



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107067114 B

(45)授权公告日 2020.07.28

(21)申请号 201710262502.5

G06N 5/02(2006.01)

(22)申请日 2017.04.20

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号

CN 105139685 A,2015.12.09

申请公布号 CN 107067114 A

CN 103295064 A,2013.09.11

(43)申请公布日 2017.08.18

EP 2884432 A1,2015.06.17

(73)专利权人 桂林电子科技大学

EP 2790165 A1,2014.10.15

地址 541004 广西壮族自治区桂林市七星区金鸡路1号

Jan-Alexander Adlbrecht等.Train routing in shunting yards using Answer Set Programming.《Expert Systems with Applications》.2015,(第42期),7292-7302.

(72)发明人 赵岭忠 郭培培 谢小天 钱俊彦

审查员 刘清泉

(74)专利代理机构 桂林市持衡专利商标事务所有限公司 45107

代理人 陈跃琳

(51)Int.Cl.

G06Q 10/04(2012.01)

G06Q 10/06(2012.01)

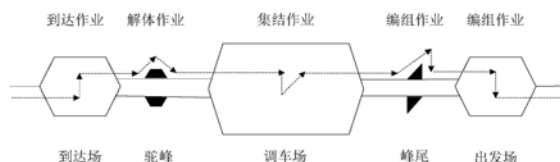
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

基于回答集程序的调机路径规划方法

(57)摘要

本发明公开一种基于回答集程序的调机路径规划方法,针对单台编组调机的路径移动编排,给出了回答集程序结合随机产生器的方法。首先将典型编组站中调车场的轨道进行类型分类,接着将实例图中所停放车厢的位置按轨道类型转换成网络图,然后将网络图转换成规则集通过各种符合人工经验的约束条件来得到路径规划的方案,且还需要再利用随机产生器来随机生成与调车场轨道数目相对应的规则集,以应对现实场景中不断扩增的调车场轨道数目。本发明是一种理论和建模语言的结合对调机移动的路径进行规划的技术,利用随机产生器生成与轨道数目相对应的程序编码,最终自动的生成规划结果。



1. 基于回答集程序的调机路径规划方法, 包括如下步骤:

步骤1. 对调车场内的轨道进行分类;

步骤2. 对调车场内的车厢进行实例化抽象;

步骤3. 将调车场内停放的车厢初始位置转换成相对的网络图; 该网络图中的节点代表轨道, 边代表通过调机可以从一条轨道移动到另一条轨道; 其中节点S表示调机的初始位置轨道, 节点D表示直接轨道, 节点B表示集结轨道, 节点I1和I2都表示间接轨道且是同一条轨道, 节点I2是节点I1的虚拟节点, 节点E表示过程结束, 箭头直线表示调机可以在这两轨道之间移动;

其特征是, 还进一步包括如下步骤:

步骤4. 将网络图转换成规则集, 并通过各种符合人工经验的约束条件来得到路径规划方案;

步骤4.1. 根据给定的定义谓词以回答集程序规则形式给出网络图的节点及边相互之间的推导关系, 即

规则1. 当存在一条边开始于X时, 可推断出X是一个节点;

规则2. 当存在一条边结束于Y时, 可推断出Y是一个节点;

规则3. 如果存在一条边, 调机会通过它的节点, 那么这条边会成为回答集的一部分;

规则4. 在回答集中不可能有从同一个节点出发而在不同节点结束的两条边同时存在的情况;

规则5. 在回答集中不可能有在同一个节点结束而从不同节点出发的两条边同时存在的情况;

规则6. 当一条边成为最短路径的一部分时, 调机一定会通过连接这条边的两个节点;

规则7. 最终得到的最短路径是必须通过指定的开始节点和结束节点的;

规则8. 回答集中不可能存在一个节点, 而调机并没有经过该节点;

规则9. 将网络图中调机所有可移动的路径表示出来;

步骤4.2. 将步骤4.1中的规则生成规则集, 该规则集是回答集程序用来描述网络图所需要用到的原子集合;

步骤4.3. 将步骤4.2中生成的规则集送入回答集程序的解决器中, 用于实现规则的推理并得到路径规划方案。

2. 根据权利要求1所述的基于回答集程序的调机路径规划方法, 其特征是, 还进一步包括如下步骤:

