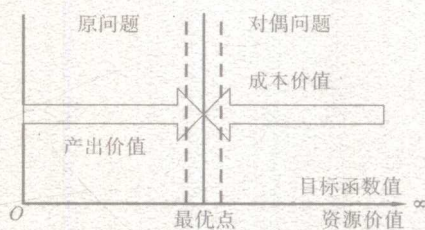


生产计划与 控制系统的 逆向分析与 求解

尹文生 著



国家自然科学基金项目:基于工程联接知识的装配序列规划(51175200)

华中科技大学教学研究项目:基于互联网的自主学习研究创新平台研究(2015008)

生产计划与控制系统的 逆向分析与求解

尹文生 著

华中科技大学出版社
中国·武汉

内 容 简 介

本书从生产系统的数学模型,特别是线性规划模型来逆向对生产系统及其核心——生产计划与控制系统进行分析与求解。

全书共包括 13 章。第 1 章简要介绍生产系统的结构特征,指出生产系统本质上就是知识系统,其中生产网络对应于知识网络,生产系统的运行对应于知识网络的运行,其核心就是生产计划与控制。第 2 章介绍生产计划与控制系统的主要任务和处理方法。第 3 章指出生产系统的运行可以用数学规划模型表示。第 4 章讨论了生产系统为线性系统时的生产计划与控制系统和线性规划模型的关系。第 5 章介绍了一般的线性规划理论和方法。第 6 章对生产系统的语义进行归纳,指出线性规划的语义模型就是资源规划模型,并讨论了资源的特性,特别是资源的时间性和空间性。第 7 章使用资源规划模型对线性规划的原问题和对偶问题进行了讨论,给出了原问题和对偶问题之间的语义关系。第 8 章提出了等值域和等值体的概念。第 9 章提出了一种基于资源语义的线性方程组求解方法。第 10 章、第 11 章用资源规划模型分别分析了精益生产和 TOC 理论和方法。第 12 章讨论了生产系统优化产生的根源和基本处理方法。第 13 章对生产计划与控制系统应用中的一些问题进行了讨论,提出了一种附加信息和缓冲站生产系统构想。

本书可供高等院校的本科生、研究生、研究人员阅读,也可供企业有关人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

生产计划与控制系统的逆向分析与求解/尹文生著. —武汉:华中科技大学出版社,2018.7
ISBN 978-7-5680-4445-5

I. ①生… II. ①尹… III. ①生产计划管理-控制系统-研究 IV. ①F406.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 165926 号

生产计划与控制系统的逆向分析与求解

尹文生 著

Shengchan Jihua yu Kongzhi Xitong de Nixiang Fenxi yu Qiujie

策划编辑:谢燕群

责任编辑:余 涛

封面设计:秦 茹

责任监印:徐 露

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)
武汉市东湖新技术开发区华工科技园

电话:(027)81321913

邮编:430223

录 排:武汉市洪山区佳年华文印部

印 刷:北京虎彩文化传播有限公司

开 本:710 mm×1000 mm 1/16

印 张:13

字 数:244 千字

版 次:2018 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:39.80 元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

前 言

世界万物都是错综复杂、发展变化的。人类对世界万物的认识是一个从感性到理性,然后在新的高度上循环,永远向前发展的过程。换句话说,人类的认识过程也可以用语义认识和抽象分析来描述。

简单地说,人类对世界万物及其变化的认识首先是通过对其赋予语义来实现的。人类对世界上的每件事物都是按照一定的语义进行认识,并为已经认知的每件事物确定其具体的语义。离开了语义,人类将无法认识世界,更无法进行交流。但是,世界是无限的,新事物的产生又是绵延不绝的,而人的能力和生命又是有限的,有限的人显然是无法记住无限的事物的。所以,人类发明了抽象的方法,不仅对世界上的事物进行分类,而且进行抽象,甚至可以完全脱离原来的语义。其中,最高层次的抽象就是本体论,它将世界上所有的事物抽象为事物及其联系,用图论的观点来说,就是所有的事物可以抽象成点,而它们之间的联系抽象成点与点之间的连线,这样就可以用图来表示世界上无穷无尽的事物。

