تحديد وقت الصيانة الوقائية الامثل باستخدام اسلوب الجدولة

م. د. فارس مهدي علوان/ كلية الادارة والاقتصاد / جامعة بغداد
الباحث/ غصون حربي عباس

تاريخ التقديم:2017/8/21
تاريخ القبول:2017/10/10

المستخلص

في هذا البحث تم تقدير المعولية وجدولة الصيانة لبعض الاجهزة الطبية بمتغير واحد وهو متغير الوقت (اوقات الفشل) على فرض ان متغير الوقت لجميع الاجهزة له التوزيع نفسه وهو توزيع ويبل (Weibull distribution) وكانت طريقة تقدير معلمات التوزيع لكل جهاز هو طريقة المربعات الصغرى (OLS).

وان الهدف الرئيس من هذا البحث هو تحديد الوقت الامثل للصيانة الوقائية على الاجهزة الطبية (جهازي Ventilator وMonitor) . حيث تم اعتماد اسلوبين في تقدير المدة الزمنية المثلى للصيانة الوقائية لهذين الجهازين. يعتمد الاسلوب الاول على جدولة الصيانة من خلال الاعتماد على معلومات تخص كلف الصيانة وكلف التوقف عن العمل والوصول الى الوقت الامثل للصيانة والذي يحقق اقل الكلف .اما الاسلوب الثاني فانه يعتمد على دالة المعولية حيث تم من خلالها تحديد فترة الصيانة المثلى والتي تكون عندها الكلفة اقل ما يمكن. وكذلك اثبتنا من خلال هذا البحث ان طريقة الجدولة افضل من طريقة الاعتماد على دالة المعولية لأنها تعتمد بشكل كبير على كلف الصيانة .

المصطلحات الرئيسة للبحث/ اسلوب المعولية، اسلوب الجدولة، الصيانة الوقائية، توزيع ويبل، المربعات الصغرى.

*البحث مستل من رسالة ماجستير

المبحث الأول/ مقدمة عامة

1.1 المقدمة (Introduction)

بعد الانتشار الواسع للصناعة في القرن الماضي والتطور الكبير الذي حصل على الاجهزة والمعدات زادت الاهمية بدراسة المعولية والصيانة للأجهزة وازدادت اكثر بعد الحرب العالمية الثانية وذلك بسبب التطور التكنلوجي في مجال الطب وبحوث الفضاء وحقول الاتصالات والعمليات العسكرية. ومن البديهي مع زيادة التعقيد والمكونات للأجهزة والتطور الكبير في دقتها وسرعتها قد تتعرض هذه الاجهزة والمعدات الى العطل المفاجئ او لأحد المكونات الذي قد يسبب خسائر مادية وبشرية اذا كانت تلك الاجهزة تتعلق بحياة الانسان كالأجهزة الطبية واجهزة المفاعلات النووية. لذا اصبح من الضروري أجراء الصيانة الوقائية التي هيه عباره عن عمل مبرمج للكشف عن المعوقات في الجهاز او النظام ككل. تهدف الدراسات الاخيرة في هذا المجال إلى تطبيق أسس علمية لقياس جودة أداء الصيانة وإنشاء نظام صيانة وقائية بأقل تكاليف وافضل ارباح بعد ان كان نظام الصيانة سابقا مرتبط مع الاصلاح فقد كانت سابقا تهتم بإصلاح ما تم عطله فعلا. قد اسهم التطور في الحاسبات الالكترونية بمساعدة الباحثين في دراسة المشاكل وتحليلها في مختلف العلوم بسرعة فائقة ومن خلال دراسة معولية الجهاز اصبح من الممكن وضع خطه ملائمة لأوقات الصيانة المطلوبة بالاعتماد على الاساليب العلمية المتبعة للتقليل من اوقات حدوث العطلات ضمن الامكانات المتاحة مع احتمال وجود نسبة للخطأ تسمى حدود الخطأ.

2.1 مشكلة البحث (Problem Statement) :

تتلخص مشكلة البحث بما يأتي:

1- اقتصار عملية الصيانة الوقائية في المستشفى على عمليات التزييت والتشحيم والتنظيف.
2- اجراء الصيانة بعد حدوث العطل مما يؤدي الى زيادة تدهور حالة الاجهزة وزيادة عطلاتها.
3- عدم اعتماد المستشفى على المؤشرات لقياس اداء عمليات الصيانة وتقدير معولية الاجهزة ومدى اتاحيتها للتشغيل.

مما تقدم نلاحظ ان كل هذه المشاكل تتسبب في تلف الاجهزة الحساسة ومنها مايكلف المؤسسة (القطاع العام/ القطاع الخاص) مبالغ باهضة، على سبيل المثال الاجهزة الطبية الحساسة التي قد يكلف عطل الجهاز منها مبالغ طائلة قد تتجاوز مليون دولار، او قد يكلف ارواح المرضى لحين التصليح حيث ان الحالة المرضية الحرجة لا يمكن ان تنتظر التصليح في بعض الاحيان. ان الكثير من الشركات والمستشفيات (الحكومية/ الاهلية) تواجه مشكلة في اعمال الصيانة الوقائية التي تتم بشكل عشوائي وغير مخطط له واعتمادا على خبرة المهندس الفني مما يسبب توقفات كثيرة للمكائن ويكلف الشركة مبالغ طائلة اذ ان المشكلة تكمن في عدم تحديد وقت للصيانة الوقائية المثلى والذي يحقق الموازنة بين الكلفة والصيانة.

3.1 هدف البحث Search aim:

يهدف هذا البحث الى تقليل الخسائر الحاصلة في الاجهزة الطبية الحساسة نتيجة قلة الصيانة الوقائية او عدم جدولة اوقات الصيانة بشكل امثل مما يتيح لمستخدمي هذا الجهاز فترة اطول وكفاءة اعلى وذلك باستخدام اسلوب الجدولة الذي يستخدم للوصول الى الحل الامثل (تحديد وقت الصيانة الامثل).

4.1 الدراسات السابقة : Review of Literature

• في عام 1994 اقترح Bryan Doson [7] اسلوب حدد من خلاله الجدول الزمني الامثل للصيانة الوقائية والهندسية . ان الباحثين Dijkhuizen, Heijden [11] انحازوا الى أمثلية توزيع الفترات بدلا من تحسين الصيانة الوقائية، اذ تم عرض سلسلة من النماذج الرياضية وتقنيات التحسين، التي من خلالها يمكن تحديد الفاصل الزمني الامثل للصيانة الوقائية من نقطة الاتاحية للفاصل الزمني ، وليس من حد منظور الاتاحية 1999. وقد اقترحا الباحثان(Chiang, Yang) [10] حل لمشاكل ادارة الصيانة المثلى تهدف الى الحصول على الكميات المتاحة للنظام بواسطة طريقة ماركوف بحيث يتم تقليل معدل التكلفة على المدى الطويل المتوقع2001.

في عام 2002 استخدم الباحث (الربيعي) [2] أساليب بحوث العمليات (المعولية والصيانة) في دراسة واقع حال محطات توزيع الطاقة الكهربائية من نوع 33/11 k.v التابعة للشركة العامة لتوزيع كهرباء بغداد – الرصافة ، وقد تم التركيز في هذا البحث على تحسين معولية المحطات وذلك من خلال بناء انموذج رياضي يحدد المدة المثلى لأجراء عمليات الصيانة الوقائية على المحطات .

