

崔园园,张强,李威,等. CLDAS 融合土壤相对湿度产品适用性评估及在气象干旱监测中的应用[J]. 海洋气象学报, 2020, 40(4):105-113.

CUI Yuanyuan, ZHANG Qiang, LI Wei, et al. Applicability evaluation of CLDAS merged soil relative moisture product and its application in meteorological drought monitoring[J]. Journal of Marine Meteorology, 2020, 40(4): 105-113. DOI:10.19513/j.cnki.issn2096-3599.2020.04.012. (in Chinese)

CLDAS 融合土壤相对湿度产品适用性评估 及在气象干旱监测中的应用

崔园园¹, 张强², 李威², 敬文琪³, 覃军⁴, 陈慧华⁵

(1. 河北省气象台, 河北 石家庄 050000; 2. 国家气候中心, 北京 100081; 3. 94758 部队气象台, 福建 宁德 355103; 4. 中国地质大学(武汉)环境学院, 湖北 武汉 430074; 5. 广东省气候中心, 广东 广州 510080)

摘要: 基于 2008—2017 年全国自动气象观测站逐旬土壤相对湿度观测数据, 综合评估中国气象局陆面数据同化系统(CMA Land Data Assimilation System, CLDAS) 0~20 cm 层融合土壤相对湿度产品在中国地区的适用性, 评估表明 CLDAS 土壤相对湿度产品在中国东北、西北、江南大部及华南等地区存在较大系统性误差, 总体上适用性较差。为消除 CLDAS 土壤相对湿度产品的系统性误差, 采用回归订正法、7 旬滑动平均订正法和临近加权前旬订正法对 CLDAS 土壤相对湿度产品进行误差订正处理, 对订正结果评估发现: 订正处理后 CLDAS 土壤相对湿度产品与站点观测的相关性显著增加, 系统偏差基本消除, 适用性明显提高, 3 种订正方法中临近加权前旬订正法的订正效果最优。最后, 采用经不同方法订正后的 CLDAS 土壤相对湿度产品对 2017 年 5 月东北—华北地区一次气象干旱个例进行重现, 对比验证表明: 相对其他两种订正方法, 经临近加权前旬订正法处理后的 CLDAS 土壤相对湿度产品能更为精准地重现 2017 年 5 月东北—华北地区气象干旱的落区和强度。

关键词: 中国气象局陆面数据同化系统; 融合土壤相对湿度产品; 订正方法; 气象干旱监测; 适用性评估

中图分类号: S152.7; S423 文献标志码: A 文章编号: 2096-3599(2020)04-0105-09

DOI:10.19513/j.cnki.issn2096-3599.2020.04.012

Applicability evaluation of CLDAS merged soil relative moisture product and its application in meteorological drought monitoring

CUI Yuanyuan¹, ZHANG Qiang², LI Wei², JING Wenqi³, QIN Jun⁴, CHEN Huihua⁵

(1. Hebei Meteorological Observatory, Shijiazhuang 050000, China; 2. National Climate Center, Beijing 100081, China; 3. Meteorological Observatory of 94758 Troops, Ningde 355103, China; 4. School of Environmental Studies, China University of Geosciences (Wuhan), Wuhan 430074, China; 5. Guangdong Climate Center, Guangzhou 510080, China)

Abstract Based on in-situ dekad soil relative moisture observations of automatic weather stations nationwide from 2008 to 2017, this study makes a comprehensive applicability evaluation of CLDAS (CMA Land Data Assimilation System) merged soil relative moisture product at 0–20 cm layer. The evaluation shows CLDAS soil relative humidity product has large systematic error compared with in-situ observations in Northeast China, Northwest China, most areas of Jiangnan, and South China, so it

收稿日期: 2020-08-13; 修订日期: 2020-10-05

基金项目: 国家重点研发计划“重大自然灾害监测预警与防范”重点专项(2017YFC1502402); 广东省科技兴农——农业科技创新及推广项目(2020KJ102)

第一作者: 崔园园, 女, 助理工程师, 主要从事气象数据质量控制研究, doubleyuancui@foxmail.com。

通信作者: 张强, 男, 研究员, 主要从事气象灾害监测评估研究, zhq62@cma.gov.cn。

generally has poor applicability. To eliminate the systematic error of CLDAS soil relative humidity product, the regression correction method, seven ten-day moving average correction method, and near-weighted last ten-day correction method are used to conduct error correction. The evaluation of the correction result shows the correction of CLDAS soil relative humidity product makes a significant increase of its correlation with in-situ observations, the systematic error is basically eliminated, and its applicability has significantly improved. Among the above-mentioned three correction methods, the near-weighted last ten-day correction method performs the best. Finally, the corrected CLDAS soil relative humidity products with the three methods are used to reproduce one meteorological drought case that happened in Northeast-North China in May 2017. The verification results show that compared with the other two error correction methods, the CLDAS soil relative humidity product processed by the near-weighted last ten-day correction method can more accurately reproduce the area and intensity of the meteorological drought in Northeast-North China in May 2017.

