

驾驶员的驾驶特性对交通流的影响*

The Effect of Drivers Characteristic on Vehicular Traffic Flow

李启朗, 邝 华, 谭惠丽, 白克钊, 孔令江, 刘慕仁**

LI Qi-lang, KUANG Hua, TAN Hui-li, BAI Ke-zhao, KONG Ling-jiang, LIU Mu-ren

(广西师范大学物理与信息工程学院, 广西桂林 541004)

(College of Physics and Information Engineer, Guangxi Normal University, Guilin, Guangxi, 541004, China)

摘要:在单车道元胞自动机交通流 NS 模型基础上,通过引入不同的刹车概率来反映不同驾驶员的驾驶特性,并在周期边界条件下,对由激进驾驶车辆和谨慎驾驶车辆构成的混合交通流进行模拟.结果表明,在有谨慎驾驶车辆构成的交通流的临界密度以前,混合交通流的流量完全由谨慎驾驶员的特性决定;在谨慎驾驶车辆交通流临界密度以后,混合交通流的流量介于只有激进驾驶车辆和只有谨慎驾驶车辆的流量之间,小于完全是谨慎驾驶车辆流量和完全是激进驾驶车辆流量的线性之和;激进驾驶车辆和谨慎驾驶车辆的混合比例及它们的刹车概率对混合交通流的临界密度和流量有很大的影响.

关键词:交通流 NS 模型 驾驶员 驾驶特性 刹车概率

中图法分类号:O550 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-9164(2006)01-0027-04

Abstract: We consider the driving characters by introducing different deceleration probability for different type of drivers in NS cellular automata model for single-lane vehicle traffic flow and under the periodical boundary condition we study the properties of the mixed traffic flow which is composed of aggressive drivers and careful drivers by computer simulation. The results indicate that mixed traffic flow is totally determined by the properties of careful drivers' vehicle before critical density of careful drivers' vehicle traffic flow, after the critical density of vehicular flow, the mixed traffic flow lies between entirely aggressive drivers' flow and entirely careful drivers' flow and is smaller than the linear sum of their traffic flow. The proportion of aggressive drivers amount and careful drivers amount and their deceleration probability have a strong influence on the critical density and the traffic flow greatly.

Key words: vehicle traffic flow, NS model, drivers, drivers character, the braking probability

经济和社会的发展对道路交通提出了越来越高的要求,而道路交通问题的研究也受到了各方面的关注^[1].在道路交通中,驾驶员的特性对交通流的影响是一个不可忽视的问题,通常我们根据驾驶员的驾驶特性将驾驶员分为两类:一类为激进驾驶员,他们倾向于超速、超车行驶并保持较小的车间距等,通常较

少刹车;另一类为谨慎驾驶员,他们通常较少超车、超速行驶并保持较大的车间距等,为了安全起见而经常刹车.

元胞自动机交通流模型由于其算法简单、并行程度高、物理图像清晰、容易考虑各种实际因素而被广泛用于各种交通现象的研究,并取得了大量的研究成果^[2~8].在各种元胞自动机交通流模型中,最有影响的模型是 NS 模型^[2],虽然该模型非常简单,但它能再现许多实际的交通现象. N. Moussa^[3]在该模型的基础上研究了激进驾驶特性对交通流的影响,发现激进驾驶确实提高了交通流量,可是发生交通事故的几率也相应的提高了,因此并不值得提倡.本文在此基础上进一步研究驾驶员的不同刹车概率,即驾驶员的不同特性对混合交通流的影响.

收稿日期:2005-07-05

修回日期:2005-10-14

作者简介:李启朗(1978-),男,安徽六安人,硕士研究生,主要从事交通流研究.

* 国家自然科学基金(10561002,70371067,10347001,10362001)、广西自然科学基金(0447030)和广西“新世纪百百千人才工程”专项基金资助项目(2001204)联合资助.

** 通讯作者.

1 模型与数值模拟

1.1 模型的确定

用长为 L 的一维离散的格点链来表示一条单车道, 每个格点只能容纳一辆车, 每辆车的速度可取 $\{0, 1, \dots, V_{\max}\}$ 的 $V_{\max} + 1$ 个取值范围内其中之一, V_{\max} 表示车辆的最高速度, 它反映了车辆的性能. 车辆的运动状态根据以下规则并进行更新.

