

基于 Probit 模型的常熟耕地保护区位选择

金志丰^{1, 2}, 陈 雯¹, 陈江龙¹, 袁 丰^{1, 3}

(1 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008; 2 江苏省土地勘测规划院, 南京 210024;

3 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要: 采用 Probit 模型和分区的方法探讨了常熟耕地保护区位选择问题, 以求能更高效合理地保护耕地资源, 缓解建设用地扩张与耕地保护的矛盾。通过模型运算, 发现土壤质量、地势条件、GDP 增长率、到城区和港区的交通通达性、距离城(镇)区的距离对耕地资源变迁作用明显, 据此构建分区的指标体系, 将常熟市划分为耕地保护最宜选择、较宜选择、一般选择、较不宜选择、最不宜选择区域等 5 种类型区, 分别占总面积的 30.2%、40.7%、17.9%、5.2% 和 6%, 并提出耕地保护与建设空间发展的方向, 达到提高耕地保护效率和预留合理的建设用地扩展空间的目标, 为土地利用、基本农田保护和城乡等规划的编制与实施工作提供科学依据。

关键词: 耕地保护; 区位选择; Probit 模型; 建设空间; 常熟市

文章编号: 1000-0585(2010)12-2261-10

1 引言

我国耕地资源十分稀缺, 但城市化、工业化进程的不断推进促使建设用地扩张, 耕地资源空间配置目标往往因此而夭折。基于我国基本国情和长远发展目标, 中央作出了坚守 18 亿亩耕地红线的重大战略决策。从耕地保护的角度出发, 通过合理选择耕地资源保护空间的方法, 缓解耕地保护与建设空间扩展的矛盾, 是实现地区可持续发展的重要途径。

耕地资源保护及空间布局是地理学、土地科学的经典论题, 也是社会发展过程中需要解决的重点问题。19 世纪初德国经济学家冯·杜能使用“孤立化”方法研究农业生产的区位选择问题, 奠定了农业区位理论基础^[1]。韦伯《工业区位论》揭示了工业分布规律, 为工业企业选址奠定了理论基础。区位理论的建立为耕地资源保护空间的布局奠定了基础, 1961 年美国的土地潜力分类系统^[2]和 1976 年联合国颁布的《土地评价纲要》^[3]提出的土地评价研究工作, 是空间布局研究的开端。随后, 地理学和生态学逐步将土地评价向综合性发展^[4-7], 土地适宜性评价与土地资源的空间配置的关系得到关注; 部分学者从土地利用比较优势的角度研究土地资源空间布局问题, 合理地进行区域土地利用的分工^[8-10]; 有学者通过定性、定量的分类和评价, 将土地资源配置到最适宜的区位上^[11, 12]。耕地的比较利益低是耕地非农转化最根本的原因, 耕地的低经济效益和城市土地价格的高涨, 产生了农业的“推力”和城市的“拉力”作用, 在市场经济体制下, 比较效益较低的

收稿日期: 2009-10-11; 修订日期: 2010-07-20

基金项目: 中国科学院知识创新工程项目(KZCX2-YW-321, KZCX2-YW-339); 国家自然科学基金项目(40771053、70503026)

作者简介: 金志丰(1981-), 男, 浙江绍兴人, 研究生。主要研究方向为城市发展与区域规划。

E-mail: zhjfin@niglas.ac.cn

耕地有向效益较高的其他用地转换的冲动^[13~16]。杨子生等认为应从土地的自然生产潜力和发展压力的角度研究耕地资源适宜性分区,引导不同目标导向下新增建设用地配置时空顺序^[17~19]。无论是综合的土地评价还是耕地资源适宜性分区研究,其关键是要把握影响土地利用变化的因子及其相互作用关系,影响因子是复杂的,也是动态的^[20]。Kuminoff等通过构建线性计量模型、Probit模型、GTR模型等研究了城市边缘接壤长度大小、城市人口增长、收入水平变化、农用地价格、农用地所有权结构、土地利用法、农用地保护区、城市增长界限等对农地非农化影响^[21,22],研究发现设置城市增长界限对于农地非农化有明显的限制作用,建立农用地保护区可以在一定程度上阻止农地非农化,还发现靠近规模不断扩大、快速成长中城市的那些土地更有可能被流转为城市用地。这说明不同区位的耕地资源,流转的风险不同,导致保护的价值不同,保护的成本和难度也都不同。因此,了解并掌握这种区位的差异,对耕地保护的意义可想而知。

