

张永民,程维明.快速城镇化背景下耕地城镇化的时空格局模拟与分析——以郑州地区为例[J].江苏农业科学,2020,48(2):233-238.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.02.042

快速城镇化背景下耕地城镇化的时空格局模拟与分析 ——以郑州地区为例

张永民¹,程维明²

(1.河南财经政法大学资源与环境学院,河南郑州 450046;2.中国科学院地理科学与资源研究所,北京 100101)

摘要:基于土地利用和主要道路等空间数据,运用地理信息系统(GIS)技术和 Logistic 回归模型对河南省郑州地区耕地向建设用地转变的时空格局进行模拟与分析。结果表明,构建的模拟 2000—2015 年及其不同时段(2000—2005、2005—2010、2010—2015 年)耕地向建设用地转变的 4 个 Logistic 回归模型的 ROC 值皆在 0.75 以上,能够较好地解释和模拟耕地城镇化的时空格局。2000—2015 年耕地邻域内建设用地的丰富度和耕地所属城市的中心性是影响耕地向建设用地转变的稳定因素,建设用地的丰富度越大,所属城市的中心性越强,耕地向建设用地转变的发生比越大;反之,发生比则越小。另外,距城镇居民点和主要道路的距离也是影响耕地向建设用地转变的重要因素,但是不同时段由于耕地城镇化模式发生变化,使得它们的作用存在明显差异。Logistic 回归模型模拟得出的耕地向建设用地转变概率的空间分布图,可以为今后的耕地保护提供决策支持,模型模拟概率越大的耕地将来被城镇扩张占用的可能性越大,因此应该将其作为动态监测与保护的重点。

关键词:耕地;城镇化;建设用地;Logistic 回归模型;时空格局

中图分类号:F291 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2020)02-0233-06

近几十年来,随着城镇化建设的快速推进,耕地随之大量减少,耕地保护与城镇用地扩张大量占用耕地的矛盾已经引起了社会各界的广泛关注^[1-7]。事实上,耕地是城镇系统的有机组成部分,除了具有粮食生产方面的经济价值,还具有保育生物多样性和保持水土等方面的生态价值,以及保障农民就业等方面的社会价值^[8]。大量耕地向建设用地转变不仅影响粮食安全,还会造成生态破坏和环境污染、以及农民失业等社会问题^[8-9]。我国的城镇化发展存在显著的区域差异,东南沿海和京津冀等发达地区城镇化水平较高,耕地保护与城镇化的矛盾出现较早,学术界已经对其开展了大量研究,并取得了丰硕成果^[10-12]。但是 2000 年以来随着经济发展转型,东部发达地区城镇建设用地的扩张趋势日趋平稳,并出现了减速的迹象^[13-15];相比之下,随着中部崛起战略的实施,中部地区城镇化加速,耕地保护与城镇化的矛盾日益突出,急需加强研究。因此,本研究以我国中部当前正处于快速

城镇化进程中的郑州地区为例,对耕地向建设用地转变(简称“耕地城镇化”)的时空格局进行模拟与分析,一方面为进一步研究耕地城镇化的未来情景奠定基础,另一方面为该地区及相似地区的耕地保护和土地管理提供科学决策。

1 研究区概况

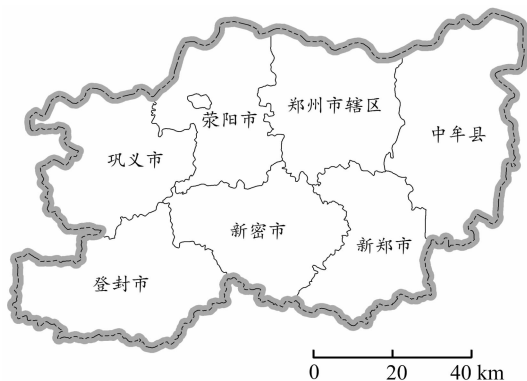
研究区是指河南省郑州市行政辖区内的全部土地,包括郑州市辖区、中牟县、巩义市、荥阳市、新密市、新郑市和登封市(图 1),位于北纬 34°16′~34°58′N,东经 112°42′~114°14′E,土地总面积为 7 567.18 km²。2000 年以来,郑州地区城镇化进程迅速发展,2015 年人口城镇化率已接近 70%,较 2000 年约增长 1 倍。随着城镇化的快速推进,耕地急剧减少,据统计,2015 年郑州地区人均耕地面积已减至约 0.03 hm²,远低于全国约 0.09 hm² 的平均水平。根据解译遥感影像得到的土地利用空间数据测算,2000—2015 年郑州地区耕地转变为建设用地的面积为 31 898 hm²(图 2),约占耕地转出总面积的 75%,同时约占新增建设用地总面积的 93%,说明耕地是建设用地扩张的主要土地来源,建设用地扩张是耕地减少的主要原因。当前和今后一段时期,郑州地区仍处于加快推进城镇化、工业化和

