أثر تبني تقنية البلوكتشين في خفض تكاليف سلاسل الإمداد:

دراسة قياسية على عينة من شركات التجزئة الكبرى المسجلة لدى هيئة الأوراق المالية والبورصات الأمريكية للفترة 2015 – 2025

The Impact of Blockchain Technology Adoption on Reducing Supply Chain Costs:

An Econometric Study of a Sample of Major Retail Companies Registered with the U.S. Securities and Exchange Commission for the Period 2015–2025

مُحَمَّد عبد الحميد التركستاني[1]

باحث ماجستير في قسم الاقتصاد • كلية الأعمال • الجامعة الإسلامية بالمدينة المنورة • المملكة العربية السعودية.

Mohammed.bahavudunoglu@hotmail.com

د. أسعد محضار سندي

أستاذ مساعد في قسم الاقتصاد • كلية الأعمال • الجامعة الإسلامية بالمدينة المنورة • المملكة العربية السعودية.

Asendi@iu.edu.sa

تاريخ الارسال: 04 /2026/06 *تاريخ القبول:09 /2026/06* *تاريخ النشر: 11 /2026/06*

الملخص:

هدفت الدراسة إلى قياس الأثر الكمي لتبني تقنية البلوكتشين في إدارة سلاسل الإمداد على نسبتي تكلفة المبيعات والمصروفات التشغيلية، لعينة من شركات التجزئة الأمريكية (2015-2025). واعتمدت على المنهج الوصفي التحليلي ونموذج الفرق في الفروق القياسي باستخدام بيانات ربع سنوية من تقارير هيئة الأوراق المالية والبورصات الأمريكية، متمثلة في شركة ووملارت كمجموعة معالجة ومقارنتها بشركات كبرى في قطاع التجزئة لم تُلزم مورديها بتبني التقنية كمجموعة ضابطة. وتوصلت إلى نتائج، أهمها: وجود أثر دال إحصائيًا لتبني تقنية البلوكتشين على نسبة المصروفات التشغيلية، بينما لم يثبت وجود أثر دال إحصائيًا على نسبة تكلفة المبيعات. وأوصت بضرورة دمج تقنية البلوكتشين مع تقنيات الثورة الصناعية الرابعة كالذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء، وتأسيس تحالفات استراتيجية عبر شبكات البلوكتشين لتوزيع التكاليف الرأسمالية الضخمة.

الكلمات المفتاحية: *تقنية البلوكتشين، إدارة سلاسل الإمداد، هيكل التكاليف، نموذج الفرق في الفروق، قطاع التجزئة.*

Abstract:

This study aimed to measure the quantitative impact of adopting blockchain technology in supply chain management on the cost of goods sold and operating expenses ratios for a sample of U.S. retail companies (2015-2025). It adopted a descriptive-analytical approach and the Difference-in-Differences econometric model, using quarterly data from SEC reports. Walmart represented the treatment group, compared to major retail companies that did not mandate the technology as a control group. Key results showed a statistically significant impact of blockchain adoption on the operating expenses ratio, while no significant impact was found on the cost of goods sold ratio. The study recommended integrating blockchain with Fourth Industrial Revolution technologies like AI and IoT, and establishing strategic alliances via blockchain networks to distribute massive capital costs.

Key words: *Blockchain Technology, Supply Chain Management, Cost Structure, Difference-in-Differences Model, Retail Sector.*

1 – المؤلف المرسل: مُحَمَّد عبد الحميد التركستاني، الإيميل: Mohammed.bahavudunoglu@hotmail.com

مقدمة:

إن من أهم التحديات التي تواجه سلاسل الإمداد هي ارتفاع التكاليف؛ سواءً كانت تكاليف تشغيلية ناتجة عن الهدر، أو تكاليف معاملات ناتجة عن غياب الثقة والحاجة إلى وسطاء متعددين. وقد سعت الشركات المشاركة في سلاسل الإمداد إلى تحسين كفاءة التكاليف بشتى الوسائل والتقنيات، ومن أبرز تلك التقنيات الحديثة التي ظهرت كحل واعد تقنية البلوكتشين (سلسلة الكتل)؛ إذ برزت كأداة فعالة لتقليل الهدر، ومحاربة الاحتيال، وخفض تكاليف التحقق والوساطة.

وتُعرَّف تقنية البلوكتشين (Blockchain) في سياق سلاسل الإمداد بأنها: دفتر أستاذ موزع يعمل ضمن شبكة مصرح بها؛ حيث تقتصر المشاركة على أطراف محددة ومعروفة الهوية مسبقًا. تتيح هذه التقنية تسجيل المعاملات وحركة المنتجات في كتل رقمية غير قابلة للتغيير أو التلاعب؛ مما يوفر مصدرًا واحدًا للحقيقة، مشتركًا بين جميع الشركاء في السلسلة، بهدف تحقيق الشفافية الفورية، وتتبع المنتج من المصدر إلى المستهلك (Androulaki et al., 2018: 1).

وتُعرَّف سلاسل الإمداد بأنها: منظومة تضم جميع الأطراف المشاركة بشكل مباشر أو غير مباشر في تلبية طلب العميل. فلا تقتصر سلاسل الإمداد على المصَنِّعين والمورّدين، بل تشمل الناقلين، والمخازن، وتُجار التجزئة، وحتى العملاءَ أنفسَهم (Chopra & Meindl, 2013: 1).

ولما كانت سلاسلُ الإمداد إحدَى أهم القطاعات لتدفق الأموال والبضائع في الاقتصادات المعاصرة، وكذلك أكثر تحمُّلًا للتكاليف التشغيلية، وتعرضًا لمخاطر الهدر والتلاعب، سعت كبرى شركات التجزئة العالمية إلى تبني تقنية البلوكتشين في إدارة سلاسل إمداداتها، لما تمتاز به هذه التقنية من الشفافية وعدم التلاعب وخفض التكاليف. ومن أوائل تلك الشركات التي تبنت تقنية البلوكتشين في إدارة سلاسل إمداداتها شركة وولمارت، إحدى كبرى شركات البيع بالتجزئة (Kshetri, 2018).

ويسعى هذا البحث إلى معرفة الأثر الكمي لهذه التقنية على التكاليف. ولتحقيق هذا الهدف؛ تم حصر الدراسة في قطاع التجزئة الأمريكي؛ لكونه البيئة الناضجة في تبني هذه التقنية، ولتوفر بياناتها المالية لدى جهة معتمدة تتصف بالدقة. لذا، وقع الاختيار على شركة وولمارت كدراسة حالة لمقارنة أدائها مع منافسيها.

وتم اختيار شركة وولمارت كدراسة حالة لتمثيل الشركة المتبنية للتقنية؛ لكونها من الشركات الرائدة في تبني تقنية البلوكتشين، ولتوفر بياناتها المالية لجميع فترات الدراسة. وفي المقابل، تم حصر الشركات المنافسة في قطاع التجزئة المدرجة في البورصات الأمريكية؛ لضمان تشابه الظروف المحيطة بها مع ظروف الشركة المتبنية للتقنية، وتوفر بياناتها المالية طوال فترة الدراسة، وامتلاكها القدرة المالية لتبني التقنية رغم عدم تبنيها فعليًا (Target Corporation, 2025: 24). واعتمدت الدراسة على البيانات اللوحية (Panel Data)[1] لتتبع الأداء المالي للشركات بمرور الزمن، وتحليلها باستخدام نموذج الفرق في الفروق (Difference-in-Differences)[2]؛ لتقدير الأثر السببي للتقنية من خلال مقارنة التغيرات في أداء الشركة المتبنية قبل وبعد الحدث، مع التغيرات المماثلة في الشركات المنافسة؛ مما يضمن عزل أثر الظروف والتقلبات الخارجية التي تتعرض لها جميع الشركات في وقت واحد.

1. 1. مشكلة البحث:

على الرغم من وجود دراسات سابقة حول قدرة تقنية البلوكتشين على تعزيز كفاءة سلاسل الإمداد، إلا أن أغلبها ركز على الجوانب الوصفية أو الميدانية، أو اقتصرت الدراسات الكمية على قطاعات التقنية المالية والأسواق الناشئة. ولا تزال تطبيقات تقنية البلوكتشين في سلاسل الإمداد والمؤسسات الاقتصادية الإسلامية في مراحل تجريبية (DinarStandard & Salaam Gateway, 2024:

13-15)؛ مما يحد من إمكانية قياس الأثر الكمي لتبني هذه التقنية على الأداء المالي. ومن هنا برزت مشكلة البحث في الفجوة بين الفرضيات النظرية والواقع التطبيقي؛ مما دفع الباحث للتوجه إلى قطاع التجزئة الأمريكي – لنضج تجربة التقنية، وتوفر البيانات المالية – لدراسة تقنية البلوكتشين وتحليل أثرها المالي. وتسعى هذه الدراسة لاختبار مدى صحة الفرضيات التي توصلت إليها الدراسات السابقة، والتي تشير إلى دور التقنية في خفض تكاليف المعاملات، وتحسين الكفاءة التشغيلية (Dutta et al., 2020: 14). ويمكن صياغة مشكلة البحث بالسؤال الرئيس: ما أثر تبني تقنية البلوكتشين في خفض تكاليف سلاسل الإمداد في قطاع التجزئة الأمريكي؟ وتتفرع منه الأسئلة الآتية:

1. ما أثر تبني تقنية البلوكتشين في خفض نسبة تكلفة المبيعات في الشركات محل الدراسة؟
2. ما أثر تبني تقنية البلوكتشين في خفض نسبة المصروفات التشغيلية في الشركات محل الدراسة؟
3. هل توجد فروق ذات دلالة إحصائية في خفض التكاليف بين الشركة المتبنية للتقنية والشركات المنافسة، تُنسب إلى أثر تقنية البلوكتشين؟

1. 2. أهمية البحث:

1. تظهر أهمية الدراسة في ندرة الدراسات التحليلية باستخدام بيانات مالية، فالعديد من الدراسات السابقة غلبت عليها المنهجية الوصفية، أو التحليلية المعتمدة على الاستبانات. بينما ركزت الدراسات الكمية السابقة على مؤشرات الأداء العامة أو كفاءة الاستثمار؛ مما ترك فجوة بحثية في تحليل التكاليف.
2. تكمن أهمية هذه الدراسة في الكشف عن طبيعة أثر تقنية البلوكتشين، وذلك بتمييز أثرها على تكلفة المبيعات؛ نتيجة تقليل الهدر وكفاءة التتبع، وأثرها على المصروفات التشغيلية؛ نتيجة الكفاءة الإدارية، وتكاليف المعالجة، مما يكشف الأثر الحقيقي لتبني تقنية البلوكتشين.
3. يمكن الاسترشاد بنتائج هذه الدراسة في قطاعات أخرى – كالقطاعات غير الربحية – لتبني تقنيات مماثلة، لرفع الكفاءة التشغيلية، وحماية الموارد من الهدر.

1. 3. أهداف البحث:

1. قياس أثر تبني تقنية البلوكتشين في خفض نسبة تكلفة المبيعات إلى صافي المبيعات؛ لتحديد مدى مساهمة التقنية في رفع كفاءة سلسلة الإمداد وتقليل الهدر.
2. قياس أثر تبني تقنية البلوكتشين في خفض نسبة المصروفات التشغيلية إلى صافي المبيعات؛ لتقييم الأثر المالي للتقنية على تكاليف التشغيل والكفاءة الإدارية.
3. التحقق إحصائيًا من صحة الفرضيات النظرية حول قدرة تقنية البلوكتشين على خفض التكاليف، وذلك بتقديم دليل كمي يعتمد على تحليل البيانات اللوحية باستخدام نموذج الفرق في الفروق (DiD).
4. تقديم توصيات مقترحة لصناع القرار، حول جدوى الاستثمار في تقنية البلوكتشين، استنادًا إلى نتائج هذه الدراسة.

1. 4. فرضيات البحث:

1. **الفرضية الصفرية الأولى H_{01}**: لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لتبني تقنية البلوكتشين في خفض نسبة تكلفة المبيعات إلى صافي المبيعات في الشركات محل الدراسة.

2. **الفرضية البديلة الأولى H_{11}**: يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لتبني تقنية البلوكتشين في خفض نسبة تكلفة المبيعات إلى صافي المبيعات في الشركات محل الدراسة.
3. **الفرضية الصفرية الثانية H_{02}**: لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لتبني تقنية البلوكتشين في خفض نسبة المصروفات التشغيلية إلى صافي المبيعات في الشركات محل الدراسة.
4. **الفرضية البديلة الثانية H_{12}**: يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لتبني تقنية البلوكتشين في خفض نسبة المصروفات التشغيلية إلى صافي المبيعات في الشركات محل الدراسة.

