

# 基于马尔科夫模型的郑州市郊区多方案耕地保有量预测<sup>①</sup>

韩春建<sup>1,3,4</sup>, 吴克宁<sup>2\*</sup>, 刘德元<sup>1</sup>, 宋建军<sup>1</sup>, 许凯<sup>1</sup>

(1 河南省煤田地质局资源环境调查中心, 郑州 450003; 2 中国地质大学土地科学学院, 北京 100083;

3 河南农业大学, 郑州 450002; 4 河南省矿山地质环境重点实验室, 郑州 450003)

**摘要:** 以 TM、ETM、SPOT-5 等遥感影像和地形图数据源, 建立遥感解译标志进行人机交互解译获取 1988、1997、2000、2002 年郑州市土地利用现状数据, 根据每一组时段获取不同的年均土地利用转移概率矩阵, 以每个年均转移概率为预测方案, 利用马尔科夫模型预测未来郑州市土地利用结构, 进行不同发展模式下的耕地保有量预测。研究表明: 随着城市化的不断发展, 城市等建设用地面积不断增加, 耕地面积将不断减少。到 2015 年, 耕地保护模式下耕地保有量达到 43 957.84 hm<sup>2</sup>, 普通发展模式下耕地保有量分别达到 38 703.89 hm<sup>2</sup> 和 30 491.87 hm<sup>2</sup>, 快速城市化发展模式下耕地保有量为 22 455.74 hm<sup>2</sup>。

**关键词:** 马尔科夫模型; 土地利用; 耕地保有量; 多方案预测

**中图分类号:** F301.2

土地利用/覆盖变化研究是土地利用和全球变化研究的热点领域, 已取得了很大进展<sup>[1-7]</sup>。土地利用/土地覆盖变化是一个动态变化过程, 对于动态变化过程的研究, 建立模型进行仿真模拟是一种非常有效的手段, 这是深入了解土地利用/土地覆盖变化复杂性的重要手段, 既可以对过去土地利用/土地覆盖变化进行描述、解释和再现, 也可以对未来土地利用/土地覆盖变化进行预测和制定对策, 同时也是阐释土地利用/土地覆盖变化与社会、经济和自然驱动力之间因果关系的重要手段<sup>[8-13]</sup>。

土地利用/覆盖变化的预测方法有很多。对于同一预测对象, 方法不同, 条件不同, 侧重点不同, 均会导致预测结果的不同差异。根据研究目的不同, 通常采用不同的预测方法, 多条件、多途径进行模拟与预测, 相互验证、对照, 以此提高预测效果。

马尔科夫模型作为描述随机过程的经典方法, 已被广泛应用于土地利用变化、景观变化的研究中<sup>[14-21]</sup>。本文运用不同年均转移概率进行多方案土地利用结构预测, 预测出不同方案下郑州市耕地保有量。

## 1 研究区概况

### 1.1 区域概况

研究区为郑州市的金水区、二七区、中原区、惠

济区、管城区 5 个区。郑州市处于河南的中北部, 位于浅山丘陵向平原过渡的交接地带, 地理坐标 34°36' ~ 34°57'N 和 113°27' ~ 113°51' E, 北依黄河, 西南与新密、荥阳接壤, 南毗新郑, 东与中牟为邻, 土地总面积约 1 000 km<sup>2</sup>。属暖温带半湿润大陆性季风气候区, 干湿季节明显, 四季分明。地势自西南向东北倾斜, 地面绝大部分为第四纪沉积物所覆盖, 西南部为黄土丘陵, 向北过渡为黄土倾斜平原, 东为黄淮冲积平原和一定范围内的砂丘、砂地。郑州市城市化发展较快, 2002 年建成区面积达到了 136.25 km<sup>2</sup>, 常住人口达到 322 万人。

