

文章编号: 0375-5444 (2001) 03-0253-08

环渤海地区土地利用的时空变化分析

朱会义 李秀彬 何书金 张 明

(中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要: 根据 1985 和 1995 年 2 期 TM 影像资料, 运用遥感影像机助解译方法、地理信息系统空间分析方法以及数理统计方法, 全面分析了环渤海地区 3 省 2 市 1985~1995 年间分类土地利用的数量变化和空间变化特征, 揭示了该区各类土地利用数量变化的幅度、速度和区域差异以及土地利用空间变化的主要类型、分布特征和区域方向。阐明了该区土地利用变化的区域特点, 为土地可持续利用提供有效的决策支持。

关键词: 环渤海地区; 土地利用; 时空变化

中图分类号: F301.24 **文献标识码:** A

区域土地利用变化研究是全球变化研究的重要方面^[1~3]。目前我国虽已进行了大量区域土地利用变化的研究^[4~11], 但多侧重于城市土地利用变化以及土地利用变化对生态环境的影响。本文以土地资源遥感调查数据为基础, 利用遥感和地理信息系统方法, 结合统计分析, 揭示环渤海地区 1985~1995 年间土地利用的数量变化和空间变化特征, 明确其变化的主要类型和区域方向, 为该区土地管理决策、生态环境保护以及进一步深入研究奠定基础, 对于区域土地可持续利用具有重要意义。

1 研究范围、方法及资料来源

1.1 研究区的范围

本文研究的环渤海地区包括北京、天津、河北(部分)、山东(部分)、辽宁(部分)等 3 省 2 市的 24 个地级行政单位, 152 个县级行政单位, 土地总面积 233 630 km²。

1.2 研究方法

数据的采集与处理采用遥感和地理信息系统方法以及数理统计方法。在土地利用卫星影像的判读中引进了机助解译方法。解译结果以矢量格式转入地理信息系统软件 ARC/INFO 中。进而在 GIS 环境下, 对 2 期图形数据进行空间叠置分析, 获得土地利用变化的空间与属性数据。在此基础上, 进行土地利用变化的动态分析。

1.3 资料来源

所用数据是国家“八五”(1984~1985年)和“九五”(1994~1995年)2期土地资源

收稿日期: 2001-01-02; 修订日期: 2001-03-17

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(49831020) [Foundation Item: National Natural Science Foundation of China, No. 49831020.]

作者简介: 朱会义(1966-), 男, 江苏响水人, 副研究员, 博士。主要从事土地利用研究, 着重研究相关的遥感和地理信息系统技术与方法。E-mail: Zhuhy@igsnrr.ac.cn

遥感调查的部分工作成果, 时段前后相差 10 年。需要说明的是两期的数据比例尺不同, 第一期数据的比例尺为 1:25 万, 第二期数据的比例尺为 1:10 万, 制图综合工作中对第二期数据进行了一定的简化处理, 剔除 25 万图中难以反映的类型图斑, 使之与第一期的数据匹配。2 期遥感调查的结果, 除了在比例尺上不同之外, 精度也存在差异, 第一期数据中包含一小部分不明地类, 分析中作土地利用未发生变化来处理。此外, 各土地类型的解译精度也有一定的差异, 主要表现在耕地、城乡居住建设用地、未利用土地的精度较高, 经抽样调查在 95% 以上; 林地、草地, 尤其灌木林地、疏林地与草地有时难以区分, 精度较低, 在 85% 上下。

1.4 土地利用分类系统

土地资源遥感调查中, 根据土地的利用方式属性, 将其分为耕地、林地、草地、水域、城乡居住建设用地、未利用土地等 6 个一级类型。一级类型又进一步分为 22 类二级类型, 包括水田、旱地; 有林地、灌木林、疏林地、其它林地; 高覆盖度草地、中覆盖度草地、低覆盖度草地; 河渠、湖泊、水库坑塘、永久性冰川雪地、滩地; 城镇用地、农村居民点、其它建设用地; 沙地、戈壁、盐碱地、沼泽地、裸土地等。

在利用地理信息系统软件对图形数据进行空间叠置分析过程中, 采用二级土地分类系统。而对分析结果进行统计处理时, 考虑到采用二级分类系统数据过于庞杂, 故采用分类系统中的一级类型。

2 环渤海地区土地利用的数量变化

2.1 土地利用变化的幅度

区域土地利用变化包括土地利用类型的面积变化、空间变化和质量变化。面积变化首先反映在不同类型的总量变化上, 通过分析土地利用类型的总量变化, 可了解土地利用变化总的态势和土地利用结构的变化。

