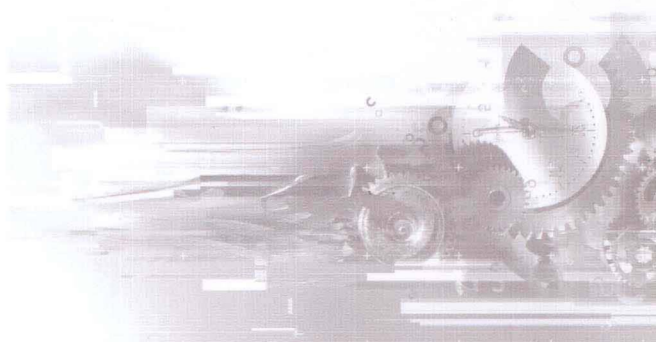


南京大学工程管理学院文库

城市交通流系统分析与优化

徐红利 著



要缓解城市交通拥堵

需要建立在对出行决策行为的客观的、
符合实际的假设基础上

研究城市交通流的静态分布形态与动态演化规律

探索缓解交通拥堵的拥挤收费策略

在考虑有限理性的出行决策规则与交通流分布规律
研究等方面

为读者提供一种新的分析范式以及可供借鉴的研究
结论



南京大学出版社

南京大学工程管理学院文库

城市交通流系统分析与优化

徐红利 著



南京大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

城市交通流系统分析与优化 / 徐红利著. — 南京 :
南京大学出版社, 2013. 11

(南京大学工程管理学院文库)

ISBN 978 - 7 - 305 - 12422 - 8

I. ①城… II. ①徐… III. ①城市交通—交通流—系
统分析②城市交通—交通流—系统优化 IV. ①U491.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 266462 号

出版发行 南京大学出版社
社 址 南京市汉口路 22 号 邮 编 210093
网 址 <http://www.NjupCo.com>
出 版 人 左 健

丛 书 名 南京大学工程管理学院文库
书 名 城市交通流系统分析与优化
著 者 徐红利
责任编辑 惠 雪 吴 华 编辑热线 025 - 83594087

照 排 南京南琳图文制作有限公司
印 刷 宜兴市盛世文化印刷有限公司
开 本 710×1000 1/16 印张 11.5 字数 183 千
版 次 2013 年 11 月第 1 版 2013 年 11 月第 1 次印刷
ISBN 978 - 7 - 305 - 12422 - 8
定 价 35.00 元

发行热线 025 - 83594756
电子邮箱 Press@NjupCo.com
Sales@NjupCo.com(市场部)

* 版权所有, 侵权必究

* 凡购买南大版图书, 如有印装质量问题, 请与所购
图书销售部门联系调换

南京大学工程管理学院文库

编委会

主 任 盛昭瀚

副主任 李心丹

委 员 李心丹 钱志新 周 晶 张旭革

周献中 沈厚才 肖条军 周跃进

朱华桂

前 言

城市交通拥堵是作为交通需求结果的交通流在特定时间、空间上所表现出的一种流量分布状态,其形成原因的表象是交通供给跟不上交通需求的供需结构性矛盾,更深层次的原因则是交通供给的刚性与需求的柔性所产生的矛盾,即交通供给与需求在出行方式、时间、空间等方面的耦合性矛盾(周晶,2007)。实践表明,在增加交通供给的同时,大规模的交通基础设施建设也可能刺激城市交通需求的增长,但不能达到缓解交通拥堵的目的(张国伍,2007)。例如,北京在“八五”至“九五”期间,以 82% 的交通投资修建城市道路、18% 的交通投资发展公共交通,这种投资结构极大地刺激了小汽车需求的增长,进而扩大了总的交通需求,给交通系统带来更大的压力。因此,解决城市交通拥堵问题需要双管齐下,一方面需要在有限的资源条件下有效地增加交通供给,另一方面需要通过建立合理的机制缓解交通供给与需求之间的耦合性矛盾。

