



华侨大学 哲学社会科学文库·管理学系列
HUAQIAO UNIVERSITY

文库主编：贾益民

应急物流配送车辆路网路径 实时生成方法研究

STUDY ON REAL-TIME GENERATION METHOD OF
ROAD NETWORK AND ROUTE FOR
EMERGENCY LOGISTICS DISTRIBUTION VEHICLE

郭武斌 著

社会科学文献出版社
SOCIAL SCIENCES ACADEMIC PRESS (CHINA)



华侨大学
HUAQIAO UNIVERSITY

哲学社会科学文库·管理学系列

文库主编：贾益民

应急物流配送车辆路网路径 实时生成方法研究

*STUDY ON REAL-TIME GENERATION METHOD OF
ROAD NETWORK AND ROUTE FOR
EMERGENCY LOGISTICS DISTRIBUTION VEHICLE*

郭武斌 著



社会科学文献出版社
SOCIAL SCIENCES ACADEMIC PRESS (CHINA)

图书在版编目(CIP)数据

应急物流配送车辆路网路径实时生成方法研究 / 郭武斌著. -- 北京: 社会科学文献出版社, 2017. 11
(华侨大学哲学社会科学文库·管理学系列)
ISBN 978-7-5201-0517-0
I. ①应… II. ①郭… III. ①突发事件-物资配送-研究-中国 IV. ①F259.23
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 056605 号

华侨大学哲学社会科学文库·管理学系列

应急物流配送车辆路网路径实时生成方法研究

著 者 / 郭武斌

出 版 人 / 谢寿光

项目统筹 / 王 绯 刘 荣

责任编辑 / 单远举 常 远

出 版 / 社会科学文献出版社·社会政法分社 (010) 59367156

地址: 北京市北三环中路甲 29 号院华龙大厦 邮编: 100029

网址: www.ssap.com.cn

发 行 / 市场营销中心 (010) 59367081 59367018

印 装 / 北京季蜂印刷有限公司

规 格 / 开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 18.75 字 数: 294 千字

版 次 / 2017 年 11 月第 1 版 2017 年 11 月第 1 次印刷

书 号 / ISBN 978-7-5201-0517-0

定 价 / 79.00 元

本书如有印装质量问题, 请与读者服务中心 (010-59367028) 联系

 版权所有 翻印必究

《华侨大学哲学社会科学文库》编辑委员会

主 编 贾益民

副主编 曾 路

编 委 (以姓氏笔画为序)

马海生	王四达	王丽霞	庄国土	许少波	许斗斗	许培源
孙 锐	孙汝建	孙德明	李拉亚	李景源	宋振镇	张向前
张禹东	陈旋波	林怀艺	周世兴	郑向敏	郑锦扬	赵昕东
胡日东	胡培安	骆克任	贾益民	郭克莎	黄小萍	黄远水
梁 宁	程一辉	曾 路				

发展哲学社会科学 推动文化传承创新

——《华侨大学哲学社会科学文库》总序

哲学社会科学是研究人的活动和社会历史发展规律、构建人类价值世界和意义世界的科学，是人类文化的核心组成部分，其积极成果有助于提升人的素质、实现人的价值。中国是世界文明古国，拥有丰富的文化历史资源，中华文化的发展是世界文化发展进程中不可或缺的重要一环。因此，努力打造具有中国特色的哲学社会科学，全面继承和发展中华文化，对于推进中华文明乃至世界文明进程具有深远的意义。

当代中国，全面深化改革已经进入关键时期，中国特色社会主义建设迫切需要对社会历史发展规律的科学认识，需要哲学社会科学发挥其认识世界、传承文明、创新理论、资政育人和服务社会的作用。因此，深化文化体制改革、繁荣哲学社会科学，不仅是建设社会主义文化强国、丰富人民精神世界的需要，也是实现中华民族伟大复兴的中国梦的必由之路。中共中央高度重视哲学社会科学在实现中华民族伟大复兴的历史进程中的重要作用，先后出台《中共中央关于进一步繁荣发展哲学社会科学的意见》《中共中央关于深化文化体制改革 推动社会主义文化大发展大繁荣若干重大问题的决定》《中共中央办公厅 国务院办公厅转发〈教育部关于深入推进高等学校哲学社会科学繁荣发展的意见〉的通知》《高等学校哲学社会科学繁荣计划（2011—2020年）》等一系列重要文件，全面部署繁荣哲学社会科学、提升中华文化软实力的各项工作，全面深化教育体制改革，为我国哲学社会科学事业的繁荣和发展创造了前所未有的历史机遇。

