استخدام الأساليب الكمية في إدارة مشاريع الصيانة
دراسة حالة: محطة لبرق لإنتاج الطاقة الكهربائية
- بولاية خنشلة –

Utilisation des méthodes quantitatives dans la gestion des projets de maintenance
Cas pratique de station LABREG de production d'énergie électronique à KHANCHELA

أ.د جمال خنشور جامعة محمد خيذر-بسكرة
أ. سيف الدين تلي المركز الجامعي تمنراست

الملخص
تهدف الدراسة إلى التعرف على الدور الذي تؤديه الأساليب الكمية (أسلوب المسار الحرج CPM وأسلوب تقييم ومراجعة البرامج PERT) في إدارة مشروع صيانة محطة لبرق (خنشلة)، وللحفاظ على استمرار إنتاجها للطاقة الكهربائية من أجل تأمين حاجات المواطنين بأقل التكاليف، تم تحديد دراسة الصيانة الوقائية بشكل عام وتَخْصِيص أنشطة فحص غرفة الاحتراق (CI) للتوربين الغازي بشكل خاص، ثم تطبيق أسلوب المسار الحرج من أجل تنفيذ مشروع الصيانة والتحكم في وقت إنجاز مختلف الفعاليات، وبالتالي تحقيق أكبر اقتصاد في الوقت والموارد.
وقد طُبِّقَ برنامج (WINQSB) الذي يحتوي على تقنية (CPM–PERT) المُستخدَمَة في حساب الأوقات المبكرة والمتأخرة وتحديد فائض الفعاليات الميكانيكية وكذا تحديد المسار الحرج، حيث توصلنا الى إمكانية تقليص الوقت اللازم لأعمال الصيانة الخاصة بفحص غرفة الاحتراق والأجزاء الميكانيكية للتوربينات في المحطة بمقدار أربع أيام في الوقت الحالي، ويمكن تعجيل عملية الصيانة بثلاثة أيام في حالة تعجيل بعض أنشطة المسار الحرج.
الكلمات المفتاحية: الأساليب الكمية، إدارة المشروع، موارد المشروع، صيانة.

Résumé:
Cet article s'inscrit dans la perspective de montrer le rôle que jouent les méthodes quantitatives (CPM et PERT) dans la gestion de projets. En tend qu'elles sont des outils d'aide à la décision, ces méthodes proposent des meilleures façons d'opérer des choix en vue d'aboutir au meilleur résultat possible. A cet effet, et à travers à une étude pratique menu au niveau de station "LABREG" d'énergie électronique à KHANCHELA, on a essayé, par les

méthodes de PERT et CPM, de déterminer le processus de maintenance le plus efficace en matière d'économie des ressources et de maitriser le temps de projet d'une part, et d'autre part, d'assurer la continuation de production au moment d'opérer les travaux de maintenance.

Par le programme de (WINQSB), le technique de (CPM-PERT) nous a permet de calculer les temps d'avencement et les temps de retard des activités mécaniques, et de determiner le chemin critique qui réduit la période de maintenance par quatre jours dans le cas normale, et par deux jours en cas d'avance de certaines activités au chemin critique.

تمهيد

تعدّ شبكات الأعمال إحدى الأساليب الكمية في تحليل وتصميم النُّظم، وهي أسلوب علمي متطور في تخطيط ومراقبة تنفيذ المشروعات وتنظيمها على شكل شبكة تعكس التسسل الزمني والمنطقي لتنفيذ عمليات المشروع وأنشطته المترابطة، فهي تقدم للقائمين على المشاريع معلومات وافية عن ظروف سير العمل عند تنفيذها، والبدائل التي يمكن اتباعها لتجنب المشكلات والمعوقات أثناء مراحل التنفيذ، مما يسهم في اتضاح تفاصيل المشروع. فالتحليل الشبكي إذن هو الأداة التنظيمية التي يمكن من خلالها ضبط سير عملية تنفيذ الأعمال وفق البرنامج المخطط له، وتحديد الموارد المطلوبة وتوزيعها لتنفيذ المشروع.

يحتاج المشروع إلى أنشطة ومهام متنوعة ومتعددة، بعضها يمكن أداؤه منفردًا، والآخر يعتمد على غيره من الأنشطة، كما تحتاج عملية التنفيذ إلى مجموعة من الموارد، ونظرًا لمحدوديتها ووجود القيود الخاصة لاستغلالها وما تتطلبه من حسابات دقيقة للتكلفة والوقت، يتوجب اسخدام الأساليب العلمية - خاصة الكمية- في إدراة الموارد وإعادة تخصيصها لضمان الاستخدام الأمثل، وتحسين عمليات الأداء بتقليص وقت تنفيذ المشروع وبالتالي التكلفة.

يؤدي التخطيط الشبكي دورا فعالا في تحديد أهداف ومسارات العمل والبرامج في أية مؤسسة إنتاجية أو خدماتية بما يساهم في تحقيق أهدافها

وتقليل الفعاليات غير الضرورية لنشاطات المشروع، والحرص على تحقيق إنتاجية عالية من خلال استغلال العناصر الأساسية والحفاظ على وسائل الإنتاج.

ونظرا لما تتعرض له وسائل الإنتاج في المؤسسات الصناعية من مشاكل تعيق إنتاجيتها الناجمة عادة عن تأخير إجراءات الصيانة الوقائية أو انعدمها، بات من الضروري إعطاء الاهتمام الكافي لوظيفة الصيانة التي تهتم بتخطيط وبرمجة فعالياتها وإعداد معايير ثابتة للأداء وساعات العمل وتوفير الأدوات الاحتياطية، وتأهيل الكوادر البشرية بما يؤدي إلى تخفيض التكاليف، وتحسين الأداء وفقا للأسس العلمية.

مشكلة البحث: تعاني معظم المشاريع من تأخر في الإنجاز وفوضى في التنفيذ، ويعود ذلك إلى غياب عملية تخطيط وبرمجة زمن أنشطة المشروع لإنجازها وفق أسلوب علمي متطور، ويعد هذا الأمر أحد أهم الأسباب المؤثرة سلبًا على نجاح تسيير وإدارة موارد المشروع .

ويأتي التخطيط الشبكي كأسلوب فعال ضمن عملية تسيير موارد المشروع في الكشف عن الانحرافات واتخاذ الإجراءات التصحيحية في الوقت المناسب، ويهدف هذا الأسلوب العلمي إلى تنفيذ العمل بالجودة المطلوبة مع استخدام أقل قدر ممكن من الموارد المالية والمادية والبشرية.

وعلى هذا الأساس تم تحديد مشكلة البحث فيما يلي :

كيف يتم استخدام الأساليب الكمية في إدارة مشاريع الصيانة؟

ولمعالجة هذا المشكل قمنا بدراسة ميدانية على مستوى محطة لبرق لإنتاج الطاقة الكهربائية بخنشلة، ومن خلالها حاولنا إيجاد أنجع الحلول للقيام بأعمال الصيانة من أجل تحقيق الاستغلال الأمثل لموارد المشروع.

1- مفهوم الصيانة وأنوعها:

1-1 **تعريف الصيانة:** يُعرِّف معهد المقاييس الفرنسي الصيانة على أساس "أنها الوظيفة التي تقدم كل شيء ضروري لتجعل المعدات والآلات جاهزة للعمل في الوقت المناسب كمًا ونوعًا"[1]. مما يعني أنها فعالية

ضرورية لاستمرار العملية الإنتاجية والحفاظ على الفترة المثلى لعمل المعدات وأدائِها، كما أنها تعمل لرفع كفاءة المنظموة الإنتاجية.

وتُعرَّف أيضا بأنها "مجموعة من النظم الفنية التي تقوم بها إدارة الصيانة لتقليل الأعطال، وجعل الأصول في حالة تشغيلية جيدة أوإعادة تلك الحالة الجيدة لها عندما تتعطل"[2]، كما يوجد من يعرفها على أنها "إصلاح التلف الناتج عن الإستعمال وكذلك الوقاية من هذا التلف لتجنب وقوعه والمحافظة على القدرة لأداء العمل بشكل اقتصادي"[3]، وبازدياد الاستثمار في الموجودات وارتفاع تكاليفها وظهور معدات وخطوط إنتاجية ذات تقنية عالية، زاد الاهتمام بالصيانة، فقد طور مركز الصيانة الوطنية(National Maintenance Center) مفهوم الصيانة مُطلِقا عليها مصطلحا جديد عُرِف بالتيروتكنولوجي (Terotchndogy)، وهو "مزيج من التطبيقات الإدارية والمالية والهندسية التي تطبق على الموجودات المادية وتتعقب دورة حياتها الاقتصادية وتهتم بمواصفات وتصميم المصنع والمعدات والمباني للتأكد من إمكانية الإعتماد عليها وإجراء الصيانة اللازمة لها. فضلا عن الإهتمام بتركيبها والتأكد من صلاحية إستعمالها وإجراء التحويرات عليها وإستبدالها بالإعتماد على البيانات التي يحصل عليها بالتغذية العكسية من تصميمها وإنجازها وتكاليفها "[4]

ومن هنا يمكن القول إنّ الصيانة هي كافة الفعاليات الهندسية والفنية والإدارية والمالية التي تضمن استمرار العملية الإنتاجية دون توقفها غير المتوقع، وتساهم في رفع قيمة المؤسسة من خلال تقديم منتجات ترضي حاجيات زبائنها في الوقت المحدد وبتكلفة مناسبة.

2-1 أهداف الصيانة: الهدف الرئيسي من الصيانة هو الحصول على أقصى طاقة للمعدات وتأمين ظروف عمل آمنة للعاملين في البيئة الصناعية[5] إضافة إلى مجموعة أهداف أخرى تتمثل في ما يلي:

أ- الوصول إلى إنتاج الكميات المبرمجة: برمجة الكميات المتوقع إنتاجها يجب أن تكون مدروسة من طرف فرعي الصيانة والإنتاج وهذا لتحديد

فترات توقف الإنتاج لإجراء عمليات الصيانة، والقيام بعمليات الكشف الدوري والمستمر لآلات المصانع تفاديا لحدوث الأعطال، وهذا كله لتلبية الطلبات المقدمة والمتعاقد عليها بما يساهم في الحفاظ على سمعة المؤسسة(6)

ب- **تقليص فترات الأعمال:** ويكون هذا عن طريق الفحص الدوري وتغيير القطع المتآكلة، وكذا القيام بباقي العمليات الفنية كالتزييت والتشحيم والعمل على تخفيض فترات توقف التجهيزات إلى أقل حد ممكن.

