



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115516479 A

(43) 申请公布日 2022. 12. 23

(21) 申请号 202080100557.6

(51) Int.Cl.

(22) 申请日 2020.05.21

G06Q 10/06 (2012.01)

G06F 30/20 (2020.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2022.11.04

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/JP2020/020102 2020.05.21

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02021/234903 JA 2021.11.25

(71) 申请人 富士通株式会社  
地址 日本神奈川县

(72) 发明人 谷口淳 丸山和范 添田武志

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227  
专利代理师 王秀辉

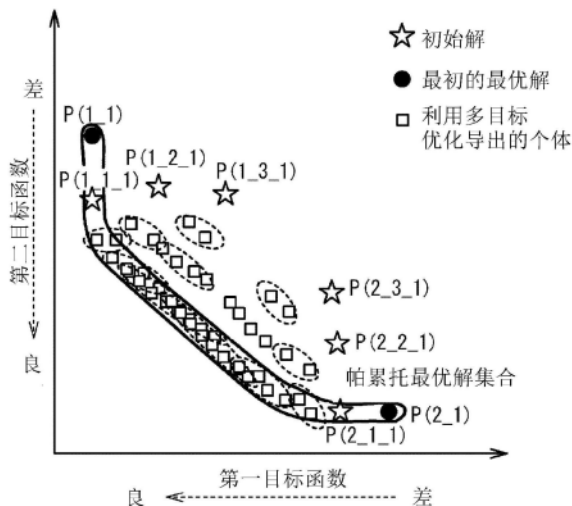
权利要求书3页 说明书8页 附图17页

## (54) 发明名称

信息处理装置、工作计划确定方法、以及工作计划确定程序

## (57) 摘要

信息处理装置具备执行部,该执行部通过利用进化算法执行对根据多个对象物向工作线的投入顺序确定的多个目标函数中的第一目标函数的单目标优化,来确定与初始投入顺序相比第一目标函数的值变得良好的第一投入顺序,通过执行对第二目标函数的单目标优化,来确定与初始投入顺序相比第二目标函数的值变得良好的第二投入顺序,并使用第一投入顺序以及第二投入顺序执行对多个目标函数的多目标优化。



1. 一种信息处理装置,是在根据规定顺序在工作线上对多个对象物进行处理,在上述工作线上依次对上述多个对象物的每一个进行多个作业,且上述多个作业中至少一部分的作业在上述多个对象物之间相互不同这样的条件下,确定上述规定顺序的信息处理装置,其特征在于,具备:

执行部,通过执行对根据上述多个对象物向上述工作线的投入顺序确定的多个目标函数中的第一目标函数的单目标优化,来确定与初始投入顺序相比上述第一目标函数的值变得良好的第一投入顺序,通过执行对第二目标函数的单目标优化,来确定与上述初始投入顺序相比上述第二目标函数的值变得良好的第二投入顺序,并使用上述第一投入顺序以及上述第二投入顺序,执行对上述多个目标函数的多目标优化。

2. 根据权利要求1所述的信息处理装置,其特征在于,

上述执行部确定上述第一目标函数的值最良好的多个投入顺序作为上述第一投入顺序。

3. 根据权利要求1或者2所述的信息处理装置,其特征在于,

上述执行部通过针对上述第一投入顺序利用进化算法执行对上述第二目标函数的单目标优化,来确定改善了上述第二目标函数的值的第三投入顺序,并使用得到的上述第三投入顺序,通过上述进化算法执行对上述多个目标函数的上述多目标优化。

4. 根据权利要求3所述的信息处理装置,其特征在于,

上述执行部在分别将上述第一目标函数以及上述第二目标函数作为轴的坐标中,设定通过上述第一投入顺序中上述第一目标函数的值最良好的投入顺序与上述第二投入顺序中上述第二目标函数的值最良好的投入顺序的边界,针对上述第三投入顺序从上述第一目标函数的值最良好的投入顺序开始依次进行上述多目标优化,并根据上述第三投入顺序的上述多目标优化结果与上述边界的距离,结束上述第三投入顺序的上述多目标优化。

5. 根据权利要求1~4中任意一项所述的信息处理装置,其特征在于,

具备执行时间储存部,该执行时间储存部储存执行了上述多目标优化的情况下的执行时间,

上述执行部以满足输入的要求时间的方式再执行上述多目标优化。

6. 一种工作计划确定方法,是在根据规定顺序在工作线上对多个对象物进行处理,在上述工作线上依次对上述多个对象物的每一个进行多个作业,且上述多个作业中至少一部分的作业在上述多个对象物之间相互不同这样的条件下,确定上述规定顺序的工作计划确定方法,其特征在于,

计算机执行如下处理:

通过执行对根据上述多个对象物向上述工作线的投入顺序确定的多个目标函数中第一目标函数的单目标优化,来确定与初始投入顺序相比上述第一目标函数的值变得良好的第一投入顺序,通过执行对第二目标函数的单目标优化,来确定与上述初始投入顺序相比上述第二目标函数的值变得良好的第二投入顺序,并使用上述第一投入顺序以及上述第二投入顺序执行对上述多个目标函数的多目标优化。

7. 根据权利要求6所述的工作计划确定方法,其特征在于,

上述计算机执行确定上述第一目标函数的值最良好的多个投入顺序作为上述第一投入顺序的处理。

8. 根据权利要求6或者7所述的工作计划确定方法,其特征在于,

上述计算机针对上述第一投入顺序,通过利用进化算法执行对上述第二目标函数的单目标优化,来确定改善了上述第二目标函数的值的第三投入顺序,并使用得到的上述第三投入顺序,通过上述进化算法执行对上述多个目标函数的上述多目标优化。

9. 根据权利要求8所述的工作计划确定方法,其特征在于,

上述计算机执行如下的处理:

在分别将上述第一目标函数以及上述第二目标函数作为轴的坐标中,设定通过上述第一投入顺序中上述第一目标函数的值最良好的投入顺序与上述第二投入顺序中上述第二目标函数的值最良好的投入顺序的边界,针对上述第三投入顺序从上述第一目标函数的值最良好的投入顺序开始依次进行上述多目标优化,并根据上述第三投入顺序的上述多目标优化结果与上述边界的距离,结束上述第三投入顺序的上述多目标优化。

10. 根据权利要求6~9中任意一项所述的工作计划确定方法,其特征在于,

上述计算机储存执行了上述多目标优化的情况下的执行时间,并以满足输入的要求时间的方式再执行上述多目标优化。

11. 一种工作计划确定程序,是在根据规定顺序在工作线上对多个对象物进行处理,在上述工作线上依次对上述多个对象物的每一个进行多个作业,且上述多个作业中至少一部分的作业在上述多个对象物之间相互不同这样的条件下,确定上述规定顺序的工作计划确定程序,其特征在于,

使计算机执行如下处理:

通过执行对根据上述多个对象物向上述工作线的投入顺序确定的多个目标函数中第一目标函数的单目标优化,来确定与初始投入顺序相比上述第一目标函数的值变得良好的第一投入顺序,通过执行对第二目标函数的单目标优化,来确定与上述初始投入顺序相比上述第二目标函数的值变得良好的第二投入顺序,并使用上述第一投入顺序以及上述第二投入顺序执行对上述多个目标函数的多目标优化。

12. 根据权利要求11所述的工作计划确定程序,其特征在于,

使上述计算机执行确定上述第一目标函数的值最良好的多个投入顺序作为上述第一投入顺序的处理。

13. 根据权利要求11或者12所述的工作计划确定程序,其特征在于,

使上述计算机执行如下处理:

通过针对上述第一投入顺序,利用进化算法执行对上述第二目标函数的单目标优化,来确定改善了上述第二目标函数的值的第三投入顺序,并使用得到的上述第三投入顺序,通过上述进化算法执行对上述多个目标函数的上述多目标优化。

14. 根据权利要求13所述的工作计划确定程序,其特征在于,

使上述计算机执行如下处理:

在分别将上述第一目标函数以及上述第二目标函数作为轴的坐标中,设定通过上述第一投入顺序中上述第一目标函数的值最良好的投入顺序与上述第二投入顺序中上述第二目标函数的值最良好的投入顺序的边界,针对上述第三投入顺序,从上述第一目标函数的值最良好的投入顺序开始依次进行上述多目标优化,并根据上述第三投入顺序的上述多目标优化结果与上述边界的距离,结束上述第三投入顺序的上述多目标优化。

15. 根据权利要求11~14中任意一项所述的工作计划确定程序,其特征在于,  
使上述计算机储存执行了上述多目标优化的情况下的执行时间,并使其以满足输入的要求时间的方式再执行上述多目标优化。

## 信息处理装置、工作计划确定方法、以及工作计划确定程序

### 技术领域

[0001] 本申请涉及信息处理装置、工作计划确定方法、以及工作计划确定程序。

### 背景技术

[0002] 公开了在优化向生产线的产品的投入顺序时,对生产成本、生产完成时间等多个目标函数进行优化的技术(例如,参照专利文献1、2)。

[0003] 专利文献1:日本特开2017-10544号公报

[0004] 专利文献2:日本特开2004-30413号公报

[0005] 然而,向生产线的产品的投入顺序的组合庞大。在进行设定了多个目标函数的多目标优化的情况下,解的空间扩大。因此,从作为初始解的初始投入顺序开始搜索到计算出成为最优解的候补的帕累托最优解集合为止,需要长时间。

### 发明内容

[0006] 在一个侧面,本发明的目的在于提供能够缩短到计算出最优解集合为止的时间的信息处理装置、工作计划确定方法、以及工作计划确定程序。

[0007] 在一个方式中,信息处理装置是在根据规定顺序在工作线上对多个对象物进行处理,在上述工作线上依次对上述多个对象物的每一个进行多个作业,且上述多个作业中至少一部分的作业在上述多个对象物之间相互不同这样的条件下,确定上述规定顺序的信息处理装置,具备执行部,该执行部通过执行对根据上述多个对象物向上述工作线的投入顺序确定的多个目标函数中第一目标函数的单目标优化,来确定与初始投入顺序相比上述第一目标函数的值变得良好的第一投入顺序,通过执行对第二目标函数的单目标优化,来确定与上述初始投入顺序相比上述第二目标函数的值变得良好的第二投入顺序,并使用上述第一投入顺序以及上述第二投入顺序,执行对上述多个目标函数的多目标优化。

[0008] 能够缩短到计算出最优解集合为止的时间。

### 附图说明

[0009] 图1是例示生产线模型的图。

[0010] 图2(a)以及图2(b)是例示产品信息的图。

[0011] 图3是例示解的搜索空间的图。

[0012] 图4是表示实施例1的信息处理装置的整体构成的功能框图。

[0013] 图5是表示最优帕累托解的计算处理的一个例子的流程图。

[0014] 图6是例示最优帕累托解的计算处理的图。

[0015] 图7是例示最优帕累托解的计算处理的图。

[0016] 图8是例示最优帕累托解的计算处理的图。

[0017] 图9是简化例示假定产品数100的情况下的投入顺序计划的优化的执行结果的图。

[0018] 图10(a)以及图10(b)是模拟结果。

- [0019] 图11是表示最优帕累托解的计算处理的一个例子的流程图。
- [0020] 图12是例示最优帕累托解的计算处理的图。
- [0021] 图13是例示最优帕累托解的计算处理的图。
- [0022] 图14是例示最优帕累托解的计算处理的图。
- [0023] 图15是例示最优帕累托解的计算处理的图。
- [0024] 图16是例示阶段性地增加初始解并监视 $L_{\max}$ ,进行收敛判定的情况的图。
- [0025] 图17是以甘特图形式例示重新调度的图像的图。
- [0026] 图18是以甘特图形式例示重新调度的图像的图。
- [0027] 图19是表示最优帕累托解的计算处理的一个例子的流程图。
- [0028] 图20是表示最优帕累托解的计算处理的一个例子的流程图。
- [0029] 图21是例示信息处理装置的各部的硬件构成的框图。

