Journal of Al-Azhar University Engineering Sector

Vol. 19, No. 70, January 2024, 274 - 283

Diagnosing And Identifying The Causes Of Failure Of Wastewater Treatment Plant Projects Using Root Cause Analysis Technology

Mohammed Shaban[1], Awad S. Hasan[1], Faiq M. S. Al-Zwainy[*, 2]

[1]Sudan University of Science and Technology, Sudan.
[2]Forensic DNA Center for Research and Training, Al-Nahrain University, Baghdad, Iraq
***Correspondence:** faiqalzwainy@gmail.com

Citation:
M.Shaban, A.S. Hasan, and F.M. Al-Zwainy, "Diagnosing And Identifying The Causes Of Failure Of Wastewater Treatment Plant Projects Using Root Cause Analysis Technology", Journal of Al-Azhar University Engineering Sector, vol. 19, pp. 274-283, 2024.

Received: 27 September 2023
Revised: 14 December 2023
Accepted: 24 December 2023

DOI:10.21608/auej.2023.233967.1407

Copyright © 2024 by the authors. This article is an open access article distributed under the terms and conditions Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International Public License (CC BY-SA 4.0)

ABSTRACT

A meticulous monitoring of Wastewater Treatment Plant Projects in the early stages of their implementation in the Republic of Iraq is considered a crucial indicator of success in these projects. However, the reality indicates that these projects suffer from issues such as failure to complete them within the allocated time frame and budget. Data and information for this study were collected from Wastewater Treatment Plant Projects in Iraq. To identify the root causes of project failures, the Root Cause Analysis technique and associated tools were employed. The analysis revealed that the root causes are primarily attributed to three main sources. The first is related to the project owner, characterized by delays in handing over the work site to the contractor. The second source is linked to the contractor, marked by non-compliance with instructions issued by the supervising engineer representing the project owner. The third source is associated with contractual documents and is influenced by security conditions, including the outbreak of war or circumstances rendering the project unfeasible due to factors beyond the control of both parties.

KEYWORDS: Wastewater treatment projects, artificial neural networks, multiple linear regression, Support Vector Machines.

تشخيص وتحديد مسببات فشل مشاريع محطات معالجة مياه الصرف الصحي باستعمال تقنية تحليل المسبب الجذري

محمد شعبان منسي[1]، عوض سعد حسن محمد[1]، فائق محمد سرحان[2،*]

[1]كلية الهندسة، جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا، السودان
[2]مركز الدنا العدلي للبحث والتدريب، جامعة النهرين، العراق
***البريد الاليكتروني للباحث الرئيسي :** faiqalzwainy@gmail.com

الملخص

ان المتابعة الدقيقة في مشاريع محطات معالجة مياه الصرف الصحي في جمهورية العراق في المراحل المبكرة من عمر المشروع يعتبر مؤشراً لبداية النجاح في هذه المشاريع، لكن واقع الحال يشير الى ان هذه المشاريع تعاني من عدم اكمالها ضمن الوقت المحدد والميزانية المرصودة، جُمعت البيانات والمعلومات في هذه الدراسة من مشاريع محطات معالجة مياه الصرف الصحي في العراق. ومن اجل معرفة الاسباب الجذرية لحدوث الفشل في مشاريع محطات معالجة مياه الصرف الصحي، فقد تم استخدام تقنية تحليل المسبب الجذري والادوات المستخدمة معه، اذ وجد ان المسبب الجذري ينحصر في ثلاثة مصادر رئيسة احدهما متعلق بصاحب العمل وهو (تلكؤ صاحب العمل في تسليم موقع العمل الى المقاول) والاخرم متعلق بالمقاول وهو(عدم التزام المقاول بالتعليمات الصادرة من المهندس المشرف ممثل صاحب العمل) والاخير متعلق بمستندات المقاولة وهو (الظروف الأمنية كنشوب الحرب او لاستحالة تنفيذ العمل لأسباب خارج عن ارادة الطرفين).

الكلمات المفتاحية : مشاريع معالجة مياه الصرف الصحي، المسبب الجذري، المقاول، مخطط عظم السمكة، أداة باريتو، تقنية لماذا-لماذا.

1. المقدمة

ان إدارة مشاريع الانشائية بصورة عامة ومشاريع محطات معالجة مياه الصرف الصحي في جميع انحاء المعمورة تمثل تحديًا كبيراً لمدراء المشاريع المحترفين في سوق التشييد، وان التخطيط الفعال للمشاريع الانشائية ومنهجية التحكم والرقابة وفقًا لمتطلبات اصحاب المصلحة تمثل صمام امان لهذا المشاريع لإنجازها ضمن الوقت والموازنة المخطط لها [1]. والنظر لزيادة أعداد مشاريع محطات معالجة مياه الصرف

الصحي فقد أدي الي ظهور الكثير من المشاكل والصعوبات في إدارة هذه المشاريع، وتولدت ضبابية في الرؤية لدى الشركات الانشائية في إدارة هذه المشاريع نتيجة لعدم ترتيب الأولويات، وبالتالي ظهرت الحاجة الي الاهتمام بإدارة المشاريع محطات معالجة مياه الصرف الصحي ومنهجيتها بوصفها علمًا وفنًا، وليس مجرد قواعد ثابتة تصلح لكل المشاريع [2]. وقد برزت في جمهورية العراق مشكلة تعثر وتأخر شركات المقاولات في تسليم مشاريع محطات معالجة مياه الصرف الصحي في الوقت المحدد والكلفة المخطط لها، وبالنظر لطبيعة عمل الباحث بوصفه مهندساً مشرفاً ولأكثر من خمسة عشر عاما في مختلف المشاريع الانشائية ولاسيما في مشاريع محطات معالجة مياه الصرف الصحي، ونتيجة للتواصل المباشر مع العديد من اصحاب المصلحة في قطاع التشييد من خلال اللقاءات المباشرة والاجتماعات الرسمية والتي مكنت الباحث من تشخيص لمشكلة البحث وبلورتها، والتي تمثلت في أن هناك مؤشرات أولية تشير إلى أن الشركات العاملة في مجال إدارة مشاريع محطات معالجة مياه الصرف الصحي تفتقر إلي توفر المتطلبات اللازمة لتطبيق منهجية تقنية تحليل المسبب الجذري في مشاريع محطات معالجة مياه الصرف الصحي، ومع النمو والتطور التكنولوجي المتسارع ولاسيما في تطبيقات تقنية تحليل المسبب الجذري كتقنية جديده في قطاع التشييد لا سيما في جمهورية العراق، فانه يعد ضرورة ملحة لضمان نجاح الشركات الانشائية. وهنا تكمن أهمية هذا البحث في تطبيق تقنية تحليل المسبب الجذري لتشخيص وتحديد مسببات فشل مشاريع محطات معالجة مياه الصرف الصحي الواقعة تحت التنفيذ في جمهورية العراق، ومعرفة الوضع الحالي لأدائها، لما له من أهمية كبرى في تقديم الحلول التي يمكن أن تساعد في تنفيذ هذه المشاريع على أسس موحدة وإجراءات واضحة ودقيقة، فضلاً عن تركيز الرقابة والمتابعة على هذه المشاريع لتفادي تعثرها، والعمل على زيادة نجاحها وتقليل المخاطر من فشلها. وقد تضمنت مجالات البحث في هذه الدراسة بثلاث مجالات متنوعة وهي المجال البشري فقد تمثل بمدراء المشاريع الانشائية والمهندسين المقيمين والمخططين واصحاب العمل والمقاولين في محافظة الانبار في جمهورية العراق، اما المجال الثاني فهو المجال الزماني وتمثل بالمدة من (15/اب/2021) ولغاية (15/اب/ 2022)، في حين حُدد المجال المكاني بمشروع محطة معالجة مياه الصرف الصحي في محافظة الانبار في جمهورية العراق.

