

试用极轨气象卫星遥感监测土壤墒情

赵玉金

(山东省气象科学研究所, 济南 250031)

提 要

讨论了用极轨气象卫星资料监测表层土壤湿度的方法。在建立土壤湿度与卫星遥感资料的关系时,为了消除土壤条件的影响,把全省分为4个区域来研究。考虑了气候条件、植被状况不同的影响,并给出了简单的订正方法,同时也给出了卫星资料的重新地理校正、资料的输出及存储方法等。

关键词: 土壤墒情 卫星遥感 地表温差

引 言

土壤墒情是影响作物生长发育和产量形成的关键因素之一,及时了解 and 掌握各地土壤墒情状况,对有关部门正确指挥农业生产、抗旱救灾、夺取粮食丰收具有重要意义。

目前,土壤墒情监测主要靠人力,而且监测点少,代表性差,不能满足生产的实际需要。因此,近年来,国内外许多有关单位都在研究利用卫星遥感监测土壤墒情的方法,并取得了良好的效果。我省从1991年起也开始了这方面的试验研究,我们主要是利用极轨气象卫星(NOAA-11)遥感资料监测土壤墒情。气象卫星具有视野广、快速、宏观、节省、能动态监测等优点,其星下点分辨率为1.1km,能够满足监测土壤墒情的需要。我们已建立了一套比较完整的监测系统,取得了一定的效果,本文作一简要介绍。

1 基本原理

一般来说,土壤水分含量愈大,土壤热容量也愈大。土壤热惯量的变化在一定程度上反应出热容量的变化,因此,土壤热惯量的大小能反应出土壤水分含量的状况,而土壤热惯量与地面温度的变化有关。根据土壤热传导方程可以推导出:

$$P = B(1 - A)/\Delta T_s \quad (1)$$

式中 P 为热惯量, ΔT_s 为地面温度日较差, A 是地表全波段反射率, B 在同一地区内可视为常数。

根据分析,土壤水分含量愈高, P 值愈大,而 ΔT_s 愈小;反之,土壤含水量愈低, P 值愈小,而 ΔT_s 愈大。^{*}用气象卫星第4、5通道的遥感资料,可以获得地表各象元点的温度,NOAA-11气象卫星白天过境时间在15时左右,夜间大约在04时,基本上和日最高最低温度出现的时间相吻合。因此,可用NOAA-11卫星的AVHRR资料获得 ΔT_s 值和 A 值,推算 P 值,再根据 P 值与土壤水分的关系,求出各象元点的土壤水分含量。但根据有关方面的研究认为: ΔT_s 与土壤水分相互关系比土壤热惯量与土壤水分的相互关系更好一些。我们检验的结果也是如此,这样可以省去计算 A 值的麻烦。因此,我们采用卫星测得的地表温差与实测相对土壤湿度建立关系式,以推算其他各象元点的土壤墒情。

2 资料来源

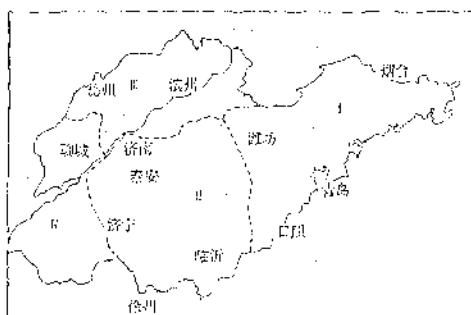
省气科所于1990年建立了一套气象卫星资料接收处理系统,能实时接收NOAA卫星和FY-1卫星等资料。并进行各种物理量

* 国家卫星气象中心,气象卫星在资源环境监测中的应用,油印本,1992。

的计算,实测土壤相对湿度资料是我省各市、地、县气象站的农业气象观测资料(共有114个站点),由省气象台情报科收集提供。另外,我们还在泰安、武城建立了两个大样方地面监测点,用以检验卫星遥感监测的结果。

