

基于 GIS 的典型农牧交错区土地利用生态安全评价*

谢花林**

(江西财经大学资源与环境管理学院,南昌 330032)

摘要 以内蒙古自治区翁牛特旗为对象,基于 GIS 技术对典型农牧交错区进行了土地利用生态安全评价。结果表明:研究区 1985—2000 年有 50% 以上的总土地面积受到沙化和土壤侵蚀的危害,中西部地区的土壤侵蚀和东部地区的土地沙化依然严重;研究区 1985 年和 2000 年平均生态安全指数分别为 2.70 和 2.66,整体生态安全状况处在不安全等级;1985 年和 2000 年各生态安全等级分布面积由大到小排序依次为欠安全 > 极不安全 > 较安全 > 不安全 > 安全。

关键词 生态安全评价;土地利用;GIS;农牧交错区

中图分类号 X826 文献标识码 A 文章编号 1000-4890(2008)01-0135-05

GIS-based land-use eco-security evaluation in typical agro-pastoral zone. XIE Hua-lin (College of Resources and Environmental Management, Jiangxi University of Finance and Economics, Nanchang 330032, China). *Chinese Journal of Ecology* 2008 27(1):135-139.

Abstract: Taking Ongniud Banner in Inner Mongolia as a representative of typical agro-pastoral zone in North China, GIS-based land-use eco-security evaluation was conducted. The results showed that in 1985-2000; over half of the study area was in danger of desertification and soil erosion. The soil erosion in the central and west regions and the land desertification in the eastern region were still serious, and the average eco-security synthetic index (ESSI) in this area was 2.70 in 1985 and 2.66 in 2000, with the overall eco-security status being in insecurity. The distribution area of various eco-security grades in 1985 and 2000 was in the order of less secure > extremely insecure > relatively secure > insecure > secure.

Key words: eco-security evaluation; land use; GIS; agro-pastoral zone.

生态安全是维护某一地区或某一国家乃至全球的生态环境不受威胁的状态,能为整个生态经济系统的安全和持续发展提供生态保障(Costanza *et al.*, 1992; Norton *et al.*, 1992; Dobson *et al.*, 1997; 谢花林等, 2005; 刘明等, 2007)。土地利用生态安全评价,是针对土地利用的宏观结构调整与布局对环境与生态的可能影响作出的预测性评估,它对于避免规划造成的环境影响和维护区域生态安全有着重要意义。目前国内外对区域生态安全评价的研究主要集中在理论和评价方法上。在理论上,王根绪等(2003)认为生态安全评价的准则与指标体系应将生态风险与生态健康有机结合,同时兼顾不同空间尺度并能体现动态变化。左伟等(2002, 2004)基于压力-状态-响应模型探索了区域生态安全评价的理

论框架。在评价方法上,主要有综合评价范式、生态模型法(Campbell & Bartell, 1998)和景观生态学方法(肖笃宁等, 2002)。其中综合评价范式包括暴露-相应分析模式(Munkittrick & McCarty, 1995; Campbell & Bartell, 1998)、综合指数评价法(Bertollo, 2001; Kwak *et al.*, 2002; 谢花林和张新时, 2004; 贺秋华等, 2007)、生态足迹和生态承载力分析法(Rees, 1992; 万忠成等, 2006)3种方法。景观生态学方法能够充分利用3S技术,有效地将过程与状态相结合,并通过空间结构与功能、格局与生态流的结合,从而达到生态安全评价的定量和定位研究(肖笃宁等, 2002)。国内外虽然展开了大量的区域生态安全评价工作,但是把生态安全评价结果进行空间量化,并且能为土地利用格局优化服务的研究较少。本文根据内蒙古自治区翁牛特旗的生态不安全因素以及土地利用生态安全评价的目的,利用

