Using Network Diagramming CPM and PERT In Scheduling Maintenance Operations for the Iron Rolling Mill (Himsho Steel Plant)

Dr. Hatem Mahmoudi [*]
Dr. Ayman Yousef [**]
Turkan Hamzah [***]

(Received 27 / 2 / 2019. Accepted 1 / 7 / 2019)

□ ABSTRACT □

The research aims to study the impact of production management on industrial facilities by scheduling special production processes for the iron mill malfunction. To achieve this goal، cpm(Critical Path Method) and pert (Program Evaluating and Review Technique) were used to network planning methods in schedule maintenance operations by splitting faults into a range of activities and examining sequential relationships between them in order to achieve the time target of failures، reducing time within the limits of physical and human resources. The production processes are programmed by using the MS-PROJECT program to draw the network diagrams through the Gantt chart، show the relationships between the different activities and show the critical path depending on the time periods entered for each activity، as well as the fault pressure to reach the optimal solution، on the one hand، and fixed and variable costs on the other hand by using Excel Solver after determining the target and network constraints. The program provides the optimal solution by provides the sensitivity report of the mathematical model.

Keywords: Network diagramming CPM and PERT, MS-Project, Scheduling Maintenance Operations, Production and Operation Management, Excel Solver.

[*]**Associate Professor – Faculty Of Mechanical & Electrical Engineering – Tishreen University – Lattakia – Syria.**
[**]**Associate Professor – Faculty Of Mechanical & Electrical Engineering – Tishreen University – Lattakia – Syria.**
[***] **Postgraduate Student (Master)- Faculty Of Mechanical & Electrical Engineering - Tishreen University – Lattakia – Syria- Tel: +963991913381- Email: Turkan.ahmadfadi@gmail.com**

استخدام التخطيط الشبكي CPM و PERT في جدولة عمليات الصيانة لمعمل درفلة الحديد (دراسة حالة مصنع حميشو للمعادن)

د. حاتم محمودي*

د. أيمن يوسف**

تركان حمزه***

(تاريخ الإيداع 27/ 2 / 2019. قُبِل للنشر في 1/ 7 / 2019)

□ ملخّص □

يهدف البحث إلى دراسة أثر إدارة الإنتاج على الكفاءة الإنتاجية في المنشآت الصناعية عن طريق جدولة العمليات الإنتاجية الخاصة بأعطال معمل درفلة الحديد، ولتحقيق هذا الهدف تم استخدام أساليب التخطيط الشبكي CPM(Critical Path Method) و PERT (Program Evaluating and Review Technique) في جدولة عمليات الصيانة عن طريق تقسيم الأعطال إلى مجموعة من النشاطات ودراسة العلاقات التتابعية فيما بينها بغية تحقيق الهدف الزمني للأعطال أي تخفيض الزمن ضمن حدود الموارد المادية والبشرية. ويتم برمجة العمليات الإنتاجية عن طريق استخدام برنامج MS-Project 2013 لرسم المخططات الشبكية عن طريق مخطط غانت وإظهار العلاقات بين النشاطات المختلفة وإظهار المسار الحرج اعتماداً على الفترات الزمنية المدخلة لكل نشاط، بالإضافة إلى ضغط الأعطال للوصول إلى الحل الأمثل والذي يتمثل في إحداث توازن بين زمن تنفيذ المشروع من ناحية وكل من التكاليف الثابتة والمتغيرة من ناحية أخرى عن طريق استخدام برنامج Excel Solver بعد تحديد التابع الهدف وقيود الشبكة حيث يقوم البرنامج بإعطاء الحل الأمثل عن طريق التزويد بتقرير حساسية النموذج الرياضي.

الكلمات المفتاحية: التخطيط الشبكي CPM و PERT، برنامج MS-project، جدولة عمليات الصيانة، إدارة الإنتاج والعمليات، برنامج Excel Solver.

* **أستاذ مساعد – قسم هندسة التصميم والإنتاج – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.**

** **أستاذ مساعد – قسم هندسة التصميم والإنتاج – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.**

*** **طالبة دراسات عليا(ماجستير)– قسم هندسة التصميم والإنتاج– كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية– جامعة تشرين– اللاذقية– سورية**

موبايل 963991913381+ ايميل Turkan.ahmadfadi@gmail.com

مقدمة:

تعتبر الإدارة الهندسية للمشروع من أهم العناصر المساهمة في نجاح العمل أو فشله، وقد ظهر مؤخراً أساليب جديدة في إدارة الإنتاج وجدولته، حيث يعتبر ضبط وجدولة المشاريع من الأعمال الصعبة والمعقدة التي تحتاج إلى متابعة فريق عمل متكامل، حيث تم تطوير طريقة لضبط المشروع، سميت PERT أسلوب تقييم ومراجعة المشروع، وتمكن فريق عمل في شركة (دوبنت) من تطوير أسلوب لضبط وتخطيط المشاريع سميت بطريقة المسار الحرج CPM أظهرت نجاحاً باهراً في المشاريع الصناعية والإنشائية.

وتعتمد أساليب التخطيط الشبكي (PERT،CPM) إلى تقسيم المشروع إلى مجموعة من النشاطات ودراسة العلاقات التتابعية فيما بينها بغية تحقيق الهدف الزمني للمشروع ضمن حدود الموارد المادية والبشرية المتوفرة.

الهدف من طريقة المسار الحرج CPM تحديد الفترة الزمنية اللازمة لإنهاء المشروع وتعتمد هذه الطريقة على زمن واحد لإنجاز كل نشاط، ولتطبيق هذه الطريق يجب تحديد البارامترات التالية: البداية والنهاية المبكرة، البداية والنهاية المتأخرة، والزمن الفائض.

بينما الهدف من طريقة تقييم ومراجعة المشروعات PERT هو أيضاً تحديد الفترة الزمنية لإنهاء المشروع ولكن تعتمد هذه الطريقة على ثلاثة أزمنة لكل نشاط، ولتطبيق هذه الطريق يجب تحديد البارامترات التالية: الزمن المتفائل، الزمن المتشائم، والزمن الأكثر احتمالاً.

الدراسة المرجعية Literature Review:

نظراً لحتمية إتباع الأساليب العلمية الحديثة في تخطيط وجدولة الإنتاج للحفاظ على القدرة التنافسية للشركات الصناعية وبالتالي ضمان استمراريتها، ولأهمية إدارة الموارد البشرية وإدارة الصيانة كأحد التطورات الهامة في مفاهيم الإدارة الحديثة حيث أصبحت الإدارة الحديثة تدرك تماماً أن نجاح المؤسسات الإنتاجية مرهون بتحقيق أهدافها من تطوير وتحسين كفاءتها الإنتاجية، ونظراً للحاجة المستمرة للأساليب العلمية الحديثة أدت إلى سعي حثيث ودراسات مكثفة للعمل على اقتراح منهجيات جديدة وحلول علمية وبكلفة اقتصادية مناسبة.

