

基于空间相邻的地类转换倾向性 模型的构建及应用

唐宽金¹, 郑新奇^{2,*}, 闫弘文¹, 董金玮³

(1. 山东师范大学人口·资源与环境学院, 济南 250014; 2. 中国地质大学(北京)土地科学技术学院, 北京 100083;
3. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要: 将景观生态学中的景观空间相邻矩阵引入土地利用变化研究, 并与地类转移矩阵相结合, 建立起地类转换倾向性模型。以济南市 2000~2005 年土地利用变化为应用案例, 探讨土地利用类型空间格局对地类转换的影响。研究表明, 地类转换倾向性模型的构建能够有效的反映土地利用类型在空间相邻的情况下地类间的转移倾向, 有助于进一步探索区域土地利用空间格局对地类转换机制的影响, 挖掘土地利用变化信息, 寻求土地利用变化驱动力。最后对该模型的应用范围进行了界定。

关键词: 空间相邻矩阵; 地类转换矩阵; 倾向性; 模型构建

文章编号: 1000-0933 (2009) 01-0337-07 **中图分类号:** F323.1, Q147, S126 **文献标识码:** A

Construction and application of modeling tendency of land type transition based on spatial adjacency

TANG Kuan-Jin¹, ZHENG Xin-Qi^{2,*}, YAN Hong-Wen¹, DONG Jin-Wei³

1 College of Population, Resources and Environment, Shandong Normal University, Jinan 250014, China

2 School of Land Science and Technology, China University of Geosciences (Beijing) 100083, China

3 Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, Beijing 100101, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(1): 0337 ~ 0343.

Abstract: Combining with the land-use transition matrix, the adjacency matrix in Landscape Ecology was introduced into land-use change research and the tendency model of land-use types conversion was established. Taking the land-use change of Jinan City from 2000 to 2005, the model was applied to analyze the influence of spatial pattern on the land-use type conversion. The results show that the model was effectively to reflect the probability of transformation on the land-use types while they were space adjacent, and to explore the mechanism of the spatial pattern on the land-use type conversion and mining the driven force of the land-use change. Lastly, the application scope of the model was defined.

Key Words: adjacency matrix; land-use transition matrix; tendency; model construction

土地利用类型转换是指人们在利用土地资源的过程中, 由于土地位置的空间稳定性, 将一种用途改变为另一种或几种用途, 亦或是将几种用途合并为一种用途, 从而导致土地利用结构发生变化的现象。无论是全球土地利用/土地覆被变化研究计划(LUCC)还是继其之后的全球土地研究计划(GLP), 都把土地利用类型转化及其机制研究作为一个重要研究领域, 同时它也是进一步揭示土地利用变化内在动因的基础。目前对土地利用类型转换的研究很多, 但是绝大多数以分析土地利用结构和数量的变化为主, 很少考虑空间位置和土

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40571119); 国家社会科学基金资助项目(07BZZ015); 国家科技支撑资助项目(2006BAB15803, 2006BAB15806, 2006BAJ05A03); 2007 年度国土资源部百名优秀科技人才计划资助项目

收稿日期: 2008-06-04; **修订日期:** 2008-10-28

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zxqsd@126.com

地利用空间格局对土地利用类型转化的影响。例如,当农村居民点与林地和耕地同时相邻时,哪种地类更容易转化为农村居民点,笔者认为弄清这一点对于揭示土地类型转换机制及其驱动力研究具有十分重要的意义。基于此,本文将景观生态学中的景观空间相邻矩阵引入到土地利用变化研究中,并将之与地类转移矩阵相结合,建立起地类转换倾向性模型,并应用于济南市土地利用变化研究,探讨土地利用类型转换对空间位置的响应,寻求土地利用景观格局对地类转换的影响。

