

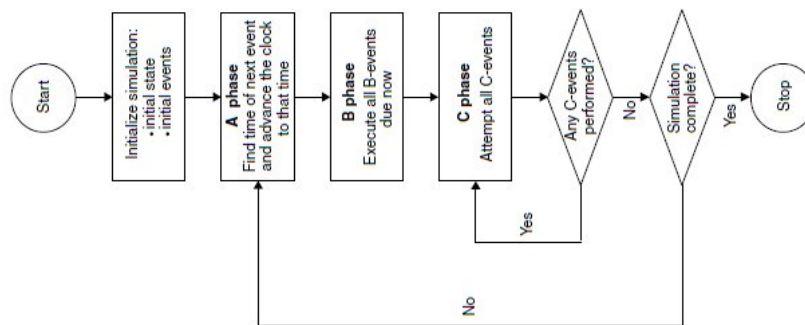
Prepared By Dr. Kazemipoor

The discrete-event simulation approach

Time	Event
3	Customer arrives
	Operator 1 starts service
6	Customer arrives
	Operator 2 starts service
8	Operator 1 completes service
9	Customer arrives
	Operator 1 starts service
11	Operator 2 completes service
12	Customer arrives
	Operator 2 starts service
14	Operator 1 completes service
15	Customer arrives
	Operator 1 starts service
17	Operator 2 completes service
18	Customer arrives
	Operator 2 starts service
20	Operator 1 completes service
21	Customer arrives
	Operator 1 starts service
23	Operator 2 completes service
24	Customer arrives
	Operator 2 starts service

Prepared By Dr. Kazemipoor

The three phase simulation approach



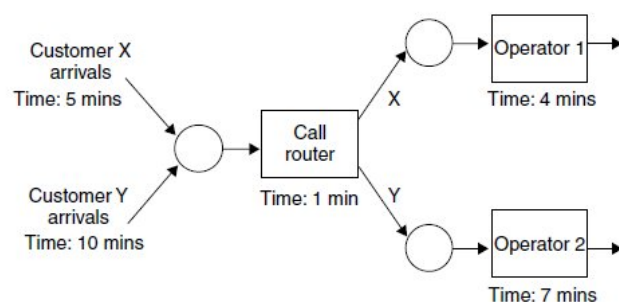
Prepared By Dr. Kazemipoor

توضیح

In the A-phase, which is also known as the simulation executive, the time of the next event is determined by inspecting the event list. The simulation clock is then advanced to the time of the next event. In the B-phase all B-events due at the clock time are executed. In the C-phase all C-events are attempted and those for which the conditions are met are executed. Since the successful execution of a C-event may mean that another C-event can now be executed, the simulation continues to attempt C-events until no further events can be executed. The simulation then returns to the A-phase unless it is deemed that the simulation is complete. Typically a simulation is run for a predetermined run-length or possibly a set number of arrivals.

Prepared By Dr. Kazemipoor

مدلی پیچیده تر



Prepared By Dr. Kazemipoor

شبیه سازی دستی برای مثال

پیشامدها

B_1 : ورود مشتری X به صف روتر

B_2 : ورود مشتری Y به صف روتر

B_3 : خروج مشتری از روتر

B_4 : خروج مشتری از اپراتور ۱

B_5 : خروج مشتری از اپراتور ۲

Prepared By Dr. Kazemipoor

Table 1- Call Centre Simulation: Clock = 0 (Initialize Simulation).

Model Status						
Phase	Router queue	Router	Oper. 1 queue	Oper. 1	Oper. 2 queue	Oper. 2
	Empty	Idle	Empty	Idle	Empty	Idle
Event List						
Event	Time		Residuals			
	Time		Work complete			
B1	5		X			
B2	10		Y			
			0			

Table 2- Call Centre Simulation: Clock = 5 (Event B1).

Model Status						
Phase	Router queue	Router	Oper. 1 queue	Oper. 1	Oper. 2 queue	Oper. 2
B	X1	Idle	Empty	Idle	Empty	Idle
C	Empty	X1	Empty	Idle	Empty	Idle
Event List						
Event	Time		Residuals			
	Time		Work complete			
B3	6		X			
B2	10		Y			
B1	10		0			

Prepared By Dr. Kazemipoor

Table 5- Call Centre Simulation: Clock = 11 (Event B3).

Model Status						
Phase	Router queue	Router	Oper. 1 queue	Oper. 1	Oper. 2 queue	Oper. 2
B	X2	Idle	Empty	Idle	Y1	Idle
C	Empty	X2	Empty	Idle	Empty	Y1
Event List						
Event	Time		Results			
B3	12		Work complete			
B1	15		X			
B5	18		Y			
B2	20					

Prepared By Dr. Kazemipoor

Table 6- Call Centre Simulation: Clock = 12 (Event B3).

Model Status						
Phase	Router queue	Router	Oper. 1 queue	Oper. 1	Oper. 2 queue	Oper. 2
B	Empty	Idle	X2	Idle	Empty	Y1
C	Empty	Idle	Empty	X2	Empty	Y1
Event List						
Event	Time		Results			
B1	15		Work complete			
B4	16		X			
B5	18		Y			
B2	20					

Table 3- Call Centre Simulation: Clock = 6 (Event B3).

Model Status						
Phase	Router queue	Router	Oper. 1 queue	Oper. 1	Oper. 2 queue	Oper. 2
B	Empty	Idle	X1	Idle	Empty	Idle
C	Empty	Idle	Empty	X1	Empty	Idle
Event List						
Event	Time		Results			
B2	10		Work complete			
B1	10		X			
B4	10		Y			

Table 4- Call Centre Simulation: Clock = 10 (Events B2, B1, B4).

Model Status						
Phase	Router queue	Router	Oper. 1 queue	Oper. 1	Oper. 2 queue	Oper. 2
B	X2, Y1	Idle	Empty	Idle	Empty	Idle
C	X2	Y1	Empty	Idle	Empty	Idle
Event List						
Event	Time		Results			
B3	11		Work complete			
B1	15		X			
B2	20		Y			

Prepared By Dr. Kazemipoor

Table 7- Call Centre Simulation: Clock = 15 (Event B1).

Model Status						
Phase	Router queue	Router	Oper. 1 queue	Oper. 1	Oper. 2 queue	Oper. 2
B	X3	Idle	Empty	X2	Empty	Y1
C	Empty	X3	Empty	X2	Empty	Y1
Event List						
Event	Time		Results			
B4	16		Work complete			
B3	16		X			
B5	18		Y			
B2	20					
B1	20					

Table 8- Call Centre Simulation: Clock = 16 (Event B4, B3).

Model Status						
Phase	Router queue	Router	Oper. 1 queue	Oper. 1	Oper. 2 queue	Oper. 2
B	Empty	Idle	X3	Idle	Empty	Y1
C	Empty	Idle	Empty	X3	Empty	Y1
Event List						
Event	Time		Results			
B5	18		Work complete			
B2	20		X			
B1	20		Y			
B4	20					

Prepared By Dr. Kazemipoor

9- Call Centre Simulation: Clock = 18 (Event B5).

Model Status						
Phase	Router queue	Router	Oper. 1 queue	Oper. 1	Oper. 2 queue	Oper. 2
B	Empty	Idle	Empty	X3	Empty	Idle
C	Empty	Idle	Empty	X3	Empty	Idle
Event List						
Event	Time		Results			
B2	20		Work complete			
B1	20		X			
B4	20		Y			

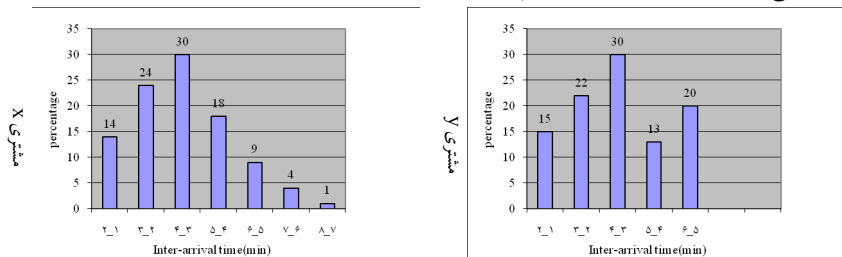
Prepared By Dr. Kazemipoor

توسعه مثال

فرض کنید ورود مشتریان دارای یک توزیع احتمالی به شرح زیر است:

- ۶۰٪ مشتریان از نوع X هستند.
- ۴۰٪ مشتریان از نوع Y هستند.