Key words CMA Land Data Assimilation System (CLDAS); merged soil relative moisture product; correction method; meteorological drought monitoring; applicability evaluation

引言

近几十年来全球变暖导致气候暖干化加重趋势更加明显,由此导致干旱灾害发生频次增多、范围逐渐加大,致使我国西北、东北、华北、西南地区的生态环境及小气候环境受到明显影响,中国粮食产量也大幅度减少^[1-6],而且还间接地导致森林草原火灾频发以及引发作物病虫害等次生灾害^[7-10]。此外,这些地区水资源匮乏的问题又尤为显著,生态问题与社会问题互相渗透影响^[6]。只有合理、有效、及时地对干旱发生进行监测,才能提早进行人工干预、预防,最大限度地减少干旱对人类社会的影响。因此,如何利用精细化格点数据开展干旱监测,为相关部门提前提供有效的决策,减少干旱对社会带来的损失意义重大^[11-13]。

土壤相对湿度干旱指数适合于土壤水分盈亏监测,同时也是单项气象干旱指数之一,但限于土壤水分观测站点稀疏,年限较气象观测短,在长时间序列评估时受限。应用时发现,在小范围内的干旱监测准确度较高,区域尺度上的评估结果与实际相差较大,此外许多站点存在奇异值,稳定性欠缺^[14-17],这一问题在气象站点分布稀疏的西部和高原地区更为突出^[18-20]。

中国气象局陆面数据同化系统(CMA Land Data Assimilation System, CLDAS)可提供时空连续、高分辨率且在不同土壤深度(0~5 cm, 0~10 cm, 10~40 cm, 40~80 cm, 80~200 cm)的土壤相对湿度产品^[21]。CLDAS格点产品相对站点观测空间连续性强,利用它可以在任意空间范围研究干旱的形成、

发展过程,为全国干旱过程防御及风险规避提供依据^[22-23]。

本研究利用2008—2017年全国自动气象观测站逐旬土壤相对湿度观测数据,对CLDAS融合土壤相对湿度产品在中国区域的适用性进行评估,尝试运用3种订正方法对CLDAS的偏差进行订正,以期获得经误差订正的CLDAS土壤相对湿度产品且用于气象干旱监测业务,并结合国家标准GB/T 20481—2006《气象干旱等级》^[24]对2017年5月一次气象干旱过程进行监测分析评估。

1 数据与方法

1.1 数据介绍

1.1.1 观测验证数据

本研究使用的2008—2017年经过质量控制后中国区域2346个自动气象观测站土壤相对湿度实测数据由国家气象信息中心提供。该数据已经过旬平均处理:先将前一日21时到当日20时的24次土壤相对湿度观测值做算术平均得到土壤相对湿度日值;再对逐旬的土壤相对湿度日值做算术平均得到旬平均的土壤相对湿度。

1.1.2 中国气象局陆面数据同化产品

本研究所评估的土壤相对湿度模式数据为中国气象局陆面数据同化产品(CMA Land Data Assimilation Data, CLDAD), CLDAS通过数据融合和同化技术对地面站点观测数据、卫星产品以及数值模式产品等多源数据进行融合以得到高质量的格点产品,进而驱动陆面过程模式,获取陆面变量^[25-27]。CLDAS融合产品为覆盖亚洲范围(0°~65°N, 60°~

160°E)的等经纬度网格融合分析产品,空间分辨率为 $0.0625^\circ \times 0.0625^\circ$,时间分辨率为1 h。

1.2 数据预处理

1.2.1 观测数据质量控制

对自动气象观测站观测数据进行质量控制:1)剔除不合理数据,即相对湿度观测为0及大于100%的观测;2)剔除相对误差绝对值大于70%的匹配样本。

1.2.2 CLDAS 数据的时空尺度匹配

本研究使用的自动气象观测站土壤相对湿度观测数据已经过旬平均处理,而CLDAS融合产品的时间分辨率为1 h。为使两种数据的时间尺度一致,对CLDAS融合产品进行相同的旬平均处理:取每日24时次(前一日21:00—当日20:00)的数据平均得到日平均值,再取旬内逐日数据平均得到旬平均值。在空间匹配方面,利用双线性插值法将CLDAS插值到2346个有效站点上;由于CLDAS融合产品同化的是特定土壤厚度的土壤相对湿度(分别是0~5 cm,0~10 cm,10~40 cm,40~80 cm,80~200 cm),而站点观测数据是在某一深度的土壤相对湿度值,因此与观测值在10 cm土壤深度层的相对湿度进行对比时,将CLDAS产品2.5 cm(0~5 cm)~20 cm(0~10 cm,10~40 cm的均值)土壤相对湿度产品与10 cm深度的观测值进行对比分析^[19]。

1.2.3 土壤相对湿度干旱指数等级划分表

根据国家标准GB/T 20481—2006《气象干旱等级》^[24],土壤相对湿度干旱指数作为表征土壤干旱即土壤含水量的指标,也是单项气象干旱指标之一,一般发生较严重的气象干旱将导致土壤水分减少或亏缺,而出现土壤干旱。土壤相对湿度干旱指数在数值上直接等于土壤相对湿度(单位:%)。土壤相对湿度干旱指数的干旱等级划分见表1。

表1 土壤相对湿度干旱指数等级划分表^[24]

Table 1 Five drought grades by soil relative moisture, drought index, and drought type^[24]

干旱指数等级	干旱类型	土壤相对湿度/%
1	无旱	(60,100]
2	轻旱	(50,60]
3	中旱	(40,50]
4	重旱	(30,40]
5	特旱	(0,30]

