



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113419046 B

(45) 授权公告日 2022.02.18

(21) 申请号 202110675058.6

(22) 申请日 2021.06.17

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113419046 A

(43) 申请公布日 2021.09.21

(73) 专利权人 北京大学
地址 100871 北京市海淀区颐和园路5号

(72) 发明人 崔要奎 杨泽坤 姚照原 蒋波
耿晓状 陈曦

(74) 专利代理机构 北京康思博达知识产权代理
事务所(普通合伙) 11426
代理人 范国锋 刘冬梅

(51) Int. Cl.
G01N 33/24 (2006.01)
G06F 17/15 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 102507901 A, 2012.06.20
CN 110427995 A, 2019.11.08
CN 109919250 A, 2019.06.21
CN 110389208 A, 2019.10.29
CN 111366617 A, 2020.07.03
CN 112488008 A, 2021.03.12
Yaokui Cui et al..A two-step fusion

framework for quality improvement of a remotely sensed soil moisture product: A case study for the ECV product over the Tibetan Plateau.《Journal of Hydrology》.2020,第587卷第1-12页.

Gruber, A, et al..Recent advances in (soil moisture) triple collocation analysis.《INTERNATIONAL JOURNAL OF APPLIED EARTH OBSERVATION AND GEOINFORMATION》.2016,第200-211页.

Cui, YK, et al..A New Fusion Algorithm for Simultaneously Improving Spatio-Temporal Continuity and Quality of Remotely Sensed Soil Moisture Over the Tibetan Plateau.《IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN APPLIED EARTH OBSERVATIONS AND REMOTE SENSING》.2020,第14卷第83-91页.

江渊等.基于偏差校正和三重组合分析的主、被动微波土壤湿度数据融合.《水资源与水利工程学报》.2020,第31卷(第02期),第243-252,260页.

刘智凡 等.工具变量辅助的变系数测量误差模型的估计.《中国科学院大学学报》.2018,第35卷(第1期),第1-9页.

审查员 范美玲

权利要求书3页 说明书8页 附图1页

(54) 发明名称
一种改进的土壤湿度产品双变量融合方法

(57) 摘要
本发明公开了一种改进的土壤湿度产品双变量融合方法,该方法中输入两套土壤湿度产品数据,针对两套土壤湿度产品设置工具变量的时间偏移量,并选取最优的时间偏移量,据此获得最优的工具变量,通过最优的工具变量解算两套土壤湿度产品的权重,并据此形成融合产品,得到准确的土壤湿度信息。

步骤1, 输入两套土壤湿度产品数据,

步骤2, 针对两套土壤湿度产品设置工具变量的时间偏移量, 并选取最优的时间偏移量,

步骤3, 解算两套土壤湿度产品的权重, 并据此形成融合产品。

1. 一种改进的土壤湿度产品双变量融合方法,其特征在于,该方法包括如下步骤:

步骤1,输入两套土壤湿度产品数据,

步骤2,针对两套土壤湿度产品设置工具变量的时间偏移量,并选取最优的时间偏移量,

步骤3,解算两套土壤湿度产品的权重,并据此形成融合产品;

所述的工具变量是指与当前需要融合的土壤湿度产品时间序列长度相同,并采用同样方式生产的土壤湿度产品;

所述时间偏移量是指工具变量和融合土壤湿度产品两产品时间序列中第一天的时间之差;

在所述步骤3中,具体包括如下子步骤:

子步骤a,根据最优的时间偏移量获得最优的工具变量,

子步骤b,获得两套土壤湿度产品的误差方差,

子步骤c,在无法获得误差方差或者获得的误差方差不大于0时,将所述误差方差设置为0;

子步骤d,当所述两套土壤湿度产品的误差方差之和不为0时,通过反标准差加权计算权重获得融合产品;

当所述两套土壤湿度产品的误差方差之和为0时,通过简单加权计算权重获得融合产品;

在子步骤b中,通过下式(三)和(四)获得两套土壤湿度产品的误差方差,

$$\sigma_x^2 = C_{xx} - C_{xy} \cdot \sqrt{\frac{C_{Ix}}{C_{Jy}}} \quad (三)$$

$$\sigma_y^2 = C_{yy} - \frac{C_{xy}}{\sqrt{\frac{C_{Ix}}{C_{Jy}}}} \quad (四)$$

其中, σ_x^2 和 σ_y^2 分别表示两套土壤湿度产品的误差方差;