جـ - إحترام الأهداف الأمنية لشروط العمل والأمن: لضمان سلامة الأفراد الذين يستخدمون هذه التجهيزات، يجب توفير ظروف عمل مساعدة وإمكانيات فنية تساهم في تجنب الأخطار والحوادث المهنية.

د - تقليل عدد الأجزاء الإحتياطية المطلوب تخزينها: من خلال ضمان التحكم في مخزون الأمان لقطع الغيار (سريعة، متوسطة وبطيئة الإهتلاك)، التي تحُول دون تعطل العملية الإنتاجية وإرتفاع تكلفة التخزين نتيجة لكبر حجم الأجزاء الإحتياطية المحتفظ بها.

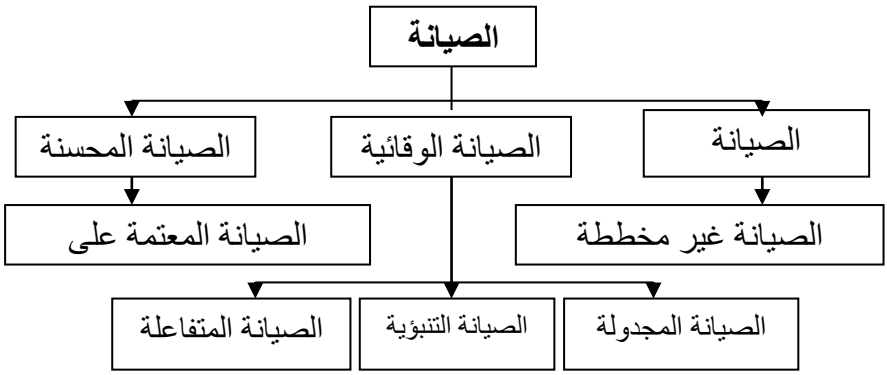
هـ - المحافظة على جودة الإنتاج: تتطلب الجودة من القائمين على العملية الإنتاجية ومسئولي الصيانة تجنب كل الأعطال، كأخطاء التحكم في الآلة أوعدم مطابقة المدخلات وهو ما يؤثر سلبًا علي جودة المخرجات بالضرورة، ومنه لابد من التحديد وبدقة إلى أي مدى يمكن تقبل الأخطاء وإزالتها بتدخل سـريع(7)

و- إحترام أجال الإنتاج: وتخص آجال الإنتاج وآجال تدخلات الصيانة الوقائية فالبرامج والجدولة الزمنية تكون موضوعة بالتنسيق بين قسم الإنتاج وقسم الصيانة، وهو ما يلزم إحترام مواعيد التدخلات المتفق عليها بتقليل الوقت المفقود نتيجة الأعطال، التي تتسبب في خسارة إقتصادية للعملية الإنتاجية نتيجة لتوقف الإنتاج وتكاليف إعادة التشغيل(8).

ز- **البحث عن التكلفة المثالية:** إن الأهداف السابقة لا تتطلب كفاءة تقنية فحسب بل يجب أن يعمل القائمون على الصيانة بحساب تكاليفها بدقة قبل الشروع في التنفيذ، بالإضافة إلى الأخذ بعين الاعتبار الوقت الضائع من الإنتاج الناجم عن أعمال الصيانة، وزيادة العمر الافتراضي للآلات وبالتالي الحصول على عائد إقتصادي أكثر جدوى، مع القيام بالتعديلات التي من شأنها زيادة العمر الافتراضي للآلة وتحسين معدل الإنتاج والتقليل من تكلفة الصيانة[9]

1-3 أنواع الصيانة: هناك العديد من التصنيفات للصيانة في الأدبيات والبحوث منها ذلك الذي قدمهMobley"Keith "حيث صنفها إلى ثلاثة أصناف رئيسية كما هو مبين في الشكل رقم (01).

الشكل رقم (01) أنواع الصيانة



المصدر: من إعداد الباحث

أ- **الصيانة الوقائية:** إنّ الأساس الذي تنطلق منه عملية الصيانة الوقائية هو التفكير المسبق والاستعداد للحالات الطارئة قبل وقوعها أي أنها" تقوم على التخطيط السليم لمنع حالات التوقف المفاجئ في المعدات وذلك عن طريق وضع برنامج محدد للقيام بصفة دورية بتنظيف وخدمة جميع الأجهزة وفحصها والتفتيش عليها وإحلال الأجزاء المتآكلة بأجزاء أخرى جديدة[10].

وتتميزالصيانة الوقائية بأنها أقصر مدة وأقل تكلفة غالبا من الصيانة التصحيحة. ومن الأمثلة المعتادة للصيانة الوقائية تنظيف واستبدال الفلاتر وتغيير الزيوت والتشحيم وُوجد أن لها أثراً إيجابياً على العمر الافتراضي للمعدات وتمنع تعطل الأجزاء الحرجة والثمينة في الآلات. وتتم جدولة الصيانة الوقائية عادة بشكل دوري بناء على الوقت مثلاً كل شهرين أو بناء على زمن تشغيل الآلة مثلاً كل خمسة آلاف ساعة عمل [11] وتقسم الصيانة الوقائية إلى الأقسام الثلاثة الآتية:

- **الصيانة المتفاعلة:** لهذه الصيانة أهمية كبيرة لاستمرار أداء المعدات بشكل جيد ويتمثل ذلك بفحص العامل لها بحواسه البصرية والسمعية أو الأجهزة الخاصة بالصيانة وتحديد البداية الممكنة للأعطال[12]
- **الصيانة التنبؤية:** تعتمد الصيانة التنبؤية على مبدأ "مراقبة الحالة " للآلات والمعدات من أجل التنبؤ بنوع وميعاد العطل قبل حدوثه مما يترتب عليه توفير المال أكثر من أى نوع من أنواع الصيانة الأخرى لأن الإصلاحات تتم فقط عند الحاجة "قبل حدوث العطل" بالإضافة إلى أنها تكون مخططة ومدروسة وتحت السيطرة،[13] ويتم ذلك باستخدام عدة تقنيات من أهمها:

- قياس الاهتزازات الميكانيكية وتحليلها" Vibration Measurements and Analysis" أهم تقنيات الصيانة التنبؤية
- الفحص البصري"Visual Inspection"
- الأشعة فوق الصوتية"Ultrasonic Testing"
- الأشعة تحت الحمراء"Infrared Thermography"

- **الصيانة المجدولة:** هي الصيانة التي تُجرى بناء على جدول زمني موضوع سلفا وواجبات محددة يتم تنفيذها طبقا لهذا الجدول.[14] كما تهدف إلى ضمان عمل المعدات والآلات بصورة جيدة وتلافي حدوث الأضرار والسلبيات مستقبلا. وهو نشاط ضروري وحيوي ؛ لكن ما نراه هو طول الفترات التي يتم القيام بها علاوة على أن الإنتاج يتأثر بها.

ب - الصيانة العلاجية: ويقصد بهذا النوع من الصيانة عمل الإصلاحات اللازمة للمعدات حين توقفها عن العمل لأسباب فنية كحدوث كسر أوتآكل في أحد أوبعض أجزائها، فمهما كانت الصيانة الوقائية دقيقة ومنظمة فلابد أن يحدث عطل للمعدات إما عاجلا أو آجلا، لذلك لابد من توفر الإمكانيات اللازمة لإصلاح العطل في لحظة حدوثة حتى لا يتوقف الإنتاج[15] إذا تهدف الصيانة العلاجية لإصلاح فشل أو خلل معين في جزء من الآلة فور ظهوره بما يكفل إعادة الآلة للتشغيل بعد توقفها أو إعادتها للعمل بمعدلها المطلوب، ويتم فيها:

- تغير الأجزاء التالفة أو الأجزاء التي إنتهى عمرها الافتراضي .
- إجراء عمليات الإصلاح على بعض الأجزاء بهدف إعادة إستعمالها مرة أخرى
- إجراء عمليات الضبط والمعايرة لبعض أجزاء الآلة التي تحتاج إلى ذلك

إنّ الفرق الأساسي بين الصيانة العلاجية والوقائية هو حدوث العطل بشكل مفاجئ قبل فعالية الصيانة العلاجية، في حين أن الصيانة الوقائية تمنع حدوث المشكلة أو العطل.

جـ - الصيانة المرتكزة على المعولية: إن الصيانة المرتكزة على المعولية لاتعتبر أسلوب صيانة جديد وإنما هي نهج منظم يعمل غلى تحسين بنية وشكل نظام الصيانة الوقائية وجعلها خطة مثلى تعمل على تدنية الأخطار الناتجة عن تعطل الآلات إلى أقص حد، وذلك بالتركيز على زيادة معولية المعدات من خلال الأخذ بعين الاعتبار برامج الموثوقية (المعولية) فهي تتطلب المعرفة الجيدة بالمعدات والأعطال التي تحدث لها[16].

تهدف الصيانة المرتكزة على المعولية إلى:[17]

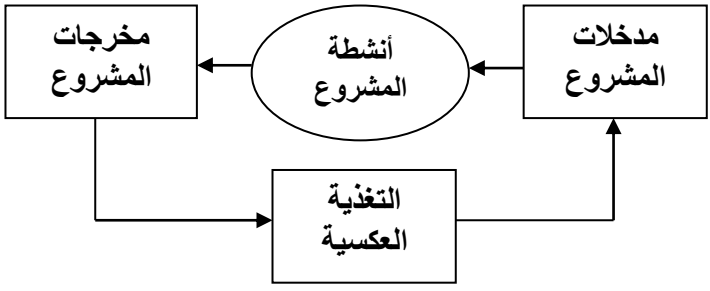
- تحسين وتوفير المعدات التي تعتبر حرجة بما لها من تأثير على السلامة والجودة فس سير العملا.
- الحد من الأعطال الفنية من خلال تنفيذ خطة الصيانة الوقائية؛

- تقليص تكاليف الصيانة ومراقبتها بغية التحكم بها ضمن أدني الحدود ؛

2- إدارة موارد المشروع:

2-1 تعريف المشروع: هناك تعاريف عدّة لمصطلح "المشروع" تنطلق من مقاربات متباينة، وتعتمد على منطلقات متمايزة، وتتأسس على منظورات فلسفية ومعرفية مختلفة. فقد عرف المعهد الأمريكي لإدارة المشاريع المشروع على أنه سعي مؤقت لإجاد منتج منفرد [18] أما جمعية إدارة المشاريع البريطانية فقد عرفت المشروع على أنه مجموعة من الأنشطة المترابطة غير الروتينية لها بدايات ونهايات زمنية محددة يتم تنفيذها من قبل شخص أو منظمة لتحقيق أداء وهدف محدد في إطار معايير الكلفة والزمن والجودة. [19] ويمكن تعريف المشروع أيضا على أنه " مجموعة متكاملة من الأنشطة التي تستهلك موارد محددة، ينتظر منها مداخيل وعوائد أخرى نقدية وغير نقدية "[20]

إذا المشروع في أبسط معانيه هو" عملية أو نشاط مقيد بفترة زمنية، أي له تاريخ بداية وله تاريخ نهاية، يتم القيام به من أجل تقديم منتج أو خدمة ما بهدف تحقيق تغير مفيد أو إيجاد قيمة مضافة، في ظل ميزانية محددة ". انطلاقا من التعاريف السابقة يمكن النظر إلى المشروع كنظام مثلما **يوضحه الشكل رقم (02)**



المصدر: ماجدة العطية، إدارة المشروعات الصغيرة، دار الميسرة للنشر، عمان، الأردن، ط01، 2004، ص14.

