

孙佰清, 朱晓鑫, 洪鑫磊. 基于合作博弈理论的应急物流协同机制研究[J]. 灾害学, 2017, 32(2): 181-184, 189. [SUN Baiqing, ZHU Xiaoxin and HONG Xinlei. Research of Coordination Mechanism Based on Cooperative Game Theory in Emergency Logistics [J]. Journal of Catastrophology, 2017, 32(2): 181-184, 189. doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2017.02.031.]

基于合作博弈理论的应急物流协同机制研究*

孙佰清, 朱晓鑫, 洪鑫磊

(哈尔滨工业大学 管理学院, 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘要:有效的应急物流协同可极大提高灾后人道主义救援的效率和效益。在回顾相关研究文献的基础上, 通过构建合作博弈理论模型, 讨论了在何种情况下、对于何种组织的协同是人们所期望并可行的问题。应用实例表明, 该研究对应急物流中协同机制的应用提供了有价值的参考。

关键词:应急物流; 协同机制; 合作博弈理论; 成本分配

中图分类号: X43 **文章标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2017)02-0181-05

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2017.02.031

应急物流是应急救援中最重要的工作, 其运作模式及效率直接影响着救援工作的成败。在应急物流中, 协同机制是决定其能否高效进行的关键因素。实践表明, 应急物流协同不仅能消除救援盲区, 而且还能有效避免救援中的重复工作, 为灾后紧急救援决策提供有力支撑^[1]。然而, 在实际的应急救援过程中, 参与者间有效的协同常常由于各自目标、任务和物流能力的不同而难以形成, 成为应急救援中亟待研究和解决的问题。

随着应急救援在全球灾害救援中的重要性日益凸显, 已有一些学者开始对应急物流展开研究, 但现有研究多集中于应急物流的概念、面临的挑战以及综述性研究。在应急救援协同机制的研究中, Wd等^[2]提出了一种对紧急事件和自然灾害作出响应的协调物流支持和疏散行动的整合选址-路径模型, 目的是通过快速到达灾区及在适当地点建立临时救援点, 使救援响应水平最大化; Arshinder等^[3]介绍了一个两阶段模型, 包括一个决策支持系统和一个图论模型, 用于对包含两级供应链的协调机制进行评价; Xiu Hui等^[4]通过对 NGO (Non-governmental Organizations) 的采访、调查, 指出目前中国应急救援面临众多挑战; Tomasini等^[5]讨论了灾难救援中供应链管理的进化和新参与者的角色及如何共同开展工作等问题; Kapucu等^[6]对领导、决策、政府之间、组织之间的关系展开调查, 研究了应急管理中的协同网络; Balci等^[7]指出协调机制在商业供应链中得到很多研究, 但在应急救援链中的协调仍处于起步阶段。目前, 众多该领域的研究主要集中于应急物流协

同的概念、内容及面临的挑战等问题, 而在协同机制和方式方面的研究仍鲜有涉及。

针对应急救援中如何实现协同及如何激励参与者协同的问题, 本文首先介绍了2010年10月22日在缅甸“吉里”热带风暴中, 进行国际应急救援的非政府组织——美慈组织和全球快递物流公司 DHL 之间的合作方式; 其次分析了其如何分配合作成本和收益问题, 据此讨论了人道救援中合作博弈模型的构建; 最后讨论了如何有效提高人道主义救援效率和激励更多组织参与人道主义救援大联盟等问题。

1 合作博弈理论及模型概述

合作博弈是指博弈方的利益都有所增加, 至少是一方利益增加, 而其他方的利益不受损害, 因而合作博弈的结果必须是一个帕累托改进。合作博弈的核心问题是结盟和分配, 即博弈方如何通过“妥协”方式构成联盟以及如何分配联盟产生的合作剩余^[8-9]。

