

交通控制子区划分方法研究

谢一明

(无锡安邦电气股份有限公司,江苏 无锡 214112)

摘要:交通控制子区划分主要将相邻的众多交叉口划分为若干个交通子区进行干线协调控制,可有效缓解交通拥堵现象,但现有方法划分出的交通子区无法满足实际协调控制的准确性与鲁棒性。为解决这一难题,结合当前流行的划分技术,考虑4个影响因素:信号交叉口间距、交通流量、周期、通行能力,建立模糊C均值聚类划分方法,再通过实例,借助Vissim仿真软件,验证方法的适用性与可行性。Vissim仿真结果表明:与传统协调控制方法相比,方法可使系统车均延误时间减少27%,协调相位行车时间减少20%。

关键词:交通控制子区;模糊C均值聚类;车均延误;行车时间;Vissim

中图分类号:U491 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-5322(2018)01-0074-05

交通控制中,协调控制可以有效提高整个系统的通行效率、减少车均停车延误与行车时间、降低车辆尾气排放及燃油消耗、提升路网服务水平。交通控制子区划分是干线协调、区域协调控制的基础,同时也是协调效果好坏的关键技术,因此研究交通控制子区划分问题在交通控制领域具有重要的现实意义。

随着国内外交通控制子区划分技术逐渐发展,国外典型代表TRANSYT和SCATS系统亦不断更新发展。TRANSYT系统属于离线信号控制系统,交通工程师依据工作经验按预先设定算法,将路段的历史流量、相邻信号交叉口间距离等因素输入系统,对协调区域进行划分,并按照固定不变的方案进行信号控制,对于交通流变化大的情况失效。SCATS系统借助投票计数的方法进行交通控制子区的半动态划分,由于考虑因素单一,其交通控制子区只是次优解,尤其是在交通量接近饱和或者已经饱和的交通状态时,控制效果十分糟糕。在国内,杨庆芳等^[1]在协调系统中协调相位交通流运行特性的基础上,引入周期原则、相位差、绿信比原则,在三者综合考量后决定交通控制子区的划分与合并;李瑞敏等^[2]采用模糊控制思想,从交叉口间距、交通流离散特性、周期、交通流量、车流构成5个方面计算协调因子,实现交通

控制子区自动划分;李慧兵^[3]利用交通流的OD关系矩阵,结合周期原则、距离原则研究交通控制子区自动划分与合并;保丽霞^[4-6]等针对信号交叉口间车队离散特性,搭建信号交叉口间协调程度计算指标,进行交通控制子区划分;卢凯等^[7]依据美国道路通行能力手册中的交叉口的关联程度公式,结合国内实际交通流运行状况构造一套计算相邻信号交叉口间关联程度的公式,利用降维和遗传算法进行寻优处理,达到快速划分交通路网的目的。

本文借鉴上述研究成果,考虑信号交叉口间距、交通流量、周期、通行能力等交通控制子区划分的影响因素,利用模糊数学算法提出模糊C均值聚类算法的交通控制子区划分新方法,以4个相邻信号交叉口的实例进行验证,表明,该方法使其它方法划分的交通控制子区系统运行效率更高。

1 划分模型

交通控制子区划分方法如下:

如果交叉口间距大于1 000 m,则直接划分为2个交通控制子区^[8];如果交叉口间距小于或等于1 000 m,则按照模糊C均值聚类法进行交通控制子区划分。

具有模糊隶属度函数的无标签数据的集合采用

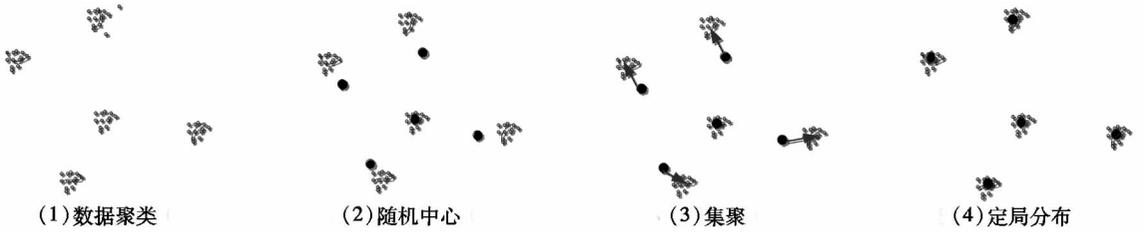


图 1 聚类算法示意图

Fig.1 The FCM algorithm

模糊 C 均值聚类法处理,算法过程如图 1 所示,依次分步进行。

依据聚类算法,建立交通控制子区划分模型如下:

$$\min J_M(U, V) = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^c u_{ij}^m d_{ij}^2 \quad (1)$$

$$d_{ij}^2 = (|x_i - v_j|)^2 \quad (2)$$

$$u_{ij} \in [0, 1] \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^c u_{ij} = 1 \quad (4)$$

$$\left\{ \begin{aligned} 0 &\leq \sum_{j=1}^c u_{ij} \leq 1 \end{aligned} \right. \quad (5)$$

$$m > 1 \quad (6)$$

$$1 \leq i \leq c \quad (7)$$

$$1 \leq j \leq n \quad (8)$$

$$u_{ij} = \frac{1}{\sum_{k=1}^c u_{ij} \left(\frac{d_{ij}}{d_{kj}} \right)^{\frac{2}{m-1}}} \quad (9)$$

式中: $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, n 是数据点个数; U 是模糊 C 分割集, 一个 $C \times N$ 矩阵; u_{ij} 是模糊隶属函数; V 是聚类中心集合, 是一个 $C \times S$ 的矩阵; c 是簇的数目, m 是模糊因子。

模糊 C 均值聚类法计算步骤如下:

(1) 归一化, 即将所有数据标准化。

$$x_{ij} = \frac{x_{ij} - \min\{x_{ij}\}}{\max\{x_{ij}\} - \min\{x_{ij}\}} \quad 1 \leq j \leq n \quad (10)$$

(2) 数据初始化。初始化 $C, M, V(0)$, 令 $b = 0$, 利用公式 (11) 得到 C 值。

$$N = \frac{\sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^n (u_{ik})^m |x_k - v_i|^2}{n \left[\frac{\min d_{wij}^2}{i, j} \right]} \quad (11)$$

(3) 计算 $U^{(b)}$

$$U^{(b)} = \frac{1}{\sum_{k=1}^c \left(\frac{d_{ij}^{(b)}}{d_{kj}^{(b)}} \right)^{\frac{2}{m-1}}} \quad (12)$$

(4) 计算 $V^{(B+1)}$

$$V^{(B+1)} = \frac{\sum_{j=1}^n (u_{ij}^{(b)})^m x_j}{\sum_{j=1}^n (u_{ij}^{(b)})^m}, i = 1, 2, \dots, c \quad (13)$$

(5) 如果 $|V^{(B)} - V^{(B+1)}| < \varepsilon$, 终止计算; 否则, 跳转 (3)。 ε 是人为给定阈值, 依据实际情况取适宜的数值。

2 实例分析

为验证本文方法的可行性, 选取一个包含 4 个连续信号交叉口的实例, 借助 Vissim 仿真软件进行仿真验证。为便于描述, 对交叉口从左至右依次编号为 1、2、3、4, 各交叉口的周期、间距等基本信息通过实地调查得到; 交通流基本信息如交通流量、流速等数据可通过埋在交叉口的环形线圈获得, 并在相同时间段内持续多天后取平均值。

选择 2016 年 4 月 14 日—5 月 13 日的下午 6:00—7:00 一小时高峰时段各交叉口的交通监测数据, 数据采集时间是 5 min。利用本文建立的交通控制子区划分方法进行计算时, 将 4 个连续信号交叉口划分为 2 个控制子区 (交叉口 1 与 2、交叉口 3 与 4)。

根据模糊 C 均值计算的原则, 首先选择适宜的分类指标体系。本文选取 4 个影响因素, 分别为交叉口间距 x_1 、协调干路上的交通流量 x_2 、协调干路的通行能力 x_3 、信号周期 x_4 , 利用 MATLAB 中的模糊工具箱进行模糊计算。交叉口的交通流信息数据通过 FCM 功能进行归类分析, 其中模型参数 $c = 2$ 。聚类结果表明, 选取的 4 个连续信号交叉口适宜采用干线协调控制方式。

