تحليل انماط الفشل والتأثير (FMEA) في دائرة الاعمار الهندسي

الباحث حيدر صباح الهاشمي

وزارة الاعمار والاسكان والبلديات العامة

المستخلص

يهدف البحث الحالي الى تحديد عناصر الفشل وفق (FMEA) ذات الاولوية للمعالجة، حيث تمثلت المشكلة التي تعاني منها دائرة الاعمار في ضعف تحديد مواطن الفشل وتأثيراته في العملية التصميمية، وما ترتب عليه من خسائر في المال والسمعة ناتجة من اعادة تصحيح المخططات التي جرى تسليمها للزبون، اما اهمية البحث جاءت بمساهمته في تمكين الدائرة المبحوثة لامتلاكها القدرة على التميز كونها تستخدم تقنيات متطورة لتحديد الفشل وتأثيره (FMEA)، وجرى تطبيق هذا البحث في دائرة الاعمار الهندسي، وبذلك فقد اعتمد الباحث على جمع البيانات والمعلومات من خلال المقابلات الشخصية وجلسات العصف الذهني مع فريق FMEA، وتمثلت ابرز استنتاجات البحث بـ لدائرة الاعمار اجراء خاص بادارة المخاطر يحدد المخاطر والتأثير والاحتمال في الاقسام ويقيمها بواسطة (مصفوفة الاحتمال والتأثير) لكنه لم يحدد جوانب الفشل في العملية التصميمية.

الكلمات المفتاحية: تحليل انماط الفشل والتأثير (FMEA) ، RPN درجة اولوية المخاطرة، S(تصنيف شدة الخطورة) ، P(تصنيف احتمالية الحدوث) ، D(تصنيف احتمالية الاكتشاف).

Abstract

The current research aims to identify the elements of failure according to (FMEA) that have priority for treatment, where the problem that the reconstruction department suffers from is the weakness of identifying the areas of failure and its effects in the design process, and the consequent losses in time and money resulting from re-correcting the plans that were delivered to the customer , As for the importance of the research came in its contribution to enabling the researched department to have the ability to distinguish as it uses advanced techniques to determine failure and its impact (FMEA), and this research was applied in the Engineering Reconstruction Department, and thus the researcher relied on data and information collection through personal interviews and brainstorming sessions with The FMEA team, and the most prominent conclusions of the research were represented by the Department of Construction, a risk management procedure that identifies the risks, impact and probability in the departments and evaluates them by (the probability and impact matrix), but it did not specify the aspects of failure in the design process.

Key words: Failure Mode And Effect Analysis (FMEA), RPN (Risk Priority Rating), S (Severity Rating), P (Likelihood Rating), D (Likelihood of Detection Rating).

المقدمة

ازدادت المنافسة بين المنظمات في الاونة الاخيرة لذلك اقتضى عليها ان توجه اهتمامها بعملياتها لسلامة المنتجات ومنع وقوع الاخطاء والفشل في العملية حيث يمكن لاداة FMEA من تحديد جوانب الفشل في العمليات لكونها تعتبر طريقة منهجية لتحديد ومنع مشاكل المنتج والعملية قبل حدوثها، و تركز FMEA على منع العيوب ، وتعزيز السلامة ، وزيادة رضا الزبون ، لذلك يتم إجراء FMEA في مرحلة تصميم المنتج ، ويمكن اعتماد هذا التحليل على السلع والخدمات الحالية لفوائده الكبيرة لمنع الفشل قبل حدوثه، وتعتبر FMEA أداة مميزة لتحسين الجودة و تحقيق ارباح كبيرة للمنظمات

بينما تقلل من الفشل المحتمل للسلع والخدمات، وتتطلب FMEA وقتًا وموارد بشرية ذات خبرة وكفاءة عالية، وذلك لاعتماد FMEA بصورة كبيرة على الفريق وهي بذلك تحتاج العديد من الأشخاص للمشاركة في عملية تحديد الفشل ، ان الهدف الرئيسي لعملية FMEA هو تحديد جميع الأنماط المحتملة لفشل المنتج او العملية، يمكن القول إن فشل المنتج يحدث عندما لا يعمل وفقًا للمتطلبات أو عندما لا يفي المنتج بأهداف الأداء المطلوبة على الرغم من أن المصمم يضمن أن المنتج يلبي جميع المتطلبات، و على الرغم من جميع الاحتياطات المتخذة الى ان هناك العديد من المواقف التي تسبب فشل المنتج والعملية. تُعرف كل طريقة يمكن تحديدها وتمييزها قد يفشل فيها المنتج باسم وضع الفشل. يؤثر كل وضع فشل على أداء العملية ، وسلامتها ، وموثوقيتها ، ويمكن أن يؤدي إلى فشل ذريع، ويعتبر كل تأثير محتمل له مخاطر نسبية مرتبطة به، لذلك تعتبر عملية FMEA طريقة لتحديد الإخفاقات والتأثيرات والمخاطر داخل عملية أو منتج ، ثم القضاء عليها أو تقليلها .

لغرض الاحاطة بالموضوع جرى تقسيم البحث الى اربعة مباحث تضمن المبحث الاول محورين ، وقد شمل المحور الاول منهجية البحث متضمنة (مشكلة البحث، واهميته، واهدافه، واسلوبه، والحدود ومصادر جمع المعلومات)، اما المحور الثاني فقد تضمن عرضاً لبعض الدراسات السابقة في مجال البحث، اما المبحث الثاني فأشتمل على الاطار النظري للبحث وتضمن عرضاً لـ (مفهوم انماط الفشل والتأثير، وفوائده ومراحل الثمانية لتحليل انماط الفشل والتأثير)، بينما خص المبحث الثالث عرضاً للجانب العملي للبحث ، والمبحث الرابع جاء باستنتاجات وتوصيات التي توصل لها البحث.

المبحث الاول/ منهجية البحث ودراسات سابقة

المحور الاول: منهجية البحث

اولاً: مشكلة البحث

تنبع مشكلة البحث من ضعف تحديد مواطن الفشل وتأثيراته للعملية التصميمية في دائرة الاعمار الهندسي ، وما ترتب عليه من خسائر في المال والسمعة ناتجة من اعادة تصحيح المخططات التصميمية التي جرى تسليمها للزبون ، ومن هنا يمكن بلورة مشكلة البحث بالتساؤلات التالية:

١- ماهو النظام المتبع او الالية التي تعتمدها دائرة الاعمار في تحديد الفشل في عملية تصميم المخططات الهندسية ؟

٢-هل الاسلوب المتبع من قبل دائرة الاعمار يؤمن الدقة في تحديد الفشل في عملية تصمييم المخططات الهندسية ام يمكن اعتماد تحليل (FMEA) للارتقاء بمستوى العملية المطلوب؟

٣- هل تحظى عناصر الفشل في عملية تصميم المخططات الهندسية في الدائرة المبحوثة بالتقييم المطلوب؟

٤- ما هي عناصر الفشل في عملية تصميم المخططات الهندسية ذات الاهمية وفق اداة FMEA ؟

ثانياً: اهمية البحث

يمكن بلورة اهمية البحث في النقاط الاتية:

١- يسهم البحث الحالي في تمكين الدائرة المبحوثة لامتلاك القدرة على التميز كونه يستخدم تقنيات متطورة لتحديد الفشل وتأثيره (FMEA) في العملية التصميمية.

٢- توجيه انظار الادارة العليا للدائرة الى دور (FMEA) في تحسين مستوى أداؤها لتركيزه على اهم عناصر الفشل وتاثيراته في عملية التصميم.

ثالثاً: اهداف البحث

يسعى البحث الى بلوغ الاهداف الاتية:

١- تحديد النظام المتبع لمعرفة الفشل في عملية تصميم المخططات الهندسية للدائرة البحوثة.

٢- مقارنة النظام المتبع في الدائرة لتحديد الفشل مع (FMEA) والوقوف على الافضل.

٣- معرفة كيفية تقييم عناصر الفشل في الدائرة.

٤- تحديد عناصر الفشل وفق (FMEA) ذات الاولوية للمعالجة .

رابعاً: اسلوب البحث

اعتمد البحث على منهج دراسة الحالة لتحليل انماط الفشل والتأثير (FMEA) في دائرة الاعمار الهندسي واجراء المقابلات الشخصية وعمليات العصف الذهني من اجل الحصول على البيانات والمعلومات المتعلقة بالبحث.

خامساً: حدود البحث

أ- الحدود الزمانية : ابتدأ البحث من (٢٠٢١/١٠/٥) الى (٢٠٢١/١١/٢١).

ب- الحدود المكانية: دائرة الاعمار الهندسي.

