

技术方法

基于转移矩阵的兰州市商业用地质量演变分析

马文亚,李修峰,符太成,许运福

(山东天诚国土规划设计院有限公司,山东 济南 250014)

摘要:将地类转换倾向性模型中的马尔可夫链引入城市用地质量演变分析中,通过建立土地质量等级转移矩阵,以兰州中心城区商业用地 2009—2014 年质量等级变化为应用案例,探讨土地质量转移矩阵对城市用地质量演化的影响。研究表明,转移矩阵的构建能够有效的反映城市用地质量等级演变倾向,在一定程度上预测未来城市土地质量的演变趋势,探寻城市用地质量演变的驱动力,有利于指导和促进城市未来土地资源的高效合理利用。

关键词:转移概率矩阵;马尔可夫模型;商业用地质量演变;兰州市

中图分类号:F301.2

文献标识码:C

引文格式:马文亚,李修峰,符太成,等.基于转移矩阵的兰州市商业用地质量演变分析[J].山东国土资源,2017,33(2):56-61.MA Wenya,LI Xiufeng,FU Taicheng, etc. Analysis on the Evolution of Land Quality Based on Transfer Matrix [J].Shandong Land and Resources, 2017,33(2):56-61.

0 引言

土地定级是城市土地利用的基础性工作,就是在既定的目的下,对城市土地质量、使用效益的空间分布差异状况进行评定^[1],是对土地自然和经济属性所作的综合鉴定,有助于促进土地资源的高效、合理配置和经济的快速发展。它是随着我国土地使用制度改革,为适应土地市场发展需求和土地资源有效利用与管理而发展起来的一项城市地产评估的基础工作。

目前对城市土地定级的研究很多,主要集中在以分析土地定级的技术方法以及定级因素的选择为主,例如梁留科等^[2]对南阳市土地进行定级时借助GIS技术,应用多因素综合评价与级差收益测算相结合的方法;姜安源等^[3]结合市场交易地价资料,采用空间插值计算方法对北京城区土地级别进行划分;王海军等^[4]对晋江市城区土地进行以价定级与基准地价评估时采用空间聚类 and K —均值相结合的方法;朱凡^[5]采用计量经济学方法对宜宾市城区土地定级指标体系因子进行相关性分析及多重共线性修正,对土地质量等级影响不大因子予以剔除;但对空间位置上不同质量土地分布特征和动态变化的

研究相对缺乏,缺乏对一定时段内期初、期末各质量等级土地面积的转入、转出情况及区域土地质量等级演变规律的探索。因此,该文将土地利用转移矩阵引入到土地质量等级转化趋势的研究中,并对其分析矩阵进行改进,建立起各质量等级土地面积转换矩阵,以兰州市 2009 年和 2014 年商业用地土地定级数据为基础,对兰州市商业用地质量变化过程进行分析,探讨各质量等级土地随时间变化的规律和变化量,并依据过去的变化规律预测未来城市土地质量变化的趋势,以期对相应对策措施的制定提供参考。

1 研究方法

1.1 土地质量转移矩阵

土地质量转移矩阵反映了研究区域某时段的期初和期末各级别质量土地面积相互转化的动态信息。该矩阵不但含有各级别质量土地面积转出、转入的动态信息,而且包括研究区域某时间截面静态的各级别质量土地面积数据^[6]。为便于研究期末各级别质量土地面积的构成情况,土地质量转移矩阵是参考土地利用转移矩阵而设定。土地质量转移

收稿日期:2016-08-18;修订日期:2016-09-09;编辑:曹丽丽

作者简介:马文亚(1991—),男,山东济宁人,硕士,主要从事城市与区域规划、土地利用规划;E-mail:mawenya@sdtgchy.com

矩阵的数学形式为^[7]：

$$S_{ij} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} & \wedge & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} & \wedge & S_{2n} \\ S_{31} & S_{32} & S_{33} & \wedge & S_{3n} \\ \wedge & \wedge & \wedge & \wedge & \wedge \\ S_{n1} & S_{n2} & S_{n3} & \wedge & S_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中： s 代表面积； n 代表土地质量等级数； $i, j (i, j = 1, 2, 3, k, n)$ 分别代表转移前与转移后的土地质量等级； S_{ij} 表示转移前的 i 等级土地转换成转移后的 j 等级土地的面积。

