Development An Ontology-based Approach for Risks in Construction Projects

Dr. Fayez Jrad [*]
Dr. Lama Saud**
Heba Aldbs ***

(Received 1 / 8 / 2022. Accepted 26 / 3 / 2023)

□ ABSTRACT □

Construction projects are facing various risks that have a huge impact on cost- time- and even the quality of projects. These risks are caused by internal and external events that surround the project and are tainted with uncertainty. Effective risk management is hence necessary to mitigate the impact of potential risks, and ultimately ensure project success. This area of research in Syria needs more research and development.

Several approaches have been proposed for risk identification and assessment in previous studies such as ontology which is used as a knowledge representation model and is followed a risk path approach. This study aims to develop an ontology that is relevant to risk identification and analyze in construction projects as a knowledge-based system.

Through ontology development, ontology organizes risk knowledge into six unified main classes. Defined classes, together with corresponding properties and relations, are coded using the Protégé program. Ontology is evaluated theoretically and practically by using five real case studies.

The developed ontology may facilitate building a corporate memory system to reuse and retrieve risk information, developing databases, and developing a model to support the systematic risk assessment and analysis, and thus to support decision-making.

Keywords: Risk Management – Ontology – Construction Management.

Copyright **:**Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

[*]**Associate Professor, Department of Construction and Management Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria. fayezalijrad@ tishreen.edu.sy**
**** Assistance Professor, Department of Construction and Management Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria. lama.saoud@ tishreen.edu.sy**
*****Ph.D. student, Department of Construction and Management Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria. heba.aldbs@tishreen.edu.sy**

تطوير نهج قائم على الأنطولوجيا لمخاطر مشاريع البناء

د. فايز جراد *

د. لما سعود **

هبة الدبس***

(تاريخ الإيداع 1 / 8 / 2022. قُبِل للنشر في 26/ 3 / 2023)

□ ملخّص □

تواجه مشاريع التشييد العديد من المخاطر المعقدة والمؤثرة بشكل كبير على كلفة وزمن وجودة المشروع وذلك بسبب الاختلاف بين بيئة التخطيط وبيئة التنفيذ وارتباط عمليات المشروع بالعديد من حالات عدم التأكد، لا بد من الإدارة الفعالة للمخاطر للحد من تأثيراتها المحتملة وضمان تحقيق أهداف المشروع. لم يحظ مجال البحث في إدارة المخاطر بالتقدير الكامل في سوريا حتى وقت قريب ويحتاج لمزيد من البحث والتطوير.

تم اقتراح العديد من النهج لتحديد وتقييم المخاطر في الأبحاث السابقة منها "الأنطولوجيا" ، استخدمت "الأنطولوجيا" كنموذج لتمثيل المعرفة والذي يتبع نهج مسار الخطر . تهدف هذه الدراسة إلى تطوير الأنطولوجيا الخاصة بتحديد وتحليل مخاطر مشاريع البناء كمنهجية قائمة على المعرفة. خلال عملية تطوير الأنطولوجيا، تم تنظيم المعرفة المرتبطة بالمخاطر ضمن ستة مفاهيم أساسية ، وتم تحديد خصائص تلك المفاهيم و العلاقات المقابلة فيما بينها ، ثم تم ترميز الأُنطُولوجيا باستخدام محرّر Protégé، وفي نهاية البحث تم التحقق من النهج و تقييم الأنطولوجيا من خلال دراسة تطبيقية لأربع حالات دراسة حقيقية.

قد تسهل الأنطولوجيا المطورة بناء نظام خاص للشركات لاسترجاع المعلومات الخاصة بالمخاطر و/أو تطوير قواعد البيانات و/أو تطوير نموذج لدعم التقييم المنهجي للمخاطر وبالتالي المساعدة في دعم القرار.

الكلمات المفتاحية: إدارة المخاطر – أنطولوجيا – إدارة التشييد

حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

* أستاذ مساعد – قسم هندسة وإدارة التشييد في كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.
fayezalijrad@ tishreen.edu.sy

** مدرسة – قسم هندسة وإدارة التشييد – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.
lama.saoud@ tishreen.edu.sy

*** طالبة دكتوراه– قسم هندسة وإدارة التشييد –كلية الهندسة المدنية– جامعة تشرين – اللاذقية– سورية.
heba.aldbs@tishreen.edu.sy

مقدمة:

تتميز أجزاء كثيرة من دورة حياة المشروع بعدم التأكد وحدوث المخاطر المختلفة، بسبب وجود العديد من المشاركين ومدد التنفيذ الطويلة إضافةً للعوامل البيئية والاقتصادية المحيطة والتعقيد التنظيمي [1]. تزداد مؤخراً خطورة مشاريع البناء بسبب زيادة تطورها وتعقيد طرق البناء فيها. قد تتسبب العديد من العوامل الجذرية أو الكامنة (مثلاً: كالأخطاء البشرية أو المخاطر الطبيعية) في حدوث خلل مباشر أو طويل الأمد في مشاريع البناء أو حدوث التأخير الذي ينعكس بدوره على تجاوز الكلفة [2]. هذا وتعد أغلب المخاطر في مشاريع البناء شائعة ومتكررة ومن خلال تطبيق عملية إدارة المخاطر في المشاريع يمكن القيام ب (تخفيف /قبول / تقاسم / نقل تلك المخاطر) [3].

يعرَّف الخطر: بأنه "فرصة حدوث شيء سيؤثر على أهداف المشروع إما بشكل سلبي أو إيجابي" وتتألف عملية إدارة المخاطر من أربع مراحل أساسية :(تحديد المخاطر – تقييمها (تحليل نوعي وكمي) – استراتيجيات الرد عليها – مراقبة ومتابعة المخاطر[3] . أكد العديد من الباحثين [4,5] على أهمية مرحلتي (تحديد وتحليل المخاطر) لتحقيق الإدارة الفعالة للخطر وشددوا على ضرورة استخدام المعرفة والخبرة السابقة في تلك المراحل وطوروا العديد من الأساليب والنهج. من خلال مراجعة تلك الأساليب والنهج تبين أنه لا تزال هناك فجوة واسعة بين النهج النظرية والتطبيق العملي، وأن أغلبها ركز على تحديد المخاطر التي تؤثر على الكلفة والزمن، إضافة لكون النماذج المطورة خاصة (ليست عامة) بكل حالة مشروع وتفتقر للمصطلحات الموحدة الخاصة بالمخاطر ولا تأخذ بعين الاعتبار العلاقات الترابطية بين المخاطر[4,6] . لتحقيق محاكاة أفضل لظروف مشروع بناء، من الضروري فهم العلاقات السببية والإجراءات التي اتخذتها الأطراف والعواقب الناتجة، ضمن هذا السياق تم بذل بعض الجهود من قبل الباحثين واقترحوا مناهج تستند لمخططات السبب والنتيجة ومسارات وخرائط الخطر مثل الأنطولوجيا [4,5,6,7].تُعرّف "الأنطولوجيا "بأنها تصور للمصطلحات والمفاهيم وعلاقاتها في المجال وتسهّل قابلية التشغيل البيني الدلالي من خلال الارتباط بمصادر البيانات الأخرى [8]. تساهم أنطولوجيا المجال في تحسين التنسيق والتفاعل بين المجتمعات وتطبيقات الكمبيوتر من خلال تسهيل التقاط المعرفة والتخزين والاستعلام [9] والتي تعتمد عادةً على معرفة خبراء المجال، أي إمكانية دعمها لعملية صنع القرار [10]، جميع هذه الميزات تبين أهمية تطوير أنطولوجيا لاستخدامها لتمثيل مشروع بناء ومحاكاة سلوكه مع المتغيرات الداخلية والخارجية المحيطة به.

1. الدراسات المرجعية ومشكلة البحث:

يعتبر تحديد المخاطر في مشروع بناء عملية معقدة وغير مؤكدة وخاصة بكل نوع من أنواع المشاريع، أحد أسباب ذلك كون البيانات التاريخية حول المخاطر في المشاريع السابقة نادرة وغير متوفرة في أغلب الأحيان. اقترحت العديد من تقنيات التحليل النوعي للمخاطر (تحديد المخاطر) في الدراسات السابقة مثل: (الاستبيان ، مقابلات مع الخبراء وجلسات العصف الذهني) [11,12]، تقنية دلفي [13]، قوائم التحقق التي يتم إعدادها بناءً على المقابلات[14] ،إضافة لهياكل تصنيف الخطر [15]، بالإضافة إلى سجل المخاطر لتعزيز التوثيق [16]، تقنيات الرسم التخطيطي كمخططات السبب والتأثير [17] ، تحليل شجرة الخطأ [18]، تحليل أنماط الفشل وآثاره [19] . على الرغم من أن الأدوات المذكورة تعزز المعرفة حول تحديد مخاطر مشاريع البناء، إلا أنها تعاني من: ضعف تمثيل المعرفة بسبب الافتقار لوجود مصطلحات موحدة لوصف المخاطر وتمثيلها، إضافة لعدم وجود تمثيل واضح ومفهوم للعلاقات الترابطية بين المخاطر. غالباً لا تكون المخاطر مستقلة عن بعضها البعض، بل تعتمد على علاقات السبب والنتيجة(مسارات حدوث الخطر) [4,20].

لمواجهة تلك الفجوات، نحتاج إلى تطوير نموذج عام ومرن قائم على المعرفة لتسهيل عملية التقاط المعرفة الخاصة بالمخاطر وتخزينها لإعادة استخدامها في مشاريع البناء، ومحاكاة التفاعل المعقد بين الأشياء الحقيقية داخل نظام مشروع. يمكن أن توفر النماذج الدلالية المستندة إلى الأنطولوجيا وسيلة قوية لالتقاط وتمثيل المعرفة البشرية وتساعد على أن تكون تلك المعرفة مفهومة من خلال الحاسوب [21].

- **الأنطولوجيا وإدارة المخاطر في صناعة البناء والتشييد:**

يعتبر تطوير نماذج جديدة ومفيدة لإدارة المخاطر مجالاً هاماً وضرورياً لتحسين واقع الأداء في شركات البناء بشكل عام وفي سورية بشكل خاص [22] لعبت تقنية الأنطولوجيا دوراً حيوياً في قطاع مشاريع البناء بشكل عام ومجال إدارة المخاطر بشكل خاص واستخدمت لأغراض بحثية مختلفة:

طور El-Diraby وآخرون (2005) الأنطولوجيا في عدة مستويات (أي التصنيف الهرمي للمفاهيم) في مجال البناء مما يسمح بمشاركة المفردات المشتركة (المفاهيم) واسترجاع المعلومات، إلا أنه لم يتطرق البحث إلى العلاقات المتبادلة التي تربط بين هذه المفاهيم في كل مستوى تفصيلي[9]. اقترح Forcada وآخرون(2007) مفاهيم الأنطولوجيا التي تربط بين المخاطر البيئية والصحية ومخاطر السلامة لاستخدامها في تطوير أداة لاتخاذ القرار والمساعدة في تقييم المخاطر طوال دورة حياة مشروع البناء [23]. وضع Tserng وآخرون(2009) إطار قائم على الأنطولوجيا لدعم عملية إدارة المخاطر الخاصة بالمقاول، واعتبر خطوات عمل عملية إدارة المخاطر كأساس للأنطولوجيا المطورة ، طبق الباحث خوارزمية (Information Retrieval IR) مع الأنطولوجيا لاسترجاع وإعادة استخدام المعرفة لتحسين أداء إدارة المخاطر دلالياً [24]، تم في البحث استخراج المفاهيم الأساسية والتصنيف الهرمي المتعلق بالمفاهيم لاستخراج المعرفة الخاصة بالمخاطر فقط إلا أنه لم يتطرق إلى تحديد العلاقات المتبادلة والارتباطات بين المخاطر وتحديد المسارات التي قد تنشأ عنها. قام Fidan(2011) بتطوير أنطولوجيا لربط المفاهيم المتعلقة بمخاطر تجاوز تكاليف مشاريع البناء الدولية ، وطوّر المفاهيم المشتركة لشرح العلاقات المتبادلة بين مصادر وأحداث وعواقب المخاطر وربطها بمفهوم جديد سمي بنقاط ضعف النظام ، استُخدمت الأنطولوجيا المطورة في تقدير تجاوزات الكلفة في مشاريع البناء الدولية فقط والنموذج المطبق غير شامل لجميع أنواع المشاريع [4]. قدم Jiang وآخرون (2013) أنطولوجيا خاصة بمجال المخاطر مشابهة لعمل Fidan تتضمن مصادر وأحداث وعواقب مخاطر تجاوز الكلفة ، وقدم طريقة للاسترجاع الدلالي بناء على هذه الأنطولوجيا المطورة [25] . قام Bilgin وآخرون(2018) بتطوير أنطولوجيا لتحليل التأخيرات وذلك للمساعدة في دعم اتخاذ القرار أثناء عمليات إدارة المخاطر والمطالبات [26] .طُوِّرت بعض الأنطولوجيات حول مخاطر السلامة والحوادث المتعلقة بالبناء، منها Ke وآخرون (2011) الذي طور انطولوجيا خاصة بمخاطر العمل وطبق آلية منطقية لتحديد قواعد السلامة اعتماداً على الأنطولوجيا المطورة [27] ، طور Xing في (2019) أنطولوجيا استخدمت لدعم تطوير التطبيقات الذكية واستخدام المعرفة وذلك للمساعدة في تحديد مخاطر السلامة في مشاريع المترو والأنفاق [20].

