Improving Subcontractor Selection process in Industrial Projects Using Data Mining Techniques

Dr. Fayez Jrad*
Dr. Samah Makieh**
Ali Mohamad Ahmed ***

(Received 24 / 2 / 2023. Accepted 8 / 10 / 2023)

□ ABSTRACT □

Subcontractor selection process in industrial projects is one of the most important decisions in industrial project management, and insufficient attention to this such process may cause some major threats to a project. On the other hand, construction companies produce a huge amount of data that is distributed across many databases, which are not used to support these kinds of decisions for future projects in this company

In this research, a data warehouse was designed which is suitable for construction enterprises that are specialized in industrial projects by using the operational databases of its projects, including planning information and executive details during the life cycle of previous projects, and use it to organize, understand and use data to support subcontractor selection decisions for ongoing projects and the projects which will be constructed in the future.

The dimensional model was designed according to the requirements of construction enterprises and the available data. Online analytical processing OLAP has been applied which provides a suitable environment for direct queries and produces required reports that help to support construction management decisions and evaluate the subcontractors for each type of work. Data mining technique has been used to forecast the delay in all project systems based on the chosen subcontractor to execute these systems.

Applying the proposed methodology and using business intelligence techniques will improve the quality of subcontractor selection decisions, and hence the economic performance of construction enterprises using the proposed data warehouse and its feedback process.

Keywords: Subcontractor selection, Construction Management, Industrial projects, Data Mining, Business Intelligence.

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

* **Associate Professor – Engineering and Construction Management Department – Faculty of Civil Engineering – Tishreen University – Lattakia – Syria – email: fayezalijrad@gmail.com.**
** **Assistant Professor – Engineering and Construction Management Department – Faculty of Civil Engineering – Tishreen University – Lattakia – Syria– email: samahsm2016@hotmail.com.**
*** **Postgraduate (PhD) student – Engineering and Construction Management Department – Faculty of Civil Engineering – Tishreen University – Lattakia – Syria – email: a-ahmad@tishreen.edu.sy.**

تحسين عملية اختيار المتعهدين الثانويين في المشاريع الصناعية باستخدام تقنيات التنقيب عن البيانات

د. فايز جراد*

د. سماح مكية**

علي محمد أحمد***

(تاريخ الإيداع 24 / 2 / 2023. قُبِل للنشر في 8/ 10 / 2023)

□ ملخّص □

تعد عملية اختيار المتعهدين الثانويين في المشاريع الصناعية واحدة من أكثر القرارات أهمية في إدارة المشاريع الصناعية، وعدم إعطاء الأهمية الكافية لهذه العملية قد يسبب مخاطر حقيقة للمشروع. من ناحية أخرى تنتج فيه شركات التشييد كمية كبيرة من البيانات الموزعة ضمن العديد من قواعد البيانات ولا يتم الاستفادة منها في هذا النوع من القرارات للمشاريع المستقبلية في الشركة.

سيتم في هذا البحث تصميم مستودع بيانات ملائم لواقع شركات التشييد المتخصصة بالمشاريع الصناعية، وذلك بالاعتماد على قواعد البيانات التشغيلية للمشاريع بما فيها المعلومات التخطيطية والتفاصيل التنفيذية خلال دورة حياة المشاريع السابقة والاستفادة منها لتنظيم البيانات وفهمها واستخدامها لدعم قرارات اختيار المتعهدين المنفذين لأعمال المشاريع قيد الإنجاز والمشاريع المراد إنجازها مستقبلاً.

تم تصميم الموديل البعدي بناء على فهم متطلبات الأعمال والبيانات المتاحة، وتم تطبيق المعالجة التحليلية المباشرة OLAP لما تقدمه من بيئة استعلام مباشر وإنتاج التقارير التي تساعد في دعم قرارات إدارة التشييد وتقييم المتعهدين بالنسبة لكل نوع من الأعمال. كما وتم استخدام تقنية التنقيب عن البيانات للتنبؤ بالتأخير المتوقع في كل نظام من أنظمة المشروع بحسب المتعهدين المختارين لتنفيذ هذه الأنظمة.

إن تطبيق المنهجية المقترحة واستخدام تقنيات ذكاء الأعمال سيؤدي إلى تحسين جودة قرارات اختيار المتعهدين الثانويين، وبالتالي الأداء الاقتصادي لشركات التشييد من خلال الاعتماد على مستودع بيانات المقترح والتغذية الراجعة.

الكلمات المفتاحية: اختيار المتعهدين الثانويين، إدارة التشييد، المشاريع الصناعية، التنقيب عن البيانات، ذكاء الأعمال.

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

* أستاذ مساعد – قسم هندسة وإدارة التشييد – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية – عنوان البريد الإلكتروني: fayezalijrad@gmail.com

**مدرسة – قسم هندسة وإدارة التشييد – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية – عنوان البريد الإلكتروني: samahsm2016@hotmail.com

طالب دراسات عليا – دكتوراه – قسم هندسة وإدارة التشييد – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية – عنوان البريد الإلكتروني: a-ahmad@tishreen.edu.sy

مقدمة:

تعتبر المشاريع الصناعية من أكثر مشاريع التشييد تعقيداً وعرضة لأوامر التغيير والمخاطر إضافةً إلى الاحتمالية العالية للفشل (Merrow, 2011)، الأمر الذي جعل من الصعب إدارة هذه المشاريع بالطرق التقليدية واتخاذ القرارات الأنسب وخاصة فيما يتعلق باختيار المتعهدين الثانويين، حيث تعتبر بدورها عملية اختيار المتعهدين الثانوين لتنفيذ أحد المشاريع من أكثر العمليات ذات التأثير المباشر على إنجاز المشاريع وإنهائها في موعدها المحدد (Demirkesen and Bayhan, 2019)، حيث أن تنفيذ مشاريع التشييد العالمية من قبل متعهدين ثانويين بكفاءة ضعيفة يؤدي غالباً إلى تعثر في الخطة الزمنية وتكاليف إضافية مترتبة على ذلك (Ulubeyli, et al., 2017). وفي وقت سابق أشارت العديد من الأبحاث على المستوى المحلي إلى وجود انحراف واضح لمشاريع التشييد عن أهدافها الرئيسية المتمثلة بالكلفة والزمن والجودة ويعود ذلك لأسباب مختلفة، (عمران وآخرون، 2007)، (جراد وآخرون، 2019)، (ميا، 2020)، (مكية، 2021) في وقت تعتبر المرحلة الراهنة المتمثلة بضرورة إعادة الإعمار وإعادة تأهيل البنى التحتية إحدى أهم الأولويات والتحديات التي تواجه شركات التشييد في الواقع السوري، مما يدعو إلى ضرورة تغيير المنهج المتبع في إدارة مشاريع التشييد من خلال استثمار البيانات التاريخية للشركات والاستفادة منها لإدارة المشاريع المستقبلية بطريقة علمية حديثة من خلال الاعتماد على تقنيات ذكاء الأعمال.

الدراسات المرجعية:

جاءت العديد من الدراسات السابقة لتدرس معايير اختيار المتعهدين ومستوى أهمية كل منها، في حين ركزت دراسات أخرى على تقديم منهجيات وأدوات للمساعدة في عملية اختيار المتعهدين الثانويين في مشاريع التشييد. لجأت العديد من الدراسات السابقة إلى دمج المعايير المختلفة واستخدامها في عملية اختيار المتعهدين الثانويين حيث قام (Hatush and Skitmore, 1998) باستخدام ودراسة معايير مختلفة لتقييم كفاءة المتعهدين، حيث تم اعتماد خمسة معايير أساسية لمعرفة أداء المتعهدين وهذه المعايير هي القدرة المالية والفنية والكفاءة الإدارية والأمن والسلامة بالإضافة إلى تقييم المتعهد بالنسبة للمشاريع السابقة، وكل من هذه المعايير تنقسم بدورها إلى معايير فرعية للوصول إلى 24 معيار. وقد تم تحديد الأوزان الخاصة بهذه المعايير الخاصة بكل متعهد بالاعتماد على درجة الأهمية بصورة بالنسبة للمعايير الرئيسية بدايةً ثم للمعايير الثانوية. المتعهدين المخ طور (Elazouni and Metwally, 2000) نموذجاً يعتمد على نظم دعم القرار لإسناد أعمال المشروع للمتعهدين الثانوين مع الأخذ بعين الاعتبار الخطة الزمنية للمشروع بالإضافة إلى الكلفة. وفي دراسة أخرى قدم (Cheng and Li, 2004) عملية الشبكة التحليلية Analytic Network Process (ANP) كأداة لاختيار المتعهدين الثانويين في المشروع، حيث تم تطبيق هذه الطريقة من أجل تقييم أكثر فعالية والتغلب على عيوب طريقة التحليل الهرميAnalytic Hierarchy Process (AHP) المحدودة نسبياً في إمكانية التعامل مع مسائل أكثر تعقيداً والتي تقتضي الأخذ بعين الاعتبار لتأثير عدة عوامل مجتمعة في عملية الاختيار. كما وقد لجأت دراسات أخرى إلى اعتماد معايير دون أخرى في عملية تقييم واختيار المتعهدين الثانويين فقد تم اعتماد الخبرة والكفاءة كأهم المعايير المستخدمة في اختيار المتعهدين الثانويين للمشروع كما جاء في دراسة (Singh and Tiong, 2006)

كما وقام (Mbachu, 2008) بتحليل أداء المتعهدين الثانويين للشركات العامة في جنوب أفريقيا وتوصل إلى أن المعيار الأكثر أهمية في اختيار المتعهدين الثانويين هو التأهيل المسبق والخبرة السابقة للمتعهدين بالإضافة إلى السعر

الأدنى. وفي دراسة أخرى قدم (Chaovalitwongse, et al., 2012) منهجاً يعتمد على التنقيب عن البيانات في اختيار العطاء الأمثل والذي اعتمد في عملية المقارنة على موضوع الكلفة الأقل بالإضافة إلى تخفيض المخاطرة إلى الحد الأدنى، حيث تم تعريف أربعة مؤشرات جديدة لقياس مقدار انحراف العطاء عن متوسط الكلفة الحقيقية، إضافة إلى مؤشر للتنبؤ باحتمالية تعرض المشروع إلى تكاليف إضافية بنتيجة أوامر التغيير المتوقعة في المستقبل، حيث تم البحث على مرحلتين، ففي المرحلة الأولى تم استخدام شبكة عصبية صنعية لتصنيف العطاءات فيما بين العطاء الأقل كلفة والذي يليه واختيار الأقرب من الكلفة الحقيقية للمشروع منهما، يلي ذلك تطبيق شبكة عصبية صنعية للتنبؤ بمؤشر ترتيب العطاء الأفضل ومن ثم اختيار العطاء الأقرب هذا الترتيب.

