

工程任务单

项目名称：楚天大厦智能立体车库

项目编号：ZX0119002

任务编号：ZX0119002-S007

开始日期：2023-2-13

需求描述	责任人	时间	紧急程度	
1: 楚天大厦项目增加用户停车习惯分类，根据用户停取车时间，划分月租车和临时车，见附件 1，联系人：曾星	刘泽		一般	

附件 1:

智能立体车库用户分类设计方案

拟制：曾星

日期：2023 年 1 月 3 日

武汉智象机器人有限公司

Wuhan IER Co., Ltd.

变更履历

日期	版本号	修改说明	作者	审核/日期	批准/日期
2023年1月3日	v1.0		曾星		

目 录

1. 概述.....	5
1.1. 设计思路.....	5
1.1.1. 优化原则.....	5
1.1.2. 用户分类.....	5
1.2. 现有策略.....	7
1.3. 优化路线.....	7
2. 用户类型识别.....	7
2.1. 分类编码.....	7
2.2. 模糊理论——隶属度.....	8
2.3. 识别模型构建.....	8
2.3.1. 模糊集构建.....	8
2.3.2. 隶属度函数及参数设定.....	9
2.3.3. 模糊推理规则.....	10
3. 存取车调度策略.....	11
3.1. 常用存取车策略.....	11
3.2. 不同用户常用调度策略.....	11
3.3. 本方案调度策略.....	12

概述

智能立体车库的调度算法需要能够识别用户车辆类型,预测下一时段不同类型车辆的出入库情况,在空闲阶段调整车辆的存放位置,保证车辆快速出入库。

1.1. 设计思路

1.1.1. 优化原则

- (1) 用户存取车排队,先到先服务;(这块可适当进行调整,保证后排队车辆优先取出与前面排队未取车的时间差不超过4分钟)
- (2) 遵守(1)的条件下,采用合适的存取车策略来优化效率;
- (3) 根据用户类型来分配不同楼层的停车位;
- (4) 针对特定用户预测其存取车高峰,利用空闲时间提前调整车辆存放位置(由于存在电能消耗,设备耗损,暂时对这个原则不作考虑)。

1.1.2. 用户分类

(1) 通勤用户

通勤用户指在一周的五天工作日中的上下班用户,其停车行为一般在固定的时间段,时间集中度高,是存取车高峰的主要原因。此类停车行为存车时间较长,一般在3~8h之间,停车行为主要集中在白天,存取车高峰时段一般在07:00~9:00,16:30~18:30之间其停车特征如下图所示。



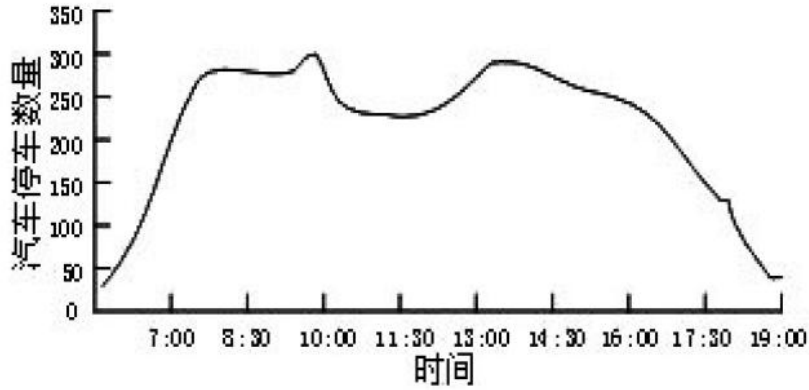


图 1 通勤停车数量随时间变化情况

(2) 非通勤用户

非通勤用户主要包括公务出行、办事、文化娱乐、购物、看病等用户，其停车时长具有随机性，但一般比通勤停车和居住地停车时间要短，停车时长均值在 2h 以内，停车行为发生时间也比较随机。

(3) 居住区用户

居住区用户指附近居民，工作日和节假日停车特征存在较大差异，工作日居民需要上下班，并且上下班的时间基本相同，所以其停车特征存在波峰值和波谷值，停车数量呈现早晚高峰和中午小高峰的特点，在日间居住区的立体车库利用率相对较低，而夜间的利用率则接近饱和，表现出较强的刚性需求。其工作日停车特征如下图所示。在节假日此类用户的出行目的的差异性较大，出行时间较随意，如探亲访友、购物娱乐等。

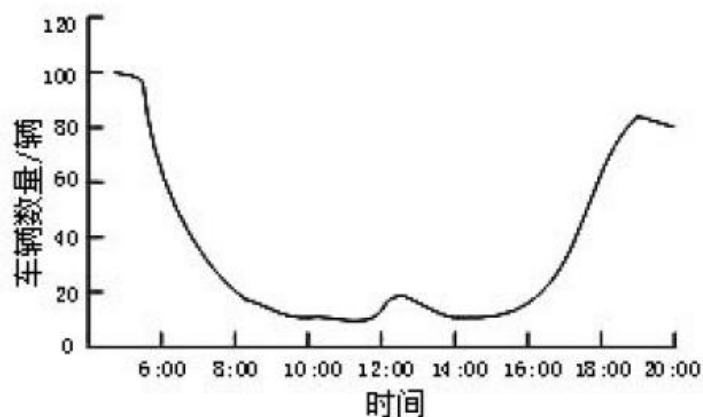


图 2 工作日居住区停车数量随时间变化情况



1.2. 现有策略

针对每一个在排队中即将要执行的指令，根据搬运器所停留的楼层，对搬运器执行该指令所产生的空跑距离和用户等待时间的焦虑程度进行求和，计为 loss 值，取值最小的指令优先执行。例如：

