

SPATIAL LAYOUT OPTIMIZATION OF RURAL
RESIDENTIAL AREAS BASED ON
MULTI-OBJECTIVE ANT COLONY ALGORITHM

ANT-COLONY ALGORITHM

多目标蚁群算法在农村居民点 空间布局优化中的应用研究

邹亚锋 / 著 //////////////////////////////////////

国家自然科学基金资助青年项目：基于多目标蚁群算法的农村居民点布局优化研究（项目批准号：41301188）

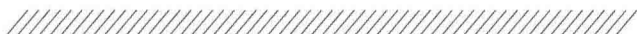
内蒙古自治区自然科学基金项目：“十个全覆盖”背景下农牧交错区农村居民点空间布局优化研究（项目批准号：2016MS0401）

中国博士后科学基金面上资助项目：农牧交错区农村居民点用地变化驱动机制及空间布局优化（第60批）

ANT-COLONY ALGORITHM

多目标蚁群算法在农村居民点 空间布局优化中的应用研究

SPATIAL LAYOUT OPTIMIZATION OF RURAL
RESIDENTIAL AREAS BASED ON
MULTI-OBJECTIVE ANT COLONY ALGORITHM



邹亚锋／著



中国经济出版社
CHINA ECONOMIC PUBLISHING HOUSE

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

多目标蚁群算法在农村居民点空间布局优化中的应用研究 / 邹亚锋著.

北京: 中国经济出版社, 2017. 1

ISBN 978 - 7 - 5136 - 4523 - 2

I. ①多… II. ①邹… III. ①智能控制—算法—应用—乡村居民点—土地利用—研究—中国 IV. ①F321. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 323900 号

责任编辑 杨元丽

责任审读 贺 静

责任印制 马小宾

封面设计 华子图文

出版发行 中国经济出版社

印 刷 者 北京艾普海德印刷有限公司

经 销 者 各地新华书店

开 本 710mm × 1000mm 1/16

印 张 11.75

字 数 180 千字

版 次 2017 年 1 月第 1 版

印 次 2017 年 1 月第 1 次

定 价 42.00 元

广告经营许可证 京西工商广字第 8179 号

中国经济出版社 网址 www.economyph.com 社址 北京市西城区百万庄北街 3 号 邮编 100037

本版图书如存在印装质量问题, 请与本社发行中心联系调换 (联系电话: 010 - 68330607)

版权所有 盗版必究 (举报电话: 010 - 68355416 010 - 68319282)

国家版权局反盗版举报中心 (举报电话: 12390) 服务热线: 010 - 88386794

目 录

第一章 绪论	1
1.1 研究背景与意义	1
1.1.1 研究背景	1
1.1.2 研究意义	3
1.2 研究进展	5
1.2.1 农村居民点布局优化研究进展	5
1.2.2 ACO 在土地利用布局中的应用研究	11
1.3 主要研究内容及思路	14
1.3.1 主要研究内容	14
1.3.2 研究思路	15
1.4 研究组织结构	16
1.5 小结	18
第二章 相关基础理论与研究方法	19
2.1 农村居民点的概念	19
2.1.1 农村居民点的内涵	19
2.1.2 农村居民点特性	20
2.2 农村居民点空间布局相关理论、模式及演化模式	21

2.2.1	农村居民点空间布局相关理论	21
2.2.2	农村居民点空间布局模式	24
2.2.3	农村居民点空间布局演变阶段及机制	26
2.2.4	农村居民点演化方向	29
2.3	多目标优化基本方法	34
2.3.1	多目标优化概念及内涵	34
2.3.2	传统多目标优化方法介绍	35
2.4	群体智能优化算法理论基础	39
2.4.1	群体智能优化算法概述	39
2.4.2	蚁群算法原理	40
2.4.3	基本蚁群算法	41
2.5	小结	45
第三章 模型多目标体系及约束条件设计		48
3.1	农村居民点空间布局优化多目标体系	49
3.1.1	农村居民点空间布局适宜性目标	49
3.1.2	基于空间集聚的优化目标	64
3.1.3	基于最小规划成本理论的空间优化目标	68
3.1.4	空间协调目标	70
3.2	模型约束条件	71
3.2.1	农村居民点城镇化数量约束	71
3.2.2	农村居民点集聚化数量约束	72
3.2.3	土地利用类型转换约束	75
3.3	小结	77

