المحاكاة Simulation:

ان المقصود بالمحاكاة من الناحية اللغوية هو المُشابهة أو التقليد. أما من الناحية العلمية، وحسب معجم الرياضيات للسنة ١٩٩٥ لمؤلفيه يوروفسكي وبورفاين فان المقصود بالمحاكاة "**بناء نموذج رياضي من اجل طريقة ما أو حالة معينة لغرض دراسة سماتها وميزاتها أو حل المسائل التي لها علاقة بها احتماليا بدلالة النموذج**".

ان **نهج المحاكاة** Simulation Technique **هو تقليد للواقع يتعامل مع الحالات التي تُعدّ فيها الخاصة العشوائية المفتاح لوصف نظام معين.** وهو طريقة لحل المسائل المتعلقة بأنظمة واقعية ويسمح بتجميع المعلومات ذات الصلة بسلوك النظام عبر تطوره مع الزمن، فضلاً عن انه (أي نهج المحاكاة) يُستخدم لتقدير دقة النماذج الرياضية للمسائل الواقعية.

لقد اجتهد الباحثون بإعطاء تعاريف للمحاكاة حسب اجتهاداتهم، نذكر منها:

- **ان نهج المحاكاة هو نهج عددي قوي وشائع لإجراء تجارب على الحاسوب، وهو يتضمن علاقات رياضية ومنطقية مختلفة ضرورية لوصف سلوك أي نظام واقعي حقيقي وتركيبه وعلى مدد زمنية ممتدة.**
- **ان المحاكاة هي نهج لتقليد Imitate عملية تشغيل أي نظام واقعي حقيقي عبر تطوره مع الزمن.**
- **ان نهج المحاكاة هو نهج عددي حاسوبي يستعمل استعمالاً واسعاً لحل المسائل المختلفة.**
- **ان المحاكاة أداة حاسوبية شائعة لتقليد سلوك الأنظمة الحياتية المعقدة.**
- **ان نهج المحاكاة هو نهج حاسوبي مفيد وسلس وسهل التطبيق يستخدم في تحليل المسائل المعقدة وتقليدها وهو يسمح باختيار الأنظمة المتداولة وتقديرها دون الحاجة إلى انجاز ذلك النظام وتنفيذه من الناحية الواقعية وكذلك عدم الحاجة لاختبار النظام الواقعي.**

ان نهج المحاكاة يُعد الملاذ الأخير الذي يمكن استخدامه عند إخفاق الطرائق العددية الكلاسيكية في إيجاد الحلول للمسائل المختلفة. وتشمل في الوقت الحاضر تطبيقات المحاكاة طيفا واسعا من التطبيقات العلمية والتقنية والطبية والهندسية والحياتية. وتتلخص عملية المحاكاة بمجموعة من الخطوات أهمها:

١- تعريف المسألة ومتغيراتها ثم بناء النموذج الرياضي لها.

٢- تعيين العناصر المراد تفحصها ثم تسيير عملية المحاكاة.

محاكاة حاسوبية - مرحلة ٢ - مدرس المادة: شذى عبدالله

٣- تفحص النتائج واختيار الأفضل منها.

وتجدر الإشارة إلى انه ليس من الضروري ان تتضمن الدراسات المحاكاتية كلها هذه الخطوات، اذ ان عملية المحاكاة ليست عملية متتابعة محصورة.

ان للمحاكاة ايجابيات ومآخذ نوجزها على النحو الآتي:

الايجابيات:

١- أنها نهج مرن جدا يمكن ان يستخدم لحل المسائل التي لا يمكن (أو يصعب) إيجاد الحل التحليلي لها.

٢- تسمح باشتمال (إدخال) الأنظمة الحياتية المعقدة دون ان تتداخل معها.

٣- لها إمكانية تقليص زمن التشغيل وتقليل التكلفة.

٤- تسمح بدراسة تأثير متغيرات المسألة.