أ - مدخلات المشروع : وهي سلسلة الدراسات اللازمة للتوصل إلى ثبوت صلاحية المشروع، إضافة إلى الوسائل المادية والبشرية اللازمة لتنفيذ وتحقيق أهداف المشروع .

ب - أنشطة المشروع : وتتمثل في إعداد الترتيبات القانونية ومنح المشروع شخصية اعتبارية وفنية، كإعداد تصاميم المنتجات والجداول الزمنية التي تبين وقت ومراحل فعاليات المشروع، بالإضافة إلى تشييد المنشآت اللازمة للقيام بالأعمال الإدارية المختلفة للمشروع .

جـ - مخرجات المشروع: وهي النتيجة النهائية للمشروع، وهذا بناءًا على ما تم إنجازه في كل مرحلة وفقا لأهداف المشروع والخطط المرسومة له، حيث يمكن أن تكون مباني، تجهيزات أو هياكل أخرى.[21]

د - التغذية العكسية: تتم من خلال المراقبة المتزامنة على كل أنشطة المشروع، ابتداء من ظهوره كفكرة للدراسة، وصولا إلى تحقيق أهدافه، وبالتالي فإن التغذية العكسية كعملية الغرض منها تحديد الانحرافات وتصحيحها ليبقى المشروع على المسار المرسوم له[22].

2-2 إدارة المشروع: يتساءل الكثيرون عن المقصود بإدارة المشاريع، والإجابة هي أن إدارة المشروع تتكون من كلمتين (الإدارة-المشاريع)، أما الإدارة فتُعرَّف بأنها عملية تحقيق الأهداف من خلال القيام بأعمال الإدارة من تخطيط وتنظيم وتوجيه ورقابة[23]، أما المشروع فهو عملية مؤقتة لتنفيذ مجموعة من الأنشطة المنظمة لتحقيق هدف معين في فترة زمنية معينة وباستخدام موارد متنوعة.

وقد عرف المعهد الأمريكي إدارة المشروعات "على أنها مجموعة من النشطات المنظمة والموجهة نحو توظيف أمثل، واستغلال أفضل للموارد المتاحة، من أجل تحقيق أهداف المشروع، بالاعتماد على شتى طرق وأساليب الكفاية والفاعلية ضمن مجموعة محددة من القيود"[24].إذا تعمل إدارة المشاريع على تحقيق التكامل والتناسق بين الموارد المتاحة والوظائف

بغرض تحقيق الاستغلال الأمثل للموارد المالية والبشيرة والمادية للمشروع.

وتتطلب إدارة المشروع ممارسة الوظائف الإدارية التالية:

أ- التخطيط للمشروع: هو أول وظيفة من وظائف إدارة المشروع ويتم من خلاله تحديد الأهداف ثم وضع الخطط والبدائل التي تمكننا من الوصول إلى تلك الأهداف، وتتصف عملية التخطيط بأنها عملية ذهنية تحليلية تتضمن مجموعة من الأنشطة الفكرية والنظرية التي تتطلب مستوى من المهارات الفكرية، لآن التخطيط للمشروع كما نعلم هو التدبير المسبق الذي يحدد مسار المنظمة في المستقبل ؛[25]

وعندما يقوم المعنيون بالتخطيط في المشاريع بإعداد خطة المشروع فإنه من المفيد الانتباه إلى الأمور التالية:

- إن الغاية الأساسية من عملية التخطيط هي تأسيس مجموعة من التوجهات المكتوبة بالتفصيل تمكن فريق عمل المشروع من فهم ومعرفة ما الذي يجب أن يتم عمله؟ ومتى يجب أن يتم عمله؟ وماهي الموارد اللازمة لذلك؟ ومتى تحتاج الموارد؟ وماهو مدى توفرها؟ وماهي كلفتها؟
- إن التخطيط هو وسيلة للوصول للأهداف وليس غاية في حد ذاته، وعليه فإن مهمة التخطيط هي الوصول إلى أهداف المشروع في الوقت والكلفة والجودة التي ترضي الزبون وتجعله يقبل بالمشروع ؛
- إن أحد وظائف التخطيط للمشروع هو التنبؤ بالمخاطر التي يحتمل أن تواجه المشروع وتعيق الوصول إلى أهدافه، ووضع الإستراتيجيات والخطط التي تساعد المشروع في تجنب هذه المخاطر أو معالجتها عند حدوثها.

أ- تنظيم المشروع: يقصد به تصميم البناء التنظيمي الداخلي للمشروع عن طريق توزيع الوجبات والمسؤوليات والسلطات على العاملين في المشروع، وتحديد القواعد والأصول وإجراءات العمل الرسمية

المتبعة في تنفيذ الوجبات والأدوار بما يضمن تحقيق التناسق بين القوى العاملة والموارد المتاحة ويعمل على تنفيذ الخطة بكفاية عالية.[26]

وهناك من اختصر تعريفه لتنظيم المشروع على أنه "تقسيم العمل والتنسيق بين النشاطات"[27] إذن باختلاف التعريفات التي أوردها المفكرون إلا أنها تشترك في أهم النقاط:

- يرتبط التنظيم في المشروع بوجود هدف أو أهداف واضحة وهي سبب وجوده
- يستند التنظيم إلى تحديد واضح للعلاقات والسلطات من أجل تحقيق الهداف بكفاء عالية
- يستند التنظيم على مجموعة من الأفراد مؤهلين ومدربين لديهم الرغبة في توجيه جهودهم نحو الأهداف المسطرة.

جـ - موازنة المشروع: هي عملية تقدير تكلفة المشروع Project Cost عن طريق تحديد الموارد اللازمة لتنفيذ كافة أنشطة المشروع، مع تقدير التكلفة المتوقعة لهذه الموارد ووقت إستخدمها، بحيث ينتج عن ذلك تحديد الكلفة التقدرية للمشروع شاملة كافة أنشطة وفعالياته من لحظة المباشرة حتى لحظة الانتهاء.

إن إعداد الموازنة التقديرية يعتمد على خطوات لابد من إتباعها للوصول إلى موازنة أكثر الدقة:[28]

- التنبؤ بالموارد اللازمة لتنفيذ المشروع.
- التنبؤ بالوقت الذي تحتاج فيه هذه الموارد.
- التنبؤ بكلفة هذه الموارد ووقت استخدمها.

د - توجيه المشروع: تشمل وظيفة التوجيه مجموعة من الوظائف الفرعية هي: القيادة والإشراف والإتصال والتحفيز، ولا تقتصر هذه الوظيفة على إصدار الأوامر والتعليمات فقط من خلال الوحدات التنظيمية، ولكن تهتم أيضا بإشراك العاملين في صنع القرارات وبقوبل الأوامر والتعليمات؛[29]

هـ - مراقبة المشروع: الرقابة هي مجموعة الأعمال والأنشطة التي تتعلق بمتابعة وتنفيذ المشروع، وتحليل الأرقام المسجلة للتعرف على مدلولاتها، ثم إتخاذ مايلزم من إجراءات لتحقيق الأهداف، ومعالجة أي قصور في تحقيق هذه الأهداف، فوظيفة الرقابة تتلخص في التأكد من أن مايتم أو ماتم من عمل مطابق لما أريد إتمامه. (30)

تبدأ عملية الرقابة بالتجميع المنتظم للبيانات وتدوينها وإعداد التقارير عن الأداء الفعلي للأنشطة المختلفة، وهذا الجزء يسمى مراقبة الأنشطة وهو يختلف عن الرقابة حيث أن المراقبة هي جزء من عملية الرقابة والتي تكون أشْمل لأنها تتضمن قياس الأداء الفعلي ومقارنته بالمعايير الموضوعية المحددة مسبقا وبعد ذلك القيام بإجراء التحسين ؛

2-3 موارد المشروع: تعد الموارد العصب الأساسي لتنفيذ أي مشروع، وتختلف الحاجة إلي هاته الموارد حسب حجم ومدة تنفيذ المشروع. ويشكل الحصول عليها أحد أبرز التحديات التي لابد من التغلب عليها لكي يتم تنفيذ المشروع بنجاح. وتتمثل هذه الموارد بصفة أساسية في الموارد البشرية والمالية والمادية والتي يجب توفيرها بما يتماشى ونشاط المنظمة.

أ- الموارد البشرية: يعتبر العنصر البشري من أهم موارد المشاريع على الإطلاق، فالأفراد هم أصحاب الإبتكارات والإختراعات، كما أنهم يصممون وينتجون السلع والخدمات، ويراقبون جودة الإنتاج ويسوقون المنتجات، وأيضا يديرون الموارد المالية،(31) أي يشكلون فريق العمل في المشروع وبدون الموارد البشرية يتعثر المشروع وقد يتأخر عن مدته الزمنية اللازمة لتنفيذه، كما تتطلب الموارد البشرية مميزات خاصة تتناسب مع طبيعة وخصائص المشروع. (32)

ب- الموارد المالية: تعتبر الضمان شبه المؤكد لتنفيذ المشاريع، وتؤدي دورًا فعالاً في تحقيق أهداف المشروع. إذ أن التأخر في تمويل المشاريع

يرافقه إنعكاسات سلبية في العملية التشغيلية للمشروع وخاصة فيما يعود لتوقيت الإلتزام بتسليم المشروع.

