



## بنية تقسيم العمل WBS

قبل البدء بتنفيذ المشروع، يتوجب علينا وضع البرنامج الزمني للتنفيذ حيث يمثل هذا البرنامج حجر الزاوية في إدارة المشروعات، وإدارة الموارد كلها، وإعداد برنامج التمويل لذلك يسمى البرنامج الرئيسي للمشروع.

### خطوات إعداد البرنامج الزمني:

- 1- تقسيم المشروع.
- 2- تحديد طريقة التنفيذ.
- 3- التحليل الزمني للعمليات.
- 4- إعداد مخططات القضبان أو المخططات الشبكية.
- 5- برمجة الموارد.

### تقسيم المشروع WBS:

وهو تحليل تدريجي لأنشطة المشروع بهدف الحصول على عمليات بسيطة ومحددة يمكن حساب زمنها وكلفتها، حيث يتم تقسيم العمل في المشروع إلى مجموعات جزئية صغيرة حسب النتائج والمنتجات التي يجب تسليمها في النهاية.

### الفائدة من تقسيم المشروع:

التخفيف من تعقيد المشروع عن طريقة تحليله إلى مركبات يسهل التعامل معها وحساب كلفتها، إذ يتم تقسيم المشروع إلى أجزاء بسيطة تشكل كل منها وحدة تنفيذية يمكن تحديدها مالياً وزمنياً ( في البدء والانتها ) لوضعها في تسلسل زمني معين في برنامج التنفيذ تسمى حزمة عمل.

حزمة العمل Work Package: وهي أصغر مستوى في بنية تقسيم العمل وفيها يتم تحديد الزمن والكلفة والموارد اللازمة لتنفيذ العمل بسهولة ودقة.

تقوم بنية تقسيم العمل على مبدأ بناء هرمي من الأعلى إلى الأدنى، أي يتم تفكيك نواتج المشروع إلى أجزاء صغيرة تكثر مع التقدم التدريجي وتستمر حتى تصبح المنتجات الممكنة صغيرة بشكل كافٍ لاعتبارها ضمن مجموعات الأعمال.

السوية العليا هي المشروع ككل والسوية الدنيا هي العمليات. إذ يتم تفصيل المشروع كلما انتقلنا إلى مستويات أدنى حيث الترتيب من الأعلى إلى الأسفل تصاعدي.



بالتالي فإن الفائدة الأساسية من الـ WBS هي المساعدة على تحليل التكاليف بشكل واضح للحصول على تقدير زمني وإدارة ومراقبة التنفيذ أي ( تخطيط وجدولة المشروع - إدارة ومراقبة الأداء - تحليل التكاليف ).

كيفية تفصيل بنية تقسيم العمل:

- 1- حجم وتعقيد المشروع يلعب دور هاماً.
- 2- يجب تحديد إلى أي مستوى سيتم التقسيم.
- 3- إعطاء كودات لأجزاء العمل.
- 4- يجب الانتباه إلى أن التقليل من التجزئة يؤدي إلى عدم القدرة على الإدارة والمراقبة في حين أن الإكثار من التجزئة يؤدي إلى إدارة غير منتجة.

طريقة بناء الـ WBS:

- 1- الطريقة الفيزيائية: تهدف للحصول على منتج ملموس (نستمر بالتقسيم حتى نصل إلى كتل أو أجزاء ملموسة).
- 2- الطريقة التنظيمية: يتم تقسيم العمل حسب البنية التنظيمية للمشروع حيث تتعامل إدارة المشروع مع 3 جهات وهي ( المقاول الثانوي - الجهة الدارسة - جهة الإشراف )، وضمن كل قسم يتم توضيح التفاصيل الإدارية.
- 3- طريقة المراحل: ويعتبر المشروع عبارة عن دراسة تنفيذ وتجهيز مبنى.

طريقة تقسم المشروع حسب الـ WBS:

هناك طريقتين لإظهار الـ WBS:

- طريقة شجرية ( Graphical Tree ).
- طريقة نصية ( Textual Outline ).

مثال: عن الـ WBS

بناء متعدد الطوابق والمطلوب إعداد الـ WBS له وفق

الطريقة الشجرية والطريقة النصية.

