مجلة البحوث الاقتصادية والمالية
ISSN: 2352- 9822/ E-ISSN:2588-1574
المجلد: 09 العدد: 01/ جوان-2022
ص 771-798
OEB Univ. Publish. Co.

تدريس المفاهيم الأساسية للاقتصاد القياسي باستخدام محاكاة مونت كارلو مع التطبيق على برنامج إفيوز

Teaching basic concepts of econometrics using Monte Carlo simulation with application on Eviews

إبراهيم عدلي [1*]، يوسف حوشين [2]
[1] جامعة البشير الإبراهيمي – برج بوعريريج، (الجزائر)، *brahimalathari@gmail.com*
[2] جامعة لونيسي علي – البليدة 2، (الجزائر)، *haouchineyoucef1@gmail.com*

تاريخ الاستلام: 2022/02/19 تاريخ قبول النشر: 2022/05/31 تاريخ النشر: 2022/06/30

الملخص: تهدف هذه الورقة البحثية إلى ابراز أهمية تدريس المفاهيم الأساسية للاقتصاد القياسي باستخدام محاكاة مونت كارلو، مع التطبيق على برنامج إفيوز. فالملاحظ في الأساليب الحالية للتدريس المعتمِدة على عرض النظريات والنماذج والصيغ الرياضية وكيفية الحساب، مع قلة التطبيق على بيانات حقيقية، ونقص التدريب على البرامج الإحصائية الجاهزة والبرمجة عليها. كل هذه الأسباب أدت إلى الغموض في الكثير من مفاهيم القياس الاقتصادي وتحليل السلاسل الزمنية والنظريات الإحصائية عموما لدى الطلبة المبتدئين. وقد ركزت هذه الورقة على محاكاة مونت كارلو كأسلوب لتدريس مثل هذه المفاهيم. فبعد عرض الجوانب النظرية لهذا الأسلوب، قمنا بدراسة تطبيقية لشرح لكيفية تدريس بعض مفاهيم الاقتصاد القياسي (تحيز المقدرات، التوزيع الطبيعي للمقدرات، مجال ثقة المقدرات) بالاعتماد على محاكاة مونت كارلو.

الكلمات المفتاحية: اقتصاد قياسي؛ محاكاة؛ طريقة مونت كارلو؛ تقدير.
تصنيف **JEL** : C1، C0.

Abstract: This paper aims to highlight the importance of teaching the basic concepts of econometrics using Monte Carlo simulation, with application on Eviews. It is noticeable in the current methods of teaching that depend on the presentation of theories, models, mathematical formulas and how to calculate, with the lack of application on real data, and the lack of training on statistical programs and programming on them. All of these reasons led to ambiguity in many concepts of econometrics, time series analysis and statistical theories in general among the novice students. This paper focused on Monte Carlo simulation as a method for teaching such concepts. After presenting the theoretical aspects of this method, we conducted an applied study to explain how to teach some econometric concepts (estmators bias, normal distribution of estimators, confidence interval of estimators) based on Monte Carlo simulation.

Keywords: Econometrics, simulation, Monte Carlo Method, Estimation.
Jel Classification Codes: C1 ،C0.

[*] **المؤلف المرسل:** إبراهيم عدلي

1. مقدمة:

إن المُعاين لواقع تدريس المواد الكمية بشكل عام والاقتصاد القياسي بشكل خاص يلمس الصعوبات الكبيرة التي يواجهها سواءً المتعلم في الفهم الدقيق والصحيح لمحتوى هذه المادة العلمية، وللمعلم عند الرغبة في إيصالها وتقريبها للمتعلمين، وهذا ناشئ من عدة أسباب، لعل من أهمها الطرق الحالية المعتمَدة في تدريس مثل هذه المواد العلمية، المبنية على عرض النظريات والنماذج والصيغ الرياضية مع براهينها –أحيانا– بطريقة تجريدية، وقلة التطبيق على البرامج الإحصائية الجاهزة كبرنامج إفيوز مثلا، ونقص الأمثلة التطبيقية لبيانات حقيقية... إلى غير ذلك. كل هذا أدى إلى الغموض وقلة الفهم، وأصبح طالب هذه المواد كثيرا ما يعتريه الملل والسطحية في فهمها، حتى أضحت التخصصات التي تدرس فيها مثل هذه المواد من التخصصات الأقل إقبالا من الطلبة، ويمكن التأكد من هذا العزوف من خلال إحصائيات بسيطة حول عدد المسجلين في تخصص اقتصاد كمي مثلا مقارنة ببقية التخصصات بمختلف الجامعات. مع ما لهذا التخصص من أهمية كبيرة في الحياة الاقتصادية والاجتماعية بشكل عام، وقدرة المتخصصين فيه في المساهمة في مختلف البرامج والخطط والاستراتيجيات التنموية سواءً من حيث بناءها أو تنفيذها أو تطويرها.

وقد نبه إلى هذه المسألة العديد من الباحثين في هذا المجال، وعلى رأسهم Murray و Kennedy و Hendry، ... وغيرهم، كما سنبين ذلك لاحقا.

انطلاقا من هذا الواقع، تنشأ الضرورة الملحة لبذل الجهود قصد مراجعة وإعادة النظر في طرق تدريس المواد الكمية بشكل عام والاقتصاد القياسي بشكل خاص كونه محور هذا التخصص. لتقريب مفاهيمه للطلبة وتبسيطه بأمثلة تطبيقية واقعية، وربطه بالتكنولوجيات الحديثة والتطور الحاصل في البرمجة.

وتأتي هذه الورقة البحثية لتعزيز هذه الجهود، فهي تقترح أسلوب تدريس من شأنه أن يساهم في هذا المسعى. ولهذا فقد حاولنا توضيح كيفية تطبيق محاكاة مونت كارلو لتدريس المفاهيم الأساسية في الاقتصاد القياسي، مع التطبيق على برنامج Eviews، مرفقة بصور توضيحية للتسهيل والتبسيط.

من خلال ما سبق يمكن طرح التساؤل التالي : **هل يمكن لهذا الأسلوب –محاكاة كارلو– أن يساعد في تبسيط المفاهيم الأساسية للإقتصاد القياسي وتقريبها للدارس؟**

هذا التساؤل بدوره يقودنا إلى تساؤلات فرعية أخرى:

- ما ذا نقصد بمحاكاة مونت كارلو؟
- ما هي المفاهيم الأساسية للاقتصاد القياسي التي تحتاج إلى توضيح وتبسيط ؟
- كيف يمكن تطبيق هذه المحاكاة عمليا؟

للإجابة على هذه التساؤلات تم تقسيم هذه الورقة البحثية إلى ثلاث مباحث، سنعرض في المبحث الأول الجوانب النظرية للمحاكاة مع التركيز على محاكاة مونت كارلو. أما المبحث الثاني فقد خصصناه للتعليم بالمحاكاة من حيث التعريف والمميزات واستعماله في الاقتصاد القياسي. وسنركز في المبحث الثالث على الجوانب التطبيقية للبحث، بتطبيق محاكاة مونت كارلو في الاقتصاد القياسي باستخدام برنامج إفيوز.

2. الجوانب النظرية لمحاكاة مونت كارلو:

قبل الخوض في كيفية تطبيق محاكاة مونت كارلو كأسلوب تعليمي، من المهم تقديم بعض الجوانب النظرية لمحاكاة مونت كارلو.

1.2. تعريف المحاكاة:

المحاكاة لغويا من الفعل "حاكى" بمعنى شابه في القول أو الفعل أو غيرهما، والمحاكاة هي المماثلة والمشابهة والتقليد. جاء في الوسيط "حكى" الشيء حكاية: أتى بمثله وشابهه. وحاكاه أي شابهه في القول أو الفعل أو غيرهما (مجمع اللغة العربية، 2004، ص190). وجاء في معجم "لسان العرب" أنها من الفعل حكي، الحكاية: كقولك حكيت فلانا وحاكيته، فعلت مثل فعله أو قلت مثل قوله سواء لم أجاوزه (ابن منظور، 191).

ومن بين تعريفات المحاكاة ما يلي:

- وفقا لنايلور وآخرون، فإن المحاكاة هي تقنية عددية لإجراء تجارب على حاسوب عددي والتي تتضمن أنواعًا معينة من العلاقات الرياضية والمنطقية اللازمة لوصف سلوك وبنية نظام العالم الحقيقي المعقد على مدى فترة زمنية (Murthy, 2007, P. 618)
- المحاكاة تقوم بتجارب اصطناعية (artificial) بالاستعانة بالنموذج الذي تم تحديده، تسمح بإنشاء قيم لبعض المتغيرات والتي تكون مطابقة لقوانين التوزيع الاحتمالية

المشاهدة في الحالة الحقيقية، وهذه القيم تشكل عينة اصطناعية .Dodge, 2008, p (6).

انطلاقا من التعريفات السابقة يمكن القول أن المحاكاة هي طريقة تسمح بتقليد نظام حقيقي، وذلك بإنشاء نظام تجريبي يكون كصورة طبق الأصل له، حيث يسمح هذا النظام بالتحليل والتنبؤ من خلال التحكم في مدخلاته.