目前,国内对企业区位选择^[23,24]、城镇扩张的区位研究相对较多,而耕地资源保护区位选择的定量研究较少。在城市化迅速推进和耕地面积不断缩减的背景下,研究耕地资源保护具有现实意义,而耕地资源区位选择研究是该项工作的基础。本文试图以常熟市为例,从模型定量分析耕地变迁影响要素的角度出发,掌握机理,在合理性判断的基础上,构建指标体系,并运用分区的方法,评价耕地资源空间分布适宜的区位,以此作为耕地资源保护空间选择的依据。

2 常熟建设空间扩展与耕地资源变迁

2.1 数据来源与处理

研究数据源包括常熟市1994年、2006年两期影像和1:10万、1:1万地形图。利用地形图数据,分别对资源二号卫星影像和Landsat TM/ETM卫星影像进行几何校正,误差在1个像元以内,对不同时相的TM/ETM图像进行简易标准化处理,并进行图像增强处理,通过人机交互解译,获取2006年地类信息(包括城镇、道路、独立工矿用地、农村居民点和耕地)的空间图形信息,以此为基准,采用多时相连续对比法,获取1994年的相关数据,通过1:1万地形图以及实地调查进行检核,获得较为准确的土地空间属性数据。并利用相关统计年鉴和土地利用数据,建立空间数据库(表1)。

表1 研究使用的图形、影像及统计数据

Tab 1 Description of map and data set in this study

数据名称	获取时间	主要用途
卫星影像	1994年6月、2006年7月	获取耕地、城镇、独立工矿、农村居民点等空间分布信息
1:5万土地利用图	2005年	辅助分析
1:10万地形图	1970年出版	辅助影像校正
1:1万地形图	2002年测绘	辅助影像解译
1990~2007年统计年鉴	—	经济要素分析

2.2 常熟土地利用变迁特征

常熟市地处长江下游南岸,长江三角洲前缘地区,东距上海100km,南接昆山、苏州,西接无锡、江阴,北濒长江黄金水道,地理位置十分优越(图1)。全市总面积

1094km² (不含长江水面面积), 拥有 10 个建制镇, 2008 年, 实现地区生产总值 1150 亿元, 总人口 106.5 万人。

常熟市乡镇企业发达, 工业化和城市化水平高, 耕地被建设占用的势头强劲。80 年代初, 常熟市建成区面积不足 150.0km², 1994 年达到 204.1km², 到 2006 年, 增加到 288.2km², 1994~2006 年间年均增加 7.0km²。同时 80 年代以来, 常熟耕地数量迅速减少, 20 多年来共减少约 120.0km², 其中, 1994~2006 年间因建设占用较少耕地 71.0km², 年均 5.9km²。从空间布局上看 (图 2), 城区周边, 特别是城区北部和东南部地区耕地非农化趋势明显, 强度也最大; 其次是镇区周边, 特别是区划调整后保留的镇区, 其周边的耕地非农转化的概率也相对较大; 再是随着开发区建设步伐的加快, 用地规模不断扩大, 致使开发区耕地被建设占用的表现十分明显; 从镇域的角度看, 耕地非农化强度最大的是虞山镇, 其次是新港镇, 尚湖镇等地区非农化强度相对较小。

3 模型模拟

通过模型模拟掌握不同影响因素对耕地土地利用过程中非农转化的影响程度, 为耕地保护区位的选择奠定基础。根据 Carmen Carrión-Flores 等的研究, 空间相邻距离达到 600m, 空间相关性影响微弱^[25]。为克服空间相关性影响, 本文采用网格单元随机取点的方法保证随机点之间的距离足够大。将常熟市域范围划分 3465 个成 600m×600m 的网格单元, 生成 3465 个中心点, 去掉 1994 年非耕地上的所有点, 同时去掉不完整网格的中心点以保证随机点之间距离的足够大, 最终有 2124 个样本点构入模型, 以样本点是否由耕地流转为建设用地作为被解释变量, 用 1 和 0 表示。

3.1 计量模型选择

在经典计量经济学模型中, 被解释变量通常被假定为连续变量。但是, 经济分析中通常面临许多决策问题, 或者称为选择问题, 比如本研究中, 耕地转变为建设用地或维持原来的利用方式, 分别可以赋为 1 和 0, 这些可供选择的方案可以用离散的数据表示, 被称为离散被解释变量数据计量经济学模型 (Models with Discrete Dependent Variables), 或者称为离散选择模型 (DCM, Discrete Choice Model)^[26]。单个地块土地开发方式的决策是在政府管制下土地所有者或使用者的作出的, 这一决策方式符合离散选择模型^[27]。根据各地块的特征, 通过 Probit 模型可以估计耕地非农化的概率^[28]。

