

# 校园公共自行车站点选址研究

## ——以天津大学北洋园校区为例

刘玉林<sup>1</sup>, 张小平<sup>2</sup>, 王 泰<sup>1</sup>

(1 天津大学 建筑工程学院, 天津 300072; 2 天津大学 建筑学院, 天津 300072)

**摘要:**在分析公共自行车布局研究不足的基础上,建立了基于 Gis 和遗传算法的校园公共自行车站点选址模型。从学生满意度和企业的成本两方面出发,确定了校园公共自行车站点的选址目标及影响因素;利用 Gis 定量分析可在地图上表现的影响因素,得出候选站点;引入中值模型结合遗传算法,得到最终站点;建立单调度中心无时间窗约束的调度优化模型,结合遗传算法在 Matlab 上实现。

**关键词:**校园交通;公共自行车系统;布局规划;Gis;遗传算法

**中图分类号:** U491.2+25 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-0373(2018)04-0072-05

私人自行车使用引发的杂乱、丢弃等问题严重影响了校园的和谐稳定;共享单车在当下较火热,但是其引发的乱停乱放的问题也不容忽视,学校的集中管理较为困难,且其商业化性质浓厚,对于学生来说吸引力较弱。鉴于上述问题,在校园内引入半公益性质的有桩式公共自行车系统成为了很多人的共识。但是这种模式又引发了新的问题,企业为了提高使用率,主观经验式的在校园内设置了大量的站点,占用了校园内有限的资源,企业也有了较严重的债务压力,成本都难以收回。因此针对校园公共自行车站点的布局进行了研究。

目前,关于公共自行车系统的布局已经有了较多的研究,但是其中更多的是定性研究<sup>[1-4]</sup>,定量的研究只有有限的几篇<sup>[5]</sup>。本文首次将 Gis 引入到公共自行车站点选址中,为公共自行车站点的选址提供一种新的定量研究方法。Gis 在空间决策方面已经有了较多的应用,但是当选址数目较多时,Gis 有局限性,无法满足复杂的空间决策问题的要求,因此有必要引进人工智能中的启发式算法,人工智能与 Gis 的结合也成为了 Gis 研究的前沿方向<sup>[6]</sup>。校园公共自行车系统站点选址数目较多,单纯采用 Gis 进行研究有一定的难度,而遗传算法<sup>[7]</sup>在解决多目标问题时有其特有的优势,因此,尝试将 Gis、区位配置模型和遗传算法相结合进行研究。

## 1 模型建立及思路

### 1.1 选址决策的目标

校园公共自行车选址的难点在于学生短时间内通勤出行的满足和企业的建设成本之间的矛盾,既不可能在校园内每个地方都布置公共自行车站点,也不能过少地布置。目标在于如何利用有限的资源提高学生的满意度。

通过发放调查问卷的方式了解学生对于目前卫津路校区公共自行车站点布局的满意情况,如表 1 所示。利用层次分析法建立站点布局评价体系进行量化分析,并结合主因子分析法得到借还车难易性、单个站点的服务范围 and 站点的完备性是影响学生满意度最重要的几个因子。

因此,可以运用中值模型来量化校园公共自行车系统中学生的步行距离,使得每个需求点到达对应

收稿日期:2017-04-29 责任编辑:车轩玉 DOI:10.13319/j.cnki.sjztdxxb.2018.04.12

作者简介:刘玉林(1992—),男,硕士研究生,研究方向为数据挖掘、乡村规划。E-mail:532069269@qq.com

刘玉林,张小平,王泰.校园公共自行车站点选址研究——以天津大学北洋园校区为例[J].石家庄铁道大学学报:自然科学版,2018,31(4):72-76.