الطريقة النصية:



## 4000 أعمال الموقع العام

- 4100 سور .
- 4200 حديقة .

## 1000 أعمال تجهيز الموقع

- 1100 تنظيف الموقع .
- 1200 أبنية مؤقتة .
- 1300 طرق مؤقتة .
- 1400 مستودعات .

## 2000 أعمال التأسيس ( تحت أرضية )

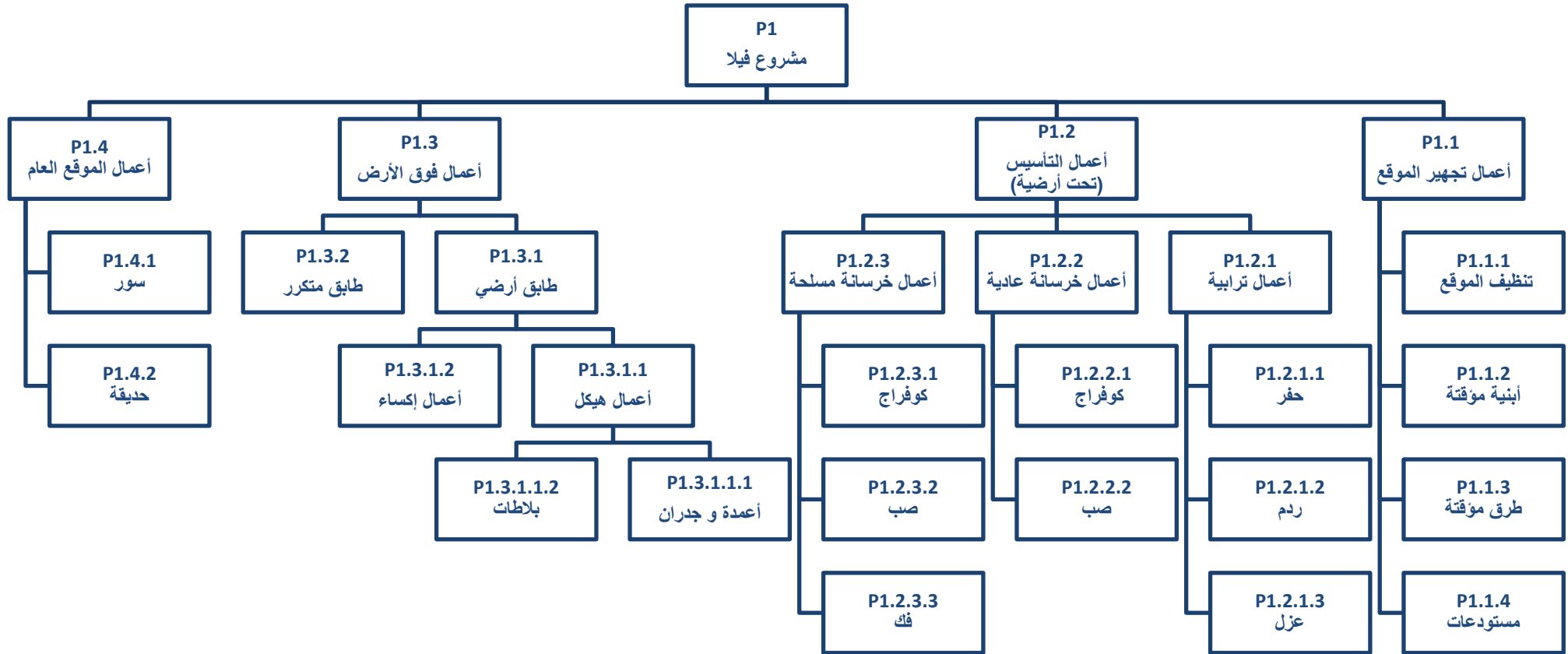
- 2100 أعمال ترابية .
- 2110 حفر .
- 2120 عزل .
- 2120 ردم .
- 2200 أعمال خرسانة عادية .
- 2210 كوفراج .
- 2220 صب .
- 2300 أعمال خرسانة مسلحة .
- 2310 كوفراج .
- 2320 صب .
- 2330 فك .

## 3000 أعمال فوق الأرض

- 3100 طابق 1
- 3110 أعمال الهيكل .
- 3111 أعمدة وجدران .
- 3112 بلاطات .
- 3120 أعمال إكساء .
- 3200 طابق 2 .