ج- الحدود البشرية: العاملون في شعبة ادارة الجودة وشعب الهندسة المعمارية والمدنية والخدمات وادارة المشاريع.

سادساً: مصادر جمع البيانات والمعلومات

تمثلت اساليب جمع البيانات والمعلومات اللازمة لانجاز البحث في:-
أ- **الجانب النظري**:- اعتمد الباحث على الكتب العربية، والانكليزية، والرسائل، والاطاريح، والدوريات العربية، فضلاً عن البحوث والكتب العربية والانكليزية المتاحة على شبكة الانترنت.
ب- **الجانب العملي**: تمثلت باجراء المقابلات الشخصية، واجراء الاجتماعات وجلسات العصف الذهني والاطلاع على الوثائق، والسجلات ذات الصلة بموضوع البحث، ثم تحليل تلك البيانات والمعلومات بواسطة اداة FMEA .

المحور الثاني: دراسات سابقة

1 - الدراسة	**(Turisova&Kadarova;2015)**
عنوان الدراسة / الموقع	Increasing the accuracy of the FMEA method زيادة دقة اسلوب FMEA / سلوفاكيا
مشكلة الدراسة	التقديرات الشخصية للمقيم واغفال بعض نقاط الفشل التي قد تكون مهمة .
اهداف الدراسة	تعديل طريقة FMEA مع التركيز على زيادة دقتها.
منهج الدراسة / اداة جمع البيانات	بحث نظري /الرسائل والمجلات.
اهم الاستنتاجات	الطريقة التي جرى تعديلها اكثر دقة من FMEA التقليدية لكنها بحاجة الى تدريب الافراد لكي يستطيعوا العمل فيها.
2 - الدراسة	**(Intra,et.al;2016)**
عنوان الدراسة / الموقع	Application of failure mode and effect analysis in an assisted reproduction technology laboratory تطبيق اسلوب تحليل الفشل والتأثير لمساعدة مختبر تقنية الانجاب
مشكلة الدراسة	عدم تطابق الخلايا او الاجنة .
اهداف الدراسة	تحديد نقاط الضعف وتحسين إجراءات العمل في مختبر IVF.
منهج الدراسة / اداة جمع البيانات	دراسة حالة /جلسات العصف الذهني للفريق.
اهم الاستنتاجات	تخضع هذه الدراسة للقيود العامة لطريقة FMEA ، مثل التجارب الشخصية للمشاركين و قد لا يتم التعرف بشكل كامل على جميع نواحي الفشل وتأثيراتها وقد يتم التقليل من شأن بعض الامور أو المبالغة في بعضها.

3- الدراسة	(Costa,et.al;2019)
عنوان الدراسة / الموقع	Failure mode and effect analysis in the preparation and dispensation of chemotherapy تحليل انماط الفشل والتاثير في تحضير وصرف العلاج الكيميائي/ أجريت الدراسة في وحدة العيادات الخارجية في مركز مرجعي للأورام في ناتال / البرازيل
مشكلة الدراسة	زيادة عدد الاخطاء في الرعاية الصحية ومايسببه من وفيات سنوية عالية في العيادات الخارجية .
اهداف الدراسة	إجراء تحليل لنمط الفشل والنتيجة (FMEA) لتحديد المخاطر المتعلقة بإعداد وصرف أدوية العلاج الكيميائي في العيادات الخارجية.
منهج الدراسة / اداة جمع البيانات	دراسة تطبيقية /بيانات وحدة العيادات الخارجية.
اهم الاستنتاجات	ترتبط عوامل المخاطر الرئيسية التي تم تحديدها لحدوث الأخطاء المتعلقة بإعداد الدواء بعوامل نفسية ، مثل عبء العمل الزائد ، والعوامل المتعلقة ببيئة العمل والتعليم الصحي القديم.

المبحث الثاني/ الجانب النظري

اولاً: مفهوم تحليل انماط الفشل والتأثير FMEA

FMEA هي منهجية مصممة لتحديد أنماط الفشل المعروفة والمحتملة وأسبابها وتأثيراتها على أداء النظام، و جرى استخدامها من قبل القوات المسلحة الأمريكية في عام ١٩٤٩ لتصنيف حالات الفشل "وفقًا لتأثيرها على نجاح المهمة المرتبط بسلامة الأفراد والمعدات". بعد ذلك ، جرى استخدامها في برنامج Apollo للطيران الذي قامت به وكالة ناسا في الستينيات(Zuniga,et.al,2020:25) .

يمكن النظر إلى FMEA كإجراء استباقي لتقييم العملية من خلال تحديد أين وكيف يمكن أن يحدث الفشل وتقييم التأثير النسبي للإخفاقات المختلفة على الرغم من أن الهدف الأساسي لـ FMEA هو تحسين تصميم النظام ، إلا أنه يمكن تطبيقه في أي مرحلة من مراحل العملية للتخفيف من المخاطر المستقبلية المحتملة الناتجة عن أوضاع الفشل، حيث يتم إجراء FMEA بواسطة فريق متعدد الوظائف من الخبراء المتخصصين الذين يقومون بتحليل النظام لتحديد نقاط الضعف واقتراح إجراءات التصحيح التي تمنع التأثير السلبي على أداء النظام في هذه المرحلة من المهم ملاحظة أن هدف FMEA هو تحديد الإخفاقات الحالية والمحتملة من خلال تقييم شخصي ومنهجي لتصنيف تلك الإخفاقات وفقًا لمقياس المخاطر(Carlson,2012:21)، لذلك تعرف الجمعية الأمريكية للجودة FMEA على أنها "طريقة لتحديد الفشل المحتمل في كل خطوة من خطوات التصميم أو التصنيع أو عملية التجميع أو السلعة أو الخدمة" (Pattnaik, 2015:339).

تعتبر FMEA طريقة مصممة من أجل:(Zuniga,et.al,2020:25-26)

١- تحديد والفهم الكامل لأنماط الفشل المحتملة وأسبابها ، وآثار الفشل على النظام أو المستخدمين النهائيين ، لمنتج أو عملية معينة.

٢- تقييم المخاطر المرتبطة بأنماط الفشل المحددة وآثاره وأسبابه ، وتحديد أولويات القضايا لاتخاذ إجراءات تصحيحية.

٣- تحديد وتنفيذ الإجراءات التصحيحية لمعالجة المخاوف الأكثر خطورة.

ثانياً: فوائد FMEA

لتحليل انماط الفشل والتأثير فوائد عديدة وهي: (Sangeetha,et.al,2016:136)

١- يوفر طريقة موثقة لاختيار تصميم ذي احتمالية عالية للتشغيل الامن بنجاح.

٢- يوفرطريقة موحدة وموثقة لتقييم آليات الفشل المحتملة ، وأنماط الفشل وتأثيرها على تشغيل النظام ، عن طريق تحديد قائمة بأنماط الفشل مرتبة وفقًا لخطورة تأثير النظام واحتمالية حدوثه.

٣- التحديد المبكر لنقاط الفشل الفردية ، والتي قد تكون حاسمة لنجاح العملية و / أو السلامة.

