

紧急避难场所区位决策支持系统建立之研究

周天颖¹, 简甫任²

(1 逢甲大学地理资讯系统研究中心 台湾台中市; 2 逢甲大学土地管理研究所)

摘要: “9·21”大地震在中部及北部造成严重的灾情, 同时也突显出未来在防灾规划上的重要性, 针对避难场所因时间序列而分为紧急避难场所、临时避难收容场所、中长期收容场所, 进行不同的评估指标与区位选派的建立, 并对都市地区防灾基本单元规模、空间架构研提建言, 希望能藉由本研究提出的灾害避难场所区位选派模式的建立, 作为防灾考量依据。

关键词: 区位理论; 地理信息系统; 避难场所; 紧急决策支持

中图分类号: P315.9

文献标识码: B

文章编号: 1005-3409(2001)01-0017-08

Study on Establishing the Supporting System for Location of the Urgent Refuge

ZHOU Tian-ying¹, JIAN Fu-ren²

(1 GIS Research Center of Feng Chia University, Taiwan;

2 Institute of Land Administration, Feng Chia University, Taiwan)

Abstract: The earthquake, on September 21, has made heavy damage in central and northern Taiwan, therefore, the planning of disaster prevention is becoming more and more important. Establishing different assessment index and location assignment to divided the refuge into three kinds according to time, i.e., urgent refuge, temporary refuge and medium-long term refuge. Moreover, the suggestion on basic unit scale of urban disaster prevention and space framework is put out in order to provide theory basis for disaster prevention.

Key words: location theory; GIS; refuge; supporting system for urgent decision

1 前言

都会区为人口与经济活动聚集之所在, 一旦发生大规模灾害, 常造成生命财产的严重损失, 防灾与救灾的工作实为都市规划重要的一环。利用地理信息系统之路网分析以台中市为示范研讨地区, 藉由都会区之避难场所规划基准以求解出避难场所区位与动线等相关课题。

本研究是以逃生避难者的角度切入当灾害发生时, 该往何处去? 哪些地方是合适之避难场所? 如果避难场所无法使用、额满或避难道路受阻该如何是好? 是不是还有较佳之替代方案? 这都是本文所探讨之重点。首先本研究以避难场所之规划基准做一

番本土化之探讨, 利用国内外文献探讨方式以及“9·21”大地震学者现况调查做为本土化避难场所之规划基准, 以此规划基准做为逃生避难动线区位选派的依据。再者, 探讨逃生避难者的心理因素与避难行为, 并与避难场所之互动关系串连起来, 也引用“9·21”大地震后学者调查现况之避难行为, 寻求出较为合理之避难方式, 进而透过适当之区位理论之结合, 使得避难逃生者有一较明确之逃生避难方向与选择, 同时也可以藉此评估目前避难场所区位之适当与否, 并规划当避难场所无法使用、额满或避难道路受阻时, 往其它避难场所的选择依据, 图1为根据上述所拟定探讨重点之空间示意图。本研究参考

* 收稿日期: 2000-11-20

作者简介: 周天颖, 逢甲大学地理资讯系统研究中心主任; 简甫任, 逢甲大学土地管理研究所研究生。

国内外避难场所规划基准(表1)、“9·21”实证避难场所基准与专家学者等意见,规划出三种不同层级之避难场所,为紧急避难场所、临时避难场所及临时收容场所、中长期收容场所,并分别拟定出其规划基准(如表1,表2,表3所示),以作为考量避难场所具备之设备与功能。

2 避难疏散选派模式之建立

2.1 避难行为特性分析

2.1.1 避难逃生之心态与行为

2.1.1.1 研究指出在避难逃生时,人的心里状况会有如下的特性:

(1) 灾难中人类心理与所处的危险状况成正相关,越危险越紧张。

(2) 经历逃生困难的人,其紧张程度更为严重,同时也与时间有关,拖延越久越紧张。

(3) 拥挤会增加逃生者紧张。

2.1.1.2 廖明川先生在许多次灾难之后所进行的调查研究中,归纳人类在灾难中会有以下四种行为:

- (1) 习惯性的行为。
- (2) 徒众的行为。
- (3) 惊慌的行为。
- (4) 无逃生行为。

2.1.1.3 综合上述,我们可以试拟出在灾难中逃生者避难之方向与速度与下列几点有关:

- (1) 群体的状态,过去的经验和个人的个性。
- (2) 对灾难状况的认知。
- (3) 所处环境中现有的逃生设备。
- (4) 看有经验的人行动。

2.1.2 避难场所与避难行为关系

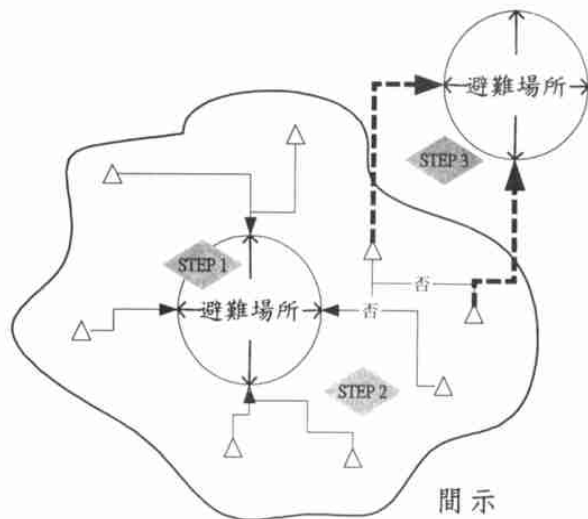


图1 本研究区位派模式空间示意图

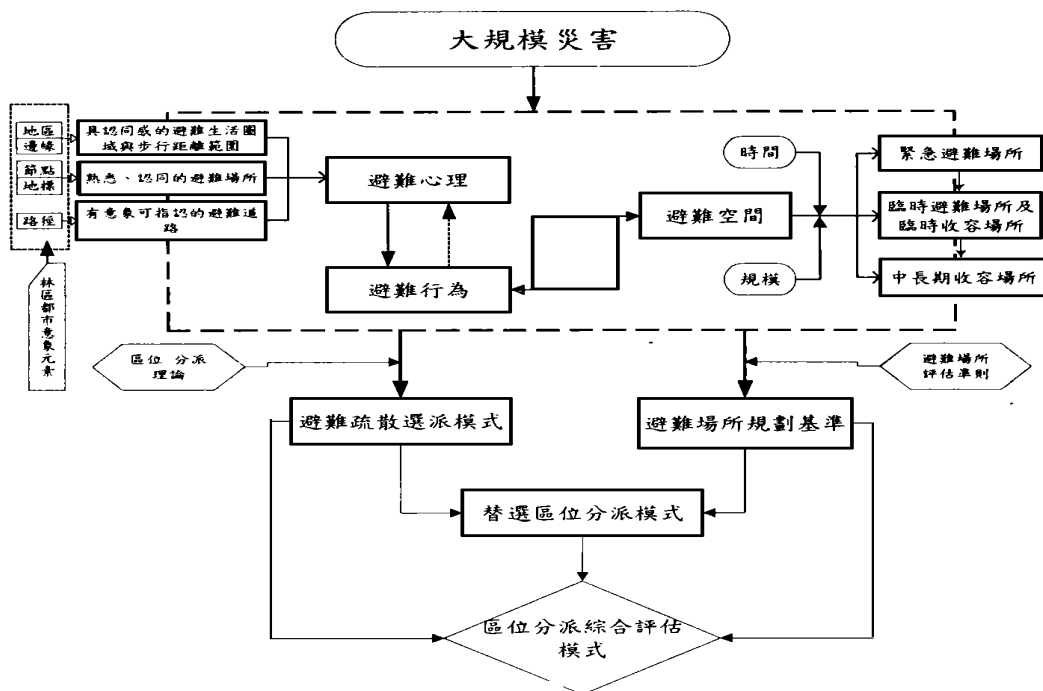


图2 研究内容架构图

表 1 紧急避难场所

项目	本土化基准参数	原因
避难场所类型	邻里公园、广场、学校、道路、停车场、体育场、车站、寺庙、空地、活动中心、机关等开放空间	此大多数是地震灾害发生后 3~ 20 m in 所紧急避难之临时场所
避难动线宽度	至少在 5 m 以上	设定是因应目前台湾巷道狭窄, 若房屋倒塌或招牌掉落所扣除之最基本宽度
救灾路线宽度	8 m 以上	设定是希望达到有效净宽能容许消防车的进入为准
服务范围(半径)	270~ 350 m	此选择是依“9· 21”大地震所观察之避难人群行为所能承受之距离以及依据避难人群流动速度来加以衡量
规模	有效开放空间至少容纳 50 人以上	由于地震发生时的紧急避难是急需能够躲过危险物及火灾为主
有效避难面积	1 m ² /人以上	此是希望在紧急避难之场所能有一适度之活动空间所定之
火灾延烧防止地带	最好 10 m 以上	此项目是以河川、道路、铁路及公园等公共设施为主轴, 以耐火之建筑群空地或植栽绿带为主, 是依据火灾之影响规模而定之
其它	1. 土地坡度小于 30° 2. 且不得位于地震断层带周遭 15 m 范围内 3. 不得有极易引起火灾之管线与公共设施	此为避难场所安全之基本要求
基础设施设备	消防用水	此希望能对避难居民能满足基本需求以及对避难场所之防火维护

表 2 临时避难场所及临时收容场所

项目	本土化基准参数	原因
避难场所类型	邻里公园、都市广场、学校、体育场、活动中心、机关、大型医院等开放空间	此大多数是地震灾害发生后 10m in 到 3 h 所紧急避难之临时场所
避难动线宽度	至少在 12 m 以上	设定是因应目前台湾巷道狭窄, 若房屋倒塌或招牌掉落所扣除之最基本宽度
救灾路线宽度	15 m 以上	设定是希望达到有效净宽能容许消防车的进入为准
服务范围(半径)	350~ 800 m	可利用步行或简易交通工具到达之避难场所
规模	有效开放空间 1~ 2 hm ² 以上	可利用较大面积进行物资运送与联络、医疗中心
有效避难面积	2 m ² /人以上	此是希望在紧急避难之场所能有一适度之活动空间所定之
