

基于 GIS 的定西地区黄土高原土地利用变化研究

李 宇^{1,2}, 董锁成¹

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘 要: 运用 GIS 空间分析方法, 以 1980 年、1995 年和 2000 年 Landsat TM 影像的土地利用空间数据(1:100 000)为基础, 分析了 1980~2000 年定西地区黄土高原各土地利用类型变化的幅度、空间分布特征、方向以及耕地的主要流向, 并应用空间马尔柯夫概率模型对定西地区 2015 年土地利用格局进行了预测。结果表明: 1995~2000 年土地利用的年变化率是 1980~1995 年的 2.57 倍; 1995~2000 年土地各类型之间的相互转化在空间分布特征呈现明显的差异, 耕地、草地、林地和农村居住用地是定西地区土地利用变化的核心类型, 耕地与其他类型土地间的相互转化分布最广泛; 优质耕地主要被农村居住用地扩展占用, 1995~2000 年耕地转向农村居住用地的面积比 1980~1995 年增长了 66.18% (1759 hm²); 1995~2000 年毁林草开荒的面积仍高达 17294 hm²。到 2015 年, 耕地、城镇用地、农村用地面积和比例将增加, 草地、林地、水域和未利用地面积和比例将下降。

关键词: 黄土高原; 土地利用变化; GIS; 马尔柯夫概率模型

中图分类号: F301

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2004)03-0248-05

0 引言

随着信息化技术的发展, 遥感和 GIS 技术的运用, 区域土地利用/覆盖变化(LUCC)研究正成为全球变化研究的前沿和热点问题, 并取得了一定进展^[1-6]。黄土高原地区是我国水土流失最严重的地区, 本区生态环境脆弱性的特点、成因、作用机制一直是相关领域研究的重点。定西地区是国家重点贫困区“三西地区”之一, 地处黄土高原西南端和西秦岭末端, 地形地貌复杂, 水土流失严重, 生态环境“过渡性”和“边缘性”突出, 土地利用表现出强烈的过渡性和脆弱生态环境下的波动性。本区在自然、经济社会方面具有黄土高原地区独特的代表性。有关本区土地利用变化定量研究报道较少。因此, 进行定西地区黄土高原土地利用格局研究, 对于揭示其土地利用变化的实质, 增加土地的集约化程度和实现土地资源的可持续利用具有较重要的现实意义。

1 研究区域概况及研究方法

1.1 研究区概况

定西地区位于甘肃省中部, 东经 103°27'~105°38', 北纬 34°07'~36°02' 之间, 由定西、通渭、陇西、漳县、渭源、临洮、岷县 7 个县组成。总面积 1.9 × 10⁴ km²。年均气温 3~9 之间, 多年平均降水量 515.2 mm, 平均降水量干燥指数在 1~2 之间, 气候属于南温带半湿润向中温带半干旱过渡。北部 5 县地处黄土高原西南部, 以黄土梁峁沟壑地形为主, 南部两县位于西秦岭山地北部, 以中高山地为主, 生态环境“过渡性”和“边缘性”突出, 抗干扰能力差。全区水土流失面积 16 737.46 km², 占土地总面积的 85%, 年土壤侵蚀总量达 8 786 万 t, 定西地

区年输沙量占黄河年均输沙量的比例高达 5.60%。

2001 年定西地区三次产业产值比例为 44:24:32, 尚处于原始型的产业结构状态, 全区人均 GDP 仅为 1 612 元, 社会经济落后和脆弱生态的自然环境的相互作用使本区人地关系非常紧张。

1.2 数据处理方法

研究基于 Landsat TM 遥感影像的 1:10 万 3 期土地利用空间数据(中国科学院资源与环境数据库提供), 遥感判读的精度为耕地定性准确率大于 98%, 土地利用变化制图类型的判别具有 95% 以上的定性准确率^[7]。该数据存储格式是按照分县 Arc/Info 的 Coverage 格式进行存放的, 根据研究需要, 应用 GIS 软件平台 ARC/INFO 8.2 进行数据处理, 将 7 个分县的 Coverage 格式数据合并为 1980、1995 和 2000 年三期定西地区土地利用空间数据; 然后在 ARC/INFO 空间分析功能的支持下将得到的三期土地利用图进行多要素空间叠置分析, 分别生成 1980~1995、1995~2000 年土地利用动态变化空间数据库, 1980~1995 年和 1995~2000 年定西地区土地利用类型变化空间分布见图 1。在此基础上提取土地类型相互转化的空间矢量数据, 进而将二级数据合并为 7 个一级类型: 耕地、林地、草地、水域、城镇建设用地、农村居民用地、未利用地进行土地利用变化统计分析处理。