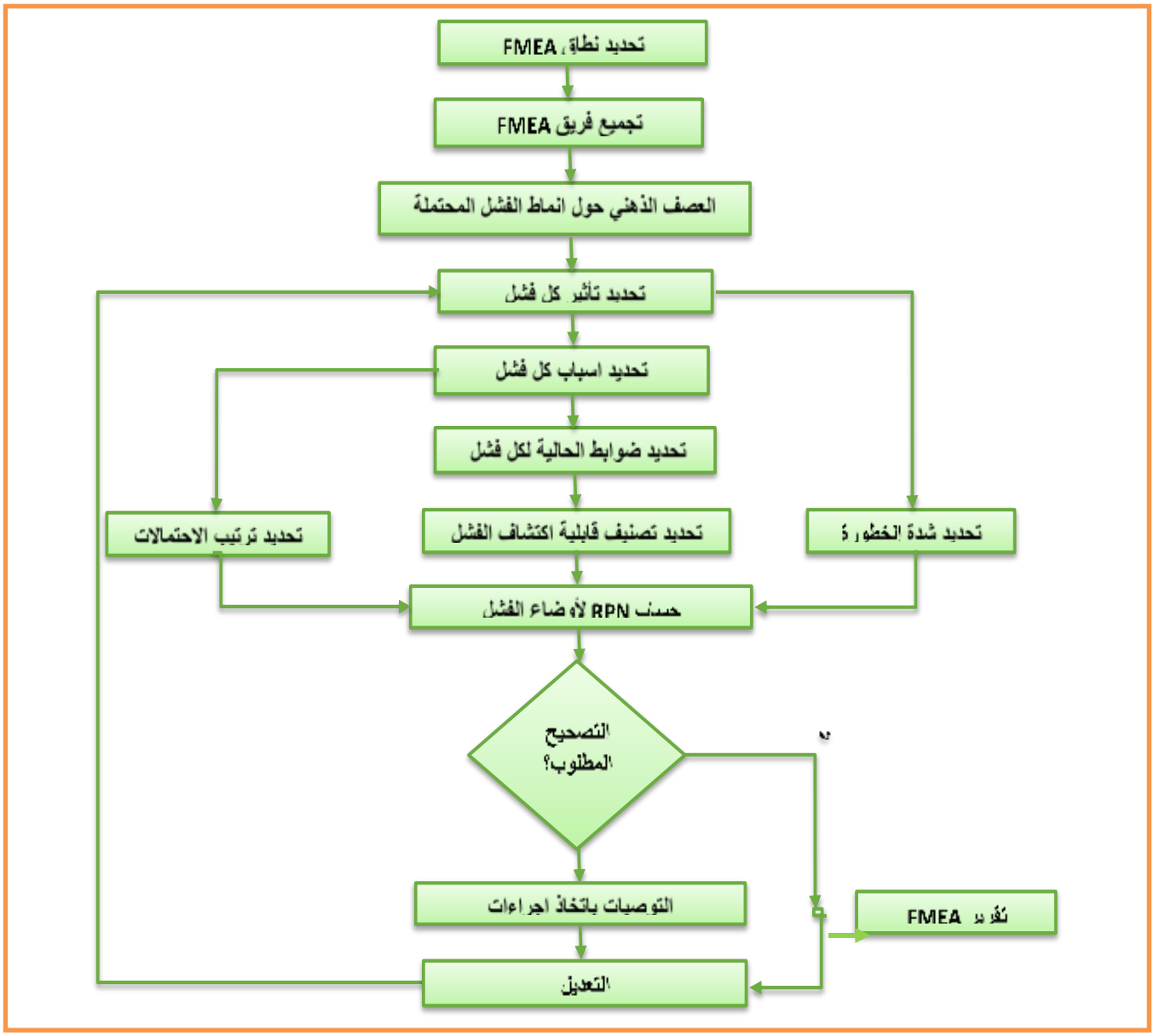
٤- طريقة فعالة لتقييم تأثير التغييرات المقترحة على التصميم و / أو الإجراءات التشغيلية على نجاح العملية وسلامتها.

٥- تعد أساس لوضع اجراءات استكشاف الأخطاء وإصلاحها وتحديد مواقع أجهزة مراقبة الأداء واكتشاف الأعطال.

٦- توفر اساس لوضع معايير التخطيط المبكر للاختبارات.

ثالثاً: خطوات تحليل انماط الفشل والتأثير FMEA

يوضح الشكل (١) خطوات تحليل انماط الفشل والتأثير :



الشكل (١) خطوات تحليل انماط الفشل والتأثير

Source: Baleia,A, (2018), **"Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) for Smart Electrical Distribution Systems"**, Thesis to obtain the Master of Science Degree in Electrical and Computer Engineering,p.(22).

يمكن توضيح الخطوات بالشكل السابق كما يلي: (Baleia,2018:23)

الخطوة الاولى: تحديد نطاق تحليل FMEA من أجل معرفة الحدود التي يجب مراعاتها أثناء التحليل

الخطـوة الثانيـة: تجميـع فريـق FMEA ليكـون متعـدد الوظـائف و التخصصـات ، وتشـكيل مجموعـة مـن الخبـراء فـي الموضوع من مختلف التخصصات مع المعرفة بالعملية التي سيتم مناقشتها .
الخطوة الثالثة: فهم العملية التي سيتم تحليلها عن طريق استخدام المخططات الانسيابية لتحديد المكونـات والعلاقـات فيما بينها.
الخطــوة الرابعــة: تحديــد الفشــل عــن طريــق العصــف الــذهني وتحديــد اســباب وتــاثير كــل فشــل علــى المنظمة(Rana&Belokar,2017:264).
الخطوة الخامسة: تحديد شدة الخطورة وترتيب الاحتمالات وقابلية اكتشاف الفشل وحساب RPN
يوضح الجدول (١) القيم العددية لاحتمال حدوث الفشل.
الجدول (١) القيم العددية لاحتمال حدوث الفشل

وصف احتمال حدوث الفشل	تقييم
احتمال حدوث بعيد **سيكون من غير المعقول توقع حدوث الفشل**	١
احتمال منخفض لحدوثها **يرتبط بشكل عام بأنشطة مماثلة ادت في السابق لعدد منخفض نسبيًا من حالات الفشل**	٢ ٣
احتمال معتدل لحدوثها **يرتبط بشكل عام بأنشطة مماثلة أدت في السابق إلى فشل عرضي**	٤ ٥ ٦
احتمال كبير لحدوثها **يرتبط عمومًا بأنشطة مماثلة تسببت بحدوث مشكلات**	٧ ٨
احتمالية حدوث عالية جدًا **شبه مؤكد أن فشل كبيرة سيحدث**	٩ ١٠

Source: Slack,N&Jones,A&Johnston,R, (2013), **"Operations Management"**,7th ed., (Hill:London),p.(623).

يوضح الجدول (٢) القيم العددية لشدة الفشل (التأثير)
الجدول (٢) القيم العددية لشدة الفشل (التأثير)

وصف شدة الفشل	التقييم
شدة طفيفة **فشل طفيف للغاية لن يكون له تأثير ملحوظ على أداء النظام**	١
شدة منخفضة **فشل طفيف يسبب فقط إزعاج بسيط للزبون**	٢ ٣
شدة معتدلة **الفشل الذي قد يتسبب في عدم رضا الزبون أو عدم الراحة أو الانزعاج أو قد يتسبب في تدهور ملحوظ في الأداء**	٤ ٥ ٦
خطورة شديدة **فشل من شأنه أن يولد درجة عالية من عدم رضا الزبون**	٧ ٨
شدة عالية جدا **فشل الذي من شأنه أن يؤثر على السلامة**	٩
كارثي **فشل مما قد يتسبب في أضرار في الممتلكات، إصابة خطيرة أو الموت**	١٠

Source: Slack,N&Jones,A&Johnston,R, (2013), **"Operations Management"**,7th ed., (Hill:London),p.(623).

يوضح الجدول (٣) القيم العددية احتماليات اكتشاف الفشل

الجدول (٣) القيم العددية احتماليات اكتشاف الفشل

الكشف	المعايير	التقييم
شبه مؤكد	احتمالية شبه مؤكدة من اكتشاف الضوابط الحالية وضع الفشل.	١
عالي جداً	احتمالية عالية جداً من اكتشاف الضوابط الحالية وضع الفشل.	٢
عالي	احتمالية عالية من اكتشاف الضوابط الحالية وضع الفشل.	٣
متوسط عالي	احتمالية (متوسط عالي) من اكتشاف الضوابط الحالية وضع الفشل.	٤
معتدل	احتمالية متوسطة من اكتشاف الضوابط الحالية وضع الفشل.	٥
منخفض	احتمالية منخفضة من اكتشاف الضوابط الحالية وضع الفشل.	٦
منخفضة جداً	احتمالية منخفضة جداً من اكتشاف الضوابط الحالية وضع الفشل.	٧
بعيد	احتمال بعيد ان تكتشف الضوابط الحالية وضع الفشل.	٨
بعيد جداً	احتمال بعيد جدا ان تكتشف الضوابط الحالية وضع الفشل.	٩
مستحيل تماما	لا توجد ضوابط معروفة متاحة	١٠

Source: Rakesh,R.& Jos,B.& Mathew,J, (2013), **"FMEA Analysis for Reducing Breakdowns of a Sub System in the Life Care Product Manufacturing Industry"**, IJESIT, Vol.(2), p(223).

يتضح من الجداول السابقة مايأتي: (Solanki,2015:150)

١- احتمالية الحدوث (P): ما مدى احتمالية حدوث وضع الفشل هذا؟ عيّن درجة بين ١ و ١٠ ، حيث تعني ١ "من غير المرجح أن تحدث" و ١٠ تعني "احتمال حدوث ذلك بشدة".

٢- احتمالية الكشف (D): هي حالة اكتشاف وضع الفشل هذا ، ما مدى احتمالية اكتشاف الفشل؟ عيّن درجة بين ١ و ١٠ ، بحيث تعني ١ "من المحتمل جدًا أن يتم اكتشافها" و ١٠ تعني "من غير المحتمل جدًا اكتشافها".

