مجلة الدلتا الدولية للعلوم التجارية ونظم المعلومات

https://djicsi. journals.eKb.eg

إستخدام تقنية سلاسل الكتل فى قطاع الأدوية المصري كتوجه نحو التحول الرقمي

أ.د أحمد ابو الفتوح صالح

استاذ نظم المعلومات وعميد معهد الدلتا العالي

لنظم المعلومات الإدارية والمحاسبية

م. آية محمد عبدالله موسى

ماجستير تكنولوجيا معلومات الأعمال والباحثة بكلية
الحاسبات والمعلومات –جامعة المنصورة

ملخص البحث

تسببت جائحة كورونا في تغيرات غير متوقعة فى كل المجالات وتحديداً المجالات الصحية وأضرت بشكل كبير بحركة سلاسل التوريد الدوائية وأظهرت ماتعانيه من ضعف فى تبادل وشفافية المعلومات داخل السلسلة وعدم تأكد المريض بأن الدواء غير تالف، ومن أهم نقاط الضعف هي عدم وجود طرق فعالة لتتبع الدواء خلال المراحل المختلفة لسلسلة التوريد وعدم وجود ملاحظات متزامنة بين جميع الأطراف المشاركة في النظام حول الوضع الحالي للدواء.

أصبحت مخاطر سلسلة التوريد الدوائية واضحة بشكل متزايد بما يُناقض عصر التحول الرقمي الذي تعيشه مصر الآن، نقترح نظاماً آلياً موثوقاً به بإستخدام تقنية سلاسل الكتل وإنترنت الأشياء لتحسين أداء سلسلة التوريد الدوائية وبالتالي جعل نظام تصنيع الأدوية وتوزيعها في مصر أكثر كفاءة.

الكلمات الرئيسية : سلاسل الكتل، سلسلة التوريد الدوائية، إنترنت الأشياء ، ادارة الغذاء والدواء ، هيئة الدواء المصرية .

Abstract

The COVID-19 pandemic has led to unexpected changes in various sectors, particularly in the health field. It has significantly impacted pharmaceutical supply chains, revealing weaknesses in information exchange and transparency within the chain. Patients are uncertain about the integrity of medications, and a major vulnerability is the lack of effective methods to track drugs throughout different stages of the supply chain. There is also a lack of synchronized observations among all parties involved in the system regarding the current status of drugs. The risks of the pharmaceutical supply chain have become increasingly evident, contradicting the current digital transformation era in Egypt. We propose a reliable automated system using blockchain technology and the Internet of Things (IoT) to enhance the performance of the pharmaceutical supply chain. This would make the manufacturing and distribution of drugs in Egypt more efficient.

Keywords: Blockchain, pharmaceutical supply chain, Internet of Things (IoT), Food and Drug Administration (FDA), Egyptian Drug Authority (EDA).

1- المقدمة

يعتبر انتشار فيروس كورونا الأخير في السنوات القليلة الماضية أحد التحديات التي أجبرتنا على إعادة هندسة العديد من الأشياء ، والتفكير في كيفية الاستفادة من التقنيات المستخدمة لمواجهة هذا الوباء.

في الواقع ، تواجه العديد من البلدان ، وخاصة البلدان النامية ، أزمة في توفير بعض الأدوية وعدم توافر الثقه فى سلامة الدواء، لذلك هناك فرص متزايدة للأدوية المزيفة دون المستوى المطلوب لدخول سلسلة التوريد وتسليمها للمرضى كمنتجات أصلية. على الرغم من تعقيد سلسلة التوريد الدوائية الحالية ، هناك فرصة متزايدة للأدوية المقلدة وغير القياسية لدخول سلسلة التوريد المشروعة، وقد يكون هذا نتيجة لعدم وجود نظاماً آمناً لسلسلة التوريد ، وبسبب استخدام المسارات الورقية والتقنيات غير الفعالة ، فضلاً عن التوسع في استخدام سلسلة التوريد في شكلها التقليدي والتعامل مع عدد كبير من الموردين ، يصبح تتبع الأدوية عبر جميع مراحل سلسلة التوريد أمرًا صعبًا للغاية. لقد أصبح هذا مصدر قلق صحي كبير للمرضى في جميع أنحاء العالم ، حتى في البلدان المتقدمة.

2- مشكلة البحث

من أهم نقاط الضعف التي تشكل خطراً على سلامة المريض بشكل مباشر. هي تعرض الدواء لظروف عوامل بيئيه أعلى من المسموح بها أثناء النقل أو التخزين مثل: ارتفاع درجة الحرارة والرطوبة ، أو التعرض المباشر لأشعة الشمس. في الواقع ، وفقًا لإدارة الغذاء والدواء (FDA) ، من الممكن تناول بعض الأدوية بعد تاريخ انتهاء صلاحيتها في غضون عام أو عامين إذا كانت في درجة الحرارة والرطوبة المناسبة [1]. تكمن المشكلة في حدوث أي من هذه الأخطاء ، فقد يكون من الصعب تتبعها نظرًا لعدم وجود نظام موثوق به بين أطراف السلسلة.

