



Ecological Risk Assessment and its Spatiotemporal Variations of Northeast China based on Landscape Pattern

Lina¹, Yulong Bao^{1,2,*}, Yinshan¹, Chunsheng Mu³, Yuhai Bao^{1,2}

¹College of Inner Mongolia normal university geography science, Hohhot 010020, China

²Inner Mongolian key laboratory of remote sensing and geographic information system, Hohhot 010020, China

³Key Laboratory of ecological restoration and ecosystem management in Jilin Province of Institute of Grassland Science in Northeast Normal University, Changchun 130024, China

基于景观格局的东北地区生态风险评价及时空分异

包龙^{1,2,*}, 银山¹, 穆生³, 包海^{1,2}

1. 内蒙古 大学地理科学学 , 呼和 特 010020, 中国

2. 内蒙古自治区遥感与地理信息系统重点实验 , 呼和 特 010020, 中国

3. 东北 大学草地研究所吉林省生态 与生态系统管理重点实验 , 长 130024, 中国 period.

Abstract

The analysis of landscape ecological risk in Northeast China has important guiding significance for the establishment of regional ecological early warning mechanism, the promotion of regional ecological environmental protection and environmental management and social and economic development. Northeast China as study area, based on 1980, 1990, 2000 and 2010 the TM remote sensing data, with ArcGIS and Fragstats software as a platform to build ecological risk index, the spatial and temporal characteristics of regional ecological risk were analyzed. The result indicated that, From 1980 to 2010, significantly changes of the northeast area landscape pattern, the main features of cultivated land and construction land increased significantly, significantly reduced the area of grassland and forestland; Northeast region ecological risk spatial distribution difference. Overall, plain area of ecological risk is higher than that of forest and mountain; The ecological risk in the study area showed increasing trend, ecological risk level from low grade to high grade change is the main features of regional ecological risk transfer in research study

Keywords: landscape pattern; ecological risk; spatiotemporal variation; Northeast of China

摘要

东北地区景观生态风险分析对区域生态预警机制、区域生态环境保护和环境管理及经济发展具有重要的指导意义。本文以东北地区为研究区, 利用1980、1990、2000和2010年的TM遥感数据为基础, 以ArcGIS和Fragstats软件为平台, 构建生态风险指数, 对区域生态风险的时空特征进行分析。结果表明1980-2010年, 东北地区景观格局变化明显, 主要特征为耕地和建筑用地明显增加, 草地和林地面积明显减少; 东北地区生态风险空间分异明显,

总体而言, 平原区生态风险高于林区和山区; 研究期内, 研究区的生态风险增加的趋势, 生态风险等级由低等级向高等级变化是区域生态风险的主要特征。

关键词: 景观格局; 生态风险; 时空分异; 东北地区

1. 引言

自然生态系统为人类生存与发展提供了重要的物质基础与生态服务, 其结构与功能的稳定性成为人类发展的要件^[1]。生态风险是指一个种群、生态系统一个景观的正功能受到外界胁迫,

*通讯作者 包龙, E-mail:baoyulong@imnu.edu.cn

*通讯作者



从而在目前和将来减少该系统内部某些要素的可能性。生态风险评价是对生态环境灾害发生的机率进行量化地评估^[2]，其中区域生态风险评价是其重要的一个分支^[3-4]，是在区域尺度上描述和评价由于人类活动以及自然因素对生态环境所造成副作用的可能性以及程度轻重过程^[5]。现阶段，在全球变化与人类活动双重胁迫的作用下，生态环境正面临着极大的压力与胁迫，使得各种生态问题频频出现^[1-6]。

土地利用/覆被变化 (LUCC) 是全球变化的前沿和热点，LUCC 改变了全球生态系统格局与结构，对区域生态风险起着决定性的作用^[7-8]。景观作为人类活动资源和开发利用的对象，逐渐被生态学领域所关注，现被作为研究人类活动对生态环境影响的适宜尺度。景观生态风险分析基于景观生态学理论，重点评价人为改造、自然灾害等活动对区域景观所带来的不利影响及其发生的可能性^[9]，在此基础上综合评估各种潜在生态环境影响因子、影响过程及其累积性后果^[10]。因此，从景观生态学角度出发，可以更好的揭示区域风险现状，是区域生态风险评价的重要内容之一。

