

基于Anylogic软件旅游应急疏散仿真优化研究

谢雨婷 曾琼芳 向芯蕊 湖湘莹

湖南工商大学公共管理与人文地理学院

[摘要]近年来多个热门景区出现了游客拥挤或滞留事件,危害游客利益和景区资源安全。基于计算机的仿真研究是目前应急疏散研究的主要方法。本文总结了旅游者行为特征影响因素,确定岳麓书院景区主体建筑物基本特征以及旅游者的基本参数,搭建基于AnyLogic的岳麓书院应急疏散模拟仿真模型,运算并且记录旅游者疏散所需要的时间,预警了疏散的拥堵瓶颈区域所在位置。本文对比了多出口和疏散人员管控措施下总疏散时间和拥堵状况,为岳麓书院今后实际的拥堵预警和疏散优化方案提出合理建议。

[关键词]旅游应急疏散; AnyLogic建模; 仿真优化

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6288.2021.11.034

一、研究背景及现状

近年来多个热门景区出现了游客拥挤事件,受恐慌、信息缺失等因素影响,疏散人员容易根据情景记忆选择最近出口作为疏散终点,产生重复选择行为。同一疏散终点被重复选择导致疏散路径发生重叠,出口处人流密度瞬时增大,容易造成局部拥堵,进而引发踩踏伤亡等次生事故。因此,研究高峰期景区客流拥堵预警、疏导优化模型及引导策略,可在旅游景区的日常监控和应急管理工作中提供辅助决策支持,具有很高实际应用价值。

从整体上看,我国对旅游交通应急管理方面的研究起步较晚,各景区均有定性的指令性文件出台,但缺少以定量数据为依托、行之有效的应急游客人流组织指挥管理技术手段。黎巛^[1]持续2年通过对颐和园景区“五一”小长假和“十一”黄金周客流的实际观测,采用基于Agent的仿真建模方法,该仿真系统能在预测游客时空分流上给予具体调控参数。同时也有部分研究者基于仿真模型提出应急疏散有效策略^[2]。姜皓月、刘雨佳^[3]以法国卢浮宫为研究对象,通过应用图论、FloydWarshall算法和排队论建立数学模型,得到合理的卢浮宫紧急情况下的疏散方案;何大治、李晓克^[4]通过实验获取行人视域半径数据,针对空间连续性导致的人员重叠的问题,设计消除行人位置重叠的算法;喻敏、兰志光^[5]基于BIM环境利用Pathfinder仿真软件,研究在满足规定疏散时间的条件下,不同建筑形式车站的不同客流量下同一提升高度的客流疏散情况和在同一建筑形式车站的相同客流量下不同提升高度的客流疏散情况。

综上,既有应急疏散研究主要针对建筑物内部客流行为模式、流动结构和行为特征,较少涉及景区客流集散路径和空间扩散特征问题。本研究将兼顾既有研究不足和最新发展动态,揭示旅游高峰期景区内部拥堵客流的动态规律,构建旅游高峰期景区拥堵客流疏散优化仿真模型,并提出旅游高峰期景区客流拥堵预警、疏导优化策略。

二、疏散影响因素分析

游客的行为特征同时受自身生理条件的影响,其中最主要的影响因素为年龄和性别。逃生标志、疏散标志、疏散通道、报警系统和消防供电这些物的因素,在紧急事件发生时也会影响到游客的疏散效率。紧急事故应急救援系统、安全信息管理系统、现场专业工作人员指挥、救援组织、指挥中心调度力度、公共安全常识宣传等管控制度和优化方案是否有效实行、实行程度也会影响人员的安全疏散。

三、数据获取和模型构建

(一) 仿真模型建筑环境构建

本文以岳麓书院为案例,按照1米=10像素的比例对真实建筑进行调整,在AnyLogic平台建立建筑环境,为疏散个体初始位置设计做准备。经过实地调查采样,统计岳麓书院人数在300—400之间,景区工作人员在50人之间,以150人、250人、350人依次递增作为仿真模型的疏散总人数。在AnyLogic平台创建智能体元件并通过不同组件进行设计,具体设计如下:

1. 性别设置: 性别主要影响疏散速度。根据岳麓书院游

客比例情况综合考虑本例设定疏散者男女比例为1:0.8。

2. 年龄设置: 本例设定疏散个体年龄按10—60岁正态分布。之后建立agespeed表函数组件与age参数组件相连通,从10岁开始每隔5岁设定不同的速度影响因子直至60岁。

(二) 构建岳麓书院行人行为流程模型

在AnyLogic软件行人库中,按照行为的逻辑先后顺序依次链接,将各个组件用每个模块对象的属性用连接器进行连接,通过新建智能体、设置线服务、区域服务与PedSource、PedWait、PedSink等结合起来赋予游客智能体动作行为,完成环境建模与行人建模的连接,形成岳麓书院内游客的流程图。

