

宁 静,周 杰,周芳琪. 基于变权物元模型的黑土区土壤侵蚀风险评价[J]. 江苏农业科学,2022,50(15):203-209.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.15.032

基于变权物元模型的黑土区土壤侵蚀风险评价

宁 静,周 杰,周芳琪

(东北农业大学公共管理与法学院,黑龙江哈尔滨 150030)

摘要:黑土区的土壤侵蚀风险评价有助于为水土流失防治提供决策依据和实现土地的可持续利用。为探究典型黑土区宾县土壤侵蚀风险分布和主要影响因素,基于变权理论和物元理论,建立土壤侵蚀风险性评价的变权物元模型,通过计算各评价因子对各侵蚀风险等级的隶属度及综合隶属度并进行单值化处理,得到研究区土壤侵蚀风险空间分布。结果表明:(1)宾县土壤侵蚀综合风险值较高,其中微度、轻度、中度、重度、剧烈侵蚀风险等级的面积所占比例分别为 14.82%、24.30%、31.76%、18.00%、11.13%,主要受植被覆盖与土地利用的影响。(2)宾县土壤侵蚀综合风险空间分布跟经济开发强度的空间分布基本一致,但趋势相反,经济开发强度大的乡镇土壤侵蚀风险较低,其在一定程度上能够降低土壤侵蚀的风险。研究显示,宾县土壤侵蚀综合风险主要受到植被覆盖与土地利用的影响,空间分布与经济开发强度结果基本一致。所以,应该在土壤侵蚀风险高的地方加大植被的种植,并减少对坡耕地的利用,发展第二、第三产业。该研究结果能为黑土区制定水土流失防治措施提供重要参考依据。

关键词:黑土区;土壤侵蚀;变权理论;物元分析;风险评价

中图分类号: S157.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2022)15-0203-07

土壤侵蚀是自然条件叠加人类活动产生的灾害,阻碍人与自然和谐共生,严重威胁生态安全以及人类社会的发展。土壤侵蚀评价能够分析和评价土壤侵蚀的现状,为防治该灾害提供科学依据。目前,学者们对土壤侵蚀风险性评价有 2 种理解:一是土壤侵蚀风险性评价是对土壤侵蚀产生的结果所作出的评价^[1-2];二是土壤侵蚀风险性评价是综合考虑潜在侵蚀、现状侵蚀和社会经济背景的情况下所做出的会对未来土壤侵蚀造成的影响^[3]。

基于对概念理解的不同,在土壤侵蚀风险评价方面,国内学者研究主要分为 3 种方法:一是利用土壤层厚度及土壤容重进行土壤抗蚀年限计算,以此作为评价基础,该方法简单、直接,但对于土壤的生产功能来说,其最大的意义在于能够生产作物,故没有考虑到每类土壤的临界有效土壤层厚度不同,且在评价过程中忽略了人类活动及社会经济活动带来的影响^[4]。二是依据影响土壤侵蚀的因子设计评价指标,进行单因子的分级评分或赋权进行综合评分,在以往研究中主要以修正通用土壤流失方

程(RUSLE)为主^[5-6],也有以 ICONA 模型为基础进行评价^[7],或根据前人的研究直接分级^[8]。考虑了不同能够对土壤侵蚀产生影响的因素,综合性较强,也能满足各种尺度的评价要求^[9-11],但在评价过程中由于研究区的特殊性,在指标选取、权重赋值方面不具有普遍性。三是构建土壤侵蚀风险评价模型,从土壤侵蚀风险性概念出发,充分考虑自然条件、人类活动影响,不仅能够定性描述各个单因子与土壤侵蚀风险性的关系,还能定量找出在影响因素中进行主导的因子,但由于权重是某一常值使得模型的准确性不够^[3]。

物元分析将事物以事物、特征、量值等 3 个要素进行描述,形成一个有序三元向量,在各类评价过程中,物元分析能形成一个评价指标物元和评价对象物元,通过对两者及其之间的关系进行分析,能够体现不同层次、不同评价对象之间的关系并直观表达出来,且动态可调^[12],且已有研究将其应用于土壤侵蚀风险性评价,证明其可用且科学^[13]。

为此,本研究借助地理信息系统(GIS)及遥感(RS)技术,以主客观结合的方式确定因子权重,建立基于物元分析的东北黑土区土壤侵蚀风险性评价模型并以黑龙江省宾县为例进行研究,旨在为土壤侵蚀风险性评价提供一种思路,从而为解决宾县水土流失综合治理和土壤侵蚀防治问题提供相关

收稿日期:2021-10-13

基金项目:国家自然科学基金面上项目(编号:41971217)。

作者简介:宁 静(1978—),女,黑龙江哈尔滨人,博士,副教授,主要从事土地生态问题及 3S 技术研究。E-mail: njing_today@163.com。