وفي دراسة أخرى قام (Wang, et al., 2013) باستخدام طريقة (AHP) في عملية تحديد الأوزان للمعايير المستخدمة في اختيار وتحديد المتعهدين الأكثر ملاءمة في تنفيذ الأعمال المختلفة في المشروع، وقد أثبتت الدراسة أن استخدام هذه الطريقة (AHP) عند وضع أوزان المعايير يسهم بشكل فعال في مساعدة مالك المشروع في تقييم العطاءات والوصول إلى نتائج مرضية، في وقت عانت هذه الطريقة من ضرورة وجود المتطلبات الخاصة لتطبيق هذه الطريقة إضافة إلى المدة الزمنية اللازمة لتطبيقها. قام (Polat, et al., 2015) باستخدام تقنية الخوارزميات الجينية لاختيار المتعهدين الثانويين الأكثر ملاءمة لكافة الأعمال في المشروع مع الأخذ بالحسبان للزمن والكلفة والجودة، وقد تم تجريب هذه التقنية واختيار المتعهدين الثانويين بنجاح لأحد مشاريع التشييد الحقيقية، ولكن تجدر الإشارة إلى أن عملية المقارنة تمت بين العروض المقدمة من قبل المتعهدين الثلاثة مع عدم الأخذ بعين الاعتبار للبيانات التاريخية الحقيقية لأداء هؤلاء المتعهدين في المشاريع السابقة، إضافةً إلى عدد المهام المحدود في حالة الدراسة والذي اقتصر على 20 نشاط. كما وقد قام (Fachrurrazi, et al., 2017) بتقديم نموذج يعتمد على الشبكات العصبية الاصطناعية Artificial Neural Network (ANN) لاختيار المتعهدين الثانويين وتحديد أكثر المعايير تأثيراً على أهداف الشركة، وقد توصلت الدراسة إلى أن التكلفة هي من أكثر المعايير تأثيراً على عملية اختيار المتعهدين لتنفيذ مشاريع الشركة. قام (Cheaitou, et al., 2018) بتطوير هيكلية دعم قرار للمساعدة في اختيار أكثر المتعهدين ملاءمة في المنظمات الحكومية، حيث تم الاعتماد على معايير متعددة كالكفاءة الفنية والاستقرار المالي والأمن والسلامة وغيرها، حيث تقسم هذه الهيكلية المقترحة إلى ثلاثة مراحل ففي المرحلة الأولى يتم تخفيض عدد المتعهدين من خلال الأخذ بعين الاعتبار للمتعهدين الأكثر كفاءة بشكل واضح وفقاً للمعايير المدروسة، وفي المرحلة الثانية يتم تعريف معاملات الخطورة الخاصة بكل متعهد باستخدام المنطق الضبابي، وفي المرحلة النهائية تم تطوير نموذج برمجة خطية متعددة لاختيار المتعهد الأمثل، ولكن من ناحية أخرى اقتصرت هذه الطريقة على الأخذ بعين الاعتبار للمتعهدين من نفس القطاع التكنولوجي في عملية الاختيار إضافة لعدم وجود طريقة منظمة في عملية اختيار أوزان المعايير المستخدمة. وفي دراسة أخرى استخدم (Morkunaite, et al., 2019) طريقة (AHP) في وضع وتحديد أوزان المعايير المستخدمة في عملية اختيار المتعهدين وهي تتضمن الكلفة والعقود والمتعهدين الثانويين إضافةً إلى الإدارة والمخاطرة. وقد تم تطبيق تقنية (PROMETHEE) في اختيار أكثر المتعهدين كفاءة وفعالية من بين البدائل المقترحة لتنفيذ أعمال المشروع. وفي دراسة أخرى تم استخدام طريقة Choosing-By-Advantages (CBA) لاختيار البديل الأفضل بين كافة المتعهدين الثانويين عن طريق وضع مزايا كل بديل وفق عدة مؤشرات وعوامل مختلفة، وقد أثبتت الطريقة المقترحة إمكانيتها من أن تكون دليل لخبراء التشييد والمتعهدين الرئيسين في عملية اختيار المتعهدين الثانويين (Demirkesen and Bayhan,2019). وفي دراسة أخرى، قام (Chen, et al., 2021)

ببناء منهجية جديدة لتقييم العطاءات عن طريق نموذج مقارنة التعابير اللفظية باستخدام المنطق الضبابي والتي اعتمدت بدورها على دمج عوامل متعددة عند اختيار المتعهد الأمثل، إضافة إلى تطوير طريقة خاصة لتحديد درجة الخبرة بالاعتماد على عوامل مختلفة والتي تسمح بتحديد الأوزان وفقاً للخبرة السابقة، وفي النهاية تم تطبيق النموذج المقترح لتنفيذ عملية الاختيار. ركزت بعض الدراسات على تقييم معايير دون أخرى في عملية اختيار المتعهدين الثانويين، فقد لجأ الباحث (Alsugair, 1999) إلى اعتماد معيار الكفاءة في التصميم والخبرة الهندسية إضافةً إلى إمكانية التحكم بالجودة في عملية الاختيار في حين قام كل من (Mahdi, et al., 2002) و (Watt, et al., 2009) باعتماد معيار الكلفة كمعيار رئيسي في عملية انتقاء المتعهدين، بينما قام (Sarkis, et al., 2012) و (Nasab and Ghamsarian, 2015) بإضافة معيار كفاءة المتعهد وتقييده بمعايير وشروط الأمن والسلامة والحفاظ على البيئة وتضمينها في عملية اختيار المتعهدين الثانويين للمشروع. في حين أن أغلب الدراسات السابقة توجهت نحو محدودية المشكلة وتقييدها بشروط خاصة ومن غير الممكن تطبيقها على مشاريع واقعية لذا سيتم في هذه الدراسة اعتماد منهجية مختلفة من خلال الاعتماد على تطوير مستودع بيانات ملائم لواقع شركات التشييد المختصة بالمشاريع الصناعية ليتم الاستعانة به والاستفادة من تقنيات ذكاء الأعمال في دعم قرار اختيار المتعهدين الثانويين للمشاريع المستقبلية إضافةً إلى معرفة نسبة التأخير المتوقعة بحسب المتعهدين الذي سيتم اختيارهم لتنفيذ كل قسم من أقسام المشروع، وتجدر الإشارة إلى عدم اللجوء إلى هذه المنهجية في الدراسات السابقة لحل هذه المسألة، في حين تم استخدامها في حل مسائل عديدة في مجال إدارة التشييد. حيث طور (Chau, 2002) نظام دعم قرار لإدارة التشييد باستخدام تقنية مستودع البيانات مع المعالجة التحليلية المباشرة من أجل الحصول على المعلومات والتنبؤ بالنزاعات لمشاريع التشييد الجديدة، وقد وجد الباحث أن طريقة تجميع البيانات في مستودع البيانات تزود مدراء المشاريع بأداة مساعدة قوية لأجل صنع القرار وإيجاد الحلول المناسبة لمشاكل التشييد حيث يتم تحويل البيانات التشغيلية إلى معلومات مختصرة لصنع القرارات الاستراتيجية. وفي دراسة أخرى قام (Zhang, et al., 2003) بتطوير نظام مستودع بيانات Data Warehouse (DW) بحسب متطلبات الشركة، واستخدام تقنية التنقيب عن البيانات Data Mining (DM) للحصول على معلومات مفيدة والمعرفة الضرورية من هذا المستودع، وقد تضمن المستودع الموارد البشرية والمواد والآليات والخطة الزمنية والجودة والكلفة، ، وقد تم تطوير أدوات خاصة بالاستعلام المباشر من قبل المستخدم باستخدام المعالجة التحليلية المباشرة online analytical processing (OLAP)، كما وتم بناء سلسلة من نماذج التنقيب عن البيانات لدعم القرار في مرحلة التخطيط للمشروع، وقد أثبتت النتائج فعاليته في شركات التشييد لدعم القرار في مرحلة التخطيط للمشروع. قام بتطوير نظام دعم قرار أولي باستخدام تقنية مستودع البيانات لمساعدة المتعهدين في اختيار موقع التشييد المناسب للأبنية السكنية، وقد قام ببناء مستودع البيانات ضمن بيئة Microsoft Access ومن ثم قام بتحليلها بالاعتماد على طريقة التحليل الهرمي (AHP). استند (Rujirayanyong and Shi, 2006) على فكرة أن شركات التشييد تنتج كمية كبيرة من البيانات التشغيلية موزعة عبر قواعد بيانات مختلفة، وعلى الرغم من كونها مفيدة فإنها لا تجمّع وتخزن بشكل مركزي ضمن الشركة، لذلك فقد قدم الباحث مستودع بيانات موجه من أجل مشاريع التشييد على مستوى الشركات. مستخدماً الموديل البعدي حيث تضمنت المعلومات الأساسية في كل مهمة كل ما يتعلق بالمعلومات التخطيطية والتنفيذية فيما يتعلق بالخطة والتكاليف والموارد وأوامر التغيير التي تعرضت لها خلال التنفيذ، وجاء في توصيات الدراسة حول أهمية مستودع البيانات من ناحية استخلاص المعلومات المفيدة، وتحسين نوعية القرارات المتخذة. وفي دراسة أخرى قام (Moon, 2007) بتقديم دراسة تهدف إلى تحسين الاستخدام

الفعال للبيانات التاريخية لكلفة مشاريع التشييد عن طريق تقنية مستودع البيانات والمعالجة التحليلية المباشرة، حيث تم اقتراح نموذج لدعم توابع المعالجة التحليلية المباشرة (OLAP)، ثم طور نظام إدارة بيانات الكلفة Cost Data Management System (CDMS) من أجل إدارة بيانات الكلفة وإظهار فوائد بيئة (OLAP) في فهم الغموض في تقدير كلفة التشييد، وبالتجريب أثبتت الدراسة أن النموذج المقترح قدم طريقة أكثر وثوقاً في تقدير كلف التشييد. كما وقدم (Desai, 2010) منهجية تطبيق شجرة القرار Decision Tree (DT) لتحليل إنتاجية عمال التشييد، وقد قدمت المنهجية نسخة محسنة لعملية إنشاء شجرة القرار ربطت بين الطرق الإحصائية والخبرة البشرية لإنشاء شجرة قرار أكثر دقة في عملية التنبؤ، وأظهرت نتائج حساب الحاجة العمالية بالمقارنة مع إنتاجية العمال القياسية أن المنهجية المقترحة أكثر واقعية من الطرق التقليدية لشجرة القرار، واستخلص الباحث أن هذه المنهجية يمكن تطبيقها على أي فعالية في مجال التشييد بحسب رغبة المستخدم والأنماط المراد التنبؤ بها. وقد قامت (مكيـة وآخرون، 2012) بتطوير مستودع بيانات لمعدات التشييد في الشركات الهندسية ضمن واقع القطاع العام السوري لشركة المشاريع المائية في فرع اللاذقية يسمح بإجراء التحليل الفعال ويملك إمكانية البحث عن المعلومة وإجراء المعالجة التحليلية المباشرة (OLAP) من أجل التحليل التفاعلي لبيانات معدات التشييد وإنجاز الاستعلامات المطلوبة للحصول على المعلومات والمعرفة بطريقة سريعة ومباشرة. كما وتم استخدام التنقيب عن بيانات المستودع من أجل استكشاف المعرفة المخفية في البيانات والتنبؤ المستقبلي بالأعطال أو الجاهزية أو الإنتاجية خلال الأشهر أو السنوات القادمة. وقد تم تقديم خوارزمية جديدة ذات كفاءة عالية من أجل اكتشاف العناقيد والنقاط الشاذة بفعالية ضمن مجموعة بيانات، وجاء في توصيات هذه الدراسة حول تطوير مستودع بيانات متكامل لمشاريع التشييد، وإجراء أبحاث تدرس الاستفادة من هذا المستودع في دعم القرارات اللازمة لإدارة مختلف عمليات التشييد.