2.2. مميزات وأهمية المحاكاة:

تتميز المحاكاة بمجوعة من الخصائص، تجعلها ذات أهمية كبيرة في التحليل والتنبؤ، ويتجلى ذلك في النقاط التالية:

- ✓ المحاكاة هي البديل المتاح لدراسة معظم الأنظمة المعقدة التي تحتوي في الواقع على عناصر عشوائية يصعب وصفها بصورة دقيقة بواسطة النماذج الرياضية التحليلية (Law, A.M., 2000, p. 115).
- ✓ يمتاز أسلوب المحاكاة عن غيره من الأساليب الرياضياتية الكلاسيكية في أّن اتجاهه يكون معاكساً لاتجاه تلك الأساليب، والتي تبدأ عادة ببيانات ومعلومات كي تنتهي بأنموذج رياضياتي. وهذا يعني أّن أسلوب المحاكاة يبدأ بالأنموذج الرياضياتي كي ينتهي بتوليد بيانات ذات مواصفات محددة للاستفادة منها لأغراض شتى (إبراهيم شيت، 2010، صفحة 328).
- ✓ المحاكاة توفر بيئة تجريبية لاختبار الفرضيات، وقواعد القرار، والأنظمة المتبادلة للعمليات تحت مختلف الشروط المفترضة، مع إمكانية تقليل وتوسيع الوقت في دورة المحاكاة لتوفير مشاهدات تفصيلية أكثر (Meier, R.C,1969, p. 22).
- ✓ تساعد المحاكاة في دراسة سلوك النظام من دون الحاجة إلى بنائه، كما تساعد أيضًا في العثور على ظاهرة غير متوقعة، وسلوك النظام، وتسهل أيضًا إجراء تحليل "ماذا لو؟" (What if?) (CR Kothari, 2018, P. 229).
- ✓ مع قيام الكمبيوتر بتوليد أرقام عشوائية، سيكون من السهل والسريع سحب العديد من العينات العشوائية ثم فحص التوزيع الناتج. سيوفر هذا عرضًا مرئيًا ملموسًا للأفكار الصعبة والمجردة. بالإضافة إلى ذلك ستتمكن من تشغيل عمليات

المحاكاة الخاصة بك ومقارنة نتائجك بنتائجنا. إذا كانت النقطة غير واضحة، يمكنك دائمًا تشغيل المحاكاة مرة أخرى(BARRETO, 2006, P. 232).

ونشير في الأخير إلى أنه ومع ما للمحاكاة من مزايا عديدة، فإنه تشوبها بعض النقائص، فالمحاكاة لا تعدو أن تكون تجربة إحصائية تخضع للأخطاء المعروفة في التجارب الإحصائية، ولذلك فإن نتائج المحاكاة لا تضمن لنا الوصول إلى الحلول المثلى، ولكنها توصلنا إلى حلول مثلى تقريبية فيما لو صممت هذه التجربة اللازمة لعملية المحاكاة بطريقة صحيحة، ومع أن الأخطاء تقل مع ازدياد حجم العينات المأخوذة إلا أن الأحجام الكبيرة للعينات تعني جهد وتكلفة كبيرين.

3.2. أنواع المحاكاة:

تنقسم المحاكاة إلى محاكاة محددة ومحاكاة عشوائية.

- **المحاكاة المحددة (Deterministic Simulation):** هي محاكاة تعالج مشاكل أين يكون عدم التأكد إما مهملا أو غائب تماما، وفي الحقيقة مثل هذه النماذج نادرة (Yadolah, 2008, p. 4). فهي تتميز من خلال افتراض بأن جميع العوامل التي يتضمنها النموذج تكون معروفة بشكل مؤكد. و النظام المحدد هو النظام الذي يكون سلوكه قابلا للتنبؤ بصورة كاملة، بحيث يجري توفير فهم واضح تماما عن النظام، ومن ثم توقع ما الذي يمكن حدوثه(Pidd, M, 1989, p. 14). وعلى الرغم من كون جميع الأنظمة تتضمن في الواقع بعض العشوائيات، فإن نماذج المحاكاة المحددة تكون مستخدمة كلما كان عدد العشوائيات قليلا أو كان تأثيرها صغيرا (Martinich, J.S, 1989, P. 482).
- **المحاكاة العشوائية أو الاحتمالية (Stochastic or Probabilistic Simulation):** في العديد من الأنظمة يكون أحد مكونات النظام (أو أكثر) عشوائيا، وفي مثل هذه الحالات يكون الاهتمام بالتأثيرات غير المؤكدة على النظام. بعبارة أخرى، فإن التركيز يكون على الكيفية التي يمكن بواسطتها تصميم النظام أو تحديد قواعد التشغيل لتقليل هذه العشوائيات (Martinich, J.S, 1989, P. 482) وهكذا فإن الحل لهذه المشاكل يتمثل باختيار قيم عشوائية من مدى القيم الممكنة بطريقة معينة للحصول على سلسلة من القيم تعطي المميزات نفسها. وذلك يكون باستعمال طريقة معروفة مثل محاكاة مونت كارلو.

وعلى أي حال، فإن من المهم ملاحظة إمكانية استخدام كل من المحاكاة العشوائية والمحاكاة المحددة تبعا لطبيعة المشكلة المدروسة وما يراد تحقيقه من أهداف. والمشكلات العشوائية تكون في الغالب أكثر تعقيدا وأكثر صعوبة للحل من المشكلات المحددة (Pidd, M, 1989, p. 8). وفي مثل هذه الحالات يتم استخدام طريقة أخذ العينات العشوائية، والتقنيات المستخدمة لحل هذه نماذج تسمى تقنية مونت كارلو.

4.2 محاكاة مونت كارلو (Monte Carlo Simulation):

تتم عملية محاكاة النظام الحقيقي بإحلاله بنظام نظري يمكن التنبؤ بسلوكه من خلال توزيع احتمالي معين، ومن ثم يمكن سحب عينة من هذا النظام النظري بواسطة ما يسمى بالأعداد العشوائية، ومن أشهر الطرق المعروقة في أخذ العينات واتخاذ القرارات المتعلقة بها ما يعرف بطريقة مونت كارلو.

وطريقة مونت كارلو هي تقنية محاكاة يتم فيها إنشاء وظائف التوزيع الإحصائي باستخدام سلسلة من الأرقام العشوائية. بالعمل على الحاسوب لبضع دقائق يمكننا إنشاء بيانات لأشهر أو سنوات. تستخدم الطريقة بشكل عام لحل المشكلات التي لا يمكن أن تكون كافية ممثلة بنماذج رياضية أو عندما يكون حل النموذج غير ممكن بالطريقة التحليلية (Murthy,2007, P. 619) .

أ. تعريف محاكاة مونت كارلو:

تسمية هذه الطريقة بمحاكاة مونت كارلو نشأت من التأكيد القائل بأن عجلة لعبة الروليت في كازينو في مونت كارلو (Monte Carlo) هي عجلات ليس فيها انحياز، وبذلك فإن كل رقم من المحتمل أن يظهر بنفس نسبة أو احتمال الظهور لي رقم أخر (Carrie, Allan,1989, p. 28).

أول استخدام لأسلوب المحاكاة مونت كارلو كان من قبل عالم الفيزياء الحائز على جائزة نوبل سنة 1930 إنريكو فيرمي (Enrico Fermi)، حينما استخدم طريقة عشوائية لحساب خصائص النيوترون(حزوري، 2021، صفحة 70). ثم تم تنفيذ هذه الأفكار عام 1946 من قبل ستانيسلو أولام (Stanislaw Ulam) وجون فون نويمان (John von Neumann). فبالرغم من أن طريقة مونت كارلو معروفة لبعض الوقت، إلا أن تطبيقها وعمومية استخدامها في الدراسات العلمية تنسب إلى VonNeumann و Ulam اللذان استخدماها لدراسة مشاكل انتشار النيوترون(سامي ذياب محل، 2012، صفحة 162).

ومن بين تعاريف محاكاة مونت كارلو:

- تعمل محاكاة مونت كارلو على توليد أعداد عشوائية تفيد في التنبؤ والاستدلال الاحصائي، حيث يتم اختيار توزيع إحصائي يعتقد أنه تقريبي للتغيرات المحتملة للمتغير (حزوري، 2021، صفحة 70).
- طريقة مونت كارلو هي في الأساس خوارزمية للحساب، والوصول إلى نتائج تحسب من خلال تكرار العينات العشوائية (Kothari, 2018, P. 121).
- هي كل طريقة عددية لحل مشكلات بواسطة نموذج عشوائي، الذي نستخدم فيه أعداد عشوائية(Yadolah, 2008, p. 11) .
- مصطلح مونت كارلو أصبح مرادفا للمحاكاة الاحتمالية، غير أن طريقة مونت كارلو يمكن تحديدها بصورة أضيق كونها أسلوب اختيار أرقام عشوائية من توزيع احتمالي لاستخدامها في الدورة التجريبية للمحاكاة. إذ تكون هذه الطريقة عملية رياضية تستخدم ضمن نموذج المحاكاة(Russell, R.S, 2008, p. 630) .

فيمكن القول أن طريقة مونت كارلو هي نموذج رياضي عددي احتمالي (عشوائي) تستخدم في حالات عدم التأكد، وهي خوارزمية للحساب تهدف إلى محاكاة نظام نظري، ومن خلال عمليات تكرارية عديدة يتم توليد أعداد عشوائية لإنشاء عينات انطلاقا من التوزيعات الاحتمالية النظرية للمتغيرات المدروسة.

وبعبارة أخرى، طريقة مونت كارلو هو أسلوب محاكاة بواسطة **العينة**، أي بدلا من أخذ العينات من المجتمع، تؤخذ هذه العينات من مجتمع **نظري مماثل**. حيث يحدد **التوزيع الاحتمالي للمتغير** الذي نقوم بدراسته، ثم تؤخذ العينة من هذا التوزيع باستخدام الأعداد **العشوائية**، للحصول على مجموعة من القيم التي تتميز بالخصائص نفسها لتوزيع النظام الذي نرغب في تمثيله.

ب. طرق توليد الأعداد العشوائية (Generation Of Random Numbers):

توليد الأعداد العشوائية هو قلب وروح محاكاة مونت كارلو. ولهذا فمن الأهمية التطرق لمختلف طرق توليد الأعداد العشوائية.

يكون العدد عشوائيا إذا كان احتمال وقوعه مساو لاحتمال وقوع أي عدد عشوائي آخر من مجموعة الأعداد العشوائية.

