

饶河边疆区土地利用及生态服务价值研究*

王克晓^{1,2}, 常屹冉³, 高跃攀⁴, 陈刚², 陈伟涛⁴

(1. 重庆能源职业学院 土木工程系, 重庆 402260; 2. 中国地质大学 信息工程学院, 武汉 430074;
3. 内蒙古自治区地图院, 呼和浩特 010051; 4. 中国地质大学 计算机学院, 武汉 430074)

摘要:以饶河边疆区土地利用类型分类、剖面地质结构分区数据为基础,定量分析了2000—2011年间各土地利用类型的面积变化及土地综合利用程度,同时开展基于不同剖面地质结构分区类型的生态系统服务价值分析。结果显示:自2000年以来,区域内耕地、城乡用地等类型面积却在缓慢增加,林地面积缓慢减少,土地综合利用程度变化量分别为1.07(2000—2005年)降到0.42(2005—2011年),土地综合利用状态处于缓慢发展期;残积层-基岩二元结构分区和砂类-淤泥质-圆砾土三元分区内土地利用程度较为有序且结构性较强,土地生态系统的健康程度较高。粉质粘土-砂砾类土二元分区内土地利用程度有序性相对较差,结构稳定性较弱。区域整体上土地利用结构处于较为合理的状态。

关键词:土地利用;生态服务价值;剖面地质结构

中图分类号:X826

文献标志码:A

文章编号:1672-6693(2016)06-0156-06

土地是人类赖以生存的最基本条件^[1]。由于自然过程和人类的不断改造,逐步形成了如今多样的土地利用类型(Land use and land cover, LUCC)。LUCC既是全球环境变化的重要组成部分^[2],也是引起区域生态系统变化的关键要素之一^[3]。20世纪末以来,LUCC作为人与自然间最密切的结合界面,已成为全球环境变化研究的重点领域^[4]。LUCC动态监测是土地利用变化研究的重要方面^[5],也是土地利用变化研究领域的的一个的关键问题^[6]。

生态系统类型在土地利用中表现为土地利用类型^[7],它的变化直接导致各类生态系统及其空间结构的变化,进而影响区域的生态系统服务价值。土地利用结构决定生态服务价值,生态服务价值反映土地利用结构的合理性^[8]。常学礼等人^[9]采用 Costanza 生态系统服务价值修正模型对张掖绿洲进行了生态安全评价。曹银贵等人^[10]在此基础上引入生态效应指数和生态效应度指数,定量分析了土地利用变化对生态价值的影响程度及绝对影响力。凌红波等人^[11]借助 Costanza 模型分析了玛纳斯河流域及各生态经济功能区的生态服务价值变化特征。岳书平等人^[12]参考 Costanza 等人的研究成果,采用基于货币量的价值评价法分析了研究区的生态系统服务价值变化情况。刘庆等人^[13]建立了基于土地利用类型的绿色空间生态评估体系,针对黄河三角洲地区绿色空间生态服务价值估算。

总之,基于 Costanza 的生态服务价值评估模型已经广泛应用于区域生态服务功能价值评价中,但较少发现有从不同剖面地质结构分区角度出发开展生态服务价值分析,从而评估区域土地利用结构合理性的研究。本文以饶河边疆区为例,分析过去隶属于“北大荒”的研究区在近十几年来的土地综合利用信息,同时开展基于不同剖面地质结构分区类型的区域生态系统服务功能分析,评估区域土地利用结构合理性,以供区域土地利用决策参考。

1 研究区域概况及研究方法

1.1 研究区概况

研究区域位于黑龙江省饶河县东部,乌苏里江中下游,南部与完达山脉相环抱,北部与三江平原相互依托,

* 收稿日期:2015-10-26 修回日期:2015-12-28 网络出版时间:2016-11-02 13:28

资助项目:中国地质调查局“东北界河地区国土资源遥感综合调查(No. 1212011220106);东北边境地区基础地质遥感调查(No. 12120115063201)

