



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107239659 B

(45)授权公告日 2020.04.24

(21)申请号 201710406264.0

审查员 张媛媛

(22)申请日 2017.06.01

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107239659 A

(43)申请公布日 2017.10.10

(73)专利权人 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 钱庆欢 田义超 吴璐华

肖建勇

(74)专利代理机构 贵阳睿腾知识产权代理有限公司

公司 52114

代理人 谷庆红

(51)Int.Cl.

G06F 30/20(2020.01)

权利要求书2页 说明书4页

(54)发明名称

一种基于改进的K-RUSLE模型与成土速率计算土壤侵蚀的方法

(57)摘要

本发明提出了一种基于改进的K-RUSLE模型与成土速率计算土壤侵蚀的方法,包括如下步骤:①获取数据;②计算降雨侵蚀力;③计算侵蚀模数;④裁剪岩性;⑤计算喀斯特成土速率;⑥检验土壤侵蚀模数;⑦校正土壤侵蚀模数。本发明将喀斯特与非喀斯特土壤侵蚀量分别进行处理,对降雨侵蚀力因子进行喀斯特化,能够有效地剔除未产生侵蚀的降雨量,使降雨侵蚀力的结果更加精确;基于成土速率的阈值,对理论土壤侵蚀模数进行有效性检验同时,亦进行错误校正,能够显著提升土壤侵蚀结果的准确率。

1. 一种基于改进的K-RUSLE模型与成土速率计算土壤侵蚀的方法,其特征在于:包括如下步骤:

①获取数据:从相应的数据平台获取相关数据,需要的数据包含日降水量数据、土壤质地与有机质含量、数字高程模型、归一化植被指数、土地利用类型以及岩性数据、碳酸盐岩溶蚀速率、酸不溶物含量百分比、碳酸盐岩含量百分比、碳酸盐岩密度、非碳酸盐岩成土速率,并将上述数据投影到统一坐标系中;

②降雨侵蚀力改进计算:对获取的全年日降水量数据以喀斯特及非喀斯特预定阈值进行筛选并计算,通过插值得到不同地质背景区域的降雨侵蚀力栅格图层;

③理论侵蚀模数计算:将不同地质背景区域的降雨侵蚀力栅格图层带入RULSE模型之中,计算出不同地质背景区域的理论侵蚀模数;

④岩性裁剪:将岩性矢量转为栅格,利用岩性栅格数据对土壤侵蚀模数图层进行裁剪,分别得到喀斯特区域的土壤侵蚀模数图层和非喀斯特区域的土壤侵蚀模数图层;

⑤喀斯特成土速率计算:针对喀斯特区域的土壤侵蚀模数图层对应的数据,利用碳酸盐岩溶蚀速率,酸不溶物含量百分比,碳酸盐岩含量百分比,碳酸盐岩密度,非碳酸盐岩成土速率,计算喀斯特不同岩层组和不同类型岩石的风化成土速率;

⑥土壤侵蚀模数检验:将喀斯特土壤侵蚀模数图层减去喀斯特成土速率图层,得到一个包含0及正负值的图层,大于0的部分表示,该区域理论土壤侵蚀量大于其实际成土量;小于等于0的部分表示,该区域理论土壤侵蚀量小于等于实际成土量;

⑦土壤侵蚀模数校正:利用岩石风化成土速率图层对喀斯特区域差值大于0的部分进行土壤侵蚀模数校正;

所述步骤⑦之后,将经校正的喀斯特区域土壤侵蚀模数图层与步骤④中得到的非喀斯特区域的土壤侵蚀模数图层进行拼接融合,得到完整土壤侵蚀模数图层。

2. 如权利要求1所述的基于改进的K-RUSLE模型与成土速率计算土壤侵蚀的方法,其特征在于:所述步骤②中,预定阈值非喀斯特区域为12mm,喀斯特区域为30mm,分别对应计算得到两个降雨侵蚀力栅格图层。