四、疏散优化方案分析

(一) 疏散仿真模型

在岳麓书院内部环境和游客进行仿真建模基础上,本文将对疏散过程、疏散时间、疏散密度对结果进行分析,找到疏散过程的疏散瓶颈。

在AnyLogic中设置组件PedSelectOutput,根据就近原则的概率进行分配,分别设置开放正门后门以及侧门三个门,对这种情况分别进行模拟。其中游客密度图图例表示为:密度为0—0.33由蓝色表示、密度为0.33—0.67绿色表示、密度为0.67—1.33由黄色表示、密度1.33—1.67由橙色表示、密度为1.67—2.00由红色表示,即红色区域为游客流量大、行人较为密集的区域。

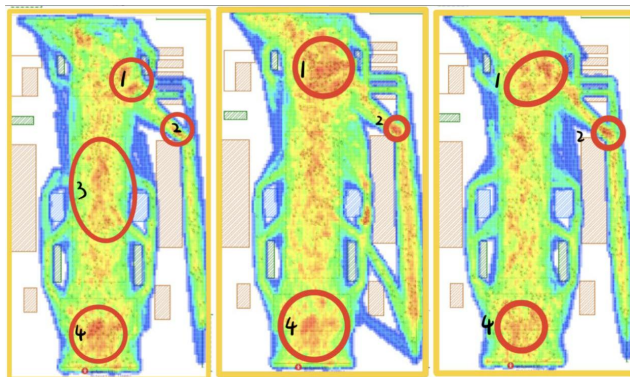


图4 基础疏散模型

综上,可以得出以下结论:待疏散人员数量为满员情况下,疏散时间为657秒。人流密度拥挤区域包括:讲堂(图4位置①处)、半学斋后方拐角处(图4位置②处)、大门至二门(图4位置③处)、赫羲台(图4位置④处)、后门出口位置,侧门出口位置,这几处疏散时的人流密度普遍高于人员安全密度 $0.25 \text{人}/\text{m}^2$ 。疏散人员倾向于前往最近逃生通道,能在最短时间内到达安全区域,总体疏散时间在一定程度上降低,造成路径拥堵、安全区域“超载”现象。因此,为避免出现拥堵、避难场所过载等现象,景区应急管理部门应提供应急疏散路线以及疏散优化方案。

(二) 疏散优化方案

疏散时间受多重因素干扰，例如疏散人数数目、疏散通道的宽度、通过人流量，考量后，本文提议了新的优化计划：搭建不同出口数目，进行仿真模拟建设，以疏散人数的数目以及疏散空间的主体建筑为定量，以建筑物疏散出口参数为变量。将景区最右侧侧门以及后方大门全部打开，保障疏散通道畅通。

1. 疏散优化方案一：不同出口设置的人员疏散情况

设置人员分配参数，设置在原有两个门（后门以及侧门）开放的基础上再开放一个2米的门的情况下，模拟疏散游客在面对不同的出口时，需要自行选择疏散路径的仿真疏散。

以下分别是在150人、250人、350人不同情况下的疏散仿真模型。

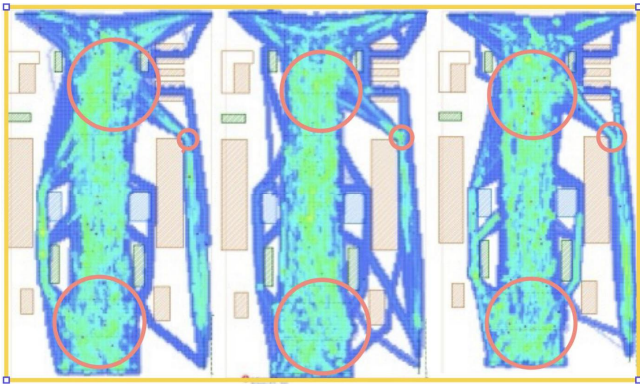


图5 方案一仿真模拟

本文使用Anylogic平台模拟岳麓书院建筑物的情况下的原出口和多出口的疏散时间，为了便于比较将出口宽度都设定为2米，通过实验计算在不同游客人数下设置分别设置原出口和多出口情形，得到如下表1的数据。

表1 方案一疏散时间对比

出口	疏散时间 (s)		
	150人	250人	350人
双出口	383.3	542.2	657.2
四出口	245.6	338.1	379.1

由上表可知，疏散人员数目增长的情况下，多出口比双出口更能使疏散时间节约化，较好地吻合真实状况。针对岳麓书院建筑物设计，需设置多个出口，旨在明显增加疏散过程中人群的分流，有效地缩短疏散时间。