收稿日期:2018-11-09

基金项目:中国科学院特色研究所培育建设服务项目(编号:Y55R0904YZ)。

作者简介:张永民(1973—),男,河南延津人,博士,副教授,主要从事 GIS 与土地变化研究。E-mail:zym0810@aliyun.com。

农业现代化,以及建设国家中心城市的关键时期,城镇建设用地的需求仍会持续增加,耕地保护面临的压力必将更加突出,解决耕地保护与新型城镇化建设之间的土地供需矛盾依然是土地利用规划与管理面临的严峻挑战。



郑州市城内的小多边形为郑州市的上街区

图1 研究地区的行政区划

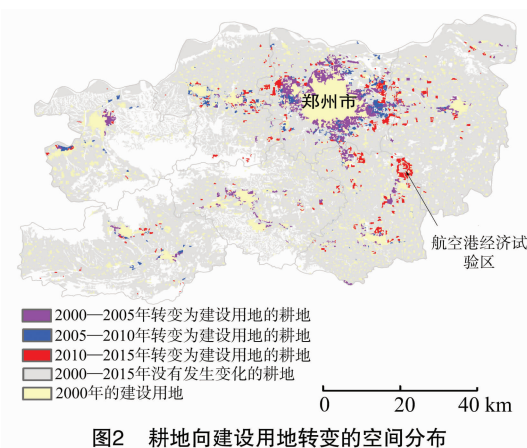


图2 耕地向建设用地转变的空间分布

2 数据资料

数据资料主要包括 4 期土地利用空间数据(2000、2005、2010、2015 年)、3 期主要道路(国道和省道)矢量数据(2000、2005、2010 年)以及社会经济数据。土地利用数据和道路数据来源于中国科学院地理科学与资源研究所,其中,土地利用数据是根据卫星影像通过人机交互解译、野外实地考察验证得出的,数据为 100 m × 100 m 的栅格格式,原始数据包括 25 种土地利用类型,本研究根据需要将其归并为耕地、林地、草地、水域(指天然陆地水域和水利设施用地)、城乡工矿居民用地(简称“建设用地”,指城乡居民点及其以外的工矿等用地)和未利用地共 6 种类型^[16];主要道路数据是根据卫星影像通过人工数字化得到的。人口与社会经济数据来

源于《河南省统计年鉴》。距城市居民点的最近距离等区域因素、耕地邻域内建设用地的丰富度等局部因素以及各行政区的差异是决定耕地城镇化的重要因素。为了构建模拟耕地城镇化的空间 Logistic 回归模型,须要对原始数据进行计算和分析。首先,运用地理信息系统(GIS)技术分别对 2000 年和 2015 年、2000 年和 2005 年、2005 年和 2010 年、2010 年和 2015 年的土地利用数据进行叠加;其次,从叠加图上提取反映 2000—2015、2000—2005、2005—2010、2010—2015 年耕地向建设用地转变情况的 4 期二值图形数据(耕地转变为建设用地的栅格取值为 1,没有发生变化的耕地栅格取值为 0),作为 Logistic 回归模型的反应变量数据;最后,为了提取模型的解释变量数据,对基础数据进行相关处理(表 1)。

$$Enr_i = \frac{b_{i,d}/a_d}{B/A} \quad (1)$$

式中: Enr_i 表示第 i 个耕地栅格以 d 为半径的圆形邻域内建设用地的丰富度; $b_{i,d}$ 表示第 i 个耕地栅格以 d 为半径的圆形邻域内建设用地的面积; a_d 表示以 d 为半径的圆形邻域的面积,本研究选取的 d 值为 2 km; B 表示研究地区建设用地的总面积; A 表示研究地区的土地总面积,该变量主要反映局地层次上建设用地数量对耕地城镇化的影响。

