

3- Program Evaluation and review technique (PERT)

تقييم ومراجعة البرنامج (المشروع)

يعتبر هذا في تخطيط المشروع من الأساليب الملائمة للمشروعات الجديدة التي لا يوجد فيها خبرة سابقة حيث يصعب فيها إيجاد تقديرات دقيقة للوقت اللازم لإنهاء كل نشاط ويعتمد هذا أيضاً على تقدير ثلاثة قيم لوقت كل نشاط و على احتمالات تنفيذ المشروع في مدد زمنية معينة وهو الذي تفتقده طريقة (CPM) و من هنا ينتهي

هو الذي يضع من البداية في موقف يمكنها من الحكم على المشروع وبالتالي قبوله رفضه يستخدم هذا الأساسية (networks) الشبكة هي الوسيلة التي تماماً مثل طريقة المسار الحرج (CPM) بالتوقيتات الزمنية والاحتمالات و حيث (PERT) يركز على (Events) وليس على مثل طريقة المسار الحرج ولذلك يقال بيرت (Event oriented) طريقة المسار الحرج (Activity oriented) .

تقدير الوقت :

عند تقدير الوقت اللازم (PERT) يتطلب تقدير ثلاثة قيم

-1 (Pessimistic time) (tp)

وهو الثلاثة المقدره و يكون تقديره على

-2 (Optimistic time) (to)

وهو الثلاثة المقدره ويكون تقديره على

العمل جيدة جداً ومناسبة ولن يحدث تأخير غير متوقع في إنهاء

(Most likely time) (tm)

-3

احتمالاً لتنفيذ

وهو يمثل القيمة الوسطى بين
النشاط في الظروف الاعتيادية .

* Method of production(PERT) (PERT) خطوات تطبيق*

1- Determine mean time (te) for each activity

$$te = \frac{to+4tm+tp}{6}$$

2- Draw the network by use of (te) for each activity and then
Determine the critical activities and critical path .

نرسم المخطط الشبكي ونوجد الفعاليات الحرجة و المسار الحرج بطريقة
(CPM)

3- Determine the standard deviation(S) for the critical
activities

نوجد الانحراف المعياري لكل فعالية حرجة

$$S = \frac{tp-to}{6}$$

4- Determine the standard deviation($S_{C.P}$) for the critical path
نوجد الانحراف المعياري للمسار الحرج و الذي يساوي بالجذر التربيعي لمجموع
مربعات الانحراف المعياري لكل فعالية حرجة فقط .

$$S_{c.p} = \sqrt{\sum_{ij}(s_1^2 + s_2^2 + \dots + s_{ij}^2)}$$

5- Determine the probability to finish the project in expected time

توجد نسبة احتمالية انجاز المشروع في وقت معين باستخدام القانون التالي وجداول التوزيع (Z)

$$Z = \frac{T_s - T_e}{S_{c.p}}$$

تتضمن الفعاليات = رسم مخطط مشروع = $T_e = \sum T_{e_{C.A}}$ باللمسار الحرج

المدة الزمنية المقررة لانجاز المشروع و المراد إيجاد الاحتمالية للانجاز بها $T_s =$

$S_{c.p} = \text{standard deviation for the critical path}$

بـ بـ Z وباستخدام جداول توزيع Z توجد الاحتمالية (P%) المقابلة لها

في السؤال الاحتمالية (P%) فنستخدم نفس الجداول بإدخال قيمة

(P%) ومن ثم نوجد قيمة Z المقابلة لها و ثم نطبق القانون لإيجاد (Ts) .

