

# 一种基于校园路网的智能博弈仿真系统研究

王鑫 胡创业 李海芳\*  
新疆师范大学 新疆 乌鲁木齐 830054

**摘要:**近年来,随着科学技术水平的不断提高以及公共安全需求的增长,安全资源选址问题逐渐成为公共安全治理领域的研究热点之一。对此,本文引入博弈思想,从安全资源点选址及安全资源路径规划的角度进行研究,以期提升应急效率。首先引入事件扩散影响因子构建不完全理性攻防博弈安全资源选址策略模型,实现区域路网安全资源点的选址决策;进而在选址策略下,设计安全资源调度路径规划平台,实现安全资源调度的路径规划;最后,以某校园交通网络为例,进行仿真分析并设计小范围安全资源路径规划。结果解算出了最优决策及安全资源规划最优路线,仿真验证了数学模型的有效性。

**关键词:**设施选址;不完美信息;安全博弈;路径规划

## 引言

目前的公共安全事件主要分自然灾害、事故灾难、公共卫生事件、社会安全事件等4类。本文中所研究的区域道路网络公共安全事件治理相关内容为社会安全事件大类中的攻击性事件管理。在本文中,我们将重点讨论如何有效地处置这些事件,特别是那些可能造成严重后果的攻击事件。近几年,随着科技发展,公共安全治理水平不断提升,区域安全事件治理也成为研究的热点之一,然而多年来区域性突发的安全事件中不乏因为人员聚集、环境开放、信息传播迅速等因素均为公共安全事件的处理带来了一定的困难。随着技术的进步,在突发的攻击性公共安全事件中,采用新的方法,可以大大改善应急处置的效率,并且迅速、准确地调度救护车辆和物资,从而最大限度的降低损失<sup>[3-4]</sup>。Berman和Gavious<sup>[5-8]</sup>提出了一种新的方法Stackelberg博弈来描绘攻击者与防御者相互之间的博弈关系,以及如何有效地控制攻击者。Berman等<sup>[9]</sup>深入探索了纳什博弈选址模型,以解决大规模网络问题;尽管上述研究都为政府提供了有效的应对措施,但仍有改进的空间。首先,目前的研究很少考虑到大学校园遭受袭击的影响可能会传播开来都会导致连锁反应。其次,如何合理地分配设施容量,也是一个需要解决的问题。本文充分考虑到以上情况,提出一类涵盖

安全资源设施配置及规划优化的算法。

## 1 应急设施选址问题假设

### 1.1 应急设施选址问题描述

在给定的某区域,安全资源应急设施的选址可以用一种方式来描述:将网络拓普网络 $M(V,E)$ 分割成 $V(v_1, v_2, \dots, v_n)$ 和 $e(e_1, e_2, \dots, e_n)$ 两部分,每部分都包含一个重要的设施或场所,这些设施或场所可能会成为攻击点,因此,需要进行精确的安全资源设施选点设置。“边集”是指在该区域交通网络中,边的集合。设 $d(i, j)$ 是顶点 $v_i$ 和 $v_j$ 之间的最短距离。“ $w_i$ ”是指每次攻击后所需要的安全资源,它与顶点 $v_i$ 的重要性成正比,同时也反映了顶点 $v_i$ 的权重。防守者决策目标是 minimized 损失,而攻击者则是以最大化损失。路径规划问题的最终目标是,从多个安全资源应急设施点中,选出一个点对受击点进行应急救助并规划出最优路径。

## 2 模型构建

现实中的攻击者很多是不完全理性的,因此,本文设 $p \in [0, 1]$ ,当 $p = 1$ 时,攻击者为完全理性, $\sigma_i$ 对公式(1)的约束不生效,不会影响决策结果; $p = 0$ 时,即攻击者为非理性, $\pi_i$ 对公式(1)的约束不生效,不会影响决策结果。公式(1)如下:

$$\min_s U_{GLR}(s, \pi^*, \sigma) = p \cdot \sum_{i=1}^n \pi_i^* [\alpha \cdot d(s, i) + \beta \ln w_i - \gamma] w_i + (1-p) \sum_{i=1}^n \sigma_i [\alpha \cdot d(s, i) + \beta \ln w_i - \gamma] w_i + cm + \tau$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} \sum_{i=1}^n \pi_i^* = 1 \\ \pi^*(s) \in \operatorname{argmax}_i U_{GR}(s, \pi) = \sum_{i=1}^n \pi_i [\alpha \cdot d(s, i) + \beta \ln w_i - \gamma] w_i + \tau \\ \pi_i \geq 0, \sigma_i \geq 0 \\ \sigma_i = w_i / \sum_{i=1}^n w_i \end{cases} \quad (1)$$