对事物进行抽象不仅便于事物的分类,更重要的是,可以在抽象层次上对其进行分析,得到适合于一般事物的方法。人类对任何领域知识的认识都必须进行抽象,获得理论上的求解方法,并上升为科学理论,才能应用于实际,解决更多的实际问题。所以,对事物进行抽象,然后在抽象的层次上研究问题是科学研究的基本方法和必由之路。数学就是一门最重要的抽象科学,它是对各门具体科学的抽象。从数学研究的角度看,只有数学符号,没有这些数学符号的来源和原来的语义,所做的工作就是对这些抽象出来的数学符号进行运算。由于它是抽象的,所以它的适应范围很广泛,其处理方法和结果适合所有的具体科学中的相同问题。

但是,需要引起我们注意的是,尽管抽象层次上的科学是不局限于具体的语义的,但抽象所获得的对客观世界的认识本身与具体的事物一样,也是一种事物,只是所处的层次不同。也就是说,抽象层次上的认识也是可以用语义进行描述的。例如,图论将事物及其联系抽象成点和连线,为什么不抽象成其他事物呢?为什么在数学中需要了解函数的曲线及其特性呢?在研究数学优化算法时为什么需要研究点集的几何形状?这些事实充分说明,在抽象的层次也有具体的语义,只是这种语义更偏重于抽象问题本身,而与原来的原始语义关系模糊了。所以,在对抽象事物进行研究时,语义仍然是非常重要的,只是需要注意到这种语义是一种抽象层次

的语义,它不仅适合具体的事物,也适合抽象事物,所以适应范围更加广泛。

那么,语义又有哪些呢?显然,语义是对客观事物的描述,所以语义的种类和数量是无限的,但无论具体的语义是怎样的,这里将语义进行抽象并划分为两类:一类是几何语义;另一类是非几何语义。注意,这里讨论的语义对象不是具体的事物,而是抽象的事物,如数学的语义。

人是生活在三维空间中的,所以几何语义是一类非常重要的语义。即使在抽象的数学中,几何语义也是重点研究对象。事实上,数学上的很多重要理论都来自于几何。数学脱离了几何语义,可以说是寸步难行。当然,这里所说的几何不仅仅指数学中的平面几何、空间几何、解析几何等,而是指几何语义,用几何的语义来解释各种数学问题。

在人们的印象中,抽象层次上的事物是没有语义的,如数学就是纯粹的东西,如果有,也就是几何语义。但是实际上,除了几何语义,在抽象层次上还可以使用其他语义进行描述。例如,日常生活中常用弹性系数表达两个事物之间的比例关系,在数学上就是一个比例系数;常用影子价格表示社会经济中的某种最优资源配置,它就是线性规划对偶问题的解。为抽象的数学表达式赋予语义不仅容易理解复杂的数学问题,同时也可以为问题的求解指明方向。我们认为,将一个具体的事物进行抽象,形成一个数学问题,然后对数学问题赋予语义,使用语义对其进行分析和求解,最后又应用于实际,是一种非常有价值的方法。所以,这里将这种思想方法应用于生产系统,主要是生产计划与控制系统,以便为生产系统的分析和改善提出有益的建议。

生产系统是一种非常复杂的系统。生产系统的表现形式是企业。企业既包括可见的部分,如车间、工段、工位、人员、机器等,也包括不可见的部分,如知识、企业文化等。企业不仅是静态的,还是变化的,只有运营中的企业才能生产产品,创造价值。所以,生产系统可以分为静态和动态两部分。

通过对生产系统的具体构成进行分析,可以发现抽象的生产系统实际上与知识系统是一致的,所以可以将生产系统抽象成两部分:一部分是生产网络,构成了生产系统的静态部分,也是知识网络的固化形式;一部分是生产网络的运行,构成了生产系统的动态部分,也是知识网络的运行形式,其核心是进行生产计划与控制。生产系统等价于知识系统,知识系统中所有的方法都可以应用于生产系统。

通过分析生产系统的运作,对生产系统进行进一步的抽象,可以发现生产计划与控制系统可以用数学规划模型来表示,其中,生产网络对应于知识网络,在线性规划模型中以约束的形式存在,描述了输入和输出之间的关系;生产系统的目的性则对应于数学规划模型的目标函数。这样,生产计划与控制系统可以用数学规划模型来表示。

