

# 基于 GIS 和 RS 技术宝鸡市金渭两区 土地利用变化及趋势分析

徐春迪<sup>1,2</sup>

(1. 宝鸡文理学院地理科学与环境工程系, 陕西 宝鸡 721013; 2. 陕西省灾害监测与机理模拟重点实验室, 陕西 宝鸡 721013)

**摘要:** 根据 1988 年、2000 年和 2004 年 3 期 TM/ETM<sup>+</sup> 遥感影像数据, 利用遥感和地理信息系统技术, 选取土地利用变化幅度、单一土地利用动态度和综合土地利用动态度指数模型, 并应用马尔柯夫模型对宝鸡市金渭两区土地利用动态变化及变化趋势进行了分析。结果表明: 16 a 来宝鸡市金渭两区耕地面积迅速减少, 园地面积迅速增加, 同时城乡用地也有较大幅度的增加, 林地呈现减少趋势, 而未利用地有增加趋势, 水域面积变化不大。未来 16 a 内该区域的土地利用变化基本趋势是: 园地和城乡用地将持续增加, 城乡用地增加速度较快, 林地将持续减少, 耕地、水域和未利用地变化不大。

**关键词:** 土地利用; 动态变化; 变化趋势; 宝鸡市金渭两区

**中图分类号:** F301.24 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)05-0240-05

自 20 世纪 90 年代以来, 土地利用/土地覆盖变化(简称 LUCC)是全球环境变化的重要组成部分和造成全球环境变化的重要原因<sup>[1~3]</sup>, 因而成为现代地理学研究的前沿与热点领域之一。我国的学者进行了大量的区域性土地利用/土地覆盖变化研究<sup>[4~8]</sup>, 探寻土地利用变化机制以及驱动因子, 取得了不少成果。土地利用/覆盖变化研究的难点在于对土地利用/覆盖变化进行准确、有效地动态监测, 而基于地理信息系统和遥感技术以其快速、实时、准确、周期性短等优势在国内外土地利用/覆盖变化监测中得到了广泛的应用, 并取得了极大的进展<sup>[9, 10]</sup>。随着信息技术的发展, 利用 RS 和 GIS 技术进行土地利用动态监测, 深入了解土地利用动态变化特征, 进而对土地利用/土地覆盖演变趋势预测, 有助于政府针对性地制定相应的政策进行土地开发、利用、整治与保护, 在时间上、空间上作出预先安排, 这对于区域土地资源可持续利用具有重要现实意义<sup>[11, 12]</sup>。

宝鸡市金台和渭滨两区是宝鸡市三个城区中的两个, 是全市的金融、经济、文化中心。宝鸡市金渭两区具有重要的地理区位, 作为欧亚大陆桥之重镇, 区内交通便利, 陇海、宝成、宝中铁路和西宝高速公路、310 国道贯区而过, 是巴蜀北上、甘宁入关必经之地。进入新世纪以来, 宝鸡市提出了建设“工业强市, 畜牧大市, 旅游名市和现代化生态园林大城市”

的思想目标, 宝鸡市市委、市政府提出了大城市发展战略。随着宝鸡市金渭两区社会经济的快速发展, 土地利用结构也发生较大变化。因而本文利用宝鸡地区的遥感影像数据, 结合 GIS 技术, 建立了宝鸡市金渭两区土地利用动态变化模型, 分析了 1988~2004 年宝鸡市金渭两区土地利用动态变化特征, 在此基础上, 利用马尔柯夫模型对土地利用的动态演变过程进行模拟, 分析了其未来的演变趋势, 以期为研究区的土地管理与规划、土地可持续利用等提供决策依据。

## 1 研究区概况和研究方法

### 1.1 研究区概况

宝鸡市金渭两区位于关中平原西部, 北纬 34°7′~34°26′, 东经 106°55′~107°18′ 之间。东、西、北三面和陈仓区接壤, 南与太白、凤县相邻(图 1)。该区属于温带半湿润大陆性季风气候, 全年的气候变化受制于季风环流, 冷暖干湿四季分明。年平均气温 7.6℃~12.9℃, 年日照时数 1 860~2 250 h, 年总辐射量 107.2 kcal/cm<sup>2</sup>, 多年平均无霜期 209~220 d, 年降水量 679.1 mm。研究区范围内秦岭山地雄踞南部, 最高海拔 2 757.8 m 左右, 山势陡峻, 宜农地很少, 主要以林地为主。中部和北部为渭河川道和黄土台塬, 地势平坦、开阔、土层深厚, 最低海拔 556

