تخطيط و جدولة تكاليف المشروع: عملية الموازنة

إن النهج العام في عملية وضع الموازنة لمشروع ما هو تحديد الإنفاق الأسبوعي أو الشهري أو السنوي. وينجز هذا على النحو التالي:

تتكون عملية الموازنة من أربع خطوات

1. تحديد التكاليف المرتبطة بكل نشاط. ثم جمع هذه التكاليف معا للحصول على تكلفة مقدرة واحدة أو موازنة واحدة لكل نشاط.
2. إذا كنت تتعامل مع مشروع كبير، يمكن ضم عدة أنشطة في حزمة عمل واحدة. بما أن مشروع شركة "جنرال فواندري" الذي ناقشناه هو مشروع صغير، سوف نعتبر كل نشاط يكون مجموعة عمل.

3. تحويل تكلفة الموازنة لكل نشاط إلى تكلفة وحدات زمنية. للقيام بذلك، نفترض أن تكلفة إنجاز أي نشاط تنفق بمعدل موحد مع مرور الوقت. وبالتالي، إذا كان تكلفة الموازنة لنشاط معين هو 48000 $ والوقت المتوقع لإنجاز هو أربعة أسابيع، فإن تكلفة الموازنة في الأسبوع هي 12000 $ أسابيع.
4. باستخدام أقرب وقت وآخر وقت لبدء النشاط، أوجد مقدار الإنفاق خلال كل أسبوع أو شهر لإنهاء المشروع في الموعد المطلوب.

وضع الموازنة لشركة "جنرال فاوندري"

لنطبق عملية وضع الموازنة في شركة "جنرال فاوندري". يوضح مخطط "Gantt" في الشكل 9 هذه المسألة ، وتظهر قضبان أفقية تمثل الزمن الذي ينفذ فيه النشاط بناء على أقرب الأوقات ES. لوضع جدول زمني للموازنة ، سوف نحدد كم سينفق على كل النشاط خلال كل أسبوع، و ملء هذه المبالغ في الرسم البياني بدلا من القضبان. نحسب التكاليف المرتبطة بكل من الأنشطة الثمانية. نقسم أيضا مجموع الموازنة لكل نشاط على الوقت المتوقع للانتهاء من النشاط لتحديد الموازنة الأسبوعية لهذا النشاط. موازنة النشاط A، على سبيل المثال، 22000 دولار (انظر الجدول 4) . الوقت المتوقع لإنجاز النشاط A هو أسبوعين إذا نخصص 11000 $ لكل من الأسبوعين لإكمال النشاط. هناك أيضا نوعين من البيانات التي أوجدناها سابقاً باستخدام بيرت : أقرب وقت للبدء (ES) وآخر وقت للبدء (LS) لكل نشاط.
إذا نظرنا إلى مجموع تكاليف النشاط في الموازنة ، سنرى أن المشروع بأكمله سيكلف 308000 $. إن إيجاد الموازنة الأسبوعية يساعد على تحديد كيفية التقدم في المشروع من أسبوع لآخر. أنشئت الموازنة الأسبوعية للمشروع من البيانات الواردة في الجدول 4 استناداً إلى أقرب وقت لبدء النشاط. النشاط A على سبيل المثال، أقرب وقت لبدء النشاط هو 0. ونحتاج أسبوعين لاستكمال النشاط A لذلك ينبغي إنفاق 11000 $ في كل من الأسبوعين 1 و 2. بالنسبة للنشاط B ، أقرب وقت البدء هو 0 ، الوقت المتوقع للانتهاء هو 3 أسابيع، والتكلفة في الأسبوع هو 10000 دولار. وبالتالي ، ينبغي أن ينفق 10000 $ للنشاط B في كل من الأسابيع 1، 2، و 3. بطريقة أقرب

