مثال صف خدمة ذو قناة واحدة Single-Channel Queue :

اذا كان لدينا محل سوبر ماركت صغير ولدية محطة حساب واحدة ، يصل الزبائن لهذه المحطة في زمن عشوائي يترواح ما بين ١ الي ٨ دقائق مع تساوي الاحتمالية لاي زمن حدوث كما في (٣). وكان تغير زمن اداء الخدمة يترواح ما بين ١-٦ دقائق مع احتمالية حدوث كما موضحة في جدول(٤). المطلوب دراسة وفهم النظام بالمحاكاة باستخدام ٢٠ زبون كعينه.

الزمن بين الوصول Time between Arrival (minutes)	الاحتمالية Probability	الاحتمالية التراكمية Cumulative probability	Random - Digit Assignment
1	٠.١٢٥	٠.١٢٥	٠٠١_١٢٥
2	٠.١٢٥	٠.٢٥٠	١٢٦_٢٥٠
3	٠.١٢٥	٠.٣٧٥	٢٥١_٣٧٥
4	٠.١٢٥	٠.٥٠٠	٣٧٦_٥٠٠
5	٠.١٢٥	٠.٦٢٥	٥٠٠_٦٢٥
6	٠.١٢٥	٠.٧٥٠	٦٢٦_٧٥٠
7	٠.١٢٥	٠.٨٧٥	٧٥١_٨٧٥
8	٠.١٢٥	١.٠٠٠	٨٧٦_٠٠٠

Table(3): Distribution of Time Between Arrivals

زمن الخدمة Service Time (minutes)	الاحتمالية Probability	الاحتمالية التراكمية Cumulative probability	Random -Digit Assignment
١	٠.١٠	٠.١٠	٠١_١٠
٢	٠.٢٠	٠.٣٠	١١_٣٠
٣	٠.٣٠	٠.٦٠	٣١_٦٠

٤	٠.٢٥	٠.٨٥	٦١_٨٥
٥	٠.١٠	٠.٩٥	٨٦_٩٥
٦	٠.٠٥	١.٠٠	٩٦_٠٠

Table(4):Distribution of Service Time

باستخدام بعض الخواص الاحصائية يمكننا تحديد بعض الخصائص لاحتمال زمن وصول الزبائن ومن هذه الخصائص حساب الاحتمالية التراكمية **Cumulative probability** وتحديد مدي هذه الاحتمالية **Random -Digit Assignment** كما موضح باخر عمودين في جدول(٤).

الحل:

اولا: نجد ان استخدام ٢٠ زبون كعينة يعتبر عدد قليل ولكن نجده عدد مناسب كوسيلة شرح وفهم لبناء نظام باستخدام المحاكاة.

ثانيا: نحتاج الي مجموعة من الارقام العشوائية لانتاج زمن الوصول الي محطة الحساب وزمن الخدمة. ويمكن انتاج الارقام العشوائية باستخدام الدوال المبنية في الحاسب وهي تنتج ارقام عشوائية ما بين ٠ و ١ ، او استخدام الارقام العشوائية اليدوية وهي نجدها كملاحق في معظم الكتب. وفي هذه المثال سوف تستخدم الارقام العشوائية اليدوية (مرفق جدول به ارقام عشوائية). نلاحظ الي اخر عمود في كل جدول لتحديد طبيعة الارقام العشوائية المستخدمة في الجدول الاول نستخدم ارقام عشوائية مكونه من ثلاث خانات وفي الجدول الثاني نستخدم ارقام مكونة من خانتين علي حسب طبيعة الارقام في كل عمود مع ملاحظة عدم تكرار استخدام نفس الرقم العشوائي.

ثالثاً : تحديد زمن الوصول وزمن الخدمة لكل زبون علي حسب الرقم العشوائي المختار مثلا في حالة زمن الوصول اذا تم اختيار الرقم ٩١٣ نجده يقع ما بين ٨٧٠_٠٠٠ وهذا يعني ان زمن وصول هذه المستفيد هو ٨. ونكرر هذه الخطوة الي ان تتم تعبئة زمن الوصول لكل ٢٠ زبون.

