

基于马尔可夫模型的耕地变化趋势预测

张泊平, 王荣, 吴国玺 (1. 许昌学院计算机科学与技术学院, 河南许昌 461000; 2. 漯河职业技术学院计算机工程系, 河南漯河 462000; 3. 许昌学院城市与环境学院, 河南许昌 461000)

摘要 运用马尔可夫模型对2008~2020年许昌市耕地面积进行预测, 结果显示, 许昌市耕地面积在今后5~15年仍将持续下降, 此后有可能进入一个相对平稳期。在对许昌市耕地变化分析的基础上, 针对目前及今后一段时期许昌市人地矛盾突出的实际, 提出了保持耕地总量动态平衡的一些对策和建议。

关键词 马尔可夫模型; 耕地变化; 预测; 许昌市

中图分类号 S11+9 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)33-14699-02

Prediction of Cultivated Land Change Trend Based on Markov Model

ZHANG Bo-ping et al (College of Computer and Technology, Xuchang University, Xuchang, Henan 461000)

Abstract Using Markov model, the area of cultivated land in Xuchang City during 2008-2020 was predicted. The results indicated that the area of cultivated land in Xuchang City would drop continuously during the following 5-15 years and then might enter into a relatively steady period. Based on analyzing the cultivated land changes in Xuchang City, aiming at the reality of outstanding human-land conflict in Xuchang City at present and in the future period, some countermeasures and suggestions for keeping the dynamic equilibrium of total amount of cultivated land were put forward.

Key words Markov model; Changes of cultivated land; Prediction; Xuchang City

土地的承载力使得一定的土地只能供养一定的人口。如果一个国家要使农村人口充分就业, 人均耕地面积不能少于 0.06 hm^2 , 否则供养人口的生存就存在问题^[1]。耕地是土地的精华, 耕地指标是土地利用总体规划调整指标中最重要的指标, 对不同区域的土地利用变化尤其是耕地预测研究对合理利用土地起着至关重要的作用。笔者选取许昌市1950~2007年耕地利用资料, 运用马尔可夫模型对2008~2020年许昌市耕地面积进行预测。针对这种预测结果及今后一段时期许昌市人地矛盾突出的实际, 提出了保持耕地总量动态

平衡的一些对策和建议。

1 研究区概况

许昌市位于河南省中部, $113^{\circ}03' \sim 114^{\circ}19' \text{ E}$, $33^{\circ}40' \sim 34^{\circ}24' \text{ N}$, 地处伏牛山余脉向豫东平原过渡地带。辖3县(许昌、鄢陵、襄城县)、2市(禹州市、长葛市)、1区(魏都区)。辖区总面积 4996 km^2 , 地貌景观呈东西分布, 按地貌成因及形状组合, 分为山地、岗地和平原。多年平均降雨量 700 mm , 汛期降雨量占全年88%, 2006年水资源总量 9.55 亿 m^3 , 其中地表水资源总量 4.44 亿 m^3 , 地下水资源总量 7.02 亿 m^3 ^[2]。

表1 许昌市55年的耕地利用动态变化

Table 1 The dynamic degree changes of cultivated land use in Xuchang City during 55 years

年份 Year	年变化率 % Annual change rate	状态划分 State division	年份 Year	年变化率 % Annual change rate	状态划分 State division	年份 Year	年变化率 % Annual change rate	状态划分 State division	年份 Year	年变化率 % Annual change rate	状态划分 State division
1950	1.65	5	1965	0.11	4	1980	-0.40	3	1995	-0.40	3
1951	1.08	5	1966	-0.45	3	1981	-0.40	3	1996	-0.49	3
1952	3.02	6	1967	0.03	4	1982	-0.34	3	1997	-0.32	3
1953	1.23	5	1968	-3.54	1	1983	-0.40	3	1998	-0.18	3
1954	1.13	5	1969	1.18	5	1984	-0.64	3	1999	-0.13	3
1955	1.66	5	1970	2.27	6	1985	-1.66	2	2000	-0.20	3
1956	-0.04	3	1971	0.71	4	1986	-1.18	2	2001	-1.49	2
1957	-1.56	2	1972	0.15	4	1987	-0.32	3	2002	-0.73	3
1958	-5.97	1	1973	0.25	4	1988	-0.23	3	2003	-8.08	1
1959	-2.57	1	1974	0.21	4	1989	-0.06	3	2004	1.12	5
1960	-0.48	3	1975	0.53	4	1990	-0.22	3	2005	-1.49	2
1961	1.49	5	1976	0.40	4	1991	0.22	4	2006	-0.75	3
1962	1.35	5	1977	0.27	4	1992	-1.15	2	2007	1.14	5
1963	0.11	4	1978	0.49	4	1993	-1.33	2			
1964	-0.55	3	1979	-0.20	3	1994	-0.75	3			