根据被解释变量的两种选择 (转为建设用地或维持原有用途) 选择二元 Probit 模型用以估计各个影响因子的贡献率。

二元选择模型是模型变量只有两种选择的被解释模型, 一事件发生与否, 分别用 1 和 0 表示。更一般的, 假定有多个解释变量, 可以按矩形形式定义模型形式为:



图 1 常熟在长三角的位置

Fig 1 Location of Changshu City in Yangtze River Delta

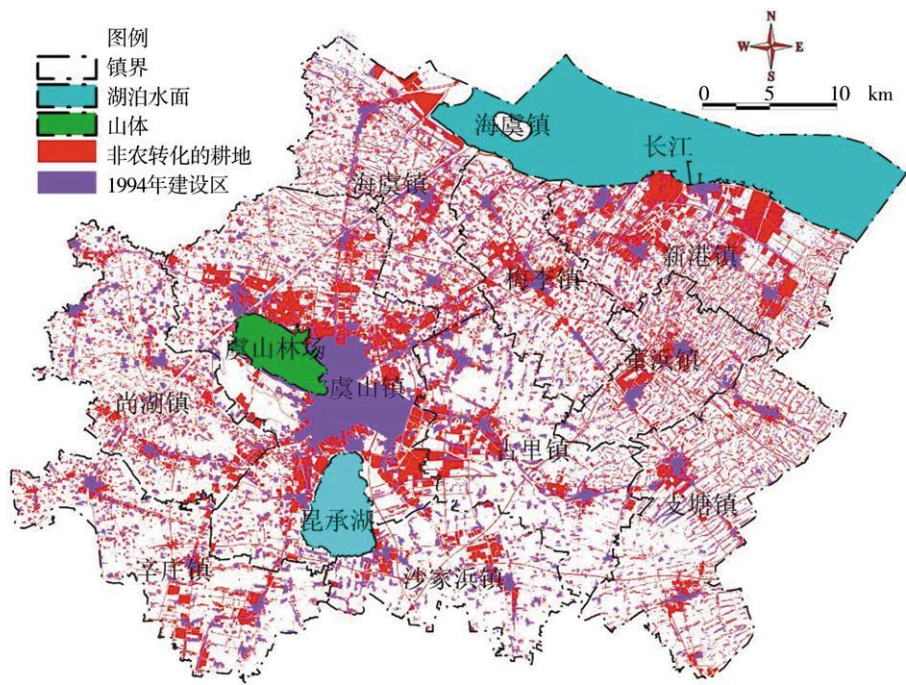


图 2 常熟 1994~ 2006 年耕地非农化空间分布示意图

Fig 2 Spatial distribution of cultivated land conversion in Changshu

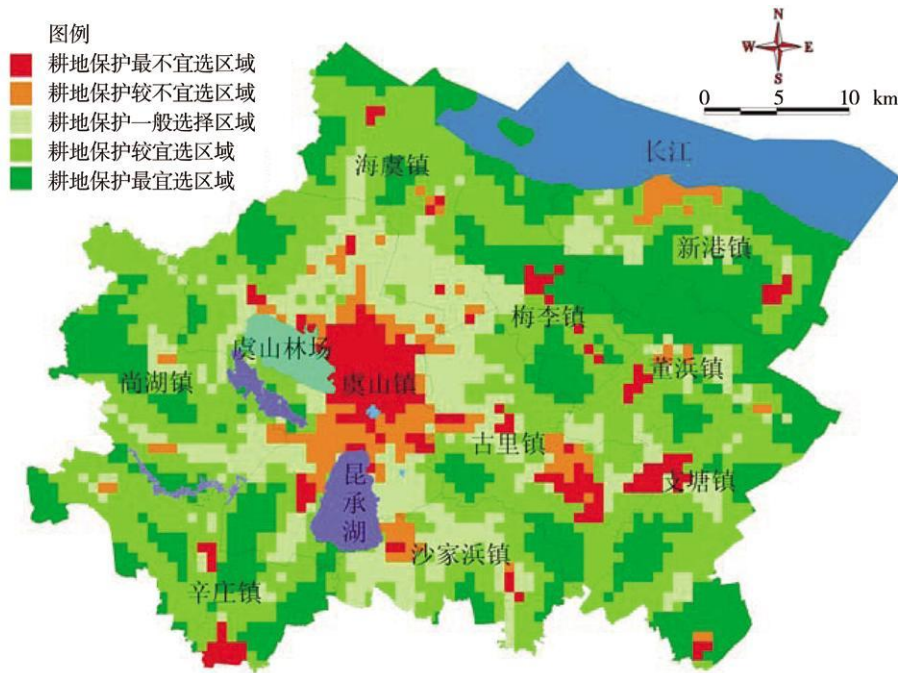


图 3 常熟耕地保护区位选择分布图

Fig 3 Location choice of cultivated land protection in Changshu

$$y = X\beta + \mu \quad y = 0, 1 \tag{1}$$

由于该模型残差项有一些条件不能满足，以及 y 的拟合值不能限定在 0 和 1 之间，故该模型的估计需要通过如下方式解决。假设一个与 x 有关的指标变量 y^* ，用 y^* 是否超过一个临界值决定 y 取 1 或 0（如通常取 0 作临界值， $y^* > 0$ 则 y 取 1，否则取 0），即建立

