مجلة المثنى للعلوم الادارية والاقتصادية

المجلات الاكاديمية العراقية

تقييم المخاطر العملياتية لمحطة كهرباء الموصل الغازية باعتماد نموذج تحليل نمط الفشل وتأثيراته(FMEA)

زهراء غازي ذنون الدباغ [a] *
جامعة الموصل / كلية الادارة والاقتصاد

معلومات المقالة

تاريخ البحث
الاستلام :٢٠٢١/٥/١٠
تاريخ التعديل :٢٠٢١/٥/٢٥
قبول النشر :٢٠٢١/٥/٢٥
متوفر على الأنترنيت:٢٠٢١/٩/١٩

الكلمات المفتاحية :
المخاطر العملياتية
تحليل الفشل
تقييم المخاطر
نموذج FMEA
انواع FMEA

الملخص

يسعى البحث الى التطرق الى ابرز النماذج في تشخيص وتقييم المخاطر ممثلة بنموذج تحليل نمط الفشل واثاره (FMEA) Failure Mode And Effect Analysis الذي يُعد اسلوب كفوء لزيادة الموثوقية والسلامة من خلال التخلص من انماط الفشل الممكنة الحدوث وتقييم خطورة هذه الانماط وترتيبها حسب درجة خطورتها ومن ثم اتخاذ الاجراءات التصحيحية التي تؤدي الى التخلص منها كونها تشكل خطر كبير على عمل المنظمات، ويهدف البحث الى تطوير منهجية جيدة لتقييم المخاطر المكونة لنموذج FMEA من خلال تحديد المخاطر الحرجة التي تؤثر على عمل محطة الموصل الغازية وترتيبها حسب درجة خطورتها ومحاولة ايجاد التفسيرات المنطقية لها وطرق علاجها من خلال استخدام قائمة فحص تم اعدادها لتضم انماط الفشل وفق نموذج FMEA وحساب رقم اولوية المخاطر(RPN) Risk Priority Number بضرب ثلاثة عوامل الخطر وهي الشدة (S) Severity واحتمال الحدوث (O) Occurrence واحتمال الكشف (D) Detection لكل من اوضاع الفشل، واعتمادا على النتائج التي توصلت لها الباحثة والتي من ابرزها تقادم المحطة وضعف الامكانات المادية والتقنية ادت الى ضعف الابداع التكنولوجي والذي يُعد اكثر العوامل خطورة على المحطة واستمرار عملها. قدمت الباحثة العديد من المقترحات لعل ابرزها ضرورة توجه محطة كهرباء الموصل الغازية الى اعتماد التقانات الحديثة في العمل ورفد المحطة بوحدات ذات خصائص تكنولوجية عالية تحسن كفاءة العمل وتقلل الجهد والوقت المطلوب للعمل.

Evaluate the Operational Risks of the Mosul gas power plant by Adopting Model Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)

Zahraa Ghazi Thanoon Al-Dabbagh [*a]
University of Mosul / College of Administration and Economics.

Abstract

The research seeks to address the most prominent models in diagnosing and evaluating risks represented by the Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) model, which is an efficient method to increase reliability and safety by eliminating possible failure patterns. It also aims at assessing the seriousness of these patterns and arranging them according to their degree of severity and taking corrective measures that lead to getting rid of them as they pose a great risk to the work of organizations. Moreover, the research aims to develop a good methodology to assess the risks that make up the FMEA model by identifying the critical risks that affect the work of the Mosul gas station and arranging them according to the degree of their severity and trying to find logical explanations and methods of treatment. By using a checklist prepared to include failure patterns according to the FMEA model and calculating the Risk Priority Number (RPN) by multiplying three risk factors: Severity (S), Occurrence (O) and Detection (D) for each of the failure modes. According to the findings of the researcher, there is a plant's obsolescence and the weakness of the material and technical capabilities, led to the weakness of the technological innovation, which is the most important factor. The researcher presented many recommendations, perhaps the most prominent of which is the need for the Mosul gas power station to adopt modern technologies and to supply the station with units with high technological characteristics that improve work efficiency and reduce the effort and time required for work.

Key words: Operational Risk, Failure Analysis, Risk Assessment, FMEA model, FMEA types.

* Corresponding author : E-mail addresses : Zahr2a@yahoo.com.

2021 AL – Muthanna University . DOI:10.52113/6/2021-11-3/127-139

المقدمة

حظيت ادارة المخاطر باهتمام كبير من قبل المنظمات بسبب ازدياد حالات عدم التأكد نتيجة للتسارع والتغييرات الكبيرة في المجال التقني والبيئي في السنوات الاخيرة، مما دفع ادارة المنظمات الى الاستفادة من نماذج ادارة المخاطر لتوفير الحماية اللازمة لاستمرار نشاطات عمل المنظمات من خلال تجنب المخاطر وتقليل اثارها على اداء المنظمات، احدى الاجراءات الفعالة المتوفرة لهذه الغاية هو نموذج تحليل نمط الفشل واثاره Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) الذي يُعد منهجية استباقية تهدف الى تحديد انماط الفشل الناجمة عن العملية الانتاجية من خلال عدة خطوات تبدء بتحديد انماط الفشل واسبابه ومن ثم تقييم مخاطر هذه الانماط وترتيبها حسب درجة خطورتها واخيرا ايجاد الاجراءات التصحيحية اللازمة لمعالجة انماط الفشل ذات الخطورة العالية بتفاديها او تقليل اثارها.

مشكلة البحث

تعاني منتجات الطاقة الكهربائية من مشكلات متعددة وتُعزى هذه الى المخاطر المحيطة بها كونها واسعة النطاق وابرزها مخاطر الحوادث في محطات الانتاج ،اضافة الى حالات عدم التأكد بشان اوقات تسليم المنتجات وجودة العمل، حيث اصبحت عملية تقييم المخاطر اكثر تعقيدا وبرزت الحاجة الى توفير اداة لتقييم المخاطر التي تكون مناسبة لمحطة الكهرباء الغازية وفي نفس الوقت تجنب الحسابات المعقدة التي تأتي من نماذج معقدة وضبابية، لذلك اعتمدت الباحثة على التساؤلات الاتية التي تعبر عن المشكلة ومضامينها:

١. ماهي المخاطر المحيطة بمحطة الموصل الغازية وفق نموذج FMEA؟
٢. اي من المخاطر تعد حرجة بالنسبة للميدان المبحوث؟
٣. ماهي المعالجات للمخاطر الحرجة للميدان المبحوث؟

أهمية البحث

تأتي اهمية البحث في انها تعرض احد النماذج التي تشخص المخاطر وتقييم اثارها وترتب خطورتها وفق انماط المخاطر المحددة في FMEA وايجاد الحلول لها وفق معايير لم يتم التطرق لها في ابحاث سابقة في البيئة العراقية.

أهداف البحث

يهدف البحث الى تطوير منهجية جيدة لتقييم المخاطر المكونة لنموذج FMEA من خلال تحديد المخاطر الحرجة التي تؤثر على عمل محطة الموصل الغازية فضلا عن الاهداف الفرعية الاتية:

١. تقديم نموذج سهل الفهم والاستخدام من قبل الادارة والافراد العاملين.
٢. تشخيص مجموعة واسعة من المخاطر الحرجة والحد من اوجه القصور التقليدية FMEA.
٣. النظر في التأثير المتبادل لأنماط الفشل وتوفير مستوى جيد من المرونة في المعالجات.