1. 5. منهج البحث:

لتحقيق أهداف الدراسة، اعتمد الباحث على المنهج الوصفي التحليلي في استقراء الدراسات السابقة، والأسلوب القياسي الكمي لاختبار الفرضيات. وقد اعتمدت الدراسة على البيانات المالية اللوحية الربع سنوية المستخرجة من تقارير هيئة الأوراق المالية والبورصات الأمريكية، للفترة الممتدة من 2015-2025. وتم استخدام التحليل المالي بالحجم المشترك[3] للشركات محل الدراسة، مع تطبيق نموذج الفرق في الفروق لتقدير الأثر السببي لتبني تقنية البلوكتشين في هيكل التكاليف.

1. 6. مجتمع وعينة البحث:

تم اختيار عينة الدراسة بناء على معايير محددة تخدم أهداف البحث، حيث تمثلت في الانتماء لقطاع التجزئة الأمريكي لضمان نضج البيئة التقنية، وتوفر البيانات المالية الربع سنوية المودعة لدى هيئة الأوراق المالية والبورصات الأمريكية طوال فترة الدراسة 2015-2025، والتشابه في الحجم والقدرة المالية. وبناءً على ذلك، تكونت عينة الدراسة من أربع شركات كبرى تعمل في قطاع التجزئة الأمريكي؛ لتغطي سلسلة زمنية تمتد لإحدى عشرة سنة، 44 ربعًا ماليًا لكل شركة ليبلغ عدد المشاهدات اللوحية لمتغيرات الدراسة 176 مشاهدة.

وتم تقسيم العينة إلى مجموعتين لعزل أثر تقنية البلوكتشين على هيكل التكاليف:

1. **المجموعة المعالجة**: تتمثل في **شركة ووالمارت** (Walmart Inc)؛ وهي الشركة التي طبقت تقنية البلوكتشين بشكل إلزامي في سلاسل إمدادها الغذائية لتعزيز سلامة المنتجات وتتبعها. ففي 24 سبتمبر 2018، أصدرت ووالمارت خطابًا رسميًا لموردي الخضروات الورقية يفيد بفرض الانضمام إلى شبكة IBM Food Trust القائمة على تقنية البلوكتشين كشرط أساسي لاستمرار التعامل التجاري معها (Walmart Inc., 2018). وتُعد هذه الفترة هي زمن المعالجة لتطبيق تقنية البلوكتشين في هذه الدراسة.
2. **المجموعة الضابطة (الشركات المنافسة)**: تتكون المجموعة الضابطة من ثلاث شركات منافسة تعمل في نفس البيئة التشريعية والاقتصادية للمجموعة المعالجة، وتماثلها في الحجم والخصائص التشغيلية (Target Corporation, 2025: 24)، ورغم استكشاف بعضها للتقنية إلا أنها لم تفرضها كشرط إلزامي على مورديها، وهي:

أ. **شركة كوستكو** (Costco Wholesale): فقد اعتمدت على الكفاءة التشغيلية وأنظمة المعلومات التقليدية (Costco Wholesale Corporation, 2025: 35)، دون الدخول في استثمارات ملزمة لتقنية البلوكتشين خلال فترة الدراسة.

ب. **شركة تارجت** (Target Corp): ورغم إطلاقها مبادرة تجريبية للبلوكتشين عام 2018 (Pollock, 2019)، إلا أنها لم تُلزم مورديها بتبنيها، وتوقف المشروع عام 2023 (Hyperledger Foundation, 2023).

ج. شركة كروجر (The Kroger Co): وعلى الرغم من استكشافها لمنصة IBM Food Trust (The Kroger Co., 2019: 157)، إلا أنها لم تفرض التقنية على مورديها، مما يبقيها ضمن المجموعة الضابطة.

1. 7. أداة البحث:

اعتمد الباحث على جمع البيانات الثانوية الموثقة من القوائم والتقارير المالية الرسمية المودعة لدى هيئة الأوراق المالية والبورصات الأمريكية (SEC)، والتي تشمل التقارير الدورية (Q-10) و (K-10). وتمثلت الأداة التحليلية في استخدام منهجية الفرق في الفروق لقياس أثر تقنية البلوكتشين على المتغيرات التابعة للمجموعة التي طبقت تقنية البلوكتشين، مقارنة بالمجموعة التي لم تطبقها (Angrist & Pischke, 2009: 169)، بالاعتماد على البرنامج الإحصائي (R) لدراسة وتحليل متغيرات البحث.

1. 8. متغيرات البحث:

المتغير المستقل:

يتمثل المتغير المستقل في هذه الدراسة في أثر تبني تقنية البلوكتشين، ويتم قياسه إحصائيًا من خلال الحد التفاعلي $(Treat_i \times Post_t)$. **ويُعرَّف إجرائيًا بأنه:** متغير وهمي (Dummy Variable)، يأخذ القيمة (1) للمجموعة المعالجة التي ألزمت مورديها بتطبيق تقنية البلوكتشين في الفترة اللاحقة للربع الثالث من عام 2018. ويأخذ القيمة (0) للمجموعة الضابطة، أو للفترة التي تسبق تاريخ التبني في المجموعة المعالجة (Du et al., 2023: 20-21).

المتغيرات التابعة:

تقيس هذه الدراسة متغيرين تابعين منسوبين إلى صافي المبيعات؛ لعزل أثر تقنية البلوكتشين على هيكل التكاليف، وهما (Ibrahim, 2021: 32):

1. **نسبة تكلفة المبيعات** (COGSR): وهي نسبة التكاليف المباشرة التي تتحملها الشركة لشراء أو إنتاج البضائع المباعة إلى صافي المبيعات، وتُحسب كالآتي:

$$COGSR = \frac{Cost\ of\ Goods\ Sold}{Net\ Sales}$$

2. **نسبة المصروفات التشغيلية** (OpExR): وهي نسبة المصاريف المرتبطة بالوظائف البيعية والإدارية والعمومية إلى صافي المبيعات، وتُحسب كالآتي:

$$OpExR = \frac{Operating\ Expenses}{Net\ Sales}$$

فتم اختيار نسبة تكلفة المبيعات كمؤشر لقياس الكفاءة التشغيلية؛ حيث يتم تسجيل تلف المخزون وفقدان المنتجات ضمن تكلفة البضاعة المباعة محاسبيًا (Datar & Rajan, 2021: 147). وبالتالي، فإن انخفاض هذه النسبة بعد تطبيق تقنية البلوكتشين يدل على نجاح التقنية في تقليل الهدر واستدعاء المنتجات غير المطابقة للمواصفات، وتحسين تتبع سلاسل الإمداد (Saberi et al., 2019: 2123). كما تم اختيار نسبة المصروفات التشغيلية كمؤشر لقياس الكفاءة الإدارية، فمن جهة يتطلب تطبيق تقنية البلوكتشين رسوم الاشتراك، وتحديث الأنظمة الإدارية (IFRS Interpretations Committee, 2021)، وتدريب الموظفين (IFRS Foundation, 2021: Para. 69b)، وهي بنود تندرج محاسبيًا ضمن المصاريف التشغيلية. ومن جهة أخرى، تعكس هذه

النسبة الكفاءة الناتجة عن أتمتة العمليات وإلغاء الوساطة. وبالتالي، فإن انخفاض هذه النسبة بعد تطبيق تقنية البلوكتشين يدل على نجاح التقنية في تقليل تكاليف المعاملات وتقليص هدر الأعمال في سلاسل الإمداد (Saberi et al., 2019: 2122).

وقد اعتمدت الدراسة فصل هذين المتغيرين؛ لأن دمجهما قد يخفي الآثار المتباينة للقرارات الإدارية (Fan & Liu, 2017: 403)، فتقنية البلوكتشين تؤثر على سلاسل الإمداد بالحد من الهدر، بينما تؤثر على العمليات الإدارية بخفض تكاليف المعاملات.

المتغيرات الضابطة:

لضمان دقة النتائج، تم استخدام القيم المبطأة للربع السابق $(t-1)$ للمتغيرات الضابطة؛ لعزل أثر العوامل الأخرى (Du et al., 2023: 11; Ince & Iskenderoglu, 2025: 11)، وتجنب مشكلة التداخل الآني (Wooldridge, 2010: 386):

1. **حجم الشركة** $(Size)$: وهو اللوغاريتم الطبيعي لإجمالي الأصول، ويُحسب كالآتي:

$$Ln(Total\ Assets)$$

تم تضمينه لعزل تأثير وفورات الحجم؛ فالشركات الكبرى تمتلك قدرة أعلى على توزيع التكاليف الثابتة، واستيعاب تكلفة الاستثمار في التقنية. ولضمان دقة النتائج الإحصائية، استُخدم اللوغاريتم الطبيعي لإجمالي الأصول لمعالجة مشكلة عدم التماثل في البيانات وتقريبها من التوزيع الطبيعي (Fama & French, 1992: 444).

2. **كثافة الإنفاق الرأسمالي** $(CapEx)$: وهي نسبة النفقات الرأسمالية إلى إجمالي الأصول، وتُحسب كالآتي:

$$CapEx = \frac{Capital\ Expenditures}{Total\ Assets}$$

تهدف لعزل تكاليف التوسع الاستثماري عن أثر التقنية المدروسة.

3. **الرافعة المالية** (Lev): وهي نسبة إجمالي الالتزامات إلى إجمالي الأصول (Rajan & Zingales, 1995: 1429). وتُحسب كالآتي:

$$Lev = \frac{Total\ Liabilities}{Total\ Assets}$$

تُستخدم لعزل تأثير المخاطر المالية؛ حيث إن الشركات المثقلة بالديون قد تخفض التكاليف للوفاء بالتزامات الديون، أو تواجه قيودًا في الاستثمار التقني.

4. **العائد على الأصول** (ROA): وهو نسبة صافي الدخل إلى إجمالي الأصول، ويُحسب كالآتي:

$$ROA = \frac{Net\ Income}{Total\ Assets}$$

يُستخدم لعزل تأثير كفاءة الإدارة في التحكم بالتكاليف بغض النظر عن نوع التقنية المستخدمة.

1. 9. الدراسات السابقة:

1. هدفت دراسة بن عوف (2024) إلى معرفة أثر تقنية البلوكتشين على القطاع المصرفي في ظل التحول الرقمي، واعتمدت على المنهج الوصفي التحليلي. وتوصلت إلى نتائج أهمها: وجود أثر ذي دلالة إحصائية في استخدام تقنية البلوكتشين في خفض التكلفة، وتحقيق الشفافية، وتحسين جودة الخدمات، وزيادة الميزة التنافسية بالقطاع المصرفي. وأوصت بتوصيات منها: ضرورة الاهتمام بتقنية البلوكتشين والاستفادة من مزاياها في خفض التكلفة بالقطاع المصرفي، والاستفادة من الخدمات والمزايا التي تقدمها هذه التقنية.