C_{xx} 和 C_{yy} 分别表示两套土壤湿度产品的方差;

C_{xy} 表示两套土壤湿度产品之间的协方差;

C_{Ix} 表示土壤湿度产品x和其最优工具变量I之间的协方差;

C_{Jy} 表示土壤湿度产品y和其最优工具变量J之间的协方差;

所述 C_{Ix} 和 C_{Jy} 通过下式(五)和(六)获得:

$$C_{Ix} = \alpha_x^2 L_{pp} \quad (五)$$

$$C_{Jy} = \alpha_y^2 L_{pp} \quad (六)$$

其中, α_x 表示土壤湿度产品x和真实值P之间的比例系数;

α_y 表示土壤湿度产品y和真实值P之间的比例系数;

L_{pp} 表示土壤湿度产品所在时间内真实土壤湿度P和最优工具变量所在时间范围内真实

土壤湿度P之间的协方差；

所述的 α_x 和 α_y 基于以下线性模型假设进行描述：

$$X = \alpha_x P + B_x + \varepsilon_x$$

$$Y = \alpha_y P + B_y + \varepsilon_y$$

其中X,Y分别代表两种土壤湿度产品， α_x 和 α_y 分别为比例系数，P为土壤湿度真实值， B_x 和 B_y 分别表示两种土壤湿度产品相对于真实值的偏移量， ε_x 和 ε_y 分别表示误差；

子步骤d中，所述反标准差加权计算权重包括下式(七)；

$$Z = \frac{\sigma_y}{\sigma_x + \sigma_y} X + \frac{\sigma_x}{\sigma_x + \sigma_y} Y \quad (七)$$

其中，Z表示融合产品，

X和Y分别表示两套土壤湿度产品。

2. 根据权利要求1所述的一种改进的土壤湿度产品双变量融合方法，其特征在于，

在所述步骤2中，具体包括如下子步骤：

子步骤1，为每套土壤湿度产品随机设置工具变量的时间偏移量；

子步骤2，分别计算每套土壤湿度产品和对应的工具变量之间的相关系数，即为工具变量相关系数；

子步骤3，计算两个工具变量相关系数的乘积，保留使得该乘积大于零的时间偏移量；

子步骤4，重复子步骤1~3，每次重复时，在子步骤1中设置不同的工具变量的时间偏移量；记录存储子步骤3中保留的时间偏移量；其中，在每次重复子步骤1时，设置时间偏移量的规则为：首先按照当前所能提供的相同土壤湿度产品确定时间偏移量范围，而后从最小的时间偏移量到最大的时间偏移量进行遍历即可；两套产品在进行融合时，所选用的时间偏移量必须相同；

子步骤5，从子步骤4中记录存储的时间偏移量中挑选出能够使得工具变量相关系数最大的时间偏移量，作为最优时间偏移量；

在子步骤2中，所述工具变量相关系数通过下式(一)和(二)获得：

$$R_{Ix} = \frac{C_{Ix}}{C_{II} C_{xx}} \quad (一)$$

$$R_{Jy} = \frac{C_{Jy}}{C_{JJ} C_{yy}} \quad (二)$$

其中， R_{Ix} 表示土壤湿度产品x和对应的工具变量之间的相关系数， R_{Jy} 表示土壤湿度产品y和对应的工具变量之间的相关系数；I表示土壤湿度产品x的工具变量，J表示土壤湿度产品y的工具变量； C_{II} 表示土壤湿度产品x的工具变量的方差， C_{JJ} 表示土壤湿度产品y的工具变量的方差。

3. 根据权利要求2所述的一种改进的土壤湿度产品双变量融合方法，其特征在于，

在子步骤5中，当子步骤4中记录存储的时间偏移量数量为0时，将能够使得工具变量为融合产品的下一年时间序列的时间偏移量作为最优时间偏移量。

4. 根据权利要求1所述的一种改进的土壤湿度产品双变量融合方法，其特征在于，

子步骤d中，所述简单加权计算权重包括下式(八)：

$$Z = \frac{X+Y}{2} \quad (\text{八})。$$

一种改进的土壤湿度产品双变量融合方法

技术领域

[0001] 本发明涉及土壤湿度测算技术领域,具体涉及一种改进的土壤湿度产品双变量融合方法。

背景技术

[0002] 现有技术中,测算土壤湿度的方法中比较常见的是基于三重校准法的土壤湿度融合方法。该方法所需要的产品数量为三种,同时在估计的时候不能单独使用遥感产品进行产品融合。

