

doi: 10.3969/j.issn.1674-4993.2018.01.025

基于 eM - plant 的集装箱码头堆场闸口系统仿真研究

□ 张 玉

(武汉科技大学城市学院, 湖北 武汉 430083)

【摘 要】 闸口系统是集装箱码头的咽喉, 对于集装箱码头堆场的作业效率起着重要的作用, 文中运用 eM - plant 仿真软件对集装箱三级闸口排队系统进行了仿真建模, 研究针对不同属性车辆集港的情况, 构建闸口通道分配模型, 基于此模型形成不同属性集卡的通道数目分配方案, 并对分配方案进行了比较分析, 所得结果对于集装箱码头闸口系统的控制决策具有指导作用。

【关键词】 集装箱码头; 闸口; 计算机仿真

【中图分类号】 U169.65

【文献标识码】 B

【文章编号】 1674-4993(2018)01-0068-03

Simulation Study on the Gate System of Container Terminal Yard based on eM - plant

□ ZHANG Yu

(Wuhan University of Science and Technology City College, Wuhan 430083, China)

【Abstract】 The gate system is the throat of the container terminal, the operational efficiency of container terminal yard play an important role, this paper USES eM - plant simulation software for container triple gate queuing system modeling, simulation research for different attribute collection vehicles, building entrance channel allocation model, based on this model to form different attribute sets card number of channel allocation scheme, and compares the scheme analysis, the results for container terminal gate system is of important guiding significance for control decisions.

【Key words】 container terminal; gate; computer simulation

1 引言

集装箱码头闸口系统是集装箱码头作业的重要环节, 然而在现实中, 闸口的运作却经常由于拖车的随机性和不确定性等情况使其出现一定的问题, 如何实现对集装箱码头闸口系统进行合理的布局规划、通道数量合理分配、工作人员合理调配, 将闸口系统和堆场作业之间的信息进行有效平衡, 对提高港口效率有着重大意义^[1]。

对集装箱多级闸口排队系统进行计算机仿真研究是解决集装箱码头闸口系统优化设计的有效手段, 其目的在于了解闸口排队系统在排队、作业中的各种统计性能, 制定集卡进出各级闸口的控制策略, 构建仿真模型, 研究集港通道的通道分配情况, 将通道分配与车辆属性匹配, 找到较好的通道分配方案^{[2][3]}。

2 仿真模型的结构

本仿真模型关注的是集卡到达闸口的排队情况, 所以需要构建出三级闸口的排队模型, 同时, 简单地用单处理器表示堆场, 意在区分进入堆场作业后离场的车辆和尚未能进入堆场而离场的车辆, 即模型由三级闸口构成, 后加单处理器表示

堆场^[4]。本文应用 eM - plant 软件来建立集装箱多级闸口排队系统仿真模型。eM - plant 软件是以色列 Tecnomatix 公司开发的用于生产、物流和工程的仿真软件, 它是面向对象的、图形化的、集成的建模仿真工具。建立仿真模型首先需定义进出闸口的集装箱卡车属性, 设置各级服务台车辆到达和分流的参数。

2.1 集卡属性的定义

由于到达闸口的集装箱卡车有不同的属性, 在分配第二级闸口时需要根据集卡的属性来划分, 所以当集装箱卡车到达时就应该赋予它们属性。在 eM - plant 中, 这个功能由可移动对象 MUs 的自定义属性来完成。车辆具有内外贸、箱尺寸、空箱重箱、特种箱和船队五个属性, 分别由 eM - plant 中 OUT、SIZE、WEI、SPE 和 SHIP 五个属性来表示, OUT 可取值 TRUE 或 FALSE 分别表示外贸或内贸, SIZE 可取值 20 或 40 分别表示 20 尺箱或 40 尺箱, WEI 可取值 3 或 20 分别表示空箱或重箱, SPE 可取值 TRUE 或 FALSE 分别表示特种箱或非特种箱, SHIP 可取值 YI 或 ER 分别表示即将到达的船队或非即将到达的船队。前四种属性都有两个取值, 共组成 16 种集卡, 例

【收稿日期】 2017-11-05

【作者简介】 张 玉, 武汉科技大学城市学院。

如 O2F3 表示外贸 20 尺且非特种空箱,同时,在模型中添加 table file 为每一种车辆的比例赋值。SHIP 属性的比例由 Method 中的均匀分布函数添加,程序意为船队 YI 的比例为 37%,船队 ER 的比例为 63%。另外,由于第三级闸口需要判断车辆是否协议车队,所以,为每一种车辆都添加一个 XYCD 的自定义属性,取值为 TRUE 表示协议车队,取值为 FALSE 表示非协议车队。

