

Lanchester 竞争模型及其在公共交通投资中的应用*

朱 萌^{1,2}, 汪 泓¹

(1. 上海交通大学安泰经管学院, 上海 200052;
2. 上海工程技术大学基础教学学院, 上海 201620)

摘 要: 把 Lanchester 竞争模型引入到公共交通的投资中, 定义了投资的效果函数, 在动态市场份额及动态市场规模的条件下, 讨论了政府对轨道交通与地面公交汽电车的最优投入策略, 并得到了最优投入分配比例。上海公共交通十二五规划要求坚持“公共交通优先”发展战略, 但是对公共交通的投入, 特别是对轨道交通与地面公交汽电车的投入规模与投入分配缺少明确的方案。通过分析政府对轨道交通与地面公交汽电车两类企业的投入分配方案, 以实现公共交通发展的预定目标, 同时评估既往资源分配的合理性也将有助于提升未来公共交通投入的绩效。

关键词: Bass 扩散过程; Lanchester 竞争模型; 效果函数; 公共交通

中图分类号: O29; F572 文献标志码: A 文章编号: 0529-6579(2014)06-0159-06

Applied Research on the Investment Allocation of Public Transit with Lanchester Competition Model

ZHU Meng^{1,2}, WANG Hong²

(1. Antai College, Economics & Management Shanghai Jiao Tong University,
Shanghai 200052, China;

2. School of Fundamental Studies, Shanghai University of Engineering and Science,
Shanghai 201620, China)

Abstract: The Lanchester competition model has been introduced to study public investment in urban mass transit and the effect function of investment has been defined. Under the conditions of dynamic market share and dynamic market scale, the optimal strategy of public investment between rail – transit and bus transit has been discussed, and thus the optimal allocation proportion of public investment has been derived. Although the preferential development strategy of urban mass transition is the purport of the Twelfth Five – year Plan for public transit in Shanghai, there hasn't been a concrete scheme of investment in public transportation, particularly with regard to the investment scale and the investment allocation between rail transit and bus transit. Through the analysis of the allocation schemes of investment by the government in the rail – transit and bus transit enterprises, the intended target of the development of public transportation is achieved. Meanwhile, the evaluation of the rationality of previous allocation of resources will also help improve the performance of public transport investment in the future.

Key words: Bass diffusion process; Lanchester competition model; effect function of investment; public transit

* 收稿日期: 2014-03-01

基金项目: 国家社会科学基金青年资助项目(13CRK006); 教育部人文社科资助项目(10YJA790054); 国家自然科学基金资助项目(11271248)

作者简介: 朱萌(1976年生), 男; 研究方向: 应用数学; E-mail: zoom0126@126.com

上海“十二五公共交通发展战略和目标”的指导思想是“坚持‘公共交通优先’发展战略,进一步提高公共交通设施供应水平、服务能力和运行效率,营造适度宽松、有序的乘车和候车环境,进一步降低市民公共交通出行成本占可支配收入的比例,不断增强公共交通吸引力,进一步提高节能减排水平,为广大市民提供符合国际大都市水平的公共交通服务。”而政府将“加大公共交通财政保障力度,将公共交通投入纳入公共财政预算体系,在现有公共交通政府投入体系下,研究完善政府长期扶持机制和政府购买服务制度。合理界定企业的公益性服务项目,促进公共交通行业可持续发展。”故而提高公共交通出行在市民出行中的比例,增加对公共交通的支出已经是势在必行。

上海市的公共交通包括轨道交通、地面公交汽电车、出租车和轮渡等四种形式。本文将集中对轨道交通和地面公交汽电车进行研究。一方面是因为市场份额,根据上海市综合交通 2008 至 2012 年的年度报告,上海公共交通日均客运量中轨道交通和地面公交汽电车在公共交通中所占比重从 2003 年的 73.1% 到 2011 年的 80.7%,两者占公共交通客运量已超过八成;另一方面是因为公共交通的社会属性,虽然公共交通有四种形式,但是轨道交通和地面公交汽电车与出租车系统相比较,更强调社会效益,两者更接近提供同质服务。