当前，国内外学者在区域生态风险领域开展了一系列的研究，从自然灾害风险到环境污染风险，从流域尺度到景观尺度，从沿海地区到内陆地区，均取得了丰硕的研究成果^[11、12]。但综合目前研究来看，评价框架模型与指标体系方面尚未形成统一的观点，评价过程均为生态风险状态分析，时间尺度短，在生态风险时空特征方面的研究明显不足；评价热点较多集中在我国南方湿润半湿润地区，基于长时间尺度东北地区生态风险评价的研究报道较少。

因此，本文运用生态风险评价的方法，结合景观生态学原理，基于 1980-2010 年期间景观格局和土地利用变化的信息，综合景观破碎度、景观分离度、景观优势度等多个指标，构建东北地区景观生态风险指数，对东北地区生态风险进行分析，揭示东北地区生态风险的时空变化特征及驱动原因，以期为区域实现生态环境保护、经济建设以及环境管理之间的协调发展提供科学的依据和技术支持。

2. 研究区概况

中国东北地区是中国的一个地理文化、经济大区，包含辽宁省、吉林省、黑龙江省、内蒙古自治区东部五盟市、河北省承德市、秦皇岛市（本文研究不包括河北省这两座城市）。区域自南向北跨中温带与寒温带，属温带季风气候，四季分明，夏季温热多雨，冬季寒冷干燥。自东南向西北，年降水量自 1000mm 降至

300mm 以下，从湿润区、半湿润区过渡到半干旱区。水绕山环、沃野千里是东北地区地面结构的基本特征，土质以黑土为主，这也是形成大经济区的自然基础。东北平原面积高于全国平原面积的比重，东北平原（具体可分为松嫩平原、辽河平原、三江平原）、呼伦贝尔高原以及山间平地面积合计，和山地面积几乎相等。由于之前人们环保意识普遍不高，加之近年来全球气候变化导致的自然灾害及极端天气事件频繁发生^[13]，研究区生态环境遭到破坏，生态系统的平衡收到严重的影响。



图 1 研究区地理位置图

3. 数据来源与研究方法

3.1. 数据来源与处理

本文以东北地区 1980、1990、2000 和 2010 年四期 TM 遥感影像为数据源，影像分辨率为 1km，对影像数据进行了几何纠正、图像配准、图幅拼接和研究区裁剪等预处理。在此基础上，遥感影像分类基于 LCCS (Land Cover Classification System) 分类工具，该工具的二元分类与等级模块法的分类体系不受制图比例尺和制图区域的限制，不仅能定量反映通用的土地覆盖特征又能方便满足特定用户特定的需求^[14-15]；同时与 IPCC 的土地利用/覆盖分类系统保持一致，参考其分类体系，将土地利用类型归结为 6 个一级类，即本文界定的景观类型，分别为耕地、林地、草地、水域、建筑用地和未利用地。

3.2. 风险等级划分

为了将生态风险指数空间化，在此结合前人相关研究经验^[3-11]，考虑研究区空间异质性和斑块大小的基础

Risk Analysis and Crisis Response in Big Data Era (RAC-16)

上,将研究区划分成 10km×10km 的方格,方为等间系统法,计 12901 个生态风险小区。在此基础上计一个风险小区的综合生态风险指数。

3.3 景观生态风险指数构建

生态风险大小取决于区域生态系统受外部干扰和内部能力的大小,不同景观类型在景观能的体现上在别,具有不同的感程度。本文从区域生态系统景观结构出发,前人的研究成果^[2-15],取景观干扰指数、度指数和度指数构建综合生态风险指数,进而分析景观生态风险大小及变化况。具体指标构建过程下

