International Journal for Scientific Research (IJSR)

المجلة الدولية للبحوث العلمية

Vol. (2), No. (1) January 2023 الإصدار (2)، العدد (1)

"نهج FMEA لتقليل فشل تطبيق أنظمة ERP باستخدام عوامل الفشل الحرجة"

"FMEA Approach for Decreasing Failure of ERP Implementation using Critical Failure Factors"

جورج ونس

ماجستير نظم المعلومات، ذكاء الأعمال، الأكاديمية العربية للعلوم والتكنولوجيا والنقل البحري، مصر

gwanas2000@yahoo.com

ملخص البحث:

تتسم مشروعات تطبيق نظم تخطيط موارد المؤسسات Enterprise Resource Planning (ERP) بمعدلات فشل عالية. أي تعارض يحدث أثناء عملية تطبيق ERP يؤدي إلى أخطاء في اتخاذ القرارات، ويقلل من الإنتاجية والربحية، ويمكن أن يؤثر على نجاح المشروع. الغرض الرئيسي في هذا البحث هو استخدام تقنية تحليل آثار أوضاع الفشل Failure Modes Effects Analysis (FMEA) لزيادة معدلات نجاح تطبيق مشاريع ERP. هذا الهدف يتحقق من خلال تحديد الإخفاقات الرئيسية وعوامل الفشل المتعلقة بتطبيق مشاريع ERP. تنقسم مشاريع ERP إلى ثلاث مراحل؛ قبل وأثناء وبعد التطبيق. تم تحليل كل مرحلة لتحديد خصائصها الرئيسية وإخفاقاتها المختلفة وعوامل فشلها. يمكن أن تؤثر العديد من المخاطر وتؤدي إلى الفشل في تطبيق مشروعات ERP. تعتبر تقنيات إدارة المخاطر مفيدة للغاية قبل وأثناء وبعد مراحل تطبيق تخطيط موارد المؤسسات. تقوم تقنية FMEA بتقييم حالات الفشل المحددة وعوامل الفشل التي توفر مقياساً كمياً لكل خطر من مخاطر الفشل. تصف دراستنا كيفية تقليل حالات الفشل في تطبيق ERP من خلال تقليل قيمة المخاطر، لذلك في بحثنا نقوم بتعديل تقنية FMEA من خلال اقتراح تقنية Enhanced FMEA مقترح مُحسَّن لقياس المخاطر. استناداً إلى أربع قطاعات مؤثرة في عمل المنظمات، نستخدم في بحثنا أربعة جوانب تصنيف فرعية "four sub categorization aspects" هي: المالية "Financial"، والعملاء "Customer"، والقوانين والقواعد المنظمة للصناعات " & Legal

Regulation"، والعمليات الإنتاجية "Business Operation". استخدام تقنية Enhanced FMEA يؤدي إلى زيادة نجاح تطبيق مشروعات نظم ERP.

الكلمات المفتاحية:

تقنية تحليل آثار أوضاع الفشل (FMEA)، مشروعات نظم تخطيط موارد المؤسسات (ERP)، نجاح تطبيق مشروعات نظم ERP، عوامل الفشل الحرجة.

Abstract:

The Enterprise Resource Planning (ERP) implementation projects have high failure rates. Any conflict done during the ERP implementation process leads to errors in business decision making, decrease productivity and profitability, and can affect the project success. The main purpose in this paper using Failure Modes Effects Analysis (FMEA) approach to deal with help in increasing the success rate of ERP implementation projects. This achieved through defining main failures and failure factors related to ERP implementations. The ERP projects are divided into three stages; Pre, during and post implementation. Each stage analyzed to define its main characteristics and its different failures and failure factors. Many risks can affect and lead to failure in ERP Implementation. The risk management techniques are very useful before, during and post ERP Implementation phases. The FMEA approach assesses and evaluates the defined failures and failure factors providing a quantitative measure for each risk of failure. Our study describes how to reduce ERP Failures by decreasing the risk value, so the researcher enhances the FMEA approach by a Proposed Enhanced FMEA approach to measure the risk. Based on the four organizational critical areas the researcher uses four sub categorization

aspects, Financial, Customer, Legal & Regulation, and Business Operation. The Enhanced FMEA approach leading to success of ERP implementation.

Keywords:

Failure Modes Effects Analysis (FMEA), Enterprise Resource Planning (ERP), Success of ERP Implementation Projects, Critical Failure Factors.

1- مقدمة

نظم تخطيط موارد المؤسسات هي حزمة برمجية قياسية تدمج جميع الأنشطة التجارية، والمعلومات عبر الشركة، وتدير الموارد المتاحة، وتحسن عملها [1، 12، 13]. نظام تخطيط موارد المؤسسات (ERP) يتحكم ويدير العمليات التجارية المعقدة ومعلومات الأعمال بشكل فعال [3،14]، الفوائد الهامة من نظم تخطيط موارد المؤسسات أنها تسمح بوصول أفضل إلى المعلومات [15]. هناك العديد من الأسباب التي تحفز المنظمات على تطبيق نظم ERP مثل استبدال النظم القديمة وتحسين الأداء الإداري [16].

أيضًا، يعد القضاء على التكرار في البيانات وبساطة عمليات الأعمال من نقاط القوة المهمة في نظم تخطيط موارد المؤسسات، الذي يتميز بالوظائف المتقاطعة التقنية للغاية highly technical cross functional من خلال المنظمة. تعمل أنظمة تخطيط موارد المؤسسات على تحسين الأداء التنظيمي والقدرة التنافسية [17، 18، 19].

تحتوي نظم تخطيط موارد المؤسسات ERP على العديد من الأنشطة التي يستخدمها المديرون لإدارة الأنشطة التنظيمية مثل: المشتريات، والموارد البشرية، والمحاسبة، والإنتاج، والمبيعات. وبشكل عام، هناك العديد من الوظائف المتاحة في كل أنظمة ERP، مثل: الشراء، والمخزون، وتخطيط سلسلة التوريد، والجدولة، ومراقبة الجودة، وإدارة الطلب. وتوجد أيضاً الأنظمة المالية التي تحتوي على العديد من الأنظمة مثل: حسابات المدفوعات، وحسابات المقبوضات، وإدارة التدفقات النقدية، والتدقيق المالي. كما توجد أنظمة المشروعات التي تحتوي على العديد من الأنظمة في إدارة الأنشطة في الشركة مثل: فواتير المشروعات، وعقود المشروعات. أيضا تحتوي الموارد البشرية على العديد من الأنظمة مثل: إدارة الوقت، والحضور،

والتدريب، وكشوف المرتبات، والتوظيف. وتحتوي إدارة علاقات العملاء على العديد من الوحدات النمطية مثل: دعم مركز الاتصال، والمبيعات، والتسويق، والتحليلات.

هناك ثلاث مراحل لتطبيق أنظمة ERP، مرحلة ما قبل تطبيق أنظمة ERP تحتوي على اختيار النظام المناسب وأيضا اختيار الموردين وتحديد مواصفات متطلبات المستخدم (URS). فعندما تبدأ الشركة في التفكير في تطبيق أنظمة ERP، يجب أن تقوم بتحليل سوق موردي هذه النظم لمعرفة المورد المناسب وإمكانيات كل نظام ومزاياه وشروط تطبيقه ومدى توافر الدعم الفني له [20]. المرحلة الثانية هي مرحلة تطبيق أنظمة ERP وتحتوي على الأنشطة المتعلقة بتكوين البرامج، ونقل البيانات، والتكامل بين الأنظمة المختلفة، والاختبار، وتدريب المستخدم. والمرحلة الثالثة هي مرحلة ما بعد تطبيق أنظمة ERP التي تحتوي على: الصيانة، وإدارة البرامج، وتحسين أداء البرامج، وتدريب إضافي للمستخدم.

