



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104424512 B

(45)授权公告日 2018.10.12

(21)申请号 201410423135.9

(22)申请日 2014.08.25

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104424512 A

(43)申请公布日 2015.03.18

(30)优先权数据

2013-173313 2013.08.23 JP

2014-064787 2014.03.26 JP

(73)专利权人 横河电机株式会社

地址 日本东京

(72)发明人 川田美香 大原健一 福泽充孝

(74)专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理

有限公司 11112

代理人 陈源 李铭

(51)Int.Cl.

G06F 19/00(2018.01)

(56)对比文件

US 2009271241 A1, 2009.10.29,

CN 1497402 A, 2004.05.19,

CN 101339634 A, 2009.01.07,

CN 101465547 A, 2009.06.24,

CN 102692491 A, 2012.09.26,

US 2012078645 A1, 2012.03.29,

审查员 朱云娥

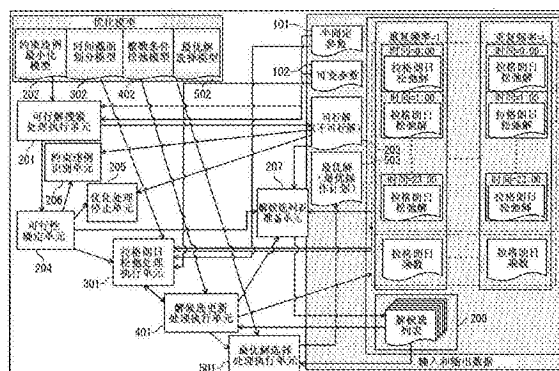
权利要求书3页 说明书16页 附图11页

(54)发明名称

操作计划决策方法和操作计划决策系统

(57)摘要

本发明提供了操作计划决策方法和操作计划决策系统。一种操作计划决策方法包括：通过使用约束违例最小化模型得到可行解；通过将所得到的可行解作为最优解的候选的初始值以及通过使用对于每个时间截面划分优化模型而得到的时间截面划分模型，来更新最优解的候选并将更新后的候选添加至候选列表；以及从添加有更新后的候选的候选列表中选择最优解。



1. 一种操作计划决策方法,其中确定满足约束条件的操作计划,所述方法包括通过计算机执行的如下步骤:

通过使用约束违例最小化模型来得到可行解;

通过将所得到的可行解作为最优解的候选的初始值以及通过使用时间截面划分模型,来更新用于所述最优解的候选并将更新后的候选添加至候选列表,所述时间截面划分模型是通过对混合整数线性规划模型应用拉格朗日松弛方法所得到的针对每个时间截面划分的模型,从而使得所述时间截面划分模型以与时间划分数量相对应的频率来执行优化计算,所述时间截面划分模型包括:

目标函数

$$\sum_{t \in \text{Time}} \sum_{e \in \text{Energy}} \sum_{f \in \text{Facility}} (C_{t,f}^e)^T \cdot X_{t,f}^e - \delta_{t,f} \left(\sum_{u=t-N_f+1}^{t-1} \lambda_{u,f} - (N_f-1)(\lambda_{t,f} - \lambda_{t+1,f}) \right) \rightarrow \text{Minimize} \quad ,$$

设备特性

$$Y_{t,f}^e = \eta_f^e \cdot X_{t,f}^e + \varepsilon_f^e \cdot \delta_{t,f} \quad \delta_{t,f} \in \{0,1\} \quad ,$$

以及约束条件

$$\sum_f Y_{t,f}^e \geq \text{Demand}_t^e$$

$$\text{Min} Y_f^e \cdot \delta_{t,f} \leq Y_{t,f}^e \leq \text{Max} Y_{t,f}^e \cdot \delta_{t,f}$$

$$X_{t,f}^e, Y_{t,f}^e \geq 0,$$

其中,连续变量X表示设备输入能量,连续变量Y表示设备输出能量,整数变量δ表示设备操作信号,参数λ表示拉格朗日乘数,参数C表示单位成本,参数η表示性能系数,参数ε表示偏置量,参数Demand表示需求量,参数MinY表示最小额定输出能量,参数MaxY表示最大额定输出能量,参数N表示最小操作周期,下标t表示时间步长,上标e表示能量类型,下标f表示设备数量;以及

从添加有所述更新后的候选的所述候选列表中选择最优解,所述最优解是用于提供最优能量节约的工厂的最优操作计划。

2. 根据权利要求1所述的操作计划决策方法,还包括:

当不能够得到可行解时,针对不可行解识别约束违例的点。

3. 根据权利要求1或2所述的操作计划决策方法,其中,

当不能够得到所述可行解时,停止执行候选更新。

4. 根据权利要求1或2所述的操作计划决策方法,还包括:

基于表示设备的图,准备表示所述设备之间的能量流动的能流图;

生成与所述图相对应的参数输入画面,并且从所生成的参数输入画面接收与所述图相对应的参数;以及

基于经由所述参数输入画面接收的与所述图相对应的参数来生成所述约束违例最小化模型、所述时间截面划分模型、整数条件松弛模型和最优解选择模型。

5. 根据权利要求1或2所述的操作计划决策方法,还包括:

输出所选择的最优解。

6. 根据权利要求5所述的操作计划决策方法, 其中,
在参数输入画面上的预定位置处输出所选择的最优解。

7. 一种操作计划决策系统, 其中, 确定满足约束条件的操作计划, 所述操作计划决策系统包括:

可行解获得模块, 其被配置为通过使用约束违例最小化模型来得到可行解;

候选更新模块, 其被配置为通过将所述可行解获得模块得到的所述可行解作为最优解的候选的初始值以及通过使用时间截面划分模型, 来更新用于所述最优解的候选并将更新后的候选添加至候选列表, 所述时间截面划分模型是通过将混合整数线性规划模型应用拉格朗日松弛方法所得到的针对每个时间截面划分的模型, 从而使得所述时间截面划分模型以与时间划分数量相对应的频率来执行优化计算, 所述时间截面划分模型包括:

目标函数

$$\sum_{t \in \text{Time}} \sum_{e \in \text{Energy}} \sum_{f \in \text{Facility}} (C_{t,f}^e)^T \cdot X_{t,f}^e - \delta_{t,f} \left(\sum_{u=t-N_f+1}^{t-1} \lambda_{u,f} - (N_f - 1)(\lambda_{t,f} - \lambda_{t+1,f}) \right) \rightarrow \text{Minimize} \quad ,$$

设备特性

$$Y_{t,f}^e = \eta_f^e \cdot X_{t,f}^e + \varepsilon_f^e \cdot \delta_{t,f} \quad \delta_{t,f} \in \{0,1\} \quad ,$$

以及约束条件

$$\sum_f Y_{t,f}^e \geq \text{Demand}_t^e$$

$$\text{Min} Y_f^e \cdot \delta_{t,f} \leq Y_{t,f}^e \leq \text{Max} Y_{t,f}^e \cdot \delta_{t,f}$$

$$X_{t,f}^e, Y_{t,f}^e \geq 0 \quad ,$$

其中, 连续变量X表示设备输入能量, 连续变量Y表示设备输出能量, 整数变量δ表示设备操作信号, 参数λ表示拉格朗日乘数, 参数C表示单位成本, 参数η表示性能系数, 参数ε表示偏置量, 参数Demand表示需求量, 参数MinY表示最小额定输出能量, 参数MaxY表示最大额定输出能量, 参数N表示最小操作周期, 下标t表示时间步长, 上标e表示能量类型, 下标f表示设备数量; 以及

最优解选择模块, 其被配置为从所述候选更新模块获得的所述候选列表中选择最优解, 所述最优解是用于提供最优能量节约的工厂的最优操作计划。

8. 根据权利要求7所述的操作计划决策系统, 还包括:

约束违例识别模块, 其被配置为当不能够通过所述可行解获得模块得到所述可行解时, 针对不可行解识别约束违例的点。

9. 根据权利要求7或8所述的操作计划决策系统, 其中,

当不能够通过所述可行解获得模块得到所述可行解时, 停止执行所述候选更新模块。

10. 根据权利要求7或8所述的操作计划决策系统, 还包括:

能流图准备模块, 其被配置为基于表示设备的图, 准备表示所述设备之间的能量流动的能流图;

参数输入模块, 其被配置为生成与所述图相对应的参数输入画面, 并且从所生成的参数输入画面接收与所述图相对应的参数; 以及

模型生成模块,其被配置为基于经由所述参数输入画面接收的与所述图相对应的参数来生成所述约束违例最小化模型、所述时间截面划分模型、整数条件松弛模型和最优解选择模型。

11. 根据权利要求7或8所述的操作计划决策系统,还包括:

最优解输出模块,其被配置为输出所述最优解选择模块所选择的最优解。

12. 根据权利要求11所述的操作计划决策系统,其中,

所述最优解输出模块在参数输入画面上的预定位置处输出所述最优解。

操作计划决策方法和操作计划决策系统

技术领域

[0001] 本发明涉及操作计划决策方法等,其中确定满足约束条件的操作计划。

背景技术

[0002] 开始供需配合以通过将诸如在生产的过程中排放的副产品气体之类的副产品再利用以作为能量供应设备中的燃料,来抑制化石燃料的使用,并且近年来供需配合已引起了公众的注意。在供需配合的应用中,与相关技术中对于一个能量供应设备的能量节约的对策不同,能量节约对策的应用延伸到包括生产设备的多个工厂中,并且使用各种副产品。因此,工厂的操作变得规模更大且更加复杂。为此,对于有助于能量节约和成本节约的解决方案的需求不断提升。

[0003] 计算设备的开始和停止信号(0-1整数变量)以及输入和输出的量(连续变量)以获取实现能量节约和成本节约的最优操作计划。因此,被称为混合整数线性规划(MILP)方法的数学规划方法被广泛用作最优化方法。MILP方法是搜索整数变量的所有组合并且当设备数量增加或者调度的单位变化时搜索时间量会指数增加的显式解决方法。因此,当优化模型变为大规模且复杂时,存在需要的计算时间周期巨大因而不能获得最优解的问题。

[0004] 在下文中,将描述现有技术的混合整数线性规划模型的示例。

[0005] [表达式1]

