مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية
المجلد42 العدد (2) – 2026: 1-19

Damascus University Journal for engineering sciences
Vo 42 number (4) -2026: 1-19

تطوير آلية متكاملة لإدارة سلاسل التوريد في مشاريع التشييد بالاستفادة من تقنية انترنت الأشياء

سماح المهايني*[1] محمد ونوس[2]

*[1]. طالبة ماجستير، مهندسة، في قسم الإدارة الهندسية والتشييد– كلية الهندسة المدنية– جامعة دمشق.
samahalmahayni2008@Damascusuniversity.edu.sy

[2]. مدرس، دكتور، مهندس، في قسم الإدارة الهندسية والتشييد– كلية الهندسة المدنية– جامعة دمشق.
mohammedwanos@Damascusuniversity.edu.sy

الملخص:

تشمل سلسلة التوريد الهندسية كل العمليات خلال مراحل مشروع التشييد كما تتضمن الأطراف المشاركة بالمشروع. أي أنها لا تقتصر على عمليات توريد المواد، بل هي شبكة من العلاقات والتدفقات التي تشمل تدفق المواد والتدفقات المالية وتدفق المعلومات بين المصمم والمالك والمقاول والمورد. تعاني سلاسل التوريد الهندسية من مشاكل عديدة كالتعقيد وتجاوز الكلفة وضعف التواصل بين الأطراف، لذا تعتبر الادارة الناجحة لهذه السلسلة من العوامل الأساسية لنجاح المشروع. ومن أجل تحسين العمليات والمساعدة في اتخاذ القرار أصبحت إدارة سلاسل التوريد في مختلف الصناعات مؤخراً تدار بشكل شبه كلي بالاستفادة من تقنيات انترنت الأشياء التي تساعد في عمليات تتبع المواد ومراقبة العمليات وتبادل البيانات (مثل: GPS, RFID) .مما دعا الى البحث بشكل موسع عن امكانية تطبيق هذا الشيء على سلسلة التوريد الهندسية وتحديد الفوائد الناتجة عن ذلك. لتحقيق ذلك اعتُمد على المنهج الوصفي من خلال إجراء مراجعة للدراسات السابقة وتصميم استبيان وتوزيعه على الشركات الهندسية. ساهمت نتائج تحليل الاستبيان بتحديد أكثر العوائق تأثيراً على سلسلة التوريد الهندسية (الهدر) وأكثر أدوات انترنت الأشياء شيوعاً في سورية (الأجهزة الذكية). تلى ذلك تطوير الآلية ضمن بيئة سحابة حاسوبية وبتوظيف خمس أدوات لانترنت الأشياء، مع توضيح أطراف السلسلة والعلاقات المتبادلة فيما بينهم.

الكلمات المفتاحية: سلسلة التوريد الهندسية، إدارة سلاسل التوريد، انترنت الأشياء، السحابة الحاسوبية، سورية.

تاريخ الإيداع: 2023/6/7
تاريخ القبول: 2023/7/30

حقوق النشر: جامعة دمشق –سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب **CC BY-NC-SA**

ISSN (online): 2789-6854

Developing an Integrated Framework to Manage Supply Chains in Construction Using IoT

Samah Almahayni*[1] Mohammed Wanos[2]

*[1]. Master's student, in the Department of Engineering Management and Construction- Faculty of Civil Engineering - Damascus University.
samahalmahayni2008@Damascusuniversity.edu.sy

[2]. Professor in the Department of Engineering Management and Construction - Faculty of Civil Engineering - Damascus University.
mohammedwanos@Damascusuniversity.edu.sy.

Received: 7/6/2023
Accepted: 30/7/2023

Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

Abstract:

The Construction Supply Chain CSC includes a spectrum of activities and stakeholders involved in construction projects, encompass a complex network of relationships, material flows, financial transactions, and information exchanges between designers, owners, contractors, and suppliers. CSC face numerous challenges. Therefore, effective management of the CSC emerges as a critical determinant for project success. The adoption of Internet of Things (IoT) technologies, such as Global Positioning System GPS and Radio Frequency Identification RFID, has revolutionized supply chain management in various industries. These technologies enable the tracking of materials, real-time monitoring of operations, and seamless data exchange. Consequently, research efforts have been directed towards investigating the application of IoT in the CSC. To address this research gap, a descriptive methodology was employed, encompassing a comprehensive review of existing literature and the design of a questionnaire. The collected data played a pivotal role in identifying the most significant obstacles impeding the CSC (waste) and determining the prevalent IoT tools employed in Syria (smart devices). Building upon these findings, a framework was developed within a computer cloud environment, incorporating five IoT tools. This framework elucidates the interconnectedness and roles of various stakeholders within the supply chain. Subsequently, the proposed framework was presented to experts to validate its feasibility and gather expert opinions. The experts confirmed the viability of the Framework, providing feedback for enhancement and identifying potential obstacles that may hinder its application in Syria.

Keywords: Construction Supply chain, Supply chain management, Internet of Things, Computer cloud, Syria.

المقدمة:

في صناعة تنافسية ومعقدة للغاية مثل صناعة التشييد والتي تعتمد على متطلبات تسليم مشاريع عالية الجودة بأسعار تنافسية، نشأت حاجة كبيرة لإدارة فعالة لسلسلة توريد البناء. إن إدارة سلسلة التوريد الهندسية Construction Supply Chain Management (CSCM)) هي نهج واعد غايته تحقيق التكامل بنجاح بين مختلف أطراف السلسلة والحصول على مزايا تنافسية من خلال توليد القيمة وتخفيض التكلفة بهدف إرضاء العميل (Serpell & Rojas ,2004).

حيث يعتمد هذا النهج على تنظيم العلاقة بين جميع المشاركين من خلال فهم اعتمادية مختلف الأطراف على بعضهم البعض، العلاقات اللوجستية بين العمليات والأشخاص المعنيين والموارد اللازمة للوصول الى النتيجة المطلوبة. لتحقيق ذلك لا بد من الاستفادة من الاتجاهات الحديثة حيث أن استخدام الجيل الجديد من التقنيات والأنظمة الأحدث والأكثر كفاءة مثل تقنية انترنت الأشياء IoT Internet of Things يُقدم حلاً متعدد الأبعاد يطور ادارة سلسلة التوريد في مشاريع التشييد. تساعد أدوات انترنت الأشياء في جمع البيانات و رصد سير الأعمال وتتبعها وتوفير تحديث للجدول الزمني في الوقت الفعلي، كما أنها تساعد مدير المشروع على اتخاذ القرارات بشكل أفضل وتحسين السيطرة على المشروع ككل (Kumar, 2018).

1- أهداف البحث:

إن الهدف الرئيسي لهذا البحث هو تطوير آلية متكاملة تساعد في تنظيم العملية الإدارية لسلاسل التوريد بالاستفادة من تقنية انترنت الأشياء.

للوصول الى هذا الهدف سيتم اعتماد الأهداف المرحلية التالية:

1. تحديد العناصر الأساسية لسلسلة التوريد.
2. الكشف عن أهم العقبات التي قد تواجه عمليات السلسلة.
3. تحديد أهم الأدوات الرئيسية لتقنية IoT.
4. تطوير آلية متكاملة للمساعدة في إدارة سلسلة التوريد بالاعتماد على ما سبق.

2- الدراسات المرجعية:

في عام 1999 قدم الباحث Muya بحثاً بعنوان: CONTRACTORS' SUPPLIER MANAGEMENT شرح فيه سلسلة التوريد في مشاريع التشييد اعتمد فيه على وجهة نظر المقاول.

وفقاً لـ Muya تتألف السلسلة الهندسية من ثلاثة تدفقات: تدفق المعلومات بين العميل والمزود، تدفق المواد والمنتجات والخدمات للعميل وتدفق النقد من العميل للمزود.

بناء على ذلك يكون هناك ثلاث سلاسل فرعية تشكل سلسلة التوريد الهندسية:

1. السلسلة الأولية: إيصال المواد المستخدمة في المنتجات النهائية في البناء.
2. السلسلة الداعمة: استحضار المواد، الخبراء والمعدات.
3. سلسلة الموارد البشرية: استحضار العمالة.

