

DOI:10.15923/j.cnki.cn22-1382/t.2017.1.10

# 基于 Mamdani 算法的停车诱导决策

于本成<sup>1</sup>, 许小媛<sup>2\*</sup>, 朱小龙<sup>3</sup>

(1.徐州工业职业技术学院 信息与电气工程学院, 江苏 徐州 221004;

2.江苏开放大学 信息与机电工程学院, 江苏 南京 210017;

3.合肥工业大学 管理学院, 安徽 合肥 230009)

**摘要:** 构建了停车场停车诱导决策模型,通过 Mamdani 初始化预测模糊规则建立包含用户习惯、行为可靠性和停车场资源分布等三维元素组成的 FIS,量化自然语言,分析语义,并结合仓库数据生成信息负反馈的学习过程和目标预判能力。

**关键词:** Mamdani 控制; 智能诱导停车; 有效资源管理; 深度学习

**中图分类号:** TP 301.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-1374(2017)01-0053-05

## A parking guidance decision based on mamdani algorithm

YU Bencheng<sup>1</sup>, XU Xiaoyuan<sup>2\*</sup>, ZHU Xiaolong<sup>3</sup>

(1.School of Information and Electrical Engineering, Xuzhou College of Industrial Technology, Xuzhou 221004, China;

2.Mechanical Engineering College, Jiangsu Open University Information, Nanjing 210017, China;

3.School of Management, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

**Abstract:** A parking guidance decision model is established. The initialized fuzzy rules with Mamdani is applied to build FIS which includes custom habits, behavior reliability and parking lot resource distribution. The algorithm can realize nature language quantization, semanticsanalysis, feedback learn process and object judgement ability with storage data.

**Key words:** mamdani control; intelligent parking; effective resource management; deep learning.

## 0 引言

与日俱增的汽车数量与固定并集中的人流潮汐产生了巨大矛盾,其表现为城市整体停车场资源没有得到合理分配以及交叉口交通拥堵<sup>[1-2]</sup>。停车诱导服务是通过停车场信息透明化,为驾驶

人提供透明、实时的有效信息,并成为化解停车矛盾的重要方法<sup>[3]</sup>。文献[4]对停车诱导信息系统中无线传输链路性能进行了分析;文献[5]中提到的 PGI 并没有完全处理用户的潜在信息,因此,系统无法有效地预判停车目标;文献[6]提供了路网分层的可能性,将路网分为路上行驶层、停车巡

收稿日期: 2016-11-11

基金项目: 安徽省高校自然科学基金重点项目(KJ2015A366); 江苏省高校自然科学基金资助项目(14KJD520001)

作者简介: 于本成(1981-),男,汉族,辽宁大连人,徐州工业职业技术学院副教授,硕士,主要从事信息安全和网络技术方向研究, E-mail: yubc@mail.xzcit.cn. \* 通讯作者: 许小媛(1980-),女,汉族,江苏淮安人,江苏开放大学副教授,硕士,主要从事计算机软件应用、数值模拟方向研究, E-mail: 626028672@qq.com.

泊层和步行层 3 层,用于定量分析停车诱导可变信息标志对驾驶人出行的影响;文献[6-7]中通过分析硬性因素的复杂性,进一步建立多元运算模型。

以上学者在停车场的智能诱导服务方面做了一定的研究,但对用户的需求分析不够明朗、体验感欠缺,主要表现在以下两点:

1) 停车场不能准确把握被服务者需求,进而无法准确预判目标停车位置;

2) 现有的诱导停车算法无法有效地通过多元模型缩短或优化计算过程。

针对以上问题,文中设计了基于 Mamdani 的模糊算法模型,解决了两大问题:

1) 面对不同的用户潜在需求,通过 Mamdani 算法模型量化非线性复杂系统,有效地预测用户习惯,使其得以与停车场进行静默交互;

2) 根据执行结果的线性反馈,可以快速地更新、优化用户服务决策方案,进而完善整个系统。

## 1 Mamdani 控制的搭建

### 1.1 决策模型

预测驶入汽车目标(Target)会根据汽车信息(Type)、停车次数(Times)、频率(Frequency)、可靠指数(Reliability)、平均每次时长(Duration)五大信息集合的变化而实时做出响应。停车场有 4 种电梯并将其赋值,其中, Lift = -1, Escalator = 0, levator\_Movie = 1, Elevator\_Work = 2。

