

基于云计算的生产决策支持系统^①

宋福根, 王奕莎

(东华大学 管理学院, 上海 200051)

摘要: 为辅助企业进行高效率的生产, 设计并实施了一种基于云计算的生产决策支持系统, 云计算的运行平台为大规模应用和庞大数据处理提供了保障. 系统架构为基于 MVC(Model View Controller)模式的四层体系结构, 系统模型库为决策功能的实现提供了大量的模型支持, 数据层作为数据存储的媒介为系统提供了数据支持. 在系统设计上充分考虑了人机交互, 运行基本稳定, 各模块衔接良好, 能有效为企业提供科学化的生产决策支持.

关键词: 云计算; 主生产; 作业计划; 决策; 支持系统

Production Decision Support System Based on Cloud Computing

SONG Fu-Gen, WANG Yi-Sha

(Glorious Sun School of Business and Management, Donghua University, Shanghai 200051, China)

Abstract: In order to assist enterprises with efficient production, this paper designed and developed a production decision support system (PDSS) based on cloud computing. Cloud computing platform was the guarantee of large scale application and big data processing. The PDSS was a four-layer architecture based on MVC (Model View Controller) pattern. The model base contained various production decision models, which offered a wide range support for the realization of system decision-making function. The data layer, as a data storage medium, provided big data support for PDSS. The system design fully considered the human-computer interaction, the running was stable, and the sub-modules were well connected with each other. Therefore, the PDSS can effectively provide scientific production decision support for enterprises.

Key words: cloud computing; master production; operational plan; decision; support system.

随着我国社会经济的快速发展, 以及经济全球化进程的加快, 企业发展面临着巨大的挑战. 面对日益激烈的市场竞争, 企业经营决策的科学性与准确性在一定程度上决定着企业的命运. 而生产决策是企业经营决策中的一个及其重要的组成部分, 企业生产活动的合理性与高效性直接影响着企业的经济效益. 当今社会已经进入一个多样化的时代, 客户需求日益多样化和个性化, 多品种小批量已经成为当今企业生产模式的主流^[1]. 显然, 在这种生产模式下, 大量持续增长的数据无法依靠传统的生产管理系统来进行处理和解释. 因此, 本文设计并实施了基于云计算的生产决策

支持系统(Production Decision Support System, PDSS), 支持企业进行科学的生产决策, 以有效提高企业的科学决策水平、市场竞争力和经济效益, 为企业发展提供了强有力的保证.

1 生产决策支持基本原理

1.1 决策时段的划分原理

现代企业基于多品种小批量的生产模式, 大多采用面向库存生产(Make To Stock, MTS)和面向订单生产(Make To Order, MTO)的混合生产组织方式. 相应地, 可将产品分成为竞销产品和订单产品两大类. 竞

^① 基金项目: 教育部 2013 年专项基金(国家级虚拟仿真实验教学中心)

收稿时间:2014-08-04;收到修改稿时间:2014-09-09

销产品指通过产品市场需求预测、营销优化决策、参与市场竞争方式进行销售的产品. 订单产品指考虑各种综合因素才能确定生产的客户订单产品, 分为确认订单产品和计划订单产品.

企业在实际生产过程中, 产品生产是分期分批进行的, 本文研究将整个决策期 T 均分为 L 个时段, 每个均分时段大小应为 $t = \frac{T}{L}$. 从决策期开始至时段 l 的累计时间跨度为 $t_l = t \times l (l=1, 2, \dots, L)$, 占整个决策期的时间比例数为 $\alpha_l = \frac{t_l}{T} = \frac{t \times l}{T} (l=1, 2, \dots, L)$. 对库存产品 $j (j=1, 2, \dots, n)$ 而言, 设第 j 种产品总的生产数量欲为 x_j , 则从决策期开始起, 至时段 l 为止, 应完成该产品的生产量即为 $\alpha_l \times x_j (j=1, 2, \dots, n)$, 耗用企业资源 $i (i=1, 2, \dots, k)$ 的数量即可表示为 $a_{ij} \times \alpha_l \times x_j$ (a_{ij} 为产品 j 对资源 i 的单位耗用系数), 可再令 $a'_{ij} = a_{ij} \times \alpha_l$, a'_{ij} 为基于批次生产的耗用系数; 对确认订单产品和计划订单产品 $j (j=n+1, n+2, \dots, n+m+u)$ 而言, 如交货期限设为 t_j , 则从决策期开始至各时段 l 的累计时间跨度 $t_l (t_l \leq t_j)$, 占至交货期限 t_j 的时间比例数即为 $\frac{t_l}{t_j} = \frac{t \times l}{t_j}$, 要求所有订单产品的交货数量, 应与其成正相关的比例关系. 并再设当 $t_l > t_j$ 时, 有 $\frac{t_l}{t_j} = 0$. 由此, 汇总后的 a'_{ij} 表达式可如下所示^[2]:

$$a'_{ij} = \begin{cases} a_{ij} \times \alpha_l & \text{对所有库存产品 } (j=1, 2, \dots, n) \\ a_{ij} \times \frac{t_l}{t_j} & \text{对所有订单产品且 } t_l \leq t_j \quad (j=n+1, n+2, \dots, n+m+u) \\ a_{ij} \times 0 & \text{对所有订单产品且 } t_l > t_j \end{cases} \quad (1)$$

