

# 《交通微观仿真分析指南》概要

Precis of the Microsimulation Transport Analysis Guide

Pete Sykes Bevan Wilmshurst 著 胡树成 译

(英国 SIAS 交通规划公司, 爱丁堡 EH3 7EB)

Written by Pete Sykes and Bevan Wilmshurst, Translated by HU Shucheng

(SIAS Limited, Edinburgh EH3 7EB, UK)

**摘要:** 近年来, 交通规划软件所使用的方法从对交通量的宏观分配转变为对单个车辆的微观仿真。这一方法论的改变意味着需要对委任交通工程项目、项目管理以及对其结果进行解释等的职能部门的指导方针进行更新, 以便能反映微观仿真的独特能力。与之前的模型相比, 微型仿真能够更完整和详细地反映道路交通状况的内在变化。位于苏格兰的SIAS交通规划咨询公司就此编写了《微观仿真最佳咨询项目指南》和《交通微观仿真分析指南》, 以帮助交通从业人员从事微观仿真项目和解释其结果。这些指导方针是基于该公司进行项目咨询和开发S-Paramics微观仿真软件的经验基础上编写而成的。

**Abstract:** In recent years there has been a change in the underlying methodology used in transport planning software from macroscopic assignment of flows to microscopic simulation of individual vehicles. This change in methodology implies that the guidelines for commissioning a transport planning project, managing the project and subsequently interpreting its output should be updated to include the unique ability of microsimulation to model the inherent variability of road traffic with much greater integrity and detail than before. SIAS, a transport planning consultancy based in Scotland, has written such guidelines to assist transport professionals in commissioning and interpreting microsimulation projects. These guidelines are based on its experience in consulting projects and in producing S-Paramics microsimulation software.

**关键词:** 微观仿真; 交通模型; 交通规划

**Keywords:** microsimulation; traffic modelling; transport planning

中图分类号: U491

文献标识码: A

收稿日期: 2007-07-15

**作者简介:** Pete Sykes, 男, 英国SIAS交通规划公司微观仿真市场和开发部主任。主要研究方向: S-Paramics 微观仿真软件开发。

E-mail: Pete.Sykes@sias.com

**译者简介:** 胡树成, 男, 英国SIAS交通规划公司交通工程师。主要研究方向: 交通规划与评估, 交通模型、交通微观仿真等。

E-mail: Shucheng.Hu@sias.com

## 0 引言

传统的交通模型使用宏观分配方法, 根据出行需求模型计算道路交通量, 并在预定的通行能力下, 预测某条道路上车辆的平均速度。此类模型以小时为时间间隔预测交通状况, 而且只包括车流速度和交通量。而作为车流的组成要素——每一单个车辆的情况并没有被反映出来。

在现实中, 道路交通由单个车辆组成。由于每个驾驶人行为方式每天都在改变, 所以道路交通状况每天也都不一样。出行的出发时刻(精确到秒)不会完全相同, 车辆排队长度也在随时改变。车辆并入的间隔今天看起来足够大, 而明天又可能被认为不够。由于每个驾驶人行为的可变性, 相应地必然会导致道路系统内车辆总体行为的可变性。

微观仿真在20世纪90年代得以发展, 并一直在改变着对交通的模拟方式。在微观仿真模型中, 可以模拟每一个具体车辆在路网中的行驶, 而车辆的唯一目标是采用最经济的路线到达它的目的地。车辆在行驶时与路网、路网中的控制系统(如交通信号)以及其他车辆互相作用。在微观仿真模型中包括了路网中微小的细节, 如是否有足够的时间间隔使车辆完成转向, 在车站停靠的公共汽车后面等待的车辆或者交通信号对以分钟为间隔的交通流作出的反应。因此, 与传统的宏观分配模型相比, 微观仿真模型更能真实地反映