合作博弈解的概念很多, 比较知名的有核心 (core)、稳定集 (stable set)、夏普里值 (shapley)、讨价还价解 (bargaining set)、内核 (kernel)、核仁 (nucleolus) 等, 其中核心是合作博弈中最重要的解概念^[10-11]。

在 N 人博弈中, 参与人 $N = \{1, 2, \dots, n\}$ 表示的任意子集 $S (S \in N)$ 称为一个联盟。其中, 空集 Φ 、全集 N 和单点集 $\{i\}$ 都可以看作是联盟。

* 收稿日期: 2016-09-13 修回日期: 2016-12-26

基金项目: 国家自然科学基金(71271609)

第一作者简介: 孙佰清(1971-), 男, 黑龙江哈尔滨人, 博士生导师, 主要研究方向为应急管理和智能决策。

E-mail: baiqingsun@hit.edu.cn

$v(s)$ 是指联盟 S 与 $N-S = \{i \mid i \in N, i \notin S\}$ 的两人博弈中 S 可获得的最大效用, $v(s)$ 称为联盟 S 的特征函数。规定, $v(\Phi) = 0$ 。根据定义, $v(\{i\})$ 表示局中人 i 与全体其他人博弈时的最大效用值, 用 $v(i)$ 表示。用 (N, v) 表示个 N 局中人, 特征函数为 v 的合作博弈, 其中 v 是定义在 2^N 的实数映射。一个合适的合作博弈解应该满足效率原则、整体合理性和个体合理性原则, 分别如式(1)、式(2)和式(3)所示:

$$\sum_{i \in N} x(i) = v(N); \quad (1)$$

$$x(i) \geq v(i), \quad \forall i \in N; \quad (2)$$

$$\sum_{i \in S} x(i) \geq v(S), \quad \forall S \subseteq N. \quad (3)$$

基于上述三个等式的博弈的核心(core)最早由 D B Gillies 于 1959 年提出:

$$C(v): \{x \in R^n \mid \sum_{i \in N} x(i) = v(N), \text{ and } \sum_{i \in S} x(i) \geq v(s), \quad \forall S \subseteq N\}. \quad (4)$$

根据合作博弈论, 分摊问题的核通常为一个区域而非单点, 即核是合理分摊方案的集合。不属于核的分配方案可能不会被局中人或联盟接受, 如果合作博弈的核非空, 则存在合作的可能。如果核存在, 难点则是如何确定所有分配中最公平的方案在核内。基于公平的概念界定各不相同, 因此很多合作博弈理论的解被提出, 用于选择一个最公平的解作为一个特定的分配。如果被确定的解属于这个核中, 它自动会满足合作博弈论的个体合理性、整体和理性和效率准则。

2 模型建立及求解

2.1 案例描述及分析

2010 年 10 月 22 日, 缅甸若开邦海地区和缅甸中地区发生“吉里”热带风暴, 风速达 160 km/h 多, 造成缅甸西部弥蓬、包多和敏比亚等地 20 多万居民受灾, 8 万人无家可归, 1.5 万间房屋倒塌, 1.6 万 hm^2 水稻颗粒无收。在遭受灾害袭击的地区, 人道组织的救灾物资运送变得十分艰难。对此, 全球物流快递公司 DHL 向进行国际救援美慈组织提供帮助, 将该组织向中国和缅甸提供的超过 9 t 的紧急救济物资, 从美国西雅图空运至泰国曼谷。而后, 美慈组织在中、缅两国进行地面救援, 这样美慈组织的工作人员和志愿者只负责擅长的救援和管理工作, 大大提高了救援物资运输和管理的效率, 节省了人力、物力和时间成本, 有效地提高了人道救援物资的配送效率。

美慈组织是一个国际救援组织, 长期致力于协助世界上被痛苦、贫困和压迫等问题困扰的民众。长时间以来, 美慈组织一直希望找到一个对救灾物资运输和配送更好的解决办法。随着信息技术在物流领域的应用和发展, 物流外包逐步成

