

文章编号: 1003-207(2012)05-0083-07

具有时变运输时间的 JIT 系统批量决策

王海英¹, 丁 华², 张翠华¹, 王 冰³, 杨 明²

(1. 东北大学工商管理学院, 辽宁 沈阳 110819; 2. 沈阳化工大学, 辽宁 沈阳 110142;
3. 沈阳大学研究生部, 辽宁 沈阳 110044)

摘 要: 本文的研究对象是由制造商、配送中心和零售商组成的多级供应链系统, 其中零售商要求制造商为其提供短时间间隔、小批量的 JIT 配送。研究内容为在时变运输时间影响下的供应链系统批量决策问题。在实际运输时间数据的基础上建立了时变运输时间的函数, 并以此构建了系统的总成本函数, 并在相关文献研究的基础上采用新的更为有效搜索规则进行了求解。根据求解规则, 采用 ActiveX 自动化技术将 Matlab 的数值计算功能嵌入 Visual Basic 的集成开发环境中, 开发了对应的决策支持系统。最后进行了敏感性分析并提供了低运作成本的决策支持方案。

关键词: 时变运输; JIT; 运输时间; 在途成本; 生产批量

中图分类号: F253.4

文献标识码: A

1 引言

目前制造业中的激烈竞争使 Just-In-Time (JIT) 的配送方式成为了提高企业竞争力的重要途径。在 JIT 系统中, 制造商需要每隔固定的时间间隔为顾客配送小批量、高品质的产品以满足其需求^[1-2]。

相关的文献基本上都假设提供 JIT 服务的供应商与客户在同一地区, 产品只要完成了生产即可以马上按照客户的需求进行 JIT 配送^[3-6]。但是当供应商与客户之间距离很远的情况下, 一般会采用设立中转的配送中心的模式来储存产品并安排配送。葛茂根^[7]针对机械产品总装过程中当物料供应与装配车间之间距离较远时, 通过采用中转库、工位库两级库存的模式来解决 JIT 物料配送问题, 提出了包含运输时间的多目标物料配送模型。当制造商与客户距离很远的情况下, 设立的配送中心与制造商之间的运输时间的变化情况成为影响 JIT 配送决策的因素。有一些关于 JIT 系统的文献研究了考虑常数

运输时间^[8]和随机运输时间的配送模型^[9-11]。

运输时间还可能呈现时变的特征。在运输的过程中, 运输时间可能与运输的时间段密切相关。如在上班高峰期从同一个起点到同一个终点之间所需的时间比深夜所需的时间更多^[12]。还比如在春节、国庆节等时间段进行长途运输, 其运输时间要比平时所需时间长, 会呈现递增或者递减的时变特征^[13-15]。

有些文献研究了时变运输时间对系统决策的影响, 但不是针对 JIT 配送系统进行的研究。这些文献包括: 研究时变运输时间条件下的最短路问题^[12]; 研究时变运输时间条件下多式联运问题^[16-17]; 研究时变条件下的易逝品或者危险品运输问题^[18-19]; 研究基于时变性的应急物流的运输路径选择问题^[20-21]等。

在 JIT 配送系统的相关研究中, Diponegoro^[4]研究了需求呈现递增和递减趋势的情况, 具有时变需求批量的 JIT 配送模型, 设计了一个能够求得每个生产周期成本最低的运算规则, 却无法保证得到整个计划期的成本是最低的。

本文探讨具有时变特征的运输时间对基于 JIT 配送的供应链系统的批量决策的影响。通过建立相应的模型, 基于 Diponegoro^[4]的研究方法进行改进, 设计新的运算规则以保证得到总成本的最优解, 并开发相应的决策支持系统。最后进行敏感性分析并为厂商提供决策支持。

收稿日期: 2011-08-28; 修订日期: 2012-03-19

基金项目: 国家自然科学基金青年项目(71001021, 71001022);
教育部项目基本科研业务费项目青年教师科研启动基金(N100306002)