依据。希望为宾县水土保持、生态文明建设和土地可持续利用提供科学依据。

1 数据与方法

1.1 研究区概况

宾县(126°55′41″~128°19′17″E, 45°30′37″~46°01′20″N)地处我国黑龙江省哈尔滨市中部地区,位于典型黑土区边缘(图1)。面积约为3 843.17 km²,境内以岗地和川地为主,所占比例达68%,地势南高北低,全县平均海拔为528.5 m。该区属于中温带大陆性季风气候,年平均气温3.9℃,年平均降水量681 mm,但降水量时空分布极其不均匀,主要集中在5—9月,约占全年总降水量的90%。宾县土壤类型以黑土为主,也分布着暗棕壤、白浆土、草甸土等8类土壤。2020年,常住人口为57.63万。宾县是黑龙江省重要的商品粮生产基地,对保障黑龙江乃至国家粮食安全有重要作用,但县域内以坡耕地为主,且长期旋耕起垄的耕作方式使得宾县水土流失严重,土壤侵蚀的风险性大,已经影响到粮食生产以及生态环境,现已成为国家级重点水土流失治理区。

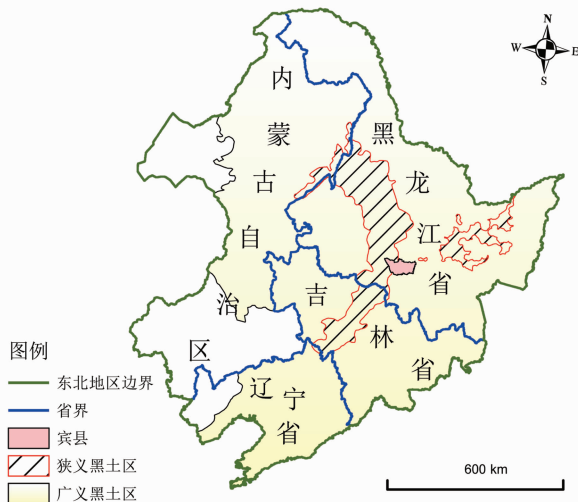


图1 研究区位置

1.2 数据来源

本研究所使用的数据包括行政区划图、遥感影像数据、气象数据、土壤属性数据、数字高程模型(DEM)数据、土地利用数据和社会经济数据等。其中,行政区划图来自全国地理信息资源目录;遥感影像(2020年Landsat8 OLI)数据和ASTER GDEM原始高程数据均来自地理空间数据云网站(<http://www.gscloud.cn/search>),分辨率均为30 m;降雨数据(2020年)源于国家气象信息中心的中国地面气

候资料日值数据集(<http://data.cma.cn>),选择了宾县周围分布均匀的28个气象站点;土壤属性数据(沙粒、粉粒、黏粒等)来源于国家青藏高原科学数据中心的基于世界土壤数据库(HWSD)的中国土壤数据集(v1.1);2020年土地利用数据,来自GLOBELAND30(<http://www.globallandcover.com>),并将耕地分为坡耕地与平耕地;社会经济数据(2020年)来源于宾县统计年鉴以及实地调研。

2 土壤侵蚀风险性变权物元模型建立

对研究区域的自然、经济等状况进行分析,确定评价指标;确定经典域、节域、待评物元;利用层次分析法确定常权,惩罚性变权函数修正权值,由常权和状态变权归一化的哈达玛(Hadamard)积确定权重;计算各个评价指标的单因素隶属度;经过模糊变换计算综合隶属度,并将其进行单值化,得到土壤侵蚀风险性评价的空间分布并分析。

2.1 确定评价指标体系

基于对土壤侵蚀风险性概念的理解,综合考虑潜在侵蚀、现状侵蚀和社会经济背景以及数据的可获得性,本研究选取的土壤侵蚀风险性评价指标包括降雨侵蚀力、坡度、土壤可蚀性、植被覆盖度、土地利用、经济开发强度。其中经济开发强度在综合考虑研究区现行经济环境的基础上,选取5个指标(人口密度、农用化肥施用量、工业企业数量、耕地面积占比、农业从业人口占比)先进行极差标准化,再相加得到各乡镇的综合社会经济开发强度。这些指标有些可通过遥感数据直接提取计算,有的从统计年鉴中获取,最终都以栅格的形式展现,并将土壤侵蚀风险性分为5个等级,分别为微度侵蚀风险、轻度侵蚀风险、中度侵蚀风险、重度侵蚀风险、剧烈侵蚀风险。设需要评价的土壤侵蚀风险栅格有 m 个,安全标准化评价指标 c 有 n 个,则待评价系统可用 n 维物元 $R=(M, C, V)$ 来表示:

$$R = \begin{bmatrix} M & c_1 & v_1 \\ & c_2 & v_2 \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n & v_n \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中: M 为待评的土壤侵蚀风险性栅格; c_i 为土壤侵蚀风险性评价的第 i 个指标; v_n 为第 n 个指标的量值。

