

突发事件导向的交通流微观仿真^①

季 峰¹, 钱双庆², 万 一³

¹(南通大学 杏林学院, 南通 226000)

²(南通大学 机械工程学院, 南通 226000)

³(天津大学 计算机学院, 天津 245021)

摘 要: 为针对突发事件对交通流进行研究, 基于 ABM 技术建立了车辆 Agent 的适应性决策模型, 给出车辆 Agent 的行驶模型, 引入跟驰行为中加速度的算法, 利用开源平台 Swarm, 对实验案例进行分析, 得出在工农路与桃园路和嵩园路与园林与交叉路口的车流速度、排队长度和车辆 Agent 数量之间的关系, 为建立有效的应急交通预案提供可靠的数据依据.

关键词: 突发事件; 交通流; 基于 Agent 建模; 微观仿真

Micro-Simulation on Traffic under Emergency Events

Ji Feng¹, QIAN Shuang-Qin², WAN Yi³

¹(College of Xinglin, Nantong University, Nantong 226000, China)

²(College of Mechanical Engineering, Nantong University, Nantong 226000, China)

³(College of Computer Science and Technology, Tianjin University, Tianjin 245021, China)

Abstract: The study on the traffic has been carried on aiming at the emergency events. The decision model of the adaptive vehicle was built based on the ABM technology. Acceleration algorithm of the following behavior was introduced with the driving model of the vehicle Agent. The vehicle queue length and the quantity relation between the vehicle Agents were obtained by analyzing the cases experimentally on the open source platform Swarm, which provided reliable data basis for establishing the effective emergency traffic preparedness.

Key words: emergency events; traffic; modeling based on agent; micro-simulation

交通阻塞已经成为交通道路管理的瓶颈, 全球兴起了对交通流的各种研究, 1996 年麻省理工学院基于 Agent 技术研究出 MITSIM(Multi-Agent Transport Simulation)^[1,2], 随之出现了 MASSVAC 和 TEDSS 系统^[3], 近年来日本在交通流微观仿真上提出了 VICS 和 ATIS^[4], 通过汇总交通管理者和道路管理者双方的交通信息来实现. 目前, 美国的研究相对成熟, 阿拉巴马州立大学交通中心重点研究了区域性的交通疏散仿真. Church 和 Sexton 构建了 PARAMICS^[5,6] 仿真系统.

国内研究方面, 万庆和励惠国的研究建立了过程动态模拟技术, 西南交通大学徐高等开发了 EvacSA 系统, 用于对地铁站的行人进行了仿真. 北京工业大学

开发了 Turbo Architecture 平台^[7,8], 并利用此平台完成了对特定的大型活动制定应急交通预案. 也有学者致力于 3D 仿真, 着重提高沉浸感, 但聚焦在突发事件导向的还需进一步研究.

基于国内外对交通微观研究的基础优势, 并以突发事件导向, 用 Agent 技术作为研究手段, 对突发事件引发的交通流中车辆 Agent 的微观行为建模, 提高交通流微观仿真的粒度, 采用 ABM(Agent-Based Modeling)^[9,10]方法, 对车辆 Agent 的行驶行为进行了模型构建: 包括车辆跟驰模型和车辆换道模型, 并提出了车辆 Agent 的适应性决策模型, 通过案例实验精确地预测出某一交叉路口在突发事件引发的交通流中

① 基金项目: 国家青年自然科学基金(51305212); 南通市应用计划(BK2012053); 南通大学自然科学基金(03041165)

收稿时间: 2014-04-1; 收到修改稿时间: 2014-05-04

车辆 Agent 的行驶速度、排队长度与车辆 Agent 的数量关系,为应对南通地区突发事件引发的交通流阻塞,建立更有效的应急交通预案提供了可靠的数据基础,对其他地区有相应的指导价值,并且对现有的交通流仿真技术也起到很大的推进作用,文中将从以下四个部分对研究内容具体阐述。

1 基于Agent的车辆决策模型

在应急交通流系统的内生关系中,面对交通流的适应性主体 Agent 包括三类:主体类、客体类和资源类,基于 ABM 构建的各主体异构态势便于微观层的假设检验。车辆 Agent 属性是关于态势、知识、动机、规则、行为几个参数的非线性方程。态势是车辆 Agent 通过情景感知获得数据,包括从信号灯、疏导主体等进行感知。