### 1.2 数据获取与研究方法

**1.2.1 基础数据获取** 1988 年、1997 年 Land sat/TM 和 2000 年 Land sat/ETM 影像均来自中国科学院中国遥感卫星地面站, 其中 1988 和 1997 年影像的分辨率为 30 m, 2000 年为 15 m; 2002 年 SPOT-5 影像来自中国国土资源部航空物探遥感中心, 融合后的分辨率为 2.5 m。根据郑州市土地利用情况和遥感影像特点建立遥感解译标志, 通过人机交互解译获取 1988 年、1997 年、2000 年、2002 年土地利用现状数据。其他社会经济、环保、农业等数据分别从郑州市历年统计年鉴、郑州市环保局、郑州市农业局获取。

**1.2.2 土地利用马尔科夫模型** 应用马尔科夫模

①基金项目: 国家自然科学基金项目(40471060)资助。

\* 通讯作者(knwu@sohu.com)

作者简介: 韩春建(1980—), 男, 河南泌阳人, 硕士, 主要研究领域包括土地科学、农业地质、矿山地质、环境保护、资源研究等。E-mail: hanchunjian21@126.com

型研究土地利用变化主要包括初始状态矩阵的确定、转移矩阵的建立和未来年份土地利用预测的主要过程。初始状态矩阵的确定是根据初始状态矩阵的概念,由研究期末各种土地利用类型面积所占比例求得;年均转移概率的确定是利用 GIS 软件的空间分析功能对研究时段土地利用现状图按照地图代数法进行叠加<sup>[22]</sup>,依次求出土地利用转移矩阵、年均土地利用转移量和年均转移概率矩阵;未来年份的土地利用面积预测是根据马尔科夫模型基本方程求得预测年份的状态矩阵,乘以土地总面积即可得到各类土地面积。鉴于已有大量文献介绍运用马尔科夫模型进行土地利用数量结构预测的理论和方法<sup>[14-21]</sup>,本文不再复述。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同土地利用转移概率矩阵的确定

1988 年以来,随着郑州市经济的高速发展,引致城市化进程加快,作为地区性生产、贸易、服务集聚地的乡镇逐渐城市化;实现市管县的行政管理体制以后,城市也得到了长足的发展。1984 年 1 月 11 日,国务院批准了郑州市城市总体规划,1986 年编制了“七五”时期城市建设近期规划。1994 年 5—10 月,河南省委、省政府做出把郑州建成中原商贸、金融、

交通、文化中心的指示;始于 1994 年中国新亚欧大陆桥发展研究会联络处(郑州市政府陇兰办)提出的(十大建设课题)之一,于 1996 年正式列入河南省(九五)规划和 2010 年远景建设规划,并启动实施建设。于 1988 年初筹建国家级郑州高新技术产业开发区、郑州市(三胞)投资经济开发;1993 年 4 月成立郑州经济技术开发区;2000 年筹划并实施建设(郑东新区),目标是把郑州市建设成为区域性中心城市和社会主义现代化城市<sup>[23-26]</sup>。

综上所述,1988—1997 年、1997—2000 年、2000—2002 年各时段由于受行政体制、经济政策、城市规划、开发区建设和郑东新区建设等因素影响,耕地减少和城镇及建设用地增加速度呈现不同的特点。本文拟采用 1988—1997 年、1997—2000 年、2000—2002 年及 1988—2002 年年均转移概率预测 2015 年土地利用结构,将所得结果进行比选。

### 2.2 基于不同年均转移概率矩阵进行预测

2.2.1 方案 I: 以 1988—1997 年年均转移概率为转移概率矩阵进行预测 根据 1988—1997 年土地利用变化转移矩阵求出年均土地利用转移矩阵,得出年均转移概率(表 1)。

根据 1988—1997 年年均土地利用转移概率矩阵,以 1997 年各类用地比例为初始状态矩阵,得出表 2。

表 1 1988—1997 年年均土地利用转移概率矩阵

Table 1 Annual mean transition probability matrix of land use between 1988 and 1997