3 研究方法

3.1 耕地城镇化时空格局模拟模型

本研究的耕地城镇化时空格局模拟模型是根据公式(2)的二元 Logistic 回归方程构建而成的。它的反应变量是表示某一时段耕地是否转变为建设用地的二分类变量,1 表示耕地转变为建设用地,0 表示耕地没有发生变化;而解释变量包括距城市居民点的最近距离等区域变量,耕地邻域内建设用地的丰富度等局部变量以及根据行政区划单元设置的虚拟变量(表 1)。建模过程中对解释变量是按照 0.05 的显著水平采用正向逐步选择法进行筛选,具体计算过程使用软件 SPSS 19.0 完成。

$$\ln\left(\frac{P}{1-P}\right) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \cdots + \beta_n X_n \quad (2)$$

式中: P 表示指定时段耕地转变为建设用地的概率,即在给定自变量的取值时耕地转变为建设用地的条件概率; β 表示回归系数; X 表示解释耕地向建设用地转变的备选自变量; n 表示备选自变量的数目。

表 1 为了提取 Logistic 回归模型的解释变量数据而对基础数据处理

变量类型	变量代码	变量名称	获取方法
区域变量	Dis_urban	距城市居民点的最近距离(km)	首先从土地利用数据中提取出城市居民点(郑州、中牟、巩义、荥阳、新密、新郑、登封等的城区),然后运用 Ecdistance 函数测算耕地栅格到城区的最近距离
	Dis_town	距乡(镇)居民点的最近距离(km)	首先从土地利用数据中提取出乡(镇)居民点,然后运用 Ecdistance 函数测算耕地栅格到乡(镇)居民点的最近距离
	Dis_road	距主要道路的最近距离(km)	运用 Ecdistance 函数测算耕地栅格到主要道路的距离
局部变量	Enr	耕地邻域内建设用地的丰富度	首先从土地利用数据中提取出耕地数据和建设用地数据,然后运用公式(1)测算耕地邻域内建设用地的丰富度
虚拟变量	Zhongm	中牟县	为二分类变量,中牟县行政辖区取值为 1,其余地区为 0
	Gongy	巩义市	为二分类变量,巩义市行政辖区取值为 1,其余地区为 0
	Xingy	荥阳市	为二分类变量,荥阳市行政辖区取值为 1,其余地区为 0
	Xinm	新密市	为二分类变量,新密市行政辖区取值为 1,其余地区为 0
	Xinz	新郑市	为二分类变量,新郑市行政辖区取值为 1,其余地区为 0
	Dengf	登封市	为二分类变量,登封市行政辖区取值为 1,其余地区为 0
	Zhengz	郑州市辖区	为二分类变量,郑州市辖区取值为 1,其余地区为 0,该虚拟变量为参照变量

模型方程的回归系数 β 的显著性根据 Wald 统计量进行检验, β 的含义则通过计算 $\exp(\beta)$ 进行解释。 $\exp(\beta)$ 是 β 系数的以 e 为底的自然指数,其值等于事件的发生概率。发生概率是衡量解释变量对反应变量影响程度的重要指标^[17],本研究的发生概率表示解释变量发生变化时,耕地向建设用地转变的发生比(发生转变的频数与没有转变的频数之间的比值)的变化情况[$\exp(\beta) < 1$,发生比减小; $\exp(\beta) = 1$,发生比不变; $\exp(\beta) > 1$,发生比增大^[18]。

Logistic 回归模型的拟合优度是根据 Pontius 等提出的 ROC(relative operating characteristics)方法进行检验^[19]。检验指标 ROC 值介于 0.5~1.0 之间,0.5 表示模型的拟合优度最差,与随机判别效果相当;1.0 表示拟合优度最好,可以完全确定耕地向建设用地的转变与否;ROC 值越大,模型的拟合优度越高。

须要说明的是,耕地向建设用地的转变可能具有一定的空间自相关效应,而空间自相关效应又会对模型的解释能力造成一定干扰。因此,在建模之前须要对观测数据进行预处理,本研究根据耕地向建设用地的转变具有随距城镇(包括城市和乡镇)居民点距离增加而逐渐减少的特点,使用分层随机