3 分区

由于我省范围较大,地形复杂,土壤种类较多,沿海和内陆的气候条件有明显的差异,一般来说,在相同的相对土壤湿度条件下,东部沿海地区的温度日较差要比西部地区小得多。如果把全省作为一个区域来考虑的话,建立的土壤水分与 ΔT_e 的模式精度不高。因此,必须采用分区建立模式的方法。分区的主要原则是,考虑各县历年各月的地表温度日较差平均值、地形、土壤类型、行政区划等因子,采用聚类分析的方法,把全省分为4个区(如附图)。



附图 气象卫星监测土壤墒情分区图

4 资料处理

4.1 地理校正

由于卫星轨道报一般是几天输入计算一次,因此,所接收到的卫星资料都有某些地理偏差,必须对卫星资料进行重新地理定位才能使用。地理校正的方法是事先制作一张有明显地物标记的底图(我省主要地物标记是微山湖、东平湖和海岸线),将卫星资料与地理校正底图在计算机屏幕上叠加,采用人机对话方式,上下左右移动卫星资料,使得卫星资料上的湖泊、海岸线与底图上的湖泊、海岸线相吻合后,退出校正程序,计算机自动记下卫星资料的地理偏差值,在使用卫星资料时,

计算机可以自动进行地理订正。

4.2 资料订正

虽然我们全省分为4个区来考虑,但在每个区内仍存在某些自然环境条件的差异,这主要是气候条件和植被生长状况的差异,这些差异也能造成地表温差的的不同。因此,在建立土壤湿度与温差的关系式以前,必须对卫星遥感获得的地表温差资料进行订正,以提高模式的精度。对卫星遥感获得的地表温差进行订正,主要考虑两个因子,一个是有关气象台、站的历年实测地表日较差 ΔT_e ,另一个是植被指数 G 。

采用 ΔT_e 因子订正的基本思路是:假定在同一区域内的裸地,不考虑其他因素的影响,相同土壤湿度的象元点,其地表温度日较差也应相同。但实测的地表温差是不同的,这除了其他因素的影响以外,其地理位置是一个重要的影响因素,尤其是在我省的半岛地区,这种差异更为明显。一般来说,从沿海到内陆,地表温差逐渐增大。因此,在半岛地区,土壤湿度与地表温差之间的关系不明显。只有把各象元点的温差订正到同一个地理位置水平上,才能建立土壤湿度与温差之间的关系。实际上,只要把各象元点的温差乘上一个系数 A 即可。但不同象元点的 A 值可能会不同,经过分析和应用认为, $\Delta T_e/\Delta T_e$ 可以近似代替系数 A 。 ΔT_e 是各气象台、站的历年地表日较差平均值, ΔT_e 为该区内各气象台、站 ΔT_e 的平均值, $\Delta T_e = \sum_{k=1}^N \Delta T_e(k)/N$, $\Delta T_e(k)$ 是该区内第 k 个气象台、站的 ΔT_e 值, $k=1,2,\dots,N$, N 是该区内气象台、站的总数,因为 ΔT_e 用的是历年平均值,所以, $\Delta T_e/\Delta T_e$ 能在一定程度上反映出地理位置差异的信息。 ΔT_e 用各台、站 ΔT_e 的平均值,可以减少订正误差。

用 ΔT_e 因子订正是分区进行的,因为目前我们无法计算出每个象元点的 $\Delta T_e/\Delta T_e$ 值,所以在每个区内是以县为单位进行订正的,订正时,选取与卫星资料时间相对应月份的 ΔT_e 值,订正公式为:

$$\Delta T_e(i,j) = \Delta T_e/\Delta T_e(k) \times \Delta T_e(i,j) \quad (2)$$

式中 $\Delta T_x(i, j)$ 是用 NOAA-11 卫星资料测得的各象元点的地表温差, $\Delta T_r(i, j)$ 是订正后的各象元点的地表温差。