为全球物流业发展的一种趋势。DHL 是一家创立自德国, 目前是独资的世界上最大的航空速递货运公司之一。“物流”是灾后人道主义救援行动重要组成的部分。据估计, 物流成本可以占到整个灾难救援成本的 80%^[12-13]。而救援效率的高低在很大程度上取决于其物流能力(采购、运输和仓储)的大小。美慈组织起初想启用自营方式配送救灾物资, 但是这种模式有明显的不足, 首先在某种程度上使组织从事不擅长的业务活动, 使得本来就时间紧迫的救援效率变得更低; 其次, 美慈组织的管理人员也往往花费较多的时间和资源去从事辅助性工作, 无形中增加了额外的人力成本; 最后, 自营配送规模十分有限, 应急物流行动中, 这种自营物流配送救灾物资的方式显然不能满足灾后巨大的救援需求。

在此次人道救援行动中, 美慈组织和 DHL 之间的合作引发两个主要问题: 首先, 是什么因素促使这种合作方式如此成功? 第二, 这种合作方式是否改变了救援物资配送难问题? 如果是, 这种合作方式是如何提升救援物资配送效率的? 基于此案例, 本文采用一种探究性研究方法分析并回答了上述问题。

2.2 模型假设及建立

2.2.1 模型假设

(1)难民营之间在协同过程中不存在竞争。因为在此情况下, 单个难民营从中获取的收益数额即是多难民营协同的收益。由于不存在竞争, 一个组织的收益增加并不会造成另外组织收益的减少, 因此符合前文所述的帕累托改进。

(2)按某种分配原则, 支付可在联盟内部难民营间重新配置资源、分配收益, 即可转移效用。从现实的社会经济生活中还可以看出, 能够使合作存在、巩固和发展的关键性因素是可转移支付(收益)的存在, 因此符合合作博弈研究的基本前提条件。

(3)多个难民营之间的协同收益应大于总成本, 否则各成员间不会选择参与协同。物流运输的估算成本是已知数, 在此基础上将明确所选的物流公司人道物流方面的预算。

(4)与物流公司合作的项目是独立项目, 因此不存在多物流公司间的协同作用, 即各难民营不会通过再参与相关的物流企业而获得增效, 参与物流企业合作的各个难民营认为每个物流公司都是孤立的, 确保难民营能完全参与到其中来。

2.2.2 模型建立

我们假设当 S 中的成员决定合作并形成一联盟时, 他们将采用同一个物流系统并且彼此共享物流信息。其间会存在一些由于联盟而产生的管理运行成本, 例如: 实行联盟的一次性总成本,

表 1 不同配送方式的成本

		符号	举例
在 S 联盟中实行联盟的一次性总成本		$C'_s(S), C'_c(S)$	创立成本, 需求预测, 数据报告, 供应链管理
在 S 联盟中救济营 i 单独运行成本	非协同部分	$C_s^{ns}(i, S), C_c^{ns}(i, S)$	物资分配成本, 供需不平衡成本
	协同部分	$C_s^s(i, S), C_c^s(i, S)$	重复分配救济物资成本

包括创立成本, 需求预测成本等。而关于各个难民营独自的管理运行成本, 我们将它分为两类: ①非协同部分是物资分配成本等; ②协同部分是重复分配救济物资成本等(表 1)。

基于上述问题, 我们用合作博弈模型 (N, v) 来进行定义, 首先设置包含所有局中人的集合 N , 为此次博弈中所有救济营的集合。 N 被称为大联盟 (grand coalition), 每个 N 的子集成为子联盟 (sub-coalition)。如上所述, $v(S)$ 表示当联盟 S 独立运行时的总成本, 即:

$$v(S) = \min \{v_c(S), v_s(S)\}。 \quad (5)$$

式中: $v_c(N)$ 表示美慈组织选择与物流公司合作下的成本; $v_s(N)$ 表示美慈组织。

对于大联盟 N , 我们假设在与物流企业合作时总成本较低, 作出此假设是因为此研究的目的是理解协同机制的运用并激励整个系统通过协同参与到与物流企业合作中来。此外, 每个局中人需承担的成本取决于其所分配到的成本 $C'_i(N)$ 。每个个体难民营引发的总成本, 即建立成本和随后的运行成本的总和。数学上, 让 $\{x^i, i \in N\}$ 表示一次性总成本的分配。

