

北方农牧交错带界线变迁区的土地利用与景观格局变化

刘军会, 高吉喜^{*}

(中国环境科学研究院生态研究所, 北京 100012)

摘要: 交错带是相邻生态系统的边缘交汇带, 是陆地生态系统对全球变化和人为干扰响应较为敏感的地段。在全球气候变化和人为干扰的影响下, 北方农牧交错带的地理位置和界线不断变迁, 界线变迁区的土地利用和景观格局也处于快速的变化之中。该文基于气象和土地利用数据, 利用遥感、GIS 技术和景观生态学方法, 界定了北方农牧交错带及界线变迁区的地理位置, 并分析了 1986—2000 年界线变迁区的土地利用和景观格局时空变化特征。结果显示: (1) 北方农牧交错带的西北界、东南界缓冲区土地利用结构变化、不同地类之间的相互转化及土地利用动态变化存在明显区域差异; (2) 西北界、东南界缓冲区景观重心迁移的距离和方向、景观格局变化呈现出不同的特征。

关键词: 北方农牧交错带, 界线变迁区, 土地利用, 遥感, GIS 技术, 景观格局, Fragstats3.3

中图分类号: F301.24, P901

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2008)-11-0076-07

刘军会, 高吉喜. 北方农牧交错带界线变迁区的土地利用与景观格局变化[J]. 农业工程学报, 2008, 24(11): 76—82.
Liu Junhui, Gao Jixi. Changes of land use and landscape pattern in the boundary change areas in farming-pastoral ecotone of Northern China[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(11): 76—82.(in Chinese with English abstract)

0 引言

土地利用动态变化研究是全球环境变化研究的重要课题^[1], 也是引起区域环境变化的关键要素。人类通过土地利用方式的改变而作用于整个陆地生态系统, 直接改变了生态系统的类型, 从而改变了生态系统的结构和功能, 其影响程度在很多区域已远远大于任何自然因素的作用。在“国际地圈与生物圈计划”(IGBP)和“全球环境变化人文计划”(IHDP)的共同推动下, 有关土地利用/土地覆被变化的研究已成为当前全球环境变化研究领域的核心内容之一^[2,3]。景观格局动态变化指景观结构、功能、空间格局随时间的变化情况^[4,5], 是景观生态学研究的核心问题之一, 目前仍是景观生态学中的一个研究热点。景观的格局变化是景观内部各种矛盾与外部作用力相互作用的结果与表现, 是景观从一种状态到另一种状态的转变过程^[6,7]。在对景观结构组成特征和空间配置关系的分析中, 景观格局指数能够高度浓缩景观格局信息, 反映其结构组成和空间配置等某些方面的特征。通过对景观格局的分析, 有助于探索自然因素与人类活动对景观格局及动态过程的影响^[8]。基于反映土地利用/土地覆被状况的遥感影像并结合景观格局指数是景观格局分析的重要方法^[9-11], 使生态过程与空间格局相互关联的度量成为可能, 在地学等相关领域得到了普遍应用^[12]。

北方农牧交错带地理位置的界定主要以限制种植业

分布的农业气候条件为主^[13-17]。近几十年来, 在全球变暖、区域降水变率大等气候变化和过度放牧、耕地北扩等人类活动的影响下, 北方农牧交错带的界线不断发生变迁, 这也使得界线变迁区的土地利用和景观格局处于连续、复杂的变化之中。目前对北方农牧交错带的研究主要集中于整个区域的环境演变^[18,19], 生态环境变化^[20,21]、土地利用变化^[22-24]和荒漠化^[25,26]等方面。依据区域内部由中心向外生态系统愈加不稳定的梯度变化理论, 处于交错带边缘的界线变迁区的生态环境变化更加敏感、土地利用和景观格局变化也更加活跃, 但相关研究较为缺乏。北方农牧交错带作为今后中国经济发展的第二条“黄金带”和生态建设的重点地区, 近期土地利用变化处于不断调整的过程中。本文基于气象和土地利用数据, 利用遥感、GIS 技术和景观生态学方法, 识别出北方农牧交错带界线变迁区的地理位置, 并分析了该区域土地利用和景观格局的时空变化特征。这不仅对研究区域土地利用变化特点、机制和探讨景观演化与人类活动之间的关系具有重要理论意义, 而且对分析北方农牧交错带界线变迁的生态效应、耕地北扩阈值及指导区域土地利用政策具有重要现实意义。

1 研究区概况及数据

1.1 自然概况

北方农牧交错带位于中国内蒙古高原东南边缘和黄土高原北部, 包括内蒙古、黑龙江、吉林、辽宁、河北、山西、陕西、甘肃、宁夏 9 个省(自治区)的 154 个县(旗、市), 南北纵跨 10 多个纬度, 东西横跨 20 多个经度, 面积 62.1 万 km², 人口约 7 千万; 北方农牧交错带为典型的温带半干旱大陆性季风气候, 风大, 干旱少雨, 年平均温度 0~8℃, 年平均降水量 300~450 mm, 年降水变率 15%~30%; 植被自东向西由森林草原带过渡到典型草原带和荒漠草原带, 是典型的干草原植被类型;

收稿日期: 2007-08-09 修订日期: 2008-03-18

基金项目: 国家科技支撑计划资助项目(2007BAC16B02)

作者简介: 刘军会(1976—), 男, 河北保定市人, 博士, 主要从事区域土地利用变化及生态效应研究。北京 中国环境科学研究院生态研究所, 100012。Email: liujunhuide@sohu.com.

