Tikrit Journal of Administrative and Economic Sciences, Vol. 22, No. 74, Part (2): 796-822
Doi: www.doi.org/10.25130/tjaes.22.74.2.40

Tikrit Journal of Administrative and Economics Sciences
مجلة تكريت للعلوم الإدارية والاقتصادية
EISSN: 3006-9149
PISSN: 1813-1719

Employing a Simulation Model to Quantitatively Measure the Impact of Tax Reward and Penalty Mechanisms on the Competitiveness of Recycled Products

Moudher Kh. Abdal-Hammed* [A], Ahmed Ali Ahmed Al-Rashed [B]
[A] College of Administration and Economics/Tikrit University
[B] College of Industrial Management for Oil and Gas/University of Basra

Keywords:
Monte Carlo simulation, uncertainty, tax mechanisms, Recycled products, traditional products

A R T I C L E I N F O

Article history:

Received	25 May. 2026
Received in revised form	17 Jun. 2026
Accepted	17 Jun. 2026
Available online	30 Jun. 2026

© THIS IS AN OPEN ACCESS ARTICLE UNDER THE CC BY LICENSE
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

*Corresponding author:
Moudher Kh. Abdal-Hammed
College of Administration and Economics/Tikrit University

Abstract: The excessive consumption of manufactured goods makes recycling imperative, but the competitiveness of recycled products remains contingent on several factors, primarily tax policies. This study aimed to measure the impact of tax incentive and penalty mechanisms on the competitiveness of recycled products using a quantitative simulation model. Monte Carlo simulation methodology was employed to analyze the uncertainty in key variables (production costs, raw material price fluctuations, and consumer response). Data was generated based on common distributions of general behavior, and the model was programmed in R. The results showed a clear advantage for recycled products, with an average profit margin of 40.71% compared to 28.78% for conventional products, and a high probability of economic viability (98.00%). The competitiveness index also reached 3.002, reflecting a relative advantage for recycled products at 81.4% compared to 18.6% for conventional products. Analyzing different scenarios, strong incentive policies demonstrated higher competitiveness than current policies. The findings confirm that the effectiveness of tax mechanisms (rewards and penalties) plays a positive role in stimulating the circular sector. The researchers recommend adopting these findings as a roadmap for fiscal policymakers to design integrated tax packages that support the transition to a circular economy and achieve a balance between environmental and economic dimensions.

Tikrit Journal of Administrative and Economic Sciences, Vol. 22, No. 74, Part (2): 796-822
Doi: www.doi.org/10.25130/tjaes.22.74.2.40

توظيف نموذج المحاكاة في القياس الكمي لأثر آليات المكافأة والعقاب الضريبية على تنافسية المنتجات المعاد تدويرها

مظهر خالد عبد الحميد
كلية الإدارة والاقتصاد
جامعة تكريت

احمد على احمد الراشد
كلية الإدارة الصناعية للنفط والغاز
جامعة البصرة للنفط والغاز

المستخلص

إن الاستهلاك المفرط للمنتجات المصنعة يجعل تدويرها ضرورة حتمية، لكن تنافسية المنتجات المعاد تدويرها تظل مرهونة بعوامل عدة، في مقدمتها السياسات الضريبية. هدفت هذه الدراسة إلى قياس أثر آليات المكافأة والعقاب الضريبية على تنافسية المنتجات المعاد تدويرها، باستخدام نموذج محاكاة كمي، واعتمدت منهجية محاكاة مونت كارلو لتحليل عدم اليقين في متغيرات أساسية (تكاليف الإنتاج، تقلبات أسعار المواد الخام، استجابة المستهلكين)، وتم توليد بياناتها بناء على التوزيعات الشائعة لسلوكها العام وبرمجة النموذج بلغة (R). أظهرت النتائج تفوقًا واضحًا للمنتجات المعاد تدويرها، حيث بلغ متوسط هامش ربحها 40.71% مقابل 28.78% للمنتجات التقليدية، مع احتمال تحقيق جدوى اقتصادية مرتفع (98.00%). كما بلغ مؤشر التنافسية 3.002، مما يعكس تفوقًا نسبيًا للمنتجات المعاد تدويرها بنسبة 81.4% مقابل 18.6% للمنتجات التقليدية. وعند تحليل سيناريوهات مختلفة، أظهرت السياسات التحفيزية القوية معدلات تنافسية أعلى من السياسات الحالية. تؤكد النتائج أن فعالية الآليات الضريبية (المكافأة والعقاب) تلعب دورًا إيجابيًا في تحفيز قطاع التدوير، وأوصى الباحثون باعتماد النتائج كخارطة طريق لصانعي السياسات المالية لتصميم حزم ضريبية متكاملة تدعم الانتقال نحو الاقتصاد الدائري، وتحقق التوازن بين الأبعاد البيئية والاقتصادية.

الكلمات المفتاحية: المحاكاة (مونت كارلو)، حالة عدم اليقين، الآليات الضريبية، منتجات معاد تدويرها، منتجات تقليدية.

المقدمة

أدى التطور المتسارع في القرن الأخير لظهور نماذج اقتصادية معقدة، بسبب التفاعل الديناميكي بين متغيراتها وعدم استقرار أسواقها، خاصة فيما يتعلق بالمنتجات الأصلية والمعاد تدويرها من حيث التكلفة، وتغير أذواق المستهلكين، وتقلب أسعار المواد الخام المرتبطة بحالة عدم يقين (كالحروب، والكوارث وسياسات الإنتاج والتسهيلات الريبيبة...الخ). وقد أظهرت الأساليب التقليدية عجزاً عن تحليل أو بناء نماذج تحاكي بدقة هذه التوليفة، لافتراضها ثبات المعلمات أو عدم قدرتها على التعامل مع العشوائية، مما يؤدي لنتائج مضللة. هنا تصدرت منهجية المحاكاة بنموذج مونت كارلو المشهد، كأداة تعتمد على التوليد العشوائي والتكرار الإحصائي لتمثيل سلوك معقد، واستبدال تقييم النتائج بنقاط ثابتة بتوزيعات احتمالية، وقد أثبتت كفاءتها في مجالات عدة (إدارة الإنتاج، المخاطر، التنافس الاقتصادي، إعادة التدوير، وسلوك الزبائن). وهذا يتوافق مع دراسة (Maggauer and Fina (2025)) في تبنيها صعوبة تحقيق نتائج جيدة بالأساليب التقليدية مقارنة بالمحاكاة، التي توفر إطاراً كمياً متقدماً لتقييم المخاطر الاقتصادية بسيناريوهات متعددة. وتُعد طريقة مونت كارلو (MCM) من أكثر الطرق نجاحاً في الحوسبة العلمية لمرونتها، ومن المؤمل توفيرها بتقنيات متطورة لحل مسائل التقدير والتحسين في مجالات المالية والإحصاء والرياضيات

(Kroese et al., 2014). في الحقيقة، تعاني الدراسات التطبيقية للمواد المعاد تدويرها من اعتماد نماذج لا تأخذ الطبيعة العشوائية للمتغيرات الأساسية (كعدم استقرار أسعار المواد الخام وتقلبات تكاليف الإنتاج والتغير المفاجئ في سلوك المستهلكين)، مما يقلل دقة التنبؤات ويعجز عن تقييم المخاطر في بيئة تتسم بعدم اليقين. يعد هذا البحث محاولة جادة لسد الفجوة في موضوع آليات المكافأة والعقاب الضريبية للمنتجات المعاد تدويرها باستخدام نموذج محاكاة مونت كارلو، كإجراء بديل للانتقال من التحليل التقليدي إلى التحليل الاحتمالي، بهدف تحليل دور العقوبة الضريبية في تطوير نشاط صناعي قائم على تدوير المنتجات القديمة، مما يعزز الاستدامة البيئية. انطلق الدافع الرئيس من الحاجة الملحة لإطار تحليلي واقعي ومرن، بمتغيرات مختلفة تعكس أثر التقلبات وعدم اليقين، في بيئة اقتصادية متسارعة وغير مستقرة، إذ تختار هذه الدراسة أسلوب المحاكاة (مونت كارلو) كمنهج ديناميكي لدعم القرار الاقتصادي الرصين. وتتجلى مساهمة البحث في توظيف نموذج مونت كارلو لدمج متغيرات (كتذبذب أسعار الخام، تقلبات تكاليف الإنتاج، واستجابة المستهلكين) في إطار احتمالي، مما يمكن من تحليل الحساسية ومقارنة السيناريوهات، وتحسين دقة تقييم المخاطر المرتبطة بالسياسات الضريبية، وتحفيز الباحثين لإثراء الأدبيات في تدوير المنتجات وفق منهجية بحوث العمليات المتقدمة. كُتب البحث بمنهجية علمية شملت: ملخصاً، مقدمة، والمبحث الأول تضمن بعض الأدبيات المنشورة، دراسة متغيرات البحث، المحاكاة ودورها في ربط المتغيرات، النتائج وتحليلها، ثم الاستنتاجات والتوصيات مع المصادر.

المبحث الأول منهجية البحث

تعتمد منهجية المتبعة على مجموعة متكاملة من الخطوات والإجراءات المنظمة التي تهدف إلى تحقيق أهداف الدراسة والإجابة عن أسئلتها بشكل موضوعي على تحديد أسلوب تأطير نظريا للبحث مع مراعاة ضبط لسياقات العمل لضمان صحة النتائج وموثوقيتها وكما يلي:

أولا. الدراسات السابقة: يُعاني نظام إعادة التدوير من قلة الاهتمام البحث الكافي لمتغيري (المكافأة والعقاب) الضريبية، فلا تزال الدراسات التي تحلّل العلاقة بين سياسات التحفيز المختلفة وتطوير صناعات إعادة التدوير وقدرتها التنافسية محدودة. فأهتم بهذه القضية عدد من الباحثين، حيث قام (Wang et al., 2015) بدراسة آلية المكافأة والعقاب باستخدام نظرية الألعاب (Game Theory - Stackelberg Game Model) لبيان دور سلاسل التوريد ذات الحلقة المغلقة في ظل تدخل حكومي، لإيجاد القيم المثلى لسعر البيع ومعدل استرجاع المنتجات. وفي السياق نفسه، اقترح (Allevi et al.,2018) نهج عدم المساواة التباينية لتقييم آثار اللوائح البيئية (كضريبة الكربون) على شبكة سلسلة التوريد ذات الحلقة المغلقة. وبشكل عام، تكون الأولوية لتحديد التقنيات الأكثر تطوراً لإعادة التدوير، في إشارة لقلة الاهتمام بسياسات التحفيز (Wang et al., 2021). من منظور إقليمي، تناول (Lingling & Hongping (2022))تأثيرات استرداد الضرائب على قرارات شركات إعادة إنتاج المواد المُعاد تدويرها باستخدام نموذج نظري قائم على نظرية الألعاب، بينما درس (Afif & Joltreau (2023))نموذجاً اقتصادياً نظرياً (Tax-Subsidy Model) لتحليل سلوك المنتجين وتوازن السوق. واستخدم (Genic 2024)نموذجاً اقتصادياً تحليلياً للاقتصاد الدائري يدمج السياسة الضريبية، وفي إطار تحليل التكلفة والعائد، استخدم (Lawal 2024) المنهج الوصفي التحليلي لمعالجة التوازن بين التكاليف الأولية والمكاسب طويلة الأجل. واتبع (Shih et al., 2024) المنهج الوصفي بتحليل عبر الزمن لتعظيم صافي العائد الاقتصادي، وطوروا

نموذجاً تنافسياً للمواد الثانوية. وفي سياق التحديات المرتبطة بتطبيق ضريبة على المواد القابلة للتدوير، سلط (Dove et al., 2025) الضوء على خيارات سياسية متعددة، مع اختلافات بين الأنظمة في الاتحاد الأوروبي (إعفاء بريطانيا للمواد التي تحتوي على 30% مواد مُعاد تدويرها، وفرض إسبانيا ضرائب مرتفعة على غير المُعاد تدويرها). كما درس (Dwicahyani et, al. 2025)عوائق إعادة تدوير مخلفات البناء والهدم باستخدام نظرية الألعاب، ودرس (Hu et,al,.2025)تأثير الحوافز الضريبية على الابتكار المؤسسي مع عد المنافسة السوقية متغيراً وسيطاً. وأظهر (Riesfandiari et al., 2025) باستخدام نموذج التوازن العام المحسوب (CGE) أن الحوافز الضريبية (كتخفيض الضرائب على تكنولوجيا التدوير) تحسّن تنافسية قطاع إعادة التدوير. وبنفس الأسلوب، درس (Aurelianisa & Tambunan (2025) أثر الحوافز الضريبية في صناعة إعادة التدوير ضمن الاقتصاد الإندونيسي. يتضح من السياق السردي اهتمام متواضع بدور الآليات الضريبية، ولا تزال الفجوة البحثية قائمة، لذا نسعى من وراء هذه الورقة لتقليصها بأخذ توليفة من المتغيرات (تكاليف الإنتاج، استجابة المستهلكين، تقلبات أسعار المواد الخام) ودراستها مجتمعة بأسلوب محاكاة مونت كارلو، إذ خلت الأدبيات – على حد علم الباحثين – من نموذج محاكاة يجمع بين آليات المكافأة الضريبية والعقوبات المالية مع هذه المتغيرات المؤثرة. إن اختيار الصيغة المتبناة لنموذج المحاكاة يؤطر الفجوة البحثية بدقة واقعية، ويمنح خارطة طريق واضحة لتقليصها.

