ايجاد وقت الصيانة الوقائية الأمثل باستعمال البرمجة الخطية

م. د. فارس مهدي علوان
قسم الاحصاء/كلية الادارة والاقتصاد/جامعة بغداد

غصون حربي عباس
قسم الاحصاء/كلية الادارة والاقتصاد/جامعة بغداد

07901684918

الملخص

ان للصيانة الوقائية (Preventive Maintenance) اهمية كبرى في ادامة عمل المكائن ومنع حدوث التوقف المفاجئ للأجهزة وان الهدف الرئيس من هذا البحث هو تحديد الوقت الامثل للصيانة الوقائية وقد اعتمد البحث على اسلوب البرمجة الخطية في تقدير المدة الزمنية المثلى للصيانة الوقائية حيث تم تطبيق الدراسة في مستشفى العلوم العصبية وتمت دراسة العطلات والتوقفات التي تصيب الأجهزة الطبية من خلال سجلات المستشفى ومن خلال جمع البيانات موقعيا ,تم اختيار جهاز عربة التخدير وجهاز Ventilator وجهاز Monitor وجهاز التعقيم Sterilization كونها سجلت اعلى حالات العطل مقارنة ببقية الأجهزة وتم في هذا البحث صياغة الانموذج الرياضي الخطي وحله في برنامج Win-QSB وتبينت النتائج ان تكلفة صيانة جهاز عربة التخدير هي (2,500,00) مليون دينار كل خمسة اشهر وتكلفة صيانة جهاز Ventilator هي (350,000) الف دينار كل سبعة اشهر وتكلفة صيانة جهاز Monitor هي (100,000) الف دينار كل ثمانية اشهر وتكلفة صيانة جهاز التعقيم Sterilization هي (500,000) الف دينار سنويا أي كل 12 شهر مقارنة بالواقع الحالي للمستشفى حيث ان عربة التخدير يتم صيانتها عن طريق تبديل المحاليل الخاصة بها كل ثلاثة اشهر ويكلف المستشفى (5,000,000) مليون دينار اما بالنسبة لجهاز Ventilator تتم الصيانة فيه كل شهرين وذلك بتبديل الفلتر الموجود بالجهاز والمختص بدخول الهواء وخروجه للمريض وسحب الرطوبة منه حيث يكلف المستشفى (1,050,000) مليون دينار وكذلك الحال بالنسبة لجهاز Monitor تتم الصيانة فيه عن طريق التزييت والتشحيم كل 6 اشهر وذلك يكلف المستشفى (200,000) اما جهاز التعقيم Sterilization تتم الصيانة فيه كل 40 ساعة وذلك بعمل Reset للجهاز وايضا الفلاتر الموجودة فيه يتم تبديلها كل شهر وهذا يكلف المستشفى (60,000,000) نستنتج من ذلك ان التخطيط المتبع باستعمال اسلوب البرمجة الخطية هو افضل من التخطيط المتبع من قبل المستشفى من حيث صيانة الاجهزة حيث تم تقليل كلفة الصيانة للأجهزة وهذا يدل على كفاءة الانموذج الرياضي.

كلمات المفاتيح: الصيانة الوقائية , البرمجة الخطية

Find optimal preventive maintenance time using linear programming

Faris Mahdi Alwan **Ghosoon Harbi Abbas**

Statistics Department/ college of Management and Economics / University of Baghdad

Abstract

Preventive maintenance is of great importance in the maintenance of machines and prevent the sudden discontinuation of the devices. The main objective of this research is to determine the optimal time for preventive maintenance. The research depended on the linear programming method in estimating the optimal period of preventive maintenance. The study was carried out at the Neuroscience Hospital Where the study of the stops that affect the medical devices through the records of the hospital and through the collection of data on the site was selected device anesthesia device and Ventilator and monitor and sterilization device as it recorded the highest failures compared to the rest of the devices and In this research, linear mathematical model was formulated and solved in Win-QSB and the results were shown The cost of maintaining an anesthesia machine is 2,500.00 million dinars every five months. The cost of maintenance of the ventilator is 350,000 thousand dinars every seven months. The cost of maintenance of the monitor is 100,000 thousand dinars every eight months. The cost of maintaining sterilization apparatus is 500,000 Thousand dinars annually, every 12 months compared to the current reality of the hospital where the anesthesia vehicle is maintained by changing the solutions every three months and cost the hospital (5,000,000) million dinars, while Ventilator is maintained every two months by changing the filter in the device and specialist entry Air and discharged to the patient and withdraw moisture from it, where the cost of the hospital (1,050,000) million dinars, as well as the monitor device is maintained by lubrication and lubrication every 6 months and the cost of the hospital (200,000) thousand dinars and sterilization device is maintained every 40 hours by the work Reset the device and the filters in it are changed every month and this costs the hospital (60,000,000) million dinars. We conclude from this that planning using the linear programming method is better than the planning followed by the hospital in terms of maintenance of the devices, where the cost of maintenance of the devices has been reduced and this indicates the efficiency of the mathematical model.