火灾延烧防止地带	最好 15 m 以上	此项目是以河川、道路、铁路及公园等公共设施为主轴, 以耐火之建筑群空地或植栽绿带为主, 是依据火灾之影响规模而定之
其它	1. 土地坡度小于 30° 2. 且不得位于地震断层带周遭 15 m 范围内 3. 不得有极易引起火灾之管线与公共设施	此为避难场所安全之基本要求
基础设施设备	1. 临时水电、卫生及盥洗设施 2. 消防用水 3. 广播设备 4. 临时发电设备 5. 接受灾区外救援信息 6. 夜间照明	此希望能对避难居民能满足基本需求以及避难场所发挥救援之功能
可担任功能	1. 情报收集场所 2. 临时医疗场所 3. 临时观哨站 4. 紧急救援中心	依场所区位、范围而有所不同

2. 1. 3 学者对避难时群集步行速度之研究
- 根据何明锦在“都市空间大量人群避难行为基础研究”中有下列几点说明:
2. 1. 3 1 以步行时人群流量为最大观察之:
2. 1. 3 2 有七、八成居民会以徒步疏散。
2. 1. 3 3 当进行疏散时需约 1~ 2 m in 反应。
2. 1. 3 4 避难弱者势必夹于人群当中, 老人步行速度只有正常人 50%, 行动不便或需他人扶持者, 更可能降至 10%, 且可能进一步影响整体群流移动。
2. 1. 3 5 各地区之居民态度与时间上之差异各有不同结果。

表 3 中长期收容场所

项目	本土化基准参数	原因
避难场所类型	全市性公园、大型开放广场等大型开放空间。	此大多数是地震灾害发生后作为长期性收容搭建组合屋之场所
避难动线宽度	至少在 15 m 以上	可利用交通工具到达或运补物资
救灾路线宽度	15 m 以上	设定是希望达到有效净宽能容许交通运送及往来顺畅为准
服务范围(半径)	2 km 以下	可利用交通工具到达之避难场所
规模	有效开放空间 5 hm ² 以上	可利用较大面积进行物资运送与联络、医疗、救援中心
有效避难面积	3 m ² /人以上	此是希望在紧急避难之场所能有一适度之活动空间以及救援场所所定之
火灾延烧防止地带	最好 25 m 以上	此项目是以河川、道路、铁路及公园等公共设施为主轴,以耐火之建筑群空地或植栽绿带为主,是依据火灾之影响规模而定之
其它	1. 土地坡度小于 30° 2. 且不得位于地震断层带周遭 15 m 范围内 3. 不得有极易引起火灾之管线与公共设施	此为避难场所安全之基本要求
基础设施设备	1. 临时水电、卫生及盥洗设施 2. 广播设备 3. 临时发电设备 4. 接受灾区外救援资讯 5. 安置之组合屋或货柜屋 6. 基础维生系统	此希望对避难居民能满足基本需求以及避难场所发挥救援之功能
可担任功能	1. 医疗救护场所 2. 集散物资转运站 3. 安置居民活动中心 4. 防救指挥中心	依场所区位、范围而有所不同

