

基于 GIS 和 RS 的黄龙山林区土地时空动态变化分析

孙存举^{1,2}, 赵鹏祥^{1*}, 张振华³

(1. 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨陵 712100; 2. 四川省林业调查规划院, 四川 成都 610500; 3. 高陵县林业科技中心, 陕西 高陵 710200)

摘 要:以黄龙山林区为研究对象, 结合 1990 年、2000 年、2008 年 3 期 TM 图像, 运用 RS 和 GIS 技术分析黄龙林区 1990—2008 年间土地利用动态的空间变化过程, 并利用马尔柯夫模型对土地动态变化及演变趋势进行预测分析。结果表明: 2000 年以前, 土地利用变化快, 土地利用动态度为 1.60%, 并且转移较分散, 而从 2000 年以后, 土地利用动态度降为 0.94%, 转移方向趋于集中; 1990—2008 年期间, 有林地面积增加最多, 达 427.06 km², 疏林地和未利用地面积大幅减少, 耕地面积先增后减, 主要土地利用转变方式其他土地利用类型转向有林地; 预测结果表明: 2008 年以后的 16a 内(2008—2024 年), 研究区内耕地、疏林地、未利用地等将进一步减少且增减幅度不断降低; 有林地和其他林地面积将继续增加, 城乡用地和水域等也有增减但幅度不大。

关键词:土地利用; 转移矩阵; 动态变化; 马尔柯夫模型; 遥感; 地理信息系统

中图分类号:S718.51 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2012)03-0174-06

Analysis of Land Use Dynamic Changes in Huanglong Mountainous Forest Areas Based on GIS and RS

SUN Cun-ju^{1,2}, ZHAO Peng-xiang^{1*}, ZHANG Zhen-hua³

(1. College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Sichuan Forestry Inventory and Plan Institute, Chengdu, Sichuan 610500, China; 3. Gaoling Forestry Science and Technology Center, Gaoling, Shaanxi 710200, China)

Abstract:Based on TM images in the years of 1990, 2000 and 2008, the land use dynamic changes from 1990 to 2008 in Huanglong Mountainous forest areas were analyzed by using RS and GIS methods. The Markov process was applied to analyze and predict the variation tendency of the land use. The results showed that before 2000, land use changed rapidly and the land-use dynamic degree was 1.60% with a scattered transfer. The land use dynamics reduced to 0.94% and the transfer direction tended to concentrated from 2000. During 18 years, forest area increased the most, up to 427.06 km², but open forest land and unused land significantly reduced. Areas of cultivated land increased, and then decreased. The major change way was that other land use types changed into forest; Markov prediction reveals that the farmland, open forest land, unused land will be further reduced, forest and other wooded area will continue to increase, and the range would diminish. Urban and rural land and water, will also fluctuate insignificantly in the nest 16 years from 2008.

Key words:land use; transition probability matrix; variation change; Markov model; GIS; RS

土地利用变化是全球环境变化研究的重要领域之一, 也是引起全球环境变化问题的主要原因^[1]。及时准确地掌握土地利用动态变化情况, 对分析土

地资源消长的原因、预测土地资源消长趋势、研究和制定加强土地资源保护及合理利用的对策、进一步提高集约经营和科学管理的水平都具有重要的意

收稿日期: 2011-03-17 修回日期: 2011-09-06

基金项目: 国家自然科学基金(30972296)。

作者简介: 孙存举, 男, 在读硕士, 研究方向: “3S”技术在资源和环境中的应用。E-mail: scj19854017@yahoo.com.cn

* 通讯作者: 赵鹏祥, 男, 副教授, 硕士生导师, 主要从事林业遥感方面研究。E-mail: zpx666@yahoo.com.cn

义。土地资源的动态变化不仅体现在时间上,而且体现在空间分布上,遥感技术(RS)和地理信息系统(GIS)的快速发展为分析土地资源在时间和空间上的动态变化提供了快捷的技术手段。目前,利用RS作为数据源,GIS作为空间数据分析手段进行土地利用动态研究的报道很多,但大多侧重于热带雨林退化或经济高速发展下的城市扩展^[2-6],而关于黄土高原天然次生林区域土地利用动态变化的研究尚不多见。本文在前人研究的基础上,以黄龙山林区为研究对象,选用1990、2000、2008年3期TM影像,结合地面调查数据,对土地类型进行分类,运用RS和GIS技术分析黄龙林区1990—2008年间土地动态变化的空间过程,并运用马尔柯夫模型对土地利用动态变化及演变趋势进行预测分析,旨在为该区域土地利用动态预测系统的建立奠定基础,并为优化区域土地利用结构、改善生态环境和土地资源的永续利用提供依据。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

