

# 城市交通拥堵的经济学分析

## ——基于计算经济学的模拟检验

韩小亮<sup>1</sup>, 邓祖新<sup>2</sup>

(1. 上海财经大学 统计学系, 上海 200433; 2. 上海财经大学 经济信息管理系, 上海 200433)

**摘要:** 交通拥挤是我国目前大城市社会关注的一个焦点, 也是一个世界性难题。文章从交通经济学的基本理论出发, 探讨了控制需求、增加供给、解决交通拥挤的各种实际手段和途径。同时还使用了交通系统的模拟软件来介绍运用计算经济学的方法评估和解决实际交通问题的思想, 以供交通管理的决策者和研究人员参考。

**关键词:** 拥堵定价理论; 停车收费; 智能信号; 流量管理; 计算经济学

**中图分类号:** F290; F50 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-9952(2006)05-0019-13

### 一、交通拥堵的经济学理论

改革开放以来, 我国城市获得了前所未有的蓬勃发展。然而伴随而来的交通拥堵问题却日趋严重, 尤其是在上海、北京等特大城市, 交通拥堵已成为严重制约城市社会经济发展的瓶颈。事实上, 道路拥堵是困扰全世界各地城市的棘手问题, 各国政府和交通专家们为此伤透了脑筋并采取了形形色色的解决方案。

早在 1920 年英国经济学家剑桥大学的皮构(Pigou)教授就提出了交通拥堵的经济学理论, 他的理论至今在交通研究中仍然起着重要的影响(Pigou, 1920)。经济学的最基本的概念之一就是需求与供给。道路交通的供求关系与一般商品的供求关系很不一样, 对于一段道路而言, 它的供给就是单位时间里该道路能通过的车量(流量), 而它的需求则牵涉到很复杂的城市结构和交通行为等问题。道路交通的供给有个很重要的特点: 当需求到达一定水平之后, 新的需求将会导致供给的减少。这是因为道路上的车越多, 则车流就运动得越慢, 单位时间里该道路能通过的车量就越少。也就是说, 新的使用者的加入会导致所有其他使用者的使用成本增加! 而且这种对社会的负担新的使用者既不用支付, 也不用考虑。这种个人成本与社会成本之间的不一致将会导

收稿日期: 2006-02-06

作者简介: 韩小亮(1949—), 男, 上海人, 上海财经大学统计学系教授, 博士生导师;  
邓祖新(1964—), 男, 四川乐至县人, 上海财经大学经济信息管理系教师。

致需求与供给关系的扭曲, Pigou 教授的拥堵定价理论 (Congestion Pricing) 就是从这个事实出发的。

拥堵定价理论可以简单地用图 1 (Button, Verhoef, 1998) 来表示。假定这里有一段没有交叉路口同样宽度的简单道路, 这条道路的使用者使用的是同样的车辆。我们暂不考虑环境污染、交通安全等等问题。这里假定使用者的差别仅仅在于他们愿意支付多大的个人边际费用来使用这条道路, 也就是说, 他们有不同的个人边际收益。图 1 中 D 代表的是需求曲线, 它也等同于个人边际收益 (marginal private benefits) 和社会边际收益 (marginal social benefits); MPC 是个人边际成本 (marginal private cost) 它与社会平均成本 ASC (average social cost) 相等; MSC 是社会边际成本 (marginal social cost), 如果道路畅通, 它与个人边际成本 MPC 相等, 而当交通拥堵发生时, 它必然大于 MPC, 而且道路越拥堵, 两者的差异就越大。

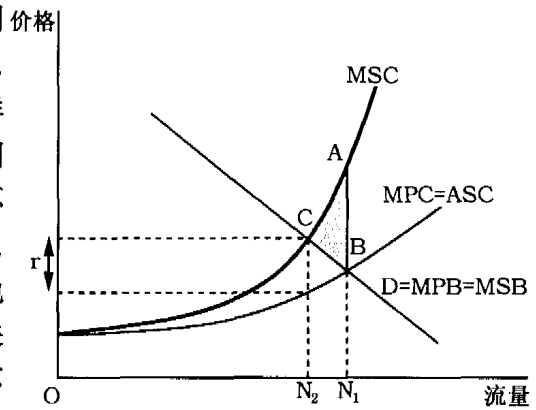


图 1 拥挤定价理论的简单图示

在自由市场条件下, 市场的均衡点将在个人边际收益曲线和个人边际成本曲线的交叉点 B 处取得, 其对应的道路使用量为  $N_1$ 。这显然是个效益较差的均衡点, 因为对全社会而言, 最有效益的均衡点应在社会边际收益曲线和社会边际成本曲线的交接点 C 处, 其对应的道路使用量为  $N_2$ , 这时社会将获取区域 ABC 所表示的额外收益。在理论上, 倘若对道路的每个使用者收取  $r$  的堵车费的话 (这里  $r$  是曲线 MSC 和曲线 MPC 在最优道路使用量  $N^*$  时的差), 则市场的新均衡点就会是 C 了 (这时曲线 MPC 被水平地抬高了  $r$ , 它与需求曲线 D 的交会点就正好是 C)。  $r$  就是著名的皮构学派最优道路收费 (Pigouvian Charge)。

