



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107341492 A

(43)申请公布日 2017. 11. 10

(21)申请号 201710404526.X

(22)申请日 2017.06.01

(71)申请人 中国科学院地球化学研究所

地址 550081 贵州省贵阳市观山湖区林城西路99号

(72)发明人 白晓永 肖建勇 田义超 吴璐华  
钱庆欢

(74)专利代理机构 贵阳派腾阳光知识产权代理  
事务所(普通合伙) 52110

代理人 谷庆红

(51)Int. Cl.

G06K 9/46(2006.01)

权利要求书1页 说明书6页

### (54)发明名称

一种喀斯特石漠化信息提取方法

### (57)摘要

本发明提供了一种喀斯特石漠化信息提取方法,包括如下步骤:①数据准备:岩性图,土地利用图,同期石漠化空间分布图;②筛选区域:从研究区中筛选出石漠化可能发生区域;③计算因子空间分布图:计算植被覆盖度、地表反照率、陆地表面温度;④计算因子贡献率;⑤拟合KRDIM (Karst Rocky Desertification Index Modle);⑥石漠化划分等级。本发明通过地理探测器模型计算各因子对石漠化表征的贡献率,建立了监测解译的定量评价指数模型,能实现精准、高效的喀斯特石漠化信息的提取。

1. 一种喀斯特石漠化信息提取方法,其特征在於:包括如下步骤:

①数据准备:岩性图,土地利用图,同期石漠化空间分布图;

②筛选区域:从研究区中筛选出石漠化可能发生区域;

③计算因子空间分布图:计算植被覆盖度、地表反照率、陆地表面温度;

④计算因子贡献率:通过植被覆盖度、地表反照率、陆地表面温度的计算结果,利用地理探测器计算植被覆盖度、地表反照率、陆表温度的因子贡献值;基于因子贡献值在因子贡献总值中的占比计算各因子贡献率;

⑤拟合模型KRDIM:根据因子贡献率拟合出石漠化监测定量评价模型;

⑥石漠化划分等级:基于石漠化监测定量评价模型,将石漠化可能发生的区域数据进行分级,生成石漠化指数空间分布图。

2. 如权利要求1所述的喀斯特石漠化信息提取方法,其特征在於:所述石漠化潜在发生区域包括林地、灌木林、草地、旱地、未利用地。

3. 如权利要求1所述的喀斯特石漠化信息提取方法,其特征在於:所述将石漠化潜在发生区域的数据进行分级,分别为无石漠化土地、潜在石漠化土地、轻度石漠化土地、中度石漠化土地、重度石漠化土地。

4. 如权利要求1所述的喀斯特石漠化信息提取方法,其特征在於:所述步骤③中,计算植被覆盖度是通过公式

$$FVC = (NDVI - NDVI_{soil}) \div (NDVI_{veg} - NDVI_{soil})$$

进行计算,其中NDVI为给定像元的NDVI值,NDVI<sub>soil</sub>为裸土地NDVI值;NDVI<sub>veg</sub>为纯植被像元的NDVI值。通过对NDVI值频率统计,取累计频率1%为NDVI<sub>soil</sub>,取累计频率99%为NDVI<sub>veg</sub>。

5. 如权利要求1所述的喀斯特石漠化信息提取方法,其特征在於:所述步骤③中,计算地表反照率是基于双向反射分布函数计算,取用0.3-5.0μm宽波段的白空反照率得到。

6. 如权利要求1所述的喀斯特石漠化信息提取方法,其特征在於:所述陆地表面温度采用最大值合成法得到月均温,然后采用平均值法将月均温数据合成年均温数值。

7. 如权利要求1所述的喀斯特石漠化信息提取方法,其特征在於:所述步骤④中因子贡献值通过

$$P_{X,Y} = 1 - \frac{1}{n\sigma^2} \sum_{i=1}^m X_i \sigma_i^2$$

进行计算,其中Y为因变量,即石漠化等级,X为自变量因子,即植被覆盖度、地表反照率、陆地表面温度, $\sigma_i^2$ 、n和m分别表示X的第i类栅格值方差、栅格数和类型总数。

