

摘 要

随着社会的发展，建筑火灾已经成为现代城市中最为严重的公共灾害之一。针对当前由于建筑火灾导致的群死群伤事故日益增多的形势，以大学校园建筑火灾疏散为设计背景，论文将建筑物按平面布置确定其疏散网络，根据人员的不同网格位置的移动特性确定其移动速度及方向，建立了描述人员疏散时间和疏散轨迹，利用ArcGIS软件对校园的疏散进行仿真，反映了人员疏散的流动图案，重点阐明了灾害的分析模型和系统的逻辑层次。

论文首先介绍了安全疏散救援的思路和方法，然后对北京科技大学社区道路进行分析，在火灾后作出最有效的应急预案和疏散方案。在设计中，不断优化原有方案，并且在方案里考虑了诸多因素和不利条件，使得方案更加趋于实际。

最后对北京科技大学道路管理的现有体系和模式进行了总结，然后基于网络技术、数据库技术、网络技术等高新技术提出了城市道GIS路集成化信息管理的新模式，讨论了在新模式下各部门的协同工作、数据授权访问以及信息共享等机制。该模式便于社区道路管理各部门共享信息和进行协同工作，从而可以提高社区道路的管理效率和管理水平。

关键词：地理信息系统 疏散 设计

Abstract

With the development of society, building fire disaster is becoming one of the most serious public disasters in modern cities. Aiming at the increasing trend of massive death and injury caused by building fire disaster and taking safety evacuation in a campus building fire accident as example, The paper identifies the evacuation network according to the plane arrangement of the building, and the evacuation speed and direction of the personnel have been identified according to their moving characteristics in different grids. Then the mathematical model of describing personnel in building has been obtained by computer emulation method. ArcGIS was used to emulate the evacuation in the campus. and the disaster analysis model and logical steps of the system are stressed.

This paper firstly introduces a common method to the safe evacuation design, then analyses the characteristic of the roads. In the design, we considered many practical factors and disadvantageous qualifications to accord to the fact.

At last, the paper summarizes the current urban road management system of The University of Science and Technology Beijing and describes a new management model that uses the new information technologies including Web, Internet GIS (Geographic Information System) and database. The approach by the system may support the information sharing, facilitate the collaborative work among the multiple departments and improve the effectiveness and efficiency of the community road.

Key Words: GIS (Geography Information System) Evacuation Design

目 录

摘 要	1
Abstract	2
引 言	1
1 设计说明	3
1.1 GIS简介	3
1.1.1 GIS 基本原理与基本功能	3
1.1.2 GIS的研究开发模式.....	4
1.2 设计原理及相关技术.....	4
1.2.1 ArcGIS系统软件的开发环境及主要性能	4
1.2.2 ArcGIS系统软件的在减灾救助系统中的主要优势.....	5
1.2.3 ArcGIS软件在疏散应急系统中的功能应用	5
1.2.4 疏散最优化模型设计	6
2 关于场馆的初步疏散方案	7
2.1 车辆路线的选定	8
2.1.1 车辆行驶路线的影响因素.....	8
2.1.2 车辆行驶路线模拟方案.....	9
2.1.3 车辆行驶路线数据处理.....	9
2.1.4 网络分析步骤和功能.....	10
2.1.5 车辆行驶路线选定	11
2.2 人员疏散路线及疏散场所	13
2.2.1 疏散场所的确定	14
2.2.2 疏散最短路线选择.....	14
2.3 疏导人的布置.....	16

2.3.1 疏散工作量决定因素	16
2.3.2 疏散工作量	17
2.3.3 疏散人员初始分布	17
2.4 车辆撤离路线	17
3 疏散方案的检验和修正	19
3.1 道路防堵塞研究改造	20
3.1.1 GIS中防堵塞模型	21
3.1.2 各个街道最大饱和人数统计	22
3.1.3 各个街道实际疏散方案修改	24
3.2 车辆行驶路线对疏散方案的影响	24
3.2.1 车辆行驶路线的影响线	24
3.2.2 疏散方案最优设计	25
3.3 人流疏散最优密度对疏散方案的影响	25
3.3.1 优化模型的原理	25
3.3.2 最优密度的计算	26
3.3.3 疏散方案整体优化设计	27
3.4 疏散人员的重新布置	29
3.4.1 疏散人员的前期重组	30
3.4.2 疏散人员的后期重组	31
4 对原有设施的改进建议	32
4.1 方案的重组性布置	32
4.1.1 设施的可能性拆除	32
4.1.2 道路的随机性属性变化	33
4.1.3 疏散空间性分析	33

4.2 对现有设施进行改进建议	34
4.2.1 停车车位选择	34
4.2.2 地下疏散空间的利用和建议.....	35
4.2.3 设施拆除方案	36
结 论	37
参 考 文 献	38
附 录.....	41
摘要.....	56
1 概述.....	56
2 背景.....	57
2.1 Redlands大学所面临的威胁	57
2.2 GIS对于突发事件管理带来的益处	58
2.3 突发事件管理阶段.....	58
3 GEMS概述.....	59
3.1 人口定位组件	59
3.2 灾祸发生要素	60
3.3 查询和分析要素	61
4 GEMS设计考虑	63
4.1 GIS技术的选择.....	64
5 使用GEMS的一些建议.....	66
在 学 取 得 成 果.....	错误! 未定义书签。
致 谢	67

引 言

随着我国经济建设的快速发展，城市建筑的安全与防灾减灾也相应提到了新的高度。据统计，2006年城乡居民住宅共发生火灾50053起，死亡1093人，伤628人，直接财产损失170498730元。^[1]因此，如何避免或减少这一损失是消防部门、建筑设计和管理部门所面临的重大课题，更是火灾科研工作者所面临的新的挑战。^[2]奥运场馆是城市一流建筑，因此对它的防火设计不容忽视。

北科大奥运场馆建设的内部防火设计已是相当完善，但室外疏散和应急系统还很薄弱。制定有效的应急疏散管理预案是紧急疏散成功的关键。^[3]因此，我们计划通过对奥运场馆周边地理人文环境的分析，尤其是对街道和人群的模拟，基于ArcGIS相应软件，研究校园内实时人员空间分布、避难路径及避难场所的时空关系，在假想场馆内火灾的情况下，设计避难路径和拟定疏散方案。同时基于对灾害产生后的模拟，对原有设备和布局进行整合，预防这一灾害的发生和发展，进一步减少灾害发生时所带来的损失。

从管理的角度，国内外的研究都表明，科学的疏散计划与管理必须依赖适当的疏散模型。目前对于疏散模型的研究，在理论上主要包括计算机仿真方法与数学分析方法两种。随着计算机技术的应用与发展，计算机仿真模型也逐渐应用于疏散管理方面，如应用于建筑物的人员疏散模型EVACNET, BuildingEXODU, FGRESS, SIMULEX, SGEM, 主要对建筑物内人员的徒步疏散。机动车疏散模型有MASSVAC, MEMBrain, REMS, CEMPS, DYNEV&I-DYNEV等。这些模型都是从微观或宏观的层次对疏散过程中人员流动或交通状况进行模拟，可用于预测出疏散时间，评估疏散方案。^[4]而我国起步较晚，与日本、美国等发达国家相比，在科学的应急疏散策略、不同部门间的协同合作、资源的合理利用等方面仍存在一定的差距。^[5]

而校园街道中的疏散方案及相应规范仍不健全，尤其在对某建筑灾害预防和疏散设计上仍出现真空，没有列入城市发展框架之内，^[6]究其原因主要有三点：

第一，社区街道的不确定因素很多。在社区街道中的人流对车辆行驶速度的影响是不可避免也是不可量化的；其二是道路的复杂性。社区街道存在许多停车位，这种不规

则的车辆停放可以影响消防车道的有效宽度，这种随机的车辆停放使得原本整体性良好的道路需要分段进行考虑，道路通道上，尤其在转弯处存在视野的局限性，还有高度等还有相应限制等诸多问题；其三，社区道路自身的特殊性。与城市大公路相比，消防车的进入势必会导致道路的不可通行，在转弯处也不可以做U型转等，对于分析此类问题的复杂性往往更加艰难。

第二，人群疏散的控制不易实施。在人群疏散问题上，如何将方案落实，怎样落实，是摆在疏散方案设计者身上的一道难关，这也是此类问题的研究存在真空的原因之一。

第三，是对设计方案是否优越的质疑。由于在方案设计中考虑的因素是否科学，在实际效果中是否是效率最好，速度最快，整体最优，是每个设计者所不能保证的，因为用宏观分析处理微观问题或多或少都会存在偏差，这也是GIS大材而不能小用的原因。

在此认识基础上，可以根据规范和先例的数据和分析，可以根据适当模型和规范对场馆四周进行宏观分析，在各个街道做出相应数据后，通过GIS网络分析功能实现对对象的模拟和分析，从而为疏散方案提供依据。之后，可根据相关规范对方案做出检验，对于不符合规范和设计要求的进行适当修改，再进行检验，直至结果达到最优。^[7]即：

- (1) 紧急情况发生时,尽可能多地设置引导人是保证迅速、有效疏散的重要方式;
- (2) 借助技术作用使疏散得到显著提高,达到缩短疏散时间的目的,同时也是一种弥补引导手段尽可能地扩大疏导人员的影响范围;
- (3) 设置合理的消防车行驶路径,尽量做到快速高效;
- (4) 对原有设施进行改良,以增大疏散机会,减少火灾损失。

1 设计说明

高等学校是学生学习、生活和成长的重要场所，学生的人身安全必须受到有力保障。莫斯科时间 2003 年 11 月 24 日凌晨 2 点 50 分左右，位于莫斯科西南部的卢蒙巴友谊大学 6 号学生宿舍楼发生火灾，导致 28 名来自中国、日本、土耳其、印度、秘鲁等 20 多个国家和地区的留学生丧身，另外有 100 人受伤。

近几年来，随着我国高等教育政策的调整，各个高校招收学生的数量明显增加。这对提高我国人口总体文化素质具有很强的推动作用，但学校的教学设施和生活设施的改善速度不能满足目前学生增长速度，相应的基础设施处于超期服役或不能满足密集学生群的安全要求，因此在各个高等学校的教学大楼、实验大楼、公寓大楼和其他学习生活密集区域内都构成了密集学生群。

1.1 GIS简介

地理信息系统（Geographical Information System，简称GIS）是一门介于地球科学与信息科学之间的交叉学科，它将地学空间数据与计算机技术相结合，通过系统建立、操作与模型分析，产生对资源、环境、管理决策、环境保护等方面的可利用信息，并已渗入到各行各业中。陈述彭院士指出：地理信息系统是建立在系统论、信息论与控制论这些现代科学理论方法的基础上，而相当今世界人口、资源与环境三大科学问题，发挥理论、技术与应用三结合的优势，逐步形成新兴的综合性科学技术领域。

1.1.1 GIS 基本原理与基本功能

地理信息可定义为地理数据的解释，而地理数据则是各种地理特征的符号化表示。一般说，地理信息包括空间位置、特征属性（简称属性）及时间三部分。空间位置数据描述地物所在位置。这种位置既可以根据绝对大地参照系定义，如二维平面笛卡尔坐标、大地经纬坐标，也可以定义为地物间的相对关系，如空间上相连接、位于、在什么范围等。属性数据有时又称非空间数据，附属于一定地物，描述其特征的定性或定量标准^[8]。

简单来讲，GIS就是将空间数据和非空间数据相结合，进行空间分析，从而做出判断。GIS的空间分析可包括为三个不同的层次。一是空间检索，包括从空间位置检索空

间物体及其属性和从属性条件集检索空间物体。空间索引是空间检索的关键技术，如何有效地从大型的地理信息系统数据库中检索出所需信息，将影响地理信息系统能力。另一方面，空间物体的图形表示也是空间检索的重要部分。第二则是空间拓扑叠加分析，空间拓扑叠加实现了输入特征的属性的合并以及特征属性在空间上的连接，其产生结果多是关于输入的关系信息，一般不产生新的目标。因此，空间拓扑叠加本质是文氏图在GIS中的应用。目前，空间拓扑叠加被许多人认为是GIS独特的空间分析功能。第三是空间模拟分析，空间模拟分析刚刚起步，目前多数研究工作着重于如何将GIS与空间模型分析相结合。

1.1.2 GIS的研究开发模式

对GIS研究可分为三类，一类是GIS外部的空间模型分析，将GIS当作一个通用的空间数据库，而空间模型分析功能则借助于其它软件。第二类是GIS环境内的空间模型分析，试图利用GIS软件系统提供的空间分析模块以及宏语言发展使用与要解决问题的模型。这种方法一般基于空间分析的复杂性和多样性，易于理解和应用。但由于GIS软件所能提供空间分析功能极为有限，这种紧密结合的空间模型分析方法仍有限。第三类是混合型的空间模型分析，其宗旨在于尽可能地利用GIS所提供的功能，同时也充分发挥GIS使用者的能动性^[9]。

1.2 设计原理及相关技术

1.2.1 ArcGIS系统软件的开发环境及主要性能

美国环境系统研究公司（Environmental Systems Research Institute, Inc. 简称ESRI公司）是世界最大的地理信息系统供应商。它所开发的ArcGIS软件已经占到GIS软件市场的三分之一，全球每天都有超过一百万人使用ESRI公司的GIS技术。本系统采用ESRI提供的ArcObjects，在VB环境下开发。ArcObjects是基于组件技术开发出来的功能强大的组件式GIS开发产品，它具有庞大的体系结构。ArcObjects工提供了11个控件、11大类25个组件库、1500多个类、1600多个接口。完全满足这次的系统开发的要求。

对于数据的处理，拟定采用免费的个人Geodatabase数据模型对地理和属性数据进行管理。个人Geodatabase是一种采用标准关系数据库技术来表现地理信息的

数据模型。Geodatabase 支持在标准的数据库管理系统（DBMS）表中存储和管理地理信息。个人 geodatabase 更像基于文件的工作空间，数据库存储量最大为 2GB。个人 geodatabase 使用微软的 Access 数据库来存储属性表。对于小型的 GIS 项目和工作组，从资金已经资源占用效率来讲，个人 Geodatabase 是非常理想的工具。

1.2.2 ArcGIS 系统软件的在减灾救助系统中的主要优势

首先，基础数据的整合与储存需要 GIS 为平台来完成。要做到准确处理可能发生的危险，才能对突发事件做出快速反映。而快速有效地查询到相关数据是减轻损失和抢救生命的关键。信息是减灾救助系统的基础，而最重要的是地理信息。公路交通、地铁、铁路、电力、电信、煤气、自来水、重要建筑、学校、社区服务中心、邮政局、桥梁、隧道、机场等，这些重要的城市基础设施信息，要求能够随时查找、定位并可以显示在地图上。对于人也是一样，可以通过人们的家庭住址，办公地点或者人口聚集地进行跟踪定位。以上这些以地理为基础的信息都可以数字化地存储在计算机中，并利用 GIS 进行管理和利用。

其次，地理信息的共享也是一个 GIS 的一个优势。Geodatabase 技术的出现使地理数据在相关的部门直接进行信息共享，并且可以充分发挥信息的最大能量。GDB 为提供国家地理信息库战略性的基础平台，使得各个单位和部门可以生产，发布和访问地理数据和其他相关信息，最大限度的协调各个部门之间的工作。

最后，就是 GIS 对地理信息的可及时更新性，允许其实时数据的访问和管理。从而做出卓有成效的决策。无线技术可以使野外工作人员与数据中心动态交换数据。GIS 浮动地进行数据合并和处理，使应急服务管理者进行可视化的事件分析。

1.2.3 ArcGIS 软件在疏散应急系统中的功能应用

ArcGIS 在疏散设计上尤其本身特有的优势，具体基本功能可以实现疏散设计的主要任务。其中主要应用的功能有：

（1）缓冲区分析：根据给定的缓冲宽度，在某空间对象周围建立缓冲区，并将缓冲区多边形存放到新的地物类中，查询出与缓冲区相交的对象。如将某道路拓宽 5m，影响到的建筑物、绿地、管线等，为施工趋避提供依据。

(2) 邻域分析: 查询与指定对象相邻的对象, 将属性数据与空间数据链连接后再进行分析。如分析某运动场与哪些对象相邻以及这些对象的性质和这些相邻对象中受运动场活动影响程度, 从而合理安排使用时间。

(3) 空间叠加分析: 实现矢量与矢量、矢量与栅格图层的叠加, 利用叠加对选定的元素(点、线、面) 进行空间分析, 查询出某矢量专题中所有被另外矢量专题中指定对象叠置相交的对象。如通过公用电话(点) 与道路(线) 和学生宿舍(面) 叠加分析, 确定电话点的增减。

(4) 网络分析: 校园中各种管网密布, 网络分析给这些管网管理提供了强有力的手段, 其主要功能是资源分配和路径选择, 利用它可以实现①最短路径求解: 指定若干地点, 求顺序经过这些地点的最短路径(用于设计线路); ②最佳路径选择: 指定网络上两点的位置, 求取它们之间的最小路径(用于校园导航); ③游历方案求解: 求取遍历网线集合或结点集合的最佳方案(用于管网优化); ④上下游追踪: 查找网络中与某一地点联系的上下游部分(故障定位); ⑤空间定位: 规划各类服务设施的最佳位置; ⑥资源分配: 模拟资源在网络中的流动, 求取最佳的分配方案(公告栏选址); ⑦设计紧急预案: 当管网出现障碍点(段) 时分析其影响范围并设计紧急预案; ⑧制定抢修方案: 指定网络中的故障点, 制定抢修方案^[10]。

1.2.4 疏散最优化模型设计

数学分析的方法主要以网络流优化为基础, 其中应急疏散空间网络由节点和通道组成, 其中各节点和通道均具有多个处于动态变化中的属性特征, 如完成疏散的时间、疏散距离等, 称为疏散成本属性^[11]。

可以将任一应急疏散空间模化为 $G(v, E)$ 网络。其中节点集 $v = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$, 表示由各疏散空间节点组成的集合。节点可分为三类: 源节点 v_1 , 传输节点 v_2 和出口目标节点 v_3 。源节点 v_1 即只有流出群集, 无流入群集的节点。出口目标节点 v_3 属吸收式, 即只存在由节点 v_2 或节点 v_1 指向 v_3 的单向的群集流动。传输节点即从源节点向目标节点的疏散过程中, 必须通过的中间节点。可以将每个节点中加入事故状态、各个节点直接的人数等属性。对节点与节点之间可以定义出口相互连接的连接通道, 对相应通道的录入疏散时间、距离、疏散能力等属性。加入应急疏

散系统的性能指标，例如应急疏散空间完成安全疏散的人数、疏散网络空间中的剩余步行距离等，用这些作为衡量疏散路线优化的标准。

无论是建筑物内疏散或大范围疏散都可以转化为疏散网络的问题。疏散网络分为静态和动态两类。静态网络的结构与参数与时间无关，其优化问题主要包括最短路径，最小费用流，最快流及最大流问题等。静态网络流不能反映实际疏散过程中，网络随时间变化的特征，运用于疏散管理的效果不理想。基于动态网络流的交通疏散优化，可以发挥整个交通系统的最大性能。

目前，为了开发出实用的指导疏散计划的决策工具，应采用数学优化模型与计算机仿真模型相结合的方法。计算机仿真模型能模拟出接近实际的紧急情况下交通状况，直观且定量的给出交通流量分析。优化模型的结果可输入到仿真模型，以测试方案的可行性，并应于GIS相结合，使其能在GIS中得到形象的可视化的结果^[12]。

2 关于场馆的初步疏散方案

北京科技大学体育馆是 2008 年奥运会柔道、跆拳道比赛馆。该馆由主体育馆和一个拥有标准游泳池的附馆构成，总建筑面积 234662.32 平方米，体育馆的屋面钢结构采用的是螺栓球钢网架结构，其中主体育馆在比赛期间可提供座位 8012 个，赛后，通过局部改造，将恢复为 5050 个标准席，可以承担重大比赛赛事(如残奥会盲人柔道、盲人门球比赛、世界柔道、跆拳道竞标赛)、承办国内柔道、跆拳道赛事，举办学校室内体育比赛、教学、训练、健身、会议及文艺演出等，同时还是校内游泳教学、训练中心及水上运动、娱乐活动的场所。^[13]

在场馆疏散中，所作的主要任务有三个方面：包括车辆路线的选择，人员避难路线和场所的确定和疏散人员的布置等。疏散时可以大体得出三个阶段；见图 2.1 所示：

第一阶段：场所发生火灾，人群的自主疏散，这个时间段应从火灾开始到结束；

第二阶段：疏导人的参与，这个阶段是将人群的自主疏散改为安全撤离，这个时间是从火灾发生后的 3~5 分钟到火灾的结束为止。

第三阶段：火灾的消灭，这个时间应从消防车进入学校（即火灾发生后 10 分钟）即响应时间。^[14]