首先, 它必须满足收支平衡条件, 即: $\sum_{i \in N} x^i = C'_c(N)$, 这样一次性费用在全部局中人中得到了分摊; 其次, 为了吸引更多的难民营参与到大联盟中来, 这种分配还要满足稳定性条件。

$$\sum_{i \in S} x^i + \sum_{i \in S} C_c^{ns}(i, N) + \sum_{i \in S} C_c^s(i, N) \leq v(S), \quad \forall S \subseteq N。 \quad (6)$$

式(6)的条件保证了在大联盟中没有一个子联盟的成本比其单独运行时的成本 $v(S)$ 高。前面提到的(1)和(2)式定义了博弈 (N, v) 的核, 即在合作博弈理论中对于成本分配机制广泛接受的公平的概念。我们下面所述的定理说明, 在所建立的博弈模型中如果存在充分的协同效应那么核分配一定可以确保存在。

定理 1. 当满足以下条件时, 博弈 (N, v) 的核分配可以保证存在, 即:

$$(1) v_s(S_1) - v_c(S_1) \leq v_s(S_2) - v_c(S_2) \quad \forall S_1 \subset S_2; \quad (7)$$

$$(2) C_s^l + \sum_{i \in S} C_s^{ns}(i, s) \text{ 和 } C_c^l(S) + \sum_{i \in S} C_c^s(i, S) \text{ 都是子函数。} \quad (8)$$

显而易见, 从定理 1 中可以看出对于一些大联盟而言, 从自营物流模式转换到与物流企业合作模式节省的成本更大。其次, 子函数可以定义为:

$$f(S_2 \cup \{i\}) - f(S_2) \geq f(S_1 \cup \{i\}) - f(S_1) \quad \forall S_1 \subset S_2 \quad \forall j \notin S_2。 \quad (9)$$

因此, 根据定理 1 中的(2)可知两种不同物流方式下的协同符合“雪球效应”, 即对于一个新成

员加入较大的联盟会引起较大的协同, 这样便更大程度地激励了大即联盟的协同。为了证明这个结果, 我们有必要证明此部分所定义的博弈 (N, v) 是凹的, 因为凹博弈的核是非空的。

证据: 首先, 我们假定对每个难民营非协同部分的运行成本都独立于 i 个局中人参与的联盟 S , $\sum_{i \in S} C_s^{ns}(i, s)$ 和 $\sum_{i \in S} C_c^{ns}(i, s)$ 都是子函数。因此显而易见, 根据定理 1 中(2)式, v_c 和 v_s 也都是子函数。特征函数 $v(s) = \min \{v_c(s), v_s(s)\}$ 如以下情况讨论, 假定集合 $S_1 \in S_2$ 并且 $i \notin S_2$ 。

情况 1 当与物流企业合作对成本较低时, 即 $v(S_1) = v_c(S_1)$ 。

显而易见, 此情况同样适用于集合 $S_1 \cup \{i\}$, S_2 和 $S_2 \cup \{i\}$, 因此可以得出:

$$v(S_1 \cup \{i\}) - v(S_1) - [v(S_2 \cup \{i\}) - v(S_2)] = v_c(S_1 \cup \{i\}) - v_c(S_1) - [v_c(S_2 \cup \{i\}) - v_c(S_2)] \geq 0。 \quad (10)$$