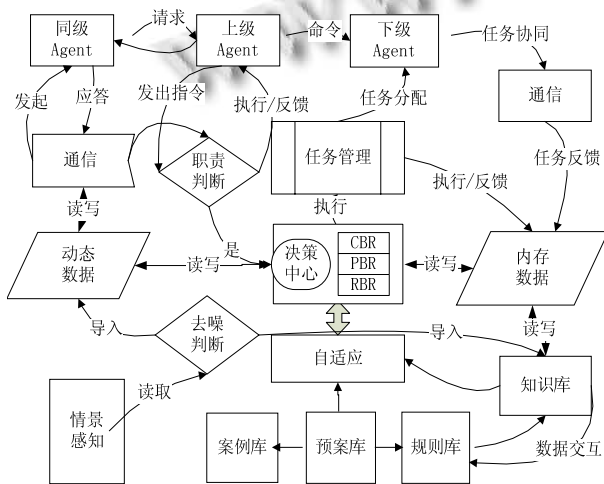


图 1 车辆 Agent 的适应性决策模型

应急交通仿真中,固定的决策方程模型会让车辆 Agent 在交通流微观仿真系统中出现条件性死锁,于此图一中构建了车辆 Agent 适应性临机决策模型,车辆 Agent 作出适应性临机决策的要素包括:决策中心模块、自适应模块、四库(知识库、案例库、预案库、规则库)等,决策中心模块中车辆 Agent 基于四库中的数据,通过 CBR(基于案例的推理)、PBR(基于预案)、RBR(基于规则的推理)进行推理实现最终决策,数据分为动态数据和内存数据,决策中心他们负责与四库之间进行实时数据交互,车辆 Agent 的决策中心发出最合理的行为指令和任务管理。

异构的车辆 Agent 之间相互通信,实现请求、应

答、发起和命令等会话,Agent 获得指令后,立即进行职责判断,是本职则写入决策中心,导入任务管理模块,再根据知识库进行任务协同和任务分配,最终把执行结果反馈给决策中心,车辆 Agent 把此次行为插入案例库,并进行自适应性更新。

突发事件下的交通流中主体车辆 Agent、客体车辆 Agent 等通过情景感知模块和通信模块等获得的知识作出临机决策,整个应急交通流系统涌现正常态势。应急交通阻塞模型中,假设在 t 时刻应急交通流某段出现疏导车、应急车辆(消防车、急救车、警车等)、逃离现场的私家车和公共车辆等,在有效时间内消除阻塞,是一个动态的决策过程,此时所有车辆 Agent 进行情景感知时首先对感知数据进行去噪,对数据进行有效性分析和评判,界定实际异常和无效异常数据,导入知识库,供车辆 Agent 进行适应性决策。车辆 Agent 听从上级 Agent 的指令,并根据各自知识库中的行车优先级,结合与系统中其他 Agent 通信,获得数据,达成最适应的规则,才能有效的消除阻塞。

2 车辆Agent行驶模型

基于车辆在交通流中众多复杂行为中,研究提取了跟驰行为和换道行为,基于 Agent 对两个行为分别构建了跟驰模型和换道模型,模型中车辆 Agent 行驶态势成为状态初始化的先决条件,包括当前的行驶速度、坐标、方向及安全车距等。