第四章 基于 MOACO 的农村居民点布局优化模型	79
4.1 多目标蚁群算法与农村居民点布局优化耦合思想	79
4.2 多目标函数及约束条件在算法中的处理	81
4.2.1 多目标函数的处理	81
4.2.2 约束条件的处理	82
4.3 农村居民点空间布局优化 MOACO 算法	83
4.3.1 算法流程设计	83
4.3.2 蚁群编码	85
4.3.3 初始蚁群的确定、参数的设定及核心函数的设置	86
4.4 蚁群算法的改进与设计	90
4.4.1 蚁群算法参数的改进	91
4.4.2 相关算子的设计与改进	92
4.4.3 迭代终止条件的设立	98
4.5 小结	99
第五章 实例研究	100
5.1 研究区概况	100
5.1.1 地理位置	100
5.1.2 自然资源条件	100
5.1.3 社会经济概况	102
5.1.4 研究区土地利用分析	104
5.2 研究区农村居民点空间分布分析	108
5.2.1 数据来源及预处理	108
5.2.2 农村居民点数量特征及空间分布模式分析	110
5.2.3 农村居民点变化的景观格局分析	112

5.2.4 农村居民点城镇化动态度分析	117
5.2.5 农村居民点用地存在的主要问题	119
5.2.6 农村居民点用地变化的驱动力分析	121
5.3 农村居民点空间布局优化模拟	123
5.3.1 农村居民点空间布局适宜性评价	123
5.3.2 多目标函数设置	127
5.3.3 约束条件设置	132
5.3.4 MOACO 布局优化结果分析	136
5.4 与传统优化方法对比分析	141
5.5 小结	146
 第六章 总结与展望	 148
6.1 总结	148
6.1.1 研究总结	148
6.1.2 创新点	151
6.2 展望	152
 参考文献	 153
后 记	172

图索引

图 1-1	本书研究思路及框架	16
图 2-1	农村居民点城镇化空间演化过程	30
图 2-2	农村居民点集聚化演化过程	32
图 2-3	群体智能优化算法的统一框架示意	40
图 2-4	自然界中蚁群寻找最短路径原理	41
图 2-5	基本蚁群算法的逻辑结构示意图	42
图 2-6	基本蚁群优化算法的框架	43
图 2-7	生命系统适应能力图解	43
图 2-8	基本蚁群算法求解 TSP 程序结构流程	46
图 3-1	农村居民点演化方向及整理类型	48
图 3-2	农村居民点布局适宜性评价流程	52
图 3-3	某类型用地在区域中的分布状态	65
图 3-4	邻域示意	67
图 4-1	蚁群算法与农村居民点空间布局优化耦合模式	80
图 4-2	基于多目标蚁群算法的农村居民点空间布局优化模型流程	84
图 4-3	基于栅格的土地利用分布编码	86
图 5-1	宜城市地理位置及行政区划示意	101

图 5-2	宜城市鄢城办事处土地利用现状	105
图 5-3	宜城市小河镇土地利用现状	106
图 5-4	宜城市刘猴镇土地利用现状	107
图 5-5	鄢城办事处、小河镇及刘猴镇现状地类面积结构对比 ...	108
图 5-6	鄢城办事处、小河镇及刘猴镇现状地类占各镇百分比 ...	109
图 5-7	宜城市鄢城办事处农村居民点空间分布	112
图 5-8	宜城市小河镇农村居民点空间分布	113
图 5-9	宜城市刘猴镇农村居民点空间分布	114
图 5-10	宜城市鄢城办事处中心城区动态变化	118
图 5-11	宜城市小河镇中心城区动态变化	119
图 5-12	宜城市刘猴镇中心城区动态变化	120
图 5-13	鄢城办事处农村居民点城镇化适宜性评价	124
图 5-14	小河镇农村居民点城镇化适宜性评价	125
图 5-15	刘猴镇农村居民点城镇化适宜性评价	125
图 5-16	鄢城办事处农村居民点集聚化适宜性评价	127
图 5-17	小河镇农村居民点集聚化适宜性评价	128
图 5-18	刘猴镇农村居民点集聚化适宜性评价	128
图 5-19	鄢城办事处固定单元提取	134
图 5-20	小河镇固定单元提取	135
图 5-21	刘猴镇固定单元提取	135
图 5-22	MOACO 优化系统界面	136
图 5-23	鄢城办事处农村居民点集聚化优化结果	137
图 5-24	小河镇农村居民点集聚化优化结果	137
图 5-25	刘猴镇农村居民点集聚化优化结果	138
图 5-26	传统优化方法流程	141