2.2 车辆到达和各级服务台及分流的设置

车辆到达由 source 对象产生,到达时间间隔为负指数分布,参数为 22 秒,实体的来源上一节设置的不同属性的可移动对象 transportor,比例由表格 tablefile 文件设置。

第一级闸口服务时间分布为负指数分布,参数为 55 秒,由单处理器 singleproc 表示,第一级闸口前面的队列由 buffer 表示,buffer 的离去规则为 Min. Contents,即选择排队数目最少的队列。

第二级闸口有 8 个通道,每个服务台的服务时间为负指数分布,服务时间在第三章中已经提到,按照一级闸口的设置规则设置,同时,由于存在不能通过第一级闸口的情况,所以,第二级闸口的 8 个通道还应该加上 Drain 对象,表示不能通过第一级闸口而离场的情况。

第二级闸口前面有分流对象 Flowcontrol 对车辆进行分流,分流规则为: 如果集卡不符合进闸条件则去 1 即离场; 若集卡符合进闸条件,则判断它是否为特种箱,若是则去 9(特种箱通道); 若集卡不是载的特种箱,判断其是否为空箱,若是则去 8,8 为通道 7,7 为空箱通道; 若其不是空箱,则判断是否为外贸车辆,外贸车辆则需判断其船队是否即将到港,即将到港去 2 即通道 1,否则去通道 2,3,选择排队长度最短的队列排队; 若车辆不是外贸车,为内贸车,YI 队去通道 4,否则按照 5、6 中长度最短的队列排队。根据程序可知,车辆进入通道 2 和通道 3 的可能性是不相同的,当通道 2 和通道 3 排队长度相同时,车辆会去到通道 2,因此,车辆进入通道 2 的可能性更大,同理,集卡进入通道 5 的概率大于通道 6。

第三级闸口有 8 个通道,由第二级闸口对应过去,同样,队列用 buffer 表示,由于第三级闸口有判断是否协议车队和验证信息两个功能,所以,第三级闸口采用两个 singleproc 表示,第一个表示判断是否协议车队,若是则直接通过 Flowcontrol 分流进入堆场的队列 buffer 排队,否则,进入下一个 singleproc 进行信息验证,验证通过则进入堆场的 buffer 排队,否则,离场或进入缓冲区 drain。

3 仿真模型的实现

本系统仿真模型中需要输入的参数主要包括车辆到达的时间间隔,不同属性车辆的比例,各个服务台的服务时间。为了研究最佳的通道分配方案,需要有一个初始值,设为 3 个内贸通道,3 个外贸通道,1 个特种箱通道,1 个空箱通道^[5]。

仿真的运行过程中,eM - plant 使用的是事件调度法,即仿真时间的推进是根据模型中事件的触发来跳跃地显示时间,eM - plant 中模型的运行有单步运行(step) 和运行两种模式,其中,运行可以手动调节运行的快慢,运行画面如图 1 所

示。仿真运行结束时需要收集反映排队系统性能的数据,包括车辆到各个通道的平均等待时间,集卡在闸口系统的平均逗留时间和各个闸口的平均排队长度。

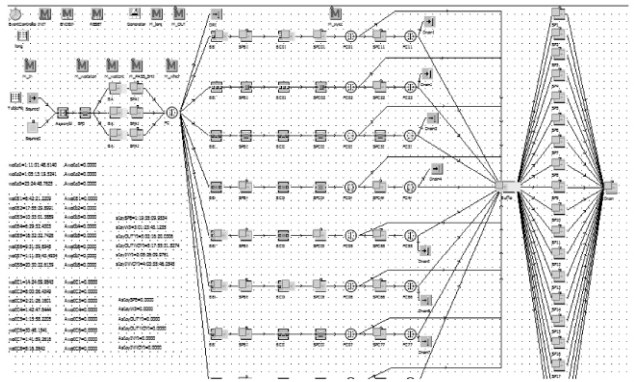


图 1 仿真运行画面

4 仿真模型检验

本文取闸口仿真模型运行 30 天的数据为基础,与理论值进行对比,情况如表 1、表 2 及表 3 所示。所有的数据都存在一定的误差,误差的一部分原因是由于在计算过程中有一定的小数位数取舍造成的; 同时,第三级闸口的通道 7 和通道 8 理论值较小,所以,在将差值和理论值相除求误差率时造成的误差率较大。从通道的数据来看,误差均较小,说明仿真模型可信度较高。