تعتمد تجارب المحاكاة على سحب عينة من التوزيع الاحتمالي الذي يمثل المجتمع قيد الدراسة من خلال استخدام الأعداد العشوائية على الفترة [0 , 1]، وتخضع هذه الأعداد العشوائية لشرطين (البلخي، صفحة 546):

- تتوزع هذه الأعداد على الفترة [0 , 1] وفقا للتوزيع المنتظم المتصل، بمعنى أن لها جميعا فرصة الظهور نفسها.
- الأعداد المتولدة بشكل متتابع من الفترة [0 , 1] هي أعداد مستقلة وغير مترابطة بالمعنى الإحصائي.

والعدد العشوائي هو العدد المولد من طرف دالة مجهولة السلوك فلا يمكن التنبؤ بالعدد الذي ستولده. وكلما كانت الخوارزمية أو القانون الذي نولد به الأعداد العشوائية أكثر تعقيدا يكون العدد المولد أقرب ما يكون للعشوائية.

لقد صممت عدة طرق لتوليد الأعداد العشوائية المحققة للشرطين السابقين، تعتمد أشهرها على استخدام صيغة تكرارية. ومن طرق توليد الأعداد العشوائية ما يلي:

➢ **طريقة وسيط مربع العدد (Middle–Square Method)**: تعود فكرة هذه الطريقة إلى الباحثين Neumann وMetropolis، وذلك بحدود عام 1946، وتتلخص فكرة الطريقة كالتالي (إبراهيم شيت، 2010، صفحة 328):

✓ اختيار العدد البذرة (seed)، وهو عدد صحيح مؤلف من n من المراتب العشرية.

✓ حساب مربع هذا العدد.

✓ اقتطاع 25% من طرفي العدد الناتج.

✓ العدد الأوسط هو العدد العشوائي الجديد.

✓ وبالإمكان تكرار العملية للحصول على متتابعة من الأعداد العشوائية.

من خواص هذه الطريقة أنها بطيئة التوليد لكثرة العمليات الحسابية المرافقة لعملية التوليد، كما أنها تضمحل بسرعة عندما يكون العدد المولد يساوي صفر. يضاف إلى ذلك أمها ذات دورة قصيرة عادة (إبراهيم شيت، 2010، صفحة 329).

➢ **طريقة التطابق (أو طريقة باقي القسمة)**: هذه الطريقة موصوفة بالصيغة التالية (Murthy, 2007, P. 622):

$r_{i+1} = (ar_i + b)\ modulo\ (m)$.

حيث: a و b و m ثوابت، r_{i+1} و r_i هي الأعداد العشوائية ذات الرتبة i و $i+1$.

والصيغة تعنى أنه لتوليد عدد عشوائي (r_{i+1}) نضرب العدد العشوائي المولد قبله (r_i) بعدد ثابت (a) ثم نضيف إليه كمية ثابتة (b)، ثم نقسم على عدد ثابت m، والعدد العشوائي المولد (r_{i+1}) هو باقي هذه القسمة $(modu)$. وللبدأ بعملية توليد الأعداد العشوائية، يجب تحديد قيمة الثوابت (a و b و m)، بالإضافة إلى القيمة العشوائية الأولية r_0، والتي يطلق عليها اسم "البذرة" (seed).

- **طريقة المعكوس (Inverse Method):**

لتكن R قيمة عشوائية نتحصل عليها من توزيع احتمالي منتظم $(0\ ,1)$.

ولتكن $F(x)$ دالة التوزيع الاحتمالي للمتغير X (مع $0 \leq F(x) \leq 1$).

العدد العشوائي R يجري توليده وجعله مساويا للمعادلة: $F(x) = R$، وذلك للحصول على عينة عشوائية من التوزيع لـ x. ولإيجاد قيمة ، نقوم بحساب المعكوس: $x = F^{-1}(R)$. مع $1 \leq\leq 0$. حيث F^{-1} هي معكوس الدالة F. (Hamdy, 2007, p. 718)

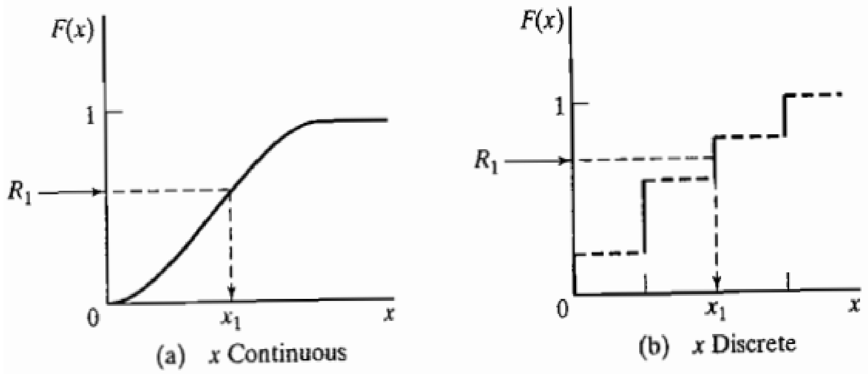
المتغير X يأخذ القيم $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ باحتمال $\{p_1, p_2, \dots, p_n\}$، حيث:

$$\begin{cases} 0 \leq p_i \leq 1 \\ \sum_{i=1}^{n} p_i = 1 \end{cases}.$$

ولتطبيق طريقة المعكوس نتبع الخطوات التالية:

- ✓ توليد أعداد عشوائية R، حيث: $R \sim U(0\ ,1)$.
- ✓ نضع $F(x) = R$.
- ✓ إيجاد قيمة x الموافقة لـ R، أي حساب: $x = F^{-1}(\quad)$.

ويمكن توضيح ما سبق بيانيا كما يلي:



Source: (Hamdy, 2007, p. 714)

- ✓ من القيمة العشوائية الأولى r_1 نتحصل على القيمة الأولى للعينة x_1.
- ✓ من القيمة العشوائية الثانية r_2 نتحصل على القيمة الثانية للعينة x_2.
- ✓ ... وهكذا.

ج. الخطوات المتبعة لمحاكاة مونت كارلو:

للقيام بمحاكاة مونت كارلو، نتبع الخطوات التالية:

- ➢ **تحديد مشكلة وأهداف الدراسة:** يتم في المرحلة الأولى للمحاكاة تحديد المشكلة وأهداف الدراسة. وتحديد العوامل الرئيسية التي لها أكبر تأثير على هدف المشكلة.
- ➢ **تحديد التوزيع الاحتمالي لكل متغير:** يتم تحديد التوزيع الاحتمالي لكل متغير، وذلك بإيجاد دالة الكثافة الاحتمالية لكل متغير من خلال البيانات المتوفرة. أي تحديد نوع التوزيع الذي سيتم استخدامه.
- ➢ **بناء نموذج تقريبي:** وذلك بتحديد متغيرات ومعلمات النموذج. وصياغة قواعد القرار المناسبة، أي تحديد الظروف التي بموجبها يتم القيام بالتجربة. كما يتم تحديد الطريقة التي سيتغير بها الزمن(Murthy, 2007, P. 619). فيتم في هذه الخطوة تحديد المتغيرات لإعداد النموذج الأولي الذي يربط بين المتغيرات وتحديد المجال الممكن لقيم الإدخال.
- ➢ **توليد الأعداد العشوائية لكل متغير:** يتم توليد الأعداد العشوائية من خلال التوزيعات الاحتمالية التي تم تحديدها، بالاعتماد على البرامج الحاسوبية المناسبة.
- ➢ **تحديد عدد مرات التكرار (عدد الدورات):** بما أن طريقة مونت كارلو هي تجربة إحصائية ونتائجها لا تصل إلى حالة الاستقرار إلا بعد تكرارها عدد كاف من

المرات، فيجب تكرار تجربة المحاكاة عدة مرات. وبشكل عام، كلما كان حجم التكرار كبير، كانت النتائج قريبة من الواقع بشكل أكبر. علما أن العدد المطلوب تكراره عادة يتراوح بين 100 و 5000 دورة (البلخي، صفحة 563).

- **محاكاة التجربة:** وذلك بإجراء التجارب على النموذج الرياضي بتكرار العملية لعدد من المرات للحصول على شكل التوزيع الاحتمالي للنتائج. أي إجراء سلسلة من محاولات المحاكاة.
- **نتائج المحاكاة:** يتم تسجيل نتائج المحاكاة، والتي تضم قيم مخرجات المتغيرات.

3. التعليم بالمحاكاة:

يلاحظ حدوث تطور في بعض المفاهيم المرتبطة بالعملية التعليمية، فمثلا مفهوم التدريس تطور إلى ما يعرف بالتدريس التفاعلي، الذي يعتمد على برامج الكمبيوتر التفاعلية، وقد تبلغ التفاعلية قمتها من خلال برامج التدريس الذكية وبرامج المحاكاة، وتقدم برامج المحاكاة وقائع تفاعلية شبيهة بالحياة الواقعية والخبرات العملية. وتعتبر المحاكاة من أهم استخدامات الكمبيوتر في التعليم الفعال، لأنها تنقل الطبيعة أمام المتعلم، وتسمح له بالتجريب الأمن، والاستمتاع بالتوصل إلى نتائج من خلال القيام بالتجارب والأنشطة المختلفة باستخدام الكمبيوتر (Kurt, Y, 2001, p. 31).

وسنتطرق في هذا العنصر إلى تعريف التعليم بالمحاكاة، ومميزاته، بالإضافة إلى تدريس الاقتصاد القياسي بالمحاكاة.

1.3. تعريف التعليم بالمحاكاة:

من بين التعاريف التي وقفنا عليها للتعليم بالمحاكاة ما يلي:

- عرف التعليم بالمحاكاة في معجم المصطلحات التربوية على أنها تقنية تعليمية تتم بمحاكاة موقف من الحياة الحقيقية، حيث يقوم الطلاب والمعلمون بأداء مواقف تدريسية كمحاولة تهدف إلى جعل النظرية موجهة عملياً وواقعياً (حنا وجرجس، 1998، صفحة 321) .
- المحاكاة التعليمية هي أساليب تطبيقية يتم فيها التعليم والتعلم وفقا لمواقف افتراضية من حيث التجربة والبحث والتحقق، وتتم عملية التعلم فيها بأن يدرس المشاركون مبادئ أساسية عن طريق تطبيقها وملاحظة نتائج هذه التطبيقات (جاد عزمي، 2008، صفحة 434).