ثانياً. مشكلة البحث: يواجه منتجو المواد المعاد تدويرها تحديات كبيرة في منافسة المنتجات التقليدية القائمة على المواد الخام الأولية، لا سيما من حيث تكلفة الإنتاج، وسعر البيع، وهياكل التداول. وغالباً ما لا تكون آليات التيسير الضريبي التقليدية كافية لخلق بيئة تنافسية عادلة لهذه المنتجات. لذلك، تُعدُّ صعوبة تقليص الفجوة التنافسية بين المنتجات الأصلية والمعاد تدويرها، وتحفيز الطلب على الأخيرة بشكل فعال، مشكلة رئيسية تنبع بالأساس من عدم وضوح المدى الكمي والتأثير السببي لآليات المكافأة والعقاب الضريبية (المتمثلة في الإعفاءات مقابل ضرائب التلوث). وبناءً على ذلك، يمكن صياغة الإشكالية البحثية في السؤال الرئيس الآتي:

ما مدى تأثير آليات المكافأة والعقاب الضريبية على مؤشرات التنافسية للمنتجات المعاد تدويرها؟

ثالثا. هدف البحث: تركز محاكاة انتاج المواد تدويرها على هدف رئيس يتمثل ببيان دور الآليات العقابية والضريبية في تشجيع الاستثمار في مثل هذا النوع من المشاريع، كجزء من الاهتمام بأدارة العمليات واستدامة والاقتصاد والبيئية من خلال أهداف عدة; كبيان دور مزيج تلك الآليات على كفاءة الإنتاج لتعظيم أرباح المنتجات المعاد تدويرها وبيان الجدوى الاقتصادية منها. علاوة على تقييم أثر هذه الاليات كالضرائب البيئية والاعفاءات على استجابة المستثمرين بتوسيع استثمارات تعظم معدلات إعادة التدوير، وتساهم في تقليل الأسعار بما ينعكس على استجابة المستهلكين على هذا النوع من المنتجات والذي سينعكس إيجابا على حجم المخلفات وتحسين آليات الجمع والفرز، وكفاءة تقنيات إعادة التدوير وتقليل الطلب على المواد الخام البكراو زيادتها على المواد ا لخام الثانوية. أن نموذج محاكاة للأليات العقابية والضريبية يوضح التزام الشركات وأصحاب المشاريع بحدود معينة من قيود الإنتاج عند مراقبة الاثار البيئية بما يجعل منه فرصة تشجيعية لهم للحصول على تسهيلات تساعدهم في تعظيم عوائدهم المالية، من خلال تخفيض الضريبة على المواد الداخلة في الإنتاج وخاصة المعاد تدويرها لتكون أكثر تنافسية وتحقق نسبًا معينة من استخدام المواد المعاد تدوير في منتجاته لتكون قادرة على البقاء في سوق يمتاز بعدم اليقين. ومن الأهداف الحيوية ان يكون موضوع الاستثمار مبنيا

على أساس علمي، يدخل في رسم ملامحه العامة علم بحوث العمليات واحد نماذجه الرصينة ليرسم صورة واضحة تضع المستثمر امام إمكانية اتخاذ قرار سليم.

رابعا. أهمية البحث (Significance of the Study): يمتلك أسلوب إعادة التدوير دورا ملموسا في تقليل النفايات والذي سيساعد في تحسين البيئة و تقليل هدر المواد الخام، لتكون محور أهمية البحث في تناول موضوع المنتجات المعاد تدويرها من جانبين ؛ الأول: نظري يتمثل في تسليط الضوء على الفجوة المعرفية، لتقليصها من خلال تبني نماذج اقتصادية قياسية، تعطي صورة واضحة للربط بين السياسات الضريبية وسلوك سلع هكذا نوع من المنتجات في السوق لقطاع الاقتصاد الدائري، والذي يعد مجالا بحثيا مبتكرا لحدثة الموضوع نسبيًا، بالإضافة الى عرض إطار مفاهيمي منهجي لتحليل وفهم فعالية استراتيجيات جديدة تعتمد)المكافأة والعقاب(في سياق السياسات البيئية والصناعية الحديثة، والثاني: تطبيقي يتبنى نموج محاكاة مونت كالو بدل الأساليب التقليدية، والذي يوفر لصانعي القرار والسياسات التسويقية أداة)نموذج(يمكنهم من استخدامها لمحاكاة الآثار المتوقعة لتشريعات ضريبية مختلفة قبل تطبيقها، وبيان مدى حساسيتها، مما يساعد في اتخاذ قرارات أكثر دقة وفعالية بأسلوب علمي رصين، ويسهم في مساعدة مستثمري قطاع التدوير على فهم العوامل الضريبية المؤثرة على جدوى مشاريعهم وتنافسية منتجاتهم في سوق تتسم بعدم الاستقرار، بغية تمكينهم من تقييم المخاطر والتحديات التي تواجههم والفرص المتاحة امامهم بشكل أفضل، من أجل تحقيق أهداف التنمية المستدامة عن طريق توفير أدوات عملية فعالة تشجع على حفظ الموارد وتقليل النفايات لتحقيق الاستدامة.

خامساً. فرضيات البحث (Research Hypotheses): ينطلق المسار البحثي من الفرضيات الآتية:

H01: لا تؤدي آليات (المكافأة والعقاب) الضريبية على المنتجات المعاد تدويرها لتعظيم قدرتها التنافسية.

H02: لا يحسن تطبيق آليات (المكافأة والعقاب) الضريبية مؤشر استجابة الزبائن للمنتجات المعاد تدويرها.

H03: لا تؤدي آليات (المكافأة والعقاب) الضريبية إلى دعم سياسات إعادة التدوير المنتجات للاستدامة البيئية.

المبحث الثاني: الإطار النظري

يستند الإطار النظري في هذا البحث إلى إيضاح مبسط لأساس أسلوب محاكاة سلوك الأنظمة الديناميكية، حيث التركيز على نموذج عام يحاكي أثر آليات العقاب والمكافأة الضريبية لإنتاج المواد المعاد تدويرها في مخرجات المحاكاة. مع الأخذ بنظر الاعتبار اختزال المتغيرات المؤثرة عند نمذجة عمليات إعادة التدوير، وسيتناول الإطار النظري بعض الفقرات وكما يأتي:

أولاً. الأسس النظرية للمحاكاة: إن فهم الأساس النظري لأسلوب المحاكاة ركيزةً أساسية لأي بحث يسعى إلى نمذجة الظواهر الديناميكية أو اختبار السيناريوهات الافتراضية في بيئة محكومة، ومن هذا المنطلق، يتفرع هذا الإطار النظري إلى مفاهيم ومقاربات متكاملة تُشكّل معًا الأدوات التحليلية اللازمة لبناء نموذج محاكاة صالح وموثوق، وذلك على النحو الآتي:

1. **المحاكاة**: تستند المحاكاة إلى مبدأ أساسي هو تمثيل النظام الحقيقي بمجموعة من العلاقات الرياضية والمنطقية التي تصف تفاعل مكوناته، ليُصاغ مفهومها كـ (Simulation) بأنها مجموعة تعليمات

تُجُمع كتقنية كمية يتم تركيبها لبناء نموذج حاسوبي يحاكي سلوك نظام افتراضي او حقيقي في فترة زمنية محددة، يتم تشغيله على أجهزة الحاسوب لمراقبة سلوك النظام تحت ظروف معينة غالبا ما يتم تحديدها مسبقا وفق خصوصية النظام (المشكلة) قيد الدرس، بهدف فهم وتقييم سلوكه وتحليله بغية التنبؤ به في ظل سيناريوهات مختلفة تحيط بكل جوانبه. في الواقع، قام وليام سيتي غويست بتطوير أساليب المحاكاة باستخدام البطاقات المصنفة لتطوير واختبار (اختبار t) المشهور بـ(t ستيودنت)، والذي كان بمثابة وضع الحجر الاساس لأسس الإحصاء الاستدلالي الحديث (Zabell, 2008)، ليتم تطوريها في اربعينات القرن العشرين بصيغتها الحديثة لتصبح أداة علمية مبتكره على يد كل من ستانيسلو أولام وجون فون نيومان، عن طريق مشروع مانهاتن بتطبيقهم تقنيات المحاكاة العددية على دراسة انتشار (النيوترونات في المواد الانشطارية) (Metropolis, & Ulam, (1949) Eckhardt, (1987) بالاعتماد على أجهزة الحاسوب، والذي يعد كنقلة نوعية في توظيف اجهزة الحوسبة الالكترونية في حل المشكلات (الفيزيائية) المعقدة التي يتعذرايجاد حلول تحليله لهاً، أو بالاعتماد على الإمكانيات البشرية، ليطلق العنان للمحاكاة كأداة أساسية في مختلف المجالات كالمالية والهندسة والأوبئة والبيئة...الخ، لتتنوع تطبيقاتها لتشمل نمذجة الأحداث المتقطعة (Discrete-Event Simulation)، ونمذجة النظم الديناميكية (System Dynamics)، والمحاكاة الوكيلة أو القائمة على الوكيل (Agent-Based Simulation) (Scheideggerواخرون (2018))، وفي حقيقة الأمر، تبقى هذه النماذج تعاني من تحديا كبيرا هو إمكانية التعامل مع حالة عدم اليقين (Uncertainty) والتي تنتج عن عشوائية كامنة في المتغيرات المؤثرة أثناء التفاعل ما بينها في الواقع. لتبرز الحاجة لمنهجية مونت كارلو والتي تعد إطار رياضيا يمكنه من دمج العشوائية بنماذج المحاكاة، ليعطي نموذجا قادرا على تحليل المخاطر وتقدير فترات الثقة بدقة يمكن الاعتماد *عليها في التنبؤ بسلوك النظام*.

2. **مونت كارلو الأساس والتطور:** تعد محاكاة مونت كارلو (Monte Carlo Simulation) منهجية إحصائية مبتكرة تستند على مبدأ أخذ عينات عشوائية متكررة (Repeated Random Sampling) من توزيع المتغيرات المستقلة الاحتمالية المحددة مسبقاً، والتي تمثل متغيرات النظام قيد الدرس، إذ تعتمد على الية تطبيق العلاقات الرياضية التي تربط تلك المتغيرات بالمتغيرات التابعة، وبعد الحصول على نتائج يتم تحليل توزيعاتها المتولدة ليتم الوصول إلى التقديرات الكمية وفترات الثقة حول المتغيرات النظام قيد الدرس ((Newendorp, (1976) .تاريخيا يشير اسم الطريقة إلى (كازينو مونت كارلو) في موناكو، بناء على الطبيعة العشوائية لتي تقوم عليها، والتي وظفت في بداية الأمر في نموذج محاكاة لدراسة خصائص النيوترونات وتصميم الحماية من الاشعاع في مشروع منهاتن (Metropolis & Ulam, 1949)، ليكون خط الشروع لاستخدام تقنية الـ(مونت كارلو) كأداة عملية علمية تستخدم بصورة أساسية لحل المشكلات الكبيرة والمعقدة والتي يصعب حلها تحليلياً، وبالأخص المشاكل أو التجارب العملية ذات الكلف العالية أو تلك التي يستحيل تطبيقها أو تنفيذها بصورة مباشرة فاصبحت مسارا بحثيا يُستخدم لتحليل ونمذجة الأنظمة والمواقف في العالم الحقيقي والتي توصف بالتعقيد، واطلق التقدم التكنولوجي العنان للحوسبة الالكترونية لتسخر هذه الطريقة وتجعل من الممكن تطبيقها بسهولة، في إشارة للعائق المتمثل في التعقيد الحسابي ((Kwak, & Ingall, (2007). بشكل عام، تعتمد مونت كالو في منهجيتها على أسس رياضية مسلم بها كمتوسط نتائج عدد كبير من التجارب العشوائية يتقرب من القيمة المتوقعة النظرية وهو ما يعرف بقانون الأعداد الكبيرة ((Law of Large Numbers) Vasileva, & Zuliani, (2018))

