((استخدام المخططات الشبكية في انتاج الاجهزة الكهربائية))

أ.م.د عبد المنعم كاظم الشكري وليد محمد العيبي

جامعة بغداد – كلية الادارة والاقتصاد- قسم الاحصاء

E-Mail: munaam53@yahoo.com

المستخلص:

من وقت لآخر تثار مشكلتي الوقت والكلفة والاستغلال الأمثل للموارد المتاحة وصولا الى تحقيق الأهداف الموضوعة بالسرعة والجودة المطلوبة وبالتالي فأن وضع جدول زمني لمشروع كبير ، يعد تحديا لكل او معظم المديرين، خاصة عندما تكون المغامرة عالية. فكم من ملايين الدولارات اهدرت بسبب التخطيط السيئ للانتاج. كما ان التأخير في الانجازات هو النتيجة الطبيعية للجدول الزمني غير الدقيق، مما قد يؤدي الى افلاس الشركات بسبب عدم السيطرة السليمة على انشطة العملية الانتاجية.

يهدف البحث الى توظيف المخططات الشبكية في جدولة وتخطيط الانتاج لما لهذه المخططات من فوائد في مراقبة فعاليات العملية الانتاجية ، ولتطبيق فكرة البحث على منتج كهربائي هو (KIOSK) وبالاعتماد على المسارات التكنولوجية تم اعداد مخطط شبكي للمنتج ثم عمل على تحويل المخطط الشبكي الى انموذج رياضي خطي لحساب طول المسار الحرج والذي يمثل اطول مسار في العملية الانتاجية ، ومن خلال عمل تحليل الحساسية (تحليل ما بعد الامثلية) تمت الاستفادة من الحدود العليا لاوقات تنفيذ الفعاليات والذي تمكن ادارات المعامل من الاستفادة والسيطرة على انهاء تصنيع منتجاتهم بأوقاتها المحددة.

Abstract:

From time to time raised the problems of time and cost and optimum utilization of available resources in order to achieve the goals set speed and quality required and thus set a timetable for a major project , is a challenge for all or most managers , especially when they are high adventure . How many millions of dollars wasted due to poor planning of production. As the delay in achievements is the natural result of inaccurate schedule, which may lead to the bankruptcy of companies due to lack of proper control over the activities of the production process.

The research aims to recruit schemes retina in scheduling and production planning because of such schemes of benefits in monitoring the activities of the production process , and to apply the idea of research on a product electrician is (KIOSK) and relying on the tracks technological been prepared scheme Plexiglas's for the product and then work to transform the planned network to model athlete linear to calculate the length of the critical path , which represents the longest path in the production process , and through the work of the sensitivity analysis (analysis of post- optimization) has access to the upper limits of the implementation of events and times , which enables laboratory departments to take advantage and control of the end their specific their time.

1-1 مشكلة البحث:

ان اختيار مشكلة البحث تمثل الخطوة الأولى في البحث العلمي لذا يمكن بلورة وصياغة المشكلة الرئيسية التي يدور حولها البحث من خلال اثارة التساؤلات الاتية:

- **هل ان الشركات الصناعية تستخدم او تتبع الطرق العلمية في صناعة وانتاج منتجاتها؟**
- **مدى امكانية الشركات الصناعية في تحديد العوامل الاساسية في ملائمة استخدام اساليب حديثة وواقعية والتي من بينها أساليب بحوث العمليات ؟**

رغم التطور الموجود لازالت بعض الشركات الصناعية لا تتبع الطرق العلمية في اداء مهامها والتي تؤدي بالنتيجة الى هدر في الوقت والكلفة وهذا يولد التأخير في انتاج الطلبيات المقدمة اليها من قبل عملائها وهذا يؤدي الى افلاس الشركات بسبب عدم

السيطرة السليمة على سير العملية الانتاجية والنتيجة هي عدم اكتمال تسليم الطلبيات وفق الجدول الزمني المعد لتلك الطلبيات.

2-1 هدف البحث:

يهدف البحث الى عملية تصنيع وانتاج الاجهزة الكهربائية التي تنتجها شركة الزوراء العامة بأقل كلفة ممكنة ومعدل زمني قياسي باستخدام اسلوب تحليل المخططات الشبكية اعتمادا على عنصري الزمن والكلفة الكلية لعملية الانتاج بغية تجهيز طلبيات الزبائن.

2- الجانب النظري

1-2 المقدمة :(Introduction) [2, 14].

ان استعمال اسلوب المخططات الشبكية في عملية التخطيط بشكل عام وتخطيط الانتاج بشكل خاص يعد مجال حيوي للادارة ومتخذي القرار ضمن المؤسسة ، فمن خلال وظيفة التخطيط يتم بلورة الاهداف المراد تحقيقها الى خطط يمكن تنفيذها. فعند الشروع في تنفيذ الانشطة الصناعية وغير الصناعية ينبغي تخطيط واكمال بعض الواجبات المعتمد كل منها على الاخر كالتوقيت وعدد العاملين وحركة المواد . ففي حالة الانتاج الكبير مثلا ، يلزم توفير وقت طويل يمكن قياسه بالشهور او السنوات احيانا للقيام بتخطيط النظام الانتاجي وتهيئة المعدات المطلوبة للحصول على جدولة زمنية وضبط سليمين . وبالطبع ان استمرار الانتاج سيمكن من ادخال التعديلات اللازمة لاصلاح الاخطاء وتحسين كفاءة وفاعلية العمليات . وفي حالة العمليات الهندسية غير المتكررة كانشاء مبنى او تطوير مركبة فضائية مثلا ، فان الحالة تشمل على عدد كبير من النشاطات او المهام المتداخلة والمعتمد بعضها على البعض الاخر ، فالبعض ينبغي حدوثه في توالي ، بينما يمكن حدوث البعض الاخر بظرف آني ، كما ان العديد منها يمكن انهاءه في ازمنة مختلفة وبتكاليف متباينة ، مما يتيح عددا مختلفا من الازمنة لانهاء العملية ككل وبالطبع يقابل كل من هذه الازمنة كلفة معينة تعتمد

على كيفية تنفيذ العناصر المختلفة للانشطة المقابلة . وفي معظم الحالات ، فان عدد قليل من المهام تعتبر حرجه من حيث تأثيرها في الناتج الفعلي من قياس عاملي الزمن والتكاليف .

2-2 تخطيط الانتاج[13] :-

يمكن تعريف تخطيط الإنتاج على انه مجموعة من الأنشطة أو الأساليب التي تهدف إلى أعداد وتنظيم عناصر الإنتاج (الايدي العاملة , المواد الأولية , وسائل الإنتاج , رؤوس الأموال) لغرض إنتاج كمية معينه من السلع خلال فترة زمنية محددة وفق مواصفات معينة وبأقل كلفة ممكنة. إي إن عملية تخطيط الإنتاج تسعى إلى تنسيق عمليات الإنتاج فهي تأخذ بعين الاعتبار كميات المبيعات في المستقبل وعلى أساسها يعتمد منهج انتاجي وكذلك كمية ونوعية المنتجات التي ستقوم بتصنيعها ومتى يجب إن تكون جاهزة للتسويق بناء على احتساب وتهيئة احتياجات الشركة من عناصر الانتاج حيث تقدم هذه المعلومات إلى الأقسام المعنية لكي تستطيع تنسيق إعمالها وتهيئة الطلبات بأوقاتها المحددة لغرض البدء في عملية الانتاج على وفق الخطة الانتاجية التي اعدت لهذا الغرض .

3-2 تعريف المخطط الشبكي Network Definition [2, 10]:-

وهو عبارة عن تمثيل بياني لمجموعة من الانشطة المترابطة والمتتابعة التي يتكون منها مشروع معين ، اذ يظهر تسلسل الانشطة والاحداث وصولا للانجاز النهائي وبحسب تتابعها الفني المنطقي، وحتى يتم بناء الشبكة ، فان الامر يتطلب تحديد الانشطة كافة اي الانشطة التي يجب البدء بها اولا حتى يتم الانتقال الى النشاط التالي .