- هي نموذج إجرائي مبسط معد مسبقاً، يحاكي (يقلد) بعض مظاهر الحياة الطبيعية أو الاجتماعية أو الاقتصادية وعناصرها وأنشطتها الحقيقية، فيتفاعل فيها المتعلمون مع الموقف التعليمي وشروطه، بحيث يكون المتعلم جزءاً من الموقف ذاته لتحقيق أهداف تعليمية معينة (عطية، 2009، صفحة 419).
- هي تمثيل المواقف من خلال نماذج معينة، وتساهم هذه النماذج في عرض الأفكار والمعلومات وغرس القيم بطريقة مشوقة وجذابة، يتقبلها الطالب، كما تتيح فرصة للمشاركة الفعالة للمتعلم (اللقاني، 2000، صفحة 109).

انطلاقا من التعريفات السابقة، نقول أن التعليم بالمحاكاة هو أسلوب تعليمي يستخدم عادة لتقريب المفاهيم ولتجريب الطرق والأساليب العلمية في بيئة افتراضية تحاكي الواقع الحقيقي، تمكّن المتعلمين من الفهم الدقيق لهذه المفاهيم، وتسمح لهم بتطبيق وتجريب هذه الطرق، من خلال التحكم في المدخلات ومعاينة المخرجات.

2.3. مزايا التعليم بالمحاكاة:

تتمثل بعض مزايا التعليم بالمحاكاة في النقاط التالية:

- تسمح المحاكاة للطالب العودة لأي نقطة يريدها ليعيد ممارستها خارج حدود الزمان والمكان فهي تشجع التعلم الذاتي وترفع من الثقة بالنفس لدى المتعلم.
- يسمح التعليم بالمحاكاة استخدام الوسائط المتعددة، من برمجيات والتمثيل المرئي للمعلومات، وهذا ما يضفي في المحاكاة نوع من المتعة والتشويق والإثارة للاستمرار في العملية التعليمية، وبالعكس تقضي على الملل والروتين التعليمي لدى المتعلم، فتزيد دوافعه للتعلم، وترفع من الفضول والرغبة في الاستكشاف عنده، ومن ثم حب المادة التعليمية، خاصة عند دراسة المادة التعليمية الصعبة والمجردة.
- عند التعليم بالمحاكاة يستعمل المتعلم أكثر من حاسة في التعليم في نفس الوقت (النظر، السماع، اللمس، ...) وهذا ما يؤدي إلى تعلم أفضل وأكثر فاعلية وأبقى أثراً وأقل احتمالاً للنسيان.
- التعليم بالمحاكاة يقلل من وقت العملية التعليمية، فالكثير من المفاهيم العلمية والنظريات يمكن تبسيطها للمتعلمين بنماذج محاكاة بسيطة يمكن تجربتها بالحاسوب وإظهار نتائجها في وقت وجيز.

- التعليم بالمحاكاة هو عملية تفاعلية، بين المعلم والمتعلم والحاسوب، والتعليم التفاعلي أسلوب له الأثر الإيجابي الكبير في التحصيل العلمي وزيادة الفهم والاستيعاب لدى المتعلمين، وترفع من روح التعاون والعمل الجماعي لديهم.
- التعليم بالمحاكاة يزيد من رسوخ المعلومة في الذهن وسهولة تذكرها دون الحاجة إلى حفظها، وذلك لإدراك المتعلم لمغزاها وفهمها على الوجه الصحيح. فهي تشجع التعلم العميق الذي يسهل الفهم بدلا من التعلم السطحي الذي يتطلب الحفظ فقط.
- يتيح التعليم بالمحاكاة الفرصة لتطبيق بعض المهارات التي تم تعلمها في مواقف لا تتوافر في الواقع الحقيقي.
- التعليم بالمحاكاة تنشط التفكير الابتكاري، فقدرة المتعلم في التحكم في مدخلات المحاكاة والتعديل فيها يجعله يحاول في كل مرة التجريب في حالة تغيير أحد المدخلات ومعاينة نتائج هذا التغيير في المخرجات.

3.3. تدريس الاقتصاد القياسي بالمحاكاة:

على مدى العقدين الماضيين، كان لأساليب المحاكاة دور متزايد في مجال الاقتصاد القياسي، ومن المرجح أن تستمر هذه الاتجاهات مع استمرار تحسن تقنيات الأجهزة والبرامج. يوفر الوجود المتزايد لطرق المحاكاة في أهم دوريات الاقتصاد القياسي بعض الأدلة على أن هذه الأدوات التجريبية لا تشغل ببساطة مكانًا صغيرًا في الاقتصاد القياسي (Bekkerman, Anton, 2014, p. 05). وقد زاد التقدم التكنولوجي من قدرات الباحثين على استخدام طرق المحاكاة، وساهمت في زيادة حضور التحليل القائم على المحاكاة في بحوث الاقتصاد القياسي. ويمكن أن تلعب المحاكاة أيضًا دورًا مهمًا كأداة تربوية في تعليم الاقتصاد القياسي من خلال توفير وسيط يعتمد على البيانات للأفكار النظرية التي يصعب فهمها لتقليدها تجريبياً والنتائج ليتم تصورها وتفسيرها بسهولة , (Bekkerman, Anton, 2014, p. 01).

يرى Briand و Hill أنه يمكن أن تكون تجارب مونت كارلو أداة تعليمية قيمة لدورات الاقتصاد القياسي الجامعية، فيمكن استخدام هذه الأداة اليوم في الفصل الدراسي دون الحاجة إلى اكتساب أي تخصص برنامج الاقتصاد القياسي، وتستفيد كتب الاقتصاد القياسي الجامعية من محاكاة مونت كارلو للمساعدة في تعليم المفاهيم الأساسية للاقتصاد القياسي(Genevieve, 2013, p. 60) .

ونجد مثلا (Gujarati, 2009, p. 12) الذي يوضح أنه سيقدم توضيحات باستخدام مونت كارلو، وأيضا (Hill, 2011, pp. 127-129) حيث وضح خصائص مقدرات المربعات الصغرى العادية، كما أوضح (Murray, 1999, pp .308-321) أن محاكاة مونت كارلو توفر جهاز غني لتعلم الاكتشاف، بل هناك كتب مخصصة لهذا الغرض مثل كتاب Barreto (2006).

وذكر Gujarati و Porter أنه سيُطلب من القارئ إجراء تجارب مونت كارلو باستخدام حزم إحصائية مختلفة. ووضح هيل Hill وآخرون خصائص أخذ العينات للمربعات الصغرى ومقدرات الفترات في الفصول الأولى من كتابهم، وفي الفصول اللاحقة قاموا بالاستفادة من محاكاة مونت كارلو لاستكشاف خصائص مقدرات المربعات الصغرى في حالة المتغيرات المستقلة العشوائية والمتغيرات التابعة المحدودة.

ويشير Murray إلى أن تقنيات مونت كارلو تقدم أداة غنية للتعلم بالاكتشاف، ويذكر كذلك أنه كلما استكشفت إمكانات تقنيات مونت كارلو لتعلم الاقتصاد القياسي، أدركت مدى إمكانية طرق مونت كارلو على تسليط الضوء على الدور المركزي لخصائص أخذ العينات في الاقتصاد القياسي. ويوضح Murray كذلك في مقدمته للمعلمين أن كتابه "يبدأ بنهج مونت كارلو في المقدّرات، ويعود إلى تحليلات مونت كارلو لتسهيل التعلم عن عدم ثبات التباين، الأخطاء في المتغيرات، والاتساق.

ودافع (Kennedy, 2009, p. 12) بقوة عن تجارب مونت كارلو كأداة بيداغوجية لتعليم الاقتصاد القياسي، ويقترح استخدام دراسة مونت كارلو لتعليم الطالب مفهوم توزيع العينات والذي يسمح للطلاب بفهم عالم الإحصاء، ويقترح مجموعة من المسائل في الملحق د من كتابه (2008). كما أكد Kennedy أن السبب الأكثر أهمية هو أن الفهم الشامل لدراسات مونت كارلو يضمن فهمًا للعينة المتكررة ومفاهيم توزيع العينات، والتي تعتبر ضرورية لفهم الاقتصاد القياسي. والفكرة العامة وراء دراسة مونت كارلو هي (1) نمذجة عملية توليد البيانات، (2) إنشاء عدة مجموعات من البيانات الاصطناعية، (3) استخدام هذه البيانات لإنشاء عدة تقديرات، و (4) استخدام هذه التقديرات لقياس خصائص توزيع العينات لهذا المقدر (Kennedy, 2009, p. 22).

ويصف Axelrod عددًا من أغراض المحاكاة، أربعة منها قابلة للتطبيق بشكل خاص على الاقتصاد القياسي: الاكتشاف والإثبات والتنبؤ والتعليم، فعلى غرار تطبيقها في

دعم البحث، يمكن أن يساعد استخدام المحاكاة كأداة تعليمية للاقتصاد القياسي في تطوير بيئة تعليمية أكثر فعالية، فالمحاكاة توفر فرصة للتصميم الكامل لعملية توليد البيانات، وإدخال الجوانب التي تحاكي المشاكل التجريبية الشائعة، وتقييم جودة المقدرين في ظل العديد من الظروف البديلة (Bucevska, 2021, p. 02).

ويرى Byker وGregg وMortimer أن الأدبيات التربوية واسعة النطاق تدعم استخدام المحاكاة لمساعدة الطلاب على فهم المفاهيم الإحصائية التجريدية.

