以反映气溶胶空间具体分布和变化趋向不同的缺陷，为全球和区域气候的研究以及城市污染的分析提供了丰富的研究资料。通常所指的烟、雾、尘等都属于气溶胶，它对大气中发生的许多物理化学过程有着重要的影响。气溶胶的重要性主要体现在以下几个方面：

1、气溶胶是重要气象参数之一

气溶胶本身就是一种重要的气象参数，是大气中一种不确定性成分，其变化速度快，受人和天气的影响比较大。气溶胶的浓度可用于指示大气中的污染程度，现在的天气预报中加入了空气指数预报一项，其中的污染物都属于气溶胶。所以气溶胶参数的反演，不仅可以用于定量遥感中大气校正的部分，也可以直接或间接的用于指示空气的污染程度。气溶胶作为一种气象参数，在许多关于大气、生态和环境等的科学研究方面都是不可或缺的参数。在气象科学上有一套测算气溶

胶参数的方法,但这些传统的方法都是基于观测台站的,是一种基于点上的数据,而在实际应用中所关心的则是整个地区的数据,这也是用遥感手段来进行反演气溶胶参数的重要原因之一。

2、气溶胶反演是进行大气校正的基础

在进行遥感数据处理的时候,一般会对图像进行大气校正,但这种校正或是在已有的气象参数基础上进行的,而这些参数也只是点上的参数,对于遥感数据这种“面”上的数据而言,无论是在精度或者是在应用处理上都存在一定的困难;又或是在假设其中的气象参数是已知的,来进行大气校正。这两个方法都可以在一定程度上来缓解大气对接受数据的影响,但是都不能很精确的解决这个问题。这就要求获取当时当地的气象参数(主要是气溶胶和大气水汽参数),来进行大气校正。

3、大气校正需要与地表信息的耦合

在做大气校正的时候,气溶胶和水汽等气象参数与地表信息是关键的两部分,这两部分缺少任何一个部分都是不完整的,处理出来的结果也是不够精确的。在前述基础上就要求,对地表信息进行耦合来更加精确的解决大气校正的问题。

4、6S 模型

6S 辐射传输模式是由法国大气光学实验室(Laboratoire d'Optique Atmosphérique) 5S 模式基础上发展而来的,主要有以下特点:

- 模式的光谱适用范围为太阳短波波段: 0.25um-4.0um
- 模式适合计算无云大气的辐射传输,考虑了水汽、臭氧、氧气、二氧化碳及其他微量和痕量气体的吸收,考虑了气溶胶的吸收和散射以及气体分子散射,模式适合的能见度范围一般应大于 5 公里
- 定义了多种卫星遥感仪器的波段响应函数可供选择,主要是美国和欧洲的卫星遥感仪器,如 AVHRR1、2 通道, GOES 可见光通道等。另外也可以由用户自己由自己定义仪器响应函数, GMS 可见光通道没有事先定义,因此在的反演过程中由自己定义。
- 有多种下垫面情况可供选择,从最简单的均匀朗伯面到比较复杂的非均匀非朗伯面,程序也提供了 4 种典型的地面反射率可供选择,还有多种双向反射率分布函数可供用户选择。另外用户也可以根据已知的地面反射率特性自己定义。
- 程序中大气模型可以自己定义,也可以按程序中的大气模型定义,其中

程序自带的大气模型与 LOWTRAN 中 6 种标准大气模型一致。

●程序中有关气溶胶的定义部分也特别灵活，除了包括 SRA 定义的三种标准对流层大气气溶胶模型，还有沙漠背景气溶胶模型、生物燃烧气溶胶模型、平流层气溶胶模型等；另外还可以根据 SRA 的四种基本组份：水溶性、沙尘性、海洋性及煤烟性组份自己定义比例。除此之外还可以根据多模态对数正态分布、容格分布、修正的 Γ 分布来定义粒子谱和复折射率等参数或根据光度计实测的数据输入。