اي مخطط شبكي يتألف من مجموعة من النقاط المتصلة بينها والتي تسمى العقد (nodes) والتي تمثل فعاليات العملية الانتاجية ، وان الاتصال بين العقد تتم بواسطة الاسهم والتفرعات ولذلك فان العقد تصنف الى نوعين النوع الاول يسمى المصدر (source) والنوع الثاني يسمى المصب (sink) وذلك حسب اتجاه السهم الذي يربط بين العقدتين فالعقده التي يخرج منها السهم تسمى المصدر والتي يدخل اليها السهم تسمى المصب .

2-4 المخططات الشبكية في الانتاج Production in Network [4]: -

تعد المخططات الشبكية من الوسائل المساعدة بشكل كبير في تخطيط ومراقبة الانتاج ، وقد تنوعت هذه المخططات وتطورت صيغتها بحيث صارت اكثر فائدة في الرقابة والمتابعة. وهنا يجب التعرف على بعض المصطلحات الرئيسية المعتمدة.

أ- النشاط Activity :

وهو عبارة عن فعالية او عملية او خطوة تمثل جزءاً من المخطط الشبكي وتتطلب استخدام موارد معينة قد تكون اموالاً او جهداً او زمناً او عاملين ويبدأ النشاط بحدث وينتهي بحدث ويمثل في الشبكة بسهم (⟶).

ب-الحدث Event :

وهو نقطة بداية او نقطة نهاية للنشاط اي انه اشارة دالة لبداية النشاط أو نهايته ولا يستنفذ اي اموال او جهود او وقت ، ويمثل في الشبكة بدائرة (○).

جـ- زمن انجاز النشاط Completion Expected :

وهو الوقت المقدر لانجاز النشاط ويقاس بالوحدات الزمنية ، وقد يكون محدد (Deterministic) او احتمالي (Probabilistic) .

د- المسار الحرج Critical Path :

وهو المسار الاطول في الشبكة ، ويمثل زمن الانجاز الكلي للعملية الانتاجية وتسمى الانشطة الواقعة عليه بالانشطة الحرجة (Critical Activities) وسميت هكذا لانه لايجوز تأخير اي منها لان ذلك سيؤدي الى تأخير الانجاز للعملية الانتاجية باكملها .

2-5 فوائد المخططات الشبكية [8]:-

لأسلوب المخططات الشيكية عدة فوائد تذكر أهمها :

1- تمكين الإدارة في تغيير الخطة كلما ظهرت الحاجة لذلك عن طريق تنظيم العمل والسيطرة عليه من جديد اعتماداً على البدائل المتوفرة.
2- يُتيح للإدارة إمكانية تخطيط جزئي مسبق لبعض الفعاليات من أجل تعجيل عملية التخطيط النهائية.
3- يُمكّن إدارة المشاريع من تحقيق أهدافهم بأقل كلفة ممكنة.
4- يساعد الإدارة على إختيار أفضل الطرق لتنفيذ الأعمال.
5- يُسهم في أعداد خطة عمل لعملية الانتاج لمرحلتي الأعداد والتنفيذ.

6- تحديد أوقات إنجاز الفعاليات ومن ثم تحديد الفعاليات الحرجة والتي تُمكّن الإدارة من تخفيض وقت الإنتهاء أو الانجاز واستبدالها بأوقات جديدة.

7- يساعد الإدارة في معالجة أي تلكؤ في العمل من خلال تقديم تقارير بشكل متتابع عن سير العمل مما يساعد كونه وسيلة رقابية ناجحة.

2-6 استعمالات المخططات الشبكية [10, 13]:-

يتم إستعمال إسلوب المخططات الشبكية في مجالات متعددة خصوصاً المشاريع الهندسية الكبيرة سواءً الإنتاجية منها أم الإنشائية حيث تتسم بتعقيدها وكثرة تداخل العمل فيها ومن هذه الاستعمالات نذكر بعض منها:

1- تنفيذ المشاريع الضخمة والمعقدة كشبكات المياه والجسور وغيرها.
2- المشاريع الانتاجية كالمجمعات السكنية والمستشفيات وغيرها.
3- المشاريع الصناعية الكبيرة.
4- صناعة السفن والبوارج الحربية.
5- تصنيع الالات واقامة المحطات.
6- يستعمل في اعمال البحث والتطوير.
7- بناء نظام حاسوبي جديد.
8- دراسة انتاج وتسويق منتجات جديدة.
9- تصميم وانشاء مختلف المصانع الكيمياوية ومصافي النفط .
10- تصميم وتنفيذ شبكة الطرق السريعة.
11- صناعة الاعلان.
12- تحضير المؤتمرات والاجتماعات .
13- برامج الصيانة الدورية للاليات والمعدات والماكنة العسكرية.

2-7 ان استخدام المخطط الشبكي يتطلب ما يلي [3]:-

1- بيان ماهية العملية الانتاجية الانتاجي واهدافه Project Description and Objective .
2- تقسيم العملية الانتاجية الى مراحل stages والمراحل الى حزم عمل Work Packages وحزم العمل الى وحدات عمل Work Units .
3- تحديد العلاقة بين جميع الأنشطة او المهام.
4- وضع الخطط اللازمة لتنفيذ العمل أي اصدار اوامر العمل الى وحدات العمل لغرض تنفيذها .

5- وضع الخطط لمواجهة المستجدات التي يمكن ان تحدث والتي تؤثر بشكل مباشر او غير مباشر على الانجاز.

2-8 مراحل التنفيذ في المخططات الشبكية [3]:-

تحتاج المشاريع الصناعية في تنفيذها الى مراحل متعددة وصولاً للهدف المنشود ، اذ يتم تقسيم مراحل التنفيذ الى ثلاث مراحل وهي:

أولاً / مرحلة التخطيط Planning Phase:-

أ- تقسيم العمل الى وحدات صغيرة Work – Breakdown Structure وتعتبر الاداة الرئيسية لجدولة العمل ومن ثم قياسها والرقابة عليها.

ب- بناء شبكة عمل Network تشير الى الوظائف Jobs الاساسية والأنشطة الضرورية اللازمة لانجاز العملية الانتاجية مع بيان العلاقات والتسلسل المنطقي لهذه الأنشطة او الوظائف.

ثانياً / مرحلة الجدولة Project Scheduling Phase:-

تتضمن هذه المرحلة الابعاد التالية:-

أ- تحديد الوقت اللازم لانجاز كل نشاط من انشطة العملية الانتاجية .

ب- تقدير التكاليف اللازمة لانجاز كل نشاط من انشطة العملية الانتاجية وبالتالي التكاليف الكلية اللازمة للانجاز.

جـ- تحديد الموارد المادية والبشرية اللازمة لكل نشاط.

د- تمديد الزمن الكلي لانجاز العملية الانتاجية.

ثالثاً / مرحلة الرقابة Control Phase :-

وفي هذه المرحلة يتم التأكد من ان العمل قد تم تنفيذه وفق ما خطط له من ناحية الزمن واذا كان هناك أي انحراف ، وأن يتطلب ذلك اجراء التعديلات الضرورية على الخطة ، ومن هذه الانحرافات :

أ- تأخر بعض الأنشطة عن الوقت المحدد للانجاز .

ب- ظهور بعض الاختلافات في كمية الموارد المادية والبشرية المتاحة عن الكمية المقدرة في الخطة

ج- التطورات التكنولوجية ذات العلاقة في العملية الانتاجية والمتعلقة بالمواد والالات والمعدات اللازمة لتنفيذ المهام لجميع النشاطات .