٣- درجة الخطورة (S): في حالة حدوث وضع الفشل هذا ، ما مدى احتمالية حدوث الضرر؟ عيّن درجة بين ١ و ١٠ ، بحيث تعني ١ "شدة حدوث ضرر طفيف" و ١٠ تعني "شدة حدوث ضرر شديد.

رقم أولوية المخاطرة (RPN) هو نتاج التصنيفات العددية للشدة واحتمالية الحدوث واحتمال الاكتشاف. يجري احتساب RPN رياضيًا في المعادلة التالية: (Pattnaik,2015:340)

RPN = S(تصنيف شدة الخطورة) × P(تصنيف احتمالية الحدوث) × D(تصنيف احتمالية الاكتشاف)

الخطوة السادسة: ترتيب RPN حسب اولويتها للمعالجة.

يوضح الجدول (٤) تصنيفات المخاطر على اساس نتيجة FMEA

الجدول (٤) تصنيفات المخاطر

الاحتمال p

التقييم	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	التقييم
١٠	١٠٠٠	٩٠٠	٨٠٠	٧٠٠	٦٠٠	٥٠٠	٤٠٠	٣٠٠	٢٠٠	١٠٠	١٠
٩	٨١٠	٧٢٩	٦٤٨	٥٦٧	٤٨٦	٤٠٥	٣٢٤	٢٤٣	١٦٢	٨١	٩
٨	٦٤٠	٥٧٦	٥١٢	٤٤٨	٣٨٤	٣٢٠	٢٥٦	١٩٢	١٢٨	٦٤	٨
٧	٤٩٠	٤٤١	٣٩٢	٣٤٣	٢٩٤	٢٤٥	١٩٦	١٤٧	٩٨	٤٩	٧
٦	٣٦٠	٣٢٤	٢٨٨	٢٥٢	٢١٦	١٨٠	١٤٤	١٠٨	٧٢	٣٦	٦
٥	٢٥٠	٢٢٥	٢٠٠	١٧٥	١٥٠	١٢٥	١٠٠	٧٥	٥٠	٢٥	٥
٤	١٦٠	١٤٤	١٢٨	١١٢	٩٦	٨٠	٦٤	٤٨	٣٢	١٦	٤
٣	٩٠	٨١	٧٢	٦٣	٥٤	٤٥	٣٦	٢٧	١٨	٩	٣

D — قابلية الاكتشاف

S — الخطورة

	٢	٤	٨	١٢	١٦	٢٠	٢٤	٢٨	٣٢	٣٦	٤٠	٢
	١	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١
تصنيف المخاطر												
مخاطر عالية (٣٢١- ١٠٠٠)												
مخاطر متوسطة (٦٤- ٣٢٠)												
مخاطر ضعيفة (١- ٦٣)												

Source: Khristi,A.& Khristi,P, (2018), **"A Review On "Failure Mode And Effects Analysis – A Tool Of Quality Risk Management" Based On Ich Q9"**, IJESIT, Vol.(8),NO.(1) p(41).

يتضح من الجدول السابق ما يأتي:
١- اذا كانت المخاطر اكبر من ٣٢١ تعتبر مخاطر عالية ولا يمكن تحملها لذلك ينبغي تقليلها الى المستوى المتوسط .
٢- اذا كانت المخاطر بين ٦٤ و ٣٢٠ تعتبر مخاطر متوسطة وينبغي على المنظمة تقليلها الى الحد المقبول قدر المستطاع.
٣- اذا كانت المخاطر بين ١ و ٦٣ تعتبر مخاطر مقبولة ولا تحتاج الى تخفيف.

الخطوة السابعة : إعداد تقرير FMEA من خلال تلخيص نتائج التحليل.

الخطوة الثامنة: حساب RPN المنقحة حيث يتم تقليل أو إزالة أوضاع الفشل بمجرد اتخاذ الإجراءات الموصى بها لتحسين النظام.

المبحث الثالث/ الجانب العملي

اولاً: تحديد مجال FMEA

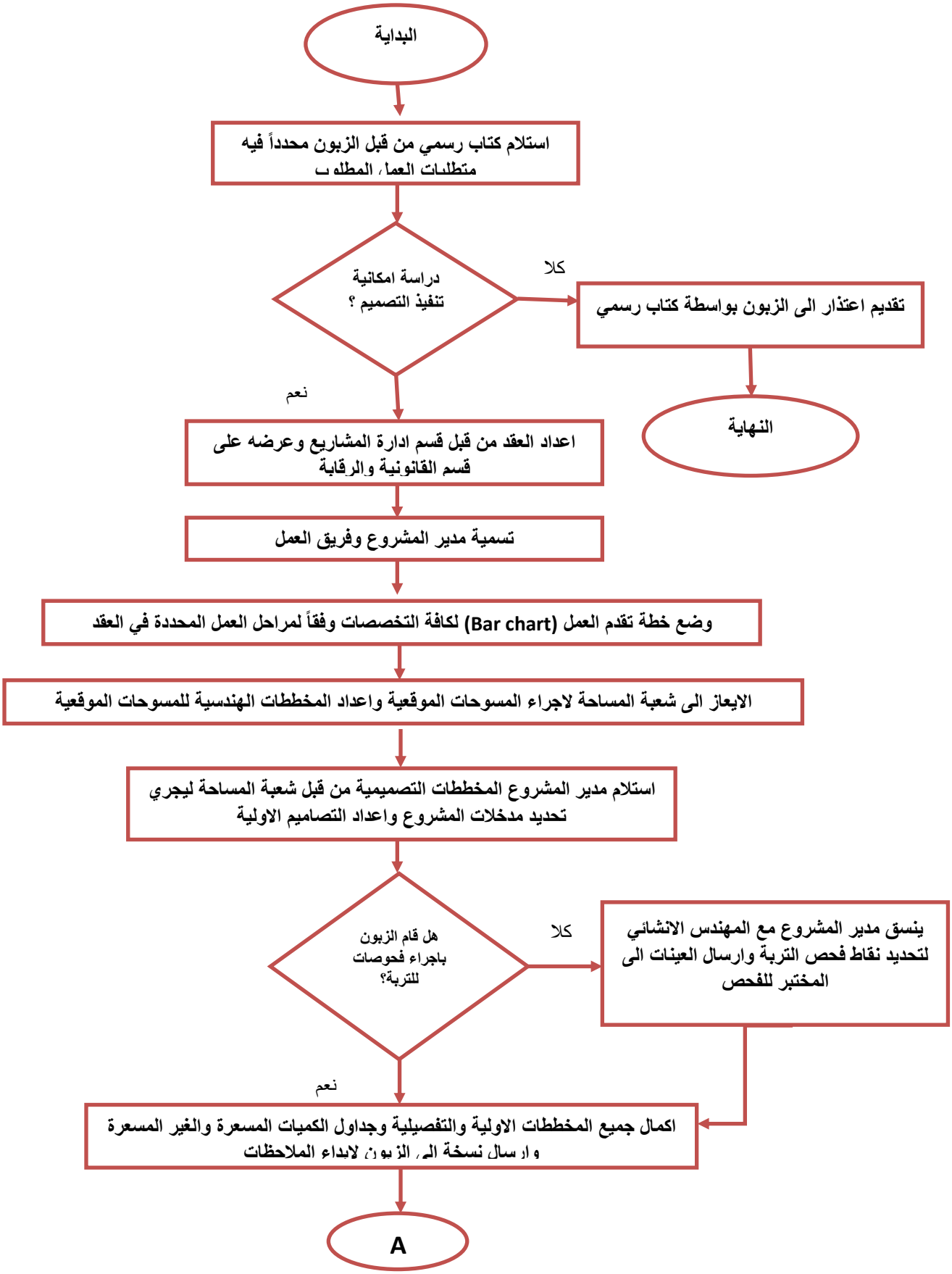
جرى اختيار عملية تصميم المخططات الهندسية والتي تعتبر العملية الرئيسية في دائرة الاعمار الهندسي.

