

文章编号: 1002-0268 (2009) SI-0069-05

基于 Paramics 仿真软件的应急疏散 时间计算方法

侯晓宇¹, 熊娟¹, 蒋光胜¹, 陈淑红¹, 杨孝宽², 赵晓华²

(1. 北京四通智能交通系统集成有限公司, 北京 100081, 2. 北京工业大学 交通研究中心, 北京 100022)

摘要: 利用 Paramics 仿真软件, 可以直观的模拟应急疏散状态, 对疏散策略进行客观评价。而疏散时间, 作为评价的重要因素之一, 需通过外部程序计算获得。为了得到疏散时间, 本文通过编程观测北京三环快速路交通事件发生前后各交通参量的变化, 给出了道路疏散时间的计算方法, 并通过对大型场馆发生突发事件进行应急疏散时疏散车辆驶入安全区域数量的变化得到了场所疏散时间的计算方法。

关键词: 智能运输系统; Paramics; 应急疏散时间; 检测器

中图分类号: U491

文献标识码: A

Calculation Method of Emergency Evacuation Time Based on Paramics

HOU Xiaoyu¹, XIONG Juan¹, JIANG Guangsheng¹, CHEN Shuhong¹, YANG Xiaokuan², ZHAO Xiaohua²

(1. Beijing SFONE Intelligent Transportation System Integration Co., Ltd., Beijing 100081, China;

2. Transportation Research Center, Beijing University of Technology, Beijing 100022, China)

Abstract: Using Paramics, the emergency evacuation status can be simulated directly and the evacuation strategy can be evaluated objectively. But evacuation time, as the most important factor of evaluation strategy, should be calculated through an external program. In order to obtain the evacuation time, the change of traffic parameters before and after incidents occurred on the Third Ring Road in Beijing was observed, the way of calculating the evacuation time was given, and the calculation method of emergency evacuation time at large stadium when sudden incident occurred was got through the amount change of evacuation vehicles enter into the security zone.

Key words: ITS; Paramics; emergency evacuation time; detector

0 引言

随着各类突发公共事件的增多和规模的扩大, 世界各国都加大了对应急疏散管理的投入和研究。并行微观仿真软件 Paramics 以其在仿真 ITS 基础设施和拥挤道路网上的突出表现, 成为交通领域学术界和工程界都广泛采用的主流高级软件工具^[1]。

采用 Paramics 进行应急疏散的仿真, 可以更真实地反映应急状态下行人、车辆的状态, 更可以三维的形式, 将交通状态直观地展示在人们眼前。在进行应

急疏散时, 为了评价各疏散策略的优劣, 需要获得疏散时间。但从 Paramics 的输出中, 无法直接得出疏散时间。为此, 本文利用外部程序, 对 Paramics 路网中事故发生时, 车辆的速度、流量、占有率进行了分析, 得出了道路疏散时间的计算方法。同时, 针对奥体中心这种大型场所发生事故的疏散过程进行分析, 给出了场所疏散时间的计算方法。

1 Paramics 概述

Paramics 交通仿真软件是由英国 Quadstone 公司设

收稿日期: 2009-08-20

基金项目: 国家科技支撑计划资助项目 (2006BAG01A01)

作者简介: 侯相宇 (1982-), 女, 内蒙古包头人, 硕士研究生, 研究方向为交通信号。(nuoyulan@sina.com)

计的基于PC的道路交通流分析系统软件。该软件可以快速、准确的搭建路网,同时,还给出了公交车管理、交通信号设置、驾驶员行为特征及车辆运行参数等交通信息,这使得Paramics能够准确描述各种路网在多环境交通情况下的交通状况,其提供的功能和参数明显优于其他同类交通仿真软件。另外,Paramics是一种并行微观仿真软件,它具有实时动态的三维可视化用户界面,可对单一车辆进行微观处理,并支持多用户并行计算,以及功能强大的应用程序接口。Paramics的这些特点,可以使我们方便的搭建路网,直观的看到应急状态下路网中行人、车辆等的变化。