### 1.2 方法原理及步骤

Mamdani 是基于一种概率模糊建模的方法,将任意的输入向量放入模糊化接口,数据仓库给出初步响应后,通过 Mamdani 进行概率模糊推理。根据预设的模糊规则,系统快速量化非线性的自然语言与用户习惯,并将离散的数字数据信号传递给系统进行反模糊化过程,最后将处理的数据传递给控制对象,并对输入进行线性反馈与系统规则再学习<sup>[8]</sup>。模型基本组成如图 1 所示。

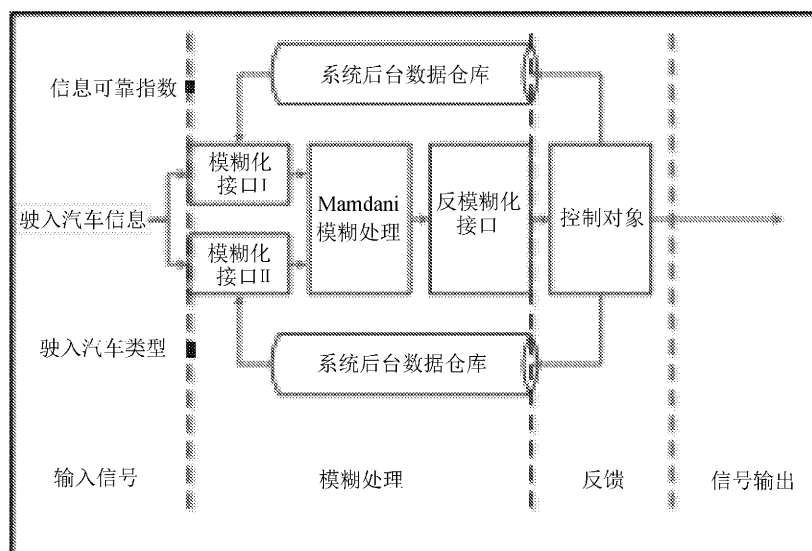


图 1 停车诱导决策方案核心 Mamdani 算法模型基本组成

#### 1.2.1 模糊化处理

为实现诱导停车过程中目标车位预测的功能,算法可以同时考虑用户习惯、行为可靠性和停车场资源分布,文中采用了一个三维的模糊推理系统(FIS)。其中,输入为 Car.Type、Car.Fre-

quency 和 Car.Reliability,输出为 Car.Target。

##### 1.2.1.1 输入变量及其模糊化处理

对于进入停车场的用户而言,输入数据结构可以表示为:

$$\text{Type from System} = \begin{cases} \text{Standing by,} & \text{Duration} \in [0,1) \\ \text{Window Shopping,} & \text{Duration} \in [1,2) \\ \text{Movie,} & \text{Duration} \in [2,3) \\ \text{Work,} & \text{Duration} \in (3,24] \end{cases} \quad (1)$$

上述表达式为系统后台定义的 4 种泊车类型, 根据上月平均停车时长决定的。

$$\text{Frequency} = \begin{cases} \text{Times,} & \text{Times} \in ([0,30) \\ 31, & \text{Times} \in (30,40] \\ 32, & \text{Times} \in (40,\infty] \end{cases} \quad (2)$$

其中, 31 与 32 作为特殊值来约束边界条件。

$$\text{Reliability} = \begin{cases} 0.67 * (0.17 + (\text{Times} - 5)/30), & \text{Frequency} \in [0,10) \\ 0.67 * (0.45 + (\text{Times} - 13.5)/30), & \text{Frequency} \in [10,17) \\ 0.67 * (0.8 + (\text{Times} - 24)/30), & \text{Frequency} \in [17,30] \\ 0.67 * (\text{Times}/30), & \text{Frequency} = 31 \\ 0.67 * (1.41 - 1/\text{Times}), & \text{Frequency} = 32 \end{cases} \quad (3)$$

#### 1.2.1.2 输出变量及其模糊化处理

根据数据仓库的信息, 基于上述模型中的上月停车次数和时长等信息, 得到 Target 模型如下:

$$\text{Target} = \begin{cases} -1 * (\text{Reliability} + 0.05), & \text{Type} = \text{Standing by} \\ \text{Frequency} * (0.95 - \text{Reliability})/30, & \text{Type} = \text{Window Shopping} \\ 0.95 - \text{Reliability}, & \text{Type} = \text{Movie} \\ 2 * (\text{Frequency}/32), & \text{Type} = \text{Work} \end{cases} \quad (4)$$

