

MEM6810 工程系统建模与仿真

案例 软件

第七讲: 典型系统建模与仿真 II

沈海辉

中美物流研究院
上海交通大学

🏠 shenhaihui.github.io/teaching/mem6810p
✉ shenhaihui@sjtu.edu.cn

2025年春 (MEM非全日制)



上海交通大学
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY

董浩云智能制造与服务管理研究院
CY TUNG Institute of Intelligent Manufacturing and Service Management
(中美物流研究院)
(Sino-US Global Logistics Institute)



① 简单排队系统仿真

- ▶ $M/M/s$
- ▶ 港口实例
- ▶ $M/M/s/K$

② 产品入库仿真

③ 配货系统仿真

④ 零售商库存仿真



1 简单排队系统仿真

- ▶ $M/M/s$
- ▶ 港口实例
- ▶ $M/M/s/K$

2 产品入库仿真

3 配货系统仿真

4 零售商库存仿真



- 再次考虑 $M/M/1$ 排队系统的仿真, $\lambda = 0.6$, $\mu = 1$.
 - 根据排队论, 已知 $L = 1.5$, $L_Q = 0.9$, $W = 2.5$, $W_Q = 1.5$, 服务台利用率 $= \rho = 0.6$.
 - 用 FlexSim 实现.



- 再次考虑 $M/M/1$ 排队系统的仿真, $\lambda = 0.6, \mu = 1$.
 - 根据排队论, 已知 $L = 1.5, L_Q = 0.9, W = 2.5, W_Q = 1.5$, 服务台利用率 $= \rho = 0.6$.
 - 用 FlexSim 实现.
- 再次考虑 $M/M/2$ 排队系统的仿真, $\lambda = 0.6, \mu = 0.5$.
 - 根据排队论, 已知 $L = 1.875, L_Q = 0.675, W = 3.125, W_Q = 1.125$, 服务台利用率 $= \rho = 0.6$.
 - 用 FlexSim 实现.



- 再次考虑 $M/M/1$ 排队系统的仿真, $\lambda = 0.6$, $\mu = 1$.
 - 根据排队论, 已知 $L = 1.5$, $L_Q = 0.9$, $W = 2.5$, $W_Q = 1.5$, 服务台利用率 $= \rho = 0.6$.
 - 用 FlexSim 实现.
- 再次考虑 $M/M/2$ 排队系统的仿真, $\lambda = 0.6$, $\mu = 0.5$.
 - 根据排队论, 已知 $L = 1.875$, $L_Q = 0.675$, $W = 3.125$, $W_Q = 1.125$, 服务台利用率 $= \rho = 0.6$.
 - 用 FlexSim 实现.
- 相同方法可实现任意 $G/G/s$ (服务台可以不同) 排队系统的仿真.



- 单泊位港口仿真实例

- 某港口现有 1 个泊位, 可供船舶停靠, 进行装船、卸货作业.
- 船舶入港后, 如泊位是空闲的, 可立即使用; 否则需要遵循先到先服务原则在港口区排队等候.
- 邮轮到达时间间隔的分布, 邮轮类型的分布及其所需作业时长如下列表格所示:

到达时间间隔/天	概率			
1	0.05	邮轮类型	所需时长/天	概率
2	0.15	巨型	4	0.40
3	0.35	中型	3	0.35
4	0.25	小型	2	0.25
5	0.20			

- 计算该港口长时间连续运行下的性能度量: L , L_Q , W , W_Q 和泊位利用率.
- 提示: 可以建模为 $G/G/1$ 进行仿真.
- 用 FlexSim 实现.



- 双泊位港口仿真实例

- 由于发现该港口现有的服务水平太低, 现考虑对港口进行改造, 新增 1 个泊位.
- 由于新增泊位的技术水平较高, 所需作业时长较原泊位短, 如下表所示:

邮轮类型	原泊位所需时长/天	新泊位所需时长/天
巨型	4	3
中型	3	2
小型	2	1

- 计算改造后各性能度量的变化情况.
 - 提示: 可以建模为 $G/G/2$ (两个服务台速率不同) 进行仿真.
 - 当两个泊位都空闲时, 使用哪一个? (1) 旧/新泊位; (2) 随机选择; (3) 轮流选择 (round robin); (4) 先空闲者...
- 用 FlexSim 实现.



- 考虑 $M/M/1/5$ 排队系统的仿真, $\lambda = 1$, $\mu = 0.8$.
 - 根据排队论, 已知 $P_K = 0.2711$, $L = 3.132$, $L_Q = 2.221$;
对于进入站点的顾客而言, $W = 4.296$, $W_Q = 3.046$;
对于全体顾客而言, $W' = 3.132$, $W'_Q = 2.221$;
服务台利用率 $= \rho(1 - P_K) = 0.6 = 0.911$.
 - 用 FlexSim 实现.