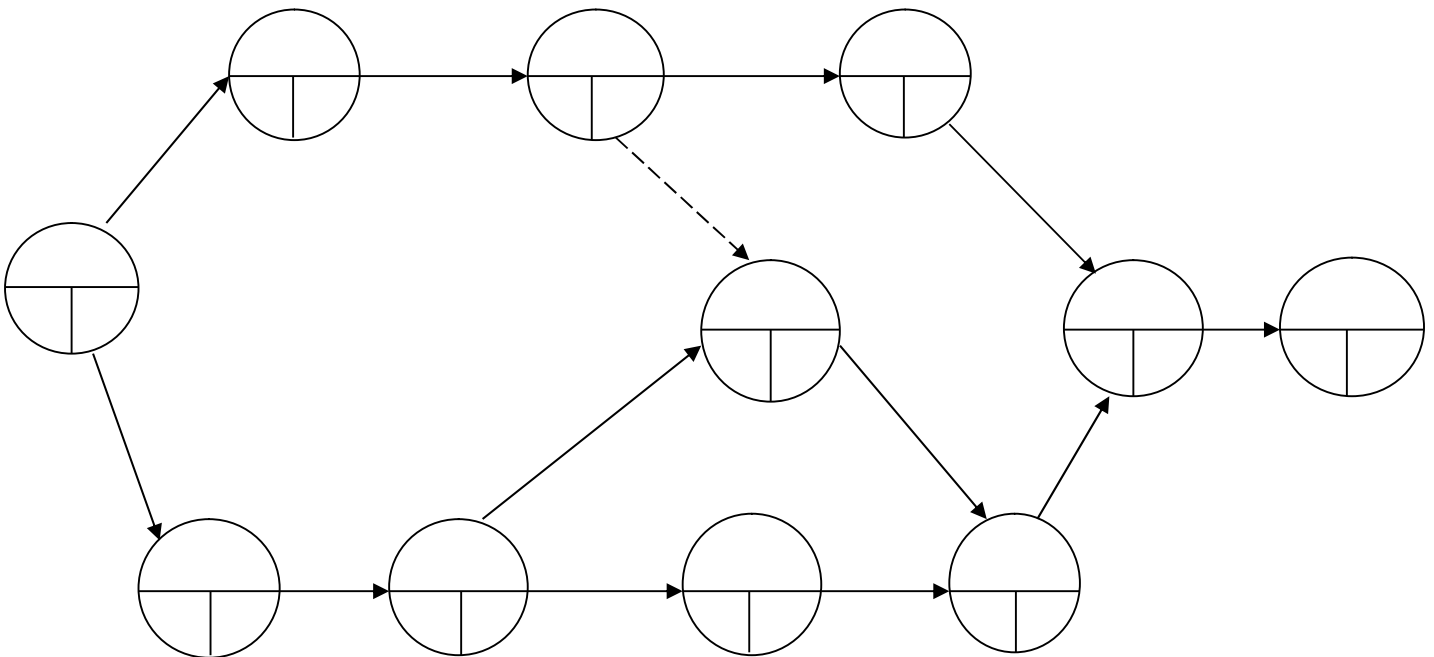
EX: Because of the uncertain nature of the programme for construction of specific project it is decided to draw and analyse the arrow network for the following activities by using three estimates of duration for each activity what is the probability that the programme will be completed in 33 weeks?

Activity	Duration (week)			Depend on
	to	tm	tp	
A	6	9	12	-
B	6	8	10	A
C	2	5	8	-
D	4	7	10	C
E	4	6	8	D
F	5	9	13	D
G	2	3	4	F
H	1	2	3	B,E
I	2	3	4	G,H
J	2	4	6	B
K	3	4	5	J
L	2	3	4	K,I

Solution:

Activity	to	tm	tp	te	s	ES	EF	LS	LF	TF	CP
A	6	9	12	9	1	0	9	2	11	2	
B	6	8	10	8	2/3	9	17	11	19	2	
C	2	5	8	5	1	0	5	0	5	0	*
D	4	7	10	7	1	5	12	5	12	0	*
E	4	6	8	6	2/3	12	18	16	22	4	
F	5	9	13	9	4/3	12	21	12	21	0	*
G	2	3	4	3	1/3	21	24	21	24	0	*
H	1	2	3	2	1/3	18	20	22	24	4	
I	2	3	4	3	1/3	24	27	24	27	0	*
J	2	4	6	4	2/3	17	21	19	23	2	
K	3	4	5	4	1/3	21	25	23	27	2	
L	2	3	4	3	1/3	27	30	27	30	0	*

$$S = \frac{tp - to}{6}$$



The critical path C – D – F – G – I – L = 30 week

$$S_{c.p} = \sqrt{1^2 + 1^2 + \left(\frac{4}{3}\right)^2 + \left(\frac{1}{3}\right)^2 + \left(\frac{1}{3}\right)^2 + \left(\frac{1}{3}\right)^2} =$$
$$\sqrt{2 + \frac{16}{9} + \frac{1}{9} + \frac{1}{9} + \frac{1}{9}} = 2.03$$

$$Z = \frac{T_s - T_e}{S_{c.p}} = \frac{33 - 30}{2.03} \cong 1.48 \text{ to the right of the mean}$$

And from the tables of Z for (Z=1.48) the standard area equal = 0.5 + 0.4306 \cong 0.93 of the total

So the probability of completing the work in 33 weeks is therefore 93% (high probability)

Ex : Because of the use uncertain nature of the programme for construction of small specific project it is decided to draw and analyse the arrow network for the following activities by using three estimates of duration for each activity .what is the probability that the programme will be completed in