1 研究方法

1.1 两个矩阵

1.1.1 景观类型空间相邻矩阵

近年来,景观生态学作为一门新兴的学科,在土地利用变化研究及土地景观生态规划等许多领域得以广泛应用^[1~3],其中以利用景观格局分析方法分析区域土地利用格局变化的应用最为广泛^[4,5]。土地利用变化与景观格局分析的结合取决于两点:一是两者都十分重视格局与过程的研究及其随时间的变化;二是土地利用变化研究中的土地利用类型与景观生态学研究中的斑块类型在结构和功能上都有一定的相似性;三是能采用量化的景观格局指数对土地利用结构和空间布局进行描述。景观格局分析中,景观类型空间相邻矩阵(简称相邻矩阵, adjacency matrix)不但是计算诸如聚合度(AI)、相似邻接度(PLADJ)以及丛聚指数(CLUMPY)等景观蔓延度、聚集度指数的基础^[6],而且它本身还可以用来分析各个景观类型的之间的空间相关性。它能够通过计算相邻关系指数来描述一个景观类型和其他景观类型的空间邻接程度,以了解景观的镶嵌状况、复杂性及其空间组合状态^[7]。

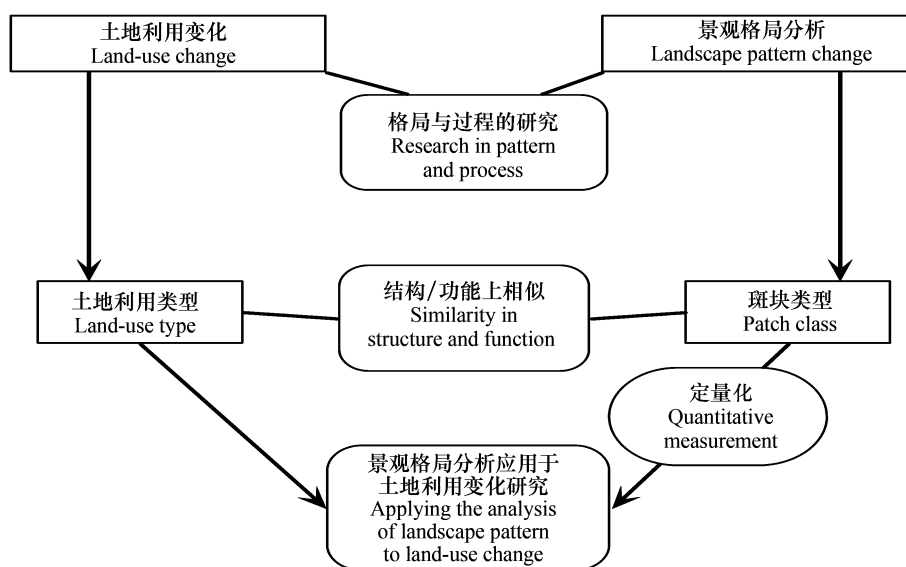


图1 土地利用变化与景观格局分析的结合

Fig. 1 The combination of land-use change and landscape pattern analysis

1.1.2 地类转换矩阵

土地利用类型转换矩阵(简称地类转换矩阵, land-use transition matrix)在研究土地利用类型转化中有着独特的优势,它的应用主要集中于以下两方面^[8]:一是直接用于提取土地利用类型面积的变化信息,通常用于分析一定时间段内各地类的转入转出面积以及不同地类之间的净交换面积;二是作为马尔可夫链分析中的状态转换概率矩阵,用来预测区域土地利用变化趋势。土地利用转换矩阵在分析土地利用随时间的变化及其不同类型之间的相互转化关系方面,有着广泛的应用。除多,蔡为民等利用土地利用转换矩阵分别分析了拉萨地区和黄河三角洲地区的土地利用变化情况,并对不同地类之间的转换情况及其成因进行了分析,有效实现了区域土地利用特征的定性理解和定量分析^[11,12]。许多学者和专家还以此为基础,对区域土地利用动态

变化趋势进行预测^[9,10]。这些对马尔可夫链的应用都是以仅能从数量方面分析土地利用类型的转换情况,R. G. Pontius 提出了土地利用的多分辨率软分类方法及其相应的土地利用转换矩阵计算方法^[13],段增强等将之应用于北京市海淀区土地变化研究,初步探讨了地类转化发生几率与距离的关系,取得了良好的效果^[1]。此外,马尔科夫链还可以与模糊数学、空间自相关以及灰色系统等理论相结合,应用于土地利用变化研究^[14,15]。

