

耕地空间优化配置研究

——以常州市新北区为例

龚媛^{1,2}, 李飞雪^{1,2}, 王丽妍^{1,2}, 姜朋辉^{1,2}, 黄秋昊^{1,2}, 李满春^{1,2}

(1. 南京大学地理与海洋科学学院, 南京 210023; 2. 江苏省地理信息技术重点实验室, 南京 210023)

摘要: 如何通过配置耕地的空间布局, 缓解城市建设用地扩张与耕地保护之间的矛盾, 是国土资源利用过程中必须重视的问题。研究以常州市新北区为例, 首先, 从耕地的自然禀赋、质量条件、空间形态、区位条件和规划预测五个方面入手, 共选取 18 个指标因子, 构建了耕地资源保护价值评价指标体系; 然后, 利用 S 型模糊隶属度函数标准化指标数值, 并综合运用灰色关联分析和理想点逼近法, 以实际地块为单元, 对评价结果进行优劣排序; 最后, 根据最大相似性原理, 将研究区内的耕地分为五级, 以预测模拟的目标年份耕地需求量为基准, 确定耕地空间上的最优分布位置。研究结果表明, 2020 年新北区耕地需求量的模拟值为 10 679.93 hm², 前四级耕地总量能够满足其要求, 故将相应耕地划入最优区域。春江镇和孟河镇分别以其广大的区位优势 and 优良的耕地质量成为耕地保护的重点区域。

关键词: 耕地; 空间优化配置; 灰色关联度; TOPSIS; 新北区

中图分类号: F321.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2016)04-0199-07

Studies on Spatial Optimization Allocation of Cultivated Land —Taking Xinbei District, Changzhou City as the Example

GONG Yuan^{1,2}, LI Feixue^{1,2}, WANG Liyan^{1,2}, JIANG Penghui^{1,2}, HUANG Qiuha^{1,2}, LI Manchun^{1,2}

(1. School of Geographic and Oceanographic Sciences, Nanjing University, Nanjing 210023, China;

2. Jiangsu Provincial Key Laboratory of Geographic Information Science and Technology, Nanjing 210023, China)

Abstract: The optimal allocation of cultivated land plays a key role in alleviating the contradiction between the urban construction land expansion and cultivated land protection, which is one of important issues for the process of national land and resources development. Taking Xinbei District, Changzhou City, as a case study, we constructed a comprehensive evaluation system of cultivated land protection value from the perspectives of natural endowments, quality condition of cultivated land, spatial pattern, site conditions and planning and forecasting results. Then, based on the results from standardizing 18 index values with S type fuzzy membership function, the optimal allocation of cultivated land was explored by combining with grey correlation model and the ideal point method. The cultivated land in the research area was divided into five parts by depending on the principle of maximum similarity. And the predictive value of the demand for cultivated land in Xinbei District in 2020 was set as the threshold value to determine the optimal distribution for cultivated land. The results show that the number of the cultivated land of the first four ranks exceeded 10 679.93 hm², the simulation value of the demand of cultivated land of Xinbei District in 2020, so the corresponding cultivated land was regarded as the best area of cultivated land. Chunjiang Town and Menghe Town are the key areas of cultivated land protection because of their large areas or superior quality.

Keywords: cultivated land; spatial optimal allocation; grey correlation degree; TOPSIS; Xinbei District

由于城市扩张与耕地保护之间的矛盾日趋激
化^[1], 中国政府积极出台了許多耕地保护方针政策。

然而, 这些严格的耕地保护制度并未有效缓解二者之
间的冲突, 城市建设大面积占用优质耕地的现象依然

存在^[2-3],其原因很大程度上归结于方针政策执行不力^[4]。由于不同区位耕地资源在产能条件和流转风险等方面的差异,导致相应保护价值、成本和难度各异^[5]。若无法准确掌握耕地资源的保护价值和空间定位等信息,即使中央对各级地方政府下达了基本农田保护和耕地红线等数量指标,但在保护对象缺乏针对性的情况下,地方政府对各项耕地保护任务的贯彻落实也只能达到事倍功半的效果。因此,如何在综合考虑耕地数量与质量的前提下,明晰耕地资源的空间定位、实现耕地的空间优化配置将是未来维持耕地数量、提高耕地质量、保持粮食供需平衡的关键所在。