表 4 步行时人群流量

场所	速度、密度关系式	人群流动密度 (D)	速度/(m·s ⁻¹)	流量/(人·m ⁻¹ ·s ⁻¹)
捷运车站	$V = 1.32 - 0.34D$	2.0	0.64	1.28
日本神户久	$V = 1.36 - 0.45D$	1.5	0.69	1.028

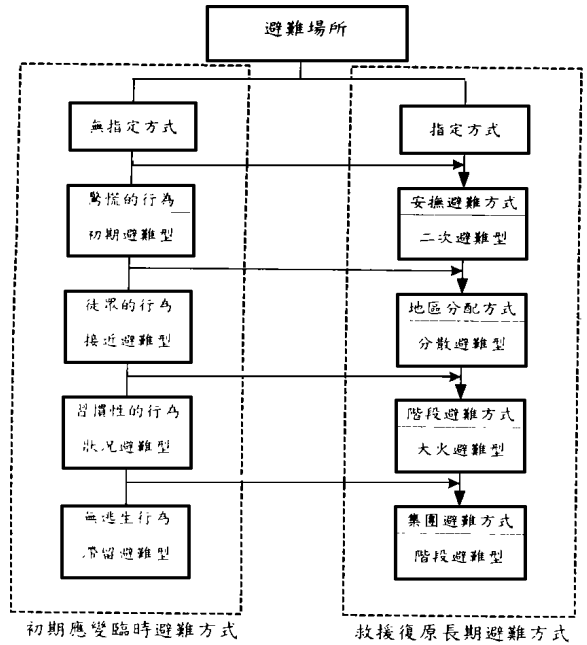


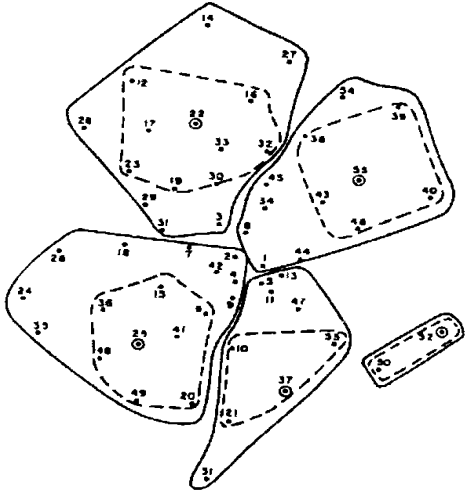
图 3 避难场所与避难行为之关系

2.2 区位理论应用模式

2.2.1 公共设施区位模型(见表 5)

2.2.2 区位模型之选定—最大涵盖模型(考虑距离或时间限制) 最大涵盖模型可以利用 P- 中位数

模型求出最适之 P 个设施点与总加权旅行距离为最小,并且座落之避难场所可最适当被分配在各区,解决区位覆盖模型(图 4a)无法考虑现有设施分布状态,但最大涵盖模型(图 4b)能求解在固定设施数目下的最大涵盖量,使得设施服务效率为最大,由于其为满足最大涵盖的目的,设施的区位会落在需求集中的地方,对于偏远的地区,则忽略了其需求对设施的可达性,而对公共服务设施而言,也需加以考量其公平性。在最大涵盖模型中,有一修正模式 Maximal Covering with Mandatory Closeness Constraints(图 4c)此为解决无法顾及到的旅行时间或偏远距离,即在最大涵盖模式中加入第二距离