2-9 قواعد بناء المخططات الشبكية :-

لإستعمال طريقة المسار الحرج لابد من التعرف على كيفية بناء المخطط الشبكي من خلال الإلتزام بقواعد بناء المخططات الشبكية ، و التعرف على مكونات المخطط الشبكي والذي من خلاله يتم تحديد الفعاليات الحرجة وغير الحرجة ، ولمزيد من التفاصيل راجع المصادر [6,10,1,7,12,4,16].

2-10 المسار الحرج وتحديده [3, 7, 9, and 11]:-

من اجل تحديد المسار الحرج لابد من اتباع مجموعة خطوات متسلسلة والتي تتلخص بما يلي :

1- تحديد الانشطة التي تتكون منها العملية الانتاجية وطبيعة العلاقة او التتابع فيما بين هذه الانشطة وكذلك الاوقات اللازمة لتنفيذ كل منها.
2- رسم الشبكة الممثلة الى هذه الانشطة وفقا لطبيعة العلاقات فيما بينهاوالتي تعتمد على تسلسل او تتابع التنفيذ المنطقي.
3- تحديد وقت البداية المبكرة (Early Start) لكل نشاط من الانشطة.
4- تحديد وقت الانهاء المبكر (Early Finish) لكل نشاط من الانشطة.
5- تحديد وقت البداية المتأخر (Latest Start).
6- تحديد وقت الانهاء المتأخر (Latest Finish).
7- تحديد الوقت الفائض أو المتاح (Float Times).

ومن خلال ما تقدم يمكن استعراض اوقات المخططات الشبكية وكما يلي:-

أولاً : حساب الاوقات المبكرة والمتأخرة للعملية الانتاجية:

تتضمن حسابات المسار الحرج تطبيق نوعين من الحسابات :

1- الحسابات الامامية (Forward Pass Calculations):

وتعرف ايضاً بالحسابات المتقدمة يحسب من خلالها زمن الابتداء المبكر لتلك الانشطة التي تبدأ بالحدث (i) ، وهو اقرب وقت متوقع لاتمام عمل معين وتتكون من نوعين من الازمنة هي :

- زمن البدء المبكر (Early Start) ويكون دائما مساوياً للصفر.

$$ES = 0 \quad \text{..... (1-10-2)}$$

- زمن الانجاز المبكر (Early Finish).

$$EF = ES + T \quad \ldots\ldots\ldots (2\text{-}10\text{-}2)$$

حيث ان (T) : يمثل زمن الحدث.

اذا كان الحدث في المخطط يرتبط بنشاط واحد فأن العلاقة الرياضية هي :

$$ES = ES + T \quad \ldots\ldots\ldots (3\text{-}10\text{-}2)$$

أما اذا اكان الحدث مرتبط بأكثر من نشاط فأن العلاقة الرياضية هي:

$$ES = Max \{ES + T\} \quad \ldots\ldots\ldots (4\text{-}10\text{-}2)$$

2- الحسابات الخلفية (Backward Pass Calculations):

وتعرف بالحسابات المتأخرة والتي تشمل احتساب ما يسمى بوقت الانجاز المتأخر لكافة الانشطة المؤدية للحدث وتتكون من نوعين من الازمنة هي :

- زمن الانجاز المتأخر (Latest Finish).

$$LF = EF \quad \ldots\ldots\ldots (5\text{-}10\text{-}2)$$

- زمن البدء المتأخر (Latest Start).

$$LS = LF - T \quad \ldots\ldots\ldots (6\text{-}10\text{-}2)$$

اذا كان الحدث (i) مرتبط بحدث واحد فأن العلاقة الرياضية هي:

$$LS = LS - T \quad \ldots\ldots\ldots (7\text{-}10\text{-}2)$$

في حال كان الحدث (i) مرتبط بأكثر من نشاط فان العلاقة الرياضية هي:

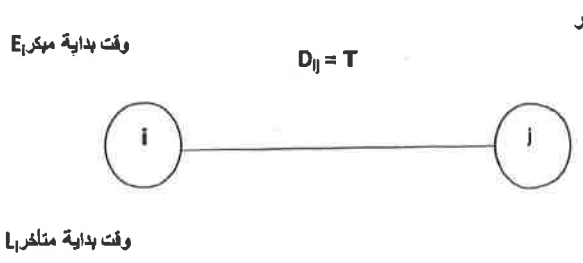
$$LS = Min \{LS - T\} \quad \ldots\ldots\ldots (8\text{-}10\text{-}2)$$

ثانياً : حساب أوقات المرونة (Float Times) :

المرونة تعني الفائض في الوقت بين الفترة التي خطط لها لتنفيذ الفعالية والفترة الفعلية وقياسها يعتمد على طريقة احتساب الفترة الفعلية ، لان الفترة المخططة قد لا تأخذ بنظر الاعتبار التسلسل المنطقي للفعاليات والعلاقات المترابطة فيما بينها.

والمرونة الاجمالية تأخذ أما قيمة موجبة أو صفرية أو سالبة ،ان القيمة الموجبة تعني إن هناك إمكانية لتأخير تنفيذ الفعالية في حدود تلك المرونة . أما الصفرية فهي التي لا يمكن ان تتحمل اي تأخير في التنفيذ او حتى في بداية تنفيذ الفعالية ،أما اذا كانت المرونة الاجمالية سالبة مهناه وجوب تغيير الفترة الزمنية للفعالية بزيادتها اي ان الوقت لتلك الفعالية غير كافي لتنفيذها.

ولغرض احتساب قيم المرونات نستخدم الشكل التالي:



1-Total Float (T.F)= $L_j - E_i - D_{ij}$ ..... (9-10-2)

2-Free Float (F.F)= $E_j - E_i - D_{ij}$ ..... (10-10-2)

3-Independent Float (I.F)= $E_j - L_i - D_{ij}$ ..... (11-10 2)

حيث أن :

E_i : وقت بداية مبكر

Ej : وقت نهاية مبكر

Li : وقت بداية متأخر

Lj : وقت نهاية متاخر

Dij : فترة التنفيذ

وللمرونات أنواع أهمها :

1- المرونة الإجمالية (Total Float Time) : هو عبارة عن المدة التي يمكن ان يتأخر فيها البدء بالنشاط دون ان يؤثر ذلك على المدة الزمنية الاجمالية اللازمة للانجاز:

TF = LF – EF or TF = LS – ES ..... (12-10-2)

حيث ان (LF) : هو زمن الانتهاء المتأخر .

2- المرونة الحرة (Free Float Time) :هي مقدار الزمن الذي يمكن فيه التأخر او تحديد زمن فعالية معينة دون ان يؤثر ذلك على أزمنة الفعاليات التالية إلا أن التأثير قد يكون على الفعاليات السابقة :

FF = (EF – ES) – T ..... (13-10-2)

3- المرونة المستقلة (Independent Float Time): وتمثل الفرق بين الوقت المبكر لحدث النهاية والوقت المتأخر لحدث البداية والتي يمكن ان تكون اقل او تساوي المرونة الاجمالية (TF)

IF = (EF – LS) – T ..... (14-10-2)

11-2 ضغط زمن انجاز العملية الانتاجية (Crashing) [3,7] :

يحتل موضوع الوقت والكلفة اهمية كبيرة في تفكير المسؤولين عن تخطيط الانتاج وان الاتجاه نحو تخفيض (Crashing) الوقت والكلفة اصبحا هدفاً تسعى لتحقيقه الحكومات والشركات الخاصة وهناك مبررات عديدة تفرضها طبيعة الاعمال او الظروف المحيطة بها .