كما قدم الباحث Ahmad عام 2002 بحثاً عنوانه: Supply chain management in construction. Scope, benefits and barriers شرح فيه أساليب إدارة سلاسل التوريد ومنافعها والعوائق التي تواجهها.

ISSN (online): 2789-6854

وفقاً لهذه الدراسة تقسم السلسلة الهندسية إلى قسمين:

1. سلسلة عمليات الإحضارات والشراء: تزويد موقع التشييد بالمواد، الآليات والعمالة. الأطراف المشاركون في هذه السلسلة هم منتجو المواد، مصنعو الآليات، بائعو الجملة، التجار والمزودون، العمال، المقاول الرئيسي والمقاولون الثانويون.
2. سلسلة عمليات التشييد: تتألف من العميل، المصممين والمهندسين، مدير الموقع، المقاول الرئيسي والمقاولين الثانويين.

يقترح هذا النموذج إدارة عمليات السلسلة عبر قاعدة بيانات خاصة بها مرتبطة بقاعدة بيانات المشروع المركزية حيث يتم تبادل البيانات عبر سلسلة التشييد عن طريق الجداول والكشوفات.

أما Vrijhoef & Koskela فقد قدما في دراسة عام 2000 عنوانها The four roles of supply chain management in construction شرحاً وافياً عن تصميم سلسلة التوريد الهندسية والمراحل التي تمر بها. حدد هذا البحث سلسلة واحدة مقسمة إلى مراحل حسب مراحل تنفيذ عمليات المشروع وتتضمن الأطراف المشاركة في كل مرحلة حيث تتدفق البيانات ضمن السلسلة باتجاه معين (على شكل أوامر تنفيذ وجداول وغيرها) وتتدفق المواد (مواد منتَجة ومصنَعة وغيرها) بالاتجاه المعاكس.

اعتمد البحث على الدراسات السابقة في تصميم سلسلة البحث وتحديد عناصرها وسيتبين ذلك لاحقاً في فقرة تطوير الآلية.

في عام (2017) قام الباحث Dhumale بإجراء دراسة برمجية بعنوان (Supply Chain Management using Internet of Things) وذلك من أجل دراسة أثر استخدام انترنت الأشياء وتقنية RFID على سلاسل التوريد، قُسمت سلسلة التوريد الى ثلاث وحدات: وحدة المزود، وحدة التخزين، وحدة الموزع. ومن ثم تم تزويد كل وحدة بأدوات انترنت الأشياء وتنظيم إطار عمل لكل وحدة مع إيضاح طرق التواصل وتبادل المعلومات بين الوحدات. أوضحت الدراسة الفائدة الكبيرة التي يقدمها IoT في تخزين سجلات مواصفات ومعلومات المواد وتحديث هذه السجلات بشكل مستمر. لم تُطبق الدراسة على أرض الواقع ولكن تمت الاستفادة من إطار العمل المقترح.

وفي عام (2020) ومن خلال بحث بعنوان (Integration of Industry 4.0 Related Technologies in Construction Industry: A Framework of Cyber-Physical System) قدم الباحثون You et al. مقترحاً لإطار عمل شامل لنظام سايبر فيزيكال Cyber-Physical لتنظيم وإدارة أعمال التشييد بالاستفادة من عدة تقنيات حديثة بما فيها أدوات انترنت الأشياء. حيث يتألف الإطار من طبقة من الأشياء تقوم بإرسال البيانات عبر الانترنت إلى سحابة لتتم معالجتها واسترجاعها عبر تطبيقات وبرمجيات مختلفة. وقد تمت الاستفادة من هذه الدراسة في هذا البحث لوضع مخطط لمنصة IoT والتي ستكون جزءاً من آلية العمل المقترحة.

3- إدارة سلاسل التوريد SCM:

نشأ مصطلح إدارة سلسلة التوريد في المشاريع الصناعية للتحكم بالخدمات اللوجستية. وهي تمثل مجموعة الاجراءات الادارية التي تتحكم وتدير بها الشركة شبكة من الموردين والمصانع والمستودعات

ومراكز التوزيع، والتي يتم عبرها الحصول على المواد الأولية وتصنيعها وإيصالها إلى الزبون.

ظهر مفهوم إدارة سلسلة التوريد (SCM) وتم تطويره في الصناعات التحويلية (Vrijhoef, 1999). كان ظهوره في الأصل من نظام (التسليم في الوقت المناسب) (Just- in-Time JIT) كجزء من نظام الإنتاج في شركة تويوتا. تم استخدام نظام JIT لتنظيم الإمدادات إلى جهة الإنتاج في شركة تويوتا بكميات صغيرة في الوقت المناسب بهدف تخفيض المخزون، وتنظيم تفاعل الموردين مع جهة الإنتاج بكفاءة وفعالية (Amade, 2016).

يعتمد مفهوم إدارة التوريد على مفهوم إدارة النظم حيث يسعى لتحقيق أمثلية عناصر تكاليف المواد والجودة والخدمة، ويتم إنجاز ذلك عن طريق تكامل أنشطة التشغيل الآتية: (الشراء، النقل، التخزين، تأكيد الجودة) اللازمة لإدارة المخزون من المواد الواردة إلى المنظمة وكذلك التوزيع الداخلي للموارد. (رفاعي، 2015).

يختلف تعريف SCM باختلاف المنظمة بما يعكس طبيعة مدخلات ومخرجات عملها، ففي بعض المنظمات تعبر إدارة سلسلة التوريد عن إدارة عمليات الشراء، بينما تعبر في منظمات أخرى عن إدارة المستودعات، التوزيع والنقل. برأي (Xue et al.,2005) فإن SCM هي تنسيق عمليات اتخاذ القرار المتوزعة في المنظمة والتي تخص تدفق المواد، تدفق المعلومات، تدفق الموارد البشرية والتدفق المالي في سلسلة التوريد وذلك من منظور الأنظمة.

أما وفقاً لـ (Akintoye et al. ,2000) فإن SCM هي عملية الإدارة الاستراتيجية لحركة وتخزين المواد والأجزاء والمخزون النهائي من الموردين عبر الشركة وصولا للعملاء.

4- سلاسل التوريد في مشاريع التشييد:

تشمل سلسلة التوريد في المشاريع الهندسية كل العمليات خلال مراحل المشروع الهندسي كما تتضمن الأطراف المشاركة بالمشروع (المالك- المقاول- المقاول الثانوي- الاستشاريون- الموردون) إلا أنها ليست مجموعة من عمليات التشييد بل هي شبكة من العلاقات بين المنظمات التي تشمل التدفقات المالية والمواد والمعلومات بين المصمم والمالك والمقاول والمورد (مريش، 2015).

تُعرّف سلسلة التوريد ضمن مشاريع التشييد بأنها سيناريو يأتي فيه العميل «مالك المشروع» أولا، يليه فورا المصمم، المقاول، مقاولو الباطن والموردون مما يشكل «عنقود» من سلاسل التوريد. حيث يتدفق الطلب ضمن السلسلة على شكل معلومات كأضابير المشروع، المخططات، الجداول وأوامر العمل، بينما يتم تدفق المواد بالاتجاه المعاكس.

أما (Xiaolong, 2005) فقد بين أن سلسلة توريد المشروع الهندسي هي عبارة عن شبكة علاقات تضم تدفق المعلومات، المواد، الخدمات أو المنتجات وكذلك تدفق النقد بين المالك والمصمم والموردين.

تقدم إدارة سلسلة التوريد الخاصة بأعمال البناء أساليب جديدة لتقليل التكلفة وزيادة الموثوقية وسرعة بناء المنشأة. Dainty et al. 2001) كما أنها تشير إلى العلاقة بين مختلف المقاولين والمزودين المساهمين في المشروع. وتعتبر الادارة الناجحة لهذه السلسلة من العوامل الأساسية لنجاح المشروع وذلك بفهم اعتمادية مختلف الأطراف على بعضهم البعض، العلاقات اللوجستية بين العمليات، الأشخاص المعنيين والموارد اللازمة للوصول الى النتيجة المطلوبة.

