جمهورية مصر العربية

معهد التخطيط القومى

مذكرة رقم (٧٤٨)

تخصيص الموارد Resource Allocation

اعداد

دكتورة مهندسة / راجية عابدين خير الله

مارس ١٩٨١

القاهرة

طريق صلاح سالم مدينة نصر

المحتويـــات

الموضـــوع	الصفحة
أولا : جدولة المشروع	١
ثانيا : تخصيص الموارد للمشروع الواحـد	٥
٠١٠٢ الموائمة بين الموارد المطلوبة والموارد المتاحة	١٢
٠٢٠٢ حالات الموارد المحدودة	١٦
٠٣٠٢ قواعد عامة لجدولة المشروعات مع الالتزام بالقيود على الموارد .	١٨
٠٤٠٢ حالات الموارد المتعددة	٢٦
المراجـع	٣٦

اطـــار المحاضـــرة

أولا : جدولة المشروع

ثانيا : تخصيص الموارد للمشروع الواحد

٠١٠٢ الموائمة بين الموارد المطلوبة والموارد المتاحة

٠٢٠٢ حالات الموارد المحدودة

٠٣٠٢ القواعد العامة للجدولة

٤٠٢ حالات الموارد المتعددة

ثالثا : تخصيص الموارد للمشروعات المتعددة

رابعا : ربط بدائل التكلفة / الزمن بتخصيص الموارد

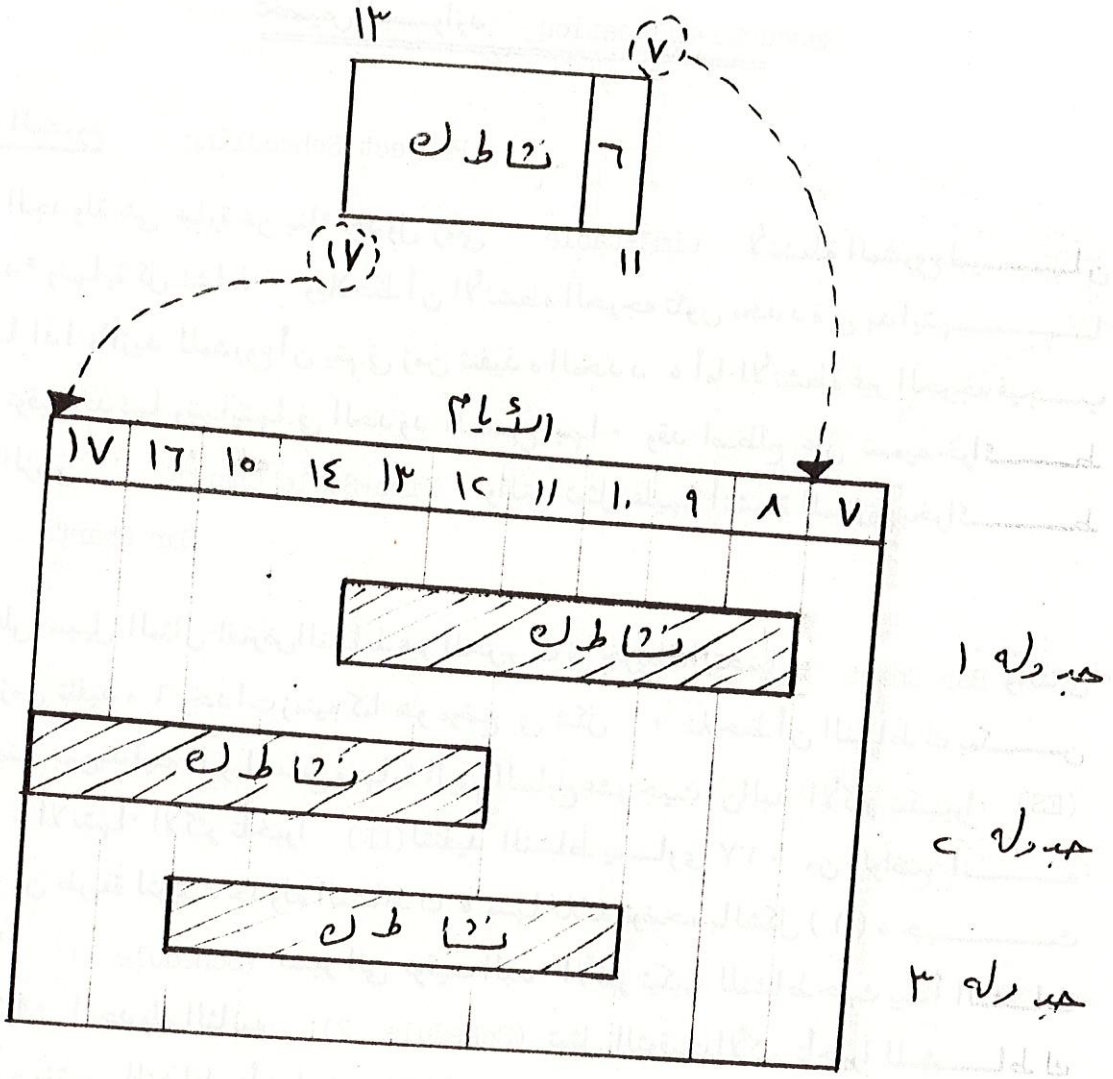
تخصيص الموارد Resource Allocation

أولا : جدوله المشروع Project Scheduling

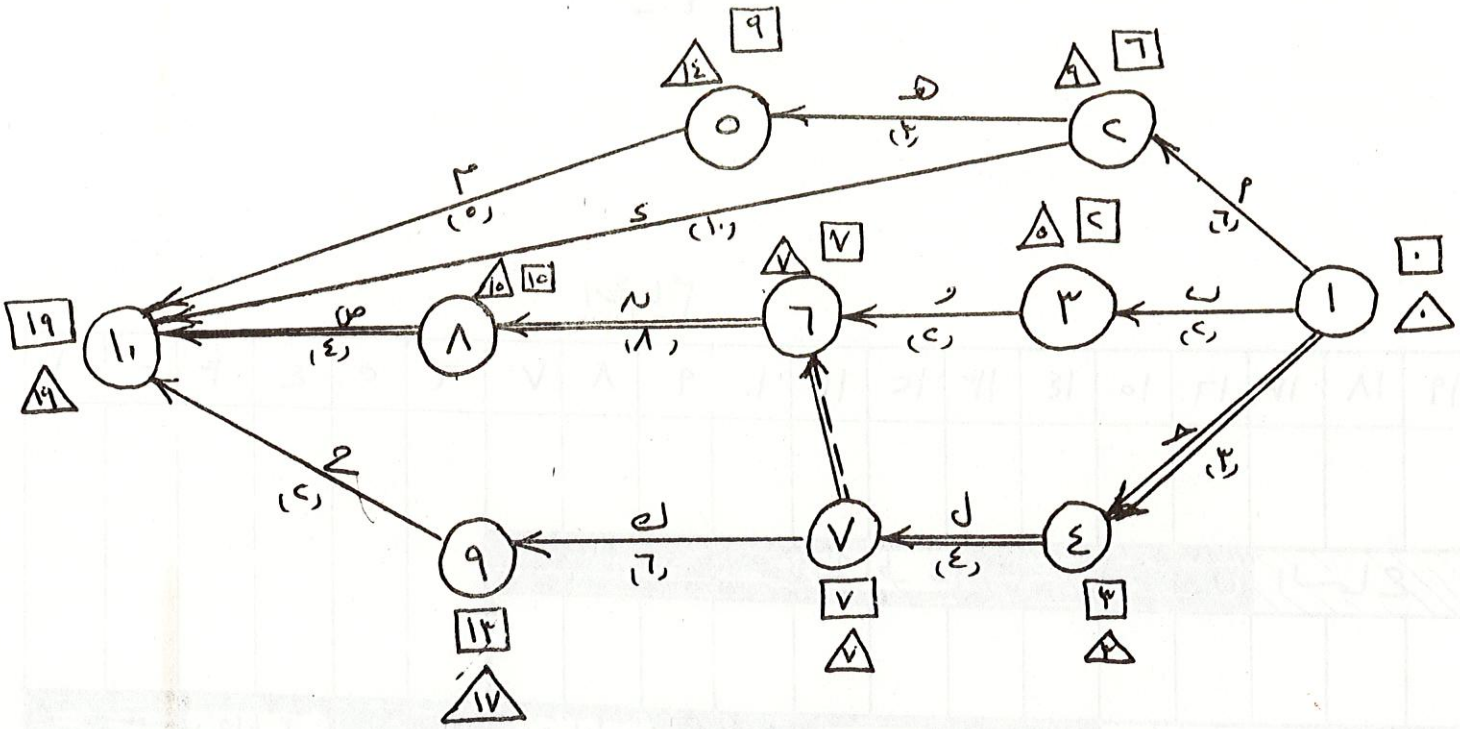
الجدولة هى عبارة عن بناء جدول زمنى time-table لأنشطة المشروع لبيان توقيت بدء ونهاية كل نشاط . ويلاحظ أن الأنشطه الحرجه تكون محددة فى بدايتها ونهايتها اذا ماأريد للمشروع أن يتم فى زمن تنفيذه المحدد ، أما الأنشطة غير الحرجه فيجب تحديد توقيت بدئها ونهايتها فى الحدود المسموح بها . وقد اصطلح على تسميه خرائط المقياس الزمنى Time-Scale Charts والتى تمثل عليها أنشطة المشروع بخرائط التحميل Bar Charts

وعلى سبيل المثال افترض النشاط غير الحرج ك فى خريطة التحميل Bar Chart والذى يستغرق زمن تنفيذه ٦ وحدات زمنيه كما هو موضح فى شكل ١ . نلاحظ أن النشاط ك يمكن جدولته زمنيا بين بداية اليوم السابع ونهاية اليوم السابع عشر حيث أن البدء الأكثر تبكيرا (ES) يساوى ٧ ، الانتهاء الأكثر تأخيرا (LF) لتنفيذ النشاط يساوى ١٧ . من الواضح انه توجد أكثر من طريقة لتوقيت جدولة النشاط ك ، منها ثلاثة موضحه بالشكل (١) ، حيث الجدوله ١ (Schedule 1) تشير الى توقيت البدء الأكثر تبكيرا للنشاط حيث يبدأ النشاط وينتهى مبكرا . الجدوله الثانيه (Schedule 2) تمثل التوقيت الأكثر تأخيرا للنشاط ك حيث يبدأ و ينتهى النشاط متأخرا بقدر الامكان . والجدوله الثالثه ٣ (Schedule 3) تمثل أحد امكانيات تنفيذ النشاط فى الحدود المسموح بها .

ويلاحظ أنه لايمكن تمثيل أنشطة المشروع فى عزلة عن بعضها البعض حيث يوجد تتابع زمنى وارتباط بين توقيت تنفيذ الأنشطة المختلفه فى المشروع ، ولهذا لابد من النظرة المتكاملة فى تمثيل المشروع على مقياس زمنى (الجدوله الزمنيه للمشروع ككل) . ولهذا فان الخطوة الرئيسية الأولى فى تمثيل الجدوله الزمنيه للمشروع تكون برسم أنشطة المشروع فى حالة البدء الأكثر تبكيرا لكافة الأنشطة . ولتوضيح ذلك ارجع الى شبكة أعمال المشروع الممثله فى شكل رقم (٢) ، وتمثيل أنشطة المشروع على Bar Chart فى حالة البدء الأكثر تبكيرا (شكل رقم ٣) . ويلاحظ فى شكل رقم (٣) أن الأنشطة الحرجه تمثل بحدودها الزمنيه الثابته أما



شكل (١) ثلاث امكانيات للجدولة الزمنية للأنشطة في المشروع الموضح بشكل (٢)

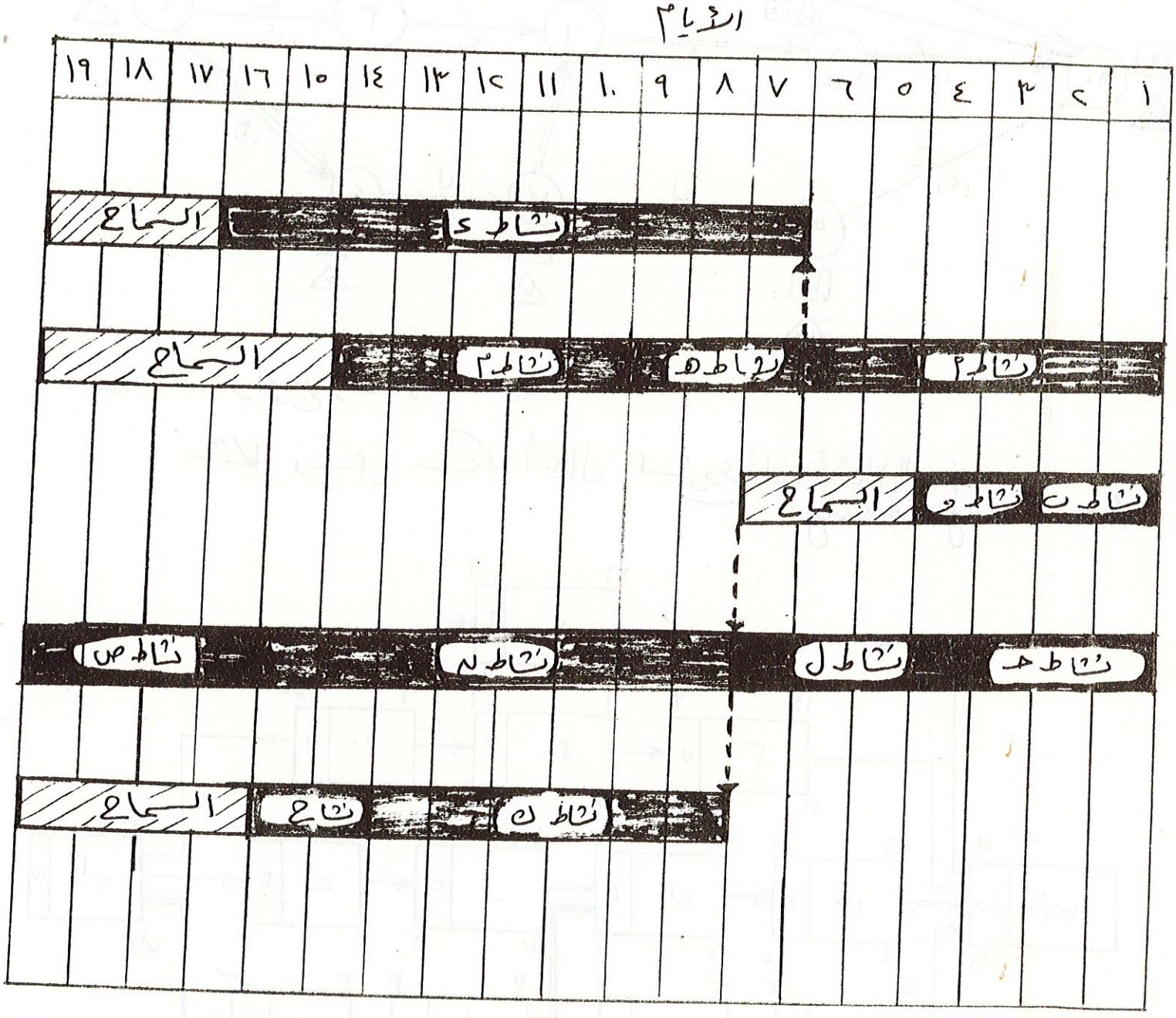


= المسار الحرج (ه - ل - ن - ص)

شكل (ج - ١) شبكة أعمال المشروع ممثلة بالأشكال السهمية
Arrow-diagramming

= المسار الحرج

شكل (ج - ب) شبكة أعمال المشروع ممثلة بأشكال التتابع Precedence diagramming



شكل (٣) جدوله البدء المبكر لشبكة أعمال المشروع

الأنشطة غير الحرجه فتبدأ أكثر تبكيرا ويوضح السماح فى نهاية التتابع الزمنى لكل مجموعة أنشطه . ويمكن بالطبع أن يتأخر تنفيذ الأنشطة غير الحرجه فى الحدود المسموح بها . ويلاحظ فى شكل (٣) أن الأسهم تشير الى الارتباط الزمنى بين أنشطة المشروع ، فمثلا النشاط ك يعتمد على انتهاء النشاط ل ، والنشاط ن يتوقف على انتهاء النشاطين و ، ل .