Key Words: Preventive Maintenance , Linear Programming

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 وذلك بسبب التطور التكنلوجي في مجال الطب وبحوث الفضاء وحقول الاتصالات والعمليات العسكرية. ومن البديهي ان زيادة التعقيد والمكونات للأجهزة والتطور الكبير في دقتها وسرعتها قد فرض هذا التطور ان تتعرض هذه الاجهزة والمعدات الى العطل المفاجئ لها او لاحد المكونات الذي قد يسبب خسائر مادية وبشرية اذا كانت تلك الاجهزة تتعلق بحياة الانسان كالأجهزة الطبية واجهزة المفاعلات النووية. 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 باقل 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 وتحليل المشاكل في مختلف العلوم بسرعه 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.

1.2 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 تسبب في تلف الاجهزة الحساسة منها التي قد تكلف المؤسسة (القطاع العام/ القطاع الخاص) مبالغ باهضه؛ على سبيل المثال الاجهزة الطبية الحساسة التي قد يكلف عطل الجهاز منها مبالغ طائله 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 كثيره للمكائن ويكلف الشركة او المستشفى مبالغ طائلة حيث ان المشكلة تكمن في عدم تحديد وقت للصيانة الوقائية الامثل والذي يحقق الموازنة بين الكلفة والصيانة.

1.3 هدف البحث:

يهدف هذا البحث الى تقليل التلف الحاصل في الاجهزة الطبية الحساسة نتيجة قلة الصيانة الوقائية او عدم جدولة اوقات الصيانة بشكل امثل والذي يتيح لمستخدمي هذا الجهاز فترة اطول وكفاءة اعلى وذلك باستخدام اسلوب الجدولة الذي يستخدم للوصول الى الحل الامثل.

1.4 مرحلة جمع البيانات

جرى جمع البيانات بصورة عامه وشاملة وكما مدون في تقارير مستشفى العلوم العصبية وكذلك استنادا الى خبرة المهندسين وقد تم الدمج بين الخبرة والبيانات الاساسية للوصول الى حسابات مقبولة . اما الفترة الزمنية فتكون من (2014/1/1 لغاية 31/ 2016/12).

المبحث الثاني

الجانب النظري

2.1 الصيانة الوقائية (PM) Preventive Maintenance:[2]

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 واخيرا وليس اخرا فإنها تسبب في زيادة ظروف الامن والسلامة للمشغلين والفنين.

2.2 اهداف الصيانة (Maintenance goals):[8]

1. المحافظة الدائمة على الحالة الجيدة للماكنة والأجهزة.
2. الاقلال من حدوث الاعطال وما يتبعه من خسارة اقتصادية .
3. زيادة العمر الافتراضي للماكنة وبالتالي 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.

2.3 اسلوب البرمجة الخطية:[5]

أداة تحليلية لإيجاد أفضل الاستعمالات للإمكانيات المتاحة لدى المنشأة وتساعد على اتخاذ القرارات الحرجة المهمة التي تواجه الإدارة العليا لدى المنشآت. ولهذا الاسلوب جانبان هما البرمجة (programming) التي تعني إمكانية استعمال هذه الأداة لإيجاد البرامج المختلفة لاستعمال الإمكانيات المحدودة لدى المنشأة وبفرض قيود على هذه الموارد التي يتم اختيار أفضل هذه البرامج التي تحقق هدف المنشأة.

أما الجانب الثاني فهي درجة الخطية (Linearity) التي تعني إن جميع معادلات البرمجة الخطية (القيود) تكون من الدرجة الأولى وأيضاً يمكن تمثيلها على شكل خط مستقيم.