تتصف سلاسل التوريد في مشاريع التشييد بالتعقيد، وذلك بسبب العدد الكبير من الأطراف المشاركة في عمليات التصميم والتنفيذ. يتضمن ذلك مديري المشروع، العمال، المقاولين والمزودين.

في مجال التشييد، اعتُبرت إدارة سلسلة التوريد بشكل أساسي على أنها إدارة التدفقات الثلاثة: المعلومات والمواد والنقد (Arbulu, 2009). قام باحثون آخرون بتبسيط هذه التدفقات إلى تدفقات المواد والمعلومات (Cutting-Decelle et al. 2009) ، حيث يمكن اعتبار التدفق النقدي جزءًا من تدفق المعلومات ، وقام آخرون بتوسيع مجموعة التدفقات لتشمل المواد والعمالة والمعدات (Cox and Ireland,2002).

5- تقنية انترنت الأشياء:

تعني تقنية انترنت الأشياء Internet of Things IoT أي جهاز متصل بالانترنت ويتواصل مع أجهزة أخرى دون تدخل بشري. أي أنها شبكة من الأجهزة المتصلة فيما بينها، حيث لكل جهاز عنوان IP خاص به وتكنولوجيا مدمجة (ضمنية) تمكنه من التواصل مع الأجهزة الأخرى عبر شبكة الانترنت. بشكل أوسع هي عبارة عن سيناريو تزوّد فيه الأشياء، الأشخاص أو الحيوانات بعنوان IP خاص لتمكينهم من ارسال البيانات عبر شبكة دون تدخل بشري في هذا التواصل.
تتألف تقنية انترنت الأشياء من العناصر التالية:

- شيء
- شبكة محلية
- شبكة انترنت
- الغمامة (السحابة): تستخدم السحابة الحاسوبية لتخزين ومعالجة المعلومات المرسلة من الآلات والحساسات والبرمجيات والأشخاص ويمكن الولوج لهذه المعلومات عبر الأجهزة الذكية بسماحيات محددة بعيداً عن قيود الزمان والمكان.

«الشيء» في هذه التقنية يحتوي نظام ضمني يقوم بإرسال واستقبال المعلومات عبر الشبكة بهدف التحكم بجهاز آخر أو التواصل مع المستخدم.

6- تطوير الآلية:

6-1 تحديد عناصر سلسلة البحث:

اعتمد البحث بشكل أساسي على الدراسات المرجعية الثلاث التي ذُكرت آنفاً في فقرة الدراسات المرجعية لتحديد العناصر الرئيسية للسلسلة، وذلك عن طريق القراءة النقدية وإجراء تقاطعات بين هذه الدراسات وتبيان نقاط الاختلاف والتشابه للخروج بالشكل النهائي للسلسلة. وذلك كما هو موضح في الجدول الآتي:

الجدول(1) مقارنة بحثية بين السلاسل المرجعية والسلسلة المقترحة

السلسلة	السلسلة الأولى	السلسلة الثانية	السلسلة الثالثة
قراءة نقدية	وفقا لهذه الدراسة فهناك 3 أنواع لسلاسل التوريد الهندسية: 1. السلسلة الأولية: يتم فيها توصيل المواد المستخدمة في المنتجات النهائية في البناء. 2. السلسلة الداعمة: يتم فيها استحضار المواد، الخبراء والمعدات. 3. سلسلة الموارد البشرية: يتم فيها استحضار العمالة.	وفق هذه الدراسة تقسم السلسلة ال قسمين: 1. سلسلة عمليات الإحضارات: يتم فيها تزويد موقع التشييد بالمواد، الآليات والعمالة. الأطراف المشاركون في هذه السلسلة هم منتجو المواد، مصنعو الأليات، بائعو الجملة، التجار والمزودون، العمال، المقاول الرئيسي والمقاولون الثانويون. 2.ذ سلسلة عمليات التشييد: تتألف من العميل، المصممين والمهندسين، مدير الموقع، المقاول الرئيسي والمقاولين الثانويين. يتم تبادل البيانات عبر سلسلة التشييد عن طريق الجداول والكشوفات. يقترح هذا النموذج ادارة عمليات السلسلة عبر قاعدة بيانات خاصة بها مرتبطة بقاعدة بيانات المشروع المركزية.	سلسلة واحدة تبدأ وتنتهي بالعميل تتفرع ضمن موقع التشييد لتشمل عمليات الموقع حسب الأطراف المشاركة. يتم تدفق البيانات ضمن السلسلة على شكل أوامر تنفيذ وجداول وغيرها باتجاه وتتدفق المواد بالاتجاه المعاكس.
التقاطع	السلسلة المقترحة مقسمة الى ثلاث سلاسل.	تمت الاستفادة من الأطراف المشاركة بالسلسلة والتداخل بين العمليات، كما تمت الاستفادة من اقتراح وجود قاعدة بيانات للسلسلة.	تمت الاستفادة من فكرة تدفق البيانات والمواد.
الاختلاف	تم تقسيم السلسلة الى ثلاث سلاسل توريد وفقا لمكان السلسلة والأطراف المشاركة ونوع التدفق.	تمت إضافة سلسلة خاصة بموقع التشييد.	تم تقسيم السلسلة بشكل مفصل مع إضافة التدفق المالي.

بناء على ما سبق تم تطوير المخطط التالي لسلسلة التوريد كأساس للعمل البحثي الحالي والذي يتألف من السلسلتين الفرعيتين التاليتين:

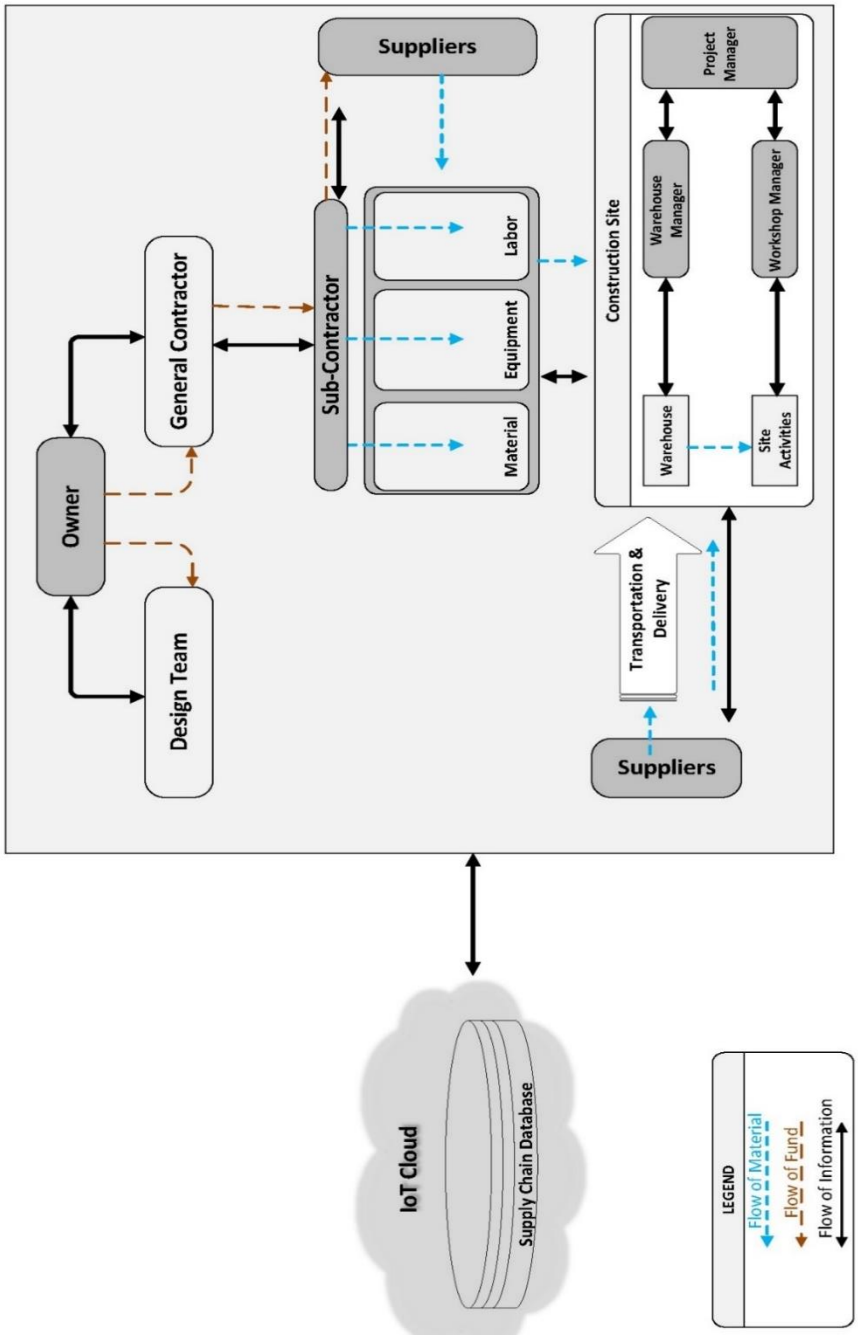
1. السلسلة الأولى: مؤلفة من المالك– المصمم– المقاول العام– المقاولين الثانويين– المزودين.
2. السلسلة الثانية: مؤلفة من المزودين– النقل– المشاركين في أعمال الموقع– المستودعات.