ركزت الدراسات المعروضة أعلاه على تطبيقات الأنطولوجيا ذات الأغراض البحثية المختلفة وأثبتت فوائدها في وصف المفردات المشتركة لتسهيل إعادة استخدام المعرفة في قطاع البناء[9] وفي مجال التأخيرات [26] ومخاطر السلامة [27 ; 20] ومخاطر البناء[4;23;24;25] وغيرها. إلا أنها فشلت في وصف وتمثيل العلاقات بين المفاهيم الموصوفة في مستويات تفصيلية متعددة، أي فشلت في تحديد قائمة شاملة للسيناريوهات الحقيقية التي تمثل سلوك كيانات مشروع البناء مع مراعاة متغيرات البيئة الداخلية والخارجية للمشروع ووصف كيفية حدوث المخاطر في تلك السيناريوهات،

إضافة لكون نطاق الدراسة في أغلب تلك الدراسات المذكورة أعلاه يقتصر على مخاطر الكلفة فقط مثل [4;25]. بناء على هذه المراجعة نقترح في البحث تطوير الأنطولوجيا التي تسمح بوصف وتمثيل نظام مشروع بناء واقتراح المفاهيم المشتركة المتعلقة فيه والتقاط التبعية بين هذه المفاهيم لتمثيل ومحاكاة سلوكه وبالتالي لتمثيل مسارات حدوث المخاطر وكيفية انعكاسها وتأثيرها على أهداف المشروع (كلفة وزمن وجودة) وهذا مالم يتم التطرق إليه سابقاً.

أهمية البحث وأهدافه:

الهدف من البحث:

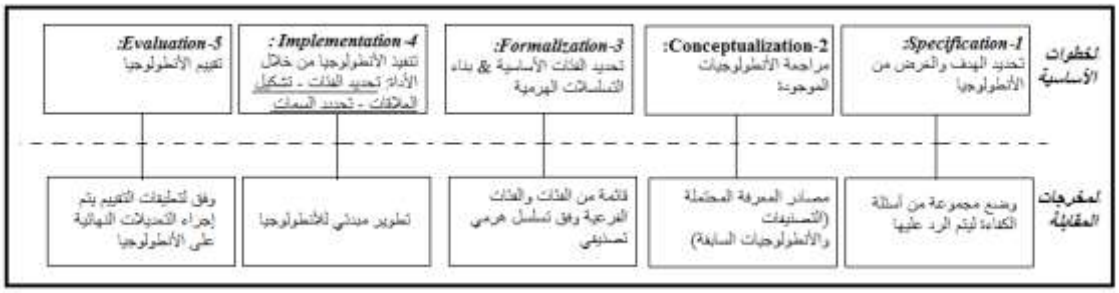
الهدف الأساسي لهذا البحث هو" تطوير أنطولوجيا لتمثيل السلوك المتغير لمشروع البناء بناءً على المتغيرات الداخلية والخارجية للبيئة المحيطة بالمشروع أي تمثيل سيناريوهات حدوث المخاطر في مشاريع البناء"، يتمثل بتعريف المفاهيم المشتركة الخاصة بمجال مشروع البناء واقتراح التفاعلات والخصائص فيما بينها إضافة للتصنيف وذلك لدعم تحديد وتحليل حدوث المخاطر دلالياً، يمكن أن تسهل الحصول على معلومات المخاطر ومشاركتها بكفاءة، وتشكل أساسًا لبناء قواعد البيانات وأنظمة دعم القرار لتحليل المخاطر في شركات البناء.

طرائق البحث ومواده:

تطوير الأنطولوجيا هو عملية تكرارية تعتمد على مجال المعرفة وكيفية تطبيق الأنطولوجيا [28]. المبدأ الأساسي هو كيفية تمثيل المعرفة حول عملية تحديد أنواع المخاطر وأسبابها.

2. منهجية تطوير الأنطولوجيا :

من خلال مراجعة الدراسات المرجعية، تم اعتماد المنهجيات الرسمية لبناء الأنطولوجيا في الدراسات السابقة ومن الأمثلة على تلك المنهجيات[28;29;30;31] تتقاطع هذه المنهجيات في الخطوات الأساسية مع تركيز بعض المنهجيات على بعض الخطوات أكثر من غيرها. تم اعتماد خمس خطوات أساسية لبناء الأنطولوجيا في البحث بناء على تلك المنهجيات [28;29;30]. يعرض الشكل1 الخطوات مع المخرجات المقابلة لكل خطوة وهي:



شكل (1) الإطار المنهجي (خطوات) لبناء الأنطولوجيا

1- المواصفات(specification): تحديد هدف ومجال الأنطولوجيا من خلال مجموعة من أسئلة الكفاءة [28;29] .2- وضع المفاهيم(conceptualization) مراجعة الأنطولوجيات الموجودة[31] . 3 –التمثيل الرسمي للمعرفة(formalization) تعداد الفئات الرئيسية والفرعية (بناء التصنيف)[28]. 4- التنفيذ (implementation) بناء الأنطولوجيا باستخدام محرر الأنطولوجيا[31] .5-تقييم الأنطولوجيا (Evaluation)[28].

1.1.2 تحديد هدف ومجال الأنطولوجيا:

تعتبر أسئلة الكفاءة وسيلة فعالة لتحديد الغرض من أنطولوجيا المجال [29] ، وهي مجموعة من الأسئلة التي يجب طرحها والالتزام بها عند تطوير المفاهيم [28] ، ويمكن من خلالها التحقق من الأنطولوجيا، بعض الأمثلة على أسئلة الكفاءة المحددة في البحث مثل :- ما هو الخطر؟ - كيفية حدوث المخاطر من خلال عدة مصادر (كاستخدام طريقة بناء جديدة، تأخر وصول المعدات اللازمة، أخطاء تصميمية تؤدي لتوقف العمل خلال التنفيذ، مخاطر خارجية ...) ؟ - ماهي الكيانات الأساسية التي يتكون منها مشروع بناء؟ - ما هي المتغيرات التي تؤدي لحدوث المخاطر في مشروع بناء؟ - هل وكيف تؤثر المخاطر على مخرجات تنفيذ المشروع (كلفة، جودة، زمن)؟

2.1.2 مراجعة الأنطولوجيات والتصنيفات الموجودة مسبقاً:

تركز هذه الخطوة على مراجعة نماذج المعرفة المستخدمة سابقاً كاختصار لعملية بناء الأنطولوجيا، حيث تمتد تلك النماذج إلى *ثلاث فئات*: أنظمة التصنيف، ونماذج المنتجات، والأنطولوجيات السابقة [28] ، تم مراجعة نماذج المعرفة في مجال البناء بشكل عام وإعادة استخدامها لتطوير المفاهيم التي ستستخدم في البحث إضافة لمراجعة الأنطولوجيات السابقة مع إضافة الخصائص المتعلقة بالمفاهيم كإضافة على تلك الانطولوجيات كما سيوضح لاحقاً ، و ذلك على مرحلتين :

☒ *المرحلة الأولى:* بناءً على تعريف الخطر بأنه حدث غير مؤكد، إذا حدث قد يكون له تأثير سلبي أو إيجابي على أحد أهداف المشروع [5] بالتالي يعتبر **حدث** و **نتيجة** الخطر مفهومان أساسيان في الأنطولوجيا المطلوبة شكل (2) .لتحديد مصادر الخطر تم جمع أنواع المخاطر من مصادر المعرفة المتعددة من خلال: الرجوع لعدة أوراق علمية حول التصنيفات المختلفة لمصادر الخطر [1;2;4;6;7;11;12;15;21;24].بالإضافة إلى الرجوع إلى دليل PMBOK وإرشادات إدارة المخاطر ISO3100 [3] وجمع الحالات الموثقة من مشاريع فعلية (تم جمع أنواع ومصادر المخاطر لمشاريع الأبنية في سورية (بيانات حوالي 8 مشاريع)) و الاطلاع على التقارير الموثقة وسجلات للمخاطر الموجودة في المشاريع إلى جانب إجراء المقابلات مع المشاركين ذوي الخبرة في مشاريع البناء في سورية.

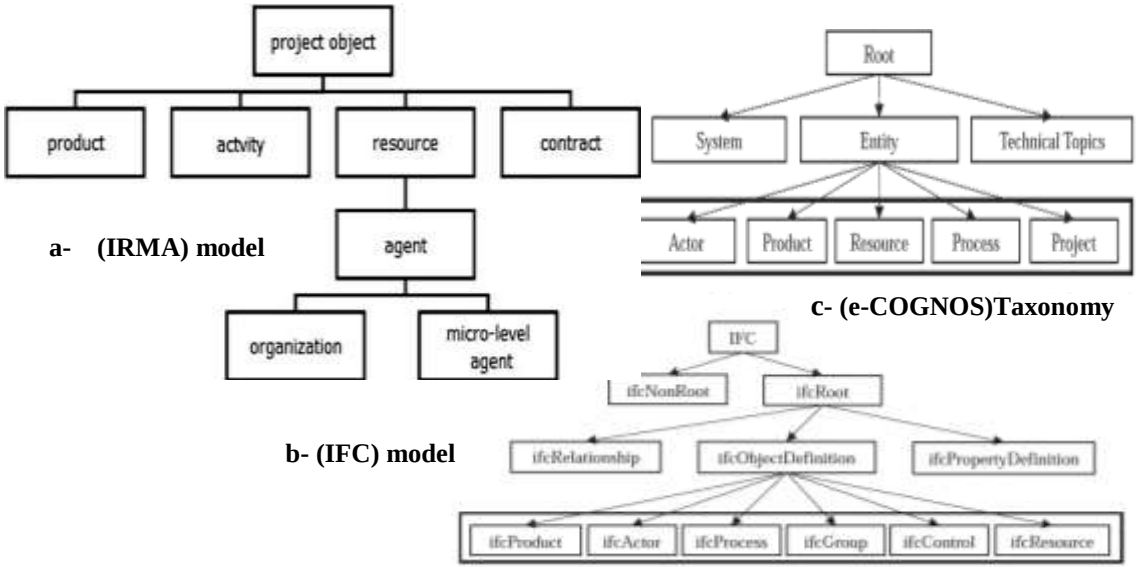
شكل (2): رسم توضيحي للنموذج المفاهيم لتصنيف معرفة مخاطر البناء[5]

تضمنت مصادر المعرفة العديد من التصنيفات حول أنواع وعوامل الخطر، مثل : (المخاطر الاقتصادية، المخاطر البيئية، المخاطر التعاقدية، إضافة لمخاطر مصدرها أطراف المشروع ومخاطر مصدرها الموارد ، أو حتى مخاطر تسببها طريقة أو عملية البناء نفسها وغيرها...)، قد تؤثر هذه العوامل مباشرة على النتيجة النهائية للمشروع (زمن ، كلفة ، جودة) أو قد يكون هناك ترابط بين هذه المخاطر فتشكل ما يسمى بمسار الخطر.