ويتكون أنموذج البرمجة الخطية من ثلاث مكونات رئيسية وهي:

- متغيرات القرار (Decision variables) التي يجب تحديد قيمتها.
- دالة الهدف (Objective function) التي تكون أما تعظيم أرباح أو تقليل تكاليف.
- القيود (Constraints) التي يجب تحققها في الحل.

2.4 الشروط الاساسية للبرمجة الخطية:[3]

- ان كون هناك هدف يمكن تحققه مثل تعظيم أرباح أو تقليل تكاليف.
- التعبير عن دالة الهدف والقيود بمعادلات خطية.
- ان تكون هناك علاقة بين المتغيرات.
- ان تكون هناك بدائل مختلفة لتحقيق الهدف.
- ان تكون الموارد المستخدمة محدودة لان طريقة البرمجة الخطية تهدف الى استخدام الموارد المحدودة افضل استخدام لتحقيق هدف معين.

2.5 مجالات تطبيق البرمجة الخطية:[7]

تستعمل البرمجة الخطية في مجالات كثيرة وقد اتسعت لتشمل معظم نواحي الحياة العملية ومن أهمها:

1) تخطيط الإنتاج: تعظيم الربح أو تقليل كلفة الإنتاج.

2) تحديد تشكيلة المنتجات المثلى: أي اختيار عدد محدد من المنتجات من بين كثير من البدائل التي تحقق أعلى ربح ممكن.

3) مشاكل النقل: أي اختيار أقل مسار للوصول إلى أقل كلفة ممكنة.

4) مشاكل التخصيص: أي تخصيص الآلات أو العاملين لمهام معينة لتحقيق أقصى كفاءة وأعلى ربح.

5) مشاكل الاستثمار: أي اختيار أنسب استثمار من بين عدة بدائل ليحقق أعلى عائد ممكن.

2.6 الصيغة العامة للبرمجة الخطية:[1]

يمكن وضع صيغة ثابتة للأنموذج الخطي ويتضمن دالة الهدف والقيود التي تكون($\leq$, = , $\geq$) ويجب أن تكون جميع المتغيرات غير سالبة لأنها متغيرات

تتصل بالواقع لذلك تكون النتائج السالبة كميات غير حقيقية.

$$\text{Max or Min } Z = c_1x_1+c_2x_2+.....+c_nx_n$$

s.to

$$a_{11}x_1+a_{12}x_2+.....+a_{1n}x_n \ (\leq,=,\geq)\ b_1$$

$$a_{21}x_1+a_{22}x_2+....+a_{2n}x_n \ (\leq,=,\geq)\ b_2$$

$$a_{m1}x_1+a_{m2}x_2+....+a_{mn}x_n \ (\leq,=,\geq)\ b_m$$

$$x_1,x_2,....x_n\geq 0 \qquad i=1,2,....m \ , \quad j=1,2....n$$

اذ ان c_j: تمثل الربح أو الكلفة

b_i : تمثل كمية الموارد المتاحة

a_{ij}: تمثل المعاملات الفنية للقيود

X_j: تمثل مغيرات القرار

I: يمثل الفترة الزمنية (الاشهر)

J: يمثل الجهاز (1 للجهاز عربة التخدير, 2 لجهاز الفنتليتر, 3 لجهاز المونتر , 4 لجهاز التعقيم)

2.7 طرائق حل البرمجة الخطية:

هناك عدة طرق يتم بواسطتها حل مشاكل البرمجة الخطية ويعتمد استخدام احدى هذه الطرق دون غيرها على طبيعة وحجم المشكلة موضوع البحث او رغبة الجهة متخذة القرار ومن اهم هذه الطرق ما يأتي:

1- الطريقة البيانية (graphical method)[6]:

وهي اداة بيانية بسيطة جدا تستخدم رغم بساطتها في معالجة مشاكل متعددة في مجال التسويق والانتاج والافراد وغيرها من المجالات الادارية حيث تعتبر هذه الطريقة طريقة خاصة لإيجاد الحل الأمثل لمسائل البرمجة الخطية لكن من عيوبها انها تتعامل مع متغيرين فقط بسبب تعذر رسم اكثر من بعدين هندسية على الورق حيث يتم رسم دالة الهدف والقيود ومن ثم ايجاد منطقة الحل الامثل ومن مزاياها انها تقوم بتحويل المتباينات (القيود) الى مساواة بدون اضافة اي متغيرات وهمية.