作者简介: 王海英(1979-), 女(汉族), 辽宁人, 东北大学工商管理学院, 讲师, 研究方向: 供应链系统优化、人机界面设计优化。

2 问题假设和符号定义

本文的研究对象是一个由制造商、配送中心和零售商构成的多级供应链系统(如图 1 所示)。在该系统中,制造商首先订购原材料,形成原材料库存;然后经过产品的生产制造过程,形成产成品库存;产成品经过远距离的运输到达配送中心,其运输过程具有运输时间;配送中心每隔小段时间向客户提供 JIT 模式的补货。系统中包括四种类型的库存成本:原材料库存、产成品库存、在途库存和配送中心库存。

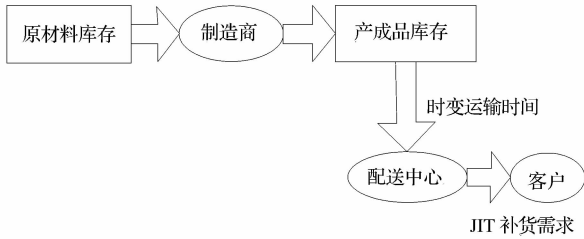


图 1 JIT 补货模式下客户与制造商远距离的模型

在该供应链系统中,制造商和配送中心之间的运输具有时变的运输时间,其中时变运输时间产生时变的在途库存成本。在 JIT 补货模式下,客户的补货周期很短,远远小于运输时间。制造商向配送中心的运输批量包含多个客户需求批量,运输时间的长度也是客户补货间隔时间的倍数。为了研究方便,假设原材料的订购策略是生产一个批次供应一个批次,即 lot-to-lot 模式;系统中不允许缺货。

下列符号将在文中使用,注意下标 j 表示第 j 个生产配送循环($j=1, 2, \dots, M$):

- C_c 固定的原材料补货成本;
- C_m 生产启动成本;
- C_r 固定运输成本;
- h_r 单位原材料库存成本;
- h_m 单位产成品库存成本;
- h_τ 单位在途库存成本;
- h_d 配送中心单位库存成本;
- x 客户需求批量;
- L 客户补货周期,即配送的时间间隔;
- P 生产率;
- r 每生产一单位产成品所需的原材料数量;
- M 计划期内对配送中心运输的总次数,即生产配送循环的次数,为整数变量;

Y 计划期内包含的客户需求批量个数的总和, $Y = \sum_{j=1}^M m_j$

T_j 第 j 个循环的周期长度,为相邻两次运输结束点之间的时间跨度;

T_{mj} 第 j 个循环的生产周期长度;

T_{vj} 对配送中心的第 j 次配送的运输时间长度;

m_j 第 j 次运输的批量所包含的客户需求批量 x 的个数,为整数;

n_j 第 j 次生产配送循环结束时已送达客户的需求批量的个数总和,为整数; $n_j = \sum_{k=1}^{j-1} m_k$

k 表示对客户进行的第 k 次补货, $k=1, 2, \dots, Y$;

T 计划期时间跨度, $T=YL$;

I_{rj} 第 j 个时期的平均原材料库存水平;

I_{mj} 第 j 个时期的产成品平均库存水平;

$I_{\tau j}$ 第 j 个时期平均在途库存水平;

I_{dj} 配送中心的第 j 个时期内的的平均库存水平;

3 模型建立及求解

3.1 总成本函数模型的建立

供应链系统的整个计划期时间跨度为 $T=YL$, 共需满足 Y 次客户需求。在已知客户的需求批量 x 和需求间隔周期 L 的基础上,求解计划期内生产循环次数总和 M 和每次循环内的生产运输批量 m_j ($j=1, 2, \dots, M$)。

系统的总成本包括原材料订购成本、制造启动成本、运输固定成本、原材料持有成本、最终产品库存成本(配送中心库存和产成品库存)以及在途库存成本。首先计算 j 个生产配送循环的总成本,第 j 个时期内的总成本函数如下:

$$TC_j = I_{dj}h_d + I_{mj}h_m + I_{\tau j}h_\tau + I_{rj}h_r + c_m + c_r + c_c \tag{1}$$