*通讯作者: 高吉喜(1964—), 男, 内蒙古呼和浩特市人, 研究员, 博士, 博士生导师, 主要从事区域生态学、GIS、区域可持续发展等领域的研究。北京 中国环境科学研究院生态研究所, 100012。Email: gaojx@craes.org.cn

土壤类型以栗钙土和棕壤为主；大多数地区海拔在 1000 m 以上，地貌复杂多样，以内蒙古高原为主体，丘陵、山地、沙地、河流和湖泊并存。

1.2 数据及处理

本研究中所用的数据均集成到同一坐标系统下，投影方式为双标准纬线等面积圆锥 (Albers) 投影，采用的椭球体为 Krasovsky 椭球体，主要参数：中央经线 105°，原点纬线 0°，第一标准纬线 $N_1=25^\circ$ ，第二标准纬线 $N_2=47^\circ$ 。

1.2.1 气象数据

气象数据涉及北方农牧交错带 9 省、自治区 (蒙、黑、吉、辽、冀、晋、陕、甘、宁) 的 218 个气象站点，包括年平均降水量、年平均温度和年蒸发量资料，时间序列 1961—2005 年，数据来源于国家气象信息中心气象资料室。降水、温度和蒸发资料采用克立格插值法 (Kriging) 进行空间插值，为便于直接生成栅格插值图形，插值过程在 ArcGIS 的空间分析模块中进行。生成的气象要素等值线分 4 个 10 年际 (1961—1970 年、1971—1980 年、1981—1990 年、1991—2000 年)、1 个 5 年际 (2001—2005 年) 和 1 个多年平均 (1961—2005) 共 6 个时段进行比较。本研究选取的干燥度指数 (aridity index) 公式为：

$$A = P/EPT \quad (1)$$

式中 A ——干燥度指数； P ——降水量； EPT ——年总蒸发量。

1.2.2 土地利用数据

9 省、自治区的土地利用数据来源于全国生态环境调查数据库，时间为 1986 年和 2000 年。利用遥感影像提取土地利用/覆盖变化信息主要通过目视解译。土地利用/覆盖分类体系根据遥感影像的可解译性以及研究区土地的自然属性，参考刘纪远^[27]提出的分类体系，将土地利用类型划分为 6 类 (林地、草地、耕地、建设用地、水域及未利用地)。目视解译在 Arc/INFO 环境下进行，以裁选的遥感影像作为判读底图，分层提取目标地类，并配合实地调查，将解译精度控制在 1 个像元内，数据以 Coverage 和 Grid 格式存储，图像空间分辨率为 1 km×1 km。

2 北方农牧交错带和界线变迁区的界定

2.1 北方农牧交错带的界定

中国关于北方农牧交错带的界定，源于赵松乔^[13]于 1953 年提出的“农牧交错过渡地带”。此后，大量学者从不同领域、不同角度和不同研究目的对其位置进行了重新界定。本文从农业气候要素入手，在参考赵哈林等^[16]的最新研究成果基础上，重新界定了北方农牧交错带的地理位置 (见图 1)。界定指标包括：(1) 以年降水量 400 mm 等值线为中心；(2) 降水年变率 15%~30%；(3) 干燥度指数 0.2~0.5；(4) 用多年平均降水量 300 mm 和 450 mm 等值线修订赵哈林等界定的西北界和东南界，减弱以行政区划管理带来的负面作用。

2.2 界线变迁区的界定

界线变迁区是指不同年代北方农牧交错带界线变迁

所达到的主要范围，它位于交错带边缘且生态环境对外界干扰更为敏感。其范围的界定包括 3 个步骤：

1) 依据各年代的气象要素情况 (见表 1)，分别界定出不同年代北方农牧交错带的地理位置 (见图 1)。

2) 从不同年代界线变迁图 (见图 1) 可看出，各年代的界线基本上以 45 a 平均位置为中心来回波动，西北界、东南界之间的最短距离为 106.9 km。为此，以界线平均位置的东南界和西北界为中心，向两侧各作 50 km 的缓冲区作为变迁区 (图 2)。

表 1 1961~2005 年各年代气象要素
Table 1 Meteorological factors in different decades during 1961—2005

年代	降水/mm		温度/℃		干燥度指数	
	范围	平均值	范围	平均值	范围	平均值
1960s	286~643	425.6	-1.5~9.6	5.57	0.13~0.42	0.24
1970s	238~649	399.3	-1.5~9.8	5.73	0.11~0.45	0.23
1980s	253~659	412.3	-0.9~9.8	6.03	0.12~0.48	0.25
1990s	237~643	399.2	-0.2~10.6	6.65	0.13~0.48	0.23
2000s	253~594	375.9	-0.4~10.8	6.81	0.12~0.44	0.22