2- الطريقة الجبرية (Algebric method)[6]:

وهي تمثل اسلوبا اخر من اساليب البرمجة الخطية وهذه الطريقة تتميز باتساع استخدامها في حالة زيادة عدد المتغيرات عن اثنين.

وبالرغم من تعدد الطرق المستعملة للحل بطريقة البرمجة الخطية إلا أنها تتفق جميعاً في بعض الصفات العامة ومنها:

أ- تتميز الطرق بفكرة الحلول التتابعية وبمعنى أن الوصول لحلٍ ما للمشكلة يعتبر نقطة انطلاق لحل آخر أفضل من الحل السابق وهكذا يتم التوصل الى الحل الأمثل.

ب- تتميز الطرق بإمكانية اختيار الحل المتوصل اليه في أية مرحلة.

بينما تتباين الطرق من حيث درجة بساطتها و قدرتها على معالجة أنواع معينه من المشاكل.

3- الطريقة الجدولية المبسطة (Simplex method)[4]:

تعتبر هذه الطريقة طريقة علمية ذات كفاءة عالية في ايجاد الحلول لمشاكل البرمجة الخطية حيث طورت هذه الطريقة من قبل العالم جورج Dantizg عام 1947م حيث تبدأ بحل اساسي مقبول ثم يطور بعدد من التكرارات لحين الوصول الى الحل الأمثل, ومن عيوب هذه الطريقة انها تتعامل فقط مع القيود التي تكون من نوع اصغر او يساوي, وعلى العموم تتميز هذه الطريقة بدرجة عالية من الدقة والكفاءة في معالجة مشكلات البرمجة الخطية بغض النظر عن عدد المتغيرات. إضافة الى طرق اخرى مثل (Big-M method) او طريقة ذات المرحلتين (Two phase method).

المبحث الثالث

الجانب التطبيقي

3.1 عرض المشكلة (View the problem):

تمت دراسة وتحليل الاجهزة قيد الدراسة في هذا البحث، تم زيارة المستشفى و 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 عربة التخدير (Anesthesia Cart Device) : هي أحد أجهزة المشفى المستخدمة لتخزين الأدوات اللازمة للمساعدة أثناء الإجراءات المستدعية لإدارة التخدير. يشير التخدير إلى استخدام العقاقير للسيطرة على عقل المريض وحماية الشخص من الشعور بأي ألم أثناء أي عملية جراحية. من المهم جدًا تنظيم أدوات التخدير والحفاظ عليها بطريقة جيدة بحيث يتلقى المرضى رعاية التخدير المناسبة.

تسمح هذه العربات لأطباء التخدير بالوصول بسهولة لجميع أدوات التخدير وموقعها المحمول بسهولة. يستطيع أطباء التخدير تقديم أدواتهم الطبية أو انتزاعها بسرعة وبسهولة عند الحاجة إليها. في بعض الأحيان، يلزم الأمر اللجوء لإخراج المرضى من حالتهم التخديرية سريعًا وقد يستحيل ذلك أو يكون صعبًا إذا لم تُستخدم عربات التخدير. يسمح تصميم العربات المزودة في التخدير بسهولة التنقل بين الحجرات ويمكن استخدامها في العديد من غرف العمليات. يوفر أفراد الخدمات الطبية الوقت والمجهود عن طريق عدم الاضطرار للبحث عن أدوات التخدير وجمعها.

2- **جهاز فينتيلاتور (ventilator) :** وهو من اجهزة التنفس الاصطناعي حيث يقوم على تمثيل دور الرئتين والجهاز التنفسي عند المريض الذي يعاني من نقص في التنفس او تلف في الرئتين او عند توقف الجهاز التنفسي اثناء العملية الجراحية.

3- **جهاز الشاشة (Monitor):** تستخدم لمراقبة المرضى في وحدات العناية المركزة (Intensive care units) ICU أو (critical care unit) CCU ووحدات العناية بمرضى القلب وغرف العمليات (Operations Rooms) OR ولها القدرة على مراقبة حالة المريض بالتسجيل والعرض الفوري بصورة مستمرة ولفترات طويلة بالتاريخ والساعات ليتمكن الطبيب من التأكد من حالة المريض لحظة بلحظة والاستجابة بدقة وبصورة فعالة لاحتياجات المريض بالطرق المناسبة حسب ما تستدعيه حالة المريض.