2.2 确定经典域、节域,构建待评物元

可拓学研究事物发生的量变和质变及其关系,并能将两者结合起来。以物元理论为基础的物元

分析方法能够将可拓学的研究思维应用于其他学科,其能提供一种全新的研究视角研究物元变化,提供解决矛盾问题的方法并总结规律。物元分析将事物与特征之间的模糊关系转换为一种数学关系(即关联度函数),关联度函数能够判断事物是否属于特征并细化之间的关系,在经典域与节域重合的情况下,可用隶属度函数代替关联度函数^[12]。构建土壤侵蚀风险性评价物元模型的步骤如下:

(1) 经典域物元为

$$R_i = \begin{bmatrix} N_j & C_1 & V_{1j} \\ & C_2 & V_{2j} \\ & C_3 & V_{3j} \\ & \vdots & \vdots \\ & C_n & V_{nj} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N_j & C_1 & (a_{1j}, b_{1j}) \\ & C_2 & (a_{2j}, b_{2j}) \\ & C_3 & (a_{3j}, b_{3j}) \\ & \vdots & \vdots \\ & C_n & (a_{nj}, b_{nj}) \end{bmatrix} \quad (2)$$

式中: N_j 表示经典域所描述事物的特征或等级,下标 $j(j=1, 2, \dots, n)$ 表示类别数或分级数; R_j 表示 N_j 的集合; C_i 表示影响该事件的因素,下标 $i(i=1, 2, \dots, n)$ 表示影响因素的个数; V_{ij} 表示第 i 个影响因素相对于事件 N_j 的取值范围, $V_{ij} = (a_{ij}, b_{ij})$, a_{ij} 表示取值的下限, b_{ij} 表示取值的上限。在土壤侵蚀风险性评价中,经典域可解释为: N_j 是土壤侵蚀风险性划分的 $j(j=1, 2, \dots, n)$ 个等级; C_i 表示土壤侵蚀风险性的第 $i(i=1, 2, \dots, n)$ 个评价指标; $V_{ij} = (a_{ij}, b_{ij})$ 即第 i 个评价指标对应第 j 个风险性等级的取值范围,实质就是土壤侵蚀风险性等级划分的标准。

(2) 节域物元为

$$R_p = \begin{bmatrix} P & C_1 & V_{1p} \\ & C_2 & V_{2p} \\ & C_3 & V_{3p} \\ & \vdots & \vdots \\ & C_n & V_{np} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P & C_1 & (a_{1p}, b_{1p}) \\ & C_2 & (a_{2p}, b_{2p}) \\ & C_3 & (a_{3p}, b_{3p}) \\ & \vdots & \vdots \\ & C_n & (a_{np}, b_{np}) \end{bmatrix} \quad (3)$$

式中: P 表示一个物元,是事物所有特征及其量值的全体; C_i 表示影响物元 P 的第 i 个影响因素; $V_{ip} = (a_{ip}, b_{ip})$ 表示评价指标 C_i 关于物元 P 的量值取值范围。在本研究中,物元 P 表示土壤侵蚀风险性等级的全体, V_{ip} 表示评价指标 C_i 的值域,也就是土壤侵蚀风险性等级对应经典域的集合。

(3) 待评物元为

$$R(x) = \begin{bmatrix} X & C_1 & V_1 \\ & C_2 & V_2 \\ & C_3 & V_3 \\ & \vdots & \vdots \\ & C_n & V_n \end{bmatrix} \quad (4)$$

在土壤侵蚀风险性评价中,待评物元 $R(x)$ 相当于等级待定的风险性, V_i 相当于 C_i 的实际取值。

2.3 变权理论修正并确定权重

变权理论由汪培庄学者提出^[14],后来学者们深入研究的涵盖奖励型状态、惩罚型状态、混合型状态、折中型状态变权的动态修正权重的方法,能够克服以往评价权重因子间互相干扰,以“不变”应“万变”的缺点^[15],将因子本身引入评价中,使得综合评价更加客观、科学。本研究采用惩罚性状态变权对权重进行修正,公式如下:

$$W(I) = \frac{[w_1 S_1(I), w_2 S_2(I), \dots, w_n S_n(I)]}{\sum_{j=1}^n w_j S_j(I)} \quad (5)$$

$$S_j(I) = \frac{(b-a)(x_i - \alpha)^2}{(\alpha - \beta)} + \alpha \quad (6)$$

式中:变权向量 $W(I)$ 可由常权向量 w (层次分析法求取) 和状态变权向量 $S(I)$ 的归一化的 Hadamard 积求取。 $S(I)$ 本研究借鉴朱翊对太行山的土壤侵蚀风险性评价的相关变权函数^[13],考虑对整个研究区进行权重修正,本研究将 $\alpha = \max(X)$, $\beta = \min(X)$, X 表示每个指标的变权值; $a=0.2$, $b=0.4$ 。