المآخذ:

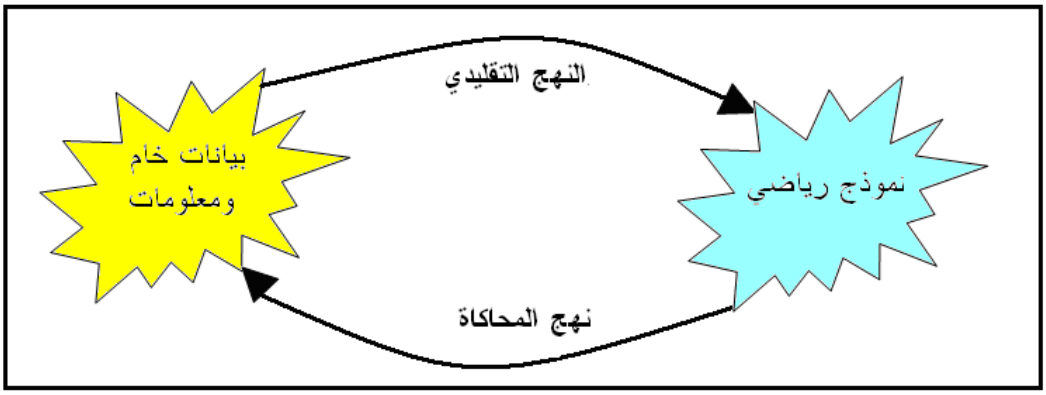
١- يمكن ان تستغرق عملية المحاكاة وقتا طويلا.

٢- تعطي نموذجا وحيدا أحيانا لا يمكن نقله لمسألة أخرى وقد لا تولد الحل الأمثل للمسألة.

٣- تتطلب إدارة توليد المتغيرات الوسطية التي تصف قيود المسألة قيد الدراسة.

ان ما يميز المحاكاة بوصفها نهجاً عملياً عصرياً له خصوصياته عن النهج العلمي الكلاسيكي هو ان نهج المحاكاة يكون بالاتجاه المعاكس للاتجاه العلمي الكلاسيكي. ان النهج الكلاسيكي يبدأ عادة من بيانات خام Raw Data أو معلومات Information كي ينتهي بنموذج رياضي يستخدم لوصف الظاهرة التي تهمنا. أما نهج المحاكاة فهو مخصص أصيل لدراسة أنظمة ذات طبيعة معقدة صعبة الدراسة، لذا فهو يبدأ عادة من النموذج الخاص بالنظام لكي ينتهي ببيانات عددية ذات طبيعة وخصائص احتمالية معروفة تماما، وبحيث تُستخدم هذه البيانات المعروفة الأوصاف لدراسة النظام المعقد لمعرفة خصائصه. والشكل ادناه يوضح اتجاه كل من النهج التقليدي ونهج المحاكاة.

محاكاة حاسوبية - مرحلة-2- مدرس المادة: بشرى عبدالله



مقارنة بين نهج المحاكاة والنهج التقليدي.

إن البيانات التي يجهزنا بها الحاسوب في المحاكاة تُعرف **بالأعداد العشوائية** Random Numbers، وهي أعداد زائفة لا دلالة لها، وهي مجرد أعداد تتمتع بخصائص احتمالية معروفة لدينا كي نستخدمها لإجراء الدراسة المطلوبة للنظام المولدة منه هذه الاعداد. ولأجل ان تكون دراستنا بعيدة عن التدخل الشخصي والتحيّز، يُشترط ان تكون هذه الأعداد عشوائية Random. وبطبيعة الحال فان السلوك (القانون أو التوزيع) الاحتمالي للأعداد المُولدة يجب ان نُحدده نحن، وحسب طبيعة المسألة قيد الدراسة. لذا يمكن إجمال الهدف من "**المحاكاة التصادفية**"، أو "**محاكاة المونت كارلو**"، أو بإيجاز ما سنطلق عليه من الآن فصاعدا "**المحاكاة**" بما يأتي:

"توليد أعداد عشوائية ذوات طبيعة احتمالية معروفة نُحددها نحن من اجل دراسة مسألة معينة تهمّنا".

أنواع المحاكاة:

هناك أربعة أنواع رئيسية من نهوج المحاكاة وهي:

١- المحاكاة المتقطعة (المنفصلة) Discrete Simulation:

في هذا النوع من المحاكاة تكون المتغيرات والمشاهدات ذات طابع متقطع (منفصل)، ويستخدم هذا النوع في العديد من الأنظمة الهندسية وفي العلوم ومسائل التخزين وصفوف الانتظار.