إن هذه السلاسل الفرعية غير مستقلة بل هناك تداخل وتواصل مستمر بين الأطراف المشاركة كما أن هناك

تـدفق دائـم للمعلومـات والمـواد والنقـد طـول فتـرة تنفيـذ المشروع.

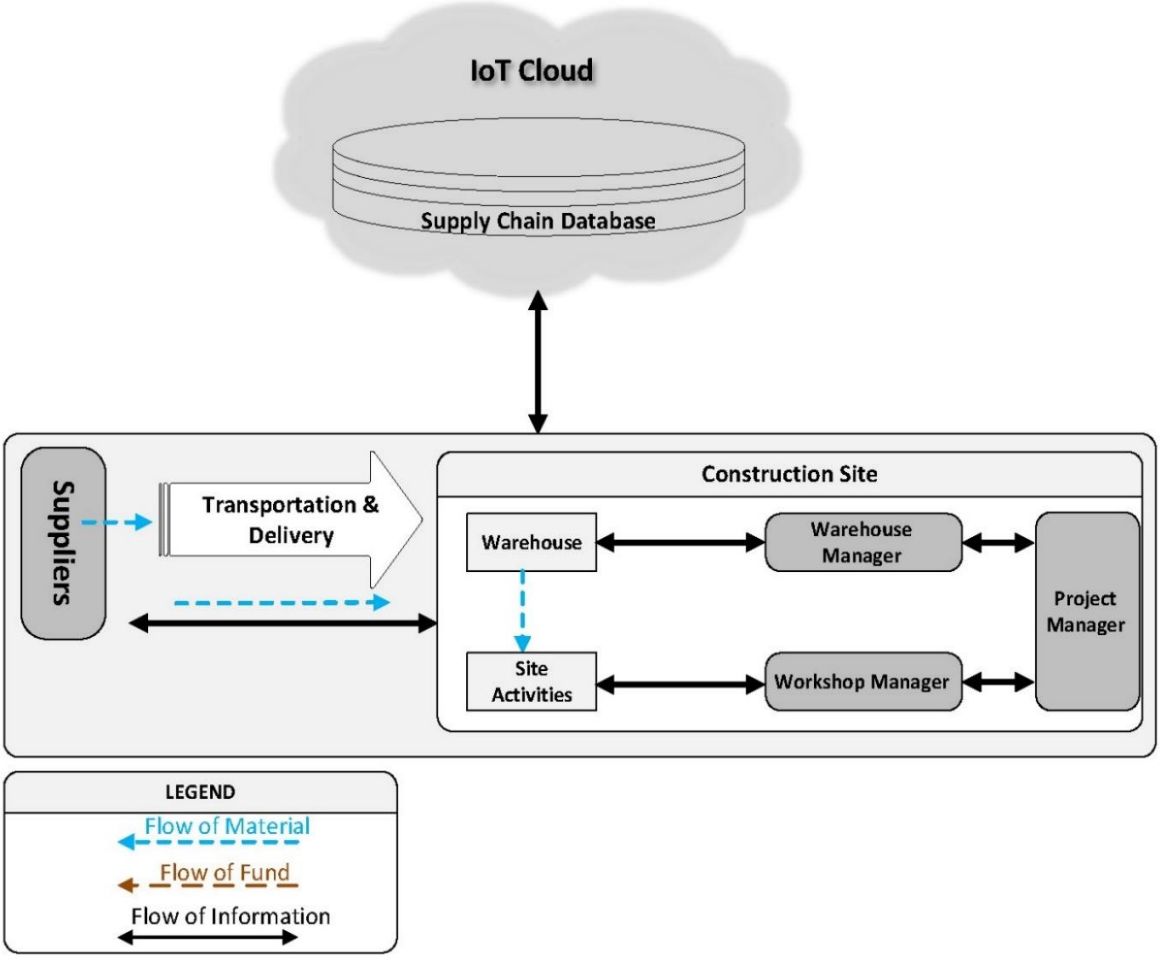
توجـد قاعـدة بيانـات للسلسـلة موجـودة ضـمن سـحابة انترنـت الأشـياء، تُخـزن فيهـا البيانـات المجمعـة لتـتم معالجتهـا وأيضـاً يـتم تخـزين المعلومـات للرجـوع إليهـا واستخدامها عند الحاجة.

يبين الشكل(1) سلسلة التوريد التي تم اقتراحها في هذا البحـــث.



الشكل(1) سلسلة التوريد الهندسية

ونظراً للتعقيد الذي تعاني منه سلسلة التوريد الهندسية ولتبسيط الدراسة والوصول الى نتائج واضحة فقد تم اختيار السلسلة الثانية (الشكل 2) فقط لتكون موضوع هذا البحث وسيتم تحديد أبرز المشاكل التي تعاني منها وتطبيق أدوات انترنت الأشياء المناسبة عليها.



الشكل (2) جزء سلسلة التوريد المعتمد في البحث

6-2 الاستبيان:

احتوى الاستبيان على ثلاثة أقسام، الأول عبارة عن أسئلة متعلقة بالبيانات الشخصية للمشاركين بالاستبيان (المسمى الوظيفي، سنوات الخبرة)، القسم الثاني كان عبارة عن مجموعة أسئلة متعلقة بسلاسل التوريد والعقبات التي تواجه إدارتها، والقسم الثالث احتوى مجموعة من الأسئلة المتعلقة بتقنية انترنت الأشياء وأدواتها وعوائق استخدامها.

تم توزيع الاستبيان على عيّنة الدراسة وبعد تحليل الإجابات كانت أبرز النتائج على الشكل التالي:

- الهدر، تجاوز الكلفة، أوامر التغيير، ضعف التواصل بين أطراف المشروع على التوالي تعتبر من أهم المشاكل التي تعاني منها سلاسل التوريد.

- الجهل بمبادئ إدارة سلاسل التوريد هو من أكثر العوائق التي تواجه تطبيق إدارة سلاسل التوريد في مشاريع التشييد.
- أكثر الفوائد التي يمكن لانترنت الأشياء تقديمها في مجال إدارة سلاسل التوريد حسب رأي المستبينين هو تخفيض الهدر يليه المساعدة في اتخاذ القرار ثم تمكين التواصل بين أطراف السلسلة.
- أهم العوائق التي يمكن أن تواجه تطبيق انترنت الأشياء في إدارة سلاسل التوريد في سورية هي غياب تغطية شبكة الانترنت بنسبة يليها الكلفة العالية ثم أمن المعلومة.

6-3: تحديد العوائق والأدوات:

بعد الاطلاع على الواقع المحلي عن طريق الاستبيان تم تحديد العوائق الأكثر تأثيراً بحسب الجزء المدروس من السلسلة:

1. الهدر.
2. تجاوز الكلفة.
3. أوامر التغيير.
4. ضعف التواصل بين أطراف المشروع.
5. صعوبة اتخاذ قرار في الزمن الحقيقي.