Paramics主要由5个工具模块组成,分别为Modeller、Processor、Analyser、Programmer和Monitor,其中Modeller是整个系统的核心,它提供了建立交通路网、三维交通仿真和统计数据输出等3大功能^[2];Processor允许研究者用批处理方式进行仿真计算,并得到统计数据输出;Analyser用于显示Modeller或Processor的仿真过程的统计结果;Programmer为研究者提供了基于C++的应用程序接口(API);Monitor用于追踪路网中所有车辆尾气排放的数量,并可可视化显示。

Paramics的编程工具提供约700个左右的接口函数。这些函数可分为4大类:QPO、QPX、QPG、QPS。其中QPO类函数用于定义插件程序,这些程序可以取代Paramics核心模型中的行为准则,QPX类函数主要用于插件程序中为Paramics模型中函数在以有功能的基础上,再添加某些额外功能,并在一些事件点上得到触发;QPG类函数用于从Paramics标准模型中取出单个变量的值,QPS类函数则用于设置标准程序中单个变量的值。

本文中主要用到的是上述提到的Modeller模块及QPG函数。

如果路网中需要添加事故,则需要在Paramics的data文件夹中添加incidents文件。Incidents文件的内容一般分为两部分^[3]:

(1) incident definitions (定义事故类型)

例如: type 1 "roll up - deviation in wait time" 0x0000ffff (事故描述与事故车辆颜色);

wait time 00 10 00 deviation 00 05 00(事故持续时间及时间波动范围);

passing speed 10 mph(同向车辆通行速度);

opposing speed 20 mph(对向车辆通行速度)。

(2) incident locations(定义事故地点)

例如: at 00: 05 00 at 90 m type 1 lane 1(定义事故

发生时间、距离、类型、所在车道)。

事故设定好后,要想获得疏散时间,则需要利用外部程序,对Paramics进行控制。为了计算疏散时间,需要用到如下几个函数^[4]。

(1) int qpg- DTL- count(LOOP* loop, int type) 该函数返回探测器线圈检测到的车辆数;

(2) float qpg- DTL- flow(LOOP* loop, int type) 该函数返回探测器线圈检测到的流量;

(3) float qpg- DTL- speed(LOOP* loop, int type) 该函数返回探测器线圈检测到的速度;

(4) float qpg- DTL- occupancy(LOOP* loop, int type) 该函数返回探测器线圈检测到的占有率。

(5) LOOP* qpg- DTC- multipleLoop(DETECTOR* detector, int lane) 返回给定车道的检测器指针;

(6) DETECTOR* qpg- NET- detector(char * name) 返回检测器的指针。

2 疏散时间计算方法讨论

在海尔斯(2001)和少斯韦斯(1991)的研究中,提出应急疏散时间(ET, Evacuation Time)的组成为:

$$ET = DT + NT + PT + RT,$$

式中,决策时间(DT),即事件预警或发生至官方发布疏散指令之前所需要的时间;通知时间(NT),即疏散指令时间;准备时间(PT),即被疏散者从接受指令至撤离开始的时间;响应时间(RT),即被疏散者开始撤离至安全抵达避难场所所需要的行程时间。

由于国外的研究多以有预警的飓风、洪水等自然灾害下的家庭疏散为研究对象,所以对交通疏散开始前的决策、通知和准备时间予以相当多的考虑。特别是家庭疏散模式下,一般是以家庭成员为单位,自驾车撤离疏散区域,出于对家庭财产、宠物等的考虑,很多家庭在预警时间内有相当长的准备、观望时间,并不急于撤离。

以上参数,并不适用于本文所提到的道路疏散时间或场所疏散时间。下面将分别就这两方面疏散时间的计算进行分析。

2.1 普通道路交通事件的消散时间计算

诸如北京这样的大城市,路网密集,交通状况复杂。道路上常常会发生各种事故。这些事故的共同特点如下:车流量大,人流小;事故多为交通事故,事故等级低;所需救援及疏散资源少。

