

青岛市 1990—2011 年土地利用/覆被变化研究

邢容容¹, 刘乐军², 马安青¹

(1. 中国海洋大学 环境科学与工程学院, 山东 青岛 266100; 2. 国家海洋局第一海洋研究所, 山东 青岛 266061)

摘要: 基于青岛市 1990, 2000, 2006 年 Landsat TM 影像和 2011 年“HJ-1”卫星影像, 采用土地利用动态变化模型, 分析了青岛市 1990—2011 年土地利用/覆被变化(LUCC)情况。结果表明, 21 a 间青岛市土地利用状况变化显著。(1) 耕地、草地面积减少, 城乡、工矿、居民用地增加, 林地面积先减少后增加, 水域和未利用土地则呈现先增加后减少的态势;(2) 青岛市土地利用程度逐年提高, 说明青岛市正处于土地利用发展时期, 土地利用集约度将进一步提高;(3) 空间上, 中部和东部地区变化显著, 北部和西南部变化相对较小。土地利用变化类型转换关系复杂, 主要向城乡、工矿、居民用地转化。

关键词: 土地利用/覆被变化(LUCC); 动态变化; 青岛市

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2013)03-0220-06

中图分类号: S157

Research on Land Use/Cover Change from 1990 to 2011 in Qingdao City

XING Rong-rong¹, LIU Le-jun², MA An-qing¹

(1. College of Environmental Science and Engineering, Ocean University of China, Qingdao, Shandong 266100, China; 2. First Institute of Oceanography, SOA, Qingdao, Shandong 266061, China)

Abstract: Based on Landsat TM images of 1990, 2000 and 2006 and “HJ-1” Satellite image of 2011, land use/cover changes from 1990 to 2011 in Qingdao City were analyzed using a system dynamic model. There were significant changes on land use/cover in Qingdao City in the past 21 years(1990—2011). The areas of farmland and grassland decreased, while the areas of rural, urban, mining and residential lands increased. Forest area was reduced first and increased later, and water area and unused land went to the other way. The degree of land use became greater year by year, which indicates that Qingdao City was in the stage of land use development and the strength of land use was enhanced to a higher level. Spatially, distinct changes took place in the middle and eastern areas of the city, and a relatively small change, in the north and south-west areas. The conversion of land use type was complex, but it mainly changed into the rural, urban, mining and residential areas.

Keywords: land use/cover change; dynamic change; Qingdao City

土地利用/覆被变化(LUCC)是在不同时空尺度上由自然系统和社会系统相互作用引起的一种复杂变化,是全球环境研究的热点和前沿问题,是可持续发展的核心问题,关系到人类的生存和发展^[1-5]。土地利用/覆被变化(LUCC)影响多种生态过程,可引起相应地区及周围环境的改变。近年来,青岛市经济迅速发展,农田大量流失,人地矛盾愈加尖锐,生态环境不断恶化,这些都制约了青岛市经济的协调发展。因此,研究青岛市的土地利用/覆被变化(LUCC),可为本市土地资源可持续利用、土地利用规划和经济社

会可持续发展的顺利实施提供决策基础,同时对保护和改善本区域的生态环境具有现实的指导意义。

本文运用 4 期遥感影像,通过遥感解译和 GIS 空间技术集成,量化研究了青岛市 1990—2011 年土地利用总体特征及动态变化。

1 研究区概况

青岛市位于山东半岛南端,黄海之滨。地理坐标为 35°35′—37°09′N, 119°30′—121°00′E。全市海岸线总长约 870 km,其中大陆岸线 730 km,占山东省

收稿日期:2012-05-15

修回日期:2012-08-13

资助项目:国家自然科学基金项目“基于地震相分析的南黄海埋藏古河道地质灾害危险性评价研究”(40606015);中国海洋大学本科生研究发展计划(OUC-SRDP)项目“基于遥感技术的城市化地区热岛效应的土地利用驱动机制研究:以青岛及周边地区为例”(1112011013)

作者简介:邢容容(1989—),女(汉族),山东省聊城市人,硕士研究生,研究方向为 GIS 与 RS 在环境工程中的应用。E-mail: rrxing01@sohu.com。

通信作者:马安青(1970—),男(汉族),安徽省太和县人,博士,主要从事地理信息系统与遥感的研究与应用。E-mail: maanqing538@yahoo.com.cn。

岸线的1/4。北邻烟台市,西连潍坊市,西南接日照市。下辖7区5市,包括市南区、市北区、四方区、李沧区、崂山区、城阳区、黄岛区、胶州市、即墨市、平度市、胶南市、莱西市。地势东高西低,南北两侧隆起,中间低凹,其中山地约占全市总面积的15.5%,丘陵占25.1%,平原占37.7%,盆地占21.7%。属温带季风气候,平均年降水量为662.1 mm。