上海公共交通“十二五”规划中已明确要以公交优先,加大对公共交通的投入力度,并设定了未来轨道交通和地面公交汽电车的客运量分别占公共交通比例的预定目标。但是,对于轨道交通与地面公交汽电车两类企业的投入分配还未明确,即决策部门怎样在各种形式的公共交通之间分配资源。而这将对上海“十二五公共交通发展战略目标”的实现产生重要的影响,所以有必要分析政府对轨道交通与地面公交汽电车两类企业的投入分配方案,以实现公共交通发展的预定目标,同时评估既往资源分配的合理性也将有助于提升未来公共交通投入的绩效。

本文将采用 Bass 扩散过程和 Lanchester 竞争模型,讨论政府对轨道交通与地面公交汽电车两类企业的投入分配。早期, Bass 扩散过程被用于描述新产品的推广,然后被引申来刻画具有动态市场规模企业的市场份额变化。在上海实现公共交通发展与优化的过程中,轨道交通与地面公交汽电车占出行比例都将显著提升,所以采用 Bass 扩散过程来刻画未来的公共交通出行比例变动是可行的。

Lanchester 竞争模型是一个双寡头竞争模型。轨道交通与地面公交汽电车之间的选择是具有排他性的,即乘坐轨道交通时不可能同时乘坐地面公交汽电车,于是在统计出行次数时,用轨道交通出行次数与出行总数的比例,以及地面公交汽电车出行次数与出行总数的比例分别衡量两者的市场份额,这体现了轨道交通与地面公交汽电车对“市场份额”的竞争性。另一方面,虽然轨道交通和公共地面交通都属于公共交通,从服务的角度看,两者具有互补性,但它们对吸纳财政投入时是竞争的,也就是说,当政府对公共交通的预算确定后,两者间将是“零和博弈”。由于在公共交通中,轨道交通和地面公交汽电车所占比重超过八成,所以本文采用 Lanchester 模型来刻画轨道交通和地面公交汽电车在承接财政投入方面的竞争,取得了比较好的效果。

1 理论模型

1.1 扩散过程

Bass 扩散过程通常用于描述动态市场规模的变动特征。Bass 扩散过程由 Bass^[1] 提出。

假设 $q(t)$ 是 t 时刻一个产品的市场占有率, $Q(t)$ 是累积占有率,则 Bass 扩散过程可以用式 (1) 表示

$$q(t) \equiv dQ(t)/dt = [a + b(Q(t)/S)][S - Q(t)]; Q(0) = 0 \quad (1)$$

其中, a 为创新参数, b 为替代参数, S 为潜在市场规模。

1.2 投入资产模型构建

Lanchester 模型是一个微分博弈理论中的重要模型^[2],在动态市场份额时,用于研究双寡头市场的竞争。

由 Lanchester 模型,可得

$$\begin{aligned} \frac{ds_i(t)}{dt} = & -\rho_j(m_i, m_j) \sqrt{m_j(t)} s_i(t) + \\ & \rho_i(m_i, m_j) \sqrt{m_i(t)} [1 - s_i(t)], \\ & i, j = 1, 2; i \neq j \end{aligned} \quad (2)$$

其中, $s_i(t)$ 为企业 i 在 t 时刻的市场份额; $m_i(t)$ 为企业 i 在 t 时刻的投入; $\rho_i(m_i, m_j)$ 为对企业 i 的投资的效果函数,是企业 i 投入为 $m_i(t)$ 而竞争对手企业 j 的投入为 $m_j(t)$ 时的二元函数。

显然, $s_i(t) + s_j(t) = 1$ 。由式 (1) - (2), 可知

$$\frac{dq_i(t)}{dt} = q_i(t) \cdot$$

$$\left[(b - a) - 2b(Q(t)/S) - \rho_i(m_i, m_j)\sqrt{m_i(t)} - \rho_j(m_i, m_j)\sqrt{m_j(t)} \right] + q(t)\rho_i(m_i, m_j)\sqrt{m_i(t)},$$

$$q_i(0) = q_{i0} \quad (3)$$

其中, $q_i(t)$ 为企业 i 在 t 时刻的市场占有额。

由于 $q_i(t) + q_j(t) = q(t)$, 且 $s_i(t) = q_i(t)/q(t)$ 。可得

$$\frac{dq_i(t)}{dt} = s_i(t) [dq(t)/dt] + [\rho_i(m_i, m_j)\sqrt{m_i}q_j - \rho_j(m_i, m_j)\sqrt{m_j}q_i]$$

