



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111199557 A

(43)申请公布日 2020.05.26

(21)申请号 201911328929.6

G06F 16/29(2019.01)

(22)申请日 2019.12.20

G06F 16/2458(2019.01)

(71)申请人 国家卫星气象中心(国家空间天气
监测预警中心)

地址 100081 北京市海淀区中关村南大街
46号

申请人 北京理工大学

(72)发明人 胡秀清 王俊伟 何玉青 王玲
张鹏

(74)专利代理机构 北京路浩知识产权代理有限
公司 11002

代理人 杨明月

(51)Int.Cl.

G06T 7/30(2017.01)

G06T 17/05(2011.01)

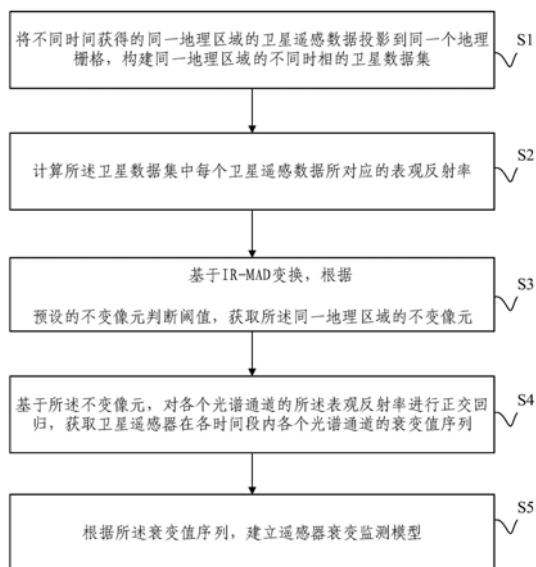
权利要求书3页 说明书12页 附图2页

(54)发明名称

一种遥感器衰变的定量分析方法及系统

(57)摘要

本发明实施例提供一种遥感器衰变的定量分析方法及系统,该方法包括:将不同时间获得的同一地理区域的卫星遥感数据投影到同一个地理栅格,构建同一地理区域的不同时相的卫星数据集;计算每个卫星遥感数据的表观反射率;基于IR-MAD变换,获取同一地理区域的不变像元;基于不变像元,对各个光谱通道的表观反射率进行正交回归,获取卫星遥感器在各个光谱通道的衰变值序列;根据衰变值序列,建立遥感器衰变监测模型。本实施例不局限于任何特定的传感器或地理区域,能够对卫星遥感数据中的任意一个图像对进行不变像元识别,有效地综合各个通道的变化信息,完成卫星遥感器在轨衰变跟踪,适应性强,可应用于大型空间数据集再处理和信息挖掘。



1. 一种遥感器衰变的定量分析方法,其特征在于,包括:

将不同时间获得的同一地理区域的卫星遥感数据投影到同一个地理栅格,构建同一地理区域的不同时相的卫星数据集;

计算所述卫星数据集中每个卫星遥感数据所对应的表观反射率;

基于IR-MAD变换,根据预设的不变像元判断阈值,获取所述同一地理区域的不变像元;

基于所述不变像元,对各个光谱通道的所述表观反射率进行正交回归,获取卫星遥感器在各时间段内各个光谱通道的衰变值序列;

根据所述衰变值序列,建立遥感器衰变监测模型。

2. 根据权利要求1所述的遥感器衰变的定量分析方法,其特征在于,所述基于IR-MAD变换,根据预设的不变像元的判断阈值,获取所述同一地理区域不变像元,包括:

获取所述卫星数据集中两个不同时刻的卫星遥感数据构建图像对;

根据每个卫星遥感数据所对应的表观反射率,对所述图像对进行IR-MAD变换,获取所述图像对的所有MAD分量;

根据每个所述MAD分量对应的的标准差对所述MAD分量进行归一化;

对所述归一化的MAD分量进行平方求和,根据所述预设的不变像元判断阈值,确定所述图像对上的不变像元。

3. 根据权利要求2所述的遥感器衰变的定量分析方法,其特征在于,所述根据所述预设的不变像元判断阈值,确定所述图像对上的不变像元,包括:

$$\sum_{i=1}^N \left(\frac{MAD_i}{\sigma_{MAD_i}} \right)_i^2 < k, \quad k = \chi_{N,prob}^2$$

其中,N为光谱通道数,MAD_i为第i个光谱通道的MAD分量, σ_{MAD_i} 为MAD_i的标准差,k为不变像元判断阈值; $\chi_{N,prob}^2$ 为自由度为N的卡方分布 χ^2 在概率为prob处的上分位点值。

4. 根据权利要求2所述的遥感器衰变的定量分析方法,其特征在于,所述获取所述卫星数据集中两个不同时刻的卫星遥感数据构建图像对,包括:

从所述卫星数据集中选择具有接近相同的地面轨道的两个卫星遥感数据构建图像对;

其中,所述具有接近相同的地面轨道的两个卫星遥感数据为卫星遥感器过境时与赤道交点经度在 $\pm 1^\circ$ 内获取的。

5. 根据权利要求2所述的遥感器衰变的定量分析方法,其特征在于,所述获取所述卫星数据集中任意两个时刻的卫星遥感数据构建图像对,还包括:

所述任意两个时刻的卫星遥感数据的时间间隔为: $365.25*y \pm 20$ 天之内,其中, $y=0, 1, 2, 3, \dots$ years。

6. 根据权利要求2所述的遥感器衰变的定量分析方法,其特征在于,在对所述图像对进行IR-MAD变换,获取所述图像对的所有MAD分量之前,还包括:

对所述图形对中的两个卫星遥感图像进行无效像元掩模处理以及配准处理;

所述对所述图像对中的两个卫星遥感图像进行无效像元掩模处理,包括:

基于阈值判别法,根据所述图像对的各个光谱通道信息,剔除所述图像对中的无效像元;

利用海洋陆地掩模版,剔除所述图像对中的水体及海洋区域的像元;

根据与所述图像对相对应的卫星的轨道高度,剔除所述图像对中观测角超预设范围的像元;

所述对所述图形对中的两个卫星遥感图像进行配准处理,包括:

以所述图像对中的任一卫星遥感图像作为基准图像,在不同方向上移动另一幅卫星遥感图像,并获取各对应位置上的Pearson相关系数;