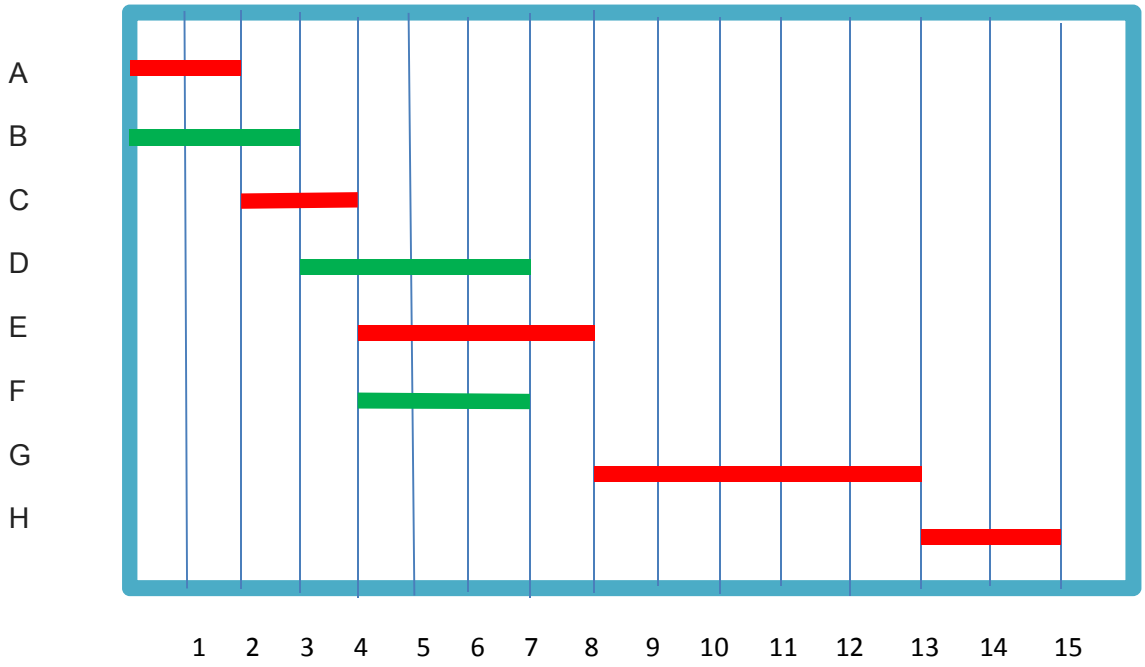
وقت للبدء ، نرى كيف يتم تحديد الميزانية الأسبوعية للمشروع (المجموع في الأسبوع) في الجدول. ينفق خلال الأسبوع الأول ، ما مجموعه 21000 $. وكذلك ينفق 21000 في الأسبوع الثاني. أقرب وقت بدء النشاط C هو في نهاية الاسبوع 2 . وبالتالي ، ينفق 13000 $ على النشاط C في الأسبوع 3 و 13000 دولار ي الأسبوع 4 ، ولأنه يجري أيضا تنفيذ النشاط B خلال الأسبوع 3، فيكون مجموع موازنة الأسبوع 3 هو 23000 دولار. تتم حسابات مماثلة لجميع الأنشطة لتحديد مجموع موازنة المشروع بأكمله عن كل أسبوع . ثم يمكن إضافة هذه المجاميع الأسبوعية لتحديد المبلغ الإجمالي الذي ينبغي أن ينفق حتى الآن (المجموع حتى تاريخه). تعرض هذه المعلومات في الصف السفلي من الجدول. بالنسبة للأنشطة التي ليست على المسار الحرج، يمكن أن تبدأ في وقت لاحق. ويتجسد هذا المفهوم في آخر وقت للانطلاق أو البدء ، LS ، لكل نشاط. فإذا أجلنا الأنشطة غير الحرجة إلى آخر وقت ممكن، يمكن الحصول على موازنة اخرى. نتبع نفس الإجراءات لحساب الموازنة عندما نستخدم LS وهي نفسها عند استخدام ES. وتظهر نتائج الحسابات الجديدة في الجدول 7 .

ويبين الجدول 7 أقصى وقت ممكن لإنفاق الأموال المخصصة بدون تأخير الوقت المحدد لانتهاء المشروع. الموازنة في الجدول 6 تتبع أسلوب إنفاق المخصصات المالية في أقرب وقت ممكن. وبالتالي، يمكن للمدير اختيار أي موازنة تقع بين هاتين الموازنتين المقدمتين في الجدولين 6 و 7. الشكل 11 يبين المنطقة الممكنة للموازنات.

