أدارة المشاريع
منهج كمي

ملخص الفصل الخامس

أ.د وقاص سعد خلف ألمفرجي

الفصل الخامس
تقييم ومراجعة تنفيذ البرامج
أسلوب بيرت (PERT)

5.1 مفهوم البرامج

5.2 أسلوب تقييم ومراجعة تنفيذ البرامج PERT

5.3 العلاقة والفرق بين أسلوب C.P.M وأسلوب PERT

5.4 الاحتياطات الزمنية

5.5 استخدام البرامجيات الجاهزة والحاسوب

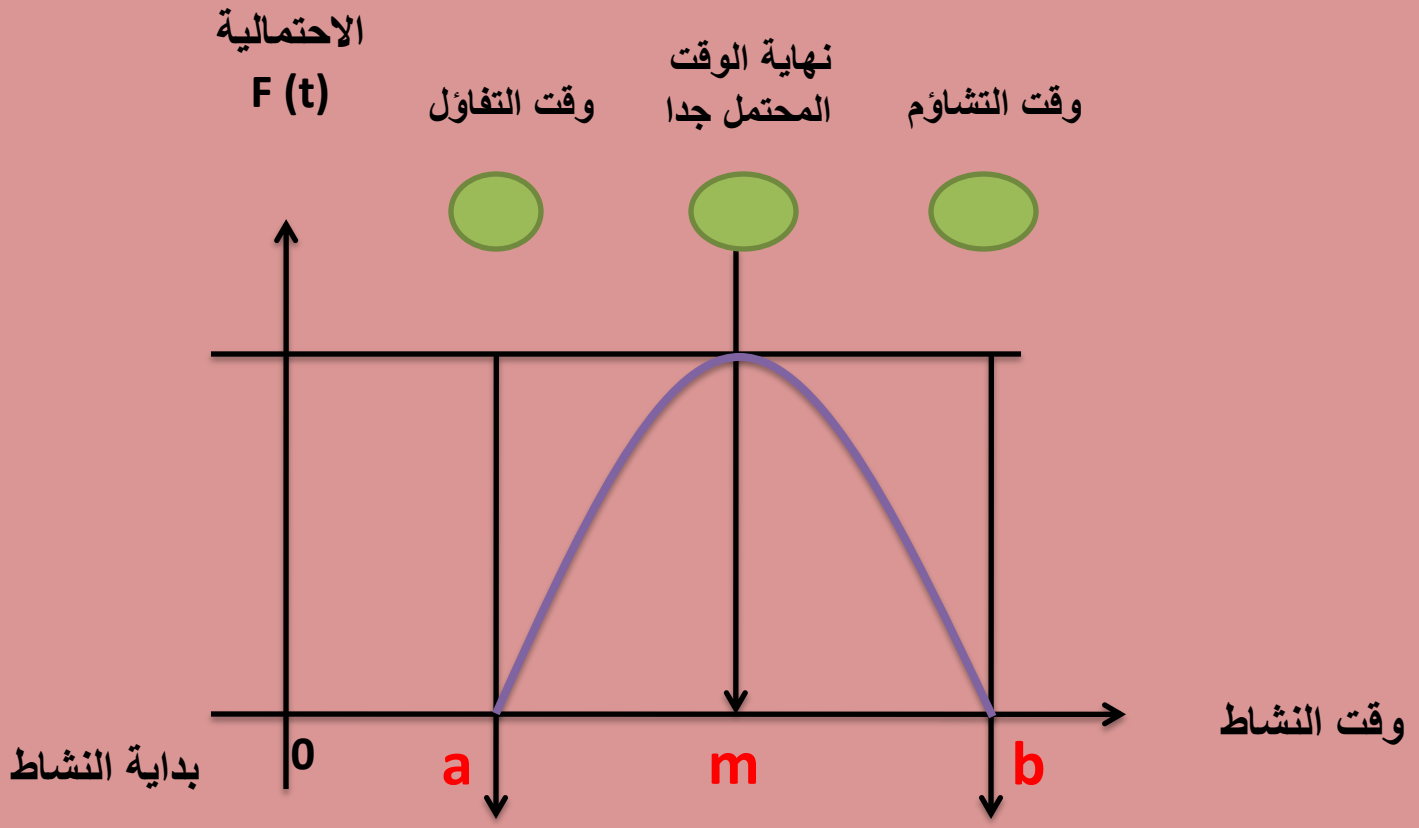
5.1 مفهوم البرامج

- البرنامج Program :- يقصد به المهام أو الأنشطة أو الفعاليات المطلوب تنفيذها وفقا لجدول زمني أو مراحل زمنية واضحة ومحددة.
- أن البرامج والمشاريع المهيأة لتطبيق شبكات العمل وبالتحديد أسلوب بيرت PERT تمر بثلاث مراحل وهي :-
  - مرحلة التخطيط.
  - مرحلة الجدولة.
  - مرحلة المراجعة أو الرقابة.
- في هذه المراحل الثلاث يؤخذ بنظر الاعتبار الأزمنة الاحتمالية التي هي من أهم مميزات أسلوب بيرت، ويعود السبب في ذلك إلى أن متخذ القرار في إدارة المشروع يأخذ بنظر الاعتبار نوعين من المؤثرات في عملية تنفيذ أنشطة المشروع، وهي :
  - المؤثرات الخارجية.
  - المؤثرات الداخلية.

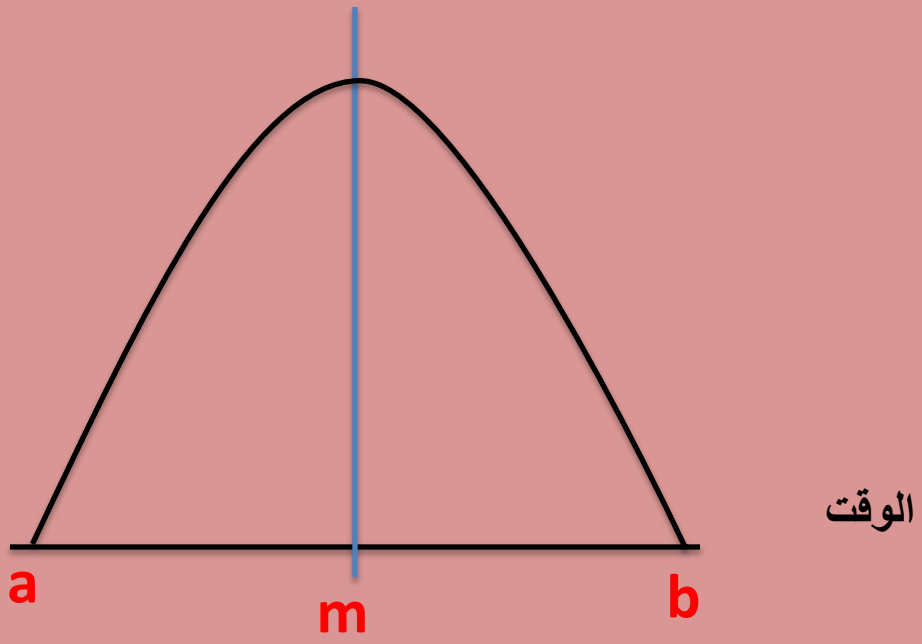
5.2 أسلوب تقييم ومراجعة تنفيذ البرامج PERT

