

Snowmelt Estimation in the Huai River Based on MODIS

Yongchao Lv¹, Zezhong Zheng^{1*}, Zhilong Yu¹, Gengke Lai¹, Jun Xia²

¹School of Resources and Environment, University of Electronic Science and Technology, Chengdu Sichuan

²Institute of Water Safety, Wuhan University, Wuhan Hubei

Email: *1041242581@qq.com

Received: Aug. 5th, 2018; accepted: Aug. 20th, 2018; published: Aug. 27th, 2018

Abstract

The Huai River Basin covers a wide area which is also with low altitude. In winter, snow precipitated in this region would completely melt and would be involved in the water cycle. Thus the study of snowmelt is of great significance to hydrology research in this basin. However, the meteorological stations in the Huai River Basin are insufficient and sparsely distributed. So the traditional ground point measurement can hardly meet the demand of researching snowmelt in this basin. Using the MODIS production and the model inversion to estimate the snowmelt becomes an effective way to launch snowmelt research in this region. This paper is based on the theory of degree-day factor snowmelt estimation and combines the MODIS production with ground point measurement to establish an approach to estimate snowmelt. What's more, the approach is tested by using data of snow-cover and average temperature of winter from 2015 to 2016. In addition, maps of the geographical distribution of snowmelt estimation in the Huai River Basin were mapped. Finally, the method for estimating the snowmelt in this paper is simply evaluated.

Keywords

Huai River Basin, Snow-Cover, Snowmelt, MODIS Products, Model Inversion

基于MODIS的淮河流域融雪量估算实现

吕永超¹, 郑泽忠^{1*}, 于志龙¹, 赖耕科¹, 夏 军²

¹电子科技大学, 资源与环境学院, 四川 成都

²武汉大学, 水安全研究院, 湖北 武汉

Email: *1041242581@qq.com

收稿日期: 2018年8月5日; 录用日期: 2018年8月20日; 发布日期: 2018年8月27日

*通讯作者。

文章引用: 吕永超, 郑泽忠, 于志龙, 赖耕科, 夏军. 基于 MODIS 的淮河流域融雪量估算实现[J]. 地理科学研究, 2018, 7(3): 251-257. DOI: 10.12677/gser.2018.73029

摘要

淮河流域面积大、海拔低，冬季流域内的降雪会全部融化并参与该流域的水循环，对其融雪研究是淮河流域水文研究的重要一环。然而淮河流域内气象站点数目较少、分布稀疏，传统的站点的实测方式难以满足流域融雪的研究。利用MODIS产品进行反演估算融雪量成为该缺资料地区融雪研究的有效手段。本文以度-日因子融雪估算理论为基础，将MODIS产品与地面气象站点实测数据相结合，设计了淮河流域融雪量估算的方法，并以2015~2016年冬季淮河流域雪数据和日平均气温为实验数据，对基于MODIS的融雪量估算方法进行了验证，并实现了淮河流域融雪量估算地理分布地图的绘制。最后对这种基于MODIS的融雪量估算方法的精度进行了一定的评估。

关键词

淮河流域，雪盖，融雪量，MODIS产品，模型反演

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 研究区概况

淮河流经河南、湖北、安徽、江苏四省，在三江营南汇入长江，随之北流入海，全长约 1000 km，总流域面积约为 270,000 km² [1]。然而在如此广阔的范围内仅有 10 余个基准、基本气象站[2]，只利用这些气象站点的实测数据进行淮河流域的融雪研究是非常困难的。另一方面，淮河是我国亚热带和暖温带的分界线，其南侧属亚热带范围，最冷月平均气温不低于 0℃；以北属暖温带范围，日平均气温低于 0℃ 的寒冷期，普遍在 30 天左右，一年内降雪量有限。又由于淮河流域海拔均不足 2 km，难以形成常年积雪，冬季流域内的降雪会全部融化，参与淮河流域的水循环[3]。对淮河流域融雪的研究是淮河流域水文研究的重要一环，也为其他流域融雪研究开拓了思路。