☒ *المرحلة الثانية :* تمت الاستفادة من نماذج المعرفة المستخدمة في مجال البناء ، للحصول على المفاهيم الجذرية التي ستستخدم في مجال المخاطر، في الجدول (1) تم مقارنة تلك المناهج مع مجموعة المفاهيم المستخدمة لكل نموذج ، تلك المفاهيم هي:

- نموذج (IRMA) Information Reference Model for Architecture, Engineering, and Construction) النموذج المرجعي لمعلومات الهندسة المعمارية والبناء[32] شكل(3-a).

- تصنيف فئات مؤسسة الصناعة (Industry Foundation Classes) (IFC) و يهدف لوصف بيانات AEC . في المستوى الأعلى تقسم كيانات IFC إلى كيانات جذرية و كيانات غير جذرية. في المستويات الفرعية تنقسم إلى ست مفاهيم أساسية [33] الشكل (3-b) .
- تصنيف e-COGNOS : الذي تم تطويره حول عملية البناء والذي يستخدم سبعة مجالات رئيسية لتصنيف مفاهيم البناء يظهر جزء منه [9] شكل(3-c)



الشكل (3) المفاهيم الرئيسية والعلاقات الهرمية ل a- نموذج [32] IRM ، b- تصنيف IFC[33] ، c-تصنيفe-COGNOS[9]

في الجدول(1) مجموعة مفاهيم مرشحة لتكون المفاهيم الجذرية للتصنيف المطلوب ، وفقاً للجدول (1) نلاحظ أن فئات (مفاهيم) نموذج (IFC) هي فئات فرعية لفئة IfcObjectDefinition بينما تنتمي فئات تصنيف e-COGNOS إلى فئة كيان المشروع (Entity)، هناك عدة مبررات ليتم اختيار المفاهيم المطلوبة في المجال هي:

1. اختيار الفئات (المفاهيم) الأكثر استخداماً بين هذه التصنيفات المذكورة[9;32;33] وهي : *العملية (Process) والمنتج (Product) والمورد (Resource) والجهة الفاعلة (Actor)* .

2. يجب أن تكون المفاهيم قابلة للتطبيق و تمثيل مجال حدوث المخاطر لذا يجب التخلص من الفئات (المفاهيم) التي ليس لها علاقة بالمجال مثل IfcControl ifcGroup ، على سبيل المثال، تمثل فئة ifcGroup مجموعات من الكائنات التي يتم تجميعها لغرض معين مثل تجميع جميع عناصر البناء على دورها وليس موقعها، من الواضح أن هذا لا علاقة له بمجال أنواع المخاطر، لذلك لا ينبغي اختيار ifcGroup وكذلك بالنسبة ل IfcControl التي تمثل القواعد التي تتحكم بالوقت والكلفة والجودة إضافة لكون الهدف من تطوير الأنطولوجيا هو متابعة ومحاكاة سيناريو حدوث الخطر من دون التطرق لما يخص بفئات الضبط والتحكم بالخطر بعد حدوثه مع تضمين المخاطر الناتجة عن ضعف الضبط ضمن سيناريوهات حدوث الخطر.

3. إذا كانت الفئة تتوافق مع مفهوم متضمن في نموذج المفاهيم فيجب اختيارها ،إضافة لضرورة الفهم الجيد لمعنى المفاهيم، فمثلاً يتوافق مفهوم الوكيل(Agent) مع مفهوم أطراف المشروع (Actor) في IFC و e-COGNOS.

جدول (1) مقارنة بين المفاهيم الجذرية (فئات المستوى الأعلى) الموجودة في التصنيفات الحالية

التصنيف	الفئات (المفاهيم)	ملخص حول التصنيف
IRM	المشروع (Project)، النشاط (Activity) ، المنتج (Product)، الوكيل(Agent) ، المورد (Resource) ، العقد (Contract).	نموذج مرجعي عام لكائنات البناء [32]
IFC	العملية (IfcProcess)، المنتج (IfcProduct) ، الجهة الفاعلة (IfcActor) ، المورد (IfcResource)، التحكم(IfcControl) ، التجميع (IfcGroup).	معيار لوصف بيانات صناعة البناء والتشييد [33]
e-COGNOS	المشروع (Project)، العملية (Process) ، المنتج (Product)، الجهة الفاعلة (Actor) ، المورد (Resource) ، الموضوعات التقنية (Technical Topics) ، الأنظمة (System)	مفاهيم لتصنيف مجال البناء [9]

وبناء على المراجعة في المرحلة الأولى يتم إضافة مفهومين آخرين وهما : *البيئة والعقد* على اعتبار أن شروط *العقد* من ضمن الظروف البيئية الداخلية الخاصة بالمشروع إضافة *للجهات الفاعلة والموارد والعمليات والمخرجات* وما يحيط بذلك من ظروف تقنية خاصة بتلك المفاهيم والمعايير فيما يمكن اعتبار *البيئة* تمثيل لظروف البيئة الخارجية المحيطة بالمشروع متضمنة *الظروف المناخية والاقتصادية والسياسية المحيطة* لتصبح المفاهيم الجذرية في المستوى الأعلى في البحث هي :العملية (PROCESS) ، المنتج (PRODUCT)، الجهات الفاعلة (ACTOR) ، الموارد(RESOURCES) ، البيئة(ENVIROMENT) ، العقد(CONTRACT).

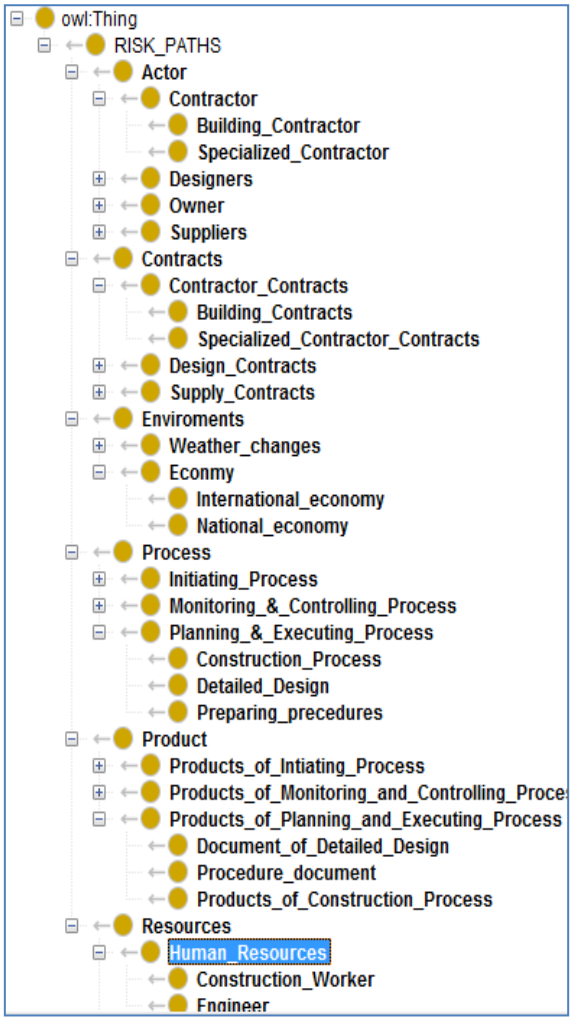
3.1.2 بناء تصنيف مجال مخاطر مشاريع البناء (تعداد الفئات الجذرية والفئات الفرعية):

وفقًا ل [34] ، تشتمل الأنطولوجيا على المفاهيم (concepts) والعلاقات(relations) والخصائص (properties) والمثيلات (instances) ويمثل المفهوم مجموعة من الكيانات التي نريد تمثيلها ضمن المجال، يتم وصف المفهوم من حيث الخصائص السمات–التي تمتلكها جميع مثيلات المفهوم. يُستخدم التصنيف لربط كل مفهوم فرعي بالمفهوم ذو المستوى الأعلى وتسمى العلاقة التي تربط هذين المفهومين بالعلاقة التصنيفية (taxonomy) مثل : – العلاقات " Subclass-Of & "is–a". تم تطوير تصنيف للمفاهيم الجذرية التي تم اختيارها في البحث والمكون من ثلاث مستويات تفصيلية : (المستوى الكلي (macro level 1) المستوى الوسطي (meso Level 2) والمستوى التفصيلي (الجزئي) (micro level 3)) ، إن الانتقال من المستوى الكلي إلى المستوى الجزئي يشمل الانتقال من التركيز على مجال الموضوع إلى تحليل المتطلبات والتركيز على الهدف بشكل أكبر.

4.1.2 بناء الانطولوجيا من خلال برنامج Protégé:

تمت مراجعة العديد من برامج تحرير الأنطولوجيا لاختيار الأنسب لتنفيذ الأنطولوجيا، تم اختيار برنامج–Protégé OWL (V. 5.0) [35] كونه الأداة الأكثر شيوعاً واستخداماً[36] ، وهو برنامج مجاني ومفتوح المصدر يمكنه توفير بيئة مرئية لإنشاء وحفظ أنطولوجيا بلغة OWL التي يمكن معالجتها آلياً ، ويتم التنفيذ وفقاً للخطوات التالية :

أ- ***تحديد الفئات :*** يوضح الجدول (2) المفاهيم الستة و التصنيف الخاص بكل مفهوم على المستويين (1و2) وثم تم ترميزها باستخدام منصة Protégé على أنها فئات (Classes) شكل (4):



ب- العلاقات بين المفاهيم (Relations) :

تحدد العلاقات بين المفاهيم كيفية ارتباط المفاهيم مع بعضها البعض ضمن الأنطولوجيا، تم استخدام ثلاث أنواع من العلاقات موضحة في الجدول (3) مع تعريفها .

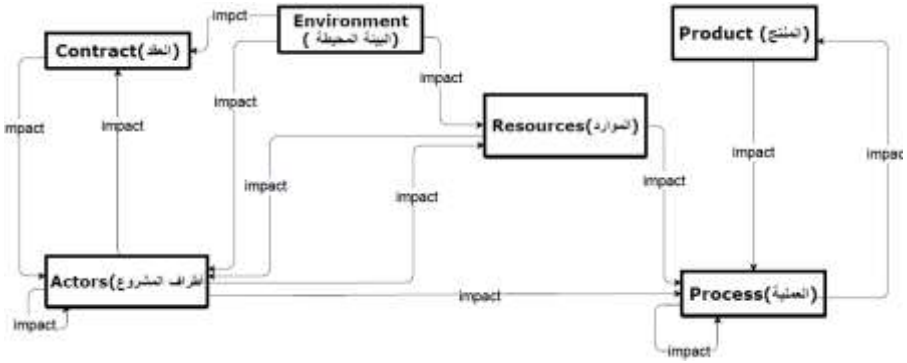
تم تشكيل العلاقات الترابطية بين المفاهيم على المستوى (1) ضمن protégé من خلال ما يسمى ب (Object properties)، تم استخدام هذه العلاقات لتشكيل النموذج المفاهيمي للأنطولوجيا والموضح في الشكل (5)، نقوم بشرح بعض العلاقات كأمثلة:

1-يؤثر أطراف المشروع على النشاط المسؤول عنه(العملية) ، مثلاً نقصان (الخبرة الإدارية) للمقاول يؤدي ل(تأخير زمني) للنشاط.