情况 2 当自营配送对 S_1 成本较低 ($v(S_1) = v_s(S_1)$), 而与物流企业合作对集合 $S_1 \cup \{i\}$ 成本较低时。而根据定理 1 中(7)式可知采用物流企业对于 $S_2 \cup \{i\}$ 一定成本较低。然后对于联盟 S_2 无法确定。

讨论 1 如果采用与物流企业合作方式对于 S_2 成本较低, 那么

$$v(S_1 \cup \{i\}) - v(S_1) - [v(S_2 \cup \{i\}) - v(S_2)] = v_c(S_1 \cup \{i\}) - v_s(S_1) - [v_c(S_2 \cup \{i\}) - v_c(S_2)] \geq v_c(S_1 \cup \{i\}) - v_c(S_1) - [v_c(S_2 \cup \{i\}) - v_c(S_2)] \geq 0。 \quad (11)$$

讨论 2 如果采用自营物流方式对于 S_2 成本较低, 又因

$$v_c(S_1 \cup \{i\}) - v(S_1) = v_c(S_1) - v_s(S_1) + [v_c(S_1 \cup \{i\}) - v_c(S_1)], \quad (12)$$

因此很容易可以得出:

$$v(S_1 \cup \{i\}) - v(S_1) - [v(S_2 \cup \{i\}) - v(S_2)] = v_c(S_1 \cup \{i\}) - v_s(S_1) + [v_c(S_2 \cup \{i\}) - v(S_2)] = [v_c(S_1) - v_s(S_1) - (v_c(S_2) - v_s(S_2))] + [v_c(S_1 \cup \{i\}) - v_c(S_1) - (v_c(S_2 \cup \{i\}) - v_c(S_2))] \geq 0。 \quad (13)$$

情况 3 当自营物流对于 S_1 , $S_1 \cup \{i\}$ 成本较低而采用物流企业对于 $S_2 \cup \{i\}$ 成本较低时。对于哪种物流方式对于 S_2 成本较低需要以下讨论。

讨论 1 如果采用物流企业对于 S_2 成本较低, 那么根据定理 1(1), 我们知道:

$$v_s(S_1) - v_c(S_1) \leq v_s(S_1 \cup \{i\}) - v_c(S_1 \cup \{i\}) \quad (14)$$

因此, $v(S_1 \cup \{i\}) - v(S_1) - [v(S_2 \cup \{i\}) - v(S_2)] \leq v_s(S_1 \cup \{i\}) - v_s(S_1) - [v_c(S_2 \cup \{i\}) - v_c(S_2)]$

$$(S_2)] \geq v_c(S_1 \cup \{i\}) - v_c(S_1) - [v_c(S_2 \cup \{i\}) - v_c(S_2)] \geq 0. \quad (15)$$

讨论 2 如果自营物流对于 S_2 成本较低, 则

$$\begin{aligned} v(S_1 \cup \{i\}) - v(S_1) - [v(S_2 \cup \{i\}) - v(S_2)] &= \\ v_s(S_1 \cup \{i\}) - v_s(S_1) - [v_c(S_2 \cup \{i\}) - v_c(S_2)] &\geq v_s \\ (S_1 \cup \{i\}) - v_s(S_1) - [v_s(S_2 \cup \{i\}) - v_s(S_2)] &\geq 0. \end{aligned} \quad (16)$$

情况 4 当自营物流对于联盟 $S_2 \cup \{i\}$ 成本较低时, 根据公式(1), 我们可知同样适用于其它三种联盟。因此,

$$\begin{aligned} v(S_1 \cup \{i\}) - v(S_1) - [v(S_2 \cup \{i\}) - v(S_2)] &= \\ v_s(S_1 \cup \{i\}) - v_s(S_1) - [v_c(S_2 \cup \{i\}) - v_c(S_2)] &\geq 0. \end{aligned} \quad (17)$$

$$v_s(S_1 \cup \{i\}) - v_s(S_1) - [v_c(S_2 \cup \{i\}) - v_c(S_2)] \geq 0. \quad (18)$$