وبنفس الطريق تتم تعبة زمن الخدمة للـ ٢٠ زبون كما موضح في جدول**(5)** = **(6)**.

Customer	*Random Digits*	*Tune between Arrivals (Minutes)*	*Customer*	*Random Digits*	*Time between Arrivals (Minutes)*
1	—	-	11	109	1
2	913	8	12	093	1
3	727	6	13	607	5
4	015	1	14	738	6

5	948	8	15	359	3
6	309	3	16	888	8
7	922	8	17	106	1
8	753	7	18	212	2
9	235	2	19	493	4
10	302	3	20	535	5

Table(5):Time between Arrivals determination

Customer	Random Digits	Service Time (Minutes)	Customer	Random Digits	Service Time (Minutes)
I	84	4	11	32	3
2	10	1	12	94	5
3	74	4	13	79	4
4	53	3	14	05	1
5	17	2	15	79	5
6	79	4	16	84	4
7	91	5	17	52	3
8	67	4	18	55	3
9	89	5	19	30	2
10	38	3	20	50	3

Table(6):Service Time Generated

رابعا : بناء جدول المحاكاة:

وجوهر المحاكاة هو بناء جدول المحاكاة، ونجد ان تصميم هذه الجداول يكون مهمة محلل النظام وتصمم تلك الجدول للمشكلة المطروحة مع اضافة بعض الاعمدة للاجابة علي الاسئلة المطروحة.

الخطوة الاولي هي تعبئة الخلايا للزبون الاول:

- زمن الوصول للزبون الاول هو ٠ (صفر).
- تبدأ الخدمة مباشرة وتنتهي عند الزمن ٤.
- استغرق الزبون الاول ٤ دقائق.

الزبون الثاني:

- وصل في الزمن ٨.
- لذلك الخدمة تعطلت ٤ دقائق

الزبون الرابع:

- وصل هذا البون في الزمن ١٥.
- الخدمة لم تبدا له الا في الزمن ١٨.
- اذا انتظر هذا الزبون ٣ دقائق.

الجـــــدول التـــــالي ((٧)) يوضـــــح جـــــدول المحاكـــــاة لـــــ ٢٠ زبـــــون.

10. Simulation Table for Queueing Problem

A tomer	B Time Since Last Arrival (Minutes)	C Arrival Time	E Time Service () Begins	F Time Customer Waits in Queue (Minutes)	G Time Service Ends	H Time Customer Spends in System (Minutes)	I Idle Time of Server (Minutes)
1	–	0	0	0	4	4	0
2	8	8	8	0	9	1	4
3	6	14	14	0	18	4	5
4	1	15	18	3	21	6	0
5	8	23	23	0	25	2	2
6	3	26	26	0	30	4	1
7	8	34	34	0	39	5	4
8	7	41	41	0	45	4	2
9	2	43	45	2	50	7	0
10	3	46	50	4	53	7	0
11	1	47	53	6	56	9	0
12	1	48	56	8	61	13	0
13	5	53	61	8	65	12	0
14	6	59	65	6	66	7	0
15	3	62	66	4	71	9	0
16	8	70	71	1	75	5	0
17	1	71	75	4	78	7	0
18	2	73	78	5	81	8	0
19	4	77	81	4	83	6	0
20	5	82	83	1	86	4	0
				56		124	18

Table(7): Simulation Table for Queuing Problem

خامساً: الحسابات واستخلاص النتائج:

وفي هذه الخطوة تحسب بعض الاحصائيات لتحديد كفاءة النظام وتختلف الاحصائيات المستخدمة علي حسب طبيعة كل نظام.