وفي بحث قام به العالم **Feodor Mikhaylov** [1] بهدف دراسة الاتجاهات الرئيسية التي تميز تطور خدمة إدارة الموارد البشرية في ظروف الممارسات الاقتصادية الحديثة ولا سيما في الشركات الروسية عن طريق تحديد العوامل التي لها تأثير إيجابي في هيكل الأقسام الرئيسية وأولوياتها في خدمة إدارة الموارد البشرية، حيث أن خدمة إدارة الموارد البشرية قادرة على زيادة نشاط المؤسسة وبالتالي فإن كفاءة أداء خدمة إدارة الموارد البشرية تتوقف إلى حد كبير على دقة إنشاء هيكلها التنظيمي.

وتم التوصل في المرحلة النهائية إلى ضرورة تحديد بعض الإجراءات وتنفيذها والذي يفترض إعادة تنظيم هيكلها لمواجهة التحديات الجديدة في ضوء سياسات الابتكار الوظيفي التي وضعت في المؤسسة، وأيضاً زيادة القدرة على التكيف مع الظروف البيئية المتغيرة .

كما قام العالم **Amir Azizi** [2] بدراسة تطوير الأداء الإنتاجي على الإنتاجية بهدف استمرار المنافسة في السوق من خلال دمج عملية التحكم الإحصائي Statistical Process Control (SPC) والكفاءة العامة للمعدات (OEE) Overall Equipment Efficiency والصيانة المستقلة Autonomous Maintenance (AM) لإنجاز وتحقيق تطور مستمر في الإنتاج ولتحسين أداء معدل الإنتاج.

حيث أثبتت هذه الطريقة بأن استخدام الدمج يقلل من معدلات الخلل والعيب في التقطيع ويزيد من أداء الآلة وبالتالي يحسن من كفاءة الأداء الإنتاجي.

وقام أيضاً العالم قام **Salih aka** [3] بشرح عوامل الكفاءة الذاتية وعامل منهجية إدارة الإنتاج بواسطة التحليل الإحصائي. حيث تحتاج المنظمات موظفين يملكون كفاءة ذاتية عالية، تم اجراء الاستبيان على 111 شخص (59 إمرأة و52 رجل) يعمل هؤلاء الأشخاص كمدراء، خبراء، موظفين تقنيين، أكاديميين، ومستشارين في مختلف القطاعات بتوزع أعمار مختلف.

وتم التوصل نتيجة الإحصائيات إلى أن عمر وموقع العامل لا يؤثران على عوامل الكفاءة الذاتية للعاملين وهذه العوامل هي عامل البدء والانتهاء بالمشروع وعامل الدعم والإصرار للمشروع ولا يؤثران أيضاً على عامل منهجية إدارة المشروع، بينما جنس العامل لا يؤثر على عوامل الكفاءة الذاتية بل يؤثر على عامل منهجية إدارة الإنتاج فقط، وتثبت الدراسة أيضاً بأن القطاع يؤثر على عامل منهجية إدارة الإنتاج وعامل الدعم والاصرار ولا يؤثر على عامل البدء والانتهاء.

وتظهر الدراسة التي قام بها العالم **Vassilis k** [4] بدراسة كفاءة إدارة المشروع وتطويره عن طريق ربطه مع المعايير الثلاثة وهي التكلفة والزمن وجودة المشروع، ويمكن أن تطبق الطريقة المقترحة بعد تنفيذ المشروع حيث تكون الكلفة الحقيقية وزمن التنفيذ معروفين، في هذه الحالة يكون من السهل قياس بارامترات البنية الصناعية وبالتالي السهل التنبؤ بالمكاسب المستقبلية، وبالتالي يمكن حساب عامل كفاءة إدارة المشروع.

وتم التوصل بأن الاستخدام النظامي لطريقة التقييم يتطلب بارامترات لابعدية ظاهرة في المعادلات من أجل تجميع المشاريع المشابهة التي تعطي نتائج مفيدة وتهتم بكفاءة الفرق الموجودة في المشروع وكذلك التطبيقات المتبعة من قبل الشركة أو المنظمة.

وتبين الدراسة التي قام العالم **Miklos Hajdu** [5] باقتراح توزيعات جديدة لفترات النشاط في برنامج تقييم ومراجعة المشروعات PERT، وذلك باختيار عدة مشاريع افتراضية وإضافة جوانب جديدة، كان الهدف هو إظهار الاختلافات بين نتائج التطبيق بوضوح من التوزيعات المحددة.

أظهرت النتائج أن إدخال توزيعات مختلفة لفترات النشاط تلعب دوراً هاماً في تطوير متعدد الاتجاهات في أسلوب بيرتPERT، وتطبيق هذه التوزيعات الجديدة هو الأفضل بدلاً من اختيار مكلف ومضيعة للوقت حيث ينبغي للمخططين تكريس المزيد من الجهد لتحديد فترات النشاط بدقة.

مشكلة البحث Research Question :

من خلال الزيارات الميدانية المتعددة لمعمل حميشو للمعادن، والاطلاع على واقع الأعطال لخط إنتاج القضبان الحديدية تم ملاحظة سوء إدارة الموارد البشرية وإدارة الصيانة والتي تؤدي إلى تخفيض الكفاءة الإنتاجية للمعمل، كان لابد من تحسين إدارة الموارد والصيانة لرفع الكفاءة الإنتاجية باستخدام التخطيط الشبكي CPM وPERT للحصول على المنتج النهائي بأقل التكاليف وبأقل زمن ممكن وبجودة عالية.

أهمية البحث وأهدافه:

تكمن أهمية البحث في كونه يحاول إعطاء أجوبة محددة على تساؤلات تطرحها المنشآت الصناعية، كون أغلب المنشآت الصناعية تعاني من ضعف الإنتاج وتدني الإنتاجية، ضمن عالم متسع بالتغير ومتوجه نحو العولمة، والكشف

عن مواضع القوة والضعف في المنشآت الصناعية وإيجاد الحلول الممكنة للمشاكل التي تحد من تحسين الكفاءة الإنتاجية.

هدف البحث:

رفع الكفاءة الإنتاجية من خلال جدولة عمليات الصيانة في مصنع حميشو للمعادن بتخفيض الزمن والتكلفة كمقياس لتقييم الكفاءة الإنتاجية باستخدام أساليب التخطيط الشبكي PERT،CPM ورسم المخططات الشبكية ومخطط غانت وتحديد المسار الحرج وحساب قيمته عن طريق برنامج MS-Project لتخفيض الزمن، واستخدام برنامج Excel Solver لتخفيض التكلفة الكلية للصيانة بتسريع إنجاز النشاطات بهدف تحقيق أرباح أعلى.