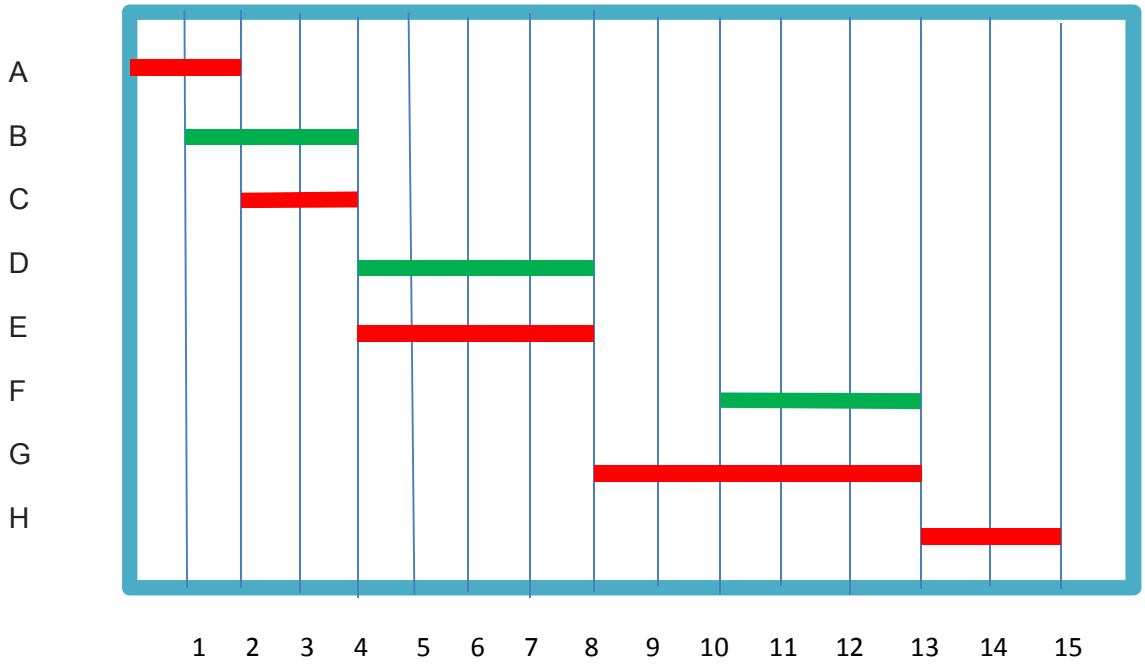
الجدول 4

النشاط	ES	EF	t	موازنة الأنشطة	موازنة الاسبوع الواحد
A	0	2	2	22000	11000
B	0	3	3	30000	10000
C	2	4	2	26000	13000
D	3	7	4	48000	12000
E	4	8	4	56000	14000
F	4	7	3	30000	10000
G	8	13	5	80000	16000
H	13	15	2	16000	8000

الشكل 9 تمثل الخطوط الحمراء أسابيع الأنشطة الحرجة بينما تمثل الخضراء أسابيع الأنشطة غير الحرجة. الأنشطة غير الحرجة بدأت في أبكر وقت ممكن.



الشكل 10 تمثل الخطوط الحمراء أسابيع الأنشطة الحرجة بينما تمثل الخضراء أسابيع الأنشطة غير الحرجة. الأنشطة غير الحرجة تبدأ في آخر وقت ممكن.