表 1 前置闸口模型验证对比表

参数	理论值	仿真值	误差率
前置闸口平均等待时间	1 分 17 秒	1 分 14 秒	3.89%
前置闸口平均队长	3.51	3.34	4.84%

表 2 集港通道模型、智能闸口模型验证对比表

参数	集港通道模型			智能闸口模型		
	理论值	仿真值	误差率	理论值	仿真值	误差率
通道 1 平均等待时间	20.13 秒	20.54 秒	2.04%	1 分 39 秒	1 分 37 秒	2.02%
通道 1 平均队长	0.168	0.172	2.38%	0.829	0.821	0.97%
通道 2 平均等待时间	2 分 29 秒	2 分 20 秒	6.04%	1 分 29 秒	1 分 23 秒	6.74%
通道 2 平均队长	1.247	1.203	3.53%	0.707	0.670	5.23%
通道 3 平均等待时间	2 分 22 秒	2 分 13 秒	6.34%	54.75 秒	52.77 秒	3.61%
通道 3 平均队长	0.892	0.831	6.84%	0.343	0.319	6.99%
通道 4 平均等待时间	3 分 26 秒	3 分 25 秒	0.49%	44.86 秒	43.75 秒	2.47%
通道 4 平均队长	1.149	1.127	1.91%	0.250	0.264	5.6%
通道 5 平均等待时间	3 分 56 秒	3 分 42 秒	5.93%	41.53 秒	38.65 秒	6.93%
通道 5 平均队长	1.249	1.224	2.00%	0.22	0.205	6.81%
通道 6 平均等待时间	3 分 37 秒	3 分 32 秒	2.30%	28.95 秒	29.27 秒	1.11%
通道 6 平均队长	0.856	0.830	3.04%	0.121	0.112	7.33%
通道 7 平均等待时间	9 分 12 秒	8 分 40 秒	5.80%	29.04 秒	30.51 秒	5.06%
通道 7 平均队长	2.31	2.161	6.45%	0.122	0.128	4.92%
通道 8 平均等待时间	12 分 46 秒	12 分 10 秒	4.5%	12.77 秒	13.74 秒	7.60%
通道 8 平均队长	1.68	1.578	6.07%	0.0282	0.0256	9.22%

5 仿真模型应用

本研究是以某码头的三级闸口为例,基于 eM - plant 仿真软件分析不同属性集卡集港下的闸口管控策略对排队系统的

影响,主要进行的工作:制定集卡进出各级闸口的控制策略,构建仿真模型,研究集港通道的通道分配情况,将通道分配与车辆属性匹配,找到较好的通道分配方案,分析闸口排队系统主要的性能指标。

5.1 问题描述

三级闸口分别的车道数为 3、8、8,研究过程中第二级闸口外贸分配的车道数为 3,内贸的车道数为 3,空箱车道数为 1,特种箱车道数为 1,车辆通过第一级闸口之后,特种箱集卡去到通道 8,空箱集卡去到通道 7,外贸集卡去到通道 1、2、3,内贸集卡去到通道 4、5、6,抬杆速度从通道 1 到通道 8 依次变慢,保证外贸车辆能够优先进场。如果不对进场车辆进行控制,不论车辆的属性,均按照最短队列排队,则不能保证某些车辆的优先进场,所以设置这样的进场规则是有必要的;另外,针对这样的进闸规则,每一种车辆其通道的数目分配也是需要研究的。

5.2 仿真结果分析

根据闸口排队系统情况对仿真模型进行参数设置,仿真计算得出通道数目分配方案。通道分配数目为(3,3,1,1),由于外贸集卡数目多于内贸,重箱多于空箱,特种箱数目也较少,所以还需要对比(4,2,1,1)这一种通道配置方案。经过仿真运行,两种通道分配方案的第二级闸口排队系统性能指标对比如表 3。由于通道分配方案不涉及第一级闸口,所以,第一级闸口不需要列入对比,主要对比的参数包括通道 1 到通道 8 的平均排队时间,通道 1 到通道 8 的平均排队长度,各种车辆的逗留时间。