收稿日期: 2009-04-21

基金项目: 国家哲学社会科学基金“西部地区生态风险综合评估与安全保障研究”资助项目(08BZZ031); 宝鸡文理学院重点项目(ZK088)

作者简介: 徐春迪(1973-), 女, 陕西汉中, 讲师, 硕士, 从事 3S 与资源环境研究。E-mail: chdxuchj@126.com。

m, 居民地、耕地及园地多分布于此。土壤类型分布有明显地域特征, 黄土台塬是瘠土、黄土、红粘土土区, 渭河谷地是新积土、沼泽土、潮土、水稻土区, 秦岭山地是褐土、棕壤、草甸土土区。研究区属于渭河水系, 主要河流有渭河、金陵河、清姜河等三大水系。



图 1 研究区示意图

Fig. 1 Sketch map of the research region

## 1.2 研究方法

本研究选取的基本数据为 1988, 2000 和 2004 年三个不同时期的 TM/ETM<sup>+</sup> 影像, 此外还收集了宝鸡市 1:50 000 地形图以及其它社会经济统计数据。利用地形图在 ERDAS IMAGE 软件支持下对图像进行配准和几何校正, 然后建立解译标志, 进行人机交互解译, 并通过随机抽样验证, 最后在 GIS 软件支持下进行空间分析处理。本次分类体系采用《土地利用现状调查技术规程》中的土地利用/覆被分类系统, 结合宝鸡市金渭两区土地利用特点及遥感影像精度, 将土地利用分为耕地、园地、林地、水域、城乡用地及未利用地六种类型。

## 2 土地利用动态变化分析

### 2.1 土地利用变化分析模型

采用土地利用变化研究分析模型“土地利用变化幅度”, “单一土地利用动态度”和“综合土地利用动态度”来综合分析宝鸡市金渭两区土地利用动态变化的时空特征和规律。

2.1.1 土地利用变化的幅度 土地利用变化幅度是指土地利用变化面积方面的变化幅度, 它反映了不同类型在总量上的变化。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<sup>[13]</sup>。其公式为:

$$F = \frac{u_b - u_a}{u_a} \quad (1)$$

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;  $F$  为土地利用变化幅度。

2.1.2 单一土地利用动态度 单一土地利用动态度用来描述某研究区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:

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

式中,  $K$  为研究时段内某一土地利用类型动态度;  $u_a$ ,  $u_b$  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  $T$  的时段设定为年时,  $K$  的值就是该研究区某种土地利用类型年变化率。

2.1.3 综合土地利用动态度 某一研究区的综合土地利用动态度表达式为:

$$LC = \left\{ \frac{\sum_{i=1}^n \Delta LU_{i-j}}{2 \sum_{i=1}^n LU_i} \right\} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (3)$$

式中,  $LU_i$  为监测起始时间第  $i$  类土地利用类型面积;  $\Delta LU_{i-j}$  为监测时段内第  $i$  类土地利用类型转为非第  $j$  类土地利用类型面积和非第  $j$  类土地利用类型转为第  $i$  类土地利用类型面积之和;  $T$  为研究时段长, 当  $T$  的时段长设为年时,  $LC$  的值就是该研究区的土地利用综合年变化率。

### 2.2 土地利用变化分析

2.2.1 土地利用变化幅度及变化率 通过对宝鸡市金渭两区 1988 年、2000 年及 2004 年土地利用遥感解译分类专题图进行统计分析, 得到不同时期土地利用类型的面积, 变化面积、变化幅度, 单一动态度等数据(表 1)。

表 1 的结果表明, 从 1988~2000 年宝鸡市金渭两区土地利用变化显著。其中耕地和林地呈现大规模减少的趋势, 林地减少面积最长达 36.342 km<sup>2</sup>, 而园地、城乡用地、未利用地呈现较大规模的增加趋势, 园地和未利用地分别增加 16.492、16.232 km<sup>2</sup>; 2000~2004 年间耕地和未利用地呈现大规模减少, 分别减少 8.28、10.029 km<sup>2</sup>, 林地增加最长达 10.345 km<sup>2</sup>, 园地和城乡用地也有增加趋势; 从 1988~2004 年整个监测时段来看, 耕地和林地呈现减少趋势, 分别减少 16.916、26.294 km<sup>2</sup>, 园地和城乡用地增加趋势较明显, 其中园地增加最长达 20.347 km<sup>2</sup>, 未利用地也有增加趋势, 而水域面积变化不明显。

表 1 宝鸡市金渭两区土地利用变化幅度及动态度

Table 1 Land use change scope and dynamic degree of Jintai and Weibin Districts of Baoji city