确定所述Pearson相关系数取最大值时,所述图像对中的两个卫星遥感图像的相对位置为配准位置。

7.根据权利要求2所述的遥感器衰变的定量分析方法,其特征在于,所述计算所述卫星数据集中每个卫星遥感数据所对应的表观反射率,包括:

$$\rho_i = (\alpha_i \cdot DN_i + \beta_i) \cdot \frac{d^2}{\cos \theta_s}$$

其中, α_i 为第*i*个光谱通道的DN值的定标斜率, β_i 为第*i*个光谱通道的DN值的截距,其中DN值为卫星遥感数据对应的辐射观测值, d^2 为日地距离修正因子, θ_s 为太阳天顶角, ρ_i 为不变像元在第*i*个光谱通道的表观反射率。

8.根据权利要求2所述的遥感器衰变的定量分析方法,其特征在于,所述对所述各个光谱通道的表观反射率进行正交回归,获取卫星遥感器在时间段内各个光谱通道的衰变值序列,包括:

$$\frac{S_{Ri}(t_2)}{S_{Ri}(t_1)} = \frac{\rho_{i,t_2}(NCP(t_1,t_2))}{\rho_{i,t_1}(NCP(t_1,t_2))} = m_i(t_1,t_2)$$

其中, $\rho_{i,t_1}(NCP(t_1,t_2))$ 表示由 t_1 和 t_2 时刻图像对之间的不变像元在 t_1 时刻第*i*个光谱波段的表观反射率, $\rho_{i,t_2}(NCP(t_1,t_2))$ 表示由 t_1 和 t_2 时刻图像对之间的不变像元在 t_2 时刻第*i*个光谱波段的表观反射率, $S_{Ri}(t_1)$ 表示 t_1 时刻卫星遥感器的辐射响应, $S_{Ri}(t_2)$ 表示 t_2 时刻卫星遥感器的辐射响应, $m_i(t_1,t_2)$ 为卫星遥感器在 t_1-t_2 时间段内第*i*个光谱通道的衰变值。

9.根据权利要求8所述的遥感器衰变的定量分析方法,其特征在于,所述根据所述衰变值序列,建立遥感器衰变监测模型中,所述遥感器衰变监测模型的多项式函数为:

$$P_i(t, a_l) = 1 + \sum_{l=1}^M a_l t^l$$

其中, t 为衰变值序列中的数据距起始时间的天数, M 为多项式函数的阶数且 $P_i(0) = 1$ 、 $a_0 = 1$, l 为多项式的阶数;

多项式的第1阶系数 a_1 ,由非线性最小二乘拟合确定,包括:

$$\sum_{j=1}^N \left(\frac{P_i(t_{2j}, a_l)}{P_i(t_{1j}, a_l)} - m_i(t_1, t_2)_j \right)^2$$

其中, j 表示不同的图像对的编号, N 为光谱通道数。

10.一种遥感器衰变的定量分析系统,其特征在于,包括:

数据集获取单元,用于将不同时间获得的同一地理区域的卫星遥感数据投影到同一个

地理栅格,构建同一地理区域的不同时相的卫星数据集;

数据转换单元,用于计算所述卫星数据集中每个卫星遥感数据所对应的表观反射率;

不变像元标定单元,用于基于IR-MAD变换,根据预设的不变像元判断阈值,获取所述同一地理区域的不变像元;

衰变值序列获取单元,用于对各个光谱通道的所述表观反射率进行正交回归,获取卫星遥感器在各时间段内各个光谱通道的衰变值序列;

建模及分析单元,用于根据所述衰变值序列,建立遥感器衰变监测模型。

一种遥感器衰变的定量分析方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及卫星遥感技术领域,尤其涉及一种遥感器衰变的定量分析方法及系统。

背景技术

[0002] 卫星遥感器能提供多光谱波段、多时相的卫星遥感数据,在大部分的卫星遥感应用场景中,都需要卫星遥感能提供长时间序列的一致性的观察数据,因此遥感数据的高精度辐射定标是其量化应用的重要前提。但是由于发射时的震动、恶劣的太空环境和仪器老化等多种因素,其辐射响应特性会随着时空变化而衰减,因此需要对遥感器的衰变进行定量的分析跟踪,进而完成辐射定标。

[0003] 卫星遥感的在轨定标与监测方法有很多,包括基于均匀定标场采用辐射传输模型和同步现场测量参数(或者其它来源参数)的替代定标、利用高亮的地球均匀稳定目标(如沙漠、冰川和深对流云)进行辐射跟踪、利用月亮目标的辐射跟踪以及基于参考遥感器或者波段的交叉定标。

[0004] 其中,基于地球均匀稳定目标监测遥感仪器在轨辐射响应变化是一种低成本、日益被广泛应用的定标跟踪方法。通常依靠选区地面具有稳定反射率的较大面积的均匀区域作为稳定场或伪不变目标场,通过对卫星在这些区域不同时间的辐射响应差异来分析仪器在该时间段内的衰变,继而进行卫星数据的相对辐射归一化。例如:中国西北部的沙漠目标敦煌戈壁,被用于反射太阳波段卫星遥感器定标的中国遥感卫星辐射校正场(CRCS)。除此之外,还有将南北极的冰川目标(Dome C和Greenland)等作为地球稳定目标的定标跟踪方法。但是,这些基于地球均匀稳定目标进行定标跟踪方法,均需要对地面有一定的先验知识,且目标的选取过程耗时耗力。

[0005] 随着信息技术的发展,一些数学方法也逐渐的被应用于卫星数据的变化检测中,常规的方法有应用于单通道数据的影像差值法以及比值法。然而,卫星数据一般为多通道数据,导致这些常规的方法,因无法综合各个通道的信息因而不适用于卫星数据的变化检测。

[0006] 另外,主成分分析(PCA)法因其可以有效地综合各个通道的变化信息,即通过一个线性变化将各通道的变化信息综合在几个主要的成分上,然后通过通过对这几个主要成分的分析便可以进行变化检测。但是,主成分分析法仍然有其局限性,虽然它可以综合多个通道的变化信息,消除各个通道之间的相关性,但对于由不同时间获得的卫星数据,却不能消除不同时相通道之间的相关性,因此其对变化信息的检测还是具有很大的局限性。

发明内容

[0007] 本发明实施例提供一种遥感器衰变的定量分析方法及系统,用以解决在遥感器衰变跟踪时,不变特征场选取复杂、不能有效的消除不同时相的光谱通道相关性的缺陷,或至少部分解决上述技术缺陷。

[0008] 第一方面,本发明实施例提供一种遥感器衰变的定量分析方法,包括:将不同时间获得的同一地理区域的卫星遥感数据投影到同一个地理栅格,构建同一地理区域的不同相的卫星数据集;计算卫星数据集中每个卫星 遥感数据所对应的表观反射率;基于IR-MAD变换,根据预设的不变像元 判断阈值,获取同一地理区域的不变像元;基于不变像元,对各个光谱通道的表观反射率进行正交回归,获取卫星遥感器在各时间段内各个光谱通道的衰变值序列;根据衰变值序列,建立遥感器衰变监测模型。