أن تطبيق أسلوب المسار الحرج (Critical Path) في تخطيط الانتاج يتم في ظل الأوقات والكلف الطبيعية ومن خلال ذلك يتم إيجاد الوقت والكلفة اللازمين للانجاز في ظل الموارد المادية والبشرية المتاحة ، ولغرض القيام بعملية تقليص الوقت اللازم لانجاز العملية الانتاجية يتطلب تهيئة البيانات التالية:

1- إيجاد وقت المسار الحرج (Critical Path) اي الوقت الطبيعي للانجاز في ظل الموارد المتاحة.
2- إيجاد وقت جميع المسارات الأخرى (المسارات الغير الحرجة).
3- إيجاد الوقت الممكن فنيا ان يقلص فيه وقت كل نشاط من الأنشطة المكونة للعملية الانتاجية.
4- إيجاد الكلفة المترتبة عن عملية تقليص الوقت لكل نشاط من الأنشطة (يوم،أسبوع ، شهر).

وبمكن تطبيق نفس الخطوات المذكورة في حالة التوجه نحو تخفيض الكلف.

12-2 أمكانية تخفيض فترة تنفيذ المشاريع الصناعية وفقاً لمبدأ عمل المسار الحرج(المبادلة بين الوقت والكلفة) [1,7] :-

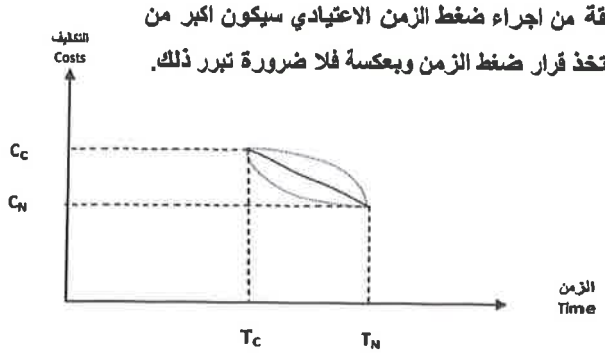
أن تكلفة انجاز اي عملية انتاجية تتكون من تكلفة مباشرة وهي المصاحبة للانشطة المختلفة للعملية الانتاجية بالاضافة الى التكلفة غير المباشرة في ادارة العملية الانتاجية والخدمات.

فبالنسبة للتكلفة غير المباشرة نفترض ازديادها طردياً مع زمن الانجاز . بينما بالنسبة للتكلفة المباشرة نفترض ازديادها عكسياً مع زمن الانجاز – كذلك يفترض ان مدير العملية الانتاجية يتمتع بقدر من التحكم في زمن الانجاز بين حد اقصى يسمى زمن الانجاز الطبيعي (Normal Time) وحد ادنى يسمى زمن الانجاز المضغوط (Crash Time) وتحكم بين الزمنين الظروف التكنولوجية لتنفيذ الانشطة.

كذلك يقدر زمن تنفيذ العملية الانتاجية عادة بزمن المسار الحرج للمخطط الشبكي ، وقد تظهر الحاجة ملحة في كثيرمن الاحيان الى تقليص فترة الانجاز لاهداف استراتيجية او تقليص بعض الفترات المرحلية بهدف تسريع وتيرة الانتاج ، فعندما نلجأ الى هذه الاساليب والتي تدعى بعمليات المبادلة بين التكلفة والزمن والتي تعني امكانية التبادل بين التكلفة والزمن من اجل كل مرحلة او من اجل العملية الانتاجية بأكملها .

عندما يتخذ قرار بتنفيذ العملية الانتاجية بفترة زمنية اقل من الفترة المقدرة سابقاً ، فأن ذلك بالتأكيد سيؤثر على مستوى التكاليف ، والصفة الغالبة ان التكاليف ستتجه نحو الارتفاع عند ضغط الفترة الزمنية التي تتم تقديرها في وقت سابق .

ان اتخاذ قرار ضغط الكلفة يجب ان يسبقه دراسة جدوى فنية واقتصادية تبرر تحمل العملية الانتاجية اعباء كلفة اضافية. اي ان العائد المنتظر تحقيقة من اجراء ضغط الزمن الاعتيادي سيكون اكبر من الكلفة المضغوطة وعلى هذا الاساس سيتخذ قرار ضغط الزمن وبعكسة فلا ضرورة تبرر ذلك.



T_N: زمن الانجاز الطبيعي

C_N: الكلفة المقابلة لزمن الانجاز الطبيعي

T_C: زمن الانجاز المضغوط

C_C: الكلفة المقابلة لزمن الانجاز المضغوط (كلفة التسريع)

ان التكاليف بشكل عام تنقسم الى قسمين:

1- التكاليف المباشرة (Direct Costs) : وتعني المستلزمات السلعية والخدمية التي يتم استخدامها في العملية الانتاجية بشكل مباشر كالمواد الاولية والطاقة والاجور وغيرها وتنقسم بدورها الى نوعين:

- الكلفة الطبيعية (Normal Cost).
- الكلفة المضغوطة (Crash Cost).

2- التكاليف غير المباشرة (Indirect Costs) : هي التكاليف التي لا تدخل ضمن نطاق الانتاج بشكل مباشر بل تساعد على تسهيل العملية الانتاجية .ومع ذلك لايمكن الاستغناء عنها ، كالاندثارات ، اقساط التامين السنوية على رأس المال الثابت ، الفوائد على رأس المال ، اعمال البحث والتطوير، الاجور المدفوعة لبعض الإداريين وغيرها .

13-2 أنموذج حساب المسار الحرج :

في هذا الأنموذج يتم حساب طول المسار الحرج للعملية الانتاجية وكذلك تحديد الفعاليات الحرجة وغير الحرجة، وتكون الصيغة العامة لهذا الأنموذج كما ياتي :

$$\text{Min } Z = X_n - X_1 \qquad \text{.....(1-13-2)}$$

Subject to

1) Start – Time Constraints قيود وقت كل فعالية

$$X_j - X_i \geq t^n_{ij} \qquad \text{.....(2-13-2)}$$

2) Non – Negativity Constraints قيود عدم السالبية

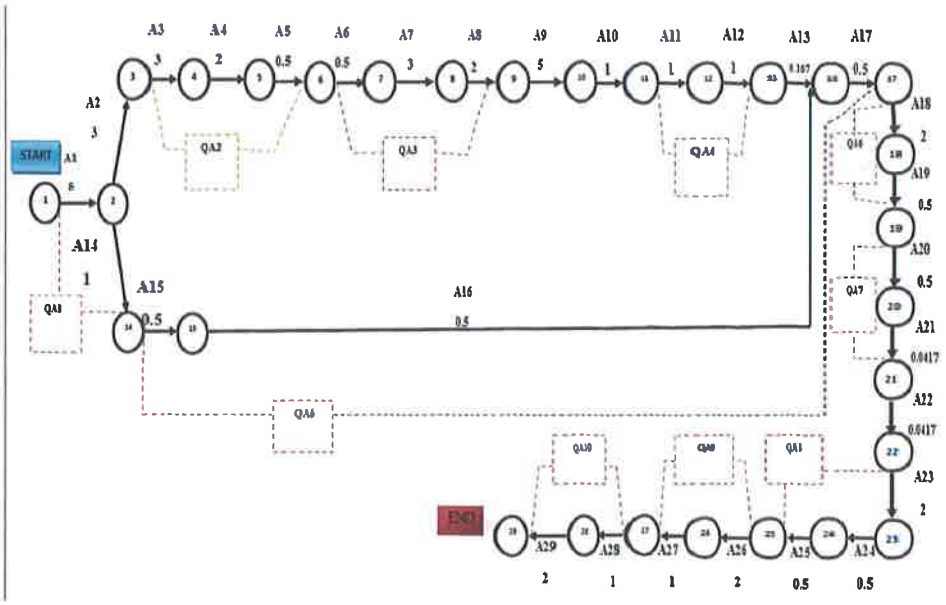
$$X_i \geq 0 \qquad \text{.....(3-13-2)}$$

For all i,j

3-1 الجانب العملي:

ولاجل تطبيق فكرة البحث تم اختيار احد المنتجات الكهربائية التي يتم تصنيعها في وزارة الصناعة والمعادن شركة الزوراء العامة حيث قمنا بتحويل المسارات التكنولوجية للمنتج الى مخطط شبكي وكالتالي:

شكل رقم (3-1)



3-2 أنموذج حساب طول المسار الحرج:

لحساب طول المسار الحرج للعملية الانتاجية للمحطات الصندوقية (KIOSK) والذي يُعتبر أطول مسار في العملية الانتاجية قام الباحث بتحويل المخطط الشبكي للعملية الانتاجية الى إسلوب البرمجة الخطية والموضح في ادناه الى أنموذج رياضي خطي مستعملاً بيانات جدول المسارات التكنولوجية للمنتج:

أولاً: تحديد دالة الهدف

إن دالة الهدف تتمثل بحساب طول المسار الحرج للعملية الانتاجية وباستعمال العلاقة الخاصة بالصيغة العامة لدالة الهدف في أنموذج حساب طول المسار الحرج وكما يأتي :

$$\text{Min } Z = X_{29} - X_1 \qquad \ldots\ldots\ldots (1-13-2)$$

إذ أن :

X_{29} : تمثل الوقت الإعتيادي لإنجاز أخر فعالية.

X_1 : تمثل وقت بداية العملية الانتاجية.

ثانيا: تحديد القيود

أما قيود الأنموذج والتي تمثل وقت التنفيذ لكل فعالية من فعاليات العملية الانتاجية لقيود أنموذج حساب المسار الحرج فتكون كالتالي:

: **Subject to**

$$X_2 - X_1 \geq 5$$
$$X_3 - X_2 \geq 3$$
$$X_4 - X_3 \geq 3$$
$$X_5 - X_4 \geq 2$$
$$X_6 - X_5 \geq 0.5$$
$$X_7 - X_6 \geq 0.5$$
$$X_8 - X_7 \geq 3$$
$$X_9 - X_8 \geq 2$$
$$X_{10} - X_9 \geq 5$$
$$X_{11} - X_{10} \geq 1$$
$$X_{12} - X_{11} \geq 1 \qquad \text{..... (2-13-2)}$$
$$X_{13} - X_{12} \geq 1$$
$$X_{14} - X_2 \geq 1$$
$$X_{15} - X_{14} \geq 0.5$$
$$X_{16} - X_{15} \geq 0.5$$
$$X_{16} - X_{13} \geq 0.167$$
$$X_{17} - X_{16} \geq 0.5$$
$$X_{18} - X_{17} \geq 2$$
$$X_{19} - X_{18} \geq 0.5$$
$$X_{20} - X_{19} \geq 0.5$$

$$X_{21} - X_{20} \geq 0.0417$$
$$X_{22} - X_{21} \geq 0.0417$$
$$X_{23} - X_{22} \geq 2$$
$$X_{24} - X_{23} \geq 0.5$$
$$X_{25} - X_{24} \geq 0.5$$
$$X_{26} - X_{25} \geq 2$$
$$X_{27} - X_{26} \geq 1$$
$$X_{28} - X_{27} \geq 1$$
$$X_{29} - X_{28} \geq 2$$

..... (2-13-2)

ثالثاً : قيود عدم السالبية :- إن قيود عدم السالبية فتكون بالشكل التالي :

$X_j \geq 0 \quad , j = 1, 2,...,29$ .....(3-13-2)

وبعد الإنتهاء من تحديد دالة الهدف والقيود للأنموذج الرياضي تم حل الأنموذج بإستعمال الحاسوب (برنامج Win QSB / Linear and Integer Programming) وتم الحصول على نتائج الحل الأمثل للأنموذج والمبينة في الجداول .

جدول رقم (3-1)

	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	X1	0	-1.0000	0	0	at bound	-1.0000	M
2	X2	5.0000	0	0	0	basic	0	M
3	X3	8.0000	0	0	0	basic	0	M
4	X4	11.0000	0	0	0	basic	0	M
5	X5	13.0000	0	0	0	basic	0	M
6	X6	13.5000	0	0	0	basic	0	M
7	X7	14.0000	0	0	0	basic	0	M
8	X8	17.0000	0	0	0	basic	0	M
9	X9	19.0000	0	0	0	basic	0	M
10	X10	24.0000	0	0	0	basic	0	M
11	X11	25.0000	0	0	0	basic	0	M
12	X12	26.0000	0	0	0	basic	0	M
13	X13	27.0000	0	0	0	basic	0	M
14	X14	26.1670	0	0	0	basic	0	0
15	X15	26.6670	0	0	0	basic	0	0
16	X16	27.1670	0	0	0	basic	0	M
17	X17	27.6670	0	0	0	basic	0	M
18	X18	29.6670	0	0	0	basic	0	M
19	X19	30.1670	0	0	0	basic	0	M
20	X20	30.6670	0	0	0	basic	0	M
21	X21	30.7087	0	0	0	basic	0	M
22	X22	30.7504	0	0	0	basic	0	M
23	X23	32.7504	0	0	0	basic	0	M
24	X24	33.2504	0	0	0	basic	0	M
25	X25	33.7504	0	0	0	basic	0	M
26	X26	36.7504	0	0	0	basic	0	M
27	X27	36.7504	0	0	0	basic	0	M
28	X28	37.7504	0	0	0	basic	0	M
29	X29	39.7504	1.0000	39.7504	0	basic	1.0000	M
	Objective	Function	(Min.) =	39.7504	(Note:	Alternate	Solution	Exists!)

جدول رقم (3-2)

	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
1	CON A1	5.0000	>=	5.0000	0	1.0000	0	M
2	CON A2	3.0000	>=	3.0000	0	1.0000	-5.0000	M
3	CON A3	3.0000	>=	3.0000	0	1.0000	-8.0000	M
4	CON A4	2.0000	>=	2.0000	0	1.0000	-11.0000	M
5	CON A5	0.5000	>=	0.5000	0	1.0000	-13.0000	M
6	CON A6	0.5000	>=	0.5000	0	1.0000	-13.5000	M
7	CON A7	3.0000	>=	3.0000	0	1.0000	-14.0000	M
8	CON A8	2.0000	>=	2.0000	0	1.0000	-17.0000	M
9	CON A9	5.0000	>=	5.0000	0	1.0000	-15.1670	M
10	CON A10	1.0000	>=	1.0000	0	1.0000	-19.1670	M
11	CON A11	1.0000	>=	1.0000	0	1.0000	-19.1670	M
12	CON A12	1.0000	>=	1.0000	0	1.0000	-19.1670	M
13	CON A13	21.1670	>=	1.0000	20.1670	0	-M	21.1670
14	CON A14	0.5000	>=	0.5000	0	0	-M	20.6670
15	CON A15	0.5000	>=	0.5000	0	0	-M	20.6670
16	CON A16	0.1670	>=	0.1670	0	1.0000	-20.0000	M
17	CON A17	0.5000	>=	0.5000	0	1.0000	-27.1670	M
18	CON A18	2.0000	>=	2.0000	0	1.0000	-27.6670	M
19	CON A19	0.5000	>=	0.5000	0	1.0000	-29.6670	M
20	CON A20	0.5000	>=	0.5000	0	1.0000	-30.1670	M
21	CON A21	0.0417	>=	0.0417	0	1.0000	-30.6670	M
22	CON A22	0.0417	>=	0.0417	0	1.0000	-30.7087	M
23	CON A23	2.0000	>=	2.0000	0	1.0000	-30.7504	M
24	CON A24	0.5000	>=	0.5000	0	1.0000	-32.7504	M
25	CON A25	0.5000	>=	0.5000	0	1.0000	-33.2504	M
26	CON A26	2.0000	>=	2.0000	0	1.0000	-33.7504	M
27	CON A27	1.0000	>=	1.0000	0	1.0000	-35.7504	M
28	CON A28	1.0000	>=	1.0000	0	1.0000	-36.7504	M
29	CON A29	2.0000	>=	2.0000	0	1.0000	-37.7504	M