فروض البحث

ينطلق البحث من فرضيتين اساسيتين هما:

- يسهم استخدام نموذج FMEA في تقييم المخاطر العملياتية لمحطة الموصل الغازية
- تتفاوت المخاطر العملياتية لمحطة الموصل الغازية حسب درجة خطورتها.

منهج البحث

تم اعتماد البحث على منهج دراسة الحالة والذي يركز على المقابلات الشخصية وقائمة الفحص لجمع البيانات الخاصة بمتغيرات البحث وتحليلها بالاستناد على الاسس والمعايير العلمية لغرض الوصول الى الاهداف المرجوة من البحث.

حدود البحث

- **الحدود المكانية**: اجري البحث في محطة كهرباء الموصل الغازية لتعاون ادارة المحطة مع الباحثة وتزويدها بالبيانات المطلوبة.
- **الحدود الزمانية**: اقتصرت مدة انجاز البحث على الفترة الزمنية الواقعة ما بين ٢٠٢١/١/٣ ولغاية ٢٠٢١/٤/٢٨
- **الحدود البشرية**: اقتصر البحث الحالي على مدراء اقسام محطة كهرباء الموصل الغازية الموضحة ادناه (الشؤون الادارية، الشؤون المالية ،الرقابة الداخلية والتدقيق ،التخطيط والمتابعة ،الاسناد الفني ،التجهيز والمخازن، السلامة والبيئة، الميكانيك ،الكهرباء، السيطرة الذاتية، التشغيل ،المعالجة).

الجانب النظري

✓ **تحليل نمط الفشل واثاره Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)**

١. **المفهوم**

تم تقديم FMEA لأول مرة بواسطة وكالة ناسا في عام ١٩٦٣ وبعد ذلك في عام ١٩٧٧ تم اعتماده وتحديثه من قبل شركة فورد موتورز، يتم استخدام FMEA لتحديد RPN لتصميم المنتج او العملية من اجل تحديد العنصر الذي يسبب اكبر قدر من المخاطر، ويعد FMEA اداة فعالة يتم الاعتماد عليها للحفاظ على امن وموثوقية المنتجات او العمليات، تم وضعها موضع التنفيذ في مجموعة واسعة من الصناعات (Sagnak & Reyes, 2020) ،فهي طريقة منهجية مصممة

لتحديد انماط الفشل المعروفة والمحتملة واسبابها وتأثيراتها على اداء النظام، تم استخدامها في البداية من قبل القوات المسلحة الامريكية عام ١٩٤٩ لتصنيف حالات الفشل وفقا لتأثيرها على نجاح الرسالة المرتبطة بسلامة الافراد والمعدات، بعد ذلك تم انتشاره في الستينات بعد تطبيقه في صناعة الطيران للاطلاع على قرارات ادارة المخاطر، اذ يمكن النظر الى FMAE كإجراء استباقي لتقييم العملية من خلال تحديد اين وكيف يمكن ان تفشل وتقييم التأثير النسبي للإخفاقات المختلفة، على الرغم من ان الهدف الاساسي لـ FMAE هو تحسين تصميم النظام إلا انه يمكن تطبيقه في اي مرحلة من مراحل المشروع للتخفيف من المخاطر المستقبلية المحتملة الناتجة عن اوضاع الفشل، يتم اجراء FMAE بواسطة فريق متعدد الوظائف من الخبراء المتخصصين الذين يقومون بتحليل النظام لتحديد نقاط الضعف واقتراح اجراءات التصحيح التي تمنع التأثير السلبي على اداء النظام، حيث ان هدف FMAE هو تحديد حالات الفشل الحالية والمحتملة من خلال تقييم شخصي ومنهجي لتصنيف تلك الاخفاقات وفقا لمقياس المخاطر، يتم دعم طريقة FMAE من خلال مجموعة من المعايير والاجراءات من بين الوثائق الفنية الاخرى، يأخذ مدخل FMAE الكلاسيكي في الاعتبار ثلاثة عوامل (تسمى عوامل الخطر) لتوصيف كل وضع فشل :

- درجة الخطورة Severity (SEV):التي تقيم اهمية تأثير وضع الفشل على تشغيل النظام.
- تكرار الحدوثOccurrence (OCC):يمثل عدد مرات حدوث وضع الفشل، يرتبط عامل الخطر بمعدل الفشل والذي يمكن تعريفه على انه تكرار فشل النظام الهندسي او الفشل المركب، معبر عنه الفشل لكل وحدة زمنية.
- قابلية الكشفDetection (DET):تمثل مدى امكانية اكتشاف فشل معين قبل حدوثه (Zúñiga, Baleia, Fernandes, & Branco, 2020)
- احتل تحليل نمط الفشل والتأثيرات FMEA المستخدم في الانظمة والتصميمات والمنتجات اهتمام كبير خلاف ادوات تقييم المخاطر الاخرى التي تبحث عن الحلول بعد حدوث الفشل ،حيث ان الوظيفة الرئيسة لـ FMEA تشمل تحديد حالات الفشل المحتملة المختلفة وتقييم مخاطرها ومن ثم اتخاذ الاحتياطات لتقليل احتمالية وشدة الفشل وتجنب الحوادث الخطرة، عند استخدامه في التحليل الحرج يعرف باسم وضع الفشل والتأثيرات والتحليلات الحرجة Failure Mode Effects and Criticality Analysis (FMECA)، يتكون FMEA التقليدي من خمسة اجراءات تنفيذية هي:١.الاعداد، ٢.التعريف والتحديد، ٣.وضع الاولويات، ٤.تقليل المخاطر، ٥. اعادة التقييم. (Qin, Xi, & Pedrycz, 2020)

في عملية FMEA يشارك خبراء متعددو الوظائف من مختلف المجالات لتحديد وتقييم حالات الفشل المحتملة وتحديد اولوياتها والقضاء عليها وفقاً لمستوى اهميتها ، تقليديا يتم اجراء تقييم المخاطر في FMEA من خلال تطوير مقياس يعرف باسم رقم اولوية المخاطر RPN يتم حسابه بضرب ثلاثة عوامل خطرة وهي الشدة (S) واحتمال الحدوث (O) واحتمال الكشف (D) لكل من اوضاع الفشل، حيث يتم قياس كل من عوامل الخطر هذه على مقياس مكون من ١٠ نقاط حيث تزداد قيم O,S كلما ازدادت الشدة وزادت فرص الحدوث على التوالي ومع ذلك D مرتبة بترتيب عكسي (Boral, Howard, Chaturvedi, & McKee, 2019)

تعد FMEA اسلوب تحليل مخاطر محتمل وهي قادرة على تحديد والقضاء على الفشل المعروف او المحتمل لتعزيز الموثوقية وسلامة الانظمة المعقدة ،ويمكن ان يوفر معلومات مفيدة عن ادارة المخاطر، ان الخطوة الاولى في FMEA هي وضع قائمة لكل فشل محتمل لأنماط المنتج او نظام معين من خلال جلسات العصف الذهني، بعد ذلك يتم اجراء تحليل نقدي عن الفشل المعترف به واوضاعه من خلال النظر في عوامل الخطر وهي احتمال الفشل(O)وشدة تأثير الفشل(S)واحتمال عدم اكتشاف الفشل(D). (Liu, Zhang, Ping, & Wang, 2019)، يتضمن معيار FMEA عدد من الجوانب منها:

- التعرف على انماط الفشل والاخطاء الناتجة .
- تحديد فرص حدوثها وفرص اكتشافها.
- تحديد شدتها وعواقبها.
- قياس المخاطر وتحديد اولويات الاخطاء على اساس المخاطر.
- تحديد المشكلات عالية المخاطر والتحكم في كفاءة العمل ومراجعة مقياس المخاطر.