8. 如权利要求1所述的喀斯特石漠化信息提取方法,其特征在於:所述石漠化监测定量评价模型为

$$K = -a * FVC + b * Albedo + c * LST$$

式中K表示石漠化指数;FVC,Albedo,LST分别为植被覆盖度、地表反照率、陆地表面温度的取值,a,b,c分别为植被覆盖度、地表反照率、陆地表面温度的因子贡献率。

9. 如权利要求1或3所述的喀斯特石漠化信息提取方法,其特征在於:将石漠化潜在发生区域的数据进行分级,其值分别为无石漠化土地、潜在石漠化土地、轻度石漠化土地、中度石漠化土地、重度石漠化土地。

## 一种喀斯特石漠化信息提取方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种精准、高效的喀斯特石漠化信息提取方法。

### 背景技术

[0002] 中国西南喀斯特地区普遍面临着严重的石漠化问题。该问题严重影响着西南地区人民的生存环境和生活水平。因此,建立快速准确高效的石漠化解译和评价模型是非常亟需的。

[0003] 目前,喀斯特石漠化信息提取采用的数据主要有:landsat的TM,ETM以及OLI,ALOS,ASTER,高分辨率卫星等遥感数据。这类数据虽然具有高空间分辨率特点;但是图幅较小,时间分辨率低;同时,受卫星过境时间和天气的影响并不总能获取到合适理想的数据,难以进行高时间分辨率石漠化监测,在大区域的石漠化信息提取时,所需数据量大,影像处理工作繁重,所花时间长、成本高、效率低。

[0004] 喀斯特石漠化信息提取采取方法主要是通过ERDAS,ENVI,ARCGIS等软件,采用监督分类,非监督分类,目视解译,人机交互解译,决策树分类,野外实地调查等方法对遥感影像进行石漠化信息提取。此类方法不仅受不同解译人员经验和主观判断影响大,存在同谱异物等问题;而且工作强度大、效率低。

[0005] 此外,还有研究通过估算喀斯特石漠化地区的NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) 来表征石漠化信息,但是,NDVI对石漠化信息表征能力存在很大偏差。以上方法具有一定的局限性,没有系统地排除石漠化可能发生的基底条件,准确性有待提高,而FVC (Fractional Vegetation Cover),Albedo,LST (Land Surface Temperature) 能够很好的反映地表裸露情况和植被覆盖,可用于表征石漠化信息。

[0006] 目前在喀斯特石漠化地区,还未采用FVC,Albedo,LST综合指数表征石漠化信息;对石漠化表征因子的贡献率进行定量分析还没有相应的研究。

### 发明内容

[0007] 为解决上述技术问题,本发明提供了一种喀斯特石漠化信息提取方法,该喀斯特石漠化信息提取方法通过地理探测器模型计算各因子对石漠化表征的贡献率,建立了监测解译的定量评价指数模型,能实现精准、高效的喀斯特石漠化信息的快速提取

[0008] 本发明通过以下技术方案得以实现。

[0009] 本发明提供的一种喀斯特石漠化信息提取方法,包括如下步骤:

[0010] ①数据准备:岩性图,土地利用图,同期石漠化空间分布图;

[0011] ②筛选区域:从研究区中筛选出石漠化可能发生区域;

[0012] ③计算因子空间分布图:计算植被覆盖度、地表反照率、陆地表面温度;

[0013] ④计算因子贡献率:通过植被覆盖度、地表反照率、陆地表面温度的计算结果,利用地理探测器计算植被覆盖度、地表反照率、陆地表面温度的因子贡献值;基于因子贡献值在因子贡献总值中的占比计算各因子贡献率;

[0014] ⑤拟合模型KRDIM:根据因子贡献率拟合出石漠化监测定量评价模型;

[0015] ⑥石漠化划分等级:基于石漠化监测定量评价模型,将石漠化可能发生的区域数据进行分级,生成石漠化指数空间分布图。

[0016] 上述中石漠化可能发生区域包括喀斯特区域和土地利用为:林地、灌木林、草地、旱地、未利用地的区域。

[0017] 所述将石漠化可能发生区域的数据进行分级,划分为无石漠化土地、潜在石漠化土地、轻度石漠化土地、中度石漠化土地、重度石漠化土地。

[0018] 所述步骤③中,计算植被覆盖度是通过

$$[0019] \quad FVC = (NDVI - NDVI_{soil}) \div (NDVI_{veg} - NDVI_{soil})$$

[0020] 进行计算,其中NDVI为给定像元的NDVI值,NDVI<sub>soil</sub>为裸土地NDVI值;NDVI<sub>veg</sub>为纯植被像元的NDVI值。通过对NDVI值频率统计,取累计频率1%为NDVI<sub>soil</sub>,取累计频率99%为NDVI<sub>veg</sub>。