a 区位覆盖模型

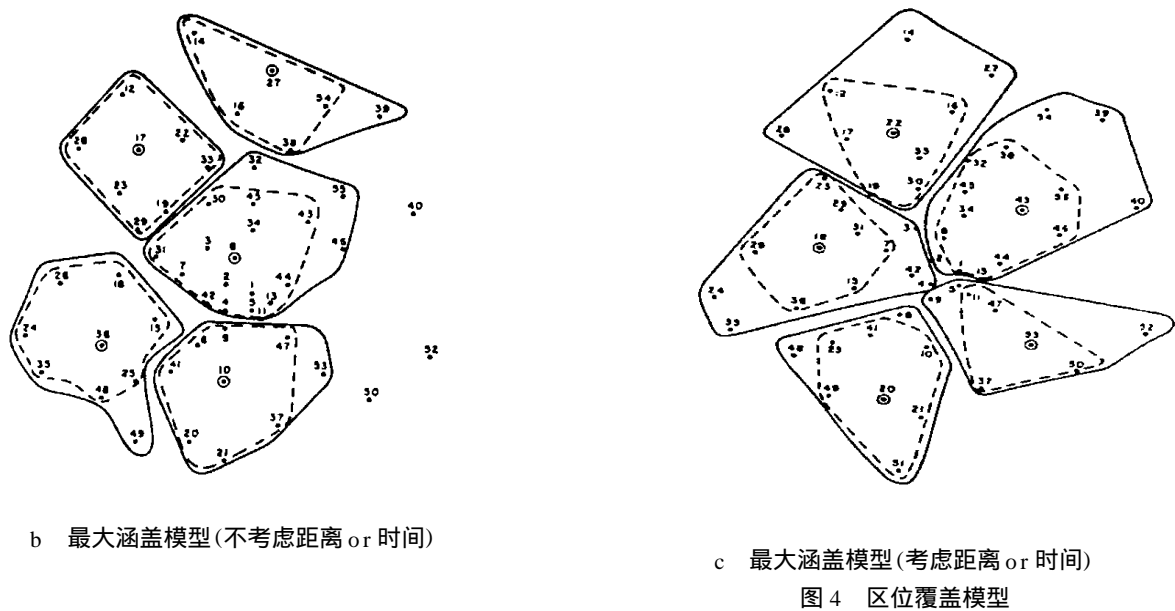


表 5 公共设施区位模型

区位模型	宗旨	优点	缺点
P- 中位数模型	在于有 P 个设施设立于 N 各分区上, 使总加权(平均)旅行距离(时间)最小	1. 可同时决定设施区位与服务范围 2. 模式架构在追求总加权距离最小, 此乃从系统之效率面出发, 但是其仿真成果仍可以显示公平效果。 3. 架构简明易于了解, 控制变数少, 运算迅捷 4. 模拟配置之设施数目确定时, 惟一有效而迅速的配置方法; 当设施数目为确定时, 可以某些准则或经济分析方法求出 5. 可从事政策分析、开发优先顺序评估等	1. 忽略规模经济存在 2. 假设需求由最近的设施提供服务, 未考虑设施规模之吸引力 3. 假设服务满足之整体性忽略了个人偏好之变异, 且若分区太大, 模拟结果与真实情形将产生极大差异。
区位覆盖模型	确定最少的设施数目及其区位结构, 保证没有需求点为接受某种服务而必须旅行之距离将远于设施之最大服务距离	1. 在公平原则下求取最适的设施区位结构 2. 不涉及加权问题, 故每一需求点之权数为一 3. 可实证具最大距离限制条件之 P- 中位数问题是否可行 4. 操作简便	除了有 P- 中位数缺点外, 尚有: 1. 无法考虑现有设施分布状态 2. 仅是用于未发展地区 3. 所提供之资讯太少, 无法应用于实际规划作业
最大覆盖模型	期望配置一固定数目的设施区位, 使其在服务距离 S 范围内所覆盖的需求极大化, 仍然要求需求覆盖于距离范围内	1. 在公平原则下求取最有效的区位结构 2. 对特定的 P 值, 告知不同公平标准下的服务牺牲量 3. 能以 P- 中位数之解题技巧求解	大致与 P- 中位数模式相同, 然所能得到的情报量, 较 P- 中位数方法少; 此法适用于紧急服务系统。
极大熵法	在已知资讯(限制条件)下, 求出发生概率最大之机率分配	可描述区位结构所造成的活动互动型态及其强弱	1. 空间互动资料难以取得 2. 假设现有设施之使用为饱和状态, 目前使用量为最佳容量, 不切实际 3. 设分配于均衡状态, 事实上很难达到 4. 假定需求为已知, 事实上很难求得