طرائق البحث ومواده:

1. برنامج إدارة المشروعات (Microsoft Project)2013 MS-Project:

وهو برنامج من إنتاج مايكروسوفت، ويستطيع هذا البرنامج القيام بمعظم المهام المتعلقة بإنشاء وتحليل المخططات الشبكية، حيث يرسم مخطط غانت Gantt لإظهار العلاقات بين النشاطات المختلفة، كما يستطيع رسم المخطط الشبكي وإظهار المسار الحرج وحساب طوله عليه اعتماداً على الفترات الزمنية المدخلة الخاصة بالنشاطات، وقد استخدم هذا البرنامج في حسابات المخططات الشبكية الخاصة بالبحث، لأنه متوفر وسهل الاستخدام. وأهم استخدامات برنامج MS-Project في إنشاء وتحليل المخططات الشبكية استخدام طريقتي CPM،PERT.

2. برنامج البرمجة الخطية Excel Solver:

يمكن بوساطة Solver البحث عن قيمة مثلى لصيغة في خلية واحدة في ورقة العمل، يعمل Solver ضمن مجموعة من الخلايا المرتبطة ارتباطاً مباشراً بالصيغ الموجودة في الخلية المستهدفة، كما أنه يعدل القيم في الخلايا المتغيرة التي يتم تحديدهالإعطاء النتيجة المحددة من صيغة الخلية المستهدفة. يتوفر برنامج Solver Add-in كوظيفة أساسية خاص ب Microsoft Office Excel عند تثبيت Microsoft Office أو Excel. لاستخدام هذا البرنامج داخل Excel، نحتاج إلى تحميله.

3. تقنية ضغط المشروع:

يمكن تقصير زمن إنجاز المشروع بتسريع إنجاز النشاطات وذلك بهدف تحقيق أرباح أعلى وباستخدام موارد إضافية ويتم ذلك باستخدام تقنية ضغط المشروعات ويتم ذلك عن طريق:

- إضافة مواد أكثر وموازاة النشاطات.
- استبعاد بعض أجزاء المشروع.
- اختصار نشاطات المسار الحرج وهو أطول مسار على الشبكة أو اختصار النشاطات الأطول أو الأسهل.
- زيادة عدد ساعات العمل باليوم الواحد.
- اختصار النشاطات التي لديها موارد أكثر.
- اختصار النشاطات الأقل تكلفة.

القسم التجريبي:

العطل: تضرر رولمان الستاند رقم 2 :

في خط إنتاج الحديد لدينا وحدة الدرفلة مكونة من 14 ستاند موزعة بشكل أفقي وعمودي بالتناوب، مهمة الستاندات إجراء عملية الدرفلة للبيليت، غالباً يتكرر هذا العطل مرة شهرياً ويؤدي إلى توقف خط الإنتاج عن العمل لساعات طويلة. وتتم الصيانة عن طريق استخدام آلة الروبوت التي تقوم بفصل الأجزاء الحاملة للرولمانات.

1. باستخدام طريقة تقييم ومراجعة المشروعات PERT قبل ضغط العطل:

تعتمد هذه الطريقة على ثلاثة أزمنة لحساب زمن النشاط:

1. الزمن المتفائل: هو أقل زمن لإتمام النشاط.
2. الزمن الأكثر احتمالاً: هو الزمن الأكثر احتمالاً لإتمام النشاط.
3. الزمن المتشائم: هو أطول زمن لإتمام النشاط.

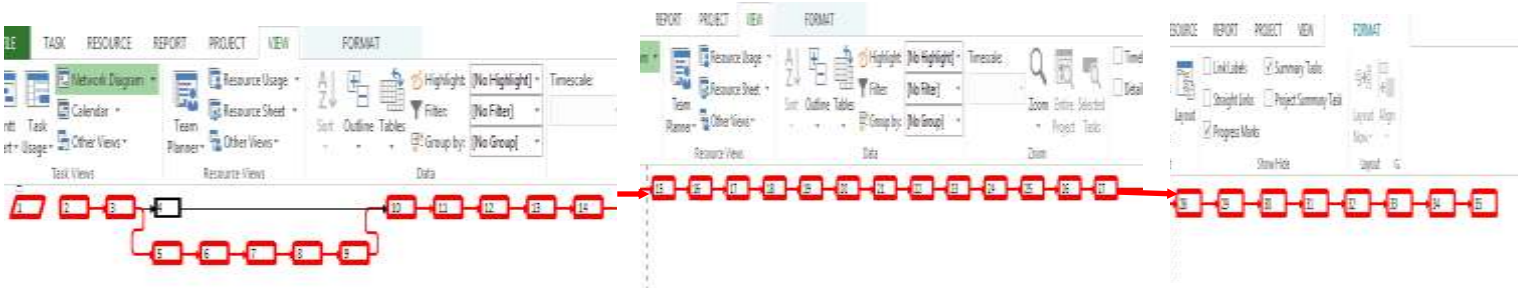
- تحديد تتابع النشاطات المكونة للمشروع مع أزمنة النشاطات: كما هو مبين في الجدول(1)

الجدول (1) تتابع نشاطات العطل بأسلوبPERT

رمز النشاط	اسم النشاط Activity Name	الزمن المتفائل (الدقيقة) Optimistic Time (a)	الزمن الأكثر احتمالاً (الدقيقة) Most Likely Time (m)	الزمن المتشائم (الدقيقة) Pessimistic Time (b)	الزمن المتوقع (الدقيقة)
1	اسم العطل: تضرر رولمان الستاند رقم 2	-	-	-	-
2	إيقاف خط الإنتاج	0	0	0	0
3	كشف العطل وتحديده	8	10	12	10
4	تجهيز آلة الروبوت بمقاس كبير	25	30	35	30
5	فك هيكل الستاند من الآلة	9	10	11	10
6	نقل الستاند من خط الإنتاج إلى ورشة الصيانة	13	15	17	15
7	فك دليل الدخول	4	5	6	5
8	فك دليل الخروج	4	5	6	5
9	فصل الستاند عن الهيكل	13	15	17	15
10	وضع الستاند على آلة الروبوت	4	5	6	5
11	فك براغي الدرافيل	18	20	22	20
12	فك الوصلة الواصلة بين الكتفين	4	5	6	5
13	فصل جزأي الستاند	4	5	6	5
14	المعايرة	4	5	6	5

15	إخراج الدرفيل الأول	4	5	6	5
16	إخراج الدرفيل الثاني	4	5	6	5
17	رفع الجزء الحامل للرولمان المتضرر	4	5	6	5
18	غسل الجزء المتضرر نتيجة تراكم الشحوم	4	5	6	5
19	نزع الغطاء عن الرولمان	4	5	6	5
20	إخراج الرولمان المتضرر	14	15	16	15
21	تنعيم مكان التضرر	9	10	11	10
22	تركيب الرولمان	8	10	12	10
23	تركيب الأغطية	9	10	11	10
24	إحضار الجزء الذي تم تصليح الرولمان فيه إلى الروبوت	4	5	6	5
25	إحضار الدرفيل الأول	4	5	6	5
26	إحضار الدرفيل الثاني	4	5	6	5
27	تجميع الستاند	8	10	12	10
28	المعايرة	3	5	7	5
29	إحضار الستاند إلى الهيكل	4	5	6	5
30	ربط الستاند على الهيكل	19	20	21	20
31	تركيب دليل الدخول	9	10	11	10
32	تركيب دليل الخروج	9	10	11	10
33	النقل من ورشة الصيانة إلى خط الإنتاج	13	15	17	15
34	تركيب الستاند على الآلة مع المعايرة	8	10	12	10
35	إعادة تشغيل الخط	7	10	13	10

يتم رسم المخطط الشبكي كما في الشكل (1) على برنامج MS–Project عن طريق إدخال النشاطات والأزمنة وربطها بعلاقات تتابعية ويحدد البرنامج المسار الحرج باللون الأحمر.