2 数据获取、处理和研究方法

2.1 数据获取、处理

选用1990年10月15日,2000年9月16日,2006年10月27日的Landsat TM影像和2011年5月23日的‘环境一号’卫星影像,解译出土地利用数据。辅助数据包括青岛市行政边界图、青岛市1:50 000地形图、青岛市土地利用现状图。软件平台为ENVI/IDL 4.8和ArcGIS 9.3。

在ENVI/IDL 4.8中,以青岛市1:50 000地形图为基准,均匀选取20个控制点(GCP),控制点配准精度控制在0.5像元以内,采用二次多项式变换模型,利用最邻近法进行重采样,对1990年遥感图像进行几何精校正,选用UTM(universal transverse mercator,north 51 th zone)投影系统^[6-7]。再以1990年校准后图像作为基准图,分别对研究区其他时相遥感数据进行几何校准。

结合人工目视解译,采用最大似然法对图像分别进行监督分类。在判读解译过程中,充分结合土地利用现状图及野外考察结果来建立分类标准,从中提取出主要的土地利用类型。利用ArcGIS 9.3地理信息系统软件形成4期土地利用现状图和相应的土地利

用现状属性数据库,利用空间叠置分析,获得土地利用动态变化信息。

2.2 研究方法

土地利用分类采用中国科学院土地资源分类系统,该系统以1984年全国农业区划委员会《土地利用调查技术规程》为基础,根据遥感影像在亮度、纹理和色调等方面的特点,对其分类内容进行调整,将土地利用/覆被分为耕地、林地、草地、水域、城乡工矿居民用地和未利用土地共6个I级类,25个II级类。在利用地理信息系统进行统计处理时,考虑到采用II级分类系统数据过于庞杂,故采用分类系统中的I级类型。

采用数学统计分析与定量分析相结合的方法,运用土地利用数量变化模型、土地利用程度变化模型和土地利用结构的时空变化模型进行分析。涉及指标包括:土地利用变化幅度(ΔU)、单一土地利用动态度(K)、综合土地利用动态度(LC)、土地利用开发度(LUD)、土地利用耗减度(LUC)、土地利用程度综合指数(L_j)、土地利用程度变化量(ΔL_{b-a})、土地利用程度变化率(R)。

3 青岛市土地利用/覆被时空变化分析

土地利用变化主要体现在土地利用数量、程度以及空间结构3个方面的变化^[8]。以下分别从这3个方面详细分析青岛市土地利用变化的特征。

3.1 土地利用的数量变化

3.1.1 土地利用变化幅度 土地利用变化幅度指土地利用类型在面积方面的变化幅度,它反映不同类型在总量上的变化,可了解土地利用变化总的态势和土地利用结构的变化(表1)。计算表达式可参考有关文献^[9]。

表1 1990—2011年青岛市土地利用变化

土地利用类型	1990—2000年		2000—2006年		2006—2011年	
	变化面积/km ²	变化幅度/%	变化面积/km ²	变化幅度/%	变化面积/km ²	变化幅度/%
林地	-21.06	-2.33	26.88	3.04	107.97	11.86
水域	106.57	26.87	-66.62	-13.24	-35.62	-8.16
耕地	-147.50	-2.07	-306.31	-4.40	-247.79	-3.72
草地	-16.36	-1.51	-40.70	-3.83	-143.70	-14.05
城乡、工矿、居民用地	192.10	15.13	418.66	28.63	388.95	20.68
未利用土地	20.05	17.03	-14.92	-10.83	-55.63	-45.28

从表1可以看出,青岛市土地利用总量变化特征表现为城乡、工矿、居民用地的增长幅度最大,尤其在2000—2006年净增面积418.66 km²,增幅为28.63%;未利用土地和水域呈现先增加后减少的发展趋势,尤其在2006—2011年减幅达45.28%;林地呈现先减少后增加的趋势;耕地和草地则持续减少,2006—

2011年耕地的减少幅度下降(由4.40%降为3.72%),草地减少幅度增大(由3.83%变为14.05%)。

3.1.2 土地利用变化速度 土地利用动态度、开发度和耗减度3个指数是用于对土地利用动态变化速度、新开发速度和被耗费速度的度量,从净变化和实际变化两方面对土地利用变化速度进行研究。其中,

土地利用动态度虽能较好度量土地利用的净变化速度,但由于增减变化的抵消,这种净变化速度往往在一定程度上掩盖了土地利用变化的实际情况。为此,增加土地利用开发度和耗减度 2 个指数,以揭示各类土地利用实际新开发和实际被耗减的速率^[10-11]。

单一土地利用动态度反映研究区内一定时间范围内某种土地利用类型的数量变化情况,其表达式为:

$$K = \frac{(U_b - U_a)}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (1)$$

式中: K ——研究期内研究区某一土地利用类型的动态度; U_a, U_b ——研究期初和期末该土地利用类型的面积; T ——研究时段。当 T 的时段定为年时, K 值是该土地利用类型的年变化率^[12]。