* 国家基础研究重点发展规划资助项目(G2000018607)。

** 通讯作者 E-mail: xiehl_2000@163.com

收稿日期:2007-03-12 接受日期:2007-11-01

GIS 技术和层次分析法分别从土地沙化安全和土壤侵蚀安全 2 个方面选取了若干指标,构建了区域生态安全综合指数及其评价方法,得到评价单元的生态安全综合评价结果,为土地利用格局优化和制定保障区域生态安全的决策提供科学依据。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

以农牧交错带的典型区域——内蒙古自治区赤峰市翁牛特旗(42°27'37"N—43°25'31"N,117°49'48"E—120°45'58"E)为研究对象。该区面积为 11 882 km²,位于大兴安岭隆起带东侧向辽河沉降带的过渡地段,大致可分为西部中山台地、中部低山丘陵和东部沙地坳甸 3 个类型区。平均海拔为 600 ~ 800 m,最高为 2 000 m。年均气温为 4.4 ℃ ~ 7.7 ℃,年降雨量 310 ~ 470 mm。≥10 ℃ 活动积温为 2 200 ℃ ~ 3 250 ℃,而西部高寒山区 <1 500 ℃,年日照时数 2 650 ~ 3 090 h,属于温带半干旱大陆性季风气候。

1.2 数据来源

利用 1985 和 2000 年 2 期 Landsat TM 数字遥感影像作为基本信息源,以翁牛特旗 1:10 万地形图为参照,并对 2 期 TM 图像选取控制点,在 IMGE 的 Image Analysis 模块下,对 TM 图像进行几何校正和镶嵌处理,并实现县界与图像套合。结合野外实测资料,建立解译标志。土壤表层有机质含量和土壤类型分布图通过手工数字化翁牛特旗 1:10 万土壤养分图和土壤类型分布图(1986 年)得到。降雨量分布图根据翁牛特旗及其周边 8 个站点多年的平均降雨量插值得到。所有的数据都采用 GIS 的栅格数据类型,并且在 250 m × 250 m 粒度上进行分析。

1.3 指标选取的原则

作为衡量土地利用生态安全的指标体系,不仅遵循客观性、科学性、完整性、有效性的普遍原则,还从以下 3 个方面进行考虑:1)体现研究区主要的生态环境问题。翁牛特旗的生态安全状况是人为因子和自然因子共同影响的结果。在翁牛特旗,所面临的主要生态问题是土地沙化和土壤侵蚀。因此,从研究区土地沙化、土壤侵蚀等实际问题出发,运用生态敏感性评价方法,借助 RS 和 GIS 技术手段,根据数据的可获取性,构建翁牛特旗的生态安全评价指标体系。

2)为土地利用格局优化服务。生态安全评价

的主要目的是为土地利用格局的优化提供依据。因此,生态安全评价指标应具有空间性,能够结合 GIS 把评价结果落实到每一个土地利用斑块中,实现生态安全评价的定量与定位化。

3)指标体系应具有层次性。指标体系应根据研究系统的结构分出层次,由宏观到微观,由抽象到具体,如构建目标层、项目层、指标层的结构,并在此基础上进行指标分析。这样可以使指标体系清晰、易于使用。

1.4 指标体系的总体框架

根据上述土地利用的生态安全评价的内涵以及上述指标选取的原则,并考虑到目前国内外有关生态安全评价的各种方法,构建了 3 个层次的生态安全评价指标体系。第 1 层次是目标层(object),即生态安全综合指数(EESI);第 2 层次是项目层(item),即体现研究区的主要生态不安全因素:土地沙化和土壤侵蚀;第 3 层次是指标层(index),即每一个安全问题主要由哪些具体指标来表达(图 1)。

