

DOI:10.13196/j.cims.2016.03.025

完全自产情境下的推拉组合式生产链协同规划

吴继兰, 邵志芳⁺, 韩景侗, 李 丹

(上海财经大学 信息管理与工程学院, 上海 200433)

摘要:为研究推式策略、拉式策略、推拉组合式生产策略下的生产链协同规划问题, 构建了完全自产情境下的生产链多厂规划数学模型。分析了完全自产情境下的规划模型, 并探究了初始化方法对模型求解结果的影响。采用某液晶面板生产企业的实际数据, 通过粒子群算法对模型进行求解, 并与线性规划法求得的结果进行比较, 验证了智能算法的有效性。根据可外购情境和完全自产情境下的模型结果比较分析, 认为完全自产情境下的模型可计算订单的最大允诺量、识别产能瓶颈, 对现实企业生产管理具有重要意义。

关键词:生产链协同规划; 推拉组合式生产策略; 粒子群算法; 液晶面板

中图分类号: N945 **文献标识码:** A

Collaborative planning of push and pull production chain under self-producing situation

WU Jilan, SHAO Zhifang⁺, HAN Jingti, LI Dan

(School of Information Management and Engineering, Shanghai University of Finance and Economics, Shanghai 200433, China)

Abstract: To research the production chain collaborative planning problem under the push strategy, pull strategy, push and pull combined production strategy, the production chain multi-site planning mathematical model under completely self-produced context was constructed. The planning model under completely self-produced context was analyzed, and the influence of initialization method on model solution was discussed. Meanwhile, the model was solved through particle swarm optimization algorithm based on the actual data of a LCD panel production enterprise, and the validity of intelligent algorithm was proved according the comparison with linear programming method. According to the comparison analysis between outsourcing situation and completely self-produced context model, the maximum order to promise could be calculated by “completely self-produced situation” model, and the capacity bottlenecks could be recognized, which had important significance for the enterprise production management.

Keywords: production chain co-planning; push and pull production strategy; particle swarm optimization algorithm; liquid crystal display panel

0 引言

随着生产分工与自由贸易的发展, 生产链已成为一种普遍的经济组织模式。所谓生产链是指生产活动依靠不同技术投入, 并由交通、通讯加以串联,

通过企业组织的协调、合作与控制而形成的一个完整生产系统。液晶面板薄膜液晶显示器 (Thin Film Transistor Liquid Crystal Display, TFT-LCD) 是典型的生产链制造环境, 原料经列阵 (array)、组立 (cell) 和模组 (module) 三大加工过程后成为最终产

收稿日期: 2015-07-01; 修订日期: 2015-10-27。Received 01 July 2015; accepted 27 Oct. 2015.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (71271126, 71171126); 教育部博士点专项科研基金资助项目 (20120078110002); 上海市自然科学基金资助项目 (12ZR1409800); 国家 863 计划资助项目 (2014AA052501)。**Foundation items:** Project supported by the National Natural Science Foundation, China (No. 71271126, 71171126), the Research Fund of the Doctoral Program of Ministry of Education, China (No. 20120078110002), the Shanghai Natural Science Foundation, China (No. 12ZR1409800), and the National High Tech. R&D Program, China (No. 2014AA052501).

品。近年来,随着液晶面板的蓬勃发展,不少学者对液晶面板生产的协同规划与生产策略进行了研究。Jeong 建立了多阶多厂的 TFT-LCD 可允诺量(Available-to-Promise, ATP)模型,预测订单的配送时间,并提出产能允诺量模型(Capacity of Available-to-Promise, CATP)用以计算各个工厂的剩余产能^[4];Yin-Yann Chen 将供应链网络计划(Strategic Network Planning, SNP)与主生产计划(Master Production Schedule, MPS)引入多阶多厂的生产链建模中,并通过线性规划法与粒子群算法进行求解^[5]。从生产策略的角度来看,陈恩齐^[6]假设 array 与 cell 均为面向库存生产(Make to Stock, MTS)模式,提出一套基于模拟的参数化订单分配法则与改良型规划与排程方法,但没有考虑厂与厂之间的运输问题与订单的重新规划排程问题;Lin 等^[1]所提的模型仅考虑了推式生产(MTS),即完全按照 module 阶段各个工厂的预测需求量向前推进来安排生产。在研究已有文献的基础上,本文以成本最小化为目标,考虑最大运输量、库存成本、产能约束、订单不可分割限制等条件,建立了“完全自产情境”下的生产链多厂规划数学模型,并与“可外购情境”^[7]下的模型进行比较分析。