أما أكثر أدوات انترنت الأشياء شيوعاً فكانت: الأجهزة الذكية، وسائل التواصل الاجتماعي، GPS، RFID، وكاميرا طائرة الدرون. ويمكن شرح الكيفية التي تستخدم فيها هذه الأدوات في السلسلة والإمكانيات التي ممكن أن تقدمها لتجاوز عوائق السلسلة كما يلي:

الأجهزة الذكية:

تشمل الأجهزة الذكية المستخدمة الهواتف المحمولة، الحواسيب والألواح الذكية. تلعب هذه الأجهزة دوراً رئيسياً في السلسلة حيث أنها تُستخدم لتبادل الاتصالات والمعلومات ولمعالجة البيانات المجمعة وتحليلها وتخزينها، كما أن لها دور في التعامل والتحكم بمختلف أدوات انترنت الأشياء الأخرى.

إن توفر معلومات بالزمن الحقيقي طوال أيام الأسبوع على مدار الساعة وإمكانية الوصول إليها عبر مختلف أنواع الأجهزة الذكية يحسن مستوى الأداء ويؤمن قاعدة صلبة لسير العمل باتساق(Merlino et al. 2017).

كما أكد (Weber، 2010) أن الحوسبة السحابية المقترنة بأجهزة الاتصال الذكية يمكن أن تساعد في تقليل الفاصل الزمني بين طلب مواد البناء وشحنها.

وسائل التواصل الاجتماعي:

يمكن اعتبار وسائل التواصل الاجتماعي أداة من أدوات تقنية IoT. حيث ظهر في الآونة الأخيرة مصطلح انترنت الأشياء الاجتماعي Social Internet of Things SIoT وهو يعبر عن البعد الاجتماعي في أدوات انترنت الأشياء ويعرف بأنه نظام تواصل بيني يسمح للأشخاص والأشياء الذكية بالتفاعل ضمن بنية اجتماعية للعلاقات (Seungmin, 2018).

تساعد وسائل التواصل الاجتماعي على تبادل الصور ومقاطع الفيديو بسهولة ودقة عالية، كما تسهل التواصل وتمكّن من عقد اجتماعات بين شخص أو مجموعة من الأشخاص بغض النظر عن القيود المكانية. وبحسب (Victoria et al. 2015) فإن أهم فوائد وسائل التواصل في قطاع التشييد هي التعاون وإدارة المعرفة وردم الهوة بين أصحاب المصلحة الناجمة عن ضعف التواصل بسبب التجزئة التي تعاني منها مشاريع التشييد.

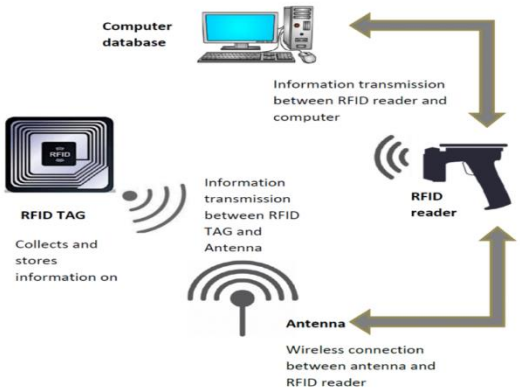
نظام التموضع العالمي GPS:

بالإضافة لكونه أداة لتعقب عمليات توريد المواد لموقع التشييد ومراقبة التأخيرات والأعطال، يساعد نظام GPS في تعقب العمال، الآليات والمواد في موقع التشييد كما يمكن أن يسهم في مراقبة أعداد العاملين ومواقعهم وإنشاء قاعدة بيانات بساعات العمل الفعلية ضمن الموقع (Lancioni et al. 2000).

تحديد الهوية بموجات الراديو RFID:

إن تقنية تحديد الهوية بموجات الراديو هي القدرة على الاتصال بين المرسل والمتلقي بغرض التعرف على هوية المتلقي بشكل تلقائي إن طابقت موجات المرسل التردد الرنيني لهوائي المتلقي، مما ينتج عنه التعريف بهوية المتلقي بشكل آلي. ويتألف هذا النظام بشكل مبسط وأساسي من:

- شريحة الهوية: وتتكون في أبسط أشكالها من هوائي (مستقبل/مرسل) وذاكرة المعلومات.
- القارئ: وهو جهاز إرسال إشارة الطلب بتردد النظام واستقبال المعلومات من بطاقة الهوية. ويحتوي على دوائر الاتصال المتخصصة لإرسال الإشارة واستقبال المعلومات وتحليلها أو تمريرها للنظام المركزي.

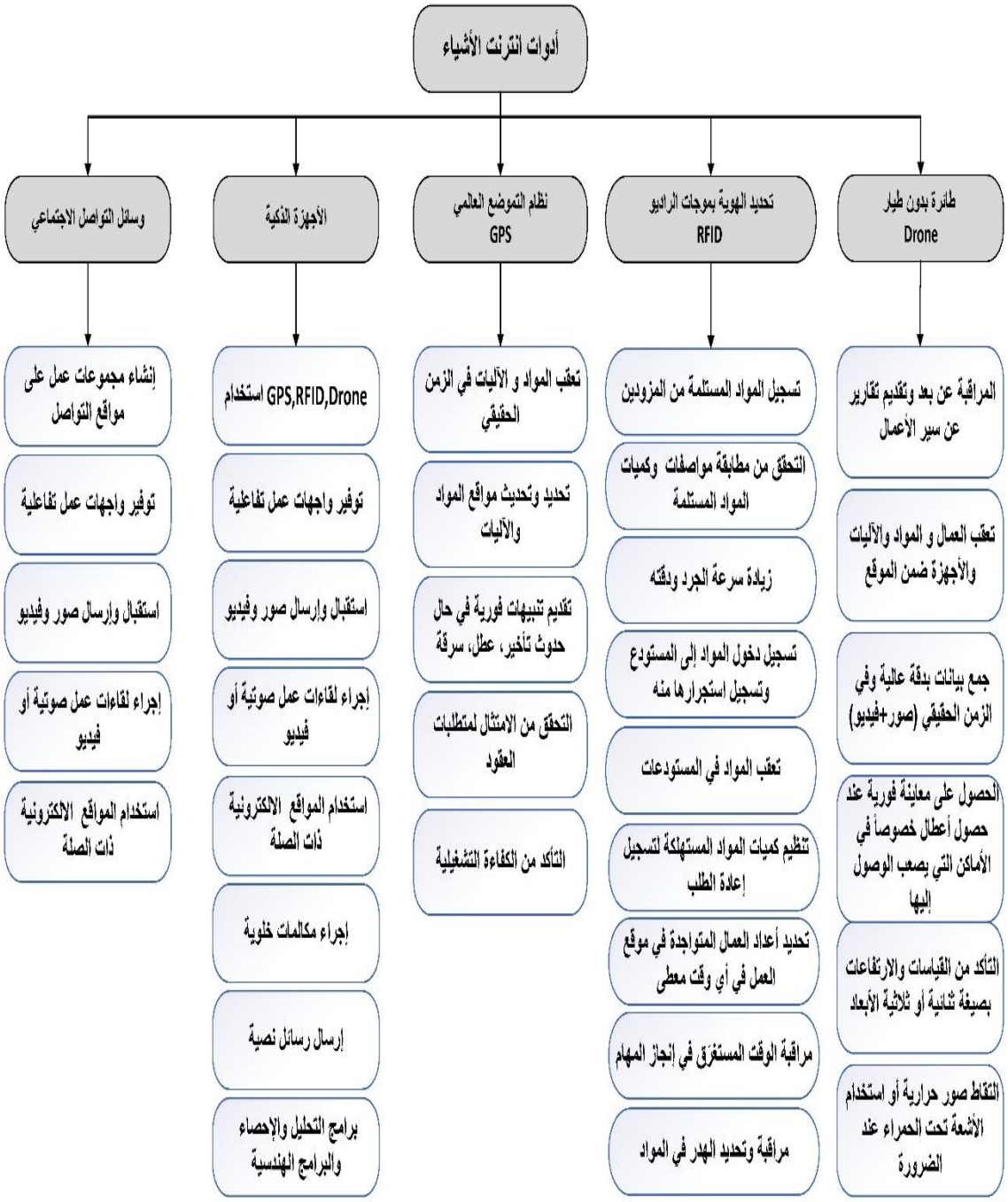


الشكل(3) تقنية تحديد الهوية بموجات الراديو (المصدر (Borowski, Piotr. (2021

كاميرا طائرة الدرون:

تسهم طائرات الدرون في جمع البيانات وإرسال الصور والفيديوهات كما أن لها دور في المراقبة عن بعد والتعقب (Sawant et al. 2021).