数学规划模型是一种抽象的优化模型,是对实际中的各种问题的抽象,因此求解数学规划问题实际上就等同于求解其他各种问题。但是,如果仅仅采用数学规划方法来求解实际问题,不仅隔断了与原问题之间的语义关系,而且其抽象方法本身也可能出现了难以克服的问题。例如,很多 NP 问题找不到数学上完美的解决算法,但是对于实际问题却常常有一些特殊的算法可取得到比较好的效果。

线性规划方法是数学规划中最重要,也是相对比较简单的一种方法。它不仅本身获得了极大的成功,提出了一些极具使用价值的方法,还为其他数学规划的求解指明了方向。所以选其作为数学规划模型的代表进行研究,所获得的结果可以推广到其他数学规划问题中。

单纯形法是线性规划方法的最重要,也是最成功的方法。它充分利用了几何语义关系,应用凸集的概念发现最优解在极点位置上,这样求解起来就非常方便了。但是当实际问题变得很复杂的时候,将存在两方面的问题:一方面很难建立线性规划模型;另一方面很难理解模型的解与实际问题之间的关系,因为在线性规划模型里已经不存在具体的语义了。

现在让我们回过头来用语义的概念来看待线性规划模型,可以发现,很多有关生产系统的问题都可以归结为线性规划模型。因为生产系统与知识系统在数学上是等价的,那么是不是可以用生产系统的语义来表示线性规划模型,用生产系统中的术语来解释线性规划模型呢?

基于这个思路进行研究,可以发现:生产系统的核心就是资源,线性规划模型就是表示生产系统资源关系的模型,所以也可以认为线性规划模型就是资源规划模型。确切地说,线性规划模型中的约束表示输入资源和输出资源之间的关系,而目标函数表示资源的价值。如果选定一种资源模型作为标准型的话,那么标准型可以确定为:约束表达式的左边为输出资源,右边为输入资源,而目标函数则为输出资源的价值。其语义可以简单地叙述为:资源规划问题就是在不超过输入资源定值的情况下,获得最大输出资源价值的输出资源配置问题。

建立资源规划模型标准型后,就可以利用资源语义概念对线性规划模型和生产系统进行逆向的分析与求解了。主要进行了以下方面的研究。

1. 资源分类

资源的种类很多,但是在抽象的层次上,两类资源是特别需要注意的。一类资源是时间资源,一类资源是空间资源。这两类资源实际上不是通常意义上的单独的资源,而是每种资源所具有的特性。从资源的使用来看,资源分为消耗资源和能力资源。因为资源的使用需要占用空间和时间,所以资源的空间性和时间性是非常重要的,它才是最终决定生产系统的效益的关键。

2. 原问题与对偶问题的关系

在很多教科书中,当解释线性规划原问题和对偶问题时,使用的案例和说法差别是比较大的。出现这种情况的原因是,这两者之间的关系除了在纯抽象的数学形式上是非常明确的外,在语义上是难以发现它们之间的关系的。影子价格概念的提出是对线性规划原问题和对偶问题关系的一种完美解释,同时也因为其语义作用才能在经济学上获得极大的成功。但如果用资源规划模型来解释原问题和对偶问题则是非常清晰而简便的。如果将资源规划模型标准型作为原问题,可以发现原问题和对偶问题实际上就是同一个问题,是从不同角度看待的问题,即从两个相反的方面来看待的同一个问题。对于生产系统,当我们处在任一个生产环节时,我们看待上游的生产环节时可以用原问题来描述,而看待下游的生产环节时可以用对偶问题来描述。无论是从哪个角度看,其问题都是同一个,即如何进行当前生产环节的优化。这里的生产系统是抽象的生产系统,也就是说,这个观点实际上也是适合所有使用线性规划模型的其他实际系统。

通过对资源规划模型的原问题和对偶问题进行推导,可以发现它们的约束和目标函数都是描述资源价值关系,而且形式上是相反的。特别值得注意的是,我们所得到的约束表达式是化简以后的形式,这也就是为什么在解释原问题和对偶问题关系时,各个教科书都含糊不清的原因。

通过对资源规划模型的原问题和对偶问题进行分析,发现它们之间的关系可以用一种顶牛关系图来描述。顶牛关系图告诉我们,对于互相关联的各个系统,真正的最优是双赢,只有充分考虑对方的利益才能实现己方的最优。