2. اختبرت دراسة الكتيتي (2024) أثر تطبيق تقنية البلوكتشين على الحد من تكاليف سلسلة التوريد، واعتمدت على المنهج الوصفي التحليلي. وتوصلت الدراسة إلى نتائج أهمها: أن هذه التقنية تخفض تكاليف المعاملات، من خلال تحسين دقة البيانات، وتقليل الحاجة إلى وسطاء. وأوصت بضرورة تعاون الشركات مع بعضها البعض ومع الجهات الأكاديمية والحكومية، لتبادل المعرفة والخبرات في مجال تطبيق البلوكتشين في سلسلة التوريد، وذلك لتحقيق فوائد أكبر، وتجاوز التحديات المشتركة.
3. هدفت دراسة Hasan et al. (2020) إلى تقييم أثر تقنية البلوكتشين على الكفاءة التشغيلية للشركات، واعتمدت على بيانات السلاسل الزمنية المقطعية لـ 30 شركة صينية مدرجة في بورصات شنغهاي، وشنتشن، وهونغ كونغ، والتي تبنت التقنية خلال الفترة من 2014 إلى 2018. استخدمت الدراسة القوائم المالية المدققة والمبلغ عنها خارجيا. وتوصلت إلى نتائج، أهمها: أن الشركات التي تبنت تقنية البلوكتشين حققت تحسنًا ملحوظًا في كفاءتها التشغيلية، وأن الأداء الحالي للشركة يتأثر إيجابًا بتبني التقنية، كما وجدت أن التبني التدريجي يحقق كفاءة أفضل مقارنة بالتبني الشامل السريع.
4. تناولت دراسة Du et al. (2023) تأثير تقنية البلوكتشين على كفاءة استثمار الشركات، واعتمدت على تحليل بيانات الشركات المدرجة في بورصتي شنغهاي وشنتشن. وتوصلت إلى أن تبني تقنية البلوكتشين ساهم في تقليل الاستثمارات غير المجدية، وأن الشركات في المجموعة المعالجة بعد تطبيقها تقنية البلوكتشين كانت كفاءة استثمارها أعلى بشكل ملحوظ مما كانت عليه قبل ذلك وبدلالة إحصائية معنوية. وأوصت الشركات باغتنام الفرص التي يوفرها تطور التقنيات الرقمية، وأن تستثمر كل شركة في تقنية البلوكتشين بناء على خصائصها الخاصة، وأن تستفيد من خصائص تقنية البلوكتشين في تحقيق تنمية عالية الجودة للشركات.
5. هدفت دراسة Culot et al. (2024) إلى تحليل آثار الأداء الناتجة عن تبني تقنية البلوكتشين لدعم عمليات سلسلة التوريد. واعتمدت هذه الدراسة على منهجية دراسة حدث طويلة الأمد، وتحليل انحدار المربعات الصغرى العادية. وتوصلت إلى أنه مقارنة مع المجموعة التي لم تتبنَّ تقنية البلوكتشين، أظهر المتبنون أداءً غير طبيعي بشكل ملحوظ من حيث إنتاجية العمل، ودورة التشغيل، والربحية، بينما لم تظهر المبيعات أثرًا ملحوظًا. كما توصلت إلى أن الشركات العاملة في بيئات خاضعة لتنظيمات صارمة، أو القريبة من المستهلك النهائي كانت أكثر استفادة من التقنية. وأوصت بضرورة إجراء بحوث مستقبلية في سياقات أخرى – كالأسواق الناشئة – لإمكانية تعميم النتائج، واستخدام الاستبانات لفهم الآليات العملية التي تؤدي لتحسين الأداء والتي لا تظهرها القوائم المالية وحدها.
6. تناولت دراسة Feng et al. (2024) التحدي الذي يطرحه عدم تماثل المعلومات في سلاسل توريد المنتجات الطازجة، والذي يؤثر على تجربة المستهلكين في التسوق عبر الإنترنت. وهدفت إلى تحليل أثر عدم تكافؤ المعلومات على سلاسل التوريد، واستكشاف كيفية تأثير مستوى الاعتماد على تقنية البلوكتشين (مرتفعة، أو منخفضة، أو معدومة) على أرباح ومنافسة المشاركين في سلاسل التوريد. وتوصلت إلى نتائج منها: أن التكاليف التشغيلية المرتفعة تؤدي في البداية إلى تقليل الأرباح على بائع التجزئة المتمكن، ومع ذلك عندما يكون تأثير التقنية قويًا فإن تجار التجزئة المتمكنين يكونون على استعداد تام لتحمل تكاليف التشغيل العالية للتقنية. أما بالنسبة لتجار التجزئة الجدد فإنه يلزمهم دراسة التكاليف العالية لهذه التقنية. وتشير الاستنتاجات إلى أن تعاون تجار التجزئة الجدد مع بعضهم يقلل من مخاطر تحمل التكاليف العالية بمفردهم. وأوصت الدراسة بموازنة تكاليف التشغيل وتأثيرات تقنية البلوكتشين لضمان عائد الاستثمار، وأنه يجب على تجار التجزئة تعزيز التعاون، وتحمل تكاليف التشغيل بشكل مشترك، وتعزيز الكفاءة الإجمالية والربح لسلسلة التوريد.
7. تناولت دراسة Zhang et al. (2024) استراتيجيات التسعير، وسياسات استرجاع المنتجات المثلى عند تبني تقنية البلوكتشين في عمليات التجزئة، من خلال دمج تتبع المعلومات لتقليل عدم اليقين حول المنتج، والعملات المستقرة كوسيلة دفع لتقليل الاحتكاك

المالي. واعتمدت على منهجية النمذجة التحليلية لبائع تجزئة محتكر ومستهلكين، لمقارنة النموذج التقليدي مقابل نموذج تبني تقنية البلوكتشين. وتوصلت الدراسة إلى نتائج، أهمها: أن تبني تقنية البلوكتشين يرفع من القيمة المتبقية للمنتجات المرتجعة، ويوفر رسوم معالجة بطاقات الائتمان، كما يحسّن من فائض المستهلك. وأن أرباح التاجر تزداد عندما يكون مستوى الإفصاح عن المعلومات عبر تقنية البلوكتشين متطرفا، بكونه إما عاليًا جدًا أو منخفضًا جدًا.

8. هدفت دراسة Deng (2024) إلى بحث تطبيق تقنية البلوكتشين والتحول الرقمي في التجارة الإلكترونية وإدارة سلاسل التوريد، من خلال تجارب عدة شركات منها شركة وولمارت. واعتمدت هذه الدراسة على المنهج الوصفي لتحليل استراتيجيات هذه الشركات. وتوصلت إلى نتائج أهمها: أن استخدام وولمارت لتقنية البلوكتشين والبيانات الضخمة ساهم في تعزيز شفافية سلسلة التوريد وتتبع المنتجات؛ مما رفع من كفاءة العمليات وثقة المستهلك.

يتضح من هذه الدراسات السابقة ما يأتي:

1. غلبت على العديد من الدراسات السابقة المنهجية الوصفية، أو التحليلية المعتمدة على الاستبانات. بينما ركزت الدراسات الكمية على مؤشرات الأداء العامة أو كفاءة الاستثمار؛ مما ترك فجوة بحثية في تحليل التكاليف.
2. تباينت النماذج القياسية المستخدمة في الدراسات السابقة بين قياس الكفاءة الفنية، أو الانحراف في الأداء لحظة إعلان تبني التقنية، أو النمذجة الرياضية لافتراض سلوك الشركات والتنبؤ بالأرباح. بينما تتميز هذه الدراسة بالاعتماد على بيانات مالية وتطبيق نموذج الفرق في الفروق لعزل وقياس الأثر المالي لتبني هذه التقنية في خفض التكاليف التشغيلية.

المحور الأول: الإطار النظري للبحث:

أولا: نشأة وتطور تقنية البلوكتشين:

لم تظهر تقنية البلوكتشين فجأة مع إطلاق العملات المشفرة، وإنما تمتد جذورها لعقود سابقة؛ حيث تعود الجذور الفكرية لتقنية البلوكتشين إلى العام 1991 مع الباحثين هابر وستورنيتا الذين قدما حلولًا عملية حسابية؛ لإيجاد حل لمشكلة سهولة تعديل أو تزييف الوثائق الرقمية دون ترك أثر، وذلك بوضع ختم زمني للمستندات الرقمية وربط الختم الزمني للوثيقة الحالية بالختم الزمني للوثيقة السابقة؛ بحيث لا يمكن تعديل المحتوى دون اكتشاف ذلك (Haber & Stornetta, 1991).

وفي عام 2008 وبعد الأزمة المالية التي تسببت في فقدان الكثير من العملاء ثقتهم في البنوك كطرف ثالث موثوق – نتيجة إفلاس العديد من البنوك وانهيار النظام المالي (Larsen, 2018) – جاء ابتكار تقنية البلوكتشين والعملات الرقمية؛ مما دفع إلى ابتكار نظام جديد لتبادل الأموال بصورة لا مركزية ودون الحاجة إلى تدخل الوسطاء – كالشركات المالية والبنوك المركزية – حيث طرح ساتوشي ناكاموتو (وهو اسم مستعار لمبتكر نظام البيتكوين) ورقته التأسيسية (Nakamoto, 2008: 1)، وأطلق نظام البيتكوين كأول تطبيق عملي لتقنية البلوكتشين يسمح بتبادل الأموال بين الأطراف دون الحاجة لوسطاء ماليين (Crosby et al., 2016: 9).

وتوسع استخدام تقنية البلوكتشين من المدفوعات الرقمية والقطاع المالي إلى تطبيقات وظيفية في مختلف القطاعات والذكاء الاصطناعي، ويمكن تقسيم هذا التطور إلى أربعة أجيال رئيسة (Mohamed et al., 2022: 35):

1- الجيل الأول: Blockchain 1.0.

بدأ هذا الجيل مع إطلاق شبكة البيتكوين مطلع عام 2009 كأول تطبيق عملي لتقنية البلوكتشين، فقد استُخدمت التقنية في إنتاج العملات الرقمية وتداولها، وحل مشكلة الإنفاق المزدوج باستخدام سلسلة الختم الزمني وآلية إثبات العمل لتسجيل المعاملات في سجل عام

غير قابل للتلاعب. وأتاح هذا الجيل تسوية المعاملات المالية بنظام الند للند مباشرة بين الأطراف دون الحاجة لوسيط مركزي (Crosby et al., 2016: 9; Nakamoto, 2008: 1).

2- الجيل الثاني: Blockchain 2.0.

شهد هذا الجيل توسع استخدام البلوكتشين خارج نطاق العملات الرقمية، خاصة بعد ظهور منصة إيثيريوم عام 2014، فقد دخلت التقنية جيلها الثاني الذي اعتمد على توظيف العقود الذكية؛ مما ساهم في أتمتة العمليات، وتقليص الحاجة إلى تدخل الوسطاء، وبناء تطبيقات لامركزية أكثر تعقيدًا (Buterin, 2014: 1). وتُعدُّ العقود الذكية برامج حاسوبية مُخزنة على تقنية البلوكتشين تتبع منطق "إذا حدث هذا، فافعل ذاك"، ويُضمن تنفيذها وفقًا للقواعد المحددة في شفرتها البرمجية التي لا يمكن تغييرها بمجرد إنشائها. وقد ابتكر نيك زابو عام 1994 مفهوم العقود الذكية، واستكشَف عام 1996 ما يُمكن أن تفعله لتعزيز التجارة الرقمية؛ حيث تتيح العمليات التلقائية والمؤمنة تشفيريًا إجراء المعاملات ووظائف الأعمال دون وسطاء موثوق بهم. ولم تُطبق هذه الفكرة فعليًا إلا بعد ظهور تقنية البلوكتشين (Ethereum, 2026).

3- الجيل الثالث: Blockchain 3.0.

في هذه المرحلة انتقلت تقنية البلوكتشين من مجرد منصة للمعاملات المالية والعقود الذكية إلى آفاق أوسع تشمل كافة القطاعات غير المتعلقة بالعملات المشفرة، فاستُخدمت لتخزين وإدارة البيانات اللامركزية في مختلف المجالات، مثل التصويت الإلكتروني، وإدارة السجلات الصحية، وأنظمة الهوية الرقمية، وخدمات التوثيق اللامركزي، وإدارة سلاسل الإمداد (Di Francesco Maesa & Mori, 2020: 1).

4- الجيل الرابع: Blockchain 4.0.

يُمثل هذا الجيل مرحلة دمج تقنية البلوكتشين مع أدوات الثورة الصناعية الرابعة وتقنيات الذكاء الاصطناعي (da Rosa Righi et al., 2020: 1). ويتميز بقدرته الفريدة على تحقيق الأمان والقابلية للتوسع واللامركزية في آنٍ واحد، كما يُعد صديقًا للبيئة؛ حيث يستهلك طاقة ضئيلة جدًا مقارنة بالأجيال السابقة، ويضمن الامتثال المسبق للقوانين الموضوعة عبر العقود الذكية (Micali, 2022). كما يتميز هذا الجيل ببناء أنظمة بيئية مؤتمتة عبر دمج تقنية البلوكتشين مع تقنيات إنترنت الأشياء والذكاء الاصطناعي، لتصبح سلاسل الإمداد أكثر ذكاءً وقدرةً على اتخاذ قرارات تنبؤية بحدٍّ أدنى من التدخل البشري (Soori et al., 2024: 1).

ثانيًا: أنواع تقنية البلوكتشين:

تُصنف تقنية البلوكتشين بناءً على صلاحية الوصول إلى البيانات، وتحديد من يحق له قراءتها أو كتابتها، أو المشاركة في عملية الإجماع إلى أربعة أنواع (المصري، 2025: 17-20؛ Dong et al., 2023: 15-18):

1- **البلوكتشين العامة:** هي شبكات لا توجد بها أي قيود على الوصول، تتيح لأي شخص يمتلك اتصالًا بالإنترنت الانضمام إليها، والمشاركة في تنفيذ آليات الإجماع مثل شبكتي بيتكوين وإيثيريوم. وتتميز هذه الشبكات بالشفافية المطلقة، إلا أنها تعاني من انعدام الخصوصية، واستهلاك عالٍ للطاقة، ومحدودية في قابلية التوسع؛ مما يجعلها أقل ملاءمة لبيانات الأعمال الحساسة.

2- **البلوكتشين الخاصة:** هي شبكات مغلقة يتم التحكم في الوصول إليها بشكل صارم من قِبل جهة أو مؤسسة واحدة مركزية تدير صلاحيات الدخول، والمشاركون والمدققون في هذه الشبكات هم أطراف معترف بهم مسبقًا. وتتميز هذه الشبكات بسرعة إنجاز

المعاملات، ودرجة عالية من الخصوصية والسرية، إلا أنها لا تعتمد على اللامركزية بشكل كامل لكونها خاضعة لسيطرة كيان واحد. ويُعدُّ هذا النوع أداة قيمة للشركات والمؤسسات التي تحتاج إلى شبكة مغلقة لحالات الاستخدام الداخلية.

