

DOI:10.19651/j.cnki.emt.2106798

## 基于粒子群算法的高铁站站台导向标识的研究及优化\*

冯宇君 王忠庆 刘藤子 杨彦茹 周国鹏

(中北大学电气与控制工程学院 太原 030024)

**摘要:** 为了对高铁站站台导向标识系统进行研究与优化,引入了粒子群优化算法(PSO)对站台进行模型搭建。在原有的高铁地标系统上加入新的“空中标识”系统,通过站台模拟乘客寻找对应乘车点,在加入新的标识系统后,使用 PSO 验证了模型具有较高的适应度和收敛速度,性能优于仅有地标的引导系统。站台导向标识的优化将使用 ESP8266 无线模块进行信息传输,以及显示屏显示信息,新型的“空中标识”系统能够和调度信息结合,实时显示当前站台车厢号信息。在 PSO 的训练中,优化后的导向标识系统迭代时间缩短了 46.41%,效果更加显著。

**关键词:** 导向标识系统;高铁地标;粒子群优化算法;ESP8266 无线模块

**中图分类号:** TP311.1 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 520.1040

## Research and optimization of orienting sign of railway station based on PSO

Feng Yujun Wang Zhongqing Liu Tengzi Yang Yanru Zhou Guopeng

(School of Electrical and Control Engineering, North University of China, Taiyuan 030024, China)

**Abstract:** In order to study and optimize the platform orienting sign system of high-speed railway station, particle swarm optimization (PSO) is introduced to build the platform model. A new "air sign" system is added to the original high-speed railway landmark system. The platform simulates passengers to find the corresponding location. After adding the new sign system, PSO is used to verify that the model has higher fitness and convergence speed, and its performance is better than that of the landmark only guidance system. The optimization of platform guidance sign will use ESP8266 wireless module for information transmission and display screen to display information. The new "air sign" system can be combined with dispatching information to display the current platform car number information in real time. In the training of PSO, the iterative time of the optimized guidance identification system is reduced by 46.41%, and the effect is more significant.

**Keywords:** orienting sign system; high-speed railway landmark; particle swarm optimization; ESP8266 wireless module

## 0 引言

近年来,随着高速铁路的蓬勃发展,人们的出行也得到了极大的便利<sup>[1]</sup>。与此同时,高铁系统的基础建设也在逐步的完善与发展。导向标识作为基础建设与公共出行的信息媒介也在不断走向人性化与便捷化。

导向标识是提供空间信息,进而帮助人们认知、理解和使用空间,帮助人与空间建立更加丰富、深层的关系的媒介<sup>[2]</sup>。乘车引导标识作为高铁站站台重要的导向标识,是由候车室电子屏以及站台轨道旁的地标组成。杨子<sup>[3]</sup>通过调查显示“在站台候车时,因为站台的车厢地标不明显或过多,许多乘客分不清哪个标志是指向动车的,这些

不明确的信息会导致乘客上错车厢”,同时王丹<sup>[4]</sup>对铁路车站的引导标识进行了系统的介绍以及人因工程的算法分析,然而目前对于车站站台的车厢引导标识具体的分析却寥寥无几。

本文试图通过粒子群算法(particle swarm optimization, PSO)进行空间建模,并对模型进行优化与重构,通过对比,进而验证车厢引导系统在模拟优化后的优越性。相似的工作也在 Balboa 等<sup>[5]</sup>提出,动态标志引导人员疏散通过安全和最快可用路径。由此设想,将模拟实物标识的样品进行制作,将屏幕滚动式的空中动态标识引入,增加行文的可行性,最终完成导向标识的模拟研究与优化。

收稿日期:2021-05-28

\* 基金项目:中北大学第 17 届研究生科技立项(20201770)项目资助

# 1 高铁站台模型建立

## 1.1 问题描述

高铁站站台车厢引导系统包括候车室屏幕提示以及站台地标,站台地标作为乘车引导系统中重要的一部分,通常设置在高铁列车停靠站台的一侧,标识每节车厢停靠的位置<sup>[6]</sup>。由于停靠的车型和编组不同,站台上的地标位置及对应的车厢编号也就不同,并且不同的地标对应着不同的颜色,使得乘客不能及时找到自己的上车位置或是上错车厢。

