إدارة المشروع

أهداف الفصل:

1. فهم كيفية تخطيط المشاريع ومراقبتها والتحكم بها باستخدام تقنية تقييم ومراجعة البرنامج (PERT) وطريقة المسار الحرج (CPM)

2. تحديد أقرب بداية، وأقرب النهاية، وآخر بداية، وآخر نهاية، وأوقات المرونة لكل نشاط، جنبا إلى جنب مع مجموع وقت إنجاز المشروع.

3. خفض الوقت الإجمالي للمشروع بأقل تكلفة.

الفقرات الرئيسية في الفصل

1. شبكة بيرت \ المسار
2. شبكة بيرت \ التكلفة

مقدمة:

أهدرت ملايين الدولارات بسبب سوء التخطيط في المشاريع. إن الخطوة الأولى في تخطيط وجدولة المشروع هي تطوير هيكل توزيع العمل. وهذا ينطوي على تحديد الأنشطة التي يجب تنفيذها في المشروع. النشاط هو وظيفة أو مهمة تشكل جزءً من المشروع. نسمى بداية أو نهاية لنشاط الحدث. قد يكون هناك مستويات متفاوتة من التفاصيل، ويمكن تقسيم كل نشاط إلى مكوناته الأساسية. الوقت، والتكلفة، الاحتياجات من الموارد، الأنشطة السابقة، والأشخاص لكل نشاط. عندما يتم ذلك، يمكن وضع الجدول الزمني للمشروع.
تقنية تقييم ومراجعة البرنامج (PERT) وطريقة المسار الحرج (CPM) هما عبارة تقنيتين من تقنيات التحليل الكمي السائدة التي تساعد مديري المشروع في تخطيط، وجدولة، ومراقبة المشاريع الكبيرة والمعقدة.

لكل نشاط من أنشطة شبكة (PERT)، ثلاثة عناصر تحدد الوقت المتوقع لانتهاء النشاط. وبالتالي، (PERT) هي تقنية احتمالية. بينما طريقة المسار الحرج (CPM) هي أداة تحديدية أو محددة حيث يفترض أن الأوقات اللازمة معروفة.
هناك ست خطوات مشتركة في كل من (PERT) و (CPM):

1. تحديد المشروع وجميع أنشطته الهامة.
2. تحديد العلاقات بين الأنشطة. أي تحديد أي من الأنشطة يجب أن تسبق غيرها.
3. رسم شبكة تربط جميع الأنشطة.
4. وضع تقديرات الوقت و / أو التكلفة لكل نشاط.
5 . حساب الوقت لأطول مسار في الشبكة؛ وهذا ما يسمى المسار الحرج.
6. استخدام الشبكة للمساعدة في إدارة المشروع من حيث التخطيط، والجدولة الزمنية، والمراقبة، والتحكم.

إن العثور على المسار الحرج هو الجزء الأساسي في التحكم بالمشروع. الأنشطة الواقعة على المسار الحرج تمثل المهام التي من شأنها أن تؤخر المشروع بأكمله إذا تأخر أي منها. لذلك لا يوجد لدى المدراء مرونة في تنفيذ

الأنشطة الحرجة، وإنما المرونة عندهم هي في الأنشطة غير الحرجة ولذلك لابد من تحديد الأنشطة غير الحرجة وعلى أساس ذلك يمكن إعادة التخطيط، وإعادة الجدولة، وإعادة تخصيص الموارد مثل الموظفين والتمويل.

تقنية تقييم ومراجعة البرنامج (PERT) وطريقة المسار الحرج (CPM)

يمكننا غالباً تقسيم أي مشروع كبير إلى سلسلة من الأنشطة أو المهام التي يمكن أن تحلل عن طريق مع (PERT) \ (CPM). عندما ترى بأن المشاريع يمكن أن تتكون من آلاف الأنشطة، ستعرف لماذا يجب أن نكون قادرين على الإجابة على أسئلة من قبيل ما يلي:

1. متى سيتم الانتهاء من المشروع بأكمله؟
2. ما هي الأنشطة الحرجة في المشروع، تلك التي تؤخر المشروع بأكمله إذا تأخرنا في تنفيذ أحدها؟
3. ماهي الأنشطة غير الحرجة، تلك التي يمكن تأخيرها دون تأخير إنجاز كامل المشروع؟
4. إذا كان هناك ثلاثة تقديرات زمنية، ما هو احتمال أن ينتهي المشروع قبل تاريخ محدد؟
5. ماهو احتمال أن ينتهي المشروع في الموعد المحدد، وما احتمال ان يتأخر الموعد المحدد أو قبل الموعد المحدد؟
6. هل هناك ما يكفي من الموارد المتاحة لإنهاء المشروع في الوقت المحدد؟