根据资源规划模型得到的解决原问题和对偶问题关系的方法和结论同样也适合其他问题,差别主要在于寻求最优的变化维度不同。对于线性规划模型表示的资源规划模型,原问题和对偶问题的目标函数正好都是同一个资源价值维度,但其他问题则不一定是相同的维度变化方向,从顶牛关系图上看就是存在两个相反的变化维度。另外,约束和目标函数之间的关系也非常复杂,不容易发现并进行描述。但是这反而有利于复杂问题的解决,因为很多复杂问题是无法建立准确数学模型的,这时我们可以从对偶问题角度去实现原问题的解决。只要考虑了对方利益的约束,自己这方的最优一定也是对方的最优。

3. 可行域和等值域

在线性规划模型中,可行域是一个非常重要的概念。定义可行域是非常自然的,因为所有的解会形成一个连续的区域,称为可行域。但是仅仅了解这一点是不够的,必须了解可行域这个区域有什么特征,才可能为问题的求解提供帮助。线性规划理论告诉我们:可行域是一个凸集。因为可行域是一个凸集,所以最优点一定

出现在极点上,这样就可以轻易地求出线性规划模型的解。那么这个可行域到底是什么形状呢?这是我们必须了解的问题。线性规划问题是多维问题,不能在二维平面上绘制多维空间的图形,所以只能先在二维平面上绘制二维问题,然后通过想象推广到多维空间中,因此提出了图解法。图解法清晰地描述了二维中凸多边形的形象,然后根据二维中凸多边形的形象及形成过程想象出多维空间中凸多面体的形象及形成过程。然而,这里就存在一个问题,就是在图解法中,凸多边形是通过不等式约束构建的,而线性规划问题的算法是通过等式约束证明的。虽然在算法推导时将不等式化成了等式,但是在人们的想象中可行域仍然是由不等式构成的,或者通过定义平面的正反向来形成的。也就是说,可行域是由这些不等式或等式切割以后产生的。

然而,在实际的线性规划问题求解时,所有的约束都转化成了等式,这其实就是说,它的可行域是一个等值域,可行域中所有的点均满足等式约束。采用等值域概念以后,可以限定可行域的范围,将不等式约束剔除,克服了图解法的缺陷。此外,等式约束具有良好的性质,它也是凸集,可以全盘应用线性规划理论的结论。特别重要的是,利用等值域的概念可以发现高维系统和低维系统的关系,建立高维空间里的平面和等值体的概念,定义基本等值体和可变基本等值体,将约束方程组之间的关系转化成基本等值体或可变基本等值体之间的关系,为基于资源语义的线性方程组算法的设计提供依据。

可以这样来解释可行域和等值域的差别。虽然从数学表达式来看,两者都是求方程组的交集,但通过图解法给人的印象就是可行域是通过用一些平面切割一个体所剩下的部分,而等值域是各个平面或等值体的交或者是在平面的投影。等值体还可以等价于这样的一个形成过程,即首先生成了一个点,然后从这个点向更高维方向扩展,形成线、面、体等形状的等值体,其等值的意义非常明显。

基本等值体和可变基本等值体是特别重要的等值体,它们具有一个重要的作用,就是可以重新看待坐标系的概念。即任何一个 n 维空间坐标系中的坐标点,实际上等价于这个 n 维空间中的 n 个基本等值体的交,而一个有无穷解的线性方程组则等价于若干个基本等值体和可变基本等值体的交,这就为线性方程组的求解提供了依据。

4. 线性方程组的求解算法

这里,依据等值体特别是基本等值体和可变等值体的概念,提出了基于资源语义的线性方程组的求解算法。首先,引入虚拟资源和虚拟容器。它类似于线性规划单纯形算法的预处理算法,即引入人工变量。但这里虚拟资源的引入不仅仅是获得一个使用单纯形法进行线性方程组求解的初值,还可作为一个虚拟容器,用于存放当前约束方程的输入资源。然后,确定每个方程也就是每个输入资源的主元

(主要使用者),并且将其对其他方程,也就是其他虚拟容器的影响消除。如果在消除影响过程中出现矛盾,则说明无解。不断重复确定主元和消除该主元对其他输入资源的影响,直到所有的输入资源都处理完成。最后,根据各个虚拟容器剩下的资源使用者的情况来确定是否存在唯一解或多解。从本质上看,这种基于资源语义的线性方程组的求解算法是人工变量法和高斯消元法的结合,但却被赋予了语义,是根据语义推导的,便于理解和应用。

资源语义和等值域(等值体)的概念是非常重要的。在此基础上,可以很方便地开发高效的线性方程组求解程序、线性规划求解程序和整数线性规划求解程序,其算法将另撰文予以介绍。

5. 精益生产和 TOC 理论的分析

丰田生产方式是日本丰田公司在 20 世纪所提出的一种生产方式,被美国专家归结为精益生产理论。精益生产理论一提出,就在日本汽车工业企业中得到迅速普及,并表现出巨大的优越性,使整个日本的汽车工业水平迈上了一个新台阶。精益生产理论为什么能够成功?在应用时应该注意什么问题呢?