1 研究问题描述

液晶面板是液晶显示器(电脑、电视、相机和手机等)使用的核心构件,经 array、cell 和 module 三大加工过程而成为最终产品。一般地,array 和 cell 两个阶段的设备非常昂贵,折旧费用高,且产品只有尺寸和厚度的差别,为确保设备的高使用率,一般采用 MTS 方式即推式(push)生产策略^[8]。除尺寸外,产品的很多个性化需求产生于 module 阶段,通常是等顾客订单进来后再依据订单组织生产,称作面向订单(Make to Order, MTO)即拉式(pull)生产策略^[9],如图 1 所示。由于生产策略的差别、信息的滞后性以及生产链的牛鞭效应,导致企业在控制库存、订单完成和个性化生产方面的表现不能令人满意。

文献^[7]对可外购情境下的推拉结合式生产链协同规划问题进行了研究,假设在每个阶段的生产过程中均可以进行外购且无外购数量限制。本文在考虑每个阶段无外购数量、全部自产的情况下,分析完全自产情境下基于不同生产策略的生产链协同规划,并计算订单的最大允诺量;采用杂交粒子群算法

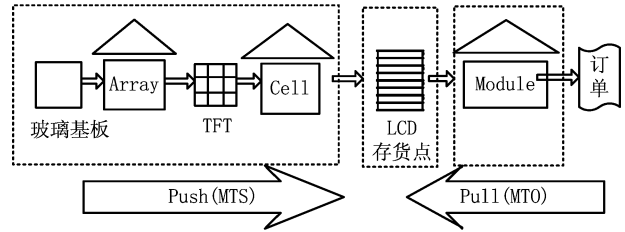


图1 TFT-LCD生产过程示意图

与线性规划软件求解协同优化模型,并对结果进行对比分析。同时,对完全自产情境与可外购情境下的协同优化结果进行对比分析。

假设所研究的问题满足以下条件:

- (1)不考虑物料方面的限制;
- (2)array 与 cell 之间没有库存(实际生产过程亦如此),array 生产完后立即运送到 cell 阶段,只产生运输成本;
- (3)订单不可分割至不同工厂生产;
- (4)不考虑等级限制并指定工厂限制。

2 模型构建

根据上述液晶面板生产模式的分析及假设,本部分拟构建其生产规划模型如下:

2.1 符号说明

(1)标注

p 为产品编号, $p=1\sim P$;

s 为阶段编号, $s=1, 2, 3$ 分别表示 array, cell, module 三个阶段;

f^s 为工厂编号, $f^s=1\sim F^s, s=1, 2, 3$, 其中 F^s 是一个正整数,表示 s 阶段内的工厂个数;

t 为时间编号, $t:1\sim T$, 单位为月。

(2)输入变量

$D_{s,ip}$ ($s=2, 3$) 为产品预测/需求量;

$W_{if^s p}$ 为库存量,假设规划的初始库存为 0;

$R_{if^s p}$ ($s=1, 2, 3$) 为良品率;

$EQ_{if^s p}$ ($s=1, 2, 3$) 为所需的产能;

Q_{max,if^s} ($s=1, 2, 3$) 为最大产能;

Q_{min,if^s} ($s=1, 2, 3$) 为最小开工产能;

$C_{if^s p}$ ($s=1, 2, 3$) 为单位变动成本;

$F_{if^s p}$ ($s=1, 2, 3$) 为设置成本;

$K_{if^s p}$ ($s=1, 2, 3$) 为物料成本;

$SC_{if^s p}$ ($s=2$) 为单位库存成本;

$PC_{if^s p}$ ($s=2, 3$) 为订单外购成本;

$PC2_{if^s p}$ 为 cell 阶段的缺货惩罚成本;