作者简介:王克晓,男,讲师,研究方向为测绘专业教学及遥感地学应用,E-mail:wangkexiao_2007@126.com;通信作者:陈伟涛,副教授,E-mail:wuchen@cug.edu.cn

网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20161102.1328.038.html

地理坐标为北纬 46°30'44"~47°34'26",东经 133°07'26"~134°20'16"。研究区位于西锡霍特地槽褶皱系的西缘,完达山中生代地槽褶皱带内,区内晚中生代。由于受太平洋板块向西俯冲的影响,主要以断陷为主要特征。新生代晚期,由于裂谷的不断扩张,在原来形成的断陷盆地的基础上形成大型新陷盆地。

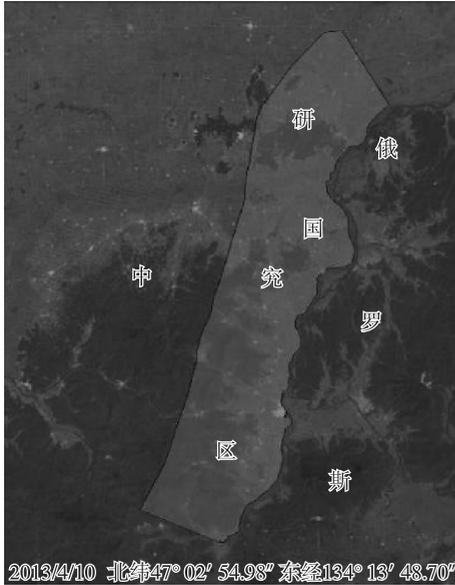


图 1 研究区位置示意图
Fig. 1 Location map

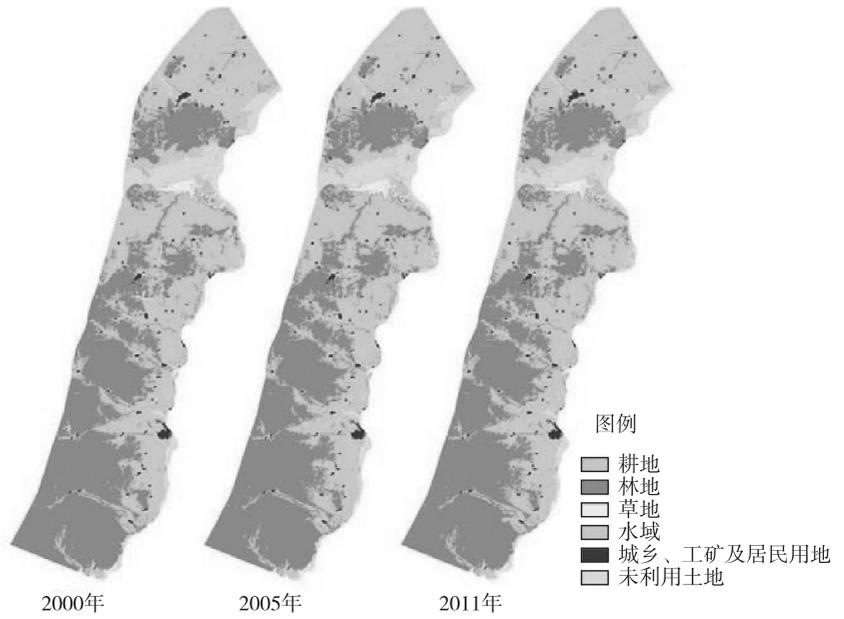


图 2 研究区 LUCC 空间分布图
Fig. 2 Spatial distribution map of LUCC

1. 2 研究方法

1. 2. 1 数据获取 本研究主要采用三期卫星遥感数据源:2000 年 Landsat TM、2005 年 SPOT 5 及 2011 年 RapidEye 成像时间较好的 6~9 月份影像数据。经过几何校正、图像增强及波段组合等预处理工作,在满足精度要求的条件下获取较为真实的下垫面土地利用类型信息。像元重采样分辨率统一为 30 m。将区域土地类型分为耕地、林地、草地、水域、城乡、工矿及居民用地和未利用土地等 6 大类,获取所需的 2000,2005,2011 年等 3 期土地利用类型空间分布图。