3. 如权利要求1所述的基于改进的K-RUSLE模型与成土速率计算土壤侵蚀的方法,其特征在于:所述步骤③中,采用 $A=R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$ 进行计算,其中A为土壤侵蚀模数、R为降雨侵蚀力因子、K为土壤可蚀性因子、L为坡长因子、S为坡度因子、C为地表植被覆盖与管理因子、P为水土保持措施因子。

4. 如权利要求1所述的基于改进的K-RUSLE模型与成土速率计算土壤侵蚀的方法,其特征在于:所述步骤④中,通过喀斯特图层对阈值30mm对应的土壤侵蚀模数图层进行裁剪,得到喀斯特区域的土壤侵蚀模数图层;通过非喀斯特图层对阈值12mm对应的土壤侵蚀模数图层进行裁剪,得到非喀斯特区域的土壤侵蚀模数图层。

5. 如权利要求1所述的基于改进的K-RUSLE模型与成土速率计算土壤侵蚀的方法,其特征在于:所述步骤⑤中,计算岩石风化成土速率图层通过

$$W_i = v \cdot Q \cdot \rho \cdot M + N \cdot (1 - M)$$

进行计算,其中 $W_i$ 为岩石风化成土速率,单位 $t \cdot km^{-2} \cdot yr^{-1}$ ;v为碳酸盐岩溶蚀速率,单位mm/a,换算为 $m^3 \cdot km^{-2} \cdot yr^{-1}$ ;Q为酸不溶物含量,单位%;M为碳酸盐岩含量,单位%; $\rho$ 为碳酸盐岩密度,单位 $t/m^3$ ;N为非碳酸盐岩成土速率,单位 $t \cdot km^{-2} \cdot yr^{-1}$ 。

6. 如权利要求1所述的基于改进的K-RUSLE模型与成土速率计算土壤侵蚀的方法,其特征在于:所述步骤⑥⑦采取如下方式进行校正:

(5.1) 计算差值图层:用喀斯特区域的土壤侵蚀模数图层减去岩石风化成土速率图层,得到差值图层;

(5.2) 区分赋值:将差值图层里值大于0的部分提取出来作为待校正图层,将差值图层里值小于等于0的部分提取出来作为无需校正图层;

(5.3) 提取赋值:用待校正图层对岩石风化成土速率图层进行掩膜提取,然后对待校正图层进行赋值,得到校正赋值图层;

(5.4) 拼接校正:将校正赋值图层与无需校正图层拼接融合,得到校正后的喀斯特区域土壤侵蚀模数图层。

## 一种基于改进的K-RUSLE模型与成土速率计算土壤侵蚀的方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于改进的K-RUSLE模型与成土速率计算土壤侵蚀的方法,属于水土保持和生态环境监测领域。

### 背景技术

[0002] 准确的定量土壤侵蚀的时间和空间分异规律,明确其发生强度,区域类型,对有效地实施水土保持工作和预防水土流失具有重要科学价值。特别是在喀斯特生态敏感脆弱区,对土壤侵蚀进行准确量化是非常缺乏的。

[0003] 首先,基于RUSLE土壤侵蚀模型和GIS、RS技术,获取土壤侵蚀各因子,研究土壤侵蚀模数、侵蚀量、侵蚀强度的时间和空间演变特征是土壤侵蚀常用的研究方法。但是在传统的RUSLE模型算法中,降雨侵蚀力的计算有着很大的局限性。因为在实际的降雨过程中并不是每一场的降雨都会产生土壤侵蚀,只有在降雨达到一定的阈值时土壤侵蚀才会发生,而阈值的大小由下垫面的地质背景特征所决定。因此,针对不通的地质背景对传统的RUSLE模型进行改进是非常必要的。