2 土地利用格局变化分析

2.1 土地利用格局现状特征

2000 年定西地区土地利用类型主要为草地和耕地, 分别占土地总面积的 49.99% 和 37.65%, 其余依次为林地(9.98%)、农村居民点(1.37%)、未利用地(0.44%)、水域(0.40%)、城镇用地(0.17%)。因此定西地区是一个以农牧业用地为主的地区。耕地主要为山地、丘陵和坡旱地, 平原耕地面积为 77 561 hm², 仅占耕地总面积的 10.49%; 林地等都分布于耕作条件不好的陡坡或坡度起伏大的地区, 分布特点表现为小而散碎,

收稿日期: 2003-10-28 修订日期: 2004-02-20

基金项目: 国家自然科学基金重大研究计划项目(90102013); 中国科学院知识创新工程重大项目(KZCX1-10-07-04)

作者简介: 李 宇(1973-), 男, 河北保定市人, 讲师, 博士生, 主要从事区域可持续发展、城镇规划研究。北京 中国科学院地理科学与资源研究所, 100101。Email: liy@igsnrr.ac.cn

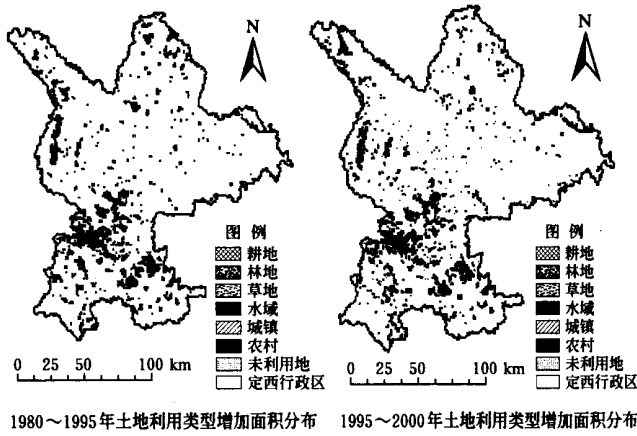


图 1 1980~ 2000 年定西地区土地利用类型变化空间分布
Fig 1 The spatial distribution of land-use patterns change in Dingxi during 1980~ 2000

平均斑块面积仅为 97.8 hm²; 草地以中低覆盖度草地为主, 其中覆盖度在 5%~ 20% 的低覆盖草地占草地总面积的 82.45%; 城镇用地数量少而集中, 平均斑块面积为 300.8 hm², 是本区平均斑块面积最大的土地利用类型; 居住地以农村居民用地为主, 斑块总数多达 2 218 个, 平均面积小, 分布广泛; 水域在本区主要为河流、滩地等水体, 分布集中; 未利用地以沙地、裸地为主。

2.2 土地利用变化幅度分析

2.2.1 区域土地利用综合变化分析

应用区域综合土地利用动态度进行定西地区土地利用总体变化的分析^[8,9]。定义区域综合土地利用动态度(变化率) LC 公式为

$$LC = \left[\left(\sum_{i=1}^n \Delta A_{ij} \right) / \left(2 \sum_{i=1}^n A_i \right) \right] \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (1)$$

式中 A_i ——初始时期 i 类土地利用类型的面积; ΔA_{ij} —— T 时段内 i 类土地类型转为非 i 类土地利用类型面积; T ——时间段长度(年)。根据公式(1)分别计算 1980~ 1995 年(前期)和 1995~ 2000 年(后期)的定西地区土地利用年变化率。结果表明, 1980~ 1995 年定西地区土地利用的年变化率为 0.07%, 而 1995~ 2000 年土地利用的年变化率达到了 0.18%, 是前期 15 年间的 2.57 倍, 说明近年来定西地区土地利用类型之间相互转化加快, 变化复杂。如本区土地利用方式发生变化的斑块占土地总面积的比例由前期的 2.25% 增加到后期的 2.49%, 增加了 0.24 个百分点。