جـ - الموارد المادية: وتشمل هذه الموارد على كل من المعدات، والتجهيزات، والموارد الأولية الضرورية للعملية الإنتاجية. وغيرها من الموارد التي تعمل على تحويل الموارد الطبيعة إلي سلع وخدمات، وكذلك تحويل الموارد التشغيلية الضامنة لتنفيذ نشاطات المشروع، وبقدر ما تكون هذه الموارد متوفرة وبقدر ما يتولى تشغيلها العمال المهرة، بقدر ما تحقق الغاية الكامنة وراء إستخدامها، وفي مقدمتها تنفيذ المشروع بالمواصفات المطلوبة.[33]

د - الموارد المعلوماتية: تعتبر من الموارد المحركة فعلاً للمشاريع، إذ أن أصل المشروع فكرة أو معلومة تتطلب التضحية بقدر معين من الموارد للوصول إلى الهدف الذي يسمى فيما بعد "هدف المشروع" كما تعتبر المعلومات في ظل إقتصاد المعرفة عصب الإقتصاد وبنفس المنظور هي عصب المشاريع.[34]

هـ- المورد الزمني: يعد من أهم موارد في المشروعات، وإغفال العامل الزمني لنشاطات المشروع قد يبدل أولويات النشاطات ويؤخر في تنفيذ المشروع، وهذا يخلق مشاكل في صفوف العاملين والمسيرين الحريصين على إنهاء المشروع في لإطار الزمني المبرمج.[35]

تعتبر مسألة توزيع موارد المشروع من الإهتمامات الرئيسية لأي مسيّر، ومن أجل بلوغ مستوى إنتاجي أو تركيبي محدد يسعى المسيرين إلى تحقيق الإستغلال الأمثل للموارد المتاحة عند توزيعها على الوحدات والأقسام الإدارية. ومن حق مسيري المشروع أن يعرف بالتحديد المستوى الإنتاجي والتركيبي المطلوب قبل المباشرة بتوظيف وإستخدام هذه الموارد لصالح المشروع.

3- الأساليب الكمية (شبكات الأعمال):

3-1 ماهية شبكات الأعمال: مع ظهور المشاريع الكبيرة والمعقدة ظهرت حاجة ملحة لإبتكار أسلوب جديد للمخططات تميز بإعطائه صورة كاملة عن فعاليات الصيانة، يحدد علاقة التتابع والأسبقية، ويحدد أيضا الزمن الذي يتطلبه إنجاز مجموعة من العمليات المترابطة والمتشابكة، وبذلك يمكن التوصل لجدولة دقيقة لوقت بداية ونهاية كل نشاط وتحديد أقل الطرق تكلفة لإنجاز المشروع.

يطلق مصطلح شبكات الأعمال على مجموعة من الأساليب التي تطورت لتقدم للإدارة كأداة مساعدة في عملية التخطيط والتنظيم والتوجيه والرقابة على موارد المشروعات بمختلف أنوعها، حيث يعتمد هذا الأسلوب على توضيح العلاقة المتداخلة للأعمال أو الأنشطة المختلفة التي تكون المشروع الكلي مع التحديد الواضح للأنشطة الحرجة في المشروع. (36)

يعتبر إستخدام التخطيط الشبكي أسلوبا علميا متطورًا في التخطيط ومراقبة تنفيذ المشروعات وتنظيمها في شكل يعكس التسلسل الزمني والمنطقي لتنفيذ عمليات المشروع وأنشطته المترابط فيما بينها، كما تعد الأداة التنظيمية التي يمكن من خلالها ضبط سير عملية تنفيذ الأعمال وفق البرامج المخطط لها وتحديد الموارد اللازمة وتوقيتها.

ويتكون المخطط الشبكي من العناصر التالية: الحدث – النشاط – النشاط الوهمي- الوقت المتوقع لاستمرارية النشاط وهناك أسلوبين للمخططات الشبكية هما أسلوب المسار الحرج(CPM) وأسلوب مراجعة وتقييم المشاريع (PERT).

3-2 التطور التاريخي لشبكات الأعمال: (37) ظهرت بعد الحرب العالمية الثانية الحاجة لوجود طريقة علمية وعملية لحل مشاكل التخطيط والرقابة في المشاريع الكبيرة، فنشط الباحثون في إيجاد طرق ذات كفاءة عالية تقوم على أسس كمية، ومن هؤلاء الباحثين فريقان

من المستشارين عملا في الولايات المتحدة الأمريكية، وفريق ثالث عمل في المملكة المتحدة. ففي الولايات المتحدة عمل فريق من المستشارين بالتعاون مع شركة "دي بونت" (Dupont) للصناعة الكيماوية وشركة "رمنجتون راند" (Univac Division of Remington Ran) للأدمغة الإلكترونية على تطوير أسلوب للتخطيط وإدارة عمليات الصيانة في شركة دي بونت، وذلك في الفترة من 1945 حتى عام 1959.

وقد طور هذا الفريق أسلوبا سمي التخطيط والجدولة بالمسار الحرج (CriticlPath Planning and Scheduling-CPPS)، والذي عرف في ما بعد بطريقة المسار الحرج CriticalPath (Method-CPM) حيث تم إستخدامه في تخفيض الوقت اللازم للصيانة في شركة دي بونت إلى الحد الأدنى.

أما الفريق الثاني فقد عمل في الفترة من عام 1954 حتى عام1958 بالتعاون مع سلاح البحرية الأمريكية مع شركة لوكهيد (Lockhead) في مشروع تصميم وتطوير صواريخ بولا ريس (Polaris) الحاملة للأسلحة النووية متعددة الرؤوس، حيث طوروا أسلوباً سّمي طريقة تقييم ومتابعة المشاريع (Program Evaluation and ReviewTechni- PERT).

أما الفريق الثالث فقد عمل في المملكة المتحدة في قسم بحوث العمليات في سلطة الكهرباء المركزية، وقد طّور طريقة –لم يتم نشرها- عرفت باسم أطول مسار غير قابل للاختصار، (The Longestlrre ducible Sequence of Events)، والذي عرف فيما بعد بالتتابع الرئيسي، وقد أدى تطبيق هذه الطرقة إلى الحصول على نتائج جيدة في الفترة من عام 1958 حتى عام 1960.

3-3 أسلوب المسار الحرج (CPM): والذي يرمز للحروف الأولى من المصطلح الإنجليزي "Gritrcal Path Method"، ولقد ظهر هذا الأسلوب على يد "J.EKelly" في شركة "Remington-Rand" و"M.R Walker" في شركة "Dupont".[38] ولقد استخدم أسلوب (CPM) لجدولة ورقابة على المشروعات الصناعية، وتعتبر طريقة المسار الحرج إمتدادا للتطورات والتوسعات

التي أجريت على الأساليب السابقة، مثل مخططات"Charte Gantt"،ويعرف على أنه وسيلة لتحليل المشاريع وتحديد المدة الزمنية اللازمة لتنفيذ هذا المشروع، ويعتمد تحديد المسار الحرج على الأنشطة المكونة لشبكة الأعمال، إن معرفة المسار الحرج يسمح لنا بإدارة المشاريع والتحكم في مدته الزمنية والموارد المالية والبشرية. كما يعتبر زمن الأنشطة في أسلوب (CPM) معلوما أي قابل للتحديد وهي شائعة الإستخدام في المشاريع المتكررة.[39]

ومن مزايا أسلوب المسار الحرج هو إمكانية تحديد العنصرين الأساسيين في التخطيط وهما التسلسل المنطقي للفعاليات الداخلية في المشروع وفي نفس الوقت برمجة المدة الزمنية التي ستنفذ بها الفعاليات. كما أنه يوضح العلاقات المتداخلة بين الفعاليات وينظم طرق توصيل الخطط للآخرين لغرض تحديد المتطلبات من الموارد المالية والبشرية للمشروع.

3-4-أسلوب تقويم ومراجعة البرامج (PERT): وهي إختصار للحروف الأولى من المصطلح الإنجليزي (Program Evaluation and Review Technique). تم تطويرها من طرف البحرية الأمريكية، ولقد أستحدثت هذه الطريقة في الأصل لمتابعة تقدم العمل وليس إعداد خطة العمل، ولكنها تطورت حسب متطلبات التخطيط وأصبحت تستعمل في وضع خطط المشروعات[40]. وتستعمل طريقة بيرت في أعمال التصميم والتطوير والصيانة...

مكنت هذه التقنية من إدارة موارد المشروعات الضخمة والمعقدة بتوظيف ثلاثة تقديرات زمنية لكل نشاط هي: الزمن المتشائم، الزمن المتفائل، الزمن الأكثر إحتمالاً. حيث يقدر الزمن اللازم لتنفيذ النشاط بطريقة إحتمالية، وذلك بالإعتماد على توزيع بيتا الإحتمالي، لأن تقديرات هذ التوزيع تتمتع بمعيار جودة التقديرات الإحصائية أكثر من غيرها من التوزيعات، وذلك حسب نتائج البحث المقدم من قبل العالم Vanslyke حول أثر تغيير التوزيع الإحتمالي على زمن المشروع.[41]

3-5 يعد خط التوازن LOB: Line of Balance أسلوباً آخر مستخدماً في تخطيط الإنتاج، قدم من قبل مكتب القوات المسلحة الأمريكية U.S.Army عام 1952، وطوّر في البحرية الأمركية U.S.NAVY عام 1958، ومن ثم طوره العالم E.Trimble عام 1968، وأصبح يهدف إلى حساب الموارد المطلوبة لكل مرحلة من مراحل الإنتاج. ثم تم التمكن عام 1962 من إستخدام البرمجة الخطية لحل مسائل جدولة المشروع، والتي ظهرت على يد كل من Charnes & Cooper .[42]

كما تم في العام نفسه وضع وتصميم نظام تكلفة بيرت PERT/Cost نتيجة لتضامن الهيئة الوطنية لإدارة أبحاث الملاحة الجوية والفضاء NASA ودائرة الدفاع، حيث حدد نظامPERT/COST خطوات الرقابة على تكلفة تنفيذ المشروع .