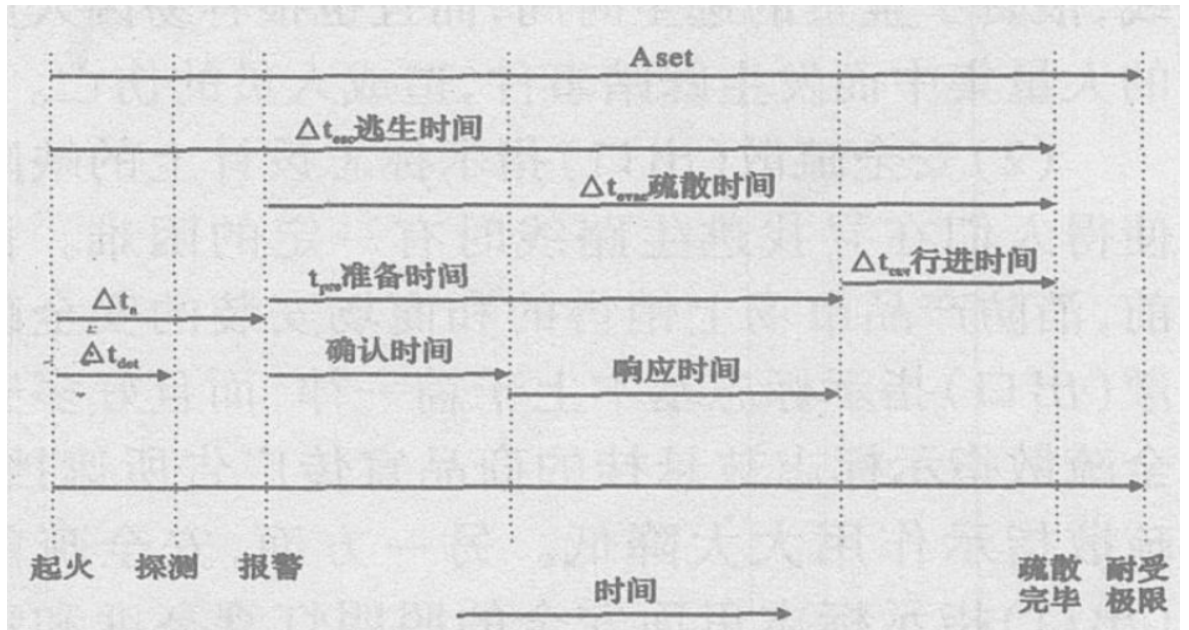


图 2.1 疏散方案的三个阶段

而这三个阶段在 ArcGIS 中都可以做出模拟和分析，其中疏散方案的初步设计也是根据疏散三阶段来具体完成的。

2.1 车辆路线的选定

救援车辆的行驶路线是设计任务之一，其确定，对之后人员的疏散有着相当大影响，在疏散中，车与人的冲突是各个冲突中最为尖锐的冲突之一，在车辆行驶路线确定之后，就要规避人群疏散方案对车辆行驶的影响。

除此之外，车辆路线的选定，并不是直接的以时间和路程来确定，同时需要考虑疏散时的人员适时分布等因素，这样才能将方案做到最优。

2.1.1 车辆行驶路线的影响因素

在小街道车辆行驶中，有着与平常高速路等大型公路不同的影响因素。

第一，阶段性路宽。校园街道往往面临停车车位的影响，从而使原本的街宽变窄，从而影响车辆的行驶速度与穿越时间。

第二，路况与路障。在校园街道中，往往设置的一些减速和禁行的路障和施工过程中带来的道路路况的改变，也同样是一大影响因素。

第三，行人的影响。与城市街道相比，行人的多少在对校园道路的影响中起着至关重要的作用，行人越多，则车辆行驶速度就遽然下降，这是在城市街道分析中所未与考虑的因素。

2.1.2 车辆行驶路线模拟方案

在车辆未至学校时，模拟出人员的适时分布，从而加入了人群分布的权重，同时充分考虑路况以及其他因素的影响，最终确定最为科学的行进路线。在GIS分析中，将所有因素都考虑在内，从而才能更贴近实际，便于控制。

2.1.3 车辆行驶路线数据处理

关于车辆行驶路径的选择，不仅仅要考虑路程最短，而关键是时间上的问题。在消防车进入学校以前，就有3条选择路径：北门，东门和南门。西门因离奥运场馆最远，花费时间最长故而可以排除。

根据相关规范和要求，采集到车辆在校园各个道路上所花费的时间，以及道路相关长度等一系列数据，以便于GIS进行相关分析和操作得出拥挤状况下的最小费用流问题。^[15,16]所有的关于应用的矢量和属性信息会存储在一个COTS的关系型数据库管理系统，地理数据库在自己的框架中可以很好的组织来处理空间和属性数据。在这样的一个结构系统中复制地理数据库就容易得多了，特别是个人数据库。转移或者复制空间数据到另外的机器上或者生成备份只需要转移或者复制用诸如Winzip之类工具压缩过后的文件。不像ESRI的Coverage这种空间数据结构，它可以通过一个窗口文件管理应用程序来实现，比如Windows浏览器，不用依赖特别的应用程序。在灾难应急的时候，可以快速的复制到单独的机器上。^[17]见图2.2

Contents Preview Metadata					
	OBJECTID *	SHAPE *	TIME_REN	TIME_CHE	SHAPE_Length
	1	Polyline	.44	.21	44.2140064642625
	2	Polyline	2.93	.86	293.809204101563
	4	Polyline	2.94	.31	294.211196072425
	6	Polyline	2.94	.211	294.2111960724
	7	Polyline	2.54	.68	254.627642632467
	9	Polyline	2.31	.96	231.956113390625
	11	Polyline	.84	.34	84.3456489369273
	12	Polyline	2.32	.173	232.17287784086
	14	Polyline	.52	.604	52.6041629859958
	15	Polyline	1.19	.85	119.851901236922
	16	Polyline	.52	.603	52.6026269868016
	17	Polyline	1.19	.85	119.85177975148
	18	Polyline	2.32	.59	232.593910993024
	19	Polyline	1.19	.966	119.965531210469
	20	Polyline	2.54	.53	254.511869079304
	27	Polyline	2.54	.45	254.405009445713
	28	Polyline	2.94	.738	294.73792956272
	29	Polyline	2.1	.82	210.815340168415
	31	Polyline	3.36	.8	336.803331585044
	33	Polyline	3.37	.8	337.807637988699
	34	Polyline	.28	.08	18
	35	Polyline	1.27	.22	127.121799465269
	36	Polyline	1.27	.29	127.292286038399
	38	Polyline	2.94	.21	294.2111960724
	39	Polyline	.36	.87	36.8269407525659
	40	Polyline	.36	.87	36.8269407525659
	41	Polyline	.83	.25	83.0248837172985
	42	Polyline	.83	.25	83.024914264679
	43	Polyline	1.11	.92	111.921992011368
	44	Polyline	2.32	.34	232.334028013124

图 2.2 GIS 方便快捷的数据库

2.1.4 网络分析步骤和功能

在相关数据具备之后，就可以运用 ArcGIS Network Analyst 分析模块对数据进行处理，便于网络分析。主要分成五步：

第一步：准备 Feature Dataset 和 Source；

如果是要创建 Geodatabase-based Network Dataset，则参与创建网络的数据源必须位于同一个 Feature Dataset 中，否则系统将不能识别。

第二步：为创建 Network Dataset 的数据源设置属性，为网络添加属性信息；

保证数据源中包含可以设置网络阻力信息的属性值有距离，行车时间等等。最后是将这些属性值的字段名用相应的 Unit 命名，使得系统可以自动去识别，例如将车行时间时间设置字段名为 Minutes。对于线状要素来说，如果在不同的方向，阻力值不相同，则应该为两个方向分别设置属性字段，例如“FT_Minutes”和“TF_Minutes”。

如果是对单行线建立网络，则 Edge Source 中必须包含一个字段以指定 One-Way 街道属性，可以将存储这个属性的字段命名为 “One_Way” 或 “Oneway”。创建 Evaluator 以给该字段赋值。

第三步：准备 Turn Feature Class，添加 Turn 信息；

创建 Feature Dataset 时，Turn 信息是可选的，如果将转弯信息保存在 Turn Table 中，则必须将其转变为 Turn feature Class。并且还要在 Turn Feature Class 的属性表中包含属性字段以保留 Turn Impedance，以及转弯限制等网络属性信息。

第四步：利用 New Network Dataset Wizard 创建 Network Dataset；

为 Network Dataset 命名，设定数据源，创建连通性，指定高程数据，指定转弯数据源，定义属性，确定方向规则。

第五步：Build Network Dataset

该过程会实现，网络要素的创建，连通性的创建，为网络属性赋属性值，都要在这部进行，它的建立可以实现的最优路径分析，其中包括：最快路径，最短路径，最多场景路径等。

2.1.5 车辆行驶路线选定

经过 GIS 网络功能分析，从而得出在三个校门的选择中，北门需要 3 分钟，南门需要 1 分钟，东门则需要 2 分钟。综上可知：南门的行驶在各个冲突中所限最小，时间最短，效果最优。

在经过 GIS 分析中，要考虑到路线，时间的最优，同时还要考虑到疏散人数给整个疏散成本总体控制上的影响，在车辆行驶的分析中，首先将人群自主疏散作为研究对象，考虑车在进入学校前的一系列的人员分布，将这些人员数量以一定参数加入影响车辆行驶时间的因素中去，同时进行考虑。见图 2.3，图 2.4 和图 2.5。

这样，既利于保持车辆行驶的最优路线，同时兼顾到车辆行驶路线上的人员疏散成本和疏散风险，从而达到可控，安全和高效。

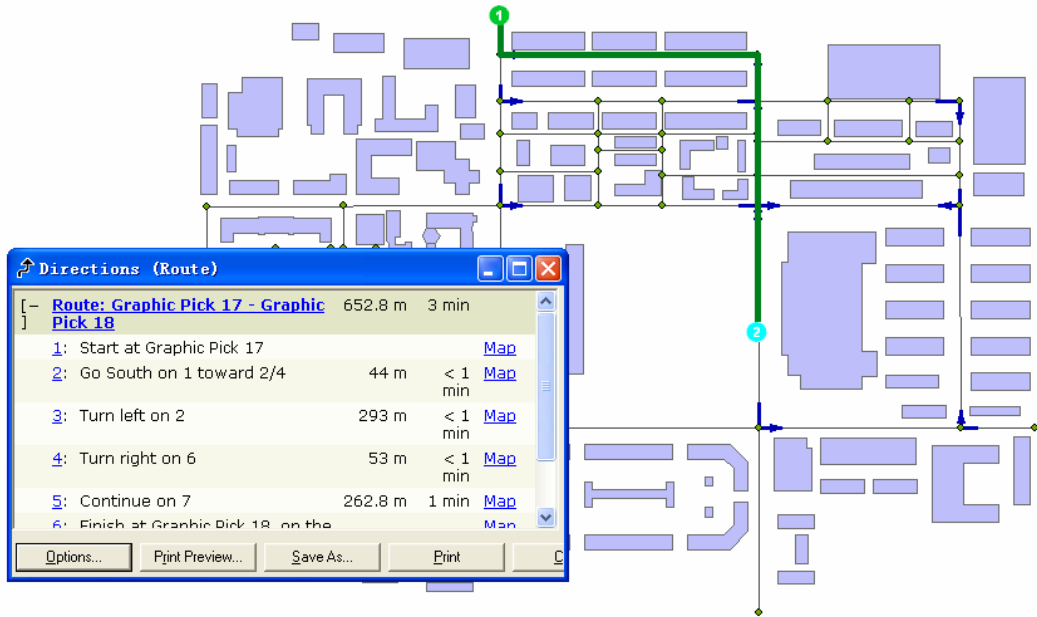


图 2.3 北门车辆行驶路线分析

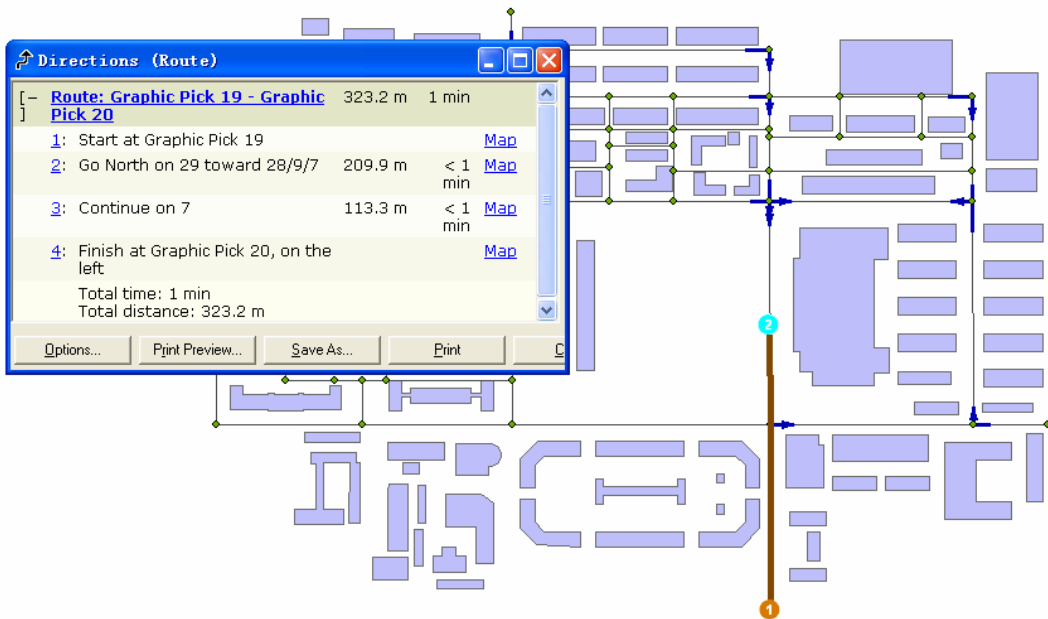


图 2.4 南门车辆行驶路线分析

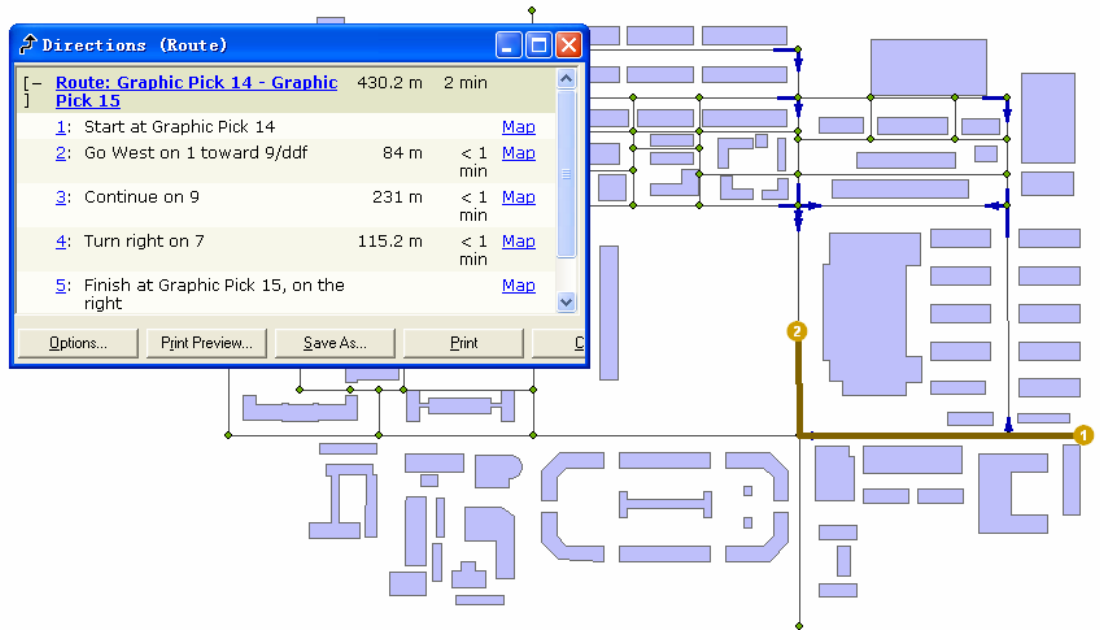


图 2.5 东门车辆行驶路线分析

2.2 人员疏散路线及疏散场所

作为疏散的第二阶段，及疏导人的参与，即灾害发生3到5分钟内，不仅将正在逃逸的人员进行疏散撤离，同时还要将已逃离场馆的人员进行疏散和撤离，但可以根据块状街道分布得出在当时街道分布中人数，从而安排有效人员进行疏散。疏散有序，规则，可控，关键在人员的到位和科学的分析。

疏散和人的行为紧密联系，为了能够计算出人员的疏散时间，需要将疏散过程模型简化，国际上大致将疏散过程分为三个阶段，察觉(awareness)、行为和反应(behavior and response)、移动(movement)。正确掌握安全疏散时间和火灾现场人员对火灾信息的反应和处理过程正是分析和探讨安全疏散问题的理论基础。^[18]

为了能更方便的支持这个规划，首先需要确定疏散场所的安全区域，并能很快将疏散人群转移至安全区域，从而必须安排好人群疏散最短线路。同时，疏导人的参与也同样重要，其作用就是将不可控的人群变为可控和有序，这对疏散的结果极其有利，并能很大程度减少伤亡和损失。

2.2.1 疏散场所的确定

在疏散中，疏散场所的确定很重要。首先，它必须是远离火灾地点的安全区域，其次，它的容量也要同样考虑进去。从而避免发生次生灾害事件，而影响总体疏散的进程。

根据疏散区域的定义和要求，紧急避难场所的适宜地点有公园，广场，及各种空地，是为了在火灾发生后 3—20 分钟内给避难人群提供停留场所。区域内不得设置引起火灾的设备，且地势平坦。^[19]见图 2.6

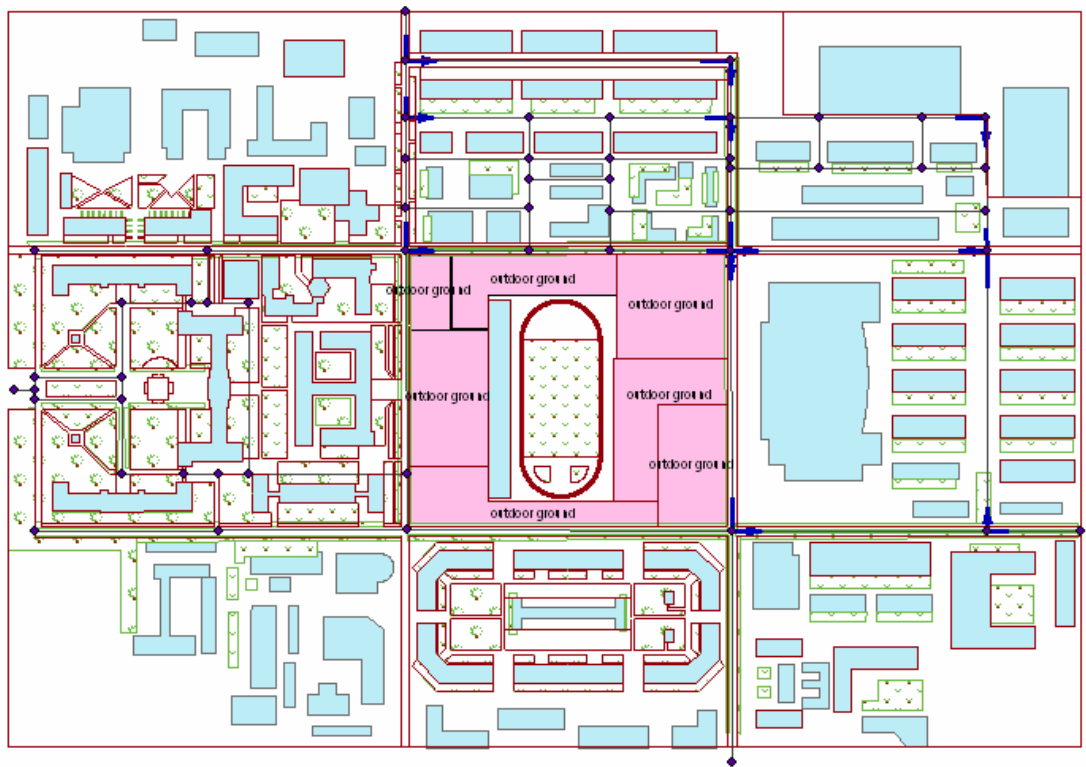


图 2.6 操场最佳避难场所

图中操场为最佳避难场所，人均至少 1 平方米的原则，^[20]足够容纳 5000 人避难，而且在学校内部，便于疏散和控制。

2.2.2 疏散最短路线选择

在第一阶段下，被疏散人员在经历高温，烟尘及其他不利条件下，会产生不良心理反应。在心理学的概念里，人们遇到危险时由于缺乏应付、摆脱可怕场景的力量或能力，通常导致恐惧心理。^[21]同时，由于建筑火灾本身具有突发性的特点，火灾往往在