2 最优解和理论分析

设公交企业的收益函数

$$\max_{\{m_i(t)\}} \prod_i [m_1(t), m_2(t)] = \int_0^{\infty} [g_i q_i(t) - m_i(t)] e^{-\mu t} dt \quad (4)$$

其中, g_i 为公交企业 i 的单位边际效益^①; μ 为折现率。

由式 (3) - (4), 可得 Hamilton 函数

$$H_i = g_i q_i - m_i + \lambda_i \left\{ q_i \left[b - a - \frac{2b}{S} Q(t) - \rho_i(m_i, m_j)\sqrt{m_i} - \rho_j(m_i, m_j)\sqrt{m_j} \right] + q \rho_i(m_i, m_j)\sqrt{m_i} \right\} \quad (5)$$

由 Hamilton 方程的一阶条件可得

$$\frac{d\lambda_i(t)}{dt} = \mu \lambda_i(t) - \frac{\partial H_i}{\partial q_i} = \left[\mu - b + a + \frac{2b}{S} Q(t) + \rho_i(m_i, m_j)\sqrt{m_i} + \rho_j(m_i, m_j)\sqrt{m_j} \right] \lambda_i(t) - g_i \quad (6)$$

且

$$\frac{\partial H_i}{\partial m_i} = 0 \Rightarrow -1 + \lambda_i(q - q_i) \cdot \left(\frac{\partial \rho_i(m_i, m_j)}{\partial m_i} \sqrt{m_i} + \rho_i(m_i, m_j) \frac{1}{2\sqrt{m_i}} \right) - q_i \frac{\partial \rho_j(m_i, m_j)}{\partial m_i} \sqrt{m_j} = 0 \quad (7)$$

整理可得偏微分方程

$$\lambda_i(q - q_i) \cdot \left(\frac{\partial \rho_i(m_i, m_j)}{\partial m_i} \sqrt{m_i} + \rho_i(m_i, m_j) \frac{1}{2\sqrt{m_i}} \right) - q_i \frac{\partial \rho_j(m_i, m_j)}{\partial m_i} \sqrt{m_j} = 1 \quad (8)$$

一般情况下, 偏微分方程未必有解析解。所以, 只能根据投资的效果函数的性质去估计它的形式, 这

要求投资的效果函数 $\rho_i(m_i, m_j)$ 满足如下性质。

性质一 单调性, 即 $\frac{\partial \rho_i(m_i, m_j)}{\partial m_i} > 0$;

性质二 边际递减, 即 $\frac{\partial^2 \rho_i(m_i, m_j)}{\partial m_i^2} < 0$ 。

对于性质一而言, 当竞争对手的投入固定时, 随着己方投入的增加, 效益当然也应该是越来越大的, 所以要求效率函数是关于自己投入的增函数; 对于性质二而言, 当竞争对手的投入时, 虽然随着自己投入越来越大, 效率越来越大, 但是效率增加的幅度是越来越小。

故而, 本文构建投资的效果函数的形式如下

$$\rho_i(m_i, m_j) = c_1 \sqrt{m_i} - c_2 \sqrt{m_j}$$

$$\rho_j(m_i, m_j) = c_1 \sqrt{m_j} - c_2 \sqrt{m_i} \quad (9)$$

这里, c_1, c_2 是两个独立常数。

显然, $\rho_i(m_i, m_j)$ 满足性质一、二。由于 $m_i > 0$ 和 $m_j > 0$, 以及因为政府在公共交通每年的投入会有预算限制, 所以假设第 t 年政府公共交通的预算限制为 $L(t)$, 即 $m_i(t) + m_j(t) \leq L(t)$ 。

所以, 式 (8) 可以转换为

$$\lambda_i(q - q_i) \left[c_1 - \frac{c_2}{2\sqrt{m_i}} \sqrt{\frac{m_j}{m_i}} \right] + q_1 \frac{c_2}{2\sqrt{m_i}} \sqrt{\frac{m_j}{m_i}} = 1 \quad (10)$$

