

## تحديد أسبقية المكائن باستخدام أنموذج عملية التحليل الهرمي

Determination Of The Priority Of Machines  
Using The Analytic Hierarchy Process(AHP) Model

المدرس الدكتور حسن عبد الهادي

الكلية التقنية الإدارية / البصرة

### المستخلص

حضيت مسألة تحديد الأسبقية لمكائن ومعدات المنشأة الصناعية، باهتمام العديد من الدراسات التخصصية في مجال الصيانة. فهي تعد احد عوامل النجاح المهمة في ادارة عمليات الصيانة.

يساعد تحديد الأسبقية للمكائن، ادارة الصيانة في تحديد المكائن الحرجة. وفي توجيه جهود الصيانة نحو تلك المكائن، لتقليل وقت التوقف للمكائن عن العمل.

وهناك العديد من الأساليب النوعية والكمية، التي يمكن استخدامها في تحديد أسبقية المكائن. ومن هذه الأساليب استخدام انموذج عملية التحليل الهرمي.

يتميز هذا الأنموذج بسهولته وقدرته على التعامل مع أي عدد من المعايير التي تفضل المنظمة الصناعية اعتمادها في تحديد أسبقية المكائن.

وعلى هذا يهدف البحث الى تحديد أسبقية المكائن، في خط انتاج زيوت السيارات في الشركة العامة لمصافي الجنوب. وقد جرى تحديد تلك الأسبقية، في ضوء ثلاثة معايير هي ( خطورة العطل على سلامة العاملين وعلى مستوى الانتاج - تكرار العطل - معاينة الماكنة لكشف العطل ). وقد توصل البحث الى ان مكائن التقطير الفراغي، هي في الأسبقية الاولى التي يجب توجيه عمليات الصيانة لها اكثر من المكائن الاخرى.

### Abstract

Determination of the priority of the Machines had been interested, with many specialized studies in maintenance field. And it's consider one of the important success factors for maintenance operations management.

Determining the priority of Machines helps Maintenance Management to identify the critical machines. And directing the maintenance efforts towards those machines. In order to reducing the machines downtime.

There are many qualitative and quantitative methods, which can be use to determine that priority. Those methods include the use of the Analytic Hierarchy Process (A H P). This model had been characterized with the ability of dealing with any number of criteria, that the industrial organization develops it for the determination of the priority of the machines.

The research found that the vacuum distillation machines, is the first in priority, so the maintenance management must carry out maintenance operations for this machine more than the other machines.

إن من أهم المهام التي تواجه إدارة الصيانة، ذات الصلة بتحضير القرار الهندسي مسألة تحديد الأسبوعية عند تنفيذ عمليات الصيانة. وعادة ما يتم إعطاء تلك الأسبوعية للمكانن التي تعد عطلاتها من العطلات الحرجة بالنسبة لخط الإنتاج، وعلى سلامة العاملين عليها. ويطلق على هذا النوع من المكانن بالمكانن الحرجة.

إن عملية تحديد الأسبقية للمكانن كثيرا" ما تواجه بصعوبات عديدة. حيث يواجه صانع القرار نظم معقدة من الموارد المتعددة. والنتائج المترابطة والمتضادة في أحيان أخرى.

ولم تعد عملية تحديد الأسبقية للمكانن، ضرباً من ضروب الحدس والتخمين. أو اعتماد التجربة والخطأ. بل أصبحت ترتكز على أساس علمي يستلزم الكثير من الجهد في البحث والتحليل، للتوصل إلى صنع قرارات أكثر دقة وأصالة. وضمان التحكم الأمثل بالموارد المتاحة.

فهناك العديد من المعايير التي ينبغي دراستها، وإجراء المقارنات فيما يتعلق بأهمية كل معيار، في عملية تحديد الأسبقية للمكانن. وغالباً ما تكون هذه المعايير هي معايير القياس للمستوى التشغيلي للماكنة. والمعايير التي تقيس الضرورة العملية للماكنة. بمعنى أهمية الماكنة لاستمرارية تدفق العمليات في خط الإنتاج. والمعايير الأخرى المرتبطة بمستوى الخطورة والتأثير على سلامة العاملين على المكانن.

وعلى هذا يهدف البحث إلى استخدام نموذج عملية التحليل الهرمي. وتكييف النموذج وجعله يتطابق مع متطلبات تحديد أسبقية المكانن. في ضوء ثلاثة معايير هي( خطورة العطل على سلامة العاملين وعلى مستويات الانتاج ،تكرار العطل،معاينة الماكنة لكشف العطل ). توصل البحث إلى كفاءة النموذج المستخدم في تحديد أسبقية المكانن للشركة موضوع البحث .

وقسم البحث إلى اربعة فقرات. خصصت الأولى منها إلى منهجية البحث. والثانية الى الجانب النظري. والثالثة الى الجانب التطبيقي. والرابعة الى الاستنتاجات والتوصيات.

## 1. منهجية البحث

### 1.1. مشكلة البحث

في الواقع العملي للمنشآت الصناعية، هناك عدد من المكائن تعد أكثر أهمية من عدد من المكائن الأخرى. ولهذا أصبحت التحليلات المرتبطة بأهمية المكائن وتحديد أسبقياتها، ضرورة ملحة . وفي هذا الصدد يوضح (Seyed & Atari, 2012, p.98) على أنه بالرغم من وجود العديد من الأنظمة التي يمكن اعتمادها في تحديد الأسبقية لمكائن خط الإنتاج، يوجد هناك العديد من المنظمات التي تتجاهل تلك الأنظمة. وهذا في حد ذاته يعد مشكلة في اتخاذ القرار الهندسي، المتعلق بتوجيه وتخصيص عمليات الصيانة.

وتمتد المشكلة ذاتها لتشمل المنظمة ميدان البحث. حيث تبين للباحث إنشاء الزيارة الميدانية، عدم اعتماد إدارة الصيانة في الشركة نظام لتحديد أسبقية المكائن. وعدم اعتماد تلك الأسبقية عند تخطيط عمليات الصيانة الوقائية. لضمان تكثيف جهود عمليات الصيانة نحو المكائن الحرجة أكثر من غيرها. وتحقيق الاستغلال الأمثل لموارد الصيانة.

وعلى هذا الأساس يتحدد نطاق مشكلة البحث بالتساؤل البحثي الآتي:

هل يمكن تطبيق نموذج عملية التحليل الهرمي، في تحديد أسبقية المكائن، استناداً لعدد من المعايير هي (خطورة العطل على سلامة العاملين وعلى مستويات الإنتاج، تكرار العطل، معاينة الماكينة لكشف العطل).