$P_{ij}$	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
A	0.963 0	0.003 8	0.005 2	0.005 7	0.002 4	0.009 2	0.003 9	0.0013	0.005 0	0.000 5
B	0.027 7	0.940 2	0.001 4	0.009 2	0.003 7	0.012 3	0.002 4	0.000 7	0.001 6	0.000 8
C	0.015 0	0.003 4	0.943 7	0.001 6	0.000 0	0.021 3	0.010 2	0.003 0	0.001 8	0.000 0
D	0.036 7	0.007 5	0.001 4	0.931 1	0.010 1	0.008 3	0.003 0	0.000 8	0.001 1	0.000 0
E	0.020 2	0.003 2	0.000 0	0.029 0	0.890 3	0.046 7	0.006 0	0.000 2	0.000 6	0.003 9
F	0.000 1	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 7	0.986 5	0.008 5	0.001 5	0.002 6	0.000 0
G	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.999 9	0.000 1	0.000 0	0.000 0
H	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.003 6	0.996 4	0.000 0	0.000 0
I	0.021 6	0.001 0	0.000 5	0.001 9	0.000 7	0.002 9	0.001 6	0.000 3	0.969 6	0.000 0
J	0.005 7	0.012 1	0.000 6	0.0010	0.001 0	0.005 5	0.000 0	0.000 3	0.020 1	0.953 7

注:表中 A—J, a—j 分别表示  $k$  年和  $k+m$  年地类符号,分别为水浇地、旱地、菜地、园地、林地、居民地、城市用地、交通用地、水域、未利用地;以下表 3、表 5 与之相同。

表 2 以 1988—1997 年年均转移概率预测的 2015 年土地利用结构

Table 2 Land use structure in 2015 predicated from annual mean transition probability between 1988 and 1997

	水浇地	旱地	菜地	园地	林地	居民点	城市用地	交通用地	水域	未利用地
面积 ( $\text{hm}^2$ )	27 894.08	5 026.37	3 726.85	5 047.85	1 859.95	22 784.38	18 119.83	4 353.09	11 016.00	2 261.61
百分比 (%)	27.32	4.92	3.65	4.94	1.82	22.32	17.75	4.26	10.79	2.22

2.2.2 方案 II：以 1997—2000 年年均转移概率矩阵为转移概率进行预测 根据 1997—2000 年土地利用变化转移矩阵求出年均土地利用转移矩阵，得出年均转移概率（表 3）。以 2000 年土地利用结构为初始状态矩阵，然后求出 2015 年的土地利用结构（表 4）。

表 3 1997—2000 年年均土地利用转移概率矩阵

Table 3 Annual mean transition probability matrix of land use types between 1997 and 2000

$P_{ij}$	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
A	0.913 3	0.013 0	0.007 3	0.001 4	0.000 0	0.031 3	0.008 8	0.001 7	0.023 3	0.000 0
B	0.067 9	0.869 1	0.009 5	0.001 4	0.000 0	0.039 1	0.003 5	0.001 7	0.007 8	0.000 0
C	0.075 0	0.006 8	0.834 7	0.000 0	0.000 0	0.071 7	0.004 5	0.003 7	0.003 6	0.000 0
D	0.021 7	0.004 3	0.000 0	0.869 2	0.000 4	0.096 1	0.007 0	0.001 0	0.000 4	0.000 0
E	0.010 7	0.001 7	0.000 0	0.007 9	0.940 3	0.028 2	0.000 0	0.000 5	0.010 7	0.000 0
F	0.006 4	0.000 4	0.000 4	0.001 9	0.000 0	0.963 4	0.016 6	0.002 4	0.003 9	0.004 5
G	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	1.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0
H	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.044 4	0.955 6	0.000 0	0.000 0
I	0.036 1	0.003 0	0.002 5	0.001 0	0.000 3	0.018 0	0.003 7	0.000 9	0.887 3	0.047 4
J	0.046 1	0.066 9	0.002 2	0.003 2	0.000 0	0.020 6	0.000 7	0.000 8	0.017 5	0.842 1

表 4 以 1997—2000 年年均概率预测的 2015 年土地利用结构

Table 4 Land use structure in 2015 predicated from annual mean transition probability between 1997 and 2000

	水浇地	旱地	菜地	园地	林地	居民点	城市用地	交通用地	水域	未利用地
面积 (hm <sup>2</sup> )	19 245.60	4 979.85	1 691.26	1 340.23	860.64	32 065.45	27 510.89	3 141.67	7 705.68	3 548.73
百分比 (%)	18.85	4.88	1.66	1.31	0.84	31.41	26.95	3.08	7.55	3.48

