

doi: 10.6046/gtzyyg.2014.04.24
引用格式: 张雅洲,谢小平. 基于 RS 和 GIS 的城镇化与南四湖生态易损性关系[J]. 国土资源遥感,2014,26(4):151-156.
(Zhang Y Z,Xie X P. Relationship between urbanization and ecological vulnerability in the Nansi Lake area based on RS and GIS[J].
Remote Sensing for Land and Resources,2014,26(4):151-156.)

基于 RS 和 GIS 的城镇化与南四湖生态易损性关系

张雅洲, 谢小平

(曲阜师范大学地理与旅游学院,日照 276826)

摘要: 城镇建设与扩张是人类社会经济发展到一定阶段的必然过程,但城镇发展会对区域的生态系统产生不可忽视的影响,在脆弱敏感的湿地区域表现尤为突出。该文以山东省南四湖以及周边 3 个县域为研究对象,以遥感数据为基础,利用 GIS 技术,分析研究区 1987—2010 年间的地表覆被变化和生态易损性变化,并通过卫星遥感影像分析城镇景观的变化,探讨城镇化与区域生态易损性的关系。结果表明: 1987—2010 年间,城镇面积的增长占有景观有效变化的 60% 以上,但区域内生态损失度变化最大的景观却是水域和绿地,生态易损性变化最明显的区域是南四湖湖滨地带。

关键词: 遥感; GIS; 城镇化; 生态易损性; 南四湖

中图法分类号: TP 79 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-070X(2014)04-0151-06

0 引言

城镇用地扩张是城镇化研究和土地利用/覆被变化的研究重点之一^[1]。城镇化过程不仅会直接侵占、破坏湿地,更会间接地改变周边湿地的水文特征和水质安全,从而影响区域的生态健康。城镇化对湿地的影响包括直接影响和间接影响,前者往往表现为湿地的消失;后者一般包括水文效应和水环境效应,例如洪峰径流增加和径流水质恶化等^[2]。针对城镇化与湿地的关系,国外研究主要集中在 2 个方面,一是在微观上注重具体的水文水质胁迫因子与湿地关系,二是在宏观上从区域角度定量描述城镇化与湿地关系^[3-7]。目前国内在该领域的研究大多停留在直接影响方面,间接影响的研究较少,郑小康等^[2]指出国内的城市化与湿地关系研究需重视长期监测和资料积累,并强调动态、区域和视角三位一体的分析。

生态易损性研究是区域生态风险研究的重要内容,区域生态风险表征了区域遭受风险的可能性和承受力^[8]。许多学者从景观学的角度研究了区域生态易损性。杜军等^[9]基于景观学建立了相关生态风险指数,并利用半变异函数进行空间插值,编制了武汉生态风险程度分布图;李谢辉等^[10]构建了适用于渭河下游的综合生态风险值的计算模型;陈

鹏等^[11]构造了景观损失指数和综合风险指数作为区域景观生态风险评价指标,通过对生态风险指数采样结果进行半方差分析和空间插值,揭示了阜康三工河流域的生态环境的空间分布特征;王娟等^[12]以景观干扰指数和土地利用类型的敏感度指数为评价指标,分析了不同研究时段内澜沧江不同空间范围的景观生态风险变化情况。

山东省南四湖是我国北方重要湿地。近 30 a 来湖区及周边人口增长迅速,城市经济取得巨大进步,但也面临着湿地面积趋减、生物生存环境脆弱等严重的生态问题^[12]。土地城镇化是一个明显的景观变化过程,必然对区域的生态易损性产生影响。本研究以遥感数据为基础,借助 GIS 系统的空间分析功能,旨在探究南四湖区域城镇化与该区生态易损性的关系。

1 研究区概况

南四湖是南阳湖、独山湖、昭阳湖和微山湖 4 个相互贯连的湖泊总称,位于山东省西南部,E116°34'~117°21',N34°27'~35°20'之间,属河迹洼地湖,由古泗水河道被黄河泥沙淤塞而成,地处暖温带、半湿润季风气候区^[13]。

