

考虑优先权的地震灾害时限应急救援指派模型^{*}

张雷^{1a,2}, 元昌安^{1b}, 马璐²

(1. 广西师范学院 a. 经济管理学院, b. 科学计算与智能信息处理广西高校重点实验室, 南宁 530001; 2. 广西科技大学 管理学院, 广西 柳州 545006)

摘要: 针对地震灾害的突发性及受灾点的分散性, 模型定量确定救援优先级, 以最短到达时间为约束条件构建基于优先权的时限多目标指派模型; 运用两阶段法对模型进行求解, 算例结果表明, 利用该模型进行应急救援队伍的派遣是可行的, 可为应急救援的组织与协调提供决策参考。

关键词: 地震灾害; 应急救援; 优先权; 时限; 指派模型

中图分类号: X915.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3695(2013)05-1439-04

doi: 10.3969/j.issn.1001-3695.2013.05.039

Time limit emergency rescue assignment model of earthquake disaster based on rescue priority

ZHANG Lei^{1a,2}, YUAN Chang-an^{1b}, MA Lu²

(1. a. College of Economics & Management, b. Key Laboratory of Scientific Computing & Intelligent Information Processing in Universities of Guangxi, Guangxi Teachers Education University, Nanning 530001, China; 2. College of Management, Guangxi University of Science & Technology, Liuzhou Guangxi 545006, China)

Abstract: According to the abruptness of earthquake disaster and scattering of afflicted area, the model quantitatively determine the rescue priority. With the shortest arriving time as constraint conditions, this paper established time limit multi-objective assignment model based on the priority. It used two stage method to solve the model. The results of numerical example show that it is feasible to dispatch rescue teams by using the model. It can provide reference for decision-making of the organization and coordination.

Key words: earthquake disaster; emergency rescue; priority; time limit; assignment model

地震灾害一直以来都是灾害研究的重点领域^[1], 而如何合理调配救援力量则是应对地震灾害中的重要课题, 只有科学分析灾区的救援力量需求, 合理调配救援队伍, 才能在有限的救灾资源条件下, 最大程度地营救受困人员。

对于突发自然灾害救助应急物流系统的研究主要集中在两个方面: 一方面是突发自然灾害受灾程度的评价以及根据评价结果初步确定救助应急物流配送的需求量, 如文献[2]对地震危险和地震灾害损失要素进行了详细分析, 文献[3]提出物元分析法以解决灾害单项指标评估结果不相容的问题, 文献[4]以定量方式确定地震救援优先级; 另一方面是突发自然灾害救助应急物流配送网络拓扑结构以及救助物资配送车辆路径优化, 该研究又可以分为网络流^[5]、VRP^[6]、随机规划^[7]、多目标规划^[8]等几类问题。从国内外的研究现状看, 应急响应中有关应急物流系统的研究已有一定基础, 但应急救援队伍派遣问题研究相对较少。文献[9]研究了1988年亚美尼亚地震之后的紧急医疗救助问题; 文献[10]开发了用于地震灾后营救幸存者的决策支持系统; 文献[11]以2010年海地地震为例, 提出应急知识管理问题及相应的社会医疗技术体系。然而, 现有救援指派模型研究存在两点不足: a) 模型要么忽略时间因素的影响(如文献[12]), 要么将时间最短作为目标函数

(如文献[13]), 而实际中, 需要考虑的不是救援总耗时最省, 而是要求每个救援开展的时间最早; b) 指派模型往往假设救援队伍数与受灾点数相同, 这明显不符合实际情况, 由于地震灾害的突发性以及受灾点的分散性, 在灾害发生期初级阶段, 专业救援队伍往往少于受灾点数, 因此, 要对受灾点等级进行划分, 在此基础上进行救援队伍的合理部署。

综上, 本文以总救援效率最大化和救援物资消耗最小化为目标函数, 定量确定地震救援优先级, 以应急救援开展时间最早为约束条件, 考虑救援队伍针对不同受灾点救援效率及对救援物资的损耗程度的差异, 建立考虑优先权的多目标时限救援指派模型, 采用两阶段法对模型求解。

1 问题描述及说明

1.1 问题描述

地震灾害具有明显的突发性、受灾面广且受灾点分散。在灾害初级阶段, 受灾区域(包括若干城市、县城和乡镇的受灾地区)往往存在数个需要进行应急救援的受灾点, 而能够用于本区域内的应急救援队伍往往不足, 在这种情况下, 要对受灾严重的区域优先开展救援, 而救援工作能否及时展开将很大程