相应地, 将企业生产资源 $B_i (i=1, 2, \dots, K)$ 也以时段进行划分, 则至各时段 l 的累计时间跨度的生产资源即为 $\alpha_l B_i$, 则第 i 种生产资源各时段的约束为:

$$\begin{cases} d_{11}x_1 + \dots + d_{1n}x_n + d'_{1,n+1}x_{n+1} + \dots + d'_{1,n+m}x_{n+m} + d'_{1,n+m+1}x_{n+m+1} + \dots + d'_{1,n+m+u}x_{n+m+u} \leq \alpha_l B_1 \\ d_{21}x_1 + \dots + d_{2n}x_n + d'_{2,n+1}x_{n+1} + \dots + d'_{2,n+m}x_{n+m} + d'_{2,n+m+1}x_{n+m+1} + \dots + d'_{2,n+m+u}x_{n+m+u} \leq \alpha_l B_2 \\ \dots \\ d_{i1}x_1 + \dots + d_{in}x_n + d'_{i,n+1}x_{n+1} + \dots + d'_{i,n+m}x_{n+m} + d'_{i,n+m+1}x_{n+m+1} + \dots + d'_{i,n+m+u}x_{n+m+u} \leq \alpha_l B_i \\ \dots \\ d_{l1}x_1 + \dots + d_{ln}x_n + d'_{l,n+1}x_{n+1} + \dots + d'_{l,n+m}x_{n+m} + d'_{l,n+m+1}x_{n+m+1} + \dots + d'_{l,n+m+u}x_{n+m+u} \leq \alpha_l B_l \end{cases} \quad (2)$$

1.2 主生产决策支持原理

主生产计划优化决策是企业决策期内决定各类型产品生产数量的决策. 本文通过构建和求解主生产计划优化决策模型, 来制定企业主生产计划. 结合产

品的市场需求, 对于库存产品 x_j 的生产, 应约束于预测产品市场销售量 Q_j , 即 $x_j \leq Q_j (j=1, 2, \dots, n)$; 对于订单产品 x_j 的生产, 应有 $x_{n+j} = y_{n+j} (j=n+1, \dots, m, m+1, \dots, u)$, 式中的 y_{n+j} 为订单产品的订购数量. 结合生产资源约束, 构建一个基于产品销售量和企业生产资源制约的主生产计划优化决策模型^[2], 如下所示:

$$\begin{aligned} \text{Max } f(x) &= \sum_{j=1}^{n+m+u} (p_j - v_j) \times x_j - F \\ \text{s.t.} & \\ \sum_{j=1}^{n+m+u} a'_{kj} x_j &\leq \alpha_l B_k (l=1, 2, \dots, L; k=1, 2, \dots, K) \\ \sum_{j=1}^n x_j &\leq Q_j \\ \sum_{j=n+1}^{n+m} x_j &= y_j \\ \sum_{j=n+m+1}^{n+m+u} \omega_j x_j &= y_j \\ x_j &\geq 0 (j=1, 2, \dots, n+m+u); \omega_{n+m+j} = 0 \text{ or } 1 (j=1, 2, \dots, u) \end{aligned} \quad (3)$$

其中 p_j 为产品 j 的价格, v_j 为变动成本, 则 $(p_j - v_j)$ 即为单位产品边际利润, F 为固定成本. 约束条件函数 $\omega_{n+m+j} \times x_{n+m+j} = y_{n+m+j} (j=1, 2, \dots, u)$ 中的 ω_{n+m+j} 为 0-1 变量, 当 $\omega_{n+m+j} = 0$ 时, 表示不接受该订单产品的生产; 而当 $\omega_{n+m+j} = 1$ 时, 表示接受该订单产品的生产.

该决策模型为一个非线性的混合整数规划模型, 本文研究采用遗传算法进行求解, 并在系统中实现.

1.3 作业排序决策支持原理

根据决策时段划分原理、生产资源的约束及时段最小批量的限制等, 以最小化库存产品数量为目标, 建立约束条件, 可以相应地得出各类型产品的时段生产批量, 时段 l 内所有产品批次生产数量表示为 $x_{jl} (j=1, 2, \dots, n, n+1, \dots, n+m+u)$.

