

交通运输业与人工智能的 深度融合

——遗传算法在交通领域的应用

朱 诺 著



东北林业大学出版社
Northeast Forestry University Press

JIAOTONG YUNSHUYE YU RENCONG ZHINENG DE
SHENDU RONGHE

交通运输业与人工智能的 深度融合

——遗传算法在交通领域的应用

——YICHUAN SUANFA ZAI JIAOTONG LINGYU DE YINGYONG

朱 诺 著

东北林业大学出版社
Northeast Forestry University Press

· 哈尔滨 ·

版权专有 侵权必究

举报电话：0451-82113295

图书在版编目 (CIP) 数据

交通运输业与人工智能的深度融合：遗传算法在交通领域的应用 / 朱诺著. — 哈尔滨：东北林业大学出版社，2016. 12

ISBN 978-7-5674-0980-4

I. ①交… II. ①朱… III. ①遗传—算法—应用—交通运输业—研究—中国 IV. ①F512

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 015620 号

责任编辑：赵 侠 刘天杰

封面设计：宗彦辉

出版发行：东北林业大学出版社

(哈尔滨市香坊区哈平六道街 6 号 邮编：150040)

印 装：三河市天润建兴印务有限公司

开 本：710 mm × 1 000 mm 1/16

印 张：13.25

字 数：164 千字

版 次：2017 年 9 月第 1 版

印 次：2017 年 9 月第 1 次印刷

定 价：59.80 元

如发现印装质量问题，请与出版社联系调换。(电话：0451-82113296 82191620)

前 言

本书重点探讨了交通运输业与人工智能的深度融合以及遗传算法在交通领域的应用。全书内容分为两个部分。

第一部分探讨区域公路网络布局及其优化问题。随着社会经济和交通运输的发展，对公路网规划的要求不断提高，使得对有待完善的公路网规划理论展开深入研究尤显迫切。本研究以最优化理论和现代组合优化理论为基础，以系统工程的思想为指导，以我国公路交通运输现状和发展趋势为背景，借鉴已有研究成果，运用国内和国外相比较、理论分析和实证分析相结合、定量分析和定性分析相结合的研究方法，对公路网规划理论的重要组成部分——公路网布局优化进行了系统深入的分析和研究。

首先总结分析了现有公路网等级结构优化模型存在的优化目标选取不当的问题，在此基础上分析并提出等级结构优化的目标，采用新的优化目标对原有的目标规划模型进行改进，并通过东北三省干线公路网等级结构优化实例，对改进模型的合理性进行了分析。

总结分析了公路网结点选择的原则以及结点层次划分方法。分别考虑各结点的交通运输水平和路网交通需求在各结点之间的空间分布情况，对结点重要度及路段重要度模型进行了改进。

针对存在的没有根据公路网的层次有区别地建立布局优化模型的弊端，应用组合优化理论和双层规划模型分别建立了适合国家级公路



网的路线布局组合优化模型和适合省、市级公路网的路线布局双层规划模型，并通过实例分析了模型的合理性。

分别应用线性加权和法和乘除法将公路网络路线布局组合优化模型及双层规划模型转化为单目标优化模型。将遗传算法应用于公路网络路线布局优化问题，采用 Matlab 语言的遗传算法工具箱求解大规模的公路网络路线布局组合优化模型，该算法同样适用于公路网络路线布局双层规划模型中上层优化模型的求解，克服了常规算法难以求解大规模优化问题的局限性，并通过实例分析验证了算法的优越性。

在借鉴现有的公路网部分技术评价指标的基础上建立了公路网布局技术评价指标体系，从而验证公路网路线布局优化模型的合理性和可实施性，使得规划公路网与社会经济发展相适应、相协调。

第二部分研究带同时取货和送货的车辆路径优化问题。随着物流业向全球化、信息化及一体化发展，配送在整个物流系统中的作用变得越来越重要。其中，运输线路是否合理直接影响到配送成本和效益，选取恰当的车辆路径方案，可以提高服务质量，增强客户对物流环节的满意度，因此车辆路径优化问题得到了学者和物流企业的高度关注。