ويؤكد Bucevska أن الاقتصاد القياسي هو العلم الذي يدرس فيه المرء الجوانب النظرية والعملية من تطبيق الأساليب الإحصائية للبيانات الاقتصادية لغرض اختبار النظريات الاقتصادية (ممثلة بنماذج منظم بعناية) والتنبؤ السيطرة على مسار المستقبل للمتغيرات الاقتصادية. وبالتالي، لا يكفي تزويد الطلاب بالمفاهيم النظرية، ولكن أيضا مع أمثلة عملية مناسبة بناء على البيانات الحقيقية حتى يتمكنوا من استخدام المعرفة النظرية لتحليلاتهم الخاصة (Bucevska, 2021, p. 02).

ويقول (2001) Becker وGreene أنه يمكن الآن الاعتماد على توافر تكنولوجيا الكمبيوتر غير المكلفة لتحرير كل من المدرب ووقت الطالب لإحضار التطبيقات مباشرة إلى الفصل الدراسي، ففيما يتعلق بالتكنولوجيا، لم يعد لدى معلمي الأساليب الكمية عذر لفشلهم في دمج الجوانب النظرية والعملية لتطبيق الأساليب الإحصائية على البيانات الاقتصادية في تعليمهم بغرض اختبار النظريات الاقتصادية والتنبؤ والتحكم في المسار المستقبلي من المتغيرات الاقتصادية.

ويؤكد (2010) Hendry وNielsen على أن منهج تدريس الاقتصاد القياسي المستخدم في أكسفورد قائم على الكمبيوتر من الاقتصاد القياسي للمبتدئين إلى الاقتصاد القياسي المتقدم، والأهداف هي تمكين الطلاب من إجراء تقييم نقدي لمنشورات الدراسات التطبيقية وإجراء البحوث التجريبية في الاقتصاد. فهما يريان أن التدريس المستندة إلى الكمبيوتر يعزز مهارات الطلاب، أين يتم الدمج عن كثب النظرية والنمذجة التجريبية، وحتى في ذلك الوقت القصير، يمكنهم تعلم بناء نماذج تجريبية معقولة من البيانات.

ويرى (2016) Hendry وMizon أنه يمكن لمحاكاة مونتي كارلو أن تظهر للطلاب التوزيعات المقدرة والاختبار، والسماح بمقارنات بين الحالات المحددة بشكل

صحيح ومحددة من سوء التوصيف، من حيث كل من التقديرات المتحيزة والانحرافات المعيارية غير الصحيحة من الانحرافات المعيارية الصحيحة لتوزيع العينات المسحوبة.

وذكر Hendry و Nielsen ستة أسباب تجعل الوقت الحالي مناسبًا لمراجعة تدريس الاقتصاد القياسي. فخلال ربع القرن الماضي، كان هناك (Nielsen & Hendry :2010, p. 348)

- تغييرات هائلة في التغطية والنهج وطرق الاقتصاد القياسي؛
- تحسينات هائلة في أجهزة الكمبيوتر والأساليب الحسابية؛
- تحسينات على قدرات البرامج والبيانات والرسومات؛
- تطورات كبيرة في طرق التدريس، من المشتقات الرياضية المكتوبة عليها السبورات، من خلال النفقات العامة للعرض على الكمبيوتر المباشر؛
- عدد قليل من المناقشات حول التدريس القائم على الكمبيوتر للاقتصاد القياسي منذ اقترحت النهج القائم على Pc–Give ووصف تاريخها؛
- مناهج جديدة لتدريس الاقتصاد القياسي، مع التركيز على النمذجة التجريبية.

وأكد Bekkerman أن نفس الأسباب التي تجعل طرق المحاكاة مفيدة في البحث (أي فهم الأفكار والنماذج المعقدة من خلال وسيط تطبيقي يعتمد على البيانات) تنطبق أيضًا في شرح كيف يمكن أن تكون المحاكاة مفيدة كأدوات تربوية. أي أن طرق المحاكاة يمكن أن تكون فعالة في وصف المفاهيم الأساسية الصعبة، توفير بيئة تعليمية مرنة غير محدودة بشكل فعال يمكن من خلالها تمثيل الموضوعات النظرية ودراستها باستخدام البيانات. سيؤدي ذلك إلى تحسين قدرات الطلاب على تطوير معرفة أعمق بمفاهيم الاقتصاد القياسي الأساسية، والعمل بكفاءة مع مجموعات البيانات الكبيرة، واكتساب وصقل المهارات لاستخدام أساليب المحاكاة بشكل فعال وتصميم أساليب جديدة (Bekkerman, ,2014, p. 05).

4. تطبيق محاكاة مونت كارلو في الاقتصاد القياسي باستخدام برنامج إفيوز:

سنخصص هذا العنصر لتطبيق محاكاة مونت كارلو، وسنعمل من خلال هذا التطبيق على إبراز أهمية هذه الطريقة في التدريس، وذلك من خلال تقريب وتبسيط بعض المفاهيم الأساسية في الاقتصاد القياسي، خاصة المرتبطة منها بنموذج الانحدار الخطي البسيط.

1.4. تذكير ببعض المفاهيم الأساسية في نماذج الانحدار:

ليكن لدينا نموذج الانحدار الخطي البسيط التالي:

$$.y_i = \alpha + \beta X_i + \varepsilon_i \qquad\qquad i = 1,2, \dots , n$$

عند دراسة الاقتصاد القياسي استطعنا تقدير المعلمات α , β باستخدام طريقة المربعات الصغرى العادية، وبوضع بعض الفرضيات حول الخطأ العشوائي ε_i والمتغير المستقل X، واستخدام نظرية المعاينة تمكنا من اشتقاق التوزيع الاحتمالي للمقدرات $\hat{\alpha} , \hat{\beta}$. وكذلك إجراء اختبار الفروض وإنشاء مجالات الثقة لهذه المعلمات، كما تم إثبات أيضا بعض الخصائص المرغوبة لهذه المقدرات مثل عدم التحيز والكفاءة.

وسنعمل من خلال هذا العنصر التفصيل أكثر حول هذه الفرضيات والنتائج.

افترضنا أن الخطأ ε_i يتبع التوزيع الطبيعي بتوقع معدوم، وبتباين ثابت (غياب مشكلة عدم ثبات التباين) وارتباط ذاتي معدوم (غياب مشكلة الارتباط الذاتي). أي بكل بساطة $\varepsilon_i \rightarrow \mathrm{N}(0, \sigma^2)$

كما افترضنا أن المتغير X متغير غير عشوائي ولا يرتبط مع ε_i .

مع وجود هذه الفرضيات وباستخدام نظرية المعاينة الاحصائية توصلنا إلى أن:

أ. مقدرات المربعات الصغرى العادية $\hat{\alpha} , \hat{\beta}$ غير متحيزة، بمعنى أننا لو سحبنا عينات كثيرة من نفس المجتمع وفي كل مرة نحسب هذه المقدرات، فستكون مختلفة من عينة لأخرى إلا أن متوسطها سيكون قريب جدا من القيم الحقيقية للمعلمات α , β على التوالي.

ب. مقدرات المربعات الصغرى العادية $\hat{\alpha} , \hat{\beta}$ تتبع التوزيع الطبيعي، بمعنى أننا لو سحبنا عينات كثيرة من نفس المجتمع وفي كل مرة نحسب هذه المقدرات فإن منحناها أو مدرجها التكراري سيكون شبيه جدا بالمدرج التكراري للتوزيع الطبيعي.

ونكتب $\hat{\beta} \rightarrow \mathrm{N}(\beta, Var(\hat{\beta})) \quad , \quad \hat{\alpha} \rightarrow \mathrm{N}(\alpha, Var(\hat{\alpha}))$.

ج. تباين المقدرات معروف وتم اشتقاقه، لذلك لو سحبنا عينات كثيرة من نفس المجتمع وفي كل مرة نحسب هذه المقدرات، ثم حسبنا تباين هذه المقدرات فينبغي أن تكون قريبة من هذه التباينات المشتقة، وهي:

$$.Var(\hat{\beta}) = \frac{\sigma^2}{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2} \quad \text{و} \quad Var(\hat{\alpha}) = \frac{\sigma^2 n^{-1} \sum_{i=1}^{n} X_i^2}{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2}$$

أيضا، هذه التباينات المقدرة غير متحيزة، فلو حسبنا في كل مرة التباينات ثم أخذنا المتوسط الحسابي لها، فستكون قريبة من التباينات أعلاه.

د. يمكن بناء مجالات ثقة لهذه المعلمات عند أي مستوى ثقة نريده، فمثلا لو كان مستوى الثقة 95 %، فهذا يعني أننا لو سحبنا عينات كثيرة من نفس المجتمع وفي كل مرة نحسب هذه المقدرات، فستكون 95% من هذه التقديرات داخل هذا المجال.

2.4. استخدام تجربة مونت كارلو في الاقتصاد القياسي:

من خلال عرض النتائج السابقة لنموذج الانحدار الخطي البسيط، يلاحظ أننا في كل مرة نكرر عبارة جد مهمة، هي في الحقيقة مفتاح لاستيعاب بعض المفاهيم الأساسية لعلم الإحصاء، والذي يقوم عليه الاقتصاد القياسي، وهي عبارة: " **لو سحبنا عينات كثيرة من نفس المجتمع، وفي كل مرة نحسب هذه المقدرات فإن...**".

في الحقيقة، هذه العبارة تلخص مغزى تلك المفاهيم الأساسية، ويمكن ترجمة ذلك وايضاحه بمحاكاة مونت كارلو، فيمكن بذلك تدريس هذه المفاهيم وتقريب معناها للمتعلمين من خلال القيام بتجارب لمحاكاة مونت كارلو. وببساطة فإن أسلوب مونت كارلو ما هو إلا تجسيد لتلك العبارة، فهو يسمح بتوليد عينات عشوائية من مجتمع محدد مسبقا، ثم حساب الكميات أو الإحصائيات (Statistics) التي نريدها، من أجل التحقق من النتائج المذكورة آنفا.