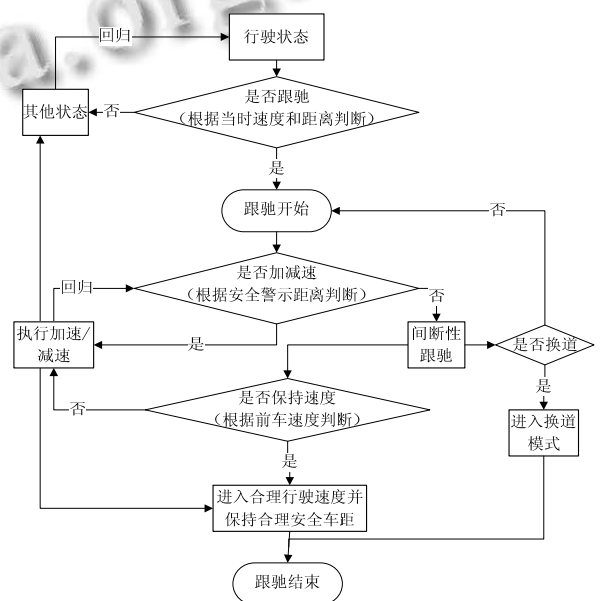


图 2 车辆 Agent 跟驰模型

图 2 中的车辆 Agent 在行驶中根据当前行驶的速度和与前车距离判断是否跟驰, 情形一不适合跟驰, 则进入其他状态, 情形二决定跟驰, 跟驰开始后, 首先判断是否执行加速或者减速, 以达到与前车的速度一致, 保证安全车距, 当前行驶速度小于前车行驶速度则加速, 反之执行减速, 不断的进行加速和减速的递归操作, 达到适应交通流的行驶距离和速度, 也可进行间断性跟驰, 根据情景感知和通信获得来自外部的数据, 来进行实时动机、目标更新, 进行换道和跟驰的选择.

车辆 Agent 在行驶过程中, 选择合适的车道行驶也是消除交通流阻塞的关键, 基于跟驰模型图 3 中构建了换道行为模型, 在微观交通流仿真中, 会出现应急车道和普通车道, 车辆 Agent 在情景感知和通信之后获得新的数据, 进行车道的临机选择, 进入相应的车道后, 根据行驶态势数据包判断是否执行加减速(即根据当前行驶速度和前车的行驶速度与距离等矢量数据判断), 情形一如果既不加速也不减速, 进入停车制动状态, 即为停车模式. 情形二执行加减速行为, 则到速度稳定进入跟驰模型, 最终换道结束, 仿真中用路由函数和指令函数等实现交互, 加速度为正时是加速, 加速度为负时则为减速, 达到某一时刻适应车道的即时行驶模式.

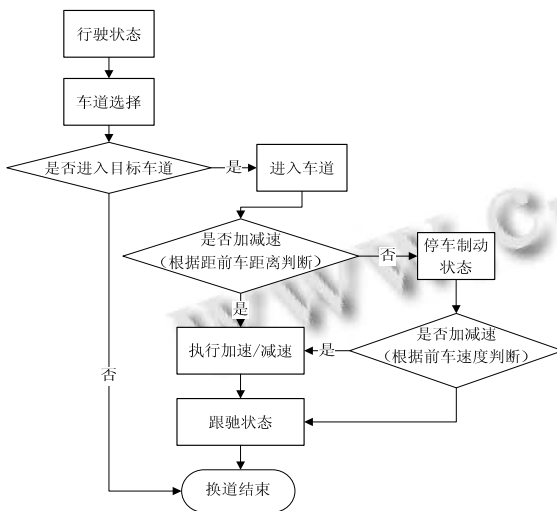


图 3 车辆 Agent 的换道模型

3 仿真车辆流算法设计

在对跟驰模型和换道模型构建之后, 要对加速和减速行为的算法进行研究, 让车辆 Agent 在不同状况

的车道内实现合理的加速和减速行为决定了交通流微观仿真的精度, 车辆 Agent 在加速和减速的行为中的变化时比较细微的, 用加速度来实现加速和减速, 加速度为正是加速, 为负时为减速.

◆在突发事件交通流中存在某一时刻 t , 这一时刻车辆 Agent 的加速度 A 是关于 Vt 、 dt 的方程:

$$A_{n+1(t+dt)} = x^*(v_t / d_t) \tag{1}$$

$A_{n+1(t+dt)}$ 是在应急交通流中某一车道内排在第 $n+1$ 位置的车辆在停留了 t_1 之后的加速度, x 则声明为一个常量, 代表车辆 Agent 的 v 的平均速度.

$$Vt = Vn(t) - Vn+1(t) \tag{2}$$

$Vn(t)$ 是在某一车道内排在第 n 个位置的车辆 Agent 在 t 时刻的即时速度, $Vn+1(t)$ 是在同一车道中排在第 $n+1$ 个位置的车辆 Agent 在 t 时刻的即时速度, 同一车道中, 第 $n+1$ 个位置的车辆是紧排在第 n 个位置个车辆之后的车辆.

$$d_t = l_n(t) + l_{n+1}(t) \tag{3}$$

(3)式中 $l_n(t)$ 是在突发事件中的 t 时刻排在第 n 个车辆 Agent 在车道中的位置, $l_{n+1}(t)$ 是 t 时刻第 $n+1$ 个车辆 Agent 在车道中车辆的位置.