公式中防守者先设立K个设施点，并形成策略空间  $s = \{s_1, s_2, \dots, s_k\}$ 。攻击者在观察到先行者的策略后，做出混合策略，攻击顶点集中的顶点， $\alpha$ 表示救援物资运输过程中单位物资单位时间延误产生的损失， $c$ 表示设置各个顶点成本， $m$ 表示应急设施的数量， $\tau$ 表示事件扩散产生的损失总和， $\beta$ 为准备物资过程中单位物资单位时间延误产生的损失， $\gamma$ 为先行者对于单位物资的管理能力。

### 3 结果分析

本文以新疆师范大学为例，将校园内重要地点抽象为节点随机编号，将重要地点之间的道路抽象为边，得到的园区网络图如图1所示，该图由44个节点和64条边组成。本文考虑到真实数据及重要性数据对该校园安全性的影响，先进行数据去敏处理，选取顶点1-22进行重要性赋值，实际测试顶点之间距离，进行穷举计算，然后按一定比例缩小，得到各顶点到其他顶点的最短路径距离结果。

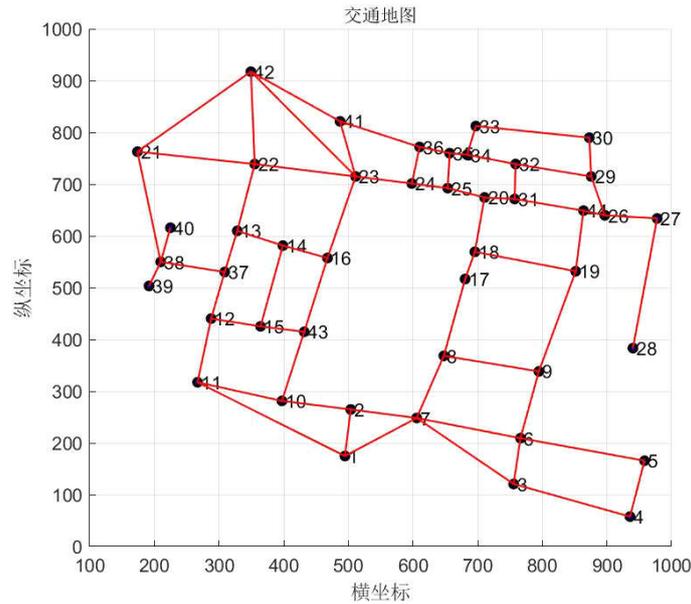


图1 园区网络编号图

首先，本文使用数学建模软件MATLAB进行实验，结果如下图2所示：

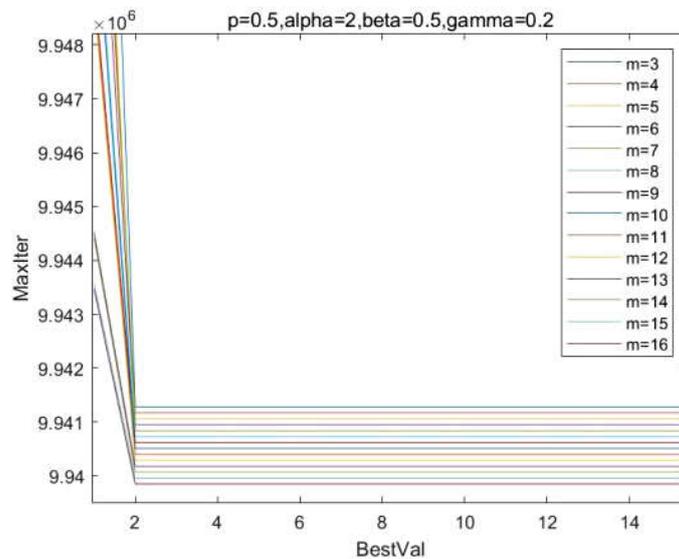


图2 防守者损失与攻击者理性程度p为0.5、选址设施间的关系图

当拥有相同数量的救援设备且  $\alpha = 2, \beta = 0.5, \gamma = 0.2$  时，当攻击者的理智水平减少时，防御的损耗也会相应

减少。因此，我们可以推断出，完全理智的攻击者给予防御的伤害是最高的，而图3中的非理智攻击者给予防

御的伤害则是最低的。在日常管理中可以利用这一点:

(1) 在经费允许的情况下,增加安全资源设施点的个数可以有效降低损失。(2) 可以通过放出干扰信息等方式影响攻击者判断,以降低攻击者理性程度。(3) 由于损失项中引入了舆论管理的相关数值,结果损失也会增

加。根据前文的选址策略结果,进行路径规划,如下图6所示的蓝色规划路线,经过计算比较路径的权值与表格中的最短路径做验证,结果证明, $m = 3$ 的情况下规划路径均是准确的。

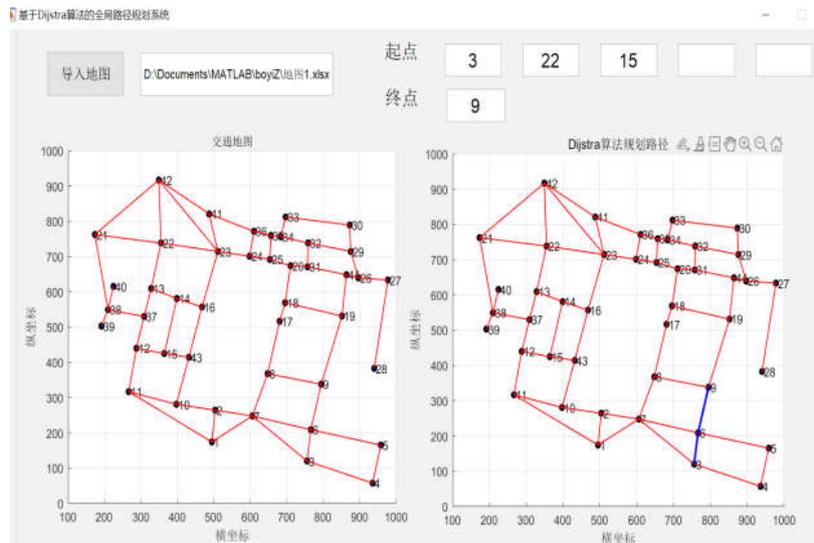


图3  $m = 3$ 时,最短路径规划(蓝色线条)

#### 4 结论

本文考虑到现实情境,融合博弈思想,提出一类新的混合选址模型,并结合某高校进行案例分析对受击点的救助过程中产生损失的影响,为区域道路网络公共安全事件治理提供科学决策的支持。在今后的工作中,针对区域道路网络中安全事件的扩散性及攻击者不完全理性的特征,未来可进一步研究的内容有:

第一,动态博弈安全资源选址模型的相关研究。现实中很多安全事件也具有连续性特征,多回合的博弈更加适用于场景。因此,在未来研究工作中可通过构建多方博弈、多轮博弈、多层博弈等模型效率更高更加实用。

第二,区域道路网络安全资源选址模型一般化。可以通过比较研究数据量更大的场景结果,进一步优化模型,可以使算法模型的效果更加适合更多场景。

#### 参考文献

[1]刘磊.突发公共事件中教育专业媒体的功能与价值——以“教育导报”全媒体平台新冠肺炎疫情报道为例

**第一作者简介:**王鑫(1997年5月-),女,汉族,河北省邯郸市,硕士,助教,研究方向:智能决策。通讯作者的邮箱:951624998@qq.com

**基金项目:**基于大数据的学生行为特征分析与研究项目编号:XJEDU2021Y031,项目类型:自治区高校科研计划项目

[J].四川教育,2020(36):13-14.

[2]曹琦,陈闻轩.应急设施选址问题研究综述[J].计算机工程,2019,45(12):12.

[3]Zarrinpoor N, Fallahnezhad M S, Pishvae M S., Design of a reliable hierarchical location-allocation model under disruptions for health service networks:A two-stage robust approach. Computers & Industrial Engineering,2017,109, pp.130-150.

[4]曹林,卢天鸣,冯玉芳.基于动态博弈的应急抢修中心选址问题研究[J].军事运筹与系统工程,2020,34(1):6.

[5]吉康,刘倩.基于多目标优化的应急设施选址-配送模型[J].现代交通技术,2021.

[6]楼振凯.应急物流系统LRP的双层规划模型及算法[J].中国管理科学,2017(11):7.

[7]项寅,王雪.核生化袭击下有限容量反恐设施选址-分配模型[J].工业工程与管理,2020,25(6):9.

[8]Berman O,Gavious A., Location of terror response facilities: A game between state and terrorist. European Journal of Operational Research, 2007, 177(2), pp.1113-1133.

[9]Berman O,Gavious A,Huang R., Location of response facilities a simultaneous game between state and terrorist[J]. International Journal of Operational Research, 2011, volume 10(1), pp.102-120.