وأحيانا يكون الهدف هو حساب كميات مرغوبة لذاتها (مجال ثقة، إحصاء إختبار، ...إلى غير ذلك)، لأنه لا يمكن اشتقاقها رياضيا، وليس من أجل التحقق.

لتوضيح ما سبق أكثر، سنفترض توفر المعلومات التالية حول المجتمع المدروس:

$\alpha = 2 \quad \beta = \quad y_i = \alpha + \beta X + \varepsilon_i \quad \varepsilon_i \rightarrow \mathrm{N}(0, \sigma^2)$

$.0.8 \quad \sigma^2 = 20$

كما نفترض توفر البيانات التالية للمتغير المستقل X (قيمة الدخل لأربعين عائلة بالألف دينار جزائري)، وهو محدد مسبقا وليس عشوائيا:

العائلة i	الدخل X	العائلة i	الدخل X	العائلة i	الدخل X	العائلة i	الدخل X
1	**55**	11	**39**	21	**43**	31	**54**
2	**40**	12	**38**	22	**51**	32	**69**
3	**36**	13	**42**	23	**48**	33	**66**
4	**25**	14	**45**	24	**58**	34	**56**
5	**20**	15	**65**	25	**63**	35	**71**
6	**18**	16	**36**	26	**44**	36	**68**
7	**33**	17	**25**	27	**23**	37	**70**
8	**22**	18	**60**	28	**29**	38	**29**
9	**20**	19	**56**	29	**27**	39	**27**
10	**15**	20	**54**	30	**24**	40	**19**

بمعرفة قيم المتغير المستقل X، وتباين الخطأ العشوائي 2 ، نستطيع حساب تباين المقدرات:

$$\begin{cases} Var(\hat{\alpha}) = \frac{\sigma^2 n^{-1} \sum_{i=1}^{n} X_i^2}{\sum_{i=1}^{n}(X_i-\bar{X})^2} = \frac{20\times82383}{40\times11570,775} = 3,56 \\ Var(\hat{\beta}) = \frac{\sigma^2}{\sum_{i=1}^{n}(X_i-\bar{X})^2} = \frac{20}{11570,775} = 0,00173 \end{cases}.$$

بعد تحديد قيم المعلمات وقيم المتغير X، بقي الآن توليد قيم للأخطاء العشوائية.

باستخدام الحاسوب نقوم بتوليد عينة حجمها 40 مشاهدة من الأخطاء العشوائية التي تتبع التوزيع الطبيعي بتوقع يساوي 0 وتباين يساوي 20، أي $\varepsilon_i \rightarrow \mathrm{N}(0,20)$.

وباستخدام النموذج وقيم المتغير المستقل X، نقوم بحساب قيم المتغير التابع Y (ويمثل في مثالنا الاستهلاك)، ثم نقوم بانحدار Y على X، وذلك لحساب قيم المقدرات وتبايناتها. وهكذا نكرر العملية 1000 مرة.

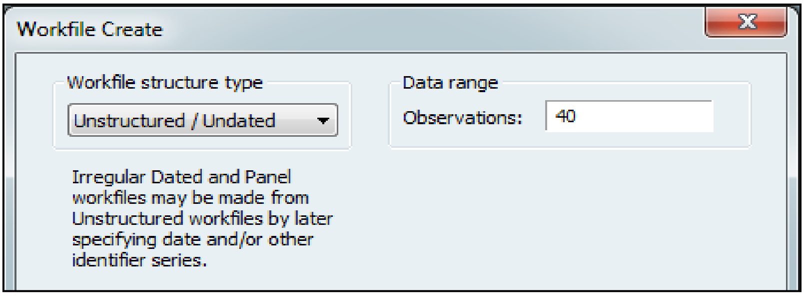
ولا شك أن كل واحدة من العينات الألف (1000) –وحجمها هو 40 مشاهدة–، سيكون لها مجموعة من قيم الخطأ العشوائي، وقيم Y تختلف عن الأخرى. وهكذا فإن المقدرات $\hat{\alpha}, \hat{\beta}, \hat{\sigma}^2$ ستكون مختلفة أيضا من عينة لأخرى.

وبناء على ما تقدم، فإن هذه التجربة للمحاكاة سوف تساعدنا في التحقق من النتائج المذكورة آنفا.

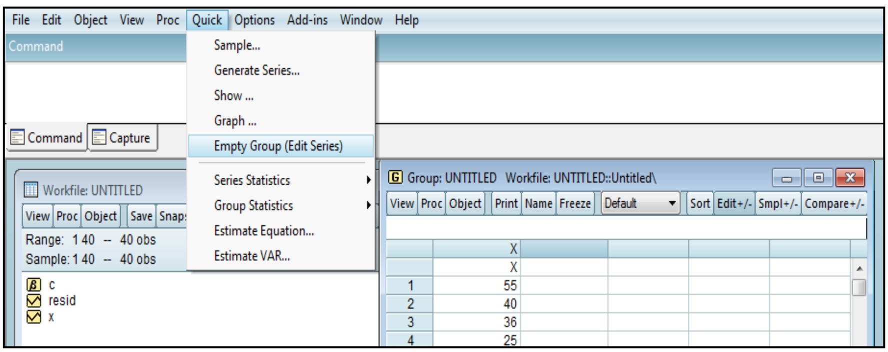
3.4. تطبيق تجربة مونت كارلو على برنامج Eviews:

لتطبيق هذه التجربة على برنامج إفيوز نتبع الخطوات التالية:

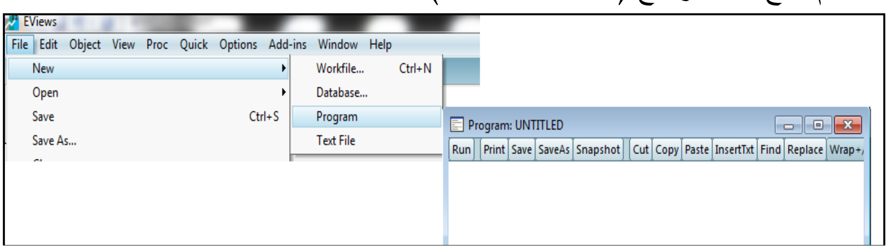
- نفتح ورقة عمل (New Workfile) على برنامج إفيوز تتكون من 40 مشاهدة:



- بعدها ننشئ متغير X نضع فيه القيم السابقة:



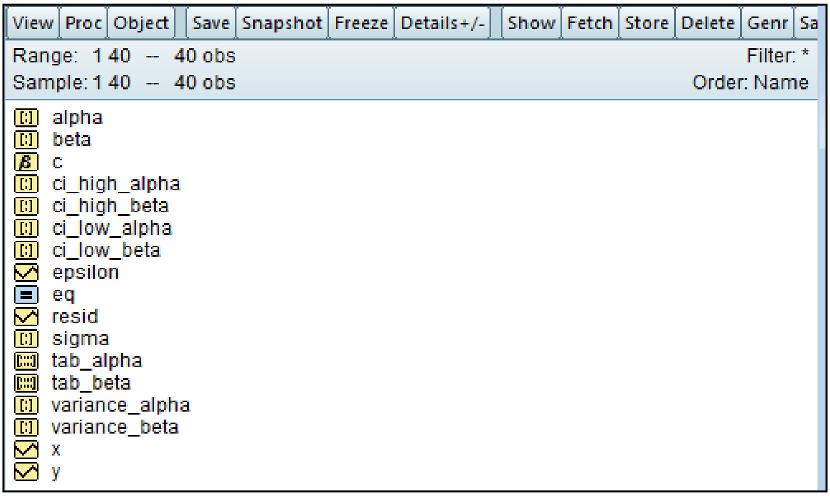
- ثم نفتح ملف برنامج (New Program):



- ثم نكتب فيه الأكواد (الأوامر) التالية:

```
!m =1000 'عدد مرات المحاكاة'
vector(!m) alpha 'إنشاء عمود حجمه 1000 نضع فيه قيم المعلمة ألفا'
vector(!m) beta 'إنشاء عمود نضع فيه قيم المعلمة بيتا'
vector(!m) sigma 'إنشاء عمود نضع فيه قيم تباين الاخطاء سيجما'
vector(!m) variance_alpha 'إنشاء عمود نضع فيه قيم تباين ألفا'
vector(!m) variance_beta 'إنشاء عمود نضع فيه قيم تباين بيتا'
vector(!m) ci_low_alpha 'إنشاء عمود نضع فيه قيم الحد الأدنى لمجال الثقة لألفا'
vector(!m) ci_high_alpha 'إنشاء عمود نضع فيه قيم الحد الأعلى لمجال الثقة لألفا'
vector(!m) ci_low_beta 'إنشاء عمود نضع فيه قيم الحد الأدنى لمجال الثقة لبيتا'
vector(!m) ci_high_beta 'إنشاء عمود نضع فيه قيم الحد الأعلى لمجال الثقة لبيتا'

for !j=1 to !m 'تكرار العملية 1000 مرة'
smpl 1 40 'حجم العينة المستخدمة في التقدير'
series epsilon = @sqr(20)*nrnd 'توليد متغير عشوائي إبسلون يتبع التوزيع الطبيعي بمتوسط 0 وتباين 20'
series y=2+0.8*x + epsilon 'حساب قيم المتغير التابع باستخدام النموذج المفترض'
equation eq.ls y c x 'تقدير المعادلة باستخدام طريقة المربعات الصغرى العادية'

alpha(!j) = eq.@coefs(1) 'تخزين قيم المقدرة ألفا'
beta(!j) = eq.@coefs(2) 'تخزين قيم المقدرة بيتا'
sigma(!j) = eq.@se^2 'تخزين قيم التباين سيجما'
variance_alpha(!j) = eq.@stderrs(1)^2 'تخزين قيم تباين ألفا'
variance_beta(!j) =eq.@stderrs(2)^2 'تخزين قيم تباين بيتا'

ci_low_alpha(!j) = eq.@coefs(1) - (2.02*eq.@stderrs(1)) 'تخزين قيم الحد الأدنى لمجال الثقة لألفا'
ci_high_alpha(!j) = eq.@coefs(1) + (2.02*eq.@stderrs(1)) 'تخزين قيم الحد الأعلى لمجال الثقة لألفا'
ci_low_beta(!j) = eq.@coefs(2) - (2.02*eq.@stderrs(2)) 'تخزين قيم الحد الأدنى لمجال الثقة لبيتا'
ci_high_beta(!j) = eq.@coefs(2) + (2.02*eq.@stderrs(2))'تخزين قيم الحد الأعلى لمجال الثقة لألفا'
next

matrix(!m,3) tab_alpha 'انشاء جدول (مصفوفة) تضم قيمة ألفا وحديها الأدنى والأعلى'
colplace(tab_alpha, alpha,1)
colplace(tab_alpha,ci_low_alpha,2)
colplace(tab_alpha,ci_high_alpha,3)

matrix(!m,3) tab_beta'انشاء جدول (مصفوفة) تضم قيمة بيتا وحديها الأدنى والأعلى'
colplace(tab_beta, beta,1)
colplace(tab_beta,ci_low_beta,2)
colplace(tab_beta,ci_high_beta,3)
```