PC_{ip} 为 module 阶段的缺货惩罚成本;

$TFU_{t f^s p}$ 为不同阶段的产品单位转换率;

$TC_{t f^s f^{s+1} p}$ ($s=1,2$) 为单位运输成本。

(3) 决策变量

$X_{t f^s p}$ ($s=1,2,3$) 为订单生产量;

$$Y_{t f^s p} = \begin{cases} 1 & \text{在该厂生产} \\ 0 & \text{其他} \end{cases};$$

$Z_{t f^s f^{s+1} p}$ 为运输量, $s=1,2$;

$P2_{t f^2 p}$ 为 cell 阶段的缺货数量;

$P_{t p}$ 为 module 阶段中第 t 期的缺货数量。

2.2 完全自产情境下的数学模型

完全自产情境下的生产不同于外购环境下的生产,各阶段不考虑外购能力,因此假设在每个阶段的生产过程中只能依靠自身产能与原料进行生产,不可外购成品。首先,根据预测需求量驱动生产,规划出 array 和 cell 两个阶段的生产计划,即完全自产情境下推式生产策略的规划,目标函数如下:

$$\min \sum_{t=1}^T \left[\sum_{s=1}^2 \sum_{f^s=1}^{F^s} \sum_{p=1}^P (C_{t f^s p} \times X_{t f^s p} + F_{t f^s p} \times Y_{t f^s p} + K_{t f^s p} \times X_{t f^s p}) + \sum_{f^1=1}^{F^1} \sum_{f^2=1}^{F^2} \sum_{p=1}^P TC_{t f^1 f^2 p} \times Z_{t f^1 f^2 p} + \sum_{f^2=1}^{F^2} P2_{t f^2 p} \times PC2_{t f^2 p} \right]. \quad (1)$$

式(1)表示变动成本、设置成本、物料成本、缺货成本、运输成本之和最小。这里不考虑库存,因为库存只产生于 cell 阶段且与产销之间的平衡有关,所以将库存放在下一目标函数中考虑。

根据式(1)的规划结果,结合 module 阶段已经接到的订单驱动拉式生产,规划出完全自产情境下拉式策略 module 阶段的生产计划。目标函数如下:

$$\min \sum_{t=1}^T \left[\sum_{p=1}^P P_{t p} \times PC_{t p} + \sum_{f^3=1}^{F^3} \sum_{p=1}^P (C_{t f^3 p} \times X_{t f^3 p} + F_{t f^3 p} \times Y_{t f^3 p} + K_{t f^3 p} \times X_{t f^3 p}) + \sum_{f^2=1}^{F^2} W_{t f^2 p} \times SC_{t f^2 p} + \sum_{f^3=1}^{F^3} \sum_{p=1}^P TC_{t f^2 f^3 p} \times Z_{t f^2 f^3 p} \right]. \quad (2)$$

该模型以成本最小化为目标,考虑了缺货惩罚成本、变动生产成本、设置成本、物料成本、库存成本和运输成本。

在全球信息可得的情况下,结合上述两个模型,得到完全自产情景下的推拉结合式模型的目标函数:

$$\min \sum_{t=1}^T \left[\sum_{p=1}^P P_{t p} \times PC_{t p} + \sum_{s=1}^3 \sum_{f^s=1}^{F^s} \sum_{p=1}^P \right]$$

$$(C_{t f^s p} \times X_{t f^s p} + F_{t f^s p} \times Y_{t f^s p} + K_{t f^s p} \times X_{t f^s p}) + \sum_{f^2=1}^{F^2} W_{t f^2 p} \times SC_{t f^2 p} + \sum_{s=1}^2 \sum_{f^s=1}^{F^s} \sum_{p=1}^P TC_{t f^s f^{s+1} p} \times Z_{t f^s f^{s+1} p} + \sum_{f^2=1}^{F^2} P2_{t f^2 p} \times PC2_{t f^2 p}]. \quad (3)$$

约束条件如下:

(1) 存货平衡式

$$t = 1, \forall f^s, p, W_{t f^2 p} = X_{t f^2 p} \times R_{t f^2 p} - \sum_{f^3=1}^{F^3} Z_{t f^2 f^3 p};$$

$$t \geq 2, \forall f^s, p, W_{t f^2 p} = X_{t f^2 p} \times R_{t f^2 p} + W_{(t-1) f^2 p} - \sum_{f^3=1}^{F^3} Z_{t f^2 f^3 p}. \quad (4)$$

(2) 需求与生产平衡

$$\forall t, f^s, p, D3_{t p} - P1_{t p} = \sum_{f^3=1}^{F^3} (X_{t f^3 p} \times R_{t f^3 p});$$

$$\forall t, f^s, p, D2_{t p} - P2_{t p} = \sum_{f^2=1}^{F^2} (X_{t f^2 p} \times R_{t f^2 p} \times TFU_{t f^2 p});$$

$$\forall t, f^s, p, \sum_{f^2=1}^{F^2} X_{t f^2 p} = \sum_{f^1=1}^{F^1} (X_{t f^1 p} \times R_{t f^1 p} \times TFU_{t f^1 p}). \quad (5)$$

(3) 产能限制:分为最大产能限制和最小开工产能限制

$$\forall t, f^1, p, Q_{\max_{t f^1}} \geq \sum_{p=1}^P X_{t f^1 p} \times EQ_{f^1 p};$$

$$\forall t, f^s, p, Q_{\max_{t f^s}} \geq \sum_{p=1}^P X_{t f^s p} \times EQ_{f^s p}, s = 2, 3;$$

$$\forall t, f^s, p, X_{t f^s p} \times EQ_{t f^s p} \geq Q_{\min_{t f^s}} \times Y_{t f^s p}, s = 1, 2, 3. \quad (6)$$

(4) 订单不可分限制

$$\forall t, f^s, p, \sum_{f^s=1}^{F^s} Y_{t f^s p} = 1, s = 1, 2, 3;$$

$$\forall t, f^s, p, X_{t f^s p} \leq \text{BIGNUM} \times Y_{t f^s p}. \quad (7)$$

其中 BIGNUM 是一个足够大的实数。

(5) 运输平衡式

运输平衡式包含运出平衡式与运入平衡式,其数学算式如下:

$$\forall t, f^s, p, X_{t f^1 p} \times R_{t f^1 p} \times TFU_{t f^1 p} = \sum_{f^2=1}^{F^2} Z_{t f^1 f^2 p};$$

$$t = 1, \forall f^s, p, X_{t f^2 p} \times R_{t f^2 p} \times TFU_{t f^2 p} -$$

$$\begin{aligned}
 W_{t f^2 p} &= \sum_{f^3=1}^{F^3} Z_{t f^2 f^3 p}; \\
 t \geq 2, \forall f^s, p, X_{t f^2 p} &\times R_{t f^2 p} \times T F U_{t f^2 p} + \\
 W_{(t-1) f^2 p} - W_{t f^2 p} &= \sum_{f^3=1}^{F^3} Z_{t f^2 f^3 p}; \\
 \forall t, f^s, p, X_{t f^{s+1} p} &= \sum_{f^s=1}^{F^s} Z_{t f^s f^{s+1} p}, s = 1, 2。 (8)
 \end{aligned}$$

(6) 变量限制

$\forall t, f^s, p, P2_{t f^2 p}, P_{t p}, Z_{t f^s f^{s+1} p}$ 均为正整数。

2.3 向可外购情境下的模型拓展

在 TFT-LED 企业的实际运营过程中,为满足交货要求、降低惩罚成本,企业在必要情况下会进行产品外购。经过以下调整,完全自产情境下的生产链规划模型可以转变为可外购情境下的模型:

(1) 在 array、cell 和 module 阶段增加外购因子 ($P_{t f^s p} (s=1, 2, 3)$:第 t 期工厂 f^s 生产订单 p 所需要的产出的外购数量; $P C_{t f^s p} (s=2, 3)$: $s=2$ 时表示 cell 阶段外购 TFT 类成品的单位费用; $s=3$ 时表示 module 阶段外购 LCD 类成品的单位费用)。