精益生产的核心是消除浪费,以及在此基础上所发展的一整套理论和方法。从资源规划模型的角度对其进行分析,可以发现精益生产中减少浪费实际上不是一个简单的节省原材料的问题,而是如何改善生产系统的问题。换句话说,几乎所有的减少浪费的工作都只有一个目的,就是减少资源规划模型中约束方程组的系数值,使产品生产消耗的输入资源值减少。一般来说,产品生产所需要的原材料是不能减少的,原材料的品质也不能降低,所以只能从其他方面减少方程组中的系数值。其中影响最大的就是库存和搬运等费用,所以精益生产提出的口号是零库存。此外,精益生产还对生产系统的各个方面进行了改善,更重要的是采取各种措施激励员工的主观能动性,这将极大地改善生产系统。

精益生产提出了一个重要的方法,就是拉式生产方法。与推式生产方法不同,拉式生产方法是由后面的工序拉动前面的工序进行生产的运作。其优点是,对于基层,在生产过程中不需要进行生产的排产,简化车间层的排产工作,减少浪费。它的目标仍然是减少浪费及优化生产系统。

TOC 理论解决问题的思想正好和精益生产理论的思想相反。它认为降低成本所带来的收益是有限的,而提高生产效率的收益可以是无限的。提高生产效率的最有效方法就是克服影响生产效率的瓶颈,瓶颈问题解决了,则整个生产系统的问题就解决了。如果瓶颈问题不解决,则非瓶颈问题做得再好,也无济于事。

为了解决生产中的瓶颈问题,首先必须识别瓶颈。虽然可以通过生产线上某个环节前的堆积来判断该环节是否是瓶颈,但这个方法可能会出现识别错误。如果增加了很多指标,特别是添加了一些有关生产目标的指标,则可能会出现适应性

问题,即一个企业的瓶颈识别方法可能并不适合另一个企业。显然,最准确的识别瓶颈的方法应该是依据资源规划模型中约束表达式进行判断。值得注意的是,瓶颈问题是影响生产线生产效率的重要因素,它决定了生产的流畅性和均衡性,但实际上并不直接影响企业的生产目标,将生产目标加入瓶颈的识别将会影响真正瓶颈的识别。

按照资源规划模型的观点,生产系统的最优状态发生在每个生产环节都出现临界瓶颈的时刻,所以一定要区分临界瓶颈和非临界瓶颈。临界瓶颈是指刚好满足等式约束的情况,而非临界瓶颈是指不满足等式约束的情况。当所有的生产环节都处在临界瓶颈状态时,所有的等式约束都满足,所有的资源都充分利用,这当然就是最理想的状态。这样,对瓶颈的处理自然就应该有两种方法:保护瓶颈和消除瓶颈。

保护瓶颈是指对临界瓶颈的保护,使临界瓶颈处资源的使用不出现中断,保证瓶颈生产设备的产出,从而保证整个生产系统的产出。保护瓶颈的方法主要有两种:一种是即时生产的方法,保证在瓶颈设备需要的时候能够得到充足的输入资源;另一种是建立缓冲区的方法,让输入资源在瓶颈生产设备前等待,即使瓶颈前面工序出现停工也不会造成输入资源短缺。前者是精益生产所采用的方法,后者是 TOC 理论所采用的方法。实际上,TOC 理论的核心价值就在于能保护瓶颈,使生产系统在不添置较多额外投资的情况下极大地提高生产效率。为此,TOC 理论提出了五步改善法,其核心就是鼓-缓冲-绳方法,又称 DBR 方法(Drum-Buffer-Rope Approach)。