➢ بعدها نضغط على Run لتنفيذ تجربة المحاكاة التي تستغرق بضع الثواني، ثم تظهر النتائج التالية:



➢ نأتي الآن إلى التحقق من جميع النتائج السابقة:

أ. قيم المقدرات وتبايناتها:

الجدول التالي يوضح العشر (10) قيم الأولى للمقدرات والتباينات (من أصل 1000 قيمة):

	ALPHA	BETA	SIGMA	VARIANCE_ALPHA	VARIANCE_BETA
	C1	C1	C1	C1	C1
R1	4.212333	0.727697	14.87228	2.647236	0.001285
R2	1.050517	0.811039	19.66873	3.500995	0.001700
R3	3.323554	0.786630	18.10891	3.223350	0.001565
R4	0.489568	0.803487	17.36580	3.091079	0.001501
R5	4.717553	0.762620	17.69206	3.149151	0.001529
R6	2.221837	0.794089	19.07856	3.395945	0.001649
R7	4.663492	0.747489	15.77294	2.807552	0.001363
R8	0.241650	0.854148	9.894976	1.761286	0.000855
R9	3.989989	0.755225	9.740551	1.733799	0.000842
R10	7.713364	0.706843	20.16111	3.588637	0.001742

.

نلاحظ من هذه النتائج أن القيم تختلف من عينة لأخرى، وهذا معقول لاختلاف حد الخطأ العشوائي، والذي يتم توليده بطريقة عشوائية من عينة لأخرى. كما أن نظرية المعاينة الإحصائية تهتم بالمتوسطات وليس بكل مفردة على حدا.

ب. تحيز المقدرات:

الآن نتحقق من عدم تحيز هذه المقدرات، وذلك بحساب المتوسطات لألف (1000) قيمة مقدرة، كما هو موضح في الجدول التالي:

	SIGMA	VARIANCE_ALPHA	ALPHA	BETA	VARIANCE_BETA
	C1	C1	C1	C1	C1
Mean	19.97373	3.555284	1.969700	0.800167	0.001726

.

نقارن الأن بين متوسطات المقدرات وبين القيم الحقيقية للمثال التطبيقي:

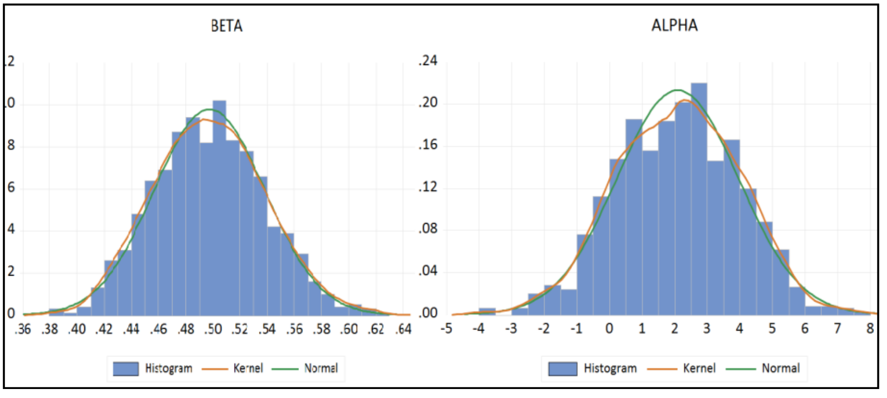
المقدرات	alpha	beta	sigma	variace_ alpha	variance_ beta
المتوسط	1,9697	0,800167	19,97373	3,555284	0,001726
القيمة الحقيقية	2	0,8	20	3,56	0,00173
الفرق	−0,0303	0,0002	−0,0263	−0,0047	0,0000

نلاحظ أن قيم المتوسطات قريبة جدا من القيم الحقيقية، وهذا ما يؤكد نتائج نظرية المعاينة الإحصائية. فمع تكرار عملية المحاكاة 1000 مرة، وفي كل مرة نأخذ عينة من 40 مشاهدة لتقدير هذه الكميات، وذلك بعد توليد قيم عشوائية لحد الخطأ، فإن متوسط القيم المتحصل عليها من تقدير المعلمات وتبايناتها قريبة جدا من القيم الحقيقية، وبالتالي تكون هذه المقدرات غير متحيزة.

وهذا هو المقصود بعبارة " **لو سحبنا عينات كثيرة من نفس المجتمع وفي كل مرة نحسب هذه المقدرات، فستكون مختلفة من عينة لأخرى، إلا أن متوسطها سيكون قريب جدا من القيم الحقيقية للمعلمات α, β على التوالي**".

ج. التحقق من التوزيع الطبيعي للمقدرات:

يمثل الشكل الموالي المدرج التكراري للمقدرتين ألفا و بيتا:



من خلال المدرج التكراري للمقدرات، نلاحظ تقارب كبير بين التوزيع الطبيعي والتوزيع الاحتمالي لهاته المقدرات. وهذا ما يؤكد أيضا صحة نظرية المعاينة الإحصائية واشتقاقاتها من حيث اتباع المقدرات للتوزيع الطبيعي.

وإحصائية جاك بيرا واحتمالها يؤكدان أن المقدرات تتبع التوزيع الطبيعي:

BETA	C1
Jarque-Bera	0.616758
Probability	0.734637

ALPHA	C1
Jarque-Bera	1.306145
Probability	0.520444

وبهذا يتبين أنه بتكرار تجربة المحاكاة عدة مرات، فإن التوزيع الاحتمالي للمقدرات هو التوزيع الطبيعي. أي: $\hat{\beta} \rightarrow N(\beta, Var(\hat{\beta}))$, $\hat{\alpha} \rightarrow N(\alpha, Var(\hat{\alpha}))$.

وهذا هو المقصود بعبارة " **لو سحبنا عينات كثيرة من نفس المجتمع وفي كل مرة نحسب هذه المقدرات فإن منحناها أو مدرجها التكراري سيكون شبيه جدا بالمدرج التكراري للتوزيع الطبيعي**".

د. مجال ثقة المقدرات:

الجدولين التاليين يوضحان العشر (10) قيم للمقدرات (العمود C1) والحد الأدنى لمجال الثقة (C2)، والحد الأعلى لمجال الثقة (C3) (من أصل 1000 قيمة) عند مستوى المعنوية 95%:

TAB_BETA	C1	C2	C3
R1	0.727697	0.655277	0.800117
R2	0.811039	0.727756	0.894323
R3	0.786630	0.706717	0.866543
R4	0.803487	0.725231	0.881743
R5	0.762620	0.683632	0.841607
R6	0.794089	0.712065	0.876113
R7	0.747489	0.672908	0.822069
R8	0.854148	0.795077	0.913220
R9	0.755225	0.696616	0.813833
R10	0.706843	0.622523	0.791162

TAB_ALPHA	C1	C2	C3
R1	4.212333	0.925726	7.498940
R2	1.050517	-2.729094	4.830128
R3	3.323554	-0.303092	6.950200
R4	0.489568	-3.061888	4.041024
R5	4.717553	1.132892	8.302214
R6	2.221837	-1.500637	5.944311
R7	4.663492	1.278830	8.048154
R8	0.241650	-2.439162	2.922461
R9	3.989989	1.330178	6.649800
R10	7.713364	3.886737	11.53999

نلاحظ مثلا في هذه العشر (10) قيم الأولى للمقدرتين ألفا وبيتا، أن كل قيم المقدرات تقع داخل مجال ثقة، وبشكل عام فإن 95% من القيم (أي 950 قيمة من أصل 1000 قيمة) تقع داخل مجال الثقة. وهذا هو المقصود بعبارة " **لو سحبنا عينات كثيرة من نفس المجتمع وفي كل مرة نحسب هذه المقدرات، فستكون 95% من هذه التقديرات داخل هذا المجال**".

5. الخاتمة:

كانت الغاية من هذه الورقة البحثية ابراز مدى أهمية استخدام محاكاة مونت كارلو في تدريس المفاهيم الأساسية للاقتصاد القياسي، فكثير من مفاهيم القياس الاقتصادي

وتحليل السلاسل الزمنية (والإحصائية عموما) تكون غير مفهومة ويكتنفها الغموض لدى الطلبة المبتدئين، خاصة إذا قدمت لهم بطريقة تجريدية بحتة من خلال عرض الصيغ الرياضية وكيفية الحساب فقط. ويزداد هذا الغموض إذا قدمت هاته النتائج دون برهانها وذكر الأسس التي بنيت عليها، والشروط التي يجب توفرها.

