

基于 TM/ETM⁺ 绿洲城市土地利用时空演变分析 ——以新疆奎屯市为例

余慧容^{1,2}, 蒲春玲², 刘志有², 李 玉²

(1. 中国农业大学 资源与环境学院, 北京 100193; 2. 新疆农业大学 管理学院, 乌鲁木齐 830052)

摘 要: 绿洲城市是干旱区人地关系最为敏感的区域, 以 TM/ETM⁺ 影像为主要数据源, 借助遥感、GIS 技术和数理统计方法, 从数量和空间迁移等角度对典型绿洲城市——奎屯市近 16 a 来的土地利用变化进行了分析。结果表明: 奎屯市 1993—2009 年土地利用发生了显著变化, 以耕地、城乡工矿居民用地增加及草地减少为主要特征; 土地利用变化整体呈现出时空不均衡、各地类间更替转换程度大、城乡差异明显等特点; 土地利用结构上, 优势地类草地减少, 耕地和城乡工矿居民用地增加, 林地 2001—2009 年增加显著, 水域和未利用地变化幅度相对较小; 土地利用类型转换上, 6 大地类间发生了较大幅度的更替转换, 东部市区以城乡工矿居民用地和林地增加为主要特征, 而西部开干齐乡则主要体现在耕地和草地之间的更替; 变化趋势上, 耕地、林地和城乡工矿居民用地面积会有所增加, 而草地、水域和未利用地则呈减少的趋势。

关键词: 绿洲城市; RS; GIS; 土地利用/覆被变化

中图分类号: P228.4; TP79

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2012)06-0147-05

Analysis on Spatial-temporal Land-use Changes of Oasis City —A Case Study of Kuytun City, Xinjiang Uygur Autonomous Region

YU Hui-rong^{1,2}, PU Chun-ling², LIU Zhi-you², LI Yu²

(1. College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193, China; 2. College of Management, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

Abstract: Oasis City is the most sensitive area in arid region. Based on images of TM/ETM⁺, the methods of RS, GIS, and statistics was this paper used to carry out a dynamic analysis on the quantitative and spatial characteristics of land-use changes of Kuytun, the typical oasis city, over the past 16 years, which will benefit the sustainable land use of oasis city. The results turned out that the land use of Kuytun had changed a lot from 1993 to 2009 and differed with time and space; great changes also took place between different land-use types; and there were significant differences between the urban areas and rural ones. In terms of its land-use structure, the grassland decreased, forestland increased significantly between 2001 and 2009, and the water body and unutilized land changed a little. With regard to its spatial characteristics, great changes happened to the conversion among six land-use types; the downtown of Kuytun, which lies on the east, developed with the main feature that construction land and forestland increased, and the countryside of Kaiganqi was with the feature of conversion between cultivated land and grassland. For the changing trend, the cultivated land, forestland and construction land would expand, while the grassland, water body and unutilized land would change with a reducing trend.

Key words: Oasis City; RS; GIS; land use/land cover change (LUCC)

区域尺度的土地利用/覆被变化研究是 LUCC 研究的重点和全球环境变化研究的重要组成部分^[1-3], 其能够在时间和空间上较好地反映出研究区

域生态环境变化, 为区域生态、经济的可持续发展提供重要的理论依据^[4-5]。绿洲城市作为一种位于干旱区特殊自然条件下的城市类型, 是干旱区内部人类生

收稿日期: 2012-04-26

修回日期: 2012-05-23

作者简介: 余慧容(1987—), 女, 福建泉州人, 博士研究生, 主要从事土地可持续利用研究。E-mail: yhrhl@163.com

通信作者: 蒲春玲(1961—), 女, 新疆阿克苏人, 博士, 教授, 主要从事土地资源管理研究。E-mail: puchunling@163.com

产、生活的集聚中心,也是人地关系最为敏感的区域。但迄今为止针对绿洲城市的研究仍相对薄弱^[6],对绿洲城市的土地利用/覆被变化进行系统研究的更为少见。鉴于此,本研究以新疆典型的绿洲城市——奎屯市为例,借助“3S”技术,从数量、空间迁移等角度对绿洲城市的土地利用时空演变状况进行全面地分析探讨,以期对绿洲城市的土地利用变化研究和土地可持续发展政策制定提供有益的参考。