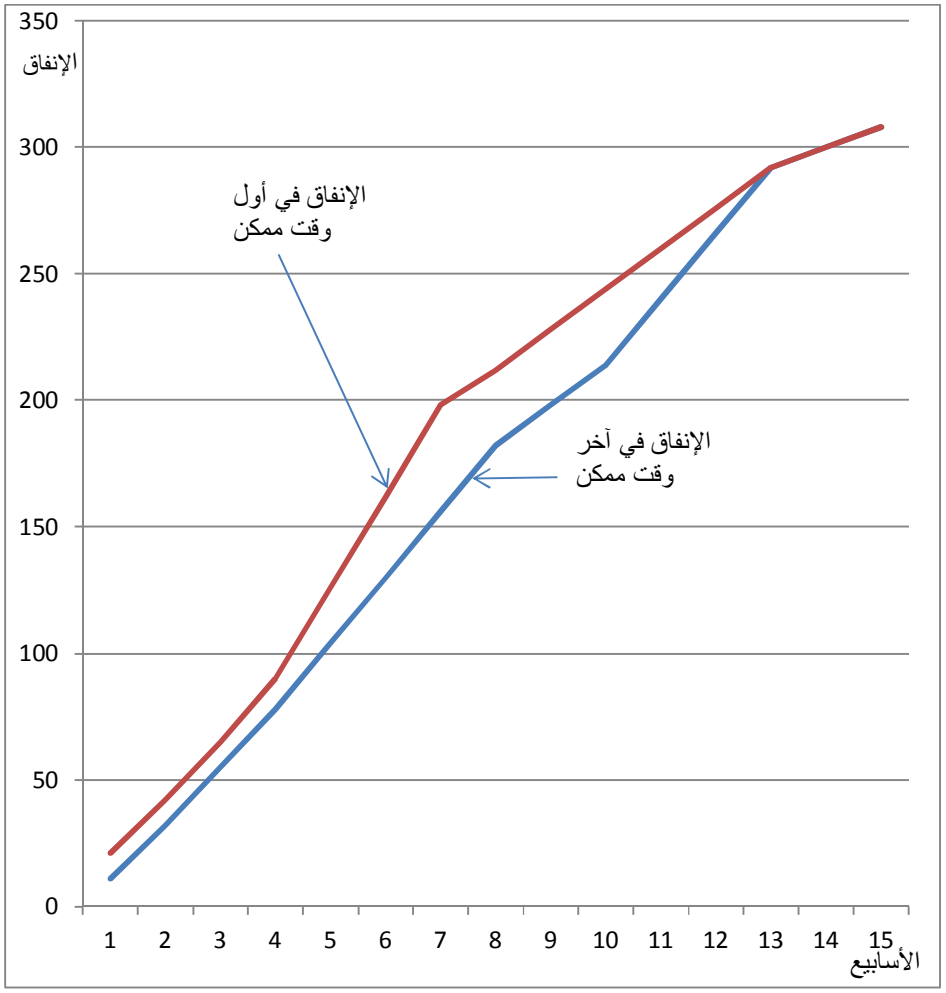
الجدول 6 تمثل الأرقام الحمراء المبالغ المخصصة للأنشطة الحرجة بينما تمثل الأرقام الخضراء المبالغ المخصصة للأنشطة غير الحرجة. الأنشطة غير الحرجة تبدأ في أبكر وقت ممكن.

	رقم الأسبوع															
النشاط	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	المجموع
A	11	11														22
B	10	10	10													30
C			13	13												26
D				12	12	12	12									48
E					14	14	14	14								56
F					10	10	10									30
G									16	16	16	16	16			80
H														8	8	16
المجموع	21	21	23	25	36	36	36	14	16	16	16	16	16	8	8	308
المجموع لتاريخه	21	42	65	90	126	162	198	212	228	244	260	276	292	300	308	

الجدول 7 تمثل الأرقام الحمراء المبالغ المخصصة للأنشطة الحرجة بينما تمثل الأرقام الخضراء المبالغ المخصصة للأنشطة غير الحرجة. الأنشطة غير الحرجة تبدأ في آخر وقت ممكن.

	رقم الأسبوع															
النشاط	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	المجموع
A	11	11														22
B		10	10	10												30
C			13	13												26
D					12	12	12	12								48
E					14	14	14	14								56
F											10	10	10			30
G									16	16	16	16	16			80
H														8	8	16
المجموع	11	21	23	23	26	26	26	26	16	16	26	26	26	8	8	308
المجموع لتاريخه	11	32	55	78	104	130	156	182	198	214	240	266	292	300	308	

الشكل 11 يمثل الخط الأحمر موازنة الأنشطة بطريقة أول وقت ممكن للبدء بينما يمثل الخط الأزرق موازنة الأنشطة بطريقة آخر وقت ممكن. تمثل المنطقة بين الخطين موازنات أخرى ممكنة وتوقيتها بين أول وقت وآخر وقت.



