الفصل الثالث عشر

المحاكاة

يناقش هذا الفصل علم المحاكاة، كمفهوم وأهداف وتطبيقات، بالإضافة إلى تسليط الضوء على أشكال المحاكاة وتسلسل عملياتها.

الفصل الثالث عشر

13

المحاكاة
Simulation

13.1 مقدمة:

المحاكاة وهي نمذجة تُختبر سلوكياته خلال فترة زمنية معنية. أو هي القدرة على اختيار أي نظام من خلال متغيراته بدون التطبيق المباشر. ويتميز علم المحاكاة باختيار المنظومات بدون مخاطرة وبأقل تكلفة ممكنة وبأكثر أمان من اختبار النظام المباشرة

ويمكن التعبير عن المنظومات الفعلية ودراسة التغيرات التي تحدث فيها بواسطة نماذج وأنماط وقوانين رياضية والتي تعكس نتائج المنظومات الفعلية. والمحاكاة هي أيضاً عبارة عن تجربة إحصائية تخضع للتحليل الإحصائي والاختبارات الاحتمالية.

12.3 أهداف تطبيقات المحاكاة:

تستخدم المحاكاة في تحليل المشاكل العملية التي تنحصر في نوعين:

1- مشاكل نظرية في العلوم الأساسية مثل الرياضيات والفيزياء والكيمياء، وتشتمل على:
   أ- تقدير مساحة منحنى.
   ب- معكوس المصفوفة.
   ج- تقدير قيمة (ط = 3.1414) في الرياضيات.
   د- حل مسألة حركة جزئيات في مستوى.
   هـ- دراسة حركة جزئيات في مستوى.
   و- حل معادلات آنياً في الجبر.

2- مشاكل عملية في الحياة الفعلية:

أ- محاكاة لمشكلة صناعية (مثل تصميم عمليات كيميائية، نظم التخزين والتحكم فيه، تصميم منظومة توزيع، تخطيط الصيانة، تصميم نظام الطوابير، تخطيط الإنتاج المستمر، تصميم منظومة معلومات واتصالات).

ب- محاكاة لمشكلة تجارية واقتصادية (تشغيل وإدارة الشركات) سلوك المستهلك، تحديد الأسعار، الحسابات، عمليات التسويق، دراسة الاقتصاد العام، التضخم، الإنتاجية ... الخ.

ج- المشاكل الاجتماعية (مثل حركة ونمو السكان، التطور الاجتماعي ... الخ).

د- محاكاة منظومات تركيب الإنسان وحركته الطبية (مثل سير الدم، والماء، توزيع الجهد في جسم الإنسان، نمذجة الدماغ ... الخ).

هـ- محاكاة الحروب البرية والجوية والبحرية والحرائق .. والأشياء المفاجأة.

13.3 خطوات تطبيق المحاكاة:

1- تعريف المشكلة:

يقصد بتعريف المشكلة تحديد الهدف من الدراسة وما هو المطلوب.

2- تحليل التكاليف والفوائد:

بما أن دراسة المحاكاة مكلفة عليه يستوجب دراسة التكاليف المناسبة والفوائد المتوقعة من الدراسة.

لأن طرق تنفيذ المحاكاة تختلف من سريع إلى أسرع ومن مكلف إلى أكثر تكلفة.

3- اختصار النظام الحقيقي إلى نموذج (Short coding the model)

النظام الحقيقي الذي سوف يحول إلى نموذج. فمثلاً الزبون الذي يستخدم طرف في مصرف تجاري، النشاط الذي يقوم به الزبون (سحب مبالغ من حسابه - إيداع -

تعاملي تجاري، ... الخ) إيجاد علاقة رياضية لدرجة وصول الزبون – مدة الخدمة التي تقدم له .. ومواصفات أخرى.

4- تحويل النموذج إلى لغة الحاسوب (Code the model):

للاستخدام الحاسوب، يجب أن تحول كل المعلومات الواردة في النموذج إلى لغة الحاسوب والتي يمكن التعامل معها مثل لغة محاكاة الحاسوب (Subscript Dynamic Gpss). حيث أن هذه اللغات طورت لاستخدامها في المحاكاة.