综合土地利用动态度表示某研究区一定时间范

围内土地利用的数量变化情况,其表达式为:

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

式中: ΔLU_{i-j} ——研究时段内第 i 类土地利用类型转为非 i 类土地利用类型面积的绝对值; LU_i ——研究期初第 i 类土地利用类型的面积; T ——研究时段,当 T 的时段定为年时, LC 的值就是该研究区土地利用年变化率^[13]。

土地利用开发度表示单位时间内某类型土地利用实际新开发的程度,由于此概念不适用于未利用土地,故对这种类型土地不进行此项计算。土地利用耗减度表示单位时间内某类型土地利用被实际消耗的程度。二者的表达式可参考相关文献^[11,14]。计算出青岛市土地利用动态变化指数(表 2)。

表 2 青岛市 1990—2011 年土地利用动态变化指数

%

土地利用类型	1990—2000 年			2000—2006 年			2006—2011 年			1990—2011 年
	单一动态度	开发度	耗减度	单一动态度	开发度	耗减度	单一动态度	开发度	耗减度	
草地	-0.15	0.06	0.30	-0.64	1.05	1.69	-2.81	0.59	3.40	-0.89
耕地	-0.21	0.00	0.21	-0.73	0.08	0.82	-0.74	0.25	1.01	-0.47
林地	-0.23	0.04	0.28	0.51	0.81	0.31	2.37	2.73	0.36	0.60
水域	2.69	0.18	0.09	-2.21	0.21	2.42	-1.63	0.54	2.17	0.05
未利用土地	1.70	—	0.29	-1.80	—	2.90	-9.06	—	9.35	-2.04
城乡、工矿、居民用地	1.51	1.37	0.02	4.77	4.70	0.11	4.14	4.42	0.38	3.75

(1) 单一土地利用动态度显示,城乡、工矿、居民用地增长速度最快,年均增长 3.75%,尤其是 2000—2006 年保持了 4.77% 的高速增长态势。2006—2011 年稍有下降,但仍以 4.14% 的速度增长。未利用土地减少最快,年均减少 2.04%,尤其 2006—2011 年以 9.06% 的速度减少。林地表现出先减少后增加的态势,年均增长 0.60%,尤其 2006—2011 年以 2.37% 的速度增长。草地和耕地都在持续减少,水域保持相对稳定状态,年均增长 0.05%。(2) 土地利用开发度显示,草地和城乡、工矿、居民用地在 2000—2006 年的开发度大于其他时间段的开发度,其他土地利用类型的开发度均依次增大。(3) 土地利用耗减度显示,3 个时段内,除水域外,其他土地利用类型的耗减度均逐渐增大。1990—2000 年,草地的耗减度最大,城乡、工矿、居民用地的耗减度最小,说明有相当一部分草地转化为其他土地利用类型。2000—2006 年,未利用土地的耗减度最大,城乡、工矿、居民用地的耗减度最小。2006—2011 年,未利用土地的耗减度最大,林地的耗减度最小。

综合土地利用动态度的计算结果表明,1990—

2000 年青岛市土地利用变化速度缓慢,仅为 0.23%; 2000 年以后土地利用变化速度加快,其中 2000—2006 年的综合土地利用动态度为 0.66%,2006—2011 年该值增大到 0.89%。

3.2 土地利用程度变化

特定范围内土地利用程度的变化是多种土地利用类型变化的结果,土地利用程度及其变化量和变化率可定量地揭示该范围土地利用的综合水平和变化趋势。土地利用程度可用土地利用程度综合指数来反映。根据刘纪远^[15-16],攀玉山等^[17]生态学角度的土地利用程度综合分析方法,将土地利用程度按照土地自然综合体在社会因素影响下的自然平衡状态分为 4 级,并赋予分级指数。其中,未利用土地分级指数为 1,林地、草地、水域分级指数为 2,耕地分级指数为 3,城乡、工矿、居民用地分级指数为 4。

土地利用程度综合指数表达式:

$$L_j = 100 \times \sum_{i=1}^n A_i \times C_i, \quad L_j \in [100, 400] \quad (3)$$

土地利用程度变化量表达式:

$$\Delta L_{b-a} = L_b - L_a = 100 \times \left[\sum_{i=1}^n A_i C_{b_i} - \sum_{i=1}^n A_i C_{a_i} \right] \quad (4)$$

土地利用程度变化率表达式:

$$R = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (A_i C_{ib}) - \sum_{i=1}^n (A_i C_{ia})}{\sum_{i=1}^n (A_i C_{ia})} \right] \quad (5)$$

式中: L_j ——某研究区域土地利用程度综合指数, L_j 数值越大说明土地集约利用的单一化程度越高, 数值越低说明区域土地利用集约程度越差, 土地类型越多^[18]; A_i ——研究区域内第 i 级土地利用程度分级指数; C_i ——研究区域内第 i 级土地利用程度分级面积百分比; n ——土地利用程度分级数; ΔL_{b-a} ,