步骤5. 利用随机产生器来随机生成与调车场轨道数目相对应的规则集, 以应对现实场景中不断扩增的调车场轨道数目, 并生成最终的路径规划方案。

3. 根据权利要求1所述的基于回答集程序的调机路径规划方法, 其特征是, 步骤1中, 将轨道分为容纳轨道和转移轨道, 其中容纳轨道又进一步细分为直接轨道、间接轨道和集结轨道。

基于回答集程序的调机路径规划方法

技术领域

[0001] 本发明属于人工智能技术领域,具体涉及一种基于回答集程序的调机路径规划方法。

背景技术

[0002] 传统铁路技术站作业计划的编制以人工为主,作业劳动强度大,容易出现计划编制不及时、计划质量不高等问题。调机运用计划是技术站作业计划的关键内容之一,主要是确定到达列车的解体次序、出发列车的编组次序、调机的作业时间以及承担该作业的调机移动路线,将直接影响铁路货物运输的周转和整个路网的通过能力。随着信息化建设的发展,铁路技术站作业计划的编制由传统的手工作业进入了计算机辅助作业阶段,并逐渐向智能化调度作业阶段发展。如何实现调机运用计划的自动编制是当前研究的重点。

[0003] 目前,国内外处理调机运用计划编制问题的方法主要包括:(1) 数学优化方法,如动态规划、整数规划和混合整数规划法、拉格朗日松弛算法等。该类方法的优点是具有严格的数学模型,但在编制调机运用计划时通常要处理一些半结构化和非结构化的信息,这些信息来自编制人员手工作业时累积的丰富经验,而这些经验则难以从数学模型的角度严格描述;(2) 启发式算法,如局部邻域搜索算法、迭代搜索算法等。该类算法往往需要仔细的设计一个合理的启发函数,才能在较快的时间内成功避免局部最优,得到最优解。但目前此类算法的设计缺乏统一、完整的理论体系;(3) 智能优化类算法,如遗传算法、模拟退火算法、禁忌搜索算法等。此类算法是从随机的可行初始解出发,采用迭代改进的策略去逼近问题的最优解,从理论上讲是一种全局寻优的计算方法,但通常计算量比较大,所需时间较长;(4) 强化学习算法,如Q-learning、Dyna算法等。此类算法需要接受外界反馈,并以此指导下一步行动,但各种事实反馈实际上还比较慢,获得真实场景中的大量数据成本也很高。

发明内容

[0004] 本发明所要解决的是现有调机运用计划编制的问题,提供一种基于回答集程序的调机路径规划方法。

[0005] 为解决上述问题,本发明是通过以下技术方案实现的:

[0006] 一种基于回答集程序的调机路径规划方法,包括如下步骤:

[0007] 步骤1.对调车场内的轨道进行分类;

[0008] 步骤2.对调车场内的车厢进行实例化抽象;

[0009] 步骤3.将调车场内停放的车厢初始位置转换成相对的网络图;该网络图中的节点代表轨道,边代表通过调机可以从一条轨道移动到另一条轨道;

[0010] 步骤4.将网络图转换成规则集,并通过各种符合人工经验的约束条件来得到路径规划方案;