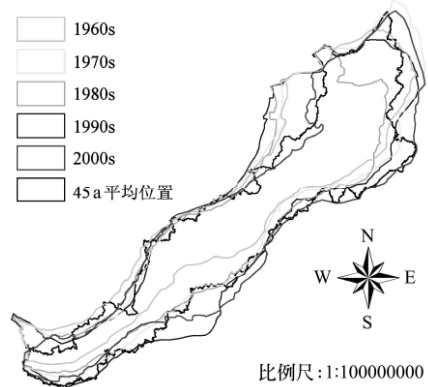


图 1 北方农牧交错带位置及其界线变迁
Fig.1 Location and boundary line changes in farming-pastoral ecotone of Northern China

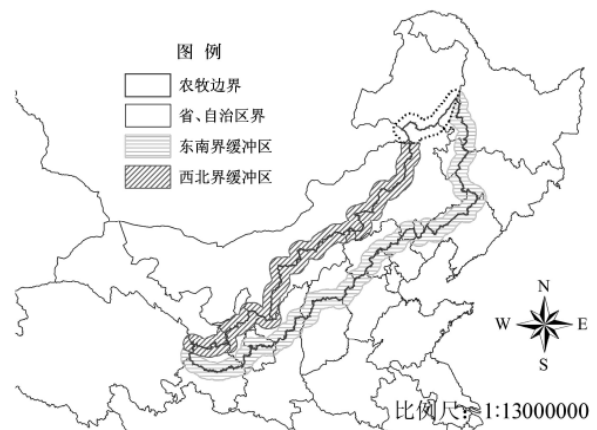


图 2 北方农牧交错带界线缓冲区
Fig.2 Buffer zones of boundary in farming-pastoral ecotone of Northern China

3) 图 2 中，西北界缓冲区有一小段出境，且虚线部分主要为北部林地和南部草地的过渡带，故不作为研究

范围。最终界定的东南界、西北界变迁区面积分别为 3431.3 万 hm^2 和 2555.7 万 hm^2 。

3 界线变迁区土地利用变化特征

3.1 土地利用结构变化

从图 3 可看出, 东南界缓冲区南靠农区, 耕地所占比例较大, 占 40% 多, 其次是草地、林地; 西北界缓冲区北临牧区, 草地占优势, 占 60% 多, 其次是耕地和未利用地。1986—2000 年这 14 a 间, 两个缓冲区内土地利用变化方向一致的是草地、建设用地、水域和未利用地, 前两者面积增加, 后两者面积减少; 而耕地、林地的变化方向则相反。东南界缓冲区耕地减少、林地增加, 这与局部地区提前的退耕还林还草、撂荒和城镇化、工矿占用农田有直接关系。西北界缓冲区耕地增加、林地减少, 这是由耕地持续北扩与林地不断被破坏所致。

3.2 土地利用转移矩阵

为更加形象、直观地描述北方农牧交错带不同地类之间的相互转化, 在 Arc/INFO 环境下用 Combine 命令将 1986 和 2000 年的 2 期土地利用 Grid 数据叠加, 得到不同地类之间的转移矩阵 (表 2)。

3.2.1 土地利用类型间的相互转化

由表 2 可知, 14 a 间土地转入和转出最大的地类都是草地。不同地类之间的相互转换主要集中于耕地、草地之间。耕地转入、转出最大的地类都是草地; 草地转出最大的地类是耕地; 草地转入最大的地类在东南界缓冲区是耕地, 而在西北界缓冲区是林地。在西北界缓冲区林地净减少了 855347 km^2 , 是减少最多的地类, 耕地净增加 899555 km^2 , 是增加最多的地类; 在东南界缓冲区