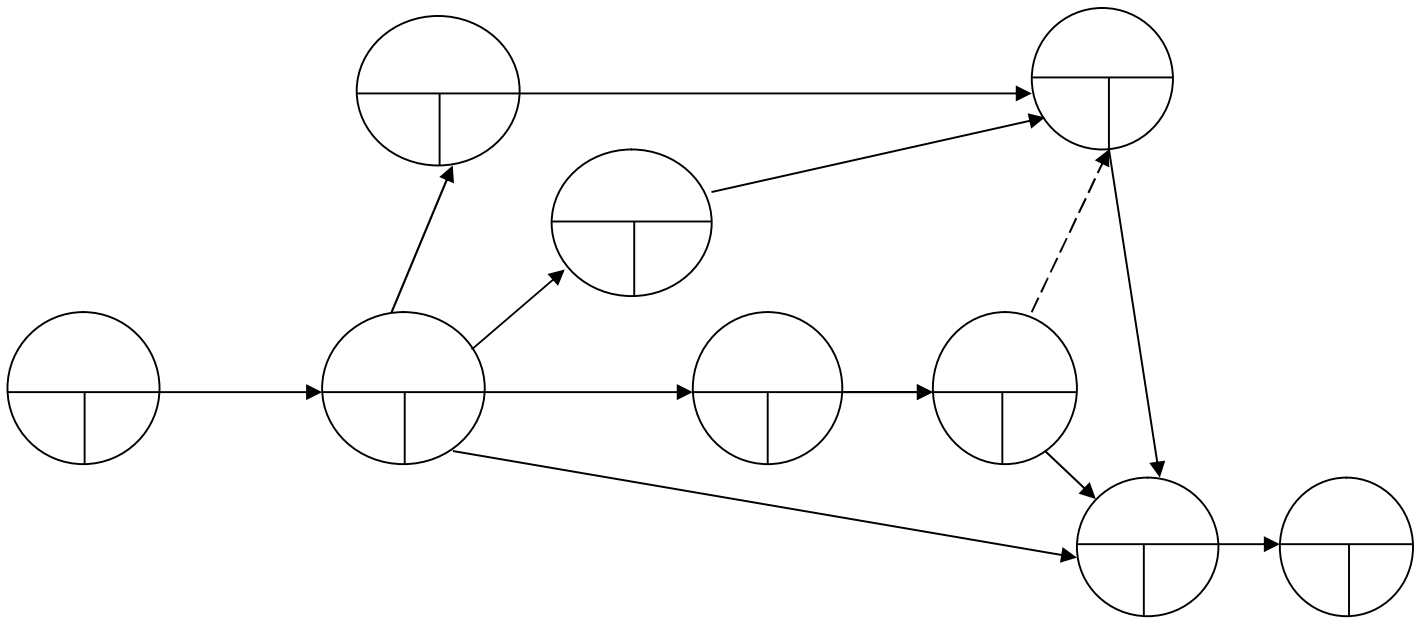
1-44weeks

2-55weeks

Activity	Duration (week)			Followed by
	te	tm	tp	
A	3	4	5	B,C,D,E
B	4	7	10	F
C	3	6	9	G
D	7	8	21	H
E	10	14	24	K
F	3	7	11	J
G	2	5	8	J
H	0.5	7	7.5	I,J
I	15	20	25	K
J	6	8	25	K
K	2	7	12	-

Solution :

Activity	to	tm	tp	te	s	ES	EF	LS	LF	TF	CP
A	3	4	5	4	1/3	0	4	0	4	0	*
B	4	7	10	7	1	4	11	16	23	12	
C	3	6	9	6	1	4	10	19	25	15	
D	6	8	22	10	8/3	4	14	4	14	0	*
E	10	14	24	15	7/3	4	19	25	40	21	
F	3	7	11	7	4/3	11	18	23	30	12	
G	2	5	8	5	1	10	15	25	30	15	
H	0.5	7	7.5	6	7/6	14	20	14	20	0	*
I	15	20	25	20	5/3	20	40	20	40	0	*
J	6	8	22	10	8/3	20	30	30	40	10	
K	2	7	12	7	5/3	40	47	40	47	0	*



Critical path A - D - H - I - K

Project completion time = 47 week = t_e

$$S_{c.p} = \sqrt{\left(\frac{1}{3}\right)^2 + \left(\frac{8}{3}\right)^2 + \left(\frac{7}{6}\right)^2 + \left(\frac{5}{3}\right)^2 + \left(\frac{5}{5}\right)^2}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{9} + \frac{64}{9} + \frac{49}{36} + \frac{25}{9} + \frac{25}{9}} = 3.76$$

$$1-Z_1 = \frac{44-47}{3.67} \cong 0.8 \longrightarrow \text{Probability} = 0.5 - 0.29 = \%21$$