### 2.1. أهداف البحث

في إطاره النظري يهدف البحث إلى تسليط الضوء على مفهوم أسبقية المكائن. والتقنيات المستخدمة في تحديد تلك الأسبقية. والتركيز على مفهوم نموذج عملية التحليل الهرمي، لكونه انموذج البحث المعتمد. وفي إطاره التطبيقي يهدف البحث إلى تحديد الأسبقية للمكائن في ورشة إنتاج زيوت السيارات في الشركة العامة لمصافي الجنوب.

### 3.1. أهمية البحث

تأتي أهمية البحث في كونه:

- أ- يقدم انموذج كمي لتحديد أسبقية المكائن، استناداً لعدد من المعايير التي ترتبط بالحالة التشغيلية للمكائن وسلامة العاملين عليها.
- ب- تكييف البحث لنموذج عملية التحليل الهرمي. بما يتلائم مع تطبيقه في تحديد أسبقية المكائن لتنفيذ عمليات الصيانة.

#### 4.1. ميدان البحث

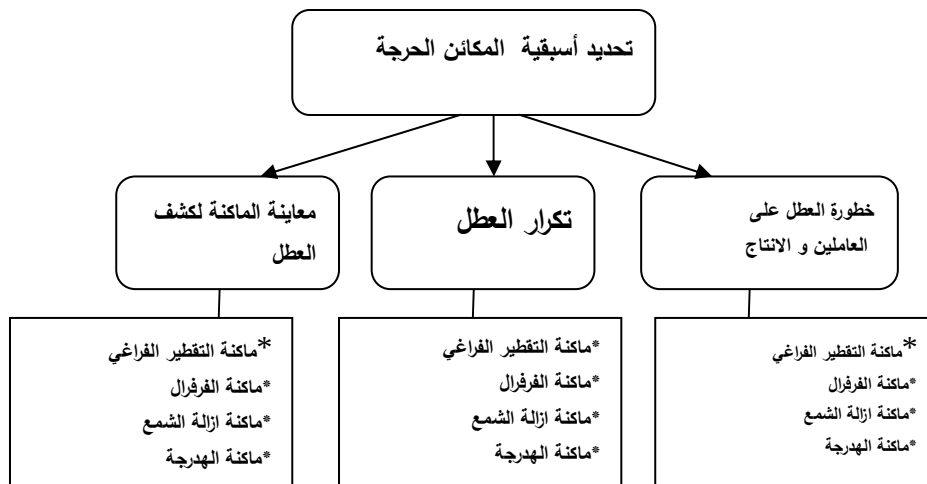
تم اختيار الشركة العامة لمصافي الجنوب/ مصنع زيوت السيارات ميداناً للبحث. حيث تقوم الشركة بإنتاج المشتقات النفطية، باستخدام أحدث الأساليب العلمية والتكنولوجية المتطورة في الإنتاج. وتأمين متطلبات السوق المحلية من زيت الاسطوانات الأساس، الإسفلت، الشمع، وزيت المغازل الأساس. والتي تضاهي بجودتها المنتجات الأجنبية.

#### 5.1. أساليب جمع البيانات

بهدف الحصول على البيانات اللازمة لتحقيق أهداف البحث، تم إجراء المقابلة مع عدد من الكوادر الفنية في خطوط الإنتاج والصيانة للشركة. بهدف التعرف على نظام الانتاج وعلى المكان الداخلي في العملية التصنيعية. فضلاً عن الوقوف على أهمية تلك المكان. وهو ما ساهم في صياغة محاور استمارة الاستبيان، المعروض تفاصيلها في الجداول ( 3,4,5,6 ) في الجانب العملي من البحث. وصممت استمارة الاستبيان بطريقة تسمح معها التعرف على وجهات النظر الفنية بصدد المعايير التي ستستخدم في تحديد أسبقية المكان. هذا وقد تم توزيع (30) استمارة استبيان، وزعت بصورة عشوائية على الكادر الفني في الشركة.

#### 6.1. أنموذج البحث

يوضح الشكل (1) انموذج البحث. حيث يعرض الشكل هدف البحث المتضمن تحديد الأسبقية لمكان خط الانتاج. وهي مكان ( التقطير الفراغي - الففرال - ازالة الشمع - هدرجة الدهون ). ويوضح كذلك المعايير التي ستعتمد في تحديد الأسبقية للمكان.



الشكل (1): نموذج البحث

## 2. الجانب النظري

### 1.1. أسبقية المكان في ورش الإنتاج

تتصف أنظمة التصنيع بكونها نظم معقدة ذات طبيعة ديناميكية. تتميز بعدد كبير من المكان المختلفة، ومن عمليات الإنتاج المختلفة. وتخضع تلك النظم لعدد من الأحداث غير المتوقعة من العطلات. وغالباً ما تنطوي تلك العطلات على احتمال وجود بعض الانحرافات في مستويات الإنتاج. وعلى قدر معين من المخاطر الناجمة عن عطل المكان وخاصة الحرجة.

لذا فإن الفهم الجيد لوظائف المكان، وإجراءات التشغيل وأسباب التدهور في المكان، تؤدي بالنتيجة إلى تلافي تلك الاحتمالات، وإلى تحسين فاعلية أداء عمليات الصيانة.

وتعد عملية تحديد الأسبقية لمكان خط إنتاج المنشأة الصناعية أحد مهام إدارة الصيانة. حيث إن إتباع أسلوب تنفيذ برامج الصيانة على وفق أولويات المكان، يعد الأساس في نجاح عمليات الصيانة.

إن تحليل أهمية المكان وتحديد أسبقياتها، أصبح من الضروريات في مجال توجيه موارد إدارة الصيانة. يوضح (Keith, 2008, P.79) أن مفهوم أسبقية المكان يشير إلى أهمية المكان لاعتبارات العملية التصنيعية. واعتبارات توجيه عمليات الصيانة لها أولاً. لكون موارد الصيانة هي موارد محدودة عند فترة محددة من الوقت.

إن العديد من إدارات الصيانة الناجحة، تمتلك نظام لتحديد أسبقية المكان بالنسبة لعمليات الصيانة. ويوضح (Adolfo, 2007, p.112) أن الأسباب الموجبة لامتلاك إدارة الصيانة لنظام تحديد الأسبقية للمكان، هو لكون عطلات تلك المكان تعد من العطلات الحرجة، التي تشكل خطراً على مستويات الإنتاج. وعلى إجراءات السلامة والمزيد من الضرر المحتمل إذا لم يتم تصليحها على الفور.