研究区范围包括南四湖湖区和周边的济宁市任城区、鱼台县和微山县陆地部分,总面积约 3 358 km²。

收稿日期: 2013-09-23; 修订日期: 2013-12-31
基金项目: 国家自然科学基金项目(编号: 41072164)资助。

据济宁市 2011 年统计年鉴^[14],研究区总人口 173.3 万,城镇人口 69 万,2011 年城镇化率 39.81%,全年实现生产总值 627.11 亿元。研究区目前已经进入了城镇化的快速发展阶段,且土地形态的城镇化快于人口的城镇化^[15](图 1)。

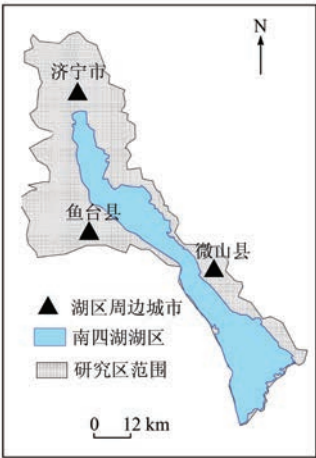


图 1 研究区范围示意图

Fig.1 Sketch map of location of study area

2 研究方法

2.1 数据源及研究路线

该研究选用 1987 年 6 月 15 日和 2010 年 9 月 18 日 4 景空间分辨率为 30 m 的 TM 图像,以 ENVI 4.8 为平台进行研究,采用人工神经网络法进行监督分类,以《土地利用系统分类标准》为基础,结合研究区土地利用现状图,将分类结果整理成 5 类景观:水面、绿地(湿地和草地)、农田、荒地(未利用地)和城镇,并利用 2011 年 12 月和 2012 年 9 月实地考察所获得的地表覆被数据进行了精度检验。

从 1987 年和 2010 年 2 个时相遥感图像中解译研究区城镇及其他景观信息,运用 GIS 技术,分析土地城镇化的发展特点,分析生态易损性的发展变化,并结合景观变化的假设情况,分析城镇景观变化给景观格局指数、生态脆弱度以及生态易损性带来的影响,探讨城镇化与湖区生态易损性的关系(图 2)。

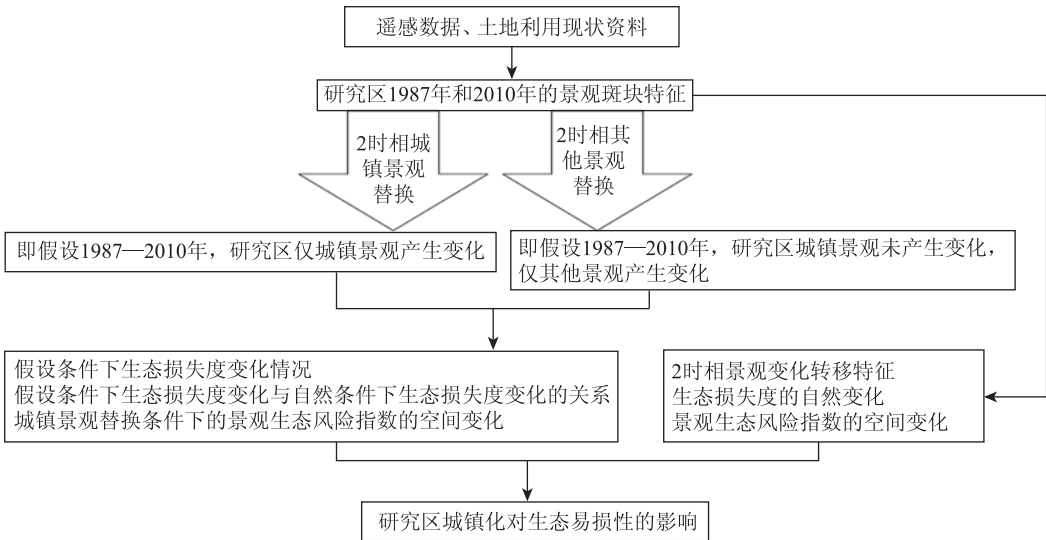


图 2 技术路线流程图

Fig.2 Technical flow diagram

用 2010 年城镇替换 1987 年城镇,即假设 1987—2010 年间仅城镇景观有发展变化,其他景观不变。用 2010 年其他景观替换 1987 对应景观,情况与上述假设类似。

