OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as "developed", "industrialized" and "developing" are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

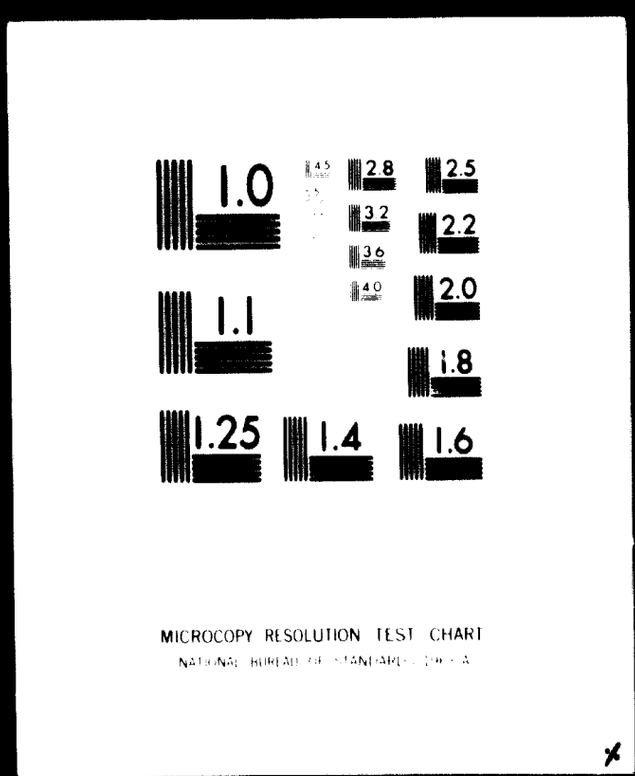
CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org

UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION
Vienna International Centre, P.O. Box 300, 1400 Vienna, Austria
Tel: (+43-1) 26026-0 · www.unido.org · unido@unido.org

1 OF 2
03001
A



24x
D

ID/SER.L/1

C3001-A

برمجة ورقابة تنفيذ المشروعات الصناعية في الدول النامية

Programming and Control of Implementation of Industrial Projects in developing countries.

1971 UNIDO-ID/SER.L/1

صدر هذا الكتاب عن منظمة التنمية الصناعية للأمم المتحدة UNIDO
عام ١٩٧١ تحت عنوان :

Programming and Control of Implementation of Industrial Projects in Developing Countries.

ترجمة : دكتور مهندس : فاروق عبد الحليم شكوير

مراجعة : دكتور مهندس : محمد عبد الفتاح منجي

وصدرت هذه الترجمة من مركز التنمية الصناعية للدول العربية
عام ١٩٧٥ بموافقة اليونيدو

The original publication was issued by UNIDO in 1971 under the title :

Programming and Control of Implementation of Industrial Projects in Developing Countries.

Code No. ID/SER.L/1

Translated by : Dr. Eng. Farouk Abdel Halim Shokkwair
Revised by : Dr. Eng. Mohamed Abdel Fattah Mongi.

This Arabic Translation is published by IDCAS in 1975 according to an agreement with the UNIDO.

مركز التنمية الصناعية ● للدول العربية

برمجة ورقابة تنفيذ المشروعات الصناعية في الدول النامية

الفهـــرس

	رقم الصفحة
ـ مقدمة	
الفصل الأول ـ نطاق ومنهج الدراسة	٩
الفصل الثانى ـ الأساليب الفنية الأساسية لشبكات العمل	١٢
ـ بناء النموذج	١٢
ـ اعداد بيـانات جدولة المشروع	٣١
ـ توصيل خطة التنفيذ والجدولة الزمنية	٣٨
ـ مراقبة المشروع	٤٢
الفصل الثالث ـ ميكانيكية شبكة العمل بالتطبيق على تعديل وتطوير وبناء	
شبكات العمل الفرعية	٤٤
ـ مقـدمة	٤٤
ـ الفـوارق الزمنيـة	٤٤
ـ حد التفاعل فى شـبكة العمل	٤٧
ـ تطوير البيانات الأساسية	٥٠
ـ طرق للتطوير	٥٢
ـ حساب السماح الكلى	٥٦
ـ شـبكات العمل الفرعيـة	٥٦
الفصـل الرابع ـ بدائل التكلفة/الزمن	٦٢
ـ المقـدمة	٦٢
ـ علاقات التكلفة/الزمن للمشروع	٦٢
ـ علاقات التكلفة/الزمن للنشـاط	٦٦
ـ اعداد منحنى التكلفة/الزمن للمشروع	٦٨
ـ التطبيق الفعال لتفضيلات التكلفة/الزمن	٨٢
ـ بدائل التكلفة/الزمن لشبكات العمل الفرعية	٨٧

رقم الصفحة

الفصل الخامس ـ تخصيص الموارد على مستوى المشروع الواحد ٨٨
ـ مقدمة ٨٨
ـ المناهج العامة لتخصيص الموارد ٩٢
ـ الطرق اليدوية لتخصيص الموارد ـ الخطوات التمهيدية ٩٥

الفصل السادس ـ تخصيص الموارد للمشروعات المتعددة ١٠٨
ـ مشكلة المشروع المتعدد ١٠٨
ـ أساليب معالجة تخصيص الموارد للمشروعات المتعددة ١٠٩
ـ مناقشة عينة مشكلة ١١٣

الفصل السابع ـ ربط بدائل التكلفة/الزمن وتخصيص الموارد ١١٥
ـ صلاحية التطبيقات المستقلة ١١٥
ـ التطبيقات المشتركة ١١٦
ـ خطوات التطبيق المشتركة ١١٧
ـ المراجع ١٢١

تقـديم

لقد قامت عديد من الدول النامية بتوجيه جهد كبير الى وضع برامج شـاملة ومتناسقة للتنمية الصناعية ولكنها لم تخصص جهدا مماثلا لتنفيذ هذه البرامج مما نتج عنه أن فشلت كثير منها فى الوصول الى أهداف تنميتها الصناعية • وقد أوضحت التجربة أن الدول النامية تواجه عقبات متنوعة فى جهودها فى تنفيذ المشروعات الصناعيـة ، وبعض هذه العقبات ليست تحت تحكم الدول النامية نفسها • ولهذا الاعتبار فقد قامت منظمة التنمية الصناعية للأمم المتحدة « اليونيدو » بالبدء فى اصدار سلسلة من النشرات تحت عنوان « نظم تنفيذ المشروعات الصناعية » تتناول المشاكل التى تقف فى الطريق اثناء تنفيذ ومتابعة برامج ومشروعات التصنيع •

لقد ذكر خبراء « اليونيدو » وبعض المستشارين الدوليين الآخرين أن عدم توافر برمجة ورقابة لتنفيذ المشروعات الصناعية هو عامل من بين أهم العوامل المختلفة التى تضيف الى قصـور التنفيذ • ولا يتوافر فى معظم الدول النامية أسلوب فنى محـدود أو اجراءات لمثل هذه البرمجة ـ ولغياب هذا فانه لم يكن من المتاح وضع خطط ناجحة للتنفيذ أو جداول تنفيذ فعالة • لذلك فقد تأخرت المشروعات عما كان مقدرا لها •

وهذه الدراسة ، باعتبارها أول دراسة فى هذه السلسلة ، تختص اذن بالتكنيك العملى لبرمجة ورقابة تنفيذ المشروعات الصناعية بأمل أن تصل الأفكار التى يعرضها خبراء المعونات الفنية وكذلك العاملون فى التخطيط ، البرمجة والتنفيذ والمتابعة فى الدول النامية •

أعدت هذه الدراسة بواسطة اليونيدو (سكرتارية اليونيدو) بالمعاونة الاستشارية John W. Fondabl J من جامعـة ستانفورد ، ستانفورد ، كاليفورنيـا ، الولايات المتحـدة الأمريكية •

توضيحات

ـ طريقة المسار الحرج	C P M
ـ أسلوب توقيت وضبط تنفيذ المشروعات	P E R T
ـ وقت البدء المبكر للنشاط	E S
ـ وقت الانتهاء المبكر للنشاط	E F
ـ وقت البدء المبكر للنشاط	L S
ـ وقت الانتهاء المتأخر للنشاط	L F
ـ السماح الحر للنشاط	F F
ـ السماح الكل للنشاط	T F
ـ حدود التفاعل في شبكة العمل	N I L

مقدمة

ان الوسيلة الفعالة لتنفيذ المشروع توجب على الادارة أن تعمل وفق خطة للتنفيذ توضح بها الترتيب المتدرج لمختلف الأنشطة أو المهام المكونة له والتى يجب أن تنتهى قبل أن يبدأ تشغيل المشروع • ويجب على الادارة أن تتأكد أن كل الأنشطة المكونة للمشروع سوف تنجز وفق الجدول الزمنى ولكن ، وبسبب أن الموارد شحيحة فى معظم الدول النامية ، فان تنفيذ المشروع عادة ما يكون صعبا الى حد ما • فالأرصدة اللازمة لتمويل المشروعات عادة ما تكون محدودة وتأخير التنفيذ يبدد الموارد النادرة ويزيد من أعمال الصيانة والاصلاحات وبالتالى يزيد من التكاليف • وحيث أن قوة العمل المدربة والماهرة عادة ما تكون نادرة فان التقديرات التى تعتمد على الانتاجية ، زمن الانجاز ، الموارد والتكاليف المترتبة على ذلك تكون فى الغالب عملية صعبة • ولنفس الأسباب فان التنفيذ الفعلى عادة ما ينحرف عما هو مقدر له • وهذا يعنى أنه اذا ما كانت هناك خطة تنفيذية ترشد تنفيذ المشروع باستمرار فانها يجب أن تطور زمنيا من آن لآخر • ومن ناحية أخرى فان الانتهاء المبكر للمشروع وبحد أدنى من التعطل والتأخير سوف يسهل من أن تتمكن المشروعات الجديدة من بدء الانتاج ومد المجتمع بما هو فى حاجة ماسة اليه من منتجات •

ويعتبر اعداد برامج تنفيذ مشروعات وبرامج الصناعة فى ظروف دولية نامية أكثر فعالية اذا لم يعتمد على الوسائل والمعدات المعقدة لتجهيز البيانات وهى الأجهزة غير المتوافرة بعد فى هذه الدول اذ أن تطبيق الوسائل البدوية محليا بواسطة المهتمين بالمشروع يمكن أن يحقق نتائج أفضل من استخدام الحاسب الالكترونى الذى يشغل عادة عن طريق خبراء خارجيين يفتقدون الصلة اليومية بالمشروع •

ان تنفيذ أى مشروع هام ومجمع يجب أن يبرمج بعناية ، فالأهداف يجب أن تحدد بوضوح وأن يشارك فى وضع برامج التنفيذ أولئك الأشخاص ذوو المعرفة العميقة بالعمل فى المشروع • وقد استخدم اصطلاح « برمجة التنفيذ » ليشير ليس فقط الى عملية تجزئة المشروع الى مختلف الأنشطة المكونة له وتحديد علاقات التتابع بينها بل ليشتمل أيضا على اختيار وسائل تنفيذ كل نشاط ، تخصيص موارده ، تقدير الزمن المطلوب وتحديد البيانات المطلوب جدولتها • ويجب هنا استخدام أكثر الأساليب الفنية المتاحة فعالية

فى وضع برامج التنفيـذ • ويمكن بوجه عام استخدام الأسـاليب المتقدمة مثل بدائل التكلفة/الزمن وتخصيص الموارد لتحسين خطط التنفيذ والتى قد تكون موضوعة على أسس عامة وأولية •

واذا ما تم وضع خطة التنفيذ فانها يجب أن تصل الى أولئك المسئولين عن التنفيذ ومن ثم يبدأ تنفيذها اذ أن خطة التنفيذ تعتبر قليلة الفائدة ما لم تنفذ فعلا •

وحتى تنفذ الخطة بنجاح فانه ليس كافيا أن يكون انجاز الأنشطة المكونة للخطة ممكنا فنيا فقط بل يجب أن تكون الخطة برمتها قابلة للتنفيذ من الناحية العملية وسوف يتضح ذلك عند أخذ الاحتياجات من الموارد فى الاعتبار • فتنفيذ أى نشاط فى المشروع يحتاج الى استخدام موارد مختلفة ، هذا يتضمن أنواعا معينة من العمل الماهر وأنواعا مختلفة من المعدات • ولا يجوز أن تزيد الاحتياجات الكلية من الموارد فى أية لحظة عما هو متاح منها • اذ أن الطلب غير المعقول على الموارد سوف يؤدى الى عدم واقعية خطة التنفيذ وبالتالى استحالة تنفيذها •

بل أن خطة التنفيذ التى قد تكون سليمة فى أساسها قـد لا تصبح كذلك أثناء تنفيذها ، فقد تظهر ظروف غير مرئية تمثل مشاكل وتعترض طريق التنفيذ • فقد يختلف الزمن الفعلى لتنفيذ بعض المهام عما هو مقدر حتى بواسطة أكثر الخبراء كفاءة • اذ قـد يفشل موردو الخدمات والموارد فى أن ينفذوا التزاماتهم فى الوقت المحدد أو بالأسلوب المتفق عليه كما أن هناك ظروف خارجية من غير الممكن السيطرة عليها ، مثل الظروف المناخية ، اضرابات العمال ، تغير الاحتياجات التنظيمية ، وخلافه بما يؤدى الى استحالة تنفيذ المشروع وفقا للخطة الأصلية • لذلك فان الأساليب الفنية لبرمجة ورقابة التنفيذ يجب أن تكون ديناميكية (حركية) وتسمح بالتعديل اذا كان ذلك ضروريا أو له ميزة ما• فاذا لم تتغير خطة التنفيذ لتعكس هذه المتغيرات فانها تصبح خطة غير سليمة • وقد كان هذا فى الواقع مصير عديد من خطط التنفيذ المعدة بعناية فائقة وبتكاليف باهظة ، وكانت صورها الأصلية تقدم حلولا رائعة لمشاكل التنفيذ فى المشروع المعدة له • وبعـد أن بدأ التنفيذ الفعلى لهذه الخطط ، حدثت بعض التغيرات ولكن الخطة لم تطور زمنيا • ومن ثم بدأ تنفيذ الأعمال المتتالية بنفس الطريقة كما لو أنها لم تبرمج أو بعبارة أخرى وفقا لخطة لم تعد سليمة بعد •

ومن هـذا العرض السابق يتضح ضرورة أن تكون خطـة التنفيذ واقعية وأن يتم تطويرها زمنيا باستمرار ومن الضرورى أيضـا أن تكون هناك برمجة دائمـة ومستمرة

وبتفصيل أكثر مع كل خطوة تقدم فى العمل مع اعادة تخطيط مستمرة لاستراتيجية العمل القائمة فى المشروع • وبغض النظر عن درجة المهارة فى اعداد البرنامج الأصلى فان هناك قدرا معينا من التفصيل يجب بناؤه فى مرحلة مبكرة لاعداد البرامج – وبسبب أن هناك تغييرات لا يمكن تجنب حدوثها مع تقدم العمل فى المشروع فان التفصيلات المتناهية الدقة فى برمجة تنفيذ المشروع أمرا ليس له أى مبرر • على أنه يجب اعداد البرمجة التفصيلية للتنفيذ لفترة محدودة مع تقدم العمل فى المشروع تدعيما للبرنامج الأصلى أو البرنامج الرئيسى المطور زمنيا • اذ يجب أن يكون هناك جهد دائم لتحسين الأداء الوظيفى عن طريق اعادة التخطيط • ورغم أن ظروفا غير متوقعة قد تعترض سير العمل وتمثل نوعا من العقبات الا أن هذه الظروف قد تتيح فى بعض الأحيان فرصا لتحسين الأداء • كما ان المعرفة الجيدة بظروف العمل ومستويات الانتاجية الفعلية قد تمكن من اجراء بعض التغيرات المفيدة للمشروع ومع أن اتباع خطة تنفيذية جيدة الأداء كأمر واجب الأخذ به ، للاستفادة من المهارة والفكر اللذين بذلا فى اعدادها ، الا أنه من الأمور الواجب اتباعها استمرار البحث عن حلول أفضل ، ومن ثم تغيير خطة التنفيذ تبعا لذلك عند وجود مثل هذه الحلول الأفضل • ومن الضرورى ، بالطبع أن يتم تحليل التغييرات بدقة للتأكد من من أن ادخالها على خطة التنفيذ سوف تعطى مزايا لها اذ من المهم أن يتم تطوير الخطة الموجودة زمنيا وليس تركها نهائيا •

وحتى يمكن أن تطبق خطة التنفيذ بنجاح فانه يجب على أولئك الذين يديرون العمل أن يعرفوا الأهمية النسبية لمكونات الخطة حتى يمكنهم أن يركزوا جهودهم على المكونات التى تحتاج الى هذا التركيز • فمثلا ، تتراوح آثار الانحرافات بين التوقيت الزمنى للبرنامج عن التوقيت الفعلى للتنفيذ أو تتالى أنشطة المشروع من آثار ضئيلة الى آثار بالغة فى الخطورة ويجب أن توضح البيانات التى تعد عن طريق الوسائل المختلفة لبرمجة التنفيذ للادارة طبيعة هذه الآثار ولتحديد الاجراءات التصحيحية الملائمة لأى تغيير حدث • فمن الضرورى اثبات أن هناك مشكلة قائمة ويمكن أن يوضح تطوير الجدولة آثار التغير فى الأنشطة الأخرى على زمن الانتهاء للمشروع وعلى توقيت الأحداث البينية الهامة • كما أن التطوير الزمنى للموارد يمكن أن يوضح ما اذا كانت الاحتياجات لها لم تعد قائمة أو زاد عما هو مقرر لها أصلا وعند التحقق من عمق المشكلة فانه يمكن اعادة بناء خطة تنفيذ واقعية باستخدام أساليب اعادة البرمجة ويجب أن تسمح مثل هذه الأساليب من تحديد تكلفة اجراءات التصحيح التى تتخذ •

وباختصار فان تنفيذ برنامج أو مشروع صناعى يجب أن يبرمج بذكاء وأن تنفيذ خطة التنفيذ بفعالية • ويتضمن هذان المطلبان الأساسيان :

(أ) برمجة تنفيذ المشروع :

- تحديد الأهداف •
- تجزئة العمل الى أنشطة مكونة له •
- تحديد علاقات التتابع •
- تحديد أساليب التنفيذ والموارد المطلوبة والتكلفة •
- التقديرات الزمنية لمختلف الأنشطة المكونة للمشروع •
- حساب الجدول الزمنى للمشروع •
- حساب جدول الموارد للمشروع •
- التحسينات بادخال استراتجيات بديلة •
- التحسينات عن طريق بدائل التكلفة/الزمن •
- التحسينات باستخدام طريقة تخصيص الموارد •

(ب) رقابة تنفيذ المشروع :

- توصيل خطة تنفيذ واقعية •
- تطوير الخطة عند حدوث تغييرات •
- توسيع خطة التنفيذ الأساسية بحيث تكون أكثر تفصيلا •
- محاولات مستمرة للتحسين من خلال اعادة البرمجة •

الفصل الأول

نطاق ومنهج الدراسة

أن الهدف من هذه الدراسة تقديم أساليب فنية عملية لاظهار الأنشطة المكونة للمشروع وتحديد علاقات التتابع بينها وتمثيل ذلك كله فى شكل شبكة عمل واتخاذ قرارات ببدائل التكلفة/الزمن وتخصيص الموارد ٠كما أن مشكلة بدائل التكلفة/الزمن تنتج من أن معظم الأنشطة التى يجزأ اليها المشروع يمكن أن تنفذ عن طريق عدد من الوسائل البديلة ، كل منها يتطلب قدرا مختلفا من الزمن والموارد ومن ثم قدرا مختلفا من الانفاق ٠ وبوجه عام فان طرق الأداء التى تعمل على تخفيض زمن التنفيذ المطلوب تميل لأن تزيد من التكلفة المباشرة أو المتغيرة وقد ترتفع التكاليف المباشرة بسرعة فى حالات دون أخرى مع تقدم العمل فى المشروع فاذا حدد زمن الانتهاء من المشروع جزافيا أو عن طريق ضوابط خارجية فان أسلوب تفضيلات التكلفة / الزمن يحاول أن يصل الى جدوله لمجموعة الأنشطة بطريقة تفى بالزمن المحدد للانتهاء من المشروع وذلك بأقل قدر من التكلفة الكلية المباشرة ٠ واذا ماطبق هذا الأسلوب لتحديد أفضل وقت ممكن للانتهاء من المشروع فانه تظهر هنا مشكلة عامة ٠ ففى هذه الحالة يؤدى تخفيض زمن العمل فى المشروع الى تخفيض التكلفة غير المباشرة ، أو الثابتة وعليه فانه يتم اعداد بدائل التكلفة/الزمن بهدف البحث عن تلك الجدولة لأنشطة المشروع التى تحقق أقل قدر من التكاليف المباشرة وغير المباشرة أو بعبارة أخرى أقل قدر من التكلفة الكلية ٠

أما مشكلة تخصيص الموارد فانها تهدف الى تحديد جدولة لأنشطة المشروع تفى بالقيود المفروضة على الموارد فى أفضل ظروف ممكنة ٠ اذ تتطلب معظم الأنشطة فى المشروع استخدام مصدر أو أكثر من الموارد ٠ فاذا ما حددت هذه الموارد وتم جدولتها مبدئيا فانه يمكن تحديد عدد الوحدات اللازمة من كل عنصر من عناصر الموارد فى كل فترة زمنية ٠ فاذا زاد الطلب فى وقت ما عن الموارد المتاحة فانه يجب اعادة جدولة بعض الأنشطة وعندما تتسبب اعادة الجدولة فى اطالة فترة تنفيذ المشروع فان الهدف الرئيسى يصبح خفض فترة الامتداد فى التنفيذ الى أدنى حد ممكن ، وعادة ما يستخدم منهج بدائل التكلفة / الزمن لمثل هذا الغرض ويلاحظ أن هناك وسائل أخرى غير اعادة جدولة الأنشطة لمواجهة زيادة الطلب على الموارد ، الا أنها قد تتضمن تكلفة

مرتفعة • ومع أن أسلوبى بدائل التكلفة / الزمن وتخصيص الموارد قد درسا كل على حدة الا أنه يجب اعطاء عناية فائقة لاعداد طرق تستخدم علاقات الترابط بينهما • وهناك مشكلة ثانوية فى أسلوب تخصيص الموارد تهدف الى المحافظة بأكبر قدر ممكن على ثبات فى تدفق حجم الاحتياجات من الموارد اذ تشير الارتفاعات والانخفاضات فى جدولة الموارد بالضرورة الى عدم الاداء الاقتصادى السليم ويمكن عن طريق اعادة الجدولة اجراء بعض التحسينات فى هذا الشأن • وقد يؤدى استخدام الموارد العاطلة الى ايجاد فرص ذات أهمية بالغة للوصول الى درجة أفضل فى بدائل التكلفة / الزمن وهذا يوضح مرة أخرى العلاقة بين بدائل التكلفة/الزمن وتخصيص الموارد •

وتظهر فى تخصيص الموارد مشكلة أكثر تعقيدا عندما يتضح أنه من الضرورى جدولة عديد من المشروعات يجرى تنفيذها فى وقت واحد وتقوم بامتصاص مواردها من مصادر واحدة ـ وتمثل مشكلة المشروعات المتعددة صعوبات تضاف الى الصعوبات القائمة فى مشكلة تخصيص الموارد حيث أنها تتضمن ضرورة أن يأخذ محلل البرنامج فى اعتباره وفى وقت واحد قدرا من البيانات أكبر مما يتطلبها محلل كل برنامج على حدة كما يتطلب ذلك أيضا مراعاة خاصة لأولويات مختلف المشروعات وحركة الموارد •

والمشاكل التى ترتبط ببدائل التكلفة / الزمن وتخصيص الموارد تتضمن قدرا كبيرا من البيانات كما أن الطرق التى تستخدم فى حل هذه المشاكل تعتبر بوجه عام طرقا معقدة رياضيا وعليه فليس من المستغرب أن تكون الأساليب الفنية المستخدمة مبنية على أساس استخدام الحاسب الآلى • ومع ذلك فان الدراسة الحالية تقدم وسائل يمكن تطبيقها دون ما استخدام للحاسبات الآلية وان كان هذا سوف يحد من عدد الطرق التى يمكن استخدامها فان هذا لا يعنى أن نتائج هذه الطرق ستكون بالضرورة أقل قيمة من تلك النتائج التى تحصل عليها من الطرق الاكثر تقدما • والواقع أن استخدام الحاسب الآلى لحل مسائل بدائل التكلفة / الزمن وتخصيص الموارد ، حتى مع توافر المعدات اللازمة لتجهيز البيانات قد لاقت نجاحا نسبيا محدودا اذ لا تستطيع الأساليب الفنية للحساب الآلى أن تأخذ فى اعتبارها التفاعل بين تكاليف الأنشطة عند حدوث تغيير ما • اذ تتطلب الحلول المرضية تفرقة كبيرة فى النتائج • وقد يتطلب الأمر قدرا من التخمين الحسن وليس فقط فى مراحل اعداد البيانات ولكن أيضا فى المراحل الوسيطة من مراحل الحساب وممارسة هذا القدر من التخمين فى مراحل الحساب تصبح عملية صعبة اذا ما تمت عملية البرمجة فى شكل رياضى •

وللمشروع نقطة بداية لتنفيذه وأخرى لانتهاء هذا التنفيذ وذلك على عكس الشكل الدائرى للعمليات التى تميز التصنيع • كما أن أحد الخصائص الأصلية لتنفيذ المشروع أنه عمل غير متكرر • وخلال العقد الماضى ظهر عدد من الطرق الفعالة مستخدمة أسلوب شبكات الاعمال لتخطيط وجدولة ورقابة المشروعات ومن أهم الأساليب المعروفة لشبكات الأعمال طريقة المسار الحرج (CPM) وطريقة توقيت وضبط تنفيذ المشروعات(PERT) وتقوم الطرق المقترحة فى هذه الدراسة على مبادىء طرق شبكات الأعمال •

ويعتبر الفهم الكامل والاساسى للأساليب الاساسية لشبكات الأعمال من المطالب الرئيسية لاستخدام الطرق المتقدمة لأساليب شبكات الأعمال كبدائل التكلفة/الزمن وتخصيص الموارد ويعالج الفصل الثانى باختصار الطرق المتصلة بخطة تنفيذ المشروع واختصارها الى نموذج • وهذا يتضمن رسم لشكل شبكة العمل والذى يعتبر فى الواقع شكلا محددا للعلاقات القائمة بين الانشطة المختلفة لمشروع ما من بداية الخطة وحتى نهايتها• بالاضافة الى ذلك فان الفصل الثانى يتضمن أساليب تقدير الوقت الذى يستغرقه كل نشاط ويعطى طريقة حسابية لبناء الجدولة الأساسية للبيانات ـ لتحديد الأهمية النسبية لكل نشاط فى كل شبكة عمل المشروع ـ وهذا أساسى طالما أنه يوجه انتباه الادارة الى تلك الأنشطة التى تحدد أو تقرر الفترة الزمنية التى يستغرقها المشروع كما يتضمن الفصل الثانى كذلك طرق توصيل خطة وجداول التنفيذ الى هؤلاء ـ الذين سيكلفون بتنفيذها وكذلك طرق تطبيق هذه البيانات فى رقابة المشروع •

ويشتمل الفصل الثالث على تحليل لميكانيكية شبكة العمل كما يشتمل أيضا على طرق التطوير الزمنى لبيانات المشروع المبنية على فهم للوسائل التى تنقل بها التغيرات الى شبكة العمل • وتعتبر طرق التطوير الزمنى هذه فعالة فى حالة ما اذا كانت هناك حاجة لتطوير زمنى عادى عند حدوث تغيرات غير متوقعة كما أنها عنصر أساسى فى بناء أساليب بدائل التكلفة / الزمن عندما يصبح من الضرورى تطوير بيانات المشروع زمنيا نتيجة الرغبة فى تغيير فترات التنفيذ لأنشطة المشروع • ويعرض الفصل الرابع مشكلة بدائل التكلفة / الزمن بالتفصيل كما يعرض أيضا وسائل مقترحة لحلها • بينما يعالج الفصل الخامس مشكلة تخصيص الموارد ويقدم منهجا لحلها ويناقش الفصل السادس تخصيص موارد للمشروع المتعدد والتعديلات الضرورية فى طريقة حل مشكلة المشروع الواحد وأخيرا فان الفصل السابع يعرض العلاقة بين بدائل التكلفة / الزمن وتخصيص الموارد والوسائل التى تأخذ فى الاعتبار آثار هذه العلاقة ويجب التنويه الى أنه ليس الغرض من هذه الدراسة التركيز على أساليب الحلول الرياضية أو محاولة الوصول الى أمثل الحلول الرياضية فالتركيز فى هذه الدراسة على البساطة وعلى واقعية التطبيقات على مستوى المشروع والاعتماد على الحلول اليدوية • فالحلول التى ينقصها الكمال من الجانب النظرى تعتبر مقبولة طالما أنها تضمن تحسين أداء المشروع •

الفصل الثانى

الأساليب الفنية الأساسية لشبكات العمل

بنـــاء النموذج

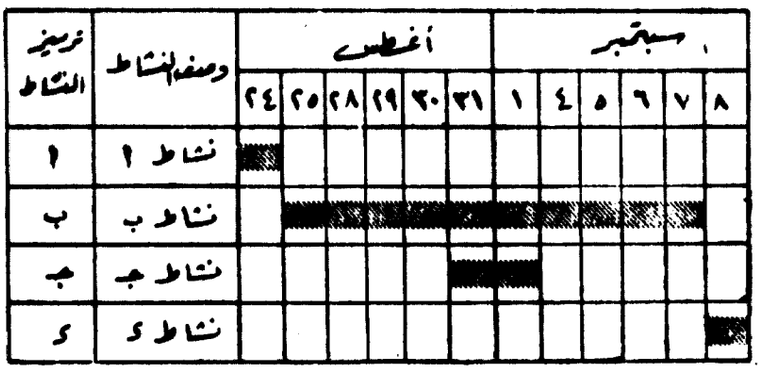
بعد أن تتحدد أهداف المشروع فانه من الضرورى أن تتم برمجة الطريقة التى يمكن أن يتم بها تحقيق هذه الاهداف • ولهذا فانه من المفيد اعتبار المشروع ككل بأنه مكون من مجموعة من الانشطة القائمة بذاتها ولكنها مترابطة •اذ ليس عمليا أن تحاول التعامل مع المشروع كوحدة نشاط واحدة ، فالتجزئة ليست ضرورة فقط لبرمجة التنفيذ ولكنها لازمة ايضا لتقدير الزمن ، حسابات التكلفة ورقابة المشروع ويجب أن تكون الأنشـطة المكونة للمشروع ممثلة للتجزئة المنطقية للعمل • وسنتناقش فى نهاية هذا الفصل العوامل التى تحكم تجزئة المشروع الى أنشطة فرعية •

وعادة ما ترتبط الانشطة الفرعية للمشروع بعلاقة توالى محددة تاما يجب أخذها وتعتبر المستطيلات البيانية أو أشكال « جانت » أكثر أشكال النماذج استخداما بدقة فى الاعتبار عند اعداد البرمجة ، واذا ما كانت هذه العلاقة على درجة كبيرة من التعقيد فان معد البرنامج يجب أن يراعى دائما وضعها فى شكل مرسوم ولا يحتفظ بها فى ذاكراته ، أكثر من هذا فانه فى نقطة ما يجب أن تصل خطة التنفيذية الى الآخرين فى شكل مسجل ، فالوصف الشفاهى الدقيق سوف يؤدى الى استنتاجات متباينة وضياع فى معظم التفصيلات التى بنيت على تحليل دقيق ، ويجب على واضع البرنامج أن يلخص افكارة الى نموذج على الـورق ليحافظ على تتبعها يقوم بعملة مشـتملا على القيود القائمة ، ولهذا فانه فى حاجة الى نموذج لينقل نتائج جيدة الى الآخرين بأسلوب يمكن من استيعابه عند الرجوع اليه فى حالة الضرورة •

وتعتبر المستطيلات البيانية أو أشكال « جانت » أكثر أشـكال النماذج استخداما « لبرمجة » التنفيذ • ويوضح هذا الشكل البيانى التجزئة التى يقوم بها معد البرنامج للمشروع الى الأنشطة المكونة له وجدولة هذه الأنشطة ، ورغم أن أسلوب المستطيلات البيانية يشمل على جدوله للبيانات بطريقة فعاله فان فائدته كاداة للبرمجة تعتبر محدودة فهى لا تظهر بوضوح علاقات التتابع التى يجب أن يحتفظ بها معد البرنامج فى ذهنه • فهو لا يجبر معد البرنامج أن يراعى كل القيود التى قد تتضمنها الجدولة طالما أن هذا الأسلوب لا يتطلب اظهار كل الأنشطة التى يجب استكمالها قبل أن تبدأ أنشطة أخرى مترتبة عليها• أو يتطلب اظهار ما اذا كان معد البرنامج قد أخذ فى اعتباره مختلف الأنشطة المطلوب القيام بها قبل البدء فى أنشطة أخرى ـ ورغم أن المستطيلات البيانية قد تكون كافية فنيا للوفاء بغرض معين تتطلبها وثائق الخطة التنفيذية الا أن الفحص

الدقيق عادة ما يظهر أن الخطة لم تجزء تجزئة كافية وأنها حذفت كلية عديدا من الأنشطة القيدة ، وأنها لم توضح ما اذا كان تحليل الأنشطة قد تم بعناية أو يتطلب مزيدا من التفسير لفهمه فهما كاملا • فعرض خطة التنفيذ فى مستطيلات بيانية قد تكون نتيجة لبرمجة شاملة ودقيقة أو برمجة قاصرة غير رشيدة ولا يستطيع مراجعو النموذج المطروح على الورق الحكم على التحليل الذى تم لعدم كفاية عرض التفصيلات •

ويوضح شكل رقم (١) نموذجا مبسطا للمستطيلات البيانية لأربعة أنشطة وفى هذا الشكل قد يستنتج أن النشاط ب يعتمد على النشاط أ و أن النشاط د يعتمد على النشاط ب حيث أنه فى كلتا الحالتين يبدأ النشاط فى نفس الوقت الذى ينتهى فيه نشاط آخر • ولا يمكن التخمين أيضا أن تنفيذ النشاط جـ يعتمد على استكمال جزء من النشاط ب وقد يؤدى وصف الأنشطة الى توافر بعض النبذات أيضا فى الحالات العملية ، ولكن فى الأشكال التى تتضمن عديدا من المستطيلات فانه من الصعب التوصل الى بعض الاستنتاجات ومن الصعب أيضا اثبات صحتها فلا يوجد دليل على عدم وجود علاقات أخرى وغير الممثلة فى النموذج ولا يوجد أيضا مايدعو الى الاعتقاد بان كل القيود التى يفرضها كل نشاط على الأنشطة الأخرى قد مثلت فى هذا النموذج • فاذا فكر مراجع البرنامج مثلا فى نشاط آخر قد يؤثر فى وقت بدأ تنفيذ النشاط حـ فانه لا يستطيع معرفة ما اذا كان معد البرنامج قد أخذ فى اعتباره هذا الاحتمال واذا كان الأمر كذلك ماهى الأسس التى بنى عليها استنتاجاته وهذا ما يوضح أن المستطيلات البيانية لهـا



شكل رقم (١) شكل مبسط للمستطيلات البيانية

جوانب نقص كأداة للبرمجة سـواء لمعدى البرامج أو حتى لأولئك المسئولين عن مراجعة وتفهم النتائج ٠

ولقد ظهرت شبكة العمل لمواجهة العيوب فى المستطيلات البيانية وشبكة العمل أساسا هى أداة للبرمجة والرقابة ويتم اعدادها قبل جدولة البيانات ٠ ثم تستخدم بعد ذلك لتحديد العلاقات الضرورية لحساب الجدولة وعادة ما يتم رسمها على ورقة بيانيـة بمقياس رسم زمنى لاظهار الجدولة ٠

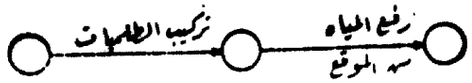
ولقد ظهرت شبكة العمل لمواجهة العيوب فى المستطيلات البيانية وشبكة العمل أساسا هى أداة للبرمجة والرقابة ويتم اعدادها قبل جدولة البيانات ٠ ثم تستخدم بعد ذلك لتحديد زمنى لاظهار الجدولة ٠

ويتطلب رسم شبكة العمل التحديد الدقيق لأنشطة المشروع وتوضـيح علاقات التتابع بينها ٠ وتمثل شبكة العمل أساسا بالاشكال السهمية وأشكال التواجد وتوجد أيضا عدة صور أخرى من هذين الأسلوبين ٠

طرق تمثيل المشروعات

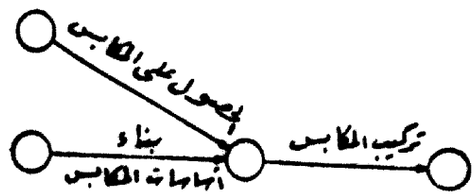
الاشكال السهمية :

وتعتبر هذه الطريقة أكثر الطرق استخداما ٠ وقد استخدمت فى كلا من الطريقة الأصلية للمسار الحرج C P M) وفى توقيت ضبط وتنفيذ المشروعات P E P T وفى هذا النوع من الأشكال يمثل العمل أو النشاط فى المشروع بواسطة سهم ويتطلب النشاط موارد مثل القوى العاملة، المعدات ووقت لتنفيذه ٠ وله نقطة زمنية محددةلبدايته وأخرى لنهايته وتعتبر نقط النهاية فى السهم الممثلة لنشاط عبارة عن حدث فى شبكة العمل الناتجة أى أن الحدث هو بداية أو نهاية النشـاط فاذا كان هناك نشـاط يتلو نشاطا آخر فانهم يشتركون فى حدث واحد حيث أن رأس السهم الذى يمثل النشاط السابق يرتبط بذيل السهم الذى يمثل النشاط اللاحق فمثلا بعد أن يتم الحصول على الأرض اللازمة لبناء مصنع معين فانها قد تتطلب بعض الأعمال التمهيدية قبل أن تبدأ أعمال التشييد الفعلية ٠ فى هذه الحالات فان كلا من هذين النشاطين يظهران كما هو موضح بالشكل رقم (٢) فاذا كان هنـاك أكثر من نشاط يسبق النشـاط اللاحق فان



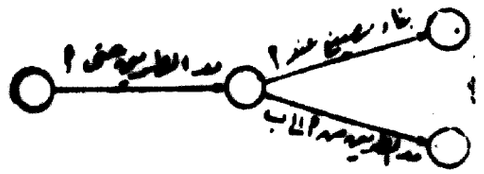
شكل رقم (٢) نشاطين الأسهم والأحداث

رؤوس الأسهم الممثلة للأنشطة السابقة تندمج فى الحدث الذى هو فى نفس الوقت ذيل النشاط اللاحق كما يظهر فى الشكل رقم (٣) ٠

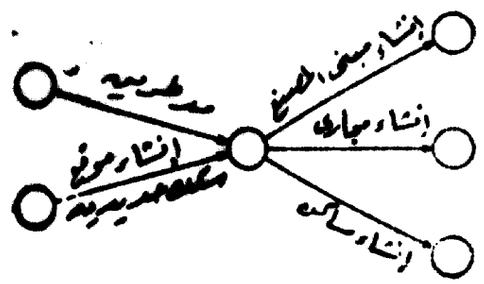


شكل رقم (٣) رأس الأسهم فى حدث مشترك

وبنفس الطريقة اذا كان هناك أكثر من نشاط يتلو نشاطا معينا فان الأسهم الممثلة لكل من الأنشطة اللاحقة ترتبط ذيولها بحدث عام الذى هو فى نفس الوقت رأس السهم الممثل للنشاط السابق كما هو مبين فى الشكل رقم (٤) وفى الطرق الأكثر تعقيدا عندما يتطلب زمن البدء فى عديد من الأنشطة الانتهاء من عدد من الأنشطة الأخرى فان عددا من الأسهم الممثلة للأنشطة قد تندمج فى حدث عام يخرج من هـذا الحدث العام عـدد آخر من الأسهم للأنشطة اللاحقة كما هو موضح فى الشكل رقم (٥) ٠



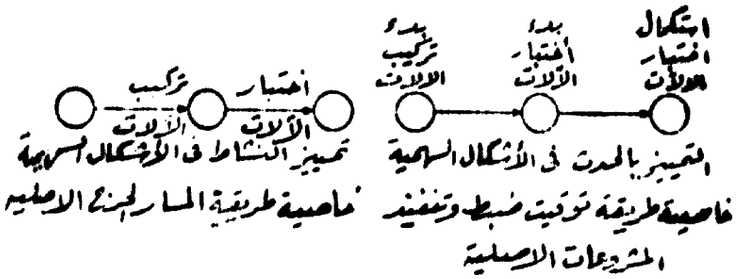
شكل رقم (٤) ذيل الأسهم فى حدث مشترك



شكل رقم (٥) عديد من الأنشطة — الحدث المشترك

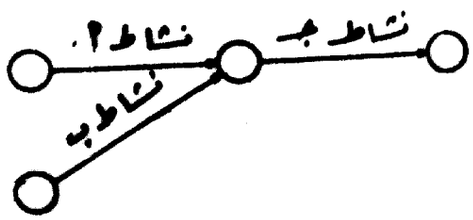
وفى هذه الحالة الأخيرة فان الحدث يمكن وصفه بانه اللحظة التى ينتهى عندها استكمال كل الأنشطة السابقة هو أيضا يمكن وصفه بانه اللحظة التى يمكن أن تبدأ عندها كل الأنشطة اللاحقة ٠

وقد استخدمت طريقة المسار الحرج CPM أساسا طريقة التمييز بالنشاط وذلك بربط النشاط بالأسهم مع توضيح وصف النشاط على الأنشطة أو الأسهم بينما استخدمت طريقة توقيت ضبط وتنفيذ المشروعات طريقة التمييز بالحدث وذلك بترميز الحدث كما هو موضح بالشكل رقم (٦) ٠



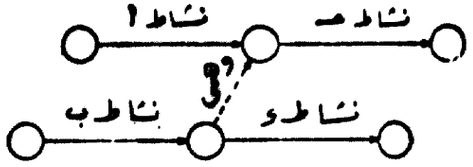
شكل رقم (٦) الطرق الأصلية لكل من المسار الحرج
وتوقيت ضبط وتنفيذ المشروعات

ويؤدى ادخال الأنشطة المساعدة أو الوهمية الى تعقيد طريقة الأشكال السهمية ـ والأنشطة المساعدة ليس لها مضمون مادى ولا تتطلب زمنا للتنفيذ وبالتالى لاتتطلب موارد والسبب الرئيسى لاستخدام هذه الأنشطة المساعدة هو اظهار علاقات التتابع السليمة بين الأنشطة وبعضها عندما لا نتمكن من تحقيق هذا عن طريق اشراك نهايات الأسهم لتمثله للأنشطة المعنية فى حدث عام مشترك لها جميعا، بعبارة أخرى عندما لا يوجد لعدد من الأنشطة السابقة نشاط تالى مشترك ولكن توجد أنشطة عديدة ـ تالية ولكنها ليست مشتركة بين جميع الأنشطة السابقة فلنفرض مثلا كما يوضح الشكل رقم (٧) ٠



شكل رقم (٧) مثال : الأنشطة أ ، ب ، جـ

ان النشاطين أ ، ب يجب ان يستكملا قبل ان يبدأ النشـاط حـ ولنفرض أيضـا ضرورة اضافة النشاط د الذى لايمكن أن يبدأ الا بعد أن يتم استكمال النشاط ب ولكنه لا يعتد بأى حال على النشـاط أ فالسـهم الممثل لهـذا النشـاط لا يمكن أن يبـدأ عند الحدث المشترك فلو تم ذلك لأشار الى اعتماد د على أ • ولحل هذه المشكلة يمكن ادخال السهم المساعد • ممثلا لاستغراق زمنى قدره صـفر كما هو موضح بالشـكل – رقم (٨) •



شكل رقم (٨) استخدام الأسهم المساعدة أو الوهمية

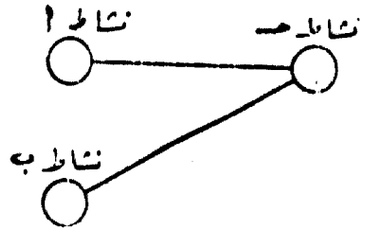
فالانشطة المساعدة تحدد علاقة التواجد اذا ما نشأت مثل هذه الحالات فقط ويطلق فى بعض الحالات على الأنشطة المساعدة الأسهم التابعة وتمثل بأسهم ذات خط متقطع ويتطلب الأمر مهارة فائقة فى بناء الأشكال عند تحديد متى وكيفية استخدام هذه الأنشطة المساعدة استخداما سليما •

وتستخدم الأشكال السهمية ترقيما مزدوجا حيث يعطى لكل نشاط على السهم رقمين ، رقم عند ذيل السهم ورقم عند رأسه • ويجب أن يرقم ذيل السهم برقم أصغر من الرقم المعطى لرأس السهم وبذلك يحدد النشاط بهذين الرقمين • وكل الأنشـطة التى تبدأ من أو تنتهى عند نفس الحدث لها رقم مشترك ومن ثم فان الأشكال السهمية يمكن أن تمثل التتابع بين الأنشطة وفى حالة رسم الأنشطة وفقا لمقياس زمنى فان وقت الأنشطة يتدفق من اليمين الى اليسار وفقا للأسهم التى تمثله ويمثل طول المشروع على متياس الرسم الأفقى الفترة الزمنية التى يستغرقها استكمال المشروع •

اشكال التواجد :

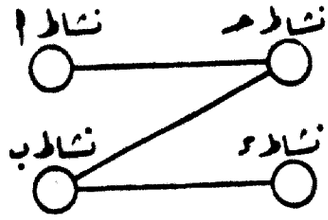
وهناك مدخل آخر لبناء شبكات العمل يستخدم الأحداث لتمثيل الأنشطة وبالتالى فان الخطوط تمثل علاقة التتابع بين الأنشطة • وهذا النوع من الأشكال يشـار اليه عادة بالدائرة • أو بالدائرة والخط الموصل (Fohndahl عام ١٩٦٢) بشبكات النشاط على الحدث (Moder ar.d Phillips عام ١٩٦٦) وقد عرفت أخيرا بأشـكال التواجد ولقيت عناية فائقة •

وفى أشكال التواجد تتضح العلاقات بين الأنشطة أ ، ب ، ج الخاصة فى المثال السابق كما هو فى شكل رقم (٩) التالى وليس من الضرورى رسم رؤوس الأسهم



شكل رقم (٩) تدفق العمل من اليسار لليمين

على خطوط متتابعة اذا رسم الشكل بحيث يراعى أن يتدفق العمل من اليسار الى اليمين فاذا أضيف النشاط د فيتم ادخال الحدث المثل له ويتم رسم خط التتابع الملائم كما هو فى شكل رقم (١٠) ٠

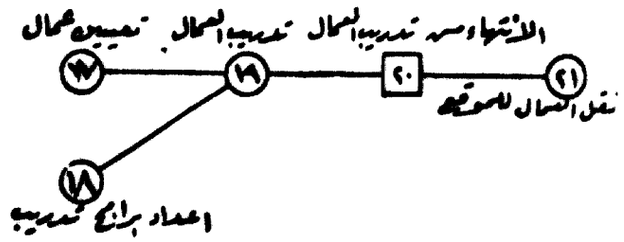


شكل رقم (١٠) التتابع الملائم

وهذا النوع من رسم الأشكال بسيط ومباشر ولا يتطلب مهارة خاصة فى بناء الشبكات اذ يتم تمثيل الأنشطة برمز مثل الدوائر التى تحدد عليها الانشطة ويحدد مكانها فى أى وضع ملائم على الشكل ثم تربط خطوط التتالى بين الأنشطة السابقة والأنشطة اللاحقة ٠ ولا يوجد مايدعوهنا للاهتمام بالأنشطة المساعدة فخطوط التتابع هى فى الواقع أنشطة مساعدة ولا يوجد ما يدعو الى اعطائها عناية خاصة ٠

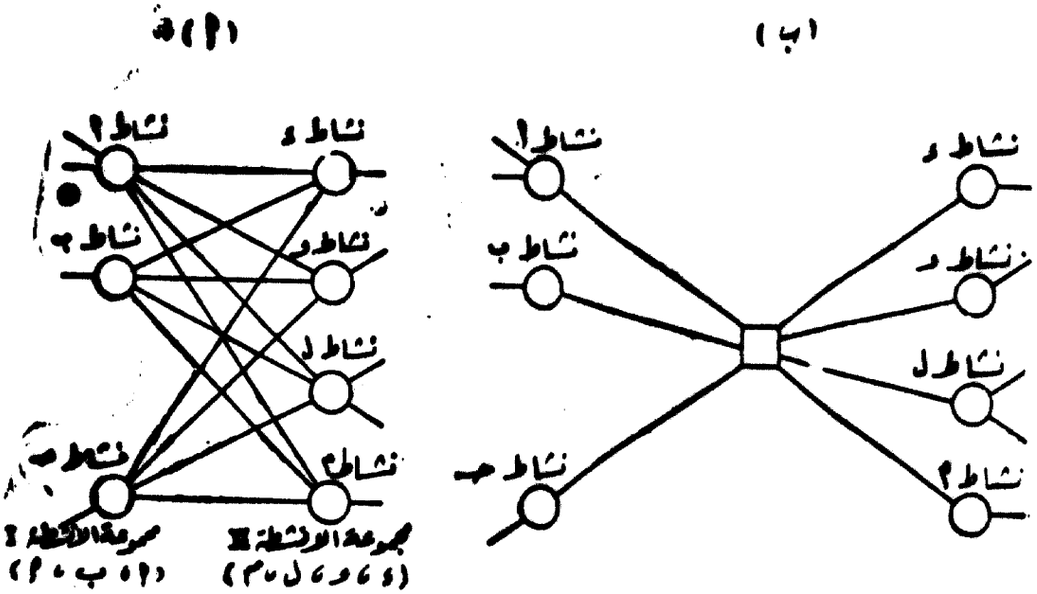
وبسبب طبيعة تنفيذ المشروع فقد يكون من الضرورى أن يمثل حدث أو أكثر فى شبكة العمل كخطوات انتقالية فى تقدم العمل وقد توضح هذه الأحداث الانتقالية البدء أو الانتهاء من أنشطة أو مراحل رئيسية فى المشروع (شكل رقم ١١) وتعتبر الأحداث الانتقالية أنشطة ليس لها زمن استغراق ٠ وقد يستخدم رمز خاص للأنشطة

الأساسية مثل المربع كما هو مبين فى الشكل رقم (١١) • ومثل هذه الأحداث ذات الأهمية الخاصة يتطلب الأمر أظهارها بوضوح •



شكل رقم (١١) أشكال التواجد ذات الأحداث الأساسية

ومع ذلك فان تضمين بعض الأحداث فى شبكة العمل حتى لو كانت أهميتها لا تتطلب تمثيلا قد يسهل ويبسط بناء أشكال التواجد • وتظهر هذه الأهمية بوجه خاص عندما لا يمكن لعدد من الأنشطة أن يبدأ مالم يتم استكمال عدد آخر من الأنشطة • فمثلا فى شكل ١٢ ـ ألا يمكن أن يبدأ تنفيذ أى نشاط فى المجموعة (٢) من مجاميع الأنشطة (الانشطة د ، و ، ل ، م) الا بعد أن يتم الانتهاء من جميع الأنشطة فى المجموعة (١) من الأنشطة (الانشطة أ ، ب ، جـ) • وبالتالى فان هناك اثنى عشر خط للتتابع • ومع ذلك فمن أجل تبسيط وتحسين شبكة العمل فانه يمكن تمثيل حدث الانتهاء من أنشطة مجموعة النشاط (أ) والبدء فى أنشطة مجموعة النشاط (ب) فى