همچنین فرض کنید با جمع آوری اطلاعات به این نتیجه رسیده ایم که زمان بین دو ورود بر حسب مشتریان دارای توزیع فراوانی به قرار زیر است. سیستم را مجدد شبیه سازی کنید.



Prepared By Dr. Kazemipoor

کاربرد مونت کارلو

با تکیه بر اصل مونت کارلو می توان گفت که تابع توزیع تجمعی نوع مشتری و زمان بین دو ورود دارای توزیع احتمالی یکنواخت است.

زمان بین دو ورود متوالی مشتری X	احتمال	توزیع تجمعی
0-1	0.14	0.14
1-2	0.24	0.38
2-3	0.30	0.68
3-4	0.18	0.86
4-5	0.09	0.95
5-6	0.04	0.99
6-7	0.01	1

زمان بین دو ورود متوالی مشتری Y	احتمال	توزیع تجمعی
0-1	0.15	0.15
1-2	0.22	0.37
2-3	0.30	0.67
3-4	0.13	0.80
4-5	0.20	1

نوع مشتری	احتمال	توزیع تجمعی
X	0.6	0.6
Y	0.4	1

Prepared By Dr. Kazemipoor

با توجه به احتمالات دو رقم اعشاری در جداول، و در نظر داشتن خصوصیت مونت کارلو، می توان ارقام تصادفی به شرح زیر برای رویدادهای مثال در نظر گرفت.

مشتری X				مشتری Y			
اعداد تصادفی	توزیع تجمعی	احتمال	زمان بین دو ورود متوالی	اعداد تصادفی	توزیع تجمعی	احتمال	زمان بین دو ورود متوالی
00-13	0.14	0.14	0-1	00-14	0.15	0.15	0-1
14-37	0.38	0.24	1-2	15-36	0.37	0.22	1-2
38-67	0.68	0.30	2-3	37-66	0.67	0.30	2-3
68-85	0.86	0.18	3-4	67-79	0.80	0.13	3-4
86-94	0.95	0.09	4-5	80-99	1	0.20	4-5
95-98	0.99	0.04	5-6				
99	1	0.01	6-7				

اعداد تصادفی	توزیع تجمعی	احتمال	نوع مشتری
00-59	0.6	0.6	X
60-99	1	0.4	Y

Prepared By Dr. Kazemipoor

فرض

فرض را بر این بگیرید که اعداد تصادفی یکنواخت با استفاده از رویه های مشخصی قابل تولید شدن هستند. به عنوان مثال جدول زیر را به عنوان اعداد تصادفی یکنواخت در نظر بگیرید.

93	43	08	21	61	40	88	36	10	09
34	47	17	99	81	54	44	37	12	97
02	22	48	12	45	00	24	38	43	41
78	71	51	66	19	07	83	29	51	30
82	19	46	05	24	50	09	78	17	64
41	44	39	90	81	22	56	79	25	24
54	32	60	60	32	30	42	50	93	86
23	23	64	16	56	61	21	09	72	36
09	06	82	14	81	05	40	37	55	33
66	86	57	85	63	69	47	56	86	08
27	24	31	05	15	43	45	23	62	03
19	36	86	85	43	17	99	74	72	63
22	00	88	14	84	56	89	95	05	94
87	43	20	07	35	41	51	10	11	31
66	00	05	46	23	22	22	25	21	70
43	28	43	18	66	86	42	91	55	48
28	20	62	82	06	82	79	60	73	67
77	78	43	27	54	89	22	02	78	35
72	67	13	42	46	33	27	66	34	24
06	70	58	78	07	89	71	75	03	60

Prepared By Dr. Kazemipoor

پیش بینی وضعیت سیستم با استفاده از روش مونت کارلو

Customer number	Fist random number	Customer type	Second random number	Inter-arrival time rang	Third random number	Inter-arrival time
1	41	X	27	1-2	43	1.43
2	44	X	24	1-2	28	1.28
3	39	X	31	1-2	43	1.43
4	90	Y	05	0-1	18	0.18
5	81	Y	15	1-2	66	1.66
6	22	X	43	2-3	86	2.86
7	56	Y	45	2-3	42	2.42
8	79	Y	23	1-2	91	1.91
9	25	X	62	2-3	55	2.55
10	24	X	03	0-1	48	0.48

Prepared By Dr. Kazemipoor

صف تک مجرای

فرض کنید مدت ورود دو مشتری متوالی به صفی ۱ تا ۸ دقیقه با احتمال های یکسان می باشد. همچنین مدت زمان خدمت دهی نیز بین ۱ تا ۶ دقیقه با احتمال های مشخص در جدول زیر است.

توزیع مدت های بین دو ورود متوالی

مدت بین ورود	احتمال	احتمال تجمعی	تخصیص ارقام تصادفی
۱	۰.۱۲۵	۰.۱۲۵	۰۰۱-۱۲۵
۲	۰.۱۲۵	۰.۲۵۰	۱۲۶-۲۵۰
۳	۰.۱۲۵	۰.۳۷۵	۲۵۱-۳۷۵
۴	۰.۱۲۵	۰.۵۰۰	۳۷۶-۵۰۰
۵	۰.۱۲۵	۰.۶۲۵	۵۰۱-۶۲۵
۶	۰.۱۲۵	۰.۷۵۰	۶۲۶-۷۵۰
۷	۰.۱۲۵	۰.۸۷۵	۷۵۱-۸۷۵
۸	۰.۱۲۵	۱.۰۰۰	۸۷۶-۱۰۰۰

توزیع مدت های خدمت دهی

مدت خدمت دهی	احتمال	احتمال تجمعی	تخصیص ارقام تصادفی
۱	۰.۱	۰.۱	۰۱-۱۰
۲	۰.۲	۰.۳	۱۱-۳۰
۳	۰.۳	۰.۶	۳۱-۶۰
۴	۰.۲۵	۰.۸۵	۶۱-۸۵
۵	۰.۱	۰.۹۵	۸۶-۹۵
۶	۰.۰۵	۱	۹۶-۱۰۰

Prepared By Dr. Kazemipoor

پیش بینی وضعیت سیستم با استفاده از روش مونت کارلو

مدت سیری مشتري شده از آخرين ورود (دقیقه)	زمان ورود مدت خدمت دهی (دقیقه)	زمان شروع خدمت (دقیقه)	مدت ماندن مشتري در صف (دقیقه)	مدت ماندن مشتري در زمان پایان خدمت (دقیقه)	مدت ماندن مشتري در سیستم (دقیقه)	مدت پیکاری خدمت دهنده (دقیقه)
۱	۰	۴	۰	۴	۴	۰
۲	۸	۸	۱	۹	۱	۳
۳	۱۴	۱۴	۰	۱۸	۳	۵
۴	۱۵	۱۵	۳	۲۱	۶	۰
۵	۲۳	۲۳	۰	۲۵	۲	۲
۶	۲۶	۲۶	۰	۳۰	۴	۱
۷	۳۴	۳۴	۰	۳۹	۵	۳
۸	۳۱	۳۱	۳	۳۵	۴	۲
۹	۳۳	۳۵	۵	۵۰	۷	۰
۱۰	۴۶	۵۰	۳	۵۳	۷	۰
۱۱	۴۷	۵۳	۳	۵۶	۹	۰
۱۲	۴۸	۵۶	۵	۶۱	۱۳	۰
۱۳	۵۳	۶۱	۴	۶۵	۱۲	۰
۱۴	۵۹	۶۵	۱	۶۶	۷	۰
۱۵	۶۲	۶۶	۵	۷۱	۹	۰
۱۶	۷۰	۷۱	۳	۷۵	۵	۰
۱۷	۷۱	۷۵	۳	۷۸	۷	۰
۱۸	۷۳	۷۸	۳	۸۱	۸	۰
۱۹	۷۷	۸۱	۲	۸۳	۶	۰
۲۰	۸۲	۸۳	۳	۸۶	۴	۰
	۶۸	۵۶		۱۲۴	۱۸	

Prepared By Dr. Kazemipoor

نتایج

$$\text{Mean of Service Time} = \frac{68}{20} = 3.4$$

$$\text{امید ریاضی مدت زمان خدمت دهی} = 0.1*1+0.2*2+0.3*3+0.25*4+0.1*5+0.05*6=3.2$$

$$\text{مدت زمان بین دو ورود} = \frac{82}{20-1} = 4.3$$

$$\text{متوسط زمان بین دو ورود متوالی} = \frac{8+1}{2} = 4.5$$

Prepared By Dr. Kazemipoor

ادامه نتایج

$$\text{احتمال بیکاری خدمت دهنده} = \frac{18}{86} = 0.21$$

$$\text{Mean of Queue Time} = \frac{56}{20} = 2.4$$

$$\text{متوسط زمان آن هایی که به انتظار می ایستند} = \frac{56}{13} = 4.3$$

$$0.65 = 20/13 = (\text{کل مشتریان})/(\text{تعداد مشتریانی که به انتظار می مانند}) = \text{احتمال انتظار}$$

$$\begin{aligned} 20/124 = 6.2 &= \text{متوسط ماندن در سیستم} \\ &= 2.8 + 3.4 \end{aligned}$$

Prepared By Dr. Kazemipoor

ادامه نتایج

- اکثر مشتریان ناچار به انتظار در صف هستند
- مدت زمان بیکاری زیاد نیست.