拥堵定价理论的意义是相当深刻的, 它阐明了这样一个基本事实: 单靠多修道路是不能从根本上解决交通拥堵问题的。拥堵定价理论的经济意义还可以直接延伸到环境污染、城市噪音、交通安全等与交通拥堵有关的问题的研究中去。20 世纪五六十年代开始, 发达国家的私人机动车辆逐渐普及, 交通拥堵问题也伴随而生, 且愈演愈烈。拥堵定价理论逐渐成为交通经济学研究的热点和前沿, 获得了极大的发展。例如: 诺贝尔经济学奖得主 Vickrey (1969) 首创了以瓶颈路段为核心的动态拥堵定价方法, 这一方法后来由 Braid (1989)、Arnott (1993) 等人加以推广; Wilson (1983)、d'Ouille 和 McDonald (1990) 等人研究了次优拥堵定价时的最优道路容量问题; Henderson (1974、

1981)考虑了从道路流量出发的动态拥堵定价方法;此外, Knight(1924), Wardrop(1952), Walters(1961), Else(1981), Nash(1982), Sullivan(1983), Wilson(1983), Andrew Evans(1992), Alan, Evans(1992), Hills(1993), Small(1982,1992), Laih(1994)等都是为拥堵定价理论某些方面作出了重大贡献的长长的专家学者名单中的一部分。

拥堵定价理论非常明确地指出了交通拥堵问题的症结所在:交通拥堵、环境污染、交通事故、城市噪音等等经济学上称之为“外生成本”(external costs)的社会负担并没有被有效地包含在各种交通服务的价格之中,因此使用者没有支付交通的全部社会成本。从经济学的角度来看,这种价格是过低的和“错误”的。由于交通设施的使用者在做出他们的旅行决策时无须考虑这些社会负担,他们的行为就会导致太多的交通需求从而造成了交通拥堵。不仅如此,交通需求在时间上和交通方式上的分配也不尽合理:太多的交通产生在不方便的时段并且使用了对社会来说损害较大的交通方式。

拥堵定价理论对交通拥堵问题的解决方案也相当直截了当:所有交通设施和服务的使用者必须支付实际的社会边际成本,即包括它们所有对社会造成负担和损害的外生成本。然而在实际中要真正实施这种方法却不太可行:一方面,现在的知识和技术条件很难计算各种交通方式的实际的社会边际成本,即使估算出来了也不可能方便地和低成本地去实施;另一方面,这类措施会产生复杂的社会财富的再分配过程,它在政治上是否能被接受也是个大问题。因此,拥堵定价理论的最优定价的基本原则经常地被调整为其他一系列称为“次优”(second-best)的解决方法如停车场收费、燃油税等等,这些方法实施起来较为简单,政治上也比较可取。我们将在下面介绍各国实际上常用的一些缓解交通拥堵及由此产生的环境污染、交通事故、城市噪音等问题的措施和方法。

拥堵定价的经济学理论不仅说明了单靠修路不能解决交通拥堵问题,而且也表明没有道路拥挤收费或相应的措施,修路的社会效益很可能被虚假地夸大了,从而导致资源和土地的极大浪费。下面我们用工图 2 来简单地说明一下这个问题。

假如经过投资改建之后,图 1 所示的道路增大了交通容量,那么这个投资的社会经济效益又如何呢?图 2 中曲线 MSC 是改建前的社会边际成本;曲线 MSC<sub>1</sub> 是改建后的社会边际成本;曲线 MPC 是改建前的个人边际成本,曲线 MPC<sub>1</sub> 是改建后的个人边际成本,D 是需求曲线。如果有

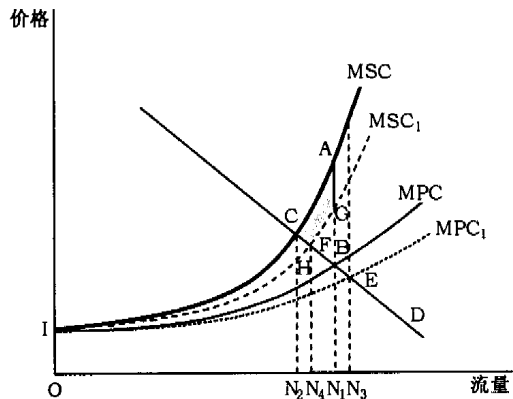


图 2 最优收费和投资

了最优拥堵道路收费,改建前的供求均衡点是 C,这时交通流量是  $N_2$ ; 改建后的供求均衡点是 F,这时交通流量是  $N_4$ 。可以看出,在改建后的道路上交通流量比改建前更多( $N_4 > N_2$ ),车流平均速度也比改建前更快(成本更低)。道路改建的直接社会收益是区域 ICH,区域 CFH 是新增的消费者剩余,所以道路改建的社会总收益可以用区域 ICF 来表示。