فضلاً عن أن تكرار تلك العطلات يعيق تخطيط وتنفيذ برامج الصيانة المخططة. حيث يوضح (Abhijit, 2010, p.815) أن عطلات المكان الحرجة حتى وإن كانت قليلة، فهي تعد واحدة من العوامل الرئيسة التي تؤدي إلى تأخير تنفيذ الجدولة الزمنية الموضوعة لعمليات الصيانة. مما يتطلب إعادة التحديث للجدولة وهو امر ليس باليسير.

إن تحديد أسبقية المكان، ينطوي على دراسة العديد من القضايا ذات الصلة بعاملين، هما الخطورة والتكلفة الناشئة عن العطل في المكان الحرجة. حيث تتم دراسة أهمية العطل ومدى تأثيره على الخط الإنتاجي. ومدى تأثير العطل على أنظمة السلامة. بمعنى مدى تأثير عطل تلك المكان على أنظمة سلامة العاملين على تلك المكان.

يقدم (Dhillon, 2006, p.164) عدد من المؤشرات، التي ينبغي دراستها عند تحديد أسبقية

المكان لعمليات الصيانة وهي:

- أ- الطوارئ: مدى والتأثير الجدي والمباشر على أنظمة السلامة وعلى سلامة العاملين.
- ب- عاجل: مدى استمرار التهديد عند تشغيل المكان، والتأثير الخطير على انجاز العمليات التصنيعية. بمعنى المكان الرئيسية ذات التأثير المباشر والكبير على مستويات الإنتاج.
- ج- الأسبقية: مستوى التأثير والتدهور في نوعية العمليات المؤداة. بمعنى المكان التي من الممكن الاستمرار في تشغيلها ولكنها تنتج نوعية رديئة.
- د- الروتينية: وتشير الى ان معدلات التكرار و مستويات التأثير على العمليات هي ضئيلة. بمعنى المكان ذات التأثير المنخفض على مستويات الإنتاج.
- هـ- تقديرية: التأثير لا يكاد يذكر والموارد هي ليست متاحة. بمعنى عدم وجود معدات بديلة.
- و- المؤجلة: التأثير على العمليات لا يكاد يذكر ، والموارد هي متوفرة. بمعنى وجود معدات بديلة.
- و بشكل عام تستمد مسألة تحديد الأسبقية للمكان اهميتها، من العواقب التي تنشأ عن عطل المكان الحرجة. ومن القضايا ذات الصلة بالسلامة والصحة والبيئة، والنتائج المالية.
- حيث يذكر ( John, 2011, p.167 ) ان تحديد كل من الآثار المالية وغير المالية ، التي تنشأ عن عطلات المكان الحرجة يوفر قاعدة مشتركة للتحليل. وترتيب أولويات الصيانة والتحسينات المستمرة في إدارة مخاطر الصيانة.
- ومن جانب اخر يقدم ( Keith, 2004, p.40 ) ثلاث مؤشرات لتحديد الأسبقية للمكان هي:
- أ- الاحتياج المستعجل: ويشير الى مستوى الطوارئ بمعنى اذا كانت الماكنة تشكل خطرا على السلامة. ومستوى الحاجة الملحة لتنفيذ عمليات الصيانة لها.
- ب- أولوية الاستخدام بمعنى أهمية الماكنة في خط الانتاج ، ومستوى الخسائر التي تحدث جراء توقف الماكنة.
- ج- المستوى الحرج للماكنة: ويشير الى مستوى متاحة الماكنة ، وفيما إذا كان هناك معدات بديلة لها .
- ويتم تحديد أسبقية المكان الحرجة بالعلاقة التالية :

$$\text{Machine Priority} = \text{Need Urgency} * \text{Customer Rank} * \text{Equipment Criticality}$$

## 2.2. أهمية تحديد أسبقية المكان

يمكن تحسين فاعلية عمليات الصيانة في المنشأة الصناعية من خلال تحديد أسبقية المكان، التي تؤثر على مستويات الإنتاج والجودة والمقدرة على تسليم المنتجات في مواعيدها المقررة. وتوجيه موارد الصيانة باتجاهها قبل المكان الاخرى..

يحدد كل من ( phrommathed,2006,p.104 ) و (Lindleyetal,2002,p.13) أهمية تحديد أسبقية المكان في كونها:

أ- تقدم تصورا واقعيا عن المكانس المهمة، وتحقيق فهم افضل لتحليل البيانات و لخصائص عملية توليد البيانات التحليلية .

ب- تسهم في زيادة فاعلية ادارة تنظيم الصيانة ، حيث تعد المفتاح للخطط القصيرة الأمد لعمليات الصيانة.

ج- تساعد على تامين موارد عمليات الصيانة باتجاه أولويات الأعمال في أي وقت.

د- تكثيف عمليات التحكم والمراقبة على تنفيذ عمليات الصيانة بالنسبة لتلك المكانس.

هـ- توفر مؤشراً لتوقع حجم عبء العمل لتوفير المزيد من القوة العاملة.

### 3.2. التقنيات النوعية المستخدمة في تحديد أسبقية المكانس

قدم المختصون في مجال الصيانة عدد من التقنيات الكمية والنوعية، التي تحاول توفير أساس منهجي لتحديد أسبقية المكانس. قسم من هذه التقنيات اشتق من نظريات القرار. والقسم الآخر من الأنظمة الذكية وخوارزميات البحث.

وبشكل عام يمكن تقسيم التقنيات المستخدمة لتحديد وترتيب اسبقيات المكانس ، في نوعين هي:

#### 1.3.2. التقنيات النوعية

ويوضحها ( Cliton, 2005, p.51 ) بأنها التقنيات التي تعتمد الخبرة والحدس. وعادة ما يتم تدعيمها بمجموعة متنوعة من الأساليب مثل المقابلة والاستبيان. فضلا عن الأساليب الإحصائية المبسطة. ويمكن للتحليل النوعي أن يقدم تقويم جيد. إلى حد ما. ويتصف بسهولة إجراؤه. لكونه يتجنب الحاجة إلى البيانات الكمية الكثيرة عن معدلات تكرار العطل.

إن الانتقاد الموجه لهذا المدخل، أنه من الصعب فرض درجة من الاتساق والتوحيد التي تحتويها التحليل. فالبعض قد يصنف الماكنة على أنها حرجة، في حين يصنفها آخرون على أنها ليست حرجة.