وبناء فترات الثقة حول المقدرات (Jiang, واخرون. (2020)) كواحد من مبادئ نظرية النهاية المركزية (Central Limit Theorem) L. تتكون المنهجية العامة لأسلوب طريقة مونت كارلو كالآتي: (1) تحديد بدقة المتغيرات العشوائية التي تحكم النظام لتكون الأساس في النموذج ومعرفة توزيعاتها الاحتمالية المناسبة، (2) استخدام مولدات الاعداد العشوائية (Random Number Generators) ذات الجودة والدقة العالية لتوليد قيم عشوائية لتلك المتغيرات، (3) الاستفادة من القيم الناتجه واعتبارها مدخلات النموذج الرياضي ووعلى اساها يتم حساب المخرجات، (4) تكرر الخطوات (2-3) آلاف المرات على أن تكون هناك تكرارات تستخدم لإحماء النظام لغرض ايصاله الى حالة السلوك العام له، و(5) يتم الحصول على التوزيعات التكرارية للمتغيرات وتحليلها لمعرفة المتوسطات والتباينات وفترات الثقة واحتمالات السيناريوهات الممكن استخدامها بناء على ما تقدم المختلفة.((Furness, (2011)) . تبدأ عملية تنفيذ المحاكاة باستخدام منهجية مونت كارلو، والتي تصمم بسلسلة محددة من الخطوات المتتابعة لمحاكاة الواقع الاقتصادي، المتمثل بتأثير الآليات الضريبية المزدوجة على مؤشرات تنافسية المنتجات المعاد تدويرها، بتحديد المتغيرات العشوائية الرئيسية، ومن ثم يتم تحليل البيانات التاريخية وطبيعة كل متغير بغية اختيار التوزيعات الاحتمالية المناسبة لها (Zhang & Wang, (2022). يتم الربط في النموذج الرياضي المتكامل بين متغيرات المدخلات ومؤشرات الأداء المطلوب حسابها، كمهمة لتغطية العلاقات السببية بين السياسات الضريبية وتكاليف الإنتاج واستجابة المستهلكين، ففي الواقع، أنها تمثل في حقيقتها استجابة السوق. بعد ذلك، تنفذ سيناريو هات محتملة بواقع (10,000) باستخدام تقنيات أخذ العينات العشوائية، في كل واحد منها تركيبة فريدة من قيم المتغيرات العشوائية التي دخلت في النموذج ((Chen & Smith, (2023). وقد نفذ برنامج عملية المحاكاة باستخدام لغة R الإحصائية، والتي قد تستغرق وقتا حتى تنتهي كل السيناريوهات المولدة على جهاز حاسوب بمواصفات عالية. أخيراً، وبعد الانتهاء يتم تحليل النتائج المجمعة باستخدام الأساليب الإحصائية مختلفة ومناسبة كمقاييس التشتت والنزعة المركزية، علاوة على اجراء تحليلات الحساسية، واختبار دلالة النتائج، والتي تعد بمثابة قاعدة بيانات شاملة تبقى جاهزة لاستخلاص الاستنتاجات وتقديم التوصيات حول الموضوع قيد الدرس.

ثانياً. توزيع المتغيرات: عادة ما يستخدم التوزيع المناسب لوصف كيف توزيع بعض المتغيرات عند المحاكاة، ولمعرفة توزيع (المتغير) تكاليف الإنتاج، يتم اتباع خطوات محددة لبيان توزيعها واثبات انها تتبع ما (التوزيع الطبيعي)، لتأخذ دورها بشكل ناجحا في عملية المحاكاة التي لا تحتاج إلى بيانات حقيقية، فيتم وضع فرضيات تعتمد على الخبرة في سلوكها الواقعي. ففي هذا السياق، يمكن افتراض متوسط (المتغير) الإنتاج (أو معدل الإنتاج) يتبع توزيعاً منتظماً (Uniform distribution) بمتوسط (20) (Hatami, واخرون 2014)، كما يهتم الباحثون بالانحراف المعياري كمقياس يتوجب اتباعه خشية أن يكون النموذج أقل واقعية (Ilar, واخرون (2008) عندما تملك البيانات انحراف (مرتفع) الى حد ما، ففي الحقيقة، تُقدم معلومات مضللة ومحدودو الى حد ما من قبل التباين أو الانحراف المعياري (للمتغير) لتكلفة الإنتاج بسبب شكل بياناتها غير المتماثل لتوزيع الكثافة الاحتمالية (للمتغير) لتكلفة الإنتاج، إذ إن نمذجة المحاكاة الدقيقة تعتمد على اختيار التوزيع الذي يمثل الآلية الحقيقية للظاهرة للعملية، وليس مجرد توزيع شائع أو بسيط. هنا يأتي الدور الحقيقي لاستخدام المتوسط والانحراف المعياري في تحديد موقع (متوسط)البيانات، وكيفية انتشارها (الانحراف المعياري). ففي عملية المحاكاة، يكون الدور الحقيقي لاستخدام افتراضات تبنى على الأساس

الواقعي، لتكون وصفا لسلوك (المتغير) تكاليف الإنتاج حسب الخبرة. إذ يتم توليد بيانات لتكاليف الإنتاج حسب ارقام عشوائية (دراسة سلوك تلك البيانات حسب الاختبارات الإحصائية) والتي عادة ما يتم تعزيزها بالرسوم البيانية للتأكد من أن بيانات تكاليف الإنتاج تتبع ذلك التوزيع (التوزيع الطبيعي)، فبعد اثبات سلوك البيانات يمكن توظيفها لتوليد بيانات تكاليف الإنتاج العشوائية حسب دالة التوزيع الذي تسكله البيانات، إذ استخدمت في نموذج المحاكاة التوزيعات الآتية:

1. **التوزيع الطبيعي**: يتبع عدد كبير من المتغيرات العشوائية المستقلة (كتكاليف الإنتاج والطلب) التوزيع الطبيعي بغض النظر عن توزيعاتها الأصلية، وذلك لكثرة العوامل المستقلة المؤثرة فيها. يُستخدم هذا التوزيع لنمذجة المتغيرات التي تتوزع بشكل متماثل حول متوسطها. فإذا كان المتغير العشوائي $X \sim N(\mu, \sigma^2)$، فدالة الكثافة الاحتمالية هي:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

إذ إن (μ:يمثل المتوسط، σ: يمثل الانحراف) (Cimbala (2013)، وهذا ما تسكله تكاليف التشغيل الثابتة نسبيا أو تلك التي تمتلك انحرافات طفيفة في كفاءة الإنتاج، فاعتماد نماذج تقريبية زمنية (Chronological Simulation) يمكنها التعامل في توليد هذه التوزيعات، إذ استخدمه (2002 واخرونDelson) لمحاكاة أنتاج توزيعات تقريبية للمتغيرات (لكلف الإنتاج الطاقة). فبعد هكذا سيناريو سيتم انجاز عملية المحاكاة، التي تعكس كيف تعمل البيانات في الحياة الواقعية ويدعم اتخاذ قرارات عمليات الإنتاج. ليأتي دور تحليل النتائج ومراجعة تكاليف الإنتاج حسب سلوك للبيانات انف الذكر. فأن اجراء الاختبارات لحساب المتوسط والانحراف المعياري لكل المتغيرات من (للأرباح أو التكاليف)، وتحليل مدى تذبذب البيانات، سيسهم في معرفة مدى تأثيرها على القرارات، وإن استخدام التوزيع الطبيعي لتحديد بيانات الإنتاج للمواد المواد تدويرها في المحاكاة، يساعد على فهم المشهد الاقتصادي والتسويقي في سياق خيارات انتاجها واستهلاكها. فأن تكلفة الإنتاج التقليدي تبعا لنظرية النهاية المركزية تتبع التويع الطبيعي بـ (σ^2, μ)وذلك بسب مجموعة من العوامل او المتغيرات العشوائية المستقلة التي يرافقها كأسعار المواد وتكاليف الطاقة وأجور العمالة تتبع التوزيع الطبيعي أيضا، كما إن تكلفة الإنتاج المعاد تدويره تتبع ذلك التوزيع مع ملاحظة أن التباين الأكثر سيعكس عدم استقرار انتاجها كصناعة ناشئة، ويتبع نفس السلوك الطلب على المنتجات الأصلية أو التقليدية، لتأثره ببعض العوامل الاقتصادية والديموغرافية ويحذو حذوه الطلب على المواد المعاد تدويرها لكنه يكون اقل في المراحل الأولى من حياة المنتج، ويبرر ذلك نوعا ما لعلاقتها بالأسعار او الذوق العام، وأيضا تتبعها في هذا السلوك تقلبات المواد الخام ولكن لعوامل تتعلق بعشوائية سوق المواد الأولية يكون متوسطها بـ $(\sigma^2, 0)$، ولا يختلف توزيع تقلبات كلفة الطاقة عن هذا السلوك ولكن بتقلبات أسعارها لمتوسط فترة طويلة الأجل، ولا يتخلف سلوك تقلبات تكلفة العمالة لتغيرات أجور ها حول المتوسط.
2. **توزيع بيتا**: يُعد توزيع بيتا أداة إحصائية مرنة لنمذجة عدم اليقين في البيانات النسبية، وهو مناسب للمتغيرات النسبية مثل استجابة المستهلك (كونه يقع بين 0 و1). إذا كان المتغير العشوائي X (استجابة المستهلك) يتبع توزيع بيتا$X \sim B(\alpha, \beta)$ ، حيث α معلمة النجاح و βمعلمة الفشل (Johnson et al., 1994)، يتبع المتغير العشوائي دالة الكثافة الاحتمالية هي:

$$f(x) = \frac{x^{\alpha-1}(1-x)^{\beta-1}}{B(\alpha,\beta)}, 0 \le x \le 1 \dots\dots\dots (2)$$

المتوسط $\mu = \frac{\alpha}{\alpha+\beta}$:يقع بين0)،(1، فاذا $\alpha > \beta$:انحراف نحو اليمين (قيم أكبر من 0.5)، أي زيادة α تدفع التوزيع نحو اليمين، وإذا $\alpha < \beta$:انحراف نحو اليسار (قيم أصغر من 0(5.، أي زيادة βتدفع التوزيع نحو اليسار، مما يعكس سلوك ولاء المستهلك، بينما يكون التباين= σ^2 (: $\frac{\alpha\beta}{(\alpha+\beta)^2(\alpha+\beta+1)}$ في الواقه، أن هذه المرونة تسمح بتمثيل دقيق لاستجابة المستهلكين تجاه المنتجات المعاد تدويرها، وهو أمر أساسي في تحليل نتائج المحاكاة.

3. **التوزيع المنتظم:** أما استخدام التوزيع المنتظم يكون في حالة نقص المعلومات، كما في حالة المتغير كفاءة التكنولوجيا، ففي حالة نموذج المحاكاة يمكن عد هذا التوزيع خيار موفق في حالة غياب المعرفة المسبقة حول طبيعة المتغير العشوائي، بالاعتماد على مبدأ عدم كفاية السبب (Principle of Indifference). يستند المبدأ على افتراض تساوي الاحتمالات لقيم المتغير، ويمتلك التوزيع($X \sim U(a,b)$) دالة الكثافة الاحتمالية:

$$f(x) = \frac{1}{b-a}, \quad a \le x \le b \dots\dots\dots (3)$$

إذ إن (a) هي القيمة الصغرى و(b)هي القيمة العظمى في الفترة ((Park, & Bera, (2009)) والتي تشير ذلك إلى استخدم هذا الأسلوب ضمن المدى [a, b] والذي يعتبر عن الجزء المعلوم معلومات المتغير قيد الدرس، من دون إعطاء أي مؤشر على وجود قيم أكثر شيوعاً داخل هذه الفترة. في الواقع وضمن نموذج سياسات تقييم اليات المكافأة والعقاب الضريبية في انتاج وإعادة التدوير، والذي يشير ويدعم حالة نقص المعلومات حول الكفاءة الحقيقية للتكنولوجيا المستخدمة في انتاج المواد المعاد تدويرها، في واقع يشير لغياب بيانات تشغيلية موثقة ودراسات تجريبية سابقة يمكن الرجوع لها لمعرفة سلوك هذا المتغير في الأصل، حيث يفترض السياق لتوزيع المتغير أن جميع مستويات الكفاءة متساوية الاحتمال نظرياً ضمن فترة التوزيع المذكورة سابقا. بناء على هذا المفهوم فان تمثيل كفاءة التكنولوجيا (E) كمتغير عشوائي يتبع توزيعاً منتظماً على مدى مميز بالفترة [a, b]، إن المدى يوضح احتمالية أن يكون احتمال متغير التكنولوجيا أقل كفاءة من الحد الأعلى (b) أو أكبر كفاءة بقليل من الحد أدنى (a) من المستوى لهذا المدى، مع تنظيف البيانات من القيم المتطرفة الشاذة. هذا الافتراض الأخير يمكن من توليد سيناريوهات مختلفة في نموذج المحاكاة دون تحيز مسبق نحو الحصول على نتائج مشجعة. أن تجارب المحاكاة آلاف المرات الافتراضية عن طريق أخذ عينات عشوائية من هذا التوزيع المنتظم لكل عملية محاكاة يتم القيام بها. أن اتباع هذا التوزيع للمتغير والذي يسلك احتمالات متساوية ضمن مدى التوزيع وستعطي نتائج نهائية وتعطي صورة شاملة عن دور السياسة الضريبية في ظل جميع مستويات الكفاءة التكنولوجية الممكنة التي يسلكها هذا المتغير، بما يتيح الاستنتاجات حول آلية المكافأة والعقاب قوية فسيوفر هذا التوزيع أساساً علمياً متيناً لاتخاذ القرار في ظل حالة عدم اليقين بناء على ما توفره البيانات.