2.2.3 方案 III：以 2000—2002 年年均转移概率为基础进行预测 首先根据 2000—2002 年土地利用转移矩阵求出年均转移矩阵，然后求出年均土地利用转移概率矩阵（表 5）。以表 5 中年均转移概率矩阵，结合 2002 年初始状态矩阵，预测出 2015 年土地利用结构（表 6）。

表 5 2000—2002 年年均土地利用转移概率矩阵

Table 5 Annual mean transition probability matrix of land use types between 2000 and 2002

$P_{ij}$	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
A	0.868 9	0.027 0	0.011 4	0.010 2	0.008 4	0.051 9	0.003 5	0.003 5	0.014 4	0.000 9
B	0.114 7	0.806 0	0.011 7	0.000 0	0.000 6	0.052 2	0.000 0	0.006 1	0.008 6	0.000 0
C	0.157 7	0.008 9	0.764 1	0.000 0	0.000 0	0.054 4	0.002 7	0.001 3	0.010 9	0.000 0
D	0.163 9	0.030 0	0.007 1	0.692 7	0.005 8	0.077 3	0.009 1	0.003 3	0.002 2	0.008 5
E	0.023 2	0.055 0	0.000 0	0.102 7	0.715 4	0.057 6	0.004 1	0.005 1	0.016 4	0.020 5
F	0.000 3	0.001 6	0.001 9	0.000 6	0.000 9	0.946 5	0.042 9	0.003 6	0.000 0	0.001 8
G	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.017 5	0.980 9	0.000 3	0.001 4	0.000 0
H	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.003 9	0.000 0	0.996 1	0.000 0	0.000 0
I	0.114 4	0.003 1	0.002 6	0.000 7	0.005 8	0.035 7	0.000 6	0.002 1	0.811 5	0.023 5
J	0.023 2	0.015 9	0.002 9	0.000 2	0.009 1	0.039 8	0.000 0	0.000 0	0.157 4	0.751 4

表 6 以 2000—2002 年年均概率预测的 2015 年土地利用结构

Table 6 Land use structure in 2015 predicated from annual mean transition probability between 2000 and 2002

	水浇地	旱地	菜地	园地	林地	居民点	城市用地	交通用地	水域	未利用地
面积 (hm <sup>2</sup> )	16 664.81	4 141.23	1 649.70	1 084.75	875.28	36 519.36	29 475.07	6 967.68	3 745.93	966.19
百分比 (%)	16.32	4.06	1.62	1.06	0.86	35.77	28.87	6.83	3.67	0.95

2.2.4 方案 IV: 以 1988—2002 年转移概率及其年均转移概率为基础进行预测。根据 1988—2002 年土地利用变化转移矩阵和求出的年均土地利用转移矩阵, 计算出年均转移概率, 然后再基于此年均转移概率进行未来年份土地利用结构的预测 (表 7)。

2.2.5 模拟结果比选确定方案 (1) 从准确程度来选定模拟方案。以 2002 年实际各地类面积为准, 将各方案的预测结果与其对比 (表 8)。从表 8 中可以看

出, 方案 II 的拟合差值较小, 预测结果最接近实际, 从准确程度来说应采用此转移概率, 因为其年代更接近 2002 年, 影响模型的各类因子变化相对较小, 因而预测结果更接近。

(2) 从耕地保有量和城市发展等建设用地量来选定模拟方案。将每个方案预测到的 2015 年的结果进行对比 (表 9), 考虑耕地 (包括水浇地、旱地和菜地) 和城市化建设用地 (包括城市用地和交通用地) 的变化速度来确定方案。

表 7 以 1988—2002 年年均概率预测的 2015 年土地利用结构

Table 7 Land use structure in 2015 predicated from annual mean transition probability between 1988 and 2002

	水浇地	旱地	菜地	园地	林地	居民点	城市用地	交通用地	水域	未利用地
面积 (hm <sup>2</sup> )	23 408.44	4 868.74	2 214.69	1 900.57	1 202.40	3 1865.33	2 2341.43	4 614.21	7 661.75	2 012.44
百分比 (%)	22.93	4.77	2.17	1.86	1.18	31.21	21.88	4.52	7.50	1.97

