



سنتعرف على الجدولة في ظل الموارد الغير محدودة
والجدولة في ظل الموارد المحدودة Load Leveling
إنجاز المشروع في أقل وقت ممكن Limited resource
models

2153 المشاهدات عدد العاشر 21, October 2024 الكاتب : د. محمد العameri

ادارة المشاريع Project management



Project schedule					
Code	Work package designation	Responsibility	Start	End	
1	IT-CONCEPT		15.05.2020	29.11.2020	Week 22
1.2	As-is analysis		11.06.2020	31.07.2020	Week 23
1.2.1	As-is analysis Software		11.06.2020	08.07.2020	Week 24
1.2.2	As-is analysis Hardware		25.06.2020	15.07.2020	Week 25
1.2.3	As-is analysis Infrastructure		01.07.2020	26.07.2020	Week 26
1.2.4	Documentation as-is analysis		12.06.2020	31.07.2020	Week 27
1.3	Description variants		01.08.2020	04.09.2020	Week 28
1.3.1	Definition variants		01.08.2020	07.08.2020	Week 29
1.3.2	Description variant 1		09.08.2020	21.08.2020	Week 30
1.3.3	Description variant 2		09.08.2020	21.08.2020	Week 31
1.3.4	Description variant 3		22.08.2020	03.09.2020	Week 32
1.4	Market research software		05.09.2020	14.10.2020	Week 33
1.4.1	Linking Application Software		05.09.2020	11.09.2020	Week 34
1.4.2	Analysis Application Software		11.09.2020	03.10.2020	Week 35
1.4.3	Collecting additional information		01.10.2020	07.10.2020	Week 36
1.4.4	Routing Application Software		08.10.2020	14.10.2020	Week 37



الجدولة الفعلية للمشروع

Project Scheduling

جميع الحقوق محفوظة
www.mohammedalameeri.com

سنتعرف في هذا المقال على:

Load Leveling
حالات الموارد المحدودة Limited Resource Model

الجدولة الفعلية للمشروع

Project Scheduling

ليس نهاية المطاف بالنسبة لعملية جدولة الأنشطة تقدير ما يسمى بأوقات البدء وأوقات الإتمام لكل نشاط، ويرجع ذلك إلى أن ما توصلنا إليه من تقديرات قد لا يكون مقبولاً من الناحية الاقتصادية كما أنه قد لا يكون

ممكنًا من حيث الموارد المتاحة. فقد تؤدي الجداول التي توصلنا إليها عن طريق كل من أسلوب PERT/CPT إلى وجود طاقات غير مستغلة في أوقات معينة بينما هناك حاجة إلى طاقات إضافية في أوقات أخرى. وهنا تظهر مشكلة عمل توازن للطاقة المستخدمة حتى نضمن تحقيق أقل التكاليف في الحصول على الموارد وتعظيم درجة الاستفادة منها أيضًا قد تكون الجداول التي توصلنا إليها من الصعب تنفيذها بسبب عدم كفاية الموارد المتاحة، فتنفيذ أكثر من نشاط في ذات الوقت قد يكون أكبر من طاقة الموارد البشرية أو الآلية المتاحة. ولذلك يكون المطلوب هو تحقيق أفضل جداول تشغيل في حدود الموارد المتاحة.

وفي محاولة للتعرف على كيفية التصدي لهذه الحالات، سوف تعرض في هذه المقال جزئيين أساسين هما:

أ- الجدولة في ظل الموارد الغير محدودة بفرض عمل موازنة في الموارد المستخدمة، والمعرف بالحالة الطاقات Load Leveling.

ب ٢) الجدولة في ظل الموارد المحدودة بفرض إنجاز المشروع في أقل وقت ممكن، والمعرفة بالحالة المحدودة Limited resource models

توازن الطاقات Load Leveling

قد يتربى على عملية الترجمة المباشرة لجدوال التشغيل الخاصة بالأنشطة التي نتوصى إليها باستخدام PERT/CPM أن نلاحظ تقلباً كبيراً في مستوى الموارد المستخدمة خلال فترة إنجاز المشروع. وبصفة خاصة فيما يتعلق بعنصر العمالة متمثلاً في عدد الأفراد الذين يتم تشغيلهم خلال كل فترة زمنية. ومن المؤكد أن هذا التقلب الحاد في مستوى الموارد المستخدمة يعد أمراً غير مرغوب. فقد يضطر مدير المشروع إلى اللجوء إلى التشغيل الإضافي أو تعيين عاملين جدد في فترات زيادة الحاجة إليهم، كما أنه قد يلجأ إلى الفصل أو وجود طاقات غير مستخدمة في فترات انخفاض مستوى الموارد الازمة. ولا يخفي علينا أن هناك تكلفة إضافية تترتب على كل هذه البدائل. فمن المعروف ارتفاع تكلفة إضافية تترتب على كل هذه البدائل، فمن المعروف ارتفاع تكلفة التشغيل الإضافي عن تكلفة التشغيل خلال الوقت الأصلي، كما أن هناك تكلفة التشغيل الإضافي عن تكلفة التشغيل خلال الوقت الأصلي، كما أن هناك تكلفة إضافية تترتب على عملية التعيين والفصل المستمرة، وذلك بالإضافة إلى تكلفة الطاقات العاطلة التي تسعي كل المشروعات إلى تفاديهما. ورغبة في تجنب هذه الآثار الغير مرغوبة المتربعة على التقلب الحاد في مستوى الموارد المستخدمة ، يقوم مدير المشروع بإعادة الجدولة بشكل يحقق توازن الطاقات المستخدمة خلال فترات المشروع وذلك في حدود تاريخ إتمام محدد للمشروع ككل.

ويهمنا هنا أن نوضح أن عملية التوازن هذه سوف تؤدي أيضاً إلى تحقيق نوعاً من الاستقرار النفسي للعاملين في المشروع، فالإحساس بالاستقرار والأمان طيلة فترة إنجاز المشروع سوف يؤدي بلا شك إلى خلق نوع من الولاء بين العاملين والمشروع ورفع الروح المعنوية لهم مما يكون له أثر طيب على أدائهم. كذلك فإن تحقيق هذا التوازن يعد مرغوباً سواء كانت الحالة التي أمامنا هي حالة الموارد المحدودة أو حالة الموارد الغير محدودة.

والطريقة الرئيسية التي تستخدم في تحقيق التوازن في الموارد المستخدمة تعتمد على إعادة جدولة الأنشطة غير الحرجية. فطالما أن هناك فائضاً يمكن أن يتم في حدوده إعادة جدولة النشاط الغير حرج دون أن يؤثر ذلك على وقت إتمام المشروع فمن الممكن الاستفادة من ذلك في عمل التوازن. وبالطبع تؤخذ جداول الأنشطة الحرجية في هذه الحالة على أنها قيود، فلا يمكن إعادة جدولتها، حيث أن أي تغيير سوف يؤدي بالضرورة إلى تأخير وقت إتمام المشروع.

والآن.. ومن خلال مثال سوف نرى كيف يمكن تحقيق تلك الفكرة:

مثال (٦-١)

بفرض توافر البيانات التالية عن أحد المشروعات

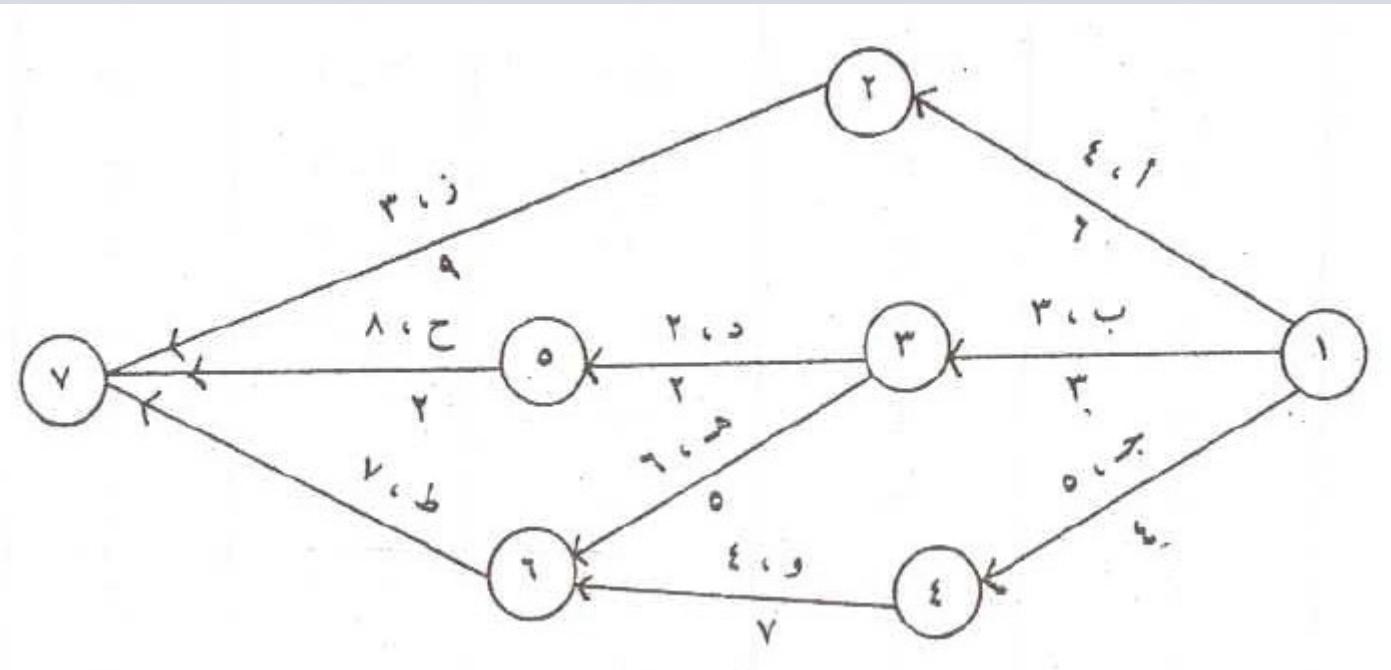
النشاط	الحدث	ساعات العمل اللازمة	الوقت اللازم بالأسبوع	عدد العاملين (محسوب)
أ	٢ - ١	720	4	6
ب	٣ - ١	270	3	3
ج	٤ - ١	600	5	4
د	٥ - ٣	120	2	2
هـ	٦ - ٣	900	6	5
و	٦ - ٤	840	4	7
ز	٧ - ٢	810	3	9
مـ	٧ - ٥	480	8	2
طـ	٧ - ٦	840	7	4

وكان عدد الساعات التي يقوم بها الفرد هو 30 ساعة عمل فقط في الأسبوع، وضح أثر تغير جداول الأنشطة على توازن الطاقات العمالية المستخدمة خلال فترة إنجاز المشروع.
نبذأً أولاً بتحديد عدد العاملين Crewsize اللازم لكل نشاط على خطوات:

$$\text{عدد ساعات العمل اللازمة في الأسبوع الواحد للنشاط} = \frac{\text{ساعات العمل اللازمة للنشاط}}{\text{الوقت اللازم للنشاط}} \times \text{عدد العاملين اللازم للنشاط}$$

= عدد ساعات العمل اللازمة في الأسبوع \times ساعات العمل للفرد الواحد وبتطبيق ذلك يكون لدينا بيان بعدد الأفراد اللازمين لكل نشاط كما يتضح ذلك في العمود الأخير من الجدول.