Prepared By Dr. Kazemipoor

صف با دو خدمت دهنده

یک رستوران را با دو تحویل (هاییل و خباز) دهنده غذا به مشتریان در نظر بگیرید. هنگام ورود سفارش جدید به رستوران هر خدمت دهنده که بیکار باشد کار را انجام می‌دهد و در زمانی که هر دو بیکارند هاییل به دلیل تجربه بیشتر در این امر سفارش دهی به مشتریان را به عهده می‌گیرد. با توجه به این که زمان خدمت هر خدمت دهنده و زمان ورود متوالی مشتریان دارای توزیع احتمالی مشخص است سیستم فعلی را تحلیل کنید.

توزیع مدت‌های بین سفارش مشتریان

مدت بین دو سفارش	احتمال	احتمال تجمعی	تخصیص ارقام تصادفی
۱	۰.۲۵	۰.۲۵	۰۱-۲۵
۲	۰.۴	۰.۶۵	۲۶-۶۵
۳	۰.۲	۰.۸۵	۶۶-۸۵
۴	۰.۱۵	۱	۸۶-۱۰۰

توزیع خدمت دهی خباز

مدت خدمت‌دهی	احتمال	احتمال تجمعی	تخصیص ارقام تصادفی
۳	۰.۳۵	۰.۳۵	۰۱-۳۵
۴	۰.۲۵	۰.۶	۳۶-۶۰
۵	۰.۲	۰.۸	۶۱-۸۰
۶	۰.۲	۱	۸۱-۱۰۰

توزیع خدمت‌دهی هاییل

مدت خدمت‌دهی	احتمال	احتمال تجمعی	تخصیص ارقام تصادفی
۲	۰.۳	۰.۳	۰۱-۳۰
۳	۰.۲۸	۰.۵۸	۳۱-۵۸
۴	۰.۲۵	۰.۸۳	۵۹-۸۳
۵	۰.۱۷	۱	۸۴-۱۰۰

Prepared By Dr. Kazemipoor

خلاصه نتایج شبیه‌سازی مسأله رستوران

مشتري	ارقام تصادفی بین دو ورود	زمانهای رستورانی	ارقام تصادفی	هاییل				خباز				مدت انتظار در صف
				مدت‌های شروع خدمت‌دهی	زمانهای پایان خدمت‌دهی	مدت‌های شروع خدمت‌دهی	زمانهای پایان خدمت‌دهی	مدت‌های شروع خدمت‌دهی	زمانهای پایان خدمت‌دهی	مدت‌های شروع خدمت‌دهی	زمانهای پایان خدمت‌دهی	
۱	-	-	۹۵	۰	۵	۵	۵	۰	۵	۳	۵	۰
۲	۲۶	۲	۲۱	۲	۲۱	۲	۲۱	۲	۲۱	۳	۵	۰
۳	۹۸	۴	۵۱	۶	۳	۹	۱۰	۶	۳	۳	۵	۰
۴	۹۰	۴	۹۲	۱۰	۵	۱۵	۱۰	۱۰	۵	۳	۵	۰
۵	۲۶	۲	۸۹	۱۲	۳	۱۸	۱۲	۱۲	۶	۳	۵	۰
۶	۲۲	۲	۳۸	۱۴	۳	۱۵	۱۵	۱۸	۳	۳	۵	۱
۷	۷۲	۳	۱۳	۱۷	۲	۱۸	۲۰	۲۰	۲	۳	۵	۱
۸	۸۰	۳	۶۱	۲۰	۳	۲۰	۲۲	۲۲	۳	۳	۵	۰
۹	۶۸	۳	۵۰	۲۲	۳	۲۳	۲۷	۲۳	۴	۴	۵	۰
۱۰	۲۲	۱	۲۹	۲۴	۱	۲۴	۲۷	۲۷	۳	۴	۵	۰
۱۱	۴۸	۲	۳۹	۲۶	۲	۲۷	۳۰	۳۰	۳	۴	۵	۱
۱۲	۲۳	۱	۵۲	۲۸	۱	۳۰	۳۵	۳۵	۵	۴	۵	۰
۱۳	۲۵	۲	۸۸	۳۰	۲	۳۰	۳۵	۳۵	۵	۴	۵	۰
۱۴	۲۴	۱	۰۱	۳۱	۲	۳۵	۳۹	۳۹	۴	۴	۵	۲
۱۵	۲۴	۲	۸۱	۳۳	۲	۳۵	۳۹	۳۹	۴	۴	۵	۲
۱۶	۶۲	۲	۵۳	۳۵	۲	۳۹	۴۳	۴۳	۴	۴	۵	۲
۱۷	۳۸	۲	۸۱	۳۷	۲	۳۹	۴۳	۴۳	۴	۴	۵	۲
۱۸	۸۰	۳	۶۴	۴۰	۳	۴۰	۴۵	۴۵	۵	۵	۵	۰
۱۹	۲۲	۲	۰۱	۴۲	۲	۴۳	۴۵	۴۵	۵	۵	۵	۰
۲۰	۵۶	۲	۶۷	۴۴	۲	۴۵	۴۹	۴۹	۴	۴	۵	۱
۲۱	۸۱	۴	۰۱	۴۸	۴	۴۸	۵۱	۵۱	۴	۴	۵	۰
۲۲	۱۸	۱	۴۷	۴۹	۱	۴۹	۵۲	۵۲	۳	۳	۵	۰
۲۳	۵۱	۲	۷۵	۵۱	۲	۵۱	۵۶	۵۶	۵	۵	۵	۰
۲۴	۷۱	۳	۵۷	۵۳	۳	۵۳	۵۷	۵۷	۳	۳	۵	۰
۲۵	۱۶	۱	۸۷	۵۵	۱	۵۵	۶۲	۶۲	۶	۶	۵	۱
۲۶	۹۲	۴	۲۷	۵۹	۳	۵۹	۶۲	۶۲	۶	۶	۵	۰
۱۱												

Prepared By Dr. Kazemipoor

آمار حاصله از شبیه سازی

$$\text{درصد مشغولیت هایبل} = \frac{56}{62} = 90\%$$

$$\text{درصد مشغولیت خباز} = \frac{43}{62} = 69\%$$

$$\text{درصد افراز انتظار کشیده} = \frac{9}{26} = 35\%$$

$$\text{مدت وسط زمان انتظار افراد در صف} = \frac{11}{9} = 1/22$$

Prepared By Dr. Kazemipoor

مسأله پسرک روزنامه فروش

- فردی تعدادی روزنامه برای فروش در یک دوره می خرد. نکته قابل توجه در این مساله این است که روزنامه فروش در انتهای دوره روزنامه های باقیمانده را بایستی به قیمت کاغذ باطله بفروشد.

