

The Traffic Flow Threshold and Track Design of the Tidal Pile Intelligent Displacement System Based on Cloud Computing

Di Yue¹, Xueting Li¹, Jinhua Ma², Wei Su³

¹School of Mathematics and Statistics, Henan University of Science and Technology, Luoyang Henan

²School of Electrical Engineering, Henan University of Science and Technology, Luoyang Henan

³School of Information and Engineering, Henan University of Science and Technology, Luoyang Henan

Email: 17839283353@163.com

Received: Mar. 27th, 2019; accepted: Apr. 11th, 2019; published: Apr. 18th, 2019

Abstract

In this paper, the tidal pile displacement system for tidal lanes based on cloud computing is proposed. Starting from the $k-v$ relation, the density ratio score value obtained by the density ratio evaluation method is used to grade the traffic condition, and then the residual traffic capacity of the road is calculated. When the residual traffic capacity of the road is zero, the traffic volume at this time is the threshold value. Based on the analysis of the car's speed and road conditions, the curve of the track after the tidal car belt moves can be calculated according to the maximum turning radius of the car, and then the track of the tidal pile can be set according to the actual situation. When the number of vehicles reaches the set threshold, the tide pile will automatically follow the trajectory of the built-in chip within the safe range, and no longer need to manually control the tide pile movement.

Keywords

Intelligent Tidal Traffic, Density Ratio Score, Threshold Value, Movement Locus

基于云计算的潮汐桩智能变位系统车流量阈值及轨道设计

岳迪¹, 李雪婷¹, 马金虎², 苏玮³

¹河南科技大学数学与统计学院, 河南 洛阳

²河南科技大学电气工程学院, 河南 洛阳

文章引用: 岳迪, 李雪婷, 马金虎, 苏玮. 基于云计算的潮汐桩智能变位系统车流量阈值及轨道设计[J]. 应用数学进展, 2019, 8(4): 613-620. DOI: 10.12677/aam.2019.84068

³河南科技大学信息与工程学院, 河南 洛阳
Email: 17839283353@163.com

收稿日期: 2019年3月27日; 录用日期: 2019年4月11日; 发布日期: 2019年4月18日

摘 要

本文提出基于云计算的潮汐车道潮汐桩变位系统。由 $k-v$ 关系出发, 用密度比评价方法得到的密度比评分进行交通状况分级, 然后计算道路剩余交通能力, 道路剩余通行能力为零时, 则此时的交通量为所求阈值; 分析车的速度和道路情况, 根据汽车最大转弯半径可求出潮汐车带移动后的轨迹弧度, 再根据实际情况, 可以设定出潮汐桩移动的轨迹。当车辆的数量达到设定的阈值时, 潮汐桩在安全范围内自动按内置芯片的轨迹移动, 不再需要人为控制潮汐桩移动。

关键词

智能潮汐交通, 密度比评分, 阈值, 运动轨迹

Copyright © 2019 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

目前, 随着城市经济的飞速发展和交通需求稳步增长带来的是城市交通问题的不断加剧, 提高交通利用率的问题成为现代化建设的一个重要问题。在某些大城市的上下班或进出城时段, 在早上都上班或者进城, 晚上下班或者出城, 这样就会导致交通路段利用率低的情况在某个方向出现道路拥堵, 而另一反向方向就是没有充分被利用。虽然现在已经出现解决交通问题的潮汐车道, 会在早晚高峰期到来的时候移动潮汐桩改变车道, 来解决交通拥堵问题及对现有车道的高效利用。但是现有的潮汐桩移动是通过交警遥控控制拉链车进行移动, 这种方法一是需要一个专门用作移动潮汐桩的拉链车, 再者需要交警预测车流高峰到来时间来用遥控控制, 这种方法极其耗费人力物力, 该研究不同于郑州大学的研究成果在于移动轨迹的设定和潮汐桩的智能化, 不同于某专利中遥控设施的平行移动。