شكل رقم (١٢) أشكال التواجد مع وجود حدث لأغراض التبسيط

شكل رقم ١٢ ـ ب حتى لو لم يمكن له معنى كمرحلة من مراحل المشروع وسنتناول في الفصل الثالث الأحداث التي تدنا بنقط الارتباط في شبكات العمل الفرعية ٠

وأشكال التواجد أكثر بساطة في التطبيق والتعلم من أشكال التمثيل بالأسهم ولهذا السبب فقد اختيرت لاستخدامها في هذا التقرير ٠ واذا كان الغرض خفض الطلب على المهارات اللازمة لبناء شبكات العمل الى أدنى حد ممكن فانه يصبح من الممكن لمن لهم معرفة دقيقة بالعمل المطلوب انجازه بناء شبكات العمل بأنفسهم دون احتياج الى متخصصين في بناء شبكات العمل ٠

ويتطلب بناء الشبكات بطريقة الاسهم العناية في تحديد أماكن أسهم الأنشطة عند عقد الاحداث حيث تندمج أو تنتشر ومن الصعب تصحيحها على عكس الحال في أشكال التواجد فاضافة سهم الى شبكة أسهم قائمة فعلا يتطلب تغيير في أوضاع بعض الأسهم الموجودة فعلا في الشبكة ٠ أما في أشكال التواجد فان اضافة نشاط يعني مجرد تحديد مكان « لعقده » في وضع ملائم في الشبكة وربطها بالأنشطة السابقة والأنشطة اللاحقة بخطوط تتابع كما هو مبين في شكلي (٩ ، ١٠) وهذا ما يساعد على تعديل الشبكة وتطويرها ٠

والواقع أن التمثيل البياني هو أساس التطبيق لكل الجوانب الفنية لشبكة العمل التي يجبأن تمثل العمل الواجب أدائه بصورة واقعة والا فان معظم المعدات والاساليب المتقدمة في هذا الشأن لن تكون لها فائدة تذكر وعليه فانه من الضروري أن يقوم ذوو الخبرة في العمل ببناء الاشكال البيانية وتصحيحها عند الضرورة وهذا يعني بالضرورة أن تظل الأساليب الفنية لبناء الأشكال البيانية بسيطة وغير معقدة ويجدر الاشارة الى أن الحاسب الآلي يستخدم الترقيم المستخدم في التمثيل بالأسهم ومع أن التمثيل بالتواجد يستخدم نظام الترقيم المفرد فانه يمكن استخدام نظام للترقيم المزدوج لخطوط التتالي على الحاسب الآلي أيضا ٠

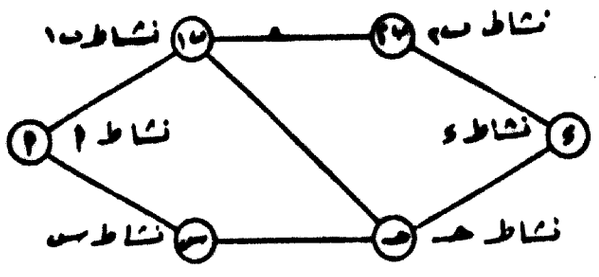
ولتوضيح طريقة التتابع في التمثيل البياني لشبكات العمل فانه يمكن اعادة دراسة المشروع السابق عرضه في طريقة المستطيلات البيانية في الشكل رقم (١) باستخدام طريقة التواجد وهنا يجب أولا اعادة تجزئة النشاط ب مرة أخرى طالما أن التداخل غير مسموح به في التمثيل البياني لشبكات العمل (قد يبدو أن بعض برامج الحاسب الآلي تسمح بالتداخل باستخدام عامل تأخير Lag factor ولكن واقعيا تتم التجزئة في داخل عمليات الحاسب الآلي نفسه) ٠ فالنشاط ب ١ ، هو جزء من النشاط ب ويمكن توصيفه توصيفا مستقلا ويجب استكماله قبل بدء العمل في النشاط حـ ٠ أما النشاط ب ٢ فهوالجزء الباقي من النشاط ب ولكن يستمر أدائه في نفس وقد آداء النشاط حـ ويمكن أيضا اضافة نشاط جديد س ، وربما يمثل هذا النشاط نشاطا خارجيا كتوريد بعض المعدات للتركيب أو مراجعة واعتماد رسم المصنع ـ وحيث أن هذا العمل لا يتم

مباشرة فى المؤسسة التى يعمل بها معد البرنامج فانه عادة لا يعرضها فى التمثيل البيانى بالمستطيلات رغم أنه قد يراعى القيود التى تفرضها • الا أن مثل هذه الأنشطة يجب تمثيلها فى شبكات العمل طالما أنها تتطلب وقتا لانجازها ويجب استكمالها قبل أن يبدأ العمل فى النشاط جـ اذ أن تضمينها فى الشبكة يؤدى الى تمثيل أفضل للنموذج على الطبيعة حيث أنه يوضح للآخرين الذين يستخدمون خطة التنفيذ أن مثل هذه الأنشطة قد أخذت فى الاعتبار • ورغم أنه فى وقت اعداد خطة التنفيذ قد لا يكون للأنشطة الخارجية أيه قيود على رقابة تنفيذ المشروع الا أنها قد تصبح كذلك فى وقت لاحق وقد تؤثر فى توقيت جدولة الأنشطة الأخرى أو حتى توقيت استكمال المشروع •

ويمكن تجزئة المشروع الى أنشطة وتوضح علاقات التتابع بينها كالآتى :

النشاط	وقت التنفيذ (بالايام)	النشاط التالى
أ	١	ب١ ، س
ب١	٤	ب٢ ، جـ
ب٢	٦	د
س	٢	جـ
جـ	٢	د
د	١	—

ويوضح الشكل رقم (١٣) طريقة التمثيل البيانى للتتابع ، وقد يستخدم هذا التمثيل كنموذج للمشروع ويمهد الطريق لتطبيق طرق فنية أخرى فى شبكات العمل • وهو يوصل للقائمين بالتنفيذ خطة تنفيذية أكثر فعالية عما هو الحال فى المستطيلات البيانية المبينة بالشكل رقم (١) ولكن لا يوصل اليهم جدولة للمشروع •

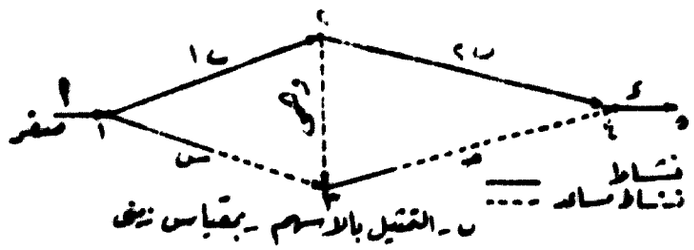


شكل رقم (١٣) التمثيل بالتتابع

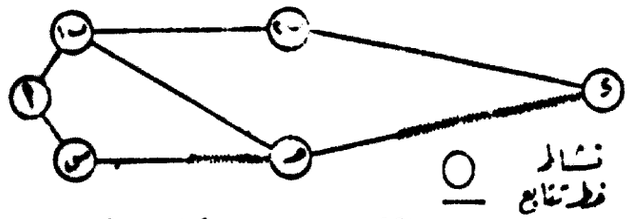
ويوضح الشكل رقم (٤) ثلاث طرق لتمثيل نفس المشروع البسيط المعروض فى الشكلين رقمى ١ ، ١٣ ، فالشكل رقم ١٤ ـ أ يعيد عرض المستطيلات البيانية السابق عرضها فى الشكل رقم (١) وهو مالا يحتاج الى مزيد من الايضاح .

أنشطة المشروع	أغسطس ١٩٦٧						سبتمبر ١٩٦٧					
	٢٤	٢٥	٢٨	٢٩	٣٠	٣١	١	٤	٥	٦	٧	٨
نشاط أ												
نشاط ب												
نشاط هـ												
نشاط د												

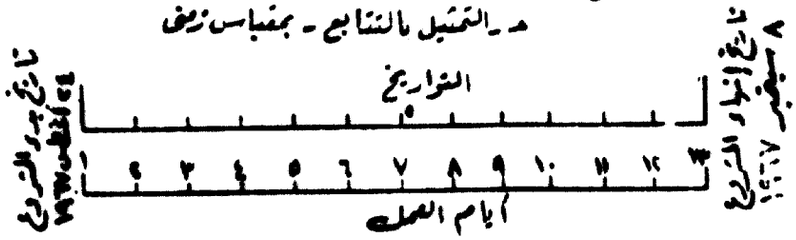
أ ـ المستطيلات البيانية



ب ـ التمثيل بالأسهم ـ بمقياس زمنى



جـ ـ التمثيل بالتتابع ـ بمقياس زمنى



شكل رقم (١٤) مقارنة طرق عرض خطة تنفيذ المشروع

(أ) المستطيلات البيانية (ب) التمثيل بالأسهم وفق مقياس زمنى .

(جـ) التمثيل بالتتابع وفق مقياس زمنى .

ويوضح الشكلان (١٤ ــ ب) و (١٤ ــ حـ) شبكة عمل خطة تنفيذ المشروع في صورتي التمثيل بالاسهم والتمثيل بالتتابع وحتى تكون المقارنة أكثر فعالية فانه قد تم عرض الشكلين الاخيرين بمقياس رسم زمني في أسفل الشكلين وهو يعرض كل من تواريخ التنفيذ وكذلك أيام العمل ويمثل النشاط ا بالسهم صفر ــ ١ والنشاط ب ١ بالسهم ١ ــ ٢ ... الخ ولتوضيح علاقة التتابع بين النشاط ب ١ والنشاط حـ السابق ظهورها في الشكل رقم ١٣ فان الأمر يحتاج الى ادخال النشاط المساعد . وهذا يظهر في الخط المتقطع الممثل بالسهم ٢ ــ ٣ والذى يوضح أن النشاط حـ (الممثل بالسهم ٣ ــ ٤) لا يمكن أن يبدأ الا بعد استكمال النشاط ب (١ ــ ٢) وكما يتضح أيضا من الشكل المذكور أن الجزء الأخير من كل من النشاطين س (١ ــ ٣) و حـ (٣ ــ ٤) خطين متقطعين . هذا يعنى أن هذين النشاطين يتوقع استكمالهما قبل حدوث الحدثيين التاليين، الحدث ٣ و الحدث ٤ على التوالى فان هذين الجزئين المتقطعين يمثلان السماح الزمنى أو التراخي المسموح به في كل من هذين النشاطين . ويرجع ذلك الى أن النشاط ب (١ ــ ٢) له وقت تنفيذ يقدر بأربعة أيام كما هو واضح بالجدول السابق لكن النشاط س (١ ــ ٢) له وقت تنفيذ يقدر بيومين فقط وحيث أن الحدث ٣ لا يمكن ان يقع قبل نهاية اليوم الخامس من أيام العمل أى في بداية اليوم السادس من أيام العمل كما هو موضح في الشكل ١٤ ــ ب فان النشاط س (١ ــ ٣) تتوافر لديه فترة سماح أو وفر تقدر بمقدار يومين . وهذا يعنى إنه في خلال هذه الفترة يمكن تاخير وقت الانتهاء من النشاط س دون أن يؤثر ذلك على البدء في الحدث ٣ . وبنفس الطريقة فان النشاط جـ (٣ ــ ٤) لديه سماح قدره أربعة أيام وأنه في خلال هذه الفترة يمكن أن يؤجل الانتهاء من النشاط س دون أن يؤثر ذلك على توقيت الحدث ٤ ويلاحظ أن هذه الأنشطة تقع على المسار ١ ــ ٣ ــ ٤ وأن وقت انجازهما هو ٢ + ٢ = ٤ أيام ولكن من جهة المقياس الزمنى نجد أن الفترة بين حدوث الحدث ١ والحدث ٤ (فترة البدء أو الانتهاء من الأحداث الموجودة على المسار ١ ــ ٣ ــ ٤ على التوالى) تبلغ ١٠ أيام وهذا يشير الى أن المسار ١ ــ ٣ ــ ٤ به ستة أيام سماح . ولذلك فان هذا المسار يمكن أن يسمى (مسار السماح أو المسار غير الحرج) . من جانب آخر فان الأنشطة ب١ (١ ــ ٢) و ب٢ (٢ ــ ٤) ليس بهما سماح وهما يمثلان بخطوط غير متقطعة بين الأحداث ١ و٢ وكذلك بين الأحداث ٢و٤ حيث أن الوقت اللازم لانجازها = ٤ + ٦ = ١٠ أيام اى نفس الفترة بين وقوع الحدثين ١ ، ٤ . لذلك فان المسار ١ ــ ٢ ــ ٤ ليس به سماح ويمكن أن يسمى المسار الحرج .

ويوضح الشكل رقم ١٤ ــ جـ التمثيل بالتتابع لنفس العلاقات وبدلا من الأسهم فقد استخدمت (العقد) لتمثل أنشطة المشروع وأن خطوط التتالى قد استخدمت لتمثيل علاقة التتابع ويرمز الحدث هـ الى الانتهاء من النشاط د وأيضا الانتهاء من المشروع . أما الجزء المتعرج من خطوط التوالى بين النشاطين س و جـ والنشاطين جـ و د فانهما يمثلان فترتى تأخير قدرهما يومين و ٤ أيام لكل من خطى التوالى على الترتيب . وفى الحالة المعروضة الآن فان فترتى التاخير تساويان السماح في النشاطين س و جـ على

التوالى ويمكن أن يسمى المسار س ـ جـ ـ د مسار السماح أو غير الحرج طالما أن هناك مرة أخرى ستة أيام سماح • بينما خطى التوالى الآخرين ب١ ـ ب٢ ـ د ليس بهما سماح وعليه فانه يمكن أن يطلق عليه «المسار الحرج» وكل من هذه المصطلحات سوف تناقش بالتفصيل فى الفصل الثالث •

اعداد شبكة العمل لخطة تنفيذ المشروع

والخطوة الأساسية لتنفيذ برمجة تنفيذ المشروع هى بناء شبكة عمل مبدئيةلانشطة المشروع موضحا بها العلاقات بينها • وبتقدم برمجة التنفيذ فانه يمكن تطوير شكل شبكة العمل المبدئية • وهذا يضمن أن كل أنشطة المشروع بعلاقات التتابع بينها قد أخذت فى الاعتبار وتم تمثيلها فى الشكل •

ولبدء هذه المرحلة فى برمجة التنفيذ فانه يجب أخذ الخطوات التالية فى الاعتبار •

اعداد قائمة بانشطة المشروع :

يجب اعداد قائمة بانشطة المشروع بمجرد ورودها الى الذهن وقد يكون فى هذا عونا للمبتدئين ولكنه ليس ضروريا عند اكتساب الخبرة فى بناء الشبكات ، على أى حال قد يكون لهذه الخطوة أهمية فى المشروعات المعقدة التى تحتوى علىعدد كبير من الانشطة• ومن ثم فانه عند اعداد هذه القائمة ، يجب اتخاذ قرار بالنسبة لمستوى ودرجة التجزئة لأنشطة المشروع ، وهذا يعتمد على العناصر التالية :

طبيعة العمل الذى يشتمل عليه النشاط :

يحتاج انجازكل نشاط من الأنشطة أو مجموعات الأنشطة فى المشروع الى أنواع مختلفة من الموارد (عمالة ، معدات ••• الخ) • فمثلا الأنشطة الاجمالية للمشروع مثل وضع خطة المشروع فى صورتها النهائية ، انشاء المبانى وتركيب الماكينات والمعدات يتم تنفيذها بواسطة أنواع مختلفة من العمالة والماكينات وبالتالى فانه يجب أخذ كل مجموعة من هذه المجموعات على حدة فى التعامل معها • وعليه يمكن اعتبار كل منها نشاطا مستقلا •

مكان ووقت العمل :

اذ يمكن اعتبار العمل الذى يتم فى أماكن مختلفة أو فى أوقات مختلفة بانه نشاطا مستقلا •

الاشراف والمسئولية عن العمل :

اذا كان المشرفون أو الأشخاص الأساسيون فى العمل والذين يمكن افتراض مسئوليتهم عن بعض أجزاء المشروع يمثلون عنصر ندره فانه يمكن تجميع الأنشطة بحيث

يقع على كل شخص مسئولية مجموعة نشاط أو أكثر • واذا ما تطلب الأمر القيام بهذا التجميع للأنشطة فانه يجب مراعاة العناصر المتعلقة بطبيعة العمل، زمن التنفيذ أما العمل الذى يتم فى ادارات مختلفة أو عن طريق مقاولين أو مقاولين من الباطن فانه يجب أن يؤخذ فى الاعتبار على حدة •

اسلوب تمويل المشروع :

قد يتحدد مستوى التجزئة لانشطة المشروع فى بعض الاحيان بالطريقة التى يتم بها تمويل المشروع • اذ قد يكون من الضرورى تسهيل الرقابة المالية ويتضح ذلك عندما يتم تمويل المشروع عن طريق عدة مصادر • مثل بنك تنمية ، هيئة مساعدة فنية لحكومة دولة أجنبية أو منظمه دولية ، ويقوم كل مصدر بتمويل مرحلة أو أكثر أو مجموعة نشاط فى المشروع •

بناء شبكة عمل مبدئية للمشروع

باستخدام الورقة يمكن لراسمى الشبكات اعداد شكل مبدئى لشبكة العمل • يحدد أولا الانشطة الاساسية للمشروع ويمثل كل نشاط « بعقدة » فى الجانب الايمن من الورقة ويعطى لهذه « العقد » رموز معينة • وعند تمثيل كل الانشطة فى الشكل يثار السؤال التالى « ما هى الأنشطة التى يجب استكمالها قبل أن يبدأ هذا النشاط ؟ وما هى الانشطة التى يمكن أن تبدأ عند استكمال هذا النشاط ؟ وباجابة هذين السؤالين فإن الانشطة الممثلة لهاتين الاجابتين يتحدد مواقعها وتضاف الى الشكل ، يتم ترميزها وتربط بعقد لأنشطة الأخرى بخطوط تتابع بحيث تعرض العلاقة الملائمة بينها • ويتم تكرار هذا الاجراء حتى ينتهى ادخال آخر نشاط فى شبكة العمل • وطالما أن بناء شبكة العمل يتطلب أن يكون كل نشاط ممثل فى الشكل قد تم استكماله قبل البدء فى النشاط التالى له • فانه يتطلب كذلك تجزئة أكثر تفصيلا للأعمال المتداخلة فمثلا عندما يصبح من الممكن البدء فى نشاط قبل انتهاء النشاط السابق له فانه يجب تجزئة النشاط السابق هذا الى جزئين ، جزء يجب استكماله قبل بدء النشاط التالى وجزء آخر يمكن أن ينفذ أثناء تنفيذ النشاط التالى فتمثيل شبكة العمل اذن أكثر صعوبة من المستطيلات البيانية • ولكن هذه التجزئة التفصيلية فى شبكة العمل تعنى أنها أكثر فائدة من التجميع المخل • كما أنها تمنع التداخل المعيب فى الأنشطة • وعليه فانه يمكن تبرير الجهد الاضافى المبذول فى عملية التجزئة طالما أنه يسمح بل ويدفع معدى البرامج لأداء عملهم بطريقة أفضل ويظهر هذا فى شكل خطة تنفيذ أكثر وضوحا وفعالية • هذا ويمكن اتباع أسلوب آخر فى بناء شبكة العمل اذ يمكن البدء بوضع آخر نشاط فى المشروع على الجانب الأيسر من الشكل واعطاء رمز له ثم التراجع الى الخلف باضافة الأنشطة التى يجب استكمالها قبل البدء فى الأنشطة التى دخلت لتوها فى الشبكة ويستمر تطبيق هذا الاجراء حتى تدخل كل الأنشطة الأساسية فى الشبكة • ومرة أخرى

فانه يتم رسم خطوط التوالى بين « العقد » مع كل خطوة فى اعداد شبكة العمل ويتم وضع رؤوس الاسهم على خطوط التوالى خلال بناء الشبكة لتوضيح علاقة التتابع بين الانشطة ٠

ورغم أن الطريقة الاولى أكثر شيوعا الا أن الاختيار هنا متروك لراسمى الشبكات ولكن يجب على راسم الشبكة أن يعرض شبكة عمل خطة التنفيذ بطريقة يمكن فهمها من كل من هم مرتبطين بالمشروع وربما يمكنهم أن يروا بوضوح علاقات التتابع بين الانشطة ٠

ويمثل الشكل رقم (١٥) نموذجا لشكل شبكة عمل مبدئية لخطة تنفيذية مركزة لمشروع ٠ حيث أن هيكل تجزئة العمل المعروضة فى هذا الشكل تتخذ شكل مجموعة أعمال تظهر فى عقد الشكل « ومجموعة الاعمال هى مجموعة انشطة يسأل عنها فرد واحد أو وحدة تنظيمية واحدة ويجب أن يتم تجزئة « مجموعة الاعمال » هذه الى شبكات عمل فرعية لتفاصيل الانشطة وذلك حتى يمكن التأكد من اتخاذ القرارات اليومية بطريقة سليمة من جانب والتأكد من فعالية البرمجة والرقابة فى تنفيذ المشروع من جانب آخر. وكما هو واضح فان الشكل المبدئى لشبكة العمل لا يعرض بوضوح خطة تنفيذ المشروع حيث أنه قد رسم فى معظمه بطريقة « كروكية » وأن موقع العقد لا يتبع أى تجميع منطقى ٠ اذ أن بعض « العقد » قد وضعت بحيث أن بعض خطوط التتابع التى تربط بينها وبين « العقد » الأخرى تسير من اليسار الى اليمين بدلا من أن تسير من اليمين الى اليسار وهو الاتجاه المنطقى لتدفق العمل ٠ ولهذا السبب فان رؤوس الأسهم قد وضعت على خطوط التتابع ثم الغيت فظهرت مشطوبة كما هو واضح فى الشكل ٠ ومع ذلك فان الشكل المبدئى لشبكة العمل يمثل ورقة عمل مفيدة لمعدى البرامج ولمن يهتمون بالمشروع. اذ أنه يعرض أساس حساب الجدولة المبدئية ٠

اعادة رسم شبكة عمل الخطة التنفيذية للمشروع

يفضل أن يتم عرض أدق وأوضح لخطة عمل المشروع عما هو عليه فى شبكة العمل المبدئية وذلك بغرض :

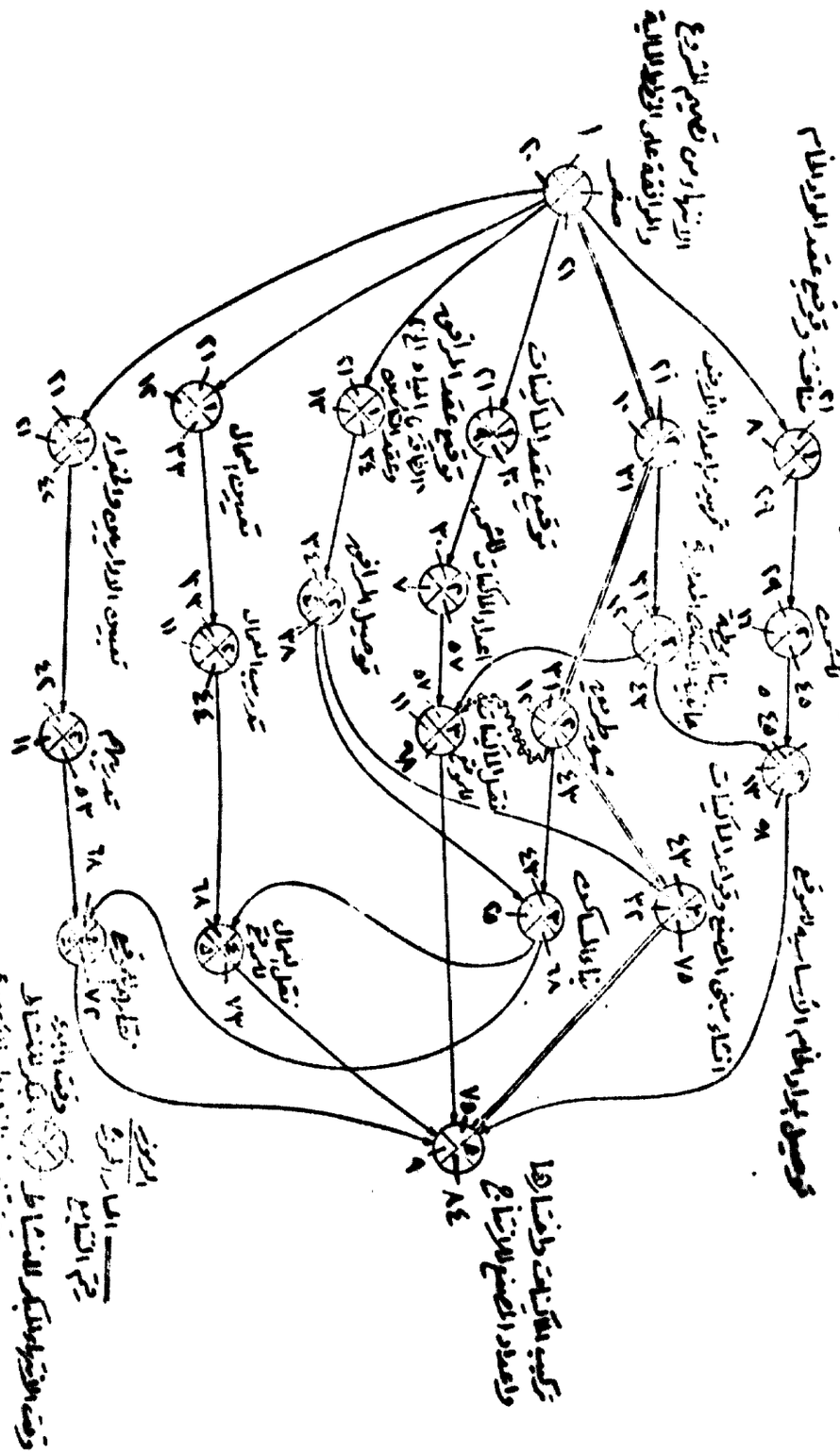
(أ) تقييم الخطة بطريقة أسرع واجراء التعديلات الضرورية ٠

(ب) الحصول بطريقة أسهل على بيانات ومعلومات من شبكة العمل لاجراء تقديرات أو مراجعة دورية ٠

(جـ) تسهيل التطوير الزمنى للخطة ٠

(د) اعداد التقديرات والحسابات على شبكة العمل.

(هـ) توفير لغة عامة للتخاطب بين جميع من يرتبطون بخطة التنفيذ ٠



شكل رقم (١٥)
الشبكة الأصلية لخطة تنفيذ المشروع

ومن المفضل تأجيل اعادة رسم شبكة العمل المبدئية الى أن يتم تبرير ذلك وللتحقيق من قيام خطة التنفيذ بالوفاء بما يتطلب منها فانه يمكن ادخال حسابات الزمن القائمة على أساس تقديرات وقت التنفيذ للأنشطة فى الشكل المبدئى لشبكة العمل • وهنا فان معد البرنامج لا يحتاج لاكثر من القيام بعمل (تتبع للأمام) لحسابات الزمن الأساسية مبتدئا من أول الأنشطة ومنتهيا بآخرها حيث يتم حساب وقت البدء المبكر ووقت الانتهاء المبكر لانشطة المشروع وبالتالى حساب تاريخ التنفيذ المبكر للمشروع • ويعتبر وقت البدء المبكر للنشاط أنه أكثر الأوقات تأخرا أو أكبر من وقت البدء المبكر لكل الأنشطة التى تسبقه بينما يعتبر وقت الانتهاء المبكر للنشاط أنه وقت البدء المبكر زائدا وقت التنفيذ للنشاط وعليه فانه لتحديد الأنشطة الحرجة وبالتالى المسارات أو المسار الحرج دون القيام بحساب وقت البدء المتأخر والانتهاء المتأخر والسماح الكلى للأنشطة فانه يمكن البدء من آخر نشاط للمشروع والقيام بتتبع للخلف للأنشطة الأساسية على طول خطوط التتابع التى تربط بين تلك العقد للأنشطة التى لها نفس وقت البدء المبكر والانتهاء المبكر • فمثلا فى شكل (١٥) لو بدأنا من آخر أنشطة المشروع وأجرينا تتبعا للخلف للأنشطة الأساسية كما هو موضح بعاليه فانه يتضح أن « تركيب واختبار الماكينات » ، « اعداد المصنع للانتاج » ، « انشاء مبانى المصنع وقواعد الآلات » ، « شق الطرق » وتسوية وتمهيد الأرض و «الانتهاء من تصميم واعتماد خطط التمويل » • تعتبر من الانشطة الحرجة وبالتالى فان المسار الذى تقع عليه هذه الأنشطة يعتبر مسارا « حرجا » (١) • وعليه فاذا وجد أن وقت التنفيذ يتفق ومتطلباتنا واذا كانت علاقة التتابع بين أنشطة المشروع والتى تتضمنها خطة التنفيذ (أساسا تلك المتعلقة بالانشطة الحرجة) تعتبر علاقة مقبولة فانه يمكن اذن اتخاذ قرار بامكانية اعادة رسم شبكة العمل المبدئية ومن جانب آخر فانه اذا كان وقت تنفيذ المشروع لا يتفق مع ما يراه المخطط فانه يجب اعادة النظر فى الخطة التنفيذية للمشروع •وقد لايكون هناك مفر من اعادة برمجة خطة المشروع وبالتالى فقد يتطلب الأمر ادخال بعض التغييرات فى شكل شبكة العمل • وقد يتطلب الأمر عند تحديد الأنشطة الحرجة تغيرا فى درجة تجزئة الأنشطة أى فى مستوى التفصيل فى أنشطة المشروع والتى تمثلها شبكة العمل وبالتالى فانه قد يتم ايجاد تداخل بين بعض الأنشطة • وبعد ادخال هذه التغييرات وبعد مراجعة وقبول وقت تنفيذ وخطة المشروع فانه يمكن اعادة رسم شبكة العمل باستخدام طريقتى «خطوات التتابع» أو «التمثيل بالمقياس الزمنى» •

طريقة « خطوات التتابع » :

يمكن اختيار عدد ملائم من الخطوات التى تتابع فيها عمليات المشروع وترسم خطوط راسية عند كل خطوة من هذه الخطوات • واختيار حجم أو طول خطوات التتابع هذه عملية تقديرية ولكن من الضرورى أن يتم اختيارها بحيث تمكن من رسم شبكة

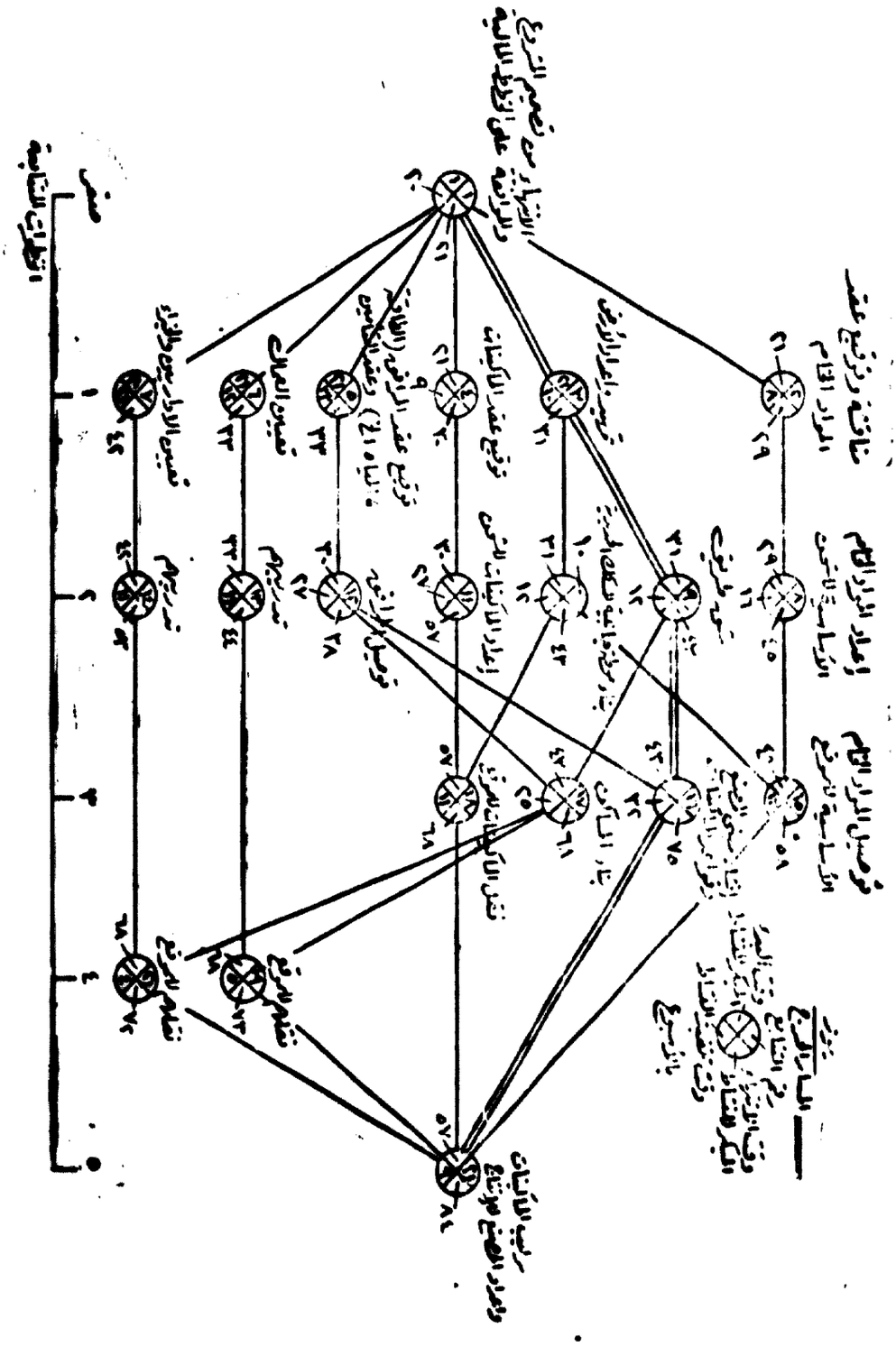
---

(١) حسابات الجدول الأساسية التى يتضمنها الشكل المذكور سنعالجها بالتفصيل فيما بعد •

عمل المشروع وبعد أن يتم ترقيم خطوات التتابع من ثم الخطوط الرأسية فانه يمكن تحديد مكان العقد الممثلة للأنشطة (وربما للاحداث الأساسية) على الخطوط الرأسية وفقا لارقام خطوات التتابع ويتم وضع كل عقدة أفقيا على يسار الانشطة التى تسبقها ويحدد بجانب كل عقدة وصف مختصر للنشاط الذى تمثله وكما يتضح من شكل رقم (١٦) تتحدد خطوة تتابع كل نشاط باعطاء الانشطة الأولية للمشروع رقم صفر مرسومة على الخط الرأسى الممثل لها • وبعد ذلك فان أى نشاط آخر يعطى رقم تتابع أكبر من أعلى رقم للنشاط الذى يسبقه مباشرة • هكذا ويجب أن نختار الأوضاع الرأسية للعقد فى شكل شبكة العمل بطريقة تحقق التجميع المنطقى وتمكن من رسم خطوط التتابع بطريقة واضحة وعليه فانه يتم ترقيم العقد • ويبدأ الترقيم من قمة أول خط تتابع باعطاء العقدة فى الجانب العلوى الأيمن من الشكل رقم (١)، ويستمر الترقيم الى أسفل على الخط الرأسى باعطاء العقدة الثانية الرقم (٢)، ••• وهكذا • وبهذا الشكل يستمر الترقيم من قمة الخط الثانى للأنشطة ويستمر الى أسفل هذا الخط • ويستمر الامر كذلك حتى آخر عقدة فى الجانب الايسر من شبكة العمل • وبذلك فان اى نشاط لن يسبق نشاطا آخر له رقم أكبر من رقمه • وبعد اجراء عمل الحسابات والمراجعة الضرورية فان هذا النوع من التمثيل يمثل خطوة فعالة نحو شكل نهائى أو بناء شبكة عمل على أساس مقياس زمنى • وفى بعض الاحيان فان بناء شبكة العمل وفق خطوات التتابع قد تعتبر هى الشكل النهائى للشبكة ويتم فى هذه الحالة تضمين الشكل سواء بجانب العقد أو فى داخلها أوقات تنفيذ الأنشطة وكذلك البيانات الاساسية فى الشبكة كما هو موضح بالشكل رقم (١٦) وهذا يتوقف على ما يحتاجه معد البرنامج أو المستخدمون للبرنامج من درجة الدقة التى يتم بها تمثيل العلاقة بين الانشطة •

توقيع شبكة العمل على مقياس زمنى

يمكن توقيع شبكة العمل اما فى صورتها الاصلية أو فى صورة خطوات التتابع على مقياس زمنى وتظهر الحاجة الى تمثيل شبكة العمل وفق المدى الزمنى بسبب أن كلا من شبكة العمل فى صورتها الأولية أو فى صورة خطوات التتابع لا تمثل أنشطة المشروع فى علاقاتها الزمنية الملائمة فقد تظهر شبكة العمل المعدة وفق خطوات التتابع نشاطين أو أكثر لهما نفس رقم التتابع (أى موضوعين على نفس خط التتابع الأفقى) ولكن قد ينفذان فى الواقع فى أوقات مختلفة فاذا ما وزعت شبكة العمل على تقديرات زمنية فانها تظهر التداخل الحقيقى بين الانشطة وعلى الأقل فى بداية تنفيذ المشروع • ويمكن استخدام كل من شكلى خطوات التتابع والمقياس الزمنى وفى هذه الحالة فانه يمكن بناء شبكة عمل بخطوات تتابع لكل خطة تنفيذ المشروع وفى كل فترة زمنية (شهر أو شهرين) يمكن اعداد شكل تفصيلى بمقياس زمنى لشبكة العمل لذلك الجزء من نشاط المشروع الذى يتم تنفيذه فى خلال الفترة محل التحليل • ويعتمد اختيار الفترة الزمنية على طبيعة المشروع ودرجة التفصيل المطلوبة وكذلك على درجة تعقيده



شكل رقم (١٦)
تمثيل خطوة التتابع

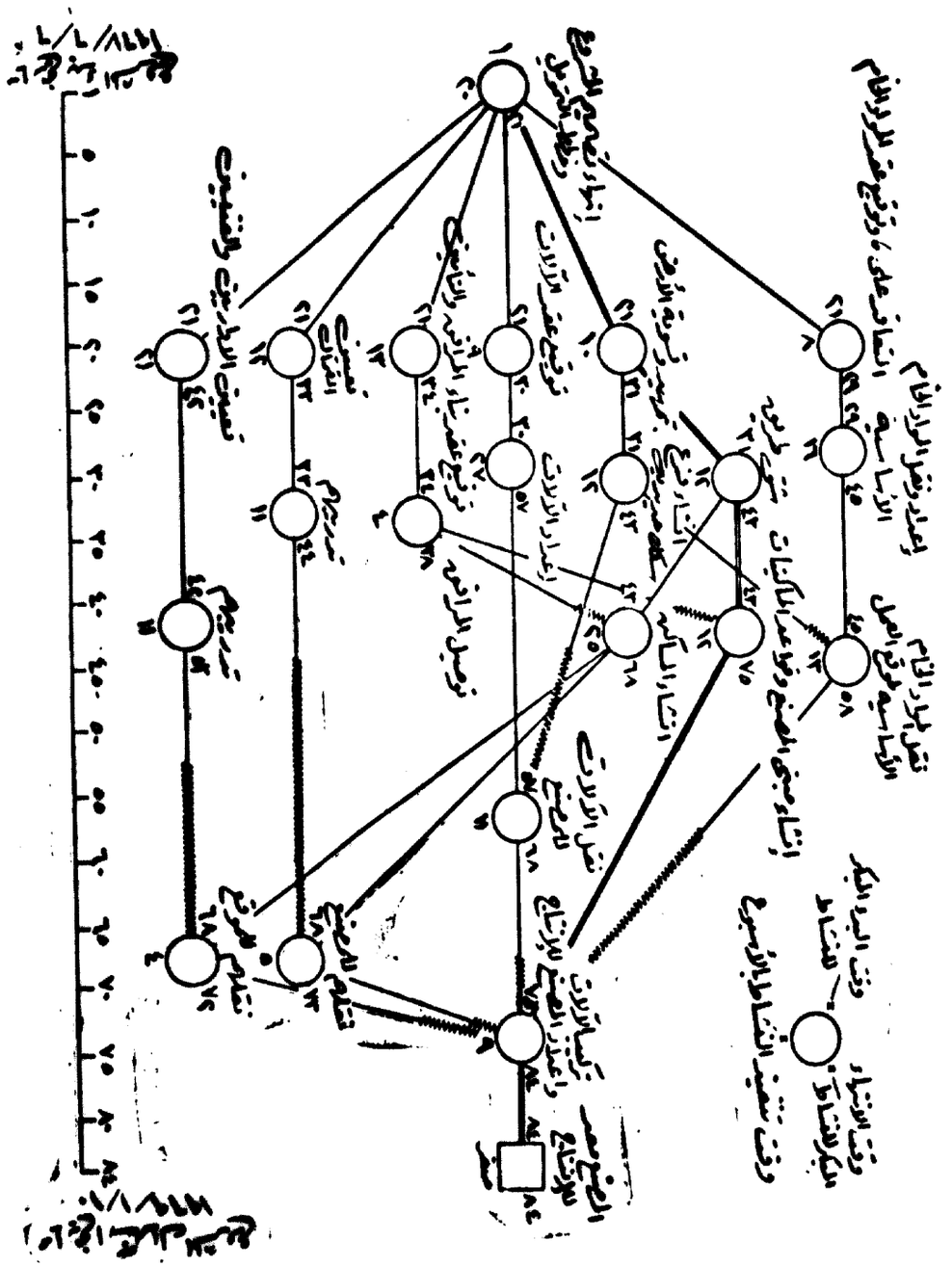
وعند تغير ظروف المشروع فان بناء شكل متطور لشبكة العمل لتتوائم مع هذه الظروف وفقا لمقياس زمنى يتطلب قدرا كبيرا من العمل • وعليه فانه فى حالة المشروعات الضخمة المعقدة وبوجه خاص عند استخدام طرق غير آلية فانه لا ينصح بتطوير كل شكل شبكة العمل • فقد يتم اجراء تعديل على كل الشكل مرة • ويتم بعد ذلك وفى كل فترة زمنية خلال فترة تنفيذ المشروع تطوير وتعديل شكل شبكة عمل المشروع بالمقياس الزمنى لتلك الفترة الزمنية التى سوف يأتى دورها فى التنفيذ خلال الفترة الزمنية التالية • ويمكن اجراء تعديل الشكل الموزع وفق المدى الزمنى فى حالة تغير علاقة التتابع بين الانشطة أو فى حالة التعديل فى تجزئة أنشطه المشروع •

وعند القيام بتوزيع شكل شبكة العمل وفق مداها الزمنى فانه يتم رسم مقياس زمنى كما هو موضح فى الشكل رقم (١٧) • وعلى هذا المقياس الزمنى يتم رسم خط راسى لوقت البدء المبكر (أو المجدول) لكل نشاط ويتم تحديد العقد الممثلة للأنشطة على هذا الخط الراسى • فاذا كان لخطة التتابع فارق زمنى (أنظر الفصل الثالث) فانه يظهر فى شكل الجزء المتعرج من خط التتابع •

وأحد مزايا بناء شبكة العمل على أساس المقياس الزمنى أنه يمكن بعد عدد من الخطوط الرأسية عند فترات زمنية مختلفة أن نحدد أى الأنشطة التى يجب أن تكون قد تمت عند أى نقطة من الزمن ، وما هى الأنشطة التى يتم انجازها حاليا ، ثم ما هى الانشطة التى يجب أن تنفذ فى المرحلة التالية • وحيث أن الخطوط الرأسية فى الشكل تعرض للأنشطة الجارى تنفيذها فانه يمكن تحديد الفترات الزمنية التى يظهر خلالها طلب متزايد على مورد أو أكثر من الموارد الأساسية • وقد يؤدى هذا الى ادخال بعض التعديلات السريعة على توزيع الموارد وقد يتم ذلك قبل تطبيق الأساليب الفنية الخاصة بتخصيص الموارد كأن يكون ذلك فى شكل تغيير فى ترتيب بعض الأنشطة على طول شبكة العمل وذلك حتى يمكن تحقيق استخدام الموارد بقدر متساوى خلال فترة تنفيذ المشروع ويجب التأكيد على أن بناء شبكة العمل له اهمية أولى لبرمجة ومراقبة تنفيذ المشروع وأنه الأساس فى تطبيق الأساليب المتقدمة لشبكات العمل كبدائل التكلفة / الزمن وتخصيص الموارد •

اعداد بيانات جدولة المشروع

وبمجرد بناء شكل واقعى لشبكة عمل المشروع فان الخطوة التالية فى ادخال بيانات الزمن باعداد تقديرات عن وقت تنفيذ كل نشاط ويتم اعداد هذه التقديرات باستخدام أى وحدات زمنية ملائمة سواء الشهور أو الأسابيع أو الأيام أو الساعات اذ يمكن استخدام أى وحدات زمنية طالما أنها تستخدم لكل أنشطة المشروع وعند استخدام الأيام كوحدات زمنية فانه يجب اتخاذ قرار بشأن ما اذا كانت هذه الأيام هى أيام عمل أم أيام الترقيم العادى للتواريخ (أيام التقويم الميلادى) واستخدام أيام العمل أكثر شيوعا فى هذا الشأن • وهذا يتطلب تحويل أيام التنفيذ التى عادة ما تؤخذ على



شكل رقم (١٧)
تمثيل التتابع بمقياس رسم زمنى

كل أيام تقويمية ، مثل أوقات التسليم ، أو فترة جفاف الأسمنت الى أيام عمل مماثلة. وجه عام فانه بسبب وجود أيام توقف فى العمل وعطلات نهاية الأسبوع أو الأجازات. سنوية أو الأيام التى لا يمكن فيها انجاز عمل ما مثل الأيام التى تتخللها العواصف لأمطار ... الخ فانه يظهر ضياع فى الوقت وبالتالى فان عدد أيام التقويم المنقضية ون أكبر من عدد أيام العمل الفعلية ففى أعمال الانشاءات مثلا فان موسم الأمطار لعواصف قد يؤدى الى تأخير العمل وتعويقه . فاذا كان وقت التنفيذ الأصلى لنشاط نشاء دون أخذ العوامل المناخية فى الاعتبار مقدرا ب ١٢ أسبوعا وقد توقف العمل الانشاء ٤ أسابيع بسبب موسم الأمطار فانه من الضرورى تعديل وقت التنفيذ الى أسبوعا (١٢ + ٤) . وعادة لا تتأثر الأنشطة الأخرى مثل توريد الآلات والمعدات عوامل المناخية .

وتعتمد كل حسابات الجدولة على وقت تنفيذ الأنشطة . لذلك يجب أن تبنى يرات وقت تنفيذ الأنشطة على فهم ومعرفة كاملين بالعمل الواجب القيام به والأساليب نية التى قد تستخدم وعليه فان النتائج الطيبة لبناء شبكات العمل انما تأتى فقط خلال ممارسة التقدير السليم لأزمنة الأنشطة المكونة لهذه الشبكات .

وقد تظهر الحاجة فى أثناء تنفيذ المشروع الى تغيير وقت تنفيذ الأنشطة اذ أن التغيير أساليب الانتاج أو فى حجم الموارد المتاحة للاستخدام فى أى نشاط عادة ما يؤدى تغير فى وقت تنفيذ النشاط وكذلك الحال عندما يتم تخصيص مزيد من الموارد ناط ما . أو عندما يتم اكتشاف أن تقدير وقت التنفيذ لم يكن دقيقا بسبب عدم الفهم م للعمل الذى يشتمل عليه النشاط أو تدخل بعض العناصر المؤثرة على التقدير ى تم اعداده .