3- أهداف البحث

الهدف الرئيسي هوتحقيق نظام موثوق لسلسلة التوريد الدوائية من خلال دمج تقنية سلاسل الكتل وإنترنت الأشياء لتحقيق الشفافيه والتتبع ومكافحة التزييف والحفاظ على الدواء من التلف

، يمثل إنترنت الأشياء دوراً هاماً في هذه المشكلة ويرجع ذلك إلى قدرة المستشعرات على:

أ. تتبع الدواء في جميع مراحل سلسلة التوريد

ب. مراقبة العوامل الطبيعية (درجات الحراره، الرطوبة وضوء الشمس) أثناء النقل والتخزين

ج. تقديم تنبيه فوري عن أي خلل في البيئة التي يتم حفظ الدواء بها.

إلى جانب الإمكانيات القوية لإنترنت الأشياء إلا إن هناك حاجه ماسه إلى نظام قوي وآمن لتبادل المعلومات والمعاملات بين أطراف سلسلة التوريد لذلك يمكن إستخدام تقنية سلاسل الكتل حيث يمكن لطبيعتها القائم على دفتر الأستاذ الموزع وقاعدة البيانات اللامركزية معالجة الهدف الأمني بشكل سيحقق الشفافية والثقة بين أطراف السلسلة، وبسبب إستخدام آلية الآراء، سيضمن عجم التلاعب بالبيانات لجعلها غير قابلة للتغير.

4- الدراسات السابقة

حاولت العديد من الدراسات معالجة التحديات المختلفة لسلسلة توريد الأدوية. ولقد كشفت العديد من المراجعات الأدبية وكذلك تقارير منظمة الصحة العالمية أن عوامل التخزين غير الصحيحة تضر بالنظام الصحي ولها تأثير سلبي عليه ، بالإضافة إلى كونها مكلفة للغاية على الاقتصاد . كما تم اكتشاف أن إحدى الصعوبات التي تواجه سلاسل التوريد هي عدم وجود معايير لممارسات التخزين المناسبة. بالإضافة إلى ذلك ، لا توجد أي طرق موثوقة لتقييم وتتبع تخزين البيانات طوال مرحلتي التوريد والتوزيع [18،22].

- دراسة (Lingayat et al. Panda and Satapathy) ركزوا على توفير نظام سلسلة التوريد المجهز بتقنية Blockchain لجعلها أكثر شفافية من خلال ضمان تتبع وتعقب الأدوية. كما أنها ساعدت في منع وصول الأدوية المزيفة ولكن فقط وصول المنتج الأصلي للمريض.(2,3)
- دراسة (Musamih et al., Uddin, V. Ah-madi et al) اعتمدوا على لامركزية تقنية سلاسل الكتل وأساسيات التشفير لتحقيق سجلات غير قابلة للتلاعب للمعاملات داخل سلسلة التوريد و ضمان الأمن من الهجمات الإلكترونية والقرصنة. كما ركزوا على إلزام جميع الكيانات المشاركة في السلسلة بضرورة المصادقة عليها باستخدام الشهادات الرقمية قبل إضافة أو الوصول إلى البيانات وسجلات النظام. بالإضافة إلى ذلك ، في عملهم ، لا تخضع جميع المعاملات والبيانات للتغيير.[4,13]
- دراسة (.Badhotiya et al) قدم حلاً يعتمد على تقنية سلاسل الكتل لتقليل التكرار و X-I الموجود داخل سلسلة التوريد. استندت هذه المساهمة إلى اعتبار أن صناعة الأدوية غير منظمة وتحتوي على العديد من البائعين والموزعين ، وستساعد تقنية سلاسل الكتل في ترقية إدارة الشبكة. كما اعتمدت الدراسة على العقود الذكية لخفض التكاليف.[6]
- دراسة Ouf S.(2021) أعتمدت هذه الدراسة على الويب الدلالي لتحسين قدرة التمثيل لسلاسل التوريد ومكونات سلاسل التوريد من خلال عمل النظام باستخدام هذه التقنيات المقترحة لتوفير تخزين موزع غير قابل للتغيير بالإضافة إلى آلية تتبع واكتشاف أي أنشطة مشبوهة.[23]

إلى جانب الجهود البحثية المذكورة أعلاه ، تم اقتراح العديد من الحلول الأخرى حيث استخدموا تقنية سلاسل الكتل كحل لمكافحة تزييف الأدوية وحماية الأحداث والمعاملات داخل سلسلة التوريد بين الأطراف من التصنيع إلى المستهلك (7,8,9,10,12,14).