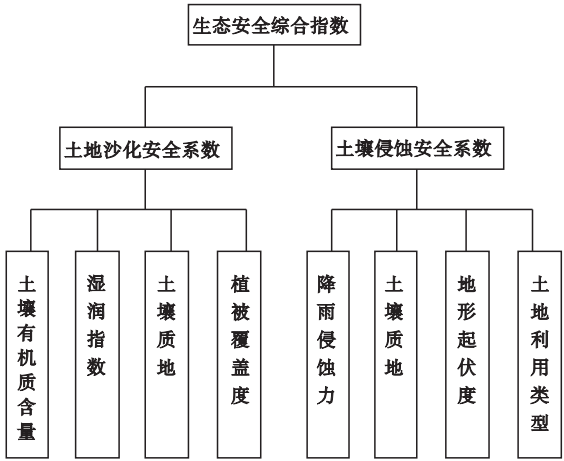


图 1 翁牛特旗生态安全评价指标
Fig.1 Indices of eco-security evaluation in the Ongniud Banner

1.5 指标的分级标准

不同指标对各生态不安全因素的影响、贡献程度不同。经过 12 位相关学科专家的多次讨论、修订与综合,最后确定各单因子安全等级按安全、较安全、欠安全、不安全和极不安全分别赋值为 9、7、5、3 和 1。在具体赋值时,考虑到实际中各因子与生态环境问题间的关系来确定等级(表 1)。

1.6 综合方法

从单因子分析得出的生态安全状况,只是反映了某一因子的作用程度,没有将生态安全的区域综

表 1 翁牛特旗生态安全评价指标的分级标准

Tab.1 Criterion of indices of eco – security evaluation in the Ongniud Banner

生态安全等级	湿润指数	有机质含量 (%)	土壤质地	植被覆盖度(%)	降雨侵蚀力值	土壤质地	地形起伏度(°)	土地利用类型
安全	>0.65	>5	基岩	>70	<25	石砾、沙土	<5	水域、沼泽、水田、居民点及工矿用地
较安全	0.50 ~ 0.65	4 ~ 5	粘质	50 ~ 70	25 ~ 100	粗砂土、细砂土、粘土	5 ~ 30	有林地、灌木林地、疏林地、其它林地、高度覆盖度草地
欠安全	0.20 ~ 0.50	2 ~ 4	砾质	30 ~ 50	100 ~ 400	面砂土、壤土	30 ~ 50	中度盖度草地、低覆盖度草地
不安全	0.05 ~ 0.20	0.7 ~ 2	壤质	10 ~ 30	400 ~ 600	砂壤土、粉粘土、壤粘土	50 ~ 80	旱地
极不安全	<0.05	<0.7	沙质	<10	>600	砂粉土、粉土	>80	沙地、盐碱地、裸土地、裸岩石砾地

表 2 生态安全评价综合指数的分级标准

Tab.2 Criterion of integrative index of eco-security evaluation

生态安全等级	生态安全指数(ESI_j)
安全	>8
较安全	6 ~ 8
欠安全	6 ~ 4
不安全	4 ~ 2
极不安全	<2

合地反映出来。因此 ,必须对上述各项因子分别赋值 ,通过以下方法来计算生态安全指数。

$$ESI_j = n \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n C_{ij}}$$

式中 ESI_j 为第 j 个生态安全问题的生态安全指数 , C_{ij} 为第 j 个生态安全问题中的第 i 个因子的生态安全等级值 n 为因子数。然后根据分级标准来确定生态安全等级。根据相关的研究成果(刘康等 2003) ,生态安全评价按表 2 的标准划分生态安全等级。

1.7 综合评价

由于不同生态安全问题之间是相互独立的 ,为了突出生态问题的安全状况 ,在对多个生态问题进行综合评价时 ,采用取最小值的方法 ,通过 ArcGIS 9.0 的空间分析模块来实现 ,得到空间上每个栅格上的生态安全综合指数($ESSI$) :

$$ESSI = \min[ESI_j]$$

2 结果与分析

2.1 土地沙化单因素评价

从研究区 1985 年和 2000 年的土地沙化评价结果可知(表 3) ,土地沙化极不安全区的面积从 1985 年的 2 239.00 km^2 增加到 2000 年的 2 252.59 km^2 ,共增加了 13.59 km^2 ,其主要原因是部分地区严重超载放牧 ,使得草地退化严重 ,土地沙化程度加大。

