

集装箱码头生产过程动态图形仿真优化的研究

真虹

(上海海运学院管理系, 上海 200135)

摘要 计算机仿真技术是研究港口生产过程优化的有效方法,采用离散事件仿真技术和计算机动态图形技术,构造集装箱码头生产过程的动态仿真模型,开发了一个实用化的动态图形仿真系统,并借助于该系统对拟定方案的仿真结果进行了分析。

关键词 集装箱码头 动态图形 仿真

0 引言

港口生产过程问题属于离散事件问题,这类问题的计算机仿真是借助于计算机手段对被研究的系统状态在一系列离散时间点上的变化规律进行模仿,并采用数字和动画图形方式记录状态变化的一种研究问题的方法。

计算机动态图形仿真就是构造出一个离散事件系统的“动画模型”来形象地模仿实际系统内所发生的运动过程。一般来说,动画应用于数字仿真有两种方式,一种是后处理的动画输出,即先运行仿真程序,实体运行轨迹连同仿真钟全部保存下来,仿真运行结束后,再作为动画的驱动数据实现模型画面的刷新。另一种是与仿真同步的实时动画,仿真运行状态的变化可以及时通过动画显示出来,同时两者又是交互的,用户可以停止正在运行的仿真程序,对模型进行修改,然后运行仿真程序,在运行过程中,用户可以直接看到修改之处所引起的变化。这种方式不仅对观测改变系统某些参数所产生的结果有用,而且对建模和仿真调试阶段也具有十分重要的作用。因此,本文将采用实时动画方式建立描述集装箱码头生产过程的仿真系统。

1 集装箱码头生产过程计算机动态图形仿真系统模型的构建

1.1 动态图形仿真模型的构建步骤

步骤(1) 不考虑动态图形的要求和最后输出评价指标的完整性,先从纯粹的系统状态变化着手,建立数字仿真模型。

(1) 根据船舶到港随机分布模式,由随机数预先生成整个仿真期内船舶到达间隔,并计算出其到达的绝对时间值。

(2) 根据到港船型分布和作业方式分布模式,随机产生仿真期内全部到港船型和作业方式。

(3) 计算仿真控制参数(时间或船舶数),判断仿真是否结束。若结束,退出仿真过程,进入步骤(2)步。

(4) 判断锚地是否有等待作业的船舶:有则进入(5),否则,进入(6)。

(5) 判断是否有空闲泊位。有:按照船舶排队的队列顺序从锚地调入优先服务船舶;无:锚地船舶继续等待。

(6) 根据泊位设备作业效率随机分布模式,生成单机小时船舶装卸作业量(TEU,标准箱数量单位,后同)。

(7) 如果采用“柔性资源调配方案”,则调整各泊位在该仿真时刻的设备拥有数(“柔性资源调配”系指装卸船舶的设备可以从空闲泊位自动调配至作业泊位,以提高设备的利用率)。

(8) 根据生产作业方案的资源调配模式(详见后叙的资源调配方案部分介绍),确定该泊位在步长

时间内所完成的作业量(TEU)。

(9) 船舶是否是“卸+装”模式。是:转入(4), 再进行船舶的装船过程仿真;否:进入(10)。

(10) 确定是否有船舶到达港口。有:在锚地等待作业的船队中增加船舶数,并重排船舶等待队列的序列,转入(3);无:转入(3)。

步骤(2) 在系统中采用 AutoCAD 软件绘制集装箱码头平面布置底图,设备图,船型图,作业动态线图,在程序中加入实现图形变化的程序段,包括:

