

亚运交通仿真集成系统的建立与应用

Traffic Simulation System for Asian Games

邓兴栋¹, 甘勇华¹, 宋 程²

(1.广州市交通规划研究所,广东 广州 510030; 2.广州至信交通顾问有限公司,广东 广州 510030)

Deng Xingdong¹, Gan Yonghua¹, Song Cheng²

(1.Guangzhou Transport Planning Research Institute, Guangzhou Guangdong 510030, China; 2.Guangzhou Zhixin Transportation Consultant Co. Ltd., Guangzhou Guangdong 510030, China)

摘要: 为促进亚运交通组织方案决策的科学性,对亚运交通仿真系统进行研究。建立了亚运交通仿真集成系统,包括亚运交通模型体系的设计、亚运交通数据采集与基础信息平台的构建、亚运交通仿真子系统平台的构建与集成三个环节。系统仿真结果与亚运期间交通运行状况的对比结果表明,不论是交通政策实施产生的影响,还是亚运专用道系统的使用,亚运会及亚残运会开、闭幕式和重点赛区交通组织方案的实施,最大预测误差均为10%左右,最小预测误差为2.5%。亚运交通仿真集成系统在后亚运时代将继续为广州市交通规划研究提供定量分析工具。

Abstract: In order to have an efficient traffic management system for the Asian Games, an integrated traffic simulation program was developed, which includes traffic flow models, traffic data collection and basic information platform, and simulation subsystems. The maximum and minimum differences between the simulation results and the actual traffic data are about 10% and 2.5% respectively, concerning the impact of Asian Games transportation policy, the effect of the special traffic lanes, and the traffic management programs for both opening and closing ceremonies as well as the key zones. The study proves that the integrated simulation system can be served as a quantitative analysis tool for traffic planning in Guangzhou.

关键词: 交通组织; 亚运交通; 模型体系; 信息平台; 仿真集成系统
Keywords: traffic management; traffic of Asian Games; model system; information platform; simulation of integrated system

中图分类号: U491.1⁺4

文献标识码: A

收稿日期: 2011-07-26

作者简介: 邓兴栋(1971—),男,广东五华人,博士,教授级高级工程师,副所长,主要研究方向:城市交通规划。

E-mail:dxd1005@163.com

0 引言

第16届亚运会已于2010年11月27日在广州市圆满落幕。亚运会举办前广州市组织开展了第16届亚运会期间交通组织方案研究,制定了亚运交通政策,以及亚运会及亚残运会开、闭幕式和赛事期间的交通组织方案,有力保障了亚运会及亚残运会的顺利召开。

为促进亚运交通组织方案决策的科学性,在理论和技术层面支持亚运交通政策与亚运交通组织方案的制定,需要构建亚运交通仿真集成系统。该系统的建立包括亚运交通模型体系的设计、亚运交通数据采集与基础信息平台的构建、亚运交通仿真子系统平台的构建与集成三个环节。据此,本文总结了广州亚运交通仿真集成系统建立的成果和经验。

1 亚运交通模型体系设计

由于亚运交通出行对准时性要求较高,同时亚运交通需求与城市常态交通需求相互影响,因此,亚运交通模型体系设计既要兼顾亚运交通需求和城市常态交通需求、分析二者的兼容性和差异

性,又要合理预测和科学评估亚运交通需求对城市常态交通需求的影响。

亚运交通模型体系包括一个数据库,即基础信息平台,以及三个层次的交通模型,即宏观交通模型、中观交通模型和微观动态仿真交通模型,见图1。基础信息平台为三个层次的交通模型输出交通网络基础数据、交通需求数据及交通系统运行数据。宏观交通模型整合了城市常态交通模型和亚运交通模型,用于模拟亚运期间两大交通需求,即亚运交通政策实施下的城市常态交通需求与亚运会及亚残运会诱增的交通需求;通过对两大交通需求的叠加与影响分析,构建亚运期间交通运行状态模型,从而把握亚运期间城市总体交通需求规模,预测赛事期间城市交通运行状况及亚运交通政策实施对城市常态交通需求的影响,并为中观和微观层次输出道路网络模型与基础数据。中观交通模型在宏观交通模型的基础上进一步细化,以亚运专用道规划方案和亚运专用