من الممكن تصنيف الأعمال التي تقوم بها الأدوات المختارة في هذا البحث في سلسلة التوريد الهندسية وذلك كخطوة أساسية في بناء الآلية موضوع هذا البحث، وذلك كما هو مبين في الشكل 4.



الشكل (4) الوظائف التي تقوم بها الأدوات المختارة في البحث في إدارة السلسل

http://journal.damascusuniversity.edu.sy/index.php/index/index

ISSN (online): 2789-6854

4-6 الآلية المقترحة:

تتألف الآلية المقترحة من منصة انترنت الأشياء وإطار عمل يتضمن الأطراف الخمسة الذين سبق تحديدهم لدى تحديد عناصر السلسلة:

4-7-1 تصميم منصة انترنت الأشياء:

مع تطور التكنولوجيا ونضوجها وُضعت العديد من المنصات لتطبيق تقنية انترنت الأشياء، إلا أنه لا توجد منصة مناسبة لكل الحالات (one, size, fit, all) إذ يجب تعديلها لتوافق متطلبات المجال الذي ستوضع فيه. (Wortmann,2015) سيتم تحديد مكونات منصة انترنت الأشياء في هذا البحث بحيث تدعم إدارة ومشاركة المعلومات والبيانات المجمّعة من الحساسات، وسيتم تطبيقها ضمن بيئة سحابة حاسوبية Iot Cloud وذلك لتحقيق قابلية التوسع لاستيعاب حجم البيانات المجمعة وتحديد سماحيات الوصول وضمان الموثوقية والاعتمادية.

وفقًا للمعهد الوطني للمعايير وتعريف التكنولوجيا (NIST) تُعرف الحوسبة السحابية بأنها "نموذج لتمكين وصول ملائم للشبكة عند الطلب إلى ملف مشترك من موارد الحوسبة والتي يمكن أن يتم توفيرها وإصدارها بسرعة بأقل جهد وتفاعل من مزود الخدمة (Mell, 2011)".

توفر الحوسبة السحابية العديد من الفوائد، بما في ذلك انخفاض كلفة الاستثمار، وانخفاض تكلفة التشغيل، قابلية تطوير أعلى، إمكانية وصول أعلى، مصاريف صيانة أقل وتقليل مخاطر العمل وذلك مقارنة بالنهج التقليدية القائمة على الخادم(Zhang, 2010) Server .

في هذا البحث سيتم تصميم المنصة بحيث تتألف من ثلاث طبقات:

- طبقة جمع البيانات: والتي تتألف من أنواع مختلفة من "الأشياء" مثل الحساسات وRFID.
- طبقة الشبكة: طبقة التواصل التي تدعم نقل البيانات والمعلومات (شبكة الانترنت).
- السحابة: وتتضمن التطبيقات والبرمجيات المستخدمة لتحليل البيانات ومعالجتها واسترجاعها وقاعدة تخزين البيانات الخاصة بالسلسلة.

وتعتمد آلية عمل المنصة على ما يلي: حيث يتم جمع البيانات في الطبقة الأولى عبر الأشياء أو أدوات انترنت الأشياء المتعلقة بالسلسلة، (مثلاً يتم إرسال معلومات الموقع الجغرافي من وسائل النقل عن طريق GPS، أو قراءة مواصفات المواد التي تم استلامها في الموقع عن طريق RFID.

إن انتقال هذه البيانات يتم عبر وسيلة نقل هي الانترنت وصولاً إلى السحابة. تحتوي السحابة على عدة برامج وتطبيقات تقوم بمعالجة البيانات وتحليلها وتخزينها في قاعدة البيانات. إن إمكانية الدخول للمعلومات مشروطة ويمتلك كل طرف في السلسلة كلمة مرور تمنحه سماحية محددة لإدخال البيانات أو استرجاع المعلومات المحددة مسبقاً من قبل مدير المشروع. يمكن لكل طرف في السلسلة الولوج إلى المعلومات عن طريق أجهزة مختلفة كالحاسوب أو الهاتف الذكي مثلاً عبر صفحة ويب أو أي واجهة معتمدة في المنصة.

ISSN (online): 2789-6854

6-4-2 مهام أطراف السلسلة في الآلية:

لكل طرف من أطراف السلسلة دور يقوم به في هذه الآلية باستخدامه لأدوات انترنت الأشياء وبإرسال المدخلات المطلوبة ومنه وبالمقابل يملك كل طرف سماحية محددة للولوج للسحابة واستخدام المخرجات المحددة له.

1. المورد:

باستخدام الأجهزة الذكية (الهاتف الذكي مثلاً) يقوم المورد بالولوج لسحابة IoT بعد إدخال كلمة المرور الخاصة به، حيث يمكنه التعامل مع ما يلي:

1) المدخلات: إدخال التقارير والكشوفات (كميات المواد المستلمة، الدفعات النقدية الواجبة السداد أو المتبقية.. الخ) على شكل جداول اكسل Excel أو أي تنسيق آخر أو صيغة معتمدة في المشروع.

2) المخرجات: الاطلاع على جداول الكميات والكشوفات والفواتير وتواريخ الاستلام والتغييرات الحاصلة (إن وجدت) بشكل دوري.

تساعد هذه الآلية المورد بالاطلاع على مواصفات المواد المطلوبة بشكل مستمر ولحظ التغييرات الحاصلة بشكل شبه فوري مما يخفف من الأخطاء في كميات ومواصفات المواد المورَّدة ويساعد في تعميق دور المورد في السلسلة وزيادة حس الموثوقية والتشاركية لديه، كما تساعد الآلية مدير المشروع في متابعة كشوفات المورد بشكل فوري والانتباه إلى أي مشاكل أو أخطاء في مراحل توريد المواد.

2. مسؤولو النقل:

يقترح الإطار أن يقوم السائق أو المسؤول عن النقل بالولوج للسحابة من أي جهاز ذكي بعد إدخال كلمة المرور الخاصة به حيث يمكنه التعامل مع ما يلي:

1) المدخلات: التبليغ عن كل ما يخص مسار الرحلة (حالة الطرق، الوقت المتوقع للوصول أو عن أي عطل طارئ قد يواجهه.... الخ).

2) المخرجات: يستطيع التأكد من مواعيد التسليم ونوع الحمولة والمواد التي سيقوم بإيصالها (ضمن السماحية المحددة له مسبقاً).

من الممكن عبر الإطار المقترح وباستخدام الأجهزة الذكية والواجهات المشتركة إعادة جدولة رحلة النقل أو إلغائها في حال كون الظروف الجوية غير ملائمة بحيث يكون اتخاذ القرار مشتركاً وفي الزمن الحقيقي (أو استباقياً في حال توقع الظروف الجوية السيئة) وبمعرفة جميع الأطراف المعنية. كما يمكن الاستعانة بنظام GPS ليسهل على مدير المشروع تتبع رحلات النقل وتوقع زمن وصولها وأيضاً مساعدة السائق في معرفة العنوان التفصيلي ونقطة الوصول للموقع بدقة. تسهم هذه الآلية في اختصار الوقت وتحسين المراقبة والتعقب، كما تساعد في إشراك مسؤولي النقل في عمليات السلسلة.