[0009] 进一步地,上述基于IR-MAD变换,根据预设的不变像元判断阈值,获取同一地理区域的不变像元,包括:获取卫星数据集中两个不同时刻的 卫星遥感数据构建图像对;根据每个卫星遥感数据所对应的表观反射率,对图像对进行IR-MAD变换,获取图像对的所有MAD分量;根据MAD 分量对应的标准差对所有MAD分量进行归一化处理;根据预设的不变像元判断阈值,确定图像对上的不变像元。

[0010] 进一步地,上述预设的不变像元判断阈值,确定图像对上的不变像元,具体包括:

$$[0011] \quad \sum_{i=1}^N \left(\frac{MAD_i}{\sigma_{MAD_i}} \right)^2 < k, \quad k = \chi_{N,prob}^2$$

[0012] 其中,N为光谱通道数,MAD_i为第i个光谱通道的MAD分量, σ_{MAD_i} 为MAD_i的标准差,k为像元判断阈值; $\chi_{N,prob}^2$ 为自由度为N的卡方分布 χ^2 在 概率为prob处的上分位点值。进一步地,上述获取卫星数据集中两个不 同时刻的卫星遥感数据构建图像对,包括:从卫星数据集中选择具有接近 相同的地面轨道的两个卫星遥感数据构建图像对;其中,具有接近相同的 地面轨道的两个卫星遥感数据为卫星遥感器过境时与赤道交点经度在 $\pm 1^\circ$ 内获取的。

[0013] 进一步地,上述获取卫星数据集中任意两个时刻的卫星遥感数据构建 图像对,还包括:

[0014] 任意两个时刻的卫星遥感数据的时间间隔为: $365.25 * y \pm 20$ 天之内,其中, $y=0, 1, 2, 3, \dots$ years。

[0015] 进一步地,在对图像对进行IR-MAD变换,获取图像对的MAD分量 之前,还包括对图像对中的两个卫星遥感图像进行无效像元掩模处理以及 配准处理;其中,对图形对中的两个卫星遥感图像进行无效像元掩模处理, 包括:

[0016] 基于阈值判别法,根据图像对的各个光谱通道信息,剔除图像对中的 无效像元;利用海洋陆地掩模版,剔除图像对中的水体及海洋区域的像元; 根据与图像对相对应的卫星的轨道高度,剔除图像对中观测角超预设范围 的像元;

[0017] 上述对图形对中的两个卫星遥感图像进行配准处理,包括:

[0018] 以图像对中的任一卫星遥感图像作为基准图像,在不同方向上移动另 一幅卫星遥感图像,并获取各对应位置上的Pearson相关系数;确定Pearson 相关系数取最大值时,图像对中的两个卫星遥感图像的相对位置为配准位 置。

[0019] 进一步地,上述计算所述卫星数据集中每个卫星遥感数据所对应的表 观反射率,包括:

$$[0020] \quad \rho_i = (\alpha_i \cdot DN_i + \beta_i) \cdot \frac{d^2}{\cos \theta_s}$$

[0021] 其中, α_i 为第 i 个光谱通道的 DN 值的定标斜率, β_i 为第 i 个光谱通道的 DN 值的截距, 其中 DN 值为卫星遥感数据对应的辐射观测值, d^2 为日地距离修正因子, θ_s 为太阳天顶角, ρ_i 为不变像元在第 i 个光谱通道的表观反射率。

[0022] 进一步地, 上述对各个光谱通道的表观反射率进行正交回归, 获取卫星遥感器在时间段内各个光谱通道的衰变值序列, 包括:

$$[0023] \quad \frac{S_{Ri}(t_2)}{S_{Ri}(t_1)} = \frac{\rho_{i,t_2}(NCP(t_1, t_2))}{\rho_{i,t_1}(NCP(t_1, t_2))} = m_i(t_1, t_2)$$

[0024] 其中, $\rho_{i,t_1}(NCP(t_1, t_2))$ 表示由 t_1 和 t_2 时刻图像对之间的不变像元在 t_1 时刻第 i 个光谱波段的表观反射率, $\rho_{i,t_2}(NCP(t_1, t_2))$ 表示由 t_1 和 t_2 时刻图像对之间的不变像元在 t_2 时刻第 i 个光谱波段的表观反射率, $S_{Ri}(t_1)$ 表示 t_1 时刻卫星遥感器的辐射响应, $S_{Ri}(t_2)$ 表示 t_2 时刻卫星遥感器的辐射响应, $m_i(t_1, t_2)$ 为卫星遥感器在 t_1-t_2 时间段内第 i 个光谱通道的衰变值。

[0025] 进一步地, 上述根据所述衰变值序列, 建立遥感器衰变监测模型中, 所述遥感器衰变监测模型的多项式函数为:

$$[0026] \quad P_i(t, a_l) = 1 + \sum_{l=1}^M a_l t^l$$

[0027] 其中, t 为衰变值序列中的数据距起始时间的天数, M 为多项式函数的阶数且 $P_i(0) = 1$ 、 $a_0 = 1$, l 为多项式的阶数;

[0028] 多项式的第 l 阶系数 a_l , 由非线性最小二乘拟合确定, 包括:

$$[0029] \quad \sum_{j=1}^N \left(\frac{P_i(t_{2j}, a_l)}{P_i(t_{1j}, a_l)} - m_i(t_1, t_2)_j \right)^2$$

[0030] 其中, j 表示不同的图像对的编号, N 为光谱通道数。

[0031] 第二方面, 本发明实施例提供一种遥感器衰变的定量分析系统, 包括: 数据集获取单元、数据转换单元、不变像元标定单元、衰变值序列获取单元以及建模及分析单元, 其中: 数据集获取单元用于将不同时间获得的同一地理区域的卫星遥感数据投影到同一个地理栅格, 构建同一地理区域的不同时相的卫星数据集; 数据转换单元用于计算卫星数据集中每个卫星遥感数据所对应的表观反射率; 不变像元标定单元用于基于 IR-MAD 变换, 根据预设的不变像元判断阈值, 获取同一地理区域的不变像元; 衰变值序列获取单元用于对各个光谱通道的表观反射率进行正交回归, 获取卫星遥感器在各时间段内各个光谱通道的衰变值序列; 建模及分析单元用于根据衰变值序列, 建立遥感器衰变监测模型。