[0004] 其次,就喀斯特地区而言,由于其岩石的可溶性,使得喀斯特地区比非喀斯特地区具有更多的空隙,在降雨产流的过程中,消耗在填洼上的雨量远远大于非喀斯特区域,因而在喀斯特地区产生有效侵蚀的降水阈值要远大于非喀斯特地区。在现有的涉及到喀斯特区域的土壤侵蚀研究中,前人研究虽然认识到喀斯特有别的非喀斯特的特殊地质背景,但在实际的土壤侵蚀研究过程中仍然未能提出有效的解决措施,仍是借用非喀斯特土壤侵蚀的研究方法进行喀斯特土壤侵蚀研究,这种计算方法会造成研究结果的错判和误判,针对上述的问题,本发明首先对降雨侵蚀力因子进行了改进。

[0005] 再次,在对土壤侵蚀结果分析时,大部分的研究并未考虑研究区土壤侵蚀可承受阈值即成土速率的大小,并未对研究结果进行检验与校正,研究结果的可靠性难以确定,因而不能充分表征土壤侵蚀对生态环境的胁迫性,特别是不能精准地对土壤侵蚀的风险进行有效评估。

### 发明内容

[0006] 为解决上述技术问题,本发明提供了一种基于改进的K-RUSLE模型与成土速率计算土壤侵蚀的方法,该方法通过将喀斯特与非喀斯特日降水量分别以不同阈值进行初步筛选,对降雨侵蚀力因子进行不同的地质差异化处理,能够有效地剔除未产生侵蚀的降雨量,使降雨侵蚀力的结果更加精确。

[0007] 本发明通过以下技术方案得以实现。

[0008] 本发明提供一种基于改进的K-RUSLE模型与成土速率计算土壤侵蚀的方法,包括如下步骤:

[0009] ①获取数据:从数据库中提取日降水量数据、土壤质地与有机质含量、数字高程模

型、归一化植被指数、土地利用类型以及岩性矢量数据、碳酸盐岩溶蚀速率、酸不溶物含量百分比、碳酸盐岩含量百分比、碳酸盐岩密度、非碳酸盐岩成土速率,并将上述数据投影到统一坐标系中;

[0010] ②降雨侵蚀力改进计算:对获取的全年日降水量数据以预定阈值筛选并计算,通过插值得到不同地质背景区域的降雨侵蚀力栅格图层;

[0011] ③理论侵蚀模数计算:将不同地质背景区域的降雨侵蚀力栅格图层带入RULSE模型之中,计算出不同地质背景区域的理论侵蚀模数;

[0012] ④岩性裁剪:利用岩性矢量数据对土壤侵蚀模数图层进行裁剪,分别得到喀斯特区域的土壤侵蚀模数图层和非喀斯特区域的土壤侵蚀模数图层;

[0013] ⑤喀斯特成土速率计算:针对喀斯特区域的土壤侵蚀模数图层对应的数据,利用碳酸盐岩溶蚀速率,酸不溶物含量百分比,碳酸盐岩含量百分比,碳酸盐岩密度,非碳酸盐岩成土速率,计算岩石风化成土速率图层;

[0014] ⑥土壤侵蚀模数检验:将喀斯特土壤侵蚀模数图层减去喀斯特成土速率图层做减法运算,得到一个包含0及正负值的图层,大于0的部分表示,该区域理论土壤侵蚀量大于其实际成土量;小于等于0的部分表示,该区域理论土壤侵蚀量小于等于实际成土量;

[0015] ⑦土壤侵蚀模数校正:利用岩石风化成土速率图层对喀斯特区域差值大于0的部分进行土壤侵蚀模数校正。

[0016] 所述步骤②中,预定阈值非喀斯特区域为12mm,喀斯特区域为30mm,分别对应计算得到两个降雨侵蚀力栅格图层。

[0017] 所述步骤③中,采用 $A=R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$ 进行计算,其中A为土壤侵蚀模数、R为降雨侵蚀力因子、K为土壤可蚀性因子、L为坡长因子、S为坡度因子、C为地表植被覆盖与管理因子、P为水土保持措施因子。