本例交叉口的信号控制采用三相位协调控制, 其中协调相位是第二相位 (东西方向的直行交通流)。信号相位如图 2 所示。系统周期时长 80 s, 信号配时设置为: 第一相位绿灯时间 15 s, 第二相位绿灯时间 20 s, 第三相位绿灯时间 36 s,

三相位黄灯时间均为 3 s。利用 Vissim 仿真软件,搭建路网,设置信号灯组,设定交叉口的交通流量及饱和流率等基础信息,仿真 60 min。4 个信号交叉口采用传统干线协调控制与本文交通控制子区划分后干线协调控制效果对比见图 3,各交叉口的车均延误时间与协调相位行车时间对比见图 4、图 5。

由图 3 可以看出,利用本文提出的交通控制子区划分方法划分子区后,各交叉口滞留车辆明显减少,控制效果明显优于传统方法协调控制的效果。

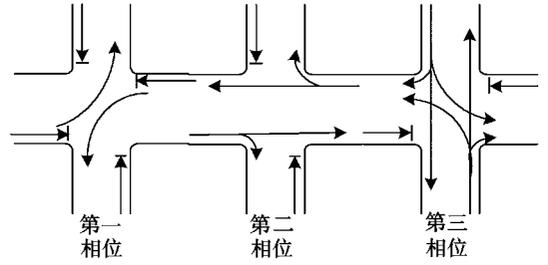
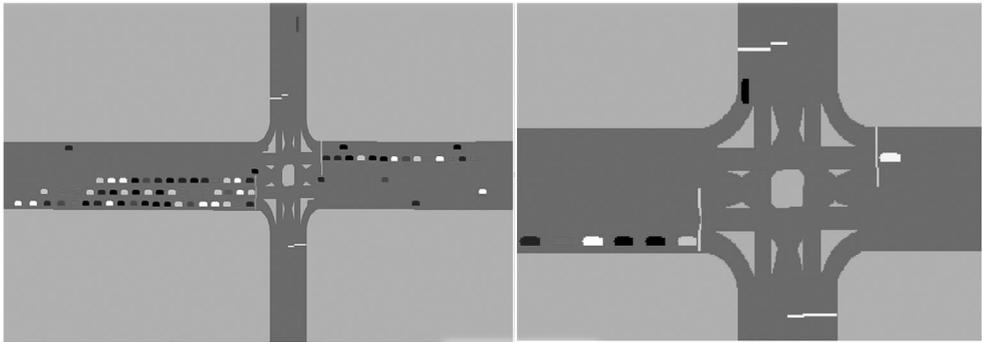
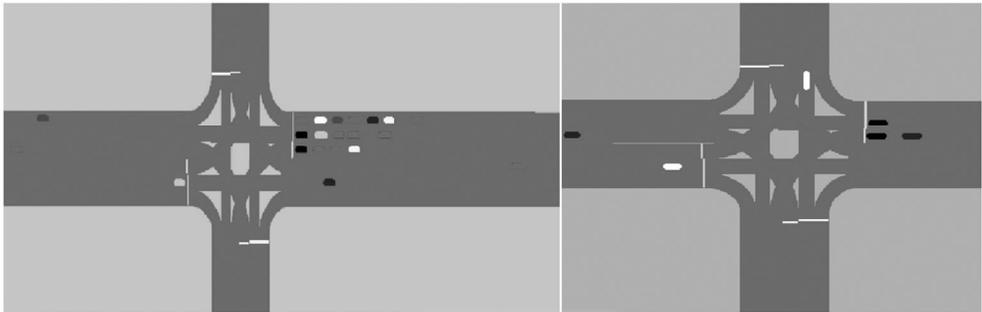