土地质量转移矩阵含有丰富的研究区域某时段的期初和期末各等级质量土地面积相互转化的动态信息，并具有丰富的统计学意义。在转移矩阵中，为研究 i 等级土地在研究时段土地质量面积发生转化的情况，引入 $S_{ij} (i=j)$ 向量，表示 n 阶方阵中的主对角线上的各元素。 $S_{ij} (i \neq j)$ 为研究时段 i 质量等级土地面积发生转化的部分。 $S_i = \sum_{j=1}^n S_{ij}$ 为 n 阶方阵中第 i 行元素之和，表示研究期初 i 质量等级土地的面积， $D_i = \sum_{j=1}^n S_{ij} - S_{ii}$ 表示研究期内 i 等级质量土地的转出面积； $S_j = \sum_{i=1}^n S_{ij}$ 表示 n 阶方阵中第 j 列元素之和，表示研究期末 j 等级质量土地的面积， $I_j = \sum_{i=1}^n S_{ij} - S_{jj}$ 表示研究期内 j 等级土地的转入面积^[6]。

1.2 转移概率矩阵

在事件的某一时段变化过程中，从时段初的某一状态转移到时段末其他状态的可能性，称为状态转移概率。根据条件概率的定义，由一种状态 E_i 转为另一状态 E_j 的状态转移概率 $P(E_i \rightarrow E_j)$ 为条件概率 $P(E_j | E_i)$ ^[7]，即

$$P(E_i \rightarrow E_j) = P(E_j | E_i) = P_{ij} \quad (2)$$

如果某一事件的发展过程可能产生的状态数为 n 个，即 E_1, E_2, \dots, E_n 。记 P_{ij} 为时段初的状态 E_i 转移到时段末期的状态的 E_j 状态转移概率矩阵^[8]，即

$$P = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \wedge & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \wedge & P_{2n} \\ M & M & M & M \\ P_{n1} & P_{n2} & \wedge & P_{nn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

如果某一事件转移时段初为状态 S_i ，那么到时段末，它可能由状态 S_i 转向 S_1, S_2, \dots, S_n 中的任何

一个状态，故满足下述条件：

$$\begin{cases} 0 \leq P_{ij} \leq 1 (i, j = 1, 2, \wedge, n) \\ \sum_{j=1}^n P_{ij} = 1 (i, j = 1, 2, \wedge, n) \end{cases} \quad (4)$$

根据转移概率的定义，并结合土地质量转移矩阵，土地质量状态转移概率矩阵计算过程如下：

$$\begin{cases} P_{ij} = \frac{S_{ij}}{S_i} \\ S_i = \sum_{j=1}^n S_{ij} \end{cases} \quad (5)$$

式中： S_{ij} 是 i 等级土地转移到其他任何等级的面积； S_i 是 n 阶方阵中第 i 行元素之和，表示 i 等级土地转移总面积。

1.3 马尔可夫模型预测

马尔可夫模型是指一个亚稳态系统在一系列特定的时间间隔下，由 t 时刻状态向 $t+1$ 时刻状态转化的一种特殊的随机运动过程，且这种转化要求 $t+1$ 时刻的状态只与 t 时刻的状态有关^[10]。该模型对分析不同质量等级土地的动态变化具有重要的作用，能够揭示出不同时刻（时期）土地处于各种可能质量等级的概率，对预测分析未来土地质量等级动态变化有着极其重要的意义。

为了运用马尔可夫模型对土地质量等级发展过程中进行预测，还需引入状态概率 $\Pi_j(k)$ 这一指标。 $\Pi_j(k)$ 表示某事件的初始 ($k=0$) 状态为已知的前提下，经过 k 次状态转移后，在 k 时刻（时期）处于 E_j 的概率。状态概率 $\Pi_j(k)$ 计算过程如下^[8]：

$$\Pi_j(k) = \sum_{i=1}^n \Pi_i(k-1) P_{ij} \quad (j = 1, 2, \wedge, n) \quad (6)$$