又因为 $m_i(t) + m_j(t) \leq L(t)$, 可得式 (10) 的解为

$$m_i^* = \frac{Lc_2^2 [q_i - \lambda_i(q - q_i)]^2}{c_2^2 [q_i - \lambda_i(q - q_i)]^2 + 4[1 - \lambda_i(q - q_i)c_1]^2} \quad (11)$$

3 案例研究

在引入投资的效果函数后, 本文将对上海市 2003 - 2011 年对轨道交通和地面交通的数据进行研究, 分析市场份额变化与财政投入分配方案的合理性。

3.1 估计参数 c_1, c_2

由方程 (2)

$$ds_i(t)/dt = -\rho_j(m_i, m_j)\sqrt{m_j(t)}s_i(t) + \rho_i(m_i, m_j)\sqrt{m_i(t)}[1 - s_i(t)] - (c_1\sqrt{m_j(t)} - c_2\sqrt{m_i(t)})\sqrt{m_j(t)}s_i(t) + (c_1\sqrt{m_i(t)} - c_2\sqrt{m_j(t)})\sqrt{m_i(t)}[1 - s_i(t)]$$

则

① 为方便起见, 这里暂不考虑投资成本。

$$\begin{aligned}
 & s_i(t) - s_i(t-1) = \\
 & - (c_1\sqrt{m_j(t)} - c_2\sqrt{m_i(t)})\sqrt{m_j(t)}s_i(t-1) + \\
 & (c_1\sqrt{m_i(t)} - c_2\sqrt{m_j(t)})\sqrt{m_i(t)}[1 - s_i(t-1)] = \\
 & ([1 - s_i(t-1)]m_i(t) - s_i(t-1)m_j(t))c_1 + \\
 & (s_i(t-1) - [1 - s_i(t-1)])\sqrt{m_i(t)m_j(t)}c_2
 \end{aligned} \tag{12}$$

由 2003 - 2011 年上海市公共交通年报数据, 可由回归计算得 $c_1 = 0.000\ 245$, $c_2 = -0.000\ 183$ 。见表 1。

表 1 Lanchester 模型参数的估计¹⁾

Table 1 Parameters estimation of Lanchester model

参数	c_1	c_2
系数估计	0.000 245	-0.000 183
(t -统计量)	(0.61)	(-2.764)

1) 模型的拟合优度 $R^2 = 0.951$

将 c_1, c_2 代入投资的效果函数, 可得

$$\rho_i(m_i, m_j) = 0.000\ 245\sqrt{m_i} + 0.000\ 183\sqrt{m_j}$$

值得注意的是 $\frac{\partial \rho_i(m_i, m_j)}{\partial m_j} > 0$, 这似乎与两者的竞争性不符合。但实际上, 虽然轨道交通与地面公交汽电车在争取财政投入时是竞争关系, 但由于轨道交通与地面公交汽电车同属公共交通业, 具有社会性的特点, 从服务角度考察, 两者提供的服务具有一定程度的互补性。所以, 从投资效果看, 两者是互相促进的, 即 m_i 与 m_j 是此消彼长的竞争关系, 但对投资效率 $\rho_i(m_i, m_j)$ 而言, 两者则是具有互补性的。

3.2 估计 Bass 扩散过程的参数

由 Erickson^[3]的方法, 可估计 Bass 扩散过程的参数。当 $i, j = 1, 2; i \neq j$, 最优投入策略蕴含着下列方程

$$\begin{aligned}
 & g_i q_i(t) + m_i(t) - 2\left(\frac{\rho_j}{\rho_i} \frac{q_i}{q_j}\right)\sqrt{m_i(t)}\sqrt{m_j(t)} + \\
 & 2\frac{1}{\rho_i} \frac{q_i}{q_j} \sqrt{m_i(t)}\left(b - a - 2b\frac{Q(t)}{S}\right) = \\
 & 2\mu \int \frac{q_i \frac{\partial \rho_j}{\partial m_i} \sqrt{m_j} + 1}{(q(t) - q_i(t))\left(\frac{\partial \rho_i}{\partial m_i} \sqrt{m_i} + \rho_i \frac{1}{2\sqrt{m_i}}\right)} dq_i + d_i
 \end{aligned} \tag{13}$$