Because of 44 total left of mean

$$2- Z_2 = \frac{55-47}{3.76} = 2.13 \longrightarrow$$

Probability = 0.5 + 0.48 = %98 Because of 55 the right of mean

Example: for the following activities find

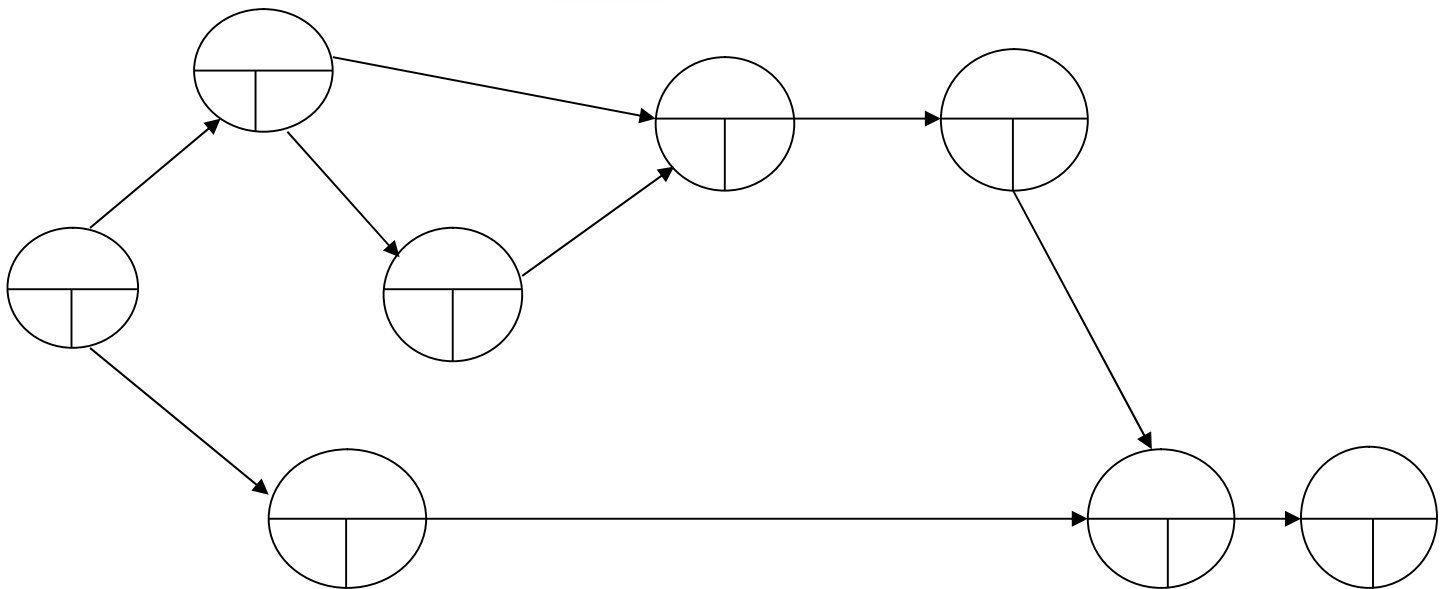
- 1- The project construction duration at probability %
- 2- The project construction duration at probability %ξ

Activity	Duration (week)		
	to	tm	tp
1-2	4	5	6
1-3	1	3	5
2-4	2	2	2
2-5	3	4	5
3-7	7	8	15
4-5	1	2	3
5-6	1	1	1
6-7	6	6	12
7-8	1	2	3

Solution:

Activity	Duration week				S	ES	EF	LS	LF	TF	CP
	to	tm	tp	te							
1-2	4	5	6	5	1/3	0	5	0	5	0	*
1-3	1	3	5	3	2/3	0	3	5	8	5	
2-4	2	2	2	2	0	5	7	5	7	0	*
2-5	3	4	5	4	1/3	5	9	5	9	0	*
3-7	7	8	15	9	4/3	3	12	8	17	5	
4-5	1	2	3	2	1/3	7	9	7	9	0	*
5-6	1	1	1	1	0	9	10	9	10	0	*
6-7	6	6	12	7	1	10	17	10	17	0	*
7-8	1	2	3	2	1/3	17	19	17	19	0	*

$$S = \frac{tp - to}{6}$$



Critical path (-2-5-6-7-8)=19weeks} →Te=19 weeks

And Critical path (-2-4-5-6-7-8)=19 weeks}

$$S_{c.p1} = \sqrt{\left(\frac{1}{3}\right)^2 + \left(\frac{1}{3}\right)^2 + (0)^2 + (0)^2 + \left(\frac{1}{3}\right)^2}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{9} + \frac{1}{9} + 0 + 0 + \frac{1}{9}} = 1.15$$

$$S_{c.p2} = \sqrt{\left(\frac{1}{3}\right)^2 + (0)^2 + \left(\frac{1}{3}\right)^2 + (0)^2 + (1)^2 + \left(\frac{1}{3}\right)^2}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{9} + 0 + \frac{1}{9} + 0 + 1 + \frac{1}{9}} = 1.15$$

1- For probability %4 → 0.5 - 0.04 = 0.46 → from table Z=1.74

$$Z = \frac{T_s - T_e}{S_{cp}} \quad -1.74 = \frac{T_s - 19}{1.15} \rightarrow T_s = 19 - 2 = 17 \text{ weeks}$$

2- For probability %81 → 0.5 + 0.31 → from table Z=0.88

$$0.88 = \frac{T_s - 19}{1.15} \rightarrow T_s - 19 = 1.01 \cong 1 \rightarrow T_s = 20 \text{ weeks}$$