- 考虑 $M/M/1/5$ 排队系统的仿真, $\lambda = 1, \mu = 0.8$.
 - 根据排队论, 已知 $P_K = 0.2711, L = 3.132, L_Q = 2.221$;
对于进入站点的顾客而言, $W = 4.296, W_Q = 3.046$;
对于全体顾客而言, $W' = 3.132, W'_Q = 2.221$;
服务台利用率 $= \rho(1 - P_K) = 0.6 = 0.911$.
 - 用 FlexSim 实现.
- 考虑 $M/M/2/5$ 排队系统的仿真, $\lambda = 1, \mu = 0.4$.
 - 用 FlexSim 实现.

- 考虑 $M/M/1/5$ 排队系统的仿真, $\lambda = 1, \mu = 0.8$.
 - 根据排队论, 已知 $P_K = 0.2711, L = 3.132, L_Q = 2.221$;
对于进入站点的顾客而言, $W = 4.296, W_Q = 3.046$;
对于全体顾客而言, $W' = 3.132, W'_Q = 2.221$;
服务台利用率 $= \rho(1 - P_K) = 0.6 = 0.911$.
 - 用 FlexSim 实现.
- 考虑 $M/M/2/5$ 排队系统的仿真, $\lambda = 1, \mu = 0.4$.
 - 用 FlexSim 实现.
- 相同方法可实现任意 $G/G/s/K$ (服务台可以不同) 排队系统的仿真.



1 简单排队系统仿真

- ▶ $M/M/s$
- ▶ 港口实例
- ▶ $M/M/s/K$

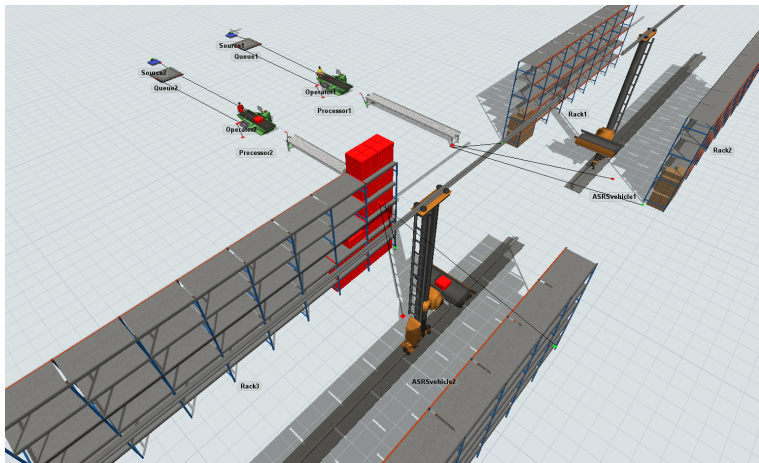
2 产品入库仿真

3 配货系统仿真

4 零售商库存仿真



- 将生产完成的货物存放至货架:



- 模型: StockIn.fsm



1 简单排队系统仿真

- ▶ $M/M/s$
- ▶ 港口实例
- ▶ $M/M/s/K$

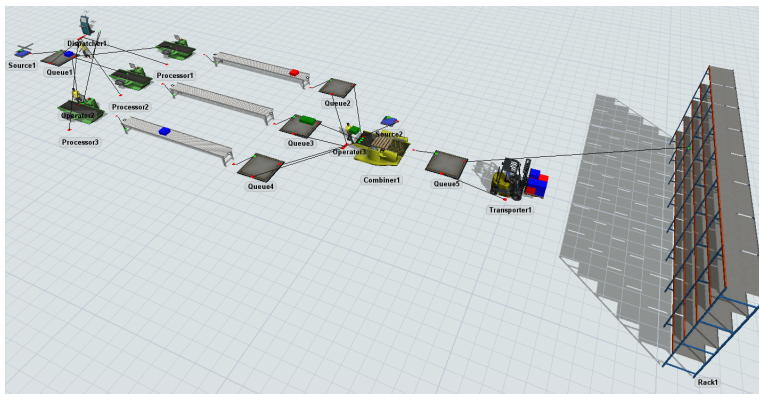
2 产品入库仿真

3 配货系统仿真

4 零售商库存仿真



- 将货品按照指定方式打包待发货:



- 模型: Allocation.fsm



① 简单排队系统仿真

- ▶ $M/M/s$
- ▶ 港口实例
- ▶ $M/M/s/K$

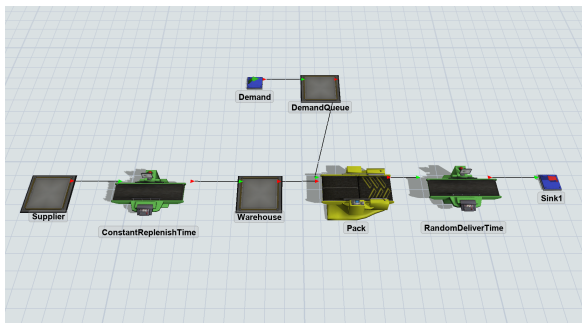
② 产品入库仿真

③ 配货系统仿真

④ 零售商库存仿真



- 零售商使用 (s, S) 库存控制策略:



Source: Do at time 0
Create: Initial inventory
Custom Code: Update inventory level
Sink

Source: When inventory decreases
Custom Code: Update inventory level
Decide: Reach s ?

Create: Place Order
Custom Code: Update inventory level

Sink

- 模型: Inventory.fsm

