

基于驾驶员行为的元胞自动机模型研究*

郑亮[†] 马寿峰 贾宁

(天津大学管理学院, 系统工程研究所, 天津 300072)
(2009 年 9 月 14 日收到; 2009 年 10 月 27 日收到修改稿)

从研究驾驶员行为入手, 分析了驾驶员行为作用机理, 并结合元胞自动机(CA)模型, 将与车辆自身速度、相对速度、车间距和安全车间距有关的驾驶员行为作用机理引入 CA 模型(简称 ACA). 并利用 ACA 模型进行微观交通仿真观察到亚稳态、相分离和回滞现象, 并将 ACA 模型与只考虑车辆自身速度和车间距的 CA 模型(简称 BCA)的仿真结果进行比较可得: 宏观方面, 从最大车流量、稳定性和堵塞消溶效率三方面进行对比, ACA 模型的仿真结果显示有更高并更接近实测数据的最大流量值, 有更强的稳定性, 堵塞消溶的效率更高; 微观方面, 从车辆速度波动和车头间距波动两方面进行对比, ACA 模型的仿真结果显示车辆不会骤然加速或减速, 车辆能够相对均匀地分布在道路上. 这些结果说明相对速度和安全间距对驾驶员行为会产生重要影响, 也说明 ACA 模型与实际情况更符, 有一定实际意义.

关键词: 驾驶行为, 元胞自动机, 亚稳态, 相分离

PACC: 0550, 0520, 0570F, 0570J

1. 引 言

交通流模型是交通研究的基础和工具. 在交通流理论中, 描述交通现象的模型主要有流体力学模型、动力论模型、跟车模型、元胞自动机(CA)模型等, 其中能够进行微观交通流仿真的模型主要有跟车模型和 CA 模型. 而由于 CA 模型的演化规则简单, 易于实现, 能有效模拟交通流中车辆微观运动状态, 有利于了解车辆间的相互作用机理, 因而在交通流研究中得到广泛的应用和发展. 在以往的 CA 模型中往往是从某一方面或某些方面研究驾驶行为, 驾驶员的动作输出可以体现在 CA 模型的演化规则当中, 例如体现在 Nagel-Schreckenberg (NaSch) 模型^[1]的随机延迟概率大小和加、减速度的大小; 或体现在如下改进的 NaSch 模型的一些演化规则上: 考虑由于前车的阻挡而采取的刹车行为的影响^[2], 考虑车辆自身速度对随机延迟概率的影响^[3], 考虑车头间距对随机延迟概率的影响^[4], 考虑前车虚拟速度对驾驶员行为的影响^[5], 考虑刹车灯效应对驾驶员行为的影响^[6], 考虑车辆之间的相对运动^[7,8]和车流密度对驾驶员行为的影响^[9], 考

虑安全驾驶需求对驾驶员行为的影响^[10], 考虑混合车辆之间的速度差异及驾驶员敏感程度的不同的影响^[11], 考虑驾驶员不确定性敏感预期行为的影响^[12], 考虑安全距离的影响^[13], 考虑随机慢化优先和车间距预测值的影响^[14], 考虑驾驶员不同特性的影响^[15], 考虑司机的记忆效应和当前环境的影响^[16]等, 它们都是从驾驶员行为的角度出发, 模拟了驾驶员在实际交通中的刺激、判断和决策等一系列的心理和生理活动.

但是, 影响驾驶员行为的因素很多, 为了更加全面而真实地模拟驾驶员在实际交通中的驾驶行为, 本文将从实际角度出发, 分析车辆自身的速度、相对速度、车间距和安全间距对驾驶员行为的影响, 并将此影响通过 CA 模型中的演化规则体现出来. 然后利用此模型进行模拟仿真并分析一些复杂的交通现象, 最后将此模型与只考虑车辆自身速度和车间距的 CA 模型进行仿真实验对比, 结果显示相对速度和安全间距对驾驶员行为产生了重要影响, 本研究具有一定的实际意义.

2. 驾驶员行为作用机理

在实际交通道路特别是城市道路上, 车辆的行

* 国家自然科学基金(批准号:70671073)资助的课题.

[†] E-mail: 360177933@qq.com

驶基本上都处于非自由流状态,车与车之间存在速度和间距的约束,驾驶员如何在复杂的交通状况中决定自己的驾驶行为,是需要经过感觉、理解、判断和决策等一系列心理和生理活动,最终决定输出的动作.其作用示意图如图 1 所示.

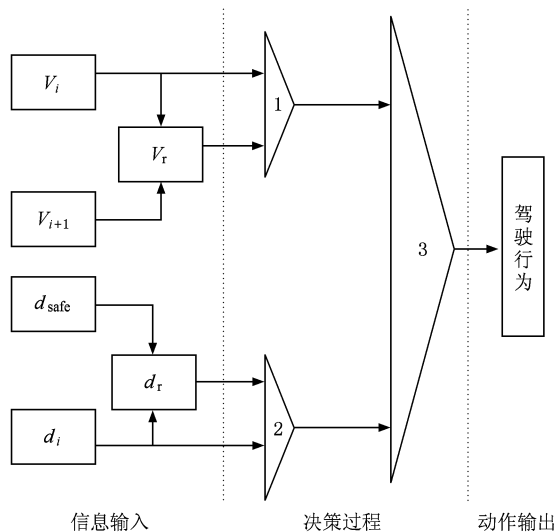


图 1 驾驶员判断决策模式

实际上,判断决策过程是基于驾驶员对速度、车间距的估计和比较的结果.从图 1 可以看到,在实际交通道路中驾驶员的决策过程主要包括 3 个决策点:车辆 i 自身速度 v_i 和它与前车速度 v_{i+1} 的相对速度 v_r 对驾驶员行为的影响;车辆 i 的车间距 d_i 和它与安全间距 d_{safe} 的差值 d_r 对驾驶员行为的影响;1,2 两决策点的综合效应,即 v_i , v_r , d_i 和 d_r 对驾驶员行为的影响,最终由驾驶员决定动作的输出.