2. 阈值的分析及其计算

我们需要根据车流量计算出阈值, 选择合适的时间段来让它智能的移动。本文提出了等效通行能力的概念[1]对连续的交通流来讲, 要计算道路的拥堵状况, 就要算整个道路的断面流量, 这样就得计算车速:

$$v_t = \frac{l}{t_t} + \frac{l}{t_t + t_s}$$

其中 t_t 为车辆行程时间(h); t_s 为车辆停止时间(h)。基于 $Q = kv$ 关系, 通过行程车速 v 和车流量 Q 可以计算得到 k 称为等效密度, 然后再采用 $k-v$ 线性模型, 代入 $Q = kv$ 关系得到 $Q-v$ 二次曲线模型 $Q = av^2 + bv + c$, 把数据导入得到这个二次曲线, 即可获得道路的等效通行能力和交通的拥塞密度 k , 再通过 SAS 软件进行回归模拟, 就可以得到如图 1, 其中 a, b, c 为系数。

以实验车在选定的道路区段上,在高峰时段观察,回归得到车的速度与交通量的关系,通过 SAS 软件的回归得到观测路段以及类似路段的等效通行能力为 1200 pcu/h;自由车流速度为 4.2 km/h; 拥塞密度为 120 pcu/km, 见图 1。

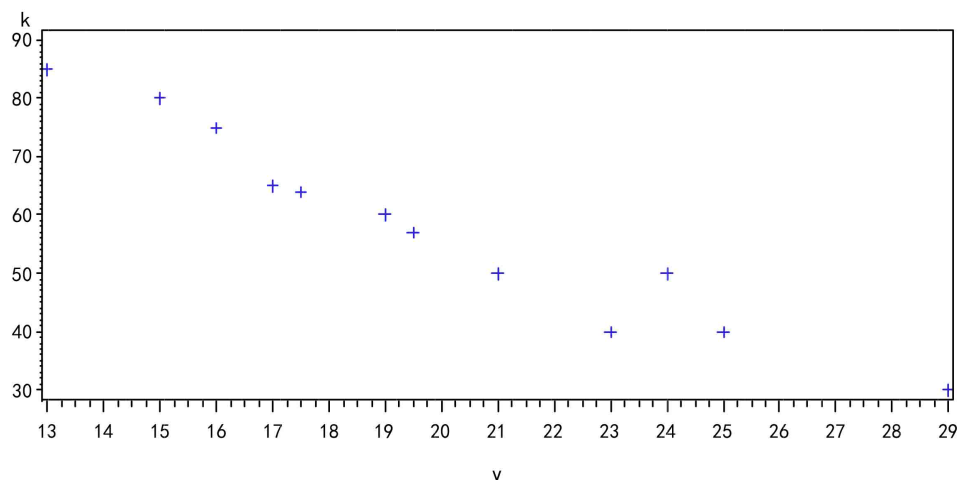


Figure 1. The relationship between speed and traffic volume
图 1. 速度与交通量关系图

2.1. 密度比评价方法

$Q-v$ 关系图并不能特别正确的体现一个交通路段的拥堵的情况,如图 2。

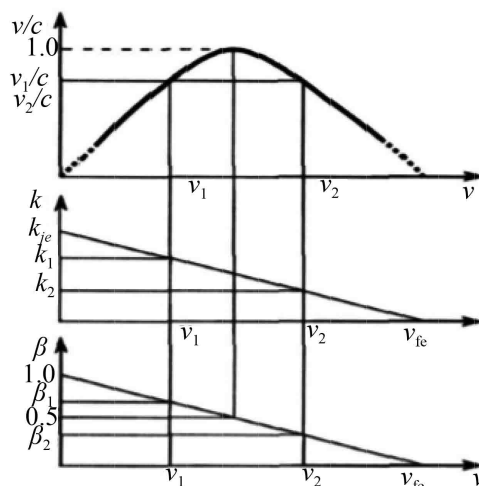


Figure 2. $Q-v$ relational graph
图 2. $Q-v$ 关系图

所以本文基于城市道路等效通行能力体系引入密度比评价方法[2]。在 k, v 满足直线关系的前提下, 直线关系可以看出当交通流量密度增大时密度比也增大, 密度比的变化与道路状况是一致的, 密度比评价法能够很好的体现出道路的车流量状况。密度比指标的计算方法:

$$\beta = \frac{k_e}{k_{je}}$$

上式中： β 为密度比， k_e 为等效交通流密度，单位是(pcu·km⁻¹)。
道路状况的评分值 P 按下式计算：

$$P = 86.74\beta^3 - 171.45\beta^2 - 4.79\beta + 99.29$$

计算分析可知：当 $\beta = 0.5$ 时，此时由

$$\beta = \frac{k_e}{k_{je}}$$

可知交通状况恰好处于临界状态，即此时就是我们所求的阈值，此时就可以发出信号进行潮汐桩的变轨，此时计算得到的 P 为 64.875。

根据密度比评分，将城市交通的拥堵与畅通划分为五个等级分别是 A,B,C,D,E 如表 1。

Table 1. Urban road traffic status classification

表 1. 城市道路交通状况分级

P	[90,100)	[78,90)	[65,78)	[40,65)	[10,40)
交通状况等级	A	B	C	D	E

2.2. 道路剩余等效通行能力计算

剩余等效通行能力即

$$M_p = C_e - Q$$

其中 M_p 为评分值为 P 的道路的剩余等效通行能力； Q 为道路流量。

已知等效自由流车速 v_{je} 和等效堵塞密度 k_{je} 城市道路的 $k-v$ 线性模型、 $Q-v$ 二次曲线模型分别为：

$$k_e = \frac{-k_{je}v_t}{v_{je} + k_{je}}$$

$$Q = \frac{-k_{je}v_t^2}{v_{je} + k_{je}v_t}$$

可知当 $P = 65$ 时，计算得 $M_{65} = 0$ ，表明道路流量恰好达到其阈值。对于等级时 C,D,E 时，表明其交通状况已经是拥堵，当等级为 A 或 B 时，交通畅通。

3. 根据汽车最大转弯半径对潮汐车道的设计简述

智能潮汐车带方案设计[3]其中最主要的是计算汽车转弯半径，形状如图 3 中的所示，汽车转弯半径决定潮汐车带与双黄线夹角角度，根据其转弯半径可以求解切线方程，就可以得到潮汐桩变轨后的路径。

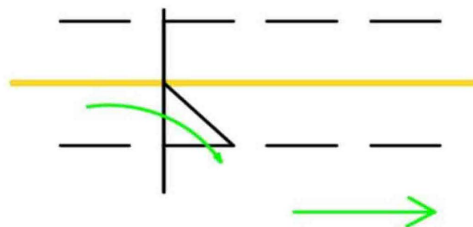


Figure 3. Simple diagram of vehicle turning
图 3. 车辆转弯简易图

我们假设其中最简单的方案，就是一定长度的智能潮汐桩变轨后分为两部分，一部分时斜线，斜线的夹角根据李相彬《汽车列车转弯过程分析及其最小转弯半径的确定》[4]可以求得，然后剩余部分为平行的直线。如图4所示，其中黄色线为双黄线，红色的为潮汐桩变轨后的路线。



Figure 4. Tidal pile after track change
图4. 智能潮汐车带变轨后简易图

随着 θ_{\max} 的不同汽车前外轮最小转弯半径 R_{\min} 的公式有如下两种，牵引车带半挂车的汽车前外轮最小转弯半径的计算是应用下面的公式(1)。

- 1) $\theta_{\max} < \theta_1$ 时, $\sqrt{a^2 + (L_1 \text{ctg} \theta_{\max} - b/2)^2} > L_2$ 时;
- 2) $\theta_{\max} > \theta_1$ 时, $\sqrt{a^2 + (L_1 \text{ctg} \theta_{\max} - b/2)^2} \leq L_2$ 时, 式中 θ_{\max} 换成 θ_1 即可,

$$R_{\min} = L_1 / \sin \theta_1$$

已知各参数的具体数据如表2所示。

Table 2. Auto data sheet
表2. 汽车参数数据表

参数	L2/mm	L1/mm	a/mm	b/mm	Θ_{\max}
数据	7800	3200	250	1927	28°30'