抽样的方法从总体观测数据中抽取 10 000 个样本栅格进行回归建模(表 2)。

3.2 时空格局模拟

根据公式(3)[由公式(2)推导出来]计算起始年份每个耕地栅格上的耕地在指定时段转变为建设用地的概率,并运用 GIS 技术绘制耕地城镇化概率的空间分布图。

$$P = \frac{\exp(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \cdots + \beta_n X_n)}{1 + \exp(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \cdots + \beta_n X_n)} \quad (3)$$

4 结果与分析

4.1 耕地城镇化时空格局的模拟模型

为了模拟与分析 2000—2015 年及其不同时段(2000—2005、2005—2010、2010—2015 年)耕地城镇化的时空格局,构建 4 个 Logistic 回归模型(表 3)。

在 2000—2015 年耕地城镇化的 Logistic 回归模型中,距城市居民点的最近距离、距主要道路的最近距离、耕地邻域内建设用地的丰富度以及根据行政单元划分的虚拟变量是构成模型的显著变量,说明它们是影响耕地向建设用地转变的显著因素。其中,距城市居民点的最近距离和距主要道路的最近距离对耕地城镇化具有负作用,在其他条件相同

表 2 对总体观测数据的分层随机取样

距模拟起始年城镇居民点的不同距离带(km)	不同距离带耕地转变为建设用地的面积占全区转变总面积的比例(%) [*]	随机选取的样本数量(个)
<2	[55,66]	6 000
[2,4)	[20,30]	2 500
[4,6)	[10,14]	1 200
≥6	[2,4]	300

注: * 表示该列数据是 2000—2015、2000—2005、2005—2010、2010—2015 年 4 个时段的变化范围。

表 3 耕地向建设用地转变的 Logistic 回归模型的回归系数

变量类型	变量代码	2000—2005 年		2005—2010 年		2010—2015 年		2000—2015 年	
		β	$\exp(\beta)$	β	$\exp(\beta)$	β	$\exp(\beta)$	β	$\exp(\beta)$
区域变量	Dis_urban	-0.154	0.858	-0.145	0.865			-0.052	0.949
	Dis_town	-0.072	0.930						
	Dis_road			-0.310	0.733	-0.257	0.774	-0.204	0.816
局部变量	Enr	0.760	2.137	0.417	1.518	0.259	1.259	0.680	1.973
虚拟变量	Zhongm	-1.891	0.151	-2.178	0.113	0.862	2.368	-1.230	0.292
	Gongy	-2.014	0.133			-1.127	0.324	-1.748	0.174
	Xingy	-2.553	0.078					-1.558	0.211
	Xinm	-1.566	0.209					-1.816	0.163
	Xinz	-1.301	0.272	-1.349	0.259	1.160	3.191	-0.937	0.392
	Dengf	-2.146	0.117	-0.793	0.452			-1.885	0.152
	常量	-2.164	0.115	-3.195	0.041	-4.056	0.017	-1.778	0.169
ROC 值		0.919		0.925		0.757		0.851	

的情况下,距城市居民地的最近距离和距主要道路的最近距离每增加 1 km,耕地向建设用地转变的发生比分别约减小 5% ($1 - 0.949 \approx 0.05$)、20% ($1 - 0.816 \approx 0.20$)。对于不同的耕地栅格来说,2 km 半径圆形邻域内建设用地的丰富度对耕地城镇化具有正向作用,在其他条件相同的情况下,丰富度每增加 1 个单位值,耕地向建设用地转变的发生比约增加 97% ($1.973 - 1 \approx 0.97$),说明建设用地的分布对耕地的城镇化具有重要影响,周围的建设用地越多,耕地城镇化的发生比越大。另外,在其他条件相同的情况下,相对于郑州市辖区来说,其他县(市)耕地城镇化的发生比偏低 85% (登封市: $1 - 0.152 \approx 0.85$)至 60% (新郑市: $1 - 0.392 \approx 0.60$),这与相关文献得出的结论是一致的,即城市的行政级别和中心性对耕地的城镇化具有正向作用,城市的行政级别越高、中心性越强,耕地城镇化的风险越大^[5]。