2. تقنية تحليل المسبب الجذري

تمثل المشكلات جزءًا رئيساً ومحتماً في المشاريع الانشائية، بسبب الظروف أو الأحداث غير المتوقعة التي تواجه هذه المشاريع، ولأنّ أصحاب المصلحة لا يريدون لهذه المشاكل التأثير على المشروع سلبًا، فإنهم يعملون جاهدين لإيجاد الحلول المناسبة لها، لكن في الحقيقة هذا لا يضمن عدم تكرارها مرة أخرى مستقبلًا، لذا من المهم التفكير في استخدام طرق أكثر فاعلية، يمكن من خلالها التخلص من المشكلة بتحليل الأسباب الجذرية لها، والوصول إلى الحل الذي يجعلها تختفي للأبد، وهناك عدة تعاريف لتقنية المسبب الجذري ومن اهمها ما يلي [3]:

1) تحليل المسبب الجذري (Root Cause Analysis) ويُعرف اختصاراً (RCA) هو تقنية معينة يمكن استخدامها لاكتشاف المشكلات وإصلاحها. وباستخدام هذه التقنية، يمكن تحليل المشكلة من خلال مجموعة معينة من الخطوات لتحديد السبب الأساسي للمشكلة. ويعتمد تحليل السبب الجذري على مبدأ أنه ليس من المفيد أن تعالج أعراض المشكلة في حين تتجاهل جذورها.
2) ان تحليل المسبب الجذري (RCA) هو عبارة عن طريقة لحل المشكلات يتم استخدامها لتحديد السبب الدقيق للمشكلة، وعندما تتم إزالة هذا السبب فإنه يمنع حدوث التأثير غير المرغوب فيه النهائي.
3) تعرف تقنية تحليل المسبب الجذري بأنها عملية تحديد الاسباب الجذرية للمشكلة من خلال هيكل تنظيمي وتحديد الاستراتيجيات الوقائية للمشكلة.
4) وتعُرف ايضا بأنها عملية تحديد العوامل المسببة لمشكلة ما باستخدام منهجية منظمة مع تقنيات معدة لتوفير التركيز لتحديد وحل تلك المشكلة، وتسمى الأدوات التي تساعد المجموعات الأفراد في تحديد الاسباب الجذرية للمشاكل بأدوات تحليل السبب الجذري.

لقد وجدت اصول هذه التقنية في حقل الصناعة وطورت من قبل المخترع الياباني ساكيشي تويودا (Sakichi Toyoda) في عام 1930 واستخدمت داخل اروقة شركة (Toyota motor) خلال تطوير منهجيات انتاجها، وأصبحت تستخدم بشكل شائع في منهجية المرونة التي تتبعها العديد من الشركات الناشئة في العمل[4] . وهناك سبعة انواع رئيسة من العوامل المسببة للمشاكل بصورة عامة وهي كما يأتي مشاكل المواد ومشاكل المعدات ومشاكل القوانين والتشريعات والاخطاء البشرية ومشاكل التصميم ونقص التدريب ومشاكل الإدارة، ويتمثل الغرض من تقنية تحليل السبب الجذري في معرفة ما يأتي[5] :

1) تحديد المشكلة.
2) لماذا حدثت تلك المشكلة).
3) ما يجب القيام به لمنع حدوث هذه المشكلة مرة اخرى.

3. منهجية تقنية تحليل المسبب الجذري

يمكن الاعتماد على تقنية تحليل المسبب الجذري كجزء رئيس في التعامل مع المشكلات في المشاريع الانشائية، لكن يحتاج هذا إلى مجموعة من الخطوات المتتابعة التي يمكن القيام بها، والتي من شأنها مساعدة في إيجاد الحلول الجذرية للمشكلة وليس مجرد حل مؤقت، وتتضمن منهجية تقنية تحليل المسبب الجذري أربع خطوات اساسية وكما مبين في ادناه[6] [7]:

1) جمع البيانات: الخطوة الاولى في عملية تحليل المسبب الجذري هي جمع البيانات، حيث لا يمكن اجراء عملية التحليل بدون معرفة البيانات والمعلومات الكاملة عن الحدث وفهمه، والعوامل المسببة والاسباب الجذرية له.
2) رسم تخطيطي للعوامل المسببة: الخطوة الثانية هي توفير الرسم للقائمين على عملية تحليل المسبب الجذري هيكل لتنظيم وتحليل المعلومات التي تم جمعها وتحديد الثغرات والخلل في المعرفة مع تقديم التحليل. ان رسم العامل المسبب هو مجرد رسم تخطيطي متسلسل مع اختبارات منطقية يصف الاحداث التي تؤدي الى ظهور المشكلة فضلاً عن الظروف المحيطة بتلك الاحداث.

3) تشخيص المسبب الجذري: بعد تحديد كل العوامل المسببة للمشكلة يبدأ المحللون بتحديد المسبب الجذري، وتتضمن هذه الخطوة استخدام رسم بياني للقرار يسمى خريطة المسبب الجذري لتحديد السبب او الاسباب الكامنة وراء كل عامل مسبب، وان معرفة الاسباب الجذرية تساعد المحللين في تحديد اسباب الحدث الحاصل وبالتالي معالجته.
4) التوصيات والتطبيق: ان الخطوة الرابعة والاخيرة في عملية تحليل المسبب الجذري هي التوصيات، فبعد التعرف على الاسباب الجذرية للعامل المسبب يجب طرح التوصيات التي تم التوصل اليها لمنع تكرار الحدث او المشكلة في المستقبل. ويكون القائم على عملية تحليل السبب الجذري في كثير من الاحيان غير مسؤول عن تطبيق التوصيات الناتجة عن التحليل، وعليه ان عدم تطبيق التوصيات سيؤدي الى ضياع الجهد المبذول على انجاز عملية تحليل السبب الجذري.

4. ادوات تقنية تحليل المسبب الجذري

هناك العديد من أدوات تحليل الأسباب الجذرية التي يمكن استخدامها للتحقيق في المشكلات التي تؤدي إلى مشكلة وللوصول الى حل جذري، ومن اهم هذه الأدوات ما يأتي [8] :