没有任何迹象的情况下发生,不可能给人们充足的时间做心理准备;建筑物本身消防设施的不完善可能无法有效地控制火情发展,人们赖以生存的建筑空间和疏散时间不断减少,导致人们的心理平衡破坏,加重了人们对现状的焦虑情绪,进而产生惊慌心理。^[22]

在疏导人员的参与下,不仅要有效对被疏散人员进行疏散,同时还要对已逃离人员心理进行控制,以达到有备无患。

首先是确定在这3到5分钟内,人群逃离的影响面和逃逸区域,从而可以计算出各个道路上的被救援人数。在此期间,布置疏导人员,将以最快速度把他们送至避难场所。

在此,运用网络分析系统对可能人群到达地点进行分析,运用 ArcGIS 强大分析功能制作出人群的时间影响面,从而在疏散方案中更能直观将所要疏散的人群分布和道路状况进行系统分析。随着时间的增长,人数和位置也在不断变化。见图 2.7

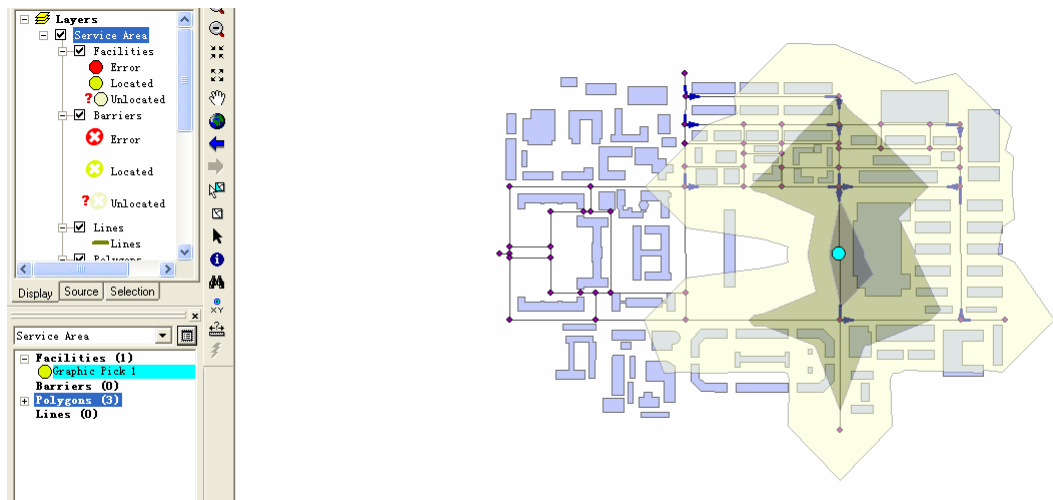


图 2.7 人员逃离影响区域

图中深色区域是1分钟下人员可能逃离区域,另两个区域是3分钟和5分钟的逃离区域。在此期间,逃离人员在各个道路的适时分布就轻而易举的表现出来,从而结合地理属性数据和灾害发生数据来分析,支持,记录和追踪突发事件的不同阶段。^[23]

对于最短逃生路径可以根据K最短路的求解当第一最短路线行不通时,可选用第二、第三最短路线,故求解多路救避灾路线的问题属于网络理论中的K最短路问题。K最短路的求解方法大都采用“双向扫视”法。“双向扫视”法可用来同时计算从

一个特定节点出发到网络所有其它节点的K条最短路。但在求解救避灾路线时,人们关心的是救避灾人员所在的地点与应到达的安全地点。无需对救避灾人员到整个网络各个节点的K条最短路进行“扫视计算”。本文根据K条最短路基本定理,设计了简便、适用、计算速度快的“循环迭代”算法。^[24]

之后,就运用最优路线分析功能将各个街道人群进行疏散和控制。这些则相对就轻松很多了,将此路线中的最短疏散路线传达给疏散人员,就可以完成对街道上的疏散人群的应急和管理了。

2.3 疏导人的布置

在建筑物火灾疏散中,要减少人的失误,提高人的可靠性,制订正确的疏散预案显得尤为重要。^[25]疏散方案里,对人群的疏散从实际中是靠疏散人员的现场指挥来完成的,如果没有疏散人的布置,疏散方案往往变得不再理想和可行。疏散有序,规则,可控,关键在人员的到位和科学的分析。总而言之,疏导方案最理想的可控点是疏散人员的布置,而这也最为可行!

2.3.1 疏散工作量决定因素

疏导人在各个阶段所作的工作不尽相同,要随着时间的改变而改变。因此,在对疏导人员的布置上,也要跟随火灾发生情况做出相应变动。而各个街道的工作任务和工作量的多少主要由道路三个方面来决定:

第一,被疏散人群的数量。人员的疏导在疏散中往往是重中之重,人员的成功撤离往往是决定疏散方案成功与否的关键所在。因此,被疏散人群的数量往往是决定疏散工作量的一个基础,并与之成正比关系。

第二,街道的复杂程度。在街道中,街道的地形和路况也往往给疏散带来难度,比如施工或是过多的临时性停车等,这在疏散工作所带来的困难也是显而易见的。

第三,街道的危机程度。在疏散中,人员的心理及火势往往会在不同街道出现很大差异,在近火街道中,人员的撤离面临很大危险(烟尘,火势,建筑物倒塌等)和压力,因此这些街道的安全疏散也要摆在疏散方案的考虑之内,并要引起相当重视的。

2.3.2 疏散工作量

疏散工作量的确定是根据疏散人数以及街道复杂程度来确定的，具体可以由当前危险街道的受害人群的总量有关！

建筑火灾的情况是相当复杂的，在火灾中的行为也是多样的，有差异的，甚至是复杂的。一般的讲，人们一旦感知火警信息，要先查证，确认，判断火灾的危险性，再选择离开的火灾的路线。而这一阶段的行为反应受诸多因素的影响，是一个复杂的过程。若一旦掌握逃生运动分析规则，则有利于 GIS 模拟疏散，并进行科学分析。

在进行多次调查问卷^[26]和相关心理资料对人群数据的统计^[27]，我们可以大体得出在各个时间内所需要疏散的人数以及成本和难度。

在各个时间内所要疏散人数详见表 2.1

时间	园丁路	学子路	奥运场馆西路	图书馆路
1 分	0	0	250	0
3 分	116	79	555	0
5 分	232	148	702	128

表 2.1 被疏散人群的前期适时分布

2.3.3 疏散人员初始分布

根据疏散工作量可以确定在第一时间内各个街道所需要的疏散人数的分布，在最初设计中，第一应急时间内能迅速出动的是 20 人，这就需要科学布局，在最需要的路段第一时间布置可以保证疏散的顺利，将损失降到最低。

从疏散成本控制和任务量上讲，在火灾发生时 5 分钟内，被疏散人员分布在 GIS 网络分析中清楚得演示出来。同时可将疏散人的布置按各个街道的任务量来进行分配：从第一时间迅速行动的人员分布来看：其中 12 人应当分配至奥运场馆西路，北段分配 1 人，南段分配 1 人，其余均在中段进行疏导；学子路分配 3 人；园丁路 4 人，图书馆路分配 1 人即可。

2.4 车辆撤离路线

由于社区街道的有效宽度和人员分布比较复杂，对于消防车辆来说很难掉头和做 U 型转，对于其返回路线则需要再进一步分析和测定。

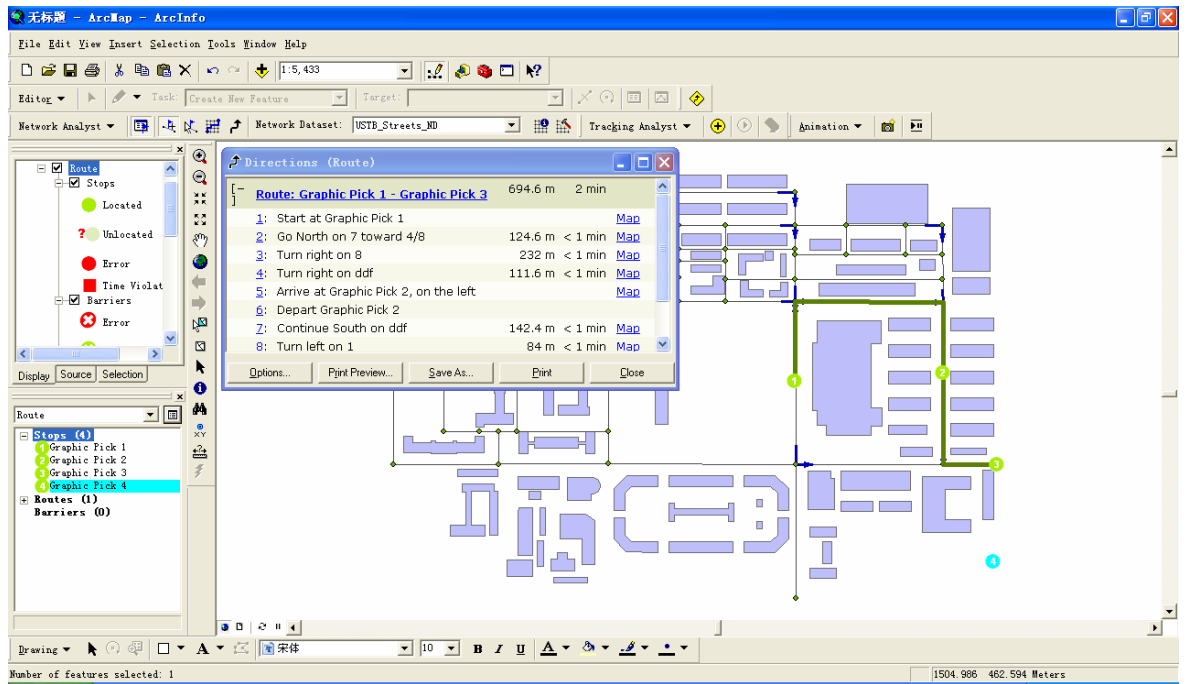


图 2.8 东门撤离路线分析

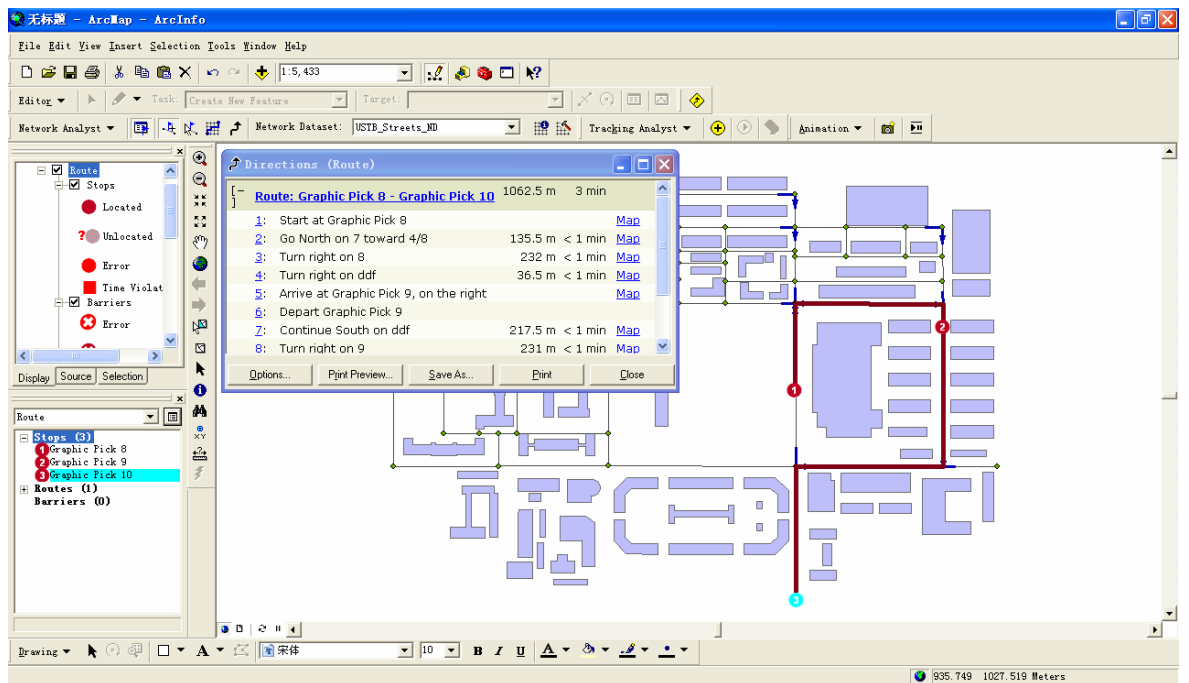


图 2.9 南门撤离路线分析

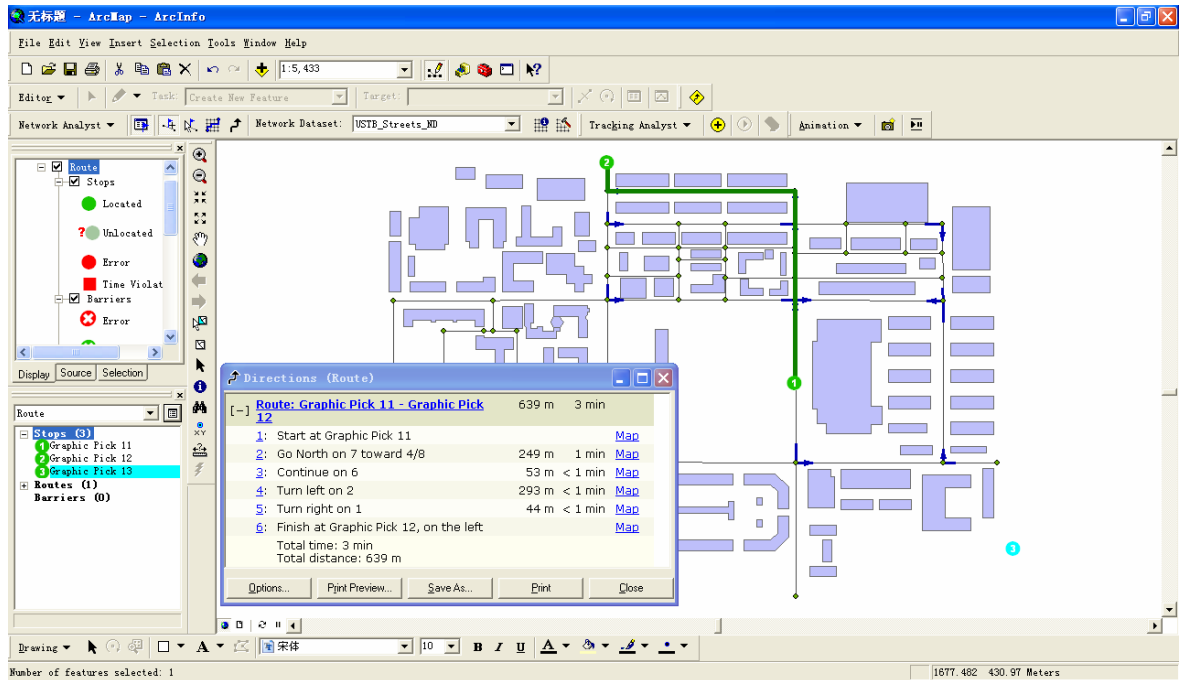


图 2.10 北门撤离路线分析

根据分析可知：从场馆到东门所用时间最短，仅为 2 分钟；而从南门和北门撤离则需要 3 分钟，因此，仅以计算撤离时间的效果来看，从东门撤离则是最佳的选择。

3 疏散方案的检验和修正

初步设计方案虽然可行，但作为动态数据库来说，并不见得合适。很多时候在突发实践的影响以及人群的变化和车辆行时路线的影响，也需要对整体方案进行修改，使其最大效率发挥优势，见图 3.1，为疏散计划优化设计提供了具体框架。

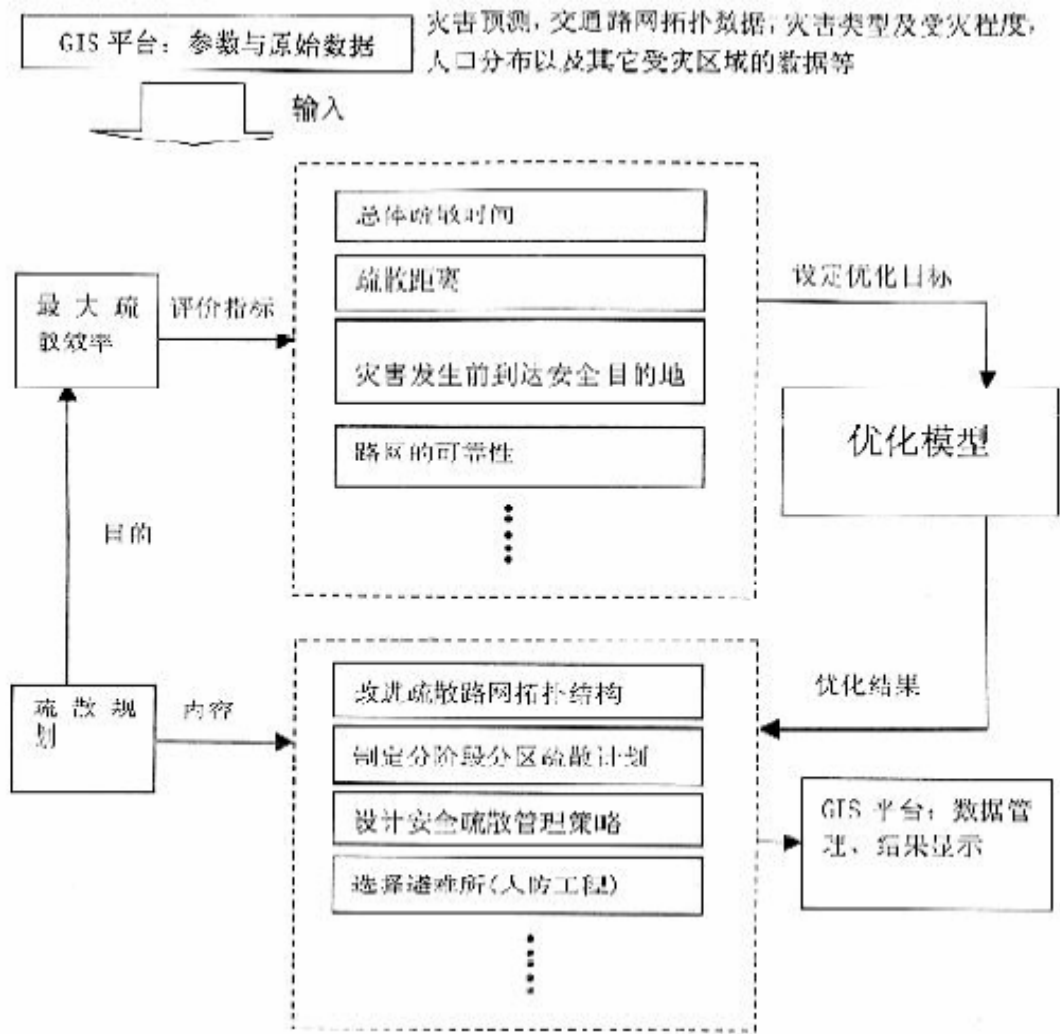


图 3.1 疏散计划优化设计框架

3.1 道路防堵塞研究改造

作为道路来说，有其最大饱和人数限制，在一条道路上不可能无限多的疏散受害人群，因为很多时候，设计脱离实际，将会带来网络堵塞问题。网络堵塞问题在很多研究领域都有涉及，如运输网络、通信网络等。传统的方法，基于网络最大流对网络进行分析，认为流量的流动方向是可控制的，可以按照人们的需要来分布；实际生活中，尤其是在紧急疏散网络，流量的流动是随机的、盲目的，在网络的结构堵塞点极易发生堵塞，此时网络中的最大流并不是人们所期望的最大流，这个堵塞流的最小值就是我们这里所说的最小饱和流。对网络的堵塞结构进行改造至关重要，使网络中的各点达到平衡，即除源点和汇点外的各点容差为零，这是网络防堵塞的“理

想”状态。

3.1.1 GIS中防堵塞模型

考虑一个网络 $N = (V, E, s, t, c)$ ，指定的源点和汇点是 s 和 t ，点集是 V ，边集是 E ，对每一条弧 e ， $v_i(e)$ 是弧 e 的始点，而 $v_j(e)$ 是弧 e 的终点， c 表示网中各边容量的集合。对网络 N 有如下假设：

- 1) 各弧的容量是非负的正整数，且相互独立；
- 2) 给定每条弧的最大容量限制，每条弧的容量可以在 0 和最大容量限制范围内变化；
- 3) 给定网络的最大流量要求；
- 4) 网络中的流量遵守流量守恒准则^[28]。

在网络 N 中当存在结构上的堵塞点，即点的容差 $\Phi_v < 0$ 时，网络中会有发生堵塞的可能性。对紧急疏散网络改造的目的就是改变各弧的容量，使得除源点和汇点以外各点的容差不小于零，从而在结构上避免网络发生堵塞的可能性。因此，该问题就转化为如何以最少的费用来调整各弧的容量，使网络中各点（除源点和汇点外）容差

$\Phi_v \geq 0$ ， $P_v \in V$ 。其中，将各弧容量 $c(e)$ 修改为

$c^+(e)$ 的费用为 $b^+(e)$ 和 $b^-(e)$ ，

其中 $b^+(e)$ 和 $b^-(e)$ 分别是对弧 e 增加单位容量和减少单位容量所需的费用。

设每条弧上的容量增加值为

$$\Delta c(e) = c^+(e) - c^-(e) \quad (3-1)$$

目标函数(改造费用最小化)

$$\begin{aligned} \text{Min}(\sum\{b^+(e)\Delta c(e) \mid \Delta c(e) > 0, \\ e \in E\} + \sum\{b^-(e)(-\Delta c(e)) \mid \\ \Delta c(e) < 0, e \in E\}) \end{aligned} \quad (3-2)$$

约束条件

- 1) 对负容差点

$$\Phi_v = \sum\{\Delta c(e) \mid v_i(e) = v\} - \sum\{\Delta c(e) \mid v_j(e) = v\} + \Phi_v = 0$$

$$P_v \in V \quad (3-3)$$

2) 对非负容差点

$$-\Phi_v \leq \sum \{ \Delta c(e) \mid v_i(e) = v \} - \sum \{ \Delta c(e) \mid v_j(e) = v \} \leq 0$$

$$P_v \in V \quad (3-4)$$

网络的最大流限定

$$\sum f_{sj} = F, P_{vj} \in V \quad (3-5)$$

其中, s 是网络的源点.