2. 雪盖指数

2.1. 雪盖指数反演思路

雪盖，即降雪形成的覆盖在陆地、海冰表面的积雪层。对融雪量的估算只应在有雪盖的区域进行，在淮河流域如此广大的范围内实地测量雪盖范围显然是不切实际的，MODIS 产品正为这种缺资料地区融雪研究提供了有效数据。MODIS 是搭载在 terra 和 aqua 卫星上的一个重要的传感器，其多波段数据可以提供反映陆地表面状况、植物特性、雪盖、地表温度等信息[4]。MODIS 的雪盖指数产品 MOD10A2，空间分辨率 500 m，时间分辨率为 8 d [5]，可以直接对其拼接、投影、裁剪得到特定坐标系下淮河流域的雪盖范围。

2.2. 雪盖指数反演过程

本文以 2015-2016 年冬季淮河流域的雪数据为实验对象，验证基于 MODIS 的融雪量估算的可行性。从 NASA 网站上获取 10 月 24 号，11 月 25 号，12 月 27 号；2016 年 1 月 25 号，2 月 28 号，3 月 29 号的 MOD10A2 影像用于雪盖指数的反演，其主要步骤包括：

1) 准备裁剪所需的淮河流域矢量边界。主要使用 ArcGIS 栅格影像转矢量数据的功能提取淮河流域矢量边界。

2) 影像拼接。使用软件 mrt 对行列号为 h27v05、h28v05、h28v06 的各月 MOD10A2 影像进行拼接，保证拼接后的影像完全覆盖淮河流域。

3) 投影转换。对拼接好的影像投影转换使其与淮河流域矢量边界坐标系一致，以保证裁剪的准确性。

4) 影像裁剪。利用 ArcGIS 软件自带的影像裁剪功能以淮河流域矢量边界为模板对投影好的影像进行裁剪。

由于淮河流域无常年积雪，雪盖存在时间主要在 11 月到次年 3 月，反演结果见图 1，其中一月日平均气温均处于 0 度以下，无法计算日融雪量，属于无效数据。

3. 度 - 日因子融雪量估算

3.1. 度 - 日因子融雪量估算思路

度 - 日因子模型是采用最为广泛的融雪量估算方法，利用雪盖、日均气温和度-日因子这些参数估算融

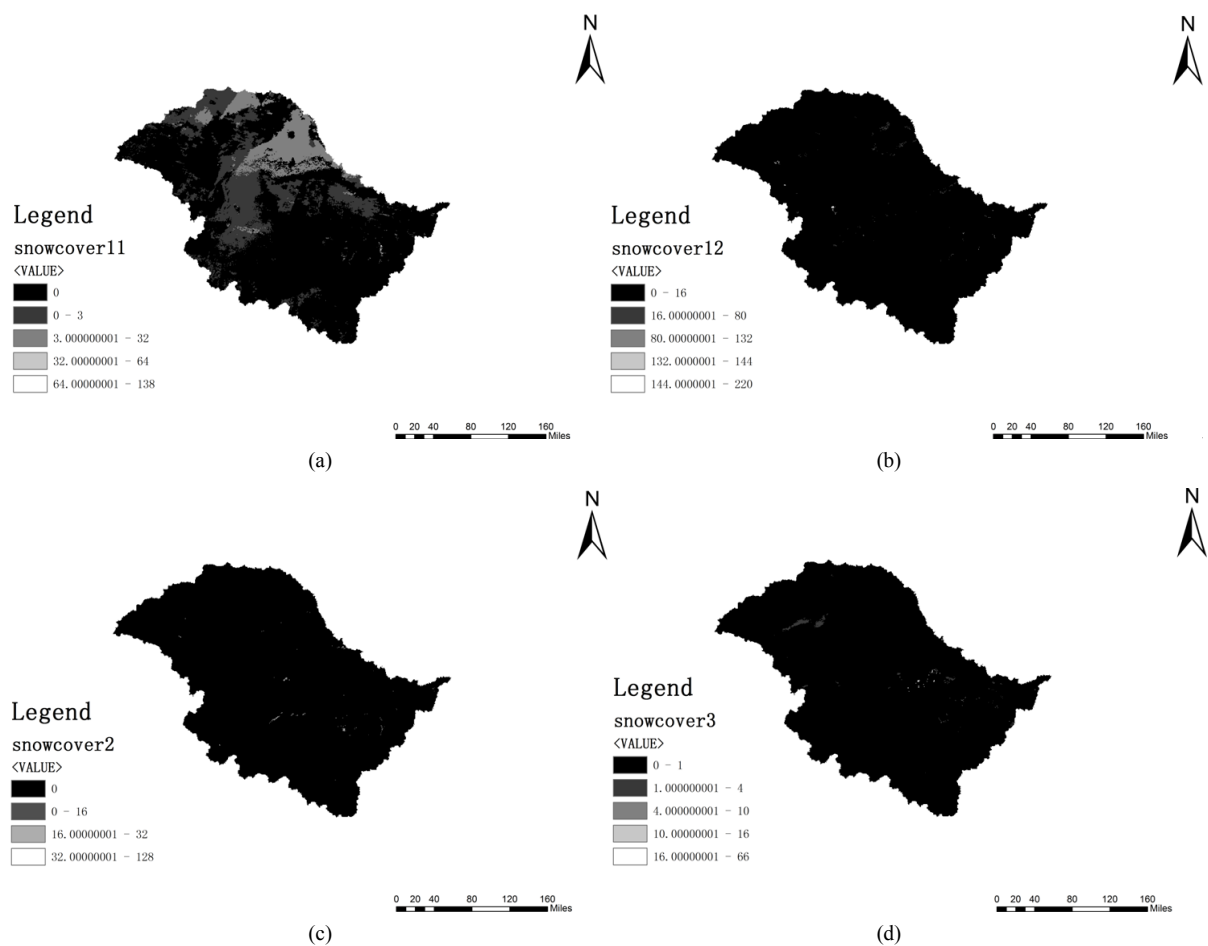


Figure 1. 2015~2016 Winter Snowcover in Huai River Basin; (a) 2015/11/25 snowcover in the Huai River Basin; (b) 2015/12/27 snowcover in the Huai River Basin; (c) 2016/2/28 snowcover in the Huai River Basin; (d) 2016/3/29 snowcover in the Huai River Basin