如果没有最优道路收费,则改建前的供求均衡点是 B,交通流量是  $N_1$ ; 改建后的供求均衡点是 E,交通流量是  $N_3$ 。同样地,在改建后的道路上交通流量比改建前更多( $N_3 > N_1$ ),车流平均速度也比改建前更快。粗看起来,这时道路改建的社会直接总收益似乎是很大的区域 IAG,但这是有严重误导的结论,因为这种表面上的收益是由于已经有太多的车在路上所造成的。由道路改建带来的真正的社会总收益仍然只是 ACF,社会收益 CFGA(阴影部分)只须通过最优道路收费就可获得,而跟投资道路建设无关。

由此可见,如果仅仅考虑当前的交通状况,大量投资修路往往是很有吸引力的创造社会效益、解决交通拥堵的方法,而且常常被认为很有必要。但这种做法很可能制造出更难解决的交通拥堵并导致对土地使用的严重浪费和对道路修建的过度投资,其必然结果是给整个社会带来沉重的负担。

刚才已经提到,最优道路收费只存在于理论而不可能真正实施,因为不仅不同的道路、不同的交通方式、不同的地方等等有不同的社会边际成本,同一个路段的不同时间也有不同的社会边际成本! 我们需要寻找一些可行的替代方法来实施拥堵定价理论的原则。例如:我们可以对一个拥堵路段实行不区分时段的收费,为简单起见假定这个路段可以粗略地分为高峰时段和非高峰时段(如图3所示)。

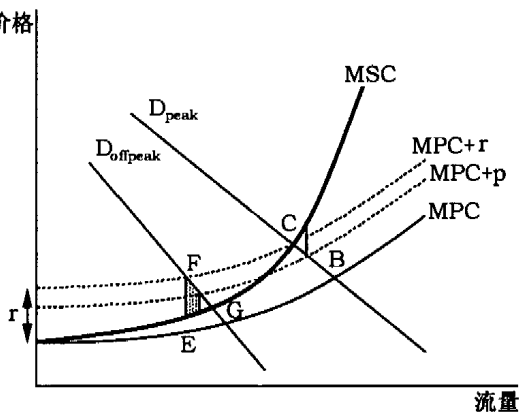


图3 最优固定收费

这里  $D_{peak}$  是高峰时的需求曲线,  $D_{offpeak}$  是非高峰时的需求曲线。虚线是道路收费之后的个人边际成本。如果按照高峰时段的交通需求最优收费的话(即收费价格水平为  $r$ ),则高峰时的均衡点是 C,非高峰时的均衡点是 F。但这不是这个问题的最优收费水平,因为这时非高峰时段有较大的社会效益损失(由区域 EFG 表示)。当然也不应该按照非高峰时段的交通需求最优收费,这时会在高峰时段有较大的社会效益损失。理想的收费标准应在两者之间的某个  $p$  而使图3中的两个阴影区域之和达到最小。在实际生活中估算这个最佳收费水平自然很不容易。本文第三部分将介绍运用计算经济学的方法途径来解决这个难题的新思路。

## 二、缓解交通拥堵的方法

各式各样的通过收费或不通过收费的手段和措施被用来尝试解决、缓解交通拥堵及由此而衍生的社会负面效应(如环境污染、交通事故、城市噪音等问题)。有些方法非常有效,而另一些方法的作用则非常有限。一般而言,那些非收费的举措很难从根本上触及个人边际成本与社会边际成本的差异的这一经济学根本问题。比较理想的情形是数个相关的方法并举,合理地多方位地化解这个复杂的经济社会难题。下面我们介绍一些实用的方法。

1. 拥挤道路使用收费。从拥堵定价理论出发,解决交通拥堵的最有效的也是最直截了当的方法应该是拥堵道路使用收费。然而到目前为止,真正成功地使用拥堵收费解决城市道路拥堵问题的案例十分罕见,似乎只有新加坡(Phang, 2004)和英国伦敦(马祖琦,2004)。(请注意,我们这里所讨论的是为了调节交通需求所进行的拥堵道路使用收费,而不是今天在我国随处可见的为了缓解公路建设资金短缺的高速公路收费。)问题何在呢?这是因为交通拥堵是个非常复杂的社会现象,要把理论的解决方案付诸实践并不容易,而且简单的经济模型也不能描绘出它的方方面面。

首先,拥堵定价理论并没有考虑收费的成本。在拥堵道路上实施收费的实际成本可能相当高。像我国高速公路那样停车收费的方法本身就会造成更大的拥堵。当然,现代高科技的发展如“智能卡”(smart card)和高速摄像机等工具的使用已使不停车收费成为可行,然而这种复杂收费系统的成本是不菲的。即使有了收费系统,收费标准依然是个大问题,因为所谓的“社会边际成本”很难测算。就算能测算出来,各个时候、各个路段的社会边际成本都不一样,能按真正的社会边际成本收费吗?所以拥堵道路使用收费即使能实现,也只能是非常粗糙地执行(例如在一定时间段里收取固定的费用),不可能达到理论上的社会最优水平。

拥堵道路使用收费还会产生一些副作用,例如:当我们在一些时段对一些拥堵道路收费以缓解交通堵塞之后,交通拥堵可能会在时间和空间上转移到其他道路上去。拥堵道路使用收费也会产生一些社会和政治问题,例如:穷人会感到被剥夺了使用道路的权利;收取的费用该如何使用等等。