[0006] 目标函数:

$$[0007] \sum_{t \in \text{Time}} \sum_{e \in \text{Energy}} \sum_{f \in \text{Facility}} (C_{t,f}^e)^T \cdot X_{t,f}^e \rightarrow \text{Minimize}$$

[0008] 设备特性:

$$[0009] Y_{t,f}^e = \eta_f^e \cdot X_{t,f}^e + \varepsilon_f^e \cdot \delta_{t,f} \quad \delta_{t,f} \in \{0,1\}$$

[0010] 约束条件(其在时间上是封闭的):顺序为供需平衡约束、输出上下限约束和非负约束(示例)

$$[0011] \sum_f Y_{t,f}^e \geq \text{Demand}_t^e$$

$$[0012] \text{Min} Y_f^e \cdot \delta_{t,f} \leq Y_{t,f}^e \leq \text{Max} Y_{t,f}^e \cdot \delta_{t,f}$$

$$[0013] X_{t,f}^e, Y_{t,f}^e \geq 0$$

[0014] 约束条件(跨越时间):最小操作时间周期约束(示例)

$$[0015] (N_f - 1)(\delta_{t,f} - \delta_{t-1,f}) \leq \sum_{u=t+1}^{t+N_f-1} \delta_{u,f}$$

[0016] 连续变量:

[0017] X:设备输入能量,Y:设备输出能量

[0018] 整数变量:

[0019] δ :设备操作信号(开/关)

[0020] 参数:

[0021] C:单位成本, η :性能系数(COP), ϵ :偏置量,Demand:需求量,MinY:最小额定输出,MaxY:最大额定输出,N:最小操作周期

[0022] 下标:

[0023] t:时间步长(例如;1,2,3,...,24),e:能量类型,f:设备数量

[0024] 混合整数线性规划模型具有以下四种特性:

[0025] (1) 在目标函数中,定义设备所消耗的能量成本(或者CO₂排放量)。

[0026] (2) 定义使用设备的输入和输出能量的量和性能系数的特性表达式(设备特性)。

[0027] (3) 定义提供给需求侧的能量的量的平衡约束或设备的操作约束(约束条件)。

[0028] (4) 能够处理输入和输出量(连续变量)和操作信号(整数变量)中的不同类型的变量。

[0029] 在混合整数线性规划(MILP)方法中,以时序方式导出最优解,其中被工厂的设备组消耗的能量总成本(或CO₂排放量)变得最小,同时满足特性表达式和约束条件。

[0030] [现有技术文献]

[0031] [专利文献]

[0032] [专利文献1]JP-A-2010-237745

[0033] [专利文献2]JP-A-11-272748

[0034] [专利文献3]JP-A-09-300180

[0035] [专利文献4]JP-A-06-236202

[0036] 混合整数线性规划(MILP)方法提出了将多种优化方法组合到一起以减少计算时间周期的各方式,并且在任何一种方式中,计算时间周期都可以被减少少量或多量。然而,即使在完成优化计算之后,仍然不可能解决无法在最优解之外获得甚至一个可行解的问题。

[0037] 当优化计算期间发生违反约束的情况时,需要基于由优化引擎或至今所建立的专用技术所表示的错误号来评估原因点(目标设备、约束类型或时隙)的识别。因此,还存在如下的问题:原因点的识别要求如此大量的工时使得模型是大规模且复杂的,并且要求比在混合整数线性规划(MILP)方法中使用的更加专业的知识来将多种方法组合到一起。

发明内容

[0038] 本发明的示例性实施例提供了可以在短时间周期内获取可执行的最优解的操作计划决策方法和操作计划决策系统。

[0039] 根据示例性实施例,一种操作计划决策方法,其中,确定满足约束条件的操作计划,该方法包括通过计算机执行的如下步骤:

[0040] 通过使用约束违例最小化模型来得到可行解;

[0041] 通过将所得到的可行解作为最优解的候选的初始值以及通过使用对于每个时间截面划分优化模型而得到的时间截面划分模型,来更新用于最优解的候选并将更新后的候选添加至候选列表;以及

[0042] 从添加有更新后的候选的候选列表中选择最优解。

[0043] 在该操作计划决策方法中,由于通过使用约束违例最小化模型来得到可行解,所得到的可行解被看作是最优解的候选的初始值,最优解的候选通过使用对于每个时间截面划分优化模型而获得的时间截面划分模型来更新,并且更新后的候选被添加至候选列表,从而在短时间周期内得到可执行的最优解。

[0044] 该操作计划决策方法可包括:

[0045] 当不能够得到可行解时,针对不可行解识别约束违例的点。

[0046] 当不能够得到可行解时,可以停止执行候选的更新。

[0047] 该操作计划决策方法可包括:

[0048] 基于表示设备的图,准备表示设备之间的能量流动的能流图;

[0049] 生成与所述图相对应的参数输入画面,并且从所生成的参数输入画面接收与所述图相对应的参数;以及

[0050] 基于经由参数输入画面接收的与所述图相对应的参数来生成约束违例最小化模型、时间截面划分模型、整数条件松弛模型和最优解选择模型。

[0051] 该操作计划决策方法可包括:

[0052] 输出所选择的最优解。

[0053] 可以在参数输入画面上的预定位置处输出所选择的最优解。

[0054] 根据示例性实施例,一种操作计划决策系统,其中,确定满足约束条件的操作计划,所述操作计划决策系统包括:

[0055] 可行解获得模块,其被配置为通过使用约束违例最小化模型来得到可行解;

[0056] 候选更新模块,其被配置为通过将可行解获得模块得到的可行解作为最优解的候选的初始值以及通过使用对于每个时间截面划分优化模型而得到的时间截面划分模型,来更新用于最优解的候选并将更新后的候选添加至候选列表;以及

[0057] 最优解选择模块,其被配置为从候选更新模块获得的候选列表中选择最优解。

[0058] 在该操作计划决策系统中,由于通过使用约束违例最小化模型来得到可行解,所得到的可行解被看作是最优解的候选的初始值,最优解的候选通过使用对于每个时间截面划分优化模型而获得的时间截面划分模型来更新,并且更新后的候选被添加至候选列表,从而在短时间周期内得到可执行的最优解。

[0059] 该操作计划决策系统可包括:

[0060] 约束违例识别模块,其被配置为当不能够通过可行解获得模块得到可行解时,针对不可行解识别约束违例的点。

[0061] 当不能够通过可行解获得模块得到可行解时,可以停止执行候选更新模块。

[0062] 该操作计划决策系统可包括:

[0063] 能流图准备模块,其被配置为基于表示设备的图,准备表示设备之间的能量流动的能流图;

[0064] 参数输入模块,其被配置为生成与所述图相对应的参数输入画面,并且从所生成的参数输入画面接收与所述图相对应的参数;以及

[0065] 模型生成模块,其被配置为基于经由参数输入画面接收的与所述图相对应的参数来生成约束违例最小化模型、时间截面划分模型、整数条件松弛模型和最优解选择模型。

[0066] 该操作计划决策系统可包括:

[0067] 最优解输出模块,其被配置为输出最优解选择模块所选择的最优解。

[0068] 最优解输出模块可以在参数输入画面上的预定位置处输出最优解。

[0069] 在根据本发明实施例的操作计划决策方法中,由于通过使用约束违例最小化模型来得到可行解,所得到的可行解被看作是最优解的候选的初始值,最优解的候选通过使用对于每个时间截面划分优化模型而获得的时间截面划分模型来更新,并且更新后的候选被添加至候选列表,从而在短时间周期内得到可执行的最优解。

[0070] 在根据本发明实施例的操作计划决策系统中,由于通过使用约束违例最小化模型来得到可行解,所得到的可行解被看作是最优解的候选的初始值,最优解的候选通过使用对于每个时间截面划分优化模型而获得的时间截面划分模型来更新,并且更新后的候选被添加至候选列表,从而在短时间周期内得到可执行的最优解。

附图说明

[0071] 图1是示出操作计划决策系统的结构的示例的框图。

[0072] 图2是示出操作计划决策系统的操作示例的流程图。

[0073] 图3是示出当识别出约束违例点时的程序示例的示图。

[0074] 图4是示出解候选列表的示例的示图。

[0075] 图5是示出时间截面划分模型的搜索时间量的示意图。

[0076] 图6是示出设备能量输出的时序数据和操作甘特图的示例的示图。

[0077] 图7是示出操作计划决策系统1的功能结构的示例的框图。

[0078] 图8是示出操作计划决策系统1输出最优解的处理的流程示例的流程图。

[0079] 图9A和图9B是示出由能流图准备模块13准备的能流图的状态示例的框图。

[0080] 图10示出了由参数输入模块21生成的输入工作表的示例。

具体实施方式

[0081] 第一实施例

[0082] 以下将描述根据本发明的操作计划决策系统的第一实施例。

[0083] 本发明的目的在于提供一种操作计划,其用作目标在于具有能量供应设备(诸如室内能量生成设备之类)的重工业和化学工业工厂的控制和监控系统的主机系统,并且有助于工厂的能量节约和成本节约。

[0084] 本发明的目的在于提供一种算法,该算法对由于能量节约目标范围(例如,尤其是生产设备和供应设备被集成的供需配合)的扩展而变得规模更大并且更复杂的工厂进行建模,并且该算法可以在保证可行性的同时,在短时间周期内执行由大量设备组的开始-停止或输入-输出组成的最优调度。

[0085] 本发明的目的在于提供一种高速优化算法,通过将搜索可行解的功能、对于每个时间截面划分优化模型的功能、更新和列出用于最优解的候选的功能以及从所列出的候选中选择最优解的功能组合到一起,所述高速优化算法保证大规模和复杂工厂模型的可行性以及不能通过现有技术的方法来获得的该模型的最优解。根据本发明的实施例,当完成优化计算时,能够确定地导出最优解以满足所有的约束条件,并且充分减少了整数变量的搜索时间量,因此可以减小计算时间周期。此外,当发生约束违例时,可以快速地查清和识别