产品是由各种部件、零件、原料等一层层加工而成, 不同层级的工件是在不同的车间、不同的设备上被加工的, 设第 d 层工件对应的加工车间为车间 w , 第 $d-1$ 层为其上一层, 对应车间 $w+1$ 加工, 第 $d+1$ 层为其下一层, 对应车间 $w-1$ 加工.

N_d 为第 d 层工件种数, 每种工件单位由第 $d+1$ 层的 N_{d+1} 种工件成套组成; K_d 为第 d 层工件加工车间的加工设备种数, 同种设备的能力可由多台组成. 假设经过相应的归类和调整后 $N_d = K_d$. 在上述假设 $N_{d+1} = K_{d+1}$ 的前提下, 这 n_{d+1} 套工件在车间 $w-1$ 内被加工完成的时间序列即为:

$$\left\{ \begin{array}{l} t_{j,d+1,1,1}, t_{j,d+1,1,2}, \dots \dots \\ t_{j,d+1,2,1}, t_{j,d+1,2,2}, \dots \dots \\ \dots \dots \\ t_{j,d+1,k_{d+1},1}, t_{j,d+1,k_{d+1},2}, \dots \dots \\ \dots \dots \\ t_{j,d+1,K_{d+1},1}, t_{j,d+1,K_{d+1},2}, \dots \dots \end{array} \right. \quad (4)$$

则满足第 d 层工件单位加工需要的、在车间 $w-1$ 内加工的 n_{d+1} 套工件成套组合完工时间即为 $t'_{j,d,n} = \max(t_{j,d+1,1,1}, t_{j,d+1,2,1}, \dots, t_{j,d+1,K_{d+1},1})$ 。第 j 种产品第 l 批次第 d 层 N_d 种工件在车间 w 内的首套最早可能开始加工时间序列即为:

$$(t'_{j,d,1}, t'_{j,d,2}, \dots, t'_{j,d,n}, \dots, t'_{j,d,N_d}) \quad (5)$$

同时, 将排序在第 j 种产品之前的第 $(j-1)$ 种产品第 l 批次第 d 层工件在车间 w 内的 K_d 种不同设备上加工完成的时间、即这 K_d 种不同设备最早可能开始加工第 j 种产品第 l 批次第 d 层工件的时间进行升序排列, 可将其表示为:

$$t'_{(j-1)d} = (t'_{(j-1),d,1,1}, t'_{(j-1),d,2,1}, \dots, t'_{(j-1),d,K_d,1}) \quad (6)$$

由此, 第 j 种产品第 l 批次第 d 层不同工件在车间 w 内的 K_d 种不同设备上的最早加工开始时间即可为:

$$\left\{ \begin{array}{l} t'_{j,d,1,0} = \max \{ t'_{(j-1),d,1,1}, t'_{j,d,1,1} \} \\ t'_{j,d,2,0} = \max \{ t'_{(j-1),d,2,1}, t'_{j,d,2,1} \} \\ \dots \dots \\ t'_{j,d,K_d,0} = \max \{ t'_{(j-1),d,K_d,1}, t'_{j,d,K_d,1} \} \end{array} \right. \quad (7)$$

不同工件在车间 w 内的 K_d 种不同设备上的加工完成时间序列为:

$$\left\{ \begin{array}{l} t_{j,d,1,1}, t_{j,d,1,2}, \dots \dots \\ t_{j,d,2,1}, t_{j,d,2,2}, \dots \dots \\ \dots \dots \\ t_{j,d,k_d,1}, t_{j,d,k_d,2}, \dots \dots \\ \dots \dots \\ t_{j,d,K_d,1}, t_{j,d,K_d,2}, \dots \dots \end{array} \right. \quad (8)$$

以此类推, 可计算出时段 l 内处于第 0 层级的所有批次产品均被加工完成的时间极其时间序列。由此, 可进行批次产品的作业排序决策。时段 l 内所有产品的批次生产量 x_j 按序设定为一个产品作业排序计划 $x_l = (x_{1l}, x_{2l}, \dots, x_{n+m+u,l})$, 作为一个父代样本, 可通过交

叉变异等获得一定数量的样本种群, 目标是欲使时段 l 内所有产品批次生产量在尽可能短的时间内均被加工完成。选定适应度函数后应用遗传算法进行迭代, 直至取得一个满意的作业排序计划^[2]。