在五步改善法中,最重要的是第一步和第二步。第一步是识别瓶颈,第二步是寻找突破瓶颈约束的方法。但是 TOC 理论做了一个假定,就是突破约束的方法都是以不增加总费用和投资为前提的。这实际上就是限定了被解决的瓶颈约束问题就是临界瓶颈问题,其目的就是使该瓶颈环节一直处在临界状态。在这种假定下,是不可能解决非临界瓶颈的,因为瓶颈环节生产的总量是不可能突破的。TOC 理论提出的解决方法是 DBR 方法,它用鼓来控制生产系统的产出速度,这种速度显然就是临界瓶颈的生产速度。它用缓冲来保证瓶颈的生产不发生中断,也是为临界瓶颈服务的。它用绳子来控制上游原材料的发放速度,避免产生较大的在制品库存量,使生产系统的产出保持预定的速度。

临界瓶颈的保护可以在不增加投资的情况下获得较大的生产效率,但是如果要继续提高生产效率,则必须采用消除瓶颈的方法。消除瓶颈的核心就是增加瓶颈资源,其方法很多。需要注意的是,瓶颈的消除方法必须合理,因为一个瓶颈的消除可能会带来其他瓶颈的产生,最终并没有对生产效率产生较大的提升。

6. 生产系统的优化

从资源规划模型可以看出,当我们改变输出资源,也就是改变产品的生产配置方案时可以进行优化得到最优的结果,但是我们发现现代企业实际上主要都是依据订单进行生产的,由于生产产品时真正用在其上面的原材料等方面的资源是固定的,因此按理说不存在优化问题。但是,通过仔细分析可以发现,虽然产品的需求是确定的,但是其生产是需要安排并占用空间、时间资源的,真正影响生产的因素是资源的时间性和空间性,所以可以说生产系统的优化问题主要来源于资源的时间性和空间性,优化的任务就是安排好生产计划,使产品的生产时间性和空间性最佳。从这个意义上说,生产计划与控制系统的运行关系到生产系统生产效率的高低,构建完善的生产计划与控制系统对于企业是非常重要的。

然而,生产计划与控制系统又是非常复杂的,不仅包括大量的生产网络的组件,而且存在着大量的不确定问题,所以构建一个包含企业全部系统的生产计划与控制系统是不可能的,必须对生产计划与控制系统进行分层、分块,共同完成生产计划与控制任务。分层、分块的方法可以分成两大类:一类是根据企业的管理进行分层;另一类是根据生产网络的组成进行分层。也可以将两者结合,但这种结合实际上也属于管理分层类。根据生产网络分层所形成的各个子系统,它们是可以连接成为一个整体的。根据管理分层所形成的各个子系统则不能形成一个整体,因为它们之间不能实现数据的自动传递。由于在企业中存在很多的困难,特别是存在不确定性问题,所以一个企业是很难完全按照生产网络构成一个能够实现数据无缝集成的整体信息系统的。这样就可以得知,实际上在企业中是不能建立起一个能实现整体优化的系统的。

虽然不能构建整体上的优化系统,但是将企业的生产网络进行分层仍然是必要的。那么如何在这样分解所获得的系统和子系统中最终获得最优化的结果呢?显然,只能遵循某些原则。获得优化的原则,简单地说只有两条:一条是做好本职工作;另一条是做好整体规划。因为如果一个系统获得了整体最优结果,那么它的每个子系统也是最优的,不可能出现子系统非优的情况,否则就说明还没有达到最优。但是,每个子系统是最优的,整体不一定最优,因为整体上如果遗漏了某些方案的话,获得的最优实际上就是局部最优。

让我们回到企业的生产问题。可以得知,从整体最优的角度看,精益生产理论重点考虑的是局部最优,而 TOC 理论考虑的是整体规划。显然,只有两者结合,才能得到整体上的最优。对企业来说,为了得到整体上的最优,企业的生产必须与企业所面临的社会环境和技术环境相匹配。随着生产方式从单件少批量、少品种大批量向多品种小批量、个性化定制等生产方式的发展,企业为了适应这些变化,采用的手段也发生了螺旋式的变化,不断地发生从关注局部优化结果到注重整体规

划结果的周期性变化,其目的都是在现有的基础上发挥企业的能力。企业要更加有效地提高生产效率,采取的手段可以有所侧重,但必须明白,最大的优化结果一定是局部优化和整体规划的结合。