[0011] 步骤4.1.根据给定的定义谓词以回答集程序规则形式给出网络图的节点及边相互之间的推导关系,即

- [0012] 规则1.当存在一条边开始于X时,可推断出X是一个节点;
- [0013] 规则2.当存在一条边结束于Y时,可推断出Y是一个节点;
- [0014] 规则3.如果存在一条边,调机会通过它的节点,那么这条边会成为回答集的一部分;
- [0015] 规则4.在回答集中不可能有从同一个节点出发而在不同节点结束的两条边同时存在的情况;
- [0016] 规则5.在回答集中不可能有在同一个节点结束而从不同节点出发的两条边同时存在的情况;
- [0017] 规则6.当一条边成为最短路径的一部分时,调机一定会通过连接这条边的两个节点;
- [0018] 规则7.最终得到的最短路径是必须通过指定的开始节点和结束节点的;
- [0019] 规则8.回答集中不可能存在一个节点,而调机并没有经过该节点;
- [0020] 规则9.将网络图中调机所有可移动的路径表示出来;
- [0021] 步骤4.2.将步骤4.1中的规则生成规则集,该规则集是回答集程序用来描述网络图所需要用到的原子集合;
- [0022] 步骤4.3.将步骤4.2中生成的规则集送入回答集程序的解决器中,用于实现规则的推理并得到路径规划方案。
- [0023] 上述基于回答集程序的调机路径规划方法,还进一步包括步骤5、利用随机产生器来随机生成与调车场轨道数目相对应的规则集,以应对现实场景中不断扩增的调车场轨道数目,并生成最终的路径规划方案。
- [0024] 上述步骤1中,将轨道分为容纳轨道和转移轨道,其中容纳轨道又进一步细分为直接轨道、间接轨道和集结轨道。
- [0025] 与现有技术相比,本发明使用基于逻辑程序的编码方法结合随机产生器来解决调机路径规划问题,其具有如下优点:
- [0026] 1) 有效性;能人工经验可以有效的转变成规则转变成知识库。
- [0027] 2) 方便易用;只需在知识库中规定目标和实现这些目标的现有条件,即只需要告诉系统做什么,至于如何执行则由系统的控制部分来处理解决,运算速度快。
- [0028] 3) 可扩展性;如有新的约束条件加入,无需改变系统模型,只需要往系统中加入新的规则即可,有较强的可扩展性。

附图说明

- [0029] 图1编组站典型布置图。
- [0030] 图2轨道的分类。
- [0031] 图3实例图。
- [0032] 图4单个调机问题对用的网络图。

具体实施方式

- [0033] 下面通过一个具体实例对本发明进行进一步详细说明。
- [0034] 一种基于回答集程序的调机路径规划方法,包括如下步骤:

[0035] 步骤1、对调车场内的轨道进行分类。

[0036] 编组站是我国铁路网络中的重要节点,在这里到达列车会被分散成零散的车辆,出发列车又会由零散的车辆重新组合到一起,其作业组织会直接影响铁路货物运输的效率。典型的编组站布置如图1所示,包括了到-解-集-编-发的作业技术过程,分别对应了到达场、驼峰、调车场、峰尾和出发场五个场景。

[0037] 为了合理安排各列出发列车的编组顺序将会涉及到调车场的轨道布置,就需要对涉及的轨道进行分类,如图2所示:

[0038] (1.1) 转移轨道,它仅仅是为调机或车厢提供移动场所,在图中用一个带小黑点的直线表示。

[0039] (1.2) 容纳轨道,它的主要功能是用来停放和存储车厢的,这个类型的轨道会占据调车场的大部分空间。容纳轨道分为来源轨道和集结轨道,来源轨道停放了各个去向的车厢,集合轨道集结了去向相同的车厢。根据需要移动车厢的相对位置,来源轨道分为直接轨道和间接轨道。

[0040] 假设,图2中用灰色方框代表去往目的地A的车厢,用黑色方框代表去往目的地B的车厢,现在需要将去往目的地B的车厢进行编组作业集结成符合出发条件的列车,在轨道1上调机不能直接单独移动去往目的地B的车厢,则被称为间接轨道,轨道2中可以直接单独移动去往目的地B的车厢,被称为直接轨道。

[0041] 步骤2、对调车场内的车厢实例化抽象。

[0042] 假设有小规模的车厢已经解体停留在调车场如图3所示,颜色各异的方框代表去向各不相同的车厢,四边圆弧的方框表示调机。假设,灰色方框代表去往目的地A的车厢,用黑色方框代表去往目的地B的车厢,白色方框代表去往目的地C的车厢。所有车厢都连续性的停放在来源轨道而不是分散在任意轨道上,而且车厢移动必须通过调机来实现。

[0043] 根据步骤1的轨道分类可知,轨道2称为间接轨道,轨道3成为直接轨道,轨道4是集结轨道,现在要将去往目的地B的车厢即黑色方框代表的车厢聚集到集结轨道直到满足出发条件出站。而调机移动间接轨道的车厢时,要注意还要将去往另一个目的地A的车厢即灰色方框代表的车厢移回到原来的位置。