2.2 土地城镇化水平和生态易损性的度量

本研究沿用国内普遍使用的土地城镇化概念,用建成区面积占区域总面积的比重衡量城镇化水平的高低^[1,6],用景观生态风险指数表征生态易损性。景观生态风险指数便于预测和评价,能够清晰地、量化地描述各种景观类型所代表的生态系统在受到危害性和不确定性因素作用后可能导致的结果^[17]。

区域景观的生态风险对区域尺度十分敏感,本研究建立了 3 357 个面积 1 km² 的方格为风险小区,以较可靠地体现研究区生态易损性的空间特性。基于此,本研究的生态易损性可用

$$ERI_k = \sum_{i=1}^N \frac{S_i}{S} R_i$$

(1)

模型度量,式中: ERI_k 为第 k 个小区的景观生态风险指数; N 为小区内景观总数; S_i 为小区内第 i 类景观组分的面积; S 为风险小区的总面积; R_i 为第 i 种景观所对应的生态损失度,计算方法如表 1 所示。

表 1 景观格局指数计算方法

Tab.1 Calculation methods of landscape pattern indices

景观格局指数	计算方法
破碎度 C_i	$C_i = n_i/A_i$,式中: n_i 是景观 i 的斑块数量; A_i 为景观 i 的面积
分离度 N_i	$N_i = I_iA/A_i, I_i = 0.5\sqrt{n_i/A}$,式中: A 为研究区总面积; I_i 是景观类型的距离指数
优势度 D_i	$D_i = H_{\max} + \sum_{i=1}^N P_i \ln P_i, H_{\max} = \ln N$,式中: $H_{\max}$ 是景观多样性指数的最大值; P_i 为 i 类景观所占面积的比例; N 为景观类型的总数
结构指数 T_i	$T_i = aC_i + bN_i + cD_i$,式中: a, b, c 为相应指数的权重,且 $a + b + c = 1$
脆弱度 F_i	专家打分赋值归一获得
损失度 R_i	$R_i = T_iF_i$

景观结构指数 T_i 反映了相对于整个研究区域而言的各个景观类型受到人为活动干扰的程度, T_i 由破碎度 C_i 、分离度 N_i 和优势度 D_i 叠加得到,通过分析权衡并结合已有研究经验^[10-11,18-19],其相应指数的权重本文取值为 $a = 0.6, b = 0.3, c = 0.1$ 。

F_i 是生态系统脆弱度,反映各个生态系统本身的抗干扰能力,同时还反映其对环境改变的敏感性^[9],景观的自然演替过程与生态系统的脆弱度关系紧密,一般来说处于初级演替阶段、食物链单一并且生物多样性差的生态系统脆弱性较高^[10,20]。 F_i 可结合已有研究经验^[10-11,19],并根据专家打分并归一化得到。

生态损失度 R_i 的大小由 T_i 和 F_i 决定。

3 结果与分析

3.1 城镇面积变化分析

利用 ENVI4.8 的动态监测功能模块得到研究区 1987—2010 年间地表覆被转移矩阵,如表 2 所示。

表 2 1987—2010 年研究区地表覆被变化转移矩阵

Tab.2 Transition matrix of the land use and cover change of study area from 1987 to 2010 (km²)

2010 年	1987 年					
	城镇	水体	农田	荒地	绿地	总面积
城镇	83.84	10.64	396.09	36.42	50.86	578.33
水体	3.73	469.96	72.32	3.62	97.66	647.46
农田	19.67	29.02	1 091.46	74.17	143.28	1 359.26
绿地	6.52	29.79	138.15	8.18	244.26	427.57
荒地	1.35	1.96	104.04	20.93	14.49	142.97
总面积	115.22	541.89	1 804.92	143.67	551.07	—
转移面积	31.38	71.93	713.46	122.75	306.81	—
变化面积	463.10	105.56	-445.66	-0.71	-123.50	—

由表 2 可以看出,2010 年研究区城镇景观面积是 1987 年近 7 倍,建成区覆盖率从 1987 年的 3.4% 增长到 2010 年的 17.2%,年平均增长率 6.99%,其中 396.09 km² 由农田转化而来,占有所有新增城镇面积的 85% 以上,另外还占用了 10.64 km² 的水面、50.86 km² 的绿草地及 36.42 km² 的未利用地。水