网络中各弧流量及容量限制

$$f(e) \leq c(e), e \in E \quad (3-6)$$

$$0 \leq c(e) \leq mc(e), P_e \in E(10)$$

给定网络的最大流要求为 F ; $mc(e)$ 是弧 e 的最大容量限制. 目标函数中弧增加和减少容量的单位费用取值不同, 会影响弧的改造方式, 且对目标值有影响. 针对紧急疏散网络的改造, 根据费用取值的不同可以分以下 3 种情况讨论:

$$b^+(ei) < b^-(ei) \quad (3-7a)$$

$$b^+(ei) > b^-(ei) \quad (3-7b)$$

$$b^+(ei) = b^-(ei) \quad (3-7c)$$

3.1.2 各个街道最大饱和人数统计

在受害人群进入各个街道开始逃生时, 其中第一时间能影响疏散方案的制定的正是道路的最大人流量, 因为网络防堵塞是 GIS 分析中最为重要的一环之一。

从计算结果来分析, 网络中弧减少容量的单位费用小于增加容量的单位费用时, 网络进行改造所需的最小费用最小。如图 3.2 所示, 将弧 AB 截断, 不仅使网络的最大流值不变, 且最小饱和流值也变大, 等于最大流了。所以在紧急情况下, 对疏散网络的实时控制往往是采用截断某些弧段的方法更为有效。

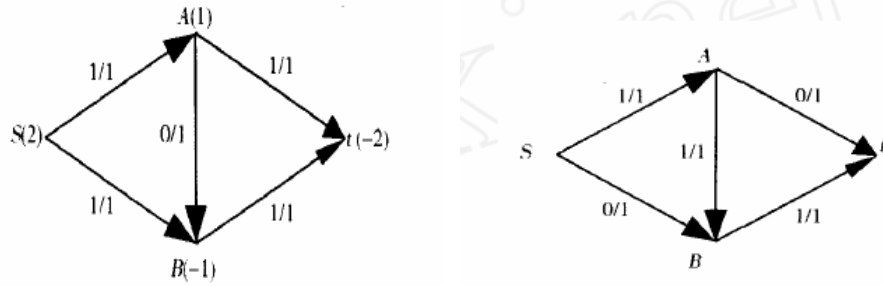


图 3.2 网络最大流和网络最小饱和流

将数据存放至GIS主数据库中，查询网络流是否超过最大值。一般作模拟的时候往往会将具体疏散人数输入道路属性中，在动态模拟中将其表现出来！GIS 是一个有力的空间与属性数据综合分析、管理及应用的工具，为充分发挥其作用，还需要专门的应用模型。在城市灾害信息系统中，既要有宏观的空间查询分析与管理功能，也要有详细的承灾体资料及其疏散最小饱和流评估数据。本文工作通过GIS平台ARCVIEW得到示范性的实现见图3.3，而有关评估指数通过调查问卷和相关资料的方法确定，并选择几个典型道路进行了危险性分析，结果表明网络最大流对疏散方案的评估比较适合，进一步的研究将着重于对建筑群的危险性分析。

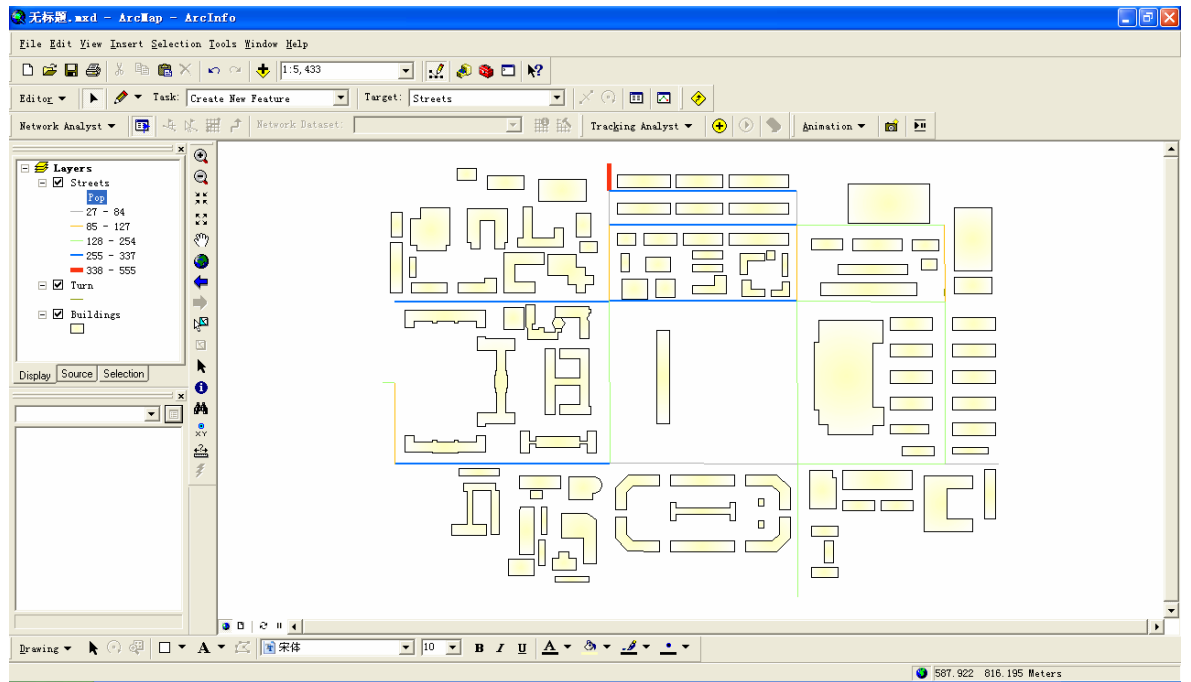


图 3.3 GIS 平台 ARCVIEW 的最大网络流分析图

3.1.3 各个街道实际疏散方案修改

通过 ArcGIS 平台中 Animation 操作功能的介入，得出在实际疏散中，各个道路实际人数均小于网络最小饱和流，因此，原有方案在此不做改变。

3.2 车辆行驶路线对疏散方案的影响

由疏散方案可知，南门为消防车辆进入学校的最短路线。因此，车辆在进入学校前，最迟是在车辆在进入校门时，车辆路线上的疏散人群应当及时转移，以使消防车能够快速进入现场，控制火势。

3.2.1 车辆行驶路线的影响线

在应急疏散过程中，单位时间交通流的产生远远大于路段的单位交通通行能力，显然地，如果所有的交通同时加载到路网上，这会导致整个路网拥挤不堪而使疏散时间延长。另一方面，如果疏散车辆过多的延长准备时间，亦会导致疏散时间的无限期增大。^[29]合理的疏散时间安排可以有效地减轻道路的拥挤程度，同时也可以保证车辆在最短的时间疏散完整。

城市发生火灾时，通常从起火至发现火灾 4min，报警 2.5min，接警出动 1min，消防车行车时间 4min。因此，车辆进入校园前的时间总计为 11.5min。因此，需要疏散人员在 10min 以内清除道路及车辆影响线上的滞留人群，同时在不影响疏散质量的情况下，禁止人群在此道路上做出疏散。

如图 3.4 所示，南门车辆行驶的影响线清晰显现出来，在此条线上需要对原有滞留人群进行疏散，同时还要在人群向南疏散的方案中进行改进，避免车与人的冲突和升级。

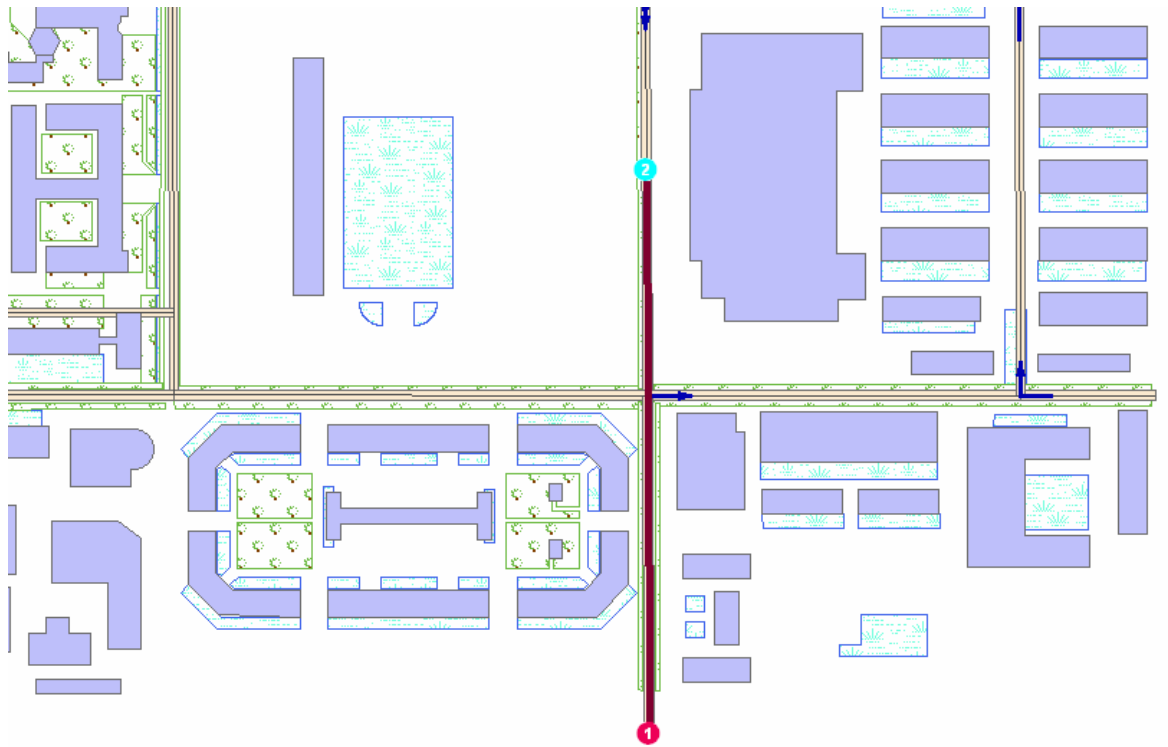


图 3.4 南门车辆行驶影响线

3.2.2 疏散方案最优设计

因为在体育馆西面的体育馆西路的中段和南段要在事故发生后 10 分钟到达，因此要进行合理的规划和对方案的再调整。在 10 分钟后，禁止受害人群向南疏散，全部应改为向北疏散，同时需要在 6~7 分钟内对体育馆西路的人群做出相应疏散，避免车与人的冲突。疏散方案是将南段的滞留人群向四周建筑物附近疏散，对于中段已逃离人群

3.3 人流疏散最优密度对疏散方案的影响

3.3.1 优化模型的原理

优化模型是假定被疏散人员具有相同疏散能力的整体，按照规定疏散计划以一定的平均流动速度，在社区街道中从一个空间向另一个空间转移，不考虑被疏散个体的疏散行为。^[30]

优化模型一般采用粗网络模型的方法，按照道路空间位置及属性不同来确定网络。道路网络通常有“节点”和“连接”组成，网络点表示道路的连接点，与实际空间大小无关。“连接”即被疏散人群由一个节点向临近节点进行疏散的道路。但这种疏散无法

对局部疏散中任何一刻所处具体位置，因此在对局部疏散流动细节的描述，疏散过程中的障碍程度以及疏散者相互影响的表达等方面，存在一定困难。但是，优化模型在计算时运行最快，适用于人员密度较大，被疏散人无须自行决策的疏散行动的场所。

目前研究的疏散模型建立在用户对被疏散人群个体特征进行定义，或用随机数方法产生，然后采用启发式规则，描述社区街道对人员疏散行为的刺激和约束作用，以及人与人之间，人与车之间的互相影响和作用力。而这些规则定义在普通状态下，一般人员的疏散应急选择方面的一般规律，因此行为模型从整体表达上有逻辑推理的科学性和实用性。

3.3.2 最优密度的计算

一般而言，人员的疏散收街道宽度，人员密度等因素的影响较大，同时与人们心理素质，行为反应，教育程度，生活习惯等密切相关，在对疏散最优密度的计算时，采取的是网格计算方法。

具体方法是首先将道路划分网络单元，路口等作为节点，一般而言，人们总是由危险等级高的几点流向危险等级低的节点，并最终到达疏散避难场所。根据人员移动方向确定网络之间的关系，将每个单元划分比较小的网格，每个网格容纳一人，每个人向前的速度大小取决于所在空间一定范围内的人口密度，而其方向则与前面的网格是否被占据有关。一般而言，人员前进遇到障碍时，则会调整其方向以获得最大的前进速度。^[31]

通常，每个人在不同的位置，时刻所移动的速度是不同的。但在人口密度比较大的社区街道，人们群聚效应明显增加，个体比较难独立行动。因此我们可以忽略其他一些次要因素以及个体的心里反应，假定人们的移动速度只与他所处的几何位置以及该位置一定范围内的人员密度两个因素有关。根据人们在前进时受前后和左右两个方向的阻力，以及考虑其他因素的影响，人们逃生的速度表示为公式 3—8：^[32]

$$U_j(\rho) = U_m (a * A + \beta * B + \gamma) \quad (3-8)$$

其中：A=1.32-0.82*ln(ρ)

$$B=3.0-0.79\rho$$

式中：U_m 自由移动时的速度，m/s；a，β，γ 为三要素权重系数，^[33]分别为 0.35, 0.01 和 0.2。

要达到整体最优，就要使得最终疏散人群达到理论最大值，最终疏散人群总数由 3-9 式可知：

$$M = \sum U_j * \rho * B \quad (3-9)$$

要使得 M 为理论最大值，需要对公式两边求导，得出在 M_{\max} 最大时的最优密度：即使公式 3-10 成立即可

$$\partial M / \rho = 0 \quad (3-10)$$

最终得出整体最优密度为 2.3 人/m²。

将公式中相关数据公式所得数据输入 GIS 网络分析层中，可以得出在每个街道中能最有效输出密度，这个密度的确定可以对原先的方案作出改动，使得方案最优，效率最好。

3.3.3 疏散方案整体优化设计

最佳的疏散密度，不仅可以提高疏散速度，还可以兼顾到整体的疏散成果。在疏散中，尤其是在疏导人的参与下，疏散的效率成为疏散计划和危机管理方案中最大的主导因素。

将人员的疏散方案作动态模拟，对于每个网络单元都要进行检验，使得在每个节点，每条道路线都符合最优疏散密度。在对于实际疏散密度大于最佳密度的道路中，要适当作出调整 and 分流，避免疏散中存在整体性分析的不足。

在对人群进行模拟的同时，可以根据街道有效疏散面积，见图 3.5 得出其实际疏散密度，街道的有效疏散面积可以根据公式 3-11 所示：

$$S = \sum_{i=0}^{\infty} L_i * B_i \quad (3-11)$$

而由公式 2-12 可得所在道路的实际人群密度

$$\rho = \frac{M}{S} \quad (3-12)$$

The screenshot shows a GIS software window with a table of data. The table has two columns: 'SHAPPE_Length' and 'SHAPPE_Area'. The data is as follows:

SHAPPE_Length	SHAPPE_Area
37.9999999776483	87.9999998882413
38.0000000074506	88.0000000074506
57.2229612469673	203.946059818557
61.5152879804373	228.966451469158
59.5041133549685	255.158509732049
80.0000000149012	279.000000230968
89.7615078613162	337.077515719103
98.8638556823134	357.175597701393
104.356292083859	381.309083666372
85.027917675674	394.224075372577
81.9912063255906	405.751094931637
86.41417324543	438.825536274114
124.129063203931	468.189633990656
105.469771698117	469.264776602078
97.4307742118835	508.326327782782
93.6273027807474	528.470167916052
98.5509954020381	566.881107501957
134.334392502904	569.343988163921
118.431742548943	571.740179917065
118.431742556393	571.74018009241
124.544092170894	620.335932243834
115.798630423844	651.46704560351
115.798630423844	651.46704560351
112.338425256312	661.464963549303
143.618412569165	676.987615397888
118.431742489338	710.064416481056

图 3.5 各个街道所在 GIS 数据库中的有效疏散面积

根据具体当前被疏散人数与道路中的比值可以得出实际疏散密度，对于大于理论密度的情况，要对这一图型重新进行分析，而这需要重新核算工作量，并进行新的分析。因为并非所有的道路都需要分流和调整，对于流量超标的才作出新的路线调整和计算。

对于每条路线都要进行最佳人群密度的验算，对于非主干道的路线进行分析和指导，将人流分离和重新布置。经过计算，非主干道上人群密度均小于 2.3 人/m^2 ，因此不用重新计算。

3.4 疏散人员的重新布置

各地可根据适时人员疏散任务布置疏散人员的人数，在前期自主疏散条件下布置人员的情况，在中后期已基本不合时宜。

首先是自主疏散状态下的疏散并不能使疏散达到最优，及其有可能完不成疏散的任务。因为很多情况比如从众心理，如图3.6，它是一种社会性的传播行为，即从个人到群体心理的转移过程。在这种心理作用下，个人行为转化为其他人的行为。这种“从众”行为是非理性的，因为它通常会导致严重的后果，如过分拥挤、疏散速度降低等，最终导致死亡人数增加或损失剧增的严重后果。^[34]

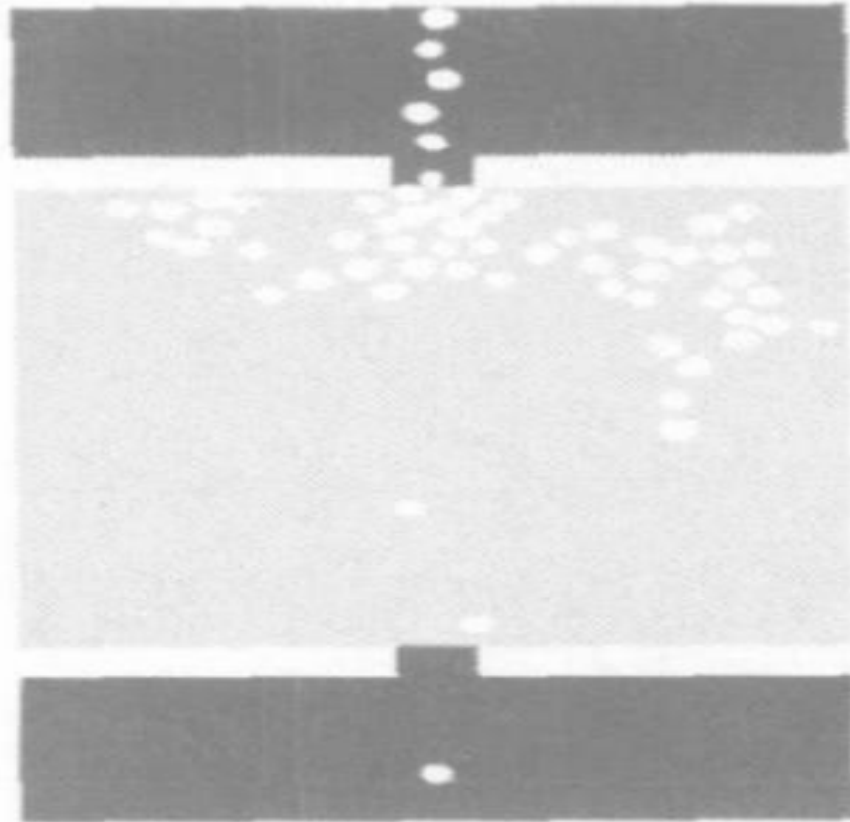


图3.6 人群疏散中的从众行为

其次是疏散方案的落实和实施需要每个疏散人员的现场调节和指挥，每一点的差错和疏漏将会使疏散功亏一篑。而对这些关键点的控制上，要做到适时，有效和安全。而疏散关键点的选择亦会随时间变化而变化，不能简单的落实在同一点上。