#### 2.3.2. التقنيات الكمية

يوضح (Keith, 2008, p.79) ان التقنيات الكمية تعتمد على معايير كمية متعددة. وهذا ما يكسبها الدقة أكثر من التحليلات النوعية. فهي تركز على تكرار العطل والفترات الزمنية بين عطل وأخر. وتأثيرات تلك العطلات على مستويات الإنتاج. والتكاليف المرتبطة بأنظمة السلامة، وتكلفة دورة حياة الماكنة.

وهذه التقنيات تقدم مؤشرات كمية يمكن اعتمادها في توجيه أعمال الصيانة في أي وقت. والعمل على تخفيض تكاليف الصيانة غير المباشرة، والتكاليف المرتبطة بالسلامة. ويتطلب استخدام التقنيات الكمية المتطلبات الأساسية التالية :

1- وجود قاعدة بيانات عن المكانس .

2- تحديد الغرض ونطاق التحليل .

- 3- أن تأخذ في الاعتبار نتائج الخطر وأهميتها النسبية.
  - 4- اتخاذ القرار بشأن عدد مجموعات المكانن التي يستهدفها التحليل.
  - 5- تعيين الأهمية النسبية وتوافق معايير القياس بما يتيح القدرة على المقارنة بين المكانن.
- ان دقة نتائج تحديد الأسبقية للمكانن التي تقدمها التقنيات النوعية والكمية، تعتمد اعتمادا "كليا" على دقة المعايير المستخدمة فيها. حيث ان تحديد المعايير التي تسهم في تحديد مدى أهمية الماكنة، و كيفية الجمع بين تلك المعايير، هي الخطوة الأولى في تحديد الأسبقية للمكانن الحرجة.

وان تكون تلك المعايير متوافقة مع بعضها البعض. حيث يركز ( Anya, 2011, p.18 ) على ضرورة توافق تلك المعايير وان جمعت على أساس مجموعات مختلفة من المكانن، لابد ان تكون النتائج التي تقدمها تلك المعايير متسقة و قابلة للمقارنة بين المكانن.

ان تحديد المعايير المثلى لتحديد الأسبقية للمكانن، يجب ان تتم عبر دراسة عدد من المؤشرات ذات الصلة. حيث يحدد (Ricky, 2011, p.27) ان تحديد المعايير يجري من خلال الإجابة على الأسئلة التالية:

- ١- هل يؤدي عطل الماكنة الى نتائج تؤثر على السلامة. وما هو مستوى التأثير.
- 2- هل تؤدي الى نتائج تؤثر على الشروط البيئية والى أي مستوى.
- 3- هل يؤثر العطل على نوعية المنتجات والى أي مستوى.
- 4- هل يؤثر عطل الماكنة على القدرات الانتاجية للمنشأة والى أي مستوى.
- 5- هل تؤثر على التكلفة التشغيلية الكلية ، وعلى رفع كلف الصيانة اللازمة لاستعادة الماكنة.

4.2. بعض التقنيات الكمية المستخدمة في تحديد أسبقية المكانن:

تعرض هذه الفقرة اهم التقنيات الكمية المستخدمة في تحديد أسبقية المكانن.

1.4.2. تقنيات تقييم المخاطر: تستخدم تقنيات تقييم المخاطر لتحديد أسبقية المكانن. في ضوء مجموعة المخاطر المرتبطة بالانتاج والمخاطر البيئية.

ويوضح ( Adolfo, 2007, p.112 ) ان هذا المدخل يركز على تحليل المخاطر المتوقعة طبقا "لاحتمال المخاطرة التي تتحقق، والخسائر المحتملة نتيجة العطل. هذا النوع من التقنيات هو الأكثر ملائمة، حينما يكون تحليل التكاليف والمنافع، هو المعيار العام لتحديد أهمية الماكنة. وان أسبقية الماكنة تحسب بالعلاقة:

$$\text{Equipment Criticality} = \text{Failure Frequency} \times \text{Cost Consequence}$$

2.4.2. رقم الخطورة الاحتمالي (PRN) Probabilistic Risk Number: بموجب هذه الطريقة يحدد (Guangbin, 2007, p.203) أسبقيّة المكنائس من خلال ضرب قيمة احتمال عطل الماكنة بقيمة أخرى هي شدة عواقب العطل، للحصول على قيمة رقم الخطورة الاحتمالي. والماكنة ذات القيمة المرتفعة لرقم الخطورة الاحتمالي (PRN) تعد من المكنائس الحرجة. إن معايير الوزن النسبي لتقييم شدة عواقب العطل تختلف باختلاف الشركات الصناعية، ووفقاً لأهداف الصيانة ومؤشرات الأداء الرئيسية.

3.42. تأثير وضع العطل و التحليل الحرج (FMEA): وهو احد الأدوات الشائعة التي تعتمد عليها الشركات لتصنيف الآلات في عدة مجموعات استناداً إلى المخاطر الناشئة عن العطل. في ظل عدد من الاحتمالات الممكنة (Herbert, 2004, p.49).

4.4.2. نماذج اتخاذ القرار متعدد البدائل (MADM): وهي احد نماذج بحوث العمليات التي تتعامل مع مشاكل القرار في ظل وجود عدد من بدائل القرار. يجري تقييمها. بهدف التوصل إلى أفضل حل ممكن. ويعد انموذج التسلسل الهرمي (انموذج البحث). احد هذه النماذج.

## 5.2. أنموذج عملية التحليل الهرمي (AHP):

يعد انموذج عملية التحليل الهرمي احد نماذج القرار متعدد البدائل. طور هذا النموذج من قبل (Saaty). وغالباً ما يستخدم هذا النموذج في اتخاذ القرارات بالنسبة للعديد من التطبيقات الهندسية، التي تفترض المقارنة بين بدائل متعددة.

اجتذب هذا النموذج العديد من الباحثين بسبب الخصائص الرياضية التي يستخدمها. إضافة إلى سهولة الحصول على البيانات المطلوبة لاستخدامه.

يصف (Sam, 2005, p.16) هذا النموذج بأنه يستخدم الترتيب الهرمي لمعايير الحل و البدائل التي تقيس كل معيار. وتعيين قيمة عددية تمثل الأهمية النسبية لكل معيار من خلال المقارنة الثنائية للبدائل. ومن ثم تجميع القيم العددية في مصفوفة موحدة لاختيار القرار الأمثل. وكذلك يمنح النموذج صانع القرار، القدرة على استخدام المعايير النوعية والكمية في إطار القرار نفسه.