### 具体实施方式

[0030] 近年来,由于多品种少量生产,而生产工序变得复杂化。也有针对每个产品在不同的装置按不同的顺序进行生产的情况,工序间的分支、合流增多,所以有物品的流动停滞的情况。除此之外,每当设备故障或者特急品对应等生产的状况变化则停滞的影响扩大,而产生生产时间的延迟。与此相对,即使为了生产时间缩短而导入高价的处理装置,由于制造成本提高,也难以全部更新生产设备。除此之外产品的质量、能量成本、环境影响等生产线中的要求也多样化,满足所有要求的生产计划的制定变得重要。

[0031] 另一方面,通过利用生产线模拟、调度程序等软件使生产线数字化,输入生产计划制定时的所有数据,能够进行向生产线的产品投入顺序下的生产结果的预先验证。若将生产完成时间、生产成本等作为目标函数,通过算法(例如遗传算法(Genetic Algorithm: GA))优化产品投入顺序的条件,则能够基于模型预测控制生产线。

[0032] 这里,对线模拟器的一个例子进行说明。首先,对线模拟器要模拟的生产线模型的例子进行说明。在生产线模型存在分支以及合流,多个产品一个一个地投入。对该多个产品分别依次进行多个作业。对于该多个产品,至少一部分的作业不同。

[0033] 图1是例示生产线模型的图。图1的生产线模型是由工序A以及工序B构成的流水式生产线模型。根据产品投入顺序在通过工序A和工序B时反复分支和合流,最后经过质检和包装工序到达出厂。在工序A与工序B之间确保放置半成品的仓储区域。在工序A中,配置三台相同规格的装置。在工序B中,配置两台装置和三台不同规格的两种装置。工序B的两台装置处理时间较短另一方面装置的单价较高所以作为制造成本较高。三台装置的处理时间较长,另一方面,由于是以前所具有的装置所以生产成本较低。例如,要求通过多目标优化生成在满足生产完成时间以赶上交货期限的同时降低生产成本的投入顺序。

[0034] 线模拟器执行将这样的生产线模型分割为细小的空间,且在前一个空间空出的情况下使产品流向该空间这样的简单的模型计算。此时,线模拟器从储存了关于各产品的信息的生产主机读入各产品的信息。例如,如图2(a)所例示,在生产主机储存有需要投入生产线模型的产品型号的列表。另外,如图2(b)所例示,在生产主机储存有在各工序中能够通过各型号的产品的装置的信息等。

[0035] 投入生产线模型的产品根据储存于生产主机的信息在各工序的装置停留停留时

间,并通过该装置。作为优化的指标(目标函数),能够使用生产完成时间(从投入开始到全部的产品到达终点为止的时间)、向仓储区域的最大仓储数、生产成本、装置运转率、交货期限遵守率等。例如,通过对停留时间乘以成本系数,能够计算到产品通过生产线的终点为止的生产成本。例如,生产完成时间越短越好。向仓储区域的最大仓储数越少越好。生产成本越低越好。装置运转率越高越好。交货期限遵守率越高越好。

[0036] 然而,向生产线的投入顺序的组合庞大。在进行设定了多个目标函数的多目标优化的情况下,如图3所例示,解的搜索空间扩大。因此,从初始投入顺序开始搜索到计算出成为最优解的候补的帕累托最优解集合为止需要长时间。

[0037] 因此,在以下的实施例1中,对能够缩短到计算出帕累托最优解集合为止的时间的信息处理装置、工作计划确定方法、以及工作计划确定程序进行说明。

[0038] 实施例1

[0039] 图4是表示实施例1的信息处理装置100的整体构成的功能框图。信息处理装置100是优化处理用的服务器等。如图4所例示,信息处理装置100具备生产线模型储存部10、生产主机20、投入顺序储存部30、计算执行时间储存部40、目标函数设定部50、优化执行部60、结果输出部70、以及发送接收部80等。另外,也可以具备优化结果显示用的服务器200作为优化结果显示装置。服务器200具备产品信息输入部201、约束条件输入部202、显示部203、发送部204、以及接收部205等。

[0040] 生产线模型储存部10储存图1所例示那样的生产线模型。生产主机20储存图2(a)以及图2(b)所例示那样的产品信息。投入顺序储存部30储存初始投入顺序。初始投入顺序例如是按照从顾客接受订购那样排列的顺序,也可以由用户使用输入装置预先输入。或者,也可以由随机数生成初始投入顺序。初始投入顺序不考虑目标函数而生成,所以任何的目标函数都不为良好的值的情况较多。

[0041] 以下,根据图5的流程图,对最优帕累托解的计算处理进行说明。首先,优化执行部60对初始投入顺序,按每个目标函数执行单目标优化(步骤S1)。作为一个例子,使用第一目标函数以及第二目标函数两个目标函数。由目标函数设定部50设定目标函数。作为一个例子,第一目标函数为生产成本,第二目标函数为生产完成时间。在图6中,星号表示储存于投入顺序储存部30的初始投入顺序。

[0042] 首先,优化执行部60读入储存于投入顺序储存部30的初始投入顺序,并通过针对该初始投入顺序,重新排列产品的投入顺序,对第一目标函数进行单目标优化。具体而言,优化执行部60对重新排序后的投入顺序进行使用了线模拟器的模拟,并对模拟结果运算目标函数。将各投入顺序视为个体,优化执行部60通过进化算法进行单目标优化。由此,得到成为比初始投入顺序的第一目标函数的值良好的值的投入顺序的解组作为第一解。此外,在进化算法中,并不对投入顺序的全部的组合搜索解,而仅对全部的组合中一部分搜索解。以下,在优化执行部60进行单目标优化以及多目标优化的情况下,进行使用了线模拟器的模拟,并对模拟结果运算目标函数。

[0043] 单目标优化能够使用作为线性规划法之一的单纯形法或者作为非线性规划法之一的Nelder-Mead法等。单纯形法、Nelder-Mead法在单目标优化中对缩短计算时间有效。另外,也能够利用进化算法或者局部探测法。也能够将这些算法使用于多目标优化。在进化算法包含有进化策略算法、遗传算法等。在局部探测法包含有退火法等。

[0044] 接下来,优化执行部60通过针对初始投入顺序,重新排列产品的投入顺序,来对第二目标函数进行单目标优化。由此,得到成为比初始投入顺序的第二目标函数的值良好的值的投入顺序的解组作为第二解。

[0045] 接下来,优化执行部60对在步骤S1得到的单目标优化结果进行排名(步骤S2)。所谓排名是指从目标函数为最良好的值的解开始依次进行排序至规定位次。进行了排名的解能够表示为 $P(n\_rank)$ 。“n”是目标函数的种类,第一目标函数为“1”。“rank”是对第一目标函数从最良好的值进行排序的情况下的排名。解 $P(1\_1)$ 是生产成本最低的最优解。解 $P(1\_2)$ 、解 $P(1\_3)$ 、…是在得到最优解 $P(1\_1)$ 之前计算出的次优解。以下,将解 $P(1\_1)$ 、解 $P(1\_2)$ 、…称为第一解。对第二目标函数,得到生产完成时间最短的最优解 $P(2\_1)$ ,并得到在得到最优解 $P(2\_1)$ 为之前计算出的次优解 $P(2\_2)$ 、 $P(2\_3)$ 、…。以下,将解 $P(2\_1)$ 、解 $P(2\_2)$ 、…称为第二解。

[0046] 此外,在得到第一解的过程中,未考虑第二目标函数,所以对于第一解,在第二目标函数的值中能够观察到偏差。同样地,在得到第二解的过程中,未考虑第一目标函数,所以对于第二解,在第一目标函数的值中能够观察到偏差。

[0047] 接下来,优化执行部60针对第一解以及第二解,对不同的目标函数进行单目标优化(步骤S3)。具体而言,优化执行部60针对通过对第一目标函数的单目标优化得到的第一解(解 $P(1\_1) \sim$ 解 $P(1\_i)$ ),对第二目标函数进行使用了进化算法的单目标优化。另外,优化执行部60针对通过对第二目标函数的单目标优化得到的第二解(解 $P(2\_1) \sim$ 解 $P(2\_j)$ ),对第一目标函数进行使用了进化算法的单目标优化。该情况下的i和j既可以是相同的值,也可以不同。图7是例示单目标优化的结果的图。例如,对解 $P(1\_1)$ 得到第二目标函数最良好的解 $P(1\_1\_1)$ ,对解 $P(1\_2)$ 得到第二目标函数最良好的解 $P(1\_2\_1)$ 。另外,对解 $P(2\_1)$ 得到第一目标函数最良好的解 $P(2\_1\_1)$ ,对解 $P(2\_2)$ 得到第一目标函数最良好的解 $P(2\_2\_1)$ 。

[0048] 接下来,优化执行部60将单目标的第三解(解 $P(1\_1\_1) \sim P(1\_i\_1)$ )、以及第四解(解 $P(2\_1\_1) \sim P(2\_j\_1)$ )作为初始解组执行多目标优化(步骤S4)。多目标优化能够使用进化算法或者局部探测法。通过执行多目标优化,能够得到成为解的多个个体。在使用了遗传算法的情况下,根据设定的代数,能够得到成为解的多个个体。从这些个体能够得到评价函数满足规定的条件的帕累托优化集合。图8是例示在这种情况下得到的帕累托最优解的集合的图。

[0049] 此外,评价函数是指用于评价多个目标函数的函数,在本实施例中是根据第一目标函数以及第二目标函数得到的函数。各目标函数越良好评价函数值越良好。

[0050] 结果输出部70经由发送接收部80将在步骤S4得到的帕累托最优解发送给服务器200。接收部205将从发送接收部80发送的帕累托最优解送至显示部203。显示部203显示帕累托最优解。由此,用户能够把握搜索对象的目标函数和帕累托最优解。也可以在信息处理装置100具备显示部203。

[0051] 根据本实施例,通过针对初始投入顺序进行对第一目标函数的单目标优化,能够得到与初始投入顺序相比对于第一目标函数成为良好的值的第一解(解 $P(1\_1)$ 、解 $P(1\_2)$ 、…)。另外,能够得到与初始投入顺序相比对于第二目标函数成为良好的值的第二解(解 $P(2\_1)$ 、解 $P(2\_2)$ 、…)。通过这些第一解以及第二解,在将第一目标函数以及第二目标函数作为轴的平面(空间)中,进行多目标优化的情况下的搜索范围在第一目标函数以及第二目