ويرتبط بهذا الموضوع عدة مصطلحات مثل: الخطر، وعوامل النجاح، وعوامل الفشل، والتحقق من صحة أنظمة ERP. الخطر المحتمل معناه هو احتمال خسارة شيء ما، وبالتالي فإن المخاطر تتميز بعدم اليقين [21]. الفشل هو حالة عدم تحقيق الهدف المنشود وقد يُنظر إليه على أنه عكس النجاح [22، 23]. يتم استخدام أساليب عوامل النجاح الحرجة (CSF) وعوامل الفشل الحرجة (CFF) في تقييم نظم المعلومات. وقد تم استخدامها في مجالات نظم المعلومات مثل: إدارة المشروعات، وتطبيق نظم التصنيع، وإعادة الهندسة، وتطبيق نظم تخطيط موارد المؤسسات ERP [13، 24].

يضمن التحقق من صحة تخطيط موارد المؤسسات ERP Validation التحكم المناسب في المخاطر الوظيفية والمخاطر التشغيلية، ويضمن أيضاً رضا المستخدم ويضمن أن تخطيط موارد المؤسسات ERP يلبي متطلبات المستخدم وتوقعاته. كما يتضمن التحقق من صحة نظام تخطيط موارد المؤسسات (ERP) التحقق من صحة البرامج وتأهيل البنية التحتية للأجهزة والمعدات.

يعد تحديد إجراءات العمل وربطها بالوظائف والإجراءات على النظام Business Mapping خطوة حاسمة في مرحلة التحقق من أنظمةERP، كما يعد تحليل المخاطر مهم للغاية وذلك للتحقق من صحة النظام وهو هام أيضا لتكوين وثائق للنظام تتضمن مواصفات متطلبات المستخدم (URS)، والمواصفات الوظيفية (FS)، مواصفة التثبيت (CS)، ومؤهلات التثبيت (IQ)، ومؤهلات التشغيل (OQ).

هناك أدوات مختلفة لتقييم المخاطر تحاول قياس المخاطر، ولكل أداة خصائصها أو ميزاتها أو معاييرها، ويتم تمييز هذه الأدوات عن مناهج ونماذج تقييم نظم المعلومات أو تخطيط موارد المؤسسات. هناك العديد من الأدوات التي يمكن استخدامها لإجراء تقييم المخاطر مثل: التحليل الأولي للمخاطر (PHA)، وتحليل الفشل الوظيفي (FFA)، ودراسات المخاطر والتشغيل (HAZOP)، وتحليل شجرة الأعطال (FTA)، وتحليل المخاطر ونقطة التحكم الحرجة (HACCP)، ونمط الفشل وتحليل التأثير (FMEA).

المشكلة محل الدراسة هي أن نظام تخطيط موارد المؤسسات يعتبر استثماراً رئيسياً للشركات، وحوالي 75٪ من مشروعات تنفيذ تخطيط موارد المؤسسات تفشل في تحقيق أهدافها. ويتطلب نظام تخطيط موارد المؤسسات تخطيطًا فعالاً حتى لا يحدث فشل تطبيق تخطيط موارد المؤسسات في تحقيق الأهداف التنظيمية [12، 13، 15، 26]. لذلك، فإن إدارة مخاطر تخطيط موارد المؤسسات مهمة جدًا للحصول على نجاح نظام تخطيط موارد المؤسسات في تحقيق متطلبات العمل. أنظمة تخطيط موارد المؤسسات المختلفة لها درجات مختلفة في الوقت اللازم للتطبيق implementation، وفي حال الاحتياج إلى قدر كبير من الضبط فإن هذا قد يكون مؤشر نحو الفشل [24].

وجد العديد من الباحثين أن ضعف تقييم المخاطر هو السبب الرئيسي الذي قد يؤدي إلى فشل تطبيق تخطيط موارد المؤسسات [27،28]. ويجب على المنظمة التحقق من صحة نظام ERP للتأكد من أن النظام يلبي متطلبات المنظمة.

يتكون هذا البحث من خمسة أجزاء: الجزء الأول هو المقدمة، والجزء الثاني يحتوي على مراجعة الدراسات السابقة، والجزء الثالث يحتوي على تحليل عوامل الفشل الرئيسية، ويتضمن الجزء 4 منهج FMEA، بينما يحتوي الجزء 5 على الاستنتاج.

2- الدراسات السابقة

هناك العديد من الباحثين المهتمين في مجالات المخاطر والفشل، ومراقبة المخاطر، وتقييم المخاطر، وإدارة المخاطر كوجهة نظر عامة. أيضاً، هناك العديد من الباحثين المهتمين في مجالات مخاطر وفشل أنظمة ERP. كان الموضوع الأكثر أهمية الذي حظي بتركيز كبير من الباحثين هو تقييم المخاطر وقياسها، وعوامل

النجاح الحرجة CSF وعوامل الفشل الحرجة CFF لتطبيقات ERP، وتصنيف المخاطر وتحديد الأولويات، ورقم أولوية المخاطر (RPN)، وأدوات تقييم المخاطر وإدارتها.

1-2 مخاطر وفشل تخطيط موارد المؤسسات

مشروعات تطبيق أنظمة تخطيط موارد المؤسسات ERP هي مشروعات محفوفة بالمخاطر، ويعد تقييم المخاطر حلاً مهمًا للغاية لتحسين ونجاح أنظمة ERP. وتتضمن عملية تقييم المخاطر كل من: تحديد المخاطر، وتحليلها، وتحديد أولوياتها، وتصنيف المخاطر على أنها مخاطر وظيفية ومخاطر التثبيت configuration risk على أجهزة الحاسب.

يعد تحليل أعطال البرامج مهمة صعبة لأنها مرتبطة بعملية الأعمال المعقدة التي تحتوي على العديد من المتغيرات مقارنة بأعطال الأجهزة التي لها متغيرات محدودة. بالإضافة إلى تحديد قوة وضعف المنظمات يمكن أن يساعد في تقليل تأثير الفشل.

2-2 معوقات تطبيق أنظمة ERP

يوجد العديد من معوقات تطبيق أنظمة ERP التي تواجه الدول النامية مقارنة بالدول المتقدمة، من أهمها:

1- العوامل المحلية للدولة المتواجد بها الشركة: تمثل التحدي الكبير أمام تطبيق أنظمة ERP، فهي تشمل البنية التحتية لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات، والوضع الاقتصادي للبلد، وقوة الصناعة، والموقع الإقليمي، والقوانين الحكومية [16، 30، 31].
2- العوامل التنظيمية: مثل ثقافة الحاسب الآلي، ونضج تكنولوجيا المعلومات، ودعم الإدارة العليا، وحجم الأعمال، وتكلفة أنظمة ERP، وإعادة تصميم إجراءات العمل [13، 16، 30، 32، 33]. جميع المنظمات في مختلف البلدان لديها طريقة مختلفة لكيفية أداء الأعمال بسبب اختلاف إجراءات العمل والمتطلبات المحلية [30]. يعود سبب العديد من حالات فشل أنظمة ERP في مصر إلى تخصيص customization نظام ERP لمطابقة العمليات الحالية بدلاً من إعادة هيكلتها [13، 31].
3- مشاكل نقل تكنولوجيا المعلومات: القضايا الثقافية التي تواجه دول الشرق النامية عند تطبيق واستخدام التقنيات الغربية وإجراءات الإدارة ونظم وتقنيات المعلومات [13، 16، 30، 32، 33].