耕地净减少 778710 km^2 , 是减少最大的地类; 建设用地增加了净 647433 km^2 , 是增加最大的地类。

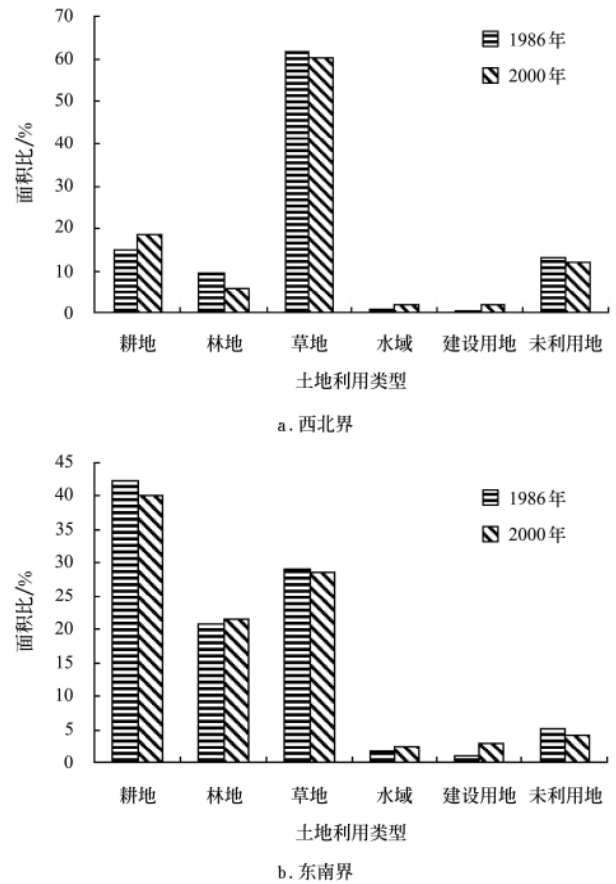


图 3 缓冲区土地利用结构变化

Fig.3 Structural changes of land use in buffer zone

表 2 缓冲区土地利用转移矩阵
Table 2 Transition matrix of land use in the buffer zones

		2000 年							hm ²
		耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地	转出	
1986 年	耕地	西北界	2183306	94293	1222105	54599	161740	123431	1656168
		东南界	9037465	1143515	3295102	174474	599335	266969	5479395
	林地	西北界	249907	653446	1258224	20726	22558	163195	1714610
		东南界	1339621	3932841	1697489	37429	62766	36110	3173415
	草地	西北界	1921261	641321	11401846	120094	126801	1551506	4360983
		东南界	2798124	2220868	4293480	153666	93853	456970	5723481
	水域	西北界	30500	3890	26324	110948	2922	19713	83349
		东南界	90243	23697	54561	339142	8280	70917	247698
	建设用地	西北界	18158	2447	14206	2061	53835	3889	40761
		东南界	92353	7580	24023	5566	192329	16591	146113
	未利用地	西北界	335897	117312	1512298	76330	29227	1226498	2071064
		东南界	380344	99773	504185	98053	29312	631442	1111667
	转入	西北界	2555723	859263	4033157	273810	343248	1861734	
		东南界	4700685	3495433	5575360	469188	793546	847557	
净变化	西北界	899555	-855347	-327826	190461	302487	-209330		
	东南界	-778710	322018	-148121	221490	647433	-264110		

3.2.2 沙地变化

在气候暖干化和人类活动的共同作用下, 迄今中国土地荒漠化仍处于“局部逆转、整体扩展”的严重局面,

且扩展速率越来越大。贺兰山以东的半干旱北方农牧交错带及其周边地区是荒漠化土地集中分布区, 约占全国荒漠化土地面积的 80% 多, 年均增长率约 1.4%。为进一

步探求北方农牧交错带界线变迁区土地沙化的来源，本文分析了西北界、东南界缓冲区内土地沙化状况（表 3）。尽管西北界缓冲区面积仅为东南界缓冲区面积的 3/4，但前者沙化土地面积却是后者的 28 倍，荒漠化程度更高。不同缓冲区内沙化土地面积最大的都是草地。土地快速沙化使得大面积土地资源失去可利用价值，高、中覆盖草地的大量流失直接影响到交错带畜牧业的发展，裸露的土地加剧了水土流失。

表 3 缓冲区土地沙化状况

Table 3 Status of land desertification in the buffer zones

土地利用类型	转成沙地/hm ²	
	西北界缓冲区	东南界缓冲区
草地	高覆盖草地	112420
	中覆盖草地	453313
	低覆盖草地	423739
	合计	989472
林地	105774	300
耕地	53075	10749
合计	2296642	82864

3.3 综合土地利用动态度模型

土地利用变化速率的区域差异可以用综合土地利用动态度模型来表述，以便在不同空间尺度上找出土地利用变化的热点地区^[28]。即

$$LC = \left(\frac{\sum_{i=1}^n \Delta LU_{i-j}}{2 \sum_{i=1}^n \Delta LU_i} \right) \times \frac{1}{T} \times 100\% \times 100 \quad (2)$$

式中 LU_i ——研究期初 i 类土地利用类型面积； ΔLU_{i-j} ——研究时段内 i 类土地利用类型转为非 i 类 (j 类, $j=1 \dots n$) 土地利用类型面积的绝对值； T ——研究时段, T 的时段设定为年； LC ——该区 T 时段内的综合土地利用年变化率。为研究方便，将其扩大 100 倍。

图 4 显示，东南界缓冲区内土地利用快速变化的区域主要位于北部—黑龙江、吉林和辽宁的西部地区。人口集中、经济发展较快和土地大规模开垦是引起该区土地利用变化速率大的主要原因。中、西部地区土地利用