为了方便计算各种库存成本,首先计算原材料持有成本、最终产品库存成本以及在途库存成本的函数。

$$I_{dj} = xL + 2xL + \dots + (m_j - 1)xL = \frac{m_j(m_j - 1)}{2}xL \tag{2}$$

$$I_{mj} = \frac{m_j x T_{mj}}{2} = \frac{x^2}{2p} m_j^2 \tag{3}$$

$$I_{\tau j} = m_j x T_{vj} \tag{4}$$

$$I_{rj} = \frac{r m_j x T_{mj}}{2} = \frac{x^2 r}{2p} m_j^2 \tag{5}$$

第 j 个时期内的总成本函数如公式(6)所示:

$$\begin{aligned}
 TC_j &= I_{vj}h_r + I_{mj}h_m + I_{vj}h_\tau + I_{dj}h_d + c_m + c_\tau + c_r \\
 &= \frac{m_j(m_j - 1)}{2}xLh_d + \frac{x^2}{2p}m_j^2h_m + m_jxT_{vj}h_\tau + \\
 &\frac{x^2}{2p}rh_r m_j^2 + c_m + c_\tau + c_r \\
 &= \frac{m_j^2}{2}\left(\frac{(h_m + rh_r)x^2}{p} + xLh_d\right) + m_jx(h_\tau T_{vj} - \\
 &\frac{Lh_d}{2}) + c_m + c_\tau + c_r \tag{6}
 \end{aligned}$$

已知 M 是计划期内包含的循环总数,那么有 $\sum_{j=1}^M m_j = Y$ 。因此, M 个周期的总成本如公式(7)所示。

$$\begin{aligned}
 TC &= \sum_{j=1}^M TC_j \\
 &= \sum_{j=1}^M (I_{vj}h_r + I_{mj}h_m + I_{vj}h_\tau + I_{dj}h_d) + M(c_m + c_\tau + c_r) \\
 &= \frac{pxLh_d + (h_m + rh_r)x^2}{2p} \sum_{j=1}^M m_j^2 + xh_\tau \sum_{j=1}^M m_j T_{vj} \\
 &- \frac{Lh_d}{2}xY + M(c_m + c_\tau + c_r) \tag{7}
 \end{aligned}$$

3.2 运输时间函数的建立

从公式(7)可以看出,总成本函数中所包含的变量为 m_j, M 和 T_{vj} 。 m_j 表示第 j 个时期运输批量所包含的客户需求批量的个数,为整数变量; M 表示计划期内对配送中心运输的总次数,为整数变量; T_{vj} 是第 j 次的运输时间。在运输时间具有时变特征的情况下,运输时间的值是随着时间的变化而变化的。由于计划期内总的运输次数 M 是决策变量,因此运输所处的时期也是变化的。

因为客户的所有需求都必须被满足,所以计划期的总时间跨度 T 是由 Y 个连续的客户补货间隔时间 L 组成,即 $T = YL$ 。已知 k 表示第 k 次客户补货, L 为对客户进行配送的时间间隔,因此 kL 可以代表第 k 次补货所处的时间刻度。由于 L 为常数,所以 k 可以代表计划期内的相对时间刻度。已知运输时间具有时变的特征,即表明运输时间是随着时间的变化而变化的,因此如果知道第 j 次运输所处的时间刻度,就能够建立运输时间与所处时间刻度变量的函数。已知 n_j 表示第 j 次生产配送循环结束时已送达客户的需求批量的个数总和,因此, n_jL 表示第 j 次循环的运输终止时间, $(n_jL - T_{vj})$ 则表示第 j 次循环的运输起始时间。若建立 $(n_jL - T_{vj})$ 与 T_{vj} 之间的函数关系,则计算起来较为复杂。为了研究方便,用第 j 次循环的运输终止时间 n_jL 表