يتم تحديد FMEA من اسفل الى اعلى حيث يتم تقسيم اي نظام معقد الى انظمة فرعية والتي يتم فحصها لمعرفة جميع انماط الفشل المحتملة واثاره، تعد FMEA اداة تستخدم لتحليل المخاطر وتوفير المعلومات لعمليات صنع القرار، يتم استخدامها في العديد من الصناعات مثل السيارات ،الالكترونيات ،الفضاء ،الصناعات النووية، والرعاية الصحية والميكانيك ،من المحتمل ان يكون هناك العديد من اوضاع الفشل في اي عملية او تصميم او نظام في ظل هذه الظروف يجب قياس كل نمط فشل وتصنيفه بناءاً على مستوى مخاطره من اجل تحديد انماط الفشل عالية المخاطر ذات الاهمية القصوى. (Sagnak & Reyes, 2020)

٢. اهداف FMEA

الهدف من FMEA هو اعطاء الاولوية لأنماط الفشل وذلك بتخصيص الموارد المحتملة لنقاط الضعف عالية الخطورة ويتم استخدام رقم الاولوية RPN لتصنيف اوضاع الفشل من حيث

عوامل الخطر الثلاثة O,S,D وبشكل عام يتم تقييم كل عامل خطر وفق لمقياس رقمي من (١)الاقل احتمالاً والاقل خطورة والاكثر قابلية لاكتشاف الفشل الى(١٠)الاكثر احتمالاً والاكثر خطورة والاقل قابلية للاكتشاف ثم بعد ذلك يتم مضاعفة درجة O,S,D لكل وضع فشل للحصول على RPN وبالتالي فان قيم RPN الممكنة تتراوح من (١٠)الى(١٠٠٠) وكلما ارتفعت قيمة RPN زادت مخاطر وضع الفشل المحدد لذلك وفقا للترتيب التنازلي لـ RPN يمكن تحديد اولويات جميع انماط الفشل المحددة ويمكن التركيز على اخطارها من خلال تصميم استراتيجيات الحد من المخاطر ،بعد تنفيذ الاجراءات التصحيحية يتم اعادة حساب شبكات RPN لأنماط الفشل لفحص اذا كان خطر انماط الفشل الحرج قد انخفض والتحقق من فعالية اجراءات التخفيف من المخاطر. (Liu, Zhang, Ping, & Wang, 2019)اما (Carlson, 2014) فيحدد اهداف FMEA بالاتي:

أ. تحديد ومنع مخاطر السلامة.
ب. تقليل خسارة اداء المنتج او تدهور الاداء.
ج. تحسين الاختبار وخطط المراجعة (في حالة النظام او تصميم FMEA).
د. تحسين خطط التحكم في العمليات (في حالة عمليات FMEA).
ه. النظر في التغييرات في تصميم المنتج او عمليات التصنيع.
و. تحديد خصائص المنتج او العملية الهامة.
ز. تطوير خطط الصيانة الوقائية للآلات والمعدات اثناء العمل.
ح.تطوير تقنيات التشخيص عبر الانترنيت.

ويضيف (Zúñiga, Baleia, Fernandes, & Branco, 2020) الاهداف الاتية:

- التعرف على اوضاع الفشل المحتملة واسبابها وتأثيرات الفشل على النظام او المستخدمين النهائيين لمنتج او عملية معينة وفهمها تماما.
- تقييم المخاطر المرتبطة بأنماط الفشل المحددة والتأثيرات والاسباب وتحديد اولويات القضايا لاتخاذ الاجراءات التصحيحية.
- تحديد وتنفيذ الاجراءات التصحيحية لمعالجة مخاوف الخطر(قلق الخطر)

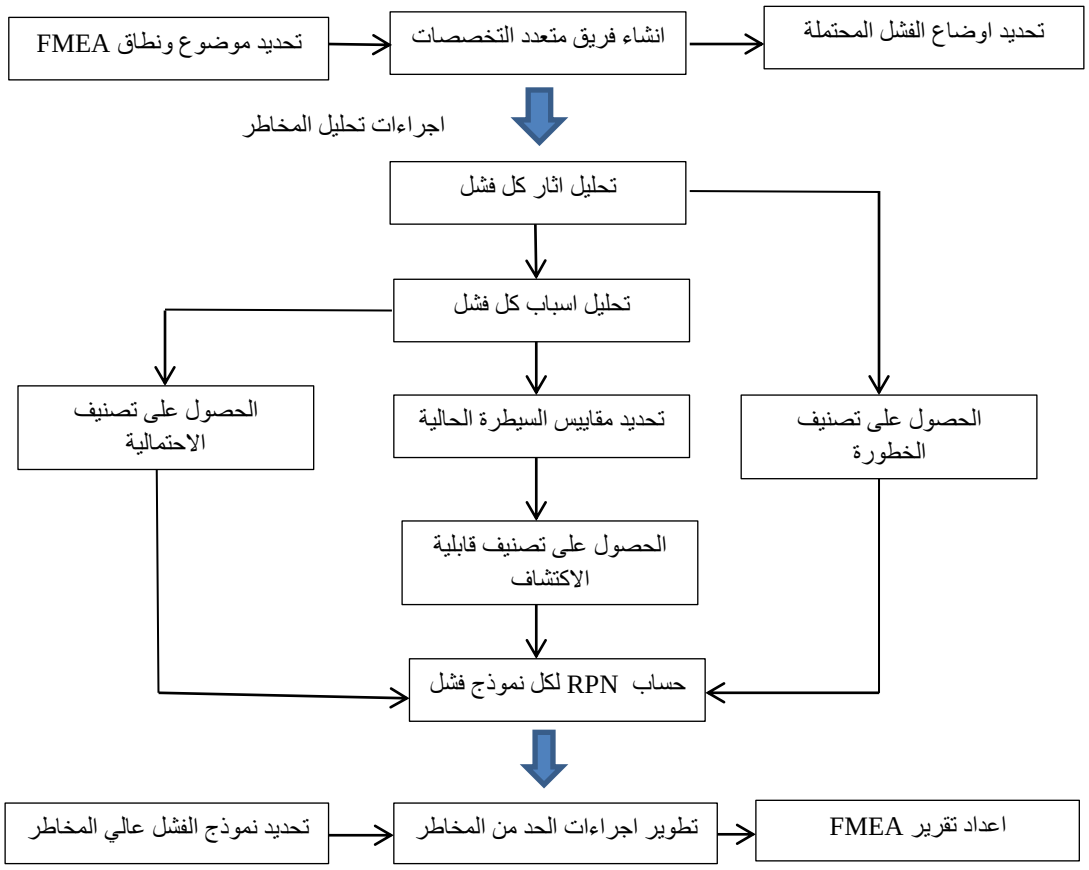
٣. **خطوات FMEA**

تعد FMEA اداة تحليلية للموثوقية وادارة المخاطر وهي فعالة ويتم تطبيقها على نطاق واسع في العديد من المجالات مثل تقييم المخاطر واتخاذ القرار ويتلخص FMEA في احدى عشر خطوة موضحة ادناه:

- الخطوة ١:فهم عملية تشغيل النظام بشكل صحيح.
- الخطوة٢:تقسيم النظام الى انظمة فرعية/او تجمعات وفقا لخصائص النظام.
- الخطوة٣:استخدام ادوات التحليل المختلفة لتحديد مكونات النظام وكيفية ارتباطها مع بعضها البعض
- الخطوة٤:وضع قائمة بجميع المكونات لكل نظام فرعي او مجموعة.
- الخطوة٥:تحديد النقطة الرئيسة التي يكون لها تأثير على اداء المكونات بسبب فشل غير متوقع.
- الخطوة٦:تحديد تقييم انماط الفشل بالتفصيل.
- الخطوة٧:يقوم خبراء العمل بتقييم احتمالية الفشل من الناحية النوعية.
- الخطوة٨:معالجة عدم التأكد في تقييمات الخبراء وحساب RPN.
- الخطوة٩:تحديد اولويات انماط الفشل المحددة بمستويات المخاطر المختلفة.
- الخطوة١٠:اعطاء مزيد من الاهتمام لأوضاع الفشل ذات الاولوية العالية ووضع نموذج قياسي، خطة العمل بشكل رئيس تتكون من جانبين:

* الاجراءات الوقائية لتجنب الفشل.
* اجراءات تعويضية لتقليل الخسائر الناتجة عن فشل غير مرغوب فيه.

- الخطوة١١:اجراء ملخص للتحليل السابق بشكل جدول. (Zheng & Tang, 2020)الشكل (١) يوضح ذلك



شكل(١) مخطط لنموذج الفشل وتحليل التأثيرات FMEA

SOURCE : Liu, Hu-Chen; Zhang, Li-Jun; Ping, Ye-Jia; Wang, Liang;. (2019). Failure mode and effects analysis for proactive healthcare risk evaluation: A systematic literature review. journal of evaluation in clinical practice, p. 2.

٤. **عيوب FMEA**

أ. المدى العددي لـ RPN غير مستمر مما يدل ان العديد من النقاط التي تتراوح بين(١) الى (١٠٠٠) لا يمكن تمثيلها.

ب. من المحتمل ان يكون RPN متطابق لمجموعات مختلفة من عوامل الخطر (على سبيل المثال قد تتكون ١٢ مجموعة من 2,2,3 او1,2,6 لـ O,S,D).

ج. يتم تجاهل اوزان مؤشرات المخاطر الثلاثة بينما ستؤثر قيمة الاوزان على الاولويات النهائية.

د. من الصعب الحصول على قرار رقمي دقيق ومباشر لعوامل الخطر.

ه. من الصعب حل مشكلة عدم التأكد والشخصية الكامنة في التقييمات. (Qin, Xi, & Pedrycz, 2020)

على الرغم من ان FMEA يحقق ويحلل جميع المستويات من الاسفل الى القمة في النظام او العملية ويعيد الاجراء المنهجي حتى تنتهي حياته ومن ثم فهو نهج من القاعدة الى القمة وهو ايضا طريقة خطوة بخطوة بسبب قابليتها للتطبيق والفعالية، الا انه توجد العديد من الانتقادات التي وجهت الى FMEA فيمكن تمثيلها بالنقاط الاتية:

- تعتبر الاهمية النسبية لعوامل الخطر متساوية.
- تقييمات مختلفة لعوامل الخطر لاثنين مختلفين قد تنتج اوضاع فشل نفس قيمة RPN على سبيل المثال تقييمات عوامل الخطر لاثنين من الاخفاقات هي ٢,٣,٤ او ٢,٢,٦ على التوالي فان قيمة RPN هي ٢٤ على حد سواء ولكن قد تكون المخاطر مختلفة.
- يستخدم الخبراء القيم الدقيقة لتقييم اوضاع الفشل في حين انه من الصعب عادة الحصول على تقييمات واضحة بسبب المعلومات الغامضة والاعتراف البشري المحدود.
- قد يؤدي الاختلاف الصغير في تقييم عوامل الخطر الى تباين كبير في قيمة RPN والذي يعتمد على تقييمات عوامل الخطر الاخرى. (Li, Fang, & Song, 2019)

في تقييم مخاطر FMEA تلعب معرفة اعضاء فريق FMEA وخبراتهم دوراً مهما للغاية عندما تكون البيانات غير موثوقة ونادرة فان تقييم المخاطر لنمط الفشل يعتمد بشكل اساسي على الحكم الشخصي لأعضاء فريق FMEA ويتضمن حتما انواع مختلفة من عدم التأكد، ولاتزال هناك العديد من اوجه القصور على النحو الاتي:

أ. المصطلحات اللغوية المحددة مسبقا تقلل من مرونة تقييم المخاطر اذ يمكن لأعضاء فريق FMEA اختيار المصطلحات اللغوية من مجموعة من المصطلحات اللغوية المحددة مسبقا لتقييم العديد من اوضاع الفشل ،على سبيل المثال عندما تكون البيانات موثوقة وملائمة لايزال يتوجب على اعضاء فريق FMEA استخدام المصطلح اللغوي الغامض لتقييم وضع الفشل المألوف والذي يمكن تقييمه بدقة باستخدام القيمة التقليدية الواضحة وهذا يؤدي الى فقدان المعلومات، في حالات اخرى لا يمكن استخدام اي من المصطلحات اللغوية المحددة مسبقا لتقييم نمط فشل معين بشكل مناسب فيما يتعلق بعامل الخطر والذي يجب تقيمه بمصطلح لغوي جديد يتم تعريفه بشكل خاص.

ب. من الصعب وضع اساس قواعد غامضة وهي ذاتية للغاية، اذ يجد اعضاء فريق FMEA صعوبة في الاتفاق على تعاريف المصطلحات اللغوية غير الواضحة وتجاهل الاختلاف في التعريف على المصطلحات اللغوية الغامضة سيؤدي الى فقدان المعلومات.