R ——土地利用程度变化量和土地利用程度变化率; L_a, L_b —— a 时间和 b 时间的区域土地利用程度综合指数; C_{ia}, C_{ib} ——某区域 a 时间和 b 时间第 i 级土地利用程度面积百分比。如 $\Delta L_{b-a} > 0$, 或 $R > 0$, 则该区域土地利用处于发展时期, 否则处于调整期或衰退期^[12]。根据以上公式, 得出青岛市 1990, 2000, 2006 和 2011 年土地利用程度综合指数以及土地利用程度变化量和土地利用程度变化率(图 1)。

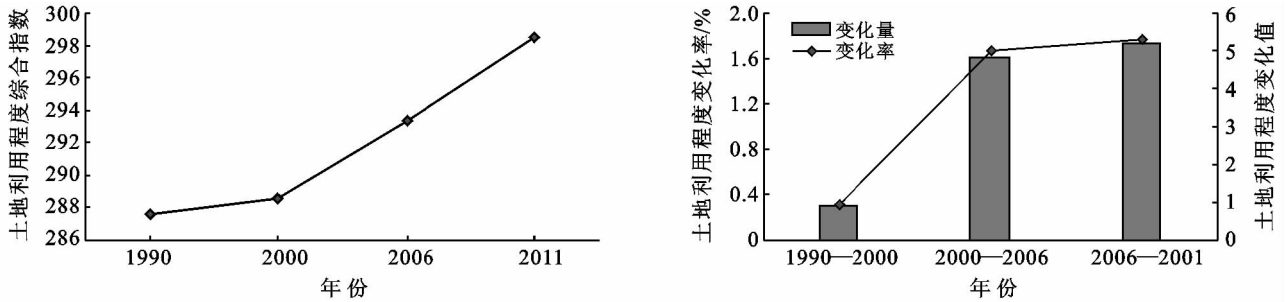


图 1 1990—2011 年青岛市土地利用程度变化

从图 1 可以看出, 1990 年以来, 青岛市土地利用程度综合指数逐年提高, 说明随着城市化水平提高和经济快速发展, 青岛市土地利用集约化程度在逐渐提高, 人类在不断地改变现有土地利用类型, 使之朝着经济效益更高的土地利用类型发展。1990—2000 年, 土地利用程度变化量为 0.902 7, 土地利用程度变化率为 0.313 8%; 2000—2006 年, 土地利用程度变化量为 4.813 5, 土地利用程度变化率为 1.668 3%; 2006—2011 年, 土地利用程度变化量为 5.184 2, 土地利用程度变化率为 1.767 3%。土地利用程度变化量和土地利用程度变化率均大于 0, 且呈现上升趋势, 说明青岛市正处于土地利用发展时期。

3.3 土地利用空间变化分析

利用 GIS 空间分析功能对青岛市 1990, 2000, 2006 和 2011 年 4 期数据进行空间叠置分析, 得到 1990 和 2011 年青岛市土地利用类型变化空间分布图(附图 12)和土地利用类型转移矩阵(表 3—5)^[19]。

青岛市土地利用变化在空间上表现为变化范围广, 几乎遍及全市各处。从附图 12 看出, 北部和西南部土地利用变化的幅度较小, 中部和东部地区变化幅度较大。

城市周边的耕地、林地等主要土地利用类型被建设用地占用, 转化为城市建设用地, 即城乡结合部成为扰动最剧烈的区域。

表 3 青岛市 1990—2000 年土地利用类型转移面积和转移比率矩阵

年份	土地利用类型	2000 年					
		草地	城乡、工矿、居民用地	耕地	林地	水域	未利用土地
1990 年	草地	1 048.15(97.05)	25.66(2.38)	1.37(0.13)	1.00(0.09)	1.99(0.18)	1.87(0.17)
	耕地	0.49(0.01)	128.05(1.80)	6 959.41(97.88)	1.34(0.02)	0.13(0.00)	20.40(0.29)
	林地	2.86(0.32)	17.46(1.93)	0.59(0.07)	878.48(97.16)	4.39(0.49)	0.42(0.05)
	水域	1.48(0.37)	1.55(0.39)	0.04(0.01)	0.07(0.02)	393.03(99.09)	0.47(0.12)
	未利用土地	0.22(0.19)	1.62(1.37)	0.46(0.39)	0.92(0.79)	0.22(0.19)	114.30(97.08)
	城乡、工矿、居民用地	1.12(0.09)	1 267.68(99.82)	0.18(0.01)	0.42(0.03)	0.28(0.02)	0.34(0.03)

注: 表中括号外的数据为面积, 单位为 km^2 , 括号内数据为转移比率, 单位为 %。下同。

表 3 结果表明, 1990—2000 年有 2.95% 的草地, 2.12% 的耕地, 2.84% 的林地, 2.92% 的未利用土地, 0.91% 的水域和 0.18% 的城乡、工矿、居民用地发生