为了对高铁站站台导向标识进行进一步研究和优化,本文通过引入 PSO 来对站台模型进行建立,分别进行了站台标识影响因子模型以及乘客动态分析模型的建立。

## 1.2 粒子群算法

为了衡量动车站台导向标识对乘客行为的影响,需要进行简单的群体行为建模。动车站台乘客寻找对应乘车点的行为就属于一种群体行为,个体具有简单的行为规则,但群体的行为却非常的复杂。为此,我们指定几点较为合理的群体行为规则:群体中的每个个体都具有固定的目标;个体尽量使自身与周围的个体保持速度一致;每个个体尽量试图向自己认为的群体中心靠近。

本文引入 PSO 进行模型建立。PSO<sup>[7-9]</sup>是由 Kennedy 和 Eberhart 在 1995 年提出的仿生算法,它是受到飞鸟集群活动规律的启发,根据社会学和心理学而建立的群体智能<sup>[10-11]</sup>模型。与此同时,PSO 也是空间模型建立最强有力的模型之一,算法将鸟群运动模型中的栖息地类比于所求问题空间中可能解的位置,通过个体间的信息传递,导引整

个群体向可能解的方向移动,在求解过程中逐步增加发现较好解的可能性。

假设在一个  $D$  维的目标搜索空间中有  $N$  个个体组成一个群落,其中第  $i$  个个体表示为一个  $D$  维向量:

$$X_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iD}), i = 1, 2, \dots, N \quad (1)$$

第  $i$  个个体的“行走”速度也是一个  $D$  维的向量,记为:

$$V_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{iD}), i = 1, 2, \dots, N \quad (2)$$

第  $i$  个个体迄今为止搜索到的最优位置,即个体极值,记为:

$$p_{best} = (p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{iD}), i = 1, 2, \dots, N \quad (3)$$

群体当前所搜到的最优位置,即全局极值,记为:

$$g_{best} = (p_{g1}, p_{g2}, \dots, p_{gD}) \quad (4)$$

在找到最优值时,个体根据如下公式更新自己的速度和位置:

$$v_{id} = v_{id}w + c_1r_1(p_{id} - x_{id}) + c_2r_2(p_{gd} - x_{id})$$

$$x_{id} = x_{id} + v_{id} \quad (5)$$

式中: $c_1$  和  $c_2$  是学习因子,也称为加速常数; $r_1$  和  $r_2$  是  $[0, 1]$  范围内的均匀随机数。式子右侧有 3 个部分相加和组成:

第 1 部分为“惯性”或“动量”部分,反映了个体的运动“习惯”,代表个体有维持自己先前速度的趋势。

第 2 部分为“认知”部分,反映了个体对自身历史经验的记忆或回忆,代表个体有向自身历史最佳位置逼近的趋势。

第 3 部分为“社会”部分,反映了个体间协同合作与知识共享的群体历史经验,代表个体有向群体或邻域历史最佳位置逼近的趋势<sup>[12]</sup>。粒子群算法的训练流程如图 1 所示。

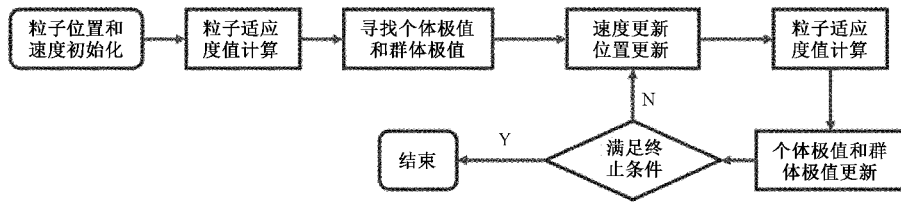


图 1 粒子群算法流程

为更好地刻画动态模拟的优化效果,引入迭代次数与时间的关系公式,其中  $T$  为速度与位置每迭代一次所用的时间,约为 30 s。最终用  $t$  来衡量迭代结束后总共用的时长。

$$t = m \times T \quad (6)$$

## 1.3 车厢引导标识空间化

为了更好地描述乘车引导系统对于乘客的影响,将站台映射到几何三维空间中,基于粒子群算法实现从数值化空间向地理化空间映射<sup>[13]</sup>,并依据导向标识的影响范围规定影响因子,建立数学模型。