车辆为研究对象,构建亚运专用道系统交通模型,研究亚运专用车辆在重要交通枢纽、官方酒店和赛事场馆之间的亚运通道及亚运专用道的运行时间,分析亚运专用道的设置对城市交通走廊的影响,同时为微观层次输出道路网络模型与基础数据。微观动态仿真交通模型以宏观交通模型和中观交通模型为基础,选取亚运会及亚残运会开、闭幕式和重点赛区场馆周边道路网络为研究对象,构建亚运会及亚残运会开、闭幕式交通模型和重点赛区交通模型,对车流和人流进行仿真模拟,预测其疏散状况^[1-2]。

在亚运交通模型体系中,宏观交通模型、中观交通模型和微观动态仿真交通模型的运行既互相独立,又逐渐深化、层层递进。每个层次的模型均以基础信息平台为依托交互共享数据,将输出结果反馈至基础信息平台,从而对基础数据库进行循环优化,形成完整的亚运交通模型体系,以此从不同层面预测亚运交通运行状况。

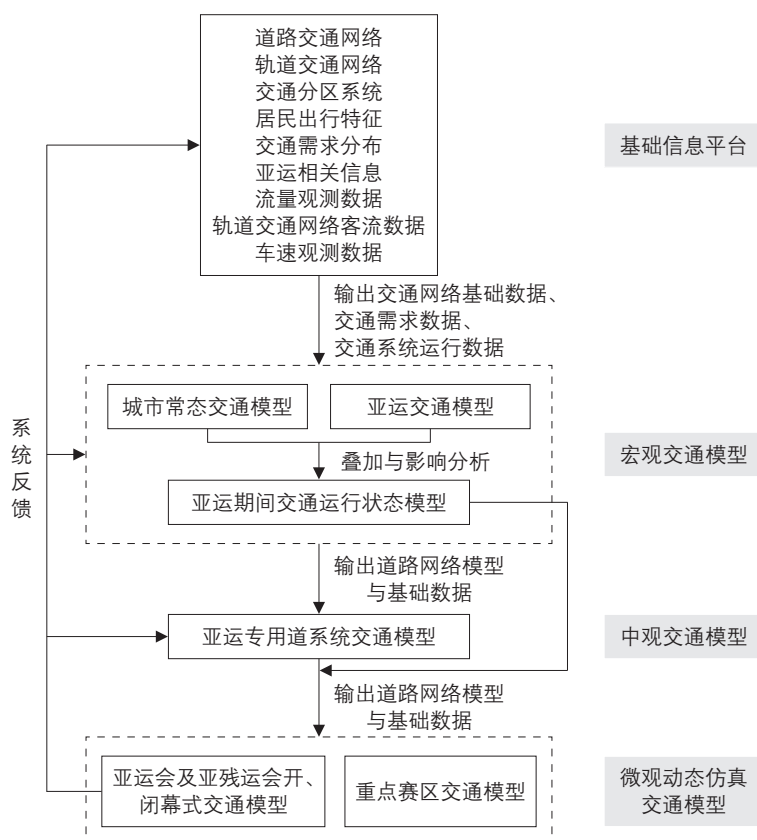


图1 亚运交通模型体系的总体结构

Fig.1 The overall structure of Asian Games transport model

2 亚运交通基础信息平台的建立

亚运交通基础信息平台在亚运交通模型体系中处于首要地位，其信息的全面与否、建立技术的完善与否均关系到亚运交通仿真集成系统预测的精确性和准确性。通过搭建亚运交通基础信息平台，可实现按统一标准完成多源异构数据的输入、存储、管理、处理等功能^[3]。

2.1 数据采集

数据采集的主要目的是为亚运交通仿真集成系统提供基础信息，为建立基础信息平台做准备。亚运交通仿真集成系统的建立与应用具有三大基础数据需求(见表1)：1)亚运交通网络基础数据，该部分数据用于仿真集成系统交通网络的建立，由此构成亚运交通仿真集成系统的承载设施；2)亚运交通需求数据，该部分数据将加载到仿真集成系统交通网络中，以形成亚运交通仿真集成系统分析的主体，需要注意的是亚运相关信息也属于此类数据；3)亚运交通系统运行数据，该部分数据用于校正交通模型参数，使亚运交通仿真集成系统的预测结果更贴近实际。