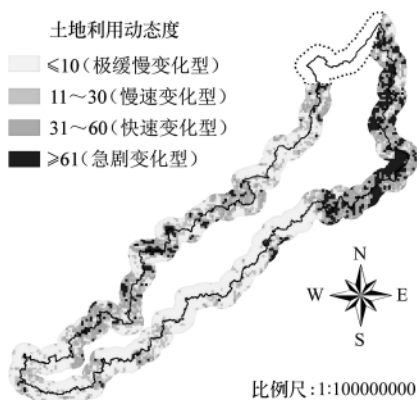


图 4 土地利用动态度
Fig.4 Dynamic degree of land use

变化速率很小。西北界缓冲区内土地利用快速变化的区域主要位于中部，特别是在内蒙古自治区的呼、包、鄂地区，这里煤矿资源丰富，作为内蒙古经济发展的“金三角”，土地开垦规模和速率都较大。

4 变迁区景观格局变化特征

4.1 景观类型重心迁移

引入重心模型对界线变迁区景观的空间变化进行分析，重心模型可以较好的从空间上反映各景观类型的时空演变过程。本文用区域质心函数计算景观的重心^[29]，

(1) 在 Arc/INFO 的 grid 模块下，用 Zonalcentroid 命令得到各类域重心所在的空间单元；(2) 再用 Gridpoint 和 Ungenerate 命令，得到各类域重心分布的地理坐标；(3) 各景观类型重心迁移的距离和方向，根据重心坐标，采用欧式距离模型计算^[30]。

从 1986—2000 年景观重心变化（见图 5、表 4）可看出，西北界、东南界缓冲区内重心迁移方向相同的是耕地、林地和水域，迁移方向不同的是草地、建设用地和未利用地。

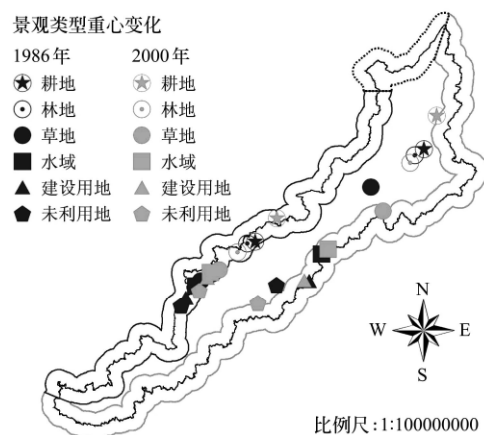


图 5 景观重心变迁
Fig.5 Changes of landscape gravity centers

表 4 缓冲区景观重心变化

Table 4 Landscape gravity centers change in the buffer zones

		1986 年重心坐标		2000 年重心坐标		迁移距离 /m	迁移方向
		X	Y	X	y		
耕地	西北界	634246	4488510	724044	4585610	132257.4	北偏东
	东南界	1337464	4875493	1390640	5014893	149198.2	北偏东
林地	西北界	601346	4480210	560544	4443610	54812.3	南偏西
	东南界	1300064	4850393	1280440	4818993	37027.6	南偏西
草地	西北界	406046	4323210	484444	4370610	91613.1	北偏东
	东南界	1116864	4716793	1167840	4616693	112332.6	南偏东
水域	西北界	386346	4301210	447044	4358210	83265.9	北偏东
	东南界	910764	4436093	938040	4456593	34121.1	北偏东
建设用地	西北界	344446	4252110	432744	4337410	122770.4	北偏东
	东南界	858664	4322893	837940	4325893	20939.6	北偏西
未利用地	西北界	325346	4219410	399844	4283010	97953.4	北偏东
	东南界	722964	4306393	645040	4229893	109198.6	南偏西

在西北界缓冲区，耕地重心向东北偏移 132257.4 m；

林地重心向西南偏移 54812.3 m; 草地重心向东北偏移 91613.1 m; 水域重心向东北偏移 83265.9 m; 建设用地向东北偏移 122770.4 m; 未利用地向东北偏移 97953.4 m。耕地重心北移是由于当地农民不断开垦草地, 耕地北扩所致; 草地重心北移是由于西北界缓冲区内草地退化、密度减小所致。

在东南界缓冲区, 耕地重心向东北偏移 149198.2 m; 林地重心向西南偏移 37027.6 m; 草地重心向东南偏移 112332.6 m; 水域重心向东北偏移 34121.1 m; 建设用地向西北偏移 20939.6 m; 未利用地向西南偏移 109198.6 m。耕地重心北移源于耕地北扩, 草地重心南移则是由于部分地区退耕、撂荒引起。

表 5 主要景观格局指数计算公式及其生态学意义
Table 5 Landscape pattern indices and their ecological meaning