假设以 8 节车厢为例,每节车厢所对应的地标对其周围的乘客具有半径 3 m 的影响范围,则数学函数可表

示为:

$$y = h \times \sqrt{\text{abs}(2 \times (x_1 + S_1^i))^2 + \text{abs}(2 \times (x_2 + S_2^i))^2} \quad (7)$$

其中, $S^i, i = 1, 2, \dots, 8$  为地标所对应的坐标; $x_1$  和  $x_2$  表示每个地标以  $r = 3$  为半径的圆周范围内的坐标点; $h$  为影响因子的最大取值。如式(7)所示,将椭圆方程引入车厢引导标识的空间模型,从而建立了导向标识的影响因子方程。与此同时,空间模型的建立也是粒子群算法中适应度函数的基础,为乘客动态模型提供了算法保障。

在空间中,群体中的人被抽象为没有质量和体积的“粒子”,通过这些“粒子”间的相互协作和信息共享,使其运动速度受到自身和群体的历史运动状态信息的影响。

以自身和群体的历史最优位置对粒子当前的运动方向和运动速度加以影响,较好地协调粒子本身和群体之间的关系,以利于群体在复杂的解空间中进行寻优操作。

## 2 模型优化及设计

### 2.1 模型优化方案

依据导向标识的设计理念<sup>[14]</sup>,为高铁站台每一个乘车点添加一个能够实时信息更换的“空中标识”系统,使信息能够快速直观地传达给进站的乘客,使乘客能够很快找到自己的上车位置<sup>[15-16]</sup>。空中标识的添加效果如图2所示是添加“空中标识”的前后车站平面图对比,图2(a)为未加入“空中标识”的车站平面图,“动车轨道”字样边竖线上的点表示每个上车点的地标,图2(b)为加入“空中标识”的车站平面图,带数字的方框为“空中标识”的添加位置。

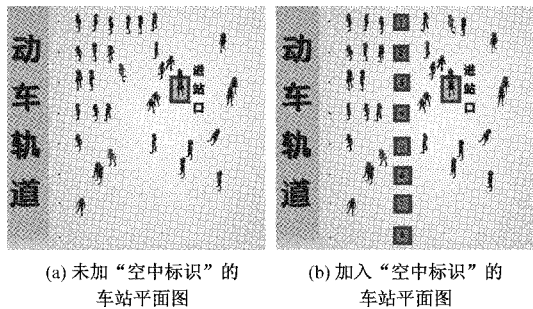


图2 车站平面图

### 2.2 标识系统设计

如2.1节方案所述,为车站站台添加“空中标识”乘车导向系统,如图3所示,通过与站内列车调度信息相结合,调度员将列车调度信息下发至服务器,再由服务器的软件系统根据调度信息生成车站每个地标对应的车厢位置,并生成显示命令,利用站内无线传输技术将调度信息发送至站台上的“空中标识”,实现班次与车厢号的准确传输。

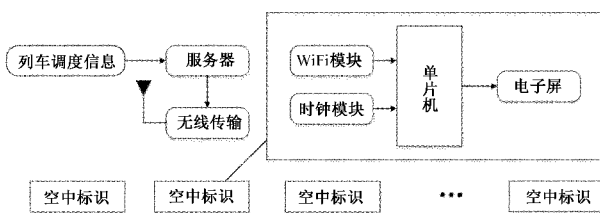


图3 “空中标识”乘车导向系统设计图

### 2.3 实物设计与显示

此次设计的系统模型主要包括单片机、ESP8266无线模块和OLED屏等器件,计算机终端软件系统测试之后,将已经选好的硬件进行连接。如图4(a)所示,在电脑终端发送信息,ESP无线模块接收信息后,将信息传输给单片机,单片机又将信息传输给显示屏,功能实现完成。图4(b)为模拟“空中标识”系统显示,分别显示动车组和车厢号。