示第 j 次循环所处的时间刻度。其中 L 为常数,因此建立运输时间 T_{vj} 和 n_j 之间的函数关系。

表 1 实际运作中的运输时间数据

n_j	运输时间(月)	n_j	运输时间(月)
1	0.23	16	0.42
2	0.26	17	0.54
3	0.26	18	0.61
4	0.28	19	0.68
5	0.30	20	0.54
6	0.30	21	0.77
7	0.28	22	0.70
8	0.37	23	0.79
9	0.27	24	0.68
10	0.35	25	0.82
11	0.42	26	0.91
12	0.38	27	0.82
13	0.33	28	0.68
14	0.28	29	0.96
15	0.49	30	1.03

根据国内某大型酒类企业运输部门的铁路运输数据,采用回归分析的方法对多组数据进行分析(见表 1),得出时变运输时间数据与多项式函数的拟合程度最高(偏差 $R^2 = 0.9047$)。因此,建立函数 $T_{vj}(n_j) = an_j^2 + bn_j + c$ 。 a, b, c 为参数值。其中参数 a 的值为函数的二阶导数,它代表了运输时间的变化速度。如果 $a > 0$,那么表示运输时间是递增的,同时表明运输时间是加速变化的;如果 $a < 0$,那么表示运输时间是递减的,同时表明运输时间是减速变化的。

3.3 包含运输函数的总成本函数

基于运输时间的函数形式,得出第 j 期的在途库存成本函数如下:

$$\begin{aligned}
 I_{vj} &= \sum_{j=1}^M I_{vj}h_\tau \\
 &= \sum_{j=1}^M m_j x h_\tau (an_j^2 + bn_j + c) \\
 &= axh_\tau \sum_{j=1}^M m_j \left(\sum_{k < j} m_k\right)^2 + bxh_\tau \sum_{j=1}^M m_j \sum_{k=1}^{j-1} m_k + cxh_\tau Y \\
 &= \frac{axh_\tau}{3} \left(\left(\sum_{j=1}^M m_j\right)^3 - \sum_{j=1}^M m_j^3 - 3 \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^{j-1} m_j^2 m_k\right) \\
 &+ bxh_\tau \sum_{j=1}^M m_j \sum_{k=1}^{j-1} m_k + cxh_\tau Y \tag{8}
 \end{aligned}$$

因此,得出计划期内的总成本函数如公式(9)所示。

$$TC = \frac{axh_\tau}{3} \left(\left(\sum_{j=1}^M m_j\right)^3 - \sum_{j=1}^M m_j^3\right)$$

$$\begin{aligned}
& -3 \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^{j-1} m_j^2 m_k \\
& + \frac{pxLh_d + (h_m + rh_r)x^2}{2p} \sum_{j=1}^M m_j^2 \\
& + bxh_r \sum_{j=1}^M m_j \sum_{k=1}^{j-1} m_k + (ch_r - \frac{Lh_d}{2})xY \\
& + M(c_m + c_r + c_d) \tag{9}
\end{aligned}$$

其中, $0 < M < Y$, 且为整数; $m_j > 0$, 且 m_j 是整数 $j = 1, 2, \dots, M$ 。

3.4 模型求解

从公式(9)可以看出, 运输时间为多项式函数时, 总成本函数是含有决策变量 M 和 $m_j (j = 1, 2, \dots, M)$ 的多项式函数。Diponegoro^[4] 描述了一个与该目标函数相似的模型, 解决的是 JIT 补货模式下的具有趋势变化需求量的供应链系统批量决策问题。此文献模型中的目标函数也是包含 M 和 m_j 的多项式函数。Diponegoro 设计了一个能够求得每个生产周期成本最低的运算规则, 在给定的计划期内, 从第一个周期搜索至最后一个周期。这种方法能够保证每个周期内的成本最小, 却无法保证得到整个计划期的成本是最低的。因此, 本文设计了一个新的运算规则, 可以保证得到总成本的局部最优解。