4- الحالة التطبيقية- صيانة محطة لبرق لتوليد الطاقة الكهربائية بولاية – خنشلة -

4-1 محطة لبرق لتوليد الطاقة الكهربائية: دخلت محطة توليد الكهرباء الجاري إنجازها بمنطقة جنوب ولاية خنشلة حيز الخدمة الفعلية على ثلاثة مراحل بداية من أفريل 2014 حسب تصريحات مديرية الطاقة والمناجم، وتسهم هذه المحطة في تنمية وترقية السقي الفلاحي وإيصال الإنارة إلى هذه المنطقة التي تجري بها عمليات إستصلاح واسعة للأراضي الفلاحية، لاسيما المساحات الجديدة المبرمجة في إطار الإمتياز الفلاحي الذي سيستفيد منه الشباب البطال، وتقدر طاقة توليد الكهرباء بهذه المحطة (التي يتوقع أن تدخل حيز الخدمة الفعلية على ثلاثة مراحل بداية من أفريل 2014) بقدرة إنتاجية تعادل 420 ميغاواط عن طريق استعمال الوقود والغاز.

وحسب نفس المصدر الذي أشار إلى أن نسبة وتيرة الأشغال الكبرى الخاصة بالهندسة المدنية بالمحطة قد تجاوزت 78 % بالشراكة مع مؤسسة

أجنبية من إيطاليا، وقد سُجل هذا المشروع الذي رصد له مبلغ 5 مليار و700 مليون دينار والجاري إنجازه على مساحة 18 هكتار بمنطقة لبرق ضمن البرنامج الحكومي الهادف إلى تنمية منطقة الصحراء بالولاية من خلال وضع شبكة تجهيزات للاعتناء بالبنية التحتية، على غرار تعبيد الطرقات وإيصال خطوط الكهرباء وحفر الآبار العميقة وتوفيرمرافق خدماتية متنوعة ومنشآت إدارية وتربوية وصحية، وتوفير زهاء 500 منصب شغل دائم من الأيدي العاملة.

وستعمل هذه المنشأة الكهربائية التي انطلقت أشغال إنجازها في سبتمبر 2011 على تقوية ورفع طاقة التوليد الكهربائي الذي ستستفيد منه بعض الجهات بولايتي بسكرة وتبسة المحاذيتين لخنشلة وفق خطة مدروسة باعتبار توسط منطقة لبرق للعديد من المحطات الفلاحية، وقربها من الطريقين المعبدين نحو قريتي الميتة عند حدود ولاية الوادي وزريبة حامد بولاية بسكرة، وأشارت مديرية الطاقة والمناجم من جهة أخرى إلى مشروع يخص إنجاز محطة كهربائية بقوة 1600 ميغواط ببلدية الرميلة ومركز لتخزين الوقود بسعة 200 ألف متر مكعب بمنطقة لبرق ومحطة على وشك الإستلام بطاقة 60 كيلوفولت التي ستعمل على القضاء على الإنقطاعات الكهربائية عبر بلديات شمال الولاية.

وتعد محطة لبرق أحد محطات إنتاج الطاقة الكهربائية التي تمثل أكبر عناصر منظومة توليد الكهرباء، وبناء على ذلك فإن تَخْفِيض توقفاتها المبرمجة وغير المبرمجة يؤدي إلى رفع إنتاجية المنظومة بشكل كامل. وتتضمن المحطة ثلاثة توربينات غازية لإنتاج الطاقة الكهرابائية مع ملحقاتها.

2-4 إستعمالات التوربينات الغازي: يوجد في الدول الصناعية ما يقارب (85) مصنعاً لإنتاج(500) نموذجاً من التوربين الغازي الذي تتراوح قوته الحصانية صعوداً إلى (HP100000). وقد لاقت التوربينات نجاحاً واسعاً في صناعة الطيران المدني والعسكري كونها تستوعب ثلثي

التوربينات الغازية والتي يزداد إنتاجها بمعدل (30٪-50٪) سنوياً، وهو معدل يدل على نمو سريع في استعمالات التوربين المتنوعة وفيما يلي سا نستعرض أهم إستخدمات التروبين وأجزائه الرائيسية:

أ- إستخدمات توربينات:

توليد الطاقة الكهربائية:- إن أكثر من ثلثي التوربينات الصناعية المنتجة في العالم تستخدم لتوليد الطاقة الكهربائية، وتستعمل هذه المولدات الكهربائية لتلبية الزيادة الآنية أو حمل الذروة (Peak Load) التي تحصل في فترة معينة من النهار مدة ساعات فقط، وذلك لسرعة تشغيل التوربين وتحميله خلال عدة دقائق، الأمر الذي لا يمكن تحقيقهُ مع معدات أخرى، كما يمكن وضعها في أماكن نائية وتشغيلها بواسطة السيطرة بعيدة المدى،

كذلك تستخدم التوربينات الغازية كمولدات طاقة أساسية عندما تكون هناك حاجة لتوليد هذه الطاقة، حيث يمكن تشغيلها وربطها بالشبكة القطرية (المركزية) بسرعة لتعويضها عن توقف أحد المولدات الأساسية، وتستخدم التوربينات أيضًا كمولدات للكهرباء عندما يكون وقودها متوفراً بأسعار رخيصة كالغاز الطبيعي مثل ماهو في الأقطار العربية المنتجة للنفط أو الغاز .

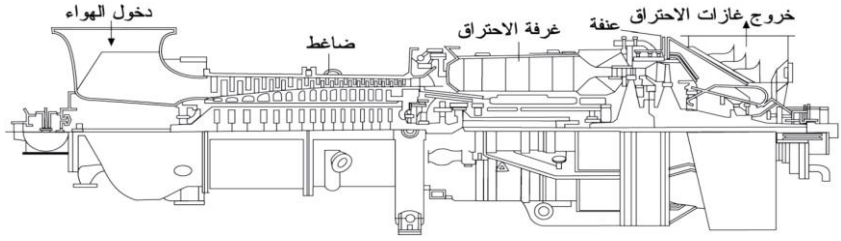
- **نقل الغاز عبر شبكات الأنابيب:** تَستخدم صناعة كابسات الغاز عن طريق التوربينات حوالي سدس التوربينات الصناعية ذات القدرة العالية نحو(30000 HP)، ويعد هذا الاستخدام الأفضل في هذا المجال ، نظرا لتوفر الوقود في حقول الغاز الطبيعي .

- **نقل النفط الخام عبر شبكات الأنابيب** :يزداد استخدام التوربينات الغازية في هذا المجال بسبب تغير سرعتها وسهولة استخدام الغاز الطبيعي كوقود رخيص ومتوفر في حقول النفط، مما يزيد أو يقلل من كميات الضخ حسب الطلب .

ب- أجزاء التوربين الغازي الرئيسية: يتكون التوربين من ثلاثة أجزاء رئيسية:

- ضاغط الهواء"The Air Combustion": يبدأ التوربين الغازي عمله في الضاغطة باعتبارها أول أجزاء التوربين، والتي يتم فيها ضغط الهواء الموجود في الجو.
- غرفة الاحتراق"The Combustion Chamber": تعد غرفة الاحتراق ثاني أجزاء التوربين الغازي، ويتم فيها إضافة الطاقة إلى الهواء المضغوط عن طريق رش الوقود، وبعد هذه العملية يتم إشعال المزيج، فيتولد هواء بدرجة حرارة مرتفعة وضغط مرتفع وسرعة عالية ، ليدخل هذا الهواء المضغوط في الجزء الثالث من التوربين.
- التوربين الغازي"The Turbine": تنتقل الطاقة من الهواء المضغوط الموجود في الضاغطة إلى التوربين، فيخرج منه الهواء بضغط أقل، ويكون العمود الذي يقوم التوربين بتدويره مرتبطا بالجهاز المراد تحريكه وبالضاغطة التي تأخذ الطاقة اللازمة لضغط الهواء الداخل إلى التوربين الغازي، ويكون الجزء المراد تشغيله متصلا عن طريق علبة من التروس من أجل خفض سرعة دورانه العالية كما هو موضح في الشكل رقم (03).

الشكل رقم (03): أجزاء التوربين الغازي



المصدر: محطة لبرق لإنتاج الطاقة الكهرابائية – خنشلة –

تحتاج التوربينات الغازية لتشغيلها بأمان وسلامة إلى بعض المعدات والآلات المساعدة (Auxiliaries):

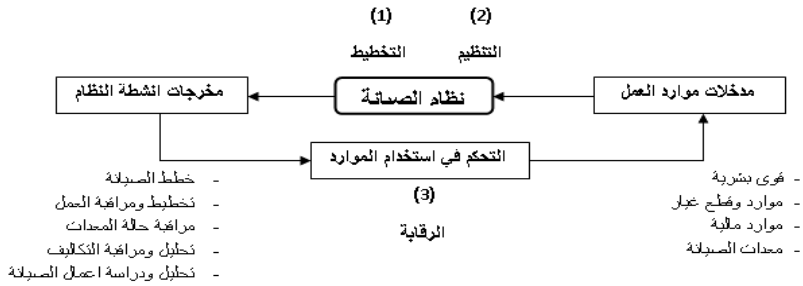
- مصفاة الهواء.
- مساعد التشغيل الأولي (أي بادئ تشغيل Starter)، وهو إما محرك كهربائي أو محرك ديزل.

- منظومة الإشعال.
- منظومة التبريد.
- منظومة معدات قياس الحرارة والضغط.

3-4 **نظام الصيانة في المحطة:** يشتمل نظام صيانة محطة لبرق على الأعمال التالية:

أ- خطة الصيانة الوقائية: وهي جميع العمليات اللازم اتباعها لوضع نظام متكامل للصيانة الوقائية كما يوضحه الشكل رقم (04). وتختلف خطط الصيانة الوقائية من مشروع لآخر، كما تتفاوت من حيث التعقيد بتفاوت حجم المشروع وتعقيده.

الشكل رقم (04): نظام عملية الصيانة



المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على برنامج صيانة محطة لبرق لتوليد الطاقة الكهرابائية

ويمكن في المشاريع الصغيرة والمتوسطة تنفيذ خطط الصيانة الوقائية بالوسائل التقليدية. أما في المشاريع الكبيرة والتي تشتمل عادة على أنظمة كثيرة ومعقدة فلابد من استخدام الحاسب الآلي لتنفيذ خطة الصيانة الوقائية بشكل فعال واقتصادي.

لابد أن تطبق عمليات الصيانة الوقائية بشكل صحيح وبالمقدار اللازم، ذلك أن أية مبالغة في أداء هذا النوع من الصيانة يرفع من تكلفتها، هذا من ناحية، أما من ناحية أخرى فينبغي وضع برامج ديناميكية ومرنة للصيانة الوقائية في المشروع، فنقل وحدة توليد طاقة كهربائية مؤلفة من محرك ديزل ومولد كهربائي من جو عمل نظيف داخل مبنى إلى

ورشة بناء جوها مفعم بالأتربة، يتطلب حتما تغيير برنامج الصيانة الوقائية بما يتمشى مع ظروف العمل الجديدة. وتغيير طريقة عمل ضاغط الهواء من الشكل المستمرContinous Oparartion إلى الشكل المتقطع Intermimittent Oparation يقتضي إعادة النظر في برنامج الصيانة الوقائية لهذا الضاغط بما يتماشى مع طريقة التشغيل الجديدة.