مثال من شركة "جنرال فاوندري"

تعمل شركة "جنرال فاوندري" في الحدادة، و منذ فترة طويلة تحاول تجنب مصاريف تركيب معدات مكافحة تلوث الهواء. أعطت هيئة حماية البيئة المحلية مهلة 16 أسبوعاً لتثبيت نظام فلتر الهواء على مدخنة الرئيسي وإلا ستتعرض الشركة إلى الإغلاق ما لم يتم تثبيت الجهاز في الفترة المخصصة . يريد مدير الشركة التأكد من أن تثبيت نظام الفلترة سينفذ في الوقت المحدد. ومن أجل ذلك قام المدير بتحديد أنشطة تركيب النظام كما يلي:

الجدول رقم 1

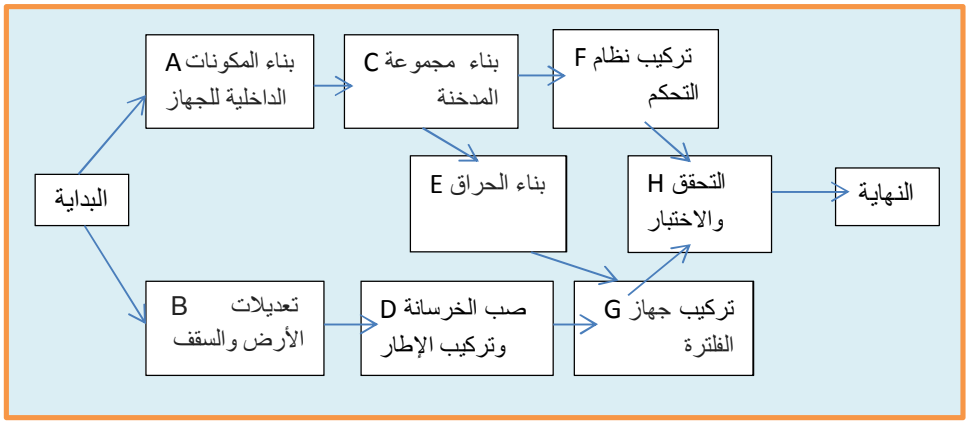
النشاط	الوصف	الأنشطة السابقة
A	بناء المكونات الداخلية للجهاز	-
B	إجراء التعديلات الضرورية للأرض والسقف	-
C	بناء مجموعة المدخنة	A
D	صب أرضية خرسانية جديدة وتركيب الإطار	B
E	بناء حراق لدرجات الحرارة العالية	C
F	تركيب نظام التحكم	C
G	تركيب نظام فلتر الهواء على المدخنة	D, E
H	التحقق والاختبار	f, G

رسم شبكة تقنية تقييم ومراجعة البرنامج (PERT) وطريقة المسار الحرج (CPM)

بعد تحديد جميع الأنشطة (الخطوة 1) وبعد أن تقرر الإدارة الأنشطة التي يجب أن تسبق غيرها من الأنشطة (الخطوة 2)، عندئذٍ يمكن رسم الشبكة (الخطوة 3).

هناك نوعان من التقنيات الشائعة لرسم شبكات "بيرت". نسمي الأول النشاط على القوس (الأقواس تمثل الأنشطة). ويسمى الثاني النشاط على العقدة (العقد تمثل الأنشطة)، وهو المتبع في هذا الفصل. وينبغي أن تكون هناك عقدة واحدة تمثل بداية المشروع وأخرى تمثل عقدة الانتهاء من المشروع. وسوف تكون هناك عقدة واحدة (ممثلة بمستطيل في هذا الفصل) لكل نشاط. يعطي الشكل 1 شكل الشبكة بالكامل لمشروع شركة "جنرال فاوندري". تستخدم الأقواس (الأسهم) لإظهار الأنشطة السابقة. مثلا، الأسهم التي تقود إلى النشاط G تشير إلى أن كلا من D و E هي أنشطة سابقة مباشرةً للنشاط G.