了变化。其中, 草地、耕地、林地、未利用土地均主要转化为城乡、工矿、居民用地, 仅有 0.91% 的水域和 0.18% 的城乡、工矿、居民用地转化为其他类型用地。

表 4 青岛市 2000—2006 年土地利用类型转移面积和转移比率矩阵

年份	土地利用类型	2006 年					
		草地	城乡、工矿、居民用地	耕地	林地	水域	未利用土地
2000 年	草地	955.69(89.85)	72.89(6.85)	9.07(0.85)	23.51(2.21)	1.22(0.11)	1.30(0.12)
	耕地	55.98(0.80)	276.36(3.97)	6 620.67(95.09)	0.29(0.00)	4.33(0.06)	4.68(0.07)
	林地	2.32(0.26)	10.94(1.24)	1.94(0.22)	866.84(98.15)	0.04(0.01)	1.05(0.12)
	水域	3.90(0.77)	50.80(10.09)	16.83(3.35)	1.10(0.22)	430.28(85.51)	0.30(0.06)
	未利用土地	2.33(1.69)	1.08(0.79)	2.06(1.50)	18.02(13.08)	0.48(0.35)	113.82(82.60)
	城乡、工矿、居民用地	2.29(0.16)	1 451.20(99.32)	5.43(0.37)	0.27(0.02)	0.22(0.02)	1.72(0.12)

表 4 结果表明,2000—2006 年,有 10.15% 的草地,4.1% 的耕地,1.85% 的林地,14.49% 的水域,17.4% 的未利用土地和 0.68% 的城乡、工矿、居民用地发生变化。其中,林地主要转化为城乡、工矿、居民用地(占 1.24%),草地主要转化为城乡、工矿、居民用地和林地(占 6.85% 和 2.21%),水域主要转化为城乡、工矿、居民用地和耕地(占 10.09 和 3.35%),未利用土地主要转化为林地、草地和耕地(占 13.08%,1.69%,1.50%),城乡、工矿、居民用地转出量较小。

表 5 结果表明,2006—2011 年有 16.99% 的草

地,5.04% 的耕地,1.80% 的林地,10.85% 的水域,46.75% 的未利用土地和 1.88% 的城乡、工矿、居民用地发生变化。其中,草地主要转化为林地和城乡、工矿、居民用地(占 7.95% 和 5.75%),耕地主要转化为城乡、工矿、居民用地(占 4.53%),水域主要转化为城乡、工矿、居民用地和耕地(占 7.87% 和 1.65%)、未利用土地变动较大,主要转化为耕地、林地和城乡、工矿、居民用地(占 20.48%,10.90%,10.58%),另外,仅有 1.80% 的林地和 1.88% 的城乡、工矿、居民用地转化为其他类型用地。

表 5 青岛市 2006—2011 年土地利用类型转移面积和转移比率矩阵

年份	土地利用类型	2011 年					
		草地	城乡、工矿、居民用地	耕地	林地	水域	未利用土地
2006 年	草地	849.15(83.01)	58.85(5.75)	30.77(3.01)	81.37(7.95)	2.84(0.28)	0.00(0.00)
	耕地	6.78(0.10)	301.32(4.53)	6 320.79(94.96)	24.06(0.36)	3.06(0.05)	0.00(0.00)
	林地	4.39(0.48)	8.41(0.92)	2.07(0.23)	893.66(98.20)	0.44(0.05)	1.06(0.12)
	水域	0.73(0.17)	34.38(7.87)	7.19(1.65)	4.53(1.04)	389.19(89.15)	0.57(0.13)
	未利用土地	5.27(4.29)	13.00(10.58)	25.17(20.48)	13.40(10.90)	0.62(0.50)	65.42(53.25)
	城乡、工矿、居民用地	12.97(0.69)	1 845.48(98.12)	16.36(0.87)	0.98(0.05)	4.80(0.26)	0.18(0.01)

4 结论与讨论

(1) 21 a 来,青岛市土地利用变化明显。城乡、工矿、居民用地不断扩张,大量侵占耕地、草地,导致耕地、草地持续减少;林地面积先减少后增加,原因是 90 年代林地保护意识弱,政策不够完善,致使大面积林地转为城乡、工矿、居民用地,2000 年以后青岛市加强林地保护管理,推进生态城市建设,确保了森林覆盖率的生长;未利用土地先增加后减少,是由于 90 年代生态保护力度不够,植被覆盖度降低,部分草地成了裸地,导致未利用土地面积增加,2000 年后,加大了未利用土地的开垦力度,使未利用土地大幅度减少;水域先增加后减少的原因是前期水产养殖业的粗放型发展,水库坑塘增多,后来由于填海项目、填海面积逐年递增,部分滩地、海涂被开发为城乡、工矿、居民用地,导致水域面积减少。

