

基于加权集覆盖模型的农村居民点空间布局优化

——以流泗镇为例*¹

叶艳妹¹ 张晓滨¹ 林琮¹ 林凡凡²

(1. 浙江大学公共管理学院, 中国浙江杭州 310058;

2. 华润置地森马实业(温州)有限公司, 中国浙江温州 325000)

【摘要】: 以江西省湖口县流泗镇为例, 从自然条件、区位条件、规模水平和发展水平四个方面对农居点建设发展适宜性进行综合评价, 并在此基础上利用加权集覆盖模型对集聚发展型农居点数量及位置进行选择, 从而得出最终的空间布局优化方案。结果显示, 加权集覆盖模型能够很好地弥补单纯以适宜性评价结果作为农居点分类依据方法的缺陷: 该模型所得出的 13 个集聚发展型农居点能够保证适宜性较高的同时, 将镇域内全部农居点纳入其服务范围。今后流泗镇应当以 13 个集聚发展型农居点为核心, 逐步引导分散农居点向其集聚, 从而提高土地利用效率。

【关键词】: 农居点; 布局优化; 适宜性评价; 服务半径; 加权集覆盖

【中图分类号】: K915 **【文献标志码】**: A **【文章编号】**: 1000 - 8462 (2017) 05 - 0140 - 09

DOI: 10.15957/j.cnki.jjdl.2017.05.019

我国人口数量庞大, 人均土地面积和耕地面积不到世界平均水平的 40%^[1]。在社会经济快速发展, 城市化、工业化加速推进的背景下, 我国对建设用地的需求急剧增长, 土地供需矛盾不断增大, 加上我国土地后备资源有限, 这使得土地资源节约集约利用显得尤为重要。然而我国在村庄建设过程中, 缺乏必要的规划引导与增长控制, 致使农居点用地在农村人口数量减少的同时不减反增, 布局散乱低效, 并存在用途与功能配置不合理, 生产、生活功能配套缺失等问题^[2]。因此对农居点用地进行充分挖潜, 通过土地整理对农居点空间布局进行优化, 是提高土地利用效率、降低农村基础设施建设成本及补充耕地的重要途径, 并能最终改善农民生活水平, 实现城乡统筹发展。

有关农居点空间布局优化的研究, 早期主要集中于农居点区位的影响因素^[3], 其中自然因素主要包括地形差异^[4-5]、位置与阳光^[6]和海拔^[7]等自然条件, 以及耕地、牧草地、河流等水资源、建筑材料和燃料等自然资源^[8-9]; 社会经济因素主要包括经济发展水平, 例如农民收入以及产业发展^[10-11], 交通条件^[12]和城镇辐射^[13]、政府规划行为本身^[14]以及公共服务基础设施的

¹ 收稿时间: 2016 - 08 - 25; 修回时间: 2016 - 12 - 18

基金项目: 国土资源部土地整治中心项目(2016-01-26); 国家社会科学基金重大项目(14ZDA039)

作者简介: 叶艳妹(1964—), 女, 浙江金华人, 博士, 教授。主要研究方向为土地整治工程、土地规划、不动产产籍管理。Email:yeyanmei@zju.edu.cn。

数量^[15]等。此外,随着社会经济的发展,生态因素如景观要素连通度等^[16],在农居点空间布局研究中越来越受到重视。

在农居点空间布局影响因素研究的基础上,现有研究往往根据景观格局^[17]、生态位^[18-19]、区位势^[20]、引力模型^[21-22]和人口城市化^[16, 23]等理论构建指标体系,对农居点空间布局进行适宜性评价;并以此为基础,采用自然断裂点^[24]、聚类分析^[18, 21]等方法,将农居点按照适宜性分值高低划分为集聚发展型、适度建设型、限制扩展型和拆迁型等不同类型,同时提供相应的建设指引^[25]。其中,集聚发展型农居点是指区域内建设发展适宜性高,发展潜力好,能够引导周边分散、规模小的农村居民点向其集聚,并通过自身发展为周边小村庄服务的农居点类型^[21-22]。由于其决定了区域农居点体系的未来发展方向与态势,其位置选择以及辐射范围的确定在农居点空间布局中尤为重要。因此,研究多以集聚发展型农村居民点为发生元构建加权 Voronoi 图,得到各集聚发展型农村居民点的势力范围,从而确定其余农村居民点的搬迁方向与路径^[26-28]。除此之外,相关研究还包括以全国或省域为尺度的宏观乡村聚落空间格局与类型划分^[29-32],以及在此基础上的空间优化重组^[33];以县域或村为尺度的农居点整理与优化的潜力测算^[34-35]、时序研究^[36]以及农居点用地不同整理方案的模拟^[37],以及以事后研究为特征的农居点整理效果评价^[38]

现有研究为农居点空间布局与优化提供了多元的理论体系,同时研究对象也涉及山区、丘陵区、平原等不同地形地貌以及东北、东部沿海、西南和西北等不同区位的各种类型村庄,为农居点选址与村庄建设提供了丰富的案例基础。然而,目前定量研究主要集中在农居点建设的适宜性评价方面,关于空间布局与优化本身多以定性描述为主;多数研究以适宜性评价结果作为指导农居点布局优化的唯一依据,确定农居点的不同建设类型,对不同村庄间空间关系考量不足,导致空间利益失衡;此外, Voronoi 图仅能用作空间客体的势力范围划分,而不能用于解决集聚发展型村庄的选址问题。

由于农村交通的不便以及农业生产的特点,农居点空间布局应当优化应坚持“集中为主,分散为辅,散中有聚”的原则^[11],以避免过度分散带来的成本提高和土地利用低效和过度集聚带来的空间利益失衡。基于此,本文选取江西省九江市湖口县流泗镇为案例,对其镇内自然村进行适宜性评价,并在此基础上,运用集覆盖选址模型,以最小化成本为目标,以集聚发展型农居点全域覆盖为约束条件,对农居点空间布局进行优化。