• في عام 2002 قدمت الباحثة (الموسوي) [5] اسلوب استخدام برمجة الصيانات الوقائية باستخدام قواعد البيانات اذ تقوم الباحثة بتحديد الفترة الزمنية المثلى بين عمليات الصيانة الوقائية والعمر التشغيلي الامثل الذي يمكن عنده اجراء الصيانة الوقائية.

• في عام 2006 تم تقديم منهجية بواسطة (Celso, Cla´udio, Ma´rcio)[8] تستند الى تقيم سياسة الصيانة الوقائية بالاعتماد على انموذج كلفة المعولية والذي يسمح باستخدام فترات مرنة بين التدخل للصيانة وتتيح جدولة مناسبة من اجل التعامل بشكل افضل مع معدلات الفشل .

. عام 2012 قدم (Rommert Dekker) [16] دراسة المعولية المعتمدة على الامثل من جدولة الصيانة من المكونات الميكانيكية تحت الاجهاد حيث تم ايجاد الجدول الزمني الامثل لأنشطة الصيانة الوقت ونوعية المعلمة ومن ثم ايجاد عن طريقة دالة اقل كلفة وقد استخدم نموذج محاكاة متقدمة لتحليل المعولية وخوارزمية فعالة لحساب التدرجات لاحتمالات الفشل.

• في عام 2014 قدم الباحثون (Jun-peng, Chuang-xin, Qing-huaWU, Lu-liang ,Hong-jun) [13] بحثا في (جدولة الصيانة الجينية بالاعتماد على البرمجة المتعددة الأهداف وتحليل العلاقة بينهما) حيث تم في هذا البحث دراسة جدولة الصيانة باستعمال المحاكاة الجينية والبرمجة المتعددة الاهداف حيث تم تطبيق هذا البحث على انظمة الطاقة ويشمل ثلاثة انواع من الأهداف وهي ربح كل منتج، معولية النظام، اجمالي تكلفة التوليد، ولقد تم استخدام توزيع باريتو لتحسين الحل باستعمال المحاكاة وتوضح نتائج المحاكاة أيضا أن أرباح أحد المنتجين تتعارض مع الاخرى، أن إجمالي تكلفة التوليد لا تتعارض مع الربح من المنتج الذي يمتلك أرخص الوحدات في حين يتعارض إجمالي تكلفة التوليد مع المنتجين الآخرين، والأرباح، وأن هدف المعولية (موثوقية النظام) يتعارض مع الأهداف الأخرى.

• في عام 2014 قام الباحثان (S. Nima Mirabedini & Hossein Iranmanesh) [17] بتقديم بحث عن أنموذج جدولة للوظائف التسلسلية على الآلات المتوازية مع الصيانة الوقائية المختلفة حيث تم في هذا البحث استخدام طريقة الصيانة الوقائية بافتراض نوعين للصيانة وهي اما التصليح او التغيير وقد تم استخدام الخوارزمية الجينية وخوارزمية سرب الطيور والمقارنة بينهما حيث اعطت هذه الخوارزميات نتائج مماثلة .

• في عام 2015 قدم الباحث (النعيمي) [6] رسالة ماجستير في مقارنة بعض طرائق تقدير دالة المعولية الضبابية حيث استخلص منها عند حساب اوقات الفشل للمكائن والمعدات اغلب الاحيان تكون غير مؤكدة وضبابية لذا استعمل ثلاث طرائق لحل مشكلة الانظمة المتسلسلة والمتوازية وكان من وجهة نظر الباحث أن جميع طرائق التقدير تعتبر مناسبة ومن الممكن الاعتماد عليها في الشركات الإنتاجية المعتمدة على المكائن والمعدات في إنتاجها.

• في عام 2016 قدم الباحثون (Naghi Shoja, Amir, Ebrahimi Mani Sharifi, Sasan, Barak Mohammadreza Shahriari) [14] بحثاً في جدولة الصيانة الوقائية الدورية لماكنة واحدة JIT حيث تم في هذا البحث اجراء صيانة دورية لماكنة JIT وايضا تم استخدام نوعين من الخوارزميات وهي خوارزمية سرب الطيور الاعتيادية (PSO) وخوارزمية سرب الطيور المتعددة الاهداف (MOPSO) وايضا تم استخدام طريقة Taguchi لتحليل المقاييس لضبط الخوارزميات واكدت نتائج المقارنة ان طريقة خوارزمية سرب الطيور المتعددة الاهداف (MOPSO) هي تفوق الخوارزميات الاخرى.

• في عام 2016 قدمت الباحثة (السهيل) [3] اطروحة بعنوان تقدير معولية الأنظمة باستعمال مقدرات بيز اللامعلمية وشبه المعلمية واستخلصت منها ان استعمال طريقة المحاكاة باستعمال حجوم عينات مختلفة اظهرت أفضلية الطريقة البيزية لحجم العينة n=14 للمقدر اللامعلمي للنظام المتسلسل وأفضلية الطرائق البيزية في تقدير معولية النظام على الطرائق التقليدية لحجم العينة n=14 للمقدر الشبه معلمي وقد استعملت الباحثة بيانات حقيقية لنظام متسلسل من الشركة العامة للزيوت النباتية واظهرت النتائج انه تتناقص قيم دالة المعولية بالنسبة للمقدر اللامعلمي والمقدر شبه المعلمي مع ازدياد الزمن .

المبحث الثاني/ الجانب النظري

1.2 معولية الانظمة Systems Reliability

استخدم مصطلح المعولية بعد الحرب العالمية الثانية وتطور نتيجة للتطور الذي حصل في الاساليب الاحصائية والرياضية وتطور برامج الحاسوب وذلك للحاجة الماسة في زيادة عمر النظام وزيادة درجه وثوق المستهلك به وقد عرفت المعولية عدة تعاريف اهمها:

المعولية: احتمال اداء نظام ما او جهاز معين او أجزائه وظيفته بصورة صحيحة في ظل ظروف معينه وفي فترة زمنيه معينة [9].

كما عرفت ايضا احتمال عدم حدوث العطل (الفشل) على مدى الزمن.

والمعولية مصطلح احصائي يراد به تحليل المتغيرات العشوائية ذات القيم الموجبة التي تمثل الوقت حتى حدوث الفشل ل أي نظام أي ان احتمال عدم فشل الجهاز خلال مدة زمنيه معينة (0,t) والتعريف الرياضي لها

$$R(t) = p(T>t)$$

حيث ان R(t) تسمى دالة المعولية عند الزمن (t) وتكون عبارة عن احتمال ان الزمن الذي يمكن ان يتعطل فيه النظام يكون اكبر من t ويمكن التعبير عن دالة التوزيع التراكمي التي تمثل الاحتمال التجميعي للفشل حتى الزمن t

$$F(t) = p_r(T \le t) = \int_0^t f(u)du = 1 - R(t) \quad ; t \ge 0$$

وتمتاز بكونها دالة متزايدة increasing function

اما احتمال بقاء المركبة دون فشل حتى الفترة (t) هو

$$R(t) = p(T>t) = 1 - F(t)$$

وعليه نستطيع ان نقول ان المعولية هي احتمالية عدم الفشل للمركبة او الجهاز خلال المدة (0,t) وعليه فان R(t) كأي داله احتماليه تقع قيمتها بين الصفر والواحد (0,1).