1.3 适用性评估方法

本研究用于评估的统计量以及评估指标包括

模式格点数据与观测数据的平均偏差(B_{mean})、相关系数(R),以及基于空间技巧评分的复合统计量评分指标——时间技巧评分(S_T)^[16-17]。

1.3.1 平均偏差

将模式格点数据与观测数据的平均偏差 B_{mean} 定义为:

$$B_{\text{mean}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (M_i - O_i) \quad (1)$$

式中, N 为研究时段内CLDAS模式格点与实测的匹配样本总数, M_i 为CLDAS土壤相对湿度产品, O_i 为自动气象观测站观测值。

1.3.2 相关系数

将模式格点数据与观测数据的相关系数 R 定义为:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^N ((O_i - \bar{O})(M_i - \bar{M}))}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (O_i - \bar{O})^2 \sum_{i=1}^N (M_i - \bar{M})^2}} \quad (2)$$

式中, N 为研究时段内CLDAS模式格点与实测的匹配样本总数, M_i 为CLDAS土壤相对湿度产品, O_i 为自动气象观测站观测值, \bar{M} 、 \bar{O} 分别为CLDAS产品和自动气象观测站观测平均值。

1.3.3 时间技巧评分

将时间序列 x, y 之间的平方误差定义为:

$$E(x, y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2 \quad (3)$$

式中, n 为总样本数。则时间技巧评分(S_T)的定义为:

$$S_T = 1 - \frac{E(M, O)}{E(\bar{O}, O)} \quad (4)$$

式中, M 为CLDAS土壤相对湿度产品时间序列, O 为自动气象观测站观测时间序列, \bar{O} 为 O 的平均值。

S_T 评分包含两个评价指标,分别为观测站点与CLDAS或订正后的产品之间的相关性和平均偏差的综合表现。因此,CLDAS产品越接近观测场,则两个序列的相关系数越大,偏差越小,则 S_T 评分越接近1。

1.4 订正方法

针对CLDAS土壤相对湿度产品误差订正这一问题,崔园园等^[20]采用回归订正法、7旬滑动平均订正法在以旬为单位的时间尺度上对CLDAS土壤相对湿度产品进行了误差订正研究。但回归订正

法(1.4.1节)采用的订正系数为常量,未考虑CLDAS土壤相对湿度产品误差随时间的变化。7旬滑动订正方法(1.4.2节)虽考虑了格点产品误差随时间的变化,但其输入样本时间跨度大,对土壤相对湿度的短时突变订正效果欠佳;此外,当观测站点前7旬历史数据缺少时,订正结果具有较大的不确定性。为改进上述两种方法的缺陷,本文综合考虑土壤相对湿度在时间序列上存在的前后旬相关性以及订正站与临近站土壤相对湿度的相关性,提出了1.4.3节所示的临近加权前旬订正法。

1.4.1 回归订正法

记第*i*个站点观测时间序列为 S_{obs} ,相应的CLDAS时间序列记为 S_{CLDAS} ,根据下式建立回归方程:

$$S_{obs} = a_i S_{CLDAS} + b_i + \varepsilon_i \quad (5)$$

根据最小二乘法,得到相应的回归系数 a_i 和 b_i ,得到CLDAS在第*i*个站点经过回归订正后的时间序列 S_{CLDAS_update} 为:

$$S_{CLDAS_update} = a_i S_{CLDAS} + b_i \quad (6)$$

1.4.2 7旬滑动平均订正法

第*t*时刻的CLDAS土壤相对湿度值减去*t*时刻前7旬的误差平均值,即得*t*时刻订正后的CLDAS土壤相对湿度订正值:

$$M_{update} = M_t - \frac{1}{7} \sum_{i=t-8}^{t-1} (M_i - O_i) \quad (7)$$

式中,记第*t*个时刻经过式(7)订正后的CLDAS为 M_{update} ,第*t*个时刻CLDAS和站点观测分别为 M_t 和 O_t 。

1.4.3 临近加权前旬订正法

当某站前一句观测数据存在时,直接用当前旬CLDAS融合土壤相对湿度值减去前一句CLDAS与观测的偏差,即可得到当前旬CLDAS融合土壤相对湿度值的订正值;当前一句观测数据不存在时,选取与待订正站点一定距离以内临近站点的CLDAS融合土壤相对湿度数据在当前时刻上一旬的误差加权平均值(加权系数采取反距离平方),再用当前旬CLDAS融合土壤相对湿度值减去误差加权平均值,得到该时刻经过临近加权前旬订正法后的CLDAS,见式(8):

$$M_{update} = M_t - \sum_{i=1}^N w_i (M_{t-1,i} - O_{t-1,i}) \quad (8)$$

$$w_i = \frac{1}{R_i^2 \sum_{j=1}^N \frac{1}{R_j^2}} \quad (9)$$

式中, M_{update} 为当前时刻经过订正后的CLDAS产品, R_i 、 w_i 、 $M_{t-1,i}$ 、 $O_{t-1,i}$ 分别为待订正站点与被选取的第*i*个临近站点的距离、误差加权系数、上一旬CLDAS融合土壤相对湿度值和上一旬站点观测值, N 为选取的临近站点个数。

