

基于 Markov 过程的张掖绿洲土地利用预测

毛彦成, 张 勃

(西北师范大学地理与环境科学学院, 甘肃 兰州 730070)

摘 要: 根据河西绿洲张掖市 2002、2003 和 2004 年 3 个时点的土地变更详查数据, 应用马尔科夫过程模型预测了未来 5 年内河西绿洲张掖市土地利用结构变化。结果表明: (1) 2006~2010 年 5 年间, 河西绿洲张掖市耕地变为园地、林地、牧草地及建设用地。(2) 5 年间河西绿洲张掖市土地利用类型面积变化幅度最大的是林地, 土地利用类型主要转化表现为由耕地、园地、牧草地、建设用地、未利用土地向林地转化, 其中耕地向林地转化的面积最大。

关键词: 土地利用类型变化; Markov 过程模型; 河西绿洲

中图分类号: F301.24 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2007)01-0011-04

土地是人类生存的基础, 各种土地类型的开发利用能够满足人类各种需求, 尤其是在干旱区绿洲, 土地利用状况是绿洲可持续发展的基础。对未来土地利用预测对绿洲制定合理的土地利用规划具有重要意义。Markov 预测模型是对土地利用类型预测的有效方法之一。徐多等运用 Markov 预测模型对拉萨地区土地利用变化情景进行了分析^[1]; 杨国安等对北京地区土地利用动态变化进行了预测^[2]; 蓝永超等运用 Markov 预测模型对黑河流域水资源变化趋势进行了预测^[3]等。但在西北干旱区绿洲土地利用类型预测方面研究较少, 鉴于此, 本文主要应用 Markov 预测模型对河西绿洲土地利用进行预测, 期望对河西绿洲的土地利用规划提供科学依据。

1 研究区域概况

河西地区地处我国西北干旱荒漠区东部和青藏高原的北部边缘, 境内地势由西南向东北倾斜, 由南往北可分为祁连山—阿尔金山山地、河西走廊平原、北山山地与阿拉善高平原三大地形区。河西地区共有大、小河流 57 条, 分属黑河、石羊河、疏勒河三大内陆水系, 气候干旱, 属温带荒漠气候类型, 年降水量仅 50~250 mm, 年蒸发量 2 000~3 500 mm 以上。农业生产主要依赖地表、地下水灌溉^[4]。张掖市辖一区(甘州区)、五县(山丹、民乐、临泽、高台、肃南), 分布于祁连山中的肃南县以牧业为主, 其余县均以经营农业为主^[4,5]。在史前文化和迁徙牧业时期, 由于生产力低下, 人类对土地覆盖的改变非常

有限, 其绿洲内河渠萦绕, 水量丰盈, 河流沿岸生长着以胡杨为建群种的阔叶乔木层, 绿洲地下水位较高, 柽柳、白刺等荒漠灌丛长势良好^[8]。汉武帝元首二年(公元前 121 年), 河西地区开始进行大规模的土地开发, 汉武帝在河西设立四郡, 自此便开始了自下游向上游的大规模的屯田移民, 农牧业交替发展, 至明清时期农业取得了绝对优势。到了现代, 土地利用/覆盖变化发生深刻的变化, 随着河西绿洲人口的不断增加, 以及社会经济体制改革, 人们的思想观念也发生了深刻的变化, 以畜牧业和种植业为主的农业向农、牧、林、果、渔等多元化发展, 这就必然导致了土地利用结构发生了重大改变。

2 数据来源及研究方法

2.1 数据来源

文中所用数据来自 2002、2003 和 2004 年三年甘肃省张掖市土地变更详查资料。

2.2 Markov 过程的基本原理

在事件发生过程中, 若每次状态的转移都只仅与前一时刻的状态有关, 而与过去的状态无关, 或者说状态转移过程是无后效性的, 则这样的状态转移过程就称为 Markov 过程。

Markov 转移矩阵模型对分析土地利用类型之间的转化具有重要意义。通过 Markov 转移矩阵, 不仅可以定量说明土地利用类型之间的相互转化状况, 而且可以揭示不同土地利用类型之间的转移速率, 从而可以更好地了解土地利用格局的时空演变