أما الخطوة التالية فهي التصوير البياني للشبكة، وذلك على أساس أن السهم يعبر عن النشاط وأن الوقت اللازم لإنعام النشاط في أعلى السهم، أما عدد العمال اللازمين للنشاط فيظهر في أسفل السهم كما في الشكل (٦-١) التالي:



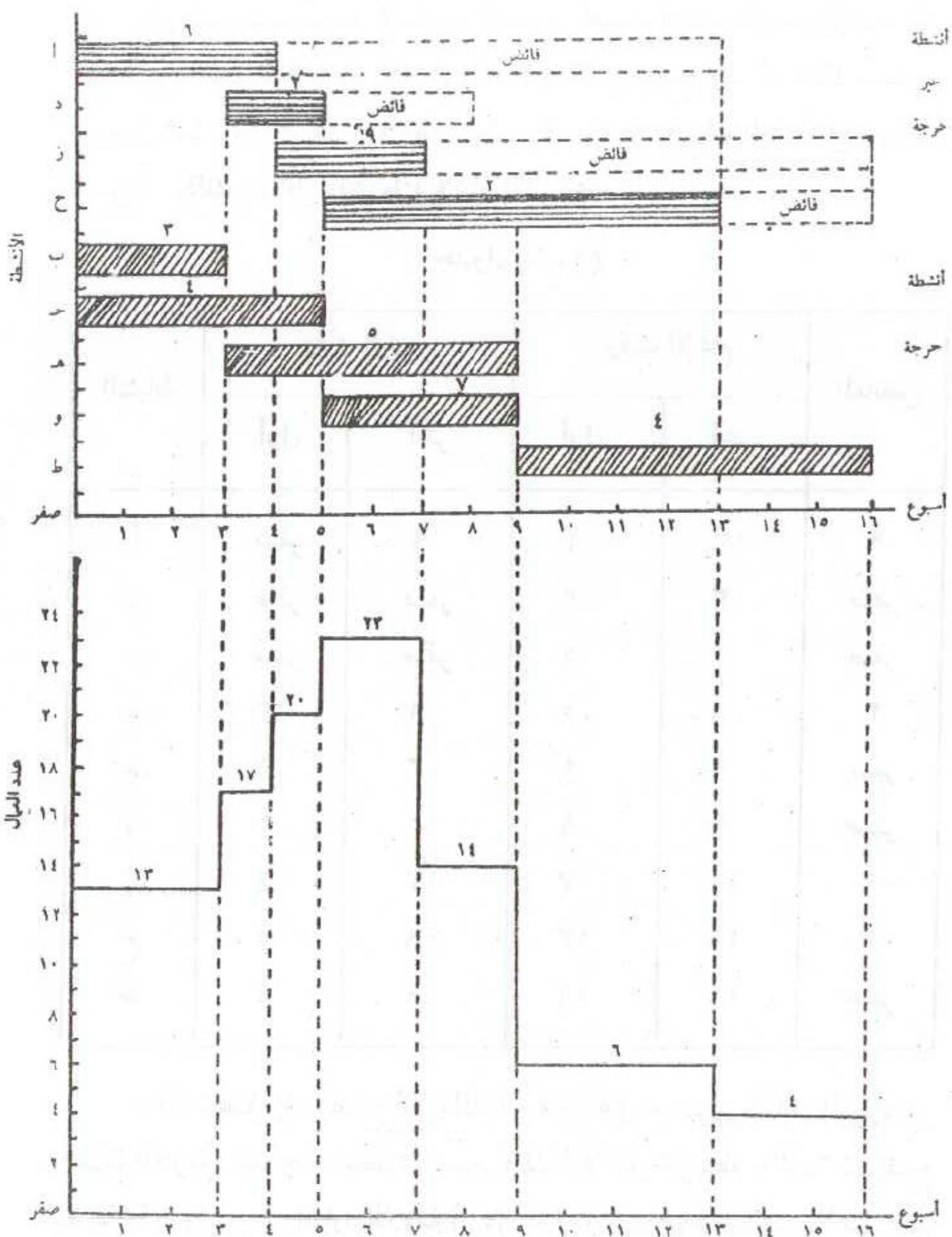
ثم نقوم باستخدام الأسلوب المعتاد في تحديد أوقات البدء والإتمام لكل نشاط على النحو الموضح في الجدول (١-٦) والذي يتضح فيه أن هناك مسارين حرجين هما ب - ه - ط ، ج - ط وأن طول كل منهما ١٦ أسبوعا، وذلك هو أقل وقت يلزم لإتمام المشروع.

جدول (١ - ٦)

الفائز	وقت الإتمام				وقت البدء		النشاط
	آخر	أول	آخر	أول	آخر	أول	
9	13	4	9	صفر	أ		
صفر	3	3	صفر	صفر	ب		
صفر	5	5	صفر	صفر	ج		
3	8	5	6	3	د		
صفر	9	9	3	3	ه		
صفر	9	9	5	5	ن		
9	16	7	13	4	ز		
3	16	13	8	5	ط		
صفر	16	16	9	9	ط		

والآن ننتقل إلى إيضاح أثر ذلك الجدول على مستوى مقدار الموارد من العمالة الضرورية. تبدأ هذه الخطوة بتصوير ذلك أولاً على خريطة جانت (٢) ثم نقوم بترجمة ذلك إلى حجم الموارد الضرورية في كل فترة زمنية.

ويوضح الجزء الأعلى على الشكل (6-2) التتابع الزمني لأداء الأنشطة وذلك على أساس أن المحور الأفقي.



شکل (۲ - ۶)

عدد العمال اللازمين في حالة الجدوله على أساس أول وقت بداء ممكن

يمثل الفترات الزمنية بالأسوع، وبالتالي فإن طول الخط المرسوم لكل نشاط يعن عن الفترة اللازمة للأداء

النشاط، كذلك فإن أساس تحديد جدول الأنشطة هو أن تبدأ جميعها في أول وقت بـ ممكـن (و بـ) وليس على أساس آخر وقت بـ مسـمـوح به (خـ بـ) (سوف نتولـى ذلك فيما بعد). وقد مـيزـنا في الشـكـل بين الأنشـطـةـ الحـرـجـةـ وـغـيـرـ الـحـرـجـةـ حتـىـ يـمـكـنـ أـنـ نـلـاحـظـ معـنـىـ فـكـرـةـ الـزـائـدـ كـمـاـ هوـ مـوـضـحـ فـيـ الـعـسـاـحـاتـ غـيـرـ المـظـلـلـةـ بـالـشـكـلـ،ـ وـيـوـضـحـ الرـقـمـ المـوـجـودـ فـيـ أـعـلـىـ النـشـاطـ عـدـدـ الـعـمـالـ الـلـازـمـينـ لـلـنـشـاطـ.

أما الجزء الثاني من الشـكـلـ (2-6) فهو مجرد تـرـجـمـةـ لـمـقـدـارـ الـمـوـارـدـ الـلـازـمـةـ فـيـ كـلـ فـتـرـةـ زـمـنـيةـ،ـ وـمـثـالـ ذـلـكـ ...ـ يـكـوـنـ إـجـمـالـيـ عـدـدـ الـعـاـمـلـيـنـ الـلـازـمـيـنـ خـلـالـ الـفـتـرـةـ الـأـوـلـىـ هوـ 6ـ أـفـرـادـ لـأـدـاءـ النـشـاطـ أـ وـثـلـاثـةـ لـأـدـاءـ النـشـاطـ بـ وـ 4ـ لـأـدـاءـ النـشـاطـ جـ.ـ وـذـلـكـ بـإـجـمـالـيـ قـدـرـهـ 13ـ عـاـمـلـ،ـ أـمـاـ فـيـ الـفـتـرـةـ الـخـامـسـةـ فـإـنـ الـعـدـدـ الـلـازـمـ إـجـمـالـيـ هوـ 20ـ عـاـمـلـ،ـ مـوـزـعـةـ عـلـىـ أـسـاسـ عـاـمـلـيـنـ لـلـنـشـاطـ دـ،ـ 9ـ لـلـنـشـاطـ زـ،ـ 4ـ لـلـنـشـاطـ جـ،ـ 5ـ لـلـنـشـاطـ هـ.

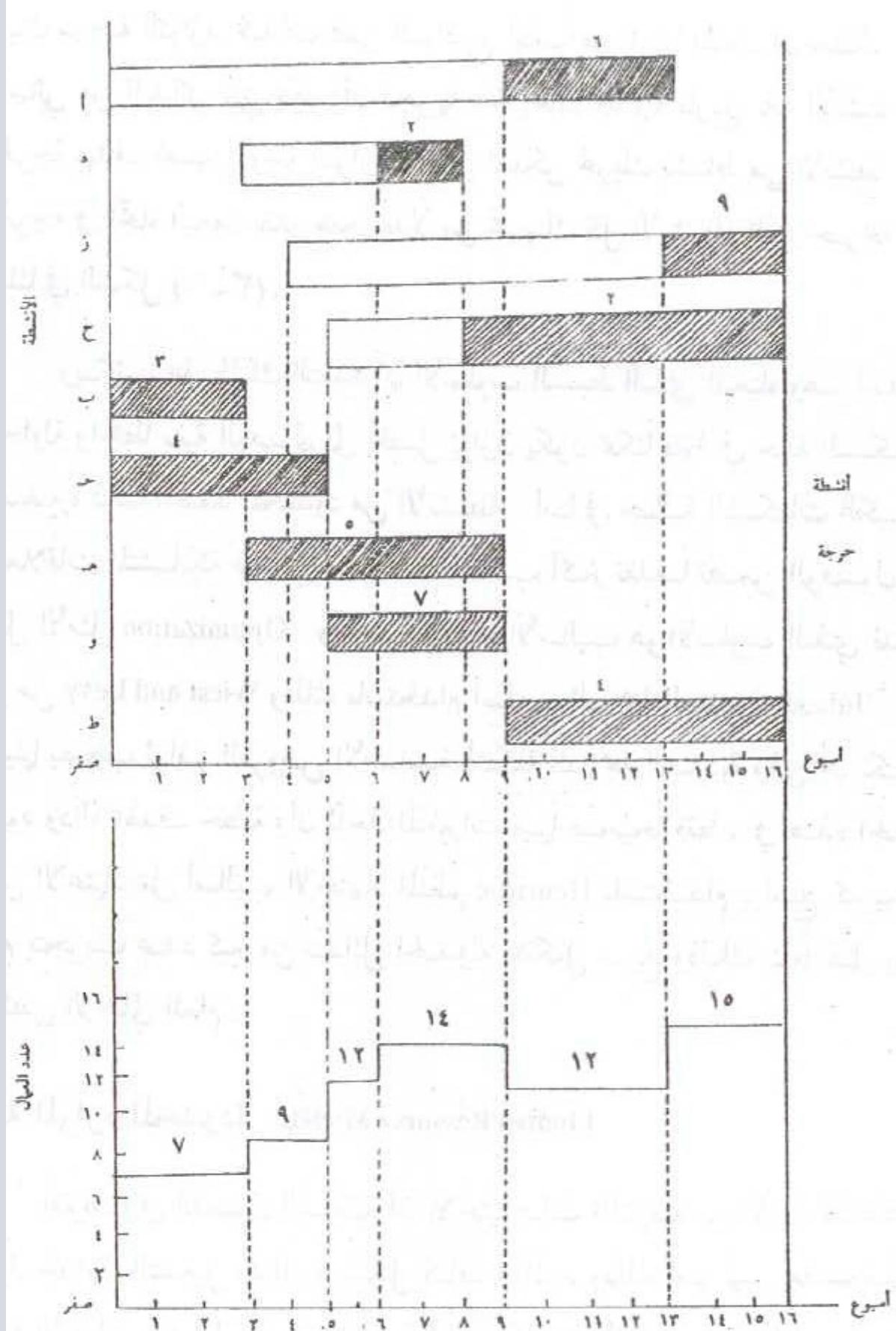
يتـضـحـ مـنـ هـذـاـ شـكـلـ أـنـ مـسـتـوـىـ عـدـدـ الـعـاـمـلـيـنـ الـلـازـمـ خـلـالـ أـيـامـ التـنـفـيـذـ بـتـذـبـبـ بـشـكـلـ مـلـحـوظـ،ـ فـأـقـصـىـ عـدـدـ سـوـفـ يـتـمـ تـشـغـيلـهـ هـوـ فـيـ الـفـتـرـتـيـنـ السـادـسـةـ وـالـسـابـعـةـ،ـ حـيـثـ يـصـلـ الرـقـمـ إـلـىـ 23ـ عـاـمـلـ،ـ بـيـنـماـ سـوـفـ يـصـلـ الرـقـمـ إـلـىـ أـدـنـاهـ خـلـالـ أـلـأـسـابـعـ الـلـلـاـتـهـ الـأـخـيـرـةـ مـنـ فـتـرـةـ الـمـشـرـوـعـ،ـ فـسـوـفـ يـكـوـنـ عـدـدـ الـمـسـتـخـدـمـ هـوـ أـرـبـعـةـ عـاـمـلـ فـقـطـ (٢)،ـ وـيـعـنـيـ ذـلـكـ أـنـ هـنـاكـ 19ـ عـاـمـلـ سـوـفـ يـفـصـلـوـاـ مـنـ الـمـشـرـوـعـ بـالـتـدـرـيـجـ أـوـ يـتـرـكـوـاـ كـطـاـقـةـ عـاـطـلـةـ أـوـ يـحـولـوـنـ إـلـىـ مـشـرـوـعـاتـ أـخـرـىـ،ـ وـكـلـ هـذـهـ تـعـدـ أـمـرـاـتـ غـيـرـ مـرـغـوبـةـ.