实际的交通状况。

在英国《路桥设计手册》(The Design Manual for Roads and Bridges)<sup>[1]</sup>和美国联邦公路管理局(The Federal Highway Administration)的指导手册<sup>[2]</sup>中,对交通分析人员和职能部门所提的建议,更倾向于传统的交通分配模型。所以,有必要针对微观仿真编写相应的指导资料。

### 1 《咨询指南》与《分析指南》

2005年SIAS交通规划咨询公司首先编写了《微观仿真最佳咨询项目指南》(The Microsimulation Consultancy Good Practice Guide)<sup>[3]</sup>,以下简称《咨询指南》,以帮助项目经理和建模人员对微观仿真项目的全过程进行管理。《咨询指南》描述了微观仿真项目的整个过程,包括从项目的最初规划到最后编写改造方案对路网的影响报告。《咨询指南》的主要读者对象为项目的具体参与人员,在出版此书时,发现有必要编写另外一本面向职能部门的指南。职能部门委托其他机构制作交通仿真模型并参考模型的结论进行决策,但他们并没有必要参与项目的日常管理。

《交通微观仿真分析指南》(The Microsimulation Transport Analysis Guide, MicroTAG)<sup>[4]</sup>,以下简称《分析指南》,是《咨询指南》的补充资料,是专门为职能部门编写的指南。《咨询指南》为微观仿真项目的制作和管理提供指导,《分析指南》则对确定模型的范围、输入数据的种类和质量,以及项目得出的分析结果作出说明。

图1引用美国联邦公路管理局交通分析工具<sup>[2]</sup>中的一个图表,对《分析指南》和《咨询指南》二者的关系给予了简要说明。图中描绘了交通分析项目的7个主要

步骤。

《分析指南》并不是一本完整的交通项目指南。有些指南论述了一般项目管理的要求,如建立一个由合适技术人员组成的团队,确定项目时间表、预算和目标等。由于这些环节不为微观仿真项目所特有,因此,《分析指南》没有涉及这些内容。其目的是阐述微观仿真项目所特有的问题。

在讨论具体的问题如确定模型范围、采集数据或展示结果时,《分析指南》通过实例来阐述问题,并把它们放于真实环境中,而不是试图用抽象名词来解释。这样使该指南更具有可读性,并为实际应用提供有益的参考。

### 2 统计学基础

为了能理解对数据采集、模型分析和模型比较的要求,《分析指南》首先对相关的统计学知识进行了简单介绍。

研究地域内的交通状况每天都在变化。交通量是不同的,车辆排队或长或短,相同旅程所需的出行时耗每天都不一样。需要回答的问题是:在测量好交通量、出行时耗、等待队列长度之后,如何知道这些估计是否真实地反映了实际平均值。

例如,交通规划人员在某一预定的时间和地点测量了排队车辆的队列长度,但是第二天发现情况有变化。只有在重复测量几次之后,规划人员才会发现队列的平均长度以及每日的变化情况。在运行一个微观仿真模型时,这样的情况同样也会出现。这种随机变化意味着,如果只是把参考模型的一个运行结果与设计模型

