

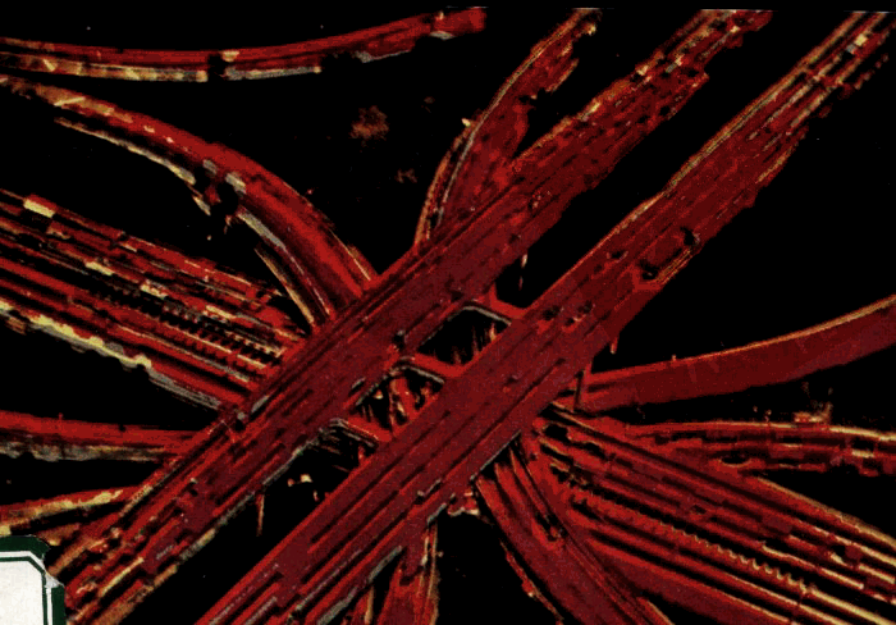
湖南科学技术出版社

元(数理)交通规划论

马川生 韦荣敏 等著

YUAN(SHULI)

JIAOTONGGUIHUALUN



内 容 简 介

本书介绍了作者提出的交通规划新理论,其中主要包括:以“猫论定理”为基础的交通量预测新方法,公路网布局、求最优轨迹和设置评价指标体系的新方法等,并以此为框架构筑了“自组织规划模式”的全新思想。

本书可为规划理论研究者开阔思路提供有益的启示,也可作为交通规划学科的研究生、博士生的参考教材。

前 言

地球上的原始人类,只能以孤立的点状分布在其生活的狭小区域之内。对他们而言,世界太大又太小。世界之所以太大,是因为一个人由一个孤立点到达另一个孤立点花费毕生的时间和精力也难于实现;世界之所以太小,是因为一个人毕生的时间和精力只能在一个孤立点上耗尽。

今天,世界对人类而言,世界太小又太大。世界之所以太小,是因为可以在人类活动的任意两区域间、在较短的时间内实现人员、物质、能量和信息的交换;世界之所以太大,是因为一个人可以去的地方太多。

因此,“路”对于人类来说是一种进化的象征。人世间有了“路”,才有了“社会”、“世界”这种宏观认识。正是凭借着这种“路”,人类才有了交往,才有了文明,才有了

历史,才有了今天,才有了未来。

对于“路”的建设和认识,在由必然王国到自由王国的进程中,交通规划的理论、模型和方法的产生,是这一进程中的重要里程碑。

作者长期从事公路交通规划的实践、理论研究和教学工作,积近二十年的经验和教训,发现目前的交通规划理论,在不少的原则问题上,存在着严重的误区。为了解决这些误区问题,作者对交通规划中的基本问题,进行了深入的理论研究。此书即是这种研究的阶段性结论。

本书由三部分构成:第一部分为绪论,它以非数学语言的形式介绍了该书所涉及的问题、所得的研究结论、获得结论的逻辑思路、以及所得结论的意义。该部分强调的是逻辑思路和结论的意义,而不是结论的数理证明。第二部分为“元(数理)交通规划论”,它以概念(定义)、定理、证明的数理逻辑结构的形式,阐述了交通规划理论中的基本问题。该部分强调数学证明的严格性,并以此支持所得结论的可靠性。第三部分为“交通规划方法评介”,它总结分析了国内外所采用公路交通规划的理论、模型和方法,并在研究的基础上作出了相应评论。该部分对于理解《元(数理)交通规划论》,提供了基础和进行对比的背景材料。