2.2.2 区域单一类型土地利用变化分析

土地分类指数变化模型可以定量表达某一类型土地利用在空间上相对于区域土地总面积的利用水平和变化趋势^[8]。如耕地指数表示某一区域耕地的变化情况。根据土地利用与覆被各个分类指数定义, 土地分类指数变化模型 dI_{i1-i0} 定义为

$$dI_{i1-i0} = (\Delta I_{i1-i0} / t),$$

$$\Delta I_{i1-i0} = ((a_{i1} - a_{i0}) / A) \times 100 \quad (2)$$

式中 dI_{i1-i0} ——时间段 t 对应的 i 类型土地分类指数

变化率; ΔI_{i1-i0} ——区域 i 类型土地分类变化指数; a_{i1} ——初始监测时间的 i 类型土地的面积; a_{i0} ——监测期末时间的 i 类型土地面积; A ——土地总面积; t ——时间段长度(年), 定西地区 1980~ 1995 年(前期)、1995~ 2000 年(后期)土地分类指数变化和土地分类指数变化率见图 2。

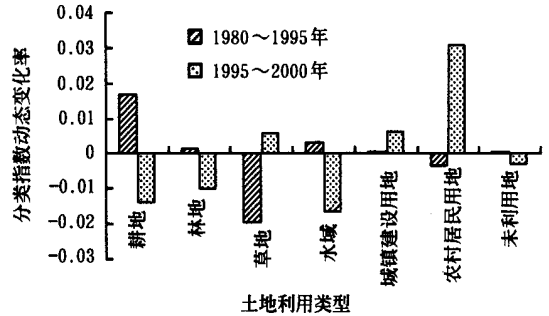


图 2 1980~ 2000 年定西地区土地分类指数变化率
Fig 2 Change rate of land-use category index in Dingxi during 1980~ 2000

由图 2 分析出: 定西地区耕地、林地、水域指数、未利用地利用指数变化率 1995 年以后趋于减少状态, 说明后期与前期比较, 耕地、林地、水域、未利用地面积均由前期的增加状态转变为后期的减少状态, 并且减少的速率比较快, 其中以水域减少为最快。草地由前期面积减少转为后期的缓慢增加态势, 城镇建设用地和农村居民用地利用指数变化率分别由前期 0.0006 和 -0.0034 增加为 0.0062 和 0.031, 说明城镇建设用地和农村居民用地均进入了快速扩张期, 其中尤其以农村居民用地增长速率最为明显。未利用地已由前期的增加转为面积减少趋势, 说明土地退化状态在后期已初步得到了遏制。草地面积已由前期的减少转变为后期的增加趋势, 这说明国家实施退耕还草工程在定西地区已初见成效。

2.3 土地利用变化的空间分布特征和变化方向

多度和重要度可以分别定量表示土地利用空间分布特征和变化的区域方向^[9]。定义多度公式为

$$D = (N_i / N) \times 100\% \quad (3)$$

式中 D —— i 类型土地利用变化的多度; N_i —— i 类型土地利用变化斑块类型的个数, 个; N ——监测期末区域土地类型斑块总数, 个。

重要度表示土地利用类型对于区域的重要程度, 是土地利用变化方向的重要依据。定义重要度公式如下

$$IV_i = D_i + P_i \quad (4)$$

式中 IV_i —— i 类型土地变化的重要度; D_i —— i 类型土地利用变化的多度; P_i —— i 类型土地利用变化斑块面积与土地总面积的百分比。根据公式(3)和公式(4), 计算 1995~ 2000 年定西地区土地利用变化主要类型的重要度和多度。结果表明, 本研究区各土地利用类型变化突出的特点是发生变化斑块的数量较多, 分布广泛, 但发生变化斑块的平均面积较小。以重要度最高的草地转耕地变化类型为例, 发生变化斑块数为 777 块, 而平均每个斑块面积仅为 20.1 hm²。具体表现为多度