近年来,不乏出现关于耕地资源需求量的研究,大都以定量研究为主,研究方法各不相同,包括动力预测模型^[6]、扩展模型^[7]、多目标预测^[8]、基尼系数^[9]等,同时也存在分析耕地保有量指标合理性的定性研究^[10],但缺少将其预测结果定位于空间当中的研究。而有关耕地资源质量评价的研究则多不胜数,主要是从地质条件、土壤状况、空间形态、耕作便利程度等方面进行评估^[11-12]。由于缺少耕地需求作为导向,通常其分级定区的结果在耕地保护力度针对性上稍有欠缺。以耕地作为独立地类进行空间配置的研究大部分以基本农田作为研究对象^[13-14],一般是在耕地资源综合评价的基础之上,依据上级下达的基本农田数量指标,在空间上划分基本农田保护区域。与其相比,以耕地保有量作为配置标准的研究不仅能够充分响应政府对永久基本农田划定工作的要求,积极促进国家粮食安全保障工作的落实,而且可以因地制宜地考虑区域人口对于粮食的需求,更加符合以人为本的思想。

针对上述问题,本文从如何结合区域人口的粮食需求确定耕地保有量最低值、如何综合评价耕地资源保护价值以及如何实现耕地资源空间配置等问题出发,以常州市新北区为例,开展科学研究与分析。新北区是 1992 年经国务院批准最早成立的 52 个国家级高新区之一,经济发展迅速,城市扩张的现象尤为显著,地理位置、土地利用情况和经济发展状况都具有一定的代表性。研究新北区耕地空间优化配置,除了能够为新北区下一轮土地利用总体规划的耕地保护工作和永久基本农田划定工作提供决策支持之外,对其他地区的耕地保护工作也具有重要的借鉴意义。

1 研究区与数据

1.1 研究区概况

常州市新北区(31°48′—32°03′N,119°46′—120°01′E),位于江苏省东部太湖平原地区。区位条件优越,交通便捷。全区现辖河海、三井、龙虎塘等三个街道和春江、孟

河、西夏墅、罗溪、薛家、新桥等六个镇。截至 2013 年底,新北区户籍人口达 46.94 万人,常住人口近 61.75 万人。全区土地总面积 $4.53 \times 10^4 \text{ hm}^2$,耕地面积 $1.69 \times 10^4 \text{ hm}^2$,占土地总面积的 37.30%。新北区不断加强农业基础设施建设,大力改善农业生产条件,基本形成防洪、防涝、防旱、防渍四套工程体系,农机农艺逐步配套,为农业高产稳产创造了条件。

1.2 数据来源与处理

本文采用 2011 年 1:100 000 新北区土地利用现状数据作为工作底图,以耕地斑块作为评价单元。坡度数据是由 60 m×60 m 的新北区数字高程模型(DEM)经坡度分析获得。耕地质量条件的指标数据是通过 2011 年新北区耕地地力调查数据和农用地分等成果获得。空间形态方面的数据由 Fragstats 软件计算求得。分别以水体、城镇中心、农村居民点、村级以上道路、农村道路作为衡量对象,通过距离分析,得到耕地斑块与相应对象之间的距离信息。规划数据采用的是新北区土地利用总体规划(2006—2020 年)的矢量数据。将基期耕地斑块分别与土地整治项目区域、规划基本农田保护区域以及 2020 年耕地斑块预测模拟结果相叠加计算,可产生与规划预测相关的数据信息。其中,耕地斑块预测模拟结果是以 2005 年和 2010 年土地利用现状数据为基础,采用 CA-Markov 模型模拟后,提取相应耕地区域而成。将相应数据转换为 5 m×5 m 的栅格数据后,利用 ArcGIS 9.3 软件中的分区统计(Zonal Statistics)操作,将各指标因子位于耕地斑块范围内的栅格众数值赋给相应耕地斑块。

为了保证统计年鉴中行政区划的一致性,本文以 2003—2012 年常州市统计年鉴作为农业和人口等数据的来源,提取常住人口、粮食作物单产、粮食作物播种面积、农作物总播种面积等指标,用于模拟 2020 年新北区耕地保有量下限值。