项目 Items	耕地 Cultivated land	园地 Garden land	林地 Forest land	水域 Water land	城乡用地 Urban and rural construction land	未利用地 Unused land
1988 面积 Area(km <sup>2</sup> )	87.259	10.183	274.538	7.559	28.564	11.388
2000 面积 Area(km <sup>2</sup> )	78.623	26.639	238.196	7.883	40.530	27.620
2004 面积 Area(km <sup>2</sup> )	70.742	30.503	248.541	8.295	43.819	17.591
1988~2000 变化面积 Change Area(km <sup>2</sup> )	-8.636	16.456	-36.342	0.342	11.966	16.232
变化幅度 Change scope	-0.099	1.616	-0.132	0.045	0.419	1.425
动态度 Dynamic degree(%)	0.824	13.090	1.103	0.357	3.491	11.878
2000~2004 变化面积 Change Area(km <sup>2</sup> )	-7.881	3.864	10.345	0.412	3.289	-10.029
变化幅度 Change scope	-0.100	0.145	0.043	0.053	0.081	-0.373
动态度 Dynamic degree(%)	2.506	3.626	1.086	1.307	2.029	9.078
1988~2004 变化面积 Change Area(km <sup>2</sup> )	-16.517	20.32	-25.997	0.736	15.255	6.203
变化幅度 Change scope	-0.189	1.995	-0.095	0.097	0.534	0.545
动态度 Dynamic degree(%)	1.183	12.472	0.592	0.609	3.338	3.404

从变化的幅度来看,1988~2000年间宝鸡市金渭两区园地和未利用地增加幅度最大,分别为1.571、1.4254,其次是城乡用地,增加幅度为0.4189,而林地减少幅度为0.1324;2000~2004年间耕地和未利用地减少幅度较明显,分别为0.1053、0.3726,而园地增加幅度最大,达0.1435;从1988~2004年整个时段来看,园地的增加幅度最大,其次是城乡用地和未利用地,而耕地减少幅度最大,达0.1939。

从动态度来看,1988~2000年间宝鸡市金渭两区年变化速度最快的是园地,年均增加13.09%,其次是未利用地,年均增加11.878%;2000~2004年间变化速度最快的是未利用地,年均减少9.315%,其次是园地,年变化速度较大,年均增加3.588%;从1988~2004年整个时段来看,变化速度最快的是园地,年均增加12.488%,其次是未利用地,增加速度达3.404%。

2.2.2 综合土地利用动态度分析 由公式(3)计算,1988~2000年研究区综合土地利用动态度为1.796%,说明在这一时期内每100 km<sup>2</sup>土地有1.796 km<sup>2</sup>土地利用方式发生变化;2000~2004年综合土地利用动态度为2.15%,表明在这一时期内每100 km<sup>2</sup>土地有2.15 km<sup>2</sup>土地利用方式发生变化。计算结果表明人类对土地利用的干涉程度在不断加剧。

### 3 土地利用变化动态预测

马尔柯夫模型是应用于土地利用变化建模的传

统方法,主要用于很难描述景观变化及其过程的情形。马尔柯夫预测模型是利用某一系统的现在状况及其发展动向预测该系统未来的状况,是一种特殊的随机过程。在一个马尔柯夫过程中,每次状态的转移都只与前一时刻的状态有关,而与过去的状态无关。这种状态转移过程是无后效性的,可以用来预测土地利用类型的动态变化。在实际应用中,土地利用类型预测结果的精确度主要受马尔柯夫转移概率矩阵准确性的影响<sup>[14]</sup>。

本文在GIS软件支持下将1988年和2004年两期土地利用图进行空间叠加,求出土地利用转移矩阵(表2),得出1988~2004年土地利用转移概率矩阵(表3)。然后以所得的土地利用转移概率矩阵为初始状态转移矩阵,构建马尔柯夫概率模型,进而预测未来土地利用类型的变化。马尔柯夫概率模型为:

$$P_{ij} = A_{ij}/A_i \quad \sum_{i=1}^n P_{ij} = 1, P_{ij} \geq 0 \quad \pi_1 = \pi_0 P_{ij} \quad (4)$$

式中, $P_{ij}$ 为研究时段内土地利用类型*i*转化为土地利用类型*j*的转移概率; $A_{ij}$ 为土地利用类型*i*转化为*j*的面积; $A_i$ 为土地利用类型*i*在研究时段内的初始面积。其中 $\pi_1$ 为一级转移后的状态向量。根据齐次马尔柯夫链的性质,可计算出*n*级转移矩阵及*n*级状态向量,以此为依据可进行土地利用变化预测。