式中： $\Pi_j(k)$ ， $\Pi_j(k-1)$ 分别为 $k-1$ 时刻（时期）的状态概率； P_{ij} 为状态转移概率矩阵； n 代表土地质量等级数；同时， $\Pi(0)$ 须满足条件 $\sum_{j=1}^n \Pi_j(k) = 1$ 。

考虑到土地质量等级初始状态 $\Pi(0)$ 为行向量，即 $\Pi(0) = (\Pi_1(0), \Pi_2(0), \dots, \Pi_n(0))$ ，则由公式(6)可得到逐次计算状态概率的递推公式：

$$\begin{cases} \Pi(1) = \Pi(0) \\ \Pi(2) = \Pi(1)P = \Pi(0)P^2 \\ \wedge & \wedge & \wedge \\ \Pi(k) = \Pi(k-1)P = \wedge = \Pi(0)P^k \end{cases} \quad (7)$$

2 实证研究

2.1 研究区概况

该次研究区域为兰州市中心城区,包括城关区、七里河区、西固区和安宁区,区域面积共 233.34 km²,常住人口 188.03 万人。兰州市中心城区作为兰州市经济、政治、文化和科教中心,区位条件优越,交通便捷,基础设施完善。近几年,随着兰州市城市开发建设速度的不断加快,城市空间规模的扩张以及相关重大项目的实施(如兰州西客站、轨道交通 1 号线等),城市内部土地经济区位发生变化,各质量等级的城市用地在空间分布上也相应地发生改变。

2.2 数据来源

该文研究所需数据的原始图件为兰州市 2009 年与 2014 年的 shp 格式商业用地级别图。为了获

取土地质量动态变化的资料,采用 GIS 软件的叠置功能,对兰州市两期商业用地级别图进行分析,提取了土地质量级发生变化的动态图,同时对中心城区四区的商业用地级别变更图斑进行分区汇总,分别获得兰州市全市以及各区的不同级别间商业用地转移矩阵。从而便于研究两期之间各级别商业用地面积的转移变化情况,探索兰州市各区商业用地质量演变规律。

2.3 结果分析

2.3.1 中心城区的土地质量等级转换分析

通过 GIS 相交功能获得 2009 年和 2014 年商业用地土地质量等级叠置图,在此基础上提取两期商业用地质量等级变化最显著的 4 类用地空间演化图,分别为上升、不变、下降以及新增区域(图 1)。再利用 GIS 图层叠置获取 2009 年和 2014 年两期兰州市商业用地土地质量等级间转换状况(表 1)。