为了运用关于凹博弈的存在的结果, 我们需要做一些转变。因此, 定义一个新博弈 (N, v') , 其中, $\forall S \subset N, v'(S) = v(S) - \sum_{i \in S} C_c^{ns}(i, N) - \sum_{i \in S} C_c^s(i, N)$ 。在此次博弈中, $v'(N) = v(N) - \sum_{i \in N} C_c^{ns}(i, N) - \sum_{i \in N} C_c^s(i, N)$ 等价于原博弈 (N, v) 下的(3)可以得到 $\sum_{i \in S} x^i \leq v'(S)$ 。我们可知 v' 同样是子函数, 因为对于 $\forall S \subset N$, 都有

$$v'(S \cup \{i\}) - v'(S) = v(S \cup \{i\}) - v(S) - [C_c^{ns}(i, N) + C_c^s(i, N)] \geq 0. \quad (19)$$

这样, 则:

$$v'(S_1 \cup \{i\}) - v'(S_1) - [v'(S_2 \cup \{i\}) - v'(S_2)] = v(S_1 \cup \{i\}) - v(S_1) - [v(S_2 \cup \{i\}) - v(S_2)] \geq 0. \quad (20)$$

即任意参与者对一个联盟的边际贡献, 都比对一个更大的联盟的边际贡献大。因此, 该博弈具备凹博弈非常好的特性, 我们知道 (N, v') 核非空, 根据文献[6]可知 (N, v) 核也非空。

3 讨论

如上所述, 在“吉里”风暴中, DHL 的物流运输给美慈组织的人道救援带来了极大优势, 产生这种优势的基础是通过其积极合作促进了各难民营主动参与应急物流协同, 进而产生了协同剩余(即大于其单独运行的总成本), 增加了人道物流整体收益, 提高了人道救援效率。

本文运用 3.2 节提出的合作博弈模型来分析此案例。首先, 将上述成本如表 1 所示分为三类, 对于每个联盟 S , 构成立联盟一次性支付成本、协同和非协同下的运行成本; 其次, 假设在若开邦附近有 10 个难民营形成的子联盟为 S_{center} , 而其他由较远难民营组成的联盟为 $N \setminus S_{center}$ 。在此案例中, 对于博弈 (N, v) , 当 S_{center} 和 $N \setminus S_{center}$ 分别倾向于物流外包和自营物流方式时, 核分配不存在, 也就是当出现 $vS_{center} = v_c(S_{center})$, $v(N \setminus S_{center}) = v_s(N \setminus S_{center})$ 但是这种情况非常有可能发生, 因距离较近并且人口密度较高的难民营如在与物流企业合作时, 无疑能节省较多运行成本。然而, 对于外围的在 $N \setminus S_{center}$ 内的难民营, 由于其较小的面积和较大的距离的劣势而需承担高额的建立成本, 因此其从采用物流外包中获取的利益较小或不能

获益。可见, 如果让难民营 $N \setminus S_{center}$ 采用物流外包方式, 必须要有额外的补贴才能满足分配给 $N \setminus S_{center}$ 的建立成本小于实际成本的要求。否则, 由于 $N \setminus S_{center}$ 较远的距离, 不仅不能因其参与到大联盟中而得到额外收益, 反倒会因为建立成本增加而带来更多的成本支付。

深入分析此案例中影响核存在的因素发现, 大联盟 N 从自营物流方式到采用与物流企业的合作方式, 实际节省的成本较 S_{center} 少, 也就是说, 这违背了定理 1 的条件(1)。原因是 $N \setminus S_{center}$ 的位置较远并没有在合作中贡献出协同作用, 且 $N \setminus S_{center}$ 非协同部分节省的运行成本, 也没有高于在与物流企业合作时的建立成本。