4- **جهاز التعقيم (Sterilization device):**
يسمى احيانا بال (المعقم البخاري او المحول) , وهو اشبه بالحجرة المؤصدة تستخدم بخار مسخن بدرجة حرارة 121-134 مضغوط , للوصول إلى التعقيم يتم ادخال القطعة المراد تعقيمها إلى داخل حجرة المؤصدة و يتم تسخينها عن طريق البخار المحقون ودرجة الحرارة المثبتة ويتم ترك القطعة عند هذه الدرجة لمدة من الزمن و تختلف هذه المدة الزمنية تبعاً للعبء البكتيري الموجود على القطعة و مقاومتها للتعقيم البخاري ، و هناك فترة زمنية عامة هي 20 دقيقة على درجة حرارة $121^{\circ}C$ و ضغط 100 كيلو باسكال وهذه القيم كافية لتحقق درجة تعقيم مؤكدة قيمتها ⟦10⟧^(-4) لمنتج يحتوي على عبء بكتيري مقداره ⟦10⟧^6 . بعد اجراء التعقيم يتم تبريد السوائل في المؤصدة المضغوطة تدريجياً لتجنب غليها بدرجة عالية عند تحرير الضغط و يتم ذلك عن طريق تحرير الضغط تدريجياً من المؤصدة و السماح للسوائل بالتبخر تحت ضغط سالب اثناء تبريد محتوياتها.

3.2 وصف البيانات:

لقد تم جمع البيانات من مستشفى العلوم العصبية حيث تضمنت البيانات اوقات فشل (عطل) الاجهزة والجدول رقم (1) يبين اوقات فشل اجهزة عربات التخدير و Ventilator و Monitor والتعقيم على التوالي خلال السنوات الثلاثة من 2014-2016:

جدول (1) يبين اوقات عطل الاجهزة خلال السنوات الثلاث

	جهاز عربة التخدير			جهاز Ventilator			جهاز Monitor			جهاز التعقيم		
الاشهر	2014	2015	2016	2014	2015	2016	2014	2015	2016	2014	2015	2016
1	0	15	4	0	11	9	0	0	16	0	11	19
2	0	28	0	0	28	0	0	18	10	0	19	2
3	15	31	0	0	5	15	31	15	0	28	0	0
4	0	14	0	23	0	0	2	0	25	0	20	0
5	0	0	0	27	0	0	0	1	31	28	0	11
6	0	0	0	0	27	0	15	15	2	10	0	5
7	0	0	0	15	0	0	30	0	0	0	20	0
8	0	0	0	0	0	17	0	11	0	19	1	0
9	0	0	0	0	15	0	10	30	0	5	20	8
10	17	0	5	29	0	0	8	5	8	0	16	6
11	6	0	0	5	18	10	0	0	30	0	0	18
12	0	11	0	0	15	20	0	0	31	0	0	13

من خلال البيانات اعلاه نستنتج منها تكرار التوقفات لكل جهاز ولكل شهر حيث نقوم بتجميع بيانات الشهر لثلاث سنوات ونستخرج منهلا تكرار التوقف لثلاث سنوات ولكل شهر والجدول (2) يوضح تكرار التوقف لجهاز عربة التخدير وكما يأتي:

جدول رقم (2) يبين اوقات فشل اجهزة عربات التخدير خلال العام 2014-2016

الاشهر PM PERIOD	تكرار التوقف BREAKDOWN FREQUENCY
1	**19**
2	**28**
3	**46**
4	**14**
5	**0**
6	**0**
7	**0**
8	**0**
9	**0**
10	**22**
11	**6**
12	**11**
المجموع	**146**

من خلال البيانات اعلاه نستنتج منها تكرار التوقفات لكل جهاز ولكل شهر حيث نقوم بتجميع بيانات الشهر لثلاث سنوات ونستخرج منهلا تكرار التوقف لثلاث سنوات ولكل شهر والجدول (3) يوضح تكرار التوقف لجهاز Ventilator وكما يأتي:

جدول رقم (3) يبين اوقات فشل اجهزة Ventilator خلال العام 2014-2016

الاشهر PM PERIOD	تكرار التوقف BREAKDOWNFREQUENCY
1	**20**
2	**28**
3	**20**
4	**23**
5	**27**
6	**27**
7	**15**
8	**17**
9	**15**
10	**29**
11	**33**
12	**35**
المجموع	**289**