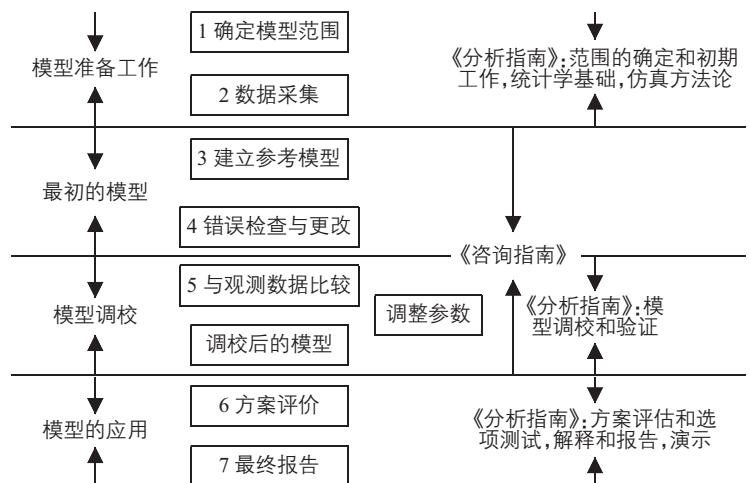


图1 交通仿真项目的7个主要步骤

Fig.1 The 7 key stages of a transport simulation project

的一个运行结果相比较，可能确定不了二者的差异是由于模型的改变引起的，还是只是由于随机变化引起的。因此，当用模型测试一个设计方案时，如何知道模型是否运行了足够的次数，以保证它已经发生了或者没有发生真正的改变？

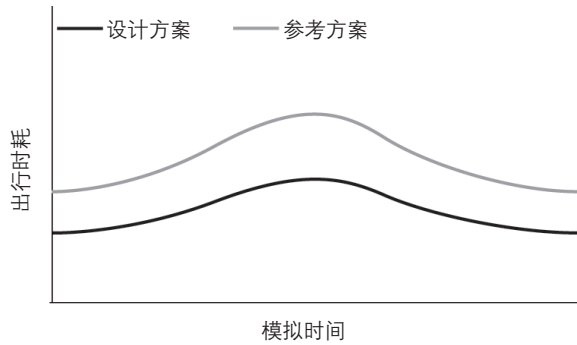


图2 两种方案的简单对比  
Fig.2 Simple comparison of two scenarios

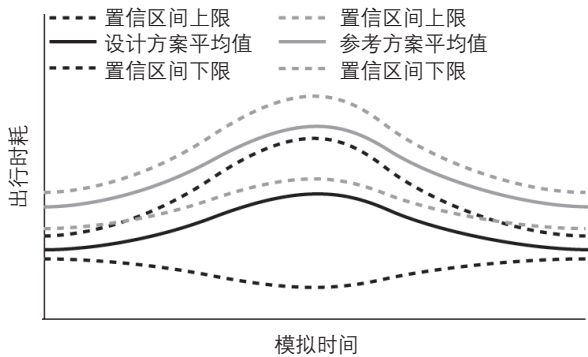


图3 含有95%置信区间的方案比较  
Fig.3 Comparison of scenarios with 95% confidence intervals

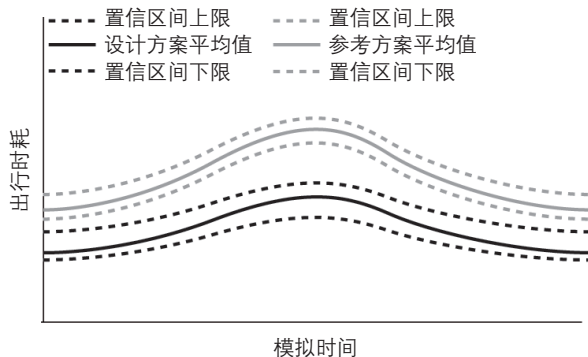


图4 运行较多次数的方案比较  
Fig.4 Comparison of scenarios following additional model runs

解决这个问题的一种方法是对运行数次的平均值计算置信区间。很典型的是使用95%的置信区间。即如果对同一个样本重复运行相同的次数，该样本的真正平均值会有95%的次数位于这个置信区间内。在使用同一种指标对不同模型进行比较时，如果参考模型和设计模型样本的置信区间有相互重叠的部分，则说明两个模型的平均值可能相同。如果没有重叠部分，则说明二者的平均值是有差别的。这不是一个确切的陈述，只是在数量方面统计学上的可能性。

为了减小置信区间的宽度，以便更确定地比较平均值，有时可能需要对模型运行更多的次数。《分析指南》对如何评估需要运行的次数以达到一个特定的置信区间作了说明。

图2、3和4描述了某一指标的平均值及其如何随着一天的时间而变化。图3增加了置信区间，但模型运行了较少的次数。由于置信区间有相互重叠的部分，二者的平均值可能相同。图4则对模型运行了更多的次数，置信区间变窄了。这时二者的平均值很可能是不同的，因此，设计方案很可能发生了数量上的改变。