(1)景观干扰指数 U_i 。用来反映不同景观类型受到外部干扰的程度,区域所受干扰大,生态风险

大。基于管格局分析,构建出景观干扰指数,其为

$$U = aC + bF_i + cD_i \quad (1)$$

其中,景观破碎度指数

$$= 1/A_i \quad (2)$$

景观分离度指数

$$= \sqrt{2/P_i} \quad (3)$$

景观优势度指数

$$D = dL + eP \quad (4)$$

中 i 不同景观类型。 N_i 为评价区景观类型 i 的斑块个数; A_i 为景观类型 i 的面积;

$$= 1/A, \quad 1/A, \quad A \text{ 为研究区景观面积};$$

$$= 1/A, \quad N \text{ 为研究区内斑块个数。} a、b、c、$$

$d、e$ 为重, $a+b+c=1, d+e=1$; 据分析平衡研究区实状况,前人研究成果^[12],综合分析各类景观指数对生态环境的大小,从而为 $a、b、c$ 的分别为 0.5、0.3 和 0.2; $d、e$ 的重分别为 0.6 和 0.4。

(2)景观度指数 V_i 。用来反映不同景观所

生态系统内部结构的性,反映出不同景观类型对外部干扰能力的大小。能力小,度大,生态风险大。对研究区景观类型实况,

前人分析研究^[7-16],用分法,将东北地区各景观类型的度指数分为 6 级,分别为未利用地为 6,水域为 5,耕地为 4,草地为 3,林地 2,建筑用地为 1,计时进行归一化处理后得到各景观

类型度指数 V_i 。

(3)度指数。用来反映不同景观类型所生态系统在受到自然和人为双重干扰时其自然属性的程度,用景观度指数 LL_i 示。

$$LL = \quad (5)$$

(4)景观生态风险指数。该指数可描述个风险小区综合生态环境的程度。

$$ER_k = \sum_{i=1}^m \left(\frac{V_i}{LL} \right) \quad (6)$$

中, ER_k 为 k 个风险小区的综合生态风险指数;

为各类景观的生态受指数; A_{ki} 为 k 个风险小区内 i 种土地利用类型的面积, A_k 为风险小区的面积。

本文景观格局指数的计,由景观分析件

Fragstats 3.3 计得出,同时基于 ArcGIS 件平及平均加减标准方法对景观生态风险进行空间展与分级。

4. 结果与分析

4.1 东北地区景观指数的时序变化

东北地区景观指数的时序变化

1980-2010 年,东北地区土地利用发生的较大的变化。由 1 可,景观斑块数由 1980-1990 年期间,发生了大的变化,从 1980 年 35710 个至 1990 年 79443 个,长率为 122.47%,斑块度也由 0.0289 至 0.0639,景观多样性指数 SHDI 与景观均度指数

SHEI 也有所加。结果明 1980-1990 年期间,东北地区土地利用程度逐渐加大,致使景观斑块个数逐

Risk Analysis and Crisis Response in Big Data Era (RAC-16)

渐加。1990-2000年,景观斑块个数较为稳定,但减少趋势,但1990-2010年间,SHDI与SHEI指数有加,分别至1.2708与0.7092,表明在此期间区域景观类型趋于均衡化分布。

1 1980 - 2010 东北地区景观格局变化

年	NP	PD	SHDI	SHEI
1980	35710	0.029	1.211	0.675
1990	79443	0.064	1.270	0.709
2000	78597	0.063	1.266	0.706
2010	77172	0.062	1.271	0.709

而从下面的2可以看出,1980-2010年间,东北地区所有景观类型的面积有所变动,其中,耕地面积比一大,有明显增加趋势,1980、1990、

2000和2010年,

百分比分别为28.65%、31.49%、33.20%

和33.24%,耕地为研究区主要景观类型;建筑用地增幅更为明显,呈现增加的趋势。林地、草地面积均有不同程度的减少,尤其是草地降幅大。同时

研究区各类经营的景观斑块数有不同程度的增加,尤其是建筑用地和林地从1980年4444和6729个加至1990年19714和12892个,到2000年加至20040和13275个,到2010年加至20412和13426个,使得这2种景观类型的破碎度指数均有所增加,景观破碎化程度增加。不同的是,自1990年,耕地面积增加而景观斑块数不减少,景观分离度也不减少,因此其度指数也呈现出减少的趋势。研究期间,未利用地和水域的景观度指数较大。对于未利用地,其转化为其他景观类型的面积有限^[2],面积有减少但斑块数目增加,景观破碎度和干度指数大;同时,对于水域来,面积有加,但景观破碎度指数和干度指数也有明显的大。加之这两种景观本度指数极高,也是成为其景观度指数较大的重要原因之一。