H.W. for the following activities find

1- the project construction duration at probability %4

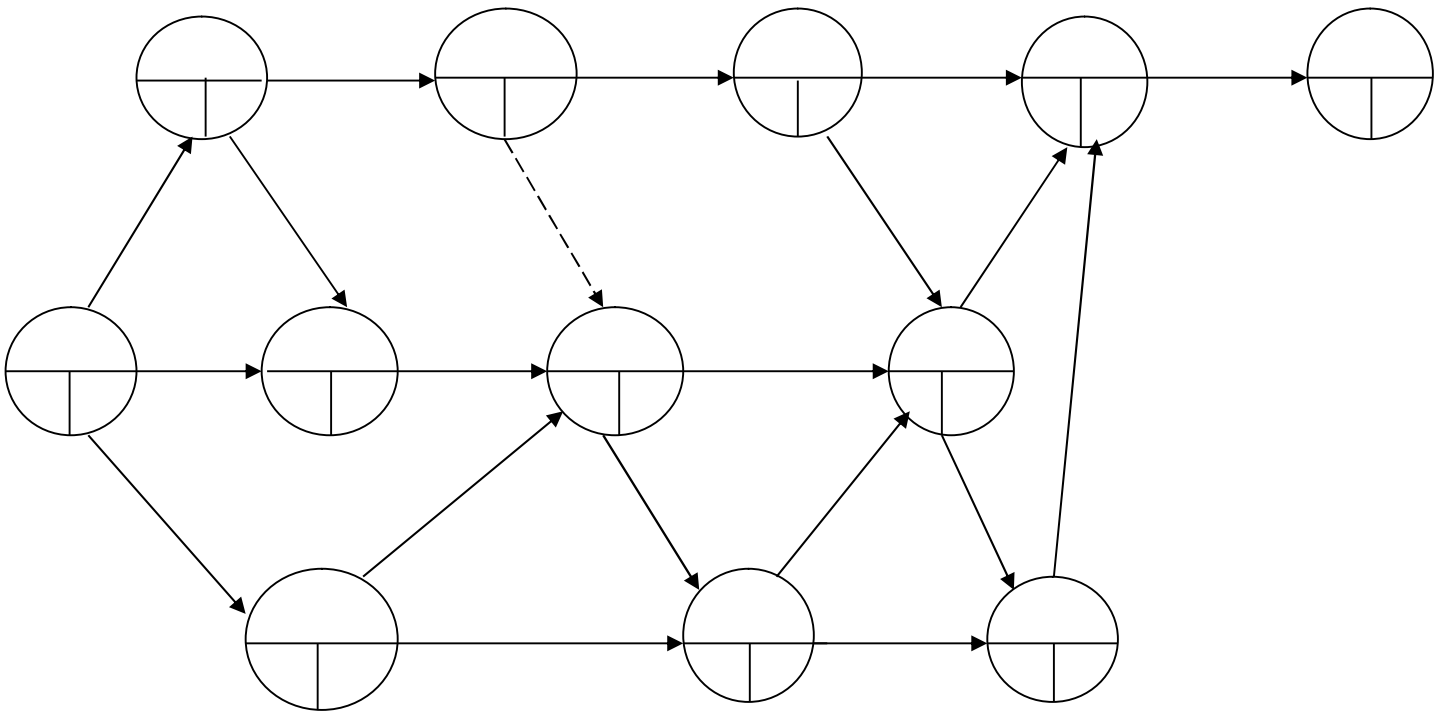
2-the probability of project construction 93 week

3-the project construction duration at probability %5

4-the probability of project construction 105 week

Activity	Duration (week)			Followed by
	to	tm	tp	
A	16	19	28	D,E
B	5	7	9	F
C	7	8	9	G,K
D	10	13	22	H,I,J
E	6	8	16	F
F	9	14	19	I,J
G	5	6	6	I,J
H	12	14	22	L,M
I	6	15	24	Q,R
J	6	8	16	N,P
K	2	3	4	N,P
L	7	13	25	T
M	6	7	8	Q,R
N	16	18	20	Q,R
P	5	6	7	S
Q	6	7	14	T
R	5	6	7	S
s	7	8	9	T
t	10	16	28	-

Solution:



Activity	Duration(week)				s	ES	EF	LS	LF	TF	CP
	to	tm	tp	te							
A	16	19	28	20	2	0	20	0	20	0	*
B	5	7	9	7	2/3	0	7				
C	7	8	9	8	1/3	0	8				
D	10	13	22	14	2	20	34				
E	6	8	16	9	5/3	20	29	20	29	0	*
F	9	14	19	14	5/3	29	43	29	43	0	*
G	5	6	7	6	1/3	8	14				
H	12	14	22	15	5/3	34	49				
I	6	15	24	15	3	43	58				
J	6	8	16	9	5/3	43	52	43	52	0	*
K	2	3	4	3	1/3	8	11				
L	7	13	25	14	3	49	63				
M	6	7	8	7	1/3	49	56				
N	16	18	20	18	2/3	52	70	52	70	0	*
P	5	6	7	6	1/3	52	58				
Q	6	7	14	8	4/3	70	78				
R	5	6	7	6	1/3	70	76	70	76	0	*
S	7	8	9	8	1/3	76	84	76	84	0	*
T	10	16	28	17	3	84	101	84	101	0	*

$$S = \frac{tp - to}{6}$$

Critical path=A-E-F-J-N-R-S-T

=20+9+14+9+18+6+8+17→101 Weeks

Te=project completion time=101 Weel

$$S_{c.p} = \sqrt{(2)^2 + \left(\frac{5}{3}\right)^2 + \left(\frac{5}{3}\right)^2 + \left(\frac{5}{3}\right)^2 + \left(\frac{2}{3}\right)^2 + \left(\frac{1}{3}\right)^2 + \left(\frac{1}{3}\right)^2 + (3)^2}$$

$$1-Z = \frac{T_s - T_e}{S_{c.p}}$$

%p=%40 → 0.5 - 0.4 = 0.1 → from table of Z → for P=0.1

→ Z=0.25

$$-0.25 = \frac{T_s - 101}{4.69} \rightarrow T_s = 99.83 \text{ Week} \cong 100 \text{ Week}$$