ملاحظة:

ويمكن الترقيم بطرق أخرى مثلاً الترقيم الوارد في المخطط الشجري في الصفحة الآتية.



## أدوات التخطيط البيانية ( منحنيات التسارع - مخططات القضبان )

### مقدمة:

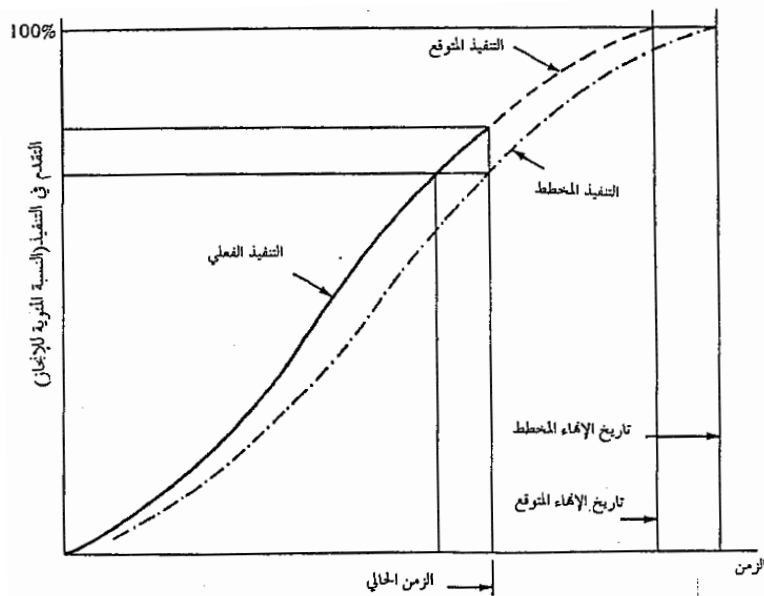
تقسم الأدوات المستخدمة في التخطيط والبرمجة ومراقبة ومتابعة التنفيذ إلى نوعين من الأدوات:

• أدوات التخطيط والمراقبة التحليلية أو الرياضية مثل: طريقة المسار الحرج ( CPM ) وطريقة مخطط الأسبقية (PDM) ..... وغيرها.

• أدوات التخطيط والمراقبة البيانية مثل: مخططات القضبان ومنحنيات التسارع ..... وغيرها.

### منحنيات التسارع ( Progress Curves ):

تسمى أيضاً باسم منحنيات ( S ) وتعد هذه الطريقة من أدوات التخطيط التي ظهرت قبل طريقة التخطيط الشبكي وتستخدم هذه الطريقة كأداة للبرمجة (لتوضيح العلاقة بين الزمن ومخرجات المشروع المختلفة بطريقة مباشرة ومبسطة) تمثل منحنيات التسارع المسار المحدد لعملية التنفيذ أو حجم أعمال التنفيذ على أحد المحاور والزمن على المحور الآخر، ويمثل ميل المنحني معدل تقدم الأعمال أو تسارع الإنتاج، ويمكن أن يقاس التسارع أو التقدم للمال المصروف أو للكميات المقاسة في العمل ضمن الموقع أو لساعات العمل المستهلكة مستخدمين الوحدات الفعلية المستخدمة في القياس (الوحدات النقدية، المتر المكعب .... الخ) أو كنسبة مئوية من الكميات الكلية المقدره. ويمكن من خلال النظر إليها معرفة ما إذا كان المشروع يسير وفق البرنامج المخطط له أو أنه يعاني شيئاً من البطء.



### مخططات القضبان:

تستخدم مخططات القضبان ك مخططات لتنفيذ الإنشاءات وتصف بشكل تخطيطي مجموعة معرفة جيداً من المهمات أو العمليات اللازمة لتنفيذ الإنشاء ويمكن أن تكون العملية عبارة عن نشاط أو عدة أنشطة مرتبطة ببعضها وتنفيذها يساهم بإنهاء التنفيذ بشكل كامل للمنشأة المدروسة.