- إن السبب وراء ظهور هذا الأسلوب يعود للمشكلة التي واجهت سلاح البحرية الأمريكية عند تطوير مشروع الصواريخ عابرة القارات، فقد طورت البحرية الأمريكية أسلوبا جديدا يسمح باستخدام الوقت في حالة عدم التأكد أطلق عليه اسم أسلوب تقييم ومراجعة تنفيذ البرامج.
- أسلوب تقييم ومراجعة تنفيذ البرامج يأخذ ثلاث تقديرات للوقت لكل نشاط ، هذه الأوقات هي :
  - الوقت التفاؤلي (a) Optimistic time.
  - الوقت التشاؤمي (b) Pessimistic time.
  - الوقت المحتمل جدا (m) Most likely time.
- الوقت المتوقع = المتوسط الحسابي المرجح بالأوزان لتقديرات الأوقات الثلاثة

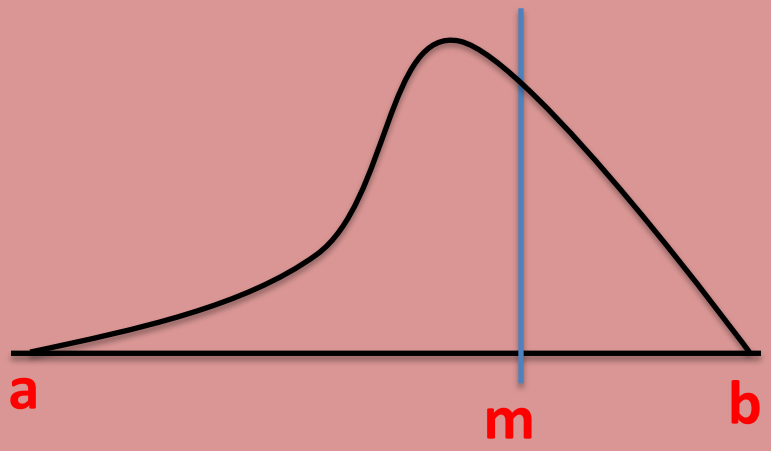
- الشكل يوضح الأوقات الثلاثة وعلاقتها بمنحنى التوزيع الطبيعي أو توزيع بيتا.



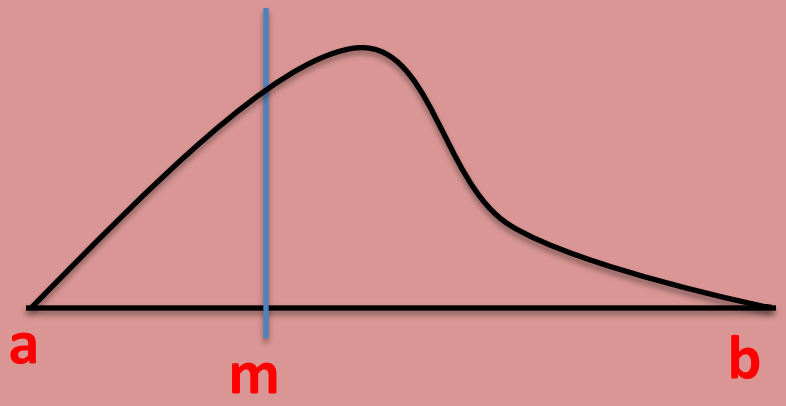
الشكل يوضح توزيع بيانات الأزمنة للأنشطة في أسلوب بيرت



متماثل (a)



تفاؤلي (b)



تشاؤمي (c)

معادلة وقت النشاط المتوقع

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

معادلة الانحراف المعياري

$$\sigma = \frac{b - a}{6}$$

معادلة التباين

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

- أن استخدام أسلوب (PERT) يساعد إدارة المشروع على الوصول إلى الوقت المتوقع للانجاز النهائي للمشروع وذلك عن طريق المسار الحرج، بعد ذلك يتم مقارنة هذه المدة مع الزمن المتعاقد عليه في العقد للوصول إلى احتمالية انجاز هذا المشروع ضمن الزمن المتعاقد عليه، عن طريق المعادلة التالية :

$$Z = \frac{X - M}{S_r}$$

حيث أن:

M ⟵ الوقت المتوقع لانجاز المشروع.

X ⟵ الوقت المقترح لانجاز المشروع.

Z ⟵ عدد الانحرافات المعيارية لـ(X)عن الوقت المتوقع.

S_r ⟵ الجذر ألتربيعي لمجموع تباينات الأنشطة الواقعة على المسار الحرج.

$$S_r = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_1^2 + \cdots + \sigma_n^2}$$

5.3 العلاقة والفرق بين أسلوب C.P.M وأسلوب PERT

- هناك علاقة وثيقة بين الأسلوبين وذلك من حيث :
  - عملية الحساب للأزمنة المبكرة والمتأخرة ضمن ما يسمى بالحسابات الأمامية والخلفية.
  - التمثيل البياني للأنشطة وتوظيف ذلك لأغراض التخطيط والرقابة.

- هناك ست خطوات مشتركة يمكن إتباعها في إطار (PERT and CPM):
  - تحديد المشروع وجميع الأنشطة والمهام الخاصة به.
  - تطوير العلاقة بين الأنشطة، وتقرير أي الأنشطة السابقة واللاحقة.
  - رسم الشبكة الخاصة بهذه الأنشطة.
  - تحديد الوقت والكلفة المقدرة لكل نشاط.
  - حساب وقت المسار الحرج في الشبكة.
  - استخدام الشبكة للمساعدة في الخطة، والجدولة، ورقابة المشروع.

- **هناك فروقات واضحة بين الأسلوبين يمكن إجمالها على النحو التالي :**

أولا: يستخدم (CPM) وقتا واحدا محددا، بينما يستخدم (PERT) ثلاثة أوقات تقديرية.

ثانيا: يستخدم أسلوب (PERT) تمثيل النشاطات على الأسهم غالبا بدلا من العقد، بينما يستخدم أسلوب (CPM) العقد بدلا من الأسهم.

ثالثا: يستخدم أسلوب (PERT) في حالة عدم التأكد، بينما أسلوب (CPM) يستخدم في حالة المشاريع الروتينية المتكررة (في صيانة المصانع مثلا).