فاذا كان نوع العمل الذى يجرى تقدير وقته يتوافر فيه قدر معقول من الخبرة ، التقديرات الزمنية لكل نشاط على حدة تعتبر طريقة عملية وبسيطة . والمنهج الذى ع فى طريقة توقيت وضبط تنفيذ المشروعات يسمح باجراء ثلاث تقديرات زمنية نشاط . وهى الزمن الأكثر احتمالا ، الزمن المتفائل والزمن المتشائم . وقد كان لم العمل الذى تضمنه برنامج الصواريخ والذى صمم من أجله أسلوب PERT صيصا لرقابته يتضمن بحوثا وانشاء وتصنيع مكونات وأجزاء لم يتم بناؤها من قبل . كان من المفهوم أن المسؤولين يحجمون عن اعطاء أى تقدير زمنى لتنفيذ أى من شطة المكلفين بها . وقد تم اعداد معادلة مرجحة بالأوزان لتحويل التقديرات الزمنية لاث الى تقدير واحد معادل لهم احصائيا ومن ثم فقد تم تطبيق وقت تنفيذ النشاط س الطريقة كما لو كان هناك تقدير زمنى واحد لكل نشاط . وهذه الدراسة سوف ض تقدير زمنى وحيد ، وهى الطريقة التى أتبعت فى أسلوب المسار الحرج . وقد ن هناك بعض الحالات التى تشتمل على أعمال تصميم هندسى ، مثلا حيث نواجه

بامتنـاع ممـائل من اعطاء تقدير زمنى ، وفى هذه الحالة فانه يمكن الرجوع الى نه طريقة PERT ونطبق معادلة الأوزان للتقديرات الزمنية المتعددة التى نحصل عليه فى مثل هذه الحالات ٠

وبعد الوصول الى تحديد وقت تنفيذ الأنشطة ، سواء عن طريق تقدير زمنى مفر أو باستخدام معادلة الأوزان المرجحة للتقديرات الزمنية المتعددة ٠ لكل نشاط ، يتـ اجراء حسابات جدولة معينة ٠ وهذه عادة تمدنا بستة بنود من البيانات لكل نشاط وقت البدء المبكر أو أكثر تبكـيرا ، وقت الانتهاء المبكر أو الأكثر تبكـيرا ، وقت البد المتأخر أو الأكثر تأخيرا (المسموح به) وقت الانتهاء المتاخر أو الأكثر تأخيرا (المسمو به) السماح الكلى والسماح الحر ٠

والقواعد التى تحكم حسابات بيانات الجدولة السابقة تبنى على منطق شـبـ العمل ويمكن تلخيصها فيما يلى :

(ا) وقت البدء المبكر للنشاط (E S) ;

وهو يساوى لأكبر أو آخر أوقات الانتهاء المتاخر للأنشطة التى تسبقه ٠

(ب) وقت الانتهاء المبكر للنشاط (E F) :

وهو يساوى لوقت البدء المبكر للنشاط مضافا اليه وقت تنفيذه ٠

(ج) وقت الانتهاء المتاخر للنشاط (L F) ;

وهو يساوى لأصغر وقت بدء أو وقت البدء المبكر للأنشطة التى تتبعه ٠

(د) وقت البدء المتاخر للنشاط (L S) ;

هو يساوى لآخر وقت انتهاء من النشاط مطروحا منه وقت التنفيذ الخاص به

(هـ) السماح الكلى للنشاط (T F) ;

وهو الفرق بين وقت الانتهاء المبكر ووقت الانتهاء المتاخر للنشاط (أو الفر بين وقت البدء المبكر ووقت البدء المتاخر للنشاط) ويعطى وقت السماح الكلى للنشاه حجم الوقت (عدد الأيام مثلا) التى يمكن أن يزيد بها وقت انتهاء النشاط عن وق الانتهاء المبكر له دون أن يؤثر على وقت التنفيذ المسموح به للنشاط ٠ وبعبارة أخر فانه مقياس للوقت الزائد أو الانحراف الزمنى المتاح فى تنفيذ النشاط دون أن يتسبب ذلك فى أن يمتد وقت تنفيذ المشروع ٠

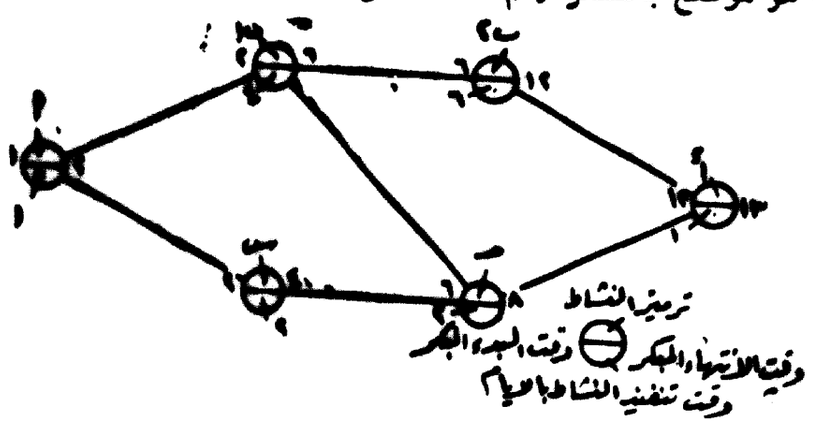
(هـ) السماح الحر للنشاط (F F)

وهو الفرق بين وقت الانتهاء المبكر للنشاط ووقت البدء المبكر أو أكثر الأوقات تبكيرا ـ للأنشطة التى تتبع النشاط • يعطى وقت السماح الحر حجم الوقت (عدد الأيام مثلا) الذى يمكن أن يزيد به وقت انتهاء النشاط عن وقت الانتهاء المبكر لأى نشاط آخر وبعبارة أخرى فانه مقياس للوقت الزائد أو الانحراف المسموح به فى تنفيذ النشاط دون أن يسبب أى تأخير فى أى نشاط آخر •

وبناء على شكل شبكة العمل الموضحة فى الشكل رقم (١٣) وبالاشارة الى وقت تنفيذ الأنشطة التى تم تقديرها والتى ستوضح هنا ، فان حسابات الجدولة يمكن اعدادها •

الأنشطة	زمن التنفيذ (يوم)
أ	١
ب١	٤
ب٢	٦
س	٢
ح	٢
د	١

وتحدد اول العمليات الحسابية تواريخ الابتداء والانتهاء المبكر لكل نشاط وغاليا ما يشار اليها بـ « التتبع للأمام » ويمكن اجراء هذه الحسابات فى جداول مستقلة باستخدام شبكة العمل لتحديد علاقات التتابع أو يمكن اجراؤها على شبكة العمل مباشرة كما هو موضح بالشكل رقم (١٨) التالى :

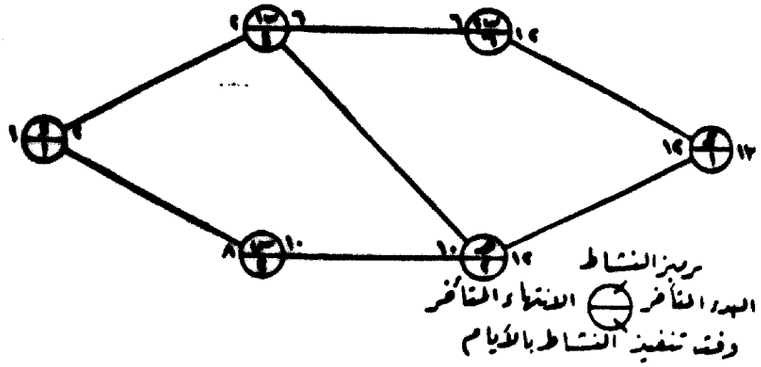


شكل رقم(١٨) الحساب بالتتبع للأمام

وبالابتداء ببداية المشروع فان وقت الابتداء المبكر للنشاط أ هو ١ ، أى بداية اليوم الأول وباضافة الوقت اللازم لتنفيذ النشاط (وقت الاستغراق) وهو يوم واحد فان وقت الانتهاء المبكر بعد ١ + ١ = ٢ أى بداية اليوم الثانى (أو نهاية اليوم الأول) وحيث أن الشكل يوضح أن النشاطين ب١ ، س يمكن أن يبدءا بعد انتهاء النشاط أ فان وقت البدء المبكر لهذين النشاطين هو ٢ أى بداية اليوم الثانى وتستمر العملية من خلال شبكة العمل حتى استكمال النشاط الأخير • وعندما يكون هناك أكثر من فيه أى من الأنشطة السابقة له ويظهر هذا فى حالتى النشاطين س ، د فالنشاط جـ يتبع كلا من النشاطين ب١ ، س ووقت الاستكمال المبكر لهذين النشاطين هما ٦ (أى بداية اليوم السادس) و ٤ (أى بداية اليوم الرابع) على التوالى وعليه فان وقت الابتداء المبكر للنشاط حـ هو ٦ ، وبالنسبة للنشاط د فان الأنشطة التى تسبقه هما النشاطان ب٢ ، جـ وأوقات الانتهاء المبكر لهما هى ١٢ ، ٨ على الترتيب وبذلك فان وقت البدء المبكر للنشاط د هو ١٢ أى بداية اليوم الاثنى عشر وبجانب ما تمدنا به طريقة التتبع للأمام من حساب التواريخ المبكرة لبدء وانتهاء كل نشاط فانها تمدنا أيضا بوقت تنفيذ المشروع اذ أنه يكون فى هذه الحالة وقت الانتهاء المبكر لآخر نشاط فى المشروع وهو ١٢ يوما فى هذه الحالة • حيث أن وقت الانتهاء من النشاط د هو بداية اليوم الثالث عشر (أو نهاية اليوم الثانى عشر) •

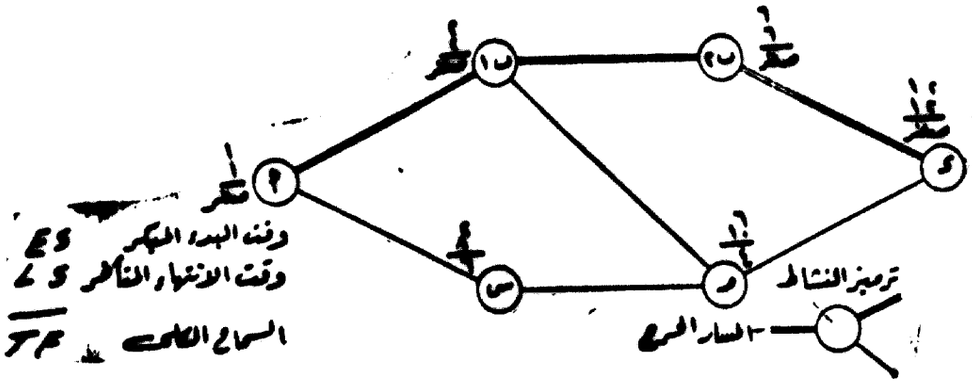
وبتثبيت الوقت الذى يستغرقه تنفيذ المشروع فان وقت الانتهاء المتأخر للنشاط الأخير فى المشروع يوضع مساويا لوقت الانتهاء المبكر له ومن ثم فانه يمكن اجراء « تتبع للخلف » للوصول الى وقت البدء والانتهاء المتأخر وبالنسبة للنشاط د فان وقت الانتهاء المتأخر هو ١٣ ، أى بداية اليوم الثالث عشر ووقت البدء المتأخر للنشاط د هو ١٣ ـ ١ = ١٢ أى وقت الانتهاء المتأخر للنشاط ناقصا وقت تنفيذه وحيث أن الشكل يوضح أن النشاطين ب٢ ، جـ يجب استكمالهما قبل البدء فى النشاط د فان وقت الانتهاء المتأخر لكل منهما هو ١٢ ويستمر تتبع هذا الحساب الى الخلف حتى بداية المشروع فاذا كان هناك نشاط سبقه أكثر من نشاط واحد فان وقت الانتهاء المتأخر له يعتمد على النشاط الذى يتلوه وله وقت بدء أكبر تبكيرا من الأنشطة الأخرى • وذلك هو الحال فى النشاطين ب١ ، أ فالنشاط ب١ يسبق النشاط ب٢ ، جـ ولكل منهما وقت انتهاء متأخر تقدر بـ ٦ ، ١٠ أيام على التوالى وبذلك فان وقت الانتهاء المتأخر للنشاط ب١

حو ٦ وبنفس الطريقة فان وقت الانتهاء المتاخر للنشاط أ هو ٢ ويوضح الشكل رقم (١٩) عملية الحساب بطريقة التتبع للخلف ٠



شكل رقم (١٩) الحساب بطريقة التتبع للخلف

هذا ويوضح الشكل رقم (٢٠) حساب السماح الكلى للأنشطة كالآتى :

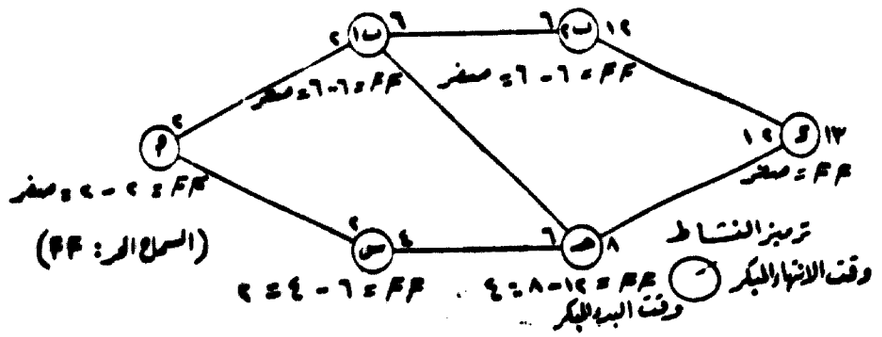


شكل رقم (٢٠) حسابات السماح الكلى للأنشطة

حيث نجد مثلا أن النشاط حـ له سماح كلى قدره ٤ أيام وهو يساوى ١٠ ـ ٦ (وقت البدء المتأخر ناقصا وقت البدء المبكر للنشاط) ، وهـذا واضح حيث أن أكثر الأوقات تبكيرا لبدء النشاط حـ هو بداية اليوم السادس كما أن أكثر الأوقات تأخيرا لبدء نفس النشـاط دون أن يؤثر ذلك على وقت استكمال المشروع هو بداية اليـوم العاشر ، لذلك فان هذا النشاط له سماح كلى قدره ٤ أيام والأنشطة التى لها سماح كلى يساوى صفر لا يوجد بها انحراف فى جدولتها الزمنية اذ يجب أن تنفـذ فى أكثر الأوقات تبكيرا من أجل ألا تؤدى الى تأخير فى وقت استكمال المشروع ٠ وأى تأخيـر فى تنفيذ الأنشطة الحرجة سوف يؤدى الى تأخير ممـائل فى وقت اسـتكمال المشروع ففى أى شبكة عمل هناك سلسلة أو أكثر من الأنشطة الحرجة تمتد على طول شـبكة

العمل من بدايتها حتى نهايتها وتحدد الوقت الكلى لاستغراق تنفيذ المشروع ويشار الى مثل هذه السلسلة « بالمسار الحرج » وهى تتكون فى هذا المثال من الأنشطة أ ، ب١ ، ب٢ ، د ، ورغم أنه فى شبكة العمل محل الدراسة نجد ثلثى الأنشطة هى أنشطة حرجة فانه فى معظم الحالات فى شبكات العمل الكبيرة نجد فقط جزء ضئيل، وربما ١٠ أو ٢٠٪ من الأنشطة انشطه حرجة .

ويوضح الشكل رقم (٢١) السماح الحر للانشطة .



شكل رقم (٢١) حساب السماح الحر للانشطة

فالنشاط س له سماح حر قدره يومان وهذا يوضح أن استكمال هذا النشاط يمكن أن يتأخر لمدة لا تتجاوز يومين دون أن يؤثر ذلك على أى نشاط آخر . ومع وجود سماح كلى للنشاط قدره ٦ أيام فان هذا يوضح أن هذا النشاط يمكن أن يتأخر ٤ أيام أخرى ، دون أن يؤثر ذلك على وقت تنفيذ المشروع ككل . وقد يتطلب مثل هذا التأخير أن يتأخر النشاط ح وهو ما يؤثر فى السماح الكلى الخاص به ففترة الأربع أيام هذه ، الفرق بين السماح الكلى والسماح الحر للنشاط ، سيشار اليها بانها « السماح المتداخل » حيث أنها تتضمن تداخلا بين أزمنة الأنشطة الأخرى .

وحيث أن حسابات الجدولة الزمنية التى تم توضيحها فيما سبق هى عملية ميكانيكية بحتة ، وانه قد يتم حساب العديد منها فى شبكات العمل الكبيرة فان الحاسب الآلى قد يكون مفيدا فى هذا الشأن ، ومن ناحية أخرى فان هذه الحسابات بسيطة للغاية لا تتطلب الا جمع أو طرح رقمين فى وقت ما يمكن أن يتم تنفيذها يدويا اذا لم تتوافر امكانيات الحاسب الآلى .

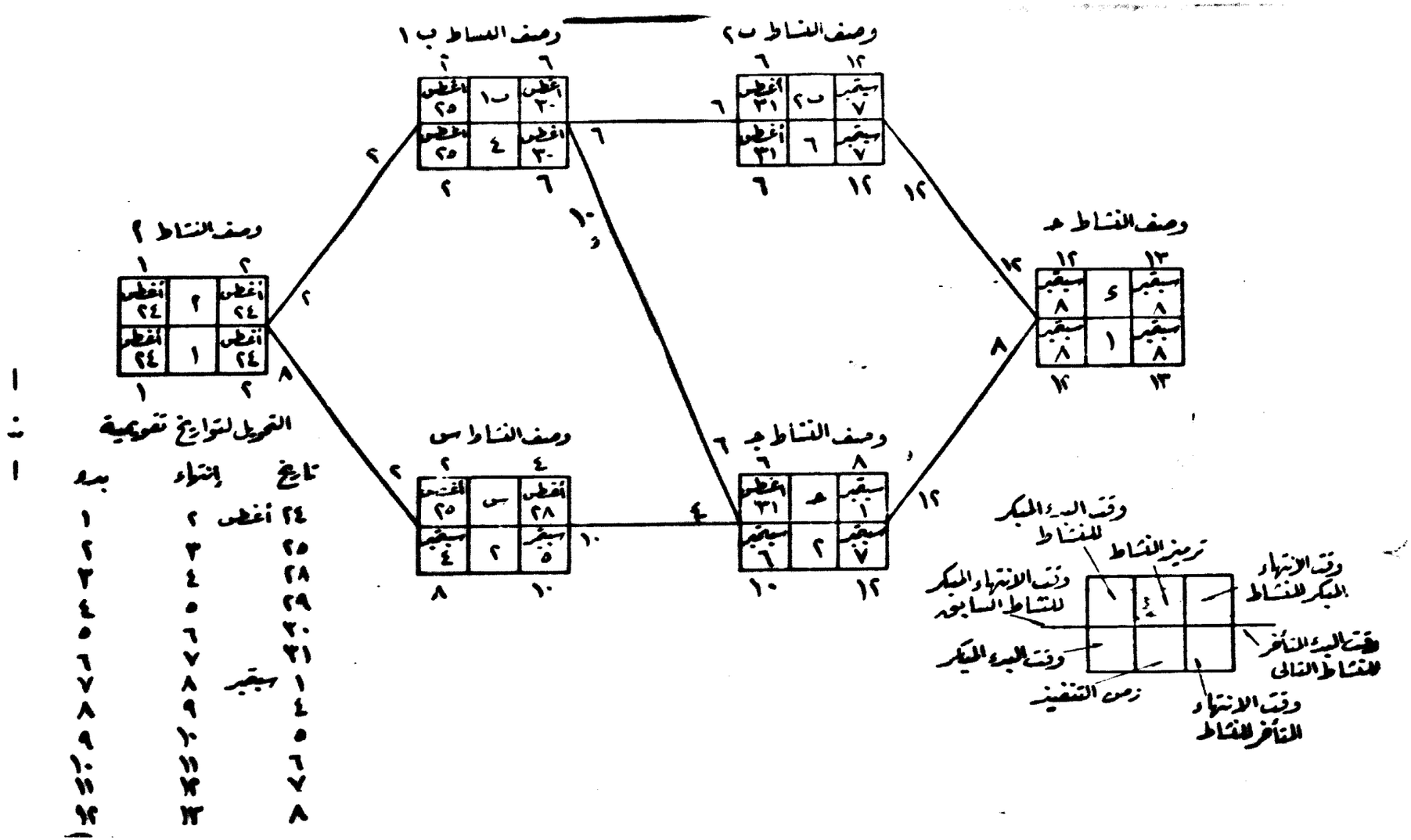
توصيل خطة التنفيذ والجدولة الزمنية

بعد الاعداد الملائم لكل من خطة التنفيذ والجدولة الزمنية فانه من الضرورى بوجه عام توصيل هذه المعلومات الى من يقومون بمراجعة برمجة تنفيذ المشروع أو الى من يساهمون فى تنفيذ ورقابة العمل ، وهناك عدة طرق يمكن أن يتم بها هذا العمل يمكن عرض ثلاثة منها باختصار فيما يلى :

يوضح الشكل رقم (٢٢) الطريقة الأولى : وفى هذه الحالة فان كل المعلومات قد تم اعدادها ومثلت مباشرة فى الشكل • فقد تم تقسيم كل عقدة الى مجموعة خلايا لاظهار ترميز للنشاط وزمن التنفيذ ، وقت البدء المبكر ، وقت الانتهاء المبكر ، وقت البدء المتأخر ووقت الانتهاء المتأخر وتحسب بيانات الزمن مبدئيا على أسس غير « تواريخ التقويم » وينتقل وقت الانتهاء المبكر لكل نشاط الى نهاية خط التتابع الذى يربط بين النشاط والنشاط التالى له ويوضع فوق هذا الخط ويتحدد وقت البدء المبكر للنشاط من بين أكبر الأرقام التى تحملها نهايات خطوط التتابع من الأنشطة السابقة • ففى الشكل رقم (٢٢) فان الرقمين ٦ و ٤ قد كتبا فوق نهاية خطى التتابع اللذين يربطان النشاط حـ بالنشاطين ب١ ، س على الترتيب والرقم ٦ هو وقت الانتهاء المبكر للنشاط ب١ بينما الرقم ٤ هو وقت الانتهاء المبكر للنشاط س وعليه فان وقت البدء المبكر للنشاط حـ هو ٦ • ويرقم تاريخى البدء المبكر والانتهاء المبكر للنشاط مؤقتا فوق الخانتين المتعلقتين بهما فى كل نشاط • وعند القيام بالتتبع للخلف يتم نقل وقت البدء المتأخر الى نهاية خط التتابع للأنشطة السابقة وتوضع أسفل الخط• ويتساوى وقت الانتهاء المتأخر للنشاط مع أصغر رقم على نهايات الخطوط المجاورة لخطوط التتابع اللاحقة • ويلاحظ فى الشكل رقم (٢٢) أن الرقمين ٦ ، ١٠ موضوعين أسفل خط التتابع التالى الذى يربط النشاط ب١ بالنشاط ب٢ ، حـ • والرقمان ٦ و ١٠ هما أوقات البدء المتأخر للنشاطين ب٢ ، حـ على التتالى ، لذلك فان وقت الانتهاء المتأخر للنشاط ب٢ هو ٦ • ويوضع رقمى وقت البدء والانتهاء المتأخرين للنشاط تحت الخانتين المخصصتين لهما مؤقتا • وفى النهاية وباستخدام جدول تحويل وقت البدء والانتهاء غير المؤرخين الى تواريخ تقويم ويظهران فى الخانات المخصصة لهما (١) فى كل عقدة • فهذا يظهر اذن خطة تنفيذ المشروع وجدول التنفيذ الزمنى ويمكن الوصول الى السماح الكلى والسماح الحر للنشاط بطرح القيود المرتبطة بالجداول السابقة من بعضها البعض • وهناك امكانية اضافية أخرى وذلك برسم الشكل على مقياس زمنى يظهر علاقات الزمن وكذلك العلاقات المنطقية بين الأنشطة ويمكن تحقيق هذا بطريقة فعالة برسم كل عقدة نشاط فى وضع مماثل لوقت البدء المبكر مع توزيع هذا الوقت افقيا على مقياس زمنى كما سبق ذكره •

---

(١) تسمح تواريخ التقويم بالاجازات الأسبوعية وقد افترض فى هذا المثال خمسة ايام عمل .

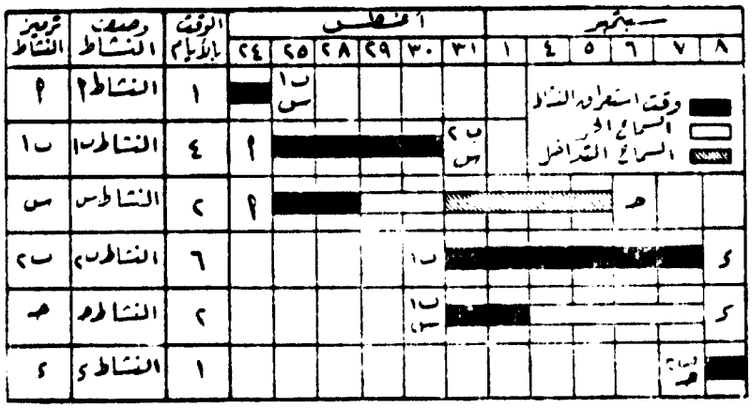


التحويل لتواريخ تقويمية

تاريخ	إنتهاء	بدء
٢٤ أغسطس	٢	١
٢٥	٣	٢
٢٨	٤	٣
٢٩	٥	٤
٣٠	٦	٥
٣١	٧	٦
١ سبتمبر	٨	٧
٤	٩	٨
٥	١٠	٩
٦	١١	١٠
٧	١٢	١١
٨	١٣	١٢

شكل رقم (٢٢)
تمثيل الشبكه

والطريقة الثانية للعرض هى طريقة المستطيلات البيانية (شكل رقم ٢٣) وحيث أن معد البرنامج قد استخدم شبكة العمل فان تجزئة المستطيلات البيانية ستتم كما تحددها الشبكة • وتتحدد علاقة التتابع بوضع ترميز الأنشطة السابقة فى بداية المستطيل التالى • وترميز النشاط التالى فى نهايته ويتحدد السماح الكلى والحر والمتداخل كامتداد للمستطيل الذى يعرض أساسا وقت تنفيذ النشاط وكما هو فى الطريقة الأولى فان كل بيانات البرمجة والجداول الزمنية والسماح تتضح بمجرد رسم الشكل • وهذه الطريقة قد لا تتميز بتقديم المعلومات فى شكل معتاد وقد تتطلب بعض التعديل لتتوائم مع هذا الهدف •



شكل رقم (٢٣) العرض عن طريق المستطيلات البيانية

والطريقة الثالثة تعرض معلومات البرمجة ومعلومات الجدول الزمنى كل على حدة وفى هذه الطريقة فان شكل شبكة العمل يعرض فى شكله المبسط (شكل رقم ١٣) لخطة تنفيذ المشروع فقط • بينما بيانات الجدولة الزمنية تعرض فى شكل جداول مطبوعة • وهذا هو المنهج العام عندما يتم هذا العمل عن طريق الحاسب الآلى ويمكن تطبيقه كذلك دون استخدام الحاسب الآلى ويوضح الشكل رقم (٢٤) تبويبا يمكن استخدامه بالاشتراك مع الشكل رقم (١٣) :

السماح الحر	السماح الكلى	الانتهاء المتأخر	البدء المتأخر	الانتهاء المبكر	البدء المبكر	الأنشطة الحرجة	زمن النشاط بالأيام	وصف النشاط	ترميز النشاط
صفر	صفر	أغسطس ٢٤	أغسطس ٢٤	أغسطس ٢٤	أغسطس ٢٤	*	١	النشاط أ	أ
صفر	صفر	أغسطس ٣٠	أغسطس ٢٥	أغسطس ٣٠	أغسطس ٢٥	*	٤	النشاط ب١	ب١
٢	٦	سبتمبر ٥	سبتمبر ٤	أغسطس ٢٨	أغسطس ٢٥		٢	النشاط س	س
صفر	صفر	سبتمبر ١	أغسطس ٣١	سبتمبر ٧	أغسطس ٣١	*	٦	النشاط ب٢	ب٢
٤	٤	سبتمبر ٧	سبتمبر ٦	سبتمبر ١	أغسطس ٣١		٢	النشاط هـ	هـ
صفر	صفر	سبتمبر ٨	سبتمبر ٨	سبتمبر ٨	سبتمبر ٨	*	١	النشاط ى	ى

شكل رقم (٢٤) تبويب الجدولة الزمنية

ويمكن تطوير هذا الجدول زمنيا بادخال التغيرات التى قد تحدث فى البيانات الزمنية كما يمكن أيضا تطوير شبكة العمل بتتبع التغيرات التى قد تحدث فى البيانات الزمنية كما يمكن أيضا تطوير شبكة العمل بتتبع التغيرات الأساسية فى البيانات المتتابعة ويمكن أن نعرض بيانات الجدولة الزمنية فى صورة التمثيل بالمستطيلات البيانية وبحذف البيانات المتتالية التى وضعت فى الطريقة الثانية وفى أى من الحالات فانه قد يتطلب الامرعرض كل من بيانات برمجة التنفيذ وبيانات الجدولة الزمنية على بعض المهتمين، بينما أن بيانات الجدولة الزمنية قد تهم أناسا آخرين • وقد يكون من المفيد فى كثيرمن الأحيان حمل هذا التحليل خطوة أبعد ونقل بعض بيانات الجدولة الزمنية الى من تهمهم هذه البيانات فقط • فقد نجد مثلا أن مقاول من الباطن أو مورد غير ملم بالبرنامج الرئيسى للمشروع ليس فى موقف يمكنه من الحكم عما اذا كان يستطيع استخدام وقت السماح المتداخل أم لا • ومع أنه قد يكون مفيدا تزويده ببيانات السماح الحر بحيث يمكن أن يكون لديه عمليا أكثر ما يمكن من حرية ، فقد لا يكون من الحكمة الكشف على بيانات السماح الكلى أو تواريخ البدء المتأخر والانتهاء المتأخر • وهذه الطريقة الثالثة لتوصيل بيانات البرمجة والجدولة الزمنية تعطى فى الواقع أكبر درجة من المرونة •

مراقبة المشروع

لا يكفى اعداد خطة تنفيذية جيدة وجدولة زمنية لتنفيذ المشروع بل لا بد أن تبذل جهود قوية لتنفيذها فاذا مافشل تنفيذ كل من هذه الخطة وتلك الجدولة فانه يجب أن تكون هناك جهود فعالة مصححة للحد من الآثار السيئة التى تترتب على ذلك وهنا يقدم الأسلوب الفنى لشبكات العمل بيانات مفيدة أكثر من أى أسلوب آخر فى الرقابة على شكل العمل فى المشروع •

وتتطلب الرقابة الجيدة معرفة بالمواقع التى يجب أن تتركز جهود الادارة عليها لانجاح الخطة ودرجة الجدية فى التغيرات التى تحدث فعلا أو تلك المقترحة وما هى قرارات التصحيح الأكثر فعالية التى قد تتم بعد حدوث التغيير •

ويوضح الأسلوب الفنى لشبكة العمل أين تركز جهود الادارة عن طريق ماتوضحه بيانات « السماح » فالأنشطة التى لا يوجد بها سماح كلى على الاطلاق تعتبر أنشطة حرجة ويجب أن تسير وفق جدولها الزمنى والا تأخر تنفيذ المشروع • أما الأنشطة القريبة من « الحرجة » • والتى بها قدر ضئيل من السماح الكلى فيجب أن تراقب جيداحيث أنها تؤثر على وقت تنفيذ المشروع اذا حدث تأخير طفيف فى جدولها الزمنى • أما الأنشطة

تى تتمتع بوفرة فى السماح الكلى فانها فى الواقع أقل الأنشطة حاجة الى الاهتمام واذا انت القيود على الموارد قد أوضحت سلامة التقدير الزمنى للأنشطة بتواريخ محدودة فان هذه الانشطة يجب أن تلاحظ ملاحظة زمنية بغض النظر عن كمية السماح الموضحة ترتيب استخدام الموارد يجب أن يمد الادارة بتحذير وعن أهمية المحافظة على مثل هذا ترتيب ٠

ويعطى أسلوب شبكة العمل مؤشرا واضحا لجدية التغيرات التى تحدث أو التى تطرح ادخالها فاذا كان استكمال نشاط حرج سوف يتأخر أو أن نشاطا غير حرج قد مد الى مابعد وقت انهائه المتأخر فان وقت تنفيذ المشروع سوف يتأخر كذلك مالم يتم خاذ اجراء تصحيحى ٠ فاذا تأخر تنفيذ النشاط غير الحرج فى نطاق السماح الحر ، ن تنفيذ المشروع والجدولة الزمنية للانشطة الاخرى لن تتأثر (مالم تثار مشكلة وارد) فاذا تأخر تنفيذ المشروع من نقطة الى نقطة داخل مدى السماح المتداخل ، فانه ـ يكون هناك احتمال لظهور مشكلة وهنا يتطلب الامر تحليلا أكثر دقة ٠ وقد لا يتغير وقت استكمال المشروع مباشرة ولكن قد يتأجل تنفيذ بعض الانشطة وحيث أن هذه لانشطة تتأخر فى نطاق فترة سماحها فان الاثر لا يكون مهما وعلى أى حال فانه فى بعض حالات قد يكون لاثر تأجيل الانشطة نفس خطورة التأخير فى الانشطة الحرجة ٠ فمثلا ا كان تنفيذ نشاط معين يجب أن يتم عن طريق مقاول من الباطن فانه قد لا يتم تنفيذه فى الجدول الزمنى بسبب ارتباط مقاول الباطن بارتباطات سابقة فى نفس الوقت التى يجب أن يبدأ فيه النشاط فالاثر الكلى قد يكون تأخيرا طويلا يمتد الى فترة طويلة عد المدى الذى يسمح به السماح ويتسبب فى زيادة وقت تنفيذ المشروع وطالما أن سلوب شبكة العمل يمدنا بالوسائل التى تمكننا من تحديد أى من الأنشطة التى تتأثر عندما يتأخر أحد الانشطة فى نطاق السماح المتداخل فان مثل هذه الآثار التى وضحت مكن توقعها بواسطة الادارة كما أن الاثر على جدولة المواد يمكن أيضا توقعه اذا تم عداد هذه الجدولة ٠

وأخيرا فان أسلوب شبكة العمل يساعد فى تحديد اجراءات التصحيح الملائمة حيث ساعد فى التطوير الزمنى الملائم لجدولة كل الأنشطة فاذا امتد وقت تنفيذ المشروع وكان ن المرغوب فيه العودة الى تاريخ الاستكمال السابق للمشروع ، مع أن الأنشطة الحرجة ـ تحددت ، فان ادارة المشروع تعرف كيف تكتشف الأنشطة التى تختصر من وقت تنفيذ شروع واذا ماتوافرت بيانات التكلفة ، فان أسلوب بدائل التكلفة / الزمن سوف يوضح ثر الطرق اختصارا لانجاز مثل هذا الكشف ٠ واذا مارغبت ادارة المشروع أن تنظر ى مناهج جديدة لبرمجة التنفيذ ، فان شبكة العمل يمكن أن تعدل وأن تعد لها الجدولة لائمة واذا ما توافرت بيانات الموارد فانه يمكن استخدام أساليب تخصيص وسلامة زيع الموارد لتحقيق الجدولة التى تفى مرة أخرى بالقيود على الموارد ٠

الفصل الثالث

ميكانيكية شبكة العمل بالتطبيق على تعديل وتطوير شبكات العمل الفرعية

مقدمة

يعتبر تمثيل خطة تنفيذ المشروع بواسطة شبكة العمل التى توضح مكونات الأنشط وعلاقات التتابع بينها ، مبدأ أساسيا تعتمد عليه كل الأساليب الفنية الأخرى لشبكا العمل ومنها بعض الأساليب الديناميكية مثل تطوير الجدولة الزمنية وبدائل التكلفة الزمن • حيث أنها تشتمل على اجراء تغييرات فى البيانات وتحدد أثر هذه التغييرات ع بقية شبكة العمل • ويعتبر فهم أسس ميكانيكية العمل شرطا مسبقا لبناء أساليب التطبيق الديناميكية ، ويهدف هذا الفصل الى توضيح أساس ميكانيكية شبكة العم بالدرجة الأولى •

ويمثل حجم شبكة العمل قيدا رئيسيا على التطبيق اليدوى لهذا الأسلوب وم الممكن تناول حلول شبكات العمل الضخمة بنجاح عن طريق تجزئة هذه الشبكا الرئيسية الى شبكات أصغر حجما ويجب أن تتم هذه التجزئة بعناية بحيث يتم تمثي عمل وعلاقات شبكة العمل الرئيسية بواسطة شبكات العمل الفرعية بطريقة دقي وبفهم ميكانيكية العمل يتم اجراء هذا التمثيل بسهولة •

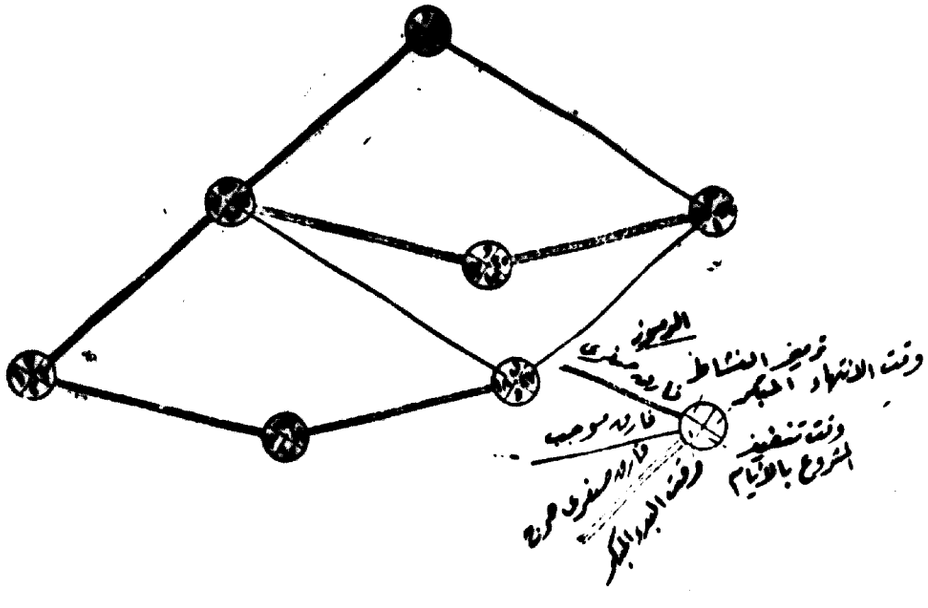
الفوارق الزمنية

توضح خطوط التتالى فى أشكال التواجد علاقة التتابع بين الأنشطة المتماثلة وة الترح ، فى هذا الشأن مبدأ مفيد وذلك بربط كمية زمنية يطلق عليها « فارق » بكل خط تتابع (Fondahl ١٩٦٢) ففى عديد من الحالات يبدأ النشاط التالى بمجر اتمام النشاط السابق وفى هذه الحالات تعتبر قيمة الفارق الزمنى صفر أما فى الحالا الأخرى فان بدء النشاط التالى يتأخر والسبب العادى لهذا التأخر هو أن النشاط التا يتحدد ببعض الأنشطة السابقة والتى لها وقت استكمال متأخر وفى بعض الحالات ة يكون التأخير لسبب عوامل تأخير متعمدة وقد تم ادخالها فى الجدولة الزمنية لمواجه

بعض القيود مثل انتظار الموارد ، وفى مثل هذه الحالات توجد « فوارق زمنية موجبة » يتحدد حجمها بطرح وقت الانتهاء المبكر أو وقت الجدولة المحددة للانتهاء أيهما أكثر خيرا ، للنشاط السابق من وقت البدء المبكر أو وقت البدء فى الجدولة الزمنية ، أيهما أكثر تأخيرا ، للنشاط التالى وقيمة الفارق الزمنى لا يمكن أن تكون سالبة ، حيث أنه وفقا لقواعد رسم شبكة العمل فان النشاط التالى لا يمكن أن يبدأ الا اذا انتهت كل الأنشطة السابقة عليه .

نقل التغييرات

تمنح قيمة الفارق الزمنى خاصية هامة لخط التتالى فخطوط التتالى « بفوارق » زمنية منتهاها صفر تعمل على نقل آثار التغييرات الى بقية شبكة العمل . أما خطوط التتالى ذات الفوارق الزمنية « الموجبة » فانها لا تؤدى الى ترابط آثار التغيرات التى تحدث ويوضح شكل رقم (٢٥) عينة شبكة العمل ، وقد حسب البدء والانتهاء المبكر لكل نشاط

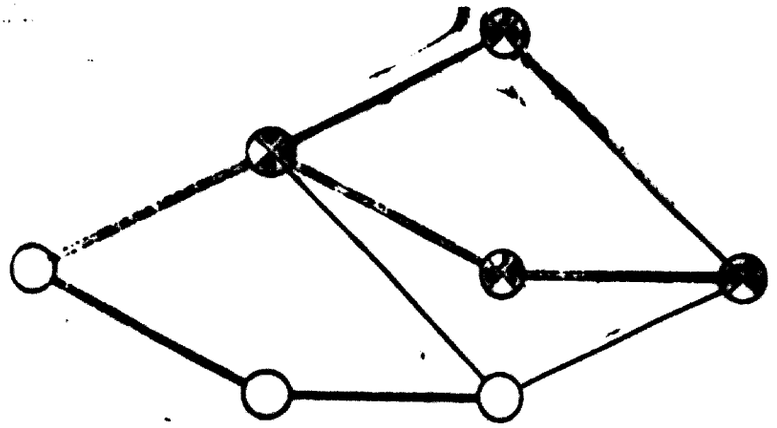


شكل رقم (٢٥) عينة شبكة عمل

تحديد قيم (الفوارق) لكل خط تتابع كما هو موضح . فاذا ازداد وقت تنفيذ مشروع (ب) يوما عما هو مقدر له ، فان وقت الانتهاء المبكر له سوف يزداد يوما كما

هو موضح فى شكل رقم (٢٦) وهذا التغيير سوف يتم توصيله الى كل الأنشطة التالية المتصلة بالنشاط ب بواسطة خط التعالى ذو فارق زمنى يساوى صفر ٠

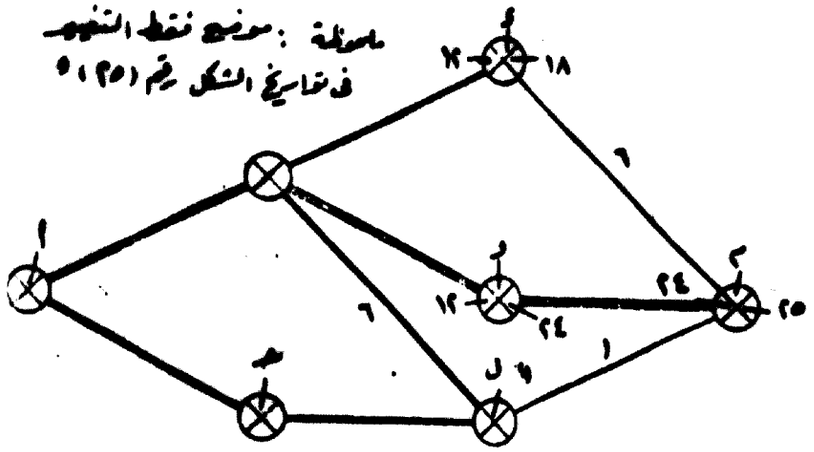
ملاحظة : تظهر فقط التغييرات فى بيانات الشكل رقم (٢٥) ٠



شكل (٢٦) التطور الزمنى يسبب زيادة وقت التنفيذ

فأوقات البدء والانتهاء المبكرين للأنشطة د ، و ، م كلها قد ازدادت بمقدار يوم آخر أما الأوقات المرتبطة بالنشاط «ل» فانها لم تتأثر حيث ان خط التتابع الذى يربط هذا النشاط بالنشاط «ب» له فارق زمنى ذو قيمة موجبة فاذا زاد وقت تنفيذ النشاط يوما آخر فان هذا التغيير ينتقل بنفس الطريقة ٠ فاذا ما نقص وقت تنفيذ النشاط «ب» بدلا من أن يزداد فان نفس الأنشطة سوف تتأثر وبالتالى ينتقل وقت البدء المبكر لهذه الأنشطة يوما للأمام كما هو موضح فى الشكل رقم (٢٧) ٠

ملاحظة : تظهر فقط التغييرات فى بيانات الشكل رقم (٢٥) ٠



شكل رقم (٢٧) التطور الزمنى يسبب نقص وقت التنفيذ

التغير فى قيم « الفوارق الزمنية »

عندما يحدث تغيير فى الجدولة الزمنية لشبكة العمل فان قيم الفوارق الزمنية قد تزداد ، وقد تقل أو قد تبقى كما هى • فاذا ما انتقل نشاط تالى الى وقت أكثر تأخرا ، بينما لم يحدث « تغير فى الجدولة الزمنية للأنشطة السابقة » فان قيمة الفارق الزمنى لخطوط التتابع التى تربطهم سوف تزداد • وتحدث نفس النتائج عندما تنتقل الأنشطة السابقة الى تاريخ أكثر تبكيرا بينما يظل النشاط التالى ثابتا • ويحدث العكس ، أى تنقص قيمة الفارق الزمنى حينما ينتقل النشاط التالى الى وقت أكثر تبكيرا بينما تظل الأنشطة السابقة ثابتة • أو تنتقل الأنشطة السابقة الى وقت أكثر تأخيرا بينما لا تتأثر الأنشطة • وتظل قيمة الفوارق الزمنية ثابتة عندما لاتتأثر الأنشطة السابقة أو اللاحقة بتغيرات الجدولة الزمنية أو عندما يتأثر كل منهما وينتقل كل منهما بقدر زمنى متساوى ، ويتضح هذا بمقارنة الشكلين رقمى (٢٢) و (٢٦) فبسبب الزيادة فى وقت تنفيذ النشاط «ب» ينتج نقص محسوب يؤدى الى زيادة فى قيمة فارق « خط التتابع ل م » بمقدار يوم واحد والى نقص قيمة « فارق خط التتابع ب ــ د ، ب ــ و ، و ــ ل بمقدار يوم واحد ، طالما أن وقت الانتهاء للأنشطة السابقة ووقت البدء للأنشطة التالية قد انتقلا جميعا الى تاريخ متأخر • أما قيم فوارق خطوط التتابع أ ــ ب ، أ ــ جـ و حـ ــ ل لم تتغير طالما أن وقت الانتهاء للأنشطة التالية يتأخر ويوضح الشكل رقم (٢٧) نتائج مماثلة مصاحبة للنقص فى وقت تنفيذ النشاط ب ، فيما عدا قيمة فارق خط التتابع ب ــ ل فتزداد بدلا من أن تنقص ، بينما قيمة فارق خط التتابع ل ــ م تنقص بدلا من أن تزداد فقد زادت الأولى الى ستة أيام بينما نقصت الأخيرة الى يوم واحد •

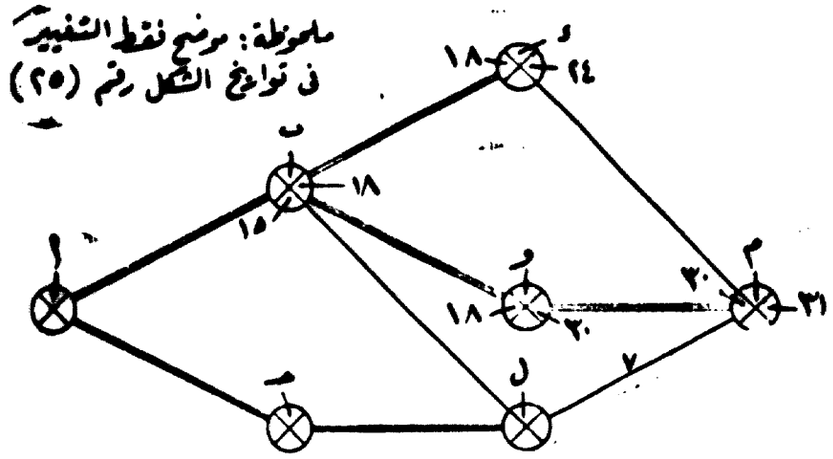
حد التفاعل فى شبكة العمل

طالما أنه يمكن تغيير قيم الفوارق الزمنية لخطوط التتابع فانها يمكن أن تحول من قيمة موجبة الى صفر أو من صفر الى قيمة موجبة ولقد سبق اثبات أن التغييرات داخل شبكة العمل بخطوط تتابع ذات فوارق زمنية مساوية للصفر ولا تنتقل بخطوط تتابع ذات فوارق زمنية موجبة • لذلك فان ادخال أو استبعاد أية علاقة ذات فارق زمنى قيمته صفر أمر له أهمية خاصة ، حيث أنه يغير سلوك شبكة العمل فى نقل التغييرات •

ولنعتبر الحالة التى يحدث فيها زيادة اضافية فى وقت تنفيذ النشاط «ب» فى الشكل رقم (٢٦) • فاذا امتد وقت التنفيذ الى خمسة عشر يوما ، كما موضح فى

الشكل رقم (٢٨)، فان قيمة الفارق لخط التتابع ب ـ ل والتى نقصت ، سوف تصل الى الصفر • وتبدأ شبكة العمل عند هذه النقطة فى أتخاذ سلوك مختلف اذا ما ازداد وقت تنفيذ النشاط ب مرة أخرى • وتبدأ الجدولة الزمنية للنشاط ل فى التاثر وان كانت قيم الفوارق الزمنية لخطوط التتابع ب ـ ل و ل ـ م ، التى سبق أن تغيرت ، سوف تظل ثابتة • الا أن قيمة الفارق الزمنى لخط التتابع جـ ـ ل والتى سبق أن تغيرت من قبل ثم أصبحت صفرا بعد ذلك ، سوف تأخذ قيمة موجبة وتبدأ فى الزيادة •

ملاحظه : التغير الوحيد عن شكل رقم (٢٥) موضح بالشكل •



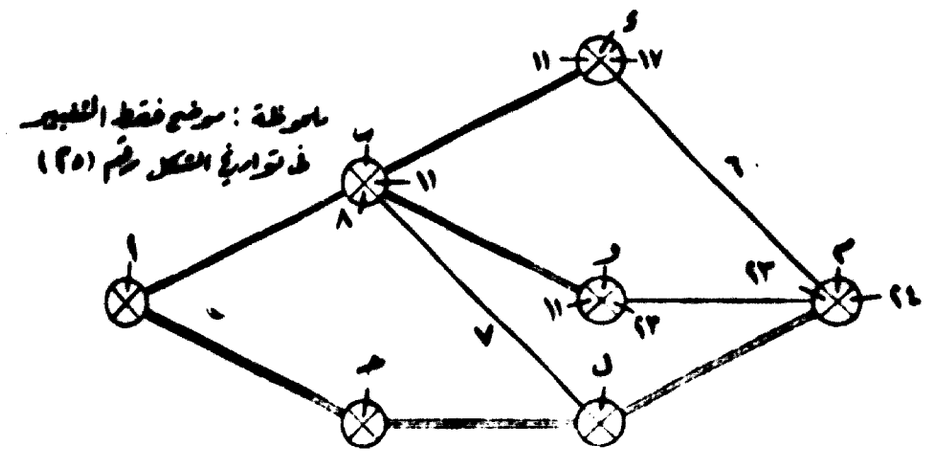
شكل رقم (٢٨) التطور الزمنى بسبب زيادة اضافية فى وقت التنفيذ •

والاصطلاح المفيد الآخر الذى أقترحه (Fondahl, 1962) فيما يتعلق بميكانيكية شبكة العمل هو ما يسمى « حد التفاعل فى شبكة العمل » أو الفترة الزمنية المرتبطة بالتغيير ، فى اتجاه محدد وفى تاريخ استكمال نشاط محدد • فهو يساوى عدد أيام ذلك التغير الذى يتسبب أولا فى أن يتحول خط تتابع ذو فارق موجب الى خط تتابع له فارق يساوى صفر • اذ يمكن القول مثلا أنه بالنسبة لشروط الشكل (٢٥) فان حد التفاعل فى شبكة العمل لزيادة وقت تنفيذ النشاط ب هو خمسة أيام أو يمكن القول بأن حد تفاعل شبكة العمل لتخصيص وقت تنفيذ النشاط ب هو يومين •

ويوضح حد تفاعل شبكة العمل NIL عدد الوحدات الزمنية التى يمكن فى حدودها نقل وقت تنفيذ نشاط محدد فى اتجاه محدد قبل أن يحدث تعديل أساسى فى عمليات الشبكة • فاذا كان هناك تغير يجب ادخاله يزيد من هذا الحد فانه من الضرورى أن يتم اجراء ذلك فى خطوتين أو أكثر • اذ يتحدد نطاق كل خطوة عن طريق « حد تفاعل شبكة العمل » بعلاقة الفارق القائمة فى نهاية الخطوة السابقة اذ أنه فى نهاية كل خطوة تتحول خطوط التتابع ذات الفارق الموجب الى خط تتابع بفارق صفر • ويجب أن يوضح هذا على الشكل بحيث يمكن نقل التغييرات التالية أيضا خلال هذا الخط •

وعادة ما يؤدى تواجد تتابع بدون فارق الى ادخال مسار حرج جديد وتظهر هذه الحالة عندما ينقص وقت تنفيذ النشاط ب الى ثمانية أيام اذ يتكون مسار حرج جديد خلال الأنشطة أ ، جـ ، ل ، م كما هو موضح فى الشكل رقم (٢٩) ٠