(2) 由于在 cell 阶段工厂可以外购成品以弥补生产不足,cell 阶段不存在缺货数量 $P2_{t f^2 p}$ 与缺货成本 $P C2_{t f^2 p}$ 。

目标函数如式(9),详细内容请参考文献[7]。

$$\begin{aligned}
 \min \sum_{t=1}^T [&\sum_{p=1}^P P_{t p} \times P C_{t p} + \sum_{s=1}^3 \sum_{f^s=1}^{F^s} \sum_{p=1}^P \\
 (&C_{t f^s p} \times X_{t f^s p} + F_{t f^s p} \times Y_{t f^s p} + K_{t f^s p} \times X_{t f^s p} + \\
 &P_{t f^s p} \times P C_{t f^s p}) + \sum_{f^2}^{F^2} W_{t f^2 p} \times S C_{t f^2 p} + \\
 &\sum_{s=1}^2 \sum_{f^s}^{F^s} \sum_{p=1}^P T C_{t f^s f^{s+1} p} \times Z_{t f^s f^{s+1} p}]。 (9)
 \end{aligned}$$

3 基于 MATLAB 的杂交粒子群算法求解

3.1 粒子群算法与杂交粒子群算法

粒子群算法从 1995 年发展至今,已经有了很多种改进版本,其中最令人瞩目的是借鉴遗传算法中的杂交概念演变出的杂交粒子群算法:在每次迭代中,根据杂交概率选取指定数量的粒子放入杂交池中,池中的粒子随机两两杂交,产生同样数目的子代粒子 (*child*),同时用子代粒子替换掉父代粒子 (*parent*)。子代位置与速度的公式如下:

$$\begin{aligned}
 child(x) &= p \times parent_1(x) + (1 - p) \times \\
 &parent_2(x);
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 child(v) &= \frac{parent_1(v) + parent_2(v)}{|parent_1(v) + parent_2(v)|} \times \\
 &|parent_1(v)|。 (10)
 \end{aligned}$$

式中 P 为 0~1 之间的随机数。

3.2 适应度函数的构造

为说明杂交粒子群求解的关键步骤,此处算例求解的是当 $T=1$ 时完全自产情景下的推式制程(参考式(1))。在该情境下共需得到如下 39 个决策变量:生产分配计划 12 个(2 个阶段共 4 个工厂对于 3 种产品的生产计划),运输量 12 个,决定在哪个工厂生产哪种产品的 0-1 变量 12 个,产品缺货量 3 个。

为避免粒子群算法在问题维数较高时出现算法早熟、求解精度差的现象,提高求解的效率,需要对模型进行降维处理。由于订单不可分限制(每种产品在每个阶段只能选择一个工厂进行生产),生产路径组合总数为 $2^6=64$ 。对 64 种路径组合进行排序,每个路径组合唯一对应 1~64 中的自然数。可以通过遍历所有确定的生产路径组合的方式来减掉 12 个 0-1 决策变量维度;通过生产路径组合的一一对应关系减掉 12 个生产计划决策变量维度;再通过第 2 阶段的生产计划与第 2 阶段的预测需求量之间的数量关系得到缺货量,减掉 3 个缺货量维度;最后,对应的粒子群算法中只剩下 12 个运输决策变量维度。

3.3 模型求解及结果比较

根据上述杂交粒子群算法及适应度分析,采用 MATLAB 工具对前文中的模型(式(3))进行求解,并结合前期的研究成果进行对比分析:

(1) 两种初始化值下的求解效果分析

1) 由 random 函数随机初始化位置和速度。选取种群规模 20、迭代次数 20,分别运算 8 次。

2) 参考上述结果范围,设置初始位置为一个 0~2 之间、初始速度为 1 500 以内的随机整数。得到如表 1 所示的结果。

表 1 两种初始化值下的求解结果

序号	初始化方法 1		初始化方法 2	
	适应度值	位置	适应度值	位置
1	2.03×10^7	10	4.03×10^7	13
2	6.36×10^7	49	3.23×10^7	10
3	6.83×10^7	10	1.40×10^7	13
4	1.23×10^9	15	1.21×10^7	50
5	1.68×10^9	13	2.56×10^8	50
6	2.65×10^9	11	6.80×10^7	10
7	3.82×10^9	53	2.03×10^7	10
8	4.13×10^9	33	5.23×10^7	13