体面积的增长和绿地面积减少,除了本身覆被变化的原因外,水位变化也是重要因素之一,但不影响本文针对城镇化的研究。

3.2 生态损失度的变化分析

1) 将遥感解译结果载入到 ArcMap9.3 软件中,统计斑块数与面积,根据表 1 计算得到表 3。

表 3 1987—2010 年景观生态损失度及其变化率

Tab.3 Eco-loss index of landscape and its rate of change from 1987 to 2010

R_i 原值及其变化率	水体	绿地	农田	荒地	城镇
1987 年 R_i 原值	1.246	1.668	0.460	5.163	0.688
2010 年 R_i 原值	2.178	18.923	0.772	20.944	0.790
自然变化率	0.748	10.342	0.677	3.056	0.149

由表 3 可以看出,从 1987—2010 年,各生态系统的生态损失度都有不同程度的上升,其中绿地和荒地的幅度最大,分别增长 10.34 倍和 3.05 倍。

2) 用 2010 年景观斑块替换对应的 1987 年景观斑块,统计斑块数与面积,并计算 R_i 值得到表 4。

表 4 景观替换发生后生态损失度及其变化率

Tab.4 Eco-loss index of landscape and its rate of change after replacement of land cover happened

景观替换后 R_i ^① 及替换变化率 ^②	水体	绿地	农田	荒地	城镇
城镇 R_i	1.887	11.670	0.746	23.320	0.792
替换变化率	0.515	5.995	0.621	3.517	0.149
绿地 R_i	1.251	16.202	4.522	5.033	0.689
替换变化率	0.004	8.710	8.831	-0.025	0.002
水域 R_i	2.004	1.610	0.504	5.167	0.699
替换变化率	0.608	-0.035	0.095	0.001	0.016
农田 R_i	1.554	5.213	3.119	7.649	0.702
替换变化率	0.247	2.124	5.781	0.481	0.021
荒地 R_i	1.291	4.220	0.486	15.201	0.801
替换变化率	0.036	1.529	0.055	1.944	0.165

①指用 2010 年某景观替换 1987 年对应景观,1987 年其他景观不变,如“城镇 R_i ”即为 1987 年城镇景观被 2010 年城镇景观替换后,某景观的 R 值; ②指景观替换后 R_i 值相对未发生替换 1987 年 R_i 值的变化。

将 1987 年城镇置换成 2010 年城镇,虽然新增城镇主要由农田转化而来,但是从表 4 看出, R_i 值

变化最大的是绿地和荒地,分别增长 5.99 倍和3.51 倍;将 1987 年其他景观用 2010 年对应景观置换后,研究区内 5 种景观的 R_i 值均发生了不同程度的变化,但大多数 R_i 值变化不明显。

将 2 时相 5 种景观分别互换后计算得到的 R_i 值,与 R_i 原值相比,其景观替换后 R_i 值发生了不同程度的变化,分析景观 R_i 原值的变化率和景观替换后 R_i 值变化率的相关性,如图 3 所示。