درآمد فروش روزنامه باطله + سود از دست رفته - هزینه خرید - درآمد فروش = سود

20 13 7 2

Prepared By Dr. Kazemipoor

فرضیات

توزیع روزنامه‌های مورد تقاضا

نوع روز	احتمال	احتمال تجمعی	تخصیص ارقام تصادفی
خوب	۰.۳۵	۰.۳۵	۰۱-۳۵
متوسط	۰.۴۵	۰.۸۰	۳۶-۸۰
بد	۰.۲۰	۱	۸۱-۱۰۰

توزیع احتمالی نوع روز

تقاضا	توزیع احتمال تقاضا		
	خوب	متوسط	بد
۴۰	۰.۰۳	۰.۱۰	۰.۴۲
۵۰	۰.۰۵	۰.۱۸	۰.۲۲
۶۰	۰.۱۵	۰.۴۰	۰.۱۶
۷۰	۰.۲۰	۰.۲۰	۰.۱۲
۸۰	۰.۳۵	۰.۰۸	۰.۰۶
۹۰	۰.۱۵	۰.۰۴	۰.۰۰
۱۰۰	۰.۰۷	۰.۰۰	۰.۰۰

Prepared By Dr. Kazemipoor

خلاصه نتایج شبیه‌سازی مسأله روزنامه فروش

فرض می‌کنیم که شبیه‌سازی را برای خرید ۷۰ روزنامه طی یک دوره ۲۰ روزه انجام می‌دهیم

$$۱۰ * ۲ - ۰ + ۷۰ * ۱۳ - ۶۰ * ۲۰ = \text{سود}$$

ارقام تصادفی برای تعیین نوع روز	ارقام تصادفی برای تقاضا	درآمد حاصل از فروش	سود از رفته به خاطر فروشی به قیمت روزانه	درآمد ناشی از سود
۱۲	بد	۸۰	۶۰	۳۱۰
۷۷	متوسط	۲۰	۵۰	۱۳۰
۴۹	متوسط	۱۵	۵۰	۱۳۰
۴۵	متوسط	۸۸	۷۰	۲۹۰
۲۳	متوسط	۹۸	۹۰	۳۵۰
۳۲	خوب	۶۵	۸۰	۲۲۰
۴۹	متوسط	۸۶	۷۰	۲۹۰
۰۰	بد	۷۳	۶۰	۳۱۰
۱۶	خوب	۲۲	۷۰	۲۹۰
۲۴	خوب	۶۰	۸۰	۲۲۰
۳۱	خوب	۶۰	۸۰	۲۲۰
۱۴	خوب	۲۹	۷۰	۲۹۰
۴۱	متوسط	۱۸	۵۰	۱۳۰
۶۱	متوسط	۹۰	۸۰	۲۲۰
۸۵	بد	۹۳	۷۰	۲۹۰
۰۸	خوب	۷۳	۸۰	۲۲۰
۱۵	خوب	۲۱	۶۰	۳۱۰
۹۷	بد	۳۵	۵۰	۱۳۰
۵۲	متوسط	۷۶	۷۰	۲۹۰
۷۸	متوسط	۹۶	۸۰	۲۲۰
۷۲۶۰			۵۶۰	۲۵۸۰۰

Prepared By Dr. Kazemipoor

سیاست بهینه

جدول فوق را برای تعداد خریدهای مختلف روزنامه در ابتدای روز اجرا می کنیم. جدولی که متوسط سود بیشتری را توسط شیه سازی نشان دهد، مشخص کننده سیاست بهینه تهیه روزنامه در ابتدای روز است.

Prepared By Dr. Kazemipoor

مساله موجودی

فرض کنید در یک سیستم کنترل موجودی هر ۵ روز یک بار موجودی بررسی شده و در صورتی که مقدار موجودی کمتر از ۱۱ واحد باشد، سفارش صادر می گردد که موجودی به ۱۱ واحد برسد. سطح موجودی ابتدای دوره ۳ واحد و ورود یک سفارش ۸ واحدی در دو روز بعد دیده شده است. تقاضای روزانه و مهلت تحویل برای کالاهای انبار دارای توزیع احتمالی به شرح زیر است. وضعیت این سیستم را به کمک شیه سازی بررسی نمایید.

تقاضا	احتمال	احتمال تجمعی	تخصیص ارقام تصادفی
۰	0.1	0.1	01-10
۱	0.25	0.35	11-35
۲	0.35	0.7	36-70
۳	0.21	0.91	71-91
۴	0.09	1	92-00

مهلت تحویل	احتمال	احتمال تجمعی	تخصیص ارقام تصادفی
1	0.6	0.6	1-6
2	0.3	0.9	7-9
3	0.1	1	0

Prepared By Dr. Kazemipoor

خلاصه نتایج شبیه سازی مساله موجودی

دور روز	موجودی در ابتدای روز	ارقام تصادفی تقاضا برای تقاضا	موجودی در انتهای روز	مقدار سفارش	مقدار موجودی	ارقام تصادفی ورود سفارش	ارقام تصادفی مهلت تحویل	ارقام تصادفی روزهای مانده تا
۱	۱	۲۴	۳	۱	۴	۰	-	۱
۲	۲	۳۵	۲	۱	۱	۰	-	۰
۳	۳	۶۵	۹	۲	۷	۰	-	-
۴	۷	۸۱	۳	۴	۴	۰	-	-
۵	۴	۵۴	۲	۲	۲	۰	۵	۱
۶	۱	۰۳	۲	۰	۲	۰	-	۰
۷	۲	۸۷	۱۱	۳	۸	۰	-	-
۸	۳	۲۷	۸	۱	۷	۰	-	-
۹	۴	۷۳	۷	۳	۴	۰	-	-
۱۰	۴	۷۰	۴	۲	۲	۰	۹	۳
۱۱	۱	۲۷	۲	۲	۰	۰	-	۲
۱۲	۲	۴۵	-	۲	۲	۰	-	۱
۱۳	۳	۳۸	-	۲	۰	۰	-	۰
۱۴	۹	۱۷	۱	۴	۱	۰	-	-
۱۵	۴	۰۹	۴	-	۴	-	۳	۱
۱۶	۱	۲۲	۴	۲	۲	۰	-	۰
۱۷	۲	۸۷	۹	۳	۶	۰	-	-
۱۸	۳	۲۶	۶	۱	۵	۰	-	-
۱۹	۵	۳۶	۵	۳	۳	۰	-	-
۲۰	۳	۲۰	۳	۱	۱	۰	۴	۱
۲۱	۱	۰۷	۱	۰	۱	۰	-	۰
۲۲	۲	۶۳	۱۱	۲	۹	۰	-	-
۲۳	۳	۱۹	۹	۱	۸	۰	-	-
۲۴	۸	۸۸	۸	۳	۵	۰	-	-
۲۵	۵	۱۴	۵	۲	۱	۰	۸	۲
۸۷								

متوسط موجودی در انتهای روز

$$= \frac{87}{25} = 3.5$$

احتمال رخداد کمبود

$$\rightarrow \frac{2}{25} \text{ روز}$$

Prepared By Dr. Kazemipoor

مسأله پایایی

یک ماشین فرز بزرگ، سه برینگ مختلف دارد که در جریان کار دچار خرابی می شوند، با خرابی برینگ فرز از کار افتاده و تعمیر کار برای نصب برینگ تازه احضار می شود، مدت عمر هر برینگ و مدت تأخیر تعمیر کار در ورود به محل برای تعمیر برینگ ها متغیرهای تصادفی به شرح زیر می باشند:

عمر برینگ	احتمال	احتمال تجمعی	تخصیص ارقام تصادفی
۱۰۰	۰.۱	۰.۱	۰۱-۱۰
۱۱۰۰	۰.۱۳	۰.۲۳	۱۱-۲۳
۱۲۰۰	۰.۲۵	۰.۴۸	۲۴-۴۸
۱۳۰۰	۰.۱۳	۰.۶۱	۴۹-۶۱
۱۴۰۰	۰.۰۹	۰.۷	۶۲-۷۰
۱۵۰۰	۰.۱۲	۰.۸۲	۷۱-۸۲
۱۶۰۰	۰.۰۲	۰.۸۴	۸۳-۸۴
۱۷۰۰	۰.۰۶	۰.۹	۸۵-۹۰
۱۸۰۰	۰.۰۵	۰.۹۵	۹۱-۹۵
۱۹۰۰	۰.۰۵	۱	۹۶-۱۰۰

مدت تأخیر (دقیقه)	احتمال	احتمال تجمعی	تخصیص ارقام تصادفی
۵	۰.۶	۰.۶	۱-۶
۱۰	۰.۳	۰.۹	۷-۹
۱۵	۰.۱	۱	۰

Prepared By Dr. Kazemipoor

سیاست های پیش رو

در حال حاضر هر برینگ که از کار می افتد، تعویض می گردد. با توجه به هزینه های زیر چنین وضعیتی را تحلیل کنید. سیاست بهبود دهنده ای برای تغییر وضعیت این دستگاه پیشنهاد داده و با استفاده از شبیه سازی آن را تحلیل کنید.

