Developing A Methodology to Improve Tracking of Industrial Projects by Forecasting Earned Duration Index (EDI) Using Artificial Neural Networks (ANN)

Dr. Fayez Ali Jrad*
Dr. Samah Makkieh**
Ali Mohamad Ahmad ***

(Received 25 / 9 / 2023. Accepted 17 / 3 / 2024)

□ ABSTRACT □

Construction enterprises produce a huge amount of operational data which are distributed among many databases, but these historical data are not collected and organized in the right way to support project tracking decisions effectively. Earned Duration Management (EDM) is one of the essential techniques in tracking construction project by using different indices to measure the progress and the performance of the project time schedule. The research aims to use artificial neural networks (ANN) to develop a model in order to predict the value of the earned duration index (EDI) at any period of the project using the historical data of company's projects. The optimum design of the proposed forecasting module has been determined. The statistical parameters used to evaluate the accuracy of the proposed model were Root Mean Squared Error (RMSE) and Mean Absolute Error (MAE). The results of this research confirm the ability of artificial neural networks in predicting the value of earned duration index (EDI) at any period of the project life cycle ending up with satisfying results. The study recommends expanding the use of gene expression programming to improve the efficiency of the forecasting models for tracking indices of construction projects, which improve the tracking decisions in order to increase the economic performance of construction enterprises.

Keywords: Earned Duration Management, Earned Duration index, Project management, Industrial projects, Artificial Neural Networks.

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

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

تطوير منهجية لتحسين تتبع المشاريع الصناعية من خلال التنبؤ بمؤشر المدة المكتسبة (EDI) باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية (ANN)

د. فايز علي جراد*

د. سماح مكية**

علي محمد أحمد***

(تاريخ الإيداع 25 / 9 / 2023. قُبِل للنشر في 17/ 3 / 2024)

□ ملخّص □

تنتج شركات التشييد حجم ضخم من البيانات التشغيلية يومياً موزعة فيما بين العديد من قواعد البيانات، ولكن هذه البيانات التاريخية لا يتم تجميعها وتنظيمها بالطريقة الصحيحة لدعم قرارات تتبع المشاريع بشكل فعال. تعتبر طريقة المدة المكتسبة (EDM) واحدة من التقنيات الأساسية في تتبع مشاريع التشييد من خلال استخدام مؤشرات مختلفة لقياس تقدم وأداء الخطة الزمنية للمشروع. يهدف البحث إلى استخدام الشبكات العصبية الصنعية (ANN) لتطوير نموذج للتنبؤ بمؤشر المدة المكتسبة (EDI) في أية مرحلة زمنية من المشروع بالاعتماد على البيانات التاريخية لمشاريع الشركة. تم تحديد التصميم الأمثل للنموذج المقترح للتنبؤ، وكانت المعايير الإحصائية المستخدمة لتقييم دقة النموذج المقترح هي جذر متوسط مربع الخطأ (RMSE) ومتوسط الخطأ المطلق (MAE). وقد أثبتت نتائج الدراسة قدرة الشبكات العصبية الصنعية للتنبؤ بمؤشر المدة المكتسبة (EDI) في أية مرحلة من دورة حياة المشروع بنتائج مرضية. توصي الدراسة بالتوسع في استخدام الأنظمة الهجينة من نماذج الذكاء الاصطناعي لتحسين كفاءة نماذج التنبؤ بمؤشرات تتبع مشاريع التشييد مما يحسن من قرارات التتبع وبالتالي تحسين الأداء الاقتصادي لهذه المشاريع.

الكلمات المفتاحية: إدارة المدة المكتسبة، مؤشر المدة المكتسبة، إدارة المشاريع، المشاريع الصناعية، الشبكات العصبية الاصطناعية.

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**

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

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

مقدمة:

إدارة المشروع هي السيطرة على المشروع لتحقيق نجاحه وإنهائه في موعده المحدد والتأكد من أن مخاطر إخفاق وتعثر المشروع هي في الحدود الدنيا، حيث أن عدم إنجاز المشاريع الإنشائية وفقاً للخطط الزمنية، له دور أساسي في المشاكل الفنية والمالية التي قد ترافق هذه المشاريع خلال دورة حياتها (Hassan, et al., 2008)، وبدورها تعددت الدراسات التي تسعى إلى مراقبة حالة المشروع والتنبؤ بالمشاكل المستقبلية التي قد يتعرض لها المشروع وتحديد كيفية التعامل معها من خلال اتخاذ قرارات حازمة لضبط خطة المشروع عند الحاجة، يأتي ذلك من عملية التخطيط التي تعتبر إحدى أهم العوامل الأساسية لنجاح المشروع وانهاؤه في موعده المحدد (Jrad, et al., 2019). وبالتالي يعد تقييم أداء المشاريع بدقة أحد أهم الأولويات للمؤسسات الموجهة للمشاريع، ويسعى مدراء المشاريع دائمًا لاستخدام الأدوات والتقنيات المناسبة لمراقبة ومراقبة أنشطة المشروع. تعتبر إدارة القيمة المكتسبة (EVM) نظامًا متطورًا يستخدمه مدراء المشاريع لتحقيق هذا الهدف. ومع ذلك، يتركز هذا النظام بشكل رئيسي على تكلفة المشروع، مما أدى إلى ظهور نظام إدارة المدة المكتسبة (EDM) كبديل يقوم بتحليل أداء المشروع من حيث الوقت ويمكنه أيضًا قياس فعالية الخطة الزمنية في مراحل مختلفة من دورة حياة المشروع.

الدراسات المرجعية:

تعتبر إدارة القيمة المكتسبة تقنية تم تطويرها لقياس تطور المشروع في مراحله كافة، فعند تطبيقها تزود مدير المشروع بإنذار مبكر عن مشاكل الأداء التي سوف تحدث مستقبلاً. حيث يتم حساب مؤشرات أداء الزمن والكلفة في المشروع إضافةً إلى التنبؤ بمدة المشروع وكلفته عند الانتهاء. يشكل نظام إدارة القيمة المكتسبة (EVM) وفق (PMI, 2021) أداة فعالة لمتابعة المشاريع كونها تربط بين الإنجاز الفعلي للأعمال المخططة ضمن المشروع مع الزمن الذي انقضى والكلفة التي تم صرفها مقارنة مع خطة المشروع الزمنية والمالية، كما ويسمح نظام EVM بتحديد الوضع الحالي للمشروع فيما يخص الخطة الزمنية والموازنة، إضافةً إلى معرفة الكلفة اللازمة لإنهاء المشروع والمدة التي سينتهي بها المشروع في حال تم العمل على نفس الوتيرة، والتنبؤ بالمشاكل المحتملة في المستقبل. بعد أن تم إثبات فعالية طريقة EVM في المشاريع الكبيرة في القطاع العام قام (Kim, et al., 2003) بإجراء دراسة إحصائية أفضت إلى أن التطبيق الناجح لطريقة EVM من ناحية الوصول إلى أفضل نتيجة للمشاريع لا تقتصر على إدراج هذه المنهجية في الشركة وإنما ربطها مع كافة القضايا التنظيمية كتكوين فريق انتاج متكامل والقيام بتدريب فعال وأنظمة دعم تسهيل إدارة المشاريع. على الرغم من التقدم الذي حققته طريقة EVM في مجال إدارة المشاريع إلى أنّ هذه الطريقة تعاني الضعف في التعبير عن حالة المشروع الحقيقية حيث يستمر التنبؤ بالحالة المستقبلية وفقاً للخطة التقديرية، ويمكن تلخيص ذلك في ثلاثة عيوب رئيسية وفق (Lipke, 2004) ويتمثل العيب الأول في أن مؤشرات الأداء ليست مرتبطة ارتباط مباشر بمخرجات المشروع، على سبيل المثال في بعض الحالات التي يتأخر فيها تسليم الأعمال عن الموعد المحدد للتسليم قد تكون كافة مؤشرات EVM مقبولة، ويأتي العيب الثاني هو أن مؤشرات الجدولة الزمنية خاطئة، حيث أنه في العديد من المشاريع التي تملك معاملات أداء ممتازة كانت فعلياً متأخرة عن موعد التسليم المحدد. ويمثل العيب الثالث في عدم ارتباط مؤشرات الأداء بعمل الإدارة بشكل واضح، فبالرغم من البيانات التي تقدمها طريقة EVM إلى أن المدير لا يستطيع الاعتماد على هذه المؤشرات بشكل مطلق ومازال يعتمد على حدسه وخبرته. وقد قام (Lipke, 2004) بتقديم فكرة الجدولة المكتسبة ES لتتفوق بدورها وتتخطى المقيدات التي تعاني منها

