



# 交货期协商器及其滚动式生产计划方法<sup>1)</sup>

汪定伟

(东北大学信息科学与工程学院 沈阳 110006)

**摘要** 为支持制造企业与客户对订单交货期的谈判,提出交货期协商器的概念和数学模型.其主要特点有:生产计划由订单触发滚动式进行;客户可以对订货的交货期进行讨价还价;为适应制造资源的不确定性采用了模糊优化的方法.应用于某家具厂实例计算,取得了满意的结果.

**关键词** 交货期确定,生产计划,模糊优化.

## 1 交货期的确定与协商过程

交货期协商器(Due-Date Bargainer, DDB)是为面向订货生产的计算机集成制造系统设计的一种软件包<sup>[1]</sup>.它采用订货触发的滚动式计划方式<sup>[2]</sup>,将确定交货期和制订生产计划这两个分离的管理过程结合在一起<sup>[3]</sup>.

DDB 操作过程如下:

第1步. 输入当天到达的客户订单;

第2步. 用 DDB 编制增加新订单后的生产计划,将计划完工日期作为厂家可保证的交货期返给客户商议;

第3步. 如客户不满意厂家的交货期,可要求厂家安排加班;

第4步. 在安排加班的前提下,重编生产计划,加班费将作为附加价格要求客户支付,所得交货期再次返给客户商议;

第5步. 如果客户对交货期仍不满意,可提出他可接受的最迟期限;

第6步. 在客户要求的期限下再用 DDB 重编生产计划,由此引起的其他客户的拖期惩罚将作为附加价格由该客户支付;

第7步. 如客户嫌附加价格过高,可以放松期限,重新计算;如此反复,直到客户满意为止.

以上过程,实质上是订货触发的、滚动式的、人机交互地编制生产计划的过程.确定的交货期本质上就是客户和厂家都能接受的计划生产完工期.

DDB 由订单管理、制造资源管理、物料单管理和交货期确定四部分构成,它可以作为

1)国家自然科学基金、国家“八六三”计划和国家教委回国人员基金共同资助课题.

普通 MRP- II 软件中相应功能模块的替代<sup>[3]</sup>.

## 2 模糊的交货期确定模型及算法

交货期确定是生产调度理论中的一个重要问题<sup>[4]</sup>. 在考虑多种资源约束的前提下, 交货期确定问题可描述如下.

设某面向订货生产的厂家接到  $n$  份订单, 新订单的集合  $N = \{1, 2, \dots, n\}$ . 对于订单  $i \in N$ , 订货总额为  $w_i$ , 客户初步要求交货期为  $d_i$ . 厂家有  $m$  种制造资源, 资源  $j$  第  $t$  日的可用量为  $r_j(t)$ ,  $j = 1, 2, \dots, m$ . 订单  $i$  对于资源  $j$  的需求是时间  $t$  和其计划完工期  $x_i$  的函数,  $q_{ij}(t, x_i)$  可以根据物料单中的提前期和资源消耗系数计算. 其一般形式如图1所示.