4- مبررات العمل: كانت معظم حالات فشل تطبيق أنظمة ERP هي تبني هذه النظم مبكراً دون وجود مبررات قوية [32].

3-2 أدوات تقييم المخاطر

هناك العديد من الأدوات التي يمكن استخدامها لإجراء تقييم المخاطر مثل: التحليل الأولي للمخاطر Preliminary Hazard Analysis (PHA)، دراسات المخاطر والتشغيل Hazard & Operability Study (HAZOP)، تحليل شجرة الأعطال Fault Tree Analysis (FTA)، تحليل المخاطر ونقطة التحكم الحرجة Hazards Analysis & Critical Control Point (HACCP)، نمط الفشل وتحليل التأثير Failure Mode & Effect Analysis (FMEA).

يتم استخدام أدوات PHA، FTA، HAZOP في المراحل المبكرة في تحليل المتطلبات وفي عملية التصميم، كما أنها تدعم التحليل الوصفي وليس الكمي [34، 35]. وهذا هو السبب في عدم تفضيل هذه الأدوات عند تطبيق أنظمة تخطيط موارد المؤسسات أنظمة ERP. أيضاً FTA لا تأخذ في الاعتبار خطورة الفشل [36]، وفي النظم المعقدة مثل ERP الذي يتضمن عدداً كبيراً من المعدات ومتغيرات العمل تصبح شجرة الأعطال معقدة وتستغرق وقتًا طويلاً حتى تكتمل، ويصبح حلها أكثر صعوبة [34، 37، 38].

تعطي منهجية FMEA وصفاً واضحاً لأنماط الفشل [41]. تستخدم منهجية FMEA الآن في مجموعة متنوعة من الصناعات مثل البرمجيات [22، 40، 42، 45]. الغرض من FMEA هو فحص أوضاع الفشل المحتملة وتحديد تأثير هذه الإخفاقات على العديد من المراحل من خلال:

- عملية تصميم Design FMEA (DFMEA)
- عملية تشغيل Process FMEA (PFMEA)
- معدات وآلات Machinery or Equipment FMEA (MFMEA)
- خدمات Service FMEA (SFMEA)

FMEA هي تقنية إستراتيجية لإنشاء عمليات خدمات خالية من الأخطاء [46]. وهي منهجية تركز على إعطاء الأولوية للفشل الحرج في تحسين السلامة [47]. يأخذ FMEA في الاعتبار كل نمط من الفشل لكل مكون من مكونات النظام [45].

وفقًا للجدول رقم (1)، استنتج الباحث أن FMEA أداة قوية لتقييم المخاطر الكمية، لذلك سوف يعتمد عليها لتقييم مخاطر مشروعات تطبيق أنظمة تخطيط موارد المؤسسات ERP في مراحل التطبيق المختلفة.

جدول رقم (1): أدوات تقييم المخاطر

معايير	التقنيات				
	PHA	FTA	HAZOP	HACCP	FMEA
تستخدم في مراحل عديدة لتطبيق أنظمة ERP	X	X	X	X	✓
	[34], [25], [48], [49]	[34]	[34]	[50]	[41], [22]
أداة قياس كمية	X	X	X	✓	✓
	[34], [25], [49]	[34], [51]	[34], [52], [21], [53]	[54]	[55]
تأخذ في الاعتبار مدي خطورة الفشل	✓	X	✓	✓	✓
	[52]	[36]	[53]	[50], [54]	[55]
إعطاء الأولوية للفشل الحرج	✓	X	✓	✓	✓
	[25]	[51]	[53]	[56]	[47], [25]
تقدم وصفًا واضحًا لوضع الفشل (سبب الخطر)	✓	✓	✓	✓	✓
	[51]	[25], [51]	[51]	[54], [56]	[41], [55], [57]
قوي في الأنظمة المعقدة مثل أنظمة ERP	✓	X	✓	X	✓
	[52]	[34], [38], [51]	[52]	[50]	[55]
تستخدم في العديد من الصناعات حول العالم بما في ذلك تطويرالبرمجيات	✓	✓	X	X	✓
	[48]	[58]	[59]	[39], [25], [50] [54]	[42], [43], [22] [57], [60]
المنتج خالي من الأخطاء	✓	✓	✓	✓	✓
	[25]	[25]	[25]	[50] [54]	[22]
تشغيل الخدمات خالية من الأخطاء	✓	✓	✓	X	✓
	[25]	[51]	[53]	[50]	[46]

3- عوامل فشل مشروعات تطبيق نظم ERP

اهتم العديد من الباحثين بعوامل الفشل الحرجة (CFFs) التي تستخدم على نطاق واسع في مجال نظام المعلومات ونظم تخطيط موارد المؤسسات ERP. تؤثر هذه العوامل على نجاح تطبيق نظم ERP [12، 13، 14]. فيما يلي أكثر عوامل الفشل شيوعاً [5، 6، 12، 42]:

- ملاءمة المنظمة: توصف بأنها التوافق بين متطلبات تخطيط موارد المؤسسات والخصائص التنظيمية.
- مهارات العمل الجماعي في تخطيط موارد المؤسسات (ERP): تحتوي على تعاون الخبراء التقنيين في ERP وخبراء الأعمال بالشركة بالإضافة إلى المستخدمين النهائيين.
- إدارة المشروع: يؤدي الافتقار إلى النواحي المعرفية والخبرة في إدارة المشروع إلى مشاكل أو فشل في إدارة مشروع تطبيق ERP.
- تصميم البرامج المكونة لنظام ERP: يجب أن يتم بجودة مقبولة قبل البدء في الاعتماد على هذا النظام.
- مشاركة المستخدم والتدريب: يحتوي على التزام المستخدم بالمشاركة في المشروع بدايةً من المراحل الأولى من المشروع. وعدم المشاركة يؤدي إلى فشل تطبيق نظم ERP. كما يجب أن يكون المستخدمون الرئيسيون راضين عن منافع النظام.
- التخطيط التكنولوجي لتكوين بنية تحتية مناسبة: يمكن أن تؤدي إلى نجاح تطبيق نظم ERP.
- توصيل التوقعات أو الأهداف على كل مستوى مطلوب لنجاح تطبيق نظم ERP.
- إدارة التغيير: يجب أن يكون لدى القائمون على المشروع مهارات إدارة التغيير، وتحتوي إدارة التغيير على إدارة التغيير في هيكل المؤسسة والثقافة السائدة فيها بما يخدم مشروع تطبيق نظم ERP.
- إعادة هندسة عمليات الأعمال (BPR): هو عامل مهم للغاية في عملية تكوين نظم ERP، حيث يجب أن تحدث إعادة الهندسة لعمليات الأعمال بشكل متكرر للاستفادة من النظام الجديد.
- دعم الإدارة العليا: يحتاج نجاح المشروع إلى تحديد المشروع كأولوية قصوى لدى الإدارة العليا.
- الدعم المالي وتحليل التكاليف: قد يؤثر على تبني الاستعانة بنظم ERP، مما يتسبب في فشل مشروعات تطبيق نظم ERP.