5- مساهمة البحث

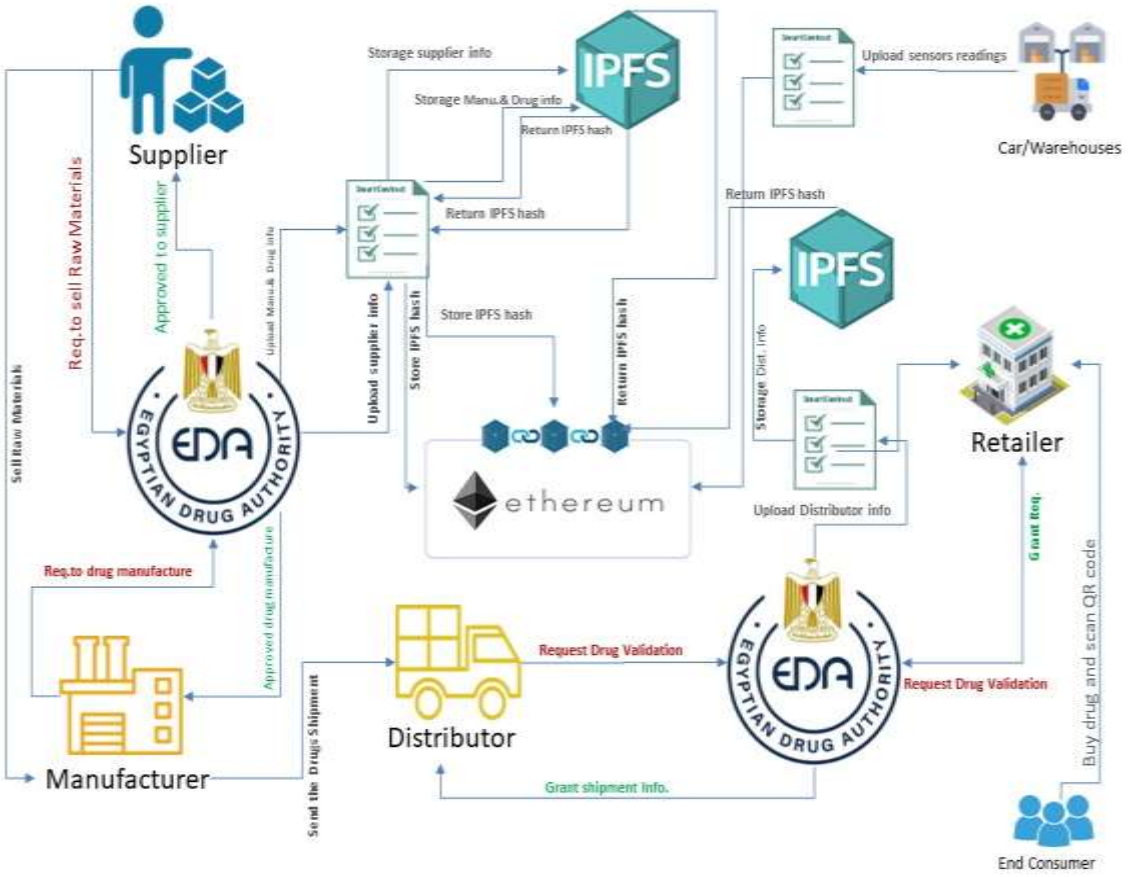
من غير المقبول التقليل من شأن الجهود السابقة التي وفرت حلولاً لتحسين سلاسل توريد الأدوية وجعلها أكثر شفافية وموثوقية بين أطراف السلسلة ، ولكن هناك عناصر أخرى يجب مراعاتها لتكامل الحلول السابقة مثل الحفاظ على الدواء من التلف أثناء تخزينه أو نقله وعدم تعريضه لظروف خارجية غير مرغوب فيها مثل (ارتفاع درجات الحرارة والرطوبة أو التعرض المباشر لأشعة الشمس لفترات طويلة) وتنبيه متخذ القرار في حالة حدوث أي خلل غير مرغوب فيه. مناسب لظروف التخزين والنقل ، يجب أيضًا فرض النظام الجديد من خلال الحكومات ، وفي هذه

الورقة نقترح أن يتم تنفيذ النظام وفرضه من خلال هيئة الدواء المصرية ، وهذا سيوفر الكثير على الدولة وأصحاب الشركات. وهذا يجعل المريض أكثر ثقة.

6- منهجية البحث

لبناء هذا العمل البحثي ، تم إجراء بحث عن الدراسات الأكاديمية التي ناقشت تحديات ومخاطر سلاسل التوريد ، وبعد مراجعة نقدية لأنواع وأغراض وأساليب البحث العلمي والأكاديمي ، تم استخدام الأساليب النوعية ، وهي الأفضل في هذا المجال البحثي. وبناءً عليه ، يبدأ البحث بتحديد مخاطر سوء تخزين الأدوية التي يمكن أن تؤثر سلباً على النظام الصحي. ثم يقترح استراتيجية علمية تحاول حل هذه المخاطر. أيضًا ، لاستكمال الجهود السابقة ، يقدم العمل المقترح حلاً موجهًا من الدولة يدمج تقنية سلاسل الكتل و انترنت الأشياء لجعل سلسلة التوريد أقوى وأكثر أمانًا وموثوقية لجميع الأطراف المعنية وللمستخدم النهائي.