门槛值, 模式的目标为求解 P 个设施区为, 使在第一距离门槛值之内的需求涵盖量为最大, 并同时确保所有的需求都能在第二距离门槛值之内被服务。避难场所为一公共服务设施, 在民众的使用上必须考虑其公平性, 然而在紧急避难的同时, 亦需考虑设施的效率性以及避难的旅行时间限制。另外, 在经济目标上来说, 最好是希望供应设施数量越少越好以及维持最低之设置成本。故本研究以优先考量兼顾公平面与效率面之修正最大涵盖模型(考虑距离或

时间限制)作为避难疏散选派的模式。

基本假设:

(1) 所有节点间的距离已知, 且其成本是决定性的。

(2) 需求仅产生在节点上。

(3) 节点之需求仅由一个设施服务。

(4) 每一节点仅容许一个设施设置。

目标函数:

Max

$$Z = \sum_e w_e x_e \quad (1)$$

Subject to

$$\sum_k z_{k,e} = 1 \quad \text{for all } e \quad (2)$$

$$\sum_k z_{k,e} = m \quad (3)$$

$$\sum_k z_{k,e} + x_e = 1 \quad \text{for all } e \quad (4)$$

$$z_{k,e}, x_e = 0 \text{ or } 1 \quad \text{for all } k, e \quad (5)$$

$$k \in \{k \mid t_{ke} \leq T_e\} \text{ and } k \in \{k \mid t_{ke} \leq T\}$$

式中: m ——设置设施点的个数;
 T ——第一门槛值(使需求涵盖量为最大)
——限制时间 or 地点;
 T_e ——第二门槛值(确保所有的需求皆被涵盖) ——限制时间 or 地点;
 w_e —— e 区的需求权数(人口数)。

where:

$$z_k = \begin{cases} 1, & k \text{ 各分区, 至少被一个避难场所涵盖} \\ 0, & \text{其它} \\ 1, & \text{当需求点 } e \text{ 在旅行时间或距离限制条件下, 被派到一个避难场所} \\ 0, & \text{其它} \end{cases}$$

表 6 综合评估地区位选派模式

	紧急避难场所	临时避难场所与临时收容场所	中长期收容场所
避难逃生行为的假定	1. 慌乱与人群共走 2. 往自己熟悉习惯地方前进 3. 无逃生行为	1. 被安排指定场所安置 2. 与人群共走	1. 被安排指定场所安置
旅行工具	1. 徒步 2. 简易交通工具	1. 徒步 2. 一般交通工具	1. 一般交通工具
预估旅行速度	0.8~1(m/s)	1.2~18(m/s)	10~35(km/h)
区位模型考量因子之比重	旅行距离>规模	规模>旅行距离	旅行距离=规模
第一门槛值	270~350 m	1 000~1 500 m	2 000 m
第二门槛值	500~800 m	全区涵盖	全区涵盖

3 替选区位选派模式之建立

3.1 逃生避难的紧急决策支持

在防灾避难的规划上, 规划者希望能给予民众一确定的紧急避难场所, 使得在灾害一旦发生时, 民众能直觉且有效的往避难场所前进, 但事实上, 当灾害发生时, 我们往往限于资讯的不足(例如: 避难场所避难人数额满), 或是天然灾害的影响(例如: 避难场所不堪使用或道路的阻隔)等等, 都将使我们无法有效到达避难场所。这对于逃生避难或是决策者而言, 势必要在避难场所或道路受损的情况下做出一紧急替代的方案, 使得能进行第二次逃生避难的决定。

如果在灾害发生当时, 决策者能及时有效掌控资讯, 俾能解决以上问题; 但在现实环境中, 逃生避难者无法事先预测当灾害发生时, 哪一条道路或是避难场所受损或额满, 故是否可以利用多元选择性避难场所来事先指定数区做为临时紧急避难场所, 以预防当第一优选之避难场所无法到达或无法使用