这里 d_i 是任意的常数。

明显的, 对一般的正的折现率 $\mu (\mu > 0)$, 方

程 (13) 没有解。而在零折现率下, 方程 (13) 有一个闭环解^[1-4]。采用与 Dung Nguyen 等^[5]相似的方法。在零折现率假设下, 当 $i, j = 1, 2; i \neq j$, 有

$$\begin{aligned}
 & g_i q_i(t) + m_i(t) - 2\left(\frac{\rho_j}{\rho_i} \frac{q_i}{q_j}\right)\sqrt{m_i(t)}\sqrt{m_j(t)} + \\
 & 2\frac{1}{\rho_i} \frac{q_i}{q_j} \sqrt{m_i(t)}\left(b - a - 2b\frac{Q(t)}{S}\right) - d_i = \xi_i
 \end{aligned} \tag{14}$$

这里 ξ_i 是随机误差, 假设它是独立的且服从正态分布。首先, 我们估计参数 S, a 和 b 。我们直接的用线性回归去估计参数。因为我们只求得 $b - a$ 和 $\frac{2b}{S}$, 所以我们把它看作一个整体, 即令 $k_1 = b - a$;

$k_2 = \frac{2b}{S}, k_3 = aS$ 。见表 2。

将 k_1, k_2, k_3 代入式 (2), 可得

$$\begin{aligned}
 & q(t) = aS + (b - a)Q(t) - \frac{b}{S}Q^2(t) = \\
 & k_3 + k_1Q(t) - k_2\frac{1}{2}Q^2(t)
 \end{aligned}$$

表 2 Bass 模型参数的估计¹⁾

Table 2 Parameters estimation of bass diffusion process

参数	k_1	k_2	k_3
估计值	-0.038 663	-0.000 029	949.34
(t -统计量)	(-2.437)	(-6.793)	(38.804)

1) 模型的拟合优度 $R^2 = 0.993$

将上面的参数代入方程 (13), 可估计 g_i 和 d_i 。

$$\begin{aligned}
 & g_i q_i(t) + m_i(t) - 2\left(\frac{\rho_j}{\rho_i} \frac{q_i}{q_j}\right)\sqrt{m_i(t)}\sqrt{m_j(t)} + \\
 & 2\frac{1}{\rho_i} \frac{q_i}{q_j} \sqrt{m_i(t)}\left(b - a - 2b\frac{Q(t)}{S}\right) - d_i = \xi_i
 \end{aligned}$$

得到与 Dung Nguyen 等^[5]相似的结论, d_1 和 d_2 为零。见表 3。

表 3 其他参数的估计¹⁾

Table 3 Other Parameters Estimation

参数	g_1	g_2
估计值	-1.173 8	-0.080 3
(t -统计量)	(-7.817)	(-0.721)

1) 模型的拟合优度 $R^2 = 0.92$

3.3 最优投资闭环解

在动态市场下比较轨道与地面公交汽电车的最佳投资闭环解和实际支出情况, 如图 1 所示。

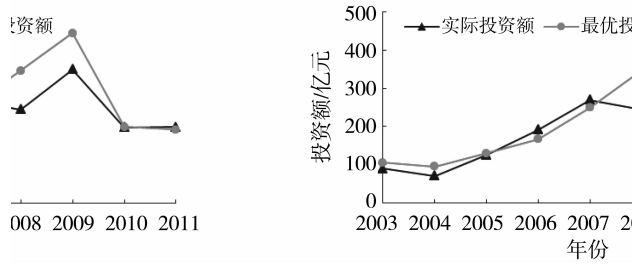


图 1 动态市场条件下轨道交通
实际投入与最优投入的对比

Fig. 1 The comparison of optimal and real investment
of the rail system under dynamic market scale

