

# Voronoi 图在新能源场选址中的应用

曹爱红, 王映龙\*, 唐建军 (江西农业大学计算机与信息工程学院, 江西南昌330045)

摘要 介绍了Voronoi图的定义与基本性质及其在新能源场选址中的应用方法,并进行了应用实例研究。

关键词 Voronoi图; 最邻近性; 新能源场; 选址

中图分类号 S126 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)34-15137-02

## Application of Voronoi Diagram in Site Selection of the New Energy Plant

CAO Ai-hong et al (College of Computer and Information Engineering, Jiangxi Agricultural University, Nanchang, Jiangxi 330045)

Abstract The definition and basic characteristics of Voronoi diagram and its application methods in the site selection of the new energy plant were introduced. And the application examples were studied.

Key words Voronoi diagram; Most proximity; New energy plant; Site selection

Voronoi 是在19世纪初由俄国数学家J. Voronoi 首先提出的一个几何概念<sup>[1]</sup>。Voronoi 图是对区域的合理划分, 由于Voronoi 图具有最近性、邻接性等众多性质和较完善的理论体系, 如今已经在机械工程、地理信息系统、机器人、图像处理、模拟识别、物理、化学和分子生物学等领域得到广泛应用, 受到人们的广泛关注。经历了几百年的发展, Voronoi 图的生成算法和应用日渐成熟起来。Voronoi 图、加权 Voronoi 图、障碍 Voronoi 图等各种各样 Voronoi 图的理论和应用研究越来越被人们关注。

该研究的新能源场是基于规模养殖场的畜禽废弃物的, 而产生的新能源也要就近地供给周围的居民, 因为这样既节省了开支, 也减少了能源的损耗, 大大提高了服务的效率。

## 1 Voronoi 图及其基本性质

**1.1 Voronoi 图定义** 设平面上的一个离散发生点集  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ , 其中任意2点都不共位, 即  $p_i \neq p_j (i \neq j, 1 \leq i, j \leq n)$ , 且任意4点不共圆。任意点形成的 Voronoi 多边形定义为:

$$T_i = \{x: d(x, p_i) < d(x, p_j) \mid p_j \in S, p_i \neq p_j\} \quad (1)$$

式中,  $d$  为欧氏距离。由公式(1)可知,  $T_i$  是一个凸多边形, 而且在特殊情况下是一个具有无限边界的凸多边形。Voronoi 图是对平面的一种剖分, 在任意一个凸 Voronoi 多边形中, 任意一个内点到该凸多边形的发生点  $p_i$  的距离都小于该点到其他任何发生点  $p_j$  的距离, 这些发生点也叫 Voronoi 图的质心(Centroid)或发生元(图1)<sup>[2-3]</sup>。

**1.2 Voronoi 图基本性质** Voronoi 图又叫泰森多边形, 泰森多边形的顶点是 Delaunay 三角网每个三角形的外接圆的圆心, 它具有以下特性: 每个泰森多边形内仅含一个离散点数据; 位于泰森多边形边上的点到其两边的离散点的距离相等; 泰森多边形内的点到相对应的离散点的距离最小。

Voronoi 图的优点是结构良好, 数据结构简单, 数据冗余度小, 存储效率高, 与不规则的地面特征和谐一致, 可以表示线性特征和叠加任意形状的区域边界, 易于更新, 可适应各

种分布密度的数据等。

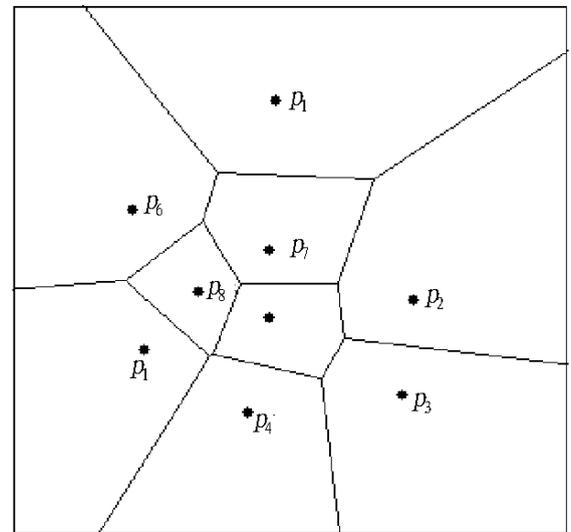


图1 Voronoi 图

Fig.1 Voronoi diagram

## 2 新能源场选址

选址问题可以分为单源选址和多源选址问题。单源选址是指在研究区域中选择一个点, 使其覆盖整个区域, 且使所求的目标函数最优。而多源选址是在目标区域内选择若干个点, 使其覆盖范围能够遍布到整个区域, 且使目标函数达到最优。多源选址问题已经证明是 NP 难问题, 时间复杂度非常高, 且不一定能够得到确切的解。在使用 Voronoi 图解决此覆盖问题中, 可以通过 Voronoi 图的区域划分转为单源最优问题来解决。即在目标区域内选择若干个点, 作为新能源场的场址, 并把它们作为生成新能源场的 Voronoi 多边形的生长点, 通过不断的迭代, 使得每个新能源场到其服务区域的居民点的加权距离之和最小。目标函数定义为:

$$\min C = \sum_{i=1}^n S_i [(u - x_i)^2 + (v - y_i)^2]^{1/2} \quad (2)$$

式中,  $(u, v)$  为备选新能源场的场址坐标;  $(x_i, y_i)$  为点化后居民点的坐标;  $i$  为单位距离、单位数量的运输费用;  $S_i$  为能源场向居民点  $i$  提供的能源总量;  $n$  为能源场服务区域内所覆盖的居民点个数。

令  $d_i = [(u - x_i)^2 + (v - y_i)^2]^{1/2}$ , 对公式(2)求偏导, 令  $\frac{\partial C}{\partial u} = 0, \frac{\partial C}{\partial v} = 0$ , 则有:

$$u = \frac{\sum_{i=1}^n S_i x_i / d_i}{\sum_{i=1}^n S_i / d_i} \quad (3)$$

$$v = \frac{\sum_{i=1}^n S_i y_i / d_i}{\sum_{i=1}^n S_i / d_i}$$

由于  $S_i > 0, d_i > 0$ , 则由偏导数的性质可知, 公式(2)在  $u, v$  等于公式(3)中的值时最小。

基金项目 江西省自然科学基金(0511035, 2007GZS0358)资助。

作者简介 曹爱红(1978-), 女, 山东菏泽人, 硕士研究生, 研究方向: 智能信息系统。\* 通讯作者, 博士, 副教授, E-mail: wangynglongd@sohu.com。

收稿日期 2008-10-10

### 3 Voroni 图在新能源场选址中的应用

假设在目标区域内给定  $S$  个能源场的初始值, 如果规划区已有新能源场  $T$  座, 则将该  $T$  座新能源场的坐标设置为固定值, 在程序运行过程中不发生改变; 待建能源场初始值人为设置, 在实际的应用中, 以备选点为初始值。

以给定的  $S$  个能源场的初始值生成各个能源场的  $V$  多边形, 划分能源分配区域, 分配能源, 把  $S$  个新能源场选址的全局求解转化为  $V$  多边形区域中的各个能源场的单一选址的求解, 即在每一个  $V$  多边形内求解满足目标函数新能源场的最佳位置, 计算出新能源场运行费用  $C$ , 将此最佳位置作为新能源场新的坐标, 生成新的  $V$  图, 并以此为据重新划分能源分配区域, 不断迭代计算, 满足终止条件, 选出  $S$  个新能源场布局的最佳方案。具体算法如下<sup>[4-5]</sup>, 进行以下迭代过程: 整个规划区域内给定  $S$  个新能源场的初始位置, 生成各个能源场的  $V$  多边形, 并计算  $V$  多边形内的居民点到新能源场的距离, 利用公式(2) 求出相应的总运行费用  $C$ ; 在每个新能源场对应的  $V$  多边形内寻找最佳点, 使目标函数最优; 各个新能源场位置移至求出的最佳点处; 以各个多边形内的最佳点为顶点, 重新生成各能源场的  $V$  多边形, 完成目标区域的重新划分, 计算  $V$  多边形内的居民点到相应新能源场的运行费用总和  $C$ ; 检验终止条件是否满足, 如果不满足则转回过程, 满足则结束, 返回当前所有的最小覆盖圆的圆心。终止条件: 当运行费用总和的变化率  $C$  小于一个大于零的微小变量时终止。

### 4 应用实例

以北京市大兴区能源厂选址为例进行 Voroni 图的应用研究。大兴区区内养殖场大约有 90 多个, 且分布极不均匀, 多集中在中部和东南部。现有能源厂 10 多个, 从图 2 上可以看出原有的能源厂分布并不是很合理, 有的能源厂所处的位置离养殖厂很远, 且离道路很远, 运输起来极不方便。建厂的原则是要在不影响养殖场的生产和居民生活的情况下, 使能源的总运输费用最节省。因为畜禽废弃物的运输距离是有限的, 超出了这个一定的范围, 它的经济价值也会相应地降低, 所以初步处理的时候, 笔者以畜禽粪肥的有效运输距离为半径, 运用最大最小距离首先对养殖场进行了一下聚