7- اطار مقترح قائم علي تقنية سلاسل الكتل مع إنترنت الأشياء IoT Blockchain-Based Drug Supply Chain (IBDSC)



الشكل 1. بنية سلسلة إمداد الأدوية المقترحة القائمة على إنترنت الأشياء وسلاسل الكتل (IBDSC)

وفقًا لقوة تقنيات سلاسل الكتل وإنترنت الأشياء ، فقد تم استخدامها لبناء الهيكل المقترح الذي يهدف بدوره إلى مساعدة هيئة الدواء المصرية (EDA) في تتبع وضمان سلامة الأدوية المنقولة. لذلك ، فإن الهدف من النص التالي هو تقديم تفاصيل البنية المقترحة بما في ذلك دور هذه التقنيات في تسلسل العمليات.

هيئة الدواء المصرية(EDA): هي الجهة المسؤولة عن تنفيذ النظام الذي يتم من خلاله تسجيل جميع مصانع الأدوية وشركات التوزيع والصيدليات في نظامها والتأكد من أن مستودعاتها ومركبات النقل لديها مزودة بأجهزة استشعار إنترنت الأشياء لقياس العوامل المختلفة (درجة الحرارة - الرطوبة - الضوء). بمجرد استيفاء هذه الشركات والصيدليات المسجلة للمواصفات ، سيكون لها الحق في تصنيع الأدوية وبيعها وتوزيعها من خلال النظام.

المورد: هو الشخص أو الشركة المتخصصة في بيع المواد الخام (أي التركيبات الكيميائية المستخدمة في تصنيع الأدوية). يقوم الموردون بالتسجيل في النظام عن طريق إضافة بيانات المواد الخام حيث تكون البيانات الأكثر أهمية هي تاريخ انتهاء صلاحية المادة الخام.

المصنِع: يطلب المصنِع تحميل بيانات الدواء إلى النظام الذي سيتم قبوله أو رفضه من قبل هيئة الأدوية. سيسمح للمصنع إذا كان مسجلاً ، وإذا لم يكن مسجلاً ، فإنه يطلب تسجيل بياناته والتحقق من مخازنه ومركباته الناقلة. بعد القبول يتم تحميل بيانات الدواء متضمنة رمز الاستجابة السريعة QR code الخاص بالدواء حيث يتم تسجيل كل هذه البيانات في باقي المراحل.

الموزع: قبل استلام شحنة الدواء يجب على الموزع تسجيل الدخول ليتم تأكيد النظام أنه شخص مصرح له إضافة أو إظهار المعلومات، ثم تأكيد استلامه للشحنة ليتمكن بعد ذلك البدء في نقلها.

مركبات النقل والمستودعات: تحتوي على مستشعرات إنترنت الأشياء لتسجيل درجات الحرارة والرطوبة وقراءات الضوء طوال فترة النقل والتخزين ، وإرسال هذه البيانات مباشرة ليتم تخزينها. ويمكن استرداد القراءات التي تم الحصول عليها في أي وقت من قبل أطراف سلسلة التوريد ، ويمكن في النهاية إبلاغ المريض بما إذا كان الدواء فعالاً أم لا.

المستشفيات والصيدليات: تحتاج هذه الجهات إلى تسجيل الدخول إلى النظام أولاً ، ومن ثم يمكنها استلام الشحنة وتأكيد استلامها والاطلاع على المراحل السابقة من خلال قراءة رمز الاستجابة السريعة للتأكد من سلامة الدواء.

المستخدم النهائي: كل ما يجب على المستخدم النهائي القيام به قبل شراء الدواء هو مسح رمز الاستجابة السريعة الموجود عليه للتأكد من أنه صالح أو تالف. تعتمد معلومات الصلاحية هذه على مراقبة العوامل التي تؤثر على الدواء طوال فترة التخزين والنقل وكذلك الحد الأقصى للوقت المقبول لترك الدواء في ظروف مختلفة (مثل درجات الحرارة المرتفعة والرطوبة والضوء وما إلى ذلك). على سبيل المثال ، وفقًا لمقالة إدارة الغذاء والدواء الأمريكية بعنوان "يفقد الأنسولين بعض الفعالية عند تعرضه لدرجات حرارة شديدة" ، فكلما طال التعرض لدرجات الحرارة القصوى ، قلت فاعلية الأنسولين. يمكن أن يؤدي هذا إلى فقدان السيطرة على جلوكوز الدم بمرور الوقت. على الرغم من ذلك وفقط في ظروف الطوارئ ، قد لا تزال بحاجة إلى استخدام الأنسولين المخزن فوق 86 درجة فهرنهايت ". [17]

التخزين خارج سلسلة الكتل: حيث تم إستخدام Interplanetary File System(IPFS) وهو في الأساس يعد نظام ملفات يسمح لك بتخزين الملفات بشكل موزع ولا مركزي، وبما إن سلاسل الكتل عبارة عن منصة إدارة بيانات لامركزية بالتالي فهو خيار جيد لدعم البيانات الوصفية لتتبع الملفات على النظام. يمكننا القول أنIPFS هي أفضل صديق لسلاسل الكتل.