(1) 船舶离开锚地,靠泊动画效果。根据锚地船舶坐标位置和目标泊位的坐标位置,按照确定的运动轨迹,实现船舶港内的运动,并且重排锚地船舶等待序列的坐标位置。

(2) 产生作业线工作的动态效果:根据货物装卸运动方向(装、卸)以快速有向闪点方式实现作业动画效果。

(3) 产生船舶作业完毕后离泊动画效果。根据作业泊位坐标位置,按照离泊船舶的运动轨迹,实现船舶离港运动。

(4) 船舶到港时,在锚地适当位置产生到港船舶的动画效果。根据锚地等泊船舶情况,确定新到港口船舶的停靠锚地位置坐标,并根据随机产生的船型,调入相应的船型图。

步骤(3) 确定评价仿真方案的各项指标及其计算方法,并编入程序;本系统给出的仿真结果评价指标主要包括:仿真期内作业船舶数,完成吞吐量(TEU),船舶平均等待作业时间(h),船舶等待最长队列(艘数),船舶平均作业时间(h),泊位平均作业时间(h),综合费用(包括:港口生产成本、船舶在港停留费用、货物在港滞留的损失)(万元),泊位利用率(%),设备利用率(%),平均船舶装卸效率(TEU/h),船舶在港总停留时间(h)等。

步骤(4) 整个仿真系统的完善。

图1反映出集装箱码头生产过程动态图形仿真模型实现的关键技术流程。

流程图中变量、数组说明如下:

i ——到港船舶序号

$fel(i,2)$ ——第 i 艘船到达时间累计数(小时)

$fel(i,3)$ ——第 i 艘船装载量(TEU)

$fel(i,4)$ ——第 i 艘船作业方式(=1:装,=2:卸,=3:装卸)

$fel(i,5)$ ——第 i 艘船的状态(=0:未到,=1:等待,=2:作业,=3:离港)

$fel(i,6)$ ——第 i 艘船舶船型(编号表示)

tt ——仿真时间累进步长(小时)

$swt(1)$ ——目前锚地船舶数

$swt(2)$ ——锚地曾出现的最大船舶队列数

$swt(4)$ ——船舶等待时间之和(小时)

$n1(j)$ ——采用“自动配置”设备方案时,泊位 j 临时拥有的设备数

$nnnn$ ——累积设备作业时间(小时)

$shu(j)$ ——第 j 泊位船舶作业量累计(TEU)

$fa2(j)$ ——第 j 泊位船舶累计作业时间(小时)

$bst(j)$ ——泊位 j 上正在作业的船舶已完成的作业时间(小时)

$bt(j)$ ——泊位 j 上正在作业的船舶载货量(TEU)

$bz(j)$ ——泊位 j 上船舶的作业方式(=1:装,=2:卸,=3:装卸)

$bs(j)$ ——泊位 j 上正在作业的船型

$bn(j)$ ——第 j 泊位的状态(=1:空闲,=2:占用,=3:不使用)

$even(1)$ ——下一艘船到港时间

1.2 集装箱码头生产过程仿真方案的拟定

1.2.1 码头装卸资源(设备)调配方案

当泊位数(n)和码头装卸设备数(m)一定的情况下,一般可以有以下几种泊位设备调配方案:

(1) 均匀能力配置方式。设备数为泊位数的整数倍,即 n/m 是整数,且小于泊位最大允许作业线数(一般取3台或者4台)。

(2) 不同能力配置方式。各泊位设备数根据需要采用人工方式随意分配,即允许: $m_i \neq m_j, i \neq j, i, j = 1, 2, \dots, n, m_1 + m_2 + \dots + m_n = m_0$ 。 m_i, m_j 为泊位设备拥有数。泊位设备的不同分配方式将形成一系列不同的仿真方案。

(3) 柔性调配方式。初始状态时各泊位设备拥有数按(1)或(2)方式配置,在仿真作业过程中,空闲泊位上的设备将自动调配至作业泊位参与装卸。但是需满足: $\max(m_i, i = 1, n) \leq$ 泊位最大允许作业线数。

