

# 用NOAA 图像监测冬小麦 面积的方法研究

王茂新                      裴志远 吴全 杨邦杰  
(中国气象科学研究院)                      (农业部规划设计研究院)

**摘 要** 冬小麦种植面积是农情监测中一个重要的监测因素,对生产管理与产量预测有重要意义。该文在冬小麦与同期主要大宗作物绿度-时相曲线对比分析的基础之上,建立反映冬小麦种植区域的差值植被指数图像,采用遥感-统计的方法,对利用NOAA 图像进行冬小麦种植面积遥感监测进行了初步研究。通过对我国冬小麦主产区的河北、河南和山东三省的监测实验证明,该方法适用于大范围的冬小麦种植面积遥感监测。

**关键词** 冬小麦 种植面积 遥感 NOAA-AVHRR

冬小麦是我国主要粮食作物之一,其产量约占全国粮食总产量的21.02%。在无重大灾害等情况下,通常单产相对稳定,而种植面积则受到很多因素的影响,存在着一定程度上的波动,对产量有较大的影响。当前冬小麦种植面积,还主要靠生产部门逐级统计上报,再汇总而成,时效性、客观性都较差。因此,及时、准确地掌握其种植面积,对生产管理有重要的意义。根据农业部制订的农情监测规范,冬小麦种植面积是其中一个重要的监测要素。从技术可行性来看,冬小麦种植面积属于可以用遥感技术进行监测的范畴<sup>[1]</sup>。本文从宏观生产管理的角度出发,着重对大范围冬小麦种植面积遥感监测方法进行了初步研究,包括数据处理、模式及初步应用。

## 1 NOAA 图像预处理

目前民用的遥感图像主要是LANDSAT TM(以下简称TM)和NOAA AVHRR(以下简称NOAA)图像。TM 图像从空间分辨率上,基本可以满足监测冬小麦面积的要求,但由于间隔时间长,难以保证在完全晴空的条件下覆盖整个冬小麦区域,另外,价格也相对昂贵。而NOAA 图像虽然监测周期短,时效快,但空间分辨率低,并由于有效扫描视场角达 $\pm 55^\circ$ ;约为TM 的10倍,在偏离星下轨迹较远处因地球曲率等的影响,几何畸变相当严重。因此,不可能从接收的NOAA 原始图像上直接量测面积、方位、距离等。须进行图像的重采样和一定的投影转换。

卫星图像重采样,通常有三次卷积法、双线性法、最临近法等。TM 图像多采用三次卷积法,而NOAA 图像可采用双线性法。有关重采样的公式及具体操作步骤详见参考文献[2]。

收稿日期:1998-03-04

王茂新,副研究员,北京市白石桥路 中国气象科学研究院,100081

经过重采样后,即可得到一定经纬网格密度,例如 $0.01^{\circ} \times 0.01^{\circ}$ 的图像。在这种图像上,两侧边缘的严重变形得到校正,星下轨迹附近的方向扭曲也消失了。但由于是等经纬网格图像,除在赤道处无变形外,随着纬度提高,沿纬线长度变形逐渐加大。虽然在这种图形上仍不能直接量测面积和方位,但为进行精确投影打下了基础。至于NOAA 图像投影方式的选择则完全取决于研究的目的。本研究监测的范围很大,而且主要是提取面积,以采用正轴双标准纬线等面积圆锥投影为宜,即亚尔勃斯(albers)投影。

对于任何种类的正轴圆锥投影,其纬线均为同心圆圆弧,经线为同心圆半径,经纬网格均为扇形。经过重采样得到的等经纬距的NOAA 图像,其经纬网格为方形,因此,不能通过加密经纬网格这种处理矢量数据的办法,将重采样的NOAA 图像转成亚尔勃斯投影<sup>[3]</sup>。为了获得亚尔勃斯投影的NOAA 图像,须根据所选用图像设备的分辨率及输出幅面的尺寸,在直角坐标平面内,逐行逐列求出每个像元位置 $x, y$ 所对应的地理坐标 $\lambda, \varphi$

$$\lambda = \frac{\delta}{\alpha} = \frac{1}{\alpha} \tan^{-1} \frac{y}{\rho_s - x} \quad (1)$$

$$\varphi = \varphi_0 + B_2 \sin 2\varphi_0 + B_4 \sin 4\varphi_0 + B_6 \sin 6\varphi_0 + B_8 \sin 8\varphi_0 \quad (2)$$

$$\varphi_0 = \sin^{-1} \frac{F}{R^2} \quad (3)$$

$$F = C - \frac{\alpha \rho^2}{2} = C - \alpha \frac{(\rho_s - x)^2 + y^2}{2} \quad (4)$$

式中  $\alpha$ ——投影常数;  $\delta$ ——经线 $\lambda$ 投影后与中央经线 $\lambda_0$ 的夹角;  $\rho$ ——纬线 $\varphi$ 的投影半径;  $\rho_s$ ——制图区域最低纬度的投影半径;  $\varphi_0$ ——球面上的等面积纬度;  $R$ ——地球等面积球体半径,对于我国采用的克拉索夫斯基地球椭球来说,系数 $B_2, B_4, B_6, B_8$ 的取值详见参考文献[3]。