1 研究区与数据来源

1.1 研究区概况

流泗镇地处江西省九江市湖口县的东北部,距湖口县城 16km,距九江市 36 km,位于 116° 8' E, 29° 30' N,东与彭泽县交界,南与大垅乡接壤,西与凰村乡毗邻,北濒长江,与安徽省宿松县隔江相望。镇域内土地总面积约为 65 km²。其中耕地面积 1 904.5hm²,农村住宅用地面积 669.5 hm²。截止到 2013 年底,全镇总人口为 33 150 人,总户数为 7 445 户。其中农业人口为 29 646 人,占总人口的 89.4%。农村人均耕地面积仅为 0.06 hm²,而人均宅基地面积却达到人均 225.83 m²,远高于国家标准。2013 年全镇 GDP 为 454 89 万元,人均 GDP 为 13 722 元,一二三产业结构为 51:34:15,农民年人均纯收入为 7200 元。可以看出,流泗镇目前经济发展仍然以农业为主,其中农村农业从业人口达到 50%以上,因此,在农居点布局优化的过程中,必须结合当地实际情况,兼顾农业生产的特点。

1.2 数据来源及处理

本文以 2013 年为研究基期年,所使用的数据主要包括:流泗镇的土地利用现状图(1:10000),流泗镇总体规划、地质灾害易发程度分区图、高程等级图、坡度等级图等,以及各自然村的社会经济统计数据(人口规模、村庄用地面积、农民人均纯收入等)。此外,对于集聚发展型农居点服务半径的确定通过调查问卷的形式获得。

原始土地利用现状图等矢量数据均为 MapGIS 格式,首先将其转换为 ArcGIS 格式;之后从土地利用现状图中提取农居点用

地斑块,并删除面积小于 0.1hm^2 的零星农居点斑块;使用 ArcGIS 的 Feature to point 工具获取农居点斑块质心,并使用 Point distance 工具获取各农居点质心间的距离。

2 研究思路与方法

2.1 研究思路

农居点的空间布局既受到由经济、社会和生产等因素组成的建设发展适宜性的影响,同时也受到农居点相互间空间分布关系以及建设成本的制约,而其中尤以集聚发展型农居点的布局最为关键,因为其具有服务、带动周边农居点发展的功能。本研究以自然村为研究单元,首先构建综合性的适宜性评价体系,计算各农居点的建设发展适宜性分值;之后通过调查问卷形式获得镇域内村庄的服务半径;最后使用加权集覆盖选址模型,以最小化建设成本为目标,以所有农居点都被纳入集聚发展型农居点的服务范围作为约束条件,确定集聚发展型农居点的空间布局。

2.2 适宜性评价指标体系的建立

本文在已有农居点影响因素研究的基础上,根据流泗镇的实际情况,结合数据可得性,选取自然条件、区位条件、规模水平和发展水平四类因素,建立适宜性评价的指标体系。

①自然条件。影响农居点建设的自然条件主要包括地形地貌以及地质灾害的易发程度。其中地形地貌主要用坡度和高程两项指标反映:随着坡度的增加,农居点的建设难度加大,高程的增加也会使生产条件和居住环境比平原地区相对变差,居民点分布零散,规模小;地质灾害的易发程度一方面可以反映农居点的建设难度,另一方面也反映了农居点持久发展的可能性,地质灾害易发程度越高,建设越难,持久发展的可能性越低。

②区位因素。主干道和城镇辐射对于农居点的发展具有重要的影响,本文选取农居点距二者的距离作为反映农居点区位条件的指标:距离越近,区位条件越好;距离越远,区位条件越差。

③规模水平。规模水平包括人口规模和用地规模两部分,其中人口指各农居点常住人口,用地规模指农居点用地面积。此二项指标与农居点建设发展适宜性均为正向关系。

④发展水平。发展水平包括两部分内容,一是现状发展水平,二是未来发展态势。其中现状发展水平选取农民人均纯收入以及基础设施健全度来反映,两项指标取值越高,表明农居点发展水平越高;未来发展态势选取房屋空置率和长期外出务工人员比例来反映,房屋空置率和长期外出务工人员比例越高,村庄未来发展态势越差。

2.3 指标的标准化及权重的确定

2.3.1 指标的标准化

指标的标准化采用等级划定法。不同指标的等级数的划定,主要依据数据形式、精确程度和跨度范围,以及不同特性指标的变化对最终结果的影响程度来确定。其中坡度和高程数据由流泗镇地形图中提取,并按照地形起伏程度划分为3级;地质灾害易发程度直接按照流泗镇提供的地质灾害易发程度分区,分为易发、较易发和少发3个等级;距主干道距离使用 ArcGIS 的 Buffer 工具建立缓冲区,将农居点按照距离主干道 $<500\text{m}$ 以内、 $500\sim 1\ 000\text{m}$ 、 $1\ 000\sim 2\ 000\text{m}$ 、 $2\ 000\sim 3\ 500\text{m}$ 以及 $>3\ 500\text{m}$ 分为5个等级;距离县城距离则以每 $1\ 000\text{m}$ 建立缓冲区,同样将农居点分为5个等级;其余指标按照数值范围和精确程度,划分为4~5级不等。农居点并统一采用百分制,为每一等级赋予相应分数。不同指标等级数划分的不同,会一定程度导致各指标

赋值分数的差异，从而影响各农居点最终得分的绝对值，但不会在最终结果中造成农居点适宜性相对高低的改变，也即评价结果对一定程度的等级差异是不敏感的，从而并不会影响建设适宜性的评价以及后续选址模型的运行。