- **مثال رقم (1):**
- **على افتراض توفر نفس بيانات المثال الوارد في حالة أسلوب C.P.M المتعلق ببناء دار سكني مع بعض التعديلات التي تخص أزمنة الانجاز، حيث ترد في هذا المثال بشكل احتمالي وهي:**
- **1. زمن الانجاز التفاؤلي (a).**
- **2. زمن الانجاز الأكثر احتمالا (m).**
- **3. زمن الانجاز التشاؤمي (b).**

المطلوب/

1.رسم شبكة بيرت للمشروع وتثبيت البيانات عليه.

2.ما هو احتمالية أن ينجز المشروع في (50) يوم.

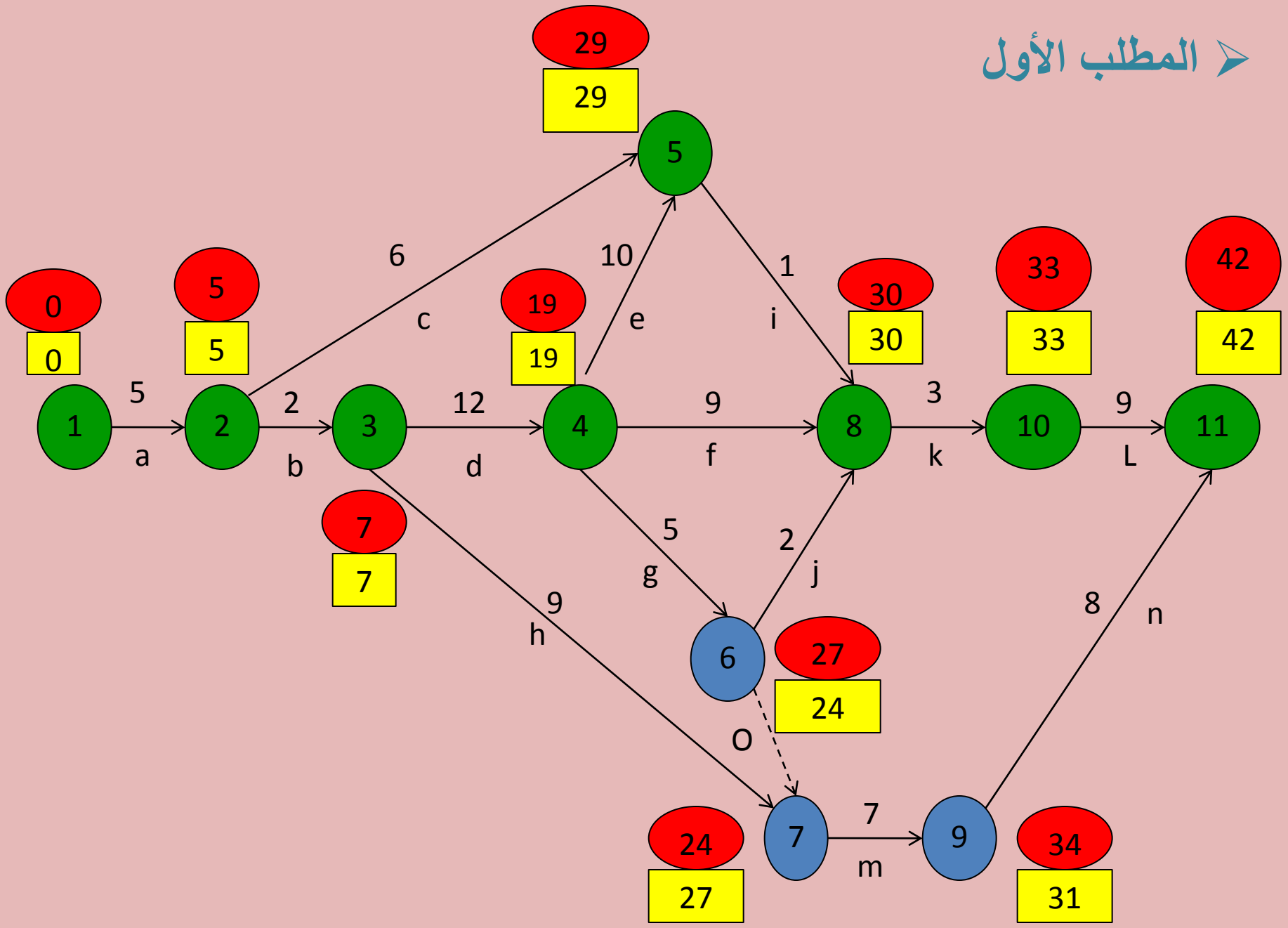
3.ما هو احتمالية أن ينجز المشروع في (40) يوم.

4.رسم توزيع Beta لبعض الأنشطة.

- البيانات المرتبطة بهذا المشروع هي كما يلي:

Activity	Events	a	m	b	$M = \frac{a + 4m + b}{6}$	$\sigma^2 = \left(\frac{b - a}{6}\right)^2$	$\sigma = \frac{b - a}{6}$
A	(1-2)	3	5	7	5	0.444	0.666
B	(2-3)	1	1.5	5	2	0.444	0.666
C	(2-5)	4	5	12	6	1.778	1.333
D	(3-4)	8	10	24	12	7.111	2.666
E	(4-5)	7	10	13	10	1	1
F	(4-8)	5	9.5	11	9	1	1
G	(4-6)	3.5	5	6.5	5	0.250	0.5
H	(3-7)	6	8	16	9	2.778	1.666
O	(6-7)	0	0	0	0	0	0
I	(5-8)	1	1	1	1	0	0
J	(6-8)	1	2	3	2	0.111	0.333
K	(8-10)	1.5	3	4.5	3	0.250	0.5
L	(10-11)	7	9	11	9	0.444	0.666
M	(7-9)	6	6.5	10	7	0.444	0.666
N	(9-11)	5	7.5	13	8	1.778	1.333

➢ المطلب الأول



- **المسارات الحرجة هي:**

المسار رقم (1):

A → B → D → F → K → L

5+2+12+9+3+9= 40

المسار رقم (2):

A → C → I → K → L

5+6+1+3+9 = 24

المسار رقم (3):

A → B → D → E → I → K → L

5+2+12+10+1+3+9 = 42

أطول المسارات هو الثالث والذي يعبر عن الوقت المسموح به لانجاز المشروع.