[0032] 第三方面, 本发明实施例提供一种电子设备, 包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序, 所述处理器执行所述程序时实现如第一方面所述遥感器衰变的定量分析方法的步骤。

[0033] 第四方面, 本发明实施例提供一种非暂态计算机可读存储介质, 其上存储有计算机程序, 该计算机程序被处理器执行时实现如第一方面所述遥感器衰变的定量分析方法的步骤。

[0034] 本发明实施例提供的一种遥感器衰变的定量分析方法及系统,不局限于任何特定的传感器或地理区域,通过对卫星遥感数据中的任意一个图像对进行不变像元识别,并有效地综合各个通道的变化信息,完成卫星遥感器在轨衰变跟踪,适应性强,可应用于大型空间数据集再处理和信息挖掘。

附图说明

[0035] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作一简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0036] 图1为本发明实施例提供的一种遥感器衰变的定量分析方法的流程示意图;

[0037] 图2为本发明实施例提供的基于一种遥感器衰变的定量分析系统的结构示意图;

[0038] 图3为本发明一实施例所描述的电子设备结构示意图。

具体实施方式

[0039] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0040] 现有技术中对于卫星遥感器的衰变进行跟踪,一般包括以下几个大步骤:1、选取地球稳定目标(场);2、计算表观反射率及过滤被污染区域(云、沙尘等);3、目标的BRDF效应订正;4、跟踪稳定目标长序列数据的表观反射率;5、建立稳定目标的仪器响应跟踪监测模型。

[0041] 基于上述方案,造成了现有技术中必然存在以下几点缺陷:一方面,对于手动选取不变特征场的方法,其依靠人工选取地面上的稳定目标,这种方法需要对地面有一定的先验知识,且选取过程耗时耗力。另一方面,对于主成分分析法,虽然它可以综合多个通道的变化信息,消除各个通道之间的相关性,但对于由不同时间获得的卫星数据,它却不能消除不同时间相间通道之间的相关性,因此其对变化信息的检测还是具有一定的局限性。

[0042] 为有效的克服现有技术中存在的不足,在现有技术的基础上,本发明实施例提供一种遥感器衰变的定量分析方法,如图1所示,包括但不限于以下几个步骤:

[0043] 步骤S1:将不同时间获得的同一地理区域的卫星遥感数据投影到同一个地理栅格,构建同一地理区域的不同时间相的卫星数据集;

[0044] 步骤S2:计算所述卫星数据集中每个卫星遥感数据所对应的表观反射率;

[0045] 步骤S3:基于IR-MAD变换,根据预设的不变像元判断阈值,获取所述同一地理区域的不变像元;

[0046] 步骤S4:基于所述不变像元,对各个光谱通道的所述表观反射率进行正交回归,获取卫星遥感器在各时间段内各个光谱通道的衰变值序列;

[0047] 步骤S5:根据所述衰变值序列,建立遥感器衰变监测模型。

[0048] 其中,遥感卫星数据是遥感卫星在太空探测地球地表物体对电磁波的反射,并结

合其发射的电磁波,从而提取该物体信息,完成远距离识别物体。实际运行过程中,是将这些电磁波进行转换、识别,生成可视图像,即为卫星遥感图像。其中每张卫星遥感图像为带有经纬度等信息实时地貌照片。

[0049] 其中,地理栅格就是将地理空间分割成有规律的网格,每一个网格称为一个单元,并在各单元上赋予相应的属性值来表示卫星遥感数据的一种数据形式。在本发明实施例中,将不同时间获得的卫星遥感图像投影到同一个地理栅格,即是通过将遥感卫星上遥感成像仪在一个时间段内,不同的时间点,对于同一地理区域的所有卫星遥感数据进行地理栅格化,将栅格化后的卫星遥感数据组件成一个卫星数据集,实现了对于卫星遥感数据的辐射归一化。

[0050] 其中,表观反射率是指大气层顶的反射率,其值等于地表反射率与大气反射率之和。在本发明实施例中,可以通过将多波段传感器接收到卫星遥感数据进行地理栅格化之后组建的卫星数据集,计算获取到与每个卫星遥感数据想对应的表观反射率。

[0051] 其中,IR-MAD (Iteratively Regularized Multivariate Alteration Detection,简称IR-MAD)变换是一种用来进行变化检测或是场景中不变特征的检测的方法,因其在双时态、多变量和超变量影像数据挖掘中,能够高效捕捉到不稳定点的变化情况、准确的获取变化信息以及受到外界因素影响较小等特点,在多元影像检测变化中被广泛应用。IR-MAD核心思想是每个像元初始权重为1,每一次迭代均赋予2幅图像中每个像元新的权重,通过计算,未发生变化的像元具有较大的权重,最终得到的权重是决定各个像元是否发生变化的依据。若干次迭代后,每个像元的权重会趋于稳定直到变化小于设定的阈值或不再变化则停止迭代。由于卫星传感器所接收到的卫星遥感数据,在返回地面的过程中需要穿过大气层等干扰,其中的辐射测量值(DN值)并不能真实的反映地表的信息,在本发明实施例中,则是通过对卫星数据集中的每个卫星遥感数据,进行表观反射率的计算之后,转换成表观反射率。然后,对每个表观反射率进行图像转换,获取与每个卫星遥感数据对应的卫星遥感图片,进一步地,对所有卫星遥感图片进行图片对的确定;最后,基于IR-MAD变换,确定每个图片对中的不变像元(no-change-pixels,简称NCPs),从而获取所述同一地理区域的不变像元。

[0052] 其中,在本发明实施例中所使用的正交回归,可以是正交多项式回归。其中,正交多项式回归是用正交多项式表安排试验和回归分析处理数据。它与用最小二乘法配制的一般多项式回归不同,其回归系数的估计是互相独立的,若统计检验某一回归系数与零无显著性差异,只需从回归方程中删去这一项,而无需对其他的回归系数重新进行计算。由于正交回归是一种较为常见的数学模型,在本发明实施例中不作赘述。

[0053] 具体地,经过正交回归处理后,可以获取到各时间段内各个光谱通道的衰变值,进而构建成一个衰变值序列的数据集。其中,在本发明实施例中,遥感器的衰变值也可以视为遥感器中的传感器相对增益的测量值。

[0054] 进一步地,在本发明实施例中,在获取到不同时期及不同时间间隔的传感器相对增益的测量值的序列数据集之后(即获取到衰变值序列之后),利用数学建模的方法,构建一个关于时间序列的遥感器衰变监测模型,用于对遥感器的衰变进行定量分析及跟踪。