这样就可以根据式(1)~(4),在输出图幅的一定范围内,逐点求出每个像元点所对应的 $\lambda, \varphi$ 将重采样得到的等经纬距的NOAA 图像,再次进行重采样,求出每个像元点所对应的 $\lambda, \varphi$ 处的NOAA 图像值,即可得到亚尔勃斯投影的NOAA 图像。

## 2 冬小麦面积的提取

NOAA 图像除了由于有效扫描视场角大,需进行重采样和投影等预处理外,另一个突出问题是空间分辨率低,其星下点像元为 $1.1 \text{ km} \times 1.1 \text{ km}$ ,在偏离星下点处空间分辨率还要降低。而且,要从图像的几何形状或纹理上分辨出地物的种类,其地物的面积通常至少要相当于10个像元左右的。在我国实际上很难找到这样大面积的纯冬小麦田块,所以,只靠单一时相NOAA 图像来准确监测冬小麦面积是相当困难的。但由于NOAA 图像周期短,覆盖面积大,在冬小麦生育期内可反复多次监测。从绿度-时相对比分析可以看出,在冬小麦两个生育阶段与其它大宗作物,植被在绿度-时相曲线上有着十分显著的差异。其一是10~11月,其它作物,植被生长活性逐渐降低,表现在绿度值( $N_{DVI}$ )曲线呈下降趋势,而冬小麦则正相反,时值冬小麦秋播至分蘖阶段,生物量逐渐增大,绿度曲线呈上升趋势;另一阶段是5~6月,为冬小麦孕穗至收获期,由生长的最旺期急剧降至最低点,绿度曲线呈下降趋势。而其它作物,植被则是生长发育日渐旺盛,生物量增大,绿度曲线呈上升趋势(表1)<sup>[4]</sup>。以上

两个时段冬小麦与其它主要作物、植被截然相反的绿度-时相曲线形态为我们提供了冬小麦区别于其它主要作物、植被的判别基础。

在本研究中,选取我国冬小麦产区中最大的三个省河南、河北、山东进行详细分析。这三个省总的冬小麦种植面积和总产,均占整个冬小麦区一半以上。

用NOAA 图像遥感监测冬小麦,通常采用归一化植被指数( $N_{DVI}$ )。归一化植被指数定义为

$$N_{DVI} = \frac{b_2 - b_1}{b_2 + b_1} \quad (5)$$

$N_{DVI}$ 为绝对值小于1的小数,为便于图像处理,在本文中采用

$$N_{DVI} = \text{int} \left( \frac{b_2 - b_1}{b_2 + b_1} \times 100 \right) \quad (6)$$

式中  $b_1, b_2$ ——NOAA AVHRR 第1,2通道的反照率。

式(6)将 $N_{DVI}$ 化成绝对值小于100的整数,实际上除了水体等可出现负值外,均为正整数。这样处理后不仅意义明确,便于图像处理,而且由于可量化的等级多,分级细,能够显示出检测对象的细微变化。

对这种经过理论上投影处理的NOAA 图像,还需要参照大比例尺地形图,进行微细的调整和精配准。这是因为图像投影时所用的位置参数是从轨道预测中提取的,而预测轨道与实际轨道有时会有偏差。在进行位置精配准时,通常利用三通道RGB彩色合成的亚尔勃斯投影图像。因为这种多通道彩色合成图像比单通道的伪彩色(亦称彩色密度分割)植被指数图像更容易分辨地物。从图像上可以清楚看到黄河、淮河等大小河流的位置,及河北的白洋淀,山东的微山湖、东平湖,河南的宿鸭湖等。这些都可以作为控制点,一般只需上下或左右移动一二个像元即可实现精配准,而不必旋转图像。

经过投影和精配准以后,根据式(6)输出1995年至1997年5月上旬、6月中旬、10月上旬及11月中旬的归一化差值植被指数图像。在此基础上,输出5月上旬减去同年6月中旬植被指数之差的图像,由于冬小麦在此期间为孕穗至黄熟期,全部位于图像的正值区,而其他植被生长渐旺,则位于负值区。同样,在11月中旬减去同年10月上旬植被指数之差的图像上,由于冬小麦处于播种至分蘖期,也位于图像的正值区,而其他植被生长趋衰,位于负值区。

为了计算出县一级的冬小麦面积,将具有同样投影的三省各县行政边界多边形矢量图嵌套到这种NOAA的植被指数之差的图像上,求出每个县界多边形内不同值像元的个数及面积,并与由农业部门得到的相应年份冬小麦面积进行对比,求出两者之间的定量关系。

将重采样和投影后的NOAA图像像元的大小控制为 $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$ ,即 $100 \text{ hm}^2$ 。为计算方便并使物理意义更加明确,将冬小麦面积也换算成以 $100 \text{ hm}^2$ 为单位。统计分析后可以看出,冬小麦面积与11月中旬减去10月上旬植被指数之差图像中的大于零的像元个数及面积有极好的相关关系。