在 2000—2005 年的模型中,区域变量距城市居民点的最近距离和距乡(镇)居民点的最近距离都是模型的显著变量,但是距主要道路的最近距离由于显著性较低而被剔除。这是由于 2000—2005 年经济偏热(和全国的情况相似),城市和乡(镇)都建立了开发区,导致距城市居民点和乡(镇)居民点越近,耕地向建设用地转变的发生比越大。可能正是由于大量乡(镇)开发区的建立,使得距乡(镇)居民点的距离对耕地城镇化的影响变得显著,而距主要道路的距离这一变量的作用有所减弱而被剔除,这是该模型和其他 3 个模型的重要不同之处。另外,该模型中局部变量和虚拟变量的作用和 2000—2015 年的模型相似。

在 2005—2010 年的模型中,筛选出的解释变量及作用性质和 2000—2015 年的模型相同,但是 2 个模型中解释变量对反应变量的作用强度稍有差异,尤其是虚拟变量中,只有中牟县、新郑市和登封市这 3 个虚拟变量是模型的显著变量,而巩义市、荥阳市和新密市因显著性水平较低而被剔除。说明 2005—2010 年在区域条件和局部条件相同的情况下,各县级行政区耕地城镇化的发生比存在显著差异,使得有些虚拟变量能够纳入模型,而其他虚拟变量却被剔除。

2010—2015 年的模型和其他 3 个模型明显不同,区域变量距城市居民点的最近距离和距乡(镇)居民点的最近距离皆没有通过显著性检验,只有距主要道路的最近距离通过了显著性检验而成为模型的解释变量。这是因为和前期相比 2010—2015 年耕地城镇化的模式发生了重大变化,城镇急剧扩张的势头得到一定程度的遏制,耕地转变为建设用地的指标主要用于国家重点建设项目,导致出现了新的开发热点,新的开发热点范围相对较小,且选址主要考虑交通区位条件,使得这一时段耕地向建设用地的转变主要受控于距主要道路的最近距离,而整体上和城镇居民点的空间联系较弱。虚拟变量中,新郑市、中牟县和巩义市这 3 个虚拟变量是模型的显著变量,而荥阳市、新密市和登封市因显著性水平较低而被剔除,尤其须要指出的是,回归系数表明,在其他条件相同的情况下,新郑市和中牟县耕地城镇化的发生比分别约超出郑州市辖区 2.2 倍和 1.4 倍,而巩义市仍然低于郑州市辖区。这进一步说明,2010—2015 年郑州地区耕地向建设用地转变的模式已经由城镇扩张占用转变为聚焦于新

的开发热点,而新的开发热点就是位于新郑市和中牟县的航空港经济试验区和高新技术开发区。另外,该模型中局部变量的作用和其他 3 个模型皆相似。

综上,4 个 Logistic 回归模型中局部变量和虚拟变量的差异较小,而区域变量的差异较大。分析可知,耕地四周一定范围内建设用地的丰富度、耕地所属城市的行政级别和中心性是影响耕地向建设用地转变的稳定因素,建设用地的丰富度越大,所属城市的级别越高、中心性越强,耕地城镇化的发生比越大;反之,发生比则越小。另外,距城镇居民点和主要道路的最近距离也是影响耕地城镇化的重要因素,但是它们的作用在不同时段存在显著差异,这些差异实际上反映了耕地城镇化模式的变化。2000—2005 年由于经济偏热,开发区“遍地开花”,城市和乡(镇)居民点附近的耕地皆出现了向建设用地的大量转变;2005—2010 年受土地调控政策影响,不规范的开发得到遏制,耕地向建设用地的转变明显减少,且主要分布于城市居民点附近;2010—2015 年受耕地保护和土地调控的双重影响,耕地向建设用地的转变主要聚焦于新的开发热点和沿主要道路蔓延,基本上脱离了和城镇居民点的空间联系。

4.2 模型的显著性检验

由表 3 可知,2000—2015 年及其不同时段耕地向建设用地转变的 4 个 Logistic 回归模型的 ROC 值皆在 0.75 以上,能够较好地解释和模拟耕地城镇化的时空格局。但是,2010—2015 年模型的 ROC 值为 0.757,拟合优度相对较低,这是因为该时段耕地城镇化受政策影响主要聚焦于新的开发热点,导致模拟难度增加的缘故。如何凸显政策的作用,这是进一步完善模型须要考虑的重要问题。