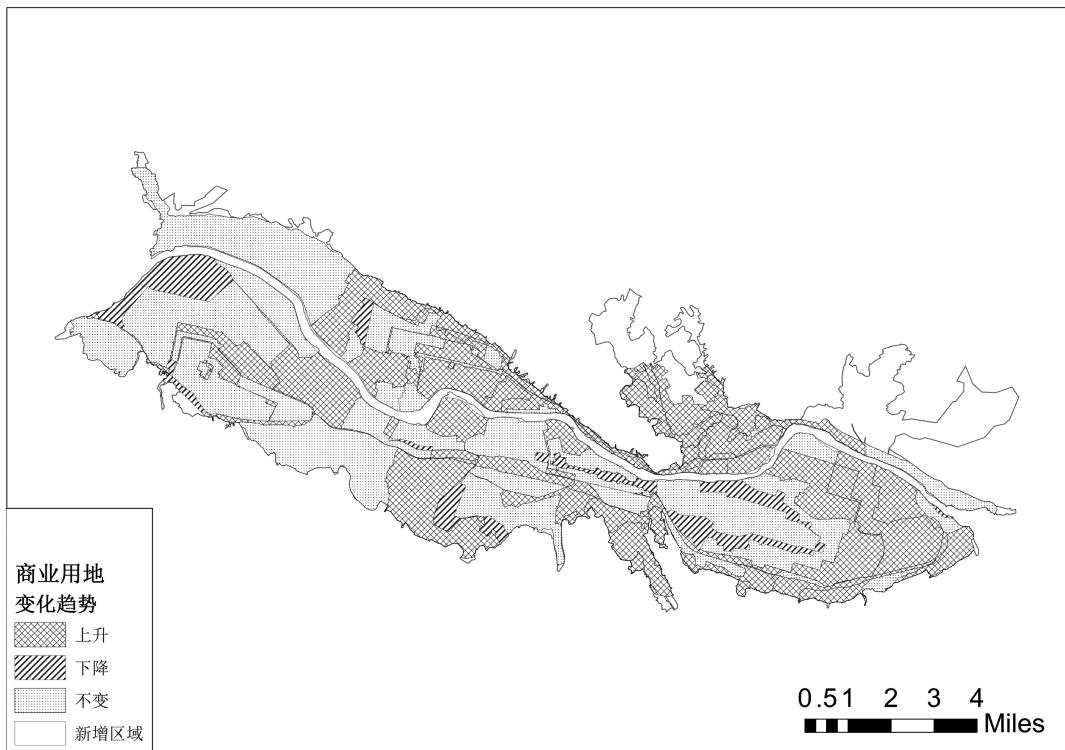


图 1 兰州市商业用地土地质量等级转移趋势图

由图 1 和表 1 可知,兰州市商业用地土地质量等级转化的主要特征为:

(1)2014 年兰州市商业用地土地质量与 2009 年相比有了显著的提高。即上述矩阵对角线以下部

分表示商业用地质量提高,对角线以上表示商业用地质量下降。除局部小范围的商业用地质量有所下降外,兰州市绝大区域的商业用地质量有较程度的提高。

表 1 2009 年和 2014 年兰州市商业用地土地质量等级转移面积及概率矩阵

土地质量等级		2014 年						
		1	2	3	4	5	6	7
2009 年	1	689.38 (0.5495)	565.14 (0.4504)	0.03 (0)	0.17 (0.0001)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	2	0.27 (0.0003)	828.40 (0.9793)	17.27 (0.0204)	0.02 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	3	0.82 (0.0003)	1091.01 (0.4290)	1373.18 (0.5399)	25.60 (0.0101)	35.55 (0.0140)	17.02 (0.0067)	0 (0)
	4	0 (0)	230.66 (0.0858)	1578.07 (0.5873)	842.36 (0.3135)	35.10 (0.0131)	0.73 (0.0003)	0 (0)
	5	0 (0)	8.69 (0.0018)	814.75 (0.1726)	1007.31 (0.2135)	2118.30 (0.4489)	766.67 (0.1625)	3.37 (0.0007)
	6	0 (0)	31.27 (0.0159)	96.17 (0.0488)	213.54 (0.1083)	1227.74 (0.6224)	403.51 (0.2046)	0.03 (0)
	7	0 (0)	9.76 (0.0025)	89.45 (0.0233)	199.87 (0.0519)	922.35 (0.2397)	1107.15 (0.2877)	1519.67 (0.3949)
新增区域	0 (0)	3.62 (0.0259)	5.31 (0.0380)	12.68 (0.0909)	36.17 (0.2592)	40.48 (0.2901)	41.3 (0.2959)	
转入面积汇总	1.09	1936.54	2595.75	1446.48	2220.73	1891.57	3.40	
转出面积汇总	565.34	17.54	1170.00	1844.55	2600.79	2741.10	2328.58	

注:()中的数字为商业用地各质量等级间的转换概率(%);括号外的数字为各质量等级间转换面积(hm²)。

(2)2 级、3 级商业用地的转入面积远大于其转出面积,表明自 2009 年以来兰州市 2、3 级商业用地的面积扩张最大,从空间分布上来看:商业用地质量上升的区域主要集中在中心城区外围以及主要交通沿线附近区域,即九州、庙滩子、雁滩、彭家坪以及东岗等区域,这和近几年这些区域大规模城市建设相一致。而 7 级、6 级等商业用地的转入面积远低于其转出面积,表明随着城市规划的实施和基础设施的改善,自 2009 年以来这些较低级别的商业用地范围缩小;特别需要说明的是 1 级商业用地,其转入面积远低于转出面积,表明其 2014 年的面积相比 2009 年有了较大的缩减,这并不是说明兰州市商业用地质量降低,而是对于处于河谷地带的兰州市来讲,城市土地是稀缺资源,区位条件好的高级别商业用地(1 级)更为稀缺,故在 2014 年兰州市商业用地定级中将原有的 1 级亚级降为 2 级,更能凸显高级别商业用地的价值及稀缺性。