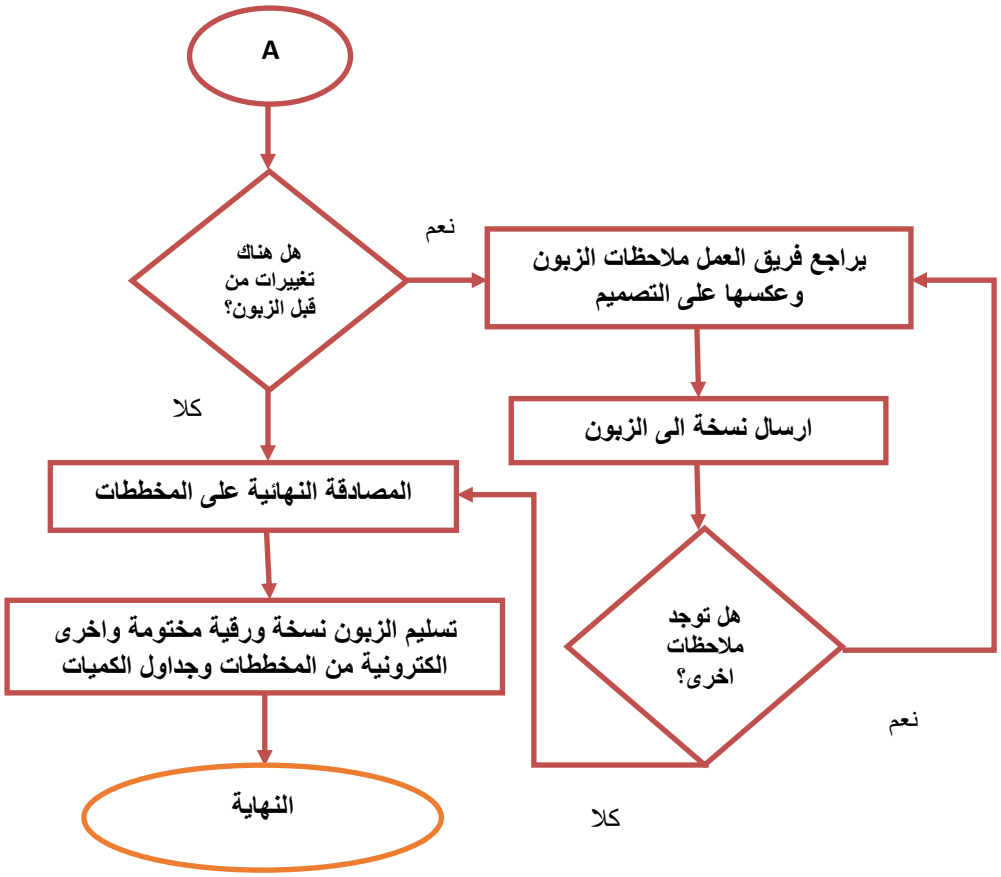
ثانياً: تحديد فريق FMEA

تهيئة فريق يتكون من اربعة مهندسين من شعب هندسة العمارة والهندسة المدنية وهندسة الخدمات و قسم ادارة المشاريع لاجراء عملية العصف الذهني لتحديد جوانب الفشل في العملية واسبابها وتأثيرها.

ثالثاً: مخطط سير العملية

جرى اعداد مخطط سير عملية التصميم للمساعدة في تحديد جوانب الفشل في العملية وكما موضح في الشكل (٢)


البداية
استلام كتاب رسمي من قبل الزبون محدداً فيه متطلبات العمل المطلوب
دراسة امكانية تنفيذ التصميم ؟
كلا
تقديم اعتذار الى الزبون بواسطة كتاب رسمي
النهاية
نعم
اعداد العقد من قبل قسم ادارة المشاريع وعرضه على قسم القانونية والرقابة
تسمية مدير المشروع وفريق العمل
وضع خطة تقدم العمل (Bar chart) لكافة التخصصات وفقاً لمراحل العمل المحددة في العقد
الايعاز الى شعبة المساحة لاجراء المسوحات الموقعية واعداد المخططات الهندسية للمسوحات الموقعية
استلام مدير المشروع المخططات التصميمية من قبل شعبة المساحة ليجري تحديد مدخلات المشروع واعداد التصاميم الاولية
هل قام الزبون باجراء فحوصات للتربة؟
كلا
ينسق مدير المشروع مع المهندس الانشائي لتحديد نقاط فحص التربة وارسال العينات الى المختبر للفحص
نعم
اكمال جميع المخططات الاولية والتفصيلية وجداول الكميات المسعرة والغير المسعرة وارسال نسخة الى الزبون لابداء الملاحظات
A



الشكل (٢) مخطط سير العملية التصميمية في دائرة الاعمار الهندسي

المصدر: اعداد الباحث بالاستناد الى وثائق شعبة ادارة الجودة في الدائرة.

رابعاً: انشاء جدول تحديد الفشل والسبب والتأثير

يوضح الجدول (٥) الفشل والسبب والتأثير و RPN قبل الفعل التصحيحي وبعده.

الجدول (٥) الفشل والسبب والتأثير

ت	الفشل	السبب	التأثير	S	P	D	RPN	الفعل التصحيحي	S	P	D	RPN
١	عدم رغبة الزبون في التعاقد مع الدائرة.	ارتفاع الاسعار.	قلة ايرادات، خسارة الزبون.	٧	٦	٧	٢٩٤	مراقبة اسعار المنافسين سنوياً، واجراء التعديل المطلوب على الاسعار بمايتناسب مع وضع السوق.	٣	٣	٣	٢٧
٢	عدم قبول الكثير من عقود العمل .	عدم قدرة المهندسين على تلبية افكار الزبون.	ضياع الارباح المتحققة من التصاميم المرفوضة للعمل.	٥	٣	١	١٥	تدريب المهندسين على يد جهات رصينة.	٢	٢	١	٤
٣	عدم تحديد الزبون جميع متطلباته.	السهو او عدم ارسال اشخاص ذو معرفة عالية	خلافات مع الزبون اثناء او بعد انجاز	٨	٣	٣	٧٢	التأكيد على متطلبات الطرف الاول عن طريق ارسال كتاب رسمي	٢	٢	٢	٨

		لاجراء التعاقد او تحديد الاحتياجات.	العمل.					بمتطلباته قبل التوقيع.			
٤	ضعف ادارة فريق العمل.	عدم اختيار مدير مشروع ذو خبرة في كيفية ادارة الفريق وتأثير على اعضاءه.	- عدم ترتيب الادوار والمسؤوليات بين الاعضاء بالشكل الصحيح. - نزاعات بين اعضاء الفريق وتأخير العمل.	٥	٥	٦	١٥٠	اختيار مدراء المشاريع على اساس كفاءة وخبرة وتدريب واجراء تقييم دوري لرؤساء المشاريع بعد كل مشروع وزجهم في دورات تخص القيادة.	٣	٣	١	٩
٥	عدم تحديد مدخلات المشروع بشكل كافٍ.	اعتماد تحديد المدخلات على مدير المشروع فقط واهمال الاعضاء.	ضعف تنفيذ.	٤	٣	٤	٤٨	انشاء استمارة خاصة بمدخلات المشروع توزع لكل عضو ومن ثم تجميعها باستمارة واحدة من قبل مدير المشروع.	٢	١	١	٢
٦	تأخر انجاز اعمال المسح.	الوضع الامني غير المستقر في تلك المنطقة، التعرض للمضايقات من قبل الاهالي.	تأخير انجاز المشروع ككل.	٦	٦	٧	٢٥٢	مفاتحة الجهات الامنية لطلب الحماية للمساحين.	٣	٦	٧	١٢٦
٧	تأخر ارسال التصاميم الاولية من قبل صاحب العمل بعد اجراءه التعديلات عليها.	المدة المحددة لمراجعة التصاميم الاولية غير كافية.	تأخير المرحلة القادمة للتصميم.	٣	٣	٢	١٨	تحديد مدة مراجعة التصاميم الاولية بالعقد بما يتناسب مع حجم التصميم وبالاتفاق المسبق مع صاحب العمل.	٢	٢	١	٤
٨	التعديلات من قبل الزبون غير قابلة للتطبيق.	اما تعديلات على اسس غير علمية او ضعف في امكانات الافراد القائمين على التصميم.	عدم رضا الزبون.	٦	٤	٧	١٦٨	مناقشة التعديلات مع الزبون ومحاولة تعديلها واذا كانت قابلة للتطبيق مع عدم وجود امكانيات من قبل الفريق ينبغي ارسال الفريق في دورات تدريبية او الاستعانة بخبراء خارجيين.	٤	٣	٧	٨٤
٩	كثرة اجازات احد اعضاء	ضرف عائلي، او وعكة	تلكوء العمل.	٥	٨	٥	٢٠٠	- وضع مهندس بديل في كل فريق عمل.	٢	٤	٢	١٦