出行者是交通出行的主体,其选择决策决定了城市交通流的分布形态。因此,要缓解交通需求与供给的耦合性矛盾,在已有的交通网络中合理地引导交通流,或者在已知交通流分布规律的情况下,考虑出行者对交通环境的适应性,进而对交通网络结构进行优化,使两者保持耦合性平衡,需要建立在对出行者的出行选择决策行为的客观、符合实际的假设基础上。综观国内外关于城市交通问题的研究,出行选择方面的研究结论大部分都建立在出行者绝对理性的假设基础上,即面临决策时总是有清晰的问题、明确的目标、无限的认识能力、明确稳定的偏好等等。经典的 Wardrop 均衡原理也是基于这样的假设得到的,而随后的包括交通分配、交通规划、道路拥挤收费等在内的大部分城市交通研究,都是以出行者的绝对理性和无偏好差异为假设基础的。然而,赫伯特·西蒙(Herbert Alexander Simon)等认为,人的行为“意欲合理,但只能有限达到”。

随着行为决策科学的发展和实践,关于人的有限理性的假设得到越来越

越多的研究者的认同。2002 年度诺贝尔经济学奖颁发给 2 位实验经济学家 Kahneman 和 Smith。其中, Kahneman 和 Tversky(1979)的主要贡献是在大量实验研究基础上对人的有限理性进行总结和归纳,正式对传统经济学的绝对理性假设提出质疑,同时为行为决策研究奠定理论基础。在社会科学领域,如经济、金融、管理、社会学、心理学等,很多理论研究都是建立在关于个体行为的假设之上,研究的结论科学与否在很大程度上取决于关于个体行为的假设是否合理。迄今为止,基于有限理性假设的行为经济、行为金融等领域方兴未艾,许多学者研究了有限理性下的个体决策行为。在交通领域,也有学者通过实证分析揭示了出行者的有限理性特征(例如, Mahmassani, et al., 1985; Fujii, et al, 2000; Bonsall, 2000; Avineri, 2006; 张杨等, 2007)。城市交通理论研究也需要借鉴行为决策领域的研究成果,探悉符合客观实际的出行行为机理,完善出行者行为假设,进而研究交通流形成与演化规律,为交通管理与控制提供理论支撑。

本书基于行为决策领域的理论成果,以及问卷调查、实证分析、数理统计等方法,自下而上从微观个体的出行行为出发,继而研究中观的出行决策规则,然后探讨城市交通系统的宏观交通流量分布和演化规律,并在考虑出行者有限理性的拥挤收费方面进行相关探索。作者期望在有限理性的出行决策规则与交通流分布规律等方面,为读者提供一种新的分析范式以及可供借鉴的研究思路。

本书的部分研究工作是徐红利博士在攻读博士学位期间完成的,得到了南京大学周晶教授和佛罗里达大学殷亚峰博士的指导,在此对他们表示最诚挚的感谢! 于新莲、龚建参与了本书第 8 章和第 10 章的部分编写工作,在此表示感谢! 本书的出版得到国家自然科学基金项目的资助(编号: 71201078, 71228101, 71371094)。

在写作过程中,作者结合自身的学习与研究经验,力求陈述逻辑清晰、文字表达简单易懂。由于作者学识有限,书中定会存在有失偏颇之处,敬请各位读者指正。

目 录

前 言	1
第 1 章 有限理性与行为决策概述	1
1.1 有限理性的内涵	1
1.1.1 什么是有限理性	1
1.1.2 有限理性假设的理论意义	5
1.2 基于有限理性的决策科学——行为决策	5
1.2.1 行为决策科学的发展	5
1.2.2 考虑有限理性的决策框架	6
1.3 行为决策在交通研究中的意义	11
第 2 章 交通均衡理论与模型	14
2.1 符号	14
2.2 交通均衡的定义与数学模型	16
2.2.1 用户最优均衡	16
2.2.2 随机用户最优均衡	18
2.2.3 系统最优均衡	20
2.2.4 交通流 Day-to-day 动态演化均衡	20
2.3 交通均衡模型的解	21
2.3.1 交通均衡模型解的性质	21
2.3.2 交通均衡模型求解算法	23
第 3 章 考虑有限理性的出行者行为分析	26
3.1 出行行为的内涵与研究意义	26
3.2 出行行为过程与影响因素	27
3.3 基于个体行为模型的出行决策机理	32
3.4 结论	36