من خلال البيانات اعلاه نستنتج منها تكرار التوقفات لكل جهاز ولكل شهر حيث نقوم بتجميع بيانات الشهر لثلاث سنوات ونستخرج منهلا تكرار التوقف لثلاث سنوات ولكل شهر والجدول (4) يوضح تكرار التوقف لجهاز Monitor وكما يأتي:

جدول رقم (4) يبين اوقات فشل اجهزة Monitor خلال العام 2014-2016

الاشهر PM PERIOD	تكرار التوقف BREAKDOWN FREQUENCY
1	**16**
2	**28**
3	**46**
4	**27**
5	**32**
6	**32**
7	**30**
8	**11**
9	**50**
10	**21**
11	**30**
12	**31**
المجموع	**354**

من خلال البيانات اعلاه نستنتج منها تكرار التوقفات لكل جهاز ولكل شهر حيث نقوم بتجميع بيانات الشهر لثلاث سنوات ونستخرج منهلا تكرار التوقف لثلاث سنوات ولكل شهر والجدول (5) يوضح تكرار التوقف لجهاز التعقيم Sterilization وكما يأتي:

جدول رقم (5) يبين اوقات فشل اجهزة التعقيم Sterilization خلال العام 2014-2016

الاشهر PM PERIOD	تكرار التوقف BREAKDOWN FREQUENCY
1	**30**
2	**21**
3	**28**
4	**20**
5	**39**
6	**15**
7	**20**
8	**20**
9	**33**
10	**22**
11	**18**
12	**13**
المجموع	**279**

3.3 بناء الأنموذج الرياضي:

من خلال البيانات الخاصة بالأجهزة المبحوثة في المستشفى للفترة من 2014/1/1 الى 2016/12/31 والتي تم فيها عطلات الاجهزة ضمن الجداول سنقوم ببناء انموذج رياضي للمشكلة باستخدام البرمجة الخطية وكما موضح في النموذج الرياضي الآتي:

Objective function

Min Z=

$$19X_{1,1}+20X_{1,2}+16X_{1,3}+30X_{1,4}+28X_{2,1}+28X_{2,2}+28X_{2,3}+21X_{2,4}+46X_{3,1}+20X_{3,2}+46X_{3,3}+28X_{3,4}+14X_{4,1}+23X_{4,2}+27X_{4,3}+20X_{4,4}+0X_{5,1}+27X_{5,2}+32X_{5,3}+39X_{5,4}+0X_{6,1}+27X_{6,2}+32X_{6,3}+15X_{6,4}+0X_{7,1}+15X_{7,2}+30X_{7,3}+20X_{7,4}+0X_{8,1}+17X_{8,2}+11X_{8,3}+20X_{8,4}+0X_{9,1}+15X_{9,2}+50X_{9,3}+33X_{9,4}+22X_{10,1}+29X_{10,2}+21X_{10,3}+22X_{10,4}+6X_{11,1}+33X_{11,2}+30X_{11,3}+18X_{11,4}+11X_{12,1}+35X_{12,2}+31X_{12,3}+13X_{12,4}$$

القيود المفروضة على النموذج هي:

قيود كلفة صيانة الاجهزة

$$X_{1,1}+X_{2,1}+X_{3,1}+X_{4,1}+X_{5,1}+X_{6,1}+X_{7,1}+X_{8,1}+X_{9,1}+X_{10,1}+X_{11,1}+X_{12,1} = 2{,}500{,}000$$

$$X_{1,2}+X_{2,2}+X_{3,2}+X_{4,2}+X_{5,2}+X_{6,2}+X_{7,2}+X_{8,2}+X_{9,2}+X_{10,2}+X_{11,2}+X_{12,2} = 350{,}000$$

$$X_{1,3}+X_{2,3}+X_{3,3}+X_{4,3}+X_{5,3}+X_{6,3}+X_{7,3}+X_{8,3}+X_{9,3}+X_{10,3}+X_{11,3}+X_{12,3} = 100{,}000$$

$$X_{1,4}+X_{2,4}+X_{3,4}+X_{4,4}+X_{5,4}+X_{6,4}+X_{7,4}+X_{8,4}+X_{9,4}+X_{10,4}+X_{11,4}+X_{12,4} = 500{,}000$$

3.4 حل الأنموذج الرياضي:

بعد ادخال البيانات الخاصة بأوقات الصيانة للأجهزة الاربعة واستخدام البرنامج الخاص بتطبيقات بحوث العمليات Win-QSB يعكس النتائج الآتية:

وان الحل الأمثل موضح بالشكل الآتي حيث يوضح هذا الشكل الحل الامثل لأنموذج البرمجة الخطية

	14:48:07		Saturday	September	30	2017		
	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	X11	0	19.0000	0	19.0000	at bound	0	M
2	X21	0	28.0000	0	28.0000	at bound	0	M
3	X31	0	46.0000	0	46.0000	at bound	0	M
4	X41	0	14.0000	0	14.0000	at bound	0	M
5	X51	2,500,000.0000	0	0	0	basic	-M	0
6	X61	0	0	0	0	at bound	0	M
7	X71	0	0	0	0	at bound	0	M
8	X81	0	0	0	0	at bound	0	M
9	X91	0	0	0	0	at bound	0	M
10	X10,1	0	22.0000	0	22.0000	at bound	0	M
11	X11,1	0	6.0000	0	6.0000	at bound	0	M
12	X12,1	0	11.0000	0	11.0000	at bound	0	M
13	X12	0	20.0000	0	5.0000	at bound	15.0000	M
14	X22	0	28.0000	0	13.0000	at bound	15.0000	M
15	X32	0	20.0000	0	5.0000	at bound	15.0000	M
16	X42	0	23.0000	0	8.0000	at bound	15.0000	M
17	X52	0	27.0000	0	12.0000	at bound	15.0000	M
18	X62	0	27.0000	0	12.0000	at bound	15.0000	M
19	X72	350,000.0000	15.0000	5,250,000.0000	0	basic	-M	15.0000
20	X82	0	17.0000	0	2.0000	at bound	15.0000	M
21	X92	0	15.0000	0	0	at bound	15.0000	M
22	X10,2	0	29.0000	0	14.0000	at bound	15.0000	M
23	X11,2	0	33.0000	0	18.0000	at bound	15.0000	M
24	X12,2	0	35.0000	0	20.0000	at bound	15.0000	M
25	X13	0	16.0000	0	5.0000	at bound	11.0000	M
26	X23	0	28.0000	0	17.0000	at bound	11.0000	M
27	X33	0	46.0000	0	35.0000	at bound	11.0000	M
28	X43	0	27.0000	0	16.0000	at bound	11.0000	M
29	X53	0	32.0000	0	21.0000	at bound	11.0000	M
30	X63	0	32.0000	0	21.0000	at bound	11.0000	M
31	X73	0	30.0000	0	19.0000	at bound	11.0000	M

31	X73	0	30.0000	0	19.0000	at bound	11.0000	M
32	X83	100,000.0000	11.0000	1,100,000.0000	0	basic	-M	16.0000
33	X93	0	50.0000	0	39.0000	at bound	11.0000	M
34	X10,3	0	21.0000	0	10.0000	at bound	11.0000	M
35	X11,3	0	30.0000	0	19.0000	at bound	11.0000	M
36	X12,3	0	31.0000	0	20.0000	at bound	11.0000	M
37	X14	0	30.0000	0	17.0000	at bound	13.0000	M
38	X24	0	21.0000	0	8.0000	at bound	13.0000	M
39	X34	0	28.0000	0	15.0000	at bound	13.0000	M
40	X44	0	20.0000	0	7.0000	at bound	13.0000	M
41	X54	0	39.0000	0	26.0000	at bound	13.0000	M
42	X64	0	15.0000	0	2.0000	at bound	13.0000	M
43	X74	0	20.0000	0	7.0000	at bound	13.0000	M
44	X84	0	20.0000	0	7.0000	at bound	13.0000	M
45	X94	0	33.0000	0	20.0000	at bound	13.0000	M
46	X10,4	0	22.0000	0	9.0000	at bound	13.0000	M
47	X11,4	0	18.0000	0	5.0000	at bound	13.0000	M
48	X12,4	500,000.0000	13.0000	6,500,000.0000	0	basic	-M	15.0000
	Objective	Function	(Min.) =	12,850,000.0000	(Note:	Alternate	Solution	Exists!!)

ونستنتج من ذلك:

X_{51}=2,500,000 , X_{72}=350,000 , X_{83}=100,000 , $X_{12,4}$=500,000

Min =12,850,000

تحليل النتائج:

1- من خلال حل الأنموذج الخطي لأوقات صيانة الأجهزة الطبية تبين ان (X_{51}=2,500,000) اي ان وقت صيانة جهاز عربة التخدير هي كل خمسة اشهر وتكلف المستشفى (2,500,000) مليون دينار.