表 8 预测结果与实际的校验 (hm<sup>2</sup>)

Table 8 Verification of the predicated land use structure of 2002

	水浇地	旱地	菜地	园地	林地	居民点	城市用地	交通用地	水域	未利用地	拟合差
2002 年实际	0.297	0.066 3	0.028	0.026	0.017	0.262	0.147	0.036 7	0.093	0.029	
方案 I 差值	0.027	-0.001	0.014	0.030	0.011	-0.084	-0.021	-0.005	-0.008	0.039	0.024
方案 II 差值	-0.039	0.000	-0.013	-0.024	-0.009	0.067	0.027	-0.002	0.019	-0.026	0.023

表 9 各方案预测 2015 年结果比选 (hm<sup>2</sup>)

Table 9 Comparison and selection of land use structure in 2015 with multi-project prediction

预测 2015 年	耕地	园地	林地	居民点	城市用地	交通用地	水域	未利用地	耕地	园地
方案 I	43 957.84	5 011.77	1 869.66	22 964.13	12 798.35	3 278.55	4 664.3	8 858.83	43 957.84	5 011.77
方案 II	38 703.89	1 336.31	852.75	32 029.38	15 601.23	3 050.33	7 740.84	3 552.4	38 703.89	1 336.31
方案 III	22 455.74	1 084.75	875.28	36 519.36	29 475.07	6 967.68	3 745.93	9 66.19	22 455.74	1 084.75
方案 IV	30 491.87	1 900.57	1 202.4	31 865.33	22 341.43	4 614.21	7 661.75	2 012.44	30 491.87	1 900.57

经过对比, 对于耕地保有量, 方案 I 的总量最大, 达到 43 957.84 hm<sup>2</sup>, 占总区的 35.90%, 称之为耕地保护模式; 从城市用地和交通用地总量来看, 方案 III 的总量最大, 达到 36 442.74 hm<sup>2</sup>, 占总区的 35.70%, 称之为快速城市化模式, 其耕地保有量为 22 455.74 hm<sup>2</sup>, 占总区的 22.00%; 而方案 II 和方案 IV 的耕地保有量居方案 I 和方案 III 之间, 耕地保有量分别

为 38 703.89 hm<sup>2</sup> 和 30 491.87 hm<sup>2</sup>, 分别占总区的 25.39% 和 29.87%, 称之为普通模式——较准确的模式。

### 2.3 讨论

本文对郑州市郊区耕地保有量多方案预测涉及各个研究时段分别处于不同的经济发展阶段, 耕地减速度和城镇及建设用地增速各不相同。方案 I、II、III、IV 结果显示, 随着经济发展速度的逐渐加快, 建设用

地速度逐渐增加，耕地面积逐渐减少。结合《郑州市土地利用总体规划》（1995—2010年）的规划目的和指导思想，“贯彻《中共中央国务院关于进一步加强土地管理切实保护耕地的通知》（中发[1997]11号）文件的精神，落实“十分珍惜和合理利用每寸土地，切实保护耕地”的基本国策，坚持“一要吃饭，二要建设，三要保护环境”的方针，充分体现耕地总量动态平衡、土地资源可持续利用和提高社会、经济、生态综合效益的要求；坚持眼前利益服从长远利益，局部利益服从整体利益，严格执行河南省人民政府下达的各项土地利用控制指标，协调各业用地；适应两个根本性转变的需要，坚持开源与节流并重的原则，提高土地利用水平，为郑州市社会经济的发展创造良好的土地环境条件”。郑州市在规划期内的土地利用应该实行更加理性的政策，遵循“统筹兼顾”的原则，既要保障经济发展，满足建设用地合理需求，又要保护一定面积的耕地以保障一定粮食生产力。以上4种方案中，经综合考虑预测准确程度、耕地保护和经济发展等因素，结合《郑州市土地利用总体规划》（1995—2010年）以及《郑州市土地利用总体规划》（2006—2020年）前期研究确定的郑州市耕地保有量为35 912.00 hm<sup>2</sup>，推荐方案II预测模式。