从图 1 中可以看到，在前期闭环解比较符合实际情况。就地面公交汽电车而言，也有类似的结果，如图 2 所示。

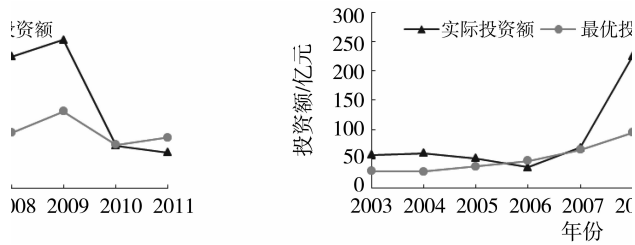


图 2 动态市场条件下的地面公交汽
电车实际投入与最优投入的对比

Fig. 2 The comparison of optimal and real investment
of the bus system under dynamic market scale

从图 2 中可以看到，大部分情况下，对地面公交汽电车的最优投资都在实际投资之下。

综合图 1 与图 2，可知，在前期，轨道交通的投入是比较符合最优投入策略的，而在后期（2007 年后），轨道交通的投入明显不足。与此同时，在大部分时期内，地面公交汽电车的投入是比较符合最优投入策略的，但在 2008 年和 2009 年两年中，对地面公交汽电车的投入明显过度。实际上从上海市综合交通年度数据上就可以明显看到，从 2003 年以来，地面公交汽电车的出行次数一直都没有发生太大变化，日均客运量都在 700 万人次左右。

当然，这里有一个非常重要的原因。我们对地面公交汽电车投资的统计是源于 2008 至 2012 年《上海市综合交通年度报告》^[6]，年报中对地面公交汽电车投资的项目有：城市道路、桥、隧道和公路。虽然我们在统计对地面公交汽电车投资时，只统计了对城市道路的投资，但实际上，这些对城市

道路的投资不仅仅只是地面公交汽电车在使用，而是各种地面交通都在使用，从这个角度上去说，对地面公交汽电车最优投入应该比我们得到的最优投入要高。

总的来说，虽然对地面公交汽电车最优投入应该比得到的最优投入要高，但是结合图 1 的结论，我们认为优先发展轨道交通将更能体现公交优先。

3.4 最优投资分配比例

由上文分析可知，由于对城市道路的投资不仅仅只是地面公交汽电车在使用，还包括其他的各种地面交通，所以本文将对轨道交通的最优投资的闭环解，测算最优投资分配比例，见表 4。

表 4 最优投资分配比例

Table 4 The optimal investment proportion

年份	轨道交通的最优投资 / 亿元	轨道交通投资 占总投资的最优 分配比例/%	轨道交通投资 占总投资的实际 分配比例/%
2003	105.67	78.42	61.43
2004	95.61	77.41	54.27
2005	129.81	77.94	71.22
2006	166.92	78.33	84.46
2007	249.73	79.22	79.57
2008	346.44	78.60	52.13
2009	444.67	77.20	58.06
2010	199.86	72.94	73.27
2011	192.19	68.88	76.58

轨道交通的投入分配比例的变化如图 3 所示

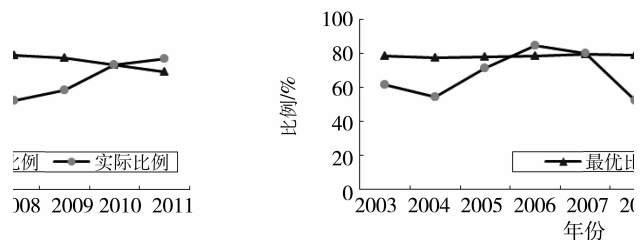


图 3 轨道交通投入分配的
最优比例与实际比例对比

Fig. 3 The comparison of the optimal and
real investment proportion in the rail system

图 3 说明在大部分年份中，财政资金对轨道交通的投入低于最优投资比例。因此，加大对轨道交通的投入是有必要的。

当然，因为随着时间延续，公共交通占出行的比例会逐步稳定，且轨道交通和地面公交汽电车所占比例也会逐步稳定。假设轨道交通和地面公交汽

电车所占市场份额比为 c_0 , 即 $c_0 = \frac{q_1}{q_2}$ 。这时, 因为

$\frac{ds}{dt} = 0$, 由式 (2) 与式 (9) 可得

$$\begin{aligned} \rho_i(m_i, m_j)\sqrt{m_i}q_j - \rho_j(m_i, m_j)\sqrt{m_j}q_i = \\ (c_1\sqrt{m_i} - c_2\sqrt{m_j})\sqrt{m_i}q_j - \\ (c_1\sqrt{m_j} - c_2\sqrt{m_i})\sqrt{m_j}q_i = 0 \end{aligned} \quad (15)$$