2- من خلال حل الأنموذج الخطي لأوقات صيانة الأجهزة الطبية تبين ان (X_{72}=350,000) اي ان وقت صيانة جهاز Ventilator هي كل سبعة اشهر وتكلف المستشفى (350,000) الف دينار.

3- من خلال حل الأنموذج الخطي لأوقات صيانة الأجهزة الطبية تبين ان (X_{83}=100,000) اي ان وقت صيانة جهاز Monitor هي كل ثمانية اشهر وتكلف المستشفى (100,000) الف دينار.

4- من خلال حل الأنموذج الخطي لأوقات صيانة الأجهزة الطبية تبين ان ($X_{12,4}$=500,000) اي ان وقت صيانة جهاز التعقيم هي كل 12 شهر (سنويا) وتكلف المستشفى (500,000) الف دينار.

5- وان الكلفة الكلية لصيانة الاجهزة الطبية الاربعة هي (Min=12,850,000) مليون دينار.

6- ان بقية قيم المتغيرات قيمتها صفر اي ان لا تحدث صيانة للأجهزة في تلك الاشهر.

7- مقارنة بالواقع الحالي للمستشفى حيث ان عربة التخدير يتم صيانتها عن طريق تبديل المحاليل الخاصة بها كل ثلاثة اشهر ويكلف المستشفى (5,000,000) مليون دينار اما بالنسبة لجهاز Ventilator تتم الصيانة فيه كل شهرين وذلك بتبديل الفلتر الموجود بالجهاز والمختص بدخول الهواء وخروجه للمريض وسحب الرطوبة منه حيث يكلف المستشفى (1,050,000) مليون دينار وكذلك الحال بالنسبة لجهاز Monitor تتم الصيانة فيه عن طريق التزييت والتشحيم كل 6 اشهر وذلك يكلف المستشفى (200,000) الف دينار اما جهاز التعقيم تتم الصيانة فيه كل 40 ساعة وذلك بعمل Reset للجهاز وايضا الفلاتر الموجودة فيه يتم تبديلها كل شهر وهذا يكلف المستشفى (60,000,000) مليون دينار.

3.6 الاستنتاجات:

1- نستنتج مما تقدم ان استخدام الاساليب العلمية الحديثة وخصوصا اساليب بحوث العمليات تعطي نتائج افضل من المستشفى.

2- حصلنا على نتائج افضل بكثير من الواقع الحالي في المستشفى من خلال استخدام اسلوب البرمجة الخطية.

3- اسلوب البرمجة الخطية اعطى وفرات مالية حيث تم تقليل كلف الصيانة للأجهزة.

4- ان الكلفة الكلية لصيانة الأجهزة هي (Min=12,850,000) مقارنة بالكلفة الكلية المستخدمة من قبل المستشفى (19,752,200) مليون دينار حيث يوفر الانموذج الرياضي وفرة مالية مقدارها (6,902,200) مليون دينار.

المصادر العربية:

1- بخيت, عبد الجبار خضر واخرون " **بحوث العمليات مرتكزات اساسية وقرارات علمية**" , بغداد, العراق, دار الكتب والوثائق, ط1, 2015.

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

3- حسن , ضوّية سلمان , عدنان شمخي جابر " **مقدمة في بحوث العمليات**" , بغداد, العراق, المكتبة الوطنية, 1988.

4- السلوم, عثمان بن ابراهيم " **علم الادارة واستخدام الحاسوب**" , الرياض, المملكة العربية السعودية, جامعة الملك سعود , كلية ادارة الاعمال, 2010.

5- الشمرتي, حامد سعد نور " بحوث العمليات مفهوما وتطبيقا" ,بغداد, العراق, مكتبة الذاكرة, ط1 , 2010.

6- الطراونة, محمد احمد, سليمان خالد عبيدات " **مقدمة في بحوث العمليات**" , عمان, الاردن, دار المسيرة للنشر والتوزيع, ط1, 2009.

7- الموسوي, منعم زمزير " **مدخل علمي لاتخاذ القرارات**" , عمان , الاردن, دار وائل ,ط1, 2009.

المصادر الأجنبية:

8- Hitomi Katundo ,manufacturing system engineering a unified approach to manufacturing technology ,production management and industrial economic1end .ed Taylor and Francis ltd,London,1996.