الشكل (1) المخطط الشبكي للعطل قبل ضغط الزمن

- حساب الأزمنة المبكرة والمتأخرة للمشروع وايجاد المسار الحرج: كما هو مبين في الجدول (2):

الجدول (2) حساب الفائض والبدايات والنهايات المتأخرة والمبكرة للعطل بأسلوبPERT

رمز النشاط	البداية المبكرة (الدقيقة) Early Start	النهاية المبكرة (الدقيقة) Early Finish	البداية المتأخرة (الدقيقة) Late Start	النهاية المتأخرة (الدقيقة) Late Finish	الفائض (الدقيقة) Total Slack	النشاط الحرج Critical
1	-	-	-	-	-	-
2	0	0	0	0	0	حرج
3	0	10	0	10	0	حرج
4	10	40	30	60	20	غير حرج
5	10	20	10	20	0	حرج
6	20	35	20	35	0	حرج
7	35	40	35	40	0	حرج
8	40	45	40	45	0	حرج
9	45	60	45	60	0	حرج
10	60	65	60	65	0	حرج
11	65	85	65	85	0	حرج
12	85	90	85	90	0	حرج
13	90	95	90	95	0	حرج
14	95	100	95	100	0	حرج
15	100	105	100	105	0	حرج
16	105	110	105	110	0	حرج
17	110	115	110	115	0	حرج
18	115	120	115	120	0	حرج
19	120	125	120	125	0	حرج
20	125	140	125	140	0	حرج
21	140	150	140	150	0	حرج
22	150	160	150	160	0	حرج
23	160	170	160	170	0	حرج
24	170	175	170	175	0	حرج
25	175	180	175	180	0	حرج
26	180	185	180	185	0	حرج
27	185	195	185	195	0	حرج
28	195	200	195	200	0	حرج
29	200	205	200	205	0	حرج
30	205	225	205	225	0	حرج
31	225	235	225	235	0	حرج
32	235	245	235	245	0	حرج
33	245	260	245	260	0	حرج
34	260	270	260	270	0	حرج
35	270	280	270	280	0	حرج

طول المسار الحرج: حيث يتم تحديد النشاطات الحرجة وهي النشاطات التي يكون فيها الفائض صفر 2،3،5،6،7،8،9،10،11،12،13،14،15،16،17،18،19،20،21،22،23،24،25،26،27،28،29،30،31،32،33،34،35=280 min

حساب الانحراف المعياري والتباين: الانحراف المعياري للمشروع = الجذر التربيعي لمجموع تباينات النشاطات الحرجة.

التباين = مربع الانحراف المعياري= $(\frac{b-a}{6})^2$

الجدول (3) حساب انحرافات النشاطات وتبايناتها والانحراف المعياري للعطل

رمز النشاط	الزمن المتفائل (الدقيقة) Optimistic Time (a)	الزمن المتشائم (الدقيقة) Pessimistic Time (b)	الانحراف المعياري	التباين
1	-	-	-	-
2	0	0	0	0
3	8	12	667،0	444،0
4	25	35	667،1	778،2
5	9	11	334،0	111،0
6	13	17	667،0	444،0
7	4	6	334،0	111،0
8	4	6	334،0	111،0
9	13	17	667،0	444،0
10	4	6	334،0	111،0
11	18	22	667،2	112،7
12	4	6	334،0	111،0
13	4	6	334،0	111،0
14	4	6	334،0	111،0
15	4	6	334،0	111،0
16	4	6	334،0	111،0
17	4	6	334،0	111،0
18	4	6	334،0	111،0
19	4	6	334،0	111،0
20	14	16	334،0	111،0
21	9	11	334،0	111،0
22	8	12	667،0	444،0
23	9	11	334،0	111،0
24	4	6	334،0	111،0
25	4	6	334،0	111،0
26	4	6	334،0	111،0
27	8	12	667،0	444،0
28	3	7	667،0	444،0
29	4	6	334،0	111،0
30	19	21	334،0	111،0
31	9	11	334،0	111،0
32	9	11	334،0	111،0

33	13	17	667،0	444،0
34	8	12	667،0	444،0
35	7	13	1	1

- **حساب التباين للمسار الحرج:**

التباين (المسار الحرج)= σ^2 للنشاط الحرج 1 + σ^2 للنشاط الحرج 2 + ...+ σ^2 للنشاط الحرج n

التباين= 0،0+8*22،444*111+1+7،112 =14،106

- **حساب Z عدد الانحرافات المعيارية التي يبعد بها الزمن المطلوب لإنجاز عملية الصيانة عن الزمن المتوقع ضمن منحني التوزع الطبيعي للاحتمالات:**

$$Z = \frac{D-END}{\sqrt{\sigma^2}}$$

- D=240 min : القيمة أو الزمن المرغوب. END=280 min : زمن انتهاء المشروع

$$Z=\frac{240-280}{\sqrt{14،106}}=10،65$$

نلاحظ أن عدد الانحرافات Z كبير جداً وبالتالي يستحيل إنجاز التطبيق ضمن الزمن المحدد ولذلك يجب اللجوء إلى ضغط المشروع.