景观指数	计算公式	生态学意义
Shannon 多样性	$SHDI = -\sum_{i=1}^m (P_i \cdot \ln P_i)$	SHDI 一反映景观类型的多少和各景观类型所占比例的变化。范围: $SHDI \geq 0$; P_i 一斑块 i 的景观比例
Shannon 均匀度	$SHEI = -\sum_{i=1}^m (P_i \cdot \ln P_i) / \ln m$	SHEI 一描述景观各组分分配均匀程度, 其值越大, 表明景观各组分分配越均匀。SHEI 一描述景观中各组分的分配均匀程度。范围: $0 \leq SHEI \leq 1$; m 一斑块数。
优势度	$D = H_{\max} + \sum_{i=1}^m P_i \ln P_i, H_{\max} = \ln m$	D 一景观多样性对最大多样性之间的偏差, 反映了一种或几种景观斑块支配景观格局的程度; H 一景观多样性指数; P_i 一斑块 i 的景观比例; m 一斑块数。
蔓延度	$CONTAG = -\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m P(i, j) \log P(i, j)$	CONTAG 一反映景观中不同斑块类型的非随机性或聚集程度。 $P(i, j)$ 一斑块 i 与斑块 j 之间的相邻概率; 范围: $0 < CONTAG < 100$; m 一斑块数。
分维数	$FRACT = 2 \ln P_{ij} / \ln a_{ij}$	FRACT 一反映人类活动对景观的干扰强度。范围: $1 \leq FRACT \leq 2$; P_{ij} 一斑块周长; a_{ij} 一斑块面积。

表 6 1986 和 2000 年景观指数
Table 6 Landscape indices in 1986 and 2000

		SHDI	SHEI	D	CONTAG	FRACT
西北界缓冲区	1986 年	2.1194	0.6584	1.0996	62.1808	1.0892
	2000 年	2.0772	0.6536	1.1009	57.7189	1.0864
东南界缓冲区	1986 年	1.9473	0.6090	1.2502	64.7895	1.0791
	2000 年	1.9827	0.6239	1.1952	57.8950	1.0778

从表 6 可知, 在 1986 和 2000 年, 西北界缓冲区的景观多样性指数、均匀度指数和分维数都大于东南界缓冲区, 而蔓延度指数、优势度指数小于东南界缓冲区。这反映出西北界缓冲区景观异质性更强、景观组分分布更均匀、受人为干扰程度较弱但景观空间连接性较差。

西北界缓冲区 Shannon 多样性指数由 2.1194 下降到 2.0772, Shannon 均匀度指数由 0.6584 下降到 0.6536, 这表明该区景观异质性下降, 景观组分趋向不均匀分布。东南界缓冲区 Shannon 多样性由 1.9473 增到 1.9827、Shannon 均匀度指数由 0.6090 增到 0.6239, 这表明景观异质性增强, 景观组分趋向均匀分布。西北界缓冲区优势度指数由 1.0996 增加到 1.1009, 优势斑块对景观的控制作用在增强, 斑块趋向异质化; 东南界缓冲区优势度指数由 1.2502 减小到 1.1952, 优势斑块对景观的控制作用在减弱, 斑块向均质化方向发展。

当景观类型中以少数大斑块为主或同一类型斑块高度连接时, 聚集度值较大, 反之较小。西北界、东南界缓冲区蔓延度均减少到 57.8 左右, 表明两个缓冲带内景

4.2 景观格局指数变化特征

以景观几何特征为基础的景观格局分析可以有效的反映 LUCC 的空间格局^[31]。目前对景观格局的研究主要集中于空间异质性和时间异质性问题^[32,33]。本文是在相对稳定的地域空间上, 探讨景观格局随时间的变化情况, 即时间异质性问题。根据各指标的生态学涵义, 从景观水平上选取 Shannon 多样性指数 (SHDI)、Shannon 均匀度指数 (SHEI)、优势度指数 (D)、蔓延度指数 (CONTAG) 和分维数 (FRACT) 等景观格局度量指标^[35,36], 其计算公式和生态学意义见表 5。借助 GIS 技术和景观格局分析软件 Fragstats3.3^[34]对景观格局指数进行了计算 (表 6)。

景观聚集度适中且小斑块数量增加, 空间连接性下降, 景观的破碎化程度较高, 空间分布趋向稳定。

分维数趋近于 1, 斑块的自相似性越强, 斑块形状越有规律、简单, 表明受干扰的程度越大。这是因为人类干扰所形成的斑块一般几何形状较为规则, 易于出现相似的斑块形状。分维数在西北界缓冲区由 1.0892 减小到 1.0864, 在东南界缓冲由 1.0791 增大到 1.0778, 说明斑块形状有规律、简单, 受人类干扰程度在西北界缓冲区变大, 在东南界缓冲区变小。

5 结论

1) 在全球变化影响下, 北方农牧交错带的地理位置和界线处在不断变迁中, 界线变迁区内的土地利用和景观格局发生了复杂的变化。本文在参考已有成果的基础上, 用农业气候指标重新界定了北方农牧交错带的地理位置, 并依据界线变迁特征, 通过建立缓冲区界定了界线变迁区的范围。

2) 土地利用结构在西北界缓冲区以草地为主, 在东南界缓冲区以耕地为主。1986—2000 年间不同土地利用类型之间发生了复杂的相互转化, 转化焦点集中于耕、草之间。西北界缓冲区土地沙化数量大且速率快于东南界缓冲区, 沙化土地主要来源于草地的退化。界线变迁区的土地利用动态变化存在明显区域差异。