ملاحظة : تظهر فقط التغييرات فى بيانات الشكل رقم (٢٥) ٠



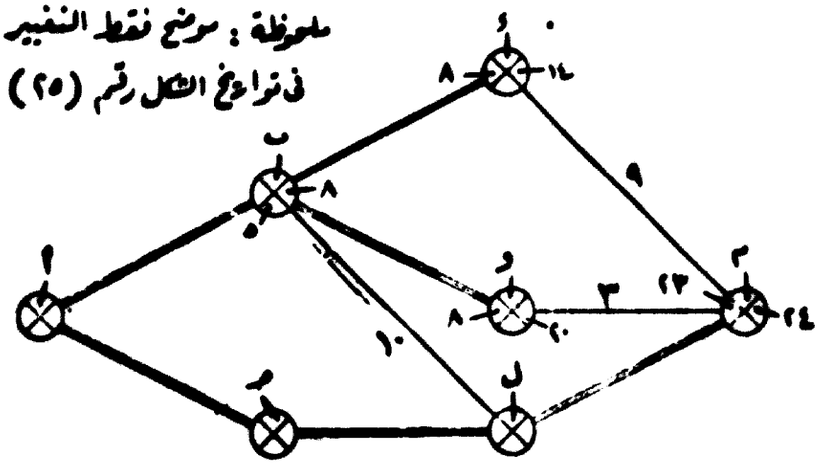
شكل رقم (٢٩) اضافة مسار حرج

وفى بعض الأحيان قد يظهر وضع يتناقص فيه الفارق لخط تتابع ليس له فارق أصلاوحيث أن قيمة الفوارق السالبه ليس مسموح بها فان هذا يتطلب مزيدا من الدراسة فمثلا اذا انخفض وقت تنفيذ النشاط ب فى الشكل رقم (٢٩) أكثر من ذلك ٠ فان خطوط التتابع التى ليس لها فوارق سوف تنقل التغير الى النشاط م وليس النشاط ل ٠ وهذا سوف يوضح انتقال النشاط الى تاريخ أكثر تبكيرا بينما يظل النشاط ل ثابتا وبالتالى سوف يوضح تناقص فى قيمة فارق التتابع ل ـ م ٠ على أى فان قيمة هذا الفارق قد وصلت صفرا فعلا ٠ وتحليل شبكة العمل فى مثل هذه الحالات يستنتج منه أن النشاط التالى سوف يظل ثابتا ٠ لذلك فان خط التتابع عديم الفارق الذى ينقل التغير الى هذا النشاط التالى يجب أن يحول الى خط تتابع بفارق موجب وبالتالى يتوقف عن نقل آثار التغير ، ففى المثال المذكور يجب ملاحظة أن خط التتابع و ـ م فى شكل رقم (٢٩) سوف يتحول الى خط موجب عندما يصبح وقت تنفيذ النشاط ب أقل من ثمانية أيام ٠ ويظهر الشكل رقم (٣٠) شبكة العمل المطورة عندما ينخفض وقت تنفيذ النشاط ب الى خمسة أيام ٠ ويلاحظ أن النشاطين ب ، و قد أصبحا من غير الأنشطة الحرجة ويتبقى لدينا مرة ثانية مسار حرج واحد ولكنه يختلف عن ذلك الموضح فى الشكل (٢٥) ٠

ويلاحظ أن تعريف حد تفاعل شبكة العمل يفترض أن الفارق ذا القيمة الموجبة سوف يتحول الى فارق بقيمة تساوى الصفر ولكن لا يشتمل على الحالة والتى يتحول فيها فارق ذو القيمة صفر الى فارق له قيمة موجبة ٠ وأن كلا من هاتين الحالتين تظهران بسبب تعديلات فى شبكة العمل ٠ على أى حال فان الحالة الثانية يتم أخذها فى

الاعتبار تلقائيا فى بداية أو نهاية دورة العمليات الحسابية للتطوير • ويمكن التأكد من أن هذا يتم فعلا عن طريق تحليل الطريقتين اللتين يتحول بهما خط ليس له فارق موجب ، ففى الطريقة الأولى يظل النشاط التالى ثابتا ينتقل النشاط السابق الى تاريخ أكثر تبكيرا • ويحدث هذا فقط فى حالة ما اذا اندمج على الأقل خط آخر له فارق صفر

ملحوظة : موضح نقط التغيير
فى تواريخ الشكل رقم (٢٥)



شكل رقم (٣٠) المسار الحرج

فى النشاط التالى ، ويؤدى الوضع الذى يوجد فيه فارق يبدو سالبا وقد سبق مناقشاته فى الفقرة السابقة ، وقد ظهر هذا فى أوائل دورة اعداد الحسابات وتم تعديله فى الحال كما سبق توضيحه • والطريقة الثانية التى يتحول فيها خط بفارق صفر الى آخر بقيمة موجبة هو أن يتحول النشاط التالى الى تاريخ أكثر تأخيرا بينما تظل الأنشطة السابقة ثابتة • ومع أنه من الضرورى أن يؤخذ فى الاعتبار اسقاط خط تتابع ليس له فارق فى أى دورات تطوير لاحقة فانه ليس ضروريا أن تقاطع الدورة التى فى طريقها للبدء • وتوضح طبيعة الحالة أن الأنشطة التى تأثرت قد نقلت الى تواريخ أكثر تأخيرا وأن التغيرات محل البحث لا تؤثر على النشاط السابق لخطة التتابع محل الاعتبار • لذلك فسواء كان الخط له فارق يساوى صفرا أو فارق موجب فانه ليس له أثر فى نقل التغييرات فى دورة التطوير التى يتم اجراؤها •

تطوير البيانات الأساسية

يعتبر التطوير الدائم للجدولة الزمنية الناتجة من شبكة العمل عملا على درجة كبيرة من الاهمية للاستفادة بالمزايا الكاملة لهذه الجدولة • فعند استخدام العمليات الآلية يتمثل أبسط المناهج فى تغيير البيانات محل التطوير ثم اعادة حساب كل بيانات شبكة العمل • وبوجه عام فانه قد افترض ايضا أن هذا المنهج هو ابسط المناهج للحساب اليدوى • وقد وضع هذا قيودا على عدد مرات اجراء التطوير وعلى حجم شبكة العمل التى يمكن تناولها بالاساليب غير الآلية •

ويمكن تطبيق ميكانيكية شبكة العمل التى سبق عرضها لاحداث التطوير بوسائل مختلفة • فالانشطة التى تتاثر بالتغيير هى فقط التى تحتاج الى تطوير ، واذا اضيف الى ذلك توافر حرية أكبر فى اختيار بيانات النشاط الواجب تطويره فان الوسائل اليدوية تتمتع بمدى واسع للتطبيق ، اذ نلاحظ أنه اذا كانت عملية التطوير تتطلب ضعف عدد البيانات المتوافرة لكل نشاط فان الزيادة فى الوقت اللازم للتطوير اذا تم ذلك على الحساب الآلى تكون زيادة ضئيلة بينما مثل هذا العمل يتطلب ضعف الوقت العادى اذا تم ذلك بالطريقة اليدوية •

ومن المرغوب فيه عند التحديد الاولى لجدولة المشروع حساب مجموعة كاملة لبيانات المشروع وتشتمل هذه المجموعة على وقت البدء والانتهاء المبكرين ، وقت البدء ووقت الانتهاء المتاخرين والسماح الكلى والحر لكل نشاط • وقد يحدث فى بعض فترات تقدم العمل أن يرغب فى تكرار هذه الحسابات للوصول الى مجموعة كاملة مطورة لبيانات • فالتطوير الأكثر فائدة هو الذى يحدث فورا بمجرد تغيير ما ، ليس ذلك الذى يتم اجراءه دوريا • اذ يمكن أن يكون هذا التطوير غير المتكرر أكثر فعالية دون أن يشتمل على تطوير لكل بيانات المشروع • ويعتبر وقت البدء المبكر أو وقت البدء المجدول ، اذا كان هذا أكثر تاخيرا من البدء المبكر ، أهم بند فى بيانات جدولة النشاط اذ يجب الاحتفاظ باستمرار بتسجيل عن أوقات البدء المبكر أو المجدول والتقديرات الجارية لأوقات تنفيذ المشروع •

كما يجب اجراء تحديد واضح للأنشطة الحرجة بقدر الامكان اذ تعتبر هذه المعلومات من المعلومات الاساسية اذ أن هذا سوف يؤدى الى احاطة المسؤولين عن التنفيذ فى المستقبل وباستمرار بالتغيرات فى أوقات البدء المجدولة كما يسمح ذلك أيضا لادارة المشروع بالتركيز على الأنشطة الملائمة • وحتى يمكن وصف وسائل التطبيق فانه من الضرورى أيضا الاحتفاظ بتسجيل عن قيم الفوارق لكل خط من خطوط التتابع فى شبكة العمل • وحتى يمكن أن تكون الحسابات اليدوية أكثر عملية فانه يمكن أن يتم اجراء التطوير لأنشطة المشروع فى المستقبل القريب فقط كان يتم ذلك للثلاثين يوما القادمة بدلا من أن يتم ذلك لكل أنشطة المشروع خلال فترة التنفيذ ، ويؤدى استخدام شبكات العمل الفرعية التى سوف تعرض فى نهاية الفصل الى امكانية اجراء مثل هذا التطوير •

وبتخليص ، فان البيانات الأساسية التى يجب باستمرار الاحتفاظ بتسجيل لها هى ، تقديرات أزمنة تنفيذ الأنشطة ، أوقات البدء المبكر أو المجدول ، قيم فوارق خطوط التتابع فاذا ما طبق منهج شبكات العمل الفرعية ، فان هذه البيانات يحتفظ بها فقط لذلك الجزء من المشروع الذى يتم التعامل عليه للفترة المطلوبة فى المستقبل فقط ، ويمكن الاحتفاظ ببقية البيانات اذا مارغب فى ذلك • ويلاحظ أن أكثر أوقات الانتهاء المجدول تبكيرا يعادل أكثر أوقات البدء المجدول تبكيرا مضافا اليها وقت التنفيذ • ويمكن أن

يتحدد السماح الحر من قيم الفوارق طالما أنها تساوى أصغر قيمة فارق لخطوط التتابع المنبثقة من النشاط وطبيعى أنه اذا ما انبثق خط تتابع واحد من النشاط ، فان السماح الحر للنشاط يساوى لقيمة فارق خط التتابع المذكور أما السماح الكلى فانه يمكن تحديده بوسيلة لا تتطلب أى حساب آخر للبيانات وسوف يتم عرضها فى نهاية هذا الفصل • ويمكن أن يتحدد وقت البدء والانتهاء المتأخرين من وقت البدء والانتهاء المبكرين زائد السماح الكلى • ويمكن أن تتحدد الانشطة الحرجة بملاحظة الأنشطة التى ترتبط بآخر نشاط فى المشروع بسلسلة من خطوط التتابع التى ليس لها فارق •

طرق للتطوير

يمكن أن يتم استنباط طرق التطوير اليدوية للبيانات المجدولة من الأسس التى سبق عرضها عن ميكانيكية شبكة العمل ، فالتغير فى نشاط معين ينتقل الى الأنشطة الأخرى بواسطة خطوط التتابع التى ليس لها فارق ، وبتحديد خطوط التتابع التى ليس لها فوارق على الشكل فانه يمكن بسرعة تحديد الأنشطة التى تتأثر بتغير معين • ومن الضرورى فى تطبيق هذا الأسلوب اجراء تطوير دائم لقيم الفوارق وعند تحديد الانشطة التى تتأثر بالتغيير فانه يمكن أيضا تحديد خطوط التتابع التى تربط هذه الأنشطة بالأنشطة التى لن تتأثر ، فهذه الخطوط هى تلك التى لها قيم فوارق متغيرة ، وبملاحظة ما اذا كانت بيانات الجدولة قد نقلت الى تواريخ متقدمة أو متأخرة وبتحديد ما اذا كانت الأنشطة السابقة أو اللاحقة هى التى تأثرت فانه يصبح من الممكن تحديد ما اذا كانت قيم الفوارق تزداد أو تنقص • ويسمح ذلك بتطوير قيم الفوارق ، باضافة أو استبعاد خطوط تتابع ليس لها فارق وبالتالى ايجاد حد تفاعل شبكة العمل •

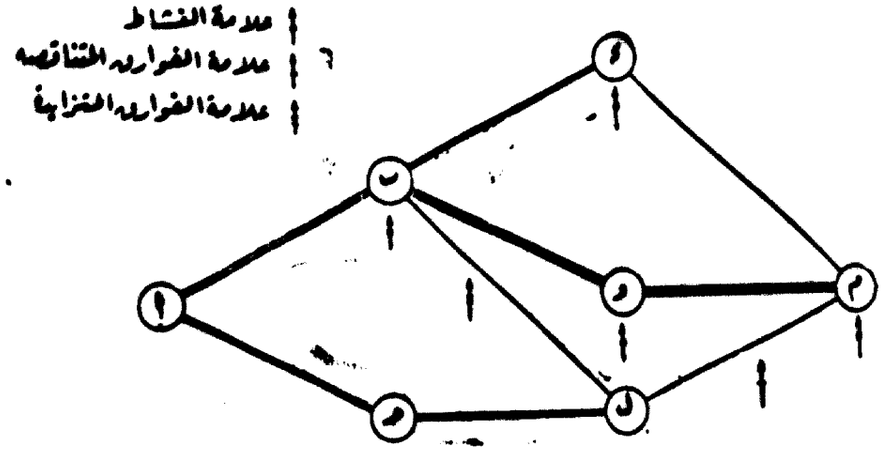
وتشتمل التغييرات التى تتطلب تطويرا على تغيير فى وقت تنفيذ النشاط ، على تغيير فى الجدولة الزمنية للنشاط ، استبعاد أنشطة قائمة ، أضافه أنشطة جديدة ، أو مزيج من هذا وذاك فاذا ما تم استيعاب وسيلة للتطوير بسبب التغيير فى وقت التنفيذ ، فان الوسائل الأخرى التى تطبق لمواجهة التغيرات الأخرى يتم اجراؤها بسهولة حيث أنها تشتمل فقط على تعديلات بسيطة • لذلك سيتم تناول هذه الحالة الأساسية بالتفصيل • لنفترض تواجد شكل لشبكة العمل موضحا بها خطوط التتابع التى ليس لها فوارق وخطوط التتابع ذات الفوارق الموجبة كما هو موضح فى شكل رقم (٢٥) • كما يفترض كذلك الاحتفاظ بتسجيل عن بعض بيانات المشروع ويتضمن أحد هذه التسجيلات تقديرات وقت التنفيذ الجارى ووقت البدء المبكر (أو المجدول لكل نشاط) • ويتضمن التسجيل الثانى القيم الجارية للفوارق لكل خط من خطوط التتابع ، ويوصى الاحتفاظ بتسجيل ثالث عن التغييرات التى تتم موضحا بها طبيعة التغيير ، سبب التغيير ، حجم واتجاه التغيير ، وقائمة بالأنشطة وخطوط التتابع التى تتأثر به •

ففى الشكل قد تم تمييز الأنشطة التى تغير وقت تنفيذها • ويمكن استخدام وسيلة ملائمة هنا وذلك برسم الشكل على لوح معدنى واستخدام مغناطيس بألوان معينة (أحمر مثلا) لتحديد الأنشطة • ومن ثم فان كل الأنشطة التى تلى النشاط الذى تغير وتترتبط به بخطوط تتابع ليس لها فوارق يتم تحديدها بعناية وبانتظام بنفس الطريقة ويوضح هذا التمييز أو التحديد الأنشطة التى تحتاج تواريخ بدئها الى التطوير (فيما عدا تلك الأنشطة التى تظل تواريخ بدئها ثابتة) ، فى الخطوة التالية يتم تمييز خطوط التتابع التى تتناقص قيم الفوارق بها باستخدام مغناطيس بلون مختلف (أخضر مثلا) فاذا اشتمل التغيير على سبيل المثال على زيادة فى وقت تنفيذ النشاط فان خطوط التتابع التى تمتد من الأنشطة التى تم تمييزها الى أنشطة أخرى غير مميزة سوف يكون لها فوارق متناقصة • الخطوة التالية تجرى بتمييز كل خطوط التتابع التى بها فوارق متزايدة باستخدام مغناطيس بلون مختلف (أزرق مثلا) • وفى حالة زيادة وقت التنفيذ فان كل خطوط التتابع التى تدخل الى الأنشطة المميزه من أنشطه سابقة غير مميزة (فيما عدا تلك الخطوط التى تدخل الى النشاط الذى تغير وقت تنفيذه) سوف تتسم بازدياد قيمة الفوارق بها • والخطوة التالية توضح حد تفاعل شبكة العمل • ويتم ذلك بمراجعة القيم الجارية للفوارق لكل خطوط التتابع التى لها فوارق متناقصة واختيار أقلها قيمة وفى النهاية يتم تنفيذ التطوير الفعلى • فاذا كان التغير فى وقت تنفيذ النشاط أقل من حد التفاعل فى شبكة العمل فان أوقات بدء كل الأنشطة وقيم فوارق خطوط التتابع المتأثرة بهذا التنفيذ سوف تتغير بقدر مساوى للتغيير فى التنفيذ • وبدخول هذا التغيير فى السجل القائم لهذه التغيرات فان المغناطيسات قد تزال من الشكل وعندما تزال كل المغناطيسات فان التطوير يكون قد تم اجراؤه تماما • واذا كان التغيير الذى حدث فى وقت تنفيذ المشروع أكبر من حد تفاعل شبكة العمل فان الأنشطة وكذلك خطوط التتابع المتأثرة بهذا التغيير يتم تطويرها بقدر مساوى لهذا الحد • ثم تدخل على الشكل علامات خطوط جديدة للتتابع ليس لها فوارق ثم تجرى دورات اضافية للتطوير • حتى نصل فى آخر دوره الى أن تكون الزيادة المكملة للتغيير أقل من حد تفاعل شبكة العمل وعادة يتم هذا فى أكثر من دورتين •

ولنأخذ مثالا يتضمن معظم التغييرات التى قد تواجهنا ، فلنفرض أن وقت تنفيذ النشاط ب فى شكل رقم (٢٥) قد انخفض الى ستة أيام توضع العلامات على الشبكة كما هو موضح فى شكل رقم (٣١) •

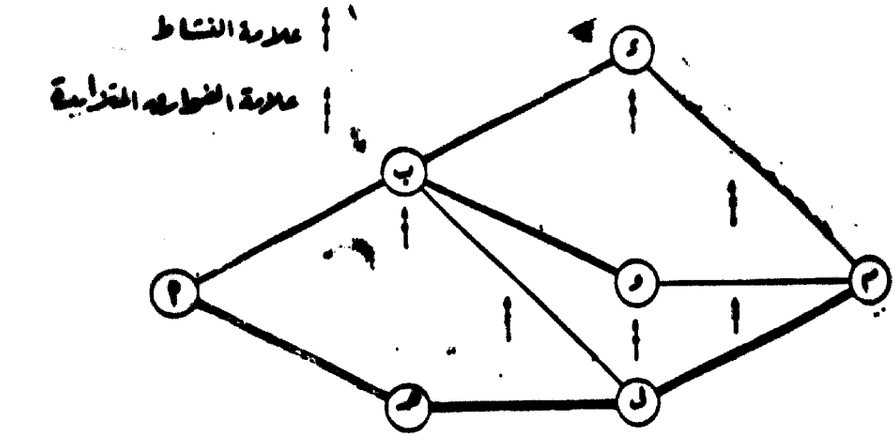
وبمواجهة خطوط التتابع ذات الفوارق المتناقصة (الخط الوحيد هو لـم هنا) سوف يوضح أن حد تفاعل شبكة العمل يساوى يومين فقط وبالتالى يخفض كل من وقت تنفيذ النشاط وأوقات البدء المبكر للأنشطة د ، و ، م بمقدار يومين وبذلك تتغير فوارق خطوط التتابع ب ـ ل ، ل ـ م الى ٧ ، صفر على التوالى ومن ثم تتغير كل الشبكة

لاظهار العلاقة الجديدة التى لها فارق قيمته صفر • وفى محاولة اجراء دورة التطوير الثانية يظهر هنا فارق متناقص لخط التتابع ل ــ م وهو ذو قيمة صفرية فعلا



شكل رقم (٣١) الدورة المبدئية لتغيير وقت التنفيذ

وهذا يتطلب مراعاة ضرورة تحويل خط التتابع د ــ م الى خط بفارق ذى قيمة موجبة وباجراء هذا التعديل يتم مرة أخرى وضع علامات للأنشطة وخطوط التتابع التى تتغير قيمها ويمكن أن تظهر الشبكة كما هو موضح فى شكل رقم (٣٢) • وطالما أنه لا توجد فوارق متناقصة القيمة فان حد تفاعل شبكة العمل يصبح لانهائى ويمكن بالتالى استكمال اليومين الباقيين من التطوير • اذ ينتقص هذين اليومين الباقيين من وقت تنفيذ النشاط ب وأوقات البدء المبكر للأنشطة د ، و وتزداد قيم فوارق خطوط التتابع د ــ م ، و ــ م ، ب ــ ل بمقدار يومين وحيث أنه تم تسجيل هذه التغيرات على الشكل تزال العلامات وينتهى بذلك التطوير •



شكل رقم (٣٢) الدورة النهائية لتغيير وقت التنفيذ

ويمكن اجراء التطوير الذى يشتمل على تنفيذ أكثر من نشاط فى عملية واحدة طالما أن الأنشطة التى تحتاج الى تطوير لا ترتبط ببعضها بخطوط تتابع لها فوارق

صفرية القيمة وطالما أن التغيرات فى اتجاه زمنى واحد واذا كانت التغيرات ذات قيم مختلفة فانه يتم اجراء التطوير بالبدء بالنشاط الذى تحقق فيه أصغر قدر من التغير ثم يتم اجراء دورات تطوير اضافية لتنفيذ التطوير للتغيرات الأخرى لبقية الأنشطة حتى يتم تطوير شبكة العمل للنشاط الذى تحقق فيه أكبر قدر من التغير • وعلى أى حال فاذا كانت الأنشطة التى تغير وقت تنفيذها تؤثر فى بعضها البعض أو اذا كانت التغيرات تتضمن زيادات أو نقص فى أوقات التنفيذ فان تطوير مثل هذه التغيرات يجب أن ينفذ فى عمليات مستقلة •

أما التغيرات التى تتضمن اعادة جدوله للنشاط فى تاريخ مختلف فانه يتم تناولها بطريقة مماثلة تماما للتغير يطرؤ على وقت التنفيذ • والاختلاف الوحيد هو نقل تاريخ البدء الذى أعيد جدولته للنشاط وبالتالى وقت الانتهاء له الى تاريخ آخر • وفى هذه الحالة فان خطوط التتابع التى تدخل النشاط المعاد جدولته وتأتى من أنشطة سابقة غير محدودة (لم تتأثر بالتغير) سوف تكون قيم الفوارق فيها متغيرة • والتغير الذى يتضمن استبعاد نشاط معين من شبكة العمل يمكن اجراؤه عن طريق تخفيض وقت تنفيذ ذلك النشاط وذلك حتى يصل وقت التنفيذ الى صفر أو الى أن يبدأ النشاط فى خلق سماح حر ، أيهما يحدث أولا • اذ يبدأ النشاط فى اظهار سماح حر عندما تتحول كل الفوارق لخطوط التتابع التى تخرج منه الى أنشطة تالية الى فوارق موجبة • وعندما يتحقق أى من هذين الشرطين فانه يمكن استبعاد النشاط من شبكة العمل • ومن الضرورى فحص علاقات التتابع بين الأنشطة السابقة والأنشطة اللاحقة للنشاط المستبعد لتحديد ما ذا كانت هناك ضرورة لاضافة خط تتابع جديد بين هذه الأنشطة •

أما التغير الذى يتضمن اضافة نشاط ما فيمكن انجازه عن طريق ادخال نشاط جديد بخطوط التتابع الملازمة له فى شبكة العمل ، مع تسكين وقت التنفيذ للنشاط الجديد مؤقتا عند القيمة صفر • ثم تزاد قيمة وقت التنفيذ من صفر الى قيمته المقدرة ـ باستخدام نفس الوسائل التى تطبق عند تغير وقت تنفيذ النشاط •

ويمكن تناول التغيرات الأخرى فى برمجة وقت تنفيذ وجدوله المشروع كمزيج من بين الحالات التى سبق عرضها • فالتغيير فى تتابع نشاطين مثلا يمكن انجازه باسقاط أحد هذه الأنشطة ثم اضافته فى مكانه الجديد •

حساب السماح الكلى

تمدنا حسابات الجدولة الأساسية لكل شبكة العمل بمجموعة كاملة من البيانات متضمنة وقتى البدء والانتهاء المتاخرين والسماح الكلى • ويمدنا البند الأخير بفكرة عن درجة « الحرج » النسبية لكل الأنشطة غير الحرجة وهذا ما يساعد على الرقابة المتفتحة على العمل • ولا تستطيع أساليب التطوير السابق عرضها أن تطور هذا النوع من البيانات • ولا يعتبر هذا عيبا خطيرا من وجهة نظر الرقابة اليومية على التنفيذ فطالما أنه قد تم تحديد الأنشطة فى كل أوقات تنفيذ المشروع وطالما أن كل مجموعة البيانات يتم تطويرها دوريا لمعرفة درجة « الحرج » فى الأنشطة غير الحرجة فان الاحتفاظ ببيانات جارية عن أوقات البدء والانتهاء المتأخرين والسماح الكلى لا يعتبر أساسيا وقد يكون من المرغوب فيه فى بعض الأوقات معرفة القيمة الجارية للسماح الكلى لنشاط معين اذا ما تعلق الأمر مثلا باتخاذ قرار فى اقتراح اعادة الجدوله ، وان كانت هذه المعلومات يمكن الحصول عليها لاى نشاط باستخدام وسائل التطوير المستخدمة عند زيادة وقت تنفيذ النشاط والسابق عرضها • فالنشاط الذى يرغب فى تحديد وقت السماح الكلى له ، يتم زيادة وقت تنفيذه مؤقتا حتى يتم تشكيل مسار بفارق قيمته صفر بينه وبين النشاط الأخير للمشروع وبعبارة أخرى يتم تحديد عدد أيام التأخير التى تحول هذا النشاط الى نشاط حرج • وهذا هو السماح الكلى وتتميز هذه الوسيلة أيضا بأنها تعرض بوضوح للأنشطة التى تتاثر باستخدام وقت السماح هذا ، وعادة ما تطلب هذه المعلومات للوصول الى قرار سليم يرتبط باقتراح استخدام وقت السماح الكلى ، ولا يتم الحصول على هذه البيانات من ـ التبويب العادى للقيم المطورة للسماح الكلى لكل نشاط من الأنشطة •

وبالتمكن من تحديد السماحات الكلية تاتى القدرة على الوصول الى تاريخى بدء وانتهاء متاخرين مطورين بمجرد تجميع بسيط للبيانات المتاحة ، لذلك فان الأساليب التى نوقشت فى الفقرات السابقة تسمح بتطوير أى بيانات مطلوبة دون حساب كل بيانات شبكة العمل •

شبكات العمل الفرعية

يعتبر بناء واستخدام شبكات العمل الفرعية أسلوبا هاما يمكن تصنيفه على أنه تطبيق لميكانيكية شبكة العمل • والمنهج البسيط لهذا الأسلوب يتم عن طريق عزل جزء من شبكة عمل أكبر بين نقطتين من النقط يرتبط بهما هذا الجزء ببقية الأجزاء

ويمكن ازالة هذه الشبكة الفرعية لمعالجة منفصلة ويمكن أن يحل محلها فى شبكة العمل الأساسية نشاط واحد له وقت تنفيذ يتحدد بالمسار الحرج لشبكة العمل لفرعية ولسوء الحظ هذا ما لايحدث عادة اذ عادة ما يتم مد نشاط واحد فى شبكة لعمل الأساسية الى شبكة عمل فى حد ذاتها لأغراض تحليل تفصيل .

وهناك منهج آخر يطلق عليه طريقة « التجزئة الفترية » (Fondahl 1962)

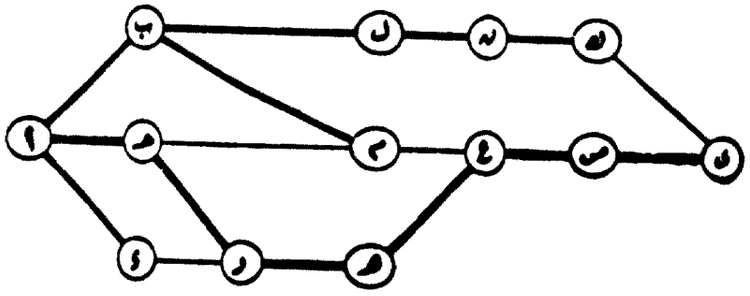
هنا تقسم شبكة العمل الرئيسية الى شبكات عمل فرعية وفق فترات زمنية وعادة ا يتم بناء شبكة عمل فرعية للفترة الجارية فقط (شهر أو شهرين مثلا) ومع تقدم عمل يتم بناء شبكة عمل فرعية للفترة القادمة . وعندما يتحرك العمل الى هذه الفترة تالية يتم اسقاط شبكة العمل الفرعية السابقة وتستمر العملية حتى يتم استكمال شبكة الفرعية النهائية لآخر فترة زمنية .

ولهذه الطريقة ميزتان هامتان ، أولا : تسمح هذه الطريقة باستخدام شبكات ل صغيرة وهذا ما يجعل الطرق اليدوية ممكنة . فلنعتبر مثلا شبكة عمل مشروع ونة من ٦٠٠ نشاط ويستمر تنفيذها لمدة سنتين . فاذا ما تم بناء شبكات عمل عية لفترات شهرية فمن المتوقع أن تحتوى شبكة العمل الفرعية فى المتوسط على ٢ نشاطا وبفرض أن أكبر شبكة عمل فى هذا الصدد سوف تحتوى على ضعف عدد نشطة التى توجد فى شبكة العمل الفرعية فى المتوسط فانها بذلك لن تزيد عن ، نشاطا ويمكن تناول مثل هذا الحجم ببساطة بالوسائل اليدوية والميزة الثانية انه كن تركيز الانتباه على ذلك الجزء من العمل الذى سيبدأ فى المستقبل القريب ومع أن جة التنفيذ والجدولة لكل المشروع مهمة للغاية ، فانه ليس عمليا أن يتم اجراء هذا فصيل ، فاجراء تطوير تفصيلى أو توزيع للاحتياجات من الموارد لأنشطة يتم تنفيذها سنة مقبلة من الآن مثلا يعتبر ضياعا للوقت والجهد طالما أن هناك عديد من يرات سوف تحدث حتى قبل أن يتم تنفيذ هذه الأنشطة ، اذ من المرغوب فيه بوجه اعطاء عناية دقيقة لخطة التنفيذ والجدولة للثلاثين أو الستين يوما المقبلة مثلا .

ومن المهم أن يتم التطوير على أساس يومى حتى يمكن المشتركون الذين تقرر أن أوا العمل فى المستقبل القريب من أن يحصلوا على آخر معلومات متعلقة باوقات ء المتوقعة لهم كما يمكن هنا أيضا تبرير المجهودات الكبيرة التى قد تبذل فى محاولة ية حجم الطلب على الموارد ويصبح من الجدير عمليا النظر الى جدولة للموارد غير الجدولة الأساسية التى قد سبق دراستها بالنسبة للمشروع ككل .

وحتى تكون طريقة شبكة العمل الفرعية ذات فائدة فمن المهم أن تنعكس آثار التغيرات داخل شبكة العمل الفرعية بعناية على تاريخ استكمال المشروع ويجب أيضا أن تكون هناك امكانية لتحديد وتطوير كل البيانات المطلوبة بحيث يشتمل ذلك على معرفة درجة حرج النشاط بالنسبة لأنشطة الشبكة الفرعية ٠

ويمكن أن يوضح مثال بسيط أسس أسلوب « التجزئة الفترية » ولنعتبر شبكة عمل رئيسية كما هو موضح فى شكل رقم (٣٣) ولنفترض استخدام شبكات عمل فرعية لفترات دورية قدرها ٣٠ يوما ٠ وقد تم اجراء حسابات الجدولة الأولية لكل شبكة العمل ويوضح الشكل (٣٤) تبويب هذه الحسابات ٠



شكل رقم (٣٣) شبكة العمل الرئيسية

وقد بنيت شبكة العمل الفرعية الأولى لتشتمل على كل الأنشطة التى تبدأ قبل أو فى اليوم الثلاثين ويضاف فى نهاية الجانب الأيسر حدث يمثل انتهاء المشروع ثم تضاف أنشطة ربط صناعية بين الحدث الممثل لاستكمال المشروع وبين أنشطة المواجهة ٠ ونشاط المواجهة هو نشاط فى شبكة العمل الفرعية يمتد منه خط أو أكثر من خطوط التتابع الى الأنشطة فى ذلك الجزء من شبكة العمل الرئيسية التى استبعدت ، ويعادل وقت تنفيذ كل نشاط من أنشطة الربط عدد أيام أطول مسار بين النشاط السابق عليه وحدث استكمال المشروع ، ويتحدد هذا بسهولة باستخدام وقتى البدء والانتهاء المتأخرين السابق حسابهما فى شكل رقم (٣٤) ٠ فوقت تنفيذ الربط يساوى وقت الانتهاء المتأخر « الفعال » للنشاط السابق مطروحا من وقت تنفيذ المشروع فاذا لم يكن للنشاط السابق أى أنشطة لاحقة فى داخل شبكة العمل الفرعية فان وقت انتهاء المتأخر هو نفس وقت انتهائه المتأخر العادى ٠ وهذا صحيح للأنشطة ب ، و ٠ أما اذا كان للنشاط السابق على نشاط الوصل أنشطة تالية فى شبكة العمل الفرعية فان وقت

«نتهائه المتاخر الفعال يساوى أكثر أوقات البـدء تبكيرا من كل أوقات البدء المتاخر للأنشطة التالية والتى تقع خارج شـبكة العمل الفرعيـة وهـذا صـحيح بالنسـبة للنشـاط جـ ٠

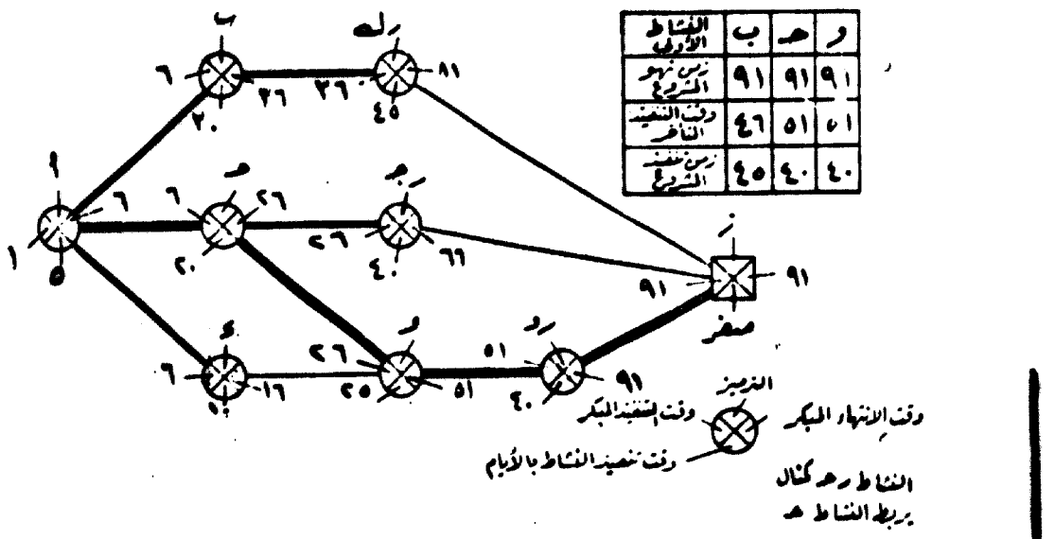
النشاط	وقت التنفيذ	الأنشطة الحرجة	البدء المتأخر	الانتهاء المبكر	البدء المتأخر	الانتهاء المتأخر	السماح الكلى	السماح الحر
أ	٥	*	١	٦	١	٦	صفر	صفر
ب	٣٠		٦	٣٦	١٦	٤٦	١٠	صفر
جـ	٢٠	*	٦	٢٦	٦	٢٦	صفر	صفر
د	١٠		٦	١٦	١٦	٢٦	١٠	١٠
هـ	٢٥	*	٢٦	٥١	٢٦	٥١	صفر	صفر
و	٢٠		٢٦	٤٦	٣٦	٥٦	١٠	صفر
ز	٥		٣٦	٤١	٥١	٥٦	١٥	١٥
ح	٥	*	٥١	٥٦	٥١	٥٦	صفر	صفر
ط	١٠		٥٦	٦٦	٦٦	٧٦	١٠	صفر
ى	٢٠	*	٥٦	٧٦	٥٦	٧٦	صفر	صفر
ك	١٠		٦٦	٧٦	٧٦	٨٦	١٠	١٠
ل	١٠	*	٧٦	٨٦	٧٦	٨٦	صفر	صفر
ى	٥	*	٨٦	٩١	٨٦	٩١	صفر	صفر

شكل رقم (٣٤) تطوير بيانات الجدولة الزمنية

وشبكة العمل الفرعية الناتجة تظهر فى الشكل رقم (٣٥) وهناك طريقة بديلة تستخدم القيـد المزدوج لبيانات أنشـطة المواجهـة وتستبعد وجود أنشـطة الربط (For.dahl ١٩٦٢) ٠

ولا تعرض شكة العمل الفرعية فى شكل رقم (٣٥) خفضا كبيرا فى عدد الأنشطة التى تحتويها وان كانت سوف تؤدى الى تحقيق ذلك فى حالة تنفيذ ذلك فى مشروع فعلى ذى شبكة عمل ضخمة ٠ ويمكن بعد بناء شبكة العمل الفرعية الأولية أن توسع بتفصيل أكبر ٠ ونلاحظ أن المسار الحرج فى شـبكة العمل الفرعية عادة ما يكون معلوما ٠ واذا تشكل مسار حرج فانه يمكن تحديد الأنشطة الحرجة فى هذاالمسار ولكن

لا يمكن معرفة بقيه الأنشطة الا بعد بناء شبكات العمل الفرعية التالية أو تم تطوير تطوير كل المشروع كما يلاحظ أيضا أنه طالما أن الحدث الممثل لوقت انتهاء المشروع يدخل ضمن شبكة العمل الفرعية فان أثر التغيرات التى تحدث داخل شبكة العمل سوف ينعكس عليه ٠

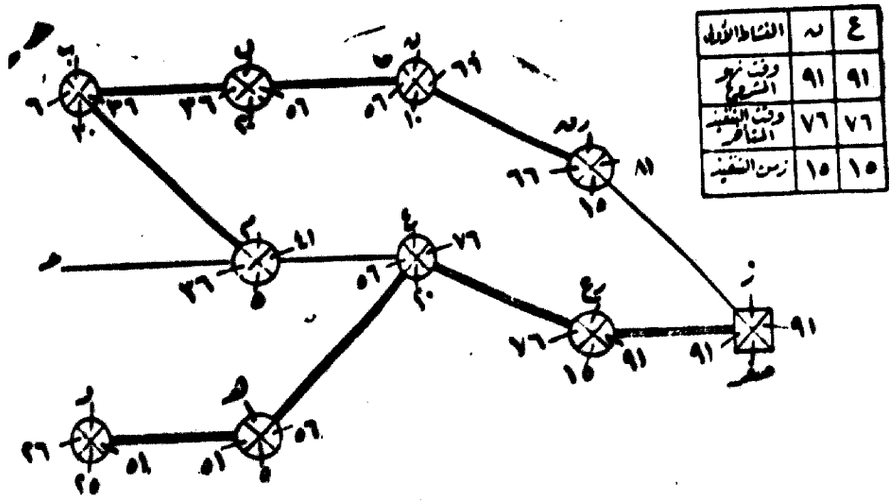


شكل ورقم (٣٥) شبكة العمل الفرعية لخطة ٣٠ يوما الأولى

والشكل رقم (٣٦) يوضح شبكة العمل الفرعية للثلاثين يوما الثانية وبفرض عدم وجود تغيير خلال استخدام شبكة العمل الفرعية الأولى ، ويتم اعداد شبكة العمل الفرعية هذه بينما تكون شبكة العمل الفرعية الأولى تحت التنفيذ وعندما ينتقل العمل الى مرحلة تنفيذ شبكة العمل الفرعية الثانية فان شبكة العمل الفرعية الأولى تسقط تماما ، ثم يبدأ بناء شبكة عمل فرعية للمرحلة الثانية وتستمر هذه العملية حتى يتم اعداد شبكة العمل الفرعية لفترة الثلاثين يوما الأخيرة ٠

ويعتبر استخدام شبكة العمل الفرعية مفيدا وبوجه خاص فى تطوير الجدولة الزمنية للنشاط وتسوية الطلب على الموارد تفصيليا ٠ وهناك بعض عيوب لهذا الأسلوب ناتجة من نقص المعلومات عن معرفة الأثر على الأنشطة واحتياجات الموارد فى الفترات التالية من فترات التنفيذ التى تلى فترة تطبيق شبكة العمل الفرعية ٠ كما أن هناك أيضا بعض جوانب القصور عند تحليل بدائل التكلفة/الزمن والتى تنتج من عدم القدرة

على تحديد الأنشطة الحرجة فى بقية شبكة العمل والتى تلى شبكة العمل الفرعية ولكن
حزايا تطبيق شبكات العمل الفرعية تزيد على جوانب القصور فيها .



شكل رقم (٣٦) شبكة عمل فرعية لفترة الثلاثين يوما الثانية

الفصل الرابع

بدائل التكلفة/الزمن

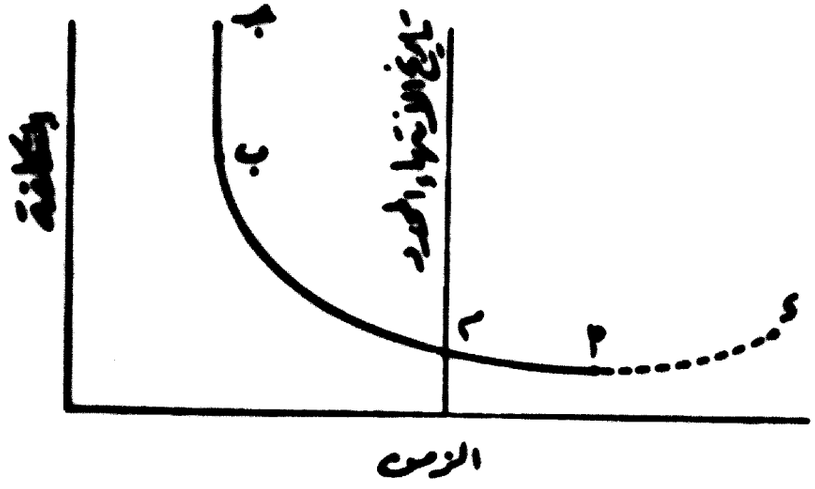
المقدمة

يتطلب تكنيك شبكة العمل تجزئة المشروع الى عديد من الأنشطة المستقلة لأغراض برمجة التنفيذ كما يتطلب الأمر تقديرات زمنية لتنفيذ كل نشاط من الأنشطة لأغراض تنفيذ الجدولة الزمنية وفى الواقع ، فانه يمكن بوجه عام تنفيذ كل نشاط من الأنشطة بطرق مختلفة وبالتالى فان كل طريقة تتطلب أوقاتا مختلفة للتنفيذ • وحيث أن هناك عديد من الأنشطة وعدد مختلف من طرق تنفيذ كل منها فانه عادة ما يوجد عدد لا نهائى من الجولة الزمنية للمشروع • وعلى معد البرامج أن يبنى ذلك الجدول الزمنى الذى يمده بأفضل الحلول • وتتعبر التكلفة عنصر عام فى الحكم على فعالية الحلول المقدمة • لذلك فان ادخال بيانات التكلفة يضع الأساس للاختيار من بين الجداول المتاحة • والأسلوب الفنى لبدائل التكلفة/الزمن الذى يناقش فى هذا الفصل هو وسيلة لتطبيق التكلفة هذه بطريقة منظمة ومنطقية • فعندما يتم تحديد وقت استكمال المشروع ، تطبق بدائل التكلفة / الزمن للوصول الى أكثر الجداول الزمنيه اقتصادا والتى تفى بالوقت المحدد لاستكمال المشروع • أما اذا كان الهدف هو تحديد أكثر الجداول الزمنية اقتصادا فان أسلوب بدائل التكلفة / الزمن يستخدم لبناء ذلك الجدول الزمنى الذى يفى بهدف خفض التكلفة والوصول فى نفس الوقت الى وقت استكمال المشروع •

علاقات التكلفة / الزمن فى المشروع

من المفيد عند مناقشة علاقات التكلفة ـ الزمن فى المشروع التفرقة بين التكلفة المباشرة وغير المباشرة حيث أن شكل التغير فى كل منهما مختلف فالتكاليف المباشرة هى تلك التى ترتبط بالأنشطة التى جزء اليها المشروع وهذه التكلفة تتغير وفقا لطريقة أداء الأنشطة فهى تشتمل فى الانشاءات مثلا على تكاليف العمل ، المواد ، وايجار المعدات ، أما التكلفة غير المباشرة فهى تلك المرتبطة بالمشروع ككل وتتغير فقط بسبب مرور الوقت فهى قد تتضمن مرتبات الادارة والأشخاص المكتبيين الزائدة على استثمارت المشروع المتراكمة ، والصيانة والمرافق والخدمات خلال فترة الانشاء ، كما أنها تتضمن الخسارة التى يفقدها المشروع خلال كل فترة زمنية من الفترات التى لم يتم فيها استكمال المشروع •

ويعطى الشكل رقم (٣٧) الأساس للمناقشة المبدئية للتكلفة المباشرة وعلاقات الزمن وتمثل النقطة أ جدولا زمنيا يمكن بناءه بسهولة ، اذ أنها تفترض أن كل نشاط فى المشروع ينفذ بالطريقة التى تحقق أقل تكلفة مباشرة • فهذه هى التكلفة التى يتم عرضها اذا ما تم التعاقد على المشروع اذ يجب أن يكون فى امكان مقدر المشروع أن يحدد هذه التكلفة وقت التنفيذ المرتبطة بهذه التكلفة فالنقطة على احداثى التكلفة المقابلة



شكل رقم (٣٧) منحنى الزمن ـ التكلفة المباشرة للمشروع

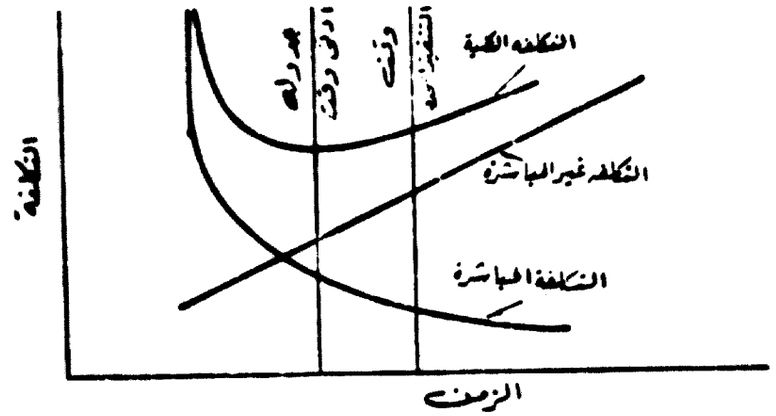
للنقطة أ هى ببساطة مجموع تكاليف أنشطة المشروع أما النقطة المقابلة للنقطة أ على احداثى الزمن فهى وقت تنفيذ المشروع الناتج من حساب أوقات تنفيذ الأنشطة والتى يحددها « مقدر المشروع » بطريقة « التتبع للأمام » وبوجه عام فلا يوجد ما يدعو الى مد المنحنى أ د يمين النقطة أ • حيث أنه يمثل مجرد جدولة زمنية لتأجيل تنفيذ المشروع دون أن يؤدى الى خفض تكلفته • وفى الواقع أن ارتفاع التكلفة عادة ما ينتج من عدم الكفاءة والذى يرتبط بوجه عام بمد وقت تنفيذ المشروع خارج حدود الوقت الذى يحقق أقل تكلفة ممكنة •

ومن جانب آخر فان النقطة ج تمثل جدولا زمنيا آخر يمكن بناؤه بسهولة اذ أنها تفترض أن كل نشاط فى المشروع ينفذ بأسرع الطرق الممكنة ومن ثم فانها تمثل جدول « التسرع التام » ويجب على « معد البرنامج » أن يعد تكاليف الأنشطة وأوقات تنفيذها لمثل هذه الجدولة ومن ثم فانه يمكن الوصول الى نقط أ ، ج أحداثيات التكلفة والزمن للنقطة ج بنفس الطريقة التى تم بها اعداد النقطة أ • وبذلك فان النقطتين أ ، ج يمثلان

المدى الزمنى لكل حلول الجدولة المقبولة وبالنسبة النقطه ب فانها تمثل جدولة لنفس الحد الأدنى لوقت التنفيذ المحدد فى النقطة جـ وان كانت تتمتع بانخفاض كبير فى التكلفة فى كل الحالات • ومع تطبيق جدولة « التسرع التام » لتنفيذ المشروع فان هناك بعض أنشطة لن تصبح أبدا من الأنشطة الحرجة وبالتالى لن تؤثر فى وقت تنفيذ المشروع فالجدولة الزمنية للنقطة جـ تتضمن تكلفة الاسراع • أو « دفع » كل الأنشطة سواء كانت حرجة أم غير حرجة • بينما أن الجدولة الزمنية للنقطة ب تتضمن تكلفة الاسراع بتلك الأنشطة التى تؤثر فعلا فى تخفيض وقت تنفيذ المشروع • أما النقطة جـ فانها منهج لتعامل المديرين مع العملاء الذى يواجه بضرورة بذل جهد للتعجيل بالأنشطة ولكن تنقصه معلومات وافيه عن أسلوب شبكة العمل • فهو « التسرع التام » ، والنقطة ب تمثل أكثر الحلول اقتصادا « لدفع » الأنشطة وتعتمد على منهج ذكى لاختيار الأنشطة التى يتم الاسراع بها ، وهى معلومات تتوافر من تطوير بيانات شبكة العمل • ويمثل المنحنى أ ب أكثر حلول الجدولة ملائمة لأوقات تنفيذ متوسطة لتنفيذ المشروع • وكما هو الحال فى النقطة ب فان الجدولة قد تمت باختيار أنشطة للاسراع بها مدعمة بمعلومات من بيانات شبكة العمل فى ارتباطها بتقديرات التكلفة ، فالغرض من أسلوب بدائل التكلفة/الزمن هو عرض حلول للجدولة الزمنية على طول المنحنى والمصطلح الشائع للنقطة أ بانها الحل الطبيعى للجدولة الزمنية ، ويشار للنقطة جـ بانها الحل « المتسرع » بينما يطلق على النقطة ب بانها أقل تكلفة « للتسرع التام » والمنحنى المعروف فى الشكل رقم (٣٧) هو منحنى نموذجى بمعنى أنه ممهد ومستمر والواقع وبسبب العدد الضخم من امكانيات التغيير الممكنة للجدولة الزمنية المتاحة أمام « معد تقديرات المشروع » فان كل هذا المنحنى يعتبر عرضا معقولا ، وان كان شكل المنحنى لم يتم بعد ، الا أن هذا الشكل يبدو صحيحا من الناحية المبدئية • وبالبدء بالنقطة أ فانه اذا كان هناك سبب لخفض وقت تنفيذ المشروع فانه يجب البدء بأخذ تلك الاجراءات التى تحقق أقل زيادة فى التكلفة • فاذا تم استنفاذ كل فرص الاسراع بالتنفيذ فانه يتم الأخذ بالطرق الأكثر تكلفة • ومع السير على المنحنى أ ب من اليمين الى اليسار • فانه يبدو منطقيا أن يصبح شراء الزمن أكثر تكلفة حتى يتم الوصول فى النهاية الى النقطة ب حيث أن الفرصة الوحيدة للاسراع بالتنفيذ لن تؤدى الا الى زيادة التكلفة •

فاذا ما كان وقت تنفيذ المشروع قد تحدد فان الجدول الزمنى المحدد بالنقطة م يعطينا أكثر الحلول اقتصادا فى هذا التاريخ • وعلى أى حال فانه من الممكن أن تؤدى اعتبارات التكلفة غير المباشرة الى ظهور جدولة زمنية لانهاء مبكر للمشروع يؤدى الى خفض التكلفة الكلية ، لذلك فان من المرغوب فيه مراعاة علاقة التكلفة غير المباشرة/الزمن كما هو الحال فى منحنى التكلفة المباشرة •

ويأخذ منحنى التكلفة غير المباشرة شكلا مائلا متجها الى أعلى نحو اليمين ، طالما أن التكلفة غير المباشرة تميل الى الارتفاع مع مرور الزمن ، ورغم أنه عادة ما يمثل فى شكل خط مستقيم ، فانه ليس من الضرورى أن يأخذ المنحنى هذا الشكل الخطى اذ يمكن أن يعترض انحداره بعض النتوءات والفجوات والواقع أنه ليس من الضرورى رسم المنحنى كله أو حتى التعرف على القيمة الحقيقية لاحداثياته فقرارات الجدولة تتطلب فقط معرفة التغيرات فى التكلفة غير المباشرة بين تواريخ مختلفة ، وقد تقع هذه التواريخ فى المدى الزمنى بين « التنفيذ الطبيعى » و « التنفيذ المتسرع » وفى الحقيقة فانه يمكن الاكتفاء بمعرفة معدل تغير التكلفة غير المباشرة أثناء وقت تنفيذ مشروع معين. ومن ثم فان قرار الجدولة يمكن أن يتحدد على أساس ما اذا كان الاسراع فى تنفيذ الجدولة سوف يتكلف أكثر أو أقل من الوفر فى التكلفة غير المباشرة. ويوضح الشكل رقم (٣٨) منحنى التكاليف المباشرةوذلك الجزء من التكاليفغير المباشرةللمدى الزمنى



شكل رقم (٣٨) منحنى التكلفة الكلية / الزمن للمشروع

للجدولة موضع الاهتمامقد رسما على نفس المقياس الزمنى كما يوضح أيضا منحنى التكلفة الكلية الناتج من جمع كلا من منحنى التكاليف المباشرة وغير المباشرة وحيث أن منحنى التكاليف المباشرة يتغير فى اتجاه مضاد لمنحنى التكاليف غير المباشرة بالنسبة للزمن فان منحنى التكلفة الكلية سوف تكون له نقطة نهاية صغرى . وبالتالى فان الجدول الزمنى المماثل لهذه النقطة الدنيا يعتبر أكثر الجداول ميزة ما لم يؤدى ظهور عناصر أخرى الى اختيار نقطة أخرى مختلفة وطالما أن منحنى التكاليف غير المباشرة ، أو على الأقل الزيادة فى التكاليف غير المباشرة فى مدى زمنى محدود ، ليس من الصعب بناؤه فان امكانية استخدام علاقات التكلفة / الزمن تعتمد من البداية على امكانية بناء منحنى التكلفة المباشرة / الزمن . ويتطلب الأمر فهم علاقات التكلفة / الزمن للنشاط .