2. استخدام طريقة تقييم ومراجعة المشروعات PERT للعطل بعد ضغط المشروع عن طريق توفر قطع الغيار في ورشة الصيانة:

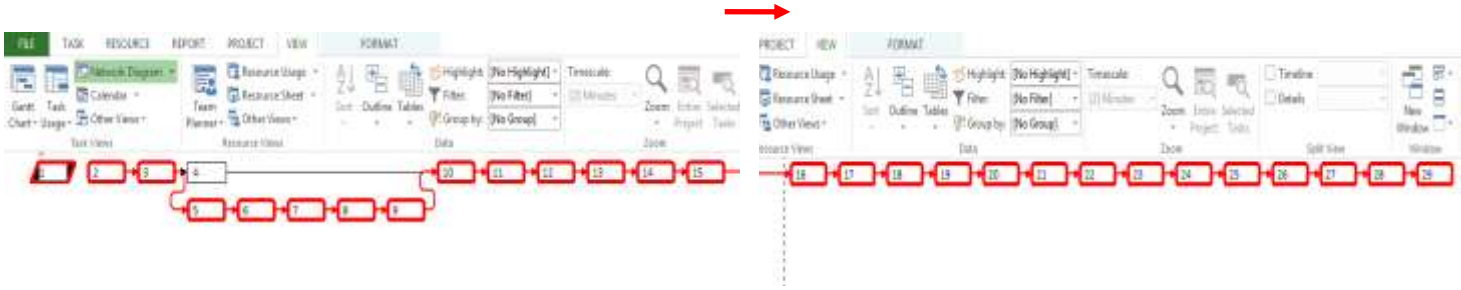
في هذا التطبيق سيتم ضغط المشروع عن طريق توفر قطع الغيار اللازمة لعملية صيانة الستاندات وإلغاء بعض أنشطة المشروع، لأن توفر قطع الغيار له تأثير مباشر على الوقت، ويؤدي عدم توفر القطع إلى زيادة الأعطال وتفاقمها وزيادة مدة خروج الآلة عن العمل وبالتالي يؤثر على ضغط الإنتاج وجودته. حيث يتم تخفيض الوقت عن طريق توفر الكتف الحامل للرولمان في ورشة الصيانة وعند حدوث العطل يتم مباشرة تبديل الكتف الحامل للرولمان المتضرر بالكتف الجديد حيث يتم توفير حوالي 55 دقيقة من ومن العطل الكلي.

- **تحديد تتابع النشاطات المكونة للمشروع مع أزمنة النشاطات:** كما هو مبين في الجدول (4) ورسم المخطط الشبكي كما في الشكل (2) على برنامج MS–Project ويحدد عليه المسار الحرج باللون الأحمر ويحدد قيمته :

الجدول (4) تتابع نشاطات العطل بأسلوبPERT بعد ضغط العطل

رمز النشاط	اسم النشاط Activity Name	الزمن المتفائل (الدقيقة) Optimistic Time (a)	الزمن الأكثر احتمالاً (الدقيقة) Most Likely Time (m)	الزمن المتشائم (الدقيقة) Pessimistic Time (b)	الزمن المتوقع (الدقيقة)
1	اسم العطل: تضرر رولمان الستاند رقم 2	-	-	-	-
2	إيقاف خط الإنتاج	0	0	0	0

3	كشف العطل وتحديده	8	10	12	10
4	تجهيز آلة الروبوت بمقاس كبير	25	30	35	30
5	فك هيكل الستاند من الآلة	9	10	11	10
6	نقل الستاند من خط الإنتاج إلى ورشة الصيانة	13	15	17	15
7	فك دليل الدخول	4	5	6	5
8	فك دليل الخروج	4	5	6	5
9	فصل الستاند عن الهيكل	13	15	17	15
10	وضع الستاند على آلة الروبوت	4	5	6	5
11	فك براغي الدرافيل	18	20	22	20
12	فك الوصلة الواصلة بين الكتفين	4	5	6	5
13	فصل جزأي الستاند	4	5	6	5
14	المعايرة	4	5	6	5
15	إخراج الدرفيل الأول	4	5	6	5
16	إخراج الدرفيل الثاني	4	5	6	5
17	رفع الجزء الحامل للرولمان المتضرر	4	5	6	5
18	إحضار الجزء الحامل للرولمان الجديد إلى الروبوت	4	5	6	5
19	إحضار الدرفيل الأول	4	5	6	5
20	إحضار الدرفيل الثاني	4	5	6	5
21	تجميع الستاند	8	10	12	10
22	المعايرة	3	5	7	5
23	إحضار الستاند إلى الهيكل	4	5	6	5
24	ربط الستاند على الهيكل	19	20	21	20
25	تركيب دليل الدخول	9	10	11	10
26	تركيب دليل الخروج	9	10	11	10
27	النقل من ورشة الصيانة إلى خط الإنتاج	13	15	17	15
28	تركيب الستاند على الآلة مع المعايرة	8	10	12	10
29	إعادة تشغيل الخط	7	10	13	10



الشكل (2) المخطط الشبكي للعطل بعد ضغط الزمن

- حساب الأزمنة المبكرة والمتأخرة للمشروع وايجاد المسار الحرج:كما هو مبين في الجدول (5)

الجدول (5) حساب الفائض والبدايات والنهايات المتأخرة والمبكرة للعطل بعد ضغط العطل

رمز النشاط	البداية المبكرة (الدقيقة) Early Start	النهاية المبكرة (الدقيقة) Early Finish	البداية المتأخرة (الدقيقة) Late Start	النهاية المتأخرة (الدقيقة) Late Finish	الفائض (الدقيقة) Total Slack	النشاط الحرج Critical
1	-	-	-	-	-	-
2	0	0	0	0	0	حرج
3	0	10	0	10	0	حرج
4	10	40	30	60	20	غير حرج
5	10	20	10	20	0	حرج
6	20	35	20	35	0	حرج
7	35	40	35	40	0	حرج
8	40	45	40	45	0	حرج
9	45	60	45	60	0	حرج
10	60	65	60	65	0	حرج
11	65	85	65	85	0	حرج
12	85	90	85	90	0	حرج
13	90	95	90	95	0	حرج
14	95	100	95	100	0	حرج
15	100	105	100	105	0	حرج
16	105	110	105	110	0	حرج
17	110	115	110	115	0	حرج
18	115	120	115	120	0	حرج
19	120	125	120	125	0	حرج
20	125	130	125	130	0	حرج
21	130	140	130	140	0	حرج
22	140	145	140	145	0	حرج

23	145	150	145	150	0	حرج
24	150	170	150	170	0	حرج
25	170	180	170	180	0	حرج
26	180	190	180	190	0	حرج
27	190	205	190	205	0	حرج
28	205	215	205	215	0	حرج
29	215	225	215	225	0	حرج

طول المسار الحرج:

2،3،5،6،7،8،9،10،11،12،13،14،15،16،17،18،19،20،21،22،23،24،25،26،27،28، 29=225 min

- ضغط العطل باستخدام البرمجة الخطية: حساب الكلفة الطبيعية لنشاطات التطبيق و كلفة الضغط وميل التكلفة، ويبين الجدول(6) الكلفة الطبيعية وكلفة الضغط وميل التكلفة للعطل.