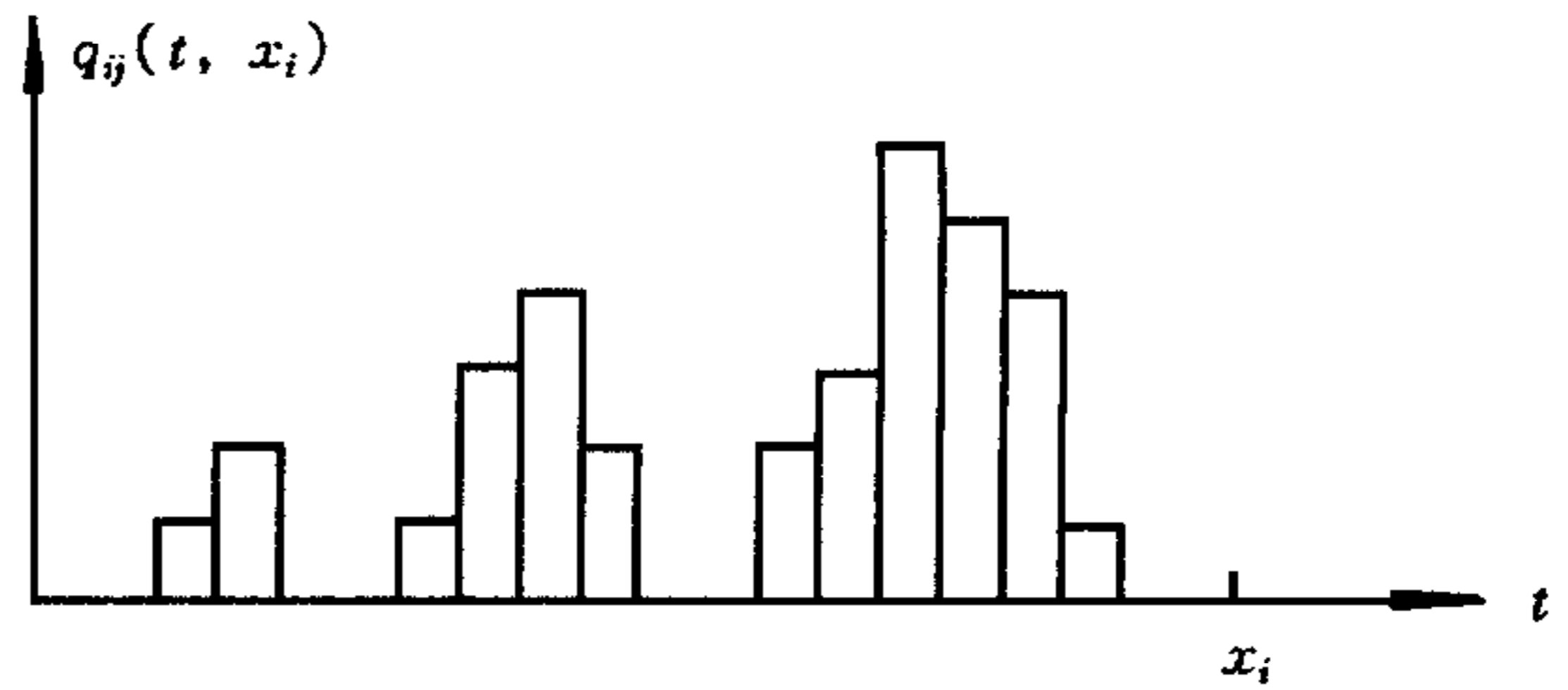


图1 订单的资源需求函数

为使计划完工期尽可能接近客户要求, 采用按订单总额加权的绝对偏差最小的提前/拖期目标函数<sup>[5]</sup>, 问题的模型为

$$\min_x F(x) = \sum_{i=1}^n w_i |x_i - d_i|, \tag{1}$$

$$(CP) \quad \text{s. t.} \quad \sum_{i=1}^n q_{ij}(t, x_i) \leq r_j(t), \quad j = 1, 2, \dots, m, \quad t = 1, 2, \dots, T, \tag{2}$$

$$x_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n. \tag{3}$$

设规划(CP)的最优解为  $x^*$ , 当客户要求加班时, 未提出精确的交货期, 同时加班生产又使制造资源成为模糊的. 为描述这两个因素的模糊性, 设资源  $j$  的最大可能加班量为  $v_j(t)$ , 则  $t$  时刻资源  $j$  能满足需求  $Q$  的模糊集  $\tilde{r}_j(t)$  的隶属函数为<sup>[6]</sup>

$$\mu_{\tilde{r}_j(t)}(Q) = \begin{cases} 0, & r_j(t) + v_j(t) < Q, \\ 1 - (Q - r_j(t))/v_j(t), & r_j(t) < Q \leq r_j(t) + v_j(t), \\ 1, & 0 < Q \leq r_j(t). \end{cases} \tag{4}$$

客户要求加班时的交货期可用模糊集  $\tilde{d}_i$  表示, 其隶属函数为

$$\mu_{\tilde{d}_i}(x) = \begin{cases} 0, & \text{其他,} \\ 1 - (x - d_i)/(x_i^* - d_i), & d_i \leq x < x_i^*. \end{cases} \tag{5}$$

计划的目标是尽可能增加客户的满意度, 同时又尽可能不加班. 这样, 问题可表示为以下模糊规划<sup>[6]</sup>:

$$\max_y \lambda, \tag{6}$$

$$(FP) \quad \text{s. t.} \quad \mu_{\tilde{d}_i}(y_i) \geq \lambda, \quad i = 1, 2, \dots, n, \tag{7}$$

$$\mu_{\tilde{r}_j(t)}(Q_j(t, y)) \geq \lambda, \quad j = 1, 2, \dots, m, \quad t = 1, 2, \dots, T, \tag{8}$$

$$y_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad 0 \leq \lambda \leq 1. \tag{9}$$

设规划(FP)的最优解为  $y^*$  和  $\lambda^*$ . 如果客户  $s$  仍不满意, 可以提出他所要求的最迟期限  $b_s$ . 这样势必引起其他客户(包括已排入计划但未投产的订单的客户)的订货拖期. 由此引起

的拖期惩罚应由该客户支付.