ويوضح كل من (Hongzhon, 2001) و (Thomas, 2008, p.83) خطوات استخدام

النموذج كما يلي:

أ- تعريف المشكلة وتحديد نوع المعرفة المطلوبة.

ب- انشاء هيكل التسلسل الهرمي للقرار. في الاعلى يكون الهدف من القرار، وفي ادناه تكون مجموعة معايير القياس. والبدائل المطلوب مقارنتها.

ج- إنشاء مصفوفة المقارنة الثنائية للمعايير الرئيسية و لمجموعة البدائل ضمن كل معيار .  
وباستخدام المقياس الكمي للأهمية الذي اقترحه ( Saaty )، والموضح في الجدول ( 1 ) .  
يتم تحديد الأهمية وإجراء المقارنة بين بديل وآخر. عناصر هذه المصفوفة تمثل بـ [  $A=a_{ij}$  ] . وهي تخضع لشرتين :

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \quad \text{فإن} \quad a_{ii} = 1$$

\* - إذا كان في المصفوفة بديلين متساويين في الأهمية ، فإن  $a_{ij} = a_{ji} = 1$  .

ان الشرطين اعلاه يعنيان، عند إجراء المقارنة بين البديل A والبديل B. وكان البديل A ثلاث مرات أكثر أهمية من البديل B. فإن  $A = 3B$ . وعلى العكس عند إجراء المقارنة بين البديل B والبديل A. سيكون البديل  $(B = 1/3 A)$ .

الجدول ( 1 ) : المقياس الكمي للأهمية

| التفاصيل | متساوي الأهمية | قليل الأهمية أحدهما للآخر | قوي | قوية جدا | للاغاية قوي جدا | قيم وسطية  |
|----------|----------------|---------------------------|-----|----------|-----------------|------------|
| الدرجة   | 1              | 3                         | 5   | 7        | 9               | 8، 6، 4، 2 |

د- حساب الأهمية النسبية لكل بديل: ويتم حساب الأهمية النسبية، باستخدام الأهمية الواردة في مصفوفة المقارنة الثنائية.

هـ- لغرض قبول أو عدم قبول الأهمية النسبية لكل بديل، يتم حساب نسبة التطابق (CR). وتعد نسبة التطابق لكل بديل مقبولة على نحو كاف إذا كانت نسبة التطابق (CR) هي أقل من (10%). وخلافه يجب إعادة النظر في حسابات الأهمية النسبية لعدم دقة التخمين الوارد في مصفوفة المقارنة الثنائية.

ويتم حساب نسبة التطابق على النحو التالي:

اولاً: حساب مؤشر التوافق ( CI ) بالعلاقة التالية :

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{n - 1}$$

حيث ( n ) عدد المعايير أو عدد البدائل. وان (  $\lambda_{max}$  ) تمثل القيمة الذاتية الأعلى لكل بديل.

ثانياً: "قسمة قيمة مؤشر التوافق (CI) على قيمة مؤشر التوافق العشوائي (RCI). نحصل على قيمة نسبة التطابق (CR). ويوضح الجدول (2) مؤشر التطابق الذي حدده (Saaty) بحسب عدد المعايير المستخدمة (n).

الجدول (2) مقياس مؤشر التطابق العشوائي (CIR)

| n   | 1 | 2 | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    |
|-----|---|---|------|------|------|------|------|------|------|
| RCI | 0 | 0 | 0.58 | 0.90 | 1.12 | 1.24 | 1.32 | 1.41 | 1.45 |

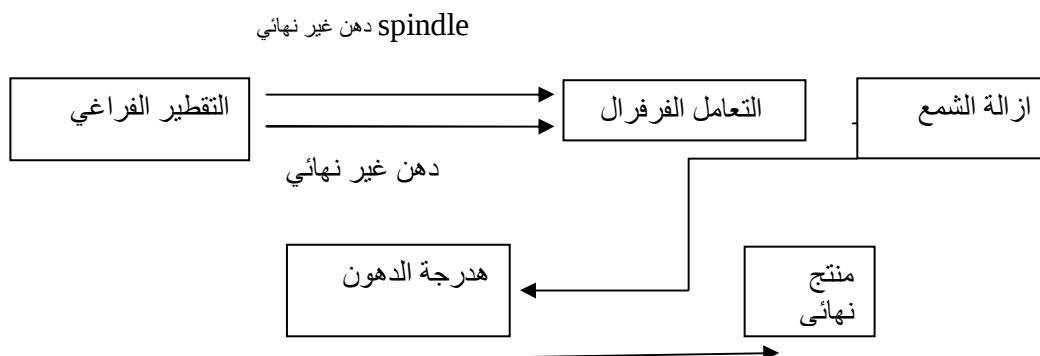
و- تجميع النتائج الخاصة بالاهمية النسبية التي تم احتسابها لكل بديل في مصفوفة واحدة. تمثل هذه المصفوفة مصفوفة القرار النهائية. وهي التي سيتم اعتمادها في تحديد القرار.

### 3. الجانب التطبيقي

تتناول الفقرة عرض تطبيق نموذج عملية التحليل الهرمي لتحديد الأسبقية للمكانن للشركة موضوع البحث. استناداً إلى ثلاث مؤشرات هي (خطورة العطل على العاملين وعلى الإنتاج - و تكرار العطل - ومعاينة الماكنة للكشف عن العطل).

1.3. وصف ميدان البحث: اختيرت الشركة العامة لمصافي الجنوب ميداناً للبحث. وتم اختيار مصنع زيوت السيارات. الذي يتألف خطه الانتاجي من خمسة مراكز تصنيعة هي (التقطير الفراغي - التعامل مع الفررال - ازالة الشمع - هدرجة الدهون).

ومن الناحية الفنية تعد هذه المكانن من المكانن الحرجة، بسبب ان البعض من العطلات التي تحدث فيها، قد تؤدي الى عطل خط الإنتاج بأكمله، إضافة الى خطورة بعض الأعطال على سلامة العاملين. وعلى هذا اختيرت جميعها لتحديد الأسبقية لتلك المكانن. والشكل (2) يمثل مراحل الانتاج.



الشكل (2) مراحل انتاج زيوت السيارات

### 2.3. تحليل البيانات المطلوبة لتنفيذ نموذج البحث:

#### 1.2.3. تحديد الأهمية لمعايير القياس

استرشادا بتقنيات القياس التي تم عرضها في الجانب النظري. تم اختيار المعايير التالية (خطورة العطل على العاملين، تكرار العطل، معاينة الماكنة لكشف العطل) لتحديد الأسبقية للمكانن بموجبها.