1. The average waiting time for a customer is 2.8 minutes. This is determined in the following manner:

$$\frac{\text{total time customers wait in queue (minutes)}}{\text{total numbers of customers}} = \text{average waiting time (minutes)}$$

$$= \frac{56}{20} = 2.8 \text{ minutes}$$

2. The probability that a customer has to wait in the queue is 0.65. This is determined in the following manner:

$$\text{Probability (wait)} = \frac{\text{number of customers who wait}}{\text{total number of customers}}$$

$$= \frac{13}{20} = 0.65$$

3. The fraction of idle time of the server is 0.21. This is determined in the following manner:

$$\frac{\text{total idle time of server (minutes)}}{\text{total run time of simulation (minutes)}} = \text{Probability of idle Server}$$

$$= \frac{18}{86} = 0.21$$

The probability of the server being busy is the complement of 0.21, or 0.79.

4. The average service time is 3.4 minutes, determined as follows:

$$\frac{\text{total service time (minutes)}}{\text{total number of customers}} = \text{Average service time (minutes)}$$

$$= \frac{68}{20} = 3.4 \text{ minutes}$$

This result can be compared with the expected service time by finding the mean of the service-time distribution using the equation

$$E(S) = \sum_{s=0}^{\infty} sp(s)$$

Applying the expected-value equation to the distribution in Table (2) gives an expected service time of:

$$= 1(0.10) + 2(6.20) + 3(0.30) + 4(0.25) + 5(0.10) + 6(0.05)$$
$$= 3.2 \text{ minutes}$$

The expected service time is slightly lower than the average service time in the simulation. The longer the simulation, the closer the average will be to *E(S)*.

5. The average time between arrivals is 4.3 minutes. This is determined in the following manner:

$$\text{average time between arrivals} = \frac{\text{sum of all times between arrivals (minutes)}}{\text{number of arrivals} - 1}$$

$$= \frac{82}{19} = 4.3 \text{ minutes}$$

One is subtracted from the denominator because the first arrival is assumed to occur at time 0. This result can be compared to the expected time between arrivals by finding the mean of the discrete uniform distribution whose endpoints are $a = 1$ and $b = 8$. The mean is given by:

$$E(A) = \frac{a + b}{2} = \frac{1+8}{2} = 4.5 \text{ minutes}$$

The expected time between arrivals is slightly higher than the average however, as the simulation becomes longer, the average value of the time between arrivals will approach the theoretical mean, E (A).

6. The average waiting time of those who wait is 4.3 minutes. This is determined in the following manner:

$$\text{Average waiting time of those who wait (minutes)} = \frac{\text{total time customers wait in queue (minutes)}}{\text{total number of customers who wait}}$$

$$= \frac{56}{13} = 4.3 \text{ minutes}$$

7. The average time a customer spends in the system is 6.2 minutes. This can be determined in two ways. First, the computation can be achieved by the following relationship:

$$\text{average time customer spends in the system (minutes)} = \frac{\text{total time customers spend in the system (minutes)}}{\text{total number of customers}}$$

$$= \frac{124}{} = 6.2 \text{ minutes}$$

The second way of computing this same result is to realize that the following relationship must hold:

$$\begin{pmatrix}\text{average time}\\ \text{customer spends}\\ \text{in service (minutes)}\end{pmatrix} + \begin{pmatrix}\text{average time}\\ \text{customer spends}\\ \text{waiting in the}\\ \text{queue (minutes)}\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}\text{Average time}\\ \text{customer spends}\\ \text{in the system}\\ \text{(minutes)}\end{pmatrix}$$

$$= 6.2 \quad 3.4 \quad + \quad 2.8 \quad =$$

minutes

النتائج:

- معظم الزبائن ينتظرون ، رغم من ان متوسط زمن الانتظار غير زائد.
- مقدم الخدمة ليس له زمن تعطيل كبير.
- الهدف من النتائج يعتمد علي موازنة تكلفة زمن الانتظار مع تكلفة زيادة مقدمي الخدمة.

المفاهيم الأساسية لمحاكاة النظم المتقطعة

General Principle to Concept In Discrete-Event Simulation

في هذا الجزء نقدم ونشرح المفاهيم الاساسية المستخدمة في اغلب حزم محاكاة النظم المتقطعة وهي لا ترتبط بحزمة معينه.