[0021] 所述步骤③中,计算地表反照率是基于双向反射分布函数计算,取用0.3-5.0μm宽波段的白空反照率得到。

[0022] 所述陆地表面温度采用最大值合成法得到每个月的取值,然后采用平均值法合成每年的取值。

[0023] 所述步骤④中因子贡献值通过

$$[0024] \quad P_{X,Y} = 1 - \frac{1}{n\sigma^2} \sum_{i=1}^m X_i \sigma_i^2$$

[0025] 进行计算,其中Y为因变量,即石漠化等级,X为自变量因子,即植被覆盖度、地表反照率、陆地表面温度, $\sigma_i^2$ 、n和m分别表示X的第i类栅格值方差、栅格数和类型总数。

[0026] 所述石漠化监测定量评价模型为

$$[0027] \quad K = -a * FVC + b * Albedo + c * LST$$

[0028] 式中K表示石漠化指数;FVC,Albedo,LST分别为植被覆盖度、地表反照率、陆地表面温度的取值,a,b,c分别为植被覆盖度、地表反照率、陆地表面温度的因子贡献率。

[0029] 本发明的有益效果在于:通过地理探测器模型计算各因子对石漠化表征的贡献率,建立了监测解译的定量评价指数模型(Karst Rocky Desertification Index Modle, KRDIM),能实现精准、高效的喀斯特石漠化信息的快速提取。

## 具体实施方式

[0030] 下面进一步描述本发明的技术方案,但要求保护的范围并不局限于所述。

[0031] 本发明提供了一种喀斯特石漠化信息提取方法,包括如下步骤:

[0032] 第一,提取喀斯特区域。根据石漠化发生的特性,石漠化不会发生在非喀斯特区域,将研究区的岩性图上的喀斯特区域提取出来。

[0033] 第二,提取石漠化可能发生区域。研究区的土地利用主要分为:有林地,灌木林,草地,水田,旱地,水域,建设用地,未利用地。石漠化不可能发生在水田,水域,建设用地区域,将石漠化的潜在发生区域:有林地,灌木林,草地,旱地,未利用地提取出来。

[0034] 第三,数据预处理。分别对MODIS的三类遥感数据MOD13Q1,MCD43A3和MOD11A12进行预处理;利用NASA提供的MRT(MODIS Reprojection Tools)软件对所获得产品数据批处

理,将其统一转换成ALBERS等面积投影和WGS-84坐标系,将格式HDF转换为TIFF格式。

[0035] 第四,计算植被覆盖度(FVC)。采用像元二分模型进行估算,公式如下:

$$[0036] \quad FVC = (NDVI - NDVI_{soil}) \div (NDVI_{veg} - NDVI_{soil})$$

[0037] 式中:NDVI为给定像元的NDVI值,NDVI<sub>soil</sub>为裸土地NDVI值;NDVI<sub>veg</sub>为纯植被像元的NDVI值。通过对NDVI值频率统计,取累计频率1%为NDVI<sub>soil</sub>,取累计频率99%为NDVI<sub>veg</sub>。采用最大值合成法(Maximum Value Composite,MVC)得到月NDVI值,最后采用均值法生成每年NDVI值,再依据公式得到FVC值。

[0038] 第五,计算地表反照率(Albedo)。MCD43A3Albedo地表反照率产品是基于双向反射分布函数(BRDF)计算得到的,包括7个窄波段和3个宽波段(0.3-0.7 $\mu$ m,0.7-5.0 $\mu$ m,0.3-5.0 $\mu$ m)的黑空反照率(Black-sky Albedo)和白空反照率(White-sky Albedo),本文采用的是0.3-5.0 $\mu$ m宽波段的白空反照率作为地表反照率,采用最大值合成法得到每个月的地表反照率,然后采用平均值法合成每年地表反照率。

[0039] 第六,计算陆地表面温度(LST)。MOD11A2陆地表面温度产品是通过劈窗算法计算获得,本文采用最大值合成法得到每个月的LST,然后采用平均值法合成每年的LST。