2 研究方法

2.1 耕地保有量下限值的计算

以耕地的生产功能为基础,根据研究区人口数及人均粮食需求量,确定粮食总需求量,再利用粮食自给率、粮食作物单产水平、农作物复种指数、粮食作物播种面积占农作物总播种面积的比例(以下简称“粮农比例”)等数据,计算得到研究区相应年份的耕地需求量,即为当年耕地保有量的下限值。其测算公式如下^[15]:

$$D_c = \frac{P_{\text{area}} \times D_{\text{per}} \times R_{\text{ss}}}{Y_{\text{fc}} \times I_{\text{mc}} \times P_{\text{fc}}} \quad (1)$$

式中: D_c 代表耕地需求量; P_{area} 代表区域人口总数; D_{per} 代表人均粮食需求量; R_{ss} 代表区域粮食自给率;

Y_{fc} 代表粮食作物单产; I_{mc} 代表耕地复种指数; P_{fc} 代表粮食作物播种面积占农作物总播种面积的比例。

2.2 耕地保护价值综合评价体系的构建

在遵从科学性、客观性、综合性与完整性、主导性与差异性、可操作性与可行性等原则^[16-17]的基础上,总结相关耕地综合评价的研究成果^[18-19],并参照政府有关耕地保护的法规要求,本文在选取耕地的自然禀赋、质量条件、空间形态和区位条件四个常规因素的同时,将规划方针和预测结果作为影响耕地空间配置的因素之一,纳入指标体系当中。在考虑数据可获取性的前提下,共计 18 个指标因子入选该评价体系(见表 1)。

此评价体系有别于其他一般耕地评价研究的独特

表 1 耕地资源保护价值的综合评价指标体系

影响因素	指标因子	指标性质	影响因素	指标因子	指标性质
自然禀赋	坡度	负向指标	空间形态	集中连片度	正向指标
	距水体距离	负向指标		形状规整度	负向指标
	表层土壤质地	正向指标	区位条件	距城镇中心距离	负向指标
	土壤酸碱度	适度指标		距农村居民点距离	负向指标
	土壤有机质含量	正向指标		距村级以上道路距离	负向指标
质量条件	有效土层厚度	正向指标	规划预测	距农村道路距离	负向指标
	障碍层距地表深度	正向指标		是否是土地整治项目	正向指标
	灌溉保证率	正向指标		规划期是否改变土地用途	正向指标
	排水条件	正向指标		耕地预测结果的利用类型	正向指标
				是否发生变化	正向指标

2.3 耕地资源保护价值的优劣排序

完成耕地资源保护价值综合评价指标体系中各指标因子数据的搜集和处理工作后,本文选取了美国学者 L. A. Zadeh 于 20 世纪 60 年代提出的模糊隶属度函数法^[20]标准化各指标因子数值。该方法克服了一般标准化方法存在的缺陷,其优势表现在:(1) 对任意指标值(无论正负)均适用;(2) 标准化后的数值能够较真实地反映原指标之间的差异性;(3) 将正向指标和逆向指标皆转化为正向指标,即指标值越大,越符合评估条件。模糊隶属度函数主要分为四类,分别是 S 型函数、J 型函数、线性函数和自定义函数。由已有研究^[21]和实际经验可知,S 型函数相比于其他几类模糊隶属度函数,更加符合指标因子对耕地空间优化配置产生影响的变化趋势,故采用 S 型模糊隶属度函数进行标准化处理。

在此基础之上,本文利用灰色关联分析与理想点逼近法(Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution, TOPSIS)相结合的灰色关联-TOPSIS 组合排序法^[22]对各地块的耕地资源保护价值进行优劣排序。该方法不仅能够通过计算欧式距离和灰色关联度分别从位置和形状相似性上反映评价对象与理

想解的接近程度,而且可以通过衡量评价对象与“正、负理想解”之间的差异程度体现双基准特性;既克服了 TOPSIS 法无法表达数据序列态势变化的缺点,又弥补了灰色关联分析只具备单一基准的缺陷。

灰色关联-TOPSIS 组合排序法当中涉及的综合权重是通过层次分析法和熵权法相结合的主客观赋权方法求取^[23],一方面将决策者的主观判断用定量形式表达和处理,另一方面保留了指标的内在性质,尊重客观规律,具有较强的数学理论依据,一定程度上弱化了研究过程中的主观随意性。由于主客观权重对于研究结果产生的影响相当,故以二者的平均值作为综合权重(表 2)。