2.2 基础信息平台的构建

数据采集满足了亚运交通仿真集成系统的基

础数据需求。为方便数据的管理和应用，提高数据应用效率，有必要对数据进行整理，建立基础信息平台。一般而言，基础信息平台的建立步骤包括概念设计、逻辑设计、物理设计和平台的实施^[4-6]。亚运基础信息平台在总体上采用数据表的形式进行组织，空间地理信息利用 ArcGIS 进行存储与读取。

逻辑结构设计分别针对交通流采集和处理信息、亚运综合信息及 ArcGIS 基础信息进行整合设计，以此建立基础信息平台数据库。数据文件可与多种交通预测软件以 shp 文件格式交互，其场馆、赛程数据等以关系数据表形式存储，OD 需求矩阵以三列式存储，并以 csv 文件格式交互，由此建构的基础信息平台便于各层次模型的调用，见图2。

3 亚运交通仿真子系统平台的构建与集成

亚运交通仿真集成系统以亚运交通模型体系为理论依据，以亚运交通基础信息平台为数据信息中心，根据不同亚运交通组织方案应用环境建立四大仿真子系统，并在物理、逻辑、功能上进行集成整合，以便最大限度提高仿真系统的应用效率和准确性。

表1 亚运交通仿真集成系统的基础数据需求
Tab.1 The demand for Asian Games traffic data

基础数据分类		具体内容
亚运交通网络基础数据	道路交通网络	城市道路的道路等级、车道数、通行能力、车辆自由行驶车速及禁货、禁摩方案等
	轨道交通网络	轨道交通线路、轨道交通车站等
	交通分区系统	各分区土地利用状况、人口数与就业数、机动车拥有量等
亚运交通出行需求数据	居民出行特征	人均日出行次数、出行目的、交通方式选择、出行时耗、出行距离、出行时间分布、出行空间分布
	交通需求分布	全日分方式客流需求矩阵、高峰小时机动车需求矩阵
	亚运相关信息	亚运场馆分布及座位数、亚运通道与亚运专用道分布、亚运相关临时公交场站与公交线路分布、亚运相关停车设施分布、亚运赛程安排、参会人员情况等
亚运交通系统运行数据	流量观测数据	限行政策前、限行政策演练期间道路交通量
	轨道交通网络客流数据	限行政策前、限行政策演练期间轨道交通各线路、各车站客流量
	车速观测数据	限行政策前、限行政策演练期间主要道路车速

3.1 仿真子系统平台的构建

为使亚运交通仿真集成系统的分析更具针对性,根据亚运交通组织决策的需求,在亚运交通模型体系的基础上,分别建立以下四个仿真子系统(见表2),以构成完整的亚运交通仿真子系统平台。

1) 亚运期间交通运行状态仿真子系统。

该仿真子系统采用宏观交通模型及CUBE、VISUM软件建立,在既有广州市交通模型的基础

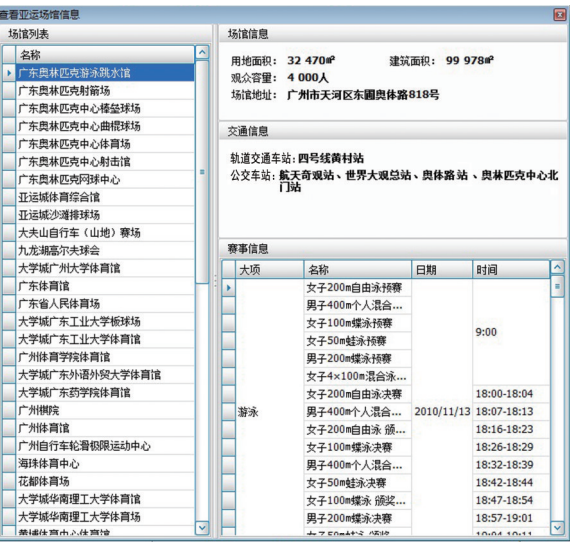


图2 基础信息平台中亚运赛事安排示例
Fig.2 Example of competitive event scheduling on basic information platform