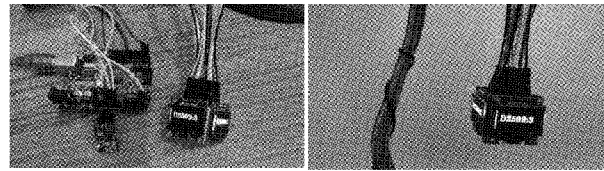


图4 系统模型实物连接图

## 3 方案测试与结果分析

### 3.1 方案测试

“空中标识”乘车引导系统的设计在原有的引导系统上进行了优化<sup>[17]</sup>,将图3中的系统设计与显示装置添加到高铁站台上,并使用式(7)建立数学模型,将其空间化。如图5所示,是高铁站台空间模型影响因子图,由于空中标识更加“醒目”,所以影响因子更高。

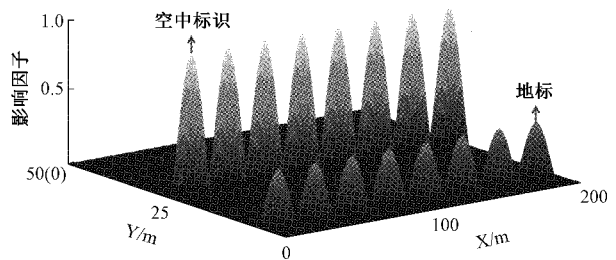
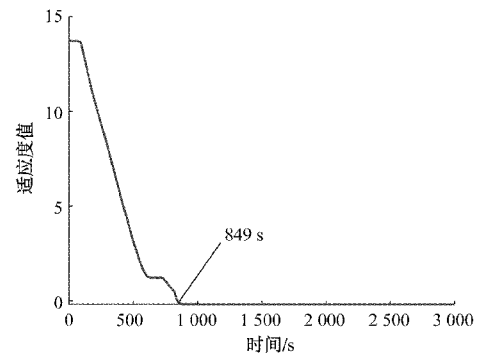
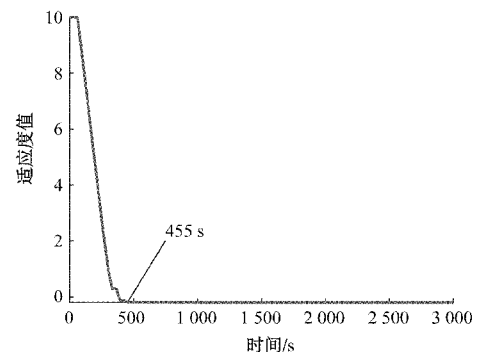


图5 车站空间模型影响因子图

依据空间模型的建立,构造适应度函数,进行人流模拟的粒子群优化算法训练。如图6所示,图6(a)是地标模



(a) 地标模型个体适应度变化图



(b) 空中标识模型个体适应度变化图

图6 模型个体适应度变化图

型的个体适应度变化图,图 6(b)是“空中标识”模型的个体适应度随时间的变化图。由于模型优化之后,乘客对导向标识信息的接收度更高了,行为也相对受到了影响,在网络迭代 455 s 后开始趋于稳定。

### 3.2 结果分析

通过对高铁站台现有地标标识不清、颜色过多等方面进行改善,在原有地标基础上增加“空中标识”,通过 PSO 建立人流动态分析模型,比较增加“空中标识”前与增加“空中标识”后乘客到达指定车厢位置的时间,实验结果如表 1 所示,在增加“空中标识”前,迭代次数于 28 次趋于稳定,用时约 849 s,而增加“空中标识”后,迭代次数于 15 次趋于稳定,仅用时 455 s。实验结果说明,“空中标识”的建立为乘客快速到达指定位置提供了帮助。