2 结果与分析

2.1 CLDAS及经过订正后的土壤相对湿度产品的适用性评估

2.1.1 未经订正的CLDAS产品评估

利用国家气象信息中心提供的10 cm层次中国区域土壤相对湿度逐旬观测数据对0~20 cm层次的CLDAS陆面同化湿度产品进行适用性评估。图1—3分别给出了2008—2017年观测站点与CLDAS陆面同化产品的偏差、相关系数及时间技巧评分(S_T)在中国地区的空间分布。

结合CLDAS与观测站点之间的相关性(图1)可以看出,CLDAS产品在绝大部分站点与观测值呈现出0.5以上的正相关;二者在川渝地区、东北地区北部以及新疆地区是相关性较差的区域,大部分站点的相关系数低于0.4;东北地区的中南部、华北地区、西南地区以及华南地区是相关性较高的区域,表明在上述地区CLDAS产品与实测结果具有较好的相关性。

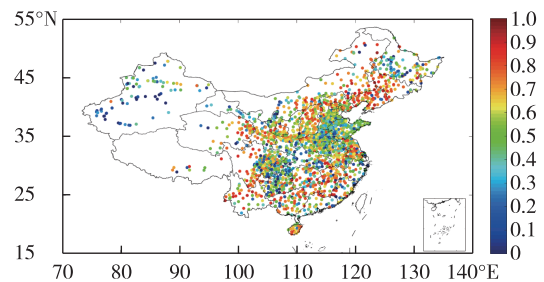


图1 2008—2017年CLDAS土壤相对湿度产品与站点观测数据的相关系数(R ,填色)空间分布

Fig.1 Spatial distribution of correlation coefficient (R , colored) between CLDAS soil relative moisture product and in-situ observations from 2008 to 2017

由偏差的空间分布(图2)来看,CLDAS融合土壤相对湿度产品相对观测来说,在华北大部、江汉地区、江南地区及华南北部明显偏高,而在我国的西北地区、西南地区以及华南大部,CLDAS融合土壤相对湿度产品明显偏低。

2008—2017年CLDAS土壤相对湿度产品与站点观测数据时间技巧评分(S_T ,图3)与相关性和偏差分析的结果基本上是保持一致的,在东北地区的

中南部、华北地区中东部、西北地区东部、黄淮地区、江淮地区和江汉地区以及西南地区的南部, S_T 评分在 $-1 \sim 1$ 之间, 表明在这些地区 CLDAS 与站点观测较为一致, 适用性较好; 而在黑龙江、太行山一带至河套地区、新疆地区、西南地区的西北部、江南地区大部及华南地区的大部, S_T 评分小于 -1 , 评分较低, 适用性较差。

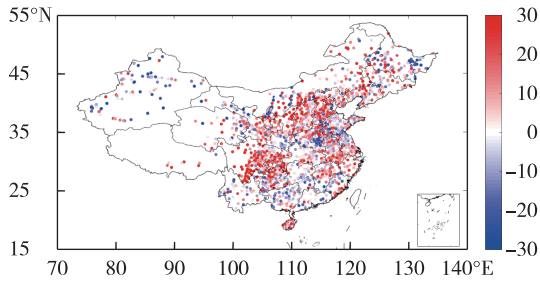


图 2 2008—2017 年 CLDAS 土壤相对湿度产品与站点观测数据的平均偏差 (B_{mean} , 填色, 单位: %)

Fig. 2 Spatial distribution of mean bias (B_{mean} , colored, units: %) between CLDAS soil relative moisture product and in-situ observations from 2008 to 2017

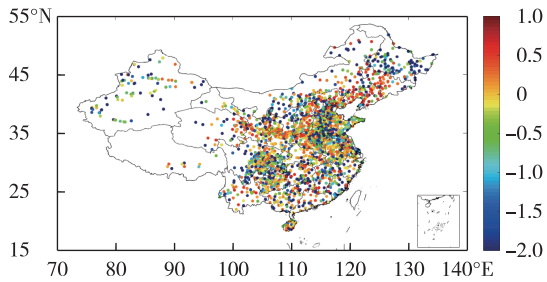


图 3 2008—2017 年 CLDAS 土壤相对湿度产品与站点观测数据时间技巧评分 (S_T , 填色) 的空间分布

Fig. 3 Spatial distribution of time skill score (S_T , colored) between CLDAS soil relative moisture product and in-situ observations from 2008 to 2017

2.1.2 经过 3 种订正方法订正的 CLDAS 结果评估

经过 3 种方法订正后的 CLDAS 产品与站点观测之间的相关性在中国区域的分布(图 4)与未订正的 CLDAS(图 1)相比, 经过 3 种订正方法订正之后的 CLDAS 产品与站点观测之间的相关性得到了显著的提升, 尤其是临近加权前旬订正法, 其表现明显优于回归订正法和 7 旬滑动平均订正法。由 3 种订正方法订正后的相关系数的分布来看, 相关性较差的区域主要分布在黑龙江、环渤海一带、西北地区南部以及西南地区东北部。