۱۶: هزینه هر برینگ

۱۲ واحد پول در ساعت: دستمزد تعمیر کار

۵ واحد پول در دقیقه: هزینه مدت از کار ماندگی فرز

۲۰ دقیقه = ۱ برینگ

۳۰ دقیقه = ۲ برینگ

۴۰ دقیقه = ۳ برینگ

Prepared By Dr. Kazemipoor

شبیه سازی وضعیت فعلی (۲۰۰۰ ساعت)

برینگ ۱				برینگ ۲				برینگ ۳			
ارقام	عمر	عمر تجمعی	ارقام	تأخیر	ارقام	عمر	عمر تجمعی	ارقام	عمر	عمر تجمعی	تأخیر
تصادفی	(ساعت)	(ساعت)	تصادفی	(دقیقه)	تصادفی	(ساعت)	(ساعت)	تصادفی	(ساعت)	(ساعت)	تصادفی (دقیقه)
۱	۶۷	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۲	۵	۷۱	۱۵۰۰	۱۵۰۰	۰	۱۵۰۰	۱۵
۲	۰۸	۱۰۰۰	۲۴۰۰	۳	۵	۴۳	۱۲۰۰	۲۷۰۰	۲	۲۹۰۰	۵
۳	۴۹	۱۳۰۰	۳۷۰۰	۱	۵	۸۶	۱۷۰۰	۴۴۰۰	۷	۴۳۰۰	۱۰
۴	۸۴	۱۶۰۰	۵۳۰۰	۷	۱۰	۹۳	۱۸۰۰	۶۲۰۰	۱	۶۲۰۰	۵
۵	۴۴	۱۲۰۰	۶۵۰۰	۸	۱۰	۸۱	۱۶۰۰	۷۸۰۰	۲	۷۶۰۰	۵
۶	۳۰	۱۲۰۰	۷۷۰۰	۱	۵	۴۴	۱۲۰۰	۹۰۰۰	۳	۸۹۰۰	۵
۷	۱۰	۱۰۰۰	۸۷۰۰	۲	۵	۱۹	۱۱۰۰	۱۰۱۰۰	۶	۱۰۰۰۰	۵
۸	۶۳	۱۴۰۰	۱۰۱۰۰	۸	۱۰	۵۱	۱۳۰۰	۱۱۴۰۰	۳	۱۱۷۰۰	۵
۹	۰۲	۱۰۰۰	۱۱۱۰۰	۳	۵	۴۵	۱۳۰۰	۱۲۷۰۰	۱	۱۳۰۰۰	۵
۱۰	۰۲	۱۰۰۰	۱۲۱۰۰	۸	۱۰	۱۲	۱۱۰۰	۱۳۸۰۰	۴	۱۴۳۰۰	۵
۱۱	۷۷	۱۵۰۰	۱۳۶۰۰	۷	۱۰	۴۸	۱۳۰۰	۱۵۱۰۰	۸	۱۵۵۰۰	۱۰
۱۲	۵۹	۱۳۰۰	۱۴۹۰۰۰	۵	۵	۰۹	۱۰۰۰	۱۶۱۰۰	۲	۱۶۷۰۰	۵
۱۳	۲۳	۱۱۰۰	۱۶۰۰۰	۵	۵	۴۴	۱۲۰۰	۱۷۳۰۰	۱	۱۸۵۰۰	۵
۱۴	۵۳	۱۳۰۰	۱۷۳۰۰	۹	۱۰	۴۶	۱۲۰۰	۱۸۵۰۰	۲	۲۰۰۰۰	۱۰
۱۵	۸۵	۱۷۰۰	۱۹۰۰۰	۶	۵	۴۰	۱۲۰۰	۱۹۷۰۰	۸	۲۱۰۰۰	۱۰
۱۶	۷۵	۱۵۰۰	۲۰۵۰۰	۴	۵	۵۲	۱۳۰۰	۲۱۰۰۰	۵	۲۱۰۰۰	۱۵
											۱۵
											۱۲۵
											۱۱۰

Prepared By Dr. Kazemipoor

هزینه‌ها در وضعیت فعلی

$$\text{هزینه برینگ ها} = ۴۶ * ۱۶ = ۷۳۶$$

$$۱۶۵۰ = ۵ * (۱۱۰ + ۱۲۵ + ۹۵)$$

$$۴۶۰۰ = ۵ * ۲۰ * ۴۶ = \text{هزینه مدت از کارافتادگی حین تعمیر}$$

$$۱۸۴ = (۱۲/۶۰) * ۲۰ * ۴۶ = \text{هزینه تعمیر کار}$$

$$۷۱۷۰ = ۷۳۶ + ۱۶۵۰ + ۴۶۰۰ + ۱۸۴ = \text{هزینه کل}$$

Prepared By Dr. Kazemipoor

پیشنهاد

عمر برینگ ۱ (ساعت)	عمر برینگ ۲ (ساعت)	عمر برینگ ۳ (ساعت)	اولین خرابی (ساعت)	عمر تجمعی (ساعت)	ارقام تصادفی (دقیقه)	تأخیر (دقیقه)
۱۴۰۰	۱۵۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۳	۵
۱۰۰۰	۱۲۰۰	۱۴۰۰	۱۰۰۰	۲۴۰۰	۷	۱۰
۱۳۰۰	۱۷۰۰	۱۴۰۰	۱۳۰۰	۳۷۰۰	۵	۵
۱۶۰۰	۱۸۰۰	۱۹۰۰	۱۶۰۰	۵۳۰۰	۱	۵
۱۲۰۰	۱۶۰۰	۱۴۰۰	۱۲۰۰	۶۵۰۰	۴	۵
۱۲۰۰	۱۲۰۰	۱۳۰۰	۱۲۰۰	۷۷۰۰	۳	۵
۱۰۰۰	۱۱۰۰	۱۱۰۰	۱۰۰۰	۸۷۰۰	۷	۱۰
۱۴۰۰	۱۳۰۰	۱۷۰۰	۱۳۰۰	۱۰۰۰۰	۸	۱۰
۱۰۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰	۱۰۰۰	۱۱۰۰۰	۸	۱۰
۱۰۰۰	۱۱۰۰	۱۳۰۰	۱۰۰۰	۱۲۰۰۰	۳	۵
۱۵۰۰	۱۳۰۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰	۱۳۲۰۰	۲	۵
۱۳۰۰	۱۰۰۰	۱۲۰۰	۱۰۰۰	۱۴۲۰۰	۴	۵
۱۱۰۰	۱۲۰۰	۱۸۰۰	۱۱۰۰	۱۵۳۰۰	۱	۵
۱۳۰۰	۱۲۰۰	۱۵۰۰	۱۲۰۰	۱۶۵۰۰	۶	۵
۱۷۰۰	۱۲۰۰	۱۴۰۰ (۶۳)	۱۲۰۰	۱۷۷۰۰	۲	۵
۱۵۰۰	۱۳۰۰	۱۱۰۰ (۲۱)	۱۱۰۰	۱۸۸۰۰	۷	۱۰
۱۷۰۰ (۸۵)	۱۳۰۰ (۵۳)	۱۱۰۰ (۲۳)	۱۱۰۰	۱۹۹۰۰	۰	۱۵
۱۰۰۰ (۰۵)	۱۲۰۰ (۲۹)	۱۳۰۰ (۵۱)	۱۰۰۰	۲۰۹۰۰	۵	۵
۱۲۵						

Prepared By Dr. Kazemipoor

تعویض
هر سه
برینگ
در
صورت
رخداد
یک
خرابی

هزینه‌ها در وضعیت پیشنهادی

هزینه برینگها $16 \times 54 = 864$

هزینه تأخیر $5 \times 125 = 625$

هزینه مدت از کارافتادگی $5 \times 40 \times 18 = 3600$

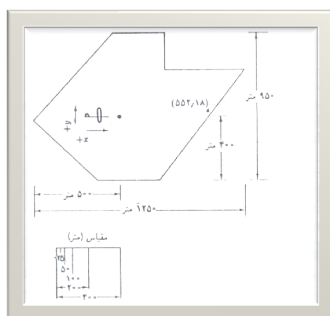
هزینه تعمیر کار $(12/60) \times 40 \times 18 = 144$

هزینه کل $864 + 625 + 3600 + 144 = 5233$

Prepared By Dr. Kazemipoor

شبه‌سازی زاغه مهمات

یک اسکادران جنگی قصد بمباران یک زاغه مهمات به صورت شکل زیر را دارد. با توجه به مشخصات بمب افکن ها در صورت نشانه گیری مرکز زاغه توسط آن ها، بمب ها با توزیع نرمال با انحراف معیار ۳۰۰ در جهت افق و ۶۰۰ در جهت عمودی به زمین اصابت می کنند. احتمال نابودی زاغه توسط یک اسکادران با ۱۰ هواپیما را توسط شبه سازی بیابید.