وـلـتـلـفـلـبـ عـلـىـ مـشـكـلـةـ التـذـبـبـ هـذـهـ نـقـومـ مـرـةـ أـخـرـ بـتـأـمـلـ الجـزـءـ الـأـعـلـىـ مـنـ الشـكـلـ (2-6)،ـ وـنـقـصـ بـذـلـكـ الـأـنـشـطـةـ غـيـرـ الـحـرـجـةـ.ـ حـيـثـ يـوـضـحـ الشـكـلـ مـقـدـارـ الـفـائـضـ الـمـتـاجـ لـهـذـهـ الـأـنـشـطـةـ.ـ وـيـمـثـلـ هـذـاـ الـفـائـضـ أـقـصـىـ مـدـىـ يـمـكـنـ فـيـ تـحـرـيـكـ الـنـشـاطـ غـيـرـ الـحـرـجـ تـجـاهـ الـيـمـينـ،ـ أـيـ تـأـجـيلـ تـارـيخـ الـبـدـءـ،ـ دـوـنـ أـنـ يـؤـثـرـ ذـلـكـ عـلـىـ تـارـيخـ إـتـمـامـ الـمـشـرـوـعـ.

مـنـ الـبـدـيـهـيـ أـنـ نـحاـولـ آـلـاـنـ الـحـالـةـ الـمـتـطـرـفـةـ الـأـخـرـىـ وـهـيـ:ـ كـلـ الـأـنـشـطـةـ غـيـرـ الـحـرـجـةـ تـبـدـأـ فـيـ آـخـرـ وقتـ بـدـءـ مـسـمـوحـ بـهـ.ـ وـيـعـنـيـ ذـلـكـ عـلـىـ الرـسـمـ أـنـ يـتـمـ تـحـرـيـكـ كـلـ الـأـنـشـطـةـ غـيـرـ الـحـرـجـةـ إـلـىـ الـيـمـينـ بـأـقـصـىـ قـدـرـ يـمـكـنـ أـنـ يـسـمـحـ الـفـائـضـ الـخـاصـ بـكـلـ نـشـاطـ.ـ وـسـوـفـ يـظـهـرـ ذـلـكـ فـيـ الجـزـءـ الـأـعـلـىـ مـنـ الشـكـلـ (6-3).ـ أـمـاـ أـثـرـ ذـلـكـ التـغـيـيرـ عـلـىـ مـسـتـوـىـ الـعـمـالـةـ الـمـسـتـخـدـمـةـ خـلـالـ فـتـرـةـ الـمـشـرـوـعـ فـيـظـهـرـ فـيـ الجـزـءـ الـثـانـىـ فـيـ أـسـفـلـ نـفـسـ الشـكـلـ.

يتـضـحـ مـنـ هـذـاـ شـكـلـ أـنـ درـجـةـ تـذـبـبـ مـسـتـوـىـ الـعـمـالـةـ الـلـازـمـ أـقـلـ بـكـثـيرـ مـنـهاـ فـيـ حـالـةـ الـجـدـوـلـةـ عـلـىـ أـسـاسـ أـوـلـ وقتـ بـدـءـ مـمـكـنـ.ـ فـالـمـدـىـ يـتـرـاـوـحـ بـيـنـ سـبـعـةـ وـخـمـسـةـ عـشـرـ عـامـلـاـ فـقـطـ.ـ كـذـلـكـ فـيـانـهـ اـبـتـداـءـ مـنـ فـتـرـةـ الـخـامـسـةـ يـكـوـنـ التـذـبـبـ أـقـلـ مـاـ يـمـكـنـ (٢).ـ وـمـنـ ذـلـكـ يـمـكـنـناـ القـوـلـ بـأـنـ الـجـدـوـلـةـ عـلـىـ أـسـاسـ آـخـرـ وقتـ بـدـءـ مـسـمـوحـ بـهـ هـيـ أـفـضـلـ مـنـ الـجـدـوـلـةـ عـلـىـ أـسـاسـ أـوـلـ وقتـ بـدـءـ مـمـكـنـ فـيـ هـذـهـ الـحـالـةـ مـنـ حـيـثـ تـواـزنـ الطـاقـاتـ الـعـمـالـيـةـ.

وـيـهـمـنـاـ هـنـاـ أـنـ نـشـيرـ إـلـىـ أـنـ هـذـهـ النـتـيـجـةـ السـابـقـةـ تـعـدـ صـحـيـحةـ فـقـطـ بـالـنـسـبـةـ لـهـذـاـ المـثـالـ.ـ فـفـيـ حـالـاتـ أـخـرـىـ قدـ يـحـقـقـ مـبـدـأـ أـوـلـ وقتـ بـدـءـ مـمـكـنـ نـتـائـجـ أـفـضـلـ مـنـ حـيـثـ درـجـةـ التـواـزنـ كـذـلـكـ فـمـنـ الواـضـحـ أـيـضـاـ مـنـ هـذـاـ المـثـالـ أـنـ هـنـاكـ عـدـدـ لـاـ نـهـائـيـ مـنـ الـبـدـائـلـ الـتـيـ يـمـكـنـ أـنـ نـجـرـبـهاـ عـنـدـ إـعادـةـ جـدوـلـةـ تـارـيخـ بـدـءـ الـأـنـشـطـةـ غـيـرـ الـحـرـجـةـ بـهـدـفـ تـحسـينـ درـجـةـ التـواـزنـ.ـ فـمـنـ الـمـمـكـنـ تـحـرـيـكـ نـشـاطـ مـنـ الـأـنـشـطـةـ غـيـرـ الـحـرـجـةـ فـيـ اـتـجـاهـ الـيـمـينـ بـقـدـرـ مـعـيـنـ بـدـلـاـ مـنـ تـحـرـيـكـ كـلـ الـأـنـشـطـةـ غـيـرـ الـحـرـجـةـ كـمـاـ فـعـلـنـاـ فـيـ الشـكـلـ (3-6).



شکل (۳ - ۶)

عدد العمال اللازمين في حالة الجدولة

على أساس آخر وقت بدء مسموح به

ويترتب على ذلك التعدد أن الأسلوب البسيط الذي اتبعناه وهو أسلوب المحاولة والخطأ بغية الوصول إلى أفضل توازن يكون ممكناً فقط في حالة الشبكات الصغيرة ذات العدد المحدود من الأنشطة. أما في حالة الشبكات الكبيرة والعلاقات المتشاركة فيمكن استخدام أساليب أكثر تقدماً تضمن الوصول إلى الحل الأمثل Optimization. وواحد من هذه الأساليب هو الأسلوب الذي قدمه كل من Wiest and Levy وذلك باستخدام أسلوب البرمجة العددية Integer Programming). وحينما يصعب توافر الفرض الأساسية لمشكلة البرمجة العددية وهي أن تكون القيود ودالة الهدف خطية وأن تأخذ المتغيرات قيمةً صحيحاً فقط، في هذه الحالة يمكن الاعتماد على أساليب الاجتهاد المنظم Heuristic يقوم بتجريب عدد كبير من بدائل الجدولة بشكل سريع وذلك بناءً على رقم الفائض الإجمالي العام.

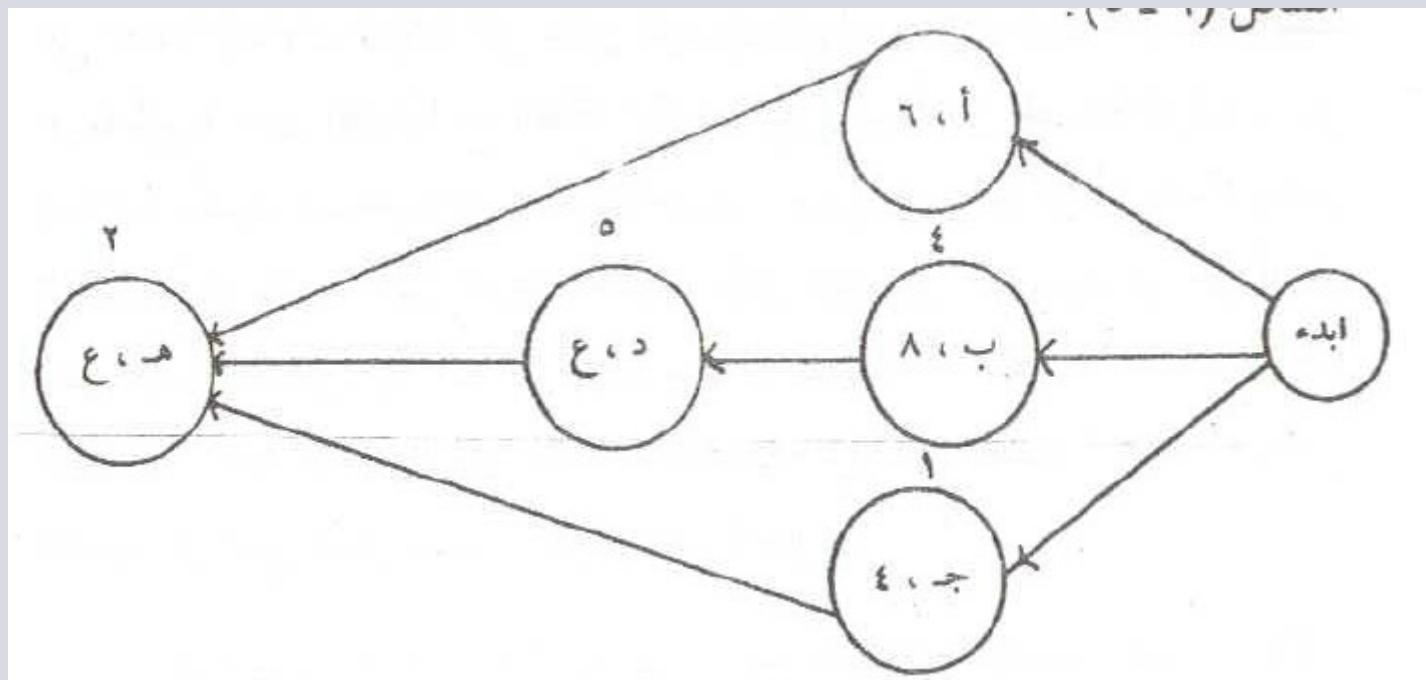
حالة الموارد المحدودة Limited Resource Models

افتضنا في الفصول السابقة أن الاحتياجات الالزمة من الموارد المختلفة لتنفيذ جداول التشغيل متوفرة بشكل كافٍ ودائم، وذلك أمر ليس مضموناً في غالبية الأحيان، ففي الحياة العملية، غالباً ما يكون هناك تنافس على الحصول على الموارد وبالذات العمالة بين مشروع قائم تتولى المنشأة تنفيذه ومشروع جديد تبني المنشأة القيام به. كذلك فإنه قد يكون هناك موارد يتم استخدامها لأكثر من نشاط ويستلزم الأمر مراعاة وجود حدًّا أقصى من هذه الموارد عند عمل الجداول. بمعنى آخر يكون الهدف هو الوصول إلى جداول ممكنة من حيث الطاقة والموارد الالزمة. وعلى الرغم من أننا سوف نعالج موضوع تقدير احتياجات المستلزمات من المواد في جزء مستقل فيما بعد، إلا أننا سوف نعرض هنا لفكرة تقليل الزيادة في وقت إتمام المشروع إلى أقل حد ممكن بفرض أن هناك قيادًّا على حجم العمالة المتاحة.