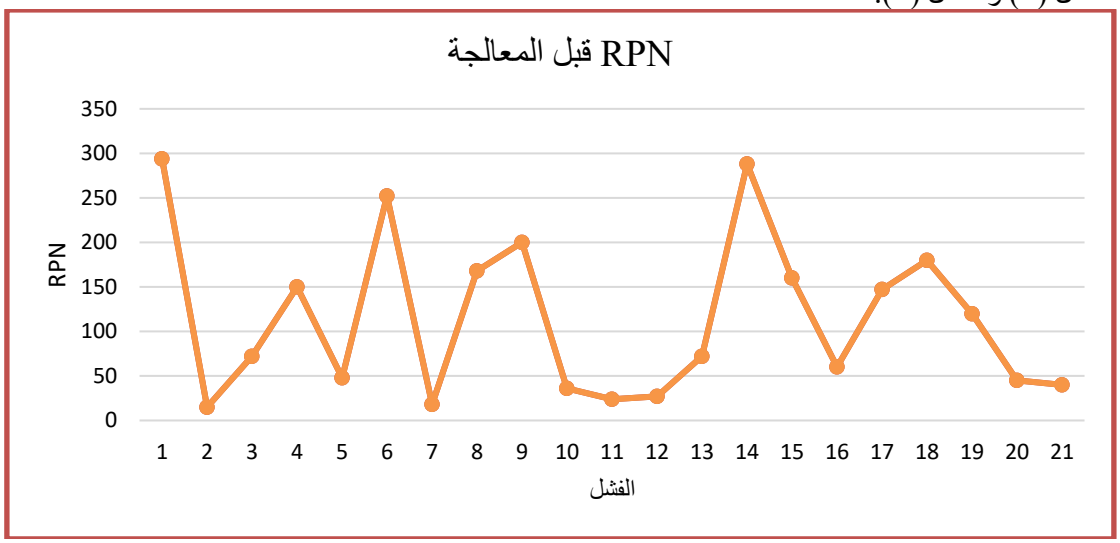
	الفريق.	صحية.						- تبليغ اعضاء الفريق قبل وضع اسمائهم بشكل رسمي وقبول اعذار الاشخاص الذين لديهم مشاكل صحية او غيرها لوضع اشخاص بديلين عنهم.			
١٠	عدم تحديد جداول الكميات بشكل كافٍ.	تكليف اشخاص غير كفوئين او تكليف عاملين جدد لاحتساب جداول الكميات.	تخمين الاسعار بشكل غير صحيح.	٤	٣	٣	٣٦	تدريب الافراد بشكل كاف قبل توليهم مهام العمل واجراء مراجعة لجداول الكميات بعدهم.	٣	٢	١٢
١١	عدم استيفاء جميع متطلبات الزبون او مدخلات المشروع في المخططات التصميمية.	عدم مراجعة الدقيقة لمتطلبات الزبون ومدخلات المشروع.	عدم رضا الزبون.	٦	٢	٢	٢٤	مراجعة متطلبات الزبون ومدخلات المشروع في كل مرحلة من مراحل التصميم من قبل مدير المشروع التصميمي وارسال التقارير الى رئيس القسم باستمرار.	٣	٢	٦
١٢	كثرة التغييرات على التصميم من قبل الزبون.	عدم تحديد عدد التغييرات في العقد.	تأخير في انجاز العمل.	٣	٣	٣	٢٧	تضمين عدد التغييرات في العقد.	٣	٢	٦
١٣	طلب تعديل على التصميم بعد فترة طويلة من انجاز التصميم النهائي وانتهاء العقد.	تغيير ذوق الزبون.	تغيرر الفريق او انشغاله باعمال اخرى، وما يتطلبه التعديل من مجهود عمل وتكاليف.	٣	٤	٦	٧٢	- انشاء عقد جديد وبسعر جديد مع اضافة فقرة في العقد تبين ان اي تعديلات او تغييرات على التصميم بعد انتهاء العقد يعتبرعقد جديد وبسعر جديد ايضاً. - وتحديد فريق اخر اذا لم يكن باستطاعة فريق تصميم السابق بانجاز العمل لانشغالة باعمال تصميمية اخرى.	٢	٢	١٢
١٤	ظهور اخطاء تصاميم في مرحلة تنفيذ.	عدم كفاءة احد اعضاء الفريق.	تلكؤ التنفيذ او توقفه .	٨	٦	٦	٢٨٨	- التدريب المتواصل للمهندسين القائمين على الاعمال التصميمية. - اختيار مهندسين يمتلكون خبرة بالاعمال التصميمية المشابهة.	٤	٤	٤٨

								- اختيار اشخاص كفوئين يتناسبون مع درجة تعقيد التصميم المكلفين به. - وضع مدقق لكل مشروع.			
١٥	عدم انجاز المخططات في الوقت المحدد.	- اسباب خارجة عن ارادة الفريق كالعطل الرسمية للبلد والوضع الصحي العام. - تكليف الفريق باكثر من عمل في وقت واحد. - عدم تحديد وقت كافِ لانجاز التصميم.	غرامات تأخيرية.	٨	٥	٤	١٦٠	- زيادة اعداد الفرق التصميمية عن طريق تهيئة مدراء مشاريع جدد وكادر جديد خاصة امتلاك الدائرة عدد كبير من العاملين. - مراعاة توزيع العمل بالتساوي بين الفرق التصميمية.	٨	٢	٣	٤٨
١٦	عدم وجود ورق كاف لسحب المخططات التصميمية.	عدم توفر رصيد كافِ من الورق في المخزن.	تأخير عملية سحب التصاميم.	٣	٥	٤	٦٠	مراقبة الرصيد المتوفر في المخزن باستمرار من قبل الجهة القائمة بسحب المخططات وتهيئة طلبيات شراء الورق قبل نفاذ الورق في المخزن.	٣	٣	٢	١٨
١٧	طلب الزبون الاشراف على التنفيذ او القيام باعمال المسح في احدى المناطق التي تشهد وضع امني غير مستقر.	- سيطرة بعض المجاميع الارهابية. - مضاهرات.	تعريض فريق العمل للخطر.	٧	٧	٣	١٤٧	- رفض العمل اذا كانت المنطقة ساخنة. - تأجيل العقد لحين استتباب الوضع الامني. - طلب الحماية من القوات الامنية .	٥	٣	٣	٤٥
١٨	ضعف اقرار الصلاحية للتصاميم.	عدم وجود محاكاة او اختبارات تشغيلية.	عدم معرفة التصاميم يمكن عكسها على الواقع بدون مشاكل في التنفيذ.	٥	٦	٦	١٨٠	انشاء مجسمات ثلاثية الابعاد تخاطب الواقع على الحاسوب او ماكيت لكل تصميم.	٢	٣	٤	٢٤
١٩	عدم الاخذ بعين الاعتبار	عدم تحديدها من قبل الزبون.	التشققات والصدوع في	٤	٦	٥	١٢٠	حتى وان لم يحددها الزبون في متطلباته ينبغي على	٢	٣	٢	١٢

	عند التصميم الهـــزات الارضـــية وشـــدتها المختلفة على منـــاطق العراق.		البناية .	٥	٣	٣			الـدائرة تحديـدها والاخـذ بعين الاعتبار شدة الهزات الارضية لتلك المنطقة عند اجراء التصميم.				
٢٠	تعـــرض اضـــبارة المشـــروع للتلـــف او ضياع بعض الكتـــب المؤرشفة.	عـــدم الحفـــظ بصـــورة صـــحيحة او كثـــرة اســـتمال الاضبارة فتكون عرضـة لضـياع بعض الكتب.	ضـــــياع المخاطبـــات واوليـــات التصـــميم التـــي تثبـــت عمـــل الـــدائرة لتلـــك االتصاميم .	٥	٣	٣	٤٥	٣	الارشفة الالكترونيـة لجميـع المشاريع الحديثة والقديمة.	٣	٢	٣	١٨
٢١	وصـــــول اشخاص غير مخـــول لهـــم للمشاريع .	عدم وجـود اليـة ثابتـة للوصـول للمشاريع.	اخـــذ فكـــرة التصميم.	٥	٤	٢	٤٠	٣	يكون طلب المشاريع للعمل فقط بموجب مذكرة مصادق عليها من قبل المدير العام.	٢	٢	٢	١٢

المصدر: اعداد الباحث على ضوء مخطط سير عملية التصميم للدائرة .