3) 耕地和人类活动强度向北扩展引导了景观重心迁移的方向, 不同的景观重心变迁距离和方向都存在较大

差异。1986~2000 年, 西北界、东南界缓冲区景观异质性、景观组分和人类活动强度变化方向相反, 景观空间连接性变化方向相同, 空间分布整体趋向稳定。

4) 北方农牧交错带位于亚洲季风尾闾, 降水变率大, 降水的波动性诱发了人们垦殖的侥幸心理, 使生产方式不断变化于农业和牧业之间。从土地利用和景观格局变化角度分析北方农牧交错带的地理位置变迁, 为研究全球气候变化和人类活动对生态交错带界线变迁的影响提供了科学实践。

[参 考 文 献]

- [1] Turner B L II, Clark W C, Kates R W, et al. The earth as transformed by human action. Global and regional changes in the biosphere over the past 300 years [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- [2] Turner B L II, Skole D, Sanderson S, et al. Land use and land cover Change. Science/Research Plan [R]. HDP Report 7/IGBP Report 35, Stockholm and Geneva: IGBP and HDP, 1995.
- [3] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域—土地利用/土地覆盖变化的国际研究方向[J]. 地理学报, 1996, 51(6): 553—557.
- [4] Forman R T T, Godron M G. Landscape Ecology [M]. New York: John Wiley & Sons, 1986.
- [5] Turner M G, Gardner R H. Quantitative Methods in Landscape Ecology[M]. New York, Springer—Verlag, 1991.
- [6] 王宪礼, 胡远满, 布仁仓. 辽河三角洲湿地的景观变化分析[J]. 地理科学, 1996, 16(3): 260—265.
- [7] 张 明. 榆林地区脆弱生态环境的景观格局与演化研究[J]. 地理研究, 2000, 19(1): 30—36.
- [8] 肖笃宁. 景观生态学理论、方法与应用[M]. 北京: 中国林业出版社, 1991, 192—198.
- [9] 傅伯杰. 黄土区农业景观空间格局分析[J]. 生态学报, 1995, 15(2): 113—120.
- [10] 岳德鹏, 王计平, 刘永兵, 等. GIS 和 RS 技术支持下的北京西北地区景观格局优化[J]. 地理学报, 2007, 62(11): 1223—1231.
- [11] 丁圣彦, 梁国付. 近 20 年来河南沿黄湿地景观格局演化[J]. 地理学报, 2004, 59(5): 653—661.
- [12] 彭 建, 王仰麟, 张 源, 等. 土地利用分类对景观格局指数的影响[J]. 地理学报, 2006, 61(2): 157—168.
- [13] 赵松乔. 察北、察盟及锡盟——一个农牧过渡地区经济地理调查[J]. 地理学报, 1953, 19(1): 43—60.
- [14] 朱震达, 刘 恕, 杨有林. 试论中国北方农牧交错地区沙漠化土地整治的可能性和现实性[J]. 中国科学, 1984, 4(3): 197—205.
- [15] 王静爱, 徐 霞, 刘培芳. 中国北方农牧交错带土地利用与人口负荷研究[J]. 资源科学, 1999, 21(5): 19—24.
- [16] 赵哈林, 赵学勇, 张铜会, 等. 北方农牧交错带的地理界定及其生态问题[J]. 地球科学进展, 2002, 17(5): 739—747.
- [17] 李世奎, 候光良, 欧阳海, 等. 中国农业气候资源和农业气候区划[M]. 北京: 科学出版社, 1988.
- [18] 刘清泗. 中国北方农牧交错带全新世环境演变与全球变化[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 1994, 30(4): 504—510.
- [19] 张兰生, 方修琦, 任国玉, 等. 我国北方农牧交错带的环境演变[J]. 地学前缘, 1997, 4(1/2): 127—136.
- [20] 蒋卫国, 陈云浩, 李 京, 等. 中国北方农牧交错带生态环境的空间格局演变[J]. 自然资源学报, 2005, 20(6): 871—878.
- [21] 潘志华, 安萍莉, 刘亚玲. 北方农牧交错带生态系统自然环境变化研究—以武川县为例[J]. 中国农业资源与区划, 2003, 24(5): 37—41.
- [22] 陈云浩, 苏 伟, 武永峰, 等. 中国北方农牧交错带土地利用格局演变与模拟[J]. 中国科学(E), 2006, 36(增刊): 124—132.
- [23] 邹亚荣, 张增祥, 周全斌, 等. 中国农牧交错区土地利用变化空间格局与驱动力分析[J]. 自然资源学报, 2003, 18(2): 222—227.
- [24] 邓祥征, 战金艳. 中国北方农牧交错带土地利用变化驱动力的尺度效应分析[J]. 地理与地理信息科学, 2004, 20(3): 64—68.
- [25] 赵哈林, 赵学勇, 张铜会. 我国北方农牧交错带沙漠化的成因、过程和防治对策[J]. 中国沙漠, 2000, 20(增刊): 22—28.
- [26] 薛 娴, 王 涛, 吴 薇, 等. 中国北方农牧交错区沙漠化发展过程及其成因分析[J]. 中国沙漠, 2005, 25(3): 320—328.
- [27] 刘纪远. 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1996: 1—40.
- [28] 朱会义, 李秀彬. 关于区域土地利用变化指数模型方法的讨论[J]. 地理学报, 2003, 58(5): 643—650.
- [29] 叶庆华, 刘高焕, 严 钧, 等. 黄河三角洲景观分异格局及其新生湿地土地覆被景观重心演替规律[J]. 地球学报, 2003, 24(增): 167—173.
- [30] 高志强, 刘纪远, 庄大方. 我国耕地面积重心及耕地生态背景质量的动态变化[J]. 自然资源学报, 1998, 13(1): 92—96.
- [31] Felix H, Angela L, Eckhard M, et al. Landscape metrics for assessment of landscape destruction and rehabilitation[J]. Environmental Management, 2001, 27 (1): 91—107.
- [32] Poudevigne I, Alard D. Landscape and agricultural patterns in rural areas: A case study in the Brionne Basin, Normandy, France[J]. Journal of Environmental Management, 1997, 50(4): 335—349.
- [33] Turner M G. Spatial and temporal analysis of landscape pattern[J]. Landscape Ecology, 1990, 4 (1): 21—31.
- [34] 刘红玉, 李兆富. 流域土地利用/覆被变化对洪河保护区湿地景观的影响[J]. 地理学报, 2007, 62(11): 1215—1222.
- [35] 李景玉, 杨胜天, 徐宗学, 等. 三门峡水库回水变动区土地利用/土地覆被变化及其景观格局分析[J]. 农业工程学报, 2007, 23(3): 61—68.
- [36] Mc Gariga L K, Marks B. FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Reference manual[M]. Corvallis Oregon: Forest Science Department, Oregon State University, 1994.