队列 2 条指令，记录其入场时间，第一条指令时间为 0，后面指令以分钟为单位，记录其与第一条指令的时间差

A：停 3 楼，时间 0

B：取 10 楼，时间 5.5

当前搬运器停靠楼层：8

指令 A 的 loss=执行 A 指令的空跑距离（8）+用户等待焦虑（0）=8

指令 B 的 loss=执行 B 指令的空跑距离(10-8=2)+用户等待焦虑（5.5）=7.5

最终结果：优先执行 B 指令。

1.3. 优化路线

- （1）利用模糊数学、机器学习等方法 and 模型，基于历史存取车数据自动识别用户类型，根据用户类型采用适当的存取车策略；
- （2）基于不同时段预测的存取车需求，合理来调整存取车策略，提高存取车效率。

用户类型识别

1.4. 分类编码

用户分类编码如下表所示：

用户类型	车牌号	类型编码	是否需要自学习	备注
未知用户	XXXXX	0	1	初始状态为



				临时停车
通勤用户	XXXXX	1	1, 自学习 0, 月卡车	单位员工
居住地用户	XXXXX	2	1, 自学习 0, 月卡车	附近居民

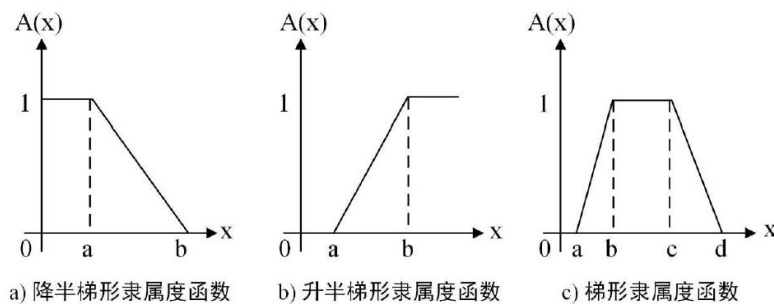
1.5. 模糊理论——隶属度

(1) 隶属度

隶属度的定义是：对论域（研究范围） U 中的任意元素 x ，都有一个数 $A(x) \in [0, 1]$ 与之对应，则 A 为论域 U 上的模糊集， $A(x)$ 为元素 x 对模糊集 A 的隶属度。当 x 在 U 范围内变化时， $A(x)$ 就是一个 A 的隶属度函数。 $A(x)$ 越趋近于 1，则元素 x 隶属于 A 的程度越高，反之越低。

(2) 隶属度函数

隶属度函数最常用的是采用分段线性函数形式，常见的有降半梯形隶属度函数、升半梯形隶属度函数、梯形隶属度函数，如下图所示：



1.6. 识别模型构建

1.6.1. 模糊集构建

停车特征模糊集合			
存车时间 T_1	取车时间 T_2	工作时段停车时长 T_3	居家时段停留时长 T_4

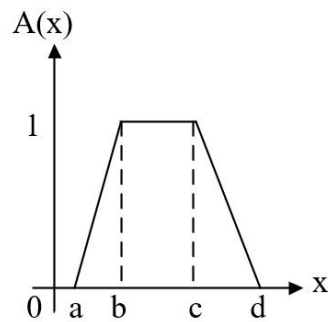


通勤用户	通勤用户	通勤用户	通勤用户
非通勤用户	非通勤用户	非通勤用户	非通勤用户
居住地用户	居住地用户	居住地用户	居住地用户

1.6.2. 隶属度函数及参数设定

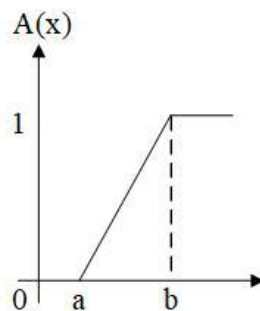
(1) 针对存车时间和取车时间，用户隶属度函数如下：

$$\begin{aligned}
 & 0, \tau < \hat{\tau} \\
 & \frac{\tau - \hat{\tau}}{J - \hat{\tau}}, \hat{\tau} < \tau < J \\
 \text{且 } \tau, \hat{\tau}, J, J, \bar{J} = & 1, J < \tau < J \\
 & \frac{J - \tau}{J - \bar{J}}, J < \tau < \bar{J} \\
 & 0, \tau > \bar{J}
 \end{aligned}$$



(2) 针对工作或居住停留时长，用户隶属度函数如下：

$$\begin{aligned}
 & \tau, \tau \leq \hat{\tau} \\
 \text{且 } \tau, \hat{\tau}, J = & \frac{\tau - \hat{\tau}}{J - \hat{\tau}}, \hat{\tau} < \tau \leq J \\
 & \tau, \tau \leq J
 \end{aligned}$$