收稿日期: 2006-04-20

基金项目: 甘肃省中青年科技基金项目(031-A21-005); 国家自然科学基金重点项目(40235053); 生态经济学省级重点学科(5001-063)

作者简介: 毛彦成(1980-), 男, 甘肃西峰人, 研究生, 主要从事干旱区资源与环境研究。

通讯作者: 张 勃(1963-), 男, 甘肃华池人, 教授, 博导, 主要从事干旱区资源与环境科研和教学工作。E-mail: zhangbo@nwnu.edu.cn.

过程^[7]。另外, Markov 模型适用于各个土地利用面积, 具有稳定性, 即没有较大的土地数量变化。根据甘肃省国土资源局未来土地利用规划, 土地利用政策方面不会有较大的变动。还有大的自然环境变化在这一区域发生的可能性也是比较小的。基于此, 用 Markov 模型预测张掖市未来 5 年的各类土地面积是可行的。

P_{ij} 为土地利用类型转化的转移概率。转移矩阵的每一项元素需满足以下条件^[3]:

$$\begin{cases} 0 \leq P_{ij} \leq 1 (i, j = 1, 2, \dots, n) \\ \sum_{j=1}^n P_{ij} = 1 (i = 1, 2, \dots, n) \end{cases}$$

$$P = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nn} \end{bmatrix}$$

计算土地利用类型的转移概率矩阵是根据某一时段内土地利用类型的面积变化矩阵, 求出以年

为单位, 计算出年平均土地利用类型面积变化矩阵, 再由该年矩阵求出年平均土地利用类型转移概率。本研究使用的土地利用时段是 2002、2003 和 2004 年, 由于时间间隔都为 1 年, 所以直接以 1 年时段的土地利用面积矩阵来计算概率矩阵即可。

3 结果与分析

为了预测 2005 年以后张掖市土地利用类型变化面积, 根据 2002~2003 年、2003~2004 年两个时段的转移概率矩阵(表 1, 表 2), 求出这两个时期土地利用类型的加权转移概率矩阵, 该矩阵即为初始状态的概率转移矩阵 $M^{(0)}$, 其公式计算如下^[1]:

$$M^{(0)} = (n_1 \times M_1 + n_2 \times M_2) / (n_1 + n_2)$$

其中: $M^{(0)}$ 为初始状态概率转移矩阵; M_1 和 M_2 分别为 2002 年至 2003 年和 2003 年至 2004 年土地利用类型转移概率矩阵; n_1 和 n_2 为土地利用数据的间隔时间, 各为 1 年, 求出初始状态转移概率矩阵(表 3)。

表 1 2002~2003 年张掖市土地利用变化转移概率矩阵(%)

Table 1 Transition probability matrix of land use change from 2002 to 2003 in Zhangye

类型 1 Type 1	耕地 Cultivated land	园地 Garden land	林地 Forest land	牧草地 Grassland	建设用地 Construction land	未利用土地 Not used land
耕地 Cultivated land	93.5036	0.1337	5.3954	0.9552	0.0120	—
园地 Garden land	—	99.6807	0.3001	0.0019	0.0172	—
林地 Forest land	0.0377	0.0018	99.9478	0.0125	2.5516	—
牧草地 Grassland	0.0319	0.0012	0.5855	99.3810	0.0004	—
建设用地 Construction land	—	—	0.0196	—	99.9804	—
未利用土地 Not used land	0.0056	0.0039	0.0710	0.0026	0.0024	99.9146

表 2 2003~2004 年张掖市土地利用转移概率矩阵(%)

Table 2 Transition probability matrix of land use change from 2003 to 2004 in Zhangye

类型 2 Type 2	耕地 Cultivated land	园地 Garden land	林地 Forest land	牧草地 Grassland	建设用地 Construction land	未利用土地 Not used land
耕地 Cultivated land	99.9138	—	—	—	0.0862	—
园地 Garden land	0.0017	99.9784	—	—	0.0199	—
林地 Forest land	—	—	99.9869	—	0.0131	—
牧草地 Grassland	0.0125	—	0.0152	99.9544	0.0179	—
建设用地 Construction land	0.0526	—	—	—	99.9474	—
未利用土地 Not used land	0.0168	—	0.0006	—	0.0508	99.9318