该书的全部内容是“高精度中长期交通量预测应用技术研究”课题的重要鉴定内容。该课题于1997年12月26日通过交通部的部级鉴定。鉴定的主要结论为:

“本课题对国内外的交通规划理论及方法进行了系

统深入的分析及研究,背景材料翔实。

通过严格的数学理论证明,本课题提出了‘元(数理)交通规划论’。该理论全面深入地探讨了交通规划的基本问题,为解决免 OD 调查进行交通量预测打下了坚实的基础,在交通量预测和规划的基础理论方面有新的突破。

课题研究在免 OD 调查交通量预测理论领域达到国际先进水平。”

该书由马川生同志策划、构思、统稿;由长沙交通学院的马川生、陈道军,柳州市交通学校的韦荣敏、韦韬勇撰稿合著。各章节执笔分工为:绪论、第 1、2、3、4、5 章由马川生执笔;第 6、10 章由陈道军执笔;第 7、12 章由韦荣敏执笔;第 8、9、11 章由韦韬勇执笔。

“冰冻三尺,非一日之寒”,能完成该书的研究,最重要的原因之一,是有大量的规划实践活动所构成的基础。许多单位为作者的实践活动提供了有力的支持,借出此书的机会,作者诚感谢意。这些单位有:吉林省交通厅规划室、辽宁省交通科研所、广西交通厅规划室、山东省交通科研所、武汉市公路管理处、江西省公路局、北京市公路局公路设计研究院、交通部公路规划设计院、新疆交通厅规划室等。

作者

1997 年 12 月于长沙交通学院

绪 论

- 元(数理)交通规划论的学科地位 (1)
- “元论”的逻辑过程及成果 (3)

上篇 元(数理)交通规划论

- 1 元(数理)交通规划论引论 (21)
 - 1.1 元(数理)交通规划论的概念 ... (21)
 - 1.2 交通规划论中的“元”问题 (22)
- 2 系统状态变量 (28)
 - 2.1 系统结构 (28)
 - 2.2 交通网络系统的状态变量 (29)
 - 2.3 地域系统的状态变量 (31)
 - 2.4 社会经济系统的状态变量 (32)

2.5	运输系统的状态变量	(33)
3	交通流模型	(34)
3.1	预备知识	(35)
3.2	交通流系统的可观、可控特性	(39)
4	超供需平衡论	(43)
4.1	基本概念	(43)
4.2	基本性质	(45)
4.3	超供需平衡的评价指标	(47)
5	交通量预测	(49)
5.1	常规预测的技术路线	(49)
5.2	猫论定理	(50)
5.3	交通量预测模型	(54)
5.4	M 矩阵的标定	(57)
5.5	实例	(59)
6	公路网布局规划	(73)
6.1	背景网络	(73)
6.2	理想网络	(75)
6.3	规划网络	(78)
6.4	改进效益强度法	(82)

7	最优轨迹	(87)
7.1	基本概念	(87)
7.2	求最优轨迹的压缩变换法	(89)
7.3	压缩变换法的性质	(90)
8	公路网络的评价	(96)
8.1	评价模型的结构	(96)
8.2	公路网络的被评价对象	(98)
8.3	评价指标的目标值	(102)
8.4	规划网络的直接效益评价	(103)
9	元工程交通规划论	(106)
9.1	两种规划模式	(106)
9.2	预备知识	(110)
9.3	元工程交通规划论设想	(111)

下篇 公路网规划方法评价

10	以“四阶段法”为核心的规划方法 ..	(119)
10.1	“四阶段法”的基本概念及特征	(119)
10.2	OD 调查	(122)
10.3	交通流分布	(124)
10.4	交通流分配	(131)

10.5	评价指标	(134)
10.6	评价指标的理想值	(140)
10.7	“四阶段法”的逻辑结构	(146)
10.8	“四阶段法”的发展趋势	(147)
11	总量控制法	(159)
11.1	总量控制法流程	(159)
11.2	公路网布局的模型和方法 ...	(165)
12	公路网规划理论和方法的发展	(168)
12.1	概述	(168)
12.2	蓝图式规划理论和方法	(169)
12.3	自组织式的规划理论和方法	(170)