ثانيا : تخصيص الموارد للمشروع الواحد Single - Project Resource Allocation

من الواضح أن كل نشاط (أو عمل جزئى) من أنشطه المشروع يحتاج فى انجازه الى أنواع مختلفه من الموارد (عماله ، معدات ... الخ) كما أنه يستلزم زمنا معينا لتنفيذ هذا النشاط . وقد تتكون هذه الموارد من أنواع مختلفه فمثلا العماله اللازمة لاتمام نشاط مايمكن أن تصنف الى أفراد اداريين ومهنيين وعمال ، وكل مجموعة من هذه المجموعات يمكن تقسيمها الى نوعيات مختلفه فمثلا العمال يمكن أن يقسموا الى حفارين ، نجارين ، لحامين أو مشغلى معدات أو آلات ، كذلك قد تتكون المعدات من أنواع مختلفه مثل الكراكات ، الحفارات ، الجرارات ، الرافعات ، الأوناش ... الخ . كذلك فان الموارد قد تكون فى شكل أنواع مختلفه من المواد مثل الحديد ، الخرسانه ... الخ .

وفى الحياه العمليه غالبا ماتقابلنا بعض القيود فى استغلال الموارد المتاحه لاتمام تنفيذ أنشطة المشروعات (على سبيل المثال قد يقابلنا قصور فى الموارد المتاحه لتنفيذ أنشطة المشروع فى أزمنتها المحددة) . ومن الواضح أن استخدام هذه الموارد فى تنفيذ أنشطة المشروع يقابلها تكلفة محدده . لذلك كان لابد من الأخذ فى الاعتبار الاحتياجات من الموارد اللازمة لتنفيذ المشروع من أجل الوصول الى جدولة زمنية مناسبه .

وفى هذا الصدد لابد من مراعاة مايلى :

١ـ اتاحة الموارد المطلوبه لتنفيذ الأنشطه فى الزمن المسموح به .

٢ـ الجدوله الزمنيه الملائمه للأنشطه التى تحتاج الى نفس الموارد حتى يتم الاستخدام الأفضل للموارد المتاحة دون زياده فى التكاليف ودون حدوث اختناقات فى المتاح من هذه الموارد .

والخطوه الأولى فى تخصيص الموارد للمشروع تبدأ بالحصول على بيانات عن احتياجات كل

نشاط من الموارد الهامة طبقا لطريقة الأداء التى تحدد وقت التنفيذ المقدر للنشاط • ثم يتم عمل جدول الموارد وهو عباره عن قائمة بوحدات الموارد المطلوبه خلال كل وحدة زمن طوال فترة تنفيذ المشروع ، وهذا الجدول يعتبر الأساس فى الكشف عن التناقض الموجود فى تخصيص الموارد • ويلاحظ أن الجدوله الأساسيه للموارد تبنى على أساس بدء كل نشاط فى تاريخ بدئه المبكر (ES) ثم تعاد جدولة الأنشطه فى الحدود المسموح بها من أجل استخدام أمثل للموارد •

وفى تخصيص الموارد للمشروع قد تقابلنا مشكلتين رئيسيتين هما :

١ــ زيادة الطلب على الموارد عن المتاح منها وفى هذه الحاله يلزم اعادة جدولة Rescheduling نشاط أو أكثر من الأنشطه التى لها طلب على هذا المورد (وذلك بعمل ازاحة Shift فى الحدود الزمنيه المسموح بها بالنسبه للأنشطه غير الحرجه) وذلك لتفادى زيادة وقت تنفيذ المشروع ، أو اذا لم يكن ذلك ممكنا نتكون الزيادة فى وقت تنفيذ المشروع أقل مايمكن •

ويلاحظ أن اعادة جدولة بعض أنشطة المشروع يكون الهدف منه تقليل نتوءات الطلب (عمل تمهيد Smoothing لمنحنيات Histograns الطلب على الموارد) حتى لايزيد عن الموارد المتاحه للمشروع •

٢ــ زيادة عدد وحجم التغيرات فى الاحتياجات للموارد اللازمة للمشروع يؤدى الى زيادة التكاليف • فالانخفاض فى الطلب على المورد الذى يتبعه زياده مره أخرى فى هذا الطلب يمثل تكلفه •

على سبيل المثال فان الزيادة الكبيرة فى الطلب على المعدات أو العمالة فى فترات زمنيه معينه يؤدى الى الاحتفاظ بهم لفترات طويله لتفادى المخاطره نتيجة لعدم الحصول عليهم فى الوقت المناسب وذلك بالتالى يؤدى الى عدم الكفاءة فى استخدام الموارد وزيادة التكلفه •

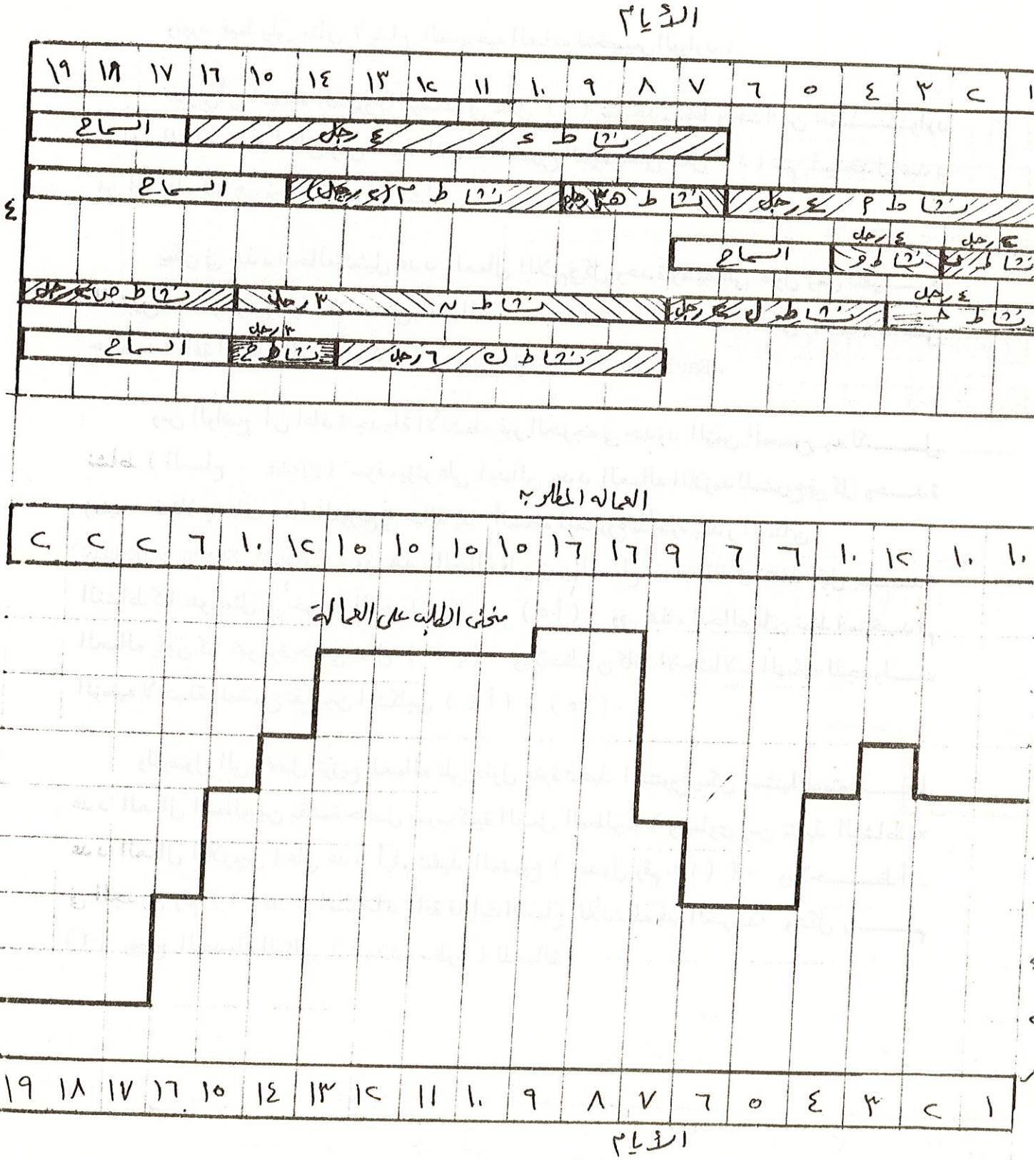
ونورد فيما يلى مثال لايضاح المنهجيه العامه لتخصيص الموارد :

نفترض أن أنشطة المشروع الموضحة فى شكل (٢) تستخدم نوعا واحدا من الموارد (العمالة) . فاذا كان زمن تنفيذ أنشطة المشروع الموضحه فى شكل (٢) تتم باستخدام عدد من العماله كما هو موضح قرين كل نشاط فى شكل (٤أ)

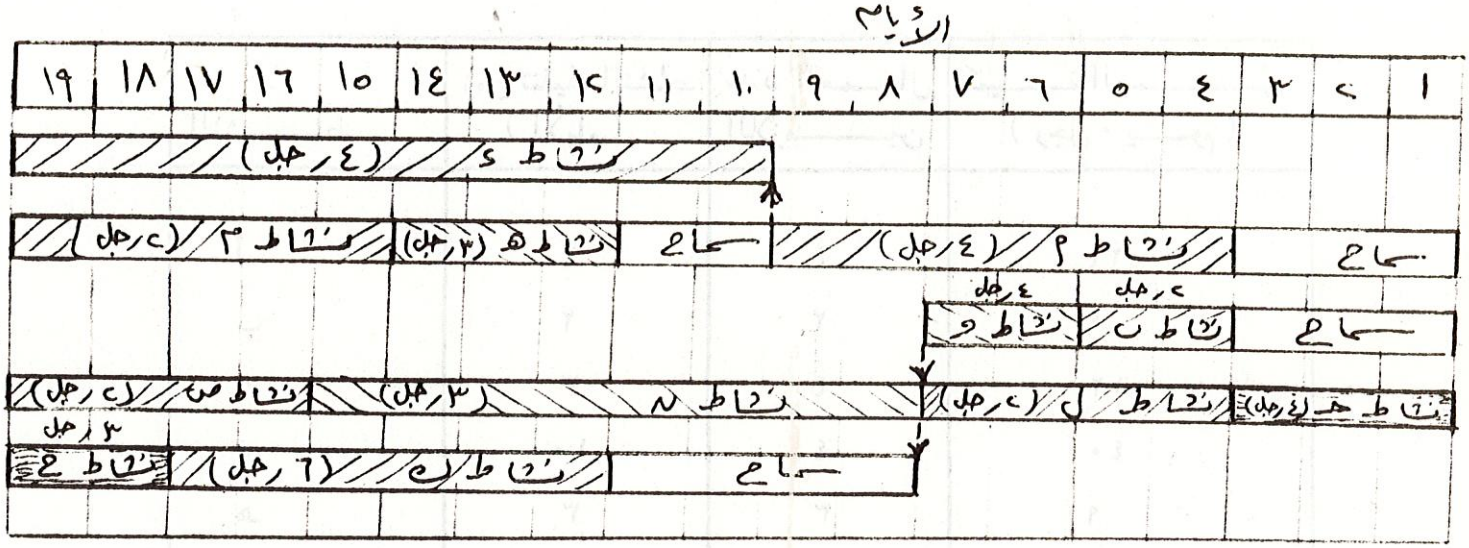
يمكن فى هذه الحاله تمثيل عدد العمال اللازم فى كل وحدة زمنيه على طول زمن تنفيذ المشروع كما هو موضح بواسطة منحنى العماله Labour Histogram شكل (٤ب) - فى حالة بدء كافة أنشطة المشروع مبكرا . Earliest Start Schedule .