مؤشرات القيمة المكتسبة EV الخاصة بالزمن والخطة SV و SPI، حيث أن مؤشرات الجدولة الخاصة بطريقة EVM تعتمد على الكلفة في حين مؤشرات الجدولة الخاصة بطريقة ES تعتمد على الزمن، كما أنه يمكن التعبير في طريقة ES عن الأنشطة من الخطة الزمنية والتي يجب أن تكون منجزة أو قيد الإنجاز، إضافةً إلى أنها قادرة على تحديد النسبة المنجزة للمهام قيد الإنجاز. وقد قام (Anbari, 2003) بتوصيف طريقة القيمة التخطيطية PVM من خلال تعريف معدل القيمة التخطيطية PV(Rate) والتي تساوي بدورها متوسط القيم التخطيطية لكل فترة زمنية حيث افترضت هذه الطريقة أن تفاوت الجدولة يمكن أن تتم ترجمته إلى وحدات زمنية من خلال تقسيم تفاوت الجدولة SV على معدل القيمة التخطيطية لينتج فرق الزمن TV. وفي قت لاحق تم تقديم طريقة المدة المكتسبة ED من قبل (Jacob, 2003) والتي تم الاعتماد فيها على المدة الفعلية AD ومؤشر أداء الجدولة الزمنية SPI في التنبؤ في المدة النهائية للمشروع في حين عانت هذه الطريقة من نفس العيوب التي عانت منها طريقة ES. وقد قام (Vandevoorde and Vanhoucke, 2006) بالمقارنة بين مؤشرات أداء القيمة المكتسبة الكلاسيكية SV وSPI مع المؤشرات المطورة SV(t) وSPI(t)، وبنتيجة المقارنة تبين أن طريقة الجدولة المكتسبة ES أظهرت نتائج مرضية وموثوقة خلال مدة المشروع بأكملها، حيث أن النتائج التي تم الحصول عليها بطريقة القيمة المخططة PV والقيمة المكتسبة EV لا يمكن الاعتماد عليها في نهاية المشروع. وجاء في توصيات هذه الدراسة باستخدام الجدولة المكتسبة ES كطريقة لتتبع التقدم في المشروع في المرحلة النهائية بالإضافة إلى التنبؤ بالكلفة على المستويات العليا من WBS بعكس ما جاء به (Jacob, 2003) الذي اقترح بأن مقاييس التنبؤ بالخطة الزمنية ينبغي أن يستخدم فقط على مستوى الأنشطة، وبنتيجة التطبيق على المشاريع الثلاثة الحقيقية تبين أن عملية التنبؤ بالمدة باستخدام مقاييس القيمة المكتسبة في مستويات عليا من WBS وفرت إشارات إنذار مبكر موثوقة مما يسمح باتخاذ إجراءات تصحيحية على تلك الأنشطة وخاصة تلك التي تقع على المسار الحرج. قام (Vandevoorde and Vanhoucke, 2007) بمحاكاة وتقييم مؤشرات القيمة المكتسبة للتنبؤ بمدة المشروع، ES، ذلك بالاعتماد على محاكاة لمشاريع متعددة. وقد تم الاعتماد على تسعة سيناريوهات مختلفة، وكنتيجة أظهرت طريقة ES دقة مقبولة في التنبؤ بمدة المشروع، كما وأنه كلما اقتربت شبكة المشروع من التوازي أو التسلسل كلما زادت دقة عملية التنبؤ. وجاء في توصيات هذه الدراسة حول ضرورة التوسع في طريقة ES ليتم أخذ المعلومات التفصيلية في شبكة المشروع بعين الاعتبار في الدراسات المستقبلية. وقد قدم (Lipke 2009) دراسة لمقارنة دقة المؤشرات المستخدمة في طرائق التنبؤ بمدة المشروع بمراحله المختفة حيث تبين تفوق مؤشرات طريقة ES عليها في طرائق EVM ، حيث قدم مؤشر SPI نتائج وتنبؤات مقبولة بشكل محدود وذلك فقط بالنسبة للمشاريع ذات الحجم الكبير والمدد الطويلة في حين قدم مؤشر SPI(t) تنبؤات مقبولة لمختلف أحجام المشاريع. قام (Pajares and Paredes, 2011) بالدمج بين مفهومي إدارة القيمة المكتسبة وإدارة المخاطر من أجل التحكم ومراقبة المشروع، لذا تم تعريف معاملين للكلفة والزمن بحيث تقارن بين قياسات إدارة القيمة المكتسبة مع القيم الأعظمية المقبولة للمشروع عند خضوع المشروع لتحليل إدارة مخاطر. بحيث لا يتم الانتظار إلى نهاية المشروع لمعرفة أن التجاوزات الحاصلة في المشروع ضمن الحدود المقبولة أم لا، هذا ما يمنح مدراء المشروع القدرة على اتخاذ قرارات تصحيحية في مراحل مبكرة من المشروع. قام (Naeni and Salehipour, 2011) بدراسة الحالات التي يكون فيها حجم العمل المطلوب لإنجاز الأنشطة غير معروف أو غير محدد، وفي هذه الحالة وغيرها من حالات مشابهة يكون تقييم نسبة إنجاز مهمة بلغة مكتوبة أفضل وأسهل من تقييمها بطريقة دقيقة. حيث قام الباحثان بتصميم طريقة مطورة للتعامل مع مؤشرات القيمة المكتسبة، وتضمن ذلك تطوير مؤشرات جديدة في ظروف ضبابية وتقييمهم