第4章 不确定情境下的路径选择决策规则分析与实证	38
4.1 路径选择决策行为分析	38
4.2 出行路径选择决策规则的实证分析	40
4.2.1 基于期望效用理论的路径选择决策分析	41
4.2.2 基于累积前景理论的出行者路径选择决策分析	42
4.3 有限理性假设下的出行路径选择框架	45
4.4 出行效用度量体系与参数估计	46
4.4.1 情景问题与调研结果	46
4.4.2 调研结果分析与参数估计	48
4.4.3 效用度量体系的验证	49
4.5 结论	51
第5章 不确定情境下的路径选择与内生参考点取值	53
5.1 参考点研究概述与研究意义	53
5.2 参考点的现实意义与影响因素	54
5.3 参考点的确定方法与实证分析	55
5.3.1 不确定情境下参考点取值的影响因素	56
5.3.2 参考点取值的确定方法	57
5.4 风险、风险态度与风险态度水平	59
5.5 基于问卷调查的出行者风险态度水平衡量	60
5.6 出行者风险态度水平影响因素分析	64
5.7 考虑参考点依赖的路径选择决策	65
5.8 结论	66
第6章 随机网络用户最优均衡模型与算法	67
6.1 随机网络用户最优均衡研究概述	67
6.2 符号与假设	68
6.3 基于累积前景理论的路径选择决策分析	69
6.4 基于CPT的用户最优均衡模型与算法	71
6.4.1 用户最优均衡条件与等价的变分不等式	71
6.4.2 CPT-UE模型的一般性	74
6.4.3 CPT-UE求解算法	75
6.5 CPT-UE模型的扩展与算例	76

6.5.1 单用户一般随机网络 CPT-UE 模型	76
6.5.2 单用户随机弹性需求 CPT-UE 模型	78
6.5.3 多用户随机交通需求 CPT-UE 模型	82
6.5.4 多用户一般随机网络 CPT-UE 模型	84
6.6 CPT-UE 下的系统运营效率	91
6.7 结论	94
第 7 章 随机网络拥挤收费策略	96
7.1 交通拥挤收费的研究意义	96
7.2 符号与假设	98
7.3 考虑出行者能力的路径选择决策	99
7.4 考虑出行者能力的拥挤收费模型	101
7.5 拥挤收费模型算法与算例	103
7.5.1 算法	103
7.5.2 算例	103
7.6 基于出行行为分析的交通管理策略	105
7.6.1 基于出行行为过程分析的交通管理策略	105
7.6.2 基于个体行为模型的交通管理策略	107
7.7 结论	109
第 8 章 考虑拥挤收费的确定性网络交通流分配	110
8.1 确定性网络中的参考点依赖特征与拥挤收费	110
8.2 符号与假设	111
8.3 考虑参考点依赖的路径选择决策	112
8.4 考虑参考点依赖的交通分配模型与算法	113
8.4.1 模型的建立	113
8.4.2 算法	114
8.5 算例	115
8.5.1 传统边际成本收费下的流量分布	116
8.5.2 考虑参考点依赖的流量分布	116
8.6 结论	120
第 9 章 城市交通流 Day-to-day 动态演化模型	121
9.1 交通流动态演化研究概述	121

9.1.1	根据研究的范式分类	122
9.1.2	根据研究方法分类	124
9.1.3	根据随机要素分类	125
9.2	符号与假设	126
9.3	出行成本学习与出行选择决策更新	126
9.3.1	确定性网络中的学习与选择更新	126
9.3.2	随机网络中的学习与选择更新	128
9.4	交通流 Day-to-day 动态演化模型	131
9.4.1	确定性网络中的动态演化模型	131
9.4.2	随机网络考虑可靠性诱导信息的动态演化模型	132
9.5	算例	132
9.5.1	算例 1——确定性网络的情景	133
9.5.2	算例 2——随机网络的情景	138
9.6	结论	143
第 10 章	考虑决策规则异质性的交通流 Day-to-day 动态演化模型 ..	144
10.1	出行者异质性的概述	144
10.2	符号与假设	147
10.3	出行成本学习与出行选择更新	148
10.3.1	出行成本学习过程	148
10.3.2	出行路径选择更新过程	149
10.3.2.1	不使用 RPSS 系统的选择更新	149
10.3.2.2	使用 RPSS 系统的选择更新	149
10.4	交通流 Day-to-day 动态演化模型及其性质	150
10.5	算例	151
10.6	结论	154
第 11 章	总结	155
参考文献		158
索引		172