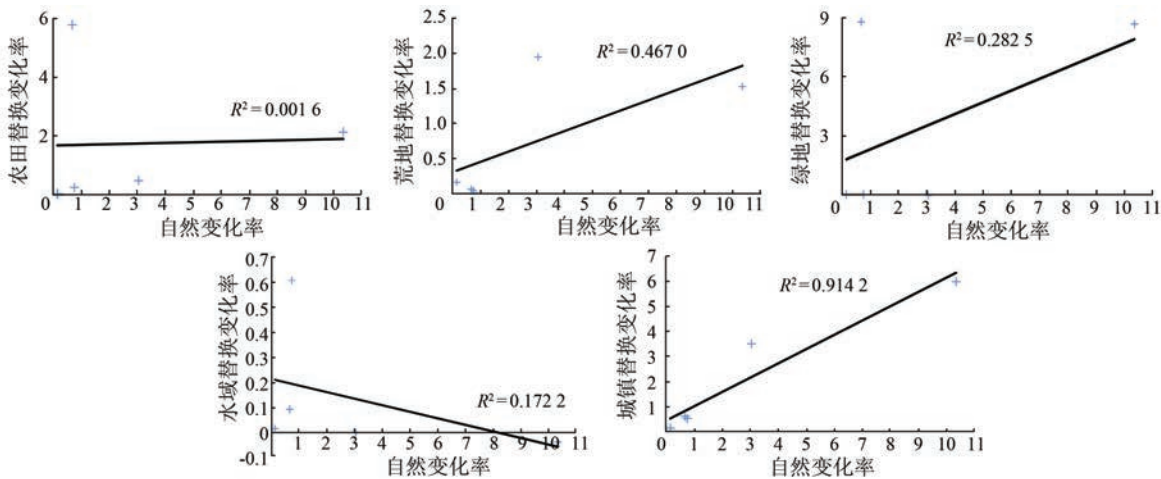


图 3 R_i 值变化率相关分析图

Fig. 3 Correlation analysis of the R_i change rate

由图 3 看出,城镇替换变化率与自然变化率有很大的相关性, R^2 为 0.914 2,表明 1987—2010 年间城镇景观的变化体现了研究区生态损失度变化的主要特征。其他 4 类景观替换变化率与自然变化率表现不出明显的相关性,说明该 4 类景观对区域生态损失度的变化影响不大。综上所述,城镇用地的扩张是研究区 1987—2010 年间景观损失度变化的主要原因。

3.3 生态易损性的变化分析

将统计的不同景观面积值和 R_i 原值与城镇替换后得到的 R_i 值代入式(1),得到景观生态风险值。研究区共划分成 3 357 个风险小区,故亦有

3 357 个 ERI 值。统计 3 种情况的 ERI 值,结果如表 5 所示。

表 5 ERI 值统计表
Tab. 5 Statistics of the ERI value

年份	最小值	最大值	平均值	标准差
1987 年	0.102	1.839	0.604	0.425
新 1987 年 ^①	0.155	6.100	1.093	0.837
2010 年	0.318	9.204	2.022	1.923

①由 1987 年城镇景观被 2010 年城镇替换后求得。

以小区的 ERI 值为风险小区的中心点属性值进行普通克里金插值,模拟得到整个研究区的生态易损性的空间分布,如图 4 所示。

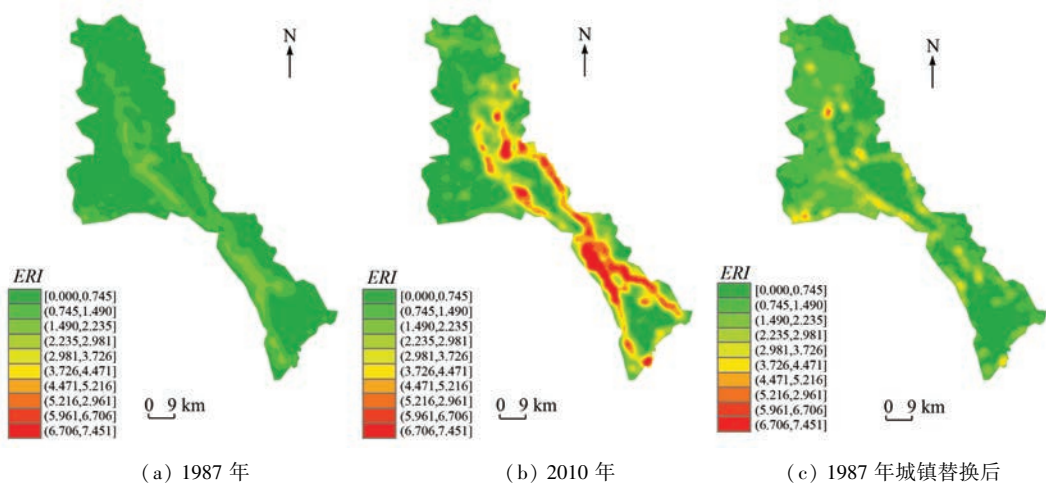


图 4 ERI 值空间插值图

Fig. 4 Spatial interpolation of the ERI

对比 3 种情况可看出,研究区 1987 年的生态易损性总体比较低,空间表现比较平均(图 4(a)),标

准差为0.425;2010年的生态易损性远超过了1987年,平均值增加2.347倍,标准差达到了1.923(图4(b)),*ERI*高值区主要集中在南四湖滨湖地区和二级坝周边范围。