4- نهج FMEA

يعمل نهج FMEA على تقييم عوامل الفشل المحتملة وآثارها [64]، ويمكن لهذا النهج أن يقلل أو يتحكم في حالات الفشل المحتمل [61، 62]. مزايا استخدام FMEA تشمل [41، 42]:

- تخطيط منع الفشل.
- خفض التكلفة.
- انخفاض العمليات غير ذات القيمة المضافة.
- انخفاض تكاليف الضمان.
- زيادة موثوقية المنتج.
- تعديل أقل في التصميم.
- تخطيط أفضل للجودة.
- التحسين المستمر في تصميم العملية والمنتج.
- قبول درجة عالية من التعقيد.
- ربط النتائج مباشرة بالمخاطر الفعلية.

هناك العديد من عوامل النجاح لنهج FMEA، هي: التحديد الصحيح للمخاطر وتصنيفها، والتحكم الصحيح في عوامل إدارة المخاطر بشكل مناسب، والتحديد الصحيح للأولويات وتخصيص الموارد، ومعرفة العملية، وموثوقية نظام المعلومات، ودقة البيانات، وسلامة البيانات [42].

4-1 نهج FMEA التقليدي

يستخدم نهج FMEA من قبل العديد من الشركات في مجموعة متنوعة من الصناعات حول العالم لتحديد وترتيب الأولويات ومعالجة آثار الفشل المحتملة الرئيسية وأسباب الفشل المحتمل وعوامل التحكم التي تؤثر على نجاح تطبيق أنظمة ERP.

4-1-1 معايير تصنيف المخاطر باستخدام FMEA

تحتوي تقنية FMEA على ثلاثة معايير لتقييم الفشل:

- شدة تأثير الفشل.
- مدى تكرار احتمال حدوث الخطر.
- مدى سهولة اكتشاف الخطر.

يجب على المشاركين تحديد درجة بين 1، 5 والاتفاق عليها لمستوى الخطورة والوقوع والكشف لكل فشل.

يتم تحديد معايير الخطورة والوقوع والكشف اعتمادًا على أنواع المشكلات في كل مرحلة من مراحل تطبيق نظم ERP قبل وأثناء وبعد:

- شدة الخطر SEV "Severity": شدة الخطر هي خطورة أو تأثير الفشل [41، 60]. معايير الخطورة موضحة كما هو موضح في الجدول رقم (2).
- الحدوث OCC "Occurrence": الحدوث هو تقييم احتمالية أن الأسباب ستحدث وتؤدي إلى الفشل [41]. معايير الحدوث الموصوفة كما هو موضح في الجدول رقم (3)، الذي يصف الحدوث ومدى تكرار السبب المحتمل لحدوث الخطر؟
- الكشف DET "Detection": تقييم احتمالي بأن الضوابط الحالية ستكتشف سبب الفشل [41]. معايير الاكتشاف الموضحة في الجدول رقم (4)، حيث يصف الاكتشاف مدى احتمالية اكتشاف سبب الفشل؟

IJSR, VSRP Publishing, UK
Website: https://ijsr.vsrp.co.uk
ISSN 2755-3418 (Online)

جدول رقم (2): شدة الخطر

Severity (Effect)	Rating	Criteria
Insignificant	1	No effect on data security, integrity and/or accuracy Data can be retrieved and or stored in a normal operating environment, No hardware damage.
Minor	2	System Downtime of up to 15 minutes, but without affecting data security, integrity and/or accuracy. No hardware damage.
Moderate	3	Downtime of greater than 15 minutes and less than 1 hours and/or loss of data which has been previously backup. No hardware damage. No effect on product safety and/or quality.
Major	4	Downtime of greater than 1 hours and/or loss of data security, integrity and/or accuracy. Hardware damage that can be fixed or corrected with moderate maintenance. No effect on product safety and/or quality.
Catastrophic (very High)	5	Downtime of greater than 1 day and/or loss of data security, integrity and/or accuracy. Hardware damage that cannot be fixed and require replacement. Possible effect on product safety and/or quality.

جدول رقم (3): شدة الخطر

Occurrence	Rank	Criteria
Remote	1	Failure occurs every year or more. Ex: 1 failure per 8760 hours of operation.
Rare	2	Failure occurs every 3 months (quarter). Ex: 1 failure per 2160 hours of operation.
Occasionally	3	Failure occurs every week. Ex: 1 failure per 168 hours of operation.
Frequently	4	Failure occurs every day. Ex: 1 failure per 24 hours of operation.
Continually	5	Failure occurs every shift. Ex: 1 failure per 8 hours of operation.

جدول رقم (4): معايير الاكتشاف

Detection	Rank	Criteria
Certain	1	Controls certainly detect any potential cause, and subsequent failure. Controls will prevent a potential failure and isolate the cause.
High	2	High chance that controls will detect a potential cause, and subsequent failure. Controls will prevent a potential failure and isolate the cause.
Medium likelihood	3	Medium chance that controls will detect a potential cause, and subsequent failure. Controls will provide on an indication of potential failure and may, or may not, prevents failure.
Low likelihood	4	Controls do not prevent failure from occurring. Controls will isolate the cause and failure mode after the failure has occurred.
Remote likelihood	5	Very remote chance that controls will detect a potential cause, and subsequent failure mode, or there are no controls.

4-1-2 تحديد تصنيف المخاطر حسب الشدة والحدوث

يمكن تصنيف المخاطر بناءً على الشدة والحدوث باستخدام مصفوفة مخاطر 5X5، كما هو موضح في الجدول رقم (5). ويمكن ملاحظة الآتي:

- يتم الحصول على الدرجة القصوى 25 بضرب درجة الخطورة x مرات الحدوث.
- أقل درجة هي 1.
- تزداد المخاطر من المستوى الأدنى الزاوية اليسرى إلى الزاوية اليمنى العلوية.
- يمثل كل لون كمية المخاطر. تتطلب المنطقة الحمراء العلوية اليمنى اهتماماً خاصاً، وهذه المنطقة الحمراء الساخنة يجب أن تحظي باهتمام وبعناية شديدة، وعالج هذه التمثيلات بمبدأ باريتو.
- تحتوي منطقة اليد اليسرى السفلية على معظم المشكلات ذات المخاطر الأقل.
- تحظى المنطقة الثانية باهتمام المستوى الثاني، تليها المنطقة الصفراء.
- يتم تصنيف المخاطر اعتمادًا على شدة المخاطر وحدوثها.

جدول رقم (5): مصفوفة تصنيف المخاطر بناءً على الشدة والحدوث

Occurrence			Severity				
			Insignificant	Minor	Moderate	Major	Catastrophic
			1	2	3	4	5
	Continually	5	5	10	15	20	25
	Frequently	4	4	8	12	16	20
	Occasionally	3	3	6	9	12	15
	Rare	2	2	4	6	8	10
	Remote	1	1	2	3	4	5

3-1-4 تقييم المخاطر

يتم تسجيل كل فشل محتمل باستخدام جدول محدد مسبقًا بناءً على تقييم فريق خبير في الموضوع subject matter expert (SME) لمساهمة العنصر موضع الخطر. يبدأ التحليل مع قيام فريق SME بتحديد جدول تسجيل للعناصر الثلاثة. باستخدام الجدول، يسجل فريق SME العناصر الثلاثة لكل فشل. يتم حساب رقم أولوية المخاطرة Risk Priority Number (RPN) لكل فشل كمنتج للدرجات لكل عنصر من الخطورة الحدوث وامكانية الكشف كما في الجدول 6.