2.3.2 权重的确定

结构熵权法是由程启明提出的一种将主观赋值与客观赋值相结合确定权重的方法，其基本思想是将采集专家意见的德尔斐专家调查法与模糊分析法相结合，形成“典型排序”，对“典型排序”按照给定的熵决策公式进行熵值计算、“盲度分析”，从而得到指标的权重值^[39]。具体步骤为：

①通过德尔菲法获取指标“典型排序”，并计算排序隶属度。严格按照德尔菲法的要求，对专家进行问卷调查，获取指标的排序。设 $I=a_{ij}$ 表示第 i 个专家对第 j 个指标的排序数，则按照公式 (1) 计算指标排序数的隶属度：

$$\mu(I) = b_{ij} = \frac{\ln(m - I)}{\ln(m - 1)} \quad (1)$$

式中： $\mu(I) = b_{ij}$ 表示第 i 个专家对第 j 个指标排序数的隶属度； m 为转化参量，一般取最大排序数加 2。

②盲度分析。设 k 个专家的话语权相同，则专家对指标权重的平均认识度 b_j 计算如下：

$$b_j = (b_{1j} + b_{2j} + \dots + b_{kj}) / k \quad (2)$$

定义专家 i 对指标 j 的由认知产生的不确定性称为“认识盲度”，记为 Q_j ，则其计算如下：

$$Q_j = \left| \frac{[\max(b_{1j} + b_{2j} + \dots + b_{kj}) - b_j] + [\min(b_{1j} + b_{2j} + \dots + b_{kj}) - b_j]}{2} \right| \quad (3)$$

对于每一指标 j ， k 个专家对其总认识度记作 x_j ：

$$x_j = b_j(1 - Q_j) \quad (4)$$

③归一化处理。对 x_j 进行归一化处理，即可得到每一指标最终的权重：

$$\alpha_j = x_j / \sum_{i=1}^n x_i \quad (5)$$

式中： α_j 表示专家对指标 j 重要性的一致认识程度，也即指标的权重； x_j 表示 k 个专家对指标 j 的总认识度； n 表示指标的数量。

表 1 给出了农居点建设发展适宜性评价的各项指标及采用结构熵权法计算所得的权重。

表1 农居点建设发展适宜性指标体系及权重
 Tab.1 Indicator system for suitability assessment of residential settlement and their weights

因素	指标	指标属性	级别数	权重
自然条件	坡度	反向	3	0.0884
	高程	反向	3	0.0657
	地质灾害易发程度	反向	3	0.1085
区位条件	距主干道距离	反向	5	0.1174
	距县城距离	反向	5	0.0935
规模水平	农居点常住人口数量	正向	5	0.1317
	农居点面积	正向	5	0.1049
发展水平	农民人均纯收入	正向	5	0.1111
	基础设施健全度	正向	5	0.0643
	房屋空置率	反向	5	0.0637
	长期外出务工人员比重	反向	4	0.0508

2.4 适宜性分值的计算

最终流泗镇镇域内各农居点建设适宜性分值采用如下公式计算：

$$F_i = \sum_{j=1}^n f_{ij} \cdot \alpha_{ij} \quad (6)$$

式中： F_i 表示农居点 i 的建设适宜性的最终得分； f_{ij} 表示农居点 i 在指标 j 上的得分； α_{ij} 表示农居点 i 的指标 j 的权重。

2.5 基于加权集覆盖模型的集聚发展型农居点选址

集聚发展型农居点位置的确定，不仅受到建设发展适宜性的约束，同时要保证所有的农居点都能纳入集聚发展型农居点体系的服务范围内，此外，由于资金的限制和出于提高效率的考虑，集聚发展型农居点的数量必须控制在一定范围内。

2.5.1 集聚发展型农居点服务半径确定

集聚发展型农居点的功能不仅是为本村居民服务，同时可以带动周边村庄发展，以及引导周边农居点向集聚发展型农居点搬迁，从而腾退宅基地，提高土地利用效率。由于研究区内坡度均在 10° 以下，因此本文直接采取下式计算农居点的服务半径：

$$R = v \cdot t \quad (7)$$

式中： R 为农居点服务半径； v 为农民出行方式平均出行速度； t 表示农民可接受的出行时间。针对农民对出行方式即可接受出行时间，本研究采取问卷调查方式获得：每个行政村发放40份问卷，由各村村干部选取本村不同年龄段的村民进行调查，15个行政村共发放600份问卷，最终共收回有效问卷574份。

2.5.2 加权集覆盖选址模型

集覆盖问题 (Set Covering Problem, SCP) 是指从总体集中选取一部分元素, 使得这些元素能够覆盖总体集中的全部元素, 并且使所选取的元素最少, 这一问题属于经典的组合优化问题^[40], 常用来解决保护区的选择^[41] 以及设施选址等问题^[42]。设施选址的集覆盖模型可以表述为, 给定设施点的服务半径, 在所有需求点均被覆盖的情况下最小化所选设施的数目。加权集覆盖选址模型, 则是指各设施点的建设成本不同, 其优化目标为最小化设施点的建设总成本^[43], 模型可以表示为:

$$\min C = \sum_{j=1}^n c_j \cdot x_j \quad (8)$$

$$S.t \quad \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j \geq 1, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (9)$$

$$x_j \in \{0, 1\}, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (10)$$

式中: C 表示设施点建设总成本; c_j 表示设施点 j 的建设成本; x_j 是表示设施点是否被选择的二元变量, 当设施点 j 被选中时 $x_j=1$, 否则为 0; a_{ij} 是表征设施点与需求点间距离是否小于服务半径的变量, 当设施点 j 与需求点 i 间距离小于服务半径时, $a_{ij}=1$, 否则为 0。