在此案例中, 采用物流外包方式的建立成本要比自营物流的成本高, 两者的建立成本都是随着难民营人数增加呈线性增加趋势; 另一方面, 采用物流外包的运行成本较低, 成本节省程度取决于难民营的特征, 包括人数、人口密度和分布位置等。尤其是对于人口密度较大的难民营采用物流外包方式在物资分布, 可以节省较多的成本。因此, 距离较近的难民营采用与物流企业合作的方式将受益更多。此外, 在此案例中我们还注意到, 由于国际援助非政府组织美慈和国际物流公司 DHL 的积极合作关系, 极大促进了灾民在灾后参与救援的积极性和满意度, 进而激励了受灾民众在人道物流中的协同, 从而提高了人道主义救援的效率和效益。

4 结论

以上研究表明, 重大灾难发生后, 激励更多的人道组织参与到救援协同中来, 是提高人道救援效率和有效降低人道物流成本的重要举措。首先, 本文基于合作博弈理论建立了应急救援协同模型, 运用定量分析方法展开了人道物流协同的定量研究, 拓展了人道物流协同机制和方式研究的视野; 其次, 在对人道物流的定量研究中, 着重分析了在实际应急物流中, 如何协同和在何种情况下协同才是应急救援工作的关键环节, 以恰当的成本分配方案为分析手段, 对协同方式进行了分析和总结; 再次, 通过分析美慈组织和 DHL 公司的协同合作实践, 讨论了不同情况下、不同难民营获益的因素; 最后, 基于缅甸“吉里”热带风暴人道救援的成功案例, 探讨了激励应急物流协同的途径和措施, 对今后协同机制在应急物流行动中运用提出有价值的参考和借鉴。

参考文献:

- [1] Chen X, Zhang J. A stochastic programming duality approach to inventory Centralization games[J]. Operations Research, 2009, 57(4): 840 - 851.
- [2] Yi W, Zdamar 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.

(下转第 189 页)

- [4] 黄洪涛. 应急物流系统研究[D]. 大连: 大连海事大学, 2006.
- [5] 刘春林, 何建敏, 施建军. 一类应急物资调度的优化模型研究[J]. 中国管理科学, 2001, 9(3): 29-36.
- [6] 姜昌华. 遗传算法在物流系统优化中的应用[D]. 上海: 华东师范大学, 2007.
- [7] 胡飞虎, 田朝辉, 李威, 等. 基于遗传算法的应急物资分层调度研究[J]. 计算机工程, 2015, 41(10): 53-58.
- [8] 田军, 马文正, 汪应络, 等. 应急物资配送动态调度的粒子群算法[J]. 系统工程理论与实践, 2011, 31(5): 898-906.
- [9] 左春荣, 周玉琴. 基于粒子群算法的多应急点资源调度研究[J]. 微电子学与计算机, 2012, 29(7): 135-137.
- [10] 唐伟勤, 张敏, 张隐. 大规模突发事件应急物资调度的过程模型[J]. 中国安全科学学报, 2009, 19(1): 33-37.
- [11] 唐伟勤. 大规模突发事件应急物资调度基本模型研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2009.
- [12] 文仁强, 钟少波, 袁宏永, 等. 应急资源多目标优化调度模型与多蚁群优化算法研究[J]. 计算机研究与发展, 2013, 50(7): 1464-1472.
- [13] 庞海云, 刘南, 吴桥. 应急物资运输与分配决策模型及改进粒子群优化算法[J]. 控制与决策, 2012, 27(6): 871-874.
- [14] Marina Yusoff, Junaidah Ariffin, Azlinah Mohamed. A Two-tier Solution for Disaster Relief Management[C]// 2013 IEEE Symposium on Industrial Electronics and Applications, Kuching, Malaysia, 2013, 9.
- [15] 潘郁, 余佳, 达庆利. 基于粒子群算法的连续性消耗应急资源调度[J]. 系统工程学报, 2007, 22(5): 556-560.
- [16] 龚纯, 王正林. 精通 MATLAB 最优化计算(第二版)[M]. 北京: 电子工业出版社, 2012.
- [17] 周孝法, 陈陈, 杨帆, 等. 基于自适应混沌粒子群优化算法的多馈入直流输电系统优化协调直流调制[J]. 电工技术学报, 2009, 24(4): 193-200.