表2 亚运交通仿真子系统构成与其交通组织决策需求、模型选择以及软件选择

Tab.2 The software and model selection and the traffic management demand of four subsystems of Asian Games

仿真子系统构成	交通组织决策需求	模型选择	软件选择
亚运期间交通运行状态仿真子系统	预测机动车单双号限行政策实施下的城市常态交通需求 仿真亚运期间城市交通运行状况 预测亚运期间交通政策的实施效果	出行生成、出行分布、方式划分、交通分配四阶段宏观交通模型	CUBE VISUM
亚运专用道系统交通仿真子系统	预测亚运交通群体的出行需求 预测亚运专用道系统的交通分布 比选亚运专用道规划方案 评估瓶颈地段和道路交叉口的运作状况	中观交通模型(以宏观交通模型为基础)	VISUM
亚运会及亚残运会开、闭幕式交通仿真子系统	预测散场期间机动车和行人交通需求 仿真开、闭幕式散场期间机动车运行状况 仿真开、闭幕式散场期间行人运行状况 仿真成果二维和三维动态演示	车流:展现驾驶人心理过程、心理过程的阈值交通仿真模型 人流:元胞自动机模型	车流:VISSIM 人流:Legion
重点赛区交通仿真子系统	预测重点赛区场馆周边道路网络机动车交通需求 预测重点赛区高峰时段场馆周边道路网络交通运行状况	中观交通模型与微观交通模型相结合	VISUM VISSIM

上,以居民出行意愿调查为基础,重新标定机动车单双号限行等交通政策实施下的交通方式划分参数,见图3a。

2) 亚运专用道系统交通仿真子系统。

该仿真子系统以亚运期间交通运行状态仿真子系统为基础进一步细化,采用中观交通模型及VISUM软件建立,按照高速公路、快速路、主干路、次干路和支路拟合各等级道路的速度流量曲线,求解临界车速和最大通行能力,见图3b。

3) 亚运会及亚残运会开、闭幕式交通仿真子系统。

该仿真子系统按照车流子系统(见图3c)和人流子系统(见图3d)分别建立。车流子系统以VISSIM软件为载体搭建,人流子系统则以Legion软件为载体搭建。人流子系统对不同场所、不同性别、不同年龄行人的步行速度特性进行研究,以OpenCV为工具,利用Visual Studio 2008软件环境和C++编程语言,开发基于计算机视觉识别技术的行人步行特征参数标定系统,对自由行走人流、轨道交通集散通道密集人流、活动散场拥挤人流步行特征参数进行标定,实现模型参数本地化。

4) 重点赛区交通仿真子系统。

该仿真子系统以亚运期间交通运行状态仿真

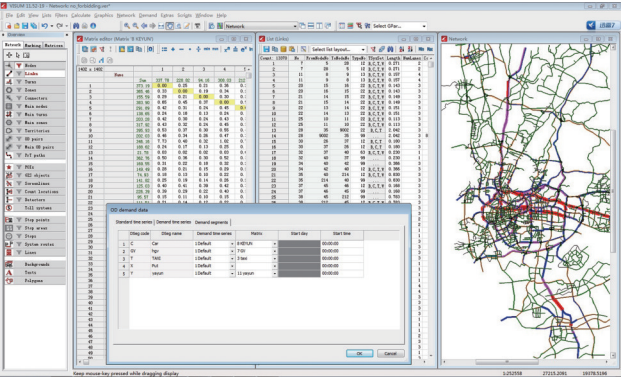
子系统为基础进行道路网络切割, 预测重点赛区场馆周边道路网络的机动车交通需求与高峰时段交通运行状况, 见图 3e 和图 3f。

3.2 仿真子系统的集成

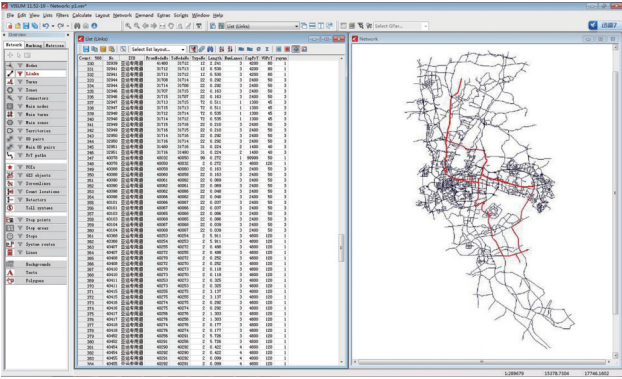
仿真子系统的集成是将不同功能的仿真子系统按某种方式在物理、逻辑、功能上连接起来, 以实现综合信息、资源和整体任务的共享^[7]。本文建立的四大交通仿真子系统范围涵盖广州市辖十

