

辛晶, 张鹏. 灾后临时住房配置的多目标优化模型研究[J]. 灾害学, 2016, 31(2): 152-155. [Xin Jing and Zhang Peng. Research on Post-disaster Temporary Housing Allocation Model based on Multi-objective Optimization[J]. Journal of Catastrophology, 2016, 31(2): 152-155.]

灾后临时住房配置的多目标优化模型研究*

辛晶, 张鹏

(中国人民武装警察部队学院 消防指挥系, 河北 廊坊 065000)

摘要: 自然灾害后应急管理部门需要为无家可归的灾民提供合适的临时住房。尽管灾害影响评估软件及系统能帮助应急决策人员估计自然灾害后预期的无家可归的家庭数量, 但是它们不能辨识最优的灾后临时住房。该文首先从灾民的就业和教育机会、分配的临时住房和灾民偏好住房间的距离、临时住房的质量和交付时间、临时住房的安全性、临时住房接近公共服务设施的程度和总公共支出六个方面归纳了灾后临时住房优选的指标, 并给出了各项指标的评价标准; 然后以社会经济破坏最小和总公共支出最小为优化目标, 建立了灾后临时住房的多目标优化模型; 最后应用实例验证了模型的适用性和可行性。

关键词: 灾害; 多目标; 优化模型; 临时住房; 社会经济; 破坏; 灾后恢复

中图分类号: X43 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2016)02-0152-04

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2016.02.030

大规模的突发性自然灾害如飓风、洪灾、地震后, 应急管理部门都要为无家可归的灾民提供过渡性的临时住房, 以便他们维持日常的活动, 直至被提供永久性住房。这可能持续几个月甚至几年。临时住房的决策对灾民的生活有长期的影响, 因此, 要综合考虑自然、社会经济、安全和环境要求, 以及合理的支出等因素^[1-2]。

目前, 临时住房存在以下问题: 临时住房的质量较差和社会供应网络的破坏等, 造成灾民家庭出现破坏甚至分裂的情况发生; 由于存在多种污染物, 灾民的健康会受到威胁; 临时住房位于洪灾区和滑坡区等不安全地区, 以及临时住房造价过高等。如2008年汶川8.0级地震后, 在安置汶川7万多灾民时, 由于受到泥石流和滑坡等地质灾害的影响, 初次选址失败, 灾民不得不再次转移; 绵阳市、自贡市、德阳市等临时安置灾民的活动板房的造价接近甚至超过农村的永久性住房^[3]。再如2005年美国卡特里娜飓风后, 临时住房的支出过高, 包括1.7亿美元金融租金、1.7亿美元的活动板房和560亿美元的租赁旅馆等费用^[4]。

国内外学者对选址问题的研究主要集中在多属性决策模型^[5]、多目标模型^[6]、MAEviz系统和HAZUS-MH软件^[7-8]。MAEviz系统和HAZUS-MH软件是美国国土安全部下属的联邦紧急事务管理

局(FEMA)开发的影响评估软件及系统, 虽然它们能帮助应急人员估计灾害造成的住房损失和无家可归的人员数量, 但是不能量化临时住房的优选指标。因此, 分析优选灾后临时住房方案的影响因素, 辨识和优选最优的临时住房方案, 对于确保灾民正常生活和灾区社会秩序的稳定具有十分重要的意义。

1 灾后临时住房方案优选的指标及其评价标准

灾后临时住房方案的优选既要考虑住房的类型, 又要考虑住房的选址问题。灾后临时住房的类型有帐篷、简易住房、装配式轻体活动板房和集装箱住宅^[9]等。帐篷虽然造价低廉, 但是具有功能空间单一、卫生条件差等缺点。简易住房的交付时间短、费用较低, 曾在唐山地震后被大量采用。汶川地震后, 都江堰市大观镇的安置住房采用了装配式轻体活动板房, 这种板房虽然组装速度较快, 功能空间较为完备, 但是资金投入巨大, 长期使用会由于缺少私密性的空间, 使居民产生心理上的排斥和纠纷^[10]。集装箱住宅的整体性较好, 但是造价较高。因此, 临时住房的选址