用植被指数订正的主要依据是: 随着植被覆盖度的增加, 卫星测得的地表温差实际上已不完全是裸地的温差, 因为白天植物的蒸腾作用, 以及夜间植被表面的冷却程度一般要比裸地小, 所以造成了有植被覆盖的象元点的温差也比裸地小。植被覆盖程度不同, 这种差异也不同。因此, 也必须对这种差异进行订正。利用我们 1983、1984 年在山东莒县对冬小麦和棉田进行的农田小气候观测资料, 进行逐步回归分析可得出如下关系式:

$$\Delta T_r = A \times \Delta T_x \times \ln(LAI) + B \times \Delta T_x + C \quad (3)$$

式中 ΔT_x 为裸地的地表温度日较差, LAI 为作物叶面积指数。因为卫星监测的象元点大多是混和象元, 所以 ΔT_x 取作物顶部温差及作物行间地面温差的平均值。A、B、C 为常数。式(3)也可写成:

$$\Delta T_r = \Delta T_x (A \times \ln(LAI) + B + C/\Delta T_x) \quad (4)$$

式中的 $C/\Delta T_x$ 虽然是变化的, 但根据实际计算, 该项数量级非常小, 为了计算方便, 我们可以取其平均值, 令: $B_1 = B + C/\Delta T_x$, 即:

$$\Delta T_r \approx \Delta T_x (A \times \ln(LAI) + B_1) \quad (5)$$

根据实际资料的统计分析, 卫星遥感获得的植被指数和作物叶面积指数之间存在着显著的线性相关, 所以我们可以用植被指数 G 代替 LAI , 但系数 A、B 必须根据实际观测资料加以修正。G 是用 NOAA-11 卫星获得的实况值, 其订正公式为:

$$\Delta T_r(i, j) = \Delta T_x(i, j) \times a \times \ln(G(i, j) + b) \quad (6)$$

式中 $T_x(i, j)$ 是经植被指数订正后的各象元点地表温差, $G(i, j)$ ($G(i, j) \geq 1$) 是各象元点的植被指数, a、b 为系数。

4.3 建立模式

为了减少土壤类型的影响, 我们选用土壤相对湿度与 ΔTT 建立关系, ΔTT 值是实际土壤湿度观测点附近 9 个象元点的 $T_x(i,$

$j)$ 平均值。通过点聚图分析, 两者基本呈线性关系, 附表是根据 1992 年 6 月 4 日卫星资料与 6 月 8 日实测的 10cm 深度的土壤相对湿度建立的模式的例子。

附表 1992 年 6 月 4 日卫星资料与 6 月 8 日土壤相对湿度的关系

区号	关系式	相关系数	方差	样本数
1	$W_{(1)} = 137.3 - 3.096\Delta TT$	0.714	6.5	24
2	$W_{(2)} = 123.7 - 3.750\Delta TT$	0.680	6.6	18
3	$W_{(3)} = 120.1 - 3.629\Delta TT$	0.865	7.6	24
4	$W_{(4)} = 125.9 - 3.996\Delta TT$	0.810	7.2	20

式中 $W_{(i)}$ 为第 i 区各象元点相对土壤湿度估计值, 相关检验信度达 0.01。

同时, 我们也用 20cm 深度的土壤相对湿度与 ΔTT 建立关系, 但效果不太理想, 因此, 我们主要考虑了 10cm 深度的土壤水分, 用各模式计算各个象元点的土壤相对湿度, 并按照《农业气象观测规范》中的规定, 把土壤相对湿度在 40% 以下的象元点定为重旱, 40%—60% 为轻旱, 60%—90% 为正常, 把结果存入计算机。

5 资料的输出和存储

5.1 建立全省的行政区界底图

在土壤墒情资料输出时, 如果不加行政区界, 将难以分析某地的土壤墒情状况, 也无法统计各地的旱灾面积, 因此, 必须制作行政区界底图。我们采用 AUTOCAD 技术, 用数字化仪将 1:80 万的山东省行政区界地图按直角坐标点输入计算机, 然后读出各个点的坐标值, 根据地图投影原理, 将各县界的直角坐标值转换成经纬度值, 再制成 1.1km 分辨率的行政区界底图, 与卫星资料叠加。