1.2 模型构建

1.2.1 两个矩阵的数学模型

本文中所指的土地利用类型转换矩阵和景观类型空间相邻矩阵的测度都是以 ArcGrid 栅格数据为基础进行测度的。前者是一个普通矩阵,后者是一个对称矩阵,但其基本形式都可以用表 1 所示的矩阵来表达。

(1)当表 1 中的矩阵用于表示景观类型空间相邻矩阵时,矩阵中的元素 X_{ij} 表示某时刻的土地利用类型 i 与土地利用类型 j 相邻的节点数量,其数值以栅格单元数量表示。根据相邻的规则不同,可以分为四邻规则和八邻规则两种(图 2)。按四邻规则计算(图 2a),与土地类型 i 相邻的土地类型 j 的栅格数为 4,在八邻规则中则为 8(图 2b)。

(2)当用表 1 中的矩阵表示地类转换矩阵时,矩阵中的行表示 T_1 时刻各土地利用类型的面积,矩阵中的列表示 T_2 时刻各土地利用类型的面积,矩阵中的元素 X_{ij} 表示从 T_1 时刻到 T_2 时刻土地类型 i 转换为类型 j 的面积,这一面积为净交换面积。其中,从 $T_1 \sim T_2$ 时刻,土地类型 i 减少的面积(X_{i-})和增加的面积(X_{+j})分别可以表示为:

$$X_{i-} = \sum_{j=1, j \neq i}^n X_{ij}, X_{+j} = \sum_{i=1, i \neq j}^n X_{ij} \quad (1)$$

2.2.2 地类转换倾向性模型构建

利用上述两个矩阵来构建地类转换倾向性模型。

(1)地类转换矩阵和相邻矩阵的概率模型 将两个矩阵的基本形式按行做总和归一化,得到地类转换概率矩阵和相邻概率矩阵,公式如下:

$$P_{ij} = X_{ij} / \sum_{j=1}^n X_{ij} \quad (2)$$

(2)用 s_{ij} 表示从 $T_1 \sim T_2$ 时刻,地类 i 转为地类 j 的概率,则地类转换概率矩阵可表示为 $S = (s_{ij})$;用 n_{ij} 表示地类 i 与地类 j 相邻的概率,则地类相邻概率矩阵可以表示为 $N = (n_{ij})$ 。

(3)利用矩阵 S 和 N 构建地类转换倾向性模型 由于在没有较强规划因素的影响下,土地利用类型之间的转换多以边缘性扩张或收缩为主,因此探讨土地利用类型转换和其空间格局状态的关系对研究土地利用类型转换机制具有一定意义,这也是本文构建地类转换倾向模型的目的。以 f_{ij} 表示当地类 i 与地类 j 相邻时,地类 i 向地类 j 转化的倾向性指数, $Y = (y_{ij})$ 表示 s_{ij} / n_{ij} 构成的矩阵,则 f_{ij} 表示为:

$$f_{ij} = \begin{cases} y_{ij} / y_{ji} & j > i \\ y_{ij} & i = j \end{cases} \quad (3)$$

当 f_{ij} 的值大于 1 时,说明在地类 i 与地类 j 相邻的情况下,地类 i 向地类 j 转换的倾向性大于地类 j 向地类 i 转换的倾向性,其值越大,说明地类 i 越容易向地类 j 转变;当 f_{ij} 的值小于 1 时,说明在地类 i 与地类 j 相邻的

表 1 地类转换矩阵和相邻矩阵的基本形式

Table 1 The basic form of land-use transition matrix and adjacency matrix

	地类 1	地类 2	地类 3	...	地类 n
地类 1	X_{11}	X_{12}	X_{13}	...	X_{1n}
地类 2	X_{21}	X_{22}	X_{23}	...	X_{2n}
地类 3	X_{31}	X_{32}	X_{33}	...	X_{3n}
...	...	...	...	...	...
地类 n	X_{n1}	X_{n2}	X_{n3}	...	X_{nn}