Changes of land use and landscape pattern in the boundary change areas in farming-pastoral ecotone of Northern China

Liu Junhui, Gao Jixi^{*}

(Institute of Ecology, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China)

Abstract: The ecotone was defined as a transitional zone between two adjacent ecosystems, and it was the sensitive region of terrestrial ecosystems which is vulnerable to global change and human disturbance. Under the impact of global climate change and human disturbance, the location and boundary in farming-pastoral ecotone of Northern China are changing continually, and the land use and landscape pattern of boundary changing area are also changing quickly. Based on the meteorological data and land use data, by using RS, GIS technology and landscape ecological methods, the locations of farming-pastoral ecotone of Northern China and its boundary change area are defined, and the temporal and spatial changes of land use and landscape pattern are analyzed in boundary change area from 1986 to 2000. The main results reveal that: (1) The structural changes of land use, the alternative transformation of different land use types and the dynamic degree of land use have obvious regional differences in the buffer zones of northwest boundary and southeast boundary. (2) The distances and directions of landscape gravity centers transfer, and the changes of landscape pattern have their different characteristics in buffer zones of northwest boundary and southeast boundary.

Key words: farming-pastoral ecotone of Northern China, boundary change area, land use, remote sensing, GIS technology, landscape pattern, Fragstats3.3

欢迎订阅《农业工程学报》

《农业工程学报》是由中国科学技术协会主管、中国农业工程学会主办的国家一级学术期刊, 1985 年创刊。本刊被列为中国科技期刊引证报告 (CJCR) 分析和中国科学引文数据库 (CSCD) 的源期刊; 连续多年被选为全国中文核心期刊 (农业工程类中位居榜首); 被《农业科学—农业工程文摘》长期收录; 被 Ei Compendex Web、英联邦农业局国际生物中心 (CAB International)、美国《剑桥科技文摘》(Cambridge Scientific Abstracts, CSA)、美国《化学文摘》(Chemical Abstracts, CA)、俄罗斯《文摘杂志》、万方数据网—中国数字化期刊群、中国期刊网—中国学术期刊 (光盘版) 等国内外权威或著名检索系统固定收录。另外, 本刊还与美国农业工程师学会、韩国农业工程学会、日本土木工程学会、美国国家农业图书馆等建立交换关系。本刊主要报道农业工程领域的学术论文、综述和专家论坛及实用技术研究报告, 以技术基础理论与实用技术相结合并侧重实用性成果为特色。主要栏目有农业水土工程、土地整理工程、农业装备与

机械化、农业信息与电气化技术、农业生物环境与能源工程、农产品加工、综述及论坛、新型工程与技术; 此外, 会讯、单位和学科介绍, 以及有关农业工程的科技动态与出版信息等。《农业工程学报》为月刊, 大 16 开本, 中国标准连续出版物号: $\frac{\text{ISSN } 1002-6819}{\text{CN } 11-2047/S}$, 邮发代号: 18-57, 每期定价 50 元, 全年 12 期, 共 600 元。若直接向编辑部订阅, 均可享受八折优惠。

编辑部地址: 北京市朝阳区麦子店街 41 号

《农业工程学报》编辑部

邮 编: 100125

网 址: <http://www.tcsae.org>

电 话: 010-65910066 转 2503/3503

电话兼传真: 010-65929451

电子信箱: tcsae@tcsae.org, tcsae@sohu.com