(1) 加速规则: 如果车的速度 v 小于车间距离 gap , 那么它的速度加 1, 其中车辆间距为本车头与前车尾之间的空格数,

$$\text{If } (v(t) \leq gap), \\ v(t+1) = \min(V_{\max}, v(t) + 1).$$

(2) 减速规则: 如果车的速度 v 大于车间距离, 那么它的速度为,

$$\text{If } (v(t) > gap), \\ v(t+1) = gap.$$

(3) 随机减速规则: 如果是谨慎驾驶员驾驶的车辆, 它以概率 P_c 随机刹车, 使速度减 1, 即:

$$v(t+1) = \max(0, v(t+1) - 1);$$

如果是激进驾驶员驾驶的车辆, 它以概率 P_a 随机刹车, 使速度减 1, 即:

$$v(t+1) = \max(0, v(t+1) - 1).$$

(4) 车辆运动: $x(t+1) = x(t) + v(t+1)$, 这里, x 表示车辆的位置.

本模型通过让不同类型驾驶员驾驶的车辆具有不同的刹车概率来描述激进驾驶员和谨慎驾驶员的行驶特性, 激进驾驶员车辆的刹车概率 P_a 要小于谨慎驾驶员车辆的刹车概率 P_c , 即 $P_a < P_c$.

1.2 数值模拟

我们模拟的单车道由 1000 个格点组成, 并采用周期性边界条件, 车辆总数为 N , 总密度 $\rho = \frac{N}{L}$; 谨慎驾驶的车辆数为 N_c , 其密度 $\rho_c = \frac{N_c}{L}$; 激进驾驶的车辆数为 N_a , 其密度为 $\rho_a = \frac{N_a}{L}$; t 时刻的平均速度为 $\bar{V}_t = \frac{1}{N_t} \sum_{i=1}^{N_t} V_i(t)$; 平均车流量 $J = \bar{V}_t * \rho$. 为了考虑不同车辆之间的混合程度, 引入混合比例系数 f , 其中 f 满足: $\rho_a = \rho(1 - f), \rho_c = \rho f, 0 \leq f \leq 1$. 当 $f < 0.5$ 时, 表示激进驾驶的车辆数多于谨慎驾驶的车辆数; 当 $f > 0.5$ 时, 表示谨慎驾驶的车辆数多于激进驾驶的车辆数; 当 $f = 0.5$ 时, 表示激进驾驶的车辆数与谨慎驾驶的车辆数相等.

2 结果与分析

2.1 混合比例对交通流的影响

从图1和图2中我们可看到, 交通流量的临界密度和交通流量随着谨慎驾驶车辆增多而减小, 反映出谨慎驾驶的车辆对激进驾驶的车辆有明显的抑制作用. 这是因为在单车道上不存在超车现象, 谨慎驾驶的车辆迫使激进驾驶的车辆降低速度, 从而导致了系统流量的下降. 如果谨慎驾驶的车辆和激进驾驶的车辆之间没有相互作用, 则系统的流量应该为 $J' = fJ_c + (1 - f)J_a$ (J_c 是完全由谨慎驾驶车辆构成的交通流量, J_a 是完全由激进驾驶车辆构成的交通流流量), 而实际模拟得到的流量 J 小于 J' , 即小于完全是谨

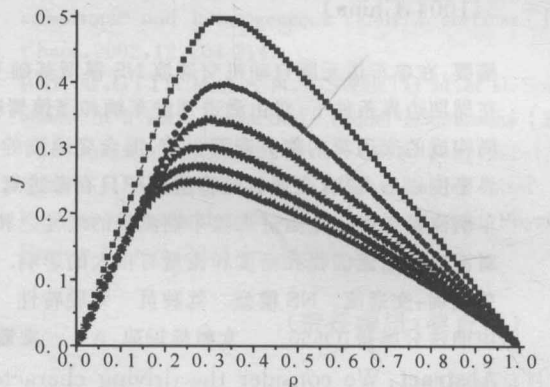


图1 混合比例不同时流量随车辆密度的变化 ($V_{\max} = 2, P_a = 0.1, P_c = 0.5$)

Fig. 1 The dependence of the traffic flow on the density of vehicles ρ for different values f ($V_{\max} = 2, P_a = 0.1, P_c = 0.5$)

■: $f = 0.0$, ●: $f = 0.2$, ▲: $f = 0.4$, ▼: $f = 0.6$, ◆: $f = 0.8$, ◀: $f = 1.0$.