Prepared By Dr. Kazemipoor

یک نکته مهم

If $X \sim N(\mu, \sigma)$

$$\Rightarrow Z = \frac{X - \mu}{\sigma} \sim N(0,1) \Rightarrow X = \mu + Z\sigma$$

$$X \sim N(0,300) \Rightarrow X_i = 300Z_i$$

$$Y \sim N(0,600) \Rightarrow Y_i = 600Z_i$$

Prepared By Dr. Kazemipoor

اعداد تصادفی نرمال استاندارد

0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20	0.21
0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30	0.31
0.32	0.33	0.34	0.35	0.36	0.37	0.38	0.39	0.40	0.41
0.42	0.43	0.44	0.45	0.46	0.47	0.48	0.49	0.50	0.51
0.52	0.53	0.54	0.55	0.56	0.57	0.58	0.59	0.60	0.61
0.62	0.63	0.64	0.65	0.66	0.67	0.68	0.69	0.70	0.71
0.72	0.73	0.74	0.75	0.76	0.77	0.78	0.79	0.80	0.81
0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91
0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	1.00	1.01
1.02	1.03	1.04	1.05	1.06	1.07	1.08	1.09	1.10	1.11
1.12	1.13	1.14	1.15	1.16	1.17	1.18	1.19	1.20	1.21
1.22	1.23	1.24	1.25	1.26	1.27	1.28	1.29	1.30	1.31
1.32	1.33	1.34	1.35	1.36	1.37	1.38	1.39	1.40	1.41
1.42	1.43	1.44	1.45	1.46	1.47	1.48	1.49	1.50	1.51
1.52	1.53	1.54	1.55	1.56	1.57	1.58	1.59	1.60	1.61
1.62	1.63	1.64	1.65	1.66	1.67	1.68	1.69	1.70	1.71
1.72	1.73	1.74	1.75	1.76	1.77	1.78	1.79	1.80	1.81
1.82	1.83	1.84	1.85	1.86	1.87	1.88	1.89	1.90	1.91
1.92	1.93	1.94	1.95	1.96	1.97	1.98	1.99	2.00	2.01
2.02	2.03	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.09	2.10	2.11
2.12	2.13	2.14	2.15	2.16	2.17	2.18	2.19	2.20	2.21
2.22	2.23	2.24	2.25	2.26	2.27	2.28	2.29	2.30	2.31
2.32	2.33	2.34	2.35	2.36	2.37	2.38	2.39	2.40	2.41
2.42	2.43	2.44	2.45	2.46	2.47	2.48	2.49	2.50	2.51
2.52	2.53	2.54	2.55	2.56	2.57	2.58	2.59	2.60	2.61
2.62	2.63	2.64	2.65	2.66	2.67	2.68	2.69	2.70	2.71
2.72	2.73	2.74	2.75	2.76	2.77	2.78	2.79	2.80	2.81
2.82	2.83	2.84	2.85	2.86	2.87	2.88	2.89	2.90	2.91
2.92	2.93	2.94	2.95	2.96	2.97	2.98	2.99	3.00	3.01
3.02	3.03	3.04	3.05	3.06	3.07	3.08	3.09	3.10	3.11
3.12	3.13	3.14	3.15	3.16	3.17	3.18	3.19	3.20	3.21
3.22	3.23	3.24	3.25	3.26	3.27	3.28	3.29	3.30	3.31
3.32	3.33	3.34	3.35	3.36	3.37	3.38	3.39	3.40	3.41
3.42	3.43	3.44	3.45	3.46	3.47	3.48	3.49	3.50	3.51
3.52	3.53	3.54	3.55	3.56	3.57	3.58	3.59	3.60	3.61
3.62	3.63	3.64	3.65	3.66	3.67	3.68	3.69	3.70	3.71
3.72	3.73	3.74	3.75	3.76	3.77	3.78	3.79	3.80	3.81
3.82	3.83	3.84	3.85	3.86	3.87	3.88	3.89	3.90	3.91
3.92	3.93	3.94	3.95	3.96	3.97	3.98	3.99	4.00	4.01
4.02	4.03	4.04	4.05	4.06	4.07	4.08	4.09	4.10	4.11
4.12	4.13	4.14	4.15	4.16	4.17	4.18	4.19	4.20	4.21
4.22	4.23	4.24	4.25	4.26	4.27	4.28	4.29	4.30	4.31
4.32	4.33	4.34	4.35	4.36	4.37	4.38	4.39	4.40	4.41
4.42	4.43	4.44	4.45	4.46	4.47	4.48	4.49	4.50	4.51
4.52	4.53	4.54	4.55	4.56	4.57	4.58	4.59	4.60	4.61
4.62	4.63	4.64	4.65	4.66	4.67	4.68	4.69	4.70	4.71
4.72	4.73	4.74	4.75	4.76	4.77	4.78	4.79	4.80	4.81
4.82	4.83	4.84	4.85	4.86	4.87	4.88	4.89	4.90	4.91
4.92	4.93	4.94	4.95	4.96	4.97	4.98	4.99	5.00	5.01
5.02	5.03	5.04	5.05	5.06	5.07	5.08	5.09	5.10	5.11
5.12	5.13	5.14	5.15	5.16	5.17	5.18	5.19	5.20	5.21
5.22	5.23	5.24	5.25	5.26	5.27	5.28	5.29	5.30	5.31
5.32	5.33	5.34	5.35	5.36	5.37	5.38	5.39	5.40	5.41
5.42	5.43	5.44	5.45	5.46	5.47	5.48	5.49	5.50	5.51
5.52	5.53	5.54	5.55	5.56	5.57	5.58	5.59	5.60	5.61
5.62	5.63	5.64	5.65	5.66	5.67	5.68	5.69	5.70	5.71
5.72	5.73	5.74	5.75	5.76	5.77	5.78	5.79	5.80	5.81
5.82	5.83	5.84	5.85	5.86	5.87	5.88	5.89	5.90	5.91
5.92	5.93	5.94	5.95	5.96	5.97	5.98	5.99	6.00	6.01
6.02	6.03	6.04	6.05	6.06	6.07	6.08	6.09	6.10	6.11
6.12	6.13	6.14	6.15	6.16	6.17	6.18	6.19	6.20	6.21
6.22	6.23	6.24	6.25	6.26	6.27	6.28	6.29	6.30	6.31
6.32	6.33	6.34	6.35	6.36	6.37	6.38	6.39	6.40	6.41
6.42	6.43	6.44	6.45	6.46	6.47	6.48	6.49	6.50	6.51
6.52	6.53	6.54	6.55	6.56	6.57	6.58	6.59	6.60	6.61
6.62	6.63	6.64	6.65	6.66	6.67	6.68	6.69	6.70	6.71
6.72	6.73	6.74	6.75	6.76	6.77	6.78	6.79	6.80	6.81
6.82	6.83	6.84	6.85	6.86	6.87	6.88	6.89	6.90	6.91
6.92	6.93	6.94	6.95	6.96	6.97	6.98	6.99	7.00	7.01
7.02	7.03	7.04	7.05	7.06	7.07	7.08	7.09	7.10	7.11
7.12	7.13	7.14	7.15	7.16	7.17	7.18	7.19	7.20	7.21
7.22	7.23	7.24	7.25	7.26	7.27	7.28	7.29	7.30	7.31
7.32	7.33	7.34	7.35	7.36	7.37	7.38	7.39	7.40	7.41
7.42	7.43	7.44	7.45	7.46	7.47	7.48	7.49	7.50	7.51
7.52	7.53	7.54	7.55	7.56	7.57	7.58	7.59	7.60	7.61
7.62	7.63	7.64	7.65	7.66	7.67	7.68	7.69	7.70	7.71
7.72	7.73	7.74	7.75	7.76	7.77	7.78	7.79	7.80	7.81
7.82	7.83	7.84	7.85	7.86	7.87	7.88	7.89	7.90	7.91
7.92	7.93	7.94	7.95	7.96	7.97	7.98	7.99	8.00	8.01
8.02	8.03	8.04	8.05	8.06	8.07	8.08	8.09	8.10	8.11
8.12	8.13	8.14	8.15	8.16	8.17	8.18	8.19	8.20	8.21
8.22	8.23	8.24	8.25	8.26	8.27	8.28	8.29	8.30	8.31
8.32	8.33	8.34	8.35	8.36	8.37	8.38	8.39	8.40	8.41
8.42	8.43	8.44	8.45	8.46	8.47	8.48	8.49	8.50	8.51
8.52	8.53	8.54	8.55	8.56	8.57	8.58	8.59	8.60	8.61
8.62	8.63	8.64	8.65	8.66	8.67	8.68	8.69	8.70	8.71
8.72	8.73	8.74	8.75	8.76	8.77	8.78	8.79	8.80	8.81
8.82	8.83	8.84	8.85	8.86	8.87	8.88	8.89	8.90	8.91
8.92	8.93	8.94	8.95	8.96	8.97	8.98	8.99	9.00	9.01
9.02	9.03	9.04	9.05	9.06	9.07	9.08	9.09	9.10	9.11
9.12	9.13	9.14	9.15	9.16	9.17	9.18	9.19	9.20	9.21
9.22	9.23	9.24	9.25	9.26	9.27	9.28	9.29	9.30	9.31
9.32	9.33	9.34	9.35	9.36	9.37	9.38	9.39	9.40	9.41
9.42	9.43	9.44	9.45	9.46	9.47	9.48	9.49	9.50	9.51
9.52	9.53	9.54	9.55	9.56	9.57	9.58	9.59	9.60	9.61
9.62	9.63	9.64	9.65	9.66	9.67	9.68	9.69	9.70	9.71
9.72	9.73	9.74	9.75	9.76	9.77	9.78	9.79	9.80	9.81
9.82	9.83	9.84	9.85	9.86	9.87	9.88	9.89	9.90	9.91
9.92	9.93	9.94	9.95	9.96	9.97	9.98	9.99	10.00	10.01