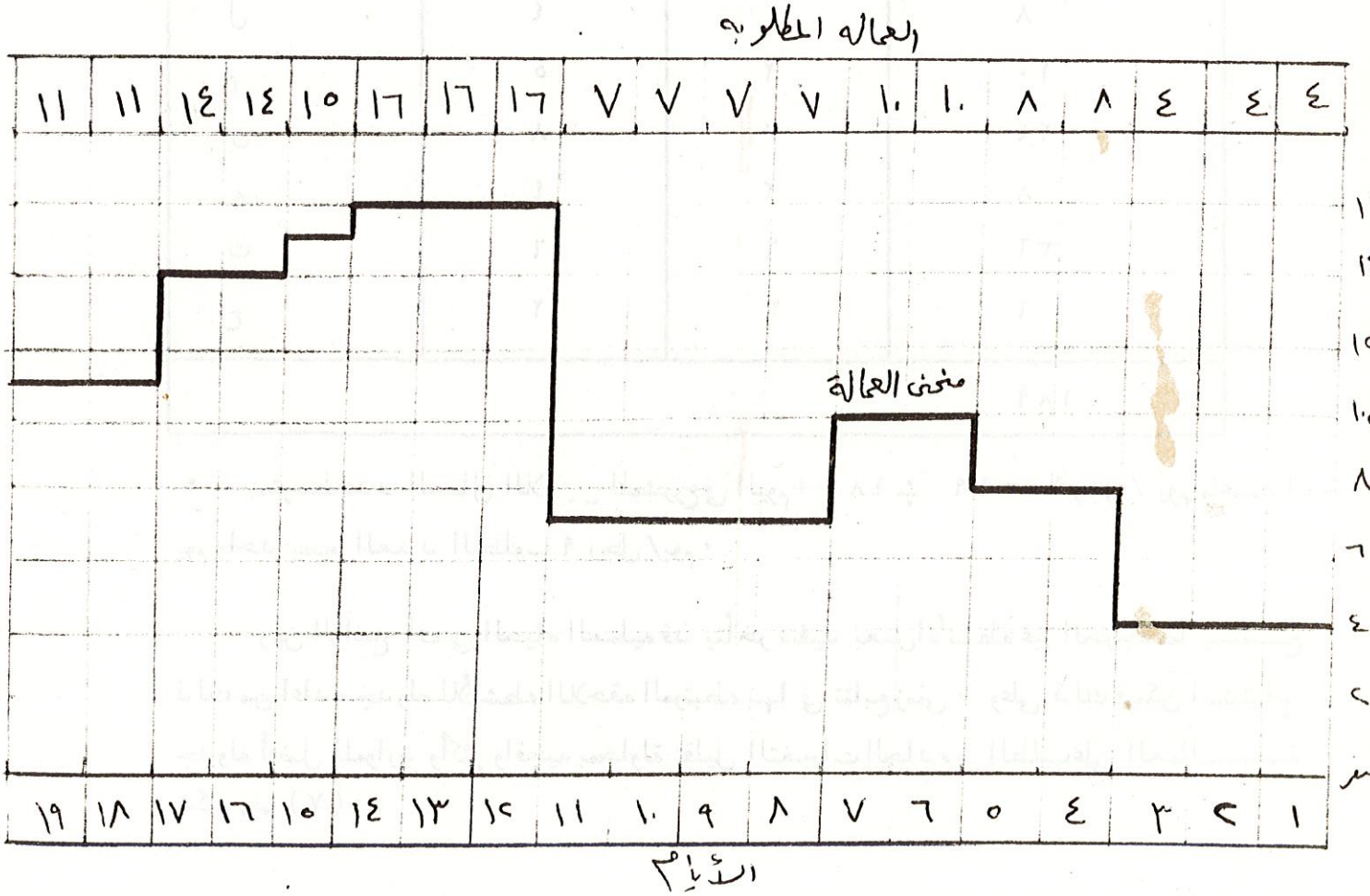
ومن الواضح أن اعادة جدولة الأنشطه غير الحرجه فى حدود الزمن المسموح به لكل نشاط (السماح Float) سوف يؤثر على اجمالى عدد العماله اللازمه للمشروع فى كل وحدة زمنيه . فمثلا يختلف هذا التوزيع فى حالة بدء أنشطة المشروع متأخره بقدر الامكان (Latest Start Schedule) ، وفى هذه الحاله فان زمن السماح Float يستنفذ قبل بدء النشاط كما هو ممثل فى خريطة التحميل شكل رقم (٥أ) . وفى هذه الحاله فان نمط استخدام العماله يكون كما هو موضحا فى شكل (٥ ب) . ويلاحظ أن كافة الاحتمالات الممكنه للجدوله الزمنيه لأنشطة المشروع تقع بين الشكلين (٤ أ) ، (٥ أ) .

وللوصول الى أفضل توزيع للعماله على طول فترة تنفيذ المشروع يمكن استنباط متوسط عدد العمال المطلوبين بقسمة حاصل ضرب كمية العمل المطلوبه (وتساوى زمن تنفيذ النشاط × عدد العمال اللازمين) على عدد أيام تنفيذ المشروع (جدول رقم (١)) . ويلاحظ أنه فى الجدول رقم (١) قد تم استبعاد كافة فترات السماح للأنشطه غير الحرجه . وشكل رقم (٦) يوضح الجدوله المثلى (الملائمة نظريا) للعمالة .



شكل (٤) العمالة اللازمة لجدول البدء الأكثر تبكيرا للمشروع





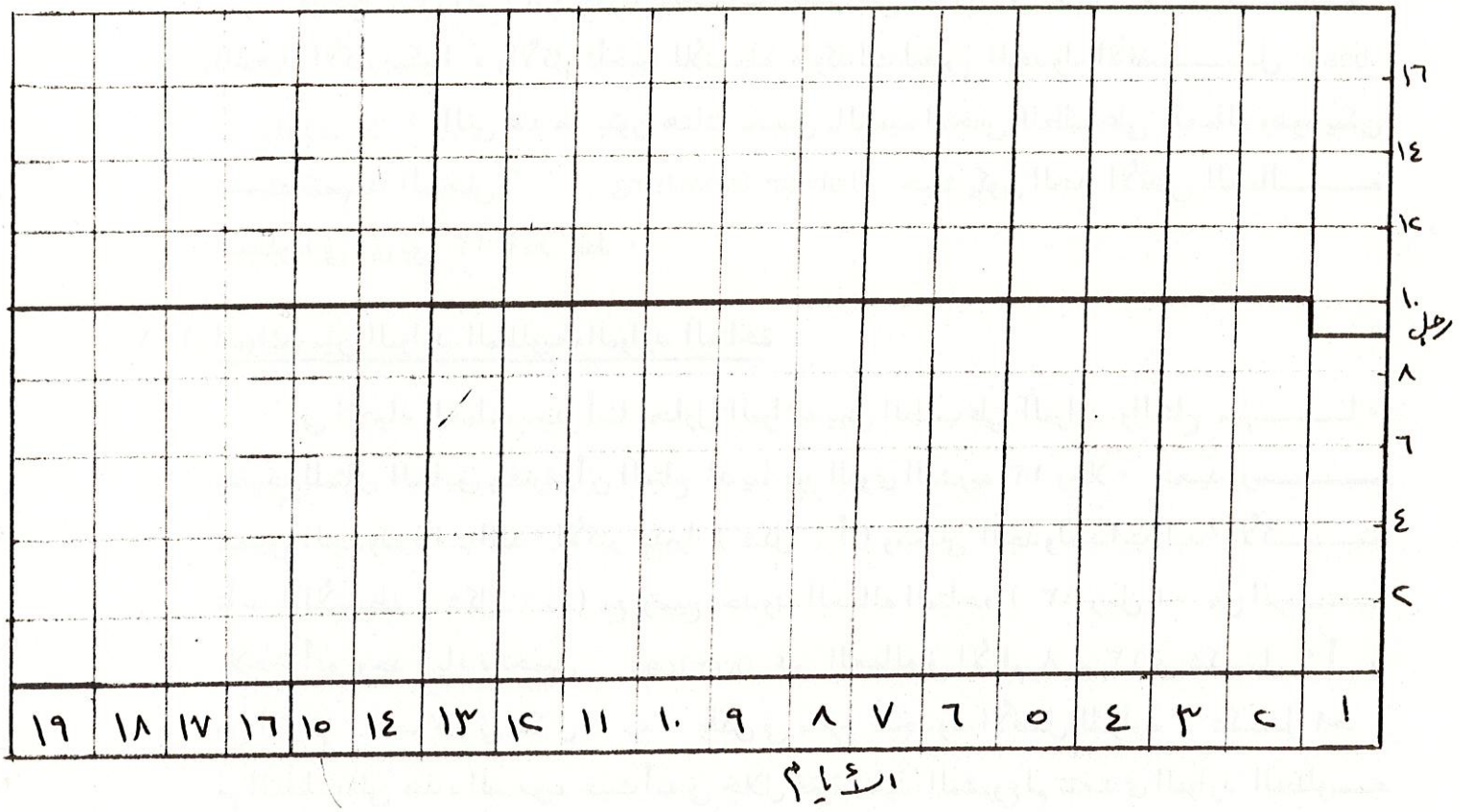
شكل (٥) العماله المطلوبه لكل يوم والبدء المبكر لأنشطه المشروع

جدول رقم (١)
تقدير متوسط العماله اللازمة للمشروع *

النشاط	زمن تنفيذ النشاط (الأيام)	عدد العمال اللازمين	كمية العمل (رجل • يوم)
أ	٦	٤	٢٤
ب	٢	٢	٤
حـ	٣	٤	١٢
د	١٠	٤	٤٠
هـ	٣	٣	٩
و	٢	٤	٨
ل	٤	٢	٨
م	٥	٢	١٠
ن	٨	٣	٢٤
س	٤	٢	٨
ك	٦	٦	٣٦
ح	٢	٣	٦
			١٨٩

* متوسط عدد العمال اللازمين للمشروع في اليوم : ١٨٩ ÷ ١٩ = ١٠ رجل / يوم ماعدا يوم واحد يصير العدد المطلوب ٩ رجل / يوم •

ومن الواضح أنه في الحياه العمليه قد يتأخر تنفيذ بعض الأنشطه غير الحرجه مما يستتبع ذلك من اعاده جدوله للأنشطه اللاحقه المرتبطه بها في تتابع زمني • وعلى ذلك فيمكن استنتاج جدوله أفضل للموارد وأكثر واقعيه بمحاولة تقليل التغيرات الحاده في الطلب على العمالة شكل رقم (٧) •



شكل رقم (٦) أفضل استخدام للحالة (نظرياً).

ويلاحظ فى شكل (٧) أن قرار بدء تنفيذ الأنشطه د ، م متأخرا بقدر الامكان يجعل هذه الأنشطه حرجه .

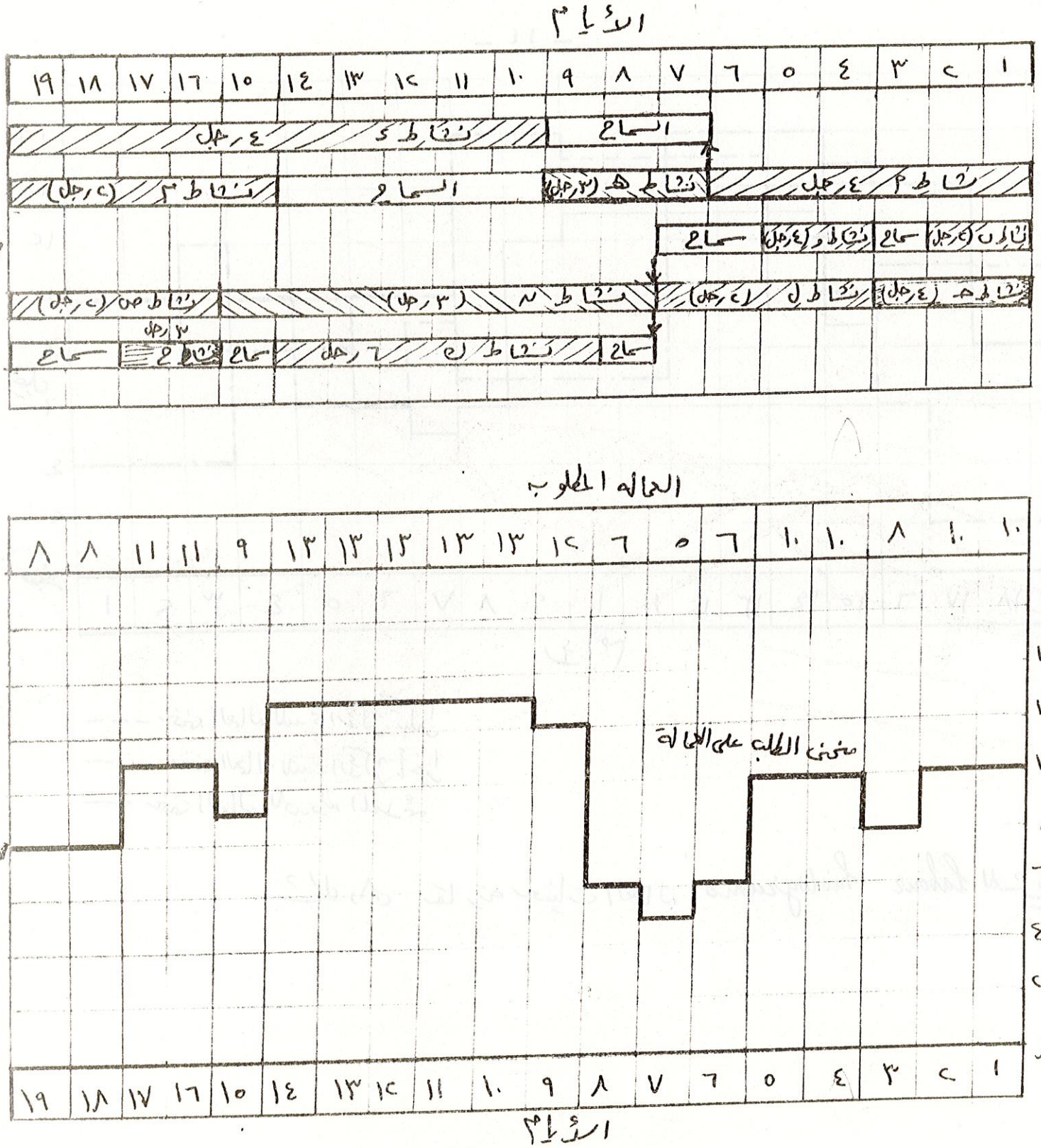
ويوضح شكل رقم (٨) مقارنه لمنحنيات الطلب على العماله فى ثلاث حالات: بدء التنفيذ الأكثر تبكيرا ، والأكثر تأخيرا للأنشطه ، وكذلك لمقترح الجدوله الأفضل best Schedule (والتى عندها يكون هناك تحسن بالنسبه لمنحنى الطلب على العمالة وهوما يمكن تسميته بتمهيد المنحنى " Labour Smoothing" حيث يكون الحد الأقصى للعماله المطلوبه فى أى يوم ١٣ عاملا فقط .