$$y^* = X\beta + \mu^* \tag{2}$$

为了能对总体特征和所考察事件发生的概率作量化分析，需要考虑观察值的概率模型：

$$\begin{aligned} P(y_i = 1 \mid x_i, \beta) &= P(y^* > 0) \\ &= P(\mu^* > -x_i'\beta) \\ &= 1 - F(-x_i'\beta) \end{aligned} \tag{3}$$

这个概率值是解释变量取一组值时 y 取 1 的条件概率。其中 F 是假设的残差项 μ^* 的分布函数，要求是连续的（以下 f 的含义为 F 对应的密度函数），其选择决定了二元选择模型的类型。于是考察的这一概率代替原有的被解释变量，有

$$P(y_i = 0 \mid x_i, \beta) = F(-x_i'\beta) \tag{4}$$

根据所选的模型为 Probit，(4) 式可以写为：

$$P(y_i = 0 \mid x_i, \beta) = \Phi(-x_i'\beta) \tag{5}$$

可用极大似然估计法估计模型的参数，对数似然函数为：

$$l(\beta) = \log L(\beta) = \sum_{i=1}^n [y_i \log(1 - \Phi(-x_i'\beta)) + (1 - y_i) \log \Phi(-x_i'\beta)] \tag{6}$$

3 2 影响耕地非农化的解释变量

土地资源禀赋差异，决定耕地产出效率；地质状况差异，影响耕地非农转化成本；社会经济驱动力，是土地开发过程中收益的一种体现。影响耕地非农化的因子很多，归纳相关文献，主要有土壤质量、坡度、坡向、水资源等自然要素，经济增长、人口增长、城市化水平、与城市距离、交通通达性等社会经济要素^[29~35]。

土壤质量直接影响到耕地生产力的^[31]，优质土壤分布区的土地利用变迁成本也就相对较高，耕地保护的价值越大，非农流转成本越高，非农转化的几率越小，预期土壤质量与被解释变量呈负相关，记做 SL 。常熟水网密布，同时紧靠长江，地势相对较低，易涝、湖荡区众多，地势较低的区域耕地具有较高的开发成本，预期变量地势条件与被解释变量呈负相关，记做 DS 。社会经济发展对耕地非农化的影响较大，是推动耕地非农化的主要因素之一，经济发达、人口众多的地区，所需的建设用地规模也相对较大，耕地非农化趋势也就相对强烈，采用人均 GDP、人口规模、GDP 增长率和二第三产业增加值增长率来表示社会经济发展状况，预期这 4 个变量与被解释变量呈正相关，分别记做 GC 、 PO 、 GI 和 NI 。交通条件的变化，直接影响周边耕地的非农化程度，距离城、镇区近或交通发达的地区，土地开发需求大，耕地非农转化的几率愈高，预期变量通达性与被解释变量呈正相关（通达性用所需时间的倒数表示），到城区通达性记做 AC ，到港口通达性记做 AP ，预期变量距离城、镇区距离与被解释变量呈负相关，记做 DR （表 2）。

3 3 模型模拟及结果分析

通过解释变量相关性检验，发现 1994~2006 年 GDP 增长率（ GI ）、1994~2006 年二三产值增长率（ NI ）和 1994 年人均 GDP（ GC ）三者之间存在高度相关性，故分别将这三个变量构入计量模型以消除多重共线性。选取模型拟合优度检验效果最好的作为模拟结

果, 最终选取将 1994~ 2006 年 GDP 增长率 (GI) 构入的模拟结果 (表 3)。

表 2 变量与预期效果
Tab 2 Variable and expected effect

类别	编码	变量	定义	单位	预期符号
自然	SL	土壤质量	所在网格土壤等级	—	—
因素	DS	地势条件	所在网格的高程	m	—
人口 经济 因素	GI	1994~ 2006 年 GDP 增长率	网格所在行政村的 GDP 增长率	%	+
	GC	1994 年人均 GDP	网格所在行政村的人均 GDP	元/ 人	+
	NI	1994~ 2006 年二三产值增长率	网格所在行政村的二三产值增长率	%	+
	PO	1994 年人口规模	网格所在行政村人口数量	人	+
交通	AC	到城区通达性	网格中心到城区的通达性	1/ h	+
导向	AP	到港口通达性	网格中心到港口的通达性	1/ h	+
因素	DR	离城、镇区距离	网格中心到最近城、镇区的垂直距离	m	—