经订正后的 CLDAS 土壤相对湿度数据与站点观测的偏差在中国区域的分布(图 5)可以看出,

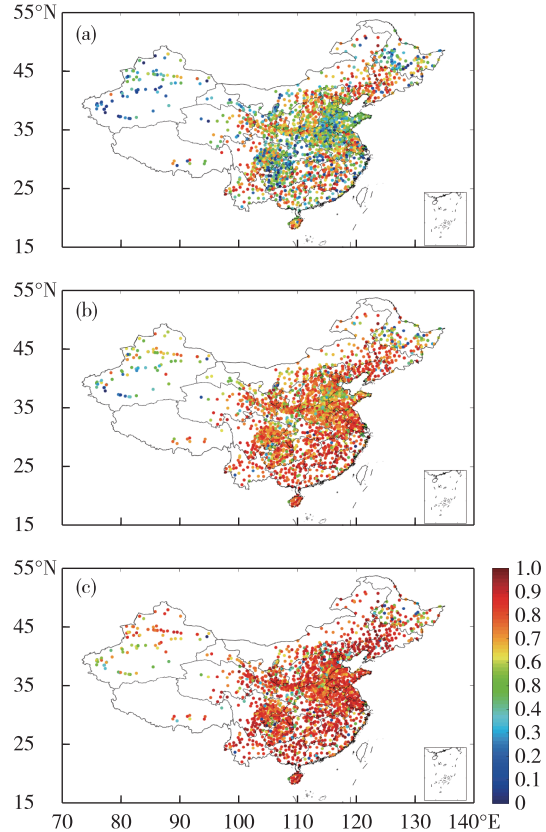


图 4 订正后的 CLDAS 土壤相对湿度产品与站点观测数据的相关系数 (R , 填色) 空间分布 (a. 回归订正法, b. 7 旬滑动平均订正法, c. 临近加权前旬订正法)

Fig. 4 Spatial distribution of correlation coefficient (R , colored) between corrected CLDAS soil relative moisture product and in-situ observations (a. regression reduction method, b. seven ten-day moving average correction method, c. near-weighted last ten-day correction method)

经订正后 CLDAS 产品的平均偏差显著降低, 平均偏差基本控制在 $\pm 5\%$ 之内, 即订正过程可有效消除 CLDAS 融合土壤相对湿度产品原有的系统性偏差。

由 2008—2017 年 CLDAS 土壤相对湿度经过订正后在中国区域 S_T 分布(图 6)可以看出, 相对于未经订正的 CLDAS 产品评估结果(图 3), 经过回归订正(图 6a)、7 旬滑动平均订正法订正(图 6b)和临近加权前旬订正法订正(图 6c)后的 CLDAS 融合土壤相对湿度产品的 S_T 评分整体提升明显, 包括东北地区、西北地区以及西南地区, 中国区域的 S_T 评分由未订正的 0.05 提升至 0.6 以上。由表 2 反映的基于全国站点的误差统计量来看, 相对其他两种订正方法, 临近加权前旬订正法的平均偏差最小, 相关

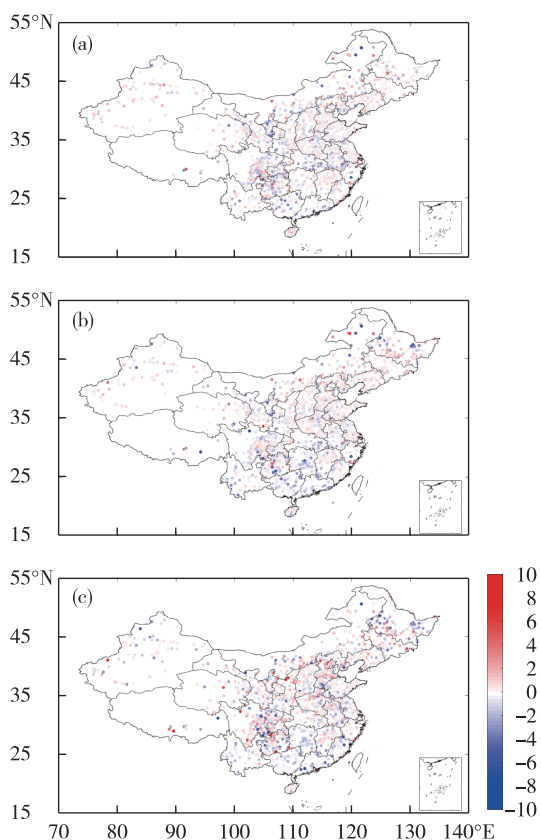


图5 订正后的 CLDAS 土壤相对湿度产品与站点观测数据的平均偏差 (B_{mean} , 填色, 单位: %) 空间分布 (a. 回归订正法, b. 7 旬滑动平均订正法, c. 临近加权前旬订正法)

Fig.5 Spatial distribution of mean bias (B_{mean} , colored, units: %) between corrected CLDAS soil relative moisture product and in-situ observations (a. regression reduction method, b. seven ten-day moving average correction method, c. near-weighted last ten-day correction method)

系数最大, S_T 评分高达 0.77, 该订正方法在中国区域的适用性最优, 但是仍然有个别站点的 S_T 评分偏低, 这些站点主要分布在黑龙江的北部、华北地区、西北地区。

表2 3种订正方法订正效果对比

Table 2 Comparison of effects with three correction methods

订正方法	平均偏差 (B_{mean})/%	相关系数 (R)	时间技巧评分 (S_T)
CLDAS	5.73	0.43	0.05
回归订正法	-0.13	0.78	0.61
7旬滑动平均法	-0.17	0.85	0.72
临近加权前旬订正法	-0.11	0.88	0.77