可以使用上述模型在农居点布局优化中对集聚发展型农居点的位置进行确定, 其中集聚发展型农居点为设施点, 其他农居点为需求点, 其相互间的距离以及服务半径上文已计算得出。而集聚发展型村庄的建设成本可以由如下公式表示:

$$c_j = M - F_j \quad (11)$$

式中: c_j 表示集聚发展型农居点 j 的建设成本, 注意此处的建设成本并非实际的建设成本或所需的资金, 而是表示一种抽象的建设难度; F_j 为农居点 j 建设发展适宜性; M 为理论上的最高建设发展适宜性, 取 100。该式的含义为, 当农居点 j 的建设发展适宜性达到最高值 M 时, 其建设成本为 0, 当农居点 j 建设发展适宜性为 F_j 时, 其对最优的偏离程度 MF_j 即为建设成本。

3 结果分析

3.1 农居点空间分布特征分析

本文选取如下景观格局指数来分析村庄图斑特征: CA 斑块总面积, 景观斑块面积的总和; $MAXP$ 最大斑块面积; $MINP$ 最小斑块面积; NP 斑块个数, 景观中所有斑块的数量总和, 反映景观被分割的程度; MPS 平均斑块面积; $PSSD$ 斑块面积标准差; MSI 平均斑块形状指数, 其值越接近于 1 说明其形状越接近于正方形。结果见表 2。

表 2 2013 年流泗镇村庄景观格局指数
Tab.2 Landscape index of rural settlements in Liusi Village in 2013

CA/hm ²	MAXP/hm ²	MINP/hm ²	NP/个	MPS/hm ²	PSSD/hm ²	MSI
399.57	19.04	0.1014	208	1.92	2.27	1.46

3.1.1 规模大小不一, 数量多, 布局分散

从上述景观格局指数可以看出，流泗镇农居点斑块总面积为 399.57 hm²，斑块数 208 块，最大斑块面积为 19.04 hm²，最小斑块面积为 0.1014 hm²，面积差距悬殊，斑块面积标准差为 2.60，说明斑块面积变化程度较大，平均斑块面积是 1.92 hm²，其中 59.62% 的农居点斑块面积在 1.48 hm² 以下，99.04% 的农居点斑块面积小于 9.57 hm²，表明村庄用地斑块呈现规模小、数量多，以及极度分散的分布状态。

3.1.2 用地粗放，空心村现象严重。

随着城市化和工业化的加速推进，村庄内长期外出劳动力不断增加，而有些农户则迁出农村，定居城市，但他们在农村仍然保留着宅基地，于是村庄内出现大量闲置房屋，造成了土地资源的极大浪费。据调查，镇内房屋空置率大于 15% 的村庄个数有 85 个，占村庄总数的 44%；而空置率大于 20% 这一预警线的村庄个数有 60 个，占村庄总数的 31%。

3.1.3 功能不全。

村庄中文化、教育、卫生、娱乐等服务设施缺乏的现象普遍，村庄的功能不全、自我服务的能力较低。农村公共服务设施只有村委会办公室、卫生室、小学和健身器材场地。其中，每个行政村都设有村委会办公室；全镇仅有 1 个农村卫生室和 5 所正在使用的小学；健身器材场地也不是每个村庄都有，193 个自然村中只有 19 个村具有健身器材场地。居民点的极度分散导致公共服务设施的利用率极低。

3.2 农居点建设发展适宜性评价结果分析

由农村居民点建设发展适宜性的评价指标体系，结合结构熵权法所获得的指标权重，计算农村居民点建设发展适宜性分值。图 1 给出了评价体系内几项主要指标分值在镇域内的分布，以及最终的评价结果。其中农居点最大适宜值是 63.20，最小适宜值是 19.83，均值是 43.80，标准差是 9.28，高于均值的农居点共 114 个。图 1 中建设发展适宜性的最终评价结果采用 ArcGIS 的自然断裂点法分为了四个等级，同时表 3 也给出了属于不同等级的农居点斑块数量和面积。可以看到，处于最高等级的农居点虽然数量较少，但是由于斑块平均面积大，因此面积所占比例最大（33.65%）。同时，适宜值较高的农居点，如红枫村、金山新村等，主要集中在交通干道或者城镇周边，流泗镇东部，西北部以及南部村庄的适宜性则普遍较低。如果采用自然断裂点法选择最高等级为集聚发展型村落，显然会造成严重的空间利益失衡。

表3 不同级别适宜性农居点数量
Tab.3 Grades of suitability and number of rural settlements

级别	农居点数量	农居点面积/hm ²	平均面积/hm ²	面积比例/%	代表村庄
I 级(19.83~30.00)	21	14.77	0.70	8.10	陶盛港
II 级(30.00~39.44)	43	48.12	1.12	14.01	细屋李
III 级(39.45~47.87)	65	83.03	1.28	19.03	峡山湾
IV 级(47.88~53.70)	54	122.13	2.26	25.21	梅家村
V 级(53.71~63.20)	25	131.52	5.26	33.65	红枫村