2 研究方法与结果分析

2.1 马尔可夫过程的基本原理 马尔可夫预测基本原理是

基金项目 河南省软科学项目(072400430320); 河南省教育厅自然科学研究项目(2008A170007)。

作者简介 张泊平(1975-), 女, 河南汝南人, 硕士, 从事软件工程、决策支持方面的研究。

收稿日期 2008-09-16

通过足够多的数据来构造事物发生、发展状态之间的转移概率矩阵, 从而确定状态的变化趋势, 以预测事物发生的状态及其发展趋势。因为马尔可夫预测完全是根据状态之间的转移概率来推测一个系统未来的发展变化, 因此, 构造初始状态和计算转移概率矩阵是运用马尔可夫预测模型的关键。同时, 马尔可夫预测方法要求有足够多的数据, 才能保证预测的精度。马尔可夫过程具有无后效性的特性, 很适合于描

述随机波动性较大的动态系统,因此马尔可夫模型一直是国内学者研究和应用较多的预测模型^[3]。

马尔可夫过程其实是一种特殊的随机运动过程。如果随机过程 $X(t)$ 在时刻 $(n+1)$ 状态的概率分布只与时刻 n 的状态有关,而与 n 以前的状态无关,则称随机过程 $X(t)$ 为一个马尔可夫链。记条件概率 $P\{X(n+1)=j/X(n)=i\}=P_{ij}(n)$ ($P_{ij}(n)$ 为在时刻 n 的一步转移概率)^[4]。

如果随机过程的状态空间是有限的,即 $I=\{0,1,2,\dots,N\}$,则称此随机过程为有限马尔可夫链。在固定时刻 n ,由一步转移概率 $P_{ij}(n)$ 构成的一步转移概率矩阵为:

$$P = P_{ij}(n) = \begin{matrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nn} \end{matrix}$$

该矩阵满足以下2个条件:

(1) $\sum_{j=1}^n P_{ij} = 1 (i,j=0,1,\dots,N)$, 矩阵每行元素之和等于1。

(2) $0 \leq P_{ij} \leq 1 (i,j=0,1,\dots,N)$, 矩阵每个元素都非负。

如果马尔可夫链的转移概率 $P_{ij}(n)$ 与 n 无关(即无论在任何时刻 n ,从状态 i 经过一步转移到达状态 j 的转移概率矩阵都相等),则称此链为齐次马尔可夫链。通常研究的马尔可夫链都具有无后效性和齐次两个特征,满足以下方程:

$$X(n) = X(n-1) P_{ij} = X(0) P_{ij}(n)$$

2.2 马尔可夫模型预测过程 由许昌市55年的耕地利用动态变化(表1),根据表1的数值大小划分为6个状态,并可构造初始状态矩阵^[5]:

0.250 0	0	0.250 0	0	0.500 0	0
0.167 0	0.333 0	0.500 0	0	0	0
0.045 0	0.136 0	0.636 0	0.136 0	0.045 0	0
0.083 0	0.083 0	0.250 0	0.583 0	0	0
0	0	0.125 0	0.125 0	0.500 0	0.250 0
0	0	0	0.500 0	0.500 0	0

以2007年为基期,计算2007年向2010年转化的转移概率矩阵如下:

0.066 5	0.097 3	0.364 7	0.248 9	0.173 4	0.049 1
0.073 6	0.113 1	0.415 7	0.209 6	0.150 4	0.037 6
0.076 0	0.115 9	0.422 6	0.210 4	0.141 3	0.033 7
0.077 0	0.115 1	0.419 4	0.217 2	0.138 7	0.032 6
0.069 1	0.099 2	0.368 9	0.252 7	0.164 8	0.045 3
0.071 9	0.103 8	0.382 8	0.244 6	0.155 8	0.041 1

计算2007年向2020年转化的概率矩阵如下:

0.074 1	0.111 1	0.407 3	0.222 3	0.148 2	0.370 4
0.074 1	0.111 1	0.407 4	0.222 2	0.148 2	0.370 4
0.074 1	0.111 1	0.407 4	0.222 2	0.148 2	0.370 4
0.074 1	0.111 1	0.407 4	0.222 2	0.148 1	0.370 3
0.074 1	0.111 1	0.407 4	0.222 3	0.148 2	0.370 4
0.074 1	0.111 1	0.407 4	0.222 2	0.148 2	0.370 4

以2007年为基期分别计算向2010、2015、2020、2025年转化

的转移概率矩阵,可得预测结果,许昌市2010、2015、2020、2025年耕地面积分别为325 500、325 368、324 844 和324 723 hm^2 。