原因点。

[0086] 根据本发明实施例的操作计划决策系统被配置为包括多种优化方法(优化处理)。该操作计划决策系统使用混合整数线性规划模型的修改模型,并且采用考虑了模型的可维护性而编译的算法。

[0087] 图1是示出操作计划决策系统的结构的示例的框图。以下,将参照图1描述根据本发明的操作计划决策系统的每个元件。

[0088] 在图1中,半固定参数101是设备的固有参数,诸如设备的性能系数或额定值。

[0089] 例如,

[0090] (1) 性能系数(COP)

[0091] (2) 额定值(最小输入和输出值、以及最大输入和输出值)

[0092] (3) 各种设定值(温度、蒸气压力等)

[0093] (4) 辅助机器(泵等)的功耗

[0094] (5) 最小操作时间周期和最小停止时间周期

[0095] (6) 启动时间

[0096] 可变参数102表示工厂(设备)的当前状态并且随时间变化。

[0097] 例如,

[0098] (1) 操作信号(0:停止,1:操作)

[0099] (2) 不可操作信号(0:可操作,1:不可操作)

[0100] (3) 连续操作时间周期和连续停止时间周期

[0101] (4) 当前值(温度、蒸气压力等)

[0102] (5) 需求侧的信息(估计值和实际值)

[0103] 可行解搜索处理执行单元201是用于通过使用除半固定参数101和可变参数102之外的约束违例最小化模型202(稍后进行描述)来执行优化计算的装置。在完成计算之后,得到稍后将进行描述的可行解203。

[0104] 与现有技术的混合整数线性规划(MILP)模型相比,约束违例最小化模型202是目标函数从成本(CO₂排放量)最小化变化到约束违例的数量的最小化的模型。

[0105] 可行解203是满足约束条件的解(不等同于最优解)。最优解503是可行解中的最优值。当解不满足约束条件是,该解变为不可行解。

[0106] 可行性确定单元204是用于参照约束违例最小化模型的目标函数的值(约束违例的量)来确定可行解203的存在或不存在的装置。

[0107] 优化处理停止单元205是用于在确定不存在可行解之后停止执行优化处理的装置。

[0108] 约束违例识别单元206是用于识别引起约束违例的设备、约束条件的类型和时隙,并且参照不可行解(当不存在可行解203时)纠正约束违例的装置。

[0109] 解候选列表准备单元207是用于通过将可行解203看作是初始值并且通过在连续的顺序中加入拉格朗日松弛解来准备最优解的候选的列表(稍后将进行描述的解候选列表208)的装置。

[0110] 解候选列表208是被稍后描述的解候选更新处理执行单元401和最优解选择处理执行单元501所使用的列表,并且取离散值。

[0111] 拉格朗日松弛处理执行单元301是用于通过使用除半固定参数101和可变参数102之外、还使用稍后描述的时间截面划分模型302和拉格朗日乘数来执行优化计算的装置。在完成计算之后,得到拉格朗日松弛解。

[0112] 时间截面划分模型302是通过对混合整数线性规划 (MILP) 模型 (原始问题) 应用拉格朗日松弛方法所得到的针对每个时间截面划分的模型。

[0113] 拉格朗日乘数是在拉格朗日松弛方法中所使用的惩罚乘数,通常由 λ 来表示。

[0114] 拉格朗日松弛解被称为原始问题的下限值。拉格朗日松弛解根据时间截面划分模型302导出。

[0115] 解候选更新处理执行单元401是用于在解候选列表准备单元207按时序地聚集拉格朗日松弛解并将拉格朗日松弛解添加到解候选列表208之后使用稍后描述的整数条件松弛模型402来执行优化计算的装置。在完成计算之后,得到拉格朗日乘数 λ 。

[0116] 整数条件松弛模型402是拉格朗日对偶问题的主要问题的模型。由于整数条件松弛模型402被配置为仅具有连续变量,所以可以通过使用线性规划 (LP) 方法来获得整数条件松弛模型402的解。

[0117] 最优解选择处理执行单元501是用于通过使用解候选列表208和稍后描述的最优解选择模型502来执行优化计算的装置。每次从解候选列表208中选择一个解。在完成计算之后,得到稍后描述的最优解 (最优操作计划) 503。

[0118] 最优解选择模型502是由解候选列表208所形成的离散规划问题。通过使用加权约束满足问题 (WCSP) (其是元启发式方法) 而获得最优解选择模型502的解。

[0119] 最优解 (最优操作计划) 503是用于成本节约和减少CO₂排放量的工厂的最优操作计划。按时序地得到设备操作信号 (整数变量)、设备的输入和输出量 (连续变量) 等。

[0120] 接下来,将描述根据本发明实施例的操作计划决策系统的操作。图2是示出根据本发明实施例的操作计划决策系统的操作示例的流程图。

[0121] 可行解搜索处理 (步骤S1)

[0122] 在图2所示出的步骤S1中,可行解搜索处理执行单元201通过使用半固定参数101、可变参数102和约束违例最小化模型202来执行优化计算。在完成计算之后,得到稍后描述的可行解203。不同于稍后描述的三种优化处理,模型的目标函数不是成本最小化,并且该处理变为保证可行性的基础。下文将描述约束违例最小化模型的示例。

[0123] [表达式2]

[0124] 目标函数:

$$[0125] \quad \sum_{t \in \text{Time}} \sum_{e \in \text{Energy}} \sum_{f \in \text{Facility}} (\beta_{t,f}^{\text{Demand},e} + \beta_{t,f}^{\text{MinY},e} + \beta_{t,f}^{\text{MaxY},e} + \beta_{t,f}^{\text{MinRunTime}}) \rightarrow \text{Minimize}$$

[0126] 设备特性:

$$[0127] \quad Y_{t,f}^e = \eta_f^e \cdot X_{t,f}^e + \varepsilon_f^e \cdot \delta_{t,f} \quad \delta_{t,f} \in \{0,1\}$$

[0128] 约束条件 (其在时间上是封闭的): 顺序为供需平衡约束、输出上下限约束和非负约束 (示例)

$$[0129] \quad \sum_f Y_{t,f}^e - \alpha_{t,f}^{\text{Demand},e} + \beta_{t,f}^{\text{Demand},e} = \text{Demand}_t^e$$

[0130] $MinY_f^e \cdot \delta_{t,f} = Y_{t,f}^e - \alpha_{t,f}^{MinY,e} + \beta_{t,f}^{MinY,e} = 0$

[0131] $Y_{t,f}^e = MaxY_{t,f}^e \cdot \delta_{t,f} - \alpha_{t,f}^{MaxY,e} + \beta_{t,f}^{MaxY,e} = 0$

[0132] $X_{t,f}^e, Y_{t,f}^e, \alpha_{t,f}^{Demand,e}, \alpha_{t,f}^{MinY,e}, \alpha_{t,f}^{MaxY,e}, \alpha_{t,f}^{MinRunTime}, \beta_{t,f}^{Demand,e}, \beta_{t,f}^{MinY,e}, \beta_{t,f}^{MaxY,e}, \beta_{t,f}^{MinRunTime} \geq 0$

[0133] 约束条件(跨越时间):最小操作时间周期约束(示例)

[0134]
$$\sum_{u=t+1}^{t+N_f-1} \delta_{u,f} - (N_f - 1)(\delta_{t,f} - \delta_{t-1,f}) - \alpha_{t,f}^{MinRunTime} \beta_{t,f}^{MinRunTime} = 0$$

[0135] 连续变量:

[0136] X:设备输入能量,Y:设备输出能量, α :松弛变量, β :人为变量(约束违例量生成变量)

[0137] 整数变量:

[0138] δ :设备操作信号(开/关)

[0139] 参数:

[0140] C:单位成本, η :性能系数(COP), ε :偏置量,Demand:需求量,MinY:最小额定输出,MaxY:最大额定输出,N:最小操作周期

[0141] 下标:

[0142] t:时间步长(例如,1,2,3,...,24),e:能量类型,f:设备数量

[0143] 约束违例最小化模型具有以下三种特性:

[0144] (1) 松弛变量 α 被增加到所有约束条件,因此约束条件变成等式约束条件。

[0145] (2) 人为变量 β 被增加到约束条件以产生在发生约束违例时的值(正值)。例如,在以下示例的(A)中,人为变量 β 变得等于0,并且满足能量的供需平衡的约束。相反,在(B)中,人为变量 β 变得等于正数,并发生约束违例。

[0146] [表达式3]

[0147] $Y_t \geq Demand_t \Rightarrow Y_t - \alpha_t^{Demand} + \beta_t^{Demand} = Demand_t$

[0148] (A) $Y_t = 60, Demand_t = 40(Constraint \text{ observance}) \Rightarrow \alpha_t^{Demand} = 20, \beta_t^{Demand} = 0$

[0149] (B) $Y_t = 40, Demand_t = 60(Constraint \text{ violation}) \Rightarrow \alpha_t^{Demand} = 0, \beta_t^{Demand} = 20$

[0150] (3) 目标函数从能量成本最小变为人为变量 β 的最小化(约束违例的最小化)。

[0151] 约束违例最小化模型的使用提供了以下四种优点。

[0152] (1) 可以仅参照目标函数来确定可行解的存在或不存在。即,目标函数变得等于0表示获得可行解的事实。目标函数变得等于正值表示没有获得可行解的事实。

[0153] (2) 前一种情况具有满足所有约束条件的至少一个可行解,因此可以保证模型的可行性。

[0154] (3) 在后一种情况下,人为变量 β 使得能够识别引起约束违例的设备、约束条件以及时隙。

[0155] (4) 在执行优化计算期间当下限值变为正时,即使进一步执行搜索也不存在可行解。因此,可以立即完成计算。由于满足约束条件的解与提供最优能量节约或最优减少CO₂排放量的最优解相比,即使不更好也一样好,因此可以在短时间周期内执行优化计算。

[0156] 接下来,在步骤S2中,可行性确定单元204确定是否获得了可行解203。当确定结果为“是”时,处理进行到步骤S5,而当确定结果为“否”时,处理前进至步骤S3。

[0157] 优化处理的停止(步骤S3)