(3)不同质量等级间的商业用地转化概率,反映了不同质量等级间商业用地的空间配置状况及空间聚集态势。从不同质量等级间商业用地的空间相邻情况看,商业用地质量等级自相邻转化概率最高,即兰州市商业用地转移方向主要集中在相邻级别范围内,出现级别突变转移的概率相对较低。

(4)商业用地新增区域主要集中在城关区以及安宁区城北,即九州、青白石等区域;且新增区域的商业用地质量等级较低,与新增区域的土地利用类

型(以居住为主)以及开发历史较短等因素有关。

2.3.2 分区域的土地质量等级转换分析

不同区域的商业用地质量等级变化情况有所不同,城关区、七里河区、西固区以及安宁区的高级别商业用地的面积均有增加,但商业用地质量级别上升的趋势及幅度仍有所差异。

由图 2 可知,城关区与其他三区相比,高级别的商业用地转入面积最大,除 1 级商业用地外,商业用地的转入面积与其质量等级呈正相关,即质量等级越高,转入面积越大;而其他三区的商业用地转入情况则相反,除 7 级商业用地外,商业用地质量等级越低,转入面积越大。就兰州市各区的商业用地转出面积而言(图 3),城关区转出的商业用地等级主要集中在 4、5 级;而其他三区,除 1、2 级高质量等级的商业用地转出面积较小或为零外,其他质量等级的商业用地转出面积与其质量等级大致呈负相关,即商业用地质量等级越低,转出面积越大。

造成上述变化的原因主要有以下几个方面:

(1)在兰州市发展进程中,城关区一直作为城市的经济、政治和文化中心,大型商场、超市、店铺数目较多。在城市规划的用地性质中,城关区的商业用地比例较大,特别随着《兰州市城市总体规划(第四版)》的实施,城关区将逐渐发展成为兰州市传统商业和商贸中心、旅游文化中心、高新研发服务和总部基地。

(2)随着城市规划中“北拓空间发展战略”实施

以及城市基础设施的进一步完善,城关区外围区域较低质量等级的新增商业用地面积扩大。

(3)随着兰州西客站的开工建设、“企业出城入园”战略的实施以及“城中村”改造的落实,使得七里河区、西固区以及安宁区的较高级别的商业用地面积有了明显的扩大,尤其 4、5、6 级商业用地。