5- تحقيق نتائج النموذج (Validate the Model):

إذا لم تعطي نتائج النموذج نتائج مكافأة ومساوية للنتائج المتوقعة في النظام الحقيقي فإن نظام المحاكاة يعطي إجابة خاطئة ويقصد بالتحقيق (Validation) الوصول إلى نتائج لها درجة عالية من الواقعية إذا لم تكن مطابقة للحقيقة.

6- التخطيط لإجراء التجربة (Plan the Experiment):

إن تصميم التجربة الناجمة يوفر خطة قوية لتعزيز النتائج المرجوة والتي يعتمد عليها في اتخاذ القرارات؟

7- عقد الدراسة وتجميع المعلومات (Conduct the study and collect data):

يعتبر نوع المعلومات المجمعة معتمداً على أهداف الدراسة ونوع التحليل المعقود.

8- تحليل المعلومات وإعطاء النتائج (analyze Data and Draw Conclusions)

9- توثيق المعلومات وتنفيذ النتائج (Document and implement the findings)

13.4 أشكال المحاكاة:

1- النموذج المماثل (Analogue model):

يعتبر النموذج المماثل من المحاولات الأولى في استخدام علم المحاكاة، فعلى سبيل

المثال نموذج القياس الفيزيائي باستخدام نماذج ميكانيكية، كهربائية أو هيدروليكية، ولحد الآن مازالت هذه الأنواع من النماذج مستخدمة في حالات خاصة. وفي السنوات الأخيرة بدأ استبدالها بنماذج المحاكاة بواسطة لغة الحاسوب.

2- مونتي كارلو (Mote Carlo Simulation):

أحد أشكال تحليل المحاكاة والذي يستخدم الأرقام العشوائية لتحقيق قيم إحصائية لتغيرات النظام. إن مونتي كارول طريقة ذات خطوط محددة كلاسيكية الاستخدام. وهي طريقة تعتمد على أخذ العينات من نظام حقيقي.

3- المحاكاة بالحاسوب (Computer Simulation):

في نُظم المحاكاة فإن أي رقم عشوائي من أي عينة وفقاً لأي توزيع يعتمد على استخدام المجال (1،0)، وقبل اختيار عدد العينات التي تؤخذ للدراسة يجب أن تخضع للشروط الآتية:

أ- كل القيم محصورة في الفترة [1،0] ولهن فرصة متساوية لحدوث أي احتمال، بمعنى آخر توزيعها منتظم (Uniform distribution).

ب- الأرقام المختارة للدراسة محصورة في الفترة [1،0] وتحت اختيار عشوائي. وبمعنى آخر غير معتمدة على بعضها في عملية الاختيار.

مثال 13.1:

إذا فرضنا أن الخدمات التي تقدم في أحدى محطات الوقود عند t وتخضع للتوزيع الأسي بمعدل خدمة قدرها μ لكل وحدة زمن. وأن دالة احتمال التوزيع (PDF) (Probability distribution function)

$$f(t) = \mu^{e-\mu t} \quad , t > 0$$

فإن

$$f(t) = \int_0^t \mu e^{-\mu t} dx = 1 - e^{-\mu t}$$

فإذا كان المدى (R) يكون (0 ، 1) وبوضع $f(t) = R$ نحصل على الآتي:

$$R = 1 - e^{-\mu t}$$

ومنها:

$$t = \frac{1}{\mu} \ln(1 - R) = -\frac{1}{\mu} \ln R$$

13.5 إيجاد متغيرات عشوائية بواسطة توزيع الاحتمالات:

13.5.1 التوزيع المنتظم (The uniform distribution)

لو فرضنا أننا نريد أن نحاكي التوزيع المنتظم الذي يمثّل بالدالة التالية:

$$f(x) = \frac{1}{4} \qquad 3 \le x \le 7;$$

$$f(x) = 0 \qquad \text{غير ذلك}$$

$$\therefore f(x) = \int_0^x \frac{1}{4} dt = \frac{t}{4}\Big|_3^x = \frac{1}{4} \times -\frac{3}{4}$$