إن مخططات القضبان لا تقي في إيضاح الارتباط المنطقي بين العمليات المختلفة والتي تتحكم في السيطرة على تقدم سير التنفيذ بشكل واضح، ولكنها تبين الإرتباط الزمني فقط بين هذه العمليات. فهي تستخدم بصورة موسعة في المراحل الأولية للمشروع ويغيب أثرها في مراحل المشروع اللاحقة ويصبح الاعتماد على طريقة أكثر فعالية هي طريقة التخطيط الشبكي.

يتم إعداد مخطط القضبان وفق الخطوات البسيطة التالية:

- الخطوة الأولى: هي تحديد العمليات التي سيتم وضعها ضمن جدول، وعادة يتم تقسيم العمل إلى عمليات بسيطة ومحددة.
- الخطوة الثانية: هي تقدير زمن الاستمرار لكل عملية من العمليات المشكلة للمشروع أو العمل ويكون ذلك بعد تحديد مجموعة التنفيذ أو وحدة التنفيذ والتي ستنفذ العملية المدروسة:
  - اعتماداً على معايير معينة محددة لكل نوع من الأعمال والعمليات.
  - بناءً على مقارنة نوع العمليات مع عمليات مشابهة نفذت سابقاً في مشاريع أخرى مشابهة.
  - بناءً على تحليل زمن تنفيذ هذه العمليات.
- الخطوة الأخيرة: يحدد واضع المخطط ترتيب العمليات ويرسم القضبان ( يمثل طول القضبان الزمن اللازم لتنفيذ العملية ) ضمن المخطط. ويكون الترتيب واضحاً.

تعطي مخططات القضبان فكرة واضحة قبل التنفيذ وخلالها عن:

- كيفية تقسيم العمل إلى أقسام عمل وعمليات.
  - تسلسل تنفيذ أقام المشروع المختلفة ونوع الأعمال المطلوب تنفيذها.
  - الزمن اللازم لتنفيذ كل قسم وكل عملية.
  - الموارد اللازمة للتنفيذ.
  - الترابط الزمني بين مختلف العمليات في المشروع.
- يحتاج وضع مخططات القضبان لخبرة كافية من قبل معدها تعتمد على المعرفة الدقيقة للأعمال المطلوبة أثناء التنفيذ ولطرائق تنفيذها وللمعرفة بالقواعد الأساسية لإدارة المشاريع.
- يتكون مخطط القضبان من ثلاثة أجزاء:

- جزء تحليلي: عبارة عن جداول تحتوي المعلومات الضرورية لإنشاء الجزء البياني ( اسم العملية - زمن تنفيذها - الموارد الموجودة فيها - عدد العمال ..... وغيرها ).
- جزء بياني: وهو عبارة عن شبكة مؤلفة من محورين
  - الشاقولي يقسم حسب العمليات.
  - الأفقي يمثل الزمن ويمكن تقسيمه حسب عدد الأيام الفعلية للعمل أو حسب التاريخ الفعلي مع الانتباه لجميع العطل.
- التحقق: يتم في هذا الجزء التأكد من أن الخطة صحيحة على ضوء الموارد المتوفرة. وهو يحتوي على أحد المخططات المشتقة ومنها ( العمال - الآليات - التوريد ).