●还有一个重要的特点是它可以根据输入的大气和气溶胶参数作大气订正，根据输入的卫星测得的辐射或反射率反演地面反射率。

5.地表反照率的确定

用暗目标法确定地表反照率。确定 0.47 微米和 0.66 微米的地面反射率：

$$\rho_{0.49} = \rho_{2.1} / 4 \quad \rho_{0.66} = \rho_{2.1} / 2, \quad \rho_{2.1} \text{ 是 7 波段的暗目标的反射率。}$$

6、气溶胶类型的确定。确定气溶胶是什么类型的，本次的气溶胶类型是大陆型。

7、查找表的建立。

8、气溶胶反演模型基本原理

如果知道了下垫面的反射率，并假定一定大气气溶胶模型，可以反演得到气溶胶光学厚度。辐射传输过程一般利用辐射传输模型来完成。业务的反演算法为节省时间采用一个含有多维变量的查找表（LUT）。

9、查找表

反演气溶胶的基本方法就是首先针对不同的气溶胶类型，改变地表反照率、太阳和卫星方位和气溶胶光学厚度等参数计算卫星接收到的表观反照率，做出查算表。在确定了气溶胶模型之后，用实际的卫星接收得到的表观反照率及其他参数查算相应的表就得到气溶胶光学厚度。本实验针对 MODIS 光谱通道计算卫星观测到的辐射度，并不做出所有类型的查算表，只做出 0.67 和 0.46 微米波段的大陆型气溶胶的查算表，及其气溶胶的相函数和散射比的查算表，确定气溶胶类型之后，查算此表得到相函数 $p\lambda$ 和散射比 $\omega\lambda$ ，利用如下关系，确定光学厚度。

$$\tau_{\lambda} = \frac{\tau_{con} p_{con} \omega_{con}}{p_{\lambda} \omega_{\lambda}}$$

三、 实习内容

1.对给定的 MODIS 数据进行预处理，包括格式转换，裁剪，图层分离，像元合并——就是把 MODIS 的 250 米和 500 米分辨率的影像转化为 1000 米分辨率的影像，以便利用 1000 米分辨率的角度数据，角度数据的处理——把余弦值化为度数。

2.暗目标的提取，把第 7 波段的数值值乘上 7 波段的系数，得到的值如果在 0.036 与 0.044 之间的话，就把像素值改为 255，否则该为 0。并记录暗目标所在的行号和列号。

3. 查找表的建立。建立 1 波段、3 波段的光学厚度的查找表。

4. 利用查找表进行气溶胶光学厚度的查询得到光学厚度，然后进行光学厚度的内插，得到全副图象的光学厚度分布图。

四、 实习步骤

(一)数据预处理

用 ERDAS 的 Import 模块把格式为 BIN 的 MODIS 数据转换为 IMG 格式，在弹出的对话框中设置参数，把数据格式设为 BSQ，如果是角度数据，把数据类型设为 IEEE 32 Bit Float，其他的数据设为 Unsigned int 16 bit, 在下面的 Rows 和 Cols 中根据附给的 Readme 文件中的数据来设置，在 Bands 中输入波段数，250 米的有两个波段，500 米的有 5 个波段，1000 米的有 29 个波段。然后点 OK 完成格式转换。

裁剪：是用 DataPrep 模块下 Subset Image 来完成裁剪，裁剪重要的是知道要裁剪的区域范围。由于格式转换后的 IMG 文件没有头文件，不能用地地理位置数据来裁剪，裁剪是根据老师给的已经裁剪好的数据反算得到裁剪的范围，在反算时要注意分辨率对裁剪范围的影响。

图层分离：从 250 米和 500 米分辨率的数据提出 1 波段、3 波段、7 波段数据。用 Interpreter 模块下的 Utilities→Layer Stack 来完成图层分离。分离很简单，须要注意的是 1、3、7 波段对应那一层数据以便分出需要的图层。角度数据现在可以不分离，在用 Modeler 模块把余弦值转化为度数时能够完成图层分