ويمكن الحصول على أرقام عشوائية ما بين(0 ، 1)

فإذا فرضنا أن $f(x) = r$

$$x = 4x + 3$$

وعند استخدام الأرقام العشوائية في الجدول (13.1) نحصل على الآتي:

جدول (13.1)

Y	X
0.062041502	3.2616
0.392403	4.56961
0.7658045	6.06321
0.06319117	3.252764

13.5.2 التوزيع الأسّي Exponential Distobution:

$$f(x)=\frac{1}{\Theta}e^{-x/\Theta} \qquad 0\le x\le\infty$$

$$f(x)=\int_0^x \frac{1}{\Theta}\cdot e^{-t/\Theta}dt$$

$$f(x)=e^{-t/\Theta}\Big|_0^x=1-e^{-x/\Theta}$$

فإذا استبدلنا x بـ r

$$r=1-e^{-x/\Theta}$$

$$e^{-x/\Theta}=1-r$$

خذ log للطرفين

$$-\frac{x}{\Theta}\ln e=\ln(1-r)$$

$$x=-\Theta\ln(1-r)$$

إذا $\Theta=\frac{1}{4}$ فإن

$$f(x)=4^{e-rx} \qquad 0\le x\le\infty$$

وباستخدام الجدول 13.2

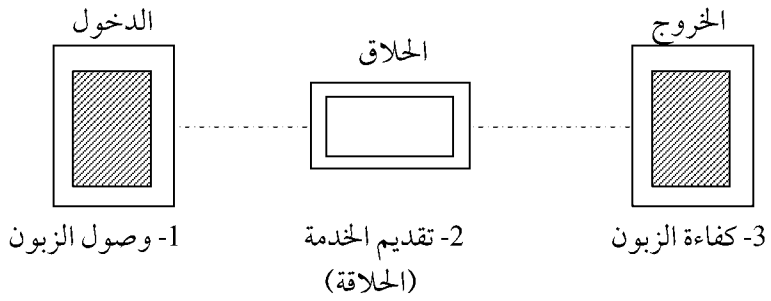
جدول (13.2)

r	ln(1+r)	$x = -\frac{1}{4}\ln(1-r)$
0.0654	0.06764	0.01691
0.3924	0.49824	0.12456
0.7658	1.45158	0.36289
0.06319	0.06527	0.01632

13.6 مثال تطبيقي للمحاكاة:

يفرض هذا النموذج أن زبون يصل إلى كرسي حلاق سعته كرسي واحد، يقدم له الخدمات (قص شعر) تحت نظام الذي يصل الأول تقدم له الخدمة أولاً، ثم يغادر الحلاق. وفترة الزمن بين الزبائن تخضع للتوزيع المنتظم خلال فترة زمنية محدودة 6±24 دقيقة. زمن تقديم الخدمة يخضع للتوزيع الأسّي بمعدل 20 دقيقة للزبون.

النموذج



وتحل المسألة بواسطة استخدام برنامج بالحاسب الآلي كالآتي:

Program Details (13.1) جدول

```
1. DEFINITION
O=(BARBER)                    ; background file name is BARBER, OL Y
@QUEUE=(O)                    ; record the number of customers in queue
% ARR = (0) % SER = (0)       ; random interarrival/service time
% M ARR = (24:0)              ; mean/deviation of interarrival time
% D ARR = (6:0)
% M SER = (20:0)              ; mean value of service time
% MOVE = (0:30)               ; move delay time
* ARRIVE = (XY(12,11))        ; arrival/service/leaving screen locations
*BARER:= (XY(38,11))
*LEA VE = (XY(4I,6))          ; location for displaying value of queue length
J = (1,*,1,0,0,1,500)         ;customers routeing, total 500 customers
U = (1,BARBER, *BARBER)       ;count utilization of the barber
2. ROUTEINGS
BR( 1, * ARRIVE,%ARR)         ; 1. CUSTOMERS ARRIVE
RV(U,%ARR, %M ARR,
%DARP)                        ; generate random interarrival time
IV(@QUEUE)                    ; queue length increases 1
FV(*Q DISP,@QUEUE)            ;display queue value
MR(23,%MOVE)                  ; move toward barber to get service
MR(*BARBER,O)                 ; 2. CUSTOMERS TAKE HAIRCUT
DV(@QUEUE)                    ; queue length decreases 1
PV(*Q DISP, @QUEUE)           ;display queue value
RV(E,%SER,%M SER)             ;take a hair-cut time
WT(%SER)
MR(2S,%MOVE)                  ; 3. CUSTOMERS LEAVE
MA(*LEA VE,O)                 ; leave barber shop
ER
```