注: 需要的时间越短, 交通通达性越好。为更好地判断预期符合, 文中用通达时间的倒数来表述通达性。

在构入模型的八个解释变量中, 1994~ 2006 年 GDP 增长率 (GI)、到港口通达性 (AP) 和离城、镇区距离 (DR) 四个变量在 99% 置信区间下已达到显著效果; 土壤质量 (SL)、地势条件 (DS)、到城市通达性 (AC) 则在 95% 信赖区间下达到显著效果。

土壤质量系数为负, 且达到了 95% 的显著效果。说明常熟在发展过程中, 考虑了对优质耕地的保护, 建设空间扩张尽量避免占用优质耕地。耕地区位选择中, 应充分考虑该因素, 一方面可以降低被占用的风险, 另一方面优质土壤的耕地保护价值也越大。地势条件系数为负, 与预期一致, 且达到了 95% 的显著效果。常熟是湖荡区较多, 地势较低的区域作为农用地不会造成太大的损失, 而若开发为建设用地, 则成本较高, 加上河网地区往往与生态环境保护联系紧密, 使得该类地区的土地不易流转为建设用地。

GDP 增长率系数均为正, 与预期相符, 且通过 99% 的显著性检验。说明经济发展对耕地流转有较强的推动作用。常熟乡镇企业发达, 小城镇建设在乡镇经济发展的带动下十分活跃, 建设空间扩张需求旺盛, 加上乡镇企业产出效率低、粗放经营, 用地规模偏大, 导致这些地区耕地容易流转。人口规模系数为负, 与预期不符, 且只在 90% 置信区间上是显著的。常熟市 1988 年、1994 年、2000 年和 2006 年总人口分别为 101 万、104 万、101 万和 105 万, 20 年来处于波动状态且最大变化幅度仅为 3.96%, 导致人口变化的驱动作用不明显。

到城区、港口的通达性系数均为正, 符合预期。由于聚集经济效果等外部环境因素影响, 当开发基地越邻近公共设施, 土地使用变迁为更高强度使用的开发几率愈高。由于城市的公共设施辐射作用、港区的运输快捷性和对临港产业的吸引力, 导致耕地非农流转有

表 3 Probit 模型估计结果

Tab 3 Regression of Probit model analysis					
解释变量	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.	
C	- 0.3337	0.1133	- 2.8107	0.0033	
SL	- 0.0181	0.0070	- 2.3131	0.0177	
DS	- 0.5121	0.3328	- 1.7171	0.0165	
GI	- 0.0005	0.0001	5.4860	0.0000	
PO	- 0.0001	0.0001	- 1.8508	0.0605	
AC	0.0538	0.0230	2.4773	0.0121	
AP	0.0302	0.0108	2.8219	0.0055	
DR	- 0.0001	0.0001	- 2.8646	0.0035	

向城区、港区靠拢的趋势。到城区通达性通过 95% 的置信检验，港区通达性通过 99% 置信性检验。离城、镇区距离系数为负，符合预期，说明离道路垂直距离越大，耕地越不容易流转。邻近主要道路距离愈近，运输成本越低，容易形成沿路产业带，道路两边的用地容易转为他用。

4 耕地保护区位选择与建设空间扩展

4.1 单元与指标体系

在模型模拟的基础上，借鉴现有分区的思路与方法^[12]，进行耕地资源区位差异分区，以引导耕地资源的保护方向选择与空间布局。

考虑到未来土地整理、复垦的要求，分区范围为整个常熟市域。便于研究的连续性，选择 600m × 600m 网格为基本单元，将常熟地区划分为 3465 个评价单元，周边网格的边缘以行政界为准。

根据模型运行结果，可以将通过检验的指标分为两类，土壤质量、地势条件和距离城（镇）区距离^①要素对常熟耕地资源保护具有正向作用；GDP 增长率、到常熟城区和到港区的交通通达性要素对耕地资源保护有负向作用。在模型构建中，使用的数据没有经过无量纲化处理，消除量级差异后，可以发现：负向作用的指标中，到城区通达性对耕地非农转化的影响最大，其次是 GDP 增长率和到港区的通达性；正向作用的指标中，是地势条件贡献率最大，其次是土壤质量和距离道路的距离。结合发展实际，常熟具有耕地资源紧缺、耕地质量问题严重的特点。土壤质量必然成为未来耕地空间布局引导的关键要素，应适当加大该指标的权重。