通过上述分析可以看出，运用马尔柯夫模型预测郑州市2015年的耕地保有量基本上是可行的。马尔科夫预测可以直观的预测耕地保有量，与其他预测方法相比，省去了更多的社会经济发展因子的筛选、提取，这样就避免了繁琐的中间过程，减少了因因子不准导致的结果误差，弥补了其他方法的不足。为了更全面和准确地预测，还需要结合其他预测方法进行相互比较和印证，同时还要结合定性分析方法，去伪存真，去粗取精，使对土地利用变化的预测更为准确和可信。

## 2.4 对策分析

建议深入规划研究，合理扩展城市规模。深入研究城市扩张与经济发展及其生态效应、居住舒适度等之间的关系，定量研究合理的城市规模、城市内部布局功能分区、各类用地结构，制定合理的城市规划。加强“两规”（土地利用总体规划、城市建设总体规划）协调，强化土地利用总体规划地位。城市规划中有关城镇体系的用地布局、城市用地的规模和用地选择、各项建设占地指标以及城市的发展方向应当和土地利用总体规划相协调。

## 3 结论

（1）通过多方案对比，根据不同方案的耕地保有

面积、城市建设用地面积确定不同的发展模式。其中到2015年，耕地保护模式的耕地保有量达到36 647.30 hm<sup>2</sup>；普通发展模式耕地保有量达到28 204.29 hm<sup>2</sup>；快速城市化发展模式的城市和交通用地最大，达到30 652.56 hm<sup>2</sup>。

（2）从预测结果来看，随着城市化的不断发展，未来一段时期内城市等建设用地将不断增加，耕地面积则不断减少。因此，需从数量上和空间上合理安排建设用地，深入研究土地利用空间布局。

（3）3种方案分别与土地利用总体规划相比，方案II预测方法科学，数据基础更符合郑州市今后经济发展特点，更切合实际。

## 参考文献：

- [1] 史培军, 孙九林. 广泛开展资源信息科学研究和应用. 自然资源报, 2000, 15(1): 11-16
- [2] 史培军, 宫鹏, 李晓兵, 陈晋, 齐晔, 潘耀忠. 土地利用/覆盖变化研究的方法与实践. 北京: 科学出版社, 2000
- [3] 李秀彬. 全球变化研究的核心领域土地利用/土地覆盖变化的国际研究动向. 地理学报, 1995, 51(5): 523-557
- [4] Turner BL, Meyer WB. Land use and land cover in global environmental change: Considerations for study. Int Soi Sci. J., 1991, 130: 669-680
- [5] 李爽, 钱乐祥, 丁圣彦. 遥感影像土地覆盖(LC)专题信息提取方法研究. 中国土地科学, 2002, 16(2): 30-33
- [6] 常欣, 程序, 邱化蛟, 朱万斌, 刘国彬. 计算机模拟模型在黄土丘陵区土地可持续利用中的实证研究. 农业工程学报, 2003, 19(4): 295-298
- [7] Lambin EF, Baulies X, Bockstael N, Fischer G, Krug T, Leemans R, Moran EF, Rindfuss RR, Sato Y, Skole D, Turner II BL, Vogel C. Land-use and land cover change(LUCC) implementation strategy. IGBP Report No.48 and HDP Report No.10. Stockholm: IGBP, 1999
- [8] 张有全, 宫辉力, 赵文吉, 李小娟. 北京市1990年—2000年土地利用变化机制分析. 资源科学, 2007, 29(3): 207-213
- [9] 张健, 陈凤, 濮励杰, 韩书成, 叶浩, 彭补拙. 近20年苏锡常地区土地利用格局变化及其驱动因素分析. 资源科学, 2007, 29(4): 62-69
- [10] 张明阳, 王克林, 陈洪松. 基于RS和GIS的喀斯特区域水土流失动态监测与分析. 资源科学, 2007, 29(3): 124-131
- [11] 罗培, 谌柯, 刘辉, 曾凡伟. 城郊农业区土地利用变化及动因分析——以四川南充市高坪区为例. 资源科学, 2007, 29(4): 179-186
- [12] 白淑英, 张树文, 张养贞. 松嫩平原土地利用/覆被变化的动态