黄龙县地处黄土高原丘陵沟壑区,位于陕西省北段东部,延安市东南缘,35°24′05″~36°02′01″N、109°38′49″~110°16′49″E。黄龙山林区是全国八大防护林区之一,属典型的天然次生林。森林覆盖率84.6%^[7],总面积19.42万hm²,其中林地面积16.82万hm²,包括森林面积14.41万hm²,疏林地0.21万hm²,灌木林地2.01万hm²。属于大陆性暖温带半湿润气候类型,年平均降雨611.8mm,多集中在7—9月,年蒸发量856.5mm。地带性土壤为褐土。自然植被为暖温带落叶阔叶林地带、华北区系植物,森林植物种类较多,共有580多种,乔木树种有22科、29属、46种。

1.2 数据来源

黄龙林区1990、2000和2008年3个时段的Landsat TM多光谱(7个波段)数据,分辨率29m×29m,时相范围5—10月;1:10万地形图,森林分布图,森林资源二类调查手薄,外业调查数据以及相关社会经济背景数据。

2 数据处理与分析

2.1 遥感影像处理

以配准好的地形图与野外GPS实测数据为参考基准,利用ERDAS软件对2000年的遥感影像进行几何校正,再以2000年的影像为参考校正1990年和2008年的遥感影像,在影像上均匀选取30个

控制点,用二次多项式拟合法对控制点进行平差计算,几何均方差平均值小于0.5个像元,采用双线性内插法(Bilinear)完成像元重采样。对经过几何精确校正后的TM影像进行了光谱增强处理^[8-9],并对TM影像的7个波段进行主成分变换(PCA),然后对经主成分变换后的影像以PCA3+PCA2+PCA1进行RGB(红、绿、蓝)合成。经过处理后的影像色调相对丰富,易于后面的分类。

2.2 遥感影像解译

由于TM影像主要波段空间分辨率只有30m,地物的可解译性有限,因此只能参照土地利用的二级分类体系来确定遥感分类体系,以分析土地覆被主要变化类型为主,从地类的总量平衡及遥感图像的实际判别能力出发,充分考虑黄龙山林区以林为主的覆被特点和掌握的资料情况,确定林区土地覆被类别为5个一级土地覆被类型,8个二级土地覆被类型,其中一级土地覆被类型包括:耕地、林地、城乡用地、未利用土地。二级分类则根据土地覆被类型、覆被度以及人为利用方式的差异进一步划分。在此只将林地划分为有林地、疏林地,灌木林地和其他林地。提取土地利用类型,然后运用分类叠加、聚类统计、过滤分析、去除分析、分类重编码等分类后处理方法^[10-11],得到监督分类结果(图1,图2,图3)。在此基础上,利用ArcMap9.2空间分析模块下的Tabulate Area工具,对3期土地分类结果进行叠加分析,从而求出不同时段土地利用类型的转移矩阵和土地利用格局变化图。

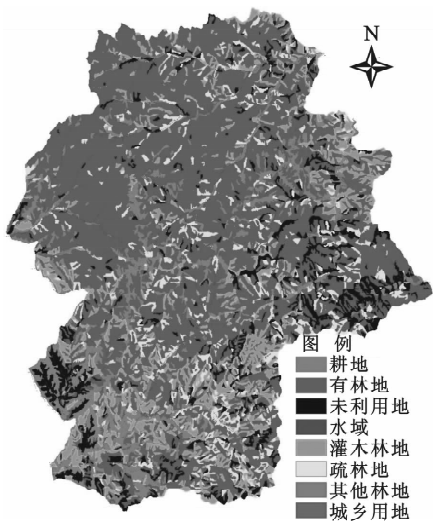


图1 1990年土地利用解译结果

Fig. 1 Land use information of the image interpreting in 1990

2.3 分类精度评价

从图斑误判方面,根据研究区地理分布特征,建立一条有代表性的调查样线,对调查结果进行对比,计算误判率。

误判率(PE)的计算公式如下:

$$PE=\frac{NE}{N_n}$$

(1)