1. 2. 2 土地综合利用程度分析模型 区域土地利用程度及其变化可以分别用土地利用程度综合指数^[14]和土地利用程度时空演变模型^[15]来表达。土地利用程度时空演变模型可以表达为:

$$\Delta I_{f-s} = I_f - I_s = \left\{ \left(\sum_{i=1}^n A_i \times C_{if} \right) - \left(\sum_{i=1}^n A_i \times C_{is} \right) \right\} \times 100. \tag{1}$$

式中 I_f, I_s 分别为监测尾期和初期土地利用程度综合指数, A_i 为第 i 级土地利用程度分级指数, C_{if}, C_{is} 分别为监测尾期和初期第 i 级土地利用程度分级面积百分例。若 $\Delta I_{f-s} > 0$ 时,则表明区域土地利用状态处于发展期。

表 1 土地利用程度分级赋值表

Tab. 1 Degree of land use classification

土地利用类型	未利用土地	林、草地及水域	耕地	城乡、工矿及居民用地
分级指数	1	2	3	4

1. 2. 3 生态系统服务价值评价方法 本研究以前人相关成果为前提,采用 Costanza 等提出的估测方法,并利用中国陆地生态系统服务单位面积价值系数^[16],计算各土地类型的生态服务价值,表达式如下:

$$V = \sum_{i=1}^n P_i \times A_i \tag{2}$$

式中 V 为生态服务总价值(单位:元); P_i 为单位面积上土地类型 i 的生态功能总服务价值(单位:元·hm⁻²); A_i 为土地类型 i 的面积(单位:hm²)。

1. 2. 4 基于生态服务功能的土地利用结构分析方法 不同土地利用类型之间的生态服务价值存在较大差异,基

于生态服务价值的土地利用结构分析,应同时除去无生态服务价值的城乡、工矿及居民用地。为了解决采用面积指标无法辨析不同类型土地生态功能存在差异而带来的问题,宜采用土地生态服务功能结构信息熵指标^[17]。

$$H_f = - \sum_{i=1}^N P_i \ln P_i \quad (3)$$

其中, N 为土地利用类型的种类, P_i 为各土地利用类型的生态服务功能价值 E_i 占该区域土地生态服务功能总价值 E 的比例。 H_f 反映区域土地利用的有序程度。 H_f 越小, 土地利用有序程度越高, 结构性越强, 表明土地生态系统的健康程度越高, 越有利于生产活动的开展。当不同土地类型的所占比例相等时, 信息熵达到最大, 即 $H_{max} = \ln N$ 。

2 结果分析

2.1 土地利用类型数量变化分析

运用 GIS 技术将研究区 2000, 2005, 2011 年的土地利用现状数据进行叠加分析, 得到区域土地利用变化统计表(表 2)。

表 2 饶河边疆区不同年份各个土地覆被类型面积变化(2000—2011 年)

Tab. 2 The changes of LUCC different years (2000—2011)

类型	面积/km ²			面积变化/km ²		
	2000 年	2005 年	2011 年	2000—2005 年	2005—2011 年	2000—2011 年
耕地	1 228.8	1 248.83	1 255.10	20.03	6.27	26.3
林地	1 155.81	1 143.38	1 137.26	-12.43	-6.12	-18.55
草地	49.75	46.12	45.97	-3.63	-0.15	-3.78
水域	15.11	19.04	19.95	3.93	0.91	4.84
城乡、工矿及居民用地	33.17	33.29	34.58	0.12	1.29	1.41
未利用土地	165.52	157.50	155.30	-8.02	-2.20	-10.22