[0003] 三重校准法的基本处理过程中,首先需满足基本前提:已有三种独立产品满足线性模型的假设,分别设为X,Y,Z;

[0004] 它们需要满足:

$$[0005] \quad X = \alpha_x P + B_x + \varepsilon_x$$

$$[0006] \quad Y = \alpha_y P + B_y + \varepsilon_y$$

$$[0007] \quad Z = \alpha_z P + B_z + \varepsilon_z$$

[0008] 而后在各产品独立和各误差独立的条件下:

$$[0009] \quad C_{XY} = \alpha_x \alpha_y C_{PP}$$

$$[0010] \quad C_{YZ} = \alpha_y \alpha_z C_{PP}$$

$$[0011] \quad C_{XZ} = \alpha_x \alpha_z C_{PP}$$

$$[0012] \quad C_{XX} = \alpha_x^2 C_{PP} + \sigma_x^2$$

$$[0013] \quad C_{YY} = \alpha_y^2 C_{PP} + \sigma_y^2$$

$$[0014] \quad C_{ZZ} = \alpha_z^2 C_{PP} + \sigma_z^2$$

[0015] 因此利用代换,可得:

$$[0016] \quad \sigma_x^2 = C_{XX} - \frac{C_{XY} C_{XZ}}{C_{YZ}}$$

$$[0017] \quad \sigma_y^2 = C_{YY} - \frac{C_{XY} C_{YZ}}{C_{XZ}}$$

$$[0018] \quad \sigma_z^2 = C_{ZZ} - \frac{C_{XZ} C_{YZ}}{C_{XY}}$$

[0019] 之后利用得到的误差方差对于产品进行基于误差分析的融合,这个过程因为需要用到三套独立产品进行融合。而通常的遥感产品因为在反演过程中常常共享相同算法,因此一般只能提供两套独立产品,即主动产品和被动产品两种,仅有两种独立产品,所以不能单独使用遥感产品进行产品融合,需要其他模型产品的估计,因此其使用过程复杂,获取难度大,消耗时间长;

[0020] 由于上述原因,本发明人对现有的土壤湿度测算方法做了深入研究,以期待设计出一种能够解决上述问题的新的改进的土壤湿度产品双变量融合方法。

发明内容

[0021] 为了克服上述问题,本发明人进行了锐意研究,设计出一种改进的土壤湿度产品双变量融合方法,该方法中输入两套土壤湿度产品数据,针对两套土壤湿度产品设置工具变量的时间偏移量,并选取最优的时间偏移量,据此获得最优的工具变量,通过最优的工具变量解算两套土壤湿度产品的权重,并据此形成融合产品,得到准确的土壤湿度信息,从而完成本发明。

[0022] 具体来说,本发明的目的在于提供一种改进的土壤湿度产品双变量融合方法,该方法包括如下步骤:

[0023] 步骤1,输入两套土壤湿度产品数据,

[0024] 步骤2,针对两套土壤湿度产品设置工具变量的时间偏移量,并选取最优的时间偏移量,

[0025] 步骤3,解算两套土壤湿度产品的权重,并据此形成融合产品。

[0026] 其中,在所述步骤2中,具体包括如下子步骤:

[0027] 子步骤1,为每套套土壤湿度产品随机设置工具变量的时间偏移量;

[0028] 子步骤2,分别计算每套土壤湿度产品和对应的工具变量之间的相关系数,即为工具变量相关系数;

[0029] 子步骤3,计算两个工具变量相关系数的乘积,保留使得该乘积大于零的时间偏移量;

[0030] 子步骤4,重复子步骤1~3,每次重复时,在子步骤1中设置不同的工具变量的时间偏移量;记录存储子步骤3中保留的时间偏移量;