قام (Williams and Gong,2014) بدراسة كيفية تأثير النصوص المكتوبة على مشاريع التشييد من خلال دمجها مع البيانات الرقمية للحصول على تنبؤ بتجاوز الكلفة باستخدام التنقيب عن البيانات، فقد هدفت الدراسة إلى دعم قرار وضع الميزانية اللازمة لإكمال أعمال المشروع من خلال تحليل النصوص المكتوبة ودراسة تأثير تكرار أسماء أنشطة معينة على تجاوز الكلفة في المشاريع. تم تجميع البيانات من مؤسسة النقل في كاليفورنيا لمشاريع الطرق السريعة، وقد تم استخدام برنامج Rapid Miner في خوارزميات التنقيب عن البيانات (DM)، وتبين من نتائج النمذجة أن تجميع البيانات من عدة مصادر تؤدي لنتائج أفضل وأكثر دقة من تجميعها من بيانات رقمية فقط، وذلك في تحديد المشاريع التي ستحتاج فحصاً متزايداً أثناء التنفيذ لتجنب تجاوز الكلفة. وفي بحث آخر وانطلاقاً من أن مالك المشروع يبحث في اختيار طواقم مشروعه عن أكبر رصيد للموثوقية، قدم (Zakaria, 2015) دراسة حول اختيار أفضل طاقم للعمل (Partners) في مشاريع التشييد وفقاً للواقع الماليزي (مدير مشروع– مساح – مستشار – متعهد ...الخ). حيث أن نسبة كبيرة نسبياً من مشاريع التشييد في ماليزيا تتعرض للتأخير وتجاوزات في الكلفة وسوء في التنفيذ بسبب سوء اختيار شركاء العمل وإهمال جانب الموثوقية، لذا تم بناء هيكلية لنموذج تنبؤي جديد للتوصل إلى طريقة لاختيار الطواقم التي تعطي موثوقية أكبر باستخدام تقنية التنقيب عن البيانات (DM)، ولكن اقتصرت هذه الدراسة على تقييم القدرة المالية للمتعهدين من خلال دراسة التعاملات المالية السابقة وفقاً لتقارير البطاقات المصرفية الخاصة بحساب كل متعهد، وبناء على ذلك تم تحديد درجة الموثوقية للتعاقد مع أي متعهدtr. وقد تم الاستناد في جمع البيانات لإحدى شركات القطاع العام، ثم تم تطوير نموذج التنقيب عن البيانات وتقييمه على مشاريع حكومية حقيقية، وأثبت النموذج قدرته على اختيار الطاقم الأمثل لمشروع التشييد بأقل خطر ممكن من ناحية الموثوقية في العمل، وكنتيجة سيساهم هذا

النموذج بشكل فعال في تحسين نظام التوفير المتبع من قبل الحكومة وسيساهم في رفع سوية مشاريع شركات التشييد في القطاع العام. قام (Botha, 2018) بتقييم تطبيق التنقيب عن البيانات على قطاع التشييد لتحسين إدارة المشاريع، وقد تم تطبيقها على إحدى شركات التشييد في القطاع الحكومي وهي الشركة العامة للنقل والأشغال العامة، حيث تم تجميع قواعد البيانات من مشاريع هذه الشركة وقد تم العمل على التنبؤ في مرحلة التخطيط على عدد فرص العمل التي توفرها المشاريع، وهذا يرتبط مع سياسة الدولة في مكافحة البطالة، حيث تم بناء النماذج في بيئة Python وجاء في توصيات هذه الدراسة حول دراسة كيفية تطبيق التنقيب عن البيانات في كل مرحلة من مراحل المشروع بالشكل الذي يساعد على اعتمادها في تحسين إدارة مشاريع التشييد. وقد قام (عمران وآخرون، 2018) بإنشاء مستودع بيانات لصيانة المباني العامة في الساحل السوري وذلك بالاعتماد على قواعد بيانات تشغيلية في بيئة (BIM) والتنقيب عن المعرفة المخبأة في هذه البيانات التشغيلية من خلال تطبيق Dynamo لدعم القرارات المتعلقة باختيار العامل ذو الخبرة الأكبر لتنفيذ عمل صيانة محددة إضافة إلى توقع تكاليف الصيانة بناء على المعلومات المخزنة.

وقام (Rong, et al., 2020) باستخدام البيانات التاريخية ودفاتر الشروط والمواصفات الفنية والكشوف المالية لمشاريع تشييد شبكات الكهرباء، من أجل تحديد العوامل الرئيسية المؤثرة على الكلفة للمساعدة في اتخاذ قرارات دقيقة في مشاريع تشييد شبكات الكهرباء وتحسين فعالية الاستثمار لشركات شبكات الكهرباء من خلال بناء تحليل كلفة المشروع وبناء نموذج التنقيب عن البيانات للتنبؤ في مرحلة التخطيط من خلال استيراد البارمترات التقنية كمستوى الجهد لمشروع محطة التحويل ونوع أجهزة التوزيع واستطاعة النقل ليقوم النموذج بالتنبؤ بقيمة الاستثمار المالية للمشروع.

ركزت الدراسات السابقة على دراسة معايير الاختيار للمتعهدين الثانويين وأهمية كل منها، في حين ركزت دراسات أخرى على إيجاد منهجية وأداة للمساعدة في عملية اختيار المتعهدين الثانويين وفق ظروف وشروط معينة، ولكن جاءت أغلب الدرسات السابقة لحل مسألة اختيار المتعهدين الثانويين لمشاريع صغيرة غير واقعية محدودة بشروط ومقيدات وظروف مختلفة ولا يمكن تطبيقها على مشاريع ضخمة كالمشاريع الصناعية، إضافةً إلى اعتماد أغلب الدراسات السابقة في عملية التقييم والاختيار على البيانات المقدمة من المتعهدين المرشحين لتنفيذ المشروع والتي لاتعبر حقيقةً عن الأداء الحقيقي لهؤلاء المتعهدين، لذلك سيتم في هذا البحث استخدام الموديل البعدي لبناء مستودع بيانات ملائم لشركات التشييد المتخصصة في المشاريع الصناعية من خلال الاعتماد على البيانات التاريخية الحقيقية للمشاريع والتي ستعبر بصورة واقعية عن الأداء الحقيقي للمتعهدين في المشاريع السابقة، وسيتم تضمين المعلومات الأساسية في كل مهمة كل ما يتعلق بالمعلومات التخطيطية والتنفيذية فيما يتعلق بالخطة والموارد وذلك خلال فترة تنفيذ المشاريع للمساهمة في دعم قرار اختيار المتعهدين الثانويين للمشاريع قيد الإنجاز والمراد تشييدها مستقبلاً. وفي نهاية البحث سيتم وضع تقييم للطريقة المقترحة وتوصيات حول إمكانية تطويرها في مسائل الجدولة الزمنية لمشاريع التشييد.

مشكلة البحث:

إن ما يميز المشاريع الصناعية هو المدة الزمنية الطويلة والكلفة العالية إضافةً للتعقيدات المتعلقة بالأهداف والمخاطر المرتبطة بحجم المشروع وأهدافه وطواقم العمل (Pauna, et al., 2021)، لذا تعد عملية اختيار المتعهدين الثانوين ذات تأثير مهم في جودة إنجاز هذه المشاريع، في حين يكمن الاختيار الخاطئ للمتعهدين الثانويين أحد أهم أسباب تعثر المشاريع الصناعية على المستوى المحلي المشاريع مما يشير إلى وجود خلل في طريقة الاختيار واعتمادها على العشوائية وعدم وجود منهج واضح يتم الاستناد عليه في عملية الاختيار هذه من قبل إدارة الشركات، في حين تمتلك شركات التشييد آلاف الملفات الورقية والإلكترونية والتي تشكل بيانات عن المشاريع السابقة ولا يتم الاستفادة منها على

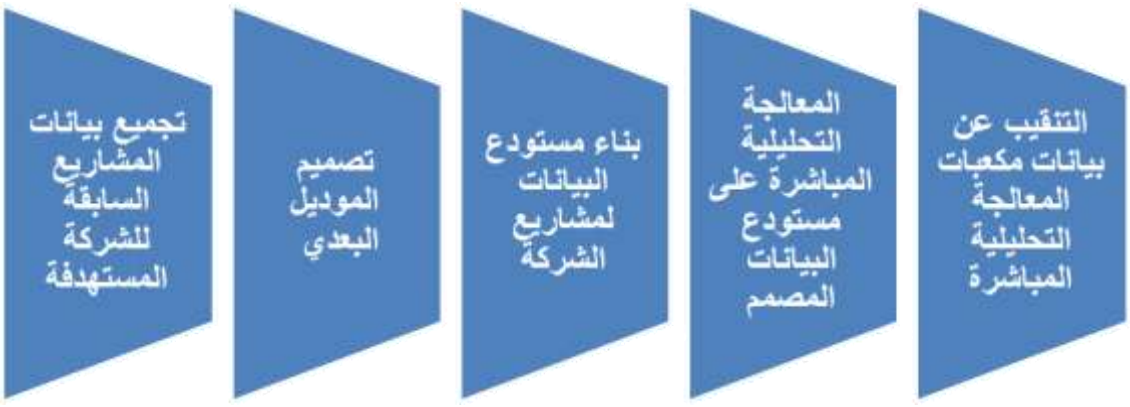
الرغم من أهميتها ودورها الكبير في تكوين المعرفة اللازمة لصنع القرار، يأتي ذلك مع محدودية الطرق التقليدية في تحليل البيانات واستكشاف المعرفة المخبأة في البيانات المخزنة، وبالتالي لابد من تسخير هذه البيانات والاستفاد منها في حل مسألة اختيار المتعهدين في هذه المشاريع، فإن الطريقة المتبعة حالياً تعتمد على الخبرة وعلى القرارات الفردية، مما قد يسبب خسائر فادحة غير مرئية للشركات التي باتت بحاجة ماسة إلى اعتماد الطرائق الحديثة في كافة مجالات إدارة المشاريع من خلال استخدام البيانات التاريخية لمشاريع هذه الشركات.

أهمية البحث وأهدافه:

تسعى الدراسة نحو بناء مستودع بيانات (DW) ملائم لواقع شركات التشييد المتخصصة بالمشاريع الصناعية يسمح بدوره بإجراء التحليل الفعال وإمكانية البحث عن المعلومات واستكشاف المعرفة المخبأة في الحجم الضخم من البيانات المتوفرة فيها لدعم القرار في عملية اختيار المتعهدين الثانويين في المشاريع باستخدام أدوات المعالجة التحليلية المباشرة (OLAP)، بالإضافة إلى التنبؤ المستقبلي بنسبة التأخير في كل قسم من أقسام المشروع بحسب المتعهدين الذين تم اختيارهم وذلك بالاستناد إلى قواعد البيانات المخزنة في مستودع البيانات الذي تم بناؤه مما يساهم في تحسين عملية اختيار المتعهدين الثانويين للمشاريع المستقبلية بالنسبة لكل قسم من أقسام المشروع.