收稿日期: 2012-09-04; **修回日期:** 2012-10-25 **基金项目:** 国家自然科学基金资助项目(60763012); 广西自然科学基金重点资助项目(2011GXNSFD018025); 广西高等学校特色专业及课程一体化建设资助项目(GXTSZY016)

作者简介: 张雷(1978-), 男, 河北保定人, 副教授, 博士(后), 主要研究方向为应急物流管理(zlkyy@139.com); 元昌安(1964-), 男, 安徽肥东人, 教授, 博士, 主要研究方向为应急管理; 马璐(1965-), 女, 云南昆明人, 教授, 博士, 主要研究方向为应急管理。

度上决定最终伤亡程度,这就要求救援队伍在尽可能短的时间到达受灾地点进行救援。现要求每支应急救援队伍只能针对一个受灾地点进行救援且每个受灾地点只能由一支应急救援队伍负责,同时,要求整个救援活动在最佳救援时间内以救灾物资损耗最小且总体救援效率最大化为目标。

1.2 参数说明

I 表示受灾地点集合, $i=1,2,\dots,m$;

J 表示救援队伍集合, $j=1,2,\dots,n$;

t_{ij} 表示救援队伍 j 到达受灾点 i 响应时间;

w_{ij} 表示救援队伍 j 在受灾点 i 的救援效率;

v_{ij} 表示救援队伍 j 在受灾点 i 单位时间救援物资损耗;

A 表示最佳救援时限;

B_1 表示较高优先级任务集合, B_2 表示较低优先级任务集合;

a_i 表示受灾点 i 进行救援的优先因子;

x_{ij} 为 0-1 变量: 当 $x_{ij}=1$ 表示救援队伍 j 在受灾点 i 进行救援, 当 $x_{ij}=0$ 表示救援队伍 j 不在受灾点 i 进行救援。

2 考虑优先权的任务分配模型建立

2.1 任务优先权

地震救援是在救援优先级评分排序的基础上,对救援队伍进行合理的部署。任务优先权的确定应首先研究影响救援优先级的因素,如区域主要有破坏后的救援难度、压埋人数和区域破坏程度等;然而,在地震灾害初期,需要在无法确定详细受灾情况下短时间内作出决策,因此,往往依据表1判定方法简单对主要需开展救援的地点进行筛选。

表1 救援对象重要性分级标准

参考标准	分 级			
	1	2	3	4
行政等级	乡镇	县城	城市	-
地震烈度	7	8~9	11	-
人口规模	10 万以下	10~50 万	50~100 万	100 万以上

表1给出了基于行政等级、地震烈度、人口规模三方面考虑的地点分级参考标准,可以对以上三方面因素的累加结果作为最终评级依据。

$$p = \alpha + \beta + \gamma \quad (1)$$

其中: p 表示最终的评级结果, α 表示行政区划评级结果, β 表示地震烈度评级结果, γ 是人口规模评级结果。

确定优先级后,对优先级排在前面的地点进行优先调配救援队伍。由此可知:

$$|B_1| = n, |B_2| = m - n \quad (2)$$

$$\begin{cases} a_i = 1 & \text{if } i \in B_1 \\ a_i = 0 & \text{if } i \in B_2 \end{cases} \quad (3)$$

2.2 时间约束

考虑到应急救援具有明显的时效性特征以及救援地点的分散性,这就要求救援队伍在尽可能短的时间到达受灾地点进行救援,因而,此时需要考虑的不是救援总耗时最省,而是要求每个救援开展时间最早。

$$\min z = \max \{t_{ij}x_{ij}, 1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n\} \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = 1 \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

$$x_{ij} = 1 \text{ 或者 } 0 \quad i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

式(4)为目标函数,表示救援队到达受灾点最大响应时间最短。式(5)~(7)为约束条件,其中,式(5)表示对每个受灾点只派遣一支应急救援队伍,式(6)表示每支应急救援队伍至多只负责完成一个受灾点的修复工作,式(7)表示决策变量取值范围。

2.3 多目标时限指派模型建立

为了体现应急救援的弱经济、强社会效益性,结合问题描述,构建多目标时限救援指派模型:

$$\max f_1 = a_i \sum_{j=1}^n \sum_{i \in B_1} w_{ij}x_{ij} + a_i \sum_{j=1}^n \sum_{i \in B_2} w_{ij}x_{ij} \quad (8)$$

$$\min f_2 = a_i \sum_{j=1}^n \sum_{i \in B_1} (A - t_{ij})x_{ij}v_{ij} + a_i \sum_{j=1}^n \sum_{i \in B_2} (A - t_{ij})x_{ij}v_{ij} \quad (9)$$

s. t.

