

Computer simulation of the influence of yellow light on traffic

Shen Zhixiao

Wuhan Technical College of Communications, Wuhan

Abstract: Aiming at the problem whether the yellow light can pass in urban road traffic, this paper made a research using the method of computer simulation experiment. Experimental results show that simply prohibit or allow "rushing yellow light" will bring more serious impact for traffic efficiency and traffic safety. In order to fundamentally solve the problems faced by the traffic lights, we need to adopt more scientific approach to design and improve the traffic lights.

Key words: Yellow lights; Computer simulation; Traffic efficiency and traffic safety

Received: 2020-02-22; Accepted: 2020-03-08; Published: 2020-03-10

计算机模拟黄色信号灯对交通通行的影响

沈之笑

武汉交通职业学院，武汉

邮箱: xzs.229@126.com

摘 要: 针对城市道路交通中黄色信号灯是否可以通行的问题, 采用计算机模拟实验的方法进行了研究。实验结果表明, 简单地禁止或允许“闯黄灯”会分别对通行效率和交通安全带来较为严重的影响。为了从根本上解决交通信号灯面临的问题, 需要采用更加科学的方法对交通信号灯进行设计和改进。

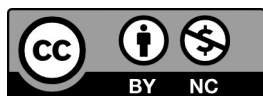
关键词: 黄色信号灯; 计算机仿真; 通行效率和交通安全

收稿日期: 2020-02-22; 录用日期: 2020-03-08; 发表日期: 2020-03-10

Copyright © 2019 by author(s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



1 引言

2010年7月,嘉兴海盐县舒江荣驾驶的车辆在黄灯亮起时未越过停车线但仍然继续直行,因此被交警部门处以罚款。事后,舒江荣以处罚证据不足、无法律依据为由,先后向海盐县公安局、海盐县法院、嘉兴市中级法院提出行政复议、行政诉讼和上诉要求。最终,法院从公共利益角度出发,认定“闯黄灯”系违法行为,判定舒江荣败诉。这一“闯黄灯第一案”近来在社会上引起了诸多反响和争论。人们对法律条文的严谨和逻辑性、技术操作的人性化与规范化以及交通法律法规的宣传等方面提出了改进建议。

然而,很少有人“闯黄灯”问题上对交通信号灯本身提出根本性的改进意见。交通信号灯作为道路的重要基础设置,其实在诞生最初的几十年时间里都是没有黄灯的。而早在十多年前,就已经有人指出了在绿灯向红灯切换的过程中加入黄灯会引发的种种问题,并建议取消黄灯。但是,人们对黄灯作用的认识大多停留在定性的层面上:黄灯起到的是一种警示作用,它提供给驾驶员一段用于选择的缓冲时间。如果能定量地分析黄灯对交通通行能力以及交通安全的影响,对于交通信号灯的改进和相关法律法规的制定无疑都将是有利的。

本文利用计算机模拟的方法对路口黄色交通信号灯的作用进行评价。通过实验数据评价了在不同车流量大小和不同的驾驶员选择策略下,产生的通行效率、“闯黄灯”和“闯红灯”的次数等参数。实验结果表明,禁止“闯黄灯”能起到提高安全性的作用,但会极大地降低车流量较大时的通行效率;而允许“闯黄灯”则会带来一定的安全隐患。

2 模拟方法

本文采用作者自行编写的Java程序进行模拟。事实上采用何种语言进行编程对模拟结果并没有本质的影响,决定模拟准确性和真实性的关键因素在于如何对道路、信号灯、车流量、车速以及各车辆在面对不同信号灯时的行为决策进行建模。下面将重点对此进行讨论。

为了简单而不失一般性,模拟一条单向单车道的道路如图1所示。所有车辆单向顺序行驶,从车辆进入道路到停车线的距离为200 m,从停车线到离开道路的距离为30 m。采用此简单模型可以消除车辆切换车道、路口转向等因素的影响,将模拟评价的焦点更好地集中到黄色信号灯上。信号灯一个循环周期为60 s,其中绿灯持续时间24 s,绿灯闪烁持续时间3 s,黄灯持续时间3 s,红灯持续时间30 s。

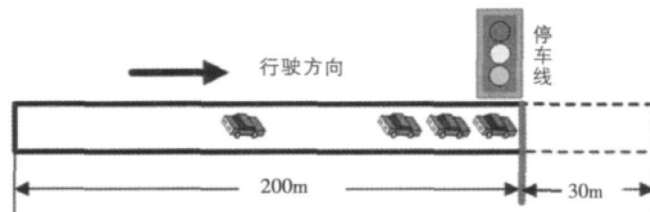


图1 道路模型示意图

在道路的入口一端利用泊松到达模型生成指定大小的随机车流量,因为各车辆的到达可以看作是速率一定的随机且独立的过程。到达的车辆将首先被加入一个等待队列,当道路入口条件允许(入口没有其他车辆且有足够的安全距离)时再依次进入道路,这样可以处理同一时刻有多辆汽车到达的情况,与传统的排队论模型相比更符合实际。