2.4 计算隶属度

本研究选取的指标既有定性指标也有定量指标,对于定性指标(土地利用, $n=5$) 采用专家打分法直接确定对各个风险等级的隶属度;对定量指标(降雨侵蚀力、坡度、土壤可蚀性、植被覆盖、经济开发强度, n 分别为 1、2、3、4、6) 采用降半梯型隶属度函数^[12]。针对 5 个参评指标,当等级 $g=1$ 时,隶属度函数为

$$r_{n1} = \begin{cases} 1 & x_i \leq a_1 \\ \frac{a_2 - x_i}{a_2 - a_1} & a_1 < x_i < a_2 \\ 0 & x_i \geq a_2 \end{cases} \quad (7)$$

当 $g=2, 3, 4$ 时,隶属度函数为

$$r_{ng} = \begin{cases} \frac{x_i - a_{g-1}}{a_g - a_{g-1}} & a_{g-1} < x_i \leq a_g \\ \frac{a_{g+1} - x_i}{a_{g+1} - a_g} & a_g < x_i \leq a_{g+1} \\ 0 & x_i > a_{g+1} \text{ 或 } x_i \leq a_{g-1} \end{cases} \quad (8)$$

当 $g=5$ 时,隶属度函数为

$$r_{n5} = \begin{cases} 0 & x_i \leq a_4 \\ \frac{x_i - a_4}{a_5 - a_4} & a_4 < x_i < a_5 \\ 1 & x_i \geq a_5 \end{cases} \quad (9)$$

坡度($n=2$)与土壤侵蚀的关系呈近似抛物线形,所以对坡度的中度侵蚀($g=3$)和剧烈侵蚀($g=5$)进行修正,其余保持不变,最终当 $g=3$ 时坡度的隶属度函数为

$$r_{23} = \begin{cases} 0 & x_i \leq a_2 \\ \frac{x_i - a_2}{a_3 - a_2} & a_2 < x_i \leq a_3 \\ \frac{a_4 - x_i}{a_4 - a_3} & a_3 < x_i < a_4 \\ 0 & a_4 \leq x_i \leq 35 \\ \frac{\max(x_i) - x_i}{\max(x_i) - 35} & x_i > 35 \end{cases} \quad (10)$$

当 $g=5$ 时,坡度的隶属度函数为

$$r_{25} = \begin{cases} 0 & x_i \leq a_4 \\ \frac{x_i - a_4}{a_5 - a_4} & a_4 < x_i < a_5 \\ 1 & a_5 \leq x_i < 35 \\ 0 & 35 < x_i \end{cases} \quad (11)$$

其中, x_i 为各个评价指标栅格图层的值; a_1 是微度侵蚀量值上下限的中值; a_2 是轻度侵蚀量值上下限的中值; a_3 是中度风险侵蚀量值上下限的中值; a_4 是重度风险侵蚀量值上下限的中值; a_5 是剧烈风险侵蚀等级临界值的中值。

2.5 确定评价等级

$$R = \sum_{i=1}^n r_j(x_i) W_i \quad (12)$$

式中: R 表示模糊综合评价结果; $r_j(x_i)$ 表示各个参评因子栅格对于其风险等级的隶属度; W_i 为指标权重。

为便于对研究区土壤侵蚀风险性进行空间分析,本研究利用公式(13)将评价结果转化为单值。

$$D_j = \frac{\sum_{i=1}^n W_i^m M_j}{\sum_{i=1}^n W_i^m}, (m=1 \text{ 或 } 2) \quad (13)$$

式中: D_j 表示最后风险等级的得分; i 表示第 i 个栅格, j 表示该栅格第 j 个因素评价的风险等级得分; W_i 是模糊综合评价隶属度栅格; M_j 是土壤侵蚀风险性评价各等级所对应的分值,具体分值见表1; m 为待定系数,为了对较大作用的隶属度进行控制,取 $m=2$ 。

3 结果与分析

3.1 各评价指标的风险空间分析

各评价指标的风险等级分级标准见表1,并按

照20、40、60、80、100的分值赋予各风险等级,按照“2.1”节的操作可得各评价指标的土壤侵蚀风险等级,如图2所示。

由表1和图2可知,研究区降雨侵蚀力的节域为(4 373, 4 716),值域跨度较小,为343。降雨侵蚀力造成的土壤侵蚀风险等级的空间分布从西北到东南呈条带状分布,说明宾县西北部具有更强的降雨强度和频度,降雨侵蚀力的土壤侵蚀风险性等级以中度及以下风险等级为主,面积比例为68.83%。

坡度的节域为(0, 47),可知,研究区的坡度较小,坡度造成的土壤侵蚀风险等级的空间分布是中部往北的土壤侵蚀风险等级为微度;南部及东南部土壤侵蚀风险等级为中度及以上,但面积占比仅为7.18%。结合降雨侵蚀力的空间分布可知,降雨侵蚀力较高的区域具有相对较低的地形侵蚀风险趋势。

