Remote Sensing Monitoring of Soil Moisture Content in Xilin River Basin*

Hongbo Yu^{1,2}, Qiaofeng Zhang^{1,2}

1 College of Geography Science, Inner Mongolia Normal University, Huhhot 010022, China

2 Inner Mongolian Key Laboratory of Remote Sensing and Geography Information System, Inner
Mongolia Normal University, Huhhot 010022, China

锡林河流域土壤含水量遥感监测*

于红博^{1,2}, 张巧凤^{1,2}

1 内蒙古师范大学地理科学学院, 呼和浩特 010022, 中国

2 内蒙古师范大学遥感与地理信息系统重点实验室, 呼和浩特 010022, 中国

Abstract

The study area is the Xilin River basin. Remote sensing approach was used to retrieve soil moisture content based on the surface water capacity index by using MODIS images from July 2000 to July 2012. This can reflect the scope, extent and development of the drought in the study area in a timely and accurate manner. It is of great significance to develop scientific and reasonable measures of drought control and drought resistance. The results show that the spatial distribution of soil moisture content is consistent with the surface state. The soil moisture content in the upper reaches is higher than in the middle and lower reaches. In the time distribution, the soil moisture content of fifteen years from 2000 to 2014 is no fixed trend. The trend of soil moisture content is consistent with precipitation.

Keywords: Xilin River basin, soil moisture content, remote sensing, SWCI

摘要

本研究选择锡林河流域为研究区, 基于地表含水量模型, 利用遥感方法对2000-2014年每年7月的MODIS影像数据进行处理, 估算出流域土壤含水量, 并用实测数据进行修正。这对及

时准确地反映研究区干旱可能发生的范围、程度和发展变化, 对制定科学合理的防旱、抗旱措施具有十分重要的意义。结果表明, 反演得到的土壤含水量分布与地表状况比较吻合, 均为上游大于中下游; 2000年-2014年这15年流域土壤含水量的时间变化没有固定的趋向, 基本与各年7月份降水量的变化趋势相一致。

关键字: 锡林河流域, 土壤含水量, 遥感, SWCI

中国北方草原, 降水稀少, 近年来随着工业经济、城镇化的快速发展, 工业用水增长迅速, 农业、居民生活和工业用水与生态系统用水之间的矛盾日益突出。随着全球变暖趋势的影响, 干旱问题日趋严重。在干旱的遥感监测中, 由于土壤水分受降水、气温、土壤质地等多种因子的影响, 且植被覆盖的干扰不容忽视, 因而土壤含水量的遥感反演是重点和难点^[1,2]。杜晓从水的波谱反射特性入手, 分析了含水土壤和植被的共同特征, 提出了一种适合于土壤和植被混合区域的地表含水量指数(surface water capacity index, SWCI)模型。

本研究选择锡林河流域为研究区, 运用遥感方法, 结合气象资料, 对2000-2014年每年7月份的影像进行处理, 估算该流域的月土壤含水量, 来初步探究锡林河流域土壤含水量的时空变化, 这对及时准确地反映研究区干旱可能发生的范围、程度和发展变化, 对制定科学合理的防旱、抗旱措施具有十分重要的意义。

*内蒙古自然科学基金项目(2013MS0611)

1. 研究区概况

锡林河流域位于内蒙古高原中东部,它东缘属于大兴安岭西麓低山丘陵区,地势由东向西逐渐降低,流域总面积约 10786km²,总长 175km^[3,4]。该区的土壤具有明显的地带性,即由东南向西北有规律地分布着黑钙土、暗栗钙土和淡栗钙土。

气候属大陆性温带半干旱气候,冬季寒冷干燥,夏季温暖湿润^[5],根据多年气象资料,锡林河内从东南向西北降水量逐渐递减,东南部的年降水量为 400mm 左右,西北部为 250mm 左右,年平均气温则从东南向西北逐渐增加^[4]。

锡林河流域地带性植被的基本类型是草原(草甸草原、典型草原),约占植被总面积的 85%;锡林河上游地势较高的三级熔岩台地上,代表群系为贝加尔针茅(*Stipa baicalensis*)草原和线叶菊(*Filifoliusibiricum*)草原,中游暗栗钙土亚带的代表群系为羊草(*Leymus chinensis*)草原和大针茅(*Stipa grandis*)草原,下游淡栗钙土亚带的代表群系为克氏针茅(*Stipa krylovii*)草原和冷蒿(*Artemisia frigida*)草原^[4,6];在锡林河流域经区域的地段上形成了湿地植被,此外,在锡林河流域还有浑善达克沙地东北端榆树疏林、灌丛、草本镶嵌分布所形成的沙生植被^[7]。

2. 数据来源

2.1 气象数据

由中国气象科学数据共享服务网提供的 2000 年-2014 年每年 6 月 25 日-8 月 12 日逐日降水数据。包括研究区锡林浩特市及周边阿巴嘎旗、东乌珠穆沁旗、克什克腾旗、西乌珠穆沁旗、多伦县、化德共 7 个站点的站点数据。

以上气象数据均利用 Kriging 方法进行了插值处理。

2.2 遥感数据

遥感影像资料为美国 NASA 提供的 2000 年-2014 年每年 6 月 25 日-8 月 12 日锡林河流域 8 天合成 MODIS 卫星数据地表反射率产品 MOD09A1,是经过验证、MODIS 科学组推荐使用使用的 L3 级产品,版本为 5.0,数据分辨率 500m,投影为 Albers Conical Equal Area。