[0031] 子步骤5,从子步骤4中记录存储的时间偏移量中挑选出能够使得工具变量相关系数最大的时间偏移量,作为最优时间偏移量。

[0032] 其中,在子步骤5中,当子步骤4中记录存储的时间偏移量数量为0时,将能够使得工具变量为融合产品的下一年时间序列的时间偏移量作为最优时间偏移量。

[0033] 其中,在子步骤2中,所述工具变量相关系数通过下式(一)和(二)获得:

$$[0034] \quad R_{Ix} = \frac{C_{Ix}}{C_{II}C_{xx}} \quad (一)$$

$$[0035] \quad R_{Jy} = \frac{C_{Jy}}{C_{JJ}C_{yy}} \quad (二)$$

[0036] 其中, R_{Ix} 表示土壤湿度产品x和对应的工具变量之间的相关系数, R_{Jy} 表示土壤湿度产品y和对应的工具变量之间的相关系数;I表示土壤湿度产品x的工具变量,J表示土壤湿度产品y的工具变量; C_{II} 表示土壤湿度产品x的工具变量的方差, C_{JJ} 表示土壤湿度产品y的工具变量的方差。

[0037] 其中,在所述步骤3中,具体包括如下子步骤:

[0038] 子步骤a,根据最优的时间偏移量获得最优的工具变量,

[0039] 子步骤b,获得两套土壤湿度产品的误差方差,

[0040] 子步骤c,在无法获得误差方差或者获得的误差方差不大于0时,将所述误差方差设置为0;

[0041] 子步骤d,当所述两套土壤湿度产品的误差方差之和不为0时,通过反标准差加权计算权重获得融合产品;

[0042] 当所述两套土壤湿度产品的误差方差之和为0时,通过简单加权计算权重获得融合产品。

[0043] 其中,在子步骤b中,通过下式(三)和(四)获得两套土壤湿度产品的误差方差,

$$[0044] \quad \sigma_x^2 = C_{xx} - C_{xy} \cdot \sqrt{\frac{C_{Ix}}{C_{Jy}}} \quad (三)$$

$$[0045] \quad \sigma_y^2 = C_{yy} - \frac{C_{xy}}{\sqrt{\frac{C_{Ix}}{C_{Jy}}}} \quad (四)$$

[0046] 其中, σ_x^2 和 σ_y^2 分别表示两套土壤湿度产品的误差方差;

[0047] C_{xx} 和 C_{yy} 分别表示两套土壤湿度产品的方差;

[0048] C_{xy} 表示两套土壤湿度产品之间的协方差;

[0049] C_{Ix} 表示土壤湿度产品x和其工具变量I之间的协方差;

[0050] C_{Jy} 表示土壤湿度产品y和其工具变量J之间的协方差;

[0051] 优选地,所述 C_{Ix} 和 C_{Jy} 通过下式(五)和(六)获得:

$$[0052] \quad C_{Ix} = \alpha_x^2 L_{pp} \quad (五)$$

$$[0053] \quad C_{Jy} = \alpha_y^2 L_{pp} \quad (六)$$

[0054] 其中, α_x 表示土壤湿度产品x和真实值P之间的比例系数;

[0055] α_y 表示土壤湿度产品y和真实值P之间的比例系数;

[0056] L_{pp} 表示土壤湿度产品所在时间内真实土壤湿度P和工具变量所在时间范围内真实土壤湿度P之间的协方差。

[0057] 其中,子步骤d中,所述反标准差加权计算权重包括下式(七);

$$[0058] \quad Z = \frac{\sigma_y}{\sigma_x + \sigma_y} X + \frac{\sigma_x}{\sigma_x + \sigma_y} Y \quad (七)$$

[0059] 其中,Z表示融合产品,

[0060] 其中X和Y分别表示两套土壤湿度产品。

[0061] 其中,子步骤d中,所述简单加权计算权重包括下式(八):

$$[0062] \quad Z = \frac{X + Y}{2} \quad (八)。$$

[0063] 本发明所具有的有益效果包括:

[0064] (1) 根据本发明提供的改进的土壤湿度产品双变量融合方法,该方法中使工具变量和融合产品序列之间相关系数最大,从而选取到最优的工具变量,另外,该土壤湿度产品双变量融合方法保留了原有的双变量方法的优势,即可以只使用两种产品进行相关误差方差的估计;