图 1. 2015~2016 年冬季淮河流域雪盖指数; (a) 2015/11/25 淮河流域雪盖指数; (b) 2015/12/27 淮河流域雪盖指数; (c) 2016/2/28 淮河流域雪盖指数; (d) 2016/3/29 淮河流域雪盖指数

雪量。度-日因子融雪估算模型规定融雪量 $M = D_f^* (T_a - T_{mli})$ (T_a : 日平均气温, T_{mli} : 积雪开始融化的阈值温度, D_f : 度-日因子 $D_f = 1.1 * (\rho_s / \rho_l)$, ρ_s : 雪密度, ρ_l : 水密度) [6]。

积雪开始融化的阈值温度 T_{mli} 一般采用 0°C , 水密度 ρ_l 一般采用 1 g/cm^3 。进行由度-日因子融雪估算需要在第二章生成的雪盖区域内进行, 此外还需要获取日平均气温影像图和各月雪密度值。日平均气温影像图可通过查找淮河流域各气象站记录的日平均气温进行 IDW 插值获得。淮河流域海拔普遍不高, 且积雪区集中于西部、西南部以及东北部的丘陵区, 故参考穆振侠(2007)的研究建立的海拔 2200 米以下、丘陵山地地带雪密度随月份变化图[7], 见图 2。

3.2. 度-日因子融雪量反演过程

对应雪盖指数, 以 2015~2016 年冬季淮河流域的日平均气温为实验数据, 主要反演步骤包括:

1) 淮河流域日平均气温的影像插值。为了获得更高精度的插值结果, 同时选用了淮河流域内部及周边的 34 个基准、基本气象站, 站点分布图见图 3。本文采用反距离权重(Inverse Distance Weighted, 简称 IDW)插值, 其主要思想是以插值点与各样本点的距离为权重, 离插值点越近的样本点权重越大[8], 非常适合进行日平均气温的插值。但是 IDW 插值只能完成同一海拔站点温度的插值, 直接利用站点记录数据插值忽略了各气象站点的高程差异, 本文中采用如下策略处理该问题: 根据海拔每上升 100 米气温下降 0.6°C 的经验模型, 将气象站点记录的平均气温换算到海平面处以消除高程的影响后再进行 IDW 插值, 得到海平面处温度影像图。再利用海拔与气温的关系利用数字高程模型(Digital Elevation Model, 简称 DEM)数据(见图 4)得到地表日平均气温的遥感影像, 见图 5。