١٠٢ الموائمه بين الموارد المطلوبه والموارد المتاحة

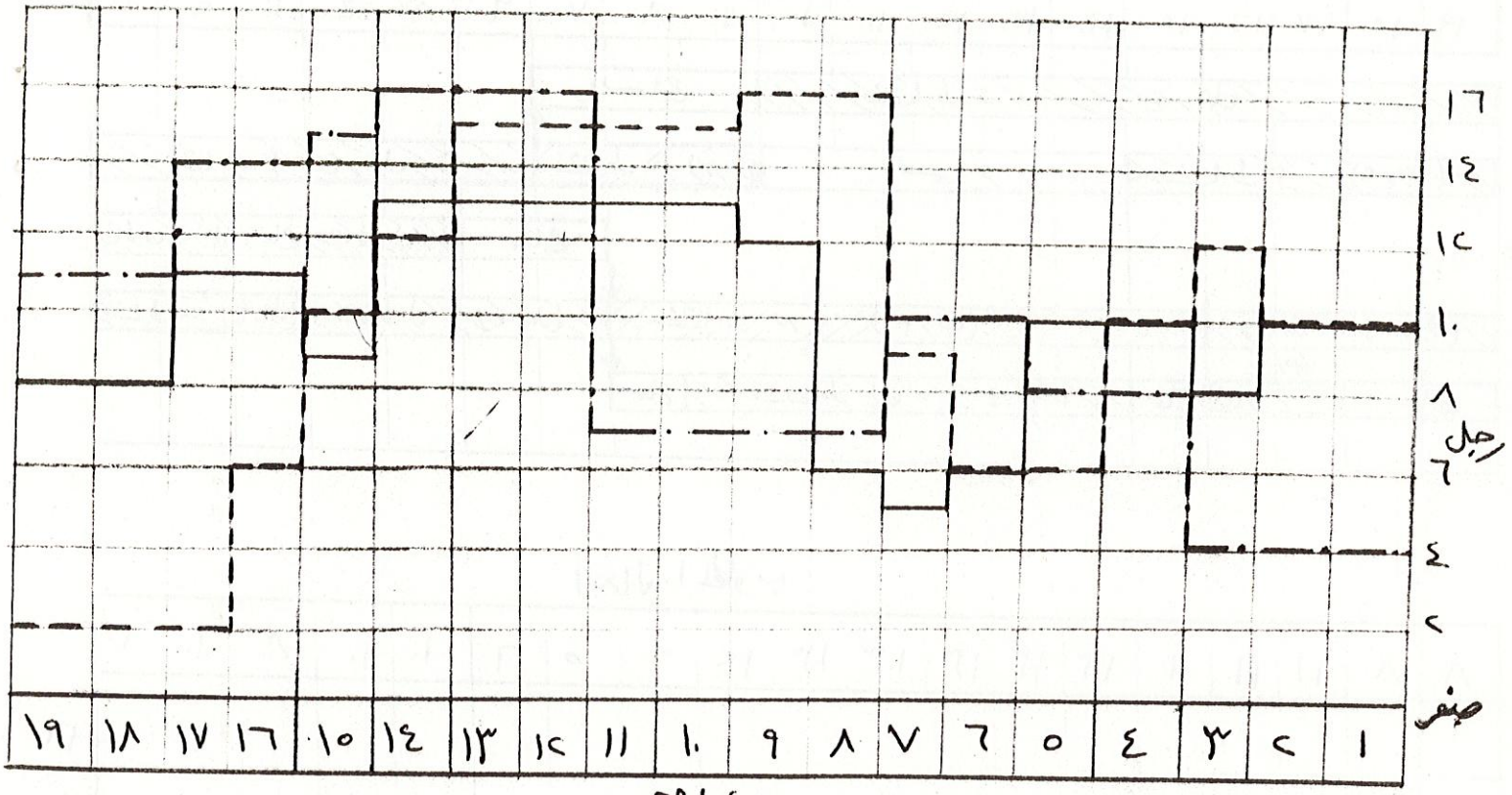
فى الحياه العمليه نجد أننا نحاول الموائمه بين الطلب على الموارد والمتاح منها . ولنرجع للمثال السابق ونفترض أن المتاح لدينا من القوى البشريه ١٣ رجلا . ونعيد رسم منحنى الجدوله ذات البدء الأكثر تبكيرا (شكل ٩ أ) ومنحنى الجدوله ذات البدء الأكثر تأخيرا للأنشطه (شكل ٩ ب) مع توضيح حدود العماله المتاحه (١٣ رجل) . من الرسم نلاحظ أنه يوجد زيادة تحميل Overload على العماله فى الأيام ٨ — ١٣ فى شكل ٩ أ ، وفى الأيام ١٢ — ١٧ فى شكل ٩ ب . ولكن فى مقترح الجدوله الأفضل للموارد (شكل ٩ حـ) تم التغلب على هذه الصعوبه حيث أنه فى خلال فترة تنفيذ المشروع لم تتعدى الموارد المطلوبه تلك المتاح منها .

ونلاحظ أنه فى بعض الأحيان تكون القيود محدودة على الموارد Limited Resource Restrictions ويمكن التوصل الى التخلص من الطلب الكبير من الاحتياجات للموارد بمجرد اجراء نقل للأنشطه (اعادة جدوله) وهو غالبا مايتم فى نطاق السماح الحر Free Float للأنشطه . ويلاحظ أن نقل نشاط Activity - Shifting فى نطاق وقت سماحه الحر لايترتب على ذلك آثارا أخرى على بقية الأنشطه ، وبالتالى فان الأمر لايحتاج الى نقل أى نشاط آخر . وهذا هو أبسط أشكال التغيير . كذلك يمكن بالطبع أن تنقل الأنشطه فى نطاق أوقات سماحها المتداخل اذا ماتأثرت الأنشطه بالتغيير ، ثم يجرى التصحيح الضرورى للمجاميع ولايتطلب الأمر جهدا كبيرا اذا ماكانت سلسلة الأنشطة المتأثرة قصيرة وسهلة التتبع .

وفى الواقع ليس من المرغوب فيه اعداد قواعد جامدة أو أسلوب محدد لاعادة الجدوله



شكل (٧) مقترح الجدول الأفضل (المتداخل) لموارد المشروع

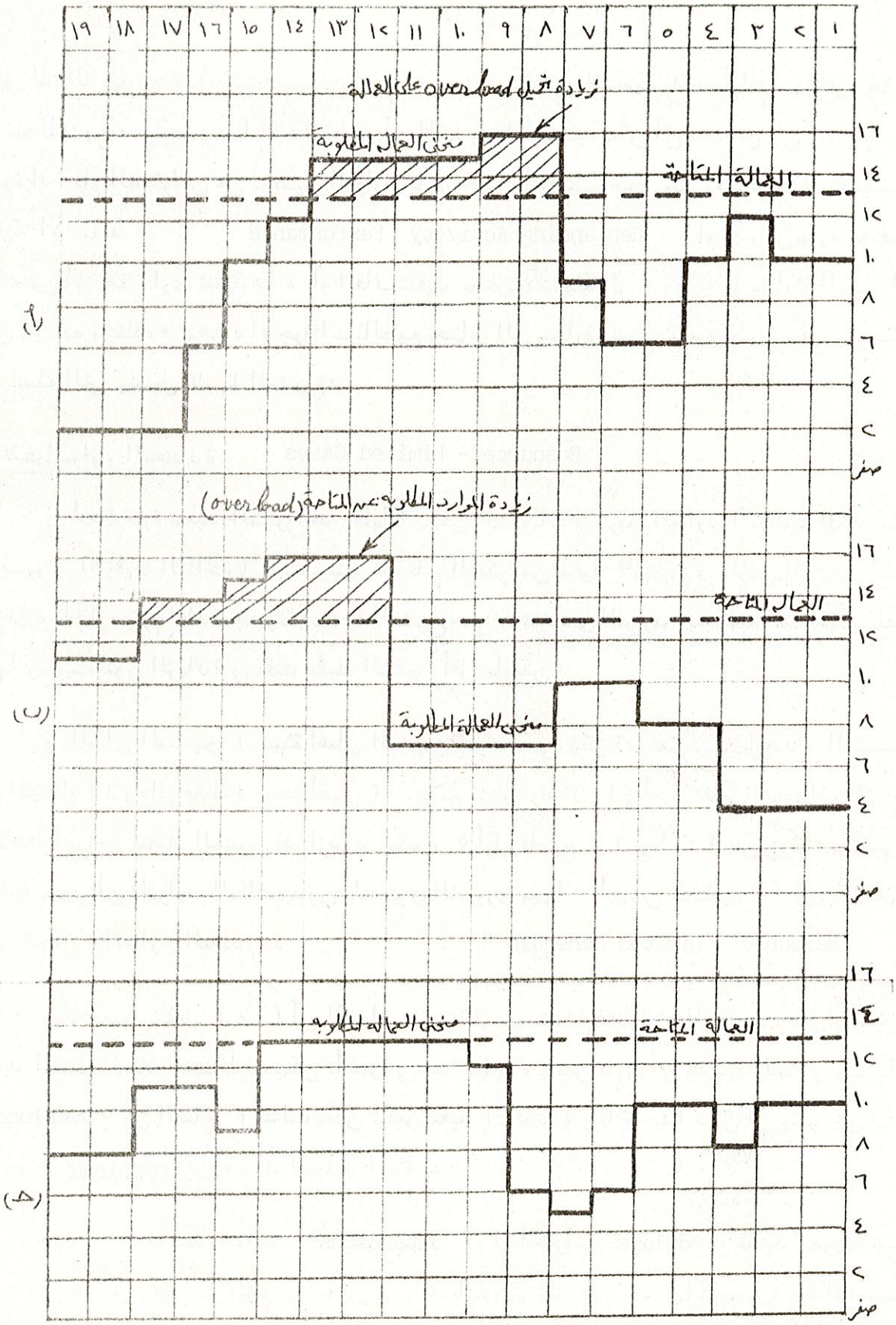


--- منحنى العمالة للبدء الأكثر تبكيرا

-·- منحنى العمالة للبدء الأكثر تأخيرا

—— منحنى العمالة للجدولة الملائمة

شكل ٨، مقارنة منحنيات العمالة labour histograms للمشروع



(أ) جدولة البدء المبكر

(ب) جدولة البدء المتأخر

(هـ) الجدولة الملائمة للمشروع

شكل (٩) حدود العمالة المتاحة

لمثل الحالة الموضحه ، حيث أنه من السهل انسياب أسلوب التجربة والخطأ للتوصل الى جدولة ملائمة للمشروع. وتجدر هنا الاشارة الى أن الجدوله الأساسيه يمكن أن تتحسن الى درجة كبيرة اذا قام المسئولين عن تخصيص الموارد باستخدام أساليب أخرى مثل اعادة تخطيط تنفيذ الأنشطه Replanning Activity Performance ، أو اقتراض موارد بصفه مؤقته من أنشطة جارى تنفيذها ، أو ايقاف تنفيذ بعض الأنشطة الى حين ، أو مشاركة الموارد بين أنشطه مختلفه. وهذه الاجراءات بالطبع تحتاج الى مهارة ودرايه كبيره بطرق تنفيذ الأنشطه التى يشتمل عليها المشروع.

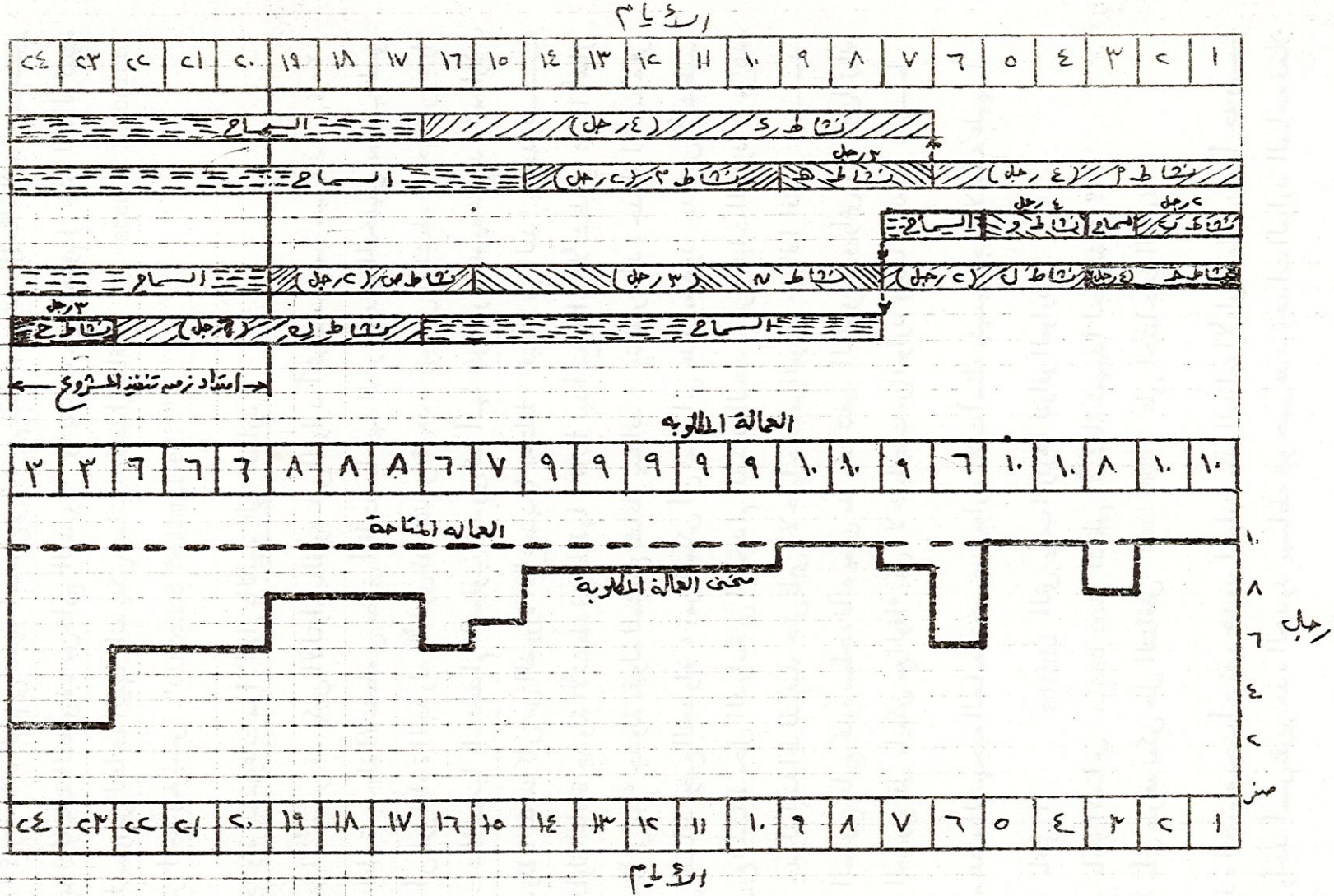
٢٠٢ حالات الموارد المحددة Resource - Limited Cases

فى أثناء فترة تنفيذ المشروع قد تقابلنا بعض الصعوبات فى توفير الموارد المطلوبه للمشروع (قصور فى الموارد المتاحة) ، مما ينتج عنه عدم التمكن من تنفيذ المشروع فى الزمن المحدد له. فى هذه الحاله يلزم اعادة جدولة أنشطة المشروع حتى لاتتعدى الموارد المطلوبه تلك المتاح منها وبحيث تكون الزيادة فى وقت تنفيذ المشروع أقل مايمكن.