علاقات التكلفة / الزمن للنشاط

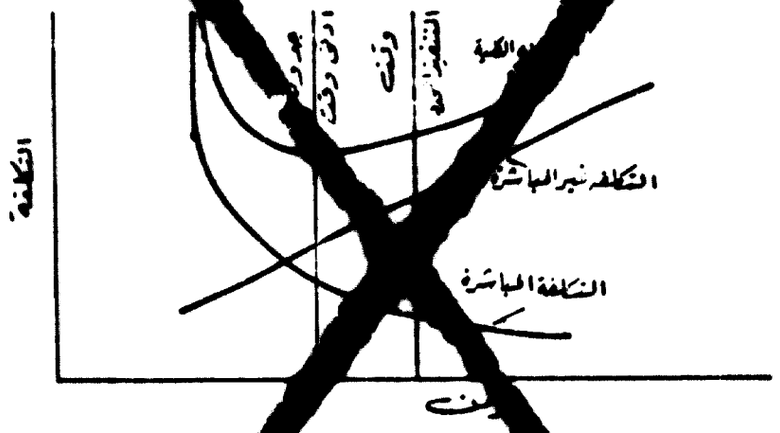
يمكن أن يتم تنفيذ النشاط عادة بعدة طرق كما سبق ايضاحها فى بداية هـذا الفصل ولكن هناك طريقة واحدة تؤدى الى التنفيذ بأقل قدر من التكاليف • وقد أشير الى هذا الحل بأنه الحل الطبيعى • وللاسراع بالنشاط عن مستوى تنفيـذه الطبيعى يتطلب عادة أساليب تؤدى الى زيادة التكلفة اذ قد يتطلب الأمر العمل وقتا اضـافيا أو العمل بأوورديات أو الاستخدام غير الكفء لعـدد أكبر من المشرفين أو طرق أكثر تكلفة • والحد الذى يميز أكثر الطرق اختصارا فى تنفيذ النشاط يطلق عليه التنفيذ « المتسرع » •

ويمكن تمثيل منحنى التكلفة / الزمن البسيط للنشاط فى صورة خط مستقيم متصل يربط نقطته المتسرعة بالنقطة الطبيعية للتنفيذ • ويمكن بالتالى تنفيذ أى نشاط بين الوقت الطبيعى والوقت المتسرع بالتـكلفة المقـابلة • وحيث أن هناك عـديد من الأنشطة فان كل نشاط يعتبر عنصرا صغيرا بالنسبة للمشروع ككل وهذا فى الواقع تقريب مقبول ، وان معظم أساليب التكلفة / الزمن تطبق مثل هذا الفرض اذ يشتمل على أدنى درجات التعقيد ويتطلب أقل قدر من بيانات النشاط ، اذ أن البيانات المطلوبة تقتصر على الوقت الطبيعى والوقت المتسرع والتكلفة المقابلة فى الحالتين ويوضح الشكل رقم (٣٩ ــ جـ) منحنى التكلفة / الزمن للنشاط •

ويوضح الشكل رقم (٣٩ ب) منحنى تكلفة / زمن أكثر تفصيلا وهذا له الشكل المبدىء السـليم لمنحنى التكلفة/الزمن للمشروع ككل والسـابق مناقشته اى أن كل خطوة للتسرع فى التنفيـذ تتطلب زيادة فى النفقات لكل وحدة زمنيـة حيث أن أكثر الطرق اقتصادا قد طبقت منذ البداية • وقد يستخدم هذا المنحنى اذا كان التقريب باستخدام الخط المستقيم (شكل ٣٩ أ) غير ملائم وليس من الصعب تطبيق مثل هذا المنحنى فى حالات خاصة • فالتطبيق العـام له يعتبر بوجه عام غـير مقبـول بسبب البيانات الاضـافية العديدة المطلوبة • وقد يمكن تبرير تطبيق هـذا المنحنى فى حال ما اذا كان هناك نشاط يجرى ادخاله الى شبكة عمل فرعية لأغراض تحليلية • واذا تم اعداد منحنى للمشروع الجزىء الناتج فان مثل هذا المنحنى يصبح منحنى تكلفة / زمن للنشاط ، له الشكل العام الموضح فى شكل رقم (٣٩ ب) للنشاط الأساسى •

وعادة ما يوجد شكل آخر لعلاقة التكلفة / الزمن للنشاط موضحة بالشـكل رقم (٣٩ ــ جـ) فالجزء ن أ يمثل احدى طرق الآداء والتسرع المصاحب له بوسائله المختلفة مثل تخصيص المزيد من القوة العاملة أو العمل وقتا اضافيا • أما الجزء أ ب فانه يمثل تحول الى طريقة بديلة للأداء وبعبارة أخـرى فان الجزء أ ب يمثل تحـولا فى التكلفة بسبب استخدام طريقة جديدة • أما الجزء ب جـ فانه يمثل التسرع بهذا الأسـلوب الجديد باستخدام مزيد من العمل أو العمل وقتا اضافيا والمنحنى بهذا الشكل ، أى

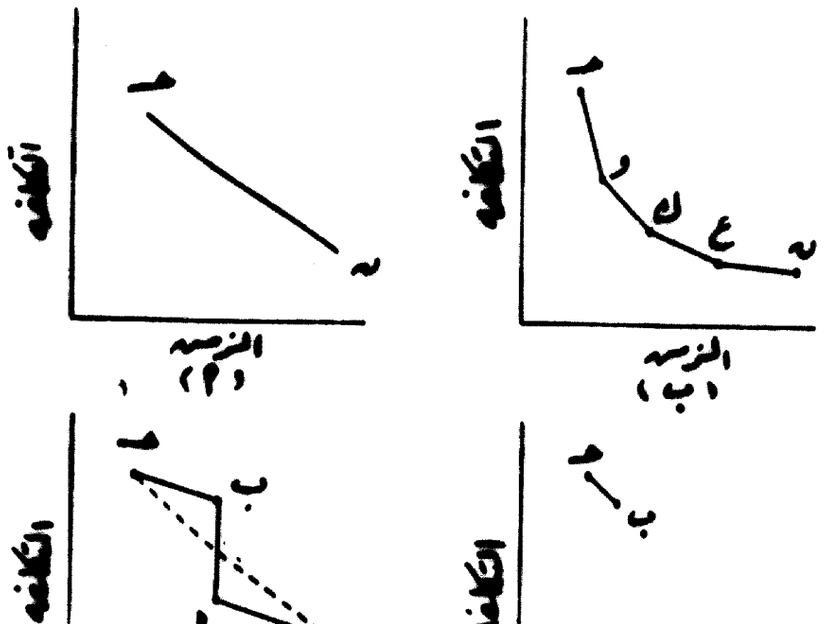
ويأخذ منحنى التكلفة غير المباشرة شكلا مائلا متجها الى أعلى نحو اليمين ، طالما أن التكلفة غير المباشرة تميل الى الارتفاع مع مرور الزمن ، ورغم أنه عادة ما يمثل فى شكل خط مستقيم ، فانه ليس من الضرورى أن يأخذ المنحنى هذا الشكل الخطى اذ يمكن أن يعترض انحداره بعض النتوءات والفجوات والواقع أنه ليس من الضرورى رسم المنحنى كله أو حتى التعرف على القيمة الحقيقية لاحداثياته فقرارات الجدولة تتطلب فقط معرفة التغيرات فى التكلفة غير المباشرة بين تواريخ مختلفة ، وقد تقع هذه التواريخ فى المدى الزمنى بين « التنفيذ الطبيعى » و « التنفيذ المتسرع » ، وفى الحقيقة فانه يمكن الاستغناء بمعرفة معدل تغير التكلفة غير المباشرة أثناء وقت تنفيذ مشروع معين. ومن ثم فان قرار الجدولة يمكن أن يتحدد على أساس ما اذا كان المشروع فى تنفيذ الجدولة سوف يتكلف أكثر أو أقل من الوفر فى التكلفة غير المباشرة. ويوضح الشكل رقم (٣٨) منحنى التكاليف المباشرة وذلك الجزء من التكاليف غير المباشرة للمدى الزمنى



شكل رقم (٣٨) منحنى التكلفة الكلية / الزمن للمشروع

للجدولة موضع الاهتمام مرسما على نفس المقياس الزمنى كما يوضح أيضا منحنى التكلفة الكلية الناتج عن جمع كلا من منحنى التكاليف المباشرة وغير المباشرة وحيث أن منحنى التكاليف المباشرة يتغير فى اتجاه مضاد لمنحنى التكاليف غير المباشرة بالنسبة للزمن فان منحنى التكلفة الكلية سوف تكون له نقطة نهاية صغرى . وبالتالى فان الجدول الزمنى المماثل لهذه النقطة الدنيا يعتبر أكثر الجداول ميزة مما يؤدى ظهور عناصر أخرى الى اختيار نقطة أخرى مختلفة وطالما أن منحنى التكاليف غير المباشرة ، أو على الأقل الزيادة فى التكاليف غير المباشرة فى مدى زمنى محدود ، ليس من الصعب بناؤه فان امكانية استخدام علاقات التكلفة / الزمن تعتمد من البداية على امكانية بناء منحنى التكلفة المباشرة / الزمن . ويتطلب الأمر فهم علاقات التكلفة / الزمن للنشاط

المنحنى غير المحدب من أعلى على امتداده الكلى ، من الصعب جدا تطبيقه فى أسلوب البدائل ومع أنه من الممكن استخدامه نظريا الا أن أكبر الحاسبات الالكترونية طاقة والتى تستخدم الطرق الرياضية لا تستطيع الا حل جزء صغير من شبكات العمل فى وقت زمنى معقول • ولحسن الحظ فان التقريب بالخط المستقيم بين النقط الطبيعية والنقطة المتسرعة كما هو موضح بالخط المتقطع يعتبرا تمثيلا مقبولا لمثل هذا المنحنى •



شكل رقم (٣٩) منحنيات التكلفة / لزمن للنشاط

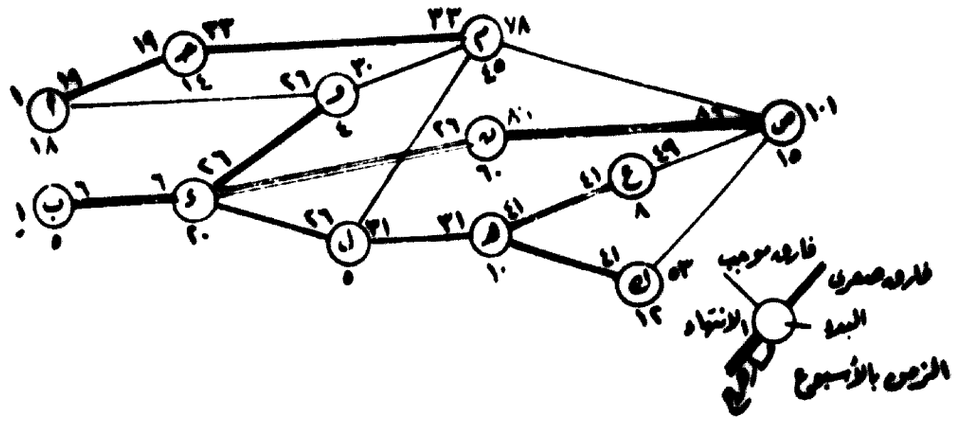
وأخيرا فانه يمكن تواجد منحنيات تاخذ الشكل الممثل فى (٣٩ ـ د) اذ من المحتمل أن تمثيل علاقات التكلفة / الزمن لكل النشاط يتم بواسطة نقاط متقطعة وليس منحنى متصلا • اذ أن هناك قدر ضئيل من البيانات المختلفة لجدولة النشاط عما هو متاح للمشروع ككل قدلا تمكن من التوصل الى منحنى متصل • وفى بعض الحالات تتواجد تقطعات محددة بفجوات كبيرة فى الحلول المتتابعة لجدولة التكلفة / الزمن للنشاط كما هو واضح فى شكل رقم (٣٩ ـ د) وغالبا ما تكون هذه الحالة فى الأنشطة المرتبطة بالتوريد حيث هناك بدائل محدودة وربما أن تعجيل أى عنصر منها يتم فى مدى زمنى قصير للغاية واذا كانت مثل هذه الأنشطة أنشطة حرجة وتعرض وفرا اقتصاديا محددا فى تقصير المشروع فانه قد يصبح من الضرورى اجراء تحليل مستقل

لمنحنى التكلفة / الزمن للمشروع على أساس أخذ الأجزاء الغير متصلة فى المنحنى أولا بأول • ومن ثم فانه يمكن اختيار أكثر الأجزاء ملائمة من منحنى التكلفة / الزمن للمشروع لاجراء الجدولة الزمنية بناء عليه •

اعداد منحنى التكلفة / الزمن للمشروع

ان الطريقة التى تعرض لاعداد هذا المنحنى مبنية على المبادىء العملية والقابلة للتطبيق اليدوى لميكانيكية شبكة العمل والتى سبق مناقشتها • ويفترض أساسا أن يتوافر لمعد البرنامج بيانات التكلفة والزمن لكل نشاط وأن الشكل الخطى مقبول لمنحنى التكلفة / الزمن ومماثل للشكل رقم (٣٩ ـ أ) وهذه هى الفروض فى أساليب الحاسب الآلى والتى تستخدم أساليب متطورة للبرامج الخطية • وسوف يعرض فى نهاية هذا الفصل تحسينات محدودة لهذه الفروض الأساسية التى تبسط استخدام الأسلوب اليدوى ، وتجعله أكثر فعالية ، وتمكن من استخدام بيانات أكثر واقعية عما تسمح به الوسائل الآلية •

ولتوضيح الطريقة المقترحة فان شكل رقم (٤٠) يوضح شبكة عمل المشروع



شكل رقم (٤٠) شبكة عمل المشروع

أولا بتحديد أكثر الطرق وفرا فى تنفيذ كل نشاط ووقت التنفيذ المقابل • ويظهر هذا تحت بندى الوقت الطبيعى والتكلفة الطبيعية فى الجدول رقم (٤١) ثم يتم بعد ذلك تحديد أكثر أوقات التنفيذ اسراعا والتكلفة المماثلة فى كل نشاط ويظهر هذا فى بيانات

الوقت المتسرع والتكلفة المتسرعة فى نفس الجدول • ويتم قسمة الفرق بين التكلفة الطبيعيـة والمتسرعة على الفرق بين الوقت الطبيعى والمتسرع للحصـول على الميل فى

الأنشطة	الوقت الطبيعى (أسابيع)	التكاليف الطبيعية (بالدولار)	الوقت المتسرع (أسابيع)	التكاليف المتسرعة (بالدولار)	الفرق فى الوقت (أسابيع)	فروق التكاليف (دولار)	ميل التكلفة دولار/أسبوع
أ	١٨	٢٠٠ر٠٠٠	١٠	٢٤٠ر٠٠٠	٨	٤٠ر٠٠٠	٥ر٠٠٠
ب	٥	٨٠ر٠٠٠	٥	٨٠ر٠٠٠	صفر	صفر	لا شئ
جـ	١٤	١٥٠ر٠٠٠	١٠	١٦٠ر٠٠٠	٤	١٠ر٠٠٠	٢٥٠
د	٢٠	٢٠٠ر٠٠٠	١٥	٢١٠ر٥٠٠	٥	١٠ر٥٠٠	٣٠٠
هـ	٤	٤٢٠ر٠٠٠	٢	٥٤٠ر٠٠٠	٢	١٢٠ر٠٠٠	٦٠٠ر٠٠٠
و	٥	٦٠ر٠٠٠	٤	٦٤٠ر٠٠٠	١	٤٠ر٠٠٠	٤٠٠ر٠٠٠
ل	٤٥	٨٠ر٠٠٠	٣٠	١٢٥ر٠٠٠	١٥	٤٥ر٠٠٠	٣٠٠ر٠٠٠
م	٦٠	٤٢٠ر٠٠٠	٤٥	٦٤٠ر٥٠٠	١٥	٢٢٠ر٥٠٠	١٥٠٠ر٠٠٠
ن	١٠	٧٢٠ر٠٠٠	٥	٧٨٠ر٠٠٠	٥	٦٠ر٠٠٠	١٢٠٠ر٠٠٠
ع	٨	١٨٠ر٠٠٠	٥	٢١٠ر٠٠٠	٣	٣٠ر٠٠٠	١٠٠ر٠٠٠
ك	١٢	٤٥٠ر٠٠٠	٨	٥٣٠ر٠٠٠	٤	٨٠ر٠٠٠	٢٠٠ر٠٠٠
س	١٥	٨١٠ر٠٠٠	١٥	٨١٠ر٠٠٠	صفر	صفر	لا يوجد
المجموع		٧٥٥ر٠٠٠		٨٩٨ر٠٠٠			

شكل رقم (٤١) بيانات التكلفة / الزمن للمشروع

التكلفة بالنسبة لوحدة الزمن فى منحنى تكلفة / زمن النشاط (أو التكلفة بالشهر ، بالأسبوع أو باليوم •• الخ) وعليه فان فرض فروق خطية واستمرار المنحنى بين نقطتى البداية والنهاية يعطى الأساس للأسـاليب التى ستعرض • هذا وقد تم حساب ميول التكلفة لكل النقاط فى الجدول رقم (٤١) •

ويبين الجدول رقم (٤٢) ملخصا بقائمة البيانات التى تستخدم للوصول الى منحنى التكلفة المباشرة / الزمن للمشروع • وبناء هذا المنحنى يجب أن يبدأ من نقطة

الأنشطة التى تم تقصيرها	التقصير الكلى (بالأسابيع)	ع	التقصير (بالأسابيع)	تكلفة دولار/أسبوع	زيادة التكلفة (بالدولار)	مجموع التكاليف المباشرة	و . ت . س
						٧٥٥ر٠٠٠	١٠٠
							١
							٢
							٣
							٤
							٥

و . ت . س = وقت تنفيذ المشروع (بالأسابيع) ع = عدد تفاعل شبكة العمل

شكل (٤٢) ملخص النتائج

يمكن تحديدها وقد سبق مناقشة طرق الوصول الى احداثيات النقطتين أ ، جـ لمنحنى المشروع فى الشكل رقم (٣٧) • ويمكن البدء بالجدولة العادية الممثلة فى النقطة أ كنقطة بداية منطقية • ومن ثم يبدأ بناء المنحنى من هذه النقطة من طريق دورات حسابية • تنتج كل دور منها قطاع من المنحنى مع كل اسراع فى المشروع عن مستوى جدولته العادية • ويتم التوصل الى تحديد الوقت الطبيعى لتنفيذ المشروع بحساب الوقت الطبيعى للانشطة (الموضحة فى جدول ٤١) بطريقة التتبع للامام • وقد تم اختيار فترة ١٠٠ أسبوع (وقت الانتهاء المبكر لآخر نشاط « ص » بداية الأسبوع ١٠١) • وبجمع التكاليف العادية للانشطة فان التكلفة العادية المباشرة للمشروع تصل الى ٧٥٥ر٠٠٠ دولارا كما هو موضح فى شكل رقم (٤١) •

فى كل دورة من دورات الحساب يجب الاجابة على سؤالين « أى الأنشطة يجب الاسراع بها لخفض وقت تنفيذ المشروع بأقل زيادة فى التكلفة » « وما هو عدد الوحدات الزمنية التى خفضت من وقت التنفيذ فى هذه الدورة » • ويجب أن تؤسس الاجابة على السؤال الأول على ثلاثة معايير ، أن النشاط (أو الأنشطة فى حالة تواجد أكثر من مسار حرج واحد) الذى يتم اختياره يجب أن يكون نشاطا حرجا اذا ما كان له تأثير على وقت تنفيذ المشروع ، أن يكون قد اتضح لمعد البرنامج أنه نشاط يمكن خفض وقت تنفيذه وانه لم يسبق الاسراع به الى وقته المتسرع ، وأن يكون بأقل ميل ممكن فى التكلفة حتى يمكن أن يحقق أكثر طرق الاسراع اقتصادا للجدولة الزمنية القائمة •

ولتسهيل عملية اختيار الأنشطة للتعجيل بها فانه يمكن استخدام التبويب الموضح فى شكل رقم (٤٣) ورغم أن مثل هذا الاجراء ليس فى حكم الضرورة المطلقة

النشاط	ميل التكلفة دولار/أسبوع	الأنشطة الحرجة	الانتهاء	التقصير المركب (بالأسابيع)						
				صفر	د١	د٢	د٣	د٤	د٥	د٦
أ	٢٥٠			٤						
ب	٣٠٠	صفر		٥						
جـ	٧٠٠٠			٣						
د	٧٢٠٠			٥						
هـ	٧٥٠٠	صفر		١٥						
و	٢٠٠٠			٤						
ز	٣٠٠٠			١٥						
ح	٤٠٠٠			١						
ط	٥٠٠٠			٨						
ك	٦٠٠٠			٢						
ل	لانهائى	صفر	صفر	صفر						
م	لانهائى	صفر	صفر	صفر						

شكل رقم (٤٢) قائمة الاختبار

الا أنه يساعد فى توضيح دورات التفكير الذى يتضمنها مثل هذا العمل اذ ترتب الأنشطة ترتيبا تصاعديا وفقا لميل التكلفة ، فاذا ما تساوى ميل التكلفة فان النشاط الأكثر تبكيرا يرتب أولا • ويوضح العمود الثالث ما اذا كان النشاط حرجا أم لا • وحيث أنه من المحتمل أن تضاف أنشطة حرجة جديدة مع استمرار عملية الاسراع فان القيود فى العمود الثالث يجب أن توضح الدورة التى أصبح عندها النشاط حرجا ويوضح الفراغ المقابل فى العمود الرابع أن النشاط يمكن ضغطه ويوضح القيد فى هذا العمود الدورة التى تم فيها الاسراع بالنشاط الى وقت تنفيذه المتسرع كما يوضح عدم امكانية الاسراع بهذا النشاط مرة أخرى • فاذا حدد معد البرنامج عدم امكانية الاسراع بنشاط ما فانه يتم اجراء قيد فى العمود الرابع فى بداية تطبيق الأسلوب ، كما هو الحال فى النشاطين ب ، ص ، أما الجزء المتبقى من قائمة الاختيار فانه يتيح المكان اللازم لتسجيل الوقت الذى يمكن به الاسراع بالنشاط وكذلك المكان اللازم لتطوير هذه البيانات •

وللاجابة على السؤال الأول من السؤالين الأساسيين : أى الأنشطة يمكن تقصير وقتها فانه يتم اختيار الأنشطة فى أول قائمة الاختيار (أقلها تكلفة فى الاسراع ، ولاقيد فى العمود الثالث (حرجه) وليس لها قيد فى العمود الرابع (يمكن تقصيرها) وتدخل هذه الأنشطو ف ىالعمود الثانى فى قائمة التلخيص شكل (٤٢) وفى حالة وجود عدد من المسارات الحرجة فان وسيلة الأختيار تعتبر أكثر تعقيدا وسوف يتم عرضها فيما بعد •

وللاجابة على السؤال الثانى بأى قدر من الزمن ؟ فانه يحتاج الى معيارين : الأول هو عدد الوحدات الزمنية التى يمكن بها تقصير النشاط الذى تم اختياره ، وبالنسبة للأنشطة المتعددة ، فان الحكم يتم بالنسبة للأنشطة الأقل تقصيرا •

والمعيار الثانى هو حد تفاعل شبكة العمل بالنسبة لتغيير التنفيذ المقترح • وعندما يتم تقصير النشاط بقدر مساوى لحد تفاعل شبكة العمل NIL فان الدورة يجب أن تنتهى من أجل تطوير علاقات الفوارق الزمنية • ومن المحتمل أن يتشكل هنا مسار حرج جديد وبالتالى سوف يتطلب اختيار أنشطة مختلفة لمزيد من الاسراع بالمشروع • ومن المهم استخدام حد تفاعل شبكة العمل NIL حيث أنه يستبعد أسلوب التجربة والخطأ لتحديد التغيير المقترح الفعال لتقصير وقت تنفيذ المشروع • ويمكن تحديد حد تفاعل شبكة العمل NIL عن طريق أسلوب التاشير « الذى نوقش فى الفصل الثالث فى تطوير الأنشطة عند تغيير أوقات تنفيذها ، ويجب حساب وتطوير كل تغيير ، ويوضح شكل رقم (٤٤) جدولة لحساب قيم الفوارق وتطويرها •

النشاط السابق	النشاط اللاحق	الترميز	الزمن المبكر للنشاط	الزمن المتأخر للنشاط	الفاصل	الفوارق المعدلة									
						دورة ١		دورة ٢		دورة ٣		دورة ٤		دورة ٥	
ا	هـ	١٩	١٩	صفر	صفر										
	ن	١٩	٢٦	٧											
ب	ى	٦	٦	صفر	صفر										
هـ	م	٣٣	٣٣	صفر	صفر										
ى	و	٢٦	٢٦	صفر	صفر										
	ل	٢٦	٢٦	صفر	صفر										
	ه	٢٦	٢٦	صفر	صفر										
و	م	٣٠	٣٢	٢	٢										
ل	م	٣١	٣٣	٢	٢										
	هـ	٣١	٣١	صفر	صفر										
ج	ص	٧٨	٨٦	٨	٨										
ه	ص	٨٦	٨٦	صفر	صفر										
هـ	ع	٤١	٤١	صفر	صفر										
	ك	٤١	٤١	صفر	صفر										
ع	ص	٤٩	٨٦	٣٧	٣٧										
ك	ص	٥٢	٨٦	٣٣	٣٣										

شكل رقم (٤٤) قائمة الفوارق

ويمكن الوصول الى كل دورة من دورات الحسابات الضرورية لاعداد منحنى التكلفة المباشرة / الزمن للمشروع كالآتى :

(أ) باستخدام قائمة الاختيار (شكل ٤٣) يختار النشاط الذى يتم الاسراع به اذ يكون أول نشاط له قيد فى العمود الثالث وليس له قيد فى العمود الرابع ٠

(ب) ندخل هذا النشاط فى العمود الثانى بقائمة التلخيص (شكل ٤٢) ٠ ثم نحدد امكانية اختصار وقت من قائمة الاختيار وندخل هذا الرقم بالعمود الثالث بقائمة التلخيص ٠ ثم نحدد ميل تكلفته من العمود الثانى بقائمة الاختبار ثم ندخل هذا الرقم فى العمود الرابع من قائمة التلخيص ٠

(جـ) باستخدام شبكة العمل (شكل ٤٠) نحدد موضع العلامات لتوضيح الأنشطة المتأثرة والخطوط ذات الفوارق المتناقصة والمتزايدة ، باستخدام اشارات الموجب والسالب يتم التأشير على خطوط التتابع التى لها قيم فوارق متغيرة ٠ تراجع قيم الفوارق لتلك الخطوط التى تم التعليم عليها باشارات سالبة لتحديد أقل قيمة لتلك الفوارق والتى تعطى حد تفاعل شبكة العمل ويتم قيد رقمه فى العمود الرابع من قائمة التلخيص ٠

(د) تستكمل قيد الدورة فى قائمة التلخيص ، ويتم قيد حجم تقصير الوقت فى العمود رقم ٥ وهو يساوى لاصغر رقم مدرج بالعمودين ٣ و ٤ ٠ وفى

العمـود ٧ ندرج الزيادة فى التـكلفة وهو ناتج من الرقمين المدرجين فى العمودين ٥ و ٦ • وتسـاوى القيمـة الجديدة لاجمالى التكاليف المباشرة مجموع الزيادة فى التكلفـة زائدا مجموع الزيادة فى التكاليف المبـاشرة للدورة السابقة • والقيمة الجديدة لوقت تنفيذ المشروع يتم تحديدها بطرح حجم التقصير فى وقت التنفيذ بالعمود رقم ٥ من وقت التنفيذ فى الدورة السابقة •

(هـ) تطور قائمة الفوارق (شكل ٤٤) باستخدام حجم التقصير لهذه الدورة كما تحدد من العمود رقم ٥ فى قائمة التلخيص • ثم تضاف قيمة هذه الفوارق الى قيم الفوارق السابقة لخطوط التتابع المؤشر عليها بعلامة زائد ثم تطرح كل هذه القيمة من القيم الحالية لفوارق خطوط التتابع المؤشر عليها باشارات سالبة •

(و) فاذا ما تغيرت قيمة أى فارق من قيمة موجبـة الى صـفر (كما هو الحال عندما يتحكم حد تفاعل شبكة العمل فى حجم (التقصير فى الدورة) أومن صفر الى قيمة موجبة • يتم تعديل شبكة عمل المشروع (شكل ٤٠) تبعا لذلك موضحين العلامة الجديدة للخطوط التى تشتمل عليها الشبكة •

(ز) تطور قائمـة الاختيار (شكل ٤٣) بتغيير أرقام التقصير للأنشطة المعجل بهافاذا ما وصل نشاط الى وقت تسرعه الأقصى يتم ادخال قيد فى العمود رقم ٤ لايضاح الدورة التى تحقق فيها هـذا • فاذا ما انتجت علاقة فارق صفرى جديدة مسارا حرجا جديدا فى شبكة العمل يتم درج قيود فى العمود الثالث من قائمة الاختيار لتوضيح هذه الأنشطة الحرجة الجديدة والدورات التى تحققت فيها •

(ح) يكرر هذا الاجراء مبتدئين بالخطوة رقم ١

(١) يستمر الاجراء حتى :

١ ـ يتم بناء على منحنى وقت التنفيذ المتسرع للمشروع ويتحقق هـذا عنـدما تصل كل أنشطة المسار الحرج الى حد تنفيذها المتسرع • وباستخدام أسلوب « التتبع للأمام » يمكن حساب وقت مماثل لتنفيذ المشروع ، باستخدام وقت التنفيـذ المتسرع للأنشطة من قائمة البيانات ، (شكل ٤١) وذلك كرقم مستقل للمراجعة •

٢ ـ تبدأ التكلفة المباشرة لوحدة الزمن للاسراع بأداء المشروع ، الموضحة فى العمود رقم ٤ من القـائمة المختصرة ، فى الزيادة عن التكاليف غير المباشرة المقـدرة لوحدة الزمن والتى سبق توفيرها من وقت التنفيذ المبكر •

٣ ـ خفض وقت تنفيذ المشروع ليماثل وقت محدد للتنفيذ حتى لو زادت تكاليف الاسراع حتى هذا التاريخ عن الوفر فى التكاليف غير المباشرة •

وبوجه عام ، يبدو أن المعيار (٢) أكثر المعايير منطقية للتوقف فى تطبيق هـــذا الاجراء ويتطلب عادة جزءا من المنحنى الكل فقط • وتوضح الجداول من أرقام (٤٥)

ر.ت سنوى	مجموع التكاليف المباشرة	زيادة التكلفة (بالدولار)	تكلفة دولار/أسبوع	التقصير بالاسبوع	ع	التقصير الكلى (بالاسابيع)	النقطة التى تم تقصيرها	الدورة
١٠٠	٧٥٥,٠٠٠							صفر
٩٥	٧٥٦,٥٠٠	١,٥٠٠	٣٠٠	٥	٧	٥	٤	١
								٢
								٣
								٤
								٥

ر.ت.س = وقت تنفيذ المشروع (بالأسابيع) ع = عدد نقاط شبكة العمل

شكل رقم (٤٥) ــ قائمة تلخيص (دورة ١)

حتى (٥٦) هذا الأســـلوب خطوة خطوة ، كما أن الجـــداول أرقام (٥٤) ، (٥٥) ، (٥٦) تعرض قائمة التلخيص ، قائمة الاختيار وقائمة الفوارق على الترتيب فى نهـاية اعداد كل منحنى التكلفة المباشرة / الزمن للمشروع للمثال المعروض •

التقصير الممكن (أسابيع)							الانتهاء	الأنشطة الحرجة	ميل التكلفة دولار/أسبوع	الأنشطة ن
الدورة ٦	الدورة ٥	الدورة ٤	الدورة ٣	الدورة ٢	الدورة ١	الدورة صفر				
						٤			٢٥٠	أ
					صفر	٣	١	صفر	٣٠٠	ب
						١			١,٠٠٠	جـ
						٥			١,٢٠٠	د
						١٥		صفر	١,٥٠٠	و
						٤			٢,٠٠٠	ل
						١٥			٣,٠٠٠	م
						١			٤,٠٠٠	ن
						٨			٥,٠٠٠	هـ
						٢			٦,٠٠٠	ع
						صفر		صفر	لانهائى	ك
						صفر		صفر	لانهائى	ص

شكل رقم ٤٦ ــ قائمة الاختيار (دورة ١)

فاذا كانت التكلفة غير المباشرة فى الأسبوع قد قدرت بأنها ١,٥٠٠ دولارا مثلا، فان الحسابات يمكن أن تنتهى لتبدأ الدورة ٢ • ويلاحظ أنه بالنسبة للآداء المتسرع للمشروع تبلغ التكلفة الكلية المباشرة ٨٠٤,٠٠٠ دولارا (شكل ٥٤) • ويماثل هذا

المبلغ تكلفة النقطة ب فى شكل رقم (٣٧) وهو أقل بكثير من ٨٩٨ر٣٠٠ دولارا وهو الرقم الكلى لتكلفة الأداء المتسرع فى شكل رقم (٤١) · ويلاحظ أيضا أنه قد نتج مسار حرج جديد فى نهاية الدورة ٢ · وقد تطلب هذا عملية اختيار أكثر تدخلا الى حد ما للأنشطة التى سوف يتم الاسراع بها فى الدورة التالية · ومن ثم يتم الاسراع بالأنشطة من كلا المسارين الحرجين دوريا أو يتم اختيار نشاط حرج مشترك فى المسارين · وفى مثل هذه الحالات قد يكون من المفيد ادراج قائمة بالأنشطة الحرجة جنبا الى جنب موضحا بها الجزء الذى يتضمنه كل مسار ويوجد فى نقاط مشتركة بينهما · ويمكن وضع دائرة حول أكثر الأنشطة اقتصادا فى كل مسار ، ففى بداية الدورة ٣ مثلافان اعداد القائمة يمكن أن يتم كالآتى :

(استبعد النشاط ص من القائمة طالما أنه مشترك فى كلا من المسارين كما أنه لا يمكن تقصيره) ·

الفوارق المعدلة																			
دورة ١		دورة ٢		دورة ٣		دورة ٤		دورة ٥		الفاعلة									
										صفر	١٩	١٩	ط	ا					
٠	٢									٧	٢٦	١٩	و	.					
										صفر	٦	٦	و	ب					
										صفر	٣٣	٣٣	م	هـ					
										صفر	٢٦	٢٦	و	و					
										صفر	٢٦	٢٦	ل						
										صفر	٢٦	٢٦	هـ						
٠	٨									٣	٣٣	٣٠	م	و					
٠	٧									٢	٣٣	٣١	ع	ل					
										صفر	٣١	٣١	ه						
٠	٣									٨	٨٦	٧٨	ع	ح					
										صفر	٨٦	٨٦	ع	ه					
										صفر	٤١	٤١	ك	هـ					
										صفر	٤١	٤١	ص	ا					
										٣٧	٨٦	٤٩	ع	ك					
										صفر	٨٦	٥٧	ع	ص					

شكل رقم (٤٧) قائمة الفوارق (دورة ١)

فالنشاطين ب ، د من المسار الحرج الأصلى قد تم استبعادهما حيث انهما قد وصلا الى نهاية وقت تنفيذهما المتسرع · وعندما تبدأ الدورة ٣ فان النشاط ح قد يكون النشاط الذى يمكن تقصير وقته · وقد يوضح التبويب السابق أن النشاط ح يتواجد فى مسار حرج له مسار حرج موازى له وأن النشاط ن يجب تقصيره بالتالى · وان التكلفة المشتركة هنا هى ٧٥٠ر١ دولارا فى الأسبوع · وبمراجعة امكانية تبويب قائمة الاختبار يتضح أن أفضل اختيار تالى (بجانب النشاط ن ، الذى ينتج نفس

التزاوج حـ ، ن) هو النشاط م والذى يكلف ٣٫٠٠٠ دولارا فى الأسبوع (والذى يتطلب أيضا اجراء تخفيض مقابل فى النشاط ن) وقد ينتهى البحث عند هذه النقطة طالما أنه اذا كان هناك نشاط آخر مشترك به المسارين (مثل النشاط ص) فان التكلفة سوف تزيد عن ١٫٧٥٠ دولارا وهو رقم تم تحقيقة • فاذا كان هناك أكثر من نشاطين حرجين فانه يمكن اجراء تحليل مماثل طالما أنه قد تم اعداد قائمة بالمسار الموازى للنقاط المشتركة لكل مسار من المسارات • ويجب بحث كل زوج من المسارات للتوصل الى الأنشطة التى يمكن الاسراع بها • وتتوقف عملية البحث عندما يتضح أنه يوجد تزاوج بين الأنشطة يؤدى الى حل أفضل من الحل الذى تم التوصل اليه •

الأسلوب الذى لخص فى هذا البحث ليس سليما تماما من الناحية الرياضية • فتحت ظروف قد تحدث نادرا فان أمثل اسراع مزدوج للأنشطة قد لا يتحقق من أسلوب يقوم كلية على تقصير وقت هذه الأنشطة • فالحل الأمثل قد يتضمن تقصيرا لبعض الأنشطة وأيضا اطالة فى بعض الأنشطة الأخرى• ويمكن أن يحدث هذا فقط فى حالة تواجد ثلاثة مسارات حرجة أو أكثر وبالتالى تحت مجموعة ظروف غير عادية • وفى أبسط صورة اذا كان هناك ثلاثة مسارات حرجة أ ، ب ، جـ فقد يكون هناك نشاط حرج على المسارب سبق الاسراع به • ومن ثم فقد يتواجد تزاوج لأحد الأنشطة المشتركة بين المسارين أ ، ب ونشاط آخر مشترك فى المسارين ب ، جـ يمكن تقصيرهما دوريا ومن ثم تنتج وحدتى تقصير زمنى مختلفتين للمسار ب فى كل من المسارين أ ، جـ وقد يؤدى هذا الى مد وقت التنفيذ لنشاط سبق تقصيره على المسار ب بمقدار وحدة زمنية لكل وحدة تقصير للنشاطين الذين تم اختيارهما •

وقد يكون صافى تكلفة التسرع للنشاطين المختارين بعد طرح الوفر المتحقق من تحويل الوقت الزائد لاستخدامه فى الأنشطة التى يمكن اطالة وقت تنفيذها أقل من أفضل تكلفة تم التوصل اليها ومبنية على تزاوج التعجيل بالأنشطة فقط ويمكن باستخدام أكثر أساليب البرامج الخطية تطورا التحديد الرياضى لمثل هذا الحل الأمثل • على أى حال فان هذا يحدث نادرا كما أن فروق التكلفة ليست كبيرة عادة وحتى «معد البرامج» الذى يعرف مثل هذه الامكانيات لا يتوصل عادة الى مثل هذا الحل الأمثل ما لم يكن هناك عديد من المسارات الحرجة المتوازية ذات علاقات معقدة وعليه فان هذا لا يعتبر قصورا خطيرا لمنهج الحل اليدوى •

و. ت س	مجموع التكاليف المباشرة (بالدولار)	زيادة التكلفة (بالدولار)	تكلفة الدورة (بالدولار)	التقصير (بالأسبوع)	ح	المتوسط المكسب (بالأسابيع)	النشاط الذي يسبقه مباشرة	النشاط
١٠٠	٧٥٥,٠٠٠							صفر
٩٥	٧٥٦,٥٠٠	١,٥٠٠	٣٠٠	٥	٠٧	٥	ء	١
٩٢	٧٦١,٠٠٠	٤,٥٠٠	١,٥٠٠	٣	٣	١٥	هـ	٢
								٣
								٤
								٥

و. ت . س = وقت تنفيذ المشروع (بالأسابيع) ح = حد تفاعل شبكة العمل

شكل رقم (٤٨) ـ قائمة التلخيص (دورة ٢)

التقصير المكن (السابيع)							عدد الدورات	الأنشطة المرجعة	الانتهاء	ميل التكلفة (بالدولار/أسبوع)	النشاط
دورة ٦	دورة ٥	دورة ٤	دورة ٣	دورة ٢	دورة ١	عدد المكن					
						٤		٢		٢٥٠ ,,	هـ
					صفر	٥		صفر	١	٣٠٠	ء
						٣				١,٠٠٠	ج
						٥				١,٤٠٠	د
				١٢		١٥		صفر		١,٥٠٠	ب
						٤				٢,٠٠٠	ك
						١٥		٢		٣,٠٠٠	ح
						١				٤,٠٠٠	ل
						٨		٢		٥,٠٠٠	ا
						٢				٦,٠٠٠	ق
					صفر	صفر		صفر		لا يوجد	ب
					صفر	صفر		صفر		لا يوجد	ص

شكل رقم (٤٩) ـ قائمة الاختيار (دورة ٢)

النشاط	النشاط السابق	التوقيت المتأخر للبداية	التوقيت المبكر للبداية	النشاط	الفوارق المعدلة									
					دورة ١		دورة ٢		دورة ٣		دورة ٤		دورة ٥	
ا	صفر	١٩	١٩	صفر										
	ا	١٩	٢٦	٧	-	٢								
ب	ا	٦	٦	صفر										
هـ	ب	٢٣	٢٣	صفر										
ى	ب	٢٦	٢٦	صفر										
	ى	٢٦	٢٦	صفر										
	ى	٢٦	٢٦	صفر										
و	هـ	٢٠	٢٣	٣	.	٨								
ل	هـ	٢١	٢٣	٢	.	٧								
	ل	٢١	٢١	صفر										
م	و ، ل	٧٨	٨٦	٨	-	٢	صفر	.						
ن	م	٨٦	٨٦	صفر										
ك	ل	٤١	٤١	صفر										
	ك	٤١	٤١	صفر										
ك	م	٤٨	٨٦	٢٧			٢٤	.						
ع	م	٥٣	٨٦	٣٣			٢٠	.						