[0044] 步骤3、生成实例相对应的网络图。

[0045] 将调车场中停放的车厢初始位置转换成相对的网络图。图4中,节点S表示调机的初始位置轨道,节点D表示直接轨道,节点B表示集结轨道,节点I1和I2都表示间接轨道且是同一条轨道,节点I2是节点I1的虚拟节点,是为了避免双向路径的存在,节点E表示过程结束,箭头直线表示调机可以在这两轨道之间移动。

[0046] 步骤4、生成规则集。

[0047] 定义的网络图由一系列的节点和边组成,节点代表每个轨道,边是指通过调机可以从一条轨道移动到另一条轨道。

[0048] 为使用回答集程序进行编码要使用以下定义:

[0049] $L_0 \text{ or } \dots \text{ or } L_k : \neg L_{k+1}, \dots, L_m, \text{ not } L_{m+1}, \dots, \text{ not } L_n$

[0050] 其中, L_i 是命题语言L下的一个文字, $k \geq 0, m \geq k, n \geq m$ 。

[0051] 规则解释:令r为形如上述中的规则, $\text{head}(r) = L_0$ 表示规则r的头部,并且 $\text{body}(r) = \{l_1, \dots, l_m, \text{ not } l_{m+1}, \dots, \text{ not } l_n\}$ 表示规则r的体部, $\text{Atoms}(r) = \{L_i \mid 0 \leq i \leq n\}$ 表示规则r

中的所有原子集合, $\text{pos}(r) = \{L_i | k+1 \leq i \leq m\}$ 表示 r 中的正体部原子集合, 称为规则体部的正文字, $\text{neg}(r) = \{L_i | m+1 \leq i \leq n\}$ 表示 r 中体部带 not 的原子集合, 称为规则体部的负文字。

[0052] 于是我们就可以将规则写成 $\text{head}:\text{pos}, \text{notneg}$. 如果:

[0053] (1) $\text{neg}(r) = \emptyset$, $\text{pos}(r) \neq \emptyset$, $\text{head}(r) \neq \emptyset$, 那么规则 r 称为正规则, 也成为基本程序;

[0054] (2) $\text{body}(r) = \emptyset$, $\text{head}(r) \neq \emptyset$, 那么规则 r 称为事实;

[0055] (3) $\text{body}(r) \neq \emptyset$, $\text{head}(r) = \emptyset$, 那么规则 r 称为约束。

[0056] 基于图4的网络图, 根据表1中定义谓词以回答集程序规则形式给出该网络图的节点及边相互之间的推导关系, 如下:

[0057] 表1ASP程序谓词及含义

谓词	含义
node(X)	节点 X
arc(X, Y)	节点 X 到节点 Y 之间存在一条边
reached(X)	调机会通过节点 X
in(X, Y)	调机通过节点 X 到节点 Y 之间的边
[0058] start(X)	开始节点 S
end(X)	结束节点 E
f2(X)	节点 D
f3(X)	节点 B
a1(X)	节点 I1
a2(X)	节点 I2

[0059] 规则1 $\text{node}(X) :- \text{arc}(X, Y)$.

[0060] 由规则1可知节点是来源于边的, 当存在一条边开始于X时, 可推断出X是一个节点。

[0061] 规则2 $\text{node}(Y) :- \text{arc}(X, Y)$.

[0062] 规则2类似规则1. 由规则2可知节点是来源于边的, 当存在一条边结束于Y时, 可推断出Y是一个节点。

[0063] 规则3 $\text{in}(X, Y) \vee \sim \text{in}(X, Y) :- \text{arc}(X, Y), \text{reached}(X)$.

[0064] 由规则3可知如果存在一条边, 调机会通过它的节点, 那么这条边可能会成为回答集的一部分. 因为存在从相同的节点出发的多条边的情况, 而只有其中一条会成为最短路径的一部分。

[0065] 规则4: $-\text{in}(X, Y), \text{in}(X1, Y), X \neq X1$.

[0066] 由规则4可知在回答集中不可能有从同一个节点出发而在不同节点结束的两条边同时存在的情况。

[0067] 规则5: $-\text{in}(X, Y), \text{in}(X, Y1), Y \neq Y1$.

[0068] 规则5类似规则4, 但是将结束节点代替了开始节点. 由规则5可知在回答集中不可能有在同一个节点结束而从不同节点出发的两条边同时存在的情况。

[0069] 规则6 $\text{reached}(Y) :- \text{in}(X, Y)$.