标函数变得良好的范围内缩窄。此外,在进行各单目标优化的情况下,不需要较长的计算时间。若根据这些第一解以及第二解进行多目标优化,则与根据初始投入顺序进行多目标优化的情况相比,计算时间缩短。此外,虽然在本实施例中,对第一解,使用从最优解到规定位次的解,但并不限于此。只要使用与初始投入顺序相比第一目标函数变得良好的解即可。同样地,虽然对第二解,使用从最优解到规定位次的解,但并不限于此。只要使用与初始投入顺序相比第二目标函数变得良好的解即可。

[0052] 若使用从第一目标函数最良好的值的解到规定位次为止的多个解作为第一解,则进行多目标优化的情况下的搜索范围在第一目标函数变得良好的范围内缩窄。因此,帕累托最优解组的搜索所需要的时间变短。若使用从第二目标函数最良好的值的解到规定位次为止的多个解作为第二解,则进行多目标优化的情况下的搜索范围在第二目标函数变得良好的范围内缩窄。因此,帕累托最优解组的搜索所需要的时间变短。

[0053] 通过对第一解进行针对第二目标函数的单目标优化,得到与第一解相比第二目标函数变得良好的第三解(解P(1\_1\_1)、解P(1\_2\_1)、...)。通过使用第三解,进行多目标优化的情况下的搜索范围在第二目标函数变得良好的范围内缩窄。因此,帕累托最优解组的搜索所需要的时间变短。此外,虽然在本实施例中,得到对于第一解的最优解作为第三解,但并不限于此。只要得到与第一解相比第二目标函数变得良好的解作为第三解即可。通过对第二解进行针对第一目标函数的单目标优化,得到与第二解相比第一目标函数变得良好的第四解(解P(2\_1\_1)、解P(2\_2\_1)、...)。通过使用第四解,进行多目标优化的情况下的搜索范围在第一目标函数变得良好的范围内缩窄。因此,帕累托最优解组的搜索所需要的时间缩短。此外,虽然在本实施例中,得到对于第二解的最优解作为第四解,但并不限于此。只要得到与第二解相比第一目标函数变得良好的解作为第四解即可。

[0054] 图9是简化例示假定了产品数100的情况下的投入顺序计划的优化的执行结果的图。通过增多初始解组,从而优化结果的帕累托最优解集合能够囊括解空间的许多的区域中的个体,也就是解的候补。在将第1位~第3位的单目标优化结果作为初始解执行多目标优化时,能够得到与仅执行了多目标最优解时同等的帕累托最优解集合。

[0055] 接下来,对计算时间的缩短效果进行说明。执行了生产线模拟时的单目标优化和多目标优化的计算时间例如图10(a)所示。可知在有多个目标函数的情况下,花费100倍以上的计算时间。在增加初始解组的同时反复执行单目标优化和多目标优化。图10(b)是表示其结果的图。如图10(b)所示,在仅进行多目标优化的比较例中,执行时间需要599秒。与此相对,如实施例1那样到达到基于第1位~第3位的初始解组的多目标优化为止的总计算时间为375秒。因此,在实施例1中,可知相对于比较例能够使执行时间削减37%。

[0056] 实施例2

[0057] 在实施例2中,进行收敛判定。图11是表示实施例2所涉及的最优帕累托解的计算处理的一个例子的流程图。首先,优化执行部60与实施例1的步骤S1相同地,执行每个目标函数的单目标优化(步骤S11)。接下来,优化执行部60与实施例1的步骤S2相同地,对在步骤S11得到的单目标优化结果进行排名(步骤S12)。

[0058] 接下来,优化执行部60通过利用直线或者曲线对每个单目标优化的排名第1位的解P(1\_1)和解P(2\_1)进行近似来制成判定基准线(步骤S13)。在图12的例子中,制成通过解P(1\_1)以及解P(2\_1)的直线作为判定基准线。该判定基准线成为用于制成用于判定下一个

步骤以后的执行解候补是否接近帕累托最优解集合的垂线的基准。

[0059] 接下来,优化执行部60对针对第一目标函数得到的解 $P(1\_1)$ ,对第二目标函数进行单目标优化。另外,优化执行部60对针对第二目标函数得到的解 $P(2\_1)$ ,对第一目标函数进行单目标优化(步骤S14)。

[0060] 接下来,优化执行部60计算对于解 $P(1\_1)$ 来说第二目标函数最良好的解 $P(1\_1\_1)$ 以及对于解 $P(2\_1)$ 来说第一目标函数最良好的解 $P(2\_1\_1)$ 与判定基准线的距离。优化执行部60将计算出的两个距离中较大的一方的距离记录为评价价值 $L_{\max\_0}$ (步骤S15)。在图13的例子中,将解 $P(1\_1\_1)$ 与判定基准线的距离记录为评价价值 $L_{\max\_0}$ 。

[0061] 接下来,优化执行部60将单目标的最优解 $P(1\_1\_1) \sim P(1\_i\_1)$ 、以及最优解 $P(2\_1\_1) \sim P(2\_i\_1)$ 作为初始解组执行多目标优化(步骤S16)。

[0062] 接下来,优化执行部60对根据执行结果得到的各个解计算距判定基准线的距离 $L_n$ ,并获取其中最大的最大距离 $L_{\max\_i}$ (步骤S17)。在步骤S16以及步骤S17的第一次的执行时,“i”为1。图14对根据最优解 $P(1\_1\_1)$ 以及最优解 $P(2\_1\_1)$ 得到的各个解计算距离 $L_n$ 。

[0063] 接下来,优化执行部60判定 $L_{\max\_i} - L_{\max(i-1)}$ 是否在规定值以下(步骤S18)。在步骤S18中判定为“否”的情况下,优化执行部60对i加1(步骤S19)。其后,再次从步骤S16开始执行。图15也对根据解 $P(1\_2\_1)$ 以及最优解 $P(2\_2\_1)$ 得到的各个解计算距离 $L_n$ ,并从其中获取最大距离 $L_{\max}$ 。

[0064] 在步骤S18判定为“是”的情况下,流程图的执行结束。图16是例示阶段性地增加初始解并监视 $L_{\max}$ ,来进行收敛判定的情况下的图。

[0065] 结果输出部70在流程图的结束后,经由发送接收部80将在最后执行的步骤S16得到的帕累托最优解发送给服务器200。接收部205将从发送接收部80发送的帕累托最优解送至显示部203。显示部203显示帕累托最优解。由此,用户能够把握搜索对象的目标函数和帕累托最优解。

[0066] 根据本实施例,对第三解从第一目标函数最良好的解开始依次进行多目标优化,对第四解从第二目标函数最良好的解开始依次进行多目标优化。在这种情况下,对于依次进行的多目标优化结果,在距判定基准线的距离的增加宽度为阈值以下的情况下,多目标优化结束。根据该构成,能够不需要额外的计算时间,而得到足够的数目的帕累托最优解组。

[0067] 实施例3

[0068] 在实施例3中,对活用了计算执行时间的数据的生产的重新调度方法进行说明。例如在有装置故障或者特急品的追加的情况下,有再次执行优化并更换投入顺序的事例。在生产开始前通过实施例1或者实施例2的过程制成生产订单顺序时,获取单目标优化的执行时间以及、反复计算时的多目标优化所花费的时间。由此,在进行重新调度时,能够提示重新调度的计算执行时间。

[0069] 图17以及图18是以甘特图形式例示重新调度的图像的图。取从生产开始到结束为止的时间轴作为横轴,对从重新调度时刻起的调度时间进行列表显示。例如,使用系统的调度管理者在想要在其要求时间五分钟内使调度显示的情况下,从初始的调度时花费的计算时间列表进行选择。一般而言越花费时间越输出良好的执行解。该情况下,若选择重新调度在三分钟左右完成的项目,则能够获取执行计算重新调度后的投入顺序。在想要使装置在

生产工序中决定的时间内运转的情况、或者在产品本身有劣化等制约的情况下能够有效地活用。

[0070] 图19以及图20是表示实施例3的最优帕累托解的计算处理的一个例子的流程图。如图19以及图20所例示的那样,优化执行部60开始计算执行时间的获取(步骤S21)。例如,优化执行部60执行计时器功能。

[0071] 接下来,优化执行部60与实施例2的步骤S11相同地,执行每个目标函数的单目标优化(步骤S22)。接下来,优化执行部60获取单目标优化的执行所需要的执行时间(步骤S23)。接下来,优化执行部60与实施例2的步骤S12相同地,对在步骤S22得到的单目标优化结果进行排名(步骤S24)。

[0072] 接下来,优化执行部60与实施例2的步骤S13相同地,通过利用直线或者曲线对每个单目标优化的排名第一位的解 $P(1_1)$ 和解 $P(2_1)$ 进行近似来制成判定基准线(步骤S25)。接下来,优化执行部60与实施例2的步骤S14相同地,对针对第一目标函数得到的解 $P(1_1)$ ,对目标函数2进行单目标优化。另外,优化执行部60对针对第二目标函数得到的解 $P(2_1)$ ,对第一目标函数进行单目标优化(步骤S26)。

[0073] 接下来,与实施例2的步骤S15相同地,优化执行部60计算对于解 $P(1_1)$ 来说目标函数2最良好的解 $P(1_1_1)$ 以及对于解 $P(2_1)$ 来说目标函数1最良好的解 $P(2_1_1)$ 与判定基准线的距离。优化执行部60将计算出的两个距离中较大的一方的距离记录为评价值 $L_{\max_0}$ (步骤S27)。

[0074] 接下来,优化执行部60与实施例2的步骤S16相同地,将单目标的最优解 $P(1_1_1) \sim P(1_i_1)$ 、以及最优解 $P(2_1_1) \sim P(2_i_1)$ 作为初始解组执行多目标优化(步骤S28)。接下来,优化执行部60对根据执行结果得到的各个解计算距判定基准线的距离 $L_n$ ,并获取其中最大的最大距离 $L_{\max_i}$ (步骤S29)。接下来,优化执行部60获取步骤S28的多目标优化计算的执行所需要的执行时间(步骤S30)。在步骤S28~步骤S30的第一次的执行时,“i”是1。

[0075] 接下来,优化执行部60判定 $L_{\max_i} - L_{\max_{(i-1)}}$ 是否在规定值以下(步骤S31)。在步骤S31判定为“否”的情况下,优化执行部60对i加1(步骤S32)。其后,再次从步骤S28开始执行。

[0076] 在步骤S31判定为“是”的情况下,优化执行部60将获取的执行时间以及执行解储存于计算执行时间储存部40(步骤S33)。例如,在计算执行时间储存部40储存有解 $P(1_1_1)$ 以及解 $P(2_1_1)$ 的多目标优化所需要的时间、解 $P(1_1_1) \sim$ 解 $P(1_2_1)$ 以及解 $P(2_1_1) \sim$ 解 $P(2_2_1)$ 的多目标优化所需要的时间、…、解 $P(1_1_1) \sim$ 解 $P(1_i_1)$ 以及解 $P(2_1_1) \sim$ 解 $P(2_i_1)$ 的多目标优化所需要的时间。