وفي ضوء النتائج الي افرزتها استمارات الاستبيان والبالغة (30) استمارة، والتي جرى توزيعها على الكادر الهندسي والفني في الشركة، لإبداء الرأي في أهمية كل معيار بالنسبة للمعايير الاخرى. واستناداً الى درجات الأهمية حسب مقياس (Saaty) للأهمية، تم تحديد قيمة الأهمية لكل معيار، ومن ثم اعتماد قيمة تلك الأهمية في إنشاء مصفوفة المقارنة الثنائية التي سيتم استخدامها لتطبيق نموذج البحث.

وقد اعتمد عدد الإجابات الأكبر في تحديد قيمة الأهمية لكل معيار. حيث يظهر الجدول ( 3 ) إن درجة أهمية معيار خطورة العطل مقارنة بتكرار العطل هي (5). لكون اعلى عدد للإجابات بلغ ( 12 ) اجابة. وهكذا لبقية المعايير .

الجدول ( 3 ) / درجات الأهمية لكل معيار

| درجة الأهمية                           | عدد الإجابات | 1 متساوي الأهمية | 3 قليل الأهمية | 5 قوي | 7 قوي جدا | 9 للغاية قوي جدا | درجة أهمية |
|----------------------------------------|--------------|------------------|----------------|-------|-----------|------------------|------------|
| أهمية خطورة العطل مقارنة بتكرار العطل  | 30           | -                | -              | 12    | 10        | 8                | 5          |
| أهمية خطورة العطل مقارنة بمعاينة العطل | 30           | -                | 3              | 6     | 8         | 13               | 9          |
| أهمية تكرار العطل مقارنة بمعاينة العطل | 30           | 3                | 11             | 8     | 6         | 2                | 3          |

#### 2.2.3. تحديد درجة الأهمية للماكنة استناداً لكل معيار:

في ضوء نتائج استمارات الاستبيان ، يظهر الجدول ( 4 ) و ( 5 ) و ( 6 ) نتائج تحديد درجة الأهمية لكل ماكنة، استنادا لكل معيار على حدة.

وقد اعتمد عدد الإجابات الأعلى لتحديد درجة الأهمية للماكنة. فمثلاً يظهر من الجدول ( 4 ) إن درجة أهمية ماكنة التقطير في ضوء المعيار خطورة العطل على العاملين وعلى الانتاج، قد بلغت ( 5 ) درجة، لكون هذه الدرجة تقابل اكبر عدد من الاجابات البالغ ( 13 ) اجابة. وهكذا لبقية المكانن ولبقية المعايير كذلك.

الجدول (4) / درجة الأهمية للماكنة استنادا لمعيار خطورة العطل على العاملين وعلى الانتاج

| الدرجة                                | عدد الاجابات | ضعيف جدا ١١           | 3 ضعيف                     | 5 متوسط                            | 7 عالي                        | 9 عالي جدا          | درجة الأهمية |
|---------------------------------------|--------------|-----------------------|----------------------------|------------------------------------|-------------------------------|---------------------|--------------|
| خطورة العطل على العاملين وعلى الإنتاج | لا تؤثر      | يمكن تفاضي عن الخطورة | قليل على العاملين والإنتاج | عالي على الإنتاج وأقل على العاملين | خطر على العاملين وعلى الإنتاج | طبقة لأكبر الإجابات |              |
| مكانن التقطير مكانن                   | 4            | 6                     | 13                         | 7                                  | -                             | 5                   |              |
| الفرقرال                              | 2            | 6                     | 12                         | 9                                  | 1                             | 5                   |              |
| مكانن ازالة الشمع                     | 3            | 7                     | 11                         | 7                                  | 2                             | 3                   |              |
| مكانن الهدرجة                         | 8            | 13                    | 5                          | 2                                  | 2                             | 5                   |              |

الجدول (5) / درجة الأهمية للماكنة استنادا لمعيار تكرار العطل

| الدرجة            | عدد الاجابات | 1 ضعيف جدا | 3 ضعيف | 5 متوسط | 7 عالي | 9 عالي جدا | درجة الأهمية طبقا لأكبر الإجابات |
|-------------------|--------------|------------|--------|---------|--------|------------|----------------------------------|
| تكرار العطل       | (21-30)      | (15-20)    | (8-14) | (3-7)   | (1-2)  | يوم        |                                  |
| مكانن التقطير     | 30           | -          | 2      | 8       | 11     | 9          | ٧                                |
| مكانن الفرقرال    | 30           | 1          | 3      | 13      | 10     | 3          | ٥                                |
| مكانن ازالة الشمع | 30           | 3          | 11     | 6       | 7      | 3          | 3                                |
| مكانن الهدرجة     | 30           | 4          | 6      | 12      | 6      | 2          | ٥                                |

الجدول (6) / درجة الأهمية للماكنة استنادا لمعيار معاينة الماكنة لكشف العطل

| الدرجة                    | عدد الاجابات              | 1 ضعيف جدا   | 3 ضعيف            | 5 متوسط        | 7 عالي       | 9 عالي جدا | درجة الأهمية لأكبر الإجابات |
|---------------------------|---------------------------|--------------|-------------------|----------------|--------------|------------|-----------------------------|
| معاينة الماكنة لكشف العطل | متقرة نادرا تخضع للمعاينة | معاينة شهريا | معاينة كل أسبوعين | معاينة أسبوعيا | معاينة يومية |            |                             |
| مكانن التقطير             | 30                        | 3            | 4                 | 8              | 13           | 2          | ٧                           |
| مكانن الفرقرال            | 30                        | 2            | 7                 | 11             | 8            | 2          | ٥                           |
| مكانن ازالة الشمع         | 30                        | 1            | ١٠                | ٩              | ٧            | ٣          | ٣                           |
| مكانن الهدرجة             | 30                        | 3            | 5                 | 10             | 7            | 5          | ٥                           |