RPN = رقم أولوية المخاطرة ، من أجل ترتيب المخاوف ، محسوبة على أنها SEV x OCC x DET

يتم تسجيل كل فشل باستخدام جدول محدد مسبقًا بناءً على تقييم فريق خبير في الموضوع (SME) لمساهمة العنصر. يبدأ التحليل مع قيام فريق SME بتحديد جدول تسجيل للعناصر الثلاثة. باستخدام الجدول، يسجل فريق SME العناصر الثلاثة لكل فشل. يتم حساب رقم أولوية المخاطرة (RPN) لكل فشل كناتج للدرجات لكل عنصر: شدة الخطورة، والحدوث، وإمكانية الاكتشاف، كما في الجدول 6.

جدول رقم (6): مدى قيمة الخطر

Risk Range	Criteria
001: 010	Insignificant
011: 050	Minor
051: 080	Moderate
081: 100	Major
100: 125	Catastrophic (Very High)

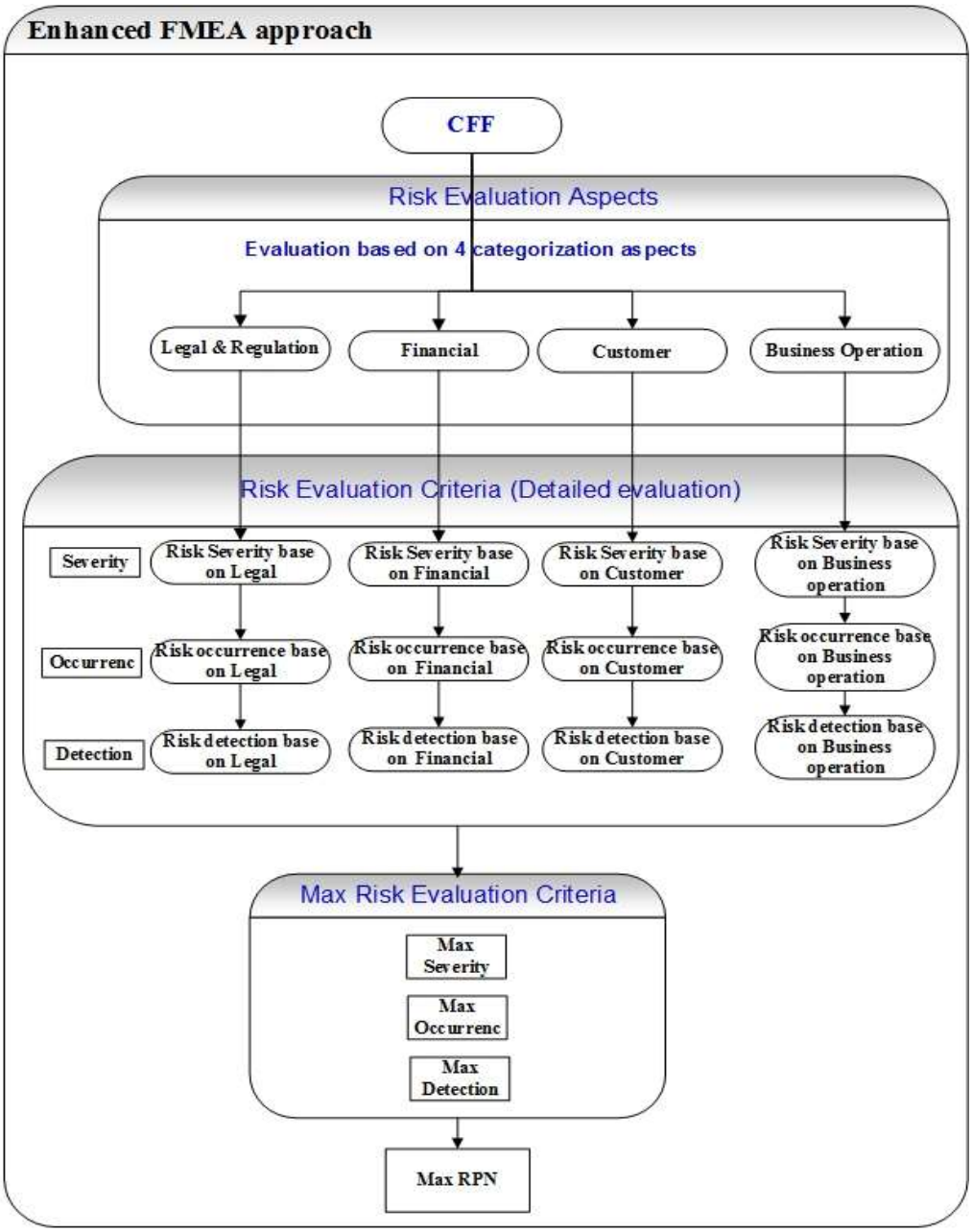
2-4 تطبيق نهج FMEA على مشروعات تطبيق نظم ERP

لتحديد أولويات عوامل الفشل الحرجة CFFs في تطبيق أنظمة ERP باستخدام نهج FMEA، يتم أخذ هذه العوامل في الاعتبار كمسببات فشل محتملة في نهج FMEA [42]، وهناك خمس خطوات على النحو التالي،

الخطوة الأولى هي تحديد مواصفات الفشل المحتمل وهي عدم القدرة على تطبيق نظام ERP بصورة صحيحة، أما الخطوة الثانية فتتمثل في تحديد تأثيرات الفشل المحتملة الذي هو نتيجة فشل النظام وهو تأثير محتمل لمواصفات أسباب الفشل المحتملة أما الخطوة الثالثة وهي عدم القدرة على تطبيق نظام ERP بصورة صحيحة، والخطوة 4 الطريقة التي يمكن استخدامها لتحديد ومنع الفشل الذي يحدث في عملية تطبيق نظام ERP، وتحديد أولويات مخاطر، وأخيرا الخطوة 5 لأنماط الفشل الوصول الي رقم أولوية المخاطر (RPN) [60].

3-4 نهج FMEA المحسن

يوفر نهج FMEA المحسن تحديد وترتيب الأولويات ومعالجة تأثير الفشل المحتمل الرئيسي وأسباب الفشل المحتملة وعوامل التحكم التي تؤثر على التطبيق الناجح لأنظمة ERP. تقيس تقنية FMEA المحسّنة المخاطر بناءً على أربعة جوانب تصنيف فرعية، المالية Financial، والعملاء Customer، والقوانين المنظمة Legal & Regulation، وعمليات التشغيل Business Operation. الشكل رقم (1) يعرض نهج FMEA المحسن.



الشكل رقم (1): نهج FMEA المحسن

4-3-1 معايير تصنيف تقييم المخاطر

استخدام تقنية FMEA المحسنة لحساب ثلاث قيم وهي:

- شدة الخطر القصوى Max Severity
- أقصى احتمالية حدوث Max Occurrence
- امكانية الكشف القصوى .Max Detection

يجب على المشاركين تحديد درجة بين 1، 5 والاتفاق عليها لمستوى الخطورة واحتمالية الحدوث وامكانية كشف الخطر لكل جوانب تصنيف فرعي للفشل. هناك امتداد أخر في طريقة الحساب لمعايير مستوى الخطورة واحتمالية الحدوث وامكانية كشف الخطر بناءً على أربعة جوانب تصنيف فرعية، وهي المالية، والعميل، والقوانين المنظمة، وعمليات التشغيل. سيحدد حساب مستوى الخطورة واحتمالية الحدوث وامكانية كشف الخطر بناءً على جوانب التصنيف الفرعية الأربعة التي توضح من خلال الجدول رقم (8).