土壤可蚀性的节域为(0.030, 0.055),值域范围跨度很小,仅为0.025,这是因为土壤可蚀性与土壤类型有关。黑土主要集中在研究区的中部以北,占的面积比例为65.00%,而土壤可蚀性造成的土壤侵蚀中度及以下风险性的面积占比为65.91%,基本与黑土的分布吻合;中度以上风险面积占比为34.09%,以黏土和白浆土为主。

植被覆盖度的节域为(0, 100),可以看出植被覆盖的土壤侵蚀风险分布与土壤可蚀性的空间分布相似,但风险等级却相反,在中部往北方向以剧烈侵蚀风险为主,而在南部及东南部以微度、轻度侵蚀风险为主,这是因为在南部和东南部有大量的林地、草地,能够固土存水,对土壤侵蚀有阻碍作用,而在中部往北区域以耕地、建设用地为主,不科学以及掠夺式的耕作方式使得黑土厚度变薄,抵抗侵蚀的能力减弱。

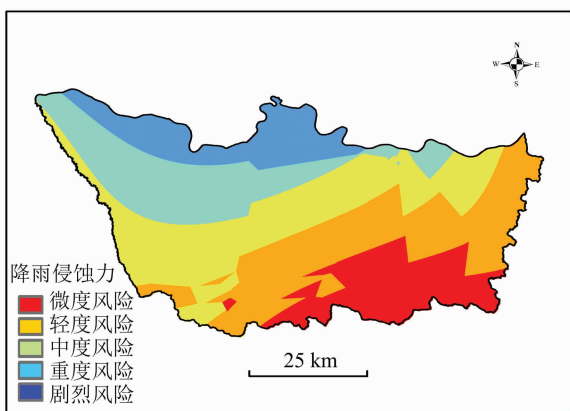
土地利用造成的土壤侵蚀风险等级分布与植被覆盖大致相同,微度侵蚀风险面积占比为5.27%,主要是水域和湿地;轻度侵蚀风险面积占比为30.33%,主要为林地、草地;中度侵蚀风险面积占比为2.97%,主要是建设用地、交用地及其他工矿用地;重度侵蚀风险面积占比为11.39%,主要为平旱地、缓坡旱地;剧烈侵蚀风险面积占比为50.04%,主要是坡耕地。

经济开发强度表征一个地区的经济发展水平,与土壤侵蚀的关系为负相关^[17]。研究区微度侵蚀风险乡镇是宾西镇、三宝乡;轻度侵蚀风险的有宾

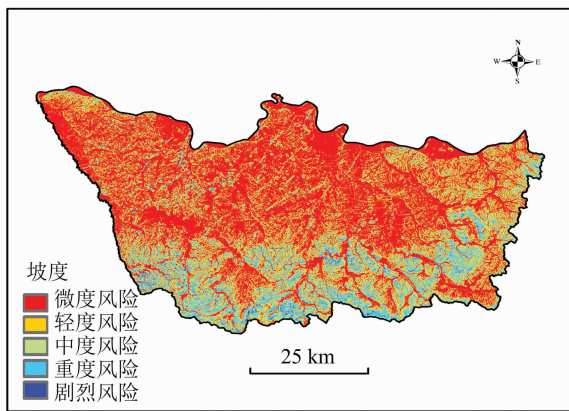
表1 土壤侵蚀风险性评价指标分级标准

指标	经典域					节域
	微度风险(20)	轻度风险(40)	中度风险(60)	重度风险(80)	剧烈风险(100)	
降雨侵蚀力(MJ·mm)/(hm ² ·h)	4 373,4 443	4 443,4 493	4 493,4 542	4 542,4 601	4 601,4 716	4 373,4 716
坡度(°)	0,5	5,8	8,15;35,47	15,25	25,35	0,47
土壤可蚀性	0,0.030	0.030,0.036	0.036,0.043	0.043,0.050	0.050,0.055	0.030,0.055
植被覆盖(%)	0,25	25,40	40,60	60,80	80,100	0,100
土地利用	水域、湿地	林地、草地	建设用地	平耕地	坡耕地	10,80
经济开发强度	0,0.10	0.10,0.30	0.30,0.47	0.47,0.70	0.70,1.00	0,1.00