باستخدام طريقة قطوع ألفا. حيث عكست هذه الطريقة الطبيعة غير المحددة للمشروع بطريقة أفضل من الطرق التقليدية، حيث تم استخدام المنطق الضبابي للتنبؤ بالتكلفة والزمن عند انتهاء المشروع وبالتالي مساعدة مدير المشروع بالتنبؤ بحالة المشروع المستقبلية بطريقة فعالة أكثر، ويوجد حالات تكون فيها هذه الطريقة المطورة أكثر عملية من طريقة القيمة المكتسبة التقليدية. وقام (ALSHIBANI and MOSELHI, 2012) بتقديم طريقة للتنبؤ بالزمن والكلفة الإجمالية لمشاريع التشييد عند الانتهاء من تنفيذها أو في أية لحظة زمنية خلال تنفيذ المشروع. جاءت هذه الطريقة لتتغلب على المقيدات في التطبيقات السابقة لطريقة القيمة المكتسبة في التنبؤ بالكلفة والزمن. حيث اعتمدت على المحاكاة لتوليد المنحني الاحتمالي الذي يعتمد على الانجازات السابقة للمتعهدين. حيث تمكن هذه الطريقة المستخدمين من تقييم حالة عدم التأكد المرتبطة بالمدة والكلفة المتوقعة عند نهاية المشروع واتخاذ الإجراءات التصحيحية المناسبة. قام (Narbaev and De Marco, 2014) (Narbaev and De Marco, 2013) بتحسين مسألة التنبؤ بالكلفة المتبقية للمشروع قيد الإنجاز بمنهجية جديدة تعتمد على معادلة التنبؤ بالكلفة المتبقية وفق نموذج GGM عن طريق تركيب منحني التقارب غير الخطي، وأثبتت المنهجية المقترحة أن نتائجها أكثر دقة في التنبؤ ومن خلال تجريبها بدون ومع استخدام المعامل CF، كانت نتائج المقارنة أنه بوجود هذا المعامل في النموذج كانت النتائج دقيقة وأكثر دقة منها في حال عدم وجوده، ذلك في المراحل الثلاثة (المبكرة والمتوسطة والمتأخرة) للمشروع. قام كل من (Khamooshi and Golafshani, 2013) بتطوير طريقة جديدة لقياس وإدارة الجدولة الزمنية عن طريق إضافة المدة المكتسبة ED مع المحافظة على العلاقة بين عناصر إدارة المشروع الثلاثة. وقد أتت هذه الطريقة كحد أدنى للتغلب على الخلل الموجود في طريقتي EVM وES، كما وتم تعريف مؤشر المدة المكتسبة EDI والذي يعبر عن كمية العمل المنجزة مقارنة مع ما هو مخطط وقد توصلت الدراسة إلى أن طريقة EDM تسمح لمدير المشروع بإمكانية قيادة المشروع بشكل أفضل وخاصة من ناحية التحكم بمدة المشروع مما يزيد من فرصة نجاح المشروع، كما وتوصل الباحاثان إلى أن التركيز على المدة من مرحلة التخطيط حتى التسليم لا يساعد في إدارة الخطة بشكل فعال فحسب، وإنما يؤدي إلى توفير كبير في الكلفة. قام (Andrade, et al., 2019) بتحسين دقة التنبؤ بمدة المشروع قيد الإنجاز من خلال تعريف طريقة تعتمد على إدارة القيمة المكتسبة EVM وإدارة المدة المكتسبة EDM تقوم بالدمج بين أداء الجدولة الزمنية والالتزام بالخطة الزمنية وقيودها كمؤشر عن الأداء المستقبلي للمشروع، وقد تم تجريب الطريقة على عدد كبير من المشاريع الحقيقية في قطاع التشييد، وأظهرت النتائج أن دقة التنبؤ بمدة المشروع تزداد من خلال التركيز على كل من أداء الجدولة والالتزام بالخطة الزمنية وعلى مؤشر EDM لانتظام المشروع والذي أثبت موثوقيته كمؤشر لدقة التنبؤ.

بدورها لجأت دراسات سابقة إلى استخدام بيانات المشاريع السابقة وتسخيرها بغية الاستفادة منها في الحصول على معلومات مفيدة يمكن أن تُعرض على صناع القرار من أجل ضبط خطة المشاريع، وأكدت على أن بيانات المشاريع السابقة هي الوسيلة المتاحة والغير مستخدمة في أغلب شركات التشييد مشكلةً بدورها الطريقة الأمثل لحل مشاكل انحرافات الكلفة والزمن في المشاريع، وأشارت إلى ضرورة اعتماد منهجية بناء مستودعات البيانات وتضمين كافة العوامل المؤثرة لدعم قرارات تتبع مشاريع التشييد، حيث قام (Ahmad, et al., 2023) ببناء مستودع بيانات ملائم لواقع شركات التشييد المتخصصة بالمشاريع الصناعية، والاستفادة منه لتنظيم البيانات وفهمها واستخدامها من أجل دعم قرارات اختيار الموردين لأعمال المشاريع المستقبلية. بينما قام (Jrad, et al., 2023) في دراسة أخرى باستخدام تقنية التنقيب عن البيانات للتنبؤ بالتأخير في كل نظام من أنظمة المشروع بحسب المتعهدين المنفذين لهذه الأنظمة، مما يسهم في دعم قرارات اختيار المتعهدين المنفذين لأعمال المشاريع المستقبلية. وفي دراسة أخرى تم تقديم منهجية

تعتمد على البيانات للتنبؤ بمؤشر تقدم المشروع (PPI) لمشاريع (EPC) (Engineering, Procurement and Construction) في أية مرحلة من مراحل المشروع بالاعتماد على البيانات التاريخية (Ahmad, et al., 2024). في وقت افتقرت فيه الدراسات السابقة إلى وجود نظام دعم قرار يعتمد على البيانات التاريخية للتنبؤ بمؤشر المدة المكتسبة للمشاريع قيد الإنجاز والمشاريع المراد تنفيذها مستقبلاً في أية مرحلة من مراحل دورة حياة المشروع بالاعتماد على البيانات السابقة، في حين ركزت على دراسة الفروقات بين المؤشرات الخاصة بكل طريقة، حيث تبين من الدراسات السابقة أن المؤشرين SPI و SPI(t) كلاهما يظهر نتائج غير دقيقة في حين أظهرت مؤشرات طريقة EDM دقة عالية نسبياً، كما وقد أكدت أغلب الدراسات المرجعية على أن

لذلك سيتم في هذا البحث تطوير منهجية لتطوير عملية تتبع المشاريع الصناعية من خلال استخدام بيانات التتبع التاريخية للقيام بعملية التتبع للمشاريع المستقبلية والتنبؤ بمؤشر المدة المكتسبة EDI في أية مرحلة من مراحل المشروع قيد الإنجاز باستخدام الشبكات العصبية الصنعية ANN. وسيتم تجريب المنهج المقترح وتقييمه على حالة دراسة لشركة MAPNA GROUP– MD2 المتخصصة بمشاريع محطات توليد الطاقة الكهربائية.

مشكلة البحث:

إن تعثر الكثير من مشاريع شركات التشييد يشير إلى وجود خلل في إدارة هذه المشاريع من قبل الشركات، وعدم الاستفادة من بيانات تتبع المشاريع السابقة بالرغم من أهميتها ودورها الكبير في تكوين المعرفة اللازمة لصنع القرار، وبالتالي فإن تدارك الانحرافات الحاصلة في مشاريع التشييد يعتمد على الخبرة وعلى القرارات الفردية، مما قد يسبب خسائر فادحة غير مرئية للشركات التي باتت بحاجة ماسة إلى التنبؤ بمؤشرات انحرافات الخطة الزمنية للمشاريع قيد الإنجاز بشكل مبكر وبطريقة لا تعتمد على الخبرة البشرية وإنما على البيانات التاريخية لمشاريع الشركة أجل اتخاذ الإجراءات التصحيحية اللازمة.

أهمية البحث وأهدافه:

تعتبر مسألة تتبع المشاريع قيد الإنجاز من أكثر التحديات في إدارة المشروع بسبب التعقيدات الكثيرة والأحداث الطارئة التي ترافق مشاريع التشييد، حيث تسعى الدراسة إلى استخدام الشبكات العصبية الصنعية لتطوير نموذج للتنبؤ بقيمة إحدى مؤشرات طريقة المدة المكتسبة وهو مؤشر EDI في مرحلة مبكرة، لأهمية هذا المؤشر في علاقة حساب المدة المتوقعة عند الانتهاء (EDAC)، إضافةً لاستخدام هذا المؤشر المقياس لتقييم مدى التقدم في إنجاز العمل مقارنة بالخطة المحددة حتى الآن، حيث يمكن أن يشير إلى إنجاز أكبر أو أقل أو مماثل لما هو مخطط له. مما يعطي صورة مسبقة عن حالة المشروع مستقبلاً، وبالتالي يعطي فرصة لإدارة المشروع لمعالجة الانحراف الحاصل في الخطة قبل حدوثها وذلك باستخدام الشبكات العصبونية من خلال الاعتماد على البيانات التاريخية لجداول تتبع المشاريع السابقة والتي تشكل بدورها قاعدة البيانات اللازمة لتدريب الشبكة العصبونية مما يساهم في تحسين عملية تتبع مشاريع الشركة.

