

应用模糊数学方法提取水体面积信息¹⁾

杨忠恩 骆剑承 徐鹏炜

(浙江省气象科学研究所, 杭州 310021)

提 要

讨论了应用 NOAA-AVHRR 资料提取水体信息的方法。采用 1、2 通道反射率数据(CH1、CH2)构成的归一化植被指数(NDVI)来识别水体,并初步提出了应用模糊数学方法提取混合像元中的水体面积信息。

关键词: 归一化植被指数 模糊数学方法 混合像元 水体信息

前 言

NOAA 卫星是美国第三代极轨业务气象卫星,采用近圆形太阳同步轨道,具有宏观、快速、动态、客观的探测特点。利用其甚高分辨率辐射计(AVHRR)可获得地表面 5 个通道的光谱信息,其中 1 通道(CH1)是红光区;2 通道(CH2)是近红外区。利用水体在 CH1、CH2 的特殊光谱特性可以提取有关信息^[1,2]。

在地形复杂的地球表面,地物类型多种多样,山丘、平原、台地、城市用地、江河湖泊、海洋滩涂等兼而有之,从中提取水体信息,尤其在洪涝灾害发生时,快速、动态、准确地提取水体信息,对各级政府部门制定救灾决策具有十分重要的意义^[2-6]。这里我们提出了利用 NOAA-AVHRR 资料提取水体信息的一种具体方法即模糊数学方法。

从原始 NOAA-AVHRR 的 1B 资料到一张完整的植被指数图,需要作一些预处理工作,具体步骤如下^[7]:

2.1.1. 1B 格式 AVHRR 数据资料的选区及

1 水体的光谱特性

主要地物对太阳光的反射特性如图 1^[2]所示。

CH1、CH2 探测光谱波长分别为 0.580—0.680 μm 、0.725—1.10 μm ,从图 1 我们可以看出,水体与植被相比,在 CH1 附近植被和水体的反射率都很低,而在 CH2 附近,水体的反射率仍然很低,而植被却表现为高反射率。因此我们利用 CH1、CH2 的组合,即生成归一化植被指数来尝试提取水体信息。

2 水体信息的提取

2.1 植被指数的选取

我们采用归一化植被指数(NDVI),其原因是 NDVI 显示的水体范围更接近于河道形状,是识别水体的最佳指示因子,这也是为了与世界各国目前所通用的植被指数相一致^[2]。NDVI 的计算公式为

$$NDVI = \begin{cases} 254 \times (CH2 - CH1) / (CH2 + CH1) & \text{若 } CH2 \geq CH1 \\ 0 & \text{若 } CH2 < CH1 \end{cases} \quad (1)$$

投影。我们采用的是区域性麦卡托投影,投影公式为:

$$I = \lambda / D \quad (2)$$

$$J = \ln[\text{tg}(45^\circ + \phi/2)] / D \quad (3)$$

1) 中国气象局“气象科技应用开发”研究资助项目

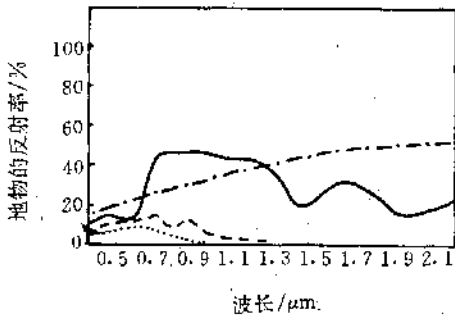


图1 主要地物的光谱响应特征
 实线:绿色植物,点划线:砂土
 点线:纯水,虚线:混浊泥水

式中, I 和 J 分别为麦卡托投影的纵、横坐标值; λ 和 ϕ 分别为测点的经纬度; D 为投影图中每一像元所占度数。在投影过程中,同时对数据作定标和太阳天顶角的订正,1、2通道数据用下列定标公式把数据转换为反射率:

$$A(Z) = S_i \cdot C_i + I_i \quad (i = 1, 2) \quad (4)$$

式中, $A(Z)$ 是反射面对应通道的反射率(%), Z 是太阳天顶角, S_i 和 I_i 分别为对应 i 的定标系数; 太阳天顶角订正公式为:

$$A' = A(Z) / \cos Z \quad (5)$$

式中 $A(Z)$ 和 A' 分别是定标前后的反射率; Z 为太阳天顶角。

2.1.2 根据生成 $NDVI$ 的公式,生成单一时次 $NDVI$ 图,在此过程中还作了云检测。考虑到计算机存储量,生成的 $NDVI$ 值范围为 0—254, 255 为云信息。