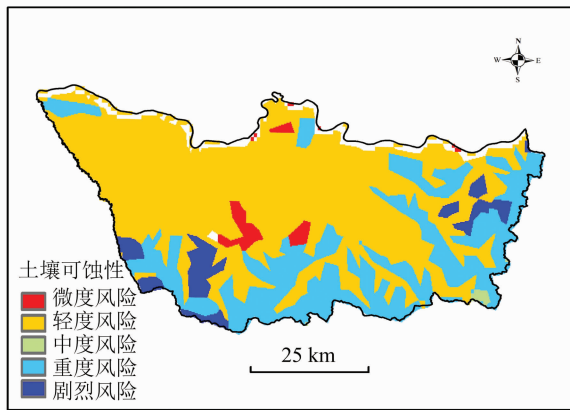
注:由于计算降雨侵蚀力的时候已经设定阈值≥9.8 mm 会有侵蚀风险^[16],所以降雨侵蚀力分级直接采用自然断点法进行分级。土地利用中,10 表示耕地,20 表示林地,30 表示草地,50 表示其他用地,60 表示水域,80 表示建设用地。括号中数字为各风险等级所赋分值。



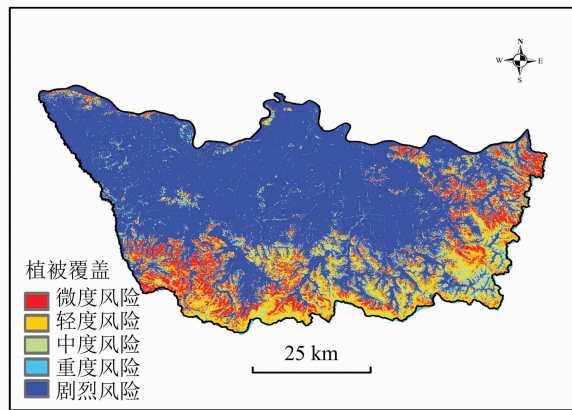
a. 降雨侵蚀力风险等级



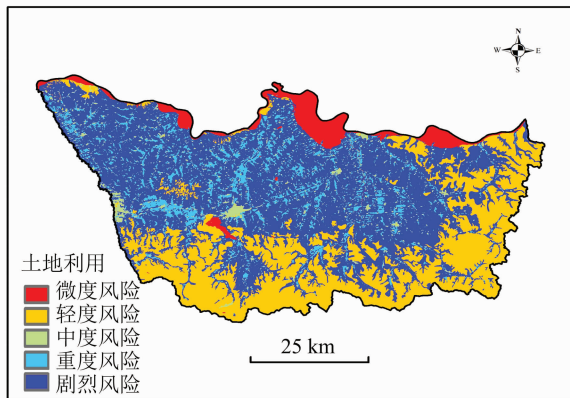
b. 坡度风险等级



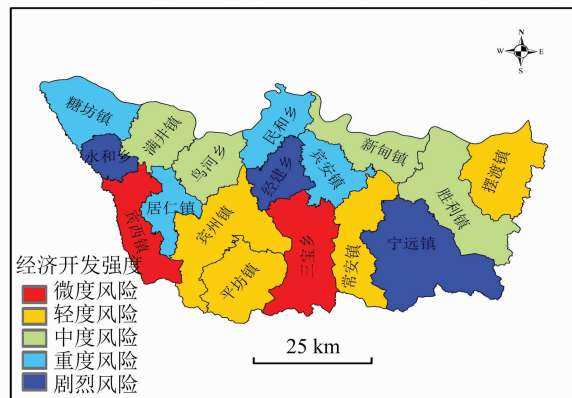
c. 土壤可蚀性风险等级



d. 植被覆盖风险等级



e. 土地利用风险等级



f. 经济开发强度风险等级

图2 各评价指标风险等级

州镇、平坊镇、常安镇、摆渡镇；中度侵蚀风险的是鸟河乡、新甸镇、胜利镇；重度侵蚀风险的是糖坊镇、居仁镇、民和乡、宾安镇；剧烈侵蚀风险的是永和乡、宁远镇、经建乡。

3.2 土壤侵蚀综合风险空间分析

由公式(12)和公式(13)可得土壤侵蚀综合风险性分值图(图3),对土壤侵蚀风险等级进行统计,可得各风险性等级的面积及占比(表2),叠加行政区划统计后,可得各乡镇的土壤侵蚀风险性空间分布(图4)并进行分区统计(表3)。

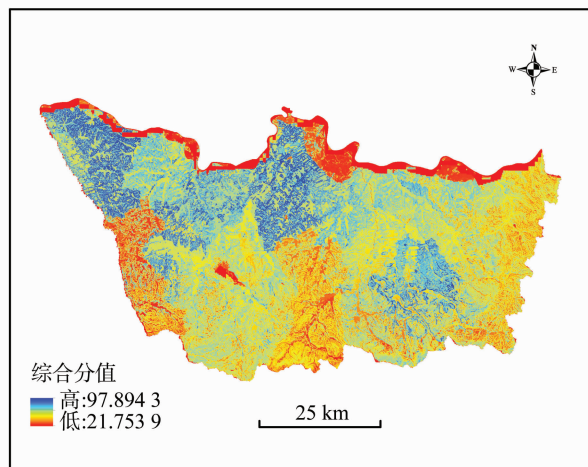


图3 土壤侵蚀风险性分值

表2 土壤侵蚀风险性等级面积及占比

等级	栅格数	面积 (km ²)	比例 (%)
微度	632 897.00	569.61	14.82
轻度	1 037 812.00	934.03	24.30
中度	1 356 458.00	1 220.81	31.76
重度	768 715.00	691.84	18.00
剧烈	475 496.00	427.95	11.13