$$\min z = \max \{t_{ij}x_{ij}, 1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n\} \quad (10)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = 1 \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (12)$$

$$x_{ij} = 1 \text{ 或者 } 0 \quad i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (13)$$

$$\begin{cases} a_i = 1 & \text{if } i \in B_1 \\ a_i = 0 & \text{if } i \in B_2 \end{cases} \quad (14)$$

式(8)(9)为目标函数。其中:式(8)表示救援效率最大;式(9)表示救援物资损耗最小;式(10)~(14)为约束条件,其含义与2.1、2.2节中相同。

3 模型求解

上述模型是一个多目标规划问题,可采用加权和法、乘除法等方法将其转换为单目标规划问题求解,然而,线性加权和法要求所有目标必须具有相同量纲,乘除法当目标数较多时显得复杂^[15]。本文将各目标下的属性值矩阵转换为模糊关系矩阵,进而采用两阶段法进行求解。

3.1 模型转换

将不同目标函数下的属性矩阵根据目标函数求极大或极小作如下变化。

当目标函数值为极大时:

$$r_{ij}^l = \frac{c_{ij}^l - c_{\min}^l}{c_{\max}^l - c_{\min}^l} \quad (15)$$

当目标函数值为极小时:

$$r_{ij}^l = \frac{c_{\max}^l - c_{ij}^l}{c_{\max}^l - c_{\min}^l} \quad (16)$$

其中: $c_{\max}^l, c_{\min}^l$ 分别表示属性 l 矩阵中的最大值、最小值。

根据各个分目标重要程度给出权数变量 δ , $\delta = (\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_L)$, 其值可采用层次分析法等方法确定, $\sum_{l=1}^L \delta_l = 1$ 且 $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_L \geq 0$ 。由此可得综合考虑 L 个目标后各属性值合成相对隶属度,即

$$r_{ij} = \sum_{l=1}^L \delta_l r_{ij}^l \quad i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (17)$$

经过上述变换,目标函数式(8)~(9)可转换为

$$\begin{aligned} \min f_3 &= a_i \sum_{j=1}^n \sum_{i \in B_1} r_{ij}'x_{ij} + a_i \sum_{j=1}^n \sum_{i \in B_2} r_{ij}'x_{ij} = \\ & a_i \sum_{j=1}^n \sum_{i \in B_1} (r_{\max} - r_{ij})x_{ij} + a_i \sum_{j=1}^n \sum_{i \in B_2} (r_{\max} - r_{ij})x_{ij} \end{aligned} \quad (18)$$

式(18)与式(10)(14)联立,模型转换为

$$\min f_4 = a_i \sum_{j=1}^n \sum_{i \in B_1} r_{ij}'x_{ij} \quad (19)$$

$$\min z = \max \{t_{ij}x_{ij}, 1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n, i \in B_1\} \quad (20)$$

约束条件式(11)~(13)不变。

3.2 两阶段求解算法

对于具有时限约束的指派问题求解分为两个阶段:

a) 求解出最短时限指派问题,即式(20)及式(5)~(7)所组成的模型最优解;

b) 将a)中求得的最优解作为由式(19)(20)及式(11)~(13)所组成的模型的可行解进行调整求优。调整的原则是减值最多,直至没有减值调整的可能,求得模型最优解。

3.2.1 第一阶段求解

针对第一阶段,笔者采用最小调整法^[16]求解时间约束模型的最优解。最小调整法的思想是从满足列平衡约束的最小方案出发,按增值最小原则调整,直至调整后方案满足行平衡约束即得最优指派方案。最小调整法计算方法如下:

a) 确定最小方案。设 $T = (t_{ij})_{n \times n}$ 为时间矩阵,找出时间矩阵中各列最小值并用 Δ 标记,即

$$\Delta_i = \min\{t_{ip}, 1 \leq i \leq n\}$$

则相应地 x_{ij}^0 取 1,其余取 0。由此得出一个初始解,记为 X^0 ,初始解明显满足约束条件式(5)。

b) 可行性判断。查看每行,若每行存在 Δ 标记元素,则初始解同时满足约束条件式(6),该初始解即为最优解;式(4)~(7)所组成的时间约束模型最优目标值即为

$$\min z = \max\{t_{ij}, 1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n\} - \Delta$$

