



上海财经大学  
SHANGHAI UNIVERSITY OF FINANCE AND ECONOMICS



# 智能素养与计算社会科学方法论

## 社会科学中的仿真计算方法

主讲人：邵志芳

上海财经大学



## 3-5 基于仿真结果的决策优化



# 课程目标

---

- (1) 了解详细建模模块，掌握更多模块运用方法；
- (2) 通过决策货架的购买数量以及对封装机台的状态统计，熟练掌握statistic高级数据统计模块在数据分析中的应用。
- (3) 掌握如何通过仿真进行决策支持



# 目录

---

- 背景描述
- 需求分析
- 建模过程
- 决策支持



# 背景描述

当电子装配检测系统模型提交给生产经理，经理指出：

- 模型只反应了一天生产的第一个班次(8小时)，需改为两班制，且第二个班次(8小时)在Rework模块有两名工人，总共一天工作16小时；
- Sealer模块有时会发生故障
  - 出故障的时间间隔 $\sim$ 指数分布，均值为2小时
  - 检修时间长度 $\sim$ 指数分布，均值为4分钟
- 计划购买架子来摆放在Rework模块中排队的零件
  - 一个架子(rack)可以放10个零件，需要购买多少个架子？
- 需要运行10天！



# 需求分析

---

- 要解决以上问题，在建模过程中需要：
  - 构建换班模型，引入Resource Schedules
  - 使用资源故障建立封装台故障模型Resource Failures
  - 通过频率统计Frequencies statistic所获取的信息来决定需要购买的货架数量
- 改变Run-Setup设置
  - 在Replication Parameters中将“Day”定义为16 hours。
  - 将Replication Lengths改为10天



# 建模过程-运行条件设置

改为每天16小时

运行10天

Run Setup

Run Speed

Run Control

Reports

Project Parameters

Replication Paramet...

Array Sizes

Arena Visual Designer

Establish replication-related options for the current model. Settings include the number of simulation replications to be run, the start date and time of the simulation, warm-up time length, time units, and the type of initialization to be performed.

Replication Parameters

Number of

1

Start Date and Time:

2024年10月26日 18:45:15

Warm-up Period:

0.0

Hours

Replication Length:

10

Days

Hours Per Day:

16

Terminating

Base Time Units:

Minutes

Parallel Replications

☐ Run Replications in Parallel

☐ Disable Parallel Replications Status Dialog

Number of Parallel

16

Parallel Replication Input Data Files:

Data File

Add

确定

取消



# 建模过程-两班制资源数量的变化

- 用Schedule来设定Resource随时间变化的Capacity (资源单位个数)
- 在Resource数据模块中
  - 在Rework Resource，将类型从Fixed Capacity改为Based on Schedule;
  - 则多了两列—Schedule Name和Schedule Rule;
  - 键入Schedule Name (Rework Schedule);
  - 选定Schedule Rule—当资源正在被实体占用时，资源容量将在何时改变
    - Ignore—容量立即改变，但只在统计中收集数据，并不影响当前正在进行的工作中所占用的资源容量;
    - Wait—一直到实体释放资源后，才改变容量;
    - Preempt(先占有)—立刻停止当前工作，改变容量且停止当前处理。接着，如果容量还够，则继续分配给刚才停止的实体继续工作。





# 建模过程-两班制资源数量的变化

	Name	Type	Capacity	Schedule Name	Schedule Rule	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use	StateSet Name	Failures	Repo
1	Rework	Based on Schedule	1	1	Wait	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
2 ▶	Sealer	Fixed Capacity	1	1	Wait	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
3	Prep A	Fixed Capacity	1	1	Wait	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
4	Prep B	Fixed Capacity	1	1	Wait	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
Double-click here to add a new row.											

将Rework资源类型改为根据调度改变

	Name	Type	Capacity	Schedule Name	Schedule Rule	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use	StateSet Name	Failures	Report Stati
1	Rework	Based on Schedule	Resource Schedule	Resource Schedule	Ignore	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
2 ▶	Sealer	Fixed Capacity	1	1	Wait	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
3	Prep A	Fixed Capacity	1	1	Wait	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
4	Prep B	Fixed Capacity	1	1	Wait	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓

设置Rework资源的调度名称及规则



# 建模过程-两班制Schedule模块

## ■ 定义资源的具体Schedule—Schedule数据模块

- 已经存在，因为我们已经定义了Rework Schedule；
- Format Type为Duration，即为从仿真一开始到现在所持续的时间；
- Type为Capacity，用于Resource Schedule；
- 单击Durations列， 设置持续时间

	Name	Type	Time Units	Scale Factor	File Name	Durations	Comment
1 ▶	Rework Schedule	Capacity	Hours	1.0		2 rows	

Schedule

Name: Rework Schedule

Type: Capacity

Time Units: Hours Scale Factor: 1.0

File Name:

Durations:

- 1, 8
- 2, 8
- <End of list>

Buttons: Add... Edit... Delete

Comment:

Buttons: OK Cancel Help



# 建模过程- 资源故障Failure模块

- 未计划的，随机产生的机器故障；
- 可以在Resource或Failure模块中进行定义，本例通过Failure模块定义
- 可以对Failure进行命名，命名为Sealer Failure；
- Type – 基于Time(代表经过多少时间后出故障)类型，基于Count(代表处理了过少个实体后出故障)类型，本例采用基于Time
  - 指定Up Time(每隔多长时间出现一次故障，可以是一个随机变量), Down Time(故障持续时间，可以是一个随机变量)，以及相应的时间单位；
  - 如果是基于Count，则Count number代表该对于该资源多少个实体通过后出现一次故障，可以是一个随机变量。



# 建模过程- 资源故障建模

- 在本例中，Up time为满足均值为2小时的EXPO分布的随机变量，Down time为满足均值为4分钟的EXPO分布的随机变量。
- 将此Failure与相应的Resource连接上
  - 根据前面生产经理的说明，在Resource模块的对应的Spreadsheet的Failures列的Sealer行单击；
  - 弹出一个Failures窗口，下拉选定Name为Sealer Failure；
  - 选择Failure Rule (Wait, Ignore, Preempt，类似于前面的Schedule中的设定)
- 一个资源可以有多个不同的Failures；
- 可以在不同的Resources中应用该定义的Failure。

	Name	Type	Up Time	Up Time Units	Down Time	Down Time Units	Uptime in this State only
1 ▶	Sealer Failure	Time	EXPO( 120 )	Minutes	EXPO( 4 )	Minutes	



# 建模过程- 货架数量的数据统计

- 记录与时间相关的变量、表达式或者资源状态的发生频度
  - 这里我们想要记录Rework队列长度为0, (0, 10], (10, 20], ..., 这样可以得到对架子的基本需求情况;
- Frequency模块
  - 设定Name为Rework Queue Stats, Type为Frequency, Frequency Type为Value;
  - 通过设定Expression来进行跟踪和统计;
    - 通过点击右键来进入Expression Builder
  - Report Label为Rework Queue Stats;
  - 单击Categories弹出Spreadsheet可进行编辑。



# 建模过程- 货架数量的数据统计

	Name/Report Label	Frequency Type	Expression	Collection Period	Output File	Categories	Comment
1	Rework Queue Stats	Value	NQ(Rework Process.Queue)	Entire Replication		5 rows	

Expression Builder

Expression Type:

Current Model Variables and Functions

Entity

Process

Queue

Current Number In Queue

Average Number In Queue

Average Wait Time

Average Wait Cost

Value of Queued Entity Attribute

Sum of Queued Entity Attributes

Entity Number Of Queued Entity

Resource

Queue Name:

Rework Process.Queue

+ - \* / == <> < > <= >= and or () C

Current Expression:

NQ(Rework Process.Queue)

OK

Cancel

Help

Categories

	Constant or Range	Value	High Value	Category Name	Category Option
1	Constant	0		0 Rack	Include
2	Range	0	10	1 Rack	Include
3	Range	10	20	2 Racks	Include
4	Range	20	30	3 Racks	Include
5	Range	30	40	4 Racks	Include

Double-click here to add a new row.

	Name/Report Label	Frequency Type	Expression	Resource Name	Collection Period	Output File	Categories
1	Rework Queue Stats	Value	NQ(Rework Process.Queue)	NQ(Rework Process.Queue)	Entire Replication		5 rows
2	Sealer States	State	Sealer	Sealer	Entire Replication		0 rows



# 决策支持

---

查看模型运行结果报告，找出以下数据并对系统进行分析：

1. Rework工序改为两班制之后，整个系统的生产率是否提高？
2. 封装机台的设备利用率如何？
3. 需要购买多少货架存放Rework工序的待加工零件？
4. 系统新的瓶颈在哪里？



# 决策支持

- Prep A/B变化不大(这很正常，因为A/B的产生和制造和后面的变化无关);
- Rework的工作不是那么“瓶颈”了;
- Sealer的工作相对繁忙起来;
- Frequencies报告显示在90%以上时间内，Rework的排队的零件在10个之内，即只需要一个架子就行了。
- Frequencies报告显示在将近90%的时间内，Sealer Stats的状态为busy。

	AU	AV	AW	AX	AY	AZ
1	Frequency Statistics					
2	Project Name	Name	Category	Source	Average Standard Percentage	Average Restricted Percentage
3	Electronic Assembly and Test	Rework Queue Stat	0 Racks	User Specified	29.67%	29.67%
4			1 Racks	User Specified	64.98%	64.98%
5			2 Racks	User Specified	5.35%	5.35%
6		Sealer States	BUSY	User Specified	84.25%	84.25%
7			IDLE	User Specified	12.78%	12.78%
8			FAILED	User Specified	2.97%	2.97%



谢谢!

Thank you