最后是疏散后续人员的加入。前期能快速进入现场的有 20 人，之后随着紧急调用和支配，中期参与疏散工作的将有 54 人，总计 74 人，和后期参与后勤保障和医疗服务的 50 人，共计 124 人。这些人的分配将会导致疏散人员位置和任务的重组。

3.4.1 疏散人员的前期重组

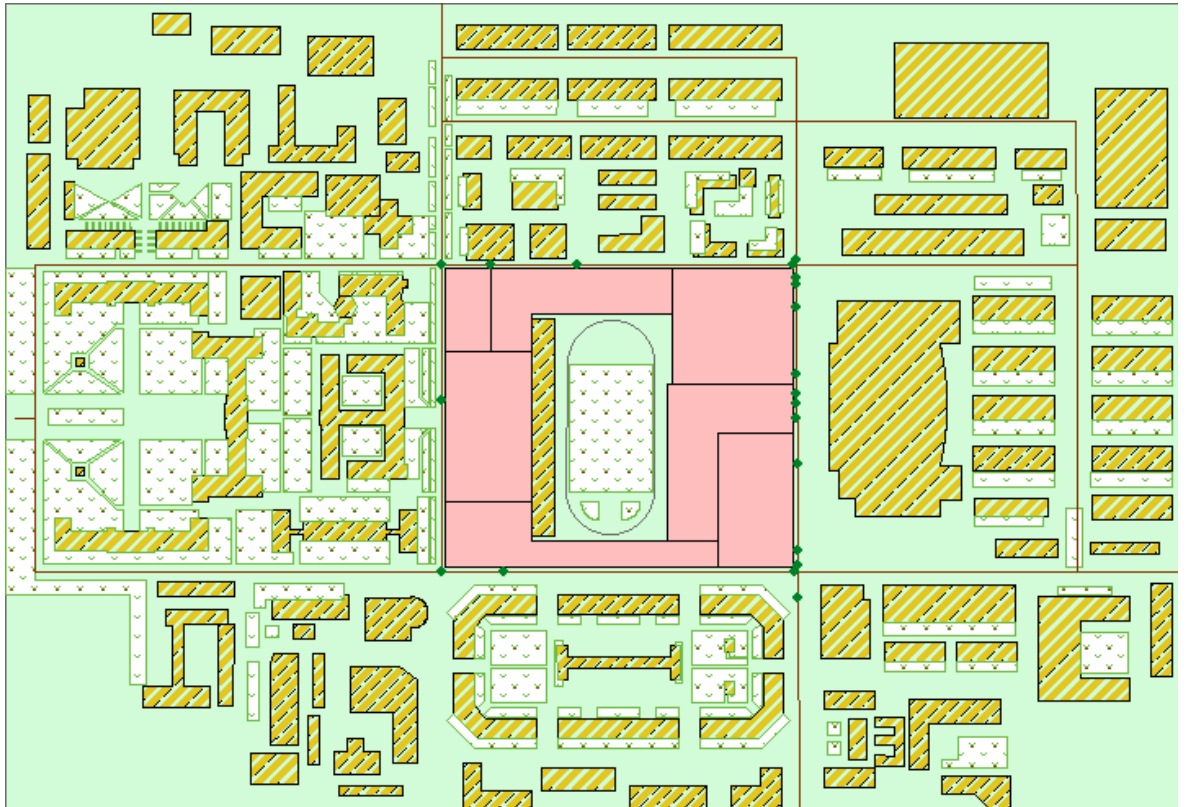


图 3.7 前期疏散人员分布示意图

在GIS中的人员适时分布可由Tracking Analyst 功能进行模拟，能有选择地使它们的计算能力用于给定的空间、时间域，并有效地支持实时交互的虚拟环境可视化。^[35] 见图3.7，为前期疏散人员在各个疏散状态下的人员分布示意图。

3.4.2 疏散人员的后期重组

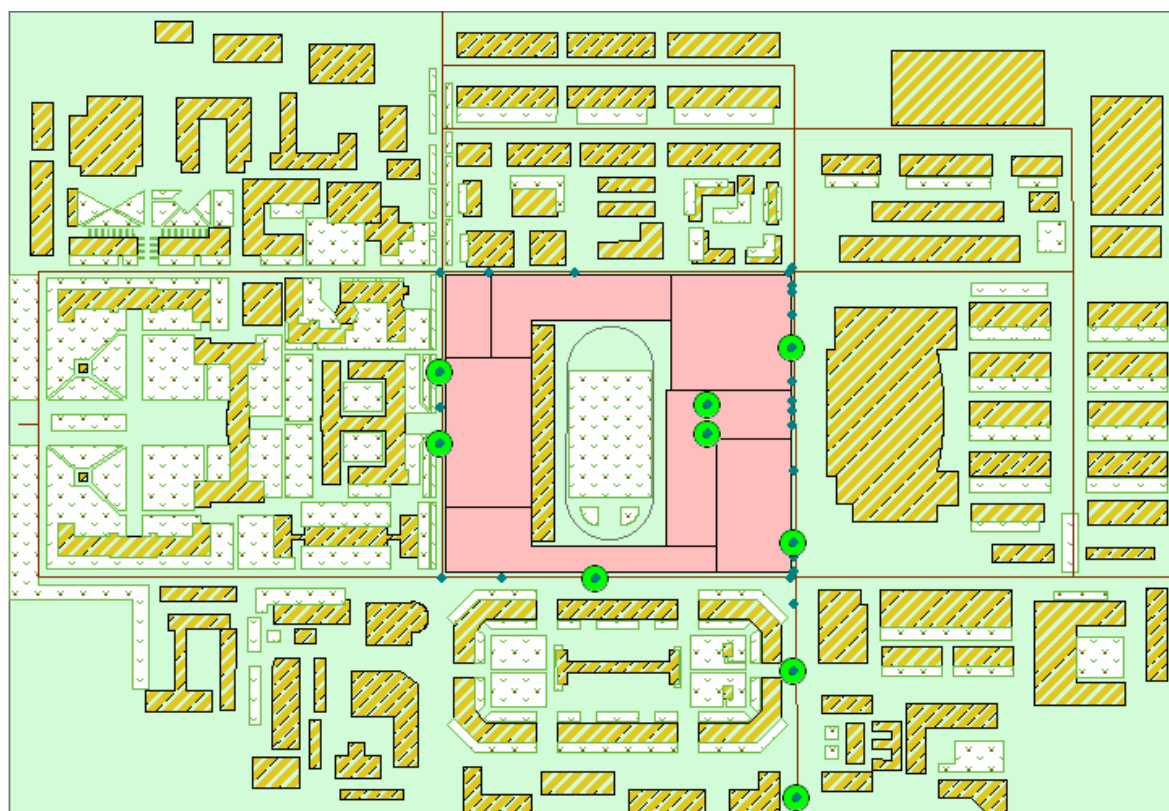


图 3.8 后期疏散人员在动态模拟下最后的效果平面图

随着人员的进一步补充和调整，在后期，加入新的疏散人员对道路的方案进行重分配，如图 3.8，为具体人员在动态模拟下最后的效果平面图。

4 对原有设施的改进建议

校园街道疏散方案的设计往往针对校园现有设施进行分析和设计，缺少相应对设施作出改变的改进建议。因为很多时候的设施在人群疏散中往往是很不利的，而对这些设施的拆除与改进相应也会对疏散有很大益处。因为在疏散方案中存在一些不利因素，往往这些不利因素并不是永久性或不可改变的，在这种情况下，在应急状态下对现有设施的改建是可以对疏散提供有力支持的，并能最终影响疏散的效率和成败。

4.1 方案的重组性布置

方案中只是基于原有设施进行分析，缺乏主动性的方案的设计和改进！一般来讲主要有以下几点：

首先，设施的可能性拆除。在火灾发生后，能否有效提供疏散方案关键在于是否能快速有效的将被疏散人群疏散至安全疏散区域。相比较而言，对于能有效的拆除关键线路的建筑和设施将会是使疏散走向有利的方向发展。

其次，对于随即性问题的制约。对于有些人们习惯性随即行为，可能在疏散中成为问题焦点。对这些问题能否处理得当，或是在火灾发生前做到防范于未然，将成为疏散方案的另一主题。

第三，疏散方案的空间性分析。未来的疏散绝对不会仅仅维持在地面，天空和地下同样会成为疏散的最佳空间条件。对于地下停车场的有力使用将会成为疏散方案中的另一条有利途径。

总之，只要能使人群伤害降至最低，疏散时间最短，危险性最小，我们将无所不用其极。疏散中的每一分每一秒对于被疏散人员来讲都是危机，如何有快的疏散将成是评价疏散方案是否最优的直接证据。而这，仅凭对原有设施所产生的疏散方案往往并不是最佳，不仅能够将疏散的问题解决掉，还要在适当时间，适当时候引导至最佳。

4.1.1 设施的可能性拆除

在疏散中，往往并不是简单的在原有设施上进行分析，还要对设施进行整合和改进，同时还可以适时拆除。在对于主干道上的人员密度来看，能在期间直接制约疏散效率的关键因素是主干路，即奥运场馆西路中段的人群密度。而在疏散方案的评价中，对

它的改变并不能作出有效的改进，主要是这条路是主干路，没有其他道路可以分散其人流量，这在疏散中成为阻碍疏散的一大瓶颈！

为了方案的有效和最佳，我们不得不另辟蹊径，对这条路作出可行性分析！针对现场和疏散成本控制上的要求，有效的疏散就要从奥运场馆的正门直接西行穿越护栏，进入操场。这条路的开辟首先可以弥补主干路不能分流的不足，其次可以在车辆到达时，在不影响疏散效率的同时，分流向南疏散的人群以便救援车辆顺利到达指定位置。

4.1.2 道路的随机性属性变化

在社区道路中，与城市大公路相比存在很多不同之处，需要在疏散中规避社区道路中的不利因素。

首先，社区街道存在随机性停车点，造成了道路狭隘性宽度的不足。这不仅影响车辆的行驶速度和救援时间，同时在关键道路上会使得疏散人员在疏散途中的拥挤和慌乱。道路在疏散设计时要避免口径减小的情况，喇叭口要朝外，这样是减少踩踏事件有效方法，人逃离的路宽应该是越走越宽，如果越窄，从人的心理和逃离速度上来说是个危险，一旦在此停滞，慌乱情绪是主导，对疏散及其不利。如果越宽，则惊恐的情绪就会舒缓，进一步有力疏散。所以车辆的停放应避免在人流集中处，远离主路线或停放在宽敞路面，至少不小于之前路宽的宽度。

其次是社区道路有其本身特有属性，如限制标高，转弯视距限制，最小转弯半径等，在一定程度上这些因素会成为疏散车辆进入学校的最大障碍，所以在车辆行驶路线上一定要做好这方面的检验工作。在 GIS 系统中，这些可以在后来的验算中得到分析和制定。

最后是社区道路的稳定性分析。社区道路存在很多冲突，包括车与车之间的冲突，这些冲突远比城市级公路要严重的多，因为消防车辆时与其他车辆的冲突在社区疏散中屡见不鲜；除此之外，还包含车与人，人与人之间的冲突，因此对社区道路模拟的时候一定要分析全面，才能将一切隐患排除之外。

4.1.3 疏散空间性分析

疏散关键在人，人员的安全撤离是疏散成功与否的关键，在以人为本的号召下，我们更应设计的更加人性化，这样才能在奥运场馆的综合评价中占得先机。北科大奥运场

馆顶层为钢结构，耐火性不好，在20分钟成功撤离是个极限时间，而场馆并非高层建筑，虽说时间有限，但一旦路口被堵，地下停车场可以作为另一个疏散路径，而地下的场所在防火方面有很大利用前景，一旦上层建筑倒塌，往往波及地上疏散，而且带来不必要的人员伤亡，而地下则在此期间可以安全疏散，利用地下室的承载力打时间差，能更大空间减少人员伤亡，同时疏散效果也会更加明显。

4.2 对现有设施进行改进建议

针对上述原则，我们可以针对上面所指示进行控制，这些早并非都在疏散方案中考虑，但是平时的规定和原则加以应用的话将会使疏散的成功性更高一些。

4.2.1 停车车位选择

对于疏散方案来讲，疏散路线的关键线路应在平常禁止停车。路边停车车位的设置，很容易造成路面阶段性宽度不够，给人群的疏散带来不便；同时这些地方还可能使消防车可行宽度减小，消防车道宽度应不小于4米^[36]，这使救援时间大大增加，增大了灾害的损失。经过GIS中对道路属性及危险性分析，可以得出在所有道路中对车辆停放系统的影响。可知，如图中所示危险性分析，奥运场馆西路等路段应该禁止停放车辆，其他绿颜色的道路是可以停放少许车辆的，黄色是原则上不允许停放的道路，在疏散中应该对其进行检验，停放在其中的车辆进行调走，以免影响疏散。从而最终运用动态网络流模型分析疏散网络，从整体上对系统进行优化。^[37]见图4.1

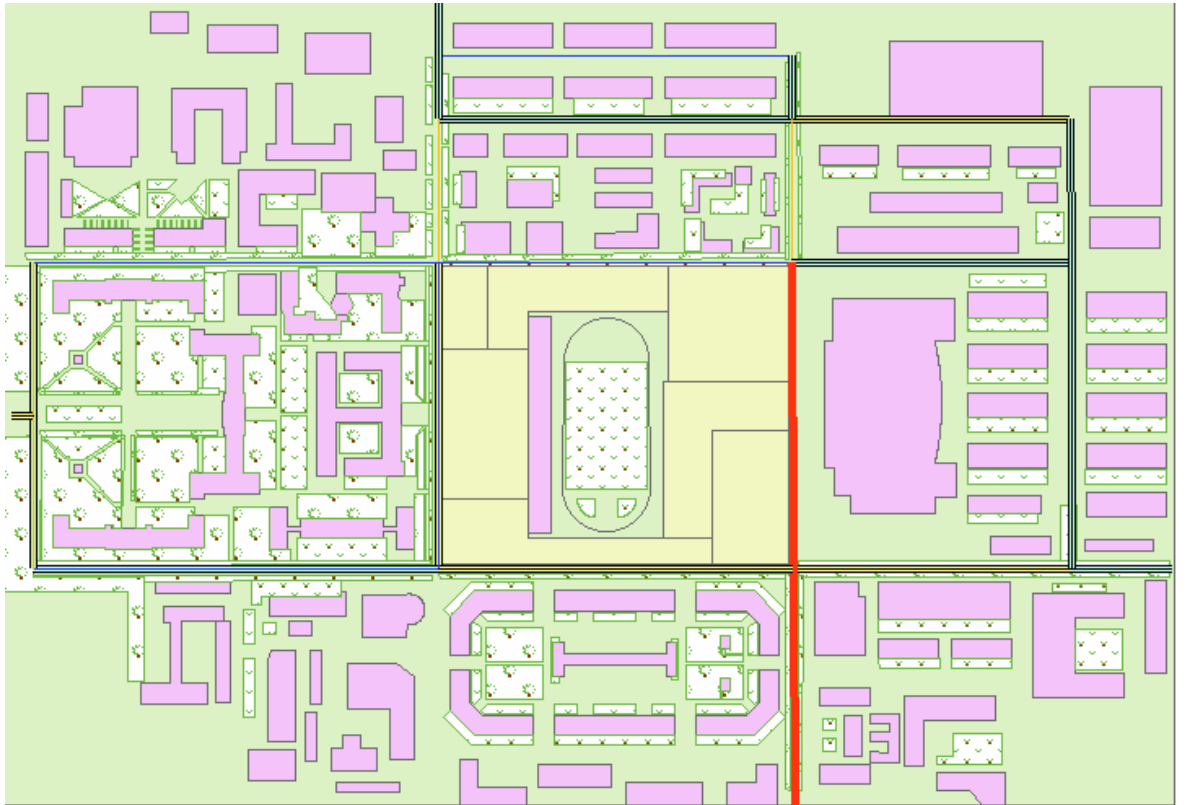


图 4.1 道路停车危险指数示意图

4.2.2 地下疏散空间的利用和建议

在建筑物火灾疏散中,目前普遍采用的疏散方式主要有两种^[38]:直接把受灾人员疏散至建筑物外的疏散方式;在建筑物内设避难间或避难层,火灾中的人们疏散至规定的避难间或避难层的疏散方式。

在疏散场所的选择上,有两层含义:一是具有良好的疏散性能的空间结构和形态,^[39]二是具有防灾功能的物质空间包括外部空间,地下空间与建筑物空间。因此城市疏散空间不仅仅是地上疏散空间,也包括在城市发展因素与疏散要求综合作用下形成的新型防灾空间结构与形态。这两者的结合才是疏散活动的物质载体。

因此对于地下室的人防工程,应当在疏散中起到关键性作用,而不是简单废弃。地下室最好出口与操场相通,能在第一时间打开疏散通道,对内部离门口较远的被疏散人群进行疏散。

在奥运场馆内的疏导人员,应该尽快将地下室及人防工程的安全出口设施打开,以尽快疏散被疏散人群,从而实现实现建筑火灾结构安全的一体化分析。^[40]

4.2.3 设施拆除方案

在疏散方案中，对于主干路的调整并不是没有方法进行改变。在对于新路径的调整上，运用现场追踪和定位可以在奥运场馆西门与操场之间直接设置一条安全通道即可。这条通道在疏散中并不可见，因为平常很少开放，影响这条路线疏散的障碍是操场东侧的两道护栏，在紧急疏散中，这些护栏的拆除，将会直接影响并改善主干路的疏散环境，同时还可以分流在车辆行入学校后南段的疏散任务，使得疏散更加可行有效。正如图 4.2 所示。

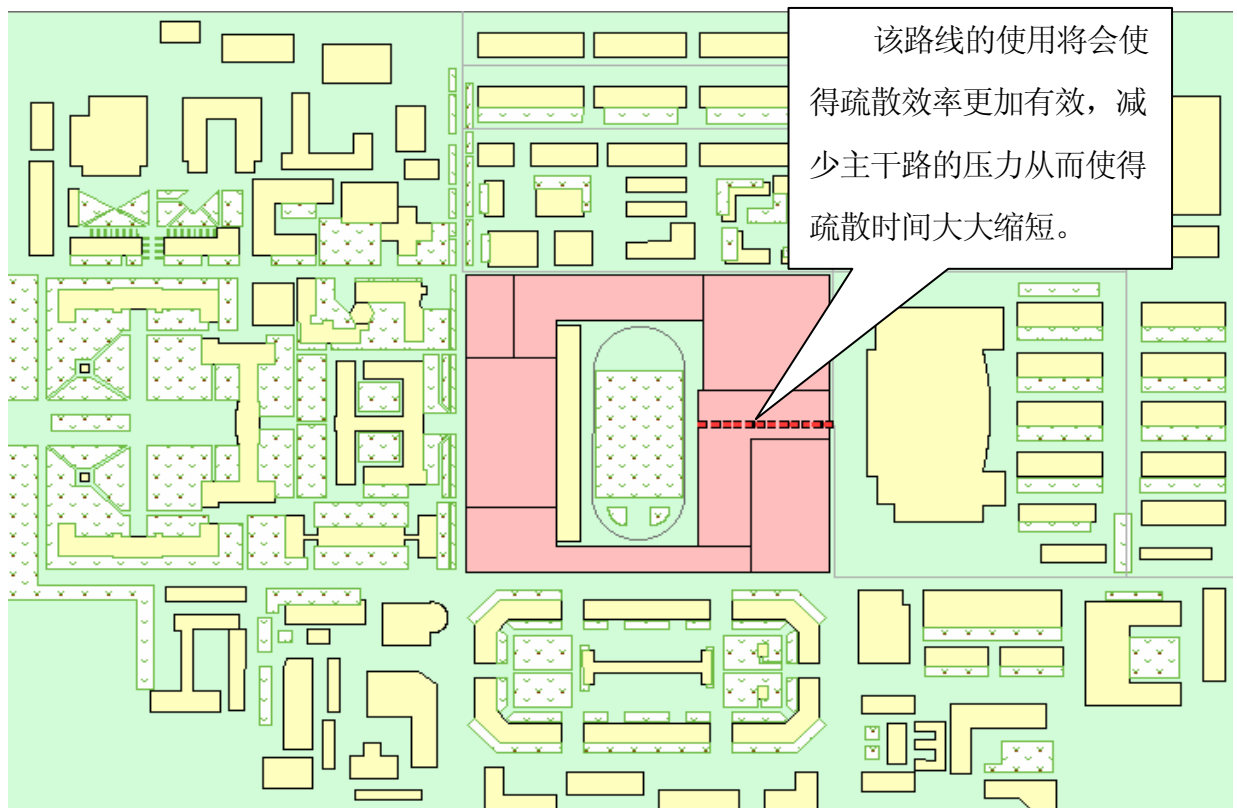


图 4.2 设施拆除后的疏散路线示意图

结 论

本文以设计思路对奥运场馆的周边方案进行分析和整合，对方案进行多次优化和检验，最终使得方案能更加科学有效的运用到实际，并能指导实际。疏散方案是一个宏观的指导性方案，要紧密联系实际，同时还要防范于未然，做到十全十美。而要做到这一点，就需要大量事实和理论作为指导，同时还要适时分析特殊环境和条件，不断修正和改进。因此，方案在多次审核和调整中，不断做到效率，速度，整体性优化设计，并在动态中变化和因时间不断更新相关方案，可以对校园应急系统的制定和建筑设施安全疏散设计提供有力的指导作用。