طرائق البحث ومواده:

سيتم الاعتماد في هذا البحث بدايةً على منهج إدارة المدة المكتسبة EDM والذي يعتبر من أهم المنهجيات المستخدمة حديثاً في تتبع المشاريع ومراقبتها والتحكم بها إضافةً على العديد من الدراسات المرجعية التي تناولت موضوع تتبع مشاريع التشييد والتنبؤ بمؤشرات انحرافات الجدول الزمني للمشاريع قيد الإنجاز، كما وسيتم الاعتماد على

المنهج التحليلي التنبؤي من خلال التنبؤ بقيمة مؤشر المدة المكتسبة EDI خلال أية فترة زمنية باستخدام الشبكات العصبية الصنعية.

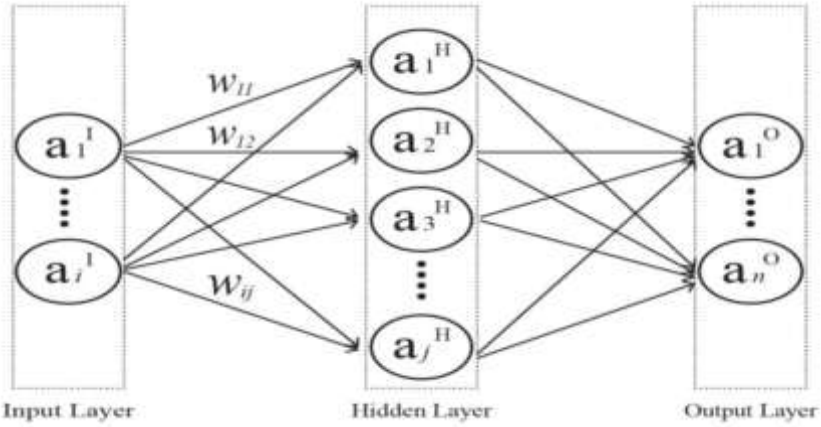
الشبكات العصبية الصنعية (Artificial Neural Network) ANN:

تعد الشبكات العصبية الصنعية من أهم مجالات الذكاء الاصطناعي، والتي تعتمد على الخلية العصبية (Neuron) كوحدة بنائية أساسية لها، وتعمل بطريقة تحاكي عمل النظم العصبية الحيوية عند الإنسان، وتتكون الخلية العصبية بدورها من جسم الخلية والليف العصبي لمدخل الخلية والذي يحمل الإشارات من مخارج خلايا عصبية إلى مداخل هذه الخلية عن طريق مشابك للتوصيل (Beale, et ., 2010).

وتتألف الشبكة العصبية بدورها من ثلاث طبقات: طبقة الدخل والطبقة الخفية وطبقة الخرج ، وتتوزع فيما بينها وحدات المعالجة (العصبونات) بين هذه الطبقات، وتحتوي طبقة الدخل على عدد من العصبونات التي تقابل المدخلات المطلوبة للشبكة في حين يتم انتشار البيانات الداخلة إلى الشبكات العصبونية الصنعية ذات التغذية الأمامية باتجاه الأمام دائماً من طبقة الدخل إلى طبقة الخرج كما في الشكل (1)، 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.

وتتم عملية 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.

تهدف عملية تدريب الشبكة إلى تحديد بارمترات التحكم الرئيسية وتقسم 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 (Beale, et ., 2010).



الشكل (1) بنية الشبكة العصبية الصنعية (Juan and Lee, 2022)

أولاً: تجميع بيانات الدراسة:

تم الحصول على البيانات من إحدى الشركات العالمية المتخصصة بتشييد محطات توليد الطاقة الكهربائية وهي شركة (MAPNA Group)، فقد تم الحصول على بيانات التتبع لمشاريع الشركة السابقة وبناء على ذلك تم بناء وتصميم القالب العام لقواعد البيانات اللازمة لبناء مستودع بيانات ملائم لتتبع مشاريع الشركات المتخصصة في تشييد المشاريع الصناعية بحيث تكون مصادر البيانات التي سيتم تجميعها بصيغتي و Xer، وتشمل بيانات Xlsx قواعد البيانات الخاصة بمشاريع الشركة والجهات المالكة للمشاريع والموردين والمتعهدين الثانويين والتقويم وحالة الطقس والوحدات والمناطق والأنظمة إضافة إلى التقييم الشهري للمتعهدين وموردي للتجهيزات بالنسبة لكل قسم من أقسام الشركة وذلك خلال دورة حياة المشاريع كافة. في حين ملفات بصيغة وتشمل بيانات Xer قواعد بيانات مشاريع الشركة المخزنة في بيئة Primavera P6 بما فيها قواعد بيانات المهام المنجزة في مشاريع الشركة إضافة لبيانات التتبع الشهرية بالنسبة لكل مشروع من المشاريع، على أن يتم بناء بيانات التتبع من خلال التحديث الشهري لكل مشروع عن طريق تصدير بيانات التتبع الخاصة بكل شهر على حدى بالنسبة لكل مشروع إلى برنامج من صيغة (Xlsx) إلى (Xer) إلى برنامج Primavera P6 ليتم استعراض المهام المنجزة وقيد الإنجاز في الشهر وإعادة تصديرها إلى صيغة (Xlsx) ويتم تكرار العمليات السابقة على على كل شهر من أشهر المشروع ثم على بقية المشاريع. كما وسيتم تطبيق العلاقات الرياضية لطريقة إدارة المدة المكتسبة (EDM) استناداً إلى (Khamooshi and Golafshani, 2014) والمبينة في الجدول (1) على بيانات التتبع الشهرية لكل مشروع من المشاريع المدروسة وإيجاد قيم TPD وTAD وTED بالنسبة لكل شهر من كل مشروع ثم إيجاد قيم المؤشرات DPI – EDI– PPI .

الجدول(1) العلاقات الرياضية لطريقة إدارة المدة المكتسبة (EDM) (Khamooshi and Golafshani, 2014)

$EDAC = AD + \frac{BPD - \mathrm{ED(t)}}{\mathrm{EDI}}$	$DPI = \frac{\mathrm{ED(t)}}{\mathrm{AD}}$
$EDI = \frac{\mathrm{TED}}{\mathrm{TPD}}$	$PPI = \frac{ED(t)}{BPD}$

حيث أن:

DPI: مؤشر تقدم المدة

ED(t): المدة المكتسبة عند الزمن (t)

AD: المدة الفعلية

PPI: مؤشر تقدم المشروع

BPD: المدة التخطيطية للمشروع

EDAC: المدة المتوقعة عن الانتهاء

EDI: مؤشر المدة المكتسبة

TED: مجموع المدد المكتسبة للمهام المنجزة وقيد الإنجاز عند الزمن (t)

TPD: مجموع المدد التخطيطية للمهام المنجزة وقيد الإنجاز

ثانياً: تصميم مستودع البيانات المقترح:

تمت دراسة الموضوعات المرتبطة بإدارة وضبط خطط مشاريع الشركة ومن ثم تم تصميم مستودع البيانات بعد بناء الموديل البعدي المناسب والذي بدوره يجمع البيانات بصيغة مختصرة، ويتألف من جداول الحقيقة والأبعاد، حيث تخزن البيانات الرقمية المعبرة عن إنجاز الأعمال في جداول الحقيقة، في حين ترتبط هذه الجداول بالعديد من الجداول الأصغر وهي جداول الأبعاد والتي تحوي الخصائص الوصفية للبيانات المجمعة. وبذلك تم بناء الموديل البعدي الذي تم اعتماده في تصميم المستودع. وقد تم اختيار تصدير قواعد البيانات المجمعة إلى بيئة SQL Server لبناء مصدر البيانات Data Source كونها تعطي أمثلية في سرعة التحليل انطلاقاً من التحليل المتعدد وصولاً إلى التنقيب عن البيانات.