A: Courtesy of Mr Sun Qi Zhi, formerly of Manufacturing and Engineering Systems, BruneI University

13.7 أنواع المحاكاة بالحاسوب:

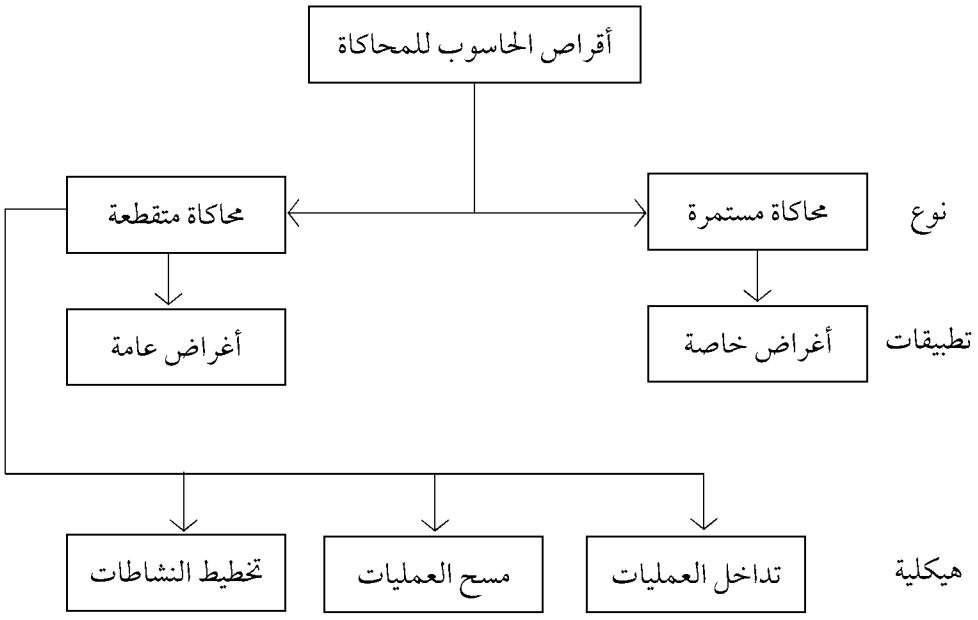
1- المحاكاة المستمرة (Continuous simulation):

إن نُظم المحاكاة المستمرة تمثل بواسطة متغيرات تتغير باستمرار خلال الزمن والتي يمكن استخدامها في اختيار نظام ديناميكي.

2- المحاكاة القطعية (Discrete simulation):

إن نُظم المحاكاة المستمرة تمثل بواسطة متغيرات تتغير باستمرار خلال الزمن والتي يمكن استخدامها في اختيار نظام ديناميكي.

ويمكن تصنيف أنواع طريقة حساب المحاكاة وتطبيقاتها وتركيبها كما هو في الشكل 13.1.



شكل (13.1) تصنيف نظم الحواسيب للمحاكاة

13.8 مثال تطبيقي:

ترغب شركة الأعلاف بأمانة الثروة الحيوانية في تحديد موقع صومعة لتخزين الحبوب الموردة من مختلف المناطق الزراعية بمنطقة فزانن. والمطلوب معرفة السعة اللازمة للصومعة وكم عدد الشاحنات التي يجب أن ترسل يومياً لتصدير الحبوب إلى الشمال، وعلى أمانة الزراعة معرفة كميات الحبوب الموردة يومياً بالأطنان من المزارعين في فصل جني الحبوب، عليه ترغب أمانة الزراعة في دراسة لمحاكاة الواقع الفعلي المتوقع لمعرفة عدد الشاحنات المطلوب وصولها يومياً لتعبئتها - والنموذج الموضح بالشكل 12.3 يوضح تسلسل العمليات المطلوبة.