[0077] 接下来,优化执行部60判定是否获取了重新调度要求时间(步骤S34)。例如,若从产品信息输入部201经由发送部204向信息处理装置100的发送接收部80输入了报警,或者从约束条件输入部202输入了装置故障信息等,则优化执行部60经由发送接收部80在显示部204指示用户输入重新调度要求时间。用户通过未图示的输入装置等,输入重新调度要求时间。在步骤S34判定为“否”的情况下,流程图的执行结束。

[0078] 在步骤S34判定为“是”的情况下,优化执行部60列出满足调度要求时间的初始解组的获取数n(步骤S35)。接下来,优化执行部60决定初始解组的获取数n(步骤S36)。

[0079] 接下来,优化执行部60与步骤S22相同地,执行每个目标函数的单目标优化(步骤S37)。接下来,优化执行部60与步骤S24相同地,对在步骤S37得到的单目标优化结果进行排

名(步骤S38)。接下来,优化执行部60将解P(1\_1)~解P(1\_n)作为初始解对第二目标函数执行单目标优化,并将解P(2\_1)~解P(2\_n)作为初始解对第一目标函数执行单目标优化(步骤S39)。

[0080] 接下来,优化执行部60将单目标的最优解P(1\_1\_1)~P(1\_n\_1)、以及最优解P(2\_1\_1)~P(2\_n\_1)作为初始解组执行多目标优化(步骤S40)。接下来,结果输出部70经由发送接收部80向服务器200发送帕累托解的生产调度(步骤S41)。其后,流程图的执行结束。接收部205将从发送接收部80发送的帕累托最优解送至显示部203。显示部203显示帕累托最优解。由此,用户能够把握搜索对象的目标函数和帕累托最优解。

[0081] 此外,结果输出部70在步骤S34判定为“否”的情况下,在流程图的结束后,经由发送接收部80向服务器200发送在最后执行的步骤S28得到的帕累托最优解。

[0082] 根据本实施例,能够以满足搜索重新调度的情况下的要求时间的方式搜索投入顺序。

[0083] (硬件构成)

[0084] 图21是例示信息处理装置100的各部的硬件构成的框图。如图21所例示的那样,信息处理装置100具备CPU101、RAM102、存储装置103、以及接口104等。

[0085] CPU(Central Processing Unit:中央处理器)101是中央运算处理装置。CPU101包含一个以上的核心。RAM(Random Access Memory:随机存储器)102是暂时存储CPU101执行的程序、CPU101处理的数据等的易失性存储器。存储装置103是非易失性存储装置。作为存储装置103,例如能够使用ROM(Read Only Memory:只读存储器)、闪存等固态硬盘(SSD)、由硬盘驱动器驱动的硬盘等。存储装置103存储工作计划确定程序。接口104是与外部设备的接口装置。CPU101通过执行工作计划确定程序来实现信息处理装置100的各部。此外,也可以使用专用的电路等硬件作为信息处理装置100的各部。

[0086] 在上述各例中,生产线是根据规定顺序对多个对象物进行处理,依次对上述多个对象物的每一个进行多个作业,并且上述多个作业中至少一部分的作业在上述多个对象物之间相互不同的工作线的一个例子。产品是对象物的一个例子。优化执行部60是执行部的一个例子,该执行部通过执行对根据上述多个对象物向上述工作线的投入顺序确定的多个目标函数中第一目标函数的单目标优化,来确定与初始投入顺序相比上述第一目标函数的值变得良好的第一投入顺序,通过执行对第二目标函数的单目标优化,来确定与上述初始投入顺序相比上述第二目标函数的值变得良好的第二投入顺序,并使用上述第一投入顺序以及上述第二投入顺序,执行对上述多个目标函数的多目标优化。计算执行时间储存部40是储存执行上述多目标优化的情况下的执行时间的执行时间储存部的一个例子。

[0087] 以上,对本发明的实施例进行了详述,但本发明并不限于这样的确定的实施例,能够在权利要求书所记载的本发明的主旨的范围内进行各种变形、变更。

[0088] 附图标记说明

[0089] 10...生产线模型储存部,20...生产主机,30...投入顺序储存部,40...计算执行时间储存部,50...目标函数设定部,60...优化执行部,70...结果输出部,80...发送接收部,100...信息处理装置,200...服务器,201...产品信息输入部,202...约束条件输入部,203...显示部,204...发送部,205...接收部。

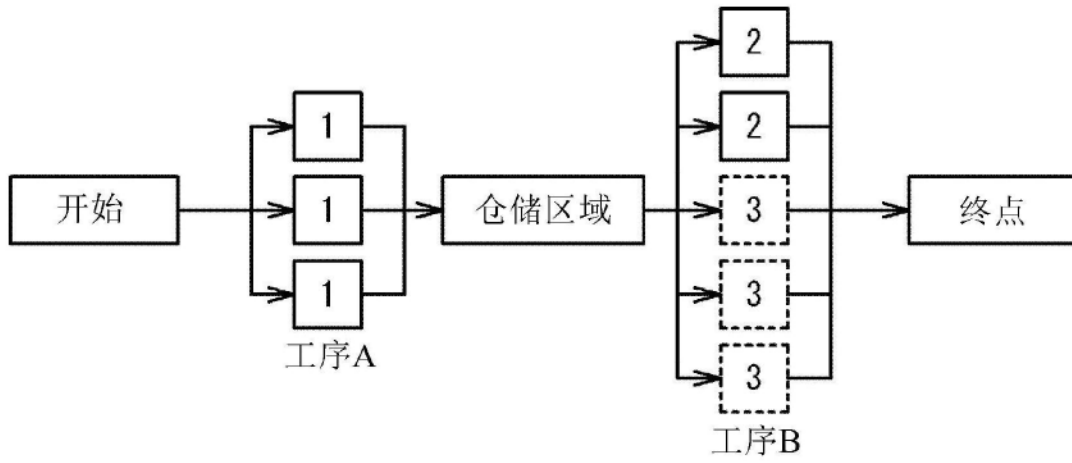


图1

(a)

编号	制造产品
1	D001-001
2	D001-001
3	D002-626RA
4	D002-626RA
5	D002-626RA
6	D002-626RA
7	D002-626RA
8	D002-626RA
9	D003-B80240
10	D003-B80240
11	D003-B80240
12	D004-B60416
...	...

(b)

制造产品	在工序A通过的装置	在工序B通过的装置	...
D001-001	1, 2	1, 2	...
D002-626RA	1, 2	1, 2	...
D003-B80240	2	1, 2	...
D002-626RA	1	2	...
...	...	...	...