时之临时决策。

3.2 替选区位选派模式

表 7 紧急决策模式需考虑之因素

项目	因素
适用之避难场所 区位模型考量门槛值 的重点 可能需紧急决策之状况	1. 紧急避难场所 2. 临时避难场所及临时收容场所 最短旅行时间 or 距离 1. 避难场所已饱和 2. 避难场所损坏 3. 避难道路受阻
实际作法	将第一阶段利用最大涵盖模型的 Maximal Covering with Mandatory Closeness Constraints 模式选定之第一候选区, 重新改变需求到设施的选择 (Alternative) 并重新做分派, 产生一替代方案, 做为设施封闭之后的第二候选区, 以此再进而求第三候选区。也就是利用每一节点将区位分派的结果, 给予三个顺序之分派设施点, 以便让逃生避难者能有较多元的选择。

4 实证分析

根据上述所订定之模式, 本研究设法将其理论

与现实情况作一番实证探讨, 依紧急避难场所、临时避难场所与临时收容场所、中长期收容场所分别依据上述所拟订出规划基准与区位选派模式加以检视实际现况避难场所的分布情形与实际状况, 由于本研究探讨是属于较为细部之规划, 故以台中市西区做为实证地区。

4 1 避难场所现况分析

依据上述拟定之规划基准, 本研究依现况调查找出各类型合宜之避难场所, 并将其服务范围分别订为: 300 m、550 m、1 800 m (图略), 即可发现此区之避难场所空间分布集中于某些地区, 但能尚能满足此一地区之紧急避难, 而临时避难场所与临时收容场所则略显不足, 另外, 由于此一地区有美术公园以及台中护校开放面积皆大于 5 hm² 以上, 故有充分足够之开放空间做为中长期避难场所。

4 2 避难场所区位选派分析

此一部份, 本研究将其属性资料与空间资料做转换, 仅以紧急避难场所做为区位选派之实例应用, 说明如下:

4 2 1 找出区位分派路径(不考虑避难场所规模)

首先将所有之设施点移至最近之道路节点(node)

上, 从设施点出发沿避难路径搜寻 300 m 之范围, 如果避难场所服务范围重复时, 再以重复的节点上进行最短路径之选取, 找出合适之避难场所, 再进而转换以便展示区位选派图。

4 2 2 找出区位分派路径(考虑避难场所规模)

依据上述之步骤, 但须加考量避难场所之规模, 所应用方法是以避难场所之规模给予不同路径之权重比, 由此可以找出考量避难场所规模之区位选派图。

4 2 3 找出合宜之避难场所区位与个数

透过最大涵盖模型的Maximal Covering with Mandatory Closeness Constraints 模式, 我们可以找出合宜公共设施区位与个数, 并可容纳所有逃生避难者之服务, 吾人设定第一门槛值与第二门槛值, 故本研究以 350 m 为第一距离门槛值, 以 700 m 为第二门槛值, 亦即希望在 350 m 范围内能服务最多的需求, 并使所有的需求点能在 700 m 范围内被服务, 将此距离限制参数输入模式后, 必须决定设置的设施数目, 由于应设置的设施数目未定, 故本研究试以 1 个、2 个……至 14 个设施, 结果发现以 9 个即可满足至 90% 服务百分率, 为最有效之个数与区位分布。

表 8 国内外有关避难场所规划准则
a 紧急避难场所

	都市计划防灾规划设计准则	东京都	名古屋市	台北市	大陆宝鸡市	防灾规划本土基准修正
避难场所类型	一般空地、公园	学校操场、神社、公园、社区广场	工、私有建筑、公园、广场	邻里公园、道路、基地内开放空间	—	社区性
周围道路宽度	依情形而异, 但至少 4 m 以上	原则以 15 m 以上	原则以 15 m 以上	8 m 以上	15 m 以上	8 m 以上
服务范围(半径)	—	500~ 700 m	500~ 700 m	—	0.5~ 1 km	500~ 700 m
规模	50 人以上	—	50 人以上	—	—	5 000 m ²
有效避难面积	—	—	0.5 m ² /人	2.23 m ² /人	3 m ² /人	—
火灾延烧防止地带	—	—	—	—	—	10~ 15 m (含退缩限制)

