



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111413484 A

(43)申请公布日 2020.07.14

(21)申请号 202010135703.0

(22)申请日 2020.03.02

(71)申请人 南京信息职业技术学院  
地址 210023 江苏省南京市栖霞区仙林大学城文澜路99号

(72)发明人 李秀霞 张子豪 胡逸宁 杨艺权 权仕帆

(74)专利代理机构 南京苏高专利商标事务所  
(普通合伙) 32204

代理人 向文

(51) Int. Cl.  
G01N 33/24(2006.01)  
G06F 17/18(2006.01)

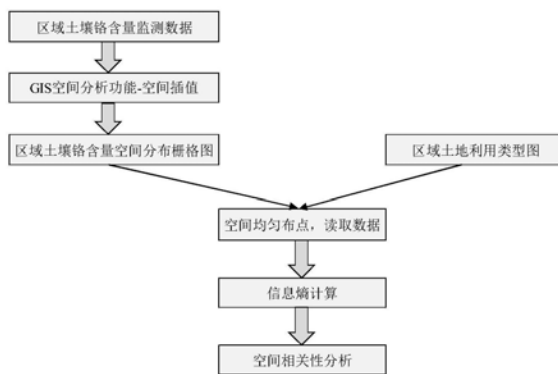
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种土壤铬含量与土地利用类型空间相关性的分析方法

(57)摘要

本发明公开了一种土壤铬含量与土地利用类型空间相关性的分析方法,其步骤为:在分布图的研究区域上布置点位,监测每个点位上的土壤重金属铬含量数据;通过GIS空间数据插值得到研究区域土壤重金属铬含量的空间分布栅格图;以网格布点,获取网格节点;读取土地利用类型和土壤铬含量数值;计算土壤铬含量分布熵和土地利用类型分布熵以及联合分布熵;计算土壤铬含量和土地利用类型的相关系数;确定研究区域土壤铬含量和土地利用类型之间相关性。本发明在定性变量和定量变量之间建立了定量的空间相关性分析,分析结果可定量揭示土地利用类型对土壤铬含量分布的影响大小,可为区域重金属污染防治方案和治理决策提供参考,免于经验决策的盲目性。



1. 一种土壤铬含量与土地利用类型空间相关性的分析方法,其特征在于:包括如下步骤:

S1: 获取用于研究区域土地利用类型的分布图;

S2: 在分布图的研究区域上布置 $p_1$ 个点位,监测每个点位上的土壤重金属铬含量数据;

S3: 基于步骤S2的测量数据,通过GIS空间数据插值得到研究区域土壤重金属铬含量的空间分布栅格图;

S4: 考虑到研究区域的面积及土地利用斑块的大小,以网格布点,共获取 $p_2$ 个网格节点,其中 $p_2 \gg p_1$ ;

S5: 基于步骤S1中的分布图及步骤S3中得到的空间分布栅格图,读取步骤S4中 $p_2$ 个网格节点处对应的土地利用类型和土壤铬含量数值;

S6: 基于步骤S5读取的土地利用类型和土壤铬含量数值,计算土壤铬含量分布熵和土地利用类型分布熵;

S7: 确定土壤铬含量和土地利用类型的联合分布熵;

S8: 计算土壤铬含量和土地利用类型的相关系数K;

S9: 根据相关系数K确定研究区域土壤铬含量和土地利用类型之间相关性的的大小。

2. 根据权利要求1所述的一种土壤铬含量与土地利用类型空间相关性的分析方法,其特征在于:所述步骤S3中空间分布栅格图的具体获取方式为:基于ArcGIS10.3平台空间分析模块IDW插值功能,将铬含量的点矢量图层插值为面栅格图层,插值过程利用被插值区域附近的12个点位数据,按照距离远近赋予权重,从而获得被插值区域的铬含量数据,经过空间插值处理,得到研究区域土壤铬含量空间分布栅格图。

3. 根据权利要求1所述的一种土壤铬含量与土地利用类型空间相关性的分析方法,其特征在于:所述步骤S5中在网格中间部位取点,读取该点位的土壤铬含量数据以及对应的土地利用类型,得到 $p_2$ 个点位的数据系列。

4. 根据权利要求1所述的一种土壤铬含量与土地利用类型空间相关性的分析方法,其特征在于:所述步骤S6中土壤铬含量分布熵和土地利用类型分布熵的计算方法如下:

$$H(X) = E(I(x_i)) = \sum_{i=1}^n p(x_i) \log_a \frac{1}{p(x_i)} = -\sum_{i=1}^n p(x_i) \log_a p(x_i)$$