- الانحراف للأنشطة الحرجة هو:

$$S_r = \sqrt{\sigma_A^2 + \sigma_B^2 + \sigma_D^2 + \sigma_E^2 + \sigma_I^2 + \sigma_K^2 + \sigma_L^2}$$

$$S_r = \sqrt{(0.666)^2 + (0.666)^2 + (2.666)^2 + (1)^2 + (0)^2 + (0.5)^2 + (0.666)^2}$$

$$S_r = 3.11$$

➢ المطلب الثاني

$$Z = \frac{50 - 42}{3.11} = 2.57$$

قوة الاحتمال

من الجدول الإحصائي نجد أن الاحتمال هو 0.994 وهذا يعني أن نسبة انجاز المشروع في (50) يوم هي (99%).

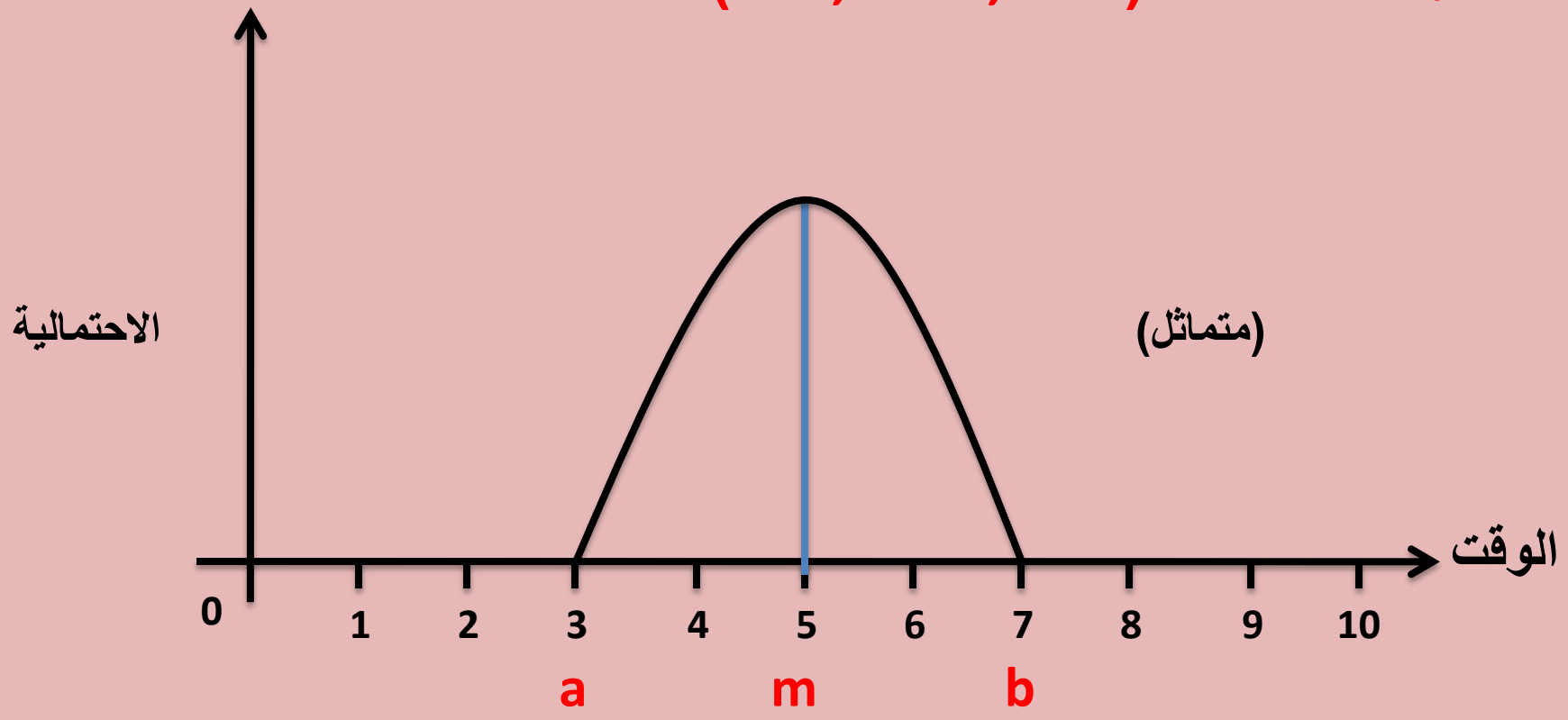
➢ المطلب الثالث

$$Z = \frac{40 - 42}{3.11} = -0.643$$

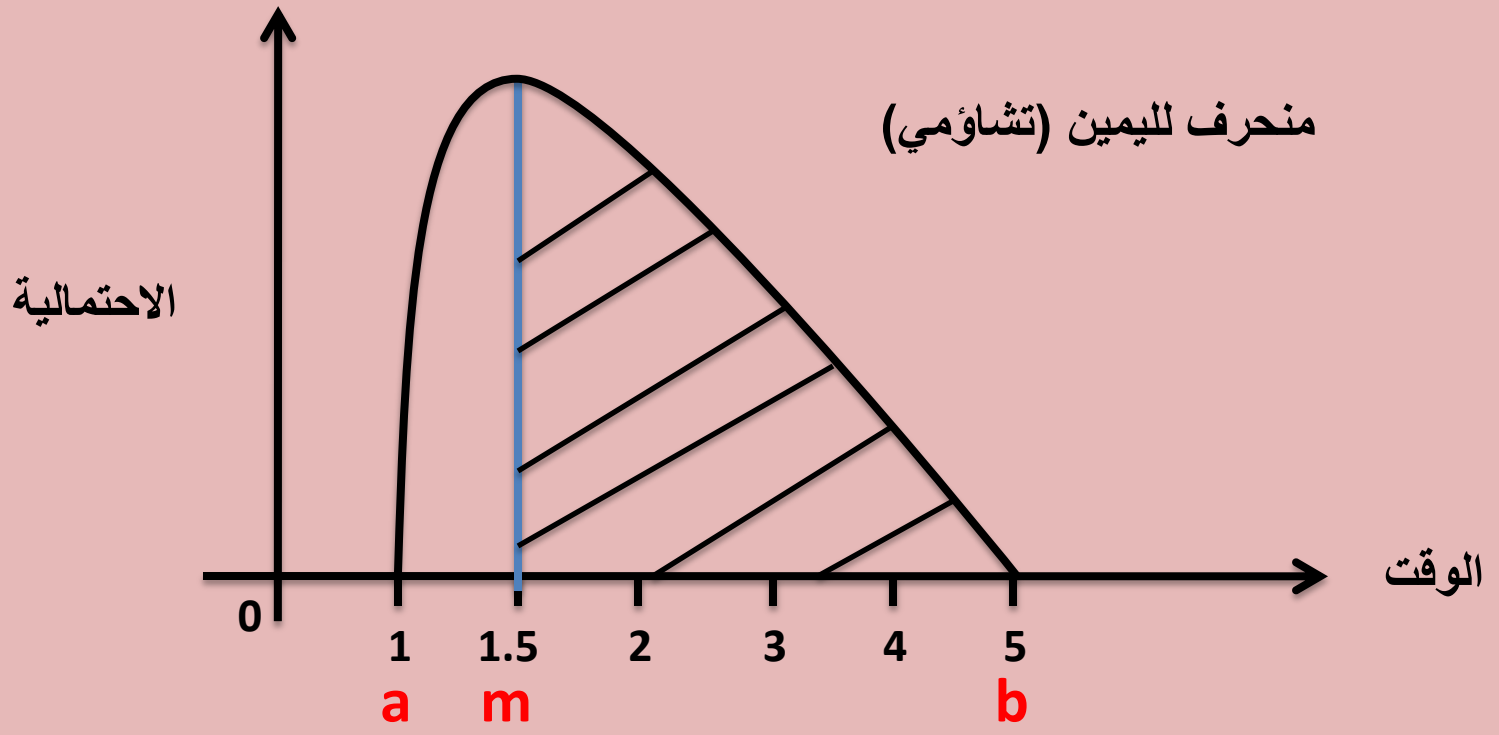
احتمالية انجاز المشروع في (40) يوم هي (74%).