如果直接套用式(1)得出的结果是牵引力的最小转弯半径 $\theta_{\min} = 6.7$ m, 由图5可知, 汽车转弯开始时的轨迹与双黄线相切。

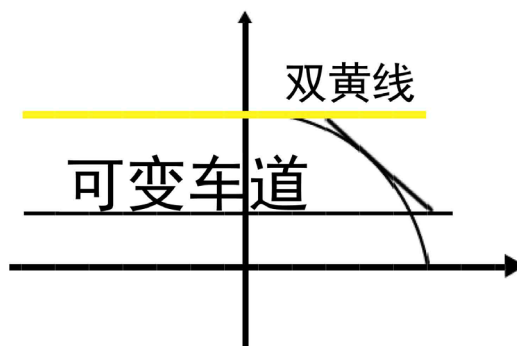


Figure 5. Car double yellow line tangential turn diagram
图5. 汽车转弯开始时与双黄线相切图

假设在在转弯时正好与双黄线相切, 设切点为 (x_0, y_0) , 带入可以得到:

$$y = -\frac{x_0}{y_0}x + y_0 + \frac{x_0^2}{y_0^2}, \quad 2.95 \leq y \leq 6.7$$

根据上式, 求出下面约束函数的最优解。

$$L_{\min} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (6.7 - 2.95)^2}$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} x_0^2 + y_0^2 = 6.7^2, \\ y_1 = -\frac{x_0}{y_0}x_1 - y_0 + \frac{x_0^2}{y_0^2} \\ y_2 = -\frac{x_0}{y_0}x_2 + y_0 + \frac{x_0^2}{y_0^2} \end{cases}$$

式中： L_{\min} 为潮汐车带长度(m)， x_1 为潮汐车带与双黄线交点的横坐标值(m)， x_2 为潮汐车带与可变车道一侧单黄线的横坐标值(m)。 y_1 为潮汐车带与双黄线交点的纵坐标值(m)， y_2 为潮汐车带与可变车道一侧单黄线的纵坐标值(m)。

将 $y_1 = 6.7 \text{ m}$ ， $y_2 = 2.95 \text{ m}$ 代入，计算得知最终的潮汐车带长度为 9.7 m ，由于计算结果是最小值，所以在实际应用中乘上修改因子 k 。

修改因子为 k ，由上式得到 $L = k \sqrt{\left[(y_2 - y_1) \frac{y_0}{x_0} \right]^2 + (y_2 - y_1)^2}$ ，式中： $y_1 - y_2$ 为车道宽度，根据白子建的研究员的研究结果[5]， k 取值 $1.2 \sim 1.5$ ，这样最大保证安全基础上设置潮汐车带，使所有车辆的车速行驶在一定范围内进行安全转弯。

4. 潮汐桩的移动轨迹方程简述

上求出了智能潮汐桩移动后的轨迹，下面将描述每个潮汐桩智能移动的路径，先假设最简单的三个小车的模型，如图6其中圈圈处为最简单的三个小车，他们之间是通过弹性来连接的，顶点处的小车步移动，后面的最特殊的两个部位如图所示，分别按照红色箭头方向所示的方向移动，移动后的轨迹如图红色线所示。



Figure 6. Intelligent tidal car moving track chart
图 6. 智能潮汐小车移动轨迹简易图

下面研究不仅仅是三个小车的情况，假设每个潮汐桩当成质点，要描述一个质点运动，首先要确定它的位置，然后再看它的位置是如何随时间变化的[6]，我们可以在参考物上建立一个二维直角坐标系，取该平面为 xy 平面，质点的位置矢量记为 r ，位矢 r 在坐标轴上的分量就是质点的坐标 (x, y) ，则每个潮汐桩在一个平面内运动，则 r 只与 x, y 有关，运动方程写成

$$r = r(t) = x(t)i + y(t)j$$

该式反应了质点的运动情况，所以叫做质点的运动方程。它也可以写成下面的分量形式：

$$\begin{cases} x = x(t) \\ y = y(t) \end{cases}$$

从这两个式子中消去时间 t ，得 $F(x, y) = 0$ ，即 $y = y(x)$ ，就是质点在平面中的轨迹方程。

在研究质点运动时，沿水平方向和竖直方向分别引 x 轴和 y 轴，取该质点为坐标 $(x_0, 0)$ ，而从开始运动时进行计时，物体位于 $(x_0, 0)$ ，以 v_0 表示物体运动过程中的速度，以 θ 表示开始运动时在此切线与 x 轴的角度了，如图 7。