离。

像元合并:用Interpreter模块下的 Utilities→Degrade来完成像元合并。像元合并是把 250 米和 500 米分辨率的数据转化为 1000 米分辨率的数据。在像元合并时,在 X Scale 和 Y Scale 中设置把多少个像元合并为一个像元。对于 250 米,都设为 4,对于 500 米都设为 2。就可以完成像元的合并。

角度数据的处理:用 Modeler 模块下 Model Maker 来的把余弦值转化为度数。新建一个模型,把输入文件设为裁剪后的角度文件,模型里面的公式是用 Functions 下面的 ACOS (<arg1>), 在下面的输入模型的框中输入: ACOS (<arg1>)/3.14115926*180, 其中<arg1>为要计算的图层数据,这个只要在上面的显示的所有图层中点击所要的图层。要转化的是 1、2、3、4、7 这 5 个图层。选择输出文件,点工具栏的运行按钮就开始转化了。

(二) 暗目标的提取

暗目标的提取是用像元合并后的 1000 米分辨率的第 7 波段后的数据来进行波段的提取。

将像元值乘上它的波段系数 $2.67215e-05$, 如果得到的值在 0.036 与 0.044 之间的话,就是暗目标。在暗目标的提取过程中,如果是暗目标的话,就把像元值设为 255,不是的话,就把像元值设为 0,并把是暗目标所在的行号和列号输出来,以便进行下一步分析。

(三) 查找表的建立

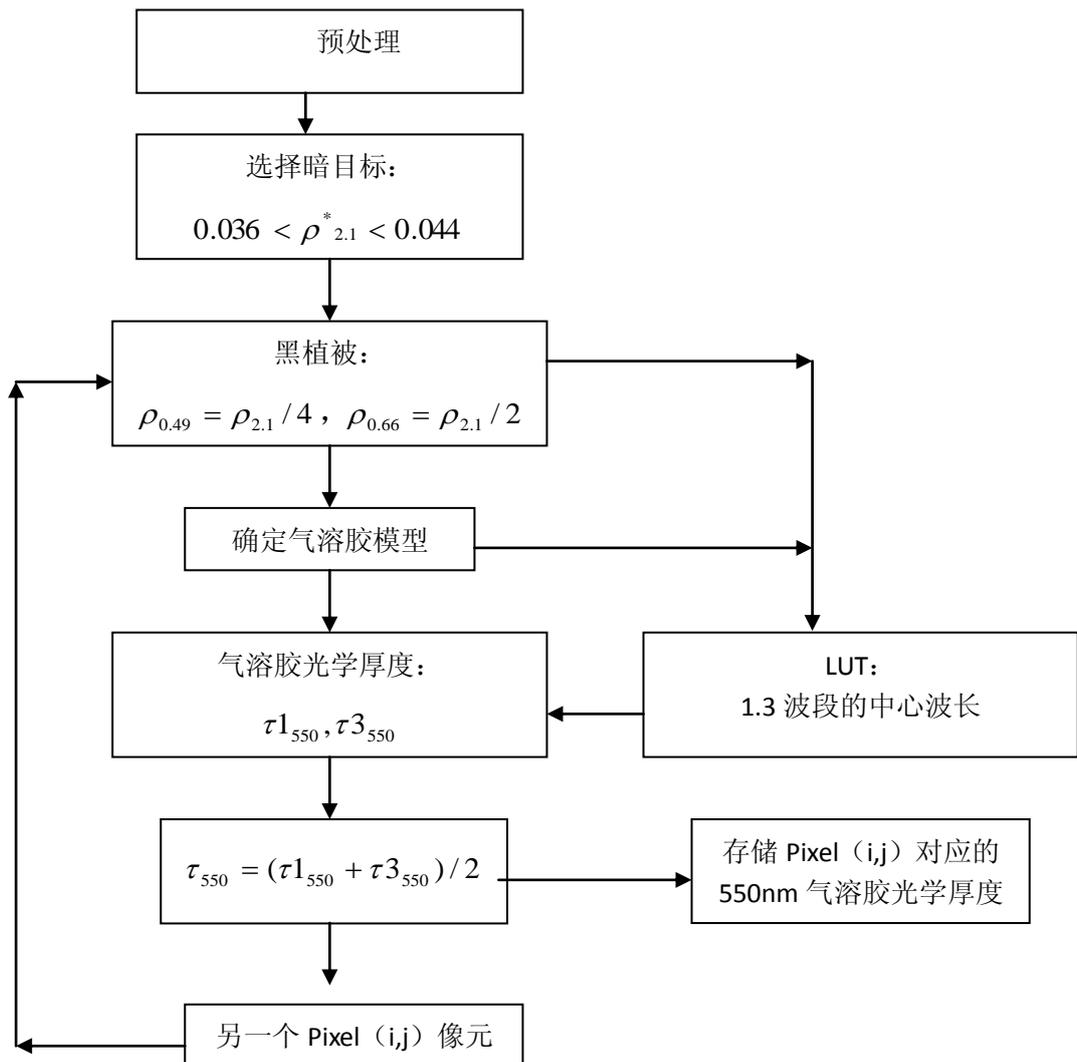
建立 1 波段和 3 波段的查找表的建立。查找表是用太阳天顶角、卫星天顶角、相对方位角、光学厚度、气溶胶类型、地表反射率来等参数来计算表观反照率。建立的查找表只考虑气溶胶光学厚度在 0.1-1.0 之间的值,考虑到内插精度问题,每间隔 0.1; 太阳天顶角考虑 62.00-63.00, 每间隔 0.20; 卫星天顶角考虑 40.00-40.80, 每间隔 0.20; 相对方位角 26-34, 每间隔 1; 地面反射率 0.018-0.022, 每间隔 0.001。以上参数用于 6S 所需要的输入参数,进行查找表的运算,得到查找表。