2) 度-日因子计算。根据各月雪密度查找表和度-日因子计算公式 $D_f = 1.1 * (\rho_s / \rho_l)$ 计算得到各月的度-日因子。

3) 度-日因子融雪估算。获取日平均气温影像和度-日因子后, 利用地理信息软件 ARCGIS 中栅格计算器完成各月的度-日因子融雪估算量的计算。计算融雪量时要排除气温低于 0°C 和没有雪盖的地区。但

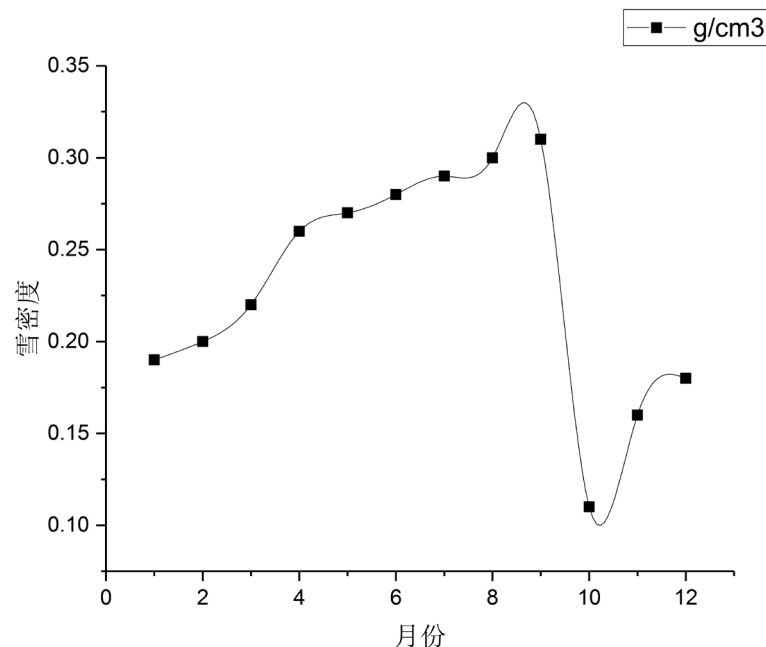


Figure 2. Curve map of snow density in Huai River Basin during a year in hilly area under 2200 m

图 2. 2200 米以下、丘陵地带雪密度随月份变化曲线图

由于淮河流域的雪盖面积相较于整个区域相比普遍很小，为了便于观察，仅对气温小于 0°C 的地区做了修正，当需要时再将雪盖数据与融雪量数据结合使用，反演结果见图 6。

4. 基于 MODIS 融雪量估算的评价

雪盖指数反演直接采用 MOD10A2 数据裁剪处理得到，反演结果精确度依赖于 MOD10A2 数据自身的精确度。MOD10A2 具有较高的积雪分类精度，平均积雪识别率 87.3%，可较好地消除云层对地表积雪