图2

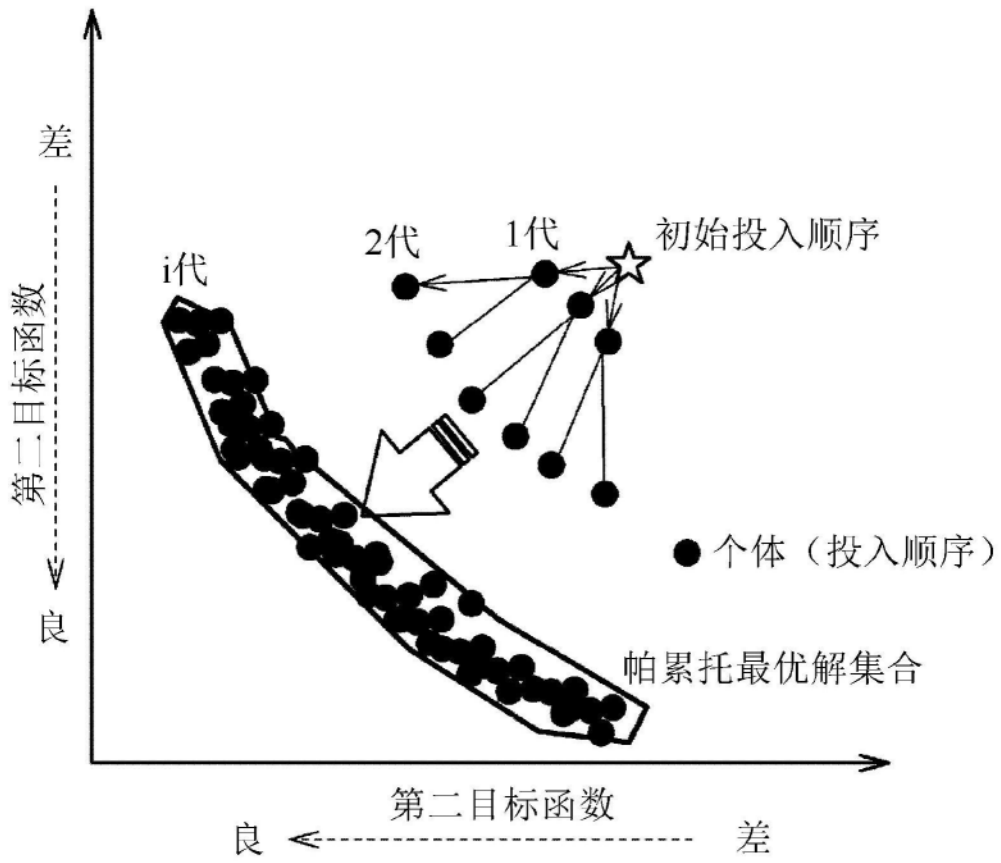


图3

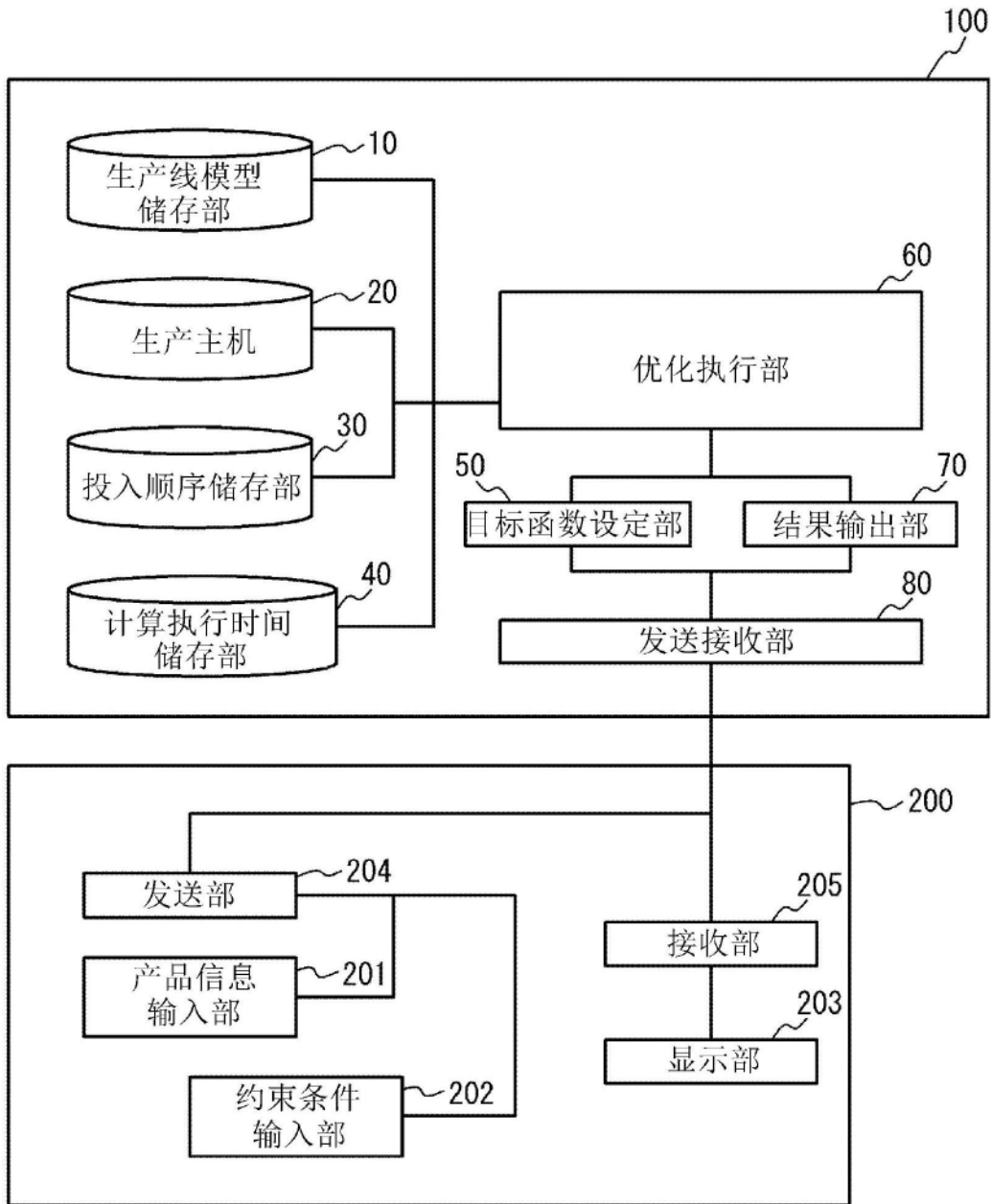


图4

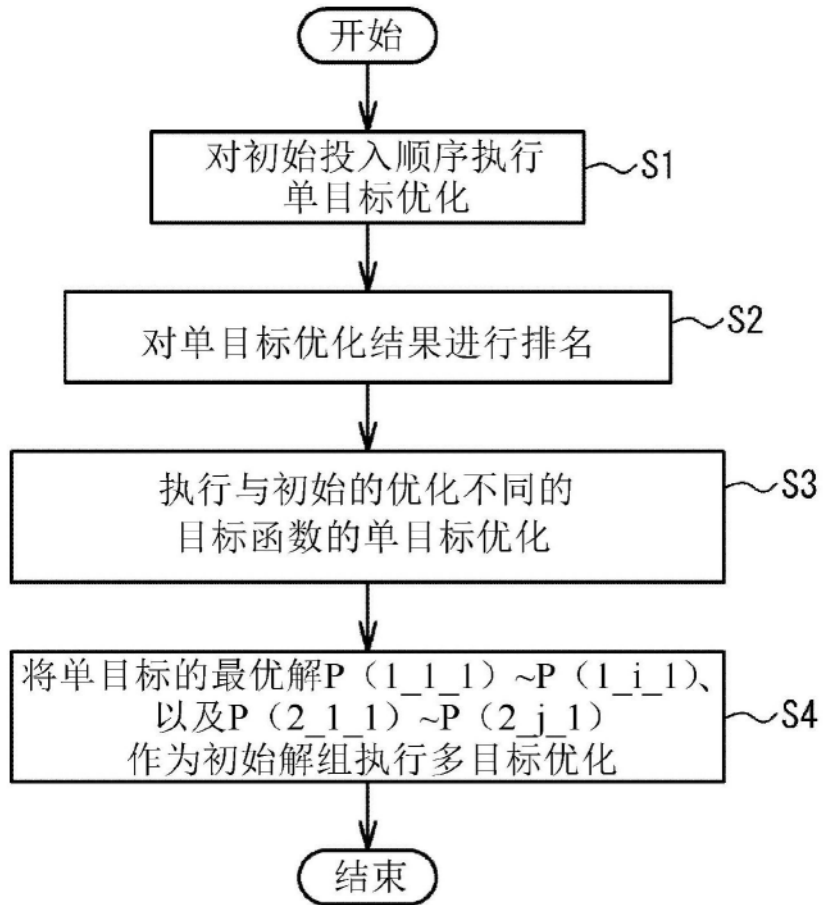


图5

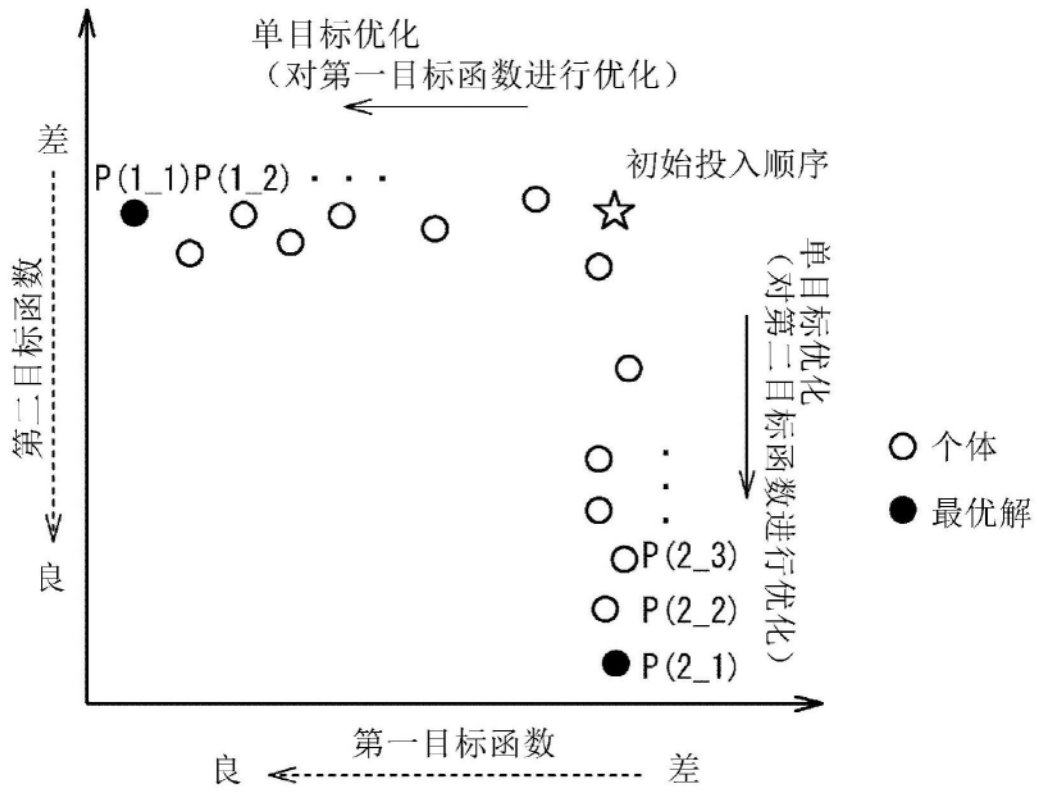
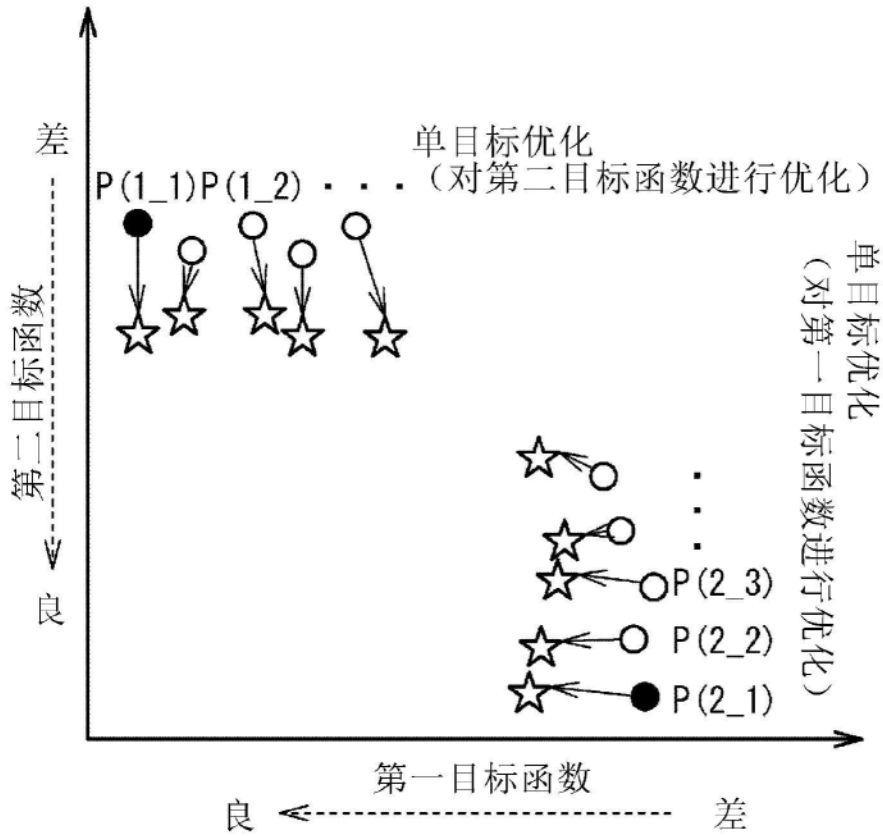


图6



- ☆ 利用与初始不同的目标函数进行了单目标优化时的最优解
- 通过单目标优化导出的个体 (次优解)
- 通过单目标优化导出的个体 (最优解)