شكل رقم (٥٠) قائمة الفوارق (دورة ٢)

ن ت س	مجموع التكلفة المباشرة / أسبوع	الزيادة في التكلفة / أسبوع	تكلفة / أسبوع والزيادة	التكسير الذي تم	ح . ت ع	التقصير الممكن (أسابيع)	النقطة التي تم تقصيرها	دورة
١٠٠	٧٥٥٠٠٠							صفر
٥٥	٧٥٦٥٠٠	١٥٠٠	٣٠٠	٥	٧	٥	ى	١
٥٢	٧٦١٠٠٠	٤٥٠٠	١٥٠٠	٣	٣	١٥	ن	٢
٨٨	٧٦٨٠٠٠	٧٠٠٠	١٧٥٠	٤	٧	١٢ ، ٤	هـ ، ن	٣
								٤
								٥

ن ت س = وقت تنفيذ المشروع (أسابيع) ح . ت ع = حد تفاضل شبكة العمل (أسابيع)

شكل رقم (٥١) قائمة الاختصار (دورة ٣)

النشاط	صافي التكلفة دولار/أسبوع	الأنشطة المرجعة	النهاية
ط	٢٥٠	٢	٣
ى	٣٠٠	صفر	١
ك	١,٠٠٠		
ل	١,٢٠٠		
م	١,٥٠٠	صفر	
ع	٢,٠٠٠		
ف	٣,٠٠٠	٢	
ل	٤,٠٠٠		
أ	٥,٠٠٠	٢	
و	٦,٠٠٠		
ت	لا شئ	صفر	صفر
ص	لا شئ	صفر	صفر

التقصير الممكن (أسابيع)						
الفترة	دورة ١	دورة ٢	دورة ٣	دورة ٤	دورة ٥	دورة ٦
ك			صفر			
ح	صفر					
٣						
٥						
١٥		١٥	٨			
٤						
١٥						
١						
٨						
٩						
صفر						
صفر						

شكل رقم (٥٢) قائمة الاختيار (دورة ٣)

النشاط	تاريخ التأخير	تاريخ التبكير	النهاية	الفوارق المعدلة									
				دورة ١		دورة ٢		دورة ٣		دورة ٤		دورة ٥	
ا	هـ	١٩	١٩	صفر									
ب	و	١٩	٢٦	٧	-	٩							
ج	ى	٦	٦	صفر									
د	م	٣٣	٣٣	صفر									
ه	و	٢٦	٢٦	صفر									
ى	ل	٢٦	٢٦	صفر									
	ت	٢٦	٢٦	صفر									
و	م	٢٠	٢٢	٣	٠	٨			٤	-			
ل	م	٣١	٢٢	٢	٠	٧			٣	-			
	ك	٣١	٣١	صفر									
م	ص	٧٨	٨٦	صفر	-	٣	صفر	-					
ن	ص	٨٦	٨٦	صفر									
ك	ك	٤١	٤١	صفر									
	ع	٤١	٤١	صفر									
ف	ص	٤٩	٨٦	٣٧			٢٤	-	٣٠	-			
ع	ص	٥٣	٨٦	٣٣			٣٠	-	٢٦	-			

شكل رقم (٥٣) قائمة الفوارق (دورة ٣)

وقت س	مجموع التكلفة المباشرة / دولار	الزيادة في التكاليف / دولار	تكلفة / أسبوع دولار / ألف	التقصير الحرج	ع . ت . ع	التقصير الممكن (أسابيع)	الأنشطة التي تقصيرها	دوره
١٠٠	٧٥٥,٠٠٠				١			صفر
٩٥	٧٥٥,٥٠٠	١,٥٠٠	٣٠٠	٥	٧	٥	ى	١
٩٢	٧٦١,٠٠٠	٤,٥٠٠	١,٥٠٠	٣	٣	١٥	ب	٢
٨٨	٧٦٨,٠٠٠	٧,٠٠٠	١,٧٥٠	٤	٧	١٢ و ٤	ب ، هـ	٣
٨٠	٨٠٤,٠٠٠	٣٦,٠٠٠	٤,٥٠٠	٨	٢٦	٨ و ١٥	ب ، م	٤
							لا يوجد	٥

و . ت . س = وقت تنفيذ المشروع (أسابيع)　　ع . ت . ع = عدد تفاعل شبكة العمل (أسابيع)

شكل رقم (٥٤) قائمة التلخيص (دورة ٤) ـ نهائي

التقصير الممكن (أسابيع)							الأنشطة	ميل التكلفة دولار / أسبوع	النشاط
د ر ٦	د ر ٥	د ر ٤	د ر ٣	د ر ٢	د ر ١	درجة صفر			
			صفر			ك	٣	٢٥٠	هـ
					صفر	ح	١	٣٠٠	ى
						٣		١,٠٠٠	ك
						٥		١,٢٠٠	ل
		صفر	ك	ك		ك٥	٤	١,٥٠٠	ب
						٤		٢,٠٠٠	ع
		٧				١٥		٢,٠٠٠	م
						١		٤,٠٠٠	ل
						٨		٥,٠٠٠	ف
						٢		٦,٠٠٠	و
						صفر	صفر	لا يوجد	ب
						صفر	صفر	لا يوجد	ص

شكل رقم (٥٥) قائمة الاختيار (دورة ٤) ـ نهائي

الخطوة	الفوارق المعدلة										الترتيب الأولي	الترتيب النهائي	الترتيب النهائي
	دورة ١		دورة ٢		دورة ٣		دورة ٤		دورة ٥				
صفر											١٩	١٩	ا
٧	٢	٠									٢٦	١٩	و
صفر											٦	٦	ز
صفر											٣٣	٣٣	ح
صفر											٢٦	٢٦	و
صفر											٢٦	٢٦	ل
صفر											٢٦	٢٦	ن
٢	٨	٠				٠	٤				٢٣	٣٠	م
٩	٧	٠				٠	٣				٣٣	٣١	ل
صفر											٢١	٢١	ك
صفر	٣	٠	صفر	٠							٨٦	٧٨	س
صفر											٨٦	٨٦	ن
صفر											٤١	٤١	ك
صفر											٤١	٤١	ع
٢٧			٠	٣٤	٠	٩	٠	٩٩			٨٦	٤٩	ك
٢٢			٠	٣٠	٠	٢٦	٠	١٨	٥		٨٦	٥٣	ع

شكل رقم (٥٦) قائمة الفوارق (دورة ٤) ـ نهائى

التطبيق الفعال لتفضيلات التكلفة / الزمن

يمكن تبسيط الطرق التى لخصت فى البحث السابق الى درجة كبيرة فى التطبيق اليدوى • حيث يسمح المنهج اليدوى بدرجة من حرية التقرير والحكم واستخدام بيانات واقعية وهو مالا يسمح به المنهج الذى يستخدم الحاسب الآلى ويعتمد على أساليب رياضية متقدمة • وهذه ميزة تفوق بكثير امكانية الوصول الى حل أقرب الى الحل الأمثل فى ظل ظروف نادرة الوقوع ستناقش فى الفصل الأخير • وتوضح النقاط التالية هذه المزايا :

(أ) أن الأسلوب الذى نوقش حتى الآن فى هذه المذكرة وكذلك الحلول الرياضية بوجه عام معتمدة على فرض أن الأنشطة فى المشروع أنشطة مستقلة عن بعضها البعض فيما عدا ما يختص بعلاقات التتابع التى تعرض فى شبكة العمل • والواقع أن الحالة ليست كذلك من وجهة النظر العملية فى كثير من الأحيان اذ قد تؤثر الاجراءات التى تتخذ للتعجيل بنشاط ما على أنشطة أخرى وبالتالى تنتج آثار ثانوية على التكاليف يجب أخذها فى الاعتبار • وقد يكون من الملائم فى بعض الأحيان مراعاة آثار هذه التكاليف فى الدورات التى تجرى لتفضيلات التكلفة / الزمن ••• وفى أحيان أخرى يجب مراعاة أخذ هذه الآثار فى الاعتبار فى حالة اعداد دورات مستقبلة •

وفى كلا الحالتين فان تحليل الترابط يعتبر أمرا ضروريا خلال الخطوات الوسيطة فى بناء منحنى التكلفة / الزمن وان استخدام العمل اليدوى دورة بدورة يتمتع بميزة حقيقية حيث أنه يسمح بتطبيق مستمر للتقديرات وتعديل للبيانات وخطوات الحل •

فمثلا قد يؤدى اتخاذ قرار بالعمل وقتا اضافيا للتعجيل بنشاط معين الى التأثير على الأنشطة الجارى العمل فيها • اذ قد يصبح ضروريا من وجهة نظر واقعية للعلاقات العمالية أن يتم وضع الفئات العمالية الأخرى على نفس الجدول الزمنى — ويجب أن يراعى آثار التكلفة والزمن الناتجين فى علاقتهما بالتغيير الأصلى المقترح • أو ، باتخاذ مثال آخر ، يتطلب الأمر تحريك آلة كبيرة ، مثل آلة رفع الى مكان العمل كطريقة للاسراع بالعمل فى نشاط معين • ومن المحتمل جدا أن هذه الآلة ، طالما انها أصبحت متاحة فى مكان العمل ، فانها يمكن أن تستخدم فى أنشطة أخرى تالية • فحقيقة أن تكلفة ادخال مثل هذه الآلة الى العمل فى المشروع قد أمتصت فى أول الأنشطة التى استخدمت فيها بمعنى أن ميول التكلفة للاسراع بالأنشطة الأخرى التالية قد تقل وفى بعض

الأحيان ، ومن أجل تبرير مثل هـذا الاجـراء ، فانه يجب مراعاة الآثار المترتبة على أكثر من نشاط حتى يتم الوصول الى القرار النهائى ٠

والاعتراض الذى يرتبط مباشرة بأى طريقة من طرق حساب تفصيلات التكلفة/الزمن هو أنها تتطلب مجموعة كاملة من البيانات اللازمة للدخول فى العمليات الحسابية وليس من العدل أن نتوقع أن يمدنا مقـدر المشروع بمثل هذا القدر من البيانات حيث أنه لا يتوفر لديه معلومات كافيـة ٠ وبتطبيق هـــذا بوجه خاص على تقـديرات التكلفة الخاصـــة بالتسرع بالانشطة ٠ وكما وضح فى شكل رقم (٤١) ، فان مقدر المشروع مطالب بتحديد تكلفة التسرع بكل الانشطة ٠٠ ولكن لا يتوافر للمقدر أية فكرة عن الانشطة المفضل الاسراع بها وفى أى مرحلة اذ قد يتم اختيار نشاط معين فى مقدمة الانشطة التى يتم الاسراع بها عند نقطة تكون فيهـــا بقية الانشطة يتم تنفيذها على أساس خمسة أيام ، وردية عمل واحـدة فى الاسبوع وباستخدام أقل المعدات تكلفة ٠ أو قد يكون من المفضـل الاسراع بنشاط بعد أن يكون قد تم الاسراع بعديد من الانشطة الأخرى وأن بقية العمل فى المشروع من المحتمل أن يتم تنفيذها على أساس العمل سبعة أيام ، ثلاث ورديات عمل فى الأسبوع وباستخدام عديد من المعدات المتخصصة للاسراع بالاعمال الأخرى ٠ ومن الواضح أن تـكلفة التعجيل بنشاط معين سوف تختلف باختلاف هذين الوضعين ٠ وعليه فان مطالبة مقـدر المشروع باعداد تكلفة التعجيل دون أن يعلم بالمنـاخ الذى يحيط بالمشروع ويتم فيه التعجيل يعتبر مطلبا غير عملى وبالتالى فان البيـانات الناتجة عنه تعتبر نظرية ٠ وبدون المطالبة بمجموعة كاملة من البيانات كما يتضح من النقط التالية ، وبالسماح بالتعـديلات بعـد كل دورة تعجيل فان أساليب الدراسة الحالية لا تتطلب أو تعتمد على بيانات غـير واقعية ٠

(ب) احدى المشاكل الرئيسية من وجهة النظر العمليـة عند تطبيق الأسـاليب الحالية لتفضيلات التكلفة / الزمن هى أن كمية البيانات المطلوبة تتزايد باستمرار وعلى الأقل فان هناك تقـديران للزمن والتكلفة لكل نشاط فى المشروع يعتبران مطلبين ممكنين وقـد كانت هـــذه الحـالة بالنسـبة للبيانات التى عرضت فى شكل رقم (٤١) ــ وبوجه عام فان هذا هو أيضا الحال فى كل أساليب الحساب الآلى ٠ واحد المزايا الرئيسية لأسـلوب العمل اليدوى هو عدم الحاجة الى مجموعة كاملة من البيانات ٠ اذ أن بيانات جدول التكلفة الوحيدة المطلوبة عند مرحلة معينة من الأسلوب تتعلق ببيانات عن تلك الأنشـــطة الحرجة عند تلك النقطة ٠ وغالبـــا لا تشتمل مثل هـذه الحالات الا على نسـبة ضئيلة من مجموع الأنشطة ٠

ويمكن للمقدر الكفء بالفحص السريع أن يستبعد معظم هذه الأنشطة الحرجة من الدراسة التفصيلية وأن يركز دراساته التفصيلية على عدد قليل من الأنشطة • ففى شبكة العمل بالشكل رقم (٤٠) مثلا توجد أربعةأنشطة حرجة هى ب ، د ، ن ، ع والنشاطان ب ، ع نشاطين يمكن للمقدر أن يستبعدهما من التحليل بنظرة واحدة • وعليه فانه من الضرورى أن يفحص ويعد بيانات لنشاطين فقط فى بداية تطبيقه لأسلوب تفضيلات التكلفة/الزمن على المثال السابق •

وعندما تصبح الأنشطة أ ، جـ ، ل انشطة حرجة فى نهاية تطبيق أسلوب الحل ، فانه قد يحتاج الأمر الى دراسة هذه الأنشطة بالدراسة • ومن المحتمل أن يقوم مقدر المشروع ، مرة أخرى ، بتأجيل عملية الدراسة التفصيلية للنشاطين ب ، أ طالما أنه يستطيع أن يحدد بسرعة أن ضغط النشاط جـ هو أفضل الامكانيات للاسراع بالمشروع • والواقع أنه لايصح التكبير من شأن الطلب الخاص بتقليل حجم البيانات المطلوبة للتطبيق الفعال لأسلوب تفضيلات التكلفة/الزمن اذ أن هناك مزايا كبيرة لاستخدام هذه الأساليب القوية كما أن هناك مزايا كامنة فى استخدام الطريقة اليدوية وتطبيق أساليب حساباتها دورة بدورة •

(جـ) سبق أن أشير فى بداية هذا الفصل الى أن منحنى التكلفة / الزمن للنشاط عادة ما يأخذ نفس الشكل العام الذى يأخذه منحنى التكلفة / الزمن للمشروع ، وهذا وضع منطقى طالما أنه يمكن تفضيل ومد عديد من الأنشطة الى شبكات عمل قائمة بذاتها مثلها فى ذلك مثل المشروع ويمكن اعتبارها كمشروع •

وقد عرض هذا المنحنى فى شكل رقم (٣٩ ـ ب) • ولكل من هذه الأنشطة والتى لها مثل هذا المنحنى هناك فترة معينة يمكن الاسراع فيها عند ميل تكلفة أقل بكثير من ميل التكلفة الذى تحدده نقطتى نهاية المنحنى • واذا لم يتم الاسراع بعديد من الأنشطة أثناء تطبيق طرق تفضيلات التكلفة/الزمن بسبب ما تظهره ميول التكلفة الخاصة بهذه الأنشطة والتى تحددت من حسابى الأداء العادى والمتسرع من التزايد فان هذا يعنى اهمال فرص عديدة لتحسين تكلفة المشروع ومن الأهمية بمكان أن تبنى قرارات الاسراع على أقل ميول تكلفة للأنشطة الحرجة • انخفاضا فى مداها بدلا من أن تبنى على ميول التكلفة العادية أو المتعجلة المتعارف عليها •••• ونادرا ما يكون هذا أسلوب عملى فى طرق الحساب الآلى حيث أن البيانات المطلوبة لمنحنيات التكلفة / الزمن للأنشطة المتعددة قد تكون مستحيلة • وكما عرض تحت النقطة (ب) فان المطلب الخاص

بنقطتي تكلفة/زمن لكل نشاط قد يمثل عقبة كبيرة في التطبيق العملي • ولكن باسلوب الحساب اليدوى دورة بدورة فانه لاتوجد مشكلة عندما نراعى أقل الميول للأجزاء الرئيسية لمنحنى التكلفة / الزمن للنشاط •

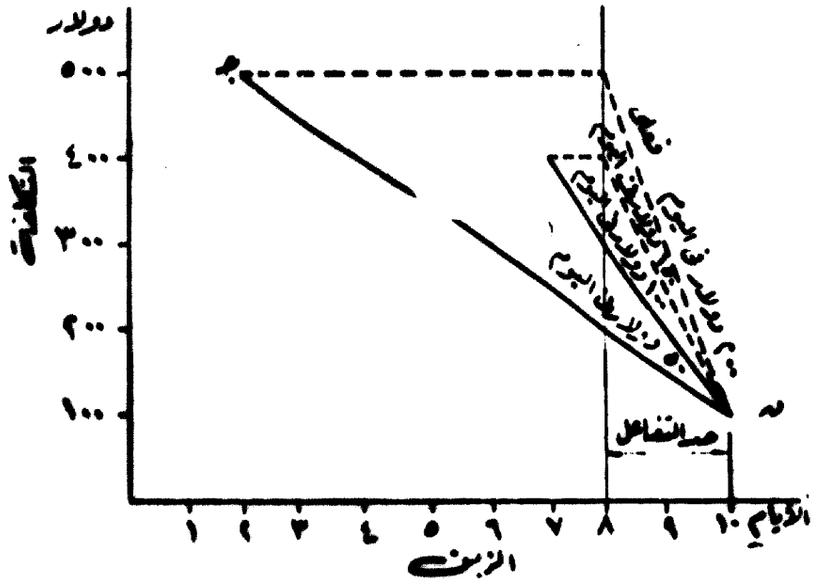
وبوجه عام فان أكثر الحلول ملائمة سوف تنتج من الاسراع المحدود لعدد من الأنشطة بدلا من الاسراع بعدد قليل من الأنشطة على طول الخط •

(د) بسبب العدد اللانهائى من تزاوج الجدولة الذى يتواجد عادة ، فان نقط التقاء التكلفة/الزمن ينتهيان عمليا الى منحنى غالبا ما يكون ممهدا ومستمرا ولكن هذا لاينطبق على منحنيات الأنشطة • اذ أنها غالبا ما تأخذ شكل سلسلة من النقاط المتقطعة والتى تمثل عددا محدودا من البدائل • ففى بعض دورات بناء منحنى التكلفة/الزمن للمشروع يتحدد حجم ضغط الأنشطة بحد التفاعل فى شبكة العمل •

فاذا وجد أن نشاطا ما يجب ضغطه من الناحية العملية ، بمقدار زمنى يفوق حد تفاعل شبكة العمل لتحقيق ضغط زمنى فى المشروع يساوى حد تفاعل شبكة العمل ، فان الميل الحقيقى للتكلفة سوف يكون أكبر من ذلك الميل المحسوب على أساس المنحنى المستمر • وقد ينتهى الأمر الى التحقيق من أن هناك حلول أكثر جاذبية للاسراع ببعض الأنشطة الأخرى أو حتى بأداء نفس الأنشطة مبنية على طرق بديلة وتؤدى الى ضغط كبير مماثل تقريبا لحد تفاعل شبكة العمل •• وقد لا تكون هذه الطريقة من الطرق التى اخذت فى الاعتبار بسبب ما قد يظهر من أن ميول التكلفة لها أكثر انحدارا •

وللتوضيح ، فلنعتبر المنحنى الأول للتكلفة/الزمن المحدد بالنقطتين أ ، جـ فى الشكل رقم(٥٧)وواضح أن ميل التكلفة هو ٥٠ دولار فى اليوم•ولنفرض أن حد تفاعل شبكة العمل لضغط هذا النشاط وهو يومان • لذلك فان الاسراع الى أقصى مدى للتعجيل به قد ينتج ما مقدارة يومين تقصير فقط اذا ما أدى خط التتابع الجديد ذو الفارق الأصغر الى خلق مسار حرج جديد بحيث يصبح مثل هذا النشاط نشاطا غير حرج ، على أية حال فان الزيادة فى التكلفة تصل الى ٤٠٠ دولارا وعليه فان ميل التكلفة الفعال هو ٢٠٠ دولار فى اليوم • وقد تكون هناك أنشطة أخرى تؤدى الى حلول

أكثر وفرا فى نفس مدى التقصير الزمنى المعروض • أو قد تكون هناك حلول متقطعة للجدولة الزمنية لمثل هذا النشاط كما هو ماثل للنقطة ا • اذ تعرض النقطة أ طريقة للاداء ، مع أن ميل تكلفتها ضعف تكلفة النقطة ج ، تعطى تقصيرا زمنيا قدره يومين مقابل ١٠٠ دولار أقل (ميل التكلفة الفعال ١٥٠ دولارا فى اليوم) •



شكل رقم (٥٧) اثر حد تفاعل شبكة العمل على الاسراع بالانشطة

واذا كانت المنحنيات غير متصلة فان معدل التكلفة يعتبر فى الواقع معيارا ضعيفا لاختيار الأنشطة التى يمكن الاسراع بها • وتمكن الطريقة اليدوية للحساب دورة بدورة من تقدير تفاعل شبكة العمل للتغيير المقترح وتقدير بدائل محددة فى علاقتها بحد تفاعل شبكة العمل الماثل • ويمكن هذا فى النهاية من اتخاذ قرارات سديدة لتفضيلات التكلفة/ لزمن •

بدائل التكلفة / الزمن لشبكات العمل الفرعية

ان التحليل النموذجي لتفضيلات التكلفة/الزمن يستخدم بالتطبيق على شبكة العمل الكلية للمشروع ومع أنه من الممكن استخدام ميزة الاعتماد على قدر ضئيل من البيانات لأنشطة حرجة تم اختيارها لتطبيق الطريقة اليدوية الا أن هناك قيودا عملية على حجم شبكة العمل التي يمكن اخضاعها للتحليل • يمثل استخدام شبكات العمل الفرعية المجزءة بتواريخ زمنية « التجزئة الفترية » والتي نوقشت في الفصل الثالث منهجا مفيدا وان كان غير كامل في شبكات العمل الكبيرة فهذا المنهج غير كامل لأنه لاتتوافر عادة كل فرص الاسراع بالمشروع في شبكة عمل فرعية وبالتالي فان بعض هذه الفرص لا تؤخذ في الاعتبار عند اتخاذ قرارات في هذا الشأن ، اذ من الممكن وأيضا من المحتمل أن تتوافر في أنشطة خارج شبكة العمل الفرعية طرق أكثر اقتصادا للاسراع حيث أن شبكة العمل الفرعية تمثل جزءا صغيرا من المشروع ككل • فاذا كان هناك تعددا في المسارات الحرجة فان أمثل حلول الاسراع قد تتضمن اسراعا مشتركا لنشاط داخل شبكة العمل الفرعية ونشاط آخر تال في نهاية المشروع • وبقصر الاهتمام على فترة شبكة العمل الفرعية فانه لن يتمكن من الوصول لمثل هذه الحلول المثلى •

وعموما فان الحلول غير الكاملة التي تؤدى الى جدولة زمنية أكثر وضوحا واقتصادا تعتبر افضل من لا شيء على الاطلاق • والتوصل الى قيم لوحدة الزمن (مثل دولار في اليوم ، الاسبوع • أو الشهر) للانتهاء المبكر للمشروع يمثل هدفا متاحا يمكن على أساسه الحكم على نتائج أى تغيير قد يقترح في تحسينه للجدولة الزمنية • اذ تعتبر ميزة مثلا اذا ما أدى التغير الى تقصير زمن المشروع عند مستوى منخفض للتكلفة يقل عن الوفر الذى يحققه الانتهاء المبكر رغم أن هذا قد لايكون هو التحسين الأمثل — وتزداد فرص الوصول الى حلول قريبة من الحل الامثل بالقدرة على مراعاة ودراسة ميول التكلفة المنخفضة لقطاعات منحنيات التكلفة / الزمن الأصلية • اذ أن هذا يزيد من عدد فرص الاسراع في ظل شبكة عمل فرعية ويميل الى خفض الفروق بين فرص الاسراع المختلفة سواء داخل أو خارج شبكة العمل الفرعيه • ويبدو مؤكدا أن التحليل الذى يقوم على الاعتبارات التي تشير لها قطاعات ميول التكلفة المنخفضة ولكنها مقتصرة على أنشطة في شبكة عمل فرعية معينة تحقق نتائج أفضل من تحليل يقوم على أساس كل شبكة عمل المشروع في وقت واحد ولكن يستخدم افتراض منحنيات للتكلفة / الزمن ذات نقطتين وميل تكلفة للنشاط •

الفصل الخامس

تخصيص الموارد للمشروع الواحد ..

مقدمة :

يتطلب تنفيذ معظم أنشطة المشروع استخدام أنواع مختلفة من الموارد ... وقد تتكون الموارد من أنواع مختلفة من العمل مثل الأشخاص الاداريين والمهنيين والعمال وكل مجموعة من هذه المجموعات يمكن أن تقسم الى تقسيمات فرعية .. فالعمال مثلا يمكن أن يقسموا الى نجارين ، سباكين أو مشغلى معدات ، أيضا قد تتكون الموارد من أنواع من المعدات مثل الكراكات والجرارات والرافعات ... وفى بعض الحالات قد تكون الموارد فى شكل أنواع من المواد مثل الخرسانة او حديد وصلب الانشاءات .. بل وان النقود المطلوب دفعها للأعمال المستكملة قد تعامل على أنها موارد فى الأساليب التى سنناقشها .. وفى معظم الدول النامية نجد أن الموارد المطلوبة لتنفيذ أنشطة المشروع تتميز غالبا بقصور فى عرضها وقد تكون هذه القيود فى بعض الأحيان ليست بالخطيرة وان كانت تفرض غالبا صعوبات يجب أخذها فى الاعتبار للوصول الى جدولة زمنية جيدة للمشروع .

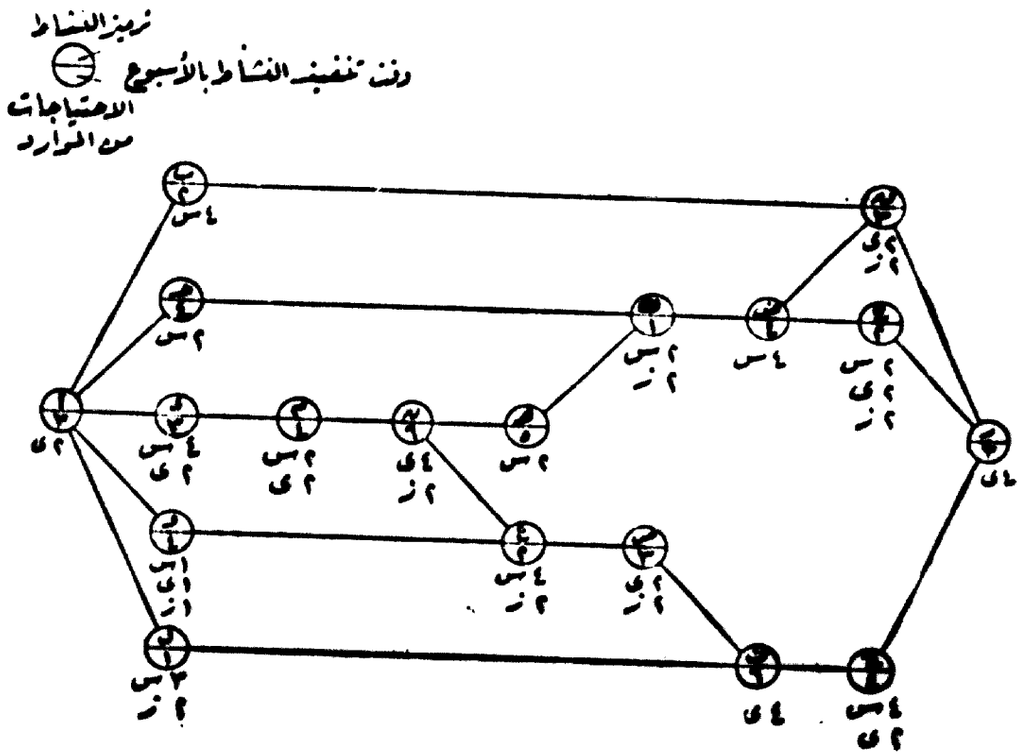
لم تتناول هذه الدراسة حتى الآن الاحتياجات من الموارد اذ أن خطة تنفيذ المشروع قد بنيت على أساس الوفاء بالقيود العينية وبنيت علاقات التتابع على أساس تحديد تلك الأنشطة التى يجب استكمالها قبل أن تبدأ أنشطة اخرى . وتبنى الجدولة الزمنية للأنشطة على علاقات التتابع هذه وعلى الحسابات الروتينية المبنية على تقديرات وقت تنفيذ الانشطة ولم يتم فى خلال أى مرحلة من هذه المراحل اثارة السؤال التالى ... « هل الموارد المطلوبة لتنفيذ هذا النشاط متاحة . ؟ » واذا لم تكن هذه الموارد متاحة ما هو الاجراء الواجب اتخاذه ؟ . وللاجابة على هذه الأسئلة أهمية كبيرة فى الوصول الى جدولة واقعية بنفس الدرجة التى تعطى تتبع علاقات التتابع التى تحددها القيود المادية. والواقع أن حدود الموارد قد تكون مأخوذة فى الاعتبار وبدرجة واضحة عند اعداد خطة تنفيذ المشروع رغم أن مثل هذه الأسئلة قد لا تثار بطريقة رسمية فقد يتذكر معد البرنامج مثلا أن لديه جهاز واحد من نوع معين عند تحديده لتتابع الأنشطة التى تتطلب استخدام هذا الجهاز وان كانت معظم مشاكل الموارد أكثر تعقيدا ، من هذا فقد تتضمن مثل هذه المشاكل عددا كبيرا من الموارد وكذلك عددا كبيرا من الأنشطة التى تحتاج لمثل هذه الموارد والتى يمكن أن يجدول استخدامها الجارى معا . وللوصول الى جدولة زمنية

ملائمة لهذه الأنشطة لا تتسبب فى اختناقات فى المتاح من الموارد أمر من الصعوبة بمكان ومن المرغوب فيه اعداد أساليب لتحقيق هذه الأهداف ٠

والخطوة الأولى فى هـذا السبيل هى تحديد المشكلة ٠٠ ويعتبر بناء جدول لبنود الموارد الهامة أساس فى الكشف عن التناقض الموجود فى تخصيص الموارد ٠ وجدول الموارد هو عبارة عن قائمة بوحدات الموارد المطلوبة خلال كل وحدة زمن طوال فترة تنفيذ المشروع ويجب أن يتوافر لمقرر المشروع بيانات عن احتياجات كل نشاط من الموارد حتى يمكن اعداد جدول الموارد ويجب أن تبنى احتياجات كل نشاط من الموارد على طريقة الأداء التى تحدد وقت التنفيذ المقدر للنشاط كما أنه من الضرورى أن تتوافر جدولة لتوقيت الأداء لكل نشاط ٠٠ والجدولة الأساسية والمنطقية فى تحديد المشكلة تبنى على أساس بدء كل نشاط فى تاريخ بدئه المبكر وبتوافر بيانات عن احتياجات كل نشاط من الموارد وجدولة زمنية لكل نشاط ، فان اعداد جدول الموارد يتضمن اختيار للأنشطة التى تحت التنفيذ عند كل وحدة من وحدات الزمن ، يحدد مجموع الوحدات المطلوبة من الموارد عند كل وحدة زمن وقيد هذا المجموع من الموارد المطلوبة فى المكان الملائم من جدول الموارد ٠

ولتوضيح هذه المفاهيم راجع شبكة عمل المشروع المعروضة فى شكل رقم (٥٨) نفرض أن هناك ثلاث موارد مطلوبة لتنفيذ هذا المشروع حيث أن هناك نقص فى عرض هذه المـوارد فانه من المحتمـل أن تثـار قيود على جدولة هذه المـوارد والتى حددت بانهـا س ، ى ، ز وحـددت احتياجات كل نشـاط من كل هـذه الموارد أسـفل العقد فى الشكل المعروض ٠ ٠ وقـد حسبت بيانات الجدولة لشبكة العمل وعرضـت نتائجها فى الجدول شكل رقم (٥٩) اذ حسب وقت تنفيذ المشروع دون اخذ قيود الموارد فى الاعتبار بانه ٣٤ أسبوعا ويوضح شكل رقم (٦٠) جدولا مبينا أساس بدء كل نشاط فى وقت بدئه المبكر وتم فيه التوصل الى نتائج الجدولة الخاصة بالموارد الثلاثة ويمكن التوصل الى تصور أفضل لجدولة هذه الموارد وسهولة فى العرض البيانى فى شكل رقم (٦١) ولا يظهر هذا العرض جاذبية الجدولة الناتجة للموارد المطلوبة بسبب تنوعات الطلب العالية والتغيرات الكبيرة المتكررة فى الاحتياجات للموارد ويتأكد هـذا على وجه الخصوص بالنسبة للمورد س والذى تظهر له نهاية قصوى للطلب قدرها ١٤ وحدة ثم تهبط الاحتياجات اليه فى الأسابيع القليلة التالية الى الصفر ٠

وهناك مشكلتان رئيسيتان فيما يتعلق باستخدام الموارد تحدث واحدة منهمـا عندما يزيد الطلب على الموارد عن العرض منها ، وحيث أن مثل هذا الطلب لا يمكن الوفاء به فان واحدا أو أكثر من الأنشطة التى لها طلب على هذا المورد تحتاج الى اعادة جدولة وبعبارة أخرى فان تنوعات الطلب يجب تخفيضها بحيث لاتزيد عن الحدود المتاحة والهدف الرئيسى هو التوصل الى مثل هذا التخفيض بطريقة لاتؤدى الى زيادة وقت تنفيذ المشروع أو اذا لم يكن هذا ممكنا، يزداد التنفيذ بأقل قدر ممكن ٠ أما المشكلة الثانية



شكل رقم (٥٨) الاحتياجات من الموارد لمهمة شبكة عمل

فانها تتضمن عدد وحجم التغيرات فى الاحتياجات للموارد وهذه التغيرات تكلف أموالا بوجه عام وكلما كبرت هذه التغيرات كلما ازدادت التكاليف • فالانخفاض فى الطلب على الموارد الذى يتبعه زيادة مرة أخرى فى هذا الطلب يمثل تكلفة • ففى حالة العمالة فانه ينعكس فى صورة الاستغناء عنهم وهذا يتضمن مخاطرة فقدهم الى الأبد ثم تاتى اخيرا نفقات الحصول على عمال جدد أو استرجاع العمال القدامى ، والبديل هو الاحتفاظ بهم ضمن قائمة الأجور دون أن يعنى ذلك استخدام وقت عملهم بالكفاءة المفروضة وفى حالة المعدات فان هذا يتضمن تكلفة نقل هذه المعدات خارج الموقع ثم استرجاعها مرة ثانية ، والبديل هنا هو استيعاب تكلفة ملكية أو استئجار هذه المعدات بالرغم من كونها عاطلة وكل هذه الاجراءات تزيد من التكلفة ويمكن تمثيل جدول الموارد النموذجى بمنحنى يتصاعد ثم ينحدر الى أسفل تدريجيا وان كان يثبت فى مداه الأوسط الا أنه لا يزيد اطلاقا عن الحدود التقليدية المتاحة من الموارد •

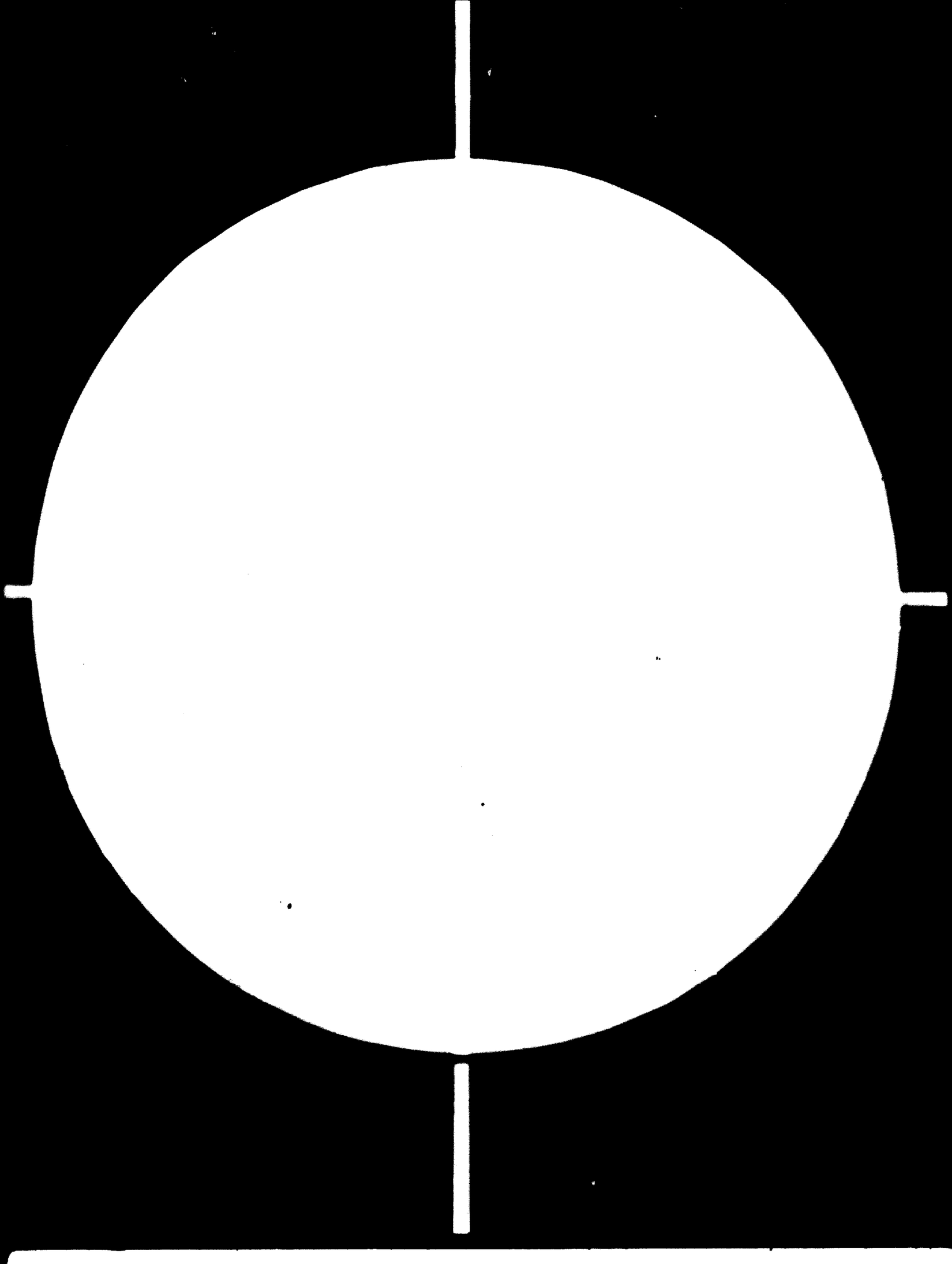
السماح الحر	السماح الكلي	الإنحراف المعياري	الوسيط	الانحراف الربيعي	الوسط الحسابي	الالتواء	النشاط
صفر	صفر	٤	٤	١	١	٠	أ
٢١	٢٣	٢٩	٦	٢٧	٤		ب
١٤	١٦	٢٤	٨	٢٠	٤		جـ
صفر	صفر	٧	٧	٤	٤	٠	د
٩	٩	١٧	٨	١٣	٤		و
١٧	١٧	٢٢	٥	٢١	٤		ل
صفر	صفر	١١	١١	٧	٧	٠	م
صفر	صفر	١٧	١٧	١١	١١	٠	ن
صفر	٢	٢٤	٢٢	١٩	١٧		هـ
صفر	صفر	١٩	١٩	١٧	١٧	٠	ع
صفر	٢	٢٥	٢٣	٢٤	٢٢		ك
صفر	صفر	٢٢	٢٢	١٩	١٩	٠	ص
صفر	٢	٢٩	٢٧	٢٥	٢٣		صـ
صفر	صفر	٢٨	٢٨	٢٢	٢٢	٠	ف
٢	٢	٢٢	٣٠	٢٩	٢٧		ق
٣	٣	٢٢	٢٩	٣٠	٢٧		ر
صفر	صفر	٢٢	٣٢	٢٨	٢٨	٠	غ
صفر	صفر	٢٥	٣٥	٣٢	٣٢	٠	ـر

النشاط	والمدة تنظيف النشاط/ساعة	الارتباط	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الوسيط	الانحراف الربيعي	السماح الكلي	السماح الحر

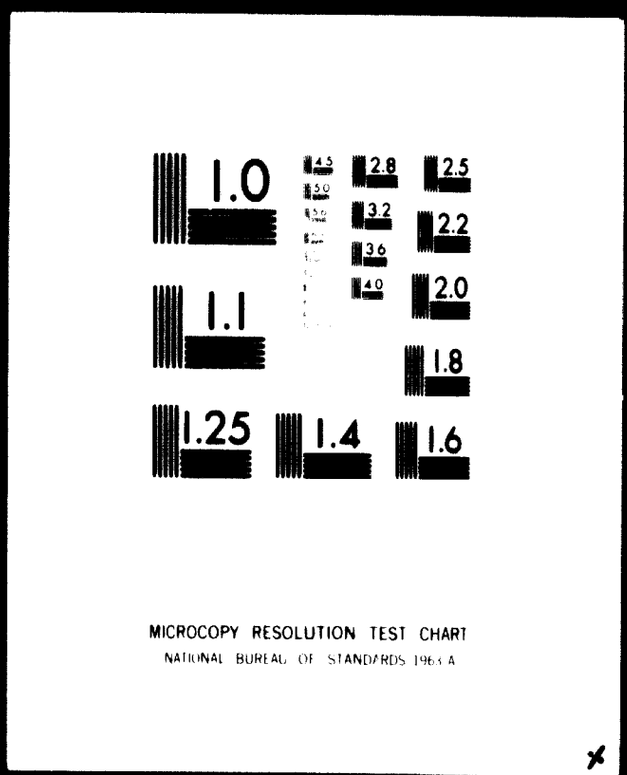
شكل رقم (٥٩) بيانات الجدولة لشبكة العمل

B-656

81.11.24



2 OF 2
3001
A



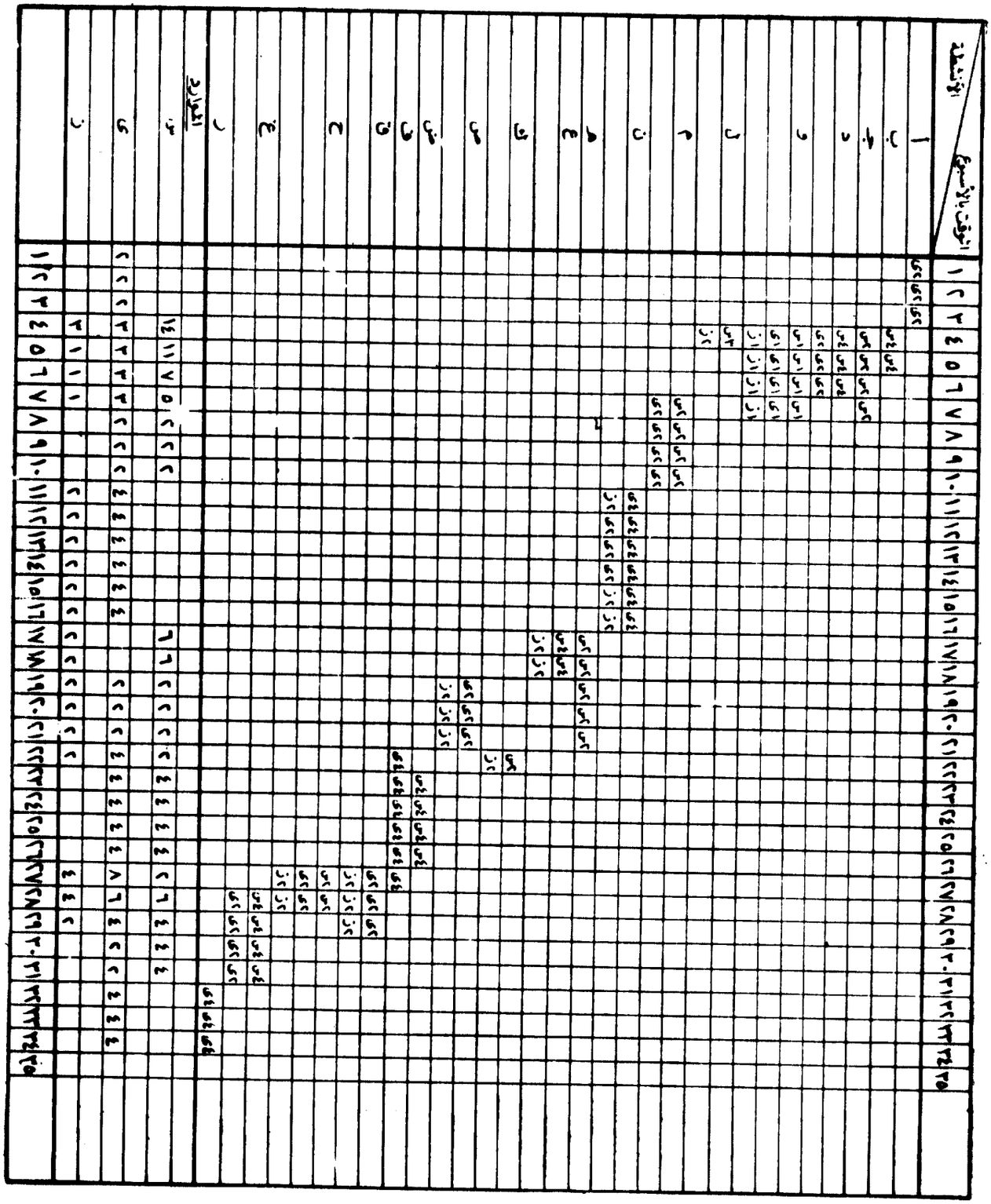
24x
D

المناهج العامة لتخصيص الموارد

يمكن أن يكون اعداد جدول للوفاء بالقيود على الموارد مشكلة معقدة للغاية بل انه حتى بالنسبة للشبكات الصغيرة وباستخدام الحاسبات الآلية ذات الطاقة الكبيرة فان هناك امكانيات عديدة لتزاوج الجدولة بحيث أنه يصبح غير عمليا تطبيق أساليب يمكن أن تضمن الوصول للحل الامثل وهناك عدد من البرامج المتقدمة جدا لتخصيص الموارد التى تتطلب حاسبات آلية كبيرة ومزيدا من الوقت على الآلة والتى قد توصل فى النهاية الى حلول قريبة من الحل الأمثل وكثير من البرامج متاحة ٠٠ والمشكلة معقدة بسبب حجم البيانات التى تدخل فى العمل واحتمال أن عددا أكبر من هذه البيانات تتطلب التطوير بسبب التفاعل الذى يحدث عند اعادة جدولة الأنشطة وكذلك بسبب ما يحدث غالبا من وجود عدد لا نهائى من التزاوج الممكن فى الجدولة لذلك فانه عادة ما ينصح بضرورة استخدام الحاسب الآلى لمثل هذه المشكلة بسبب ما يحتاج اليه من تناول عدد ضخم من البيانات ٠

ولنعود مرة أخرى لجدولة الموارد التى تم اعدادها فى شكل رقم (٦٠) لعبنة مشكلة العمل ٠ أن اعداد مثل هذه الجدولة لايشمل على مبدء جديد ولا تعتمد أيضا على الأساليب الفنية لشبكة العمل فمثل هذه الجدولة يمكن اعدادها من المستطيلات البيانية طالما أن مقرر المشروع يستطيع أن يوفر البيانات عن الاحتياجات من الموارد ومنذ سنين فان عددا من معدى البرامج الممتازين قد قاموا باعداد جدولة لموارد المشروعات الهامة وأن كان مثل هذا العمل لم يمارس على نطاق واسع ٠ والأسباب الواضحة وراء تلك هو الحجم الضخم المطلوب من البيانات وضخامة الجهد والوقت المبذولين ٠٠٠ ومع أن هذه الأسباب ليست أسبابا وجيهة لتقف حائلا فى وجه اعداد جدولة للموارد طالما أن الجهود والوقت المبذولين يعودان بالفائدة على المشروع الا أن الحقيقة تظل بأن ادارة المشروع عادة ما تختار السير فى سبيلها غير مهتمة بمشكلة الموارد للصعوبات التى يتضمنها مجرد اعداد جدولة لموارد واحد من هذه الموارد ٠

واذا كانت الجدولة الأساسية للموارد قد تمت ثم ظهرت اقتراحات تغيير متتابعة فأن كل تغير من هذه التغيرات قد يتطلب تعديلات عميقة فى الجدولة فاذا كان هناك نشاط حرج قد أعيدت جدولته أو أن نشاطا غيرحرج قد أعيدت جدولته فى مدى سماحة المتداخل فأن الأمر قد يتطلب اعادة جدولة بعض الأنشطة الأخرى وهذه الانشطة قد تشتمل على عدد مختلف من الموارد فالتغير الأصلى المستهدف تحقيق تحسين محدد فى جزء واحد فى جدول مورد واحد قد يخلق عديدا من التغيرات فى أجزاء أخرى من جدول المورد المعنى ٠ كما يخلق أيضا تغيرات فى عديد من جداول الموارد الأخرى ، بعض هذه التغيرات قد تكون غير ملائمة بل أنها قد تبدد أثر تحسينات سبق تحقيقها بجهود مماثلة ، وازاء مثل هذه المشكلة فانه ليس من المحتمل أن تحقق جدولة المشروع باستخدام الأسلوب اليدوى حلولا طيبة ناجحة لمواجهة تعدد الموارد ومع ذلك فان الغرض من هذا الفصل هو عرض أهمية مثل هذه الحالة ٠



شكل رقم (٦٠)

تطوير جداول الموارد على أساس أوقات البدء المبكر

وحيث أن معظم برمجة الموارد فى الوقت الحالى التى تتم عن غير طريق الحاسب الآلى تاتى بنتائج طيبة فى بعض الحالات وبنتائج ضعيفة فى حالات أخرى فان هـذا برهان على عملية مثل هذه الطرق ، والواقع أننا نجد من ناحية برامج متطورة للعمل على الحاسب الآلى تستخدم فى تخصيص الموارد وان كانت مثل هذه البرامج لاتمثل الانسبة ضئيلة من برامج تخصيص الموارد بينما لانجد من الناحية الأخرى أى برامج متقدمة لمثل هذه المشكلة وتحل المشاكل وقت ظهورها ، اذ نجد مثلا فى مشروع عادى للانشاءات وحدات معينة من المعدات فى موقع العمل وعدد معين من العمال يتقرر عددهم كل صباح فاذا لم يكن هناك ما يكفى من المعدات أو عددا غير كافى من العمال لأداء العمل المطلوب أدائه فان بعض الأعمال يجب تأجيلها وعادة ما يترك تقرير ما يجب تأجيله لرؤساء العمـل الفنيين ويتخذ القرار بناء على تقديرهم وبديهتهم بدلا من أن يبنى على معرفة محددة بالزمن الحرج وبأوقات السماح للانشطة واذا ما كان هناك فائضا من المعدات أو من العمال عما يحتاج اليه العمل فان مشرفو العمل هم الذين يقررون أى المعدات تستخدم وفى حالة العمال أى العمال الذين يجب الاستغناء عنهم ومهما كانت بدائية هذا الأسلوب الا أنه يمثل أسلوبا من أساليب تخصيص الموارد ٠

وكلا من الاسلوبين المتطرفين المعروضين له مزاياه ومساوئه فالحاسب الآلى يمكن ان يتناول كمية كبيرة من البيانات كما يقوم بالخطوات الحسابية الروتينية المطلوبة ويستطيع أن يطبق أساليب رياضية لا يمكن القيام بها بالحساب اليدوى ومن جانب آخر فان الحاسب الآلى يستطيع فقط ان يتناول برامج التنفيذ وتعديلات الجدولة التى اعدت برامجها للتنفيذ والتى تتوافر لهـا البيانات اللازمة اذ من المستحيل عمليا اعداد برنامج للحاسب الآلى لمراعاة كل البدائل التى قد تكون ممكنة ومرغوبة فى أوضاع معينة أو مد البيانات اللازمة للحاسب الآلى والتى يمكن استخدامها ٠ وعيب آخر يظهر فى بعض المواقع يتمثل فى أن برامج تخصيص الموارد تتطلب حاسبات آلية ذات طاقات كبيرة قد لاتكون متوافرة على أهبة العمل ٠

وتتمثل عيوب الأسلوب المتطرف الآخر فى أن القرارات تتخذ فى آخر لحظة حيث تكون فرص حلول أكثر فاعلية قد ضاعت فعلا اذ تتخذ هذه القرارات دون الاسـتعانة ببيانات قد تكون مفيدة كما أنها تتخذ عند مستوى ادارى قد لا يكون هو أفضـل المستويات تأهيلا لاتخاذها وهناك ميزة واحدة لعدم وجود تخطيط متقدم هو أن اتخاذ القرارات لا يتطلب توافر حاسبات آلية غير متوافرة أصلا على أى حال فانه بغض النظر عن توافر تسهيلات الحاسب الآلى فان ممارسة الحكم والتقدير هو فى حد ذاته ميزة كبرى فهناك عديد من الطرق الممكنة لحل مشكلة تضارب الموارد أحدها اعادة جدولة الأنشطة وهذا هو الأسلوب الأساسى الرئيسى وعادة ما يكون الاساس الوحيد فى معظم الطرق المعترف بها ومع ذلك فقد تكون الطرق الأخرى لها نفس الفعالية اذ يمكن أن يعاد تخطيط الأنشطة لتغيير تجهيزها بالموارد وعندما يطلب من مقرر المشروع أن يعطى بيانات عن الموارد يجب أن يعطى قائمة بتجهيز الأنشطة بالموارد فى أرقام محددة وبوجه

عام يستطيع مقرر المشروع أن يغير مثل هذا التجهيز أو حتى يزيلها تماما بتطبيق طريقة مختلفة للاداء فى بعض الأحيان يمكن أن تتوقف بعض الأنشطة مؤقتا أو أن بعض وحدات الموارد يمكن أن تقترض من أنشطة أخرى دون أن تتوقف هذه الأنشطة تماما وفى أحيان أخرى يمكن أن تتقاسم الأنشطة الجارى تنفيذها فى وحدات الموارد المتاحة فمشرف العمل الماهر الذى يواجه بنقص وحدات الموارد غالبا ما يأخذ فى اعتباره كل هذه البدائل وبدائل أخرى غيرها اذ أن له قابلية لا يمكن برمجتها فى حاسب آلى تمكنه من الحصول على نتائج مقبولة رغم أنها ، على أساس تحليلى ، تبدو طريقة بدائية •

ويعرض هذا الفصل أسلوبا وسيطا للعمل يفترض أن امكانيات الحاسب الآلى غير متوفرة وبالتالى فان الأسلوب اليدوى هو المطلوب وهذه الطريقة البدائية اليدوية يجب أن تستفيد من الجدولة الأساسية لشبكة العمل وتطبيقات ميكانيكية شبكة العمل أكبر استفادة ممكنة • مثل هذا المنهج ليس سهلا فى بساطة الضغط على أحد الأزرار وانتظار تسلم رد جاهز اذ أنه يتطلب قدرا كبيرا من الاختبارات والحسابات والتحليل وقد يبرر بذل الجهد الطويل فى تنفيذ وادارة مشروع هام يستغرق تنفيذه وقتا طويلا واذا كان من الضرورى برمجة عديد من المشروعات ذات وقت تنفيذ قصير جدا ، فان عمليات الحاسب الآلى يمكن أن تعطى حلولا عملية لمشكلة تخصيص الموارد • على أى حال فان هذه الدراسة تقتصر على مشروعات مفردة أو برامج تشتمل على عدد محدود من المشروعات التى تمتد الى شهور أو سنوات • وعليه فان ادارة المشروع تستطيع أن تجد الوقت الذى يمكن أن تطبق فيه الطرق التى تقترحها هذه الدراسة وسيعرض فيما يلى طرق لثلاث حالات كل بدرجة من التعقيد تتزايد عن سابقتها •

الطرق اليدوية لتخصيص الموارد

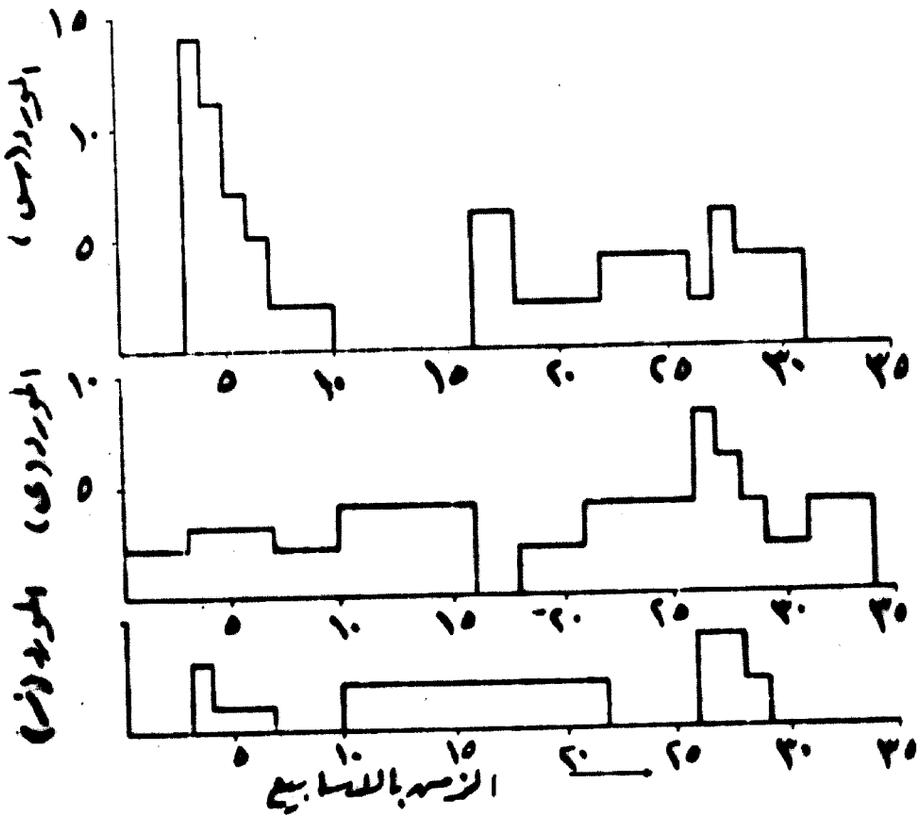
الخطوات التمهيدية :

الخطوة الأساسية لمثل هذه الطرق هى اعداد جداول للجدولة الزمنية لمشروع محدد والتى يجب أن تكون ، فيما عدا ما يتعلق بالاحتياجات من الموارد ، ممكنة التنفيذ • وهذه الخطوة وان كانت غير أساسية فى الأسلوب الذى عرض ملخصه تحت الحالة الثانية التالية الا أنها مفيدة فيها أيضا • وأبسط جدولة هى التى تقوم على أساس وقت البدء المبكر لكل نشاط كما هو معروض فى شكل رقم (٦٠) وفى الطريقة المعروضة هنا فان الأنشطة أعيدت جدولتها اذ أن تغيرات أخرى أدخلت تطلبت اعادة جدولة للأنشطة فى محاولة لاستبعاد تجهيزات الموارد غير المقبولة وتحسين جداول الموارد نتيجة لذلك فانه عادة ما تتغير مجموعة كل بند من بنود التجهيز الكلى بالموارد • فاذا ما بسطت ميكانيكية الاجراءات الملموسة لتغيير تبويب البيانات فان هذا سيزيد من امكانية تخمينات الجداول • وطريقة انجاز هذا العمل تتم باستخدام ورقة مربعات مكونة من قطعة ورق كبيرة ومثبتة على لوح معدنى بحيث يعرض المقياس الزمنى أفقيا على طول

الورقة على أن تكون كل وحدة زمنية ممثلة على الشكل المربع ويمثل كل نشاط بمستطيل من شريط من البلاستيك الممغنط ، وهذا النوع من البلاستيك ليس غالى الثمن ويأتى فى صورة لفائف بعرض قدره ربع بوصة وقد يكون مطليا بطلاء معدنى • ويؤشر على كل شريط ممثلا لنشاط بالاحتياجات من الموارد بقلم شمع أو بقلم حبر « يستخدم حبر قابل للذوبان فى الماء » ويجب أن تسجل هذه الموارد فى أماكن مقابلة للمقياس الافقى للوحدات الزمنية بحيث يظهر أى قيد فى العمود الممثل لوحدة الزمن خلال فترة من فترات تنفيذ النشاط وليس من الضرورى قطع مستطيلات البلاستيك لتعادل وقت تنفيذ النشاط اذ يمكن استخدام مقياس أو معدل معين مثل خمسة أمثال وحدة الزمن على أن تقطع مستطيلات متساوية وفقا لهذا المقياس من لفائف البلاستيك وعند وضع المستطيلات الممثلة للأنشطة تثبت المستطيلات الجاهزة التى قطعت جنبا الى جنب مع ترك الزائد دون تأشير • ومن المفيد أيضا استخدام ألوان مختلفة لكل مستطيل اذا كان عدد الموارد التى سوف تخضع للتحليل صغيرا • فالشريط المعدنى الممغنط يمكن أن يلون من ستة الى ثمانية ألوان باستيل على الاقل وهذا سيمكن منه مجرد التأشير بالقلم الرصاص أو الحبر لتوضيح الأساس لمختلف احتياجات الموارد فان كان هناك نشاط يتطلب أكثر من مورد يستخدم مستطيل آخر يلون بلون مختلف لتكوين مستطيل مركب من عدة مستطيلات فرعية حجمه حجم قطاع النشاط الذى يمثله وهذه المجموعة من المستطيلات تتحرر كوحدة واحدة عند اجراء جدولة النشاط وعند أسفل ورقة الدراسة تركب مجموعة من شرائط البلاستيك لتجميع مدخلات مجاميع المواد عند كل وحدة زمنية واذا استخدمت الالوان لتمييز الموارد المختلفة يستخدم شريط واحد من كل لون مستفرقا كل وقت النشاط لتمثيل مجموع المطلوب من كل مورد وتسجل مجموع المدخلات فى هذا الجزء بنفس طريقة تسجيل القيود على مستطيلات الأنشطة أى تعلم بقلم شمع أو باستخدام حبر قابل للذوبان فى الماء وعند اعادة جدولة الأنشطة فان هذه القيود يمكن ازالتها بمسحها بعناية وتسجيل مجاميع جديدة ويسمح مثل هذا الاجراء باجراء التغييرات بطريقة عملية جدا بدلا من اجراء التعديلات مباشرة على ورقة المربعات ورسمها مرات ومرات •

وهناك تحسين اضافى للطريقة السابقة تمكن من اجراء اختبارات تتضمن تغييرات فى الأنشطة ففى بعض الأحيان قد لا يتم اقرار تغيير مقترح ومرغوب فيه الا بعد اجراء تغييرات عميقة • فى هذه الحالة يتم لصق شريط فارغ من البيانات فى أسفل ورقة الدراسة وملاصق للشريط الذى تحددت به مجاميع الموارد لكل وحدة زمنية وعند اجراء التغيير المقترح تترك المستطيلات المختلفة كل أمام النشاط المختص وان كانت تقلب على وجهها الآخر بغرض عدم أخذها من الأشرطة الممغنطة فوق الأشرطة المقلوبة وهذا لا يتطلب توفير فراغ رأسى أمام الأنشطة وتسجل المجاميع الجديدة على الشريط الفارغ فى أسفل ورقة الدراسة وبعد أن يتم الانتهاء من اجراء التغيير وانهاء جدولة كل الأنشطة التى

تأثرت فى مواقعها الجديدة يمكن مقارنة هذه الأرقام بالمجاميع السابقة التى لم يتم ازالتها وفى شريط فوق الشريط الجديد فاذا ثبت أن التغيير غير مرغوب فيه تزال البيانات الجديدة وتعاد الأشرطة التى قلبت على وجهها الآخر الى أوضاعها الأصلية أما اذا ثبت أن التغيير يؤدى الى التحسين فان الأشرطة المقلوبة تزال تماما وتغير المدخلات على شريط التجميع أسفل ورقة الدراسة لتتعادل مع التغيير فى الأشرطة الجديدة ثم تمسح الأرقام من على الشريط الجديد لامكان اعادة استخدامه عند اقتراح باجراء تغيير جديد .