综上所述，利用 Probit 模型模拟结果，结合常熟发展特点，进行要素的合理性判断，进而确定常熟耕地资源利用差异分区的指标体系，指标权重的确定主要依据模拟结果中的影响程度及专家打分法综合判断（表 4）。

4.2 耕地资源区位差异分区

首先将各项指标进行无量纲标准化处理（公式 7），将指数控制在 0~ 1 之间，再利用公式（8）分别计算耕地资源正向要素和负向要素的分项综合指数，采用自然聚类的方法（nature break）各划分成 4 个等级，最后利用矩阵分类的方法将常熟划分成耕地保护最宜选择区域、耕地保护较宜选择区域、耕地保护一般选择区域、耕地保护较不宜选择区域、耕地保护最不宜选择区域等 5 种类型区（图 3）。

表 4 耕地资源区位差异分区指标及权重分配
Tab 4 Cultivated land location regionalization indicators and their weights

要素层	权重	指 标 层	权重
阻力要素	1	土壤质量	0.4863
		地势条件	0.3598
		距离城镇区距离	0.1539
		GDP 增长率（根据规划预测到 2020 年）	0.1958
推动要素	1	到常熟城区的交通通达性（2020 年规划路网）	0.3977
		到常熟港区的交通通达性（2020 年规划路网）	0.4065

$$x = \frac{x' - x'_{min}}{x'_{max} - x'_{min}}$$

(7)

①该指标列为正向指标，主要从数值的角度考虑，距离越大，数值越大，耕地非农转化的概率也小，耕地保护的区位也就相应较好。

$$C_i = \sum_{j=1}^n X_{ij} \times P_j \quad (8)$$

其中, C_i 指第 i 单元的区位指数, X_{ij} 指第 i 单元的第 j 指标值, P_j 指第 j 指标的权重。

耕地保护最宜选择区域: 具有高的耕地保护价值和较低的非农转化概率, 其主要分布在市域的边缘地区, 具有成块成片的特征, 是耕地保护区选择的首要区域, 也是基本农田重点保障的地区, 共 330.9 km², 占评价区总面积的 30.2%。**耕地保护较宜选择区域:** 耕地非农转化阻力和保护需求较大, 建设开发的可能性相对较小, 主要分布在耕地保护区位最好地区的周边, 是耕地保护的重要阵地, 共 444.9 km², 占评价区总面积的 40.7%。**耕地保护一般选择区域:** 耕地非农转化与否相对均衡的区域, 近期以耕地保护为主, 随着经济的发展, 可逐渐转化成建设空间。这类区域前后变动较大, 是未来建设空间扩展的重要区域, 需长久保留的耕地不宜选择该类型区, 共 195.4 km², 占评价区总面积的 17.9%。**耕地保护较不宜选择区域:** 耕地非农转化趋势明显 (现状大部分为建设空间), 且集中分布, 特别是在城区、港区、镇区周边, 共 56.8 km², 占评价区总面积的 5.2%。**耕地保护最不宜选择区域:** 耕地最容易被开发成建设用地的地区 (现状基本为建设空间)。这类地区主要是城区中心区和一部分镇区中心区, 共 66.0 km², 占评价区总面积的 6.0%。

4.3 耕地保护区位合理选择与常熟建设空间扩展协调

耕地的非农转化是必然趋势, 经济发展、人口增加、城市化水平提高、交通改善均需要建设空间作为支撑, 而建设扩展通过占用耕地实现。塞托和考夫曼认为, 农用地与工业用地生产率的差异是造成地区城市扩张不断占用耕地的主要原因^[36]。比较效益较低的耕地有被效益较高的非农用地占用的冲动, 处于一种被动选择的状态。在地区开发过程中, 建设空间首先优先选择得到发展, 耕地空间被占用后往往是通过“占补平衡”进行补充, 或直接被建设占用, 耕地保护与建设空间发展存在矛盾。

根据常熟城市规划, 未来形成港城一体的“双城式”空间形态。经预测, 全市未来建设空间规模将达到 300 km², 耕地资源保护区位一般选择区域以下的区域总面积仅约 320 km², 需合理布局建设空间, 做到集中集约集聚发展, 向耕地保护区位较差的城区、港区重点镇区集中; 耕地保护空间向耕地资源最宜、较宜选择区域集中, 且优先确定耕地保护重点区域。使得常熟耕地保护与建设空间扩展相协调。