3. 考虑驾驶员行为的 CA 交通流仿真模型

在第 2 部分分析的基础上,驾驶员行为主要受到车辆的自身速度、相对速度、车间距和安全间距四个因素的影响,最终由驾驶员在图 1 的决策点 3 决定驾驶员动作的输出.为了分析驾驶员行为给实际交通流带来的影响,本文提出的 CA 模型将对交通流进行微观仿真,并将驾驶员的最终动作输出通过此 CA 模型的随机延迟概率体现出来.

在真实交通状况中,一方面如果车间距较大,驾驶员就会以放松心情驾车,随机延迟的概率就较少;如果车间距较小,驾驶员就会时刻保持警惕的心态,随机延迟的概率就会较大.另一方面,当车

辆以较大速度行驶时,前车变慢或车辆预期间距不足时,驾驶员就会时刻保持警惕,其随机延迟的概率就会很大;当驾驶员以较小的速度行驶时,前车快速行驶或车辆预期间距足够大时,驾驶员就会保持较轻松的心情驾车,其随机延迟的概率就会较小.这样,通过综合考虑驾驶员对车间距和车辆自身速度的反应并将驾驶员的动作输出通过随机延迟概率的形式表现出来,从而更加真实地反映了实际交通的运行状况.随机延迟概率表达式设计如下:

$$p = [f(d_i(t))]^\alpha [g(v_i(t))]^\beta, \quad (1)$$

式中, $f(d_i(t)) = \frac{e^{-a_1 d_i(t)}}{1 + e^{-a_2 d_i(t)}}$ 表示影响因子车间距对 p 的贡献,也即驾驶员对车间距的感应,为了满足当 $d_i(t) \geq v_{max}$ 时, $f(d_i(t))$ 值很小,这里取 $a_1 = a_2 = 0.4$; 而 $g(v_i(t)) = \frac{1 - e^{-b_1 v_i(t)}}{1 + e^{-b_2 v_i(t)}}$ 表示影响因子车辆自身速度对 p 的贡献,也即驾驶员对车辆自身速度的感应,为了满足当 $v_i(t) = v_{max}$ 时, $g(v_i(t))$ 值较大,这里取 $b_1 = b_2 = 0.4$. 这里,为了分析安全间距和相对速度对驾驶员行为的影响,引入了对应于车间距和车辆自身速度的权重因子 α 和 β . 显然,当车间距大于安全间距时,驾驶员同样会以较轻松的心情驾车,即车间距对驾驶员行为的影响减少,体现在表达式 p 上为权重因子 α 的增大,否则减少;当相对速度大于 0 时,即前车速度快些,驾驶员也会以较轻松的心情驾车,即车辆自身速度对驾驶员行为的影响减少,体现在表达式 p 上为权重因子 β 的增大,否则减少.例如,当前车速度较大,并且车辆间距大于驾驶员认为的安全间距,那么驾驶员就会以非常放松心情驾车,其动作输出——随机延迟概率就会降低,在 p 表达式上表现为权重因子 α 和 β 的同时增大.这里,权重因子 α 和 β 的大小调节规则,也即驾驶员对安全间距和相对速度的反应机理,其规则如下:

规则 1 如果 $v_{i+1}(t) > v_i(t)$, 则权重因子 β 增大; 如果 $v_{i+1}(t) < v_i(t)$, 则权重因子 β 减小. β 的变化函数为 $\beta = \beta \exp(k_1(v_{i+1}(t) - v_i(t)))$, k_1 取 0.1.

规则 2 设置一个安全距离为 d_{safe} , 如果 $d_i(t) > d_{safe}$, 则影响因子 α 增大; 如果 $d_i(t) < d_{safe}$, 则影响因子 α 减小, α 的变化函数为 $\alpha = \alpha \exp(k_2(d_i(t) - d_{safe}))$, k_2 取 0.1.

为了更加清晰地表达上述驾驶员对车辆自身速度、相对速度、车间距和安全间距的感应和最终动作输出的决策过程,具体流程图如图 2 所示.