如发生重大事故,如桥梁塌陷等,其事故处理方式与大型场所处理方式类似。

鉴于其特点,此时的疏散时间应该称之为消散时

间, 即事故结束后, 到道路恢复常态的时间。确定消散时间的关键, 就在于确定事故的结束时间 t_1 , 及道路恢复常态的时间 t_2 。此时, 消散时间 t 为:

$$t = t_2 - t_1。$$

对 Paramics 的事故点、检测器等进行设置, 如图 1 所示。通过设置检测器, 可以实时得到事故发生前后, 该段道路的车速、流量、占有率的值。

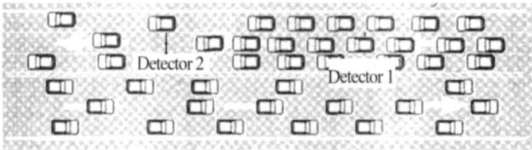


图 1 事故点及检测器设定示意图

Fig 1 Schematic diagram of accident point and arrangement of detectors

为了得到消散时间, 在仿真时对 Paramics 进行了如下设定。(1) 仿真时间 00: 00: 00– 00: 20: 00; (2) 事故发生时间 00: 01: 30; (3) 事故持续时间 00: 04: 00; (4) 事故发生点前后各设一个检测器, 分别为“Detector 1”及“Detector 2”。

利用上一节提到的函数, 通过 VC 编译 .dll 文件, 加载到路网中, 运行后, 可以依次得到事故发生前后, 检测器检测到的流量, 占有率, 速度参量。

对检测器检测到的流量, 速度, 占有率统计分析如图 2~ 图 4 所示, 图中变量, 参数为 1 的是 Detector 1 的检测值, 参数为 2 的是 Detector 2 的检测值。

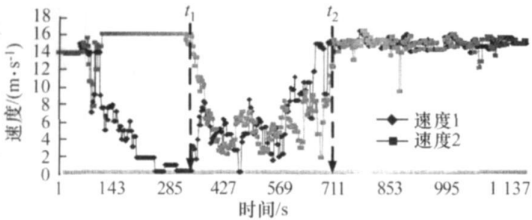


图 2 速度对比图

Fig 2 Speed comparison

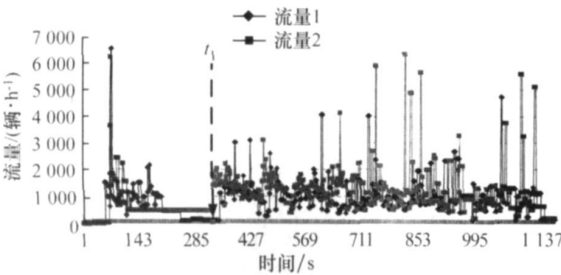


图 3 流量对比图

Fig 3 Traffic flow comparison

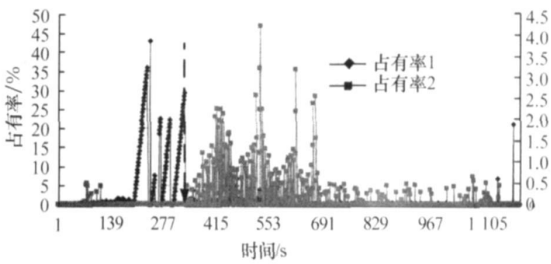


图 4 占有率对比图(图中 1, 2 Y 坐标不同)

Fig 4 Occupancy comparison (1's Y-axis and 2's Y-axis are different)