通过观察第一种初始化值下的求解结果发现,求得的适应度值有大有小且不稳定。通过对初始化的位置和速度进行调整后发现,求解结果较稳定且优良。因此,初始化值对适应度值的优劣具有非常重要的影响,同时也说明第二种初始化值是有效的。

(2)结果对比分析

将迭代数调整为 40 和 60,再对两种算法各运算 5 次,得到表 2。由表 2 可知,当迭代次数增多时,算法将尽可能收敛到最小值,总之,适应度值的平均值都已变小。

表 2 迭代 40 次所求得的适应值

序号	迭代 40 次所求得的适应值			迭代 60 次所求得的适应值		
	适应度值	位置	收敛代数	适应度值	位置	收敛代数
1	16 352 811	10	未知	12 391 162	11	<10
2	28 386 883	13	未知	12 391 903	13	未知
3	12 081 331	53	未知	12 391 903	13	<40
4	12 081 331	53	<20	12 391 903	13	<40
5	12 354 159	10	<5	12 354 159	10	<30

表中适应度值最小(最优解)为 12 081 331,对应的生产路径组合位置为 53,但该结果只出现两次,不具有代表性。由该适应度值求出的相关变量值为: $X_1=[0,69,118;108,0,0]$, $X_2=[0,0,2 249;2 075,1 348,0]$, $P_2=[0,2,4]$, $Z_1=[0,0,2 249;0,1 348,0;0,0,0;2 075,0,0]$,总成本=12 081 331,其中,除缺货成本之外的总成本为 6 081 331。

表 1 和表 2 中最具代表性的是路径组合位置为 10 的适应度值,该值在通常情况下都可以求得。由该值求出完全资产情景下第一期推式制程中的相关变量值为: $X_1=[106,69,0;0,0,117]$, $X_2=[2 075,1 348,0;0,0,2 249]$, $P_2=[0,2,4]$, $Z_1=[2 075,1 348,0;0,0,0;0,0,0;0,0,2 249]$,总成本=12 354 159,其中除缺货成本之外的总成本为 6 354 159。

由前期研究^[7]可知,由 Lingo 软件求出的完全自产情景下第一期推式制程中的相关变量值为: $X_1=[111,73,0;0,0,117]$, $X_2=[2 184,1 418,0;0,0,2 250]$, $P_2=[0,0,450]$, $Z_1=[2 184,1 418,0;0,0,0;0,0,0;0,0,2 250]$,总成本=456 528 978,其中除缺货成本之外的总成本为 6 528 978。

由此可知,粒子群算法所求得的最低成本低于线性规划方法求得的最低成本,如图 2 所示。

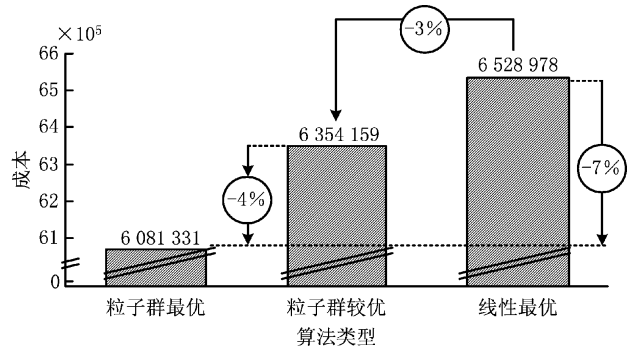


图 2 最小成本比较

4 结论对比

根据前期研究成果^[7]中的初始数据和模型求解方法,分别对完全自产和可外购两种情境下的结果进行对比。可外购情景下的求解结果表明,在无限的可外购环境中,缺货数量是可以避免的,因为可以通过外购来弥补自身产能的不足。但是在有限的外购环境中,当产能无法满足需求时缺货难以避免。在完全自产情景中,可外购数量均为零。下面分别从剩余产能、缺货量和库存量三个方面对这两种情境下的求解结果进行对比分析。