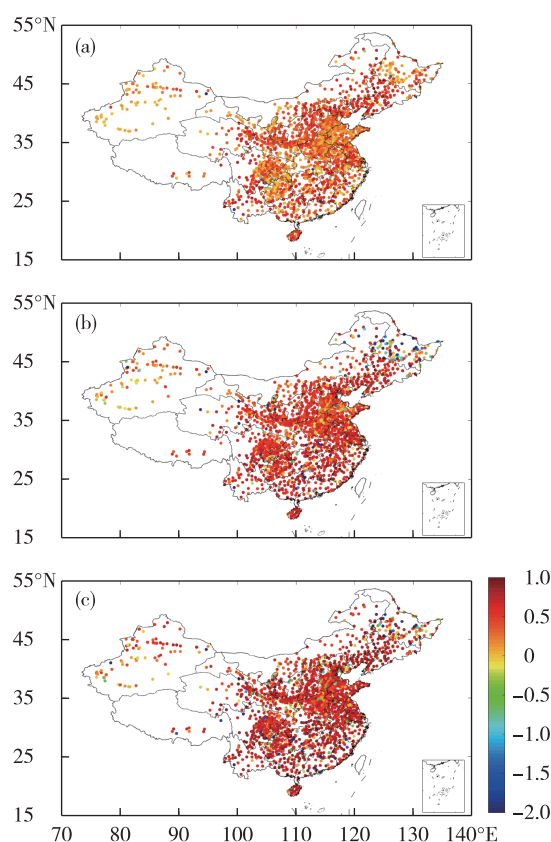


图6 订正后的 CLDAS 融合土壤相对湿度与站点观测值的时间技巧评分 (S_T , 填色) 空间分布 (a. 回归订正法, b. 7 旬滑动平均订正法, c. 临近加权前旬订正法)

Fig.6 Spatial distribution of time skill score (S_T , colored) between corrected CLDAS merged soil relative moisture product and in-situ observations (a. regression reduction method, b. seven ten-day moving average correction method, c. near-weighted last ten-day correction method)

2.2 土壤湿度产品应用于气象干旱监测的个例分析验证

本研究以 2017 年 5 月下旬东北—华北地区的一次气象干旱过程为研究个例, 验证 CLDAS 融合土壤相对湿度产品在气象干旱监测应用中的可行性。气象干旱等级的划分主要参考表 1 中的阈值。

根据国家气候中心发布的 2017 年 5 月 21 日全国气象干旱监测图 (图 7) 显示, 这次气象干旱程度严重的区域主要集中在东北—华北地区, 旱情程度为中旱—特旱, 重旱—特旱区域主要在山东北部、河北的中北部、内蒙古东部至东北地区的西部一带, 重旱区域在河北的东北部和东北的西南部地区。

基于全国实测土壤相对湿度数据对 2017 年 5 月下旬气象干旱过程的监测评估 (图 8) 可知, 基于

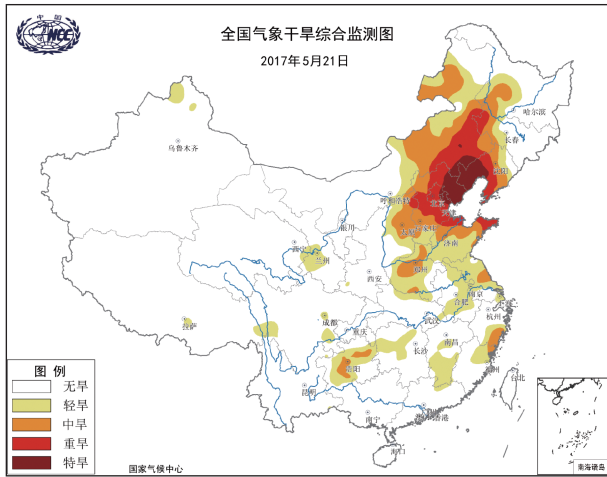


图 7 2017 年 5 月 21 日全国气象干旱监测图(国家气候中心发布)

Fig.7 National meteorological drought monitoring map on 21 May 2017 (from National Climate Center)

全国实测土壤相对湿度数据监测到的气象干旱分布范围要比国家气候中心发布的气象干旱范围(图 7)要大,气象干旱达到中旱程度的还包括河套地区、内蒙古中部、四川的中西部以及青海。根据 2017 年中国气象灾害年鉴指出:4 月上旬至 7 月下旬,东北西部及内蒙古东部降水量不足 200 mm,比常年同期偏少 3~8 成,局地偏少 8 成以上;上述地区气温普遍比常年同期偏高 1~2 °C,其中内蒙古东部偏高 2~4 °C。高温少雨致使内蒙古东部和东北

西部气象干旱发展,其中,华北北部、东北西部、内蒙古东部出现春夏连旱,内蒙古、山东、陕西因旱绝收面积占全国因旱绝收面积的 52%。在 5 月中旬全国降水稀少,仅在云贵一带有明显降水,5 月 20 日迎来自河套地区西部经四川盆地到两广一带的大面积降水,上述地区气象干旱有所缓解,华北、东北至内蒙古一带的气象干旱仍然继续发生^[29-31]。