Prepared By Dr. Kazemipoor

نتایج شبیه‌سازی مساله اسکادران

بمبافکن	مختصه x		مختصه y		نتیجه الف
	RNN_x	$(600RNN_x)$	RNN_y	$(300RNN_y)$	
۱	-۰٫۸۴	-۵۰۴	۰٫۶۶	۱۹۸	به خطا رفته
۲	۱٫۰۳	۶۱۸	-۰٫۱۳	-۳۹	به خطا رفته
۳	۰٫۹۲	۵۵۲	۰٫۰۶	۱۸	اصابت کرده
۴	-۱٫۸۲	-۱۰۹۲	-۱٫۴۰	-۴۲۰	به خطا رفته
۵	-۰٫۱۶	-۹۶	۰٫۲۳	۶۹	اصابت کرده
۶	-۱٫۷۸	-۱۰۶۸	-۱٫۳۳	-۳۹۹	به خطا رفته
۷	۲٫۰۴	۱۲۲۴	۰٫۶۹	۲۰۷	به خطا رفته
۸	۱٫۰۸	۶۴۸	-۱٫۱۰	-۳۳۰	به خطا رفته
۹	-۱٫۵۰	-۹۰۰	-۰٫۷۲	-۲۱۶	به خطا رفته
۱۰	-۰٫۴۲	-۲۵۲	-۰٫۶۰	-۱۸۰	اصابت کرده

Prepared By Dr. Kazemipoor

تقاضا در مهلت تحویل

تقاضا برای محصولی دارای توزیع احتمالی به شرح زیر است. زمانی که تقاضایی به وجود می‌آید دستور ساخت داده می‌شود. زمان دریافت سفارش تا تحویل آن به مشتری به زمان تحویل شهرت یافته است که آن هم دارای توزیع احتمالی به شرح زیر است. با توجه به این اطلاعات وضعیت این سیستم را از لحاظ موجودی به کمک شبیه‌سازی مدل نمایید.

تقاضای روزانه				مدت تحویل			
۶	۵	۴	۳	۳	۲	۱	
احتمال	۰٫۲	۰٫۳۵	۰٫۳	۰٫۱۵	۰٫۴۲	۰٫۲۲	احتمال

Prepared By Dr. Kazemipoor

نتایج شبیه‌سازی مساله تقاضا در مهلت تحویل

دور	ارقام تصادفی مهلت تحویل	مهلت تحویل	ارقام تصادفی برای تقاضا	تقاضا	تقاضا در مهلت تحویل
۱	۵۷	۲	۸۷ ۳۴	۶ ۴	۱۰
۲	۳۳	۱	۸۲	۵	۵
۳	۹۳	۳	۲۸ ۱۹ ۶۳	۴ ۳ ۵	۱۲
۴	۵۵	۲	۹۱ ۲۶	۶ ۴	۱۰

Prepared By Dr. Kazemipoor

نتیجه‌گیری از مثال‌ها

هر شبیه‌سازی گسسته پیشامد، مدل‌سازی طی زمان از سیستمی است که تمام تغییر حالت‌های آن در لحظه‌های گسسته زمان، یعنی در لحظه‌های وقوع پیشامدها رخ می‌دهد. در حقیقت شبیه‌سازی پیشامد با ایجاد توالی از تصاویر پیش می‌رود که معرف تکوین سیستم طی زمان است.

Prepared By Dr. Kazemipoor

مرور مجدد مسئله رستوران در راستای مفاهیم شبیه سازی

نهاد

نه مشتری و نه خدمت دهنده

برای اینکه در قالب متغیرهای حالت نیاز به معرفی صریح ندارند مگر اینکه برخی متوسط های مربوط به مشتری مدنظر باشد.

حالت سیستم

– $L_Q(t)$: تعداد افراد در صف

– $L_A(t)$: وضعیت هابیل

• $L_A(t) = 1$ اگر هابیل مشغول باشد.

• $L_A(t) = 0$ اگر هابیل بیکار باشد.

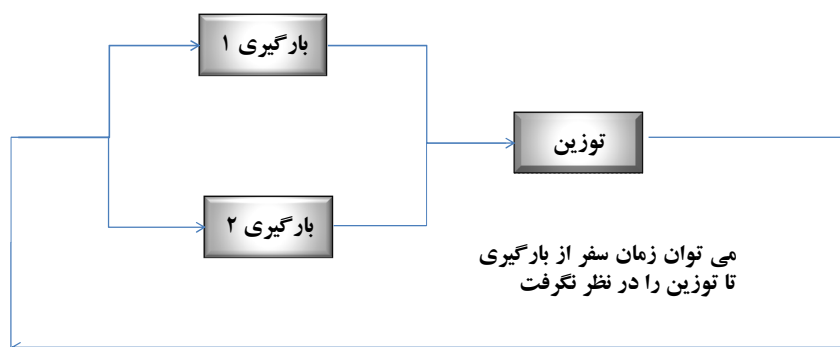
– $L_B(t)$: وضعیت خباز

• $L_B(t) = 1$ اگر خباز مشغول باشد

• $L_B(t) = 0$ اگر خباز بیکار باشد

Prepared By Dr. Kazemipoor

شبیه سازی معدن سنگ



می توان زمان سفر از بارگیری تا توزین را در نظر نگرفت

در این مسیر سنگ معدن تحویل قطار می شود

قرار است شش کامیون وظیفه حمل و نقل در این سیستم را

به عهده بگیرند.

Prepared By Dr. Kazemipoor

اطلاعات موجود در شبیه‌سازی معدن سنگ

مدت توزین	احتمال	احتمال تجمعی	تخصیص ارقام تصادفی
۱۲	۷/۰	۷/۰	۱-۷
۱۶	۳/۰	۱	۸-۰

مدت سفر	احتمال	احتمال تجمعی	تخصیص ارقام تصادفی
۴۰	۴/۰	۴/۰	۱-۴
۶۰	۳/۰	۷/۰	۵-۷
۸۰	۲/۰	۹/۰	۸-۹
۱۰۰	۱/۰	۱	۰

مدت بارگیری	احتمال	احتمال تجمعی	تخصیص ارقام تصادفی
۵	۳/۰	۳/۰	۱-۳
۱۰	۵/۰	۸/۰	۴-۸
۱۵	۲/۰	۱	۹-۰