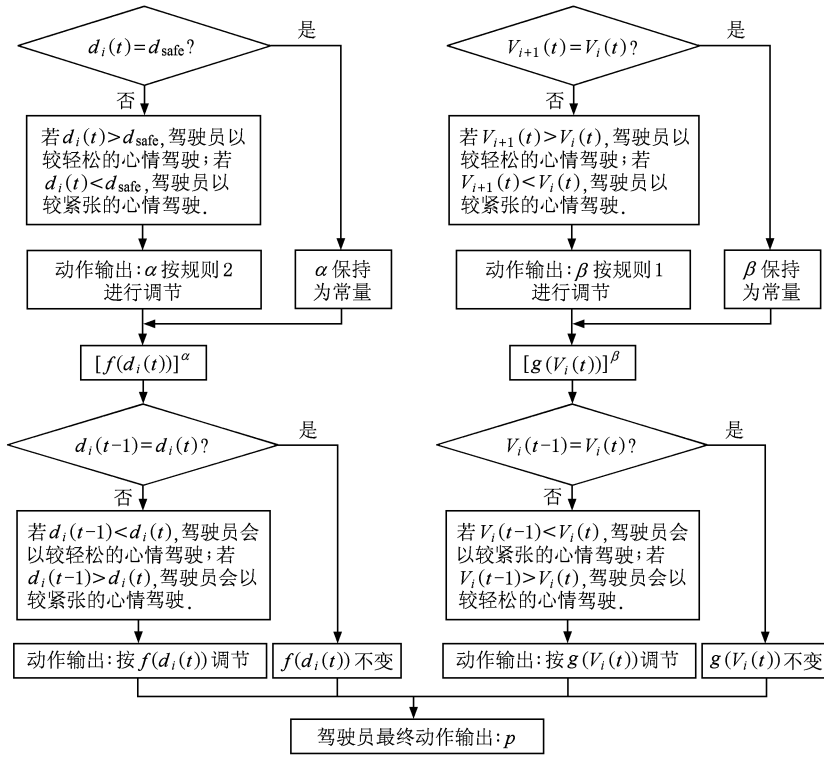


图2 驾驶员感应与决策过程流程图

至此,本文已经充分考虑了车辆自身的速度、相对速度、车间距和安全间距对驾驶员行为的影响,并将驾驶员最终的动作输出通过随机延迟概率 p 体现出来. 然后,在此基础上引入慢启动规则,不同的是,这里不仅将 $v = 0$ 作为慢启动的条件^[3],也将 $d = 0$ 作为另一个慢启动的条件^[4]. 显然,当 $v = 0$ 满足时,说明上一时刻静止的车辆在新时刻随机慢化的概率要大;而当条件 $d = 0$ 满足时,说明上一时刻车间距为 0 的车辆在新时刻随机慢化的概率要大,这也正是考虑了车辆自身速度和车间距对驾驶员行为的影响. 同时,考虑随机因素的影响,将随机延迟概率的确定置于四条更新规则之前,因而本文提出的 CA 模型(简称 ACA)的更新规则如下:

1) 确定延迟概率 p .

如果 $d_i(t) \neq 0$ 和 $v_i(t) \neq 0$,

如果 $v_{i+1}(t) > v_i(t)$ 或 $v_{i+1}(t) < v_i(t)$, 则 $\beta = \beta \exp(k_1(v_{i+1}(t) - v_i(t)))$, 否则 β 保持为常量;

如果 $d_i(t) > d_{safe}$ 或 $d_i(t) < d_{safe}$, 则 $\alpha = \alpha \times \exp(k_2(d_i(t) - d_{safe}))$, 否则 α 保持为常量;

$$p = \left(\frac{e^{-0.4d_i(t)}}{1 + e^{-0.4d_i(t)}} \right)^\alpha \left(\frac{1 - e^{-0.4v_i(t)}}{1 + e^{-0.4v_i(t)}} \right)^\beta$$

否则设置 $p = 0.9$.

2) 加速过程: $v_i(t) \rightarrow \min(v_i(t) + 1, v_{max})$.

3) 减速过程: $v_i(t) \rightarrow \min(v_i(t), d_i(t))$, 其中, $d_i(t) = x_{i+1}(t) - x_i(t) - 1$.

4) 以概率 p 随机延迟过程: $v_i(t) \rightarrow \max(v_i(t) - 1, 0)$.

5) 位置更新: $x_i(t) \rightarrow x_i(t) + v_i(t)$.

其中, v_{max} 表示车辆的最大速度; $v_i(t)$ 表示车辆 i 时刻 t 的速度; $x_i(t)$ 表示车辆 i 时刻 t 的位置; $v_i(t + 1)$ 表示车辆 i 时刻 $t + 1$ 的速度; $x_i(t + 1)$ 表示车辆 i 时刻 $t + 1$ 的位置; $x_{i+1}(t)$ 表示前面车辆 $i + 1$ 时刻 t 的位置; $d_i(t)$ 表示时刻 t 前面车辆 $i + 1$ 到车辆 i 之间的距离. 在仿真过程中,车道被离散化,由长为 7.5 m 的元胞组成,每个元胞每一时刻要么被一辆车占有,要么是空的. 同时,时间也被离散化每一时步为 1 s. 若 α 和 β 不按规则 1,2 进行调节,而一直为常量,相当于只考虑车辆自身速度和车间距对驾驶员行为的影响,这种情况下的 CA 模型简称为 BCA 模型.

4. 仿真模型性能分析

仿真实验初始条件设置为车道由 $L = 1000$ 个元胞组成,对应实际车道长度为 7.5 km. 最大车速 $v_{max} = 5$, 对应实际车速 $v_{max} = 135$ km/h. 边界为周期性

边界条件, 车流密度 $\rho = N/L$, 其中 N 为分布在 L 上的车辆数, t 时刻的平均速度 $v(t) = (1/N)$

$\sum_{j=1}^N v_j(t)$, 平均车流量为 $J = \rho v$, d_{safe} 取 1, α 和 β 的常量值都取 0.7.

4.1. 回滞现象

从图 3 可以看出, 在密度 $\rho_1 < \rho < \rho_2$ 之间可以观察到 NaSch 模型所不能重现的回滞现象, 而密度点 ρ_1 和 ρ_2 是相位转变的临界点, 在临界点两端会呈现宏观上完全不同的交通状态. 当车流密度 $\rho < \rho_1$ 时, 自由流态是稳态, 在这个区间内, 堵塞会逐渐消失并恢复到自由流态. 当车流密度 $\rho > \rho_2$ 时, 小的堵塞带会集聚成大的堵塞带, 而自由流存在于大的堵塞带之间, 即相分离状态, 它也是此密度区间内的稳定态. 当车流密度 $\rho_1 < \rho < \rho_2$ 时, 车流处于亚稳态, 由车辆的初始状态决定演化的最终稳定态.