高等学校是哲学社会科学研究的重要阵地，高校教师和科研人员是哲学社会科学研究的主要承担者。因此，高校有责任担负起繁荣哲学社会科

学的使命,激发广大教师和科研人员的科研积极性、主动性和创造性,为哲学社会科学发展提供良好的制度和环境,致力于打造符合国家发展战略和经济社会发展需要的精品力作。

华侨大学是我国著名的华侨高等学府,也是中国面向海外开展华文教育的重要基地,办学55年以来,始终坚持“面向海外、面向港澳台”的办学方针,秉承“为侨服务,传播中华文化”的办学宗旨,贯彻“会通中外,并育德才”的办学理念,坚定不移地走内涵发展之路、特色兴校之路、人才强校之路,全面提升人才培养质量和整体办学水平,致力于建设基础雄厚、特色鲜明、海内外著名的高水平大学。

在这个充满机遇与挑战的历史时期,华侨大学敏锐洞察和把握发展机遇,贯彻落实党的十七大、十七届六中全会、十八大、十八届三中全会、十八届四中全会精神,发挥自身比较优势,大力繁荣哲学社会科学。

一方面,华侨大学扎根侨校土壤,牢记侨校使命,坚持特色发展、内涵发展,其哲学社会科学的发展彰显独特个性。“为侨服务,传播中华文化”是华侨大学的办学宗旨与神圣使命,其办学活动及其成果直接服务于国家侨务工作与地方经济社会发展。为此,华侨大学积极承担涉侨研究,整合、利用优势资源,努力打造具有侨校特色的新型智库,在海外华文教育、侨务理论、侨务政策、海上丝绸之路研究、海外华人社团、侨务公共外交、华商研究、海外宗教文化研究等诸多领域形成具有特色的研究方向,推出了以《华侨华人蓝皮书:华侨华人研究报告》《世界华文教育年鉴》等为代表的一系列标志性成果。

另一方面,华侨大学紧紧抓住国家繁荣哲学社会科学的时代机遇,积极响应教育部繁荣哲学社会科学的任务部署,颁布实施《华侨大学哲学社会科学繁荣计划(2012—2020)》,为今后学校哲学社会科学的发展提供发展纲领与制度保证。该计划明确了学校哲学社会科学发展的战略目标,即紧抓国家繁荣发展哲学科学的战略机遇,遵循哲学社会科学的发展规律,发挥综合大学和侨校优势,通过若干年努力,使华侨大学哲学社会科学学科方向更加凝练,优势更加突出,特色更加鲜明,平台更加坚实;形成结构合理、素质优良、具有国家竞争力的高水平学术队伍;研究创新能力显著增强,服务国家侨务工作的能力明显提升,服务经济社会发

展的水平不断提高,适应文化建设新要求、推进文化传承创新的作用更加凸显;对外学术交流与合作的领域不断拓展,国际文化对话与传播能力进一步增强。到2020年,力争使华侨大学成为国内外著名的文化传承与知识创新高地,国家侨务工作的核心智库,提供社会服务、解决重大理论和现实问题的重要阵地。

为切实有效落实《华侨大学哲学社会科学繁荣计划(2012—2020)》,学校先后启动了“华侨大学哲学社会科学青年学者成长工程”“华侨大学哲学社会科学学术论文专项资助计划”“华侨大学哲学社会科学学术著作专项资助计划”“华侨大学哲学社会科学百名优秀学者培育计划”“华侨大学人文社会科学研究基地培育与发展计划”五大计划,并制定了相应的文件保证计划的有效实施,切实推进学校哲学社会科学的繁荣发展。