1) العصف الذهني (Brainstorming): هي اداة تهدف الى خلق أكبر عدد ممكن من الافكار في مدة زمنية قصيرة وتقدم العديد من المعالجات المختلفة، وتتم عادة في مجموعات صغيرة، التي تركز على طرح الافكار او الحلول للمشكلة، وتعد أداة سريعة وسهلة الاستخدام تتطلب الحد الادنى من الموارد ولا تحتاج الى اي تحليل احصائي ولها القدرة على اشراك العديد من اصحاب المصلحة في المشروع الانشائي وبالتالي طرح افكار متنوعة. ان الغرض الرئيس من ذلك هو ليس فقط تحديد السبب الجذري الاكثر وضوحا ولكن ايضا لتحديد اي مشاكل اساسية محتملة الوقوع، وتكون جلسات العصف الذهني اكثر نفعاً عندما تقدم الكثير من الافكار بدون مناقشة لكون التصنيف والتفضيل يحدث عندما يتم اختيار الاساليب والادوات.
2) مخطط السبب والنتيجة (Cause and effect): وهو اداة مفيدة تساعد على تحديد وفرز وعرض اسباب مشكلة معينة، الامر الذي يسهل عملية متابعتها والعمل على معالجتها، وتوفر هذه الاداة طريقة منهجية للنظر في النتائج والاسباب التي ادت او أسهمت في تلك المشكلة، وبسبب وظيفة هذه الاداة سميت بمخطط السبب والنتيجة. ويسمى ايضا بمخطط (Ashikawa) نسبة الى الخبير الياباني الاحصائي ايشيكاوا (Kaoru Ashikawa) الذي استخدم هذا المخطط عام 1960، وتصميم المخطط يشبه الى حد ما الهيكل العظمي للسمكة ويكون تمثيله بسيطاً من خلال خطوط مائلة تتكأ على المحور الافقي تشير الى الاسباب الرئيسة المتعددة والاسباب الفرعية التي تخرج منها.
3) مخطط بريتو (Pareto diagram) : وهو اداة احصائية مفيدة لتحديد الاسباب الاساسية للمشكلة وسمي بهذا الاسم نسبة الى الاقتصادي وعالم الاجتماع الايطالي فاليرفيد بريتو (Vilfred Pareto) الذي طور نظرية ان الاكثرية من المشاكل تنتج عن الاقلية من الاسباب (اي 80% من المشاكل تنتج عن 20% من الاسباب) وتكمن اهمية هذا المخطط في انه يساعد المؤسسات في تقرير اين تخصص مواردها المحدودة عن طريق تميز القليل المهم من الكثير العادي، ويكون لمخطط بريتو خطان عموديان، الخط في الجانب الايسر يوضح التكرار والخط في الجانب الايمن يوضح النسبة المئوية للتكرار المتراكم ويحدد المنحني التكراري المتراكم والعوامل الحيوية التي تحتاج الى انتباه وعناية من قبل الادارة.
4) اداة (لماذا- لماذا) (why-why): وهي اداة بسيطة لحل مشكلة من خلال السؤال بـ(لماذا - لماذا) خمس مرات من اجل الوصول الى السبب الجذري او الاسباب التي ادت الى وجود تلك المشكلة. وتعد هذه الاداة واحدة من ادوات نظام الجودة الاكثر شيوعا بل هي وسيلة بسيطة ومنهجية لتحديد السبب الجذري للمشكلة، وتكمن القيمة الحقيقية لهذه التقنية في ايجاد وحل السبب الكامن وراء هذه المشكلة وليس فقط البحث عن الاعراض، ومن خلال حل ذلك السبب يمكن التأكد عدم حدوث المشكلة مرة اخرى في المستقبل مما يوفر الوقت والمال والجهد، وتكمن مزايا اداة (لماذا- لماذا) فيما يأتي[9] :

أ- الكشف عن السبب الجذري لحادثة او مشكلة معينة.
ب- تقييم مشاكل او حوادث فعلية من قبل ذوي الخبرة، وليست حالات افتراضية.
ج- تحديد الحلول الفعالة او اتخاذ الاجراءات الوقائية.
د- سهلة التطبيق لا تحتاج الى اي عملية احصائية.

5. تطبيق ادوات تحليل المسبب الجذري في مشاريع محطات معالجة مياه الصرف الصحي

يتم في هذه الدراسة استخدام الأدوات (العصف الذهني، ومخطط عظم السمكة، ومخطط باريتو، ولماذا-لماذا، والسيناريو المستقبلي) لتحليل الاسباب الجذرية لانحراف الكلف والمدد الفعلية عن الكلف والمدد المخطط لها في مشاريع محطات معالجة مياه الصرف الصحي في جمهورية العراق للمدة من 2014 ولغاية 2021 وهي مدة التعافي بعد حدوث النزاعات والحروب، ولتطبيق هذه الادوات لابد من اتباع الخطوات الاتية:

اولاً: - جمع البيانات:

استخدم الباحث أداة العصف الذهني في جمع البيانات لمعرفة مصادر فشل مشاريع محطات معالجة مياه الصرف الصحي في جمهورية العراق من ناحية انحراف الكلف والمدد الفعلية عن الكلف والمدد المخططة لها، ويُمكن تعريف العصف الذهني بالإنجليزية: (Brainstorming) بأنه عملية استحداث كمية ضخمة من الأفكار التي يتم إنتاجها من خلال عملية منظمة ذات قواعد واضحة، ويرتبط إيجاد هذه الأفكار وتدوينها بجعل العقل مُنفتحاً دون أي قيود تَحدّ من إطلاق العنان لقدرته على التفكير، فالعصف الذهني هو طريقة يُمكن اتباعها لاستنباط الأفكار أو حتى ترتيبها وذلك عند شعور الإنسان بعدم قدرته على إيجاد أفكار جديدة خلاقة أو عند افتقاره للإلهام الذي يجعله يستطيع الخروج بمثل تلك الأفكار، ولا يُعد العصف الذهني طريقة لإيجاد أفكار جديدة فقط، بل هو إحدى الطرق غير التقليدية التي يستطيع الإنسان من خلالها إيجاد نقاط مُتخصصة تُشير إلى الموضوع العام الذي يُفكر به، فيُمكن اتباع هذا الأسلوب العلمي عند احتواء عقل الإنسان على العديد من الأفكار التي يرغب بتضييق نطاقها وتخصيصها أكثر فأكثر، أو حتى إعادة ترتيبها لتظهر بشكل مُفيد، أو حتى إيجاد العلاقة المُشتركة فيما بين هذه الأفكار بشكل يسمح للشخص البدء بالتخطيط السليم للمهمة التي يُفكر بها.

ان تطبيق اداة العصف الذهني في تحديد اهم الاسباب المؤثرة في انحراف الكلف والمدد في مشاريع محطات معالجة مياه الصرف الصحي يتطلب تشخيص هذه الاسباب المؤثرة بعناية كبيرة. في هذه الدراسة استخدم الباحثة المنهج التجريبي لملاءمته لمشكلة البحث، وتم تحديد مجتمع البحث بأصحاب المصلحة ذوي الخبرة العلمية والمهنية في إدارة المشاريع من مدراء مشاريع ومخططين ومقاولين والاستشاريين

والبالغ عددهم عشرة افراد تم اختيارهم بالطريقة العمدية، ثم اعد الباحث الخطة التعليمية وفق اسلوب العصف الذهني وبواقع خمسة جلسات حضورية وخمسة جلسات الكترونية وبواقه ستون دقيقه لكل جلسة وللمدة من 10- كانون الثاني-2022 ولغاية 10-شباط-2022، ويبين الجدول (1) المؤهلات العلمية والمهنية لعينة العصف الذهني.