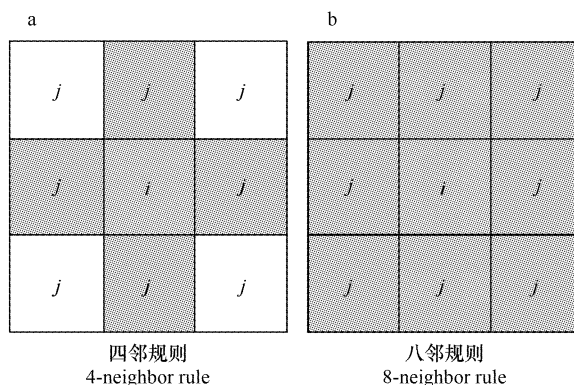


图 2 四邻规则和八邻规则示意图

Fig. 2 The figure of 4-neighbor and 8-neighbor rule

情况下,地类 i 向地类 j 转换的倾向性小于地类 j 向地类 i 转换的倾向性,其值越小,说明地类 j 越不容易向地类 i 转变。

2 案例研究

2.1 数据来源

本文以济南市为例,对其 2000 年到 2005 年间土地利用类型变化、土地利用空间格局及其地类间转换的倾向性进行实证研究。两期土地利用数据的比例尺为 1:10 万,均通过 TM 影像解译而获得^①。土地利用类型分为 6 大类,31 小类。根据研究需要将其 31 个小类进行合并,分成以下 8 种类型(下文图表中以代码表示各用地类型):① 耕地(cultivated land)、② 园林地(garden-plot and forest)、③ 水域及湿地(water area and wet land)、④ 其它农用地(other agricultural land)、⑤ 城镇用地(urban and town)、⑥ 农村居民点(rural residential area)、⑦ 工矿交通用地(industrial and traffic land)、⑧ 未利用地(unused land)。借助于 ArcView3.3 的空间分析功能,将矢量数据转为 100m×100m 的 ArcGrid 栅格数据,并获得地类转移矩阵。将栅格数据导入景观格局分析软件——Fragstats3.3,得到地类空间相邻矩阵。

2.2 济南市土地利用空间格局与地类转换

2.2.1 2000 年济南市土地利用空间格局特征

2000 年济南市各土地利用类型空间相邻状态如表 2 所示。不同地类的空间相邻状况,可以反映出不同地类间的空间配置状态以及同一土地利用类型的空间集聚特征。从单一地类的空间自相邻特征来看,城镇用地和耕地的自相邻概率值最高,分别为 92.44% 和 92.12%;其次是园林地、水域及湿地。农村居民点、工矿交通用地、其它农用地和未利用地的空间自相邻概率值相对较低,都在 75% 以下。

表 2 2000 年济南市土地利用类型空间相邻概率矩阵(%)

Table 2 The probability adjacency matrix of land-use in Jinan City in 2000

代码 Code	1	2	3	4	5	6	7	8
1	92.12	1.44	0.72	1.66	0.31	3.23	0.13	0.39
2	7.75	84.32	0.16	7.12	0.24	0.26	0.07	0.08
3	16.88	0.67	78.94	0.74	0.42	2.09	0.07	0.18
4	13.29	10.57	0.25	74.94	0.16	0.57	0.12	0.09
5	5.89	0.83	0.34	0.38	92.44	0.05	0.07	0.00
6	24.05	0.36	0.67	0.53	0.02	73.89	0.04	0.44
7	20.66	2.13	0.50	2.48	0.62	0.85	72.76	0.00
8	20.19	0.80	0.39	0.59	0.00	3.05	0.00	74.98