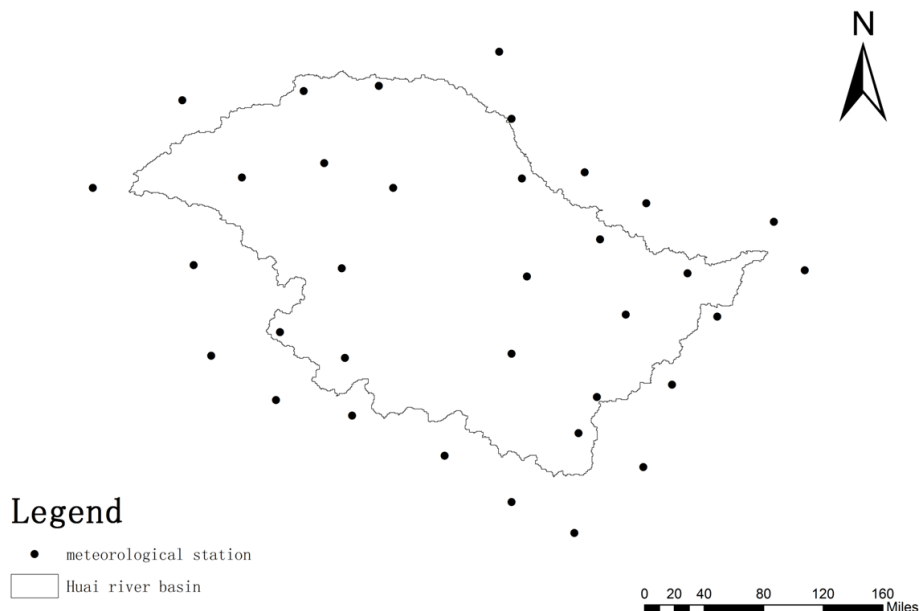


Figure 3. Distributing of meteorological stations in the Huai River Basin

图 3. 淮河流域站点分布

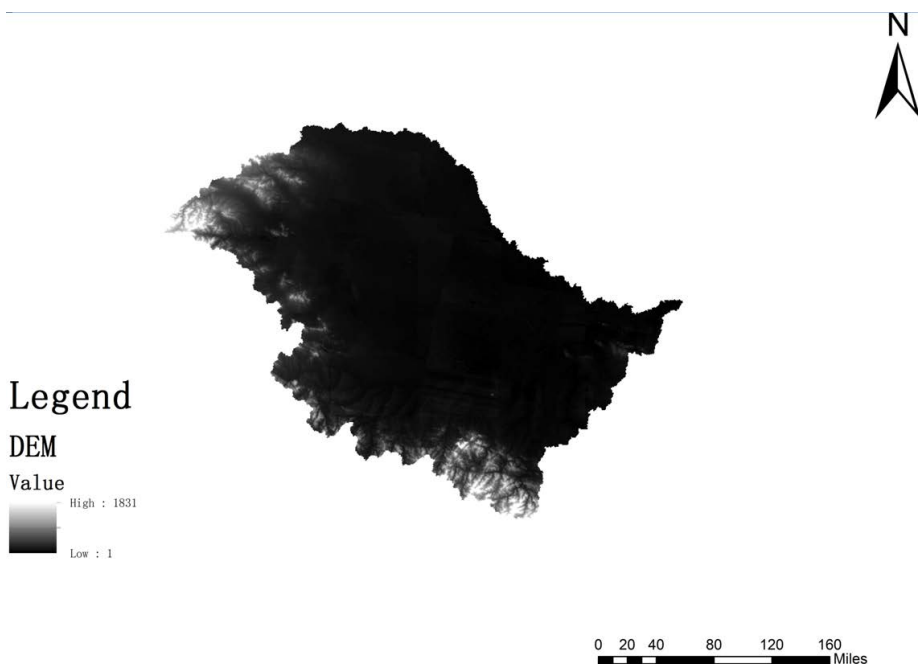


Figure 4. DEM of the Huai River Basin

图 4. 淮河流域 DEM 图

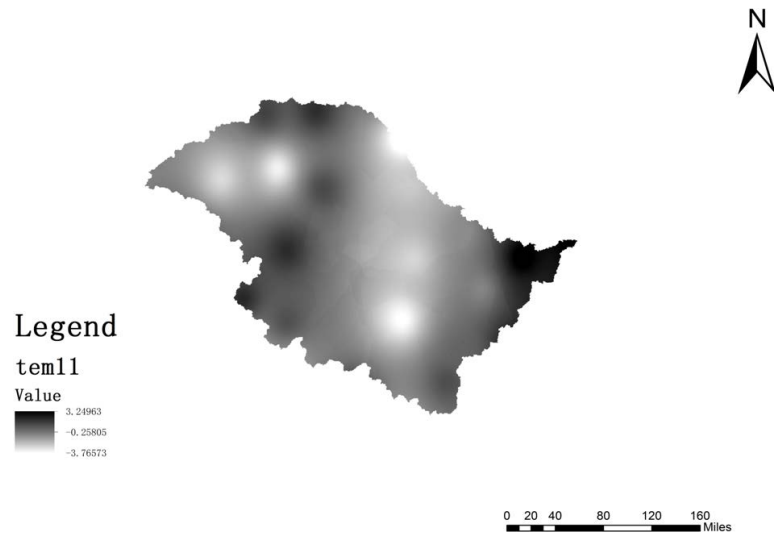


Figure 5. An example of average daily temperature in the Huai River Basin