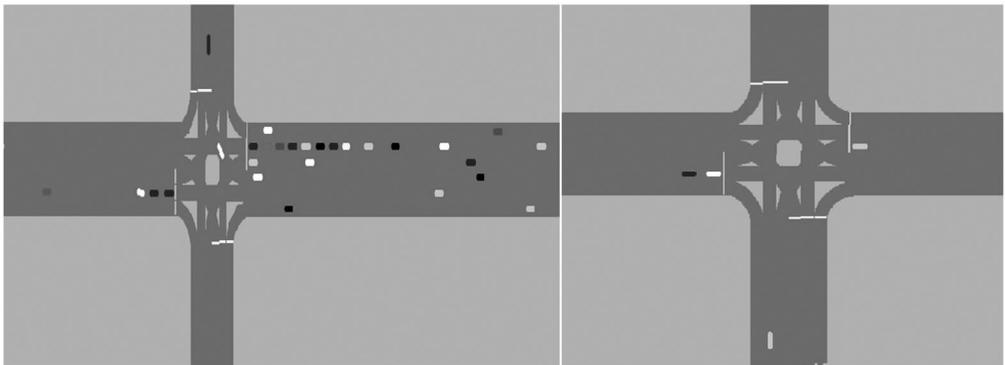
图 2 信号相位图
Fig.2 Signal phase



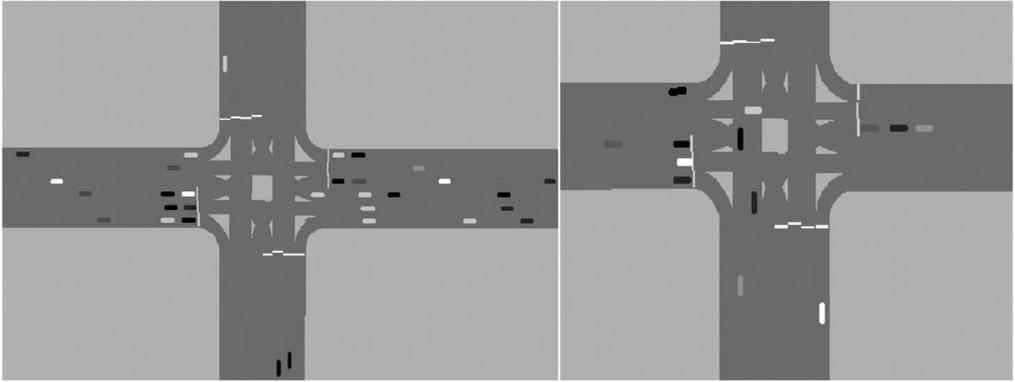
a 交叉口 1



b 交叉口 2



c 交叉口 3



d 交叉口 4

图 3 传统方法协调与分区后协调交叉口控制效果对比

Fig. 3 Comparison of intersection control effects of traditional method coordination and subarea coordination