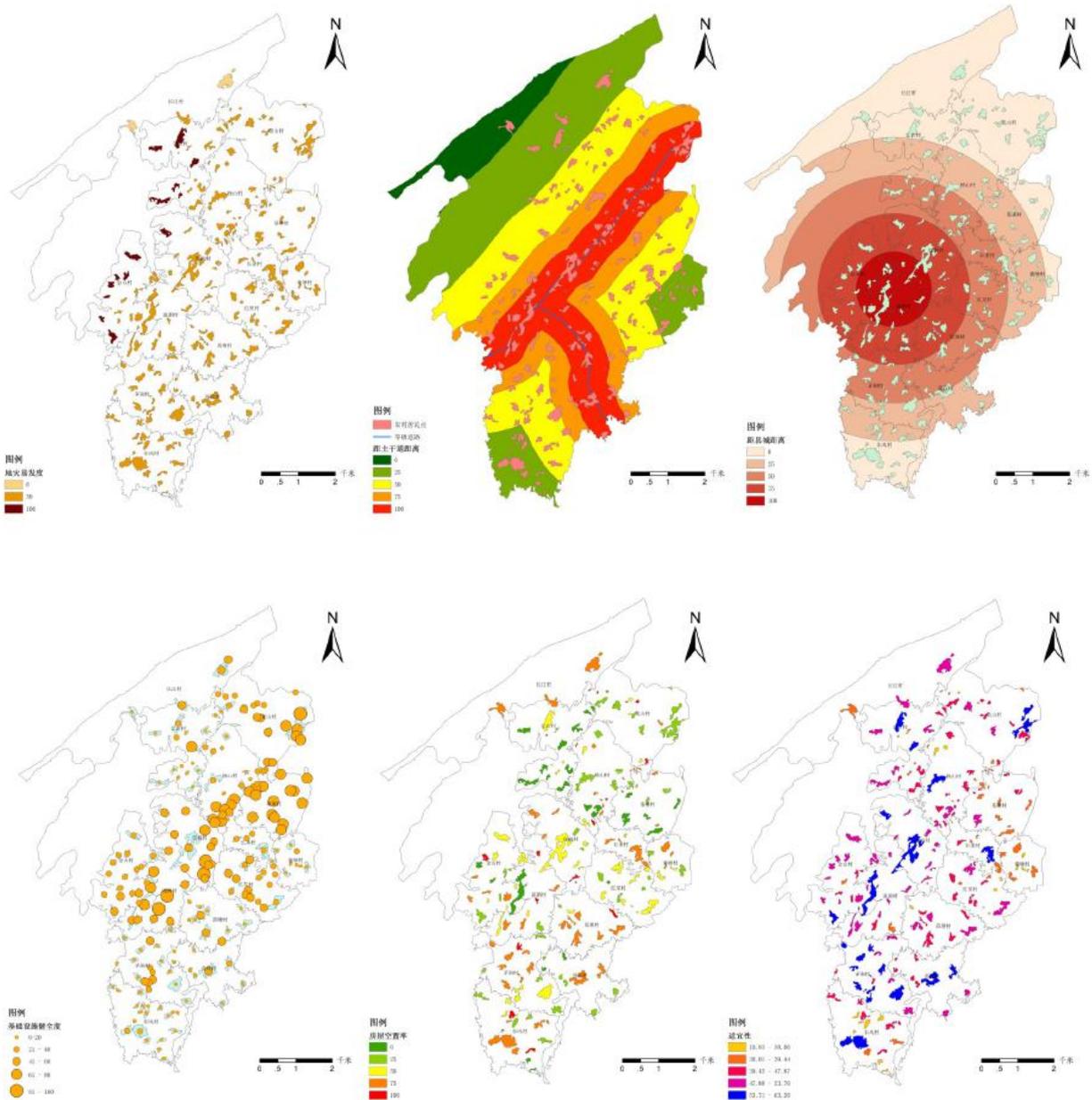


图1 农居点建设发展适宜性主要评价指标及最终结果
Fig.1 Indicators and results of rural settlement suitability assessment

3.3 农居点空间布局优化

3.3.1 服务半径结果分析

问卷调查结果显示，流泗镇农民主要出行方式为步行、非机动车和摩托车，三种出行方式的平均速度分别取 80m/min，200m/min 和 600m/min。采用上述三类出行方式的农民在所调查对象中分别占 34%，54%和 12%。表 4 给出了农民最大可接受出行时间的调查结果。

表4 农民最大可接受出行时间 / min
Tab.4 Maximal acceptable travel time of farmers / min

	≤5	5~10	10~15	15~20	> 20
步行/%	0	11	28	55	6
非机动车/%	0	9	33	50	8
摩托车/%	3	41	34	19	3

以 2.5min、7.5min、12.5min、17.5min 和 25min 分别代表上述 5 个时间段，求取各类出行方式农民可接受最大出行时间的加权平均值，得到以步行和非机动车出行的农民可接受最大出行时间均为 15.5min，以摩托车为出行方式的农民可接受最大出行时间为 11.5min。根据式（7）计算得到三种不同出行方式所得的服务半径分别为 1236m、3100m 和 6885m。

一般认为，以步行方式确定的服务半径为核心服务半径，以非机动车为出行方式计算得到的为边缘服务半径，以摩托车等机动车为出行方式计算得到的为潜在服务半径^[44]，因此农居点的核心、边缘和潜在服务半径分别为 1236m、3100m 和 6885m。

3.3.2 集聚发展型农居点近期空间选址方案比较

因为本研究以自然村为单位，范围较小，且由于交通条件的限制，近期内步行仍然是较为主流的出行方式，因此以核心服务半径 $D=1236m$ 为近期农居点空间布局优化的服务半径。

方案一：将上述所得相关数据代入加权集覆盖选址模型中，使用分枝定界算法，求解模型的全局最优解，获得集聚发展型农居点的位置。

方案二：采用自然断裂法，选取建设发展适宜性最高等级的村庄作为集聚发展型农居点

两种方案的集聚发展型选址结果如图 2。

从图 2 中可以看出，基于加权集覆盖选址模型最终确定的集聚发展型农居点共有 13 个，在空间分布上明显相对均衡；而基于自然断裂法确定的集聚发展型农居点共有 25 个，但主要集中在镇域的西南部和西部。表 5 比较了两种方案集聚发展型农居点服务半径覆盖居民点的数量和土地面积。从表中可以看出，由于方案二选取的是适宜性最高的村庄，因此其建设发展适宜性均值比方案一的均值高 5.54，但是方案一的均值也高于农居点的总体均值 43.80。而方案一所选集聚发展型农居点覆盖了全部 208 个农居点斑块，并且覆盖了镇域 88.97% 的土地面积；方案二在集聚发展型农居点的数量上是方案一的 2 倍多，建设成本是方案一的近 2 倍，但其覆盖的农居点斑块数仅为 172 个，并仅覆盖了全域土地面积的 73.56%，无法实现带动周边农居点发展的功能。因此基于加权集覆盖模型的集聚发展型农居点选址明显更为合理。