[0065] (2) 根据本发明提供的改进的土壤湿度产品双变量融合方法,利用了工具变量和融合产品对真实值相同的线性关系,利用不同协方差表示解算了融合产品的误差方差;

[0066] (3) 根据本发明提供的改进的土壤湿度产品双变量融合方法,在得到误差方差的基础上,采用反标准差加权的方式最大化融合产品和真实值之间的相关系数,使得其能够获取变化捕捉能力更强的土壤湿度产品。

附图说明

[0067] 图1示出根据本发明一种优选实施方式的改进的土壤湿度产品双变量融合方法的整体结构逻辑图;

[0068] 图2示出本发明实施例中的融合产图示例。

具体实施方式

[0069] 下面通过附图和实施例对本发明进一步详细说明。通过这些说明,本发明的特点和优点将变得更为清楚明确。

[0070] 在这里专用的词“示例性”意为“用作例子、实施例或说明性”。这里作为“示例性”所说明的任何实施例不必解释为优于或好于其它实施例。尽管在附图中示出了实施例的各种方面,但是除非特别指出,不必按比例绘制附图。

[0071] 根据本发明提供的改进的土壤湿度产品双变量融合方法,如图1中所示,该方法包括如下步骤:

[0072] 步骤1,输入两套土壤湿度产品数据;

[0073] 本申请中所述的土壤湿度产品是指当前国际上已经发布并被广泛认可的采取例如遥感方法或者模型模拟方法所获取的全球/某个地区的土壤湿度数据集。

[0074] 步骤2,针对两套土壤湿度产品设置工具变量的时间偏移量,并选取最优的时间偏移量;

[0075] 优选的,在所述步骤2中,具体包括如下子步骤:

[0076] 子步骤1,为每套套土壤湿度产品随机设置工具变量的时间偏移量;即每次设置两套工具变量的时间偏移量。本申请中所述的工具变量是指与当前需要融合的土壤湿度产品时间序列长度相同,并采用同样方式生产的土壤湿度产品,常常使用相同土壤湿度产品的不同年份数据来分别作为融合土壤湿度产品和相应的工具变量,所述时间偏移量是指工具变量和融合土壤湿度产品两产品时间序列中第一天的时间之差。

[0077] 子步骤2,分别计算每套土壤湿度产品和对应的工具变量之间的相关系数,即为工具变量相关系数;

[0078] 其中,所述工具变量相关系数通过下式(一)和(二)获得:

$$[0079] \quad R_{Ix} = \frac{C_{Ix}}{C_{II}C_{xx}} \quad (一)$$

$$[0080] \quad R_{Jy} = \frac{C_{Jy}}{C_{JJ}C_{yy}} \quad (二)$$

[0081] 其中, R_{Ix} 表示土壤湿度产品x和对应的工具变量之间的相关系数, R_{Jy} 表示土壤湿度产品y和对应的工具变量之间的相关系数; I表示土壤湿度产品x的工具变量, J表示土壤湿度产品y的工具变量; C_{II} 表示土壤湿度产品x的工具变量的方差, C_{JJ} 表示土壤湿度产品y的工具变量的方差。

[0082] 子步骤3, 计算两个工具变量相关系数的乘积, 保留使得该乘积大于零的时间偏移量;

[0083] 子步骤4, 重复子步骤1~3, 每次重复时, 在子步骤1中设置不同的工具变量的时间偏移量; 记录存储子步骤3中保留的时间偏移量; 其中, 在每次重复子步骤1时, 设置时间偏移量的规则为: 首先按照当前所能提供的相同土壤湿度产品确定时间偏移量范围, 而后从最小的时间偏移量到最大的时间偏移量进行遍历即可(注意不能为0); 两套产品在进行融合时, 所选用的时间偏移量必须相同。

[0084] 子步骤5, 从子步骤4中记录存储的时间偏移量中挑选出能够使得工具变量相关系数最大的时间偏移量, 作为最优时间偏移量。由于两套产品的时间偏移量完全相等, 可以只对应记录存储一组时间偏移量。