[0055] 本发明实施例提供一种遥感器衰变的定量分析方法,不局限于任何特定的传感器或地理区域,通过对卫星遥感数据中的任意一个图像对进行不变像元识别,并有效地

综合各个通道的变化信息,完成卫星遥感在轨衰变跟踪,适应性强,可应用于大型空间数据集再处理和信息挖掘。

[0056] 基于上述实施例的内容,作为一种可选实施例,上述基于IR-MAD变换,根据表观反射率,获取同一地理区域的不变像元,包括:

[0057] 步骤S31:获取所述卫星数据集中任意两个时刻的卫星遥感数据构建图像对;

[0058] 步骤S32:根据每个卫星遥感数据所对应的表观反射率,对图像对进行线性变换,获取图像对在各个光谱通道的MAD分量;

[0059] 步骤S33:获取各个光谱通道的所述MAD分量与对应的光谱通道MAD分量标准差的比值;

[0060] 步骤S34:根据比值和预设的像元判断阈值,确定图像对上的不变像元;

[0061] 步骤S35:确定卫星数据集每个卫星遥感图像的不变像元,并将共同的不变像元设为同一地理区域的不变像元。

[0062] Nielsen等人于1998年提出MAD变换可用于检测场景中的变化区域。Canty等人成功地将其应用于Landsat和SPOT的高分辨率数据中进行自动相对辐射归一化,并改进发展为IR-MAD方法。根据卫星遥感数据的统计特性,在本发明实施例中通过设定一个像元判断阈值 k ,便能自动选取地表的不变点(像元)。

[0063] 具体地,分别卫星数据集中挑选出 t_1 和 t_2 时刻获得的图像 $image(t_1)$ 和 $image(t_2)$,将这两幅图像设为一个图像对。针对该图像对,经过IR-MAD变换后的各个光谱通道的MAD分量可以通过向量系数 a 和 b 进行线性变换来确定。这可以通过解一个广义的特征方程来获得,MAD分量定义如下:

[0064] $MAD_i = a_i Image(t_1)_i - b_i Image(t_2)_i, i = 1 \dots N$

[0065] 其中, N 代表光谱通道数, MAD_i 为第 i 个光谱通道的MAD分量。

[0066] 基于上述实施例的内容,作为一种可选实施例,其中步骤S34所述的根据所述比值和预设的像元判断阈值,确定所述图像对上的不变像元,可以具体地通过以下公式进行确定:

$$[0067] \sum_{i=1}^N \left(\frac{MAD_i}{\sigma_{MAD_i}} \right)^2 < k$$

[0068] 若任一像元满足上述公式中的条件,则可以视为不变像元(简称:NCPs)。其中, σ_{MAD_i} 为 MAD_i 的标准差, k 为像元判断阈值,是具有 N 个自由度的卡方分布的分位数。

[0069] 在本发明实施例中确定像元判断阈值 k 的方法,可以是基于概率函数 $k = \chi_{N,prob}^2$ 来确定,其中 $\chi_{N,prob}^2$ 为自由度为 N 的卡方分布 χ^2 在概率为 $prob$ 处的上分位点值。

[0070] 在本发明实施例中,通过设定像元判断阈值确定图像对上的NCPs的方法,完全可以在没有地表先验知识的情况下选择满足条件的NCPs,其中,选择的NCPs与图像 $image(t_1)$ 和图像 $image(t_2)$ 之间的不变特征相对应。但由于NCPs的位置是从卫星遥感数据中,根据统计特性来确定的,很可能随每个图像对的不同而发生改变。在本实施例中,可以结合统计概率学,进一步获取卫星数据集中的多个图像对,并分别确定每个图形对的NCPs,最后将多个图像对中的共同的NCPs。由于所有的图像对均是针对同一地理区域进行卫星拍

摄所获取的,因此,可以将上述获取到的共同的NCPs设为该同一地理区域的NCPs。

[0071] 本发明实施例提供的遥感器衰变的定量分析方法,通过对卫星数据集的任意组建的图像对,进行不变像元定位,最后完成同一地理区域的不变像元的定位,不局限于任何特定的传感器或地理区域,且无需获取待测区域的先验知识,适应性强,且有效的减小了人力物力的消耗。

[0072] 基于上述实施例的内容,作为一种可选实施例,在步骤S31中所述的获取卫星数据集中任意两个时刻的卫星遥感数据构建图像对,包括但不限于以下步骤:从卫星数据集中选择具有接近相同的地面轨道的两个卫星遥感数据构建图像对;其中,该具有接近相同的地面轨道的两个卫星遥感数据为卫星遥感器过境时与赤道交点经度在 $\pm 1^\circ$ 内获取的。

[0073] 由于,对于利用IR-MAD变换方法进行变化检测或是场景中不变特征的检测,其准确度受诸多因素影响。特别是对于大型而复杂的卫星数据来说,如何选择用于IR-MAD变换的两幅图像 $image(t_1)$ 和 $image(t_2)$ 及如何对数据进行处理和过滤以提高IR-MAD变换法识别不变像元的准确率才是精准的进行遥感器衰变的定量分析及跟踪的关键。

[0074] 在本发明实施例中,提供一种选择用于IR-MAD变换的两幅图像 $image(t_1)$ 和 $image(t_2)$ 的筛选方法,首先,在本实施例中从变量影响分析的角度,假设传感器所接收到的辐射测量差异是由于传感器衰变的线性效应导致的,因此需要尽可能的排除或减少其它可能的变化因素的影响,主要包括环境(地球表面和大气)以及观察(几何和照明)等条件的影响。

[0075] 具体地,在本发明实施例中,从具有接近相同的地面轨道,即卫星过境(相当于卫星传感器过境)与赤道交点经度在 $\pm 1^\circ$ 内的数据中选择上述图像对,则图像对中每个像素的观察和照明几何条件非常相似。

[0076] 当然上述精度范围在本实施例中被设置为 $\pm 1^\circ$ 内,可以获取更优的遥感器衰变的定量分析结果,但是其不视为对本发明实施例保护范围的限定,例如可以根据检测精度的要求将其设置为 $\pm 0.5^\circ$ 或者 $\pm 2^\circ$ 等,对此本实施例不作具体地限定。

[0077] 基于上述实施例的内容,进一步地,上述步骤S31还可以包括将任意两个时刻的卫星遥感数据的时间间隔设置为: $365.25*y \pm 20$ 天之内,其中, $y=0,1,2,3,\dots$ years。

[0078] 具体地,为了最大限度地减少由于地表变化,太阳赤纬和平流层臭氧浓度变化引起的季节差异,任何给定的图像仅与数据集中时间间隔在 $365.25*y \pm 20$ days($y=0,1,2,3,\dots$ years)内的其它图像进行比较。

[0079] 例如: $image(t_1)$ 为第一天拍摄的图形,那么选择 $image(t_2)$ 的时候,则考虑获取 $image(t_2)$ 的时间段为:20天范围内、 365 ± 20 天范围内、 $365*2 \pm 20$ 天...