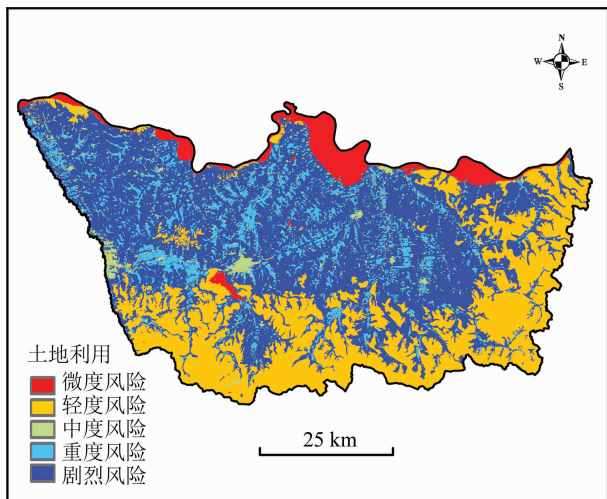


图4 土壤侵蚀综合风险性评价结果

表3 各乡镇土壤侵蚀风险等级统计

乡镇	栅格数	风险等级			面积(栅格数×比例尺)
		最小值	最大值	均值	
永和乡	95 445	1	5	4.26	406 306
经建乡	151 011	1	5	4.21	636 015
居仁镇	144 107	1	5	3.69	531 697
糖坊镇	235 209	1	5	3.66	859 975
鸟河乡	195 667	1	5	3.63	709 589
宾安镇	174 654	1	5	3.49	609 750
民和乡	176 449	1	5	3.28	578 086
满井镇	196 433	1	5	3.16	620 497
宁远镇	500 468	1	5	3.09	1 545 300
宾州镇	383 048	1	5	2.73	1 047 253
平坊镇	263 497	1	5	2.68	705 936
常安镇	276 181	1	5	2.67	737 939
胜利镇	382 927	1	5	2.55	977 096
新甸镇	227 415	1	5	2.47	562 249
摆渡镇	287 080	1	5	2.20	632 352
三宝乡	350 748	1	5	1.85	650 616
宾西镇	231 039	1	5	1.82	419 579

从空间分布来看,宾县微度侵蚀风险级别的面积为 569.61 km²,所占比例为 14.82%,主要分布在松花江沿岸;轻度侵蚀风险的面积为 934.03 km²,所占比例为 24.30%,多在南部、东部的林地区域;中度侵蚀风险的面积为 1 220.81 km²,所占比例为 31.76%,在整个研究区都有分布;重度侵蚀风险的面积为 691.84 km²,所占比例为 18.00%,主要分布在东北部低山丘陵区;剧烈侵蚀风险的面积有 427.95 km²,所占比例为 11.13%,主要分布在南部的坡耕地和西北部山区,与 2019 年对宾县的侵蚀沟解译相比较^[18],糖坊镇、满井镇、永和乡侵蚀沟的数量最多、分布最密集,本研究的土壤侵蚀风险性等级评价的空间分布与之相符合,说明侵蚀沟的存在一定程度上会加剧土壤侵蚀的风险。

将微度、轻度、中度、重度、剧烈侵蚀风险分别赋值为 1、2、3、4、5。从各乡镇土壤侵蚀风险等级范围来看,微度、轻度、中度、重度、剧烈侵蚀风险各个乡镇均有涉及;结合图 4 和表 3 来看,宾县土壤侵蚀风险性等级高值聚集在糖坊镇、永和乡、经建乡、居仁镇、鸟河乡、宁远镇。与经济开发强度图对比发现,土壤侵蚀为微度风险的是宾西镇和三宝乡,该区域也是经济开发强度较大的乡镇。剧烈风险区有糖坊镇、永和乡、经建乡,其经济开发强度较小。由此可见,土壤侵蚀综合风险等级空间分布与经济

开发强度空间分布基本一致,但趋势不同,说明人类活动不是导致这些乡镇综合土壤侵蚀风险的主要因素。究其原因可能是其经济发展的时候提供了较多的就业岗位,农民对耕地的依赖性减弱,耕地的利用强度降低能够相对减缓土壤自然侵蚀的速率,并且宾西镇、三宝乡林地、草地覆盖面积比糖坊镇、永和乡、经建乡大,植被较密集,属于植被覆盖度高的地区。因此,针对糖坊镇、永和乡、经建乡来说,应加强乡镇林、草种植面积,加大对侵蚀沟的治理,防止侵蚀沟加宽、加深;减少对耕地的依赖性,实施轮作、间作及其他保护性耕作措施并大力发展第二、第三产业。

