最大流问题与突发事件的应对

曹翠珍

(山西财经大学,山西 太原 030012)

摘　要:最大流问题是涉及怎样使得配送网络中物流量最大的问题。将实际问题按照最大流问题的一般假设和原理用网络描述并建立数学模型,用计算机程序进行求解。研究如何应用最大流问题应对突发事件,求解一个在资源稀缺的条件下最大限度地进行紧急求援的方案,做到反应及时,措施果断。

关键词:最大流问题;网络模型;数学模型;规划求解

中图分类号:C939　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1001-7348(2004)09-0108-02

突如其来的SARS的肆虐,明显地暴露出了我们对突发公共卫生事件应急处理能力的严重不足、应急反应的行动迟缓、手段匮乏。更重要的是给我国正在发展中的公共卫生事业敲响了警钟:建立一个反应灵敏、运转有效的应急反应机制刻不容缓。《突发公共卫生事件应急条例》在不到一个月的时间内应时而生了。那么,如何才能真正做到反应灵敏、运转有效?

《条例》的第五条明确规定:突发事件应急工作,应当遵循预防为主、常备不懈的方针,贯彻统一领导、分级负责、反应及时、措施果断、依靠科学、加强合作的原则。诚然,只有依靠科学,才能做到反应及时、措施果断。本文利用最大流问题寻求一个使病人得到及时救治的最佳方案。

1　最大流问题

最大流问题是管理科学中网络最优化问题的一个特殊类型。最大流问题是涉及怎样使得配送网络中物流量最大的问题。

1.1　最大流问题的一些术语

(1)所有最大流问题都可以用网络模型表示。

(2)网络中的圆圈叫做节点(nodes)。

(3)如果节点产生的净流量为零,那么这个节点称为转运点(transshipment node)。

(4)网络中的箭头称为弧(arcs)。

(5)允许通过某一条弧的最大流量称为该弧的容量(capacity)。

1.2　最大流问题的基本假设

(1)最大流问题的网络中所有流起源于一个节点,这个节点叫做源(source),所有的流终止于另一个节点,这个节点叫做收点(sink)。其余所有节点叫做转运点。

(2)通过每一个弧的流只允许沿着弧的箭头所指方向流动。由源发出的所有弧背向源,而所有终结于收点的弧指向收点。

(3)所有节点产生的净流量等于流出减流入。

(4)最大流问题的目标是使得从源到收点的流量最大。这个流量的大小可以用两种等价的方法来衡量,分别叫做从源点出发的流量和进入收点的流量。

(5)最大流问题的变形通常可以有多个源和收点。

2　在现有条件下如何最大限度地输送、接收病人

2.1　背景与问题

面对突如其来的"非典",有效预防、及时安置,保证公众身体健康与生命安全,维护正常的社会秩序,成为我们的第一任务。在现有的条件下,最有效的措施就应该是对病人进行及时抢救、隔离治疗。然而,大量的工作必须做在平时,只有加强日常应急储备,才能在关键时刻把损失减小到最低。这就需要在平时建立一个高效、灵敏的指挥系统,只有建立一个反应灵活的应急机制和敏感的管理信息系统,才能在应对突发事件时快速、有效地运转。这个系统中一些具体工作就可以应用最大流问题来建立。

我们假设A城市有一个定点接收医院、一个急救中心、一些指定发烧门诊和若干救护车。当急救中心接到呼救时,首先派出救护车将病人送到指定的发烧门诊进行初诊,然后根据初诊结果,将病人分为"非典"病人、疑似病人、其它病人。如果是前两种,就要送到指定医院去进行及时抢救、隔离治疗。如果是后一种,送入其它医院进行治疗。那么问题是如何利用这些有限的资源,最大限度地输送、接收病人,使他们得到及时诊断、抢救、隔离、治疗?