传统的车辆路径问题只考虑了车辆运行中单纯的取货或者送货的过程，而带回程取货的车辆路径问题则多数要求车辆先服务送货客户节点，后服务取货节点，即车辆只在配送过程中完成送货任务，在配送回程的过程中完成取货任务，没有将取货和送货结合起来考虑，造成了运输路线的迂回，加大运输成本。这里所研究的同时带取货和送货的车辆路径问题（Vehicle Routing Problem with Simultaneous Delivery and Pickup, VRPSDP）没有取送货先后顺序的要求，将运输过程中的送货与取货过程作为一个整体进行考虑，减少了车辆运输距离，提高了企业经营效益。



本研究首先论述了车辆路径问题的基本理论及其常见求解算法，然后在此基础上考虑到车辆启用数量和车辆运输总距离对运输总成本的影响，建立了以运输成本最小为目标的 VRPSDP 数学模型，确定了遗传算法作为模型的求解方法，设计了更适合于求解 VRPSDP 模型的染色体编码方式以及遗传算子。最后，应用修正的 Solomon R101 算例进行仿真实验，分别求出基本遗传算法和改进遗传算法下的最优目标函数值与最优车辆路径安排方案，通过对两种算法的对比分析验证了所建模型及求解算法的有效性和合理性。

目 录

第一部分 区域公路网络布局优化研究

1 绪 论	3
1.1 公路网规划的定义	3
1.2 研究背景	5
1.3 研究目的和意义	7
1.4 国内外研究概况	10
1.5 研究方法、内容和框架	18
2 公路网的合理发展规模	21
2.1 公路网发展规模预测	21
2.2 公路网合理规模确定的几个指标	27
2.3 本章小结	30



3 公路网等级结构优化	31
3.1 公路网等级结构优化的目标	32
3.2 公路网等级结构优化目标规划模型的改进	33
3.3 模型的应用——东北三省公路网等级结构优化	35
3.4 本章小结	37
4 公路网布局优化	38
4.1 公路网结点选择	38
4.2 公路网络路线布局组合优化模型	50
4.3 公路网络路线布局双层规划模型	62
4.4 公路网布局技术评价	71
4.5 本章小结	77
5 算例分析	79
5.1 遗传算法	79
5.2 组合优化模型算例——东北地区公路网络规划	95
5.3 双层规划模型算例——吉林省道路网络规划	104
6 总结与展望	112
6.1 主要研究结论	112
6.2 研究展望	113



第二部分 带同时取货和送货的车辆路径优化研究

7 绪 论	117
7.1 研究背景与意义	117
7.2 国内外研究现状	118
7.3 本部分的研究内容和方法	121
7.4 本章小结	123
8 车辆路径问题概述	124
8.1 车辆路径问题的描述	124
8.2 车辆路径问题的组成	125
8.3 车辆路径问题的分类	127
8.4 本章小结	135
9 车辆路径问题算法研究	136
9.1 启发式算法	137
9.2 人工智能算法	142
9.3 求解算法比较分析	150
9.4 本章小结	152



10 VRPSDP 模型与求解算法研究	153
10.1 VRPSDP 模型的建立	153
10.2 VRPSDP 的遗传算法设计	156
10.3 本章小结	166
11 基于改进遗传算法的 VRPSDP 算例分析	167
11.1 算例来源	167
11.2 算例的建立	168
11.3 模型与算法参数设置	171
11.4 遗传算法关键步骤的程序实现	172
11.5 求解结果分析	180
11.6 本章小结	188
12 总结与展望	189
12.1 研究工作总结	189
12.2 进一步研究展望	190
参考文献	192

第一部分

区域公路网络布局优化研究

1 绪 论

1.1 公路网规划的定义

所谓“公路网规划”，包含了两层含义：第一层含义是指对一个国家或地区（以下在不注明的情况下，统称区域）公路建设发展所作出的全面、长远的安排，也即该国家或该地区的公路网规划方案或文件；第二层含义则是指设计产生公路网规划方案或文件的过程，包括其步骤、内容、方法、模型等。

作为公路网规划的方案或文件，应包括规划期内区域公路网发展的目标、公路网建设规模、网络布局、等级配置、建设时序以及配套的政策、策略和措施等；作为公路网规划的过程，是将区域的公路网络作为一个整体，通过对现状公路网络的分析、评价（诊断）以及对未来区域社会经济发展、客货运交通需求及公路建设投资的预测，拟定合理可行的公路网建设规划方案，确定区域公路网规模、布局、建设时序及配套政策、措施等，以指导区域公路建设、改造这样一个过程。公路网规划系统工程如图 1-1 所示。