الشكل 1



أزمنة الأنشطة

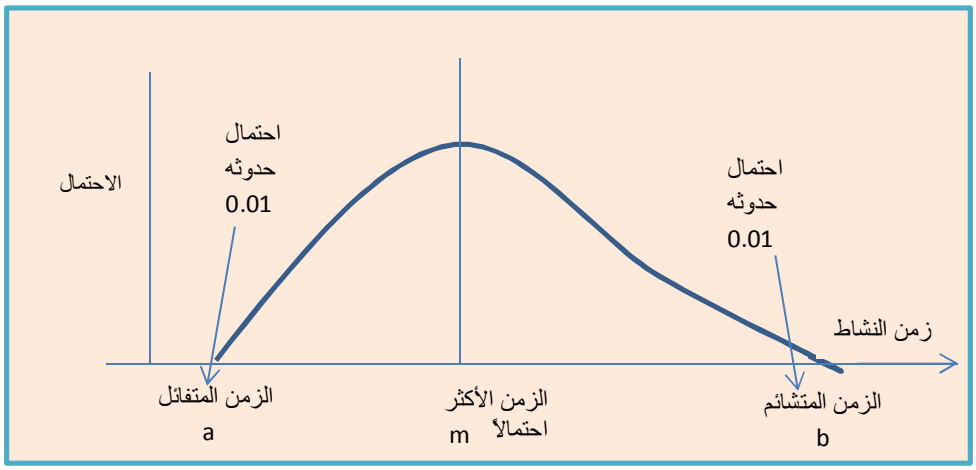
الخطوة التالية هي تعيين تقديرات الوقت اللازم لإتمام كل نشاط. بالنسبة لبعض المشاريع، مثل مشاريع البناء، فإن الوقت اللازم لإكمال كل نشاط قد يكون معروفاً على وجه اليقين. عين مطورو طريقة المسار الحرج CPM تقديراً واحداً فقط لكل نشاط. ثم تستخدم هذه الأوقات للعثور على المسار الحرج، كما هو موضح في الأقسام التي تتبع.

إلا أن تقديرات وقت النشاط ليست دائما مهمة سهلة. دون بيانات تاريخية، وغالبا ما يكون المديرين غير متأكدين من أزمنة الأنشطة ولهذا يستخدم مطورو شبكة "بيرت" توزيعاً احتمالياً يعتمد على ثلاثة تقديرات للوقت لكل نشاط. ويستخدم المتوسط المرجح لهذه الأوقات في شبكة "بيرت" بدلاً من استخدام تقدير لمرة واحدة يستخدم في المسار الحرج CPM، وتستخدم هذه المتوسطات للعثور على المسار الحرج. تقديرات الوقت في بيرت هي:

الوقت المتفائل (a) وهو الوقت الذي يستغرقه النشاط اذا سارت الامور كما يجب. لكن احتمال حدوث ذلك نادر ولا يتجاوز لنقل (0.01). الوقت المتشائم (b) وهو الوقت الذي يستغرقه النشاط اذا كانت الظروف غير مواتية. لكن احتمال حدوثه أيضاً احتمال ضئيل. الوقت الأكثر احتمالا (m) وهو تقدير الوقت الأكثر واقعية لإتمام النشاط.

تفترض تقنية "بيرت" غالبا أن تقديرات الوقت تتبع التوزيع الاحتمالي بيتا (انظر الشكل 2)

الشكل 2 التوزيع الاحتمالي بيتا :



هذا التوزيع هو توزيع مستمر و مناسب، في كثير من الحالات، لتحديد القيمة المتوقعة والتباين لأزمنة استكمال النشاط.
نجد وقت النشاط المتوقع كما يلي:

$$t = \frac{a + 4m + b}{6}$$

ونجد التباين كما يلي:

$$V = \left(\frac{b - a}{6}\right)^2$$

الجدول التالي يبين الحسابات

الجدول رقم 2

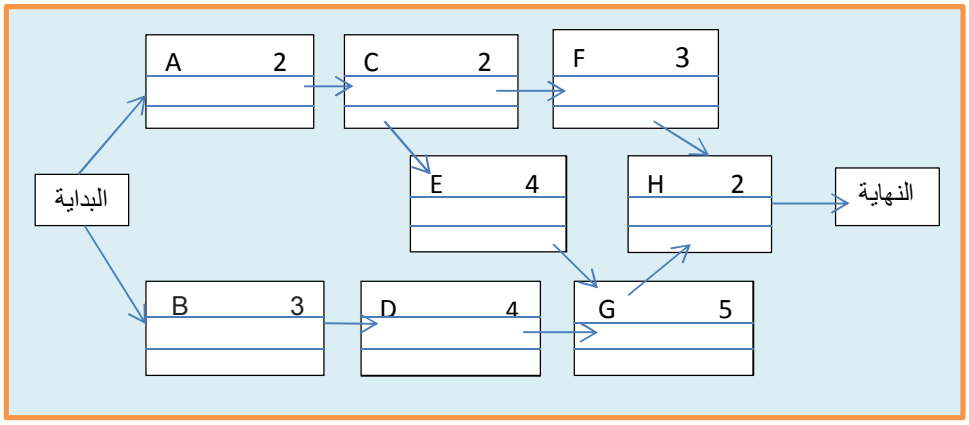
النشاط	الوقت المتفائل (a)	الوقت الأكثر احتمالاً (m)	الوقت المتشائم (b)	الوقت المتوقع (t)	التباين (V)
A	1	2	3	2	4/36
B	2	3	4	3	4/36
C	1	2	3	2	4/36
D	2	4	6	4	16/36
E	1	4	7	4	36/36
F	1	2	9	3	64/36
G	3	4	11	5	64/36
H	1	2	3	2	4/36