第1章 有限理性与行为决策概述

由于土地资源的有限性,任何城市都无法通过单方面的交通基础设施建设来满足未来长时间内不断增长的交通需求,缓解城市交通拥堵越来越依赖于交通管理与控制。交通管控措施的实质是通过其导向作用,促进出行者选择行为的变更,引导出行者的行为向着提高交通系统运营效率的方向发展。现有的关于管理策略的研究通常建立在关于交通流分配的假设基础之上,而交通流分配研究则主要以规范性研究为主,较少考虑具体的出行情景、出行者自身的行为特征,以及出行者之间的信息与观念沟通,因此具有一定的盲目性。以拥挤收费为例,虽然理论界已经形成完整的学术体系,但是目前拥挤收费的实施仅限于新加坡、伦敦和斯德哥尔摩等少数城市。造成这种现象的原因之一在于理论研究关于出行者行为的假设与现实之间存在一定程度的背离,因此很难达到预期的效果。

近年来,随着行为科学的兴起和仿真技术的快速发展,一方面提示微观假设在规范性研究中的重要性,另一方面也为出行行为研究以及基于出行行为假设的交通系统分析提供了可借鉴的思路与方法。本章将介绍行为科学领域的一些观点和理论成果,以及这些成果在交通系统分析中可能的应用。

1.1 有限理性的内涵

1.1.1 什么是有限理性

西蒙在研究决策问题时提出了“有限理性”的概念,认为人的行为“意欲合理,但只能有限达到”。迄今为止,理论界还没有形成关于“有限理性”的确切定义。研究者在提及有限理性时,通常指向以下某个或几个方面:

(1) 人们面临的是一个复杂的、不确定的世界,知识、想象力和对信息的处

理能力都是有限的;(2) 由于认知能力的限制以及心理因素的影响,人们对事物的认识是不全面的,主观认识与客观存在之间可能存在偏差;(3) 在进行选择决策时,由于对信息的处理能力或者计算能力的限制,人们无法提前获知所有的可选“方案”或者“策略”;(4) 受心理、思维模式等的影响,个体在进行决策时,选择的并不一定是最优方案,可能是自己满意的方案,或者多个满意方案中的一个;(5) 在风险型决策中,除了经济利益,个体的风险态度也会对决策结果产生很大影响。

事实上,“有限理性”是相对“绝对理性”而言的,基于绝对理性的决策研究假设主体具有内在一致的偏好体系,总是完全了解有哪些备选方案,并能在所面临的备选方案中做出正确抉择,而不受任何复杂要素的限制。这种绝对理性可能会存在于一些简单的决策中,如具有确定性的问题、明确的目标、客观的评价机制,同时决策者能够获得准确的信息,并拥有无限的、可用于加工信息的资源。但是,现实中很多决策都不具备这些苛刻的条件,决策的合理性必须考虑人的基本生理限制,以及由此而引起的认知限制、动机限制等因素。基于生物进化的“生态理性”也认为人是有限理性的(西蒙,1989):生物进化使人们的思维过程具备了最小思维成本和最快反应方式的特点,决策主体在获得合理信息的情况下对决策结果做出快速判断,由于这种决策行为具有快速选择的倾向和节约心智资源的倾向,偏好于以最小的心智成本获得最大的决策收益,所以往往表现出有限理性。

关于人类理性与否这一问题,不同阶段的研究者也有不同的认识。20世纪50年代,冯·纽曼、摩根斯坦以及萨维奇等学者在继承18世纪数学家丹尼尔·伯努利关于“圣·彼得堡”悖论解答的基础上,建立了不确定条件下分析理性人的选择框架,即期望效用理论。该框架后来成为分析理性人决策的基础。在早期研究所采用的极其简单的决策环境下,人们的行为似乎符合期望效用理论。但是,即使是在决策环境中引进少量的复杂因素,实际行为与期望效用理论的预见之间就会出现种种背离,例如著名的“阿莱斯悖论”。以路径选择决策为例,近年来研究者提出了多种决策规则(如:最熟悉路径规则、最小后悔值规则、最大前景值规则、最少预留时间规则、最少溢出时间规则、可接受路径规则,等等),为何这些决策规则在一定程度上都得到认可?在传统的“绝对理性”的分析范式下,出行者具有统一的(出行者之间无差异)、内在一致(不随外界环境变化)的偏好,这样就否定了多种决