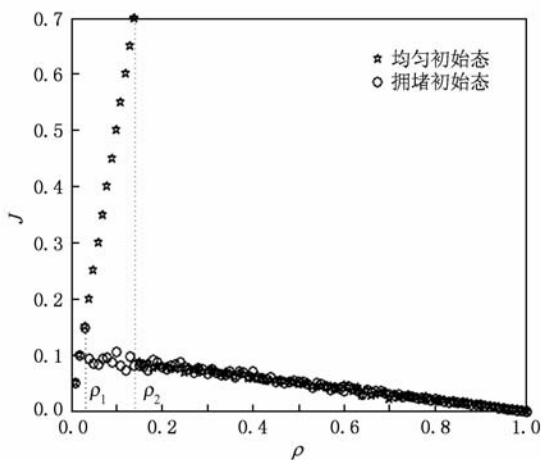


图 3 回滞曲线图

4.2. 时空图

从图 4(a) 和 (b) 可以看出, 当 $\rho < \rho_1$ 时, 不论车辆的初始态是均匀分布的还是完全拥堵的, 它最终的稳定态都是自由态, 这正与此密度区域内自由态是稳定态的观点是相符的. 从图 4(c) 和 (d) 可以看出, 当 $\rho_1 < \rho < \rho_2$ 时, 车流的最终稳态决定于它的初始态, 如果从拥堵初始态开始, 最终的稳态就是明显的相分离状态; 如果从均匀初始态开始, 最终的稳态就是自由流态, 这正与此密度区域内自由态和相分离状态都可能成为稳定态的观点是相符的. 从图 4(e) 和 (f) 可以看出; 当 $\rho > \rho_2$ 时, 不论车流的初始态是均匀分布的还是完全拥堵的, 它最终都会

稳定在相分离状态, 这正与此密度区间内相分离状态是稳定态的观点是相符的.

5. 模型性能比较

5.1. 基本图

显然, 当考虑驾驶员对相对速度和安全间距的反应时, 虽然自由流密度区间不变, 但是堵塞流密度区间缩短了, 说明 ACA 模型的仿真结果显示更多的车辆保持在自由行驶状态, 更少的车辆处于堵塞状态; 从图 5 也可以看出, ACA 模型仿真得到的最大流量值大于 BCA 模型的仿真最大流量值, 经换算其最大流量值为 2517 辆/h, 比试验数据 2660 辆/h (减速指数 $\nu = 0.75$)^[9] 更接近于实测值 2500 辆/h. 这两点也正说明了 ACA 模型更加真实地反映了驾驶员在实际交通道路中会根据自身速度、相对速度、车间距和安全间距来调节自己的驾驶行为, 从而达到了充分利用道路资源的效果, 有利于交通流量的增大, 与实际情况更符.

5.2. 稳定性

图 6 是从均匀初始态开始, 信号灯置于车道中间位置, 演化 2900 时步之后开始计时, 红灯亮 100 时步 (3001—3100 时步), 之后绿灯亮. 从图 6 可以看出: ACA 模型仿真结果显示由红灯引起的堵塞队列能在较短的时步内消除, 并恢复了自由流状态; 而 BCA 模型仿真结果显示虽然由红灯引起的堵塞队列能消除, 但必须经过较长的时步. 与 headway-distance (HD) 模型^[4] 和 velocity-effect (VE) 模型^[5] 仿真结果相比, ACA 模型仿真结果显示突发事件引起的堵塞能在更短的时间内消除, 更能应对交通中的突发事件. 这正说明了 ACA 模型体现了驾驶员能够根据实际交通中的相对速度和安全间距和车间距之差来调节自己的驾驶行为, 驾驶员更能应对交通中随时可能发生的突发事件, 从而增强了交通流稳定性能, 更能保持交通畅通.

5.3. 堵塞消溶效率

从图 7 可以看出, ACA 模型仿真结果显示最长堵塞带的长度与演化时步成指数函数关系消退, 并能在较短时步内消除堵塞并恢复到自由流状态; 而 BCA 模型仿真结果显示在前 2000 演化时步内最长