[0085] 优选的, 在子步骤5中, 当子步骤4中记录存储的时间偏移量数量为0时, 即没有能够使得两个工具变量相关系数的乘积大于零的时间偏移量时; 将能够使得工具变量为融合产品的下一年时间序列的时间偏移量作为最优时间偏移量。本申请中所述的融合产品是指运用两套需要融合的独立土壤湿度产品, 根据它们和真实值之间的关系通过数学物理方法生产具有两套产品特性的新产品, 所述下一年是时间偏移量为(正)一年的工具变量(正一年代表其第一天在需要融合土壤湿度产品第一天的后一年), 并且这个时间序列相差一年的工具变量一般取为当前融合土壤湿度产品的后一年数据。

[0086] 步骤3, 解算两套土壤湿度产品的权重, 并据此形成融合产品。

[0087] 具体包括如下子步骤:

[0088] 子步骤a, 根据最优的时间偏移量获得最优的工具变量,

[0089] 子步骤b, 获得两套土壤湿度产品的误差方差,

[0090] 子步骤c, 在无法获得误差方差或者获得的误差方差不大于0时, 将所述误差方差设置为0;

[0091] 子步骤d, 当所述两套土壤湿度产品的误差方差之和不为0时, 通过反标准差加权计算权重获得融合产品;

[0092] 当所述两套土壤湿度产品的误差方差之和为0时, 通过简单加权计算权重获得融合产品。

[0093] 其中, 优选地, 在子步骤b中, 通过下式(三)和(四)获得两套土壤湿度产品的误差方差,

$$[0094] \quad \sigma_x^2 = C_{xx} - C_{xy} \cdot \sqrt{\frac{C_{Ix}}{C_{Jy}}} \quad (三)$$

$$[0095] \quad \sigma_y^2 = C_{yy} - \frac{C_{xy}}{\sqrt{\frac{C_{Ix}}{C_{Jy}}}} \quad (四)$$

[0096] 中, σ_x^2 和 σ_y^2 分别表示两套土壤湿度产品的误差方差;

[0097] C_{xx} 和 C_{yy} 分别表示两套土壤湿度产品的方差;

[0098] C_{xy} 表示两套土壤湿度产品之间的协方差;

[0099] C_{Ix} 表示土壤湿度产品x和其工具变量I之间的协方差;

[0100] C_{Jy} 表示土壤湿度产品y和其工具变量J之间的协方差;

[0101] 优选地,所述 C_{Ix} 和 C_{Jy} 通过下式(五)和(六)获得:

$$[0102] \quad C_{Ix} = \alpha_x^2 L_{pp} \quad (五)$$

$$[0103] \quad C_{Jy} = \alpha_y^2 L_{pp} \quad (六)$$

[0104] 其中, α_x 表示土壤湿度产品x和真实值P之间的比例系数;

[0105] α_y 表示土壤湿度产品y和真实值P之间的比例系数;

[0106] 所述的 α_x 和 α_y 基于以下线性模型假设进行描述:

$$[0107] \quad X = \alpha_x P + B_x + \varepsilon_x$$

$$[0108] \quad Y = \alpha_y P + B_y + \varepsilon_y$$

[0109] 其中X,Y分别代表两种土壤湿度产品, α_x 和 α_y 分别为比例系数,P为土壤湿度真实值, B_x 和 B_y 分别表示两种土壤湿度产品相对于真实值的偏移量, ε_x 和 ε_y 分别表示误差。

[0110] L_{pp} 表示土壤湿度产品所在时间内真实土壤湿度P和工具变量所在时间范围内真实土壤湿度P之间的协方差。

[0111] 优选地,子步骤d中,所述反标准差加权计算权重包括下式(七):

$$[0112] \quad Z = \frac{\sigma_y}{\sigma_x + \sigma_y} X + \frac{\sigma_x}{\sigma_x + \sigma_y} Y \quad (七)$$

[0113] 其中,Z表示融合产品,

[0114] X和Y分别表示两套土壤湿度产品。

[0115] 优选地,子步骤d中,所述简单加权计算权重包括下式(八):

$$[0116] \quad Z = \frac{X + Y}{2} \quad (八)。$$

[0117] 本申请的方法中,由于数据质量存在的问题,在计算方差时可能存在开方值 $\frac{C_{Ix}}{C_{Jy}}$ 为

负数或0的情况或者在计算方差 σ_x^2 和 σ_y^2 也为负数的情况,此时因为开方会有复数的存在,

不能继续融合计算；因此，在开方值 $\frac{C_{ix}}{C_{iy}}$ 为负数的情况下，取二者的权重为1/2和1/2融合以保证二者地位相同；如果为0，则可以做相同处理，因为这时必然两融合产品在该处的值为0，也即没有数据。而在 σ_x^2 和 σ_y^2 也为负数的情况，每当出现负数的时候，将其值取为0，以表明该产品的产品质量更高（相关方差更小），而如果当进行完这样的处理后，二者都为0，则同样取二者权重为1/2和1/2，不影响融合结果。