表 3 张掖市土地利用初始转移矩阵(%)

Table 3 Primary transition probability matrix of land use change in Zhangye

类型 3 Type 3	耕地 Cultivated land	园地 Garden land	林地 Forest land	牧草地 Grassland	建设用地 Construction land	未利用土地 Not used land
耕地 Cultivated land	96.7087	0.06685	2.6977	0.4776	0.0491	—
园地 Garden land	0.0085	99.82955	0.15005	0.00095	0.01855	—
林地 Forest land	0.0188	0.0009	99.96735	0.00625	1.28235	—
牧草地 Grassland	0.0222	0.0006	0.30035	99.6677	0.00915	—
建设用地 Construction land	0.0263	—	0.0098	—	99.9639	—
未利用土地 Not used land	0.0112	0.00195	0.0358	0.0013	0.0266	99.9232

将表 3 作为初始矩阵,2004 年的土地利用类型面积作为初始状态矩阵,以 1 年为单位,利用 Markov 过程模型预测了 2005 年张掖市的土地利用

类型面积变化趋势(表 4)。为了检验预测结果是否准确,现采用相对误差检验法来检验预测结果的准确性。

表 4 张掖市 2005 年土地利用预测精确度分析($\times 10^4 \text{hm}^2$)

Table 4 Precision analysis of predicted area of land use change for 2005 in Zhangye

项目 Items	耕地 Cultivated land	园地 Garden land	林地 Forest land	牧草地 Grassland	建设用地 Construction land	未利用土地 Not used land
初始值(2005) Start value	25.22	2.75	37.35	202.51	4.02	108.44
预测值(2005) Predicted value	24.46	2.76	38.67	201.95	5.53	108.35
绝对误差 Difference error	-0.760	0.020	0.680	-0.550	0.980	-0.080
相对误差 Relative error	0.031	0.007	0.018	0.003	0.177	0.001
精确度(%) Precision	96.9	99.3	98.2	99.7	82.3	99.9

经过表 4 的分析,可以看出,在所预测的 6 类土地利用类型中,除建设用地预测精度没有达到 90% 以上,其它 5 类土地利用类型预测的都较为准确,说

明用马尔科夫预测土地利用变化是可行的,结果也是比较准确的。基于此,接下来预测了 2006 年至 2010 年张掖市土地利用类型变化趋势(表 5)。

表 5 2006~2010 年张掖市土地利用类型面积预测值($\times 10^4 \text{hm}^2$)

Table 5 Predicted area of land use change from 2006 to 2010 using Markov model

年份 Year	耕地 Cultivated land	园地 Garden land	林地 Forest land	牧草地 Grassland	建设用地 Construction land	未利用土地 Not used land
2006	23.72	2.78	39.97	201.41	6.09	108.27
2007	23.01	2.79	41.25	200.85	6.65	108.19
2008	22.31	2.81	42.50	200.30	7.24	108.10
2009	21.65	2.82	43.73	199.75	7.84	108.02
2010	21.00	2.83	44.95	199.19	8.45	107.94

预测表明:张掖市未来的土地利用类型发展趋势是:耕地、牧草地、未利用土地将进一步减少;园地、林地、建设用地面积将进一步增加。2005 年至 2010 年 5 年间,在不同土地利用类型中耕地面积减

少幅度最大,将达到 3.46万 hm^2 ,其次是牧草地面积,其减少将达到 2.76万 hm^2 ,另外,未利用土地也将减少 0.41万 hm^2 ;在面积增加方面,林地面积增加幅度最大,增幅面积将达到 6.28万 hm^2 ,接下来