本文研发的生产决策支持系统结合了大量的理论基础及模型, 在此仅简单介绍时段划分、主生产计划和作业计划优化决策的基本原理。

2 决策支持系统的总体设计

本文研发的生产决策支持系统“智能决策—现代企业决策支持仿真系统”的一部分, 该系统基于云计算平台运行, 云计算平台的运行环境为其提供了大规模应用的可能, 并且基于互联网的运行模式为用户的使用带来了极大的便利。现代企业决策支持仿真系统, 涵盖了决策支持总揽、需求预测支持、营销决策支持、生产决策支持、采购决策支持及全面预算支持六个模块, 智能决策云计算平台如图 1。它仿真模拟了现代企业市场预测、营销决策、生产决策、采购决策及全面预算的全过程, 涉及大量的决策方法和模型, 为企业的经营决策提供了全面化和科学化的数据依据, 以辅助企业快速和科学地进行决策。



图 1 现代企业决策支持仿真系统首页

生产决策支持系统作为现代企业决策支持仿真系统的一部分, 它不是一个完全独立的个体, 而是一个充分与其它子系统交互的又具有相对独立决策能力的支持系统。如下图 2 所示, 营销决策支持系统根据市场预测系统给出的市场预测结果, 来进行营销计划的制定; 生产决策支持系统根据营销计划及生产管理信息系统中的生产基本信息和产品工艺信息, 来进行生产计划的优化决策, 通过模型构建与计算, 得出主生

产计划和生产作业计划; 并将生产作业计划反馈给生产管理信息系统, 同时将物料需求计划传递给采购决策支持系统, 并将生产过程中的产品生产成本数据传递给全面预算支持系统。

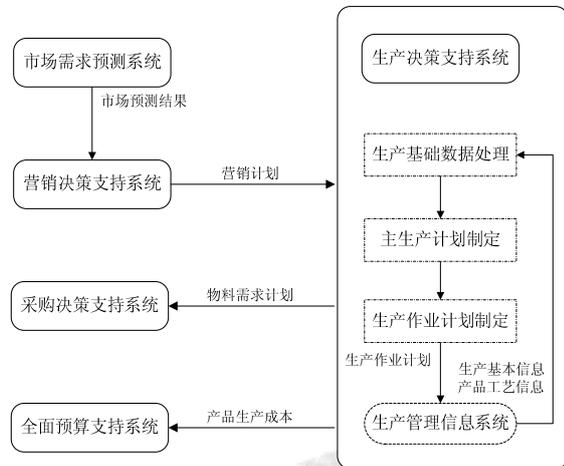


图 2 生产决策支持系统与其它子系统的交互

2.1 系统的架构设计

决策支持系统(Decision Support System, DSS)应具有良好的人机交互接口, 便于用户使用, 并利用数据、方法和模型, 追求决策的有效性, 对决策提供支持。在 DSS 经典两库结构的基础上, 本文研发的生产决策支持系统总体架构设计主要采用 MVC 模式。MVC 模式具有耦合性低、重用性高的优点, 用户界面的改变不影响模型层的运行, 用户通过控制层与模型层产生交互, 这种分离视图层和业务逻辑层的设计, 也使得生产决策支持系统更易于维护和修改。

如图 3 所示, 生产决策支持系统的体系结构主要包括用户应用终端层、控制层、系统功能层、数据层。用户应用终端层提供人机会话的接口, 主要负责决策请求的输入和决策结果的反馈。控制层是用户应用终端层和系统功能层交互的纽带, 主要负责将决策请求传递给系统功能层及将决策结果反馈给用户应用终端层。系统功能层是生产决策支持系统的核心模块, 主要负责主生产计划优化决策和生产作业计划优化决策过程, 由生产管理系统提供生产决策基础数据, 在进行数据处理的基础上, 运用模型库进行主生产计划和生产作业计划的优化决策, 并将决策结果反馈给生产管理系统。数据层为整个生产决策支持系统提供数据存储和共享服务。

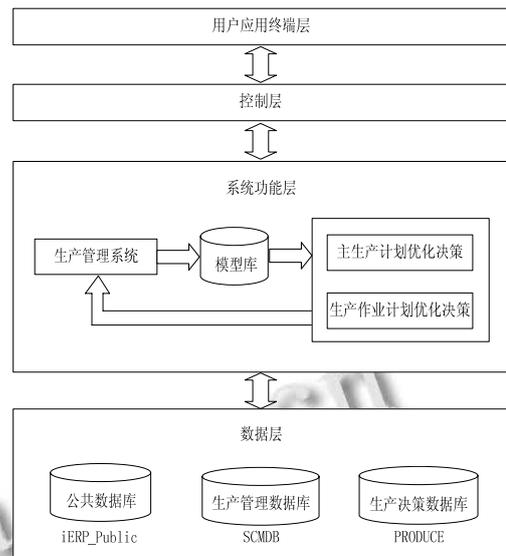


图 3 生产决策支持系统总体架构图

2.2 模型库的设计

本整个现代企业决策支持仿真系统运用了大量决策模型, 其具有一个涵盖了各个子系统中各类模型的模型库。生产决策支持系统作为现代企业决策支持仿真系统的一部分, 所应用的模型主要为以下两大类: 主生产计划优化决策类和生产作业计划优化决策类。下表 1 是生产决策支持系统中各个决策模型及决策模型中涉及的算法汇总。