### 3 研究范围和数据采集

在确定一个交通仿真项目时，从时间和地域方面确定研究范围，对准确预测设计改变所带来的影响有重要作用。《分析指南》中列举了一个环岛严重堵塞的小模型，通过设计改变排除了堵塞。虽然这表明了一个显著的局部效益，但在把这个环岛置于一个较大地域范围的模型中时，可以看到许多驾驶人为了避免堵塞已经改变了行车路线。而在堵塞排除之后，他们可能又会返回到这一路线上。这种情况会显著地影响设计方案的测试结果。类似地，《分析指南》中也讨论了堵塞的队列蔓延至路网之外的影响。

《分析指南》提出了微观仿真模型数据采集的详细程度问题。现以一个例子来说明释放到模型中车辆的详细程度对模型的影响，并对比微观仿真模型和传统分配模型的不同。图5、图6和图7表明了一个路网中分别以1 h，15 min和5 min为时间间隔的车流分布图。图中每小时的车流总量是相同的。但在更详细的分布图中，车流量的最高峰显著地高于该小时的平均车流

量，这很显然会对模型产生短期的影响。典型的以小时为单位的分配模型将不能对这一高峰作出评估。这个例子简洁地说明了两种不同的模型技术对有关数据采集要求方面的主要区别。

《分析指南》引用很多实例以便让职能部门了解微观仿真模型对更详细数据的处理能力、详细数据的必要性以及如何确定数据的准确性。

### 4 结果分析

微观仿真能够产生很详细的结果，建模人员的任务是把结果以容易理解的方式展示给职能部门。《分析指南》中分析部分的目的是为了说明最能代表微观仿真模型结果的各种分析方法，并讨论了使用某些特定输出结果的优缺点，还用大量的例子说明如何把结果以清楚有效的方式表达出来。

许多实例依靠图形对模型的结果进行描述。如前面所讨论的，很显然，模型结果在统计学上的可靠性对分析是很重要的。大多数的例子则包括了表达这种统计学可靠性的方法。

某些微观仿真的输出结果和传统分配方法产生的结果类似。传统分配方法的结果通常是叠加在模型的方案图中，微观仿真也可以采用类似的方法。图8是爱丁堡中心区早高峰时间车辆平均速度图，图中颜色由深到浅表示速度由低到高。

通常对两种方案(如参考方案和设计方案的)模拟结果进行比较会更有意义。图9是一个流量变化的例子。用设计方案模型中的流量减去参考方案模型中的流量，可以得到出行结构、堵塞或交通量的变化。图9显示了如何用图形来表达这些变化的效果。图中绿色代表流量增加，红色代表流量减少。可以看到，东西走向的流量减少了，而南北走向的流量则有相应的增加。可是，图中显示的是对参考方案和设计方案模型运行数次所得平均值的比较，并没有表明不同运行的变化范围。

微观仿真的优点在于它可以模拟路网中详细的交叉影响和车辆行为，并对流量、速度、排队长度、出行时耗等进行量化，不仅仅包括它们的平均值还包括它们的变化范围。例如，两种设计方案在某一既定的

线路上出行时耗可能相近，但其中一种方案的出行时耗可能会更稳定。评价出行时耗的可靠性变得越来越重要，尤其是研究内容影响到公共交通运营、高承载率(HOV)车道，或者路网中堵塞水平的变化。