值远高于土地利用变化斑块面积与土地总面积的比值,重要度随多度的变化而变化。因此,研究区各种土地利用变化类型的重要度和多度的变化趋势具有一致性,见图 3。

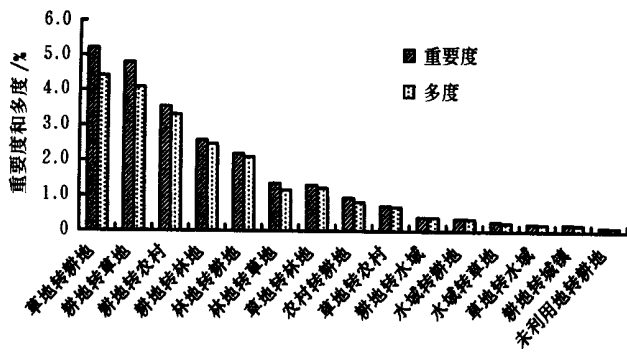


图 3 1995~ 2000 年定西地区主要土地利用变化类型的多度和重要度

Fig 3 Frequency and important degree of major patterns of land-use change in Dingxi during 1995~ 2000

1995~ 2000 年定西地区土地各类型之间的相互转化在空间分布特征呈现明显的差异。耕地与其他类型土地间的相互转化分布最广泛,以草地转耕地、耕地转草地、耕地转农村、耕地转林地、林地转耕地 5 种变化类型空间分布最具代表性。其中以草地转耕地的重要度最高,达到 4.41%。从重要度分析,定西地区土地利用变化方向主要为耕地、草地和农村用地的不断扩张,耕地主要是毁林草开荒而来,草地是退耕还草而来,但退耕还草的态势仍滞后于毁林草的态势。农村用地扩展则表现为大量侵占耕地,耕地转为林地也是本区土地利用变化的一个重要方向,这说明,国家的退耕还林还草工程的实施已在定西地区取得了初步成效,但毁林草现象和农村扩展乱占用耕地现象还未从根本上得到遏制。

从定西地区土地利用变化空间分布核心类型分析,1995~ 2000 年本区土地利用的主要变化方式有 12 种,其中 11 种均与耕地、草地、林地和农村用地变化密切相关,总面积达 47 668 hm²,占全区土地利用发生变化类型总面积的 99.97%,因此耕地、草地、林地和农村居住用地是定西地区土地利用变化的核心类型。由于定西地区城市化落后,城市化进程是以建制镇、集镇为主体推进,因此城镇用地变化较小,这与京津塘、长江三角洲、珠江三角洲等城市化较发达地区以耕地、城镇用地、农村用地成为土地利用变化核心形成了鲜明对比^[8]。

2.4 耕地变化的主要类型

以 1995 年为分界点,前期耕地的流向主要为草地、农村用地、林地和城镇用地;其中耕地转向草地占耕地流出量的 69.34%,转向农村建设用地占耕地流出量的 16.84%,流向林地的占 9.68%,流向城镇用地为 1.90%。后期耕地主要流向仍为草地、农村用地、林地和城镇用地,见表 1。后期和前期相比较,农村居住用地占用耕地增加的面积与城镇建设用地占用耕地增加面积的 17.14 倍。农村居住用地后期比前期上升了 4.1 个百

分点,5 年间占用耕地的面积比前期 15 年总和还多 1 759 hm²。表明近年来,定西地区农村居住用地扩展占用耕地面积是优质耕地流失的主要原因。城镇用地比例基本保持不变,但占用耕地总面积也有所增长。

表 1 1980~ 2000 年定西地区耕地主要流出面积及占总流出面积比例

Table 1 Area and percent of farmland changed into other land-use patterns in Dingxi during 1980~ 2000

项 目	耕地转草地	耕地转农村居民用地	耕地转林地	耕地转城镇建设用地
1980~ 1995 面积/hm ²	10943	2658	1528	300
1995~ 2000 比例/%	69.34	16.84	9.68	1.9
1995~ 2000 面积/hm ²	14078	4417	2017	403
2000 比例/%	66.73	20.94	9.56	1.91