2.2　网络模型

这个问题可以形象地用网络模型描述,如图1所示,其中节点S1就是源(Source)表示急救中心。节点S2就是收点(Sink)表示定点接收医院,节点S3(也可以看作收点)表示其它医院。节点T1、T2、T3是转运点(Transshipment nodes)表示发烧门诊。节点间的弧线表示输送路线,弧下方括号内数字

收稿日期:2003-12-24

作者简介:曹翠珍(1967-),女,山西神池人,山西财经大学MBA,山西财经大学应用数学系讲师。

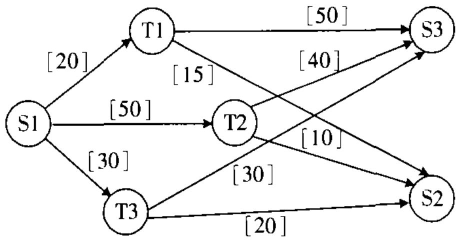


图 1 A 市输送病人网络图

代表这条路线上一天内的容量(Capacity),即对应路线上最多可输送的病人量。这个问题的目标是确定通过每条路线输送多少病人,使得一天内输送、接收病人量最大。

2.3 数学模型

设 9 个决策变量分别为:

x_1=急救中心到发烧门诊 1 输送量

x_2=急救中心到发烧门诊 2 输送量

x_3=急救中心到发烧门诊 3 输送量

x_4=发烧门诊 1 到定点接收医院输送量

x_5=发烧门诊 2 到定点接收医院输送量

x_6=发烧门诊 3 到定点接收医院输送量

x_7=发烧门诊 1 到其它医院输送量

x_8=发烧门诊 2 到其它医院输送量

x_9=发烧门诊 3 到其它医院输送量

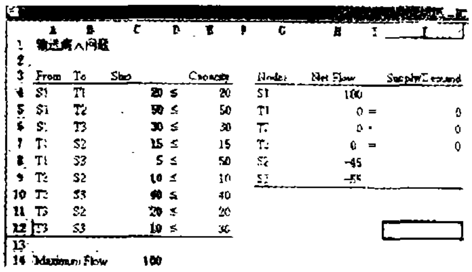
最大化总输送量$=x_1+x_2+x_3+x_4+x_5+x_6+x_7+x_8+x_9$

满足所有下列约束条件:

$$\begin{cases} 0\leqslant x_1\leqslant 20 \\ 0\leqslant x_2\leqslant 50 \\ 0\leqslant x_3\leqslant 30 \\ 0\leqslant x_4\leqslant 15 \\ 0\leqslant x_5\leqslant 50 \\ 0\leqslant x_6\leqslant 10 \\ 0\leqslant x_7\leqslant 40 \\ 0\leqslant x_8\leqslant 20 \\ 0\leqslant x_9\leqslant 30 \\ x_4+x_5-x_1=0 \\ x_6+x_7-x_2=0 \\ x_8+x_9-x_3=0 \end{cases}$$

2.4 用 Excel 的规划求解求最优方案

设计完好的数学模型的漂亮之处在于它能在计算机上运行数学程序对问题进行求解。对于这一问题可用电子表格的求解器——规划求解来实现。Microsoft Excel 的"规划求解"取自德克萨斯大学奥斯汀分校的 Leon Lasdon 和克里夫兰州立大学的 Allan Waren 共同开发的 Generalized Reduced Gradient (GRG2)非线性最优化代码。通过"规划求解",可以为工作表目标单元格中的公式找到一个优化值。"规划求解"将对直接或间接与目标单元格中公式相联系的一组单元格中的数值进行调整,最终在目标单元格公式中求得期望的结果。这些在求解过程中可以修改其中数值的指定单元格称为可变单元格。在创建模型过程中,可以对"规划求解"模型中的可变单元格数值应用约束条件,而且约束条件可以引用其他影响目标单元格公式的单元格。以图 1 所示的该问题的网络描述为基础,图 2 给出了 A 市输送病人最大流问题的电子表格模型及求解结果。