设已排入计划待投产的订单集为  $N' = \{n+1, n+2, \dots, n+n'\}$ . 订单  $i \in N \cup N'$  的拖期惩罚价格为  $\alpha_i$ , 则模型为

$$\min P(z) = \sum_{\substack{i \in N \cup N' \\ i \neq s}} \alpha_i \max\{0, z_i - y_i^*\}, \tag{10}$$

$$\text{s. t. } \mu_{r_j(t)}(Q_j(t, z)) \geq \lambda^*, \quad j = 1, 2, \dots, m, \quad t = 1, 2, \dots, T, \tag{11}$$

$$z_s = b_s, \tag{12}$$

$$z_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n + n'. \tag{13}$$

由于各订单对资源需求函数的复杂性, 以上三个模型都很难用一般数学规划算法求解. 考虑到分枝定界法能保证最优性, 且没有收敛性问题, 可以采用模糊分枝定界算法. 限于篇幅, 具体的算法步骤不在此展开. 以上三个算法及 DDB 软件均已在计算机上实现.

### 3 计算举例

本文提出的 DDB 是以美国北卡罗来纳州某家俱制造公司的经营环境为背景开发的. 所有产品及制造资源数据均来自该公司. 客户及订单是虚拟的.

设该公司某日收到4份订单, 分别订购该公司的8种产品, 订购量、订单总额及要求的交货期如表1所示.

表1 订单情况

客户\产品	1	2	3	4	5	6	7	8	订单总额	交货期
A			100	80	80				\$ 16800	109
B					50	80	100		\$ 17500	103
C		50		80	50				\$ 14500	106
D	100							100	\$ 14000	105

首先用 CP 模型求得厂家提出的交货期. 客户不满意, 要求安排加班. 用 FB 模型再次计算求得. 客户 A 仍不满意, 提出期限为第110天前交货. 用 BP 模型计算后, 要求 A 支付

402美元. A 嫌附加费过高, 愿将期限放松至第116日前, 再次计算后, 要求 A 支付269美元附加费. 客户 A 接受了这个价格. 计算结果见表2.

表2 DDB 的计算结果

集合	客户	$d$ (用户要求的交货期)	$x$ (企业不加班的完工期)	$y$ (企业安排加班的完工期)	$z$ (用户 A 要求提前后的完工期)
N	A	109	136	120	116
	B	103	103	103	103
	C	106	108	106	112
	D	105	105	105	108
N'	E	100		100	100
	F	103		103	103

### 4 结 论

交货期协商器将面向订货生产企业的交货期确定与生产计划两个过程合二为一, 并让客户直接参与企业的计划编制过程, 这对企业更好地面向市场有重要的意义. 由于分枝

定界法计算速度较慢,DDB 目前还不能适于大型问题的求解,这将是今后进一步研究的课题.

**致谢** 感谢美国北卡罗来纳州立大学的 T J Hodgson 教授和 S C Fang 教授的支持和帮助!

### 参 考 文 献

- 1 Wang Dingwei, Hodgson T J, Fang S C. A due-date Bargainer for make-to-order manufacturing systems. In: North Carolina State University Technical Report, 1994, OR-299: 1—19
- 2 Davis W J, Thompson S D. Production planning and control hierarchy using a generic controller. *IIE Transactions*, 1993, **25**(1): 26—45
- 3 Wight O. Manufacturing Resource Planning :MRP- I . New York: Oliver Wight Publications, 1981
- 4 Cheng T C E, Gupta M C. Survey of scheduling research involving due-date determination decision. *Eur. J. Operational Research*, 1989, **38**(2): 156—166
- 5 Wang Dingwei. Earliness/Tardiness production planning approaches for manufacturing systems. *Computer & Industrial Engineering*, 1995, **28**(3): 425—436
- 6 Lai Y J, Hwang C L. Fuzzy Mathematical Programming. Berlin: Springer-Verlag, 1992

## DUE-DATE BARGAINER WITH ROLLING HORIZON PRODUCTION PLANNING METHOD

WANG DINGWEI

(Institute of Information Science and Engineering, Northeastern University, Shenyang 110006)

**Abstract** To support the negotiation on order due-date between manufacturers and their customers, we propose the concept and model of due-date bargainer. It has the following features: the production planning with rolling horizon is triggered by order coming; customers can bargain the due-date; and fuzzy optimization method is used to suit the non-deterministic manufacturing resources. The satisfactory results have been achieved from the application of a furniture manufacturer.

**Key words** Due-date assignment, production planning, fuzzy optimization.