既然如此,一些更便宜更简单易行的对付交通拥堵的措施就被多数决策者们所采用了。从经济学的角度来看,这些方法的作用不外乎两条:或者增加个人的边际成本以减少使用道路的需求,或者(广义地)增加道路的供应从而使新的均衡点对应于一个较不拥堵的交通流量。

2. 停车收费。开辟停车场所的自然需要成本,这里的城市停车收费指的是在某些地段和场所对停车征收远高于这个成本的费用,从而达到调节拥挤路段交通需求的目的。停车收费操作相当简单,实施的成本也很低,但要确定

适当的布局和使社会效益最大的收费水平却并不简单。更重要的是停车收费与交通的外生成本没有什么直接联系,它既不依据旅行的距离,也不考虑环境的损失,至多与停车的地段和停车时间长短发生关系,因此只是十分粗略地补偿了交通拥堵的外生成本。尽管如此,城市停车收费仍然是缓解城市交通拥堵的有效补充手段,即使在实行拥堵道路收费的地方适当地收取停车费用仍能进一步增进社会效益。

3. 公共交通津贴。对公共交通如地铁、公共汽车等的运营进行补贴以使其更便宜、更方便、更有吸引力,这能部分地改变拥堵路段的交通需求,达到缓解交通拥堵的目的。这种方式比较容易被公众所接受,因为有很多人受益却没有人直接出钱。当由于某些原因没法对道路的使用者实施社会边际成本收费时,这种方法常常作为“次优”的方法使用。然而当对道路的使用者实施社会边际成本收费的时机成熟时,这种举措就不那么合适了。因为公共交通的使用者也应该支付公共交通的社会边际成本从而有效地配置社会的资源,而这只有在“最优”方法的条件下才能做到。而且要使这种做法有效,交通方式(transport modes)之间的“弹性”(corss-elasticity)必须要足。用这种模式解决问题的效率可能较差,因为它还在很大程度上依赖于公交系统的管理状况。

4. 燃油税。油耗和堵车是高度相关的。走走停停的车的燃烧效率会相当低。对燃油征收重税就会抬高个人开车上路的边际成本,从而达到减少道路流量的目的。然而从实践上来看,高燃油税往往促使人们购买燃油效率更高的车而不是少上路,因此高燃油税对环保的作用可能比为解决交通拥堵问题的作用更大。况且对交通拥堵问题来说应该上税的不是燃油,而是拥堵状况下的车辆使用。

5. 牌照费。像上海那样实行高价牌照拍卖的政策当然会大大减少道路上的车辆,从而减少交通拥堵、环境污染、城市噪音等等。但这种方法主要是增加人们“购车”的成本而不是“用车”的成本。交通拥堵措施需要控制的仅仅是人们在“什么地方”和“什么时候”用车,而不是购买车辆本身。这种增加人们购车难度的措施在经济上的巨大副作用是显而易见的。

6. 筑路。传统上人们总以为堵车是因为车太多而路太少,多修路是解决堵车的根本办法。随着城市的发展,修建大容量高级别的城市道路自然是需要的。可是拥堵定价理论已经说明了光筑路的局限性。资金和城市的空间都是有限的,增加道路容量很快就会碰到所谓“当斯定律”(Down's law)(高速公路高峰小时拥挤定律)的难题:原来道路的新增能力减少了旅行时间,却吸引了其他道路和其他旅行方式的交通量转移,一段时间以后终将又恢复到原来的拥堵水平!

7. 改进交通信息系统。如今高科技含量的道路信息系统和车内智能信息系统发展很快,这能极大地改善城市道路网的使用效率和人们的交通行为,也能大大改进公共交通的管理和生产效率。与此同时它也使城市交通的管理

水平上了一个台阶。需要指出的是,交通信息系统的巨大作用是增进道路网络的使用效率,却不能使它的使用达到经济学意义上的最优化。

8. 改善交通管理。使用计算机化的交通信号灯系统,设置公共汽车优先的车道,控制下货时间,确定不准停车的地点和时间……这一系列的交通管理方法都能实质性地增加现存城市道路网络的有效容量,从而改变个人的边际成本曲线形状。就社会效益而言,个人的所得将部分地被管理成本所抵消。单纯依靠交通管理当然也不能保证交通流量会达到最优化的水平。

9. 交通控制。如果硬性规定能够上路的车辆数目(譬如由交警在路口控制),使其达到理论上的最优流量(假如我们能够估计的话),那么该系统是否能达到社会收益的最优点呢?答案是否定的。因为这种办法并不能确保让那些“收益”最大的人上路。而拥堵道路收费的办法是通过让人们“愿意”支付那个价格上的钱将这些人“选择”出来。

采取诸如单双牌号轮流上路一类控制车量的措施表面上很公平,但面对的却是同样的问题。

10. 城市规划。大多数交通需求的产生,是因为人们的活动需要在空间上的另一个地方进行。从这个意义上讲,城市规划对交通需求和交通拥堵问题有着更根本、更长久影响。合理的城市布局是解决交通拥堵问题的核心。这个问题比较大,牵涉面很广,恕不在此赘述。