مشروع مراقبة التكاليف

إن الغرض من مراقبة تكاليف المشروع هو التأكد من أن المشروع يسير في الموعد المحدد وأن يضبط تجاوز التكاليف ويخفض إلى الحد الأدنى. يجب التحقق من وضع المشروع بأكمله بشكل دوري. لنفرض اننا الآن في الأسبوع السادس من المشروع الذي مدته 15 أسبوعا، ولنفرض أن الأنشطة A، B، C قد أنجزت. تكاليف هذه الأنشطة هي: 20000 $، 36000 $، 26000 $ على التوالي. الجزء المنجز من النشاط D، 10٪ فقط وأنفقت تكلفة قدرها 6000 $ على هذا الجزء. الجزء المنجز من النشاط E، 20٪ وأنفقت تكلفة قدرها 20000 $ على هذا الجزء. الجزء المنجز من النشاط F، 20٪ وأنفقت تكلفة قدرها 4000 $ على هذا الجزء. وحسب هذا الفرض الأنشطة G و H لم تبدأ بعد لأننا في الأسبوع السادس. هل المشروع يسير حسب الوقت المحدد؟ ما هي قيمة العمل المنجز؟ هل هناك أي تجاوز للتكاليف؟

يمكن حساب قيمة العمل المنجز ، أو تكلفة أي نشاط حتى الآن، كما يلي:

قيمة العمل المنجز من النشاط = نسبة العمل المنجز من النشاط x التكلفة الكلية للنشاط (8)
فرق التكلفة = التكلفة الفعلية – قيمة العمل المنجز (9)
إذا كان الفرق سالباً، هناك توفير في التكلفة ، ولكن إذا كان الرقم موجباً ، هناك تجاوز للتكاليف.
ويقدم الجدول 8 هذه المعلومات. يحتوي العمود الثاني على التكلفة الإجمالية في الموازنة (من الجدول 5) ، و العمود الثالث يحتوي على نسبة الإنجاز. يمكننا حساب قيمة العمل المنجز و التجاوزات أو التوفير في كل نشاط .

الجدول 5

النشاط	موازنة الأنشطة	نسبة الإنجاز	قيمة العمل المنجز	القيمة الفعلية للعمل المنجز	فرق التكلفة
A	22000	100%	22000	20000	-2000
B	30000	100%	30000	36000	+6000
C	26000	100%	26000	26000	0
D	48000	10%	4800	6000	+1200
E	56000	20%	11200	20000	+8800
F	30000	20%	6000	4000	-2000
G	80000	0%	0	0	0
H	16000	0%	0	0	0
			100000	112000	+12000

اختصار زمن المشروع

في بعض الأحيان، يكون مستحيلاً تنفيذ المشروع في الموعد النهائي المحدد باستخدام الإجراءات العادية لإنجاز المشروع. ولكن، باستخدام عمل إضافي، وباستغلال إجازات نهاية الأسبوع، وبالتعاقد مع عمال إضافيين، أو باستخدام معدات اضافية، فإنه قد يكون من الممكن الانتهاء من المشروع في الوقت المناسب. ولكن في هذه الحالة ستزيد تكلفة المشروع. يطلق مصطلح "Project Crashing" على عملية اختصار مدة المسار الحرج
نستخدم الوقت الطبيعي لكل نشاط للعثور على المسار الحرج. التكلفة الطبيعية هي تكلفة استكمال النشاط باستخدام الإجراءات العادية. إذا كان يمكن إنهاء المشروع في الوقت المحدد باستخدام الإجراءات العادية، فليس هناك مشكلة. أما إذا كان الموعد النهائي يحين قبل وقت انتهاء المشروع بحسب الإجراءات العادية، فإنه يجب اتخاذ التدابير المناسبة. نقوم بوضع مجموعة أخرى من الأوقات والتكاليف لكل نشاط. وهذا يتطلب استخدام موارد إضافية. ينطوي ذلك على أربع خطوات:

1. العثور على المسار الحرج العادي وتحديد الأنشطة الحرجة.
2. حساب تكلفة اختصار الفترة الزمنية للأسبوع الواحد (أو الفترة الواحدة) لجميع الأنشطة في الشبكة. نستخدم من أجل ذلك الصيغة التالية:

التكلفة الإضافية لاختصار الفترة \ الفترة المختصرة =
(التكلفة بعد الاختصار – التكلفة العادية) \ (الوقت العادي – الوقت بعد الاختصار)
3. نختار النشاط على المسار الحرج الذي تكلفة اختصار زمنه للأسبوع الواحد أقل مايمكن. نختصر زمن هذا النشاط إلى أقصى حد ممكن أو إلى النقطة التي تتناسب مع المهلة.
4. نتحقق من أن المسار الحرج الذي اختصرنا مدته ما زال حرجاً. إذا كان المسار الحرج لا يزال أطول مسار في الشبكة، نعود إلى الخطوة 3. إذا لم يكن كذلك، نبحث عن المسار الحرج الجديد ومن ثم نعود إلى الخطوة 3.