ج. عدد اقل من المصطلحات اللغوية يقلل بشكل مصطنع من مستوى الدقة في تقييم المخاطر، اذ يتوافق كل مصطلح لغوي مع بعض التطبيقات العددية في مقياس 10 نقاط والتي يمكن من خلالها تصميم الرقم الغامض شبه المنحرف او الثلاثي المقابل لذلك يوجد اقل من 10 مصطلحات لغوية والتي يمكن لأعضاء فريق FMEA الاختيار من بينها، بشكل عام سيؤدي هذا الى تقييم غير دقيق.(Nie, Liu, Wu, Chen, & Wu, 2019)

٥. **انواع FMEA**

حدد (AHMED, 2014) ثلاثة انواع هي نظام FMEA وتصميم FMEA وعملية FMEA وادناه توضيح لهذه الانواع :

أ. **نظام FMEA**:هو اعلى مستوى لتحليل النظام بأكمله يتكون من انظمة فرعية مختلفة ينصب التركيز على اوجه القصور المتعلقة بالنظام بما في ذلك سلامة النظام وتكامله والترابط والتفاعلات بين الانظمة الفرعية او مع الانظمة الاخرى او التفاعلات مع البيئة المحيطة والتفاعلات البشرية وتقديم الخدمات وغيرها من القضايا التي قد تسبب عدم عمل النظام. في FMEAs ينصب التركيز على الوظائف والعلاقات المميزة للنظام ككل (بمعنى غير متوفر في المستويات الادنى) ويتم تضمين اوضاع الفشل المرتبطة بالترابط والتفاعل بالإضافة الى النظر في حالات فشل نقطة واحدة حيث يمكن ان يؤدي فشل مكون واحد الى فشل النظام بأكمله.

ب. **تصميم FMEA**:يركز على تصميم المنتج على المستوى النظام الفرعي او المكون، اذ ينصب التركيز على اوجه القصور المتعلقة بالتصميم مع التركيز على تحسين التصميم وضمان تشغيل المنتج بشكل امن وموثوق خلال العمر الانتاجي للمعدات، يشمل نطاق تصميم FMEA النظام الفرعي او المكون نفسه بالإضافة الى الربط بين المكونات المجاورة، اذ يفترض تصميم FMEA ان المنتج يتم تصنيعه وفقا للمواصفات.

ج. **عملية FMEA**: يركز على التصنيع والتجميع مع التركيز على كيفية تحسين عملية التصنيع لضمان ان المنتج مبني على متطلبات التصميم بصورة امنة مع الحد الادنى من التوقف والفشل واعادة العمل ،اذ يمكن ان يشمل نطاق عملية FMEA عملية التصنيع والتجميع والشحن والاجزاء الواردة ونقل المواد والتخزين وصيانة الادوات ووضع العلامات، غالبا ما تفرض عمليات FMEA ان التصميم يكون سليم. وتوجد انواع اخرى لـ FMEA هي :

- مفهوم FMEA:نسخة قصيرة من FMEA تساعد في اختيار البدائل المفاهيمية المثلى لتحديد التغيرات على مواصفات تصميم النظام.
- صيانة FMEA:لدعم مشاريع الصيانة المرتكزة على الموثوقية.
- تحليل المخاطر لـ FMEA:هنا يتم التركيز على تحديد ومعالجة المخاطر المحتملة المرتبطة باستخدام المنتج.
- برنامج FMEA: يتم تحديد نقاط الضعف في البرنامج ويقيم فعالية بنية البرنامج ومواصفاته.

`اضاف كلا من (KONCZ, 2018) و (YÜCENUR, ÇATALTEPE, & SAKİN, 2020) نوع رابع هو

د. **خدمة FMEA**:والتي تساعد على تحليل المنتجات قبل الوصول الى الزبائن ، في خدمة FMEA الافراد العاملين، البيئة، الاساليب، الاجراءات ، يجب ان تتفاعل مع العوامل المادية التي تؤدي الى تشكيلات فردية ، خدمة FMEA هي تقنية معقدة من اجل فهم السبب الجذري للفشل، ويجب تكرار الخدمة باستمرار.

الاطار العملي

محطة كهرباء الموصل الغازية : تابعة للشركة العامة لإنتاج الطاقة الكهربائية الشمالية تأسست عام ١٩٧٤ م تضم (١٢٠٠) من الافراد العاملين موزعين الى (موظفين دائمين وعقود واجور يومية) وبتخصصات مختلفة (اداريين وفنيين) .وظيفتها انتاج الطاقة الكهربائية موقعها في محافظة نينوى اضافة الى محطات

سد الموصل ومحطة القيارة الغازية ،تعتمد على الغاز الطبيعي في توليد الطاقة الكهربائية والذي يتم الحصول عليه من شركة غاز الشمال في كركوك ، تنتج المحطة ما يقارب ١٠٠ ميكا واط في اليوم وكمية الانتاج تتباين حسب كفاءة ونوعية وضغط الغاز، تضم المحطة (١٤) وحدة (٢) خارج الخدمة وهي الموحدات (١٣،١٤) بسبب عمليات التحرير على محافظة نينوى (١٢) فقط صالحة للعمل وحاليا (٦) وحدات فقط تعمل و(٦)الوحدات الاخرى متوقفة بسبب ضغط الغاز، تضم المحطة العديد من الاقسام موزعة بين (الشؤون الادارية، الشؤون المالية ،الرقابة الداخلية والتدقيق ،التخطيط والمتابعة ،الاسناد الفني ،التجهيز والمخازن، السلامة والبيئة، الميكانيك ،الكهرباء، السيطرة الذاتية، التشغيل ،المعالجة)، تم الحصول على المعلومات المطلوبة من خلال استمارة الفحص التي تم ملئها بالاعتماد على مدراء اقسام المحطة والتي شخصت المخاطر المحيطة بالمحطة حيث تم اعتماد فئات الخطر حسب (Ghadage, Narkhede, & Raut, 2020) والموضحة بالجدول (١)

جدول (١) عوامل وفئات الخطر

ت	فئات الخطر	الخطر	رمز الخطر	الكاتب
١	المشروع	جدولة غير واقعية تؤدي الى التأخير	A	Assaf and Al-Hejji (2006), Doloi et al. (2012), Aritua et al. (2011),Kirkire et al. (2015), Boateng et al. (2015), Yang and Wei (2010), Desai and Bhatt (2013) and Nielsen and Randall (2013)
٢		كثرة التغير في نطاق العمل/عدم الوضوح في نطاق العمل	B	Chan et al. (2011b), Doloi et al. (2012), Aritua et al. (2011), Chou and Pramudawardhani (2015), Sambasivan and Soon (2007), Bing et al. (2005), Ke et al. (2010), Jin (2010), Xu et al. (2010) and Cheung and Chan (2011)
٣		خطأ في التقديرات	C	Chan et al. (2011b)
٤		البطء في عملية اتخاذ القرارات	D	Assaf and Al-Hejji (2006) and Bakhshi et al. (2016)
٥		عدم وجود دافع لانهاء المشروع قبل الجداول المحددة	E	Assaf and Al-Hejji (2006) and Doloi et al. (2012)
٦		تصميم لايمكن التنبوء به /مخاطر التطوير في مرحلة التطوير	F	Chan et al. (2011a)
٧		قضايا السياسة الداخلية	G	Bakhshi et al. (2016)
٨		عدم كفاءة الافراد العاملين لدى اصحاب المصلحة	H	Assaf and Al-Hejji (2006), El-Sayegh (2008), Doloi et al. (2012), Chan et al. (2011b), Aritua et al. (2011) and Kirkire et al. (2015)
٩		كفاءة مدير المشروع	I	Bakhshi et al. (2016)
١٠	التصميم	مدخلات تصميم غير كافية	J	Assaf and Al-Hejji (2006), Chou and ramudawardhani (2015), El-Sayegh (2008), Kirkire et al. (2015) and Bakhshi et al. (2016)
١١		اخطاء في التصميم والهندسة المختارة	K	El-Sayegh (2008), Ke et al. (2010),Doloi et al. (2012), Assaf and Al-Hejji (2006), Boateng et al. (2015) and Ghosh and Jintanapakanont (2004)
١٢		تغيير التصميم/اعادة العمل بسبب التغير في التصميم	L	Chou and Pramudawardhani (2015), Chou et al. (2012) and Ke et al. (2010)