8- النتائج

في هذا المقترح، تم اختيار Go Ethereum (Geth) للتنفيذ، جنبًا إلى جنب مع لغة Solidity لبرمجة العقود الذكية ، يحدد بروتوكول Ethereum واجهة تسمح للأشخاص بالتفاعل مع العقود الذكية ومع بعضهم البعض عبر الشبكة. أيضًا ، تم استخدام مكتبة web3.py للتواصل مع عقد Ethereum والعقود الذكية في EVM باستخدام رابط HTTP للوصول إلى التفاصيل المحدثة المتعلقة بحالة العقد والمعاملات الجديدة. من المهم أن نلاحظ هنا أن العقد الذكي هو برنامج يتم تشغيله داخل سلاسل الكتل حيث يحتوي على مجموعة من القواعد التي تشكل اتفاقية بين طرفين أو أكثر. عند استيفاء هذه القواعد ، ينفذ العقد الرقمي المعاملة. باللإضافه إلى IPFS الذي يمكنه معالجة كميات هائلة من البيانات ووضع روابط ثابتة وغير قابلة للتغيير في المعاملات ، وحماية المحتوى ، دون وضع البيانات نفسها في السلسلة.

عند تنفيذ بنية / نظام IBDSC المقترح ، يتم منح كل مستخدم للنظام حق الوصول إلى المعلومات لبدء معاملة بعد التحقق من الهوية بنجاح.

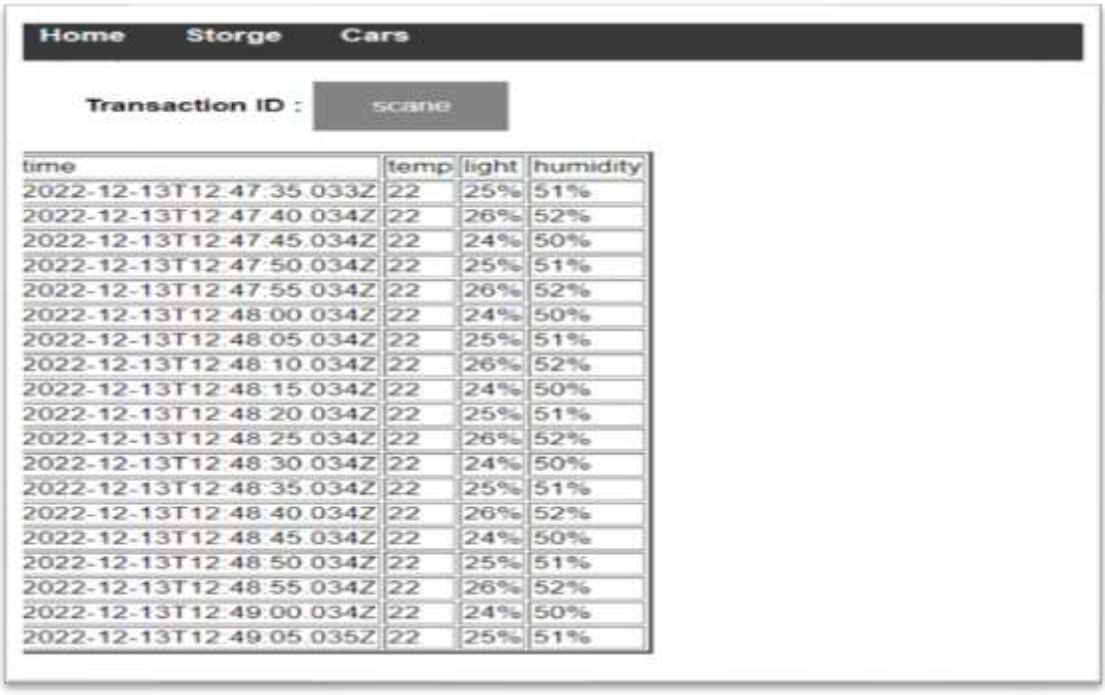
يوضح الشكل التالى رقم 2 شاشة التحكم في EDA ، حيث يمكن أن تظهر جميع المستودعات ومركبات النقل المجهزة لتخزين الأدوية ونقلها.

الشكل 2. شاشة تحكم EDA للمستودعات وعربات النقل

بعد ذلك ، يوضح الشكل 3 الشاشة التي يمكن من خلالها إضافة تفاصيل الدواء (على سبيل المثال ، اسم الدواء والنوع والكمية وتاريخ انتهاء الصلاحية ونشرة الدواء). هذه التفاصيل ضرورية لتوفير درجات حرارة التخزين المسموح بها والرطوبة والضوء.