(2) 青岛市土地利用程度逐年提高,土地利用程

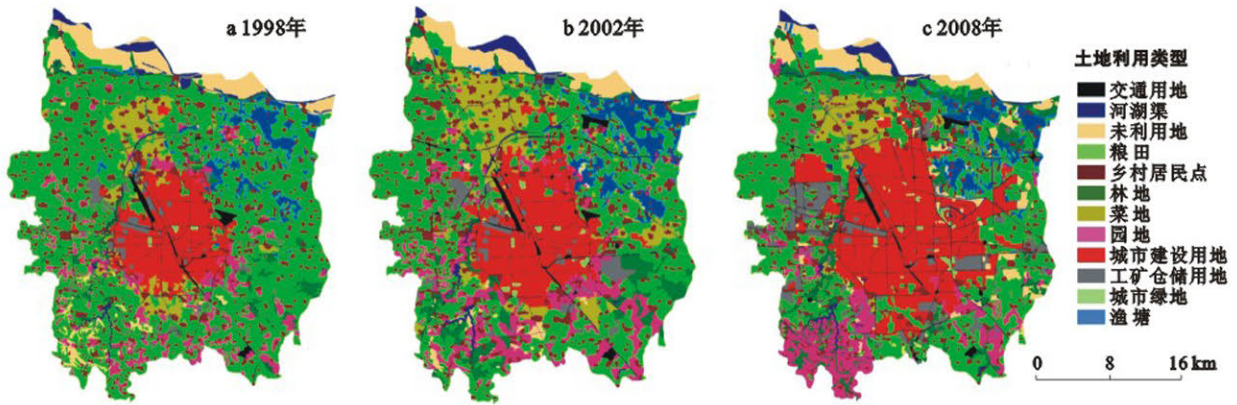
度变化量和土地利用程度变化率均 > 0 ,且呈上升趋势,说明青岛市正处于土地利用发展时期,土地利用集约度将进一步提高。青岛市土地利用变化在空间上表现为变化范围广,几乎遍及全市各个角落,北部和西南部土地利用变化的幅度相对较小,中部和东部地区变化幅度较大。土地利用类型转换关系复杂,各土地利用类型间均有转化现象,总体上主要向城乡、工矿、居民用地转化,说明青岛市城乡建设用地扩张明显。耕地、林地之间相互转化,说明退耕还林与毁林开荒现象并存。

今后,人口的集中和城市化发展,将导致城乡、工矿、居民用地对耕地、草地、林地的占用,还会加快滩涂、滩地的开发。因此,必须加大土地管理力度,合理配置土地资源,提高土地效益。另外,在滩涂、滩地开发利用的过程中,必须遵守自然规律,坚持经济发展与环境保护相结合的原则,根据各岸段的自然资源、环境条件、地理位置、社会需求,进行因地制宜、应

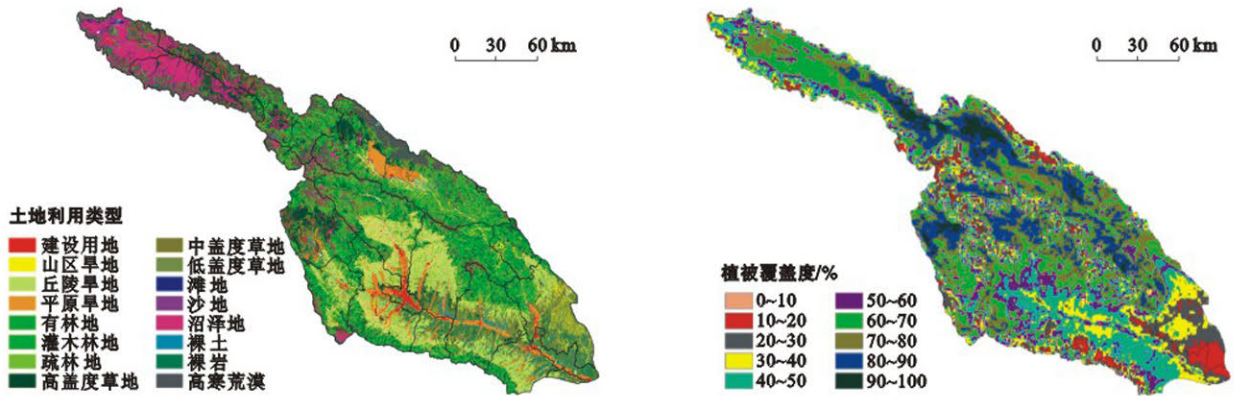
时制宜的开发利用,以达到社会效益和生态效益的共同提高。

[参 考 文 献]