Prepared By Dr. Kazemipoor

متغیرهای حالت

➤ $L_0(t)$: تعداد کامیون‌ها در صف بارگیری، ۰ تا ۴

➤ $L(t)$: تعداد کامیون‌ها در حال بارگیری، ۰ و ۱ و ۲

➤ $W_Q(t)$: تعداد کامیون‌ها در صف توزین، ۰ تا ۵

➤ $W(t)$: تعداد کامیون‌ها در حال توزین، ۰ و ۱

Prepared By Dr. Kazemipoor

پیشامدها

ورود کامیون i به صف بارگیری در زمان t

$[AL_Q(t), t, DT_i]$

خروج کامیون i از بارگیری (ورود به صف توزین) در زمان t

$[EL, t, DT_i]$

خروج کامیون i از توزین

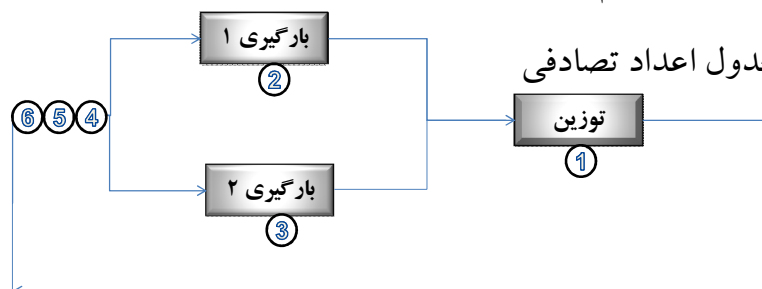
$[EW, t, DT_i]$

Prepared By Dr. Kazemipoor

فرضیات ضروری برای شبیه سازی

1. وضعیت سیستم در لحظه صفر

2. جدول اعداد تصادفی



مدت بارگیری	۱۰	۵	۵	۱۰	۱۵	۱۰
مدت توزین	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۶
مدت سفر	۶۰	۱۰۰	۴۰	۴۰	۸۰	

Prepared By Dr. Kazemipoor

آمارهای تجمعی

- B_S : زمان تجمعی استفاده از دستگاه توزین
- B_L : زمان تجمعی استفاده از دستگاه های بارگیری

Prepared By Dr. Kazemipoor

نتایج شبیه سازی معدن سنگ

ساعت	حالت سیستم				مجموعه ها		فهرست پیشنهادهای آنی	آمار تجمعی	
	LQ(t)	L(t)	WQ(t)	W(t)	صف توزین	صف بارگیری		B _L	B _S
۰	۳	۲	۰	۱	DT۴		(EL, ۵, DT۳)	۰	۰
					DT۵		(EL, ۱۰, DT۴)		
					DT۶		(EW, ۱۲, DT۱)		
۵	۲	۲	۱	۱	DT۵	DT۳	(EL, ۱۰, DT۴)	۱۰	۵
					DT۶		(EL, ۵ + ۵, DT۴)		
							(EW, ۱۲, DT۱)		
۱۰	۱	۲	۲	۱	DT۶	DT۳	(EL, ۱۰, DT۴)	۲۰	۱۰
							(EW, ۱۲, DT۱)		
							(EL, ۱۰ + ۱۰, DT۵)		
۱۰	۰	۲	۳	۱	DT۳		(EW, ۱۲, DT۱)	۲۰	۱۰
					DT۴		(EL, ۲۰, DT۵)		
					DT۴		(EL, ۱۰ + ۱۵, DT۶)		
۱۲	۰	۲	۲	۱	DT۴		(EL, ۲۰, DT۵)	۲۴	۱۲
							(EW, ۱۲ + ۱۲, DT۳)		
							(EL, ۲۵, DT۶)		
							(ALQ, ۱۲ + ۶۰, DT۱)		
۲۰	۰	۱	۳	۱	DT۴		(EW, ۲۴, DT۳)	۲۰	۲۰
					DT۴		(EL, ۲۵, DT۶)		
					DT۵		(ALQ, ۱۲, DT۱)		
۲۴	۰	۱	۲	۱	DT۴		(EL, ۲۵, DT۶)	۲۴	۲۴
					DT۵		(EW, ۲۴ + ۱۲, DT۱)		
							(ALQ, ۱۲, DT۱)		
							(ALQ, ۲۴ + ۱۰۰, DT۳)		
۲۵	۰	۰	۳	۱	DT۴		(EW, ۳۶, DT۳)	۲۵	۲۵
					DT۵		(ALQ, ۱۲, DT۱)		
					DT۶		(ALQ, ۱۲۴, DT۳)		
۳۶	۰	۰	۲	۱	DT۵		(EW, ۳۶ + ۱۶, DT۴)	۳۵	۳۶
					DT۶		(ALQ, ۱۲, DT۱)		
							(ALQ, ۳۶ + ۲۰, DT۳)		
							(ALQ, ۱۲۴, DT۳)		
۵۲	۰	۰	۱	۱	DT۶		(EW, ۵۲ + ۱۲, DT۵)	۳۵	۵۲
							(ALQ, ۱۲, DT۱)		
							(ALQ, ۷۶, DT۴)		
							(ALQ, ۵۲ + ۲۰, DT۴)		
							(ALQ, ۱۲۴, DT۳)		

Prepared By Dr. Kazemipoor

نتایج شبیه سازی معدن سنگ

ساعت	حالت سیستم				مجموعه ها	فهرست پیشنهادی آبی	آمار تجمعی	
	LQ(t)	L(t)	WQ(t)	W(t)	صف توزین بارگیری		B _L	B _S
۶۴	*	*	*	۱		(ALQ, ۷۲, DT۱) (ALQ, ۷۶, DT۲) (EW, ۶۴ + ۱۶, DT۶) (ALQ, ۱۲, DT۳) (ALQ, ۱۲۴, DT۴) (ALQ, ۶۴ + ۸۰, DT۵)	۲۵	۶۴
۷۲	*	۱	*	۱		(ALQ, ۷۶, DT۲) (EW, ۸۰, DT۶) (EL, ۷۲ + ۱۰, DT۱) (ALQ, ۱۲, DT۳) (ALQ, ۱۲۴, DT۴) (ALQ, ۱۲۴, DT۵)	۳۵	۷۲
۷۶	*	۲	*	۱		(EW, ۸۰, DT۶) (EL, ۸۲, DT۱) (EL, ۷۶ + ۱۰, DT۲) (ALQ, ۱۲, DT۳) (ALQ, ۱۲۴, DT۴) (ALQ, ۱۲۴, DT۵)	۴۹	۷۶

Prepared By Dr. Kazemipoor

خلاصه نتایج شبیه سازی معدن سنگ

- درصد زمان بهره برداری از هر دستگاه باگیری

$$49/2=24.5 \rightarrow 24.5 / 76 * 100 = 32\%$$

- درصد زمان بهره برداری ازدستگاه توزین:

$$76/76 * 100 = 100\%$$

Prepared By Dr. Kazemipoor

سوال

1. آیا نتایج به دست آمده قابل اعتماد است؟ چرا؟
2. چگونه نتایج این شبیه سازی را معتبر نماییم؟
3. آیا اضافه کردن یک دستگاه توزین دیگر وضعیت معدن را بهبود می دهد؟ برای جواب دقیق به این سوال به چه پارامترهای دیگری نیاز دارید؟
4. آیا می توانید شبیه سازی این مثال را آسان تر انجام دهید؟ چگونه؟
5. فلو چارتی برای توسعه یک مدل شبیه سازی این معدن ارائه کنید؟

Prepared By Dr. Kazemipoor

زبان های شبیه سازی سیستم های گسسته پیشامد

- زبان های برنامه نویسی
 - نرم افزارهای شبیه سازی
- بزرگترین حسن برنامه های شبیه سازی ساختار مشخص و آماده آنها برای شبیه سازی سیستم های گسسته پیشامد است

Prepared By Dr. Kazemipoor

Exercises

1. Following a discussion with the airport's operations manager, more accurate data on the take-off and landing of aeroplanes have come to light. Aeroplanes are classified into two sizes: small and large. Small aeroplanes only require a 1.5-minute slot on the runway, while large aeroplanes require 2.5 minutes. It is expected that 70% of aeroplanes will be small. The time between aeroplanes arriving for landing is expected to be as follows:

Time between arrival for landing (minutes)	Percentage
2-3	30%
3-4	35%
4-5	25%
5-6	10%

The time between arrivals for take-off is expected to be the same. Develop a three-phase discrete-event simulation of the problem.

- Define the B-events and C-events for the problem.
- Create samples from the distributions for inter-arrival time and aeroplane size.
- Simulate a period of operation at the airport.

Prepared By Dr. Kazemipoor

Exercises

۲. تمرین‌های ۹ و ۱۰ و ۱۱ و ۱۴ فصل دوم، کتاب شبیه‌سازی سیستم‌های گسسته پیشامد
۳. تمرین‌های ۳۰، ۴۲ فصل سوم، کتاب شبیه‌سازی سیستم‌های گسسته پیشامد ترجمه دکتر محلوجی (رسم فلوچارت و برنامه نویسی به زبان C)
۳. فلوچارتی برای مساله قدم زدن تصادفی به منظور مدل کردن این مساله با استفاده از تکنیک شبیه‌سازی ارائه کنید. (توضیح مساله)

Prepared By Dr. Kazemipoor