其中X是随机变量的整体,也称为信源,X指代土壤铬含量或土地利用类型二者中的任一变量, $P(x_i)$ 为发生事件 $x_i$ 的概率, $x_i$ 为变量X的子集,n为可能发生的事件总数。

5. 根据权利要求1所述的一种土壤铬含量与土地利用类型空间相关性的分析方法,其特征在于:所述步骤S7中土壤铬含量和土地利用类型的联合分布熵的确定方法为:

设定信源X代表土壤铬含量,信源Y代表土地利用类型,这两个信源X和Y为二维随机变量,则它们的联合分布概率表达为:

$$p(x_i, y_j) \quad (i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m)$$

X, Y的联合信息熵 $H(X, Y)$ 表达为:

$$H(X, Y) = -\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p(x_i, y_j) \log_2 p(x_i, y_j)$$

其中 $p(x_i, y_j)$ 为两个信源X, Y的联合分布概率; $x_i, y_j$ 为信源X, Y的子集,即可能发生的事件,n, m为可能发生的事件总数。

6. 根据权利要求1所述的一种土壤铬含量与土地利用类型空间相关性的分析方法,其特征在于:所述步骤S8中土壤铬含量和土地利用类型的相关系数K的计算方法为:

$$K = 1 - \frac{H(X,Y)}{H(X) + H(Y)}$$

因为 $H(X,Y) \leq H(X) + H(Y)$ ,因此K的取值范围为 $[0, 1]$ 。

7. 根据权利要求1所述的一种土壤铬含量与土地利用类型空间相关性的分析方法,其特征在于:所述步骤S9中相关性大小的具体判断方法为:当 $K=0$ 时,表示X,Y不相关; $K>0$ ,表示X,Y具有相关性;K越大则说明二者之间的相关程度越高。

## 一种土壤铬含量与土地利用类型空间相关性的分析方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于环境保护技术领域,具体涉及一种土壤铬含量与土地利用类型空间相关性的分析方法。

### 背景技术

[0002] 随着矿产资源的不合理开发与利用、化肥农药的大量施用、工业化和城镇化的迅速发展,土壤污染日益严重。

[0003] 重金属是严重危害生态安全的土壤环境污染物之一,它们能够改变土壤化学组成,直接或间接破坏土壤的生态结构,其在土壤中的累积和迁移不仅影响动植物生长发育与农产品质量安全,而且可通过食物链直接危害人类健康。土壤中的铬(Cr)元素是典型的有毒有害重金属元素,其在土壤中的含量与自然条件和人类活动有着密切的联系。土壤本身就含有一定量的Cr,不同的母质、成土过程会影响土壤Cr元素的含量,这是土壤Cr元素的背景含量。而人类活动如工业生产过程会向环境中排放含Cr的废水、废气、废渣,农业生产过程中向农田施用含Cr农药和化肥,从而导致土壤中Cr含量的增加。关于土壤重金属污染的空间分布与评价是当今国内外学者及管理部门关注的重点,它能够对区域土壤重金属污染情况有总体掌握,为防治决策提供参考。进一步而言,土壤重金属污染的空间分布情况受什么因素影响呢?有研究发现城市区域土壤表层重金属污染的空间格局与人口密度特征、环境要素、交通条件、产业结构与布局、土地利用等内外部约束因素的空间分异特征密切相关。关于区域土壤中重金属元素的自然背景值已有定量化的调查结果,但人类活动是如何影响土壤重金属污染的,对于二者之间的关系很少有定量化的研究,其难点在于人类活动难以量化表征。

[0004] 所以,需要一个新的技术方案来解决这个问题。

### 发明内容

[0005] 发明目的:为了克服现有技术中存在的不足,提供一种土壤铬含量与土地利用类型空间相关性的分析方法,从定性上,研究区域内土壤重金属铬含量的空间分布;从定量上,得到土壤铬含量与土地利用类型的空间相关系数。

[0006] 技术方案:为实现上述目的,本发明提供一种土壤铬含量与土地利用类型空间相关性的分析方法,包括如下步骤:

[0007] S1:获取用于研究区域土地利用类型的分布图;

[0008] S2:在分布图的研究区域上布置 $p_1$ 个点位,监测每个点位上的土壤重金属铬含量数据;

[0009] S3:基于步骤S2的测量数据,通过GIS空间数据插值得到研究区域土壤重金属铬含量的空间分布栅格图;

[0010] S4:考虑到研究区域的面积及土地利用斑块的大小,以网格布点,共获取 $p_2$ 个网格节点,其中 $p_2 \gg p_1$ ;