[0080] 本发明实施例提供的传感器衰变的定量分析方法,其中对于图形对的选取进行了限定,可以从长序列卫星数据中获得大量的符合要求的图像对,有效的提高了遥感器衰变的定量分析方法的精度。

[0081] 基于上述实施例的内容,进一步地,在本发明实施例中,对图像对进行线性变换,获取图像对在各个光谱通道的MAD分量之前,还包括对图形对中的两个卫星遥感图像进行无效像元掩模处理以及配准处理;

[0082] 其中,对图形对中的两个卫星遥感图像进行无效像元掩模处理,可以包括下列步骤:

[0083] 基于阈值判别法,根据图像对的各个光谱通道信息,剔除图像对中的无效像元;利用海洋陆地掩模版,剔除图像对中的水体及海洋区域的像元;根据与图像对相对应的卫星的轨道高度,剔除图像对中观测角超预设范围的像元。

[0084] 进一步地,上述对所述图形对中的两个卫星遥感图像进行配准处理,可以包括下列步骤:

[0085] 以图像对中的任一卫星遥感图像作为基准图像,在不同方向上移动另一幅卫星遥感图像,并获取各对应位置上的Pearson相关系数;确定Pearson相关系数取最大值时,图像对中的两个卫星遥感图像的相对位置为配准位置。

[0086] 具体地,本发明实施例提供的遥感器衰变的定量分析方法,在对确定的图像对进行IR-MAD变换之前,还需要对数据进行基于图像对的预处理以提高定量分析的稳定性及不变像元识别的准确度。这其中包括:对构成图像对的两幅图像中无效像元的掩模以及将两幅图像进行的相互配准。

[0087] 由于本实施例的主要目的是基于统计学的原理检测出场景中的不变像元,为了提高结果的稳定性,最好将场景中显著变化的目标进行去除,例如云。同时,水体及海洋区域对于不同通道的光谱反射特性差异明显,某些通道的信号非常微弱,因此在进行不变像元的检测之前也需要对光谱反射特性差的像元进行去除。

[0088] 其中,对于场景中的云这一类具有显著变化的干扰像元,只需要综合几个利于检测云(或其它干扰像元)的光谱波段信息,利用阈值判别法即可检测并去除。

[0089] 进一步地,因为卫星遥感数据一般具有海洋陆地掩模版,对于水体及海洋等光谱反射特性差的像元,则可以利用上述掩模版即可将场景中的水体去除。

[0090] 另外,对于远离星下点轨迹的区域,即传感器观测角较大的区域,像元将会产生一定程度的畸变并且分辨率也会降低,因此需要将传感器观测角大于某一范围的像元去除,这一范围可根据卫星的轨道高度来确定。该方法是在提高不变像元的准确度上以及用于进行统计分析的像素点数量的一种折中处理方式。

[0091] 另外,由于不同时间卫星过境轨道不同,尽管投影过程中是根据数据中的经纬度信息而进行的,不同时间的数据投影到同一个地理栅格上会有微小的地理偏差。因此,图像配准是在进行下一步操作之前首先需要解决的问题。在本发明实施例中,可以将其中一幅图像作为基准图像,在不同方向微微移动另一幅图像,对其求解Pearson相关系数,那么当在某处具有最大的相关系数时,即可认为两幅图像已经完成了配准。

[0092] 最后,在对图像对进行完上述预处理之后,即可运用IR-MAD变换进行图片对场景中不变像元的识别。并进一步对识别到的不变像元的各个光谱通道的表观反射率进行正交回归,即可获得传感器在此时间段内各个通道衰变的测量值。

[0093] 基于上述实施例的内容,作为一种可选实时汇率,其中,步骤S2所述的计算卫星数据集中每个卫星遥感数据所对应的表观反射率,可以通过下列公式进行确定:

$$[0094] \quad \rho_i = (\alpha_i \cdot DN_i + \beta_i) \cdot \frac{d^2}{\cos \theta_s}$$

[0095] 其中, α_i 为第*i*个光谱通道的DN值的定标斜率, β_i 为第*i*个光谱通道的DN值的截距,其中DN值为卫星遥感数据对应的辐射观测值, d^2 为日地距离修正因子, θ_s 为太阳天顶角, ρ_i 为不变像元在第*i*个光谱通道的表观反射率。

[0096] 由于,卫星遥感数据在返回地面接收装置时,需要透过大气层等干扰源,导致卫星传感器所接收到的辐射测量值(DN值)并不能真实的反映地表的信息,在本发明实施例提供的遥感器衰变的定量分析方法,在对其进行分析时,通过上述计算公式,将其进行一定的校正并转化为便于数学建模的表现反射率。

[0097] 基于上述实施例的内容,在本发明实施例中,步骤S4所述的对所述各个光谱通道的表现反射率进行正交回归,获取卫星遥感器在时间段内各个光谱通道的衰变值序列,包括但不限于以下计算方法:

$$[0098] \quad \frac{S_{Ri}(t_2)}{S_{Ri}(t_1)} = \frac{\rho_{i,t_2}(NCP(t_1,t_2))}{\rho_{i,t_1}(NCP(t_1,t_2))} = m_i(t_1,t_2)$$

[0099] 其中, $\rho_{i,t_1}(NCP(t_1,t_2))$ 表示由 t_1 和 t_2 时刻图像对之间的不变像元在 t_1 时刻第 i 个光谱波段的表观反射率, $\rho_{i,t_2}(NCP(t_1,t_2))$ 表示由 t_1 和 t_2 时刻图像对之间的不变像元在 t_2 时刻第 i 个光谱波段的表观反射率, $S_{Ri}(t_1)$ 表示 t_1 时刻卫星遥感器的辐射响应, $S_{Ri}(t_2)$ 表示 t_2 时刻卫星遥感器的辐射响应, $m_i(t_1,t_2)$ 为卫星遥感器在 t_1-t_2 时间段内第 i 个光谱通道的衰变值。