وتمتاز بخصائص وهي رتيبة متناقصة وموجبة ومستمرة

$$\lim_{t \to 0} R(t) = 1$$

اي ان

$$\lim_{t \to \infty} R(t) = 0$$

2.2 الصيانة (Maintenance) :

تعد الصيانة من اهم مسؤوليات الادارة للمحافظة على انتاجية النظام وزيادة الربحية لاسيما في انظمة الطاقة وفي الصناعة وفي الاجهزة الحساسة التي يعتمد عليها العاملين والمستفيدين منها كالأجهزة الطبية ونرى ان من الطبيعي ان تختلف فعاليات الصيانة التي تجري على الوحدات الانتاجية حيث عندما تكون المؤسسة في حالة انتعاش اقتصادي او كان الجهاز يخضع لضمان من الشركة المنتجة فانه سوف تستبدل الوحدة الانتاجية او القطعة التالفة اما اذا كان عطلها قابل للإصلاح وتكون تكلفة اصلاحه اقل من التبديل فسوف تقوم المؤسسة بتصليح العطل وممكن ان نعرفها كما يأتي:

الصيانة: جميع الفعاليات والعمليات التي تتخذها المؤسسة او الفرد على المعدات والاجهزة لتجنب عطلها وتأدية فعالياتها بصورة صحيحة للحفاظ عليها وعلى كفاءتها ومخرجاتها وضمان سلامتها في وضع مقبول.[5]

3.2 اهداف الصيانة (Maintenance goals):

من اهم اهداف الصيانة:[12]

1. المحافظة الدائمة على الحالة الجيدة للماكنة.
2. الاقلال من حدوث الاعطال وما يتبعه من خسارة اقتصادية .
3. زيادة العمر الافتراضي للماكنة ومن ثم الحصول على عائد اقتصادي اكثر جدوى.
4. حماية منجزات المؤسسات من خلال المحافظة على المكائن من سرعة التقادم والاندثار.
5. الموازنة بين تكاليف الصيانة وتكاليف شراء الموجودات.

4.2 **انواع الصيانة** (Maintenance types):

1- الصيانة الوقائية (Preventive Maintenance (PM):

وهي مجموعة من الخطوات التي تتخذ للوقاية من التوقفات التي تنجم عنها خسارة كبيرة للشركة، أي وبعبارة اخرى فان الصيانة الوقائية تخص الفحص الدوري واتخاذ التدابير اللازمة للقيام بالخدمات مما يقلل من احتمالية التوقفات. ان اجراء الصيانة الوقائية يعتمد على معرفة معدل الفشل للماكنة من خلال دراسة اوقات الفشل وتحليلها فاذا كانت اوقات الفشل تتبع التوزيع الاسي تكون الماكنة في مرحلة العمر المفيد ففي هذه الحالة فان اجراء الصيانة الوقائية لن يقلل من احتمالية عطل الماكنة وانما تحتاج الى صيانة دورية بسيطة اما اذا كانت اوقات الفشل كثيرة وتتبع توزيعات اخرى مثل التوزيع الطبيعي (Normal Distribution) او توزيع ويبل (Weibull Distribution) او غيرها من التوزيعات الاحتمالية فان الماكنة تحتاج الى وضع منهج علمي في الصيانة الوقائية لأنها في هذه الحالة مفيدة جدا وتقلل من احتمالية العطل المفاجئ. وهناك فوائد كثيرة للصيانة الوقائية منها تقليل اوقات التوقف (Down Time) للماكنة الى ادنى حد ممكن لإداء اعمال الصيانة وتقليل الحاجة الى الوقت الاضافي (Over Time) كما انها تؤدي الى زيادة كفاءة اداء المكائن وأخيرا وليس آخرا فإنها تسبب في زيادة ظروف الامن والسلامة للمشغلين والفنين.[1]

2- الصيانة التصحيحية (Corrective maintenance (CM): وهي الصيانة التي تتم بعد عطل الجهاز وذلك للكشف والتصليح عن الجزء العاطل فيها وترميمه للعودة لحالته الاولى واداء وظيفته بالشكل المطلوب.[1]

3- الصيانة الاضطرارية (Emergency maintenance (EM) : هو العطل الواجب تصليحه فورا في حالة حدوثه لمنع حدوث اعطال اكثر واكبر.[1]

4- المقدرة (Availability): احتمالية أن يكون الجهاز قادر على أداء الوظيفة المطلوبة خلال مدة الاشتغال المحددة له ويحسب بقسمة متوسط الوقت بين العطلات (MTBF) إلى مجموع (MTBF) مضاف إليه متوسط وقت التصليح (MTTF).[1]

5- الصيانة التنبؤية (Predictive Maintenance): وهي من انواع الصيانة الحديثة والتي تعتمد على توقعات مستقبلية (Future prospects).[1]

6- الصيانة المنتجة الشاملة (Total Productive Maintenance): ان هذا النوع من الصيانة قد ابتكره اليابانيون فهو نظام تشغيلي يمزج بين الصيانة الوقائية والصيانة التنبؤية ومن ثم تحافظ المؤسسة على مكائنها من خلال الابقاء عليها في حالة صالحه للاشتغال.[1]

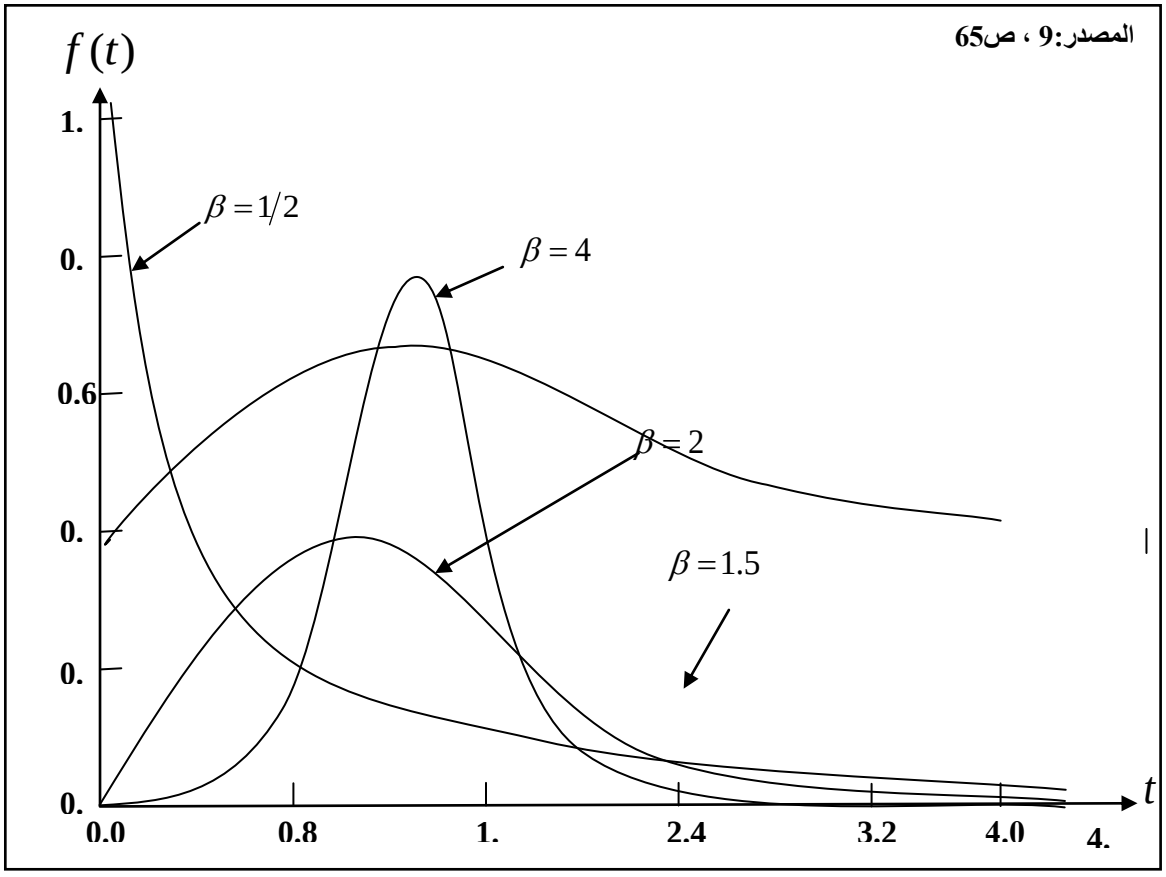
5.2 **توزيع ويبل** :- Weibull Distribution:

في نظرية الاحتمالات والإحصاء، توزيع ويبل Weibull من توزيع الاحتمالية المستمرة. واسمه مشتق من عالم الرياضيات السويدي Waloddi Weibull، الذي وصفه بالتفصيل في عام 1951، على الرغم من أنه كان أول من حدده عام (1928) تبيت وفيشر (Tippett Fisher) ويعد من توزيعات الفشل في اختبار زمن الحياة Testing life وعلى الرغم من انه واجه في البداية بعض التشكيك الا انه شاع استخدامه في المعولية (Reliability) وفي السيطرة النوعية والجودة . وقد نتجت شعبية التوزيع كونه يتعامل بمرونة مع احجام العينات الصغيرة حيث يوفر المعلومات اللازمة لتحليل البيانات واكتشاف الاخطاء وتصحيحها .
وبشكل عام يمكن القول بأن المتغير العشوائي للفشل T يتبع هذا التوزيع عندما يكون تكرار عمليات الفشل عالياً وعادةً ما يحدث هذا في المعدات الالكترونية.[4]

دالة الكثافة الاحتمالية لهذا التوزيع هي :-

$$f_T(\alpha;\beta)=\frac{\beta}{\alpha}\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1}\exp[-(\frac{t}{\alpha})^{\beta}] \quad \text{.....(1)} \quad I(t)_{(0,\infty)}$$

$$\beta\ ,\ \alpha>0$$



الشكل (1-2) يوضح دالة الكثافة الاحتمالية لتوزيع ويبل عندما $\alpha = 2$ و $\beta = 0.5,1.5,2,4$

اذ :

β: معلمة الشكل Shape Parameter

α : معلمة القياس Scale Parameter

ويمتلك هذا التوزيع دالة الكثافة التجميعية c.d.f وهي :

$$F_t(\alpha,\beta) = \int_0^t \frac{\beta}{\alpha}\left(\frac{u}{\alpha}\right)^{\beta-1} \exp\left[-\frac{(u)^{\beta}}{\alpha^{\beta}}\right] du$$

$$F_t(\alpha,\beta) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t^{\beta}}{\alpha^{\beta}}\right)\right] \qquad \text{.....(2)}$$

$$R_t(\alpha,\beta) = \exp\left[-\frac{(t)^{\beta}}{\alpha^{\beta}}\right] \qquad \text{.....(3)}$$

ومعدل الفشل لهذا التوزيع كالاتي :-

$$\lambda_t(\alpha;\beta) = \frac{\beta}{\alpha}\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} \quad \text{.....(4)}$$

عندما : $\beta > 1$ معدل الفشل (λ_t) متزايد
$\beta < 1$ معدل الفشل (λ_t) متناقص
$\beta = 1$ معدل الفشل (λ_t) ثابت

6.2 **تحديد وقت الصيانة الوقائية** (Define preventive maintenance time):

ان تحديد وقت الصيانة يعتمد بالدرجة الاساس على الكلف وقد تناول البحث اسلوبين في تحديد الوقت الامثل وكلا الاسلوبين يعتمدان على الكلف وان هذين الاسلوبين هما كالاتي :

اولا: استخدام دالة المعولية (Using Reliability function)

ان خوارزمية استخدام هذا الاسلوب هي كالاتي :[15]

1. تسجيل بيانات اوقات الفشل وهذه الخطوة تتطلب ان يتواجد الباحث يوميا لتسجيل اوقات الفشل .
2. اختبار توزيع بيانات الفشل ويشترط هذا الاسلوب ان تتبع بيانات الفشل توزيع ويبل (Weibull distribution) ذي المعلمتين وهما معلمة الشكل (β) ومعلمة القياس (α).
3. تقدير معالم التوزيع من خلال احدى طرائق التقدير مثل طريقة الامكان الاعظم (MLE) او طريقة العزوم (MM) او طريقة المربعات الصغرى (OLS).
وحساب دالة الكثافة الاحتمالية او طريقة دالة الاحتمال او طريقة دالة المخاطرة (Hazard) Plotting لأوقات فشل الجهاز .
4. حساب كلفة التوقف عن العمل لإجراء الصيانة الوقائية (C_f) وكلفة الصيانة الوقائية (C_p).*
5. ايجاد حاصل قسمة $\frac{C_f}{C_p}$().
6. ايجاد قيمة m دالة لنسبة الفشل الى كلفة الصيانة الوقائية مع قيمة معلمة الشكل (β) في جدول معد لهذا الغرض (من ملحق رقم 1و2)[7]
7. ايجاد وقت الصيانة الامثل من خلال المعادلة الاتية التي تم ايجادها من قبل (Brayn Dodson) عام 1994.

$$T = \delta + \theta \times m \quad \text{.....(5)}$$

حيث ان:
T هو الوقت الامثل لإجراء الصيانة الوقائية، m هي دالة نسبة الفشل (C_f) الى كلفة الصيانة (C_p) ، β معلمة الشكل (Shape parameters) ، α هي معلمة القياس لتوزيع ويبل(Scale parameters)، δ هي معلمة الموقع (Location parameters) لتوزيع ويبل.

ثانيا: اسلوب الجدولة (Scheduling Techniques)

يعد هذا الاسلوب من الاساليب المهمة في بحوث العمليات في جدولة الصيانة وتحديد وقت الصيانة الامثل حيث ان هذا الاسلوب يحتاج الى بيانات تخص اعداد المكائن وكلف اجراء الصيانة وأوقات تنفيذ الصيانة الوقائية وكلف اجراء الصيانة على الاجهزة.

يتم تفريغ عمليات الصيانة في نماذج يتم تصميمها حسب نوع الأعمال . حيث تصمم جداول لدعم القرار لأنها ممكن ان توفر مؤشر في ما اذا كان Preventive maintenance(pm) هناك حاجة الى الصيانة لوقائية . وبهذا تكون القرارات المتعلقة هي المثلى في حالة التكلفة والوقت حيث يتم اختيار الجدول الامثل وتنظم هذه الجداول استنادا الى البيانات التاريخية لمشكلة البحث حيث يمكن انشاء جدول صيانة وقائي لكل جهاز من الاجهزة المختارة في عينة البحث حيث يتم انشاء نظام خاص في كيفية تحديد معايير العمل الخاص بتلك الاجهزة المدروسة.

* / كلفة الصيانة (C_p) وكلفة التوقف عن العمل (C_f) اخذت جاهزة من مستشفى العلوم العصبية وليس لها صيغة حساب خاصة بها.