* 收稿日期: 2015-10-12 修回日期: 2015-12-02

基金项目: 河北省自然科学基金项目(D2015507046)

作者简介: 辛晶(1976-), 女, 汉族, 黑龙江绥化人, 博士, 副教授, 主要从事灾害风险评估与应急救援方面的研究。

E-mail: xin_jing@126.com

应避免易发生地震、山崩、滑坡、泥石流等灾害的危险地段, 尽量选择在坚实且平坦开阔的区域, 综合考虑社会经济破坏和经济费用等因素。

1.1 社会经济破坏

1.1.1 就业和受教育的机会

临时住房的位置很重要, 因为它可以定量灾民在灾后恢复期内的就业和受教育的机会。因此, 就业和受教育机会属性可以用失业率、家庭的平均收入、学校及教育设施的能力等评价和量化。一般来说, 失业率越低, 就业的机会就越大, 家庭的平均收入越高。

1.1.2 分配的临时住房和灾民偏好住房间的距离

我国传统的社会结构具有很强的血缘基础, 在灾民的安置中需要考虑到家庭、亲戚以及邻里关系在生活中的作用。分配的临时住房的位置和灾民偏好的位置之间的距离越大, 越可能导致邻里模式的变化, 以及社会供应网络和他们的熟悉环境的混乱。因此。要尽量在邻里范围内进行分配, 以便使他们从亲属关系中获益, 而且要离工作、学校、医院和保健设施近。为了度量这个距离, 可以根据当地邮政编码把灾区分为不同区域, 然后每个家庭辨识他们的偏好区, 此时这一距离就变为分配的住房和他们喜欢区域间的距离。离灾民喜欢的住房越近, 越能形成良好的邻里关系。

1.1.3 临时住房的质量和交付时间

临时住房的质量评价类似于宾馆的星级, 质量越好, 评价的星级就越高。住房的交付时间取决于住房的类型, 如活动房受组装部件安装时间的影响, 也受基础设施如用电、用水、公共卫生的下水道和通讯系统等交付时间的影响^[11]。

1.1.4 临时住房的安全性

临时住房的位置对于提供灾民医疗和确保邻里间的安全很重要。安全性可用报道的犯罪率来度量。一般来说, 犯罪率越高, 临时住房越不安全。此外还要确保邻里的安全, 尽量减少临时住房在灾后的脆弱性, 远离震后的滑坡区等。

1.1.5 接近公共服务设施的程度

公共服务设施是满足灾民日常生活中购物、教育、娱乐、健身、社交等活动需要的设施, 主要包括教育、医疗卫生、文化体育、商业服务、金融邮电、市政公用、行政管理等设施。对于经历过生死的灾民来说, 良好的生活环境更有利于灾民受伤心灵的恢复, 减少心理疾病的发生。可用 0~1 之间的数值度量临时住房与公共服务设施间的接近程度, 其中 0 表示不可接近, 1 表示完全接近^[12]。

1.2 总公共支出

临时住房的总公共支出主要指无家可归家庭的住房租金, 通常按月计算, 且总公共支出不能

太高。如 1985 年墨西哥 7.8 级地震后, 政府考虑到无家可归家庭的经济支付能力, 震后住房价格在 1~2.5 倍的最低工资水平, 这个范围涵盖了约 40% 的灾民^[13]。

2 灾后临时住房多目标优化模型的构建

灾后临时住房的决策属于多目标优化问题。在优选临时住房的类型和位置时, 要同时满足社会经济破坏最小和总的总支出最小这两个目标。

2.1 决策变量

为在多个临时住房方案中优选最优的方案, 模型假设灾民喜欢的地区为 i , 分配的临时住房方案为 j , 则决策变量为 $x_{i,j}$ 。

2.2 目标函数

2.2.1 最小化社会经济破坏

下式为临时住房的社会经济破坏指标。

$$\text{Minimize: } SDI = \sum_{m=1}^{m'} \left(w^m \times \frac{V^m - V_{\min}^m}{V_{\max}^m - V_{\min}^m} \right) + \sum_{m=m'+1}^M \left(w^m \times \frac{V_{\max}^m - V^m}{V_{\max}^m - V_{\min}^m} \right). \quad (1)$$