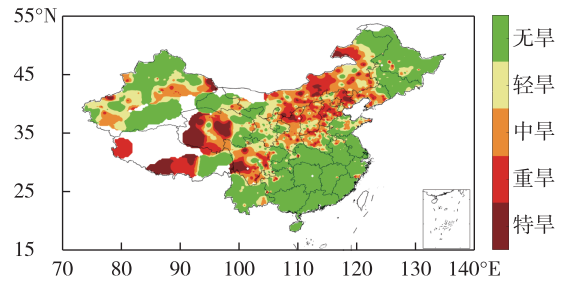


图 8 基于实测土壤相对湿度数据对 2017 年 5 月下旬气象干旱过程的监测评估

Fig.8 Distribution of meteorological drought assessment in China in the last decade of May 2017 by soil relative moisture observations

由图 9a 可知利用未经订正的 CLDAS 融合土壤相对湿度产品监测到的此次气象干旱过程的干旱程度偏弱,仅在河北的北部至内蒙古的大部出现了大范围的轻旱,局部地区的中旱过程。经 7 旬滑动平均订正法(图 9c)和临近加权前旬订正法(图 9d)订正后的 CLDAS 融合土壤相对湿度产品制作的

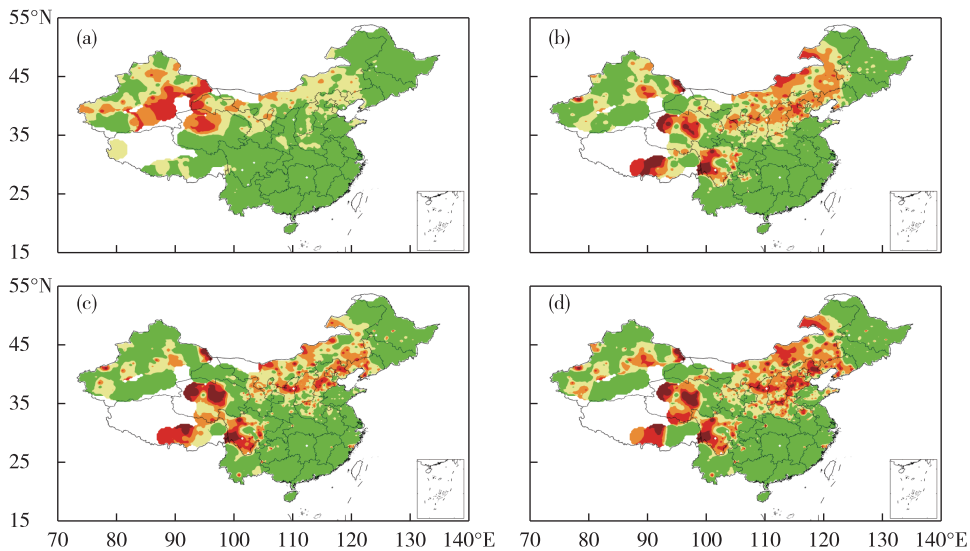


图 9 基于未订正和订正后的 CLDAS 融合土壤相对湿度产品对 2017 年 5 月下旬东北—华北地区气象干旱过程的监测评估(a.未订正,b.回归订正法,c.7 旬滑动平均订正法,d.临近加权前旬订正法)

Fig.9 Distribution of meteorological drought assessment in Northeast-North China in the last decade of May 2017 by uncorrected (a) and corrected (b. regression correction method, c. seven ten-day moving average correction method, d. near-weighted last ten-day correction method) CLDAS merged soil relative moisture product

象干旱监测产品对2017年5月下旬东北—华北一带的气象干旱过程监测指示明显。特别是临近加权前句订正法(图9d)的效果更具有优势,它表现的气象干旱范围与国家气候中心(图7)及基于土壤湿度观测数据(图8)监测的气象干旱范围更为接近,也是唯一能将东北、华北至内蒙古一带的中旱—重旱的干旱过程表现出来的订正方法。

3 结论

本研究基于自动气象观测站土壤湿度的观测数据对CLDAS融合土壤相对湿度产品进行了适用性评估,其次采用回归订正法、7旬滑动平均订正法、临近加权前句订正法对CLDAS融合产品进行了误差订正并评估了订正效果,最后针对2017年5月东北—华北一次气象干旱过程初步探讨了经3种方法订正后CLDAS融合产品在气象干旱监测应用中的可行性,得到以下主要结论:

1) 本文利用土壤相对湿度站点观测旬数据,对国家气象信息中心提供的CLDAS土壤相对湿度产品进行了适用性分析。结果表明:CLDAS融合土壤相对湿度产品在中国区域的表现不一致,在东北地区的中南部、华北地区中东部、西北地区东部、黄淮地区、江淮地区和江汉地区以及西南地区的南部,适用性较好;而在黑龙江、太行山一带至河套地区、新疆地区、西南地区的西北部、江南地区大部及华南地区的大部,偏差较大,相关性较差。本研究主要关注CLDAS的0~20 cm层融合土壤相对湿度产品,其他层次的适用性还有待进一步验证。

2) 经3种不同订正方法进行误差订正后,CLDAS产品相关性显著提高,系统偏差得到了显著的降低,均控制在 $\pm 2\%$ 之内, S_T 评分也大大提高,其中以临近加权前句订正法的订正效果最为显著, S_T 评分达到0.77。

3) 经临近加权前句订正法订正后的CLDAS融合土壤相对湿度产品对2017年5月下旬东北—华北气象干旱过程的描述更为准确、可靠,相较于直接将CLDAS融合土壤相对湿度产品用于气象干旱监测具有明显优势。