[0018] 所述步骤④中,通过喀斯特图层对阈值30mm对应的土壤侵蚀模数图层进行裁剪,得到喀斯特区域的土壤侵蚀模数图层;通过非喀斯特图层对阈值12mm对应的土壤侵蚀模数图层进行裁剪,得到非喀斯特区域的土壤侵蚀模数图层。

[0019] 所述步骤⑤中,计算岩石风化成土速率图层通过

$$[0020] \quad W_i = v \cdot Q \cdot \rho \cdot M + N \cdot (1 - M)$$

[0021] 进行计算,其中 $W_i$ 为岩石风化成土速率,单位 $t \cdot km^{-2} \cdot yr^{-1}$ ;v为碳酸盐岩溶蚀速率,单位mm/a,换算为 $m^3 \cdot km^{-2} \cdot yr^{-1}$ ;Q为酸不溶物含量,单位%;M为碳酸盐岩含量,单位%; $\rho$ 为碳酸盐岩密度,单位 $t/m^3$ ;N为非碳酸盐岩成土速率,单位 $t \cdot km^{-2} \cdot yr^{-1}$ 。

[0022] 所述步骤⑥⑦采取如下方式进行校正:

[0023] (5.1) 计算差值图层:用喀斯特区域的土壤侵蚀模数图层减去岩石风化成土速率图层,得到差值图层;

[0024] (5.2) 区分赋值:将差值图层里值大于0的部分提取出来作为待校正图层,将差值图层里值小于等于0的部分提取出来作为无需校正图层;

[0025] (5.3) 提取赋值:用待校正图层对岩石风化成土速率图层进行掩膜提取,然后对待校正图层进行赋值,得到校正赋值图层;

[0026] (5.4) 拼接校正:将校正赋值图层与无需校正图层拼接融合,得到校正后的喀斯特区域土壤侵蚀模数图层。

[0027] 所述步骤⑦之后,将经校正的喀斯特区域土壤侵蚀模数图层与步骤④中得到的非喀斯特区域的土壤侵蚀模数图层进行拼接融合,得到完整土壤侵蚀模数图层。

[0028] 其特征在于:在降雨侵蚀力改进计算前侵蚀模数前,经过预定阈值先对全年的日降水量数据进行筛选,再通过空间插值得到不同地质背景区降雨侵蚀力栅格图层。

[0029] 其特征在于:在计算总侵蚀量前,利用喀斯特区域成土速率对理论侵蚀模数进行检验并加于校正。

[0030] 本发明的有益效果在于:①将喀斯特与非喀斯特土壤侵蚀量分别进行处理,对降雨侵蚀力因子进行喀斯特化,能够有效地剔除未产生侵蚀的降雨量,使降雨侵蚀力的结果更加精确;②基于成土速率的阈值,对理论土壤侵蚀模数进行有效性检验同时,亦进行了错误校正,显著的提升了土壤侵蚀结果的准确率。

### 具体实施方式

[0031] 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。

[0032] 本发明提供一种基于改进的K-RUSLE模型与成土速率计算土壤侵蚀的方法,包括如下步骤:

[0033] 第一,获取数据与预处理。计算土壤侵蚀模数所需要的数据分别为:日降水量数据,土壤质地与有机质含量,数字高程模型(DEM),归一化植被指数(NDVI),土地利用类型以及岩性矢量数据。计算碳酸盐岩成土速率要准备的数据有碳酸盐岩溶蚀速率,酸不溶物含量百分比,碳酸盐岩含量百分比,碳酸盐岩密度,非碳酸盐岩成土速率。获取相关数据后对数据进行重投影,使其具有统一的投影系统与坐标;对数据进行初运算使其符合模型运算要求。