式中: SDI 为临时住房的社会经济破坏指标, M 为指标的个数, 其中 $m=1$ 到 $m=m'$ 是需要最小化的指标, 如分配的临时住房和灾民偏好住房间的距离、失业率、交付时间和犯罪率; $m=m'+1$ 到 $m=M$ 是需要最大化的指标, 如家庭的平均收入、临时住房的质量等; w^m 为社会经济破坏指标的权重; V_{\min}^m 为每个家庭社会经济破坏指标的最小值; V_{\max}^m 为每个家庭社会经济破坏指标的最大值。

分配的临时住房和灾民偏好住房间的距离利用式(2)计算:

$$D = \frac{1}{n} \times \sum_{j=1}^J \left[\sum_{i=1}^I (d_{i,j} \times x_{i,j}) \right]. \quad (2)$$

式中: D 为 n 个无家可归家庭分配的临时住房和灾民喜欢区之间距离的平均值; $d_{i,j}$ 为分配的临时住房方案 j 和偏好区 i 间的距离; I 为灾民喜欢区的数量; J 为临时住房方案的数量。

其他的社会经济破坏指标利用式(3)计算, 如下所示:

$$V^m = \frac{1}{n} \times \sum_{j=1}^J \left[v_j^m \times \sum_{i=1}^I (x_{i,j}) \right] \quad (3)$$

式中: V^m 是 m 个社会经济破坏指标的平均值, 如失业率、家庭收入等; n 为分配临时住房的无家可归家庭的数量; v_j^m 为第 j 个临时住房方案的第 m 个社会经济破坏指标值。

2.2.2 最小化总公共支出

假设每个无家可归家庭、每个月的房屋租金为 TPE , 则总的公共支出为:

$$\text{Minimize } TPE = \sum_{j=1}^J \left[c_j \times \sum_{i=1}^I (x_{i,j}) \right]. \quad (4)$$

式中： TPE 为临时住房每个月的总公共支出； C_j 为每个家庭临时住房 j 的每个月的支出。

2.2.3 多目标优化模型

下式为多目标优化模型：

$$\text{Minimize: } w_{SDI} \times \frac{SDI - SDI_{\min}}{SDI_{\max} - SDI_{\min}} + w_{TPE} \times \frac{TPE - TPE_{\min}}{TPE_{\max} - TPE_{\min}} \quad (5)$$

式中： w_{SDI} 为社会经济破坏指标的相对权重， SDI 为临时住房方案的社会经济破坏指标， SDI_{\min} 为社会经济破坏指标的最小值， SDI_{\max} 为社会经济破坏指标的最大值； w_{TPE} 为总公共支出的相对权重， TPE 为临时住房方案的总公共支出， TPE_{\min} 为总公共支出的最小值， TPE_{\max} 为总公共支出的最大值。

2.3 约束条件

为使多目标优化模型具有适用性，必须满足以下三个条件：①所有无家可归的家庭都有临时住房；②分配住房的家庭总数不能超过总住房的容量；③分配的临时住房的位置和灾民偏好位置之间的距离不能超过最大的可接受值，该值通常由临时住房方案的决策者来设定。

$$\sum_{j=1}^J x_{i,j} = n_i, \quad \forall i=1, 2, \dots, I, \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^I x_{i,j} \leq cap_j, \quad \forall j=1, 2, \dots, J, \quad (7)$$

$$d_{i,j} \leq d_{\max}, \quad \forall i=1, 2, \dots, I, \quad \forall j=1, 2, \dots, J. \quad (8)$$