总成本函数的决策变量是 M 和 $m_j (j = 1, 2, \dots, M)$ 。经过大量的数据实验发现, 该目标函数的凸凹性是不确定的, 随着参数值的变化而变化。当 M 值确定, 即给定整个计划期的生产运输批次的情况下, 可以通过 Matlab 函数 fmincon 获得相应的最小成本值 $TC(M)$ 和相应的最优 $m_j (j = 1, 2, \dots, M)$ 值。数据实验的结果表明, 随着 M 值的增加, 相应最低成本 $TC(M)$ 值呈现先下降后增加的变化规律, 即总成本函数 $TC(M)$ 是随着 M 值单峰变化的。基于大量现场数据的实验结果, 多数情况均符合此种变化趋势, 但无法证明所有的参数条件下都符合这种变化规律。

基于以上分析, 本文设计了一个新的搜索规则, 即从 M 的可能最小值开始, 直至相应的最低成本 $TC(M)$ 值由递减变为递增。如果总成本函数 $TC(M)$ 是随着 M 值单峰变化的, 按照此搜索规则就获得了全局最优解; 否则就获得了局部最优解。

根据此规律, 设计求解的计算规则, 并用 Matlab 进行编程, 具体计算步骤如下:

第一步: 初始化参数值 $a, b, c, C_r, C_h, C_m, h_r, h_c, h_m, h_d, p, x, L, Y, r$ 。设置 $j = 1, M = 1, TC^0 =$

INF。

第二步: 设 $m_j = (m_j(1), m_j(2), \dots, m_j(M))$, 使用 Matlab 函数 fmincon 计算 m_j 的值, 并获得相应的成本值 TC_j 。如果 $TC_j \leq TC^0$ 且 $m_j \leq Y$, 那么设 $TC^0 = TC_j, j = j + 1, M = M + 1$, 重复此步骤, 否则设 $m^* = m_j, M = M^*$ 且 $TC^* = TC_j$ 。

第三步: 如果 m^* 不是整数, 那么使用 matlab 中的取整函数 round(), 设 $B = \text{round}(m^*)$, 且 $w = Y - M^* \text{sum}(B)$, 得出 $m^{**} = (\text{round}(m^*(1)), \dots, \text{round}(m^*(Y-w)), \text{round}(m^*(Y-w+1)), \dots, \text{round}(m^*(M)))$

第四步: 根据总成本公式(9)计算总成本值。

3.5 决策支持系统的设计与开发

为了便于研究方法的应用, 结合 Visual Basic 的界面设计功能和 Matlab 的计算功能, 开发了同时具有良好的界面和后台运算功能的决策支持系统。具有时变运输时间的 JIT 配送系统决策支持系统采用 ActiveX 自动化技术将 Matlab 的数值计算功能嵌入 Visual Basic 的集成开发环境中使用。具体的系统设计如下:

- (1) 采用 VB 设计程序的界面接口, 方便用户进行参数的设置、运算的进行和结果的显示;
- (2) 采用 Matlab 进行数学运算, 生成 *.m 文件;
- (3) 采用 GetFullMatrix() 函数向 *.m 文件传递用户输入的参数设置;
- (4) 采用 Function Exectue() 执行 *.m 文件;
- (5) 采用 Sub Put FullMatrix() 函数将 *.m 文件的运行结果显示在系统的界面上。

具有时变运输时间的 JIT 配送系统决策支持系统(如图 2 所示)包括软件介绍、参数设置和决策分析等主要功能。其运行过程如下:

第一步: 根据企业的实际情况, 点击界面中的“参数设置”按钮。在初始化界面中设置包括原材料订购成本、生产启动成本、需求批量、需求间隔等所有的参数值, 如图 2 所示。