相反,则该初始解不可行,必须经调整满足约束条件式(6)。

c) 调整。其实质是在保持列平衡前提下,以目标函数增值最小为原则对 Δ 标记元素进行直接调整或间接调整,直至无调出行,此时解满足约束条件式(6)。为此,作如下定义:

若时间矩阵 $T = (t_{ij})_{n \times n}$ 中 Δ 标记元素个数为 0,则该行称为调出行;若时间矩阵 $T = (t_{ij})_{n \times n}$ 中 Δ 标记元素个数为 1,则该行称为平衡行;若时间矩阵 $T = (t_{ij})_{n \times n}$ 中 Δ 标记元素个数大于 1,则该行称为调出行。

若 Δ 标记元素直接由调出行调到调入行,则称为直接调整;若将 Δ 标记元素由调出行调到平衡行后,平衡行 Δ 标记元素调到调入行,则称为间接调整。调整步骤如下:

(a) 确认最小方案 X^0 的目标函数值,即所有标记元素中取值最大者;

(b) 直接调整,针对调出行 Δ 标记元素所在列元素,设 $t'_{ij} = \max\{t_{ij} - t_{ks}, 0\}$, L 为调入行集合, j 为调出元素所在列,则调入行应满足 $\Delta t'_{kj} = \min\{t'_{ij}\}$ 。

(c) 间接调整,调出行 Δ 标记元素先转给同列平衡行某元素后,再将该平衡行 Δ 标记元素转出以保持平衡,经 P 步后转给调入行某元素为止,即 $t''_{id+vd} = \max\{t_{ip+vp} - t_{ks}, 0; p = 0, 1, \dots, d\}$;调入行应满足 $\Delta t''_{kj} = \min\{t_{id+vd}\}$ 。

(d) 比较 $\Delta t'_{kj}, \Delta t''_{kj}, \Delta t_{kj} = \min\{\Delta t'_{kj}, \Delta t''_{kj}\}$,按相应的调整路线调整。

d) 重复 b)c),直到终止。

3.2.2 第二阶段求解

1) 矩阵转换。将求解式(20)及式(5)~(7)所组成的时间约束模型得到的一个最优解作为式(19)(20)及式(11)~(13)所组成的模型的可行解,记为 X^0 ,此时模型式时间约束模型最优解为 $\min z = \max\{t_{ij}, x_{ij}^0\} = t_{ks}^0 (1 \leq k \leq m, 1 \leq l \leq n)$,则时间矩阵 $T = (t_{ij})_{n \times n}$ 中:若 $t_{ij} > t_{ks}^0$, t_{ij} 取 M , M 表示无穷大;当 $t_{ij} \leq t_{ks}^0$ 时, t_{ij} 保持不变。

2) 调整得到修正后的矩阵,以 X^0 为初始可行解进行调整,调整的原则是减值最多,直至没有减值调整的可能。若得到最优解为 X^0 ,则说明时间约束模型有唯一最优解;否则,说明模型有多重最优解。调整后最优方案即为式(19)及式(10)~(13)所组成模型的最优解。

4 算例分析

某区域突发地震灾害,其受灾点基本状况见表2。目前仅有八支救援队伍($j_1, j_2, j_3, j_4, j_5, j_6, j_7, j_8$),八支救援队伍到达不同受灾点所需时间不同,各救援队伍到达不同受灾点所需最短时间如表3所示。各救援队伍相对于各受灾点救援效率不同,各救援队伍在不同受灾点最大救援效率如表4所示;各救援队伍相对于各受灾点单位时间救援物资损耗率不同,各救援队伍在不同受灾点最小物资损耗率如表5所示。最佳救援时间为灾害发生后 72 h。要求在最短时间内对受灾点展开救援,并在最佳救援时间内以救援效率最大、救援物资损耗最少为目标。

表2 各受灾点基本状况

参考标准	i_1	i_2	i_3	i_4	i_5	i_6	i_7	i_8	i_9	i_{10}	i_{11}
行政等级	县城	城市	乡镇	县城	乡镇	县城	乡镇	城市	县城	乡镇	县城
地震烈度	7.5	6	7.8	8	7.2	7	8	6	7.1	7.5	7
人口规模	35万	80万	10万	40万	12万	55万	6万	90万	43万	6万	29万