1 研究区概况

奎屯市位于天山北麓山前凹陷地带,准噶尔盆地西南边缘,辖 1 乡(开干齐乡)和 5 个街道办事处,是新疆北部地区主要的交通枢纽和天山北坡的重要经济增长极。地理位置为东经 $84^{\circ}47' - 85^{\circ}15'$,北纬 $44^{\circ}20' - 44^{\circ}49'$;属冲洪积倾斜平原地貌,地势西高东低,南高北低;地表多为戈壁或亚砂土,其土种质地多属砂壤土,没有明显的腐殖质层,有机质含量少;气候属北温带大陆性气候,夏热冬寒,四季较分明,气温日(年)差较大,降水量少,年均潜在蒸发量约是年均降水量的 9 倍;地表水主要来自奎屯河水和市区北部的泉水、沟湖;地下水主要靠河床渗漏补给。2009 年奎屯市总人口 15.29 万人,非农业人口 14.68 万人;有 29 个民族,其中少数民族人口 1.10 万人,占总人口的 7.2%。奎屯市总面积 406 km^2 ,耕地、草地和城乡居民工矿用地是奎屯市的优势地类,三者之和占土地总面积的 92.88%,而林地、水域和未利用地分别仅占土地总面积的 3.06%,2.51%,1.54%。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源及处理

本文主要基于研究区 3 期遥感影像,分别是:1993 年(时相 9 月 4 日,分辨率 30 m)、2009 年(时相 6 月 5 日,分辨率 30 m)的 TM 影像及 2001 年(时相 6 月 5 日,分辨率 30 m)的 ETM⁺ 影像。此外,为提高解译精度,本文还借助奎屯市 1996 年(一调数据,比例尺 1:50 000)、2003 年(变更数据,比例尺 1:50 000)及 2009 年的土地利用现状图(二调数据,比例尺 1:10 000),奎屯市行政辖区图及地形图来辅助解译。

考虑到与 ArcGIS 软件的融合度,本文采用 ENVI 4.8 软件对遥感影像进行预处理(辐射校正、几何校正、波段组合、影像裁剪)及土地利用信息的提取(监督分类),得到研究区三个时期的土地利用图。最后借助实地勘测调查、第一、二次全国土地大调查数据及变更数据建立随机样点集,在 ENVI 4.8 平台下运用混淆矩阵法(Error Matrix)将奎屯市 3 期遥感

图像的处理结果与随机样本点集对比,进行精度评价,得到 1993 年、2001 年和 2009 年的总体分类精度分别为 88.57%,86.53%,89.69%,符合误差矩阵的精度要求。土地利用分类主要参照 1992 年中国科学院“八五”重大应用项目“国家资源与环境遥感宏观调查与动态研究”中的土地资源分类系统,并结合研究区的影像特征,分为耕地、林地、草地、水域、城乡工矿居民用地和未利用地 6 大类。

2.2 研究方法

在 ArcGIS 9.0 平台下,对 1993 年、2001 年和 2009 年 3 个不同时期的土地利用图进行叠加、代数运算、统计,得到不同时期土地利用变化数据和各地类的空间迁移状况,以及研究区 1993—2001 年、2001—2009 年的土地利用转移矩阵,并借用 Markov 模型对土地利用变化趋势进行预测,从多角度得到研究区土地利用时空演变特征。

2.2.1 土地利用变化率 土地利用变化率(R_i)是某一时段土地利用类型面积的变化程度,反映不同土地利用类型在数量上的变化,有利于了解土地利用变化总态势和土地利用结构变化。其计算公式如下^[7-8]:

土地利用变化率:

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

式中: U_a, U_b ——研究期初和研究期末第 i 种土地利用类型的面积。

2.2.2 土地利用动态度 土地利用变化动态度分为单一土地利用动态度和综合土地利用动态度,单一土地利用动态度(K_i)是用于描述一定时间和空间范围内某种土地利用类型数量变化的幅度与速度;综合土地利用动态度(D)反映的是某个地区土地利用类型整体的稳定性。数学表达式如下^[9]:

单一土地利用动态度:

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

综合土地利用动态度:

$$D = \left\{ \frac{\sum_i^n |U_{ib} - U_{ia}|}{\sum_i^n U_{ia}} \right\} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (3)$$

式中: U_a, U_b ——研究期初和研究期末第 i 种土地利用类型的面积; n ——土地利用类型的个数; T ——研究时段长(时间间隔),单位为年。

2.2.3 马尔科夫(Markov)模型 马尔科夫(Markov)模型是基于马尔科夫链(Markov Chain),通过对系统不同状态的初始概率以及状态之间的转移概率来确定各状态将来各个时刻的变化趋势,具有“无后

效性”,即某随机过程在 $t+1$ 时刻的状态只与 t 时刻的状态有关,与以前的状态无关,而这一性质对于研究土地利用动态变化较为适宜^[10-11]。其一级转移概率矩阵为:

$$P_0 = \begin{pmatrix} \frac{n_{11}}{n_1} & \frac{n_{12}}{n_1} & \cdots & \frac{n_{1m}}{n_1} \\ \frac{n_{21}}{n_2} & \frac{n_{22}}{n_2} & \cdots & \frac{n_{2m}}{n_2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{n_{m1}}{n_m} & \frac{n_{m2}}{n_m} & \cdots & \frac{n_{mm}}{n_m} \end{pmatrix} \quad (4)$$

具有以下性质:

- ① $\sum_{j=1}^m p_{ij} = 1, \quad p_{ij} \geq 0$
- ② $\Pi_1 = \Pi_0 P_0 = [\sum_{i=1}^m \frac{n_{i1}}{n}, \sum_{i=1}^m \frac{n_{i2}}{n}, \cdots, \sum_{i=1}^m \frac{n_{im}}{n}]$

其中 Π_1 为一级转移后的状态向量。

根据齐次马尔科夫链的性质可计算出 n 级转移矩阵为 $P_n = P_n^n (n \geq 2, 3, \cdots)$, 且 n 级状态向量为 $\Pi_1 = \Pi_0 P_0^n$, 以此为依据进行预测。

3 结果与分析

3.1 土地利用结构变化

奎屯市 1993—2009 年土地利用类型面积及其变

化见表 1。由表 1 可知,研究区的土地利用类型以草地、耕地和城乡居民工矿用地为主,三者之和在 3 个时期均占研究区总面积的 90% 以上。近 16 a 来,奎屯市土地利用发生了显著变化。1993—2009 年间,奎屯市耕地、林地和城乡工矿居民用地增加,而草地、水域和未利用地减少,耕地变化幅度最大,林地与草地次之。

从分时段看,1993—2001 年间耕地、林地、城乡工矿居民用地面积增加,草地、水域、未利用地面积减少,耕地的变化程度(变化率的绝对值)最大,未利用地次之,城乡居民工矿用地变化最小;2001—2009 年间除草地减少外,其他地类增加,变化程度以耕地增加最为显著,未利用地和水域变化较小。

在土地利用动态度方面,奎屯市 1993—2009 年间的综合土地利用动态度为 29.22%, 其中 2001—2009 年间每年的综合土地利用动态度为 34.25%, 明显大于 1993—2001 年间的 19.75%, 说明 1993—2009 年这 16 a 间奎屯市土地利用类型发生了较大的替代和变更,其中以 2001—2009 年间的变化尤为显著。从单一土地利用动态度看,1993—2009 年耕地、林地、草地和城乡工矿居民用地动态度较大,说明这 4 类用地变化程度较大,而水域和未利用地则相对较为稳定。