图7

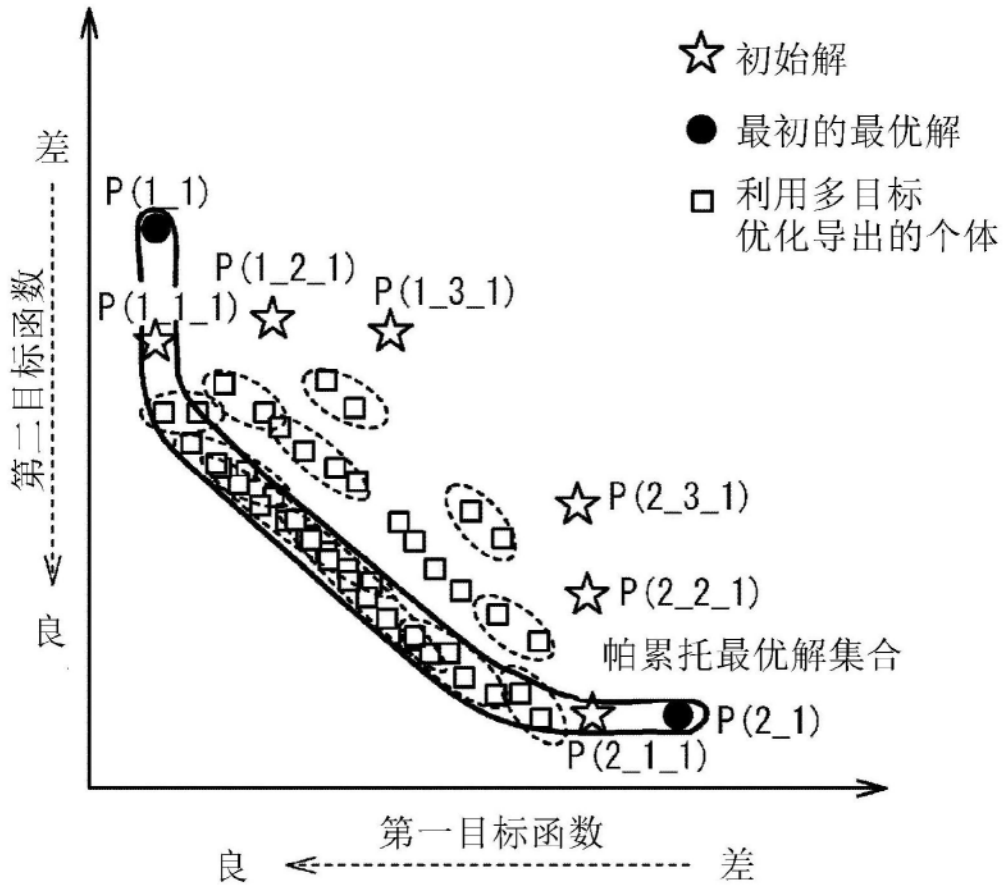


图8

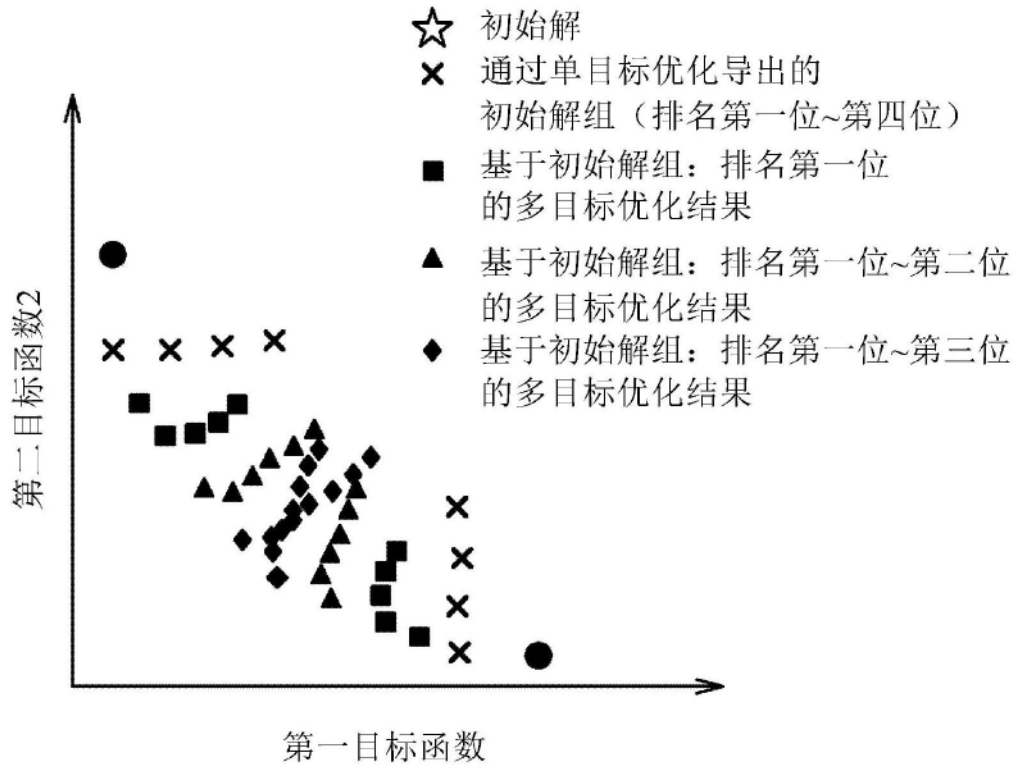


图9

(a) 单目标优化和多目标优化的计算时间例

	单目标优化	多目标优化
计算执行时间	4.8sec	599sec

(b)