فى المثال السابق (شبكة أعمال المشروع الموضحه فى شكل ٢) نفترض أن العدد المتاح من العمال ١٠ رجال فقط (كحد أقصى). يوضح شكل رقم (١٠) أحد حلول هذه المشكلة. ويلاحظ أن زمن تنفيذ المشروع قد ازداد بمقدار ٥ أيام فأصبح ٢٤ يوما بدلا من ١٩ يوم ، وذلك بسبب أن الموارد المتاحه دون المستوى الضرورى منها. أى أن الشكل (١٠) يوضح مثال لجدولة الموارد المحدودة "Resource - Limited Schedule "

ويلاحظ فى شكل (١٠) أن السماح Float يستخدم فقط فى حالة وجود عمال ليستطيعوا تنفيذ النشاط فمثلا النشاط ب يمكن تأخيره فى بدء تنفيذه يومين دون أن يسبب ذلك أى زيادة Overload عن المتاح ، كذلك يمكن تبكير تنفيذ النشاط و يوما واحدا دون أن ينتج عن ذلك زيادة Overload عن حدود الموارد المتاحه.

ولكن هذه الامتدادات extensions أو التأخيرات delays فى تنفيذ بعض الأنشطة غير الحرجه (من وجه نظر الزمن والطلب على العمالة) تعتمد على بعضها البعض، ولذلك فى حالة اعادة جدولة أحد الأنشطه لابد من دراسة علاقات الارتباط والتتابع الزمنى بين الأنشطه



شكل (١) الجدولة المحكمة تحت قيود الموارد المتاحة (١٠ رجل)

وفحصها على خريطه التحميل Bar Chart وكذلك على منحنى الطلب على الموارد Histogram

أما اذا كان هناك الزام فى تنفيذ المشروع فى ١٩ يوم فقط ، فى هذه الحاله لابد من تدبير الموارد اللازمة (العمالة المطلوبة) من خارج المشروع. وحيث أنه من المعلوم فى هذه الحاله كمية العماله المطلوبه وزمن الحاجه اليها فانه يمكن حساب التكلفه الاضافيه Additonal Casts وهذا النوع من الجدوله يسمى "Time-Limited Schedule".

٣٠٢ قواعد عامه لجدولة المشروعات مع الالتزام بالقيود على الموارد

فى بعض الأحيان قد يكون الالتزام بالقيود على الموارد أكثر صعوبه مما سبق عرضه فى ٢٠٢. فقد لايساعد اعادة جدولة الأنشطه فى نطاق أوقات سماحها الحر فى تحقيق التخفيض المطلوب على الموارد ، كما أن طرق اعادة الجدوله الأخرى قد تتضمن نقل عدد كبير من الأنشطه. وحيث أن اجراء هذه التغيرات عملا صعبا باستخدام الاسلوب اليدوى كما أنها تفرض قيودا عمليه على عدد المحاولات لتحسين الجدولة ، لذلك كان من الضرورة اتباع منهجا مختلفا. فبدلا من البدء بالجدوله الأساسيه ومحاولة اعادة جدولة الأنشطه فى نطاقها ، فاننا نبدأ مع بداية الأنشطه فى شبكة الأعمال ثم نبدأ تدريجيا فى بناء جدولة مقبوله للمشروع نشاطا بنشاط . وتقتصر اعادة جدولة الأنشطة فى أى لحظه على النشاط موضع الجدوله ، 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 الطريقه لايتم جدولة النشاط للتنفيذ حتى تلبى الاحتياجات من الموارد . واذا اقتضى هذا تأجيل تنفيذ المشروع خارج فتره سماحه فانه يمكن مد وقت تنفيذ المشروع. ويراعى أن تكون الزيادة فى وقت تنفيذ المشروع أقل مايمكن مع الوفاء بكل الاحتياجات من الموارد فى نطاق المتاح منها .

وتواجه هذه المنهجيه العامه لتخصيص الموارد ثلاث أسئله رئيسيه يجب الاجابه عليها :

(١) ماهى الـ Limits التى يجب اقرارها لتوافر الموارد ؟

(٢) ماهو الأساس the basis لتنظيم الأنشطة تمهيدا لجدولتها ؟

(٣) بأى طريقه يمكن حل التناقض conflict على احتياجات الموارد ؟

وفى هذه الطريقه يجب أن تقرر حدود الموارد منذ البدايه الأولى وقبل أن يبدأ جدولة أى نشاط . وأحد أسس تقرير هذه الحدود ببساطه هو حصر عدد وحدات الموارد المتاحه فعلا.

فاذا استخدم معيار الحد الأقصى العادى فان ذلك يعنى تحديد قيود الموارد ، ومن ثم يمكن بدء عملية الجدولة . ويلاحظ أن هذه الطريقه 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 التوءات الكبيره (التغيرات الحادة) فى منحنى جدول الموارد . وان كان التحقيق التالى للحد الأقصى المتاح من الموارد وتكرار هذا الخفض يحقق تسويه فعاله فى حجم الاحتياجات من الموارد الا أن المشكله هنا أن كل اجراء لعملية الجدوله (أسلوب التكرار) يتطلب مزيدا من الجهد وبخاصه فى الأسلوب اليدوى . لذلك فانه من المرغوب فيه عادة البدء بوضع قيود أكثر تضييقا على الموارد من تلك الموضوعه فى حالة الحد الأقصى العادى بغرض تسوية الطلب على الاحتياجات والاحتفاظ بحجم الطلب عند أقل مستوى عملى له .

ونلاحظ أن أقصى قدر من التقييد على مورد معين يساوى أقصى طلب على الاحتياجات لأى نشاط على هذا المورد ، اذ لايمكن أن يبدأ تنفيذ المشروع مالم توجد هناك موارد تعادل على الأقل الاحتياجات التى يتطلبها كل نشاط — ففى المثال السابق نجد أن ٦ رجل هى أقصى رقم من عدد وحدات المورد (العمالة) التى يتطلبها أى نشاط من أنشطة المشروع ، وهى تمثل الحد الأدنى من الموارد التى يجب توافرها للمشروع .

وهناك منهج آخر يقرر درجة متوسطة من الجمود فى تحديد الموارد فهو يستخدم جدولة الموارد للمشروع المبنيه على وقت البدء المبكر لكل الأنشطه ويتم على أساسها تقدير متوسط الاستخدام خلال الفتره التى تستخدم فيها الموارد (أنظر جدول رقم (١) ، شكل رقم (١٠) هذا ويمكن ضرب هذا المتوسط بمعامل تقديرى معين (أكبر من ١) للوصول الى حدود الموارد المستخدمه .

وبمجرد تقدير الحدود على الموارد باحدى الطرق المذكوره ، نواجه بمشكلة ترتيب لجدولة الأنشطه واحدى الطرق الممكنه أن نتتبع وحدات الزمن وحدة بوحدة لدراسة كل

الأنشطه المتاحه للجدوله عند هذه الوحده من الزمن ، وفى هذه الحاله يحدث تناقض بين الأنشطه التى تستخدم نفس الموارد ، ويتم تخصيص الموارد طبقا لعدد من القواعد ، على سبيل المثال :

١ــ خصص المورد للنشاط الذى لديه أقل سماح .

٢ــ اذا كان للأنشطه نفس السماح يفضل تخصيص المورد للنشاط ذو أطول وقت فى التنفيذ .

٣ــ عندما يحدث تناقض conflict على احتياجات الموارد بين الأنشطه ، يخصص المورد للنشاط الذى يستخدم كميه أكبر من هذا المورد .

٤ــ عندما يحدث فى نفس الوقت زيادة تحميل Overload على أكثر من مورد ، يجب أولا محاولة معالجة المورد ذو الأولويه الكبرى

The resource of highest priority first,

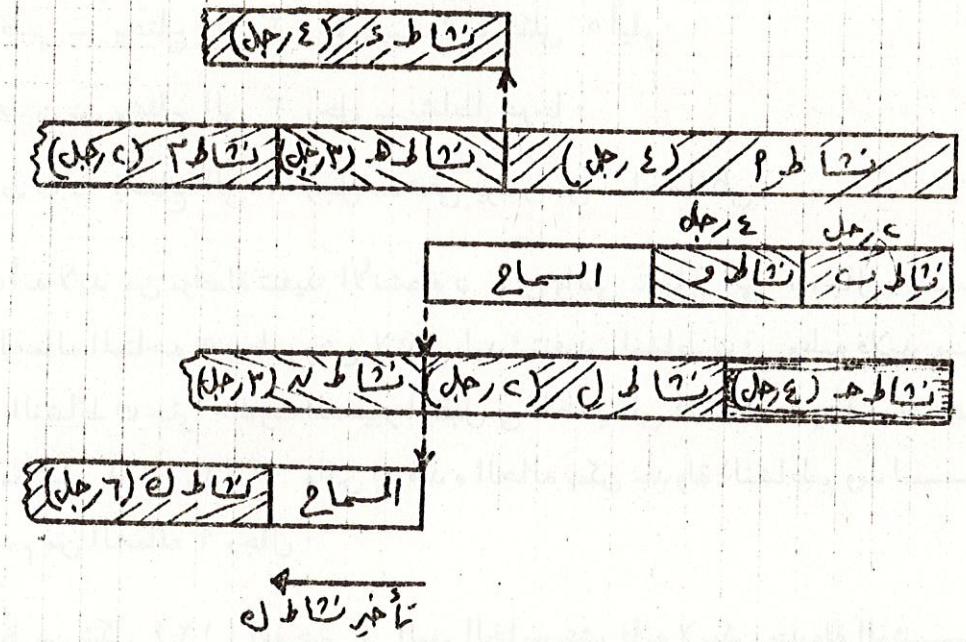
ولنحاول الآن تطبيق هذا المنهج على المثال السابق (شبكة أعمال المشروع موضحه فى شكل ٢) وذلك باعتبار أن الأنشطه تحتاج لمورد واحد هو العماله وأن الحدود المتاحه هى ١٢ رجلا . يوضح شكل (١١) أن عدد العماله المتاحه يكون كافيا حتى اليوم الثامن عندما تبدأ الأنشطه فى التنافس فى الطلب على العماله :

النشاط د	يحتاج الى عدد ٤	رجل ــ بداية من اليوم السابع
النشاط هـ	يحتاج الى ٣	رجل ــ بداية من اليوم السابع
النشاط ن	يحتاج الى ٣	رجل ــ نشاط حرج
النشاط ك	يحتاج الى ٦	رجل ــ سماحه الكلى ٤ أيام

اذا افترضنا أن النشاط الذى بدء فى تنفيذه لابد أن يستمر فى التنفيذ ، نجد أننا قد استخدمنا ٧ رجال فى تنفيذ الأنشطه د ، هـ . وحيث أن النشاط ن نشاطا حرجا ويحتاج الى ٣ رجال ، فتعطى له أولويه فى التنفيذ ويكون اجمالى المطلوب ١٠ رجال . وعلى ذلك فلابد من تأجيل تنفيذ النشاط ك حتى حدوث أى تغيير فى الاحتياجات من العماله ، وهذا يحدث فى اليوم العاشر حيث ينتهى النشاط هـ (شكل ١١) .

الزمن

١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣



العمالة المطلوبة	١٠	١٠	١٢	١٠	٦	٦	٩	١٠	١٠				
العمالة المتاحة	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢				

شكل (١١) المرحلة الأولى فى بناء جدولة الموارد

وفى اليوم العاشر تبدأ الأنشطه التاليه فى التنافس على احتياجاتها من العماله (شكل ١٢) :

النشاط د — يحتاج الى عدد ٤ رجل — لابد من مواصلة تنفيذه حيث بدء من اليوم السابع .

النشاط م — يحتاج الى ٢ رجل — سماحه الكلى ٥ أيام .

النشاط ن — يحتاج الى ٣ رجل — نشاطا حرجا .

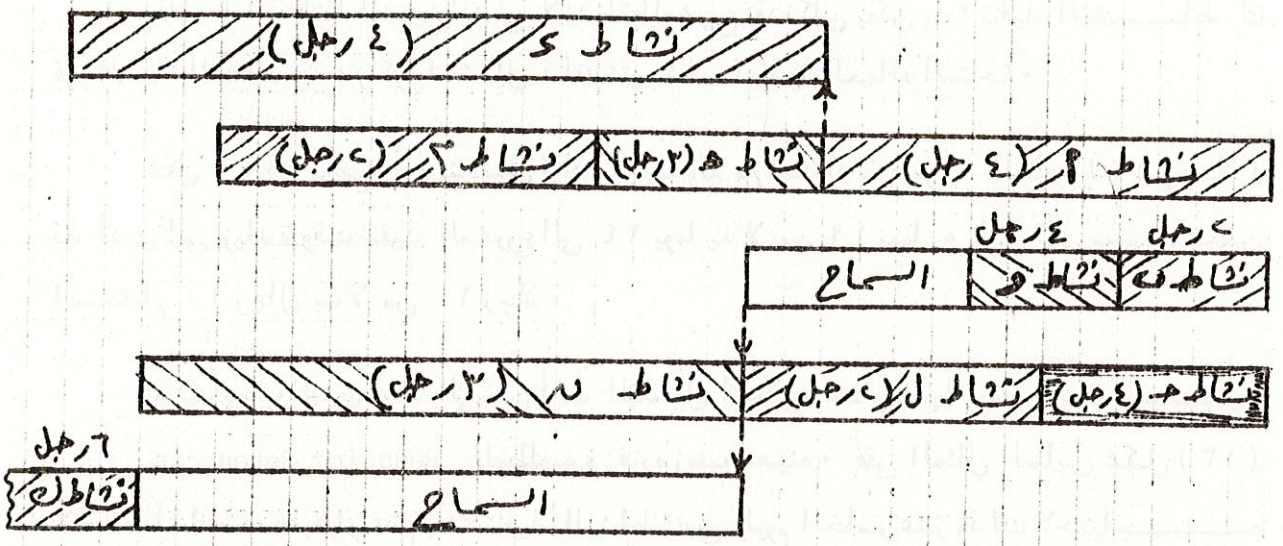
النشاط ك — يحتاج الى ٦ رجل — تبقى يومين من سماحه الكلى .

وحيث أنه لابد من مواصلة تنفيذ الأنشطه د ، ن والتى تحتاج الى ٧ رجال ، فان المتبقى من العماله المتاحه ٥ رجال وهى لا تكفى لبدء تنفيذ النشاط ك . وعليه فلابد من تأجيل تنفيذ النشاط ك حتى حدوث التغيير المقبل فى الطلب على العماله ، وهذا يحدث فى اليوم الخامس عشر (شكل ١٢) . ولكن فى هذه الحاله يمكن جدولة النشاط م وبذلك يكون المستخدم من العماله ٩ رجال .

ونلاحظ من شكل (١٢) أنه حتى فى اليوم الخامس عشر فانه لا يمكن جدولة النشاط ك حيث أن الأنشطه د ، ن لم تنتهى بعد وهى تستخدم ٧ رجال . وعليه فان النشاط ك لابد من تأخيره حتى اليوم السادس عشر .