图 5-27	鄢城办事处农村居民点整理类型划分	142
图 5-28	小河镇农村居民点整理类型划分	142
图 5-29	刘猴镇农村居民点整理类型划分	143
图 5-30	鄢城办事处农村居民点布局优化（传统方法）	144
图 5-31	小河镇农村居民点布局优化（传统方法）	144
图 5-32	刘猴镇农村居民点布局优化（传统方法）	145

表索引

表 1-1	蚁群算法及其应用	12
表 2-1	农户居住空间的演变发展阶段	27
表 3-1	坡度与城镇建设关系	56
表 3-2	农村居民点城镇化适宜性评价指标因子及分类标准	57
表 3-3	农村居民点集聚化适宜性评价因子及分类标准	60
表 4-1	单元编号与地类编码对应	86
表 5-1	各研究区矢量转栅格误差率	110
表 5-2	2005 年和 2010 年各研究区人均农村居民点情况	111
表 5-3	2005 年和 2010 年农村居民点景观分析	116
表 5-4	农村居民点城镇化动态度	118
表 5-5	各地类转换为农村居民点的鼓励系数	130
表 5-6	不同地类与农村居民点、城镇的协调系数	131
表 5-7	农村居民点城镇化数量约束	132
表 5-8	农村居民点集聚化整理潜力约束值	133
表 5-9	2010 年和 2015 年农村居民点景观分析	139

第一章 绪论

1.1 研究背景与意义

1.1.1 研究背景

农村居民点是农村社会和经济发展的基础，是社会经济发展到一定历史阶段的产物（文枫，2010）。其数量多少与结构特征不仅影响着城乡建设用地的布局与发展方向，而且关系到区域用地的结构平衡与综合效益。社会经济发展的内在要求使得很多区域都将城镇的发展作为当前的重点任务，而不同程度地忽略了农村土地利用中存在的问题，尤其是作为农村土地利用主体的农村居民点利用的问题（孔雪松，2011）。

改革开放以来，我国农村面貌日新月异，变化迅猛。随着农业生产力的提高，尤其是新的生产力技术的应用，农业出现了剩余资金的积累，与此同时，农村剩余劳动力也逐渐显性化。伴随着非农产业在农村的不断发展，农民的收入逐渐增高，而其收入来源已由第一产业逐步向第二、第三产业转移。但鉴于人口城市化的门槛较高，经济条件逐渐变好的农户只好对其农村住房进行更新。由于乡村建设一直未受到应有的重视，因此乡村建设的规划管理也一直是我国规划与管理的薄弱环节，

因此在大量农户对其住房进行更新的过程中，各地农村的村庄用地都出现了粗放发展的势头（薛力，2001；刘彦随，2010）。我国农业人口众多，农村居民点用地比重大，由于缺乏统一的规划管理，农村居民点分布散乱，规模零碎，且集约利用程度低，闲置、低效用地现象普遍（邹亚锋，2011、2016）。“空心村”和闲置宅基地、空置住宅和“一户多宅”现象的出现，导致了对土地资源的严重浪费（陈健，2008）。当前，我国农村居民点用地占城乡居民点及工矿用地面积的百分比已超过一半以上，约为 $2/3$ ，是城市和建制镇用地的4倍多，户均农村居民点用地已超过667平方米，人均农村居民点用地超过190平方米，因此，实现农村土地的节约集约利用，成为贯彻最严格的耕地保护制度以及最严格的节约用地制度的关键（李裕瑞，2010）。在当前农用地整治日益受到资源潜力以及环境保护限制的情况下，未来农用地转为城市建设用地的空间已经非常有限，农村居民点整理的重要意义日益突显出来，成为我国土地整治的一项重要工作，农村土地整理的重心也逐步由农用地整理向农村居民点整理转移。