利用上述资料, 对环渤海地区 2 期土地利用图形数据 (图 1, 图 2) 分别进行统计分析, 得出表 1 的结果。可以看出: (1) 10 年来该地区耕地面积减少 180 多万 hm^2 ; (2) 林地面积增加了 600 389 hm^2 , 其中果园等园地面积极大幅度增加, 增加了 364 607 hm^2 , 占林地增加面积的 60% 以上; (3) 草地面积有所减少, 但幅度不大; (4) 居民点等建设用地面积大幅度增加, 其中

表 1 10 年来环渤海地区土地利用变化分类面积表

Tab. 1 The area of classified land-use change in Bohai Rim in recent 10 years (单位: hm^2)

土地利用类型	1985 年土地利用分类面积	1995 年土地利用分类面积	10 年间土地利用面积变化
耕地	14 771 330.46	12 907 291.55	-1864038.91
林地	4 639 809.57	5 240 198.57	600 388.99
草地	1 641 752.40	1 588 180.30	-53572.10
水域	637 232.77	1 057 451.24	420 218.47
城乡用地	1 657 564.37	2 718 527.70	1 060 963.32
未利用地	364 549.62	420 852.24	56 302.62
不明地类	220 262.39	0.00	
总面积	23 932 501.59	23 932 501.59	

其中以农村居民点面积的扩大最为显著, 主要是由于人口增长的压力以及城市化的发展所致; (5) 坑塘水面面积有所扩大, 反映了水产养殖业的发展。上述结果表明, 人口增长、人均居住条件的改善、城市化的发展以及农业结构调整是该区土地利用变化的主要动因。

2.2 土地利用变化的速度

土地利用动态度可定量描述区域土地利用变化的速度, 它对比较土地利用变化的区域

差异和预测未来土地利用变化趋势都具有积极的作用^[12]。

单一土地利用动态度的计算。单一土地利用类型动态度可表达区域一定时间范围内某种土地利用类型的数量变化情况,公式表达为:

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (2-1)$$

式中 U_a, U_b 分别为研究期初及研究期末某一种土地利用类型的数量; T 为研究时段长。当 T 设定为年时, K 为研究时段内某一土地利用类型的年变化率。

综合土地利用动态度的计算。区域综合土地利用动态度可描述区域土地利用变化的速度,用公式表示为:

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

式中 LU_i 为监测起始时间第 i 类土地利用类型面积; ΔLU_{i-j} 为监测时段第 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; T 为监测时段长度。当 T 设定为年时, LC 的值就是该研究区土地利用年变化率。

根据上述公式计算出环渤海地区土地利用 6 种类型的年变化率 (表 2)。结果说明,环渤海地区 10 年来土地利用变化速度很快,年均变化速度达 0.85%,其中以城乡居住建设用地和水域面积的变化速度最大,年变化率分别达 6.40% 和 6.59%;耕地由于总量较大,土地利用变化的部分所占比例较小,年变化率只有 1.26%。上述结果忽略了土地利用变化的内在过程,只反映出土地利用数量上的变化速度。