其中,对于土壤侵蚀风险等级值综合高的宾州镇和胜利镇来说,土壤侵蚀风险等级虽然不高,但土壤侵蚀风险面积大,应严格控制林地和草地的面积,加大生态林和经济林建设,加大水土保持作用;减少利用坡耕地。

4 结论与讨论

本研究基于变权理论和物元理论,建立黑土区宾县的土壤侵蚀风险性评价的变权物元模型,分析宾县黑土区土壤侵蚀风险空间分布并进行风险性评价,得出以下结论。

(1)宾县土壤侵蚀综合风险较高,其中微度、轻度、中度、重度、剧烈侵蚀风险所占比例分别为14.82%、24.30%、31.76%、18.00%、11.13%,可知宾县土壤侵蚀综合风险较大,水土防治刻不容缓。对于土壤侵蚀风险性高的乡镇主要受植被覆盖、土地利用的影响,经济开发强度在一定程度上能够降低土壤侵蚀的风险。

(2)为降低研究区土壤侵蚀风险、减少水土流失、促进土地可持续利用,对于土壤侵蚀风险高的区域,要在控制林地、草地的面积基础上,加大生态林、经济林建设,增加植被覆盖度;对于土壤侵蚀风险性等级为剧烈的区域,应该加大对侵蚀沟的治理,并发展第二、第三产业,减少对耕地的依赖。

参考文献:

[1]赵国庆,韩凯莉,于颖,等. 基于GIS的胶东半岛土壤侵蚀分析与治理策略[J]. 地理空间信息,2017,15(4):43-46,10.

[2]李益敏,朱军. 基于GIS的区域土壤侵蚀敏感性评价——以怒江州为例[J]. 云南大学学报(自然科学版),2017,39(1):98-106.

[3]傅世锋,查轩. 土壤侵蚀危险性综合评判的物元模型[J]. 中国水土保持科学,2005,3(3):82-86.

[4]谢云,高燕,顾治家,等. 东北黑土区坡耕地水土流失危险程度评价[J]. 中国水土保持科学(中英文),2020,18(6):105-114.

[5]Phinzi K, Ngetar N S, Ebhuoma O. Soil erosion risk assessment in the Umzintlaba catchment (T32E), Eastern Cape, South Africa, using RUSLE and random forest algorithm[J]. South African Geographical Journal, 2021, 103(2):139-162.

[6]Lamyaa K, M'bark A, Brahim I, et al. Mapping soil erosion risk using RUSLE, GIS, remote sensing methods: a case of mountainous sub-watershed, Ifni lake and high valley of tifnoute (High Moroccan Atlas)[J]. Journal of Geography, Environment and Earth Science International, 2018, 14(2):1-11.

[7]Esmaili Gholzom H, Ahmadi H, Moeini A, et al. Soil erosion risk assessment in the natural and planted forests using ICONA model and GIS technique[J]. International Journal of Environmental Science and Technology, 2021:1-16.

[8]陈志坤,邱悦,张士伦. 基于USLE土壤侵蚀危险性评价:以钦州市城区为例[J]. 科技通报,2016,32(3):218-221,225.

[9]周海宏,雷磊,姚普及,等. 基于CNN网络和遥感数据的土壤侵蚀评估方法[J]. 云南民族大学学报(自然科学版),2021,30(4):414-418.

[10]Paul S S, Li J B, Li Y B, et al. Assessing land use-land cover change and soil erosion potential using a combined approach through remote sensing, RUSLE and random forest algorithm[J]. Geocarto International, 2021, 36(4):361-375.

[11]Marondedze A K, Schütt B. Assessment of soil erosion using the RUSLE model for the epworth district of the Harare Metropolitan Province, Zimbabwe[J]. Sustainability, 2020, 12(20):8531.

[12]刘志峰. 绿色产品综合评价及模糊物元分析方法研究[D]. 合肥:合肥工业大学,2004.

[13]朱翊,王东兴. 基于自适应权值的土壤侵蚀风险性模糊评价[J]. 地理信息世界,2017,24(6):57-60,69.

[14]汪培庄. 模糊集与随机集落影[M]. 北京:北京师范大学出版社,1985.

[15]牛强,揭巧,李县. 变权栅格叠加方法研究——以生态敏感性评价为例[J]. 地理信息世界,2017,24(5):27-34.

[16]张宪奎,许靖华,卢秀琴,等. 黑龙江省土壤流失方程的研究[J]. 水土保持通报,1992,12(4):1-9,18.

[17]庞国伟. 区域水土流失人为因子的定量表征:以延河流域为例[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2009:43-45.

[18]宁静,王婷,刘佳会,等. 东北典型黑土区土壤养分的空间分布特征及影响因素:以黑龙江省宾县为例[J]. 西安理工大学学报,2021,37(3):301-310.