(3) 参数设定

不同类型用户隶属度函数参数如下：

序号	用户类型	存车时间	取车时间	工作时段 停留时长	居家时段 停留时长
0	通勤用户	6, 7, 9, 10	16, 17, 19, 20	3, 4	-
1	非通勤用户	-	-	-	-
2	居住地用户	17,18,23,24	5,6,8,9	-	4, 5

表 1 不同停车行为的停放时长比较分析

分布比例/%	停车时长/min				
	0~30	30~60	60~120	120~180	>180
通勤停车	0	2.8	10.5	29.3	57.4
非通勤停车	12.8	21.7	38.6	18.9	8.0
居住区停车	2.4	0.8	0.6	6.4	89.8

表 2 不同停车行为停车周转率

停车行为	工作日	休息日
通勤停车	1.2~1.4	<0.1
非通勤停车	3.0~4	5.5~6.8
居住区停车	0.94~1.01	0.98~1.07

1.6.3. 模糊推理规则

采用隶属度相加，然后取最大值的推理规则来识别用户。

通勤隶属度： $S_{\text{通勤}} = S_{\text{存车时间-通勤}} + S_{\text{取车时间-通勤}} + S_{\text{工作时段停留时长-通勤}}$

居住地隶属度： $S_{\text{居住}} = S_{\text{存车时间-居住}} + S_{\text{取车时间-居住}} + S_{\text{工作时段停留时长-居住}}$

序号	用户类型	满足条件	附加条件
----	------	------	------



0	通勤用户	通勤隶属度 >1.5	连续 10 个工作日至少有 4 天 满足条件
1	非通勤用户	通勤隶属度和居住隶属度均 小于 1.5	
2	居住地用户	居住隶属度 >1.5	

存取车调度策略

1.7. 常用存取车策略

(1) 存/取车优先策略

当存取设备完成存取操作后回到出入口待命,当有下一辆车来到时可以直接存入,不需要等待,这种模式适合早晚时段的存车高峰期。

(2) 原地待命策略

存取设备在执行完上一次存取任务后原地不动,等待下一次的操作。

(3) 交叉存取策略

当同时有几辆车需要存取时,按照存车和取车进行分组,对分组后的存取任务进行交叉操作。

1.8. 不同用户常用调度策略

(1) 通勤停车调度策略。针对通勤停车行为的特点,根据相关的调度策略研究,在立体车库存取车高峰时段采用存车优先的调度策略,在搬运器执行完上一个任务后直接回到出入口等待需要存入的车辆,在取车高峰时段采取取车优先的调度策略,在其他时段可以采用原地待命的方式,根据出行特征来灵活调整调度策略将减少顾客的等待时间,提高车库运行效率。

(2) 非通勤停车的调度策略。非通勤停车设施属于稀缺资源,尤其是城市中心地带,需求量较大,对于这类停车场所的立体车库,提高其运行效率显得尤为重要,由于非通勤出行行为具有随



机性，时间分布较分散，所以立体车库通常选择原地待命的调度策略。也有相关学者利用智能算法对存取车序列进行了优化，得到了最少的运行时间，但立体车库遵循先到先服务的策略，随意更改存取车顺序不符合用户的使用体验。

(3) 居住区停车的调度策略。立体车库在建设初期要基本满足停车位的需求，确保居住区车有其位对于保障正常的停车秩序非常重要，而影响居住区停车需求的影响因素较多，主要包括居住区的人口数量、居住区建筑面积和区域位置等。由于居住区的停车具有一定的规律，在早晚存取车高峰期可以选择存车优先和取车优先的调度策略，而在其他时间段选择原地待命的策略。

1.9. 本方案调度策略

(1) 按照不同时段，采用不同的存取车调度策略，如下表所示：

时段	时段定义	调度策略
00:00~7:00	正常时段	原地待命
7:00~9:00	早高峰	存车优先
9:00~17:00	正常时段	原地待命
17:00~19:00	晚高峰	取车优先
19:00~24:00	正常时段	原地待命

(2) 按照不同用户，结合不同应用场景需求，停车位分配策略如下表所示：

应用场景	停车位分配策略			备注
	临时用户	通勤用户	非通勤用户	
医院、政务中心	分配低楼层	分配中高楼层	分配中高楼层	临时停车用户较多，时间分布无规律
产业园	分配中高楼层	分配低楼层	分配中高楼层	通勤用户较多，早晚高峰停车需求大



小区	分配中高楼层	分配中高楼层	分配低楼层	临时停车用户较少, 小区用户较多
----	--------	--------	-------	------------------



参考文献：

- [1] 王明凯.自动化立体车库调度策略浅析[J].甘肃科技,2016,32(08):72-74.
- [2] 刁瑞兴,徐海峰.自动化立体车库调度策略浅析[J].科技资讯,2017,15(14):68-69.
- [3] 黄琼雁.一种基于专家系统的自动化立体车库出入库调度策略[J].计算机与现代化,2007(08):41-43+47.