11. 鼓励交通替代物。倘若一个会议能通过电话举行,就省却了許多人高峰时刻的交通行为。同样地,互联网上的远程教学也使许多学生免去了来来去去的奔波。在网络时代,我们的传统生活方式正起着巨大的变化,这在多大程度上会改变我们的交通需求还未可知,但肯定会改变部分城市道路的需求曲线。如果整个社会能有意识地推广交通替代物,则对解决城市交通拥堵问题肯定大有裨益。不过应该看到这些因素或措施的影响都是长期的,它们不可能解决眼下的交通拥堵问题。

表 1 各种措施对缓解交通拥堵的影响

措施	措施目标				
	拥堵	环境污染	交通安全	城市噪音	设施损耗
道路收费	+++	++	+	+	++
停车场收费	+	+	-	-	-
公交津贴	+	+	+	-	-
燃油税	+	+++	-	-	+
牌照税	-	+	-	+	-
修路	-	-	-	-	-
改善交通管理	+	+	-	+	+
交通控制	+	+	+	+	+
排放和噪音控制	-	+++	-	+++	-

注: +影响程度; -无显著影响。

表 1 列出了一些常用措施对交通拥堵和与此有关的环境污染、交通事故、城市噪音、交通设施损耗等社会负面作用的影响力(参见 De Borger etc.

2001)。可以看出,我们并不缺乏对付交通拥堵及其有关问题的措施,但是许多手段对有些目标来说影响有限。直接对拥堵道路收费是解决这个问题最有效的手段,尽管在现阶段实施起来仍然有些困难。

### 三、计算经济学方法的解决途径

拥堵道路收费、停车收费确实是缓解交通拥堵的好措施,然而在实施时必须先解决估算最优收费标准的难题。其他方法也需要进行测算某项策略对堵车或社会影响的定量分析。这在一个具体问题中往往十分复杂。这里我们介绍一下通过计算经济学的方法来处理这类问题的思路。

计算经济学(ACE)是用计算的方法来进行经济研究的新技术。它的途径是通过大量有独立机能并能相互影响的 Agents 组成的进化系统来建模和模拟真实的经济体系。这是一个非常活跃的研究领域,涉及到经济学、统计学、计算科学和行为心理学的最新发展和前沿研究(韩小亮等,2004)。如果我们能把一个复杂的交通系统和使用者的行为模拟出来,就可以研究出上述种种缓解交通拥堵措施的社会效益,最优水平等等(Burmeister, 1997; Bazzan, 1999; Klugl, 2004)。下面是一个简单的说明例子。

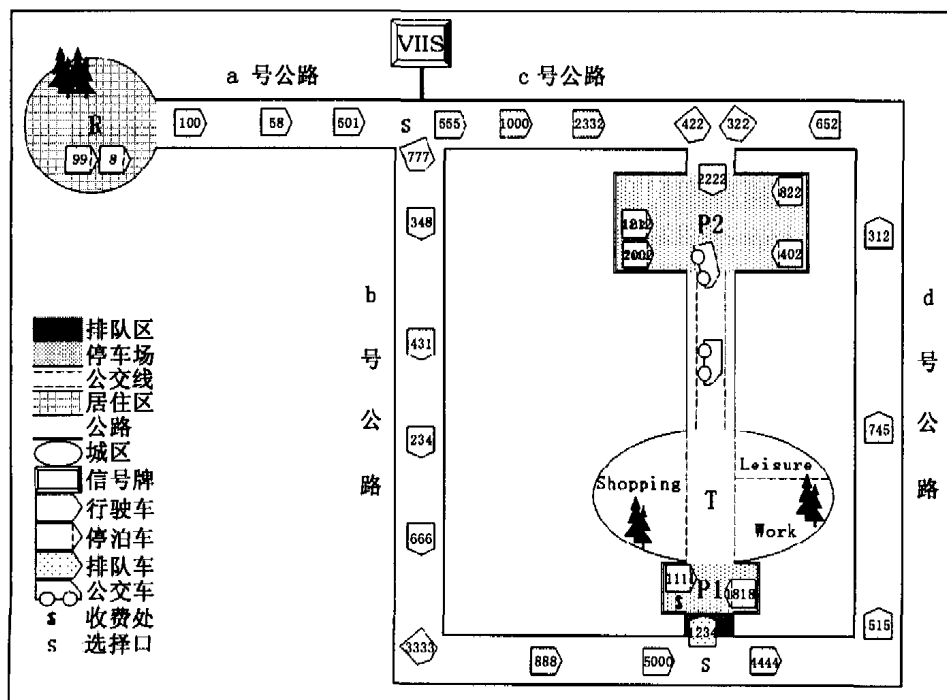


图4 应用ACE技术研究交通经济的例证

1. 问题的描述。图4是一张简单交通系统的示意图。图中R是居民的居住区,T是城市中心。假设每天早上8:30到10:30之间有N辆自备车要



从 R 开往 T,其目的不外乎三:上班、购物或消闲。开车进城者有两个选择:他可以经由路线 a, b 到达小停车场 P<sub>1</sub>, 然后步行一段短路 W<sub>1</sub> 进城;他也可以经由路线 a, c 到达大停车场 P<sub>2</sub>, 然后乘公共汽车经由长路 W<sub>2</sub> 进城。虽然停车场 P<sub>1</sub> 可以不用转乘公交车,但问题是,小停车场容量有限,经常无泊车位。当开车者到达小停车场 P<sub>1</sub> 而发现无停车位时,也有两个选择:他可以经由路 d 开往大停车场 P<sub>2</sub>, 也可以等一等看有没有车离去。

我们试图研究的是下述措施的社会效益和最佳水平:

(1)在路口 S 设立一个 VMS 信号牌,当停车场 P<sub>1</sub> 客满时及时发出通知; VMS 信号牌能在多大程度上改善系统状况? 当停车场 P<sub>1</sub> 客满时才发出通知还是将近客满时(譬如说 90%客满)就发出通知?