◆突发事件引发的交通流仿真系统中, 突发事件的场景中存在的某一突发事件的发生的次数是随机的, 不同类型的车辆 Agent 的个数也在一定区间内随机产生, 采取线性同余发生器^[11,12]产生符合预设的概率分布模型的随机数, 系统中是基于如下方程: $x(n+1) = [a * x(n) + c] \% m$ 来实现的, X 为代表突发事件产生的随机个数, 式子中 m 为模数, 且 $m > 0$. 系数 a 、 c 为常量, 分别表示上一个突发事件随机个数的标准量和每次产生随机数的既定常量, 且必须满足 $0 < a < m$, c 为增量, 且满足 $0 \leq c < m$, 仿真初始化必须满足 $0 \leq x(0) < m$. 在此方程中 c , m , a 三个量比较敏感, 且数值类型均为 `double` 型, 它们的数值直接决定了随机数产生的有效性, 从而决定了突发事件次数的产生的可用性.

4 实验设计及结果分析

实验基于开源平台 Swarm 进行仿真, 以离散的突发事件为推动, 通过改变仿真时间的步长, 实现不同时刻的车辆 Agent 的动向. 案例选取以南通新城区中

南世纪城周边干道、交叉口为中心, 结合实际突发交通流的特征, 选取实际的道路长度, 选取交叉路口的特征值, 假设方圆 2KM 范围内, 发生爆炸事件、毒气泄漏、群体聚集等突发事件, 催生因大规模人群的疏散而导致的交通流引发的各种阻塞进行仿真实验。

实验选取工农路与桃园路交叉口, 园林路与嵩园路交叉口, 工农路、园林路、桃园路、嵩园路都是实际的路网数据. 车辆 Agent 在平台中的数据参数设定规则为: 大型车辆 Agent 中消防车类比例为 1% 至 1.5%, 中型车辆 Agent 中救护车类比例为 0.5% 至 1%, 小型车辆 Agent 中警车类比例为 1.5% 至 3%, 其他车辆 52% 至 53.5%, 加入不低于 3% 的人 Agent, 以保证仿真数据的完整性, 车辆 Agent 的总数必须在合理区间, 与实际道路的容量相符合。

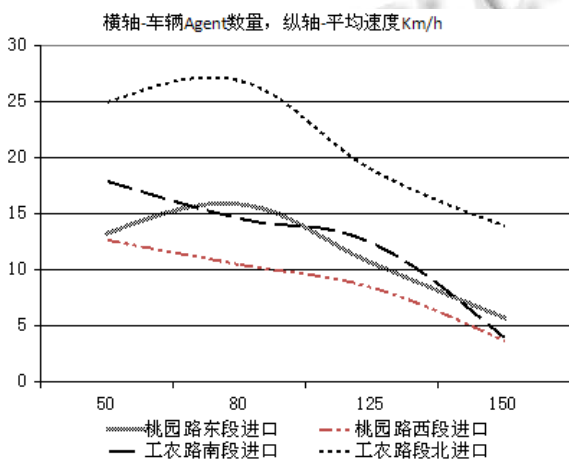


图 4 工农路与桃园路交叉口

在嵩园路和园林路交叉口中, 随着车辆 Agent 的数量增多, 速度总体呈下降趋势, 车辆数量在(0-80)的区间中速度都是呈提升趋势但速度峰值不高, 原因是园林路为单行车道, 车辆速度比较均衡, 但接近速度 24KM/小时之后呈下降趋势。