站点的平均权重距离最短,每个站点的服务范围得到保证,同时借助于高效的调度<sup>[8]</sup>工作使得站点的自行车和锁桩有空余,满足高峰时刻学生的借还车需求。在站点选址过程中将可达性和调度效率作为评价学生满意度的指标,将站点建设数目和调度成本作为企业的成本来进行决策,以期达到企业、学生和学校的共赢。

表 1 站点布局满意度指标体系

一级指标(目标层)	二级指标(准则层)	三级指标(指标层)
校园公共自行车布局满意度	单个自行车站点布局	单个站点的服务范围
		租车难易性
		还车难易性
		站点所处的交通条件
		站点的服务功能
	站点与站点之间的布局	站点的可识别性
		站点的完备性
		站点之间道路的连通性
		站点与站点之间的距离

### 1.2 Gis 选择候选站点

将宿舍楼、教学楼、体育馆等效为需求点,以学生能接受的最大步行距离作为缓冲区半径,使站点到需求点的步行距离限制与学生的切身使用感受相结合。其选址具体要求表现在以下几个方面:

- (1)地形情况。建在空地面积较大的地形平坦的区域,不占用行人道。
- (2)道路交通情况。量化为距离主干道 20 m 以内,方便学生出行。
- (3)政策环境。符合学校的相关规定,不影响校园整体规划,不影响美观。
- (4)站点覆盖要求。距离需求点尽可能近,满足所有的覆盖需求。

Gis 选址<sup>[9]</sup>的步骤如下:绘制校园建筑及路网结构图,并等效需求点,导入 Gis 中对需求点进行缓冲区分析,再对道路进行缓冲区分析;将两者进行叠加得到适宜建立站点的位置图;建立绿地和假山等不适宜建设站点的图层;将适宜建设和不适宜建设的图层叠加,得到初步的候选站点图,在 Gis 中进行显示;最后由选址人员实地勘察,确定最终结果。

### 1.3 求解站点的位置

以聚类后各个站点的需求量为权重,采用中值模型将校园公共自行车系统作为一个整体来考虑,结合校园面积、相关规划经验、企业的资金实力设置待选站点的数目,运用遗传算法对候选站点进行筛选,得到最终的站点。

该问题描述如下:有  $n$  个需求点, $m$  个候选站点,需求点的需求量和坐标、候选站点的坐标均已知,如何从  $m$  个候选站点中选择  $p$  个站点,使每个需求点到相应站点的平均距离最短。

目标函数

$$\min G = \sum_{i \in N} \sum_{j \in M} a_i d_{ij} y_{ij} \tag{1}$$

约束条件

$$\sum_{j \in M} y_{ij} = 1, \forall i \in N \tag{2}$$

$$\sum_{j \in N} x_j = p \tag{3}$$

$$y_{ij} \leq x_j, \forall i \in N, \forall j \in M \quad y_{ij} \in \{0, 1\}, x_j \in \{0, 1\} \tag{4}$$

式中, $N$  为需求点的集合, $N = (1, 2, \dots, n)$ ;  $M$  为候选站点集合, $M = (1, 2, \dots, m)$ ;  $a_i$  为第  $i$  个需求点的需求量; $d_{ij}$  为第  $i$  个需求点到第  $j$  个候选站点的距离; $p$  为所建站点的总数; $y_{ij}$  为 0,1 变量。当需求点  $i$  由

站点  $j$  服务时,  $y_{ij} = 1$ ; 否则,  $y_{ij} = 0$ ;  $x_j$  为 0, 1 变量。当点  $j$  被选为站点时,  $x_j = 1$ ; 否则,  $x_j = 0$ 。式(1)是站点选址问题的目标函数; 约束式(2)保证每个需求点有且仅有一个站点服务; 约束式(3)限制选取站点的个数为  $p$  个; 约束式(4)表明每个需求点只能由最终确定的站点服务。以候选设施的位置标号为基因, 每个染色体由  $p$  个基因组成, 以目标函数作为评价函数, 采用等概率分配基因方法得到最终  $p$  个站点。