“华侨大学哲学社会科学学术著作专项资助计划”作为《华侨大学哲学社会科学繁荣计划(2012—2020)》的重要配套子计划,旨在产出一批在国内外有较大影响力的高水平原创性研究成果,打造学术精品力作。作为此资助计划的重要成果——《华侨大学哲学社会科学文库》将陆续推出一批具有相当学术参考价值的学术著作。这些著作凝聚着华大文科学者的心力、心气与智慧:他们以现实问题为导向,关注国家经济社会发展;他们以国际视野为基础,不断探索开拓学术研究领域;他们以学术精品为目标,积聚多年的研判与思考。

《华侨大学哲学社会科学文库》按学科门类划分系列,共分为哲学、经济学、法学、教育学、文学、历史学、管理学、艺术学八个系列,内容涵盖哲学、应用经济、法学、国际政治、华商研究、旅游管理、依法治国、中华文化研究、海外华文教育等基础理论与特色研究,其选题紧跟时代问题和人民需求,瞄准学术前沿,致力于解决国家面临的一系列新问题、新困境,其成果直接或间接服务于国家侨务事业和经济社会发展,服务于国家华文教育事业与中华文化软实力的提升。可以说,该文库的打造是华侨大学展示自身哲学社会科学研究力、创造力、价值引领力,服务中国特色社会主义建设事业的一次大胆尝试。

《华侨大学哲学社会科学繁荣计划(2012—2020)》已经实施近两年,经过全校上下的共同努力,华侨大学的文科整体实力正在逐步提升,一大

批高水平研究成果相继问世，一批高级别科研项目和科研成果奖成功获评。作为华侨大学繁荣哲学社会科学成果，《华侨大学哲学社会科学文库》集中反映了当前华侨大学哲学社会科学的研究水平，充分发挥了优秀学者的示范带动作用，大力展示了青年学者的学术爆发力和创造力，必将鼓励和带动更多的哲学社会科学工作者尤其是青年教师以闽南地区“爱拼才会赢”的精神与斗志，不断营造积极向上、勇攀高峰的学术氛围，努力打造更多造福于国家与人民的精品力作。

当然，由于华侨大学面临的历史和现实等主客观因素的限制以及华大哲学社会科学工作者研究视野与学术积累的局限性，《华侨大学哲学社会科学文库》在研究水平、研究方法等方面难免存在不足之处，我们在此真诚地恳请各位读者批评指正。

最后，让我们共同期待《华侨大学哲学社会科学文库》付梓，为即将迎来 55 岁华诞的华侨大学献礼！让我们一起祝福华侨大学哲学社会科学事业蒸蒸日上！让我们以更大的决心、更宽广的视野、更精心的设计、更有效的措施、更优质的服务，培育华大社科的繁花硕果，以点滴江河的态势，加速推进华侨大学建设成基础雄厚、特色鲜明、海内外著名的高水平大学，更好地服务海外华侨华人，支持国家侨务工作，配合国家发展战略！

华侨大学校长、教授、博士生导师 贾益民

2015 年 4 月 28 日于华园

摘 要

近些年来,我国各种自然灾害、事故灾难、公共卫生和社会安全等领域的非常规突发事件频频发生,危害程度越来越大。在应对这类非常规突发事件的过程中,及时快捷的应急物流配送就成为提高政府防灾减灾和灾害救助能力的关键环节,也是衡量政府应急管理能力的指标。

在应对这类非常规突发事件的应急物流配送中,由于灾害爆发和发展的不可预测性,外部运输配送路网的路况变化呈现高度的动态性和不确定性,传统的物流配送调度方法难以奏效。因此,我们必须研究新环境下应急物流配送的新工具来支持决策。

针对以上问题,本书提出应急物流配送车辆路网路径实时生成方法,分别从配送车辆的微观角度研究配送车辆导航地图的动态更新,从应急决策者的全局角度研究配送路径方案的实时生成,综合二者之长以应对灾害发生时外部运输配送路网的剧烈变化和由于灾害发展造成的道路路况的不确定性。