١٣		خطر عدم توافر التكنلوجيا المساعدة	M	Assaf and Al-Hejji (2006), Kirkire et al. (2015), Boateng et al. (2015) and Ghosh and Jintanapakanont (2004)
١٤		فهم خاطئ للمواصفات	N	Assaf and Al-Hejji (2006),El-Sayegh (2008) and Doloi et al. (2012)
١٥		التاخر في التصاميم والتفاصيل الهندسية	O	Bakhshi et al. (2016)
١٦		نقص في القدرة على التصميم	P	Bakhshi et al. (2016)
١٧		نقص في الابداع التكنلوجي	Q	Bakhshi et al. (2016)
١٨		مخاطر التكنولوجيا شديدة الصعوبة	R	Bakhshi et al. (2016)
١٩		التطور التكنولوجي للمشروع	S	Bakhshi et al. (2016)
٢٠	مخاطر مالية	القيود المالية/التأخر في السداد من الزبون	T	Chou and Pramudawardhani (2015),Chan et al. (2011b), Doloi et al. (2012), Ke et al. (2010), Aritua et al. (2011), Assaf and Al-Hejji (2006), Chou et al. (2012) and Xu et al. (2010)
٢١		تجاوز تكلفة العملية	U	Chou and Pramudawardhani (2015), Boateng et al. (2015), Bing et al. (2005), Hwang et al. (2013), Chou et al. (2012), Ke et al. (2010), Chan et al. (2011b), Xu et al. (2010), Heravi and Hajihosseini (2012),Cheung and Chan (2011), Singh and Kalidindi (2006), Yang and Wei (2010) and Flyvbjerg et al. (2003)
٢٢		التضخم في الاجور، سعر الفائدة..... وغيرها	V	Ke et al. (2010)
٢٣	الجودة	متطلبات الجودة الصارمة	W	Boateng et al. (2015)
٢٤		طرق الفحص والاختبار غير واقعية المقترحة في عقد العمل	X	Doloi et al. (2012) and Bakhshi et al. (2016)
٢٥		جودة العمل سيئة	Y	El-Sayegh (2008), Kirkire et al. (2015), Choi et al. (2010) and Ke et al. (2010)
٢٦	الافراد العاملين	انخفاض انتاجية الايدي العاملة والمعدات	Z	Assaf and Al-Hejji (2006), Chan et al. (2011b), El-Sayegh (2008),Doloi et al. (2012) and Chou and Pramudawardhani (2015)
٢٧		التأخر في توفير الافراد العاملين، المواد الاولية، الموارد	AA	Chan et al. (2011b), Assaf and Al-Hejji (2006), El-Sayegh (2008), Ke et al. (2010), Bakhshi et al. (2016) and Boateng et al. (2015)
٢٨	الزبائن	التأخر في التجهيز والتسليم الى الزبون	AB	Assaf and Al-Hejji (2006)
٢٩	المجهزين	التأخر في اعمال المجهزين الباطنية	AC	El-Sayegh (2008), Assaf and Al-Hejji (2006), Doloi et al. (2012), Aibinu and Odeyinka (2006) and Lo et al. (2006)
٣٠		التغيير المتكرر للمجهزين	AD	Assaf and Al-Hejji (2006)

٣١		احتكار المجهزين	AE	Aritua et al. (2011) and Bakhshi et al. (2016)
٣٢	الاستشاري	التأخر في اعتماد المستندات والرسوم والفحص والاختبار من قبل الاستشاري	AF	Assaf and Al-Hejji (2006), Chou and Pramudawardhani (2015), Chan et al. (2011b) and Doloi et al. (2012)
٣٣		نقص كفاءة خبرة الاستشاري	AG	Assaf and Al-Hejji (2006)
٣٤	الموارد	التغييرات في انواع الموارد والمواصفات	AH	Assaf and Al-Hejji (2006)
٣٥	سياسات الحكومة	التغيير في اللوائح والقوانين الحكومية ذات العلاقة	AI	Chan et al. (2011b), Aritua et al. (2011), El-Sayegh (2008) and Ke et al. (2010)
٣٦		الفساد والرشوة	AJ	Chou and Pramudawardhani (2015), El-Sayegh (2008), Hwang et al. (2013), Chou et al. (2012), Ke et al. (2010), Chan et al. (2011b), Xu et al. (2010) and Cheung and Chan (2011)
٣٧	الموقع	تقييد الدخول الى الموقع	AK	Doloi et al. (2012)
٣٨		حوادث الموقع	AL	Doloi et al. (2012) and El-Sayegh (2008)
٣٩	البيئة	تأثير الاحوال الجوية على التنفيذ	AM	Assaf and Al-Hejji (2006), Aritua et al. (2011), Chan et al. (2011b), Boateng et al. (2015) and El-Sayegh (2008)
٤٠	المتفرقة	الصراع بين اصحاب المصلحة	AN	Assaf and Al-Hejji (2006), Bakhshi et al. (2016), El-Sayegh (2008), Doloi et al. (2012), Iyer and Jha (2006) and Sambasivan and Soon (2007)
٤١		التعاون والتواصل مع اصحاب المصلحة في العمل	AO	Bakhshi et al. (2016) and Assaf and Al-Hejji (2006)
٤٢		احداث كارثية وارهاب	AP	Assaf and Al-Hejji (2006)

Source: Ghadage, Yogesh D.; Narkhede, Balkrishna E.; Raut, Rakesh D;. (2020). Risk management of innovative projects using FMEA; a case study . *Int. J. Business Excellence*, pp. 70-97.

تم تطوير FMEA في هذا البحث من خلال تحديد ٤٢ من المخاطر تم التأكد من صحتها من خلال استمارة الفحص التي حددت المخاطر الحرجة المحيطة بمحطة كهرباء الموصل الغازية اذ تم الحصول على ثلاثة ردود لكل خطر هذه الردود هي تكرار حدوث المخاطر المحددة (O)، وشدة المخاطر المحددة (S) وقابلية الكشف لخطر معين (D). بناءً على ردود رؤساء اقسام محطة كهرباء الموصل الغازية تم حساب RPN من خلال ضرب المتغيرات السابقة (O*S*D) وبناءً على قيمة RPN يتم ترتيب الاولويات لكل خطر وبذلك تحققت الفرضية الاولى للبحث التي تنص " يسهم استخدام نموذج FMEA في تقييم المخاطر العملياتية لمحطة الموصل الغازية" وكما موضحة بالجدول (٢)