(شكل ٦١)

جداول الموارد فى شكل مستطيلات ـ البدء المبكر

حالة (١) قيود محدودة على الموارد

فى بعض الأحيان قدلاتكون القيود على الموارد شديدة ويمكن التوصل الى التخلص من المطلب الكبير من الاحتياجات للموارد بمجرد اجراء نقل للأنشطة وهو غالبا ما يتم فى نطاق السماح الحر للأنشطة ويجرى هذا النقل بتحريك المستطيلات المعملية المماثلة للأنشطة الى مواقع جديدة وبالتالى اجراء تغيير فى المجاميع التى تسجل أسفل ورقة الدراسة واذا نقل نشاط فى نطاق وقت سماحه الحر فانه لا يترتب على ذلك آثار اخرى على بقية الأنشطة وبالتالى فان الأمر لا يحتاج الى نقل أى نشاط آخر وهذا هو ابسط أشكال التغيير ويمكن أن يكون فعالا جدا فى أوضاع عديدة ويمكن بالطبع أن تنقل

الأنشطة فى نطاق أوقات سماحها المتداخل اذا ما تاثرت الأنشـطة بالتغيير ثم يجرى التصحيح الضرورى للمجاميع ولا يتطلب الامر جهدا كبيرا اذا ما كانت سلسلة الأنظمة المتاثرة قصيرة ومن الممكن عمليا تتبع مثل هذا التغيير ٠

كما يمكن نقل الأنشطة الحرجة وأيضا نقل بعض الأنشطة الأخرى خارج حدود سماحها اذا كان التحسين الناتج من وراء هذا يبرر اطالة وقت تنفيذ المشروع وعلى أية حال فانه مالم يحدث مثل هذا التغيير بالقرب من نهاية شبكة العمل فانه من المحتمل أن يتأثر عدد كبير من الأنشطة وبالتالى فان الأمر يتطلب تعديل قدر كبير من البيانات وبالتالى فان اجراء تغيير الجدولة لحل مشكلة الموارد بالطريقة المدونة في الحالة (١) تقتصر فقط على التغييرات التى تتصف باستخدام وقت السماح الحر والتغييرات التى لاتتطلب قدرا كبيرا من نقل الأنشطة ٠

ويوضح الشكل رقم (٦٢) اعادة جدولة لمشروع شبكة العمل فى الشكل رقم (٥٨) اذ قدتم فقط اعادةجدولة للأنشطة التى لها سماح حرمن وقتبدئها المبكرواقتصرتاعادة الجدولة على نطاق السماح وتوضح الخطوط العمودية المواجهة لكل نشاط مدى الزمن الممكن لاعادة الجدولة وذلك بالتأثير على وقت البدء المبكر ونهاية وقت السماح الحر للنشاط وفى اعادة الجدولة هذه لم يتغير وقت تنفيذ النشاط بالطبع ولم تتوقف بعض الانشطة أو أعيد تخطيطها لتغيير الاحتياجات من الموارد ، ومع ذلك فان التحسن الذى تم تحسين كبير اذ تم خفض الاحتياجات القصوى من المورد س من ١٤ الى ٦ وحدات كما تم خفض الاحتياجات من الموردين ى ، ز نسبيا من ٨ الى ٦ ومن ٤ الى ٠٠٢ ومن السهولة بمكان تخفيض الاحتياجات من المورد ى من ٦ الى ٤ وحدات وذلك عن طريق مد فترة تنفيذ المشروع أسبوعا واحدا كما يظهر ذلك بمجرد دراسة سريعة لوقت الدراسة وفى نفس الوقت تتحسن عملية الاستمرار فى استخدام الموارد اذ بمجرد الاحتياج للمورد س يستمر استخدامه وبكميات مختلفة حتى ينتهى الاحتياج اليه أما المورد ز فان الاحتياجات اليه تتراكم حتى تصل الى نهايتها ثم يثبت الاحتياج اليه بعد ذلك فيما عدا فترة توقف فى الاحتياج اليه لمدة أربعة أسابيع بالمقارنة بفترتى توقف وعـدم تماثل نسـبى فى الاحتياجات فى الجدول الأصلى وبالقطع فان الجدول بالشكل رقم (٦٢) يمثل تحسنا كبيرا عن الجدول المعروض فى الشكل رقم (٦٠) من وجهة نظر الموارد ومع ملاحظة أن عملية تعديلات الجدولة بسيطة للغاية فى اعدادها ٠

وفى الواقع انه ليس من الضرورى أو من المرغوب فيـه اعداد قواعد جامدة أو اسلوب محدد لاعادة الجدولة لمثل هذه الحالة طالما أنه من السهل استيعاب أسلوب التجربة والخطأ السابق لتنظيم البيانات على أشرطة ممغنطة وينبغى النظر عما اذا كان الوصول الى أفضل الحلول يتوقف على مهارة وتخيل وحظ المسئولين على البرمجة فان الجدولة الأساسية يمكن أنتتحسن الى درجة كبيرة اذ قام معد البرنامج باستخدام أساليب أخرى مثل اعادة تخطيط تنفيذ الأنشطة واقتراض موارد بصفة مؤقتة من

انشطه جارى تنفيذها وايقاف تنفيذ أنشطة ومشاركة الموارد بين أنشطة مختلفة ، ومجموعة أخرى من الطرق فانه يستطيع فى الواقع ادخال تحسينات على الجدولة الأساسية اذ يمكن مثلا فى الجدول المعروض فى الشكل رقم (٦٢) اعادة تخطيط النشاط هـ بتنفيذه فى ثلاثة أسابيع مستخدما ٤ وحدات من المورد س فى الاسبوع وسوف يؤدى هذا الى زيادة الضغط على المورد س خلال الفترة من ١٠ (٥ × ٢) الى ١٢ (٣ × ٤) ، وذلك يوضح عدم كفاءة الطرق اليدوية الأخرى ولكن هذا سوف يؤدى الى تحسن تدفق الاحتياجات للموارد خلال الفترة الـ ١٧ الى ـ الـ ٢١ أسبوع بحيث يصبح جدول الموارد ٤ ـ ٤ ـ ٤ ـ ٤ بدلا من ٦ ـ ٦ ـ ٢ ـ ٢ ـ ٢ ـ ويمكن اجراء مثل هذه التغييرات باستمرار اذا ما عرضت الحاجة الى مثل هذه التغييرات على معد البرنامج واذا ما كان ملما بطرق التنفيذ للعمل الذى يشتمل عليه المشروع .

حالة (٢) قيود متنوعة على الموارد

قد يكون الالتزام بالقيود على الموارد فى بعض الأحيان أكثر صعوبة من المثال السابق لا يساعد اعادة جدولة الأنشطة فى نطاق أوقات سماحها الحر فى تحقيق التخفيض المطلوب على موارد كما أن طرق اعادة الجدولة الأخرى قد تتضمن نقل عديد من الأنشطة . واذا كانت التغيرات العديدة هذه تغيرات اختيارية فان أسلوب التجربة والخطأ ليس هو لأسلوب العلمى فى هذه الحالة . وحيث أن اجراء تغييرات تتضمن عديدا من الانشطة عملا صعبا فى الأسلوب اليدوى كما أنها تفرض قيودا عملية على عدد المحاولات لتحسين الجدولة ، فانه تظهر هنا مشكلة تحسين الجدولة غير المقبولة للمشروع تحت قيود جامدة على توافر الموارد ومن ثم فان الأمر يتطلب طريقة جديدة ذات منهج مختلف عن منهج الحالة (١) فبدلا من البدء بالجدولة الأساسية ومحاولة اعادة جدولة الأنشطة فى نطاقها . فان معد البرامج هنا يبدأ مع بداية الأنشطة فى شبكة العمل ثم يبدأ تدريجيا فى بناء جدولة مقبولة للمشروع نشاطا بنشاط . وتقتصر اعادة جدولة الأنشطة فى أى لحظة على النشاط موضع الجدولة ومن الممكن أن تمتد الى عدد محدود جدا من الأنشطة التى تتعارض مع النشاط محل الدراسة فى استخدام العدد المحدد من وحدات الموارد . وفى هذه لطريقة لا يتم جدولة النشاط للتنفيذ حتى تلبى الاحتياجات من الموارد . واذا أقتضى هذا تأجيل تنفيذ المشروع خارج فترة سماحه فانه يمكن مد وقت تنفيذ المشروع واللجوء الى مثل هذا الاجراء أمر شائع . فعندما تكون قيود الموارد جامدة جدا . فانه عادة ما يتم تأخير تنفيذ المشروع . ومن ثم فان هدف هذه الطريقة هو تصغير الوقت الذى يمكن فيه أن يمد تنفيذ المشروع مع الوفاء بكل الاحتياجات من الموارد فى نطاق القيود المفروضة على توافرها .

وتواجه هذه الطريقة ثلاث أسئلة رئيسية يجب الاجابة عليها ،

(أ) ما هى القيود التى يجب اقرارها لتوافر الموارد ؟

(ب) ما هو الأساس لتنظيم الأنشطة تمهيدا لجدولتها ؟

(ج) بأى طريقة يمكن حل التناقض على احتياجات الموارد ؟

ويمكن دراسة اقرار مستويات القيود على المتاح من الموارد أولا · فالاسلوب المعروض فى الحالة (١) يتضمن البدء بالجدول الموجود ثم محاولة تحسينه حتى نصل الى الحالة التى يعتبر فيها احتياجات الموارد مقبولة وما يعتبر «مقبولا» يعتبر الى حد كبير معنى مرنا وقد يعتمد على حجم الجهد المطلوب لاجراء مزيد من التحسينات ··· وعلى أية حال فان القرار بالحد النهائى للموارد يمكن أن يؤخذ بعد اجراء قدر كبير من اعادة الجدولة ·

وأما الطريقة المتبعة فى الحالة (٢) فان حدود الموارد يجب أن تقرر منذ البداية الأولى للعملية وقبل أن يبدأ جدولة أى نشاط · وأحد أسس تقرير هذه الحدود ببساطة هو حصر عدد وحدات الموارد المتاحة فعلا · والواقع أن مثل هذا الرقم من الصعب تحديده نظريا · حيث انه غالبا ما تتوافر وبطريقة دائمة سبل يمكن أن تحقق مزيدا من الموارد طالما أن الأموال متاحة · فاذا استخدم معيار الحد الأقصى العادى فان ذلك يعنى تحديد قيود الموارد ، ومن ثم فانه يمكن بدء عملية الجدولة · وفى مرحلة تالية اذا ما اعتبر مد وقت استكمال المشروع تأخير ضرورى غير مرغوب فيه بسبب عدم كفاية الموارد من نوع معين ، فانه يمكن مراجعة الحد المفروض على الموارد ، ثم تفحص حلة زيادة التكلفة للوحدات الاضافية من الموارد فاذا ما اتخذ قرار بزيادة الحد من الموارد بما يزيد عما اعتبر حدا مقبولا من البداية · فان اعادة الجدولة حتى هذا الحد أمر يحتاج الى نظر اذ يعتمد ذلك على درجة التأخير الفعلى فى تنفيذ المشروع بسبب حدود الموارد التى يتم مراجعتها فعلا ·

والطريقة المعروضة فى الحالة (٢) لاتؤدى الى تحقيق تسوية فى حجم الاحتياجات فى نطاق الحد الأقصى العادى اذ تقوم جدولة الاحتياجات هنا فقط على أساس الوفاء بالحدود الموضوعة على المتاح من الموارد وليس على أساس ازالة عدم التساوى فى الاحتياجات على مدى فترة تنفيذ النشاط أو ازالة القمم والوديان فى منحنى جدول الموارد · وان كان التحقيق التالى للحد الأقصى المتاح من الموارد وتكرار هذا الخفض يحقق تسوية فعالة فى حجم الاحتياجات من الموارد الا أن المشكلة هنا بالنسبة لهذا المنهج ، ان كل اجراء لعملية الجدولة تتطلب مزيدا من الجهد · وان أسلوب التكرار فى العمل بوجه خاص ليس ملائما للأعمال اليدوية · لذلك فانه من المرغوب فيه عادة البدء بوضع قيود أكثر تضييقا على الموارد من تلك الموضوعة فى حالة الحد الأقصى العادى بغرض فرض نوع اضافى من تسوية الطلب على الاحتياجات والاحتفاظ بحجم الطلب عند أقل مستوى عملى له · فاذا ما تم تحديد هذه الحدود فانه من الممكن أن يتم الوفاء بها دون اجراء تأخيرات متتالية فى وقت تنفيذ المشروع وبوجه عام فانه كلما ازداد التقييد فى الموارد المتاحة كلما طالت فترة تنفيذ المشروع · وتتمثل النهاية القصوى فى جانب التقتير فى الموارد فى صورة وضع حدود على استخدام المورد تساوى أقصى طلب على الاحتياجات لأى نشاط من

الانشطة على مورد معين وضعت له حدود من قبل • اذ لا يمكن أن يبدأ تنفيذ المشروع ما لم توجد هناك موارد تعادل على الأقل الاحتياجات التى يتطلبها كل نشاط • وسوف نطبق طريقة وضع الحدود على الموارد على عينة شبكه العمل فى الشكل رقم (٥٨) فالحدود ٤ ، ٤ ، ٢ سوف توضع على الموارد س ، ى ، ز على التوالى حيث أن هذه هى أقصى أرقام من عدد الوحدات التى يتطلبها أى نشاط من الانشطة • فمثلا يتطلب النشاط ب عدد ٤ وحدات من المورد س ، كما أن النشاط ن يتطلب ٤ وحدات من المورد ى وعدد ٢ وحدة من المورد ز • وهنا نواجه مشكلة أقصى قدر من التقييد فى الموارد •

والمنهج الآخر هو اعداد جدوله لموارد الانشطة الحرجه مبنية على جدول اوقات البدء المبكر • ومن ثم يمكن وضع الحدود لتتساوى مع اقصى الاحتياجات لهذه الجدوله • ويعرض هذا المنهج امكانية رياضية لمواجهة هذه الحدود دون مد وقت تنفيذ المشروع وان كانت امكانيه ضئيلة • ففى المثال المستخدم فان هذا المنهج يقرر نفس الحدود ٤ و ٤ و ٢ المقررة سابقا • وهناك منهج آخر يقرر درجة متوسطة من الجمودفى تحديد الموارد وهو مفيد فى بعض الاحيان • فهو يستخدم جدوله الموارد التى تقررت لجدوله المشروع المبينة على وقت البدء المبكر لكل الانشطة • ويمكن تحديد العدد الكلى للوحدات من كل مورد خلال كل فترة تنفيذ المشروع • ويمكن تقسيم هذا المجموع على عدد الوحدات الزمنية خلال الفترة التى تستخدم فيها الموارد (متضمنة فترات قصيرة لا توجد فيها استخدامات لهذا المورد) للوصول الى متوسط الاستخدام ويمكن ضرب هذا المتوسط بمعامل تقديرى معين (أكبر من ١) للوصول الى حدود الموارد المستخدمة • فمثلا نلاحظ فى الشكل رقم (٦٠) ان هناك مجموع قدره ٩٩ وحده موارد – أسابيع مطلوبة للمورد من خلال الفترة من الأسبوع الرابع حتى الأسبوع الواحد والثلاثين ومتوسط الاحتياجات الأسبوعية ٩٩/٢٨ أو ٣٫٢٠٥ وحده فى الأسبوع • وباستخدام معامل ١٫٥ فان الحد الأقصى المقبول يمكن أن يصبح ٥ وحدات من الموارد (٣٫٢٥ × ١٫٥ = ٤٫٨٨) بفرض أن مثل هذا الحد على الأقل أكبر من أى احتياجات أى من الأنشطة ولا يزيد عن الرقم الذى يتقرر بطريقة الحد الأقصى العادى • وبطريقة مماثلة يتحدد الرقم ٥ ($\frac{١٥٦ \times ١٫٥}{٣٤}$) = ٤٫٧٧ للمورد ى

والرقم ٢ أو ٣ ($\frac{٤٠ \times ١٫٥}{٢٦}$ = ٢٫٣١) للمورد ز

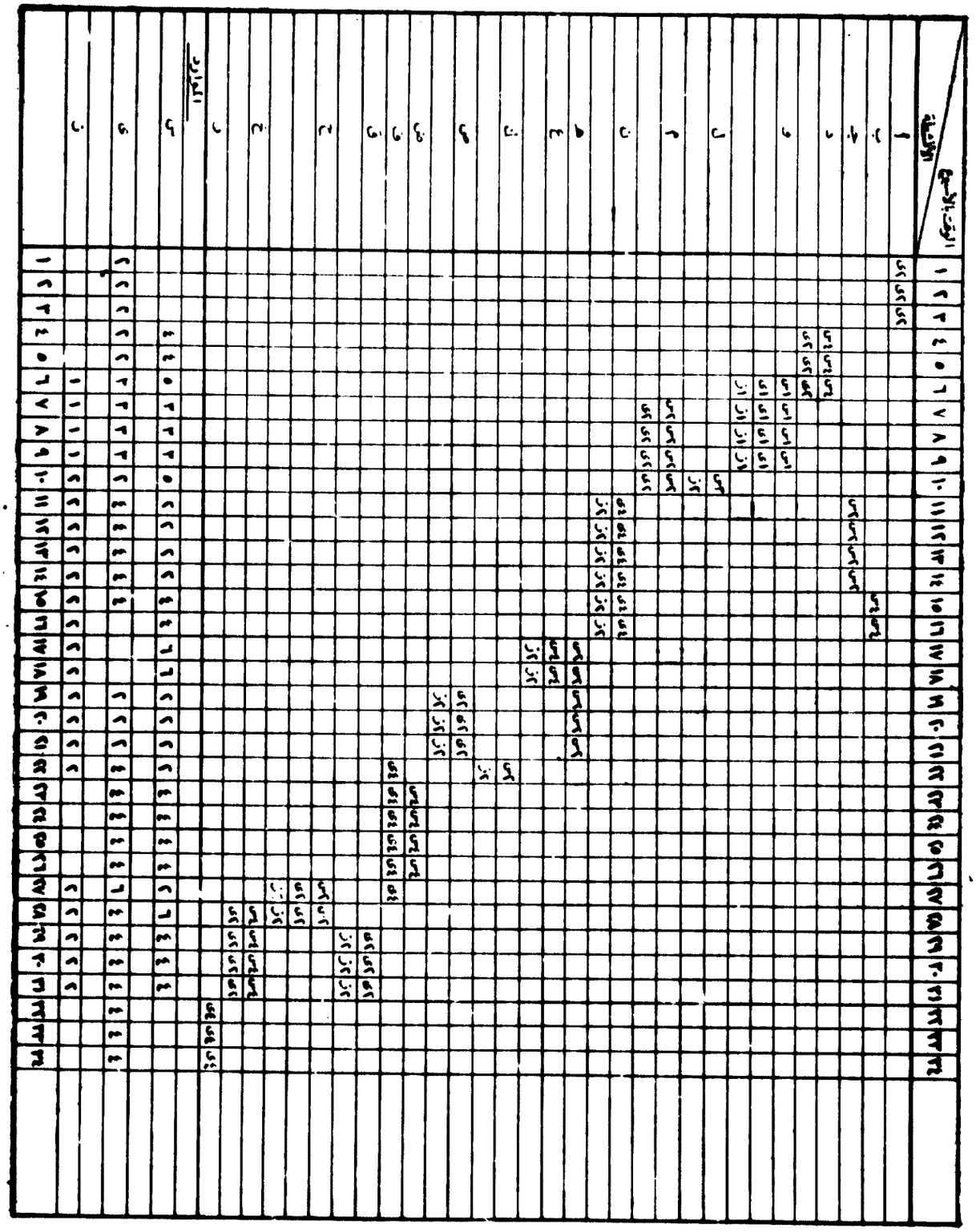
وبمجرد تقرير الحدود على الموارد باحدى الطرق المذكورة ، نواجه بمشكلة ترتيب لجدولة الأنشطة واحدى الطرق الممكنة أن نتتبع وحدات الزمن وحده بوحدة لدراسة كل الانشطة المتاحة للجدولة عند هذه الوحدة من الزمن ومع أن هذه الطريقة الا أنها متعبة فى التطبيق اليدوى بالمقارنة بالطريقة التى تجدول فيها الأنشطة على أساس نشاط بنشاط • واذا كانت الأنشطة تتم جدولتها بطريقة منسقة فانه من

المنطقى أن يتم جدولة الأنشطة الأكثر حرجا قبيل تلك الأنشطة التى تبدأ فى نفس الوقت ولكن تتمتع بمرونة أكبر من جدولتها • ويمكن لأوقات البدء المتأخر أو الانتهاء المتأخر للأنشطة ان تعطى الاساس فى اختيار الأنشطة وفقا لكل من درجة الحرج وتقديم الترتيب من بداية شبكة عمل المشروع حتى نهايتها •

وقد اختيرت أوقات البدء المتأخر للتطبيق فى الطريقة المستخدمة فى الجدولة(٢) وهذه الطريقة تعطى ميزة فى جدولة الانشطة التى يستغرق تنفيذها وقتا طويلا • حيث يصبح من الصعب جدولة مثل هذه الانشطة بعد أن تجدول الانشطة الباقية •

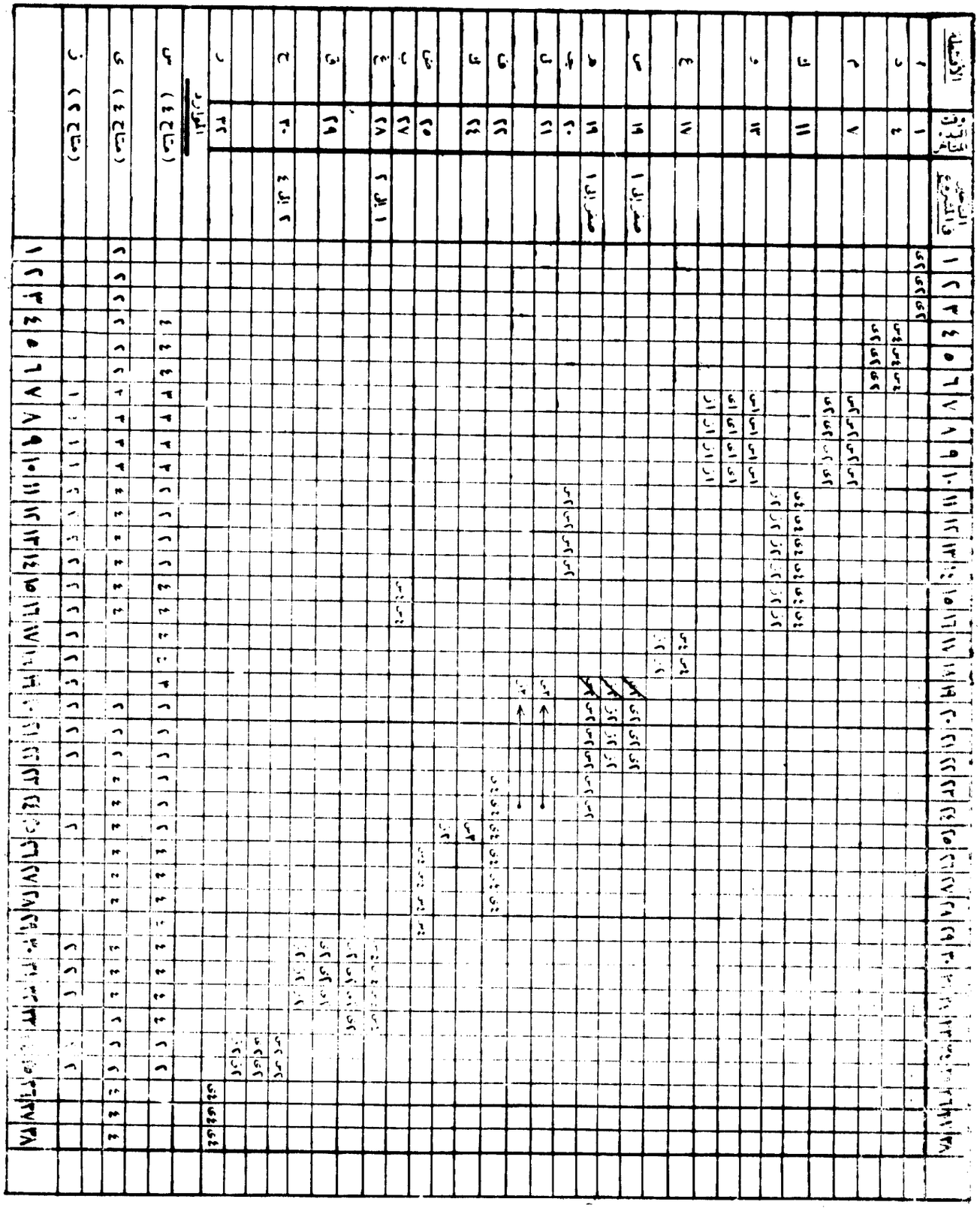
يوضح الشكل رقم (٦٣) الترتيب التصاعدى للأنشطة وفقا لأوقات البدء المتأخر • ومن الممكن ترتيبها بالطبع بأى نظام طالما أنها تجدول وفقا لأوقات البدء المتأخر • ولا تؤثر اطالة وقت تنفيذ المشروع فى هذا الترتيب طالما أن الجدولة تسير وفقا لنظام أوقات البدء المتأخر الأصلية ومع أن أوقات البدء المتأخر تتغير بتغيير وقت تنفيذ المشروع فان الأنشطة التى يأتى عليها الدور فى الجدولة سوف ينتقل وقت بدء تنفيذها المتأخر بنفس القيمة وبالتالى فان ترتيبها لن يتأثر • أما بالنسبة للأنشطة التى على وشك أن تدخل الجدولة فقد يكون من المفيد توضيح حدود الجدولة الممكنة لها على ورقة الدراسة • ويقرر الحد الأولى بأوقات انتهاء الأنشطة السابقة التى تمت جدولتها فعلا • ويتقرر الحد النهائى بأوقات الانتهاء المتأخر المطورة والتى تساوى وقت الأنتهاء المتأخر الاصلية مضافا اليها التأخير الذى حدث فى استكمال المشروع حتى هذه النقطة من الجدولة • وقد تم فى الشكل رقم (٦٣) بيان حدود التواريخ قبل البدء فى جدوله النشاط المختص (يلاحظ الخطين الرأسيين المواجهين لكل نشاط) وعليه فانه يتم جدولة النشاط عند وقت بدئه المبكر الذى لا تؤدى فيه احتياجاته من الموارد الى زيادة مجموع المطلوب من الموارد فى أسفل الجدول عن حد الموارد الذى تقرر من قبل • واذا مالاحظت فرصة جدولة أفضل للموارد أو تجنيب التأخير فى وقت تنفيذ المشروع بمقاطعة تنفيذ نشاط معين فانه يجب على معد البرنامج أن يتفحص طريقة تنفيذ النشاط لمعرفة ما اذا كان من الممكن القيام بهذا الاجراء • واذا كان يترتب على جدولة النشاط ضرورة استكماله فى تاريخ لاحق على تاريخ وقت انتهائه المتأخر فان التأخير يدرج فى العمود ٣ من ورقة الدراسة كما هو موضح فى الشكل رقم (٦٣) ويساعد هذا فى تطوير أوقات الانتهاء المتأخر للأنشطة التالية كما يساعد فى مراحل تالية على تحليل أسباب الزيادة النهائية فى وقت تنفيذ المشروع • وقد يقود هذا التحليل الى اتخاذ قرار بتغيير حدود الموارد وبالتالى تكرار كل العمل •

وآخر مشكلة نواجهها فى الطريقة المعروضة فى الحالة (٢) هى حل تناقض الموارد ،فعندما لا نتمكن من جدولة نشاط عند وقت بدئه المبكر بسبب عدم كفاية وحدات الموارد فانه يمكن تاجيله • ولا يمثل هذا التأجيل مشكلة خطيرة طالما يتوفر للنشاط وقت سماح، ولكن عندما يتطلب الأمر جدولته بحيث ينتهى بعد وقت انتهائه



شكل رقم (٦٢)

المادة الجدولة فى حدود مدى السماح الحر



شكل رقم (٦٣)

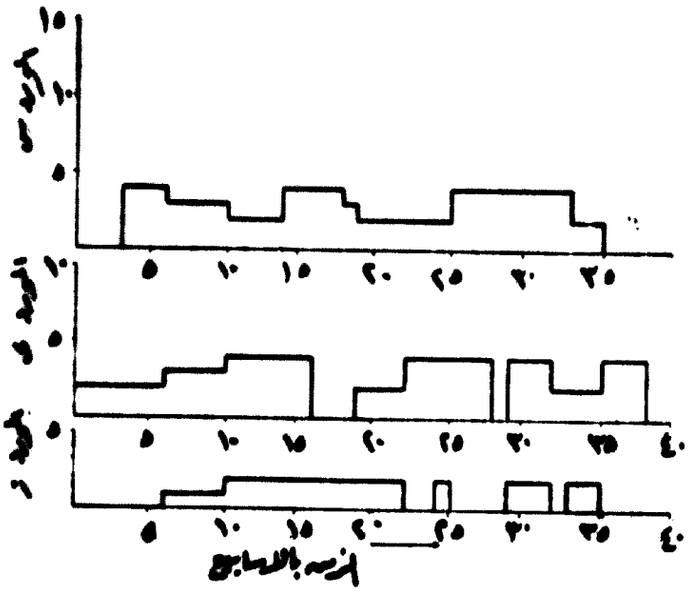
المـادة الجدولة طبقا للقيود على الموارد

المتأخر هنا يتأثر وقت استكمال المشروع وتثار مشاكل خطيرة • وقد يكون أبسط الأساليب هو جدولة كل نشاط بترتيب عند أكثر الأوقات الممكنة تبكيرا بغض النظر عن متى يحدث هذا ثم يستتبع بالنشاط التالى وقد تعطى هذه الطريقة جدوله نهائية تتوافق مع كل القيود الموجودة على الموارد ولا تحتاج الا الى أقل جهد ممكن • ولكن قد تؤدى دراسة طرق بديلة لحل تناقض الموارد عند ظهورها ، اذا ما اشتملت على وقت استكمال المشروع ، الى الوصول الى جدوله أكثر كفاءة • اذ قد يتطلب الأمر اعادة جدولة بعض الأنشطة التى تم جدولتها فعلا بدلا من الأنشطة التى تجرى جدولتها الآن • واذا ما نتج عن ذلك تأخير أقل فى تنفيذ المشروع فانه يعتبر حلا أفضل ومن الممكن النظر الى طرق أخرى كذلك •

وقد يكون من الممكن وضع مجموعة قواعد عامة للنظر فى الانشطة التى تتناقض احتياجاتها للموارد النادرة وتحديد اى منها يجب أن يجدول • وقد يحقق هذا طريقة ميكانيكية قد تساعد كأساس فى برنامج للحاسب الآلى لحل مثل هذه المشكلة • الا أن الميزة الكبرى للأسلوب اليدوى أنه يمكن من استخدام كل امكانيات التقدير لدى معد البرامج وهى امكانية لا يمكن وضعها فى برنامج على الحاسب الآلى • ومن ثم فان طريقة عامه لحل تناقض الموارد لن يتم عرضها هنا • فقد يؤدى اختيار البيانات الى اقتراح اعادة جدوله نشاط او اكثر سبق جدولتهم بدلا من تأجيل نشاط يتم جدولته الآن • وقد يتطلب الامر توقف تنفيذ جزء من نشاط واعادة جدولته أو اعادة تخطيط بعض الانشطة لتغيير احتياجاتها من الموارد (ومن المحتمل وقف تنفيذها) وفى حالات معينة قد يتطلب الامر افتراض بعض وحدات موارد موقتا للانشطة تحت التنفيذ ، وبالتالى فانه يمكن مراعاة عدم وجود حجم متماثل للاحتياجات من الموارد خلال فترة تنفيذ بعض الأنشطة وفى حالات أخرى يمكن اتخاذ قرارات فى موقع العمل لتغيير حدود الموارد ، وهناك امكانيات واحتمالات عديدة ، فاذا لم يتوافر بديل أفضل من جدوله الانشطة الجارية عند أوقاتها المبكرة التى تفى بقيود الموارد فانه لا اختيار أمامنا • والواقع أن الطريقة المطبقة فى الحالة (٢) ليست مرضية رياضيا طالما أنها غير مبنية على قواعد محددة وان كانت من الناحية العملية تمكن معد البرامج الماهر من التواصل الى نتائج أفضل بكثير من تلك التى تتوصل اليها برامج تخصيص الموارد المتطورة التى تطبق على الحاسب الآلى •

وعندما وصلت الجدولة الى دراسة النشاط فى المثال المعروض فى الشكل رقم (٦٣) وجد أن الوقت المبكر الممكن أن يبدأ فيه تنفيذ النشاط ل هو الاسبوع الرابع والعشرون أى متأخرا بثلاثة أسابيع بعد وقت انتهائه المتأخر • ومع فحص الجدول الذى أعد فعلا يتضح أنه باعادة جدوله النشاطين ص ، هـ واللذين سبق جدولتهما يبدآن فى الأسبوع التاسع عشر ، أى بتأخير أسبوع ، فان النشاط ل يمكن أن يجدول فى الأسبوع التاسع عشر والنتيجة النهائية هو تأخير وقت استكمال المشروع بأسبوع واحد بدلا من ثلاثة أسابيع وفى مراحل لاحقة يظهر تضارب جدوله بين النشاطين غ ، ح لا يمكن حله بوسيلة أخرى غير جدوله هذين النشاطين فى أكثر الأوقات المتاحة

تبكيرا وتسمح بها حدود الموارد • وبذلك فان الوقت النهائى لاستكمال المشروع وفق. ما تسمح به حدود الموارد هو ٣٥ اسبوعا • أما اذا تمت جدوله كل الانشطة عند أوقات البدء المبكر الذى تسمح به قيود الموارد فان وقت تنفيذ المشروع سيصبح ٣٩ اسبوعا ويوضح الشكل رقم (٦٤) فى صورة بيانية النتائج المتحققة بتطبق الأسلوب المعروض فى الحالة (٢) والتى عرضت فى الشكل رقم (٦٣) ولا تزال هناك امكانية اجراء بعض التحسينات الطفيفة • فمثلا يمكن ازالة التقطيع فى استخدام الموارد فى الأسبوع الثالث والثلاثين بجدوله النشاط ق فى أسبوع تالى • ويمكن ملاحظة التحسين الذى تحقق بمقارنة الشكلين رقمى (٦١) ، (٦٤) •



شكل رقم (٦٤) الجدولة النهائية للموارد

حالة (٣) ـ المشروعات ذات وقت التنفيذ الطويل

تتطلب المشروعات ذات وقت التنفيذ الطويل مجهودا أكبر فى جدولة تخصيص الموارد ، ويرجع ذلك على وجه الخصوص الى كثرة عدد الوحدات الزمنية التى تتضمنها وكثرة عددالقيود التى تجرى وتتطور • ويعتبر اعداد تخطيط تفصيلى جدا لبرمجة الموارد لذلك الجزء من المشروع الذى سينفذ فى وقت ما فى المستقبل أمر موضع نظر • اذ أن كل هذه البرمجة سوف تتكرر بلاشك بسبب التغيرات التى تواجه تنفيذ الجزء المبكر من المشروع • ويمكن باستخدام مزيج من الأساليب المعروضة فى الحالة (١) والأساليب المعروضة فى الحالة (٢) وذلك بالاستعانة باستخدام شبكات العمل الفرعية المحددة على أساس طريقة الفترات الزمنية والتى سبق مناقشتها فى الفصل الثالث ايجاد وسيلة لبرمجة الموارد للمشروعات ذات وقت التنفيذ الطويل •

ومنذ البداية يجب أن تحلل احتياجات المشروع الكلية للتركيز على المشاكل الرئيسية منها ، وتحديد الأساليب لحلها ولا يلتفت الا للموارد التى يتوقع أن يكون

فيها قصور واضح اما بسبب أنها نادرة او مكلفة او بسبب أن انشطة المشروع سوف تستخدم هذا المورد بغزارة بالنسبة لمستوى المتاح منها • ومن المفضل بوجه عام ان تتم جدولة مثل هذه الأنشطة على أساس أوقات بدئها المبكر ، ويمكن أن تضاف طريقة مختصرة غالبا ما تستخدم بفعالية وذلك بأن تبنى جدولة الموارد على أساس وحدات زمنية أكبر كان تكون على أساس الأسابيع مثلا بدلا من الأيام أو الشهور بدلا من الاسابيع أو شهرين او أكثر بدلا من شهر واحد وسوف تساعد هذه الدراسة الاولية في الوصول الى حدود معقولة على الموارد للاستخدام فى طرق الجدولة الاكثر تفصيلا التالية • كما أن هذا سيساعد أيضا فى توضيح مدى الحاجة الى اعادة برمجة لبعض البرامج للمشروع للتخلص من مشاكل الموارد الرئيسية • فاذا كان من الضرورى القيام بمثل اعادة البرمجة هذه فانه يجب أن تجرى فى هذا الوقت حيث من المحتمل أن تؤدى الى اطالة وقت تنفيذ المشروع • واذا كان من الممكن التوصل الى تاريخ سليم ومعقول لوقت استكمال المشروع فى مثل هذا التحليل الأولى فانه يمكن تجنب الجهود التالية التى سوف تبذل فى الدراسات التفصيلية عن اطالة غير واقعية لوقت تنفيذ المشروع •

وبعد الانتهاء من هذه الدراسة الأساسية فانه يمكن اجراء الجدولة التفصيلية باستخدام الطريقة المعروضة فى الحالة (٢) بتنفيذها على شبكات عمل فرعية تغطى فترة محددة فى المستقبل القريب • ويمكن فى هذه الدراسة مراعاة موارد اضافية أخرى حيث إن شبكات العمل الفرعية يمكن أن تستوعب بيانات اضافية أخرى ويمكن استخدام وحدات زمنية أقصر لتبنى عليها الجدولة كما يمكن أن تقسم شبكات عمل الأنشطة الى مزيد من التقسيمات لتوسيع خطة المشروع الى مزيد من التفصيلات عندما تكون هناك ميزة ما من جراء هذا وتتحدد الآثار على وقت استكمال المشروع بسبب اعادة جدولة أى نشاط بمعرفة الوقت الاضافى الناتج من تطوير وقت الانتهاء المتأخر للأنشطة • اما الآثار على الجدولة الأولية للموارد للفترة المقبلة من شبكة العمل الفرعية الجارى تطبيقها فلا يمكن معرفتها الا بعد التقدم فى اعداد شبكة العمل الفرعية حتى المرحلة محل الدراسة • فاذا حدثت تغيرات جذرية خلال فترة برمجة شبكة العمل وكان هناك سبب يرتبط بالآثار الهامة على الجدولة الكلية للمشروع ، فان الأمر قد يتطلب تكرار الاجراءات الخاصة بهذه الدراسة الكلية • ولمجرد البدء فى برمجة شبكات العمل الفرعية فان كل الجهود تتركز فى البرمجة التفصيلية جدا للفترة المحددة مستقبلا • وهذا النوع من البرمجة مفيد وعملى باستخدام شبكات العمل الفرعية ، ولكن اذا ما أريد انجاز هذا باستخدام كل شبكة عمل المشروع فانه يصبح عديم الفائدة •

والطرق التى عرضت فى هذا الفصل طرق فعالة فى تخصيص الموارد لأى مشروع ضخم أو فترة تنفيذ طويلة رغم أنها اقتصرت على الطرق التى لا تستخدم الحاسب الآلى وأنها ممكنة التطبيق على مستوى ادارة المشروع •

الفصل السادس

تخصيص الموارد للمشروعات المتعددة

مشكلة المشروع المتعدد

قد يتضمن برنامج التنمية الصناعية أكثر من مشروع وقد يتقدم العمل فى هذه المشروعات فى وقت واحد • وبسبب أن القيود على الموارد يمكن أن تؤثر على جدولة الأنشطة فى هذه المشروعات فانه يجب تطبيق الاساليب الفنية لتخصيص الموارد • وعندما يقوم كل مشروع بالسحب من مصدر للموارد خاص به فانه يمكن تطبيق أساليب التخصيص لموارد المشروع الواحد المعروضة فى الفصل الخامس • أما اذا قامت المشروعات بسحب مواردها من مصدر مشترك فانه من الضرورى أن تبذل جهود منسقة لحل التعارض فى الموارد النادرة بطريقة تفيد البرنامج كله • ومن المفضل تطبيق أسلوب تخصيص الموارد للمشروعات المتعددة فى هذه الحالة •

وأساسا فان مشكلة تخصيص الموارد للمشروعات المتعددة تماثل مشكلة المشروع الواحد حيث أنه يمكن أن تعامل شبكات عمل المشروعات على أنها شبكات عمل فرعية وترتبط فى شبكة عمل رئيسية واحدة للبرنامج كله • وان كان هناك تعقيد في المشكلة فانه يظهر فقط بسبب كبر الحجم • وعموما فان هناك عناصر أخرى تضيف الى درجة التعقيد فى المشكلة يتمثل العنصر الرئيسى فى أن هناك أولويات مختلفة للمشروعات المختلفة ، اذ قد يؤدي تأخير مشروع بدلا من مشروع آخر الى آثار خطيرة على التنفيذ الفعلى للبرنامج ككل حيث يجب أن تؤخذ الأولويات في الإعتبار اذا كانت هناك أسباب سليمة لذلك •

وفى بعض الأحيان يتدخل عنصر آخر الا وهو تحرك الموارد بين المشروعات فقد تكون هناك امكانية كاملة لتحريك وحدات الموارد بين المشروعات دون أية مشكلة ، أو أن تمثل أى حركة لوحدات الموارد من مشروع لآخر جهودا فائقة ووقتا وتكاليف ضخمة • ويتوقف ظهور أى من الحالتين السابقتين عادة على المواقع الجغرافية للمشروعات بالنسبة لبعضها وعلى درجة تحرك الموارد ذاتها • فقد تحدث احدى الحالات القصوى مثلا عندما تطبق أساليب تخصيص موارد المشروعات المتعددة على مرحلتى العمل الهندسى وما قبل الانشاء لعديد من المشروعات داخل البرنامج • وقد تتكون الموارد من نوعيات مقصورة من الفنيين والعمال المهرة عادة ما يعملون تحت سقف واحد • وتتميز هذه الحالة بتحرك كامل لوحدات الموارد • ولا تمثل الانتقال الى مشروع جديد ولا مجرد استبدال مجموعة خطط بأخرى • والنقيض قد يظهر

فى مرحلة الانشاء لنفس المشروعات اذا كانت المشروعات تقام على مساحات واسعة منفصلة وقد يتطلب كل منها أنواعا معينة من المعدات الثقيلة التى تتميز بقصور المتوافر منها • ويؤدى تحريك هذه المعدات من موقع لآخر الى تكبد نفقات ووقت هائلين • ومن ثم يجب مراعاة هذا الاعتبار فى جدولة أنشطة المشروع التى تتطلب تحريك مثل هذه المعدات •

وهناك عديد من الطرق الأخرى التى يمكن بتطبيقها أن يصل تخصيص موارد المشروعات المتعددة الى مستويات أكثر تعقيدا • فقد يتم سحب موارد بعض المشروعات من المصدر المشترك لموارد البرنامج بينما تأتى بعض الموارد من مصادر متاحة لمشروع واحد • كما قد تظهر مشاكل أكثر تعقيدا من هذا عندما تتشارك مشروعات داخل البرنامج فى موارد معينة مع بعض المشروعات الأخرى بينما تشترك فى مصادر مختلفة مع مشروعات أخرى تأتى فى موارد أخرى ويماثل ذلك فقد تكون هناك حرية كاملة فى حركة الموارد داخل البرنامج لبعض المشروعات دون بعضها الآخر •

أن هدف هذا الفصل اقتراح تعديلات على أساليب تخصيص موارد المشروع الواحد المعروض فى الفصل الخامس لبعض هذه التعقيدات الاضافية • ويخرج عن مكان هذه الدراسة اعداد أساليب تفصيلية لحالة المشروعات المتعددة أو تقديم معالجة تفصيلية لمشاكلها •

أساليب معالجة تخصيص الموارد للمشروعات المتعددة

فى حالة مشروعات البرنامج التى تسحب مواردها من مصدر مشترك يجب أن تراعى مع بعضها لتحديد أكثر الطرق ملائمة لتخصيص الموارد للبرنامج كله • ويمكن اجراء حسابات منفصلة لبيانات الجدولة الأساسية لكل مشروع (أوقات البدء المبكر والمتاخر وأوقات الانتهاء) فاذا لم تكن المشروعات كلها تبدأ فى نفس الوقت فانه يجب أن ترتبط أوقات بدء أنشطتها الاساسية بالجدولة الزمنية للبرنامج ككل، فمثلا اذا كان مشروع أ سوف يبدأ بعد ٩٠ يوما من بداية المشروع الأول فى البرنامج فانه يجب أن يحدد وقت البدء المبكر للنشاط الاساسى فى اليوم ٩١ قبل أن تجرى حسابات « التتبع للخلف » •

واذا كان هناك رأى معين لادارة البرنامج فى أولوية المشروعات ، فانه يجب التعبير عن هذه الأولوية فى شكل كمى مع أن هذا قد لا يكون أمرا بسيطا أو حتى دبلوماسيا • وبالطبع سنواجه تناقضا بالنسبة للموارد المتاحة يجب حله بالضرورة والا فانه لن تكون هناك حاجة الى تحليل تخصيص الموارد • وحل مثل هذا التناقض عادة ما يتطلب امتدادا فى تنفيذ بعض المشروعات على الأقل • وقد يكون تحديد التكلفة المحتملة لوحدة الزمن المضاعفة فى امتداد وقت تنفيذ المشروع أحد الأسس المنطقية للتعبير عن الأولويات • والرقم الناتج هو نفس الرقم المستخدم فى أسلوب بدائل التكلفة / الزمن المعروض فى الفصل الرابع لتحديد متى يتم الوصول الى أفضل جدولة • فهو يساوى تكلفة الأداء غير