[0011] S5:基于步骤S1中的分布图及步骤S3中得到的空间分布栅格图,读取步骤S4中  $p_2$  个网格节点处对应的土地利用类型和土壤铬含量数值;

[0012] S6:基于步骤S5读取的土地利用类型和土壤铬含量数值,计算土壤铬含量分布熵和土地利用类型分布熵;

[0013] S7:确定土壤铬含量和土地利用类型的联合分布熵;

[0014] S8:计算土壤铬含量和土地利用类型的相关系数K;

[0015] S9:根据相关系数K确定研究区域土壤铬含量和土地利用类型之间相关性的

[0016] 进一步,所述步骤S3中空间分布栅格图的具体获取方式为:基于ArcGIS10.3平台空间分析模块IDW插值功能,将铬含量的点矢量图层插值为面栅格图层,插值过程利用被插值区域附近的12个点位数据,按照距离远近赋予权重,从而获得被插值区域的铬含量数据,经过空间插值处理,得到研究区域土壤铬含量空间分布栅格图。

[0017] 进一步的,所述的步骤S2中布置的 $p_1$ 个点位应较均匀的分布于研究区域内。

[0018] 进一步的,所述步骤S5中在网格中间部位取点,读取该点位的土壤铬含量数据以及对应的土地利用类型,得到 $p_2$ 个点位的数据系列。

[0019] 进一步的,所述步骤S6中土壤铬含量分布熵和土地利用类型分布熵的计算方法如下:

$$[0020] \quad H(X) = E(I(x_i)) = \sum_{i=1}^n p(x_i) \log_a \frac{1}{p(x_i)} = -\sum_{i=1}^n p(x_i) \log_a p(x_i)$$

[0021] 其中X是随机变量(本发明中可指代土壤铬含量或土地利用类型二者中的任一变量)的整体,也称为信源, $P(x_i)$ 为发生事件 $x_i$ 的概率, $x_i$ 为变量X的子集, $n$ 为可能发生的事件(或状态)总数,式中对数的底 $a$ 一般取2。

[0022] 进一步的,所述步骤S7中土壤铬含量和土地利用类型的联合分布熵的确定方法为:

[0023] 设定信源X代表土壤铬含量,信源Y代表土地利用类型,这两个信源X和Y为二维随机变量,则它们的联合分布概率表达为:

$$[0024] \quad p(x_i, y_j) \quad (i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m)$$

[0025] X,Y的联合信息熵 $H(X, Y)$ 表达为:

$$[0026] \quad H(X, Y) = -\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p(x_i, y_j) \log_2 p(x_i, y_j)$$

[0027] 其中 $p(x_i, y_j)$ 为两个信源X,Y的联合分布概率; $x_i, y_i$ 为信源X、Y的子集,即可能发生的事件, $n, m$ 为可能发生的事件(或状态)总数。

[0028] 进一步的,所述步骤S8中土壤铬含量和土地利用类型的相关系数K的计算方法为:

$$[0029] \quad K = 1 - \frac{H(X, Y)}{H(X) + H(Y)}$$

[0030] 因为 $H(X, Y) \leq H(X) + H(Y)$ ,因此K的取值范围为 $[0, 1]$ 。

[0031] 进一步的,所述步骤S9中相关性大小的具体判断方法为:当 $K=0$ 时,表示X,Y 不相关; $K>0$ ,表示X,Y具有相关性;K越大则说明二者之间的相关程度越高。

[0032] 有益效果:本发明与现有技术相比,可快速确定研究区域内土壤重金属铬含量的空间分布,并定量获得土壤铬含量与土地利用类型的空间相关系数,在定性变量和定量变