(四) 气溶胶厚度反演

根据上面建立的 1、3 波段的查找表,以及暗目标提取时得到的行号和列号,以及行列号对应的太阳天顶角、卫星方位角、相对方位角、地表反射率,表观反照率来进行查找表的查询得到各个波段的气溶胶光学厚度。地表反射率是有 7

波段的暗目标处的值与其系数的乘积, 表观反照率是波段的数据值与其自身的系数的乘积。

最后的气溶胶光学厚度是上面得到的 1、3 波段的气溶胶光学厚度的平均值。但是只是得到了暗目标点出的气溶胶光学厚度, 因此还要进行气溶胶光学厚度的内插, 得到暗目标周围不是暗目标的点的气溶胶光学厚度, 就得到气溶胶光学厚度的分布图。



NDVI 与气象因子相关性分析

一、实习目的和要求

了解 MODIS 数据的特点；

通过对鄂西北枣阳地区 MODIS 影像进行分析地区冬春季小麦种植情况与气象因子相关性分析，了解植被遥感概况和方法；

熟悉植被指数，尤其是 NDVI，并分析 NDVI 与气象因子的关系；

掌握 NDVI 及各种遥感数据的处理方法，并在此基础上制作 NDVI 与气象因子相关性成果图。

二、实习原理

1. 数据准备与数据预处理

MODIS 1B 数据虽然经过定位和辐射定标处理，仍然不能直接统计分析之中，因为数据中仍然存在着影响数据质量的问题。在进行专业的定量计算分析之前，必须对其进行一系列的预处理。在进行专业的定量计算分析之前，必须对其进行一系列的预处理，包括去除条带噪声，Bow-tie 校正，太阳天顶角订正和几何校正。

由于受大气传输效应和传感器成像特征的影响，原始遥感图像常包含严重的几何变形。几何校正的目的就是要改正原始图像由于各种误差导致的几何变形，产生一幅符合某种地图投影或图形表达要求的新图像。由于 MODIS 数据自带了经纬度信息，因此我们可以用地面控制点 (Ground Control Point, GCP) 方法进行几何校正。其原理是用地面控制点数据对原始卫星图像的几何畸变过程进行数学模拟，建立原始的畸变图像空间与校正空间之间的某种对应关系，利用这种对应关系把畸变空间中的全部元素变换到校正图像中去，从而实现几何精度校正。