[0040] 第七,FVC,Albedo,LST数据重采样,标准化处理。将Albedo,LST数据使用最近邻重采样算法重采样到250m。由于不同遥感数据网量差异较大,为了保证不同数据之间的可比性,需要对原数据进行标准化处理:

$$[0041] \quad Z = [(A - A_{min}) \div (A_{max} - A_{min})] \times 100\%$$

[0042] 式中:A表示标准化之前的值,Z表示标准后的结果。

[0043] 第八,因子贡献力计算。地理探测器是以空间变异理论、空间叠置技术和集合论为基础,通过比较因变量与自变量因子地理图层空间一致性,判定自变量因子对因变量取值变化贡献大小的度量方法,度量指标为因子贡献力P:

$$[0044] \quad P_{X,Y} = 1 - \frac{1}{n\sigma^2} \sum_{i=1}^m X_i \sigma_i^2$$

[0045] 式中Y分别表示因变量,即本文中的石漠化等级;X为自变量因子,即本文中的FVC,Albedo,LST; $\sigma^2$ 与n表示Y的栅格值方差和栅格总数; $\sigma_i^2$ 、n和m分别表示X的第i类栅格值方差、栅格数和类型总数。因子贡献力取值范围为0—1之间,0表示自变量因子与因变量完全无关,1表示自变量因子完全控制因变量。本方法计算分别得到FVC,Albedo,LST因子的贡献力P<sub>F</sub>,P<sub>A</sub>,P<sub>L</sub>。

[0046] 第九,拟合石漠化监测的定量评价模型。计算各因子占总贡献力的百分比,分别得到因子贡献率为:FVC(a),Albedo(b),LST(c);再将各个因子图层乘以其贡献率得到石漠化监测的定量评价模型:K=-a\*FVC+b\*Albedo+c\*LST;式中K表示石漠化指数;FVC,Albedo,LST分别表示各因子图层信息,a,b,c分别表示个因子的贡献率。其中FVC值与石漠化程度呈现负相关关系,因此其指标系数为负;LST和Albedo值与石漠化程度呈现正相关关系,其指标系数为正。

[0047] 第十,K值划分等级。通过石漠化监测的定量评价模型,通过ARCGIS的栅格计算器生成石漠化指数空间分布图,通过切除不可能发生石漠化区域,保留石漠化潜在区域(第一,第二点所确定的区域),再将K值划分等级如下:无石漠化土地,潜在石漠化土地,轻度石漠化土地,中度石漠化土地,重度石漠化土地。

[0048] 第十一,通过K值等级提取石漠化信息。先用石漠化监测的定量评价模型计算研究区内的K值空间分布图;再用上文得到的K值等级划分标准对研究区的石漠化信息进行提取,得到石漠化空间分布图。

[0049] 实施例1

[0050] 以2000年贵州省的数据为例。

[0051] 第一,提取喀斯特区域。根据石漠化发生的特性,将研究区的岩性图上的喀斯特区域提取出来。

[0052] 第二,提取石漠化可能发生区域。研究区的土地利用划分为:有林地,灌木林,草地,水田,旱地,水域,建设用地,未利用地。石漠化不可能发生在水田,水域,建设用地区域,将石漠化的潜在发生区域:有林地,灌木林,草地,旱地,未利用地提取出来。

[0053] 第三,数据预处理。将MODIS的三类遥感数据:MOD13Q1,MCD43A3,MOD11A12进行预处理;利用NASA提供的MRT软件对所获得产品数据批处理,将其统一转换成ALBERS等面积投影和WGS-84坐标系,将格式HDF转换为TIFF格式。

[0054] 第四,计算植被覆盖度(FVC)。采用像元二分模型进行估算,公式如下: $FVC = (NDVI - NDVI_{soil}) \div (NDVI_{veg} - NDVI_{soil})$ 式中:NDVI为给定像元的NDVI值,NDVI<sub>soil</sub>为裸土地NDVI值;NDVI<sub>veg</sub>为纯植被像元的NDVI值。通过对NDVI值频率统计,取累计频率1%为NDVI<sub>soil</sub>,取累计频率99%为NDVI<sub>veg</sub>。采用最MVC法得到月NDVI值,最后采用均值法生成每年NDVI值,再依据公式得到FVC值。