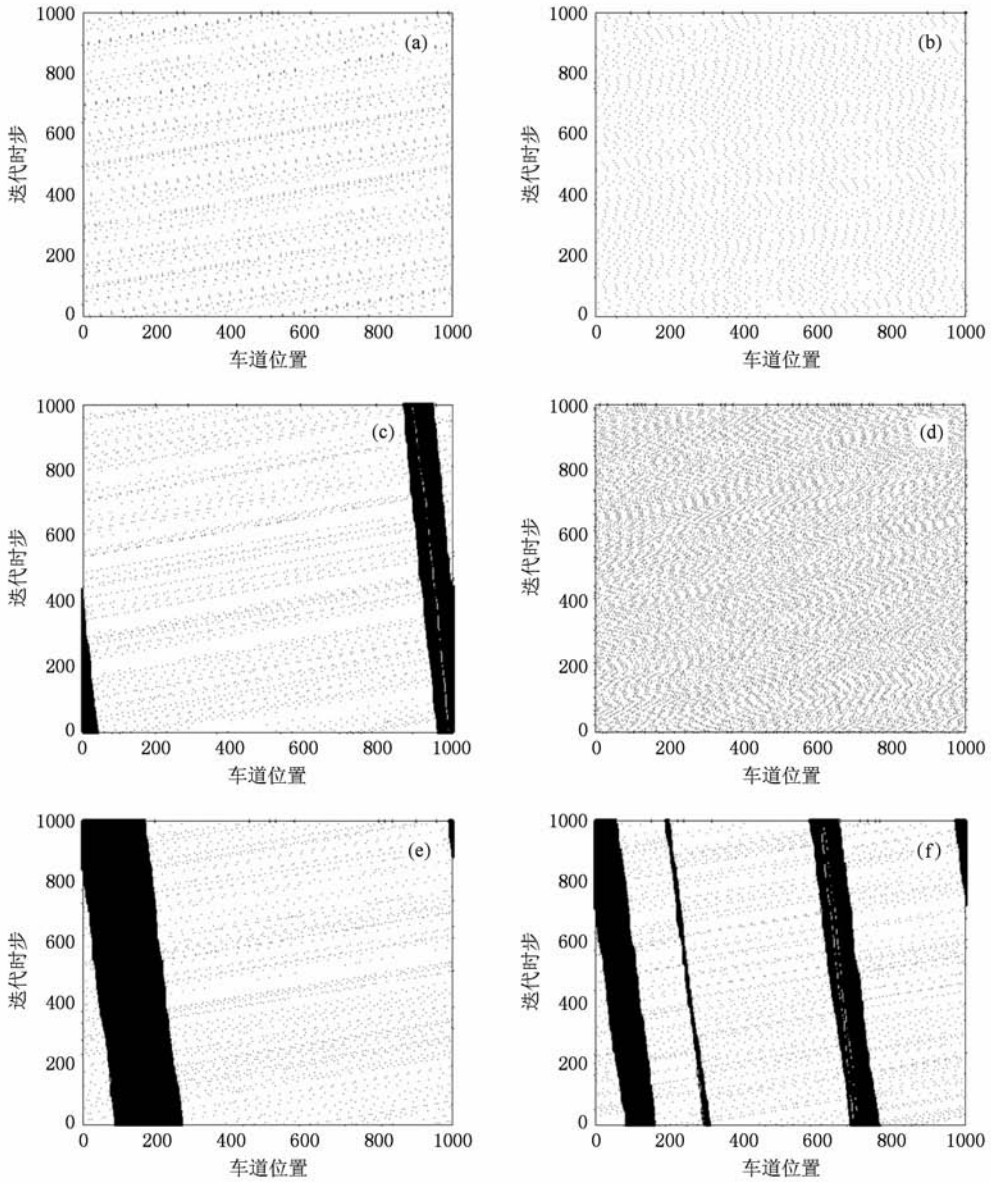


图4 ACA模型的时空图 (a) $\rho=0.02$, 拥堵初始态(即初始分布所有车间距为0); (b) $\rho=0.02$, 均匀初始态(即初始分布所有车间距相等); (c) $\rho=0.1$, 拥堵初始态; (d) $\rho=0.1$, 均匀初始态; (e) $\rho=0.2$, 拥堵初始态; (f) $\rho=0.2$, 均匀初始态 迭代10000时步之后开始计时. 拥堵初始态是指在周期性边界条件下, 所有车辆的初始车间距都为0(可能除了最后一辆车); 均匀初始态是指在周期性边界条件下, 所有车辆的初始车间距都相等(可能除了最后一辆车)

堵塞带的长度与演化时步也成指数函数关系消退, 但2000演化时步后最长堵塞带的长度却处于一定幅度的波动当中, 堵塞消除的效率不及图7(a)所示的. 与 velocity-dependent-randomization (VDR) 模型^[3] 仿真结果相比, ACA模型仿真结果显示堵塞能在更短的时步内按指数形式稳定地消退. 这也正说明了ACA模型体现了驾驶员能够根据实际交通中的相对速度和安全间距与实际车间距之差来调节自己的驾驶行为, 从而堵塞消溶的效率更高, 交通

更能保持畅通状态.

5.4. 车辆速度波动

从图8(a)和(b)可以看出, 当车流密度 $\rho=0.1$ 时, 经过有限次演化之后, ACA模型其仿真结果显示车辆更能保持在高速行驶状态且速度波动幅度不大. 从图8(c)和(d)可以看出, 当 $\rho=0.13$ 时, 经过有限次演化之后, ACA模型仿真结果显示车辆能保持在相对平稳的高速区行驶, 而BCA模型仿真结

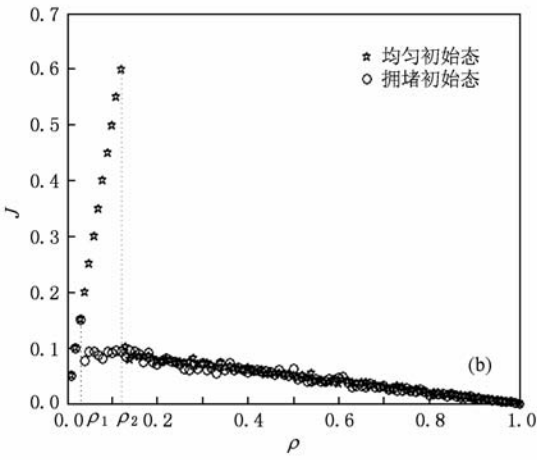
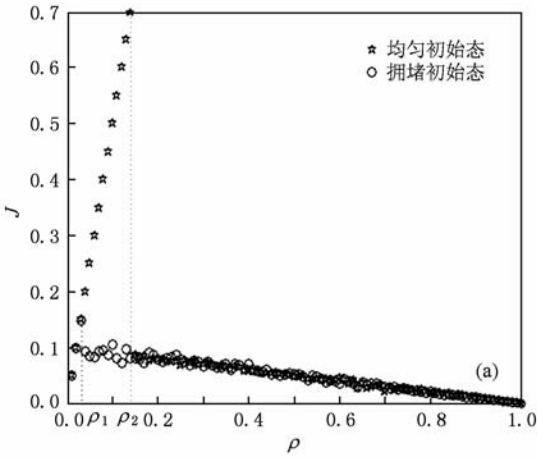


图5 密度-流量图 (a)ACA 模型,最大流量0.6992, $\rho_1 = 0.03$, $\rho_2 = 0.14$; (b)BCA 模型,最大流量0.5978, $\rho_1 = 0.03$, $\rho_2 = 0.12$