#### 1.4 确定调度路径

校园公共自行车站点的功能定位是服务于校园内的通勤出行, 根据其需求量的不同可以将其划分为不同的级别, 而在高峰期学生的使用量是非常大的, 因此可以采用高效的调度, 提高满意度。运用 Gis 的网络分析功能得到两个站点间的最短路径, 建立单调度中心无时间窗优化模型, 以所需要的调度车辆为约束条件, 以调度总路径最短为目标, 结合遗传算法得到优化调度路径。调度总路径最短意味着调度车辆能够在短时间内完成整个自行车网络的调度工作, 从而在短时间内完成多次调度, 满足大量的需求。由于在工作日内, 学生的出行主要是上下课, 放学的通勤出行, 因而可以将 1 天内分为早上 7~9 点, 9~11 点, 中午 11~13 点, 下午 13~15 点, 15~17 点, 晚上 17~19 点共 6 个时间段来进行聚类 and 调度, 以学生上下课前后的 20 min 作为调度时间, 根据运行的借还数据和调度车辆的容量来确定调度量。

问题描述: 公共自行车系统中有 1 个调度中心和  $N$  个租赁点, 租赁点  $i$  到  $j$  的距离为  $d_{ij}$ , 调度中心到各租赁点的距离为  $d_{0i}$  ( $i, j = 1, 2, \dots, N$ )。现需要对该系统中租赁点的自行车进行车辆调度, 第  $k$  台车辆的调度路径用集合  $R_{ki} = \{r_{ki} | k = 1, 2, \dots, K; i = 1, 2, \dots, N\}$  表示, 其中  $r_{ki}$  表示在第  $k$  条调度路径中对租赁点  $i$  进行了调度服务(令  $r_{km}$  为第  $k$  条路径中的最后一个客户,  $r_{k0}$  表示调度中心), 若未使用第  $k$  台车辆则  $R_k = \emptyset$ 。目标函数

$$\min \sum_{k=1}^K \left[ \left( \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N c_{ki} x_{kij} d_{r_{ki} r_{kj}} \right) + d_{r_{km} r_{k0}} \right] \quad (5)$$

约束条件

$$\sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^N x_{kij} \leq K \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^N x_{kij} \leq 1, \text{ 其中 } i = 0, k = 1, 2, \dots, K \quad (7)$$

$$\forall k_1 \neq k_2, R_{k_1} \cap R_{k_2} = \emptyset \quad (8)$$

式中,  $N$  为站点的集合,  $N = (1, 2, \dots, n)$ ;  $K$  为最大的调度车辆数;  $c_{ki} = 1$  表示租赁点  $i$  由第  $k$  台车辆进行调度, 否则为 0;  $x_{kij} = 1$  表示第  $k$  台车辆由租赁点  $i$  驶向  $j$ , 否则为 0;  $r_{ki}$  表示在第  $k$  条调度路径中对租赁点  $i$  进行了调度服务。式(5)为目标函数, 要求各条调度路径的总里程最短; 式(6)表示参加调度的车辆数不超过  $K$ ; 式(7)表示调度车辆均从调度中心出发并返回调度中心; 式(8)表明每个租赁点仅能由一台调度车辆进行调度服务。以目标函数作为适应度函数, 采用有序交叉算子, 得到最终的调度路径。

## 2 实例研究

### 2.1 项目概况

天津大学北洋园校区的公共自行车系统在推行过程中取得了良好成效, 但也存在不少问题。一方面站点运营中有高峰时刻借车难、还车难的问题, 另一方面企业在  $2.23 \text{ km}^2$  的校园内布置近 100 个站点, 在建设成本上的投入超过了 500 万元, 占全部投入的 90% 以上, 而其 1 a 的运营收入不过 70 多万元, 自行车的寿命也不过 5 a 左右, 造成企业较重的债务压力, 难以收回成本。

### 2.2 Gis 空间分析

利用 CAD 绘制规划图如图 1 所示。根据校园的功能分区将其等效为 77 个需求点。本项目不适宜选址图层是距离假山 100 m, 绿地 20 m 以内的区域, 适宜建立的图层是距离主干道 20 m 以内, 距离需求点 150 m 以内, 利用 Gis 的缓冲区分析和叠加分析, 适宜区域减去不适宜区域, 将结果中每一地块的中心等效为一个候选点, 得到候选站点共 114 个, 如图 2 所示。