الأيام

	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١



الحالة المطلوبة	١٠	١٠	١٢	١٠	٦	٦	٩	١٠	١٠	٩	٩	٩	٩	٩	٧	٦	
الحالة المتاحة	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢	

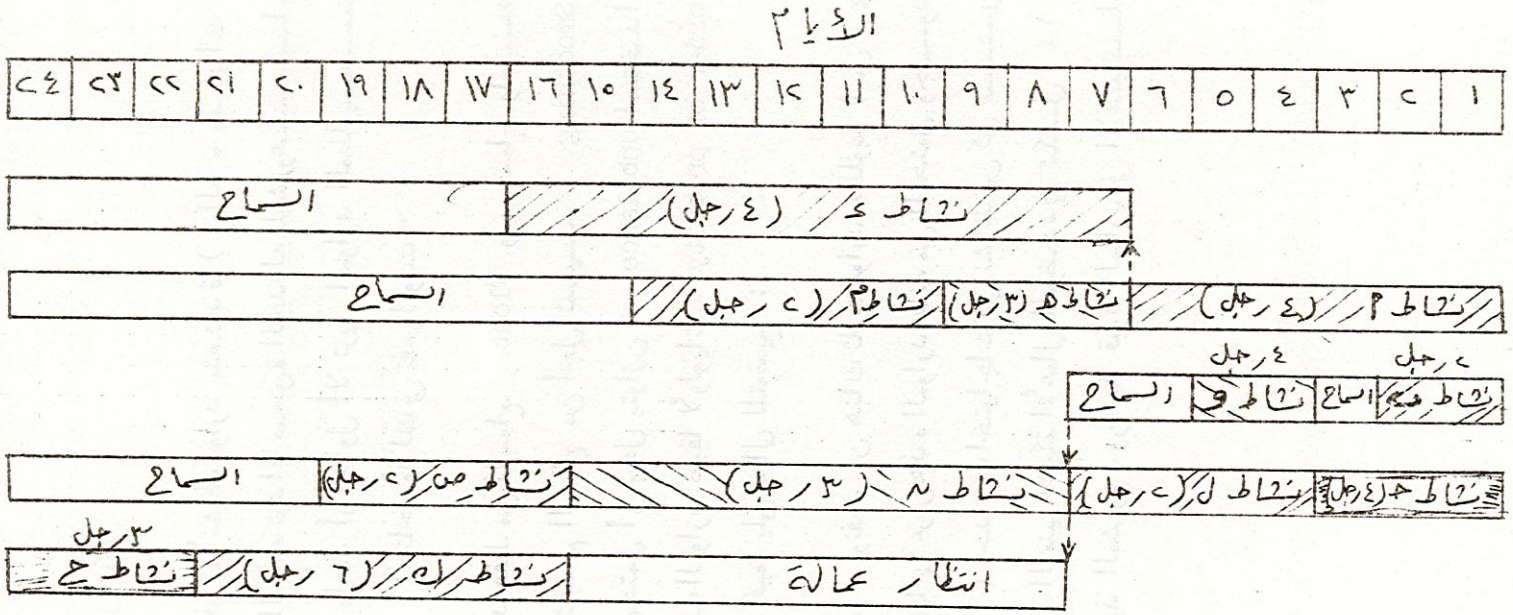
شكل (٢١) المرحلة الثانية في بناء جدولة الموارد

ويوضح الشكل (١٣) الجدوله النهائيه للمشروع فى حدود الموارد المتاحة (١٢ رجل) حيث نلاحظ أن النشاط وقد تم تأجيل تنفيذه يوما واحدا من أجل خفض الاحتياجات من العماله فى اليوم الثالث الى ٨ رجال. كذلك يلاحظ من شكل (١٣) أنه بتأجيل تنفيذ النشاط ص يوما واحدا فان العماله المطلوبه فى اليوم السادس عشر ممكن أن تقل الى ١٠ رجال بدلا من ١٢ رجلا. وفى هذه الحاله يصبح النشاط الحرج ص نشاطا غير حرجا.

ونلاحظ أنه طبقا للتتابع الزمنى لأنشطة المشروع فقد كان يمكن بدء تنفيذ النشاط ك فور انتهاء النشاط ل، ولكن استحال ذلك نتيجة لمحدودية العماله المتاحة.

شكل (١٣) يوضح أنه بتطبيق قواعد الجدوله مع محدودية الموارد المتاحة (١٢ رجلا) قد أدى الى زيادة وقت تنفيذ المشروع الى ٢٤ يوما بدلا من ١٩ يوما، ولكن كان يمكن استخدام ١٠ رجال بدلا من ١٢ رجلا.

كذلك يجب التنويه هنا الى أن أحد البدائل الممكن استخدامها لخفض الموارد Reducing Resources المطلوبه فى فتره زمنيه معينه. ففى المثال السابق شكل (١٣) لاحظنا أننا اتخذنا قرار عدم بدء تنفيذ النشاط ك فى اليوم الخامس عشر وذلك لاحتياجه الى ٦ رجال ولم يكن متبقيا من الموارد المتاحه الا ٥ رجال. وهذا التفكير يعتبر تفكيرا آليا Computer-type thinking ولكن يلاحظ أنه كان من الممكن بحث بدائل أخرى. فى هذا الصدد يطرح التساؤل التالى: هل يمكن بدء تنفيذ النشاط ك باستخدام ٥ رجال مع زياده وقت تنفيذ النشاط من ستة أيام (٦ أيام × ٦ رجال) الى حوالى ٧ أيام (٧ يوم × ٥ رجال) فاذا كانت الاجابه بنعم فيمكننا جدولة النشاط ك من اليوم الخامس عشر.



العمالة المطلوبة	١٠	١٠	٨	١٠	١٠	٦	٩	١٠	١٠	٩	٩	٩	٩	٩	٩	١٢	٨	٨	٨	٦	٦	٦	٣
العمالة المتاحة	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢

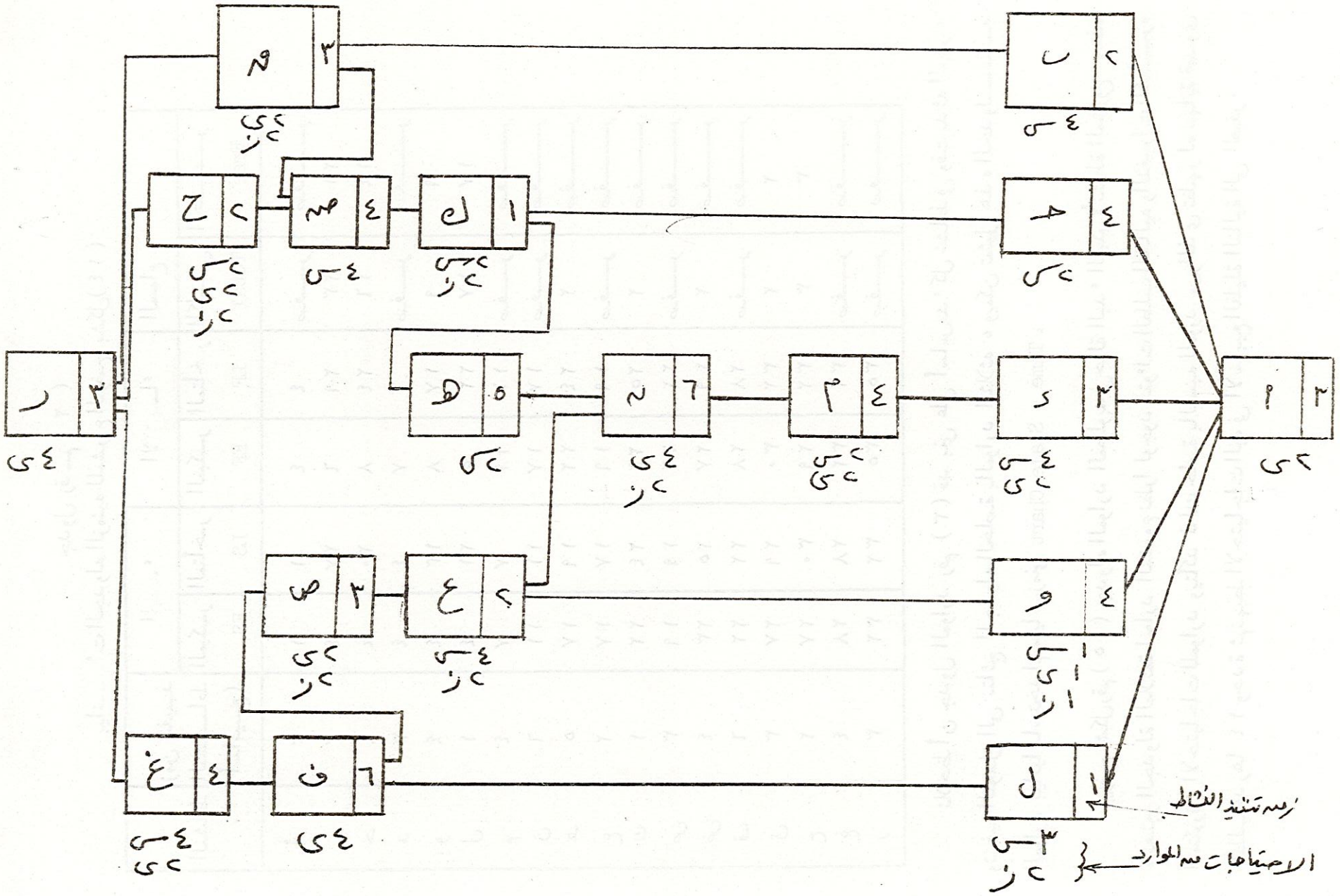
شكل (١٣) جدولة المشروع في حدود المتاح من الموارد (العمالة)

٤٠٢ حالات الموارد المتعددة Multiple Resources

فى الحياه العمليه يستخدم غالبا فى تنفيذ الأنشطه موارد متعددة (عماله ، معدات ، مواد ، أموال نقديه ... الخ) . وفى هذه الحاله تزداد صعوبة الجدوله للمشروعات لأننا نحاول تخفيض استخدام عدة موارد فى آن واحد أو نحاول ألا تزيد الموارد المطلوبه عن حدود الموارد resources limits المتاحه وذلك فى نفس الوقت .

وهنا تقابلنا صعوبه حيث يوجد نوع واحد فقط من السماح Float وليس سماح واحد لكل نوع من الموارد ، وفى هذه الحاله فان استخدام السماح من أجل تمهيد Smoothing التغيرات الكبيرة فى استخدام مورد معين من المحتمل أن يخل بتوازن unbalance استخدام الموارد الأخرى . لذلك كان من الضرورى ترتيب الموارد طبقا لأولوياتها in order of priority ومعالجة جدولة موارد المشروع فى تتابع . ونورد فيما يلى مثال للتوضيح :

شكل (١٤) يوضح شبكة أعمال مشروع ما . ونفرض أن هناك ثلاث موارد مطلوبه (س ، ى ، ز) لتنفيذ هذا المشروع وحيث أن هناك نقصا فى عرض هذه الموارد فانه من المحتمل وجود قيود على جدولة هذه الموارد . وفى شكل (١٤) حددت احتياجات كل نشاط من كل من هذه الموارد أسفل النشاط المعنى . والجدوله الزمنيه لشبكة الأعمال الموضحه فى شكل (١٤) موضحه بالجدول رقم (٢) حيث حسب وقت تنفيذ المشروع دون أخذ قيود الموارد فى الاعتبار بأنه ٣٤ أسبوعا .



شكل (١٤) الاحتياجات من الموارد موضحة على شبكة أعمال المشروع

جدول رقم (٢)

بيانات الجدوله الزمنيه للمشروع الموضح بشكل(١٤)

النشاط	زمن تنفيذ النشاط (أسابيع)	البدء		الانتهاء		السماح	
		المبكر ES	المتأخر LS	المبكر EF	المتأخر LF	الكلى Total	الحر Free
أ	٣	١	١	٤	٤	صفر	صفر
ب	٢	٤	٢٧	٦	٢٩	٢٣	٢١
حـ	٤	٤	٢٠	٨	٢٤	١٦	١٤
د	٣	٤	٤	٧	٧	صفر	صفر
و	٤	٤	١٣	٨	١٧	٩	٩
ل	١	٤	٢١	٥	٢٢	١٧	١٧
م	٤	٧	٧	١١	١١	صفر	صفر
ن	٦	١١	١١	١٧	١٧	صفر	صفر
هـ	٥	١٧	١٩	٢٢	٢٤	٢	صفر
ع	٢	١٧	١٧	١٩	١٩	صفر	صفر
ك	١	٢٢	٢٤	٢٣	٢٥	٢	صفر
ص	٣	١٩	١٩	٢٢	٢٢	صفر	صفر
ض	٤	٢٣	٢٥	٢٧	٢٩	٢	صفر
ف	٦	٢٢	٢٢	٢٨	٢٨	صفر	صفر
ق	٣	٢٧	٢٩	٣٠	٣٢	٢	٢
ح	٢	٢٧	٣٠	٢٩	٣٢	٣	٣
غ	٤	٢٨	٢٨	٣٢	٣٢	صفر	صفر
ر	٣	٣٢	٣٢	٣٥	٣٥	صفر	صفر

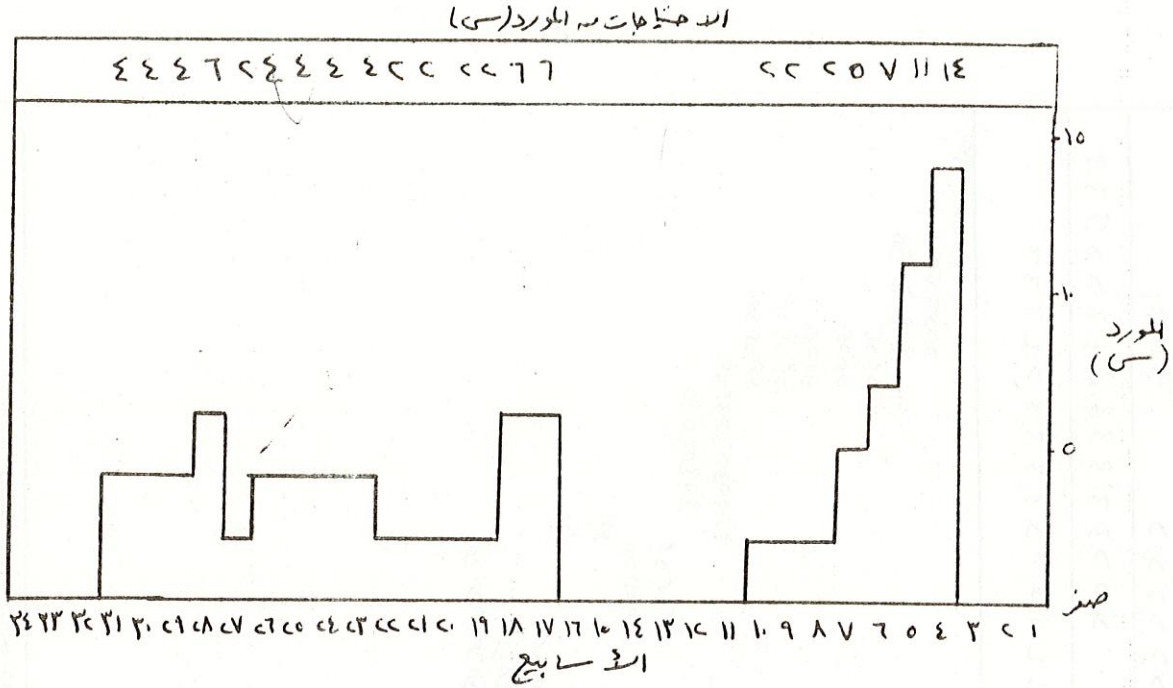
نلاحظ أن جدول الموارد رقم (٣) قد بنى على أساس بدء كل نشاط فى وقت بدئه المبكر ، وتم فيه التوصل الى نتائج الجدوله الخاصة بالموارد الثلاثه ، ويمكن تمثيل هذه الجدولـــه للموارد بيانيا باستخدام مقياس زمنى Time - Scale Chart .