## 3.3.3. تطبيق نموذج عملية التحليل الهرمي

أولاً- إنشاء مصفوفة المقارنات الثنائية للمعايير: استناداً الى درجات الاهمية الخاصة بكل معيار (خطورة العطل على العاملين، تكرار العطل، معاينة الماكنة لكشف العطل) والمبينة في الجدول ( 3 ).  
تم إنشاء مصفوفة المقارنة الثنائية لهذه المعايير، الموضحة في الجدول ( 7 ).  
ثانياً- حساب متجه الأسبقية لكل معيار: لمصفوفة المقارنة الثنائية تم حساب الوسط الهندسي لكل ماكنة. ومن ثم قسمة قيمة الوسط الهندسي المقابلة لكل معيار على المجموع الكلي للأوساط الهندسية البالغ ( 4.732 ) . للحصول على متجه الأسبقية لكل معيار في الجدول (7).  
ثالثاً- حساب القيمة الذاتية العظمى لمتجه الأسبقية (  $\lambda_{max}$  ) لكل معيار. فعلى سبيل المثال، ان القيمة الذاتية الاعلى لمتجه الأسبقية (  $\lambda_{max}$  ) للمعيار خطورة العطل:

$$\lambda_{max} = 1 \times 0.751 + 5 \times 0.178 + 9 \times 0.070 = 2.271$$

$$\text{So } \frac{2.271}{0.751} = 3.023$$

وهكذا لبقية المعايير. ويظهر الجدول ( 7 ) نتائج الحسابات السابقة. وان القيمة العظمى

(  $\lambda_{max}$  ) هي (3.028).

الجدول ( 7 ) // مصفوفة المقارنة الثنائية ومتجه الأسبقية و (  $\lambda_{max}$  ) لكل معيار

| $\lambda_{max}$ | ضرب المتجه | متجه الأسبقية | الوسط الهندسي | مصفوفة المقارنة الثنائية |             |             |
|-----------------|------------|---------------|---------------|--------------------------|-------------|-------------|
|                 |            |               |               | معاينة العطل             | تكرار العطل | خطورة العطل |
| 3.023           | 2.271      | 0.751         | 3.556         | 9                        | 5           | 1           |
| 3.022           | 0.538      | 0.178         | 0.843         | 3                        | 1           | 1/5         |
| 3.028           | 0.058      | 0.070         | 0.333         | 1                        | 1/3         | 1/9         |
|                 |            |               | 4.732         |                          |             | المجموع     |

رابعاً- حساب نسبة التوافق: لغرض الوقوف على مدى قبول او رفض درجة الأهمية التي تم الحصول عليها لكل معيار. الواردة في الجدول ( 3 ). يجب حساب نسبة التوافق ( CR ) فإذا كانت قيمة نسبة لتوافق هي اقل من ( 10% ) حسب ما اوضحه ( Saaty ) يتم قبول درجة الاهمية تلك. و فيما يلي خطوات حساب قيمة نسبة التوافق:

أ- حساب قيمة مؤشر التوافق ( CI ) باستخدام العلاقة التالية :

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{n - 1} \quad ( n = \text{عدد المعايير المستخدمة} )$$

$$ci = \frac{3.028 - 3}{3 - 1} = 0.014$$

ب- بقسمة قيمة مؤشر التوافق ( CI ) على قيمة نسبة التوافق العشوائية ( CIR ) الواردة في الجدول ( 2 ) عند ( n=3 ) والبالغة ( 0.58 ) ، نحصل على قيمة نسبة التوافق ( CR ) .

$$CR = \frac{CI}{CIR} = ci = \frac{0.014}{0.58} = 0.024$$

يلاحظ ان قيمة نسبة التوافق هي ( 0.024 ) . وهذه القيمة هي اقل من ( 10% ) لذلك يتم قبول درجات الأهمية لكل معيار التي تم احتسابها في الجدول (3) .

خامسا - انشاء مصفوفة القرار النهائية : حيث يتم حساب الأهمية النسبية للماكنة، من خلال ضرب متجه الأسبقية لكل معيار، والموضح في الجدول ( 7 ) ، يتم ضربه بنسبة الأهمية للماكنة. ومن ثم جمع الأهمية النسبية للحصول على الأهمية النسبية الكلية للماكنة في ضوء المعايير كافة ( خطورة العطل - تكرار العطل - معاينة العطل ) . ويوضح الجدول ( ٨ ) نتائج ذلك. وقد تم توضيح الكيفية التي احتسب فيها مجموع الأهمية النسبية الكلية لماكنة التقطير الفراغي. وهكذا لبقية المكانس.

الجدول ( 8 ) / مصفوفة القرار النهائية

| مجموع الأهمية النسبية | معاينة العطل |            |      | تكرار العطل |            |      | خطورة العطل     |            |               | ماكنة           |
|-----------------------|--------------|------------|------|-------------|------------|------|-----------------|------------|---------------|-----------------|
|                       | أهمية نسبية  | نسبة أهمية | درجة | أهمية نسبية | نسبة أهمية | درجة | الأهمية النسبية | نسبة أهمية | أهمية الماكنة |                 |
| 0.268                 | 0.26*        | 7/26       | 7    | 0.29 *      | 7/24       | 7    | 0.27 *          | 5/18       | 5             | التقطير الفراغي |
|                       | 0.070        | =          |      | 0.178       | =          |      | 0.751           | = 0.27     |               |                 |
|                       | = 0.018      | 0.26       |      | = 0.05      | 0.29       |      | = 0.20          |            |               |                 |
| 0.243                 | 0.013        | 0.19       | 5    | 0.03        | 0.20       | 5    | 0.20            | 0.27       | 5             | الفرفرال        |
| 0.152                 | 0.010        | 0.15       | ٣    | 0.022       | 0.125      | 3    | 0.120           | 0.16       | 3             | ازالة الشمع     |
| 0.243                 | 0.013        | 0.19       | 5    | 0.03        | 0.20       | 5    | 0.20            | 0.27       | 5             | الهدرجة         |
|                       |              |            | 26   |             |            | 24   |                 |            | 18            | Σ               |

يظهر من الجدول ( 8 ) :

أ- أن مجموع الأهمية النسبية الكلية لماكنة التقطير الفراغي بلغت ( 0.268 ) . ولكل من مكانس الفرفرال و مكانس هدرجة الدهون بلغت ( 0.243 ) . في حين لمكانس ازالة الشمع ( 0.152 ) مما يعني ان الأسبقية الأولى عند تنفيذ عمليات الصيانة هي لماكنة التقطير الفراغي. تليها في

- الأسبقية الماكنتين ( ماكنة الفرفال و ماكنة الهدرجة ) لكون كلاهما بنفس الاهمية النسبية الكلية. وتليها ماكنة ازالة الشمع في الأسبقية الاخيرة.
- ب- ومن جانب آخر تشير النتائج الى تساوي الأهمية لمكانن (التقطير الفراغي - الفرفال - الهدرجة ) نوعا ما اذا ما قورنت بالاهمية النسبية لماكنة ازالة الشمع.
- ج- أن الأهمية النسبية لخطورة عطلات مكانن ( التقطير الفراغي - الفرفال - الهدرجة ) على سلامة العاملين وعلى مستوى الانتاج بلغت ( 0.20 ) وهي أعلى من الأهمية النسبية لخطورة عطلات الماكنة ازالة الشمع حيث بلغت ( 0.12 ).
- د- الاهمية النسبية لتكرار عطلات مكانن التقطير الفراغي بلغت (0.05). تليها الاهمية النسبية لتكرار عطلات مكانن ( الفرفال - الهدرجة ) حيث بلغت ( 0.03 ). فيما جاءت مكانن ازالة الشمع باهمية نسبية تبلغ ( 0.022 ).