ولحل هذه المشكلة استخدم طريقة مونتي كارو لاختيار عدد الشاحنات التي تصل من الشمال في كل ساعة وكذلك استخدمت في اختيار كميات الحبوب التي تضع في شاحنة.

إن احتمال 0.10 لوصول شاحنة واحدة. خلال ساعة

إن احتمال 0.60 لوصول شاحنة واحدة. خلال ساعة

إن احتمال 0.30 لوصول ثلاث شاحنات. خلال ساعة

وهذه الاحتمالات دونت في الشكل 13.3 ، علما بأن عدداً مكوناً من رقمين قد أُختير كرقم عشوائي.

فمثلاً:

الرقم من 00 وحتى 09 احتمال وصول شاحنة واحدة في الساعة.

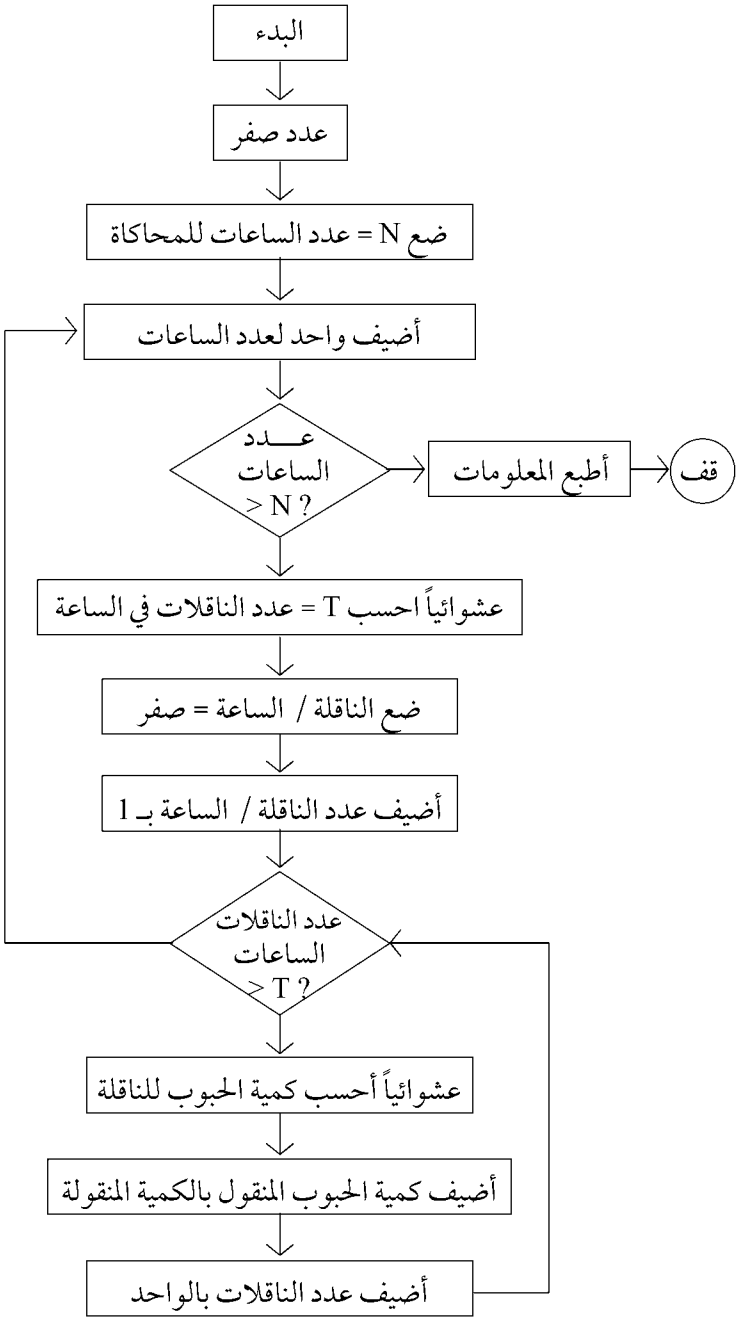
الرقم من 10 وحتى 69 احتمال وصول عدد 2 شاحنة.