[0158] 在步骤S3中,优化处理停止单元205停止优化处理,并且停止到优化处理的后部的转变。因此,在步骤S4中,可以开始识别约束违例的点而不用等待所有优化处理结束。

[0159] 约束违例点的识别(步骤S4)

[0160] 在步骤S4中,约束违例识别单元206识别引起约束违例发生的设备、约束条件的类型以及时隙。根据以下程序来执行识别方法。

[0161] (1) 约束违例识别单元206在不可行解中搜索人为变量 β ,并且找到人为变量 β 为正值的点。

[0162] (2) 约束违例识别单元206确认使用人为变量 β 的约束条件。

[0163] (3) 约束违例识别单元206确认人为变量 β 具有正值的时隙。

[0164] 根据上述程序,可以简单地识别约束违例点。此外,可以容易地评估约束违例的原因。图3示出了识别约束违例点时的程序的示例。在图3所示的示例中,可以根据以下程序来识别发生约束违例的点。

[0165] (1) 识别出在图3的列PD1中显示出能量需求量的人为变量,并表示正值。

[0166] (2) 识别出在供需平衡约束条件下使用人为变量。

[0167] (3) 识别出人为变量在时隙T1中的时间 $t=10,11,\dots,15$ 处表示正值,并且在该时隙中发生约束违例。

[0168] 可以基于上述识别来评估能量需求量在时隙T1中的时间 $t=10,11,\dots,15$ 处被错误地设置。例如,评估确认证明了需求量被错误地设置为比正确的需求量大一位的值。

[0169] 解候选列表的准备(步骤S5)

[0170] 当步骤S2中的确定结果为“是”时,在步骤S5中,解候选列表准备单元207准备解候选列表208,解候选列表208将可行解203作为初始值。在优化处理的后部分中,解候选被顺序添加到该列表中。这里,通过将可行解203作为解候选列表208的初始值,经由优化处理得到的解确定地保证满足所有约束条件的可行性。

[0171] 图4是示出解候选列表208的示例的示图,并示出了最小操作时间周期约束和最小停止时间周期约束中的每一个都经受5小时约束的情况。在该示例中,在优化处理的后部分处添加的“解候选1”、“解候选2”和“解候选3”违反了最小操作时间周期约束或最小停止时间周期约束。然而,解候选列表208包含可行解203,即,没有违反约束的解候选。当解候选列表208包含作为初始值的可行解时,即使仅将不可行解添加至解候选列表208中作为解候选,也可以得到满足所有约束条件的解。相反,当解候选列表208不包含作为初始值的可行解时,在约束条件被松弛的状态下得到添加至列表中的解候选。因此,存在解候选列表208仅包含不满足所有约束条件的不可行解的可能性。

[0172] 拉格朗日松弛处理(步骤S6)

[0173] 随后,在步骤S6中,拉格朗日松弛处理执行单元301通过使用半固定参数101、可变参数102、时间截面划分模型302和拉格朗日乘数(初始值:0)来执行优化计算。在完成计算之后,得到拉格朗日松弛解。

[0174] 时间截面划分模型302是通过对混合整数线性规划(MILP)模型应用拉格朗日松弛

方法而得到的针对每个时间截面划分的模型。因此,在该处理中,时间截面划分模型302以与时间划分数目相对应的频率来执行优化计算。例如,当时间被划分为24步时,执行24次优化计算。下文将描述时间截面划分模型的示例。

[0175] [表达式4]

[0176] 目标函数:

[0177]

$$\sum_{t \in \text{Time}} \sum_{e \in \text{Energy}} \sum_{f \in \text{Facility}} (C_{t,f}^e)^T \cdot X_{t,f}^e - \delta_{t,f} \left(\sum_{u=t-N_f+1}^{t-1} \lambda_{u,f} - (N_f - 1)(\lambda_{t,f} - \lambda_{t+1,f}) \right) \rightarrow \text{Minimize}$$

[0178] 设备特性:

$$[0179] \quad Y_{t,f}^e = \eta_f^e \cdot X_{t,f}^e + \varepsilon_f^e \cdot \delta_{t,f} \quad \delta_{t,f} \in \{0,1\}$$

[0180] 约束条件(其在时间上是封闭的):顺序为供需平衡约束、输出上下限约束和非负约束(示例)

$$[0181] \quad \sum_f Y_{t,f}^e \geq \text{Demand}_t^e$$

$$[0182] \quad \text{Min} Y_f^e \cdot \delta_{t,f} \leq Y_{t,f}^e \leq \text{Max} Y_f^e \cdot \delta_{t,f}$$

$$[0183] \quad X_{t,f}^e, Y_{t,f}^e \geq 0$$

[0184] 连续变量:

[0185] X:设备输入能量,Y:设备输出能量

[0186] 整数变量:

[0187] δ :设备操作信号(开/关)

[0188] 参数:

[0189] λ :拉格朗日乘数,C:单位成本, η :性能系数(COP), ε :偏置量,Demand:需求量,MinY:最小额定输出,MaxY:最大额定输出,N:最小操作周期

[0190] 下标:

[0191] t:时间步长(例如,1,2,3,...,24),e:能量类型,f:设备数量

[0192] 时间截面划分模型具有以下四种特性。

[0193] (1)跨越时间的约束条件是松弛的,并且被设置为时间截面划分模型中的惩罚函数(被添加至目标函数)。

[0194] (2)拉格朗日乘数 λ 被用作惩罚乘数。

[0195] (3)当惩罚函数被展开时,每次可以将模型划分为独立的问题。

[0196] (4)由于约束条件是松弛的,所以可以得到违反约束的解。

[0197] 时间截面划分模型的使用提供以下三种优点。

[0198] (1)时间截面划分模型针对每个设备仅具有整数变量的两种搜索模式。因此,总的搜索时间量变为“两种模式×设备数量”。

[0199] (2)时间截面划分模型的整体搜索时间的聚集量变为“两种模式×设备数量×时间截面划分的数量(时间步长的数量)”。不仅可以避免如在混合整数线性规划方法中出

现的搜索时间量的指数增长,而且还可以显著地抑制搜索时间量。图5是示出时间截面划分模型的搜索时间量为“两种模式×设备数量×时间截面划分的数量(时间步长的数量)”的示意图。在图5中,在水平行中排列设备,并且在垂直列中排列时间步长。在由两个元素形成的矩阵的每个框中显示两种模式的整数变量中的一个(0或1)。

[0200] 添加至解候选列表(步骤S7)

[0201] 接下来,在步骤S7中,经由时间截面划分模型得到的拉格朗日松弛解以时序方式聚集并通过解候选列表准备单元207添加至解候选列表208中。

[0202] 解候选更新处理(步骤S8)

[0203] 随后,在步骤S8中,在拉格朗日松弛解以时序方式聚集并通过解候选列表准备单元207添加至解候选列表208中之后,解候选更新处理执行单元401通过使用整数条件松弛模型402来执行优化计算。在完成计算之后,得到拉格朗日乘数。拉格朗日松弛处理执行单元301在随后的拉格朗日松弛处理(步骤S6)中使用更新的拉格朗日乘数的值,并且新得到的拉格朗日松弛解被添加至解候选列表208中。以指定的频率来执行拉格朗日乘数的更新和拉格朗日松弛解的获得(步骤S6至S8的处理)。可以任意地设置重复的指定频率。

[0204] 随后,在步骤S9中,确定步骤S6至步骤S8中的处理的重复频率是否到前面提到的指定频率。当确定结果为“是”时,处理进行到步骤S10,而当确定结果为“否”时,处理返回到步骤S6。

[0205] 接下来,将描述整数条件松弛模型的示例。

[0206] [表达式5]

[0207] 目标函数:

$$[0208] \sum_{t \in \text{Time}} \sum_{e \in \text{Energy}} \sum_{f \in \text{Facility}} (C_{t,f}^e)^T \cdot X_{t,f}^e \rightarrow \text{Minimize}$$

[0209] 设备特性:

[0210]

$$\delta_{t,f}^h = \sum_h \delta_{t,f}^h \cdot U_{t,f}^h, \quad X_{t,f}^e = \sum_h X_{t,f}^{h,e} \cdot U_{t,f}^h, \quad Y_{t,f}^e = \sum_h Y_{t,f}^{h,e} \cdot U_{t,f}^h, \quad \sum_h U_{t,f}^h = 1, \quad 0 \leq U_{t,f}^h \leq 1$$

[0211] 约束条件(跨越时间):最小操作时间周期约束(示例)

$$[0212] \text{Const}_{t,f}^{\text{MinimumRunTime}} = \sum_{u=t+1}^{t+N_f-1} \delta_{u,f} - (N_f - 1)(\delta_{t,f} - \delta_{t-1,f}) \geq 0$$

[0213] 拉格朗日乘数

$$[0214] \lambda_{t,f} = \text{Dual}(\text{Const}_{t,f}^{\text{MinimumRunTime}})$$

[0215] 连续变量:

[0216] U^h :最优解选择标记, δ :设备操作信号, X :设备输入能量, Y :设备输出能量

[0217] 对偶变量(Dual):

[0218] λ :拉格朗日乘数

[0219] 参数:

[0220] δ^h :解候选列表(设备操作信号), X^h :解候选列表(设备输入能量), Y^h :解候选列表(设备输出能量), N :最小操作时间周期

[0221] 下标:时间

[0222] t:时间步长(例如,1,2,3,...,24),e:能量类型,f:设备数量,h:重复频率(拉格朗日松弛处理<->解候选更新处理)

[0223] 整数条件松弛模型具有以下四种特性。

[0224] (1) 通过使用最优解选择标记U,从解候选列表中获得可变值。

[0225] (2) 跨越时间的约束条件不被限定为松弛惩罚而是被限定为约束条件。

[0226] (3) 由于最优解选择标记U是在0和1之间变化的连续变量,所以操作信号、输入能量或输出能量也变为连续变量而非整数变量。

[0227] (4) 该模型是拉格朗日对偶问题的主要问题,并且跨越时间的约束条件的对偶变量值等于拉格朗日乘数 λ 。

[0228] 典型地,当使用拉格朗日松弛方法时,拉格朗日对偶问题被用于得到(更新)拉格朗日乘数,但在本实施例中,使用整数条件松弛模型。存在使用整数条件松弛模型的两个原因。