[0100] 具体地,由于卫星遥感器所接收到的卫星遥感数据的测量差异是由于线性效应导致的,即由于遥感器的衰变所导致的线性效应。其中,对于分别从 t_1 和 t_2 时间获得的图像 $image(t_1)$ 和 $image(t_2)$, 图像对场景中的不变点,存在有如下的关系:

$$[0101] \quad S_{Ri}(t_2) \cdot \rho_{i,t_1}(NCP(t_1,t_2)) = S_{Ri}(t_1) \cdot \rho_{i,t_2}(NCP(t_1,t_2)),$$

$$[0102] \quad \text{转换可以获取到: } \frac{S_{Ri}(t_2)}{S_{Ri}(t_1)} = \frac{\rho_{i,t_2}(NCP(t_1,t_2))}{\rho_{i,t_1}(NCP(t_1,t_2))} = m_i(t_1,t_2),$$

[0103] 其中 $m_i(t_1,t_2)$ 是根据图像对之间的NCPs的线性回归计算出来的。因此,一幅图像与另一幅图像的比较提供了在采集两幅图像之间的时期内遥感器响应度的相对变化的测量值。通过将相隔几天到几年的间隔内获取的图像对进行多次比较,可以创建一个多个间隔内相对遥感器衰变值 $m_i(t_1,t_2)$ 的大型数据序列。对于该数据序列的分析,可以提供遥感器随时间变化的几乎连续的记录,并可以被用于多项式拟合以获得描述遥感器响应度随时间变化的曲线。

[0104] 进一步地,基于上述实施例的内容,步骤S5所述的根据衰变值序列,建立遥感器衰变监测模型,其中遥感器衰变监测模型的多项式函数可以设置为:

$$[0105] \quad P_i(t, a_l) = 1 + \sum_{l=1}^M a_l t^l$$

[0106] 其中, t 为衰变值序列中的数据距起始时间的天数, M 为多项式函数的阶数且 $P_i(0) = 1$ 、 $a_0 = 1$, l 为多项式的阶数;

[0107] 多项式的第 l 阶系数 a_l , 由非线性最小二乘拟合确定,包括:

$$[0108] \quad \sum_{j=1}^N \left(\frac{P_i(t_{2j}, a_l)}{P_i(t_{1j}, a_l)} - m_i(t_1, t_2)_j \right)^2$$

[0109] 其中, j 表示不同的图像对的编号, N 为光谱通道数。

[0110] 一方面, 根据上述实施例所记载的内容, 可以获取到不同时期及不同时间间隔的遥感器衰减率的序列数据集。并按上述实施例记载的图像对的配对准则进行图像对配准后, 会存在其中有的被图像频繁重复使用, 而也有些图像使用的较少。

[0111] 另一方面, 本发明实施例提供的遥感器衰变的定量分析方法容易受到两幅图像中大气水汽和气溶胶严重变化的影响, 比如某些图像中有沙尘暴发生。

[0112] 为排除图像对IR-MAD分析时受大气影响强烈的场景, 在本实施例中, 可以根据回归曲线的截距制定图像对过滤准则。即在图像对的两幅图像的比较过程中, 将NCPs的不同通道反射率的回归截距反射率大于3%的通道去除。采用这一截距筛选方法, 因为某些情况下只有一个或某几个通道受到影响干扰时, 并不需要抛弃图像对的其它通道数据的回归。同时, 对于仍然存在图像地理位置配准偏差的图像对, 我们采用NCPs的相关系数及回归残差方差进行图像对分析过滤。

[0113] 进一步地, 传感器响应衰变随时间的变化曲线(针对任一通道)可用多项式 $P_i(t)$ 来建模, 具体模型如上述实施例所示。

[0114] 在已经获取时间间隔 $[t_1, t_2]$ 内相对变化的情形下, 确定 P_i 就是估计在这两个时

间处多项式的比值 $\frac{P_i(t_{2j}, a_i)}{P_i(t_{1j}, a_i)}$ 。因此, 问题可归结于推算这个间隔内的相对变化即 $m_i(t_1, t_2)$

和求解多项式系数 a_1 。

[0115] 其中, 多项式的系数(a_1)由非线性最小二乘拟合(Nelder-Mead单纯形法)确定,

即通过最小化公式: $\sum_{j=1}^N \left(\frac{P_i(t_{2j}, a_i)}{P_i(t_{1j}, a_i)} - m_i(t_1, t_2)_j \right)^2$ 来获取。

[0116] 其中 j 表示不同的图像对。由此便可获得遥感器相对于初次数据采集时间的衰变曲线。

[0117] 进一步地, 在获取到遥感器的衰变曲线后, 可以完成对于遥感器衰变的定量分析及跟踪。

[0118] 本发明实施例提供一种遥感器衰变的定量分析系统, 如图2所示, 包括但不限于以下结构: 数据集获取单元11、数据转换单元12、不变像元标定单元13、衰变值序列获取单元14和建模及分析单元15, 其中: 数据集获取单元11用于将不同时间获得的同一地理区域的卫星遥感数据投影到同一个地理栅格, 构建同一地理区域的不同时相的卫星数据集; 数据转换单元12用于计算卫星数据集中每个卫星遥感数据所对应的表观反射率; 不变像元标定单元13用于基于IR-MAD变换, 根据表观反射率, 获取所述同一地理区域的不变像元; 衰变值序列获取单元14用于对各个光谱通道的表观反射率进行正交回归, 获取卫星遥感器在各时间段内各个光谱通道的衰变值序列; 建模及分析单元15用于根据衰变值序列, 建立遥感器衰变监测模型。

[0119] 本发明实施例提供的遥感器衰变的定量分析系统, 其在运行时, 执行上述实施例所述的任一遥感器衰变的定量分析方法, 对此本实施例不作具体地赘述。

[0120] 本发明实施例提供的一种遥感器衰变的定量分析系统, 不局限于任何特定的传感器或地理区域, 通过对卫星遥感数据中的任意一个图像对进行不变像元识别, 并有效地

综合各个通道的变化信息,完成卫星遥感器在轨衰变跟踪,适应性强,可应用于大型空间数据集再处理和信息挖掘。

[0121] 图3为本发明实施例所描述的电子设备结构示意图,如图3所示,该电子设备可以包括:处理器(processor)310、通信接口(Communications Interface)320、存储器(memory)330和通信总线340,其中,处理器310,通信接口320,存储器330通过通信总线340完成相互间的通信。处理器310可以调用存储器330中的逻辑指令,以执行如下方法:将不同时间获得的同一地理区域的卫星遥感数据投影到同一个地理栅格,构建同一地理区域的不同相的卫星数据集;计算卫星数据集中每个卫星遥感数据所对应的表观反射率;基于IR-MAD变换,根据表观反射率,获取同一地理区域的不变像元;基于不变像元,对各个光谱通道的表观反射率进行正交回归,获取卫星遥感器在各时间段内各个光谱通道的衰变值序列;根据衰变值序列,建立遥感器衰变监测模型。