策规则的共存,也就无法解释上述现象。

为了解释这些背离现象,一些研究者将认知心理学的研究成果应用于个体行为的分析,开辟了一个新的研究领域——行为决策科学。随着对人类心理、思维模式以及认知能力研究的逐步深入,行为决策科学认为人确实都期望自己的收益最大化,所以都是主观理性的。但是,受个人认知能力和水平、复杂的心理状态、信息的可得性、环境变化等因素的影响,往往无法做出能使自己收益最大化的决策,也就是无法做到绝对理性,所以客观上都是有限理性的,即西蒙提出的介于绝对理性与非理性之间的一种有限理性状态。基于“有限理性”的分析范式重视环境和个体特征的差异,可以允许不同决策规则共存。

诺贝尔经济学奖获得者 Kahneman 教授在其获奖演说中着重提到了芝加哥大学奚恺元教授的经典心理学实验——“餐具实验”,用以说明人的理性是有限的。这项实验的主要内容是询问人们对于 2 套餐具价值的判断:

一家家具店在清仓,有 2 套餐具,其中一套有 24 件,每件都是完好的。你愿意支付多少钱购买这套餐具呢? 另一套餐具有 40 件,这 40 件中的 24 件和刚刚提到的完全相同,而且也是完好的,此外这套餐具还有 8 个杯子和 8 个茶托,其中 2 个杯子和 7 个茶托都已经破损了。你愿意支付多少钱购买这套餐具呢?

实验结果显示:在不知道还有另一套餐具的情况下分别作判断,人们愿意为第一套餐具支付 33 美元,却只愿意为第二套餐具支付 24 美元。

传统经济学认为,人们都是根据商品的实际价值作判断的。这个例子中,第二套餐具比第一套多出了 6 个好的杯子和 1 个好的茶托,按照传统经济学的假设,人们愿意为第二套餐具支付的钱应该比第一套多;然而,实验结果并不如此。这说明,到底 24 件和 31 件(9 件不计在内)是算多算少,如果不互相比照是很难判断的。在分别评价中,餐具是完好无缺还是已经破损是很容易判断的,因此人们依据容易判断的线索作出决策。

在上述实验中,如果将 2 套餐具放在一起,人们将会作出更合理的评价。在得知第一套餐具存在的情况下,当然会为第二套餐具支付更多(至少相等)。这并不是因为人们变得理性,而是因为参照点效应的存在。在现实生活中,当我们面对购房、投资等决策时,通常会向朋友、同事等询问投资经验,以判断自己的决策是否合理,这些也是典型的参照点依赖现象。这种现

象的存在,说明很多情况下人们并不是根据商品的实际价值作出判断的,即传统经济学关于个体行为的假设并不合理。

随着行为决策科学的发展和实践,关于人的有限理性的假设得到越来越多的研究者的认同。2002 年度诺贝尔经济学奖颁发给 2 位实验经济学家 Daniel Kahneman(丹尼尔·卡恩曼)和 Vernon L. Smith(弗农·史密斯)。其中,Kahneman 是普林斯顿大学的心理学家,也是行为决策科学的创始人之一,他的一个重要贡献是与 Amos Tversky(阿莫斯·特维斯基)一起,在大量实验研究的基础上对人的有限理性进行总结和归纳,提炼了 3 条基本特征:(1) 人们在评价某一结果的效用时,相对结果本身而言,通常对其相对于一个参考水平的偏离程度更敏感;(2) 人们对损失的规避程度往往大于对相同收益的偏好程度;(3) 由于信息处理能力的限制,人们无法准确评估事件的不确定性,从而过于重视极端的小概率事件,而忽视较常见的大概率事件(Dawney and Shah,2005)。Kahneman 和 Tversky 进一步提出了描述人们决策行为的框架,包括确定性情景下的参考点依赖理论(riskless reference-dependent theory,RRT),以及不确定情境下的前景理论(prospect theory,PT)和累积前景理论(cumulative prospect theory,CPT)。