Emergency Resources Scheduling Based on Chaotic Particle Swarm Optimization

ZHANG Yongling and MA Jiao

(Henan Polytechnic University, Emergency Management School, Jiaozuo 454000, Henan)

Abstract: A more scientific and reasonable solution to the emergency resource scheduling problem, according to the characteristic of continuous consumption emergency problem, a optimization scheduling model is proposed aims at minimizing the total cost; In view of the nonlinear characteristics, a chaotic particle swarm algorithm and its steps is proposed to improve the ability to find the best swarm and avoid being trapped in local minima; Finally, the practical example is presented to verify the validity of the model and algorithm, and it is shown that the algorithm is better than traditional particle swarm optimization to deal with emergency supplies scheduling problem with multi constraint conditions. It is an effective way to solve the problem of emergency resource scheduling path.

Key words: scheduling; emergency supplies; continuous consumption; chaotic particle swarm; the path

(上接第 184 页)

- [3] Arshinder, Kanda A, Deshmukh S G. A Framework for evaluation of coordination by contracts: A case of two - level supply chains [J]. Computers & Industrial Engineering, 2009, 56(4): 1177-1191.
- [4] Xiu Hui Rebecca Rao. Issues and Challenges of Humanitarian Logistics in China[D]. The University of Nottingham, 2007.
- [5] Rolando M. Tomasini, LukN. Van Wassenhove. From preparedness to partnerships: case study research on humanitarian logistics [J]. International Transactions in Operation Research, 2009, 16(5): 549-559.
- [6] Naim Kapucu, Tolga Arslan, Fatih Demiroz. Collaborative emergency management and National emergency management network [J]. Disaster Prevention and Management. 2010, 19(4): 452-468.
- [7] Balcik B, Beamon B M, Krejci C C, et al Coordination in humanitarian relief chains: Practices, challenges and opportunities [J]. International Journal of Production Economics. 2010, 126(1): 22-34.
- [8] Marianne Jahre, Leif-Magnus Jensen. Coordination in humanitarian logistics through clusters [J]. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management. 2010, 40(8): 657-674.
- [9] Owen G. On the core of linear production games[J]. Mathematical Programming, 1975, 9(1): 358-370.
- [10] Shapley L. On balanced sets and cores[J]. Naval Research Logistics Quarterly. 1967, 14(4): 453-460.
- [11] Leng M, Parlar M. Allocation of cost savings in a three-level supply chain with demand information sharing: A cooperative game approach[J]. Operations research, 2009, 57(1): 200-213.
- [12] International Organization for Migration. Displacement tracking matrix basic information 11-06-2010 [C]//Camp Coordination and Camp Management (CCCM) Cluster Haiti, 2010.
- [13] Trunick P A. Special report: delivering relief to tsunami vie. [J]. Logistics Today, 2005, 46(2): 1-3.

Research of Coordination Mechanism Based on Cooperative Game Theory in Emergency Logistics

SUN Baiqing, ZHU Xiaoxin and HONG Xinlei

(School of Management, University of Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China)

Abstract: Well-coordinated interactions between parties can greatly improve the efficiency and effectiveness of emergency relief operations after a disaster. The paper discusses the conditions under which such coordination is feasible and desirable by cooperative game theory mathematical model. Based on the review of relevant literature, the paper uses tropical storm "Giri" in Myanmar on October 22, 2010 as an example which shows the study provides a more practical guide for coordination mechanisms in the field of emergency logistics.

Key words: emergency logistics; collaboration; cooperative game theory; cost allocation