ان خوارزمية استخدام هذا الاسلوب هو كالاتي:[7]

1. حساب العدد الكلي للمكائن قيد الدراسة (N).
2. ايجاد كلفة تنفيذ اعمال الصيانة الوقائية (C_p) للماكنة المستخدمة في الدراسة.
3. ايجاد كلفة التوقف عن العمل لاغراض الصيانة الوقائية (C_f).
4. حساب معدل مدة التوقفات (T) من الصيغة الرياضية الاتية:

$$T = \text{احتمالية التوقف} \times \text{مدة الصيانة الوقائية} \quad \ldots\ldots (6)$$

حيث ان احتمالية توقف الماكنة يمكن ايجاده من الصيغة الرياضية الاتية:

$$\text{احتمالية التوقف} = \text{تكرار العطلات} \div (\text{مجموع العطلات}) \quad \ldots\ldots (7)$$

5. حساب الكلفة الكلية (Total Cost) من خلال الصيغة الرياضية الاتية :

$$\text{الكلفة الكلية} = (\text{عدد المكائن}) \times (\text{كلفة اصلاح الماكنة}) \div \text{معدل زمن التوقفات}$$

6. استخدام نظرية الاحتمالات لحساب معدل التوقفات حيث ان n هو العدد المتوقع من التوقفات، N هو عدد المكائن، $P_1,p_2,p_3\ldots$ هي احتمالية التوقف .

$$n_1= N(p_1) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (8)$$

$$n_2= N(p_1+p_2)+ n_1p_1 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (9)$$

$$n_3=N(p_1+p_2+p_3)+n_2p_1+n_1p_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (10)$$

حيث يمكن ايجاد أي عدد من التوقفات على وفق الصيغ المذكورة انفا .

7. حساب كلفة التوقف على وفق المعادلة الاتية :

$$\text{كلفة التوقف} = (C_f) \times (\text{العدد المتوقع من التوقفات } n) \quad \ldots\ldots\ldots (11)$$

8. حساب الكلفة الاجمالية بحسب المعادلة الاتية :

$$\text{الكلفة الاجمالية} = \text{كلفة التوقف} + \text{كلفة الصيانة الوقائية } (C_p) \quad \ldots\ldots\ldots (12)$$

9. ايجاد كلفة الصيانة الوقائية وبحسب الاشهر وكما في الصيغة الرياضية الاتية :

$$\text{كلفة الصيانة الوقائية بالاشهر} = \text{الكلفة الاجمالية} + \text{مدة الصيانة} \quad \ldots\ldots\ldots (13)$$

10. اختيار وقت الصيانة الوقائية الامثل والذي يقابل اقل كلفة ممكنة.

المبحث الثالث/ الجانب التطبيقي

1.3 عرض المشكلة (View the problem):

تمت دراسة الاجهزة قيد الدراسة وتحليلها في هذا البحث، تمت زيارة مستشفى العلوم العصبية من تاريخ 2016/12/15 ولغاية 2017/3/15 وتم جمع المعلومات اللازمة من المهندسين والعاملين عليها (الفني والطبي) والاستماع الى الشروحات الفنية الابتدائية لفهم طبيعة عمل مثل هذه الاجهزة من الناحية الهندسية لغرض التخطيط الامثل لدراسة مدى موثوقيتها وطرح النموذج الملائم للصيانة حيث تم اخذ الاجهزة المدروسة ضمن العينة وشرح عمل كل جهاز وهي تتلخص بالآتي:

1. جهاز (ventilator): وهو من اجهزة التنفس الاصطناعي حيث يقوم بتمثيل دور الرئتين والجهاز التنفسي عند المريض الذي يعاني من نقص في التنفس او تلف في الرئتين او عند توقف الجهاز التنفسي اثناء العملية الجراحية.
2. جهاز (Monitor): تستخدم لمراقبة المرضى في وحدات العناية المركزة ICU ووحدات العناية بمرضى القلب CCU وغرف العمليات OR ولها القدرة على مراقبة حالة المريض بالتسجيل والعرض الفوري بصورة مستمرة ولمدد طويلة بالتاريخ والساعات ليتمكن الطبيب من التأكد من حالة المريض لحظة بلحظة والاستجابة بدقة وبصورة فعالة لاحتياجات المريض بالطرائق المناسبة بحسب ما تستدعيه حالة المريض.

2.3 جهاز Ventilator

1.2.3 اسلوب جدولة الصيانة (Maintenance Scheduling Techniques)

تم جمع البيانات من سجلات المستشفى التي تم الاعتماد عليها في عملية التقدير وهي كما يأتي:

- العدد الكلي لجهاز Ventilator في المستشفى هي 16 أجهزة (N=16).

- كلفة تنفيذ اعمال الصيانة الوقائية (Cp) للجهاز الواحد هي 350,000 الف دينار.
- كلفة التوقف عن العمل لكل جهاز لأغراض الصيانة الوقائية (Cf) بلغت 850,000 الف دينار (مصدر الكلف من سجلات المستشفى ولقد اخذت جاهزة).
- تم اعتماد التوقفات (Break DOWN) لأجهزة Ventilator خلال المدة من 2014/1/1 ولغاية 2016 /12/31 وتم حساب احتمالية التوقف في الجدول رقم (1) وكما مبين فيما يأتي.

جدول رقم (1) يبين احتمالية توقف اجهزة Ventilator خلال العام 2014-2016

الاشهر PM period	تكرار التوقف Breakdown frequency	احتمالية التوقف Breakdown probability
1	20	*0.07
2	28	0.10
3	20	0.07
4	23	0.08
5	27	0.09
6	27	0.09
7	15	0.05
8	17	0.06
9	15	0.05
10	29	0.10
11	33	0.11
12	35	0.12
المجموع	289	1.00

مدة التوقفات (T) من خلال المعادلة رقم (6)= 6.72

باستخدام نظرية الاحتمالات (Probability Theory) نحسب عدد التوقفات المتوقعة اذا ما تم اجراء الصيانة الدورية كل شهر، وكل شهرين، وكل ثلاثة اشهر ولغاية الـ (12) شهراً وذلك باستخدام المعدلات (10,9,8) وصولا الى اعلى حد وهو 12 شهراً.

باستخدام ما حصلنا عليه من بيانات وما تم استخراجه من نتائج يمكن ايجاد كلف الصيانة وبحسب الاشهر (الآلاف الدنانير) وكما في الجدول (2).

جدول رقم (2) يمثل كلف الصيانة الوقائية وحسب الاشهر (الآلاف الدنانير)

الشهر	احتمالية التوقف Breakdown Probability	العدد المتوقع (ni)	كلفة التوقف ni×850	كلفة الصيانة الوقائية	كلفة التوقف + كلفة الصيانة الوقائية	كلفة الصيانة الكلية وحسب الاشهر
1	0.07	1.12	952	350	1302	1302
2	0.10	2.79	2371	350	2721	1360
3	0.07	4.14	3519	350	3869	1289
4	0.08	5.76	4896	350	5246	1311
5	0.09	7.66	6511	350	6861	1372
6	0.09	9.72	8262	350	8612	1435
7	0.05	11.33	9630	350	9980	1425
8	0.06	13.20	11220	350	11570	1446
9	0.05	15.00	12750	350	13100	1455
10	0.10	17.73	15070	350	15420	1542
11	0.11	20.84	17714	350	18064	1642
12	0.12	24.41	20748	350	21098	1758