- 过程分析——以大庆市杜尔伯特蒙古族自治县为例. 资源科学, 2007, 29(4): 164-169
- [13] 李月臣, 刘春霞. 北方13省土地利用/覆盖动态变化分析. 地理科学, 2007, 27(1): 46-52
- [14] 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/覆被格局的变化. 土壤, 2006, 38(1): 42-47
- [15] 张宝雷, 张淑敏, 周万村. 基于多源数据的若尔盖湿地土地利用遥感自动调查. 土壤, 2008, 40(2): 283-287
- [16] 郭玉燕, 欧名豪. 马尔柯夫模型在土地利用结构预测中的应用——以南昌市为例. 河北理工学院学报(社会科学版), 2005, 5(02): 90-94
- [17] 胡友成, 杨志强. 马尔柯夫模型在区域土地利用结构预测中的应用——以湖南省常德市为例. 农村经济与科技, 2008, 19(02): 30-31
- [18] 刘琼, 欧名豪, 彭晓英. 基于马尔柯夫过程的区域土地利用结构预测研究——以江苏省昆山市为例. 南京农业大学学报, 2005, 28(3): 107-112
- [19] 程锋, 周小萍. 土地利用变化动态模型研究——以北京市门头沟区永定镇为例. 4. 北京: 星球地图出版社, 2002: 207-214
- [20] 朱会义, 李秀彬. 环渤海地区土地利用变化的未来趋势 // 中国地理学会自然地理专业委员会. 土地覆被变化及其环境效应学术会议论文集. 北京: 星球地图出版社, 2002: 226-234
- [21] 盛聚, 谢式干, 潘承毅. 概率论与数理统计. 北京: 高等教育出版社, 2001
- [22] 史培军, 陈晋, 潘耀忠. 深圳市土地利用变化机制分析. 地理学报, 2000, 55(22): 151-160
- [23] 刘国喜, 王玉学. 郑州市土地志. 郑州: 河南科学技术出版社, 1997
- [24] 龙同胜, 邓志军. 呼唤中原城市群. 决策探索, 2000(10): 15-16
- [25] 闻有虎. 郑州市城市化进程的结构变迁和趋势预测. 经济经纬, 2004(4): 63-65
- [26] 李彦飞, 成志军. 郑州市城市化地域扩张进程及调控研究. 城市蓝图, 2006(10): 52-55

## On Cropland Prediction of Zhengzhou Based on Markov Model in Multi-Projects

HAN Chun-jian<sup>1,3,4</sup>, WU Ke-ning<sup>2</sup>, LIU De-yuan<sup>1</sup>, SONG Jian-jun<sup>1</sup>, XU Kai<sup>1</sup>

(1 Resources and Environment Investigation Center of Henan Provincial Coalfield Geology Bureau, Zhengzhou 450003, China;

2 College of Land Science and Technology, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 3 Henan Agricultural University,

Zhengzhou 450002, China; 4 Henan Provincial Key Laboratory of Mine Geological Environment, Zhengzhou 450003, China)

**Abstract:** This paper took Landsat TM/ETM images and SPOT-5 images of Zhengzhou City in 1988, 1997, 2000 and 2002 as the data sources of land use structure, established the annual mean transition probability matrixes of land use structure in different periods, then predicated and decided the future land use structures and the amounts of cultivated land reserved by using Markov Model and multi-project method. The results showed that: with the development of urbanization, the area of urban constructive land would increased while the area of cultivated land would decrease continuously. In 2015 the amount of cultivated land reserved was 43 957.84 hm<sup>2</sup> under the cultivated land preservation model, but 38 703.89 hm<sup>2</sup>, 30 491.87 hm<sup>2</sup> under the normal development model, and 22 455.74 hm<sup>2</sup> under the rapid urbanization model, respectively.

**Key words:** Markov Model, Land use, Amount of cultivated land reserved, Multi-project prediction