2. 疏散优化方案二：景区应急管理部门安排专业人员行疏散

紧急疏散时各出口使用不平衡是制约疏散的主要因素，训练有素的工作人员的引导有利于分流。对岳麓书院景区工作人员加强相关方面的培训，使其能在紧急情况发生时迅速反应，制定相应行动决策并引导游客找到疏散通道和出口。在

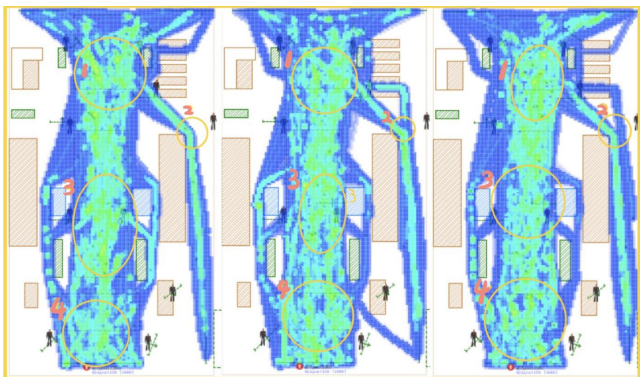


图15 方案二仿真模拟

AnyLogic仿真模型坐标系 (X, Y) 从左至右设置景区疏散人员，共10人。根据仿真模型数据显示，在150人、250人、350人的情况下，景区游客全部疏散完成的时间分别是195.6s、258.1s、359.4s，依据岳麓书院实际情况，截取在350名游客疏散时100s、200s、300s的游客密度图，便于直观化对比疏散方案优化结果，如图15。

旅游者仿真分析结果如下：在游客数量不变的情况下，讲堂至后门、赫羲台以及半学堂转弯处的人流密度有所下降，并且在专业人员的引导下，游客更易及时选择最短疏散路径，有效降低紧急情况下因恐慌心理而导致的二次事故的发生，下方表格以及折线图表明开设多出口以及安排景区专业疏散人员前后疏散时间的对比。

表3 方案二疏散时间对比

出口	疏散人数		
	150人	250人	350人
双出口疏散时间	383.3	542.2	657.2
四出口+10人疏散时间	195.6	258.1	359.4

本方案对传统的多出口应急疏散方案进行优化以提高疏散效率，降低人群疏散时间。根据上述仿真模拟，在游客数量逐步递增的情况下，工作人员分别在讲堂引导游客向后门以及新搭建的后侧们进行疏散、大门和二门拥挤处的游客在安设的景区工作人地指导下有序地从两旁路径进行疏散，赫羲台的游客不仅仅从正门疏散，并且受景区工作人员指导向孔子像后门进行撤离。经过专业培训后的疏散工作人员的合理化疏散指示，有效引导游客从最近疏散通道进行撤离，在开放4个疏散通道后合理化安置疏散工作人员所花费的时间为359.4s，相较于与基础两个通道的疏散效率提高了33%。受慌乱情况影响下，游客暂时无法理性判断最短路径，传统单层多出口疏散场景设计的疏散方案有一定局限性，往往会使出口流量分配不均衡。该方案剖析并且调整原有疏散方案，调节每个出口的疏散流量，并为每个疏散组别安置新的疏散人员。结果表明应急计划对旅游景区应急部门至关重要，在筹划和救灾有指导性作用。

五、结论

本文分析并且总结了岳麓书院景区这一特定环境下人群疏散的行为特点。从个体客观和主观因素、外界物理因素的现象等多方面，对景区人员疏散时的行为特征进行分析总结。通过实地调研以确定岳麓书院景区的布局特征和旅游者性别、年龄等基本参数，运用AnyLogic仿真软件对岳麓书院的主体建筑以及疏散智能体进行疏散仿真，并对其仿真结果进行可视化分析，确定岳麓书院的疏散瓶颈区域。本文主要探讨增加疏散出口以及安排专业工作人员进行疏散两种优化方案，在开放4个疏散通道后合理化安置疏散工作人员所花费的时间为359.4s，相较于与基础两个通道的疏散效率提高了33%。

参考文献

[1]姜攀.基于数据挖掘的智能旅游导航系统研究[J].现代电子技术,2018.
 [2]姜皓月,刘雨佳.基于数学模型的卢浮宫紧急情况疏散方案设计[J].中外企业家,2020(17):227-228.
 [3]何大治,李晓克,李明明.考虑视域影响的疏散行为建模及双向行人流仿真[J/OL].浙江大学学报(工学版):1-9[2023-06-17].
 [4]喻敏,兰志光.基于BIM与Pathfinder的地铁车站客流疏散相关研究[J/OL].隧道建设(中英文):1-9[2020-06-17].

基金项目：国家自然科学基金项目(71901093)，湖南省自然科学基金项目(2020JJ5115)，大学生创新创业训练计划项目(S202010554010)

通讯作者：曾琼芳(1989-)，女，湖南娄底，博士，讲师，从事交通运输组织优化研究。