المبحث الثالث: متغيرات البحث

يعد استقصاء جميع المتغيرات المؤثرة في محاكاة ظاهرة ما أمر غير ممكن عملياً، سواء كبر المدخلات أو تعدد التوزيعات التي يسلكها كل من المدخلات البيانات أو لارتفاع كلفة النمذجة.

لذا يُعتمد منهجياً على انتقاء أهم المتغيرات الحاكمة، أي تلك التي يُحدث تغيرها أثراً جوهرياً في مخرجات النموذج والحاجة المراد التوصل اليها من خلال عنوان ومضمون البحث، مع إهمال المتغيرات الثانوية أو منخفضة التأثير.وهذا الانتقاء يصبح أكثر حسماً عندما تكون المادة موضوع المحاكاة منتجاً معاد تدويره، وذلك لتغيُّر خصائصه بين الدفعات (نقاء المكونات) مقارنة بالمادة البكر، او السياسات المتعلقة بإنتاجه، وعليه، سيتم التعامل مع متغيرات تتفق وهذا السياق مع افتراضات التبسيط بوضوح، لضمان صحة نتائج المحاكاة وقابليتها للتطبيق والاستنتاج، ولتحقيق ذلك اختيرا المتغيرات الآتية:

أولاً. تكاليف الإنتاج: يعد انتاج المواد بإعادة تدويرها أمرا معقدا، كون إعادة صياغتها بأساليب مبتكره، قد تعطي منتجات أكثر حداثة تختلف في الشكل والهيئة وربما الوظيفة، بما يجعل من تكاليف انتاجها موضوعا في غاية الأهمية، يتضمن نموذج للتنافس الاقتصادي عليها الاعتماد عدة متغيرات، قد يكون الأثر الأكبر فيها لتكاليف الإنتاج، لما تمتلكه من دورا حاسما، في تقبلها، وله الأثر الرئيس في تقلباتها السوقية ايضا، والذي سيشكل عاملاً حرجا في تحديد الجدوى المالية لعمليات تدويرها. في هذا السياق، فأن عدم الاستقرار في تكاليف تشغيل مرافق التدوير يمثل تحديا كبيرا لاستدامة عمليات التدوير من الناحية المالية حسب دراسة (Wang وZhang) ((Zhang, & Wang, (2022)، والتي أكدت على أهمية نمذجة هذا التقلبات باستخدام أساليب علمية حديثة كالأساليب الإحصائية وخاصة الاحتمالية منها، لأنها تعطي صورة أوضح وتتيح تقييماً أكثر واقعية للسياسات المالية الداعمة، بينما يرى كل من (Chen وSmith) في محاكاة التوزيع الطبيعي لتكاليف الإنتاج فرصة كبيرة لإعطاء رؤى قيمة حول نقاط التعادل الحرجة ((Chen, & Smith, (2023).، والتي تمتلك دورا كبيرا في تصميم آليات الدعم الضريبي الفعالة في نماذجه المختلفة. وتبرز أهمية متغير تكاليف الإنتاج في أنه المؤشر الرئيس لحساب الهوامش الربحية، والذي يمتلك دورا محوريا بما لا يقبل الشك في تحديد العتبات الحرجة لاستمرارية المشاريع الاستثمارية في قطاع الإنتاج المستند للتدوير.

ثانياً. استجابة المستهلكين: إن لذوق المستهلكين دورا ملموسا في مدى نمو استهلاك المنتجات المعاد تدويرها، مما يجعلها اما تحديا كبيراً لنجاحها واستدامة انتاجها. في الواقع، فأن استجابة المستهلكين ستكون المتغير الأكثر تأثيراً في نجاح استهلاكها سوقيا، لأن ذوق المستهلك وسلوكه الشرائي سيكون فيصلا في تحديد الطلب الفعلي عليها مقارنة بالمعروض من المنتجات التقليدية. وقد أدرك الباحثون ذلك، وأخذوا على عاتقهم دراسة الموضوع من جوانب مختلفة، فأوضح كل من (Thompson وLee) أن توزيع بيتا يعد توزيع مرنه في نمذجة ظواهر مختلفة، ويمكنه نمذجة تفضيلات المستهلكين بدقة جيدة ((Thompson & Lee, (2023)، بينما أشار الفريق البحثي لـ (Rodriguez) إلى الحاجة الملحة لمعرفة الأنماط الاحتمالية لعلاوات الأسعار الخاصة بالمنتجات صديقة لبيئة. في الحقيقة، أن استعداد المستهلكين لدفع علاوات أسعارها يتبع أنماطاً احتمالية معقدة تتطلب نمذجة متقدمة ((Rodriguez et al., (2022). بناء على ما سبق فأن أهمية متغير استجابة المستهلكين تعد بمثابة الجسر الرابط بين السياسات التحفيزية لإنتاجها وقبول السوق لتلك المنتجات، ذلك يعكس أن فعالية أي دعم ضريبي قد يتوقف على قرار المستهلك النهائي للشراء. كما إن تخفيض الضريبة سيؤدي لخفض الأسعار لهذه المنتجات مقارنة بالتقليدية المستخدمة لنفس الغرض الحياتي، والذي يعد نهجا تحفيزيا للاستهلاك، الذي قد يتجاوز الذوق تبعا للإمكانات المادية المتاحة للمستهلك، مما يؤدي لخلق فرص تسويقيه مضافة إلى ما تم على أساس ذوق المستهلك، والذي غالبا ما يتجاوز ذوقه وفقا

لإمكاناته. هنا يأتي دور الضريبه في تحقيق هذا التوازن بشكل يساعد على تنامي الاستهلاك امام الإنتاج للمواد المعاد تدويرها.

ثالثا: تقلبات أسعار المواد الخام: يتوقف التنافس بين المنتجات التقليدية والمعاد انتاجها على تقلبات أو استقرار أسعار المواد الخام البكر من حيث المبدأ، كعاملاً يمتلك دورا مهما في تحديد نجاحها، فعلى الرغم من كونه عنصراً خارجياً، إلا أنه قد يكون الأكثر تأثيرا في الميزة النسبية لاستهلاك المواد المعاد تدويرها. فعلى سبيل المثال، يرى كل من (Johnson وPatel) أن الارتباط العكسي بين تكلفة انتاج المواد البلاستيكية البكر وأسعار النفط، والذي بدوره يعطي لنمذجة متغير تقلبات أسعار المواد الخام سمة ضرورية لتقييم السياسات المالية بشقها الضريبي (Johnson, & Patel, (2023)). بينما حظيت جدوى أنشطة التدوير حسب راي فريق (Williams) لتقلبات أسعار المواد الخام التقليدية أثرا على هوامش الربح قد يكون بشكل غير مباشر على جدوى أنشطة التدوير (Williams,واخرون (2022)). في هذا السياق، يمكن عد متغير تقلبات أسعار المواد الخام أحد أهم المؤشرات الأكثر ديناميكية في النموذج، فهو قد يغير بشكل جذري من المعادلة التنافسية بين المنتجات التقليدية والمعاد تدويرها وخاصة فيما يتعلق بالحصة السوقية.

المبحث الرابع: الجانب التطبيقي

يعد الفهم للأسس النظرية والمنهجية لنموذج المحاكاة أساسا علميا، سيجسّده الجانب التطبيقي لتلك المفاهيم في سياق عملي قابل للقياس والتحقق، بتطبيق نموذج المحاكاة المُقترح (بأسلوب مونت كارلو) على بيانات المتغيرات التي تم الحصول عليها بمحاكاة توزيعاتها كحالات دراسية محددة، وذلك بهدف استنطاق النتائج واختبار صلاحية الافتراضات في بيئة تحاكي الواقع.

أولاً. الجانب التطبيقي: تساهم التوجهات العالمية الحديثة التشجيع على تبني الاقتصاد الدائري لدوره الكبير في تعزيز استدامة البيئة، هنا تكمن الحاجة الملحة لبيان مدى الجدوى الاقتصادية للمنتجات المعاد تدويرها في حال كان هناك سيناريو الآليات الضريبية القابية منها او التحفيزية، والتي يمكن عدها كميزة تنافسية لتلك المنتجات، تم دراستها مسبقا بعمق ليقارنها بنظيرتها من منتجات المواد الأصلية. أن ما سبق، يضع الباحثين امام تحدى مواجهة هذه السياسات في حالة عدم اليقين التي ترافق تقلب أسعار المواد الأولية واستجابة السوق المتمثل باستجابة المستهلكين وتكاليف الإنتاج. هنا، وفي سياق الاستجابة لتقليص فجوة هذا التحدى وظفت أداة المحاكاة كأحد أساليب بحوث العمليات كأسلوب احصائي متقدم، والتي أجريت باستخدام نموذج محاكاة مونت كالو الوضحة بالكود الزائف كما في الملحق رقم (1) والمخطط الانسيابي لنموذج المحاكاة الموضح في الملحق رقم (2)، وبإعدادات أولية بواقع (25,000) تكرار، بمعدل الحوافز الضريبية = 0.15، ومعدل ضريبة التلوث = 0.10، ودعم إعادة التدوير = 0.05، وبتكلفة الأساسية للمواد الخام = 100، وتكلفة الأساسية للمواد المعاد تدويرها = 120، وتكلفة المواد الخام = 15، وتكلفة المواد المعاد تدويرها = 20، وبطلب الأساسي على المواد الخام = 1000، وطلب الأساسي على المواد المعاد تدويرها = 800، وطلب على المواد الخام = 150، وطلب على المواد المعاد تدويرها = 120، بسعر المواد الخام = 150، وسعر المواد المعاد تدويرها = 160، وبتقلب أسعار المواد الخام = 0.15، وتكلفة الطاقة = 0.05، وتكلفة العمالة = 0.03 على جهاز حاسب محمول من نوع (Core i5,Lenovo) لتحليل مجموعة من المتغيرات، بغية التأكيد على الجدوى الاقتصادية لهذه المنتجات مقارنة بالمنتجات التقليدية، وتم الاخذ بنظر الاعتبار عدة سيناريوهات لتطبيق هذه الاليات (المكافأة، كالإعفاءات الضريبية والعقاب، كفرض

ضرائب على المواد الخام الاصلية)، وبمستوى ثقة بلغ (95%) وبعتبة جدوى اقتصادية (10%) لضمان دقة النتائج وموثوقيتها الإحصائية لجميع التقديرات، من أجل التوصل لإجابة مقنعة لفرضيات البحث التي تحقق الأهداف المرحلية البحث المتمثلة بأثر السياسات الضريبية على التكلفة النسبية للمنتجات المعاد تدويرها واحتمال أن يصبح المنتج المعاد تدويره مقبول للمستهلكين، فضلا عن مناقشة حساسية نتائج السيناريوهات المختلفة لنتائج التقلبات في أسعار السوق.