式中：无家可归家庭的数量为 n ；临时住房方案的数量为 J ； cap_j 为临时住房容纳家庭的数量； d_{\max} 为决策者可接受的、分配的临时住房的位置和灾民偏好位置间的最大距离。

3 应用

以某市遭受飓风后的临时住房分配方案为例。该飓风导致 14 000 个家庭需要临时住房，这些家庭希望在他们偏好的 156 个区居住，可供选择的临时住房方案有 210 个，可容纳 34 273 个家庭。分配的临时住房的位置和灾民偏好位置间的最大可接受距离为 40 m。以三个临时住房方案的优选为例，原始数据见表 1 所示。

表 1 临时住房方案的原始数据表

可供选择的临时住房方案	$j=1$	$j=2$	$j=3$
可容纳的家庭数量/个	385	56	33
失业率/%	5.3	4.6	5.8
平均家庭收入/元	32083	46806	47746
分配的临时住房和灾民偏好位置间的距离/m	18.9	23.4	12.8
临时住房的质量/星	3	2	1
临时住房的交付时间/d	6	4	7
犯罪率/%	5.7	5.0	8.0
公用设施的可接近程度	1.0	0.8	0.9
每个家庭每个月的支出/元	2325	1635	1290

首先把影响三个临时住房方案优选的社会经济破坏指标的七个指标—失业率、平均家庭收入、分配的临时住房和灾民偏好位置间的距离、临时住房的质量、交付时间、犯罪率、公用设施的可接近程度合成为一个值。根据各个因素对社会经济破坏影响的重要程度，其权重值由专家确定，分别设定为 0.09, 0.105, 0.20, 0.15, 0.20, 0.105, 0.15；然后依据式(1)~(3)计算三个方案的社会经济破坏指标值，分别为 2.51, 2.07, 0.62。

再分别确定三个方案的社会经济破坏 SDI 和总公共支出 TPE 的最大值和最小值(表 2)。

表 2 临时住房方案优选指标的最优值

临时住房方案优选指标	最大值	最小值
社会经济破坏指标	2.51	0.62
总公共支出/元	2325	1290

最后，借助加权的整数规划求解三个方案中的最优方案。不论如何设定社会经济破坏指标和总公共支出对临时住房方案影响的重要程度，最优方案均为方案 2，因此，方案 2 可作为飓风后临时住房分配，该评价结果与专家定性评价结论基本相符。同理，借助 LINGO 等软件^[14]可求出多个临时住房方案中的最优方案。

4 结论

(1)多目标优化模型可帮助决策者在灾后辨识最优的临时住房方案，七个优选指标可以使模型同时满足社会经济破坏和总公共支出这两个目标最小。

(2)从运筹学角度出发，构建多目标优化模型，借助加权的整数规划求解模型，并以飓风后临时住房方案的分配为案例，验证模型的合理性，并找到理论的最优方案。结果表明，该模型能科学合理地临时住房的配置提供理论依据。

(3)从数学和运筹学角度建立的模型中的目标函数和约束条件都较为简化，并未考虑临时住房对环境的负面影响和临时住房周围的路网及交通等因素，可能导致最优解无法满足实际需求，但是可为实际配置提供计算依据，有理论参考价值。

参考文献：

[1] O El-Anwar, K El-Rayes and A Elnashai. Multi-objective optimization of temporary housing for the 1994 northridge earthquake [J]. Journal of Earthquake Engineering, 2008, 12 (Supp. 2) : 81 - 91.

[2] 连海波, 赵法锁, 王雁林, 等. 陕南移民搬迁安置区选址适宜性评价指标体系初步研究 [J]. 灾害学, 2015, 30 (3) : 104 - 109.