表 1 生产决策支持系统模型及算法

类别	模型及算法
主生产计划优化决策	单一产品盈亏分析模型
	多产品组合优化决策模型
	单品种生产优化决策模型
	多品种生产优化决策模型
生产作业计划优化决策	多产品生产设备调整模型
	作业最优排序决策模型
决策模型算法汇总	单位产品边际贡献算法
	线性规划法
	目标规划法
	模拟退火遗传算法
	最长流程时间计算方法
	Palmer 法
	关键产品法
	CDS 法

2.3 数据库的设计

生产决策支持系统所涉及的主要有以下三个数据库: 公共数据库、生产管理数据库、生产决策数据库。

公共数据库为生产决策支持系统提供其他子系统的数
据共享及传递;生产管理数据库是生产管理系统的数
据后台,同时也为其他子系统提供数据传递服务;生
产决策数据库是为生产决策过程中的各类数据信息存
储而服务的,包括了生产决策基础数据的准备与处
理、生产决策模型构建参数信息的存储、生产决策模
型求解中间信息的存储、决策模型结果的存储、决策
结果的传递等.生产决策支持系统所涉及到的这三个
数据库中主要数据表设计如下表2所示.

表2 数据库中主要数据表的设计

数据库	主要数据表	内容
公共数据库	产品信息表	各型号产品的基本信息
	营销计划表	所有营销计划的基本信息
	工件信息表	各工件基本信息
	各类信息表(多个)	各类基本信息
生产管理数 据库	产品工艺表(多个)	产品工艺信息
	物料需求表	物料需求的计算结果
	生产情况表	实际生产情况的汇总
	加工成本表	加工成本的计算结果
	营销计划选择表	选择的营销计划信息
生产决策数 据库	时段参数信息表	生产时段划分的参数信息
	能力耗用信息表(多个)	能力耗用系数信息
	模型参数信息表(多个)	模型的参数数据信息
	模型结果表(多个)	模型的决策结果
	主生产计划表	生产计划汇总
	生产作业计划表	作业计划汇总
	各甘特图数据表(多个)	甘特图作图数据汇总

3 决策支持系统的功能设计

生产决策支持系统由生产管理系统、产品订单管
理、生产决策准备、生产计划制定和生产作业排序五
个功能模块组成,如下图4所示.

生产管理系统为生产决策提供基础数据,并对企
业的生产动态进行全面有效地控制与管理.其涵盖了
生产基本信息、产品工艺信息、物料需求管理、生产
过程管理及加工费用核算五个方面的管理过程.本文
主要对主生产决策支持和作业排序决策支持功能设计
进行介绍.

3.1 主生产决策支持功能设计

主生产计划决策主要实现主生产计划的制定及优
化,包括产品盈亏分析、设备能力信息、人员能力信
息、产品耗用系数、工序耗用浏览、决策变量说明、
决策模型构建、决策模型计算、生产计划浏览.在产

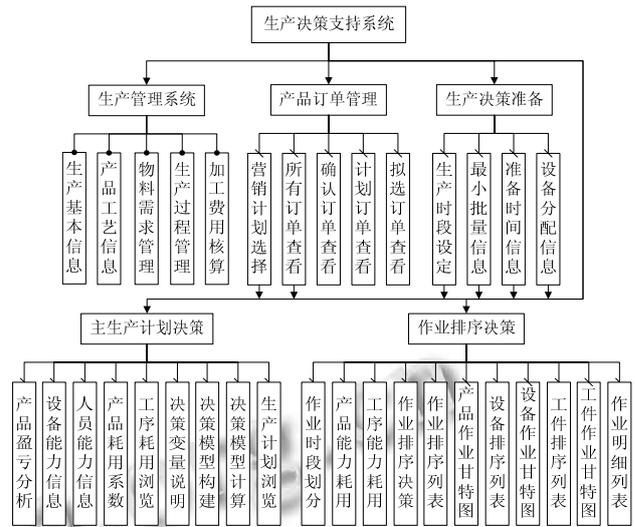


图4 生产决策支持系统功能结构图

品盈亏分析的基础上,结合设备、人员能力及产品、
工序的耗用系数,构建出主生产计划优化决策模型,
通过对决策模型的求解,得出企业在已选营销计划下
的主生产计划.