(4) 集中作业方式。当设备数较少时,将设备集中在几个泊位上进行作业的生产方法。设作业泊位数 = $nn, nn \leq n$, 则 $m = m_1 + m_2 + \dots + m_{nn}$, 而 $m_{nn+1} = m_{nn+2} = \dots = m_n = 0$ 。泊位最大允许作业线数选取的不同可以形成不同的仿真方案。

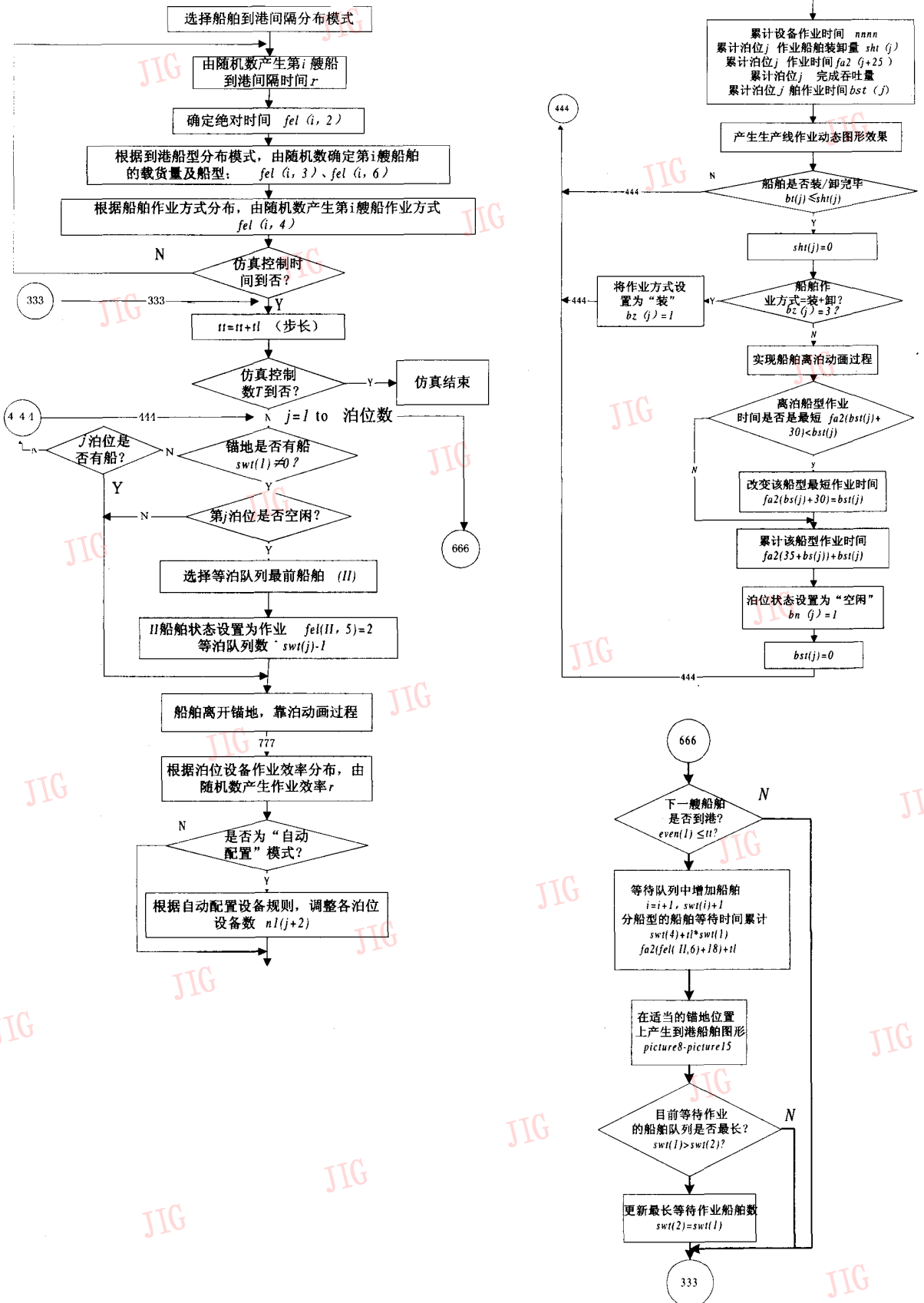


图1 集装箱码头生产动态图形仿真过程关键技术处理部分流程图

1.2.2 改变泊位通过能力方案

在泊位拥有数不变的情况下,改变每个泊位单位时间装卸能力,可以考核码头对船舶服务绩效的变化。改变泊位通过能力的方法有以下2种:

(1) 泊位设备台数拥有量的变化。一般可取:
 $m_i = 1 \sim 4$ 台

(2) 泊位设备台数不变,但每台设备的效率变化。如取: $p_{\#i} = 20 \sim 60$ TEU/h

由设备台数和设备单机效率的变化可以形成系列仿真评价方案。

2 集装箱码头生产过程计算机动态图形仿真系统的实现与运行结果分析

集装箱码头生产过程动态图形仿真界面设计如图2所示。

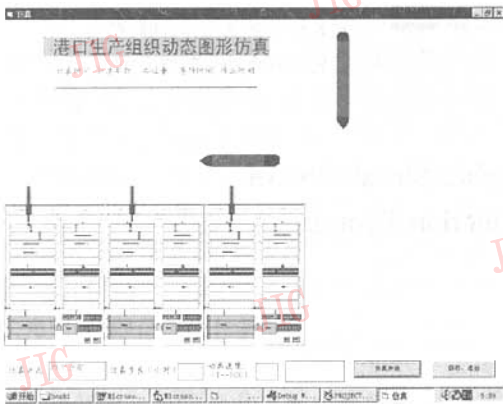


图2 动态图形仿真过程运行界面

2.1 集装箱码头生产过程随机事件分布选择

经对集装箱码头生产活动规律进行分析可知,活动中主要包含的随机事件有:船舶到港时间间隔分布、船舶作业效率(单机)分布、到港船型分布以及到港船舶作业方式分布。各随机事件分布模式的拟合如下:

(1) 船舶到港时间间隔随机分布拟合

我们选择我国某港口某一年中集装箱船舶到港时间数据作为样本数据,共计133艘船舶。对所得数据进行统计分析,得出其分布基本符合负指数分布,选择指数分布进行拟合,在显著性水平取0.05时,满足 χ^2 检验的要求,故假设成立,负指数分布的参数 $\lambda = 0.3535$ 。为了检验到港船舶密度的不同对生产作业过程的影响,在不同的仿真方案中,我们

分别取 $\lambda = 0.3535, \lambda = 0.707, \lambda = 0.77, \lambda = 0.85, \lambda = 1.00$ 等参数值。

(2) 船舶作业效率(单机)随机分布拟合

船舶作业效率(单机)由于受到设备完好情况、生产组织情况、货位变化情况以及气候变化情况等影响,使某一时刻的效率出现不确定性;因此,可以认为船舶作业效率是一个随机事件。选择集装箱码头前沿装卸船设备——装卸桥的单机小时效率作为样本数据的采集对象,整个船舶的作业效率为:单机效率 \times 泊位设备数(即假设同泊位同一时间内的作业效率是相同的)。对所得样本数据进行统计分析和分布拟合,在显著性水平取0.05情况下,船舶作业效率(单机)的随机分布模式满足正态分布。正态分布参数均值 $\mu = 25.8$,方差 $\sigma = 3.88$ 。为了检验船舶作业效率(单机)分布特征的变化对港口生产过程产生的影响,在不同仿真方案中,我们分别取 $\sigma = 3.88, \sigma = 7.76$ 进行比较。