在配送车辆导航地图的动态更新方面,本书提出了应急物流配送车辆导航地图多尺度空间数据模型,以实时生成配送车辆导航地图。该模型以提高应急物流车辆导航路径分析的速度和精度为目标,按照“分解导航地图空间关系到网络中各个节点→滤取对于行车目标重要的网络元素→重新综合生成所需尺度的导航地图”的思路,引入系统科学和社会网络分析的相关理论与方法,重点研究导航地图网络节点间连通性的度量、应急物流车辆导航多尺度空间数据模型的建立及该模型在车辆导航系统中的应用,为应急车辆导航空间数据分析的快速、精确处理开展探索性研究。具体研究工作如下。

(1) 基于网络节点重要性的连通性度量指标的研究。现有指标难以精确度量网络节点相对于行车目标的连通性,为此本书提出了一种基于节点重要性的连通性度量指标——相对连通系数,利用该指标来量化与目标节点相关的连通关系集合,将其分解到网络中各个节点上;并可按需合成与指定目标节点集最相关的空间关系;为在实际应用中快速计算该指标,提出了“以形估数”的计算方法,利用与节点相关联的子树形状快速估算出连通关系路径集合的计数规模。

(2) 基于广义尺度的车辆导航地图多尺度空间数据模型的研究。针对现有模型生成的导航地图路径分析难以保证精度的问题,建立了基于广义尺度的多尺度空间数据模型,为空间数据服务的高精度、按需生成提供了一种定量分析工具。并在此基础上,将上述方法拓展到网络抽样问题的化简中。

(3) 车辆导航地图分解算法的研究。针对车载终端计算能力难以适应导航地图庞大数据量的问题,构建了基于主成分分析的车辆导航地图分解算法。该算法可以确保车载设备拥有较快的反应速度和较高的求解精度,为物流车辆导航提供了兼顾速度和精度的解决方案。在求最短路的实验中,该算法在对网络规模做大幅压缩的情况下(压缩比率为20%~30%),仍有效地控制了网络分解造成的网络分析精度损失,同时将车载终端求最短路的计算时间由秒级降到了百毫秒级。

在配送路径方案的实时生成方面,本书提出了应急物流配送的情景演变路网表达方法,在外部道路路况不确定的情况下仍能最大限度地保障配送路线方案的可行性。该方法以情景演化表达突发事件下的次生衍生灾害链的发展规律,将情景条件嵌入配送路网的空间数据中,引入不确定规划的相关理论与方法,重点研究应急物流配送的情景演变路网表达、不确定条件下的应急物流配送的路径方案规划,并将该方法与仿真模型结合起来应用到南方冰雪灾害应急物流配送的实际场景中。具体研究工作如下。

(1) 应急物流配送的情景演变路网表达方法研究。在突发灾害下进行应急物流配送时,由于灾害链发展演变会导致物流配送决策状态空间的切换,本书针对应急物流配送的这种情景演变的特征提出应急物流配送的情景演变路网表达方法,将突发事件情景分析树嵌入路段数据中,来描述

灾害链情景在路网中的演变迁移模式，并根据配送车辆发回的实时路况信息对之进行动态更新。

(2) 不确定条件下的应急物流配送路径规划情景演化模型的研究。针对应急物流配送情景演变路网情景切换演变的不确定性，建立起应急物流配送路径不确定规划模型，在模型中提出包含路网中所有路段的理想路径概念作为基准，将实际路径嵌入其中进行路径综合满意度的比较，提出了结合蒙特卡罗模拟算法和遗传算法的混合智能求解方法，并以福建暴雨灾害的实例验证了以上方法的有效性。

(3) 基于灾害扩散仿真的南方雪灾应急物流配送模型的研究。针对灾害随时间发展扩散的特点，以 2008 年南方冰雪灾害为例，将灾害扩散仿真模型嵌入应急物流配送路径规划情景演化模型，并以湖南衡阳救灾物资快速补给路径规划的实例验证了以上方法的有效性。

本书是地理信息科学、系统科学、运筹学等学科理论和方法的交叉与渗透，为解决应急物流配送车辆路网空间数据分析的实时处理这一热点和难点问题进行了有益的探索。其研究成果在应急物流、车辆导航和地理信息科学领域具有广阔的应用前景，将在应急物流配送车辆实时导航与调度工作中发挥重要作用。

Abstract

In recent years, a variety of unconventional incidents of natural disasters, accidents, disasters, public health and social security and other fields occur frequently, the degree of harm is more and more large. During respond to such unconventional emergencies, an efficient emergency logistics and distribution is the key to improve disaster prevention and disaster relief, and is also an important indicator to measure the government's emergency management capability.