ArcGIS 是一个良好的平台，它不仅能做到防火疏散的设计，还能运用到学校其他诸如教学，管理等各个方面。而这在国外早已司空见惯，国内的数字化学校还未开始研究，因此这正是一个发展的契机。虽然在前期会投入较大的人力物力，但之后对于无论是在校园管理还是在灾害预防上来说，都将一劳永逸。并且地理信息系统在学校使用中有着成熟的软件和硬件条件，相信在不久的将来中国也会诞生出一批运用 ArcGIS 进行数字化管理的高校。

参 考 文 献

- [1] <http://news.sohu.com/20070104/n247421963.shtml>
- [2] 肖国清, 温丽敏, 陈宝智. 建筑物火灾疏散中人的行为研究的回顾与发展[J]. 中国安全科学学报, 2001, 11(3): 50~54.
- [3] Lakha R, Moore T. Handbook of Disaster and Emergency Management: Principles and Practice[M]. Tolley Lexisnexis, 2002.
- [4] 张青松, 刘茂, 赵国敏. 体育赛场人群疏散过程滞留人数定量模型研究[J]. 安全与环境学报, 2006, 6(3).
- [5] Lakha R, Moore T. Handbook of Disaster and Emergency Management: Principles and Practice[M]. Tolley Lexisnexis, 2002.
- [6] 金磊. 中国城市安全空间的研究[J]. 北京城市学院学报, 2006, (2): 33~37.
- [7] Chalmet L, Francis R, Saunders P. Network model for building evacuation [J]. Management Science, 1982, 28:86-105.
- [8] 周成虎. 地理信息系统的透视——理论与方法 [J]. 地理学报 第 50 期增刊, 1~12.
- [9] 陈寒墅. 数字化校园建设与提高高校管理工作效率[J]. 北京教育学院学报, 2005, 19(4): 79~82
- [10] 况颀, 李国梁. 校园 GIS 建设与实践[J]. 信阳师范学院学报(自然科学版) 2004, 17(3): 341~344
- [11] 张培红, 岳丽红, 陈宝智. 最优应急疏散路线动态模拟的研究[J]. 人类工效学 2001, 7(1): 10~13
- [12] 袁建平, 方正, 卢兆明, 黄河潮. 城市灾时大范围人员应急疏散探讨[J]. 自然灾害学报, 2005, 14(6): 116~119
- [13] <http://news.sohu.com/20070405/n249221662.shtml>
- [14] 王国庆. 现代化商场安全疏散若干问题的分析与对策[J]. 沈阳航空工业学院学报, 2006, 6:73~75.

- [15] Chalmet L, Francis R, Saunders P. Network model for building evacuation[J]. Management Science, 1982, 28:86-105.
- [16] Choi W. Network flow models of building evacuation problems with flow-dependent arc capacities[R]. University of Florida, 1987.
- [17] Choi W, Hamacher H, Tufeccki S. Modelling of building evacuation problems by network flows with side constraints[J]. European Journal of Operational Research, 1988, 35:98-110.
- [18] 王国庆. 现代化商场安全疏散若干问题的分析与对策[J]. 沈阳航空工业学院学报, 2006, 6:73~75.
- [19] 周天颖, 简甫任. 紧急避难场所区位决策支持系统建立之研究. 水土保持研究, 2008, 8 (1) : 17~24
- [20] 周进. 城市公共空间建设的规划控制与引导——塑造高品质城市公共空间研究[J]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005. 10:62.
- [21] 柳友荣. 现代心理学基础[M]. 合肥: 安徽人民出版社, 2003.
- [22] 董庆杰, 权高峰, 邵力. 火灾事故中人的心理及行为分析[J]. 合肥工业大学学报(社会科学版), 2004, 18 (3): 159~162.
- [23] Kevin Johnson. GIS Emergency Management for the University of Redlands[J]. ESRI International User Conference 2003 Paper Submission, 2003. 11(5): 1178~1182
- [24] 刘真祥, 谢旭阳. 火灾条件下的最佳救避灾路线的确定[J]. 煤矿设计, 1999, (12) : 21~23.
- [25] Ford L R, Fulkerson D R. Flows in networks [M]. NJ: Princeton University Press, 1962.
- [26] 朱俊鸿, 曲芳. 建筑火灾疏散中人的心理及行为反应分析[J]. 沈阳航空工业学院学报, 2006, 06 (23) : 76~79.
- [27] 张树平, 张耀泽, 卢兆明, 杨立. 建筑火灾疏散中人的心理及行为反应分析[J]. 消防科技与技术, 2005, 9 (24) : 563~566.

- [28] 李椿年. 人在火灾中的行为[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1989.
- [29] 宋健学, 李杰. 震后城市交通系统连通性模拟[J]. 自然灾害学报, 1996, 1 (5): 73~78.
- [30] 方正, 陈大宏, 卢兆明. 用计算机仿真方法研究影剧院人员疏散[J]. 消防科学与技术, 2002, 3 (2): 18~20.
- [31] 方正, 马莉莉, 卢兆明. 人员安全疏散模型及其在性能化消防设计中的应用[J]. 消防科学与技术, 2002, 11 (06): 3~6.
- [32] 陆君安, 方正, 卢兆明. 建筑物人员疏散数学模型[J]. 武汉大学学报(工业版), 2002, 35 (2): 71~75.
- [33] 陈守煜. 系统模糊决策理论与应用[M]. 大连: 大连理工大学出版社.
- [34] Helbing D. Related self-driven many particle systems[J]. Rev Mod Phys, 2001, 73(4): 1067~1141.
- [35] Bukowski R, Sequin C. Interactive simulation of fire in virtual building environments[A]. Computer Graphics Proceedings, 1997, 7: 35~44.
- [36] GB50045-95 高层民用建筑设计防火规范(2001年版)[J].
- [37] 卢兆明, 林鹏, 黄河潮. 基于GIS的都市应急疏散系统[J]. 应急救援(中国公共安全·学术版), 2001, 11(02): 35~40.
- [38] Gylène Proulx. High Rise Evacuation: A Questionable Concept [A] Proceedings of the Second International Symposium Human Behavior in Fire [C]. MIT. Cambridge, MA : Interscience Communications Limited , 2001 : 221~229.
- [39] 李德华. 城市规划原理. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001.
- [40] 史健勇, 任爱珠. 火灾下奥运场馆防火性能的计算机模拟与分析[A]. 第一届抗震减灾学术会议论文集[C]. 昆明: 云南大学出版社, 2004.

附录

GIS Emergency Management for the University of Redlands

Abstract

In times of crisis, the President and other senior official at the University of Redlands (UoR) have the primary responsibility for rapidly and effectively managing any emergency that might occur on or affect the UoR campus. To assist the University, a customized GIS application was developed enabling a temporal based analysis of a disaster occurrence integrated with concentrations of campus populations identified down to the room level. The GIS Emergency Management System (GEMS) application is an interactive system to be utilized in the Emergency Operation Center to support the direction of the response. If a disaster were to occur, the response and recovery efforts could be initially focused to the most critical areas with the largest concentrations of people.

I. Overview

Emergency management encompasses a wide range of activities and procedures that occur within all levels of government ranging from federal agencies down to individual localities. In addition, emergency management is a vital outside of government, and the safety of students, personnel, and visitors is a top priority for the University of Redlands (UoR). In times of crisis, the President of the University of Redlands, and other senior University officials have the primary responsibility for rapidly and effectively managing any emergency that might occur on or affect the UoR campus. The Crisis Management Plan (CMP) at the UoR is designed to be a framework for crisis management rather than step-by-step directions for handling any and every conceivable crisis. If a disaster were to occur, the response and recovery efforts could be initially focused to the areas with the most critical danger and the areas with the largest concentrations of people.

A Geographic Information System (GIS) is a flexible tool that can be utilized to provide detailed situational information for response to an emergency situation within the CMP framework. The GIS Emergency Management System (GEMS) application is an interactive system to be utilized in the Emergency Operation Center (EOC) at the University to direct the response. The intended audience in the EOC will consist of members from University Campus Safety, Facilities Management, and the Administration. To assist those responding to a disaster in the field, a campus map with concentrations of people identified and threat areas overlaid would be of invaluable benefit; this output can be printed from the GEMS application and delivered to response personnel as appropriate.

The GEMS application was developed to support the CMP at the UoR for mitigating, preparing, responding and recovering from a disaster. The overall goal for the GEMS application is to develop, promote, and implement location-based data and GIS technology in support of emergency management at the UoR. The GEMS approach is to integrate geographic and attribute data from the UoR with disaster occurrence data to analyze, support, record and track the different phases of emergency response management.

GEMS is an Environmental Systems Research Institute, Inc. (ESRI) ArcGIS 8.x application customized with the Visual Basic for Applications (VBA) development environment and the ArcObjects library. All code is saved within the GEMS.mxd (an ArcGIS map document) and can leverage the full GIS functionality of ArcGIS. An installation CD for GEMS has been created for all the required components to run on top of the ArcGIS application. GEMS can be easily implemented on any machine running ArcGIS 8.x.

II. Background

There are several key components that are required for an emergency management plan. For an application to best support this plan, it is important to first understand the threats facing the UoR and the surrounding areas. Second, it is essential to understand the benefits of using GIS for

such an application. Third, one must understand the different phases of emergency management and the support GIS can provide to each phase.

A. Threats Facing the University of Redlands

Threats to public safety at the UoR can come from many sources including human and natural. Human-caused threats are those unintended events or accidents resulting from human activity. Examples include chemical spills, utility failures, airborne illness, plane crashes, truck crashes, explosions, and fires. In addition, other human caused disasters can be events or activities planned to intentionally cause disruption to a population. These can include such actions such as riots, demonstrations or bomb threats. Finally, human threats can be attacks, particularly relevant with the current threats facing homeland security. This may include acts of terrorism using nuclear, conventional or biological agents (Johnson 2000). Although the UoR may never be a direct target, the University's close proximity to larger metropolitan areas and military bases poses a serious threat.

A second type of threat facing the UoR is from natural causes. The UoR location in near proximity to the San Andres fault makes it particularly vulnerable to earthquakes and their many secondary effects including building structural failure, pipeline breaks, release of hazardous chemicals, fire, and down electrical power lines. Another natural hazard facing the UoR is wild fires; the dry climate of the region increases the likelihood of danger and disruption caused by uncontrolled fires. Although the Redlands' area is dry most of the year, there is potential for excessive rain and the resulting floods during certain seasons. For example, the Seven Oaks Dam was completed to help mitigate flood damages; however, with the University being located 8 miles southwest of the dam, it is potentially in harms way if the dam was to experience a structural failure.

B. Benefit of GIS for Emergency Management

The threats identified have a spatial context as they all affect geographic locations and the population at those locations. Mapping and information acquisition is vital for disaster management and recovery efforts. There are a several reasons why GIS is well suited for a disaster management application. First, GIS systems produce information quickly, which is particularly important for emergency managers who need to make time-critical decisions. GIS

applications can create maps quickly integrating data into one single picture, both dynamically on a computer screen and in the form of a printed map. Second, GIS data is typically portrayed in a map with structured data, and thus the information is well organized, accessible and easy to understand, promoting informed decision-making and ad hoc analysis and reporting capabilities. A map with critical areas identified can communicate data quickly and in a manner easily understood compared with a strictly tabular data output. Third, in GIS, data is easy to update, and it is easy to maintain current files and data integrity. It can provide a visual query interface that makes it is easy to enter and access the data stored in a structured format.

C. Emergency Management Phases

To plan for and respond to threats, the UoR Crisis Management Plan details four key phases that are related by time and function to all types of emergencies and disasters. The phases are: Mitigation, Preparedness, Response and Recovery. GEMS is a tool that can be used to support each crisis management phase (University of Redlands 2002).

First, the Mitigation Phase, measures are taken to avoid crisis or to prevent small emergencies from becoming a large crisis (Green 2002). Developing proper rules and procedures can go a long way to avoid a disaster and protect the population. To assist this, GEMS can help with the situational awareness of the University and its surrounding areas with the spatial data layers that are incorporated into the application. In addition, a component of the GEMS application is the functionality to analyze where concentrations of people are throughout the day. Knowing where concentrations of populations are on campus throughout the day and proper locations to store hazardous material can help avoid a catastrophe.

Second, the Preparedness Phase, includes the activities necessary to analyze the possibility of an emergency or disaster and the development of plans and procedures to enable the effective and efficient use of resources in the event of a crisis. The impact of a disaster will be minimized if the response is well planned and efficient (Green 2002). Knowing the populated locations on campus will provide insight, such as high risk areas, into forming the plans and procedures for the disaster response and evacuation. Through GEMS, one can enter simulated disaster

occurrence to support planning and “what-if” analysis for disaster management. Those responsible for disaster response and management now have a tool to better visualize the effects of a disaster and how it relates to the population on campus. Preparing and learning to use tools, such as GEMS, in a disaster situation is also part of the Preparedness Phase. GEMS entails the modeling and analysis of threats and disasters, allowing actions to be taken prior to events turning into a full blown disaster occurrence. However, this will only provide benefit if the users know how to model and analyze the threats and disasters.

Activities following an emergency or disaster make up the Response Phase, which is the third phase in emergency management and disaster planning. These activities are designed to provide coordinated emergency assistance for the population in need. The Response Phase also seeks to stabilize the situation by rapidly identifying risk areas and cordoning off those areas, reducing the probability of secondary casualties and damage (Green 2002). This is done in GEMS by recording a disaster and threats through a circular threat range or a modeled plume area. Identifying the location and area of a disaster can be combined with the population locations in GEMS to identify the population in harms way. This will provide information for the evacuation effort and/or the recovery efforts. Recording the disaster occurrence with a threat range or plume, the risk areas can easily be identified with a visual map display and then cordoned off as appropriate. Additionally, by incorporating a campus grid overlay with the spatial data of the University, GEMS can be use in the Emergency Operations Center (EOC) to direct responders in the field.

The final phase is the Recovery Phase when all systems return to normal operations and capacity after responding to a threat or disaster. By recording the disaster occurrence in GEMS with a timeframe and detailed descriptions, the system can help manage and track the recovery status for each disaster occurrence. In addition, each disaster occurrence can be further analyzed with ad hoc spatial queries by a knowledgeable GIS user. As information changes, reports and maps can easily be updated and generated.

III. GEMS Overview

For the initial implementation of a GIS emergency management system at the University of Redlands, there are several key functional components being delivered. The first component, Population Locator, includes the capability for spatially locating concentrations of people throughout the day on campus, utilizing records extracted from the Office of the Registrar to aggregate known population concentrations. The second component, Disaster Occurrence, provides the capability to record disasters with a threat range or modeled plume into the database. The final Query and Analysis component enables the campus population to be analyzed with the threat areas for a given date and time query. Additional ad hoc analysis is promoted with the available data and the full GIS functionality of ArcGIS.

A. Population Locator Component

The first component developed for GEMS is the function to locate the concentration of people throughout the day for classes located on the main UoR campus. This integrates several data sources from the UoR Registrar's office into the GEMS database. The first record set from the Registrar's office is the classroom location schedule which includes the day and the time frame for each class in the semester. The second record set is the aggregated student class data to be able to determine the number of students in each class. Records can be updated on an as needed basis throughout a semester with inputs provided the Office of the Registrar. As an updated record set is provided, the corresponding semester records in the database will be overwritten.

Additionally, to accommodate for known population concentrations outside of classes, such as dining hall crowds or football game crowds, population estimations can be recorded directly into a table in the GEMS database. Although not currently implemented, a future upgrade might be to incorporate the data from an electronic conference room or event planner utilized at the University of Redlands, allowing for more accurate population identification.

GEMS incorporates population concentrations and does not model locations of an individual person. As a result, faculty and professors are not included in the population calculations. The

intent of the application is to identify where the larger concentrations of people are located to initially focus the response and recovery. Once those locations have been responded to, a recovery effort can then be initiated for the remaining people throughout the disaster or threat areas.

To improve the granularity of data analysis, the floor plans for the classroom buildings at the University have been added to this application. Additional floor plans can be added to the geodatabase through a standard ArcGIS import routine for the respective layers.

Using the population component in GEMS there is potential to analyze the crisis management plans. For example, it is possible to identify and review proposed evacuation sites and routes. With the population component factored into the equation, these plans can be further tailored for each semester based on the changes in population concentrations or for population fluctuations throughout the day. Another example utilizing the population information would be to assist the location of first aid stations and/or phone banks when required. Nevertheless, the most important feature of GEMS is the ability to identify the large concentrations of people to help focus the initial rescue and evacuation efforts.

B. Disaster Occurrence Component

It is important to document and track disaster occurrences to support the phases in a disaster management plan, a component implemented with GEMS. Once a disaster occurs, it can be recorded into the application through a graphical user interface. As events unfold, the user can document the location, the disaster or threat area, time frame, hazard type, and detailed description of the disaster.

Two types of disaster or threat areas can be defined. The first is a circular threat or disaster range suitable for occurrences such as a bomb threat. This only requires a source location and threat radius to create the area. The second is for areal hazards as complex plume areas can be modeled with the Environmental Protection Agency's (EPA) Areal Locations of Hazardous

Atmospheres (ALOHA) model and utilized within GEMS. ALOHA estimates air dispersions to evaluate hazardous chemical release scenarios and predict dispersion scenarios.

As a disaster or threat is discovered, plotting its location on the map allows crisis managers to make informed decisions regarding the threat to the campus population and to identify priorities for campus evacuation if required. Once a disaster is recorded, it can be used to analyze the location of people in harms way. Figure 1 shows an example of the outputs possible with a GIS enabled system. Additionally, key roads can be identified for evacuation planning. With the hazard area identified, one can quickly visualize a safe evacuation route on the applications map.

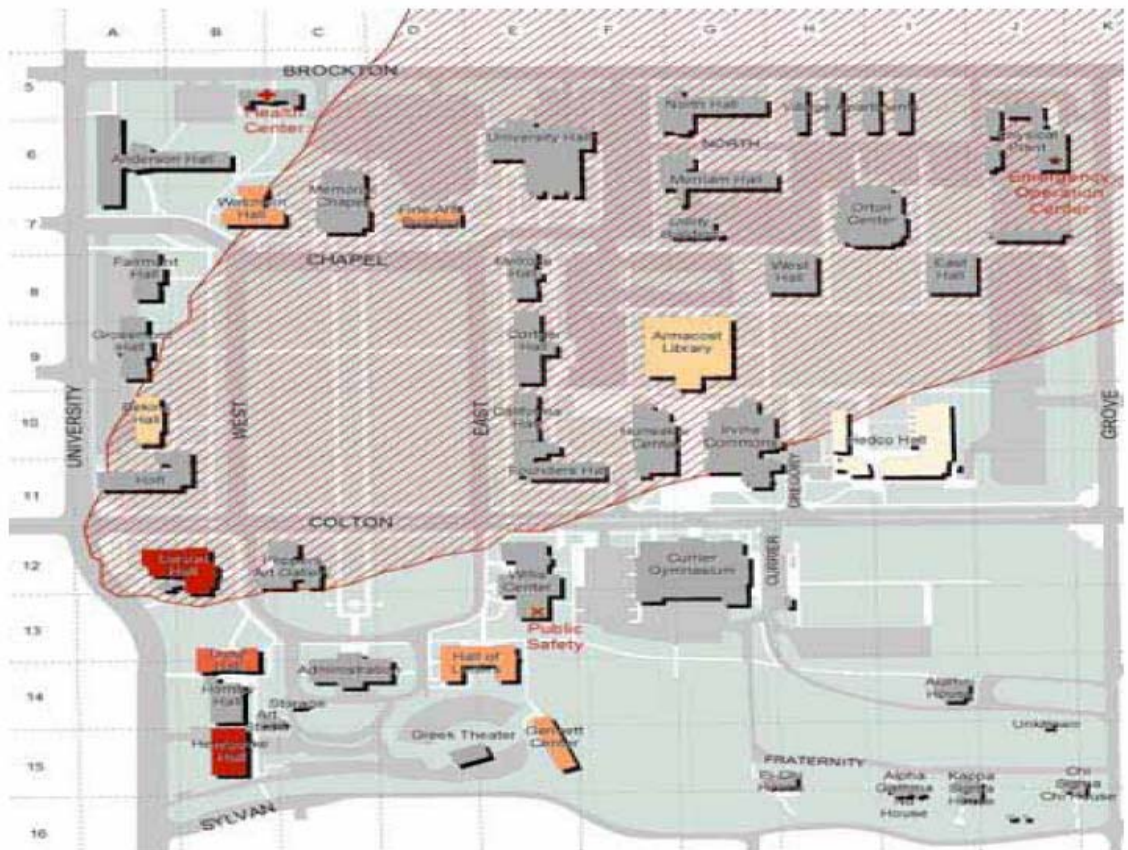


Figure 1—Simulated GEMS disaster occurrence with buildings symbolized by population

C. Query and Analysis Component

With the population concentrations and disaster or threat areas incorporated into GEMS, the final component developed is for querying and analyzing the data. Concentrations of the population can be isolated for a specific date/time through a query. For the initial implementation of this application the results are displayed on the map at the building level, but an output table can be generated to identify populations at the room level. The key spatial data set used to display the results is the UoR building spatial layer. A look-up table creates the relation between the registrar attribute data and the building spatial data based on the query. As queries are generated in the application, the results are displayed as map layers with a population field. In addition, a Hypertext Markup Language (HTML) report is created with the location of population concentrations displayed to the room level.