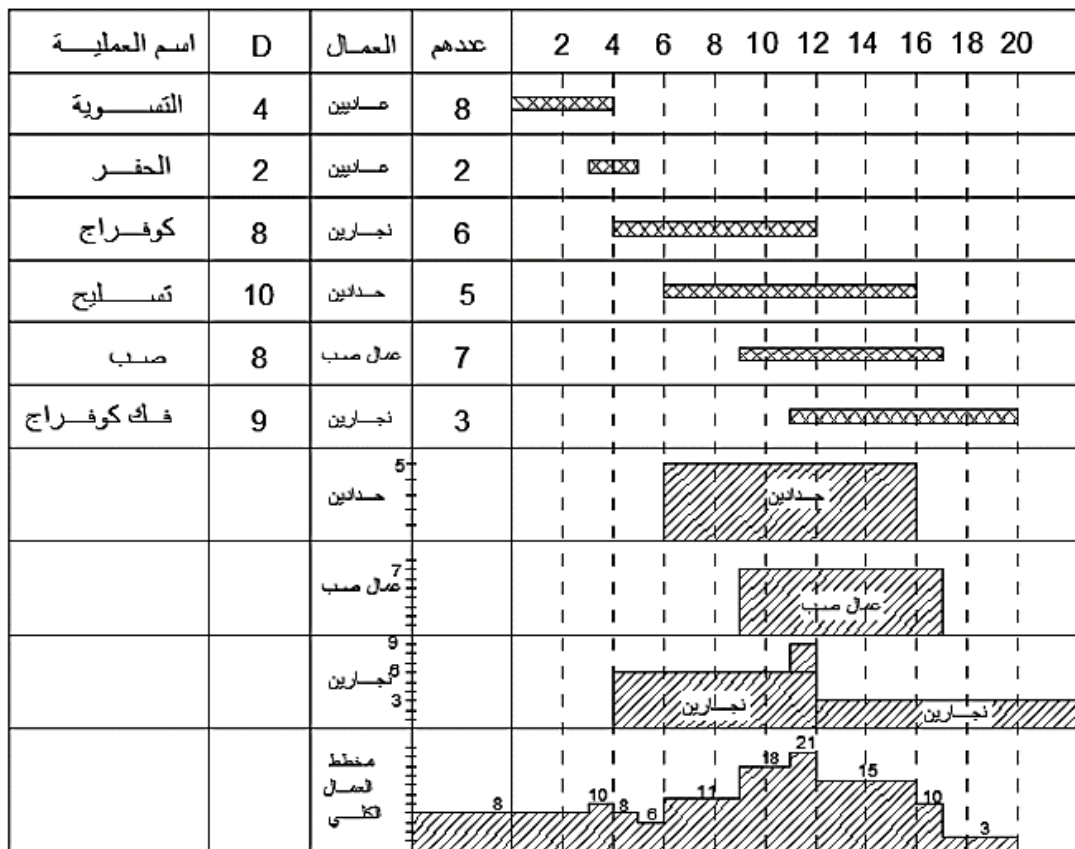


## مسألة

يطلب رسم مخطط القضبان ومخططات تشغيل الحدادين والنجارين والعمال العاديين ثم رسم مخطط العمال الكلي حيث:

العملية	تسوية الموقع	الحفر	الكوفراج	التسليح	الصب	فك الكوفراج
زمن الاستمرار	4	2	8	10	8	9
عدد العمال	8 عاديين	2 عاديين	6 نجارين	5 حدادين	7 عمال صب	3 نجارين
التأخير		-1	-1	-6	-7	-6

الحل:





## طريقة PERT

## Program Evaluation Review Technic

تم تطوير هذه الطريقة بعد طريقة ال CPM، حيث اعتبر أن زمن العمليات هو زمن احتمالي وليس رقم ثابت. مجالات استخدام طريقة PERT:

- عند عدم وجود معلومات كافية عن تنفيذ عملية معينة.
- عند معرفة الزمن ولكننا لا نضمن تغيير الظروف.

يتم بطريقة PERT اعتماد 3 تقديرات لزمن العملية:

- $T_o$  الزمن المتقائل وهو أقل زمن يمكن أن تنفذ فيه العملية.
- $T_p$ : التقدير المتشائم وهو أطول زمن يمكن أن تنفذ فيه العملية.
- $T_m$ : التقدير الأكثر احتمالاً.
- $T_e$ : زمن تنفيذ العملية ويعطى بالعلاقة التالية: (توزيع بيتا الاحتمالي " الذروة أقرب لليساار ")

$$T_e = \frac{T_o + 4 * T_m + T_p}{6}$$

ملاحظة: زمن تنفيذ المشروع كاملاً يخضع للتوزيع الطبيعي.

مثال:

بفرض أن المسار الحرج في أحد المشاريع هو ( A C E F H ) وبالاستفادة من الجدول الآتي يطلب مايلي:

العملية	$T_o$	$T_m$	$T_p$
A	1	3	5
C	1	1	4
E	2	4	6
F	2	3	7
H	3	3	9
N	2	4	6
P	1	3	5

1- حساب طول المسار الحرج.

2- ما هو التباين والانحراف المعياري للمشروع.

3- ما هو احتمال انتهاء المشروع قبل يومين من طول المسار الحرج.

4- ما هو احتمال انتهاء المشروع قبل يوم من طول المسار الحرج.