各土地利用类型的空间自相邻概率可以反映该用地类型的空间集聚状态。城镇用地和耕地的自相邻概率值高,说明城镇用地的分布较为集中,耕地也多为集中连片分布,两种用地类型呈现较强的空间集聚性。而工矿交通用地、农村居民点用地的个体面积较小,布局较为分散,空间集聚度较低,自相邻值也较低。另外,由于耕地资源日趋紧张,开发强度大,未利用地不断受到蚕食,破碎化程度较高,因此其自相邻值也较低。图 3 中不同用地类型的斑块数量(NP)和平均斑块面积($AREA_{MN}$)能很好的证明这一点。

从不同地类间的相邻状态来看,各土地利用类型与耕地相邻的概率都远大于与其它地类相邻的概率,说明耕地在面积上占有较大的比例,其中农村居民点、工矿交通用地、未利用地与耕地的相邻指数分别达到 24.05%、20.66%、20.19%,可以反映 3 种用地类型多为耕地所环绕,镶嵌分布于其中的空间组合状态。其次其它农用地和园林地的相邻指数也较大。而耕地和城镇用地与其它用地类型的相邻指数都较低,这也可以反映出两种用地类型集中分布的特征。

2.2.2 2000~2005 年济南市土地利用地类转换分析

2000 年到 2005 年济南市不同地类间转换状况如表 3 所示。5a 间,不同地类的变化情况有所不同,耕地、

① 2000 年土地利用数据来源于中国科学院资源环境科学数据中心

其它农用地、农村居民点和未利用地面积有所减少,其中以耕地和其它农用地的减少数量最多,分别减少15301、7073hm²,减幅分别达到3.00%、11.09%。园林地、城镇用地以及工矿交通用地出现明显在增长,分别增加了10219、7149、6218hm²,增幅为10.76%、26.62%、194.19%。从地类间的转换来看,耕地和其它农用地的流失主要转化为园林地、城镇用地以及工矿交通用地,农村居民点用地减少却有较大比例转化为耕地。从各类用地与其它地类的交换量(转入加转出)来看,未利用地的交换量最小。

造成上述变化的原因主要有以下几个方面:(1)近年来济南市经济发展较快,城市化水平不断提高,城镇用地、工矿交通用地面积增长较快,且主要以农用地特别是耕地的占用为主。(2)退耕还林政策,使耕作条件较差的坡耕地耕地、其它农用地转为园林地,是园林地增加的一个重要原因,也是耕地流失的一个因素。(3)在耕地流失严重,而城乡建设用地又刚性增长的情况下,2002年开始济南市针对农村居民点用地粗放的情况进行了农村居民点整理工作,一方面可以补充耕地,另一方面也可以置换为城市用地,实现土地集约利用。这也是农村居民点减少及其向耕地转化的原因所在。(4)耕地资源日趋紧缺,可利用的未利用地面积不断缩小,未利用地的开发潜力不大,因此与其它用地类型的交换量也很小。

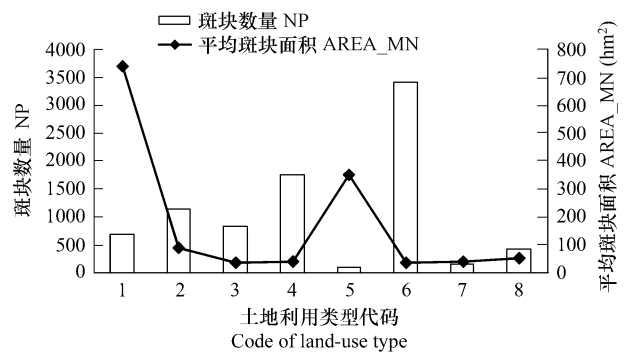


图3 2000年济南市不同土地利用类型的斑块数和平均斑块面积
Fig. 3 The NP and AREA_MN of each land-use type in Jinan City in 2000