量之间建立了定量的空间相关性分析,分析结果可定量揭示土地利用类型对土壤铬含量分布的影响大小,可为区域重金属污染防治方案和治理决策提供参考,免于经验决策的盲目性。

### 附图说明

- [0033] 图1为本发明分析方法的流程图;  
[0034] 图2为土壤监测点位分布图;  
[0035] 图3是土壤重金属Cr含量空间分布图。

### 具体实施方式

- [0036] 下面结合附图和具体实施例,进一步阐明本发明。
- [0037] 本发明提供一种土壤Cr(铬)含量与土地利用类型空间相关性的分析方法,如图1所示,其包括如下步骤:
- [0038] S1:收集研究区域土地利用现状的分布图。
- [0039] S2:在研究区域较均匀布置52个点位,监测每个点位上的土壤重金属Cr含量数据,具体的布置图如图2所示。
- [0040] S3:基于步骤S2中的测量数据,通过数据插值得到研究区域土壤重金属Cr含量的空间分布栅格图,其具体方式为:基于ArcGIS10.3平台空间分析模块IDW插值功能,将铬含量的点矢量图层插值为面栅格图层,插值过程利用被插值区域附近的12个点位数据,按照距离远近赋予权重,从而获得被插值区域的铬含量数据,经过空间插值处理,得到研究区域土壤铬含量空间分布栅格图,具体如图3所示。
- [0041] S4:考虑到研究区域的面积及土地利用斑块的大小,以 $1.2\text{km} \times 1.2\text{km}$ 大小的网格布点,共获取210个网格节点;
- [0042] S5:基于步骤S1中研究区域土地利用现状分布图及步骤3中得到的土壤Cr含量空间分布栅格图,读取步骤S4中210个网格节点处对应的土地利用类型和土壤Cr含量数值,建立概率矩阵,如表1所示:
- [0043] 表1

土地类型	Cr 含量 (mg/kg)							$p(y_i)$
	35-65	65-75	75-85	85-95	95-105	105-115	115-125	
工业用地	1/210	4/210	13/210	11/210	14/210	7/210	6/210	56/210
居住用地	2/210	5/210	5/210	8/210	2/210	1/210		23/210
山体林地	2/210	6/210	3/210	3/210		1/210		15/210
教育科研	1/210	4/210	4/210	6/210	1/210	1/210		17/210
[0044] 绿地	2/210	4/210	4/210	5/210				15/210
村庄	1/210	1/210	2/210	1/210				5/210
水体				2/210				2/210
空地	1/210	3/210	2/210					6/210
农田	8/210	5/210	9/210	9/210	18/210	11/210	9/210	69/210
商业用地		1/210				1/210		2/210
$p(x_i)$	18/210	33/210	42/210	45/210	35/210	22/210	15/210	

[0045] S6: 计算得到Cr含量熵值 $H(X)$ 为2.7, 土地利用类型熵值 $H(Y)$ 为2.63, 计算得到二者之间的联合熵为4.62。

[0046] S7: 计算土壤Cr含量和土地利用类型的相关系数 $K=0.13$ ;

[0047] S8: 根据步骤S7中的相关系数确定研究区域土壤Cr含量和土地利用类型的空间相关系数 $K=0.13$ , 说明二者具有空间相关性, 证明研究区域土壤Cr含量分布情况已受到土地利用类型的影响。

[0048] 因此, 在区域土壤重金属污染防治决策过程中, 可通过优化土地利用方式减轻或控制人类活动影响。研究结果可为区域土壤重金属污染防治方案提供决策参考和依据。