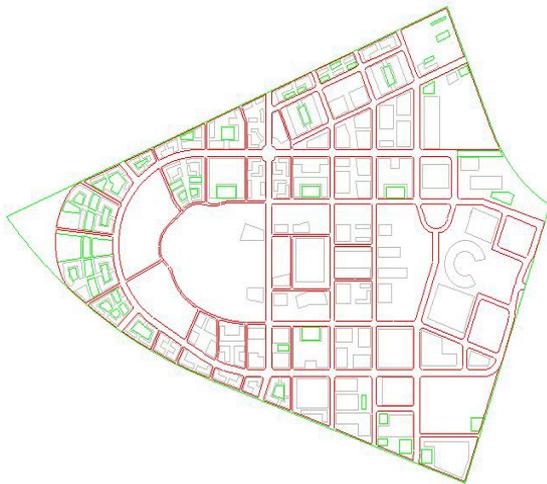


图 1 北洋园校区建筑轮廓图

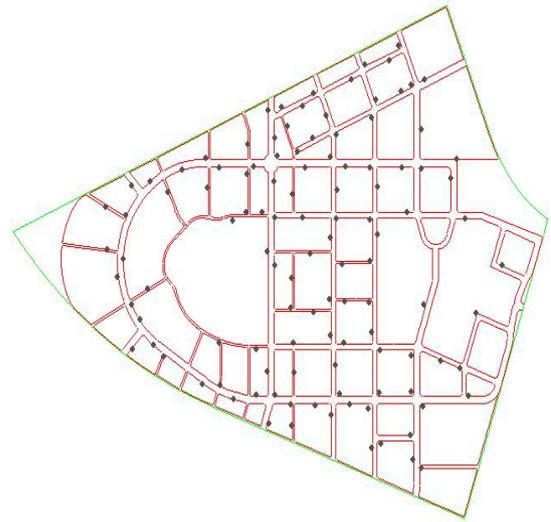


图 2 候选站点位置示意图

### 2.3 确定最终站点和调度路径

设定最终站点为 40 个,根据 6 个高峰时刻的借还量,将所有站点聚类为需求量为 30,50,80 共 3 个级别的站点<sup>[10]</sup>,分析站点的区位特征,确定设立于不同区域候选站点的需求量。

本例中候选站点是 114 个,故  $m=114$ ;最终站点的数量是 40,故  $p=40$ ;等效了 77 个需求点,故  $n=77$ 。40 个站点的最短距离用 Gis 的网络分析计算,需求点坐标及需求量,候选站点的坐标均见 Excel 表,在 Matlab 进行编程,将结果反映到 Gis 上如图 3 所示;调度车辆为 3 辆,调度总里程为 4 367 m,调度路径分别为:0-39-36-34-30-28-25-20-18-17-89-14-90-46-0;0-56-42-71-70-75-78-86-88-114-110-108-112-82-80-0;0-60-61-64-94-92-11-9-6-4-1-107-102-84-0(0 表示调度中心)调度电动车的速度约为 20 km/h,在 20 min 内可以往返 2~3 次。

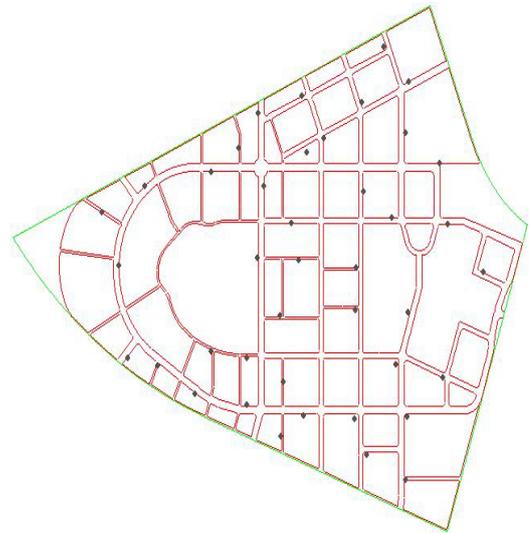


图 3 最终站点示意图

## 3 结语

本文将遗传算法、Gis、中值模型结合,为校园公共自行车站点选址提供一种定量的方法,通过实例进行了分析,使选址过程更加科学化。此外,本文所研究的有桩式公共自行车系统专指在校园内部的运行,对于城市公共自行车系统,地铁出口处的通勤出行和 Gis 的智能化决策也有一定的借鉴意义。