表 1 1993—2009 年奎屯市土地利用类型面积及其变化

地类	1993 年		2001 年		2009 年		1993—2001 年变化			2001—2009 年变化		
	面积/	百分	面积/	百分	面积/	百分	面积/	百分	动态	面积/	百分	动态度/
	hm ²	比/%	hm ²	比/%	hm ²	比/%	hm ²	比/%	度/%	hm ²	比/%	%
耕地	5051	12.43	9015	22.18	19123	47.05	3965	78.50	9.81	10108	112.12	14.01
林地	714	1.76	735	1.81	1244	3.06	21	2.99	0.37	509	69.27	8.66
草地	28780	70.82	25208	62.03	13400	32.97	−3572	−12.41	1.55	−11808	−46.84	5.86
水域	1152	2.83	977	2.40	1018	2.51	−175	−15.17	1.9	42	4.26	0.53
城乡工矿居民用地	4129	10.16	4164	10.25	5227	12.86	35	0.85	0.11	1063	25.52	3.19
未利用地	816	2.01	541	1.33	628	1.54	−275	−33.70	4.21	87	16.02	2.00
合计	40641	100	40641	100	40641	100	—	—	17.95	—	—	34.25

3.2 土地利用类型转换

3.2.1 转移矩阵分析 转移矩阵可以用来全面具体地刻画区域土地利用变化的结构、特征及各用地类型

变化方向,其方法基于马尔科夫模型。在 GIS 技术支持下,将 3 期土地利用图进行叠加分析,得到不同时期土地利用类型之间的转换矩阵(表 2—3)。

表 2 1993—2001 年奎屯市土地利用类型转移矩阵 %

年份	地类	1993 年					
		耕地	林地	草地	水域	城乡工矿居民用地	未利用地
2001 年	耕地	94.78	17.45	12.02	7.60	9.82	16.44
	林地	0.64	56.72	0.33	2.85	3.39	2.11
	草地	2.50	8.35	82.58	51.70	10.97	14.68
	水域	0.48	0.01	1.76	36.36	0.00	0.00
	城乡工矿居民用地	1.39	16.57	2.97	0.16	74.04	4.42
	未利用地	0.00	0.08	0.04	0.00	0.17	61.63

表 3 2001—2009 年奎屯市土地利用类型转移矩阵 %

年份	地类	2001 年					
		耕地	林地	草地	水域	城乡工矿居民用地	未利用地
2009 年	耕地	84.54	3.11	44.08	21.63	3.34	0.14
	林地	3.43	66.10	0.78	0.70	5.69	0.74
	草地	4.24	1.82	49.01	22.75	7.94	10.20
	水域	0.72	12.33	1.34	51.55	0.21	1.11
	城乡工矿居民用地	6.99	16.29	4.16	1.55	81.02	1.77
	未利用地	0.05	0.27	0.46	0.33	1.19	85.81

由表 2—3 可知,1993—2009 年研究区地类间发生了较大程度的转移:耕地新增主要来源于草地和水域;林地流向主要是城乡工矿居民用地;草地流向以耕地为主,其次是城乡工矿居民用地;水域主要转化为草地或耕地;城乡工矿居民用地的增加来源于草地、林地和耕地;未利用地主要流向为草地和城乡居民工矿用地。

分时间段上看,2001—2009 年奎屯市地类转移程度远大于 1993—2001 年。1993—2001 年间,以林地、水域变化较为显著;耕地变化较小,自身的继承比例较大;林地流向主要是耕地和城乡工矿居民用地;草地以

流向耕地为主;水域主要转化为草地或耕地;城乡工矿居民用地的增加来源于草地和耕地;未利用地流向有耕地、草地、城乡工矿居民用地和林地。而 2001—2009 年间奎屯市草地变化幅度最大,主要流向为耕地;部分耕地被转化为城乡工矿居民用地;林地增加主要来源于耕地和城乡工矿居民用地;水域流向主要为耕地和草地;城乡工矿居民用地增加主要由耕地、林地和草地转化而来;未利用地的流向以草地为主。

