

15

上海地铁车站的客流模拟

施锡铨 编

MBA

教学案例集

孙 铮 骆祖望 主编

第二辑

上海财经大学出版社

上海地铁车站的客流模拟

图书在版编目(CIP)数据

MBA 教学案例集. 第二辑/孙铮, 骆祖望主编. —上海: 上海财经大学出版社, 2004. 4

ISBN 7-81098-112-9/F · 105

I. M… II. ①孙… ②骆… III. 企业管理-案例-世界 IV. F279.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 018094 号

☐ 责任编辑 李国树

☐ 封面设计 周卫民

MBA JIAOXUE ANLIJI

MBA 教学案例集

(第二辑)

孙铮 骆祖望 主编

上海财经大学出版社出版发行

(上海市武东路 321 号乙 邮编 200434)

网 址: <http://www.sufep.com>

电子邮箱: webmaster@sufep.com

全国新华书店经销

上海第二教育学院印刷厂印刷

上海浦江装订厂装订

2004 年 4 月第 1 版 2004 年 4 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/32 17.625 印张 213 千字

印数 0 001—3 500 定价: 58.00 元(全 15 册)

《MBA 教学案例集》

编委名单

主编：孙 铮 骆祖望

编委：（以姓氏笔划为序）

丁邦开 王 玉 冯正权

刘兰娟 丛树海 孙海鸣

杨大楷 杨公朴 杨君昌

陈文浩 陈启杰 陈信元

张淑智 张 桁 施锡铨

颜光华 戴国强

序 言

1991年,我国第一个专业学位——工商管理硕士学位(英文简称MBA)问世了。使我们感到荣幸的是,我校作为全国首批九所院校之一,率先在专业学位教育领域中进行了新的探索与实践。

众所周知,我国的MBA教育来自于欧美较为成熟的办学经验,因此具有鲜明的国际性特点。这里所讲的国际性,既表现在称谓上用统一的“MBA”的识别符号,更表现为办学目标、方向、内容和方法上都奉行一种“国际准则”。所谓“国际准则”,即大家都使用公认的“共同语言”。其中,案例教学便是最典型的一种“共同语言”。

关于案例教学问题,尽管在不同的国家或同一国家内的不同学派和学者中,对它的界定和认识有差别,但这些理论上和

认识上的差别,并不影响案例教学在 MBA 教学活动中的必要性和重要性。

正是基于这样的认识,我校从 1991 年试办 MBA 项目以来,就在案例教学中进行了不懈的努力。回顾我校在 MBA 教学中案例建设的历史,大体上经历了三个阶段。第一个阶段,主要是引进国外、尤其是美国的案例进行教学,但效果不十分理想。因为一种管理行为的成功与失败,都是和一个国家或民族的文化紧密相联系的。上述做法使得教师与学生都深深感到“淮橘为枳”的苦涩。第二个阶段,主要是收集国内成功的案例组织教学,结果往往是这些案例被书架“留中”了。为什么呢?原因在于案例是中国化了,但与教材上的教学内容切入得不够紧密。

经历这两段曲折,使我们变得聪明起来了。从 2000 年开始,我们进入了 MBA 教学案例建设的第三个阶段。

在这个阶段中,我们以课程为出发点,组织案例建设的课程小组。由课程小组针

对本课程的教学实际提出需要匹配的案例,然后在全校乃至全社会征集案例。在征集过程中,既接受推荐案例,更欢迎根据具体要求编写的案例。为此,我校组织了专门的案例编审委员会,实行“双投”机制,即“投标竞选,投票选择”。所谓投标竞选,即对案例编写公开提出投标书,欢迎教学与实务界人士参与投标;所谓投票选择,即对投标书经过专家评估后,实行投票取舍制和对编写好的案例成果实行专家评审后的投票表决制。

这些做法不仅提高了案例编写的质量,也提高了案例的使用效率,从而克服了原来把编写案例当成“花瓶”的形式主义弊端。本期的案例集正是在这样的运作过程中产生的。

今天这个“媳妇”终于见“婆婆”了。我们希望各位“婆婆”来评头论足,从而使“未来的媳妇”不但更“好看”,而且更“能干”。谨此,我们需要感谢下列各位专家和学者,正是他们的负责精神和智慧,才使本案例