2. 1980 - 2010 年东北地区各景观格局及其指数时序变化

景观类型	年	面积比	NP	Ci	Fi	Di	Ui	Vi	LLi
耕地	1980	28.65%	8569	0.0002	0.0145	0.2586	0.0562	0.1905	0.0107
	1990	31.49%	14367	0.0004	0.0171	0.2345	0.0522	0.1905	0.0099
	2000	33.20%	13683	0.0003	0.0158	0.2372	0.0524	0.1905	0.0100
	2010	33.24%	13667	0.0003	0.0158	0.2392	0.0527	0.1905	0.0100
林地	1980	42.55%	6729	0.0001	0.0087	0.2833	0.0593	0.0952	0.0056
	1990	41.09%	12892	0.0003	0.0124	0.2617	0.0562	0.0952	0.0054
	2000	40.83%	13275	0.0003	0.0127	0.2647	0.0569	0.0952	0.0054
	2010	40.90%	13426	0.0003	0.0127	0.2680	0.0575	0.0952	0.0055
草地	1980	25.76%	11955	0.0004	0.0191	0.3039	0.0667	0.1429	0.0095
	1990	22.11%	21066	0.0008	0.0294	0.2475	0.0587	0.1429	0.0084
	2000	20.61%	20494	0.0008	0.0311	0.2389	0.0575	0.1429	0.0082
	2010	20.20%	19326	0.0008	0.0309	0.2310	0.0558	0.1429	0.0080
水域	1980	1.27%	2438	0.0016	0.1749	0.0460	0.0625	0.2381	0.0149
	1990	1.94%	8827	0.0037	0.2169	0.0744	0.0818	0.2381	0.0195
	2000	1.90%	8651	0.0037	0.2198	0.0736	0.0825	0.2381	0.0196
	2010	1.92%	8046	0.0034	0.2091	0.0702	0.0785	0.2381	0.0187
建筑用地	1980	0.83%	4444	0.0043	0.3610	0.0780	0.1261	0.0476	0.0060
	1990	2.72%	19714	0.0058	0.2318	0.1598	0.1044	0.0476	0.0050
	2000	2.83%	20040	0.0057	0.2242	0.1643	0.1030	0.0476	0.0049
	2010	3.11%	20412	0.0053	0.2060	0.1711	0.0987	0.0476	0.0047
未利用地	1980	0.94%	1575	0.0014	0.1908	0.0302	0.0640	0.2857	0.0183
	1990	0.64%	2577	0.0032	0.3536	0.0220	0.1121	0.2857	0.0320
	2000	0.63%	2454	0.0031	0.3517	0.0213	0.1113	0.2857	0.0318
	2010	0.63%	2295	0.0029	0.3390	0.0204	0.1072	0.2857	0.0306