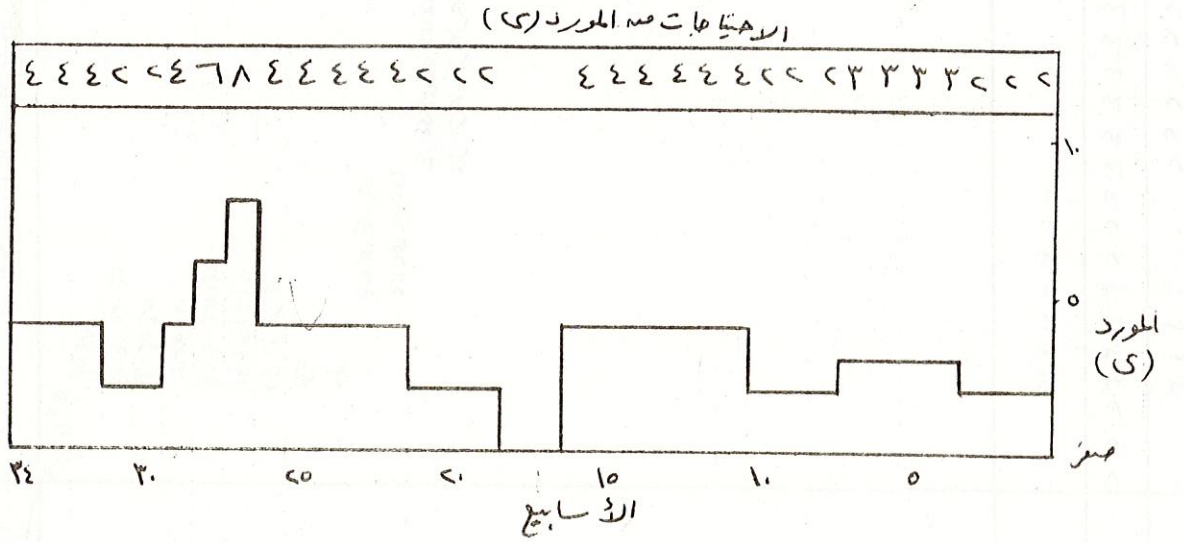
ويوضح شكل رقم (١٥) جدوله الموارد المطلوبه فى حالة البدء المبكر لأنشطة المشروع . وهذه لاتعتبر الجدولة الملائمة لموارد المشروع نظرا لوجود تذبذات الطلب العاليه والتغيرات الكبيره المتكررة فى الاحتياجات للموارد ويتأكد ذلك خاصة بالنسبه للمورد س والذى تظهر له نهاية قصوى للطلب قدرها ١٤ وحدة ثم تهبط الاحتياجات اليه فى الأسابيع القليلة التالية الى الصفر .

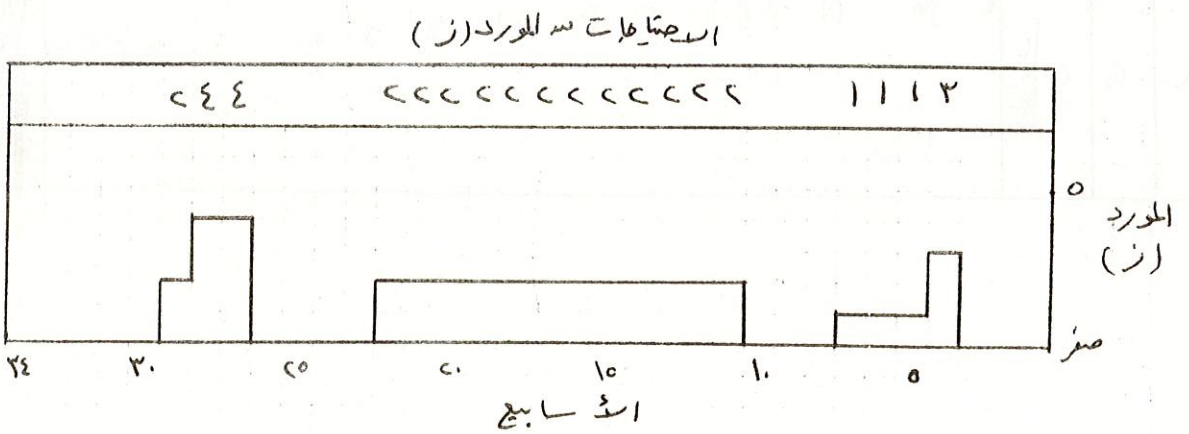
جدول رقم (٣) جدول الموارد في حالة البدء المبكر لأنشطة المشروع

الأنشطة / الأسابيع	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦	١٧	١٨	١٩	٢٠	٢١	٢٢	٢٣	٢٤	٢٥	٢٦	٢٧	٢٨	٢٩	٣٠	٣١	٣٢	٣٣	٣٤	٣٥
أ																																			
ب																																			
جـ																																			
د																																			
هـ																																			
و																																			
ز																																			
ح																																			
ط																																			
ي																																			
ك																																			
ل																																			
م																																			
ن																																			
هـ																																			
ع																																			
ق																																			
ص																																			
ض																																			
ف																																			
ق																																			
ر																																			

الموارد / س	١٤	٧	١١	٥	٢	٢	٢	٦	٦	٢	٢	٢	٢	٤	٤	٤	٤	٤	٢	٢	٢	٤	٤	٤	٦	٢	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٤
ي	٢	٢	٢	٢	٣	٣	٣	٣	٢	٢	٢	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٢	٢	٢	٤	٤	٤	٨	٦	٤	٤	٤	٤	٤	٢	٢	٤	٤
ز	١	١	١	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٤	٣





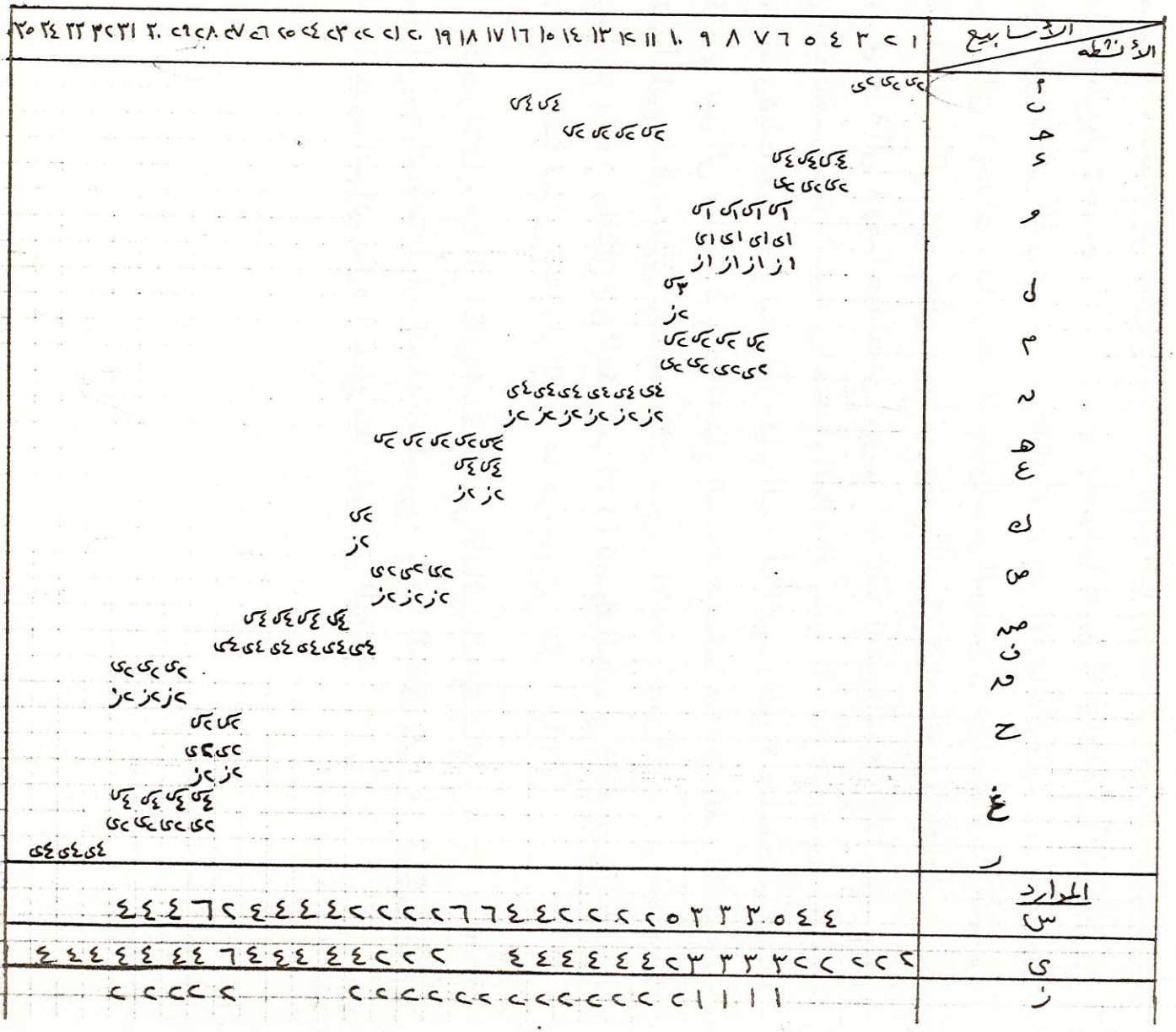


شكل رقم (١٥) جدولة الموارد فى حالة البدء المبكر لأنشطة المشروع

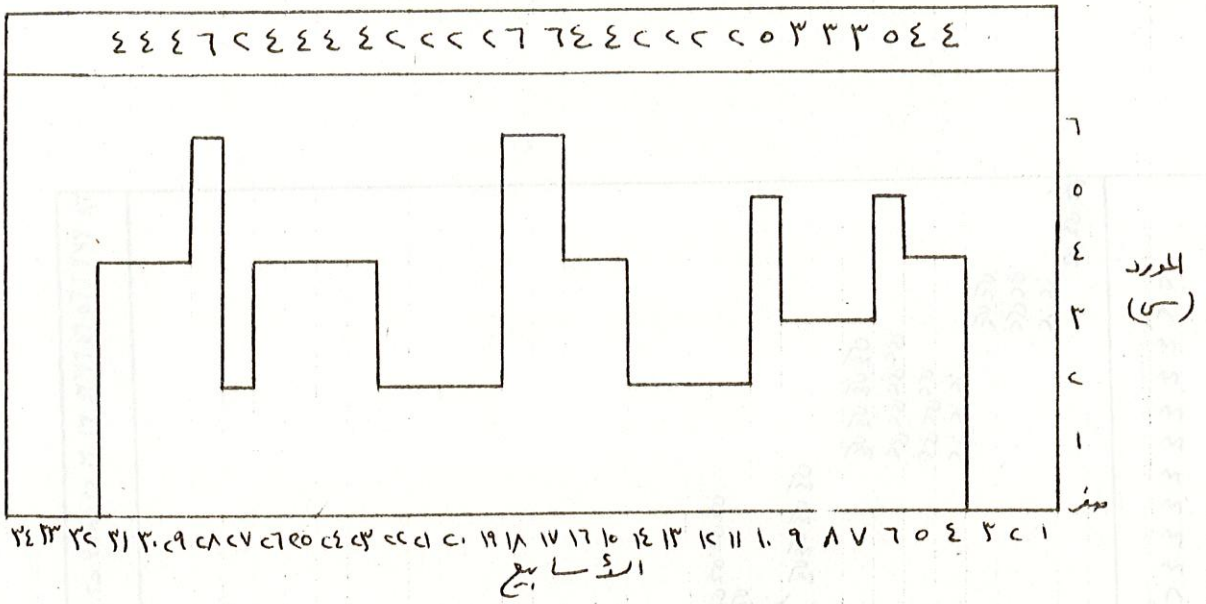
ويوضح الجدول رقم (٤) اعادة جدولة لموارد المشروع الموضح فى شكل (١٤) . وفى هذه الحاله قد تم فقط اعادة جدولة للأنشطه التى لها سماح حر من وقت بدئها المبكر واقتصرت اعادة الجدوله على نطاق السماح . وفى اعادة الجدوله هذه لم يتغير وقت تنفيذ النشاط بالطبع ولم تتوقف بعض الأنشطه أو أعيد تخطيطها لتغيير الاحتياجات من الموارد ، ومع ذلك فان التحسن الذى تم يعتبر ملحوظا اذ قد تم خفض الاحتياجات القصوى من المورد س من ١٤ الى ٦ وحدات ، كما تم خفض الاحتياجات من المورد ين ى ، ز نسبيا من ٨ الى ٦ وحدات ومن ٤ الى ٢ وحدة على الترتيب . وواضح أنه يمكن كذلك تخفيض الاحتياجات من المورد ى من ٦ الى ٤ وحدات وذلك عن طريق مد فترة تنفيذ المشروع أسبوعا واحدا وفى نفس الوقت تتحسن عملية الاستمرار فى استخدام الموارد اذ بمجرد الاحتياج للمورد س يستمر استخدامه وبكميات مختلفه 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 الاحتياجات لمدة ٤ أسابيع بالمقارنه بفترتى توقف وعدم تماثل نسبى فى الاحتياجات من المورد ز فى الجدول الرئيسى رقم (٣) . وبالتالى فان الشكل رقم (١٦) لجدولة الموارد فى حدود مدى السماح الحر يوضح تحسنا كبيرا فى استخدام الموارد عما هو معروض فى شكل (١٥) .