(1)剩余产能分析

如表 3 所示,在 array/cell 阶段,完全自产情境下的产能剩余小于可外购的产能剩余;在 module 阶段,完全自产情境下的产能剩余大于可外购的产能剩余。这是因为在完全自产情境下,由于缺货成本设置得很大,激发工厂最大限度地利用自身有限的产能满足需求;在外购情境中,如果外购成本低于自产成本,则可以通过外购的方式来满足需求;对于 module 阶段,由于在完全自产情境中 cell 阶段的产出有限,于是最终产品的缺货数量也更多。

表 3 两种情境下的产能剩余比较

	可外购情境下的产能剩余 ^[7]						完全自产情境下的产能剩余					
	1 期	2 期	3 期	4 期	5 期	6 期	1 期	2 期	3 期	4 期	5 期	6 期
array-site1	129.5	79.5	44	10	64	64	129.5	79.5	44	0	64	64
array-site2	129.5	10	93	0	14	8	46	10	93	6	14	8

续表 3

cell-site1	189	189	0	-0.5	0	189	189	189	0	0	0	189
cell-site2	189	0	1	0	0	0	0	0	1	11	0	0
module-site1	0	3 228.00	398	1 964.50	2 409	4 323	0	3 228.00	398	1 964.50	2 409	4 323
module-site2	0	1 420.00	7 525	0.00	0	0	2 985.5	1 420.00	7 525	0.00	0	0

(2) 缺货量分析

在可外购环境中,无论哪个阶段均不存在缺货量(因为无外购限制,只要外购成本低于自产成本,缺货量均可以由外购来补充),但是在完全自产情境下必然存在两种缺货量:①cell 阶段未能满足预测需求而产生的缺货量;②module 阶段未能满足订单需求而产生的缺货量,如图 3 所示。此处的缺货量是一个阶段的汇总缺货量,并未细致到每个工厂的缺货量(这种细致毫无意义)。从图 3 可以看出,第 4 期的缺货最严重,第 5 期次之;反观表 3,发现第 4 期各工厂的剩余产能最小,第 5 期各工厂的剩余产能次之;由此得出结论,第 4 期、第 5 期的产能严重不足,需要通过扩充产能抓住市场,或者通过减少订单量避免承担巨额的缺货惩罚成本。

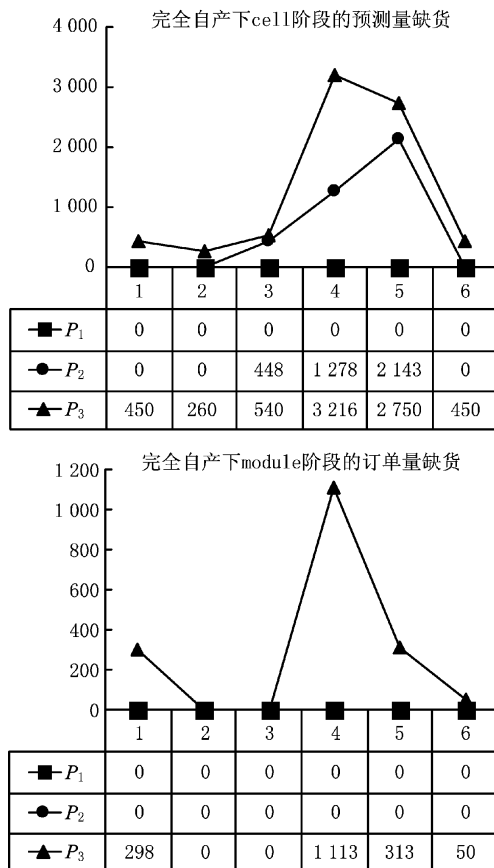


图3 预测量缺货与订单量缺货

5 结束语

本文以液晶面板制造业为例,建立了推式、拉式以及推拉结合式下完全自产情景的生产链模型。利用 cell 阶段库存量和 module 阶段每个工厂的剩余产能数据,建立了完全自产情境下的可允诺量模型,对企业的生产排程具有指导作用。在两种初始化方法下比较了粒子群算法与杂交粒子群算法的结果差异,表明初始化方法对适应度值的优劣有非常重要的影响;然后,通过粒子群算法利用 MATLAB 软件对模型进行求解,并与线性规划法用 Lingo 软件求得的结果进行比较,证明了智能算法的有效性;从剩余产能和缺货量的角度与可外购情境下的模型进行了对比分析。