3-3 نتائج حل الأنموذج :

بعد عملية صياغة الأنموذج الرياضي وإدخال البيانات المتمثلة بالأوقات المستغرقة لتنفيذ كل فعالية من فعاليات العملية الانتاجية تم الحصول على النتائج وكما موضـــــحة في الجداول رقم (3-1) و (3-2) وكالأتي :

جدول الحل رقم (3-1) :

تظهر نتائج الحل الأمثل لدالة الهدف لأنموذج حساب طول المسار الحرج من خلال هذا الجدول والذي يبين خطوات العملية الانتاجية لتصنيع المحطات الصندوقية KIOSK ويحتوي على قيم متغيرات القرار وحالتها ويتكون الجدول من (9) أعمدة هي :

العمود الاول

يساعد هذا العمود على معرفة العدد الكلي لمتغيرات القرار في دالة الهدف وبيان مواقع وتسلسلات متغيرات القرار، إذ أن الرقم (1) يشير الى المتغير الأول (X1) والذي يمثل بداية العملية الانتاجية والمبين موقعه في الشكل رقم (3- 1) وهكذا لبقية المتغيرات.

العمود الثاني

يتضمن هذا العمود متغيرات القرار الموجودة في دالة الهدف، وأن كل متغير قرار يُشير الى الوقت اللازم لبدء إحدى فعاليات العملية الانتاجية.

العمود الثالث

يحتوي هذا العمود على قيم متغيرات القرار والتي تُشير بدورها الى الوقت اللازم لبدء فعالية أو أكثر من فعاليات العملية الانتاجية ، فعلى سبيل المثال الرقم (11) في هذا العمود والذي يناظره متغير القرار(X4) يبين أنه في اليوم (11) من بداية المباشرة بالعملية الانتاجية يجب البدء بتنفيذ الفعالية A4 (تصنيع القضبان النحاسية) كما في الجدول رقم (3-1) والتي تأتي بعد العقدة رقم (3) في المخطط الشبكي لانتاج المحطة الصندوقية KIOSK والمبين في الشكل رقم (1).

أما الرقم (35.7504) في العمود نفسه والمناظر لمتغير القرار(X26) فأنه يُشير الى أن يجب البدء بها في اليوم (35.7504) من بداية العملية الانتاجية والتي تلي العقدة رقم (26) في المخطط الشبكي لانتاج المحطة الصندوقية KIOSK وهكذا لبقية المتغيرات وأوقات البدء للفعاليات المناظرة لها.

العمود الرابع

ويشمل معاملات متغيرات القرار في دالة الهدف، إذ أن الرقم (1) في العمود الرابع والمقابل لمتغير القرار (X29) يعتبر معاملاً للمتغير المذكور في دالة الهدف وكذلك الحال نفسه بالنسبة لبقية المتغيرات.

العمود الخامس

إن هذا العمود يمثل الوقت الكلي لكل متغير والناتج من حاصل ضرب معامل كل متغير بقيمة متغير القرار المقابل له، إذ أن الرقم (0) في هذا العمود والمناظر لمتغير القرار (X16) جاء نتيجة حاصل ضرب الرقم (27.1670) والذي يمثل قيمة متغير القرار (X16) بمعامله الرقم (0) في دالة الهدف، أما الرقم (39.7504) في العمود نفسه والمناظر لمتغير القرار (X29) فأنه ناتج من حاصل ضرب معامل المتغير في دالة الهدف الرقم (1) بقيمة المتغير المقابل له الرقم (39.7504)، وهكذا بالنسبة لبقية قيم العمود.

العمود السادس

يحتوي هذا العمود على المقدار المطلوب بموجبه تغيير معامل متغير القرار المقابل له في دالة الهدف ليصبح متغيراً أساسياً، فالقيمة الصفرية في هذا العمود والمناظرة لمتغير القرار (X14) يعني أن هذا المتغير هو متغيراً أساسياً في جدول الحل الأمثل ولا يتوجب تغيير معامله في دالة الهدف (سواء زيادة أو نقصان)، ونفس الحال يشمل المتغيرات الأخرى.

العمود السابع

إن البيانات التي يتم الحصول عليها من هذا العمود لها أهمية كبيرة حيث أنها تبين حالة المتغير في جدول الحل الأمثل من أنه متغيراً أساسياً أم متغيراً غير أساسي، فالمتغير (X1) ظهرت حالته في الخلية المقابلة له في العمود السابع (at bound) مما يعني بأنه متغير غير أساسي بينما متغير القرار (X13) ظهرت بأنها (basic) مما يدل على أنه متغير أساسي وهكذا لبقية المتغيرات.

العمود الثامن

إن القيم الظاهرة ضمن هذا العمود تمثل الحدود الدنيا المسموح بها لمعاملات متغيرات القرار في دالة الهدف والتي تبقي الحل عند الأمثلية عند بقاء معامل المتغير ضمن هذا الحد الأدنى أو أعلى منه مع

عدم تجاوز القيمة المقابلة في العمود التاسع لنفس المتغير، فالرقم (1-) والمقابل لمتغير القرار (X1) يمثل الحد الأدنى المسموح به لمعامل هذا المتغير وكذلك الحال بالنسبة للمتغيرات الأخرى.

العمود التاسع

في هذا العمود يمكن التعرف على أعلى قيمة ممكن أن تكون عليها معاملات متغيرات القرار ويبقى الحل عند حالة الأمثلية ما دام معامل المتغير مساوي أو أدنى من القيمة الموجودة في هذا العمود والمقابلة لنفس المتغير، وهكذا لبقية المتغيرات.

جدول الحل رقم (3-2) :

هو جدول يُظهر نتائج الحل الأمثل لقيود أنموذج حساب طول المسار الحرج لعملية انتاج المحطة الصندوقية KIOSK والتي تمثل الأوقات اللازمة لتنفيذ كل فعالية من فعاليات العملية الانتاجية ويتكون هذا الجدول من (9) أعمدة هي :

العمود الأول

يمكن التعرف على العدد الكلي لقيود المسألة من خلال هذا العمود الذي يبين مواقع وتسلسلات القيود، حيث أن الرقم (1) يشير الى القيد الأول (CON A1) في إشارة الى الفعالية A1 (استلام الهيكل الخاص)، وهكذا لبقية الفعاليات.

العمود الثاني

يحتوي هذا العمود على قيود الأنموذج، إذ أن كل قيد يُشير الى إحدى فعاليات العملية الانتاجية، فمثلاً القيد (CON A3) يُمثل الفعالية A3 (نقل منظومة (L.V) الى شعبة تصنيع القضبان النحاسية في مصنع الهياكل)، وهكذا لبقية القيود.

العمود الثالث

تُمثل القيمة الموجودة في كل خلية من خلايا هذا العمود الوقت الذي تم فيه إنجاز فعالية ما، فالرقم (3) والمناظر للقيد (CON A7) يُمثل الوقت الذي تحتاجه الفعالية A7 (تجميع مكونات معامل تحسين القدرة) لإنجازها، وكذلك الحال بالنسبة لبقية القيود.

العمود الرابع

من خلال هذا العمود يُمكن التعرف على إتجاه القيد الذي تم بناءه في الأنموذج والذي يكون أما علامة مساواة أو علامة أكبر أو يساوي (= >) أو أصغر أو يساوي (= <).

العمود الخامس

يُمثل هذا العمود قيم الجانب الأيمن من القيود (R.H.S) وهي عبارة عن الوقت المتاح أو المخصص لتنفيذ إحدى فعاليات العملية الانتاجية، فالرقم (2) والمناظر للقيد (CON A4) يُشير الى أن الفعالية A4 (تصنيع القضبان النحاسية) تم تخصيص (2) يومان لتنفيذها، وهذا ينطبق على الفعاليات الأخرى.