2-93 week to the left of the mean 101 week

$$Z = \frac{T_s - T_e}{S_{c.p}} = \frac{93 - 101}{4.69} = -1.706$$

From table of Z → %P=0.5 - 0.46 = %4

3-Probability %50

%P=0.5 - 0.5 = 0.0 from table of Z → Z=0

$$Z = \frac{T_s - T_e}{S_{c.p}} \rightarrow 0 = \frac{T_s - T_e}{4.69}$$

So 0 = T_s - T_e

So T_s = T_e = 101 Week

$$4-Z = \frac{105 - 101}{4.69} = 0.85 \rightarrow \text{from table of Z} \rightarrow \%p$$

$$= 0.5 + 0.3023 \approx 0.8 = \%80$$

4- Line of balance

يعتبر هذا أهم أساليب التخطيط البرمجة الزمنية للمشاريع الإنشائية الهندسية وتستخدم عادة في المشاريع المكونة من تنفيذ عدد من الوحدات المتشابهة المتكررة كان يكون المشروع مختص 100 وحدة سكنية او عشرة مستشفيات متساوية السعة وهكذا

Steps of follow

خطوات يجب إتباعها

- 1- List the main activities
- 2- Assess the time needed for completion of each activity
- 3- Assess the labour or gung size needed for each activity
- 4- Identify the plant to be used for activity
- 5- Decide on buffer times between activities
- 6- Calculate total time for one unit
- 7- Decide on rate of handover of subsequent units

- 1- قائمة بالفعاليات الرئيسية
- 2- تحديد التوقيتات الزمنية اللازمة فعالية
- 3- تحديد حجم مجموعات العمل المطلوبة لانجاز كل فعالية
- 4- تحديد الآليات الأجهزة المطلوبة لتنفيذ كل فعالية
- 5- تحديد الفواصل الزمنية اللازمة بين كل فعالية
- 6- الإنشائية
- 7- الإنشائية المطلوب تسليمها كل فترة زمنية

• Advantages

* المميزات

- 1- من السهل توضيح معدل نسبة انجاز العمل لكل فريق عمل في هذه الطريقة
- 2- من السهل فهم المعلومات المثبتة على كل رسم
- 3- تعطى صورة واضحة وجيدة لمراحل تنفيذ الفعاليات المتكون منها المشروع

- 4- من السهل توضيح وتحديد تأثير زمن التأخير على فعاليات المشروع ومدة تنفيذ المشروع
- 5- ممكن توزيع وموازنة موارد المشروع التي هي بالتحديد الأيدي العاملة و المواد الإنشائية إضافة إلى المعدات والأدوات
- 6- ي هذه الطريقة من الممكن تثبيت مراحل تقدم العمل على المخطط وبالتالي يمكن وبسهولة السيطرة على مراحل التنفيذ في الموقع
- 7- كميات المواد الإنشائية والآليات والمعدات المستخدمة لتنفيذ فعاليات المشروع من السهل تحديدها من المخطط إضافة إلى تحديد مواعيد التجهيز
- 8- من السهل توضيح معدل الانجاز لكل فعالية وتوضيح الاختلاف في معدلات الانجاز للفعاليات المتكون منها المشروع
- 9- أيضاً من الممكن توضيح تأثير الإسراع بتنفيذ إحدى فعاليات المشروع على الفعاليات الأخرى

*

• Disadvantages

- 1- هذه الطريقة مناسبة فقط للمشاريع المتكونة من مجموعة وحدات ذات طابع واحد من حيث التصميم الإنشائي و مراحل التنفيذ
- 2- هذه الطريقة تعطي صورة بسيطة عن مراحل التنفيذ مقارنة بالأخرى
- تطبيق أسلوب خط التوازن

• Line of balance production

يتكون المخطط الخاص بخط التوازن (LOB)