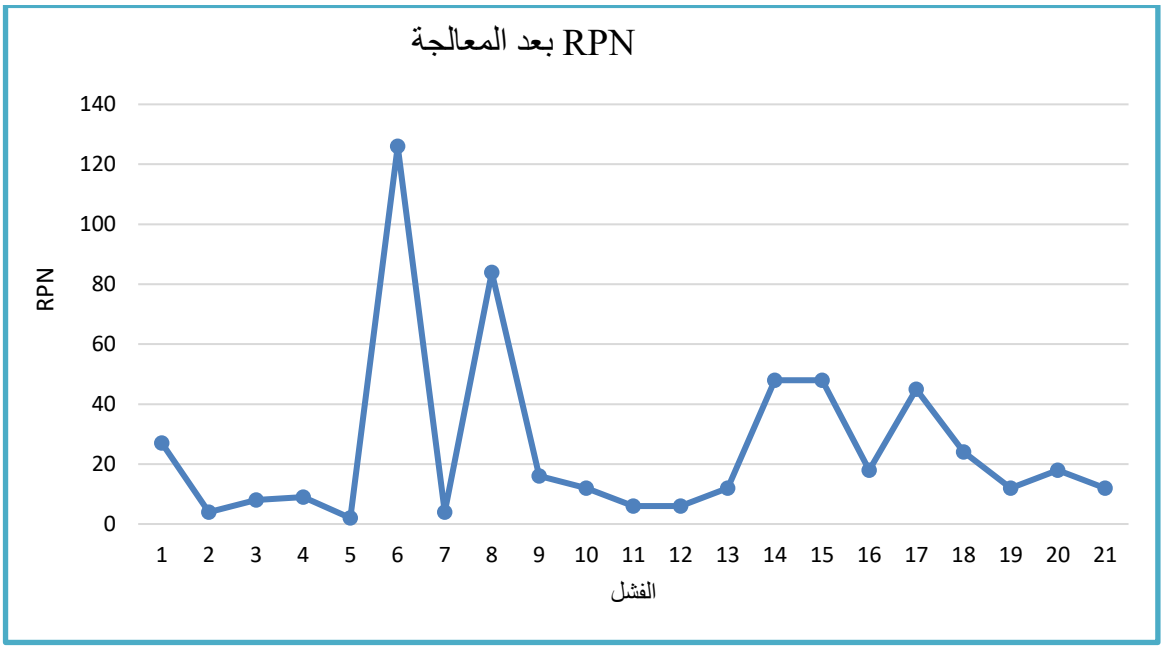
بعد الفراغ من تحديد الفشل في الجدول السابق سيتم توضيح نقاط RPN قبل وبعد المعالجات المقترحة وكما موضح في الشكل (٣) والشكل (٤).



الشكل(٣) RPN لكل فشل قبل المعالجة.

المصدر: اعداد الباحث بالاستناد على مخرجات جدول الفشل.

من خلال الشكل السابق يتضح ان فشل رقم (١) وهو (عدم رغبة الزبون في التعاقد مع الدائرة) حصل على اعلى درجة اولوية مخاطرة RPN والبالغة (٢٩٤) ثم يليه فشل رقم (١٤) والذي حصل ايضاً على درجة عالية من الاولوية RPN والبالغة (٢٨٨)، وبلغ فشل رقم (٦) درجة (٢٥٢) وفشل رقم (٩) درجته (٢٠٠)، وهي بذلك تعتبر مخاطر متوسطة الشدة، بينما جاءت بقية اولويات الفشل بدرجات تتراوح بين (١٥ -١٨٠).

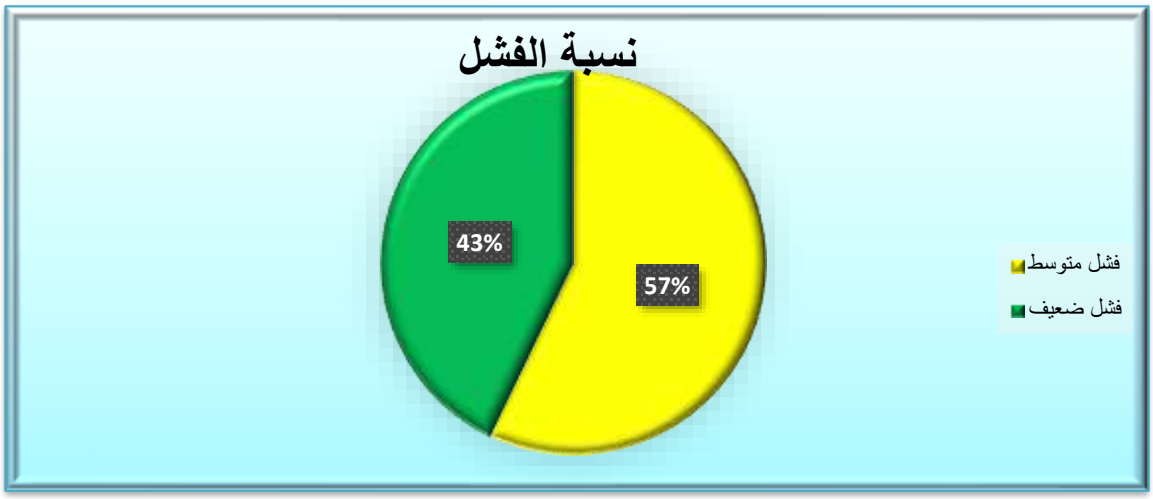


الشكل (٤) درجة RPN بعد المعالجة.

المصدر: اعداد الباحث بالاستناد على مخرجات جدول الفشل.

يتضح من خلال الشكل السابق ان جميع عناصر الفشل انخفضت بنسب كبيرة بعد المعالجات المقترحة حيث جاء الفشل رقم (٦) بدرجة RPN (١٢٦) ، والتي تعتبر اعلى درجة بعد المعالجة (مخاطرة متوسطة) اما باقي الدرجات تتراوح قيمها بين (٤) و (٨٤) .

يوضح الشكل (٥) نسب الفشل التي حصلت على مستوى متوسط ونسبة الفشل الذي حصل على درجة منخفضة من العدد الكلي قبل المعالجة.



الشكل (٥) نسبة الفشل قبل المعالجة

المصدر: اعداد الباحث بالاستناد الى جدول تصنيف المخاطر (الفشل).

يتضح من الشكل السابق ان (٥٧٪) من العدد الكلي للفشل هي متوسطة الشدة والتي تتراوح درجتها بين (٦٤- ٣٢٠) و (٤٣٪) هي ضعيفة و تتراوح بين (١-٦٣) بينما لم يسجل اي فشل من النوع العالي، لذلك ينبغي الاهتمام بالفشل من نوع المتوسط وحسب اعلى درجة لل RPN في جدول (٦) وصولاً الى ادنى درجة.

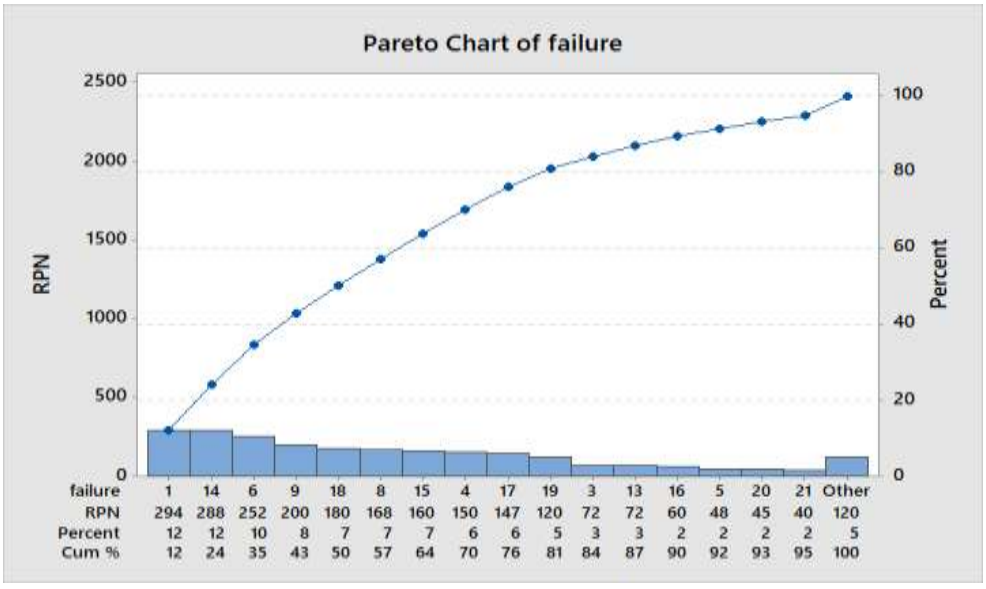
يوضح الشكل (٦) نسب الفشل التي حصلت على مستوى متوسط ونسبة الفشل الذي حصل على درجة منخفضة من العدد الكلي بعد المعالجة .

الشكل (٦) نسبة الفشل بعد المعالجة

المصدر: اعداد الباحث بالاستناد الى جدول تصنيف المخاطر (الفشل).