لنعود إلى مسألة شركة "جنرال فاوندري"

لنفرض أن الشركة أعطيت 14 أسبوعا بدلا من 16 أسبوعا. إن الزمن اللازم للمسار الحرج هو 15 أسبوعا وسطياً. ماذا يمكن أن نفعل؟ هنا قد لا يمكننا الوفاء بالموعد النهائي إلا إذا كنا قادرين على تقصير أوقات بعض الأنشطة. تظهر في الجدول رقم 6 الأوقات العادية والأوقات المختصرة والتكاليف العادية و التكاليف بعد الاختصار.

الجدول 6

	t	t بعد الاختصار	التكلفة	التكلفة بعد الاختصار	كلفة الاختصار للأسبوع	مسار حرج؟
A	2	1	22000	23000	1000	نعم
B	3	1	30000	34000	2000	لا
C	2	1	26000	27000	1000	نعم
D	4	3	48000	49000	1000	لا
E	4	2	56000	58000	1000	نعم
F	3	2	30000	30500	500	لا
G	5	2	80000	86000	2000	نعم
H	2	1	16000	19000	3000	نعم

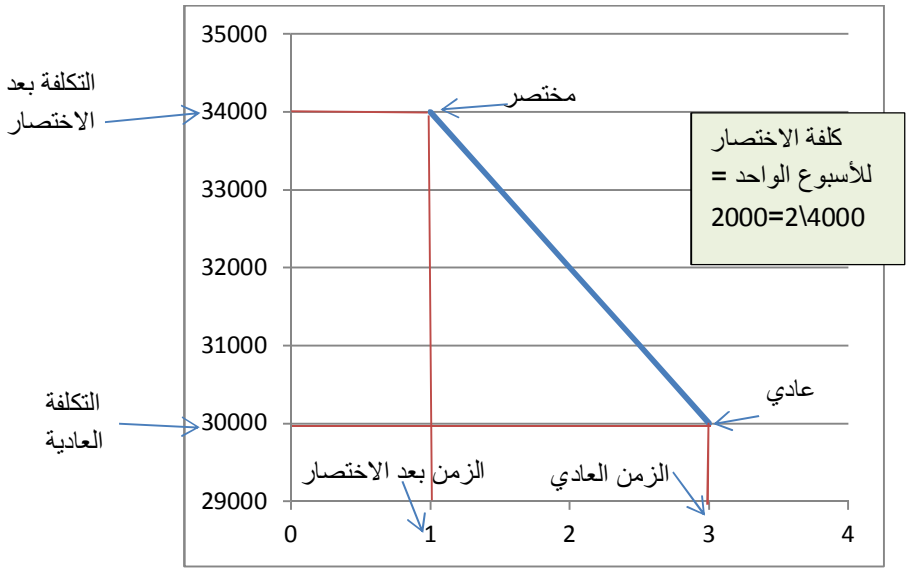
نلاحظ ، على سبيل المثال ، وقت النشاط العادي لـ B هو 3 أسابيع وبعد الاختصار هو اسبوع واحد. وهذا يعني أنه يمكن الاختصار من زمن النشاط أسبوعين إذا توفرت الموارد الاضافية. التكلفة العادية 30000 دولار و التكلفة بعد الاختصار 34000 $. هذا يعني أن اختصار وقت النشاط B سيكلف الشركة 4000 دولار إضافية.

إذاً تكلفة اختصار زمن النشاط B 4000 دولار مقابل أسبوعين و 2000 دولار مقابل أسبوع. وبنفس الطريقة نحسب لجميع الأنشطة الأخرى. ثم نطبق الخطوتين 3 و 4 لتخفيض الوقت الكلي للمشروع.
تقع الأنشطة A، C، و E على المسار الحرج ، و التكلفة الدنيا لاختصار كل منها في الأسبوع 1000 دولار. يمكن اختصار النشاط A أسبوع واحد لتقليل وقت إنجاز المشروع إلى 14 أسبوعاً. بتكلفة إضافية 1000 دولار. في هذه المرحلة ، سيكون لدينا مساران حرجان. المسار الحرج