طرائق البحث ومواده:

سيتم الاعتماد في البداية على المنهج الوصفي وتحليل المحتوى في تحديد الإطار النظري لبناء مصادر البيانات لمستودع البيانات المراد بناؤه بغية الاستفادة من هذه البيانات في دعم القرارات في عمليات اختيار المتعهدين الثانويين للمشاريع الصناعية من خلال تطبيق المعالجة التحليلية المباشرة (OLAP) على مكعبات مستودع البيانات المصمم، كما وسيتم الاعتماد على المنهج التحليلي التنبؤي من خلال اعتماد تقنيات التنقيب في هذه البيانات لاكتشاف المعارف الخفية والتي تساعد في تحسين عملية اختيار المتعهدين الثانويين من خلال التنبؤ بنسبة التأخير في كل قسم من أقسام المشروع بحسب المتعهدين الذين تم اختيارهم وذلك باستخدام إحدى تقنيات التنقيب عن البيانات وهي الشبكات العصبية الصنعية ويبين الشكل (1) المخطط التفصيلي لآلية العمل

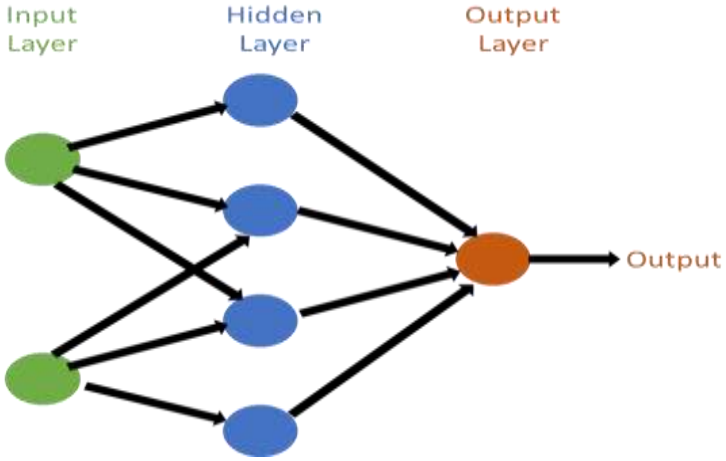


الشكل (1) المخطط التفصيلي لآلية العمل

الشبكات العصبية الصنعية ANN (Artificial Neural Network):

بنية الشبكة (Network Topology) :

تتألف الشبكة من عدد من وحدات المعالجة (العصبونات) تتوزع بين طبقات الإدخال والخفية والإخراج، ويتم انتشار البيانات الداخلة إلى الشبكات العصبونية الصنعية ذات التغذية الأمامية باتجاه الأمام دائماً من طبقة الدخل إلى طبقة الخرج كما في الشكل (2)، ويتم تدريب الشبكة من خلال خوارزميات تدريب متخصصة ومن أشهرها خوارزمية الانتشار العكسي للخطأ Back Propagation Algorithm (BP Algorithm) حيث تدرب الشبكة على سلسلة من أزواج ويتم حساب الخطا بين الخرج المحسوب والخرج الهدف ثم يمرر الخطا خلفاً من طبقة الخرج إلى طبقة الدخل ليتم استخدامه في تعديل الأوزان للحصول على أقل خطأ ممكن. وتتلخص آلية عمل العصبون في الشبكة في معالجة المدخلات من خلال ضرب كل منها بوزن معين W ثم تجمع المدخلات الموزونة ويضاف إليها عامل انحياز b ومن ثم يطبق على الناتج تابع تفعيل خاص بالعصبون Activation Function يعطي قيمة وحيدة تمثل خرج العصبون، يلي ذلك حساب الخطأ عن طريق مقارنة ناتج النموذج بالبيانات المستهدفة، ومن ثم إعادة نشر معلومات الخطأ من خلال الشبكة وتحديث الأوزان وتكرار الخطوات السابقة حتى يصبح الخطأ ضمن نطاق مقبول.



الشكل (2) بنية الشبكة العصبية الصنعية

تقسم البيانات المتاحة أثناء تدريب الشبكة إلى ثلاث مجموعات مجموعة التدريب Training Set ومجموعة التحقق Validation Set ومجموعة الاختبار Test Setحيث يستخدم خطأ مجموعة التدريب لتحديث أوزان الشبكة والانحيازات بينما يستخدم خطأ مجموعة التحقق لإيقاف عملية التدريب عندما يبدأ هذا الخطأ بالازدياد لعدد محدد من الدورات التكرارية أما خطأ مجموعة الاختبار فيستخدم للمقارنة بين النماذج المختلفة

مراحل البحث:

أولاً- تجميع بيانات المشاريع السابقة للشركة المستهدفة في البحث

اتخذت بيانات المشاريع السابقة لشركة MAPNA-MD2 كحالة دراسة في هذا البحث، حيث تختص هذه الشركة في مجال الهندسة والبناء وتطوير محطات الطاقة الحرارية ومحطات الطاقة المتجددة ومرافق التوليد المتزامن لإنتاج الكهرباء وتحلية المياه بالإضافة إلى تنفيذ وتطوير مشاريع النفط والغاز البرية منها والبحرية وتستحوذ الشركة على حصة بنسبة 50% لتطوير القدرة الاستيعابية لمحطات توليد الكهرباء في إيران وتعتبر من متصدري المراكز الأولى لمالكي التوربينات الغازية في الساحة العالمية.

تم تقسيم البيانات المجمعة من قبل الشركة إلى نوعين:

- **ملفات بصيغة XER:** وتشمل قواعد بيانات مشاريع الشركة المخزنة في بيئة Primavera P6 بما فيها قواعد البيانات النهائية للخطط الزمنية لمشاريع الشركة، ، وتجدر الإشارة إلى أن المشاريع الصناعية المستخدمة في حالة الدراسة هي من نوع مشاريع هندسة–توريد–تشييد Engineering Procurement Construction (EPC)، ويظهر الجدول (1) قائمة المشاريع السابقة المنجزة والمخزنة في بيئة Primavera P6 والتي تم استخدام قواعد بياناتها في بناء مستودع البيانات المقترح.
- **جداول بصيغة Xlsx:** وتشمل قواعد البيانات الخاصة بمشاريع شركة MD2 والجهات المالكة للمشاريع والموردين والمتعهدين الثانويين والتقويم وحالة الطقس والوحدات والمناطق والأنظمة إضافة إلى التقييم الشهري للمتعهدين وموردي التجهيزات بالنسبة لكل قسم من أقسام الشركة وذلك خلال دورة حياة المشاريع كافة، ويظهر الجدول (2) جزء من قواعد البيانات الخاصة بالمتعهدين الثانويين لمشاريع شركة MD2. كما ويظهر الجدول (3) جزء من جدول التقييمات الشهرية للمتعهدين الثانويين في المشاريع السابقة بالنسبة لكل قسم من أقسام الشركة، حيث يتم تقييم المتعهدين في كل مشروع بشكل نسبة مئوية من قبل كل قسم (المكتب الفني– قسم التخطيط والتحكم بالمشروع –قسم الأمن والسلامة – وقسم التحكم بالجودة). كما وتمت عمليات التتبع الشهرية على كل المشاريع السابقة من خلال استيراد الجداول الالكترونية لنسب تقدم العمل الشهرية إضافة إلى تواريخ البداية والنهاية للأعمال إلى برنامج Primavera P6، ومن ثم إعادة تصدير نتائج التتبع الخاصة بكل شهر إلى الجداول النهائية للتتبع والتي سيتم استخدامها في مستودع البيانات المقترح. ويظهر الشكل (3) جزء من الخطة الزمنية الفعلية النهائية لمشروع (Kahnuj Power Plant) بعد إنجاز عمليات التتبع الشهرية على المشروع.

الجدول(1) قائمة المشاريع السابقة في حالة الدراسة

Project. ID	project name	project short name	Country	City
1	Al Sadr Simple Cycle Power Plant	SSCPP	Iraq	Baghdad
2	Chabahar Gas Power Plant	CGPP	Iran	Baluchistan
3	Heidarieh (Najaf) Power Plant	HPP	Iraq	Najaf
4	Kahnuj Combined Cycle Power Plant	KCCPP	Iran	Kahnuj
5	Kashan Gas Power Plant	KGPP	Iran	Kashan
6	Kermanshah Zagros Power Plant	KPP	Iran	Kermanshah
7	Semnan Gas Power Plant	SGPP	Iran	Semnan
8	Yazd Combined Cycle Power Plant	YCCPP	Iran	Yazd
9	Soltaniyeh Gas Power Plant	SGPP	Iran	Zanjan
10	Khorramshahr Gas Power Plant	KGPP	Iran	Khorramshahr
11	Sanandaj Gas Power Plant	SGPP	Iran	Sanandaj
12	Isfahan II Combined Cycle Power Plant	ICCPP	Iran	Zavareh
13	Urmia Gas Power Plant	UGPP	Iran	Urmia
14	Shirvan Combined Cycle Power Plant	SCCPP	Iran	Shirvan

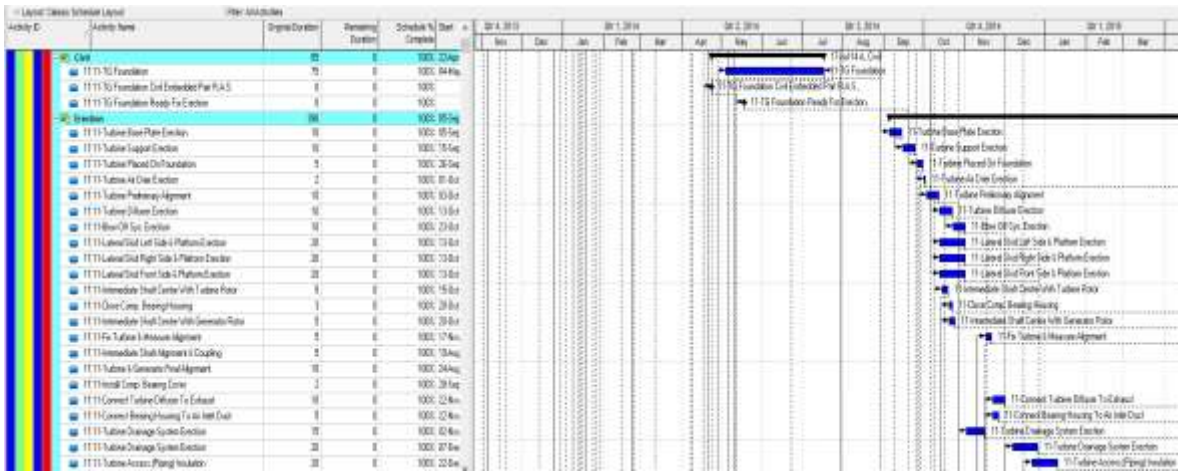
15	Shahrud Thermal Power Plant	SPP	Iran	Semnan
	Number of activities		32515	