图 5. 淮河流域平均气温示例

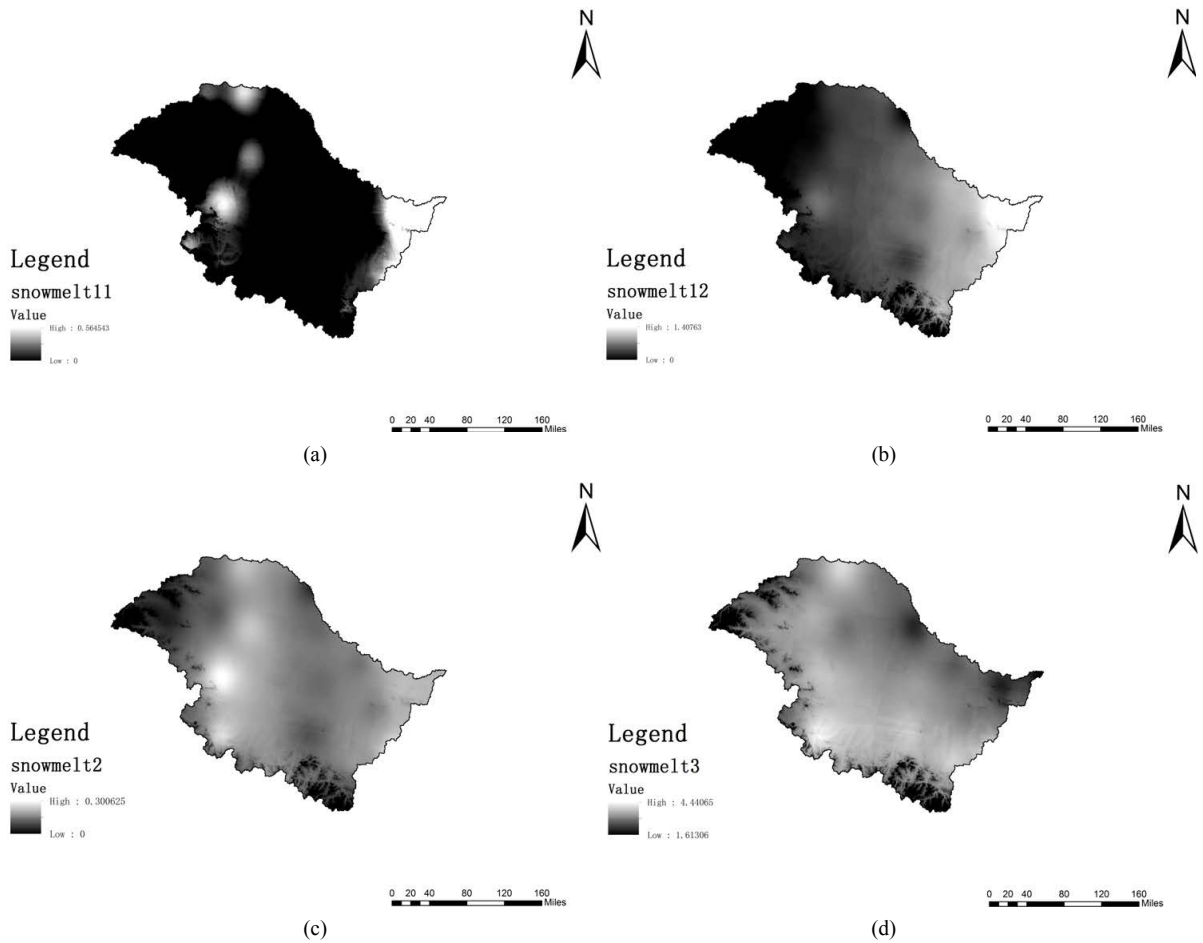


Figure 6. Snowmelt estimation in the Huai River Basin; (a) 2015/11/25 snowmelt in the Huai River Basin; (b) 2015/12/27 snowmelt in the Huai River Basin; (c) 2016/2/28 snowmelt in the Huai River Basin; (d) 2016/3/29 snowmelt in the Huai River Basin