此外，影像在转换到标准地理空间之后必然产生变形，在选择投影方式时应根据数据特点及应用的需要选取合适的投影方式，能够尽量减少投影变换后的影像几何变形。根据 MODIS 数据自身的特点和我们应用的需要，我们选用 Lambert Conformal Conic 投影，Krassovsky 椭球坐标系。

2. NDVI 与气象因子

研究植被指数与生物物理参数(叶面积指数，叶绿素含量，植被覆盖度，生物量等)植被指数与地表生态环境参数(气温、降水、蒸发量、土壤水分等)的关

系，以提高植物遥感的精度，并深入探讨植被在地表物质能量交换中的作用，已经成为植物遥感的主要研究内容。在这些植被指数中，通常选用对绿色植物(叶绿素引起的)强吸收的可见光红光波段(0.6 μ m -0.7 μ m)和对绿色植物(叶内组织引起的)高反射和高透射的近红外波段(0.7 μ m -1.1 μ m)。这两个波段不仅是植物光谱、光合作用中最重要的波段，而且他们对同一生物物理现象的光谱响应截然相反，形成明显的反差，因此可以对它们用比值、差分、线性组合等方式来增强植被信息，同时使非植被信息最小化。其中最常用的是归一化植被指数

(NDVI)，本次实习就是使用此种植被指数，公式为

$$NDVI = \frac{DN_{NIR} - DN_R}{DN_{NIR} + DN_R} \quad \text{或} \quad NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_R}{\rho_{NIR} + \rho_R}$$

而可能与植被指数有关的气象因子，主要包括：降水、气温、积温、日照时数以及相对湿度。

3. NDVI 与气象因子相关性分析相关原理

积温：根据积温的定义，它是在一定时间段内影响到植物生长的累计温度，因此针对试验区主要作物为小麦的实际情况，将 0℃ 以上的日平均气温累加，以每年 1 月 1 日为时间起点，获得对应日期的积温值。而这些值，都是在气象站记录数值乘上 0.1 后的具有实际物理意义的量。

降水：由于植物生长对单次降水的相应有明显的延时，将研究用降水定义为时间点前 15 天累计降水。

日照：植物生长对日照的相应，同样具有延时效益，因此，对日照时数分别取时间点前 5 天、10 天、15 天累计值，来研究其与植被指数的相关性。

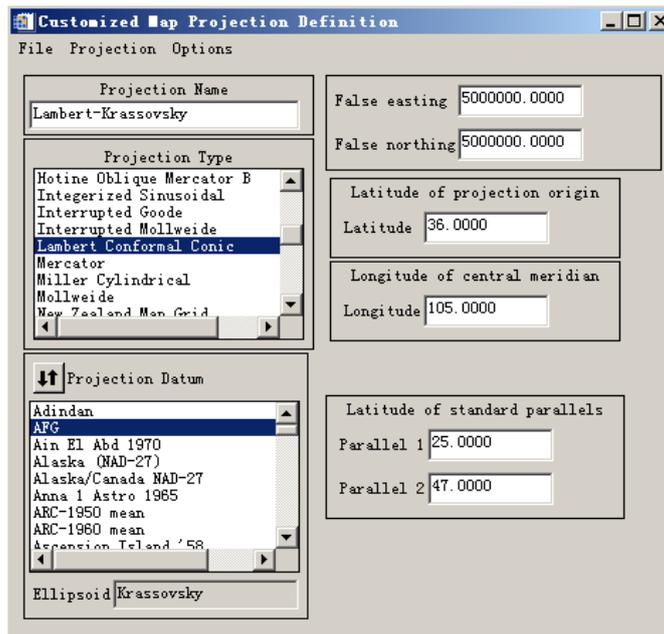
三、实习内容与步骤 1. 数据准备（影像裁剪、整理）

去除条带噪声：利用现有商业遥感软件 ENVI 来对图像进行去除条带噪声处理。其实现方法是：从 ENVI 主菜单中选择“Basic Tools→Preprocessing→General Purpose Utilities→Descript”，确定待处理的图像后，设定探测器的数目，即波段数据一个扫描带所包含的探测器单元个数，因分辨率而异。