ب- أعمال الصيانة الوقائية: تتكفل الصاينة الوقائية بمراقبة الحالة التشغيلية للمعدات، والقيام بأعمال الفحص والتفتيش الدوري، وتعتمد في إعدادها لبرامج الصيانة على تعليمات الشركة المصنعة ومدى حاجة المحطة لأعمال الصيانة، وذلك بتبديل الأجزاء منتهية الإستخدام والأجزاء المتوقع فشلها اعتمادا على الفحص والمعرفة الفنية من قبل المشرف على عملية الصيانة، حيث لا يجب أن تتوقف المحطة عن إنتاج الطاقة الكهرابائية في حال دخول أحد الوحدات الغازية في عمليات الصيانة.

ومن فعاليات الصيانة الوقائة مايلي:

- **غسل غرفة الإحتراق والتوربينات:** تتم هذه العملية أسبوعيا بمايعادل 170 ساعة تشغيلٍ لإزالة الترسبات الناتجة عن استخدامها زيت الغاز الثقيل، وما يسببه من مخلفات تؤثر على بعض مكونات التوربين، مما يؤدي إلى زيادة في تكاليف الصيانة وبالتالي تراجع الطاقة الإنتاجية. وتتم عملية غسل غرفة الإحتراق بطريقتين:
  - أثناء دوران الوحدة On Line Compressor Wash
  - أثناء توقف الوحدة Off Line Compressor Wash

- **فحص غرفة الإحتراق (CI):** Chamber Inspection يمكن تقسيم غرفة الاحتراق إلى عدة أنواع اعتمادا على شكلها التصميمي، وعلى أجزاء الاشتغال ونوع المحرك ، وتتم عملية الفحص كل 5400 ساعة تشغيل، وهو مايعاد 225 يوم والجدول رقم (1) المعمول به في المحطة يبين الفعاليات الميكانيكية والأوقات الإعتيادية الخاصة لفحص وحدات

التوربين الغازي خلال فترة زمنية (2015/11/7 إلى غاية 2015/12/6) لاتقل عن 29 يوم عمل.

- **صيانة غرفة الإحتراق والتوربين**(H.P) : Hot Path، وتتم هذه العملية الميكانيكية كل 8400 ساعة تشغيل، تتضمن الصيانة الوقائية تنظيف وفحص وضبط المعدات الموجودة بالمحطة للتأكد من عملها دون أية مشاكل، مما يساعد على الاكتشاف المبكر للأجزاء التي قد يحدث لها تأكل أو إتلاف أو تشقق قبل حدوث أية مضاعفات غير مرغوب فيها، إلى غاية الموعد االتالي للصيانة العلاجية.

الجدول رقم(1): فعاليات صيانة التوربينات الثلاث بمحطة لبرق والوقت الاعتيادي لكل نشاط (بالأيام)

وصف الأنشطة	الوقت الاعتيادي
فحص غرفة الاحتراق	9
وصلات الوقود والهواء وصمامات اللارجوع للوقود	6
نوزلات الوقود	3
مجاري توصيل غازات الاحتراق	3
فحص غرفة الاحتراق من الداخل	2
صيانة وتنظيف فلاتر الهواء	3
فحص وصيانة I.G.V	6
فحص وصيانة V.G ,B.T, T.K	3
فحص وصيانة المدخنة	6
فحص وصيانة منظومة التزيت	6
فحص وصيانة منظومة الهيدوليك	2
فحص وصيانة منظومة رفع المواد	3
فحص وصيانة منظومة حقن الماء	8
فحص وصيانة منظومة هواء التذرية	6
فحص وصيانة مضخات الوقود	8
فحص شامل	2
فحص وصيانة منظومة حقن الفناديوم	3
فحص وصيانة كافة صمامات المنظومة	2
الفحص الشامل	3

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على المشرف والمسؤول على صيانة التوربينات في محطة لبرق

جـ - أعمال الصيانة العلاجية: يتم إجراؤها لمعالجة عطل لم يُتَوقع حدوثه نتيجة إهمال أعمال الصيانة الوقائية وعدم اتباع التعليمات العلمية في تشغيل المكائن والمعدات. وتتم الصيانة العلاجية على مستويات مختلفة تبعا لنوع وحجم الحادث:

- **عطل جزئي:** كأن يتم اهتلاك أو إتلاف قطعة غيار، وهذا النوع من الأعطال يؤدي إلى تراجع في أداء التوربين وبتالي ينخفظ حجم إنتاج المحطة من الطاقة الكهربائية.

- **عطل كلي:** في هذه الحالة قد يتعرض جزء أو أكثر من التوربين إلى الإتلاف، مما يؤدي إلى توقف التوربين نهائيا عن العمل ويصبح غير صالح للعمل إلا بعد التصليح.

تأخذ كذلك الصيانة العلاجية في محطة لبرق شكلين:

- **تسوية العطل:** لايتأتى إلا بوجود أعوان مختصين وخبراء مكلفين بتشخيص العطل.

- **الإصلاح:** في هذه الحالة فإن الفريق مكلف في وقت محدد بضرورة تفكيك وتركيب الأعضاء السارية فيها العطل ليترك المجال لإعادة تشغيل التوربين.

جـ - الصيانة الشاملة: وتُفَعَّل بعد أن تمضي على منظومة تشغيل التوربين الغازي مدة 5 سنوات، أي مايعادل 450000 ساعة عمل. وبالنسبة للصيانة الشاملة في محطة لبرق فإنها لم تسجل هذه المدة كلها كون المحطة حديثة التشغيل.

4-4 نظام الصيانة المقترح: بغية حساب أقل الأوقات المخصصة لإنجاز فعاليات الصيانة والتوصل إلى جدولة دقيقة، تم استخدم أسلوب المسار الحرج كأحد الطرق العلمية في التخطيط لأعمال صيانة المحطة والمتمثلة في ما يلي:

أ- فحص غرفة الإحتراق: لتطبيق أسلوب المسار الحرج لابد من تحديد الفعاليات الأساسية الخاصة بفحص غرفة الإحتراق، مع تحديد التسلسل

المنطقي لها وشروط الأسبقية والتي يمكن توضيحها في الجدول رقم (02) الذي يبين الوقت الإعتيادي وشروط الأسبقية لكل فعالية.

الجداول رقم(02): بيانات الإدخال الأساسية لمشروع صيانة التوربينات الغازي ولفحص غرفة الاحتراق.

N	TACHES	Activity	Predecessor	Dur.(jour)
1	فحص وصيانة كافة صمامات المنظومات	A	–	9
2	فحص وصيانة مضخات الوقود بأنوعها	B	–	6
3	صيانة وتنظيف فلاتر الهواء	C	–	3
4	فحص وصيان منظومة هواء التذرية	D	A	3
5	فحص وصيانة منظومة رفع المولدة	E	C	2
6	فحص وصيانة منظومة حقن الفناديوم	F	B	3
7	فحص وصيانة منظومة الهيدروليك	G	C	6
8	فحص وصيانة منظومة حقن الماء	H	D	3
9	فحص وصيانة منظومة التزيت	I	C	6
10	فحص غرفة الاحتراق	J	G	6
11	فحص غرف الاحتراق من الداخل	K	J,L,P	2
12	فحص وصيانةT.K, V.G, B.T	L	F,I,P	3
13	فحص نوزلات الوقود	M	O,S	8
14	فحص وصلات الوقود والهواء وصمامات اللاروجوع	N	E,M	6
15	فحص مجاري توصيل غازات الاحتراق	O	–	8
16	فحص وصيانة المدخنة	P	D	2
17	الفحص الشامل لغرف الاحتراق	Q	K,N	3
18	الفحص الشامل لجميع الفعاليات	R	J,L,P	2
19	فحص وصيانةI.G.V	S	C	3

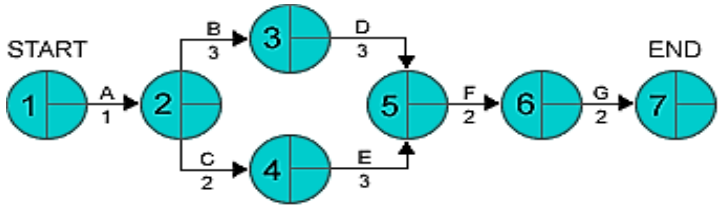
المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على الجدول رقم (1)

بعدما تم حصر جميع فعاليات عمليات الصيانة المطلوبة لجميع مكونات المنشأة، وتمت أيضا معرفة نوع صيانة كل عملية، تأتي مرحلة وضع تصور مستقبلي لعمليات الصيانة بعمل خطة صيانة زمنية (شهرية-سنوية) للآلات، تُحدَّد فيها مواعيد الصيانة المختلفة لكل آله حسب تعليمات الشركة المصنعة، ويراعى فيها توفر ما يلي :

- موارد بشرية (العمالة المحلية والأجنبية) .
- مواد وقطع الغيار ومعدات الصيانة .
- موارد مالية
- معلومات

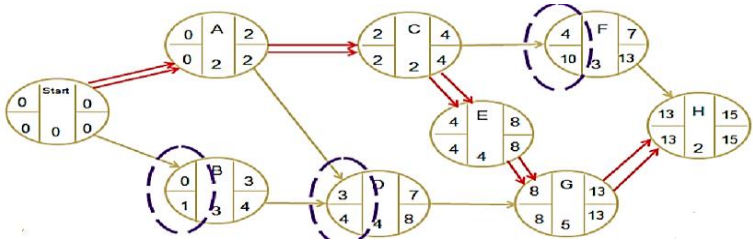
ب - التمثيل الشبكي: من أجل تطبيق أسلوب المسار الحرج لابد من تمثيل الفعاليات الميكانيكية الأساسية بشبكة توضح تسلسل تلك الفعاليات، والتي يمكن اعتمادها في التخطيط ومتابعة أعمال الصيانة، وبشكل عام يمكن تقسيم صيغ وأشكال شبكات الأعمال إلى تصميمين:

- تصميم شبكات الأعمال على أساس أن الأزمنة يعبر عنها من خلال الأسهم (AOA)، أي أنّ التعبير عن الأزمة في المشروع يكون من خلال الأسهم، أما بالنسبة للأحداث، فإنّ التعبير عنها يكون من خلال العُقَد كما هو موضح في الشكل رقم (05): **شبكة عمل افتراضية (AOA)**



المصدر: من إعداد الباحث

- تصميم شبكات الأعمل على أساس أن الأزمنة يعبر عنها من خلال العقد (AON)، وفي هذا النوع تكون الفكرة القائمة على أساس تعبير العقد عن النشاط، في حين أن الأسهم تعبر عن الأحداث، مثلما يوضحه الشكل رقم (06): **شبكة عمل افتراضية (AON)**



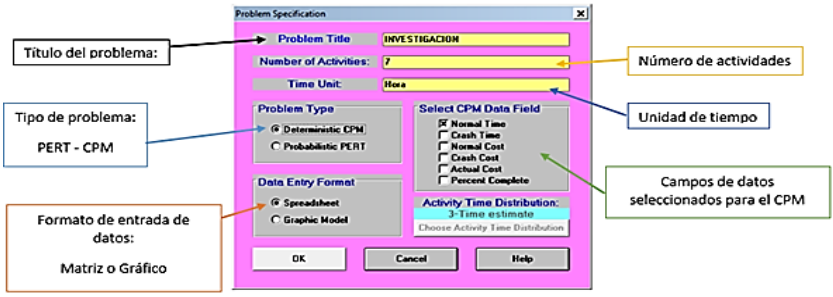
المصدر: من إعداد الباحث

وسنعتمد على التصميم الأول في هذه الدراسة

جـ- برامج الحاسوب: توجد العديد من برامج الحاسوب التي تُستخدم في إدارة موارد المشروع (**MS.Project, STROM, Primavira, Win QSB**) لغرض الوصول إلى نتائج دقيقة في حسابات الأوقات المبكرة والمتأخرة

للفعاليات الميكانيكية، ومن أجل تحديد المسار الحرج تم استخدام برنامج **WIN QSB** والذي يحتوي على مجموعة من البرامج الجاهزة والمتعلقة ببحوث العمليات كما هو مبين في الشكل رقم (07). ومن البرامج السابقة نختار برنامجا خاصا بالمخططات الشبكية (**CPM-PERT**) والذي تم الإستفادة منه في التخطيط لعمليات الصيانة.

الشكل رقم (07): برنامج WIN QSB



المصدر: برنامج لإعلام الآلي WIN QSB

مُدْخَلات البرنامج: بعد فتح نافذة البرنامج وإدخال البيانات الخاصة بفعليات صيانة التوربين الغازي وفحص وصيانة غرفة الاحتراق(CI) ستتضح لنا مجموعة من النتائج المتوصل إليها كما هو موضح في الجدول رقم (02) الذي يبين رمز الفعالية الميكانيكية والفعالية السابقة لها والوقت الإعتيادي.

أ- إدخال معلومات المشروع في البرنامج: يتم إدخال البيانات الخاصة بفعاليات فحص التوربين الغازي وصيانة غرفة الاحتراق(CI) وفقا للمراحل التالية:

- فتح نافذة البرنامج: file-new-blank project
- إدخال بيانات مشروع صيانة محطة "لبرق": تتمثل أول خطوة ضمن إدارة المشروع في تحديد زمن بداية مشروع صيانة المحطة كمايلي:

project -project information-start date

- من أجل الحصول على معلومات إحصائية عن المشروع يتم اتباع الخطوات التالية: project-project information-statistic

- أما في حالة تسجيل العديد من صفات المشروع الثابتة والتي تمثل أداة تعريف المشروع، يتم استخدام هذه الصفات ضمن مخرجات المشروع مثل: اسم المشروع، إسم مدير المشروع، إسم المؤسسة يتم وفق الخطوات التالية: file-properties-summary-ok

ب- إدخال معطيات عن فعاليات مشروع الصيانة في البرنامج:

تتضمن الفعاليات معلومات خاصة بعناصر خطة العمل بالمشروع ومدة تنفيذها والقائمين بأدائها، إذ يتم إدخال البيانات والمعطيات الخاصة بأي نشاط بواسطة قائمة task information التي من خلالها يتم إدخال مايلي:

- اسم الفعليات ومدتها ؛ تفعيل الأزمنة التقدرية ؛ نسبة الإنجاز لكل فاعلية ؛ أهمية الفعاليات ؛

كما تظهر هذه القائمة أيضا كيفية إدخال الربط بين فعالية نشاط معين وفعاليات الأنشطة الأخرى في المشروع أي إنشاء علاقات الإرتباط الخاصة بالوقت بين الفعاليات وتحديد نوعها وتقدير الوقت، كما هوا موضح سابقا في الجدول رقم (02) الذي يبين رمز الفعالية الميكانيكية والفعالية السابقة لها والوقت الإعتيادي، إظافة إلي كيفية إدخال الموارد المستخدمة بكل فعالية.

المخرجات والنتائج:

بعد الانتهاء من الجدول السابق نختار من شرط الأدوات SOLVE ANLYSE ونختار منه path Solve criticl فيظهر لنا الجدول الجدول رقم (03) الذي يبين الأوقات المبكرة والمتأخرة والفائض المتعلق بالفعاليات الميكانيكية الخاصة بوحدات التوربين الغازي وبغرفة الإحتراق(CI)،

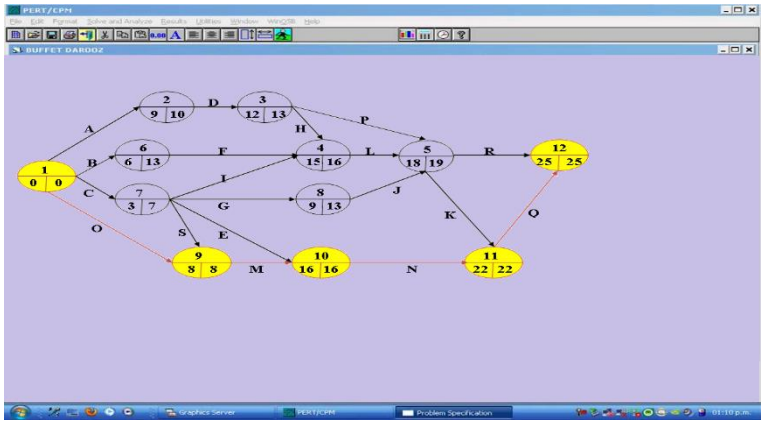
الجدول رقم (03) أزمنة الإنجاز والمرونة لجميع أنشطة مشروع صيانة محطة توليد الطاقة الكهربائية لبرق بـ خنشلة.

On Critical Path	Slack	Latest Finish	Latest Start	Earliest Finish	Earliest Start	Normal Time	Immediate Predecessor	Activity Name	Activity Number
No	1	10	1	9	0	9	---	A	1
No	7	13	7	6	0	6	---	B	2
No	6	9	6	3	0	3	---	C	3
No	1	13	10	12	9	3	A	D	4
No	11	16	14	5	3	2	C	E	5
No	7	16	13	9	6	3	B	F	6
No	4	13	7	9	3	6	C	G	7
No	1	16	13	15	12	3	D	H	8
No	7	16	10	9	3	6	C	I	9
No	4	19	13	15	9	6	G	G	10
No	1	22	19	21	18	2	J,L,P	K	11
No	1	19	16	18	15	3	F,I,P	L	12
Yes	0	16	8	16	8	8	O,S	M	13
Yes	0	22	16	22	16	6	E,M	N	14
Yes	0	8	0	8	0	8	---	O	15
No	5	19	17	14	12	2	D	P	16
Yes	0	25	22	25	22	3	K,N	Q	17
No	3	25	23	20	18	2	J,L,P	R	18
No	2	8	5	6	3	3	P	S	19

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على برنامج WIN QSB (CPM-PERT) والجدول رقم (02)

بعد ذلك نختار من قائمة شريط الأدوات RUSULTS ثم نختار Graphic Activitiy Analysis فنتحصل على شبكة مشروع صيانة محطة لبرق

الشكل رقم(6) يوضح المسارالحرج لمشروعة صيانة محطة لبرق بخنشلة



المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على تقنية PERT-CPM والجدول رقم (03)

كما تم الحصول على الجدول (4) الذي يوضح فعاليات المسار الحر، كما تَبَيَّن أن الوقت اللازم للإنجاز أصبح (25 يوما) بدلا من (29يوما)، أي بفارق (4أيام) عن المدة المخطط لها من طرف المسؤول عن الصيانة في محطة لبرق.

الجدول رقم (03): الأنشطة الحرجة في مشروع صيانة محطة لبرق بخنشلة.

الأنشطة الحرجة	رمز النشاط
فحص مجاري توصيل غازات الاحتراق	O
فحص توزلات الوقود	M
فحص وصلات الوقود والهواء وصمامات اللاروجوع لوقود	N
الفحص الشامل لغرف الاحتراق	Q

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على الجدول رقم(03).

وبما أن قدرة إنتاج المحطة تعادل (420MW) فإن توفير (4أيام عمل) يزيد طاقة إنتاج المحطة لمدة (96ساعة) عمل، أي طاقة إنتاجية تقدر بـ (40320MW.H).

تعجيل فعاليات المسار الحرج: بهدف تحقيق أقل وقت ممكن لإتمام مهام صيانة التوربين الغازي وفحص غرفة احتراق التوربين (CI) وصيانتها، تم دراسة إمكانية تعجيل الفعاليات، باعتماد الأوقات المتوقعة من قبل المشرفين على الصيانة، والإستفادة من خبرتهم العملية كما هو موضح في الجدول رقم (05) الذي يُظهر وصفا لرموز الفعاليات الميكانيكية والفعاليات السابقة مع الوقت الاعتيادي والمعجل.

الجدول رقم (05): أزمنة فعاليات مشروع صيانة التوربين العادية والمعجلة

Dur Crashed	Dur.(Jour)	Predecessor	Activity
8	9	-	A
5	6	-	B
2	3	-	C
3	3	A	D
1	2	C	E
2	3	B	F
4	6	C	G
3	3	D	H
4	6	C	I
4	6	G	J
2	2	J,L,P	K
3	3	F,I,P	L
7	8	O,S	M
6	6	E,M	N
7	8	-	O
1	2	D	P
2	3	K,N	Q
1	2	J,L,P	R
2	3	C	S

المصدر: من إعداد الباحث بالإعتماد على برنامج WIN (CPM-PERT) QSB والجدول رقم(03)

حصلنا على المسار الحرج (O-M-N-Q) بطول (22يوم)، وفي نفس الوقت ظهرلنا مسار جديد

(A-D-H-L-K-Q) بطول (21 يوم) كما هو موضح في الجدول رقم (6) الذي يبين المسار الحرج الأول والثاني.