٢- المحاكاة المستمرة (المتصلة) Continuous Simulation:

يختص هذا النوع بمحاكاة نماذج الأنظمة ذوات المتغيرات المستمرة (المتصلة) بالنسبة للزمن. وهذه النماذج تتضمن نظما من المعادلات التفاضلية والتي تعطي العلاقات بين المعادلات تغير حالة المتغيرات بالنسبة للزمن.

مولدات - مرحلة 2 - مدرس المادة: د.شذى عبدالله

٣- المحاكاة المُرَكبة Combined Simulation:

يتضمن هذا النوع من المحاكاة متغيرات متقطعة ومستمرة في ان واحد.

٤- المحاكاة المهجنة (التسريعية) Hybrid Simulation:

يعتمد هذا النوع من المحاكاة على الحاسوب المهجن الحديث Modern Hybrid Computer والذي أساسه نظام رقمي ذو معالجات متعددة ذوات سرعة عالية من اجل تقليل تكلفة التشغيل. ان الحواسيب المهجنة تلائم خاصة الوقت الحقيقي Real Time مما يجعلها قادرة بسهولة نسبية على إجراء عملية المحاكاة.

طرائق المحاكاة: هناك ثلاث طرائق رئيسة لحل نظم المحاكاة وهي:

١- طريقة المطابقة The Identity Method:

تستند هذه الطريقة إلى بناء النظام قيد الدراسة بالتفاصيل كلّها. وتعد هذه الطريقة من أدق طرائق المحاكاة ولكنها من ناحية أخرى تعد الأصعب من حيث التنفيذ فضلاً عن تكلفتها تكون باهظة. كما يتطلب استخدام هذه الطريقة وجود مهندسين متخصصين في كل جزء من أجزاء المنظومة.

٢- طريقة الشبه متطابقة The Quasi Identity Method:

يتم في هذه الطريقة إلغاء عدد من أجزاء المنظومة التي تحول دون إجراء عملية المحاكاة وكذلك استبدال بعض الأجزاء "الحقيقية" بأخرى "وهمية".

٣- الطريقة المختبرية The Laboratory Method:

وهي الطريقة السائدة الآن على نطاق واسع كونها الأقل تكلفة والأكثر مرونة. وتعتمد هذه الطريقة اعتماداً أساسياً على الحاسوب وذلك عن طريق برامج حاسوبية خاصة تقوم بمعالجة النماذج الرياضية التي تخضع لها المنظومة قيد المحاكاة.

المحاكاة الحاسوبية: تعد المحاكاة الحاسوبية أداة مهمة في طيف واسع من الاختصاصات، كعلوم الحواسيب وهندسة البرمجيات والإحصاء والرياضيات والاختصاصات الهندسية ، وبحوث العمليات وعلم الإدارة، والفيزياء ، والاقتصاد ، وعلم الأحياء، والطب ، والكيمياء ، والعلوم الاجتماعية. ومن خلال المحاكاة الحاسوبية ، يمكن دراسة سلوك نظم الحياة الحقيقية والتي تكون عادة دراستها التحليلية معقدة و صعبة جدا . ويمكن إيجاد الأمثلة في رحلات الطائرات أسرع من الصوت ، وأنظمة الاتصالات الهاتفية وأنظمة اختبار نفق الرياح ، وإدارة المعركة على نطاق واسع (على سبيل المثال ، لتقييم منظومات الأسلحة الدفاعية أو

محاكاة حاسوبية - مرحلة ثانية - مدرس المادة: د. شذى عبد الله

الهجومية) ، أو عمليات الصيانة (على سبيل المثال ، لتحديد الحجم الأمثل لأطقم الصيانة والإصلاح) . ان التطورات الحديثة في منهجيات المحاكاة ، وتوافر البرمجيات ، وتحليل الحساسية Sensitivity Analysis، الامثلية التصادفية Stochastic Optimization تضافرت لجعل المحاكاة الحاسوبية واحدة من أكثر والأدوات قبولا والمستخدمة في تحليل النظام System Analysis وبحوث العمليات Operations Research. ان النمو المطّرد في حجم وتعقيد أنظمة العالم الحقيقي الناشئة (مثلا ، شبكات الاتصالات عالية السرعة ونظم علوم الحياة) سيؤدي بالتأكد من زيادة شعبية المحاكاة الحاسوبية.