الجدول رقم (8): جوانب التصنيف الفرعية الأربعة

	Aspect				
Criteria		Legal & Regulation	Financial	Customer	Business Operation
	Severity	Risk Severity based on Legal	Risk Severity based on Financial	Risk Severity based on Customer	Risk Severity based on Business operation
	Occurrence	Risk occurrence based on Legal	Risk occurrence based on Financial	Risk occurrence based on Customer	Risk occurrence based on Business operation
	Detection	Risk detection based on Legal	Risk detection based on Financial	Risk detection based on Customer	Risk detection based on Business operation

أقصى درجة خطورة "MSEV":

باستخدام معايير الخطورة الموضحة في جدول رقم (2)، يتم تحديد الحد الأقصى من الشدة من خلال المقارنات بين الجوانب الأربعة لمعايير الشدة، "شدة المخاطر على أساس قانوني، وشدة المخاطر على أساس المالية، وشدة المخاطر على أساس العميل، وشدة المخاطر على أساس عمليات التشغيل".

MSEV = الحد الأقصى (شدة المخاطر على أساس قانوني، وشدة المخاطر على أساس المالية، وشدة المخاطر على أساس العميل، وشدة المخاطر على أساس عمليات التشغيل)

الحد الأقصى لإمكانية حدوث الخطر "MOCC":

يساعد تطوير جداول التصنيف القصوى للمخاطر في عملية اتخاذ القرار. تستخدم معايير تصنيف المخاطر القصوى مصفوفة مخاطر 5 * 5 كما هو موضح في جدول رقم (9)، ويتم الحصول على الدرجة القصوى 25 بضرب أكبر درجة خطورة X أكبر درجة حدوث، وأقل درجة هي 1. تزداد المخاطر من المستوى الأدنى منطقة اليد اليسرى إلى منطقة اليد اليمنى العليا. يمثل كل لون مناطق ذات قيمة متساوية للمخاطر. تتطلب المنطقة الحمراء العلوية اليمنى اهتماماً خاصاً، وهذه المنطقة الحمراء الساخنة يجب أن تحظي بعناية شديدة، وتعالج هذه المشكلات بمبدأ باريتو. تحتوي المنطقة اليسرى السفلية على معظم المشكلات ذات المخاطر الأقل. تحظى المنطقة الثانية باهتمام المستوى الثاني، تليها المنطقة الصفراء. يتم حساب معايير تصنيف إدارة المخاطر اعتمادًا على الحد الأقصى من الشدة والحد الأقصى لحدوث المخاطر.

يتم عرض معايير معدل حدوث الخطر في جدول رقم (3). تحديد الحد الأقصى لحدوث الخطر من خلال المقارنات بين الجوانب الأربعة لمعايير الحدوث، "حدوث المخاطر على أساس قانوني، وحدوث المخاطر على أساس المالية، وحدوث المخاطر على أساس العميل، وحدوث المخاطر على أساس عمليات التشغيل".

MOCC = الحد الأقصى (معدل حدوث المخاطر على أساس قانوني، معدل حدوث المخاطر على أساس مالي، معدل حدوث المخاطر بناءً على العميل، حدوث المخاطر بناءً على عمليات التشغيل)

جدول رقم (9): الحد الأقصى لإمكانية حدوث الخطر

Max Occurrence			Max Severity				
			Insignificant	Minor	Moderate	Major	Catastrophic
			1	2	3	4	5
	Continually	5	5	10	15	20	25
	Frequently	4	4	8	12	16	20
	Occasionally	3	3	6	9	12	15
	Rare	2	2	4	6	8	10
	Remote	1	1	2	3	4	5

إمكانية الكشف القصوى للخطر "MDET":

باستخدام معايير إمكانية كشف الخطر موضحة في جدول رقم (6)، يتم تحديد الحد الأقصى للاكتشاف من خلال المقارنات بين الجوانب الأربعة لمعايير الكشف، "الكشف عن المخاطر على أساس قانوني، واكتشاف المخاطر على أساس المالية، واكتشاف المخاطر على أساس العميل، واكتشاف المخاطر على أساس عمليات التشغيل".

MDET= الحد الأقصى (الكشف عن المخاطر على أساس قانوني ، اكتشاف المخاطر على أساس مالي ، اكتشاف المخاطر بناءً على العميل ، اكتشاف المخاطر بناءً على عمليات التشغيل)

4-3-1 معايير التصنيف القصوى لتقييم المخاطر

يساعد تطوير جداول التصنيف القصوى للمخاطر في عملية اتخاذ القرار. تستخدم معايير تصنيف المخاطر القصوى مصفوفة مخاطر 5 * 5 كما هو موضح في جدول رقم (9)، ويتم الحصول على الدرجة القصوى 25 بضرب أكبر درجة خطورة X أكبر درجة حدوث، وأقل درجة هي 1. تزداد المخاطر من المستوى الأدنى منطقة اليد اليسرى إلى منطقة اليد اليمنى العليا. يمثل كل لون مناطق ذات قيمة متساوية للمخاطر. تتطلب المنطقة الحمراء العلوية اليمنى اهتمامًا خاصًا، وهذه المنطقة الحمراء الساخنة يجب أن تحظي بعناية شديدة، وتعالج

هذه المشكلات بمبدأ باريتو. تحتوي المنطقة اليسرى السفلية على معظم المشكلات ذات المخاطر الأقل. تحظى المنطقة الثانية باهتمام المستوى الثاني، تليها المنطقة الصفراء. يتم حساب معايير تصنيف إدارة المخاطر اعتمادًا على الحد الأقصى من الشدة والحد الأقصى لحدوث المخاطر.

يتم تسجيل كل فشل محتمل باستخدام جدول محدد مسبقًا بناءً على تقييم من فريق خبير في الموضوع (SME)لمساهمة العناصر المهددة بالخطر. يبدأ التحليل مع قيام فريق SME بتحديد جدول تسجيل للعناصر الثلاثة. باستخدام الجدول، يسجل فريق SME العناصر الثلاثة لكل فشل محتمل. استنادًا إلى أربعة جوانب التصنيف الفرعية المالية (F) ، والعميل (C) ، والقوانين المنظمة (L) ، و عمليات التشغيل (B) ، يتم حساب رقم أولوية المخاطر القصوى (MRPN) لكل فشل محتمل كناتج ضرب للدرجات لكل العناصر و هي الخطورة القصوى ، الحد الأقصى لاحتمالية الحدوث و الحد الأقصى لإمكانية اكتشاف الخطر كما في جدول رقم (10) والشكل 1.

MRPN = رقم أولوية المخاطر القصوى من أجل تصنيف الخطر ، محسوب على أنه MSEV x MOCC x MDET.