مفاهيم في محاكاة النظم المتقطعة **Concepts in discrete-event simulation:**

٦. النظام **system**: مجموعة من الكائنات ترتبط مع بعضها البعض بصورة ما لتحقيق عدد من الاهداف.

٧. النموذج **model** : هو وصف مبسط للنظام.

٨. حالة النظام **system state** هي مجموعة من المتغيرات الضرورية لوصف النظام في اي وقت بالنسبة لاهداف النظام.

٩. الكيان **Entity** وهو اهم كائن في النظام.

١٠. الصفات **Attribute** وهي خصائص الكيان ومكوناته.

٨. القائمة **List** هي مجموعة من الكيانات مرتبة بطريقة منطقية.

٩. الحدث **Event** وهو حالة تُحدث تغيير فوري يغير حالة النظام.

١٠. ملاحظة الحدث **Event Notice** وهي سجل للحدث ويحتوي عادة علي اسم الحدث وفترته الزمنية (event type, event time).

١١. قائمة الاحداث **Event List** وهي قائمة بالاحداث المستقبلية والاحداث الوشيكة الحدوث وترتب علي حسب وقوعها وتكتب في شكل قائمة تسمي قائمة الاحداث المستقبلية(Future Event List (FEL.

١٢. النشاط **Activity** وهي الفترة الزمنية لانجاز عمل معين. وهي مدة من الزمن محددة الطول وتعرف منذ البداية مثل زمن الوصول وزمن الخدمة.

١٣. التأخير **Delay** وهي فترة غير محدة الطول .

١٤. الساعة **Clock** وهي متغير يمثل زمن المحاكاة.

- تستخدم بعض حزم المحاكاة مصطلحات مختلفة لنفس المفاهيم السابقة. مثلا القائمة List تسمي في بعض الحزم مجموعة Set او صف Queue او سلسلة chain.
- ترتيب الكيانات في قائمة يُرتب دائما بواسطة قاعدة مثل: First In First Out (FIFO) او Last In First Out (LIFO) او ترتب بصفة من الكيان مثل الاولوية او التاريخ
- قائمة الاحداث المستقبلية FEL تُرتب دائما علي حسب زمن الحدث event Time المسجل في ملاحظة الحدث Event Notice.

- والنشاط Activity يمثل زمن الخدمة، زمن الوصول او اي معالجة زمنية اخري لها مده زمنية معرفة بواسطة واضع النموذج modeler. ومدة النشاط يمكن ان تحدد بعدة طرق ويمكن ان تكون:

  ٤. محددة deterministic مثلا تكون دائما ٥ دقائق.

  ٥. احصائية statistical مثال رقم عشوائي من باحتمالية متساوية.

  ٦. دالة تعتمد علي متغيرات النظام (او/و) صفات الكيان مثال زمن التحميل لسفينة كدالة لحمولة السفينة ومعدل التحميل كطن في الساعة.

- التأخير delay يسمي في بعض الاحيان بالانتظار الشرطي conditional wait والنشاط يسمي الانتظار غير الشرطيunconditional wait. اكتمال النشاط activity هو حدث event. وغالباً يسمي الحدث الابتدائي primary event ويدار باحلال ملاحظة الحدث event notice في FEL.

- وعلي العكس نجد ان التأخير يدار بواسطة احلال الكيان المساعد associated entity في قائمة اخري او في صف الانتظار. واكتمال التأخير يسمي في بعض الاحيان شرطي conditional او حدث ثانوي secondary event ولكن هذه الاحداث لا تمثل بواسطة event notice ولا تظهر في FEL.

- والانظمة التي تُعالج هنا هي انظمة متحركة وهذه يعني انها تتغير خلال فترة زمنية لذلك حالة النظام، وصفات الكيان وعدد من الكيانات النشطة والنشاطات والتأخير تتغير جميعها خلاة فترة من الزمن.

- والزمن نفسه يمثل بواسطة متغير يسمي clock.