2.1.3 由于卫星飘移及地球曲面的影响, NOAA-AVHRR 数据的定位结果与实际地理位置必然存在着一定的误差,为了与实际地理位置配准,就必须对图像进行几何精度纠正。我们采用了重取样成图的方法,即利用一些地面控制点(如水库、城市、岛屿、港湾等

特征点),采用最小二乘拟合法,来建立像元行列号(I, J)和地理坐标(X, Y)的畸变函数关系(X, Y 为自变量)。这里采用 p 阶多项式的畸变函数:

$$I = \sum_{i=0}^p \sum_{j=0}^i C_{ij} X_i Y_j \quad (6)$$

$$J = \sum_{i=0}^p \sum_{j=0}^i d_{ij} X_i Y_j \quad (7)$$

利用该函数对图像进行重取样插值,成图后的图像便能和实际地理位置相符了。为保证配准精度,还作了误差分析,定位误差控制在 0.5 个像元以内。

根据以上步骤便可生成一幅植被指数图了。一般发生洪涝灾害时,天气状况复杂,而且象浙江省以丘陵山区为主体的特殊省份(俗称七山一水二分田),常常是山洪性质的,洪水淤积时间不会太久,因此我们在监测洪涝灾情时,应抓住每一可能时次,甚至利用云间的空隙,进行动态监测。利用植被指数图监测洪涝灾害主要是判别洪涝灾情范围、划分洪涝灾情等级以及进行洪涝面积量算。

2.2 水体的识别

首先我们假定:对于某个区域,非水体部分的植被均一,即 $NDVI$ 不随地区变化。由于水体 CH_2 值远远低于陆地和绿色植物,使得其所反映的植被指数值也远小于其它地物,根据这个原理就可以识别水体信息了。

由于明水体的 $CH_2 \leq CH_3$, 根据式(1) $NDVI \leq 0$, 同时由于 NOAA-AVHRR 图像分辨率较低,即使在星下点像元分辨率也仅为 $1.1\text{km} \times 1.1\text{km}$, 因此在明水体的边缘或者一些零碎的水体(即不满整像元)反映的是混合像元,其 $NDVI$ 一般 > 0 。这给准确量算水体面积带来了困难,在此我们引入了模糊数学方法对水体进行面积量算,取得了较满意的结果。

2.3 水体面积的估算

采用模糊数学方法的关键在于隶属度函

$$u(x) = \begin{cases} \exp\{-[(x-a+b)/k_1]^2\} & \text{当 } x \leq a-b \\ 1.0 & \text{当 } a-b < x < a+b \\ \exp\{-[(x-a-b)/k_2]^2\} & \text{当 } x \geq a+b \end{cases} \quad (8)$$

其中, $k_1 = (c-a+b)/\sqrt{\ln 2}$

$k_2 = (d-a-b)/\sqrt{\ln 2}$

a 表示纯水体现所反映的 $NDVI$, b 表示 a 左右扩展的范围, 而 c 和 d 分别表示 a 左右两翼上图像像元中包含一半水体的 $NDVI$ 取值。图 2 为形式隶属度函数曲线, 可以看到曲线在分段连接处是光滑的, 较为合理。

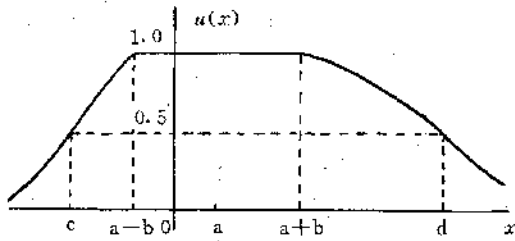


图 2 形式隶属度函数曲线

隶属度函数的确定必须根据当时当地的实际情况, 因为时次或地点不同, 其大气影响和水体浑浊度也不同, 导致 $NDVI$ 也有明显差异。确定好隶属度函数之后, 我们就可以计算区域内的水体面积:

$$AREA = \sum_{i=0}^n u(X_i) \times inc \times bnd_i \quad (9)$$

这里设总共有 n 个像元, X_i 为第 i 个像元 $NDVI$ 值, u 表示隶属度, inc 为像元分辨率, 而 bnd_i 为第 i 个像元是否在某边界内, 其取值为 1 或 0。

这里关键在于如何确定 a, b, c, d 的值。纯水体现 $NDVI$ 值一般为 0, 所以 a 取值为 0, c 则取一负数; 我们近似地把水体边缘像元看

数的确定^[8]。我们采用 a, b, c, d 4 个输入参数来确定一个隶属度函数:

做含水体为一半的像元, 所以 d 可取一些边缘像元 $NDVI$ 的平均值; 而 b 取值一般也为 0。

一旦洪涝灾害发生, 并取得 AVHRR 资料, 就可根据上述的面积统计方法计算洪涝区域内的水体面积(含洪涝区和明水体), 减去正常状态时的水体面积, 就是洪涝灾害的面积。

通过以上方法我们在 1991 年 10 月 11 日的植被指数图上得出了东钱湖和千岛湖水库的水体面积。这里东钱湖 a, b, c, d 取值分别为 0, 0, 0, 136, 其隶属度函数如图 3 所示。得出其面积为 21.0km², 而实测面积为 19.89km², 误差为 5.3%; 而千岛湖水库的 a, b, c, d 取值分别为 0, 0, 0, 123, 其隶属度函数如图 4 所示。得出其面积为 577.0km², 而实测面积为 579.0km², 误差仅为 0.35%。所以利用模糊数学方法来计算水体面积的精度是比较高的, 但是水体面积越小, 其面积计算的精度则越低, 这主要是由于其所含混合像元

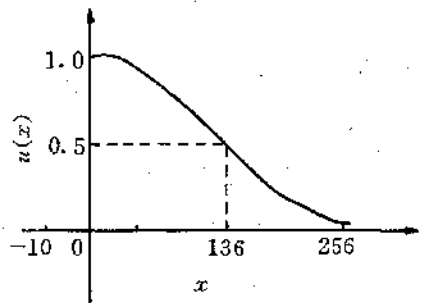


图 3 东钱湖隶属度函数曲线

比重增加所致。

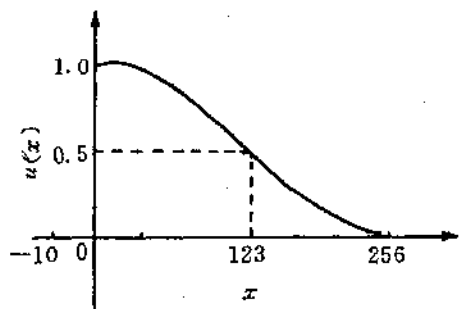


图4 千岛湖隶属度函数曲线

3 结语

3.1 水体面积的计算公式(9)中 $AREA$ 与像元分辨率成正比,而像元分辨率与投影方式有关,对浙江省(中纬度地区)采用原分辨率 1.1km^2 就可以了,而对高纬度地区就不适用。

3.2 研究表明,利用 NOAA-AVHRR 数据资料,采用植被指数方法,来提取水体信息是切实可行的,它可以定性地圈定水体的位置和范围;而利用模糊数学方法则可以定

量地计算出水体面积,这对于洪涝灾害动态监测的应用研究是十分有意义的,这还有待于在具体应用中进一步验证;尤其是在面积信息提取方面,隶属度函数确定必须根据科学依据,不能凭空想象,这就需要我们进行深入研究予以解决。

参考文献

- 1 陈渭民等编. 卫星气象学. 北京:气象出版社,1989.
- 2 徐希骝主编. 环境监测与作物估产的遥感研究论文集. 北京:北京大学出版社,1991.
- 3 肖乾广等. 气象卫星影像用于松花江洪水监测. 遥感信息,1987,2(4):27—28.
- 4 贺常恭等. 用气象卫星信息监测黑龙江省春涝. 遥感信息,1989,4(3):4—7.
- 5 穆家修. 气象卫星实时监测洪涝灾害. 遥感信息,1988,3(3):31—32.
- 6 I. J. 巴顿, J. M. 拜索尔斯(李红晃译). 气象卫星监测洪水. 遥感信息,1992,(72):45—46.
- 7 骆剑承、杨忠恩. 利用 NOAA-AVHRR 资料对浙江省植被生态环境进行动态监测研究. 国土资源遥感,1993,5(2):10—16.
- 8 扈华. 实用模糊数学. 北京:科技文献出版社,1989.

Studies of Applying Fuzzy Mathematics to Make Water Area of the Mixed Pixel

Yang Zhongen Luo Jiancheng Xu Pengwei

(Zhejiang Meteorological Science Institute, Hangzhou, 310021)

Abstract

The methods of applying NOAA-AVHRR data to make water area are discussed. The water area are identified by NDVI made of CH1 and CH2, and the way of applying fuzzy mathematics to make water area of the mixed pixel are put forward.

Key Words: normalization vegetation index fuzzy mathematical way mixed pixel water area