4.3 耕地城镇化时空格局的模拟

图 3 是使用以上 4 个模型模拟得到的 2000—2015 年及其不同时段耕地向建设用地转变概率的空间分布图,对比图 3 和图 2 可知,耕地向建设用地转变的空间格局与模拟概率的空间分布基本一致,总体上看,发生转变的位置模拟得到的概率较大,没有发生转变的位置模拟得到的概率较小。因此,可以为今后的耕地保护提供决策支持,模型模拟概率越大的耕地将来被建设用地占用的可能性越大,所以应该将其作为动态监测与保护的重点。

但是仔细对比可现,图 3 和图 2 也存在少量不一致的地方,即模型模拟概率较大的位置上的耕地并没有发生转变,而模拟概率较小的位置上的耕地反而发生了转变。这是因为耕地向建设用地的转

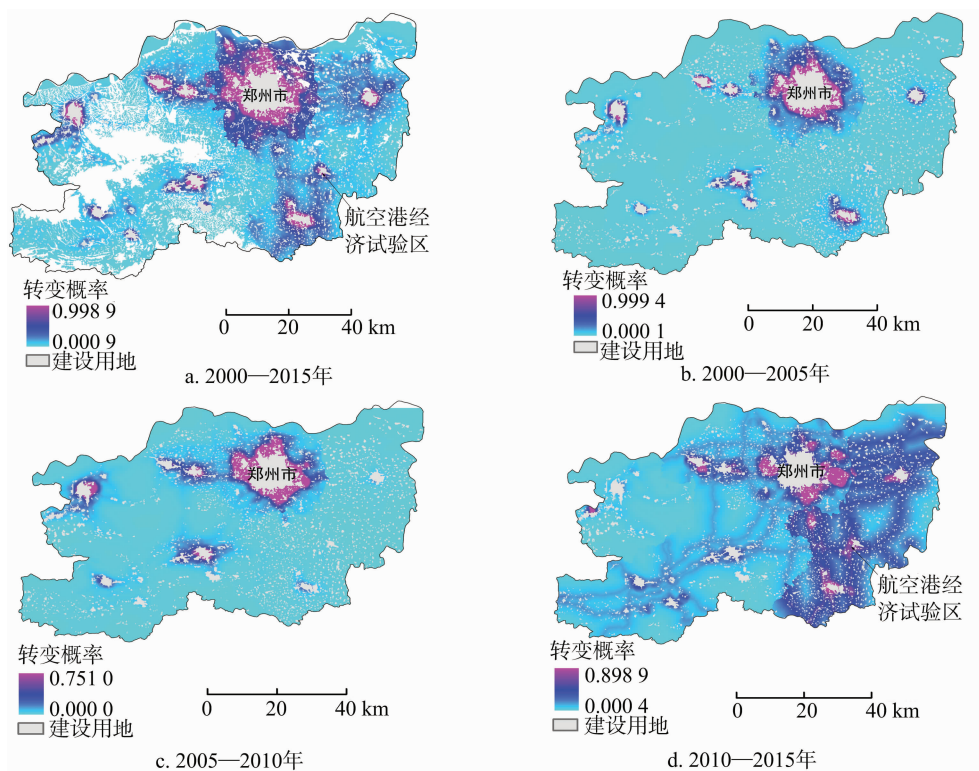


图3 郑州地区耕地向建设用地转变概率的空间分布

变是一个复杂过程,除了服从模型揭示的一般模式之外,还会受到一些难以预测的偶然因素的干扰,如政府和投资者行为模式的转变,新的交通枢纽和开发热点的建设等,都会打破耕地向建设用地转变的原有模式,所以耕地保护也必须考虑偶然因素的影响。如 2000—2015 年的模型模拟结果显示,新郑市城区周边的耕地向建设用地转变的概率较大,航空港经济试验区附近的耕地转变概率较小,但由图 2 可知,城区周边耕地城镇化却没有航空港区附近显著,主要是政府从土地供给的角度大力支持航空港经济试验区建设的缘故。