[0070] 由规则6可知当一条边成为最短路径的一部分时, 调机一定会通过连接这条边的

两个节点。

[0071] 规则7reached (X) :-start (X) .

[0072] 规则7可知最终得到的最短路径是必须通过指定的开始节点和结束节点。

[0073] 规则8:-node (X) ,not reached (X) .

[0074] 规则8可以被理解为回答集中不可能存在一个节点而调机并没有经过该节点,也是为了确保网络图中每个节点都被调机遍历一遍。规则8就是适用于处理开始节点和结束节点这两个特殊的节点,这是必要的规则。

[0075] 基于图4的网络图,调机所有可以移动的路径表示如下:

[0076] 规则9arc (X,Y) :-start (X) ,a1 (Y) .

[0077] 规则10arc (X,Y) :-start (X) ,f2 (Y) .

[0078] 规则11arc (X,Y) :-a1 (X) ,f2 (Y) .

[0079] 规则12arc (X,Y) :-f2 (X) ,f3 (Y) .

[0080] 规则13arc (X,Y) :-a1 (X) ,f3 (Y) .

[0081] 规则14arc (X,Y) :-a2 (X) ,end (Y) .

[0082] 规则9-14是将调机所有可以移动的路径表示出来。当网络图所包含的节点个数不同时,用于描述调机所有可以移动的路径的规则数量也会随之不同。

[0083] 步骤5、随机生成器。

[0084] 为模拟现实场景中不同调车场拥有不同间接轨道数目的场景,开发了一个随机生成器。输入间接轨道的数量,会根据图3的网络图有规律的添加新的节点和边,进而自动产生新的规则集。

[0085] 步骤6、输出规划结果。

[0086] 实现上述方法的基于回答集程序的调机路径规划系统,包括如下模块:

[0087] 编组站布置模型,依次包括到达场、驼峰、调车场、峰尾和出发场;

[0088] 将调车场中的轨道进行分类,根据轨道所起的作用分为转移轨道和容纳轨道。容纳轨道又可分为来源轨道和集结轨道,来源轨道停放了各个去向的车厢,集合轨道集结了去向相同的车厢。根据所需要移动车厢的相对位置,来源轨道分为直接轨道和间接轨道;

[0089] 将调机和车厢所在位置对应的轨道类型转化成网络图,不同的轨道类型用带不同字母的节点表示,带箭头的实线表示两轨道间存在可移动的路径;

[0090] 规则集,是回答集程序用来描述网络图所需要用到的原子集合;

[0091] 随机产生器,能随机输入轨道数目生成相对应的编码规则;

[0092] 解决器,用于实现规则的推理得到路径规划答案。

[0093] 本发明针对单台编组调机的路径移动编排,给出了回答集程序结合随机产生器的方法。首先将典型编组站中调车场的轨道进行类型分类,有容纳轨道和转移轨道两大类,或再将容纳轨道细分为直接轨道、间接轨道和集结轨道,接着将实例图中所停放车厢的位置按轨道类型转换成网络图,然后将网络图转换成规则集通过各种符合人工经验的约束条件来得到路径规划的方案,且还需要再利用随机产生器来随机生成与调车场轨道数目相对应的规则集,以应对现实场景中不断扩增的调车场轨道数目。本发明是一种理论和建模语言的结合对调机移动的路径进行规划的技术,利用随机产生器生成与轨道数目相对应的程序编码,最终自动的生成规划结果。