وتقوم الفكرة الأساسية لهذه الحالة على اعتبار أن وجود قيادًّا على حجم العمالة المتاحة قد يترتب عليه زيادة في أقل وقت يلزم لإتمام المشروع حسب تقديرات الوقت العادلة. ويكون السؤال الأساسي هي: كيف يمكن زيادة الوقت اللازم لإتمام المشروع بأقل قدر ممكن حتى يتم مراعاة قيد العمالة؟ والإجابة تكمن في بعض أساليب الاجتهاد المنظم Heuristics التي يوضحها المثال التالي:

مثال (2-6):

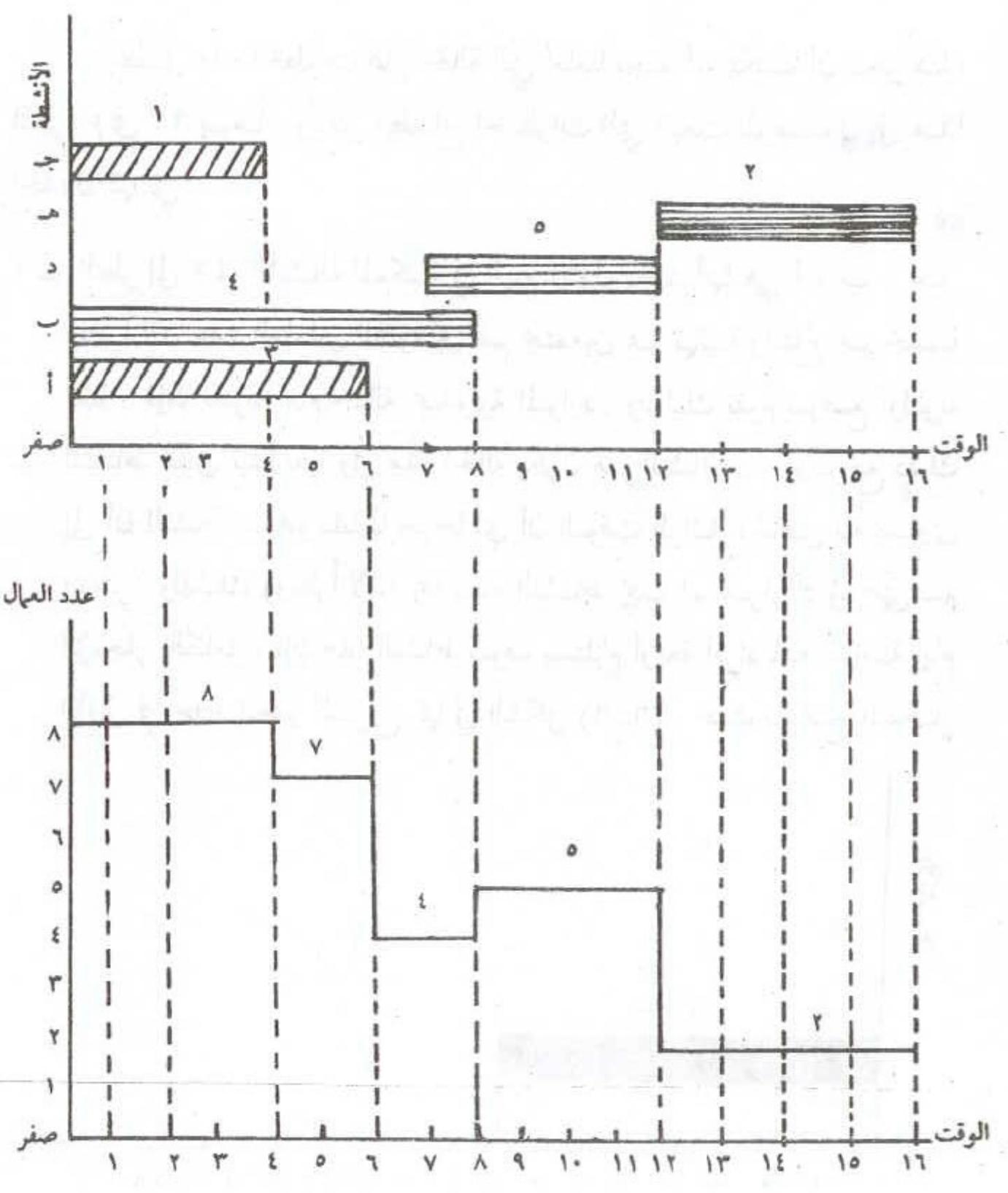
بفرض أن لدينا شبكة الأعمال الواردة في الشكل (4-6) والتي تمثل الأرقام الموجودة داخل الدوائر بها الوقت اللازم لإتمام النشاط بالأيام ، كما أن الأرقام الواردة في أعلى الدوائر تعبر عن قوة العمل الالزمة لكل نشاط. فإننا يمكننا أن نعبر عن الجدول الزمني لإنجاز هذا المشروع وعلى أساس أول وقت بدء ممكن كما في الشكل (5-6).



يمثل الجزء الأعلى من الشكل (5-6) الجدول الزمني لتنفيذ المشروع، ويتبين منه أن الأنشطة الدرجة هي بـ ، دـ ، هـ . وأن أقل وقت يلزم لإتمام المشروع هو 16 يوماً. كذلك يمثل الجزء الأسفل من نفس الشكل تقديرات العمالة اللازمة حتى يمكن إتمام هذا المشروع في أقل وقت يلزم له هو 16 يوماً. ومن الواضح أن ذلك يفترض وجود حجم قوة العمل اللازم لكل نشاط خلال كل فترة زمنية حسب الموضع في أعلى كل نشاط. دعنا نفترض الآن أن عدد العمال المتاح يومياً هو خمسة عمال فقط. من الواضح أن وقت إتمام المشروع قد يكون أكثر من المدة الازمة في حالة عدم وجود قيود عمالة والتي كانت ستة عشر يوماً. فتأمل الشكل (5-6) يوضح أن الحل السابق يستلزم الحاجة إلى ثمانية أشخاص خلال اليوم الأول وذلك أمر غير ممكن في الظروف الحالية. والسؤال الآن: ما هو الجدول الجديد الذي يقلل مقدار الوقت الزائد الذي سوف نضطر إلى زيارته على الستة عشر يوماً الحالية حتى نتمشى مع قيد العمالة الجديد؟ أي ان المطلوب هو تعديل جداول الأنشطة بشكل يقلل من تأخير المشروع عن 16 يوماً في حدود العمال الخمسة الحاليين.

إن المشكلة الرئيسية التي تواجهنا عند محاولة الإجابة على مثل هذا السؤال هي تعدد الجداول الممكنة التي يمكن الوصول إليها، وبالتالي فإن محاولة تجربتها جميعاً لمعرفة مدى تطابقها مع الطاقة الجديدة يكون نوعاً من المضيعة للوقت، بل إنه قد يكون مستحيلاً في بعض الأحيان، وعلى الرغم من أن هناك بعض الأساليب الرياضية، مثل البرمجة الخطية، والتي تؤدي إلى الوصول إلى حل أمثل لمثل هذه المشاكل، إلا أنه من المفيد هنا أن نستخدم مدخل الاجتهاد المنظم Heuristic methods والذي غالباً ما يستخدم في الحياة العملية تجنباً لمشاكل التعقيد الرياضي الذي تتسم به طرق الحل الأمثل. وقد قدم Weist طريقة تقوم على استخدام ثلاثة قواعد اجتهادية يمكن استخدامها في مثل هذا النوع من المشاكل على النحو التالي(41):

- 1- وزع الموارد بالتتابع في الوقت. ويعني ذلك، البدء في اليوم الأول في جدولة كل الأنشطة الممكنة، ثم كرر ذلك لليوم التالي.. وهكذا.



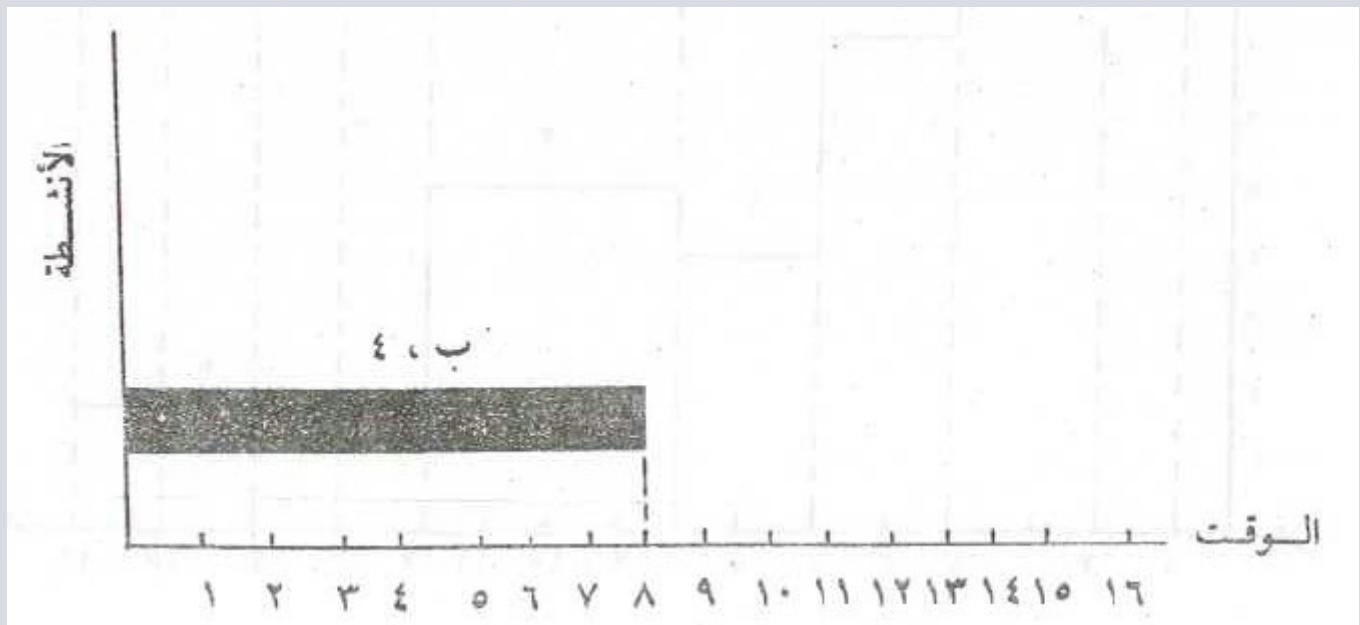
٢- عندما يتنافس أكثر من نشاط على نفس المورد المستخدم، أعطى أولوية للنشاط ذو الوقت الزائد الأقل، أي النشاط الأكثر حرجةً أولاً.

3- أعد جدولة لأنشطة الغير حرجـة، كلما أمكن ذلك، بفرض أن يتم توفير الموارد لتكون متاحة لأنشطة الحرجـة.