由图 2 可以看出, 当事故发生时, 上游检测器 Detector 1 的速度值快速下降, 在事故结束时降至最低, 证明其排队长度已达到检测器位置。而下游检测器 Detector 2 在事故发生时, 速度有少许波动, 其后, 在整个事故持续期间, 速度值没有明显变化, 直至事故结束。从事故结束时刻开始, 由于该车到车流量瞬间增大, 导致其车速会有明显的降低, 并波动着提高, 直至路网拥堵解除, 恢复常态。通过分析, 我们可以确定, 当 Detector 2 的速度开始降低, Detector 1 的速度接近 0 时, 既为图 2 中的 t_1 时刻。此时, $t_1 =$ 事故发生时间 + 事故持续时间 = 00: 01: 30 + 00: 04: 00 = 00: 05: 30 = 330 s。而二者速度均恢复为正常值, 路网恢复常态时可以得出 t_2 时刻, t_2 时刻约为 710 s。

由图 3 可以看出, 当车辆流经检测器时, 流量会瞬间增大, 当事故发生时, Detector 1 的流量波动降低, 最后降至 0 附近。对于下游检测器 Detector 2, 由于事故的发生, 使得该车道车辆数减少, 流量也相应减少, 从而 Detector 2 的流量降低, 并基本维持在一个固定的数值上。在事故结束时刻, 二者流量均会增大。但单纯的从流量分析, 无法得出路网恢复正常的时刻。

由图 4 可以看出事故发生后, Detector 1 的占有率会有明显变化, 表明有大量车辆在减速并逐渐堆积, 如果排队长度大于等于检测器距离事故点的长度, 占有率会变的很大 (常态下占有率应低于 5%, 如发生拥堵, 但是排队长度未到达检测器点, 占有率也应在 10% 以下)。而在事故结束时刻, 由于车辆的突然增多, 会使 Detector 2 的占有率变大, 当路网恢复常态后, 两个检测器的占有率均会下降。

从占有率来看, 如果事故排队长度不够长, 占有率的变化不会很明显, 不利于确定路网恢复时间。但却可以通过安装多个检测器, 来判断事故大致的排队长度。

由上述分析可以看出, 对于速度, 流量, 占有率

这3个量来说,仅速度值可以得到事故结束时间 t_1 及路网恢复正常时间 t_2 。因此,选择速度作为计算疏散时间的参量。

经由速度参量可以得出,本文中所举实例路网事故的消散时间为:

$$t = t_2 - t_1 = 380 \text{ s}_0$$

算法具体流程如图5所示,图5中,距离30 m及速度2 m/s为根据本文所举实例设定的阈值,该阈值会随着事故等级及影响而变化,并不为固定值。

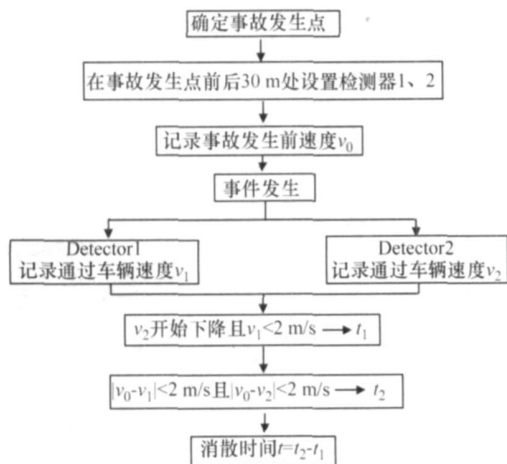


图5 道路疏散时间处理流程图

Fig 5 Flow chart of calculating road evacuation time

2.2 大型场所的疏散时间计算

大型场所一旦发生事故,事故等级往往较高,造成的社会影响较大。因此,疏散时间的长短对于评定疏散方案的优劣,具有更重要的意义。一般来讲,大型场所的事故具有以下特点:事故等级高;人群密集,主要为人流疏散;对疏散资源和救援资源需求量大。分析其特点,场馆的应急疏散时间,指的是自危险区疏散人群搭乘疏散交通工具开始,从危险区行驶经缓冲区至规划安全区域的全部车辆行程时间。记第1个人搭乘交通工具时间为 t_1 ,全部车辆驶入安全区的时刻为 t_2 ,则场所的整体疏散时间 t 即为 $t = t_2 - t_1$ 。但对于场馆疏散来讲,我们所关注的不仅仅是它的整体疏散时间,由于涉及到人身安全,我们更关注疏散百分比的时间,即疏散人群的50%,75%,95%所用的时间。具体算法流程如图6所示。