表 3 翁牛特旗 1985 年和 2000 年土地沙化比较

Tab.3 Comparison of land desertification between 1985 and 2000 in the Ongniud Banner

生态安全等级	1985 年			2000 年		
	面积 (km^2)	比例 (%)	累计比例 (%)	面积 (km^2)	比例 (%)	累计比例 (%)
安全区	916.81	7.73	7.73	869.56	7.33	7.33
较安全区	3940.22	33.23	40.96	4299.83	36.26	43.59
欠安全区	3166.56	26.70	67.66	3198.64	26.97	70.56
不安全区	1595.94	13.46	81.12	1237.91	10.44	81.00
极不安全区	2239.00	18.88	100.00	2252.59	19.00	100.00

从土地沙化不安全区的面积占研究区总面积的比例来看 ,从 1985 年的 13.46% 减少到 10.44% ,减少了 3.02% ,这与当地对固定沙地的治理成果显著有关。

从土地沙化较安全区的面积来看 ,1985—2000 年 ,土地沙化的面积也呈增加趋势 ,其重要原因是一部分面积由土地沙化安全的草地转化而来 ;另外一部分是对土地沙化欠安全的草地实行封育和旱地退耕后转变过来的。土地沙化极不安全区和不安全区的面积占研究区总面积的比例 1985—2000 年共减少了 2.9% ,同时土地沙化较安全区和安全区的面积占研究区总面积的比例 1985—2000 年共增加了 2.63% 。可见 ,土地沙化安全状况呈良好趋势 ,但土地沙化极不安区和不安全区的面积仍然很大 ,防沙治沙的任务还很艰巨。

2.2 土壤侵蚀单因素评价

从研究区 1985 和 2000 年的土壤侵蚀评价结果可见(表 4) ,土壤侵蚀极不安全区面积从 1985 年的 131.88 km^2 增加到 2000 年的 667.13 km^2 ,15 年共增加了 535.25 km^2 ,其主要原因是部分地区严重超载放牧 ,使得植被退化严重 ,土壤侵蚀的程度相应增加。从土壤侵蚀不安全区面积来看 ,1985—2000 年减少了 840.69 km^2 ,其主要原因是东部地区防沙治沙 ,实行生态保育 ,使得东部地区的不安全区面积减少。土壤侵蚀较安全区面积 1985—2000 年增加了

表 4 翁牛特旗 1985 年和 2000 年土壤侵蚀状况比较
Tab. 4 Comparison of soil erosion between 1985 and 2000 in the Ongniud Banner

生态安全等级	1985 年			2000 年		
	面积 (km ²)	比例 (%)	累计比例 (%)	面积 (km ²)	比例 (%)	累计比例 (%)
安全区	4140.38	34.84	34.84	4129.94	34.76	34.76
较安全区	1994.38	16.78	51.62	4058.19	34.15	68.91
欠安全区	3548.69	29.87	81.49	1800.75	15.15	84.06
不安全区	2067.00	17.40	98.89	1226.31	10.32	94.38
极不安全区	131.88	1.11	100.00	667.13	5.62	100.00

2 063.81 km²,其原因是一部分由于土壤侵蚀安全的草地转化而来;另外一部分是土壤侵蚀欠安全的草地实行封育和旱地退耕后转变过来的。整体上看,土壤侵蚀极不安全区和不安全区的面积占研究区总面积的比例 1985—2000 年减少了 2.67%;而较安全区和安全区的面积占研究区总面积的比例 1985—2000 年增加了 17.29%,这主要与东部地区防沙治沙的结果有关。