كيفية العثور على المسار الحرج

بعد تحديد الوقت المتوقع للانتهاء من كل نشاط (t)، نعتبر هذه الأوقات هي الأوقات الفعلية للأنشطة. التباين في الأوقات سنأخذ به لاحقة.
يشير الجدول 2 إلى أن الوقت المتوقع الإجمالي للأنشطة الثمانية هو 25 أسبوعا، لكن لو نظرنا إلى الشكل 3 نجد أن العديد من الأنشطة يمكن أن تحدث في وقت واحد. لمعرفة المدى الزمني الذي يستغرقه المشروع يجب معرفة المسار الحرج في الشبكة.

المسار الحرج هو أطول مسار زمني يمر عبر الشبكة. إذا أراد مدير المشروع تقليل وقت المشروع الإجمالي، فانه سيضطر الى تقليل طول بعض الأنشطة على المسار الحرج. على العكس، فإن أي تأخير في أي نشاط على المسار الحرج يؤدي إلى تأخير المشروع بأكمله.

الشكل 3



للعثور على المسار الحرج، نحتاج إلى تحديد الكميات التالية لكل نشاط في الشبكة:
1 أول وقت للبدء (ES): أقرب وقت يمكن للنشاط البدء مع مراعاة الأنشطة السابقة.
2 أول وقت للانتهاء (EF): أقرب وقت يمكن أن ينتهي به النشاط
3 آخر وقت للبدء (LS): آخر وقت يمكن أن يبدأ به النشاط دون أن يسبب ذلك تأخير للمشروع بأكمله.
4 آخر وقت للانتهاء (LF): آخر وقت يمكن للنشاط أن ينتهي به دون أن يسبب ذلك تأخير للمشروع بأكمله.
الشكل التالي يوضح الأوقات المذكورة أعلاه مع ذكر اسم النشاط في الشبكة:

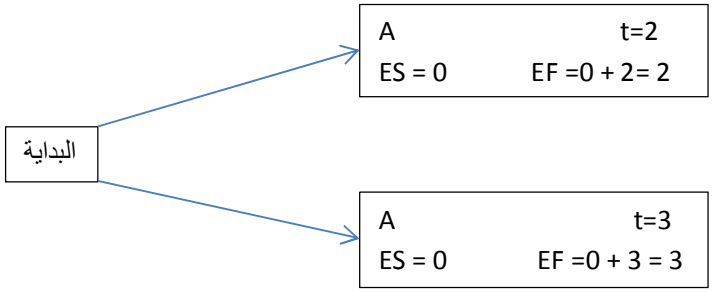
النشاط	t
ES	EF
LS	LF

نبين أولا كيفية تحديد أقرب الأوقات. بعد تحديد أقرب الأوقات، يمكن أن نحدد آخر الأوقات.
أقرب وقت لانتهاء النشاط = أقرب وقت لبدء النشاط + الوقت المتوقع لتنفيذ النشاط.

$$EF = ES + t$$

أول وقت لبدء النشاط = آخر وقت ينتهي فيه تنفيذ آخر نشاط من الأنشطة السابقة.