2-تؤثر العوامل البيئية على كل من الموارد والأطراف والعقد. مثلاً يؤثر (التضخم الاقتصادي المتعلق بالبيئة على (الكلفة) للمواد (مثل الكلفة الواحدية للمواد) أيضاً وقد تؤثر على العقود (تسعير البنود) و ينتقل هذا التأثير بدوره إلى العملية والمنتج في النهاية.

شكل (4) تصنيف المفاهيم الجذرية وفقاً للمستويات 1,2,3 باستخدام Protégé. 5

3-تؤثر الموارد على أطراف المشروع والعملية بشكل مباشر ، مثلاً زيادة (انتاجية) العمال (المورد) تزيد (مهارة) المقاول المسؤول عنهم (الأطراف)، وتعتمد (جودة) النشاط (العملية) على (جودة) المواد المستخدمة بتنفيذها(الموارد).



شكل (5) النموذج المفاهيمي meta والعلاقات بين المفاهيم على المستوى 1

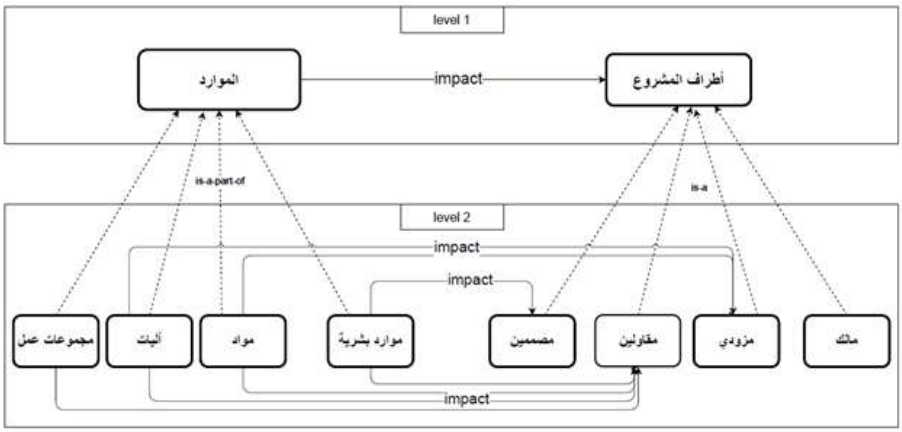
جدول (2) المفاهيم والفئات الفرعية على المستوى 1و2

المفهوم الأعلى	المفاهيم الفرعية (المستوى2)	تعريف المفهوم الأعلى
أطراف المشروع(Actor)	**المقاولين– المزودين –المصممين – المالك**	يمثل المشاركين في عمليات البناء ، مثل :المنظمات (كشركات المقاولة) والكوادر (المصممين، مزودين..)التي تؤدي الأنشطة حسب أدوارها في المشروع وقد ترتبط هذه الأطراف فيما بينها بموجب العقود[4;7;21;24]
الموارد (Resource)	**عمال– مواد –آلات**	وهي الأشياء والأصول التي يتم استخدامها من قبل أطراف المشروع لتنفيذ الأنشطة أو العمليات [4;21].
العقد (Contract)	**عقود مقاولين –عقود مصممين – عقود تزويد المواد**	وهو المستندات القانونية التي تجمع بين التزامات ومسؤوليات أطراف المشروع في أداء الأنشطة [7;24].
البيئة (Environment)	**المناخ– الإدارية– الاقتصادية**	تعبر عن عوامل حول أو خارج المشروع ولكن قادرة إما على التأثير على المشروع أو أن تتأثر به[4;7;15] .
العملية (Process)	**المرحلة الأولية – مرحلة التخطيط والتنفيذ – مرحلة المراقبة والتحكم**	العملية عبارة عن مجموعة من الإجراءات التي يجب أن تتبعها أطراف المشروع لتنفيذ أنشطة معينة في الوقت المناسب [15;21;24] .
المنتج (Product)	**منتجات المرحلة الأولية – منتجات مرحلة التنفيذ – منتجات مرحلة المراقبة**	تمثل المنتجات جميع العناصر المطلوبة التي يتم انتاجها خلال العمليات مثل (مخرجات ووثائق الجدوى الاقتصادية) و أيضاً المنتجات المادية (انتاج الأعمدة) والإدارية (المستندات ومخرجات التقارير..)[21]

لتوضيح فكرة عن كيفية وضع العلاقات الترابطية بين المفاهيم على المستويات، عادة يتم وراثة العلاقات الترابطية بين بالمفاهيم من المستوى (1)إلى المفاهيم الفرعية مع تقييدها من أجل تقديم تعريف أفضل للمفهوم [38] . مثال على ذلك، يوضح الشكل (6) العلاقة الترابطية (تأثيرimpact) في المستوى (1) بين مفهومي –أطراف المشروع – و– الموارد – لتوريثها إلى المستوى (2) يتم تقييدها حيث بعض المفاهيم الفرعية تؤثر على بعض المفاهيم الفرعية الأخرى ، أي في المستوى(2) (تؤثر المواد والآليات فقط على المزودين (من حيث الكلفة على سبيل المثال) كونهم المسؤولين عن تأمينها بشكل مباشر بينما لا تؤثر الموارد البشرية على المزودين كونها لها علاقة بالمقاولين المسؤولين عن الأنشطة فقط). بناء على ذلك تم وضع العلاقات على المستويين (2,3) يبين الشكل (7) العلاقات بين المفاهيم على المستوى 2 فقط بسبب تعقيد المستوى 3 وصعوبة إظهاره .

جدول (3) أنواع العلاقات المستخدمة في البحث والمفاهيم المقابلة

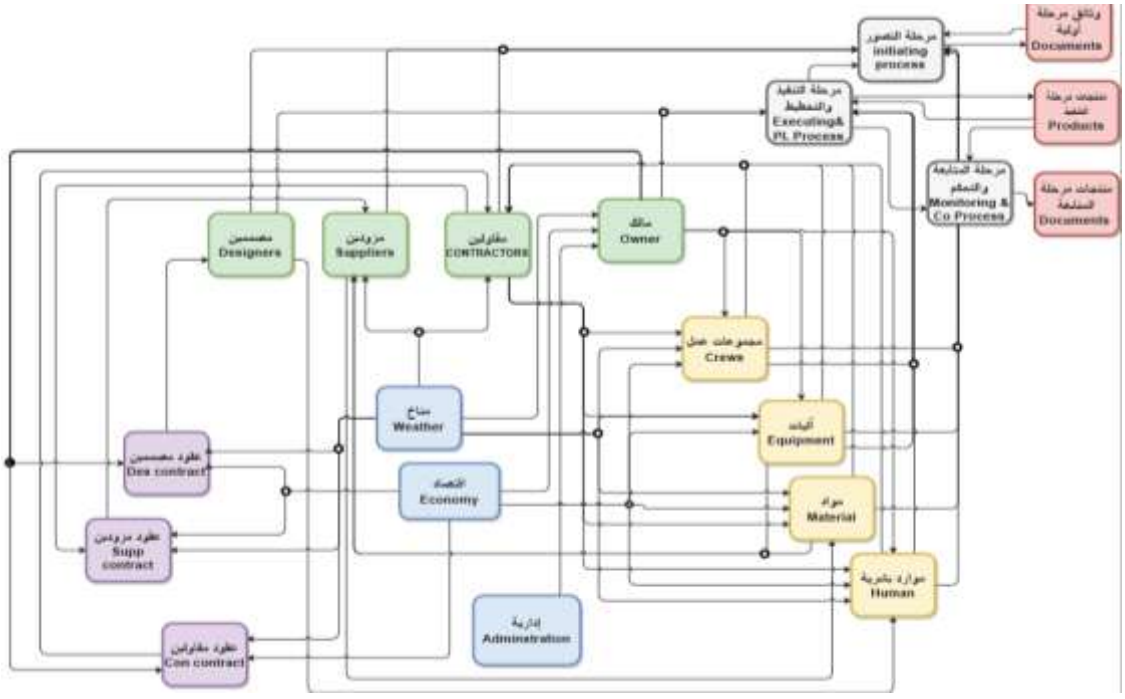
العلاقة	المفهوم الأعلى	تعريف العلاقة
علاقات التصنيف (Taxonomy)	أطراف المشروع – عملية – عقد – منتج	مثل العلاقات (is-a و is-a-kind-of) والتي تعطينا هياكل شبيهة بالشجرة .
علاقات التجميع (partonomy)	موارد – بيئة.	مثل علاقات (is-a part-of) والتي تعبر عن كيفية تجميع مجموعة من المفاهيم لتكوين مفاهيم مركبة.
علاقات الارتباط (Associative)	تربط بين جميع المفاهيم المستخدمة في البحث.	تصف علاقة مفهوم بمفهوم آخر مثل العلاقة (Impacts) (تؤثر) والتي تربط مفهومي (مصدر – حدث الخطر) .



شكل (6) وراثة العلاقات من المستوى الأعلى 1 إلى المستوى الفرعي2

ت- خصائص المفاهيم (السمات Attributes) :

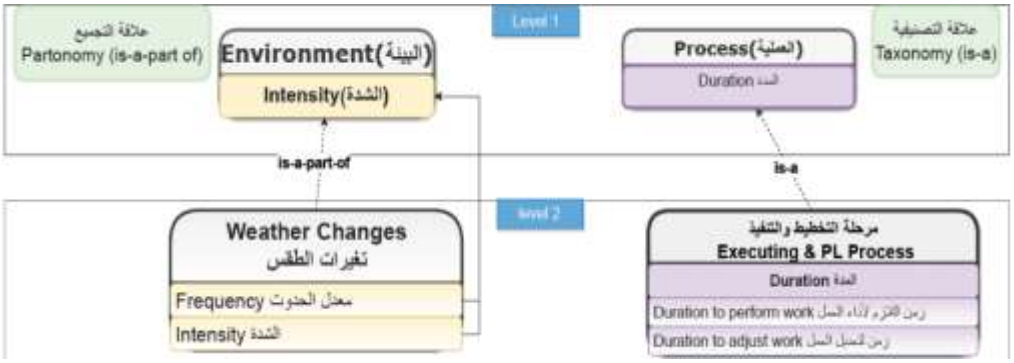
تعرّف السمات على أنها الخصائص التي تميز بها المفاهيم ويكون لها قيم[36] . في الأنطولوجيا يتم وصف حالات الخطر (عدم التأكد) وكيفية حدوثها من خلال سمات المفاهيم. يتم وضع السمات في محررprotégé عن طريق ما يسمى ب(data properties). يوضح الجدول(4) مثال على السمات المحددة لمفاهيم **العملية والأطراف والموارد** في المستوى (1) والقيود المفروضة عليها، فمثلاً يتميز مفهوم الأطراف بسمة "الكلفة" ومفهوم الموارد بسمة "الكمية" ومفهوم النشاط بسمة " الزمن" ، والقيود المفروضة على السمات تأخذ القيم *(زيادة، طبيعي، نقصان) للكمية والكلفة (طويل، طبيعي، قصير) للزمن*، حيث إن زيادة (كمية) الموارد تؤدي إلى نقصان (المدة) للنشاط. هذا ويتم وراثة السمات من المستوى الأعلى إلى الفرعي وفقاً للعلاقات بين المستويات ($is-part-of$ أو $is-a$) [38]:



شكل (7) العلاقات بين المفاهيم على المستوى2

1. في العلاقة التصنيفيةTaxonomy (is–a): يتم وراثة السمات مع تحسينها على المستوى الفرعي، مثلاً، تتميز العملية بسمة المدة الزمنية على المستوى 1 يتم توريثها إلى المستوى 2 للمفاهيم الفرعية (مرحلة التصور ، مرحلة التخطيط والبناء..) لتصبح (الزمن اللازم لأداء العمل) و(الزمن اللازم لتعديل العمل) شكل (8).