表1 冬小麦与其它几种主要农作物的绿度-时相曲线

Tab 1 The time-series of  $N_{DVI}$  of winter wheat and other main crops during growing season

| 月份            | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| 冬小麦 $N_{DVI}$ |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 棉花 $N_{DVI}$  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 玉米 $N_{DVI}$  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 大豆 $N_{DVI}$  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 针叶林 $N_{DVI}$ |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |

$$S = aop_0 + b_0$$

(7)

式中  $S$ ——冬小麦面积;  $p_0$ ——大于零的像元个数, 亦是以  $100 \text{ hm}^2$  为单位大于零的像元面积之和;  $a_0, b_0$ ——回归系数及回归常数, 结果如表 2;  $n_0$ ——自由度。相关系数  $r_0$  的显著水平都远高于  $0.01$ 。

表 2 河北、河南、山东三省统计分析结果

Tab 2 Statistic analysis result of Hebei, Henan and Shandong Province

| 年份    | 河北     |        | 河南     |        | 山东     |        |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|       | 1995 年 | 1996 年 | 1995 年 | 1996 年 | 1995 年 | 1996 年 |
| $r_0$ | 0.83   | 0.87   | 0.85   | 0.89   | 0.85   | 0.88   |
| $a_0$ | 0.34   | 0.33   | 0.39   | 0.42   | 0.33   | 0.31   |
| $b_0$ | 46.9   | 50.0   | 75.1   | 60.1   | 60.0   | 67.2   |
| $n_0$ | 117    | 97     | 83     | 75     | 83     | 95     |

由于冬小麦面积与像元面积采用相同的单位, 回归系数大体为  $0.35$  左右, 说明每增加一个大于零的像元, 即大于零的像元面积每增加  $100 \text{ hm}^2$ , 冬小麦面积约增加  $35 \text{ hm}^2$ 。在这种植被指数之差的图像中, 像元值大于零的区域为冬小麦种植区, 但并非全是麦田, 其中, 肯定会含有村庄、道路等, 麦田只不过  $35\%$  左右, 这是比较符合实际情况的。同时也说明用 NOAA 图像只适于进行大范围宏观监测, 不可能精确监测到各个田块, 因而也不可能通过逐一累加所有个别田块面积而求得冬小麦总面积。此外, 每个省的  $a_0, b_0$  年际之间变化不大, 这为用前一年的  $a_0, b_0$  和当年秋季的  $p_0$  监测冬小麦面积提供了可能。例如, 用 1995 年的  $a_0, b_0$  及 1996 年的  $p_0$  监测冬小麦面积, 与河北、河南、山东实际面积分别偏差  $+5.0\%$ ,  $-5.4\%$ ,  $-0.7\%$ 。

统计分析后同样可以看出, 冬小麦面积与 5 月上旬减去 6 月中旬植被指数之差图像中的大于  $n$  ( $n > 0$ ) 的像元个数及面积也有很好的相关关系, 其显著水平都远高于  $0.01$ 。但  $n$  值的大小各省有所不同, 其原因, 有待进一步探讨。

### 3 结论及讨论

本文所采用的遥感-统计方法, 适用于大范围的冬小麦种植面积遥感监测。但有些问题需要进一步深入探讨, 如作为评价监测精度的依据仍是根据生产部门上报的数据, 而这些数据与实际的面积有时也可能有一定的误差。看来, 只用 NOAA 图像由于受其分辨率的限制, 会有一些困难。作者拟通过将 NOAA 图像与 TM 图像精确配准, 充分发挥 NOAA 图像监测周期短与 TM 图像分辨率高的优势, 进一步提高对冬小麦面积监测的精度。

#### 参 考 文 献

- 1 杨邦杰, 陆登槐, 裴志远等. 国家级农情监测系统结构设计. 农业工程学报, 1997, 13(1): 16~19
- 2 王茂新, 沙奕卓, 于莉. 关于 NOAA AVHRR 图像重采样及投影方法的研究. 中国图像图形学报, 1997, 12(1): 38~42
- 3 杨启和. 地图投影变换原理与方法. 第 1 版. 北京: 解放军出版社, 1990. 64~66
- 4 王乃斌. 中国小麦遥感动态监测与估产. 北京: 中国科学技术出版社, 1996. 100

## Winter-Wheat Sown Area Estimation Using NOAA-AVHRR Data

Wang Maoxin

*(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing)*

Pei Zhiyuan Wu Quan Yang Bangjie

*(Chinese Academy of Agricultural Engineering)*

**Abstract** Winter-wheat sown area on national or regional scale is a piece of important information for agricultural management and production estimation. Based on the comparative analysis of the normalized difference vegetation index (NDVI) time series of winter-wheat and other main crops, a kind of difference image of NDVI was established, and a remote sensing-statistic method was developed to forecast winter-wheat sown area. The case studies of Hebei, Henan and Shandong Provinces, which are the main winter-wheat areas in China, showed this method is adapted to winter-wheat sown area estimation over a large area by means of remote sensing using NOAA AVHRR data.

**Key words** winter-wheat, sown area, remote sensing, NOAA-AVHRR