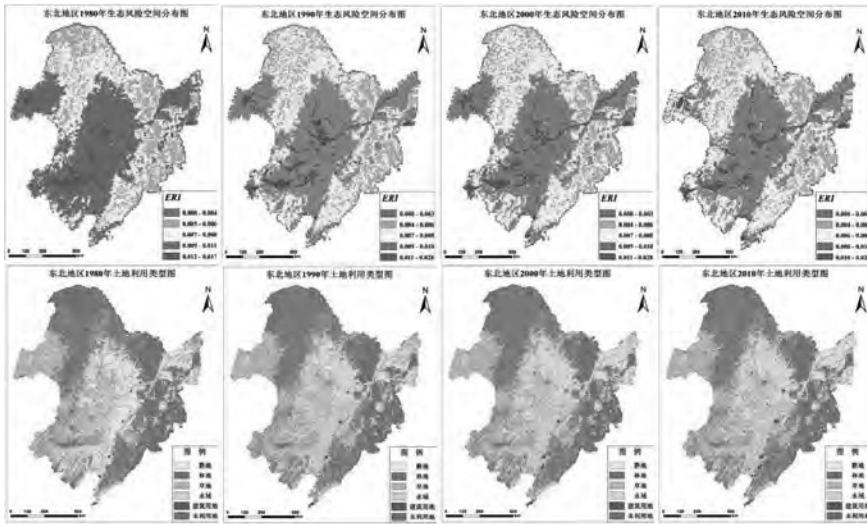


图 2. 1980、1990、2000 和 2010 研究区生态风险（上）及土地利用类型（下）空间分。

4.2. 东北地区生态风险时空分析

本研究基于 ArcGIS 件平 及景观生态风险指数，得到东北地区 1980-2010 年区域土地利用类型与生态风险空间分 图（图 2），同时将各等级生态风险区 比（图 3）。体来看，东北地区平原生态风险程度较高，林区及山区生态风险程度较，但有 高的 势。1980 年研究区处于 、较 生态风险的面积 比分别为 4.20%和 18.55%，主要分 于区域北部和东南部，大、小 及长 山等林区。中等风险比 29.61%，和 、较 风险区 分。这些地区林地是其 主要的景观类型，景观 性程度较，因此其生态风险程度较。处于较高和高风险区主要分于东北平原、松嫩平原、三江平原和呼伦贝尔高原区，主要景观为耕地和草地，其中较高风险区 比 44.00%，高风险区 比 3.64%， 高风险区内多水域和未利用地分 其中。这些地区人类对其干较，开发 度较大，景观自 性程度也较高，因此这些区域风险度较大。与 1980 年相比，1990、2000 与 2010 年生态风险的空间分 未有较大的变

化，各风险等级 比的 动幅度也较为平。 、较 和较高风险区 比下降，而中等风险和高风险区现 比上升。变化区域主要集中在区域西部呼伦贝尔高原处。体来看，东北地区生态风险受中等风险和较高风险所主导，生态风险 况不容 。

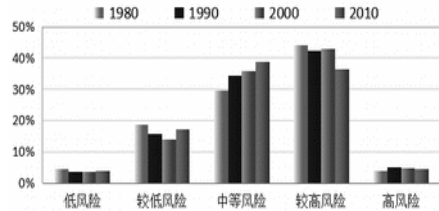


图 3. 1980、1990、2000 和 2010 年研究区各级生态风险面积比例

4.3. 生态风险转换分析

各等级生态风险区面积减少与 加 出现，相 的面积不能明 得，为了更好地研究各等级生态风险的相 关系，本文运用生态风险 分析各等级风险区的变化 况（图 3）。由 3 可， 各等级风险区的自 化外，生态风险各级别之间均有相 化，但高风险区向 和较 风险区基本

。研究期内，区域生态风险等级由、较风险向较高和高风险化，面积为 $5499.9 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，而生态风险等级由高向化的面积仅 $1175.9 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。明近年来东北地区实的生态保护使得局部

地区生态环境有所改，生态风险降，但是由于生态保护的后性及生态环境的性，高风险区域生态能短时间内以，体于化，生态风险高的势。

3 1980-2010 年生态风险 (1×10⁴km²)

生态风险等级	风险	较 风险	中等风险	较高风险	高风险	1980 计
风险	38803.67	7177.18	4241.33	1214.11	1123.58	52559.86
较 风险	2657.24	147606.39	83084.67	3161.62	306.82	236816.74
中等风险	714.78	37890.13	300666.04	43285.96	1838.17	384395.08
较高风险	259.92	915.99	96352.25	441457.08	32113.27	571098.51
高风险	0.00	0.00	673.94	21800.73	20860.07	43334.74
2010 计	42435.61	193589.69	485018.23	510919.49	56241.90	1288204.93
面积 变化	-10124.25	-43227.05	100623.15	-60179.02	12907.17	-

5. 结论与 论

5.1. 结论

本文通过 1980、1990、2000 和 2010 年四期土地利用数据，在 GIS 技术的支持下，基于景观格局指数构建区域景观生态风险指数，通过划分风险小区，建生态风险，量化的揭示了东北地区生态风险时空特征，研究结果与研究区生态环境状况相合。研究结果揭示出区域东北平原、松嫩平原、三江平原等区域生态风险程度较高，大、小地区生态风险程度相对较，但有逐渐发展的势，得生态环境保护部 f1-f7 以重。此外，研究结果明在较短时间内尺度上，土地利用格局能