表3 2000~2005年济南市土地利用类型转换信息

Table 3 Land-use change information in Jinan City during 2000—2005

土地利用类型 代码 Code	2005							
	1	2	3	4	5	6	7	8
2000 年	1	2	3	4	5	6	7	8
	487489(95.47)	6410(1.26)	1130(0.22)	3746(0.73)	4436(0.87)	2905(0.57)	4458(0.87)	22(0.00)
	2	1287(1.36)	90451(95.28)	31(0.03)	1909(2.01)	714(0.75)	89(0.09)	430(0.45)
	3	778(3.51)	31(0.14)	20933(94.31)	15(0.07)	51(0.23)	68(0.31)	320(1.44)
	4	2936(4.46)	7920(12.42)	117(0.18)	50897(79.80)	657(1.03)	164(0.26)	1031(1.62)
	5	254(0.95)	68(0.26)	25(0.09)	3(0.01)	26217(97.63)	91(0.34)	195(0.73)
	6	2488(3.64)	210(0.31)	61(0.09)	67(0.09)	1327(0.10)	63871(93.36)	364(0.53)
	7	48(1.50)	46(1.44)	0(0.00)	15(0.47)	572(17.86)	17(0.53)	2504(78.20)
	8	15(0.15)	16(0.16)	0(0.00)	52(0.53)	28(0.28)	1(0.01)	118(1.19)
减少 Increase	23107	4482	1263	12880	636	4546	698	230
新增 Decrease	7806	14701	1364	5807	7785	3335	6916	128
净变化 Net change	-15301	10219	101	-7073	7149	-1211	6218	-102

()中的数字为地类间的转换概率(%);括号外的数字为地类间转换面积(hm²) The figure in the bracket is the conversion probability between different land-use types(%);while the out in the conversion area(hm²)

2.3 地类转换倾向性分析

根据上文中建立的地类转换倾向性模型计算各地类间转换的倾向性指数,进而得出如图4所示的不同地类之间的地类转移倾向性指数。从图4a可以看出,同一地类间得转换倾向性指数都大于1,说明在地类自相邻的情况下,地类有保持稳定的趋势,对转变为其它用地类型有一定的抗逆作用。这也是许多学者在基本农田规划中强调基本农田要连片分布的原因之一^[16]。其中未利用地和农村居民点的抗逆作用最强,具有较强的稳定性。

不同地类间的转换倾向性可以发现以下特点:

(1)在地类相邻的情况下,耕地、园林地、水域及湿地、其它农用地等农业用地类型向城镇用地、工矿交通

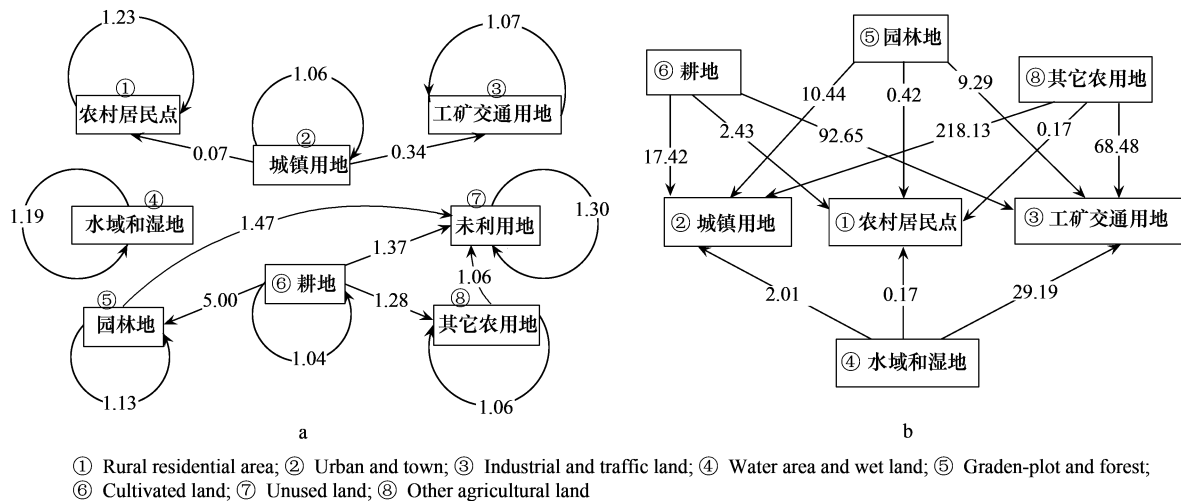


图4 2000~2005年济南市地类转换倾向指数

Fig. 4 The index of Land-use transition tendency in Jinan City during 2000–2005

用地转移的倾向都大于1,即农用地转为城镇、工矿交通用地的趋势大于城镇、工矿交通用地转为农用地的趋势。说明城镇化进程是农用地流失的主要原因和驱动力,尤其是城镇用地边缘,土地具有很强的“非农化”转移倾向。