3. رؤساء العمال والآليات في الموقع:

تتيح الآلية المقترحة لرؤساء العمال والآليات في الموقع إمكانية الوصول للمعلومات اللازمة في الوقت المناسب. حيث يمكن لهم باستخدام الأجهزة الذكية وبعد إدخال كلمة المرور الخاصة الدخول للسحابة والتعامل مع ما يلي:

1) المدخلات: التقارير والجداول والكشوفات اليومية ذات الصلة (جداول العمال، الكشوف الجارية، أعطال الآليات الطارئة..... الخ).

2) المخرجات: الجداول اليومية للأعمال المطلوب تنفيذها.

في حال تزويد الآليات أو العمال بحساسات فيمكن لرؤسائهم في الموقع عبر السحابة تتبع مؤشراتهم بالزمن الحقيقي. حيث يمكن لهذه الحساسات (وفق نوعها) إرسال بيانات متعددة (مكان، عمق، ارتفاع، توقف عن الحركة...).

كما يساعد الإطار المقترح في إشراك رؤساء العمال والآليات في سلسلة التشييد ويزيد من التواصل بين الأطراف المعنية، كما يسهل من آلية تتبع الأعمال المطلوبة والتغيرات التي قد تطرأ على الخطة. مع مراعاة سماحية الدخول المحددة والمعلومات التي يمكن لكل طرف الاطلاع عليها أو تعديلها.

4. رؤساء المستودعات:

يقع جزء كبير من مسؤولية إدارة المواد في سلسلة التوريد في الموقع على عاتق مدير المستودع. باستخدام احدى أدوات انترنت الأشياء كتقنية RFID يستطيع مدير المستودع قراءة بيانات المواد المورَّدة للموقع عن طريق بطاقات خاصة (شريحة الهوية Tags) وتخزين هذه البيانات في قاعدة بيانات السلسلة. كما يمكنه عبر أي جهاز ذكي إدخال كلمة المرور الخاصة به والولوج إلى سحابة IoT للتعامل مع التالي:

1) المدخلات: تحديث قاعدة البيانات بكافة التقارير والجداول المطلوبة (كشوف المواد المستلمة، كشوف الجرد، الجداول اليومية ..الخ) وذلك بشكل دوري.

2) المخرجات: الاطلاع على مواصفات المواد وكمياتها بشكل مستمر ولحظ التغيرات الحاصلة، كذلك الاطلاع على جداول الأعمال والمواد المطلوب استجرارها من المستودعات بشكل يومي.

يساعد الإطار المقترح مدير المستودع في الإبلاغ الفوري عن أي عدم تطابق بين المواصفات المطلوبة والمواد المستلمة أو أي مواد تالفة، يسهم ذلك في تخفيض الهدر ويحسن من إدارة المستودعات، كما يسهم في تعميق المشاركة في سلسلة التوريد والتواصل مع بقية الأطراف.

5. مدير المشروع:

يشهد موقع التشييد الكثير من المشاكل والعوائق أثناء تنفيذ الأعمال بسبب تعدد الأطراف المشاركة وتداخل الأشغال. يقوم مدير المشروع باستخدام الأجهزة الذكية (كالحاسوب) وباستخدام كلمة المرور الخاصة به الولوج للسحابة وهنا يستطيع إدارة العديد من البيانات وتخزينها وتحليلها وفق البرمجيات والتطبيقات الموجودة في السحابة. إذ لدى مدير المشروع سماحية بالتعامل مع مدخلات كل الأطراف السابقة في هذه السلسلة وإمكانية التحكم بالمخرجات التي يمكنهم الاطلاع عليها. يتم هذا التعامل على الشكل التالي:

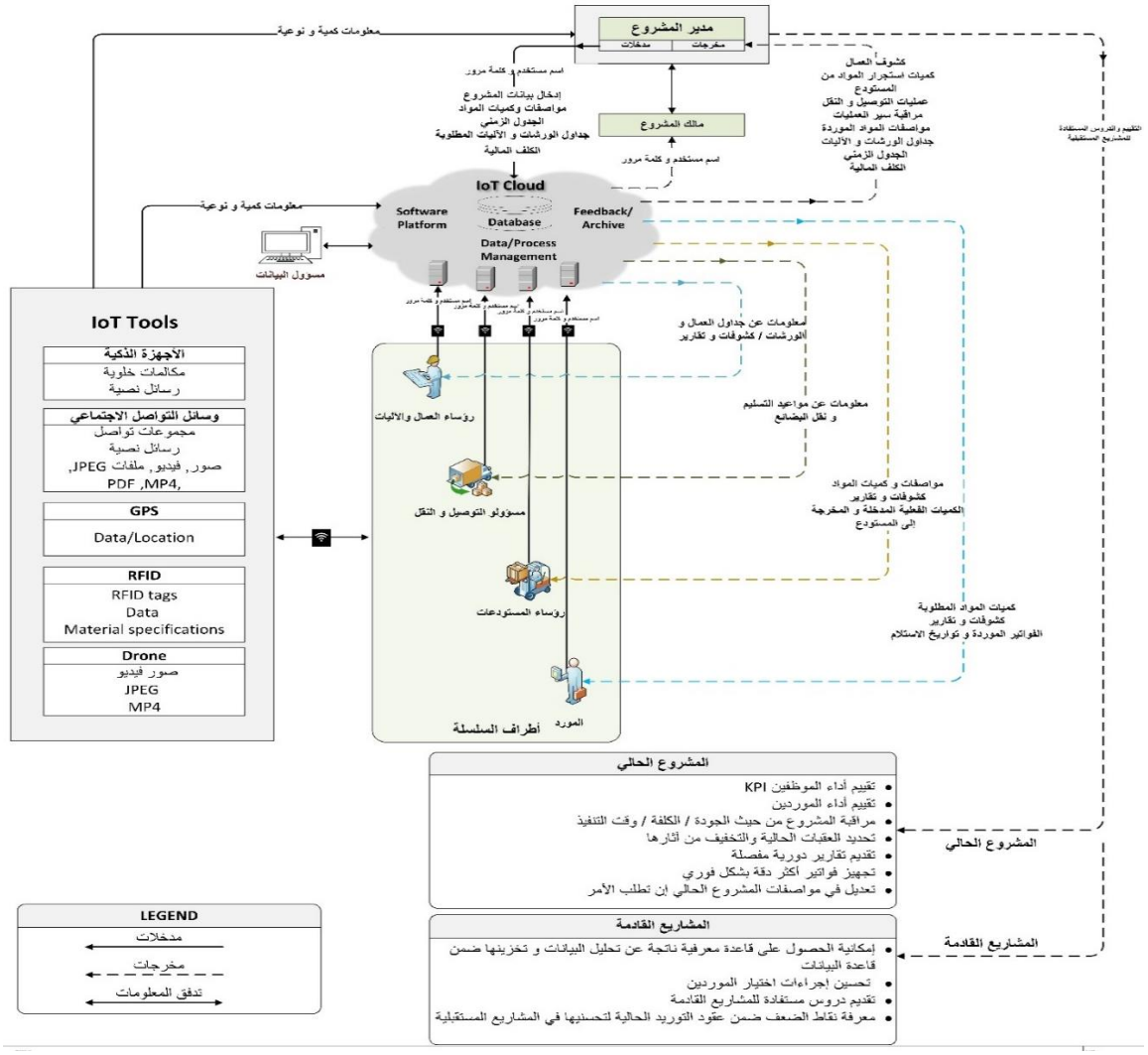
1) المدخلات: بيانات المشروع (مثل جداول الأعمال ومواصفات المواد والكشوفات.... الخ).

2) المخرجات: كل البيانات والجداول والتقارير التي يتم رفعها من قبل بقية أفراد السلسلة (مراقبة سير العمليات، كميات استجرار المواد من المستودعات، الكلف المالية، الجدول الزمني).

3) قيم مستفادة للمشروع الحالي: كتقييم أداء الموظفين، تقييم الموردين، تجهيز فواتير فورية أكثر دقة ومراقبة المشروع من حيث الجودة/ الكلفة/ وقت التنفيذ.

4) دروس مستفادة للمشروعات القادمة: منها إمكانية الحصول على قاعدة معرفية ناتجة عن تحليل البيانات وتخزينها ضمن قاعدة البيانات وتحسين اجراءات اختيار الموردين.