والملاحظ كذلك أن العديد من الطلبة المتخصصين في الاقتصاد الكمي ومع أنهم يتقنون الكثير من الأساليب والطرق الكمية، ولهم القدرة على حل العديد من المسائل بهذه الأساليب، لكنهم لا يستطيعون شرح مصطلح كمي ما (مثلا تقدير غير متحيز، مجال ثقة، مستوى المعنوية، ... إلخ)، وهذا راجع في الغالب إلى أنهم لُقّنوا الطرق والأساليب كمية وحفظوا شروطها وخطواتها دون الفهم الحقيقي لهذه الطرق من حيث مغزاها وتبريرها. لذلك نجد الكثير من الكتب المرموقة تتغلب على هذه الصعوبة في الفهم لدى الطلبة بدعمها بتجارب محاكاة مونت كارلو (Monte Carlo Simulation) مثلا.

وقد حاولنا من خلال هذه الورقة البحثية **الإجابة على التساؤلات المطروحة** فبعد تعريف محاكاة مونت كارلو بصفة عامة حاولنا تقديم هذا الأسلوب كوسيلة لتدريس بعض المفاهيم الأساسية للاقتصاد القياسي، وقد ركزنا على مفهوم التحيز، مجال الثقة، والتوزيع الطبيعي. واستعنا في ذلك بمثال تطبيقي باستخدام برنامج Eviews. وقد تمكنا من خلال هذا التطبيق من شرح هذه المفاهيم وتقريب معناها.

وتبقى صعوبة أخرى تكمن في عدم إتقان طلبة الاقتصاد الكمي للغات البرمجة، فالبرامج المعروفة لا تحتوي على واجهة سهلة لتطبيق محاكاة مونت كارلو، على غرار برنامج افيوز Eviews، ستاتا STATA، بل لابد من كتابة أسطر برمجية لتنفيذ تجربة معينة.

وفي الأخير نشير إلى أن هذه الورقة البحثية اقتصرت على تطبيق المحاكاة على بعض المفاهيم للاقتصاد القياسي.

ونقترح استخدام المحاكاة لتدريس العديد من المفاهيم الأخرى، كالاستقرارية، التكامل المشترك، الانحدار الزائف، سوء توصيف النموذج، ... إلى غير ذلك.

6. قائمة المراجـع:

Barreto, H., Howland, F.M., 2006. Introductory Econometrics using Monte Carlo Simulation with Microsoft Excel. Cambridge University Press, New York.

Bekkerman, Anton. « The Role of Simulations in Econometrics Pedagogy », Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics 7, no. 2, December 2, 2014.

Carrie, Allan, « Simulation of manufacturing systems », John Wiley and Sons, New York, 1989.

CR Kothari, S Kalavathy, « Operations Research », Vikas Publishing House, New Delhi, 2018.

David F. Hendry and Bent Nielsen, « A Modern Approach to Teaching Econometrics», EUROPEAN JOURNAL OF PURE AND APPLIED MATHEMATICS, Vol. 3, No3.

David F. Hendry and Grayham E. Mizon, « Improving the teaching of econometrics», Hendry & Mizon, Cogent Economics & Finance (2016), 4.

D. F. Hendry. Using PC-GIVE in econometrics teaching. Oxford Bulletin of Economics and Statistics, 48:87–98, 1986.

D. F. Hendry and J. A. Doornik. The impact of computational tools on time-series econometrics. In T. Coppock, editor, Information Technology and Scholarship, pages 257–269. Oxford University Press, Oxford, 1999.

Dilworth, T.B., « Operation Management », Mcgraw – Hill ,New York , Second Edition , 1996.

Genevieve Briand a, R. Carter Hill, « Teaching basic econometric concepts using Monte Carlo simulations in Excel », International Review of Economics Education, 12, Elsevier Ltd, 2013.

Gujarati, D.N., Porter, D.C., 2009. Basic Econometrics, fifth edition. McGraw-Hill/Irwin, New York.

Hamdy A. Taha, « Operations Research : an introduction », 8th Edition, Pearson Prentice Hall, New Jersey, 2007.

Hill, R.C., Griffiths, W.E., Lim, G.C., 2011. Principles of Econometrics, fourth edition. John Wiley & Sons, New York.

Humberto BARRETO, Frank HOWLAND, « Introductory econometrics Using Monte Carlo Simulation with Microsoft Excel », cambridge university press, UK, 2006.

Kennedy, P.E., 1998a. Using Monte Carlo studies for teaching econometrics. In: Becker, W.E., Watts, M. (Eds.), Teaching Economics to Undergraduates: Alternatives to Chalk and Talk. Edward Elgar, Cheltenham and Northampton.

Kennedy, P.E., 1998b. Teaching undergraduate econometrics: a suggestion for fundamental change. American Economic Review, Papers and Proceedings 88 (2).

Kennedy, P.E., 2008. A Guide to Econometrics, 6th edition. Blackwell Publishing, Malden, MA. Kyd, C. 2011. An Excel tutorial: an introduction to Excel's normal distribution functions. ExcelUSer—For Business Users of Microsoft Excel.

Kennedy, « A Guide to Econometrics », MIT Press, Fourth Edition, 1998.

Kurt, Y. Michael, « The Effect of A Computer Simulation Activity Versus A Handson Activity on Product Creativity Technology Education », Journal Educational Technology, vol13, 2001.

Law, A.M., and Kelton, D.W., « Simulation Modeling and Analysis », McGraw– Hill, Inc., New York, Second Edition, 2000.

Martinich, J.S., « Production and operations Management », John Wiley and Sons, Inc. New York, 1997, p482.

Meier, R.C., and others, « Simulation In Business And Economics », Prentice-Hall, Inc. New Jeresy, 1969.

Murray, M.P., 1999. Econometrics lectures in a computer classroom. Journal of Economic Education 30 (3).

Murray, M.P, « Econometrics: A Modern Introduction », Pearson Education, Boston, 2006.

Nick T. Thomopoulos, « Essentials of Monte Carlo Simulation : Statistical Methods for Building Simulation Models », Springer Science Business Media, New York, 2013.

Pidd, M., Computer Modeling For Discrete Simulation, John Willey and Sons, Ltd., New York, 1989.

Rama Murthy, « Operation research », 2nd Edition, New age International publishers, New Delhi, 2007.

Russell, R.S, and Taylor, B.W, « Production And Operations Management », Prentice – Hall , Inc. , New Jersey , 2008.

Tanya Byker, Amanda Gregg, Dylan Mortimer, « Interactive Web-based Simulations to Teach Econometrics: Making Abstract Concepts Tangible », Journal of Economics Teaching, 2021.

Vesna Bucevska, « Teaching and Learning Econometrics in a Computer Laboratory: Empirical Evidence from TEMPUS CD_JEP "Statistical Methods for Business and Economics" ».

William E. Becker and William H. Greene, « Teaching Statistics and Econometrics to Undergraduates », Journal of Economic Perspectives, Volume 15, Number 4, Fall 2001.

Yadolah Dodge, Giuseppe Melfi, « Premiers pas en simulation », Springer-Verlag France, 2008.

ابن منظور، (1994)، "لسان العرب"، دار الكتب العلمية، لبنان.

أبو القاسم مسعود الشيخ، (2009)، "بحوث العمليات"، المجموعة العربية للتدريب والنشر، الطبعة الثانية، مصر.

أحمد اللقاني، علي الجمل، (2000)، "معجم المصطلحات التربوية المعرفة في المناهج وطرق التدريس"، دار الفكر العربي، القاهرة.

استيته دلال، وسرحان عمر، (2007)، "تكنولوجيا التعليم والتعليم الإلكتروني". الطبعة الأولى، عمان، دار المعارف.

حسن حزوري، أمبيره عبيدو، ميرفت جمعه وهاب، (2021)، " محاكاة القيمة المعرضة للخطر في محفظة الأوراق المالية ذات العائد الثابت باستخدام نموذج محاكاة مونت كارلو مفهوم ومخاطر محفظة السندات"، مجلة دراسات محاسبية ومالية، العدد55، المجلد16.

حنا رمزي وجرجس ميشيل، (1998)، "معجم المصطلحات التربوية"، مكتبة لبنان، بيروت.

زيد تميم البلخي، "مقدمة في بحوث العمليات"، جامعة الملك سعود، المملكة العربية السعودية.

سامي ذياب محل، نصرت عبد الرحيم مداح، (2021)، "المحاكاة: الأداة الأكثر فاعلية في اتخاذ القرار الداري: المفهوم، المبرر، النوع، المنهج، لغاتها وبرامجياتها"، جامعة تكريت – كلية الإدارة والاقتصاد، مجلة تكريت للعلوم الإدارية والاقتصادية، المجلد8، العدد26، 2012.

عاطف حامد زغلول، (2003)، "فعالية المحاكاة باستخدام الكمبيوتر في تنمية المفاهيم العلمية لدى الأطفال الفائقين بمرحلة رياض الأطفال"، المؤتمر السابع للجمعية المصرية للتربية العلمية، كلية التربية بجامعة عين شمس، القاهرة.

عبد الكريم إبراهيم شيت، (2010)، "مدخل إلى مولِّدات الأعداد العشوائية وأسلوب المحاكاة"، مجلة تكريت للعلوم الصرفة، مجلد 15، عدد1.

عبدلي لطيفة، "التحليل الكمي للأخطار المؤسسية باستخدام محاكاة ونت كارلو: دراسة ميدانية لملبنة الإخوة عولة –غليزان–"، مجلة الحقوق والعلوم الإنسانية، جامعة الجلفة، العدد الاقتصادي، 34 (02).

مجمع اللغة العربية، (2004)، "المعجم الوسيط"، مكتبة الشروق الدولية.

محمد عطية خميس، (2009)، "تكنولوجيا التعليم والتعلم"، القاهرة، دار السحاب.

نبيل جاد عزمي، (2008)، "تكنولوجيا التعليم الالكتروني"، دار الفكر العربي، القاهرة.