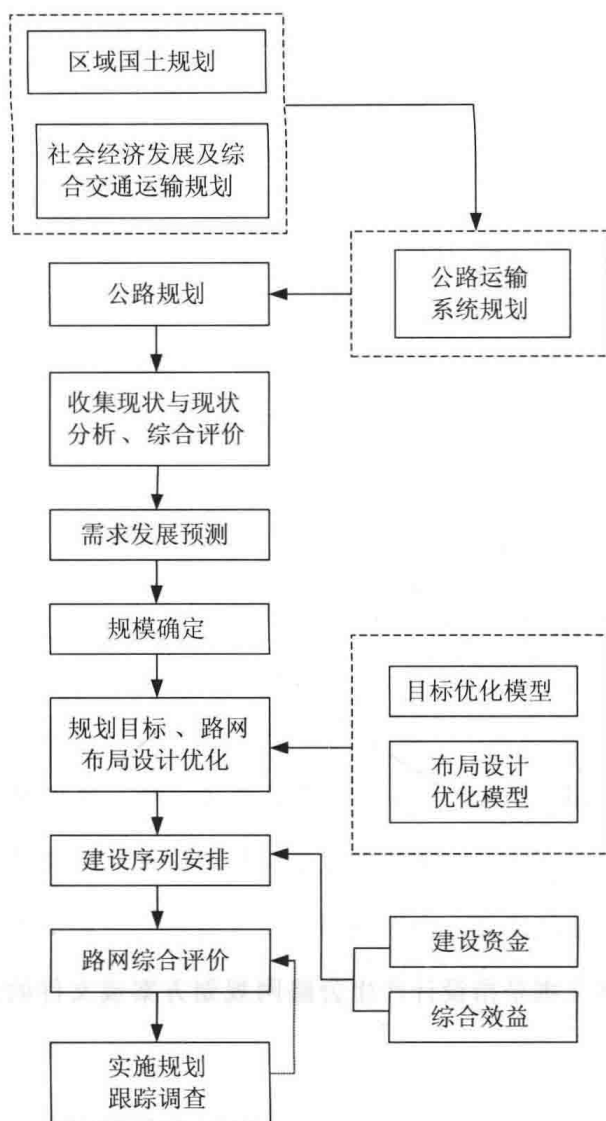


图 1-1 公路网规划系统工程

公路网规划是区域综合运输规划的一部分，也可作为一个专项规划进行专门研究和编制。区域综合运输网络是支撑国民经济发展的基础设施，它包括铁路、公路、水运、航空及管道运输五种运输方式，各种运输方式各具特点和优势，各自适应一定条件，但又可相互转换、协同、互补、联结成一个综合运输网络。为了保障国家和地区国民经济的健康发展，充分发挥各种运输方式的特长及其互补优势，



合理利用资金和资源，必须将区域运输网络作为一个整体系统来研究、规划，即必须首先做好国家和地区的综合运输规划，从综合运输、协调发展的角度，对未来区域内各种运输网络的结构、规模、布局及相互衔接关系做出总体部署。其中必然包含了未来区域公路网在综合运输网中的地位和作用的确定，公路网建设规模、总体布局及与其他运输方式的衔接等的部署。而作为专门性的公路网规划之所以必要有两方面的原因：一方面，区域运输规划是对区域综合运输网发展的总体部署，它比公路网规划更宏观、更原则，是更高一级的控制。但在指导区域公路网建设时它只能作为控制性的纲领或框架，公路网的详细布局、等级配置、建设时序等，只有通过公路网规划进行深入的分析、论证才能奏效；另一方面，近年来我国区域综合运输规划虽然取得了一些进展，如长江三角洲综合运输网络规划、图们江地区运输网络规划等。但从总体上讲，这方面的工作还很薄弱，有些地区只是定性的轮廓性描述，许多地区尚没有综合运输规划。因此，为了正确指导和控制各地区公路，网络发展，必须做好各地区的公路网规划。