运用产品盈亏分析模型,主要可实现以下功能:
在一定固定成本的基础上,可计算出产品盈亏平衡点
的销量及收入;在某一预计销售量的基础上,可计算
出对应该销售量下的预计利润额;在某一盈利目标下,
可计算出该盈利目标下的预计销售量.

在进行产品盈亏分析后,主要对设备、人员能力
信息进行整合,根据生产决策准备中的基础数据,可
相应计算出该营销计划编号下的产品耗用系数及工序
耗用系数.产品耗用系数信息主要包括产品结构信
息、工件单位耗用信息和产品单位耗用信息,可以得
到各决策编号下各产品型号的单位设备耗用和单位人
员耗用系数;工序耗用信息主要包括工序分类耗用、
设备耗用总揽、人员耗用总揽,为每一工序下的设备
耗用和人员耗用信息,并相应计算出了每一工序下各
决策编号的设备耗用和人员耗用.在此基础上进行主
生产计划优化决策模型的构建和计算,此过程主要分
为决策变量说明、决策模型构建、决策模型计算三个
步骤,在决策变量确定并将其符号化的基础上,选择
模型进行主生产计划优化决策模型的构建,模型构建
完成后,再选择相应的算法对决策模型进行求解.下
图5为模拟退火遗传算法下的部分计算结果展示图.
最后,生产计划浏览实现了对主生产计划优化决策模
型计算结果的展示及数据传递.

生产决策支持—生产计划编制—决策模型计算				
决策模型名称	决策模型时间	决策模型日期	决策模型编号	决策模型编号
决策模型名称	2013-03-01	2013-12-31	20140130	20140130
合 适 参 数 组 定 义				
样本数量:	100	迭代次数:	50	
种群大小:	20	交叉概率:	0.8	
交叉策略:	单点	变异概率:	0.1	
STEP1:	初始化种群	STEP2:	计算适应度	
合 适 决 策 模 型 解				
第01个样本解: 97224.9958,8977.9751,8817.8751,2000,2000,2000,2000,				
第02个样本解: 97224.9958,8977.9751,8817.8751,2000,2000,2000,2000,				
第03个样本解: 97224.9958,8977.9751,8817.8751,2000,2000,2000,2000,				
第04个样本解: 97224.9958,8977.9751,8817.8751,2000,2000,2000,2000,				
第05个样本解: 97224.9958,8977.9751,8817.8751,2000,2000,2000,2000,				
第06个样本解: 97224.9958,8977.9751,8817.8751,2000,2000,2000,2000,				
第07个样本解: 97224.9958,8977.9751,8817.8751,2000,2000,2000,2000,				
第08个样本解: 97224.9958,8977.9751,8817.8751,2000,2000,2000,2000,				
第09个样本解: 97224.9958,8977.9751,8817.8751,2000,2000,2000,2000,				
第10个样本解: 97224.9958,8977.9751,8817.8751,2000,2000,2000,2000,				
第11个样本解: 97224.9958,8977.9751,8817.8751,2000,2000,2000,2000,				
第12个样本解: 97224.9958,8977.9751,8817.8751,2000,2000,2000,2000,				
第13个样本解: 97224.9958,8977.9751,8817.8751,2000,2000,2000,2000,				

图 5 主生产计划决策模型计算页面示意图

3.2 作业排序决策支持功能设计

作业排序决策主要实现主生产计划的基础上对生产作业计划的制定及优化,包括作业时段划分、产品能力耗用、工序能力耗用、作业排序决策、作业排序列表、产品作业甘特图、设备排序列表、设备作业甘特图、工件排序列表、工件作业甘特图、作业明细列表。在主生产计划确定的基础上,作业时段划分主要计算每一时段下每一决策编号的计划生产量;产品能力耗用主要根据产品结构信息、工件单位耗用信息、产品单位耗用信息,来计算每一时段下每一决策编号的产品批量耗用信息,及进行相应设备能力的自动合理化调整。工序能力耗用主要根据产品单位耗用、产品批量耗用和能力耗用调整信息,来计算每一时段每一决策编号下的设备耗用 F_{max} 、工序耗用 F_{max} 及层级耗用 F_{max} ,为生产作业计划优化决策作相应的数据准备。

根据产品能力耗用系数及工序能力耗用系数,选择模型来构建产品作业计划优化决策模型,并选择相应算法对该模型进行求解,在模型求解过程中可选择分时段计算或全部时段计算,来得到相应时段下的生产作业计划。如下图 6 为时段 1 下各决策编号的生产作业计划部分结果展示图。根据生产作业计划,相应地产生产品作业甘特图、设备作业甘特图、工件作业甘特图及作业明细列表等。