[0034] 第二,降雨侵蚀力的改进与计算。对获取的气象及雨量站点日降水数据分别以12mm和30mm为阈值进行筛选,剔除日降水量小于12mm或30mm的日降水量。选择适合于研究区的降雨侵蚀力日雨量模型计算研究区降雨侵蚀力,利用ArcGIS对计算结果进行空间插值,分别得到两张降雨侵蚀力栅格图层 $R_{d12}$ 和 $R_{d30}$ 。

[0035] 第三,计算理论侵蚀模数。将上一步生成的降雨侵蚀力栅格图层和其他因子图层一同输入RUSLE模型之中,计算得到两张研究区土壤侵蚀模数图层 $A_{12}$ 和 $A_{30}$ 。模型公式如下:

$$[0036] \quad A=R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

[0037] 式中A为土壤侵蚀模数( $t \cdot ha^{-1} \cdot yr^{-1}$ );R为降雨侵蚀力因子( $MJ \cdot mm \cdot ha^{-1} \cdot h^{-1} \cdot yr^{-1}$ );K为土壤可蚀性因子( $t \cdot h \cdot MJ^{-1} \cdot mm^{-1}$ );L为坡长因子;S为坡度因子;C为地表植被覆盖与管理因子;P为水土保持措施因子。

[0038] 第四,提取喀斯特和非喀斯特侵蚀模数图层。利用岩性图层对计算后的土壤侵蚀模数数据进行裁剪。利用喀斯特图层对 $A_{30}$ 图层进行裁剪,得到喀斯特区域的土壤侵蚀模数图层;利用非喀斯特图层对 $A_{12}$ 图层进行裁剪,得到非喀斯特区域的土壤侵蚀模数图层。

[0039] 第五,计算喀斯特地区不同岩层组和类型的成土速率。通过模型公式计算得到喀斯特成土速率图层,其计算公式如下:

$$[0040] \quad W_i=v \cdot Q \cdot \rho \cdot M+N \cdot (1-M)$$

[0041] 式中: $W_i$ 为岩石风化成土速率, $t \cdot km^{-2} \cdot yr^{-1}$ ;v为碳酸盐岩溶蚀速率,mm/a,换算为 $m^3 \cdot km^{-2} \cdot yr^{-1}$ ;Q为酸不溶物含量,%;M为碳酸盐岩含量,%; $\rho$ 为碳酸盐岩密度, $t/m^3$ ;N为非

碳酸盐岩成土速率,  $t \cdot km^{-2} \cdot yr^{-1}$ , 以  $500t \cdot km^{-2} \cdot yr^{-1}$  计算 (SL190—2007. 土壤侵蚀分类分级标准[S])。

[0042] 第六, 喀斯特区域理论土壤侵蚀模数的检验。用喀斯特土壤侵蚀模数图层减去喀斯特成土速率图层, 得到一个包含0及正负值的图层。差值大于0的部分表示, 该区域理论土壤侵蚀量大于其实际成土量。在喀斯特区域最大的侵蚀量应等于其成土量, 因此, 需要对差值大于0的部分进行校正处理。差值小于等于0的部分表示, 该区域理论土壤侵蚀量小于等于实际成土量, 不需要进行校正处理。

[0043] 第七, 理论土壤侵蚀的校正处理。按属性对计算后的图层进行提取, 将差值大于0的部分提取作为一个图层, 将差值小于等于0的部分提取作为另外一个图层。利用差值大于0的图层对成土速率图层进行掩膜提取, 对差值大于0的图层进行赋值, 得到一个新的图层。

[0044] 第八, 实际土壤侵蚀量的计算。将新赋值的图层与差值小于等于0的图层进行拼接融合得到校正后喀斯特区域的土壤侵蚀模数图层。将校正后的喀斯特侵蚀模数图层与第四步中得到的非喀斯特图层进行拼接融合得到研究区完整的土壤侵蚀模数图层。对土壤侵蚀模数进行统计, 乘以相应的面积得到研究区实际的土壤侵蚀量。