جدول (1) يوضح المؤهلات العلمية والمهنية مع ذوي الخبرة العلمية

ت	الاسم	الخبرة (سنة)	التخصص	الشهادة	مكان العمل
أ	**وزارة التعليم العالي والبحث العلمي العراقية**				
1	فراس خيري جابر	30	هندسة مدني	دكتوراه	الجامعة التقنية الوسطى
2	جمعة عواد حمد	20	هندسة مدني	دكتوراه	جامعة الانبار/ قسم الهندسة المدنية
3	صدقي رزوقي	33	هندسة مدني	دكتوراه	جامعة بغداد/ قسم الهندسة المدنية
4	هادي صالح مجول	25	هندسة مدني	دكتوراه	الجامعة المستنصرية/ قسم الهندسة البيئية
5	طارق عبد المجيد	22	هندسة مدني	دكتوراه	الجامعة التكنولوجية/ قسم الهندسة المدنية
ب	**وزارة الإعمار والإسكان والبلديات والأشغال العامة**				
1	امل سعدي عواد	15	هندسة مدني	دكتوراه	مديرية مجاري الانبار
2	عبد المجيد حميد علي	18	هندسة ميكانيك	ماجستير	مديرية مجاري الانبار
3	محمد عبد حسين نصيف	15	هندسة ميكانيك	ماجستير	مديرية مجاري الانبار
4	واثق عايد عساف	16	هندسة مدنية	بكالوريوس	مديرية مجاري الانبار
5	مثنى حميد فهد	15	هندسة كهرباء	بكالوريوس	مديرية مجاري الانبار

وقد تركزت الاسئلة التي وضعها الباحث على ما يأتي:

1) ما اسباب انحراف الكلف الفعلية عن الكلف المخطط لها في مشاريع محطات معالجة مياه الصرف الصحي في العراق؟
2) ما اسباب انحراف المدد الفعلية عن المدد المخطط لها في مشاريع محطات معالجة مياه الصرف الصحي في العراق؟

في نهاية عملية العصف الذهني، تم استخلاص اسباب الفشل في مشاريع محطات معالجة مياه الصرف الصحي في العراق، يمكن تقسيم الاسباب الى أربعة مصادر رئيسية، وهذه المصادر هي:

1) **اسباب مصدرها صاحب العمل:** هذه الاسباب تحدث بسبب صاحب العمل نتيجة لإخلاله بالتزاماته التي نصت عليها الشروط العامة للمقاولات وتعليمات تنفيذ العقود الحكومية وهي كما موضحة في الجدول (2).

الجدول (2): اسباب مصدرها صاحب العمل

ت	الاسباب	التكرار	%
1	تلكؤ صاحب العمل في تسليم موقع العمل الى المقاول.	1	10
2	تلكؤ صاحب العمل بتسليم المخططات والمواصفات الفنية الى المقاول.	2	20
3	تلكؤ صاحب العمل في صرف المستحقات المالية للمقاول.	2	20
4	تلكؤ صاحب العمل في ازالة التجاوزات والعوائق التي تعترض اعمال المقاول.	3	30
5	حصول توقفات في العمل بسبب صاحب العمل دون منح المقاول مدة اضافية. التأخير في تسوية المطالبات.	2	20

2) اسباب مصدرها المقاول: هذه الاسباب يسببها المقاول نتيجة لإخلاله بالتزاماته الفنية التي نصت عليها الشروط العامة للمقاولات، وكما مبين تفاصيلها في الجدول (3).

الجدول (3): اسباب مصدرها المقاول

ت	النزاعات	التكرار	%
1	تأخر المقاول في انجاز الاعمال الكلف بها حسب العقد.	5	50
2	رداءة جودة التنفيذ وبشكل مخالف للمواصفات الفنية.	3	30
3	عدم التزام المقاول بالتعليمات الصادرة من المهندس المشرف ممثل صاحب العمل.	1	10
4	عدم توفير المعدات والمواد الانشائية والايدي العاملة ضمن الجدول الزمني لتقدم العمل.	1	10

3) اسباب مصدرها مستندات المقاولة: وهذه الاسباب منشأها الخلل في مستندات المقاولة وكما مبين تفاصيلها في الجدول (4).

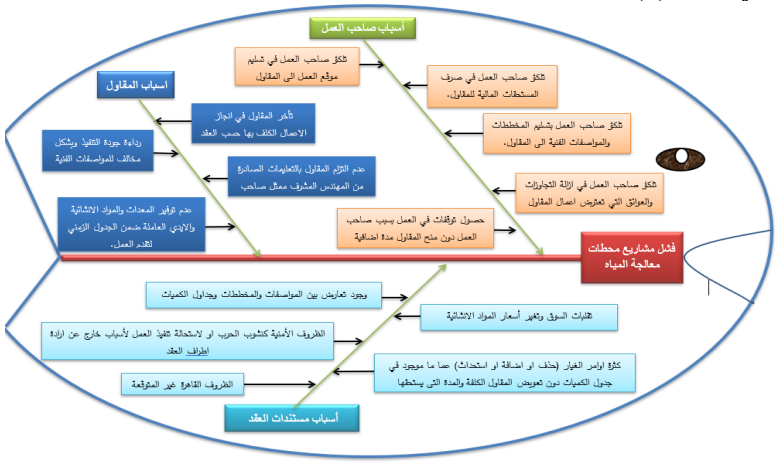
الجدول (4): اسباب مصدرها مستندات المقاولة

ت	اسباب	التكرار	%
1	كثرة اوامر الغيار (حذف او اضافة او استحداث) عما ما موجود في جدول الكميات دون تعويض المقاول الكلفة والمدة التي يستحقها.	5	50
2	تقلبات السوق وتغير أسعار المواد الانشائية	2	20
3	الظروف الأمنية كنشوب الحرب او لاستحالة تنفيذ العمل لأسباب خارج عن ارادة الطرفين	1	10
4	الظروف القاهرة غير المتوقعة.	1	10
5	وجود تعارض بين المواصفات والمخططات وجداول الكميات.	1	10

ثانياً: - المخططات التوضيحية للأسباب الرئيسة.

بعد ان تم تشخيص وتحديد مصادر أسباب فشل مشاريع محطات معالجة مياه الصرف الصحي بثلاثة مصادر رئيسة وهي أسباب مصدرها صاحب العمل وأسباب مصدرها المقاول وأسباب مصدرها مستندات المقاولة، تأتي الخطوة القادمة ببيان الأسباب الفرعية من خلال أداة السبب والنتيجة، اذ ان مخطط عظمة السمكة (ايشكاوا) أو كما يسمى مخطط السبب والتأثير هو الشكل النهائي للأسباب الرئيسة والثانوية، ويمثل رأس السمكة المشكلة الأساسية وهي (فشل مشاريع محطات معالجة مياه الصرف الصحي)، وكل عظمة فرعية من العمود الفقري يمثل الاسباب الرئيسة لهذه المشكلة. وتعد أداة عظمة السمكة أداة رائعة لتحليل المشكلات بمشاركة أصحاب المصلحة عن هذه المشكلة، اذ ان هذه الأداة تساعد على تحليل وإيجاد جميع المشكلات مهما كانت صغيرة أو كبيرة والتي قد تكون هي السبب الرئيسة المؤثر للمشكلة الكبيرة [10]، وتتمثل خطوات المتبعة في هذه الدراسة لتصميم أداة عظمة السمكة بما يلي: -

1) تم تحديد المشكلة المراد دراستها بشكل دقيق وواضح من قبل أصحاب المصلحة في مشاريع محطات معالجة مياه الصرف الصحي، وكان هناك اتفاقٌ بين جميع أعضاء فريق العمل على المشكلة المختارة وهي فشل هذه المشاريع فيما يخص انحراف الكلف والمدد الفعلية عن الكلف والمدد المخطط لها.
2) تم رسم مخطط عظم السمكة ابتداءً برسم مستطيل في الجانب الأيسر، وقد دُون بداخله المشكلة الرئيسة، وكذلك تم رسم ثلاث مستطيلات فوق وتحت الخط المركزي تمثل الأسباب الرئيسة للمشكلة، ثم تم رسم أسهم فرعية تشير إلى الأسباب الفرعية لكل سبب رئيس، وكما مبين في الشكل (1).