5 结论与讨论

(1) 在快速城市化、工业化的背景下, 建设空间扩展与耕地保护矛盾重重, 20 世纪 80 年代以来, 常熟市建设空间快速扩张的同时耕地资源不断减少, 特别是 1994~2006 年间, 建设用地年均增加 7.0 km², 每年因建设占用而减少的耕地面积接近 6.0 km²。

(2) 建设空间扩展的影响因素很多, 影响耕地资源变迁的要素也很复杂, 本文利用 Probit 模型模拟了这种动态的复杂关系, 发现影响常熟耕地资源变迁的因子主要有土壤质量、地势条件、GDP 增长率、到常熟城区的交通通达性、到常熟港区的交通通达性、距离城、镇区的距离等, 并且判定了不同因素对耕地非农转化的影响程度。

(3) 根据模拟结果和合理性判断, 构建了由 2 个要素层和 6 个指标构成的常熟耕地保护区位差异分区的指标体系, 利用 GIS 技术, 将常熟市划分为耕地保护最宜选择、耕地保护较宜选择、耕地保护一般选择、耕地保护较不宜选择、耕地保护最不宜选择区域等

5 种类型区, 并提出了相应的耕地保护要求。

研究表明, 利用 Probit 模型分析复杂因素之间的作用关系是可行的, 据此建立分区指标体系并引导耕地保护空间的选择的方法合理, 可以为土地利用总体规划、基本农田保护专项规划、城乡规划的编制和建设项目选址等实际工作提供重要的科学依据。同时, 受限于获取的资料, 研究未考虑影响耕地非农转化的诸如地价、服务设施、环境等方面的要素。在下一步研究中, 可以进一步开展细化指标、完善管制政策的研究, 以更好地引导地区的发展, 达到更好的效果。

参考文献:

- [1] 杜能. 孤立国同农业和国民经济的关系. 吴衡康译. 北京: 商务印书馆, 1986.
- [2] Klingebiel A A, Montgomery P H. Land Capability Classification, US Department of Agriculture Handbook No 210, 1961.
- [3] FAO. A framework for Land Evaluation. Rome, 1976
- [4] Beek K J. Land evaluation of agricultural development. International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, The Netherlands, 1978
- [5] Smit B, *et al*. Integral land evaluation and its application to policy. Canada Journal of Soil Science, 1984, 64: 467~ 479
- [6] Turner K R. Land evaluation: Financial, economic and ecological approaches. Soil Survey and Land Evaluation, 1985, (5): 21~ 33
- [7] Verburg P H, Veldkamp A. Simulation of change in the spatial pattern of land use in China. Applied Geography, 1999, 19 (3): 211~ 233
- [8] 陈志刚. 区域耕地总量比较优势研究——以江苏省为例. 中国人口·资源与环境, 2002, 12(3): 91~ 94.
- [9] 陈江龙, 曲福田, 陈雯. 农地非农化的空间效率差异及对土地利用政策改革的启示. 管理世界, 2004, (8): 37~ 42.
- [10] 姜开宏, 陈江龙, 陈雯. 比较优势理论与区域土地资源配置. 中国农村经济, 2004, (12): 16~ 21.
- [11] 吴次芳, 王建弟, 许红卫, 等. 城市土地资源分类评价及其与土地优化配置的关系. 自然资源学报, 1995, 10(2): 158~ 164.
- [12] 陈雯, 孙伟, 段学军, 等. 苏州地域开发适宜性分区. 地理学报, 2006, 61(8): 839~ 846.
- [13] 贾生华, 张宏斌. 中国农地非农化过程与机制实证研究. 上海: 上海交通大学出版社, 2002.
- [14] 蔡运龙. 中国农村转型与耕地保护机制. 地理科学, 2001, 21(1): 1~ 6.
- [15] 杨国良, 彭鹏. 农业发展与农地非农化. 资源科学, 1996, 18(1): 36~ 40.
- [16] 张安录, 杨刚桥. 美国城市化过程中农地城市流转与农地保护. 中国农村经济, 1998, (11): 74~ 84.
- [17] 杨子生. 基于可持续利用的云南金沙江流域耕地适宜性评价研究. 云南大学学报(自然科学版), 2001, 23(4): 303~ 309.
- [18] 张洪业. 利用限制性评分方法确定土地农业适宜性等级. 地理研究, 1994, 13(2): 67~ 73.
- [19] 付海英, 郝晋珉, 朱德举, 等. 耕地适宜性评价及其在新增其他用地配置中的应用. 农业工程学报, 2007, 23(1): 60~ 65.
- [20] 摆万奇. 深圳市土地利用动态趋势分析. 自然资源学报, 2000, (2): 112~ 116.
- [21] Kuminoff, Nicolai V *et al*. Farmland Conversion: Perceptions and Realities. University of California Agricultural Issues Center. Issues Brief no 16, 2001.
- [22] Konagaya K, H Morita, Otsubo K. Chinese land use predicted by the GTR-model, Discussion Paper in the 1999 Open Meeting of the Human Dimensions of Global Environmental Change Research Community, IGES, Shonan Village Center, 1999
- [23] 张华, 贺灿飞. 区位通达性与在京外资企业的区位选择. 地理研究, 2007, 26(5): 984~ 994.
- [24] 王如渊, 李翠华. 四川省 FDI 区位选择的特征与机理. 地理研究, 2008, 27(2): 385~ 396.
- [25] Carmen Carrion-Flores, Elena G. Irwin. Determinants of residential land-use conversion and sprawl at the rural-urban fringe. American Journal of Agricultural Economics, 2004, 86(4): 889~ 904
- [26] 李子奈, 叶阿忠. 高等计量经济学. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [27] Cho T S, Newman D H. Spatial analysis of rural land development. Forest Policy and Economics, 2005, (7): 732~ 744
- [28] Bockstae N. Modeling economics and ecology: The importance of a spatial perspective. American Journal of Agri-