b 临时避难场所及临时收容场所

	都市计划防灾规划设计准则	东京都	名古屋市	台北市	大陆宝鸡市	防灾规划本土基准修正
避难场所类型	邻里性防灾公园	两层以上之 R、C 造公共建筑	安全之公、私建筑	邻里公园、广场、学校	—	地区性
周围道路宽度	—	12 m 以上	12 m 以上	15 m 以上	15 m 以上	15 m 以上
服务范围(半径)	10~ 20 hm ²	—	—	—	1~ 2 km	2 km
规模	300~ 1 000 m ²	600 m ²	100 人以上	—	—	1 hm ²
最大避难距离	500~ 700 m	—	—	—	—	—
有效避难面积	—	长期避难 临时避难	3.3 m ² /2 人 3.3 m ² /4 人	2 m ² /人 2 m ² /人	3 m ² /人	—
火灾延烧防止地带	—	10~ 50 m	10~ 50 m	—	—	15~ 25 m (含退缩限制)
备注	—	配合设置社区中心	—	—	—	—

c 中长期收容场所

	都市计划防灾规划设计准则	台北市	大陆宝鸡市	防灾规划本土基准修正
避难场所类型	全市性防灾公园、大型开放广场	学校、社教机关、机关用地、医疗卫生机构	—	广域性
周围道路宽度	—	15 m 以上	—	20 m 以上
服务范围(半径)	60~ 80 hm ²	2 km 以下	2~ 3 km	5 km 以下
规模	10 000 m ²	—	—	5 hm ²
最大避难距离	2000 m	—	—	—
与一次避难地最大距离	2 km	—	—	—
有效避难面积	市中心 1 m ² /人 郊区 0.5 m ² /人	2 m ² /人	3 m ² /人	—
火灾延烧防止地带	最小宽幅 20 m 最小高度 3 m	—	—	—

资料来源: 1. 何明锦, 都市计划防灾规划作业之研究, “内政部”建研所, 1997
2. 李佑平, 都市防灾避难场所功能比较评估, 中华大学硕论, 1999
3. “9·21”集集地震灾后重建与都市防灾研讨会论文集, 2000

5 结 论

基本上灾害并非一结构性的状况, 当灾害发生前所能提供的资源为已知, 但是灾害发生所造成的损失与空间分布无法事先掌握, 因此, 完整而详尽的空间资料与快速的分析能力, 却是我们在事前所必须掌控的, 才能尽量使灾害所造成的损失降至最低。本研究是以逃生避难者的角度切入避难场所的特性、区位选派以及紧急避难替代方案等相关问题, 所希望的是以现实环境下, 能将本研究所拟定之规划基准与区位选派模式能符合现实情况, 使逃生避

难者能有最佳的避难场所以及疏散方向可供参考。由于无法有效预估当灾害发生时避难人口的“人群移动的流量与速度”以及“避难场所可能发生饱和或者不堪使用”, 以紧急替代方式可以在事前先将人群可以避难之场所可以依顺序给予三个参考点进而使此一无法估算的情形所造成的伤害减至最低。另外一方面, 适当的避难场所配置可使政府重点维护, 并可减轻政府维护避难场所的平时维护费用, 同时也能对政府进行防灾、救灾安置、复原以及调查统计方面都有相当的助益。

参考文献:

[1] 刘怡萱 地理资讯系统之网络分析于都会区灾害防救之应用[D] 台湾大学农业工程学研究所硕论, 1999
[2] 林建元, 廖经芳, 廖文祥 都市救灾决策支持系统——设施区位模式之建立[R] “行政院国家科学委员会”防灾科技研究报告, 1980
[3] 张文侯 台北市防灾避难场所之区位决策分析[D] 台湾大学建筑与城乡硕论, 1997
[4] 李佑平 都市地区防灾避难场所功能比较评估[Z] 中华大学, 1999
[5] 黄志弘 从震害调查时正探讨本土都市防灾规划基准[C] “9·21”集集地震灾后重建与都市防灾研讨会论文集
[6] 萧江碧, 等 “9·21”集集震灾都市防灾调查研究报告初步报告[R] “内政部”建筑研究所, 1999
[7] 何明锦, 等 都市空间大量人群避难行为基础研究[C] 1999 年防灾项目计划成果研讨会论文集第三册, 2000
[8] 三船康道 地域、地区之防灾计划[R] 1995
[9] Love R. F., etc, Facilities Location, Models & Methods[Z] 1998
[10] ESRI Network Analysis[R] 1994
[11] Z Sui Daniel GIS-based Urban modeling: practices, problems and prospects[R] Workshop on GIS in Spatial Population Analysis and Regional Economic Development, 1997