الشكل (1): مخطط عظم السمكة لتحليل أسباب فشل مشاريع محطات معالجة مياه الصرف الصحي

بعد اكمال رسم أداة السبب والنتيجة (عظم السمكة)، تأتي مرحلة تصميم أداة باريتو او مخطط باريتو (Pareto Diagram)، مخطط باريتو ويعرف أيضًا بـ (تحليل باريتو) عبارة عن أداة تحليلية تتخذ شكل رسم بياني بالأعمدة والمنحنى، يستخدم مخطط باريتو في هذه الدراسة لتحديد حجم الأسباب او المسببات الأكثر تأثيرًا على أداء مشاريع محطات معالجة مياه الصرف الصحي من حيث الوقت والكلفة، اذ تم تصنف الأسباب او المسببات إلى صنفين رئيسيين هما: القلة المؤثرة والكثرة قليلة التأثير، وان الغرض من هذا المخطط، هو فصل وتمييز الأسباب او المسببات الأكثر أهمية عن تلك الأقل منها، أي تحديد موضع الخلل في إنجاز المشاريع بكل دقة مما يساعد على تركيز الجهود في أثناء اختيار وتطبيق الحلول الممكنة لتجاوز أسباب المشكلة. وعلى الرغم من بساطته، إلا أنه يمكن اعتبار مبدأ باريتو أحد أقوى وأهم أدوات حل المشكلات، فهو يضمن إجراء تقسيمات فرعية وتحليلات متعددة تسمح بالوصول إلى أكثر المشكلات تأثيرًا على صيرورة مشاريع محطات معالجة مياه الصرف الصحي والتي تستدعي قدرًا أكبر من الاهتمام، اذ يتيح تحليل باريتو معرفة المشكلات التي تستدعي اهتمامًا أكبر من قبل أصحاب المصلحة، فهو وسيلة فعالة من أجل تحديد أولويات التدخل مما يسهم في تحسين الوضع في هذه المشاريع. لقد اتبع الباحث المنهجية المبينة في ادناه لرسم مخطط باريتو وبالاعتماد على برنامج (Mini-Tab v.17) وكالاتي:

1) اعداد جدول يتكون من ثلاث خانات، نخصص الخانة الأولى لسرد الأسباب او المسببات (المشاكل) والتي تم إيجاده في مرحلة جمع البيانات، والخانة الثانية والاخيرة لعدد تكرارها ثم الخانة الثالثة للنسبة المئوية لكل سبب او مسبب، وكما موضح في الجدول (5).

جدول (5) تكرار والنسبة المئوية للأسباب

ت	الاسباب	التكرار	%
	اسباب مصدرها صاحب العمل		
1	تلكؤ صاحب العمل في تسليم موقع العمل الى المقاول.	1	3
2	تلكؤ صاحب العمل بتسليم المخططات والمواصفات الفنية الى المقاول.	2	7
3	تلكؤ صاحب العمل في صرف المستحقات المالية للمقاول.	2	7
4	تلكؤ صاحب العمل في ازالة التجاوزات والعوائق التي تعترض المقاول.	3	10
5	حصول توقفات في العمل بسبب صاحب العمل دون منح المقاول مدة اضافية. (التأخير في تسوية المطالبات).	2	7
	اسباب مصدرها المقاول		
1	تأخر المقاول في انجاز الاعمال الكلف بها حسب العقد.	5	17
2	رداءة جودة التنفيذ وبشكل مخالف للمواصفات الفنية.	3	10
3	عدم التزام المقاول بالتعليمات الصادرة من المهندس المشرف ممثل صاحب العمل.	1	3
4	عدم توفير المعدات والمواد الانشائية والايدي العاملة ضمن الجدول الزمني لتقدم العمل.	1	3
	اسباب مصدرها مستندات المقاولة		
1	كثرة اوامر الغيار (حذف او اضافة او استحداث) عما ما موجود في جدول الكميات دون تعويض المقاول الكلفة والمدة التي يستحقها.	5	17
2	تقلبات السوق وتغير أسعار المواد الانشائية	2	7
3	الظروف الأمنية او استحالة تنفيذ العمل لأسباب خارج عن ارادة الطرفين	1	3
4	الظروف القاهرة غير المتوقعة.	1	3
5	وجود تعارض بين المواصفات والمخططات وجداول الكميات.	1	3

2) ترميز الأسباب لتسهيل إجراءات الرسم، ثم ترتيب الأسباب حسب حجم تكرارها من الأكثر تكرارا الى الأقل وهو ما يعكس أهميتها ودرجة تأثيرها، ومن ثم حساب النسبة المئوية التراكمية، وكما مبين في الجدول (6).

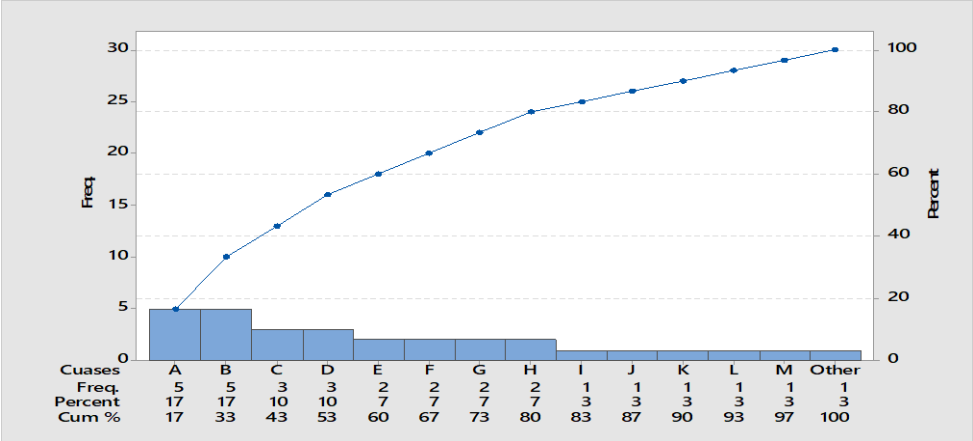
الجدول (6) النسب المئوية التراكمية

الرمز	الاسباب	التكرار	التكرار%	النسبة المئوية التراكمية%
A	تأخر المقاول في انجاز الاعمال الكلف بها حسب العقد.	5	17	17
B	كثرة اوامر الغيار (حذف او اضافة او استحداث) عما ما موجود في جدو الكميات دون تعويض المقاول الكلفة والمدة التي يستحقها.	5	17	34
C	تلكؤ صاحب العمل في ازالة التجاوزات والعوائق التي تعترض المقاول.	3	10	44
D	رداءة جودة التنفيذ وبشكل مخالف للمواصفات الفنية.	3	10	54
E	تلكؤ صاحب العمل بتسليم المخططات والمواصفات الفنية الى المقاول.	2	7	61
F	تلكؤ صاحب العمل في صرف المستحقات المالية للمقاول.	2	7	68
G	حصول توقفات في العمل بسبب صاحب العمل دون منح المقاول مدة اض (التأخير في تسوية المطالبات).	2	7	75
H	تقلبات السوق وتغير أسعار المواد الانشائية	2	7	82
I	تلكؤ صاحب العمل في تسليم موقع العمل الى المقاول.	1	3	85
J	عدم التزام المقاول بالتعليمات الصادرة من المهندس المشرف ممثل صاح العمل.	1	3	88
K	عدم توفير المعدات والمواد الانشائية والايدي العاملة ضمن الجدول الزم العمل.	1	3	91
L	الظروف الأمنية او استحالة تنفيذ العمل لأسباب خارج عن ارادة الطرفين	1	3	94
M	الظروف القاهرة غير المتوقعة.	1	3	97
N	وجود تعارض بين المواصفات والمخططات وجداول الكميات.	1	3	100
	المجموع	**30**	**100**	

3) رسم هيكل باريتو، اذ تم تخصص المحور الأفقي لترتيب الاسباب، والعمود الأيسر لنسبة التكرارات والعمود الأيمن للنسب المئوية التراكمية

4) رسم أعمدة الاسباب على شكل مستطيلات يمثل كل واحد منها سبباً واحدًا يتناسب طوله مع نسبة تكرار العيوب وذلك من الأكبر إلى الأصغر.