[0122] 此外,上述的存储器330中的逻辑指令可以通过软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用,可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解,本发明的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分或者该技术方案的部分可以以软件产品的形式体现出来,该计算机软件产品存储在一个存储介质中,包括若干指令用以使得一台计算机设备(可以是个人计算机,服务器,或者网络设备)执行本发明各个实施例所述方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括:U盘、移动硬盘、只读存储器(ROM,Read-Only Memory)、随机存取存储器(RAM,Random Access Memory)、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0123] 本发明实施例公开一种计算机程序产品,所述计算机程序产品包括存储于非暂态计算机可读存储介质上的计算机程序,所述计算机程序包括程序指令,当所述程序指令被计算机执行时,计算机能够执行上述各方法实施例所提供的方法,例如包括:将不同时间获得的同一地理区域的卫星遥感数据投影到同一个地理栅格,构建同一地理区域的不同相的卫星数据集;计算卫星数据集中每个卫星遥感数据所对应的表观反射率;基于IR-MAD变换,根据预设的不变像元判断阈值,获取同一地理区域的不变像元;基于不变像元,对各个光谱通道的表观反射率进行正交回归,获取卫星遥感器在各时间段内各个光谱通道的衰变值序列;根据衰变值序列,建立遥感器衰变监测模型。

[0124] 本发明实施例提供一种非暂态计算机可读存储介质,该非暂态计算机可读存储介质存储服务器指令,该计算机指令使计算机执行上述各实施例提供的方法,例如包括:将不同时间获得的同一地理区域的卫星遥感数据投影到同一个地理栅格,构建同一地理区域的不同相的卫星数据集;计算卫星数据集中每个卫星遥感数据所对应的表观反射率;基于IR-MAD变换,根据预设的不变像元判断阈值,获取同一地理区域的不变像元;基于不变像元,对各个光谱通道的表观反射率进行正交回归,获取卫星遥感器在各时间段内各个光谱通道的衰变值序列;根据衰变值序列,建立遥感器衰变监测模型。

[0125] 以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的,其中所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的,作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元,即可以位于一个地方,或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部模块来实现本实施例方案的目的。本领域普通技术人员在不付出创造性的劳动的情况下,即可以理解并实施。

[0126] 通过以上的实施方式的描述,本领域的技术人员可以清楚地了解到各实施方式可借助软件加必需的通用硬件平台的方式来实现,当然也可以通过硬件。基于这样的理解,上述技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分可以以软件产品的形式体现出来,该计算机软件产品可以存储在计算机可读存储介质中,如ROM/RAM、磁碟、光盘等,包括若干指令用以使得一台计算机设备(可以是个人计算机,服务器,或者网络设备等)执行各个实施例或者实施例的某些部分所述的方法。

[0127] 最后应说明的是:以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。



图1

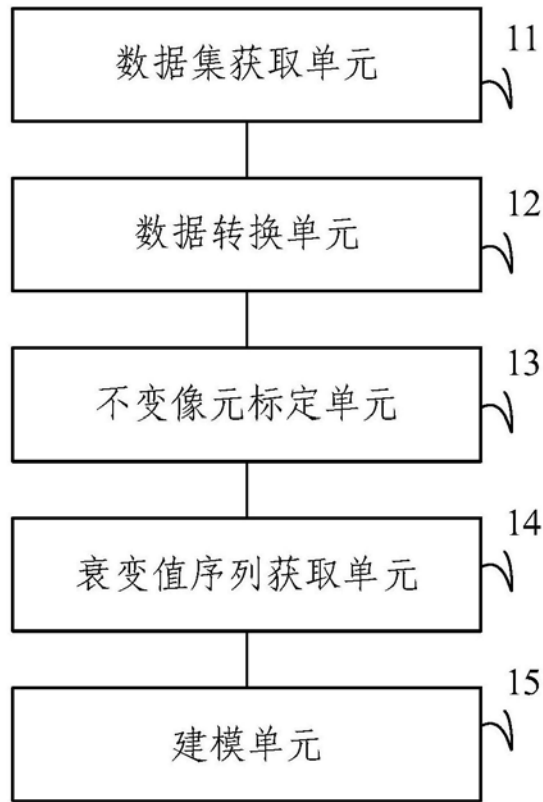


图2

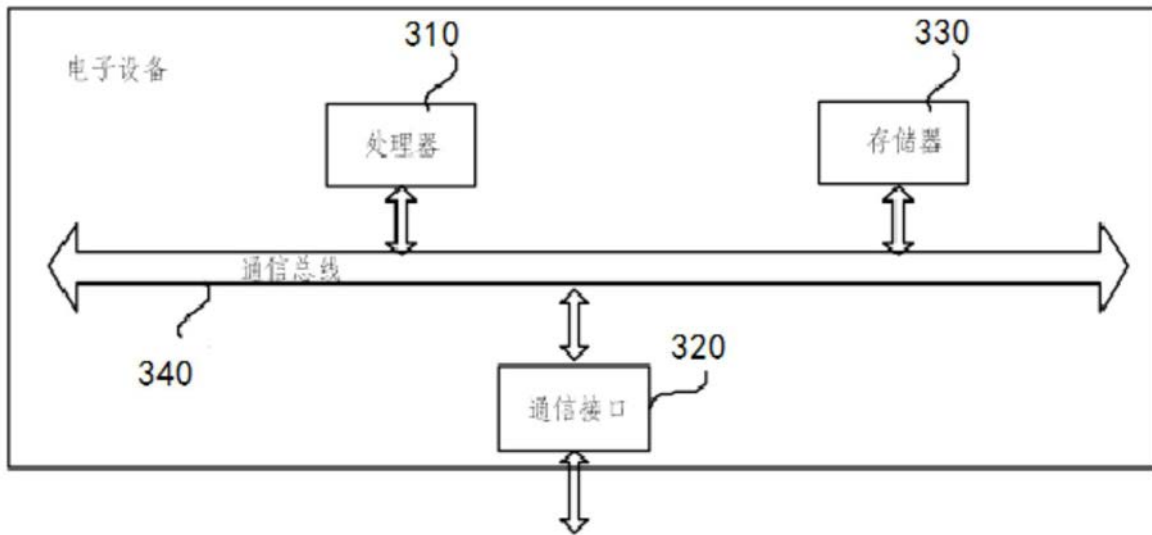


图3