/* $n_1=NP_1=16(0.07)=1.12$

$n_2= N(P_1+P_2)+n_1P_1=16(0.07+0.10)+1.12(0.07)=2.79$

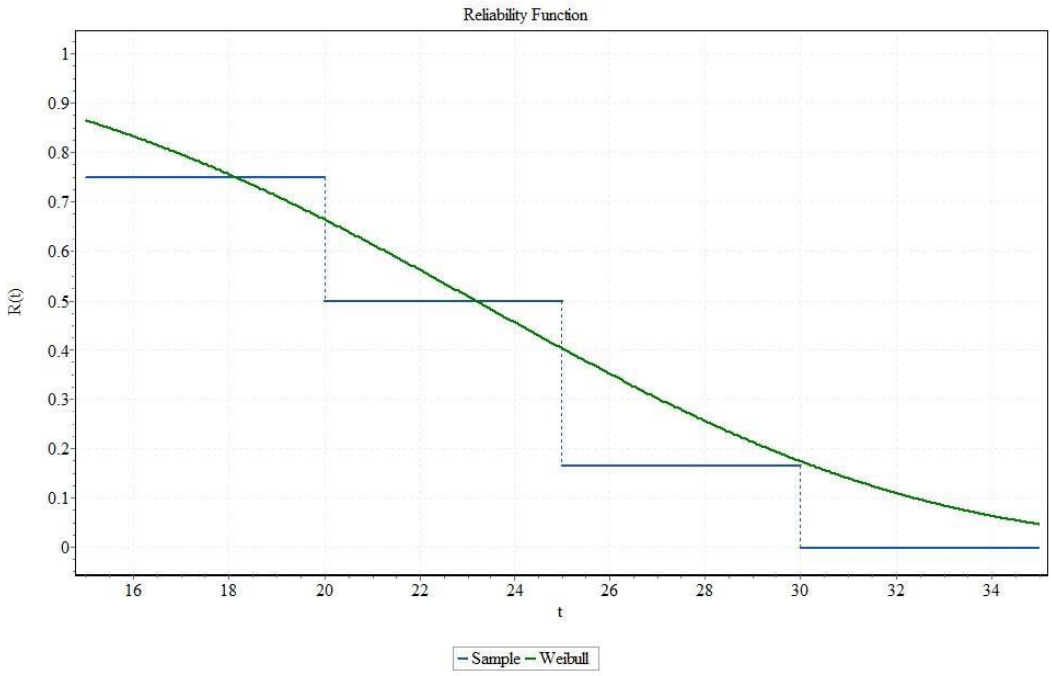
* احتمالية التوقف $(P_1)= \frac{20}{289} = 0.07$

من ملاحظة الجدول رقم (2) نلاحظ ان كلفة الصيانة الوقائية عند تنفيذها كل ثلاثة اشهر فأنها تكلف المستشفى (1,289,000) مليون دينار ثم تبدأ بالتصاعد وصولا الى الكلفة (1758) مليون دينار عند تنفيذ الصيانة كل سنويا أي كل 12 شهراً لذلك وفي ضوء النتائج التي حصلنا عليها نجد ان افضل وقت للصيانة الوقائية هو ان يتم تنفيذها كل ثلاثة اشهر كونها تقابل اقل الكلف وهي (1289) مليون دينار مما يسبب انخفاضا كبيرا في التكاليف عما كانت عليه سابقا .

2.2.3 **اسلوب دالة المعولية** (Reliability function techniques):

تم تسجيل اوقات الفشل للجهاز المدروس يوميا من خلال متابعة الجهاز وتسجيل اوقات العطلات. ومن ثم جرى تحليل اوقات الفشل باستخدام البرنامج الاحصائي **Easy Fit** وقد تم استخدام اختبار **kolmogrov-siminrov** لتحديد نوع التوزيع واتضح انها تتبع توزيع ويبل **(Weibull)** ذي المعلمتين لذا فان قيمة معلمة الموقع تساوي صفراً (δ=0) وان مستويات المعنوية لأختبار **kolmogrov- siminrov** هي (0.2,01,0.05,0.02,0.01) والشكل رقم (1) يوضح توزيع بيانات الفشل.

الشكل رقم (1) يوضح توزيع بيانات فشل جهاز Ventilator



تم تقدير معالم التوزيع من خلال طريقة المربعات الصغرى (OLS) وذلك باستخدام البرنامج الاحصائي EasyFit وكانت القيم التقديرية لمعلمات الشكل والقياس كما يأتي:

$\hat{\beta}$ =3.5761 ، $\hat{\alpha}$ =25.675

ومن ثم تم ايجاد حاصل قسمة كلفة توقف المكائن لإجراء الصيانة (C_f) الى كلفة الصيانة الوقائية (C_p) اي ان $\frac{C_f}{C_p} = \frac{850}{350} = 2.4$

وايضاً تم ايجاد قيمة m من خلال جداول(ملحق رقم 1و2) اعدت لهذا الغرض حيث ان قيمة m=0.702 وكانت المدة المثلى لإجراء الصيانة الوقائية باستعمال المعادلة رقم (5) موضحة كالاتي:

[T=0 + (25.675×0.702)= 18 day]

أي ان المدة المثلى للصيانة الوقائية والواجب تنفيذها لأجهزة Ventilator هي كل 18 يوماً حسب المعولية .

3.3 جهاز Monitor

1.3.3 اسلوب جدولة الصيانة (Maintenance Scheduling Techniques)

تم جمع بعض البيانات والتي نحتاج اليها في عملية التقدير من سجلات المستشفى وهي كما يأتي:

- **العدد الكلي لجهاز المونتر في المستشفى هي 16 أجهزة (N=16).**
- **كلفة تنفيذ اعمال الصيانة الوقائية (Cp) للجهاز الواحد هي100,000 الف دينار** (مصدر الكلف من سجلات المستشفى ولقد اخذت جاهزة)
- **كلفة التوقف عن العمل لكل جهاز لأغراض الصيانة الوقائية (Cf) بلغت 600,000 الف دينار.**

تم اعتماد التوقفات (Break down) لأجهزة Monitor خلال المدة من 2014/1/1 ولغاية 2016 /12/13 وتم حساب احتمالية التوقف في الجدول رقم (3):

جدول رقم (3) يبين احتمالية توقف اجهزة Monitor خلال العام 2014-2016

الاشهر PM period	تكرار التوقف Breakdown frequency	احتمالية التوقف Breakdown probability
1	16	0.05
2	28	0.08
3	46	0.13
4	27	0.08
5	32	0.09
6	32	0.09
7	30	0.08
8	11	0.03
9	50	0.14
10	21	0.06
11	30	0.08
12	31	0.09
المجموع	354	1.00

مدة التوقفات (T) من خلال المعادلة رقم (6)= 6.53

باستعمال نظرية الاحتمالات (Probability Theory) نحسب عدد التوقفات المتوقعة اذا ما تم اجراء الصيانة الدورية كل شهر، وكل شهرين، وكل ثلاثة اشهر ولحد 12 شهراً من باستخدام المعدلات (10,9,8) ووصولا الى اعلى حد وهو 12 شهراً. وبالاعتماد على ما حصلنا عليه من بيانات وما تم استخراجه من نتائج يمكن ايجاد كلف الصيانة وحسب الاشهر(الآلاف الدنانير) وكما في الجدول (4).