➢ المطلب الرابع: تم اختيار الأنشطة (A,B,F) وكما يلي

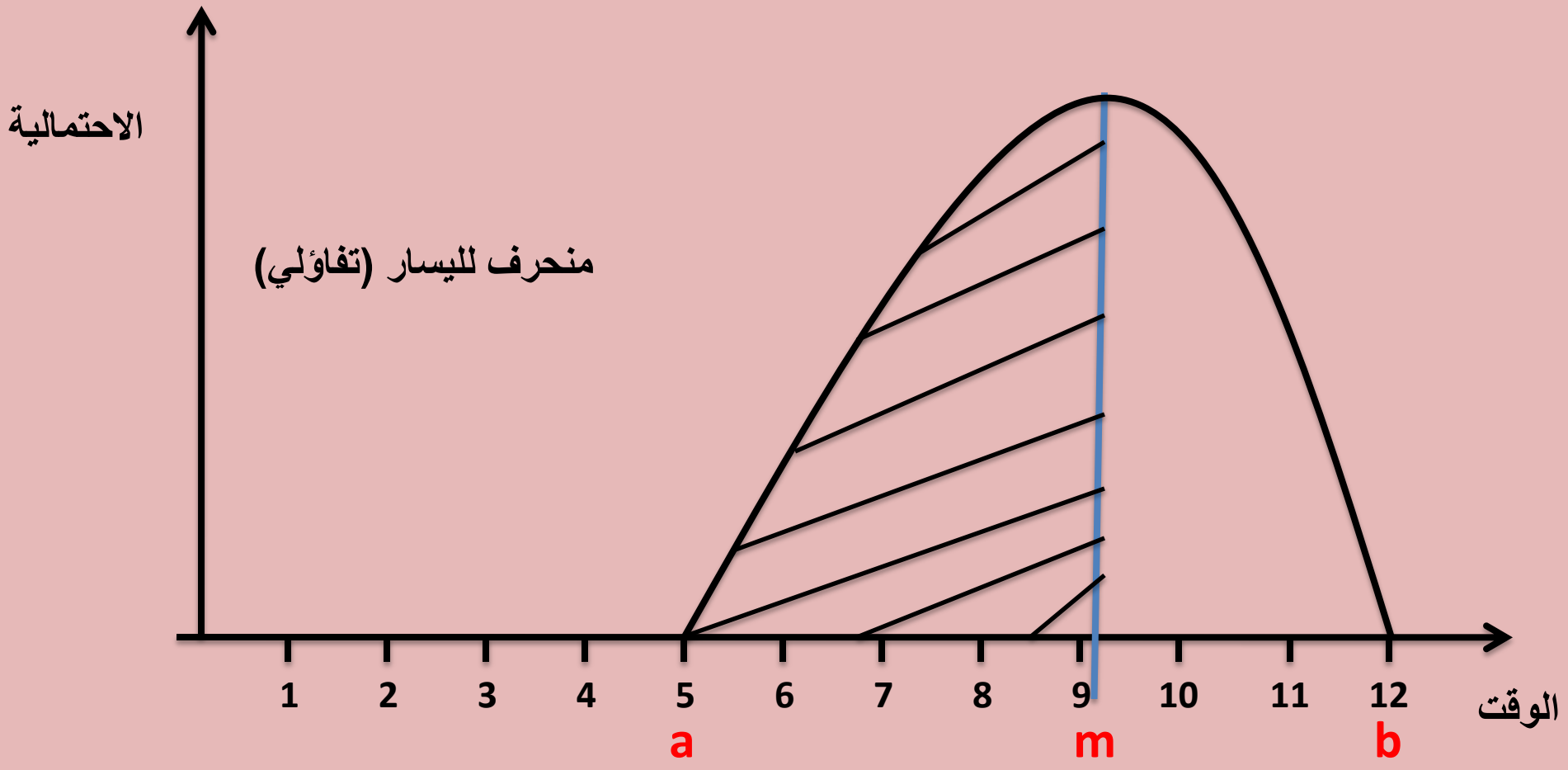
أولا: النشاط A(a=3, m=5, b=7)



ثانيا: النشاط B (a=1, m=1.5, b=5)



ثالثا: النشاط F (a=5, m=9.2, b=11)



5.4 الاحتياطات الزمنية

- تعرف بأنها أوقات المرونة، وهي تلك الأوقات التي تقاس بالأيام أو الأسابيع أو الأشهر الخ، والتي تحدد ضمن شبكة المشروع وفق حسابات معينة من اجل معالجة أو مواجهة الظروف أو المؤثرات الخارجية والداخلية التي تؤثر في انسيابية انجاز نشاطات المشروع، وبالتحديد من أجل معالجة الاختناقات والمعوقات الزمنية التي قد تظهر أثناء عملية تنفيذ نشاطات المشروع.
- توفر الاحتياطات الزمنية لإدارة المشروع فرصة للمناورة في عملية استغلال ما هو متوفر من إمكانات مادية وزمنية لبلوغ الأهداف المنشودة بأفضل السبل.