第二步: 参数设置好之后, 点击界面中的“决策分析”按钮, 将调用 matlab 运行文件, 并将系统的运行结果将显示在图 3 所示的界面上。

4 算例及敏感性分析

4.1 算例分析

在运输时间具有时变特征的情况下, 参数 a 的正负取值可能对系统的决策有不同的影响。因此本

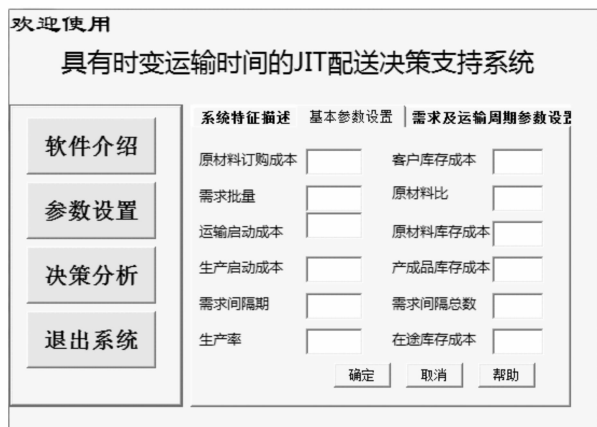


图 2 基本参数设置界面

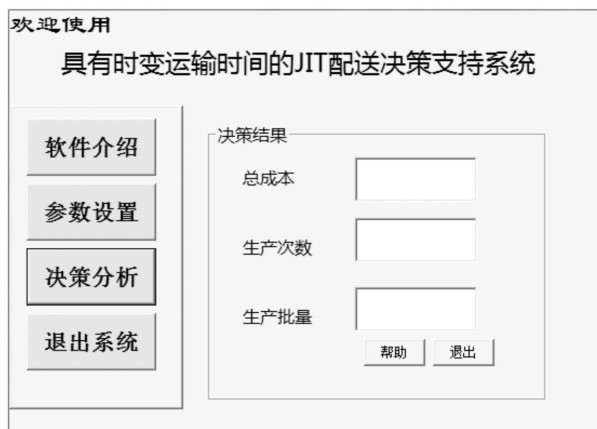


图 3 决策分析结果显示

文对参数 a 分别取正值和负值,以观察不同情况下的系统变化。

本文的参数设置是基于企业的实际数据统计分析获得的: $C_c = 150$ /次, $C_h = 300$ /次, $C_m = 150$ /次, $h_d = 9$ 元/单位/月, $h_r = 9.5$ 元/单位/月, $h_m = 8.5$ 元/单位/月, $h_r = 9$ 元/单位/月, $p = 2000$, $x = 20$ 单位, $L = 1$ 天 = 0.03 月, $Y = 30$, $r = 1$ 。

算例 1:根据表格 1 中的运输时间的数据分析结果,得出 $a = 0.0006$, $b = 0.0089$, $c = 0.2147$ 。依据模型的求解步骤,得出 $M^* = 4$, $m^* = (7, 7, 8, 8)$, $TC^* = 9520.2$ 元。

算例 2:根据运输时间的数据分析结果,假设 $a = -0.0006$, $b = 0.0089$, $c = 0.2147$ 。同样按照模型的求解方法,得出 $M^* = 5$, $m^* = (7, 6, 6, 6, 5)$, $TC^* = 7097.7$ 元。

根据以上计算显示的结果,得出如下结论:

(1) 如果参数 a 大于零,这表明运输时间函数的一阶导数和二阶导数均大于零。此种情况下,运输时间呈递增趋势,且各期增加的速度越来越快,变

化趋势很不稳定。此时对应的最优决策方案是相应的增加各个时期的生产运输批量。对于实际运作中的企业,如果其面临递增变化的时变运输时间,且变化很不稳定的,应当相应的增加各个时期的生产运输批量,以确保获得低的运作成本。

(2) 如果参数 a 小于零,这表明运输时间函数的一阶导数和二阶导数均小于零。此种情况下,运输时间呈递减趋势,且各期减少的速度越来越慢,变化趋势不稳定。此时对应的最优决策方案是相应地增加各个时期的生产运输批量。对于实际运作中的企业,如果其面临递减变化的时变运输时间,且变化很不稳定,应当相应的减少各个时期的生产运输批量,以确保获得低的运作成本。

4.2 敏感性分析

敏感性分析旨在分析给定参数的变化对系统的影响,尤其是观察其变化对总成本的影响,由此为企业的经营运作和基本参数控制提供参考。本文的敏感性分析主要针对参数 a, h_r, x, L 进行。

表 2 显示了各参数增减变化对系统成本和生产循环总数的影响结果。其各自变化的趋势和物理意义如下:

(1) 运输时间函数的二阶导数:参数 a 为函数的二阶导数,其物理含义是运输时间波动的幅度。从表 2 可以看出,如果 a 增加,系统总成本将增加,同时最优生产循环总数将减少,反之亦然。这表示运输时间波动越剧烈,系统成本增加越多;同时为了节约总成本,企业的经营决策应选择减少决策期内的生产循环总数。

表 2 参数变化对系统成本和生产循环周期的影响

参数变化		M	TC
a	+50%	-11.1%	+25.7%
	-50%	+11.1%	-24.7%
x	+50%	+33.3%	+47.6%
	-50%	-33.3%	-46.7%
L	+50%	0.0%	+12.9%
	-50%	0.0%	-5.1%
h _r	+50%	-11.1%	+23.6%
	-50%	+11.1%	-23.0%

(2) 单位在途库存成本:如果单位在途库存成本增加,生产循环的总数将减少,同时总成本增加,反之亦然。单位在途库存成本的大小与产品的价值直接相关,产品价值越高,单位在途库存成本越大,反之亦然。这表明企业经营的产品价值越高,由于时变运输时间的影响而增加的系统成本越多。这与

企业的实际运作情况是相符合的,产品的价值越高,资金的积压程度越高,那么企业的成本也越高。在此种情况下,企业应当通过减少计划期内总的生产运输的循环次数,增加每次循环的批量,以期获得低的运作方案。

(3) 客户需求批量: 参数 x 表示每隔固定的间隔时间送往客户的需求批量。通过敏感性分析发现,如果 x 增加,生产循环的数目和相应的总成本都增加。这表明: 当客户需求批量增加的时候,为了降低运作成本,应当增加计划周期内的生产循环次数。在实际的运作中,客户应当适度减少每次需求批量,以获得较低运作成本。

(4) 客户补货周期: 通过敏感性分析可知如果 L 增加或者减少,生产循环的数目和总成本都相应的增加或者减少,但是变化不大。这表明客户补货周期对系统的影响不大。

5 结语

本文的模型适用于对客户进行 JIT 补货的供应链系统中当制造商与客户之间距离较远,通过设立配送中心来满足客户的补货需求的情况。其中,制造商和配送中心之间的运输过程具有时变运输时间的特征。本文在客户需求批量和补货周期确定的情况下,建立了生产批量和运输批量为决策变量的目标函数,其中的决策变量是以客户需求批量的整数倍数来表达的。因此,目标函数是含有整数变量的数学规划问题。通过建立运输时间值和时间刻度变量之间的关系,构建了运输时间为多项式函数的总成本目标函数,并在 Diponegoro^[4] 研究的基础上,设计了一个能够求得局部最优解的新的求解规则。最后通过采用 ActiveX 自动化技术将 Matlab 的数值计算功能嵌入 Visual Basic 的集成开发环境中开发了决策支持系统。

基于算例和敏感性分析,得出运输时间的波动程度直接影响企业的总体运作成本,运输时间波动性越大,企业的运作成本越高。在实际的应用中,同样条件下,企业应尽量选择运输时间波动性较小的运输方式。同时,在实际的运作中,如果面临的运输时间波动性越大,越应当减少决策期内的生产循环总数,增加每次生产循环的生产数量,以获得低的运作成本。此外,企业经营的产品价值越高,受时变运输时间的影响而增加的系统成本越多,在此种情况下,企业应当通过减少计划期内总的生产运输的循环次数,增加每次循环的批量,以期获得低成本

的运作方案。

参考文献:

- [1] Gupta Y P. A feasibility study of JIT purchasing implementation in a manufacturing facility[J]. International Journal of Operations & Production, 1990, 20(1): 31—41.
- [2] Golhar D Y, Sarker B R. Economic manufacturing quantity in a just-in-time delivery system[J]. International Journal of Production Research, 1992, 30(5): 961—972.
- [3] Sarker R A, Khan L R. Optimal batch size for a production system operating under periodic delivery policy[J]. Compute Engineering, 1999, 37(4): 711—730.
- [4] Diponegoro A, Sarker B R. Determining manufacturing batch sizes for a lumpy delivery system with trend demand. International Journal of Production Economics, 2002, 77(2): 131—143.
- [5] Nie Lanshun, Xu Xiaofe, Zhan Dechen. Incorporating transportation costs into JIT lot splitting decisions for coordinated supply chains[J]. Journal of Advanced Manufacturing Systems, 2006, 5(1): 111—121.
- [6] Hans S, Ibrahim R N, Lochert P B. Joint economic lot size in distribution system with multiple shipment policy [J]. International Journal of Production Economics, 2006, 102(2): 302—316.
- [7] 葛茂根, 刘明周, 钱芳, 等. 基于 JIT 的多目标总装准时物流配送方法研究[J]. 中国机械工程, 2011, 23: 2833—2838
- [8] 周欣, 霍佳震. 随机提前期下考虑循环取货的最优采购策略[J]. 系统管理学报, 2011, 20(3): 287—295.
- [9] 曹武军, 胡于进, 李成刚, 等. 精益方式下考虑提前期的制造商发货问题[J]. 华中科技大学学报(自然科学版), 2006, 34(12): 111—113.
- [10] Caramanis C, Anli O M. Dynamic lead time modeling for JIT production planning[J]. Proceedings-IEEE International Conference on Robotics and Automation, 1999, 2: 1450—1455.
- [11] Chiul H N, Huang H L. A multi-echelon integrated JIT inventory model using the time buffer and emergency borrowing policies to deal with random delivery lead times[J]. International Journal of Production Research, 2003, 41(13): 2911—2931.
- [12] 魏航. 时变条件下允许等待的最短路问题[J]. 系统管理学报, 2008, 17(1): 99—109.
- [13] 翟学魂. 假日运输之供应链[J]. 中国储运, 2008, (1): 52—53.
- [14] 李静宇. 时变物流的供应链[J]. 中国储运, 2008, (1): 48—49.
- [15] 张潮顺. “假日经济”中物流系统的规划问题[J]. 现代家电, 2008, (1): 25—26.
- [16] 魏航, 李军, 蒲云. 时变网络下多式联运的最短路径

- 问题研究[J]. 系统工程学报, 2007, 22(2): 205-209.
- [17] 魏航, 李军, 刘凝子. 一种求解时变网络下多式联运最短路的算法[J]. 中国管理科学, 2006, 14(4): 58-63.
- [18] 王莺, 张治国, 刘成华. 时变条件下易逝品运输的路径选择[J]. 统计与决策, 2009, 10: 26-27.
- [19] 魏宝红. 时变条件下标号法在危险货物运输路线选择中的应用[J]. 价值工程, 2010, 28: 13-15.
- [20] 林建新, 韦献兰, 吴海燕, 等. 基于 S- 曲线的时变交通应急疏散需求预测[J]. 交通信息与安全, 2009, 3, (27): 92-96.
- [21] 蔡鉴明, 李夏苗, 杨光华. 基于时变性和可靠性的地震灾害应急物流运输路径选择[J]. 铁道科学与工程学报, 2011, 8(5): 101-106.

Lot Sizing Problem in a JIT System with Time-Varying Delivery

WANG Hai-ying¹, DING Hua², ZHANG Cui-hua¹, WANG Bing³, YANG Ming²

(1. School of Business Administration, Northeastern University, Shenyang 110004, China;

2. Shenyang University of Chemical Technology, Shenyang 110142, China;

3. Graduate School, Shenyang University, Shenyang 110044, China)

Abstract: A serial supply chain which consists of a raw material supplier, a manufacturer, a distribution center and a retailer is considered in this paper. Time-varying delivery is in the presence between manufacturer facility and the retailer warehouse in the supply chain. Delivery time function is developed based on practical data analysis. The total cost model is derived and a new search algorithm is established. The corresponding Decision Support System is developed by using Active X technology to embed matlab in visual basic. Finally, sensitivity analysis is made to help decision makers achieve a lower total cost in practice.

Key words: time-varying delivery; JIT; delivery time; cost in transit; production batch size