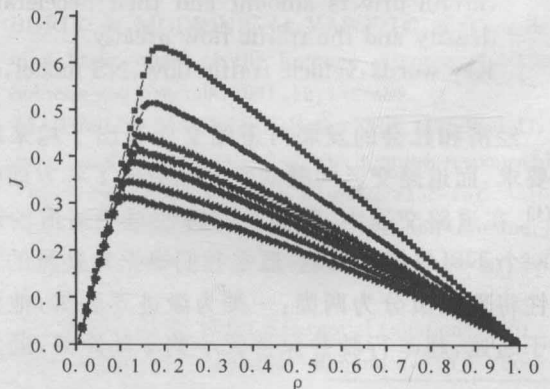


图2 混合比例不同时流量随车辆密度的变化 ($V_{\max} = 4, P_a = 0.1, P_c = 0.5$)

Fig. 2 The dependence of the traffic flow on the density of vehicles ρ for different values f ($V_{\max} = 4, P_a = 0.1, P_c = 0.5$)

■: $f = 0.0$, ●: $f = 0.2$, ▲: $f = 0.4$, ▼: $f = 0.5$, ◆: $f = 0.6$, ◀: $f = 0.8$, ▶: $f = 1.0$.

慎驾驶车辆流量和完全是激进驾驶车辆流量的线性之和,这是谨慎驾驶车辆和激进驾驶车辆之间相互作用的结果。

另外,从图1和图2中我们看到在临界密度以前,车辆流处于自由运动相,交通流量随密度线性增加.在由激进驾驶车辆和谨慎驾驶车辆构成的混合交通流中,在各种混合比例下,流量随密度变化的斜率是相同的,与完全由谨慎驾驶车辆构成的交通流的斜率一致.但是,在当 $f = 0$ 时,即交通流全部由激进驾驶车辆构成时,其斜率比混合交通流情况的斜率略大些,而且车辆的最大速度 V_{\max} 越小这种现象越明显.这一方面说明谨慎驾驶的车辆的抑制作用.另一方面说明,由于谨慎驾驶车辆的出现,混合交通流的自由相和完全由激进驾驶车辆构成的交通流的自由相是有所区别的,在混合交通流的时空演化图中将出现局部的结团现象,即激进驾驶车辆尾随在谨慎驾驶车辆后面。

图3给出车辆密度为0.1情况下,谨慎驾驶车辆刹车概率不同时,流量随混合比例的变化关系.从图3中可以看到,临界密度以前的流量由谨慎驾驶的刹车概率决定,与混合比例无关,即由 $J = \rho(V_{\max} - P_c)$ 决定。

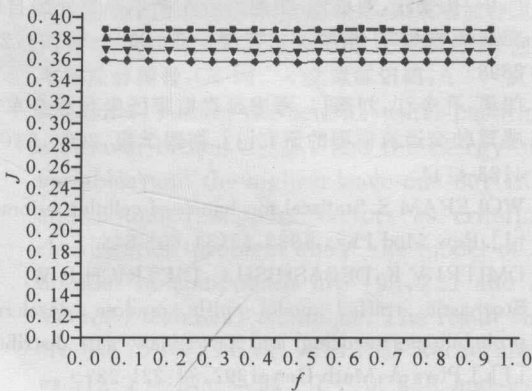


图3 P_c 不同时流量随混合比例的变化关系($V_{\max} = 4, \rho = 0.1, P_a = 0.1$)

Fig. 3 The dependence of the traffic flow on the value f for different braking probability P_c ($V_{\max} = 4, P_a = 0.1$)

■: $P_c = 0.0$, ●: $P_c = 0.1$, ▲: $P_c = 0.2$, ▼: $P_c = 0.3$, ◆: $P_c = 0.4$

2.2 刹车概率对交通流的影响

从图4中可以看到,随着激进驾驶行为车辆的刹车概率增加,交通流量也相应减小;在自由运动相下,斜率是相同的,此时交通流量由谨慎驾驶车辆的流量决定 $J = \rho(V_{\max} - P_c)$ 。