الشكل 3. شاشة إنشاء وتحديد تفاصيل الدواء

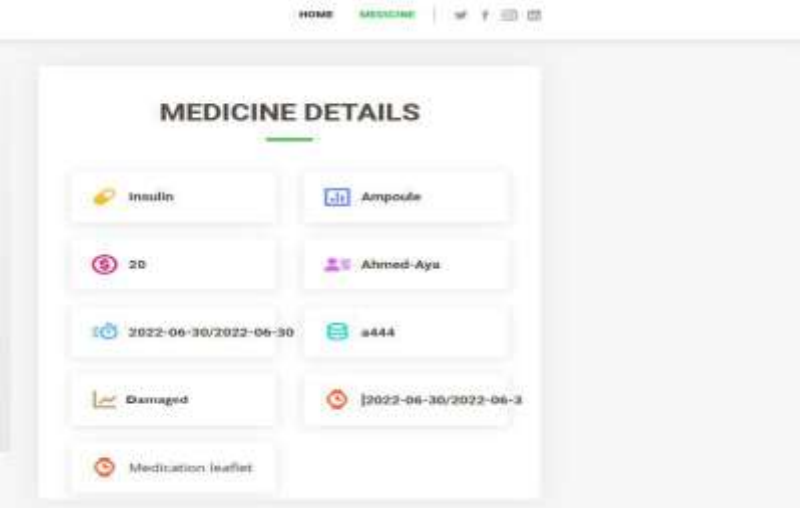
إذا كان الموزع قلقًا بشأن جودة الدواء في المعاملة السابقة ، فسيقوم بالنظر في المعلومات الموضحة في الشكل 4. وفقًا لذلك ، يمكنه رفض الشحنة نظرًا لأن الدواء قد تضرر من خلال تعريضه لضوء قوي أو ارتفاع في درجة الحرارة.



time	temp	light	humidity
2022-12-13T12:47:35.033Z	22	25%	51%
2022-12-13T12:47:40.034Z	22	26%	52%
2022-12-13T12:47:45.034Z	22	24%	50%
2022-12-13T12:47:50.034Z	22	25%	51%
2022-12-13T12:47:55.034Z	22	26%	52%
2022-12-13T12:48:00.034Z	22	24%	50%
2022-12-13T12:48:05.034Z	22	25%	51%
2022-12-13T12:48:10.034Z	22	26%	52%
2022-12-13T12:48:15.034Z	22	24%	50%
2022-12-13T12:48:20.034Z	22	25%	51%
2022-12-13T12:48:25.034Z	22	26%	52%
2022-12-13T12:48:30.034Z	22	24%	50%
2022-12-13T12:48:35.034Z	22	25%	51%
2022-12-13T12:48:40.034Z	22	26%	52%
2022-12-13T12:48:45.034Z	22	24%	50%
2022-12-13T12:48:50.034Z	22	25%	51%
2022-12-13T12:48:55.034Z	22	26%	52%
2022-12-13T12:49:00.034Z	22	24%	50%
2022-12-13T12:49:05.035Z	22	25%	51%

الشكل 4. شاشة توضح تفاصيل الدواء أثناء نقله أو تخزينه فى المرحله السابقه

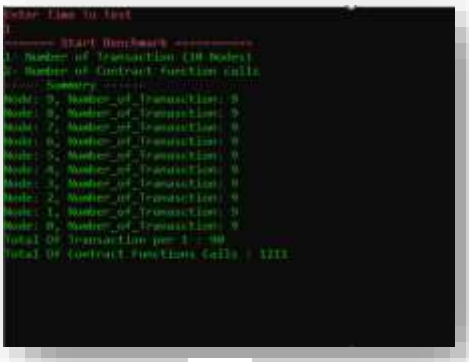
فيما يتعلق بالمرضى أنفسهم ، يمكنهم الوصول إلى واجهة خاصة مصممة لهم ، كما هو موضح في الشكل 5 ، حيث يمكنهم مسح رموز QR الخاصة بالدواء حيث لن تكون هناك معلومات خفية عن الدواء. سيتم توفير ورقة معلومات الدواء بالكامل ، بما في ذلك اسم الدواء ونوعه وعدد المبيعات والموزعين وما إذا كان الدواء صالحًا أو تالفًا ، من خلال واجهة المرضى.



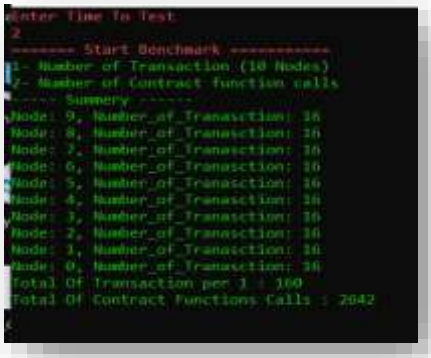
الشكل 5. واجهة المستخدم النهائي (المريض)

بالإضافة إلى تفاصيل النظام المذكورة أعلاه ، تم إنشاء أداة ، معيار شبكة سلسلة الكتل ، لتحديد عدد استدعاءات وظيفة العقود الذكية والمعاملات التي يمكن معالجتها في وقت من أجل اختبار الضغط على الشبكة. تم اختبار الأداة لمدة 1 و 2 و 3 دقائق بإستخدام ذاكرة وصول عشوائي (RAM) سعة 16 جيجابايت ، ووحدة معالجة مركزية Core i7 ثماني النواة ، وحدة معالجة رسومات Nvidia GTX 960M بسعة 4 جيجابايت

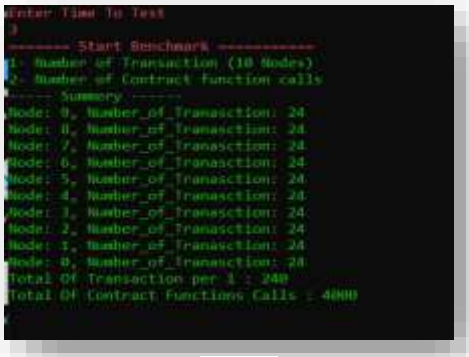
حيث يتم عرض النتائج التي تم الحصول عليها في الشكل 6. وأخيرًا ، الجدول 1. تأثير الحل الذي نقدمه على سلسلة توريد الأدوية التقليدية معروضة في الجدول 1.