输送病人问题

From	To	Ship		Capacity	Nodes	Net Flow		Supply/Demand
S1	T1	20	≤	20	S1	100		
S1	T2	50	≤	50	T1	0	=	0
S1	T3	30	≤	30	T2	0	=	0
T1	S2	15	≤	15	T3	0	=	0
T1	S3	5	≤	50	S2	-45		
T2	S2	10	≤	10	S3	-55		
T2	S3	40	≤	40				
T3	S2	20	≤	20				
T3	S3	10	≤	30				

Maximum Flow 100

图 2 A 市输送病人最大流问题的电子表格

2.5 决策报告及分析

通过上面的求解,我们可以得出如下决策报告,附表详尽地表述了每一条路线上的输送量和总输送量。从急救中心到 3 个发烧门诊的输送量分别为 20 人、50 人、30 人,3 个发烧门诊到定点接收医院的输送量分别为 15 人、10 人、20 人,3 个发烧门诊到其它医院的输送量为 5 人、40 人、10 人。1 天内最多可输送病人 100 人,其中"非典"病人与疑似病人 45 人,其它病人 55 人。

根据这一具体的决策方案,不仅可以最大限度地利用有限的稀缺资源,采取有效、及时的紧急措施,从而达到最大限度地输送病人,使病人得到最及时的治疗和隔离,对有效控制病情起到非常重要的作用。而且可以结合当时的病情变化及医疗卫生条件的不断改善,分析和预测今后的应急指挥方案是否需要调整和怎样调整。真可谓"运筹于帷幄之中,决胜于千里之外"。当然,由于病情的变化,外部条件的改善,仅有这一方案可能还不够。因此我们有必要考虑模型的扩展。

附表 A 市输送病人决策报告(单位:人)

出发地 \ 目的地	发烧门诊 1	发烧门诊 2	发烧门诊 3	定点接收医院	其它医院
急救中心	20	50	30	—	—
发烧门诊 1	—	—	—	15	5
发烧门诊 2	—	—	—	10	40
发烧门诊 3	—	—	—	20	10
最大输送量		100		45	55

2.6 模型的扩展

模型的扩展是指在把实际问题通过粗略地抽象、精确地量化、科学地建模取得最初版本并求得最优解之后,结合实际情况对模型的最初版本的决策变量和参数进行适当的调整和修改,以便于更准确无误地反映实际情况,更好地为辅助决策提供科学依据。

图 1 表示的网络模型和相应的图 2 表示的电子表格模型都可以随机应变,进行模型的扩展。在使用和分析上面的方案以后,当内、外部环境发生变化时,如医疗条件的改善、病情的变化等,我们都可以相应地来增加或减少源、收点和转运点,以及修改容量来及时调整模型。调整模型非常简单,只要在以上两个模型的基础上稍作改动,立即便可得到最优解。比如,病人急剧增加时,可以再增加一个急救中心、两个发烧门诊和一个定点接收医院。此时,只要在图 1 中的网终模型中增加一个源、两个转运、一个收点和相应的弧。在图 2 的电子表格模型 A 列和 B 列中插入增加的弧,在 E 列中插入相应的容量。在 G 列中增添对应的节点。然后,添加对应的约束条件,按照前面的假设(3)、(4)适当修改相应的公式。最后,利用规划求解即可求得最优解。这样我们就可以科学地调动各个部门,有机地配合,采取反应快捷的应急措施。

除了疾病的威胁。各种各样的公共卫生突发事件、自然灾害随时可能在人们无法预料的时候出来肆虐。我们不知道它在什么时候、什么地方发生,但惟一可以做到的,是在灾难发生之前健全我们的应急反应能力,以防万一。以上这一方案同样可以用来应对如地震、火灾、洪灾等突发事件的紧急救援工作。

参考文献:

[1]弗雷德里克·S·希利尔,马克·S·希利尔,杰拉尔德·S·利伯曼.数据、模型与决策[M].任建标译.北京:中国财政经济出版社,2001.

(责任编辑:汪智勇)