(1)式中, NE 为样线调查中各区县误判小班数, N_n 为样线调查中各区县小班总数。

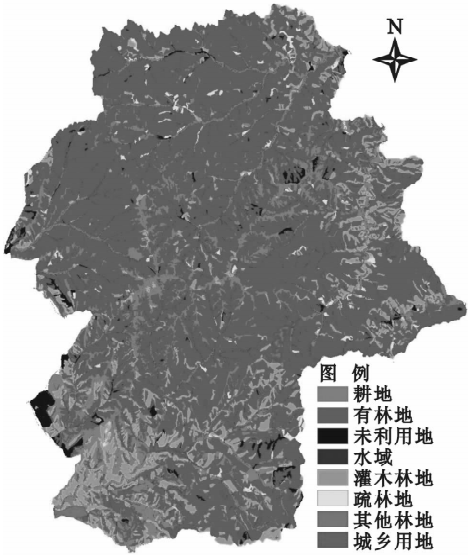


图 2 2000 年土地利用解译结果

Fig. 2 Land use information of the image interpreting in 2000

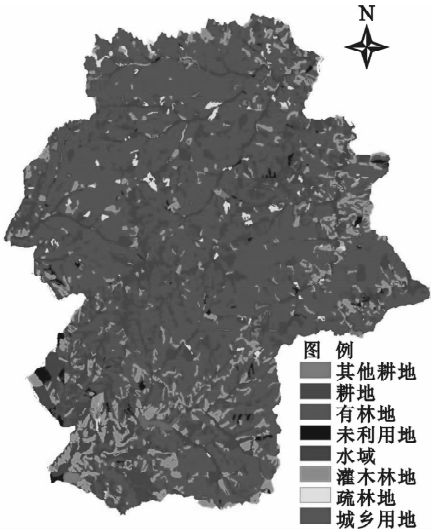


图 3 2008 年土地利用解译结果

Fig. 3 Land use information of the image interpreting in 2008

在本研究期内,每期影像随机选取 150 个小班,以当年二类调查数据为依据,结合外业实地调查,确定每个小班的实际类别,对 3 期 TM 影像分类结果进行精度检验,以 2000 年 TM 分类影像为例得到结果(表 1);用同样方法得到 1990 年的误判率为 16.67%,分类精度为 83.33%;2008 年的误判率为 20.00%,分类精度为 80.00%。

另外,3 期 TM 影像分类精度的计算结果中,疏林地、灌木林地和其他林地的误判率都达 28% 以上,分类精度相对较低,这与 TM 影像分辨率相对

较低有直接的关系,有待在今后的研究中通过提高影像分辨率、改进分类方法等途径完善。

表 1 2000 年 TM 分类影像精度评价统计

Table 1 Accuracy assessment statistics of classified

TM image in 2000					
林地类型	误判小班	正确小班	小班总数	误判率 / %	分类精度 / %
疏林地	6	14	20	30.00	70.00
灌木林地	6	13	19	31.58	68.42
有林地	7	49	56	12.50	87.50
未利用地	4	13	17	23.53	76.47
耕地	2	20	22	9.09	90.91
城乡用地	1	6	7	14.29	85.71
水域	0	3	3	0.00	100.00
其他林地	2	4	6	33.33	66.67
总计	28	122	150	18.67	81.33

2.4 分析林地利用动态变化

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”来分析土地变化时空特征和规律。

2.4.1 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^[12]。公式为:

$$F=\frac{u_b-u_a}{u_a}$$

(2)

(2)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。

2.4.2 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间范围内某种土地利用类型的数量变化情况,表达式为^[13]:

$$K=\frac{u_b-u_a}{u_a}\times\frac{1}{T}\times100\%$$

(3)