الجدول رقم (06): المسار المعجل لمشروع صيانة التوربين الغازي

Critical Path 2	Critical Path 2
O	A
M	D
N	H
Q	L
22 Time Completion	K
	Q
	Time Completion 21

المصدر: من إعداد الباحث بالإعتماد على شبكة الأعمال

وبعد ذلك قمنا بتقليص اليوم الواحد بتعجيل النشاط (O). ولفحص غرفة الإحتراق(CI) تم تقليص الوقت إلى (22) يوم عمل في فعاليات المسار الحرج، أي توفير (3 أيام) أخرى وزيادة الإنتاج بمقدار 30240MW.H، وبذلك يصل مجموع الزيادة في الطاقة المنتجة إلى 70560MW.H.

الاستنتاجات:

- من خلال الدراسة يتبين لنا أن التطبيق العلمي لأسلوب المسار الحرج لعملية الصيانة في محطة لبرق ساعد في تقليص الوقت الحالي لإجراء عمليات الصيانة على مستوى الجزء الميكانيكي لمنظومة التوربين الغازي الخاص بفحص غرفة الاحتراق من (29 يوم إلى 25 يوم عمل)، وزيادة ساعات تشغيل التوربين الغازي بمقدار (96 ساعة)، أي زيادة الطاقة الإنتاج بمقدار (40320MW.H).

- إضافة إلى ذلك يمكن تعجيل المسار الحرج إلى (22يوم عمل)، أي تقليل(3 أيام) أخرى وإمكانية توليد طاقة إضافية في تلك الأيام بما يعادل (30240MW.H)، ليصبح مجموع الطاقة الإضافية (70560MW.h).

- يفتقر مشروع صيانة المحطة إلى استخدام الأساليب الكمية في تقدير وقت الانجاز الفعلي بشكل دقيق وذلك بسبب أن المشروع يتكون من مجموعة غير محدودة وواضحة من الأنشطة وأن هذا العمل يتسبب في إسراف واضح لموارد المشروع كون الفارق الزمني بين وقت المسار ووقت الإنجاز المبرمج يقدر بـ 4 أيام.

- إن وضع الخطة المركزية النموذجية لتنفيذ مشروع الصيانة والعمل على تعجيل مدة التنفيذ يهدف إلى تطوير مجمل العمليات الإدارية في المشروع من خلال وضع الأهداف والموارد ومعدلات الإنتاج والخبرات اللازمة موضع التطبيق المبرمج بما يضمن قدرتها العملية على إنجاز المشروع.

- إن التخطيط الكفء للسيطرة على الزمن يقتضي استخدام التقنيات الحاسوبية الحديثة مثل برنامج-**MS.Project WIN QSB CPM**

PERT والذي تم تطبيقه عمليًا على مشروع صيانة محطة توليد الطاقة الكهربائية، مما أدى إلى تقليل مدة إنجاز المشروع بشكل واضح، كما أن التطبيق العملي لبرنامج تقنية ضغط المدة وبأقل كلفة ممكنة" Crashing Technique" يعطي مثالا فعالا للسيطرة على الزمن والكلفة معا.

- إن تطبيق تقنيات التخطيط أو التحليل الشبكي في مشروعات الصيانة وإصلاح المنشآت الصناعية يقدم وفرا اقتصاديا ينكعس على كلفة الانتاج وعلى مواعيد تسليم الطلبيات مما يساهم في رفع القدرة التنافسية للمؤسسة.

الهوامش والمراجع المعتمـــدة

(1) Bemart Hamelin, Entretien et maintenance, edition, eyholios, Paris 1974.P48

(2) عبد الرحمن توفيق، إدارة الصيانة وتشغيل المرافق، مركز الخبرات المهنية للإدارة "بميك "، ط03، القاهرة، 2003، ص 28.

(3) أحمد طرطار، الترشيد الاقتصادي للطاقات الإنتاجية في المؤسسة، ديوان المطبوعات الجامعية، الجزائر، 2001، ص 93

(4) رامي حكمت فؤاد الحديثي وآخرون، إدارة الصيانة المبرمجة، دار وائل للنشر، طبعة 1، عمان، الأردن،2004 ص، 68

(5) هنري انطوان سميث، تكنولوجيا إدارة المشروعات والهندسة والمقاولات، تعريب علاء أحمد سمور، دار زهرا للنشر، عمان، الأردن، 2009، ص 36

(6) G.R.O.M, Réussit la maintenance, elementes de réflexion, Édition MAR NOSTRUM, Paris, France, 1996, P50

(7) G.R.O.M : oP. Cit., P 5

(8) خالد عبد الرحيم الهيثي وآخرون، أساسيات التنظيم الصناعي، دار زهران، 1997، ص 153

(9)LUC.Pierre, B.Elie, M. précis, d organisation et gestion de Production nisations, paris, France, 1996, p 347.

(10) صلاح الشنواني، إدارة الإنتاج، مركز الإسكندرية للكتاب، الإسكندرية، مصر، 2000، ص200

(11)Salvendy.Gavriel. "Hand Book of Industrial Engineering ",John Wiley and sons ,Third Edition , New York, 3rd ed , 2001. P67

(12)R.Keith Mobley, An Introduction To Predictive Maintenance, Butter Worth Heinemann, Second Edition, USA, 2002. P 87

(13)Salvendy Salvendy.G. "Hand Book of Industrial Engineering ",John Wiley and sons, 2001.

(14) مجيد الكرخي، تقويم الداء في الواحدات الاقتصادية باستخدام النسب المالية، دار المناهج للنشر، الطبعة الأولى، الأردن، 2014، ص 157.

(15) عادل حسن، التنظيم الصناعي وإدارة الإنتاج، مؤسسة شباب الجامعة، الإسكندرية، 2008، ص 182

(16)Françoi Monch, Maintenance méthode organisation , Dunod, Paris, 2000, P472

(17) Françoi Monch, op.cit, P 474.

(18) Project Management Institute, AGuide to the Project Management Body of Knowledge, Newtown Square, AP : Project Management Institute.2001.

(19) غالب عباسي، محمد نور برهان، إدارة المشاريع، الشركة العربية المتحدة للتسويق والتوريدات، القاهرة، 2008، ص: 7.

(20) Kamel Hamdi, Analyse des projets leur financement, Imprimerie Es-salmlem, Alger, 2000,P:9.

(21) سعد صادق، إدارة المشروعات، الدار الجامعية للنشر والطبع والتوزيع، الإسكندرية، 2000، ص: 45.

(22) ماجد العطية، إدارة المشروعات الصغيرة، دار الميسرة للنشر والتوزيع، الطبعة 1، عمان، الأردن، 2004، ص14.

(23) عبد الحميد مصطفى أبو غانم، إدارة المشروعات الصغيرة، دار الفجر للنشر والتوزيع، الطبعة 1، القاهرة، 2002، ص: 129.

(24) دنيس بولس، ستيف فارنكروج، الدليل المعرفي لإدارة المشاريع (PMBOKR GUIDE)، ترجمة معهد إدارة المشرعات، الولايات المتحدة الأمريكية، الطبعة 3، 2004، ص:8.

(25) القطامين أحمد، الإدارة الإستراتيجية: مفاهيم وحالات تطبيقية، دار مجدلاوي للنشر والتوزيع، الطبعة الأولى، عمان، الأردن،2002، ص125.

(26) Drucker. Peter (The management by objectives). Mac Millan. New York. 1990.P17

(27) Jean Luc Charron, Sabrine Sépari, Organisation et gestion de l'entreprise, Manuel et application, Paris, Dunid , 2émeédition, 2001,P24.

(28) أمين عبد العزيز حسين، إدارة العمال وتحديد القرن الحادي والعشرون، دار قباء للنشر والتوزيع، القاهرة، ص96.

(29) مدحت محمد أبو النصر، الإدارة بالحوافز أساليب التحفيز الوظيفي، المجموعة العربية للتدريب والنشر، الطبعة 1، القاهرة، 2012، ص 36.

(30) عبد الفتاح الصحن، محمد السيد سرايا، الرقابة والمراجعة الداخلية، الدار الجامعية، الإسكندرية، القاهرة، 2004، ص 12.

(31) سيد محمد جاد الرب، إدارة الموارد البشرية، بدون دار نشر، الإسماعلية، القاهرة، 2009، ص: 2.

(32) حسن إبراهيم بلوط، إدارة المشاريع ودراسة جدواها الاقتصادية، دار النهضة العربية، بيروت، لبنان، 2002، ص:155.

(33)Gille Bressay, Christian Kankuyt, Economie d'entreprise, Editions Sirey, Paris, 1990, p:185.

(34) جاك ميريث، صمويل مانتل، إدارة المشروعات، ترجمة سرور إبراهيم على سرور، دار المريخ للنشر، الرياض السعودية، 1999، ص:35.

(35) حسن إبراهيم بلوط، إدارة المشاريع ودراسة جدواها، مرجع سابق، ص: 151.

(36) سونيا محمد البكري، استخدام الأساليب الكمية في الإدارة، مطبعة الإشعاع، الإسكندرية، 1997، ص67.

(37) حمدي سليمي إبراهيم، إدارة المشروعات الصغيرة إلي أين، مكتبة الأمير، بدون بلد نشر، 2005، ص:

(38) محمد توفيق ماضي، إدارة وجدولة المشاريع– خطوات تخطيط وتنظيم وجدولة مراحل تنفيذ المشروع وكيفية الرقابة عليها، مرجع سابق، ص:95

(39)Joseph G.monks, Gestion de la production et des opérations, édition Mc Graw - Hill, Paris, 1993, P:323.

(40) هنري أنطوان سميث، تكنولوجيا إدارة المشاريع الهندسية والمقاولات، تعريب: غلاء أحمد سمور، زهران للنشر، عمان، 2009، ص: 198.

(41) Battersby, Albert, MA , Bsc , F.R.I.C ;"Network Analysis For plannig and scheduling. MACMILLAN, 3rd ed ,1970, P268-269.

(42) Moder.J.and other " Project Management with CPM, PERT and Precedence Diagramming " VAN Nostrand Rrinhold Company, New York, 3rd. Ed . 19873, P256