特别地, Target 的取值区间为  $[-1, 2]$ , 即为目标电梯的取值范围。

#### 1.2.2 模糊规则仓库

通过车牌识别、数据仓库的数据处理和挖掘, 可以确定 Times、Frequency、Duration 和 Reliability 辅助预测 Target。由此, 可以形成实时诱导停车决策数据库, 包括用户个人信息与停车场出口的最优匹配结果。

Mamdani 模糊算法采用主从关系和数据挖掘方法产生模糊规则, 具体步骤如下:

1) 通过上述模糊化处理, 将由输入变量、输出变量构成的普通型关系数据库转换为模糊型关系数据库, 设普通型数据库共有  $D$  个数据元组  $\{d_1, d_2, \dots, d_D\}$  构成, 相应的模糊型数据库为  $\{\mu_{d1}, \mu_{d2}, \dots, \mu_{dD}\}$ , 其中  $\mu$  为隶属度函数,  $\mu_{dk}$  由  $\{\mu_{dk}^{\text{Type}}, \mu_{dk}^{\text{Frequency}}, \mu_{dk}^{\text{Reliability}}, \mu_{dk}^{\text{Target}}\}$  组成,  $k = 1, 2, \dots, D$ ;

2) 计算规则的支持度。从数据挖掘角度看, 如果一条规则有实际意义, 必须具有足够的支持度, 它反映了样本数据库对该条规则的支持程度。定义支持度如下:

$$\text{supp}(\text{Type, Frequency, Reliability} \Rightarrow \text{Target}) = \frac{\sum_{k=1}^D \mu_{dk}^{\text{Type}} \mu_{dk}^{\text{Frequency}} \mu_{dk}^{\text{Reliability}} \mu_{dk}^{\text{Target}}}{D} \quad (5)$$

3) 创建完备的模糊规则库。首先要保证输入变量构成的每个模糊子空间都能被遍历, 其次, 输出变量在模糊子空间选用哪个模糊集, 由规则的最大支持度决定。

#### 1.2.3 模糊逻辑推理

由于 Mamdani 模糊推理算法具有运算简便、

解决问题更为直观的优点, 所以文中选取 Mamdani 极大极小的推理算法。对于三维模糊系统, 若输入  $X$  是 Type,  $Y$  是 Frequency,  $Z$  是 Reliability, 模糊规则为  $F_1, F_2, \dots, F_n$ 。第  $i$  条规则可表示为: 若输入  $X$  是  $\text{Type}_i$ ,  $Y$  是  $\text{Frequency}_i$ ,  $Z$  是  $\text{Reliability}_i$ ,  $O$  是  $\text{Target}_i$ ; 推理强度为

$$\alpha_i = (X) \cap (Y) \cap (Z) \quad (6)$$

式中:  $(X), (Y), (Z)$ ——分别为 Type, Frequency, Reliability 的隶属度函数。

对于第  $i$  条模糊规则  $F_i$  有输出量 Target $_i$ , 其隶属度函数为:

$$(O) = \alpha_i \cap (O) \quad (7)$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

在所有控制规则的共同作用下, 最后输出量的隶属度函数为:

$$(O) = v_i(O) = v_i(\alpha_i \cap (O)) \quad (8)$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

#### 1.2.4 反模糊化过程

文中采用重心法, 即取模糊隶属度函数曲线与横坐标围成面积的重心为模糊推理最终输出值。在得到输出值之后, 可根据模糊规则库查询最终处理结果作为系统后台数据仓库中用户个人信息的反馈记载。

#### 1.3 应用测试

根据模型表述, Mamdani 的诱导停车决策 FIS 输入分别是 Car. Type, Car. Frequency, Car. Reliability, 先假设用户为该 CBD 综合体的上班族, 上个月上班全勤, 天数为 26 d, 如图 2 所示。