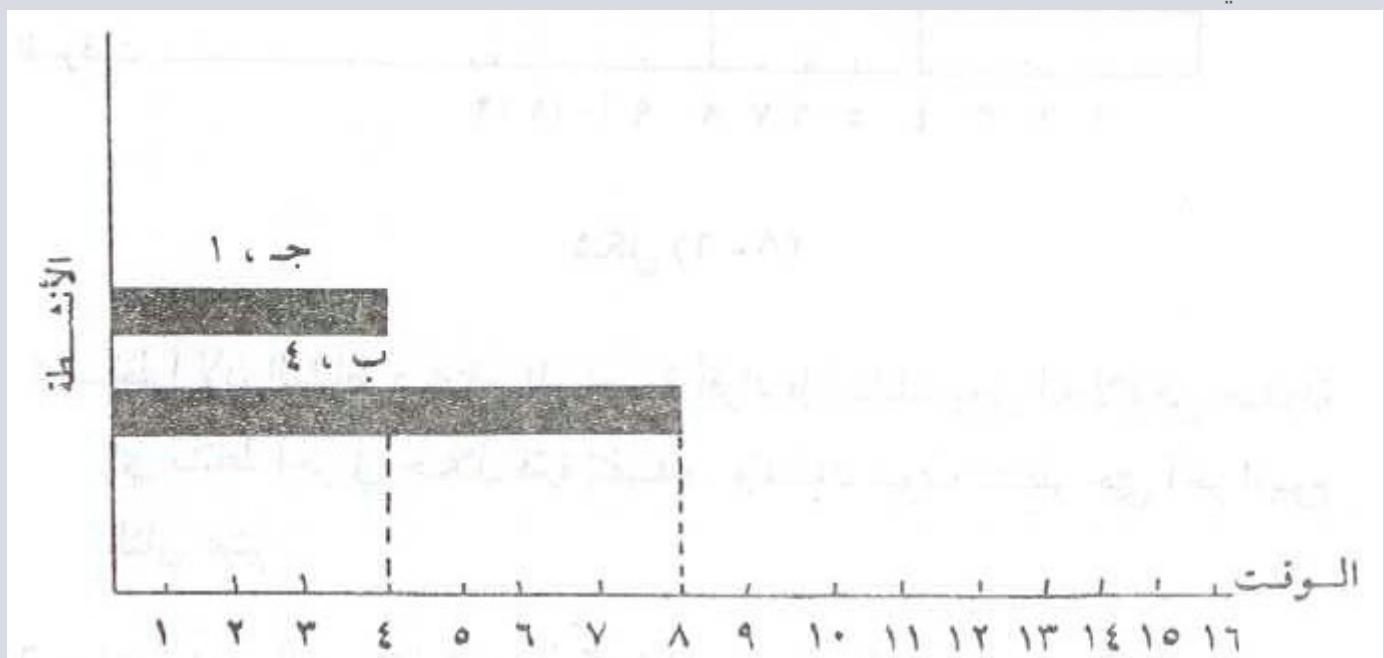
وبتطبيق هذه الخطوات على الحالة التي أمامنا نجد أنه يمكننا أن ننجز هذا المشروع في 22 يوماً، ويمكن إيضاح الخطوات التي اتبعت للوصول إلى هذا الجدول كما يلى:

٦- بالنظر إلى كل الأنشطة الممكنة في اليوم الأول نجد أنها هي أ.ب.ج. ونظرًا لأن عدد العاملين اللازمين لهم

مجتمعين هو ثانية والمتاح هو خمسة فقط. فإننا نكون أمام حالة محدودية الموارد. ولذلك نقوم بوضع أولوية للنشاط الذي نبدأ به. وفي هذه الحالة يكون هو النشاط ب. ويرجع ذلك إلى أن النشاط ب هو نشاطاً حرجاً أي أن الوقت الزائد الخاص به يساوي صفر، ولذلك (ونظراً لأنه إذا بُعد النشاط يجب استمرار أداؤه حتى يتم الإنجاز بالكامل) فإن هذا النشاط سوف يستلزم أربعة أفراد لمدة الثمانية أيام الأولى في خطة إنجاز المشروع كما في الشكل (6-6). حيث يوضح الشكل في أعلى الخط الخاص بالنشاط عدد العمال اللازمين للنشاط إلى جوار اسم النشاط.



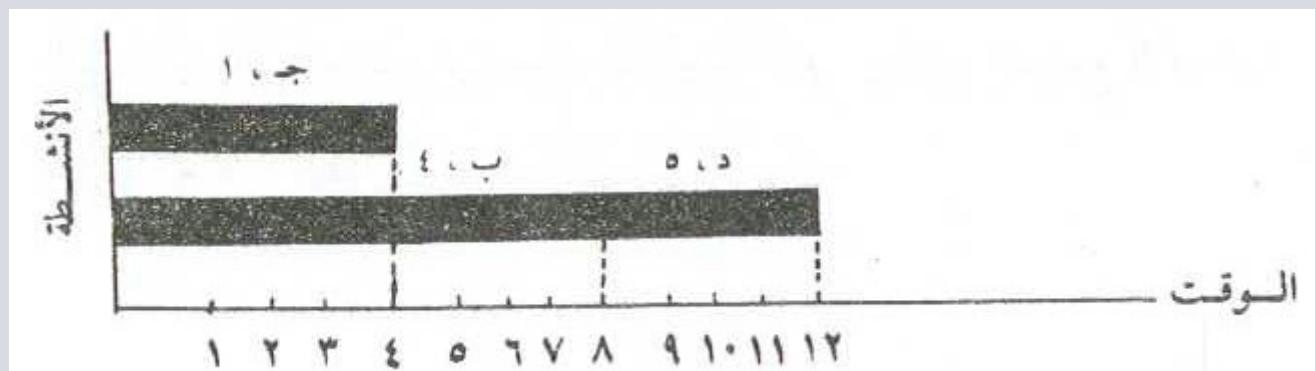
2- بتأمل اليوم الأول نجد أننا لم نستوعب بعد كل العمالة المتاحة، وهي خمسة أفراد فإذا كان من الممكن استخدام هذا العدد الزائد في إنجاز نشاط آخر يكون أفضل. بالعودة مرة أخرى إلى كل من الأنشطة أ، ج نجد أن النشاط أ غير ممكн لأنه يستلزم ثلاثة عمال بينما المتاح فقط هو عامل واحد (بعد استخدام أربعة في النشاط ب)، ولذلك يكون القرار هو بُعد النشاط ج في اليوم الأول أيضاً واستمرار إنجازه لمدة أربعة أيام. ويكون الوضع الآن كما في الشكل (7-6).



3- والآن نجد أنه قد تم استخدام كل الطاقة العاملة في خلال الأيام الأربع الأولى، فهل يمكن استخدام نفس

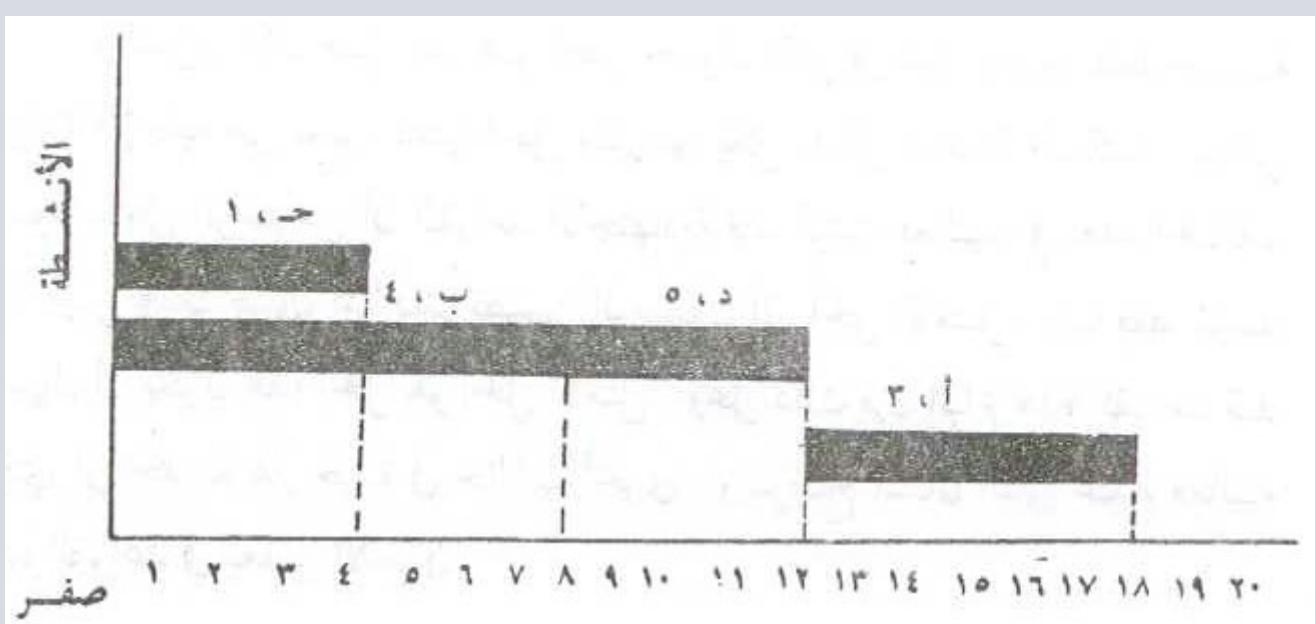
تلك الطاقة القصوى في الأيام التالية على اليوم الرابع؟ طالما أن الأنشطة ب، ج قد تم إنجازها فإننا أمام بدائل واضحة من الشبكة وهي إما البدء في النشاط أ أو النشاط د. ويتأمل مقدار الطاقة العاملة الضرورية، تجد أن الطاقة الضرورية لكل منهم أكبر من الطاقة الزائدة المتاحة بعد اليوم الرابع (وهي يوم واحد). ولذلك يكون القرار هو عدم إمكانية البدء في كلاً منها والإنتظار حتى يتم إتمام النشاط ب ويكون لدينا طاقة كافية.

4- بعد إتمام النشاط ب، وابتداءً من اليوم الخامس يمكن جدولة إما أ أو د وطالما أن الوقت الزائد للنشاط د هو صفر، بينما الوقت الزائد للنشاط أ هو ستة أيام فإننا نبدأ بتخصيص النشاط د. على النحو التالي كما في الشكل (8-6):

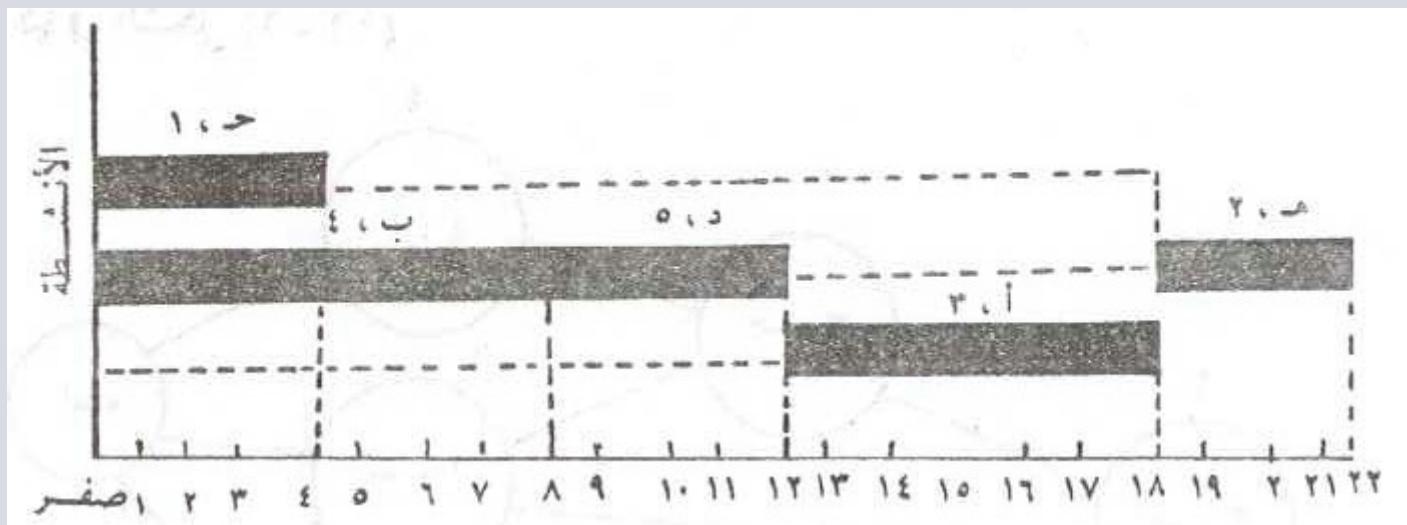


5- نظراً لأن النشاط د يحتاج إلى خمسة أفراد فإن ذلك يعني أنه لا يمكن جدولة أي نشاط آخر في خلال فترة تنفيذه. ولذلك سوف ننتظر حتى آخر اليوم الثاني عشر.