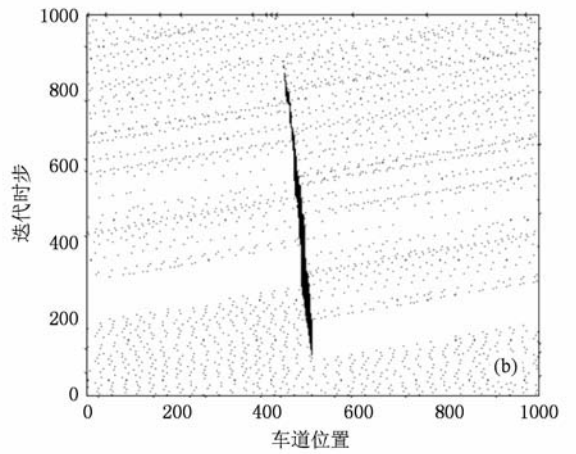
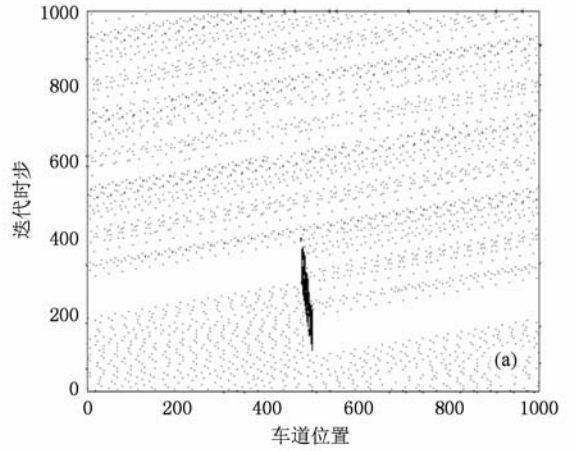


图6 堵塞消融模拟图 (a) $\rho = 0.025$, ACA 模型; (b) $\rho = 0.025$, BCA 模型

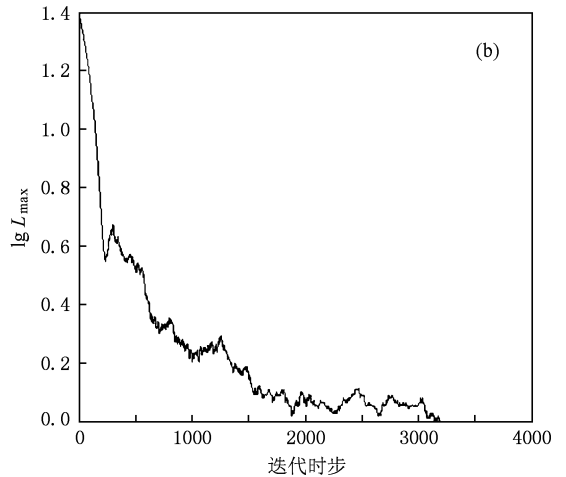
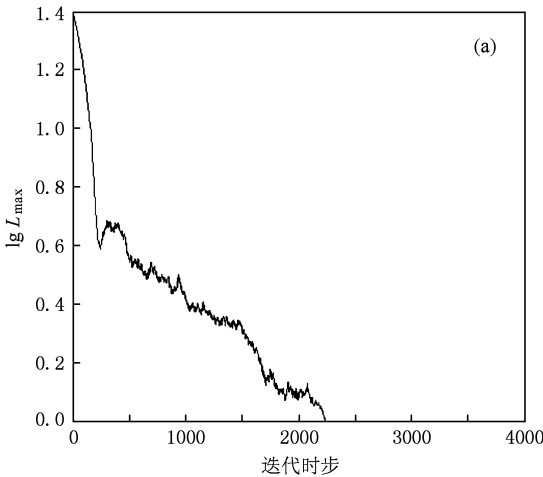


图7 最大堵塞带的长度 L_{max} 与时步之间的关系 从完全堵塞初始态开始. (a) $\rho = 0.025$, ACA 模型; (b) $\rho = 0.025$, BCA 模型

果显示车辆速度波动幅度剧烈,且出现明显的周期性的高速和低速分区.这也正说明了ACA模型体现了驾驶员能够根据相对速度的大小来调节自己的

驾驶行为,驾驶员不会骤然加速或减速,从而交通流保持更加平稳,交通事故发生的概率更小,与实际交通状态相符.