موازي يمثل الزمن (Duration) ويؤشر على المحور السفلي بدايات

الفعاليات و الفواصل الزمنية بينها (Buffer) ويؤشر على المحور العلوي

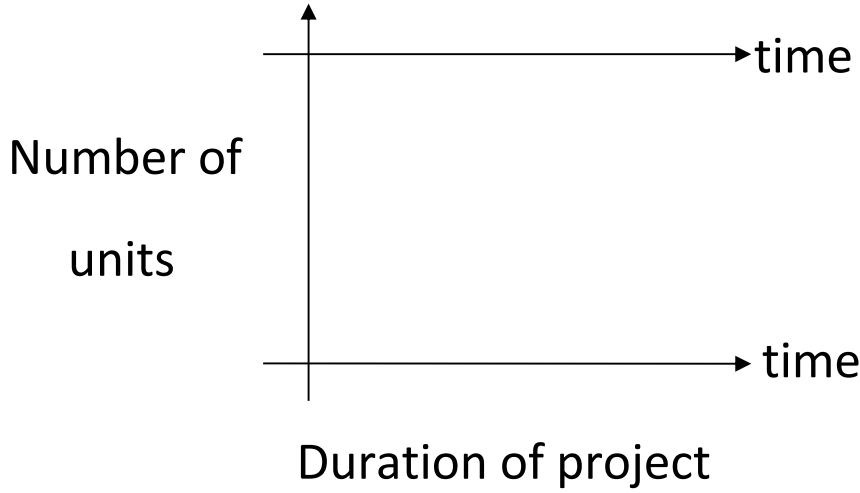
نهايات الفعاليات و الفواصل الزمنية بينها (Buffer)

ويبدأ الزمن في كليهما من الصفر و إلى نهاية وقت انجاز المشروع بينما يمثل

(Number of units)

يبدأ المحور من الأسفل (1) ويزداد إلى الأعلى إلى حد عدد وحدات

المشروع المقررة و الرسم التالي يوضح المحاور المشار إليها



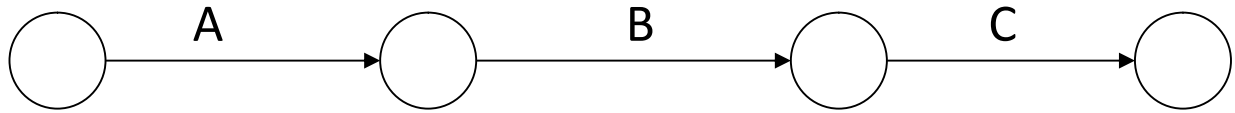
التالية الرئيسية لتوضيح العلاقات الموجودة بين الفعاليات تنفيذ المشروع

1- يمثل الشكلين رقم (2,1) الفعاليات A,B,C المنفذة على التتابع وبينها فاصلة زمنية (Buffer) تكون اقل فاصلة زمنية ممكنة ومتساوية في عند بداية تنفيذ كل فعالية وبالاتماد على معدل الانجاز خلال تنفيذ كل فعالية حيث تنفيذ الفعالية A B C ومعدل سرعة تنفيذ الفعالية B C الفاصلة الزمنية بين نهايات الفعاليات مختلفة .

2- يمثل الشكلين رقم (3,1) الفعاليات A,B,C المنفذة على التتابع وبينها فاصلة زمنية (Buffer) تكون اقل فاصلة زمنية ممكنة ومتساوية في أسفل المخطط وأعلى المخطط كذلك وذلك بسبب تساوي معدل سرعة تنفيذ الفعاليات الثلاثة وبذلك تكون خطوطها متوازية .

3- يمثل الشكلين رقم (5,4) الفعاليات C,B معاً وان معدل سرعة تنفيذ كل من الفعاليتين D,A أسرع من كل من الفعاليتين C,B ومعدل سرعة تنفيذ الفعالية B أسرع من الفعالية C

4- يمثل الشكل (6,4) الفعاليات C,B تنتهيان معاً وان معدل سرعة تنفيذ الفعالية C ن الفعالية B وان معدل سرعة كل من الفعاليات D,A C,B