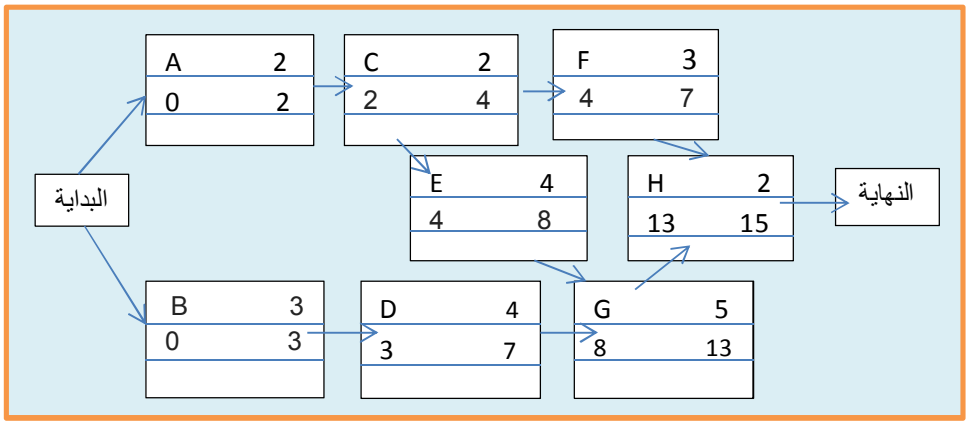
نعين وقت الصفر لبداية المشروع. لذلك، أي النشاط غير مسبوق بأنشطة اخرى سيكون أقرب وقت لبدء هو الصفر. لذلك كل من النشاطين A و B أقرب وقت لبدء كل منهما هو الصفر كما هو مبين في الشكل التالي:



نجد في الشكل 4 أن النشاط G لديه أقرب وقت بدء 8، كلا من D و E هما نشاطين سابقين لـ G. لا يمكن البدء بالنشاط G حتى يتم الانتهاء من النشاطين من D و E ، وهكذا نختار أكبرهما من حيث انتهاء وقت النشاط. وبالتالي، أبكر وقت لبدء

النشاط G هو 8. لا يمكن البدء بالنشاط H حتى يتم الانتهاء من النشاطين من G و F ، وهكذا نختار أكبرهما من حيث انتهاء وقت النشاط. وبالتالي، أبكر وقت لبدء النشاط H هو 13. وقت الانتهاء للمشروع بالكامل 15 أسبوعا، ينتهي المشروع بانتهاء النشاط H.

الشكل 4



مفهوم الوقت المرن في حسابات المسار الحرج

بعد تحديد ES، LS، EF، وLF يصبح من السهل العثور على مقدار الوقت المرن (slack) لكل نشاط. الوقت المرن هو الوقت الممكن لتأجيل البدء بنشاط ما دون أن يتسبب ذلك بتأخير المشروع. ويحسب كما يلي:

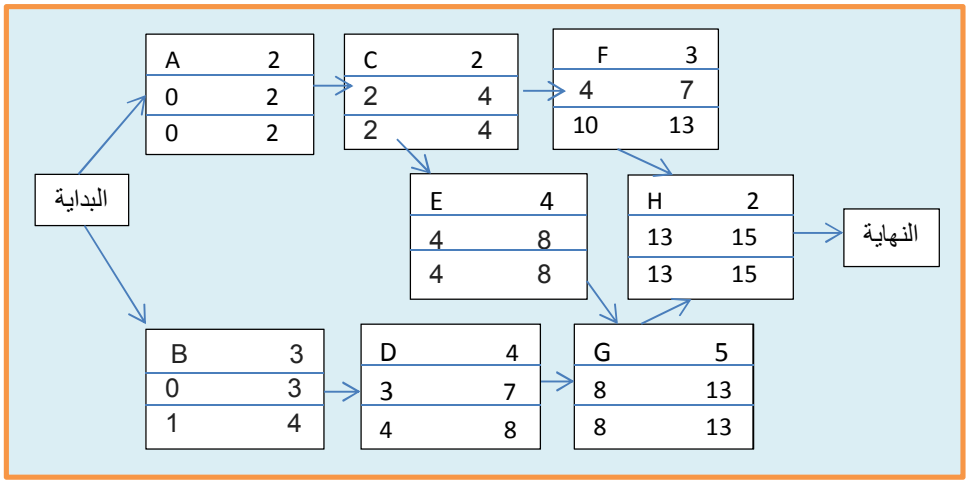
Slack = LS – ES

Slack = LF – EF

يلخص الجدول 3 في ES، EF، LS، LF، وأوقات المرونة لجميع الأنشطة. النشاط B، على سبيل المثال، لديه أسبوع واحد من الوقت المرن، هذا يعني أنه يمكن تأخير البدء بهذا النشاط فترة تصل إلى أسبوع دون التسبب في تأخير المشروع.