3- **البلوكتشين الاتحادية:** وهي شبكات تُدار وتُخضع للرقابة من قِبل مجموعة محددة من المؤسسات بدلًا من جهة واحدة. وتُعد هذه الشبكات الخيار الأمثل لقطاع إدارة سلاسل الإمداد؛ لأنها توفر توازنًا فائقًا بين اللامركزية والتحكم، وتتيح للشركات المتعاونة في السلسلة مشاركة البيانات وتتبعها بسرعة وأمان، مع الحفاظ على سرية المعلومات التجارية وحمايتها من وصول العامة، ونظرًا لعدم وجود سلطة واحدة مهيمنة على التحكم، فإنها تُعد لامركزية جزئيًا.

4- **البلوكتشين الهجينة:** نظام مرن يجمع بين خصائص الشبكات العامة والخاصة؛ حيث يتيح للمؤسسات الاحتفاظ ببعض البيانات الحساسة في بيئة خاصة ومقيدة، مع إمكانية إتاحة بيانات أخرى للتحقق عبر الشبكة العامة، مما يوفر مرونة استثنائية لقطاع الأعمال (خدمات أمازون ويب [AWS]، د.ت.).

ثالثًا: مزايا تطبيق تقنية البلوكتشين:

1- **خفض التكاليف التشغيلية وتقليص الوسطاء:** وقد أظهرت الدراسات أن تقنية البلوكتشين حققت انخفاضًا في متوسط تكاليف سلاسل الإمداد بنسبة تتراوح بين 20% إلى 30% (Shankaran, 2023: 775).

2- **تسريع العمليات واختصار وقت المعاملات:** وعلى سبيل المثال، قلصت شركة وولمارت الزمن اللازم لتتبع مصدر المنتجات من 7 أيام إلى 2.2 ثانية فقط (Yiannas, 2018: 51).

3- **الشفافية وإمكانية التتبع اللحظي للمنتجات:** وقد أثبتت الدراسات أن استخدام تقنية البلوكتشين ساهم في خفض هدر الطعام بنسبة 20% نتيجة سرعة الاستجابة (Shankaran, 2023: 776).

رابعًا: مآخذ تطبيق تقنية البلوكتشين:

1- **التكاليف الرأسمالية وصعوبة تهيئة الشبكة:** يتطلب بناء شبكات البلوكتشين الخاصة في سلاسل الإمداد استثمارات مالية ضخمة لإنشاء البنية التحتية وتدريب الموظفين الخبراء، تشمل شراء الأجهزة والبرمجيات، بالإضافة إلى الاستثمار في البحث والتطوير؛ مما يصعب على الشركات الصغيرة والمتوسطة الاستثمار في هذه التقنية (Rout et al., 2024: 66).

2- **مشكلة الخصوصية التنافسية:** رغم أن الشبكات الخاصة تمنح تحكمًا في صلاحيات الدخول، إلا أن تشارك دفتر أستاذ واحد مع أطراف متعددة في سلاسل الإمداد يثير مخاوف الشركات من تسرب معلوماتها التجارية الحساسة للمنافسين الموجودين على نفس الشبكة (Rout et al., 2024: 64). ولحل هذه المشكلة، تضطر الشبكات لإنشاء قنوات منفصلة داخل الشبكة؛ مما يؤدي إلى تعقيد إدارة البيانات وإضعاف كفاءة النظام.

3- **التعقيدات التنظيمية وتعارض القوانين:** يواجه تطبيق تقنية البلوكتشين في سلاسل الإمداد بيئة قانونية غير مستقرة، نظرًا لأن التقنية لا تزال في مراحلها الأولى، ولم توضع لها قوانين تشريعية دولية واضحة. فعدم وجود إطار تنظيمي واضح للتقنية يثير تساؤلات حول الامتثال القانوني. وعلى الرغم من أن العقود الذكية توفر كفاءة محتملة، إلا أن قابليتها للإنفاذ القانوني لا تزال غير واضحة؛ مما يحد من اعتماد الشركات عليها في الصفقات الكبرى (Rout et al., 2024: 65).

خامسًا: تاريخ ومنهجية تبني تقنية البلوكتشين في المجموعة المعالجة:

استجابت شركة وولمارت لتحديات سلاسل الإمداد المتعلقة بسلامة الغذاء وتكاليف سحب المنتجات التالفة بالتحول من أنظمة التتبع التقليدية إلى تقنية البلوكتشين. فبدأت الشركة أولى تجاربها في عام 2016 بالتعاون مع شركة IBM لاختبار قدرة تقنية البلوكتشين على تتبع المنتجات. شملت التجارب الأولى تتبع اللحوم في الصين، وفاكهة المانجو في الولايات المتحدة الأمريكية من المزرعة إلى المتجر. وأعلنت في منتصف عام 2017 نجاح هذه التجربة (Kshetri, 2018: 84).

وفي عام 2018 شهدت الولايات المتحدة الأمريكية تفشيًا بكتيريًا في الخضراوات الورقية، واستغرق تتبع مصدر التلوث أسابيع؛ مما اضطر الشركة إلى إتلاف كميات كبيرة من المخزون كإجراء احترازي (Smith, 2018). إثر ذلك، أعلنت شركة وولمارت في 24 سبتمبر 2018 قرارها بإلزام جميع موردي الخضراوات الورقية بالانضمام إلى تقنية البلوكتشين كشرط أساسي لاستمرار التعامل معهم (Walmart Inc., 2018).

اختلفت منهجية شركة وولمارت للتقنية عن تطبيقات تقنية البلوكتشين العامة مثل العملات المشفرة؛ إذ اعتمدت على منهجية صُمِّمت خصيصًا لبيئة الأعمال وسلاسل الإمداد، وتهدف إلى جمع البيانات حول أصل الأغذية وسلامتها، وتتبعها من المنتجين إلى أرفف المتاجر (رحاب وسعد الله، 2023: 34). واعتمدت الشركة شبكة IBM Food Trust القائمة على نظام Hyperledger Fabric والتي تتميز بكونها شبكة مصرحًا بها. ولضمان سرية البيانات بين الشركات المنافسة داخل التحالف، تعتمد هذه الشبكة على خاصية القنوات الخاصة؛ حيث لا يملك صلاحية القراءة والكتابة على البيانات سوى الأفراد المصرح لهم داخل القنوات المعتمدة (Lacity & Van Hoek, 2021: 223) ، مما يتيح للمشاركين المصرح لهم مشاركة البيانات بشفافية تامة، مع الحفاظ على سرية المعلومات التجارية وعدم إتاحتها للجمهور العام (IBM, n.d.).

المحور الثاني: الإطار التطبيقي للبحث:

أولًا: النموذج القياسي:

لضمان دقة المقارنة وعزل العوامل الخارجية، تم تقدير نموذج الفرق في الفروق متضمنًا التأثيرات الثابتة للشركة والزمن (Two-way Fixed Effects). ونظرًا لوجود متغيرين تابعين في هذه الدراسة، فقد تم صياغة نموذجين قياسيين مستقلين على النحو الآتي:

1- قياس الأثر على نسبة تكلفة المبيعات:

$$COGSR_{it} = \beta_1 \cdot (Treat_i \times Post_t) + \beta_2 \cdot Size_{it-1} + \beta_3 \cdot Lev_{it-1} + \beta_4 \cdot CapEx_{it-1} + \beta_5 \cdot ROA_{it-1} + \alpha_i + \lambda_t \epsilon_{it}$$

2- قياس الأثر على نسبة المصروفات التشغيلية:

$$OpExR_{it} = \beta_1 \cdot (Treat_i \times Post_t) + \beta_2 \cdot Size_{it-1} + \beta_3 \cdot Lev_{it-1} + \beta_4 \cdot CapEx_{it-1} + \beta_5 \cdot ROA_{it-1} + \alpha_i + \lambda_t \epsilon_{it}$$

حيث إن رموز النماذج تعبر عن الآتي:

1. $(\boldsymbol{OpExR_{it}}$ و $\boldsymbol{COGSR_{it}})$: المتغيران التابعان نسبة تكلفة المبيعات ونسبة المصروفات التشغيلية إلى صافي المبيعات للشركة i في الربع t.
2. $(\boldsymbol{Treat_i \times Post_t})$: متغير التفاعل الأساسي، ويمثل معامل الفرق في الفروق (β_1) الذي يقيس أثر تبني تقنية البلوكتشين للمجموعة المعالجة بعد فترة التبني.

3. $(Size_{it-1}, Lev_{it-1}, CapEx_{it-1}, ROA_{it-1})$: المتغيرات الضابطة المبطأة للربع السابق، وتشمل: حجم الشركة، والرافعة المالية، وكثافة الاستثمار الرأسمالي، والعائد على الأصول.
4. (α_i): الآثار الثابتة للشركة، لضبط جميع الخصائص الفردية الثابتة وغير الملحوظة لكل شركة، والتي تحل محل متغير المجموعة $(Treat_i)$ والحد الثابت (β_0).
5. (λ_t): الآثار الثابتة للزمن، لضبط الصدمات الاقتصادية الكلية التي تؤثر على جميع الشركات في الربع t والتي تحل محل متغير الزمن $(Post_t)$.
6. (ϵ_{it}): حد الخطأ العشوائي.

ثانيًا: التحليل الإحصائي للبحث:

1- الإحصاء الوصفي:

يوضح جدول (1) الإحصاءات الوصفية لمتغيرات الدراسة، مقسمةً إلى العينة الكلية (اللوحة أ)، والمجموعة المعالجة (اللوحة ب)، والمجموعة الضابطة (اللوحة ج)، وذلك خلال فترة الدراسة من عام 2015 إلى عام 2025.

جدول (1): الإحصاءات الوصفية لمتغيرات الدراسة

المتغيرات	المشاهدات	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	أعلى قيمة	أقل قيمة
اللوحة أ: العينة الكلية					
Net Sales	176	60,403.324	48,807.977	178,830	16,017
COGSR	176	0.784	0.066	0.898	0.682
OpExR	176	0.169	0.045	0.25	0.085
Size	176	24.958	0.724	26.325	24.132
Lev	176	0.71	0.07	0.843	0.578
CapEx	176	0.017	0.005	0.032	0.005
ROA	176	0.017	0.01	0.054	-0.057
اللوحة ب: المجموعة المعالجة					
Net Sales	44	140,457.909	19,225.459	178,830	114,002
COGSR	44	0.757	0.006	0.771	0.747
OpExR	44	0.208	0.007	0.228	0.188
Size	44	26.158	0.102	26.325	26.011
Lev	44	0.636	0.029	0.682	0.578
CapEx	44	0.015	0.005	0.027	0.007
ROA	44	0.016	0.008	0.033	-0.008

اللوحة ج: المجموعة الضابطة

Net Sales	132	33,718.462	13,818.744	84,432	16,017
COGSR	132	0.793	0.074	0.898	0.682
OpExR	132	0.156	0.045	0.25	0.085
Size	132	24.558	0.229	25.068	24.132
Lev	132	0.735	0.062	0.843	0.622
CapEx	132	0.017	0.005	0.032	0.005
ROA	132	0.018	0.011	0.054	-0.057

المصدر: *إعداد الباحثان بالاعتماد على تقارير هيئة الأوراق المالية والبورصات الأمريكية، ومخرجات برنامج (R). والأرقام في بند صافي المبيعات مقدرة بملايين الدولارات.*

تشير النتائج في اللوحة (أ) إلى أن متوسط نسبة تكلفة المبيعات للعينة ككل بلغ حوالي 78.4%، مع انحراف معياري قدره 6.6%. بينما بلغ متوسط نسبة المصروفات التشغيلية حوالي 16.9%، بانحراف معياري قدره 4.5%؛ مما يشير إلى تجانس نسبي في هيكل التكاليف بين شركات قطاع التجزئة محل الدراسة. وعند مقارنة المجموعتين في اللوحتين (ب) و (ج)، نلاحظ وجود فروق تؤكد أهمية استخدام نموذج الفرق في الفروق للتحكم في هذه الخصائص الثابتة[4].