جدول رقم (4) يمثل كلف الصيانة الوقائية وبحسب الاشهر (الآلاف الدنانير)

الشهر	احتمالية التوقف Breakdown probability	العدد المتوقع(ni)	كلفة التوقف ni×600	كلفة الصيانة الوقائية	كلفة التوقف + كلفة الصيانة الوقائية	كلفة الصيانة الكلية وحسب الاشهر
1	0.05	0.8	480	100	580	580
2	0.08	2.12	1272	100	1372	686
3	0.13	4.33	2598	100	2698	899
4	0.08	5.93	3558	100	3658	914
5	0.09	7.86	4716	100	4816	963
6	0.09	9.99	5994	100	6094	1015
7	0.08	12.10	7260	100	7360	1051
8	0.03	13.62	8172	100	8272	1034
9	0.14	17.01	10206	100	10306	1145
10	0.06	19.35	11610	100	11710	1171
11	0.08	22.18	13308	100	13408	1218
12	0.09	25.55	15330	100	15430	1285

*** / $n_1=NP_1=16(0.05)=0.8$**

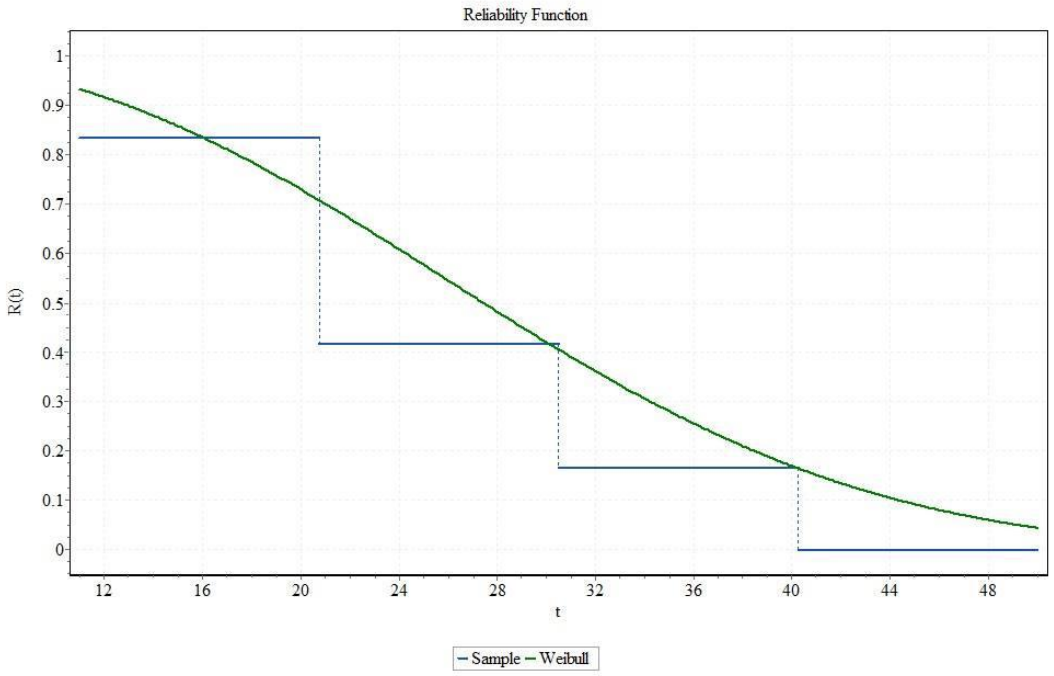
$n_2=N(P_1+P_2)+n_1P_1=16(0.05+0.08)+0.8(0.05)=2.12$

من ملاحظة الجدول رقم (4) نلاحظ ان كلفة الصيانة الوقائية عند تنفيذها كل شهر فإنها تكلف المستشفى (580,000) الف دينار ثم تبدأ بالتصاعد وصولا الى الكلفة (1,285,000) مليون دينار عند تنفيذ الصيانة كل سنويا أي كل 12 شهر لذلك وفي ضوء النتائج التي حصلنا عليها نجد ان افضل وقت للصيانة الوقائية هو ان يتم تنفيذها كل شهر كونها تقابل اقل الكلف وهي (580) الف دينار مما يسبب انخفاضا كبيرا في التكاليف عما كانت عليه سابقا .

2.3.3 **اسلوب دالة المعولية** (Reliability Function Techniques):

الشكل رقم (2) يوضح توزيع بيانات فشل جهاز Monitor

تم تسجيل اوقات الفشل للجهاز قيد الدراسة يوميا من خلال متابعة الجهاز وتسجيل اوقات العطلات. ومن ثم قام الباحث بتحليل اوقات الفشل باستخدام البرنامج الاحصائي Easy Fit وقد تم استخدام اختبار kolmogrov- siminrov لتحديد افضل توزيع. تم التوصل الى ان أفضل توزيع لبيانات العطل لهذا الجهاز هو توزيع ويبل (Weibull) ذي المعلمتين لذا فان قيمة معلمة الموقع تساوي صفراً (δ=0) وان مستويات المعنوية لأختبارkolmogrov- siminrov هي (0.2,01,0.05,0.02,0.01) والشكل رقم (2) يوضح توزيع بيانات الفشل.



تقدير معالم التوزيع من خلال طريقة المربعات الصغرى (ols) باستخدام البرنامج الاحصائي Easy Fit حيث ان : قيمة معلمة الشكل ($\hat{\beta}$=2.4913) ، قيمة معلمة القياس ($\hat{\alpha}$ = 31.775).

ايجاد حاصل قسمة كلفة توقف المكائن لإجراء الصيانة (C_f) الى كلفة الصيانة الوقائية (C_p) اي ان

$$\frac{C_f}{C_p} = \frac{600}{100} = 6$$

تم ايجاد قيمة m من خلال جداول(ملحق 1و2) اعدت لهذا الغرض حيث ان قيمة m=0.450

وتم تحديد المدة المثلى لإجراء الصيانة الوقائية من المعادلة رقم (5) وبالشكل الاتي:

[T=0 + (31.775×0.450)= 14 day]

أي ان المدة المثلى للصيانة الوقائية والواجب تنفيذها لأجهزة المونتر هي تقريبا كل 14 يوماً بحسب دالة المعولية .

المبحث الرابع

1.4 الاستنتاجات

تم التوصل الى اهم الاستنتاجات وهي:

1- ان توزيع اوقات الفشل لأجهزة الفنتليتر واجهزة المونتر قيد الدراسة تتبع توزيع ويبل Weibull (distribution) ذي المعلمتين.

2- لقد بلغت مدة الصيانة الوقائية المثلى وبحسب اسلوب الجدولة هي 3 اشهر بالنسبة لجهاز الفنتليتر وبالنسبة لجهاز المونتر هي شهر.

3. اظهرت النتائج ان اسلوب الجدولة هو افضل من اسلوب المعولية لأنه يتعامل مع الكلف.

2.4 التوصيات

1. الاعتماد على اسلوب الجدولة في تقدير مدة الصيانة الوقائية المثلى كونه يؤدي الى تقليل التكاليف وزيادة كفاءة الاجهزة .

2. تسجيل البيانات الخاصة بأوقات الصيانة والكلف وبصورة منتظمة كونها تسهم وبشكل كبير في ضمان دقة النتائج في الحصول على وقت الصيانة الوقائية الامثل.

3. بناء نظام حاسوبي لحساب المدة الزمنية اللازمة لإنجاز الصيانة الوقائية لأجل القيام بتقييم الاداء ومعالجة الانحرافات في الوقت المناسب.

4. اعداد البرامج التدريبية لمنتسبي المستشفى لاطلاعهم على اهم التطورات في تنفيذ اعمال الصيانة الوقائية اذ غالبا ما يتم تحديد مدة الصيانة الوقائية من قبل العاملين في حقل الصيانة وبحسب الخبرة مما يتطلب بناء ملاكات علمية قادرة على تقدير الوقت الامثل للصيانة الوقائية باستخدام الاساليب العلمية الحديثة ضمانا لتقليل الكلفة وزيادة الارباح.

المصادر العربية :

1. حسن عادل، مشاكل الانتاج الصناعي، مؤسسة شباب الجامعة للطباعة والنشر، مصر 1998.