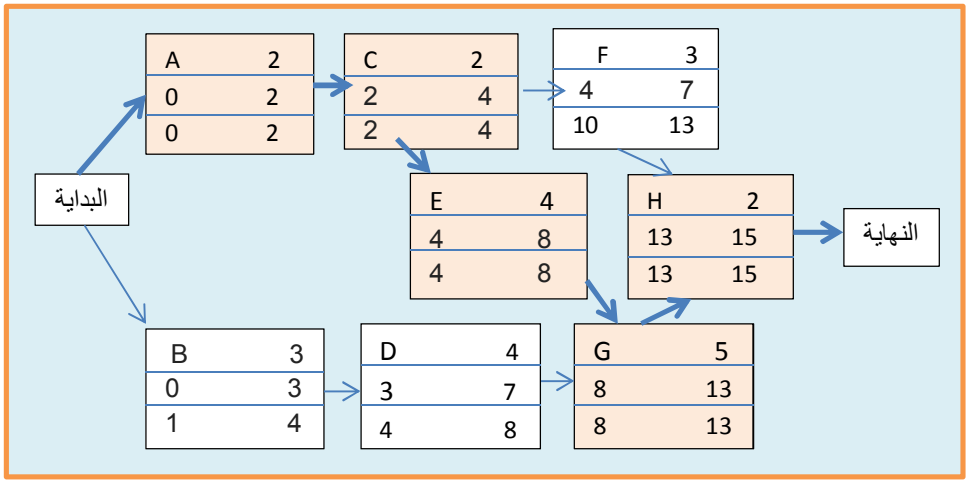
النشاط	ES	EF	LS	LF	المرونة	الأنشطة الحرجة
A	0	2	0	2	0	نعم
B	0	3	1	4	1	لا
C	2	4	2	4	0	نعم
D	3	7	4	8	1	لا
E	4	8	4	8	0	نعم
F	4	7	10	13	6	لا
G	8	13	8	13	0	نعم
H	13	15	13	15	0	نعم

الشكل 5



نلاحظ أنه ليس في الأنشطة A، C، E، G، H وقت مرن؛ وهذا يعني أن تأخير أيا من هذه الأنشطة يؤدي إلى تأخير المشروع بأكمله. ولهذا، يطلق على المسار الذي تقع عليه هذه الأنشطة اسم المسار الحرج. يظهر المسار الحرج في الشبكة في الشكل 6. مجموع وقت إنجاز المشروع (T)، 15 أسبوعا.

الشكل 6



احتمال إنجاز المشروع

ساعدنا تحليل المسار الحرج في تحديد زمن إنجاز المشروع المتوقع وهو 15 أسبوعا. المهلة المعطاة للشركة 16 اسبوعاً، إذا لم ينته المشروع خلال 16 أسبوعا، ستغلق هيئة حماية البيئة المحلية الشركة. التباين في أنشطة المسار الحرج يمكن أن تؤثر على اكتمال المشروع ككل وربما تأخيره.

تباين المشروع = مجموع تباينات أنشطة المسار الحرج

نعلم من الجدول 2 أن:

الجدول رقم 3

النشاط	التباين (V)
A	4/36
C	4/36
E	36/36
G	64/36
H	4/36

ومنه نحسب تباين المشروع:

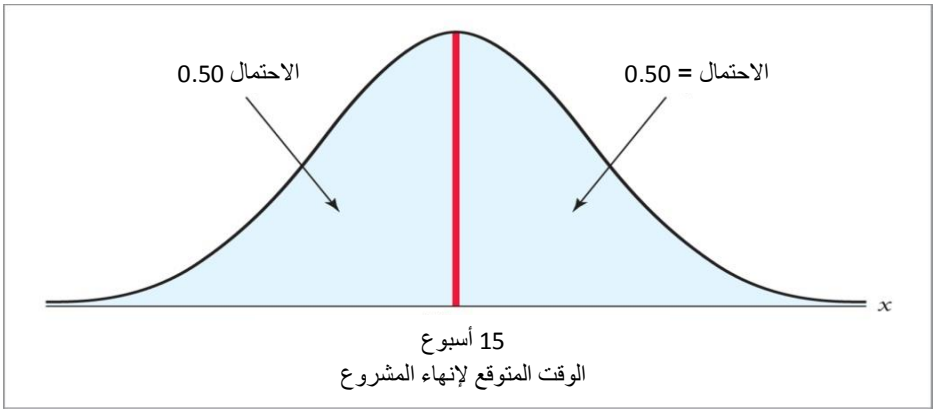
$$4/36 + 4/36 + 36/36 + 64/36 + 4/36 = 112/36 = 3.111$$