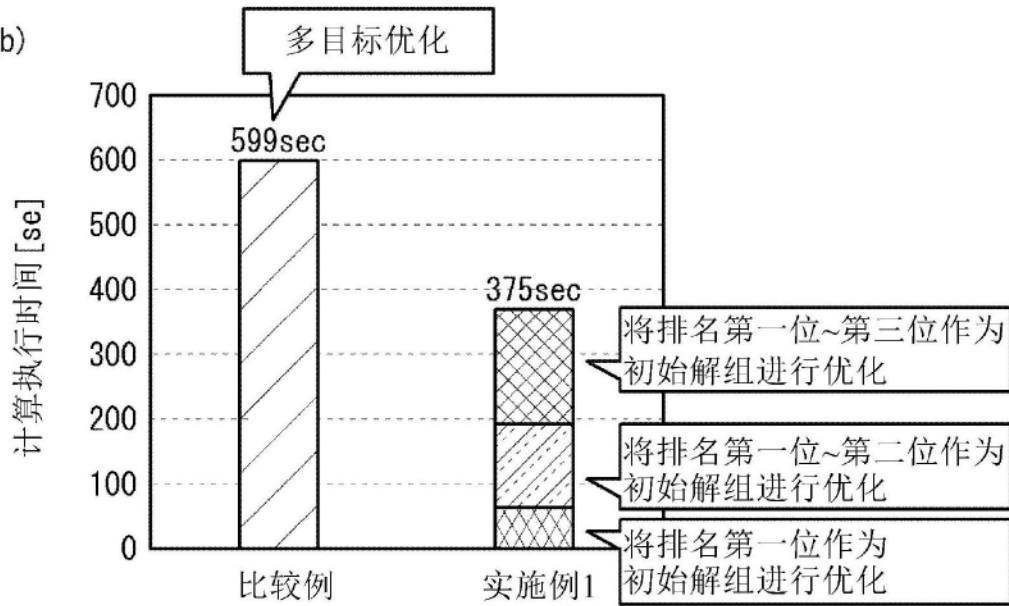


图10

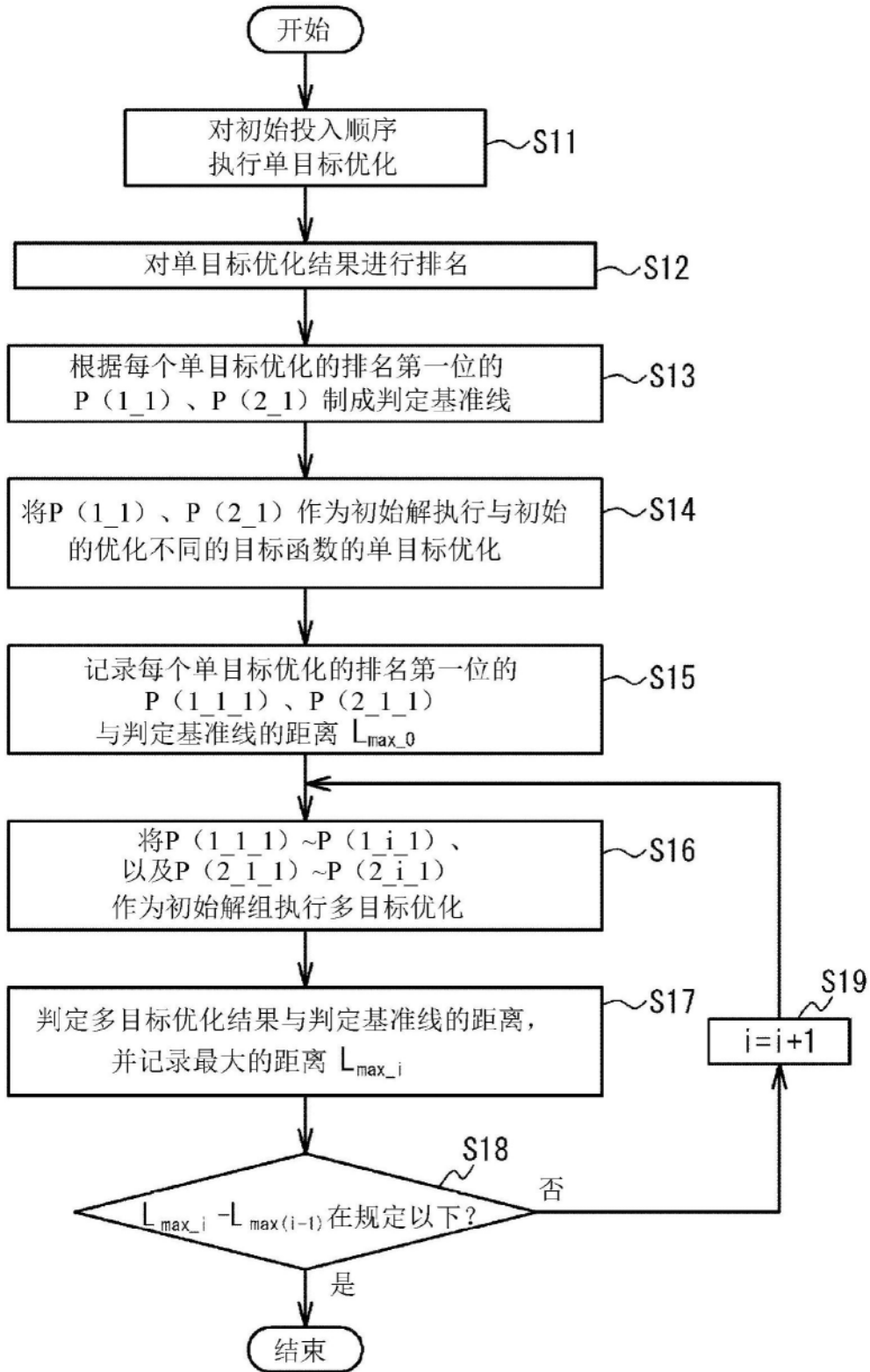


图11

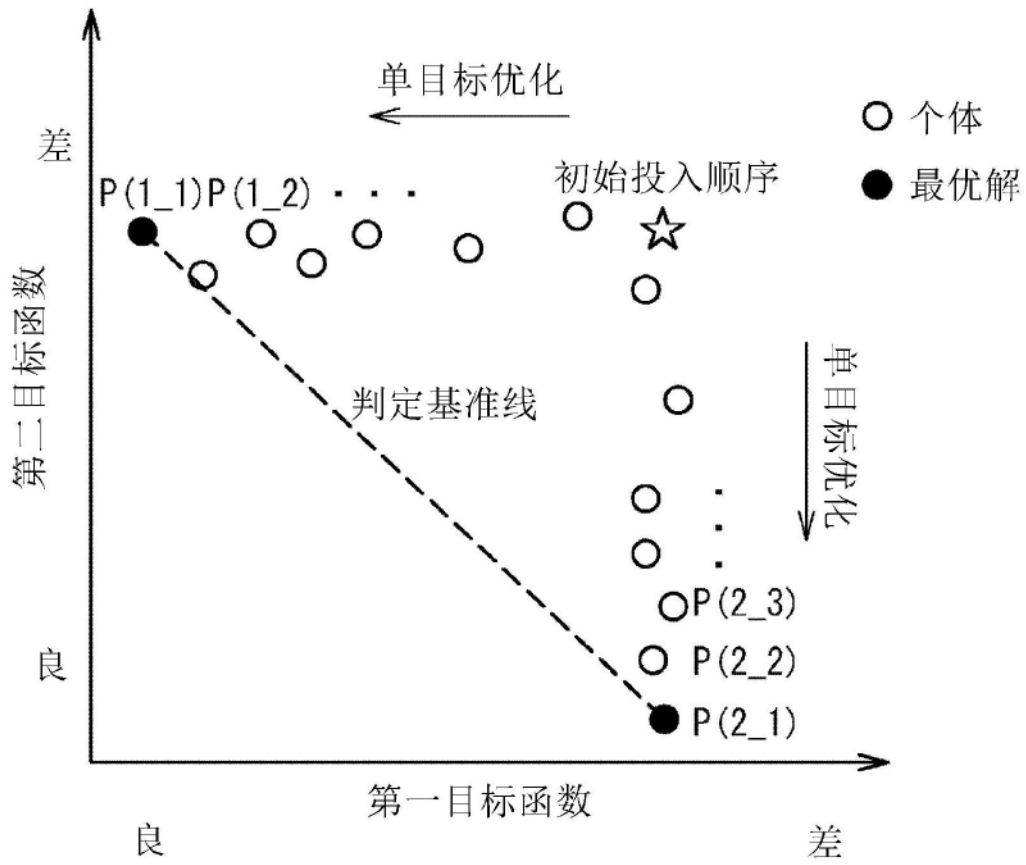


图12

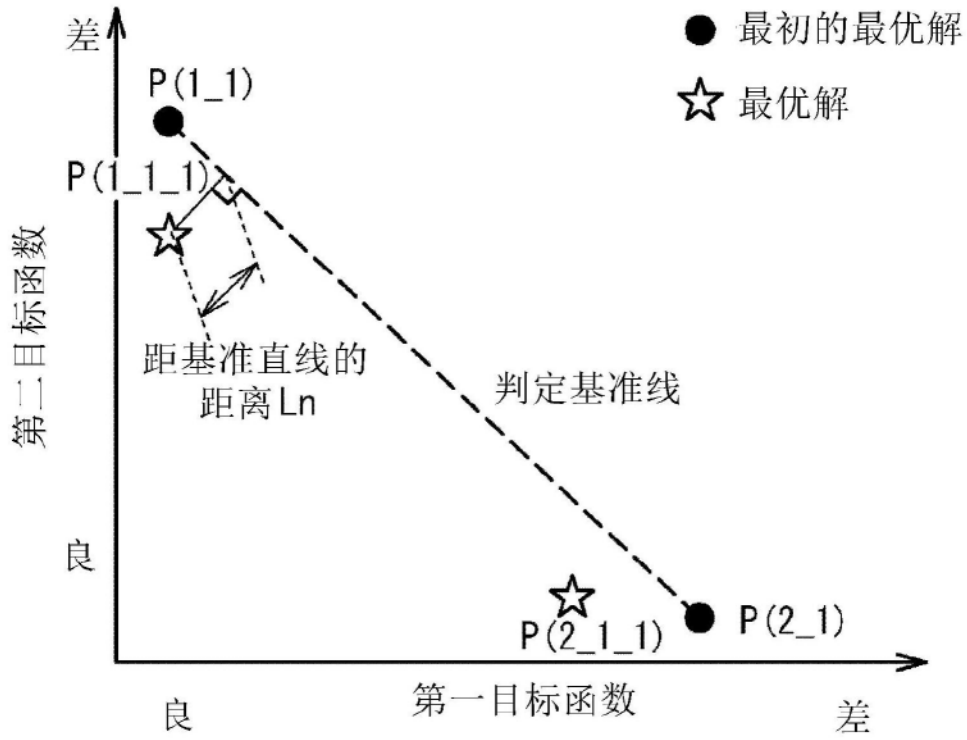


图13

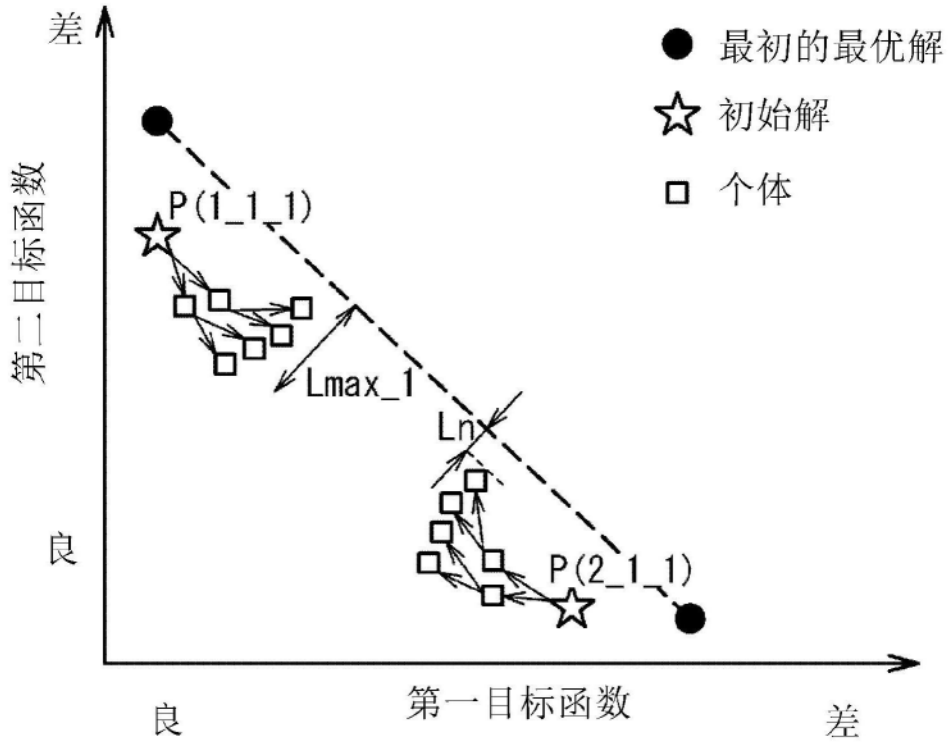


图14

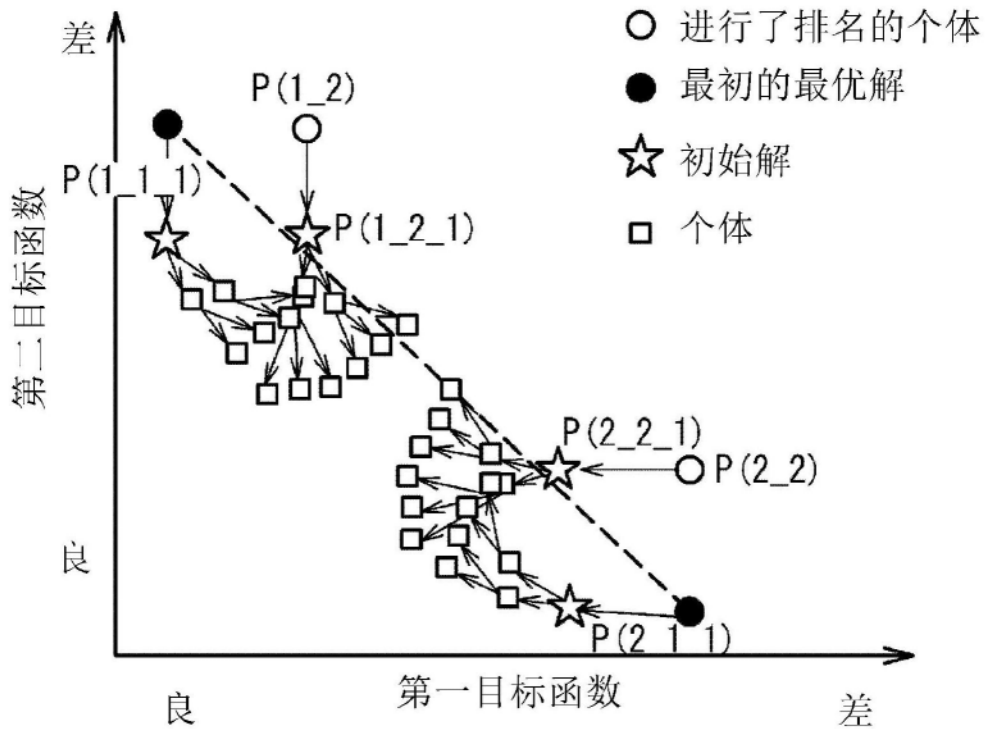


图15