الجدول(2) جزء من قواعد البيانات الخاصة بالمتعهدين الثانويين لمشاريع شركة MD2

ID	Name	Nationality	Country	City	Address	Type of Work
1	NASB-NIROO	Iranian	Iran	Tehran	POBox 14150-1164 No.14, 3rd Alley, Tehran	Construction
2	TUGA	Iranian	Iran	Tehran	Khoddami St., Vali-e-Asr St, Tehran	Electrical & Electronic Manufacturing
3	PARS	Iranian	Iran	Tehran	Pakistan St., Beheshti St., Tehran	Electrical & Electronic Manufacturing
4	NIROO TRANS	Iranian	Iran	Tehran	Varamin Rd., Tehran	Electrical & Electronic Manufacturing
5	MECO	Iranian	Iran	Tehran	Azar St., Tehran	Electrical & Electronic Manufacturing
6	Iran Transfo	Iranian	Iran	Tehran	25th St., Gandi St., Tehran	Electrical & Electronic Manufacturing

الجدول(3) جزء من جدول التقييم الشهري للمتعهدين الثانويين في المشاريع السابقة بالنسبة لكل قسم من أقسام الشركة

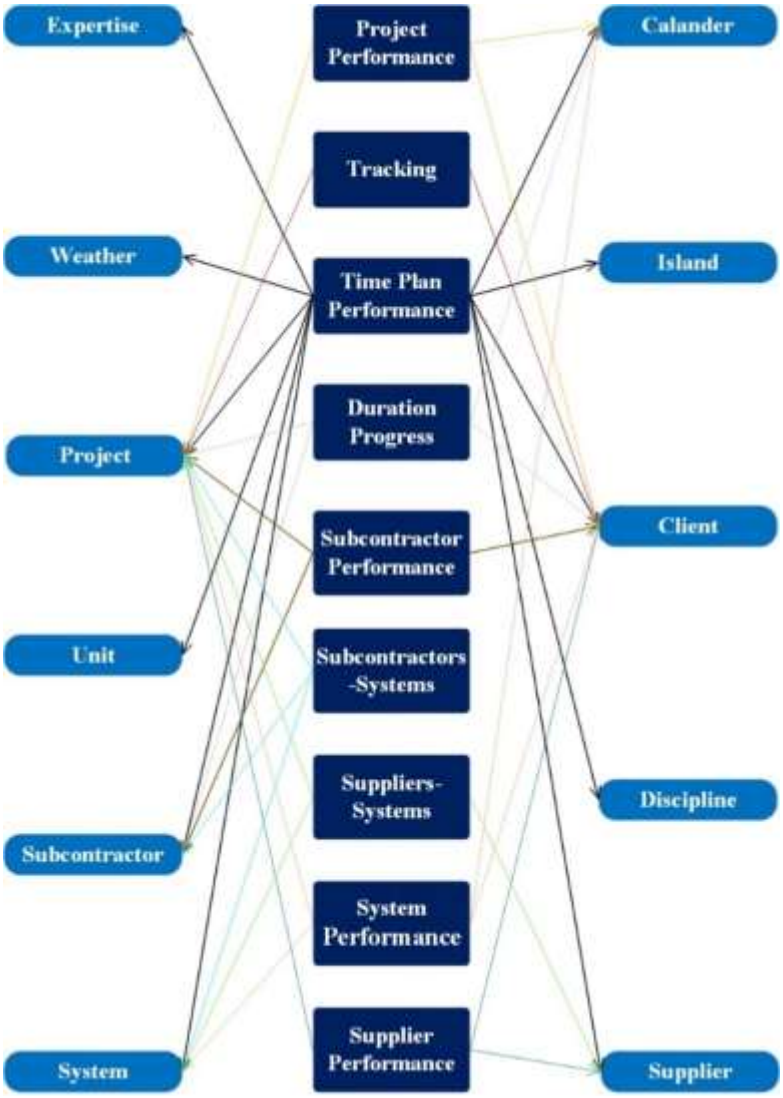
Sub-Contractor ID	Month (AD)	Project ID	Client ID	Technical Evaluation	Project control evaluation	HSE evaluation	Quality evaluation
1	1	1	1	90%	85%	89%	84%
1	2	1	1	80%	85%	82%	87%
1	3	1	1	70%	85%	82%	78%
1	4	1	1	75%	85%	86%	78%
1	5	1	1	90%	85%	82%	93%
1	6	1	1	80%	75%	75%	80%
1	7	1	1	85%	90%	90%	82%
1	8	1	1	84%	80%	80%	78%
1	9	1	1	83%	85%	85%	92%
1	10	1	1	90%	84%	84%	75%



الشكل (3) جزء من الخطة الزمنية الفعلية لمشروع (Kahnuj Power Plant)

ثانياً – تصميم الموديل البعدي (The Multidimensional Model Design):

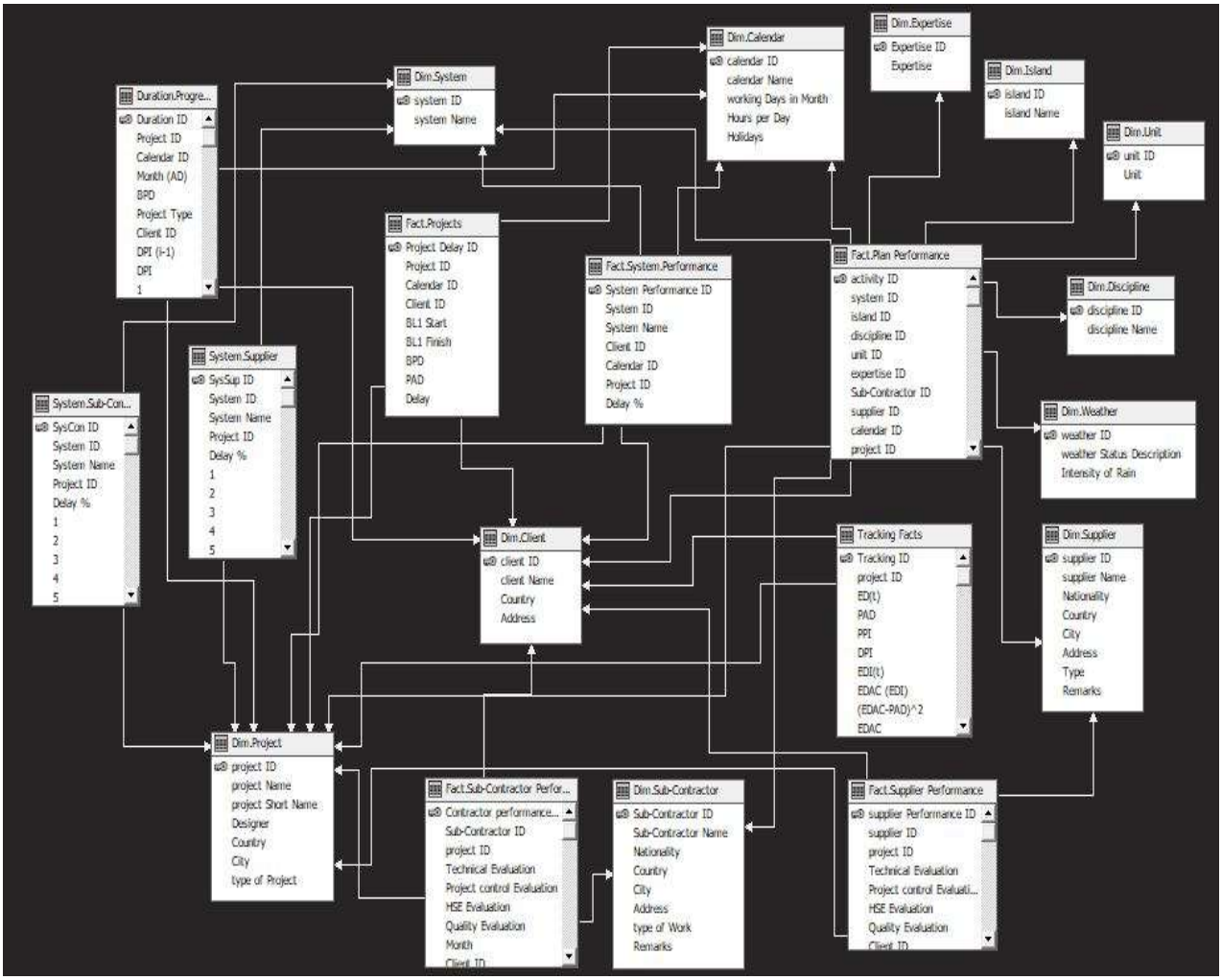
تم تصميم الموديل البعدي بناء على تحديد الاحتياجات ومجموعات الأعمال، حيث تختلف طريقة بناء هذا الموديل البعدي عن الطريقة المستخدمة في (Chaovalitwongse, et al., 2012) والتي اعتمدت بدورها بصورة مباشرة على بيانات الكلفة عند تقييم العطاءات في حين تم الاعتماد الرئيسي في المستودع المقترح على بيانات الزمن والتتبع الزمني للمشاريع السابقة، حيث تم تجميع البيانات بصيغة مختصرة، ومن ثم تم بناء جداول الحقيقة والأبعاد، في حين تم تخزين البيانات الرقمية المعبرة عن إنجاز الأعمال في جداول الحقيقة، وهي المكان الذي تخزن فيه كل البيانات التفصيلية المراد الاحتفاظ بها في مستودع البيانات، وقد تم اعتماد جداول الأداء والخطة الزمنية والتتبع كجداول حقيقة للمستودع المراد بناؤه، في حين ترتبط هذه الجداول بالعديد من الجداول الأصغر وهي جداول الأبعاد والتي تحوي الخصائص الوصفية للبيانات المجمعة، كجداول الموردين والمتعهدين والمشاريع وغيرها. ويظهر الشكل (4) الموديل البعدي الذي تم اعتمادة في تصميم المستودع.



الشكل (4) المخطط العام للتصميم البعدي لكامل مستودع البيانات

ثالثاً– بناء مستودع البيانات لمشاريع الشركة:

تم تصدير قواعد البيانات المجمعة إلى SQL Server لبناء مصدر البيانات Data Source كونها تعطي أمثلية في سرعة التحليل انطلاقاً من التحليل المتعدد وصولاً إلى التنقيب عن البيانات. وقد تم تنظيم جداول الحقيقة والأبعاد السابقة باستخدام المخططات النجمية Star Schemas والتي تسمح بسرعة الوصول والإستعلام من خلال الهيكلية البعدية للبيانات وإمكانية مراجعة البيانات وتحليلها بطريقة مرنة ويبين الشكل (5) هيكلية مستودع البيانات الذي تم بناؤه والذي يمكن اعتمادها كهيكلية عامة لبناء مستودعات البيانات للمشاريع الصناعية لمراعاتها كافة التفاصيل اللازمة والضرورية والتي تميز هذه المشاريع عن غيرها من مشاريع التشييد.