العمود السادس

إن القيم الموجودة في هذا العمود تُبين الأوقات الفائضة لكل فعالية من فعاليات العملية الانتاجية، فالرقم (0) والمقابل للقيد (CON A6) يُشير بأن الفعالية A6 (تثبيت محولات التيار ودوائر السيطرة) لا تمتلك وقتاً فائضاً وأنها إستعملت كامل الوقت المخصص لها، بينما الرقم (20.1670) والمناظر للقيد (CON A13) يُمثل الوقت الفائض من تنفيذ الفعالية A13 (نقل المنظومة الى مرحلة تجميع الكيوسك)، إذ يُمكن الإفادة من هذا الوقت بتحويل الجهد الهندسي الى الفعالية الحرجة التي يراها مدير العملية الانتاجية ومن خلال مراقبته للعمل مُعرَّضة بأن تتجاوز الوقت المخصص لتنفيذها وهكذا لبقية الفعاليات.

العمود السابع

يعتبر هذا العمود من أهم الأعمدة في الجدول، إذ أن القيم الموجودة فيه يتم من خلالها التعرف على أي فعالية من فعاليات العملية الانتاجية هي فعالية حرجة وبالتالي يتم بواسطة هذا العمود تحديد المسار الحرج للمشروع، فالرقم (1) والمقابل للقيد (CON A2) يُبين أن الفعالية A2 (تجميع المواد الكهربائية) هي فعالية حرجة وأن أي تأخير فيها يؤدي الى تأخير العملية الانتاجية بأكملها، بينما الرقم (0) والمناظر للقيد (CON A15) يُشير الى أن الفعالية A15 (تثبيت المحولة 11/0.4 KV) فعالية غير حرجة وأن أي تأخير فيها ضمن الحدود المبينة في العمودين الثامن والتاسع للجدول رقم (2) لا يؤثر على إنهاء المنتج في موعده المحدد وكذلك الحال بالنسبة للقيود الأخرى.

العمود الثامن

يحتوي هذا العمود على الحدود الدنيا المسموح بها لأوقات كل فعالية وأن بقاء الوقت ضمن هذا الحد يبقي الحل عند الأمثلية وأي وقت يكون أقل من الحد الأدنى سوف يغير أمثلية الحل وكذلك يغير حالة القيد كونه مؤثراً أم غير مؤثر مما يسبب بتغيير المسار الحرج للعملية الانتاجية.

العمود التاسع

يتضمن هذا العمود على الحدود العليا المسموح بها لكل فعالية وأن عدم تجاوز هذا الحد يبقي الحل عند الأمثلية وأي وقت يكون أعلى من هذا الحد ينتج عنه تغيير في أمثلية الحل وإحتمالية تغيير المسار الحرج أو ظهور مسارات حرجة أخرى، فالرقم (20.6670) والمقابل للقيد (CON A14) يُمثل الحد الأعلى لوقت تنفيذ هذه الفعالية A14 (استلام اجزاء الهيكل الميكانيكي للكيوسك وتجميعها) وأي زيادة

تطرأ عليه يؤدي بالنتيجة الى تغيير المسار الحرج للعملية الانتاجية مما يعذر إتمام المنتج في موعده المحدد، وهكذا لبقية الفعاليات.

وبالاستعانة بأوقات وكلف جدول المسارات التكنولوجية لمنتج (KIOSK) وباستخدام برنامج (Win QSB / PERT and CPM) تم الحصول على النتائج والمبينة في الجداول التالي:

جدول رقم (3-3)

11-07-2013 17:52:21	Activity Name	On Critical Path	Activity Time	Earliest Start	Earliest Finish	Latest Start	Latest Finish	Slack (LS-ES)
1	A1	Yes	5	0	5	0	5	0
2	A2	Yes	3	5	8	5	8	0
3	A3	Yes	3	8	11	8	11	0
4	A4	Yes	2	11	13	11	13	0
5	A5	Yes	0.5	13	13.5	13	13.5	0
6	A6	Yes	0.5	13.5	14	13.5	14	0
7	A7	Yes	3	14	17	14	17	0
8	A8	Yes	2	17	19	17	19	0
9	A9	Yes	5	19	24	19	24	0
10	A10	Yes	1	24	25	24	25	0
11	A11	Yes	1	25	26	25	26	0
12	A12	Yes	1	26	27	26	27	0
13	A13	Yes	0.17	27	27.17	27	27.17	0
14	A14	no	1	5	6	25.17	26.17	20.17
15	A15	no	0.5	6	6.5	26.17	26.67	20.17
16	A16	no	0.5	6.5	7	26.67	27.17	20.17
17	A17	Yes	0.5	27.17	27.67	27.17	27.67	0
18	A18	Yes	2	27.67	29.67	27.67	29.67	0
19	A19	Yes	0.5	29.67	30.17	29.67	30.17	0
20	A20	Yes	0.5	30.17	30.67	30.17	30.67	0
21	A21	Yes	0.04	30.67	30.71	30.67	30.71	0
22	A22	Yes	0.04	30.71	30.75	30.71	30.75	0
23	A23	Yes	2	30.75	32.75	30.75	32.75	0
24	A24	Yes	0.5	32.75	33.25	32.75	33.25	0
25	A25	Yes	0.5	33.25	33.75	33.25	33.75	0
26	A26	Yes	2	33.75	35.75	33.75	35.75	0
27	A27	Yes	1	35.75	36.75	35.75	36.75	0
28	A28	Yes	1	36.75	37.75	36.75	37.75	0
29	A29	Yes	2	37.75	39.75	37.75	39.75	0
	Project	Completion	Time	=	39.75	DAYs		
	Total	Cost of	Project	=	$29.32	(Cost on	CP =	$27.92)
	Number of	Critical	Path(s)	=	1			

جدول رقم (3-4)

11-07-2013 17:53:21	Activity Name	On Critical Path	Activity Time	Earliest Start	Earliest Finish	Latest Start	Latest Finish	Slack (LS-ES)
1	A1	Yes	4	0	4	0	4	0
2	A2	Yes	2.5	4	6.5	4	6.5	0
3	A3	Yes	2.5	6.5	9	6.5	9	0
4	A4	Yes	1.67	9	10.67	9	10.67	0
5	A5	Yes	0.5	10.67	11.17	10.67	11.17	0
6	A6	Yes	0.5	11.17	11.67	11.17	11.67	0
7	A7	Yes	2.5	11.67	14.17	11.67	14.17	0
8	A8	Yes	1.67	14.17	15.84	14.17	15.84	0
9	A9	Yes	4	15.84	19.84	15.84	19.84	0
10	A10	Yes	1	19.84	20.84	19.84	20.84	0
11	A11	Yes	1	20.84	21.84	20.84	21.84	0
12	A12	Yes	1	21.84	22.84	21.84	22.84	0
13	A13	Yes	0.17	22.84	23.01	22.84	23.01	0
14	A14	no	1	4	5	21.01	22.01	17.01
15	A15	no	0.5	5	5.5	22.01	22.51	17.01
16	A16	no	0.5	5.5	6	22.51	23.01	17.01
17	A17	Yes	0.5	23.01	23.51	23.01	23.51	0
18	A18	Yes	1.67	23.51	25.18	23.51	25.18	0
19	A19	Yes	0.5	25.18	25.68	25.18	25.68	0
20	A20	Yes	0.5	25.68	26.18	25.68	26.18	0
21	A21	Yes	0.04	26.18	26.22	26.18	26.22	0
22	A22	Yes	0.04	26.22	26.26	26.22	26.26	0
23	A23	Yes	1.67	26.26	27.93	26.26	27.93	0
24	A24	Yes	0.5	27.93	28.43	27.93	28.43	0
25	A25	Yes	0.5	28.43	28.93	28.43	28.93	0
26	A26	Yes	1.67	28.93	30.6	28.93	30.6	0
27	A27	Yes	1	30.6	31.6	30.6	31.6	0
28	A28	Yes	1	31.6	32.6	31.6	32.6	0
29	A29	Yes	1.67	32.6	34.27	32.6	34.27	0
	Project	Completion	Time	=	34.27	DAY's		
	Total	Cost of	Project	=	$33.76	(Cost on	CP =	$32.36)
	Number of	Critical	Path(s)	=	1			