## 参 考 文 献

- [1]朱玮,何京洋,王德. 法国公共自行车系统布局方法与实证研究——以巴黎和里昂为例[J]. 国际城市规划,2015(S1):64-70.
- [2]周扬军. 城市公共自行车系统规划研究[J]. 城市交通,2012(5):50-54.
- [3]李黎辉,陈华,孙小丽. 武汉市公共自行车租赁点布局规划[J]. 城市交通,2009(4):39-44+38.
- [4]耿雪,田凯,张宇,等. 巴黎公共自行车租赁点规划设计[J]. 城市交通,2009(4):21-29+77.
- [5]何流,陈大伟,李旭宏,等. 城市公共自行车租赁点布局优化模型[J]. 武汉理工大学学报:交通科学与工程版,2012,36(1):129-133.
- [6]黎夏,叶嘉安. 遗传算法和 GIS 结合进行空间优化决策[J]. 地理学报,2004(5):745-753.

- [7]刘亚净,赵奇楠,王建军. 置换流水车间新工件到达干扰管理研究[J]. 石家庄铁道大学学报:自然科学版,2016,29(1):86-92.
- [8]刘凯,牛江川,申永军,等. 基于遗传粒子群算法的堆垛机作业路径优化[J]. 石家庄铁道大学学报:自然科学版,2016,29(2):67-71.
- [9]王兴举,刘佳,周杨,等. 基于 GIS 铁路网络运营管理和分析系统[J]. 石家庄铁道大学学报:自然科学版,2015,28(3):99-104.
- [10]杨毅凡,倪少权. 基于模糊聚类的 RITS 货运服务系统逻辑框架设计[J]. 石家庄铁道大学学报:自然科学版,2014,27(3):101-105.

## Research on Site Selection of Public Bicycle

——Taking Beiyang Campus of Tianjin University as an Example

Liu Yulin<sup>1</sup>, Zhang Xiaoping<sup>2</sup>, Wang Tai<sup>1</sup>

(1. School of Civil Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China;

2. School of Architecture, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

**Abstract:** Based on the lack of analysis of urban public bicycle layout research, a public bicycle site location model based on Gis and genetic algorithm is established. From the aspects of student satisfaction and the cost of the firm, the location selection objective and influencing factors of the campus public bicycle station are determined. The influence of the spatial analysis function of Gis can be used to quantitatively analyze the influencing factors that can be expressed on the map. The best site location can be obtained by using median model combined with genetic algorithm. A scheduling optimization model with no time window constraint in single scheduling center is established, combing with genetic algorithm and Matlab.

**Key words:** campus traffic; public bicycle system; layout planning; Gis; genetic algorithm

(上接第 40 页)

[9]王成元. 现代电机控制技术[M]. 北京:机械工业出版社,2008:45-61.

[10]于江涛,文小琴,游林儒. 基于空间矢量调制的异步电机离线参数辨识[J]. 信息技术,2013(6):133-136.

[11]任志斌,曾德墙. 基于极坐标的异步电机新型参数辨识方法[J]. 河北科技大学学报,2013,34(3):218-223.

## Research on Asynchronous Motor Parameter Identification System

Meng Qingshuo, Xu Mingzhu

(School of Mechanical Engineering, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China)

**Abstract:** In asynchronous motor vector control system, the accuracy of the motor parameters has important influence on the control of the motor. This paper uses the traditional identification method of induction motor, and develops the induction motor parameter identification system combining with the DSP chip and the performance of the inverter. This system integrates direct current, locked-rotor, and no-load experiment, by using the least squares method, PI control, SVPWM technology, and discrete Fourier transform, can accurately measure the constant rotor resistance, leakage inductance and excitation inductance of the motor, etc. This method shows many advantages such as simple and easy to operate, saving time, high accuracy. Compared with existing vector control parameters, the accuracy of its parameters can be verified.

**Key words:** DSP; least square method; SVPWM; discrete Fourier transform