从表 2 可以看出, 2000—2005 年耕地面积增加 20.03 km², 2005—2011 年, 耕地面积继续呈现增加趋势, 但增加趋势有所降低。在 2000—2011 年的 11 年期间, 耕地面积总共增加 26.3 km²。2000—2005 年, 林地面积减少 12.43 km², 2011 年林地调查面积为 1137.26 km², 在 2005 年的基础上, 又减少 6.12 km²。研究期内, 林地调查面积共减少 18.55 km²。草地面积 11 年间共减少面积 3.78 km²。城乡、工矿及居民用地面积变化较大, 2000 年面积为 33.17 km², 2005 年为 33.29 km², 增加 0.12 km²; 2005—2011 年, 该类型用地面积继续呈现稳中增加的趋势, 11 年间城乡、工矿及居民用地面积增加 1.41 km²。

2.2 土地综合利用程度分析

利用上述土地利用程度时空演变模型计算显示: 在 2000, 2005 和 2011 年, 饶河县边区土地利用程度综合指数分别为 242.65, 243.72, 244.14, 土地利用程度变化量分别为 1.07 (2000—2005 年), 0.42 (2005—2011 年)。结果表明, 在研究期内饶河县边区土地利用程度综合指数值在它的正常区间 100~400 中处于偏低状态, 这与境内南部地区山地、丘陵面积较大, 并且边疆县域经济发展水平较低的基本情况相符合。2000—2005 年, 2005—2011 年土地利用程度变化均为较小正值, 且有减小趋势。表明县域土地利用处于发展期, 但发展趋势变缓, 可能较大程度上与国家禁止北大荒再次开发的政策密切相关。

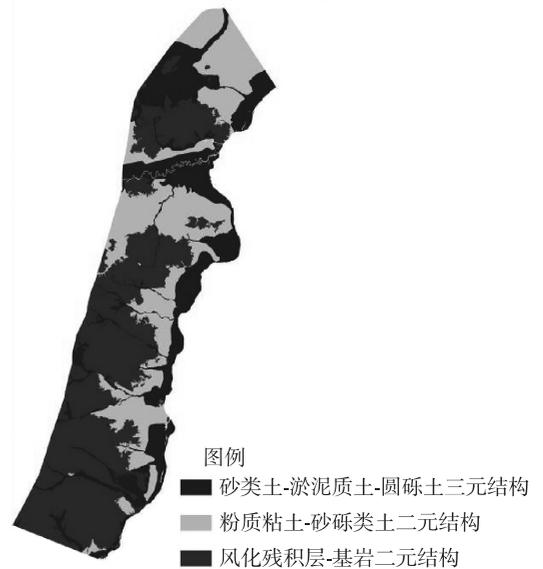


图 3 剖面地质结构分区专题图

Fig. 3 Geological cross-section diagram

2.3 基于地质剖面分区类型的生态服务价值分析

根据区域地质形成背景和第四纪野外地貌调查情况,可将研究区的地质剖面结构分区分为以下 3 种结构类型(表 3)。

表 3 饶河边疆区地质剖面结构分区特征及分布描述
Tab.3 Geological section describes the structure and distribution

结构类型	分布及结构特征
残积层-基岩二元结构	多分布在山区,上部为残积物或岩石风化层,下部为坚硬的岩石。
粉质粘土-砂砾类土二元结构	包括粉质粘土-砂土和粉质粘土-砾类土两种类型,主要分布于乌苏里江和挠力河两侧的平原地区,上部多为冲洪积物覆盖。
砂类-淤泥质-圆砾土三元结构	主要分布在区内丘陵、各级河谷及山前扇形地,上部冲积层为黄土状粉质砂土。

将地质剖面分区数据与近期土地利用类型在 Arcgis 9.3 平台下进行空间叠加统计分析,获取不同分区各土地利用类型面积和生态服务价值,并计算不同地质剖面分区的土地生态服务功能结构信息熵指标(表 4)。