图5显示,随着谨慎驾驶车辆的刹车概率增加,交通流量相应的也在逐步减小;另外在自由运动相

下,斜率是不相同的, P_c 越大,斜率越小,流量由谨慎驾驶车辆的特性决定,当 $0.1 \leq P_c < 1.0$ 时, $J = \rho(V_{\max} - P_c)$;而当 $0 \leq P_c \leq 0.1$ 时,在自由运动相中,交通流量为 $J = \rho(V_{\max} - P_a)$,这是由于 $P_a \leq P_c$,激进驾驶车辆变成了谨慎驾驶车辆。

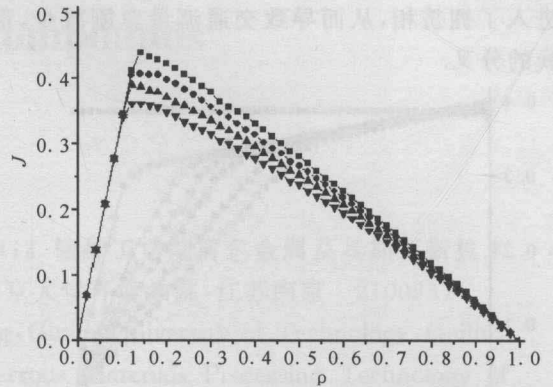


图4 P_a 不同时流量随车辆密度的变化($V_{\max} = 4, f = 0.5, P_c = 0.5$)

Fig. 4 The dependence of the traffic flow on the density of vehicles ρ for different braking probability P_a ($V_{\max} = 4, f = 0.5, P_c = 0.5$)

■: $P_a = 0.0$, ●: $P_a = 0.1$, ▲: $P_a = 0.2$, ▼: $P_a = 0.3$

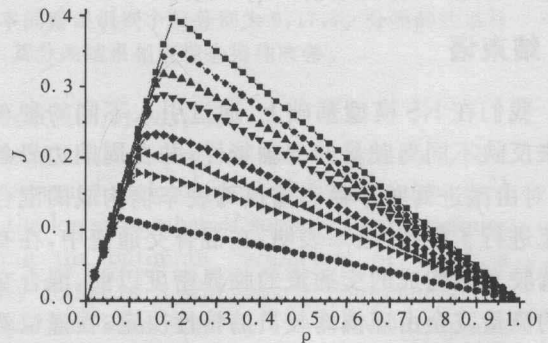


图5 P_c 不同时流量随密度的变化($V_{\max} = 4, f = 0.5, P_a = 0.1$)

Fig. 5 The dependence of the traffic flow on the density of vehicles ρ for different braking probability P_c ($V_{\max} = 4, f = 0.5, P_a = 0.1$)

■: $P_c = P_a = 0$, ●: $P_c = 0.0$, ▲: $P_c = 0.1$, ▼: $P_c = 0.2$, ◆: $P_c = 0.4$, ◀: $P_c = 0.5$, ▶: $P_c = 0.6$, ●: $P_c = 0.8$, ★: $P_c = 1.0$

从图6中我们可以看到,对于各 f 不等于0的曲线,流量随谨慎驾驶车辆的刹车概率的增加呈现一个相变点.在相变点以前,流量随谨慎驾驶车辆的刹车概率的增加而缓慢地线性减少,流量由 $J = \rho(V_{\max} - P_c)$ 决定;而在相变点之后,流量随谨慎驾驶车辆的刹车概率的增加而急剧地线性减少.相变产生的原因是在一定的混合比例下,交通流的临界密度随谨慎驾驶的刹车概率增加而降低,使得交通流由自由相转变

到拥挤相。

另外,在图6我们看到在刹车概率在0.5以前,各种混合比例下的交通流都处于自由相,因此流量与混合比例无关,仅由谨慎驾驶车辆的刹车概率决定。随着谨慎驾驶车辆刹车概率的增加,混合比例大的交通流进入了拥挤相,从而导致交通流量急剧减少,形成曲线的分叉。

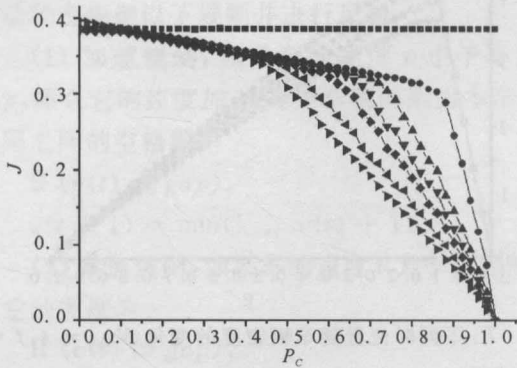


图6 f 不同时流量随 P_c 的变化 ($V_{\max}, \rho = 0.1, P_a = 0.1$)