迄今为止,基于有限理性假设的行为经济、行为金融等领域方兴未艾,许多学者研究了有限理性下的个体决策行为。显然,个体的有限理性同样会体现在出行决策中。在交通领域,Daganzo 和 Sheffi(1977)认为出行者关于出行成本的认知与实际值之间存在偏差,并提出了经典的随机用户均衡的概念。这也是从文献追溯到的最早的出行者有限理性假设。Mahmassani 和 Chang(1987)提出了基于有限理性的满意准则,该准则认为出行者并不是绝对地选择最小成本方案,而是可以接受出行成本略高的方案(在一定阈值范围内高出最小成本)。近年来,也有学者考虑心理、思维模式等因素的影响,通过实证分析揭示了出行者的有限理性特征(Avineri and Prashker,2004;Van de Kaa,2010;Rose and Masiero,2010)。张杨(2007)通过实证研究发现,城市交通中的车辆择路行为符合前景理论提出的不确定情境下的决策特征,包括:存在参考点依赖,收益时规避风险,损失时追求风险,对损失的规避程度大于对同等收益的追求程度,人们的择路行为并非力求成本最小化而是随出行重要性、约束时间、对路径的熟悉程度以及路径

的不确定程度而变化。

1.1.2 有限理性假设的理论意义

在社会科学领域,如经济、金融、管理、社会学、心理学等领域,个体行为是非常重要的研究方向。社会科学领域的很多研究都建立在关于个体行为的假设之上,研究结论科学与否在很大程度上取决于对个体行为的假设是否合理。随着行为科学的发展,大量的实验和实证研究表明人是有限理性的。因此,对于建立在个体行为假设基础上的研究领域,对该领域所涉及的个体行为特征进行分析、总结和归纳,是非常重要的工作,对于个体行为以及基于个体行为假设的理论研究,都具有非常重要的意义。

由于成功地解释了包括“阿莱斯悖论”在内的很多无法被传统效用理论所解释的社会、经济现象,近年来 RRT、PT 和 CPT 引起了不同领域的研究者的关注。有学者考虑个体的有限理性,将上述决策框架与所在领域的研究对象相结合,对所在领域的研究现象进行解释,并进行扩展性和应用性研究,提出了一些新的观点。研究对象包括:股票交易、逃税行为、消费者品牌选择行为与产品定价、国际关系、证券收益率分布、虚拟组织中的合伙人选择问题、高价拍卖中的初始价格与最优保留价格的确定问题,等等。

1.2 基于有限理性的决策科学——行为决策

1.2.1 行为决策科学的发展

决策科学的发展经历了3个阶段:经验决策阶段、科学决策阶段和行为决策阶段。科学决策旨在帮助人们寻找解决问题的最优方案,而行为决策主要是一门研究人在决策过程中的行为规律的科学。行为决策的发展是对科学决策的一种补充,旨在研究人们如何进行决策,即决策行为本身(包括决策者的认知和主观心理过程),关注决策行为背后的心理解释,而不是对决策正误的评价,更重视认知心理和社会心理(如态度、情感和动机等)对人的信念和选择偏好的影响,依赖实验和实证研究揭示人类非理性的存在,强调人的有限理性。此外,行为决策研究对理性决策理论所没有考虑到的行为变量进行提炼,修正和完善了理性决策模型。

正如上文提到的,行为决策理论研究始于对传统决策理论中的不足和弊端进行探索。迄今为止,行为决策的发展历程可以分为3个阶段:第一个阶段是行为决策理论的萌芽阶段,时间跨度大致为20世纪50年代至70年代中期,主要研究人们在估计某一事物发生概率的时候,整个决策过程是如何进行的,以及人们在面对多个可选事物的情况下是如何做挑选的,即探索和描述人们在“判断”和“抉择”时是如何具体进行每一个环节的。第二个阶段从20世纪70年代中期开始,持续到80年代中后期,行为决策在这个阶段已经成为一门独立的学科,开始建立基于人们实际决策行为的描述性决策模型,具有代表性的是Kahneman和Tversky于1979年提出的“前景理论”,并且开始应用于经济、金融和管理等领域。第三个阶段是从20世纪80年代中后期开始至今,这个阶段研究的主流不再是对传统理论的挑战,而是概括行为特征,提炼行为变量,然后将其运用到决策的分析框架之中。