生产决策支持—生产计划编制—决策模型计算				
决策模型名称	决策模型时间	决策模型日期	决策模型编号	决策模型编号
决策模型名称	2013-03-01	2013-12-31	20140130	20140130
决策模型名称	12	选择计算日期	1	选择计算日期
合 适 参 数 组 定 义				
样本数量:	50	迭代次数:	200	
种群大小:	20	交叉概率:	0.8	
交叉策略:	单点	变异概率:	0.1	
STEP1:	初始化种群	STEP2:	计算适应度	
合 适 决 策 模 型 解				
第1个样本解: 1.82,6.51,4.8,10.0, / 种群产品产量: 4776.187,809,557,541,500,800,575,200,500,				
第2个样本解: 1.728,2.3,2.9,9.4, / 种群产品产量: 4776.500,500,819,575,541,200,187,800,557,				
第3个样本解: 1.8,2.9,5.4,3.7,10.0, / 种群产品产量: 4776.200,819,187,541,800,575,500,557,500,				
第4个样本解: 1.5,4.3,9,20,2,7,6, / 种群产品产量: 4776.541,800,375,200,500,819,187,500,557,				
第5个样本解: 1.8,4,2,3,8,10,1,9, / 种群产品产量: 4776.557,800,819,575,541,200,180,500,187,				
第6个样本解: 1.7,20,9,5,8,2,5,4,6, / 种群产品产量: 4776.500,500,187,575,200,819,561,800,557,				
第7个样本解: 1.8,2,3,2,10,9,8, / 种群产品产量: 4776.800,500,819,575,541,500,187,557,200,				
第8个样本解: 1.5,6,3,8,10,9,4,2, / 种群产品产量: 4776.500,557,561,575,200,500,187,800,819,				
第9个样本解: 1.5,2,8,4,10,9,7, / 种群产品产量: 4776.571,561,819,200,800,500,187,557,500,				
第10个样本解: 1.9,4,2,7,8,9,5,6, / 种群产品产量: 4776.500,800,819,575,500,200,187,541,557,				
第11个样本解: 1.2,2,6,4,3,8,9,6, / 种群产品产量: 4776.819,500,800,575,561,200,187,500,557,				
第12个样本解: 1.7,10,5,8,2,3,4,6, / 种群产品产量: 4776.500,500,561,187,200,819,575,800,557,				
第13个样本解: 1.5,2,3,8,4,10,9,8, / 种群产品产量: 4776.541,819,500,200,800,500,187,557,575,				

图 6 作业排序计划决策模型计算页面示意图

4 生产决策支持系统的实现

生产决策支持系统的开发平台为 Windows Server 2003(兼容 Windows Server 2008 操作系统)和 Microsoft.net Framework 2.0,开发工具为 ASP.Net 2.0(Visual Studio 2005),数据库工具为 Microsoft SQL Server 2005. 经过模拟数据的多次测试,生产决策支持系统已实现稳定运行,并能够和其他子系统良好地衔接,实现数据共享。

生产决策支持系统涵盖了生产管理和生产决策两个过程,生产管理为生产决策提供生产基础数据,同时生产决策将决策结果反馈给生产管理。生产管理系统是对生产基本信息的管理,决策者可在“生产基本信息”模块中添加部门、车间、中心、工序、设备、人员等信息,并可对这些基本信息进行修改或者删除等。在“产品工艺信息”模块进行产品工艺结构的生成,并结合生产基本信息,产生产品工艺路线信息,产品工艺路线信息将传递给生产决策过程。在生产决策过程中,首先要进行营销计划的选择,然后结合生产管理中的数据信息作生产决策准备,在决策开始之前,要进行产品盈亏分析,再结合生产决策准备的数据信息,并从模型库中选择决策模型,来构建主生产计划优化决策模型并求解;结合主生产计划,并从模型库中选择决策模型,来构建生产作业计划优化决策模型并求解,并将生产作业计划传递给生产管理系统。此时,生产管理系统可进行产品生产过程的跟踪,并结合产品物料需求,来计算产品直接加工成本。