参考文献:

- [1] 郭安红,延昊,李泽椿,等.自然灾害与公共安全:我国的现状与差距[J].城市与减灾,2015(1):13-17.
- [2] 毕宝贵,李泽椿,郭安红,等.自然灾害对公共安全的影响及其监测预警科技发展战略[J].海洋气象学报,2017,37(3):1-7.
- [3] 巢清尘,周波涛,孙颖,等.IPCC气候变化自然科学认知的发展[J].气候变化研究进展,2014,10(1):7-13.
- [4] LIU X C, TANG Q H, ZHANG X J, et al. Projected changes in extreme high temperature and heat stress in China[J]. J Meteor Res, 2018, 32(3):351-366.
- [5] 效存德,秦大河,任贾文,等.环北极地区冰川(盖)物质平衡研究进展[J].冰川冻土,1999,21(3):200-206.
- [6] REYNOLDS J F, SMITH D M S, LAMBIN E F, et al. Global desertification: Building a science for dryland development[J]. Science, 2007, 316(5826):847-851.
- [7] 宁惠芳,林婧婧,陈佩璇.甘肃省气候暖干化与农业干旱灾害的联系[J].干旱气象,2010,28(2):198-201.
- [8] 宋艳玲,王建林,田靳峰,等.气象干旱指数在东北春玉米干旱监测中的改进[J].应用气象学报,2019,30(1):25-34.
- [9] 张九天,何霄嘉,上官冬辉,等.冰川加剧消融对我国西北干旱区的影响及其适应对策[J].冰川冻土,2012,34(4):848-854.
- [10] MARÍN P G, JULIO C J, DANTE ARTURO R T, et al. Drought and spatiotemporal variability of forest fires across Mexico[J]. Chin Geogra Sci, 2018, 28(1):25-37.
- [11] 钱正安,宋敏红,李万源,等.全球、中蒙干旱区及其部分地区降水分布细节[J].高原气象,2011,30(1):1-12.
- [12] 郭建平.农业气象灾害监测预测技术研究进展[J].应用气象学报,2016,27(5):620-630.
- [13] 张强,韩兰英,张立阳,等.论气候变暖背景下干旱和干旱灾害风险特征与管理策略[J].地球科学进展,2014,29(1):80-91.
- [14] 李新,南卓铜,吴立宗,等.中国西部环境与生态科学数据中心:面向西部环境与生态科学的数据集成与共享[J].地球科学进展,2008,23(6):628-637.
- [15] 邹旭恺,张强.近半个世纪我国干旱变化的初步研究[J].应用气象学报,2008,19(6):679-687.
- [16] 保鸿燕,杨凯,李一玲,等.GLDAS土壤湿度在青藏高原地区的误差及其原因[C]//中国气象学会.第33届中国气象学会年会S8数值模式产品应用与评估.西安:中国气象学会,2016.
- [17] 王春林,郭晶,薛丽芳,等.改进的综合气象干旱指数C_{new}及其适用性分析[J].中国农业气象,2011,32(4):621-626,631.
- [18] 崔园园,覃军,敬文琪,等.GLDAS和CLDAS融合土壤水分产品在青藏高原地区的适用性评估[J].高原气象,2018,37(1):123-136.
- [19] 崔园园,敬文琪,覃军.基于TIPEX III资料对CLDAS-V2.0和GLDAS-NOAH陆面模式产品在青藏高原地区的适用性评估[J].高原气象,2018,37(5):1143-1160.

- [20] 崔园园,张强,覃军,等. CLDAS 融合土壤湿度产品在东北地区的适用性评估及订正[J]. 中国农业气象, 2019, 40(10): 660-668.
- [21] SHI C X, XIE Z H, QIAN H, et al. China land soil moisture EnKF data assimilation based on satellite remote sensing data [J]. *Sci China Earth Sci*, 2011, 54(9): 1430-1440.
- [22] 殷雪莲,张德玉. 2001年张掖市异常干旱分析及防御对策[J]. 干旱气象, 2004, 22(3): 38-43.
- [23] 程建业,任晓霞,赵晋,等. 山西朔州市近55a气象干旱趋势及防御措施[J]. 干旱气象, 2012, 30(3): 327-331.
- [24] 中国气象局. 气象干旱等级: GB/T 20481—2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [25] 张涛. 基于LAPS/STMAS的多源资料融合及应用研究[D]. 南京: 南京信息工程大学, 2013.
- [26] 师春香. 基于EnKF算法的卫星遥感土壤湿度同化研究[D]. 北京: 中国科学院研究生院, 2008.
- [27] 国家气象信息中心. 中国气象局陆面数据同化系统第一版本产品说明[EB/OL]. (2013-07-24) [2020-09-18]. <https://www.docin.com/p-850060648.html>.
- [28] 中央气象台. 2010年3月26日土壤水分监测公报[R]. 北京: 国家气象中心, 2010.
- [29] 国家气候中心. 中国气象灾害年鉴2017[M]. 北京: 气象出版社, 2018.
- [30] 向纯怡,许映龙. 2016年8月大气环流和天气分析[J]. 气象, 2016, 42(11): 1418-1424.
- [31] 冯爱青,曾红玲,尹宜舟,等. 2017年中国气候主要特征及主要天气气候事件[J]. 气象, 2018, 44(4): 548-555.