集得以顺利问世。

他们是孙铮、张淑智、杨公朴、颜光华、陈启杰、张桁、杨大楷、陈信元、孙海鸣、戴国强、杨君昌、丁邦开、刘兰娟、陈文浩、王玉、冯正权、丛树海、施锡铨。

本案例集的出版，得益于熊诗平、金福林、何苏湘、张有年的鼎力协助和指导，在此一并感谢。

骆祖望

2003年3月26日

20 世纪 90 年代初,作为市政重点工程之一的上海地铁建设工程进入设计及施工阶段。其中的一个环节是地铁车站的设计。它一方面要考虑工程建设方面诸如环境、建筑材料、设备及资金的问题,另一方面必须考虑所设计的车站能承受多大规模的乘客流量,并且还要考虑到,在已建成的地铁车站内部,如何合理地配置设备,如自动检票机、楼梯的安置等。又如何合理地对客流进行疏导,这是一个所谓的软工程问题,引起了地铁公司管理层的重视。

从管理的角度看问题,有关管理部门关心的是:

编写说明:本案例以上海地铁车站(一号线)结构设计图为基础,对车站乘客流动状况建立随机模型,产生车站建成运行后乘客流动情况的模拟图形,从而验证车站设计的合理性,并可辅助车站设计。通过本案例使人们可以了解,计算机模拟手段将对项目管理起到重要的作用。

(1)当前现有的各车站设计是否能承受未来的乘客流量。

(2)在设计好的车站中,自动检票机的个数、安置自动或非自动的上下楼梯的运转量(或通过量)及所处地点等是否有利于疏导乘客且使车站的人口流动正常而不致发生混乱现象。

(3)地铁车站的上、下客月台是否会发生拥挤不堪现象。地铁到站后,大量的乘客下车后在已设计好的车站及设施下大约需要多少分钟基本疏散完毕。

上述问题必须在设计及施工问题中及时发现或论证,以便采取适当的措施,例如,有可能发生拥挤的车站应扩大月台,增设自动检票机的出入口,等等。至少不能等地铁完全通车运行之后才发现问题,否则出了问题后果不堪设想或者造成重新设计施工从而在经济上蒙受极大损失。这一切均将引起地铁管理出现混乱。

由于地铁乘客人数是个随机变量,乘客的流动状况本身也有一定的随机性再加

上管理层要求在地铁正式运行之前能及时发现问题,使得问题的研究具有相当难度。“统计随机模拟”将有助于该问题的解决。具体的设想是,在计算机上再现已设计好的地铁车站的各部分,然后对可能的客流建立统计模型,按照模型所揭示的规律,以点表示乘客实施在计算机上模拟客流状态,于是使研究人员与管理人员能够观察到可能的客流并对未来的情况作出科学的预测。

类似的研究在国内未见任何报道,国外有关研究的详细技术资料属对外保密内容,自然无法得到。当时上海地铁公司只能提供两个英国工程师在一篇论文中所展示的香港地铁车站的某个局部的乘客流向图。

II

模拟的前期准备工作

在建立数学模型之前,我们必须有如

下数据与资料：

(1) 上海地铁车站各层的平面设计图。

(2) 每个车站出入的乘客总数(分早高峰、晚高峰、早低峰、晚低峰四个时期)。在地铁尚未建立运行之前,这个量无法精确获得,但是,我们可以通过上海市交通局原先有关该车站所在地区的公交车站的乘客人数以及地铁今后途经的地点给出粗略的估计。这个数据是十分重要的,因为我们将以等量的点输入车站平面图并观察其流动状态,从而得出车站客流是否过于拥挤的结论。

(3) 车站内部设备的运行速度,包括出入口的流动速度、买票速度、检票速度自动扶梯运行速度等。

(4) 乘客运走一般规律,即由上海市交通局、上海地铁公司所提供的正常情况下乘客的运走速度以及为显示客流并不拥挤所必须具有的乘客之间的间隙要求等。

只有在掌握上述有关数据的前提下,

我们可以试图对车站内乘客的流动情况建立随机模型,产生模拟图形,由此推测车站拥挤的程度以及各种设备的部署是否合理。

III

模型建立的方法

上海地铁车站一般包括站厅层和站台层。站厅层在上,用于买票、检票等,站台层在下,用于候车、上下车等,乘客的流动路线应为:进站上车的乘客进入车站后先到站厅层,后到站台层,下车出站的乘客则为相反流动方向。

分三步进行建模与模拟:

1. 将整个车站分成若干块,根据通常的一般规律,可以假定乘客按一定的顺序从一块流动到另一块。下面是块的划分:

B_1 : 从入口到检票口;

B_2 : 从检票口到楼梯口;

B_3 : 楼梯;

B_4 : 从楼梯口到站台;

B_5 : 站台;

B_6 : 从站台到(自动)楼梯口;

B_7 : (自动)楼梯;

B_8 : 从(自动)楼梯口到(出站)检票口;