将1987年城镇景观用2010年城镇景观替换,其他景观不变,重新测定*ERI*值(图4(c)),平均值增长0.809倍,标准差增加0.412。与未进行替代的1987年生态易损性相比,变化主要发生在上级湖湖滨湖区和二级坝以南零星地区。

综上所述,南四湖湖滨区对周边城镇扩张的反应十分敏感。

4 结论

本文利用景观格局指数搭建了研究城镇化与生态易损性关系的桥梁,并得出以下结果:

1)1987—2010年间研究区城镇面积年平均增长率6.99%,共计增加463.10 km²,占有景观有效变化面积的60%以上;而损失度变化最大的景观为水域和绿地,主要变化区域为南四湖湖滨地区。

2)1987—2010年间景观损失度变化的原因主要是城镇用地的扩张;而随着城镇用地的扩张,南四湖湖区所受到的生态风险也愈加明显和突出。

3)本研究进行的相关性分析有助于找到研究区生态损失度变化的原因,但在定量描述城镇发展对损失度变化的贡献方面还表现不足;而且研究仅从空间上描述了城镇发展与生态易损性的关系,其内在联系的机理还需要更加深入地探讨。

志谢:感谢曲阜师范大学南四湖湿地生态与环境保护省高校重点实验室的支持。

参考文献(References):

[1] 李昕,文婧,林坚.土地城镇化及相关问题研究综述[J].地理科学进展,2012,31(8):1042-1049.
Li X,Wen J,Lin J. Review of research on land urbanization and related studies[J]. Progress in Geography,2012,31(8):1042-1049.

[2] 郑小康,李春晖,黄国和,等.流域城市化对湿地生态系统的影响研究进展[J].湿地科学,2008,6(1):87-96.
Zheng X K,Li C H,Huang G H,et al. Research progress in effects of urbanization on wetland ecosystem in watershed[J]. Wetland Science,2008,6(1):87-96.

[3] Wright T,Tomlinson J,Schueler T,et al. Direct and indirect impacts of urbanization on wetland quality[M]//Article 1 of the Wetlands and Watersheds Article Series. Ellicott City,2006.

[4] Forman R T T,Deblinger R D,The ecological road-effect zone of a Massachusetts(U. S. A.) suburban highway[J]. Conservation Biology,2000,14(1):36-46.

[5] DeLuca W V,Studds C E,Rockwood L L,et al. Influence of land use on the integrity of marsh bird communities of Chesapeake bay, USA[J]. Wetlands,2004,24(4):837-847.

[6] Groffman P M,Bain D J,Band L E,et al. Down by the riverside: Urban riparian ecology[J]. Frontiers in Ecology and the Environment,2003,1(6):315-321.

[7] Gwin S E,Kentula M E,Shaffer P W. Evaluating the effects of wetland regulation through hydrogeomorphic classification and landscape profiles[J]. Wetlands,1999,19(3):477-489.

[8] 陈利顶,刘洋,吕一河,等.景观生态学中的格局分析:现状、困境与未来[J].生态学报,2008,28(11):5521-5531.
Chen L D,Liu Y,Lü Y H,et al. Landscape pattern analysis in landscape ecology: Current, challenges and future[J]. Acta Ecologica Sinica,2008,28(11):5521-5531.

[9] 杜军,杨青华.基于土地利用变化和空间统计学的区域生态风险分析——以武汉市为例[J].国土资源遥感,2010,22(2):102-106.
Du J,Yang Q H. An analysis of regional ecological risk based on land use change and spatial statistics: A case study in Wuhan, Hubei Province[J]. Remote Sensing for Land and Resources,2010,22(2):102-106.

[10] 李谢辉,王磊,李景宜.基于GIS的渭河下游河流沿线区域生态风险评价[J].生态学报,2009,29(10):5523-5534.
Li X H,Wang L,Li J Y. Regional ecological risk assessment in catchment area along the Weihe River based on GIS[J]. Acta Ecologica Sinica,2009,29(10):5523-5534.

[11] 陈鹏,潘晓玲.干旱区内陆流域区域景观生态风险分析——以阜康三工河流域为例[J].生态学杂志,2003,22(4):116-120.
Chen P,Pan X L. Ecological risk analysis of regional landscape in inland river watershed of arid area: A case study of Sangong River Basin in Fukang[J]. Chinese Journal of Ecology,2003,22(4):116-120.