3 结果与分析

3.1 耕地保有量下限值的计算结果与分析

根据《国家粮食安全中长期规划纲要(2008—2020 年)》规定,到 2010 年人均粮食消费量不低于 389 kg,到 2020 年不低于 395 kg。因此,本文将 389 kg 和 395 kg 分别作为 2010 年之前和 2010—2020 年人均粮食消费量的衡量标准。另外,本文利用 GM(1,1)模型模拟确定式(1)中其余各变量于 2020 年的预测值(表 3)。

对比指标模拟的精度值与 GM(1,1)模型的精度等级(表 4)可发现,除粮农比例外,其余各指标模拟精度较高,等级都达到 1 级标准,粮农比例的模拟精度勉强符

合投入实际研究的条件。将各变量预测值代入公式(1),可计算求得 2020 年新北区耕地需求量为 10 679.93 hm²,即当年耕地保有量的下限值。

表 2 指标因子权重

指标因子	主观权重	客观权重	综合权重	指标因子	主观权重	客观权重	综合权重
坡度	0.1197	0.0543	0.0870	集中连片度	0.0400	0.0589	0.0495
距水体距离	0.0703	0.0551	0.0627	形状规整度	0.0400	0.0545	0.0473
表层土壤质地	0.0690	0.0564	0.0627	距城镇中心距离	0.0456	0.0605	0.0530
土壤酸碱度	0.0276	0.0544	0.0410	距农村居民点距离	0.0336	0.0543	0.0440
土壤有机质含量	0.0874	0.0544	0.0709	距村级以上道路距离	0.0264	0.0551	0.0407
有效土层厚度	0.0644	0.0545	0.0594	距农村道路距离	0.0144	0.0543	0.0344
障碍层距地表深度	0.0230	0.0544	0.0387	是否属于土地整治项目	0.0500	0.0583	0.0541
灌溉保证率	0.0874	0.0543	0.0709	规划期的土地用途是否改变	0.0500	0.0566	0.0533
排水条件	0.1012	0.0548	0.0780	预测结果中的土地利用类型是否变化	0.0500	0.0549	0.0525

表 3 指标模拟结果及精度

指标名称	常住人口/万人	粮食自给率/%	粮食作物单产/(kg·hm ⁻²)	复种指数/%	粮农比例/%
2020 年预测值	73.27	44.48	7445	196.02	82.60
平均相对误差	0.01	0.04	0.01	0.02	0.01
关联度 r	0.72	0.76	0.62	0.56	0.63
后验差比值 c	0.04	0.33	0.28	0.34	0.56
小误差概率 p	1.00	0.90	1.00	1.00	0.70

表 4 GM(1,1)模型精度等级

指标	精度等级			
	好 (1 级)	合格 (2 级)	勉强 (3 级)	不合格 (4 级)
后验差比值 c	<0.35	<0.50	<0.65	≥0.65
小误差概率 p	>0.95	>0.80	>0.70	≤0.70

3.2 耕地资源保护价值评价指标的量化结果与分析

本文围绕耕地的自然禀赋、质量条件、空间形态、区位条件和规划预测五个因素,完成耕地资源保护价值综合评价指标体系的构建后,利用 S 型模糊隶属度函数标准化处理各指标因子数据的结果见图 1。

通过综合观察可知,新北区地势总体平坦,西南部水网密度较为稀疏。除了耕地的障碍层距地表深度普遍较浅之外,新北区耕地的质量条件整体呈优良态势,表层土壤质地主要为适宜水稻、小麦等作物种植的中壤和轻壤,土壤酸碱度对于农作物种植的适宜性由北向南逐渐减弱,土壤有机质含量较多,有效土层厚度能够有效维持作物根系的生长和土壤水分、养分的供应,灌溉保证率和排水条件都能达到稳定粮食生产的水平。但在空间形态方面,各乡镇耕地的集中连片度和形状规整度既有高值也存在低值,需要通过土地整治、耕地整理等手段降低耕地破碎化程度,从而促进农业机械化运作的完善、耕地利用效率的提高以及耕地生态景观完整性的保持。新北区耕地的区位