区, 模型大而广、使用软件多, 由此导致仿真子系统的应用效率不高。为实现依托不同软件建立的仿真子系统之间能够互通互融, 最大程度地提高模型的应用效率, 有必要对各层次仿真子系统进行集成, 建立一体化的亚运交通仿真集成系统。

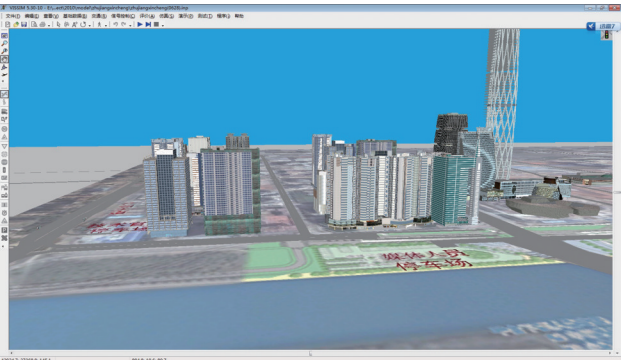
亚运交通仿真集成系统基于 .NET Framework 2.0 软件开发平台及 DBMS 数据库管理系统, 对基础地理空间数据软件 ArcGIS、中观仿真软件 VISUM、微观仿真软件 VISSIM 等平台进行整



a 亚运期间交通运行状态仿真子系统



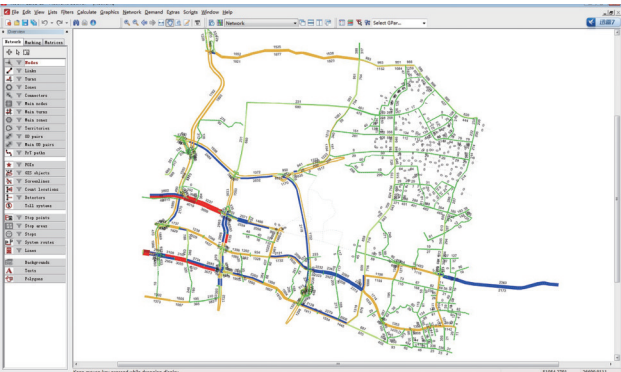
b 亚运专用道系统交通仿真子系统



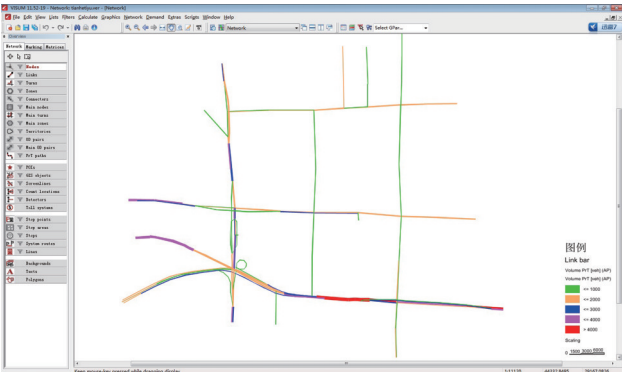
c 亚运会开幕式车流仿真子系统



d 亚运会开幕式人流仿真子系统



e 重点赛区交通仿真子系统I(奥体中心)



f 重点赛区交通仿真子系统II(天河体育中心)

图 3 亚运交通仿真子系统平台的示意界面

Fig.3 Schematic diagram of Asian Games traffic simulation subsystem platform

合,并提供对上层宏观交通仿真平台 CUBE 及行人仿真平台 Legion 的接口。亚运交通仿真集成系统软件平台总体上可分为底层支撑、中层接口及用户界面三部分,见图4。系统软件平台主界面以 ArcGIS 地理信息显示界面为基础,显示整个广州市的交通网络。