يصف المثال جوانب التصنيف الفرعية الأربعة المتعلقة بالمخاطر، إذا استخدمت الشركة تطبيقات غير قانونية، بناءً على الجوانب القانونية والتنظيمية، فستتلقى الشركة شكاوى من مالك التطبيق، وبناءً على الجوانب المالية، ستدفع الشركة الكثير من المال للشكاوى بناءً على جانب التشغيل التجاري، قد يكون تعطل النظام وعدم وجود صيانة تشغيلية، وبناءً على جانب العميل، قد يكون نظام الفواتير للتطبيقات غير القانونية غير مستقر مما يعرض الشركة لفقدان عملائها.

جدول رقم (10): نهج FMEA المحسن

Process step	Potential failure	FSEV	CSEV	LSEV	BSEV	MSEV	Potential causes	FOCC	COCC	LOCC	BOCC	MOCC	RATE	FDET	CDET	LDET	BDET	MDET	MRPN	Actions recommended	Responsibility	New MSEV	New MOCC	New RATE	New MDET	New MRPN

حيث يشير FSEV إلى شدة المخاطر على أساس الجانب المالي، ويشير CSEV إلى درجة خطورة المخاطر بناءً على جانب العميل، ويشير LSEV إلى شدة المخاطر بناءً على الجانب القانوني والتنظيمي، ويشير BSEV إلى شدة المخاطر بناءً على جانب عمليات التشغيل، ويشير MSEV إلى الحد الأقصى من الخطورة، ويشير FOCCإلى حدوث المخاطر بناءً على الجانب المالي، ويشير COCC إلى حدوث المخاطر بناءً على جانب العميل، ويشير LOCC إلى حدوث المخاطر بناءً على الجانب القانوني والتنظيمي، ويشير BOCC إلى حدوث المخاطر بناءً على جانب عمليات التشغيل، ويشير MOCC إلى الحد الأقصى لإمكانية حدوث الخطر، ويشير FDETإلى الكشف عن المخاطر على أساس الجانب المالي، ويشير CDET إلى اكتشاف المخاطر بناءً على جانب العميل، ويشير LDET إلى اكتشاف المخاطر على أساس الجانب القانوني والتنظيمي، ويشير BDET إلى اكتشاف المخاطر بناءً على جانب عمليات التشغيل، ويشير MDET إلى الحد الأقصى لإمكانية اكتشاف الخطر، ويشير MRPN إلى رقم أولوية المخاطرة القصوى، ويشير MSEV New إلى الحد الأقصى من الخطورة الجديد، ويشير MOCC New إلى الحد الأقصى للحدوث الجديد، ويشير MDET New إلى الحد الأقصى لإمكانية اكتشاف الخطر الجديد، ويشير MRPN New إلى رقم أولوية المخاطرة القصوى الجديد.

5- الاستنتاجات

نخلص إلى أن أنظمة ERP معقدة ومتعددة الوظائف تتحكم في جميع أنشطة المنظمة. وتعتبر مشروعات تطبيق أنظمة ERP الناجحة واحدة من الكفاءات الأساسية لأي منظمة. تتضمن تنفيذ أنظمة ERP العديد

من المخاطر التي يجب معالجتها والتحكم فيها على أسس علمية. تحتوي أنظمة ERP على معدل فشل مرتفع يجب معرفتها وينخفض في كل مراحل تطبيق أنظمة ERP، قبل التنفيذ، وأثناء التنفيذ وبعده. باستخدام تقنية CFF المفيدة لتحديد حالات الفشل الرئيسية وعوامل الفشل المتعلقة بتطبيق أنظمة ERP، ومن المفيد جدًا تطبيق تقنية FMEA المحسّنة في المراحل الثلاث من تطبيق أنظمة ERP، قبل وأثناء وبعد تطبيق أنظمة ERP، وهناك ثلاثة معايير مهمة في FMEA، مستوى الخطورة واحتمالية الحدوث وإمكانية كشف الخطر. تقنية FMEA المحسّنة مفيدة للمساعدة في زيادة معدل نجاح مشاريع تطبيق أنظمة ERP، يساهم الباحث في تصميم تقنية FMEA المحسّنة استنادًا إلى أربعة جوانب تصنيف فرعية، المالية "Financial"، والعملاء "Customer"، والقوانين والقواعد المنظمة للصناعات "Legal & Regulation"، والعمليات الإنتاجية "Business Operation".

بالنسبة للعمل المستقبلي في هذا المجال، تعتمد عوامل الخطر بشكل كبير ويعتمد قبول قيم المخاطر على نوع الصناعة. لذلك، قد يحتاج مستوى قبول المخاطر إلى مزيد من التحسينات ليتم تبريره تلقائياً دون تدخل من الإنسان. سيقوم الباحث بتطبيق التقنية المقترحة في العديد من مشاريع تطبيق أنظمة ERP.

المراجع

[1] Rajendra Marulkar, Vijay Kumar Dharmadhikari and B. V. Cadambi, “ERP Software Development for Pressure Die-casting Industry”, Mar 2012.

[2] Chetan S. Sankar, “factors that improve ERP implementation strategies in an organization”, June 2010

[3] Hany Elbardan, “Enterprise Resource Planning (ERP) Systems Implementation and Internal Audit Function (IAF) Change: Case Study Approach”, 28 Mar 2012.

[4] Azadeh Pishdad, Abrar Haider,and Andy Koronios, “ERP Assimilation: A Technology Institution Perspective”, June 2012.

[5] Mutaz M. Al-Debei and Enas M. Al-Lozi, “Implementations of ICT Innovations: A Comparative Analysis in terms of Challenges between Developed and Developing Countries”, 2012.

[6] Mustafa Abdullabhai and Freddie Acosta, "Impact of Adopting Enterprise Resource Planning Systems by Commercial Organizations in Kenya", Feb 2012.

[7] Belal Saleh Mareai and S. Y. Patil, "Taxonomy of Enterprise Resource Planning System", June 2012.

[8] L Kambarami, S Mhlanga and T Chikowore, "Evaluation of Enterprise Resource Planning Implementation Success: Case Study in Zimbabwe", July 2012.

[9] Syed Iftikhar H. Shah, Abdul Zahid Khan, Rahat. H. Bokhari and Muhammad Abbas Raza, "Exploring the Impediments of Successful ERP Implementation", Dec 2011.

[10] ALA'A HAWARI and RICHARD HEEKS, "Explaining ERP Failure in Developing Countries: A Jordanian Case Study", 2010.

[11] Abeer I. ALdayel, Mashael S. Aldayel and Abdullah S. Al-Mudimigh, "The Critical Success Factors of ERP implementation in Higher Education in Saudi Arabia", Oct 2011.

[12] Syed Iftikhar H. Shah, Rahat H. Bokhari, Shabbir Hassan, Mahmood H. Shah and Madad Ali Shah, "Socio-Technical Factors Affecting ERP Implementation Success in Pakistan", 2011.

[13] M. H. Rasmy, Assem Tharwat and Sondoss Ashraf, "Enterprise Resource Planning (ERP) Implementation in the Egyptian Organizational Context", 2005.

[14] T. Suganthalakshmi And C. Mothuvelayuthan, "Grouping of Critical Success Factors for ERP Implementations", April 2012.

[15] Hany Abdel-Ghaffar, "Success Factors for ERP Implementation in Large Organizations: The Case of Egypt", 2012.

[16] Hany Abdel-Ghaffar and Reem Hamdy Abdel-Azim, "Significant Factors Influencing ERP Implementation in Large Organizations: Evidence from Egypt", April 2010.