微观仿真可以进一步显示细节，例如对等待队列的比较。宏观分配模型可以估计在当前车流影响下，

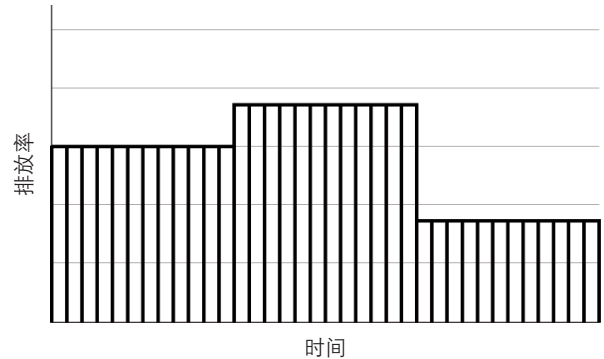


图5 以小时为间隔的车流分布图  
Fig.5 Demand profile calculated from hourly data

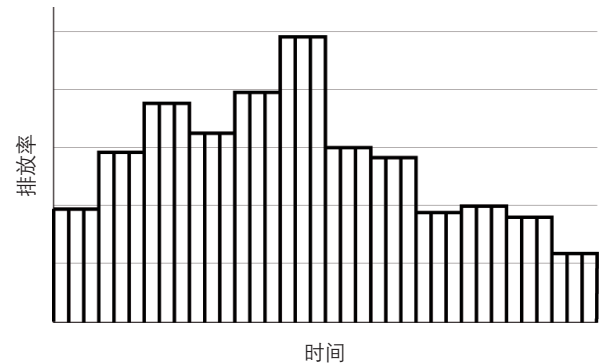


图6 以15 min为间隔的车流分布图  
Fig.6 Demand profile calculated from 15 min data

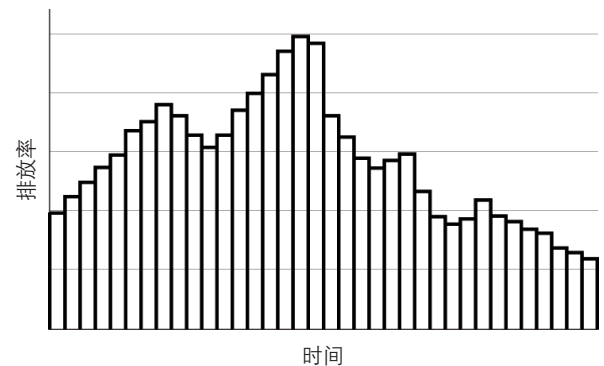


图7 以5 min为间隔的车流分布图  
Fig.7 Demand profile calculated from 5 min data

数分钟后在某一交叉口可能产生的等待队列的平均延误时间。而微观仿真模型可以在此基础上，进一步预

测等待队列的平均长度、最大和最小长度，以及该等待队列延长至其他交叉口产生的影响。微观仿真模型还可以记录经过多长时间等待队列达到最大长度，因此可以评估等待队列的实际影响。

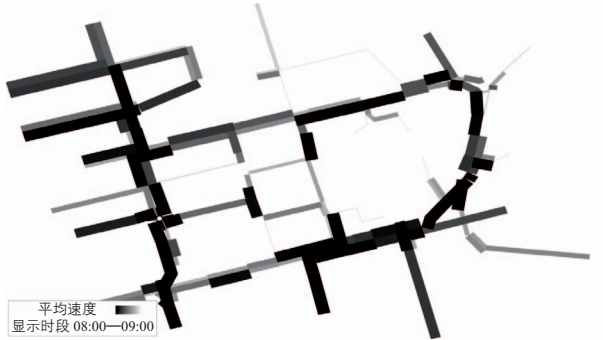


图8 爱丁堡中心区上午交通高峰时间平均速度图  
Fig.8 AM peak hour mean speeds in central Edinburgh



图9 爱丁堡中心区流量变化图  
Fig.9 Central Edinburgh flow difference plot

等待队列也具有很大的可变性，因此在对参考方案和设计方案进行比较时，使用置信区间变得尤其重要。图10 是一个参考方案和设计方案的比较图。该图显示当等待队列变长时设计方案中的置信区间变宽了，这说明等待队列的长度有大的可变性，因此根据对模型现有的运行次数，还不能准确地估计队列长度的真实平均值。