[0229] (1) 由于整数条件松弛模型是仅使用连续变量的模型,所以可以通过使用线性规划(LP)方法在短时间内执行优化计算。

[0230] (2) 当整数条件松弛模型与稍后描述的最优解选择模型进行比较时,在两种模型之间只有最优解选择标记U的变量类型是不同的。因此,由于解候选更新处理和最优解选择处理可以采用几乎相同的模型,所以与采用拉格朗日对偶问题相比可以更加容易地维护模型。

[0231] 最优解选择处理(步骤S10)

[0232] 在步骤S10中,最优解选择处理执行单元501通过使用解候选列表208和最优解选择模型502来执行优化计算。在完成计算之后,导出最优解(最优操作计划)503。在该处理中,最优解选择处理执行单元501每次从解候选列表208中选择单个解,并建立时序最优操作计划。最后,导出满足所有约束条件(包括拉格朗日松弛约束条件)的最优解。以下将描述最优解选择模型的示例。

[0233] [表达式6]

[0234] 目标函数:

$$[0235] \sum_{t \in \text{Time}} \sum_{e \in \text{Energy}} \sum_{f \in \text{Facility}} (C_{t,f}^e)^T \cdot X_{t,f}^e \rightarrow \text{Minimize}$$

[0236] 设备特性:

[0237]

$$\delta_{t,f} = \sum_h \delta_{t,f}^h \cdot U_{t,f}^h, \quad X_{t,f}^e = \sum_h X_{t,f}^{h,e} \cdot U_{t,f}^h, \quad Y_{t,f}^e = \sum_h Y_{t,f}^{h,e} \cdot U_{t,f}^h, \quad \sum_h U_{t,f}^h = 1, \quad U_{t,f}^h \in \{0,1\}$$

[0238] 约束条件(跨越时间):最小操作时间周期约束(示例)

$$[0239] \sum_{u=t+1}^{t+N_f-1} \delta_{u,f} - (N_f - 1)(\delta_{t,f} - \delta_{t-1,f}) \geq 0$$

[0240] 整数变量(0或1)

[0241] U^h :最优解选择标记

[0242] 离散变量:

[0243] δ :设备操作信号, X :设备输入能量, Y :设备输出能量参数:

[0244] δ^h :解候选列表(设备操作信号), X^h :解候选列表(设备输入能量), Y^h :解候选列表(设备输出能量), N :最小操作时间周期

[0245] 下标:

[0246] t :时间步长(例如,1,2,3,...,24), e :能量类型, f :设备数量, h :重复频率(拉格朗日松弛处理 $\leftrightarrow$ 解候选更新处理)

[0247] 最优解选择模型具有以下三种特性。

[0248] (1) 如上所述,最优解选择模型和整数条件松弛模型之间的差异在于最优解选择标记 U 的变量类型。整数条件松弛模型被配置为具有连续变量,而在最优解选择模型中仅将变量类型变为整数变量。

[0249] (2) 每次从解候选列表中选择每种变量的单个最优值。当采用整数条件松弛模型时,由于最优解选择标记为连续变量,所以可以通过以下方法获得每个变量的最优值。然而,在这种情况下,所得到的最优值从最优解中排除。

[0250] [表达式7]

[0251]

$$\delta_{t,f} = \sum_h \delta_{t,f}^h \cdot U_{t,f}^h \Rightarrow \delta_{t,f}^1 \cdot 0.4 + \delta_{t,f}^5 \cdot 0.3 + \delta_{t,f}^{10} \cdot 0.3 \quad \sum_h U_{t,f}^h = 0.4 + 0.3 + 0.3 = 1$$

[0252] (3) 由于最优解选择标记 U 为0或1的整数变量,所以设备操作信号、输入能量或输出能量不是连续变量而是离散变量。因此,最优解选择模型被配置为仅具有离散变量,因此通过采用在解决离散规划问题方面有利的“加权约束满足问题(WCSP)”在短时间内执行优化计算。

[0253] 基于通过最优解选择处理执行单元501得到的最优解(最优操作计划)来准备设备的输入和输出量的示图,并且基于设备操作信号来准备操作甘特图。示图和甘特图用于支持工厂的操作,或被用作控制候选值。图6示出了设备能量输出的时序数据的示图和操作甘特图的示图的示例。设备能量输出的时序数据(诸如设备能量输出的总和)和每个设备的细节通过柱状图来表示。在甘特图的操作中,垂直轴表示设备,水平轴表示时间。甘特图示出了针对每个设备的操作时隙。

[0254] 根据本发明实施例的操作计划决策系统可以在短时间内(以分为单位)提供最优解,其保证大规模且复杂的模型的可行性,而当采用现有技术的方法时,需要长时间(以小时为单位或以天为单位)来执行优化计算并且甚至不能获得除了最优解以外的可行解。

[0255] 由于可以短时间内得到可操作的最优操作计划,所以可以向被副产品影响的供需配合工厂提供程序的更加精细的网格(以调度为单位)。还可以与产品计划的变化相关联地每天多次执行调度任务。

[0256] 当没有获得可行解时,可以快速地识别约束违例点而不需等所有的优化处理完成。因此,对于大规模且复杂的优化模型的发展可以显著地减少人为时间。

[0257] 时间截面划分模型计算多个设备的多项式中的整数变量的搜索时间量、时间截面划分的数量以及拉格朗日松弛处理和解候选更新处理的重复频率,并且可以避免搜索时间量的指数增长。因此,根据本发明实施例的操作计划决策系统的算法是多项式时间算法,并且可以与模型规模相关联地评估计算时间周期,结果,也可以有规律地执行调度任务。

[0258] 由于每个时间截面划分模型都是独立的问题,因此可以执行拉格朗日松弛处理的并行计算。因此,甚至可以以更快的速度执行计算。

[0259] 根据本发明实施例的操作计划决策系统采用原始问题模型被修改且执行优化计算的算法。因此,多种优化方法被组合到一起,但是每一种优化方法都不是不同类型的模型。结果,模型的维护变得容易。还可以有效地使用从现有技术的混合整数线性规划模型的使用所得到的知识(开发资源)。

[0260] 第二实施例

[0261] 下文将描述根据本发明第二实施例的操作计划决策系统。除在根据第一实施例的操作计划决策系统中配置的最优操作计划获得单元40之外,根据第二实施例的操作计划决策系统1还包括模型构建界面(I/F)单元10。在第二实施例中,与第一实施例相同结构的单元具有相同的参考标号,并且将省略对相同结构单元的描述。

[0262] 图7是示出操作计划决策系统1的功能结构的示例的框图。操作计划决策系统1接收来自用户的输入,通过使用模型构建I/F 10生成半固定参数101和可变参数102,并基于所生成的半固定参数101和生成的可变参数101生成将包含在优化模型50中的每个模型。包含在优化模型50中的模型是在第一实施例中描述的约束违例最小化模型202、时间截面划分模型302、整数条件松弛模型402和最优解选择模型502。操作计划决策系统1基于所生成的半固定参数101、所生成的可变参数102、所生成的约束违例最小化模型202、所生成的时间截面划分模型302、所生成的整数条件松弛模型402和所生成的最优解选择模型502导出最优解。

[0263] 操作计划决策系统1包括模型构建I/F 10和最优操作计划获得单元40。

[0264] 模型构建I/F 10包括模型库11、约束条件库12、能流图准备模块13、网络定义信息输出模块14、网络信息文件15、参数输入模块21、模型参数输出模块22、可变参数定义模块23、输出信息定义模块24、输出定义文件25、模型生成单元26和最优解输出模块31。

[0265] 模型库11是以模型语言描述设备特性的程序文件的集合。

[0266] 约束条件库12是描述设备的固有约束条件或还可以描述设备之间的约束条件的文件的集合。

[0267] 能流图准备模块13是用于通过使用模板(图)和程序(每一个程序对应于每一个模板)准备工厂的能流图的界面。能流图准备模块13由诸如Microsoft Visio形成的宏程序。只要能流图准备模块13是能够利用模板处理图且能够使各种程序与模板进行对应的应用,能流图准备模块13可以由任何其他应用形成。

[0268] 能流图准备模块13包括以下1)至7)的对象作为模板。

[0269] 1) 设备对象(发生器、锅炉、热源设备、储热罐等)

[0270] 2) 节点对象(电、各种蒸气、热和冷水等)

[0271] 3) 燃料对象(电、各种蒸气、热和冷水等)

[0272] 4) 需求对象(电、各种蒸气、热和冷水等)

[0273] 5) 连接器对象(电、各种蒸气、热和冷水等)

[0274] 6) 约束条件定义对象(设备之间的约束条件的生成、注册和选择)

[0275] 7) 托板(多个页面之间的连接对象)

[0276] 当用户在工作表上设置任何一个前述对象时,能流图准备模块13向参数输入模块

21输出表示所设置对象的信息。当用户通过使用对象在工作表中准备工厂的能流图时,能流图准备模块13向网络信息文件15输出表示所准备的能流图的信息。能流图是示出工厂的设备之间的能量流动的图表。

[0277] 当网络定义信息输出模块14从能流图准备模块13获取表示能流图的信息时,网络定义信息输出模块14定义所得到的能流图的能量网络信息,并向网络信息文件15输出所定义的能量网络信息。

[0278] 网络信息文件15是在能流图中表示设备之间的联系的信息以及表示所连接设备之间的能量流动(输入和输出)的信息。

[0279] 参数输入模块21是用于接收来自用户的参数的接口,其通过使用能流图准备模块13与用户设置在工作表上的每个对象相对应。参数输入模块21由诸如Microsoft Excel的宏程序形成。只要参数输入模块21是能够与能流图准备模块13相关联地进行操作以及能够生成基于图形用户接口(GUI)的输入工作表的应用,参数输入模块21可以由任何其他应用形成。

[0280] 当参数输入模块21从能流图准备模块13获取表示对象的信息时,参数输入模块21生成工作表(下文称为输入工作表),在该工作表上基于表示对象的获取信息来输入与对象相对应的参数。当通过能流图准备模块13删除对象时,参数输入模块21删除与所删除的对象相对应的输入工作表。输入工作表是参数输入画面的示例。