1999 年国家退耕还林还草工程的实施,定西地区在后期退耕还林还草工程取得了一定的成绩。表现为耕地转草地和林地面积大幅度增加,如后期林地转耕地总面积为 1 655 hm²,而同期坡旱耕地退耕转林地面积达到 2 017 hm²;但值得注意的是,后期人为毁草开荒等原因引起的草地流向耕地的面积为 15 640 hm²,远高于同时期退耕还草的面积达 1 562 hm²。因此,定西地区仍存在大量毁林草开荒、农村快速无序扩展大量占用耕地等现象,这表明研究区生态环境建设面临的形势依然很严峻。

3 土地利用变化格局预测

在一个马尔柯夫过程中,系统从 t 时刻的一种状态,发展变化到 $t + 1$ 时刻的另一种状态,这种转化要求 $t + 1$ 时刻的状态只与 t 时刻的状态有关,这种状态变化的可能性称为状态转移概率。马尔柯夫过程是具有随机性和无后效性的过程,可以描述土地利用类型变化之间相互转移的过程。在实际应用中,马尔柯夫转移概率矩阵信息的准确性是影响土地利用类型转化格局预测结果精确度的关键^[10]。引入有限状态马尔柯夫链的土地利用类型初始系统状态矩阵 S_t^T ^[11],以能够反映定西地区最近时期土地利用变化格局趋势的 1995~ 2000 年土地利用类型转移概率为计算矩阵,构建空间马尔柯夫概率模型,进而预测期末土地利用类型的系统状态。空间马尔柯夫概率模型定义为

$$S_{t+\Delta t}^T = S_t^T [p_{ij}] \quad (p_{ij} = 0, i, j = 1, \dots, n; \quad p_{ij} = 1, i = j = n) \quad (5)$$

$$S_t^T = (LU_1, LU_2, \dots, LU_n) \quad (6)$$

式中 S_t^T 和 $S_{t+\Delta t}^T$ ——分别是由 n 个土地利用类型状态组成的 t 时刻初始系统状态和 $t + \Delta t$ 时刻的预测期系统状态; $[p_{ij}]$ ——土地利用类型转化概率矩阵,为 t 时刻到 $t + \Delta t$ 时刻由土地利用类型 i 转变为土地利用类型 j 概率矩阵元素组成; LU_i ——土地利用类型 i 的初始状态; n ——土地利用类型数。定西地区 1995~ 2000 年土地类型转化概率矩阵见表 2。

表 2 1995~ 2000 年定西地区土地类型转化概率矩阵

Table 2 Transition matrix of land-use patterns in Dingxi during 1995~ 2000

	耕地	林地	草地	水域	城镇建设用地	农村居民用地	未利用土地	%
耕地	97.151	0.272	1.901	0.021	0.054	0.597	0.004	
林地	0.841	97.328	1.808	0.005	0.004	0.015	0	
草地	1.594	0.163	98.179	0.018	0.001	0.046	2.29E-05	
水域	1.611	9.106	6.918	82.123	0	0.242	0	
城镇建设用地	0.569	0.005	0.055	0.200	99.170	0	0	
农村居民用地	9.722	0.101	0.019	0.013	0.363	89.783	0	
未利用土地	2.083	0.007	0.835	0.000	0.000	0.051	97.024	

以 2000 年定西地区土地利用格局为初始系统状态,应用构建的空间马尔柯夫概率模型,预测 2015 年土地利用类型系统状态。2015 年定西地区土地利用类型面积与比例见表 3。

表 3 2015 年定西地区土地景观空间格局预测

Table 3 Forecast of land-use patterns in Dingxi in 2015

土地类型	2000		2015	
	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%
耕地	739328	37.65	740171	37.69
林地	196027	9.98	180870	9.21
草地	981708	49.99	980348	49.92
水域	7849	0.40	2357	0.12
城镇建设用地	3308	0.17	10801	0.55
农村居民用地	2696	1.37	43597	2.22
未利用地	8657	0.44	5695	0.29

与 2000 年相比,在外部环境不发生大的突变情景下,2015 年定西地区土地利用类型耕地、城镇建设用地、农村居民用地面积和比例均表现出增加趋势,其中城镇建设用地、农村居民用地呈现快速增长,如城镇、农村用地分别将比 2000 年增长 2.26 倍和 0.62 倍;草地面积和比例均呈现缓慢下降;林地的面积快速下降,2015 年将比 2000 年减少 15 157 hm²;水域、未利用地面积和比例呈现快速下降,水域和未利用地面积年平均减少比例达 7.71% 和 2.75%。