الرقم من 70 وحتى 99 احتمال وصول عدد 3 شاحنة.

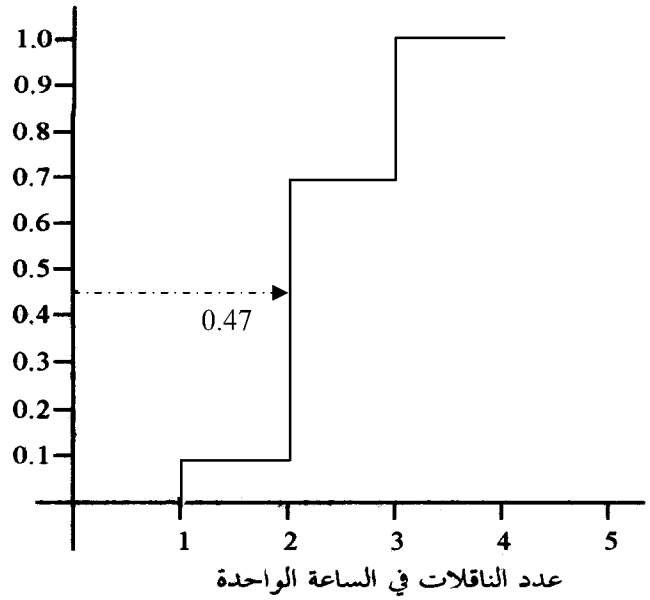
وبناءً على اختيار هذه الأرقام يمكن تحديد عدد الشاحنات التي تصل في الساعة عشوائياً.

السؤال الثاني الذي يجب الإجابة عليه هو: ما كمية الحبوب التي يجب أن تحملها كل شاحنة أو شاحنة بالمقطورة؟ من المعروف بأن الكمية التي يمكن أن تشحن متغيرة باستمرار ما بين 50 إلى 350 طن. وتوزيع الاحتمال المركب (Cumulative prob. distribution) لكميات الحبوب المشحونة بواسطة الناقلة موضحة بالشكل (13.4).

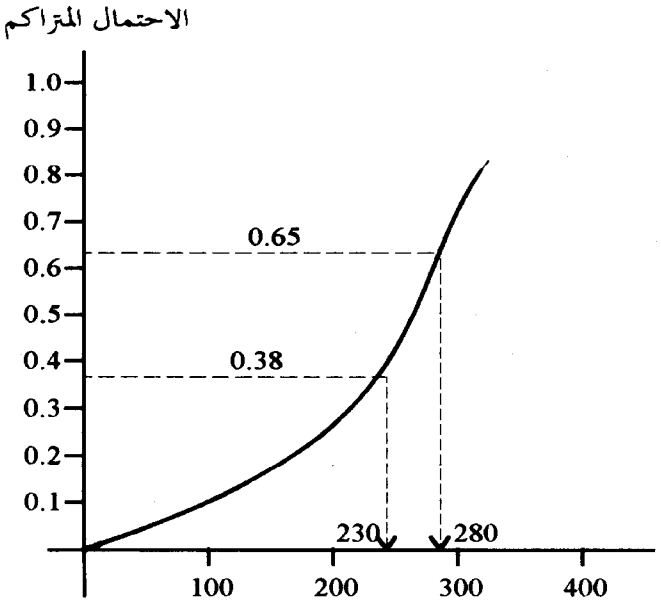
فلو لاحظت المنحنى ينخفض ما بين 250 إلى 300 طن. وهذا يعني أن حمولة الشاحنة تقع في هذا المجال. فمثلاً لو أخذنا أول رقم عشوائي وليكن 38 فإن أول شاحنة تأخذ 230 طن. ولو أخذنا رقم عشوائي وليكن 67 فإن الشاحنة الثانية تحمل 280 طن. فإن خلال محاكاة الساعة الأولى نلاحظ أن الصومعة تأخذ 510 طن حبوب.