在数据集成方面,亚运交通仿真集成系统以基础信息平台为核心,对地理空间数据、交通流数据、OD 需求矩阵等进行有机整合,并为各应用模块提供数据,实现宏观 CUBE 软件与中观 VISUM 软件的需求矩阵交互,而中观 VISUM 软件与微观 VISSIM 软件可通过 anm 文件格式进行交互,此外,通过 ArcGIS Engine 储存的 dxf 文件格式道路网络及 shp 文件格式道路网络、小区等可快速导入 Legion 软件与 VISUM 软件中,见图5。

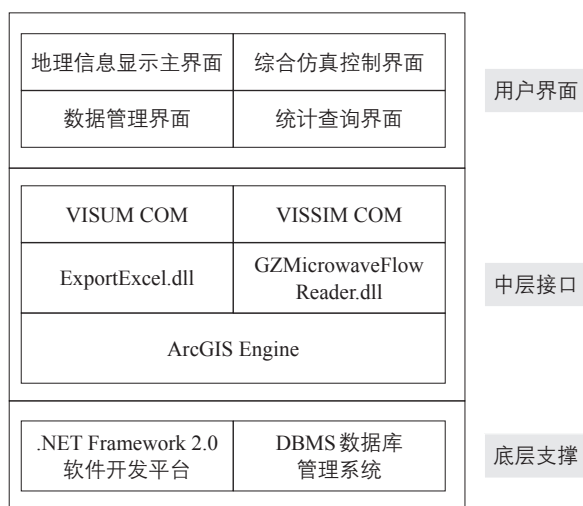


图4 亚运交通仿真集成系统软件平台

Fig.4 Software platform of integrated traffic simulation system for Asian Games

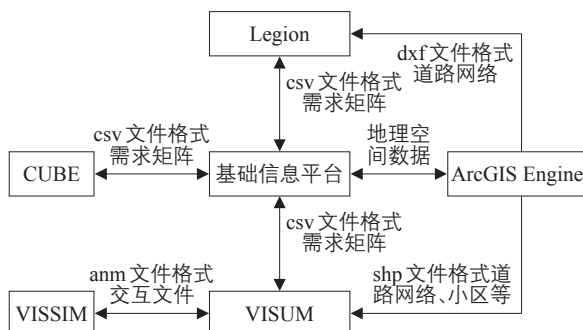


图5 亚运交通仿真集成系统数据交互流程

Fig.5 Data exchange process of integrated traffic simulation system for Asian Games

在应用集成方面,亚运交通仿真集成系统通过综合仿真控制界面,将各模块有机统合进行操作和控制,实现对亚运交通组织决策所采用的宏观、中观仿真软件 VISUM 以及微观仿真软件 VISSIM 的集中控制。

至此,亚运交通仿真集成系统基于网格计算的分布式交通仿真体系架构,制定了多元异构的通用数据访问接口标准,设计了多尺度亚运交通及常态交通综合数据库,实现了不同模型的数据同步与共享机制,形成了宏观、中观、微观交互式亚运交通仿真子系统集成。

4 亚运交通仿真集成系统的应用与实际效果

应用亚运交通仿真集成系统,对亚运交通政策实施产生的影响,亚运专用道系统使用,亚运会及亚残运会开、闭幕式和重点赛区交通组织方案实施均进行了预测。而后,通过对亚运期间各种活动的专项交通调研,将实际交通运行状况与系统应用预测结果进行比对,评估系统应用效果。

1) 亚运交通政策实施产生影响预测与实际效果。

系统预测的亚运交通政策实施下的公共交通日客运量变化值比实际调查值大,误差为8.9%。其中,公共汽车、轨道交通和出租汽车日客运量的预测误差分别为11.4%,10.1%和2.7%。产生误差的主要原因为最终施行的机动车单双号限行时段(7:00—20:00)比系统测试方案拟定的限行时段(7:00—22:00)缩短了2 h。高峰时段主要路段流量降幅的预测误差为1.0%;高峰时段主要道路平均车速增幅的预测误差为2.5%。

虽然公共交通日客运量变化值预测误差相对较大,但考虑到最终实施的机动车单双号限行时段的调整,可以认定该预测值基本合理,而高峰时段主要路段流量降幅和车速增幅预测误差较小,预测精度较高。