表 3 两种分配方案性能指标对比表

参数	方案 1(3,3,1,1)	方案 2(4,2,1,1)
集港通道通道 1 平均排队时间	20.54 秒	20 秒
集港通道通道 2 平均排队时间	2 分 20 秒	1 分 4 秒
集港通道通道 3 平均排队时间	2 分 13 秒	51.75 秒
集港通道通道 4 平均排队时间	3 分 25 秒	43.20 秒
集港通道通道 5 平均排队时间	3 分 42 秒	3 分 37 秒
集港通道通道 6 平均排队时间	3 分 32 秒	4 天
集港通道通道 7 平均排队时间	8 分 40 秒	9 分 52 秒
集港通道通道 8 平均排队时间	12 分 10 秒	12 分 23 秒
集港通道通道 1 平均排队长度	0.172	0.172
集港通道通道 2 平均排队长度	1.203	0.694
集港通道通道 3 平均排队长度	0.831	0.406
集港通道通道 4 平均排队长度	1.127	0.389
集港通道通道 5 平均排队长度	1.224	1.130
集港通道通道 6 平均排队长度	0.83	2382
集港通道通道 7 平均排队长度	2.161	2.359
集港通道通道 8 平均排队长度	1.578	1.463
特种箱集卡逗留时间	20 分 15 秒	20 分 15 秒
空箱集卡逗留时间	16 分 44 秒	16 分 44 秒
外贸一队逗留时间	6 分钟	6 分钟
外贸二队逗留时间	8 分 34 秒	6 分 46 秒
内贸一队逗留时间	9 分 20 秒	9 分 37 秒
外贸二队逗留时间	9 分 44 秒	4 天

根据表 3 所示的仿真计算结果,分析可得:

①两种方案对于通道 1、通道 5 和特种箱及空箱集卡的影

响较小。两种通道分配方案对于通道 1、通道 5、通道 7 以及通道 8 车辆进入规则并没有什么改变。因此,改变通道分配情况,外贸车辆由 3 个车道变为 4 个车道,然而外贸一队仍然是从通道 1 经过,同理,通道 5 也不会有大的变化。

②通道 2、3、4 的平均等待时间明显缩小,排队长度也缩短,相应地,外贸二队的逗留时间缩短,与之相反,通道 6 以及内贸一队的各项指标大幅度上升,内贸通道的压力倍增,平均排队时间,排队长度和内贸车辆的逗留时间都大大增加了。

上述变化对于外贸二队来说是有利的,减少了它们在港口的逗留时间,然而这种变化无论是对于内贸车辆还是通道都是不利的。对于闸口来说,一方面,大大增加了内贸二队闸口的压力,另一方面,对于外贸二队的几个通道它们的利用率降低了,没有能够将各通道达到平衡;对于外部车队来说,内贸车辆在闸口的逗留时间大大增加,虽然外贸二队的车辆逗留时间变短,但是这种变化相对于内贸得到的损失而言是微不足道的,并且对于外贸车辆,其排队时间虽然变短,但是变化程度并不大;另一方面,内贸二队的车辆逗留时间反而长于特种箱和空箱,这与第二道闸口的设置初衷相违背,所以相比之下,还是第一种方案更佳。从另外一个角度来说,从方案 1 各种车辆的逗留时间来说,外贸一队最短,接着是外贸二队,内贸一队,内贸二队,空箱集卡,特种箱集卡,正好与第二道闸口的权重设置相吻合,外贸优先于内贸,优先于空箱,优先于特种箱集卡,再次证明了方案 1 更佳。

6 结语

本文运用仿真工具 eM-pland 软件建立了基于排队论的集装箱多级闸口排队系统仿真模型,并对该仿真模型进行了验证;根据建立的仿真模型,对某集装箱码头多级闸口系统进行仿真计算,获得了两种闸口通道分配方案。对两种闸口通道分配方案中排队系统性能指标进行对比分析,结果表明第一种方案不仅能够使各个闸口运行顺利、车辆进场通畅,还能达到控制特定车辆进场速度的目的。

【参考文献】

- [1] 公然. 大连港集装箱码头堆场系统通过能力提升研究 [D]. 大连: 大连海事大学, 2014.
- [2] Canonaco P, Legato P, Mazza R M, et al. A queuing network model for the management of berth crane operations [J]. Computers & Operations Research, 2008, 35 (8): 2432 - 2446.
- [3] 麦宇雄, 卢永昌, 覃杰. 随机服务系统(排队论)在集装箱码头大门设计中的应用 [J]. 水运工程, 2007(5): 39 - 42.
- [4] 曾庆成, 张笑菊, 陈文浩, 朱晓聪. 基于 BCMP 排队网络的码头集卡预约优化模型 [J]. 系统工程学报, 2013, 28(5): 592 - 599.
- [5] 曾庆成, 陈文浩, 胡祥培. 集装箱码头外部集卡预约优化模型与算法 [J]. 中国管理科学, 2015, 23(10): 125 - 130.