إذ نجد أن المجموعة المعالجة بلغ متوسط نسبة تكلفة مبيعاتها حوالي 75.7%، وهو أقل من المجموعة الضابطة التي بلغ حوالي 79.3%؛ مما قد يعكس كفاءة تشغيلية أعلى في سلاسل إمداد المجموعة المعالجة. بينما بلغ متوسط نسبة المصروفات التشغيلية لدى المجموعة المعالجة 20.8%، وهو أعلى من المجموعة الضابطة التي بلغ 15.6%؛ مما يعزز من أهمية اختبار فرضية أن تقنية البلوكتشين ستساهم في خفض هذه النسبة المرتفعة. كما نلاحظ أن المجموعة المعالجة أكبر حجمًا من المجموعة الضابطة؛ حيث بلغ متوسط لوغاريتم الأصول 26.158 مقارنة بـ 24.558 للمجموعة الضابطة. كما أنها تعتمد على الديون بشكل أقل؛ بمتوسط رافعة مالية بلغ 63.6% مقارنةً بالمجموعة الضابطة حيث بلغ 73.5%. ورغم هذه الفروق، تتشابه المجموعتان بشكل كبير في متوسط كثافة الإنفاق الرأسمالي والعائد على الأصول؛ مما يشير إلى تماثل نسبي في مستويات الربحية والتوجهات الاستثمارية العامة.

2- مصفوفة الارتباط:

يوضح الجدول (2) مصفوفة ارتباط بيرسون بين متغيرات الدراسة؛ وذلك للكشف عن طبيعة وقوة العلاقات الثنائية بينها.

جدول (2): مصفوفة ارتباط بيرسون بين المتغيرات

المتغيرات	COGSR	OpExR	Size	Lev	CapEx	ROA
COGSR	1					
OpExR	- 0.922***	1				
Size	-0.173**	0.429 ***	1			
Lev	-0.175**	0.05	-0.622***	1		
CapEx	0.114	-0.095	-0.212***	0.351***	1	
ROA	0.178 **	-0.278***	-0.034	-0.141 *	-0.009	1

ملاحظة: *إعداد الباحثان بالاعتماد على تقارير هيئة الأوراق المالية والبورصات الأمريكية، ومخرجات برنامج (R). وتشير النجوم إلى مستوى الدلالة الإحصائية: (*** عند 0.01، ** عند 0.05، * عند 0.1).*

وتشير النتائج في الجدول (2) إلى تباين علاقات الارتباط بين المتغيرات؛ حيث تراوحت معظم المعاملات بين مستويات منخفضة إلى متوسطة، وأن أعلى معامل ارتباط بين هذه المتغيرات بلغ -0.622 وذلك بين متغيري حجم الشركة والرافعة المالية، وهي قيم تستدعي التحقق من احتمالية وجود مشكلة التعددية الخطية (Gujarati & Porter, 2009: 338). أما معامل الارتباط المرتفع الذي بلغ -0.922 بين تكلفة المبيعات والمصروفات التشغيلية، فلا يُعدُّ مشكلة إحصائية في هذه الدراسة؛ لكونهما متغيرين تابعين بديلين، ويتم اختبار أثر التقنية على كل منهما في نموذج انحدار مستقل، ولا يجتمعان معًا في معادلة واحدة. كما أثبت اختبار معامل تضخم التباين (VIF) أن جميع القيم جاءت أقل من القيمة الحرجة (10)؛ مما يؤكد خلو النموذج من مشكلة التداخل الخطي بين المتغيرات (Gujarati & Porter, 2009: 340).

3- اختبارات صلاحية النموذج والاتجاهات المتوازية:

لضمان دقة الاستدلال الإحصائي، أجرى الباحث عدة اختبارات للتأكد من صلاحية النموذج، وهي كالآتي:

اختبار الاستقرارية للسلاسل الزمنية:

أجرى الباحث اختبارين مختلفين لاستقرارية السلاسل الزمنية للبيانات اللوحية (Baltagi, 2005: 242-250)؛ وهما اختبار (IPS)، واختبار ديكي-فولر المطور (Fisher-ADF). وأظهرت النتائج استقرار المتغيرات التابعة ومعظم المتغيرات الضابطة عند مستواها الأصلي I(0) بقيم احتمالية أقل من 5%. أما متغير حجم الشركة فقد أظهر عدم استقرار عند مستواه الأصلي؛ لكونه متغيرًا يتسم بالنمو المطرد طويل الأمد؛ مما يجعل السلاسل الزمنية لمثل هذا المتغير تظهر عدم استقرار في البيانات اللوحية الكبيرة (Baltagi, 2005: 237). ولكنه حقق الاستقرار الإحصائي عند أخذ الفرق الأول بمستوى دلالة 1% وفقاً لاختبار (Fisher-ADF) بقيمة احتمالية أقل من 1%، مما يعني أنه متكامل من الدرجة الأولى I(1).

وبناءً على ما سبق، فإن استقرار السلاسل في المتغيرات التابعة عند مستواها الأصلي دالٌ اقتصاديًا على أن مصروفات هذه الشركات تتسم بالاستقرار عند متوسطها التاريخي، وأن انخفاض هذه النسبة كان استجابةً لتبني تقنية البلوكتشين وليس امتدادًا لانحراف عشوائي في بيانات الشركة، إضافةً إلى أن الأثر الذي أحدثته هذه التقنية يُعدُّ أثرًا مستدامًا غيَّر من كفاءة الشركة، وليس مجرد استجابة مؤقتة لهذه الصدمة.

أما استقرار المتغيرات الضابطة لكل من الرافعة المالية، والعائد على الأصول، وكثافة الإنفاق الرأسمالي، فهو دليل على ثبات السياسات الاستثمارية والتمويلية لشركات العينة خلال فترة الدراسة. وهذا ينفي احتمالية تأثر المصروفات التشغيلية بأزمات الديون أو ثورة الاستثمارات المفاجئة. وبالنسبة لعدم استقرار متغير الحجم لشركات التجزئة عند مستواه الأصلي؛ فيرجع إلى توسع هذه الشركات بشكل مستمر، وهذا دليل على أهمية إدراج هذا المتغير كمتغير ضابط لعزل أثر النمو الطبيعي، وأن انخفاض المصروفات حدث بسبب تبني تقنية البلوكتشين.

اختبار المفاضلة بين النماذج:

للمفاضلة بين نموذج التأثيرات الثابتة (Fixed Effects) ونموذج التأثيرات العشوائية (Random Effects)، أجرى الباحث اختبار هوسمان. وقد بلغت القيمة الاحتمالية (0.996) لنموذج تكلفة المبيعات، و(0.999) لنموذج المصروفات التشغيلية. ورغم إشارة الاختبار إلى أفضلية نموذج التأثيرات العشوائية (RE) لكون القيمة الاحتمالية أكبر من 0.05، اعتمدت الدراسة نموذج التأثيرات الثابتة (FE) كنموذج أساسي، لأن قرار تبني تقنية البلوكتشين ليس حدثًا عشوائيًا، بل خيارًا استراتيجيًا للإدارة؛ مما يعني وجود ارتباط بين قرار

التبني والخصائص غير المشاهدة للشركة[5]. ويسمح نموذج التأثيرات الثابتة هذا الارتباط على عكس نموذج التأثيرات العشوائية (Wooldridge, 2016: 444-445). لكونه نسخة من تقدير التأثيرات الثابتة باستخدام البيانات اللوحية التي تمتص الفروق بين الشركات (Angrist & Pischke, 2009: 170-171). أما نموذج التأثيرات العشوائية فسيتم اعتماده كاختبار متانة، للتحقق من صحة نتائج النموذج الأساسي.

اختبار تشخيص البواقي:

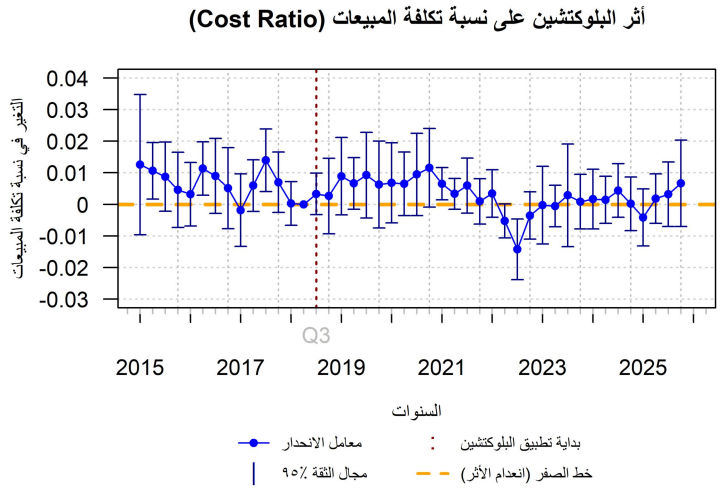
كشفت الاختبارات القياسية عن وجود ارتباط ذاتي، وعدم تجانس في التباين، واعتماد مقطعي؛ حيث جاءت القيم الاحتمالية أقل من 5% لجميع الاختبارات. ولمعالجة هذه الانحرافات، تم تقدير نموذج الفرق في الفروق باستخدام أخطاء Driscoll-Kraay المعيارية لتصحيح مصفوفة التباين؛ نظرًا لقدرة هذا الإجراء على معالجة الانحرافات الناتجة عن الاختبارات السابقة (Driscoll & Kraay, 1998)، مما يضمن صلاحية الاستدلال الإحصائي.

افتراض الاتجاهات المتوازية:

ويُعد افتراض الاتجاهات المتوازية شرطًا أساسيًا لصحة نتائج نموذج (DiD)؛ إذ ينص هذا الافتراض على أنه في حال عدم تبني المجموعة المعالجة لتقنية البلوكتشين، فإن مسار المتغيرات التابعة لها كان سيتبع المسار نفسه للمجموعة الضابطة (Angrist & Pischke, 2009: 171).

وللتحقق من صحة هذا الافتراض، اتبعت الدراسة منهجية دراسة الحدث؛ حيث يهدف هذا الاختبار إلى التأكد من عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية في الاتجاهات بين المجموعتين خلال الفترات التي سبقت الربع الثالث من عام 2018 زمن المعالجة (Jacobson et al., 1992: 7). وقد تم تحديد فترة الأساس لتكون الربع الذي سبق الحدث مباشرةً، لتكون مرجعًا لقياس التغيرات النسبية لباقي الفترات (Clarke & Tapia-Schythe, 2021: 870). ويوضح الشكل (1) نتائج تقدير دراسة الحدث لمتغير نسبة تكلفة المبيعات.

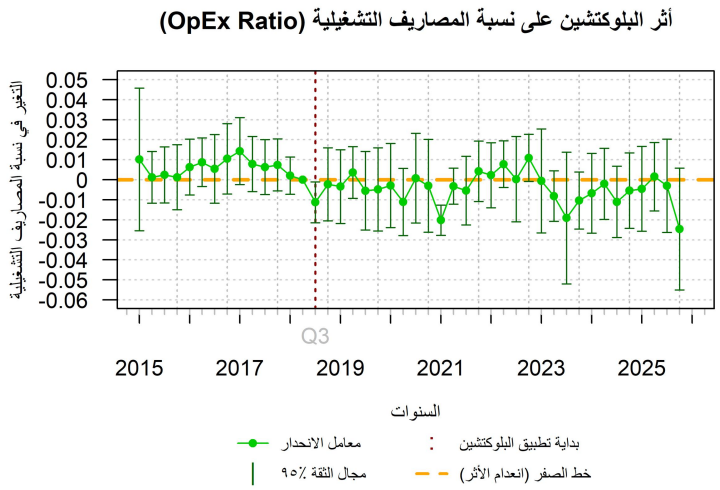
شكل (1): اختبار الاتجاهات المتوازية لنموذج نسبة تكلفة المبيعات



المصدر: *إعداد الباحثان بالاعتماد على تقارير هيئة الأوراق المالية والبورصات الأمريكية، ومخرجات برنامج (R).*

نلاحظ من الشكل (1) أن معاملات الانحدار للفترات السابقة لزمن المعالجة تقع ضمن نطاق خط الصفر، وأن مجالات الثقة تتقاطع مع المحور الصفري عند مستوى معنوية 5%. وتعني هذه النتيجة إحصائيًا عدم وجود فروق ذات دلالة معنوية في اتجاه نسبة تكلفة المبيعات بين المجموعتين قبل تطبيق المعالجة؛ مما يؤكد تحقق شرط الاتجاهات المتوازية وصلاحية النموذج لهذا المتغير. ويوضح الشكل (2) نتائج تقدير دراسة الحدث لمتغير نسبة المصروفات التشغيلية.

شكل (2): اختبار الاتجاهات المتوازية لنموذج نسبة المصروفات التشغيلية



المصدر: *إعداد الباحثان بالاعتماد على تقارير هيئة الأوراق المالية والبورصات الأمريكية، ومخرجات برنامج (R).*

نُلاحظ من الشكل (2) أن معاملات الانحدار للفترات السابقة لزمن المعالجة تقع ضمن نطاق خط الصفر، وتتقاطع مجالات الثقة مع المحور الصفري؛ مما يؤكد تحقق شرط الاتجاهات المتوازية لهذا المتغير. كما نُلاحظ اتجاه المعاملات نحو القيم السالبة في الفترة اللاحقة لزمن المعالجة؛ مما يشير إلى أن تبني تقنية البلوكتشين ساهم في خفض المصروفات التشغيلية لدى المجموعة المعالجة مقارنةً بالمجموعة الضابطة.