2) 亚运专用道系统使用预测与实际效果。

亚运期间主要亚运通道的实际车速普遍高于 $30 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$,亚运专用车道的实际交通运行效果良

好，亚运车辆从驻地至主要竞赛场地的行程时间均小于55 min，与系统预测结果相似。

3) 亚运会及亚残运会开、闭幕式交通组织方案实施预测与实际效果。

系统主要预测亚运会及亚残运会开、闭幕式散场期间各类人员与车辆的疏散时间。各类参会人员与车辆疏散时间的预测误差均低于10%。实际开、闭幕式场馆周边道路网络的交通运行状况与预测结果也相差不大。

4) 重点赛区交通组织方案实施预测与实际效果。

系统对重点赛区高峰时段场馆周边道路网络的交通运行状况进行了预测，预测值与实际值较为接近，其中奥体中心周边道路(东环高速、广园快速路、车陂路)车流量之和的预测误差为10.7%，天河体育中心周边道路(体育东路、体育西路、天河路、天河北路、黄埔大道)车流量之和的预测误差为4.0%。

5 结语

从亚运交通仿真集成系统的应用效果来看，各仿真子系统均能实现系统设定的功能，系统预测误差基本控制在可接受范围内，为亚运交通政策与亚运交通组织方案的决策提供了技术支撑。亚运交通仿真集成系统在广州亚运会后也具有广阔的应用前景，具体表现在：为未来中国城市大型活动期间交通政策与交通组织方案的制定提供借鉴和参考；为后亚运时代广州市交通规划提供定量分析工具，并为科学决策提供依据；对广州市行人步行特征参数进行标定，建立有关数据库，可直接应用于其他相关交通研究。

参考文献：

References:

- [1] 邓兴栋, 甘勇华, 韦栋, 等. 第16届亚运会期间交通组织方案研究[R]. 广州: 广州市公安局交通警察支队, 广州市交通规划研究所, 广州至信交通顾问有限公司, 2010.

- [2] 邓兴栋, 甘勇华, 陈先龙, 等. 亚运交通组织决策支持与运行研究动态仿真研究[R]. 广州: 广州市交通规划研究所, 广州至信交通顾问有限公司, 2011.

- [3] 李付伟, 李向新, 袁磊, 秦斌, 段国定. 基于开源GIS的城市交通信息平台研究[J]. 交通信息与安全, 2010, 28(3): 25-29.

Li Fuwei, Li Xiangxin, Yuan Lei, Qin Bin, Duan Guoding. City Traffic Information Platform Based on Open Source GIS[J]. Journal of Transport Information and Safety, 2010, 28(3): 25-29.

- [4] 陈静. 基于WebGIS空间数据库建立广西基础交通地理信息系统[J]. 大众科技, 2005, 85(11): 151-153.

Chen Jing. Establishment of Guangxi Transportation Geographic Information System Based on WebGIS Spatial Database[J]. Popular Science and Technology, 2005, 85(11): 151-153.

- [5] 茅欢元, 邓卫. 智能公交系统运营优化数据库建立方法探讨[J]. 交通科技, 2008, 231(6): 78-80.

Mao Huanyuan, Deng Wei. A Discussion on the Method of Establishing the Optimizing Database for the APTS Operation[J]. Transportation Science & Technology, 2008, 231(6): 78-80.

- [6] 唐亮. 基于实时数据库建立数据采集系统[J]. 江西石油化工, 2004, 16(2): 13-16.

Tang Liang. Establishment of Data Acquisition System Based on Real-time Database[J]. Jiangxi Shiyong Huagong, 2004, 16(2): 13-16.

- [7] 陈明. 大型交通枢纽项目中智能化系统集成浅论[J]. 智能建筑与城市信息, 2010, 165(8): 90-94.

本刊数值范围表示方法说明

从A到B ($A \leq X \leq B$): $A \sim B$;

超过A到B ($A < X \leq B$): $>A \sim B$;

至少A不足B ($A \leq X < B$): $A \sim <B$;

超过A不足B ($A < X < B$): $>A \sim <B$ 。

以年龄为例的连续性数据表示方法: 0~10, >10~20, ..., >50~60, >60。