2.3 生态安全综合评价

从表 5 可以看出,翁牛特旗极不安全区的面积从 1985 年的 378.60 km² 增加到 2000 年的 393.16 km²,15 年共增加 14.56 km²,其主要原因是部分地区严重超载放牧,使得草地退化严重,土壤侵蚀土地沙化极不安全区的面积都在增加。不安全区的面积 1985—2000 年减少了 48.31 km²,这可能是当地进行小流域治理和土地沙化防治,使得部分地区土地沙化和土壤侵蚀有所改善。翁牛特旗较安全区面积虽然 1985—2000 年增加了 34.41 km²,但是安全区的面积同时也减少了 37.66 km²。

从表 5 和图 2 还可以看出,翁牛特旗极不安全区和不安全区的面积占研究区总面积的比例 1985—2000 年共减少了 1.78%;同时较安全区和安全区的面积占研究区总面积的比例 1985—2000 年共减少了 1.99%。虽然土地沙化安全系数呈改善

表 5 翁牛特旗 1985 年和 2000 年的生态安全综合状况比较
Tab. 5 Comparison of integrative eco-security between 1985 and 2000 in the Ongniud Banner

生态安全等级	1985 年			2000 年		
	面积 (km ²)	比例 (%)	累计比例 (%)	面积 (km ²)	比例 (%)	累计比例 (%)
安全区	71.20	3.74	3.74	33.54	1.77	1.77
较安全区	339.82	17.89	21.63	339.49	17.87	19.64
欠安全区	805.09	42.38	64.01	876.83	46.15	65.79
不安全区	305.08	16.06	80.07	256.77	13.52	79.31
极不安全区	378.60	19.93	100.00	393.16	20.69	100.00
平均生态安全指数	2.70			2.66		

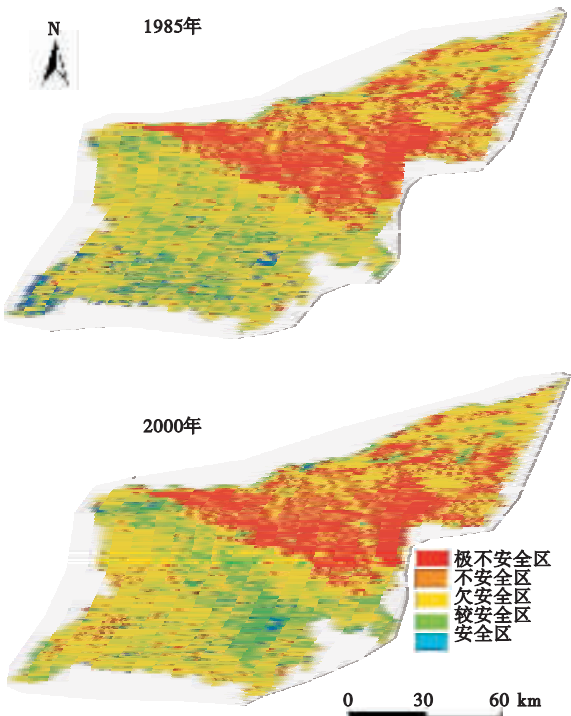


图 2 翁牛特旗 1985 年和 2000 年的生态安全综合评价结果
Fig. 2 Integrative eco-security evaluation maps between 1985 and 2000 in the Ongniud Banner

趋势,但翁牛特旗生态安全综合状况在逐渐恶化,并且研究区有 1/2 以上的总面积受土地沙化和土壤侵蚀的危害,特别是中西部地区的土壤侵蚀和东部地区的土地沙化,需要采取严格的水土保持和防止沙化措施。

研究区平均生态安全指数 1985 年和 2000 年分别为 2.70 和 2.66,整体生态安全都处在生态不安全等级。1985 年和 2000 年各生态安全等级分布面积由大到小排序为生态欠安全区>生态极不安全区>生态较安全区>生态不安全区>生态安全区。