(3) 到港船型随机分布拟合

一般集装箱码头到达的船舶载货情况是不同的,但是载货量分布不是连续的,而是由船型确定的集中在几个离散数值附近。故属于离散型的二项分布模式。对采集的样本进行统计分布拟合,可得出以下二项分布模型:

$$X = \begin{cases} 500 \text{ TEU} & 0 < r < 0.2 \\ 1000 \text{ TEU} & 0.2 \leq r < 0.7 \\ 2000 \text{ TEU} & 0.7 \leq r < 1 \end{cases} \quad r \text{—— 随机数}$$

(4) 到港船舶作业方式(装、卸、卸+装)随机分布拟合

集装箱船舶在港作业方式主要有:卸船,装船和先卸船后装船等几种作业模式。对于某一特定的到港船舶所从事的作业方式也是随机事件,且从其分布特征看,属于离散型的二项分布。对采集的样本进行统计分布拟合,可得出以下二项分布模型:

$$X = \begin{cases} \text{装} & 0 < r < 0.2 \\ \text{卸} & 0.2 \leq r < 0.4 \\ \text{卸+装} & 0.4 \leq r < 1 \end{cases} \quad r \text{—— 随机数}$$

2.2 仿真方案的拟定及仿真运行结果分析

根据研究问题的需要,本文拟定了一系列港口生产过程安排的仿真方案(所选方案的参数略)。由于篇幅所限,本文略去各方案的仿真运行结果数据。只对仿真结果作以下分析:

(1) 集中作业的船舶平均等待作业的时间和等待队列最长,这说明采用设备均匀分配方式可以减

少船舶在港等待作业的时间,而且这种作业方式随着船舶到港密度的增加其优势会显得更为突出。

(2) 采用集中作业方式时,平均单船作业时间最短。因此,当到港船舶密度较低,或码头服务能力较强时,则采用集中作业方式是有优势的(见图3)。

(3) 采用集中作业的泊位利用率较并行作业的利用率低,所以泊位能力未能得到发挥。

(4) 自动调配方式的设备利用率最高,当船舶到港密度较高时,船舶在港时间缩短。由此说明,采用自动调配(柔性调配)模式可以充分发挥码头设备潜在的能力(见图3)。

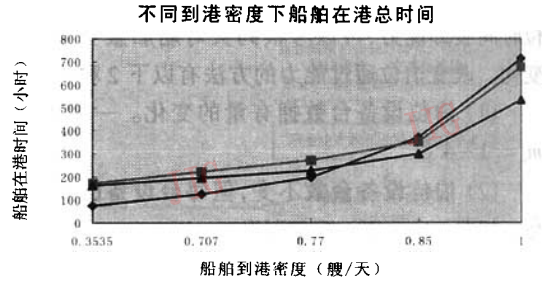


图3 不同到港密度下各方案船舶在港总时间

参考文献

- 1 真虹. 动态图形仿真技术在港口生产调度决策支持系统中的应用研究. 武汉: 交通与计算机, 1996.
- 2 Michael P. Computer simulation in management science. third edition, John Wiley & Sons, 1992.
- 3 Dino P. Simulation modeling and DOE. IIE Solutions, Sept 1996.
- 4 黄文谊. 计算机仿真技术. 北京: 中国铁道出版社, 1990.



真虹 1958年生, 博士, 上海海运学院管理系教授, 系主任。主要研究方向为交通运输, 长期采用计算机仿真方法研究交通运输问题。已获3项交通部科技进步奖, 发表论文30多篇。现负责学校管理模拟实验中心的动态图形仿真工具型软件的研制工作, 同时负责一项国家自然科学基金项目的研究。

Research on Dynamic Graphic Simulation of Container Harbor Production Process

Zhen Hong

(Department of Management, Shanghai Maritime University, Shanghai 200135)

Abstract Computer simulation technique is an effective method researching the optimum of the port production process. This paper adopts dispersion event simulation technique and computer dynamic graphic technique, builds up the dynamic simulation model of the container harbor production process, develops a practical dynamic graphic simulation system, and analyses the simulation results to the simulation plans drawn up.

Keywords Container harbor, Dynamic graphics, Simulation