(2)在停车场 P<sub>1</sub> 收费以改变供求关系;

此举能增进社会效益吗? 收费标准如何为好?

(3)对公交车票价进行津贴;

有没有社会效益? 水平应该如何?

2. 模型。要使计算经济学的研究结果有实际意义,我们必须用一系列的模型来尽可能逼真地描述交通系统的状况和使用者的交通行为。

首先我们必需给出“社会效益”的精确定义并将其定量化。我们定义:社会效益是个人“效用”(Utility)之和。我们的目标就是使个人的效用之和最大化,或者等价地,使个人成本(Cost)之和尽可能地最小化。

在本问题中个人成本(效用)是用下面这个函数来描述的:

$$U = t_d + \beta_q t_q + \beta_b b + \beta_{price} P + \beta_p \delta + \beta_i (T_a - PAT) \delta + \beta_e (PAT - T_a) (1 - \delta) \quad (1)$$

式中:U 是个人的总成本; t<sub>d</sub> 是驾车时间; t<sub>q</sub> 是停车场排队时间; b 是公交车车费; T<sub>a</sub> 是实际到达时间; PAT 是计划到达时间; P 是停车场收费;

$\beta_q > 0, \beta_b > 0, \beta_{price} > 0, \beta_i > 0, \beta_e > 0$  是换算系数(因人而异);

$\beta_p > 0$  是迟到引起的惩罚;迟到时  $\delta = 1$ , 否则为 0。

式(1)的直观意义是将开车者的各种“开支”通过换算综合起来(假定它们具有某种线性可加性)。请注意,式(1)省略了个人的下标 i: i=1, 2, ..., N。

接着,我们用 3 种 Agents 组成这个交通系统:

(1)价格和 Information Agents,代表 VMS 信号牌和停车场收费(记作 I);

(2)交通系统 Agents,描述道路和停车场状况(记作 N);

(3)旅行者 Agents,即每个车(记作 T)。

这个系统的每个 Agent 的信息将通过仿真及时进行传送和交换。

我们还需要确定道路状况模型、出发时间模型、道路选择模型、学习模型、人口特征分布、旅行目的分布等等,这里就不一一赘述了(韩小亮, 2004)。

3. 模拟结果。

(1)VMS 信号牌。我们设定：一开始所有旅行者除了道路长度之外不知道道路繁忙和停车场拥挤的任何信息。

图 5 的虚线显示：经过大约 20 天的“学习”和经验积累之后，旅行者们极大地优化了自己的时间安排和道路选择，从而使社会总成本维持在一个较低的水平上。

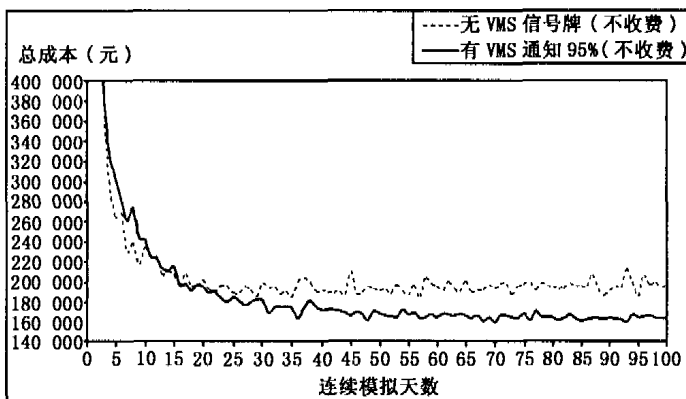


图 5 VMS 信号牌的作用

是设立 VMS 信号牌的结果(当小停车场 95%客满时该信号牌即报告客满)。经过更长一段时间的学习后社会总成本下降到更低的稳定水准上,说明了交通信息的社会效益。

当停车场真正客满时 VMS 显示牌才报告客满,则已经开过显示牌而尚未到停车场的车辆将无处可停。因此从直观上也可以看出 VMS 显示牌应较早报告客满为好。图 6 绘出了停车场在不同的占有程度时 VMS 显示牌即宣布“客满”的社会效益(我们计算的是当社会总成本水平“稳定”时的平均社会总成本)和它们的稳定程度(均方差)。可以看到,从停车场占有程度大约为 95%开始,VMS 显示牌的社会效益就大致是最优化的了。值得注意的是,当停车场 100%客满时 VMS 显示牌才报告客满,其社会效益反而不如没有 VMS 显示牌!这是因为这时不少人受到了 VMS 显示牌的误导。