(2)农村居民点作为建设用地的一类,其与各农用地地类相邻时的转移倾向性不尽相同,它向园林地、水域及湿地的转移倾向大于1,而向耕地和其他农用地转移的倾向小于1,说明在农村居民点的建设中,与园林地相比,耕地更容易被占用。

(3)在各类建设用地中,除农村居民点外,其他各用地类型都具有较强的稳定性,向其他地类转移的倾向较小。在各类农用地中,稳定性都相对较低。此外园林地和其他农用地向农村居民点的转移倾向指数也远小于向其它建设用地转移的倾向指数,这与期间济南市农村居民点的整理有密切的关系。农村居民点整理所得的土地,大多用于土地复垦,因此各农用地转换为农村居民点的倾向性指数都小于1,反之即说明农村居民点向各农用地地类转移的倾向性都大于1。

(4)各用地类型间转换倾向的极大值出现在其他农用地向城镇用地转化过程中,这与近年所要求的耕地占补平衡以及生态退耕政策有关,使得耕地、林地得到保护,城镇扩张占用其他农用地的趋势较强。

(5)在各类建设用地中,各类农用地向工矿和交通用地的转移倾向普遍较高,尤其是耕地和其他农用地,这与近期济南市交通用地增长有密切关系。

3 结论和讨论

本文以土地利用类型空间相邻关系为基础,利用空间相邻矩阵和地类转移矩阵建立起地类转移倾向性模型,并以济南市为实例,对济南市土地利用类型空间格局、地类转移及其地类转换的倾向性进行了实证研究。研究表明,地类转换倾向性模型的构建能够有效的反映土地利用类型在空间相邻的情况下地类间的转移倾向,有助于进一步探索区域土地利用空间格局对地类转换机制的影响,挖掘土地利用变化信息,寻求土地利用变化驱动力,也可以为土地利用空间分析和建模提供有用信息。此外,除了应用于土地利用变化研究以外,该模型还可以用于研究植物群落演替、物种扩散等生态学研究领域,能够很好的描述植物群落演替或扩展的空间倾向性。

该模型将对土地利用结构和数量的变化研究与土地利用空间格局结合起来,探讨了土地利用空间格局对地类转换的影响以及不同用地类型之间转换倾向性特征,有效的实现了土地利用变化信息的挖掘,对区域土地利用规划及景观生态规划都有一定的指导意义。但是,该模型的建立是以空间相邻关系为基础的,因此其应用也有一定的限制。它主要应用于(1)时间跨度不是很大时,(2)区域土地利用变化较为稳定,期间没有较

强新规划性因子渗入的情况下。尤其适用于人类干扰活动较弱、自然因素占主导的土地利用变化研究和植物群落扩展。因为时间跨度太大或区域内有较强人为干扰注入的情况下(比如区域规划的调整),可能使得土地利用类型转化以“飞地”型变化占的比例较大,边缘蔓延型的转换相对较少,模型的有效性就会受到影响。

References:

- [1] Sun Y W, Lu A R, Jiang G H. A Landscape Ecological Thinking of Regional Sustainable Land Use Planning. *Ecological Economy*, 2005(3): 56—58.
- [2] Wu J G. *Landscape Ecology: Pattern, Process, Scale and Hierarchy*. Beijing: Higher Education Press, 2001. 216—234.
- [3] Andre Botequilha Leitao, Jack Ahern. Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning. *Landscape and Urban Planning*, 2002, 59: 65—93.
- [4] Yu Wanjun, Wu Cifang, Guan Tao, *et al.* Spatial pattern change of land use in Tunliu county, Shanxi Province based on GIS and fractal theory. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2005, 21(10): 64—69.
- [5] Martin Herold, Helen Couclelis, Keith C. Clarke. The role of spatial metrics in the analysis and modeling of urban land use change. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2005, 29: 369—399.
- [6] FRAGSTATS-Spatial pattern analysis program for categorical maps [EB/OL]. <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>
- [7] Qiu L, Li Z J. Analysis on the landscape pattern over an agricultural changing period in Jianing County. *Journal of Fudan University (Natural Science)*, 2004, 43(6): 1001—1009.
- [8] Duan Z Q, Zhang F R, Kong X B. Method for information mining of land-use change and its application. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2005, 21(12): 60—66.
- [9] Chu D, Zhang Y L, Zheng D. Land use change in Lhasa area, Tibet from 1990 to 2000. *Acta Geographica Sinica*, 2006, 61(10): 1075—1083.
- [10] Cai W M, Tang H J, Lu G. Application of approach of landscape pattern analysis and land use conversion matrix in research of land use characteristics. *China Land Science*, 2006, 20(1): 39—44.
- [11] He R Z, Yan D F, Zhang J D. The Markov process for the forecast of land use dynamic changes in Zhengzhou City. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2006, 22(9): 435—437.
- [12] Li G, Chen Y. A study on the change and trend of the land use in the fast urbanization area of southeastern coastal area in China — a case of Jinjiang City. *Economic Geography*, 2006, 26(3): 409—411.
- [13] Robert G. Pontius Jr. Statistical methods to partition effects of quantity and location during comparison of categorical maps at multiple resolutions. *Photogram Eng Rem S*, 2002, 68(10): 1041—1049.
- [14] Miao Z H, Liu Y L. Fuzzy-Markov chain model with weights for prediction of cultivated land demand. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2005, 30(4): 305—308.
- [15] Ge Q S, Zhao M C, Zheng J Y. Land use change of China during the 20th Century. *Acta Geographica Sinica*, 2000, 55(6): 698—705.
- [16] Li G, Wu C F, Cao S A. Study on indicators system of selecting cultivated land into prime farmland. *Journal of Agricultural Mechanization Research*, 2006(8): 46—48.

参考文献:

- [1] 孙彦伟, 卢荣安, 姜广辉. 区域土地可持续利用规划的景观生态学思维. *生态经济*, 2005(3): 56~58.
- [2] 邬建国. *景观生态学——格局、过程、尺度与等级*. 北京: 高等教育出版社, 2001. 216~234.
- [7] 裘丽, 李振基. 建宁县农业发展转型期的景观格局分析. *复旦学报(自然科学版)*, 2004, 43(6): 1001~1009.
- [8] 段增强, 张凤荣, 孔祥斌. 土地利用变化信息挖掘方法及其应用. *农业工程学报*, 2005, 21(12): 60~66.
- [9] 除多, 张懿铨, 郑度. 拉萨地区土地利用变化. *地理学报*, 2006, 61(10): 1075~1083.
- [10] 蔡为民, 唐华俊, 吕钢, 等. 景观格局分析法与土地利用转换矩阵在土地利用特征研究中的应用. *中国土地科学*, 2006, 20(1): 39~44.
- [11] 何瑞珍, 闫东峰, 张敬东, 等. 基于马尔可夫模型的郑州市土地利用动态变化预测. *中国农学通报*, 2006, 22(9): 435~437.
- [12] 李刚, 陈莹. 我国东南沿海高速城市化地区土地利用动态变化及趋势——以福建省晋江市为例. *经济地理*, 2006, 26(3): 409~411.
- [14] 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. *武汉大学学报·信息科学版*, 2005, 30(4): 305~308.
- [15] 葛全胜, 赵名茶, 郑景云. 20世纪中国土地利用变化研究. *地理学报*, 2000, 55(6): 698~705.
- [16] 李庚, 吴次芳, 曹顺爱, 等. 划定基本农田指标体系的研究. *农机化研究*, 2006(8): 46~48.