2. في علاقات التجميع(is a part of): لا يتم الاحتفاظ بالسمة من مستوى لآخر (أي لا يتم توريثها) بل تمييزها للتوضيح الدلالي للمفهوم مثلاً : سيتم تمييز سمة " مستوى التأثير" عند الانتقال من المستوى 1 لمفهوم **البيئة** إلى السمات ("معدل الحدوث" و " الشدة ") للمفاهيم الفرعية من مفهوم **تغيرات الطقس** والتي تعبر مجتمعة عن الخصائص التجميعية لسمة "الشدة" الشكل (8)، وبنفس الطريقة أيضاً يتم تمييز السمات في المستوى 3.



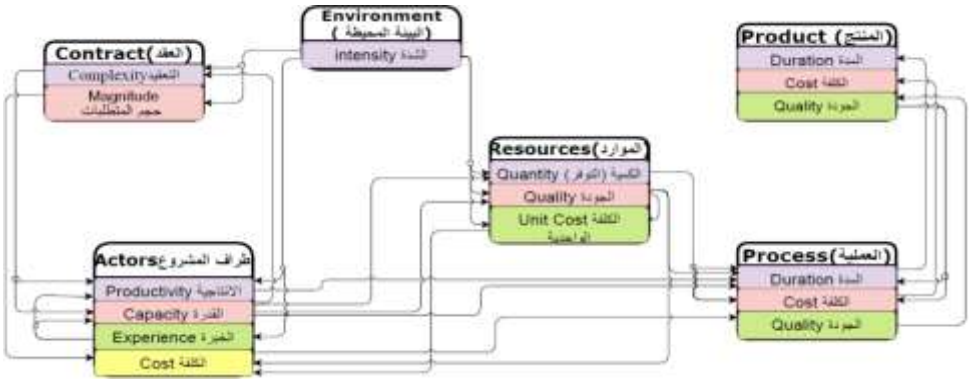
شكل (8) وراثة السمات في –علاقات (is–a) –علاقات (is–a part of)

جدول (4) مثال على السمات(الخصائص) الخاصة بمفاهيم المستوى (1)

المفهوم	السمة (attribute)	تأثير إيجابي	تأثير سلبي	الوصف (definition)
العملية (process)	المدة الزمنية (Duration)	قصير (Short)	طويل (Long)	المدة الزمنية : هي المدة اللازمة لإنشاء المنتجات المادية . الكلفة : هي مجموع كلفة الموارد وكلفة أطراف المشروع لأداء الأنشطة تحت قيود العقود. الجودة : ممكن أن تكون عامل نوعي (على أساس تقييم أطراف المشروع) أو عامل تقييم كمي (مرتبط باللوائح والمعايير).
	الكلفة(Cost)	منخفضة (Low)	عالية (High)	
	الجودة (Quality)	عالية (High)	منخفضة(Low)	
أطراف المشروع (Actor)	الإمكانية (Ability)	كفؤ ((Efficient	غير كفؤ ((Inefficient	الإمكانية: هي قدرة أحد أطراف المشروع على القيام ببعض الأنشطة (اتخاذ القرارات ، أداء الأعمال ، إدارة الأعمال ، التخطيط لمشروع..). الكلفة: هي الأموال التي يجب دفعها ممثلي المشروع مقابل مشاركتهم. الخبرة : هي المعرفة والمهارة المتراكمة المكتسبة بمرور الوقت.
	الكلفة (Cost)	عالية(High)	منخفضة(Low)	
	الخبرة (Experience)	جيدة (Good)	سيئة (Bad)	
الموارد Resources	الكمية (Quantity)	نقصان (Reducing)	زيادة (Increasing)	الكمية : هي عدد وحدات الموارد اللازمة لأنشطة البناء . جودة الموارد : هي إمكانية استخدامها بشكل جيد . الكلفة : هي الكلفة التي يجب دفعها عند استخدام المورد.
	الجودة (Quality)	مطابقة (Conformity	غير مطابقة (in-conformity	
	الكلفة (Cost)	منخفضة(Low)	عالية(High)	

ت-1 العلاقات بين السمات (العلاقات على مستوى الأمثلة):

يتم توريث العلاقات الترابطية بين المفاهيم إلى سماتها بين المستويات مع تقييدها ، حيث تؤثر بعض السمات على بعض السمات الأخرى وتشكل أنواع ومسارات الخطر المحتملة كما هو موضح في الشكل (9).



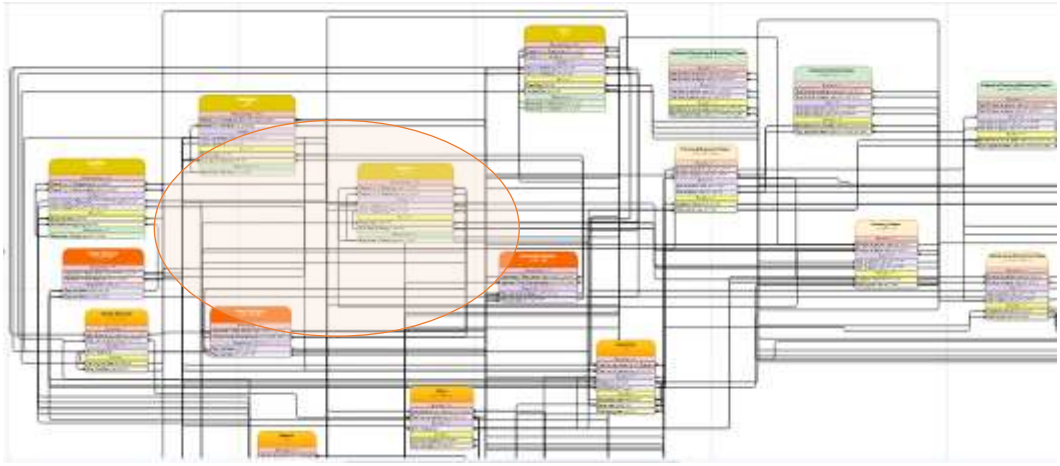
شكل (9) العلاقات بين السمات في المستوى (1)

تم القيام بورشات عمل تفاعلية مع خبراء في تنفيذ المشاريع للمساعدة في تحديد العلاقات بين السمات وتشكيل مسارات الخطر ، تم تجهيز ثلاث استبيانات لكل مستوى من المستويات **(1,2,3)** ، تم إعداد كل استبيان على شكل مصفوفة(سبب – تأثير) لتحديد العلاقات التي تربط "سمة" السبب ب "سمة" التأثير جدول(5)، تم تجهيز مصفوفة تمثل قائمة بسمات المفاهيم كسبب (أفقياً) و نفس السمات كتأثير (بشكل شاقولي)، ولكن كون كمية المعرفة المعروضة على الخبراء كبيرة (عدد المفاهيم في المستوى 3 مثلاً (43 مفهوم) وكل مفهوم يتفرع لعدة سمات) وبالتالي يتوجب على كل خبير مراجعة 1849 زوج من المفاهيم (علاقة) لكل سمة وهو أمر غير منطقي) ، تم التقليل من ذلك عن طريق تظليل المربعات التي ممكن التأكد أن لا علاقة لها بشكل منطقي ووفقاً للعلاقات بين المفاهيم التي وضعت سابقاً، ثم طلب من المشاركين وضع علامة على كل مربع يعتقدون أنه هناك علاقة بين زوج من سمات المفاهيم . شارك في الاستبيان عشرة خبراء تم عرض مجالات عملهم والنسب المئوية المقابلة في الجدول (5)، تم حساب الردود و قبول العلاقة السببية بين سمتين للردود التي تزيد نسبة إجابتها عن (50%) .

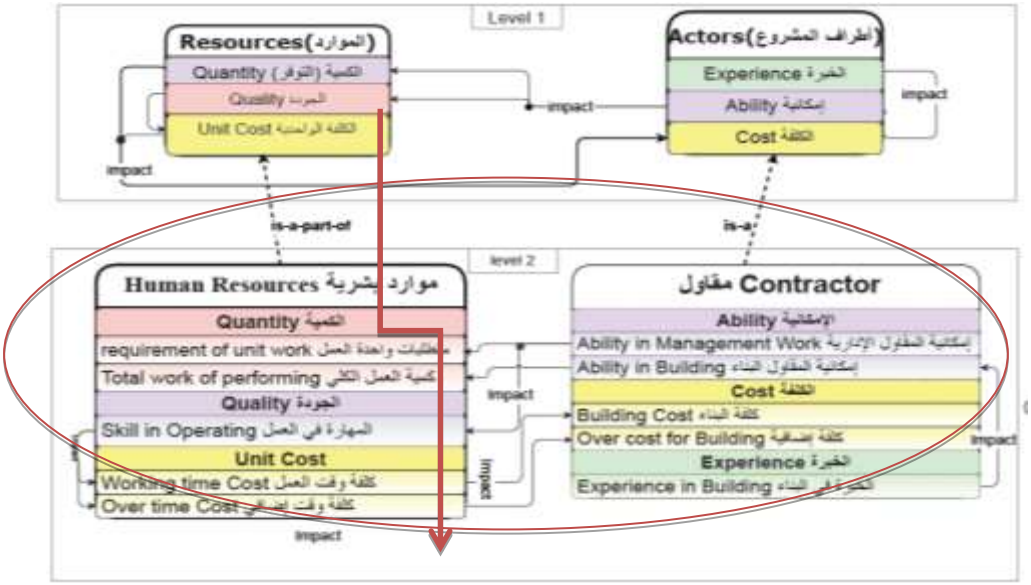
جدول 5 النسب المئوية للمستجوبين بناء على مجال عملهم

مجال عمل المستجوبين	عدد المستجوبين	النسبة المئوية للمستجوبين
مهندس استشاري	٣	%٣٠
مدير مشروع	٤	%٤٠
مهندس إشراف وتنفيذ	٣	%٣٠
المجموع	١٠	%١٠٠

بناء على نتائج الاستبيان تم تشكيل العلاقات بين سمات المفاهيم على المستوى(1و2و3) ، يتم عرض هذه العلاقات على المستوى (1) في الشكل (9) ، وعلى المستوى (2) في الشكل (10-أ) الذي يظهر جزء منه في الشكل (10-ب) كمثال على هذه العلاقات بين سمات مفهومي (أطراف المشروع والموارد) والتي يتم شرح بعضها وكيفية توارثها من مستوى 1إلى 2 في الجدول (6).



شكل (10-أ) مخطط العلاقات بين سمات المفاهيم على المستوى 2



شكل (10- ب) مثال على العلاقات بين السمات(الخصائص)الموروثة بين مستوى 1 و2

ث- إدخال الحالات الفردية (المثيلات Instances) :

تعتبر هذه الخطوة هامة لتخزين و مشاركة المعرفة، يتم إدخال حالات المخاطر(المثيلات) التي تم الحصول عليها من مجموعة مشاريع للبناء (8 مشاريع بناء) جدول (7) وجمعها من عدة مصادر (شركات ومؤسسات للبناء ضمن محافظات الساحل السوري) من خلال الرجوع إلى التقارير والسجلات الموثقة في تلك المشاريع لدراسة حالات المخاطر التي حدثت و تحليلها وفقاً لطريقة وأسباب حدوثها وتأثيراتها. كل حالة دراسية تمثل مشروع تتضمن عدة أمثلة أو حالات للخطر، تم إدخال 36 حالة خطر(مسار خطر) قد حدثت في تلك المشاريع وتخزينها في قاعدة الحالات ضمن Protégé وفقًا لآلية التعبير عن المعلومات عن طريق ما يسمى بالحالات الفردية (individuals).