残积层-基岩二元结构类型主要分布于山区,林地面积最大为 1 047.04 km²,占该层结构总面积 88.07%,同时它的生态服务价值也是最大,达到 202 434.71 万元·年⁻¹,占该剖面分区生态价值的 95.34%。在山区高程相对较低,坡度相对较缓的丘陵地区,特别是山间谷地地带,由于山前冲积,较适合耕地的开发,且均为旱地,面积 137.75 km²,生态价值比例 3.97%。其他类型面积及生态价值比例均较少。 H_f 指标 0.22,反映该分区内土地利用程度较为有序,结构性较强,土地生态系统的健康程度较高,与该分区内基本为尚未开发的原始森林现状较匹配。

表 4 不同剖面分区生态服务功能结构信息熵
Tab.4 Information entropy of different cross-sectional structure

		土地利用类型					H_f	剖面比例	H_c
		耕地	林地	草地	水域	未利用土地			
单位面积价值/(元·年 ⁻¹ ·hm ⁻²)		6 114.30	19 334.00	6 406.50	202 975.40	371.40			
	A_i/km^2	137.75	1 047.04	1.95	0.66	1.49			
残积层-基岩结构	$E_i/(\text{万元} \cdot \text{年}^{-1})$	8 422.45	202 434.71	124.93	1 339.64	5.53	0.22	45.49%	
	P_i	3.97%	95.34%	0.06%	0.63%	0.00%			
	A_i/km^2	419.52	60.24	38.62	12.99	146.64			
粉质粘土-砂砾类结构	$E_i/(\text{万元} \cdot \text{年}^{-1})$	25 650.71	11 646.80	2 474.19	26 366.45	544.62	1.20	25.94%	0.65
	P_i	38.47%	17.47%	3.71%	39.54%	0.82%			
	$A_i(\text{km}^2)$	697.83	29.98	5.40	6.30	7.17			
砂类-淤泥质-圆砾土结构	$E_i/(\text{万元} \cdot \text{年}^{-1})$	42 667.42	5 796.33	345.95	12 787.45	26.63	0.84	28.57%	
	P_i	69.24%	9.41%	0.56%	20.75%	0.04%			

粉质粘土-砂砾类土二元结构分布在乌苏里江和挠力河流域两岸的平原地区,距离河道较远处耕地类型广泛分布 419.52 km²,生态价值比例 38.47%;水域占地面积为 12.99 km²,生态价值比例 39.54%;河道附近则为未利用土地,多为沼泽湿地。未利用土地虽然所占面积较大,但因多分布于河道两侧沼泽区域,其综合价值却较小。 H_f 指标 1.20,反映该分区内土地利用程度有序性相对较差,结构稳定性较弱,与该分区内耕地、未利用土地及水域类型常因丰水期或枯水期不同而相互转化现状较一致。

砂类-淤泥质-圆砾土三元结构土地类型,多分布于区内丘陵、各级河谷及山前扇形地,多为耕地,面积为 697.83 km²,占该类型总面积的 93.46%,生态价值为 42 667.42 万元·年⁻¹,生态价值比例 69.24%;其次生态价值比例较高的为水域,达到 20.75%。 H_f 指标 0.84,该分区内土地利用结构性较强,土地生态系统的健康程度较高,有利于生产活动的开展。

以上分析可知,在研究区内,耕地、草地和未利用土地主要分布在粉质粘土-砂砾类土二元结构和砂类-淤泥质-圆砾土三元结构的地质剖面类型中,即主要分布于河道两侧沼泽、冲积平原、丘陵、各级河谷及山前扇形地区。

林地则主要分布在基岩-残积层结构内,多分布于山区等较少受到人类生产生活影响的原始森林地区。以各剖面分区面积比例为权重,加权平均得出研究区区域土地生态服务功能结构综合信息熵 H_c 指标 0.65,进一步反映出区域整体上土地利用结构处于较为合理的状态。