6- ابتداءً من اليوم الثالث عشر يكون لدينا خمسة أفراد، ويكون أماضنا حسب التتابع الموجود في الشبكة بدليل واحد وهو جدولة النشاط أ والذي سوف يستغرق ستة أيام، ويكون ذلك كما في الشكل (9-6). وحيث أن النشاط أ لا يحتاج إلا إلى ثلاثة أشخاص فيعني بذلك أن لدينا ابتداءً من اليوم الثالث عشر فردين بدون عمل ولذلك نبحث عن إمكانية جدولة أي نشاط جديد في هذه الفترة. ولكن بتأمل الشبكة نجد أنه ليس لدينا أي نشاط آخر ممكن. فالنشاط الوحيد المتبقى هو النشاط ه وهو بالضرورة يجب أن يبدأ بعد انتهاء النشاط أ وليس أثناء أداؤه.



ولذلك تكون جدولة النشاط ه هي ابتداءً من اليوم الثامن عشر ويستغرق أربعة أيام فقط. ويعني ذلك أن إتمام المشروع ككل سوف يستغرق 22 يوماً. كما يلي:

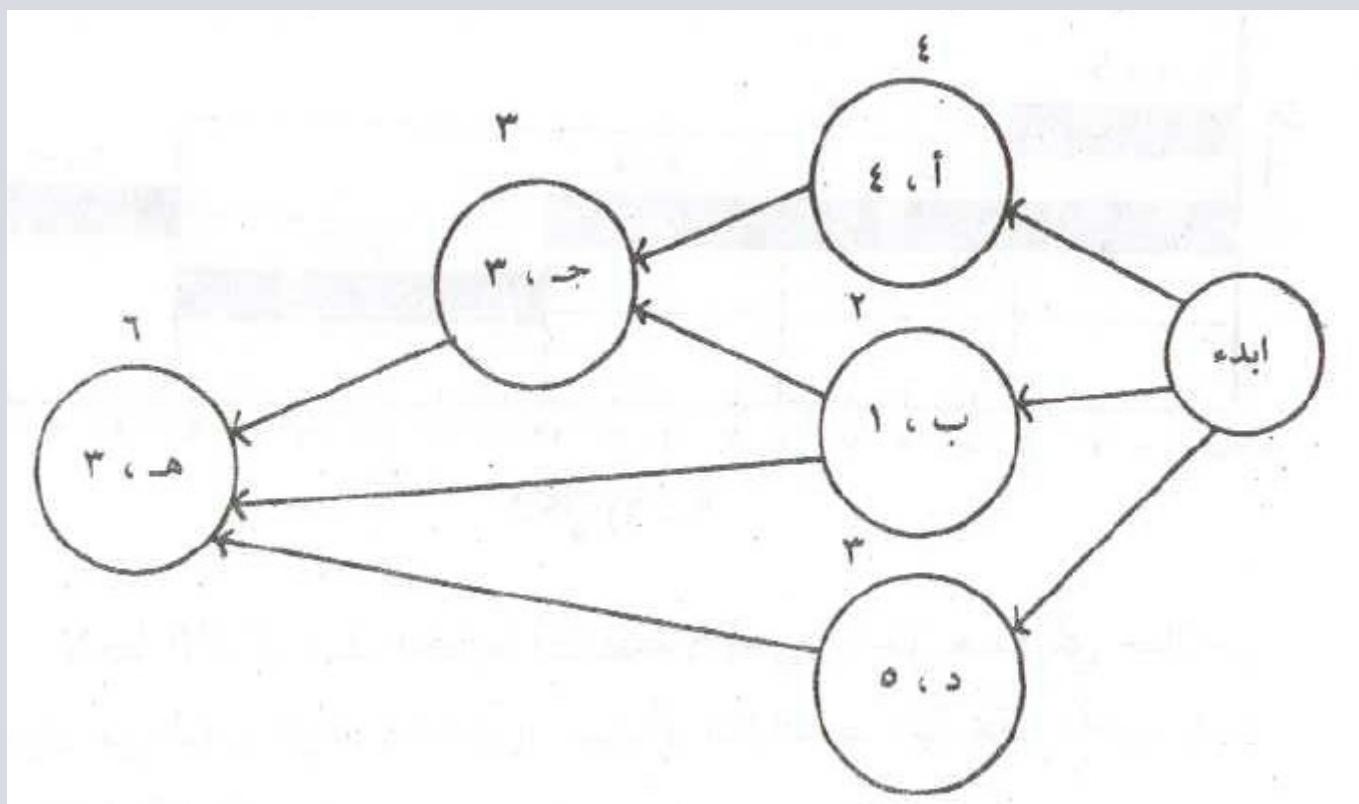


لاحظ الآن أن هذه الخطوط المتقطعة لا تعبر في الحل هذا بأي حال من الأحوال عن الوقت الزائد (الفائض) حيث أن النشاط ج فقط يمكن تأخيره بدون تأخير وقت إتمام المشروع.

والسؤال الآن هل هذا هو أقصر جدول ممكن في ظل وجود فقط خمسة عمال؟ الإجابة هي نعم، اعتماداً على مقارنتها بكل بدائل الجدولة الممكنة. ولكن عموماً، على الرغم من أن القواعد الاجتهادية قد أثبتت فعاليتها في هذه الحالة، فإنه ليس هناك ضمان أنها دائماً تضمن الوصول إلى الحل الأمثل. إنها فقط تزيد احتمال أن يكون هذا الحل هو الحل الأمثل. وعلى ذلك فإن إتباع هذه القواعد قد يؤدي إلى جدولة غير جيدة في حالات أخرى. ويوضح المثال التالي عدم فعالية هذه القواعد في بعض الأحيان.

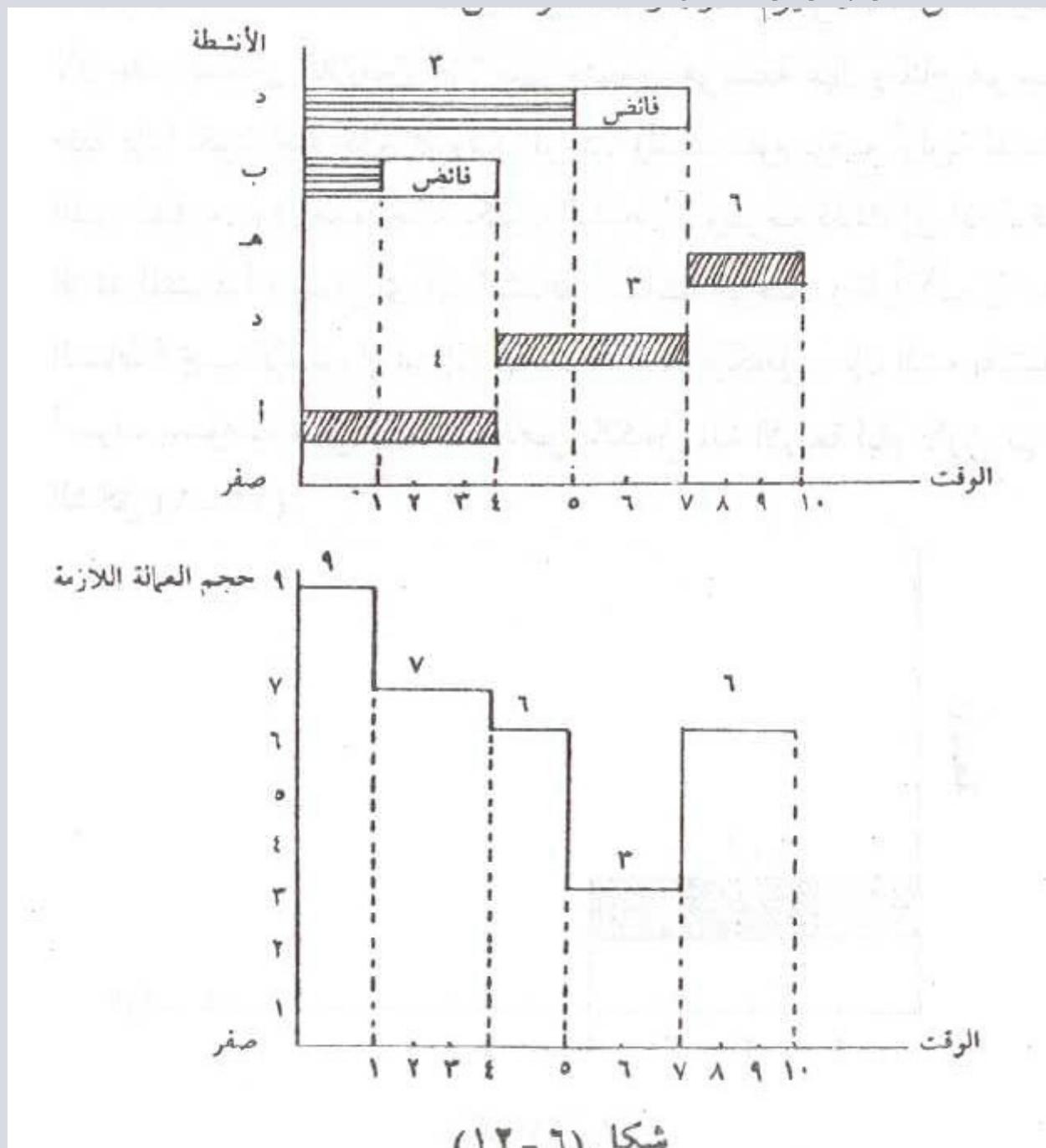
مثال (3-6)

بفرض أن لدينا شبكة الأعمال الواردة في الشكل (6-6) والتي تمثل الأرقام الموجودة داخل الدوائر بها الوقت اللازم لإتمام النشاط بالأيام، كما أن الأرقام الواردة في أعلى الدائرة تعبّر عن قوة العمل الازمة لكل نشاط. فإننا يمكننا أن نعبر عن الجدول الزمني لإنجاز هذا المشروع على أساس أول وقت بدء ممكن كما في الشكل (12-6).



ويمثل الجزء الأسفل من هذا الشكل تقديرات العمالة الالزمة حتى يمكن إتمام هذا المشروع في أقل وقت يلزم له وهو عشرة أيام. ومن الواضح أن ذلك يفترض وجود حجم قوة العمل الالزمة لكل نشاط والموضحة على أعلى كل دائرة.

دعنا نفترض الآن أن عدد العمال المتاح كل يوم هو سبعة عمال فقط، وأنه يمكن توزيعهم على الأنشطة المختلفة. من الواضح أن وقت إتمام المشروع قد يكون الآن أكثر من عشرة أيام، وهي المدة التي كانت تلزم في حالة عدم وجود قيود عمالية. فتأمل الشكل (12-6) يوضح أنه الحل السابق يستلزم الحاجة إلى تسعة أشخاص خلال اليوم الأول وذلك أمر ممكن.