2. الربيعي، فارس مهدي علوان " دراسة المعولية جدولة أوقات الصيانة لمحطات الضغط العالي للشركة العامة لتوزيع كهرباء بغداد" رسالة ماجستير، كلية الادارة والاقتصاد ، جامعة بغداد، 2002.

3. السهيل، اسيل محمود شاكر، تقدير معولية الانظمة باستعمال مقدرات بيز اللامعلمية وشبع المعلمية مع تطبيق عملي، اطروحة دكتوراه، كلية الادارة والاقتصاد، جامعة بغداد،2016.

4. العنبكي، عدي طه رحيم، التوزيعات المقلوبة والتوزيعات المعكوسة وتطبيقها في المعولية، رسالة ماجستير، كلية الادارة والاقتصاد، جامعة بغداد ، 1998

5. الموسوي، اسيل ابراهيم محسن، برمجة الصيانات الوقائية باستخدام قواعد البيانات، رسالة ماجستير، كلية الادارة والاقتصاد، جامعة بغداد، .2000

6. النعيمي، ليث فاضل سيد حسين ، مقارنة بعض طرائق تقدير دالة المعولية الضبابية، رسالة ماجستير، كلية الادارة والاقتصاد ، جامعة بغداد، 2015.

المصادر الاجنبية:

7. Bryan Doson, determining the optimum schedule for preventive maintenance quality engineering ,vol.6,no.4,1994 .

8. Celso Marcelo F. Lapaa, , Cla´udio Ma´rcio N.A. Pereira, Ma´rcio Paes de Barros, A model for preventive maintenance planning by genetic algorithms based in cost and Reliability,2006.

9. Charles E. Ebeling , An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering, 2nd Edition , 2010.

10. Chiang JH, Yang J. Optimal maintenance policy for a Markovian system under periodic inspection. Reliab Eng Syst Saf 2001;71:165–72.
11. Dijkhuizen G, Heijden M. Preventive maintenance and the interval availability distribution of an unreliable production system. Reliab Eng Syst Saf 1999 ;PP:13–27.
12. Hitomi Katundo ,manufacturing system engineering a unified approach to manufacturing technology ,production management andindustrial economic1end .ed Taylor and Francis ltd,London,1996.
13. Jun-peng ZHAN†1, Chuang-xin GUO†‡1, Qing-huaWU†2,3, Lu-liang ZHANG†3, Hong-jun FU4, Generation maintenance scheduling based on multiple objectives and their relationship analysis, Journal of Zhejiang University-SCIENCE C (Computers & Electronics),2014.
14. Mohammadreza Shahriari , Naghi Shoja , Amir Ebrahimi Zade, Sasan Barak, Mani Sharifi , JIT single machine scheduling problem with periodic preventive maintenance , J Ind Eng Int 2016.
15. Ricky Smith, life cycle engineering ,best maintenance practices by internet 2005.
16. Rommert Dekker "Applications of maintenance optimization models: a review and analysis" 2012.
17. S. Nima Mirabedini & Hossein Iranmanesh, A scheduling model for serial jobs on parallel machines with different preventive maintenance (PM), Int J Adv Manuf Technol,2014.

ملحق رقم (1)

Table 0. Values of m.

	ß							
C_f/C_p	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	7.0	10.0
2.0	2.229	1.091	0.883	0.810	0.766	0.761	0.775	0.803
2.2	1.830	0.981	0.816	0.760	0.731	0.733	0.755	0.788
2.4	1.579	0.899	0.764	0.720	0.702	0.711	0.738	0.777
2.6	1.401	0.834	0.722	0.688	0.679	0.692	0.725	0.766
2.8	1.265	0.782	0.687	0.660	0.659	0.675	0.713	0.758
3.0	1.158	0.738	0.657	0.637	0.642	0.661	0.702	0.749
3.3	1.033	0.684	0.620	0.607	0.619	0.642	0.687	0.739
3.6	0.937	0.641	0.589	0.582	0.600	0.627	0.676	0.730
4.0	0.839	0.594	0.555	0.554	0.579	0.609	0.662	0.719
4.5	0.746	0.547	0.521	0.526	0.557	0.591	0.648	0.708
5	0.676	0.511	0.493	0.503	0.538	0.575	0.635	0.699
6	0.574	0.455	0.450	0.466	0.509	0.550	0.615	0.683
7	0.503	0.414	0.418	0.438	0.486	0.530	0.600	0.671
8	0.451	0.382	0.392	0.416	0.468	0.514	0.587	0.661
9	0.411	0.358	0.372	0.398	0.452	0.500	0.575	0.652
10	0.378	0.337	0.355	0.382	0.439	0.488	0.566	0.645
12	0.329	0.304	0.327	0.357	0.417	0.469	0.550	0.632
14	0.293	0.279	0.306	0.338	0.400	0.454	0.537	0.621
16	0.266	0.260	0.288	0.323	0.386	0.441	0.526	0.613
18	0.244	0.244	0.274	0.309	0.374	0.430	0.517	0.605

ملحق رقم (2)

18	0.244	0.244	0.274	0.309	0.374	0.430	0.517	0.605
20	0.226	0.230	0.263	0.298	0.364	0.421	0.508	0.598
25	0.193	0.205	0.239	0.275	0.343	0.402	0.492	0.584
30	0.170	0.186	0.222	0.258	0.328	0.387	0.478	0.573
35	0.152	0.172	0.207	0.245	0.315	0.374	0.468	0.564
40	0.139	0.160	0.197	0.234	0.304	0.364	0.459	0.557
45	0.128	0.151	0.187	0.225	0.295	0.356	0.451	0.550
50	0.119	0.143	0.179	0.217	0.288	0.348	0.444	0.544
60	0.105	0.130	0.167	0.204	0.274	0.335	0.432	0.534
70	0.095	0.120	0.157	0.193	0.264	0.325	0.422	0.526
80	0.087	0.112	0.148	0.185	0.255	0.316	0.415	0.518
90	0.080	0.106	0.141	0.177	0.248	0.309	0.407	0.513
100	0.074	0.101	0.135	0.172	0.241	0.303	0.402	0.507
150	0.057	0.082	0.115	0.150	0.217	0.278	0.379	0.487
200	0.047	0.071	0.103	0.136	0.203	0.263	0.363	0.472
300	0.035	0.058	0.087	0.119	0.182	0.243	0.343	0.454
500	0.025	0.045	0.071	0.100	0.161	0.219	0.319	0.431
1000	0.016	0.032	0.054	0.079	0.135	0.190	0.288	0.403

Determine Optimal Preventive Maintenance Time Using Scheduling Method

Abstract

In this paper, the reliability and scheduling of maintenance of some medical devices were estimated by one variable, the time variable (failure times) on the assumption that the time variable for all devices has the same distribution as (Weibull distribution.

The method of estimating the distribution parameters for each device was the OLS method.

The main objective of this research is to determine the optimal time for preventive maintenance of medical devices. Two methods were adopted to estimate the optimal time of preventive maintenance. The first method depends on the maintenance schedule by relying on information on the cost of maintenance and the cost of stopping work and access to the optimum time for maintenance, which achieves the lowest costs. The second method depends on the reliability function, which was to determine the optimal maintenance period, which then cost less Can. We also proved through this research that the method of scheduling is better than the method of relying on the reliability function because it depends heavily on the cost of maintenance.

Key words: **reliability Technique, scheduling Technique, preventive maintenance, Weibull distribution, least squares.**