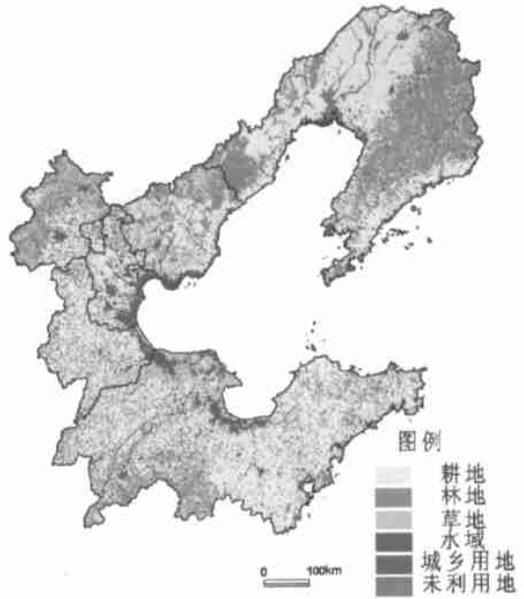


图 1 1985 年环渤海地区土地利用图
Fig. 1 Land use map of Bohai Rim, 1985

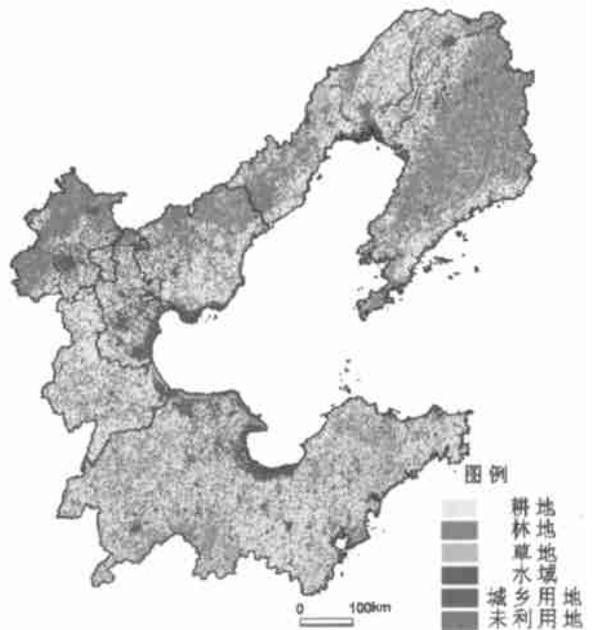


图 2 1995 年环渤海地区土地利用图
Fig. 2 Land use map of Bohai Rim, 1995

表 2 环渤海地区土地利用的年变化率 (单位: hm^2)

Tab. 2 The change rate of classified land-use in Bohai Rim

土地利用类型 (一级类)	1985 年土地 利用分类面积	1995 年土地 利用分类面积	10 年间土地 利用面积变化	土地利用 年变化率 (%)
耕地	14 771 330.46	12 907 291.55	-1864038.91	-1.26
林地	4 639 809.57	5 240 198.57	600 388.99	1.29
草地	1 641 752.40	1 588 180.30	-53572.10	-0.33
水域	637 232.77	1 057 451.24	420 218.47	6.59
居住建设用地	1 657 564.37	2 718 527.70	1 060 963.32	6.40
未利用地	364 549.62	420 852.24	56 302.62	1.54
不明地类	220 262.39	0.00		
总面积	23 932 501.59	23 932 501.59		

2.3 土地利用数量变化的区域差异

引入单一土地利用类型相对变化率来反映土地利用数量变化的区域差异。区域某一特定土地利用类型相对变化率可表示为:

$$R = \frac{|K_b - K_a| \times C_a}{K_a \times |C_b - C_a|} \quad (2-3)$$

式中 K_a 、 K_b 分别为区域某一特定土地利用类型研究期初及研究期末的面积; C_a 、 C_b 分别代表全研究区某一特定土地利用类型研究期初及研究期末的面积。

根据上述公式,我们计算了环渤海地区北京市、天津市、河北省(部分)、山东省(部分)、辽宁省(部分)等区域的土地利用相对变化率(表3)。结果显示土地利用数量变化存在明显的区域差异,其中耕地的变化以北京地区、辽宁地区为最大,相对变化率达到1.53和1.36,河北地区变化最小,仅0.62;林地的变化以北京市最大,辽宁地区最小;草地变化辽宁地区最大,天津市最小;水域变化北京市最大,辽宁地区最小;城乡居住建设用地变化辽宁地区最大,北京次之,天津最小;未利用土地变化山东地区最大,天津市最小。上表中土地利用相对变化率大于1的区域类型,其土地利用变化幅度大于全区该类土地的变化,反之则小于全区该类土地的变化。

表 3 环渤海地区分区各类土地利用相对变化率 (%)

Tab. 3 The relative change rate of classified land-use in different parts of the region

土地利用类型	北京	天津	河北(部分)	山东(部分)	辽宁(部分)
耕地	1.53	0.98	0.62	0.88	1.36
林地	7.54	5.78	3.23	0.96	0.22
草地	23.41	0.40	4.93	9.15	60.58
水域	2.06	1.26	1.34	0.88	0.75
居住建设用地	1.36	0.20	0.51	0.75	3.14
未利用地	4.00	1.66	4.55	21.89	2.07
不明地类面积 (hm^2)	0	23 901.84	56 238.49	127 306.61	12 815.45