- [3] 樊全武, 李嘉华. 震后临时安置住房的现状和思考[J]. 华中建筑, 2009, 27(11): 5-6.
- [4] USDHS. Statement of Richard L. Skinner, Inspector General, U. S. Department of Homeland Security, before the Committee on Homeland Security and Governmental Affairs[R]. United States Senate, VSDHS, 2006.
- [5] 王威. 城市避震疏散场所选址的时间满意覆盖模型[J]. 上海交通大学学报, 2014, 48(1): 154-158.
- [6] 郭子雪, 王兰英, 齐美然, 等. 基于区间数信息的区域应急物资储备库选址多目标决策模型[J]. 灾害学, 2015, 30(2): 148-151.
- [7] A Elnashai, S Hampton, H Karaman, et al. Architectural Overview of MAEviz-HAZTURK[J]. Journal of Earthquake Engineering, 2008, 12(Supp. 2): 92-99.
- [8] O El-Anwar, K El-Rayes and A Elnashai. An automated system for optimizing post-disaster temporary housing allocation[J]. Automation in Construction, 2009(12): 983-993.
- [9] 于辉, 刘鸣. 救援储备灾后临时住房模块化可持续设计探讨[J]. 大连理工大学学报, 2009, 45(5): 714-717.
- [10] 张波, 王芳, 赵颖, 等. 震后居民过渡期安置点规划探析—以都江堰市大观镇安置点规划为例[J]. 新建筑, 2008(6): 69-71
- [11] 刘方舟, 何韶瑶. 洪灾临时简易住宅设计与实现[J]. 中外建筑, 2009, 1(1): 128-130.
- [12] O El-Anwar, A Elnashai. Minimization of socioeconomic disruption for displaced populations following disasters [J]. Disasters, 2010, 34(3): 865-883.
- [13] 郑童, 张纯, 万小媛, 等. 震后重建为契机城市政策转型: 墨西哥城案例的启示[J]. 城市发展研究, 2012, 19(5): 111-117.
- [14] 谢金星, 薛毅. 优化建模与 LINDO/LINGO 软件[M]. 北京: 清华大学出版, 2014.

Research on Post-disaster Temporary Housing Allocation Model based on Multi-objective Optimization

Xin Jing and Zhang Peng

(Department of Fire Command, The Chinese People's Armed Police Force Academy, Langfang 065000, China)

Abstract: In the aftermath of natural disasters, Emergency management agencies need to provide adequate temporary housing for displaced families. Disaster impact assessment software systems enable emergency decision-makers to estimate the expected displacement of families after natural disasters; however they lack the capability of identifying the optimal temporary housing. Firstly, six optimization metrics, including employment and educational opportunities, distance between the assigned temporary housing locations and preferred temporary housing locations by displaced families, housing quality and delivery time, housing safety, accessibility of essential utilities and services, and total public expenditures are selected and their measurement standards are redefined in the paper. Secondly, minimizing socioeconomic disruption and minimizing total public expenditures are designed to be the main objectives. Finally, a multi-objective optimization model for temporary housing is presented. An application example is optimized to illustrate the use of the model and demonstrate its capabilities in generating optimal plans for realistic temporary housing problems.

Key words: disaster; multi-objective; optimization model; temporary housing; socio-economy; disruption; post-disaster recovery

(上接第 118 页)

Study of PM_{2.5} Concentrations Model based on PM₁₀ and Gaseous Pollutants in Beijing

Liu Yanping¹, Wang Yong² and Lai Dihui¹

(1. School of Economics and Management, Tianjin Chengjian University, Tianjin 300384, China;

2. School of Geology and Geomatics, Tianjin Chengjian University, Tianjin 300384, China)

Abstract: The correlation analysis method is used to investigate the relationship among PM_{2.5} concentration, PM₁₀ and gaseous pollutants. Notable positive correlation exists in PM₁₀, SO₂, NO₂ and CO. The relationship among PM_{2.5} concentration, PM₁₀ and gaseous pollutants are explored in terms of successive regression method. The single-site and unified PM_{2.5} concentration is constructed respectively. Comparison of observations with model results, we can find that PM_{2.5} concentration estimation value of single-site model is consistent with that of the unified model, and both of them coincide with the PM_{2.5} concentration observations value.

Key words: PM_{2.5}; correlation analysis; successive regression; gaseous pollutants; Beijing