شكل (13.2) تسلسل عمليات المحاكاة لنقل الحبوب



شكل(13.3)



شكل(13.4) كميات الحبوب بالطن في الناقلة الواحدة

13.9 تطبيقات المحاكاة

إن تطبيقات المحاكاة واسعة وشاملة لكل العلوم سواء الزراعية، الحكومية، نشاطات عسكرية، التربية والتعليم، الرياضة، الهندسة، العلوم الأساسية، العلوم الاجتماعية، والعلوم التجارية. وعلى سبيل المثال سوف نذلل ذلك ببعض الأمثلة:

1- نظام الطوابير، نظام التخزين، تخطيط الإنتاج.

2- حساب السعة الاستيعابية من طاقة بشرية ومواد خام.

3- استخدام المحاكاة في تنبؤ الأنظمة الحديثة وفائقة التقنية، مثال استخدام الأتومية في المصانع الكبيرة، الأنظمة الإنتاجية المرنة، تصميم أنظمة الإنتاج.

4- استخدام المحاكاة في برامج الصيانة الوقائية والفجائية ... الخ.

13.10 مسائل:

1- عرف المحاكاة.

2- أصف الفوائد المهمة لنظام المحاكاة.

3- باختصار أشرح أنواع المحاكاة في المصانع الإنتاجية.

4- ذكر وأصف 4 محطات داخل المصانع يمكن استخدام المحاكاة كأداة مفيدة واقتصادية.

5- أُف باختصار استخدام طريقة المونتي كارو للمحاكاة.

6- إذا كانت الطلبية اليومية من منتج ما تخضع إلى كثافة الدالة الاحتمالية التالية:

الطلبية	0	1	2	3
الاحتمال	0.2	0.3	0.4	0.1

باستخدام جداول الأرقام العشوائية. أحسب الطلبية اللازمة لمدة 5 أيام مستقبلية على الأقل.

7- إذا كان زمن إعداد الطلبية خلال فترة يوم أو يومان فقط، وفقاً للاحتمالات المرافقة. فإن الطلبية الموازية هي:

الطلبية	0	1	2
الاحتمال	0.2	0.5	0.3

استخدم جداول الأرقام العشوائية لتنبؤ الطلبية وزمن إعداد الطلبية.

8- أوجد القيمة التقديرية باستخدام التكامل للحصول على أول 30 رقم عشوائي في جداول الأرقام العشوائية $\int_0^1 x^2 dx$

(ملاحظة: التكامل لـ x^2 في فترة مغلقة $0 \le x \le 1$)

9- كرر المسألة رقم (9) إذا علمت أن $3 \le x \le 5$.

10- الجدول التالي يوضح مقدار التغيير في عدد الزبائن في خط الانتظار مع العلم بزمن المحاكاة، أحسب:

أ- نسبة الزمن إن محطة التشغيل فارغة.

ب- متوسط زمن الانتظار للزبون إذا فرضنا أن مجموع الواصلين 30.

ج- عدد المنتظرين في خط الانتظار.

زمن المحاكاة t الساعة	عدد الزبائن المنتظرين
$0 \le t \le 3$	0
$3 \le t \le 4$	1
$4 \le t \le 6$	2
$6 \le t \le 7$	1
$7 \le t \le 10$	0
$10 \le t \le 12$	2
$12 \le t \le 18$	4
$18 \le t \le 20$	1
$20 \le t \le 25$	0

11- إذا كان زمن إعداد الطبية في نظام التحكم في المخزون لمركز توزيع في أحدى المدن المتوسطة في الجماهيرية العظمي يساوى 1 ، 2 أو 3 أسابيع وفقاً للاحتمالات المصاحبة في الجدول التالي:

زمن أعداد الطلبية	نسبة الاحتمال
1	0.35
2	0.40
3	0.25

استخدم نظم المحاكاة في تحديد كمية الطلبية التي تحدث لأي مركز توزيع لعدد 20 زمن للإعداد للطلبية – استخدم الاستهلاك الأسبوعي، أستخدم رقمين عشريين عشوائية.