2004年以来，党中央和国务院先后多次下发文件，要求高度重视并加强农村基础设施建设，不断改善社会主义新农村建设的物质条件，并强调要积极加快乡村基础设施建设，加强村庄规划和人居环境治理力度（王新盼，2015）。国土资源部在2009年3月颁发的《关于促进农业稳定发展 农民持续增收 推动城乡统筹发展的若干意见》（国土资发〔2009〕27号）中明确提出，要“积极开展土地整治、促进新农村建设和城乡统筹发展”，并提出“发挥土地整治的整体效益，有效增加耕地面积，改善农村生产生活条件和村容村貌，推动新农村建设和城乡统筹发展”等建议。农村居民点整理已逐渐受到国家层面的重视，而2011年国土资源部正式启动的《全国土地整治规划（2011—2015年）》修编

工作,也把村庄整治作为重点纳入工作范围中,由此改变了长期以来偏重农田开发整理而忽略村庄整治的现实,从而让“田、水、路、林、村”综合整治目标的实现具有了政策保障。尤其是2015年2月27日,第十二届全国人民代表大会常务委员会第十三次会议决定:授权国务院在北京市大兴区等33个试点县(市、区)行政区域,暂时调整实施《中华人民共和国土地管理法》《中华人民共和国城市房地产管理法》关于农村土地征收、集体经营性建设用地入市、宅基地管理制度的有关规定。允许农村集体建设用地入市,构建城乡统一的建设用地市场,是农村土地制度改革的一项重大举措。作为提高农村集体建设用地节约集约利用的重要手段,农村居民点整治再次被广泛关注。

随着我国城市化进入加速时期,乡村的内涵已不再局限于原有意义上的从事单纯个体农业生产的聚落,由于社会分化加剧,其异质性增强,也对农村的生产要素提出了分化及重新组合的要求,要求其从分散走向集聚。村庄集聚作为村庄空间发展的主流趋势,是农村社会各种资源要素重组及整合的要求响应,也是农村社会发展到一定阶段后的必然产物(赵之枫,2001)。而且,作为农村社会经济的综合体,农村居民点的建设好坏直接影响到社会主义新农村建设的成果与进度,也对城乡统筹发展产生着直接影响(姜广辉,2007、2009)。因此,研究农村居民点空间布局演化特征,构建农村居民点空间配置智能优化决策模型,意义重大。

1.1.2 研究意义

农村居民点空间优化布局越来越受到社会的重视与关注,也成为学者们研究的焦点问题之一。当前农村居民点整体呈现出布局分散、内部闲置情况严重等特征。布局过于分散,一定程度上会影响整体美观,且

不利于配套农村基础设施和规模经营。内部闲置情况严重则在很大程度上造成了土地资源的浪费。城乡统筹发展及新农村建设为农村居民点统一规划管理提供了契机和平台,尤其是允许农村集体建设用地入市等土地制度政策的逐渐深入,科学及有效的整理方法和手段就显得尤为重要。现有研究更多的是集中于整理潜力评价、整理模式探讨、整理驱动力分析等方面,在方法上多以传统数量统计分析为主,且忽略了农村居民点微观特征及城镇村三者之间的联动关系。如何改变传统方法主观因素影响过大,借助地理模拟系统和智能优化的理论与方法,对农村居民点变迁进行有效的动态模拟,为农村居民点空间布局规划提供决策与依据,理论和现实意义重大。

(1) 将发展和丰富农村居民点整理研究的理论和方法,尤其是农村居民点布局优化仿真模拟的理论和方法。农村居民点空间分布受到自然、社会及经济多重制约和影响,是一个复杂的非线性复合地理作用的过程。借助多目标蚁群算法这一复杂的地理模型,探讨农村居民点动态变迁过程及机制,能在微观尺度上有效地实现对其的时空模拟。

(2) 改变传统基于镇或村尺度的评价方法,考虑农村居民点微观状态,使评价结果更加科学可行。以自然村或图斑为最小评价单元,充分考虑各自然村现有状况及发展状况,借助地理模型仿真模拟,使研究结果更具说服力,为农村居民点整理研究开辟新的评价角度。