With the threats previously entered into the system, a threat query based on time can be displayed on the map. This will allow analysis with the threat area defined and displayed on the map interface. Additionally, the population concentrations can be identified within the threat ranges for a given time, identifying the specific population concentrations in harms way.

Another query capability is to zoom down to the room level of the buildings. By selecting a date/time and clicking on a room will display the contact information for the students registered for that class and any special medical conditions are pertinent to the safety of a student. This may be particularly useful in lock down situations to inform the contacts for each student, as shown in Figure 2.

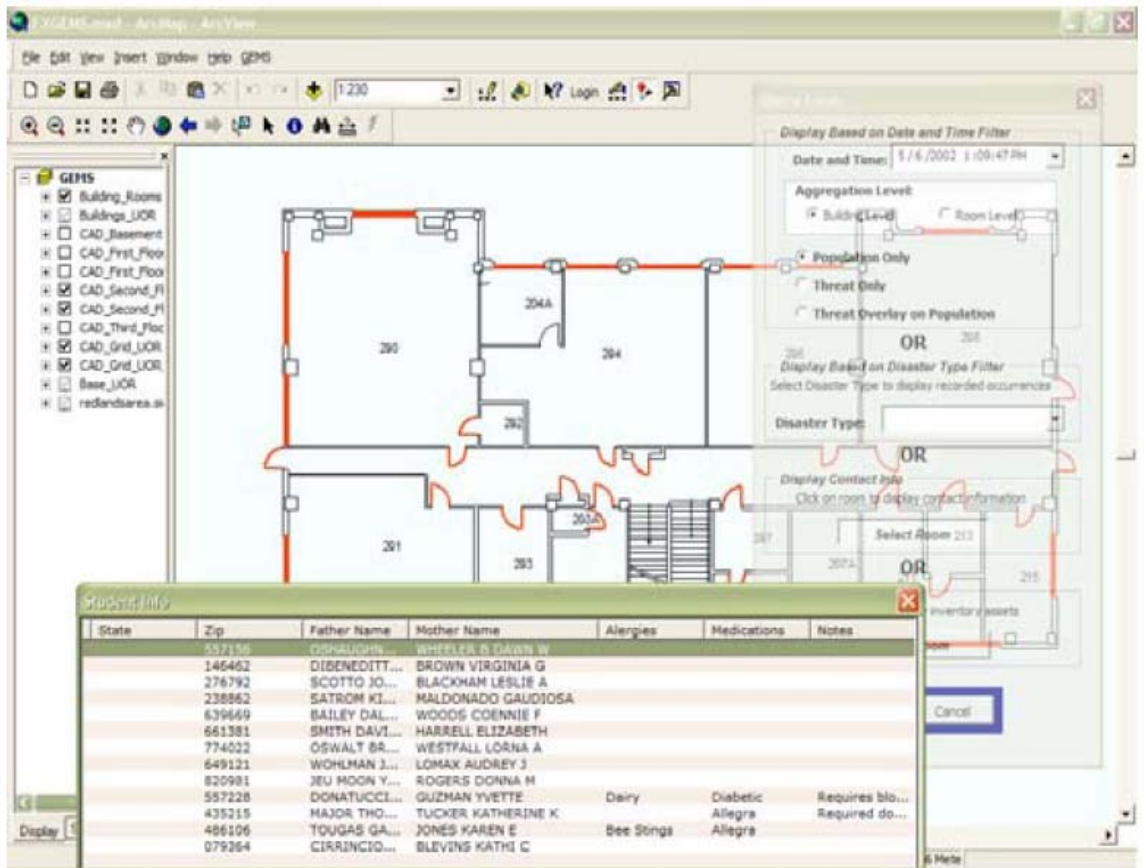


Figure 2—Drill down to Student Contact information

The results of the other queries are a generated html report with tabular data and a map. This can be printed out easily, used interactively in the EOC, or quickly and easily copied to a web server to share information across the internet. Figure 3 is a sample HTML report generated by the GEMS application.



Note: Critical buildings containing populations within a threat zone are labeled

The following buildings have populations and are located within the threat zone

Building (Student Count)

Armacost Library (13)
Currier Gymnasium (26)
Duke Hall (78)
Gannett Center (42)
Hall of Letters (186)
Hedco Hall (45)
Hornby Hall (38)
Peppers Art Gallery (17)

Date Printed: 12/3/2002 5:43:11 PM

Figure 3—Sample HTML document output

IV. GEMS Design Considerations

The overall goal of the GEMS application is to develop, promote, and implement locationbased data and GIS technology in support of emergency management at the UoR. The GEMS

approach is to integrate sources of geographic and attribute data from the UoR with threat or disaster occurrences in a GIS application to analyze, support, record and track the different phases of emergency response management (Figure 4).

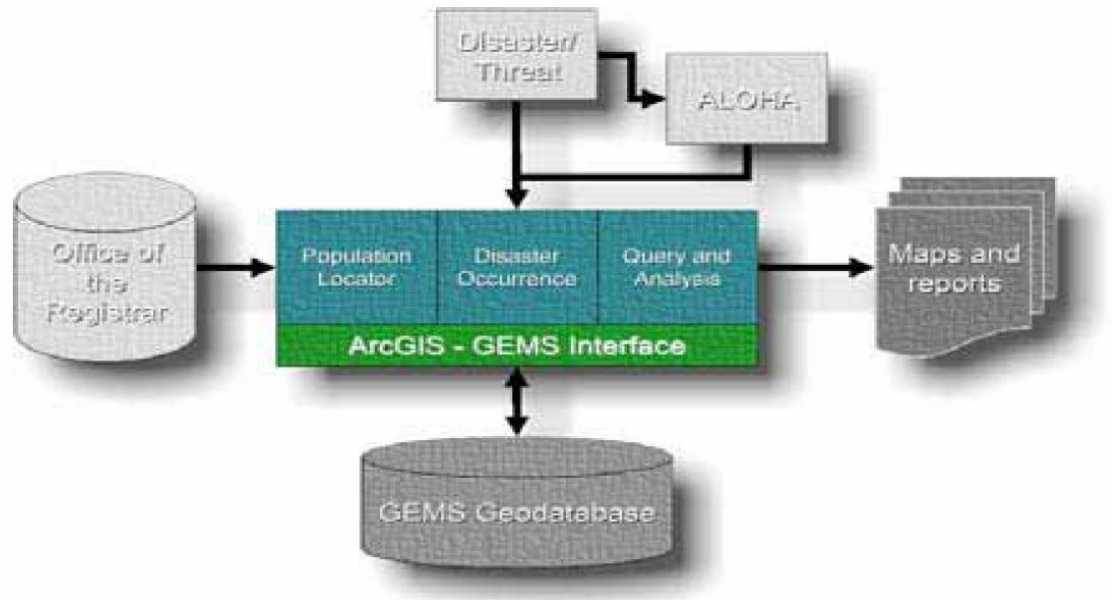


Figure 4—GEMS overview architecture

GEMS is built on ArcGIS 8.x, a customizable commercial off the shelf (COTS) GIS software package. The software is developed and distributed by Environmental Services Research Inc. (ESRI) of Redlands, CA. GEMS is developed in compliance with the UoR campus wide software license for ESRI products. The emphasis for the GEMS application is a focus on a simple interface with the key functionality readily available for the purpose of avoiding additional stress on the user when employing GEMS in response to a disaster.

The data for the system is stored in the ArcGIS personal geodatabase, which uses Microsoft Access technology. This will allow easy replication and duplication in case stand-alone machines are required in the time of crisis. The concentrations of populations will remain on the closed network and should not be stored on a shared network drive. With the current terrorism threats facing the U.S., this is sensitive data that should not be in the public domain and used only for public safety at the UoR.

A. Selection of GIS Technology

There are numerous GIS technologies available for purchase within a broad range of prices. Most of the available technologies are viable for an emergency management system. GEMS was developed using ESRI ArcView 8.2 technology for several reasons.

First, ArcGIS 8.x is a full featured GIS application designed for a familiar Windows user interface. Out of the box functionality includes three desktop applications providing data display, query, analysis, geographic and tabular data management, creation, organization and basic data conversions. Using the three applications together, there is a wide range of GIS tasks that can be performed. GEMS is built using ArcView, which is the cheapest purchase level for the ArcGIS 8.x platform. ArcView provides comprehensive mapping and analysis tools along with simple editing and geoprocessing tools.

Second, ArcGIS includes the programming language Visual Basic for Applications for a robust customization environment. The ArcObjects library with over 1200 objects is currently one of the worlds largest object oriented application environments. Sophisticated forms and code can be quickly developed for customized applications.

Third, ArcGIS can interact with a variety of spatial formats including the personal geodatabase which is highly practical for the smaller scale, self-contained emergency management applications, such as GEMS. While ArcGIS uses Microsoft Access technology, it is not Microsoft Access and is not required to be installed on the machine, only the Jet database engine technology that is automatically installed with ArcGIS. This is the default installation and does not require sophisticated configuration or setup of the database.

A personal geodatabase format has many benefits with an emergency management system. First, it may be a more familiar format for those who are not GIS experts and makes it easier and more intuitive to use GIS across many applications. During stressful situations, such as a disaster response, one's instincts tend to take over and a familiar storage application can be

crucial for its usability. In addition, this facilitates use for ad hoc queries and reports, which are often required in a disaster situation. Additionally, the data stored in the geodatabase can be accessed through Structured Query Language (SQL), an information technology industry standard.

Another benefit is that all the vector and attribute information for the application is stored in one COTS RDBMS. Given the inherent properties of the DBMS, the geodatabase is well structured for handling both the spatial and attribute data within its own framework. Replicating the geodatabase is much easier within such a structured system, particularly with the personal database. To move or copy the spatial data to additional machines or to create a backup only requires the copying or moving of one file that can be exponentially compressed using tools such as Winzip. Unlike other spatial data structures such as ESRI Coverages, this can easily be done with a windows file management utility, such as Windows Explorer, without relying on specialized applications. In times of disaster response, complete data sets for the University can quickly be copied to stand alone machines without a functional network.

There are limitations to using the personal geodatabase such as size limitations and performance issues as the database grows. However, the smaller scale of the GEMS database should not come close to the size limitation of approximately 250,000 objects and can support several simultaneous clients viewing the data.

The final consideration, and perhaps the most important, is the cost of the application. The software is available site wide for the University of Redlands and thus does not cost Public Safety or Facilities Management more funds to leverage this technology. Based on these considerations, GEMS was developed as a customized ArcGIS application.

V. Recommendations for the Use of GEMS

The GEMS application could be of great benefit, not only in response to a threat or disaster, but also in planning scenarios for the University of Redlands. For these benefits to be achieved, it will take a minimal effort from several organizations.

- The data must be kept up-to-date in the application. This requires those responsible for the public safety at the University to keep the registrar and class data updated at least once a semester. If these records are not entered into the system then the population component of the application is rendered useless.
- Information Technology Services (ITS) at the UoR must continue to provide the Registrar data files in the requested format at least once a semester. As their technology infrastructure gets upgraded, new procedures may need to be established to make the registrar data available for importation in the GEMS application.
- A commitment is required to learn the basic foundations of operating a GIS application and learning the key functionality of GEMS before an emergency occurs. An on going review of emergency management plans should include regular practice and exploration with GEMS.

With the minimal effort for maintenance, the GEMS application and GIS platform provides the University of Redlands a powerful analysis tool to be used in all facets of emergency management and response planning and procedures.

*Redlands*大学GIS突发事件管理

摘要

在突发事件发生时, Redlands大学 (UoR) 校长和其它的高级官员对于快速有效的处理发生或影响UoR校园的任何突发事件负有首要的责任. 为了协助大学, 在结合已经确定的详细校园人数分布, GIS应用程序被开发用来进行灾祸暂时分析。GIS突发事件管理系统(GEMS) 应用程序是一个在突发情况操作中心使用的互动系统, 以用来指导管理。如果灾害发生了, 聚集最多受害人群的区域应当是应急工作的重中之重。

1 概述

在管理中, 对突发事件管理的范围很广, 上至联邦机构下至单独个体中各个级别的活动和程序。另外, 突发事件管理是一个游离于政府之外的重要环节, 而学生, 工作人员和来访者安全是管理中的优先考虑的。在紧急关头, Redlands大学 (UoR) 校长和高级官员要快速有效的处理突发事件, 因为他们对UoR校园的任何突发事件负有首要的责任。因此, 所设计的UoR的危机管理计划 (CMP) 应成为危机管理的整体框架而不仅仅是逐步处理每个可以想象的危机的指导。如果一个灾祸发生了, 应急工作的重点应该集中在受害人群最多的危机区域。

地理信息系统 (GIS) 是一个在CMP框架内能够用来提供详尽的局面信息以响应突发事件的灵活工具。GIS突发事件管理系统 (GEMS) 应用程序是一个在突发情况操作中心使用的互动系统, 以用来指导危机管理。预期的EOC由大学校园安全, 机构管理和行政管理成员组成。为了协助对区域内的灾祸做出反应, 一个标明人数和被覆盖威胁区域的校园地图将会带来不可低估的益处: 其输出的地图可以通过GEMS应用程序打印出来并很快传送到相应的管理人员手中。

以UoR作为开发数据, GEMS应用程序可以用来支持灾祸减轻, 准备, 反应和善后等各项工作的管理。GEMS应用程序总的目标是发展, 促进和实施, 在UoR定位的数据应用中用GIS技术来支持突发事件的管理。GEMS的方法是结合来自UoR的地理属性数据和灾难发生数据, 可以适时分析, 支持, 记录和追踪突发事件并作出相应处理。

GEMS是一个在美国环境系统研究所公司(ESRI)的ArcGIS 8. x平台上结合VBA应用开发环境和ArcObjects数据库开发的应用程序。所有的代码都存在GEMS.mxd（一个ArcGIS地图文件）里面而且能够支持ArcGIS的全部GIS功能。一个能在ArcGIS应用上运行的包括所有组件的GEMS都可以制作在CD中。而GEMS可以在任何运行ArcGIS 8. x的机器上轻易实施。

2 背景

突发事件管理计划有几个必须的关键因素。为了应用程序更好的支持这个计划，首先是要能够理解UoR以及周围区域所面临的各种威胁。第二，必须清楚GIS在这些应用上所带来的优势。第三，必须清楚突发事件管理的不同阶段以及GIS对不同阶段所能提供的支持。

2.1 Redlands大学所面临的威胁

UoR公共安全面临的威胁来源包括人为和自然等许多方面。人为威胁指的是那些无意识的事件或者突发事故，比如化学泄漏，突然失效，传播疾病，飞机坠毁，卡车碰撞，煤气爆炸，火灾等等。另外，其它一些人为的灾难会有意识的成为造成污染破坏的原因。这些活动包括骚乱，示威或者原子弹威胁。最后，人为威胁可能是攻击，特别是关系到本国安全的现行威胁。这可能包括恐怖组织使用原子能的，常规的或者生物武器。尽管UoR可能永远成为不了一个直接的目标，但是因靠近首府市区和军事基地学校同样会导致严重威胁。

UoR所面临的另一种威胁是自然造成的。UoR位置接近圣安德断层使得它易于受地震影响，其影响包括建筑物结构破坏，水管破裂，危险化学药品泄漏，火灾和电线滑落。另外一个UoR所面临的自然危害是森林大火，区域的干燥气候增加了不可控性大火引起的危险和破坏的可能性。同样，尽管Redland区域一年大部分时间都很干燥，但是在一定季节里面也可能因降临暴雨而引起洪灾。举个例子，西门欧科水坝修建完工用来帮助减轻洪灾；但是，大学正位于大坝西南方的8米处，这样如果大坝经历了结构性的破坏，大学就有可能受到损害。

2.2 GIS对于突发事件管理带来的益处

已经明确了威胁有着空间背景。当它们影响着地理位置和这些地区的人口时，绘图和信息获取功能对于灾难处理和恢复工作是很重要的。这里就有几个原因解释为什么GIS对于灾难管理应用程序是非常适用的。第一，GIS系统可以快速产生信息，这对于需要在危机时刻做出决定的决策者来说是非常重要的。GIS应用程序可以快速的创建地图并将数据整合到一幅简单的图像里面，并能动态的在电脑显示或者打印出来。第二，GIS数据在地图上可以被有组织的描绘并能凸显出标志，因而有良好的信息组织能力，特别是在分析和报告中可以获取并且易于理解，从而促进科学决策。同严格的表格数据输出方式相比，一副标有重要区域的地图能更易于被人理解，从而快速的传达数据。第三，在GIS，数据易于升级而且易于保持现有的文件和数据完整性。它可以提供一个视觉查询界面，能够方便进入并获取以结构化格式存储的数据。

2.3 突发事件管理阶段

为了方便对威胁的管理，UoR危机管理计划用时间和功能详细列出了关于各种类型的突发事件和灾难的四个关键阶段。阶段是：缓解，准备，反应和恢复。GEMS是一个可以用来支持每一个危机管理阶段的工具。

首先，缓解阶段，采取措施防止危机或者防止小的突发事件变大的危机。（Green 2002）完善合适的规定和程序能够长远的防止灾祸和保护人员。为了协助这个，GEMS可以用并入到应用程序的空间数据层来帮助了解大学以及周边区域的情况。另外，GEMS应用程序的一个组件功能是分析一天内人口的集中地的位置。知道了一天校园里面人口集中的地方就可以选择合适的位置来存储危险原料以帮助避免大灾祸。

第二，准备阶段，包括必须的分析突发事件或者灾祸的可能性，完善规划和程序以能够在紧急关头有效的利用资源。如果响应是有效的并能被很好的规划，灾祸的所带来损失将被最小化（Green 2002）。知道了校园里面的居住位置，比如高危区域，就可以提供有见地的关于灾难响应和撤离的计划和程序。通过GEMS，可以模拟灾难发生来支持规划和关于灾祸管理的“假设分析”。这样，负责灾难响应和处理的人就有了更好显示灾祸效果和它如何关系到校园人口的工具。准备和学习像GEMS这样的工具，在灾祸情况的准备阶段同样重要。GEMS需要威胁灾祸建模和分析，允许在事件转变成为无法挽救的

局面之前提前采取措施。但是，只有用户知道如何建模和分析威胁灾祸的时候GEMS才能有优势。

突发事件或者灾祸之后的活动构成了响应阶段，这是突发事件管理和灾祸规划的第三个阶段。这些活动设计为对有需要的人群提供协同突发事件的援助。响应阶段同时通过快速确定危险区域来稳定局势，同时隔离这些区域来减轻次级伤亡人数和损害的可能性（Green 2002）。这是通过在GEMS中记录穿过一个环形威胁范围或者一个模拟的羽状区域里的灾害或者威胁来实现的。辨识受灾位置和区域可以和GEMS里的人口位置相结合来确定受难人数。这将为疏散或者恢复工作提供信息。在威胁范围或者羽状区域里记录灾祸发生事件，危险区域可以通过视觉地图轻易的标记出来并被恰当的隔离出来。另外，通过把大学空间数据覆盖在校园栅格上，突发事件操作中心(EOC)可以使用GEMS来指挥现场响应人员。

最后的阶段就是恢复阶段，即在响应了一个威胁或者灾祸之后所有的系统回复正常操作和性能。在GEMS里用时间框架详细描述记录灾难的发生，系统可以帮助对每一个灾难发生事件的管理以及恢复状态的监测。另外，每一个灾祸事件可以被在行的GIS使用者进行长远的分析，特别是空间查询。随着信息的改变，报告和地图还可以轻而易举的升级和生成。