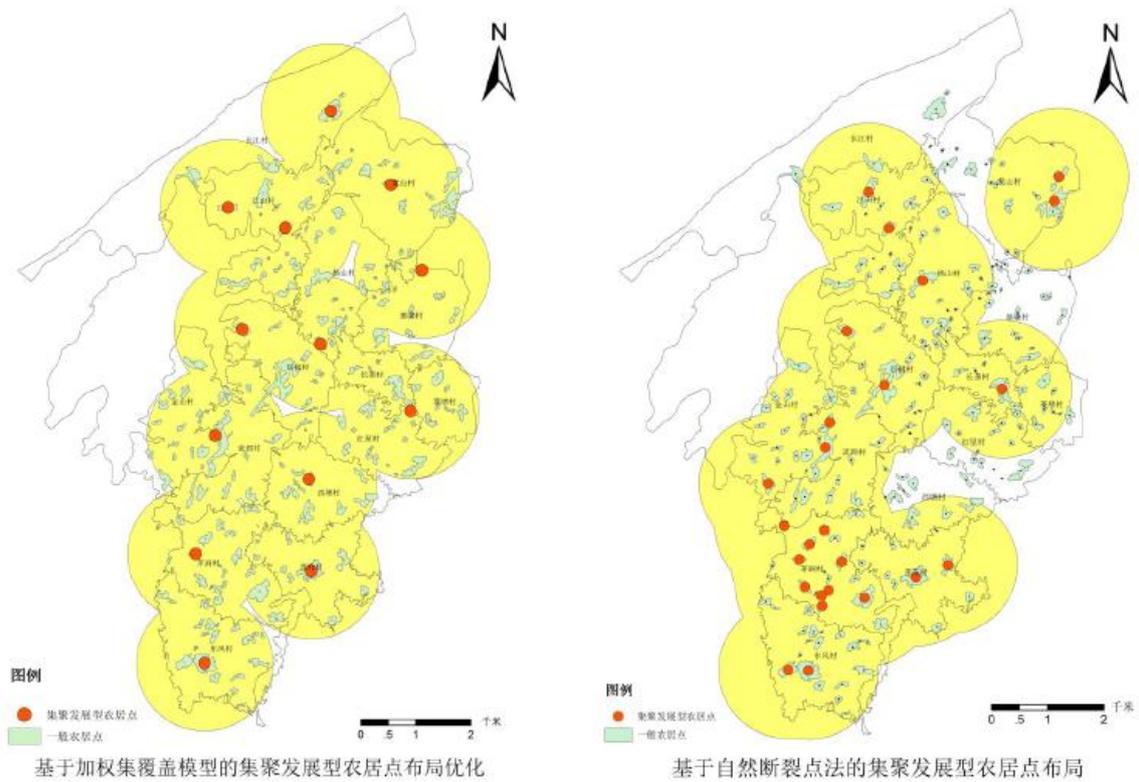


图2 集聚发展型农居点布局方案比较

Fig.2 Comparison of different plans for location of clustering developing rural settlements

表5 集聚发展型农居点布局方案比较

Tab.5 Comparison of different plans for location of clustering developing rural settlements

	集聚发展型农居点数量	建设总成本	建设发展适宜性均值	覆盖农居点数	覆盖面积/hm ²	覆盖面积比/%
方案一	13	628.40	51.66	208	4 289.32	88.97
方案二	25	1 155.52	57.20	172	3 546.51	73.56

3.3.3 农居点空间优化布局

基于核心服务半径计算得出的集聚发展型农居点布局可以为流泗镇近期农居点提供优化路径：模型所得的集聚发展型农居点共 13 个，除流泗村、菱塘村和长垄村 0 个，江山村 2 个外，其他行政村均有 1 个集聚发展型农居点。因此，今后流泗镇农居点空间发展上，应重点建设集聚发展型农居点，同时结合行政村界，对集聚发展型农居点服务范围内适宜性较低的农居点，逐步引导向集聚发展村搬迁；对于适宜性较高的农居点，予以适度建设，并加强与集聚发展型农居点的联系，以增强对其的辐射作用（图 3 左）。此外，集聚发展型农居点的布局也为行政村的合并提供了一定思路：未来东部长垄、菱塘和红星村应当合并为一个行政村，西部金山和流泗村也应当合并为一个村，从而进一步提高土地利用效率。