(3)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 值就是某种土地利用类型年变化率。

2.4.3 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^[13]:

$$LC=\left\{\frac{\sum_{i=1}^n\Delta LU_{i-j}}{2\sum_{i=1}^nLU_i}\right\}\times\frac{1}{T}\times100\%$$

(4)

(4)式中, LU_i 为监测起始时间第 i 类土地利用类型面积; ΔLU_{i-j} 为监测时段内第 i 类土地利用类型转为非 i 类土地利用类型面积的绝对值; T 为研究时段长,当 T 的时段长设为年时, LC 值就是土地利用综合年变化率。

2.5 运用马尔柯夫模型预测土地利用动态过程

确定土地利用类型之间相互转化的初始转移概

率矩阵 P ,表达式为^[14]:

$$P=(P_{ij})=\begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \cdots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \cdots & P_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{n1} & P_{n2} & \cdots & P_{nm} \end{bmatrix} \quad (5)$$

(5)式中 $P_{ij}=C_{i-j}/LU_{\Delta}$; n 为研究区域的土地
利用类型数目, P_{ij} 为初始到末期由类型 i 转化为类
型 j 的概率, C_{i-j} 表示由研究区域中在研究期内第 i
类土地利用类型转化为第 j 类的面积, LU_i 为研究
期初第 i 类土地利用类型面积, P_{ij} 它应满足以下
条件

$$\begin{cases} 0\leqslant P_{ij}\leqslant 1 & (i,j=1,2,3,\cdots n) \\ \sum_{i=1}^n P_{ij}=1 & (j=1,2,3,\cdots n) \end{cases}$$

根据马尔柯夫过程的无后效性及 Bayes 条件

概率公式,有:

$$P(n)=P(n-1)P_0 \text{ 或 } P(n)=P(0)P_n$$

式中, $P(n)$ 为经过 $n-1$ 次状态转移到达 n 次
转移后的状态概率向量, $P(n-1)$ 为经过 $n-2$ 次状
态转移到达 $n-1$ 次转移后的状态概率向量, P 或
 P_{ij} 为转移概率矩阵, $P(0)$ 为它的初始状态概率
向量。

3 结果与分析

3.1 土地利用变化幅度及变化率

通过对黄龙林区 1990 年、2000 年及 2008 年
TM 影像遥感监督分类结果进行统计分析,得到不
同时期土地利用类型的面积、变化面积、变化幅度、
单一动态度数据(表 2)。

表 2 黄龙林区土地利用变化幅度及动态度

Table 2 Land-use change scope and dynamic degree of Huanglong

年度	项目	疏林地	灌木林地	有林地	未利用地	耕地	道路及居民点	水域	其他林地
1990—2000	变化面积/km ²	−115.59	−59.06	246.51	−134.10	36.95	2.65	9.95	12.69
	变化幅度	−0.85	−0.26	0.21	−0.81	0.18	0.22	0.92	80.75
	动态度/%	−8.53	−2.57	2.12	−8.09	1.76	2.22	9.17	807.51
2000—2008	变化面积/km ²	−8.37	−34.44	180.55	−17.04	−113.66	−3.79	−4.73	1.48
	变化幅度	−0.42	−0.20	0.13	−0.54	−0.46	−0.26	−0.23	0.11
	动态度/%	−5.24	−2.52	1.60	−6.75	−5.76	−3.25	−2.84	1.44
1990—2008	变化面积/km ²	−123.96	−93.50	427.06	−151.14	−76.71	−1.14	5.22	14.17
	变化幅度	−0.91	−0.41	0.37	−0.91	−0.37	−0.10	0.48	90.15
	动态度/%	−5.08	−2.26	2.04	−5.07	−2.03	−0.53	2.67	500.84

1990—2000 年间黄龙林区土地利用变化显著,
其中疏林地和未利用地大幅度减少,减少面积分别
为 115.59 km² 和 134.10 km²,灌木林地也减少
59.06 km²;而有林地、耕地、道路及居民点、水域和
其他林地呈现增加趋势,其中有林地面积增加最多,
达 246.51 km²。2000—2008 年间,耕地剧烈减少,
面积减少达 113.66 km²,未利用地、疏林地、灌木林
地等也均有所减少;有林地和其他林地持续增加,林
地面积增加 180.55 km²。从 1990—2008 年整个监
测时段来看,疏林地和未利用地减少最多,减少面积
分别为 123.96 km² 和 151.14 km²,耕地和灌木林
地也在减少,分别减少 76.71 km²、93.50 km²;有林
地、水域和其他林地呈现增加的趋势,其中有林地增
加最多达 427.06 km²。