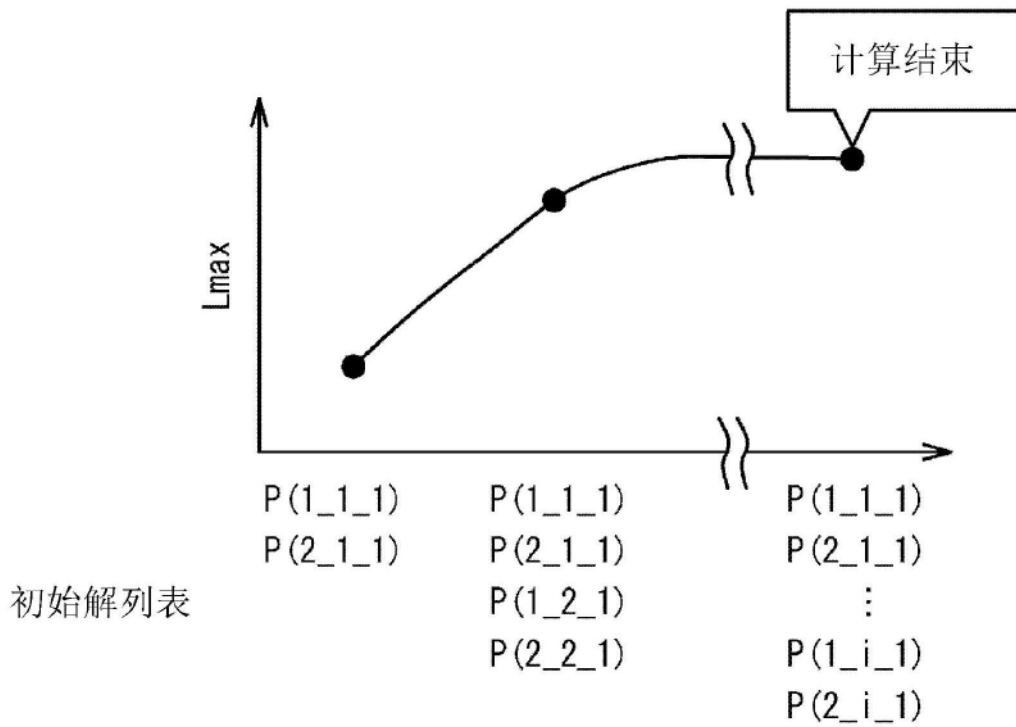


图16

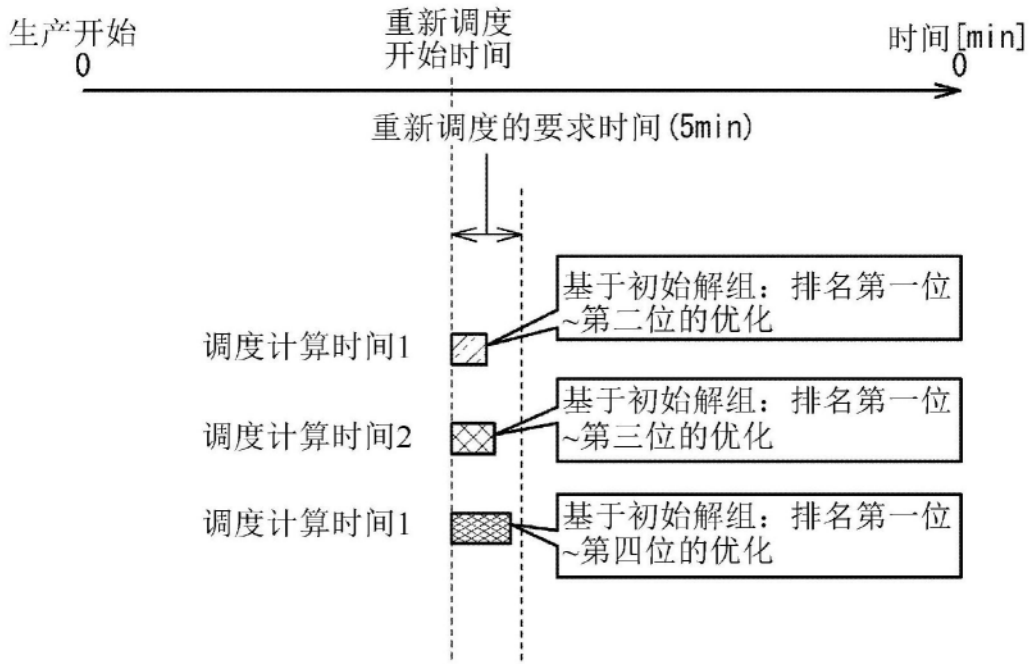


图17

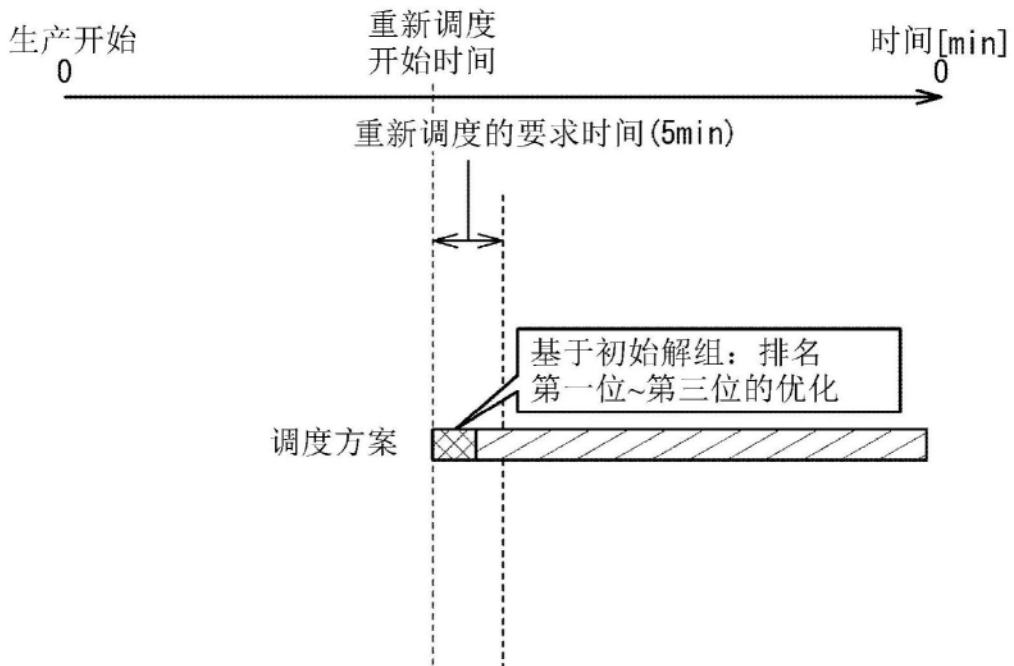


图18

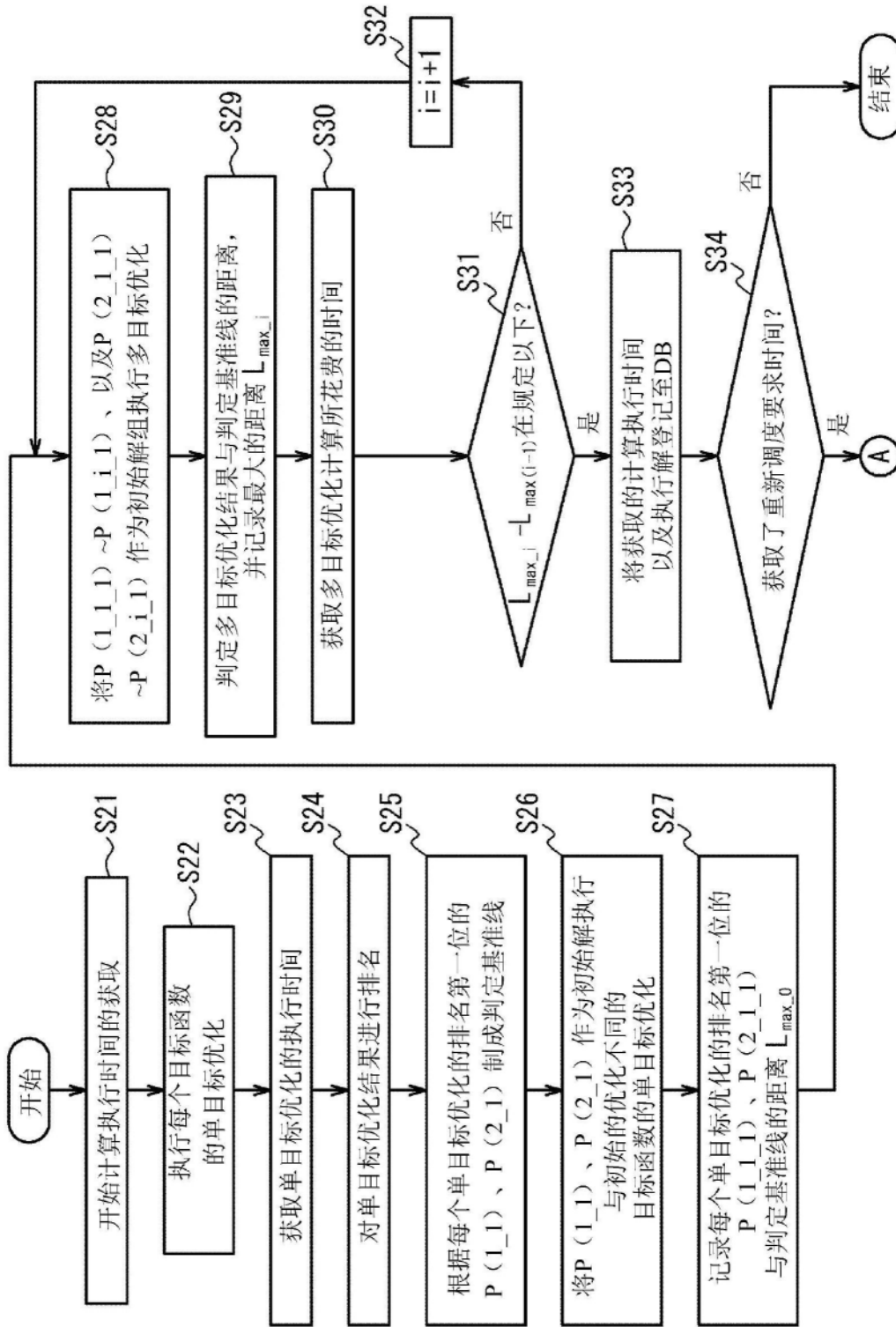


图19

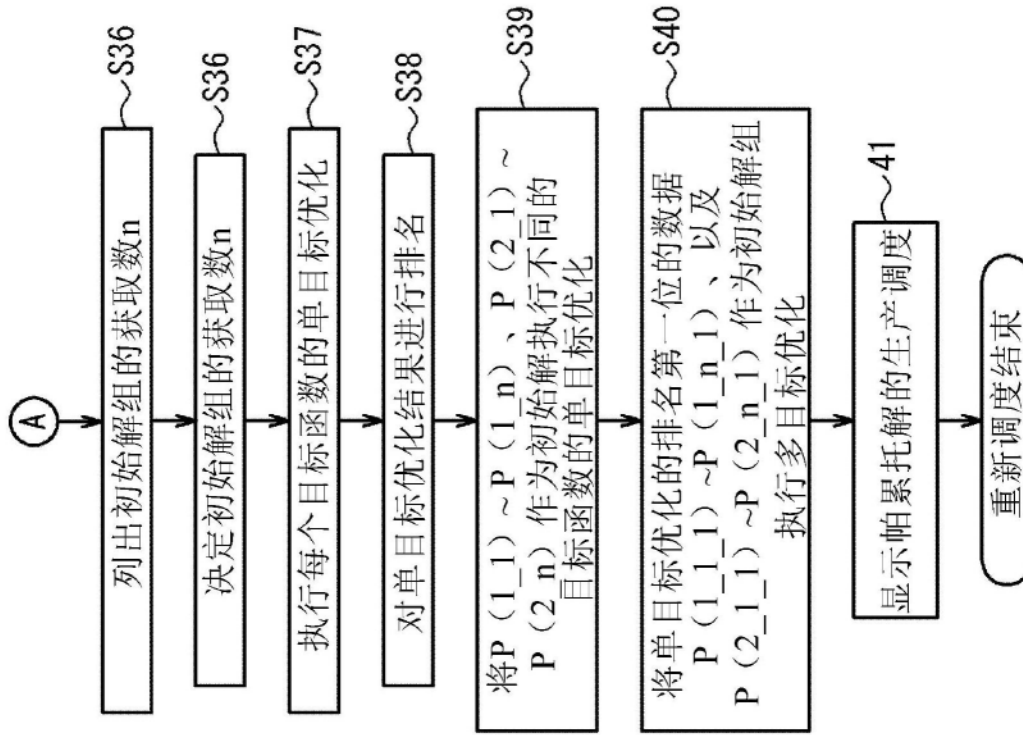


图20

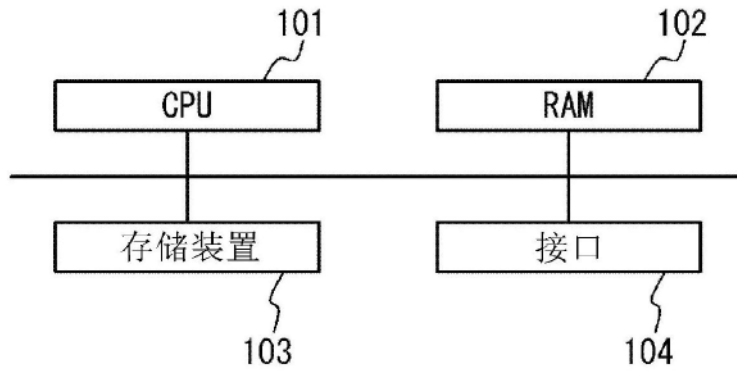


图21