- **تقسم الاحتياطات الزمنية إلى ثلاثة أنواع هي :**

➢ الوقت الاحتياطي الكلي (S_{ij}) Total Float

يعرف بانه اطول وقت يمكن استغلاله في تاجيل المباشرة في تنفيذ نشاط معين دون ان يأثر ذلك على وقت انجاز المشروع ويحسب كما في المعادلة الاتية:

$$S_{ij} = LT_j - t_{ij} - ET_i$$

➢ الوقت الاحتياطي الحر (F_{ij}) Free Float

يعرف بانه اكبر وقت يسمح خلاله بتاجيل وقت المباشرة بتنفيذ نشاط معين اذا ما ابتدأت كافة الانشطة الباقية من الاوقات المبكرة لها ويحسب كما في المعادلة الاتية:

$$F_{ij} = ET_j - t_{ij} - ET_i$$

➢ الوقت الاحتياطي المستقل (If_{ij}) Independence Float

وهو اكبر وقت يمكن خلاله تاجيل وقت المباشرة بتنفيذ نشاط معين اذا ما ابتدأت كافة الانشطة الباقية من الاوقات المتاخرة لها ويحسب كما في المعادلة الاتية:

$$If_{ij} = ET_j - t_{ij} - LT_i$$

- **تقسم الاحتياطات الزمنية إلى ثلاثة أنواع هي :**

➢ الوقت الاحتياطي الكلي Total Float (S_{ij})

$$S_{ij} = LT_j - t_{ij} - ET_i$$

➢ الوقت الاحتياطي الحر Free Float (F_{ij})

$$F_{ij} = ET_j - t_{ij} - ET_i$$

➢ الوقت الاحتياطي المستقل Independence Float (If_{ij})

$$If_{ij} = ET_j - t_{ij} - LT_i$$

➢ **علما بأن :**

t_{ij} ← زمن الاستغراق الواقع بين حدث البداية والنهاية

➢ LT_j ← الوقت المتأخر لوقوع الحدث j

➢ LT_i ← الوقت المتأخر لوقوع الحدث i

➢ ET_j ← الوقت المبكر لوقوع الحدث j

➢ ET_i ← الوقت المبكر لوقوع الحدث i

ملاحظات عند حساب الاحتياطات الزمنية الثلاث

- ملاحظة رقم (1):

  يتم حساب الاحتياطات الزمنية بعد أن يتم تنفيذ كافة الحسابات الأمامية والخلفية وإيجاد المسار الحرج.

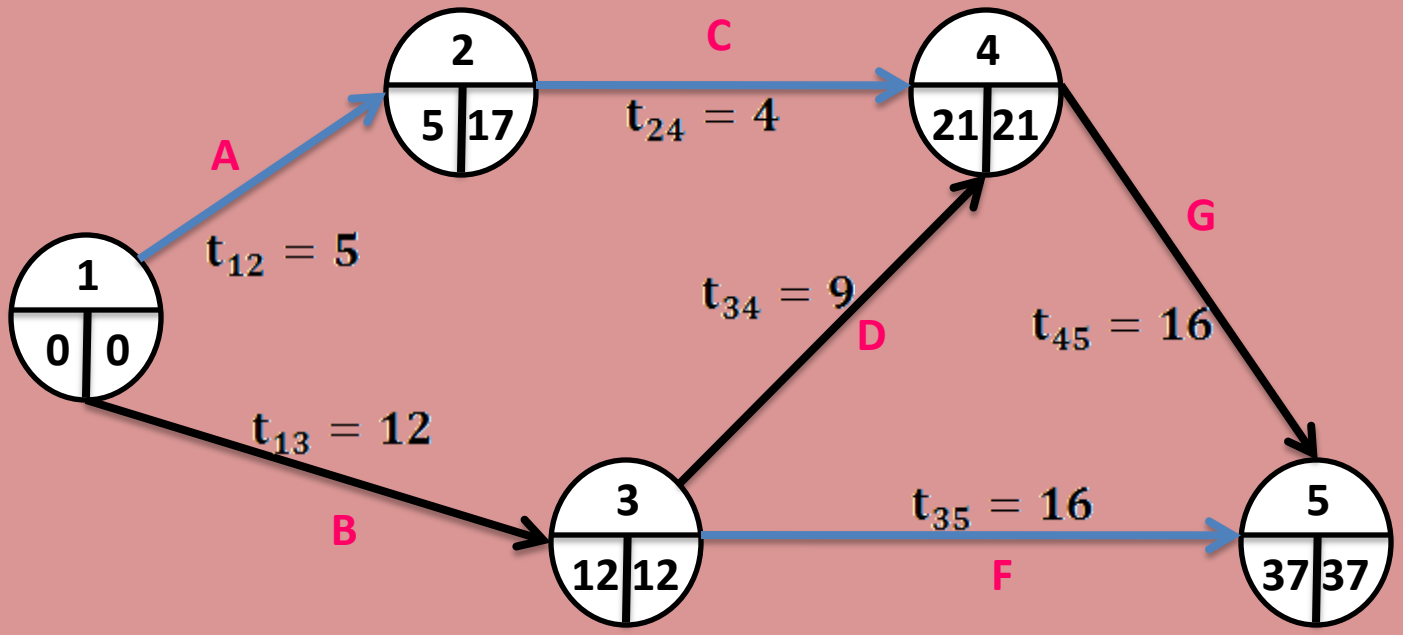
- ملاحظة رقم (2):

  الوقت الاحتياطي للأنشطة الواقعة على المسار الحرج الرئيسي صفرا، أما بالنسبة للمسارات الحرجة الأخرى فإنها تكون اكبر أو تساوي صفرا.

- ملاحظة رقم (3):