3.2.2 空间迁移特征分析 利用 ArcGIS 平台中空间分析工具的栅格计算模块得出奎屯市 1993—2009 年间各类用地的空间迁移状况(图 1)。

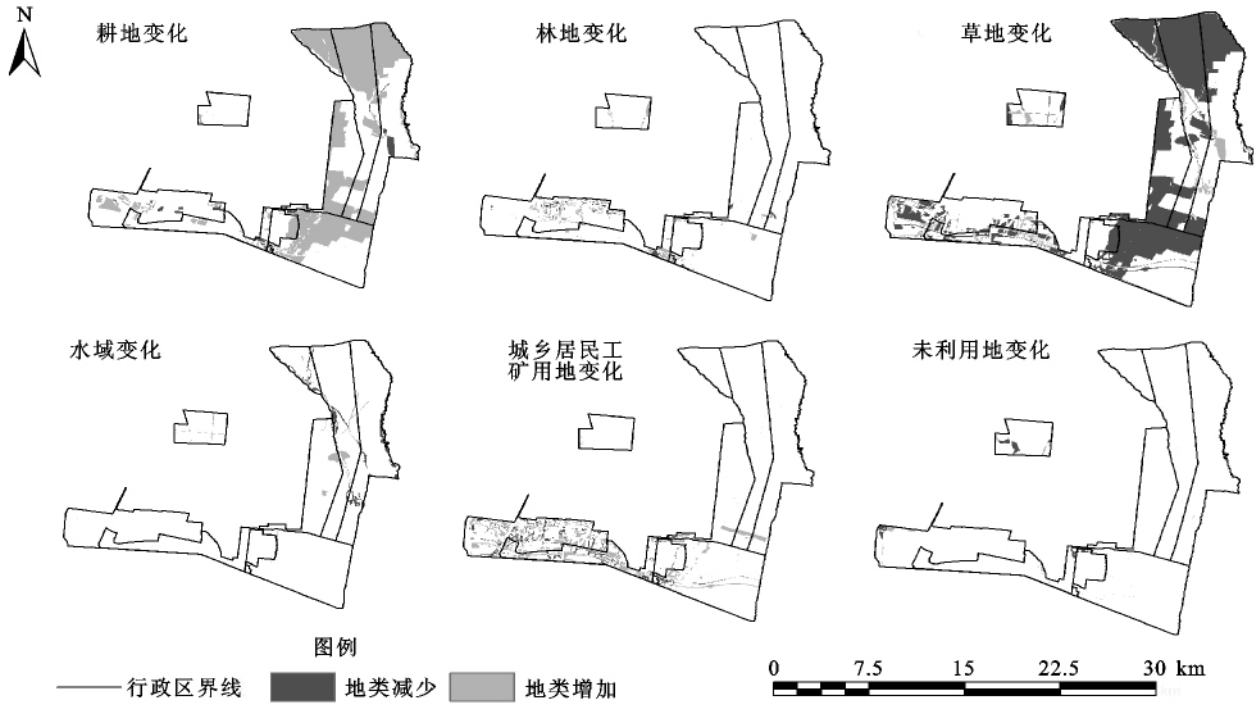


图 1 1993—2009 年奎屯市各地类空间迁移状况

从各类用地空间转换状况(图 1)可知,耕地面积呈增长趋势,增长的空间布局主要在东部的奎屯市开干齐乡;林地转换主要集中在西部的市区,增加面积远大于减少面积,可见近 16 a 来奎屯市加强了市区的绿化力度;草地减少幅度十分明显,主要集中在东部的开干齐乡、市区的西部和南部开发区;水域的变化主要体现在东部开干齐乡的冲洪积扇中下部和扇

缘区;城乡工矿居民用地整体增加,增加面积主要集中在奎屯市南部(城区和开干齐乡乡政府所在地);未利用地转变幅度较小,以减少为主,零星分布于东部工矿开采区及北部的开发区北二区。

3.3 土地利用变化趋势预测

借助马尔科夫模型的具体运算程序,以 1993—2009 年为基准,预测出二级转移矩阵概率($n=2$),然

后将转移概率和前一年各土地利用类型的面积相乘,对后一年份(预测年份)的土地利用类型面积进行汇总求和,得到未来 16 a(即 2025 年)的土地利用格局(表 4)。