4- نتائج تحليل الانحدار:

يوضح الجدول (3) نتائج الانحدار لنموذج الفرق في الفروق، لتقدير أثر تبني تقنية البلوكتشين على نسبة تكلفة المبيعات. ولإثبات متانة النتائج واستقرارها، أُضيف لنموذج التأثيرات الثابتة (FE) نموذج الانحدار التجميعي (Pooled OLS) كنموذج مبدئي للمقارنة؛ بوصفه نموذجًا مبدئيًا يتجاهل التأثيرات الفردية غير المشاهدة للشركات. ويعرض الجدول (3) تقديرات معاملات الانحدار، مع إدراج أخطاء Driscoll-Kraay المعيارية لتصحيح مصفوفة التباين (Driscoll & Kraay, 1998).

جدول (3): نتائج تقدير أثر تقنية البلوكتشين على نسبة تكلفة المبيعات

المتغيرات	OLS	FE
$\boldsymbol{Treat \times Post}$	**0.0218*** **(0.0111)**	**-0.0027 (0.0033)**
Size	0.0497 (0.0395)	0.0158* (0.0087)
Lev	-0.5424*** (0.0675)	0.1282*** (0.0357)
CapEx	2.7970** (1.3556)	0.5846*** (0.1499)
ROA	0.2491 (0.5879)	-0.1393 (0.1094)
Intercept	-0.0788 (0.9467)	-
عدد المشاهدات	176	176
R^2	0.291	0.219
الآثار الثابتة للشركة	لا	نعم
الآثار الثابتة للزمن	لا	نعم

ملاحظة: *إعداد الباحثان بالاعتماد على تقارير هيئة الأوراق المالية والبورصات الأمريكية، ومخرجات برنامج (R). وتشير النجوم إلى مستوى الدلالة الإحصائية: (*** *عند 0.01،* ** *عند 0.05،* * *عند 0.1). والقيم بين القوسين تمثل أخطاء Driscoll-Kraay المعيارية.*

تشير النتائج في الجدول (3) إلى عدم وجود تأثير معنوي دال إحصائيًا على نسبة تكلفة المبيعات في نموذج التأثيرات الثابتة. وقد بلغ معامل التحديد 0.219؛ مما يعني أن نموذج الفرق في الفروق فسر 21.9% من التغيرات الزمنية داخل الشركة الواحدة في نسبة تكلفة المبيعات. وأن عدم الدلالة الإحصائية للمتغير المستقل يشير إلى أن أثر تبني تقنية البلوكتشين في عينة الدراسة لم يركز على خفض التكاليف المباشرة للمنتجات في سلاسل الإمداد خلال فترة الدراسة.

أما فيما يخص المتغيرات الضابطة، فقد أظهرت النتائج علاقة طردية دالة إحصائيًا عند مستوى 1% لكل من الرافعة المالية وكثافة الإنفاق الرأسمالي؛ مما يشير إلى أن الديون قد تضعف من قدرة الشركة على التفاوض مع الموردين للحصول على خصومات نقدية، وأن الاستثمارات الضخمة تتبعها تكاليف إهلاك وتكاليف انتقالية ترفع من تكلفة المبيعات في الأجل القصير. كما ارتبط حجم الشركة بعلاقة طردية ذات دلالة إحصائية عند مستوى 10%، بينما أظهر العائد على الأصول أثرًا عكسيًا غير دال إحصائيًا؛ مما يشير إلى أن تأثير الربحية الإجمالية على نسب التكاليف لم يكن حاسمًا في هذه العينة. وأما وجود أثر معنوي موجب عند مستوى 10% في نموذج الانحدار التجميعي سببه تجاهل مقدر الانحدار التجميعي للخصائص الفردية الثابتة غير المشاهدة للشركات، والتي تتداخل مع المتغيرات المستقلة (Wooldridge, 2010: 413).

وبناءً على هذه النتيجة، **لا يمكن رفض الفرضية الصفرية الأولى H_{01}**، والتي تنص على عدم وجود أثر ذي دلالة إحصائية لتبني تقنية البلوكتشين على نسبة تكلفة المبيعات.

ويوضح الجدول (4) نتائج الانحدار لنموذج الفرق في الفروق لتقدير أثر تبني تقنية البلوكتشين على نسبة المصروفات التشغيلية، وذلك باتباع المنهجية نفسها الموضحة في النموذج السابق.

جدول (4): نتائج تقدير أثر تقنية البلوكتشين على نسبة المصروفات التشغيلية

FE	OLS	المتغيرات
-0.0086**	**-0.0174*****	$\boldsymbol{Treat \times Post}$
(0.0042)	**(0.0066)**	
-0.0496***	-0.0354*	Size
(0.0119)	(0.0212)	
-0.0023	***0.3674	Lev
(0.0343)	(0.0310)	
-0.4646**	-1.3058	CapEx
(0.2286)	(0.8023)	
-0.3239	***-0.5308	ROA
(0.2105)	(0.1907)	
-	0.7830	Intercept
	(0.5119)	
176	176	عدد المشاهدات
0.260	0.509	R^2
نعم	لا	الآثار الثابتة للشركة
نعم	لا	الآثار الثابتة للزمن

ملاحظة: *إعداد الباحثان بالاعتماد على تقارير هيئة الأوراق المالية والبورصات الأمريكية، ومخرجات برنامج (R). وتشير النجوم إلى مستوى الدلالة الإحصائية: (*** عند 0.01، ** عند 0.05، * عند 0.1). والقيم بين القوسين تمثل أخطاء Driscoll-Kraay المعيارية.*

تشير النتائج في الجدول (4) إلى وجود علاقة عكسية ذات دلالة إحصائية عند مستوى 5% بين تبني تقنية البلوكتشين ونسبة المصروفات التشغيلية؛ حيث انخفضت هذه النسبة لدى الشركة المتبنية للتقنية بمقدار 0.86 نقطة مئوية مقارنة بالمجموعة الضابطة. وقد بلغ معامل التحديد 0.260؛ مما يعني أن نموذج الفرق في الفروق فسر 26% من التغيرات الزمنية داخل الشركة الواحدة في نسبة المصروفات التشغيلية (Wooldridge, 2016: 437-438).

أما فيما يخص المتغيرات الضابطة، فقد أظهر حجم الشركة أثرًا عكسيًا دالًا إحصائيًا عند مستوى 1%؛ مما يؤكد استفادة الشركات الكبيرة من وفورات الحجم في تقليل مصاريفها. كما ارتبطت كثافة الإنفاق الرأسمالي بعلاقة عكسية دالة إحصائيًا عند مستوى 5%؛ مما يشير إلى أن الاستثمارات الرأسمالية تساهم في خفض الأعباء التشغيلية. بينما أظهر كل من الرافعة المالية والعائد على الأصول أثرًا عكسيًا غير دال إحصائيًا؛ مما يشير إلى أن تأثير التمويل والربحية الإجمالية لم يكونا حاسمين في هذه العينة. وتُظهر نتائج اختبار المتانة في نموذج الانحدار التجميعي استقرارًا في الأثر العكسي لتقنية البلوكتشين على المصروفات التشغيلية؛ حيث ظهر الأثر سالبًا عند مستوى 1%.

وبناءً على هذه النتيجة، **يتم رفض الفرضية الصفرية الثانية H_{02} وقبول الفرضية البديلة H_{12}**، والتي تنص على وجود أثر ذي دلالة إحصائية لتبني تقنية البلوكتشين على نسبة المصروفات التشغيلية.

5- اختبارات المتانة:

للتحقق من صحة النتائج التي تم التوصل إليها، وللتأكد من تحقق فرضية الاتجاهات المتوازية بين المجموعات المعالجة والضابطة قبل زمن المعالجة (Bertrand et al., 2004: 251)، ولضمان أن الأثر المقدر لتبني تقنية البلوكتشين هو أثر حقيقي؛ أجرى الباحث عدة اختبارات للمتانة، وهي كالآتي:

اختبار نموذج التأثيرات العشوائية:

أُجري هذا الاختبار بناءً على النتائج التي أظهرها اختبار هوسمان والتي أشارت إلى عدم وجود ارتباط بين التأثيرات غير المشاهدة والمتغيرات المستقلة.

جدول (5): نتائج اختبار نموذج التأثيرات العشوائية

المتغير المستقل	COGSR	OpExR
$Treat \times Post$	-0.0036 (0.0028)	-0.0041 (0.0033)
عدد المشاهدات	176	176
R^2	0.294	0.116
آثار الزمن والشركة	عشوائية	عشوائية
إدراج المتغيرات الضابطة	نعم	نعم

ملاحظة: *إعداد الباحث بالاعتماد على تقارير هيئة الأوراق المالية والبورصات الأمريكية، ومخرجات برنامج (R). والقيم بين القوسين تمثل أخطاء Driscoll-Kraay المعيارية.*

أظهرت النتائج توافقًا مع استنتاجات النموذج الأساسي؛ حيث وافقه في عدم الدلالة الإحصائية لمعامل تبني تقنية البلوكتشين في نموذج تكلفة المبيعات. أما في نموذج المصروفات التشغيلية، فقد حافظ المعامل على إشارته السالبة؛ مما يؤكد اتساق اتجاه الأثر للتقنية في تقليص المصروفات التشغيلية، ويدعم متانة النتائج الأساسية للدراسة.

اختبار التوقيت الوهمي:

اعتمد هذا الاختبار على افتراض تاريخ وهمي لتبني تقنية البلوكتشين في الربع الثالث من عام 2016 بدلا من عام 2018 الزمن الفعلي لتبني التقنية، واقتصرت العينة على الفترة الزمنية التي تسبق تبني تقنية البلوكتشين.

جدول (6): نتائج اختبار التوقيت الوهمي

المتغير المستقل الوهمي	COGSR	OpExR
$Treat \times PlaceboPost$	-0.002 (0.0042)	$^{*}0.0069^{*}$ (0.0029)
عدد المشاهدات	48	48
الآثار الثابتة للزمن والشركة	نعم	نعم
إدراج المتغيرات الضابطة	نعم	نعم

ملاحظة: *إعداد الباحث بالاعتماد على تقارير هيئة الأوراق المالية والبورصات الأمريكية، ومخرجات برنامج (R). وتشير النجوم إلى مستوى الدلالة الإحصائية: (** عند 0.05). والقيم بين القوسين تمثل أخطاء Driscoll-Kraay المعيارية.*

تشير النتائج في الجدول (6) إلى عدم وجود دلالة إحصائية لمعامل التبني الوهمي في نموذج تكلفة المبيعات، بينما أظهر نموذج المصروفات التشغيلية معاملًا موجبًا بلغ 0.69 نقطة مئوية، وبدلالة إحصائية عند مستوى 5%؛ وهي نتيجة تختلف عن الأثر السالب الذي ظهر في النموذج الأساسي. وتؤكد هذه النتيجة مصداقية نتيجة نموذج الفرق في الفروق الأساسي، وأنه لم تكن هناك اتجاهات مختلفة بين المجموعة المعالجة والمجموعة الضابطة قبل عام 2018؛ مما يعني أن الأثر المقدر هو أثر حقيقي نتج فعليًا بسبب تبني تقنية البلوكتشين.

اختبار المتانة باستبعاد إحدى الشركات من المجموعة الضابطة:

للتأكد من أن النتائج الأساسية لكلا النموذجين لا تعود إلى خصائص إحدى شركات المجموعة الضابطة، أجرى الباحث اختبار متانة باستبعاد إحدى الشركات في كل نموذج.

جدول (7): نتائج اختبار استبعاد شركة واحدة من المجموعة الضابطة

الشركة المستبعدة	COGSR	R^2	OpExR	R^2
(Target)	0.007^{**} (0.003)	0.218	-0.004 (0.005)	0.458
(Kroger)	-0.004 (0.003)	0.216	-0.007^{**} (0.004)	0.270
(Costco)	-0.002 (0.004)	0.326	-0.009^{*} (0.005)	0.185
الآثار الثابتة للشركة والزمن	نعم	إدراج المتغيرات الضابطة	نعم	

ملاحظة: *إعداد الباحث بالاعتماد على تقارير هيئة الأوراق المالية والبورصات الأمريكية، ومخرجات برنامج (R). وتشير النجوم إلى مستوى الدلالة الإحصائية: (** عند 0.05، * عند 0.1). والقيم بين القوسين تمثل أخطاء Driscoll-Kraay المعيارية.*

يُلاحظ من الجدول (7) بالنسبة لنسبة المصروفات التشغيلية أن استمرارية الأثر السالب لتبني تقنية البلوكتشين في جميع الحالات تعزز نتيجة أثر التقنية في خفض المصاريف التشغيلية، وليست ناتجة عن خصائص إحدى شركات المقارنة.