3 环渤海地区土地利用的空间变化

3.1 变化的主要类型

对全区土地利用数据空间叠置分析的结果进行统计排序(表4),发现环渤海范围内,占

总面积 70% 的图斑 10 年内土地利用方式没有发生变化, 而其余约 30% 的土地则发生了利用方式变化, 其中变化最大的类型为耕地转化成城乡居住建设用地, 其次是耕地转化为林地包括果园、有林地、灌木林地等以及草地。空间数据统计结果与数量变化结果相比, 反映了土地利用的内在变化而不是土地利用变化的净量。

3.2 土地利用变化的空间分布特征

借鉴土地空间结构的分析方法^[13], 我们提出土地利用变化类型的多度和重要度的计算方法, 来表征土地利用变化的空间分布特征和变化的区域方向。

土地利用变化类型的多度, 表示某种土地利用变化类型在区域内的个体数, 可定量地表示出土地利用变化类型在区域内的分布状况。多度的计算方法如下:

$$D = \frac{N_i}{N} \times 100\% \quad (3-1)$$

式中 D 为某种土地利用变化类型的多度, N_i 为该种土地利用变化类型的个体数, N 为该图斑全部土地利用类型的个体数。

根据公式 3-1, 我们计算了环渤海地区土地利用变化主要类型的多度(表 5)。结果表明, 在整个区域内耕地转化为林地和耕地转化为城乡居住建设用地这 2 种变化类型分布最为广泛, 占土地利用图斑总数的 10% 以上。通过对土地利用变化图的进一步解析分析, 我们发现上述第一种变化类型集中分布于山丘与平原的交错地带, 平原地区则呈离散分布, 主要表现为耕地向园地的转化; 第二种变化类型集中分布于大中小城市的边缘区以及原有的农村居民点附近。

表 5 环渤海地区土地利用变化主要类型的多度 (%)

Tab. 5 The frequency of the major types of land-use change in Bohai Rim

土地利用变化类型	天津	河北 (部分)	辽宁 (部分)	山东 (部分)	北京	全区
耕地转为林地	3.19	7.59	20.97	6.55	8.36	11.55
耕地转为草地	2.32	2.69	1.66	6.87	2.24	3.84
耕地转为水域	7.57	1.43	1.32	1.88	2.28	1.88
耕地转为城乡用地	26.03	14.82	6.04	14.99	6.83	11.33
林地转为耕地	1.07	3.49	16.47	4.60	3.51	8.09
林地转为草地	0.28	3.18	1.56	5.45	3.41	3.42
草地转为耕地	1.45	2.12	0.38	2.72	4.07	2.01
草地转为林地	1.32	3.88	0.19	2.22	17.98	3.81
城乡用地转为耕地	14.79	13.69	0.67	9.23	3.58	6.47

结果还说明, 各种土地利用变化类型在不同地区的空间分布存在明显的差异, 天津、河北 (部分)、山东 (部分) 以耕地转化为城乡居住建设用地这一变化类型分布最广, 而辽宁 (部分)、北京则以耕地转化为林地的变化类型最为广泛。此外, 同一种土地利用变化类型

在不同地区的空间分布状况也不相同, 比较各地区耕地到城乡居住建设用地变化的分布可以看到其在北京、天津等地区的类型多度明显不同。

3.3 土地利用变化的区域方向

重要值可定量地表示土地利用变化类型对区域的重要程度, 是确定土地利用变化方向的重要依据。重要值为多度与面积比的综合表示, 用公式可描述为:

$$IV = D + B \quad (3-2)$$

式中 IV 为某种土地变化类型的重要值; D 为该种土地利用变化类型的多度; B 为该种土地利用变化类型的面积比。

从土地利用变化重要值的计算结果(表6)。环渤海地区土地利用变化的主要方向为城乡居住建设用地不断扩张, 大量侵占耕地, 同时林地与耕地在不同的空间区位上发生转化。就北京等各地区而言, 北京市以林草转化和城乡居住建设用地扩张为主; 天津市以城乡建设、土地整理和水域扩大为主; 河北地区以城乡建设、土地整理和林木扩大为主; 辽宁地区以耕地林地转化和城乡建设为主, 山东地区以城乡建设、土地整理、土地退化为主。

表6 环渤海地区主要土地利用变化类型的重要度 (%)