cultural Economics, 1996, 78: 1168~ 1180

- [29] 李秀彬. 中国近 20 年来耕地面积的变化及其政策启示. 自然资源学报, 1999, 14(4): 329~ 333.
- [30] 何书金, 李秀彬. 环渤海地区耕地利用态势及保护开发途径. 地理研究, 2002, 21(3): 331~ 338.
- [31] 张衍广, 林振山. 基于 EMD 的山东省 GDP 增长与耕地变化的关系. 地理研究, 2007, 26(6): 1147~ 1155.
- [32] 邬克万, 张耀麟. 一个概率性土地发展分析模式. 台湾土地科学学报, 2001, 1(1): 51~ 66.
- [33] 邵晓梅, 杨勤业, 张洪业. 山东省耕地变化趋势及驱动力分析. 地理研究, 2001, 20(3): 298~ 306.
- [34] 韦素琼, 陈健飞. 土地利用变化区域对比研究——以闽台为例. 北京: 科学出版社, 2006.
- [35] 满苏尔·沙比提, 海鹰. 近 50 年来渭干河- 库车河三角洲绿洲耕地变化及其成因. 地理研究, 2004, 23(4): 487~ 494.
- [36] Seto K C, Kaufmann R K. Modeling the drivers of urban land use change in the Pearl River Delta, China: Integrating remote sensing with socioeconomic data. Land Economics, 2003, 79(1): 106~ 121.

Location choice of protection for cultivated land based on probit model in Changshu city

JIN Zhifeng^{1, 2}, CHEN Wen¹, CHEN Jiang-long¹, YUAN Feng^{1, 3}

(1. Nanjing Institute of Geography & Limnology, CAS, Nanjing 210008, China;

2. Jiangsu Institute of Land Surveying and Planning, Nanjing 210024, China;

3. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: Scarcity of cultivated land, rapid industrialization and urbanization process have resulted in the expansion and high demand of construction land, causing heavy contradiction between the protection of cultivated land and the expansion of construction land. To alleviate this kind of contradiction in developed regions and harmonize the relationship between them, a quantitative evaluation method for reasonable and scientific location of cultivated land conservation is required, which has a significant meaning for harmonizing the relationship. Therefore, the paper explores the Probit measurement model and Zoning method to study the location of cultivated land conservation problem in Changshu city. Firstly, the analysis of modeling operation shows that factors such as the quality of land, terrain condition, GDP growth rates, accessibility to downtown and harbor, the distance to downtown and so on, have evident influences on the changing process of cultivated resource. According to the factors, an indicator system of zoning is established. Secondly, based on the evaluation results, the study area is divided into five sub-regions: the most suitable region, the relative suitable region, the suitable region, the relative unsuitable region and the unsuitable region, which account for 30.2%, 40.7%, 17.9%, 5.2% and 6% of the total areas respectively. Finally, on the basis of the zoning results, guidelines for protecting farmland and developing construction land are offered, which can not only improve the rate of protection farmland but also reserves scientific construction land. This paper has provided scientific implications for site selection of Comprehensive Land Use Planning, Primary Farmland Conservation Subject Plan, Urban and Regional Planning and Project.

Key words: cultivated land conservation; location choice; Probit model; construction space; Changshu city