5) في منتصف كل عمود نرسم نقطة تمثل النسبة المئوية التراكمية، ثم نصل بين هذه النقاط للحصول على المنحنى، وكما مبين في الشكل (2).



الشكل (2). مخطط باريتو لتحليل أسباب فشل مشاريع محطات معالجة مياه الصرف الصحي

يركز مبدأ باريتو على أن 20% من العوامل تكون مسؤولة عن 80% من المشكلات، لهذا فان الـ 20% من الأسباب هي (تأخر المقاول في انجاز الاعمال الكلف بها حسب العقد) و(كثرة اوامر الغيار) وهي مسؤولة عن 80% من المشاكل التي تؤدي الى تخلف انجاز مشاريع محطات معالجة مياه الصرف الصحي ضمن الوقت والكلفة المخطط لهما، على الرغم من ذلك لا يمكن الاعتماد عليه في معرفة الأسباب الجذرية للمشكلة. فمثلًا يمكن أن يشير تحليل باريتو إلى أن 80 من المشاكل ناتجة عن (تأخر المقاول في انجاز الاعمال المكلف بها حسب العقد) و(كثرة اوامر الغيار)، في هذه الحالة تم التوصل إلى العامل الأساسي وراء الشكاوى غير أنه لا يمكن معرفة السبب الجذري لهذا التأخر.

استخدم الباحث اداة لماذا-لماذا او ما تسمى اللماذات الخمسة (5 Whys)، وهي اداة لتحليل مشكلة فشل مشاريع محطات معالجة مياه الصرف الصحي ومعرفة المسبب الجذري لانحراف هذه المشاريع كلفوياً وزمنياً[11] [12] [13]، اذ يمكن الاعتماد على أداة الـ(5 Whys) كجزء رئيس في التعامل مع الأسباب التي أدت الى فشل هذه المشاريع، لكن يحتاج هذا إلى مجموعة من الخطوات المتتابعة التي يمكن القيام بها، والتي من شأنها المساعدة في إيجاد الحل الجذري للمشكلة، وكما يأتي: -

1- **تحديد الفريق المسئول عن المشكلة:** قام الباحث بتحديد فريق العمل متمثلاً بأصحاب المصلحة ذوي الخبرة العلمية والمهنية في إدارة مشاريع محطات معالجة مياه الصرف الصحي من مدراء مشاريع ومخططين ومقاولين والاستشاريين العاملين في وزارة الإعمار و الإسكان و البلديات و الأشغال العامة/ المديرية العامة للمجاري/مديرية مجاري محافظة الانبار، والبالغ عددهم عشرة افراد تم اختيارهم بالطريقة العمدية والمبين تفاصيلهم بالجدول (7)، تم جمع فريق عمل من أقسام مختلفة داخل المشروع، اذ يمكن الاستفادة من المعرفة المختلفة لكل فرد، وكذلك ضمان الحصول على وجهات نظر متنوعة، وان هذا سيساعد في جمع المعلومات المطلوبة لفهم المشكلة جيدًا، وتحديد الأسباب من خلال وجود أكثر من رؤية للوضع.

الجدول (7). يوضح المؤهلات العلمية والمهنية مع الفريق المسئول عن المشكلة

ت	الاسم	الخبرة (سنة)	التخصص	الشهادة	مكان العمل
أ	وزارة التعليم العالي والبحث العلمي العراقية				
1	فراس خيري جابر	30	هندسة مدني	دكتوراه	الجامعة التقنية الوسطى
2	جمعة عواد حمد	20	هندسة مدني	دكتوراه	جامعة الانبار/ قسم الهندسة المدنية
3	صدقي رزوقي	33	هندسة مدني	دكتوراه	جامعة بغداد/ قسم الهندسة المدنية
4	هادي صالح مجول	25	هندسة مدني	دكتوراه	الجامعة المستنصرية/ قسم الهندسة البيئية
5	طارق عبد المجيد	22	هندسة مدني	دكتوراه	الجامعة التكنولوجية/ قسم الهندسة المدنية
ب	وزارة الإعمار والإسكان والبلديات والأشغال العامة				
1	امل سعدي عواد	15	هندسة مدني	دكتوراه	مديرية مجاري الانبار
2	عبد المجيد حميد علي	18	هندسة ميكانيك	ماجستير	مديرية مجاري الانبار
3	محمد عبد حسين نصيف	15	هندسة ميكانيك	ماجستير	مديرية مجاري الانبار
4	واثق عايد عساف	16	هندسة مدنية	بكالوريوس	مديرية مجاري الانبار
5	مثنى حميد فهد	15	هندسة كهرباء	بكالوريوس	مديرية مجاري الانبار

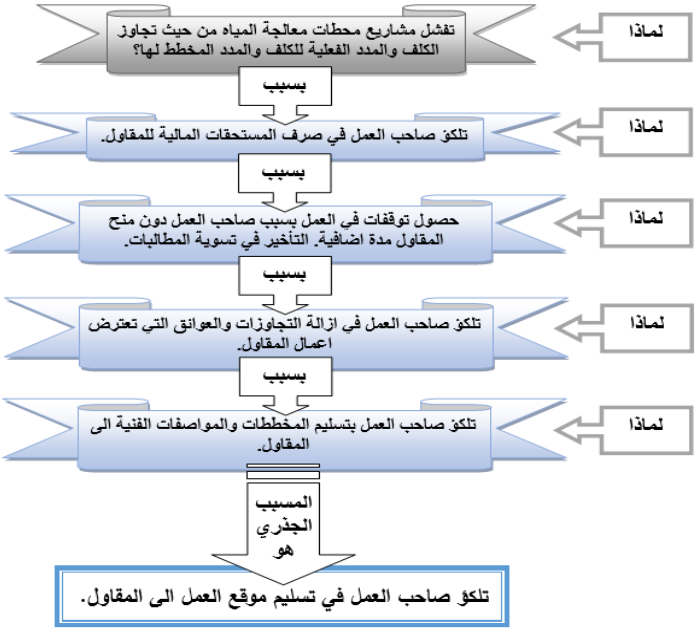
2- **تعريف المشكلة:** بعد تحديد فريق العمل، قام الباحث والذي يمثل رئيس الفريق بكتابة بيانا واضحا للمشكلة وهي (فشل مشاريع محطات معالجة مياه الصرف الصحي في تجاوز الكلف والمدد الفعلية للكلف والمدد المخطط لها)، اذ ان ذلك يساعد في تحديد النطاق الذي يجب البحث فيه عن الحلول، لأنّه كلما اتّسع نطاق العمل، أدى ذلك إلى المزيد من المجهود والوقت المستهلك في محاولة الوصول إلى الحل.