[0118] 实施例：

[0119] 步骤1，调取欧空局(ESA)的CCI(Climate Change Initiative)项目所产生的主动和被动土壤湿度产品数据，该数据都包括青藏高原的那曲地区在2012年至2018年的土壤湿度；

[0120] 步骤2中包括如下子步骤：

[0121] 子步骤1，确定融合的土壤产品时间序列长度，在这里取为一年，分别对每年的土壤湿度产品设置工具变量的时间偏移量；

[0122] 子步骤2，分别计算需要融合的土壤湿度产品即为一年的土壤湿度产品数据和对应的工具变量之间的相关系数，即为工具变量相关系数；

[0123] 子步骤3，计算两个工具变量相关系数的乘积，保留使得该乘积大于零的时间偏移量；

[0124] 子步骤4，重复共2555次子步骤1~3，每次重复时，在子步骤1中设置不同的工具变量的时间偏移量；记录存储子步骤3中保留的时间偏移量；获得青藏高原范围内每个像元不同年份共7*60*140个时间偏移量，其中后面的60*140是范围内像元总数目，对于每个像元，每年有一个偏移量，因此*7；

[0125] 子步骤5，从子步骤4中记录存储的时间偏移量中挑选出能够使得工具变量相关系数最大的时间偏移量，作为最优时间偏移量，该最优时间偏移量对不同像元（不同地区）有着不同结果，时间多数集中在整数年份正负一个月内，如对2012年的土壤湿度产品融合，最优偏移量集中于730天左右。

[0126] 步骤3中包括如下子步骤：

[0127] 子步骤a，根据最优的时间偏移量获得最优的工具变量，

[0128] 子步骤b，获得两套土壤湿度产品的误差方差，同样对不同像元有着不同结果；

[0129] 子步骤c，所述两套土壤湿度产品的误差方差之和不等于0，通过下式(七)得融合产品；

$$[0130] \quad Z = \frac{\sigma_y}{\sigma_x + \sigma_y} X + \frac{\sigma_x}{\sigma_x + \sigma_y} Y \quad (七)$$

[0131] 最终获得的融合产图示例如图2中所示，获得该产品数据所耗费时间为约30min；

[0132] 对比例：

[0133] 调取欧空局(ESA)的CCI(Climate Change Initiative)项目所产生的主动和被动土壤湿度产品数据和其采用三重校准法所获取的合并土壤湿度产品。该产品具体记载于Wagner, W., et al. "FUSION OF ACTIVE AND PASSIVE MICROWAVE OBSERVATIONS TO CREATE AN ESSENTIAL CLIMATE VARIABLE DATA RECORD ON SOIL MOI STURE." ISPRS

Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences (2012), 该数据包括青藏高原的那曲地区在2012年至2018年的土壤湿度信息,

[0134] 再调取当地实测土壤湿度, 作为真实值, 该真实值使用了于2013年所建立的那曲网络的数据, 具体记载在Yang, K., 2013. A multi-scale soil moisture and freeze-thaw monitoring network on the Tibetan Plateau and its applications. Bull. Am. Meteorol. Soc. 94, 1907-1916.

[0135] 将实施例和对比例中的数据分别与真实值比较, 从比较结果来看, 本申请实施例1中的方法所产生的融合产品相关系数为0.79, 所述相关系数为需要判断融合产品对于真实值的变化捕捉能力, 或者说, 获取的融合产品的质量是通过和真实值之间的相关系数进行评判的, 这个值越大, 相关的产品质量越高;

[0136] 对比例中基于三重校准法所产生的融合产品的相关系数为0.60;