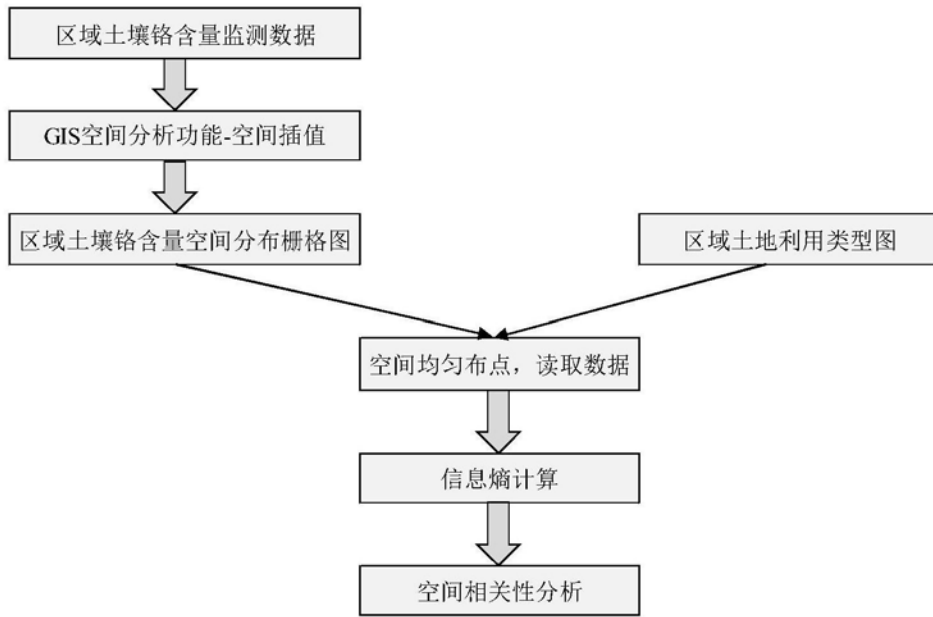


图1

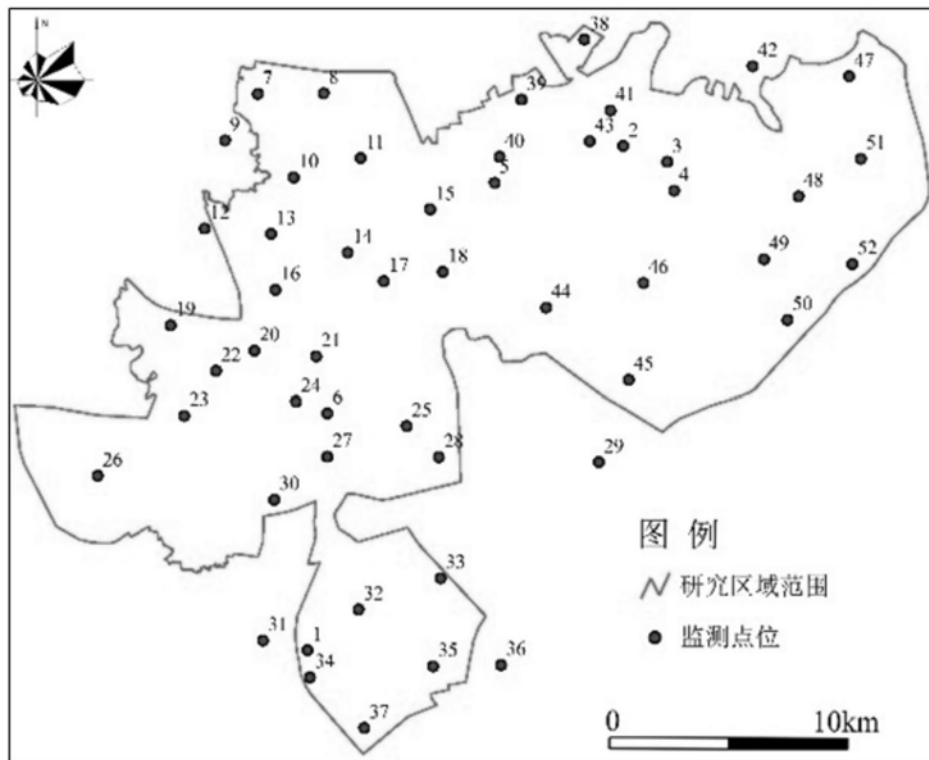


图2



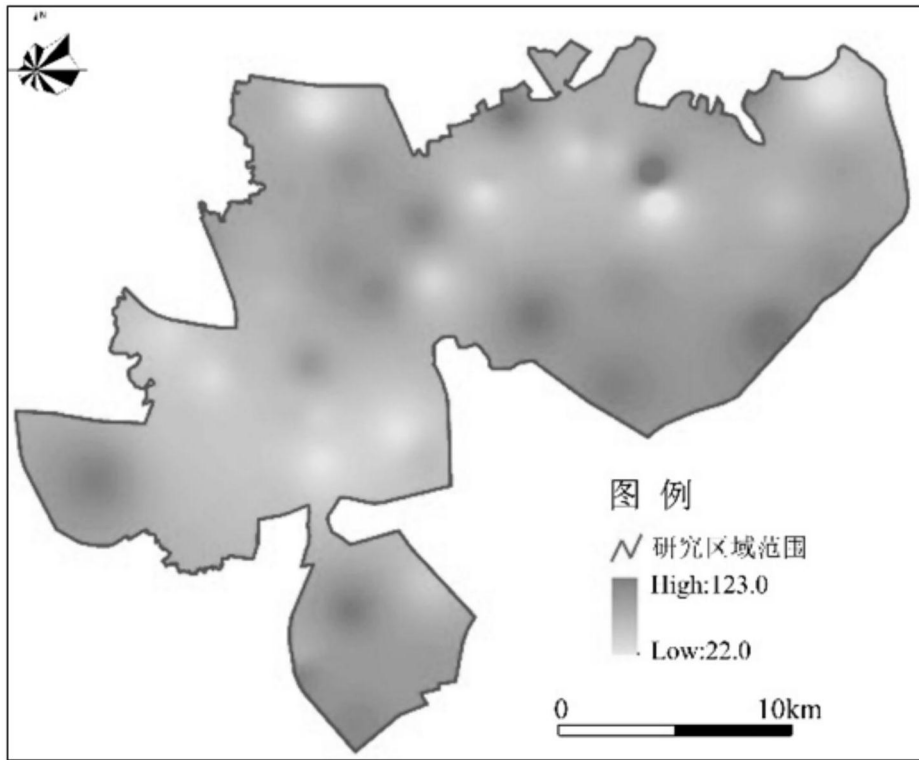


图3