2.3 预测结果分析

(1) 对预测数值分析表明,2008年许昌市耕地总量达325 905 hm^2 ,和2007年325 251 hm^2 相比增加654 hm^2 ,和这2年许昌市种植结构调整的实际情况吻合;但中长期看,耕地总量仍将下降,与2009年(325 749 hm^2) 相比,2010年耕地减少249 hm^2 ,与2007年相比2020年耕地减少407 hm^2 ,减少绝对量并不大,在2015~2020年间基本保持总量平衡。

(2) 从预测精度看,马尔可夫模型即使是中长期预测,最大预测误差也不超过1%,但短中期预测精度吻合更好。

(3) 从许昌目前经济水平和发展政策来看,随着“工业许昌”政策的持续实施和高速公路等大量基础设施的建设,耕地总量下降是必然的。限于许昌的自然地理条件、经济能力以及目前耕地开发的状况,实现耕地完全占补平衡的难度很大,由此认为,模型的短中期预测值将更接近未来真实情况,远期预测值则仅具参考意义。

3 许昌市耕地利用存在的问题与对策建议

3.1 耕地利用存在的问题

(1) 随着许昌市经济建设事业的发展,各种非农用地不断增加,城乡居民点、工矿交通等建设大量占用耕地,同时也存在因管理不善造成的乱占、滥用、闲置耕地,以及盲目的农业结构调整等,导致耕地面积不断减少。如1985~2000年,耕地面积减少4 008 hm^2 ,旱地质心也向西南方向偏移。

(2) 建设用地、城镇规划和工业用地占用良田多,建筑层数低,容积率小,耕地利用效率不高,有些地方还存在土地闲置浪费的现象。农村居民点普遍存在分散建设、占地面积大、空闲地过多的状况。如城镇景观1985~1995、1995~2000、1985~2000年,年均递增率分别为2.50%、9.09%、5.46%,其质心向东北方向发生偏移。

(3) 林地和草地面积波动变化大,总体减少,15年中,前10年部分类型面积增加,后5年两大土地类型面积减少,林地、草地15年分别减少1.80 hm^2 。

(4) 水土流失严重。长期以来,地面缺水,耕地灌溉设施缺乏,很难满足农作物生长的需要,加上采取重产出、轻投入的掠夺式经营方式,在耕作上重化肥轻有机肥,导致地力下降,部分农田有机质降低,水土流失严重,导致生产力降低,质量退化。许昌市年水土流失面积占土地面积的3.94%,沙化土地面积占土地面积的1.08%,盐渍化土地面积占土地面积的0.19%^[6]。

3.2 耕地利用可持续发展对策

3.2.1 明确发展目标,加强土地利用规划和管理。政府可采用宏观和微观相结合,通过编制和实施土地利用总体规划、土地利用计划和严格审批用地,以实现耕地总量动态平衡为重要的战略目标,进行科学预测。根据该地各类型土地总量和土地供应能力,完善土地利用体系,起到宏观调控作用,并建立相应的依法审批用地的微观管理约束机制。政府部门可通过新技术手段和方法,对土地利用现状、土地质量和开发利用潜力进行及时、深入的研究,组织编制合理的土

不断进步,将会出现新的“点火温度”取代旧的“点火温度”,只有减少农地城市流转的“燃烧物质”和“助燃剂”,才能避免农地城市流转的过度燃烧。如曲福田等认为经济增长与耕地数量之间存在类似库兹涅茨曲线型关系,并通过对天津市、山东省、江苏省、上海市、广东省、福建省6个典型地区经济发展过程中耕地损失的分析验证了这个假说,同时说明经济发展与耕地保护冲突是暂时的,当经济发展到一定程度时将进入下一阶段即随着经济的发展耕地损失率逐渐减小^[10]。蔡银莺等也对耕地资源流失与经济发展之间的关系进行了分析,主要选择深圳、东莞、上海、无锡和武汉5个城市作为研究区域,分析结果表明,耕地资源流失量最初随着人均GDP的增加而增加,当越过某一个阈值后,就开始随着人均GDP的增长而降低,上述5个城市的阈值在5 192~17 751元^[17]。由此可知,未来调控农地城市流转的主要对象应是“燃烧物质”和“助燃剂”。当农地城市流转的“燃烧物质”和“助燃剂”得不到控制且同时作用于农地城市流转时,农地城市流转速度将会加快并蔓延。

(4) 考虑到土地产权、权能模糊是我国土地利用中长期存在的一种现象,在研究中不好量化,若作为虚拟变量,以湖北省作为实证研究时,地区差异不明显,因此,在模型中没有选入。另外,受到资料的限制,实证研究没有考虑农地城市流转收益分配不合理因素。这都有待于进一步研究。

参考文献

[1] 田光进,周全斌,赵晓丽,等.中国城镇扩展占用耕地的遥感动态监测

(上接第14700页)