3- اسأل "لماذا": من المهم الحفاظ على طرح سؤال "لماذا" عدة مرات حسب الحاجة حتى يمكن تحديد السبب الجذري للمشكلة، ويفضل طرح السؤال خمس مرات فقط مع الأخذ في الاعتبار أنه ليس ضروريًا الاستمرار في السؤال الذي يبعدك عن الوصول إلى السبب الجذري، فالأسئلة لا تنتهي، مع الاخذ بنظر الاعتبار أنّه في بعض الأحيان قد يكون هناك أكثر من سبب جذري، وليس منطقيًا في هذه الحالة الاستمرار في مسار واحد، بل يمكنك إنشاء أكثر من مسار طبقًا لعدد الأسباب الجذرية التي وصلت إليها، بحيث يمكنك في النهاية التعامل معها جميعًا ضمن الحل، وتتلخص منهجية أداة (لماذا-لماذا) في الخطوات الاتية:

أ- طرح السؤال (لماذا) حدثت المشكلة، وتكرر صيغة السؤال خمس مرات حتى يتم تحديد وتشخيص السبب الجذري لهذه المشكلة.

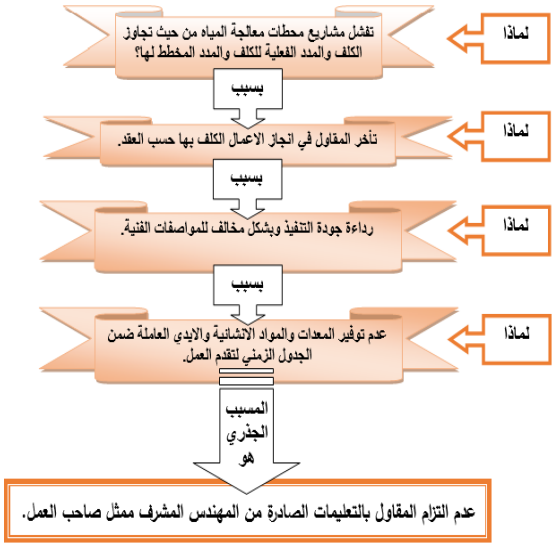
ب- تحديد وتطبيق الحلول المقترحة.

يوضح الشكل (3) المسبب الجذري لفشل مشاريع محطات معالجة مياه الصرف الصحي من حيث تجاوز الكلف والمدد الفعلية للكلف والمدد المخطط لها والتي يكون مصدرها صاحب العمل هو تلكؤ صاحب العمل في تسليم موقع العمل الى المقاول.



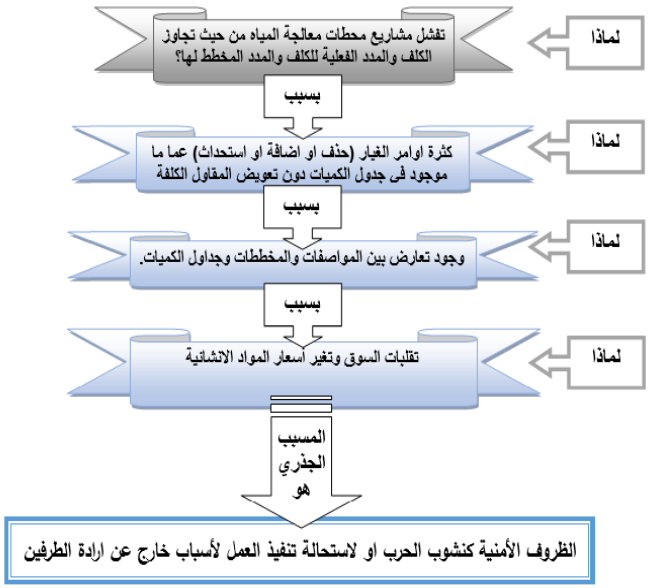
الشكل (3): المسبب الجذري لأسباب فشل مشاريع محطات معالجة مياه الصرف الصحي التي يكون مصدرها صاحب العمل

اما الشكل (4) فيوضح المسبب الجذري لفشل مشاريع محطات معالجة مياه الصرف الصحي من حيث تجاوز الكلف والمدد الفعلية للكلف والمدد المخطط لها والتي يكون مصدرها المقاول هو عدم التزام المقاول بالتعليمات الصادرة من المهندس المشرف ممثل صاحب العمل.



الشكل (4). المسبب الجذري لأسباب فشل مشاريع محطات معالجة مياه الصرف الصحي التي يكون مصدرها المقاول

يوضح الشكل (5) المسبب الجذري لفشل مشاريع محطات معالجة مياه الصرف الصحي من حيث تجاوز الكلف والمدد الفعلية للكلف والمدد المخطط لها والتي يكون مصدرها مستندات المقاولة هو الظروف الأمنية كنشوب الحرب او لاستحالة تنفيذ العمل لأسباب خارج عن ارادة الطرفين.



الشكل (5): المسبب الجذري لأسباب فشل مشاريع محطات معالجة مياه الصرف الصحي التي يكون مصدرها مستندات المقاولة

4- الإجراءات التصحيحية

يمكن الآن البدء في مناقشة الحل المناسب لهذه المشكلة، والذي يمكنه من منع حدوث المشكلة مرة أخرى في المستقبل، مع الالتزام بتحويل هذا الحل إلى إجراءات تصحيحية لتنفيذها في الواقع، فبعد ان تم التعرف على الاسباب الجذرية لفشل مشاريع محطات معالجة مياه الصرف الصحي فيما يخص تجاوز الكلف والمدد الفعلية للكلف والمدد المخطط لها، والتي يكون مصدرها صاحب العمل والمقاول ومستندات المقاولة، تأتي الخطوة اللاحقة في وضع الحلول او المعالجات الكفيلة لمنع حدوث او تكرار هذه الأسباب، ويقترح الباحث بعضاً من المقترحات بحكم خبرته الشخصية الممتدة لعشرين سنه في مشاريع محطات معالجة مياه الصرف الصحي وكالاتي:

أ- **التخطيط الذكي**: يساعد التخطيط الذكي على إبقاء أصحاب المصلحة على علم بتقدم العمل في مشاريع محطات معالجة مياه الصرف الصحي، إذ يجب أن يكون التخطيط الذكي عند البدء وقبل وقت التنفيذ وخلاله، وذلك لضمان نجاح المشروع، ويحافظ التخطيط الذكي على تركيز فريق المشروع وتحقيق الانسجام المثالي فيما بينهم، ويمكن أن يساعد الفريق على الوفاء بالمواعيد والتكاليف النهائية للإنجاز وفق ما مخطط له، إذ توجد العديد من الفوائد للتخطيط الذكي، فهو ينشئ نطاقًا زمنيًا وواقعيًا، كما يضمن دقة الوقت المنفذ ومعرفة التكاليف الفعلية، من خلال استخدام جدول زمني فعال؛ وذلك لتمكينها من إنشاء خطة إدارة جدولة مشروع وخطة إدارة تكاليف المشروع بكل سرعة وفعالية.