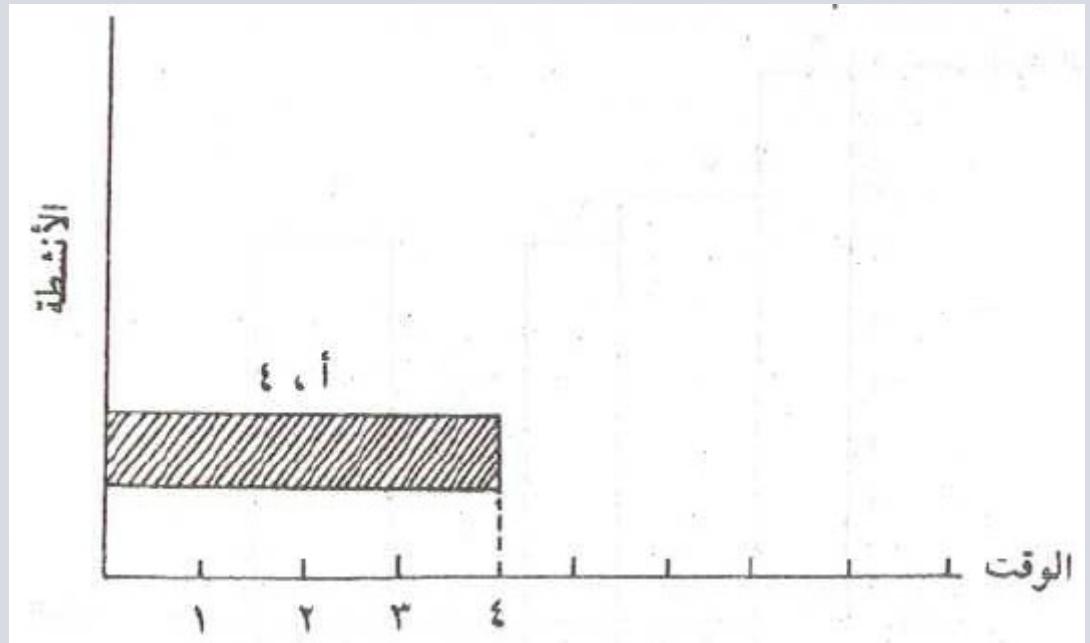


شكل (١٢-٦)

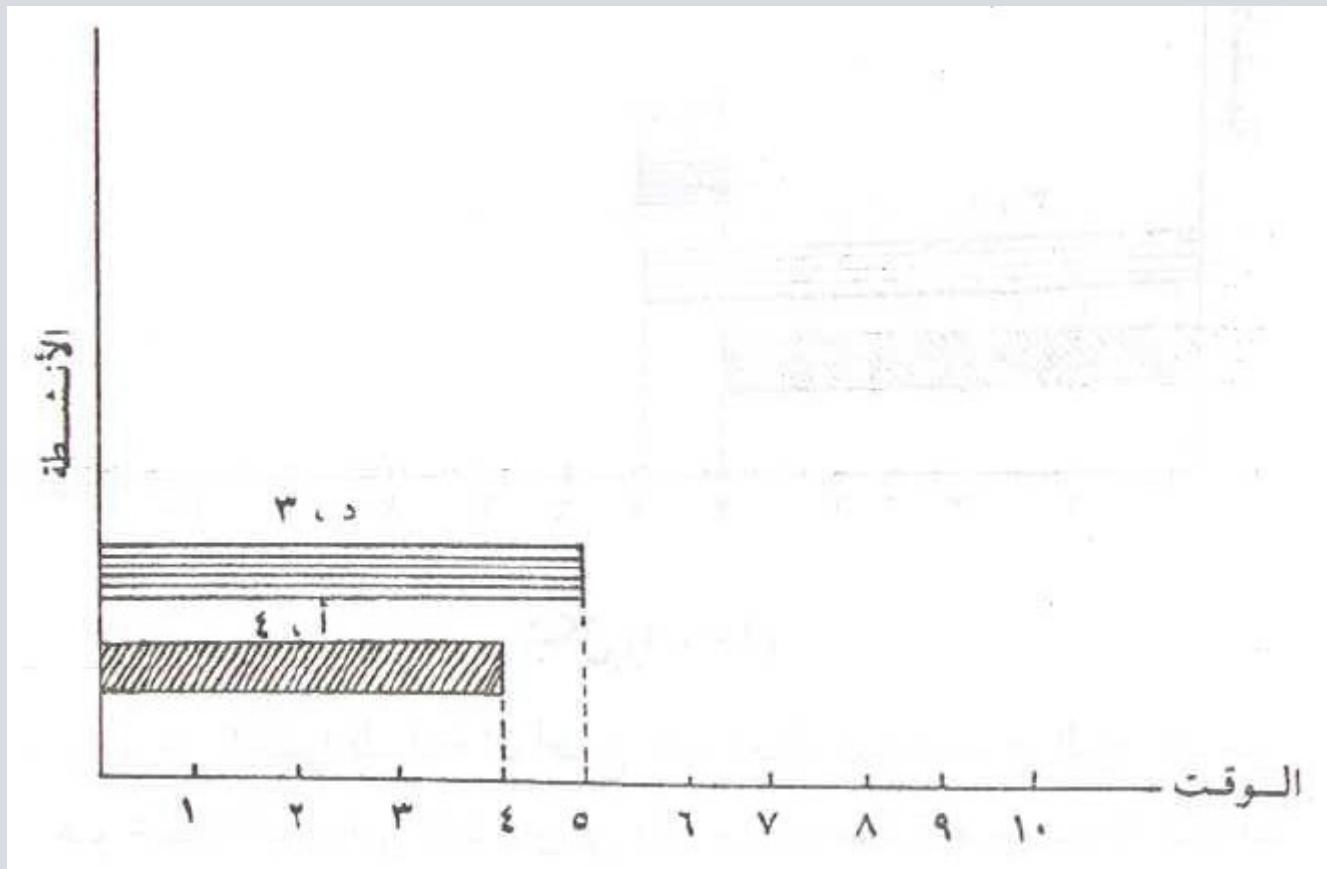
والسؤال الآن ما هو الجدول الجديد الذي يقلل مقدار الوقت الزائد الذي سوف ننظر إلى زياته على العشرة أيام الحالية حتى نتمشى مع قيد العمالة الجيدة؟ أي أن المطلوب هو تعديل جدول الأنشطة بشكل يقلل من تأخير المشروع عن العشرة أيام في حدود العمال السبعة الحاليين؟

بتطبيق طريقة Weist على الحالة التي أمامنا نجد أنه يمكننا أن ننجز هذا المشروع في 11 يوماً. ويمكن إيضاح الخطوات التي اتبعت للوصول إلى هذا الجدول كما يلي:

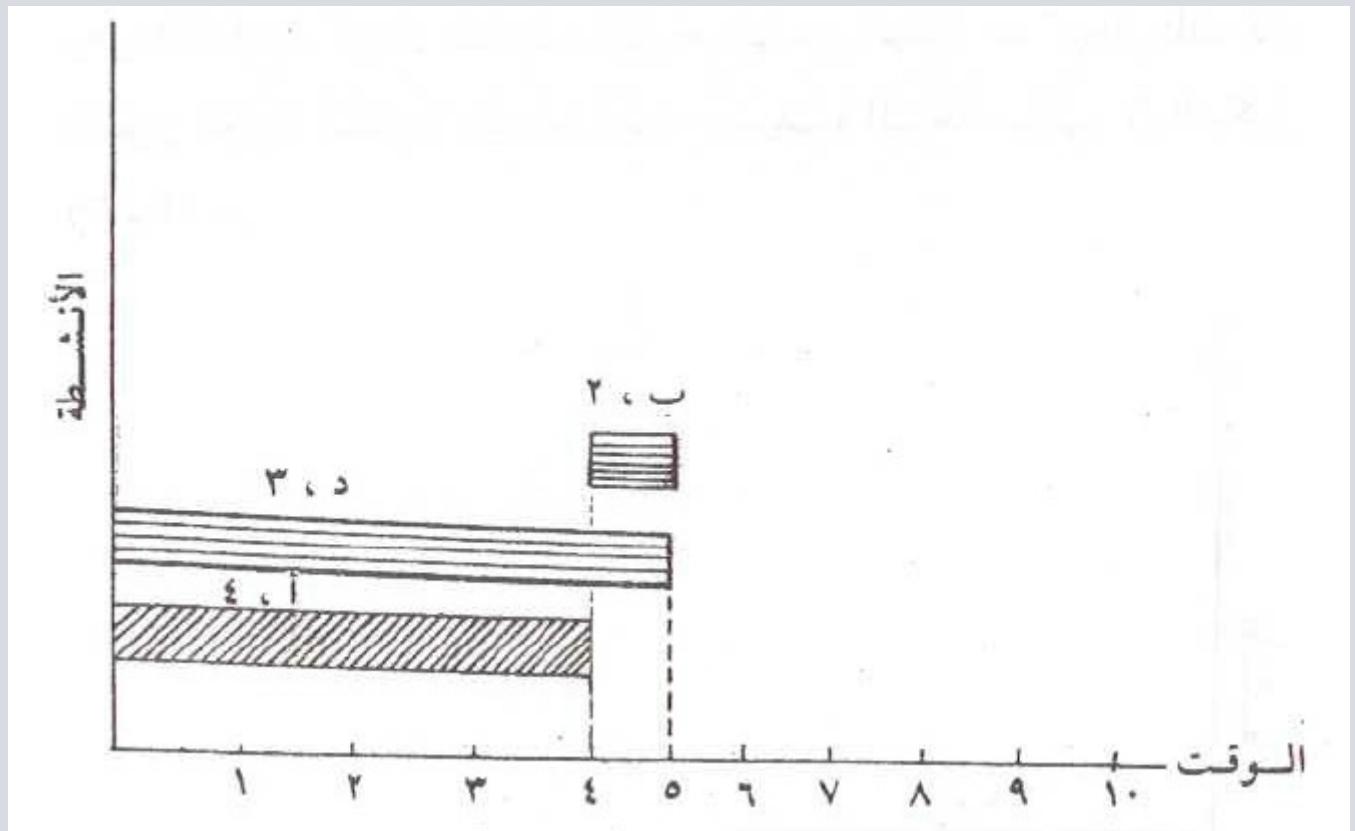
١- بالنظر إلى كل الأنشطة الممكنة في اليوم الأول نجد أنها هي أ، ب، د. ونظراً لأن عدد العاملين اللازمين لكلا منهما مجتمعين هو تسعة عمال والمتاح هو سبعة فقط فإننا نكون أمام حالة محدودية الموارد. ولذلك نقوم بوضع أولوية للنشاط الذي نبدأ به. وفي هذه الحالة يكون النشاط أ. ويرجع ذلك إلى أن الوقت الزائد للنشاط أ = صفر أي أن النشاط أ نشاطاً صرحاً. ونظراً لأنه إذا بدء النشاط أ يجب الاستمرار فيه إلى أن يتم الإنجاز بالكامل، فإن البدء بالنشاط أ سوف يستوعب عمل أربعة أشخاص بالكامل لمدة الأربعة أيام الأولى كما في الشكل (13-6).