条件较为均衡,除了距离城镇中心和村级以上主要道路较远的耕地外,其余耕地都具有较短的耕作距离,以及良好的道路通达度和耕作便利度,有利于农作物的销售以及贮存。另外,由于政策倾向作用,新北区西部耕地相较于东部能够受到更好的保护,避免其他土地利用类型的侵占,保障耕地的稳定性,而且土地整治项目涉及的部分耕地其质量或利用效率将通过人为干预得到改善。新北区 2020 年耕地的模拟结果与研究基期的耕地分布情况大体一致,远离耕地集中区域的破碎耕地未来转换为其他土地利用类型的机率更大,降低了此类耕地划入最优区域的可能性。

3.3 耕地空间配置的模拟结果与分析

研究以标准化后的指标因子数据为基础,利用灰色关联度-TOPSIS 组合法对耕地斑块的保护价值综合排序,取值范围在 0.235 5~0.741 5,并按最大相似原理,采用自然断点法将其结果分为五级,结果见图 2。

统计各级耕地面积(表 5)可知,等级 I 耕地是所有级别耕地中面积最少的,仅有 727.58 hm²,占总耕地面积的 4.39%,孟河镇与西夏墅镇分布较多。等级 II 耕地分布在孟河镇的面积高达 1 203.18 hm²,将近 II 级耕地总面积的三分之一。II 级耕地位于春江镇与西夏墅镇的面积皆在 600 hm² 左右,两者之和基本与孟河镇 II 级耕地面积持平。等级 III 和 IV 耕地大