ب- **أصحاب المصلحة الأذكياء**: يجب أن يكون جميع موظفي المشروع الأساسيين وأصحاب المصلحة والخبراء جزءًا من ديناميكية الفريق، وبالتالي فإن أيّ استراتيجية يمكن أن تفشل أو تنهار دون وجود أصحاب المصلحة الأذكياء، وبالتالي يجب على جميع المشاركين الالتزام بواجباتهم، والسعي لتحقيق النجاح الشامل، ومن المهم أيضا تعيين أشخاص مناسبين لكل جانب من جوانب المشروع، والتأكد من أنهم يعملون بشكل مثالي، إذ يمكن أن يتعرض مدير المشروع لمشكلة خطيرة، فمن الممكن أن يؤدي الفريق غير المُتزامن أو القيادة غير الناجحة إلى العديد من المشاكل والمواجهات والوصول بالمشروع نحو الفشل، بالإضافة إلى ذلك يجب أن يكون كامل الفريق على علم تام ومشارك من أجل الحصول على نتيجة أكثر نجاحًا، وهذا يعني أن التواصل يجب أن يكون على قدم المساواة.

ت- **التقنيات الذكية لتخطيط ومتابعة المشاريع**: ان أهمية دعم استخدام تطبيقات وبرامج الذكاء الاصطناعي في مشاريع محطات معالجة مياه الصرف الصحي تكمن في رفع كفاءة الإنتاج وتوفير الوقت والجهد في أعمال التخطيط والتصميم والتنفيذ والرقابة مما يسهم في التحكم في التكلفة والسيطرة على الانفاق وتحديد آليات خفض التكلفة، ولقد تم شرحها بالتفصيل في الفصل الثالث من هذه الاطروحة.

5- قيّم النتائج

يرى الباحث إن التقييم الحقيقي للإجراءات التصحيحية المقترحة، هو وضعه موضع التنفيذ لمدة زمنية معينة، ثم بعد ذلك تتم عملية التحليل والنقد، من اجل اعتماد هذه الإجراءات التصحيحية أو تطويرها أو إلغائها، إذ تعتمد مرحلة التنفيذ للإجراءات التصحيحية المقترحة على المعلومات المرتدة عن التنفيذ في الجوانب الاتية؟

أ- هل أنتجت الإجراءات التصحيحية المقترحة الأهداف المرجوة منه؟

ب- هل تم تطبيق الإجراءات التصحيحية المقترحة بالشكل الصحيح؟

ت- هل تم تطبيق الإجراءات التصحيحية المقترحة بأسلوب سليم؟

وتمتد عملية التقييم لتشمل الجوانب الاتية:

أ- درجة تحقيق أهداف الشركة صاحبة العمل.

ب- التقييم الذاتي للأداء.

ت- التداعيات غير المتوقعة لتنفيذ البدائل.

بعد تجميع المجموعتين من العوامل للوصول إلى رؤية شاملة لتقييم الإجراءات التصحيحية المقترحة، ففي حالة وجود تقييم سلبي، يتم الرجوع إلى الخطوة الأولى وبخلافه يتم إصدار قرار من الجهات العليا لاعتماد هذه الإجراءات التصحيحية في إدارة مشاريع كمحطات معالجة مياه الصرف الصحي وهذا ما يتمناه الباحث على أن يتم بيان ذلك في بحث قادم إن شاء الله.

الاستنتاجات

تم في هذا البحث شرح مفهوم تحليل المسبب الجذري للمشكلة والادوات المستخدمة معه، وتطبيقه لإيجاد الاسباب الجذرية لحدوث الفشل في مشاريع محطات معالجة مياه الصرف الصحي في جمهورية العراق، ومن ثم وضع الحلول الوقائية المناسبة لها. هناك العديد من المشاكل المتعلقة بمشاريع محطات معالجة مياه الصرف الصحي، اذ وجد ان المسبب الجذري ينحصر في ثلاثة مصادر رئيسة احدهما متعلق بصاحب العمل وهو (تلكؤ صاحب العمل في تسليم موقع العمل الى المقاول) والاخرم متعلق بالمقاول وهو(عدم التزام المقاول بالتعليمات الصادرة من المهندس المشرف ممثل صاحب العمل) والاخير متعلق بمستندات المقاولة وهو (الظروف الأمنية كنشوب الحرب او لاستحالة تنفيذ العمل لأسباب خارج عن ارادة الطرفين).

الشكر والتقدير

يتقدم الباحثون بالشكر والتقدير لجامعة النهرين في العراق وجامعة العلوم والتكنولوجيا في السودان لدعمهم وتعاونهم مع الباحثون.

تضارب المنفعة

المؤلفون ليس لديهم أي تضارب في المنفعة فيما يتعلق بمحتوى هذه المقالة.

المصادر

[1] الزويني، فائق محمد سرحان، "منهجيات ادارة المشاريع"، الدار الجامعية للنشر والتوزيع، العراق، 2021.

[2] Al-Marsomi, M. S. K., & Al-Zwainy, F. M. S. (2023). Assessing obstacles in construction-phases for regional development programs RDPs. Asian Journal of Civil Engineering, 1-12.

[3] Al-Zwainy, F., Mohammed, I. A., & Varouqa, I. F. (2018). Diagnosing the causes of failure in the construction sector using root cause analysis technique. Journal of Engineering, 2018.

[4] MS AL-Zwainy, F., & Awad AL-Somaydaii, J. (2017). Statistical Evaluation of Value Engineering Criteria's in Sustainable Building Projects. Iraqi Journal of Civil Engineering, 11(3), 1-14.

[5] Al-Zwainy, F., Mohammed, I. A., & Varouqa, I. F. (2018). Diagnosing the causes of failure in the construction sector using root cause analysis technique. Journal of Engineering, 2018.

[6] Al-Zwainy, F. M., & Mezher, R. A. (2018). Diagnose the causes of cost deviation in highway construction projects by using root cause analysis techniques. Arabian journal for science and engineering, 43(4), 2001-2012.

[7] Raheem, S. H., & Al-Zwainy, F. M. (2020, November). Innovation of Analytical Software for Financing Construction Projects: Infrastructure Projects in Iraq as a Case Study. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 978, No. 1, p. 012015). IOP Publishing.

[8] Al-Zwainy, F., & Al-Marsomi, M. (2023). Structural equation modeling of critical success factors in the programs of development regional. Journal of Project Management, 8(2), 119-132.

[9] A. A. Hameed and F. M.S. AL-Zwainy, (2022). Statistical Evaluation of the Planning Process and Scheduling Management for Irrigation and Drainage Projects in the Republic of Iraq, Journal of Planner and development, 27(2), 19-47.

[10] QaraMohammed, H. N., & Al-Zwainy, F. M. S. (2021). Strategic Evaluation Plan and Improvement of Cement Plants (Iraqi Kurdistan Region - as a Case Study). Tikrit Journal of Engineering Sciences, 28(2), 124–136.

[11] Hameed, A. A., & Al-Zwainy, F. M. (2022). Development of duration estimation model for irrigation and drainage projects using neural Network. NeuroQuantology, 20(6), 3041.

[12] Ghazi, S., Al-Zwainy, F. M. S., & Manogaran, G. M. (2023). The Critical Review to Evaluate Performance of Ready-Mix Concrete Production Plant: Critical Review to Evaluate Performance of Concrete Plant. Al-Nahrain Journal for Engineering Sciences, 26(3), 205-215.

[13] Al-Zwainy, F., Shaban, M., & Hassan, A. (2023). Development intelligent prediction models for earned value indicators in wastewater treatment plants projects. Journal of Al-Azhar University Engineering Sector, 18(69), 1009-1029.