5- ما هو احتمال انتهاء المشروع في اليوم 16.





- 6- ما هو احتمال انتهاء المشروع في الأيام 13 و 14 و 15.  
7- ما هو احتمال انتهاء المشروع قبل انتهاء اليوم 17.  
8- ما هو احتمال انتهاء المشروع قبل بدء اليوم 18.  
9- ما هو احتمال انتهاء المشروع بعد انتهاء اليوم 17.  
10- أوجد مدة التنفيذ التي يكون احتمال انتهاء المشروع قبلها مساوياً لـ 83%.

الحل:

العملية	$T_o$	$T_m$	$T_p$	$T_e$	$S = \frac{T_p - T_o}{6}$	$V = S^2$
A	1	3	5	3	0.67	0.45
C	1	1	4	1.5	0.50	0.25
E	2	4	6	4	0.67	0.45
F	2	3	7	3.5	0.83	0.69
H	3	3	9	4	1	1
N	2	4	6	4	احسب العينة للمسار الحرج فقط لا تهمني باقي القيم	
P	1	3	5	3		

ومنه يكون طول المسار الحرج:

$$\sum T_e = 3 + 1.5 + 4 + 3.5 + 4 = 16$$

ومن ثم لإيجاد التباين والانحراف المعياري للمشروع نحسب القيم الخاصة بالمسار الحرج فقط.

$$V = \sum V_i = 0.45 + 0.25 + 0.45 + 0.69 + 1 = 2.84$$

$$\Rightarrow S = \sqrt{V} = \sqrt{2.84} = 1.69$$

ما هو احتمال انتهاء المشروع قبل يومين من طول المسار الحرج.

للحل نستخدم القانون التالي:

احتمال تنفيذ المشروع قبل زمن معين ( $T_d$ ) يحسب بـ

$$Z = \frac{T_d - T_e}{S}$$

حيث:

$T_d$ : الزمن المدروس.  $T_e$ : طول المسار الحرج ( ليس مدة تنفيذ المشروع ).

$S$ : الانحراف المعياري للمسار الحرج.

$$Z_{-14} = \frac{T_d - T_e}{S} = \frac{14 - 16}{1.69} = -1.18$$

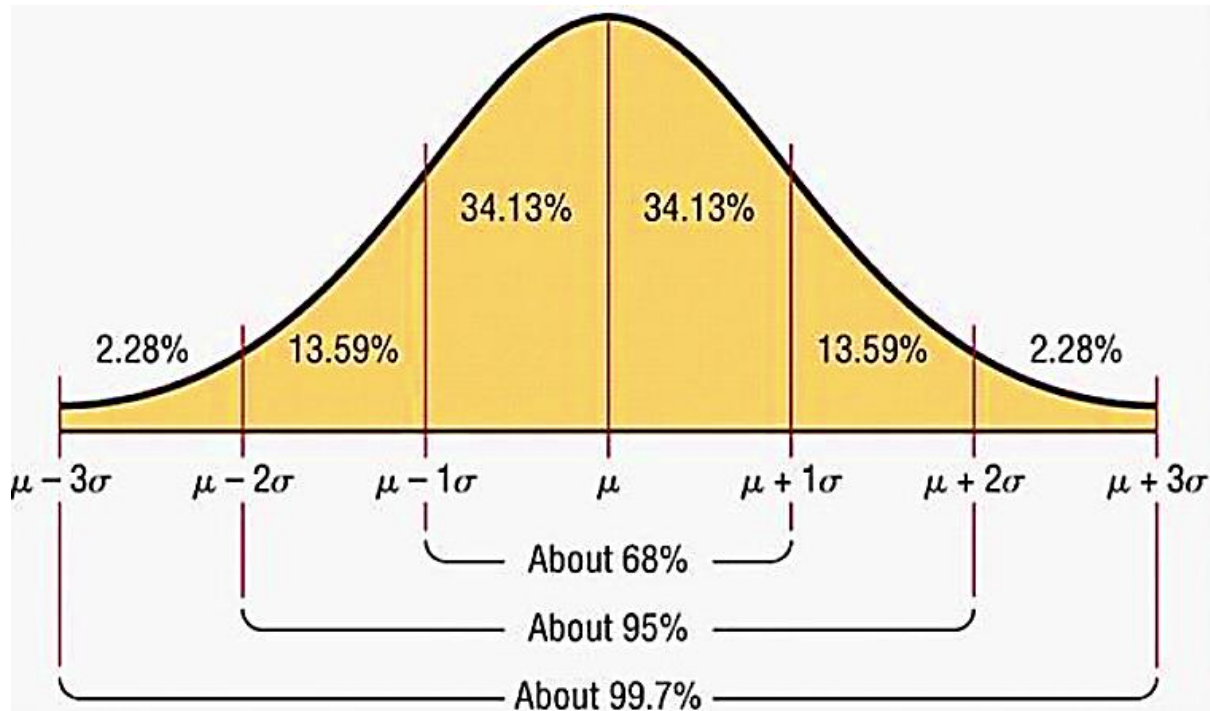
من الجداول الخاصة بالتوزيع الطبيعي نوجد:

$$Z_{14} = P(t \leq 14) = 12\%$$

ما هو احتمال انتهاء المشروع قبل يوم من طول المسار الحرج.

$$Z_{-15} = \frac{T_d - T_e}{S} = \frac{15 - 16}{1.69} = -0.59 \Rightarrow Z_{-15} = P(t \leq 15) = 27\%$$

نلاحظ أنه بازدياد زمن التنفيذ يزيد احتمال التنفيذ قبل هذا الزمن حيث يمكن الاستعانة بالشكل الآتي لفهم أكثر:



ما هو احتمال انتهاء المشروع في اليوم 16.

إن احتمال تنفيذ المشروع قبل مدة مساوية للزمن الحرج هي  $P_{16} = 0.5$  وفقاً للمخطط السابق

ومنه يكون احتمال الانتهاء في اليوم 16 تحديداً:

$$P_{16} = P_{-16} - P_{-15} = 0.5 - 0.27 = 0.23$$



ما هو احتمال انتهاء المشروع في الأيام 13 و 14 و 15.

نحسب احتمال ( $Z_{-12}$ ):

$$Z_{-12} = \frac{T_d - T_e}{S} = \frac{12 - 16}{1.69} = -2.37 \Rightarrow Z_{-12} = P(t \leq 12) = 1\%$$

ومن يمكننا حساب:

$$P_{13,14,15} = P_{-15} - P_{-12} = 0.27 - 0.01 = 0.26$$

ما هو احتمال انتهاء المشروع قبل انتهاء اليوم 17.

$$Z_{-17} = \frac{T_d - T_e}{S} = \frac{17 - 16}{1.69} = 0.59 \Rightarrow Z_{-17} = P(t \leq 17) = 73\%$$

ما هو احتمال انتهاء المشروع قبل بدء اليوم 18.

$$Z_{-17} = \frac{T_d - T_e}{S} = \frac{17 - 16}{1.69} = 0.59 \Rightarrow Z_{-17} = P(t \leq 17) = 73\%$$

ما هو احتمال انتهاء المشروع بعد انتهاء اليوم 17.

$$P_{17+} = 1 - P_{-17} = 1 - 0.73 = 0.27$$

أوجد مدة التنفيذ التي يكون احتمال انتهاء المشروع قبلها مساوياً لـ 83%.

$$P = 0.83 \Rightarrow Z = 0.95$$

نعوض بالعلاقة:

$$Z_{-x} = \frac{T_d - T_e}{S} \Rightarrow 0.95 = \frac{x - 16}{1.69} \Rightarrow x = 17.6$$

مسألة:

ارسم المخطط الشبكي وحلله باستخدام طريقة PERT وحدد المسار الحرج وذلك للمشروع المبينة عملياته في الجدول. ما هو احتمال انجاز المشروع في أقل من 45 يوم وما هو احتمال انجاز المشروع في زمن أكثر من 40 يوم.

M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A	العملية
F,A	D,A	F,A	D	K,G,L	M,I	A	-	I,B	-	M	L,J	-	السابقة
7	8	10	3	7	8	10	5	5	7	3	5	9	$T_o$
8	10	12	6	9	10	11	7	8	8	6	7	11	$T_m$
9	12	14	15	11	12	12	9	17	9	9	9	13	$T_p$

نهاية المحاضرة