#### 4. الاستنتاجات والتوصيات

فيما يلي الاستنتاجات التوصيات التي تم التوصل اليها في ضوء نتائج الجانب التطبيقي.

##### 1.4. الاستنتاجات

- أ- في ضوء نتائج مجموع الأهمية النسبية للمكانن .يستنتج أن أسبقيات المكانن هي : مكانن التقطير الفراغي. تليها و بنفس الاهمية مكانن الفرفال ومكانن الهدرجة. وفي المرتبة الاخيرة مكانن ازالة الشمع.
- ب- في ضوء الاهمية النسبية لتكرار العطلات، فان مكانن التقطير الفراغي هي اكثر المكانن تعرضا للعطل.
- ج- تقارب مكانن الفرفال والهدرجة من حيث مستوى الاهمية.
- د- تجري عمليات الفحص و التفتيش على مكانن التقطير الفراغي، اكثر من بقية المكانن الاخرى. وتليها مكانن الفرفال و الهدرجة.
- هـ- عند تحديد المكانن الحرجة في خط الانتاج، تكون مكانن القطير الفراغي من المكانن الحرجة، بسبب اهميتها النسبية استنادا الى خطورة العطل على سلامة العاملين وعلى الانتاج .
- و. لم تؤثر حالة التأثير على سلامة العاملين بالنسبة الى العطلات التي تتعرض اليها مكانن ازالة الشمع.
- ز. كفاءة نموذج عملية التحليل الهرمي في تحديد أسبقية المكانن الحرجة.

## 2.4. التوصيات

- أ- ضرورة توجيه عمليات الصيانة الوقائية باتجاه مكانس التقطير الفراغي. فهي تمثل المرتبة الاولى في الأسبقية. تليها مكانس الفرغال و مكانس الهدرجة.
- ب- اعطاء الاولوية في تصليح عطلات مكانس التقطير الفراغي بسبب تأثيرها على استمرارية تدفق الانتاج.
- ج- الاهتمام بالتصليح الفوري لعطلات مكانس التقطير الفراغي ومكانس الفرغال ومكانس الهدرجة، بسبب تأثيرها على سلامة العاملين عليها.
- د- بسبب تأثيرها على استمرارية خط الانتاج، من الضروري توفير مخزون لقطع الغيار المهمة، لمكانس القطير الفراغي والفرغال ومكانس الهدرجة.
- هـ- تطبيق نظام معلومات يتيح لإدارة الصيانة تحديد أسبقيات المكانس . واعتماد تلك الأسبقيات عند تنفيذ عمليات الصيانة الوقائية على المكانس.
- و- ضرورة الاعتماد على النماذج الكمية التي تعتمد على مجموعة من المعايير المتعددة ، التي تجدها إدارة الصيانة ضرورية لتحديد أسبقية المكانس.

## المصادر

- 1-Dhillon, B.S., (2006) Maintainability,Maintenance,and Reliability for Engineers, NewYork : Taylor & Francis Group. LLC .
- 2-Keith, R. Mobley.& Lindley, R. Higgins.,(2008) Maintenance Eengineering Handbook, NewYork : The McGraw-Hill Companies.
- 3-Abhijit, S.K.,(2010 ) Modeling failure types and failure times of turning and boring machine systems, Journal of Quality &Reliability Management. 27(7).pp. 815-831.
- 4-Adolfo, Crespo (2007) The Maintenance Management Framework models London : Springer-Verlag Limited .
- 5-Anya, Kim.Myong & Kang, H.,(2012) Determining Asset Criticality for Cyber Defense, Washington, DC: Naval Research Laboratory. September 23, 2011.
- 6-Clifton, A. Ericson.,(2005) Hazard Analysis Techniques for System Safety,London: John Wiley & Sons.
- 7-Guangbin ,Yang., (2003) Life Cycle Reliability Eengineering,London : John Wiley & Sons.
- 8-Herbert, Hecht.,(2004) Systems Reliability and Failure Prevention, berlin: Artech House. INC.
- 9-Hong, zhon.,(2011) A Study of Maintenance Environment Impact Evaluation Method Based on Activity, IEEE.
- <http://ieeexplore.ieee.org.tiger.sempertool.dk/stampPDF>
- 10-John,D.,(2011) Asset Management Excellence Optimizing Equipment Life-Cycle Decisions,NewYork : Taylor and Francis Group .LLC
- 11-Keith, R.Mobley.,(2004),Maimtenance Fundamentails,London: Elsevier Inc.

- 12-Keith, R. Mobley & Lindley, R., (2008) Maintenance Engineering Handbook , NewYork : The McGraw-Hill Companies.
- 13-Lindley R. Higgins, P.E.,R. Keith Mobley ,Ricky Smith,(2002) Maintenance Engineering, NewYork : McGraw-Hill Companies, Inc.
- 14-Phrommathed, P., ( 2006 ) Improving a manufacturing process by mapping and simulation of critical operations, Journal of Manufacturing Technology Management.17 (1). pp. 104-132.
- 15-Ricky, Smith., ( 2009 ) Equipment Criticality Analysis, on July 21,. (www.slideshare.net/rickysmithcmtp )
- 16-Sam, Nataraj.,(2005) Analytical Hierarchy Process As A Decision Support System In The Petroleum Pipeline Industry , Issues in Information SystemsVolume. 2(1).pp16-29.
- 17-Seyed, Hadi.Hoseinie & Ataei., ( 2012) Reliability analysis of drum shearer machine at mechanized longwall mines, Journal of Quality in Maintenance Engineering.18(1). 98-119
- 18-Thomas, L.Saaty., ( 2008) Decision making with the analytic hierarchy process, Int. J. Services Sciences, 1(1).p. 83