7. 提高生产系统适应性的方法

一个生产计划与控制系统,无论计划与实施工作做得怎样好,总可能会出现背离生产计划的情况,如果不及时处理,将造成整个系统出现混乱甚至崩溃。及时处理生产过程中出现的问题是非常重要的。根据局部和整体优化的概念,我们提出了一种附加信息和缓冲站的生产系统,其目的就是当生产系统出现问题时能够及时予以调整,保证生产系统的正常运行。这种系统是建立在可以充分获得生产系统的运行信息基础之上的。它类似于列车的调度系统,不在两个站点之间建立多条连线,而是对每个站点增强信息处理和生产调度能力。这样既不增加较大的投资,又可以提高生产效率,充分发挥生产线的能力。

限于我们的学识水平,对知识系统、生产系统的本质认识比较肤浅,书中疏漏及不当之处在所难免,恳请读者批评指正。

本书获得国家自然科学基金项目“基于工程联接知识的装配序列规划(51175200)”的资助。

感谢华中科技大学出版社领导和同志对本书的出版给予的大力支持和付出的辛勤劳动,没有他们的支持,本书是难以完成和出版的。特别感谢燕群老师的指导与关心。

谨以此书献给我的家人,特别是我的父母。他们一直给予我鼓励,鼓励我一定要尽自己的最大努力,不要害怕失败。

著者

2018年5月

目 录

1 生产系统	(1)
1.1 企业生产系统	(1)
1.1.1 企业及其生产	(1)
1.1.2 产品生产的系统模型	(2)
1.1.3 生产系统结构模型	(4)
1.2 知识表示标准模型	(5)
1.2.1 知识表示标准模型	(5)
1.2.2 知识网络	(7)
1.2.3 知识元件、知识组件和知识片段	(9)
1.3 生产网络	(10)
1.3.1 生产网络的概念	(10)
1.3.2 生产元件	(11)
1.3.3 生产的输入和输出	(12)
1.3.4 网络结构和层次化结构	(13)
1.4 生产系统的运行	(16)
1.4.1 生产的目的性	(17)
1.4.2 产品生产的确定性和实现过程的不确定性	(17)
1.4.3 生产的过程性	(19)
1.4.4 生产的有效性	(20)
1.4.5 生产的时效性	(21)
1.4.6 企业类型的独特性	(21)
1.4.7 生产的计划与控制性	(23)
1.5 本章小结	(24)
2 生产计划与控制系统	(25)
2.1 生产计划与控制的核心任务	(25)
2.1.1 生产计划	(25)
2.1.2 生产控制	(26)
2.1.3 生产调度	(27)

2.1.4	计划与控制的数学抽象	(27)
2.2	常用处理方法	(28)
2.2.1	PPC系统处理方法的分类	(28)
2.2.2	被动方法	(29)
2.2.3	主动方法	(30)
2.2.4	混合方法	(30)
2.2.5	技术方法	(31)
2.3	主要问题	(33)
2.3.1	问题描述和分析	(33)
2.3.2	求解复杂度问题	(36)
2.4	有关国内外研究现状	(37)
2.4.1	相关理论和方法	(37)
2.4.2	PPC系统的结构	(39)
2.4.3	数学模型	(40)
2.4.4	数学模型的语义	(41)
2.4.5	数学模型求解方法	(42)
2.4.6	生产系统数学模型的逆向分析和求解	(44)
2.4.7	现状分析总结	(44)
2.5	本章小结	(46)
3	生产应用中的数学规划问题	(47)
3.1	线性规划问题	(47)
3.1.1	生产计划问题	(48)
3.1.2	套裁下料问题	(49)
3.1.3	线性规划模型的两种基本形式	(50)
3.2	整数线性规划问题	(51)
3.3	数学规划问题三要素	(54)
3.3.1	决策变量	(54)
3.3.2	目标函数	(54)
3.3.3	约束条件	(55)
3.4	本章小结	(56)
4	PPC系统的数学模型	(57)
4.1	生产网络的数学表示	(57)
4.2	PPC系统的数学表示	(60)
4.3	本章小结	(62)