表3 各救援队伍到达不同受灾点的时间

	i_1	i_2	i_3	i_4	i_5	i_6	i_7	i_8	i_9	i_{10}	i_{11}
j_1	8	5	5	4	3	6	6	5.5	5	6	7
j_2	5	5.5	9	12	7	8	3	10	8	8	6
j_3	3	8.5	8	6	9	10	7.5	6	9	12	4
j_4	8.5	10	5	5	6	8	7	5	6	9	8
j_5	7.5	4	9	5	5.5	8.5	10	4	6	10	7.5
j_6	12	15	7.5	9.5	7.5	5	8	11	10	7.5	9
j_7	7	6	6	5.5	8	9.5	6	9	9	6	6
j_8	9	9	5.5	8.5	4	4	5	14	7.5	10	7

表4 各救援队伍相对于各受灾地点最大救援效率

	i_1	i_2	i_3	i_4	i_5	i_6	i_7	i_8	i_9	i_{10}	i_{11}
j_1	92	94	95	97	91	93	94	99	100	94	96
j_2	96	98	93	95	80	97	99	100	87	80	83
j_3	91	80	98	93	97	96	96	83	90	100	97
j_4	100	88	99	96	90	88	83	97	92	83	95
j_5	89	100	90	92	98	91	80	96	97	91	93
j_6	94	91	97	90	92	91	97	98	95	80	90
j_7	99	83	94	97	88	96	90	95	93	97	98
j_8	93	83	80	90	94	100	91	86	98	90	92

表5 各救援队伍相对于各受灾点的最小单位时间物资损耗

	i_1	i_2	i_3	i_4	i_5	i_6	i_7	i_8	i_9	i_{10}	i_{11}
j_1	69	59	67	73	78	70	64	60	60	66	76
j_2	76	73	70	64	68	56	66	73	51	80	80
j_3	50	68	71	73	81	59	67	75	80	67	64
j_4	70	58	60	75	66	73	70	64	58	70	68
j_5	65	73	65	65	80	68	71	70	69	71	56
j_6	72	78	66	72	80	58	72	62	63	70	75
j_7	78	68	61	60	78	80	64	74	70	56	73
j_8	73	81	69	71	77	73	72	68	92	59	66

4.1 求解过程

a) 根据式(1)确定受灾点救援等级排序:

$$i_4, i_6, i_1, i_9, i_{11}, i_3, i_5, i_7, i_{10}, i_2, i_8$$

b) 根据式(2)(3)可知,应首先对 $i_4, i_6, i_1, i_9, i_{11}, i_3, i_5, i_7$ 展开救援。

c) 根据建立模型将三个目标函数下的属性矩阵按式(8)(9)进行转换:

0.59	0.77	0.56	0.38	0.21	0.51	0.67	0.76	0.75	0.61	0.39
0.33	0.42	0.59	0.82	0.59	0.92	0.54	0.55	1.00	0.32	0.25
0.97	0.63	0.54	0.43	0.32	0.89	0.63	0.38	0.35	0.75	0.62
0.58	0.91	0.75	0.35	0.61	0.49	0.54	0.64	0.82	0.59	0.62
0.68	0.38	0.72	0.61	0.24	0.63	0.60	0.46	0.56	0.60	0.90
0.63	0.58	0.65	0.56	0.30	0.80	0.52	0.84	0.79	0.55	0.47
0.34	0.56	0.74	0.76	0.37	0.36	0.67	0.50	0.59	0.87	0.43
0.52	0.32	0.52	0.56	0.27	0.38	0.43	0.77	0.00	0.89	0.64

0.6	0.7	0.75	0.85	0.55	0.65	0.7	0.95	1	0.7	0.8
0.8	0.9	0.65	0.75	0	0.85	0.95	1	0.35	0	0.15
0.55	0	0.9	0.65	0.85	0.8	0.8	0.15	0.5	1	0.85
1	0.4	0.95	0.8	0.5	0.4	0.15	0.85	0.6	0.15	0.75
0.45	1	0.5	0.6	0.9	0.55	0	0.8	0.85	0.55	0.65
0.7	0.55	0.85	0.5	0.6	0.55	0.85	0.9	0.75	0	0.5
0.95	0.15	0.7	0.85	0.4	0.8	0.5	0.75	0.65	0.85	0.9
0.65	0.15	0	0.5	0.7	1	0.55	0.3	0.9	0.5	0.6

d) 目标权向量假设取为等权重, 即 $\delta_1 = \delta_2 = \frac{1}{2}$, 根据式

(10) 得综合考虑两个目标后各属性值合成的相对隶属度:

0.60	0.74	0.66	0.61	0.38	0.58	0.68	0.85	0.87	0.66	0.59
0.56	0.66	0.62	0.78	0.29	0.88	0.74	0.77	0.68	0.16	0.20
0.76	0.31	0.72	0.54	0.59	0.84	0.71	0.27	0.42	0.87	0.73
0.79	0.66	0.85	0.58	0.56	0.45	0.34	0.75	0.71	0.37	0.68
0.56	0.69	0.61	0.61	0.57	0.59	0.30	0.63	0.71	0.57	0.78
0.66	0.56	0.75	0.53	0.45	0.67	0.68	0.87	0.77	0.28	0.49
0.64	0.36	0.72	0.80	0.38	0.58	0.58	0.62	0.62	0.86	0.67
0.58	0.24	0.26	0.53	0.49	0.69	0.49	0.54	0.45	0.69	0.62

e) 根据式(17)(18), 原模型目标函数转换为

0.29	0.15	0.23	0.27	0.50	0.30	0.20	0.03	0.01	0.23	0.29
0.32	0.22	0.26	0.10	0.59	0.00	0.14	0.11	0.21	0.72	0.68
0.12	0.57	0.16	0.34	0.30	0.04	0.17	0.62	0.46	0.01	0.15
0.09	0.23	0.03	0.31	0.33	0.44	0.54	0.14	0.17	0.51	0.20
0.32	0.19	0.27	0.28	0.31	0.29	0.58	0.25	0.18	0.31	0.11
0.22	0.32	0.13	0.35	0.43	0.21	0.20	0.01	0.11	0.61	0.40
0.24	0.53	0.16	0.08	0.50	0.30	0.30	0.26	0.26	0.02	0.22
0.30	0.65	0.62	0.36	0.40	0.19	0.39	0.35	0.43	0.19	0.26

f) 根据式(19)(20), 考虑救援优先级、原目标函数及时间约束转换为

0.29	0.23	0.27	0.50	0.30	0.20	0.01	0.29
0.32	0.26	0.10	0.59	0.00	0.14	0.21	0.68
0.12	0.16	0.34	0.30	0.04	0.17	0.46	0.15
0.09	0.03	0.31	0.33	0.44	0.54	0.17	0.20
0.32	0.27	0.28	0.31	0.29	0.58	0.18	0.11
0.22	0.13	0.35	0.43	0.21	0.20	0.11	0.40
0.24	0.16	0.08	0.50	0.30	0.30	0.26	0.22
0.30	0.62	0.36	0.40	0.19	0.39	0.43	0.26

8	5	4	3	6	6	5	7
5	9	12	7	8	3	8	6
3	8	6	9	10	7.5	9	4
8.5	5	5	6	8	7	6	8
7.5	9	5	5.5	8.5	10	6	7.5
12	7.5	9.5	7.5	5	8	10	9
7	6	5.5	8	9.5	6	9	6
9	5.5	8.5	4	4	5	7.5	7

g) 利用两阶段法对转换好的模型进行求解, 如下:

(a) 时间约束初始解

8	$\triangle 5$	$\triangle 4$	$\triangle 3$	6	6	$\triangle 5$	7
5	9	12	7	8	$\triangle 3$	8	6
$\triangle 3$	8	6	9	10	7.5	9	$\triangle 4$
8.5	5	5	6	8	7	6	8
7.5	9	5	5.5	8.5	10	6	7.5
12	7.5	9.5	7.5	5	8	10	9
7	6	5.5	8	9.5	6	9	6
9	5.5	8.5	4	$\triangle 4$	5	7.5	7

(b) 经直接、间接调整后的结果

8	5	4	$\triangle 3$	6	6	5	7
5	9	12	7	8	$\triangle 3$	8	6
$\triangle 3$	8	6	9	10	7.5	9	4
8.5	5	5	6	8	7	$\triangle 6$	8
7.5	9	$\triangle 5$	5.5	8.5	10	6	7.5
12	7.5	9.5	7.5	$\triangle 5$	8	10	9
7	6	5.5	8	9.5	6	9	$\triangle 6$
9	$\triangle 5.5$	8.5	4	4	5	7.5	7

(c) 二阶段初始解及调整后的结果

M	0.23	0.27	$\triangle 0.50$	M	M	0.01	M
M	M	M	M	M	$\triangle 0.14$	M	0.68
$\triangle 0.12$	M	M	M	M	M	M	0.15
M	0.03	0.31	M	M	M	$\triangle 0.17$	M
M	M	$\triangle 0.28$	M	M	M	$\triangle 0.18$	M
M	M	M	M	$\triangle 0.21$	M	M	M
M	M	M	M	M	M	M	$\triangle 0.22$
M	$\triangle 0.62$	M	M	0.19	M	M	M