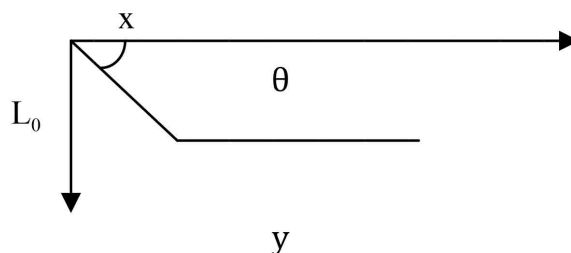


Figure 7. Moving recoil map of an intelligent tidal car
图 7. 智能潮汐车带的运动后坐标图

则 v_0 在 x 轴和 y 轴上的分量为：

$$v_x = v_0 \cos \theta, \quad v_y = v_0 \sin \theta$$

且 $\mathbf{a} = \frac{F}{m} \mathbf{j}$ ，其中 F 为牵引力，是变力，我们将路径分为许多无限小的小段力 F ，可以写成：

$$F = F_x \mathbf{i} + F_y \mathbf{j}$$

其中 m 为我们研究的单个潮汐桩的质量， \mathbf{a} 即为加速度，其中图中的 L_0 为潮汐桩移动停止后那段曲线的弧长。

$$\mathbf{r} = \int_0^t v_0 dt = (x_0 + v_0 t \cos \theta) \mathbf{i} + \left(v_0 t \sin \theta - \frac{1}{2} \frac{F}{m} t^2 \right) \mathbf{j}$$

令：

$$\mathbf{r} = x \mathbf{i} + y \mathbf{j}$$

所以：

$$x = x_0 + v_0 t \cos \theta, \quad y = v_0 t \sin \theta - \frac{1}{2} \frac{F}{m} t^2$$

则：

$$y = (x - x_0) \tan \theta - \frac{1}{2} \frac{F}{m v_0^2 (\cos \theta)^2} (x - x_0)^2$$

即求得每个质点，也就是潮汐桩移动的方程。

5. 结论

由上述可知，当密度比评分值 $P = 65$ 时，道路剩余等效通行能力 $M_{65} = 0$ ，表明道路流量恰好达到其等效通行能力。对于密度比评分值 $P < 65$ 的道路，按照上述方法反算得到的剩余通行能力为负值，即表明其交通状况已是拥挤或堵塞，在此时刻，信号装置发出信号，此时潮汐桩开始变轨。

智能潮汐桩变轨后的轨迹斜线部分的方程是当最小转弯半径 $\theta_{\min} = 6.7 \text{ m}$ 时，求得最优解为：

$$L_{\min} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (6.7 - 2.95)^2}$$

智能潮汐桩移动轨迹的方程为:

$$y = (x - x_0) \tan \theta - \frac{1}{2} \frac{F}{m v_0^2 (\cos \theta)^2} (x - x_0)^2$$

参考文献

- [1] 邵敏华, 汪洋, 涂辉招, 孙立军. 城市快速路交通评价方法研究[J]. 山东交通学院学报, 2005, 13(4): 15-19.
- [2] 蔡晓禹, 杜豫川, 孙立军. 城市交通影响分析中阈值确定方法研究[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2007, 35(7): 935-939.
- [3] 刘冬, 曹雪山, 苗选. 基于潮汐交通的可变车道分流带设置研究[J]. 河北工业科技, 2014(5): 372-377.
- [4] 李相彬. 汽车列车转弯过程的分析及其最小转弯半径的确定[J]. 汽车技术, 1981(11): 20-23.
- [5] 白子建, 段绪斌, 高立鑫. 基于动态轨迹分析的大货车平面交叉口转弯特性分析[J]. 交通世界, 2012, 21(2): 146-147.
- [6] 张庆国, 尤景汉. 物理学教程[M]. 北京: 北京机械工程出版社, 2013.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2324-7991, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>
期刊邮箱: aam@hanspub.org