[0281] 参数输入模块21向模型参数输出模块22和可变参数定义模块23输出由用户经由输入工作表输入的表示各种参数的信息。参数输入模块21向输出信息定义模块24输出表示工作表上的位置的信息(下文称为显示位置信息),对于每个输入工作表确定该信息以显示最优解。由显示位置信息表示的显示位置是参数输入画面上的预定位置的示例。

[0282] 当模块参数输出模块22从参数输入模块12获取表示参数的信息时,模块参数输出模块22读取网络信息文件15,并基于表示参数的信息和网络信息文件15生成半固定参数101。模块参数输出模块22向模型生成模块26和最优操作计划获得单元40输出所生成的半固定参数101。

[0283] 当可变参数定义模块23获得表示参数的信息时,可变参数定义模块23基于表示参数的信息生成可变参数102。可变参数定义模块23向模型生成单元26和最优操作计划获得单元40输出所生成的可变参数102。

[0284] 模块生成单元26从模型参数输出模块22获取半固定参数101,并从可变参数定义模块23获得可变参数102。模块生成单元26基于所获取的半固定参数101和所获取的可变参数102生成约束违例最小化模块202、时间截面划分模块302、整数条件松弛模块402和最优解选择模块502。模型生成单元26向最优操作计划获得单元40输出所生成的约束违例最小化模块202、所生成的时间截面划分模块302、所生成的整数条件松弛模块402和所生成的最优解选择模块502。

[0285] 当输出信息定义模块24从参数输入模块21获取显示位置信息时,输出信息定义模块24输出所获取的显示位置信息作为输出定义文件25。

[0286] 最优解输出模块31从最优操作计划获得单元40获取最优解503。基于输出定义文件25在输入工作表上显示由最优解输出模块31获取的最优解503。

[0287] 以下,将参照图8描述操作计划决策系统1输出最优解的处理流程。图8是示出操作

计划决策系统1输出最优解的处理流程的示例。由于步骤S1至S10的处理与图2所示步骤S1至S10的处理相同,所以将省略其描述。

[0288] 首先,模型构建I/F单元10经由能流图准备模块13接收用户的输入,并准备能流图(步骤S101)。这里,将参照图9A和图9B描述经由能流图准备模块13准备能流图的处理。图9A和图9B是示出由能流图准备模块13准备的能流图的状态示例的框图。图9A示出了用户通过拖放功能在工作表上设置注册为Microsoft Visio的模板的对象准备工厂的能流图的状态的示例。

[0289] 能流图准备模块13生成图9A和图9B所示的GUI,并且用户通过使用所生成的GUI经由能流图准备模块13准备能流图。用户通过连接器对象连接设备对象、节点对象等来在工作表上准备工厂的整个图表。用户可以通过在对象之间(例如经由连接器对象在设备对象之间)设置约束条件定义对象来在经由连接器对象连接的对象之间强加约束条件。

[0290] 此外,能流图准备模块13生成图9B所示的约束条件列表画面。用户可以经由约束条件列表画面选择、注册和删除对象之间的约束条件。

[0291] 接下来,与设置在能流图中的对象相对应的各种参数经由参数输入模块21被用户输入至模型构建I/F单元10(步骤S102)。这里,将参照图10描述由参数输入模块21所生成的输入工作表。图10示出了参数输入模块21所生成的输入工作表的示例。

[0292] 如图10所示,参数输入模块21生成对应于每个对象的设备额定值输入列(强制输入项)作为输入工作表,并且生成约束条件设置列(任意输入项)作为工作表上的参数输入列。参数输入模块21在工作表上生成优化计算结果输出列以显示与输入参数相对应而得到的最优解。通过经由输入工作表输入与每个对象相对应的各种参数以及通过开始导出最优解的计算(例如,通过从右击菜单开始选择最优解导出计算),用户可以经由操作计划决策系统1在优化计算结果输出列中显示针对工厂的最优解。由于经由最优操作计划获得单元40导出最优解的处理与第一实施例的相同,因此省略其描述。

[0293] 如上所述,由于模型构建I/F单元10基于来自用户的参数输入导出最优解并显示所得到的最优解,所以根据第二实施例的操作计划决策系统1可以提供与第一实施例相同的效果。此外,与操作计划决策系统没有被配置为包括模型构建I/F单元10相比,可以容易地生成约束违例最小化模块202、时间截面划分模块302、整数条件松弛模块402和最优解选择模块502。结果,操作计划决策系统1可以为用户提供使用户能够容易地改变得到操作计划的间隔的环境。

[0294] 本发明的应用范围不限于上述实施例。

[0295] 例如,本发明能够构建一般的优化模型,并且可以应用于自动地执行优化处理功能和模型程序准备的模型构建器。

[0296] 可以执行拉格朗日松弛处理的并行计算。因此,即使应用大量的网(时间截面划分的数量),也可以经由加载到云系统上的操作计划决策系统,通过同时执行与多个时间划分相对应的计算来在相同的计算时间周期内完成处理。此时,可以执行精细的计划任务。

[0297] 在半导体工业的有工厂公司和无工厂公司彼此协作地工作的虚拟制造中,需要准备生产进度表,通过其来调整多个公司之间、生产设备之间和生产处理之间的操作以及公司之间的利益。估计在生产进度表的准备中问题变得更大规模且更复杂,但可以通过本发明来解决这些问题。