In response to such unconventional emergencies, the emergency logistics distribution is under a highly dynamic and uncertainty transport road network, due to the outbreak of the disaster and the unpredictability of its development. Since the traditional logistics distribution scheduling method is hardly work in such environment, a new tools should be studied to support decision making under the new environmental emergency logistics.

A real – time road network and path generation method for emergency logistics distribution vehicles is proposed in this study to solve the above problems. From the microscopic point of delivery vehicles, dynamically update of distribution vehicle navigation map is studied; From the global perspective of the emergency decision makers, the real time generation of distribution routing scheme is studied. Integrated the advantages of both to respond to the dramatic changes of external transport network and the uncertainty of road traffic caused by disasters.

From the microscopic point of delivery vehicles, an emergency logistics distribution vehicle navigation map multi – scale spatial data model is proposed in

this study to generate real – time distribution vehicle navigation map, by which to improve the speed and accuracy of emergency logistics vehicle navigation path analysis. The study is carried out according to the idea of: “spatial relationship decomposition→the most relevant vertices selection→sub – network regeneration” . The science of system and social network analysis theories is introduced during the research work, focusing on following issues: the spatial relationship measurement, the multi – scale spatial data model for vehicle navigation, and the application in vehicle navigation. The detailed contents of the research is as follows:

(1) The research on the connectivity index to measure the importance of a vertex in a road network of emergency logistics distribution vehicle navigation. A new connectivity index, which we called the relative connectivity coefficient, is proposed to measure the impact of a vertex to another in a network. The spatial relationship of a network can be decomposed to the network vertices by this index. A simplified method is designed to reduce the computational complexity of the relative connectivity coefficient, which uses the shape of the sub – tree rooted by a vertex to evaluate its relative connectivity coefficient.

(2) The research on multi – scale spatial data model based on generalized scale for vehicle navigation. The characteristics of real – time vehicle navigation are analyzed, and a multi – scale spatial data model based on generalized scale is proposed, which can generate sub – network to adapt different destination vertex set. A Principal – Component – Analysis – based method and an Analytic – Hierarchy – Process – based method are proposed to calculate the relative connectivity coefficient for multi destination – vertex set. Furthermore, the main idea of this multi – scale spatial data model is applied to a class of network sampling problem to reduce the computational complexity of network analysis.

(3) The research on the network decomposition method for emergency logistics distribution vehicle navigation maps. Computational power of onboard devices is too limited to processing spatial data of vehicle navigation maps. A net-

work decomposition method based on the above mentioned multi-scale spatial data model is proposed to solve this problem. The vehicle navigation maps are decomposed into sub-maps in the monitoring center, and these sub-maps can be downloaded to the onboard devices. The most relevant elements to the destinations are extracted from the entire network to compose sub-maps, so that the computational complexity of network analysis on these sub networks can be reduced with less accuracy loss. This method is applied to a case of searching the shortest path in onboard devices. Experimental evaluation shows that this method can effectively control the accuracy loss caused by network decompositions: there is only 13.85% accuracy loss while the sub network's size is reduced to 20.12% of the original network, and the computational time is reduced from second magnitude to 100 microsecond magnitude at the same time.

From the global perspective of the emergency decision makers, a scenario evolvement based representation method of road networks for emergency logistics and distribution is proposed in this study to generate real-time route scheme, by which to improve the reliability of emergency logistics under the uncertain external road traffic situation. The disaster chain is represented by scenario evolvement, which is embedded in the spatial data of road network for emergency logistics and distribution. The science of uncertain planning is introduced during the research work, focusing on following issues: scenario evolvement based representation method of road networks for emergency logistics and distribution, the route planning model for emergency logistics distribution under uncertainty, and the application in the South Snow disaster. The detailed contents of the research is as follows:

(1) The research on a scenario evolvement based representation method of road networks for emergency logistics and distribution. In emergency disaster emergency logistics and distribution, the development and evolution of disaster chains will lead to switching of logistics decision state space. A scenario evolvement based representation method for road networks is established in this paper to meet the characteristics of emergency logistics distribution, in which decisions

has to be made under a variety of uncertain scenarios led by unconventional emergencies. A dynamic scenario tree is proposed in this method to describe the diffusion and migration patterns of disaster scenarios among the road network, which is dynamically updated with real-time traffic information of the distribution vehicles.