- [1] Diego V, Peter H V, Arnold K B, et al. A method to define a typology for agent-based analysis in regional land-use research[J]. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2008, 128(10): 27-36.
- [2] 蒙吉军, 吴秀芹, 李正国. 黑河流域 1988—2000 年土地利用/覆被变化研究[J]. *北京大学学报: 自然科学版*, 2004, 40(6): 922-929.
- [3] 吴秀芹, 蔡运龙. 土地利用/土地覆盖变化与土壤侵蚀关系研究进展[J]. *地理科学进展*, 2003, 22(6): 576-584.
- [4] 万利. 城乡交错带土地利用变化的生态环境影响研究[D]. 北京: 中国农业科学院研究生院, 2009.
- [5] Turner B L, Skole D L, Sanderson S. Land use and land cover change: science/research plan[R]. IGBP Report, No. 35 and HDP Report No. 7, Stockholm and Geneva, 1995.
- [6] 陈龙华, 胡邵永. 基于多波段影像特征的土地利用分类[J]. *科技创新导报*, 2010, (34): 86.
- [7] 龚建周, 夏北成. 广州市 1990—2005 年植被覆盖度的时空变化特征[J]. *生态环境*, 2006, 15(6): 1289-1294.
- [8] 杨朝现, 陈荣蓉, 刘秀华. 重庆市北碚区土地利用变化及驱动力分析[J]. *西南农业大学学报: 社会科学版*, 2003, 1(2): 26-29.
- [9] 朱会义, 李秀彬, 何书金, 等. 环渤海地区土地利用的时空变化分析[J]. *地理学报*, 2001, 56(3): 253-260.
- [10] 赵健, 魏成阶, 黄丽芳. 土地利用动态变化的研究方法及其在海南岛的应用[J]. *地理研究*, 2001, 20(6): 723-730.
- [11] 朱邦耀, 卞维珍, 李秀霞. 基于 GIS 的经济欠发达地区土地利用动态变化分析及预测[J]. *水土保持研究*, 2010, 17(3): 273-276.
- [12] 王秀兰, 包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨[J]. *地理科学进展*, 1999, 18(1): 81-87.
- [13] 马礼, 苏海霞. 河北涪源县土地利用动态变化研究[J]. *干旱区资源与环境*, 2010, 24(1): 131-136.
- [14] 张新长, 梁金成. 城市土地利用动态变化及预测模型研究[J]. *中山大学学报*, 2004, 43(2): 121-125.
- [15] 刘纪远. 西藏地区土地利用[M]. 北京: 科学出版社, 1992.
- [16] 刘纪远. 国家资源环境遥感宏观调查与动态监测研究[J]. *遥感学报*, 1997, 1(3): 225-230.
- [17] 攀玉山, 刘纪远. 西藏自治区土地利用[M]. 北京: 科学出版社, 1994.
- [18] 闫淑君, 洪伟. 闽江口琅岐岛土地利用的时空动态[J]. *应用生态学报*, 2009, 20(5): 11-16.
- [19] 叶亚平, 李婷. 吴江市土地利用变化及其生态效应[J]. *城市环境与城市生态*, 2010, 23(5): 1-5.
- (上接第 67 页)
- [5] 王士永, 余新晓, 贾国栋, 等. 北京山区主要人工林枯落物水文效应[J]. *中国水土保持科学*, 2011, 9(5): 42-47.
- [6] 吴钦孝, 刘向东, 赵鸿雁. 陕北黄土丘陵区油松林枯落物叶层蓄积量及其动态变化[J]. *林业科学*, 1993, 29(1): 63-66.
- [7] 高甲荣, 尹婧, 牛健植, 等. 长江上游亚高山暗针叶林林地水文作用初探[J]. *北京林业大学学报*, 2002, 24(4): 74-79.
- [8] 刘世荣, 孙鹏森, 王金锡, 等. 长江上游森林植被水文功能研究[J]. *自然资源学报*, 2001, 16(5): 451-456.
- [9] 张远东, 刘世荣, 马蒋明, 等. 川西亚高山桦木林的林地水文效应[J]. *生态学报*, 2005, 25(11): 2939-2946.
- [10] 张洪江, 程金华, 史玉虎, 等. 三峡库区 3 种林下枯落物储量及其持水特性[J]. *水土保持学报*, 2009, 17(3): 55-58.
- [11] Calder R. A stochastic model of rainfall interception[J]. *Journal of Hydrology*, 1986, 89(1/2): 65-71.
- [12] Richard L, Granillo A B. Soil protection by natural vegetation on clearcut forest land in Arkansas[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 1985, 40(4): 379-382.
- [13] Kavvadias V A, Alifragis D, Tsiontis A, et al. Litter fall, litter accumulation and litter decomposition rates in four forest ecosystems in Northern Greece[J]. *Forest Ecology and Management*, 2001, 144(1/3): 113-127.
- [14] Słodciak M, Novak J, Skovsgaard J P. Wood production, litter fall and humus accumulation in a Czech thinning experiment in Norway spruce[J]. *Forest Ecology and Management*, 2005, 209(1/2): 157-166.
- [15] 杨新兵, 张伟, 张建华, 等. 生态抚育对华北落叶松幼龄林枯落物和土壤水文效应的影响[J]. *水土保持学报*, 2010, 24(1): 119-122.
- [16] 程云. 缙云山森林涵养水源机制及其生态功能价值评价研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2007.
- [17] 罗菊春. 抚育改造是森林生态系统经营的关键性措施[J]. *北京林业大学学报*, 2006, 28(1): 121-124.
- [18] 周晓峰, 李庆夏. 帽儿山、凉水森林水分循环的研究[C]//林业部科技司. 中国森林生态系统定位研究. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1994: 213-221.
- [19] 韩友志, 邢兆凯, 顾宇书, 等. 浑河上游白桦冷杉等 4 种林分枯落物储量及持水特性[J]. *东北林业大学学报*, 2011, 39(11): 15-18.
- [20] 周择福, 林富荣, 宋吉红, 等. 不同经营模式的水源涵养林生态防护功能研究[J]. *林业科学研究*, 2003, 16(2): 189-195.
- [21] 张振明, 余新晓, 牛健植, 等. 不同林分枯落物层的水文生态功能[J]. *应用生态学报*, 1999, 10(2): 135-139.