B_9 : 从(出站)检票口到出口。

这里, 整个车站被分为九块, 其中 B_1 、 B_2 、 B_8 、 B_9 在站厅层; B_4 、 B_5 、 B_6 在站台层; B_3 、 B_7 连接站厅层与站台层。乘客流动方向为: 进站 $\rightarrow B_1 \rightarrow B_2 \rightarrow B_3 \rightarrow B_4 \rightarrow B_5 \rightarrow$ 上车; 下车 $\rightarrow B_5 \rightarrow B_6 \rightarrow B_7 \rightarrow B_8 \rightarrow B_9 \rightarrow$ 出站。

2. 已知每个峰期进站上车与下车出站的大致人数, 估算该峰期任意时刻车站中各块人数。计算方法如下:

假定: 时刻 $t_0 = 0$ 时开始有乘客进入车站, 在此之前车站内为空闲; 时刻 $u_0 (> t_0)$ 时第一辆车进入车站。

记 $N_i = t$ 时刻 B_i 中的人数;

$I_i =$ 到时刻 t 为止, 进入 B_i 的人数
(即时间区间 $[t_0, t]$ 内进入 B_i

的人数);

Q_i = 时间区间 $[t_0, t]$ 内离开 B_i 的人数;

IV_i = 时刻 t 时进入 B_i 的速度 (人/秒), 即每秒钟有多少人进入 B_i ;

OV_i = 时刻 t 时离开 B_i 的速度 (人/秒), 即每秒钟有多少人离开 B_i ;

T_i = 乘客通过 B_i 所需时间。

以上各量之间应有下列关系:

(1) $IV_i = (1 \text{ 小时进入车站的人数}) / 3600 \text{ (秒)}$ (一般一个峰期为 1 小时)

$$IV_{i+1} = OV_i$$

$OV_i = \min(\widehat{OV}_i, IV_i)$, 其中, $\widehat{OV}_i$ 为离开 B_i 的最大速度 (由设备决定)

$$(2) I_i = (t - t_0) \cdot IV_i = O_{i-1}$$

$$O_i = \begin{cases} (t - t_0 - T_i - \Delta - T_i) \cdot OV_i & \text{若 } t - t_0 > T_i + \Delta + T_i \\ 0 & \text{若 } t - t_0 \leq T_i + \Delta + T_i \end{cases}$$

$$(3) N_i = I_i - O_i$$

(1)至(3)中所有 i 取值 1,2,3,4,5。

(4) 当 i 取值为 5,6,7,8,9 时重复上述过程,只不过此时取 $t_0 = u_0$ 。

$IV_5 = (\text{一辆列车的下车总人数}) / (\text{下车总时间})$

3. 建立模型确定乘客在各块中的散布:

将 N_i 分成两部分: N_{i1} , N_{i2} ,

其中, $N_{i1} = \min(\tilde{N}_{i1}, N_i)$

$$N_{i2} = N_i - N_{i1}$$

$$\tilde{N}_{i1} = IV_i \cdot T_i$$

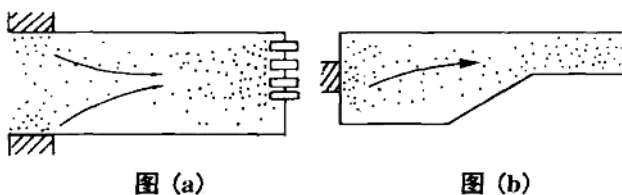
N_{i1} 为在 B_i 中行走的乘客人数;

N_{i2} 为在 B_i 的出口处等待出去的人数。

(1) N_{i1} 的散布建模

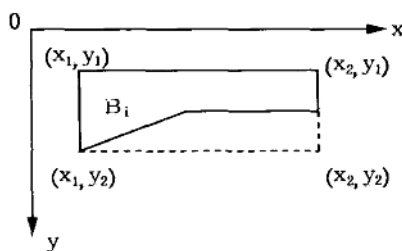
根据现实观察与有关经验知识,乘客行走时的散布应具有下述规律:

B_i 的出入口密度较大,如图(a)所示;通道窄的地方密度大,宽的地方密度小,如图(b)所示。



注: 其中  为进口,  为检票处,  为行走方向, $\cdot$ 为乘客。

为了体现上述规律,同时又考虑到乘客走动的随机性,采用如下随机模拟方法:
首先,建立坐标系(见下图)。



其次,找出包含 B_i 的最小矩形(例如上图中 $[x_1, x_2] \times [y_1, y_2]$ 包含了 B_i)。

然后,可以合理地假定 B_i 内任一乘客的位置坐标 (x_i, y_i) 为随机向量,且 x 与 y 独立。

接着,我们应当研究地铁车站的结构,