车速控制是模拟实验中一个重要的环节,本文在模拟中采取了一种离散时间的闭环控制方法。以0.1 s为一个时间单位,每个时间单位依据各车辆的车速更新它们所处的位置,并决定它们在下一时间单位的速度。具体来说,一辆汽车在下一个时间单位只有加速和减速两种状态,加速度恒为 2 m/s^2 ,减速度恒为 7.5 m/s^2 ,而速度取值在 $0 \sim 60\text{ km/h}$,超过这个范围则不再继续加速或减速。虽然在闭环控制下恒定增减量的方法可能会导致震荡,然而由于时间单位取值较小,从宏观上看并不会造成问题,且这样做可以避免动态计算加速度可能带来的收敛太慢的问题。假设在模拟中速度为 v 的汽车的制动距离为 $b(v)$,而与前车的安全距离为 $d(v)$,则一辆汽车在下一时间单位应当减速或加速,是由其与前车的距离小于或大于 $\max(b(v), d(v))$ 所决定的(在不考虑信号灯的情况下)。其中安全距离 $d(v)$ 的计算采用了文献[6]提出的跟驰模型,即

$$d(v) = l + t \cdot \frac{v}{3.6} + \frac{v^2}{40a^-}$$

其中 l 表示车长, 在本文的模拟中取 4.0 到 4.5 之间的随机值; v 表示车速, 单位为 km/h; t 为制动系协调时间, 一般在 0.2 s 到 0.9 s 之间, 本文中取恒定值 0.9; a^- 表示制动平均减速度, 本文中取恒定值 7.5。最后需要确定汽车在面对不同的信号灯时应采取什么样的动作。一般来说, 以下三种策略是比较常见的。为了便于比较, 在同一组模拟实验中所有的汽车采取相同的策略。

策略 1: 若信号灯为绿灯闪烁、黄灯或红灯, 则汽车在与停车线的距离小于或等于 $b(v) + l$ 时减速。

策略 2: 若信号灯为黄灯或红灯, 则汽车在与停车线的距离小于或等于 $b(v) + l$ 时减速, 而绿灯闪烁时不减速。

策略 3: 若信号灯为红灯, 则汽车在与停车线的距离小于或等于 $b(v) + l$ 时减速, 而绿灯闪烁或黄灯时不减速。

2 实验结果和分析

本文对车流量在 100 ~ 900 辆/小时之间的 9 组随机车流量进行了模拟实验。图 2 给出了当车流量为 435 辆/小时、并且采取策略 2 时, 前 50 辆车从进入道路到越过停车线所花的时间。可以看出, 模拟结果与人的直观认知较为吻合(“运气”较好的汽车不需要减速, 通过路段仅花费 12 s; 而遇上红灯的汽车则需要等待最多大约 30 s)。这说明本文采用的模拟方法和模型具有较好的可信度。

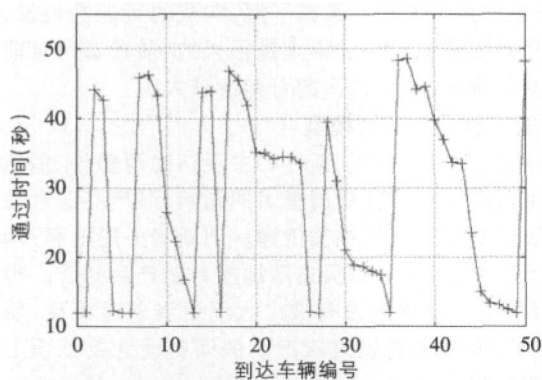


图 2 车流量为 435 辆/小时, 采取策略 2 的前 50 辆车的通过时间

图3给出了模拟实验中统计的“闯灯”情况。由于采用策略1时没有发生“闯灯”，采用策略2时没有发生“闯红灯”，因此图中没有画出这些情况。由图可见，采用策略2时会发生一定次数的“闯黄灯”，这是因为汽车当看到黄灯时才开始减速，一部分汽车当黄灯亮时正好处于很靠近停车线的位置，于是将不可避免地越过停车线。而当采用策略3时，由于汽车在黄灯时也不减速，“闯黄灯”的数量随着车流的增加而大大增加，且出现了一定次数的“闯红灯”。值得注意的是，策略3“闯红灯”的次数当车流量大到一定程度时反而减少，这是因为当车流量很大时会发生拥堵而导致车速下降，使得汽车能够即时在停车线前停止。