الأصلي A، C ، E، G، H و ، بزمن مجموعه 14 أسبوعا. يتكون المسار الحرج الجديد من الأنشطة B، D، G، H بزمن مجموعه 14 أسبوعا. أي اختصار إضافي في زمن المشروع يتوجب معه اختصار المسارين الحرجين. على سبيل المثال ، إذا كنا نريد اختصار زمن إنجاز المشروع أسبوعين إضافيين، يجب تخفيض كلا المسارين. ويمكن القيام بذلك عن طريق تخفيض النشاط G ، وهو على كلا المسارين الحرجين ، لمدة أسبوعين بتكلفة إضافية 2000 دولار للأسبوع. فيكون مجموع الوقت لانتهاء المشروع 12 أسبوعا، و سوف تكون التكلفة الإجمالية للاختصار 5000 $ (1000 دولار لتخفيض النشاط A أسبوع واحد و 4000 $ لتخفيض النشاط G لمدة أسبوعين).

ويفترض أن تكون تكاليف الاختصار خطية. كما هو مبين في الشكل 12 ،

الشكل 12 الزمن العادي والزمن بعد الاختصار وكذلك الكلفة العادية والكلفة بعد الاختصار للنشاط B



إذا كان لدينا شبكات صغيرة ، مثل شبكة "جنرال فاوندري"، من الممكن استخدام هذا الإجراء المؤلف من أربع خطوات للعثور على أقل تكلفة لتخفيض مواعيد إنجاز المشروع. أما إذا كانت شبكات أكبر، فإن هذا النهج يعتبر تقنية صعبة وغير عملية، ويجب عندئذٍ استخدام تقنية أكثر تطورا، مثل البرمجة الخطية.

اختصار زمن مشروع عن طريق البرمجة الخطية

البرمجة الخطية هي نهج آخر لإيجاد أفضل اختصار لزمن المشروع. سنوضح هذه الطريقة بتطبيقها على شبكة مثالنا "جنرال فاوندري". أخذنا البيانات اللازمة من الجدول 6. نبدأ بتحديد متغيرات القرار. لنفرض أن الحرف X يرمز لأقرب وقت لانتهاء لنشاط ما، عندئذٍ:

X_A = أقرب وقت لانتهاء النشاط A. X_B = أقرب وقت لانتهاء النشاط B. X_C = أقرب وقت لانتهاء النشاط C.

X_D = أقرب وقت لانتهاء النشاط D. X_E = أقرب وقت لانتهاء النشاط E. X_F = أقرب وقت لانتهاء النشاط F.

X_G = أقرب وقت لانتهاء النشاط G. X_H = أقرب وقت لانتهاء النشاط H.

X_{START} = لحظة بدء المشروع عادةً = 0.

X_{FINISH} = أقرب وقت لانتهاء المشروع.

لنفرض أن الحرف Y يمثل مقدار الاختصار من زمن نشاط ما، عندئذٍ:

Y_A = مقدار الاختصار من زمن النشاط A. Y_B = مقدار الاختصار من زمن النشاط B.

Y_C = مقدار الاختصار من زمن النشاط C. Y_D = مقدار الاختصار من زمن النشاط D.

Y_E = مقدار الاختصار من زمن النشاط E. Y_F = مقدار الاختصار من زمن النشاط F.

Y_G = مقدار الاختصار من زمن النشاط G. Y_H = مقدار الاختصار من زمن النشاط H.

هدفنا هو تخفيض زمن المشروع بأقل تكلفة ممكنة. لذلك نصيغ تابع الهدف كما يلي:

تخفيض تكلفة الاختصار إلى أقل حد ممكن =

$$1000Y_A + 2000Y_B + 1000Y_C + 1000Y_D + 1000Y_E + 500Y_F + 2000Y_G + 3000Y_H$$

أخذنا معاملات التكاليف من العمود السادس في الجدول 6.

قيود اختصار زمن المشروع

لضمان أن يختصر وقت النشاط ضمن الحد المسموح به. الحد الأقصى لكل متغير Y هو الفرق بين الوقت العادي للنشاط ووقت النشاط بعد الاختصار (من جدول 6).

$$Y_A \le 1 \text{ ، } Y_B \le 2 \text{ ، } Y_C \le 1 \text{ ، } Y_D \le 1 \text{ ، } Y_E \le 2 \text{ ، } Y_F \le 1 \text{ ، } Y_G \le 3 \text{ ، } Y_H \le 1$$

هناك قيد لزمن إنجاز المشروع، يحدد هذا القيد أن الوقت الأخير الذي يجب أن يسلم به المشروع.

$$X_{FINISH} \le 12$$

معوقات وصف الشبكة

وهي المجموعة الأخيرة من القيود وتصف هيكل الشبكة. سيكون لكل نشاط قيد متعلق بالنشاط أو بالأنشطة التي تسبقه.