都分布在春江镇与孟河镇,两镇相应等级耕地面积之和占新北区相应等级耕地总面积的一半之多。等级

V 耕地主要位于春江镇,共 2 618.45 hm²,接近春江镇耕地总面积的二分之一。

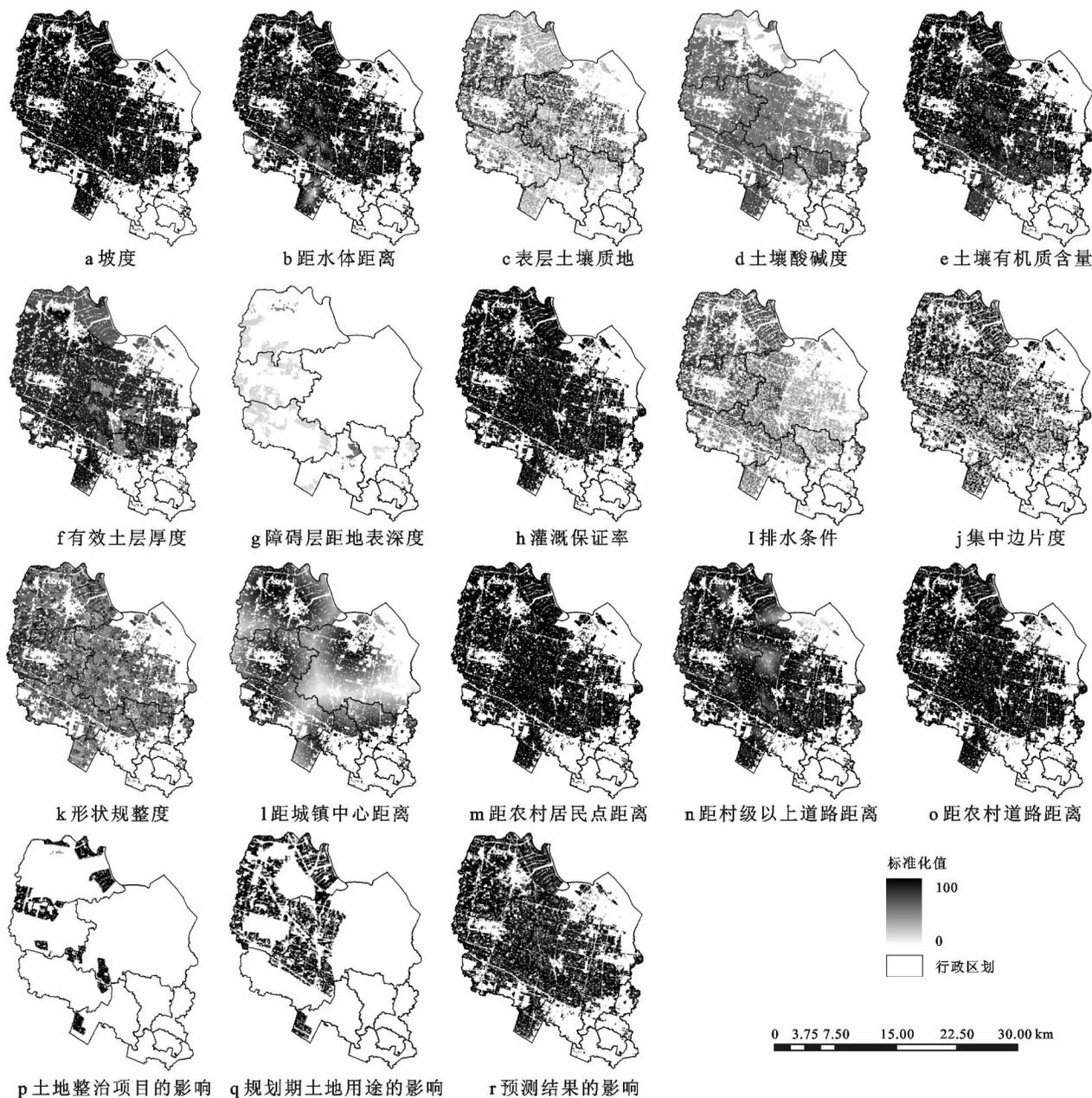


图 1 经标准化处理的各指标因子数据的空间格局

表 5 耕地综合评价等级划分结果

乡镇名称	耕地等级 I	耕地等级 II	耕地等级 III	耕地等级 IV	耕地等级 V	合计
河海街道	0.00	0.00	1.02	1.92	0.00	2.93
三井街道	0.00	0.12	3.36	6.72	6.34	16.54
龙虎塘街道	1.89	7.73	67.24	50.06	76.40	203.33
春江镇	84.20	588.13	999.34	922.19	2618.45	5212.31
孟河镇	337.66	1203.18	1168.27	723.08	1011.11	4443.31
新桥镇	16.83	83.94	272.77	216.72	332.76	923.02
薛家镇	35.26	100.19	285.31	269.44	405.64	1095.85
罗溪镇	48.97	242.32	616.22	523.08	678.25	2108.84
西夏墅镇	202.77	600.08	773.22	442.14	536.23	2554.43
合计	727.58	2825.69	4186.75	3155.34	5665.19	16560.54
累加总计	727.58	3553.28	7740.02	10895.36	16560.54	

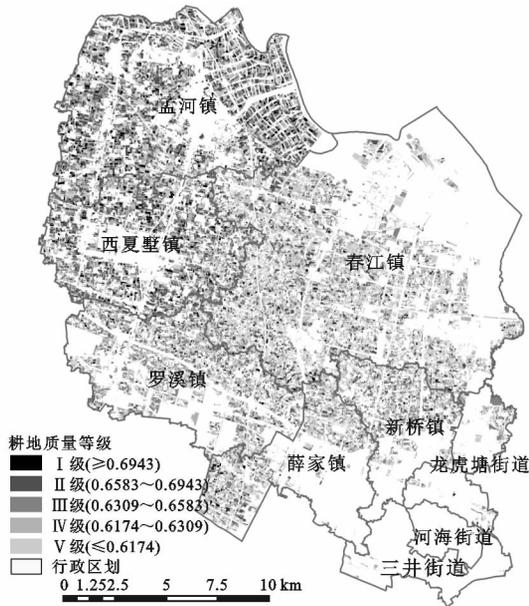


图 2 耕地质量分级

因区域内三个街道自身行政区划小,故耕地数量相应少,河海街道和三井街道的耕地总面积皆不足 20 hm^2 ,只有龙虎塘街道耕地面积勉强超过 200 hm^2 。三个街道内等级Ⅲ和Ⅳ的耕地面积之和超过总量三分之二,体现该区域的耕地质量普遍不高。春江镇等级耕地数量呈梯级分布,等级越低,所分布的耕地面积越多。孟河镇耕地等级大都为Ⅱ和Ⅲ,相应耕地面积皆在 1 100~1 200 hm^2 左右,从而可知孟河镇耕地质量差异不大,较为均衡。新桥镇和薛家镇、罗溪镇和西夏墅镇这两个分组耕地总面积大体一致,各等级耕地面积分布趋势基本相同,但西夏墅镇等级Ⅰ耕地与等级Ⅱ耕地的数量比罗溪镇多,说明西夏墅镇耕地条件略优于罗溪镇。