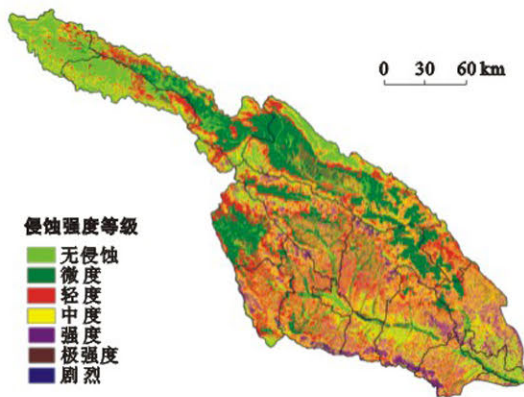


附图7 1998,2002和2008年郑州市土地利用空间分布

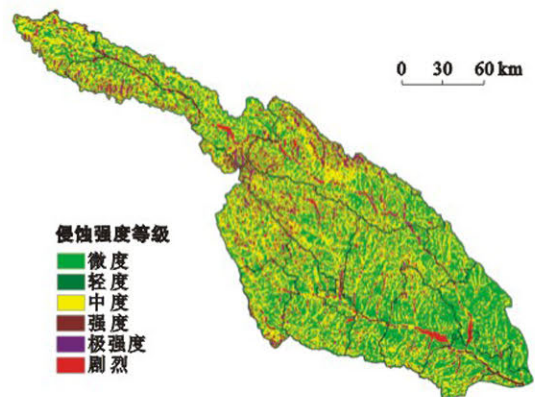


附图8 2009年滹水河流域土地利用现状

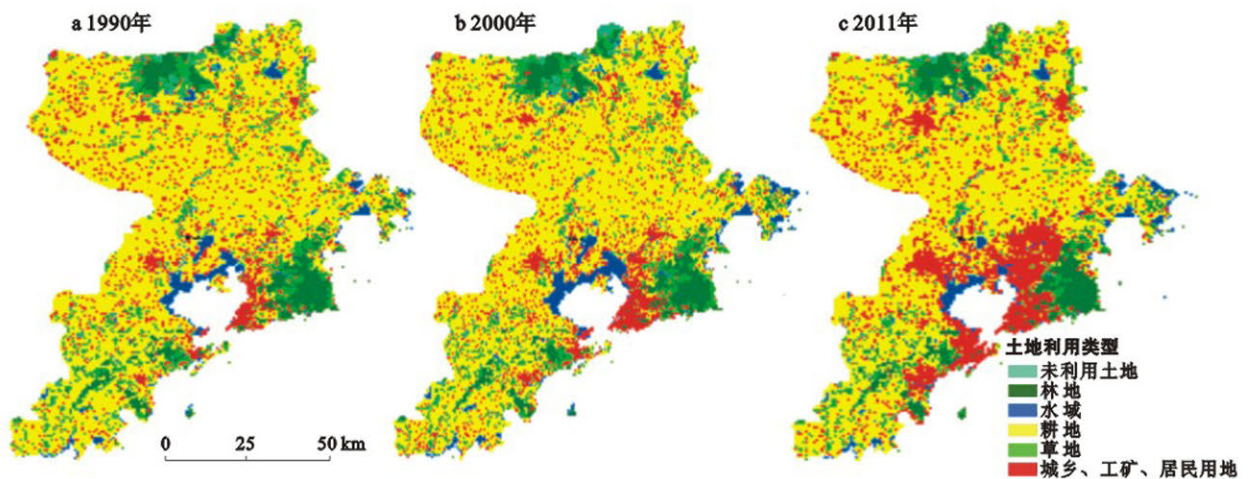
附图9 2009年滹水河流域植被覆盖度分布



附图10 2009年滹水河流域坡面侵蚀强度



附图11 2009年滹水河流域沟谷侵蚀强度



附图12 1990, 2000和2011年青岛市土地利用状况