[12] 王娟,崔保山,刘杰,等.云南澜沧江流域土地利用及其变化对景观生态风险的影响[J].环境科学学报,2008,28(2):269-277.
Wang J,Cui B S,Liu J,et al. The effect of land use and its change on ecological risk in the Lancang River watershed of Yunnan Province at the landscape scale[J]. Acta Scientiae Circumstantiae,2008,28(2):269-277.

[13] 沈吉,张祖陆,杨丽原,等.南四湖——环境与资源研究[M].北京:地震出版社,2008.
Shen J,Zhang Z L,Yang L Y,et al. Nansi Lake: Study of Environment and Resource[M]. Beijing: Earthquake Press,2008.

[14] 张晓,杨舒凯.山东省济宁市城镇化现状及对策浅析[J].时代金融,2012(4):310.
Zhang X,Yang S K. The analysis of urbanization present situation and the countermeasure in Jining City[J]. Times Finance,2012(4):310.

[15] 济宁市统计局.2011济宁市统计年鉴[Z].北京:中国统计出版社,2011:30.
Jining City Bureau of Statistics. 2011 Jining Statistical Yearbook[Z]. Beijing: China Statistics Press,2011:30.

[16] 陈凤桂,张虹鸥,吴旗韬,等.我国人口城镇化与土地城镇化协调发展研究[J].人文地理,2010(5):53-58.

Chen F G,Zhang H O,Wu Q T,et al. A study on coordinate development between population urbanization and land urbanization in China[J]. Human Geography,2010(5):53-58.

[17] 高 宾,李小玉,李志刚,等. 基于景观格局的锦州湾沿海经济开发区生态风险分析[J]. 生态学报,2011,31(12):3441-3450.

Gao B,Li X Y,Li Z G,et al. Assessment of ecological risk of coastal economic developing zone in Jinzhou Bay based on landscape pattern[J]. Acta Ecologica Sinica,2011,31(12):3441-3450.

[18] 李谢辉,李景宜. 基于 GIS 的区域景观态风险分析——以渭河下游河流沿线区域为例[J]. 干旱区研究,2008,25(6):899-903.

Li X H,Li J Y. Analysis on regional landscape ecological risk based on GIS:A case study along the lower reaches of the Weihe River[J]. Arid Zone Research,2008,25(6):899-903.

[19] 许学工,林辉平,付在毅. 黄河三角洲湿地区域生态风险评价[J]. 北京大学学报:自然科学版,2001,37(1):111-120.

Xu X G,Lin H P,Fu Z Y. Regional ecological risk assessment of wetland in the Huanghe River Delta[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis,2001,37(1):111-120.

[20] 肖 杨,毛显强. 区域生态风险空间分析[J]. 中国环境科学,2006,26(5):623-626.

Xiao Y,Mao X Q. Spatial analysis of regional landscape ecological risk[J]. Environmental Science,2006,26(5):623-626.

Relationship between urbanization and ecological vulnerability in the Nansi Lake area based on RS and GIS

ZHANG Yazhou, XIE Xiaoping
(School of Geography and Tourism, Qufu Normal University, Rizhao 276826, China)

Abstract: Urban construction and expansion constitute an inevitable process during the social – economic development, but urban development has some adverse impacts on regional ecosystems which cannot be ignored, particularly in fragile and sensitive wetland areas. In this paper, with the Nansi Lake and the surrounding three counties as the study area and on the basis of remote sensing (RS) data and geographic information system (GIS), the authors analyzed the land use and land cover change and the changes of eco – vulnerability from 1987 to 2010, and investigated the relationship between the urbanization and regional ecological fragility. The results show that, from 1987 to 2010, the growth of urban areas accounted for more than 60% of the effective regional landscape changes, and the largest regional eco – loss landscapes were water bodies and green fields, with the most obvious changes of ecological vulnerability occurring at the lakeside of the Nansi Lake.

Key words: remote sensing; GIS; urbanization; eco – vulnerability; Nansi Lake

第一作者简介: 张雅洲(1986 –),男,硕士研究生,主要研究方向为自然地理学。Email: zhangyazhou2008@163.com。

通信作者: 谢小平(1966 –),男,博士,教授,主要研究方向为自然地理学。Email: xp.xie@263.net。

(责任编辑: 邢 宇)