反映出人类活动对生态环境的影响，因此基于景观生态学进行区域生态风险评价是可行合理的的一种技术手段。

5.2. 论

本文研究通过四期土地利用数据进行分析，研究发现着区域耕地与建筑用地的长，近 40 年来草地与林地面积明显下降。研究期间草地与林地大多数化为耕地与建筑用地。这明区域对草地和林地开发利用程度较，正研究结果所示，高度的开发利用土地资源，进一大区域生态风险。但 2000-2010 年以来，草地与林地降幅，明区域实行的耕林(草)及其生态保护得到了较为有的开展。同时本文划分生态风险小区，揭示出区域生态风险空间分况，但该小区是以均质方划分的，以考虑区域内部各生态能区的观变化，在此基础上有进一研究。

基于景观尺度的东北地区生态风险评价及其时空分异的研究，可为东北地区结构型时进行合理的区域开发建设、生态环境保护及重点区域提供可的科学依据，进而实合理的生态风险管理^[16]。未来综合区域、经济和生态环境的其因素，对东北地区生态环境提供更加实与准的考与分析，这也是本文研究的不足。

Acknowledgements

This study was supported by National"Twelfth Five-Year" Plan Project for Science and Technology Support (No. 2013BAK05B01) and Natural Science Foundation of Inner Mongolia Autonomous Region (No.2013ZD08), and Inner Mongolia Normal University major project to cultivate special project(No.2013ZDPY04) and oppening subject of Key Laboratory of Vegetation Ecological Sciences, Ministry of Education.

致

本研究得到了资目“二五”科技支计划目资(2013BAK05B01)内蒙古自治区自然基(2013ZD08)和内蒙古大学重大目(2013ZDPY04)以及被生态科学部重点实验室的开题的支。

参考文献

[1] 建, 序, 等.基于景观格局一过程的城市自然灾害生态风险研究:与展.地球科学进展. 2014, (10): 1186-1196.
 [2], , 等.干旱区内陆比区域景观

- 生态风险评价及时空分异. 用生态学报. 2016, (01): 233-242.
- [3] 高 , 小 , 等.基于景观格局的沿海经济开发区生态风险分析.生态学报. 2011, (12):3441-3450.
- [4] , 西 , 向 .山东省沿海区域景观生态风险评价.生态学 . 2014 ,(01): 214-220.
- [5] , , 等.基于景观格局的龙江流域生态风险评价与管理. 用生态学报. 2014, (07): 2041-2048.
- [6] Pennington Deana D,Collins Scott L.Response of an aridland ecosystem to interannual climate variability and prolonged drought. Landscape Ecology. 2007,22(6): 897-910.
- [7] , , 水.江 沿海地区景观格局的生态风险研究.水土保持研究. 2015 ,(01):241-245.
- [8] Wu Xing, Shen Zhenyao, Liu Ruimin, et al. Land Use/Cover Dynamics in Response to Changes in Environmental and Socio-Political Forces in the Upper Reaches of the Yangtze River, China. SENSORS..2008,8(12): 8104-8122.
- [9] 学工,林 平, 在 等. 河三角 湿地区域生态风险评价.北 大学学报(自然科学). 2001,(01):111-120.
- [10] 加林, , 等. 江省海 带景观生态风险格局 变研究.水土保持学报. 2016, 30(1): 293-299.
- [11] 学 , 基, 等.基于景观格局的干旱内陆河流域生态风险分析—以 河流域为例. 自然资源学报. 2014, (03): 410-419.
- [12] 建, , 序等.景观生态风险评价研究进展与展 .地理学报. 2015 (04): 664-677.
- [13] 一, , § H 等.1961-2013 年东北三省极端气候事件时空格局及变化.资源学. 2015,37(12):2501-2513,.
- [14] 方.全治, 长 等.21 前 年的中国土地覆盖变化. 四 研究. 2014 ,(04): 723-731.
- [15] , 方, H松, .基于 收支的中国土地覆被分类系统. 生态学报. 2014,34(24): 7158-7166.
- [16] Zhang R, Zou H,Hong M,et al.Risk Analysis of Water Resources Crisis in the Lancang-Mekong River Drainage Basin under the Background of Climate Change. Journal of Risk Analysis and Crisis Response. 2012,2(3):209-213.