表 2 1988~2004 年宝鸡市金渭两区土地利用转移矩阵(km<sup>2</sup>)

Table 2 Conversion matrix of land use of Jintai and Wein Districts of Baoji city, 1988~2004

1988~2004	耕地 Cultivated land	园地 Garden land	林地 Forest land	水域 Water land	城乡用地 Urban and rural construction land	未利用地 Unused land	所占比例 Proportion (%)
耕地 Cultivated land	50.952	12.569	7.074	2.893	12.919	0.852	20.738
园地 Garden land	3.025	5.670	0.156	0.067	1.073	0.192	2.427
林地 Forest land	10.609	9.137	238.965	0.056	1.800	13.971	65.439
水域 Water land	0.617	0.111	0.067	4.402	2.177	0.185	1.802
城乡用地 Urban and rural construction land	1.132	0.359	0.712	0.632	24.354	1.375	6.809
未利用地 Unused land	4.407	2.657	1.567	0.245	1.496	1.016	2.714
所占比例 Proportion (%)	16.785	7.278	59.305	1.979	10.4557	4.197	100.000

注:表中行表示 1988 年的 *i* 种土地利用类型;列表示 2004 年的 *j* 种土地利用类型;表中的数值表示 1988 年的土地利用类型转变为 2004 年各种土地利用类型的面积。

表 3 1988~2004 年宝鸡市金渭两区土地利用转移概率矩阵

Table 3 Probability matrix of land use of Jintai and Wein Districts of Baoji city, 1988~2004

1988~2004	耕地 Cultivated land	园地 Garden land	林地 Forest land	水域 Water land	城乡用地 Urban and rural construction land	未利用地 Unused land
耕地 Cultivated land	0.583917	0.144042	0.081069	0.033154	0.148053	0.009764
园地 Garden land	0.297064	0.55681	0.01532	0.00658	0.105372	0.018855
林地 Forest land	0.038643	0.033281	0.870426	0.000204	0.006556	0.050889
水域 Water land	0.081195	0.014607	0.008817	0.579287	0.286485	0.024345
城乡用地 Urban and rural construction land	0.040051	0.012702	0.025191	0.022361	0.861661	0.048648
未利用地 Unused land	0.386986	0.233316	0.137601	0.021514	0.131366	0.089217

依据转移概率矩阵,以 1988 年作为初始状态向量,转化时间为 16 a,则 2004 年为其一级状态向量,预测 2020 年二级状态向量,预测结果如表 4。这里以耕地为例来说明预测结果计算过程。

$$\text{耕地} = (\text{初始状态耕地所占比重}) \times P_{11}^{(16)} + (\text{初}$$

始状态园地所占比重)  $\times P_{21}^{(16)}$  + (初始状态林地所占比重)  $\times P_{31}^{(16)}$  + (初始状态水域所占比重)  $\times P_{41}^{(16)}$  + (初始状态城乡用地所占比例)  $\times P_{51}^{(16)}$  + (初始状态未利用土地所占比重)  $\times P_{61}^{(16)}$ 。其它土地利用类型所占面积的算法以此类推。

表 4 2020 年宝鸡市金渭两区土地利用类型预测

Table 4 Predicted results of land use of Jintai and Wein Districts of Baoji city, 2020

时间 Time	项目 Item	耕地 Cultivated land	园地 Garden land	林地 Forest land	水域 Water land	城乡用地 Urban and rural construction land	未利用地 Unused land
2020	面积 Area(km <sup>2</sup> )	69.209	40.228	226.136	8.760	57.762	17.817
	比重 Proportion(%)	16.498	9.589	53.917	2.088	13.769	4.247

由预测结果和 2004 年相比,在外部环境不发生大的突变情况下,如果保持 1988~2004 年的变化速度,园地和城乡用地数量均有增加,其中城乡用地增加数量较快,林地数量减少速度较快,耕地、水域和未利用地变化不大。这表明随着林地植被的人为减少或自然退化,若不采取相应的措施,生态环境将会恶化,从而制约研究区人类生存和社会经济可持续发展。不过由于预测时间较长,相隔 16 a,而这期间

会有许多变化因素影响土地利用方式的改变,因此,此预测结果仅供参考。

## 4 结 论

本文主要利用 1988~2004 年 3 个时期遥感影像数据,对 16 a 来宝鸡市金渭两区土地利用动态变化特征进行分析,并预测了未来 16 年该区土地利用变化趋势,结果表明:

1) 宝鸡市金渭两区土地利用/覆被变化的基本特征是耕地面积迅速减少,园地面积迅速增加,同时城乡用地也有较大幅度的增加,林地呈现减少趋势,而未利用地有增加趋势,水域面积变化不大。

2) 宝鸡市金渭两区 1988~2000 年的综合动态度明显小于 2000~2004 年的综合动态度,说明从 2000 年后,研究区的土地利用/覆被变化速度明显加快,受人为因素的影响加大。

3) 由于受各种因素的影响,宝鸡市金渭两区 16 a 间土地利用类型间的转换复杂多样,转换速率相对较高。通过马尔柯夫模型预测研究区未来 16 a 土地利用变化趋势:园地和城乡用地数量均有增加,其中城乡用地增加数量较快,林地数量减少速度较快,耕地、水域和未利用地变化不大。这将为今后土地资源合理规划、管理和开发提供依据。

#### 参考文献:

[1] 李秀彬. 全球环境变化研究核心——土地利用/土地覆被变化的国际研究动向[J]. 地理学报, 1996, 51(6): 553—557.  
[2] 陈佑启, 杨 鹏. 国际上土地利用/土地覆盖研究的新进展[J]. 经济地理, 2001, 21(1): 95—100.

[3] 张 明. 以土地利用/土地覆被变化为中心的土地科学研究进展[J]. 地理科学进展, 2001, 20(4): 297—304.  
[4] 黄成毅, 邓良基, 方从刚. 城市用地遥感监测与动态变化分析——以成都市土地利用为例[J]. 地球信息科学, 2007, 9(2): 118—123.  
[5] 史培军, 陈 晋, 潘 耀. 深圳市土地利用变化机制分析[J]. 地理学报, 2000, 55(2): 151—160.  
[6] 曹 雪, 柯长青. 基于 TM 影像的南京市土地利用遥感动态监测[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2006, 31(11): 958—961.  
[7] 江晓波, 马泽忠, 曾文蓉, 等. 三峡地区土地利用/土地覆被变化及其驱动力分析[J]. 水土保持学报, 2004, 18(4): 108—112.  
[8] 全 斌, 朱鹤健, 陈松林. 基于 GIS 和 RS 的晋江市土地利用变化与可持续利用研究[J]. 生态环境, 2003, 12(4): 423—428.  
[9] 宋开山, 刘殿伟, 王宗明, 等. 1954 年以来三江平原土地利用变化及驱动力[J]. 地理学报, 2008, 63(1): 93—103.  
[10] 黄 钱, 赵智杰, 蒋未文. 塔里木河下游垦区土地利用/覆盖动态变化过程分析[J]. 干旱区地理, 2006, 29(6): 894—901.  
[11] 潘亮虎. 近 15 年来长江源区土地利用变化及其生态环境效应[J]. 长江流域资源与环境, 2005, 14(3): 310—315.  
[12] 郭笃发. 利用马尔科夫过程预测黄河三角洲新生湿地土地利用/覆被格局变化[J]. 土壤, 2006, 38(1): 42—47.  
[13] 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.  
[14] 贾松伟, 韦方强, 崔 鹏. 小江流域土地利用变化及其趋势分析[J]. 水土保持学报, 2006, 20(5): 154—157.

## Analysis of land use change and its tendency based on GIS & RS in Jintai and Weibin Districts of Baoji city

XU Chun-di<sup>1,2</sup>

(1. Department of Geography Science & Environment Engineering, Baoji College of Arts & Science, Baoji, Shaanxi 721013;

2. Key Laboratory of Disaster Survey and Mechanism Simulation of Shaanxi Province, Baoji, Shaanxi 721013, China)

**Abstract:** Dynamic change of land use and its tendency in Jintai and Weibin districts of Baoji city were analyzed based on translated data from TM/ETM<sup>+</sup> remote images in 1988, 2000 and 2004. Using the spatial analysis techniques supported by RS and GIS, the models were chosen to analyze the dynamic change characteristics and tendency of land use, including the change scope and the single dynamic degree and the comprehensive dynamic degree of LUCC and the Markov prediction respectively. The results showed that the cultivated land decreased dramatically, the garden land increased dramatically, the urban area and rural construction area grew with a relatively high speed, the forestry area showed a tendency of decrease, the unused land area showed a tendency of increase, and the water area changed little in the 16 years between 1988 and 2004. The change tendency during sixteen years between 2004 and 2020 indicated that the garden land and the urban and rural construction land were still increasing, and the urban and rural land increased with a high speed, the forest land were still largely decreasing, and the cultivated land, water land and unused land area changed little.

**Keywords:** land use; dynamic change; change tendency; Jintai and Weibin Districts of Baoji city