未来研究中,可进一步增加模型的细致度,考虑更多的内外部限制条件约束,或者考虑短期排程问题,根据不确定需求来进行动态的生产规划设计建模。

参考文献:

- [1] LIN J T, CHEN Y Y. A multi-site planning approach for the TFT-LCD production chain[J]. International Journal of Electronic Business Management, 2005, 3(3): 193-201.
- [2] LIN J T, CHEN Y Y. A multi-site supply network planning problem considering variable time buckets—a TFT-LCD industry case[J]. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2007, 33(9/10): 1031-1044.
- [3] LIN J T, CHEN T L, CHEN W J. Capacity and product mix planning problem for TFT array multi-plant[J]. Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers, 2007, 24(6): 489-504.
- [4] JEONG B, SIM S B, JEONG H S, et al. An available-to-promise system for TFT LCD manufacturing in supply chain[J]. Computers & Industrial Engineering, 2002, 43(1/2): 191-212.
- [5] CHEN J H, LIN J T. Enhance order promise with material constraints and finite capacity[J]. International Journal of The Computer, the Internet and Management, 2004, 15(2): 63-69.
- [6] CHEN Enqi. MTO Multi-level Multi-plant Production Planning and Scheduling for TFT-LCD Industry[D]. Beijing: Tsinghua University, 2004(in Chinese). [陈恩齐. 推式多厂区生产

- 规划与排程—以 TFT-LCD 产业为例[D]. 北京:清华大学,2004.]
- [7] SHAO Zhifang, HAN Jingti, GONG Wuqun. Production chains co-planning with push and pull strategy under outsourcing permitted[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2014,20(4):936-944(in Chinese). [邵志芳, 韩景侗, 龚武群. 可外购情境下的推拉结合式生产链协同规划[J]. 计算机集成制造系统, 2014,20(4):936-944.]
- [8] SHAO Zhifang, ZHANG Tao, LIN Yanjie. TFT-LCD production strategy optimization[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2011,17(5):1064-1070(in Chinese). [邵志芳, 张涛, 林燕杰. 液晶面板生产策略选择优化[J]. 计算机集成制造系统, 2011,17(5):1064-1070.]
- [9] SHAO Zhifang, LIU Zhongying. Research on decision support models for multi-stage production planning in supply chain[J]. Computer Engineering, 2007, 33(9): 1-6 (in Chinese). [邵志芳, 刘仲英. 在供应链决策中的多阶生产规划支持模式研究[J]. 计算机工程, 2007, 33(9): 1-6.]
- [10] WANG Kaisheng. Order fulfillment process and advanced planning and scheduling allocation model for TFT-LCD industry[D]. Beijing: Tsinghua University, 2006(in Chinese). [王凯生. 订单满足流程与可允诺量分配模式—以 TFT-LCD 产业为例[D]. 北京:清华大学, 2006.]
- [11] JEONG B, KIM S W, LEE Y. An assembly scheduler for TFT LCD manufacturing[J]. Computers & Industrial Engineering, 2001, 41(1): 37-38.
- [12] GAO Shang, YANG Jingyu. Swarm intelligence algorithm and its application [M]. Beijing: China Water and Power Press, 2006(in Chinese). [高尚, 杨静宇. 群智能算法及其应用[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2006.]

作者简介:

- 吴继兰(1978—),女,山东济宁人,讲师,博士,研究方向:复杂系统与决策仿真, E-mail: wujilan@mail. shufe. edu. cn;
- 邵志芳(1975—),女,河北正定人,副教授,博士,研究方向:系统优化与决策仿真,通信作者, E-mail: shao. zhifang@mail. shufe. edu. cn;
- 韩景侗(1958—),男,陕西西安人,教授,博士,研究方向:供应链优化、应急管理;
- 李丹(1991—),女,山东济宁人,硕士研究生,研究方向:系统优化。