(3) 将支持与辅助城市乡镇级规划决策。新一轮乡镇级规划正在进行中,传统规划手段人为主导因素过大,搬迁安置政府意愿过强,实施难度过大。因此,模拟其未来发展变化情况,可作为新一轮乡镇级规划的参考依据。

1.2 研究进展

1.2.1 农村居民点布局优化研究进展

国外关于农村居民点空间布局的研究,主要集中于从社会经济学的角度分析农村居民点变迁、选址及空间布局的合理性。Sharepour (1991) 通过研究 East Azarbaijan 省的四个村庄,提出了社会经济影响村庄布局。Katherine Faust 等 (1999) 借助 GIS 相关技术,从人们劳作、宗教、教育等社会经济的角度,分析了 Nang Rong 地区农村居民点的空间布局。Mirko Pak 等 (1999) 分析了农村人口非农化对村庄布局的影响。Fred Lerise 等 (2000) 介绍了 Tanzania 地区农村土地空间规划实践过程,分析了规划者及决策者对地区土地变化的影响。Papoli Yazdi 等 (2002) 分析了农村发展规划对村庄结构的影响,并指出农村发展规划促进村庄结构转变,进而促进农村发展。Peter S. (2003) 分析了南非 Qaukeni 地区居民点分布对于农村地区基础设施、服务和发展机遇的影响,农村居民点与基础设施的布局存在密切的相互影响与吸引的关系,是彼此间布局优化的基础。H. Eylem Polat 等 (2004) 介绍了 Southeastern Anatolia Project 的具体做法,指出农村居民点规划应充分考虑当地人的生活习惯、传统及社会文化等。Carmen C. F. 等 (2004) 借助景观空间格局指标分析了农村土地变化模式及影响农村居民点扩张的因素,结果表明,人们更倾向于把新的村庄布置在城市周边低密度地区。Bixia Chena 等 (2008) 以日本冲绳岛上的村庄为例,分析村庄周围的树木布局与构成,从风水景观的角度探讨两者的布局关系和作用。Nate Currit 等 (2009) 通过分析墨西哥 Chihuahua 城乡土地利用变化情况,指出人口的增长及收入模式的转变,是影响城乡土地利用变化的驱动因

素之一。Cecilia Valencia - Sandoval 等 (2010) 指出以往社区规划存在相应尺度数据不足等问题, 且忽视了经济快速发展带来的冲击和影响, 强调在村庄规划中公众参与的重要性。Holtzman 等 (2014) 指出村庄规划应充分考虑与环境的协调性, 人们更喜欢居住在生产生活便利、环境优美的地方, 同时强调重视村庄布局应充分考虑人们的社交需要。Rixt A. 等 (2015) 通过观察指出, 村庄的变迁是一个群体性非线性的过程, 和群体的社会特征息息相关。

我国学者长期认为, 农村居民点缺乏统一规划管理, 农民建房处于放任自流的状态。我国农业人口众多, 农村居民点用地比重偏大, 分布混乱零散不成规模, 且集约利用程度低, 闲置、低效用地现象普遍。农村居民点空间布局一直是农村土地利用问题研究的重点, 国内学者对农村居民点空间布局的相关研究可以大致划分为以下三个部分:

(1) 农村居民点整理模式探讨

农村居民点空间布局优化涉及居民点的搬迁和安置, 农村居民点整理根据其不同类型及经济发展水平的不同, 可划分为三种不同的应用模式, 即作业模式、组织模式和资金筹集模式 (高燕等, 2004)。叶艳妹等 (1998) 从作业模式的角度出发, 认为农村居民点整理有 4 种模式, 分别是农村城镇化型、自然村缩并型、中心村内调型及异地迁移型。廖赤眉 (2004) 经过分析研究, 提出了 4 种整理模式, 包括零星居民点拆并、村庄内部改造、迁村上山以及重新选址迁移。杨庆媛等 (2004) 从丘陵山地区的自然环境条件以及该地区社会经济发展水平的实际出发, 提出了农林综合开发整理模式和新村建设整理模式这两种居民点整理模式。张志宏、张占录、卢小红等 (2007, 2010, 2010) 分别对平原区、城市郊区、丘陵山区等区域农村居民点整理模式进行了探讨, 针对不同区域的综合特点划分出农村城镇化型、自然村缩并型、中心村内调