(2) 停车场收费。图 7 显示的是停车场收费的社会效益。如果没有 VMS 显示牌,大约 11 元的收费可以使社会效益达到最大。而当有 VMS 显示牌时,3 元是最佳的收费水平,而且其社会总成本水平远低于无 VMS 显示牌时的最佳水平。

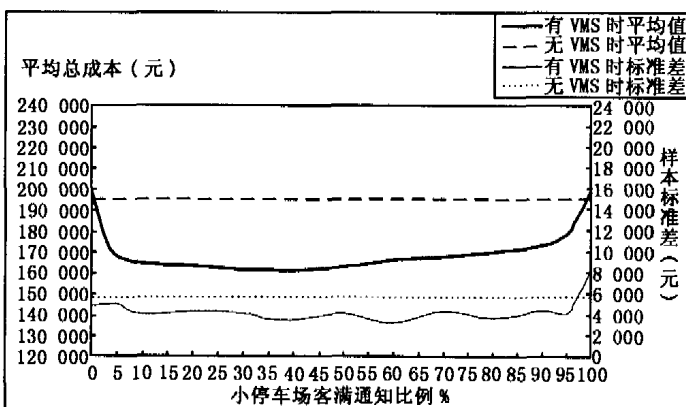


图 6 VMS 通知客满比例与社会总成本的关系

有意思的是当停车场收费逐渐增加时,VMS 显示牌的作用将逐渐消失

(从大约 7 元收费开始,图 7 中的两条线几乎没有差异了)。这是由于停车场的高价收费将使停车场的需求大量减少,其信息不起什么作用了。

(3) 公交津贴。

图 8 显示的是典型的公共交通津贴效应。在本例中我们的设置是从大停车场  $P_2$  进城的公交车收费 7 元,假设这就是公交车的商业运营成本。假如地方政府对此公交车按人次进行补贴,图 8 粗线绘出了

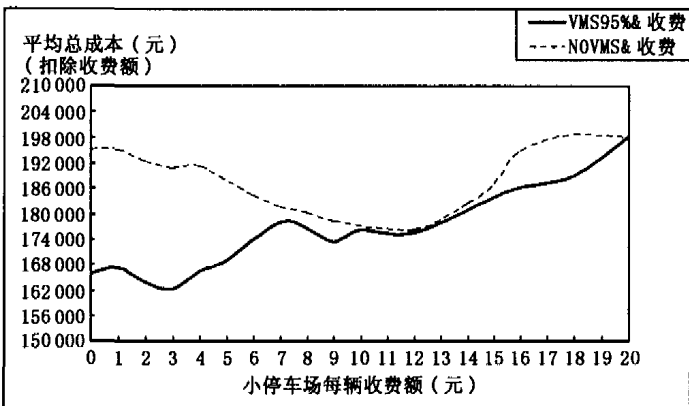


图 7 停车场收费与社会总成本的关系

不同补贴水平的平均社会总成本。可以看出,当每人每次补贴 4 元(即票价降为 3 元)时,这个措施的社会效益就已接近最佳了。需要强调的事实是:在停车场收费和 VMS 显示牌已是最佳水平时,公共交通津贴仍能进一步改善社会总收益(请注意,我们这里社会总成本的计算是包含政府津贴费用在内的)。

这里当然只是一个说明的例子(toy example),然而它的原则却可以很容易地推广到实际的复杂问题中去。只需要将一个交通系统适当地“做”出来,我们就可以让电脑去搜寻我们所需要的参数的数字解,或者评估某项措施的社会效益等等。

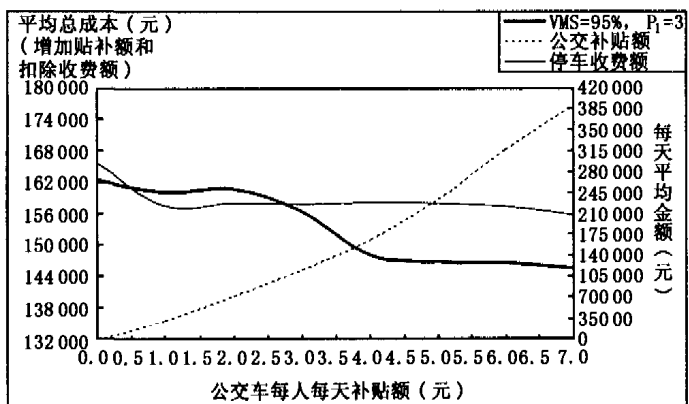


图 8 公交车补贴与社会总成本的关系

四、结论与启发

我们阐述了交通拥堵成因的交通经济学基本理论——拥堵定价理论,它告诉我们解决交通拥堵问题的基本原则是将“外生”的成本“内部化”(internalization)。但是要真正完全地实施这个原则却极其困难,因为在现阶段我们既缺乏精确估计外生成本的工具,也不具备实施这种收费的技术。可行的缓解交通拥堵的实际途径都或多或少地偏离了最优的经济学解决方案,我们