由于河海街道、三井街道和龙虎塘街道三者位于常州市中心城区的核心地带,该范围内社会经济活动频繁,是建设用地扩张的重点区域,且三个街道内的耕地数量极其有限且质量不高,因而在确定耕地最优区域时将此范围内的耕地排除考虑之外。前四级耕地面积之和为 10 895.36 hm^2 ,扣除三个街道内相应耕地面积,结果为 10 755.30 hm^2 ,满足 2020 年新北区耕地需求总量 10 679.93 hm^2 ,故将这些耕地所在位置确定为新北区耕地最优区域(图 3)。



图 3 耕地空间优化配置模拟结果

最优区域内耕地面积共计 10 755.30 hm^2 ,占研究基期 2011 年耕地总面积的 64.95%(表 6)。其中,孟河镇由于自然禀赋佳、耕地质量好、区位条件等优势,有 3 432.19 hm^2 耕地划入最优范围,占其比重约为三分之一,位居 6 个乡镇之首。春江镇凭借其广大的行政区划囊括了众多耕地,故划入最优区域的面积达到 2 593.86 hm^2 ,所占比例为 24.12%,但其划入最优区域的耕地面积仅占研究基期耕地面积的 49.76%,不足研究基期耕地面积的一半,是所有乡镇中最少的,说明虽然春江镇耕地面积广阔,但质量一般,需提高该镇耕地的利用效率,改善耕地质量,促进农业高效发展。西夏墅镇划入最优区域的耕地面积虽然只比罗溪镇划入最优区域的耕地面积多了 600 hm^2 左右,但其占基期耕地面积比率却将近 80%,数新北区所有乡镇中比值最高的,揭示西夏墅镇的耕地在自然禀赋、质量条件、空间形态、区位条件和规划预测等方面皆有不俗表现。虽然新桥镇与薛家镇划入最优区域的耕地面积均不足 700 hm^2 ,所占耕地最优区域总面积比例之和还不及罗溪镇,但其占研究基期耕地面积比值已超过 60%,显示出该区域内耕地整体条件优于春江镇。

表 6 耕地最优区域统计

乡镇名称	划入耕地最优区域面积/ hm^2	占耕地最优区域百分比/%	2011 年耕地面积/ hm^2	占基期耕地百分比/%
春江镇	2593.86	24.12	5212.31	49.76
孟河镇	3432.19	31.91	4443.31	77.24
新桥镇	590.25	5.49	923.02	63.95
薛家镇	690.21	6.42	1095.85	62.98
罗溪镇	1430.59	13.30	2108.84	67.84
西夏墅镇	2018.20	18.76	2554.43	79.01
合计	10755.30	100.00	16560.54	64.95

4 结论与讨论

(1) 本文通过科学模拟与计算,得到新北区 2020 年最低耕地保有量应保持在 10 679.93 hm²,以此为数量标准的耕地空间优化配置结果,不仅满足粮食需求对于耕地数量的要求,而且因地制宜地考虑耕地自然禀赋、质量条件、空间形态、区位条件以及规划预测等因素的影响。

(2) 由新北区耕地资源保护价值综合评价结果可知,除了障碍层距地表深度这一指标因子之外,耕地在自然禀赋、质量条件和区位条件方面整体呈现优良态势,但在空间形态方面,各乡镇耕地的破碎化程度高低不一,需要通过土地整治、耕地整理等手段,促进农机化程度的提高。另外,由于政策倾向作用,西部耕地资源相较于东部能够受到更好的保护。

(3) 最优区域内的耕地来源主要位于春江镇和孟河镇,所占面积达 6 000 hm² 之多,超过总面积的半数。春江镇以其广大的行政区划为优势,为耕地最优区域的数量需求提供充足供应;孟河镇和西夏墅镇的耕地则是凭借突出的自然禀赋、优良的质量条件、规整连片的空间形态和便捷的区位条件等,成为重点保护区域。罗溪镇、新桥镇和薛家镇划入最优区域内的耕地面积较少,但也是其中不容忽视的组成部分。