图4给出了每一组模拟实验中平均通过时间的情况。可以看到，虽然不同的策略在决定减速的时间上仅相差3 s，但通过时间并非总是相差3 s。当车流量较小时，各策略的平均通过时间普遍不超过30 s，即平均车速大于24 km/h，且彼此差距较小。而当车流量较大时，各策略出现了较大的差异：策略3是最冒险的策略，因此平均通过时间增长不大，通过效率相对减少较小；而策略2和策略1由于提前减速，平均通过时间随着车流量的变大而急剧上升，尤其是策略1，平均通过时间最大高达88.4 s，平均车速仅为8.1 km/h，通行效率仅为不到策略3的63.3%，发生了严重的拥堵。

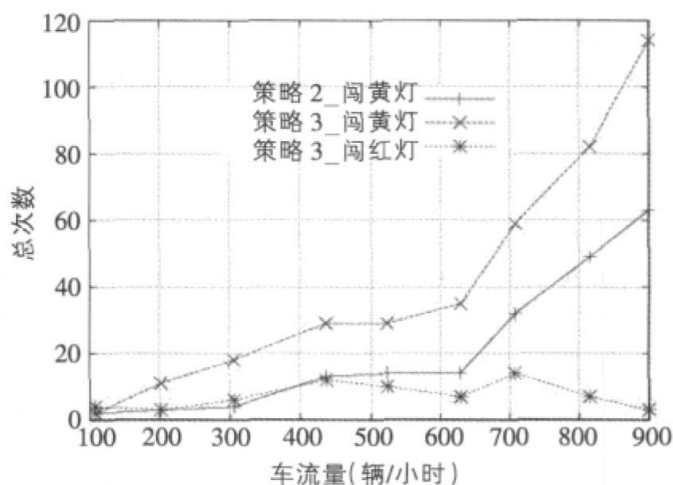


图3 不同车流量和策略下的“闯灯”次数

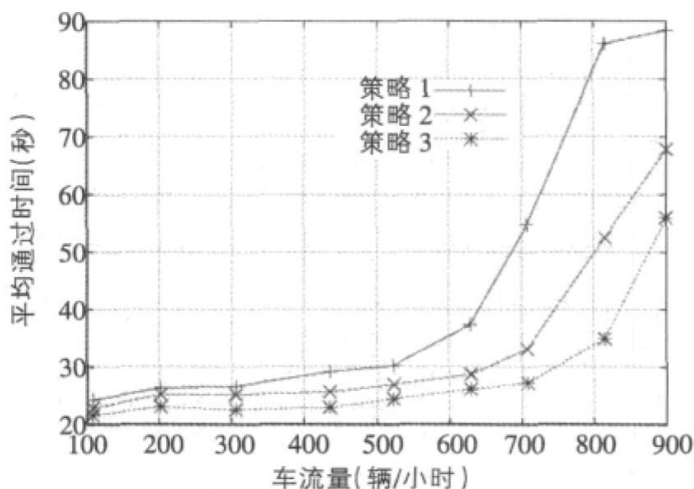


图 4 不同车流量和策略下的平均通过时间

从以上实验数据可以看出，如果规定禁止“闯黄灯”，则多数驾驶员将倾向于选择策略 1，因为即使是策略 2 也会有较大的“闯黄灯”风险，这对于交通安全较为有利（实验结果中没有出现“闯灯”），但是当车流量较大时，这样做对通行效率会造成严重的影响。反之，如果规定可以“闯黄灯”，则多数驾驶员将倾向于选择策略 2，这样会有一定数量的“闯黄灯”，但是车流量较大时的通行效率能得到可观的提高。然而，在这种规定下会有少数冒险的驾驶员选择策略 3（因为“闯红灯”的数量与“闯黄灯”相比要低得多），由此导致的大量“闯黄灯”和一定的“闯红灯”将极大地危害交通安全。

总的来说，仅仅是盲目地禁止或允许“闯黄灯”都不能很好地解决城市路口交通面临的问题。交通信号灯设计的目标是在保证交通安全的前提下最大化通行效率。为此，需要用更加科学的方法对交通信号灯进行设计改进。例如，依据车流量大小，以及根据与此道路交汇的另一道路的宽度和车辆、行人通行速度来决定绿灯闪烁以及黄灯的持续时间，这些将是我们下一步的研究方向。

参考文献

- [1] 覃成朝. 我国首例“闯黄灯”案引发的思考[J]. 法制与经济(上旬), 2012, 3: 66-67.

-
- [2] 曹阳“. 闯黄灯第一案判决”的法律困境及对策分析[J]. 商品与质量, 2012, 4: 157-157.
- [3] 徐以群. 关于“黄灯禁止通行”的思考[J]. 道路交通安全, 2009, 9(4): 41-42.