[17] Ayyub Ansarinejad, Mohsen-Sadegh Amalnick, Mohammad Ghadamyari, Samad Ansarinejad and Loghman Hatami-Shirkouhi "Evaluating the Success Factors in ERP Implementation using Fuzzy AHP Approach", 2011.

[18] Arun Madapusi, "An Overview of ERP in Indian Production Firms", March 2011.

[19] Andreas Gidlund, Niklas Ribbenhed, "Tailoring of ERP systems", Master's thesis, June 2006.

[20] Valeriya Titova, "Implementation of Enterprise Resource Planning service: 1C Logistics system in the warehouse processes in construction companies", March 2016.

[21] Wei Wang, and Tingdi Zhao, "The Application of the Root Causes of Human Error Analysis Method based on HAZOP Analysis in Using Process of Weapon", 2009.

[22] Murat Ozkok, "Risk Assessment in Ship Hull Structure Production using FMEA", Feb. 2013.

[23] Nagy R. D. and Nancy M. R., "Multi-Dimensional Success Factors of Agile Software Development Projects", May 2015.

[24] Hadi Shirouyehzad et al. "The FMEA Approach to Identification of Critical Failure Factors in ERP Implementation", July 2011.

[25] ICH-Q9 standard, International Conference on Harmonization of Technical Requirements for Registration of Pharmaceuticals for Human use "Quality Risk Management Q9", Nov. 2005.

[26] Mahmood Ali and Ying Xie, "The quest for successful implementation: A new dynamic model for ERP Systems Implementation Innovation", Aug 2012.

[27] S. Vijayakumar Bharathi, R. Raman and Dhanya Pramod, "A FPN Based Risk Assessment Model for ERP Implementation in Small and Medium Enterprises", 2014.

[28] Nazli Sadat Safavi, Mahyar Amini, Azam Abdollahzadegan and Nor Hidayati Zakaria, "An Effective Model for Evaluating Organizational Risk and Cost in ERP Implementation by SME", Jun 2013.

[29] Vijayakumar Bharathi, Dhanya Pramod and Ramakrishnan Raman "A Fuzzy Petri-Net based Conceptual Model for Risk Prediction in Enterprise Resource Planning Acquisition Decisions for Small and Medium Enterprises", 18 Mar. 2013.

[30] Light. Zaglago, Idisemi. Apulu, Craig. Chapman and Hanifa Shah, Member, "The Impact of Culture in Enterprise Resource Planning System Implementation", Jul. 2013.

[31] Ahmed O. R. Kholeif, Magdy Abdel-Kader and Michael Sherer, "ERP Customization Failure: Institutionalized Accounting Practices,Power Relations and Market Forces", 2007.

[32] Ahmed A. Elragal and Ayman M. Al-Serafi, "The Effect of ERP System Implementation on Business Performance: An Exploratory Case-Study", 2011.

[33] Salwa Alsamarai and Ziad. M.S Almashaqba, "The Organizational Factors Affecting Enterprise Resource Planning Systems (ERPs) Implementation Success", 2009.

[34] S. Bernardi et al., "Model-Driven Dependability Assessment of Software Systems", 2013.

[35] pharmastate "https://pharmastate.blog/2017/11/12/risk-management-methods-and-tools/" Seen 31 Mar. 2021.

[36] Rodrigo de Queiroz Souza, and Alberto José Álvares, "FMEA and FTA Analysis for Application of the Reliability-Centered Maintenance Methodology: Case Study on Hydraulic Turbines", 2008.

[37] Clifton A. Ericson, "Fault Tree Analysis – A History", 1999.

[38] Ahmed Ali Baig, Risza Ruzli, and Azizul B. Buang, "Reliability Analysis Using Fault Tree Analysis: A Review", June 2013.

[39] Abdelaziz Berrado et al., "A Framework for Risk Management in Railway Sector: Application to Road-Rail Level Crossings", 2011.

[40] Tim Sandle, "The use of risk assessment tools for microbiological assessment of cleanroom environments", 2010.

[41] Yonas Mitiku Degu, R. Srinivasa Moorthy, "Implementation of Machinery Failure Mode and Effect Analysis in Amhara Pipe Factory P.L.C., Bahir Dar, Ethiopia", 2014.

[42] Hadi Shirouyehzad, Reza Dabestani and Mostafa Badakhshian, "The FMEA Approach to Identification of Critical Failure Factors in ERP Implementation", July 2011.

[43] T. Frank et al. "Quality Risk Management Principles and Industry Case Studies", 28 Dec 2008.

[44] D. R. Prajapati, "Implementation of Failure Mode and Effect Analysis: A Literature Review", July 2012.

[45] David w. Vincent, and bill honeck, "Risk Management Analysis Techniques For Validation Programs", May 2004.

[46] Agung Sutrisno and Tzong–Ru, "Service reliability assessment using failure mode and effect analysis (FMEA): survey and opportunity roadmap", 2011.

[47] Rupy Sawhney et al., "A Modified FMEA Approach to Enhance Reliability of Lean Systems", 2010.

[48] Mohamed-Habib Mazouni et al., "A PHA based on a systemic and generic ontology", 2007.

[49] Roland Mader et al., "Computer-Aided PHA, FTA and FMEA for Automotive Embedded Systems", 2011.

[50] S.I. Lao et al., "A real-time food safety management system for receiving operations in distribution centers", 2012.

[51] HE Xin and TAO Xin, "A Software Safety Test Approach Based on FTA and Bayesian Networks", 2011.

[52] Jong-Gyu and Hyun-Jeong Jo, "Hazard Identification of Railway Signaling System using PHA and HAZOP Methods", 2013.

[53] Silvianita et al., "Operational Risk Assessment Framework of Mobile Mooring System", 2011.

[54] Ioan Alfred Letia, and Adrian Groza, "Developing Hazard Ontology for Supporting HACCP Systems in Food Supply Chains", 2010.

[55] Xi-Ping Zhu et al., "A Quantitative Comprehensive Safety Evaluation Method for Centrifugal Compressors Using FMEA-fuzzy Operations", 2013.

[56] Guoqi Li, "A 14-Step Strategy of HACCP System Implementation in Snack Food Manufacturing", 30 AUG 2008.

[57] Guoqi Li, "Ontology-based Reuse of Failure Modes for FMEA: Methodology and Tool", 2012.

[58] Yoshio Sakai et al., "An Extended Notation of FTA for Risk Assessment of Software-Intensive Medical Devices", 2013.

[59] XU Xin, et al., "Improvement & Application of HAZOP Analysis for Batch Process with SDG", 2010.

[60] Youngjung Geum et al., "A systematic approach for diagnosing service failure: Service-specific FMEA and grey relational analysis approach", 2011.

[61] wikipedia "https://en.wikipedia.org/wiki/Failure_mode_and_effects_analysis", Seen 30 May 2021.

[62] Pharmamirror, "http://www.pharmamirror.com/knowledge-base/pharmaceutical-dictionary/failure-mode-effects-analysis-fmea/", Seen 30 May 2021.

[63] ASQ "http://asq.org/learn-about-quality/process-analysis-tools/overview/fmea.html" Seen 31 DEC 2017.

[64] Coursehero "https://www.coursehero.com/file/p4064b4/Validaton-Practces-conTd-Risk-ManagemenT-ools-Basic-risk-management-facilitaTon/", Seen 30 May 2021.

[65] barringer1 "http://www.barringer1.com/nov04prb.htm", Seen 30 May 2021.