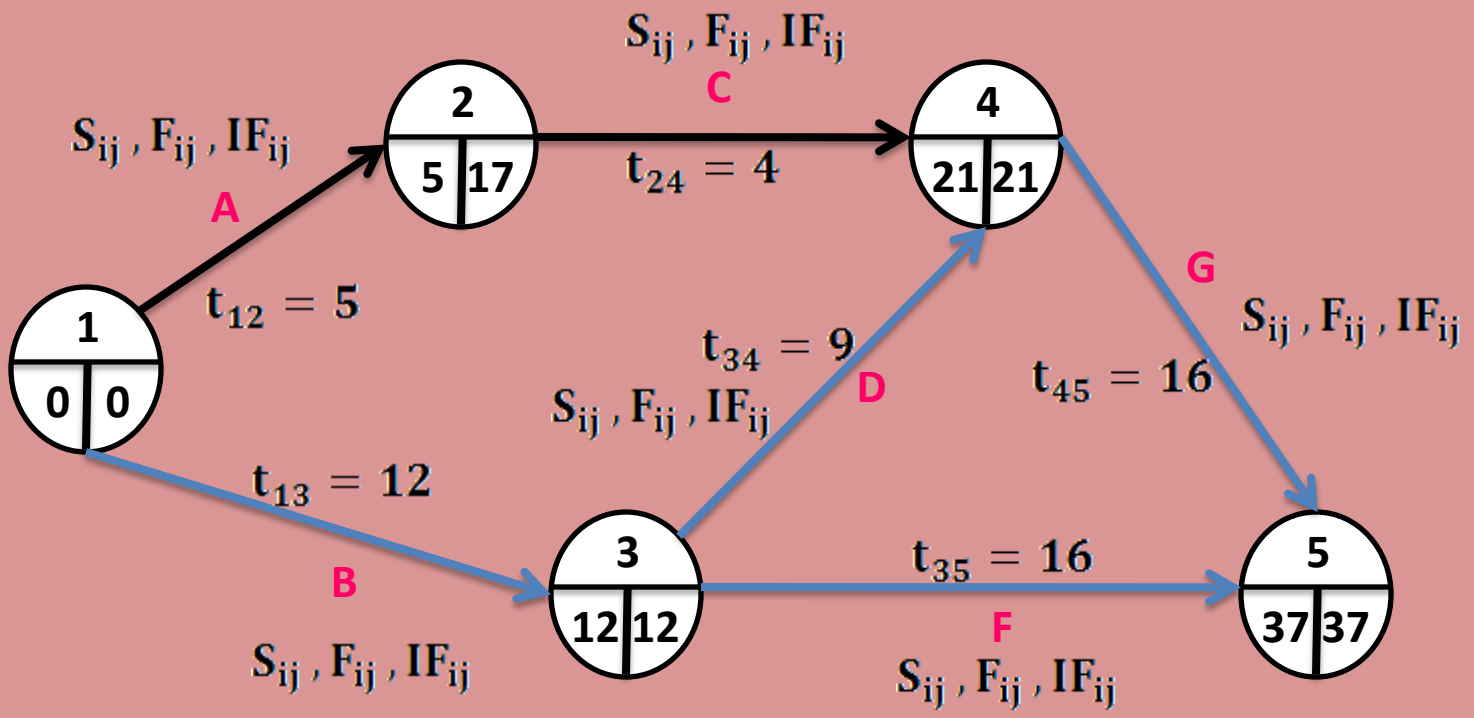
  إذا ظهرت قيمة سالبة من هذه الاحتياطات فهي تعتبر صفرا.

- **مثال /** مشروع يتكون من عدد من الأنشطة، تم حساب الأوقات المبكرة والمتأخرة وتحديد المسار الحرج CPM كما في الشكل رقم (5-5)، وكذلك الشكل رقم (5-6) بعد أن يتم تثبيت نوع الاحتياطات الزمنية المطلوبة وهي:



- شكل (5-5) الأوقات المبكرة والمتأخرة والمسار الحرج للمشروع

- الشكل رقم (5-6) المخطط الشبكي للمشروع تتضح عليه المطلوب من الاحتياطات لكل الأنشطة.



➢ يتم حساب الأوقات الاحتياطية كما يلي:

- أولا: الوقت الاحتياطي الكلي (S_{ij}):

$$S_{ij} = LT_j - t_{ij} - ET_i$$

$$S_{12} = LT_2 - t_{12} - ET_1$$

$$S_{12} = 17 - 5 - 0 = 12$$

النشاط A

$$S_{13} = LT_3 - t_{13} - ET_1$$

$$S_{13} = 12 - 12 - 0 = 0$$

النشاط B

$$S_{24} = LT_4 - t_{24} - ET_2$$

$$S_{24} = 21 - 4 - 5 = 12$$

النشاط C

$$S_{34} = LT_4 - t_{34} - ET_3$$

$$S_{34} = 21 - 9 - 12 = 0$$

النشاط D

$$S_{35} = LT_5 - t_{35} - ET_3$$
$$S_{35} = 37 - 16 - 12 = 9$$

النشاط F

$$S_{45} = LT_5 - t_{45} - ET_4$$
$$S_{45} = 37 - 16 - 21 = 0$$

النشاط G

- ثانيا: الوقت الاحتياطي الحر (F_{ij}):

$$F_{ij} = ET_j - t_{ij} - ET_i$$
$$F_{12} = Et_2 - t_{12} - Et_1$$
$$F_{12} = 5 - 5 - 0 = 0$$

النشاط A

$$F_{13} = ET_3 - t_{13} - Et_1$$
$$F_{13} = 12 - 12 - 0 = 0$$

النشاط B

$$F_{24} = ET_4 - t_{24} - Et_2$$
$$F_{13} = 21 - 4 - 5 = 12$$

النشاط C

$$F_{34} = ET_4 - t_{34} - Et_3$$
$$F_{34} = 21 - 9 - 12 = 0$$

النشاط D

النشاط F

$$F_{35} = ET_5 - t_{35} - Et_3$$
$$F_{34} = 37 - 16 - 12 = 9$$

النشاط G

$$F_{45} = ET_5 - t_{45} - Et_4$$
$$F_{45} = 37 - 16 - 21 = 0$$

- ثالثا: الوقت الاحتياطي المستقل (IF_{ij}) :

النشاط A

$$IF_{ij} = ET_j - t_{ij} - LT_i$$
$$IF_{12} = ET_2 - t_{12} - LT_1$$
$$IF_{12} = 5 - 5 - 0 = 0$$

النشاط B

$$IF_{13} = ET_3 - t_{13} - LT_1$$
$$IF_{13} = 12 - 12 - 0 = 0$$

النشاط C

$$IF_{24} = ET_4 - t_{24} - LT_2$$
$$IF_{24} = 21 - 4 - 17 = 0$$

$$IF_{34} = ET_4 - t_{34} - LT_3$$
$$IF_{34} = 21 - 9 - 12 = 0$$

النشاط D

$$IF_{35} = ET_5 - t_{35} - LT_3$$
$$IF_{35} = 37 - 16 - 12 = 9$$

النشاط F

$$IF_{45} = ET_5 - t_{45} - LT_4$$
$$IF_{45} = 37 - 16 - 21 = 0$$

النشاط G

جدول رقم (1-5)النتائج للأزمنة الاحتياطية

النشاط	الاحتياطات الزمنية			النشاط الحرج
	وقت الاحتياط الكلي	وقت الاحتياط الحر	وقت الاحتياط المستقل	
A	12	0	0	
B	0	0	0	*
C	12	12	0	
D	0	0	0	*
F	9	9	9	
G	0	0	0	*

5.5 استخدام البرامجيات الجاهزة والحاسوب

- هناك العديد من البرامجيات نذكر منها على سبيل المثال ما يلي :
  - Quick Quant
  - DS for windows
  - Win Q.S.B
  - TORA
  - LINDO

- سنقوم بتوضيح الكيفية التي تظهر عليها مخرجات أحد الأمثلة السابقة باستخدام برنامج Quick Quant، (المثال المتعلق ببناء دار سكني).