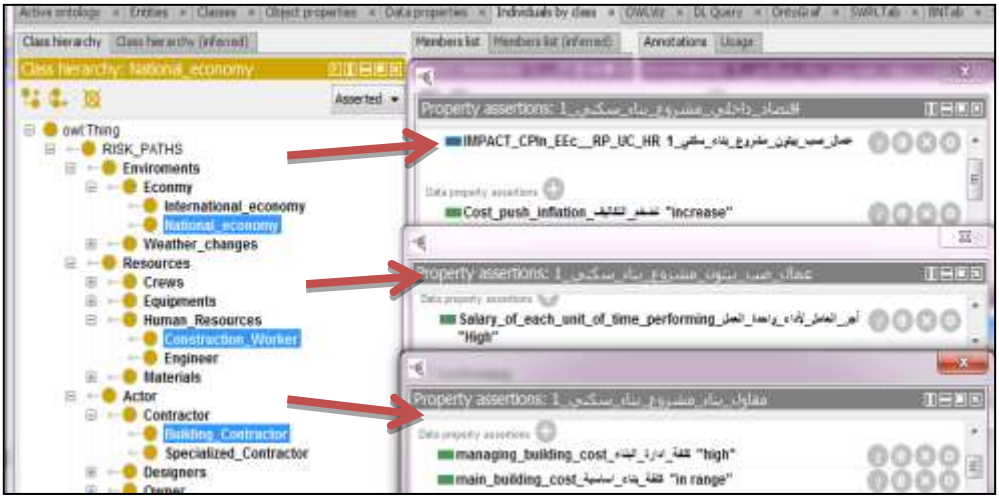
جدول (6) مثال على العلاقات بين السمات الموروثة بين مستوى 1و 2

مفهوم–اسم العلاقة– **مفهوم**	**سمة(المفهوم المصدر)**	**سمة(المفهوم الهدف)**	**مثال**
مستوى 1			
الموارد – تؤثر– **أطراف المشروع**	*الكلفة الواحدية* (الموارد)	*الكلفة* (أطراف المشروع)	يتم حساب كلفة الأطراف في المشروع اعتماداً على الكلف الواحدية للموارد والتي بزيادتها تزيد كلفة الأطراف
أطراف المشروع – تؤثر–**الموارد**	*الكفاءة أو القدرة* (أطرف المشروع)	*الجودة*(الموارد)	إذا قام المقاول مثلاً باختيار مواد مغايرة للمواصفات بسبب قلة كفاءته سينعكس ذلك على جودة المواد
موارد – تؤثر – **موارد**	الجودة (الموارد)	الكلفة (الموارد)	زيادة جودة الموارد تؤثر بشكل مباشر على زيادة الكلفة
مستوى 2			
الموارد البشرية – تؤثر–**المقاولين**	*كلفة وقت العمل* (الموارد البشرية)	*كلفة* (المقاول)	تنعكس زيادة كلفة وقت العمل المطلوب من الموارد البشرية بشكل مباشر على كلفة المقاول
مقاولين – تؤثر – **الموارد البشرية**	*القدرة على ترتيب العمل*(المقاول)	*المتطلبات الواحدية* (الموارد البشرية)	عدم كفاءة المقاول ستؤثر سلباً على المتطلبات الواحدية للموارد البشرية التي قد تتغير خلال المشروع وتزيد
الموارد البشرية – تؤثر – **الموارد البشرية**	*المهارة في العمل*(الموارد البشرية)	*كلفة وقت العمل* (الموارد البشرية)	كلما زادت مهارة العمال كلما زادت الكلفة المقابلة لهم في العمل

جدول (7) قائمة بأسماء المشاريع المستخدمة في جمع البيانات

حالة دراسة	**اسم المشروع**	**الكلفة العقدية المدة العقدية**	**الكلفة التنفيذية المدة الفعلية**	**نسبة تجاوز الكلفة نسبة التأخير**
أ	**مشروع بناء سكني (2013)**	(20000000)ل.س (855) يوم	(39534330) ل.س (1170) يوم	%97 %37
ب	**السوق التجاري (2008)**	(641807) ل.س (540) يوم	(1155253) ل.س (708) يوم	%80 %31
ت	**تنفيذ مبنى إضافي للرحبة في المنطقة الصناعية (2018)**	(14653927 ل.س) (365 يوم)	(20456293)ل.س (588) يوم	%72 % 62
ث	**مبنى الشرطة العسكرية (2021)**	(51666000 ل.س) (720) يوم	(85248900 ل.س) (1015) يوم	%65 % 41
ج	**مبنى المول التجاري (2012)**	(16500000) ل.س (844) يوم	(28380000 ل.س) (1159) يوم	%74 %42
ح	**مشروع المبنى الاستثماري (2006)**	(65000000) ل.س (670) يوم	(28710000) ل.س (890) يوم	% 38 %32
خ	**مشروع بناء سكني (12) طابق (2015)**	(26800000) ل.س (759) يوم	(34780000) ل.س (1028) يوم	%29 %35
د	**مشروع مبنى الأوقاف (2016)**	(43788000) ل.س (589) يوم	(64588000) ل.س (684) يوم	%48 %16

تم إدخال الحالات من خلال إدخال قيم السمات المقابلة لكل مفهوم على المستوى التفصيلي 3 على سبيل المثال: تم إدخال حالة خطر كالتالي: **حالة دراسة أ**: حدث خلال المشروع (أ) (ارتفاع أجور العمال بسبب التضخم الناتج عن ارتفاع كلفة الانتاج (تضخم دفع النفقة) والذي أدى لزيادة الكشف التقديري الذي طالب فيه مقاول البناء (لأعمال بناء الأعمدة))، يتم إدخال قيم السمات المقابلة للحالة التي حدثت: يتم الإدخال (على المستوى التفصيلي 3) قيمة سمة (**أجر الواحدة الزمنية لأداء العمل=High**) لعمال البناء بنفس الطريقة يتم إدخال سمة (**تضخم التكاليف = increase**) للاقتصاد الداخلي و سمة (**كلفة إدارة البناء = high**) للمقاول في الشكل (11)، والذي يعبر عن مسار خطر حدث بالمشروع ، بعد إدخال قيم بيانات (السمات) الخاصة بحالات الخطر المختلفة لكل مشروع تتشكل لدينا مسارات الخطر التي حدثت من خلال الأنطولوجيا والتي سنناقشها في مرحلة التقييم .



شكل (11) إدخال السمات على المستويات التفصيلية (1,2,3)

5.1.2 تقييم الأنطولوجيا والصيانة :

تؤكد هذه الخطوة على أهمية التحقق والاختبار من جودة وصحة الأنطولوجيا المطورة، الجزء المهم في هذه المرحلة هو التحقق من ملائمة الأنطولوجيا (المستندة على الدراسات السابقة) مع حالات حقيقية للمخاطر ، مع الإشارة إلى ضرورة صيانة (تحديث) الأنطولوجيا خلال مراحل تطويرها للمحافظة على صحتها [39]. يتكون إجراء التقييم من خلال التحقق من الأنطولوجيا بالإضافة لاختبار الأنطولوجيا[40] : حيث يشير التحقق إلى صحة بناء الأنطولوجيا ، أي التحقق من متطلبات الأنطولوجيا وأسئلة الكفاءة . بينما الاختبار يتم اختبار الأنطولوجيا من خلال أحد الخيارات المتاحة مثل (مقابلات مع الخبراء _ دراسة الحالات _ أو التحليل المقارن للوثائق أو المستندات_ أسئلة الكفاءة) تم في البحث اختيار دراسة الحالة وهو إدخال حالات دراسة حقيقية والتأكد من عملها بشكل صحيح [39;24;30].

- ***التحقق من صحة الأنطولوجيا:***

تم الأخذ بمعايير التقييم التي قدمها عدة باحثين آخرين [33] بعين الاعتبار: وفقًا لأساسيات المنهجية التي تم ذكرها بالتفصيل، تم بناء جميع البيانات من خلال مراجعة الدراسات السابقة حول تحليل أنواع وأسباب المخاطر المختلفة إضافة للاستبيان الذي أجري لتحديد الترابط بين المخاطر. حاولنا استخدام مفردات موحدة وواضحة لمنع الغموض ضمن الأنطولوجيا. هذا ومن السهل تحديث الأنطولوجيا التي تم تطويرها بسبب نظام التمثيل الموحد. أيضاً تم تشكيل هيكل الأنطولوجيا باستخدام أداة موثوقة (Protégé.5) مع إمكانية التحقق منها خلال البناء عن طريق الأداة نفسها

(من خلال اختيار خيار pellet كمفكر(Reasoner) منطقي والذي يمكنه اكتشاف التناقضات في المفاهيم وترابطها وتشخيص الأخطاء وتصحيحيها) ثم القيام بالتحقق من التناسق بشكل تلقائي من خلال البرنامج حيث لم يتم تشخيص أخطاء أو مشاكل بالتناسق أو غير ذلك فيعتبر هذا التحقق إيجابياً، هذا وتم التحقق من أسئلة الكفاءة التي وضعت في البداية في كل مرحلة من مراحل تطوير الأنطولوجيا على سبيل المثال : الأسئلة المستخدمة في البحث ما هو الهدف من بناء الأنطولوجيا ؟ بناء معرفة خاصة بمخاطر البناء ، وماهو الخطر وكيف يحدث ؟ نتيجة المتغيرات المحيطة بالمشروع، من هم الأطراف المسؤولين عن حدوث الخطر، ما الذي يحدث في حال حدوث خطر (تأثير المخاطر (تأخير _ زيادة كلفة_ عدم تلبية متطلبات الجودة) .

- ***اختبار تقييم حالات دراسة :***

تم إنشاء الأنطولوجيا لغرض تخزين ومشاركة المعلومات الضرورية لتحليل المخاطر في المشاريع المستقبلية. يتم استخدام الأنطولوجيا من قبل متخصص مسؤول عن تحديد وتحليل الخطر لتسهيل إدارة المشروع و/أو إدارة المخاطر . يتم اختبار جودة وفائدة الأنطولوجيا عن طريق اختبار قابلية تطبيقها على حالات حقيقية ولمختلف أنواع المشاريع كالتالي : تم استخدام تقارير المشاريع والسجلات كحالات دراسة سابقة للمخاطر، تم شرح ومقارنة أربع تقارير لثلاث مشاريع(جدول (8) حالة (أ–ب–ت)) حيث تم استخراج المفاهيم الواردة في التقارير ونقلها إلى جدول مقارنة كـ "عبارات في التقرير" وبعدها تم البحث عن العبارات المقابلة لها في الأنطولوجيا المطورة. لا تؤخذ المفاهيم أو السمات التي تدل على نفس المعلومات في الأنطولوجيا في عين الاعتبار مرتين، ولكن يتم التعامل مع بعض المفاهيم في الجمل مرتين أو أكثر في تقرير واحد لسلامة عبارات التقرير. تم وضع عبارات التقرير بالكامل بين علامتي اقتباس " "، بينما يتم عرض سمات المفاهيم في الأنطولوجيا فقط بين علامات اقتباس. يتم تحديد المفاهيم الجذرية لتحديد مكان المفهوم في الأنطولوجيا ويتم استخدام كلمة "فرعية" للإشارة إلى العلاقات التصنيفية بين المفاهيم أو للإشارة إلى السمات الفرعية ، بينما يتم استخدام الوصف "اسم العلاقة " من أجل الإشارة إلى العلاقات التي تربط بين المفاهيم مثلاً علاقة (يؤثر impact) ، حيث يشار إلى "الجمل في الأنطولوجيا" على شكل مسار مثل: "**سمة المفهوم**" فئة فرعية "**سمة المفهوم**" – اسم العلاقة – "**سمة المفهوم**" والتي تعبر عن مسارات الخطر المتوافقة مع الحالات. تتوافق العبارات المقابلة في الأنطولوجيا مع المفاهيم التي تحتها خط منقط في التقرير ويتم تقديم عبارات الأنطولوجيا وفقًا لترتيب ظهور المفاهيم في التقرير. يتم عرض تفاصيل الحالات في جدول(8) :