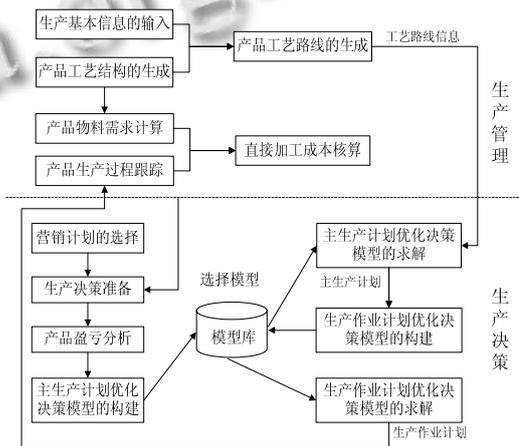


图 7 生产决策支持系统决策流程图

5 生产决策支持系统的应用

5.1 主生产计划优化决策

在非竞争营销计划 20140130 中,决策编号 1 至 6

为竞销类产品决策, 决策编号 7 至 10 为订单类产品决策. 竞销类产品可根据预测市场销售量和产品库存情况进行生产多少、何时生产等决策; 订单类产品预计销售量即为订单产品数量, 对其的生产决策只是决定在该决策期间是否生产, 一般确认订单为必须生产, 计划订单可生产可不生产. 决策编号 1 至 10 的预计销量分别为: 57328.51 台、10104.85 台、7083.67 台、9768.49 台、6913.80 台、6767.60 台、2000.00 台、2000.00 台、2000.00 台、2000.00 台.

通过主生产计划优化决策模型的计算, 模型计算得出的主生产计划如下图 8 所示, 生产计划编号为 20140421, 决策编号 1 至 10 的决策产量分别为: 57312 台、9828 台、6897 台、9597 台、6728 台、6679 台、2000 台、2000 台、2000 台、2000 台.

决策编号	产品代码	销售类型	预计销量	决策产量	销售单价	变动成本	边际利润	销售收入	品种成本	品种利润
1	H	竞销	57328.51	57312	3262.18	1208.00	2062.18	18902080.18	6877480	11818760.18
2	H	竞销	10104.85	9828	3254.38	1208.00	2054.38	31888108.08	11793400	20100218.08
3	F	竞销	7083.67	6897	3262.18	1208.00	2062.18	22490255.40	8278400	14222815.40
4	E	竞销	9768.49	6897	2962.42	1208.00	1762.42	21941324.74	11104400	10837124.74
5	D	竞销	6913.80	6728	3262.18	1208.00	2062.18	22647947.04	8075400	13579447.04
6	I	竞销	6767.60	6679	3262.18	1208.00	2062.18	21788106.02	8014800	13773106.02
7	G	订单	2000.00	2000	3000.00	1208.00	1800.00	6000000	2400000	3600000
8	E	订单	2000.00	2000	1228.00	1208.00	50.00	2400000	2400000	0
9	D	订单	2000.00	2000	1500.00	1208.00	300.00	3000000	2400000	600000
10	D	订单	2000.00	2000	1500.00	1208.00	300.00	3000000	2400000	600000

图 8 主生产计划浏览页面

5.2 作业计划优化决策

对生产计划 20140421 进行生产作业计划优化决策, 通过模型的构建与计算, 得到生产作业计划. 如图 9 所示, 可选择生产时段来显示产品生产甘特图, 由于数据量庞大, 下图只显示了全部时段下产品生产甘特图的部分内容. 横轴为生产时间, 纵轴为决策编号, 由不同的颜色来表示不同的产品型号, 如图, 决策编号 10 的产品为 E 型(深绿色), 其在第 1 时段的生产数量为 200 台.



图 9 产品生产甘特图页面

图 10 为设备作业甘特图, 可以选择时段、部门、

车间来相应地查看作业甘特图, 如图所示, 在作业时段 1 下, 部门 SE001 下的车间 WS001 中各设备的作业情况.



图 10 设备作业甘特图页面

图 11 为工件作业甘特图, 可以选择时段、决策编号来相应查看工件作业甘特图. 下图为生产时段 1 和决策编号 1 的产品 CP006 各工件作业情况.



图 11 工件作业甘特图页面

6 结语

本文设计并实施了生产决策支持系统, 该决策支持系统包含大量的模型及计算方法, 保证了生产决策的准确性与科学性. 系统的运行结果表明系统能够完成模型的构建与正确计算, 并得出决策结果; 系统各功能模块运行稳定, 决策流程通畅; 与其它子系统衔接良好, 实现了数据共享. 生产决策支持系统的运行是基于云计算平台的, 能够满足大规模应用且快速计算的需求, 其 B/S 结构的设计为决策者的使用带来了便利.

参考文献

- 1 张建林,魏大涛.多品种小批量生产管理信息系统的需求分析.航天制造技术,2006,10(5):33-35.
- 2 宋福根.基于模型整合的企业经营优化决策与控制研究[博士学位论文].上海:东华大学,2010.
- 3 张晶,宋福根.基于云计算的营销决策支持系统.计算机系统应用,2013,22(7):58-76.
- 4 宋福根.现代企业决策与仿真.北京:科学出版社,2010.
- 5 Garcia-Sabater JP, Maheut J, Garcia-Sabater JJ. A Decision Support System for Aggregate Production Planning based on MILP: A Case Study from the Automotive Industry. 2009. 366-371. 10.1109.
- 6 陈楨.基于 MES 的光伏加工企业生产管理系统设计.计算技术与自动化,2012,31(2):54-56.