يتضح من الشكل السابق ان المخاطر (الفشل) المتبقية بعد المعالجة هي متوسطة الشدة وتبلغ نسبتها (١٠٪) من العدد الكلي للفشل و تتراوح درجتها بين (٦٤- ٣٢٠) و (٩٠٪) هي ضعيفة و تتراوح بين (١-٦٣) ، لذلك ينبغي اجراء المزيد من الضبط على الفشل المتبقي ذي الدرجة المتوسطة لكي تكون جميع المخاطر (الفشل) ضعيفة .

واسترسالاً في عرض نتائج الفشل في العملية التصميمية لدائرة الاعمار الهندسي يوضح الشكل (٧) مخطط باريتو لعناصر الفشل في الدائرة المبحوثة.



الشكل (٧) مخطط باريتو لعناصر الفشل في دائرة الاعمار الهندسي

المصدر: اعداد الباحث استناداً الى نتائج الحاسوب.

يتضح من الشكل السابق (مخطط باريتو) وحسب قاعدة (القلة المؤثرة والكثرة القليلة التأثير، وتعرف بقاعدة 80/20 اي ان ٨٠٪ من المشاكل سببها ٢٠٪ من العناصر) وهذا يعني ان ٢٠٪ من عناصر الفشل تشكل ما نسبته ٨٠٪ من المشاكل في حين نجد ان عناصر الفشل الاخرى تشكل ما نسبته ٢٠٪ من المشاكل، اي ان التركيز على عناصر الفشل ذات رقم (١ ، ١٤، ٦، ٩، ١٨، ٨، ١٥، ٤، ١٧، ١٩) يساهم في علاج المشكلة بنسبة ٨٠٪.

المبحث الرابع / الاستنتاجات والتوصيات

اولاً: الاستنتاجات

١- للدائرة اجراء خاص بادارة المخاطر يحدد المخاطر والتأثير والاحتمال في الاقسام ويقيمها بواسطة (مصفوفة الاحتمال والتأثير) لكنه لم يحدد جوانب الفشل في العملية التصميمية.
٢- تمتلك الدائرة مورد بشري كافي لكنها تعتمد على عدد محدود منهم في الفرق التصميمية.
٣- يعتمد التدريب في الدائرة في ترقياتهم الوظيفية دون تقييم حاجة الموظف للتدريب في مجال معين.
٤- للدائرة منافسين من مكاتب استشارية (الجامعات) تقبل التصاميم من الزبون باسعار اقل من اسعار الدائرة.
٥- تفتقر الدائرة الى نظام تحديد الطاقة الاستيعابية للعمل لمعرفة عدد التصاميم التي يمكن استقطابها للعمل.
٦- الاعمال الارهابية التي حصلت في بعض المناطق ادت الى توقف الكثير من العقود التصميمية الخاصة بالدائرة .
٧- يمتلك بعض الافراد من شعبة ادارة الجودة التابعة للدائرة المعرفة الكافية في تحديد نواحي الفشل.
٨- تظم الدائرة عدد كبير من الخبرات التي يعتمد عليها بشكل كبير في العمل.
٩- تفتقر الدائرة الى وضع الية محددة لجميع الاقسام لتاهيل مدراء مشاريع جدد.
١٠- مهندسي المساحة اكثر عرضة للمخاطر البيئية والاعمال الارهابية وغيرها كون عملهم يتطلب الذهاب الى مواقع متعددة في مختلف محافظات العراق.
١١- ضعف جانب التدريب للمهندسين حيث لايتدرب المهندسين على يد جهات خارجية رصينة للاستفادة من الافكار التصميمية الحديثة وانما يكون التدريب من قبل اشخاص من داخل تشكيلات وزارة فتكون عملية تدريب غير مثمرة.
١٢- عدم وجود اختبار او محاكاة للتصاميم على ارض الواقع ادى لحدوث العديد من المشاكل مع الشركات المنفذة لاكتشافهم اخطاء في التصاميم.
١٣- اعتماد الدائرة على الخبرات بشكل كبير وعدم استغلال الكثير من الطاقات الشابة وزجهم بالعمل.
١٤- تكليف الخبرات باكثر من عمل في وقت واحد ادى ذلك الى تأخرهم بانجاز الاعمال المناطه بهم.

ثانياً: التوصيات

١- تضمين اداة FMEA ومعادلته في اجراء ادارة المخاطر الخاص بالدائرة لتحديد جوانب الفشل في جميع عمليات الدائرة وبضمنها العملية التصميمية.
٢- اجراء تقييم سنوي للمهندسين لتحديد احتياجات كل شخص للتدريب ولايكون التدريب فقط لاغراض الترقية.
٣- اجراء مسح لمكاتب التدريب العالمية الرصينة والتعاقد معها لاجراء تدريب للموظفين.
٤- الاستفادة من الخبرات التي تمتلكها الدائرة في تهيئة الكوادر الشابة للعمل وزجهم مع الفرق التصميمية.
٥- اعداد نظام موحد لجميع الاقسام في كيفية تهيئة مدراء مشاريع على اساس الكفاءة والخبرة والتدريب وبما يتناسب مع العدد الكلي للقسم.
٦- اعادة النظر في نظام التسعير للعقود التصميمية بما يتناسب مع اسعار المنافسين والوضع الاقتصادي للبلد.
٧- الاستفادة من المعرفة التي يمتلكها بعض افراد شعبة ادارة الجودة في تهيئة فريق يظم جميع اقسام الدائرة لتحديد جوانب الفشل في جميع العمليات.
٨- وضع نظام حماية للارشفة الالكترونية التي يجري انشائها؛ لمنع وصول الاشخاص غير المخولين لتلك التصاميم.
٩- الاستفادة من الافعال التصحيحية المذكورة في جدول الفشل في تصحيح العملية التصميمية لتلافي حدوث الفشل.
١٠- اجراء المزيد من الضبط للمخاطر المتبقية بعد المعالجة للوصول الى المخاطر المقبولة.

المصادر

١- Baleia,A, (2018), **"Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) for Smart Electrical Distribution Systems"**, Thesis to obtain the Master of Science Degree in Electrical and Computer Engineering

2- Carlson, C.S.(2012), **" Efective FMEAs: Achieving Safe, Reliable, and Economical Products and Processes Using Failure Mode and Efects Analysis"** JohnWiley & Sons, Inc.: Hoboken, NJ, USA.

٣- Costa,P.& Nunes,V.& Pimenta,I.& Bezerra,T.& Piuvezam,G.& Gama,Z., (2019), **"Failure mode and effect analysis in the preparation and dispensation of chemotherapy"**, Enfermería Global, http://scielo.isciii.es/pdf/eg/v19n58/en_1695-6141-eg-19-58-68.pdf .

٤- Intra,G.& Alteri,A.& Viganò,P, (2016),**" Application of failure mode and effect analysis in an assisted reproduction technology laboratory"**,ELSEVIER, https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27282213/ .

٥- Khristi,A.& Khristi,P, (2018), **"A Review On "Failure Mode And Effects Analysis – A Tool Of Quality Risk Management" Based On Ich Q9"**, IJESIT, Vol.(8),NO.(1) pp.(33-43).

٦- Pattnaik,S, (2015), **"Design Failure Modes And Effects Analysis (Dfmea) Of An All-Terrain Vehicle"**, IJRET,Vol(4), pp.(339-345).

7- Rakesh,R.& Jos,B.& Mathew,J, (2013), **"FMEA Analysis for Reducing Breakdowns of a Sub System in the Life Care Product Manufacturing Industry"**, IJESIT, Vol.(2), pp.(218-225).
http://scielo.isciii.es/pdf/eg/v19n58/en_1695-6141-eg-19-58-68.pdf .

٨- Rana,S& Belokar,R, (2017), **"Quality Improvement Using FMEA : A Short Review",** IRJET,Vol.(4), pp.(263-267).

٩- Sangeetha,v.& Mphil,M.& Saravanan,p, (2016), **"An innovated method using Failure mode and effects analysis for improving quality of the software"**, International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering, vol.(5), pp.(135-139).

١٠- Slack,N&Jones,A&Johnston,R, (2013), **"Operations Management"**,7th ed., (Hill:London).

١١-Solanki,R, (2015), **"Application of FMEA method for product quality improvement"**, IJETR, VOL.(3), PP.(147-156).

1٢-Turisova,R.& Kadarova,J, (2015), **"Increasing the accuracy of the FMEA method"**, Investment Management and Financial Innovations, Vol.(12), pp.(176-186).

1٣- Zuniga,A.& Baleia,A& Fernandes,J& Branco,P, (2020), **"Classical Failure Modes and Effects Analysis in the Context of Smart Grid Cyber-Physical Systems"**, energies, https://www.mdpi.com/1996-1073/13/5/1215 .