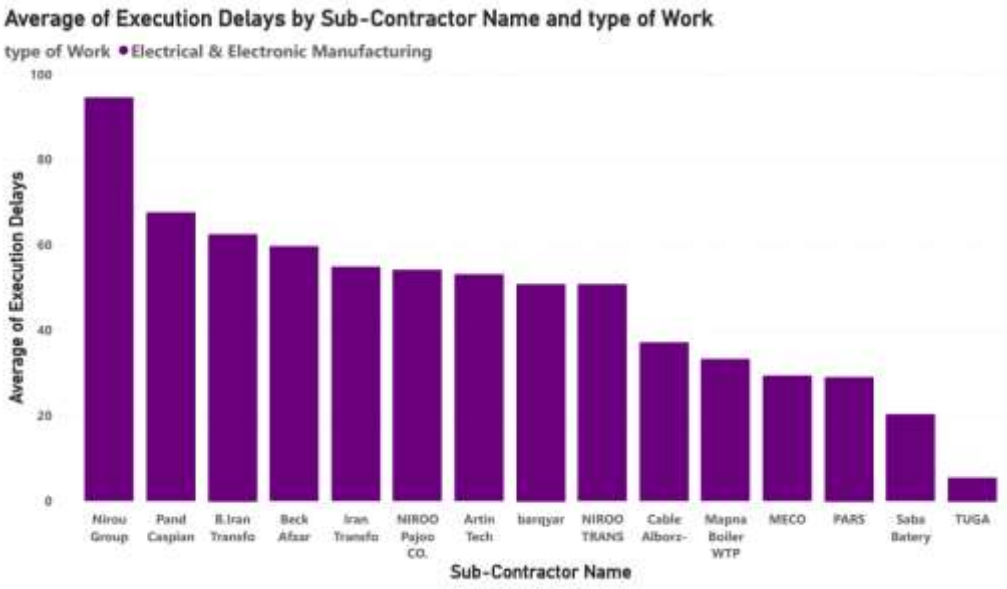
الشكل (5) هيكلية مستودع البيانات الذي تم بناؤه

النتائج والمناقشة:

رابعاً– المعالجة التحليلية المباشرة على مستودع البيانات المصمم:

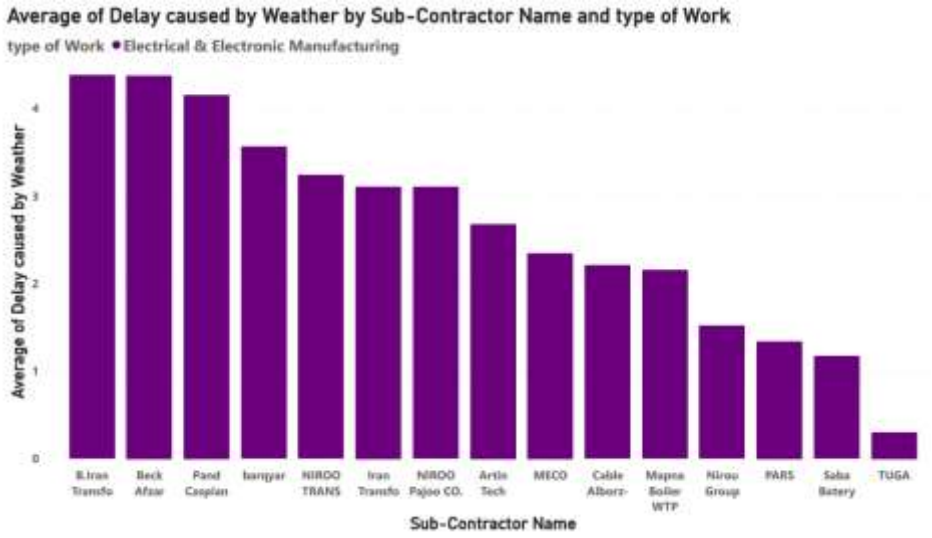
يهدف تطبيق المعالجة التحليلية المباشرة على مستودع البيانات المقترح، إلى تقديم أداة فعالة تسمح بإجراء تحليل مرئي تفاعلي للبيانات بشكل مرن وسهل مما يمكن من إلقاء نظرة على حقائق الأعمال من مناظير مختلفة مما يمكن أصحاب القرار من معرفة مواضع الإشكاليات وسيقلل بدوره من الأخطاء في القرارات المتخذة في إنجاز المشاريع.

سيتم تطبيق المعالجة التحليلية المباشرة في هذه الورقة البحثية على مكعب الخطة، مما يساعد إدارة المشروع في تقييم المشاريع السابقة بسهولة وبشكل مرئي واتخاذ القرارات الأمثل لضبط خطة المشروع. ويظهر الشكل (6) مقارنة بين متوسط التأخيرات للمتعهدين الثانويين المنفذين للأعمال الكهربائية والالكترونية في التنفيذ حيث يظهر المخطط بأن شركة TUGA أكثر الشركات التزاماً من ناحية الخطة الزمنية في تنفيذها لهذه الأعمال بأقل متوسط للتأخيرات.



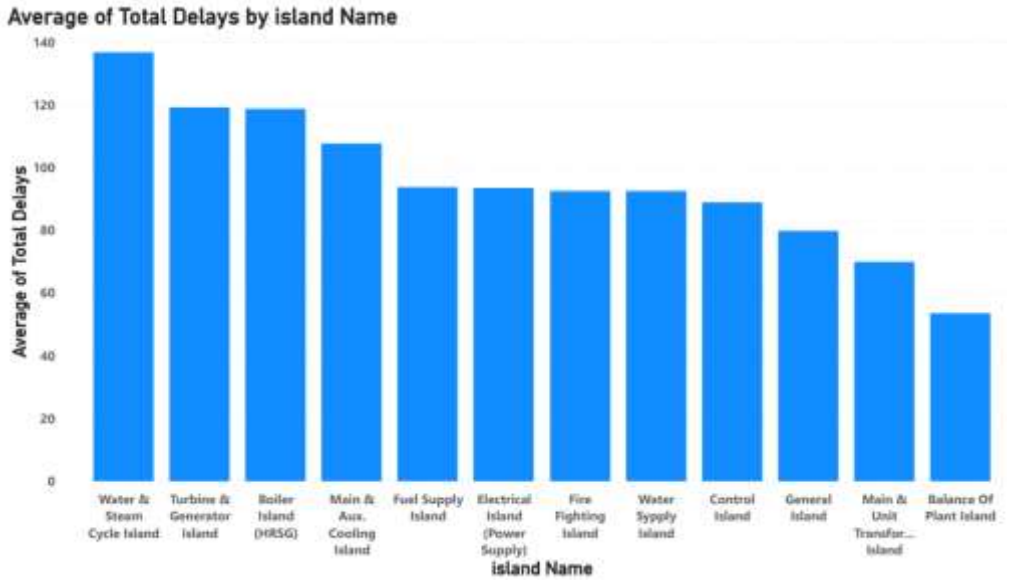
الشكل (6) مقارنة بين المتعهدين الثانويين للأعمال الكهربائية والإلكترونية من حيث التأخر في التنفيذ

كما ويظهر الشكل (7) مقارنة بين المتعهدين الثانويين للأعمال الكهربائية والإلكترونية من حيث التأخيرات الناجمة عن التأثر بالظروف الجوية، حيث يظهر المخطط أن أكثر المتعهدين قدرة على العمل في الظروف الجوية السيئة هي شركة بأقل متوسط للتأخيرات الناجمة عن الظروف الجوية، مما يعطي صورة واضحة عن مدى تأهيل المتعهد وتجهيزة بكافة المستلزمات الضرورية للعمل في كافة الظروف مما يساهم بدعم القرار لإدارة الشركة حول أولوية استقدام متعهد بهذه الإمكانيات في حال كان موقع المشروع يعرضه لظروف جوية استثنائية.



الشكل (7) مقارنة بين المتعهدين الثانويين للأعمال الكهربائية والإلكترونية من حيث التأخيرات الناجمة عن التأثر بالظروف الجوية

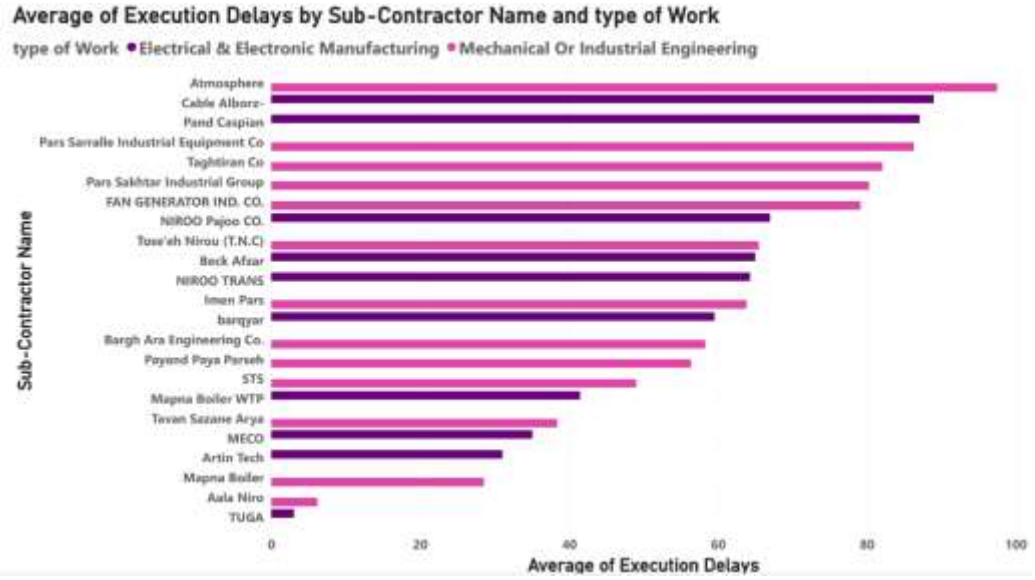
يظهر الشكل (8) مقارنة بين أكثر المناطق التي يحصل بها انحراف عن الخطة الزمنية وذلك بالنسبة للأعمال الميكانيكية، حيث يظهر المخطط أن أكثر المناطق التي تعرضت للتأخير خلال المشاريع السابقة هي منطقة (Water & Steam Cycle Island)، وتتمثل هذه التأخيرات في تنفيذ أعمال الأنابيب وتركيب التجهيزات الميكانيكية ، مما يدعو إلى التركيز على التعاقد مع موردين ومتعهدين ذوي كفاءة عالية لتنفيذ هذه الأعمال في المشاريع المستقبلية.



الشكل (8) مقارنة بين أكثر المناطق التي يحصل بها انحراف عن الخطة بالنسبة للأعمال الميكانيكة

يظهر الشكل (9) مقارنة بين المتعهدين المنفذين لنظام (Turbine System) من حيث التأخر في تنفيذ الأعمال الكهربائية والميكانيكية ويبين المخطط أن شركة Alaa Niro هي أقل شركة حصل فيها تأخيرات فيما يتعلق بتنفيذ

الأعمال الميكانيكية في نظام العنفات، في حين كانت شركة TUGA هي أقل شركة حصل فيها تأخيرات فيما يتعلق بتنفيذ الأعمال الكهربائية في هذا النظام.