3 GEMS概述

在Redlands大学最开始实施GIS突发事件管理系统时，有几个关键的职能部分被提供了。第一个部分是人口定位，包括在校园里空间定位一天内人群密度的能力，这是利用从注册办公室提取的记录来合计已知的人口密度。第二部分是灾难发生事件，即提供记录威胁范围或者羽状区域里发生的灾祸发生事件到数据库的能力。最后的查询和分析部分使得在给定日期和时间查询的情况下，分析在威胁区域内的校园人口。另外在现有数据和ArcGIS全部功能的基础上专门的分析功能还在不断发展。

3.1 人口定位组件

对于GEMS来说首要部分就是在UoR主校区里定位一天内各班级人口密度的功能。这整合了源于UoR注册登记员办公室的数据到GEMS数据库。第一个注册登记员办公室的记

录集是每个学期每个班级特定日期特定时间下的教室安排地点。第二个记录集是结合学生班级数据来决定每个班级的学生人数。整个学期的记录能够被注册登记办公室作为必须的基础以备更新。因为提供了升级的记录集，相应的数据库里面的学期记录也会被相应覆盖。

另外，为了给已知的班级之外的人群提供住宿，比如食堂人员或者足球队员，在GEMS数据库里面人口估计可以直接的被记录在表格。尽管目前没有被实施，但是在将来的升级版会将电力会议室或者事件策划者在Redlands大学使用的数据并入，这样就能得到更加准确的人口确定。

GEMS并入了人群密度但是并没有为单独的个人建模。因此，人群统计里面并没有包括大学教师和教授。应用程序的意图是确定哪里的人口密度最高以获得最先的应急和恢复。一旦这些位置得到应急，恢复工作可以做向灾祸威胁区域的其它人群。

为了提高数据分析的细致度，大学教室建筑物的平面图已经添加到应用程序中。另外的平面图可以通过标准ArcGIS 对各个图层的输入程序添加到地理数据库中去。

通过在GEMS里面使用人群因素，就有可能分析危机管理计划。比如，有可能确定和查阅提议的撤退位置和路线。随着人群因素被考虑进来，这些基于一天内人口密度变化和人口波动的疏散计划可以得到进一步的完善。另外一个利用人群信息的例子就是协助确定需要的第一援助站或者电话银行的位置。不过，GEMS的最重要特点就是能够确定需要最初的营救和撤离工作的人群大密度区域。

3.2 灾祸发生要素

用记录和跟踪灾祸发生来支持一个灾祸管理计划中的各个阶段是很重要的。一旦灾祸发生，它可以通过绘图者参与记录到应用程序中。随着事件的开始，用户可以记录位置，灾难或者威胁区域，时间构架，危险类型和灾难的详细描述。

目前定义的有两类灾难或威胁区域。第一种是环形威胁或者灾难范围适用于原子弹威胁之类的，这种只要辐射源定位和半径就可以生成区域了。第二种是复杂的羽状危险区域，这个可以通过在GEMS中使用环境保护机构（EPA）的危险大气区域定位（ALOHA）建模来实现的。ALOHA通过估计大气泄漏来评估危险化学品药品泄漏场景和预测泄漏场景。

当发现了一个灾祸或者危险并在地图上标志了它的位置，危机管理人员在考虑到对校园人群的威胁和确定校园撤离优先权的基础上就可以做出明智的决定。一旦灾祸被记录了，它就可以被用来分析危险人群的位置。图1显示了GIS 应用系统应用输出的例子。另外，撤离计划的关键道路也已表明。随着危险区域被明确了，可以在应用地图上快速的显示安全撤离路线。

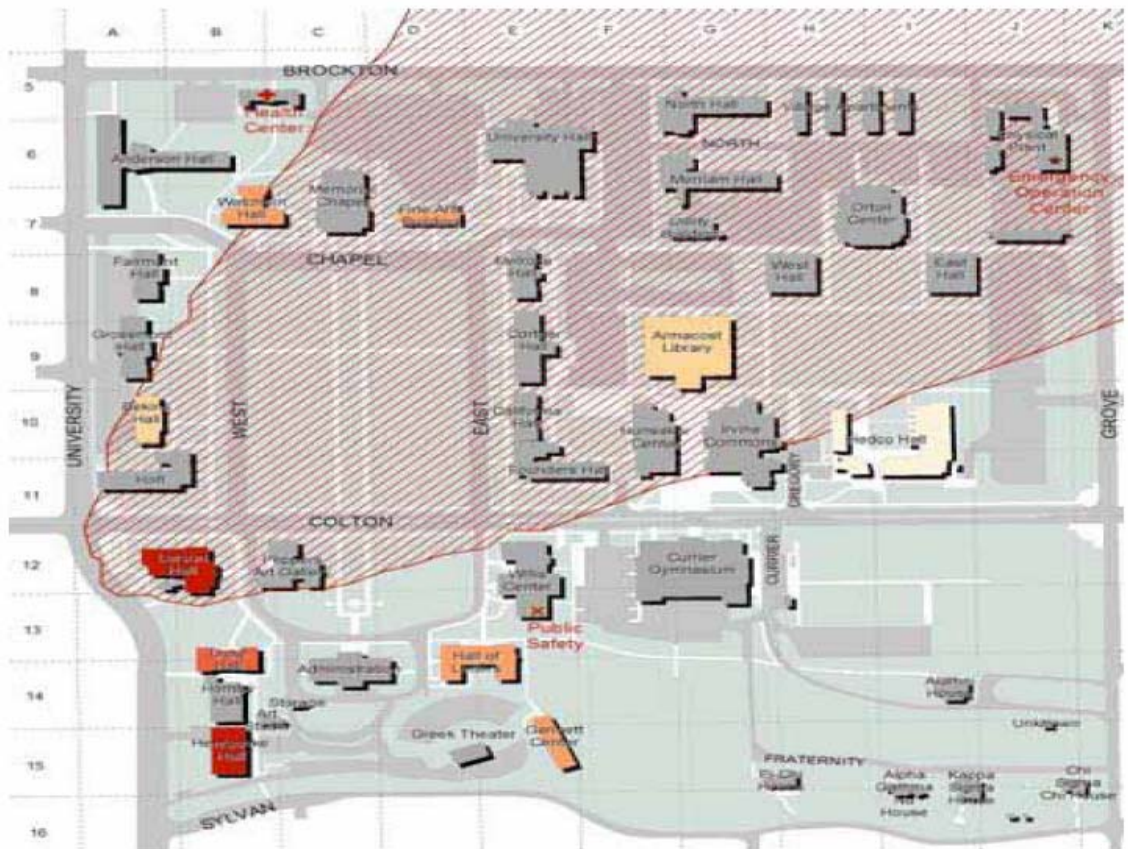


图1. 模拟GEMS灾祸发生时用人口标记的建筑物

3.3 查询和分析要素

随着人口密度和灾祸威胁区域并入到GEMS，最后被发展的要素是用来查询和分析数据的。可以通过一个查询来分离出某个特定日期或时间的集中人群。这个应用程序的最初实施阶段，地图上显示的结果只能达到建筑物级别，但是生成的输出表格能够确定人数到房间级别，而用来显示结果的关键空间数据集是UoR空间层。查找表格基于查询之上，是在登记员属性数据和建筑物空间数据之间建立关联。当在应用程序中产生查询

时，结果以附带人数的图层显示。另外，能够详细显示集中人群地理位置的超文本标志语言（HTML）的报告也会相应生成。

随着以前的危险事件被输入到系统了，基于时间的一个危险事件查询就可以在地图上显示出来。这样就允许在定义的危险区域内进行分析并在地图界面上显示出来。另外，在给定时间里威胁区域里的集中人群也可以被确定，从而确定明确的受害人口密度。

另外一个查询能力是要缩小到建筑物的每个房间级别。选定了时间和日期，点击一个房间将会显示该班级注册学生的联系信息以及同学生安全相关的特殊医疗条件。这在紧急情况时候来通知每个学生显得特别有用，如图2所示。

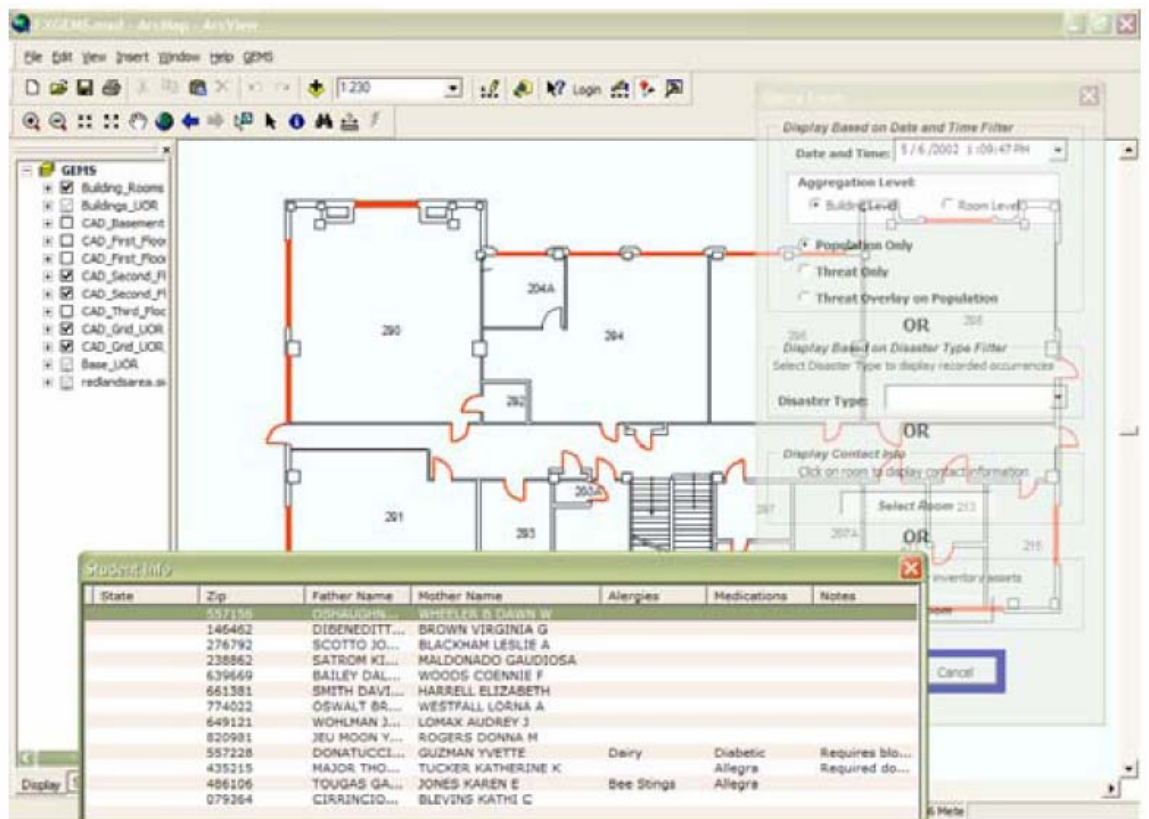


图2. 显示注册学生联系信息

其它的查询结果是附带表格式数据和地图的html生成的报告。这可以很容易的打印出来，在EOC里面交互使用，或者快速容易的被拷贝到网络服务器通过互联网来共享信息。图3是一个GEMS应用程序生成的简单HTML报告。



Note: Critical buildings containing populations within a threat zone are labeled

The following buildings have populations and are located within the threat zone

Building (Student Count)

Armacost Library (13)
Currier Gymnasium (26)
Duke Hall (78)
Gannett Center (42)
Hall of Letters (186)
Hedco Hall (45)
Hornby Hall (38)
Peppers Art Gallery (17)

Date Printed: 12/3/2002 5:43:11 PM

图3. 简单HTML文件输出

4 GEMS设计考虑

GEMS应用程序的整体目标是发展，促进和实施，基于位置的数据和GIS技术来支持UoR的突发事件管理。GEMS的方法是结合UoR的地理属性数据源和灾难威胁事件在GIS应用程序里分析，支持，记录和跟踪突发事件响应管理的各不同阶段。（图4）

GEMS是建立于ArcGIS 8.X之上，是用户制定的commercial off the shelf

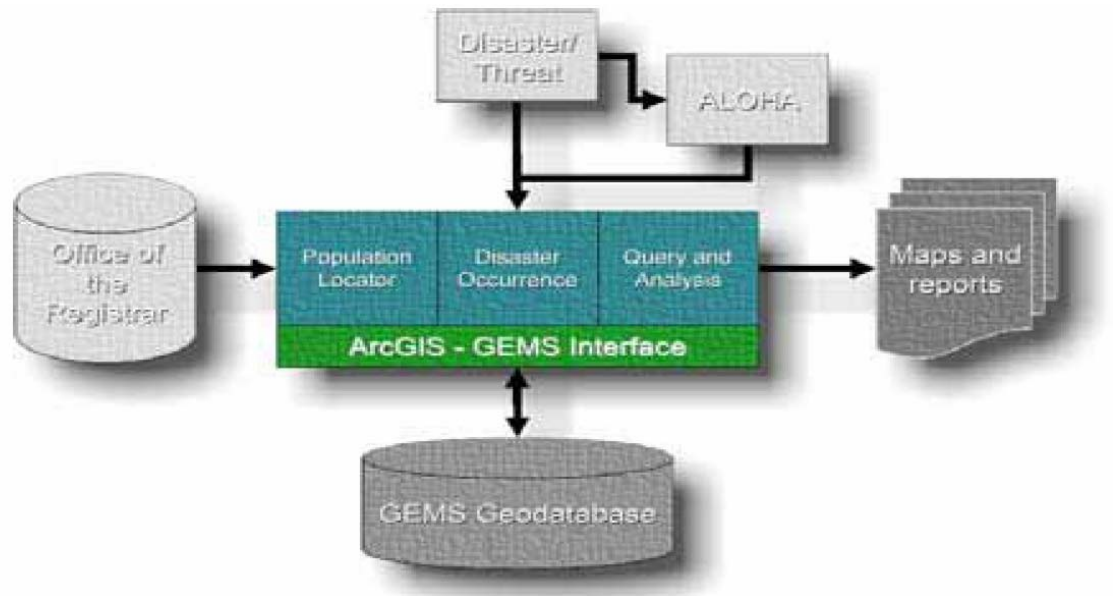


图4. GEMS整体结构

(COTS)GIS软件包。这个软件被位于加州Redlands市的美国环境系统研究所公司 (ESRI) 开发和分发。GEMS是在UoR校园范围内遵从ESRI产品许可来开发的。对于GEMS应用程序来说，重点是用一个简单的界面提供容易获取的关键功能，这样可以让用户在使用GEMS来响应一个灾祸时避免承受额外的压力。

系统数据存储在使用微软Access技术的ArcGIS个人地理数据库。这样就允许在危急关头用单独机器来进行简单复制。人口密度将被保留在关闭的网络而且不能被存储在共享的网络驱动器上。随着美国目前需要面临恐怖威胁，这些敏感数据不应该存放在公共域而只是在满足UoR的公共安全需要时使用。

4.1 GIS技术的选择

在广阔的价格选择之内有大量可购买的GIS技术。大多数可获取的技术对于突发事件管理系统是可行的。GEMS使用ESRI的ArcView 8.2技术来开发GEMS是基于以下几个原因。

第一，ArcGIS 8.x是一个为熟悉Windows 操作界面的用户而制定的功能强大的GIS应用程序。功能包括三个桌面应用程序提供数据显示，查询，分析，地理表格数据管理，创造，组织和基础数据转换。将三个应用程序一起使用，大部分的GIS任务可以执行。

GEMS是通过ArcView建造的，ArcView是ArcGIS8.X平台最便宜的购买产品级别。ArcView提供全面的制图和分析工具，同时提供简单的编辑和地理处理工具(ArcGIS手动)。

第二，ArcGIS包括了强用户制定环境应用的编程语言Visual Basic。提供超过1200个对象的ArcObjects图书馆是目前世界上面向对象最广的应用环境。复杂的表格和代码能够被快速的开发以供用户制定应用。

第三，ArcGIS可以和多种空间数据格式相结合，对于小比例尺也是高度可行的，功能强大的突发事件管理应用程序，如GEMS这样的个人地理数据库。ArcGIS使用微软的Access技术不是微软的Access而且不需要在机器上面安装，仅仅只是喷气数据库引擎技术同ArcGIS一起自动安装。这个是默认的安装，而且不需要复杂的配置或者建立数据库。

突发事件管理系统的个人地理数据库格式有很多优点。首先，对于那些并不是GIS专家的使用者来说它是一个更加熟悉的格式而且可以在许多应用程序中直接使用。在紧迫的局面下，比如一个灾难应急，一个人的直觉趋向于接收而且使用一个熟悉的存储器，这一点至关重要。另外，这也特别凸显了在灾难状况中经常需要的查询和报告功能的用途。需要补充的是，在地理数据库中存储的数据可以通过已成为信息技术产业标准结构查询语句获得。

另外一个好处就是所有的关于应用的矢量和属性信息会存储在一个COTS的关系型数据库管理系统，地理数据库在自己的框架中可以很好的组织来处理空间和属性数据。在这样的一个结构系统中复制地理数据库就容易得多了，特别是个人数据库。转移或者复制空间数据到另外的机器上或者生成备份只需要转移或者复制用诸如Winzip之类工具压缩过后的文件。不像ESRI的覆盖式的空间数据结构，它可以通过一个窗口文件管理应用程序来实现，比如Windows浏览器，不用依赖特别的应用程序。在灾难应急的时候，大学完整的数据集能够不依靠网络，从而快速的复制到单独的机器上。

在使用个人地理数据库的时候有几个限制，比如容量限制和随着数据库的增大所带来的性能问题。但是，小规模GEMS的数据库应该还没有接近到约250000个对象的容量限制，而且能够支持几个用户同时浏览数据。

最后也是最需要考虑的是，应用程序的花费。这个软件只是在Redlands大学范围内使用，因而不会花费公共安全或者设备管理机构太多的资金来支持这项技术。基于这些考虑，GEMS开发成一个用户制定的ArcGIS应用程序。

5 使用GEMS的一些建议

GEMS应用程序可以带来巨大的益处，并不只是响应一个危险或者灾难，同时也支持Redlands大学规划场景模拟。为了实现这些优势，几个组织需要做出最低限度的工作。

- 应用程序中的数据需要持续更新。这就需要大学里面负责公共安全的机构保持每个学期至少一次的登记和班级数据的更新。如果这些记录没有被输入到系统那么应用程序中的人口部分就变得无用了。
- UoR的信息技术服务（ITS）每个学期必须提供至少一次的需要格式的等级数据文件。随着它们技术基础设施的升级，新的程序可能需要确立，从而登记员的数据能够在GEMS应用程序中被输入。
- 在突发事件发生之前，关键是需要了解操作GIS应用程序的基本原则和GEMS的关键功能。对突发事件管理计划的持续管理应当包括GEMS的定期实践和探究。

只要付出最低限度的维护工作，GEMS应用程序和GIS平台就可以在各个方面为Redlands大学提供强大的分析工具，以用来处理突发事件，制定应急规划和程序。

致 谢

这次毕业论文的完成，首先要归功于我的老师谢谟文教授，是他给了我运用 ArcGIS1 来对校园奥运场馆作火灾疏散设计的机会，并且在这半年时间里给了我学术上的帮助和理论上的指导，每次都会认真审查我的研究任务和相关试验数据，并且在研究困难时给我启发和无私的帮助，令我不但完成了论文，也学到了许多书本上学不到的知识，使我受益匪浅，特致以深深的感谢。

同时这篇论文的创作也同样包含黄春师兄的劳动和心血。在防灾减灾领域有着两年研究经验的黄春师兄，不但在防灾疏散领域有着独到的见解，同时还在数学、拓扑学和计算机领域有着相当高的造诣。这篇论文里相当多的理论都是在其监督和指导下得以实现和完成，并且其中很多技术方面的问题也是由他一手策划攻关的。正是由于黄春师兄的无私帮助，才使得设计得以快速付诸于实践，使这篇论文得以顺利完成。

在设计期间给与我帮助的还有刘秋强师兄，他在这篇论文的后期制作和三维图象的处理上给与了我极大的指导，同时还要感谢提供疏散设计规范的吴顺川老师和给与我技术支持的郭桢、贾海涛、唐亮、邱宁等同学；另外要感谢北京科技大学土木与环境工程学院的老师，尤其是教我们结构力学的王树和老师和指导我们课题设计的杨润林和刘涛老师，是他们在专业上给了我启发和指引，使我有良好的理论基础和先进的研究手段，从而在这次设计中能够得心应手。

最后再一次向所有在这篇论文中给予我无私帮助的老师 and 同学们表达深深的谢意，并在此向他们致以自己由衷的祝福。