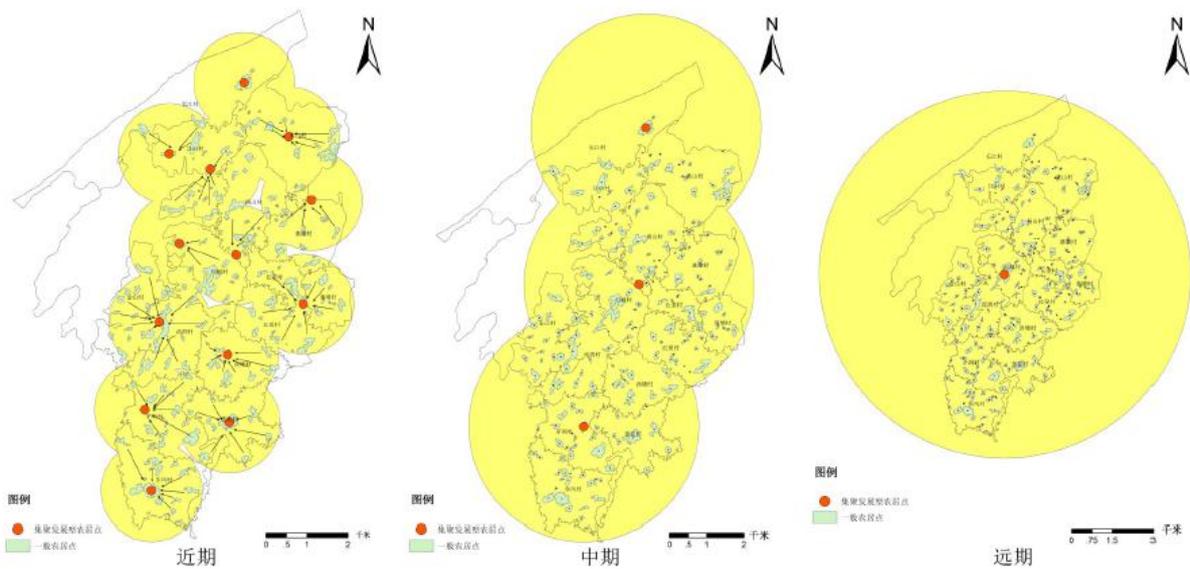


图3 不同时期农居点布局优化
Fig.3 Layout plan of rural settlements in different time periods

同时，可以基于计算所得的边缘服务半径、潜在服务半径能够对未来中期（10~20年）和远期（20年以上）的农居点空间布局予以一定的指导。由图3可以看出，未来中期农居点空间布局将逐渐形成以长江村的沙洲自然村、杨山村的周华里自然村和竹洞村的上刘家自然村三个中心；未来远期，农业实现规模经营后，流泗镇农居点将以位于城镇周边的红星村为单中心，辐射服务整个区域。虽然近期发展策略会改变农居点适宜值，但这一结果仍然能够为未来流泗镇农居点发展的整体数量趋势和空间分布提供一定指导。

4 结论

第一，在农居点空间布局优化的现有研究中，对基于不同理论所构建的农居点建设适宜性评价结果直接进行聚类分析或自然断裂，从而将农居点进行类型划分的方法，尤其是对集聚发展型农居点的确定方法会造成空间利益失衡，加权集覆盖模型能在适宜性评价结果的基础上纳入农居点相互间空间距离关系，是对以上方法的很好补充。

第二，流泗镇农居点整体呈现规模小，布局分散的特征，但是在建设发展适宜性的分布上呈现一定的聚集状态：适宜性最高的农居点，主要集中在交通主干道和城镇用地周边，表明区位条件对于乡村发展的重要作用。

第三，基于加权集覆盖模型的集聚发展型农居点布局能够在实现最小化建设成本（通过减少不必要的集聚发展型农居点数量）、最大化建设发展适宜性的同时，使集聚发展型农居点服务范围覆盖全域所有农居点，保证空间利益均衡，表明了该模型具有良好的应用价值。同时基于边缘服务半径和潜在服务半径所得集聚发展型农居点布局，能够为农居点空间优化提供长期的指导。

在服务半径的确定上，本研究视不同适宜性的村庄具有相同的服务半径，这主要是有本研究所采用的调查问卷确定服务半径的方法导致的，今后研究可以改进集聚发展型农居点的服务半径计算方式，使其更能反映现实状况。

参考文献：

-
- [1] 赵小军. 对土地私有化之批判——兼论农村土地的社会保障功能 [J]. 河北法学, 2007(1): 90 - 94.
- [2] 邹利林, 王建英. 中国农村居民点布局优化研究综述 [J]. 中国人口·资源与环境, 2015(4): 59 - 68.
- [3] 李君, 李小建. 国内外农村居民点区位研究评述 [J]. 人文地理, 2008, 23(4): 23 - 27.
- [4] Kohl J G. Traffic and Settlements of People with Respect to Their Dependence on the Morphology of the Earth' s Surface [M]. Leipzig: Arnoldische Buchhandlung, 1841.
- [5] 王海鸿, 马琼. 甘肃省农村居民点用地整理分区及对策 [J]. 经济地理, 2010, 30(12): 2 080 - 2 085.
- [6] 陈宗兴, 陈晓键. 乡村聚落地理研究的国外动态与国内趋势 [J]. 世界地理研究, 1994(1): 72 - 79.
- [7] Hill M. Rural settlement and the urban impact on the countryside [M]. London: Hodder and Stoughton, 2003.
- [8] Chisolm M. Rural Settlement and Land Use: an essay in location [M]. London: Hutchinson University Library, 1967.
- [9] 刘晓清, 毕如田, 高艳. 基于 GIS 的半山丘陵区农村居民点空间布局及优化分析——以山西省襄垣县为例 [J]. 经济地理, 2011, 31(5): 822 - 826.
- [10] 刘玉, 刘彦随, 王介勇. 农村居民点用地整理的分区评价——以河北省为例 [J]. 地理研究, 2010, 29(1): 145 - 153.
- [11] 刘明皓, 戴志中, 邱道持, 等. 山区农村居民点分布的影响因素分析与布局优化——以彭水县保家镇为例 [J]. 经济地理, 2011, 31(3): 476 - 48
- [12] 金其铭, 董新. 乡村地理学 [M]. 南京: 江苏教育出版社, 1990.
- [13] 王婷, 周国华, 杨延. 衡阳南岳区农村居民点用地合理布局分析 [J]. 地理科学进展, 2008, 27(6): 25 - 31.
- [14] Lewis C A, Mrara A Z. Rural settlements, mission settlements and rehabilitation in Transkei [J]. GeoJournal, 1986, 12(4): 375 - 386.
- [15] Thorsen I, Ubøe J. Modelling residential location choice in an area with spatial barriers [J]. The Annals of Regional Science, 2002, 36(4): 613 - 644.
- [16] 周华, 陆春锋, 昌亭, 等. 基于人口流动模型与生态连通性的农居点整理模式优选 [J]. 农业工程学报, 2014(15): 281 - 288.
- [17] 文博, 刘友兆, 夏敏. 基于景观安全格局的农村居民点用地布局优化 [J]. 农业工程学报, 2014(8): 181 - 191.