5 结论与讨论

首先,基于土地利用空间数据,构建的模拟 2000—2015 年及其不同时段郑州地区耕地向建设用地转变的 4 个 Logistic 回归模型的 ROC 值皆在 0.75 以上,能够较好地解释和模拟耕地城镇化的时空格局。其次,2000—2015 年耕地邻域内建设用地的丰富度和耕地所属城市的中心性是影响耕地向建设用地转变的稳定因素,建设用地的丰富度越大、所属城市的中心性越强,耕地向建设用地转变的发生比越大;反之,发生比则越小。另外,距城镇居民点和主要道路的最近距离也是影响耕地城镇化的重要因素,但是由于不同时段耕地向建设用地转变模式发生变化,使得它们的作用存在显著差异。2000—2005 年城市和乡(镇)居民点附近的耕地皆出现了向建设用地的大量转变;2005—2010 年耕地向建设用地的转变明显减少,且主要分布于城市居民点附近;2010—2015 年耕地向建设用地的转变主要聚焦于新的开发热点和沿主要道路蔓延,基本脱离了和城镇居民点的空间联系。最后,2000—2015 年及其不同时段的 Logistic 回归模型模拟得出的耕地向建设用地转变概率的空间分布图,可以为今后的耕地保护提供决策支持,模型模拟概率越大的耕地将来被建设用地占用的可能性越大,所以应该将其作为动态监测与保护的重点。但是,耕地向建设用地的转变是一个复杂的过程,除了服从模型揭示的一般模式之外,还会受到一些难以预测的偶然因素的干扰,如政府和投资者行为模式的转变等,因此耕地保护也必须考虑偶然因素的影响。

参考文献:

- [1] 谈明洪,吕昌河. 城市用地扩展与耕地保护[J]. 自然资源学报, 2005,20(1):52-58.
- [2] Chien S. Local farmland loss and preservation in China—a perspective of quota territorialization[J]. Land Use Policy,2015,49: 65-74.
- [3] Wang H, Qiu F. Investigation of the dynamics of agricultural land at the urban fringe: a comparison of two peri-urban areas in Canada [J]. The Canadian Geographer,2017,61(3):457-470.
- [4] del Mar L T, Aide T M, Thomlinson J R. Urban expansion and the loss of prime agricultural lands in Puerto Rico[J]. Ambio,2001,30(1):49-54.
- [5] Skog K L, Steinnes M. How do centrality, population growth and urban sprawl impact farmland conversion in Norway? [J]. Land Use Policy,2016,59:185-196.
- [6] Skinner M W, Kuhn R G, Joseph A E. Agricultural land protection in China; a case study of local governance in Zhejiang Province [J]. Land Use Policy,2001,18(4):329-340.
- [7] 张丽娟,姚子艳,唐世浩,等. 20 世纪 80 年代以来全球耕地变化的基本特征及空间格局[J]. 地理学报,2017,72(7):1235-1247.
- [8] 叶晓琪,宋小青,谭子安,等. 大都市镇域耕地功能格局及其成因——以广州市为例[J]. 热带地理,2017,37(6):862-873.
- [9] Chen J. Rapid urbanization in China: a real challenge to soil protection and food security[J]. CATENA. 2007,69(1):1-15.
- [10] Deng X, Huang J, Rozelle S, et al. Impact of urbanization on cultivated land changes in China[J]. Land Use Policy,2015,45: 1-7.
- [11] Tan M, Li X, Xie H, et al. Urban land expansion and arable land loss in China – a case study of Beijing – Tianjin – Hebei region [J]. Land Use Policy,2005,22(3):187-196.
- [12] Song W, Pijanowski B C, Tayyebi A. Urban expansion and its consumption of high-quality farmland in Beijing, China [J]. Ecological Indicators,2015,54:60-70.
- [13] 刘纪远,匡文慧,张增祥,等. 20 世纪 80 年代末以来中国土地利用变化的基本特征与空间格局[J]. 地理学报,2014,69(1): 3-14.
- [14] Huang J K, Zhu L F, Deng X Z. Regional differences and determinants of built-up area expansion in China [J]. Science in China,2007,50(12):1835-1843.
- [15] 杨桂山. 长江三角洲耕地数量变化趋势及总量动态平衡前景分析[J]. 自然资源学报,2002,17(5):525-532.
- [16] 刘纪远. 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究[M]. 北京: 中国科学技术出版社,1996.
- [17] Verburg P H, de Nijs T C, van Eck J R, et al. A method to analyse neighborhood characteristics of land use patterns [J]. Computers, Environment and Urban Systems,2004,28:667-690.
- [18] 王济川,郭志刚. Logistic 回归模型——方法与应用[M]. 北京: 高等教育出版社,2001.
- [19] Pontius R G, Schneider L C. Land-cover change model validation by an ROC method for the Ipswich watershed, Massachusetts, USA [J]. Agriculture Ecosystems and Environment,2001,85(1/2/3): 239-248.