4 结 论

1) 定西地区的土地利用格局主要为草地和耕地,各土地利用类型表现出形状复杂的景观特性。进入 20 世纪 90 年代后期,定西地区土地利用类型相互之间转化加快,并且在空间分布特征呈现明显的差异,其中耕地与其他类型土地间的相互转化分布最广泛。草地、林地转耕地大面积分布和农村用地占用耕地快速增长是这期间土地利用变化的主要表现形式之一。农村居住用地扩展是优质耕地流失的主要原因。而 2015 年定西地区林地、草地、水域的面积和比例将趋于下降。因此,虽然定西地区退耕还林和还草工作和生态环境治理取得了一定的成绩,但毁林草开荒、农村居民用地快速扩展大量占用耕地等现象仍大量存在表明,生态环境形势依

然很严峻。

2) GIS 具有的空间分析功能可以充分反映土地利用时空变化的特性,进而准确分析土地时间、空间变化的主要类型和空间分布。遥感影像数据和 GIS 技术结合,可以有效计算土地利用类型之间相互转化的概率信息,进而应用空间马尔柯夫概率模型,较为准确的预测一定时期内土地利用类型变化格局。

[参 考 文 献]

[1] 孙九林 广泛开展资源信息科学研究和应用[J] 自然资源学报,2000,15(1): 11- 16

[2] 李秀彬 全球环境变化研究的核心领域土地利用/土地覆被变化的国际研究动向[J] 地理学报,1995,51(5): 523- 557.

[3] Turner B L, Meyer W B. Land use and land cover in global environmental change: considerations for study[J] Int Soi Sci J, 1991,130: 669- 680

[4] 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[J] 中国土地科学,2002,16(2): 30- 33

[5] 常 欣,程 序,邱化蛟,等 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[J] 农业工程学报,2003,19(4): 295- 298

[6] Lambin E F, Baulies X, Bockstael N, et al Land-use and land cover change (LUCC) implementation strategy[R] IGBP Report No. 48 and HDP Report No. 10 Stockholm: IGBP, 1999

[7] 刘纪远,刘明亮,庄大方,等 中国近期土地利用变化的时空格局分析[J] 中国科学(D 辑),2002,32(12): 1031- 1040

[8] 香 宝 京津塘、长江三角洲、珠江三角洲地区土地利用变化比较研究(博士后出站报告)[R] 北京:中国科学院地理科学与资源研究所,2002

[9] 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

[10] Acevedo M F, Urban D L, Abian M. Transition and gap models of forest dynamics [J] Ecological Applications, 1995,5(4): 1040- 1055

[11] 刘思峰,郭天榜,党耀国,等 灰色系统理论及其应用[M] 北京:科学出版社,1999

Analysis of land-use change using GIS in Loess Plateau of Dingxi Prefecture, Gansu Province of China

Li Yu^{1,2}, Dong Suocheng¹

(1. Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract Based on the land-use datum (at scale of 100 000) of the interpretation of Landsat Thematic Mapper in 1980, 1995 and 2000, this study presents land-use change in Loess Plateau of Dingxi Prefecture, such as range, spatial distributing pattern, direction, farmland key change and development trend of land use pattern in 2015, by the combined using geographic information systems (GIS) method and Markov Probability Model. The results show: the annual rate of land-use change from 1995 to 2000 is 2.57 times as much as that from 1980 to 1995. In the period of 1995~2000, transformations of land-use pattern reveals obvious differences of spatial distributing pattern. Land-uses of farmland, grassland, woodland and rural resident land are the key change types. Transformations between farmland and other land-use patterns distribute most extensively. Most high quality farmlands change into rural resident land. The area of farmland changed into rural resident land from 1995 to 2000 has been increased to 66.18% (1759 hm²) as compared with that from 1980 to 1995. The areas of woodland and grassland converting to farmland are 17294 hm². By 2015, area and proportion of farmland, urban or build-up land and rural resident land will increase. The area and proportion of the woodland, grassland, water land and barren land will decrease.

Key words: Loess Plateau; land-use change; GIS; Markov Probability Model