المباشر للمشروع خلال المجال الزمنى الذى يتلو أكثر الأوقات تبكيرا لاستكمال المشروع كما يتضمن كذلك تلك التكلفة التى تمثل خسارة فى الدخل أو النفقات الاضافية الناتجة عن عدم بدء المشروع المستكمل فى العمل • واذا أمكن تحديد مثل هذه الأرقام فانها تعطى أساسا كميا نموذجيا لأولويات المشروعات ويمكن استخدامها مباشرة • والبديل الأقل دقة هو تحديد الأولويات بطريقة تحكمية على أساس تقدير المسئولين عن ادارة البرنامج •

ويمكن الآن تطبيق الأساليب الرئيسية المعروضة فى الفصل الخامس • لنفترض أن القيود على الموارد جامدة بدرجة تتطلب تطبيق الأسلوب المعروض فى الحالة (٢) • وسوف نناقش تعديلات هذه الطريقة بتفصيل أكثر • فاساسا يجب أن توضح حدود المتاح من الموارد ويمكن أن تتحدد بأحدى الطرق المقترحة فى الفصل الخامس ، ثم ترتب الأنشطة مع تتابع أوقات بدئها المتأخر • وبسبب العدد الضخم من الأنشطة فانه من المفضل وضع بيانات كل نشاط على بطاقات خاصة بكل نشاط بدلا من ادارج ترميزات النشاط على ورقة الدراسة كما اقترح فى الفصل الخامس ، وطالما أنه من الصعب تخصيص صف فى الشبكة المعدة فى ورقة الدراسة لكل نشاط على حدة فانه من الممكن تخصيص مجموعة من الصفوف لكل مشروع • وقد يمكن أن توضع أسماء أنشطة المشروع على المستطيلات المغنطة التى تحمل بيانات موارد الأنشطة ومن ثم فان الأنشطة التى لا تتمشى مع نفس المشروع يمكن أن توضع على نفس الصف أما حجم الفراغ الرأسى المطلوب لكل مشروع فانه يتحدد ليكفى فقط لاقصى عدد من أرقام الأنشطة التى يمكن أن تنفذ مع بعضها ، وهذا بالتالى وفر فى المساحة •

والسبب الآخر لوضع بيانات الأنشطة فى بطاقات راجع الى أن ترتيب الأنشطة سيتغير خلال الجدولة • فاذا زاد وقت الاستكمال لأحد المشروعات فان أوقات البدء المتأخر لكل الأنشطة داخل هذا المشروع سوف تزداد بحجم مساوى للزيادة فى وقت تنفيذ المشروع (رغم أن أوقات البدء المتأخر لأنشطة المشروعات الأخرى لن تتأثر) ورغم أن أوقات البدء المتأخر هى الأساس فى ترتيب الجدولة للأنشطة الا أن اعادة الترتيب ضرورية وبتسجيل الأنشطة على كروت تصبح عملية اعادة الترتيب ميسرة • ويتم تسجيل أوقات البدء المتأخرة الأصلية لكل نشاط على الجانب العلوى لكل بطاقة ثم ترتب البطاقات على أساس أرقام أوقات البدء المتأخر هذه • ثم تبدأ جدولة الأنشطة بالنشاط المدرج على البطاقات الأولى • وعندما يتطلب الأمر ضرورة تغيير وقت تنفيذ المشروع محل التناقض فى الموارد فان حجم التغيير المطلوب يدرج فى العامود المخصص له فى ورقة الدراسة أفقيا أمام المشروع المعين بطريقة مماثلة لتسجيل أوقات التأخير فى الشكل رقم (٦٣) • وحيث أن كل بطاقة تفحص مبدئيا لجدولة النشاط المدرجة عليها ، فانه يمكن تسجيل مجموع التأخيرات للمشروع الخاص بهذه البطاقات عليها نقلا من ورقة الدراسة ، واذا دعت الضرورة فانه يمكن دتطوير أوقات البدء المتأخر المدرجة على البطاقات ويعاد ترتيب البطاقة وفق أوقات البدء المتأخر المطورة • واذا كانت بطاقة ما سوف يعاد ترتيبها فانه لن تتم جدولتها فى حينه اذ ينتقل الفحص الى الجدول التالى وتستمر العملية •

وعندما يحدث تعارض فى الموارد خلال عملية الجدولة فان حل مثل هذا التعارض يتعقد فى حالة تواجد أولوية للمشروعات ، فاذا لم تتواجد أولويات للمشروع وكان الهدف الرئيسى هو اكمال البرنامج ككل فى أقل وقت ممكن ، فانه يمكن ربط كل المشروعات فى شبكة عمل واحدة • ويمكن ربط هـذه المشروعات ببعضـها فى البداية « بحدث » يمثل بداية البرنامج « وبحدث آخر » فى النهاية يمثل استكمال البرنامج • ومن ثم تنحصر المشكلة فى مشكلة تخصيص موارد للمشروع الواحد (ورغم أن شبكة العمل قد تكون ضخمة نوعا) باستثناء الاهتمام بتحريك الموارد بين المشروعات ونقل وحدات الموارد • وفى معظم الحالات توضع أولويات لاستكمال مشروعات بعينها داخل البرنامج ويجب أخذها فى الاعتبار •

ومن جدولة الأنشطة توضع أشرطته الممغنطة فى مواقعها على ورقة العمل • وقد يساعد فى هذا الشأن وضع ترميز النشاط فى الركن الأيسر العلوى من المستطيل ووضع وقت انتهائه المتأخر فى الركن العلوى الا يمن • ويفصل استخدام وقت الانتهاء المتأخر عن وقت البدء المتاخر لهذا لغرض طالمـا أنه من الممكن أن يتعطل النشاط أثناء عملية الجدولة • وسوف يظهر هذا الرقم عندما يمتد وقت تنفيذ النشاط وسوف يسمح أيضا ، أثناء جدولة الأنشطة الأخرى ، بالتحديد السريع الوقت سماح أى نشاط سبق جدولته • ومن الضرورى استخدام أوقات الانتهاء المتأخر الأصلية •ومن الممكن أن يتم تصوير هذه التأخيرات التى تمت فى المشروع حتى حينه ويمكن تحديد وقت السماح بسهولة وذلك التاريخ الذى يحدد لانتهاء النشاط (وحدة الزمن للعمود الذى ينتهى فيه المستطيل الخاص بالنشاط) من وقت انتهـاء المتأخر المطور • وبجدولة الأنشـطة فان المحاولة الأساسية التى تبذل هى العمل على البدء فيها فى الحال بعد استكمال آخر نشاط من الأنشطة السابقة • ويمكن التحقيق من هذا النشاط السابق بالنظر الى الشكل الملائم من شبكة العمل • ومن المفيد أيضا ادارج النشاط السابق على بطاقات النشاط المعينة لكل نشاط • ولتحديد أكثر الأوقات تبكيرا للنشاط الذى يتم جدولته فانه يتم ملاحظة مستطيلات الأنشطة السابقة من ورقة الدراسة •

وبسبب القيود على الموارد فقد يصبح من غير الممكن جدولة الأنشطة فى تواريخ مبكرة تالية لاستكمال الأنشطة السابقة • وفى هذه الحالة قد يتطلب الأمر اما تأجيل النشاط واعادة جدولة أنشطة أخرى ، أو اتخاذ اجراءات أخرى • وهنا يؤخذ فى الاعتبار كل مجموعة الأنشطة الجارية التى تتطلب الموارد المحدوده ، ومشتملة على الأنشطة التى سبق جدولتها والأنشطة التى يتم جدولتهـا الآن والهدف الأول هو محـاولة قصر أى اعادة جدولة على حدود أوقات السماح بقدر الامكان ، أما الهدف الثـانى فهـو ملاحظة الأولويات اذا كانت هناك حلول بديلة واعادة جدولة هذه الأنشطة باقل قدر من وضع الأولويات وفى الوضع النموذجى ، يجب اعادة الجدولة فى نطاق حدود سماحها الحر • واعادة فانه ليس عمليا توفير البيانات الضرورية للتفرقة بين السماح الحر والسماح المتداخل أثناء التقدم فى مثل هذه العمليات من الفحص المذكور •

واذا لم يكن من الممكن انجاز اعادة الجدولة فى نطاق حدود السماح ، فان اعادة جدولة الانشطة ستسبب تأخيرات فى المشروع • ويجب البحث عن أقل الحلول تفضيلا فى أولويات المشروعات وحجم التأخيرات الضرورية • فاذا توصلت الحلول البديلة الى قيم مساوية من التأخير فى مختلف المشروعات فانه يتم اختيار الحل الذى يحقق تأخيرا فى المشروع الاقل أولوية • أما اذا تضمنت هـذه الحلول قيما غير متساوية للتـأخير فان الوصول الى الحل يتم عن طريق ترجيح التأخيرات باستخدام قيم الاولويات للمشروعات المختلفة فاذا افترضنا مثلا أن المشروع أ له أولوية قدرها ٥٠٠ (بناء على التكلفه التى تقدر بـ ٥٠٠ دولار فى اليوم اذا تأخر المشروع) بينما أن المشروع ب له أولوية قدرها ٣٠٠ ، ولنفترض بالاضافة الى ذلك أن حل التناقض فى الموارد يتطلب اما أن يتـأخر المشروع أ بمقدار يوم واحد أو أن يتأخر المشروع ب بمقدار يومين • فى هـذه الحالة فانه يبدو من الافضل مد وقت تنفيذ المشروع ذو الاولية المرتفعة طالمـا أن (٥٠٠ × ١) أقل من (٣٠٠ × ٢) ، وبمجرد تحديد أقل الحلول أفضلية باشتماله على اعادة الجدولة التى تتسبب فى تأخير المشروع فانه يجب الأخذ فى الاعتبار اجراءات أخرى بديلة • فقد تتطلب هذه مثلا ، اعادة برمجة للانشطة لتغيير احتياجاتها من الموارد أو قد تكون هذه الاجراءات فى شكل قرارات لتقييد مستوى المتاح من الموارد ، وفى النهاية فانه يمكن تطبيق أفضل الحلول ، ثم يلتفت بعد ذلك الى النشاط التالى فى الترتيب وتستمر عملية الجدولة وفق هذا المنوال •

ويجب مراعاة مسألة تحرك وحدات الموارد داخل المشروع خلال عملية الجدولة وان كانت الخطوات المتعارف عليها من الصعب تلخيصها • فاذا كانت هناك تكلفة مرتبطة بنقل الموارد داخل المشروع فانه يجب تحديد هـذه التكلفة حتى تسـاعد فى عملية الجدولة • وبوجه عام اذا كانت وحدات الموارد سوف تطلب مرة أخرى فى مشروع معين ، فان البديل لنقلها الى مشروع آخر هو استبقائها فى مكانها حتى يمكن اعادة استخدامها • وقد يسبب هذا تأخيرا فى مشروعات أخرى • فاذا كان الأمر كذلك فان المسألة تصبح مسألة ما اذا كان الوفر الذى يتحقق من عدم نقل المعدات من والى مشروع آخر أكبر من تكلفة التأخير الناتج ، والصعوبة فى الوصول الى قرار فى هذه المسألة أنه ليس عمليا النظر الى فترة طويلة جدا مقدما • طالما أنه لم تتحدد بعد الأنشطة المستقبلة التى سيتم جدولتها فى الوقت الذى ستدخل فيه مسألة نقل الموارد فى الاعتبار الاول • ومن المحتمل أن يكون أكثر المناهج فعالية هو النظر الى المسألة فى تطويرها الزمنى • فاذا ما تطلب نشاط ما وحدات من الموارد كانت موجودة فى هذا النشاط من قبل ولكنها نقلت الى بعض المشروعات الاخرى فانه من الممكن اعادة النظر وتعديل الجدولة التى تم اعدادها فعلا • وطالما ان الفترة التى سيعاد تحليلها لا تمتد كثيرا فى الفترة السابقة من تاريخ المشروع فانه يمكن اعداد جدولة بديلة تحقق فائدة للمشروع باستبعاد بعض التحويلات فى الموارد هو بذل مزيد من الجهود فى اعداد جدولة مطولة •

ومع وضوح ضرورة التأخير مع تقدم الجدولة فان هذه التأخيرات سوف تدرج على ورقة الدراسة كما سبق توضيحه • ومن المفضل بالاضافة الى ذلك الاحتفاظ بسجل

عن الأنشطة والموارد المعنية التى تسببت فى كل تأخير من التأخيرات • وسوف يساعد هذا فى اجراء مزيد من التحليلات الذكية للنتائج النهائية والقاء مزيد من الضوء على تحديد ما اذا كان من الواجب زيادة مستوى الموارد المتاحة أو اذا كان من الواجب اعادة برمجة أجزاء معينة من البرنامج •

مناقشة مشكلة كعينة

فى ديسمبر ١٩٦٣ عقدت حلقة دراسية لمدة يومين فى واشنجطن عن جدولة المشروع المتعدد البرمجة بناء « الطرق السريعة » تحت اشراف (مؤسسة الأمن الآلى) وقد خصص برنامج الحلقة الدراسية أساسا لمناقشة طرق تخصيص موارد المشروع المتعدد وبوجه خاص لمناقشة برنامجين من أكثر برامج الحاسبات الآلية تطورا (كلاهما برنامج تملكه مؤسسات خاصة) لتحقيق هذا الغرض • وقد قام ممثل المؤسسة المشرفة على المؤتمر (مؤسسة الأمن الآلى) بتقديم عينة لمشكلة تتضمن برنامجا مكونا من اثنى عشر مشروعا يمكن تنفيذها مع بعضها البعض وكل منها يستخدم تسعة أنواع من مواد مختلفة يتم سحبها من مصدر واحد • وتتكون الموارد من ٣٢ رجلا مقسمين الى فنيين ومساعدى فنيين وهم مرتبطون بالجهود الهندسية المطلوبة لفترة ما قبل الانشاء للاثنى عشر مشروعا ، وتشمل التقسيمات على التخطيط ، هندسة المرور ، العرض ، تصميمات الطرق السريعة ، وكانت المشروعات مطابقة تماما لمشروعات الطرق السريعة ، وكان هناك حرية كاملة فى حركة الموارد بين المشروعات ، وكانت القيود على الموارد جامدة الى حد ما • اذ كانت فى مستوى وحدتين من كل موردين ، ٣ وحدات لمورد آخر و ٤ وحدات من مورد آخر • وكانت النتيجة أن وقت تنفيذ البرنامج يجب أن يمتد بدرجة كبيرة ليتناسب مع أطول المشروعات تنفيذا فى البرنامج الذى كان يبلغ ٤٨ يوما • وقد عرضت هذه المشكلة للحل بواسطة كل برنامج من برنامجى الحاسب الآلى المذكورين • وقد قورنت النتائج وتم تحليلها • وقد استطاع أحد البرنامجين أن يجدول البرنامج كله فى ٩٦ يوما دون أن يتخلل ذلك أى توقف لنشاط من الأنشطة •

أما البرنامج الثانى فقد نجح فى اعداد الجدولة لكل البرنامج فى ٨٨ يوما وان كان العمل قد تعطل فى ٩ أنشطة •

وقد تم اختيار التكنيك المقترح فى هذا الفصل على نفس المشكلة ، فمن ناحية تطلبت الجدولة بالطريقة اليدوية يوم عمل كامل • وبالمقارنة لما يمكن أن يحققه الحاسب الآلى من حل المسالة ربما فى دقائق بمجرد اعداد وتقديم البيانات اليه ، ومن ناحية أخرى كانت نتائج الطريقة اليدوية أفضل وأثبتت أنها تساوى مابذل فيها من مجهود اذ أن البرنامج تمت جدولته لفترة ٨٨ يوما دون تعطل فى أى من الأنشطة ومن ثم فقد تحقق بهذه الطريقة الجمع بين مزايا برنامجى الحاسب الآلى • واهم ما تحقق فى هذه النتيجة أنه قد تم الوفاء تماما بمتطلبات الأولويات وأنه لم يحدث أى تأخير على الاطلاق فى أى

من المشروعات الثلاثة التى تحتل أهم الأولويات ، بينما فى أحد برنامجى الحاسب الآلى تعطل أهم مشروعات البرنامج أولوية لمدة سبعة أيام ، بينما تعطل ثانى مشروعات البرنامج اولوية لمدة سبعة أيام على الترتيب فى كل برنامج من برنامجى الحاسب الآلى على التوالى • وفى الطريقة اليدوية تم الوفاء بمتطلبات الأولوية لخمسة مشروعات من اثنى عشر مشروعا بطريقة أفضل من أى من برنامجى الحاسب الآلى • وكانت أيضا أفضل من أحد البرنامجين بالنسبة لمشروعين آخرين وكانت على نفس مستوى جودة البرنامج الآخر • وفى مشروع آخر كانت بنفس مستوى جودة الطريقتين الآليتين ولم يصل مستوى الطريقة فى أى من الحالات الى درجة الضعف التى وصل اليها أحد البرنامجين • وأهم ميزة فى الطريقة اليدوية اكتساب الشخص الذى يقوم بالعمل فهما واضحا للمشكلة وأسباب التأخير فى المشروع • ومن المحتمل أن يعرض مقترحات ذكية لتحسين جدولة البرنامج فيما يختص بمتطلبات الموارد عن الشخص الذى يقوم بمجرد دراسة النتائج النهائية لبرنامج الحاسب الآلى • ومن الناحية التطبيقية فان بعض هذه التغيرات المقترحة يمكن أن تكون قد أدخلت فعلا فى المراحل المبكرة من اعداد الجدولة • والواقع أنه قد تم تطبيق الطريقة اليدوية فى الحالة موضع الدراسة دون فرض عقبات غير حقيقية بغرض مقارنة نتائج هذه الطريقة بالحلول الأخرى ، والتغيرات الوحيدة التى سمح بادخالها هى اعادة الجدولة فقط • واذا سمح للشخص الذى لديه معرفة بالعمل الواجب ادائه أن يعيد برمجة بعض الأنشطة أو أن يأخذ فى اعتباره عديدا من الوسائل الأخرى المتاحة بجانب اعادة جدولة الأنشطة ، فانه من المؤكد تماما أن الجدول الذى يتم اعداده سوف يتحسن الى حد كبير •

والتساؤل الذى يثار الآن هو ما اذا كان هناك تبرير للجهد الذى يبذل فى جدولة اى برنامج سواء استغرق هذا الجهد يوما أو عدة أيام • فاذا لم تتوافر امكانيات الحاسب الآلى ، فان البديل الذى يظهر هو حذف البرامج المتقدمة ومواجهة المشاكل عندما تظهر • فاذا كان هذا هو الاختيار المعروض وكان للبرنامج محل الجدولة درجة من الأهمية فانه يجب تبرير الجهد المطلوب بالبرمجة المتقدمة بالمنافع التى تنتج من هذه البرمجة أما اذا توافرت امكانيات الحاسب الآلى فانه لا يزال من المحتمل أن يستحق التحليل اليدوى أهميته للبرامج الهامة • ويمكن استخدام كلا من الطريقتين ويمكن أن يصملا على تدعيم بعضها البعض •

وعادة ما تحتل البرامج التى تتضمن تنمية صناعية أهمية للاقتصاد القومى ومن ثم تشتمل على قدر كبير من المصروفات والمجهود خلال فترة طويلة من الزمن وتؤدى الى ربط الموارد النادرة التى يمكن أن تستخدم فى مشروعات هامة أخرى • وتبرر مثل هذه البرامج العمل المضنى فى البرمجة السابقة على بدئها والتى تستمر خلال فترة تنفيذها • واذا كانت هناك طريقة بها احتمال كبير لتحقيق نتائج طيبة فانه يجب تطبيقها حتى لو تطلبت بذل مزيد من الوقت من أحد الأعضاء الرئيسيين فى ادارة البرنامج • ويبدو أن هذه الطريقة تتمثل فى استخدام طرق الجدولة التى تسمح بأكبر قدر من التقدير والتحكم باستخدام بيانات وميكانيكية شبكة العمل •

الفصل السابع

ربط بدائل التكلفة / الزمن بتخصيص الموارد

صلاحية التطبيقات المستقلة

لقد تم عرض طرق تطبيق بدائل التكلفة / الزمن فى الفصل الرابع وطرق تطبيق تخصيص الموارد فى الفصلين الخامس والسادس • وقد تم معالجة كل موضوع على حدة • وهذا منهج عام اتبع فى معالجة جوانب مختلفة من هذين الموضوعين وهذا يتضمن أن هذين الأسلوبين الفنيين مستقلين ويمكن تطبيق كل منهما على حدة ، فهل هذا صحيح من الناحية العلمية ؟

وقد يبدو أن التطبيق المنفصل لتحليل تخصيص الموارد أكثر امكانية من التطبيق المستقل لبدائل التكلفة/الزمن ، ففى الواقع أن معظم طرق تخصيص الموارد تتضمن قرارات معينة لبدائل التكلفة / الزمن بالمعنى الواسع على الأقل • اذ يجب اقرار حدود المتاح من الموارد • اذ ما لم يتحدد المتاح من الموارد بنهاياتها القصوى المطلقة ، وهو أمر يستحيل فى الغالب ، فانها تتضمن نوعا من بدائل التكلفة / الزمن كما وان قرار وضع حد معين على المتاح من الموارد هو عملية توفيق بين تكلفة استخدام مزيد من الموارد ودرجة القيود التى تفرض على جدولة الأنشطة التى تحتاج الى هذا النوع من الموارد • كما أن الوضع الأخير عادة ما ينعكس على احتياجات المشروع من الوقت • وبعد اقرار حدود المتاح من الموارد تتم جدولة الأنشطة لمواجهة هذه القيود •

وطالما أن الجدولة مقتصرة على حدود السماح ، فان اوقات تنفيذ المشروع لا تتأثر ولكن معظم البدائل الأخرى تشتمل على أشكال أخرى لبدائل التكلفة / الزمن •

فاذا امتد وقت تنفيذ المشروع بسبب أن جدولة الأنشطة قد زادت عن حدود السماح فان هذا قرار تكلفة/زمن ، واذا زاد وقت تنفيذ المشروع لتجنب نفقات زيادة مستويات المتاح من بعض الموارد • أو بالعكس اذا زاد مستوى المتاح من الموارد أثناء تطبيق طرق تخصيص الموارد فان هذا قرار يتضمن نفقات يمكن أن تقصر وقت تنفيذ المشروع أو تمنع وقت تنفيذه من الزيادة • واذا أعيد تخطيط الأنشطة لتقييد احتياجاتها من الموارد وأوقات تنفيذها فانه ينطوى على عنصر تكلفة • وبوجه عام فان الهدف من ذلك هو التأثير على وقت تنفيذ المشروع • ومن ثم فان هناك بدائل تكلفة/زمن • وبدائل التكلفة/الزمن المعروضة فى الفصل الرابع تضمنت تغييرات فى طريقة أداء الأنشطة التى أثرت فى أوقات تنفيذها واحتياجاتها من التكلفة • وقد طبقت بطريقة متعارف عليها الى حد ما لاحداث تغيير فى وقت تنفيذ المشروع • ومن الممكن القول أن طرق تخصيص الموارد يمكن تطبيقها

باستقلال عن بدائل التكلفة/الزمن اذا كانت طبيعة المشاكل من هـذا القبيل أما اذا تم تطبيق تعريف عام لبدائل التكلفة/الزمن ليشمل أي اجراءات توازن بين التكلفة والتغيرات في وقت تنفيذ المشروع ، مثل التغير في مستوى المتاح من الموارد أو احتياجات الأنشطة من الموارد فانه يصبح من الصعب تطبيق طرق تخصيص الموارد دون بدائل التكلفة/الزمن ٠

هل يمكن تطبيق طرق بدائل التكلفة/الزمن دون تحليلات الموارد ؟ والاجابة بنعم ولكن بطريقة مماثلة لطريقة النعامة ، وفقا للاعتقاد الشائع ، أنها تدفن رأسها في الرمال لتجنب الخطر ٠ اذ يمكن لواضع البرنامج أن يغمض عينيه عن الظروف القائمة ويتخذ قرارات تبدو له أنها تقدم حلولا جيدة وان كانت غير فعالة في الواقع اذ ما لم يكن المتاح من الموارد يزيد عن أي نهايات عظمى قد تحدث من الاحتياجات وبشرط عدم تحمل أي نفقات ترتبط بتغير الاحتياجات على مر الزمن،فانه لا يمكن تحقيق بدائل التكلفة/الزمن مهما كانت سوف تؤثر على وقت تنفيذ نشاط أو أكثر ٠ اذ أنه بغض النظر عن تغير إحتياجات الانشطة من الموارد فان تغير وقت تنفيذ المشروع يؤدى الى تغيرات في جدولة الموارد ، وبوجه خاص فان أي تغير في جدولة الموارد سوف يؤثر في التكلفة ٠ انه يجب مراعاة تغيرات التكلفة لتحديد ميل التكلفة الذي يبنى ء على أساسه بدائل التكلفة/الزمن، اذ ما لم تؤخذ تغيرات التكلفة في الاعتبار فان البيانات الأساسية تصبح غير صحيحة وقد تقود الى نتائج خاطئة فقد تصبح بعض التغيرات التي قديرى اجراؤها مستحيلة من الناحية الواقعية بسبب نقص الموارد المتاحة ٠ لذلك فانه لا يجب فصل تطبيقات بدائل التكلفة/الزمن عن تحليلات تخصيص الموارد ٠

التطبيقات المشتركة

بغض النظر عن امكانية التطبيق المنفصل لطرق بدائل التكلفة/الزمن وتخصيص الموارد فان استخدامها معا أمر مرغوب لتحقيق خطة تنفيذ وجدولة جيدين ، فمعرفة جدولة الموارد مثلا أمر لا يجب مراعاته فقط في تحديد بدائل التكلفة/الزمن لكنه يفتح مجالا جديدا لامكانيات التوصل الى أوضاع أفضل لبدائل التكلفة/الزمن ، فمعرفة الطاقات العاطلة القائمة في زمن محدد تسمح باجراء تغييرات لاستخدام هذه الموارد العاطلة ٠ وقد يمكن انجاز هذه التغيرات عند ميل للتكلفة معادل للصفر أو منخفض جدا ٠ فاذا كانت هناك احدى المعدات عاطلة خلال فترة زمنية معينة فقد يكون من الممكن استخدامها في أداء أنشطة جدولة لتنفذ في هذه الفترة لخفض تكاليفها رغم أنه قد لا يمكن تبرير مثل هـذا الاستخدام لو كانت وحدة المعدات المذكورة غير عاطلة أو اذا كان العاملون لا يقومون بأي عمل خلال فترة زمنية معينة ، فانه عادة ما يمكن تشغيلهم في أنشطة تحت التنفيذ رغم أن هذا يؤدى الى أن يصبح حجم العمالة المشغلة أكبر من أحجام العمالة المثلى التي تحقق أقصى كفاءة ٠ وفي كلتا الحالتين فانه يمكن تخفيض أوقات التنفيذ بأقل من التكلفة أو بدون تكلفة على الاطلاق ٠

وقد تتطلب طرق تخصيص الموارد تاجيل أنشطة حرجة أو جدولة أنشطة غير حرجة خارج نطاق سماحها وبوجه خاص اذا كان من الصعب الوفاء بمستوى المتاح من الموارد • وفى كلتا الحالتين تنشأ فجوات فى المسار الحرج • فاذا لم تتم جدولة أى نشاط حرج (أى ذلك النشاط الذى له سماح كلى قدره صفر) عند وقت بدئه المبكر فانه سوف يتحقق للانشطة السابقة له أوقات سماح وبالتالى تتوقف عن أن تكون حرجة ، ومن ثم فانه لن يكون هناك أى مسار حرج على نطاق كل شبكة عمل المشروع • وقد يتبقى بعد جدولة مكثفه لتخصيص الموارد ، عدد قليل من الأنشطة الحرجة ، بالمعنى الذى تحدد فيه مفهوم النشاط الحرج حتى الآن • وهذا له آثار هامة على تطبيق اجراءات بدائل التكلفة/الزمن التى عرضت فى الفصل الرابع • حيث أن هذه الاجراءات تتطلب استخدام الأنشطة الحرجة • اذ ما لم يوسع التعريف الخاص بالأنشطة الحرجة فقد لا تتوافر الا فرص قليلة لتطبيق بدائل التكلفة/الزمن بسبب عدم توافر أنشطة حرجة • فلو اعتبر النشاط الحرج بأنه أى نشاط يؤثر تنفيذه مباشرة على استكمال المشروع،فقد تظهرفرص جديدة لتطبيق بدائل التكلفة/الزمن كما يمكن النظر أيضا الى الأنشطة الحرجة بأنها تلك التى تتسبب احتياجاتها من الموارد فى اجراء الجدولة التى تخلق الفجوات فى المسار الحرج • والطرق التى تؤدى الى تقييد أداء هذه الانشطة وكذا احتياجاتها من الموارد تصبح اجراءات فعالة لتقييد وقت تنفيذ المشروع وبالتالى تظهر امكانيات عديدة لادخال بدائل التكلفة/الزمن ، اذ كما سبق أن أشير عالية بأنه يمكن معاملة كل موضوع تحسين حدود الموارد على أنها مسألة بدائل تكلفة/زمن •

خطوات التطبيق المشترك

لقد اتضح أن التطبيق المشترك لبدائل التكلفة/الزمن وتخصيص الموارد أمر مرغوب فيه ، ويتطلب التطبيق المشترك تعديلات للطرق التى سبق تقديمها بالنسبة للتطبيقات المستقلة لكل من الأسلوبين • ومن الملائم أن نختتم هذه الدراسة بالخطوات التالية المقترحة للربط بين هذين الأسلوبين الفنيين :

١ ـ يتم اعداد خطة تنفيذية للمشروع ومنها رسم شبكة العمل مع محاولة أن تقلل الى أقصى حد من حجم التجزئة والتفاصيل فى الأنشطة فى التوصل الى تمثيل معقول وواقعى لخطة تنفيذ المشروع • وتأسيس علاقات شبكة العمل أساسا على احتياجات التتابع العينى وتجنب التتابع المبنى على ما تفرضه قيود الموارد ما لم يتوافر لدى معد البرنامج أى درجة من الشك فى ضرورتها •

٢ ـ يتم الحصول على تقديرات زمنية لكل نشاط فى شبكة العمل • فمن المرغوب فيه أن تبنى هذه التقديرات على تلك الطرق من الأداء التى تتضمن أقل قدر من التكلفة المباشرة ويؤدى هذا الى بناء منحنى منتظم للتكلفة/زمن من نقطة البدء للحل الطبيعى

وليس من الضرورى أن تستخدم نقطة البداية هذه • اذ أنه قد اقترح استخدام نقطة بدء « التقدير الأول » (For dahl ١٩٦٢) عندما يكون من المعروف أن الأداء الفعلى مطلوب فى وقت أقل بكثير من الأداء الطبيعى •

٣ ــ يتم اعداد حسابات الجدولة الأساسية للوصول الى أوقات البدء والانتهاء المبكر والمتأخر ، ومعرفة الأنشطة الحرجة •

٤ ــ يتم الحصول على رقم للتكلفة يمثل قيمة التكلفة بالنسبة لوحدة الزمن لأى تخفيض فى وقت تنفيذ المشروع • اذ أن هذا يستخدم كمعيار لتحديد ما اذا كانت هناك حاجة لاستخدام بدائل التكلفة/الزمن • ثم يتم انجاز أى تفصيل للتكلفة/الزمن عند ميل تكلفة مساو للصفر أو عند أقل ميل ممكن لها مناسب لرقم التكلفة الذى تم الحصول عليه • وغالبا ما يكون الاسراع بالأنشطة الحرجة التى تم تحديدها بأقل قدر من التكلفة أو بلا تكلفة على الاطلاق بتخطيط أكثر تفصيلا أو عن طريق مزيد من التجربة للسماح بمزيد من التداخل فى أدائها وليس من الضرورى اعداد بيانات عن التكلفة الطبيعية أو وقت الاسراع أو تكلفته لأى من الأنشطة • وتتخذ القرارات فقط على أساس مراعاة التغيرات فى وقت وتكلفة الأنشطة الحرجة وأثر هذا على وقت تنفيذ المشروع • والواقع أن بدائل التكلفة/الزمن سوف تنفذ بطريقة تلقائية دون مراعاة الآثار على جدولة الموارد التى لم يتم اجراؤها بعد، وبمجرد اعداد جدولة الموارد فان تطبيق بدائل التكلفة/الزمن مشتملة على تحليل لكل شبكة العمل سوف تتطلب قدرا متزايدا من استخدام البيانات لتصحيح هذه الجداول • فاذا أجريت بدائل التكلفة/الزمن عند هذه المرحلة من الحل وكانت مقصورة على تلك الأنشطة ذات التكلفة المنخفضة • فانه قد يمكن تبريرها حتى الآن وبعد معرفة الفرص الاضافية الممكنة مدعمة بمعلومات عن جدولة الموارد فيها أكثر من هذا ، فان تلك التغيرات التى يثبت عدم فعاليتها بسبب عدم اعطاء حل أفضل للطلب على الموارد يمكن عكسها فى فترة لاحقة ، وبوجه عام فانه يمكن استعادة التكلفة عن طريق استخدام الزمن المتوفر فى مراحل المشروع الأولى •

٥ ــ يتم اعداد جداول موارد لأنواع معينة تتسم بندرتها أو بارتفاع ثمنها أو التى يتضح أن المشروع يحتاج الى كميات منها تؤدى الى خلق مشاكل بالنسبة لمستوى المتوفر منها •

٦ ــ تختبر جداول الموارد الناتجة ووقت تنفيذ المشروع من حيث مدى ملائمتها بوجه عام • اذ من المتوقع أن جداول الموارد يمكن تحسينها عن طريق اتخاذ اجراءات معينة • واذا لم تكن قيود الموارد تسمح بهذا • فانه يمكن تخفيض وقت تنفيذ المشروع عن طريق مزيد من التكلفة • واذا كانت النتائج المتاحة ضعيفة بدرجة تشير الى احتمال أن تكون خطة التنفيذ الأساسية غير قابلة للتطبيق وأنه من المفضل اجراء اعادة شاملة للبرمجة فان من المستحسن اجراء هذا قبل اجراء مزيد من التحليلات الاضافية •

٧ — والخطوة التالية تعتمد على درجة القيود على الموارد وتقصير المشروع ووقت تنفيذه • لنفترض موقفا صعبا يشتمل على مستوى منخفض للموارد المتاحة ومشروعا مركبا على فترة زمنية طويلة •

٨ — يتناول العمل شبكة العمل كلها فى محاولة للوصول الى حلول لازالة القمم فى الاحتياجات التى تزيد فى مستواها عن مستوى الموارد المتاحة • وبسبب حجم البيانات التى يشتمل عليها هذا العمل فان مثل هذه الحلول سوف تقتصر الى حد كبير على اعادة الجدولة فى نطاق حدود وقت السماح الحر أو السماح المتداخل حيث أن سلسلة الأنشطة المتأثرة محدودة أو أن يكون اللجوء الى طرق أخرى لها تأثيراتها المترابطة المحدودة • وبوجه عام فان اجراء مزيد من تحليلات بدائل التكلفة/الزمن أمر ليس عمليا بسبب حجم البيانات التى يجب تطويرها •

٩ — يتم التوصل الى حدود لما هو متاح من الموارد قبل اجراء مزيد من التسوية التفصيلية للاحتياجات •

١٠ — يتم اعداد شبكات عمل فرعية للجزء الأساسى من المشروع باستخدام أسلوب «التجزئة الفترية» من استخدام فترة زمنية لشبكة العمل الفرعية تحقق شبكة عمل صغيرة جدا (بعد اجراء مزيد من التوسع فى الشبكة اذا كان للتفصيلات الاضافية ميزة ما وبعد اضافة اى مورد آخر يستحق عناية خاصة) حتى تسمح بالتطبيق العملى لبدائل التكلفة/الزمن والأساليب الفنية لتخصيص الموارد ، ولا تتناول فترة زمنية طويلة مقدما أكثر مما يرغب فى اجراء تفصيل لبرنامجها •

١١ — تطبق الطريقة الموضحة فى الحالة (٢) فى الفصل الخامس لاعداد جدول يفى بالمتاح من الموارد • وعندما يظهر تعارض قد يتطلب امتدادا فى وقت تنفيذ المشروع تدرس امكانية تطبيق طرق بدائل التكلفة/الزمن كاعادة تخطيط الأنشطة لخفض احتياجات الموارد ، الاسراع بالأنشطة لتجنب تنفيذ أنشطة فى وقت واحد قد تخلق تعارضا فى استخدام الموارد أو يتم تغيير مستوى المتاح من الموارد •

١٢ — بعد اعداد جداول لأنشطة شبكة العمل الفرعية تفى بالقيود على الموارد ، تبدأ محاولة دراسة بدائل التكلفة/الزمن التى قد تؤدى الى خفض وقت تنفيذ المشروع • والواقع أن امكانية تحقيق هذا تعتمد على امكانية حل مشاكل الموارد فى شبكات العمل الفرعية التالية ، ومن الممكن طبعا أن تنفق بعض المصروفات دون فائدة ، الا أنها تمكن من دراسة فرص الاسراع للمشروع ومعظم هذه الفرص من المحتمل أن تقود الى نتائج ناجحة عند اجراء بدائل التكلفة/الزمن مع محاولة الاستفادة من فترات عدم استخدام بعض الموارد المتاحة وهذا يزيد من فرص بدائل التكلفة/الزمن ويمكن من اجراء تسوية الاحتياجات المتباينة للموارد •

١٣ ـ يتم فحص اى تغيرات اخرى قد تساعد فى تسوية قمم الاحتياجات من الموارد حيث أن التغيرات فى هذه الاحتياجات رغم انها قد تكون أدنى من المستوى المتاح من الموارد الا أنها تمثل تكلفة بوجه عام ، فتمهيد هذه المنحنيات هى وسيلة فعالة لخفض التكلفة .

١٤ ـ ومع تقدم العمل فى فترة شبكة العمل الفرعية يحتفظ بجداول التوقيت والموارد مطورين ويستمر فى تطويرهما . وتعد برمجة العمل عندما تتطلب التغيرات ضرورة هذا عندما تلوح فرص جديدة او يتوصل الى معلومات اضافية عن ظروف المشروع . او عندما يمكن تخصيص مزيد من الوقت للتحليل التفصيلى . يبدأ باعداد شبكة العمل الفرعية التالية قبل أن ينتهى العمل فى شبكة العمل الفرعية الحالية بوقت كاف .

١٥ ـ عندما يكون هناك سبب للاعتقاد بأن التغيرات فى شبكة العمل الفرعية قد تؤدى الى تغيرات اساسية فى كل وقت المشروع أو جداول الموارد . فانه يجب اجراء تحليل شامل لكل الخطة المتبقية ، كما فى الخطوتين ٣ ، ٩

ويجب التأكد من أن الأساليب المقترحة فى هذه الدراسة قد عرضت بطريقة مبسطة الى حد كبير لتطبق بغير طريق الحاسب الآلى على مستوى المشروع . وقد كان الهدف الأساسى لهذه الدراسة هو تناول المشاكل التى تعتبر معقدة وصعبة الحل حتى باستخدام الحاسبات الآلية ذات الطاقة التخزينية الضخمة . ولم تكن الطرق التى قدمت طرقا رياضية متطورة ولا يصح القول بأنها تحقق حلولا مثلى . اذ أنها تعتمد بدرجة كبيرة على تطبيق المعلومات وتقدير وحكم مستخدمها . ومن المعتقد أن قابلية تطبيق هذا التقدير خلال عملية تطبيق طرق الحل المختلفة عادة ما تعطى حلولا أفضل من التطبيق للطرق الرياضية المتعارف عليها .

واخيرا فاننا لا نستهدف تطبيق هذه الطرق خلال مرحلة البرمجة الأساسية فقط ، فالسبب الرئيسى لمحاولة استخدامها كادوات على مستوى المشروع ، وللاعتقاد بانها فعالة هو انه من المتوقع استخدامها للتطوير المستمر واعادة التحليل خلال فترة تنفيذ المشروع، فهذه الطرق فى الحقيقة ادوات ديناميكية ويجب استخدامها بهذا الشكل .

المراجـع

Alpert, L. and D.S. Orkand (1962). *A time-resoure trade-off model for aiding management decisions.* Operations Research Inc. (Technical Paper No. 12)

Anon. (1961a). "Critical-path scheduling". *Plant Administration and Engineering* (October).

Anon. (1961b). "Teaching PERT project network technique", *Training Directors* (December).

Anon. (1962a). "CPM moves into the specifications", Engineering News-Record (December 6).

Anon. (1962b). "Critical-path scheduling"; Chemical Engineering (April 16).

Anon. (1962c). "Planning, implementation and appraisal through PERT", *Business Budgeting* (January).

Anon. (1962d). "Time-scale simplified CPS diagrams", *Plant Administration and Engineering* (March).

Anon. (1965). "Contractors shift from arrow to precedence diagrams for CPM" *Engineering News Record* (May 6), 32-33.

Archibald, R.D. (1962). *Experience using the PERT cost system as a management tool,* Institute of Aerospace Sciences. Los Angeles (June 21).

[Automotive Safety Foundation (1953). *Multi-project scheduling for highway program; proceedings of a two-day workshop,* Washington D.C.

[Baker, B.N. and R.L. Eris (1964), *An introduction to PERT/CPM,* Irwin, Homewood, Ill.

Battersby, A. (1964). *Network analysis for planning and scheduling,* St. Martin's Press, New York.

Bentel, M.L. (1963). "Computer estimates costs, saves time, money", *Engineering News-Record* (February 28).

Biglow, C.G. (1952). "Bibliography on project planning and control by network analysis : 1959-1961", *Operations Research* 10 (5), 93-104.

Boslim, G. A. W. (1962). "Helping the executive to make up his mind; (decision theorists come to rescue with CPM and PERT linear programming etc.) *Fortune* 65 April), 128-131.

Fess, J. A. (1963). *A non-intuitive decision-making method for configuration of a complex system*, International Business Machines Corporation, Space Guidance Center. Oswego, N.Y.

Charnes, A. and W.W. Cooper (1962). "A network interpretation and a directed subdual algorithm for critical path scheduling , *Journal of Industrial Engineering* 13 (4). 213-218.

Clark, C. (1960). *A discussion of an action planning and control technique*, International Minerals and Chemical Corporation, Freeport, Texas.

Clark. C. (1961). "The optimum allocation of resources among the activities of a network", *Journal of Industrial Engineering* 12 (1).

Elmar, U.P. (1961). *Systems research and design*, Wiley, New York.

Fazar, W. (1962). Planning implementation and appraisal through "PERT" *Business Budgeting* (January).

Fondahl, J. W. (1962). *A noncomputer approach to the critical path method for the construction industry*, 2nd ed., Department of Civil Engineering, Stanford University, Stanford, Calif.

Fondahl, J.W. (1964). *Methods for extending the range of noncomputer critical applications*. Department of Civil Engineering, Stanford University, Stanford, Calif. (Technical Report No. 47).

Fulkerson, D. R. (1961). "A network flow computation for project cost curves" *Management Science* 7 (2), 167-179.

Hall, A.D. (1962). *A methodology for systems engineering*, Van Nostrand, Princeton, N.J.

Hamdy, M.H.A. (1967). *Application of network procedures in the implementation of industrial projects in developing countries*, paper presented at the International Congress for Project Planning by Network Analysis, Vienna, Austria, 21-27 May 1967.

Hamdy, H. A. (1969). *Problems encountered in the application of network analysis techniques in project implementation in developing countries and pertinent recommendations* paper presented at the International Congress for Project Planning by Network Analysis Amsterdam, the Netherlands 6-10 October 1969 published in *Project Planning by Network Analysis* (Proceedings of the Second International Congress Amsterdam, the Netherlands 6-10 October 1969) pages 54-70.

Kelley, J.F. and M.R. Walker (1959). "Critical path planning and scheduling" in *Proceedings of the Eastern Joint Computer Coference Bostor* 1-3 *December* pp. 160-173.

Kelley, J.E., Jr. (1961). Critical path plannir g and scheduling : mathematical basis? *Operations Reseulch* 9 (3)" 296-320.

Levin, R.I. and C. A. Kirkpatrick (1966). *Pla ning and control with PERT/CPM*. McGraw-Oill New York.

Marshall, A.W. and W.H., Meckling (1959). *Predictability of the costs, time and success o- development*, RAND Corporation (Reportp 1821).

Miller, R. (1962). "How to plan and control with PERT", *Hanvad Business Review* (March-April), 93-104.

Miller, R. W., (1963). *Schedule, cost and profit with control PERT; a comprehensive guidde for program management*, McGraw-Uill, New York.

Moder, J.J. (1963), "How to do CPM scheduling without a computer", *Engineering News-Record* (March 14) ,30-34.

Moder, J. J. and C.R. Phillips (1966). *Project management with CPM and PERT* 3rd ed., Reinhold, New York

Mottan, J. J. Jorgsen and M. Larsen (no date) "RAMPS : a technique for resource allocation and multiproject scheduling, ", in *Pproceedings* 1963 *Spling Joint Computer Conference*, Books Incorporated, New York.

Mundorff, C.T. and W. Bloom (1960), *Managing a development programme*, Bureau of Research and Development, FAA, General Precision Inc., New York.

Muth, J. E. and G. L. Thompson (1963). *Industrial scheduling*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs N.J.

Norden. P.V. and F. J. O'Reilly (1960). *Life cycle method of project planning and control*, *International* Business Machines Corporatior Data Systems Division. Poughkeepsie N.Y.

Pearman. J. (1960). "Erginecring program planning and control through the use of PERT". *IRE Transactions on Engineering Management* 7, 125-134.

Sando, F.A. (1964). "CPM, what fectors determine its success". *Architectural Record* 155 (pri' /May) 202-204... 211-216.

Shaffer, P.J.B. Ritter and W. L. Meyer (1965). *The critical-path method* McGraw-Hill New York.

Simms, T.J.G.(1961). "The critical-path method ; a new approach to planning" *Engineering and Contract Record* (June).

Steinfeld, R.C. (1960). "Critical-path saves time and money. *Chemiecal Engineering* (Novemeber 28) 120-152.

Van Krugel, E. (1964). "Introduction to CPM" *Architectural Record* 136 (September) 337.

Van Slyke, R.M. (1963). "Monte Carlo methods and the PERT problem" *Operations Research* 11 (September) 838-860.

Villers, R.(1959). "The scheduling of engineering research" *Journal of Industrial Engineering* (November/December).

Walaron A.J. (1963). *Fundamentals of project planning and control*, 2nd ed. Waldro. West Haddonfield N.J.

Walker, M.R. and **J.J. Sayer** (1959). *Project planning and scheduling* Du Pont de Nemours Wilington Delaware (Report No. 655a).

Willte, G.L.(1963). "Anintroduction to computerized CPM" *The Constructor* (April) 53-55.

Wiest J.D. (1964). "Some properties of schedules for large projects with limited resources : critical-path method PERT ad related techniques" *Operations Research* 12 (May) 395-418.

تتبع بالهيئة العامة لشئون المطابع الأميرية

وكيل أول

رئيس مجلس الادارة

علي سلطان علي

رقم الإيداع ٢٠٣٥ / ١٩٧٥

الهيئة العامة لشئون المطابع الأميرية
١٢٧٦ / ١٩٧٥ - ٥٠٠

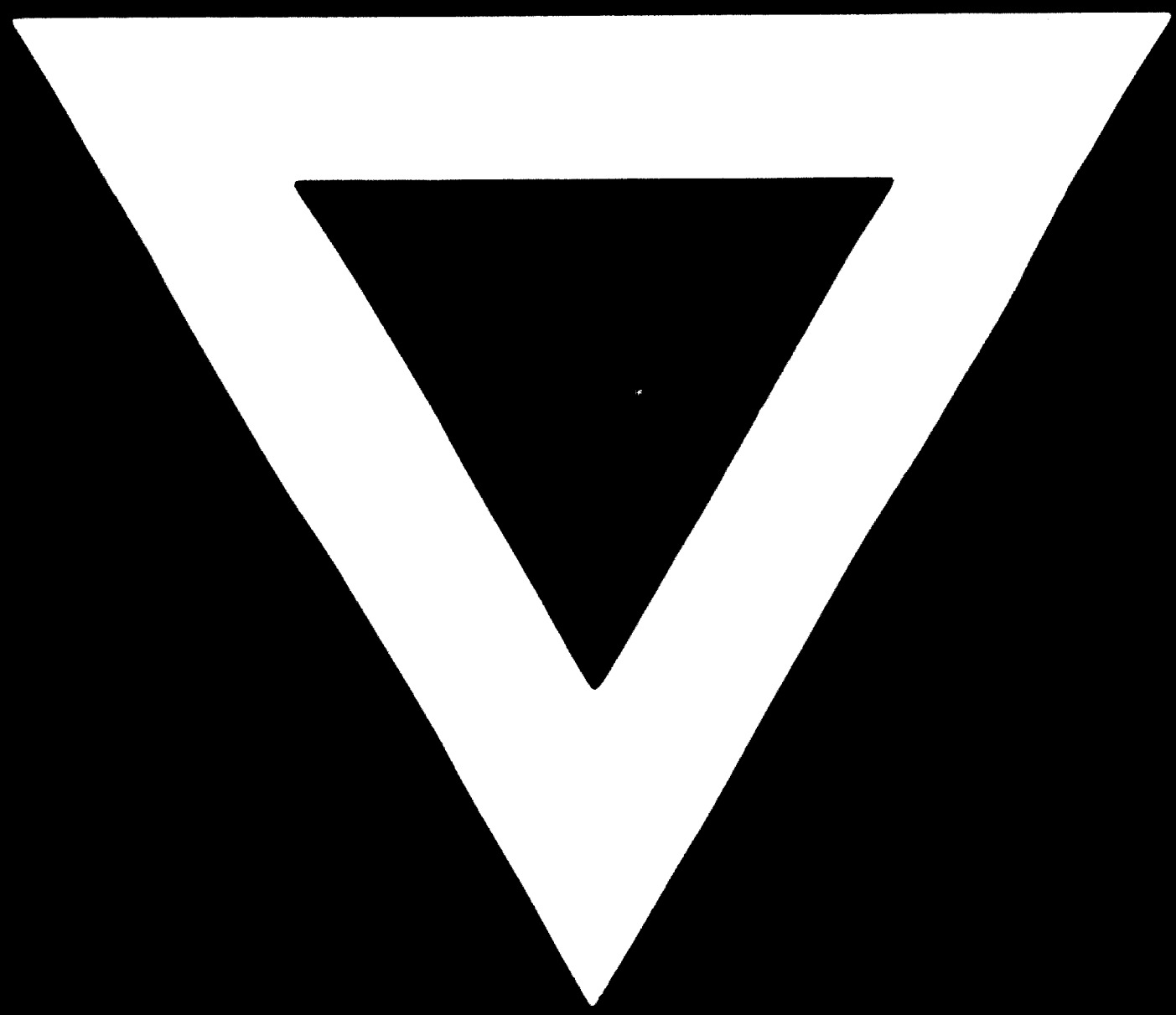
مركز التنمية الصناعية للدول العربية

٣٣ شارع ١٤ بالمعادى

ص.ب ١٢٩٧ - القاهرة ج.م.ع

ايدكاس ١/٠١/٠٤١

I-666



81.12.04