أما بالنسبة لنسبة تكلفة المبيعات فقد عززت عدم المعنوية عند حذف شركتي كروجر وكوستكو نتيجة النموذج الأساسي، وعند استبعاد شركة تارجت تحول المعامل إلى موجب ذي دلالة إحصائية عند مستوى 5%، وهذا التباين يؤكد أن تقنية البلوكتشين لم يكن له دور في خفض تكلفة المبيعات.

ثالثًا: مناقشة النتائج وتفسيرها اقتصاديًا:

بناءً على ما سبق، توصل البحث إلى ما يلي:

أظهرت نتائج تقدير نموذج الفرق في الفروق لنسبة المصروفات التشغيلية في الجدول (4) وجود علاقة عكسية ذات دلالة إحصائية عند مستوى معنوية 5% بين تبني تقنية البلوكتشين ونسبة المصروفات التشغيلية. وتشير قيمة المعامل -0.0086 إلى أن الشركة المتبنية لتقنية البلوكتشين انخفضت لديها نسبة المصروفات التشغيلية بنحو 0.86 نقطة مئوية مقارنة بالمجموعة الضابطة بعد فترة التبني. ويُنسب هذا الانخفاض إلى دور التقنية في تحسين الكفاءة التشغيلية وتقليل تكاليف المعاملات، وذلك بالنظر في التجربة العملية لشركة وولمارت؛ حيث تشير دراسة حالة صادرة عن LF Decentralized Trust (n.d.) إلى أن التقنية قلصت الزمن اللازم لتتبع مصدر المنتجات من 7 أيام إلى 2.2 ثانية فقط.

وعلى الرغم من أن الانخفاض بمقدار 0.86 نقطة مئوية قد يبدو ضئيلًا للوهلة الأولى، إلا أنه بالنظر إلى متوسط المصروفات التشغيلية للمجموعة المعالجة قبل تبني تقنية البلوكتشين والبالغ 20.8%، فإن هذا الانخفاض يمثل ما يعادل نحو 4.13% من إجمالي متوسط المصروفات التشغيلية. وهو ما يُعد انخفاضًا ماليًا ضخمًا للشركات العملاقة؛ فبالاستناد إلى متوسط المبيعات الوارد في الجدول (1) للمجموعة المعالجة، يُقدر هذا الانخفاض بتحقيق وفورات تتجاوز مليار دولار أمريكي في الربع المالي الواحد لشركة بحجم وولمارت؛ وذلك نتيجة توفير آلاف الساعات من العمل الإداري والرقابي؛ مما انعكس مباشرة على خفض بند المصروفات التشغيلية.

وفي المقابل، لم تظهر النتائج في الجدول (3) أي أثر ذي دلالة إحصائية بين تبني تقنية البلوكتشين ونسبة تكلفة المبيعات؛ حيث جاءت القيمة الاحتمالية غير معنوية. وبالنظر إلى طبيعة تطبيق تقنية البلوكتشين في شركة وولمارت (LF Decentralized Trust, n.d.)، نجد أن التركيز الأساسي للتقنية كان على أمن المعلومات وسرعة تتبع المنتجات، وليس على خفض تكاليف شراء البضائع أو الإنتاج المباشر. وهذا يدعم النتيجة التي توصلت إليها الدراسة. فالتقنية استُخدمت كأداة إدارية، وليست كأداة لخفض أسعار شراء المنتجات من الموردين.

خاتمة:

بعد استعراض الإطار النظري لتقنية البلوكتشين وإجراء التحليل القياسي لأثرها على هيكل التكاليف في قطاع التجزئة، توصل البحث إلى مجموعة من النتائج، أبرزها ما يلي:

1. أثبتت الدراسة أن تقنية البلوكتشين تعتمد بشكل أساسي على العقود الذكية التي تعمل بمبدأ شرطي؛ مما يُسهم في أتمتة العمليات، وتقليص الحاجة للوسطاء. وأن نموذج البلوكتشين الاتحادية يُعد الخيار الأمثل لقطاع إدارة سلاسل الإمداد؛ لكونه يوازن بين ميزة اللامركزية والحفاظ على سرية المعلومات التجارية للشركات المتعاونة. كما يرتبط نجاح التقنية بمدى تكاملها مع أجهزة إنترنت الأشياء، لضمان تدفق البيانات لحظيًا وبشكل آلي.
2. أظهر استقراء تجربة شركة وولمارت اعتمادها الناجح على شبكة البلوكتشين المرخصة (Hyperledger Fabric) لتعزيز موثوقية السلسلة الغذائية؛ وقد أدى هذا التطبيق إلى تقليص الزمن اللازم لتتبع مصدر المنتجات عبر السلسلة من سبعة أيام إلى 2.2 ثانية فقط، مما يبرز دور التقنية في إدارة الأزمات وتقليل هدر المنتجات وسحبها بدقة.
3. أثبتت نتائج الانحدار القياسي وجود أثر عكسي ذي دلالة إحصائية عند مستوى معنوية 5% لتبني تقنية البلوكتشين على نسبة المصروفات التشغيلية؛ حيث انخفضت هذه النسبة بمقدار 0.86 نقطة مئوية في الشركة المتبنية للتقنية مقارنة بالمجموعة الضابطة. في المقابل، لم تظهر النتائج أي أثر ذي دلالة إحصائية لتبني التقنية على نسبة تكلفة المبيعات.

التوصيات:

1. تُوصي الدراسة صُنَّاع القرار والجهات الرقابية بصياغة قانون شامل وموحد يُنظِّم تقنية البلوكتشين ويمنح الحجية القانونية والاعتراف الرسمي بالعقود الذكية، مع تأسيس هيئة رقابية وتنظيمية مستقلة، تضم لجانًا مشتركة من الخبراء في المجالات الشرعية والقانونية والتقنية. تتولى هذه الهيئة مراجعة الأكواد البرمجية لضمان مطابقتها للأحكام الشرعية والإرادة التعاقدية؛ لتؤدي دور الموثق الرقمي والرقيب الشرعي، مما يضمن خلوها من الثغرات، وتحديد آليات واضحة لفض المنازعات.
2. تُوصي الدراسة بتكثيف برامج التوعية والتدريب للعاملين، وتوجه الشركات الكبرى بالانضمام إلى شبكات بلوكتشين اتحادية تجمع الموردين والموزعين وتجار التجزئة تحت مظلة واحدة، لضمان توزيع التكاليف وحماية الأسرار التجارية. وأن يكون التطبيق تدريجيًا يبدأ بالمنتجات الحساسة كفترة تجريبية قبل تعميمه على كامل السلسلة.
3. لضمان تحقيق أقصى استفادة من تقنية البلوكتشين، تُوصي الدراسة بضرورة ربطها بشكل متزامن مع تقنيات الثورة الصناعية الرابعة، ولاسيما أجهزة إنترنت الأشياء (IoT) ومستشعرات التتبع بموجات الراديو (RFID)، لضمان الإدخال الآلي واللحظي للبيانات دون تدخل بشري، وتوظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي (AI) لتحليل تلك البيانات الضخمة وتحسين التنبؤ بالطلب؛ مما يرفع من موثوقية السلسلة ويعزز من كفاءتها التشغيلية.
4. توصي الدراسة بتوسيع نطاق تبني التقنية ليشمل مؤسسات القطاع الثالث عبر منصة تشاركية تربط هيئات الأوقاف بالنظام المصرفي والمحاكم. يهدف ذلك إلى رقمنة الأصول الوقفية، وتفعيل العقود الذكية لأتمتة الصيانة وتوزيع الإيرادات، وتتبع سلاسل الإمداد للمزارع الوقفية؛ مما يعزز الحوكمة، ويسرع الفصل في النزاعات القضائية، ويفتح آفاقًا للتمويل الجماعي للأوقاف المتعثرة.

الآفاق البحثية المستقبلية:

توصي الدراسة الباحثين بإجراء عدة دراسات إضافية ظهرت الحاجة إلى بحثها بشكل موسع، ومن ذلك:

1. دراسة أثر التكامل بين تقنية البلوكتشين وتقنيات الذكاء الاصطناعي (AI) في تحسين التنبؤ بالطلب وإدارة المخاطر في سلاسل الإمداد العالمية.
2. دراسة أثر العقود الذكية في تعزيز كفاءة المراجعة الداخلية والتحول نحو التدقيق اللحظي في شركات التجزئة وعلاقتها مع الموردين.
3. دراسة العوامل المؤثرة على قرار تبني تقنية البلوكتشين في المنشآت الصغيرة والمتوسطة؛ دراسة ميدانية لمعوقات التبني وفرص الدمج مع سلاسل إمداد الشركات الكبرى.

قائمة المراجع:

أولًا: المراجع العربية:

- رحاب، إسلام، وسعد الله، أيمن. (2023). أثر تقنية سلسلة الكتل على إدارة سلاسل التوريد من وجهة نظر إطارات سلاسل التوريد الجزائريين [رسالة ماجستير، جامعة محمد الصديق بن يحيى (جيجل)]. المستودع الرقمي لجامعة جيجل. http://dspace.univ-jijel.dz:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/14324/MM23.334.pdf?sequence=1
- بن عوف، أماني عبد الله السيد. (2024). أثر استخدام تقنية سلاسل الكتل (Blockchains) في القطاع المصرفي (دراسة ميدانية بالتطبيق على مصرف الراجحي بالمملكة العربية). المجلة الدولية لنشر البحوث والدراسات، 5(52)، 5-25. https://doi.org/10.52133/ijrsp.v5.52.1
- الكتبيتي، محمد عبد الستار أحمد محمد. (2024). أثر تطبيق تكنولوجيا سلاسل الثقة (Blockchains) على الحد من تكاليف سلسلة التوريد – دراسة ميدانية. مجلة البحوث الإدارية والمالية والكمية، 4(3)، 315-344. https://doi.org/10.21608/safq.2024.299496.1110
- المصري، عامر رشيد. (2025). تقنية البلوك تشين حلول مبتكرة لتحديات لبنان القانونية والاقتصادية. Figshare. https://doi.org/10.6084/m9.figshare.29581217.v1

ثانيًا: المراجع الأجنبية:

- Androulaki, E., et al. (2018). ***Hyperledger fabric: A distributed operating system for permissioned blockchains***. *In Proceedings of the Thirteenth EuroSys Conference (EuroSys '18) (pp. 1-15).* https://doi.org/10.1145/3190508.3190538
- Angrist, J. D., & Pischke, J.-S. (2009). ***Mostly harmless econometrics: An empiricist's companion. Princeton University Press***.
- Baker, A., Callaway, B., Cunningham, S., Goodman-Bacon, A., & Sant'Anna, P. H. C. (2025). ***Difference-in-Differences designs: A practitioner's guide***. https://doi.org/10.48550/arXiv.2503.13323
- Baltagi, B. H. (2005). ***Econometric analysis of panel data*** *(3rd ed.). John Wiley & Sons.*
- Bertrand, M., Duflo, E., & Mullainathan, S. (2004). ***How much should we trust differences-in-differences estimates?*** *The Quarterly Journal of Economics, 119(1), 249–275.* https://doi.org/10.1162/003355304772839588
- Buterin, V. (2014). ***Ethereum: A next-generation smart contract and decentralized application platform*** *[White paper]. Ethereum.* https://cryptorating.eu/whitepapers/Ethereum/Ethereum_white_paper.pdf
- Chopra, S., & Meindl, P. (2013). ***Supply chain management: Strategy, planning, and operation*** *(5th ed.). Pearson Education.*
- Clarke, D., & Tapia-Schythe, K. (2021***). Implementing the panel event study***. *The Stata Journal, 21(4), 853–884.* https://doi.org/10.1177/1536867X211063144
- Costco Wholesale Corporation. (2025). ***Annual report (Form 10-K)***. *U.S. Securities and Exchange Commission.* https://www.sec.gov/ix?doc=/Archives/edgar/data/0000909832/000090983225000101/cost-20250831.htm
- Crosby, M., Nachiappan, Pattanayak, P., Verma, S., & Kalyanaraman, V. (2016). ***BlockChain technology: Beyond bitcoin.*** *Applied Innovation Review, (2), 6-19.* https://scet.berkeley.edu/wp-content/uploads/AIR-2016-Blockchain.pdf
- Culot, G., Podrecca, M., & Nassimbeni, G. (2024). ***Blockchain adoption and operational performance: A secondary data analysis on effects and contingencies.*** *International Journal of Operations & Production Management, 44(13), 69-99.* https://doi.org/10.1108/IJOPM-05-2023-0346
- da Rosa Righi, R., Alberti, A. M., & Singh, M. (Eds.). (2020). ***Blockchain technology for industry 4.0.*** *Springer.* https://doi.org/10.1007/978-981-15-1137-0
- Datar, S. M., & Rajan, M. V. (2021). ***Horngren's cost accounting: A managerial emphasis***. *Pearson.*
- Deng, S. (2024). ***The impact of blockchain technology on e-commerce and supply chain: Case studies of Walmart, Sephora, and Blockbuster***. *In Proceedings of the 1st International Conference on Modern Logistics and Supply Chain Management (pp. 269-275). SCITEPRESS.* https://doi.org/10.5220/0013329000004558
- Di Francesco Maesa, D., & Mori, P. (2020). ***Blockchain 3.0 applications survey. Journal of Parallel and Distributed Computing***, *138, 99-114.* https://doi.org/10.1016/j.jpdc.2019.12.019
- DinarStandard, & Salaam Gateway. (2024). ***State of the global Islamic economy report 2024/25***. https://cdn.salaamgateway.com/reports/pdf/SGIE%202024_25%20Report.pdf