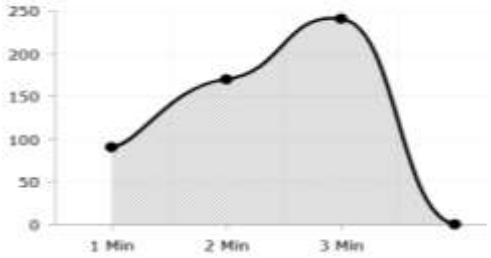
(أ)



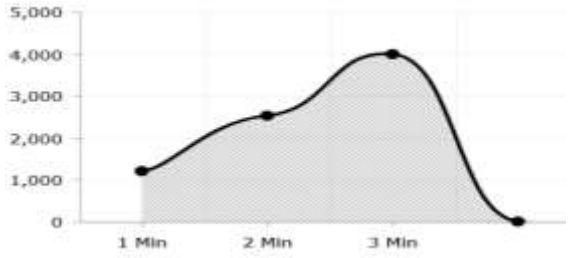
(ب)



(ج)



(هـ) عدد المعاملات



(و) عدد وظائف العقد

الشكل 6. اختبار معيار شبكة سلاسل الكتل في: (أ) دقيقة واحدة ، (ب) دقيقتان ، (ج) 3 دقائق بين 10 عقد ، حيث وجد أن (هـ) إجمالي المعاملات 90 ، 160 و 240 و(و)إجمالي وظائف العقد هي 1211 و 2642 و 4000.

الجدول 1. تأثير الحل الذي نقدمه على سلسلة توريد الأدوية التقليدية

الخصائص	سلسلة التوريد الدوائية التقليدية	سلسلة التوريد الدوائيه بإستخدام تقنية سلاسل الكتل
مركزية البيانات	مركزية	لا مركزية
قابلية التوسع	محدودة	لا محدودة
الأمن والحماية	أقل أمناً	أكثر أمناً
عدم القابلية للتغير	قابل للتغير	غير قابل للتغيير
التتبع	لا يوجد	يوجد
الشفافية	لا يوجد	شفافيه عاليه

النظام اللامركزي الذي يعد ميزة مهمة من خلال استخدام إطار لامركزي قائم على سلاسل الكتل ، يتم التخلص من ما يسمى نقطة الفشل الواحدة. ونجد ميزة أخرى مهمة لحلنا هي قابلية التوسع ، في الأنظمة المركزية تكون الموارد على الخادم المركزي محدودة. قد ينتج عن زيادة المستخدمين ضعف أداء النظام. نظرًا لأن الحل هو اللامركزية ، فإن قواعد البيانات لديها سعة أكبر وتسمح بالوصول المتزامن لعدد أكبر من المستخدمين. تقدم سلاسل الكتل حلاً ممتازًا لسلامة البيانات وأمنها نظرًا لميزاتها مثل ثبات البيانات الغير قابله للتعديل ، لذلك بمجرد وتخزين المعلومات على سلسلة الكتل ، لا يمكن تغييرها أو العبث بها.

تعد شفافية المعاملات جانبًا مهمًا لأي سلسلة توريد. في حلنا المقترح ، يمكن لجميع المشاركين الوصول إلى جميع المعاملات التي تم التحقق منها وعرضها في بيئة موثوقة ، وأخيرًا ، الجمع بين إنترنت الأشياء و وسلاسل الكتل لتحسين كفاءة سلسلة التوريد ضرورية لتحقيق نظام تتبع وتعقب جدير بالثقة.

9- الخلاصة

لقد أنشأنا نظام تتبع وتعقب قائم على سلاسل الكتل و وإنترنت الأشياء لسلسلة التوريد للأدوية بطريقة أكثر شفافية وتركيزًا على البيانات، وقد ساهم ذلك بشكل كبير في منع الاحتيال والتلاعب داخل سلسلة التوريد وتقليل تتبع الأدوية فعليًا يؤدي إلى الإهمال وتلف الدواء. لقد أظهرنا فعالية نهجنا المقترح في تلبية أهداف البحث، وأظهرنا بالنتائج أن حلنا قد حقق حماية البيانات والشفافية في سلسلة توريد الأدوية. نواصل العمل لتحسين فعالية سلاسل توريد الأدوية من خلال تطوير الاقتراح لتحقيق الشفافية والدقة المطلقين.