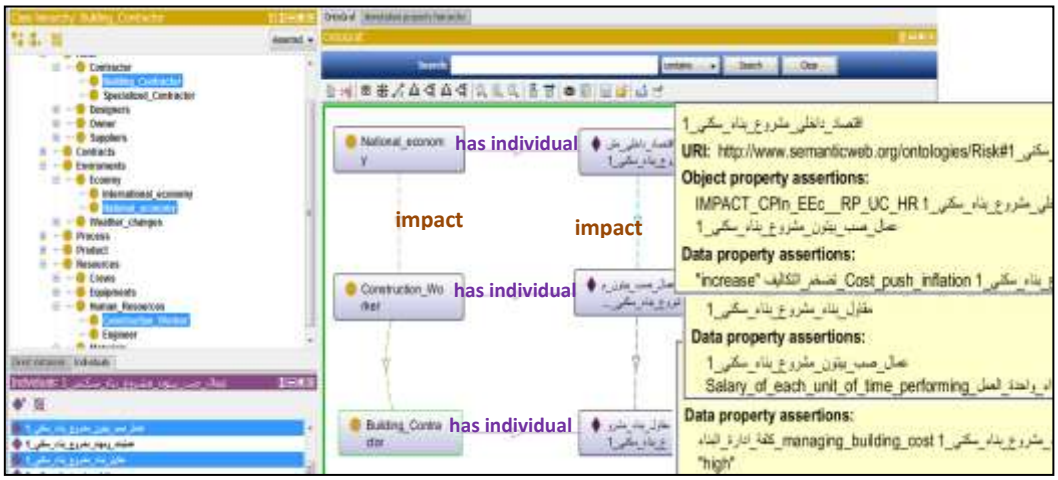
- ***شرح حالات الدراسة :***

1. حالة دراسة (أ –1 ، 2) : مشروع بناء سكني مؤلف من 10 طوابق ، شيّد عام 2013 في محافظة طرطوس، تم تجاوز الكلفة بنسبة 97% بسبب العديد من المخاطر، أهمها التي حدثت بسبب الظروف الاقتصادية السيئة خلال تلك الفترة، بالرجوع إلى أحد التقارير التي طالب فيها المقاول زيادة الكشف التقديري بنسبة (25%) لزيادة الأسعار والأجور آنذاك ، ومن خلال المقابلات التي أجريت مع منفذي المشروع تبين أن التضخم (المرتبط بالتكاليف) المحلي الذي حدث والذي أدى لارتفاع كلفة الوقود المستخدم في عمليات النقل بنسبة تقديرية بلغت (50%) في ذلك الوقت. نلاحظ مسار الخطر الذي يمكن تشكيله من خلال مطابقة العبارات اللازمة والموجودة ضمن السجل جدول (8) ، و من خلال الأنطولوجيا المشكلة سابقاً يمكن الرجوع إلى الأسباب الكامنة (المصادر الأساسية (التضخم المحلي)) لخطر (ارتفاع الأجور)، وتشكيل مسار الخطر الذي حدث تماماً وبالشكل الصحيح .يمكن ايضاً الاستدلال على حدوث مخاطر جديدة وانعكاسات لحدوث التضخم عن طريق الأنطولوجيا ، وهو ما حدث فعلاً في المشروع أ (حالة دراسة أ2

) : حيث أثر حدوث التضخم أيضاً على أجور العمال والفنيين المستخدمين في أعمال تنفيذ الأعمدة وانعكس ذلك على كلفة تنفيذ الأعمال ، نلاحظ من الأنطولوجيا أنه يمكن الاستدلال على الخطر (حالة دراسة أ-2) شكل (12).

2. حالة دراسة (ب) : مشروع مركز التسوق للجهة العامة ، شيّد عام 2008، تم تجاوز الكلفة والوقت بنسبة وصلت ل(80%) بالنسبة للكلفة و(31%) بالنسبة للوقت ، تم خلال المشروع تغيير الأبعاد التصميمية للمبنى من قبل الجهة الدارسة بناء على طلب الجهة المالكة (العامة) عدة مرات ، ما تطلب تغيير الموعد المحدد لبدء التنفيذ من قبل المقاول وتمديده (50 يوم) . عند العودة إلى الأنطولوجيا المطورة : قد يكون السبب الأساسي لحدوث تغييرات في أبعاد المشروع هو أخطاء إدارية تتعلق بالمالك (مسار خطر 1) ، أو أخطاء عقدية ناتجة عن عدم تحديد الأبعاد بشكل واضح (مسار خطر 2) وبالتالي يمكن اختيار أحد المسارين وفقاً للحالة الموجبة المتوقعة آنذاك والتنبؤ بها .

3. حالة دراسة (ت) : مشروع مبنى إضافي في المنطقة الصناعية في محافظة طرطوس، تم حدوث تأخير زمني وصل ل 62% من مدة المشروع ، إحدى تلك التأخيرات كانت بسبب الطقس السيئ الحاصل خلال تنفيذ المشروع ، نلاحظ أنه عند تحديد قيمة (محتمل أو غير محتمل) لسمة التكرار للهطول وتحديد (عالي أو قليل) لمستوى كمية الهطول للسنوات السابقة يمكن الاستدلال وتشكيل مسارات حدوث الخطر المحتملة والناتجة عن التغيرات المناخية والتي تؤثر على مدة وجودة التنفيذ.



شكل (12) مسار خطر يمثل حالة دراسة (أ-2)

- ***نتائج التقييم :***

تم إدخال (69 مفهوم)، (782 سمة مرتبطة بالمفاهيم) في الأنطولوجيا المطورة المتعلقة بتمثيل وتحليل سيناريوهات حدوث المخاطر في مشروع بناء، تتقاطع هذه المفاهيم مع مفاهيم الأنطولوجيات المطورة السابقة في بعض الحالات إلا أنه من خلال الخصائص المعرَّفة لتلك المفاهيم المطورة في البحث والعلاقات فيما بينها تم تعريف حالات إضافية وسيناريوهات شاملة لحدوث المخاطر.

جدول (8) أمثلة من حالات الدراسة (أ (1-2)- ب - ت)

العبارات في التقرير	العبارات في الأنطولوجيا المقابلة
حالة دراسة (أ1): "طالب المقاول $_1$بزيادة الكشف التقديري لكلفة أعمال الحفر والردم بنسبة (25%)، وذلك $_2$لزيادة كلفة الوقود اللازمة لعمليات النقل المطلوبة بسبب زيادة التضخم والظروف الاقتصادية السيئة."	"$_1$كلفة أداء أعمال البناء" سمة–**مهام أعمال التنفيذ**– فرعية "كلفة أداء العمل" سمة –**مرحلة التخطيط والتنفيذ** –فرعية "الكلفة " سمة –**العملية** . "$_2$كلفة الوقود اللازمة لنقل المواد" سمة – **مواد بناء**– فرعية "كلفة النقل " سمة –**المواد**– فرعية "الكلفة" سمة – **الموارد** . "$_3$ تضخم التكاليف" سمة –**الاقتصاد المحلي** – فرعية "التضخم " سمة – **الاقتصاد** – فرعية " التأثير " سمة – **البيئة** . ***مسار الخطر*** : (زيادة) "$_3$تضخم التكاليف" تؤثر على (زيادة)"$_2$كلفة الوقود اللازمة لنقل المواد" تؤثر على (زيادة) "$_1$كلفة أداء أعمال التنفيذ".
حالة دراسة (أ2): تقرير لزيادة الأسعار ، حيث طالب $_1$مقاول بناء الهيكل بزيادة $_2$مبلغ الكشف التقديري الشهري المطلوب بسبب $_3$ارتفاع أجور العمال ، تم طلب زيادة بنسبة 50% كزيادة أولية، وتمت الموافقة من قبل المالك.	"$_1$مقاول البناء " فئة فرعية "المقاول" فئة فرعية "أطراف المشروع". "$_2$كلفة البناء الأساسية" سمة – **مقاول البناء**– فرعية "كلفة البناء" سمة –**المقاول**– فرعية "الكلفة " سمة– **أطراف المشروع** . "$_3$أجرة العامل لأداء وحدة زمنية من العمل" سمة–**عمال البناء**–فرعية "كلفة وقت العمل" سمة–**العمال**– فرعية "كلفة " سمة– **الموارد** . **مسار الخطر :** (زيادة)"تضخم التكاليف" تؤثر على (زيادة) "أجور العامل لأداء واحدة زمنية من العمل" تؤثر على (زيادة) "كلفة البناء الأساسية لمقاول البناء " .
حالة دراسة (ب): بمراجعة وثائق المشروع ، تقدم مقاول البناء بطلب لتمديد $_1$المدة الزمنية للتصميم الأولي رداً على $_2$تغييرات التصميم (تغيير أبعاد المشروع عدة مرات) التي $_3$أمر بها المالك ، وطالب $_4$بفترة تمديد مدتها(50 يوم كحد أدنى) قابلة للتغيير وفقاً $_5$لإمكانية وسرعة المصمم في إعادة التصميم .	"$_1$المدة الزمنية لإعادة التصميم" سمة – **مهام التصميم الأولي**– فرعية "المدة الزمنية لتعديل العمل " سمة– **لأنشطة مرحلة الجدوى الاقتصادية**– فرعية " المدة الزمنية " سمة – **العملية**. "$_2$ عدم وضوح أبعاد المشروع " سمة –**عقود المصمم المعماري**– فرعية "عدم الوضوح في متطلبات العقد " سمة – **عقود المصممين** – فرعية "عدم الوضوح" سمة – **العقود**. "$_3$إمكانية إدارة الوقت لأعمال المشروع" سمة – **المالك** – فرعية "إمكانية إدارة المشروع" سمة – **الجهة المالكة** – فرعية "الإمكانية" سمة – **أطراف المشروع**. **مسار خطر 1 :** (قلة) "$_3$إمكانية المالك في إدارة الوقت لأعمال المشروع " تؤثر على (طول)"$_1$المدة الزمنية لإعادة التصميم " تؤثر على (طول) "$_4$مدة التقرير النهائي للتصميم الأولي". "$_5$إمكانية المصمم المعماري في تصميم النموذج " سمة – **مصمم معماري** – فرعية "إمكانية التصميم" سمة – **المصمم** – فرعية "الإمكانية " سمة – **أطراف المشروع** . **مسار خطر 2:** (زيادة)"$_2$عدم وضوح أبعاد المشروع " تؤثر على(قلة) "$_5$إمكانية المصمم في تصميم النموذج " تؤثر على (طول)"$_1$المدة الزمنية لإعادة التصميم " تؤثر على "$_4$ مدة التقرير النهائي للتصميم الأولي".
حالة دراسة (ت): *بمراجعة وثائق المشروع خلال التنفيذ ، طلب مقاول البناء $_1$بزيادة مدة تنفيذ أعمال الصب بسبب $_2$هطول الأمطار الكثيف و$_3$توقف المضخة وطالب بتمديد العمل لمدة أسبوع بناء على $_4$* التوقعات الجوية آنذاك	"$_1$المدة الزمنية لأداء أعمال البناء" سمة – **مهام أعمال تنفيذ** – فرعية "المدة الزمنية لأداء العمل" سمة – **أنشطة الخطيط والتنفيذ** – فرعية "المدة الزمنية" سمة – **العملية**. "$_2$كمية الهطول "سمة – **هطول الأمطار** – فرعية "الكثافة" سمة–**المناخ** – فرعية "الشدة" سمة – **البيئة** . "$_3$إنتاجية الآلة في أداء العمل" سمة – **معدات البناء** – فرعية "الإنتاجية" سمة –**المعدات**– فرعية "الجودة" سمة – **الموارد** . "$_4$ تكرار الهطول" سمة – **هطول الأمطار** – فرعية "التكرار" سمة – **المناخ** – فرعية "الشدة" سمة – **البيئة**. **مسار الخطر 1:** (زيادة)"كمية الهطول" تؤثر على (بطء)" $_3$ انتاجية الآلة في أداء العمل" تؤثر على (طول)"$_1$المدة الزمنية لأداء البناء" . **مسار الخطر 2** : (احتمال) "$_4$تكرار الهطول " تؤثر على (بطء)" $_3$انتاجية الآلة في أداء العمل " تؤثر على(طول) "$_1$المدة الزمنية لأداء البناء" .