الجدول (6) الكلفة الطبيعية وكلفة الضغط وميل التكلفة للعطل

رقم النشاط	اسم النشاط	الزمن الطبيعي (الدقيقة) Normal time	الزمن المضغوط (الدقيقة) Crashed Time	الكلفة الطبيعية (ل.س) Normal Cost	الكلفة المضغوطة (ل.س)	فرق التكلفة (ل.س) Additional Time	مقدار الضغط (الدقيقة) Crashing Time	ميل التكلفة Slope (ل.س / دقيقة)
1	إيقاف خط الإنتاج	0	لا يمكن ضغطه	0	----	-----	-----	-----
2	كشف العطل وتحديده	10	لا يمكن ضغطه	45000	----	-----	-----	-----
3	تجهيز آلة الروبوت بمقاس كبير	30	لا يمكن ضغطه	135000	----	-----	-----	-----
4	فك هيكل الستاند من الآلة	10	لا يمكن ضغطه	45000	----	-----	-----	-----
5	نقل الستاند من الخط إلى ورشة الصيانة	15	لا يمكن ضغطه	67500	----	-----	-----	-----
6	فك دليل الدخول	5	لا يمكن ضغطه	22500	----	-----	-----	-----
7	فك دليل الخروج	5	لا يمكن ضغطه	22500	----	-----	-----	-----
8	فصل الستاند عن الهيكل	15	لا يمكن ضغطه	67500	----	-----	-----	-----
9	وضع الستاند على آلة الروبوت	5	لا يمكن ضغطه	22500	----	-----	-----	-----
10	فك براغي الدرافيل	20	لا يمكن ضغطه	90000	----	-----	-----	-----
11	فك الوصلة الواصلة بين الكتفين	5	لا يمكن ضغطه	22500	----	-----	-----	-----
12	فصل جزأي الستاند	5	لا يمكن ضغطه	22500	----	-----	-----	-----
13	المعايرة	5	لا يمكن ضغطه	22500	----	-----	-----	-----
14	إخراج الدرفيل الأول	5	لا يمكن ضغطه	22500	----	-----	-----	-----
15	إخراج الدرفيل الثاني	5	لا يمكن ضغطه	22500	----	-----	-----	-----

16	رفع الجزء الحامل للرولمان المتضرر	5	لا يمكن ضغطه	22500	----	-----	-----	-----
17	غسل الجزء المتضرر نتيجة تراكم الشحوم	5	0	22500	0	22500	5	4500
18	نزع الغطاء عن الرولمان	5	0	22500	0	22500	5	4500
19	إخراج الرولمان المتضرر	15	0	67500	0	67500	15	4500
20	تنعيم مكان التضرر	10	0	45000	0	45000	10	4500
21	تركيب الرولمان	10	0	45000	0	45000	10	4500
22	تركيب الأغطية	10	0	45000	0	45000	10	4500
23	إحضار الرولمان المصلح إلى الروبوت	5	لا يمكن ضغطه	22500	----	-----	-----	-----
24	إحضار الدرفيل الأول	5	لا يمكن ضغطه	22500	----	-----	-----	-----
25	إحضار الدرفيل الثاني	5	لا يمكن ضغطه	22500	----	-----	-----	-----
26	تجميع الستاند	10	لا يمكن ضغطه	45000	----	-----	-----	-----
27	المعايرة	5	لا يمكن ضغطه	22500	----	-----	-----	-----
28	إحضار الستاند إلى الهيكل	5	لا يمكن ضغطه	22500	----	-----	-----	-----
29	ربط الستاند على الهيكل	20	لا يمكن ضغطه	90000	----	-----	-----	-----
30	تركيب دليل الدخول	10	لا يمكن ضغطه	45000	----	-----	-----	-----
31	تركيب دليل الخروج	10	لا يمكن ضغطه	45000	----	-----	-----	-----
32	النقل من ورشة الصيانة إلى خط الإنتاج	15	لا يمكن ضغطه	67500	----	-----	-----	-----
33	تركيب الستاند على الآلة مع المعايرة	10	لا يمكن ضغطه	45000	----	-----	-----	-----
34	إعادة تشغيل الخط	10	لا يمكن ضغطه	45000	----	-----	-----	-----

- **صياغة البرنامج الخطي لمسألة ضغط التطبيق: يبين الجدول (7) متحولات القرار للعطل**

الجدول(7) متحولات القرار في البرنامج الخطي

اسم المتحول	الوصف	اسم المتحول	الوصف
X_1	زمن وقوع حدث بدء النشاط 1	X_{21}	زمن وقوع حدث بدء النشاط21
X_2	زمن وقوع حدث بدء النشاط 2	X_{22}	زمن وقوع حدث بدء النشاط 22
X_3	زمن وقوع حدث بدء النشاط 3	X_{23}	زمن وقوع حدث بدء النشاط 23
X_4	زمن وقوع حدث بدء النشاط 4	X_{24}	زمن وقوع حدث بدء النشاط 24
X_5	زمن وقوع حدث بدء النشاط 5	X_{25}	زمن وقوع حدث بدء النشاط 25
X_6	زمن وقوع حدث بدء النشاط 6	X_{26}	زمن وقوع حدث بدء النشاط 26

X_7	زمن وقوع حدث بدء النشاط 7	X_{27}	زمن وقوع حدث بدء النشاط 27
X_8	زمن وقوع حدث بدء النشاط 8	X_{28}	زمن وقوع حدث بدء النشاط 28
X_9	زمن وقوع حدث بدء النشاط 9	X_{29}	زمن وقوع حدث بدء النشاط 29
X_{10}	زمن وقوع حدث بدء النشاط 10	X_{30}	زمن وقوع حدث بدء النشاط 30
X_{11}	زمن وقوع حدث بدء النشاط 11	X_{31}	زمن وقوع حدث بدء النشاط 31
X_{12}	زمن وقوع حدث بدء النشاط 12	X_{32}	زمن وقوع حدث بدء النشاط 32
X_{13}	زمن وقوع حدث بدء النشاط 13	X_{33}	زمن وقوع حدث بدء النشاط 33
X_{14}	زمن وقوع حدث بدء النشاط 14	X_{34}	زمن وقوع حدث بدء النشاط 34
X_{15}	زمن وقوع حدث بدء النشاط 15	Y_{16}	مقدار الضغط المطبق على النشاط 16
X_{16}	زمن وقوع حدث بدء النشاط 16	Y_{17}	مقدار الضغط المطبق على النشاط 17
X_{17}	زمن وقوع حدث بدء النشاط 17	Y_{18}	مقدار الضغط المطبق على النشاط 18
X_{18}	زمن وقوع حدث بدء النشاط 18	Y_{19}	مقدار الضغط المطبق على النشاط 19
X_{19}	زمن وقوع حدث بدء النشاط 19	Y_{20}	مقدار الضغط المطبق على النشاط 20
X_{20}	زمن وقوع حدث بدء النشاط 20	Y_{21}	مقدار الضغط المطبق على النشاط 18

التابع الهدف في البرنامج الخطي هو:

$$\text{Min } Z = 4500\ Y_{16} + 4500\ Y_{17} + 4500\ Y_{18} + 4500\ Y_{19} + 4500\ Y_{20} + 4500\ Y_{21}$$

والقيود التي يخضع لها البرنامج:

- **قيود الحد الأعظم لأزمنة ضغط المشروع:** يمكن ضغط المشروع بزيادة الموارد، ولكن لا يمكن تخفيض زمن لإنجاز النشاط بعد عتبة حدية معينة، وذلك منعاً للحصول على توظيف موارد زائدة عن الحاجة تجعل طريقة الضغط غير كفء، وتصاغ قيود أزمنة الضغط.وهي ممثلة بشكل مصفوفي كمايلي:

$$\begin{bmatrix} Y_{16} \\ Y_{17} \\ Y_{18} \\ Y_{19} \\ Y_{20} \\ Y_{21} \end{bmatrix} \leq \begin{bmatrix} 5 \\ 5 \\ 15 \\ 10 \\ 10 \\ 10 \end{bmatrix}$$

- **قيود وصف الشبكة:** وتصف هذه المجموعة من القيود بنية الشبكة، فمثلما أشرنا سالفاً أن نشاطات المشروع مرتبطة فيما بينها بعلاقات تتابع منطقية، وينتج عن تلك العلاقات قيود تؤثر في سلسلة عمل النشاطات، وهناك قيد أو أكثر لكل حدث بحسب النشاطات السابقة له، فالحدث 1 سيبدأ من بداية المشروع أي من الزمن صفر.

$$X_1 = 0,\ X_2 \geq X_1 + 0 \Rightarrow X_2 - X_1 \geq 0 ،X_3 \geq X_2 + 10 \Rightarrow X_3 - X_2 \geq\ 10$$

$$X_4 \geq X_2 + 10 \Rightarrow X_4 - X_2 \geq 10 ،X_5 \geq X_4 + 10 \Rightarrow X_5 - X_4 \geq 10$$

$$X_6 \geq X_5 + 15 \Rightarrow X_6 - X_5 \geq 15 ،X_7 \geq X_6 + 5 \Rightarrow X_7 - X_6 \geq 5$$

$$X_8 \geq X_7 + 5 \Rightarrow X_8 - X_7 \geq 5\ ،X_9 \geq X_8 + 15 \Rightarrow X_9 - X_8 \geq 15$$

$$X_9 \geq X_3 + 30 \Rightarrow X_9 - X_3 \geq 30\ ،X_{10} \geq X_9 + 5 \Rightarrow X_{10} - X_9 \geq 5$$

$X_{11} \geq X_{10} + 20 \Rightarrow X_{11} - X_{10} \geq 20$،$X_{12} \geq X_{11} + 5 \Rightarrow X_{12} - X_{11} \geq 5$

$X_{13} \geq X_{12} + 5 \Rightarrow X_{13} - X_{12} \geq 5$،$X_{14} \geq X_{13} + 5 \Rightarrow X_{14} - X_{13} \geq 5$

$X_{15} \geq X_{14} + 5 \Rightarrow X_{15} - X_{14} \geq 5$،$X_{16} \geq X_{15} + 5 \Rightarrow X_{16} - X_{15} \geq 5$

$X_{17} \geq X_{16} + 5 - Y_{16} \Rightarrow X_{9} - X_{8} + Y_{16} \geq 5$

$X_{18} \geq X_{17} + 5 - Y_{17} \Rightarrow X_{18} - X_{17} + Y_{17} \geq 5$

$X_{19} \geq X_{18} + 5 - Y_{18} \Rightarrow X_{19} - X_{18} + Y_{18} \geq 5$

$X_{20} \geq X_{19} + 15 - Y_{19} \Rightarrow X_{20} - X_{19} + Y_{19} \geq 15$

$X_{21} \geq X_{20} + 10 - Y_{20} \Rightarrow X_{21} - X_{20} + Y_{20} \geq 10$

$X_{22} \geq X_{21} + 10 - Y_{21} \Rightarrow X_{22} - X_{21} + Y_{21} \geq 10$

$X_{23} \geq X_{22} + 10 \Rightarrow X_{23} - X_{22} \geq 10$،$X_{24} \geq X_{23} + 5 \Rightarrow X_{24} - X_{23} \geq 5$

$X_{25} \geq X_{24} + 5 \Rightarrow X_{25} - X_{24} \geq 5$ ،$X_{26} \geq X_{25} + 5 \Rightarrow X_{26} - X_{25} \geq 5$

$X_{27} \geq X_{26} + 10 \Rightarrow X_{27} - X_{26} \geq 10$،$X_{28} \geq X_{27} + 5 \Rightarrow X_{28} - X_{27} \geq 5$

$X_{29} \geq X_{28} + 5 \Rightarrow X_{29} - X_{28} \geq 5$ ،$X_{30} \geq X_{29} + 20 \Rightarrow X_{30} - X_{29} \geq 20$

$X_{31} \geq X_{30} + 10 \Rightarrow X_{31} - X_{30} \geq 10$،$X_{32} \geq X_{31} + 10 \Rightarrow X_{32} - X_{31} \geq 10$

$X_{33} \geq X_{32} + 15 \Rightarrow X_{33} - X_{32} \geq 15$ ،$X_{34} \geq X_{33} + 10 \Rightarrow X_{34} - X_{33} \geq 10$

- **قيود انتهاء المشروع:** وتميز هذه القيود الحدث الأخير في الشبكة(إنهاء النشاطات الأخيرة) الذي يجب أن يحدث قبل تاريخ الموعد النهائي لإنجاز المشروع. ويمكن صياغة قيد إنهاء المشروع.

$X_{34} \leq 280$

قيود عدم السلبية:

$X_{1،2.....34} \geq 0$،$Y_{16،...21} \geq 0$

وبحل البرنامج الخطي نحصل على النتائج المدونة في الجدول (8)، حيث يعرض هذا الجدول مواعيد بدء النشاطات بعد الضغط وقيمة الضغط لكل نشاط والتي تحقق الكلفة الصغرى المثلى.

الجدول(8) نتائج البرمجة الخطية

Target Cell (Min)