نماذج المحاكاة الحاسوبية: ان نماذج المحاكاة الحاسوبية تُستخدم على نطاق واسع لدراسة الأنظمة الكبيرة والمعقدة والباهظة التكاليف، مثل شبكات المواصلات والمفاعلات النووية والموانئ وسدود المياه والمنظومات الإدارية ومنظومات الدفاع الجوي. اذ يتم إجراء دراسات على الحاسوب يُحاكى به النظام الحقيقي لغرض معرفة تأثير افتراضات أو تطويرات أو معطيات معينة فيه وذلك قبل الشروع بتنفيذه. ان نموذج المحاكاة الحاسوبي هو عبارة عن تمثيل لمكونات النظام الثابتة والعلاقات التي تربط بعضها ببعض، فضلاً عن تمثيل منطقي لخصائص النظام الحركية وسلوكه في أثناء مدة زمنية محددة، وتحت فرضيات معينة بعمل النظام وسلوكه.

ومن خلال نموذج المحاكاة يستطيع الباحث إجراء تجارب افتراضية، تُعرف **بالتجارب المحاكاتيةٍ Simulation Experiments** ، على النموذج بدلاً من إجرائها على النظام الحقيقي، لغرض اختبار فرضيات أو معطيات معينة حول النظام ومعرفة ردود فعل النظام نتيجة لحدوث أحداث معينة مفروضة لغرض إيجاد أفضل الحلول لمعالجتها عند حدوثها في النظام الحقيقي. كما ان استخدام نماذج المحاكاة الحاسوبية يكون هو الخيارالاخير، فعند التعامل مع الأنظمة المعقدة تُستنفذ أحياناً الطرائق كلّها ولا يكون لدينا خيار سوى نماذج المحاكاة. في مثل تلك الحالات تكون نماذج المحاكاة خياراً ممكناً ومتاحاً لتمثيل الأنظمة المعقدة، وتُنفذ على الحاسوب من خلال تجارب محاكاتية مصممة لغرض الإجابة عن التساؤلات المطروحة حول تلك الأنظمة والكيفية التي تتأثر بها المخرجات عند تغير المعطيات.

٣-٦-٢ تصنيف نماذج المحاكاة الحاسوبِية:

يُمْكِنُ تصنيف نماذج المحاكاة الحاسوبِية من رؤى مختلفة:

١- **النماذج الساكنة Static Models** مقابل **النماذج الحركية (الديناميكية) Dynamic Models.**
ان النماذج الساكنة لا تَتطوّر أو يتغير سلوكها بمرور الزمن، لذا فهي لا تعتمد بشكل أو بآخر على عامل الزمن. على النقيض من ذلك، فان النماذج الحركية، والتي تكون مناسبة لتمثيل الأنظمةِ التي تَتطوّر وتتغير بمرور الزمن (على سبيل المثال، عملية الإشارة المرورية).

٢- **نماذج حتمية Deterministic Models** مقابل **نماذج تصادفيه Stochastic Models.**
إذا كان نموذج المحاكاة يَحوي متغيرات حتمية فقط (أي متغيرات غير عشوائية) وغير خاضع لعدم اليقين Uncertainty فهو حتمي، كان يكون النموذج مُمَثّلاً بمعادلة تفاضلية تصف تفاعلاً كيماوياً معيناً. على النقيض من ذلك ,إذا تضمن النموذج على الأقل متغيّراً عشوائياً واحداً، فعندئذ يُدعى **نموذجاً عشوائياً Stochastic Model** . ان معظم أنظمة الطوابير Queueing Systems وأنظمة الخزين Inventory Systems تُنمذج بوصفها نماذج تصادفيه.

٣- **نماذج مستمرة Models Continuous** مقابل **نماذج متقطعة Models Discrete** . في المحاكاة المتقطعة فان متغير الحالة state variable يتغير تغيراً آنياً في نقاط زمنية منفصلة ، في حين تتغير الحالة في نماذج المحاكاة المستمرة تغيراً مستمراً بمرور الزمن. ان النماذج الرياضية التي تهدف إلى إيجاد حَلّ عددي لمنظومة من المعادلات التفاضلية يُعد مثالاً لنماذج المحاكاة المستمرة، في حين ان نماذج أنظمة الطوابير Queueing Systems هي أمثلةً عن نماذج المحاكاة المتقطعة، والتي تُعرف بنماذج محاكاة الحدث المتقطع Discrete-Event Simulation Models.