实验得出, 在图 4 中工农路与桃园路交叉口, 随着车辆 Agent 的增多, 速度呈下降趋势, 但在工农路段北进口和桃园路东进口在车辆 Agent 数量在(0-75)的区间中速度呈上升趋势, 原因为此路段的限速为 60KM/小时, 所以车行速度都在提速阶段, 而桃园路西段进口和工农路南段进口当车辆达到 130 的时候速度降到 5KM/小时以下, 形成交通阻塞. 当此路段在疏散范畴时可以利用工农路段来缓冲桃园路的流量阻塞。

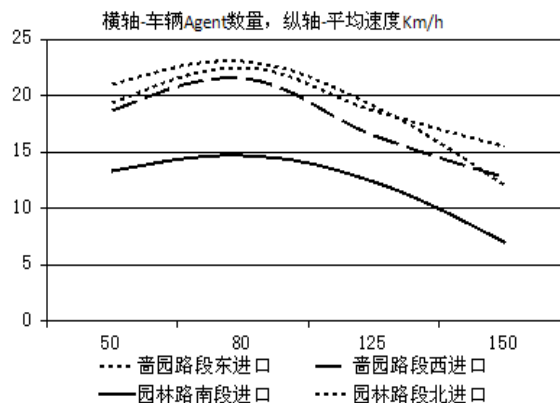


图 5 嵩园路与园林路交叉口

导致这一结果的原因为园林路段设有多个红绿灯, 在进行一小段提速之后遇到红灯调度进行减速到停车的因素, 在应急交通疏散中可以暂时园林路中段的红绿灯调度. 在嵩园路段西进口随着车辆 Agent 的增多速度下降至接近 5km/小时, 在此交叉口可以进行园林路段北进口的限行管理, 消除应急交通在交叉口的阻塞。

5 结语

在对突发事件交通流中的 Agent 构建了跟驰模型和换道模型还需要做更精确地定位, 基于 SWARM 平台对实际路网进行试验, 得出选取的两个交叉口排队长度与车辆 Agent 数量的关系没有能够精确到米, 但总体数据能为应急交通疏散预案提供基础. 突发事件导向的交通流仿真平台需要更精确的模型, 更合理算法, 并与其他城市应急系统融合形成统一的联动平台, 提供实时数据分析和预案的产生, 要进一步提升仿真平台中 Agent 的 3d 效果, 让仿真数据跟实际路况数据交互, 才能解决城市应急问题, 体现其科学价值。

参考文献:

- 1 Bazzan ALC, Klügl F. Re-routing agents in an abstract traffic scenario. Brazilian Symposium on Artificial Intelligence (SBIA). 2008. 63-72.
- 2 Assareh E, Behrang MA. The integration of artificial neural networks and particle swarm optimization to forecast world green energy consumption energy sources. Economics, Planning, and Policy, 2012, 7(4): 398-410.
- 3 Beck P, Rollet S. A voxel model for the astronaut dosimetric

- phantom Matroshka. European Conference on Radiation and its Effects on Components and Systems (RADECS). 2011. 565-568.
- 4 Peter B, Andrea Z. Development of a voxel model of the MATROSHKA astronaut dosimetric phantom. IEEE Trans. on Nuclear Science, 2011, 58(4): 1921-1926.
- 5 Tsinarakic PP, Chr IS. Interoperability support between MPEG27/21 and OWL in DS2MIRF. IEEE Trans. on Knowledge and Data Engineering, 2012, 19(2): 219-232.
- 6 徐志,杨孝宽,赵晓华,等.应急疏散状态下驾驶员反应时间.重庆大学学报,2011,10(4):520-525.
- 7 王小龙,张其斌,章恒.面向 GMA 目录服务的领域本体建模研究.软件,2013,5(1):1-3.
- 8 李雪佳.路口交通流不均衡饱和时的交通信号控制.毕节学院学报,2012,4(4):173-176.
- 9 Torrens PM. Agent-based models and the spatial. Geography Compass, 2010, 4(5): 428-448.
- 10 Klugl F, Rindsfuser G. Agent-based route (and mode) choice simulation in real-world networks. 2011 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology (WI-IAT). 2011. 22-29.
- 11 宁宁,刘欢,等.平衡Gold序列求取方法的仿真研究.信息通信,2013,9,(2):191-193.
- 12 Brown FB, Nagaya Y. The MCN P5 random number generator. Trans. Am. Nucl. Soc., 2012, 87: 230-232.