根据调整规则, 其仅能进行一次调整, 调整后 $\Delta f_1 = -0.17 + 0.18 - 0.28 + 0.31 = 0.04$ 。

M	0.23	0.27	$\triangle 0.50$	M	M	0.01	M
M	M	M	M	M	$\triangle 0.14$	M	0.68
$\triangle 0.12$	M	M	M	M	M	M	0.15
M	0.03	$\triangle 0.31$	M	M	M	0.17	M
M	M	0.28	M	M	M	$\triangle 0.18$	M
M	M	M	M	$\triangle 0.21$	M	M	M
M	M	M	M	M	M	M	$\triangle 0.22$
M	$\triangle 0.62$	M	M	0.19	M	M	M

经检验, 其初始解即为模型最优解。

4.2 求解结果

经上述求解过程, 最终救援方案如表6所示。

表6 多目标时限救援优化模型求解结果

	i_1	i_2	i_3	i_4	i_5	i_6	i_7	i_8	i_9	i_{10}	i_{11}
j_1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
j_2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
j_3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
j_4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
j_5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
j_6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
j_7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
j_8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

5 结束语

本文根据目前地震应急救援工作对救援 (下转第1447页)

RDS的查准率达到了91.17%的最高精度,比其他方法最高出了约6%。这说明多粒度的子空间划分机制能有效改善集成识别系统的性能。但值得注意的是,基分类器的数量太多也会降低集成系统的运行效率,虽然在一定范围内提高基分类器数量能提升分类的性能,但超过某个阈值性能会趋于稳定,甚至会略有下降,其根本原因在于大量的基分类器生成后,差异度会随之减小。

5 结束语

通过一系列实验可以看出,在使用集成学习方法进行中文文本情感识别时,其识别性能取决于子空间的划分粒度以及不同子空间之间的差异度。针对中文情感识别中样本空间规模大、稀疏度高等特点,提出一种基于样本空间划分的集成分类方法,并通过核平滑方法对子空间进行自适应选取。实验表明,这种多粒度的子空间选择方法能有效改善中文文本情感识别的性能,可以实现大规模评论集的情感识别、观点挖掘等工作。下一步将就样本空间内情感特征的分布对动态子空间算法性能的影响展开进一步的研究。另外,将结合基于情感特征空间的集成分类机制设计更为优化的中文情感识别算法。

参考文献:

- [1] ZHAI Zhong-wu, XU Hua, JIA Pei-fa. An empirical study of unsupervised sentiment classification of Chinese reviews[J]. *Tsinghua Science and Technology*, 2010,15(6):702-708.
- [2] 段建勇,谢宇超,张梅. 基于句法语义的网络舆论情感倾向性评价技术研究[J]. *情报杂志*, 2012,31(1):147-150.
- [3] 杨江,彭石玉,侯敏. 基于主题情感句的汉语评论文倾向性分析[J]. *计算机应用研究*, 2011,28(2):569-572.
- [4] LI Shou-shan, HUANG Chu-ren, ZONG Cheng-qing. Multi-domain sentiment classification with classifier combination[J]. *Journal of Computer Science and Technology*, 2011,26(1):25-33.
- [5] 胡熠,陆汝占,李学宁,等. 基于语言建模的文本情感分类研究[J]. *计算机研究与发展*, 2007,44(9):1469-1475.
- [6] WANG Su-ge, LI De-yu, SONG Xiao-lei, et al. A feature selection method based on improved fisher's discriminant ratio for text sentiment classification[J]. *Expert Systems with Applications*, 2011,38(7):8696-8702.
- [7] PANG B, LEE L. Opinion mining and sentiment analysis[J]. *Foundations and Trends in Information Retrieval*, 2008,2(1):1-135.
- [8] ZHAI Zhong-wu, XU Hua, KANG Ba-da, et al. Exploiting effective features for Chinese sentiment classification[J]. *Expert Systems with Applications*, 2011,38(8):9139-9146.
- [9] 钟将,邓时滔. 基于多特征融合的汉语情感分类研究[J]. *计算机应用研究*, 2012,29(1):98-100.
- [10] 知网[EB/OL]. [2011-04-22]. <http://www.keenage.com>.
- [11] 俞鸿魁,张华平,刘群,等. 基于层叠隐马尔可夫模型的中文命名实体识别[J]. *通信学报*, 2006,27(2):87-93.
- [12] 顾亚祥,丁世飞. 支持向量机研究进展[J]. *计算机科学*, 2011,38(2):14-17.
- [13] HALL M, FRANK E, HOLMES G, et al. The WEKA data mining software: an update[J]. *ACM SIGKDD Explorations Newsletter*, 2009,11(1):10-18.
- [14] BISHOP C M. *Neural networks for pattern recognition* [M]. New York: Oxford University Press, 1995.
- [15] 谭松波. 中文情感挖掘语料 ChenSentiCorp[EB/OL]. (2010-06-29) [2011-04-22]. <http://www.searchforum.org.cn/tansongbo/corpus-senti.htm>.
- [16] BREIMAN L. Bagging predictor[J]. *Machine Learning*, 1996,24(2):123-140.
- [17] FREUND Y, SCHAPIRE R E. A decision-theoretic generalization of on-line learning and an application to boosting[J]. *Journal of Computer and System Sciences*, 1997,55(1):119-139.
- [18] [J]. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2007,43(6):737-754.
- [8] TZENG G, TSUNG H, HUANG D. Multi-objective optimal planning for designing relief delivery systems[J]. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2007,43(6):673-686.
- [9] HANDRIGAN M T, BECKER B M, JAGMINAS L, et al. Emergency medical services in the reconstruction phase following a major earthquake: a case study of the 1988 Armenia earthquake[J]. *Prehospital Disaster Med*, 1998,13(1):35-40.
- [10] FIEDRICH F, GEHBAUER F, RICKERS U. Optimized resource allocation for emergency response after earthquake disasters[J]. *Safety Science*, 2000,35(1-3):41-57.
- [11] YATES D, PAQUETTE S. Emergency knowledge management and social media technologies: a case study of the 2010 Haitian earthquake[J]. *International Journal of Information Management*, 2011,31(1):6-13.
- [12] 樊治平,刘洋,袁媛,等. 突发事件应急救援人员的分组方法研究[J]. *运筹与管理*, 2012,21(2):1-7.
- [13] 袁媛,樊治平,刘洋. 生命线网络系统多节点失效的应急抢修队伍派遣模型研究[J]. *运筹与管理*, 2012,21(1):131-135.
- [14] 李亦纲,张媛,李志伟. 地震灾区救援力量优化调配模型[J]. *自然灾害学报*, 2012,21(3):150-154.
- [15] 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,1994.
- [16] 夏少刚,刘佳. 利用最小调整法求解特殊的二维0-1规划[J]. *运筹与管理*, 2008,17(1):24-28.

(上接第1442页)队伍调配的实际需求,从行政等级、地震烈度、人口规模三方面确定受灾点的优先等级,为突出应急救援的时效性和救援目标的多属性特征,以应急救援效率最大化、物资损耗最小化为优化目标,构建最短时限应急救援多目标指派模型以优化救援力量。本文给出了相对完整的技术思路和初步应用,但模型仍存在一些不足,如未考虑救援队伍的特征以及受灾点对救援队伍数量的要求,因此,将受灾点对专业队伍的救援需求引入到多目标时限指派问题是进一步研究的方向。

参考文献:

- [1] 陈颢,陈棋福,黄静,等. 减轻地震灾害[J]. *地震学报*, 2003,25(6):621-629.
- [2] ERDIK M, AYDINOGLU N, FAHJAN Y, et al. Earthquake risk assessment for Istanbul metropolitan area[J]. *Earthquake Engineering and Engineering Vibration*, 2003,2(1):1-23.
- [3] 李祚泳,邓新民. 自然灾害的物元分析灾情评估模型初探[J]. *自然灾害学报*, 1994,3(2):28-33.
- [4] 雷秋霞,陈维锋,黄丁发,等. 地震现场搜救力量部署辅助决策系统研究[J]. *地震研究*, 2011,34(7):384-388.
- [5] OZDAMAR L, EKINCI E, KUCUKYAZICI B. Emergency logistics planning in natural disasters[J]. *Annals of Operations Research*, 2004,129(3):217-245.
- [6] YI W, OZDAMAR L. A dynamic logistics coordination model for evacuation and support in disaster response activities[J]. *European Journal of Operational Research*, 2007,179(3):1177-1193.
- [7] CHANG M, TSENG Y, CHEN J. A scenario planning approach for the flood emergency logistics preparation problem under uncertainty