4-3 الاستنتاجات (Conclusions):

إن التخطيط والسيطرة على الاحتياجات من المواد يمثلُ جوهر أنظمة الإنتاج ، بفعل ما تمثلهُ الموادُ من أهميةٍ كبيرةٍ ونسبة عالية من مجموعِ تكاليف الإنتاج، فإن التخطيطَ والسيطرةَ عليها يمثل أساساً في نجاحِ إدارة العمليات في تحقيق أهدافها في زيادة كفاءة استغلال الموارد أو خفض المخزون ، وتحسين خدمة الزبائن، من خلال التسليم في المواعيد المحددة وتقليص التأخيرات.

ولعل من اهم الاستنتاجات التي تم التوصل اليها ما يلي :

1- من خلال نتائج الجدول رقم (3-1) تبين أن مدة تنفيذ منتج (KIOSK) بلغت (39.7504) يوماً وهي المدة التي يطمح معمل الجهد المتوسط في إنتهاء انتاج المنتج بها حسب الدراسة التخطيطية، وان عدم اعتماد الاساليب العلمية في ادارة وتخطيط الانتاج وعدم الالتزام بالمسار الحرج يؤدي الى عدم اكتمال المنتجات بالاوقات والكلف المحدد لها ، فمدة تنفيذ منتج (KIOSK) بلغت (41.7504) يوماً أي بمدة تأخيرية قدرها يومان ، وان كلفة اليوم الواحد هي (700,000) اي بفارق (1,400,000) الف دينار.

2- من خلال ملاحظة الجدول رقم (3-2) ظهر أن المسار الحرج لانتاج المنتج (KIOSK) يتكون من الفعاليات الحرجة التالية:

A1-A2-A3-A4-A5-A6-A7-A8-A9-A10-A11-A12-A13-A17-A18-A19-A20-A21-A22-A23-A24-A25-A26-A27-A28-A29

وأن الفعاليات أعلاه هي فعاليات حرجة ولايجوز التهاون في وقت تنفيذها أما بقية فعاليات العملية الانتاجية فهي فعاليات غير حرجة.

3- من خلال نتائج الجدول رقم (3-3) تبين أن مدة تنفيذ منتج (KIOSK) بلغت (39.75) يوماً وبكلفة (29.32) مليون دينار بأستخدام (PERT/CPM/ Solve Critical Path Using (Normal Time

4- من خلال نتائج الجدول رقم (3-4) تبين أن مدة تنفيذ منتج (KIOSK) بلغت (34.27) يوماً وبكلفة (33.76) مليون دينار بأستخدام (PERT/CPM/ Solve Critical Path Using (Crash Time)، أي تقليص فترة التنفيذ الى (5.48) يوماً .

5-3 التوصيات (Recommendations):

نوصي باستخدام الأساليب العلمية وخصوصا أساليب بحوث العمليات وتطبيقها في رسم السياسات ووضع الخطط والاهداف بما يتفق مع ضمان الاستخدام الأمثل للطاقات والموارد وبالنظر لمحدودية تلك الموارد وما تتطلبه من حساب دقيق للتكلفة والوقت لضمان الاستخدام الأمثل وتحسين عمليات الأداء بتقليل وقت تنفيذ

العمليات الانتاجية وبالتالي التكلفة ومما تنعكس اثارها الايجابية على استمرار المنتجات في سوق العمل وزيادة رضا المستفيد.

المصادر

1- الشمرتي، أ.د.حامد سعد نور والزبيدي، " بحوث العمليات مفهوما وتطبيقا " ، مكتبة الذاكرة للنشر والتوزيع، بغداد ، الطبعة الأولى 2010.

2- الشمرتي، أ.د.حامد سعد نور والزبيدي، علي خليل، " مدخل الى بحوث العمليات " ، دار مجدلاوي للنشر والتوزيع، عمان – الأردن، الطبعة الأولى 2007.

3- الجنابي ، الدكتور حسين محمود ، " الاحداث في بحوث العمليات "، دار الحامد للنشر والتوزيع ، عمان – الاردن ، الطبعة الاولى 2010.

4- القتال ، أ.د. حميد ناصر حميد ، الجواد، أ.د. دلال صادق مصطفى ،" بحوث العمليات" ، دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع ، عمان – الاردن ، الطبعة العربية 2008.

5- العامري ،أ.د. صالح هادي محسن، الحداد ، أ.د. عواطف ابراهيم " تطبيقات بحوث العمليات في الادارة"، اثراء للنشر والتوزيع والطباعة، عمان – الاردن ، الطبعة الاولى 2009 .

6- الحسن ،أ.م.د. ضوية سلمان، جابر، أ.م.د. عدنان شمخي، "مقدمة في بحوث العمليات"

7- الموسوي ، عبد الرسول عبد الرزاق ، " المدخل الى بحوث العمليات " ، دار وائل للنشر والتوزيع ، عمان – الاردن ، الطبعة الثالثة 2009 .

8- شعبان، أ.م.عبد الكريم هادي، " تطبيقات في الأساليب الكمية وبحوث العمليات مشاكل....وحلول " ، مطبعة الغري الحديثة، النجف الأشرف – العراق، الطبعة الأولى 2008.

9- حمدان، فتحي خليل جامعة البترا، " بحوث العمليات مع تطبيقات بإستخدام الحاسوب " ، دار وائل للنشر، عمان – الأردن، الطبعة الأولى 2010.

10- باشيوة ، الدكتور لحسن عبد الله ، " بحوث العمليات " ، دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع ، عمان – الاردن ، الطبعة العربية 2011.

11- الطراونة، أ.د.محمد وعبيدات، أ.د.سليمان، " مقدمة في بحوث العمليات " ، دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة، عمان – الأردن، الطبعة الأولى 2009.

12- بلال ،أ.د. محمد اسماعيل،" بحوث العمليات استخدام الاساليب الكمية في صنع القرار"، دار الجامعة الجديدة للنشر والتوزيع والطباعة ، الازاريطة 2008 .

13- الفرهود، قيصل عبد الاله فاهم ،" توظيف البرمجة الخطية في المخططات الشبكية لتحديد الامثلية للزمن والكلف لانجاز بعض مشاريع وزارة الشباب " ، رسالة ماجستير مقدمة الى كلية الادارة والاقتصاد- جامعة بغداد، 2012.

14- الجبوري ، وسام ناطق عبد محمود ،" تخطيط الانتاج الاجمالي في الشركة العامة للزيوت النباتية بأستعمال البرمجة الخطية العددية " ، رسالة ماجستير مقدمة الى كلية الادارة والاقتصاد- جامعة بغداد، 2011.

15- الحسناوي، رائد لازم علي ، " إستخدام المخططات الشبكية في تخطيط ومتابعة الإنتاج " ، رسالة ماجستير مقدمة الى كلية الرشيد للهندسة والعلوم - الجامعة التكنولوجية، 2003.

16- PREM KUMAR GUPTA & DR.D.S.HIRA " OPERATIONS RESEARCH " , For Engineering , Computer Science , Commerce & Management Economics, Statistics, Mathematics, C.A., I.C.W.A., C.S., Also useful for I.A.S. & Other Competitive Examinations.