3 结论

本研究基于 RS 获取源数据,结合 GIS 技术从时空角度分析了 2000—2011 年间各土地利用类型的面积变化,分析了区域土地综合利用程度,开展基于不同剖面地质结构分区类型的区域生态系统服务功能分析,并通过土地生态服务功能结构信息熵指标对区域土地利用结构合理性进行评估。结果表明:自 2000 年以来,尽管国家一再要求停止开发三江平原,但是针对三江平原内的饶河县东部研究区而言,耕地、城乡用地等类型面积却仍在缓慢增加,林地面积缓慢减少,耕地类型与未利用土地类型(多为沼泽湿地)之间的面积转化相对比较密切,水域面积有所增大,土地利用状态处于缓慢发展期。耕地、草地和未利用土地主要分布在粉质粘土-砂砾类土二元结构和砂类-淤泥质-圆砾土三元结构的地质剖面类型中,林地则主要分布在基岩-残积层结构内。残积层-基岩二元结构分区和砂类-淤泥质-圆砾土三元分区内土地利用程度较为有序,结构性较强,土地生态系统的健康程度较高。粉质粘土-砂砾类土二元分区内土地利用程度有序性相对较差,结构稳定性较弱。区域整体上土地利用结构处于较为合理的状态。

参考文献:

- [1] 蔡璐. 论社会发展与土地资源的保护[J]. 资源与人居环境, 2009(2):52-53.
Cai L. The protection of land resources and social development[J]. Resources Environment Inhabitant, 2009(2):52-53.
- [2] 张钰,刘桂民,马海燕,等. 黑河流域土地利用与覆被变化特征[J]. 冰川冻土, 2004(6):740-746.
Zhang Y, Liu G M, Ma H Y, et al. Changing characteristics of land use and land cover in the Heihe river basin, China [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2004(6):740-746.
- [3] 陈百明,刘新卫,杨红. LUCC 研究的最新进展评述[J]. 地理科学进展, 2003(1):22-29.
Chen B M, Liu X W, Yang H. Review of most recent progresses of study on land use and land cover change[J]. Progress in Geography, 2003(1):22-29.
- [4] 张世文,唐南奇. 土地利用/覆被变化(LUCC)研究现状与展望[J]. 亚热带农业研究, 2006(3):221-225.
Zhang S W, Tang N Q. Land use-cover change(LUCC) research present situation and outlook[J]. Subtropical Agriculture Research, 2006(3):221-225.
- [5] 张惠远,赵昕奕,蔡运龙,等. 喀斯特山区土地利用变化的人类驱动机制研究-以贵州省为例[J]. 地理研究, 1999(2):25-31.
Zhang H Y, Zhao X Y, Cai Y L, et al. The driving mechanism of human forces to the land-use change in the karst mountain area-the case study of Guizhou province[J]. Geographical Research, 1999(2):25-31.
- [6] 刘湘南,许红梅,黄方. 土地利用空间格局及其变化的图形信息特征分析[J]. 地理科学, 2002(1):79-84.
Liu X N, Xu H M, Huang F. Study on graphic information characteristics of land use spatial pattern and its change [J]. Scientia Geographica Sinica, 2002(1):79-84.
- [7] 谢高地,甄霖,鲁春霞,等. 生态系统服务的供给、消费和价值化[J]. 资源科学, 2008(1):93-99.
Xie G D, Zhen L, Lu C X, et al. Supply, consumption and valuation of ecosystem services in China[J]. Resources Science, 2008(1):93-99.
- [8] 段瑞娟,郝晋珉,张洁瑕. 北京区位土地利用与生态服务价值变化研究[J]. 农业工程学报, 2006(9):21-28.
Duan R J, Hao J M, Zhang J X. Land utilization and changes on eco-service value in different locations in Beijing[J]. Transactions of the CSAE, 2006(9):21-28.
- [9] 常学礼,赵文智,李秀梅,等. 基于生态服务价值的张掖绿洲生态安全评价[J]. 自然资源学报, 2010(3):396-406.
Chang X L, Zhao W Z, Li X M, et al. Ecological security assessment based on the ecosystem service value in Zhangye oasis[J]. Journal of Natural Resources, 2010(3):396-406.
- [10] 曹银贵,周伟,袁春. 基于土地利用变化的区域生态服务价值研究[J]. 水土保持通报, 2010(4):241-246.
Cao Y G, Zhou W, Yuan C. Regional ecosystem service value based on land use change[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2010(4):241-246.
- [11] 凌红波,徐海量,樊自立,等. 基于生态经济功能区划的玛纳斯河流域生态服务价值评价[J]. 冰川冻土, 2012(6):1535-1543.
Ling H, Xu H L, Fan Z L, et al. Assessing the ecosystem service values in the Manas river basin based on ecological and economic division[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2012(6):1535-1543.