إضافة لإمكانية إغناء النموذج المطور ليشمل جميع الحالات المحتملة على عدة مستويات من التفصيل لمحاكاة سلوك مشروع وكيفية تأثير متغيرات البيئة الخارجية والداخلية لمحيطة بالمشروع على الكلفة والزمن والجودة سواء بتأثير مباشر على تلك الأهداف أو تأثير تجميعي عبر المسارات أي دراسة التفاعل المعقد بين الأشياء الحقيقية في مشروع بناء تم في هذه الدراسة التحقق من صحة بناء الأنطولوجيا من خلال أسئلة الكفاءة والتحقق من التناسق في المفاهيم والعلاقات كما ذكر في التقييم ، بالإضافة إلى أنه تمت مطابقة 215 سمة مقابلة لحالات المشاريع التي تم النظر فيها (8 مشاريع) مع عبارات الأنطولوجيا المقابلة (تم شرح أربع حالات منها فقط) ، تم الاستدلال على مسارات المخاطر المحتملة دلالياً عن طريق الأنطولوجيا المطورة كما لاحظنا من خلال شرح بعض الحالات المقابلة هذا وتم تحديث وصيانة الانطولوجيا وفقاً للحالات المطابقة خلال عملية الصيانة مع إضافة بعض السمات غير الموجودة في الأنطولوجيا المطورة (تمت إضافة سبع سمات إضافية) أي كنسبة مطابقة تكون96,7% بين العبارات الموجودة في التقارير وبين الأنطولوجيا المطورة .. تضمن هذه العملية عمومية الأنطولوجيا لقدرتها على تمثيل مجموعة متنوعة من الحالات، وتحقق سمة الاكتمال كونها تغطي جميع السمات الضرورية لربط أنواع المخاطر بتجاوزات الكلفة والوقت وعدم تحقيق الجودة المطلوبة (الأداء السيء).

الاستنتاجات والتوصيات:

تهدف الأنطولوجيا المطورة في البحث إلى توسيع نطاق الدراسات السابقة في مجال إدارة المخاطر من خلال تقديم المفاهيم الخاصة بمخاطر تجاوز الكلفة والتأخير الزمني وحتى عدم تحقيق الجودة المطلوبة لمشاريع البناء. المساهمة الأساسية للبحث هو توفير المعرفة الرسمية والمنهجية للمخاطر للمساعدة في تحديد وتحليل المخاطر من خلال تسهيل مشاركة وتخزين المعرفة بين الأطراف المختلفة وتطبيقات الكومبيوتر دون غموض دلالي لإعادة استخدامها، أو تشكيل قواعد بيانات خاصة بشركات البناء لحالات المخاطر السابقة للاستفادة منها في مشاريع مستقبلية. تم الحصول على المعرفة خلال تطوير الأنطولوجيا من الدراسات المرجعية ومقابلات مع الخبراء إضافة إلى الاستبيانات، تم اختبار الأنطولوجيا من خلال التحقق من صحة بناءها واختبار حالات دراسة. إلا أن الاختبار تم باستخدام عدد محدود من دراسات الحالة وقد تكون الأنطولوجيا مطابقة لحالات الدراسة التي تم اختبارها ومن الأفضل القيام بمزيد من دراسات الحالة، هذا وتعتبر المفاهيم والسمات المطورة في هذه الأنطولوجيا عامة ويمكن تطبيقها على جميع أنواع المشاريع.

يمكن جمع معلومات المخاطر من خلال التغذية الراجعة من خلال استخدام المباشر للأنطولوجيا خلال تنفيذ المشاريع ويمكن تخزين تلك المعلومات في هيكل قاعدة البيانات الذي توفره الأنطولوجيا، يمكن استخدام هذه الأنطولوجيا في تطوير أدوات تساعد في التعلم من المشاريع السابقة من خلال استرجاع الحالات المشابهة و/ أو المساعدة في اتخاذ القرار عن طريق التنبؤ أو الاستدلال على الخطر عن طريق تطويرها لتشكيل نماذج رياضية تدعم عملية تحديد وتقييم المخاطر.

References:

1. Zavadskas EK, Turskis Z, Tamošaitiene J. *Risk assessment of construction projects*. Journal of civil engineering and management. 2010 Jan 1;16(1):33-46.
2. Rezakhani P. *Classifying key risk factors in construction projects*. Buletinul Institutului Politehnic din lasi. Sectia Constructii, Arhitectura. 2012 Apr 1;58(2):27.
3. Project Management Institute PMI. A Guide To The Project Management Body Of Knowledge (PMBOK-Guide) - Sixth version, Pennsylvania, USA: Project Management Institute, In, 2017.
4. Fidan G, Dikmen I, Tanyer AM, Birgonul MT. *Ontology for relating risk and vulnerability to cost overrun in international projects*. Journal of Computing in Civil Engineering. 2011 Jul 1;25(4):302-15.
5. Eybpoosh, M. *Identification of risk paths in international construction projects* ,Master's thesis, Middle East Technical University,2010.
6. Ozcan G, Dikmen I, Birgonul MT. *Assessment of risk paths in construction projects*. International Journal of Project Organisation and Management. 2011 Jan 1;3(3-4):316-34.
7. Yildiz A, Dikmen I, Birgonul M, Ercoskun K, Alten S. *Risk mapping in construction projects*. Amy Javernick-Will, University of Colorado and Ashwin Mahalingam, IIT-Madras. 2012 .
8. Gruber TR. *Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing?*. International journal of human-computer studies. 1995 Nov 1;43(5-6):907-28.
9. El-Diraby TA, Lima C, Feis B. *Domain taxonomy for construction concepts: toward a formal ontology for construction knowledge*. Journal of computing in civil engineering. 2005 Oct;19(4):394-406.
10. Keet M. An introduction to ontology engineering. Cape Town: Maria Keet; 2018 Jul 16.
11. Mahendra PA, Pitroda JR, Bhavsar JJ. *A study of risk management techniques for construction projects in developing countries*. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. 2013 Oct;3(5):139-42.
12. Abd Karim NA, Rahman IA, Memmon AH, Jamil N, Azis AA. Significant risk factors in construction projects: Contractor's perception. In2012 IEEE Colloquium on Humanities, Science and Engineering (CHUSER) 2012 Dec 3 (pp. 347-350). IEEE.
13. Perera BA, Rameezdeen R, Chileshe N, Hosseini MR. *Enhancing the effectiveness of risk management practices in Sri Lankan road construction projects: A Delphi approach.* International Journal of Construction Management. 2014 Jan 2;14(1):1-4.
14. Zoysa SD, Russell AD. *Knowledge-based risk identification in infrastructure projects*. Canadian Journal of Civil Engineering. 2003 Jun 1;30(3):511-22.
15. Mehdizadeh R. *Dynamic and multi-perspective risk management of construction projects using tailor-made Risk Breakdown Structures*. Université Paris-Est Marne la Vallée. 2012.
16. Dikmen I, Birgonul MT, Anac C, Tah JH, Aouad G. *Learning from risks: A tool for post-project risk assessment*. Automation in construction. 2008 Dec 1;18(1):42-50.
17. Abbasi O, Noorzai E, Gharouni Jafari K, Golabchi M. *Exploring the causes of delays in construction industry using a cause-and-effect diagram: case study for Iran*. Journal of Architectural Engineering. 2020 Sep 1;26(3):05020008.

18. Shoar S, Nasirzadeh F, Zarandi HR. *Quantitative assessment of risks on construction projects using fault tree analysis with hybrid uncertainties*. Construction Innovation. 2019.
19. Ahmadi M, Behzadian K, Ardeshir A, Kapelan Z. *Comprehensive risk management using fuzzy FMEA and MCDA techniques in highway construction projects*. Journal of Civil Engineering and Management. 2017 Feb 17;23(2):300-10.
20. Xing X, Zhong B, Luo H, Li H, Wu H. *Ontology for safety risk identification in metro construction*. Computers in Industry. 2019 Aug 1;109:14-30.
21. El-Diraby TE. *Domain ontology for construction knowledge*. Journal of Construction Engineering and Management. 2013 Jul 1;139(7):768-84.
22. Hassan. B, Omran. J, Maya. R. *Defining the Areas and Priorities of Performance Improvement in Construction Companies Case Study for General Company for Construction and Building.* Tshreen University Journal for Research and scientific studies-Engineering science series 2015; Vol.(37)No. (6).
23. Forcada N, Casals M, Fuertes A. *The basis of a decision making tool for risks' evaluation based on ontologies*. In3rd International Conference on Information and Knowledge Management-Helping the Practitioner in Planning and Building (CIB) 2007 (pp. 235-243).
24. Tserng HP, Yin SY, Dzeng RJ, Wou B, Tsai MD, Chen WY. *A study of ontology-based risk management framework of construction projects through project life cycle*. Automation in Construction. 2009 Nov 1;18(7):994-1008.
25. Jiang S, Zhang J. Development of an ontology-based semantic retrieval method for construction project risk management. InICCREM 2013: Construction and Operation in the Context of Sustainability 2013 (pp. 750-760).
26. Bilgin G, Dikmen I, Birgonul MT. *An ontology-based approach for delay analysis in construction.* KSCE Journal of Civil Engineering. 2018 Feb;22(2):384-98.
27. Ke Y, Wang S, Chan AP, Cheung E. *Understanding the risks in China's PPP projects: ranking of their probability and consequence*. Engineering, Construction and Architectural Management. 2011 Sep 6.
28. Fernández-López, Mariano, Asunción Gómez-Pérez, and Natalia Juristo. "Methontology: from ontological art towards ontological engineering." (1997).
29. Uschold M, Gruninger M. Ontologies: Principles, methods and applications. The knowledge engineering review. 1996 Jun;11(2):93-136.
30. Grüninger M, Fox MS. Methodology for the design and evaluation of ontologies 1995.
31. Noy NF, McGuinness DL. Ontology development 101: A guide to creating your first ontology.
32. Luiten G, Froese T, Björk BC, Cooper G, Junge R, Karstila K, Oxman R. An information reference model for architecture, engineering, and construction. InFirst International Conference on the Management of Information Technology for Construction 1993 ,1-10.
33. Krebs V, Holley J. Building smart communities through network weaving. Appalachian Center for Economic Networks. 2006 Apr.
34. Gruber TR. A translation approach to portable ontology specifications. Knowledge acquisition. 1993 Jun 1;5(2):199-220.
35. Protégé (2000). The Protege Project. http://protege.stanford.edu.

36. Zhou Z, Goh YM, Shen L. Overview and analysis of ontology studies supporting development of the construction industry. Journal of Computing in Civil Engineering. 2016 Nov 1;30(6):04016026.
37. El-Diraby TE. *Domain ontology for construction knowledge*. Journal of Construction Engineering and Management. 2013 Jul 1;139(7):768-84.
38. Lassila, O. and McGuinness, D., 2001. The role of frame-based representation on the semantic web. *Linköping Electronic Articles in Computer and Information Science*, *6*(5), p.2001.
39. Breitman KK, Casanova MA, Truszkowski W. Methods for ontology development. Semantic Web: Concepts, Technologies and Applications. 2007:155-73.
40. Gómez-Pérez A, Fernández-López M, Corcho O. Ontological Engineering: with examples from the areas of Knowledge Management, e-Commerce and the Semantic Web. Springer Science & Business Media; 2006 Apr 18.