讨论了这些方法的作用和局限性。最后我们推荐了用计算经济学的方法研究交通拥堵的新思路,这种方法可以开拓解决复杂的交通拥堵问题的广阔空间。总之,交通拥堵是我国现代化进程中必须面对和解决的重大难题之一。一方面,探讨这个问题需要采用多学科的前沿研究成果;另一方面,解决这个问题也有赖于政府各部门的通力协调与合作。

**参考文献:**

- [1] Arnott R, de Palma A, Lindsey R. Economics of a bottleneck[J]. *Journal of Urban Economics*, 1993, 27: 11~30.
- [2] Bazzan A L C, Wahle J, Klugl F. Agent in traffic modelling from reactive to social behaviour[M]. *Advances in Artificial Intelligence, Lecture Notes in Artificial Intelligence*, Vol. 1701. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 1999.
- [3] Braid R M. Uniform versus peak-load pricing of a bottleneck with elastic demand[J]. *Journal of Urban Economics*, 1989, 26: 320~327.
- [4] Burmeister B, Doormann, J & Matylis G. Agent-oriented traffic simulation[R]. *Transactions of the Society for Computer Simulation International*, 14(2), June 1997.
- [5] Button K J, Verhoef E T. *Road Pricing, Traffic Congestion and the Environment*[M]. Edward Elgar, Cheltenham, UK, (1998).
- [6] De Borger B, Proost S. Edited reforming transport pricing in the European Union transport economics[M]. Edward Elgar, Cheltenham, UK, 2001.
- [7] Else P K. A reformulation of the theory of optimal congestion taxes[J]. *Journal of Transport Economics and Policy*, 1981, 15: 217~32.
- [8] Evans Alan W. Road congestion: The diagrammatic analysis[J]. *Journal of Political Economy*, 1992, 100(1): 211~217.
- [9] Evans, Andrew W. Road congestion pricing: When is it a good policy[J]. *Journal of Transport Economics and Policy*, 1992, 26: 213~243.
- [10] Henderson, J V. Road congestion: A reconsideration of pricing theory[J]. *Journal of Urban Economics*, 1974, 1: 346~365.
- [11] Henderson J V. The economics of staggered work hours[J]. *Journal of Urban Economics*, 1981, 9: 349~364.
- [12] Hills P. Road congestion pricing: When is it a good policy? a comment[J]. *Journal of Transport Economics and Policy*, 1993, 27: 91~99.
- [13] Knight F H. Some fallacies in the interpretation of social cost[J]. *Quarterly Journal of Economics*, 1924, 38: 582~606.
- [14] Klugl F, Bazzan A L C. Route decision behaviour in a commuting scenario: Simple heuristics adaptation and effect of traffic forecast[J]. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 2004, 7(1).
- [15] Laih C H. Queuing at a bottleneck with single and multi-step tolls[J]. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 1994, 28: 197~208.

- [16] Nash C A. A reformulation of the theory of optimal congestion taxes; A comment[J]. Journal of Transport Economics and Policy, 1982, 26: 295~299.
- [17] d'Ouille E L, McDonald J F. Optimal road capacity with a suboptimal congestion toll [J]. Journal of Urban Economics, 1990, 28: 34~49.
- [18] Pigou Arthur C. The economics of welfare[M]. London: Macmillan and Company, 1920.
- [19] Small K A. The scheduling of consumer activities; Work trips[J]. American Economics Review, 1982, 7: 467~479.
- [20] Small K A. Urban transportation economics[M]. Harwood Academic Publishers, 1992.
- [21] Vichrey, W S. Congestion theory and transport investment[J]. American Economic Review, 1969, 59 (Papers and Proceedings): 251~260.
- [22] Walters A A. The theory and measurement of private and social cost of highway congestion[J]. Econometrica, 1961, 29(4): 676~697.
- [23] Wardrop J. Sometheoretical aspects of road traffic research[J]. Proceedings of the Institute of Civil Engineers, 1952, 1(2): 325~378.
- [24] Wilson J D. Optimal road capacity in the presence of unpriced congestion[J]. Journal of Urban Economics, 1983, 13: 337~357.
- [25] 韩小亮, 邓祖新. 计算经济学与交通行为研究[J]. 财经研究, 2004, (7): 5~13.
- [26] 马祖琦. 伦敦中心区“交通拥堵收费政策”——背景、经验与启示[J]. 国外城市规划, 2004, 19(1): 42~46.

## The Economic Analysis of Traffic Congestions ——An Agent-based Computational Economics Approach

HAN Xiao-liang<sup>1</sup>, DENG Zu-Xin<sup>2</sup>

(1. Department of Statistics, Shanghai University of Finance and Economics, Shanghai 200433, China; 2. Department of Economic Information and Management, Shanghai University of Finance and Economics, Shanghai 200433, China)

**Abstract:** Traffic congestion, which is one of the hardest nuts to crack worldwide, has been a focus point of our society of big cities in China recently. Proceeding from the basic theory of transportation economics, this paper discusses the various methods and approaches to tackle the traffic congestion issues such as controlling demand, increasing supply, etc. This paper introduces the idea of ACE (Agent-based Computational Economics) approach and provides a toy example to show practical solutions to traffic problems for the reference of decision makers and researchers.

**Key words:** road pricing; parking pricing; telemetric; traffic management; Agent-based Computational Economics (责任编辑 许 柏)