٣-٦-٣ مراحل المحاكاة الحاسوبية:

يمكن تلخيص المراحل التي تنجز بها المحاكاة الحاسوبية بما يأتي.

المرحلة الأولى: تعريف المسألة قيد الدراسة ومتغيراتها.

المرحلة الثانية: بناء نموذج تصوري Building conceptual model يتضمن الكيانات Entities والأحداث Events والمتغيرات.

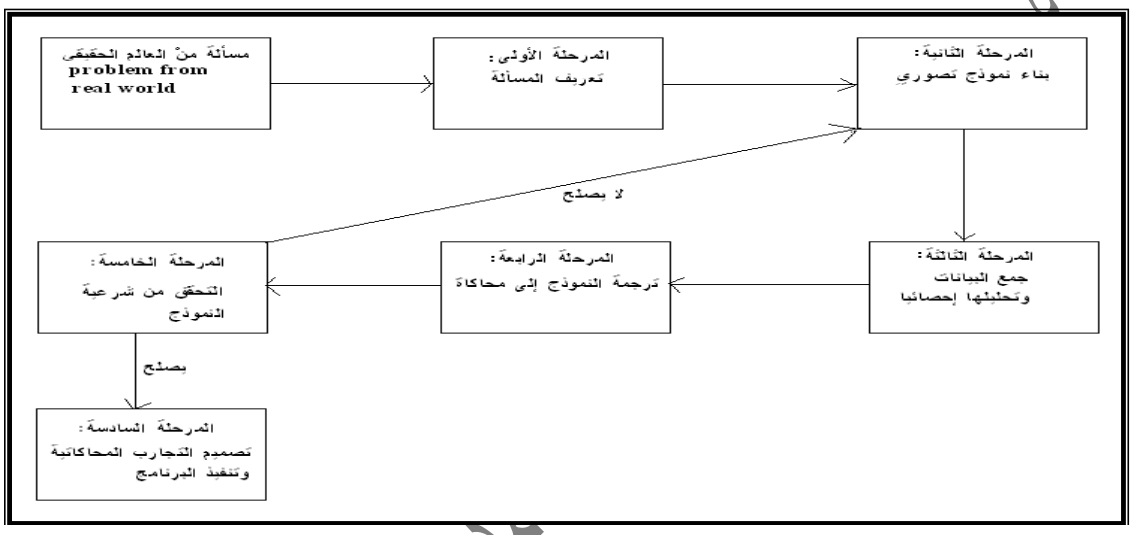
المرحلة الثالثة: جمع البيانات وتحليلها إحصائيا لتعرّفِ سماتها الإحصائية العامة وتوزيعها الاحتمالي، ان أمكن ذلك.

المرحلة الرابعة: ترجمة النموذج إلى محاكاة، اذ يتم بناء برنامج حاسوبي اعتمادا على كل من النموذج التصوري، الذي بُني في المرحلة الثانية والمعلومات الإحصائية التي أُستُخلصت في المرحلة الثالثة.

محاكاة حاسوبية - مرحلة ٢ - مدرس المادة: د.شذى عبدالله

المرحلة الخامسة: التحقق من شرعية النموذج. اذ يتم التأكد من كفاءة نموذج المحاكاة لتعرّفِ حُسن تمثيله للنظام الحقيقي. وعند إخفاق نموذج المحاكاة في هذه المرحلة فيجب الرجوع من جديد إلى النموذج التصوري لمراجعة الفرضيات التي بُني عليها ومحاولة تطويرها بما ينسجم وطبيعة النظام.

المرحلة السادسة: تصميم التجارب المحاكاتية وتنفيذ البرنامج. اذ يتم تصميم عدد من التجارب العملية من خلال البرنامج للوصول إلى الحلول المُثلى للمسألة.



مراحل المحاكاة الحاسوبية.