ومنه نحسب الانحراف المعياري للمشروع:

$$\sigma = \sqrt{V} = \sqrt{3.111} = 1.76$$

كيف يمكن استخدام هذه المعلومات للمساعدة في الإجابة على الأسئلة بشأن احتمال الانتهاء من المشروع في الوقت المحدد؟ بالإضافة إلى افتراض أن أوقات النشاط مستقلة، نفترض أيضا أن الزمن الكلي لإنجاز المشروع يتبع التوزيع الاحتمالي الطبيعي. وهذا يعني أن هناك احتمال 50% أن المشروع بأكمله سيكتمل خلال 15 أسبوعا وهناك احتمال 50% أنه سوف يتجاوز 15 أسبوعا. كما هو مبين في الشكل 7

الشكل 7 : التوزيع الاحتمالي لمتغير زمن إنهاء المشروع



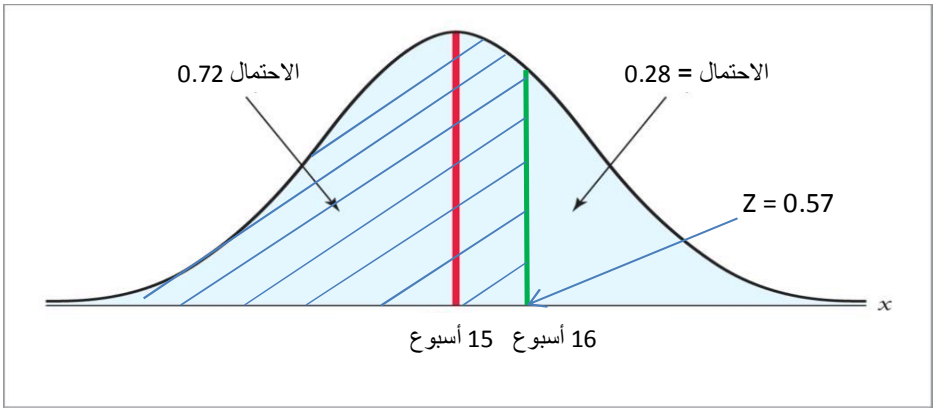
للعثور على احتمال أن يكتمل المشروع خلال 16 أسبوع وهو الموعد النهائي، نحتاج لتحديد المنطقة المناسبة تحت المنحنى الطبيعي. نحسب الاحتمال من جدول Z بعد حساب Z المقابلة لـ 16 أسبوعاً:

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma} = \frac{16 - 15}{1.76} = .57$$

إذا ذهبنا إلى جدول Z سنجد ان الاحتمال الذي يقابل .57 هو تقريباً 22%. 22% تمثل المساحة الممتدة من الخط الأحمر وإلى اليمين وصولاً إلى الخط الأخضر وتمثل احتمال أن ينتهي المشروع بين 15 أسبوعاً و 16 أسبوعاً. نضيف إلى 22%

نصف المساحة تحت المنحني إلى يسار الخط الأحمر التي تمثل احتمال أن ينتهي المشروع خلال 15 أسبوعاً فتصبح المساحة 72% وهذه المساحة تمثل احتمال أن ينتهي المشروع خلال 16 أسبوعاً.

الشكل 8 : التوزيع الاحتمالي لمتغير زمن إنهاء المشروع



إذاً هناك احتمال قدره 72% أن ينتهي المشروع خلال 16 أسبوعاً وأن لا يغلق المصنع وهناك احتمال قدره 28% أن لاينتهي المشروع خلال 16 أسبوعاً وأن يغلق المصنع.

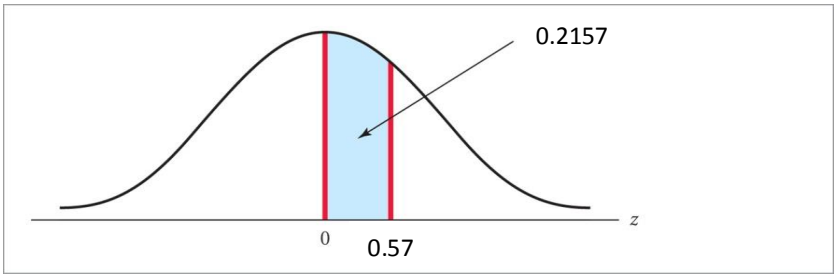
واجب:

لاستكمال تجميع جناح الطائرة في أحد مصانع الطائرات، وضعت 7 أنشطة. وقد وصفت هذه الأنشطة من A إلى G في الجدول التالي:

النشاط	الوقت المتفائل (a)	الوقت الأكثر احتمالاً (m)	الوقت المتشائم (b)	النشاط السابق
A	1	2	3	-
B	2	3	4	-
C	4	5	6	A
D	8	9	10	B
E	2	5	8	C, D
F	4	5	6	B
G	1	2	3	E

المطلوب تحديد المسار الحرج.