ثالثاً: تعبئة قواعد بيانات مستودع البيانات المقترح استناداً لبيانات حالة الدراسة:

اتخذت بيانات المشاريع السابقة لشركة MAPNA كحالة دراسة في هذا البحث، حيث تختص هذه الشركة في مجال الهندسة والبناء وتطوير محطات الطاقة الحرارية ومحطات الطاقة المتجددة لإنتاج الكهرباء وتستحوذ الشركة على حصة بنسبة 50% لتطوير القدرة الاستيعابية لمحطات توليد الكهرباء في إيران بالإضافة إلى المشاركة الفعالة في تطوير مشاريع النفط والغاز والنقل بالسكك الحديدية والصحة والكهرباء، وباتت من متصدري المراكز الأولى لمالكي التوربينات الغازية في الساحة العالمية

وقد تمت تعبئة قواعد بيانات المستودع المقترح بقواعد بيانات مشاريع الشركة المدروسة حيث يظهر الجدول (2) جزء من جدول تتبع مشروع Sanandaj Gas Power Plant والتي تمت هيكلتها بعد استيرادها من Primavera P6 بعد القيام بعمليات تصدير التحديثات الشهرية تباعاً وتخزين المعلومات الناتجة عن كل تحديث ومن ثم تطبيق علاقات المدة المكتسبة EDM عليها وذلك بالنسبة لكل مشروع.

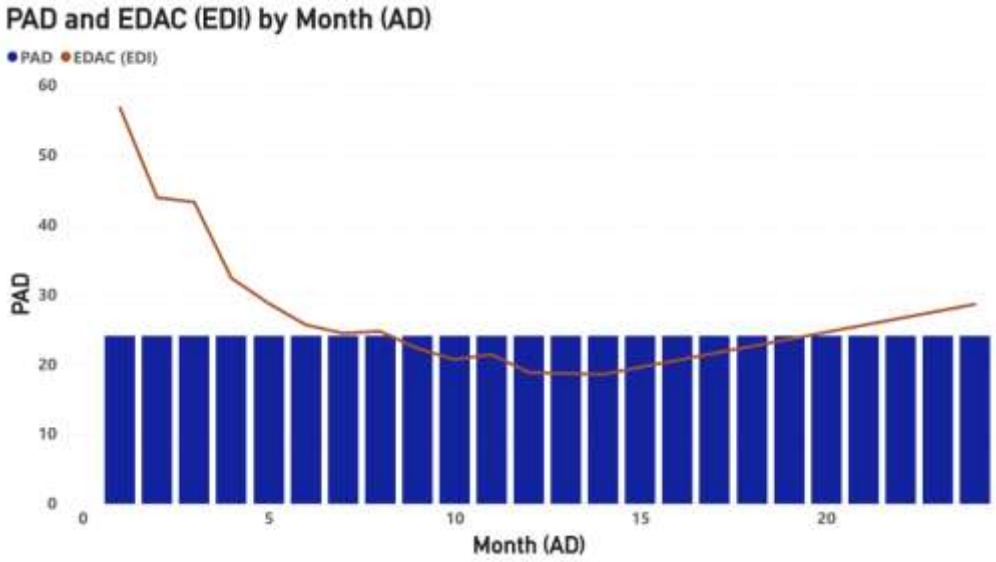
الجدول(2) جزء من بيانات التتبع الشهرية لمشروع مشروع Sanandaj Gas Power Plant

Tracking ID	Project ID	Client ID	Month (AD)	ED(t)	BPD	PAD	DPI	EDI(t)	EDAC	TED	TPD	TAD
372	11	3	1	1	18.50	24.00	1.00	0.314	18.50	3168	10080	8620
373	11	3	2	2	18.50	24.00	1.00	0.394	18.50	11739	29768	25179
374	11	3	3	2	18.50	24.00	0.67	0.411	27.75	20311	49456	41737
375	11	3	4	3	18.50	24.00	0.75	0.548	24.67	30967	56531	66770
376	11	3	5	3	18.50	24.00	0.60	0.654	30.83	41623	63606	91803
377	11	3	6	4	18.50	24.00	0.67	0.740	27.75	52278	70681	116835
378	11	3	7	5	18.50	24.00	0.71	0.776	25.90	57606	74219	129352
379	11	3	8	5	18.50	24.00	0.63	0.809	29.60	62934	77757	141868
380	11	3	9	7	18.50	24.00	0.78	0.867	23.79	73590	84832	166901
381	11	3	10	9	18.50	24.00	0.90	0.893	20.56	78918	88369	179417

رابعاً: المعالجة التحليلية المباشرة على مستودع البيانات المصمم

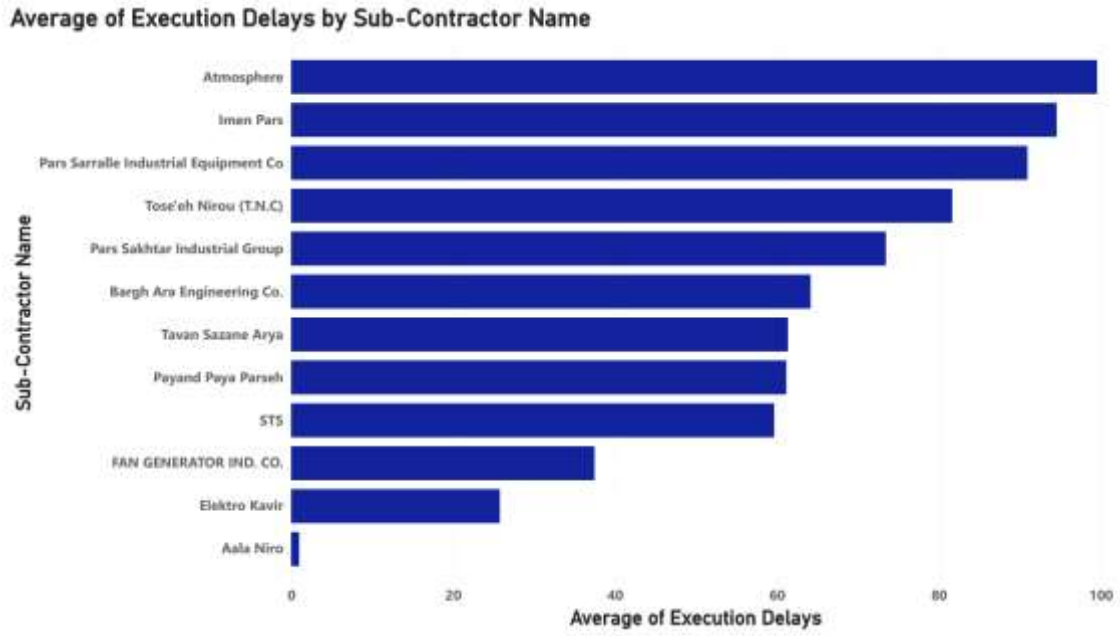
سيتم تطبيق المعالجة التحليلية المباشرة على مكعب تتبع المشاريع، حيث تم استيراد مستودع البيانات السابق إلى Power BI والذي يساعد في عرض مستودع البيانات في بيئة ذكاء الأعمال (Business Intelligence)، ،وبالتالي المساهمة في تقييم المشاريع السابقة بسهولة وبشكل مرئي واتخاذ القرارات الأمثل لضبط المشروع.