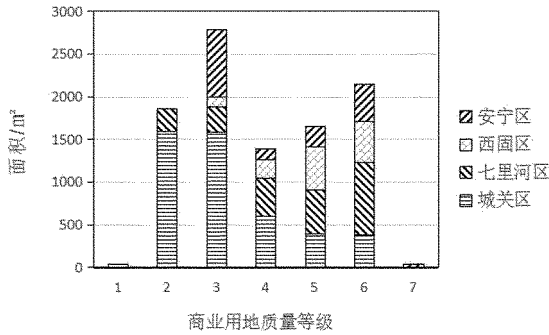


图 2 四区各质量等级商业用地转入面积变化分析图

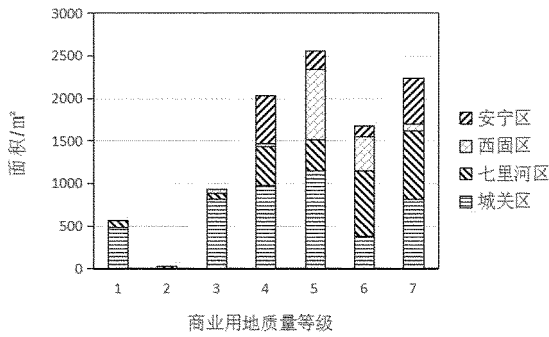


图 3 四区各质量等级商业用地转出面积变化分析图

2.3.3 兰州市商业用地质量等级变化趋势预测

在地理事件的预测中,被预测对象所经历的过程中各个时点(或阶段)的状态和状态之间的转移概率是最为关键的^[11-13]。为确保预测的精度和准确性,转移概率矩阵必须具有一定的稳定性,因此预测未来兰州市商业用地质量状态及其发展变化趋势时,需假设在未来一定时间段内兰州市商业用地质量变化较稳定且商业用地总面积保持不变,期间没有大型工程项目的施工以及区域内土地利用政策、社会经济发展等因素保持不变。根据兰州市商业用地质量等级转移概率矩阵和 2014 年各质量等级商业用地的状态概率(状态概率为各质量等级商业用地面积占定级范围总面积之比),利用马尔可夫模型预测法,以城市基准地价更新周期(一般为 2~3 年,该文取 3 年)为步长,分别预测未来 6 年兰州市

中心城区整体及其四区的各质量等级商业用地出现的概率,结果见表 2。

预测表明:2014—2020 年,兰州市中心城区未来各质量等级的商业用地发展趋势是:1 级商业用地状态概率的变化趋于稳定;2、3 级商业用地状态概率最大,且将进一步上升;较低质量等级的商业用地状态概率将进一步下降;表明未来兰州市商业用地中 2、3 级商业用地面积所占比重最大。其次,就中心城区各区域而言,城关区商业用地发展趋势是:1 级商业用地状态概率小幅度上升,2 级商业用地状态概率上升幅度最大,其他质量等级的商业用地状态概率均下降;七里河区、西固区以及安宁区商业用地发展趋势是 2、3 级商业用地状态概率均有所上升,其中,七里河区 2、3 级商业用地以及西固区和安宁区 3、4 级商业用地状态概率的上升幅度最大;表明未来城关区商业用地中 1、2 级商业用地面积所占比重最大,七里河区 2、3 级商业用地面积比重最大,西固区和安宁区 3、4 级商业用地面积所占比重最大。

表 2 兰州市商业用地质量等级状态概率预测值

土地质量等级		1	2	3	4	5	6	7
中心城区	2014 年	0.0314	0.1267	0.1928	0.1046	0.1880	0.1658	0.1907
	2017 年	0.0318	0.4195	0.2299	0.0888	0.1571	0.0610	0.0120
	2020 年	0.0324	0.6814	0.1630	0.0402	0.0605	0.0217	0.0008
城关区	2014 年	0.1081	0.3340	0.2960	0.0912	0.0881	0.0451	0.0375
	2017 年	0.1093	0.8283	0.0503	0.0070	0.0036	0.0006	0.0005
	2020 年	0.1106	0.8864	0.0024	0.0002	0.0001	0.0000	0.0000
七里河区	2014 年	0.0000	0.1041	0.2031	0.1543	0.2496	0.2055	0.0834
	2017 年	0.0000	0.2431	0.3536	0.1453	0.2088	0.0455	0.0027
	2020 年	0.0000	0.4242	0.3797	0.0766	0.0976	0.0197	0.0001
西固区	2014 年	0.0000	0.0061	0.1386	0.1134	0.3381	0.2022	0.2016
	2017 年	0.0000	0.1144	0.2890	0.1344	0.1849	0.1204	0.1539
	2020 年	0.0000	0.1249	0.3190	0.1941	0.1996	0.0162	0.1186
安宁区	2014 年	0.0000	0.0010	0.1933	0.1226	0.1641	0.1592	0.3597
	2017 年	0.0000	0.0202	0.4641	0.1294	0.1975	0.0981	0.1161
	2020 年	0.0000	0.0309	0.6248	0.1574	0.1090	0.0401	0.0375

3 结论

城市土地的显著特点之一是其空间区位的固定性与独特性,因而只有对其空间布局进行定位化、定量化的空间分析,才能更为深入和准确地认识城市土地利用过程中质量等级的动态演变过程。该文利用兰州市 2009 年和 2014 年商业用地土地定级数据及其区域分布信息,借助 GIS 空间叠置分析和统计功能,获取兰州市中心城区商业用地质量等级动态变化数据,即兰州市全市以及各区的不同级别间商