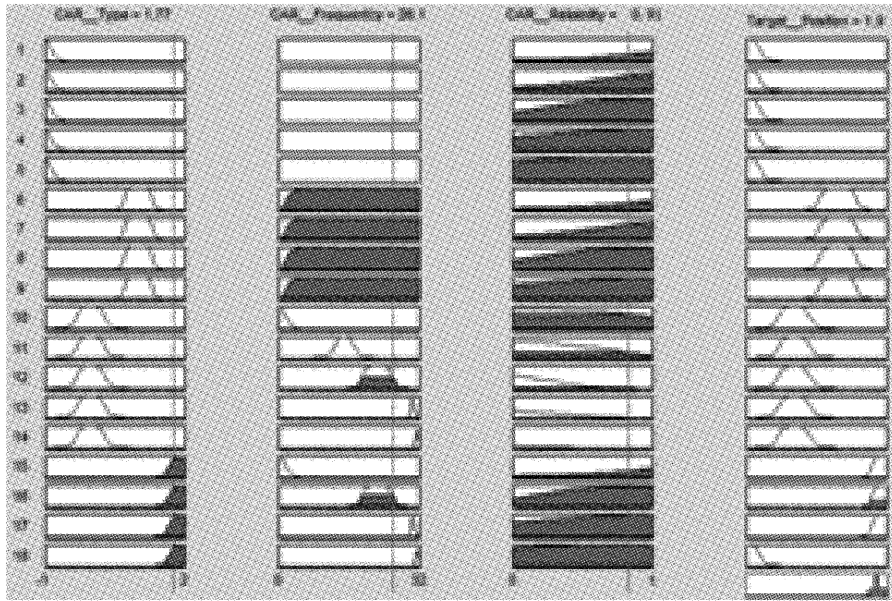


图 2 模糊化输入 CAR\_Frequency

通过基于 Mamdani 的诱导停车决策表明, 其最适宜停靠的位置为靠近 Elevator\_Work 的 1.9 位置。Type、Frequency、Reliability 和 Target 之间的映射曲面如图 3 所示。

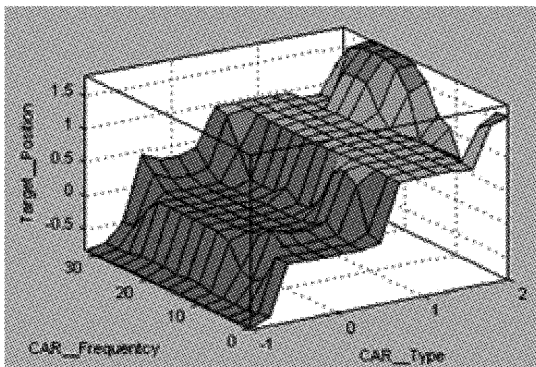


图 3 曲表面视图 Surface View

系统再根据其一段时间内历史数据更新数据仓库的信息, 以便实现数据资源与用户习惯的负反馈过程, 从而达到系统深度学习的目的。

## 2 结论与展望

主要研究了基于 Mamdani 模糊算法的诱导停车决策方案, 帮助诱导停车系统有针对性地预测用户的目标停车位置, 合理地分配有限停车资源。首先, 通过系统后台数据仓库甄别出驶入汽车的车牌信息; 然后, 根据模糊化后的历史数据预测出用户的目标停车泊位; 最后, 根据反模糊化的结果回馈给后台的数据仓库, 优化算法更新用户数据信息。模糊算法的隶属函数只是基于其他研究和少量数据的挖掘, 目前还处于初步探索阶段, 但随着积攒数据逐渐增多, 诱导停车必将更加智



慧。

#### 参考文献:

- [1] Yanfeng Geng, Christos G, Cassandras. A new "Smart Parking" system infrastructure and implementation[J]. Science Direct, 2012, 54: 1278-1287.
- [2] 卢明宇, 王兴. 交叉口交通拥堵分析与对策[J]. 长春工业大学学报: 自然科学版, 2015, 36(3): 327-332.
- [3] 崔素萍, 许胜博, 楚彭子, 等. 智能停车诱导系统的设计[J]. 交通标准化, 2014, 42(3): 55-57.
- [4] 许旭柱, 易卫东. 基于无线传感器网络的停车诱导信息系统中无线传输链路性能分析[J]. 计算机研究与发展, 2011, 48(1): 71-74.
- [5] Yang Jun. A system framework of active parking guidance and information system[J]. WASE International Conference on Information Engineering, 2010, 132: 150-154.
- [6] 季彦婕, 蒋敏, 王伟, 等. 停车诱导可变信息标志影响下的多层路网随机用户均衡分配模型[J]. 东南大学学报, 2014, 44(3): 677-681.
- [7] 季彦婕, 王伟, 邓卫. 基于模糊逻辑的停车泊位预约实时决策方法[J]. 华南理工大学学报, 2010, 38(10): 100-104.
- [8] 梅振宇, 项贻强, 陈峻, 等. 停车诱导信息配置优化组合模型与算法[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2009, 41(10): 163-168.