Bow-tie 校正：利用一个专门处理第一级 MODIS 数据的 ENVI 插件工具——Modistools，就可以直接利用其中的 Bow-tie correction 命令去实现去蝴蝶结

的操作。

(1) 获取地面控制点 GCP。利用 Modistools 插件的 Export GCPs 命令，选择相应的含有地理坐标的 MODIS 数据 (*.hdf) 作为输入文件，定义输出文件为地面控制点 GCP 文件 (*.pts)。在弹出的“GCP grid parameters”对话框中定义 GCP 格网的输出参数：“GCP first Pixel”和“GCP grid step”中的 X 和 Y 值决定了需要提取 GCP 的数目。这些参数定义了提取 GCP 格网同源地理坐标网格之间的关系，在此采用缺省值。“Geo to Raster”中的参数用于使地理坐标和图像像素一一对应起来，可通过在 HDF Explorer 中查看 Latitude 和 Longitude 数据中的值来确定。例如，1km 分辨率数据中，经纬度数据第一维为“line_numbers”，每条扫描带对应第 3 和第 8 行；第二维为“frame_numbers”，分别对应科学数据集的第 3、8、13……帧，依次类推。这表明每 5 个图像像素有一个地理坐标，第一个地理坐标对应于图像的第 3 个像素。因此，“Geo to Raster”的 offset 和 step 的相应值为 3 和 5。接着，定义地面控制点文件的地理投影方式，具体



参数如图 3-5:

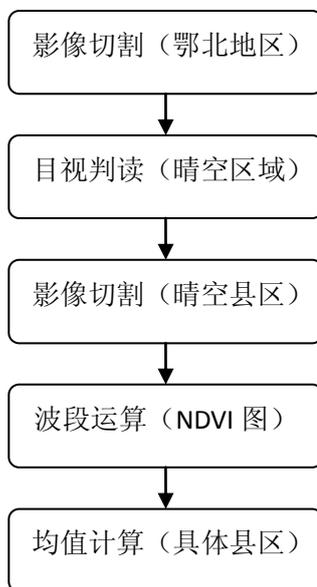
图 3-5 投影参数

这样就得到了一个 GCP 文件。

(2) 几何精校正。从 ENVI 主菜单中选择“Map->Registration->Warp from GCPs:Image to Map”，利用在上一步中输出的 GCP 文件进行几何精校正。在弹出的“Image to Map Registration”对话框中，设置投影参数。为保持一致性，所用参数与 GCP 文件的投影参数相同。

在确认相应的输入文件后，进行图像配准参数设置：选用最近邻 (Nearest Neighbor) 的插值方式和三角网 (Triangulation) 方法利用 ERDAS 计算各分县数据（枣阳 03、04、05 年）的 NDVI

(1) 计算每个像素的 NDVI：各幅 NDVI 均值。



5. 气象数据整理

统计每幅影像的 NDVI 均值所对应的降水量、积温和日照时数。其中降水量统计前 15 前的值，积温统计 0°C 以上的累积温度，日照统计前 10 天的值。

6. 利用 Matlab 对 NDVI 与气象因子关系进行分析，并制作成图

(1) 打开 Matlab, 在 Command Window 中输入相应数据, 格式为 $x=[i, j, \dots, k]$; 回车, $y=[m, n, \dots, q]$; 回车。

(2) 用“Start”->“Toolboxes”->“Curve Fitting”->“Curve Fitting Tool”制作平均 NDVI 与降水量、积温和日照时数之间的关系曲线: 单击“Data”, 在 X Data 中选择对应的 x , Y Data 中选择对应的 y , 然后点击“Create data Set”, 再在已出现点数据的窗口上方点击“Fitting”, 选择“New Fit”, 再在拟合模式中积温图选择“quadratic polynomial”->“Apply”, 降水量和日照时数则选择为“linear polynomial”->“Apply”, 即 NDVI 与积温之间的关系曲线拟合曲线, 而与降水量、日照时数之间的关系曲线拟合为直线。