10 - المصادر

1. FDA (2021) Don’t Be Tempted to Use Expired Medicines. In: https://www.fda.gov/drugs/special-fe atures/dont-be-tempted-use-expired-medicines
2. Lingayat V, Pardikar I, Yewalekar S, et al (2021) Securing Pharmaceutical Supply Chain using Blockchain Technology. ITM Web of Conferences 37:01013. https://doi.org/10.1051/itmconf/20213701013
3. Panda SK, Satapathy SC (2021) Drug traceability and transparency in medical supply chain using blockchain for easing the process and creating trust between stakeholders and consumers. Pers Ubiq- uitous Comput. https://doi.org/10.1007/s00779-021-01588-3
4. Musamih A, Salah K, Jayaraman R, et al (2021) A blockchain-based approach for drug traceability in healthcare supply chain. IEEE Access 9:9728–9743. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3049920
5. Uddin M (2021) Blockchain Medledger: Hyperledger fabric enabled drug traceability system for counterfeit drugs in pharmaceutical industry. Int J Pharm 597:. https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2021.120235
6. Badhotiya GK, Sharma VP, Prakash S, et al (2021) Investigation and assessment of blockchain tech- nology adoption in the pharmaceutical supply chain. In: Materials Today: Proceedings. Elsevier Ltd, pp 10776–10780
7. Zhu P, Hu J, Zhang Y, Li X (2020) A blockchain based solution for medication anti-counterfeiting and traceability. IEEE Access 8:184256–184272. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3029196
8. K. S, Pandey P, Dhanalakshmi R (2018) A Counterfeit Solution for Pharma Supply Chain. EAI Endorsed Transactions on Cloud Systems 3:154550. https://doi.org/10.4108/eai.11-4-2018.154550
9. Kumar R, Tripathi R Traceability of counterfeit medicine supply chain through Blockchain
10. Tseng JH, Liao YC, Chong B, Liao SW (2018) Governance on the drug supply chain via gcoin blockchain. Int J Environ Res Public Health 15:. https://doi.org/10.3390/ijerph15061055
11. Uddin M, Salah K, Jayaraman R, et al (2021) Blockchain for drug traceability: Architectures and open challenges. Health Informatics J 27:. https://doi.org/10.1177/14604582211011228
12. Pandey P, Litoriya R (2021) Securing E-health Networks from Counterfeit Medicine Penetration Using Blockchain. Wirel Pers Commun 117:7–25. https://doi.org/10.1007/s11277-020-07041-7
13. V. Ahmadi, S. Benjelloun, M. E. Kik, T. Sharma, H. Chi and W. Zhou, "Drug governance: IoT-based blockchain implementation in the pharmaceutical supply chain", *Proc. 6th Int. Conf. Mobile Secure*

Services (MobiSecServ), pp. 1-8, Feb. 2020.
14. Liu X, Barenji AV, Li Z, et al (2021) Blockchain-based smart tracking and tracing platform for drug supply chain. Comput Ind Eng 161:. https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107669.
15. Lingayat V, Pardikar I, Yewalekar S, et al (2021) Securing Pharmaceutical Supply Chain using Blockchain Technology. ITM Web of Conferences 37:01013. https://doi.org/10.1051/itmconf/20213701013
16. SCAD College of Engineering and Technology, Institute of Electrical and Electronics Engineers Proceedings of the International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI 2019) : 23-25, April 2019.
17. FDA (2017) Information Regarding Insulin Storage and Switching Between Products in an Emergency. In: https://www.fda.gov/drugs/emergency-preparedness-drugs/information-regarding-insulin-storage-and-switching-between-products-emergency.
18. SUMERA AA, SAVERA AA, NADIR S (2016) Importance of Storing Medicines on Required Temperature in Pharmacies and Role of Community Pharmacies in Rural Areas: Literature Review. Imanagers J Nurs 6:32. https://doi.org/10.26634/jnur.6.2.6045.
19. Chinedu Obitte N, Chukwu A, Odimegwu D (2009) Survey of drug storage practice in homes, hospitals and patent medicine stores in Nsukka, Nigeria Harnessing Anti-respiratory syncytial agents from natural products View project Harnessing basically researched biomaterials for pilot scale-up studies. View project.
20. Jaberidoost M, Olfat L, Hosseini A, et al (2015) Pharmaceutical supply chain risk assessment in Iran using analytic hierarchy process (AHP) and simple additive weighting (SAW) methods. J Pharm Policy Pract 8:1–10. https://doi.org/10.1186/s40545-015-0029-3.
21. Yadav P, Lega H, Who T, Babaley GM (2011) THE WORLD MEDICINES SITUATION 2011 STORAGE AND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT.
22. Schöpperle A Analysis of challenges of medical supply chains in sub-Saharan Africa regarding inventory management and transport and distribution Project Thesis.
23. Ouf S (2021) A Proposed Architecture for Pharmaceutical Supply Chain Based Semantic Blockchain. International Journal of Intelligent Engineering and Systems 14:31–42. https://doi.org/10.22266/ijies2021.0630.04