以奥运场馆为例,事故发生时,疏散时间包含的决策、通知和准备时间非常短,并且与危险区行人路径疏散几乎同步发生,这部分时间主要取决于决策者的分析判断和应急准备情况,无法通过仿真程序来实现,本文在计算疏散时间时,不包含这部分时间。本文提到的场馆的应急疏散时间,指的是自危险区疏散

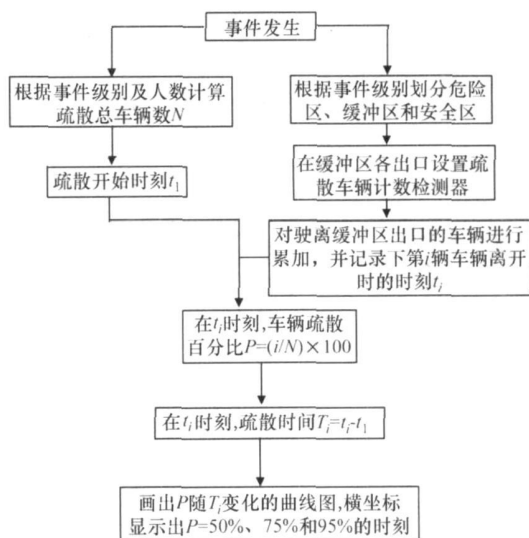


图6 场馆疏散时间算法流程

Fig 6 Flow chart of calculating stadium evacuation time

人群搭乘疏散交通工具开始,从危险区行驶经缓冲区至规划避难场所的全部车辆行程时间。在仿真计算中得到的疏散时间也是指这部分时间。

(1) 根据疏散人数,确定所需车辆数 N

场所往往汇聚了大量的人群,疏散时,要根据人数,确定所需疏散车辆及救援车辆,并对车辆进行标记,以便于统计其始入安全区的数量。

(2) 铺设检测器

检测器的铺设如图7所示。

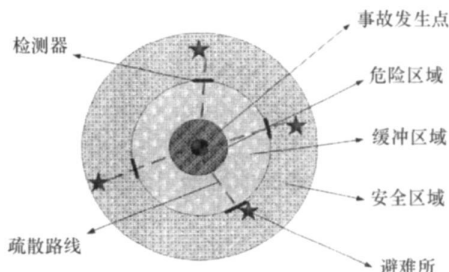


图7 检测器铺设示意图

Fig 7 Schematic diagram of detector layout

从图7可以看出,为了计算疏散时间,检测器应铺设在已确定的疏散路径与安全区域的相交点上。

(3) 实时统计时间,得出疏散时间曲线图

通过检测器,可以统计驶入安全区的疏散车辆,分别记录其占总车辆数比例50%,75%,95%的时刻,得出疏散曲线图,如图8所示。

3 结论

本文提出了利用检测器,在Paramics中计算道路

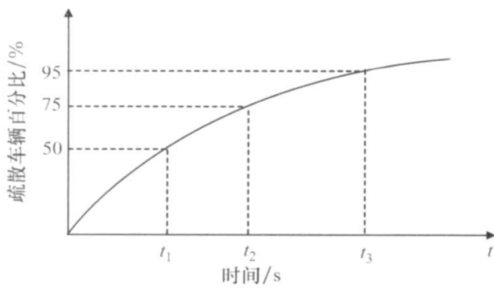


图 8 疏散时间曲线图

Fig. 8 Evacuation time curve

疏散时间及场馆疏散时间的方法。利用此方法, 可以便捷的得到应急疏散状态下的疏散时间, 便于决策者利用疏散时间, 对疏散策略进行评估。

参考文献:

References:

- [1] 庄焰, 胡明伟, 李德宏. 微观交通仿真软件 PARAMICS 在 ITS 模拟和评价中的应用 [J]. 系统仿真学报, 2005, 17 (7): 1665–1659.
- [2] 胡明伟, 史其信. 应用交通仿真软件 Paramics 验证交通分配模型 [J]. 中南公路工程, 2003, 28 (2): 1–7.
- [3] HU Mingwei, SHI Qixin. Validation of Traffic Assignment Models Using Traffic Simulation Software PARAMICS [J]. Central South Highway Engineering, 2003, 28 (2): 1–7.
- [4] QUADSTONE. Paramics Programmer User Manual Version6 Edinburgh [M]. Scotland: Quadstone Ltd, 2007.
- [5] QUADSTONE. Paramics Modeller User Manual Version6 Edinburgh [M]. Scotland: Quadstone Ltd, 2007.
- [6] 李硕. 动态与随机交通网络模型及其应用研究 [D]. 上海: 同济大学出版社, 2004.
- [7] LI Shuo. Dynamic and Stochastic Transportation Network Model and Its Application [D]. Shanghai: Tongji University Press, 2004.
- [8] SMITH B L, OSWALD R K. Effects of Parameter Selection on Forecast Accuracy and Execution Time in Nonparametric Regression [C] // Proceedings of 2000 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference. Dearborn: IEEE, 2000: 1–3.
- [9] SMITH B L, WILLIAMS B M, OSWALD R K. Comparison of Parametric and Nonparametric Models for Traffic Flow Forecasting [J]. Transportation Research Part C, 2002 (10): 303–321.
- [10] SMITH B L. Forecasting Freeway Traffic Flow for Intelligent Transportation System Applications [D]. Charlottesville: University of Virginia, 1995.
- [11] SMITH B L, DEMETSKY M J. Short-term Traffic Flow Prediction: Neural Network Approach [J]. Transportation Research Record, 1995 (1453): 98–104.
- [12] SMITH B L, DEMETSKY M J. Multiple Internal Freeway Traffic Flow Forecasting [J]. Transportation Research Record, 1996 (1554): 136–141.
- [13] SMITH B L, DEMETSKY M J. Traffic Flow Forecasting: Comparison of Modeling Approaches [J]. Journal of Transportation Engineering, 1997, 123 (4): 261–266.
- [14] SMITH B L, KEITH O R. Meeting Real-time Traffic Flow Forecasting Requirements with Imprecise Computations [J]. Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, 2003, 18 (3): 201–213.
- [15] WANG J, GUAN W. A Practical Kalman Filter Model of Short Term Traffic Forecasting of Urban Ring Road [C] // Proceedings of 10th World Multi-Conference on Systemics. Orlando: Cybernetics and Informatics, 2006: 94–98.
- [16] 王进, 史其信. 基于延迟坐标状态空间重构的短期交通流预测研究 [J]. ITS 通讯, 2005, 7 (1): 14–18.
- [17] WANG Jin, SHI Qixin. The Study of the Short-term Traffic Flow Prediction Based on Delay Coordinates Phase Space Reconstruction Method [J]. Intelligent Transportation Systems, 2005, 7 (1): 14–18.
- [18] 丁涛, 周惠成. 基于径向基函数神经网络的预测方法研究 [J]. 哈尔滨工业大学学报, 2005, 37 (2): 272–275.
- [19] DING Tao, ZHOU Huicheng. The Forecasting Method Research Based on Radial Basis Function Network [J]. Harbin Technology University, 2005, 37 (2): 272–275.
- [20] ZHONG Jiang. Intrusion Detection Based on Adaptive RBF Neural Network Proceedings [C] // Proceedings of Sixth International Conference on Intelligent Systems Design and Applications. Jinan: ISDA, 2006: 1081–1084.
- [21] HAN Ming. A Modified RBF Neural Network in Pattern Recognition [C] // Proceedings of the 2007 International Joint Conference on Neural Networks. Orlando, Florida, USA: IJCNN, 2007: 2527–2532.

(上接第 68 页)