从变化的幅度来看,1990—2000 年间黄龙林区
其他林地增加幅度最大为 80.75,其次是水域、道路
及居民点、有林地和耕地,增幅分别为 0.92、0.22、
0.21 和 0.18,而疏林地和未利用地减少幅度为 0.85
和 0.81,灌木林地减少幅度为 0.26;2000—2008 年
间,有林地增加幅度最大,达 0.13,耕地、未利用地
和疏林地减少幅度较明显,分别为 0.46、0.54 和

0.42;从 1990—2008 年整个时段来看,其他林地的
增加幅度最大,其次是水域和有林地,而疏林地和未
利用地减少幅度最大,为 0.91。

从动态度来看,1990—2000 年间黄龙林区年变
化速度最快的是其他林地,其次是水域,疏林地和未
利用地年均也减少 8.53%和 8.09%;2000—2008
年间变化速度最快的是未利用地,年均减少 6.75%,
其次是耕地与疏林地;从 1990—2008 年整个时段来
看,变化速度最快的是其他林地,其次是水域、疏林
地和未利用地。

3.2 综合土地利用动态度分析

1990—2000 年研究区综合土地利用动态度为
1.60%,2000—2008 年综合土地利用动态度为
0.94%,土地利用的变化速度减慢。

3.3 土地利用类型内部转化分析

基于研究区 1990、2000、2008 年的土地利用遥
感分类结果,在 ArcMap9.3 空间分析模块下运用
Tabulate Area 工具进行运算分析,得出研究时段内
土地利用变化的转移矩阵概率(表 3,表 4,表 5)。

从 1990 年到 2000 年,疏林地转出概率最大,达
到 98.23%,其次是未利用地,转出概率为 94.59%,

转出率最小的为有林地;各种土地类型转化为有林地的概率疏林地最大,达到 76.74%,其次是灌木林地和未利用地(表 3)。从 2000 年到 2008 年,疏林地转出概率最大,为 60.25%,其次是未利用地和耕地,转出率分别为 59.34%、50.51%;各种类型转化为有林地的概率疏林地最大,为 50.06%,其次为耕

地 49.16%和未利用地 36.57%(表 4)。从 1990 年到 2008 年整个研究阶段,疏林地和未利用地的输出概率较大,分别为 98.60%、94.71%;各种土地类型转化为林地的概率最大为疏林地,92.67%的疏林地转化为林地,79.50%的灌木林地转化为有林地,61.53%的未利用地转化为有林地(表 5)。

表 3 1990—2000 年黄龙林区土地利用类型转移概率矩阵

Table 3 Transfer probability matrix of land-use from 1990 to 2000 in Huanglong %

土地利用类型	疏林地	灌木林地	有林地	未利用地	耕地	城乡用地	水域	其他林地
疏林地	1.77	8.92	76.74	1.07	9.87	0.36	0.82	0.44
灌木林地	1.20	22.59	58.76	1.42	14.44	0.35	0.55	0.69
有林地	0.87	4.55	85.97	0.78	6.59	0.10	0.70	0.44
未利用地	2.07	19.24	57.09	5.41	13.46	0.14	0.65	1.94
耕地	0.55	10.17	35.39	4.15	47.35	0.77	0.52	1.09
城乡用地	0.19	1.09	8.50	0.47	5.07	84.14	0.48	0.06
水域	0.43	2.46	9.22	0.91	10.90	1.98	73.67	0.43
其他林地	0.00	20.80	38.87	0.00	0.00	0.33	0.00	40.00