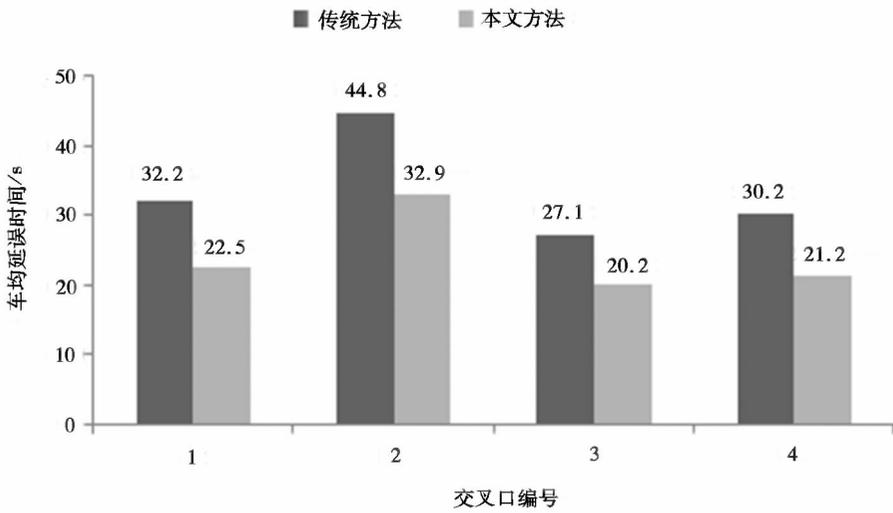


图 4 车均延误时间对比

Fig. 4 Average delay time comparison

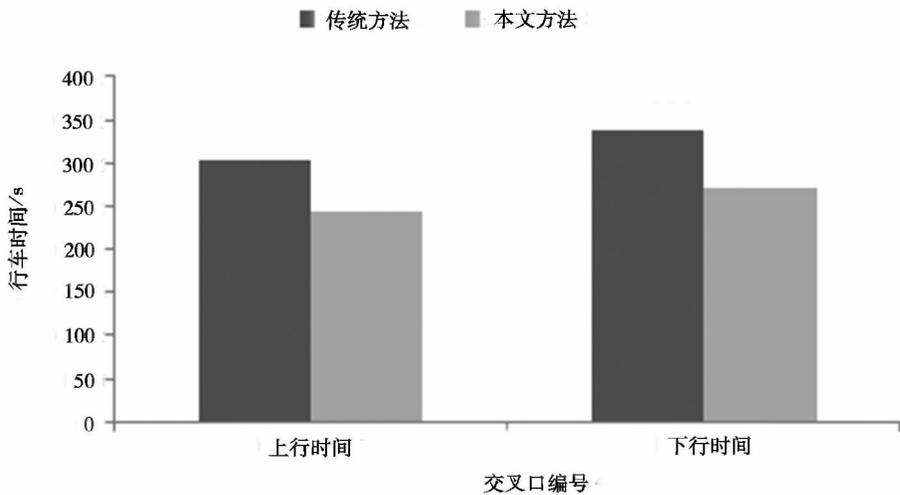


图 5 协调相位行车时间对比

Fig. 5 Coordinated phase travel time comparison

由图 4、图 5 可以看出,与传统方法相比,本文方法整体车均延误时间减少了 27%,其中交叉口 1、2、3、4 车均延误时间分别减少 30.1%、26.6%、25.5%、29.8%;协调方向行车时间减少了 20%,其中上行、下行行车时间分别减少 20.01%、20%。

3 结论

在模糊 C 均值聚类算法基础上形成的交通

控制子区划分方法,可以大幅提升交叉口车流运行效率,有效缓解交叉口的交通拥堵现象。以交叉口间距、协调干路上的交通流量、协调干路的通行能力、信号周期 4 个指标为基础,通过 Vissim 仿真验证,相比传统干线协调方法,本文交通控制子区协调控制方法使系统车均延误时间减少 27%,协调相位行车时间减少 20%,验证了本文交通控制子区划分方法的可行性与合理性。

参考文献:

- [1] 杨庆芳,陈林. 交通控制子区动态划分方法[J]. 吉林大学学报(工学版),2006,36(S2):139-142.
- [2] 李瑞敏,陆化普,史其信. 交通信号控制子区模糊动态划分方法研究[J]. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版),2008,32(3):381-384.
- [3] 李慧兵. 交通控制子区自动划分与合并研究[D]. 长春:吉林大学,2007.
- [4] 保丽霞. 基于车队离散模型的交叉口关联度量化方法研究与试验[J]. 公路交通科技,2011,28(S1):1-4.
- [5] 李康,吕斌,孙玮玮. 基于协调效益的交通子区划分方法研究[J]. 公路,2016,61(3):110-114.
- [6] 李康. 干线协调控制系统子区划分问题研究[D]. 兰州:兰州交通大学,2016.
- [7] 卢凯,徐建闽,郑淑鉴,等. 协调控制子区快速动态划分方法研究[J]. 自动化学报,2012,38(2):279-287.
- [8] 李康. 基于车流自由度的交通子区划分问题研究[J]. 盐城工学院学报(自然科学版):2017,30(2):51-57.

Research on the Method of Division of Traffic Control Subzones

XIE Yiming

(Wuxi Anbang Electric Co., Ltd., Wixi Jiangsu 214112, China)

Abstract: The traffic control sub-zone divides the adjacent intersections into several traffic sub-zones for trunk coordination control, which can effectively relieve traffic congestion. However, the traffic subarea divided by the existing methods cannot meet the accuracy and robustness of actual coordination control. To solve this problem, combined with the current popular partitioning technology, 4 factors are considered: signal intersection spacing, traffic flow, cycle and traffic capacity. A method of fuzzy C-means clustering partitioning is established. The feasibility and validity of the proposed method is verified by an example using Vissim simulation software. Vissim simulation results show that compared with the traditional coordinated control method, this method can reduce the average vehicle delay time by 27%, and reduce the coordination phase travel time by 20%.

Keywords: traffic signal control sub-area; fuzzy C-means clustering; Vehicle delay; travel time; Vissim

(责任编辑:李华云)