但是，在一天中的某些时段，如果两个方案的置信区间没有重叠的部分，则表明在这些时段二者的平均等待长度很可能不同。在另外一些时段，如模型的开始部分，它们的置信区间相互重叠，则表明设计改变很可能没有对等待队列的平均长度产生任何影响。

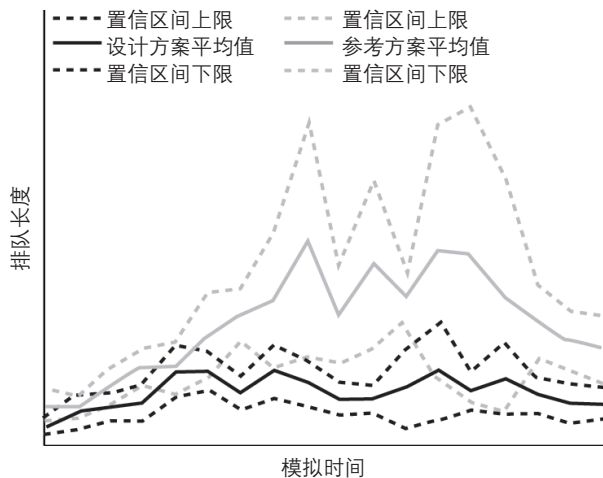


图10 交叉口停车线处平均最大排队长度  
Fig.10 Average maximum queue length from stopline on junction approach

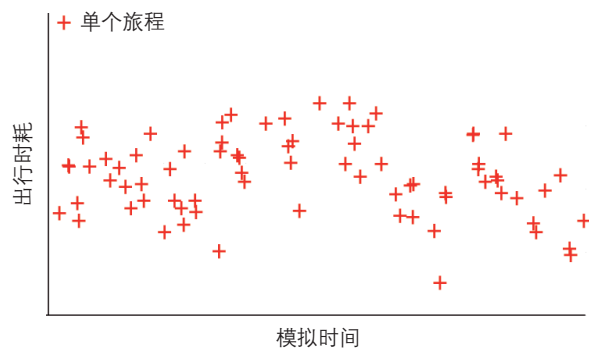


图11 出行时耗的点状分布图  
Fig.11 Scatter plot of travel time on one run

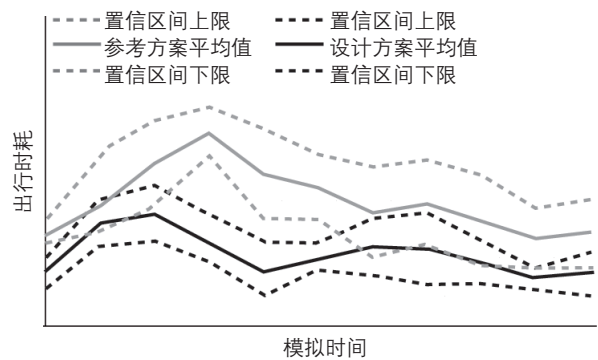


图12 参考方案和设计方案的出行时耗及置信区间  
Fig.12 Comparison of journey time with 95% confidence intervals

因此，在报告中若以小时为间隔汇总排队长度，而不包括具体的变化情况，可能会引起误解。理想的情况是对数据进行更详细地描述。

同样，出行时耗也会有很大的可变性。出行时耗通常是对模拟方案进行比较时使用的主要性能指标，而且非技术人员也易于理解。很可能，改善所有车辆或者公共交通工具出行时耗的可靠性与降低总的平均出行时耗同等重要。

微观仿真模型能够输出每次模型运行时的每一个车辆的出行时耗，可以对每次运行的平均值、标准偏差、最小值和最大值进行汇总，也可以对数次运行的结果进行累加或计算平均值。将这些数据以一种有意义的形式进行表达是一个很大的挑战。《分析指南》提出了多种解决方法。选用哪种方法取决于职能部门对哪种结果更为关注，例如，是绝对的出行时耗还是