表 4 2000—2008 年黄龙林区土地利用变化转移概率矩阵

Table 4 Transfer probability matrix of land-use from 2000 to 2008 in Huanglong %

土地利用类型	疏林地	灌木林地	有林地	未利用地	耕地	城乡用地	水域	其他林地
疏林地	39.75	5.11	50.06	0.35	4.70	0.03	0.00	0.00
灌木林地	0.64	69.98	28.66	0.28	0.12	0.05	0.00	0.27
有林地	0.15	0.50	98.40	0.04	0.37	0.04	0.19	0.32
未利用地	0.00	19.52	36.57	40.66	2.70	0.08	0.01	0.47
耕地	0.13	0.07	49.16	0.11	49.49	0.11	0.59	0.32
城乡用地	0.23	5.97	9.05	0.22	14.72	66.99	1.91	0.92
水域	0.61	4.45	32.16	0.40	6.18	0.18	56.02	0.00
其他林地	0.01	4.36	27.13	1.27	2.10	0.02	0.47	64.65

表 5 1990—2008 年黄龙林区土地利用变化转移概率矩阵

Table 5 Transfer probability matrix of land-use from 1990 to 2008 in Huanglong %

土地利用类型	疏林地	灌木林地	有林地	未利用地	耕地	城乡用地	水域	其他林地
疏林地	1.40	3.24	92.67	2.44	0.04	0.03	0.00	0.18
灌木林地	0.62	18.11	79.50	0.03	0.26	0.03	0.00	1.45
有林地	0.44	3.59	94.75	0.06	0.89	0.00	0.00	0.28
未利用地	0.85	15.17	61.53	5.29	13.77	0.12	0.48	2.78
耕地	0.82	10.68	37.07	0.78	46.45	0.23	2.67	1.30
城乡用地	0.20	4.21	2.95	0.44	6.94	83.62	1.42	0.22
水域	0.11	3.17	0.01	0.58	8.86	0.05	87.15	0.07
其他林地	0.31	0.44	2.49	0.00	0.00	0.37	0.01	96.38

从上述结果可以看出:疏林地和未利用地转出概率始终都很高,说明土地利用效率不断提高;有林地的内部变化比较少,主要是由于有林地的生长周期长的特征决定的;在 1990—2000 年之间,土地利用类型之间的转移相对分散,而从 2000 年以后,主要变化趋势是其他土地利用类型转向有林地和灌木林地,这主要是退耕还林的结果,土地利用类型向着更加理想的方向转移。

3.4 土地利用预测

3.4.1 确定向量矩阵 以表 4 为转移概率矩阵,再

根据 2008 年各类土地利用类型的面积百分比值,得到初始状态向量矩阵 $P(0)$:

$$P(0) = \begin{bmatrix} 0.006 & 0 & 0.070 & 6 & 0.825 & 5 & 0.007 & 5 \\ 0.069 & 0 & 0.005 & 6 & 0.008 & 3 & 0.007 & 4 \end{bmatrix}$$

3.4.2 预测结果 利用马尔柯夫过程模型进行预测,每隔一定时期(即所用研究期 8 a)为一步,当 $n=1$ 时,预测年份为 2016 年;当 $n=2$ 时为 2 个研究期后即 2024 年的预测结果^[15]。如此类推,预测结果见表 6。

2008 年以后的 16 a(2008—2024 年)研究区内

总的变化趋势为非林地转化为林地;耕地、疏林地、其他林地增加,增加的速度减慢;居民用地和水域有未利用地等减少,且减少的幅度逐渐减小;有林地和增减,幅度不大(表 6)。

表 6 黄龙林区土地利用动态变化的 Markov 预测值

Table 6 Predicted Markov value of dynamic change of land-use in Huanglong

土地利用类型	2008—2016 年变化量	2008—2016 年单一土地 利用动态度/%	2008—2016 年综合土地 利用动态度/%	2016—2024 年变化量	2016—2024 年单一土地 利用动态度/%	2016—2024 年综合土地 利用动态度/%
疏林地	—3.45	—3.71	0.65	—1.48	—2.27	0.37
灌木林地	—27.43	—2.52		—20.53	—2.36	
有林地	100.00	0.79		57.14	0.42	
未利用地	—7.17	—6.17		—3.01	—5.11	
耕地	—57.27	—5.38		—28.93	—4.78	
城乡用地	—2.64	—3.07		—1.83	—2.82	
水域	—3.03	—2.36		—1.85	—1.77	
其他林地	0.95	0.83		0.66	0.54	