表 1 PSO 模型测试结果

优化变量	模型 a	模型 b
迭代步数	28	15
稳定时间/s	849	455

本次工作在 3.00GH,运行内存 16GH,Intel(R)Core (TM)i7-9700H 的环境下,使用 Pycharm 2019.3.3 x64 以及 Arduino: 1.8.9 进行程序编译,使用 MATLAB (R2018b)实现图形绘制。

## 4 结 论

为了对高铁站站台导向标识进行研究与优化,本文引入了 PSO 进行空间建模以及乘客动态人流分析,提出了空中引导标识方案,利用乘客对空间事物的感知与学习建立模型。实验结果显示,站台模型优化后,模拟乘客找到指定乘车点的时间缩短了 46.41%,表明在本次任务中对站台导向标识的优化对于解决站台乘车引导系统存在的问题具有一定的意义。这项工作也将是我们在未来工作中合理设计站台标识的理论基础与工作基础。

### 参考文献

- [1] 伊益华. 铁路视频监控系统技术分析及应用[J]. 科技创新与应用,2014(11): 52-54.
- [2] 王瑾. 导向标识设计[M]. 石家庄:河北美术出版社,2008.
- [3] 杨子. 基于顾客感知的京沪高铁乘客满意度测评研究[D]. 兰州:兰州理工大学,2019.
- [4] 王丹. 基于人机工程的铁路车站导向标识系统分析[J]. 四川建筑,2010, 30(2):65-68.
- [5] BALBOA A, GONZÁLEZ-VILLA J, CUESTA A, et al. Testing a real-time intelligent evacuation guiding

system for complex buildings [J]. Safety Science, 2020, 132: 104970.

- [6] 刘晓青. 南昌火车站改扩建建筑设计[J]. 山西建筑, 2010,36(17): 26-27.
- [7] 郭世凯,孙鑫. 改进粒子群算法在机场登机口分配中的应用[J]. 电子测量技术,2019,42(15):49-54.
- [8] KENNEDY J, EBERHART R. Particle swarm optimization applied to the nuclear reload problem of a pressurized water reactor [J]. Progress in Nuclear Energy, 2009, 51(2):319-326.
- [9] 马学森,谈杰,陈树友,等. 云计算多目标任务调度的优化粒子群算法研究[J]. 电子测量与仪器学报,2020, 34(8):133-143.
- [10] MALIHE J, EYSA S, JAVAD S. Optimal design of truss structures using a hybrid method based on particle swarm optimizer and cultural algorithm [J]. Structures, 2021, 32: 391-405.
- [11] 付雪松,王建林,胡志雄,等. 基于动态权重 PSO 算法的眼科 OCT 设备横向分辨率检测[J]. 仪器仪表学报, 2019,40(9):142-150.
- [12] ROMEDI P. Wayfinding design: Logic, application and some thoughts on universality [J]. Design Studies, 2006, 17(3): 319-331.
- [13] 裘苗苗. 导向标识系统传达设计与用户体验研究-以厦门红点设计博物馆为例[J]. 明日风尚,2021(11): 127-129.
- [14] 陈瑾. 图标在地铁导向标识形象系统中的设计与应用[J]. 艺术品鉴,2019(36):77-78.
- [15] HUANG L, ZHAO X, LI Y, et al. Optimal design alternatives of advance guide signs of closely spaced exit ramps on urban expressways [J]. Accident Analysis & Prevention, 2020, 138:105465.
- [16] YAO X, ZHAO X, LIU H, et al. An approach for evaluating the effectiveness of traffic guide signs at intersections [J]. Accident Analysis & Prevention, 2019, 129:7-20.
- [17] 张波. 基于随机模糊测度的高铁通信定向天线最优算法[J]. 国外电子测量技术,2020,39(9):42-46.

### 作者简介

冯宇君,硕士研究生,主要研究方向为故障诊断方法研究、轴承故障检测。

E-mail:895913220@qq.com

王忠庆,工学硕士,副教授,主要研究方向为电力电子技术和半导体变流技术。

E-mail:sjx@nuc.edu.cn