Fig. 6 The dependence of the traffic flow on the braking probability P_c for different values f ($V_{\max}, \rho = 0.1, P_a = 0.1$)

■: $f = 0.0$, ●: $f = 0.2$, ▲: $f = 0.4$, ▼: $f = 0.5$, ◆: $f = 0.6$, ◀: $f = 0.8$, ▶: $f = 1.0$

3 结束语

我们在 NS 模型基础上,通过引入不同的刹车概率来反映不同驾驶员的驾驶特性,并在周期边界条件下,对由激进驾驶车辆和谨慎驾驶车辆构成的混合交通流进行了模拟。结果表明,在混合交通流中,在有谨慎驾驶车辆构成的交通流的临界密度以前,混合交通流的流量完全由谨慎驾驶员的特性决定;在谨慎驾驶车辆交通流临界密度以后,混合交通流的流量介于只有激进驾驶员的车辆和只有谨慎驾驶员的车辆的流量之间,小于完全是谨慎驾驶车辆流量和完全是激进驾驶车辆流量的线性之和;激进驾驶车辆和谨慎驾驶

车辆的混合比例及它们的刹车概率对混合交通流的临界密度和流量有很大的影响。

本文的模拟结果表明,由于驾驶员的驾驶特性的变化,道路上虽然有同样的车辆,但是具有的交通流大小是不一样的。这可能是在实际交通流观测中,我们通常在交通流基本图上看到弥散的数据分布现象的原因。

本文建立的模型虽然抓住了交通流的基本要素,但是要用于实际交通流的预测还需要和实际的道路交通建立起一一对应关系,需要和工程及管理部门进一步协同攻关。

参考文献:

- [1] 刘慕仁,薛郁,孔令江. 城市交通问题与交通流模型[J]. 力学与实践, 2005, 27(1): 1-6.
- [2] NAGEL K, SCHRECKENBERG M. A cellular automaton model for freeway traffic [J]. J Phys I France, 1992, 2: 2221-2229.
- [3] MOUSSA N. The influence of aggressive drivers on the properties of a stochastic traffic model [J]. Eur Phys J B, 2004, 41: 421-431.
- [4] FUKUI M, ISHIBASHI Y. Traffic flow in 1D cellular automaton model including cars moving with high speed [J]. J Phys Soc (Japan), 1993, 65: 1868-1870.
- [5] 邝华, 孔令江, 刘慕仁. 多速混合车辆单车道元胞自动机交通流模型的研究 [J]. 物理学报, 2004, 53(9): 2894-2898.
- [6] 邝华, 孔令江, 刘慕仁. 考虑延迟概率因素对混合车辆敏感驾驶交通流模型的研究 [J]. 物理学报, 2004, 53(12): 4183-4144.
- [7] WOLFRAM S. Stistical mechanics of cellular automata [J]. Rew Mod Phys, 1983, 55(3): 601-643.
- [8] DMITRI V K, DEBASHISH C, DIETRICH E W. Stochastic traffic model with random deceleration probabilities: queueing and power-law gap distribution [J]. J Phys A: Math Gen, 1997, 30: 221-227.

(责任编辑: 韦廷宗)

日本研究发现桑叶中含有致命毒素

日本农业生物资源研究所的研究人员发现,将桑叶像喂蚕一样投喂其他蛾的幼虫数日后,这些幼虫全部“一命呜呼”。如果将桑叶切细,把从叶脉中流出的液体洗去后再投喂这些幼虫,它们便能健康成长。如果食物中混入10%的桑叶汁,4天后,喂食这些食物的幼虫体重仅为喂食一般饲料的幼虫体重的60%。

研究人员认为,桑叶叶脉中的液体含有一种生物碱和其他未知的高分子物质,这就是毒死那些幼虫的“元凶”。研究显示,这种生物碱能阻碍糖的消化和代谢,可以降低血糖值。这一发现可能有助于开发出针对害虫幼虫的新型农药。

研究人员说,虽然此前已知桑叶中含有这种物质,但这次的研究结果发现,叶脉中的有毒物质浓度是整个桑叶平均浓度的100倍。

(据《科学时报》)