الجدول 3 | التوزيع الطبيعي المعياري



z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.0000	0.0040	0.0080	0.0120	0.0160	0.0199	0.0239	0.0279	0.0319	0.0359
0.1	0.0398	0.0438	0.0478	0.0517	0.0557	0.0596	0.0636	0.0675	0.0714	0.0753
0.2	0.0793	0.0832	0.0871	0.0910	0.0948	0.0987	0.1026	0.1064	0.1103	0.1141
0.3	0.1179	0.1217	0.1255	0.1293	0.1331	0.1368	0.1406	0.1443	0.1480	0.1517
0.4	0.1554	0.1591	0.1628	0.1664	0.1700	0.1736	0.1772	0.1808	0.1844	0.1879
0.5	0.1915	0.1950	0.1985	0.2019	0.2054	0.2088	0.2123	0.2157	0.2190	0.2224
0.6	0.2257	0.2291	0.2324	0.2357	0.2389	0.2422	0.2454	0.2486	0.2517	0.2549
0.7	0.2580	0.2611	0.2642	0.2673	0.2704	0.2734	0.2764	0.2794	0.2823	0.2852
0.8	0.2881	0.2910	0.2939	0.2967	0.2995	0.3023	0.3051	0.3078	0.3106	0.3133
0.9	0.3159	0.3186	0.3212	0.3238	0.3264	0.3289	0.3315	0.3340	0.3365	0.3389
1.0	0.3413	0.3438	0.3461	0.3485	0.3508	0.3531	0.3554	0.3577	0.3599	0.3621
1.1	0.3643	0.3665	0.3686	0.3708	0.3729	0.3749	0.3770	0.3790	0.3810	0.3830
1.2	0.3849	0.3869	0.3888	0.3907	0.3925	0.3944	0.3962	0.3980	0.3997	0.4015
1.3	0.4032	0.4049	0.4066	0.4082	0.4099	0.4115	0.4131	0.4147	0.4162	0.4177
1.4	0.4192	0.4207	0.4222	0.4236	0.4251	0.4265	0.4279	0.4292	0.4306	0.4319
1.5	0.4332	0.4345	0.4357	0.4370	0.4382	0.4394	0.4406	0.4418	0.4429	0.4441
1.6	0.4452	0.4463	0.4474	0.4484	0.4495	0.4505	0.4515	0.4525	0.4535	0.4545
1.7	0.4554	0.4564	0.4573	0.4582	0.4591	0.4599	0.4608	0.4616	0.4625	0.4633
1.8	0.4641	0.4649	0.4656	0.4664	0.4671	0.4678	0.4686	0.4693	0.4699	0.4706
1.9	0.4713	0.4719	0.4726	0.4732	0.4738	0.4744	0.4750	0.4756	0.4761	0.4767
2.0	0.4772	0.4778	0.4783	0.4788	0.4793	0.4798	0.4803	0.4808	0.4812	0.4817
2.1	0.4821	0.4826	0.4830	0.4834	0.4838	0.4842	0.4846	0.4850	0.4854	0.4857
2.2	0.4861	0.4864	0.4868	0.4871	0.4875	0.4878	0.4881	0.4884	0.4887	0.4890
2.3	0.4893	0.4896	0.4898	0.4901	0.4904	0.4906	0.4909	0.4911	0.4913	0.4916
2.4	0.4918	0.4920	0.4922	0.4925	0.4927	0.4929	0.4931	0.4932	0.4934	0.4936
2.5	0.4938	0.4940	0.4941	0.4943	0.4945	0.4946	0.4948	0.4949	0.4951	0.4952
2.6	0.4953	0.4955	0.4956	0.4957	0.4959	0.4960	0.4961	0.4962	0.4963	0.4964
2.7	0.4965	0.4966	0.4967	0.4968	0.4969	0.4970	0.4971	0.4972	0.4973	0.4974
2.8	0.4974	0.4975	0.4976	0.4977	0.4977	0.4978	0.4979	0.4979	0.4980	0.4981
2.9	0.4981	0.4982	0.4982	0.4983	0.4984	0.4984	0.4985	0.4985	0.4986	0.4986
3.0	0.4987	0.4987	0.4987	0.4988	0.4988	0.4989	0.4989	0.4989	0.4990	0.4990

للتوضيح: 0.2157 من المنطقة تحت منحني التوزيع الطبيعي تقع بين المتوسط، μ ، و النقطة 0.57 انحرافاً معيارياً.