يبين الشكل(5) مخطط الآلية المقترحة:



الشكل (5) مخطط الآلية المقترح

7- النتائج:

توصل البحث إلى تطوير آلية متكاملة لإدارة السلسلة باستخدام أدوات انترنت الأشياء بغية المساهمة في تجاوز العوائق التي تواجه السلسة وتم تحقيق ذلك عن طريق النتائج الفرعية التالية:

1. تحديد عناصر سلسلة التوريد الرئيسية في البحث واختيار الجزء المتعلق بموقع التشييد من السلسلة وتحديد الأطراف المشاركة بهذا الجزء وهم: مدير المشروع، المورد، مسؤول النقل والتوصيل، مدير المستودعات، رؤساء العمال والآليات.
2. تحديد العوائق التي تواجه سلاسل التوريد في مشاريع التشييد في سوريا وتبين أن أهمها: الهدر،

ISSN (online): 2789-6854

تجاوز الكلفة، أوامر التغيير، ضعف التواصل بين أطراف المشروع وصعوبة اتخاذ قرار في الزمن الحقيقي. كما تبين أن أكثر ما يعيق تطبيق إدارة سلاسل التوريد هو الجهل بمبادئ هذه الإدارة.

3. تعيين أكثر أدوات انترنت الأشياء استخداماً في سوريا وتبين أنها على الترتيب: الأجهزة والهواتف

4. الذكية، مواقع التواصل الاجتماعي، GPS, RFID، وكاميرا طائرة الدرون.

5. أظهر البحث أن تخفيض الهدر والمساعدة في اتخاذ القرار وتمكين التواصل بين أطراف السلسلة هي من أهم الفوائد التي يمكن أن يقدمها انترنت الأشياء في مجال إدارة سلاسل التوريد. وكان غياب تغطية شبكة الانترنت والكلفة العالية والحفاظ على أمن المعلومة من أكبر العوائق التي يمكن أن تواجه عملية تطبيق انترنت الأشياء في سوريا.

تهدف الآلية المقترحة إلى إدخال التقنيات الحديثة في مشاريع التشييد وتبني أدوات انترنت الأشياء في إدارة السلسلة الأمر الذي يسهم في التوجه الحديث نحو رقمنة المشاريع الانشائية وبالتالي تطوير الأساليب التقليدية المستخدمة في مشاريع التشييد المتعلقة بالتخطيط والتواصل وتتبع العمليات الخاصة بالتوريد.

9- التوصيات:

نظراً للتعقيد الذي تتسم به سلسلة التوريد الهندسية وللتطور المستمر للتكنولوجيا فمن الممكن التوسع في البحث مستقبلاً بالاستفادة من الاقتراحات الآتية:

1. اهتمت الدراسة بالجزء من سلسلة التوريد الخاص بموقع التشييد، من الممكن توسيع الدراسة لتشمل الجزء الأول من السلسلة الذي لم يتم تضمينه في هذا البحث.

2. تم اختيار خمس أدوات من تقنيات انترنت الأشياء فقط والتركيز على مجالات استخدامها في عمليات إدارة السلسلة. من الممكن إضافة المزيد من أدوات انترنت الأشياء وبحث القيمة المضافة لذلك، أو التركيز على أداة واحدة فقط.

3. لم يتم التطرق إلى الكلفة في البحث. يمكن اقتراح دراسة حول تكاليف تطبيق الآلية المقترحة في مشاريع التشييد في سورية.

4. إجراء دراسة مستقبلية عن مساهمة الآلية في تحسين إدارة المستودعات وضبط الهدر.

التمويل: هذا البحث ممول من جامعة دمشق وفق رقم التمويل (501100020595).

References:

1- Ahmed, S. M., Azhar, S. & Ahmad, I. (2002). Supply chain management in construction. Scope, benefits and barriers. Delhi Business Review, Vol. 3, No. 1.

2- Akintoye, A., McIntosh, G. & Fitzgerald, E. (2000). A survey of supply chain collaboration and management in the UK construction industry. European Journal of Purchasing and Supply Management, 6, 159-168.

3- Amade, Benedict. (2016). Barriers to the Implementation of Supply Chain Management (SCM) in the Delivery of Construction Projects. Serbian Project Management Journal. Vol.6. 37-50.

4- Arbulu, R. (2009). Application of integrated materials management strategies. Construction supply chain management handbook, 7-1.

5- Cox, A. & Ireland, P. 2002. Managing construction supply chains: the common sense approach. Engineering Construction and Architectural Management, 9, 409-418.

6- Cutting-Decelle, A. F., Young, R. I., Das, B. P., Anumba, C. J., & Stal-Le Cardinal, J. (2009). Standards-based approaches to interoperability in supply chain management: overview and case study using the ISO 18629 PSL standard. Construction Supply Chain Management Handbook, 18-11.

7- Dainty, A.R.J., Briscoe, G.H. and Millett, S. (2001) 'New perspectives on construction supply chain integration', Supply Chain Management: An International Journal, Vol. 6, No. 4, pp.163–173.

8- Kumar, A., & Shoghli, O. (2018). A review of IoT applications in supply chain optimization of construction materials. In ISARC. Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction (Vol. 35, pp. 1-8). IAARC Publications.

9- Lancioni, R. A., Smith, M. F., & Oliva, T. A. (2000). The role of the Internet in supply chain management. Industrial Marketing Management, 29(1), 45-56.

10- Merlino, M., & Sproġe, I. (2017). The augmented supply chain. Procedia Engineering, 178, 308-318.

11- Muya, M., Price, A. D. F., & Thorpe, A. (1999, September). Contractor's supplier management. In Proceedings of CIB W55165 Joint Triennial Symposium, Customer Satisfaction: A Focus for Research and Practice in Construction (pp. 5-10).

12- Mell, P., & Grance, T. (2011). The NIST definition of cloud computing.

13- Sawant, R. S., Ravikar, A., Bagdiya, N., & Bellary, V. (2021). Drone Technology in Construction Industry: State of Art". Vidyabharati International Interdisciplinary Research Journal, 643-648.

14- Serpell, A., & Heredia, B. (2004). Supply chain management in construction: Diagnosis and application issues. Globalisation and Construction, 455.

15- Seungmin Rho, Yu Chen, Social Internet of Things: Applications, architectures and protocols, Future Generation Computer Systems, Volume 82, 2018.

16- Victoria, Michele & Perera, Srinath & Brand, Sam. (2015). Use of social media in construction industry: A case study.

17- Vrijhoef, R., & Koskela, L. (1999). Roles of Supply Chain Management in Construction in Proceedings IGLC-7, 26-28 July 1999. University of California, Berkeley, CA, USA.

18- Vrijhoef, R., & Koskela, L. (2000). The four roles of supply chain management in construction. European journal of purchasing & supply management, 6(3-4), 169-178.

19- Weber, R. H., & Weber, R. (2010). Internet of things (Vol. 12). Heidelberg: Springer.

20- Wortmann, F., & Flüchter, K. (2015). Internet of things. Business & Information Systems Engineering, 57 (3), 221-224.

21- Xiaolong Xue, Xiaodong Li, Qiping Shen, Yaowu Wang, (2005) An agent-based framework for supply chain coordination in construction, Automation in Construction, Volume 14, Issue 3.

22- Xue, X., Li, X., Sheng, Q. & Wang, Y. (2005). An agent-based framework for supply chain coordination in construction. Automation in Construction, 14, 413-430.

23- Q. Zhang, L. Cheng and R. Boutaba (2010), "Cloud computing: state-of-the-art

and research challenges," Journal of Internet Services and Applications, vol. 1, no. 1, pp. 7-18.

24- رفـاعي، ممـدوح عبـد العزيـز .(2015) إدارة سلاسل التوريد(مدخل بيئـي)، جمهوريـة مصـر العربيـة، دار الكتب والوثائق القومية.

25- مـريش، حنـان (2015) إدارة سلسـلة التوريـد لمشـاريع التشـييد فـي سـوريا، رسـالة ماجسـتير، كليـة الهندسة المدنية، جامعة دمشق.