Tab. 6 The importance degree of the major types of land-use change in Bohai Rim

土地利用变化类型	天津	河北(部分)	辽宁(部分)	山东(部分)	北京	全区
耕地转为林地	5.15	11.46	29.33	8.45	12.24	16.12
耕地转为草地	3.50	4.95	3.14	12.45	3.23	6.91
耕地转为水域	13.16	2.35	2.35	3.02	3.59	3.17
耕地转为城乡用地	32.17	19.64	10.24	20.59	12.59	16.36
林地转为耕地	1.48	5.05	21.76	6.46	5.18	10.96
林地转为草地	0.57	4.68	2.98	7.29	5.26	4.98
草地转为耕地	2.29	4.40	0.96	5.56	5.81	3.81
草地转为林地	2.00	7.12	0.34	3.28	41.91	6.50
城乡用地转为耕地	17.92	16.58	0.96	12.15	4.92	8.40

4 结论

(1) 环渤海地区在1985~1995年10年内, 土地利用发生了大幅度的变化。全区耕地面积减少180多万 hm^2 , 林地、园地面积增加了600389 hm^2 , 草地面积有所减少, 但幅度不大, 居民点等建设用地面积大幅度增加, 坑塘水面面积有所扩大。

(2) 环渤海地区10年来土地利用年变化速度达到0.85%。耕地以平均每年1.26%的速度减少; 同时城镇建设用地、水域、林地和未利用土地的面积具有不同程度的增加, 其中以城镇建设用地和水域面积的变化速度最大, 年变化率分别达到6.40%和6.59%。

(3) 环渤海地区土地利用数量变化存在明显的区域差异, 其中耕地的变化以北京部分、辽宁部分为最大, 相对变化率达到1.53和1.36, 河北部分变化最小, 仅0.62; 林地的变化以北京市最大, 辽宁部分最小; 草地变化辽宁部分最大, 天津市最小; 水域变化北京市最大, 辽宁部分最小; 城乡居住建设用地变化辽宁部分最大, 北京市次之, 天津市最小; 未利用土地变化山东部分最大, 天津市最小。

(4) 通过空间分析, 环渤海范围内, 占总面积70%的图斑10年内土地利用方式没有发生变化, 而其余约30%的土地则发生了利用方式变化, 其中变化最大的类型为耕地转化成

城镇建设用地, 其次是耕地转化为林地包括果园、有林地、灌木林地等以及草地。

(5) 在整个区域内, 耕地转化为林地和耕地转化为城乡居住建设用地这 2 种变化类型分布最为广泛, 占土地利用图斑总数的 10% 以上。第一种变化类型集中分布于山丘与平原的交错地带, 平原地区则呈离散分布, 主要表现为耕地向园地的转化; 第二种变化类型集中分布于大中小城市的边缘区以及原有的农村居民点附近。说明环渤海地区土地利用变化的主要方向为城乡居住建设用地不断扩张, 大量侵占耕地, 同时林地与耕地在不同的空间区位上发生转化。

(6) 各种土地利用变化类型在不同地区的空间分布存在明显的差异, 天津、河北(部分)、山东(部分)以耕地转化为城乡居住建设用地这一变化类型分布最广, 而辽宁(部分)、北京则以耕地转化为林地的变化类型最为广泛。同一种土地利用变化类型在不同地区的空间分布状况也不相同, 比较各地区耕地到城乡居住建设用地变化的分布可以看到其在北京、天津等地区的类型多度明显不同。

参考文献(References):