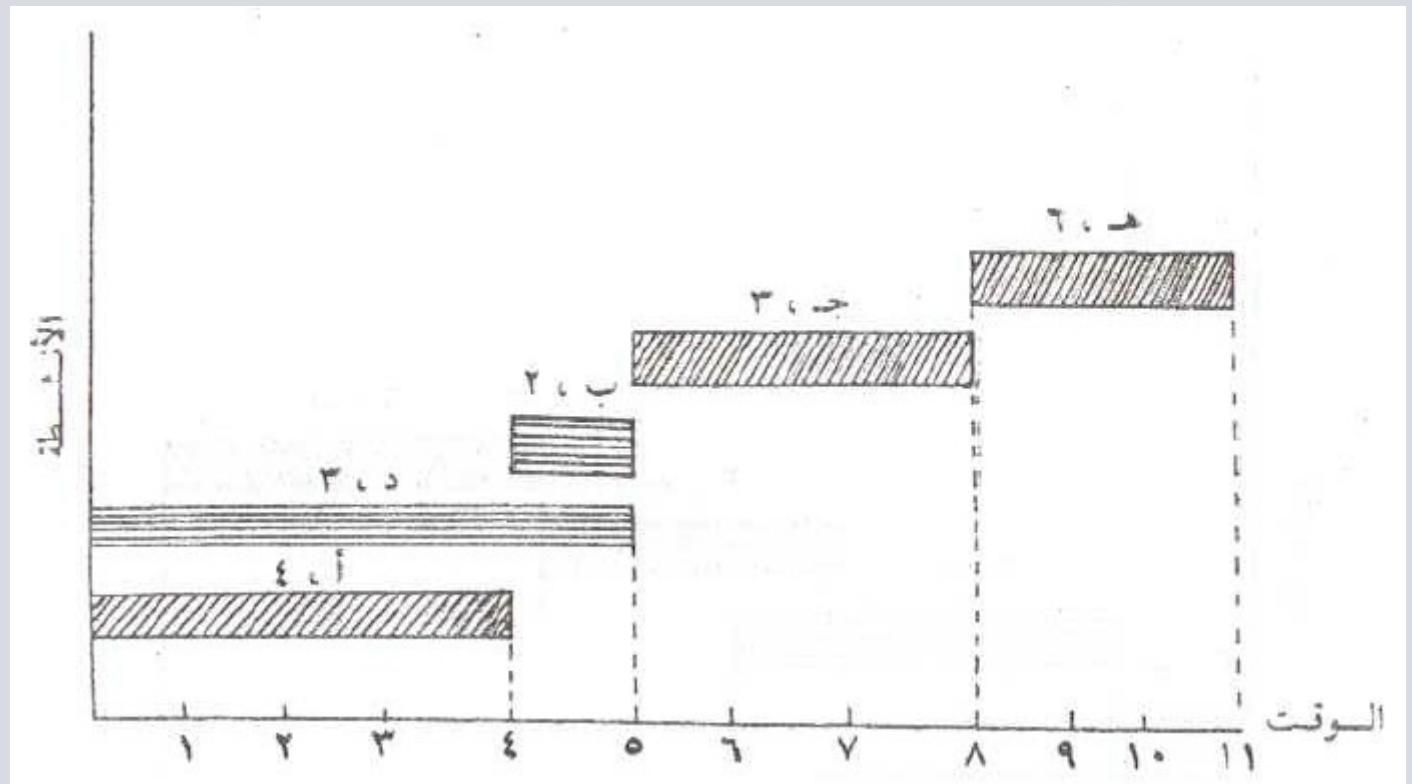
٢- بتأمل اليوم الأول نجد أنها لم تستوعب بعد كل العمالة المتاحة، وهي سبعة أفراد، فإذا كان من الممكن استخدام هذا العدد الزائد في إنجاز نشاط آخر يمكن يكون أفضل، وبالعودة مرة أخرى إلى كل من الأنشطة ب ، د. نجد أن ذلك أمراً ممكناً ولكن لنشاط واحد منهم فقط. فلا يمكننا إضافة كلاً منهما معاً لأن العدد الإضافي اللازم لهما معاً هو خمسة عمال، وذلك أكثر من العدد المتبقى بعد البدء في النشاط أ في اليوم الأول. فالمتبقى فقط لأنشطة أخرى هو ثلاثة عمال فقط (٧ - ٤ للنشاط أ). وفي هذه الحالة نقوم بالمفاضلة بين كل من ب ، د. وهنا نستخدم القاعدة الثانية التي تقضي بأن يكون أساس المفاضلة هو الوقت الفاصل للنشاط. وعلى ذلك يتم اختيار النشاط د نظراً لأن الوقت الفاصل له وهو يومان أقل من الوقت الفاصل الخاص بالنشاط ب وهو ثلاثة أيام ، أي أن النشاط د أكثر صرامة من النشاط ب. وعلى ذلك فإن القوى العاملة اللاحمة والمستخدمة عند هذه المرحلة تظهر في الشكل (14-6).



3- والآن نجد أنه قد تم استخدام كل الطاقة العاملة في خلال الأيام الأربع الأولى، فهل يمكن استخدام نفس تلك الطاقة القصوى في الأيام التالية على اليوم الرابع. على الرغم من أن الأنشطة أ ، د قد تم إنجازها إلا أنها نجد من التتابع الموجود في الشبكة أنها لا يمكننا أن نتقدم أكثر دون أن نقوم بإنجاز النشاط ب . وفي هذه الحالة ليس أمامنا بديل ، فمن الواجب البدء في النشاط ب في اليوم الخامس إذا كانت الطاقة المتبقية تسمح بذلك. وحيث أن الطاقة المتبقية ابتداء من اليوم الخامس هي أربعة عمال (بعد إنجاز أ وتشغيل ثلاثة في النشاط د) وأن الطاقة اللازمة للنشاط ب هي عاملين فقط، فإننا نبدأ تشغيل النشاط ب في بداية اليوم الخامس، ويكون الوضع كما هو في الشكل (15-6).



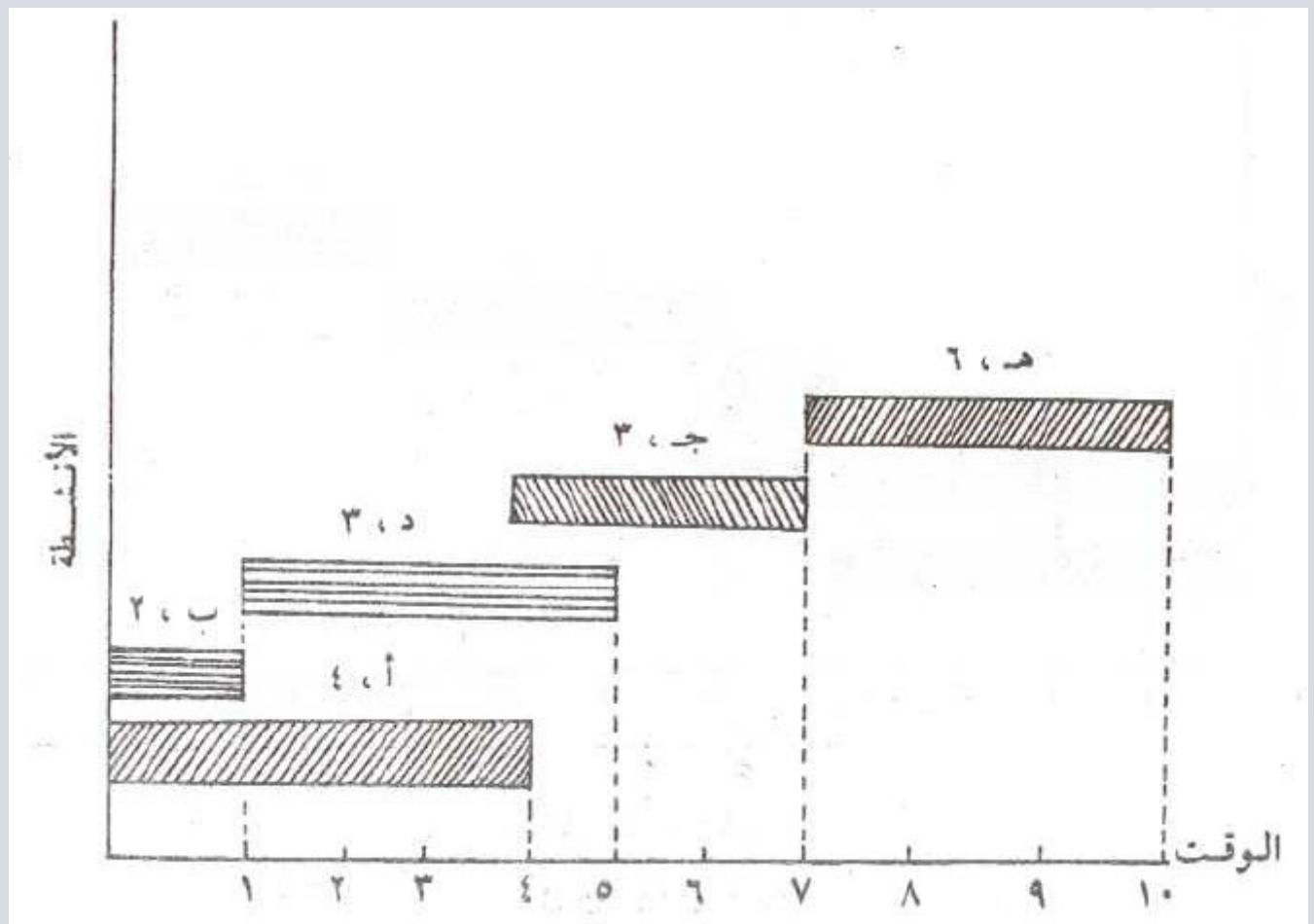
- 4- ترتب على الخطوة السابقة أن أصبح عدد العمال المستخدم في اليوم الخامس هو خمسة أشخاص فقط ، ويعني ذلك وجود طاقة غير مستغلة قدرها شخصين، فهل من الممكن استغلالهم؟ من الواضح أن الإجابة بالنفي، ويرجع ذلك إلى أن كلا من الأنشطة المتبقية جـ، هـ لا يمكن القيام بهما قبل إتمام النشاط بـ.
- 5- بعد إتمام النشاط بـ ، أي في بداية اليوم السادس يمكننا أن نبدأ النشاط جـ لمدة ثلاثة أيام وبطاقة قدرها ثلاثة عمال فقط، أي أن هناك طاقة عاطلة قدرها أربعة عمال. ثم بعد ذلك يأتي النشاط هـ ولمدة ثلاثة أيام أخرى وبطاقة قدرها ستة عمال فقط. ويكون الوضع كما في الشكل (٦-١٦). والذي يتضح منه أن أقل وقت إتمام للمشروع ككل في ظل قيد العمالة (وهو سبعة أشخاص) هو ١١ يوماً. أي أنه بسبب وجود قيد العمالة الجديد سوف نضطر إلى زيادة وقت إتمام المشروع بيوم واحد.



والسؤال الآن هو: هل هذا هو أقصر جدول ممكن في ظل وجود سبعة عمال فقط؟ الإجابة هي لا، حيث أنها يجب أن نحاول القاعدة الثالثة التي قد تعطي نتيجة أفضل، وتقضي هذه القاعدة بإعادة جدولة الأنشطة الغير حرجة، كلما أمكن ذلك، بفرض توفير الموارد لتكون متاحة للأنشطة الحرجة.

بتأمل الشكل (6-16) نجد النشاط الحرج ج قد تأخر في البدء بسبب تأخير إتمام النشاط ب بأكثـر من مقدار الوقت الفاصل المتاح له. وقد كان ذلك راجعاً بصفة أساسية إلى عدم توافر موارد لبدء النشاط ب قبل بداية اليوم الرابع.

فإذا قمنا بإعادة جدولة كل من الأنشطة الغير حرجة ب، د حسب الشكل (6-17) فإن ذلك سوف يتربـب عليه عدم تأخـر بدء النشاط ج، وبذلك يكون الوقت اللازم لإتمام المشروع في ظل قيد عدد العاملين (سبعة أشخاص) مازال هو نفس القيمة الأولى وهي عشرة أيام. أي أن الزيادة الـازمة الآن هي صفر.



عند هذه النقطة يمكننا أن نستنتج أن القواعد الاجتهادية قد لا تكون فعالة في بعض الحالات. فليس هناك ضمان أنها دائمًا تضمن الوصول إلى الحل الأمثل.

فقد كان من الواضح أن اتباع الخطوات التي قدمها Weist بشكل حرفياً أدى إلى زيادة وقت إتمام المشروع بيوم على الرغم أنه كان من الممكن مواجهة هذا القيد الجديد في الموارد دون زيادة في وقت إتمام المشروع. وكل ما يمكن أن نؤكده هنا هو أن استخدام القواعد الاجتهادية يزيد من احتمال أن يكون الحل الذي توصلنا إليه هو الحل الأمثل، ولذلك يتم استخدام برامج للكمبيوتر لتجربة إعادة الجدولة في ظل قيود الموارد بناءً على قواعد اجتهادية كثيرة ومتعددة بالإضافة إلى القواعد التي أوردها Weist . وأهم هذه القواعد:

- 1- ابدأ بجدولة النشاط ذو فترة الإنجاز الأقل أولاً.
- 2- ابدأ بجدولة النشاط ذو فترة الإنجاز الأطول أولاً.
- 3- ابدأ بجدولة النشاط الذي يقل القيام به في قسم تنظيمي معين في المنشأة أولاً.
- 4- ابدأ بجدولة النشاط الذي فيه أقل عدم تأكيد من الناحية الفنية أولاً. أي الذي له أقل تباين في تقديرات الوقت أولاً.

وبناء على هذه القواعد يتولى الكمبيوتر تجربة عدة جداول مختلفة و اختيار أفضلها بناء على المعيار الموضوع لعملية الاختيار. فقد يكون هذا المعيار هو وقت إنجاز المشروع أو تحقيق عدم تذبذب في مستوى العمال المستخدمة أو تخفيض وقت التعطل للأفراد، أو كل هذه المعايير معاً.

المراجع:

كتاب : إدارة وجدولة المشاريع، خطوات تخطيط وتنظيم وجدولة مراحل تنفيذ المشروع وكيفية الرقابة عليها، من تأليف د. محمد توفيق ماضي، من إصدار الدار الجامعية - الإسكندرية- الطبعة الثانية لعام 2014م.