ويظهر الشكل (2) القيم الشهرية للمدة المتوقعة عند الانتهاء (EDAC) بالنسبة لمشروع Sanandaj Gas Power Plant باستخدام طريقة المدة المكتسبة (EDM) ، مقارنة مع المدة الفعلية للمشروع (PAD)، حيث يظهر الشكل تحسن قيم التنبؤات بمدة المشروع عند الانتهاء بشكل تدريجي في الفترة المتوسطة والمتأخرة من المشروع. كما ويظهر الشكل (3) متوسط التأخير للمتعهدين الثانويين في قواعد بيانات المشاريع السابقة وذلك بالنسبة للأعمال الميكانيكية، حيث يبين الشكل أن شركة AJOR–E SOBAT CO أكثر الشركات التي تعرضت لتأخيرات خلال المشاريع السابقة فيما يتعلق بالأعمال الميكانيكية بينما كانت شركة IRAN IND. DESIGN CO أقل الشركات تأخيراً في تنفيذ الأعمال الميكانيكية، كما ويظهر الشكل (4) متوسط التأخير للمتعهدين الثانويين في قواعد بيانات المشاريع السابقة وذلك بالنسبة للأعمال الكهربائية، حيث يبين الشكل أن شركة Nirou Group أكثر الشركات التي تعرضت لتأخيرات خلال المشاريع السابقة بالنسبة للأعمال الكهربائية في حين كانت شركة TUGA الأقل تأخيراً وفقاً لقواعد بيانات المشاريع السابقة. وبتطبيق استعلام آخر لإجراء مقارنة بين متوسط التأخير للمتعهدين الثانويين في قواعد بيانات المشاريع السابقة وذلك بالنسبة للأعمال الميكانيكية في تنفيذها لأعمال Exhaust System، يظهر الشكل (5) أن شركة Atmosphere كانت الأكثر تأخيراً في حين جاءت شركة Aala Niro كأقل شركة تأخرت في تنفيذ أعمال Exhaust System مما يعطي مؤشر مهم لدى إدارة الشركة وما له من أهمية في آلية اختيار المتعهدين الثانويين اللازمين لتنفيذ كل قسم من أقسام المشروع وبحسب نوع العمل وطبيعة ظروف المشروع والعوامل الأخرى المرتبطة بالمشروع بطريقة مرنة وسهلة لاتعتمد على الخبرة البشرية وإنما على مستودع البيانات الذي تم بناؤه.

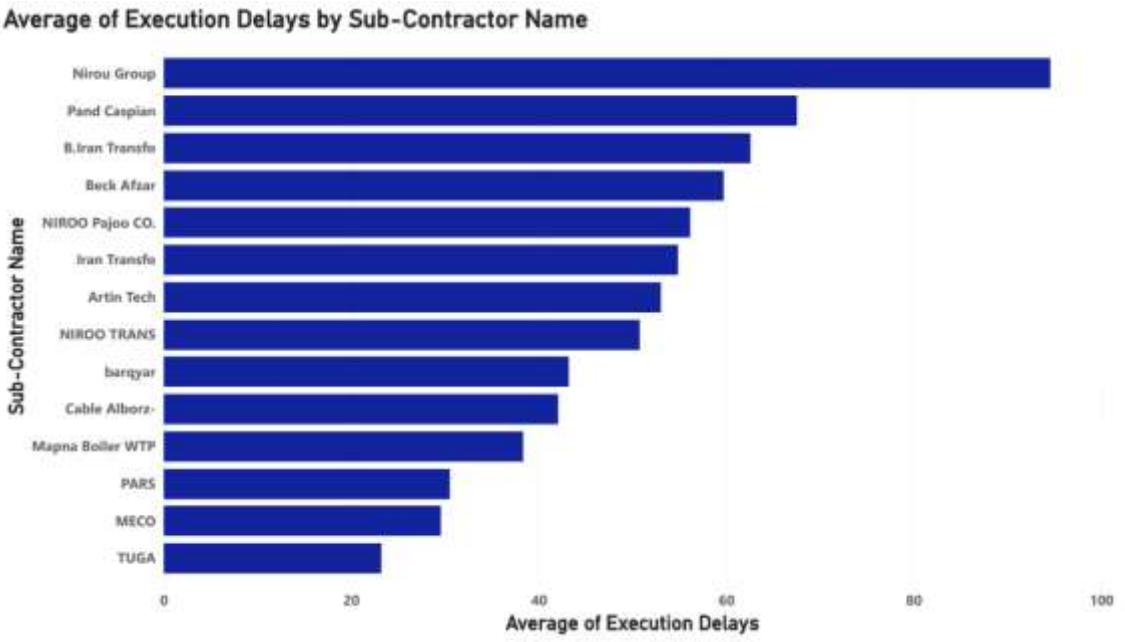


الشكل (2) القيم الشهرية للمدة المتوقعة عند الانتهاء بالنسبة لمشروع Sanandaj Gas Power Plant، مقارنة مع المدة الفعلية

الشكل (3) متوسط التأخير للمتعهدين الثانويين في قواعد بيانات المشاريع السابقة وذلك بالنسبة للأعمال الميكانيكية



الشكل (4) متوسط التأخير للمتعهدين الثانويين في قواعد بيانات المشاريع السابقة وذلك بالنسبة للأعمال الكهربائية



الشكل (5) متوسط التأخير للمتعهدين الثانويين في قواعد بيانات المشاريع السابقة وذلك بالنسبة للأعمال الميكانيكية في تنفيذها لأعمال Exhaust System

خامساً: التنقيب عن بيانات مكعبات المعالجة التحليلية المباشرة لمستودع البيانات المقترح:

Data mining OLAP Cubes for proposed data warehouse

تهدف تقنيات التنقيب عن البيانات إلى الوصول إلى معلومات مفيدة مستخلصة من مصادر بيانات ضخمة مؤتمتة عن طريق 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 ; مما يعطي تصور عن تقييم كمية العمل التي سيتم إنجازها مستقبلاً في وقت مبكر مقارنة مع ما هو مخطط مما يتيح إمكانية لتلافي انحرافات الجدول الزمني والمحتمل حدوثها مستقبلاً، وبالتالي تحسين عملية تتبع المشاريع من خلال ضبط الانحرافات في الخطط الزمنية.

تحديد مدخلات ومخرجات الشبكة:

تم تطبيق استعلام على جزء من بيانات مستودع البيانات واستخدامها كمعطيات للشبكة المقترحة، ويظهر الشكل (6) الاستعلام المستخدم للوصول إلى جدول بيانات الشبكة، وقد تم اختيار ثلاثة مدخلات رئيسية للشبكة:

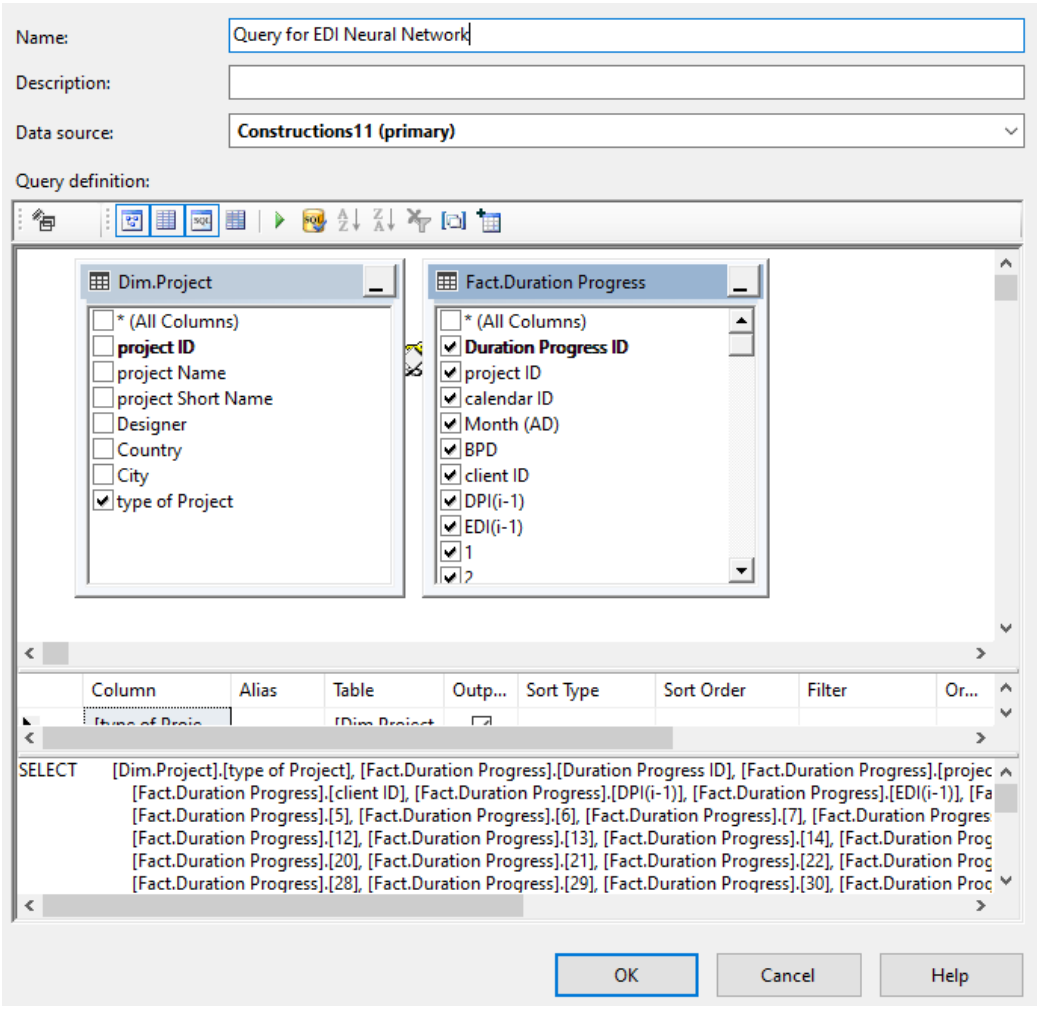
1. نوع المشروع: يعتبر نوع المشروع أحد المدخلات الرئيسية المؤثرة، والتي تختلف معها المتطلبات والظروف الخاصة بكل نوع من أنواع المشاريع.

2. قيمة EDI(i−1): تعتبر قيمة EDI(i−1) القيمة السابقة لمؤشر المدة المكتسبة (EDI) وتمثل إحدى المدخلات الهامة التي تؤثر في تقييم مسار خطة المشروع، ولها دور مهم في تقدير الأداء المستقبلي للمشروع وضمان تنفيذه بطريقة فعالة.

3. المتعهدين الثانويين المنفذين في الفترة الزمنية المدروسة: يعد اختيار وتحديد المتعهدين الثانويين في فترة زمنية محددة أحد المدخلات الأساسية للشبكة. وقد تم اعتماد طريقة المصفوفة الثنائية {0−1} في طريقة إدخالهم لإزالة أهمية الترتيب بالنسبة للشبكة، ولضمان تحقيق أهداف الشبكة بفعالية ونجاح.

أما بالنسبة لمخرج الشبكة، فإن مؤشر المدة المكتسبة (EDI) يستخدم كمخرج رئيسي للشبكة. يقوم هذا المؤشر بتقدير وقياس أداء المشروع من حيث التزامه بالجدول الزمني واستكمال المهام في الوقت المحدد.

باختصار،.



الشكل (6) الاستعلام المستخدم للحصول على مدخلات شبكة التنبؤ بمؤشر المدة المكتسبة (EDI)

تم بناء نموذج التنقيب عن البيانات في بيئة SQL Server كما وتم تصميم عدة شبكات عصبونية بأعداد مختلفة من عدد عصبونات الطبقة المخفية لاختيار الشبكة المثلى التي تعطي أفضل أداء من حيث التنبؤ بمؤشر المتوقع في كل نظام. وقد تم اعتماد مؤشر المدة المكتسبة (EDI) في أية مرحلة زمنية من المشروع كمخرج للشبكة المقترحة، على أن تشكل 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:

$$MAE = \frac{\sum_{1}^{N}|Oi-Pi|}{N}$$

النتائج والمناقشة:

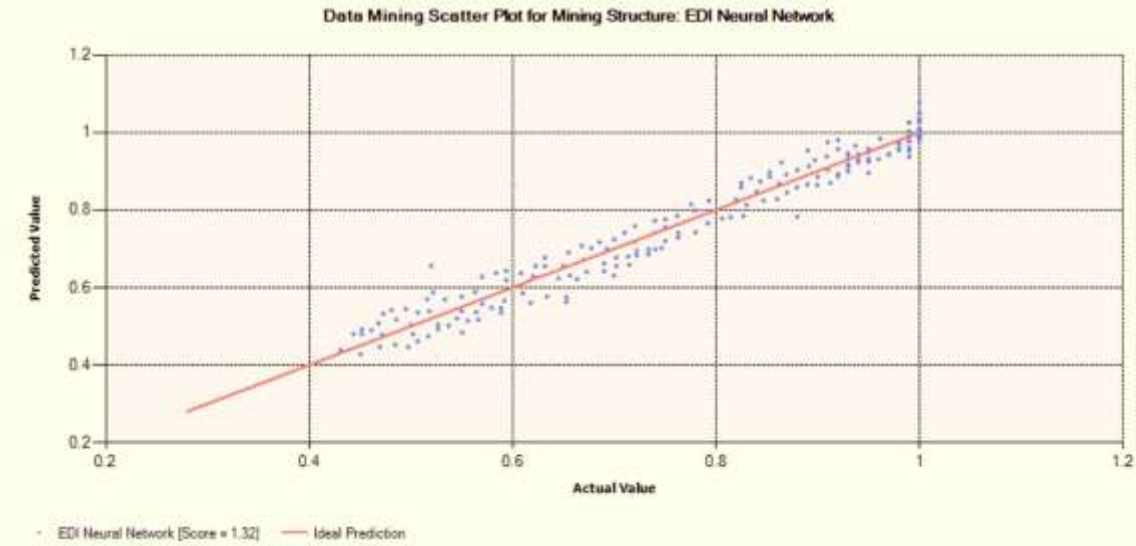
تم في هذه الورقة البحثية تطوير مستودع بيانات ملائم لواقع شركات التشييد المتخصصة بالمشاريع الصناعية ليكون قاعدة معرفية لصناع القرار في الشركة إضافة إلى ما يقدمه من إمكانية الترتيب والتنظيم والفرز والتجميع، كما ويمكن من خلاله إجراء التحليل الفعال والبحث المباشر عن المعلومات لدعم القرار في عملية تتبع المشاريع الصناعية باستخدام أدوات المعالجة التحليلية المباشرة OLAP والتي سمحت بإجراء التحليل التفاعلي بشكل مرن وديناميكي وعلى سويات مختلفة من الإدارة مما أمكن من إنجاز الاستعلامات المطلوبة للحصول على المعلومات والمعرفة اللازمة لدعم القرار بطريقة سريعة ومباشرة مع تقديم النتائج وفق مخططات بحسب رغبة صانع القرار مما يعطي صورة واضحة وسهلة الفهم بزمن قليل في حين قد يستغرق الحصول على مثل هذه النتائج عدة أيام باستخدام الطرق التقليدية. كما وتم استخدام تقنيات التنقيب عن البيانات من أجل التنبؤ المستقبلي بأحد مؤشرات تتبع المشاريع وهو مؤشر المدة المكتسبة EDI في أية مرحلة زمنية من المشروع بحسب نوع المشروع والمتعهدين المنفذين خلال الفترة المدروسة وذلك باستخدام إحدى تقنيات التنقيب عن البيانات وهي الشبكات العصبية الصنعية مما يساعد صناع القرار في التنبؤ المستقبلي بتقدم المشروع في مرحلة مبكرة والذي يسمح بدوره بتحسين عملية التتبع للمشاريع قيد الإنجاز والمشاريع المراد إنجازها مستقبلاً. فقد تم اعتماد نوع المشروع وقيمة EDI (i−1) والمتعهدين الثانويين المنفذين في الفترة الزمنية المدروسة

كمدخلات للشبكة، في حين تم اعتماد قيمة EDI للشهر المدروس كمخرج للشبكة. يمكن الاستفادة من التنبؤ بقيمة مؤشر المدة المكتسبة (EDI) في مرحلة مبكرة كأداة لتقييم تقدم العمل ومقارنته بالخطة المحددة، وذلك بالإضافة إلى دوره المهم في حساب المدة المتوقعة عند الانتهاء (EDAC). وبالتالي يمكن استخدام هذا المؤشر للحصول على صورة مسبقة عن حالة المشروع في المستقبل، وبالتالي يتيح لإدارة المشروع فرصة للتعامل مع أي انحرافات في الخطة قبل حدوثها، وذلك باستخدام البيانات التاريخية لجداول تتبع المشاريع السابقة. ويظهر الجدول (3) 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.