- [1] Li Xiubin. A review of the international researches on land use/cover change [J]. *A cta Geographica Sinica*, 1995, 51(6): 553-558. (In Chinese) [李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域——土地利用/土地覆被变化的国际研究动向[J]. 地理学报, 1995, 51(6): 553-558.]
- [2] Turner IIBL, Skole D, Sanderson S et al. Land-use and land-cover change science/research plan[R]. IGBP Report No. 35 and HDP Report No. 7. Stockholm: IGBP, 1995.
- [3] Lambin E. F, Baulies X, Bockstael N et al. Land-use and land-cover change (LUCC) implementation strategy[R]. IGBP Report No. 48 and HDP Report No. 10. Stockholm: IGBP, 1999.
- [4] Shi Peijun, Chen Jin, Pan Yaozhong. Landuse change mechanism in Shenzhen city[J]. *A cta Geographica Sinica*, 2000, 55(2): 151-160. (In Chinese) [史培军, 陈晋, 潘耀忠. 深圳市土地利用变化机制分析[J]. 地理学报, 2000, 55(2): 151-160.]
- [5] Xu Lan, Zhao Yi. Forecast of land use pattern change in Dongling District of Shenyang: an application of Markov process[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1993, 4(3): 272-277. (In Chinese) [徐岚, 赵羿. 利用马尔柯夫过程预测东陵区土地利用格局的变化[J]. 应用生态学报, 1993, 4(3): 272-277.]
- [6] Tsai Bowen, Chang Changyi, Ding Tsjen. Spatial analysis in GIS—the land use changes in the coastal area of Yunlin county, Taiwan [J]. *Journal of Geographical Science (National Taiwan University)*, 1997, (23): 1-12.
- [7] Liu Shenghe, Wu Chuanjun, Shen Hongquan. A GIS based model of urban land use growth in Beijing [J]. *A cta Geographica Sinica*, 2000, 55(4): 407-416. (In Chinese) [刘盛和, 吴传钧, 沈洪泉. 基于 GIS 的北京城市土地利用扩展模式[J]. 地理学报, 2000, 55(4): 407-416.]
- [8] Xie Gaoqi, Cheng Shengkui, Ding Xianzhong. A study on global land use change under the pressure of population growth [J]. *Journal of Natural Resources*, 1999, 14(3). (In Chinese) [谢高地, 成升魁, 丁贤忠. 人口增长胁迫下的全球土地利用变化研究[J]. 自然资源学报, 1999, 14(3)]
- [9] Zhang Yili, Li Xiubin, Fu Xiaofeng. Urban land use change in Lhasa [J]. *A cta Geographica Sinica*, 2000, 55(4): 395-406. (In Chinese) [张锦锂, 李秀彬, 傅小锋. 拉萨城市用地变化分析[J]. 地理学报, 2000, 55(4): 395-406.]
- [10] Fu Bojie, Chen Lidong, Ma Keming. The effect of land use change on the regional environment in the Yangjuangou catchment in the Loess Plateau of China [J]. *A cta Geographica Sinica*, 1999, 54(3). (In Chinese) [傅伯杰, 陈利顶, 马克明. 黄土丘陵区小流域土地利用变化对生态环境的影响——以延安市羊圈沟流域为例[J]. 地理学报, 1999, 54(3).]
- [11] Brogaard Sara, Prieler Sylvia. Land cover in the Horqin grasslands, north China: Detecting changes between 1975 and 1990 by means of remote sensing[R]. IASA Interim report R-98-044/july.
- [12] Wang Xiulan, Bao Yuhai. Study on the methods of land use dynamic change research [J]. *Progress in Geography*, 1999, 18(1). (In Chinese) [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)]
- [13] Cai Yunlong. Methods and applications of land structure analysis [J]. *A cta Geographica Sinica*, 1992, 47(2): 146-155. (In Chinese) [蔡运龙. 土地结构分析的方法及应用[J]. 地理学报, 1992, 47(2): 146-155.]

Spatio-temporal Change of Land Use in Bohai Rim

ZHU Hui-yi, LI Xiu-bin, HE Shu-jin, ZHANG Ming

(Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: Regional land use change is an important part of global change. The Bohai Rim is one of the hot spots for socio-economic development in China, so the land use change will be improved greatly. Based on the RS and GIS methods, we analyze the land use information from 1985 and 1995 TM images, then in both spatial and temporal aspects, we analyze the situation of land use change in the region. It is found:

(1) The land use changed greatly in the Bohai Rim during 1985~1995. The cultivated land decreased by 1 800 000 hm², forestland increased by 600 389 hm² and land for housing and other construction purposes increased remarkably in the last ten years.

(2) The speed of the land use change in the region was up to 0.85% per year. The cultivated land decreased at the rate of 1.26% per year, land for housing and other construction purposes, water area, and forestland increased at different rates, among which land for housing and other construction purposes and water area were the highest (up to 6.40% and 6.95% per year respectively).

(3) There were notable differences of land use change among the sub-areas in the region. For cultivated land change, Beijing and Liaoning Province (partly) was the greatest, Hebei Province the smallest. For land for housing and other construction purposes, Liaoning (partly) was the greatest, Beijing the second, Tianjin the smallest in land use change.

(4) As to the spatial change, 30% of the area in the region was under the changing process, major types of which were cultivated land turned to be land for housing and other construction purposes, and cultivated land turned to be forestland and grassland. Those types of land were distributed widely and differently in different areas, but mostly near the mountains and in areas joining the town and country.

(5) The direction of land use change in the region was to occupy cultivated land for and convert land between forest and cultivated land at different units into that for housing and other construction purposes.

(6) Population growth, urbanization and adjustment of agricultural production structure were the direct causes for land use change in the Bohai Rim.

Key words: the Bohai Rim; land use change; spatio-temporal analysis