图 6. 淮河流域度 - 日因子融雪估算; (a) 2015/11/25 淮河流域融雪量估算; (b) 2015/12/27 淮河流域融雪量估算; (c) 2016/2/28 淮河流域融雪量估算; (d) 2016/3/29 淮河流域融雪量估算

分类精度的影响[9]，故而雪盖指数反演精度相对较高。

度-日因子融雪量反演过程复杂，决定其精准度的因素有该模型本身，淮河流域的日平均气温，和该地区的雪密度。日平均气温通过淮河流域各站点日平均气温插值得到，该过程中还运用到气温与海拔的经验模型，插值和经验模型的应用均会影响反演结果的精确度；另外在插值过程中只考虑了海拔和地理分布对气温的影响，而未考虑其他因素。雪密度数据难以获取，淮河流域的相关研究也相对较少，无法获取反演当日的雪密度，对结果也有影响。上述反演得到的度-日因子融雪量更适用于定性分析和定量比较。

5. 结束语

相较于传统的基于地面站点测量方法，利用 MODIS 产品、模型反演估算的融雪量更加快捷和方便，使得缺资料甚至无资料的大面积地区的融雪研究成为可能。相对于离散的地面点测量，利用 MODIS 数据和模型反演估算的融雪量在区域内连续性好，解决了地区观测站点稀少、实地测量难度大造成的研究数据没有代表性或缺失的问题。但是，MODIS 影像的空间分辨率有限，还会受到天气、地形等的影响，对于一些有着高精度和时间连续性良好的融雪研究需要采取其他的方法。但是随着卫星遥感的不断发展和进步，利用 MODIS 产品、模型反演的方法研究融雪将会有着更加良好的精度。

参考文献

- [1] 张庆云, 郭恒. 夏季长江淮河流域异常降水事件环流差异及机理研究[J]. 大气科学, 2014, 38(4): 656-669.
- [2] 李双双, 杨赛霓, 刘宪锋. 1960~2013 年秦岭-淮河南北极端降水时空变化特征及其影响因素[J]. 地理科学进展, 2015, 34(3): 354-363.
- [3] 胡玉玲. 淮河以南一次罕见暴雪天气的成因以及数值预报产品的诊断分析[C]//中国气象学会. 中国气象学会 2008 年年会极端天气气候事件与应急气象服务分会场论文集: 2008 年卷. 北京: 中国学术期刊电子杂志出版社, 2008: 7.
- [4] 王雪梅, 廖卫红, 雷晓辉, 等. 基于 MODIS 的水文遥感信息提取——以东苕溪流域为例[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(14): 4483-4485.
- [5] 陈丽萍, 李忠勤, 张慧, 等. 2001~2014 年新疆阿尔泰山地区积雪时空分布特征研究[J]. 干旱区资源与环境, 2017, 31(3): 152-157.
- [6] 杨胜天, 赵长森. 遥感水文[M]. 北京: 科学出版社, 2015: 98-99.
- [7] 穆振侠. 天山西部山区分布式水文模型的研究[D]: [硕士学位论文]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2007.
- [8] 王兴, 苗春生, 江燕如, 等. 台站温度质量控制中 IDW 算法改进及应用[J]. 气象科技, 2014, 42(4): 605-611.
- [9] 黄晓东, 张学通, 李霞, 梁天刚. 北疆牧区 MODIS 积雪产品 MOD10A1 和 MOD10A2 的精度分析与评价[J]. 冰川冻土, 2007, 29(5): 722-729.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2168-5762, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>
期刊邮箱: gser@hanspub.org