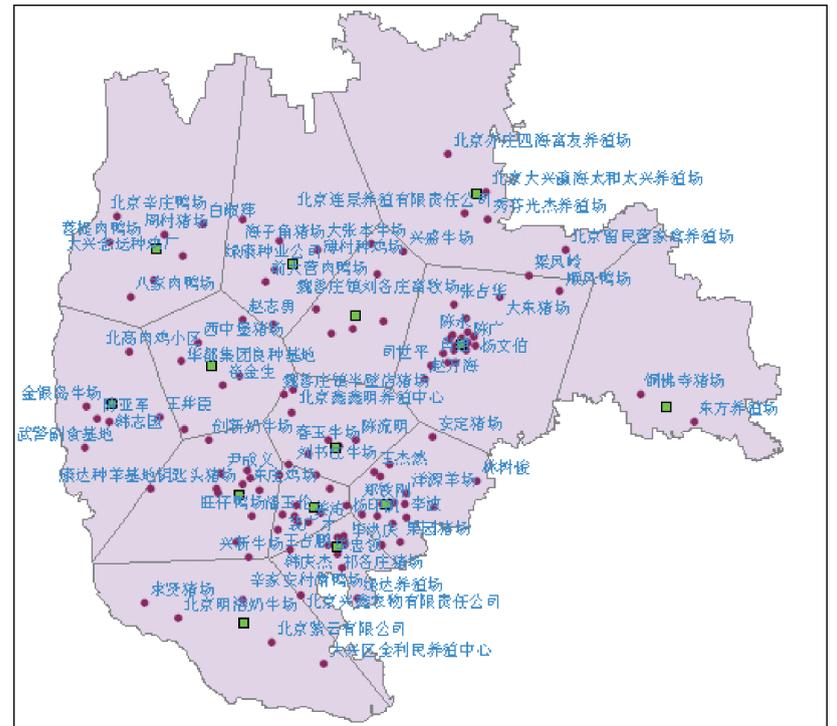


图2 北京市大兴区最佳能源场服务区域划分图

Fig 2 The division of the service areas for the optimal energy field in Daxing District of Beijing

类, 找出每个类相应的质心, 并把它作为形成 Voroni 图的生成元的初始值, 得出最终新能源场的区域划分图如图 2 所示, 图中圆点代表大兴区规模养殖场, 小方块代表新能源场, 多边形代表每个新能源场对应的服务区域。

### 5 结语

该研究利用 Voroni 图特有的结构优势和最邻近性的特点, 有效地解决了新能源场的服务区域的划分问题。但是应该看到, 这个模型是个比较理想化的模型, 实际的选址中还要考虑影响新能源场选址的各种因素, 研究区域的地理状况、道路河流的分布状况、地形状况、新能源场的规模等, 在解决这类问题时, 可以考虑带障碍的加权 Voroni 图。

### 参考文献

- [1] 张宏, 温永宁, 刘爱利, 等. 地理信息系统算法基础[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 21.
- [2] 朱自强. 运筹学基础教程[M]. 成都: 成都科学大学出版社, 1997.
- [3] 周培德. 算法设计与分析[M]. 2 版. 北京: 清华大学出版社, 2005: 386.
- [4] 王新生, 刘纪远, 庄大方, 等. 基于 GIS 的任意发生元 Voroni 图逼近方法[J]. 地理科学进展, 2004, 23(7): 97-101.
- [5] 马良. 多目标平面选址问题的模拟退火算法[J]. 系统工程理论与实践, 1997, 17(3): 70-73.

(上接第 15136 页)

过该模块了解农民的需求, 实现网站内容的更新和升级; 也可以得到用户对本站点的意见和建议, 以逐步完善系统。

### 4 小结

随着信息技术的发展, 网络在人们生活中的应用日益广泛, 农业也走进了产业化和信息化的行列, 作为农业从业主体的农民必须进行信息化培训。为全面贯彻国家提出的新农村建设目标, 几年来淮阴区积极开展农民实用技术、创业培训和致富工程等农民教育培训工作, 为农村培训了大批实用人才。但由于该区农村人口基数大, 参加培训的人数比例较小, 要想加强淮阴区农村信息化建设和扩大区

农民培训工程的规模, 区政府和农民还是要投入大量人力、财力。通过对淮南市淮阴区农村信息化和农民教育需求的分析, 利用 ASP 动态网页技术设计并开通了淮阴区农民培训网站, 希望通过农民培训网站进一步提高农民的素质, 推动该地区农村信息化的建设。由于时间和个人能力有限, 网站系统还不够成熟和稳定, 有些模块设计还不够合理, 有待于进一步改进和完善。

### 参考文献

- [1] 万宝瑞. 把发展现代农业贯穿新农村建设始终[J]. 农业经济问题, 2006(6): 20-22.
- [2] 杨宝祝. 农业与农村信息化发展战略探讨[EB/OL]. (2007-04-25) [2008-10-10]. <http://www.yrii.gov.cn/ymcb/794325687107321856/20060223/21998.htm>.