5	线性规划标准模型及求解方法	(64)
5.1	线性规划模型的标准形式	(64)
5.1.1	标准型	(64)
5.1.2	非标准型的转化	(65)
5.2	线性规划模型的几何语义及求解	(66)
5.2.1	线性规划模型的几何语义	(66)
5.2.2	线性规划问题的图解法	(67)
5.2.3	单纯形法	(69)
5.3	本章小结	(74)
6	PPC系统的语义模型:资源规划模型	(75)
6.1	生产系统模型的抽象语义	(75)
6.2	PPC系统模型的标准型	(76)
6.2.1	标准资源语义表	(76)
6.2.2	资源变量	(77)
6.2.3	资源值	(77)
6.2.4	约束表现形式选择	(78)
6.2.5	约束关系选择	(79)
6.2.6	目标函数	(80)
6.2.7	标准型	(81)
6.3	PPC系统模型的语义说明	(82)
6.4	资源的种类	(84)
6.4.1	资源的划分	(84)
6.4.2	资源的表示	(85)
6.5	空间资源	(86)
6.5.1	资源块	(86)
6.5.2	空间资源的使用特性	(87)
6.5.3	资源位置的变化	(88)
6.6	时间资源	(88)
6.6.1	使用性或可度量性	(89)
6.6.2	流逝性	(89)
6.6.3	无限性和有限性	(89)
6.6.4	连续性	(89)
6.6.5	颗粒性	(89)
6.6.6	依附性	(90)

6.7	运行转换成本	(91)
6.8	当量资源和统一资源	(91)
6.8.1	当量资源	(92)
6.8.2	统一资源	(92)
6.9	资源价值的运算和转移	(93)
6.9.1	价值分析	(93)
6.9.2	资源价值的运算	(94)
6.9.3	资源价值的转移	(95)
6.10	综合资源规划模型	(95)
6.11	本章小结	(97)
7	对偶模型及语义分析	(99)
7.1	数学规划问题的对偶模型	(99)
7.2	基于语义的对偶模型分析	(101)
7.2.1	标准型资源规划模型的原问题基本语义	(102)
7.2.2	标准型资源规划模型的对偶问题基本语义	(103)
7.2.3	对偶线性规划模型的语义分析	(104)
7.2.4	原问题和对偶问题的语义关系	(105)
7.3	其他原问题和对偶问题的语义关系	(107)
7.4	本章小结	(110)
8	松弛资源、虚拟资源和等值域	(111)
8.1	松弛资源和虚拟资源	(111)
8.2	等值域	(112)
8.2.1	图解法中可行域的表示	(112)
8.2.2	等值域的定义	(113)
8.2.3	高维系统和低维系统数据之间的转换	(114)
8.2.4	等值面和等值体	(114)
8.2.5	等值域的拉伸形式	(115)
8.2.6	基本等值体	(116)
8.2.7	非负基本等值体	(117)
8.2.8	坐标点的等值体语义	(117)
8.2.9	点的等值体拉伸	(118)
8.2.10	松弛资源和虚拟资源的作用	(119)
8.2.11	等值域的凸集特性	(120)
8.2.12	可行域和等值域的比较	(120)

8.3	传统图解法局限性的说明	(121)
8.4	本章小结	(124)
9	线性方程组的资源求解决方法	(125)
9.1	有解和无解的语义分析	(125)
9.2	总体思路	(126)
9.3	引入虚拟资源和虚拟容器	(127)
9.4	设定虚拟容器的主元	(129)
9.5	清除主元影响	(129)
9.6	求解过程中解的判断	(130)
9.7	与单纯形法预处理的比较	(131)
9.8	鸡兔同笼问题求解的语义分析	(132)
9.9	本章小结	(135)
10	精益生产	(136)
10.1	精益生产的形成	(136)
10.2	精益生产的基本特征	(137)
10.3	精益生产的理念	(138)
10.3.1	以利润为中心	(138)
10.3.2	消除浪费	(138)
10.3.3	提高生产效率	(139)
10.4	实现精益生产的手段	(140)
10.4.1	精益生产体系	(140)
10.4.2	精益生产方法	(141)
10.5	精益生产分析	(144)
10.5.1	消除浪费的本质	(144)
10.5.2	精益生产的两大支柱	(145)
10.5.3	精益生产的基本要求	(145)
10.5.4	精益生产的本质	(146)
10.6	本章小结	(148)
11	TOC	(150)
11.1	TOC 概述	(150)
11.2	TOC 分析	(152)
11.2.1	TOC 理论中的基本概念和方法	(152)
11.2.2	瓶颈的识别	(154)
11.2.3	瓶颈和非瓶颈的处理	(160)