الشكل (9) مقارنة بين المتعهدين المنفذين لنظام (Turbine System) من حيث التأخر في تنفيذ الأعمال الكهربائية والميكانيكية

وبتطبيق استعلام على مكعب المتعهدين لأجل المقارنة بين المتعهدين الثانويين المنفذين لأعمال معينة من حيث الالتزام بقواعد الأمن والسلامة يبين الشكل (10) مقارنة فيما بين المتعهدين المنفذين للأعمال الميكانيكية من حيث التقيد بقواعد الأمن والسلامة (HSE)، حيث يظهر المخطط أن شركة (Imen Pars) هي أكثر الشركات تقيداً باحتياطات الأمن والسلامة، في حين حصلت شركة (Payand Paya Parseh) على أدنى تقييم كمتوسط لتقييم المتعهدين الثانويين من قبل قسم الأمن والسلامة على مدى فترات التعاقد مع الشركة لتنفيذ الأعمال الميكانيكية.

الشكل (10) مقارنة بين المتعهدين المنفذين للأعمال الميكانيكة من حيث التقيد بقواعد الأمن والسلامة

تتيح المقارنات السابقة إجراء التحليل التفاعلي بشكل مرن من خلال الحصول على المعلومات والمعرفة اللازمة لدعم القرارات اللازمة لاختيار المتعهدين الثانويين بطريقة سريعة ومباشرة ومرئية وفق مخططات بحسب رغبة صانع القرار.

التنقيب عن بيانات مكعبات المعالجة التحليلية المباشرة لمستودع البيانات المقترح:

تهدف تقنيات التنقيب عن البيانات إلى استكشاف معلومات مفيدة توجد ضمن مصادر بيانات ضخمة مؤتمتة من خلال إيجاد أنماط خفية قدر تبقى غير معروفة بدونها، إضافة لقدرتها على التنبؤ بالمستقبل وتكمن قيمة التنقيب عن البيانات في فهم سبب حدوث الأشياء في الماضي وإمكانية التنبؤ بما سيحدث بالمستقبل.

يستخدم التنقيب عن البيانات العديد من الخوارزميات التابعة لتعلم الآلة من أجل الاكتشاف المعرفي وإحدى هذه الخوارزميات هي الشبكات العصبية الصنعية لدورها في عملية التنبؤ بالمستقبل بالاستناد إلى مصادر البيانات الضخمة المخزنة، وسيتم تطبيق موديل التنقيب عن البيانات لمكعب أداء المتعهدين الثانويين بالنسبة لكل نظام من أنظمة المشاريع لأجل التنبؤ المستقبلي بمقدار التأخير المتوقع في كل نظام من أنظمة المشروع مما يساهم في تحسين عملية اختيار المتعهدين لكل نظام من أنظمة المشروع.

تحديد مدخلات ومخرجات الشبكة:

تم استخدام جزء من بيانات مستودع البيانات من خلال استدعاء استعلام واستخدام نتائج الاستعلام كبيانات للشبكة المقترحة، فقد تم اعتماد نوع المشروع ونوع النظام بالإضافة إلى المتعهدين الثانويين المنفذين والتي تم إدخالهم كمصفوفة ثنائية {0−1} لإزالة أهمية الترتيب بالنسبة للشبكة، وقد بلغ عدد البيانات الإجمالي المستخدمة لتدريب الشبكة واختبارها 1223 عينة بعد القيام بعملية تنظيف البيانات وإزالة القيم الشاذة.

تم بناء نموذج التنقيب عن البيانات في بيئة SQL Server وتم تصميم عدة شبكات عصبونية بأعداد مختلفة من عدد عصبونات الطبقة المخفية لاختيار الشبكة المثلى التي تعطي أفضل أداء من حيث التنبؤ بالتأخير المتوقع في كل نظام، مما يعطي تصور عن نسبة التأخير المتوقع حدوثها بنتيجة اختيار مجموعة من المتعهدين الثانويين للمشروع، هذه العملية تشكل بدورها أداة بإمكانها مساعدة صناع القرار في تحسين عملية اختيار المتعهدين للمشاريع المستقبلية بالنسبة لكل قسم من أقسام المشروع بما يتوافق مع الخطة المرجعية للمشروع (Baseline plan) ولا يتجاوز المدد التخطيطية لأنشطة المشروع. وقد تم اعتماد نسبة الاختبار لتشكل 30% من إجمالي العينات من أجل التحقق من دقة النموذج الذي تم بناؤه.

ولمحاكاة أداء النموذج والتحقق تم استخدام مؤشرات إحصائية لاختبار مدى ملاءمة الشبكة لحل المشكلة ولتحديد النماذج الأفضل والأكثر دقة، فقد تم استخدام الجذر التربيعي لمتوسط مربع الخطأ (RMSE) ويعطى بالعلاقة التالية:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=N}(Oi-Pi)^2}{N}}$$

حيث أن:

RMSE: الجذر التربيعي لمتوسط مربع الخطأ

Oi: القيمة المقيسة

Pi: القيمة المتنبأ بها

N: عدد العينات

كما وتم استخدم متوسط الخطأ المطلق (MAE) كمعيار للمقارنة بين النماذج ويعطى بالعلاقة التالية:

$$MAE = \frac{\sum_1^N |Oi - Pi|}{N}$$

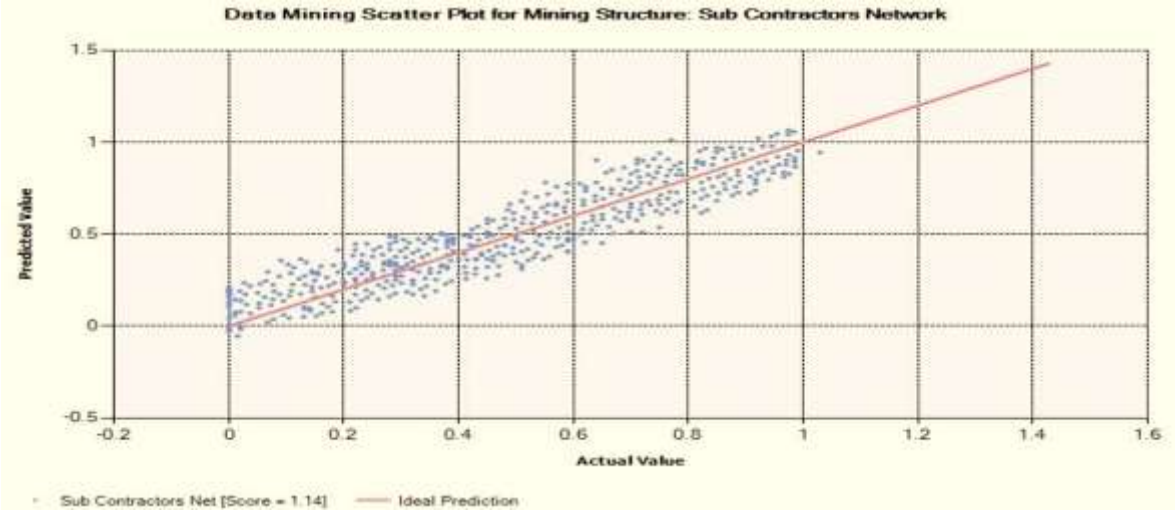
ويظهر الجدول (4) قيم الجذر التربيعي لمتوسط مربع الخطأ ومتوسط الخطأ المطلق لنماذج الشبكات العصبية الصنعية التي تم بناؤها لمكعب التنقيب عن البيانات بحسب عدد عصبونات الطبقة المخفية.

الجدول (4) معايير تقييم الأداء لنماذج الشبكات التي تم بناؤها

رقم الشبكة	عدد عصبونات الطبقة المخفية	RMSE (جذر متوسط مربع الخطأ)	MAE (متوسط الخطأ المطلق)
1	2	0.274	0.2107
2	4	0.2666	0.2048
3	6	0.2795	0.2208
4	8	0.2741	0.2094
5	10	0.2864	0.2268
6	12	0.2713	0.215
7	14	0.2862	0.2226
8	20	0.273	0.2132

أعطت الشبكة التي عدد عصبونات الطبقة المخفية فيها تساوي 4 أفضل أداء للتنبؤ بنسبة التأخير المتوقعة في كل نظام من أنظمة المشروع بأقل قيم للجذر التربيعي (RMSE) لمتوسط مربع الخطأ ومتوسط الخطأ المطلق (MAE).

ويبين الشكل (11) مخطط التنقيب عن البيانات لشبكة المتعهدين الثانويين حيث يُظهِر الارتباط الكلي بين القيم المتوقعة والقيم الحقيقية للشبكة المثلى والذي يعبر بدوره عن دقة القيم التي يتم التنبؤ بها لنسب التأخير المتوقعة في كل نظام من أنظمة المشروع بحسب المتعهدين الذين يتم اختيارهم لتنفيذ نظام معين بالمقارنة مع القيم الحقيقية للتأخير وذلك بالنسبة لحالة الدراسة. وبعد تجريب هذه الشبكة المقترحة للتنبؤ بالتأخير المتوقع في عدة أنظمة من أنظمة المشروع بعد اختيار المتعهدين المنفذين لهذه الأنظمة، أثبتت الشبكة المقترحة فعاليتها وقدرتها على التنبؤ بقيم التأخير في كل قسم أو نظام من أنظمة المشروع بدقة جيدة، مما يساعد صناع القرار في عملية اختيار المتعهدين الثانويين في تنفيذ كل نظام من أنظمة المشروع.



الشكل (11) مخطط التنقيب عن البيانات لشبكة المتعهدين الثانويين

تم في هذا البحث بناء مستودع بيانات ملائم لشركات التشييد المتخصصة بالمشاريع الصناعية من خلال تجميع قواعد البيانات المطلوبة والمخزنة في مصادر وصيغ مختلفة باستخدام النموذج البعدي في بيئة SQL Server ليكون مصدر بيانات مركزي يسمح بإجراء التحليل الفعال وإمكانية البحث عن المعلومة، مشكلاً بدوره قاعدة معرفية لصناع القرار في إدارة الشركة فضلاً عن الإضافات التحليلة التي يقدمها على مستوى الشركة كالترتيب والتنظيم والفرز. كما وتم في هذه الورقة البحثية تطبيق المعالجة التحليلية المباشرة (OLAP) على مكعب المتعهدين الثانويين لمستودع البيانات المطور والتي سمحت بإجراء التحليل التفاعلي بشكل مرن مما أمكن من إنجاز الاستعلامات المطلوبة للحصول على المعلومات والمعرفة اللازمة لدعم القرارات اللازمة لاختيار المتعهدين الثانويين بطريقة سريعة ومباشرة مع تقديم النتائج وفق مخططات بحسب رغبة صانع القرار. وقد تم استخدام التنقيب عن البيانات مكعبات المعالجة التحليلية المباشرة للتنبؤ بنسبة التأخير المتوقعة في كل نظام من أنظمة المشروع بحسب المتعهدين المنفذين لهذا النظام باستخدام الشبكات العصبية الصنعية.