1.2.2 考虑有限理性的决策框架

关于个体实际决策行为的研究方法在很大程度上决定了行为决策理论发展的进程。这里介绍3种比较有代表性的决策框架,这3种基于有限理性的描述性决策框架广泛应用于经济、金融、管理等领域,也是本书进行出行决策分析与建模的理论基础。

1) 前景理论

Kahneman和Tervsky在大量实验与实证研究的基础上,提出了不确定情境下的描述性决策框架——前景理论。前景理论将风险型决策的效用评价体系从一般效用评价体系中区分出来,分为获得和损失2种情况对行为主体的风险态度进行描述。基于人的有限理性的假设,前景理论有3个基本观点:

(1) 人们在评价某一结果的效用时,相对于结果本身而言,通常该结果相对于一个参考水平或参考点(x_0)的偏离程度(Δx)更敏感;面对“获得($\Delta x \geq 0$)”人们倾向于规避风险(risk aversion),面对“损失($\Delta x < 0$)”,人们倾向于追求风险(risk seeking);人们对损失的规避程度往往大于对相同收益的偏好程度。

$$\Delta x = x - x_0 \quad (1-1)$$

式中, x 为方案的某一结果。

(2) 人们会过于重视极端的小概率事件,而忽视较常见的大概率事件,这就是所谓的“迷恋小概率事件”。

(3) 人们对损失的规避程度往往大于对相同收益的偏好程度。

由此可以得到一个推论:如果改变人们在评价事物时的参照点,就可以改变人们的风险偏好,因为参照点的取值直接影响人们关于方案效用的评判。这一点可以通过举例说明:有一家公司面临一次投资决策,投资方案 A 肯定盈利 200 万,投资方案 B 有 50% 的可能性盈利 300 万,50% 的可能盈利 100 万。如果公司的盈利目标定得比较低,比方说是 100 万,那么方案 A 看起来好像多赚了 100 万,而方案 B 则是要么刚好达到目标,要么多盈利 200 万。方案 A 和方案 B 看起来都是获得,这时候员工大多不愿冒风险,倾向于选择方案 A。如果公司的目标定得比较高,比如说 300 万,那么方案 A 就像是少赚了 100 万,而方案 B 要么刚好达到目标,要么少赚 200 万,这时候 2 个方案都是损失,所以员工反而会抱着冒冒风险说不定可以达到目标的心理,选择有风险的投资方案 B。

针对不确定情境下的决策行为,在对决策行为特征进行定性描述之外, Kahneman 和 Tversky 还提出了可供参考的效用度量体系,作为运用前景理论定量分析个体决策的参考。该体系包括效用函数(式(1-2))、决策权重函数(式(1-3))以及前景效用的计量公式(式(1-4)):

$$g(x) = \begin{cases} (x - x_0)^\alpha & (x \geq x_0) \\ -\eta(x_0 - x)^\beta & (x < x_0) \end{cases} \quad (1-2)$$

$$w(p) = \frac{p^\gamma}{(p^\gamma + (1-p)^\gamma)^{1/\gamma}} \quad (1-3)$$

$$V(x, p; y, q) = w(p)g(x) + w(q)g(y) \quad (p + q \leq 1) \quad (1-4)$$

$(x, p; y, q)$ 表示某一方案的结果分布,即以概率 p 收获 x , 以概率 q 收获 y 。式(1-4)表示该方案的前景效用。其中,参数 α 和 β 分别表示获得情况下的风险规避程度和损失情况下的风险偏好程度; η 表示损失厌恶系数。

值得注意的是,前景理论的效用函数和决策权重函数的形式和参数设置具有现实意义,并且与基本观点一一对应:

(1) 与基本观点(1)对应,前景理论用 $g(x)$ 取代了传统的期望效用理论中的效用函数,不再将结果的绝对值作为度量指标,而是将绝对结果关于参考点的相对值作为度量指标。