جدول (1): وصف متغيرات النموذج

المتغير	الحد الأدنى	الحد الأقصى	المتوسط	الانحراف المعياري	معامل الاختلاف
تكلفة التقليدية	41.78	158.00	98.65	14.24	14.40
تكلفة المعاد تدويرها	39.54	211.17	120.09	19.99	16.60
الطلب التقليدي	315.52	1612.87	999.18	149.30	14.94
الطلب المعاد تدويره	329.50	1469.96	800.18	121.41	15.17
استجابة المستهلك التقليدي	0.13	1.00	0.80	0.12	15.10
استجابة المستهلك المعاد تدويره	0.12	0.99	0.70	0.14	20.00

يتضح من النتائج المحصل عليها من الجدول (1)، بعد ضبط معلمات نموذج المحاكاة لمتغيرات الدراسة والمتمثل بـ (تكلفة وأسعار البيع للإنتاج التقليدي والمعاد تدويره، معدل الحوافز الضريبية، معدل ضريبة التلوث، ومعدل دعم المواد المعاد تدويرها، ومعدل الطلب على نوعي المنتجات)، فكان متوسط هامش الربح لتكلفة المواد المعاد تدويرها قد بلغ (120.09) مقابل تكلفة التقليدية البالغ (98.65)، في إشارة لتحقق الفرضية الأولى، والذي يوضح أن الحوافز الضريبة وبما لا يقبل الشك، أنها قد ساهمت في احداث فوارق أدت لتغطيت التكاليف الإضافية الناجمة عن إنتاج المواد المعاد تدويرها، وبتفوق واضح بلغ (81.6) نقطة كمؤشرات إيجابيا يضاف للعوامل التي تشجع قبول التوجه للاستثمار في مشاريع المواد المعاد تدويرها واستدامة البيئة. في حين أشار قيم أدنى تكلفة كأقل نطاق للخسائر المرتبط بالتكلفة وقد بلغ (41.78) مقابل المنتجات التقليدية (39.54) للمعاد تدويرها في بيئة لا تخلو من مخاطر مرتفعة للاستثمار في المنتجات من النوعين انفي الذكر، بدأ يمكن ان يعزى ذلك انه امرا طبيعيا حسب طبيعة المخاطرة عمليا والتي تحكم الربح، ويمكن أن يعبر ذلك في أغلب الأحيان عن سلوك المستثمر الذي يفضل الربح المرتفع مع أخذه بنظر الاعتبار المخاطرة العالية. في حين أشار الطلب على المنتجات التقليدية تفوق قليلا بمتوسط قد بلغ (999.18) مقابل (800.18) على المنتجات المعاد تدويرها، فهذا يشير إلى تحفظ الزبائن على استهلاك المنتجات المعاد تدويرها كنوع من الثقافة الدخيله على حياتهم الفطرية كثقافة عامة يمكن أن يعزي لضعف نمو التوجه لاستهلاكها، من وجهة النظر العامة للثقافة التي قد تكسرها السياسات التشجيعية للضرائب، ليتزامن ذلك مع الحملات الإعلامية، والتي تحذر من استهلاكها، كنوع من الاحترازات الصحية، لكن المحاكاة أوضحت أن الفجوة لم تعد كبيره، بما يجعل الموضوع عقدة سهلة الحل عن طريق التعامل مع تخفيض الأسعار بدعم الإعفاءات الضريبية، وفي السياق ذاته، وقد عكس مؤشر استجابة المستهلك (0.80 مقابل 0.70) ذلك. بما يعطي للاستثمار في المنتجات المعاد تدويرها فرصا واعدة في مجال الإنتاج المستقبلي، ويشير عمق التحليل بهذه الوتيرة إلى أن النموذج في هذا الجزء قد حاكى النموذج الواقعي، وقد أعطى صورة أقرب ما تكون للحقيقة على أرض الواقع. ويناقش الجدول رقم

Tikrit Journal of Administrative and Economic Sciences, Vol. 22, No. 74, Part (2): 796-822
Doi: www.doi.org/10.25130/tjaes.22.74.2.40

(2) واحد من أهم الأهداف العامة، والذي يتمثل بمفاضلة الفرصة الاستثمارية في مجال المنتجات بالمواد الأصلية أو المعاد تدويرها، بتوظيف المؤشرات المذكورة فيه، فأن استخدام مقياس مركب يدمج المتوسط والانحراف،

جدول (2): مؤشر الربح والتنافسية

المؤشر	المتوسط	الانحراف المعياري	معامل الاختلاف	مؤشر الجاذبية	احتمال الجدوى
هامش الربح التقليدي	28.78	14.18	49.27	2.03	28.76
هامش ربح المعاد تدويرها	40.71	13.82	0.339	2.95	40.74
مؤشر التنافسية	3.00	31.90	10.63	0.063	3.002
الفرق في الربحية	11.93	14.30	NA	NA	NA
معدل الربحية المعدل	14.60	NA	NA	NA	NA
معدل الربحية المعدل	26.89	NA	NA	NA	NA

بطريقة تلائم البيانات (معدل الربحية المعدل)، وفية يتم العمل على طرح جزء من التقلب (الانحراف المعياري) من المتوسط، إذ تمثل "علاوة المخاطرة". التي تطلبها هذه الصيغة وهي عمليا موجودة بما يعرف مؤشر (معدل الربحية المعدل=$\mu - (\sigma \times k)$)، إذ إن: (μ) يمثل متوسط الربح (كلما كان مرتفع كان ذلك أفضل)، و(σ)يمثل الانحراف المعياري (كلما كان مرتفع كان اسوء، لأنه يمثل حالة من عدم اليقين)، و(k) يمثل معامل يعكس مدى النفور من المخاطرة، وغالبا ما يؤخذ كقيمة اختيارية ضمن الفترة (0.5 - 2) يتم اختياره كقيمة ثابتة لتحليل الفرص بناء على نوع المادة المنتجة. هنا، يمكن إعطاء صوره أكثر وضوحا عند استخدام مقلوب معامل الاختلاف ليكون كمؤشر لوصف العائد لكل وحدة انحراف معياري بمقياس يمكن تسميته بـ (مؤشر الجاذبية = $\frac{\mu}{\sigma}$)، استنادا لقياس الأداء المعدل حسب المخاطرة، الذي ناقشه (Nagorniak (1982)). وحسب مبدأ مقارنة العائد بالمخاطرة والتي تمثل ابسط صورة لحساب نسبة العائد إلى التقلب(μ/σ) . فعندما نبحث عن الاستقرار فمن الأفضل الحكم حسب مؤشر معامل الاختلاف، والذي يعطي الأفضلية حسب هامش الربح للمنتجات التقليدية، وإذا كنا نبحث عن الربح الأعلى مع الاخذ بنظر الاعتبار ارتفاع المخاطرة نستخدم مؤشر الجاذبية.

جدول (3): مؤشر الربح والتنافسية

المؤشر	المتوسط	الانحراف المعياري	معامل الاختلاف	حدود الثقة	هامش الخطأ	الخطأ النسبي
هامش الربح التقليدي	28.78	14.18	49.27	[28.5977--28.9615]	0.1819	0.63
هامش ربح المعاد تدويرها	40.71	13.82	0.339	[40.5350--40.8894]	0.1772	0.44
مؤشر التنافسية	3.002	31.90	10.63	[2.5929------3.4112]	0.4091	13.63

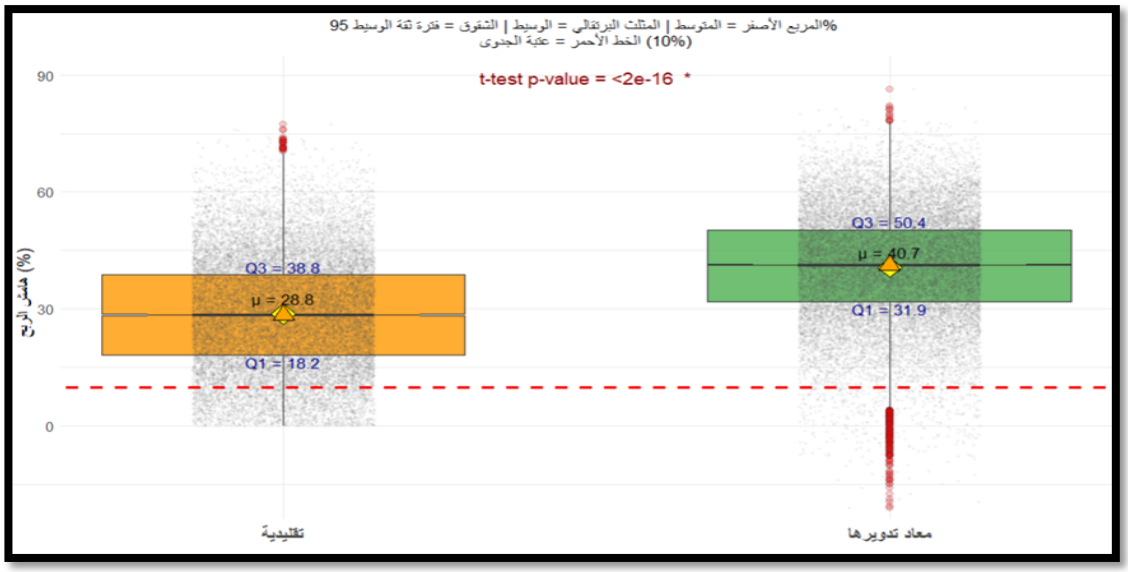
Tikrit Journal of Administrative and Economic Sciences, Vol. 22, No. 74, Part (2): 796-822
Doi: www.doi.org/10.25130/tjaes.22.74.2.40

يتضح من الجدول رقم (3) أن المنتجات المعاد تدويرها تعد الاستثمار الأفضل في ظل اليات الضريبة والعقاب التي تم ضبط معلمات النموذج عليها، فالاستثمار فيها يعد الأفضل لأنه يعطي أعلى عائد وأقل مخاطرة، وتأتي أفضلية الربحية بالنسبة للفئة العليا إذ مثلته المنتجات المعاد تدوّيرها، لأنها تمتلك أعلى متوسط للربح وقد بلغ (40.71) وأقل معامل اختلاف (0.339) خلال المدة، فهذا الخيار متحقق مع الربحية العالية وأيضا يحقق استقرار مقبول، وبهامش لربح المنتج التقليدي حقق متوسط بلغ (49.27)، ومؤشر التنافسية بين النوعين من المنتجات ويبدو أنه غير مستقر نوعا ما وبلغ (10.63)، ويمكن أن نعزي ذلك حسب ترابط البيانات بين الجدولين رقم (2 و3)، والذي يشير لتحقق الفرضية الثانية

جدول (4): الاختبارات الاحصائية

الاختبار	القيمة الإحصائية	درجة الحرية	الدلالة الإحصائية	الدلالة	تفسير النتيجة
اختبار T	9.208300e+10	46666	<2.2e-16	***	فروق معنوية
اختبار ((U) (Mann-whitny)	3.974519e+08	NA	<2.2e-16	***	فروق معنوية
معامل ارتباط بيرسون	4.79000e-01	NA	<2.2e-16	***	ارتباط معنوي

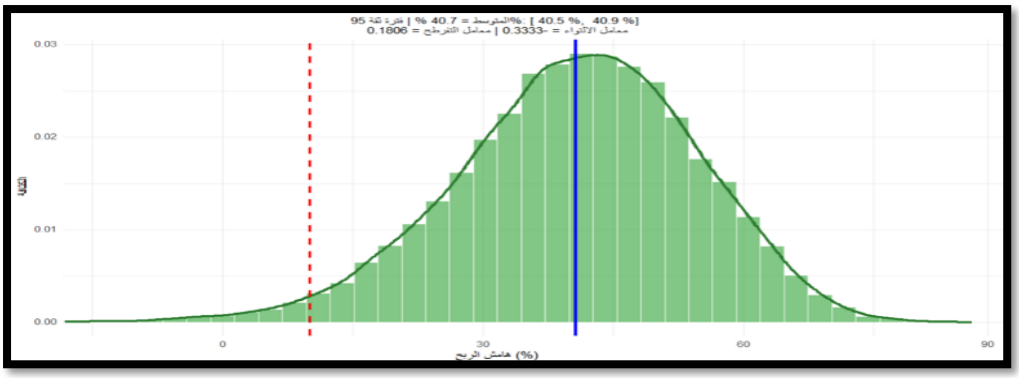
***p<0.001, **P<0.0i, *P<0.05



شكل (1): مقارنة توزيعات هوامش الربح لنوعي المنتجات

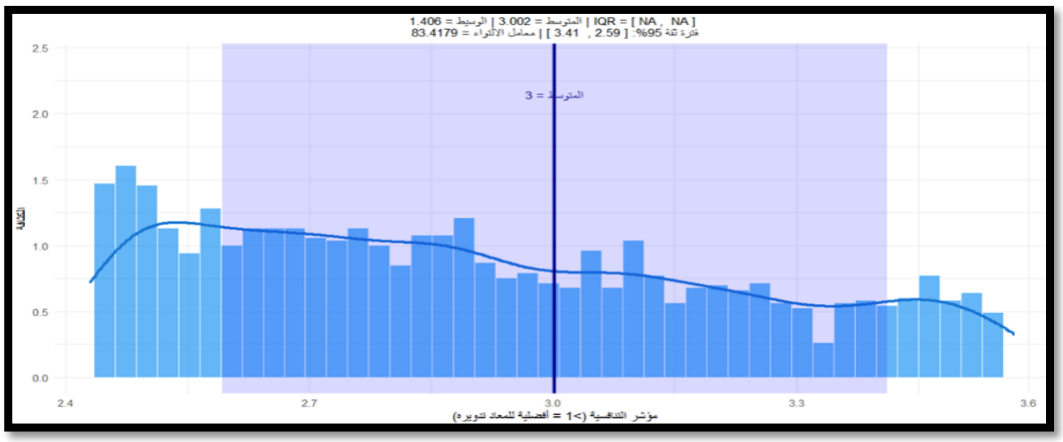
ومن الجدول رقم (4) وهامش الشكل رقم (1) حسب البرنامج بلغة الـ (R)، قد أوضحا أن اختبار (t) الإحصائي، والذي اختير حسب خضوع البيانات لسلوك التوزيع الطبيعي والذي اثبت معنوية الاختبار وإن الفروق بين متوسطات المجموعتين (المنتجات التقليدية والمنتجات المعاد تدويرها) كانت معنوية بمستوى معوية بلغ (0.0001) وهو أقل من مستوى المعنوية (0.05) في حين أن مؤشر التنافسية بينهما لم تخضع بياناتهما للسلوك الطبيعي مما يحتم أخذ اختبار لا معلمي والاختبار المناسب هو اختبار (Mann-whitny) والذي اثبت معنوية كانت معنوية بمستوى معنوية

بلغ (0.0001) وهو اقل من مستوى المعنوية (0.05) وفي السياق نفسه كان معامل الارتباط بين نوعي المنتجات كان معنوي وبنفس المستوى المذكور في الاختبارين السابقين. أن الاختبارين والارتباط يوضحون أن نموذج المحاكاة بتقنية المونت كارلوا كان جيدا وقد مضى بخطوات جيدة ومقبولة، وقد حقق ذلك الفرضية الثالثة للنموذج المقترح. في حين ان الفرق الواضح بين الوسيط والمتوسط والذي يشير أيضا حسب معامل الاختلاف إلى أن البيانات التي تم الحصول عليها قد لا تسلك سلوكا في أحد متغيرات الدراسة، فهامش الربح للمنتجات المعاد تدويرها سلك سلوكا طبيعيا بمعامل التواء وقع ضمن الفترة (1±) والتفرطح وقع ضمن الفترة (3±) كما ظهر في بيانات المرفقة بالشكل رقم (2) في حين أن مؤشر تنافسية استجابة الزبائن وهوامش الربح للمنتجات لم تمتلك هذا السلوك كما موضح في الشكل رقم (3)، لخروج كل من الالتواء والتفرطح عن مدياتها المعتادة.