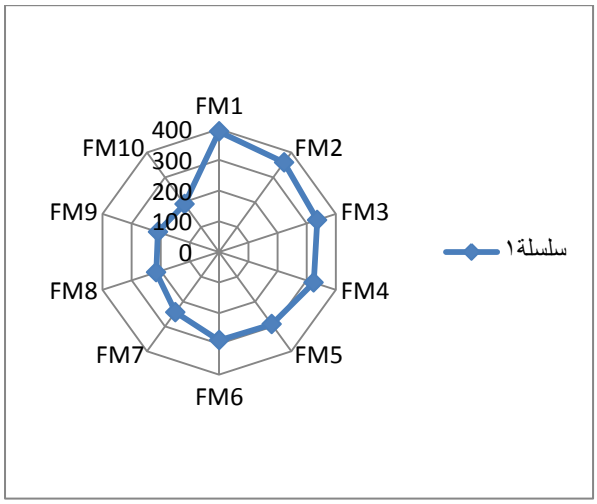
جدول (٢) تكرار الحدوثO ودرجة الخطورة S وقابلية الاستكشافD

ت	رمز الخطر	الخطر	O	S	D	RPN	المدى
١	A	جدولة غير واقعية تؤدي الى التأخير	4.6	5.3	5.3	129.214	22
٢	B	كثرة التغير في نطاق العمل/عدم الوضوح في	5	4	6	120	25

		نطاق العمل				
٣	C	خطأ في التقديرات	3.6	6.5	5	117	26
٤	D	البطء في عملية اتخاذ القرارات	3	8	6	144	16
٥	E	عدم وجود دافع لإنهاء المشروع قبل الجداول المحددة	4	6	8	192	10
٦	F	تصميم لا يمكن التنبوء به /مخاطر التطوير في مرحلة التطوير	6	7	5	210	9
٧	G	قضايا السياسة الداخلية	4	6	7	168	12
٨	H	عدم كفاءة الافراد العاملين لدى اصحاب المصلحة	5	9	3	135	18
٩	I	كفاءة مدير المشروع	4	6.2	4	99.2	29
١٠	J	مدخلات تصميم غير كافية	3	5	6	90	34
١١	K	اخطاء في التصميم والهندسة المختارة	3	4	8	96	32
١٢	L	تغيير التصميم/اعادة العمل بسبب التغير في التصميم	3	5	7	105	28
١٣	M	خطر عدم توافر التكنلوجيا المساعدة	5.2	4	6	124.8	24
١٤	N	فهم خاطئ للمواصفات	2	9	3	54	42
١٥	O	التأخر في التصاميم والتفاصيل الهندسية	3	6	7.2	129.6	21
١٦	P	نقص في القدرة على التصميم	2	7	7	98	31
١٧	Q	نقص في الابداع التكنلوجي	8	9	4	288	6
١٨	R	مخاطر التكنولوجيا شديدة الصعوبة	3.3	5	8	132	20
١٩	S	التطور التكنولوجي للمشروع	8	7	7	392	1
٢٠	T	القيود المالية/التأخر في السداد من الزبون	2	8	4	64	39
٢١	U	تجاوز تكلفة العملية	3	3	9	81	35
٢٢	V	التضخم في الاجور، سعر الفائدة..... وغيرها	2	4	10	80	37
٢٣	W	متطلبات الجودة الصارمة	5	8	4	160	14
٢٤	X	طرق الفحص والاختبار غير واقعية المقترحة في عقد العمل	3	6	6	108	27
٢٥	Y	جودة العمل سيئة	3	4.1	8	98.4	30
٢٦	Z	انخفاض انتاجية الايدي العاملة والمعدات	5	9	3	135	19
٢٧	AA	التأخر في توفير الافراد العاملين، المواد الاولية، الموارد	4	9	8.1	291.6	5
٢٨	AB	التأخر في التجهيز والتسليم الى الزبون	2.3	4	10	92	33
٢٩	AC	التأخر في اعمال المجهزين الباطنية	3	8	6.1	146.4	15
٣٠	AD	التغيير المتكرر للمجهزين	6	9	6	324	4
٣١	AE	احتكار المجهزين	5	4	9	180	11
٣٢	AF	التأخر في اعتماد المستندات والرسوم والفحص والاختبار من قبل الاستشاري	4	7	5	140	17
٣٣	AG	نقص كفاءة خبرة الاستشاري	3	4.1	5	61.5	40
٣٤	AH	التغييرات في انواع الموارد والمواصفات	3	7	6	126	23
٣٥	AI	التغيير في اللوائح والقوانين الحكومية ذات العلاقة	9	8	3	216	8
٣٦	AJ	الفساد والرشوة	3	5	4	60	41
٣٧	AK	تقييد الدخول الى الموقع	2.3	3	10	69	38

٣٨	AL	حوادث الموقع	9	8	5	360	2
٣٩	AM	تأثير الاحوال الجوية على التنفيذ	9	9	2	162	13
٤٠	AN	الصراع بين اصحاب المصلحة	8	6	7	336	3
٤١	AO	التعاون والتواصل مع اصحاب المصلحة في العمل	9	3	3	81	36
٤٢	AP	احداث كارثية وارهاب	9	9	3	243	7

استنادا الى رقم اولوية المخاطر تم تحديد اعلى عشرة عوامل واعتبارها عوامل خطر حرجة بالنسبة لمحطة كهرباء الموصل الغازية واقتراح العلاج المناسب لها وبذلك تحققت الفرضية الثانية للبحث والتي تنص على " تتفاوت المخاطر العملياتية لمحطة الموصل الغازية حسب درجة خطورتها" وكما موضح بالشكل (٢) والجدول (٣)



شكل (٢) الاخطار الحرجة

جدول (٣) عوامل الخطر الحرجة مع خطة العلاج

المدى	RPN	عوامل الخطر الحرجة	اقتراح علاج للمخاطر
١	392	التطور التكنولوجي للمشروع	المحطة قديمة جدا ويجب ادخال بعض الوحدات المتطورة ذات الخصائص التكنولوجية العالية من خلال التعاقد مع جهات خارجية وتخصيص الاموال المناسبة لذلك
٢	360	حوادث الموقع	التأكيد على اجراءات الصحة والسلامة المهنية من خلال توجيه المحطة الى اعتماد مواصفات الايزو ISO 45001:2018 التي تقلل من حوادث واصابات العمل.
٣	336	الصراع بين اصحاب المصلحة	توفير بيئة عمل صحية وودية وتخفيف التوتر والصراع من خلال اعطاء كل شخص استحقاقه من الحوافز والمكافآت المادية والمعنوية
٤	324	التغيير المتكرر للمجهزين	التعامل مع مجهزين محددين خاصة وان طبيعة وحدات المحطة تحتاج الى قطع غيار من مصادرها الاولية (المنشأ) وان التغيير في التجهيز والاعتماد على مصادر تجهيز بديلة قد يؤثر على كفاءة الوحدات.
5	291.6	التأخر في توفير الافراد العاملين، المواد الاولية، الموارد	هنالك وفرة في الايدي العاملة ولكن التأخير في توفير الافراد العاملين المدربين المؤهلين للعمل، لذلك ضرورة اعداد برامج تدريب وتأهيل مكثفة للمتعيين الجدد ،اما بالنسبة للمواد الاولية والموارد فالمقصود الاجزاء الاحتياطية من قطع غيار والفلاتر فيجب على المحطة اعداد جداول زمنية دقيقة تتضمن الاحتياج