أعطت الشبكة التي عدد عصبونات الطبقة المخفية فيها تساوي "6" عصبونات أفضل أداء للتنبؤ بقيمة مؤشر المدة المكتسبة بالنسبة لكل فترة زمنية من فترات المشروع بأقل قيم للجذر التربيعي RMSE لمتوسط مربع الخطأ ومتوسط الخطأ المطلق MAE وبأعلى قيمة للأداء. ويظهر الشكل (7) مخطط التنقيب عن البيانات لشبكة التنبؤ بمؤشر المدة المكتسبة EDI والذي يعبر بدوره عن دقة القيم التي يتم التنبؤ بها للمؤشر EDI بالمقارنة مع القيم الحقيقية وذلك بالنسبة لحالة الدراسة.

الجدول (3) قيم الجذر التربيعي لمتوسط مربع الخطأ ومتوسط الخطأ المطلق لنماذج الشبكات العصبية الصنعية التي تم بناؤها

رقم الشبكة	عدد عصبونات الطبقة المخفية	RMSE (جذر متوسط مربع الخطأ)	MAE (متوسط الخطأ المطلق)
1	2	0.1327	0.0922
2	4	0.1353	0.0904
3	6	0.1166	0.0785
4	8	0.1238	0.0807
5	10	0.1319	0.0945
6	12	0.1245	0.085
7	14	0.1385	0.0955
8	16	0.1331	0.0934
9	18	0.1523	0.1056



الشكل (7) مخطط التنقيب عن البيانات لشبكة مؤشر المدة المكتسبة (EDI)

الاستنتاجات والتوصيات:

أثبت المستودع الذي تم بناؤه كفاءة عالية ودور مهم في عملية دعم قرارات التتبع في المشاريع الصناعية من خلال التنبؤ بقيم مؤشر المدة المكتسبة EDI في أية مرحلة زمنية من المشروع لكل فترة زمنية من دورة حياة المشروع بتقييم جيد، مع الأخذ بعين الاعتبار للمتعهدين ونوع المشروع، مما يشير إلى ضرورة إنشاء مستودعات لبيانات المشاريع في شركات التشييد من خلال تحديد مجموعة نظم العمليات التي سيتم استخلاص البيانات منها ومن ثم تحديد أبعاد النموذج ومحتويات جداول الحقيقة وأسس الربط.

– إمكانية الاستفادة من المنهج المفترض والاعتماد عليه في الدراسات اللاحقة المتخصصة في مجال بناء مستودعات البيانات لدعم قرارات التتبع في شركات التشييد لأجل أنواع المشاريع الأخرى 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 وضرورة التوجه إلى تطبيقها على المستوى المحلي لشركات التشييد بسبب أهميتها ودورها في دعم القرار على كافة السويات الإدارية للشركة فيما يتعلق بالمشاريع قيد الإنجاز والمراد تنفيذها مستقبلاً، وذلك من خلال تشكيل مستودعات للبيانات فيما يتعلق بالمشاريع السابقة للشركات واستخدام 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 المشاريع الصناعية.

References:

1- AHMAD, A; JRAD, F; and MAKIA, S. *A Data-Driven Approach To Supplier Selection In Industrial Construction Projects*. Journal of Duhok University, 2023. 26(2): 201-215.
2- AHMAD, A. M; JRAD, F; and MAKIA, S. *A predictive model for project progress index in EPC projects using data mining techniques.* International Journal of Masonry Research and Innovation, Special Issue on: ICCE-2022 Sustainable Solutions for Earthquake-Resistant Materials and Structures Balancing Environmental Impact and Structural Integrity, 2024. DOI: 10.1504/IJMRI.2024.10062324
3- ALSHIBANI, A. and MOSELHI, O. *Stochastic method for forecasting project time and cost*. Construction Research Congress, ASCE, 2012, 545-555.
4- ANBARI, F. T. *Earned value project management method and extensions*. Proj. Manag. J. 2003, 12–23.
5- ANDRADE, P. A. D; MARTENSB, A. and VANHOUCKE, M. *Using real project schedule data to compare earned schedule and earned duration management project time forecasting capabilities*. Automation in Construction, 2019. 99: 68-78.
6- BEALE, M. H; HAGAN M. T; DEMUTH H. B. N*eural Network Toolbox 7 User's Guide*. Version 7, Math works Inc, 2010, 951.
7- HASSAN, B; OMRAN, J; MAYA, R. *Methodology of Project Management Assessment and the Financial Effects of Its Practices*. Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies-Engineering Sciences Series, 2008. 30(1): 73-93.
8- JACOB, D. *Forecasting project schedule completion with earned value metrics*. The Measurable News. 2003, 7-9.
9- JRAD, F; MAKIEH, S; and AHMED, A. M. *Improving Subcontractor Selection process in Industrial Projects Using Data Mining Techniques.* Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies-Engineering Sciences Series, 2023. 45(5): 157-178.
10- JRAD, F; MAKIEH, S; and AHMED, A. M. *Developing a model for optimizing the allocation of labor resources in construction projects*. Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies-Engineering Sciences Series, 2019. 41(3): 447-466.
11- JUAN, Y. K. and LEE, P. H. *Applying data mining techniques to explore technology adoptions، grades and costs of green building projects*. Journal of Building Engineering, 2022. 45.
12- KHAMOOSHI, H; & GOLAFSHANI, H. EDM: *Earned Duration Management, a new approach to schedule performance management and measurement*. International Journal of Project Management, 2014. 32(6): 1019–1041. https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2013.11.002
13- KIM, E.; WELLS JR., W. G; and DUFFEY, M. R. *A model for effective implementation of Earned Value Management*. Int. J. Proj. Manag. 2003, 375–382.
14- LIPKE, W. *Connecting earned value to the schedule*. The Measurable News. 2004, 6-16.
15- LIPKE, W.; ZWIKAEL, O.; HENDERSON, K; and ANBARI, F. *Prediction of project outcome: the application of statistical methods to earned value management and earned schedule performance indexes*. Int. J. Proj. Manag, 2009. 27(4): 400-407.
16- NAENI, L. M; and SALEHIPOUR, A. *Evaluating fuzzy earned value indices and estimates by applying alpha cuts*. Expert Systems with Applications, 2011. 38: 8193-8198.
17- NARBAEV, T; and MARCO, A. D. *An Earned Schedule-based regression model to improve cost estimate at completion*. International Journal of Project Management, 2013.
18- NARBAEV, T; and MARCO, A. D. *Combination of growth model and earned schedule to forecast project cost at completion*. J. Constr. Eng. Manag, 2014. 140(1).

19- PAJARES, J; and PAREDES, A. L. *An extension of the EVM analysis for project monitoring: The Cost Control Index and the Schedule Control Index*. International Journal of Project Management, 2011. 29: 615-621.
20- PMI (Project Management Institute). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide)*, 7th Ed., New York. 2021.
21- VANDEVOORDE, S; and VANHOUCKE, M. *A simulation and evaluation of earned value metrics to forecast the project duration*. Journal of the Operational Research Society, 2007. 58: 1361-1374.