أبكر وقت لإنهاء النشاط ≤ أبكر وقت لإنهاء النشاط الذي يسبقه + زمن النشاط (t - y)

X ≥ X للنشاط الذي يسبقه+(t - y)

نبدأ بـ $X_{start} = 0$

من أجل النشاط A:	$X_A \geq X_{START}+(2-Y_A)$	أو	$X_A - X_{START}+Y_A \geq 2$
من أجل النشاط B:	$X_B \geq X_{START}+(3-Y_B)$	أو	$X_B - X_{START}+Y_B \geq 3$
من أجل النشاط C:	$X_C \geq X_A+(2-Y_C)$	أو	$X_C - X_A+Y_C \geq 2$
من أجل النشاط D:	$X_D \geq X_B+(4-Y_D)$	أو	$X_D - X_B+Y_D \geq 4$
من أجل النشاط E:	$X_E \geq X_C+(4-Y_E)$	أو	$X_E - X_C+Y_E \geq 4$
من أجل النشاط F:	$X_F \geq X_C+(3-Y_F)$	أو	$X_F - X_C+Y_F \geq 3$
من أجل النشاط G:	$X_G \geq X_D+(5-Y_G)$	أو	$X_G - X_D+Y_G \geq 5$
من أجل النشاط G:	$X_G \geq X_E+(5-Y_G)$	أو	$X_G - X_E+Y_G \geq 5$
من أجل النشاط H:	$X_H \geq X_F+(2-Y_H)$	أو	$X_H - X_F+Y_H \geq 2$
من أجل النشاط H:	$X_H \geq X_G+(2-Y_H)$	أو	$X_H - X_G+Y_H \geq 2$

$$X_{FINISH} \geq X_H$$

لحل هذه المسألة عن طريق إكسل – SOLVER ندخل مايلي إلى صفحة إكسل: ملاحظة يمكن الاطلاع على التطبيق في ملف إكسل مرفق باسم "تكلفة تخفيض زمن المشروع"

=sumproduct(B$3:S$3,B4:S4)
انسخ هذه الصيغة في الخلية T5 وفي بقية الخلايا أسفل الخلية T5 إلى الخلية T25

	YC	YD	YE	YF	YG	YH	XST	XA	XB	XC	XD	XE	XF	XG	XH	XFIN			
	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
0	1000	1000	1000	500	2000	3000											12500		
																	1	<=	1
																	1	<=	1
	1																1	<=	1
		1															2	<=	3
			1														1	<=	2
				1													1	<=	2
					1												1	<=	2
						1											1	<=	1
																1	1	<=	12
							1										1	=	0

							-1	1									1	>=	2
							-1		1								1	>=	3
	1							-1		1							1	>=	2
		1							-1		1						2	>=	4
			1							-1		1					1	>=	4
				1						-1		1					1	>=	3
					1						-1			1			1	>=	5
					1							-1		1			1	>=	5
						1							-1		1		1	>=	2
						1								-1	1		1	>=	2
															-1	1	0	>=	0

وبعد الحل:

	YC	YD	YE	YF	YG	YH	XST	XA	XB	XC	XD	XE	XF	XG	XH	XFIN			
0	1	2	1	0	0	0	0	1	3	2	5	5	0	10	12	12	TOTAL		
0	1000	1000	1000	500	2000	3000											5000		
																	1	<=	1
1																	0	<=	1
	1																1	<=	1
		1															2	<=	3
			1														1	<=	2
				1													0	<=	2
					1												0	<=	2
						1											0	<=	1
																1	12	<=	12
							1										0	=	0
							-1	1									2	>=	2
1							-1		1								3	>=	3
	1							-1		1							2	>=	2
		1							-1		1						4	>=	4
			1							-1		1					4	>=	4
				1						-1		1					3	>=	3
					1						-1			1			5	>=	5
					1							-1		1			5	>=	5
						1							-1		1		12	>=	2
						1								-1	1		2	>=	2
															-1	1	0	>=	0