-
- [18] 曲衍波, 张凤荣, 姜广辉, 等. 基于生态位的农村居民点用地适宜性评价与分区调控 [J]. 农业工程学报, 2010(11): 290 - 296.
- [19] 秦天天, 齐伟, 李云强, 等. 基于生态位的山地农村居民点适宜度评价 [J]. 生态学报, 2012(16): 5 175 - 5 183.
- [20] 双文元, 郝晋珉, 艾东, 等. 基于区位势理论的农村居民点用地整治分区与模式 [J]. 农业工程学报, 2013(10): 251 - 261, 297.
- [21] 杨立, 郝晋珉, 王绍磊, 等. 基于空间相互作用的农村居民点用地空间结构优化 [J]. 农业工程学报, 2011(10): 308 - 315.
- [22] 谢保鹏, 朱道林, 陈英, 等. 基于区位条件分析的农村居民点整理模式选择 [J]. 农业工程学报, 2014(1): 219 - 227.
- [23] 陈秧分, 刘彦随, 杨忍. 基于生计转型的中国农村居民点用地整治适宜区域 [J]. 地理学报, 2012(3): 420 - 427.
- [24] 冯电军, 沈陈华. 基于扩展断裂点模型的农村居民点整理布局优化 [J]. 农业工程学报, 2014(8): 201 - 209.
- [25] 王焕, 徐逸伦, 魏宗财. 农村居民点空间模式调整研究——以江苏省为例 [J]. 热带地理, 2008, 28(1): 68 - 73.
- [26] 孔雪松, 金璐璐, 郝昱, 等. 基于点轴理论的农村居民点布局优化 [J]. 农业工程学报, 2014(8): 192 - 200.
- [27] 谢作轮, 赵锐锋, 姜朋辉, 等. 黄土丘陵沟壑区农村居民点空间重构——以榆中县为例 [J]. 地理研究, 2014(5): 937 - 947.
- [28] 樊天相, 杨庆媛, 何建, 等. 重庆丘陵地区农村居民点空间布局优化——以长寿区海棠镇为例 [J]. 地理研究, 2015(5): 883- 894.
- [29] 汤国安, 赵牡丹. 基于 GIS 的乡村聚落空间分布规律研究——以陕北榆林地区为例 [J]. 经济地理, 2000, 20(5): 1 - 4.
- [30] 曹子剑, 张凤荣, 姜广辉, 等. 北京市平谷区不同区域农村居民点内部结构差异分析 [J]. 地理科学进展, 2008, 27(2): 121- 126.
- [31] 马晓冬, 李全林, 沈一, 等. 江苏省乡村聚落的形态分异及地域类型 [J]. 地理学报, 2012, 67(4): 86 - 95.
- [32] 单勇兵, 马晓冬, 仇方道. 苏中地区乡村聚落的格局特征及类型划分 [J]. 地理科学, 2012, 32(11): 1 340 - 1 347.
- [33] 杨忍, 刘彦随, 龙花楼, 等. 中国村庄空间分布特征及空间优化重组解析 [J]. 地理科学, 2016, 36(2): 170 - 179.
- [34] 曲衍波, 张凤荣, 宋伟, 等. 农村居民点整理潜力综合修正与测算——以北京市平谷区为例 [J]. 地理学报, 2012, 67(4): 490 - 503.

-
- [35] 张正峰, 赵伟. 农村居民点整理潜力内涵与评价指标体系 [J]. 经济地理, 2007, 27(1): 137 - 140.
- [36] 杨俊, 王占岐, 邹利林, 等. 基于村尺度的山区农村居民点用地现状及其整理时序研究 [J]. 经济地理, 2013, 33(5): 150 - 157.
- [37] 姜广辉, 张凤荣, 孔祥斌. 北京山区农村居民点整理用地转换方向模拟 [J]. 农业工程学报, 2009(2): 214 - 221.
- [38] 谷晓坤, 周小萍, 卢新海. 大都市郊区农村居民点整理模式及效果评价——以上海市金山区为例 [J]. 经济地理, 2009, 29(5): 832 - 835.
- [39] 程启月. 评测指标权重确定的结构熵权法 [J]. 系统工程理论与实践, 2010, 30(7): 1 225 - 1 228.
- [40] Hillier F S. Introduction to operations research [M]. NewYork: Tata McGraw-Hill Education, 2012.
- [41] Moore J L, Krarup J. Heuristic and optimal solutions for setcovering problems in conservation biology [J]. Ecography, 2003, 26(5): 595 - 601.
- [42] Vasko F J, Newhart D D, Jr K L S, et al. A large-scale application of the partial coverage uncapacitated facility location problem [J]. Journal of the Operational Research Society, 2003, 54(1): 11 - 20.
- [43] Vasko F J, Lu Y, Zyma K. What is the best greedy-like heuristic for the weighted set covering problem? [J]. Operations Research Letters, 2016, 44(3): 366 - 369.
- [44] 李华. 上海城市生态游憩空间格局及其优化研究 [J]. 经济地理, 2014, 34(1): 174 - 180.