[0055] 第五,计算地表反照率(Albedo)。MCD43A3Albedo地表反照率产品是基于双向反射分布函数(BRDF)计算得到的,采用最大值合成法得到每个月的地表反照率,然后采用平均值法合成每年地表反照率。

[0056] 第六,计算陆地表面温度(LST)。MOD11A12陆地表面温度产品是通过劈窗算法计算获得,本文采用最大值合成法得到每个月的地表反照率,然后采用平均值法合成每年的LST。

[0057] 第七,FVC,Albedo,LST数据重采样,标准化处理。将Albedo,LST数据使用最近邻重采样算法重采样到250m。由于不同数据纲量差异较大,主要包含:FVC,Albedo,LST数据。为了保证不同数据之间的可比性,需要对原数据进行标准化处理:

[0058]  $Z = [(A - A_{min}) \div (A_{max} - A_{min})] \times 100\%$

[0059] 式中:A表示标准化之前的值,Z表示标准后的结果。

[0060] 第八,因子贡献力计算。地理探测器是以空间变异理论、空间叠置技术和集合论为基础,通过比较因变量与自变量因子地理图层空间一致性,判定自变量因子对因变量取值变化贡献大小的度量方法,度量指标为因子贡献力P:

[0061]  $P_{X,Y} = 1 - \frac{1}{n\sigma^2} \sum_{i=1}^m X_i \sigma_i^2$

[0062] 式中Y分别表示因变量,即本文中的石漠化等级;X为自变量因子,即本文中的FVC,Albedo,LST; $\sigma^2$ 与n表示Y的栅格值方差和栅格总数; $\sigma_i^2$ 、n和m分别表示X的第i类栅格值方差、栅格数和类型总数。本方法计算分别得到FVC,Albedo,LST因子的贡献力如表1。

[0063] 表1:石漠化定量评价单因子贡献力

[0064]	因子	FVC	Albedo	LST
	贡献力	0.54	0.38	0.20

[0065] 第九,拟合石漠化监测的定量评价模型。计算各因子占总贡献力的百分比,分别得到因子贡献率为:FVC(48%),Albedo(34%),LST(18%);再将各个因子图层乘以其贡献率得到石漠化监测的定量评价模型: $K = -0.48 \times FVC + 0.34 \times Albedo + 0.18 \times LST$ 。

[0066] 第十,K值划分等级。通过石漠化监测的定量评价模型,通过ARCGIS的栅格计算器生成石漠化指数空间分布图,通过切除不可能发生石漠化区域,保留石漠化潜在区域(第一,二点所确定的区域),再将K值划分等级如表2。

[0067] 表2不同石漠化等级的石漠化指数值

	石漠化等级	K值
	无石漠化土地	-0.200-0.025
[0068]	潜在石漠化土地	0.025-0.117
	轻度石漠化土地	0.117-0.175
	中度石漠化土地	0.175-0.240
	重度石漠化土地	0.240-0.500

[0069] 第十一,通过K值等级提取石漠化信息。先用石漠化监测的定量评价模型计算研究区内的K值空间分布图;再用上文得到的K值等级划分标准对研究区的石漠化信息进行提取,得到石漠化空间分布图。

[0070] 由此可见,本发明:

[0071] (1)MODIS的NDVI-Albedo-LST遥感数据具备:中空间分辨率,高时间分辨率,宽幅大尺度的特征;可运用于大空间尺度和高时间分辨率尺度的监测评价。

[0072] (2)基于岩性背景切除非喀斯特区域,通过土地利用切除水田,水域,建设用地区域。切除不可能发生石漠化的区域,确定潜在的石漠化发生区域,能够减少同谱异物的误判,避免对石漠化潜在区域的误判;

[0073] (3)采用地理探测器计算石漠化表征的因子贡献率,与相关研究采用层次分析法等方法相比,专业科学的地理数学方法计算贡献率更加精准可靠;

[0074] (4)石漠化监测定量评价模型具有指标简单、易于获取,方法准确、快速的特点,减少了人为误判的可能,同时大大缩短了解译时间和劳动力成本,也提高了石漠化反演的精度和效率。

[0075] (5)在对研究区石漠化监测时,本发明可采用一个完整的生长季,先用最大值合成

法得到月值,再用平均值法合成年值,避免了卫星过境时间和天气的限制带来不必要的误差。