وتجدر الاشاره هنا الى امكانية استخدام نفس الأساليب المطبقه سالفا فى ٢٠٢ ، ٣٠٢ للوصول الى جدولة ملائمه للموارد المتعدده للمشروع . ويوضح الجدول رقم (٥) ، شكل رقم (١٧) الجدوله النهائيه لموارد المشروع طبقا للقيود على الموارد .

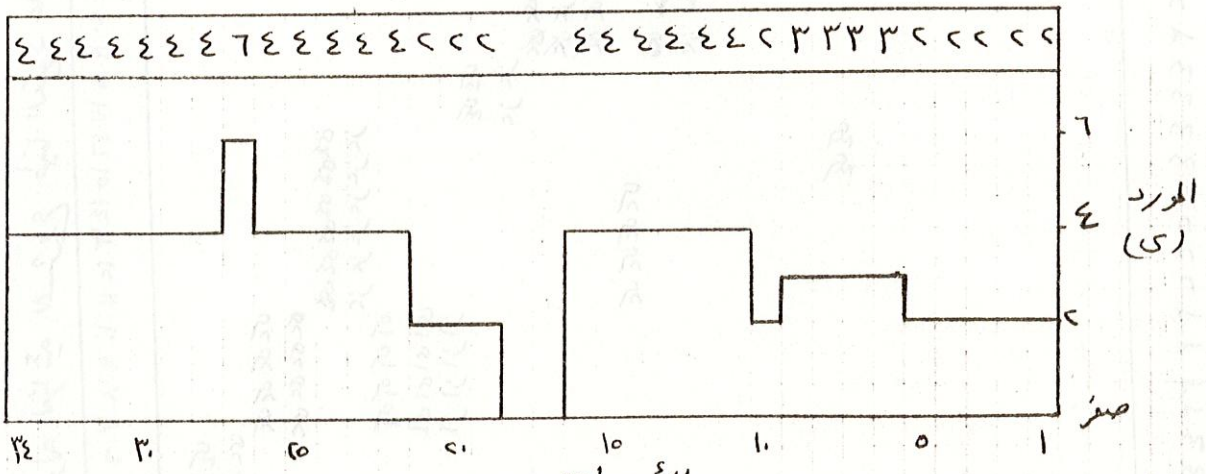
جدول رقم (٤) جدول الموارد للخروج من حدود مدى السماح الحر



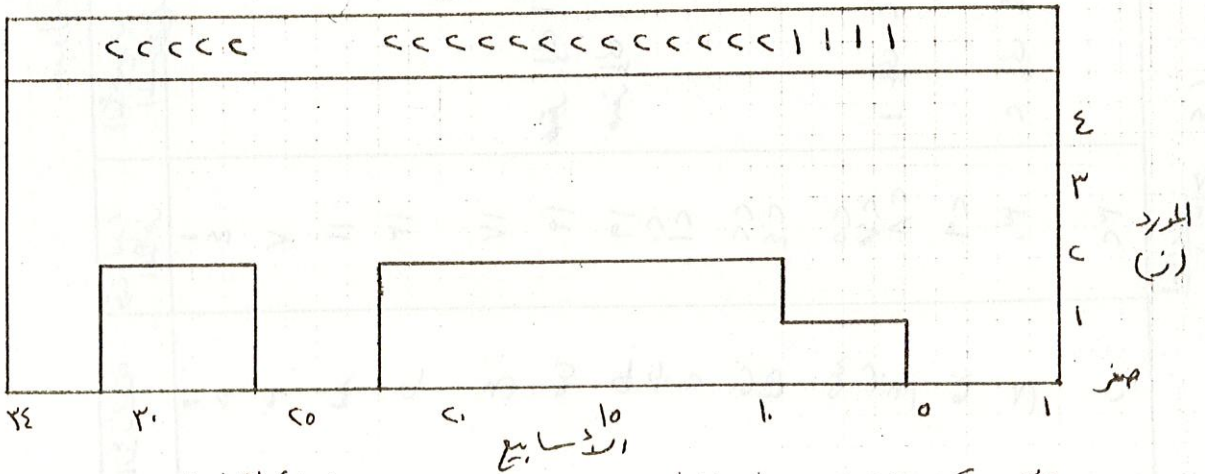
الاحتياجات من المورد (س)



الاحتياجات من المورد (ى)



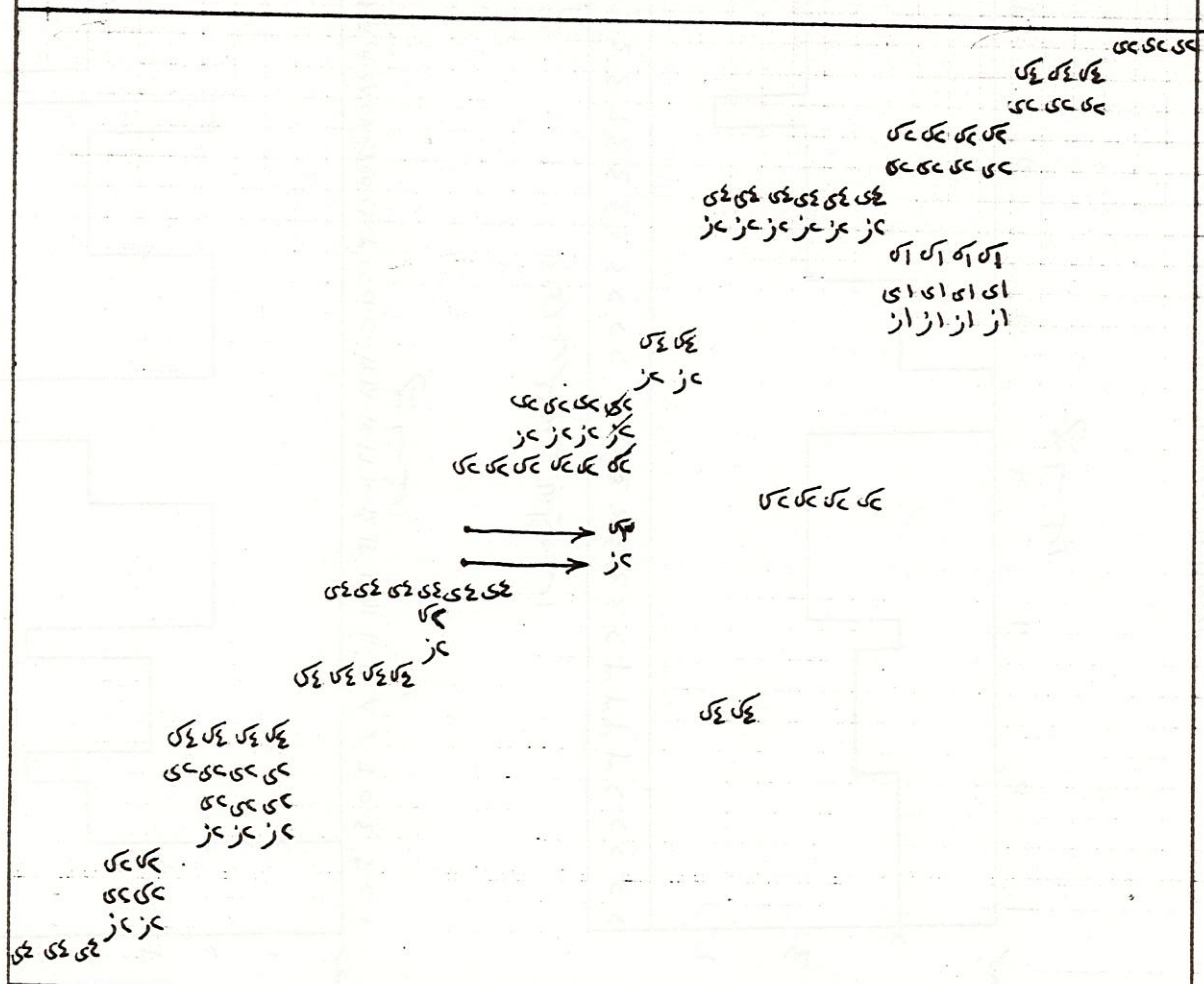
الاحتياجات من المورد (ز)



شكل رقم (١٦) جدولة الموارد في حدود مدى السماح الحر للأنشطة المشروع

جدول رقم (٥) الجدولة الزمانية للمشروع طبقاً للقيود على الموارد

الأنشطة	وقت البدء المتأخر	التأخير في المشروع
أ	١	
د	٤	
ج	٧	
هـ	١١	
و	١٣	
ع	١٧	
ص	١٩	صفر إلى ١
ط	١٩	صفر إلى ١
ب	٢١	
ك	٢٢	
ف	٢٤	
صـ	٢٥	
ق	٢٧	
ر	٢٨	١ إلى ٢
ش	٢٩	
ت	٣٠	٢ إلى ٤
ث	٣٢	



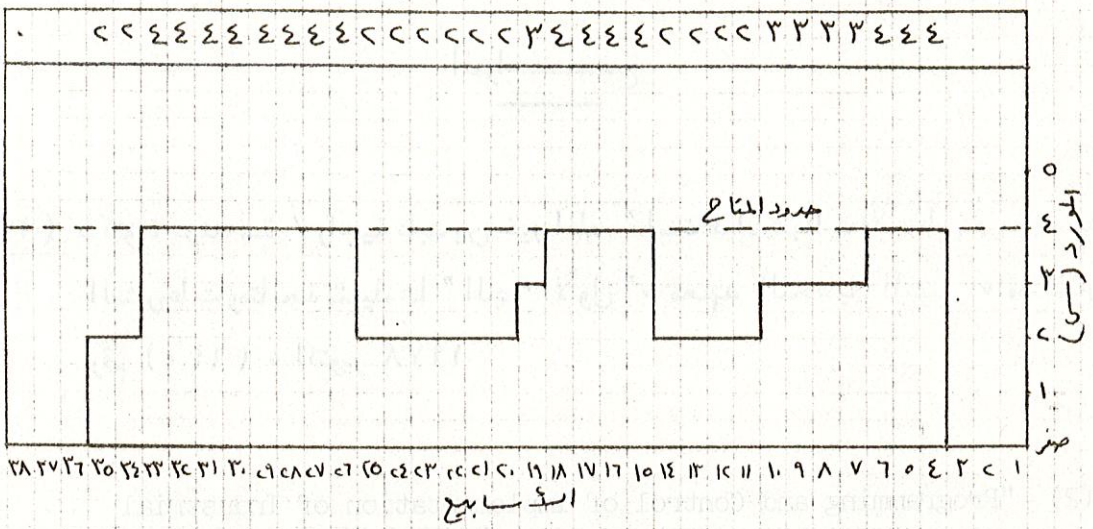
الموارد

س (متاح ٤)

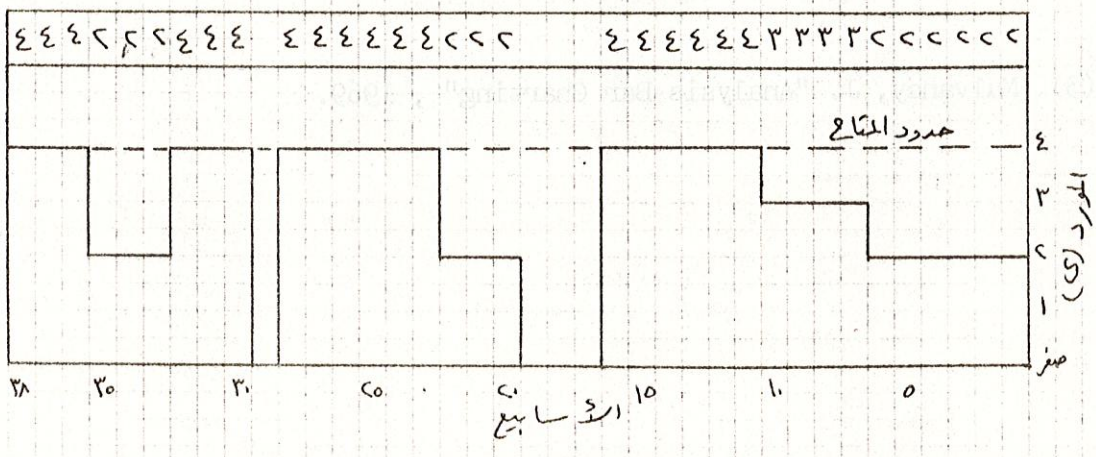
ى (متاح ٤)

ز (متاح ٤)

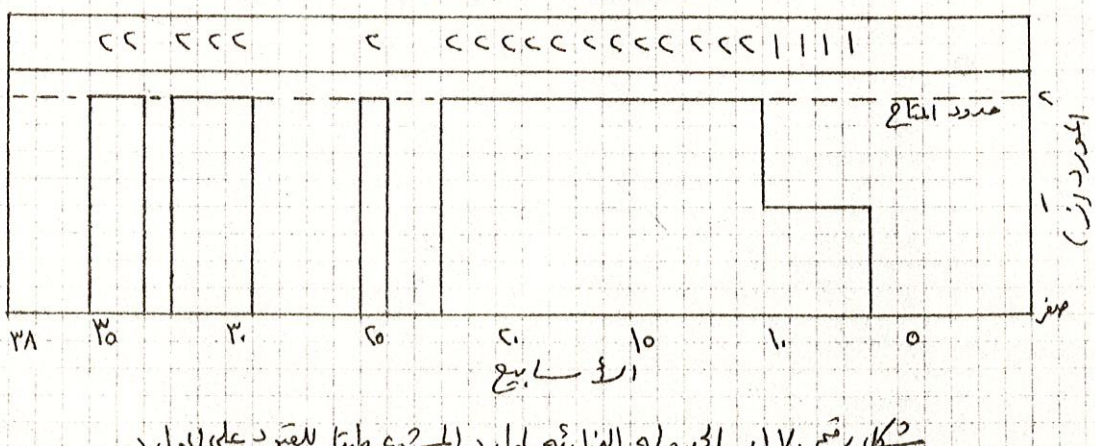
الاحتياجات من المورد (س)



الاحتياجات من المورد (ى)



الاحتياجات من المورد (ز)



شكل رقم (١٧) الجدولة الزمنية لموارد المشروع طبقاً للقيود على الموارد

المراجـــــع

(١) دكتورة مهندسة / راجية عابدين خير الله " استخدام شبكات الأعمال فى تخطيط المشروعات ومتابعة تنفيذها " الجزء الأول "، معهد التخطيط القومى ، مذكرة رقم (٦٤٠) ، اكتوبر ١٩٧٨

(2) "Programming and Control of Implementation of Industrial Projects in Developing Countries", UNIDO, Code No. ID/SER. L/1, 1971.

(3) Mulvaney, J. "Analysis Bar Charting" , 1969.