5.2 资料的屏幕输出

土壤墒情资料在计算机屏幕上输出具有灵活方便、速度快、图形优美等优点, 为了便于推广, 我们主要考虑在 IBM 微机屏幕上显示。目前, 一般 IBM 计算机所配置的显示器是 VGA 彩显, 分辨率为 640×480 , 16 种颜色, 而我省的经纬度范围是 $34.30^\circ - 38.30^\circ N, 114.74^\circ - 122.74^\circ E$ 。如果按 1.1km 分辨率计算, 每次资料将有 800×400 个数据, 屏幕上每一行需要 800 个扫描点, 这样在一屏上就不能显示全省的资料, 为此, 我们采用

TVGA 卡或 SVGA 显示器,借助于 C 语言的汇编接口,编写出 800×600 分辨率的图形库,使得全省范围土壤墒情资料能在一屏上显示出来,把不同土壤墒情类型赋以不同的颜色。并加上地、市、县界,全省各地墒情分布一目了然(图略)。

5.3 彩色打印机输出

采用普通彩色打印机输出资料的方法有两种,一种是采用打印机的绘图功能以图象方式输出,根据不同土壤墒情类型,给打印像素赋以不同颜色,使得资料非常直观,一幅全省范围的墒情资料可打印在一张宽行纸上,资料的携带和保存都很方便。另一种形式是以压缩字符形式输出,采用打印机的 15CP1 字符打印方式,一张全省的资料需要 4 张宽行打印纸,图形较大且清晰(图略)。

5.4 资料的存储

每次卫星监测的土壤墒情资料都要存盘保存,以备后用。通常资料存盘文件的格式是以经向象元点顺序排列,再按纬向逐行存放的,这样每个记录有 800 个数据,共有 400 个记录,每次资料占有 320K 左右的空间,这就需要较多的磁盘,不但在经济上造成一定的负担,而且在资料的管理和传递方面都不方便,为了节省存盘空间,我们采用一维游程压缩编码法压缩资料,然后存盘。但我们把这种方法稍作修改,根据资料的特点,我们用 ASCII 码代替用数据表示的游程长度,压缩编码的数据结构为 AL, A 为资料信息的属性, L 为游程长度。这样使得由 2 位或 3 位数

字表示的游程长度变成一个字符。由于 ASCII 码的数量有限,只有 256 个(0—255),当游程长度大于 256 时,必须分段处理,方法是以 256 为界限,大于 256 的部分,作为另一个游程。这样可节省更多的空间。就平均状况来说,每次资料只要 60K 左右的空间,资料可压缩 80%。

6 存在问题和讨论

6.1 由于随着季节的变化,地面温度也是变化的,其温差也在变化,年际间相同日期的温度、温差也不相同。所以用某一次的资料与实际土壤相对湿度建立的关系式只能在短时间内使用,否则,会引起较大的误差。我们已建立了一个较完整的系统,用实时卫星资料与监测点实时监测的土壤相对湿度建立关系,检查对比,再推算其它象元点的土壤墒情。

6.2 目前,用卫星遥感资料与 10cm 深度的土壤相对湿度建立关系式,相关程度较高,大于 10cm 深度的效果不理想,这在农业上的使用来说是很欠缺的,应当更加深入的研究,找出监测更深土壤相对湿度的方法。

6.3 本文所用的资料订正方法比较简单,考虑的因素也比较少,不很精确,有待于进一步的研究。

参考文献

- 1 刘志明. 利用气象卫星信息遥感土壤水分的探讨. 遥感信息. 1992. 1.
- 2 陈秀芳. 遥感技术在土壤水分监测中的应用. 遥感信息. 1992. 4.

Soil Moisture Monitoring with Polar-orbiting Satellite Data

Zhao Yujin

(Shandong Meteorology Institute, Jinan 250031)

Abstract

Methods of monitoring moisture of upper soil layer with NOAA-11 data are discussed. To eliminate the effects of soil conditions, the whole Shandong province is divided into four regions to establish the relationship between soil moisture and remote sensing data. Taking into account of climatic conditions and the influences of different vegetations, simple reduction methods are given. Besides, repeated geographic updating of satellite data, output and storage of data are described.

Key Words: soil moisture satellite remote sensing surface temperature difference