[0298] 本发明可应用于摩天大楼的电梯组管理系统和多投资组合优化问题。

[0299] 由于本发明可应用于混合整数非线性规划 (MINLP) 方法, 所以本发明可以为更加精巧定义的大规模复杂模型提供可行性的保证和在短时间内提供最优解。

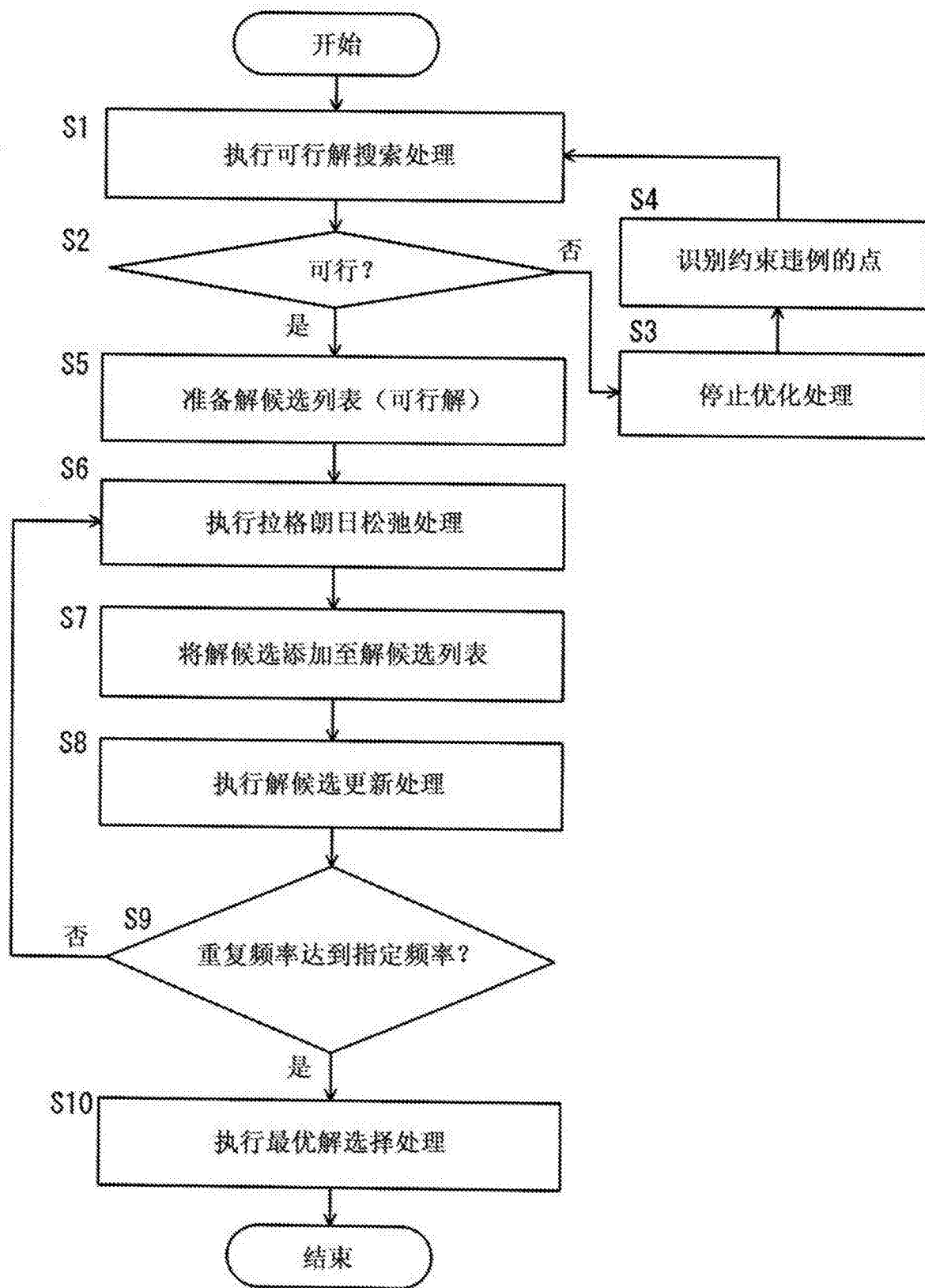


图2

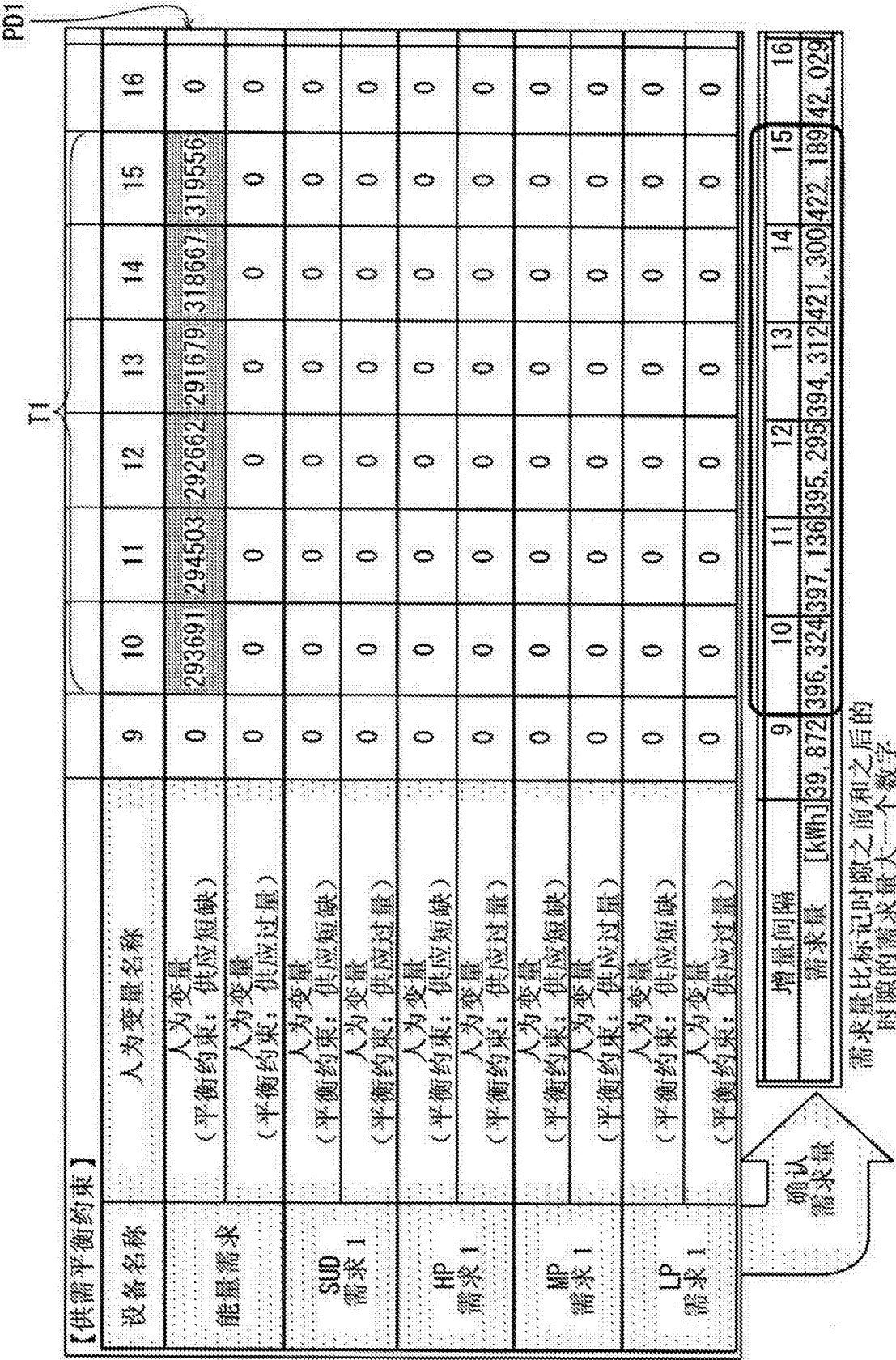


图3

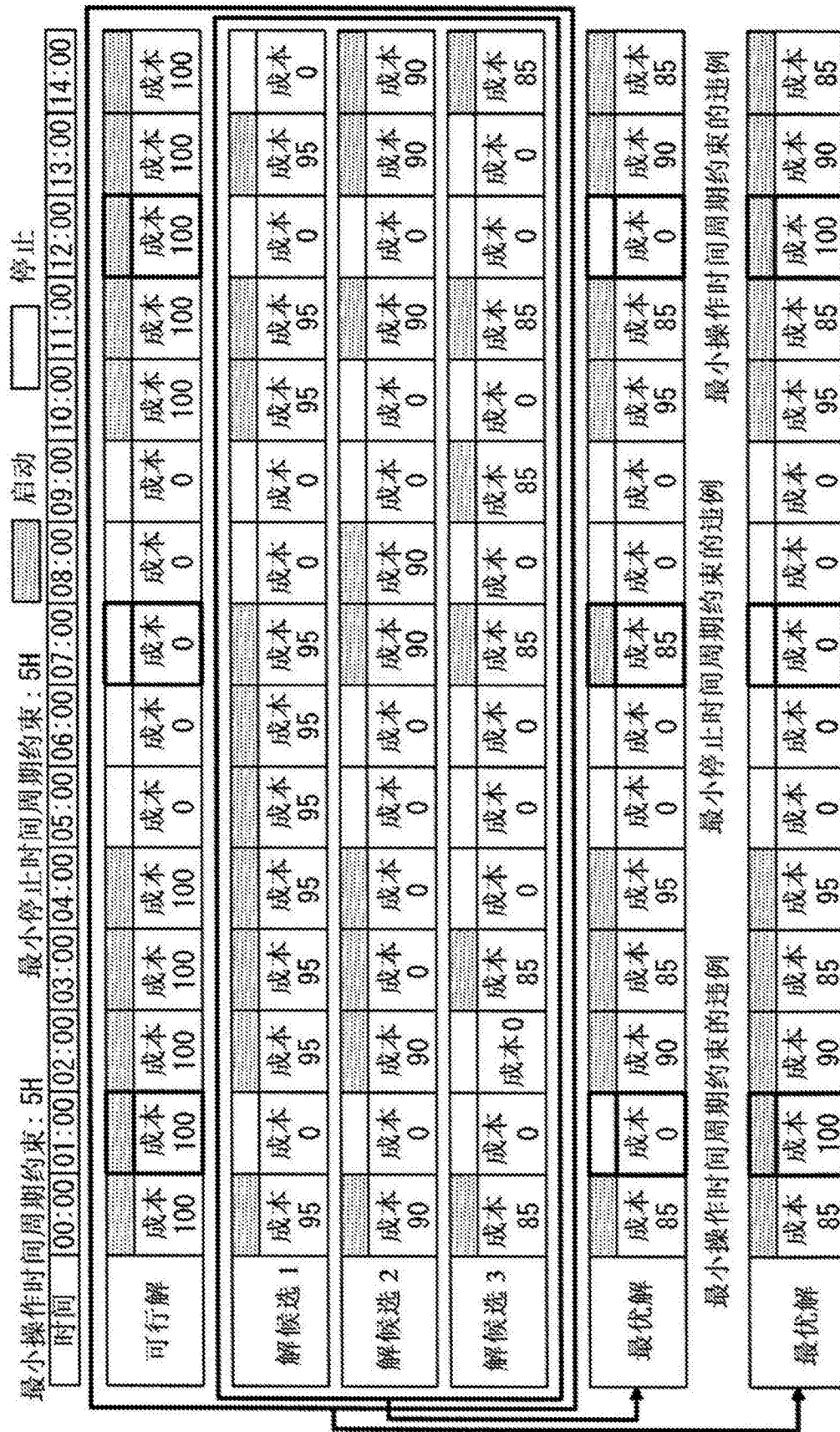


图4

0: 停止 1: 操作	设备 1		设备 M
	时间截面模型 (0:00)	0 或者 1	0 或者 1
		+	+
	时间截面模型 (1:00)	0 或者 1	0 或者 1
		+	+
	时间截面模型 (2:00)	0 或者 1	0 或者 1
.....			
	时间截面模型 (23:00)	0 或者 1	0 或者 1