本文关于耕地空间优化配置的方法和结果,使决策者能较为准确掌握耕地的数量、质量和空间分布等信息,从而有的放矢地制定相关方针政策保护耕地,确保区域粮食安全。本文的研究尺度属于小尺度空间,今后可在中度尺度空间和大尺度空间进行深入探讨。另外,文中有关耕地保有量的预测并未考虑粮食储备与市场流通的影响,还有待进一步的研究和探讨。

参考文献:

[1] 陈江龙,高金龙,魏也华,等.大都市区建设用地空间扩展机理研究:以南京市为例[J].地理科学,2013,33(6):676-684.

[2] 赵小汎,代力民,陈文波,等.耕地与建设用地变化驱动力比较分析[J].地理科学,2008,28(2):214-218.

[3] 张婧,李诚固.吉林省粮食生产地域城乡空间统筹研究[J].经济地理,2012,32(12):122-126.

[4] 吴泽斌,刘卫东,罗文斌,等.我国耕地保护的绩效评价及其省际差异分析[J].自然资源学报,2009,24(10):1785-1793.

[5] 金志丰,陈雯,陈江龙,等.基于 Probit 模型的常熟耕地

保护区位选择[J].地理研究,2010,29(12):2261-2270.

[6] 孙燕,林振山,金晓斌,等.中国耕地保有量的动力预测模型及对策[J].地理科学,2008,28(3):337-342.

[7] 肖丽群,吴群.基于脱钩指数的 2020 年江苏省耕地保有量目标分析[J].资源科学,2012,34(3):442-448.

[8] 杨利民,于闽.我国未来人口发展对耕地的需求分析[J].经济地理,2013,33(2):168-171.

[9] 张琳,陈逸,张群,等.基于基尼系数的耕地保有量分配优化模型[J].经济地理,2012,32(6):132-137.

[10] 孙晓莉,赵俊三,吴晓伟,等.云南省土地利用总体规划耕地保有量指标合理性分析[J].中国土地科学,2012,26(8):17-22.

[11] 宋戈,李丹,梁海鸥,等.松嫩高平原黑土区耕地质量特征及其空间分异:以黑龙江省巴彦县为例[J].经济地理,2012,32(7):129-134.

[12] 秦元伟,赵庚星,董超,等.乡镇级耕地质量综合评价及其时空演变分析[J].自然资源学报,2010,25(3):454-464.

[13] 张落成,王辰,李青.泰州市基本农田空间配置探讨[J].长江流域资源与环境,2010,19(12):1421-1426.

[14] 宇向东,郝晋珉,鲍文东.基于耕地分等的基本农田空间配置的方法[J].农业工程学报,2008,24(S1):185-189.

[15] 蔡运龙,傅泽强,戴尔阜.区域最小人均耕地面积与耕地资源调控[J].地理学报,2002,57(2):127-134.

[16] 杜国明,刘彦随.黑龙江省耕地集约利用评价及分区研究[J].资源科学,2013,35(3):554-560.

[17] 张宇,李双异,裴久渤,等.桓仁县基本农田划定综合评价指标体系[J].中国人口·资源与环境,2012,22(5):213-216.

[18] 奉婷,张凤荣,李灿,等.基于耕地质量综合评价的县域基本农田空间布局[J].农业工程学报,2014,30(1):200-210.

[19] 柯新利,马才学.基于资源禀赋和经济发展区域差异的耕地优化布局:以武汉城市圈为例[J].经济地理,2013,33(11):136-141.

[20] Zadeh L A. Fuzzy sets[J]. Information and Control, 1965,8(3):338-353.

[21] Gemitzi A, Petalas C, Tsihrintzis V A, et al. Assessment of groundwater vulnerability to pollution: a combination of GIS, fuzzy logic and decision making techniques[J]. Environmental Geology, 2006,49(5):653-673.

[22] 孙晓东,焦玥,胡劲松.基于灰色关联度和理想解法的决策方法研究[J].中国管理科学,2005,13(4):63-68.

[23] 于勇,周大迈,王红,等.土地资源评价方法及评价因素权重的确定探析[J].中国生态农业学报,2006,14(2):213-215.