2.3 实测数据

野外实测 0-0.5m 深度土壤含水量数据,每个样地三次重复,在研究区内共设有 20 个

样地。

2.4 数据处理软件

用 MRT 软件对 MODIS 影像进行投影转换,用 Envi 和 arcGIS 软件对 MODIS 影像进行处理、运算、分析和制图。

3. 理论及研究方法

SWCI 能较好地反映地表含水量值,更适用于大范围且快速的土壤水遥感监测。杜晓提出的地表含水量指数 SWCI 为:

$$SWCI = \frac{b6 - b7}{b6 + b7} \quad (1)$$

式中,b6、b7 分别为 MODIS 数据的第 6、第 7 波段反射率值。该模型从水的吸收对植被和土壤反射率光谱的综合影响入手,直接获取其地表水分含量指标。

计算得到的土壤含水量用野外实测数据(0.5m 深度内的土壤体积含水量)进行了修正。同时根据包括该月中日子的遥感结果按所占日数进行了加权平均得到月土壤含水量。

4. 结果分析

4.1 锡林河流域土壤含水量空间分析

图1为反演得到的2012年7月份月平均土壤含水量分布图。由于植被类型、自然条件的差异,锡林河流域各地区土壤含水量差异较大。由图可知,反演得到的土壤含水量分布与地表状况比较吻合,与植被覆盖区域基本一致,锡林河流域走势为东南——西北,大部分地区为典型草原区,上游有小部分区域为草甸

图1 2012 年 7 月锡林河流域 MODIS 影像反演的月平均土壤含水量
草原区;该流域的土壤具有明显的地带性,即

由东南向西北有规律地分布着黑钙土、暗栗钙土和淡栗钙土；根据多年气象资料，锡林河内从东南向西北降水量逐渐递减。受植被、气候、土壤等条件的影响，上游地区土壤含水量高于中下游地区。河流及两侧的低湿地植被、上游地区的草甸草原土壤含水量较大。

4.2 锡林河流域土壤含水量空间变化分析

为便于分析2000年-2014年锡林河流域土壤含水量的变化，采用了统一的分类阈值，制作了2000年-2014年每年7月锡林河流域月平均土壤含水量分布图，如图2所示。由图可知，

在空间分布上，基本均为土壤含水量上游大于中游，中游大于下游，与该流域植被类型、自然条件相一致。由于土壤水分主要为降水补给，因此，降水量大的年份，土壤含水量大，土壤含水量大的区域所占面积越大，包括流域大部分区域(如2012年)，降水量小的年份，土壤含水量也小，土壤含水量大的区域仅出现在上游地区及河流流经地段(主要是低湿地植被，如2000年)。

图2 2000年-2014年每年7月锡林河流域月平均土壤含水量

4.3 锡林河流域土壤含水量时间变化分析

图 3 为反演的锡林河流域 2000 年-2014 年每年 7 月份土壤含水量变化曲线图,由图可知,土壤含水量的时间变化没有固定的趋向,

土壤含水量最大值出现在 2012 年,土壤含水量最小值为 2007 年,基本与各年 7 月份降水量的趋势相一致,与同期降水量的相关系数为 0.747,降水量为影响土壤含水量的主要因子。

图 3 锡林河流域 2000 年 7 月-2014 年 7 月份月土壤含水量与月降水量年际变化

5. 结论

本研究选择锡林河流域为研究区,基于 SWCI 指数,运用遥感方法,对 MODIS 影像进行处理及运算,反演出 2000-2014 年每年 7

月份土壤含水量值,并用实测数据进行了修正。

反演得到的土壤含水量分布与地表状况比较吻合,与植被覆盖区域以及土壤的地带性

分布相一致,各个年份土壤含水量均为上游大于中下游,降水量大的年份,土壤含水量大,土壤含水量大的区域所占面积越大,包括流域大部分区域,反之亦然。
2000年-2014年这15年流域土壤含水量的时间变化没有固定的趋向,基本与各年7月份降水量的趋势相一致,降水量为影响土壤含水量的主要因子。

参考文献

[1] 杜晓,王世新,周艺,魏华.一种新的基于MODIS的地表含水量模型构造与验证.武汉大学学报(信息科学版).2007,32(3):205-207,211.

[2] C.Y. Song, R. Zhang, A.X. Zhou, M. Hong. Water security risk assessment of the yellow river basin on constrained-random weight and cloud model. Journal of Risk Analysis and Crisis Response, 2013, 3(4): 201-209.

[3] 全川,杨景荣,雍伟义等.锡林河流域草原植被退化空间格局分析.自然资源学报.2002.17(5): 571-578.

[4] 白永飞,张丽霞,张焱等.内蒙古锡林河流域草原群落植物功能群组沿水热梯度变化的样带研究.植物生态学报.2002.26(3):308-316.

[5] 肖向明,王义凤,陈佐忠.内蒙古锡林河流域典型草原初级生产力和土壤有机质的动态及其对气候变化的反应.植物学报.1996.38(1): 45-52.

[6] 顾晓鹤,何春阳,潘耀忠等.基于生态风险评估的锡林河流域退化草地优化管理.应用生态学报.2007.18(5): 968-976.

[7] 刘佳慧,刘芳,王炜等.“3S”技术在生态用水量研究中的应用——以锡林河流域为例.干旱区资源与环境.2005.19(4): 92-97.