- *Dong, S., Abbas, K., Li, M., & Kamruzzaman, J. (2023).* ***Blockchain technology and application: An overview****. PeerJ Computer Science, 9, Article e1705. https://doi.org/10.7717/peerj-cs.1705*
- *Driscoll, J. C., & Kraay, A. C. (1998).* ***Consistent covariance matrix estimation with spatially dependent panel data****. The Review of Economics and Statistics, 80(4), 549–560. http://www.jstor.org/stable/2646837*
- *Du, J., Shi, Y., Li, W., & Chen, Y. (2023).* ***Can blockchain technology be effectively integrated into the real economy? Evidence from corporate investment efficiency****. China Journal of Accounting Research, 16(2), Article 100292. https://doi.org/10.1016/j.cjar.2023.100292*
- *Dutta, P., Choi, T., Somani, S., & Butala, R. (2020).* ***Blockchain technology in supply chain operations: Applications, challenges and research opportunities****. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 142, Article 102067. https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.102067*
- *Fama, E. F., & French, K. R. (1992).* ***The cross-section of expected stock returns. The Journal of Finance****, 47(2), 427-465. https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1992.tb04398.x*
- *Fan, Y., & Liu, X. K. (2017).* ***Misclassifying core expenses as special items: Cost of goods sold or selling, general, and administrative expenses?*** *Contemporary Accounting Research, 34(1), 400–426. https://doi.org/10.1111/1911-3846.12234*
- *Feng, G. F., Guan, Z. Z., & Ren, J. B. (2024).* ***Adopting blockchain in fresh supply chains: Low or high level?*** *Theoretical Economics Letters, 14, 2119-2157. https://doi.org/10.4236/tel.2024.146105*
- *Fredriksson, A., & Oliveira, G. M. d. (2019).* ***Impact evaluation using Difference-in-Differences.*** *RAUSP Management Journal, 54(4), 519-532. https://doi.org/10.1108/RAUSP-05-2019-0112*
- *Gibson, C. H. (2009).* ***Financial reporting & analysis: Using financial accounting information*** *(11th ed.). Cengage Learning.*
- *Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2009).* ***Basic econometrics*** *(5th ed.). McGraw-Hill/Irwin.*
- *Haber, S., & Stornetta, W. S. (1991).* ***How to time-stamp a digital document. Journal of Cryptology****, 3(2), 99-111. https://doi.org/10.1007/BF00196791*
- *Hasan, M. R., Shiming, D., Islam, M. A., & Hossain, M. Z. (2020).* ***Operational efficiency effects of blockchain technology implementation in firms: Evidence from China.*** *Review of International Business and Strategy, 30(2), 163-181. https://doi.org/10.1108/RIBS-05-2019-0069*
- *Ibrahim, A. K. (2021).* ***Financial analysis****. Syrian Virtual University. https://pedia.svuonline.org/pluginfile.php/3174/mod_resource/content/13/Financial%20Analysis.pdf?redirect=1*
- *IFRS Foundation. (2021).* ***International accounting standard 38: Intangible assets****. https://www.ifrs.org/content/dam/ifrs/publications/pdf-standards/english/2021/issued/part-a/ias-38-intangible-assets.pdf*
- *IFRS Interpretations Committee. (2021, March).* ***Configuration or customisation costs in a cloud computing arrangement (IAS 38 Intangible Assets)*** *[Agenda decision]. https://www.ifrs.org/content/dam/ifrs/supporting-implementation/agenda-decisions/2021/configuration-or-customisation-costs-in-a-cloud-computing-arrangement-mar-21.pdf*
- *Ince, B., & Iskenderoglu, C. (2025).* ***Automation cost flexibility and firm value****. Journal of Corporate Finance, 94, Article 102828. https://doi.org/10.1016/j.jcorpfin.2025.102828*
- *Jacobson, L. S., LaLonde, R. J., & Sullivan, D. G. (1992).* ***Earnings losses of displaced workers*** *(Upjohn Institute Working Paper No. 92-11). W.E. Upjohn Institute for Employment Research. https://doi.org/10.17848/wp92-11*
- *Kshetri, N. (2018).* ***1 Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives.*** *International Journal of Information Management, 39, 80-89. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2017.12.005*
- *Lacity, M. C., & Van Hoek, R. (2021).* ***How Walmart Canada used blockchain technology to reimagine freight invoice processing****. MIS Quarterly Executive, 20(3), Article 5. https://aisel.aisnet.org/misqe/vol20/iss3/5*
- *Micali, S. (2022).* ***Blockchain 4.0*** *[Address]. UNIDROIT Conference. https://www.unidroit.org/wp-content/uploads/2022/05/BLOCKCHAIN-4.0-UNIDROIT-29-APRIL-2022-VERSIONE-2.pdf*
- *Mohamed, A. A. D., Alkhateeb, Y. M., Agarwal, P., Abdelwahab, A. R., Alrababah, O., & Abu Salim, T. (2022).* ***Characteristics of blockchain and smart services, for smart governments: A systematic review of the literature****. International Journal of Information Systems and Project Management, 10(3), 30-55. https://doi.org/10.12821/ijispm100302*
- *Nakamoto, S. (2008).* ***Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system****. https://bitcoin.org/bitcoin.pdf*
- *Rajan, R. G., & Zingales, L. (1995).* ***What do we know about capital structure? Some evidence from international data****. The Journal of Finance, 50(5), 1421–1460. https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1995.tb05184.x*
- *Rout, D., Mishra, S. J., Sahoo, D., & Jain, A. K. (2024).* ***An analysis of the role of block chain in enhancing transparency and efficiency in retail supply chains****. In Retail Marketing (pp. 45-74). ResearchGate.*

https://www.researchgate.net/publication/385269860_An_Analysis_of_the_Role_of_Blockchain_in_Enhancing_Transparency_and_Efficiency_in_Retail_Supply_Chains

- Saberi, S., Kouhizadeh, M., Sarkis, J., & Shen, L. (2019). ***Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management***. International Journal of Production Research, 57(7), 2117-2135. https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1533261
- Shankaran, S. (2023). ***The economic impact of blockchain integration in modern supply chains***. International Journal of Novel Research and Development, 8(9), 772-780. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=5049159
- Soori, M., Karimi Ghaleh Jough, F., Dastres, R., & Arezoo, B. (2024). ***Blockchains for industrial Internet of Things in sustainable supply chain management of industry 4.0, a review***. Sustainable Manufacturing and Service Economics, 3, Article 100026. https://doi.org/10.1016/j.smse.2024.100026
- Target Corporation. (2025). ***Annual report (Form 10-K).*** U.S. Securities and Exchange Commission. https://www.sec.gov/ix?doc=/Archives/edgar/data/0000027419/000002741925000018/tgt-20250201.htm
- The Kroger Co. (2019). ***Kroger's 2019 environmental, social & governance (ESG) report***. Retrieved December 29, 2025, from https://www.thekrogerco.com/wp-content/uploads/2021/07/Kroger-2019-ESG-Report.pdf
- Walmart Inc. (2018, September 24). ***Food traceability initiative: Fresh leafy greens*** [Letter to suppliers]. Retrieved December 29, 2025, from https://corporate.walmart.com/content/dam/corporate/documents/newsroom/2018/09/24/in-wake-of-romaine-e-coli-scare-walmart-deploys-blockchain-to-track-leafy-greens/blockchain-supplier-letter-sept-2018.pdf
- Wooldridge, J. M. (2010**). *Econometric analysis of cross section and panel data*** (2nd ed.). The MIT Press.
- Wooldridge, J. M. (2016). ***Introductory econometrics: A modern approach*** (6th ed.). Cengage Learning.
- Yiannas, F. (2018). ***A new era of food transparency powered by blockchain.*** Innovations, 12(1-2), 46-56. https://doi.org/10.1162/inov_a_00266
- Zhang, K., Choi, T.-M., Chung, S.-H., Dai, Y., & Wen, X. (2024). ***Blockchain adoption in retail operations: Stablecoins and traceability***. European Journal of Operational Research, 315(1), 147-160. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2023.11.026

ثالثًا: المواقع الإلكترونية.

- خدمات أمازون ويب (AWS). (د.ت.). **ما المقصود بتقنية سلسلة الكتل؟**. استُرجع في 16 أبريل 2026، من https://aws.amazon.com/ar/what-is/blockchain/
- Ethereum. (2026, February 15). ***Introduction to smart contracts***. Retrieved April 14, 2026, from https://ethereum.org/smart-contracts/
- Hyperledger Foundation. (2023, March 23). ***Hyperledger Grid (EOL)***. Retrieved December 29, 2025, from https://lf-hyperledger.atlassian.net/wiki/spaces/GRID/overview
- IBM. (n.d.). ***Reimagining the global food supply through blockchain: Q&A with Brigid McDermott***. IBM Newsroom. Retrieved February 26, 2026, from https://newsroom.ibm.com/index.php?item=30676&s=20317
- Larsen, P. T. (2018, September 21**). *Breakingviews - Banks were first to fall in decade of lost trust***. Reuters. Retrieved April 14, 2026, from https://www.reuters.com/article/breakingviews/breakingviews-banks-were-first-to-fall-in-decade-of-lost-trust-idUSKCN1M1190/
- LF Decentralized Trust. (n.d.). ***How Walmart brought unprecedented transparency to the food supply chain with Hyperledger Fabric*** [Case study]. Retrieved January 24, 2026, from https://www.lfdecentralizedtrust.org/case-studies/walmart-case-study
- Pollock, D. (2019, June 10). ***Retail giant Target unmasks its blockchain framework aimed at supply chain***. Forbes. Retrieved December 29, 2025, from https://www.forbes.com/sites/darrynpollock/2019/06/10/retail-giant-target-unmasks-its-blockchain-framework-aimed-at-supply-chain/
- Smith, M. (2018, September 24). ***In wake of romaine E. coli scare, Walmart deploys blockchain to track leafy greens***. Walmart Corporate. Retrieved February 26, 2026, from https://corporate.walmart.com/news/2018/09/24/in-wake-of-romaine-e-coli-scare-walmart-deploys-blockchain-to-track-leafy-greens

[1] – هي بيانات مجمعة تدمج بين السلاسل الزمنية والبيانات المقطعية، والتي تتكون من مشاهدات متكررة لنفس الشركة خلال فترات زمنية متعددة، وتمتاز بقدرتها على عزل عدم التجانس والخصائص غير المشاهدة للبيانات (Wooldridge, 2010: 161).

[2] – هو أسلوب قياسي يُستخدم لتقدير الأثر السببي للسياسات أو التدخلات. ويعتمد على الجمع بين المقارنات الزمنية قبل الحدث وبعده والمقارنات المقطعية بين مجموعة خضعت للتدخل وأخرى لم تخضع له. ويهدف إلى استخراج الأثر الصافي للتدخل عبر حساب الفرق بين التغير الحاصل في المجموعة المتبنية

للتقنية والتغير الحاصل في المجموعة التي لم تتبنها، بناءً على افتراض الاتجاهات المتوازية الذي ينص على أن المجموعتين كانتا ستتبعان نفس المسار الزمني لولا التبني (Angrist & Pischke, 2009: 169; Fredriksson & Oliveira, 2019: 519; Baker et al., 2025: 1).

[3] – هي بيانات مالية تُعرَض كنسب مئوية بدلًا من القيمة المطلقة، لتسهيل تحليل الأداء المالي بين الشركات ذات الأحجام المختلفة، أو الفترات الزمنية المختلفة (Gibson, 2009: 178).

[4] – إذ يقوم نموذج DiD بضبط التأثيرات الثابتة للمجموعات؛ مما يعزل الفروقات الأساسية بين المجموعتين ويركز على التغير عبر الزمن (Angrist & Pischke, 2009: 170).

[5] – مثل كفاءة الإدارة.