发现问题、并正确地表述问题,有时比解决问题更为重要。因为它能为协作解决问题创造条件,并凸显解决问题所得结论的意义。

解决问题的思想、逻辑思路,是解决问题方法的灵魂。前者体现是研究的素质,后者仅体现研究者的技能。

元(数理)交通规划论的学科地位

1. 学科性质

在一般情况下,我们可以将人类的科学知识划分为三个层次:

其一,基础科学。例如物理学、数学、哲学等;

其二,技术科学。例如材料力学、土力学等;

其三,工程科学。例如路桥工程等。

我们称实用的或实际采用的进行交通规划的方法系统为“工程交通规划论”；显然，此规划论为工程科学。

与工程科学相对应，必然有其基础科学；创立元(数理)交通规划论的目的之一，即是构造工程交通规划论的基础科学。“四阶段法”的理论亦是工程交通规划论的基础科学，但其对基础问题的研究尚不够深入。元(数理)交通规划论对此进行了更深入的研究，因此具有更深的基础性或本元性，这也正是“元交通规划论”名称中“元”字的来源和本意(以下简称“元论”)。

由基础科学到工程科学的转化过程中，对于同一种基础科学理论而言，由于认识论和方法论的不同，可以产生不同的工程科学。

2. 研究目的

创立元(数理)交通规划论的最终目的，即是获得相应的工程规划论。

在认识论和方法论的哲学思考方面，我们有选择性地采用了“理”(黑格尔)和“道”(老子)的观点，以此来实现由基础科学到工程科学的转化，并以元交通规划论为基础构造出“元工程交通规划论”。

规划论的品质优劣从两个方面来考虑：其一，规划结论的精度和可靠性；其二，方法的简化性。

“元论”所期望的目标是：

1. 极大化规划结论的精度和可靠性；

2. 极小化规划方法的繁杂性。

“元论”的逻辑过程及成果

1. 成果 3.1

问题：

对于五花八门的配流模型来说，能否寻找出一个统一的数学表达式来描述？

结论：

存在一个统一的数学表达式，它几乎可以描述一切配流模型，这一结论由“配流定理”表达。

逻辑过程：

首先按图论中网络流的概念，提出配流公理；再根据矩阵乘法的定义，论证结论的正确性。

2. 成果 3.2

问题：

就目前的情况而论，所建立的交通流模型仅停留在概论(语言)模型或框图模型的阶段上，没有统一的数学模型；是否存在统一的数学模型？

结论：

在线性假设之下，根据控制论理论，可以建立统一的交通流模型。

逻辑过程：

系统的状态变量,为需求 OD 矩阵;系统的控制变量,为结点社会经济特征向量;系统输出变量为观测交通量。模型的状态方程描述了 OD 矩阵与结点社会经济特征向量之间的运动机制;模型的观测方程描述了 OD 矩阵与交通量向量之间的运动机制。

3. 成果 3.3

问题:

目前国内外使用的交通流模型都隐含着这样一种观点:在交通流系统中,OD 矩阵是完全可观测的,交通量向量是完全可控的。此种观点能否成立?

结论:

认为交通流系统是一个完全可观和完全可控的系统,这一观点是一种正确性极低的观点。就正常的交通网络而论,交通流系统中的 OD 矩阵(相对于交通量向量来说)是非完全可观的,交通量向量(相对结点社会经济特征量而言)是非完全可控的。

逻辑过程:

由连通而非完全图的交通网络(正常的交通网络)出发,可导出配流矩阵的性质,进而根据现代控制论就可观性和可控性所得的判定定理,可证得上述的结论。

意义:

1. 新性质的发现,使得交通流系统的研究,在深度上有突破性进展。这种突破性进展为交通量预测模型的最优化,打下了坚实的理论基础。

2. 如果不降低 OD 矩阵的自由度, 则由交通量向量 (现状数据和历史数据) 反推 OD 矩阵是不可能的, 即: 只有新增假设条件, 把 OD 矩阵的自由度降到一定水平之后, 才有可能由交通量反推出 OD 矩阵。

4. 成果 4.1

问题:

当设计的交通网络已经给定时, 由设计交通量向量所产生的供给 OD 矩阵是否唯一?