图5

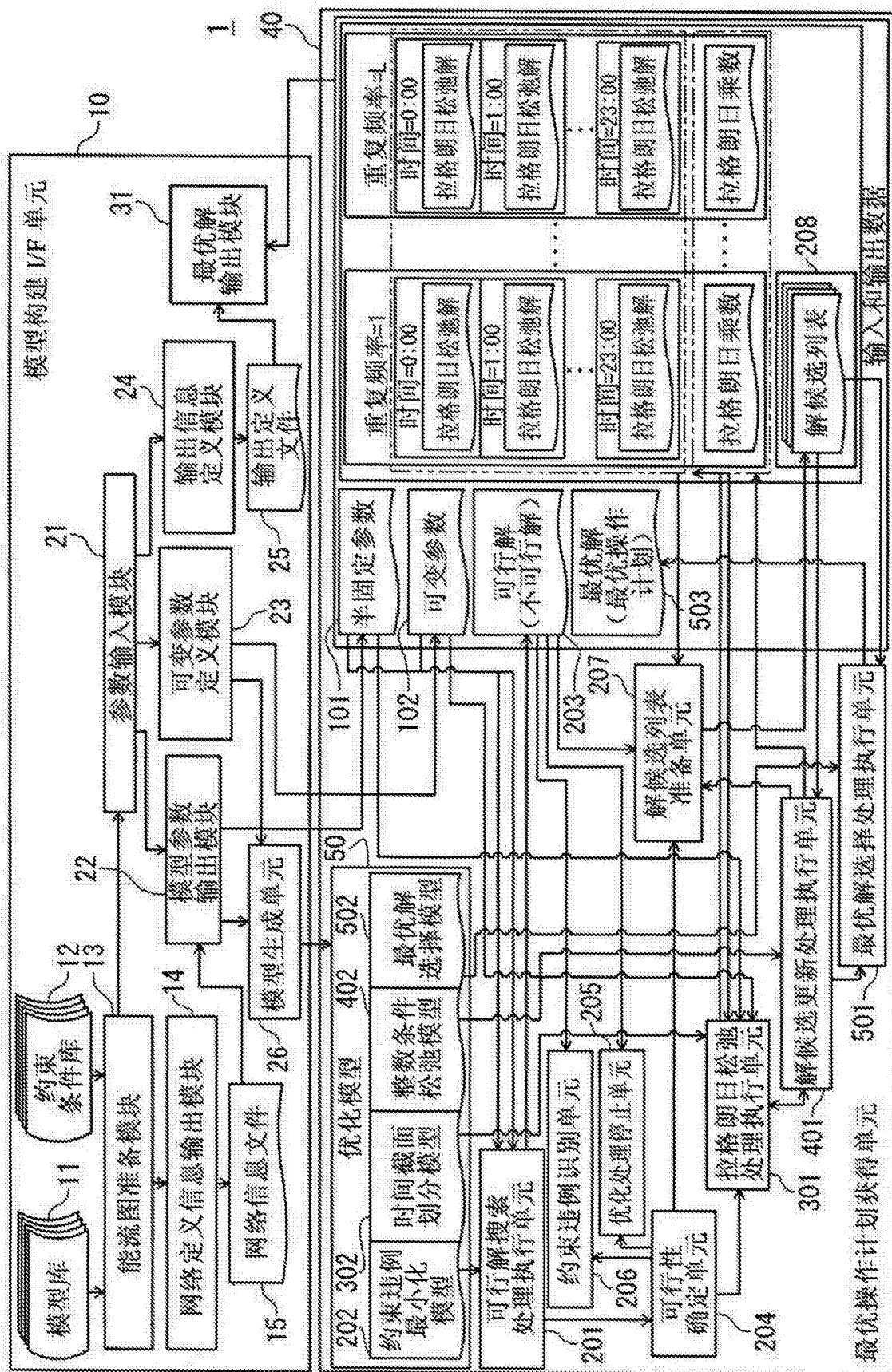


图7

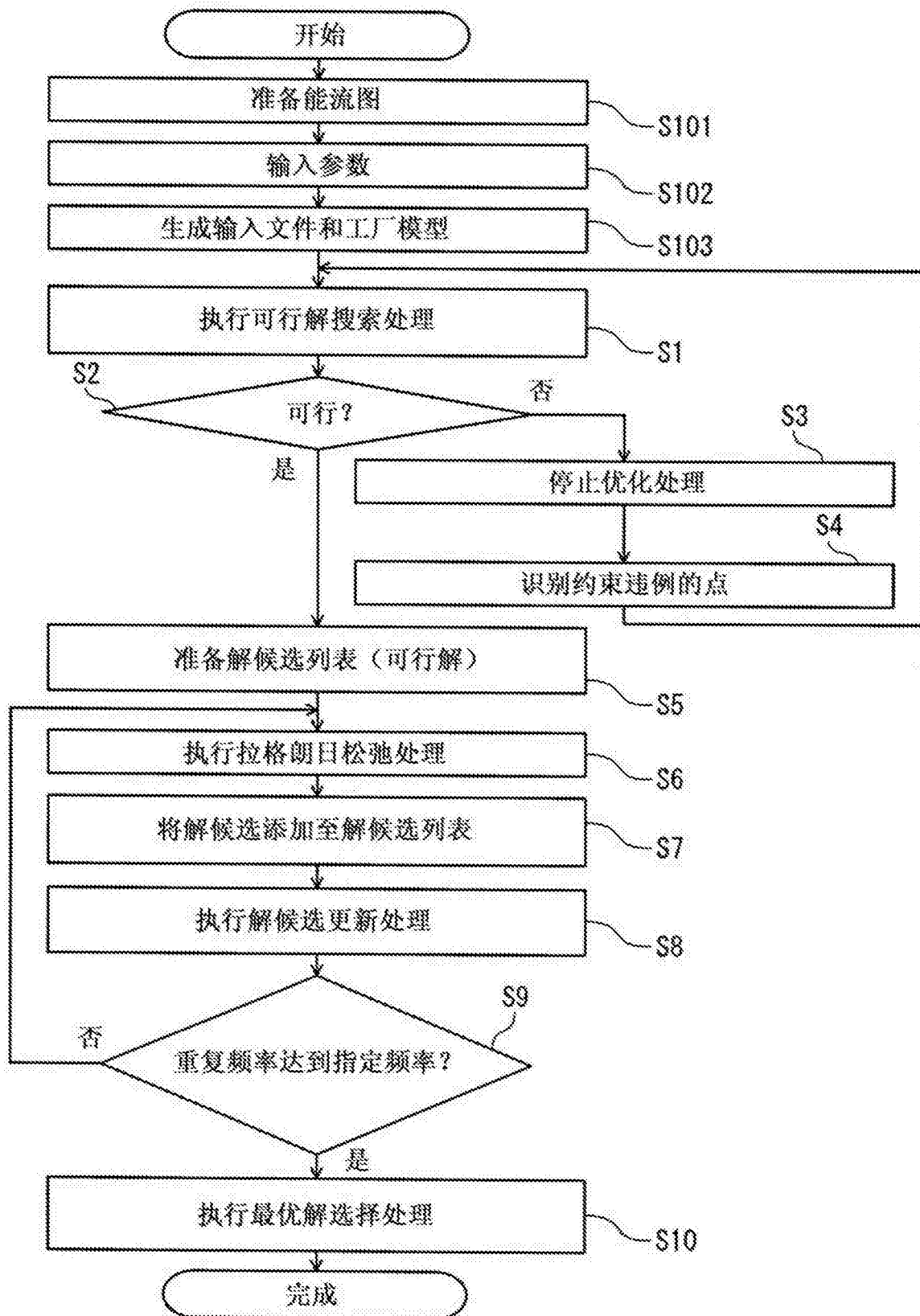


图8

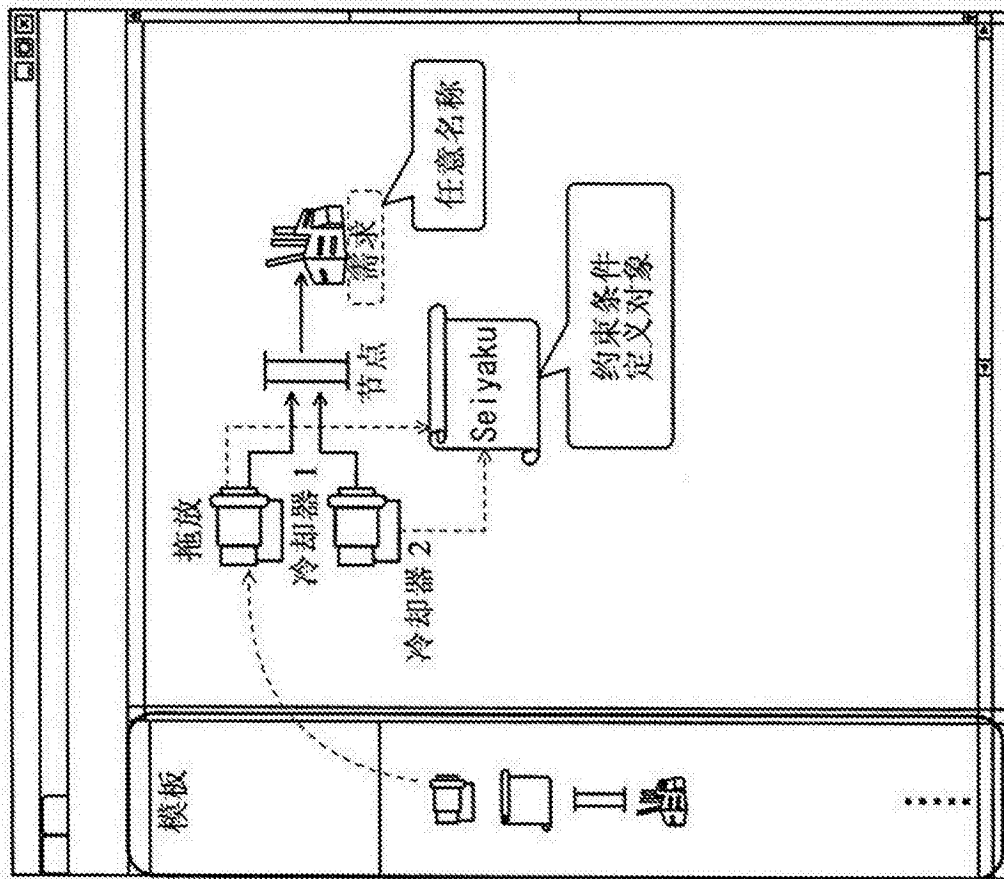


图9A

×

约束自动生成

约束条件选择

目标机器

优先级

▼

优先级

▲

在阶段性增长时
按比例地划分输出值

在阶段性增长
时固定输出值

阶段性增长

禁止多机器操作

电：主，热：从

禁止同时相互供热

禁止同时热调节

☐ 冷却器 1 输出：制冷 1

☐ 冷却器 2 输出：制冷 2

约束选择

约束删除

OK

取消

图9B

设备额定值输入列 (编辑)

【输入和输出额定值】

4	最小蒸气输出	[ton/h]	
5	最大蒸气输出	[ton/h]	
6	最大蒸气流量	[t/h]	
7	任意设置为 0 或 1		
8	连续吹气量 = 输出蒸气量 × 连续吹气速率 (值域: 0~1)		
9	吹气 (冷却量) = 连续吹气量 × 吹气冷却系数		
10	水消耗 (吹气) 计算额定标记		

【操作条件】

25	优先约束		
26	仅当应用优先约束时可用 (通过 CHOX)		
27	仅当应用阶段性增长约束时可用 (通过 CROX)		
28	一旦机器启动, 其必须至少操作最小时间周期		
29	一旦机器停止, 其必须至少停止最小时间周期		
30	机器的启动时间		
31	启动器时的电能损失		
32	停止机器时的电能损失		
33	与机器的输出功率对应的单位维护成本		
34	不可操作信号		
35	启动器后的连续操作时间周期 (操作信号为 0 时为 0)		
36	停止机器后的连续停止时间周期 (当操作信号为 1 时为 0)		
37	种子设置		

【操作条件】

41	时间		
42	时间		
43	升/天		

【输入和输出量以及电能消耗】

46	时间		
47	蒸气的消耗量	[m3]	
48	蒸气产生量	[t/h]	
49	水消耗 (吹气)	[m3]	
50	主机器本身的电能消耗	[kWh]	
51	辅助设备的电能消耗	[kWh]	
52	冷却剂风扇的电能消耗	[kWh]	

优化计算结果输出列 (自动)

图 10