面积增加较大的是建设用地,其面积将达到 2.92 万 hm^2 ,还有,园地面积也有增加,也将达到 0.07 万

hm^2 。河西绿洲张掖市耕地、园地、林地和牧草地面积发展变化趋势见图 1、2。

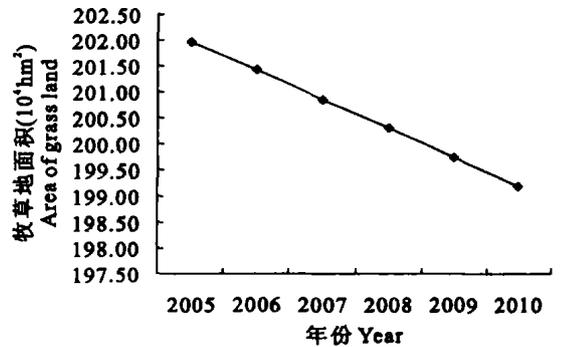
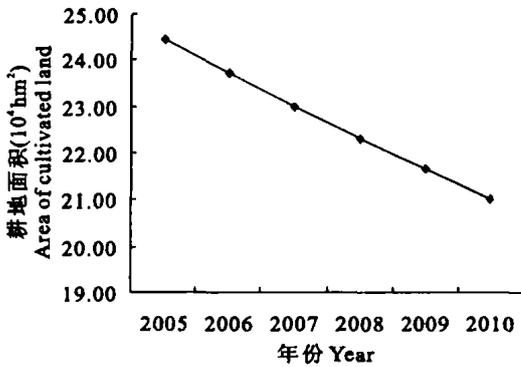


图 1 河西绿洲张掖市 2005~2010 年耕地面积和牧草地面积发展趋势

Fig. 1 Changing trend of cultivated land and grassland from 2005 to 2010 in Zhangye district

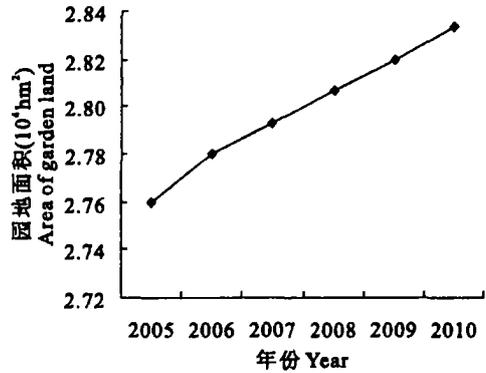
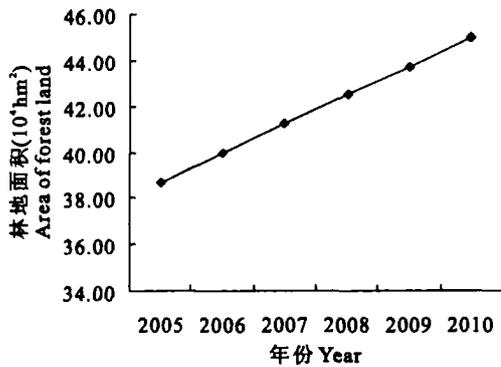


图 2 河西绿洲张掖市 2005~2010 年林地和园地面积发展趋势

Fig. 2 Changing trend of forest land and garden land from 2005 to 2010 in Zhangye district

4 结论与讨论

1) 2006~2010 年 5 年间,河西绿洲张掖市土地利用方式主要是由耕地变为园地、林地、牧草地及建设用地。

2) 5 年间河西绿洲张掖市土地利用类型面积变化幅度最大的是林地,土地利用类型主要转化表现为由耕地、园地、牧草地、建设用地、未利用土地向林地转化。这与河西绿洲是国家生态退耕和当地农民发展林果业生产等人类经济活动直接相关。

3) 马尔科夫随机过程预测表明:河西绿洲张掖市未来 5 年中土地利用类型发展趋势是耕地、牧草地、未利用土地面积进一步减少,其中,耕地面积和牧草地面积减少较为明显。园地、林地、建设用地面积将进一步增加。

4) 土地利用类型变化是一个较为复杂的过程,受到各种复杂因素的综合作用,比如,全球气候变化,尤其是河西绿洲地区受气候变化影响较为敏感;土地利用政策、区域大型工程(主要是 G45 高速公路、西气东输铺设管道、黑河流域综合治理工程)及