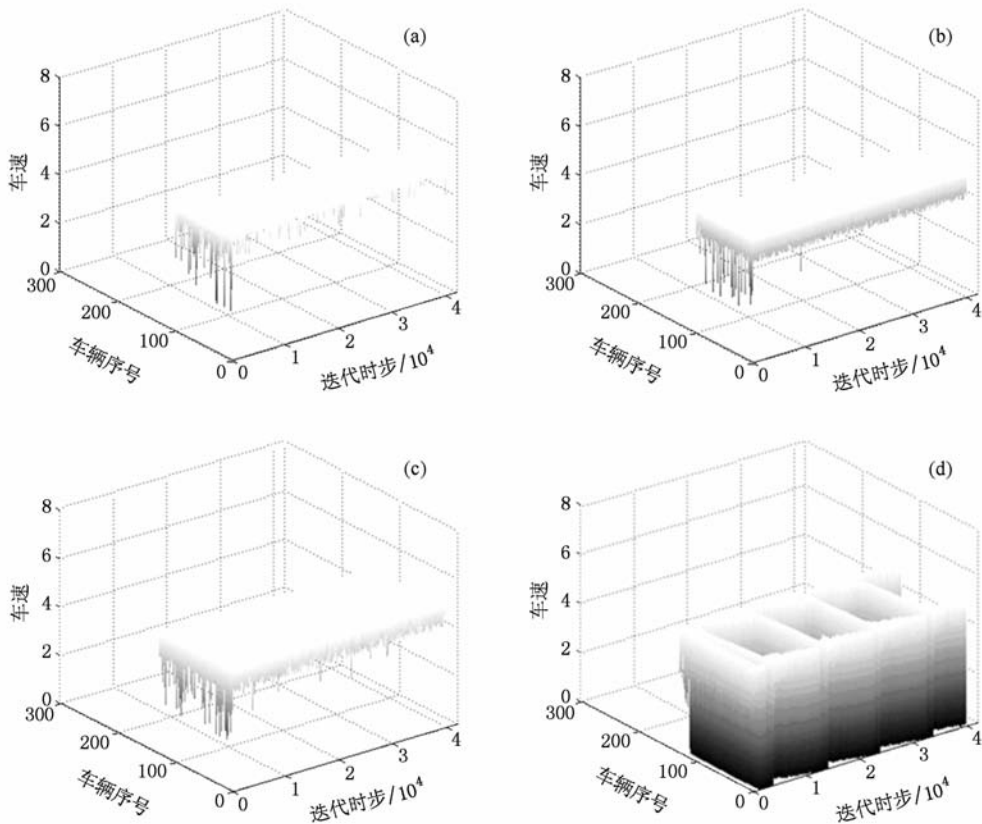


图8 40000次演化的速度波动图 从均匀初始态开始. (a) $\rho = 0.1$, ACA 模型; (b) $\rho = 0.1$, BCA 模型; (c) $\rho = 0.13$, ACA 模型; (d) $\rho = 0.13$, BCA 模型

5.5. 车头间距波动

从图9(a)和(b)可以看出,当车流密度 $\rho = 0.1$ 时,经过有限次演化之后,ACA模型仿真结果显示车头间距处于一定振幅的波动当中,而BCA模型仿真结果显示虽然车头间距也处于一定的波动范围内,但是波动更加无序,且波动幅度更大.从图9(c)和(d)可以看出,而当车流密度 $\rho = 0.13$ 时,经过有限次演化之后,ACA模型仿真结果显示车头间距处于小范围的较平稳的波动当中,而BCA模型仿真结果显示车头间距处于无序的大幅度的随机波动当中.这也正说明了ACA模型体现了驾驶员在实际交通状况中能根据安全间距与实际车间距之差来调节自己的驾驶行为,车辆更加均匀地分布在道路上,从而交通流保持更加平稳,交通事故发生的概率更小,与实际情况较符.

6. 结 论

本文主要从研究驾驶员行为入手,分析了驾驶

员行为作用机理,并结合CA交通流仿真模型,设计出ACA模型中随机延迟概率与车辆自身速度、相对速度、车间距和安全间距的函数关系式,通过随机延迟概率的大小反映驾驶员对不同的路况信息采取不同的驾驶行为.用ACA模型进行仿真,重现并分析了亚稳态、回滞和相分离现象.最后,将ACA模型和BCA模型的仿真结果在宏观层面(密度-流量图、稳定性和堵塞消溶效率)和微观层面(车辆速度波动和车头间距波动)进行对比,结果表明:ACA模型的仿真结果显示车辆不会骤然加速或减速,车辆能够相对均匀地分布在道路上,突发事件产生的堵塞能在较短的时间内清溶,车辆更能保持在自由流状态,道路资源的利用率更高,交通流量更大,与实际情况更符,说明在实际交通状况中相对速度和安全间距会给驾驶员行为带来一定的影响,本文提出的ACA模型有一定的合理性和实效性.接下来的研究可以集中于更改驾驶员的行为作用机理,将驾驶员的动作输出体现在CA模型的加减速度或改进的演化规则当中,将驾驶员行为对交通流的影响通过CA模型的仿真更加全面而深刻地反映出来,有利

于进一步的交通流研究.