表 4 奎屯市土地利用动态变化的 Markov 预测值

年份 土地利用类型	2009 年		2025 年	
	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%
耕地	19123	47.05	25608	63.01
林地	1244	3.06	2369	5.83
草地	13400	32.97	6000	14.76
水域	1018	2.51	539	1.33
城乡工矿居民用地	5227	12.86	5791	14.25
未利用地	628	1.54	334	0.82

由表 4 的预测可以看出,在未来近 20 a 中,按照当前的发展速度,奎屯的耕地与草地的面积将持续发生显著性的变化。其中,耕地面积将由 2009 年的 19 123 hm² 上升到 2025 年的 25 608 hm²;与耕地面积相反,草地面积则将减少,由 2009 年的 13 400 hm² 减少到 2025 年的 6 000 hm²;林地和城乡工矿居民用地面积会有所增加,分别上升到 2025 年的 2 369 hm²、5 791 hm²;而水域和未利用地则呈减少的趋势,分别下降到 2025 年的 539 hm² (1.34%)、334 hm² (0.82%)。

4 结 论

本文以新疆奎屯市作为案例,从数量、空间等角度较系统地研究了近 16 a 来干旱区绿洲城市的土地利用时空演变的过程与特征,主要结论如下:

(1) 近 16 a 来,研究区的土地利用结构、空间发生了显著变化。后 8 a(2001—2009 年)的土地利用变化速率和变化程度远大于前 8 a(1993—2001 年),呈现出土地利用变化时空不均衡的特性。

(2) 土地利用结构变化方面,耕地、林地、草地和城乡工矿居民用地变化幅度显著,其中耕地、林地和城乡工矿居民用地增加,草地减少,但草地、耕地和城乡居民工矿用地仍是奎屯市的优势地类;从土地利用类型转换,各地类间更替转换程度大、城乡差异明显,

东部市区以城乡工矿居民用地和林地增加为主要特征,而西部开干齐乡则主要体现在耕地和草地之间的更替;从变化趋势,耕地与草地的面积将持续发生显著性的变化,耕地增加,草地减少,林地和城乡工矿居民用地面积会有所增加,而水域和未利用地则呈减少的趋势。

该区域的土地利用变化驱动力和土地利用优化配置是后续研究的主要方向。

参考文献:

[1] 刘荣,高敏华,谢峰. 基于 Logistic 回归模型的土地利用格局模拟分析:以新疆吐鲁番市为例[J]. 水土保持研究,2009,16(6):74-78.

[2] 郑晓,王乃昂,李卓仑,等. 1990—2005 年疏勒河流域土地利用/覆盖变化分析[J]. 中国沙漠,2010,30(4):857-861.

[3] 许月卿,罗鼎,冯艳,等. 西南喀斯特山区土地利用/覆被变化研究:以贵州省猫跳河流域为例[J]. 资源科学,2010,32(9):1752-1760.

[4] 徐广才,康慕谊,李亚飞. 锡林郭勒盟土地利用变化及驱动力分析[J]. 资源科学,2011,33(4):690-697.

[5] 容芳芳,塔西甫拉提·特依拜,田源,等. 于田绿洲土地利用/覆盖变化轨迹分析[J]. 水土保持研究,2010,17(3):259-263.

[6] 杜宏茹,刘毅. 我国干旱区绿洲城市研究进展[J]. 地理科学进展,2005,24(2):69-79.

[7] 唐华俊,陈佑启,邱建军,等. 中国土地利用/土地覆盖变化研究[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2004.

[8] 谢余初,巩杰,赵彩霞,等. 干旱区绿洲土地利用变化的生态系统服务价值响应:以甘肃省金塔县为例[J]. 水土保持研究,2012,19(2):165-170.

[9] 任志远,李晶,王晓峰,等. 城郊土地利用变化与区域生态安全动态[M]. 北京:科学出版社,2006.

[10] 余慧容,张凤荣,蒲春玲. 基于景观生态学的区域土地利用结构演变及优化分析:以北京市顺义区为例[J]. 国土资源科技管理,2011(5):26-34.

[11] 孔次芬,李月臣,简太敏. 基于 RS 与 GIS 重庆都市区土地利用/覆盖变化过程及预测分析[J]. 水土保持研究,2012,19(2):205-209.