Final Value	Original Value	Name	Cell
247500	0	خلية الحل صمود٢	I10

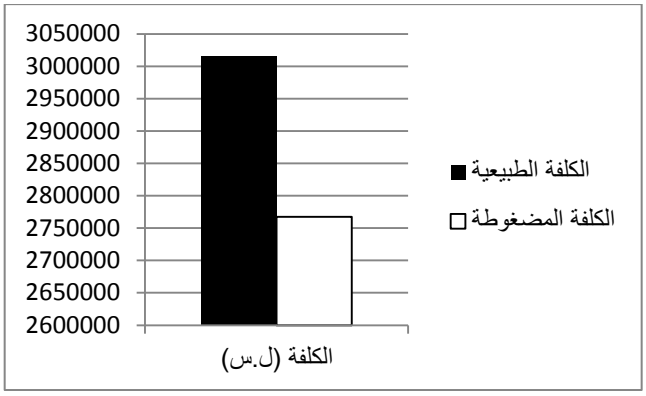
Adjustable Cells

Final Value	Original Value	Name	Cell
10	0	Y21	D6
10	0	Y20	E6
10	0	Y19	F6
15	0	Y18	G6
5	0	Y17	H6
5	0	Y16	I6
205	0	X34	J6
195	0	X33	K6
180	0	X32	L6
170	0	X31	M6
160	0	X30	N6
140	0	X29	O6
135	0	X28	P6
130	0	X27	Q6
120	0	X26	R6
115	0	X25	S6
110	0	X24	T6
105	0	X23	U6
95	0	X22	V6
95	0	X21	W6
95	0	X20	X6
90	0	X19	Y6
100	0	X18	Z6
100	0	X17	AA6
100	0	X16	AB6
95	0	X15	AC6
90	0	X14	AD6
85	0	X13	AE6
80	0	X12	AF6
75	0	X11	AG6
55	0	X10	AH6
50	0	X9	AI6
45	0	X8	AJ6
40	0	X7	AK6
35	0	X6	AL6
20	0	X5	AM6
10	0	X4	AN6
10	0	X3	AO6
0	0	X2	AP6
0	0	X1	AQ6

3. الجدوى الاقتصادية من تطبيق التخطيط الشبكي في هذا التطبيق:

يتبين من الجدول (8) أن الكلفة الصغرى المثلى هي: ل.س**Min Z= 247500**

ويبين الشكل (3) مخطط الفرق بين الكلفة العادية والكلفة المضغوطة للصيانة.



الشكل(3) الكلفة الطبيعية والكلفة المضغوطة

ونلاحظ من الشكل (3) أن كلفة الضغط جيدة مقارنة بالكلفة الكلية للمشروع.

النتائج والمناقشة:

نتيجة لقراءة قيم المسار الحرج تبين مايلي:

1. قيمة المسار الحرج في هذا العطل كما هي موضحة في الجدول (1) هي 280 min قبل تخفيض الزمن وبعد ضغط العطل عن طريق توفر قطع الغيار في ورشة الصيانة وإلغاء بعض الأنشطة بحيث يكون الكتف الحامل للرولمان متوفراً ويتم التبديل بشكل أسرع عند حدوث العطل أصبحت قيمة المسار الحرج كما هي مبينة في الجدول (5)225 min، حيث تم تخفيض الزمن بمقدار 55 min.

2. قيمة الكلفة المثلى الصغرى كما هي موضحة في الجدول (8) هي ل.س247500 =Min Z عند اجراء البرمجة الخطية باستخدام Excel Solver بينما قيمة الكلفة الفعلية للعطل عند اجراء الصيانة في المعمل هي ل.س 400000 وبالتالي نلاحظ بأنه تم تخفيض التكلفة بمقدار ل.س152500في كل مرة تتعطل فيها الآلة علماً أن هذا العطل يتكرر مرتان شهرياً و24مرة سنوياً وبالتالي كان الربح حوالي ل.س 3660000، فكانت النتائج إيجابية واقتصادية والتي تعود بالفائدة على المعمل والعمال.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

1. استخدام النماذج الشبكية PERT،CPM في الصيانة باستخدام برنامج MS-PROECT يمكن من تخفيض أزمنة الأعطال وبالتالي يرفع الكفاءة الإنتاجية للمعمل.

2. إن استخدام تقنية ضغط المشروعات والذي من خلاله يمكن تقصير زمن إنجاز المشروع بتسريع إنجاز النشاطات وذلك بهدف تحقيق أرباح أعلى وباستخدام موارد إضافية والاستفادة من النماذج الرياضية عن طريق برنامج Excel Solver.

التوصيات:

1. التأكيد على تطبيق نماذج التخطيط الشبكي CPM،PERT في مشروعات صيانة وإصلاح المنشآت الصناعية لأنه يقدم وفراً اقتصادياً ينعكس على كلفة الإنتاج وعلى أزمنة انتهاء الأعطال. ومن الأفضل استخدام تقنية PERT حيث توجد نشاطات ذات أزمنة شبه متوقعة كالصيانة مثلاً

2. ضرورة استخدام برنامج MS-PROJECT ومخطط GANNT لأنه يمكن الإدارة من تعقب تنفيذ النشاطات.

3. التأكيد على تطبيق تقنية ضغط المشروعات لتسريع إنجاز النشاطات بهدف تقليل الأزمنة وتحقيق أرباح عالية باستخدامExcel Solver.

المراجع:

[1] MIKHAYLOV,F;JULIA,K;ELDAR; *Current Tendencies Of the Development Of Service Of Human Resources Management*. Kazan Federal University, Russia, 2014,330-335.

[2] AZIZI,A*; Evaluation Improvement Of Production Productivity Performance Using Statistical Process Control, Overall Equipment Efficiency, And Autonomous Maintenance*. Faculty of Manufacturing-University Malaysia Pahang, Pekan, Malaysia, 2015, 186-190.

[3] AKA,S; AKYUZ,G; *The Effect Of Production Management Course On The Self-Efficacy Of Employees*. Faculty Of Economics And Administrative Sciences, Akdeniz University, Antalya, Turkey, 2015, 108-112.

[4] VASSILIS,K; *A Method For The Evaluation Of Project Management Efficiency In The Case Of Industrial Projects Execution*. Hellenic Petroleum S.A; Road Athens, Korinthos, Aspropyrgos, Greece, 2012, 285-294.

[5] HAJDU,M; BOKOR,O; *Sensitivity Analysis In PERT Network: Dose Activity Duration Distribution Matter?*. Szent Istvan University, Hungary, 2016, 1-9.

[6] IVERCIAN,M; RADU,A; IVASCU,L; *The Impact Of Human Resources And Total Quality Management On The Enterprise*. Politehnica University Of Timisoara, Romania, 2014, 27-33.

[7] PETRUTAM,B; JOZSEF,B; *The Influence Of Quality Tools In Human Resources Management*. University Of Tirgu, Romania, 2012, 672-680.

[8] PETRUTAM,B; JOZSEF,B; *A More Efficient Production Using Quality Tools And Human Resources Management*. University Of Tirgu, Romania, 2012, 681-680.

[9] MAZLUM،M; GUNERI،A; *CPM، PERT and Project Management With Fuzzy Logic Technique and Implementation On A Business*. Yıldız Technical University، Istanbul, Turkey, 2015, 348 – 357.

[10] ANH,H; PHUC,D; *Investigation on The Use Of Energy Efficiency For Condition Based Maintenance Decision.* France, 2016, 712-727.

[11] MOUHOUB،N;BENHOCINE،A;BELOUSDSH،H.*A New Method For Constructing A Minimal PERT Network* .Qassim University, Saudi Arabia, 2011, 4575-4588.

[12] FACCIO، M.; PERSONA، A.; ZANIN، G.; *Industrial Maintenance Policy Development: A Quantitative Framework*. Tradella San Nicola 3, Vicenza, Italy, 2012, 1-9.