- [12] 岳书平,张树文,闫业超. 东北样带土地利用变化对生态服务价值的影响[J]. 地理学报,2007(8):879-886.
Yue S P,Zhang S W,Yan Y C. Impacts of land use change on ecosystem services value in the northeast China transect (NECT)[J]. Acta Geographica Sinica,2007(8):879-886.
- [13] 刘庆,李伟,陆兆华. 基于遥感与 GIS 的黄河三角洲绿色空间生态服务价值评估[J]. 生态环境学报,2010(08):1838-1843.
Liu Q,Li W,Lu Z H. Ecosystem services value assessment of green space in the Yellow river delta based on RS and GIS[J]. Ecology and Environmental Sciences,2010(08):1838-1843.
- [14] 庄大方,刘纪远. 中国土地利用程度的区域分异模型研究[J]. 自然资源学报,1997(2):10-16.
Zhuang D F,Liu J Y. Study on the model of regional differentiation of land use degree in China[J]. Journal of Natural Resources,1997(2):10-16.
- [15] 王思远,刘纪远,张增祥,等. 中国土地利用时空特征分析[J]. 地理学报,2001,56(6):631-639.
Wang S Y,Liu J Y,Zhang Z X,et al. Analysis on spatial-temporal features of land use in China[J]. Acta Geographica sinica. 2001(6):631-639.
- [16] 李方,张柏,张树清. 三江平原生态系统服务价值评估[J]. 干旱区资源与环境,2004(5):19-23.
Li F,Zhang B,Zhang S Q. Ecosystem service valuation of Sanjiang plain[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment,2004(5):19-23.
- [17] 胡喜生,洪伟,吴承祯,等. 基于生态服务功能的土地利用结构分析—以福州市为例[J]. 安全与环境学报,2015(5):361-366.
Hu X S,Hong W,Wu C Z,et al. Analysis of the land use configuration based on the ecosystem service function—a case study of Fuzhou city[J]. Journal of Safety and Environment,2015(5):361-366.

Ecosystem Service Value of Raohe Border Area Based on Land Use Change

WANG Kexiao^{1,2}, CHANG Yiran³, GAO Yuepan⁴, CHEN Gang², CHEN Weitao⁴

(1. Department of Civil Engineering, Chongqing Energy College, Chongqing 402260;

2. Faculty of Information Engineering, China University of Geoscience, Wuhan 430074;

3. Inner Mongolia Autonomous Region Mapping Institute, Huhhot 010051;

4. Faculty of Computer Sciences, China University of Geoscience, Wuhan 430074,China)

Abstract: Raohe district located in the Northeastern of China was selected as the study area. Quantitative analysis on the changes of the land use from 2000 to 2011, while carrying out the analysis of the ecosystem service value from the different types of geological structure based on the land use classification and the sectional geological structure partition. The results indicate that arable land, urban land type area was still in the slow increase since 2000; woodland area decreased slowly; greater difference existed in the security degree of the land cover types, and the amount of change of land use degree 1.07 (2000—2005) dropped to 0.42 (2005—2011), respectively. Comprehensive land utilization status was in a slow development period. The extent of land-use of eluvial-bedrock and sandy-silty-gravel partition is more orderly, structured stronger, higher health of land ecosystems. But the Silty clay-gravel soil partition orderly relatively poor, weak structural stability. Overall regional land use structure lay in a more reasonable state.

Key words: land use; ecological service value; sectional geological structure partition

(责任编辑 许 甲)