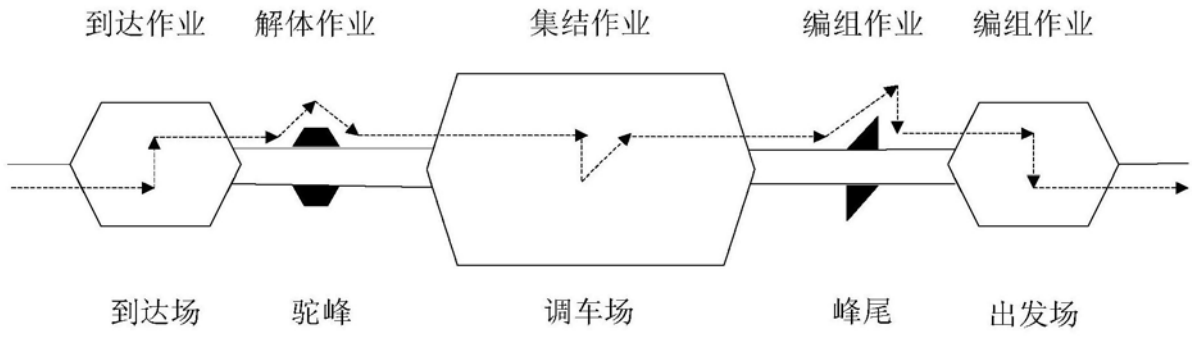


图1

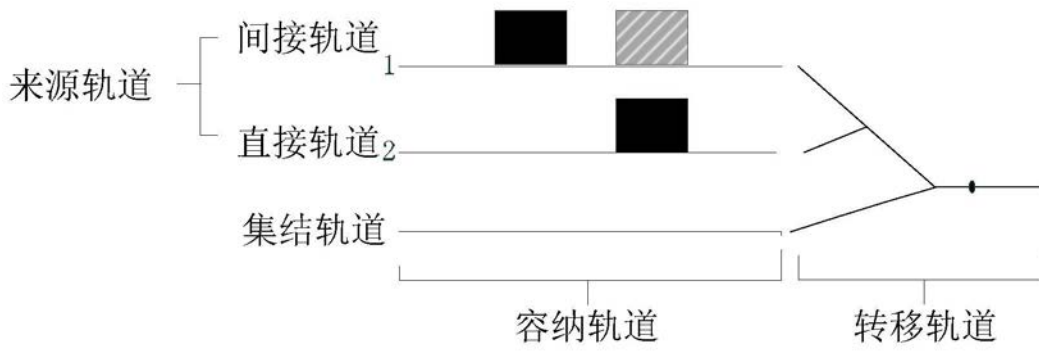


图2

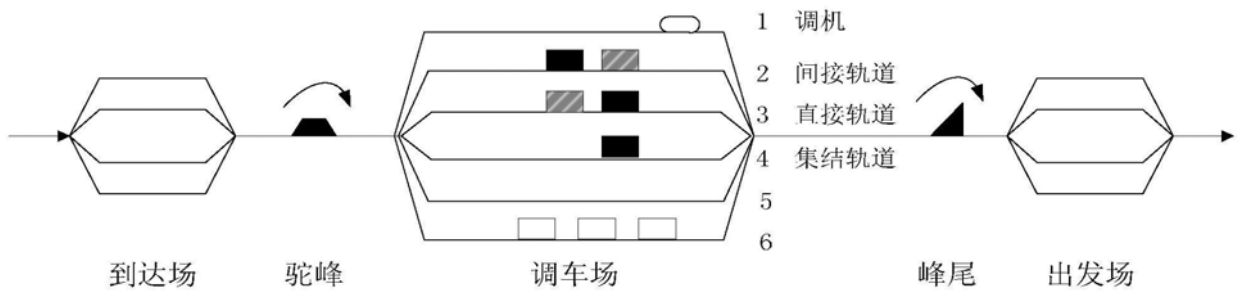


图3

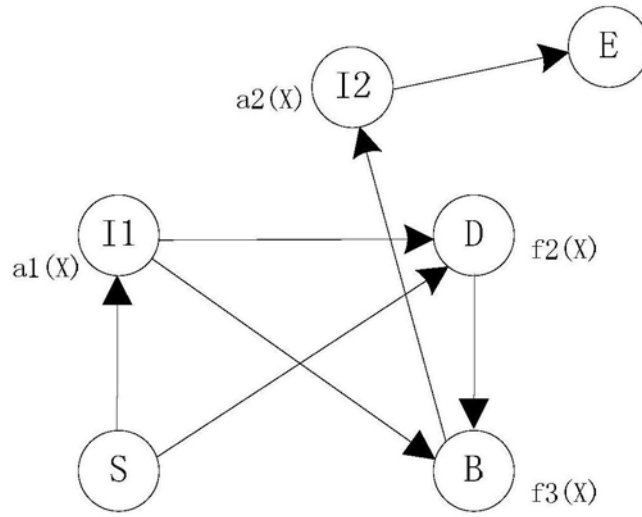


图4