结论:

当设计的交通网络已经给定时, 其所产生的供给 OD 矩阵决非唯一, 而是一个等价供给 OD 矩阵类(集)。

逻辑过程:

由正常交通网络, 得配流矩阵的性质。研究配流方程, 根据矩阵论中的线性方程组理论, 可证得上述结论。

意义:

据上述结论, 可在规划理论中引入等价供给 OD 矩阵类的新概念。

5. 成果 4.2

问题:

由已知需求的交通量向量是否能决定唯一的需求 OD 矩阵? 或者说, 由不同的需求 OD 矩阵是否一定能产生不同的需求交通量向量?

结论:

当需求交通量已经给定后,需求 OD 矩阵决非唯一,而是一个等价需求 OD 矩阵类(集)。

逻辑过程:

与“3”中的逻辑过程相同,只是将“供给”与“需求”进行对偶替代即可。

意义:

据上述结论,可在规划理论中引入等价供给 OD 矩阵集的新概念。

6. 成果 4.3

问题:

依据经济学原理,其经典的供需平衡论处理的是单个供给状态与单个需求状态的平衡关系。是否可以将经典供、需平衡论应用于交通规划理论?

结论:

交通规划理论中的供给 OD 矩阵与需求 OD 矩阵之间的平衡,是一种非经典的供需平衡。

逻辑过程:

由“4”和“5”的结论,可直接导出上述结论。

意义:

1. 导出了“超供需平衡”的新概念;
2. 开辟了研究供需平衡的新领域。

7. 成果 4.4

问题:

应怎样评价超供需平衡？是否存在某种最简单的方法，以此最简单的方法可以完成对超供需平衡的评价工作。

结论：

可以用交通量向量的范数为测度指标，将超供需平衡评价的复杂形式“回归”到最简单的形式。

逻辑过程：

首先根据等价供给 OD 矩阵集、等价需求 OD 矩阵集的概念，证得两 OD 矩阵集之间仅为一种平移关系，并同时证得此平移变换可用供给交通量向量和需求交通量向量来描述。故可证得上述结论。

8. 成果 5.1

问题：

对交通量的预测，目前国内外所采用的模型，其技术路线为：由基年的“真实”OD 矩阵，对模型进行标定；再由标定的模型，求得规划期的“真实”需求 OD 矩阵；最后依据规划期的“真实”需求 OD 矩阵，经配流模型，得规划期“真实”的需求交通量。能否由基年的非真实需求 OD 矩阵出发，求出一个规划期的非真实需求 OD 矩阵，而利用该非真实的 OD 矩阵却能得到规划期真实的需求交通量。

结论：

对任意 OD 矩阵属于由基年观测交通量所得的等价 OD 矩阵集，都可利用此 OD 矩阵预测规划期的真实交通

量。该结论由猫论定理所表达。

逻辑过程：

由基年观测交通量,可得一个等价 OD 矩阵集,此等价 OD 矩阵集包含真实的基年需求 OD 矩阵。对此 OD 矩阵进行预测变换,可得相应的等价需求 OD 矩阵集。对基年真实 OD 矩阵集中的任意 OD 矩阵作相同的预测变换,所得的 OD 矩阵都属于规划期的等价 OD 矩阵集。由于等价性,它们都可以经过配流得到真实的预测交通量向量。故结论成立。

意义：

1. 根据猫论定理,在预测交通量向量的过程中,刻意追求基年真实需求 OD 矩阵的努力是不必要的,这种追求只能得到劳极多而益少的效果。

2. 为交通量预测工作的简化,打下了可靠的理论基础。

9. 成果 5.2

问题：

配流矩阵是否具有完全可观性？即：能否以 OD 矩阵和对应的交通量数据(包括历史数据)为样本,对配流矩阵进行标定(求解)？

结论：

配流矩阵是不可观的,故无法将 OD 矩阵与交通量配对而构成样本,也就无法对配流矩阵进行标定。若采用真实 OD 矩阵与交通量配对而构成样本,这就需求多