又 $c_0 = \frac{q_1}{q_2}$, 可得

$$\frac{m_1(t)}{m_2(t)} = \left[\frac{(c_2 - c_0c_2) + \sqrt{(c_2 - c_0c_2)^2 + 4c_0c_1^2}}{2c_1} \right]^2 \quad (16)$$

上海交通发展白皮书中, 轨道交通的发展目标是“远期, 轨道交通将成为公共交通的主体, 客运量再翻两番, 达到 1 200 万乘次/日, 轨道交通和公共汽、电车的日客运量各占一半”。上海市城市公共交通“十二五”规划中明确指出上海公共交通发展目标是“公共交通出行比重 (指使用公共交通方式的出行次数占所有使用交通工具的出行次数的比例) 和客运量结构目标: 中心城公共交通出行比重达 50%, 中心城轨道交通客运量占公共交通客运量的比重达 50% 左右。”另外, 上海公共交通日均客运量中轨道交通和地面公交汽电车在公共交通中所占比重从 2003 年的 73.1% 到 2011 年的 80.7%, 如果预测远期, 轨道交通和地面公交汽电车在公共交通中所占比重将达到 85%, 则 $c_0 = 10/7$, 在长期 $m_1(t) = 1.87 m_2(t)$, 即对轨道交通的最优投资分配比例为 65%。

4 结 论

本文在引入投资的效果函数后, 讨论了动态市场规模和动态市场份额条件下公共交通的最优投入分配, 主要结论包括:

1) 依据公共交通发展的不同阶段投入效果来制定公共交通投资规划

由投资的效果函数可知, 在闭环条件下, 当竞争对手的投入费用固定时, 随着己方投入的增加, 己方的投资效率是越来越高, 也就是己方投资效率与自身的投入正相关。由于公共交通业的特殊行业

属性, 无论是对轨道交通还是对地面汽电车增加投入, 都对两者效益提升发挥推动作用, 只是两者效率增加幅度不一样而已。这符合采用公共交通出行的实际情况, 当出行距离较长时, 人们通常选择搭配使用轨道交通和地面公交汽电车, 因而对轨道交通或是对地面汽电车增加投入都将改善人们的出行状况。

目前, 由于轨道交通的客运量占比小于地面公交汽电车的占比。根据上海市城市公共交通“十二五”规划目标, 未来轨道交通的客运量的比例会占公共交通客运量一半, 因此, 现阶段应该提高轨道交通投入占比。

2) 基于收益最大化的最优投资策略

当实际投入超过最优投入时, 闭环下虽然会使己方的市场份额提高, 但是总收益将降低。所以, 虽然现阶段需要增加对轨道交通的投入, 但不宜超过最优投资比例, 否则公共交通 (轨道交通的) 总收益会降低。

3) 政府决策者选择最优投入策略提供依据

本文测算的最优投入分配比例可为政府决策者提供最优投入策略选择依据, 还可为财政投入绩效评估提供支持。

参考文献:

- [1] BASS F M. A new product growth model for consumer durables [J]. *Management Sci*, 1969, 15: 215 - 227.
- [2] CASE J H. *Economics and the competitive process* [M]. New York: New York University Press, 1979.
- [3] ERICKSON G M. Empirical analysis of closed-loop duopoly advertising strategies [J]. *Management Sci*, 1992, 38(12): 1732 - 1749.
- [4] CHINTAGUNTA P K, VILCASSIM N J. An empirical investigation of advertising strategies in a dynamic duopoly [J]. *Management Sci*, 1992, 38(9): 1230 - 1244.
- [5] DUNG NGUYEN, LEI S. Competitive advertising strategies and market-size dynamics: a research note on theory and evidence [J]. *Management Sci*, 2006, 52(6): 965 - 973.
- [6] 上海市城市综合交通规划研究所. 《上海市综合交通年度报告》[R]. 交通与运输, 2008 - 2012 年.