业用地转移矩阵,对兰州市2009—2014年的商业用地质量等级转化趋势进行实证研究,并对未来兰州市商业用地质量等级的变化趋势进行预测。研究表明:

(1)兰州市商业用地转移方向主要集中在由低级别转向高级别,极小存在由高级别转向低级别的商业用地,尤以转入到2、3级商业用地的面积最多,表明兰州市绝大区域的商业用地质量有较程度的提高。

(2)兰州市商业用地质量等级自相邻转化概率高,即商业用地转移方向主要集中在相邻级别范围内,出现级别突变转移的概率相对较低,商业用地质量等级演变是一个循序渐进的过程。

(3)新增商业用地主要集中在中心城区周边区域,且其质量等级较低。

(4)未来6年期间,兰州市1级商业用地面积的变化趋于稳定,2、3级商业用地面积进一步增加,其他质量等级的商业用地面积逐渐减少,表明未来兰州市商业用地将以2、3级商业用地为主。

该文提供的方法只是不同质量等级的城市土地面积变化在统计学上的表征分析,其对城市土地质量等级变化分析和预测能力是有限的,不能真正反应城市商业用地质量等级的演变及形成机制。但从总体上研究城市土地质量等级的演变及形成机制,对最大限度地发挥城市土地的社会经济价值有着重要意义。

Analysis on the Evolution of Land Quality Based on Transfer Matrix

MA Wenya, LI Xiufeng, FU Taicheng, XU Yunfu

(Shandong Tiancheng Land Planning and Designing Limited Corporation, Shandong Jinan 250014, China)

Abstract: Markov chain in land type conversion tendency model has been used in evolution analysis of city land quality. Through the establishment of land quality grade transfer matrix, setting quality level changes of commercial using land in Lanzhou city from 2009 to 2014 as the application case, the effect of land quality transfer matrix to land use in cities has been studied. It is showed that the construction of the transfer matrix can reflect the tendency evolution of land quality level effectively. And it can predict the future trend of city land quality in a certain extent. Further, it is the driving force of studying the evolution of land quality in the city, and can guide and promote land resources utilization in the future.

Key words: Transfer probability matrix; Markov chain model; the quality evolution of commercial lands; Lanzhou city

参考文献:

- [1] 罗世鹏.银川市土地定级评价的实证研究[D].西安:西北工业大学,2007.
- [2] 梁留科,曹新向,霍松涛.GIS支持下的土地定级研究——以南阳市为例[J].经济地理,2004,(5):643-647.
- [3] 姜安源,马修军,魏黎,杜海鹏.城市土地级别划分的方法研究——以北京城市土地定级为例[J].地域研究与开发,2002,(2):9-12.
- [4] 王海军,黄锦东.城镇土地“以价定级”方法研究[J].国土资源科技管理,2006,(1):4-7.
- [5] 朱凡,邓良基.城镇土地定级因素选择研究[J].四川农业大学学报,2000,(3):269-272.
- [6] 乔伟峰,盛业华,方斌,王亚华.基于转移矩阵的高度城市化区域土地利用演变信息挖掘——以江苏省苏州市为例[J].地理研究,2013,(8):1497-1507.
- [7] 朱会义,李秀彬.关于区域土地利用变化指数模型方法的讨论[J].地理学报,2003,58(5):643-650.
- [8] 徐建华.计量地理学[M].北京:高等教育出版社,2006.
- [9] 付晓,高吉喜,王雪军,罗遵兰.基于RS/GIS的吉林省土地利用生态评价与预测[J].生态经济,2009,(8):33-35,39.
- [10] 闫常华,徐艳慧,张辉,张芬.龙口市土地利用变化分析与预测[J].山东国土资源,2012,28(7):47-49.
- [11] 侯曼青,吴志春,郭福生,等.江西乐安邹家山-居隆庵地区三维地质模型的构建[J].地质学刊,2016,40(1):118-124.
- [12] 黄军,张智安,王霞,等.航测DCM影像常用融合方法对比分析[J].山东国土资源,2015,31(1):65-68.
- [13] 陈龙泉,邱庚香.土地利用变化动态模型研究[J].测绘与空间地理信息,2003,(4):19-22.