(2) The research on a scenario evolution based route planning model for emergency logistics distribution under uncertainty. A scenario evolution based route planning model is established to deal with the uncertainty of road networks for emergency logistics and distribution. The actual path is embedded in a “perfect path” in this model, which includes all the sections in a road network, and a Monte Carlo and genetic hybrid algorithm is designed to compare their performance of overall satisfaction. Its applicability is verified by an example of emergency logistics in Fujian Province under rainstorm.

(3) The research on a scenario evolution based route planning model for emergency logistics distribution with the South Snow disaster diffusion simulation. A disaster diffusion simulation of 2008 Southern Snow Disaster is embedded into the above scenario evolution based route planning model to handle the disaster diffusion over time. An example of emergency logistics in Hengyang demonstrates the effectiveness of the above method.

The research in this paper has promoted the interaction and inosculation of geographic information science, systems science, operations research and other disciplines theory and methods. It is the beneficial exploration for improving the real-time processing of the emergency logistics vehicle road network spatial data. The research results have broad application prospects in emergency logistics, vehicle navigation and geographic information science, which will play an important role in emergency logistics distribution vehicle real-time navigation and scheduling work.

序 言

人类发展的历程可以被看作一部不断战胜灾害、勉力前行的历史。在中国，自传说中的大禹治水以来，救灾就一直是政府最重要的公共职能之一，这一职能履行的效果往往直接影响政权的稳定、朝代的更替。在与灾害长期抗争的过程中，人们逐渐掌握了灾害发生的内在规律，提出了应对的科学方法。应急管理就是这样一门从抗灾实践中产生、具有极强指导意义的学科。在进入二十一世纪后各种极端灾害频发的中国，这门学科的发展、应用就具有格外重大的现实意义。

作为应急管理的重要保障手段，应急物流支撑着应急救灾的物质基础。其独具的突发性、不确定性、弱经济性，使其成为与常规物流迥然不同的研究对象，它蕴含着一片未知的全新领域，呼唤着全新的方法。摆在我们面前的《应急物流配送车辆路网路径实时生成方法研究》一书就是顺应这种需求而生的一部创新之作，它抓住了应急物流的本质特征：剧烈变化的外部运输环境；提出了在应急物流过程中应急决策者所要面对的关键问题：如何遵循灾害发展规律，在急剧变化的外部环境中及时做出科学的决策。

针对这一关键问题，《应急物流配送车辆路网路径实时生成方法研究》一书综合了地理信息科学、系统科学、运筹学等交叉学科的最新理论成果，结合抗灾、救灾的实践做了较为系统的研究和分析，提出应急物流配送车辆导航路网的实时生成方法来应对外部运输环境的剧烈变化，提出应急物流配送情景演变路网表达方法来描述突发事件下的次生衍生灾害链的发展规律，并建立不确定条件下的应急物流配送路径规划情景演化模型来生成可靠的配送路径方案，为奔波在一线的救灾人员在危机暗伏的迷

雾中照亮了前行的方向。其中，从“应急物流配送路网的情景表达和实时生成”角度来研究应急物流配送规划问题是一个较为新颖的观点，为应急物流配送规划提供了可供借鉴的新视角，这种探索是值得鼓励的，其价值是有待与此领域同行做进一步探讨的。

本书的作者郭武斌博士在就读博士期间从事科研工作时就踏实稳重，努力开拓新领域，本书更是其厚积薄发之作，对其多年的学术成果进行了总结。如今得到“华侨大学哲学社会科学学术著作专项资助计划”的资助，能够在“华侨大学哲学社会科学文库”据有一席之地，这是一件幸事。希望本书的出版只是一个开始，科学的攀登永无止境，希望郭武斌博士能够在此领域更加辛勤地耕作，取得更加丰硕的研究成果。



长江学者特聘教授
国家创新群体负责人

2016. 11. 30