这些时间的波动程度。

图 11~14 是有关出行时耗的一些例子。图 11 是出行时耗的点状分布图，显示了在模型的一次运行中，不同的开始时间所对应的出行时耗。图 12 是参考方案和设计方案的出行时耗比较图，图中显示了置信区间及其相互重叠的情况。图 13 和图 14 分别是参考方案和设计方案的出行时耗及其最小值和最大值。相比之下，设计方案的出行时耗有较小的变化范围，因此，更加稳定。

## 5 结语

《分析指南》的编写不是为了取代英国《路桥设计手册》或者其他类似材料，而是针对微观仿真所作的的一个补充，是专门针对微观仿真项目的规范和分析的文献之一。文中所给的实例表明，某些分析技巧可能对宏观分配方法和微观仿真同样适用。但微观仿真能够提供某些更加详细的分析形式，而较传统的分配方法是做不到的。如果不能认识到这一点，就可能无法洞察道路交通系统有价值的内在特征。

同样，两种方法关于数据采集也有些相似，但微观仿真方法使用详细数据的能力使它能够更好地模拟道路系统的特征，进而更加了解其本质。

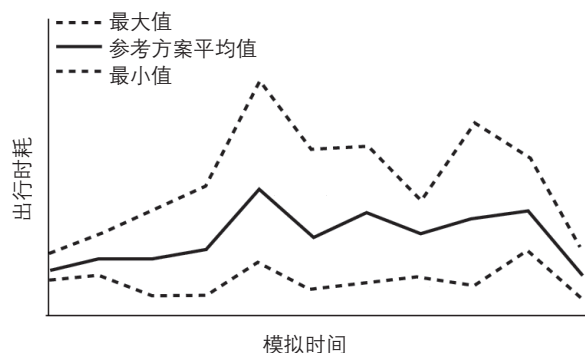


图13 参考方案出行时耗及最大值和最小值

Fig.13 Journey time with the minimum and maximum values for reference scheme

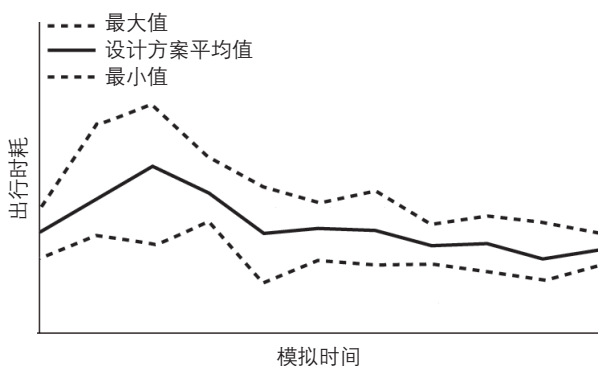


图14 设计方案出行时耗及最大值和最小值

Fig.14 Journey time with the minimum and maximum values for design scheme

## 参考文献

- 1 UK Department for Transport. Design Manual for Roads and Bridges [EB/OL] . [2007-05-30] . <http://www.standardsforhighways.co.uk/dmrb/index.htm>
- 2 US Federal Highway Administration. Traffic Analysis Toolbox Volume III: Guidelines for Applying Traffic Microsimulation Modelling Software [EB/OL] . [2007-05-30] . [http://ops.fhwa.dot.gov/trafficanalysis/tools/tat\\_vol3/index.htm](http://ops.fhwa.dot.gov/trafficanalysis/tools/tat_vol3/index.htm)
- 3 SIAS Limited. The Microsimulation Consultancy Good Practice Guide [EB/OL] . [2007-05-30] . <http://www.sias.com>
- 4 SIAS Limited. The Microsimulation Transport Analysis Guide [EB/OL] . [2007-07-15] . <http://www.sias.com>