3 结 论

本文构建了土地利用的生态安全综合指数及其评价方法,基于 GIS 技术对内蒙古自治区翁牛特旗进行了土地利用生态安全评价研究,得到以下主要结论:从土地利用的生态安全综合评价来看,研究区 1985—2000 年有 1/2 以上的总面积处于土地沙化和土壤侵蚀的危害;平均生态安全指数 1985 年和 2000 年分别为 2.70 和 2.66,整体生态安全都处在生态不安全等级。1985 年和 2000 年各等级面积分布情况为生态欠安全区面积最大,生态安全区面积最小。

研究区土地利用生态安全应是土地沙化安全、土壤侵蚀安全等的综合体,单方面的评价虽然安全,但是由于其复合性,最终的结果未必是安全的。以上各种生态不安全因素是相互关联的,其共同作用导致综合生态安全的结果。本研究仅在区域尺度上对研究区土地利用的生态安全状况进行了评价,其主要目的是为土地利用格局的优化服务,受多方面因素的影响,所构建的指标体系还存在一定的局限性,有待进一步完善。

参考文献

- 贺秋华,张 丹,陈朝猛,等. 2007. GIS 支持下的黔中地区生态环境敏感性评估. 生态学杂志, **26**(3):413-417.
- 刘 康,欧阳志云,王效科,等. 2003. 甘肃省生态环境敏感性评价及其空间分布. 生态学报, **23**(12):2711-2718.
- 刘 明,刘 淳,王克林. 2007. 洞庭湖流域生态安全状态变化及其驱动力分析. 生态学杂志, **26**(8):1271-1276.
- 万忠成,王治江,董丽新,等. 2006. 辽宁省生态系统敏感性评价. 生态学杂志, **25**(6):677-681.
- 王根绪,程国栋,钱 鞠. 2003. 生态安全评价研究中的若干问题. 应用生态学报, **14**(9):1551-1556.
- 肖笃宁,陈文波,郭福良. 2002. 论生态安全的基本概念和研究内容. 应用生态学报, **13**(3):354-358.
- 谢花林,李 波,王传胜,等. 2005. 西部地区农业生态系统健康评价. 生态学报, **25**(11):3028-3036.
- 谢花林,张新时. 2004. 城郊区生态安全水平的量度及其对策研究. 中国人口·资源与环境, **14**(3):23-26.
- 左 伟,王 桥,王文杰,等. 2002. 区域生态安全评价指标与标准研究. 地理学与国土研究, **18**(1):67-71.
- 左 伟,周慧珍,王 桥,等. 2004. 区域生态安全综合评价与制图——以重庆市忠县为例. 土壤学报, **41**(2):201-209.
- Bertollo P. 2001. Assessing landscape health: A case study from northeastern Italy. *Environmental Management*, **27**:349-365.
- Campebell KR, Bartell SM. 1998. Ecological models and ecological risk assessment// Newman MC, ed. Risk Assessment: Logic and Measurement. Michigan: Ann Arbor Press.
- Costanza R, Norton BG, Haskell BD. 1992. Ecosystem Health: New Goal for Environment Management. Washington DC: Island Press.
- Dobson AD, Bradshaw AD, Baker AJM. 1997. Hopes for the future: Restoration ecology and conservation biology. *Science*, **277**:515-524.
- Kwak SJ, Yoo SH, Shin CH. 2002. A multi-attribute index for assessing environmental impacts of regional development projects: A case study of Korea. *Environmental Management*, **29**:301-309.
- Munkittrick KR, McCarty LS. 1995. An integrate approach to aquatic ecosystem health: Top-down, bottom-up, or middle-out. *Journal of Aquatic Ecosystem Health*, **4**:77-90.
- Norton SB, Rodier DJ, Gentile JH, et al. 1992. A framework for ecological risk assessment at the EPA. *Environment of Tarical Chemistry*, **11**:1663-1672.
- Rees WE. 1992. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: What urban economics leaves out. *Environment and Urbanization*, **4**:121-130.

作者简介 谢花林,男,1979年生,博士。主要从事土地可持续利用与景观生态规划研究,发表论文 27 篇。E-mail: xiehl_2000@163.com
责任编辑 刘丽娟