其他人为活动等的不确定因素影响,从而使得不同土地利用类型转移基于马尔科夫过程预测会发生不同程度的变化,导致马尔科夫过程模型的预测精度受到影响。

参考文献:

- [1] 徐多,张德铨,郑度.拉萨地区土地利用变化情景分析[J].地理研究,2005,24(6):869-876.
- [2] 杨国安,甘国辉,郭腾云.北京地区土地利用动态变化及预测[J].地球信息科学,2005,7(3):108-112.
- [3] 蓝永超,丁永建,康尔泗,等.黑河流域水资源动态变化及其趋势的灰色 Markov 链预测[J].中国沙漠,2003,24(3):435-440.
- [4] 甘肃省统计局.甘肃统计年鉴(2002)[M].北京:中国统计出版社,2001.155-191.
- [5] 张勃,张华.河西地区土地利用/覆盖驱动力研究[J].干旱区地理,2004,27(2):235-237.
- [6] 王金叶,马永俊,江泽平.甘肃省张掖市土地荒漠化发展动态及成因探析[J].中国沙漠,2005,25(3):428-431.
- [7] 徐建华.现代地理学中的数学方法[M].北京:高等教育出版社,2002.
- [8] 李并成.河西走廊历史时期沙漠化研究[M].北京:科学出版社,2003.140-141.

(英文摘要下转第 40 页)

- [J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2004,(9):14—18.
- [13] 陈东景,徐中民,程国栋,等.中国西北地区的生态足迹[J].冰川冻土,2001,23(2):164—169.
- [14] 李金平,王志石.澳门2001年生态足迹分析[J].自然资源学报,2003,18(2):197—203.
- [15] 许信旺.安徽省生态足迹分析[J].中国农学通报,2005,21(3):277—279.
- [16] 徐中民,程国栋,张志强.生态足迹法:可持续定量研究的新方法——以张掖地区1995年的生态足迹计算为例[J].生态学报,2001,21(9):1484—1493.
- [17] 陈东景,徐中民.生态足迹理论在我国干旱区的应用与探讨——以新疆为例[J].干旱区地理,2001,4(4):305—309.
- [18] 邓 踩,杨顺生.四川省二00一年生态足迹分析[J].四川环境,2003,22(6):45—47.
- [19] 赵先贵,肖 玲,兰叶霞,等.陕西省生态足迹和生态承载力动态研究[J].中国农业科学,2005,38(4):746—753.

Analysis of ecological footprints of Shaanxi Province in 2003

ZHANG Qing-feng¹, WU Fa-qi¹, TIAN Dong¹, WEI San-ping^{1,2}, LI Hua¹

(1. Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi, 712100;

2. Insitute of Soil & Water Conservation of Shanxi Province, Lishi, Shanxi, 033001)

Abstract: The ecological footprints analysis initiated by William E. Rees, Canadian ecological economist, and Wackernagel Mathis, the former's postgraduate, is a system of index for measuring sustainable development. Based upon the introduction of it's theory, system of index and computation, the consequence of analyzing ecological footprints of Shaanxi Province in 2003 indicates that the ecological footprints of whole province is less than it's ecological capacity in numerical value. As a result, ecological deficit of Shaanxi Province in 2003 causes the province belong to the region of unsustainable development in locality-sustainable development in globe. Finally, the thesis briefly discusses the aspects need to be noticed and consummated.

Keywords: ecological footprint; ecological capacity; ecological deficit; Shaanxi Province

(上接第 14 页)

Prediction of land use of Hexi Oasis based on Markov mode

MAO Yan-cheng, ZHANG Bo

(Geography and Environment College of North West Normal University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: Based on Markov model, this paper predicted the land use changes of Hexi oasis. The result showed that the area of cultivated land and grassland will decrease, and the area of forest land and garden land will increase from 2005 to 2010. In addition, the area of cultivated land will change into garden land, forest land and construction land from 2005 to 2010. The area of forest land changes most largely because the policy of converting cropland to forest or grass land is fulfilled.

Keywords: land use changes; Markov model; Hexi Oasis