从马尔柯夫预测的结果计算的单一土地利用动态度可以看出,耕地、疏林地、未利用地的变化速度较快,并且耕地变化的面积量最大;有林地的总面积继续增加,增加速度逐渐减慢;其他林地的变化情况与有林地相同。从预测结果计算出 2008—2016 年的综合土地利用动态度为 0.65%,2016—2024 年的为 0.37%,综合动态度呈减少趋势,说明土地的变化速度放缓,这和各单一土地类型变化量的减少有关。

4 结论与讨论

在 1990—2000 年间,有林地面积增加最多,达 246.51 km²;耕地和其他林地分别增加 36.95 km²和 12.69 km²,未利用地、疏林地和灌木林分别减少 134.10、115.59 km²和 59.06 km²。各土地利用类型的变化速度依次为其他林地>水域>疏林地>未利用地>灌木林地>城乡用地>有林地>耕地。在 2000—2008 年间,有林地面积增加最多,达 180.55 km²;其他林地增加 1.48 km²,耕地面积减少最多,达 113.66 km²。各土地利用类型的变化速度依次为未利用地>耕地>疏林地>城乡用地>水域>灌木林地>有林地>其他林地。在 1990—2008 年整个阶段,有林地面积共增加 427.06 km²,其他林地也有增加,其他土地利用类型均在减少,各土地利用类型的变化速度依次为其他林地>疏林地>未利用地>水域>灌木林地>有林地>耕地>城乡用地。1990—2000 年的综合土地利用动态度为 1.60%,2000—2008 年为 0.94%。

自 1990 年以来,黄龙林区土地利用变化的幅度和速度都较快,疏林地和未利用地转出概率始终都很高,说明土地利用效率不断提高;有林地的内部变化比较少,主要是由于有林地的生长周期长的特征决定的;在 1990—2000 年之间,土地利用类型之间的转移相对分散,从 2000 年以后,主要变化趋势

是其他土地利用类型转向有林地和灌木林地,这主要是退耕还林的结果,土地利用类型向着更加理想的方向转移。

马尔可夫模型预测结果表明,2008 年以后的 16a 内(2008—2024 年)研究区内耕地、未利用地和疏林地将进一步减少,且减少的幅度逐渐减小,林地总面积增加,但居民用地和水域也有增减,幅度不大。

参考文献:

[1] 任宗萍,杨勤科,胡志瑞,等. 基于项目驱动的藉河流域土地利用时空变化动态分析[J]. 干旱地区农业研究,2009,27(3): 239-244.
REN Z P, YANG Q K, HU Z R, *et al.* Analysis of project-induced temporal-spatial land use change in Jihe River watershed [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2009, 27(3): 239-244. (in Chinese)

[2] TURNER B L, SKOLE D, SANDERSON S. Land use and land cover change: Science / research planning[J]. IGBP Report, Stockholm, 1995,35(7): 30-56.

[3] ADAMS J A, SMITH M O, GILLESPIE A R. Classification of multispectral images based oil fractions of end members; application to land-cover change in the Brazilian Amazon[J]. Remote Sensing of Environment, 1995(52):137-154.

[4] FRESCO L, LEEMANS R, TURNER B L, *et al.* Land use and cover change (LUCC)[C]. Open Science Meeting Proceedings, Amsterdam, the Netherlands, 1997: 20-32.

[5] 刘盛和,吴传钧,沈洪泉. 基于 GIS 的北京城市土地利用扩展模式[J]. 地理学报,2000,55(4):407-416.
LIU S H, WU C J, SHEN H Q. GIS based model of urban land use growth in Beijing[J]. Acta Geographica Sinica, 2000, 55(4):407-416. (in Chinese)

[6] 陈浮,陈刚,包浩生,等. 城市边缘区土地利用变化的人文驱动力机制研究[J]. 自然资源学报, 2001,16(3):204-210.
CHEN F, CHEN G, BAO H S, *et al.* Analysis on land use change and human driving force in urban fringe[J]. Journal of Natural Resources, 2001,16(3):204-210. (in Chinese)