			من الموارد والبدء بتوفيرها قبل الحاجة لها لضمان عدم التوقف والتأخير.
6	288	نقص في الابداع التكنلوجي	تشجيع الافراد العاملين على الابداع في العمل وتقديم افكار جديدة واستخدام البرامج التكنولوجيا المتطورة التي تسهل من اجراءات العمل، وتنفيذ الافكار المقدمة لتحفيز بقية الافراد.
7	243	احداث كارثية وارهاب	الانفتاح على الثقافات والتكامل بين الاديان والابتعاد عن العنصرية والطائفية في العمل
8	216	التغيير في اللوائح والقوانين الحكومية ذات العلاقة	استقراء سياسة الدولة ووضع خطة طوارئ لتنفيذ العمل تتناسب مع تغيير اللوائح والقوانين.
9	210	تصميم لا يمكن التنبوء به /مخاطر التطوير في مرحلة التطوير	اعداد دراسات جدوى تتضمن امكانية تطوير عمل المحطة واعداد التصاميم المناسبة لذلك ويمكن الاستعانة بجهات خارجية من مكاتب هندسية واستشارية وخبراء في مجال الطاقة الكهربائية من اساتذة الجامعات
10	192	عدم وجود دافع لإنهاء المشروع قبل الجداول المحددة	القضاء على الرتين والتكرار في العمل من خلال ادخال برامج حاسوبية ومنظومات الكترونية جديدة تتطور من اداء الافراد العاملين وتحفزهم لإنهاء اعملهم قبل الجداول المحددة .

الاستنتاجات والتوصيات

الاستنتاجات

١. نموذج FMEA اسلوب فعّال لمساعدة المجموعات المتعددة التخصصات على تعزيز المعرفة والوعي بالأخطار المحيطة وتحديد الاولويات والمخاطر الحرجة بهدف التخطيط لتحسين العمل واتخاذ الاجراءات التصحيحية المناسبة.

٢. اظهرت نتائج تطبيق نموذج FMEA في محطة كهرباء الموصل الغازية ان هنالك تباين في مستوى الاخطار المحيطة بالمحطة وهذا يعود الى طبيعة عمل المحطة في ظل حالات عدم التأكد البيئي.

٣. اكدت النتائج ان تقادم المحطة وضعف الامكانات المادية والتقنية ادت الى ضعف الابداع التكنولوجي والذي يُعد اكثر العوامل خطورة على المحطة واستمرار عملها.

٤. بينت النتائج ازدياد نسبة الحوادث والتوقفات في العمل نتيجة استهلاك بعض الوحدات والاجزاء وقلة خبرة الافراد العاملين في التعامل مع الوحدات المستهلكة والمتقادمة.

٥. اكدت النتائج ان الصراعات بين الافراد العاملين في تؤدي الى زيادة التوتر في العمل وانخفاض مستوى الاداء وعدم الرغبة في انجاز الاعمال قبل الفترة المحددة والذي يدرج ضمن الاخطار الحرجة المحيطة بمحطة كهرباء الموصل الغازية.

٦. اظهرت النتائج ان التغيير المتكرر للمجهزين والمقصود تجهيز الاجزاء والمواد الاحتياطية وليس تجهيز المادة الاولية قد يؤدي الى ازدياد اجراءات سلسلة التجهيز والفحوصات المطلوبة وبدوره التأخر في العمل.

التوصيات

١. ضرورة توجه محطة كهرباء الموصل الغازية الى اعتماد التقانات الحديثة في العمل ورفد المحطة بوحدات ذات خصائص تكنولوجية عالية تحسن كفاءة العمل وتقلل الجهد والوقت المطلوب للعمل.

٢. تشجيع الافراد العاملين على الابداع والتميز وتقديم الافكار الجديدة التي تحسن من جودة العمل من خلال زجهم في برامج تدريبية وتطويرية متنوعة وورش عمل لكسبهم الخبرات المتعددة التي تقلل من الحوادث والتوقفات في العمل.

٣. ضرورة توفير بيئة عمل صحية خالية من التوتر والصراعات في العمل من خلال تشجيع العلاقات الشخصية خارج اوقات الدوام الرسمي، والابتعاد عن الطائفية والعنصرية في العمل.

٤. اعتماد مجهزين محددين للأجزاء الاحتياطية لوحدات المحطة وابرام عقود طويلة الامد لضمان استمرارية التجهيز وعدم التوقف والتغيير بالموصفات التي تؤثر على كفاءة عمل الوحدات.

المصادر

AHMED, A. M. (2014). COMPOSITE FMEA FOR RISK ASSESSMENT IN THE CONSTRUCTION PROJECTS BASED ON THE INTEGRATION OF THE CONVENTIONAL FMEA WITH THE METHOD OF PAIRWISE COMPARISON AND MARKOV CHAIN. Italy.

with failure modes and effects analysis (FMEA). International Journal of Quality &Reliability Management, p. 3.

YÜCENUR, G. N., ÇATALTEPE, S., & SAKİN, İ. (2020). An ıntegrated approach by fmea & fuzzy prioritization method at pharmaceutical ındustry quality control. Cumhuriyet Science Journal, pp. 106-121.

Zheng, H., & Tang, Y. (2020). Deng Entropy Weighted Risk Priority Number Model for Failure Mode and Effects Analysis. Entropy, p. 4.

Zúñiga, A. A., Baleia, A., Fernandes, J., & Branco, P. J. (2020). Classical Failure Modes and Effects Analysis in the Context of Smart Grid Cyber-Physical Systems. Energies, p. 6.

Boral, S., Howard, I., Chaturvedi, S. K., & McKee, K. (2019). An Integrated Approach for Fuzzy Failure Modes and Effects Analysis using Fuzzy AHP and Fuzzy MAIRCA. Engineering Failure Analysis, p. 2.

Carlson, C. S. (2014). Understanding and Applying the Fundamentals of FMEAs. Reliability and Maintainability Symposium, p. 1.

Ghadage, Y. D., Narkhede, B. E., & Raut, R. D. (2020). Risk management of innovative projects using FMEA; a case study. Int. J. Business Excellence, pp. 70-97.

KONCZ, A. (2018). FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS TYPES IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY. 16TH MINI CONF. ON VEHICLE SYSTEM DYNAMICS, IDENTIFICATION AND ANOMALIES, BUDAPEST, NOV. 5-7, (pp. 321-328). H u n g a r y.

Li, J., Fang, H., & Song, W. (2019). Modified failure mode and effects analysis under uncertainty: A rough cloud theory-based approach. Applied Soft Computing Journal.

Liu, H.-C., Zhang, L.-J., Ping, Y.-J., & Wang, L. (2019). Failure mode and effects analysis for proactive healthcare risk evaluation: A systematic literature review. journal of evaluation in clinical practice, p. 2.

Nie, W., Liu, W., Wu, Z., Chen, B., & Wu, L. (2019). Failure mode and effects analysis by integrating Bayesian fuzzy assessment number and extended gray relational analysis -technique for order preference by similarity to ideal solution method. Quality and Reliability Engineering International, p. 2.

Qin, J., Xi, Y., & Pedrycz, W. (2020). Failure mode and effects analysis (FMEA) for risk assessment based oninterval type-2 fuzzy evidential reasoning method. Applied Soft Computing Journal, p. 2.

Sagnak, M., & Reyes, J. A. (2020). Decision-making for risk evaluation: integration of prospect theory