شكل (2): توزيع ربح المنتجات المعاد تدويرها

وعلى الأغلب تمتلك قيما متطرفة. مع العلم أن نموذج المحاكاة قد توصل إلى متوسط بفترات ثقة صغيرة إلى حد ما وهذا جيد وخطأ معياري منخفض، باستثناء مؤشر التنافسية الذي عانى من بعض المشاكل.



شكل (3): توزيع مؤشر التنافسية بين نوعي المنتجات

تضمنت نتائج برنامج المحاكاة عدة سيناريوهات تم من خلالها، بيان نوع الضريبة او معدل الحوافز اثبات الفرضيات التي تم وضعها قبل القيام بنموذج الدراسة والمحاكاة، حيث يتضح من الجدول رقم (5) أن قيمة معدل الحوافز الضريبية بلغ (0.034) بقوة تأثير ضعيفة ولكنها ايجابيه تزامن ذلك بذات القيمة والتأثير والاتجاه مع دعم إعادة التدوير، في إشارة إلى تزامن قوة التأثير بين

معدل الحوافز الضريبية ودعم إعادة التدوير، وانهما سياستان لهما نفس الدور عند ضبط المعلمات بالقيم الحالية وذلك مؤشر حقيقي لأثبات الفرضية الثالثة.

جدول (5): تحليل حساسية السياسات المتبعة

المتغير	القيمة الحالية	معدل التأثير	قوة التأثير	اتجاه التأثير
معدل الحوافز الضريبية	15	0.034	ضعيف	إيجابي
ضريبة التلوث	10	0.046	ضعيف	إيجابي
دعم اعادة التدوير	5	0.034	ضعيف	إيجابي

بمعنى إمكانية الحصول على نفس التأثير من خلال ضبط المعلمات، والذي يعطي إمكانية التحفيز لجذب الاستثمار باتجاه المنتجات المعاد تدويرها. كما يلاحظ أن ضريبة التلوث رغم أنها كانت عالية نوعا ما إلا أنها لم تكن من الأهمية على الرغم معدل تأثيرها المرتفع الآن ضبط المعلمات تمكن من تحجيم الأثر من دون القدرة على تحجيم دور معدل الحوافز الضريبية ودعم إعادة التدوير.

جدول (6): تحليل حساسية السياسات المتبعة

الفئة	المؤشر	القيمة	الوحدة	التفسير
الربحية	متوسط هامش الربح المعاد تدويره	%	40.71	متوسط هامش الربح للمنتجات المعاد تدويرها
	انحراف هامش الربح المعاد تدويره	%	14.16	التشتت في هوامش الربح
	احتمال الجدوى الاقتصادية	%	98.00	نسبة الحالات التي تحقق هامش ربح ≤ 10%
التنافسية	متوسط مؤشر التنافسية	2.968	نسبة	متوسط تفوق المنتجات المعاد تدويرها على التقليدية
	احتمال التفوق	%	80.30	نسبة الحالات التي تتفوق فيها المنتجات المعاد تدويرها
المقارنه	ميزة الهوامش	%	11.98	فارق متوسط الهوامش (إيجابي=افضلية للمعاد تدويرها)
المخاطر	أسوأ هامش 95	%	16.48	أسوأ هامش ربح متوقع عند مستوى ثقة 95%
جودة المحاكاة	عدد العينات	4657.0	عينة	عدد علميات المحاكاة المنفذة
	خطأ المعايرة	%	31.17	خطأ المعايرة لمؤشر التنافسية

ولخص الجدول رقم (6) عملية المحاكاة والتفسير مما يعطي صورة أوضح لاختبار الفرضيات والتي أثبت هذا الجدول صحتها وإن النتائج المحصل عليها تشير لدور آليات الضريبة والعقاب في تشجيع الاستثمار في المنتجات المعاد تدويرها.

Doi: www.doi.org/10.25130/tjaes.22.74.2.40

جدول (7): تحليل حساسية سياسات معدل الحوافز الضريبية

		معدل الحوافز الضريبية	مؤشر هامش ربح تقليدي	مؤشر هامش ربح معاد تدويره	مؤشر تنافسية%	نسبة تفوق المنتج التقليدي	نسبة تفوق المنتج المعاد تدويره	تأثير معدل الحوافز الضريبية	تأثير معدل ضريبة التلوث	دعم إعادة التدوير
معدل ضريبة التلوث	0.10	0.05	26.28	32.07	2.18	35.6%	65.4%	+	+	+
		0.08	26.28	34.33	2.43	30.3%	69.7%	-	+	-
		0.12	26.28	37.35	2.76	23.3%	76.7%	-	+	-
دعم إعادة التدوير	0.05	0.15	26.28	39.62	3.02	18.6%	81.4%	+	+	+
		0.18	26.28	41.88	3.25	14.4%	85.6%	+	+	+
		0.21	26.28	44.15	3.49	10.8%	89.2%	-	+	-

يتضح من الجدول رقم (7)، أن تغيير سياسة معدل الحوافز الضريبية بدأ من القيمة (0.05) بثبات سياستي معدل دعم إعادة التدوير عند القيمة (0.05) ومعدل ضريبة التلوث عند القيمة (0.10)، والتي يمكن عدهما سياسات عادلة على آليات الإنتاج لتحفيز المستثمرين لانتاج مواد صديقة للبيئة، فلم يكن له أثر على اتجاه أثر ومعدل ضريبة التلوث التي بقت ايجابيه مع مدى الزيادة كاملا، بينما كان أثر ها يتحول من الأثر الإيجابي عند القيمة (0.08) وما بعدها، ليتناغم مع سلبية أثر سياسة دعم منتجات المعادة التدوير الثابتة عند القيمة (0.05)، وعند تغيير سياسة معدل الحوافز الضريبية بثبات سياسة دعم المنتجات معادة التدوير فأن اتجاه الأثر بتناغم مع الأثر الإيجابي لبقية السياسات حتى يعاود عكس الاتجاه (سلبيا) عند القيمة (0.21)، في إشارة إلى أن زيادة سياسة معدل الحوافز الضريبة يتاثر ويؤثر بسياسة معدل دعم المنتجات المعاد تدويرها، مما يعني أن سياسة التحفيز ينبغي أن تكون حذرة وزيادتها يجب أن تتوافق باليات محسوبة جيدا مع سياسة دعم المنتجات المعاد تدويرها، والتي على الرغم من اتجاه الأثر إلا أنها كانت جيدة، ويدعم ذلك قيم مؤشر التنافسية الذي كان لصالح المنتجات المعاد، لأن المؤشر كان أكبر من (1) حتى نهاية مدى تغييرها، ليتراجع تفوق المنتجات الأصلية من (35.6%-10.8%) مقارنة بصعود نسبة تفوق المنتجات المعاد تدويرها من (65.4%-89.2%)

جدول (8): تحليل حساسية سياسات معدل ضريبة التلوث

		معدل ضريبة التلوث	مؤشر هامش ربح تقليدي	مؤشر هامش ربح معاد تدويره	مؤشر تنافسية%	نسبة تفوق المنتج التقليدي	نسبة تفوق المنتج المعاد تدويره	تأثير معدل الحوافز الضريبية	تأثير معدل ضريبة التلوث	دعم إعادة التدوير
معدل الحوافز الضريبية	0.15	0.03	9330.	6239.	881.	%527.	5% 72.	+	-	+
		0.06	9628.	6239.	2.76	%323.	%776.	+	+	+
		0.09	9526.	6239.	433.	%719.	%380.	+	-	+
دعم إعادة التدوير	0.05	0.12	9424.	6239.	4.60	%516.	%583.	+	-	+
		0.15	9322.	6239.	5.17	%8.31	%2.68	+	-	+
		0.18	9220.	6239.	9.30	%511.	%588.	+	+	+

Tikrit Journal of Administrative and Economic Sciences, Vol. 22, No. 74, Part (2): 796-822
Doi: www.doi.org/10.25130/tjaes.22.74.2.40

يتضح من الجدول رقم (8)، أن تغيير سياسة ضريبة التلوث بدأ من القيمة (0.03) بثبات سياستي معدل الحوافز الضريبة التلوث على القيمة (0.15)، ودعم إعادة التدوير عند القيم (0.05))، والتي يمكن عدها سياسة مشجعة لدعم إنتاج المنتجات معادة التدوير بثبات سياسة، وكان عندهما اثره سلبي كما موح في البداية ليتحول الى الأثر الايجابي ليناغم اثر تلك السياستين الثابتين على الأثر الإيجابي، إذ بقت زيادة سياسة معدل ضريبية سلبية حتى القيمة (0.18) لترجع بعدها للتناغم مع الأثر الإيجابي معهم، في إشارة إلى أن زيادة سياسة معدل ضريبة التلوث لم تأثر على شكل اثر تلك السياسات وعادت لتناغم اثرهم الإيجابي في نهاية مداها، ويدعم هذه النتيجة ان مؤشر التنافس كان لصالح المنتجات المعاد تدويرها، لأن المؤشر كان أكبر من (1) صعودا لنهاية مدى تغييرها، وما يؤكد ذلك هو تراجع تفوق المنتجات الاصلية من (27.5%-11.5%) مقارنة بصعود نسبة تفوق المنتجات المعاد تدويرها من (72.5%-88.5%)، وكأن هذه السياسة كانت تعمل منفردة دون اثر يتداخل مع السياستين المذكورين في أعلاه. في حين يتضح من الجدول رقم (9) أن تغيير سياسة دعم اعادة التدوير بدأ من القيمة (0.01)، بثبات سياستي معدل الحوافز الضريبة عند القيمة (0.15)، ومعدل ضريبة التلوث على القيمة (0.10)، كسياسة مشجعة لدعم المنتجات صديقة للبيئة كدعم لإنتاج مواد معاد تدويرها، حيث تذبذب أثرها الايجابي عند القيمة (0.01)، عند الزيادة المنظمة (0.02) ينتقل إلى الأثر السلبي لسياسة معدل الحوافز الضريبة، ويعاود هذا التناغم سياسة معدل الحوافز الضريبة، لكنه لا يؤثر على الأثر الإيجابي على سياسة معدل ضريبة التلوث التي بقت على إيجابية هذا الأثر من بداية المدى إلى نهايته، أن زيادة سياسة دعم المنتجات المعاد تدويرها قد ضبطت إيقاع التنافس بثبات سياستي معدل ضريبة التلوث والحوافز الضريبية، ويدعم هذه النتيجة أن مؤشر التنافس كان لصالح المنتجات المعاد تدويرها، لأن المؤشر كان أكبر من (1) صعودا لنهاية مدى تغييرها، ويتضح ذلك من تراجع تفوق المنتجات

جدول (9): تحليل حساسية سياسة معدل دعم إعادة التدوير

		دعم إعادة التدوير	مؤشر هامش ربح تقليدي	مؤشر هامش ربح معاد تدويره	مؤشر تنافسية%	نسبة تفوق المنتج التقليدي	نسبة تفوق المنتج المعاد تدويره	تأثير معدل الحوافز الضريبية	تأثير معدل ضريبة التلوث	دعم إعادة التدوير
معدل ضريبة التلوث	0.10	0.01	26.28	36.60	2.67	25.1%	74.9%	+	+	+
		0.03	26.28	38.11	2.84	21.8%	78.2%	-	+	-
		0.05	26.28	39.62	3.00	18.6%	81.4%	+	+	+
معدل الحوافز الضريبية	0.15	0.07	26.28	41.13	3.17	15.7%	84.3%	-	+	-
		0.09	26.28	42.64	3.33	13.2%	86.8%	+	+	+
		0.11	26.28	44.15	3.49	10.8%	89.2%	-	+	-