1.2 研究背景

交通运输是社会经济发展的基础，是保证社会经济活动得以正常进行和发展的前提条件。综观世界各国经济和交通发展的历史都不难看出：凡是经济、文化和科技发达的国家或地区，都有先进发达的交通运输作保证；反之，凡是交通闭塞、落后，经济、文化和科技就不能顺利发展。所以，随着社会经济的发展，对交通运输提出新的、更高的要求是必然结果。交通运输状况如何，已成为衡量一个国家和地



区经济水平的主要标志之一。在所有的运输方式中，公路运输以它的机动、灵活、快速、便捷、门到门服务的特点，成为交通运输体系中的重要组成部分。随着近年来我国国民经济结构的调整，我国进入全面建设公路的新时期，全国各地都在大规模建设公路。随着社会经济的发展，公路运输优势作用已日益发挥且逐步占据了主导地位。

大规模的公路建设离不开科学的公路网规划。实践证明，系统、有针对性的公路网规划对科学、合理地建设和管理公路具有重要作用。就全国公路网而言，回顾过去几个五年计划的执行情况，我国公路建设之所以取得巨大成绩，一条非常重要的经验是制定了符合实际的长远发展规划，坚持按规划组织实施，并且在实践中不断深化和充实。曾先后制定了国道网布局规划、国道主干线系统布局规划和国家重点干线公路布局规划。其中，国道主干线系统布局规划和国家重点干线公路布局规划都是为适应社会经济环境的不断变化和满足交通运输发展的需要，在国道网的总体框架下，根据不同的社会经济背景和公路交通发展形势，为解决不同层面、不同性质的问题与矛盾而采取的阶段性的发展步骤。

尽管我国已经制定了上述路网布局规划，但由于公路网布局规划理论存在一定的缺陷和不足，使得我国公路网在布局上仍存在问题，主要表现在：路网结构仍不够合理，高等级公路比重低，高速公路尚未成网。尽管我国公路网已经形成了国道网、省道网、县乡道路网体系，但从路网等级结构看（图 1-2），我国公路网整体上还是以三、四级公路为主，公路网中二级以上公路只占 13.35%，四级公路所占比重达 47.14%，除此之外还有大量的等外公路存在。

我国高等级公路近几年发展很快，已进入了大规模建设高等级公路的阶段。但从整体来看，尚未形成密度适当、有效连接的全国性高速公路网络，难以充分发挥规模效益，制约了公路运输向中长途运输领域拓展的



空间。同时，在国省干线公路建设中，与高速公路相连接的一般干线公路建设滞后，技术标准低，影响了全国骨架公路功能与作用的发挥。

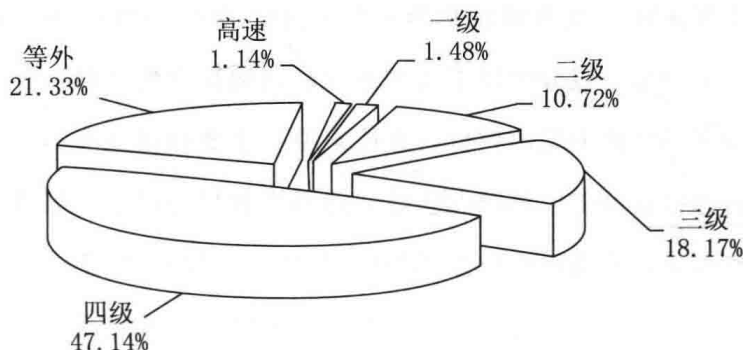


图 1-2 我国现状公路技术等级结构（2012 年）

跨入 21 世纪，我国将进入全面建设小康社会、加快推进社会主义现代化新阶段。展望新世纪，我国将面临国民经济持续高速增长、经济结构调整步伐加快、人民生活水平继续提高、经济全球化趋势显著增强、区域经济协调发展以及城市化进程不断加快的形势。社会经济的快速发展，将对公路交通提出更新更高的要求，同时也使公路交通面临更大的压力和挑战。为迎接新世纪的挑战，公路交通必须要有新的发展思路、目标和举措，这对作为公路建设的宏观指导工具的公路网布局规划理论提出了更高的要求。所有这些使得对公路网布局优化理论的研究更加必要和迫切。

1.3 研究目的和意义

1.3.1 研究目的

公路网布局优化是在一定的约束条件下，通过确定优化目标、建立优化模型，采用适当的方法选择规划线路将选定的控制结点连接起