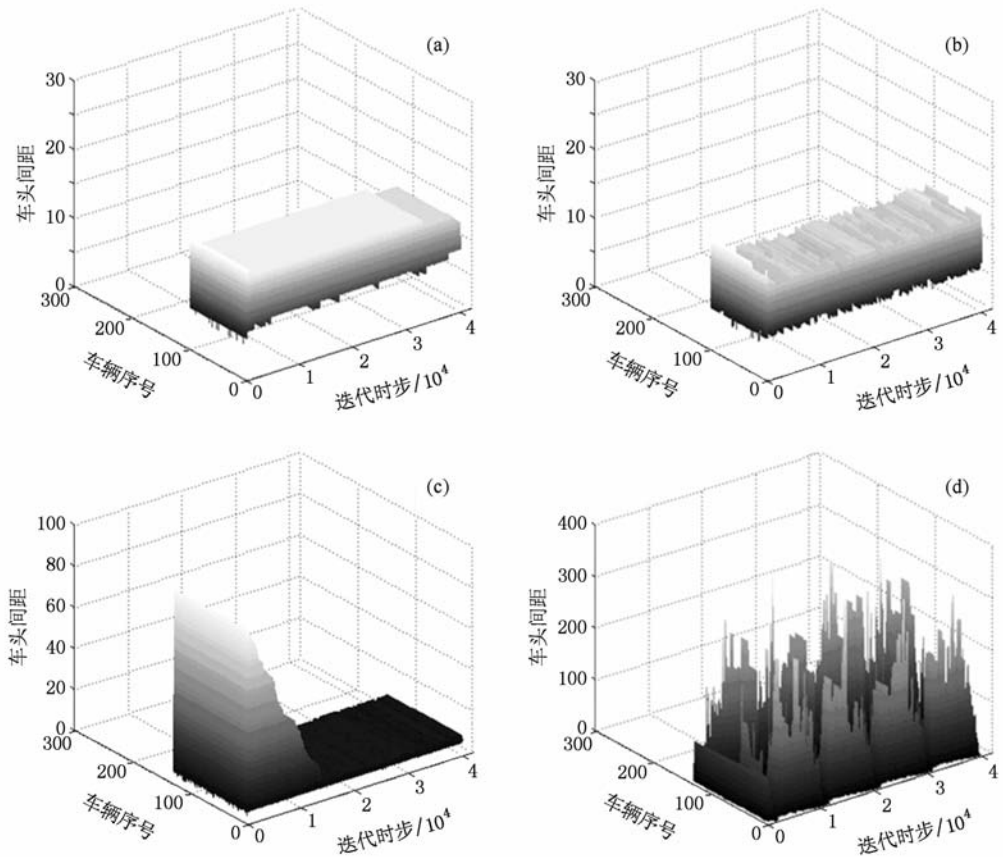


图9 40000次演化的车头间距波动图 从均匀初始态开始. (a) $\rho=0.1$,ACA模型;(b) $\rho=0.1$,BCA模型;(c) $\rho=0.13$,ACA模型;(d) $\rho=0.13$,BCA模型

- [1] Nagel K, Schreckenberg M 1992 *J. Phys.* 1(France) **2** 2221
- [2] Benjamin S C, Johnson N F, Hui P M 1996 *J. Phys.* A **29** 4119
- [3] Barlovic R, Santen L, Schreckenburg A 1998 *Eur. Phys. J.* B **5** 794
- [4] Hu S X, Gao K, Wang B H, Lu Y F 2008 *Chin. Phys.* **17** 1864
- [5] Li X B, Wu Q S, Jiang R 2001 *Phys. Rev.* E **64** 066128
- [6] Knospe W, Santen L, Schadschneider A, Schreckenberg M 2000 *J. Phys.* A **44** L477
- [7] Xue Y, Dong L Y, Yuan Y W, Dai S Q 2002 *Acta Phys. Sin.* **51** 0492 (in Chinese) [薛郁、董力耘、袁以武、戴世强 2002 物理学报 **51** 0492]
- [8] Hua W, Lin B L 2005 *Acta Phys. Sin.* **54** 2595 (in Chinese) [花伟、林柏梁 2005 物理学报 **54** 2595]
- [9] Xue Y, Dong L Y, Dai S Q 2001 *Acta Phys. Sin.* **50** 0445 (in Chinese) [薛郁、董力耘、戴世强 2001 物理学报 **50** 0445]
- [10] Mou Y B, Zhong C W 2005 *Acta Phys. Sin.* **54** 5597 (in Chinese) [牟勇彪、钟诚文 2005 物理学报 **54** 5597]
- [11] Kuang H, Kong L J, Liu M R 2004 *Acta Phys. Sin.* **53** 4138 (in Chinese) [邝华、孔令江、刘慕仁 2004 物理学报 **53** 4138]
- [12] Lei L, Xue Y, Dai S Q 2003 *Acta Phys. Sin.* **52** 2121 (in Chinese) [雷丽、薛郁、戴世强 2003 物理学报 **52** 2121]
- [13] Bai K Z, Tan H L, Liu M R, Kong L J 2003 *Acta Phys. Sin.* **52** 2421 (in Chinese) [白克钊、谭惠丽、刘慕仁、孔令江 2003 物理学报 **52** 2421]
- [14] Chen S D, Zhu L H, Kong L J, Liu M R 2007 *Acta Phys. Sin.* **56** 2517 (in Chinese) [陈时东、朱留华、孔令江、刘慕仁 2007 物理学报 **56** 2517]
- [15] Peng L J, Kang R 2009 *Acta Phys. Sin.* **58** 0830 (in Chinese) [彭莉娟、康瑞 2009 物理学报 **58** 0830]
- [16] Huang H J, Ding J X, Tang T Q 2009 *Acta Phys. Sin.* **58** 7591 (in Chinese) [黄海军、丁建勋、唐铁桥 2009 物理学报 **58** 7591]

The cellular automaton model of traffic flow based on the driving behavior^{*}

Zheng Liang[†] Ma Shou-Feng Jia Ning

(*Systems Engineering Institute, School of Management, Tianjin University, Tianjin 300072, China*)

(Received 14 September 2009; revised manuscript received 27 October 2009)

Abstract

On the basis of the research of driving behavior, by analyzing the mechanism of driving behavior and using the cellular automaton (CA) model, we introduce the mechanism of driving behavior, which is associated with the vehicle's own speed, the relative speed, the vehicle spacing, and the safety vehicle spacing, into the CA model (ACA). We observe the metastability, phase-separation and hysteresis phenomena when taking advantage of ACA model to conduct the microscopic traffic simulation and compare the simulation results of ACA model with the simulation results of the CA model (BCA) which only considers the vehicle's own speed and the vehicle spacing. The results show that, in the macro level, from the maximum traffic flow, stability and the efficiency in dissolving congestions, the simulation results of ACA model exhibit a larger maximum value of flow which is also closer to the actual measured data, stronger stability and higher efficiency of dissolving jam; in the micro level, from the fluctuations of the vehicles' speed and the vehicles' headway-distance, the simulation results of ACA model exhibit that the vehicles do not accelerate or decelerate suddenly, the vehicles can be relatively and evenly distributed on the road. All these results illustrate that the relative speed and safety vehicle spacing have a significant impact on the driving behavior and also explain that the ACA model is in better consistence with the actual situation and has some practical significance.

Keywords: driving behavior, cellular automaton, metastability, phase-separation

PACC: 0550, 0520, 0570F, 0570J

^{*} Project supported by the National Natural Science Foundation of China(Grant No. 70671073).

[†] E-mail: 360177933@qq.com