الأصلية من (25.1%-10.8%) مقارنة بصعود نسبة تفوق المنتجات المعاد تدويرها من (74.9%-89.2%) مما يؤكد على وجوب التعامل بحذر عند زيادة التعامل مع سياسة دعم المنتجات المعاد تدويرها للتأكد من ضمان الأثر الإيجابي للسياسات الأخرى. أي إن زيادة الدعم يؤثر على سياسة معدل التحفيز

الاستنتاجات والتوصيات

اولاً. الاستنتاجات: أظهرت نتائج محاكاة مونت كارلو تفوّقاً إحصائياً واضحاً لنموذج المنتجات المُعاد تدويرها – في ظل آليات المكافأة والعقاب الضريبية – مقارنة بالنموذج التقليدي، وذلك عند مستوى دلالة (0.05) لقيمة (p) المحسوبة، وهو ما أكده ارتفاع متوسط الربح. وقد عزز الثقة بالنموذج من حيث (استقرار النتائج، انخفاض الأخطاء المعيارية والخطأ النسبي، وضيق فترات الثقة لمتوسط الربح)، مما يعكس دقة تقدير المتوسط الحقيقي. ورغم هذه الدقة، لوحظ أن التباين مرتفع نسبياً في بعض النتائج الفردية عبر سيناريوهات متعددة، مما يستدعي دراسة معمقة لعوامل لم يُؤخذ بنظر الاعتبار لتقليل هذا التباين (كاختلاف عدد مرات تفوق المنتجات المعاد تدويرها مقابل التقليدية). إجمالاً، أثبت نموذج مونت كارلو بلا شك وجود أثر إيجابي لآليات المكافأة الضريبية أو العقاب على المواد المعاد تدويرها حسب إعدادات النموذج، متجلياً في تفوق ملحوظ وموثوق من حيث متوسط الربح المتوقع، مع الإشارة إلى أن التباين الملحوظ يترك مجالاً لتحسين استقرار النموذج في التطبيقات اللاحقة. كما بيّن تحليل الحساسية أن زيادة السياسات المتبعة، رغم ضعف أثرها، تعكس مؤشر تنافسية مقبول لصالح المنتجات المعاد تدويرها، مما يجعلها فرصة واعدة للاستثمار في هذه المنتجات كأحد عوامل استدامة البيئة.

ثانياً. التوصيات: انطلاقا من تحليل النتائج المحصل عليها والاستنتاجات التي تم التوصل إليها تم وضع توصيات عدة تمثلت بما يأتي:

1. تبني آلية المكافأة والعقاب الضريبية لدعم تنافسية المنتجات المعاد تدويرها، بناءً على قوة الأدلة الإحصائية التي أثبتت تفوق مقبول في متوسط الربح المتوقع.
2. إجراء دراسات معمقة لتحديد العوامل المسببة للتباين العالي في بعض نتائج المحاكاة، والعمل على تضمينها في النماذج المستقبلية لتحسين استقرار النموذج ودقة تنبؤاته.
3. الاستثمار في المنتجات المعاد تدويرها كفرصة واعدة تعزز الاقتصاد والاستدامة البيئية.
4. اجراء دراسات مستقبلية لنماذج محاكاة لمتغيرات أخرى وتضمينها سيناريوهات تحليل حساسية السياسات الضريبية لتحقيق مؤشرات تنافسية أكثر وضوحاً.

المصادر

1. Afif, K., Ba, B. S., & Joltreau, E. (2023). Tax-subsidy schemes for recycling when quantity and quality of waste matter. Available at SSRN 4623369.
2. Allevi, E., Gnudi, A., Konnov, I. V., & Oggioni, G. (2018). Evaluating the effects of environmental regulations on a closed-loop supply chain network: A variational inequality approach. Annals of Operations Research, 261(1), 1-43.
3. Aurelianisa, K., & Tambunan, M. R. (2025). The Role of Fiscal Incentives in Enhancing the Plastic Recycling Industry: Addressing Waste Generation in Indonesia. Jurnal Ilmu Lingkungan, 23(5), 1323-1332.
4. Chen, L., & Smith, R. B. (2023). Tax incentive modeling for circular economy using stochastic simulation approaches. Resources, Conservation and Recycling, 188, 106672. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106672.
5. Cimbala, J. M. (2013). The Gaussian or Normal Probability Density Function. Penn State University.

6. Delson, J. K., Feng, X., & Smith, W. C. (2002). A validation process for probabilistic production costing programs. IEEE Transactions on Power Systems, 6(3), 1326-1336.
7. Dove, A., Lee, R., Farag, H., Macpherson, R., Krause, S., Elsdon-Baker, F., & Čavoški, A. (2025). Promoting the Use of Recycled Plastics: A Taxing Issue. Environmental Law Review, 27(1), 42-50.
8. Dwicahyani, A. R., Pujawan, I. N., & Widodo, E. (2025). Optimising a closed-loop supply chain inventory system with product, material, and energy recoveries under different coordination structures. Operations Research Perspectives, 14, 100326.
9. Eckhardt, R. (1987). Stan ulam, john von neumann. Los Alamos Science, 10(15), 131.
10. European Commission. (2023). Guidelines on Monte Carlo methods for policy impact assessment*. JRC Technical Reports. https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC132489
11. Furness, P. (2011). Applications of Monte Carlo Simulation in marketing analytics. Journal of Direct, Data and Digital Marketing Practice, 13(2), 132-147.
12. Genc, T. S. (2024). A circular economy with tax policy: Using collection channels and returns to mitigate distortions in steel production and recycling. Journal of Cleaner Production, 451, 142120.
13. Hatami, M., Zahraee, S. M., Khademi, A., Shahpanah, A., & Rohani, J. M. (2014). Evaluating the effect of main factors in manufacturing production line based on simulation experiment. Applied Mechanics and Materials, 606, 199-203.
14. Hu, S., Zhou, X., & Li, P. (2025). Tax incentives, market competition, and corporate innovation. Finance Research Letters, 77, 107067.
15. Ilar, T., Powell, J., & Kaplan, A. (2008). simulation of production lines--the importance of breakdown statistics and the effect of machine position. International Journal of Simulation Modelling (IJSIMM), 7(4).
16. Jiang, Y. H., Liu, T., Lou, Z., Rosenthal, J. S., Shangguan, S., Wang, F., & Wu, Z. (2020). MCMC confidence intervals and biases. arXiv preprint arXiv:2012.02816.
17. Johnson, M., & Patel, S. (2023). Raw material price volatility and its impact on recycling economics. *Journal of Cleaner Production, 405*, 136982. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136982
18. Johnson, N. L., Kotz, S., & Balakrishnan, N. (1994). Beta distributions. Continuous univariate distributions, 2, 210-275.
19. Kroese, D. P., Brereton, T., Taimre, T., & Botev, Z. I. (2023). Modern Monte Carlo methods for efficient uncertainty quantification. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics, 15*(2), e1598. https://doi.org/10.1002/wics.1598
20. Kroese, D. P., Brereton, T., Taimre, T., & Botev, Z. I. (2014). Why the Monte Carlo method is so important today. Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics, 6(6), 386-392..
21. Kwak, Y. H., & Ingall, L. (2007). Exploring Monte Carlo simulation applications for project management. Risk management, 9(1), 44-57 .
22. Lawal, S. O. (2024). The economics of recycling: A review compiled with tax and subsidiary, implication for government, decision-makers, enterprises, community, and

analysis cost/benefit and market. ASEAN Journal of Economic and Economic Education, 3(2), 165-188.

23. Lingling, H., & Hongping, Y. (2022). Impacts of tax refund on enterprise's decisions on recycled materials production: A cross-regional perspective. Computers & Industrial Engineering, 167, 108035.
24. Maggauer, K., & Fina, B. (2025). Monte Carlo simulation-based economic risk assessment in energy communities. Energy Reports, 13, 987-1003.
25. Metropolis, N., & Ulam, S. (1949). The monte carlo method. Journal of the American statistical association, 44(247), 335-341.
26. Morio, J., & Balesdent, M. (2021). Advanced Monte Carlo methods for complex project risk analysis. *Journal of Computational Science, 52*, 101418. https://doi.org/10.1016/j.jocs.2021.101418
27. Nagorniak, J. (1982). Risk adjusted equity performance measurement. The Journal of Finance, 37(2), 555-561.
28. Newendorp, P. D. (1976). A method for treating dependencies between variables in simulation risk-analysis models. Journal of Petroleum Technology, 28(10), 1145-1150.
29. Park, S. Y., & Bera, A. K. (2009). Maximum entropy autoregressive conditional heteroskedasticity model. Journal of Econometrics, 150(2), 219-230.
30. Riesfandiari, I., Wahyudi, I. T., & Praja, R. B. (2025). The Impact of Fiscal Incentives on the Indonesian Recycling Industry: A General Equilibrium Analysis. Jurnal Ilmiah Manajemen Kesatuan, 13(6), 4513-4524.
31. Robert, C., & Casella, G. (2022). Introducing Monte Carlo Methods with R.Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-2873-9
32. Rodriguez, A., Martinez, K., & Brown, T. (2022). Consumer behavior towards recycled products: A meta-analysis. Sustainable Production and Consumption, 34, 1-15. https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.08.002.
33. Scheidegger, A. P. G., Pereira, T. F., De Oliveira, M. L. M., Banerjee, A., & Montevechi, J. A. B. (2018). An introductory guide for hybrid simulation modelers on the primary simulation methods in industrial engineering identified through a systematic review of the literature. Computers & Industrial Engineering, 124, 474-492.
34. Shih, H. C., Lai, Y. T., Yang, H. Y., & Ma, H. W. (2024). Development of secondary material competition modelling for evaluation of incentive policies on plastic waste. Journal of Cleaner Production, 434, 140195.
35. Student. (1908). The probable error of a mean. Biometrika, 1-25.
36. Thompson, R., & Lee, K. (2023). Modeling consumer preferences for sustainable products using beta distribution. Ecological Economics, 204*, 107643. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2022.107643.
37. Vasileva, M., & Zuliani, P. (2018). Full version: An evaluation of estimation techniques for probabilistic reachability. arXiv preprint arXiv:1804.03121.
38. Wang, W., Zhang, Y., Zhang, K., Bai, T., & Shang, J. (2015). "Reward–penalty mechanism for closed-loop supply chains under responsibility-sharing and different

power structures. International Journal of Production Economics, 170, 178-190. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.09.003.
39. Wang, R., Zhang, C., Zhao, Y., Zhou, Y., Ma, E., Bai, J., & Wang, J. (2021). Recycling gold from printed circuit boards gold-plated layer of waste mobile phones in “mild aqua regia” system. Journal of Cleaner Production, 278, 123597.
40. Williams, B., Davis, R., & Johnson, P. (2022). Price volatility in virgin materials and its impact on recycling competitiveness. *Resources Policy, 78*, 102845. https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.102845
41. World Bank Group. (2024). “Stochastic modeling for environmental fiscal reforms”. Climate Change and Development Series. https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/39432
42. Zabell, S. L. (2008). On student's 1908 article “the probable error of a mean”. Journal of the American Statistical Association, 103(481), 1-7.
43. Zhang, Y., & Wang, Q. (2022). “Monte Carlo simulation in environmental policy evaluation: A case study of carbon tax mechanisms.” Environmental Modelling & Software, 156*, 105447. https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2022.105447

ملحق (1) (Pseudo-code)

كود زائف لمحاكاة مونت كارلو لـ(تقييم الجدوى الاقتصادية للمنتجات المعاد تدويرها)

```
----------المدخلات----------
----------
-عدد الخطوات، عتبة الجدوى، مستوى الثقة
-المعاملات الاقتصادية: السعر، التكلفة الأساسية، الطلب الأساسي، معدل الحوافز الضريبية، معدل ضريبة التلوث.
-معاملات التوزيعات: (alpha, beta) لتوزيع بيتا، مدى كفاءة التكنولوجيا، انحرافات طبيعية.
المخرجات:
-النتائج بجداول إحصائية، رسوم بيانية، ملخص نهائي للنتائج.
----------
----------
مرحلة التهيئة
(تجنب التكرار) (12345) set. seed-ثبت بذرة لتوليد الأرقام
-احسب (z_score) من فترة الثقة
-أنشئ مصفوفات فارغة لتخزين النتائج من (عدد الخطوات)
```

2.1 مرحلة حلقة المحاكاة (التكرار):for i = 1 to No.it

-توليد المتغيرات العشوائية بعينة من:

-كلفة اصلية تتوزع طبيعيا بـ (متوسط كلفة أساسية وانحراف معياري لكلفة الأساسية)

-طلب أصلي يتوزع طبيعيا بـ (متوسط طلب أساسي وانحراف معياري لطلب اساسي)

-كلفة إعادة تدوير تتوزع طبيعيا بـ (متوسط كلفة أعادة تدوير وانحراف معياري لكلفة إعادة تدوير)

-كلفة اصلية تتوزع طبيعيا بـ (متوسط كلفة أساسية وانحراف معياري لكلفة الأساسية)

-طلب معاد تدويرها يتوزع طبيعيا بـ (متوسط طلب أساسي معاد تدويره وانحراف معياري لطلب أساسي معاد تدويره)

-تقلبات مواد خام تتوزع طبيعيا بـ (متوسط (0) وانحراف معياري لتقلبات مواد خام)

- تقلبات الطاقة تتوزع طبيعيا بـ (متوسط (0) وانحراف معياري لكلف الطاقة)

-تقلبات العمل تتوزع طبيعيا بـ (متوسط (0) وانحراف معياري لكلف العمل)

-استجابة المستهلك للاصلي تتوزع بتوزيع بيتا بـ (الفا= الفا_أصلي وبيتا= بيتا_أصلي)

-استجابة المستهلك لمعاد تدويره تتوزع بتوزيع بيتا بـ (الفا= الفا_معاد تدويره وبيتا= بيتا معاد تدويره)

-كفاءة تقنية تتوزع توزيع منتظم بـ ((a=Max (1.1))،b=Min (0.9))

2.2 حساب التكاليف النهائية وتطبيق السياسات

-كلفة نهائية للاصلي=كلفة الأصلي×(1+تقلبات المواد الخام+ تقلبات الطاقة+ تقلبات العمل) \الكفاءة التقنية

-كلفة نهائية للمعاد تدويرها=كلفة المعاد تدويرها×1+ تقلبات المواد الخام+ قلبات الطاقة+ تقلبات العمل) \الكفاءة التقنية.

-كلفة بعد الضريبة الاصلية=كلفة نهاية للاصلي× (1- معدل ضريبة التلوث)

- كلفة بعد الضريبة للمعاد تدويرها= كلفة نهائية للمعاد تدويرها× (1-معدل الحوافز الضريبية- دعم المعاد تدويرها).

2.3 تعديل الطلب

تعديل الطلب للمواد الاصلية=الطلب للمواد الاصلية × ستجابه المستهلك للمواد الاصلية

تعديل الطلب للمواد المعاد تدويرها= الطلب للمواد المعاد تدويرها × استجابة المستهلك على استهلالك المواد تدويرها.

2.4 حساب الإيرادات والتكاليف والأرباح

عائد المنتجات الاصلية= سعر المنتجات الاصلية × الطلب على المنتجات الاصلية

عائد المنتجات المعاد تدويرها= سعر المنتجات المعاد تدويرها × الطلب على المنتجات المعاد تدويرها

كلفة كلية للمنتجات الاصلية= كلفة المنتجات الاصلية بعد الضريبة × الكلب المعدل للمنتجات الاصلية

كلفة كلية للمنتجات المعاد تدويرها=كلفة المنتجات المعاد تدويرها بعد الضريبة × الطلب المعدل على المنتجات المعاد تدويرها

ربح المنتجات الاصلية= عائد المنتجات الاصلية - كلفة كلية للمواد الاصلية

ربح المنتجات المعاد تدويرها= عائد المنتجات المعاد تدويرها - كلف المنتجات المعاد تويرها.

2.5 هوامش الربح (نسب مئوية)

هامش الربح الحدي لمنتجات الاصلية =إذا عائد المنتجات الاصلية أكبر من الصفر فان ربح المنتجات الاصلية\عائد المنتجات الاصلية والا صفر

هامش الربح الحدي للمنتجات المعد تدويرها= إذا عائد المنتجات للمنتجات المعد تدويرها أكبر من الصفر فان ربح للمنتجات المعد تدويرها \عائد للمنتجات المعد تدويرها والا صفر

2.6 مؤشر التنافسية والميزة النسبية

إذا

هامش الربح الحدي للمنتجات الاصلية [i]أكبر من الصفر:

مؤشر المنافسة [i]= هامش الربح الحدي للمنتجات المعاد تدويرها [i]\ هامش الربح الحدي للمنتجات الاصلية [i]

الفائدة النسبية [i]= هامش الربح الحدي للمنتجات المعاد تدويرها [i]- هامش الربح الحدي للمنتجات الاصلية [i]\ | هامش الربح الحدي للمنتجات الاصلية|×100

والا

مؤشر التنافسية [i]=NA

الفائدة النسبية [i]=NA

فرق الربح[i] = هامش الربح الحدي للمنتجات المعاد تدويرها[i]- هامش الربح الحدي للمنتجات الاصلية[i]

نهاية الحلقة for

مرحلة 3: معالجة البيانات

احذف جميع الصفوف التي تحتوي على NA أوInfinite

مرحلة 4: حساب المقاييس الإحصائية المتقدمة

لكل متغير من (هامش الربح الحدي للمنتجات الاصلية، هامش الربح الحدي للمنتجات المعاد تدويرها، مؤشر التنافسية، الفائدة النسبية)

-احسب: المتوسط، الوسيط، SD، SE، ME، فترة ثقة 95%، خطأ نسبي

- احسبskewness :، kurtosis ،CV ،IQR

-احسب اختبار Shapiro-Wilk على عينة (حجم ≥ 5000)

مرحلة 5: الاختبارات وتحليل الحساسية

-اختبار t لعينتين مستقلتين (هامش الربح الحدي للمنتجات الاصلية، هامش الربح الحدي للمنتجات المعاد تدويرها)

-اختبار Mann-Whitney (هامش الربح الحدي للمنتجات الاصلية، هامش الربح الحدي للمنتجات المعاد تدويرها)

-معامل ارتباط بيرسون بين (هامش الربح الحدي للمنتجات الاصلية، هامش الربح الحدي للمنتجات المعاد تدويرها)

-لكل سياسة من (دعم المنتجات المعاد تدويرها، معدل ضريبة التلوث، معدل الحوافز الضريبية):

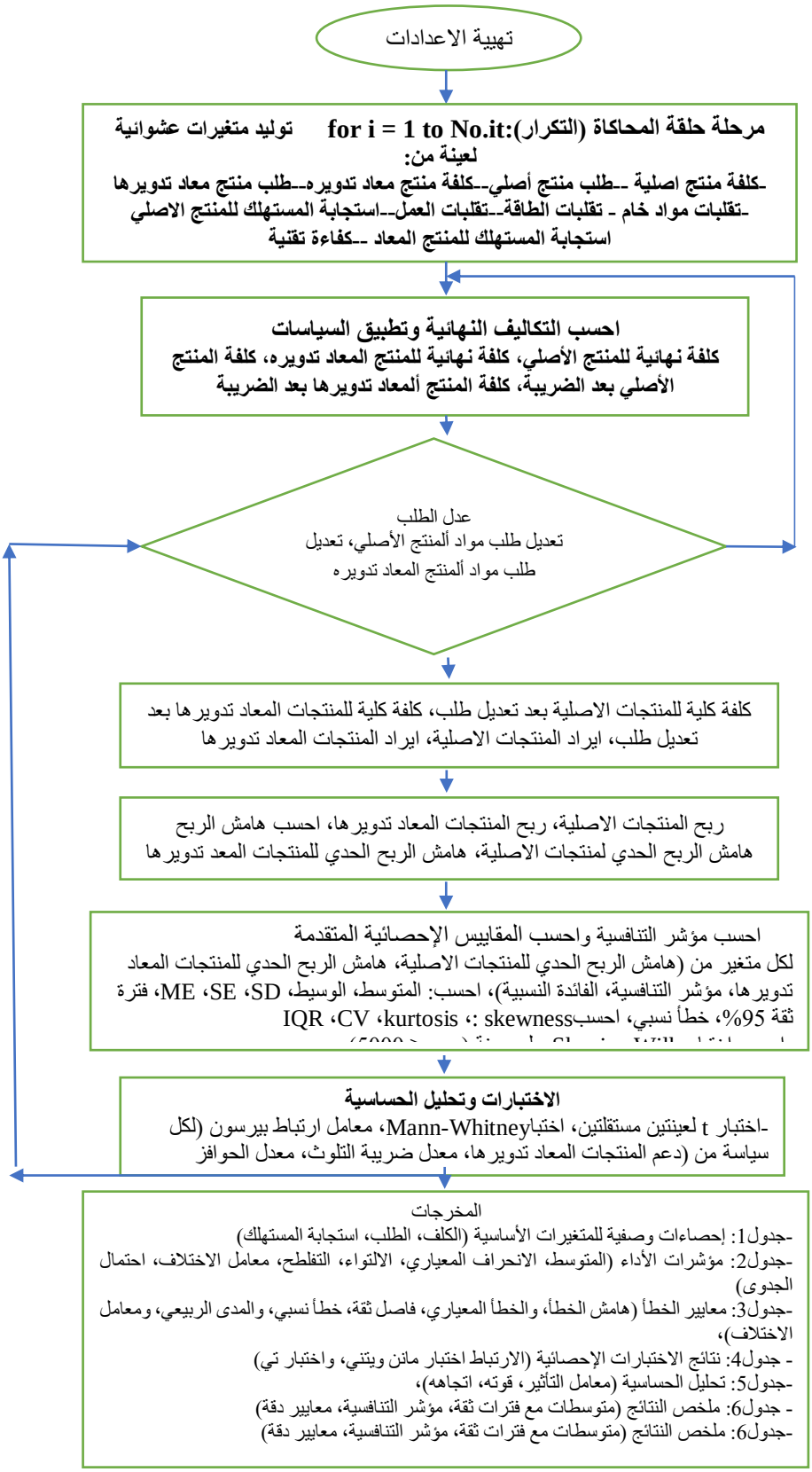
إذا كانت السياسة تؤثر على المنتج المعاد تدويره:

مؤثر= التكلفة بعد الضريبة المعاد تدويرها \ التكلفة النهائية المعاد تدويرها -1

وإلا:
معامل ارتباط بيرسون= معامل التأثير (مؤثر، هامش الربح المعاد تدويرها)
قوة التأثير = "قوي" إذا |معامل التأثير| > 0.3، "متوسط" إذا > 0.1، وإلا اتجاه = "إيجابي" إذا >0، "سلبي" إذا <0
مرحلة 6: المخرجات
6.1 إنشاء المخرجات...اطبع
-جدول1: إحصاءات وصفية للمتغيرات الأساسية (الكلف، الطلب، استجابة المستهلك)
-جدول2: مؤشرات الأداء (المتوسط، الانحراف المعياري، الالتواء، التفلطح، معامل الاختلاف، احتمال الجدوى)
-جدول3: معايير الخطأ (هامش الخطأ، والخطأ المعياري، فاصل ثقة، خطأ نسبي، والمدى الربيعي، ومعامل الاختلاف)
-جدول4: نتائج الاختبارات الإحصائية (الارتباط اختبار مانن ويتني، واختبار تي)
-جدول5: تحليل الحساسية (معامل التأثير، قوته، اتجاهه)
جدول6: ملخص النتائج (متوسطات مع فترات ثقة، مؤشر التنافسية، معايير دقة)
6.2الرسوم البيانية الأربعة
-رسم1: هيستوغرام + كثافة لـ هامش الربح للمنتجات المعاد تدويرها مع فاصل ثقة 95%
-رسم2: هيستوغرام + كثافة لـ مؤشر التنافسية مع خط عند 1
-رسم3 Boxplot :مقارن (هامش ربح المنتجات الاصلية vsهامش الربح للمنتجات المعاد تدويرها (مع شقوق)
-رسم4: أعمدة تحليل الحساسية (تأثير كل سياسة)
6.3 الملخص النهائي في وحدة التحكم
-اطبع المتوسطات مع فترات الثقة، مؤشر التنافسية، معايير الخطأ، نتائج الاختبارات
إذا مؤشر التنافسية أكبر من واحد، ومستوى معنوية (t_test) اقل من 0.05:
اطبع "صح المنتجات المعاد تدويرها تتفوق معنوياً"
وإلا إذا مؤشر التنافسية اقل من واحد مستوى معنوية (t_test) اقل من 0.05
اطبع "خطأ" المنتجات التقليدية تتفوق معنوياً"
وإلا: اطبع " لا توجد فروق جوهرية أو النتائج غير حاسمة"
النهاية

Tikrit Journal of Administrative and Economic Sciences, Vol. 22, No. 74, Part (2): 796-822
Doi: www.doi.org/10.25130/tjaes.22.74.2.40

ملحق (2): المخطط الانسيابي لنموذج المحاكاة



Doi: www.doi.org/10.25130/tjaes.22.74.2.40