المحاكاة الحاسوبية الشيئية Object Oriented Simulation:

يعود بدء المحاكاة الحاسوبية الشيئية إلى ستينيات القرن العشرين بظهور لغة المحاكاة SIMULA، وكانت اللبنة الأولى لظهور ما يعرف بالبرمجة الشيئية Object Oriented Programming. والمحاكاة الشيئية تتضمّنُ مجموعة من الأشياء التي يتفاعلُ بعضها مع البعض بمرور الزمن. بعبارة أخرى فانه في المحاكاة الشيئية يُنظر إلى النظام بوصفه مجموعة من الكائنات التي تتفاعل فيما بينها داخل حدود النظام. لذلك فهناك انسجام في الرؤية بين هذه المحاكاة مع محاكاة الأحداث المتقطعة Discrete Event Simulation. لقد أتاح هذا الانسجام بين المحاكاة الشيئية و محاكاة الأحداث المتقطعة إلى الاستفادة من لغات البرمجة الشيئية في كتابة برامج المحاكاة الخاصة بنماذج المحاكاة.في المحاكاة الشيئية تُمثل كل فئة من كائنات نموذج المحاكاة بوساطة صنف Class لتمثيل العناصر التي تنتمي إلى ذلك الصنف. كما ان هذه المحاكاة تستفيد من مفهوم التوريث Inheritance الذي يسمح للصنف الواحد بان يعرف انه حالة خاصة من واحد أو أكثر من الأصناف العامة، التي تعرف "بالأمهات"، مما يقلل في النهاية من الجهد

البرمجي عند كتابة برامج المحاكاة من خلال إعادة استخدام تعريفات هذه الأصناف في تعريف صنف "الابن".

سمات المحاكاة الحاسوبية واستخدامها:

قد يكون مناسبا الآن ان نسلط الضوء على السمات العامة للمحاكاة و المجالات التي يكون فيها استخدام المحاكاة أمرا مفيدا.

١- قد يكون النظام معقداً جداً بحيث يصعب صياغته بمعادلات رياضية سهلة، فتكون المحاكاة هي البديل الأمثل في مثل هذه الحالة. وكأمثلة على الأنظمة المعقدة، شبكات المواصلات داخل المدن الكبيرة، والمطارات، والمفاعلات النووية، والأنظمة الاقتصادية.

٢- قد يكون ممكننا صياغة نموذج رياضي لعدد من الأنظمة، إلا ان الحل قد يكن صعبا أو غير ممكن، فتكون المحاكاة هي الأداة الفاعلة.

٣-من الممكن استخدام المحاكاة كأداة تربوية Pedagogical Device في تدريس تحليل الأنظمة System Analysis، والتحليل الإحصائي Statistical Analysis واتخاذ القرارات Decision Making. ومن المجالات التي أُستخدمت فيها المحاكاة بنجاح لهذا الغرض إدارة الأعمال Business Administration والاقتصاد Economics والطب Medicine والقانون Law.

٤- ان التمرين الشكلي لتَصميم نموذج محاكاة حاسوبي قَدْ يكُون أكثر قيمة مِن المحاكاة الفعلية نفسها. ان المعرفة التي نحصل عليها في تصميم تجربة محاكاة تَخْدم بلورة تَفْكير المُحلّل. وفي أغلب الأحيان تُقترح التغييرات الواجب إجراؤها على النظام الذي يُحاكى. ان تأثيرات هذه التغييرات يُمْكِن أَنْ تُختبر عن طريق المحاكاة قبل تَطبيقها في النظام الحقيقي.

٥- يُمْكِن أَنْ تُقدّم المحاكاة معلومات قيّمة حول مسألة تشخيص أَيّ متغيّرات مهمة وأي متغيرات لها تأثيرات طفيفة في النظام، كما يُمْكِن أن تُسلّط الضوء على الكيفية التي تتفاعل بها هذه المتغيرات.

٥- يمكن أن تُستَعمل المحاكاة للتَجْريب بطرائق (سيناريوهات) جديدة لِكي تَكْسب بصيرةَ إلى سلوك النظام تحت ظروف جديدة.

٦- تُزوّدُ المحاكاةُ مختبراً خارجا Vitro Lab، يَسْمح للمُحلّل اكتشاف سيطرة أفضل للنظام قيد الدراسة.

٧- تَجْعل المحاكاة من الممكن دِراسَة أنظمة دينامكية، أمّا في الزمن المَضْغُوط الحقيقي Real Compressed Time، أَو آفاق الزمن الموسّع Expanded Time.

٨- إدخال العشوائية في النظام يُمْكِن أَنْ يُساعد على حل العديد مِنْ المسائل وإيجاد الحلول المُثلى لها.