Logic diagram for sequence

Figure 1

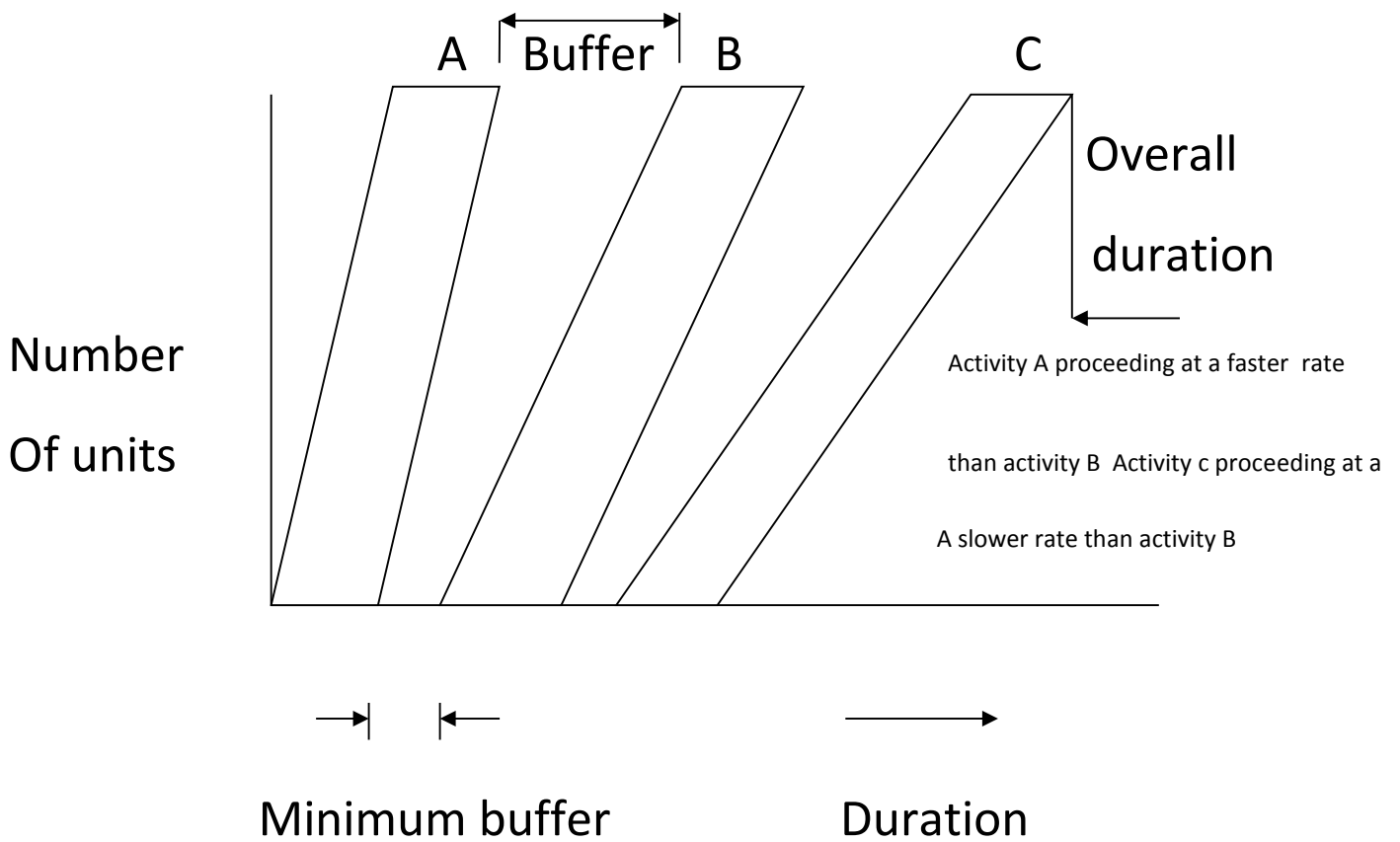


Figure 2

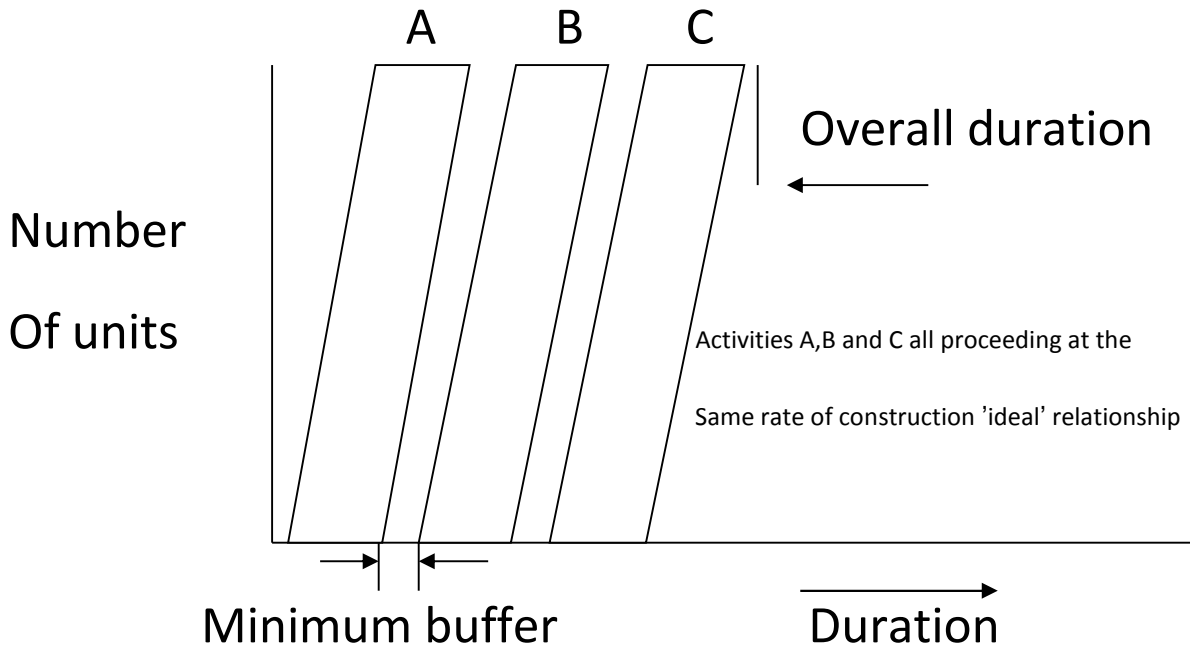


Figure 3