[0137] 从而通过上述实施例和对比例能够说明, 本申请实施例中的方法相比于现有的传统方法, 其准确性更高, 速度更快。

[0138] 以上结合了优选的实施方式对本发明进行了说明, 不过这些实施方式仅是范例性的, 仅起到说明性的作用。在此基础上, 可以对本发明进行多种替换和改进, 这些均落入本发明的保护范围内。

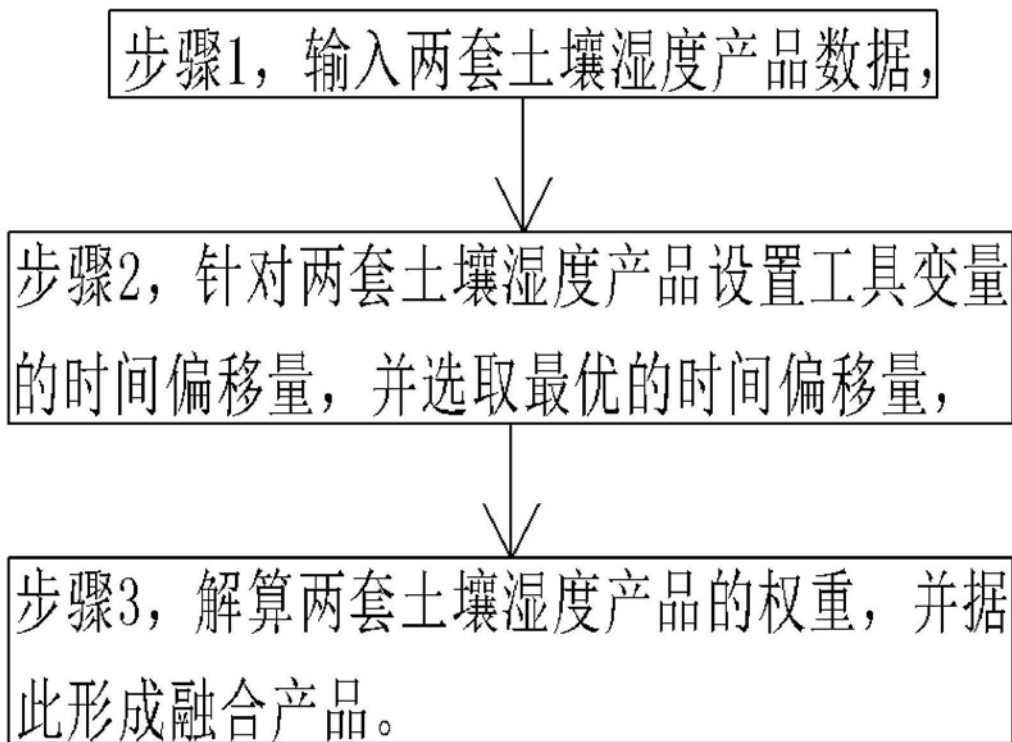


图1

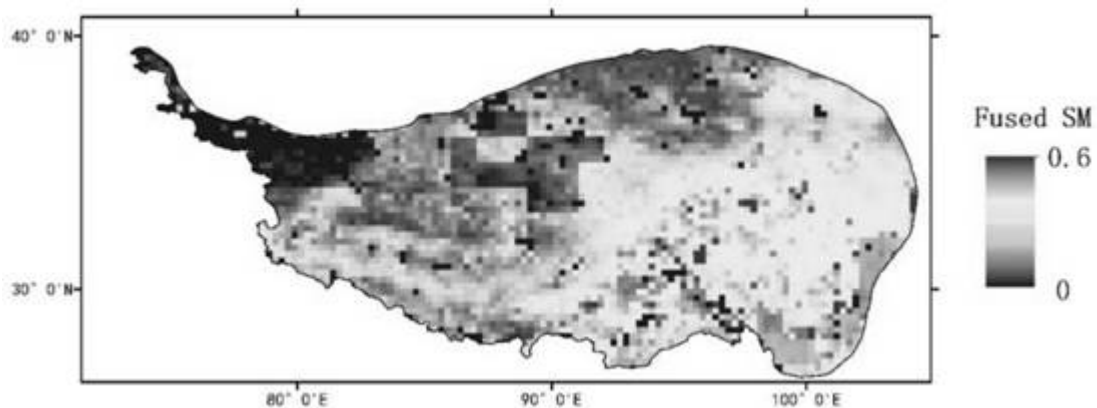


图2