地利用规划,走“资源-人口-经济-生态”协调发展道路,把经济建设真正建立在生产要素优化组合和资源合理配置的良好运营基础上,达到土地利用和环境保护双赢的目的。

3.2.2 优化土地结构,专业化发展土地资源。根据土地适宜性采取相应的土地利用方案,因地制宜利用土地资源,走多样化、集约化、专业化土地资源发展道路。开展多种经营,生态与经济效益并重,建设高效稳定的农业生产系统,用科学的方法促进土地利用率的提高,使农业生产步入良性循环;采用农牧、农林等综合发展模式,宜农则农、宜林则林,建立各产业相互促进的用地机制。建设用地、居民点、交通道路建设应走集约化发展道路,提高土地资源利用率,反对无序扩张用地,杜绝盲目占用耕地、林地等,防止土地污染,减轻城市化、工业化对土地资源的压力。

3.2.3 加强土地利用可持续发展教育。首先,加强土地利用政策和法规的宣传力度,培养和引进科技人才,不断提高土地管理人员的业务素质和科学管理水平。其次,加强社会大众的土地利用可持续发展观,增强人们合理利用土地的自觉性,提高土地利用效率,改变企业和居民只重眼前利益的态度和行为方式、生活方式等,增强土地公有制意识,使土地

[J].自然资源学报,2002,17(4):476-480.

- [2] 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.
- [3] 李平,李秀彬,刘学早.我国现阶段土地利用变化驱动力的宏观分析[J].地理研究,2001,20(2):129-138.
- [4] 陆国庆.耕地保护的经济约束机制研究[J].农业经济问题,1997(11):46-49.
- [5] 曲福田,陈江龙,陈雯.农地非农化经济驱动机制的理论分析与实证研究[J].自然资源学报,2005,20(2):231-241.
- [6] 张安录.城乡生态经济交错区农地城市流转机制与制度创新[J].中国农村经济,1999(7):43-49.
- [7] 牛文元.社会物理学与中国社会稳定预警系统[J].中国科学院院刊,2001(1):15-20.
- [8] 史培军,江源.土地利用覆盖变化与生态安全响应机制[M].北京:科学出版社,2004.
- [9] 高瑞科.湖北省经济开发现在与未来[M].北京:经济管理出版社,1994:1-13.
- [10] 曲福田,吴丽梅.经济增长与耕地非农化的库兹涅茨曲线假说及验证[J].资源科学,2004,26(5):61-67.
- [11] 张国平,刘纪远,张增祥.近10年来中国耕地资源的时空变化分析[J].地理学报,2005,58(3):323-332.
- [12] 张安录,毛泓.农地城市流转途径、方式及特征[J].地理学与国土研究,2000,16(2):17-22.
- [13] 武修亮,海林.略论城市地域形态演变中的基本矛盾[J].经济地理,1999,19(1):42-46.
- [14] 张京祥.对我国城市化研究的再考察[J].地理科学,1998,18(6):555-560.
- [15] 蔡运龙.中国农村转型与耕地保护机制[J].地理科学,2001,21(1):1-6.
- [16] 吴传钧,郭焕成.中国土地利用[M].北京:北京大学出版社,2001.
- [17] 蔡银莺,张安录.耕地资源流失与经济发展的关系分析[J].中国人口·资源与环境,2005,15(5):52-57.

资源的可持续发展真正地成为现实。

3.2.4 加强土地资源监测,建立土地利用动态数据库。促进土地的可持续发展,必须加强土地动态监测技术应用,建立土地利用动态数据库,尤其应重视和土地利用相关的3S等现代科学技术的研究。该技术是进行国土调查与研究的有效工具,它能适时、高分辨率地从总体上把握土地利用、土地覆盖的面积变化、分布状况及变化速度等方面,对耕地、建设用地、园地等重点地类的微量变化及分布情况准确进行定点预测等,实现土地利用的可持续发展,并为土地宏观管理提供决策依据。

参考文献

- [1] 苗作华,刘耀林,王海军.耕地需求量预测的加权模糊马尔可夫链模型[J].武汉大学学报:信息科学版,2005,30(4):305-308.
- [2] 国家信息中心.2006年许昌市资源环境状况分析[EB/OL].(2007-12-27)[2008-08-20].<http://party.ci.gov.cn/index/dqpg/showdoc.asp?blockcode=DQBGHENFX&filemane=200712270795>.
- [3] 刘启承,掬文强,韩贵锋.用马尔可夫理论预测三峡库区的土地利用趋势[J].重庆大学学报:自然科学版,2005,28(2):107-110.
- [4] 全斌,朱鹤健,晏路明,等.厦门岛土地利用变化趋势预测[J].资源科学,2004,26(3):98-104.
- [5] 朱瑜馨,张锦宗.基于GIS的聊城市土地利用动态变化与预测研究[J].安徽农业科学,2007,35(7):2172-2173.
- [6] 李朝辉,魏贵臣.生态环境承载力评价方法研究及实例[J].环境科学与技术,2005,28(1):75-76.