Activity			Beg. Event	End. Event	Planning Times					
No.	Code	Name			Exp.t	ES	LS	EF	LF	Slack
1	a	Excav.	1	2	5	0	0	5	5	0
2	b	Found.	2	3	2	5	5	7	7	0
3	c	Outs Pl.	2	5	6	5	23	11	29	18
4	d	Farming	3	4	12	7	7	19	19	0
5	e	Ins Pl.	4	5	10	19	19	29	29	0
6	f	Wiring	4	8	9	19	21	28	30	2
7	g	Roofing	4	6	5	19	22	24	27	3
8	h	Brickw.	3	7	9	7	18	16	27	11
9	i	Pl Insp.	5	8	1	29	29	30	30	0
10	j	Shingl.	6	8	2	24	28	26	30	4
11	k	Walls	8	10	3	30	30	33	33	0
12	l	Int Fin.	10	11	9	33	33	42	42	0
13	m	Ext Fin.	7	9	7	24	27	31	34	3
14	n	Landsc.	9	11	8	31	34	39	42	3

Event	Event Connections						Times			Activity Connections					
	Predecessors			Successors			TE	TL	Slack	End	There		Begin	There	
1	none	_	_	2	_	_	0	0	0	none	_	_	a	_	_
2	1	_	_	3	5	_	5	5	0	a	_	_	b	c	_
3	2	_	_	4	7	_	7	7	0	b	_	_	d	h	_
4	3	4	_	5	6	8	19	19	0	d	_	_	e	f	g
5	2	_	_	8	_	_	29	29	0	c	e	_	I	_	_
6	4	6	_	7	8	_	24	27	3	g	_	_	j	Dume	_
7	3	5	6	9	_	_	24	27	3	h	Dume	_	m	_	_
8	4	_	_	1	_	_	30	30	0	f	I	j	K	_	_
9	7	_	_	11	_	_	31	34	3	m	_	_	n	_	_
10	8	_	_	11	_	_	33	33	0	k	_	_	I	_	_
11	9	10	_	none			42	42	0	I	n	_	none		

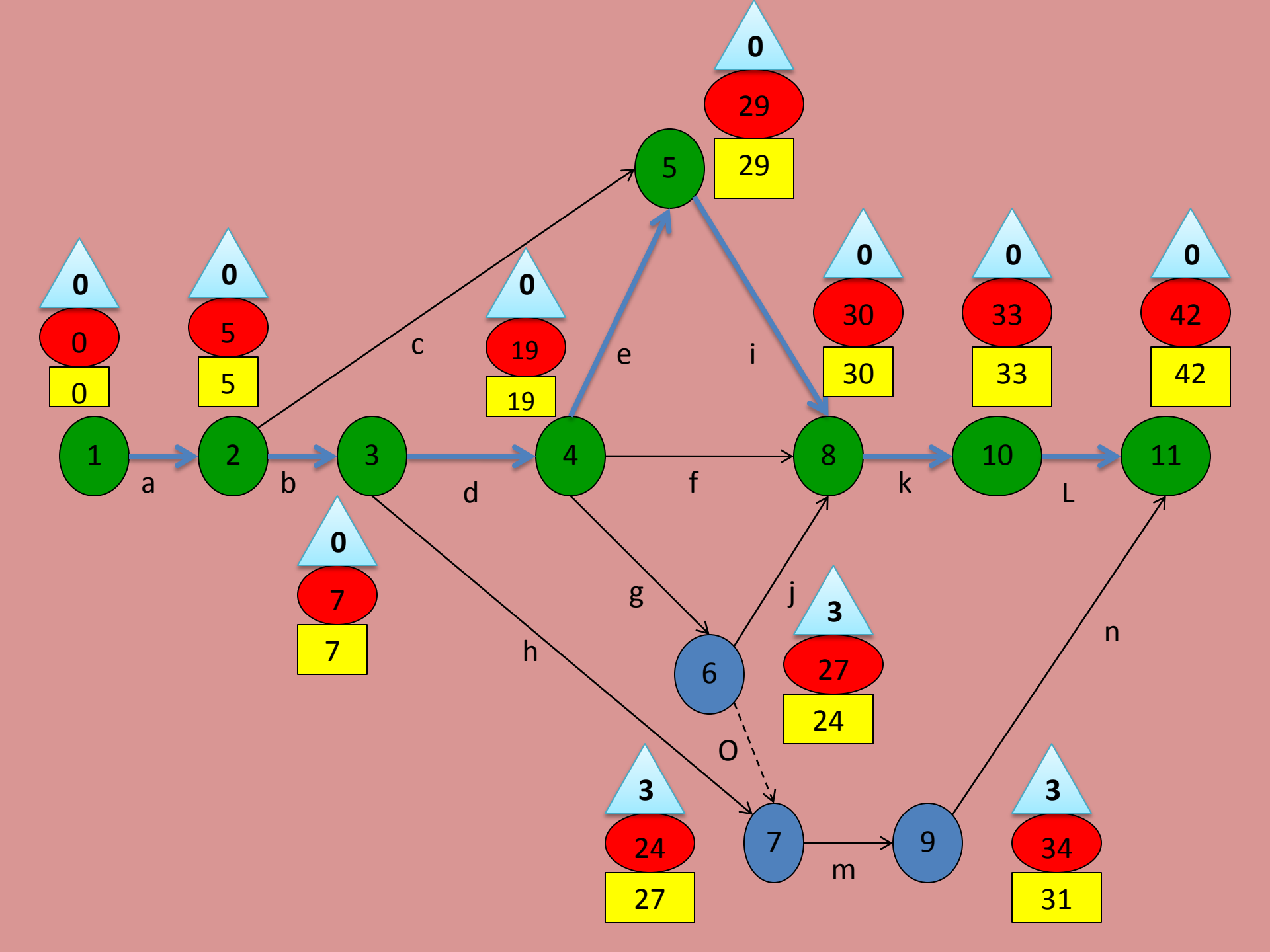
- الجدول الأول يوضح مخرجات المثال المتعلق ببناء دار سكن على أساس الأنشطة على الأسهم (AOA).
- الجدول الثاني يوضح مخرجات المثال المتعلق ببناء دار سكن على أساس الأنشطة على العقد (AON).
- في حالة اعتماد أسلوب AOA: المسار الحرج هو

A →B→ D→ E→ I→ K→L→ 42 يوم

- في حالة اعتماد أسلوب AON: المسار الحرج هو

1 →2→3→4→ 5→8 →10 →11→ 42 يوم

- رغم التشابه في وقت المسار الحرج (42) إلا أن طبيعة المخرجات تختلف (الاحتياطات الزمنية، الأزمنة المبكرة والمتأخرة والأنشطة الوهمية).


0
0
0
1
a
0
5
5
2
b
c
0
19
19
3
d
0
29
29
5
e
i
4
f
0
30
30
8
k
0
33
33
10
L
0
42
42
11
0
7
7
g
h
j
3
27
24
6
O
3
24
27
7
m
9
n
3
34
31

Thank you for your listening