وبشكل هذا المنهج المتبع في هذه الدراسة نواة حول أهمية استخدام مستودعات البيانات لشركات التشييد وأدوات ذكاء الأعمال وضرورة التوجه إلى تطبيقها من خلال أهمية دورها في دعم القرار على كافة السويات الإدارية للشركة فيما يتعلق بالمشاريع قيد الإنجاز والمراد تنفيذها مستقبلاً.

الاستنتاجات والتوصيات:

تم تلخيص الاستنتاجات والتوصيات للبحث كما يلي:

– أثبت المستودع الذي تم بناؤه كفاءة عالية ودور مهم في عملية دعم القرارات لاختيار المتعهدين في المشاريع الصناعية من خلال التنبؤ بقيم التأخير في كل نظام من أنظمة المشروع بحسب المتعهدين الثانويين المنفذين لأعمال كل نظام من المشرع بتقييم جيد، مما يتيح لصناع القرار إمكانية اختيار المتعهدين لتنفيذ الأعمال الخاصة بكل نظام مستقل من أنظمة المشروع بشكل دقيق وبصورة تعتمد على البيانات السابقة لأداء هؤلاء المتعهدين الثانويين في تنفيذ أعمال أنظمة مشابهة في المشاريع السابقة، مما يساهم بشكل فعال وحقيقي لتخفيض احتمالية انحراف الخطة الزمنية عن الخطة المرجعية.

– إمكانية الاستفادة من المنهج المفترض والاعتماد عليه في الدراسات اللاحقة المتخصصة في مجال بناء مستودعات البيانات لكافة أنواع شركات التشييد مع التوصية بإتاحة إمكانيات إضافية للوصول إلى تحديد أكثر شمولية وتفصيل لكافة العوامل المؤثرة على عمليات التشييد وتضمينها في مستودع البيانات مما يتيح المجال لدعم القرارات المتعقلة بمختلف عمليات التخطيط والتتبع لمشاريع التشييد.

– ضرورة اعتماد المنهجية المقترحة والتوجه إلى تطبيقها على المستوى المحلي لشركات التشييد من خلال تحديد مجموعة نظم العمليات التي سيتم استخلاص البيانات منها ومن ثم تحديد أبعاد النموذج ومحتويات جداول الحقيقة وأسس الربط، وذلك بسبب أهميتها ودورها في دعم القرار على كافة السويات الإدارية للشركة فيما يتعلق بالمشاريع قيد الإنجاز والمراد تنفيذها مستقبلاً، وذلك عن طريق تشكيل مستودعات بيانات مرتبطة بالمشاريع السابقة للشركات، إضافةً إلى استخدام أدوات ذكاء الأعمال والمعالجة التحليلية المباشرة بالإضافة إلى اعتماد تقنيات التنقيب عن البيانات لأجل التنبؤ المستقبلي وإيجاد الأنماط المخبأة لدعم مختلف القرارات الاستراتيجية في الشركة مما يؤدي إلى إدارة ناجحة للمشاريع المستقبلية ويقلل من نسب تعثر مشاريع التشييد.

References:

1- ALSUGAIR, A. *Framework for evaluating bids of construction contractors*. J Manag Eng, Vol. 15, No. 2. 1999, 72–8.

2- BOTHA, L. J. *Data Mining Construction Project Information to Aid Project Management*. Master thesis in civil engineering. Stellenbosch University, 2018, 139 p.

3- CHAU, KC. Y.; ANSON, M. and ZHANG, J. *Application of data warehouse and Decision Support System in construction management*. Automation in construction, Vol. 12, 2002, 213-224.

4- CHAOVALITWONGSE, W. A.; WANG, W.; T. P. and CHAOVALITWONGSE, P. *Data Mining Framework to Optimize the Bid Selection Policy for Competitively Bid Highway Construction Projects*. Journal of Construction. Engineering and Management, Vol. 138, No. 2. 2012, 277-286.

5- CHEN, Z. S.; ZHANG, X.; RODRIGUEZ, R. M.; PEDRYCZ, W. and MARTINEZ, L. *Expertise-based bid evaluation for construction-contractor selection with generalized comparative linguistic ELECTRE III.* Automation in Construction, Vol. 125, 2021.

6- CHEAITOU, A.; LARBI, R. and AL HOUSANI, B. *Decision making framework for tender evaluation and contractor selection in public organizations with risk considerations*. Socio-Economic Planning Sciences, 2018.

7- DEMIRKESEN, S and BAYHAN, H. G. *Subcontractor Selection with Choosing-By-Advantages (CBA) Method.* IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 471. 2019.

8- DESAI, V. S. *Application of Decision Tree Technique to Analyze Construction Project Data*. Communication in computer and Communication Science Vol. 54, 2010, 304-313.

9- EDDIE, W.; CHENG, L. and LI, H. *Contractor Selection Using the Analytic Network Process*. Construction Management and Economics, Vol. 22, 2004, 1021-1032.

10- ELAZOUNI, A. M. and METWALLY, F. G. *Decision support system for subcontracting construction works*. Journal of Construction Engineering and Management ASCE, Vol.126, No. 3. 2000, 191-200.

11- FACHRURRAZI, F.; HUSIN, S; MUNIRWANSYAH, M. and HUSAINI. *The subcontractor selection practice using ANN-Multilayer*, International Journal of Technology, Vol. 4, 2017, 761-772.

12- HASSAN, B.; NAJA, H.; BALOUCH, A. and MAKKIAH, S. *A Decision Support System for Construction Equipment Management Based on Data Warehousing Technique*. Tishreen University Journal- Engineering Sciences Series, Vol. 34, No. 2. 2012, 203-223.

13- HATUSH, Z.; SKITMORE, M. *Evaluating contractor prequalification data: selection criteria and project success factors*. Construction Management and Economics, Vol. 15, No. 1. 1997, 29–47.

14- JRAD, F.; MAKKIAH, S. and AHMAD, A. *Developing a model for optimizing the allocation of labor resources in construction projects*. Tishreen University Journal-Engineering Sciences Series, Vol. 41, No. 3. 2019, 447-466.

15- KIMBALL, R. M. The data warehouse toolkit the complete guide to dimensional Modeling, Wiley and sons, U.S.A, 2002, 447 p.

16- MAKKIAH, S. *Forecasting the Estimate Completion Time of Syrian Building Projects Using Earned Value Management and Artificial Intelligence*. Tishreen University Journal-Engineering Sciences Series, Vol. 43, No. 2. 2021, 41-58.

17- MAHDI, I.; RILEY, M.; FEREIG, S.; ALEX, A. A. *Multi-criteria approach to contractor selection*. Eng Construct Architect Manag, Vol. 9, No. 1. 2002, 29–37.

18- MAYA, R. *Proposed Framework for Professional Management to Syrian Construction Projects*. Tishreen University Journal- Engineering Sciences Series, Vol. 42, No. 4. 2020, 25-40.
19- MERROW, E.W. *Industrial Megaprojects. Concepts, Strategies and Practices for Success*. John Wiley & Sons, Inc, Hoboken, NJ, 2011.
20- MBACHU, J. *Conceptual framework for the assessment of subcontractors eligibility and performance in the construction industry*. Construction Management and Economics, Vol. 26, 2008, 471-484.
21- MOON, SK. J. and KWON, K. *Effectiveness of OLAP-based cost management in construction cost estimate*. Automation in construction, Vol. 16, 2007, 336-344.
22- MORKUNAITE, Ž., KALIBATAS, D., & KALIBATIENE, D. *A bibliometric data analysis of multi-criteria decision making methods in heritage buildings*. Journal of Civil Engineering and Management, Vol. 25, No. 2. 2019, 76–99.
23- NASAB, H. and GHAMSARIAN, M. *A fuzzy multiple-criteria decision-making model for contractor prequalification*. J Decis Syst, Vol. 24, No. 4. 2015, 433–48.
24- OMRAN, J.; JRAD, F. and ZAGBOUR, H. *Developing a Program to Prevent Construction Delays in Syria*. Tishreen University Journal- Engineering Sciences Series, Vol. 29, No. 3. 2007.25- OMRAN, J.; JRAD, F. and ALHASSAN, B. *BIM Model Oriented for Maintenance Using Visual Programming & Knowledge Management*. Tishreen University Journal- Engineering Sciences Series, Vol. 40, No. 6. 2018, 327-344.
26- PAUNA, T.; LAMPELA, H.; AALTONEN, K. and KUJALA, J. *Challenges for implementing collaborative practices in industrial engineering projects*. Project Leadership and Society, Vol. 2, 2021.
27- POLAT, G.; KAPLAN, B. and BINGOL, B. N. *Subcontractor selection using genetic algorithm*. Procedia Engineering, Vol. 123, 2015, 423-440.
28- RONG, P.; LIU, G.; AN, P.; QI, X.; WANG, Q.; YUE, C.; ZHANG, W.; ZHANG, H. and DAI. Y. *Construction and Application of Data Mining Model of Unit Scale Cost of Electric Grid Project. IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci, 446, 2020.*
29- RUJIAYANYONG, T. and SHI, J. J. *A Project-Oriented data warehouse for construction*. Automation in Construction, Vol. 15, 2006, 800-807.
30- SARKIS, J.; MEADE, L. and PRESLEY, A. *Incorporating sustainability into contractor evaluation and team formation in the built environment*. J Clean Prod, Vol. 31, 2012, 40–53.
31- SINGH, D.; TIONG, R. *Contractor selection criteria: investigation of opinions of Singapore construction practitioners*. Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 132, No. 8. 2006, 998–1008.
32- ULUBEYLI, S.; KAZAZ, A. and ARSLAN, V. *Decision Criteria for Subcontractor Selection in International Construction Projects.* ICOCEE – CAPPADOCIA, 2017, 2652- 2665.
33- WATT, D.; KAYIS, B. and WILLEY, K. *Identifying key factors in the evaluation of tenders for projects and services*. Int J Proj Manag, Vol. 27, No. 3. 2009, 250–60.
34- WANG, W. C.; YU, W. D.; YANG, I. T.; LIN, C. C.; LEE, M. T. and CHENG, Y. Y. *Applying the AHP To Support The Best-Value Contractor Selection – Lessons Learned From Two Case Studies In Taiwan*, Journal of Civil Engineering and Management. Vol. 19, No. 1. 2013, 24–36

35- WILLIAMS, T. P. and GONG, J. *Predicting construction cost overruns using text mining, numerical data and ensemble classifiers*. Automation in Construction, Vol. 43, 2014, 23-29.
36- ZAKARIA, N.; SHAHARANEE, I. N. M.; JAMIL, J. M. and NAWI, M. N. M. A*ssessing Stakeholder's Credit Risk using Data Mining in Construction Project*. Advances in Environmental Biology, Vol. 9, No. 5. 2015, 67-70.
37- ZHANG, S.; ZHANG, C., and YANG, Q. *Data preparation for data mining*. Applied artificial intelligence. Vol. 17, 2003, 375-381.