المحاضرة(٤)
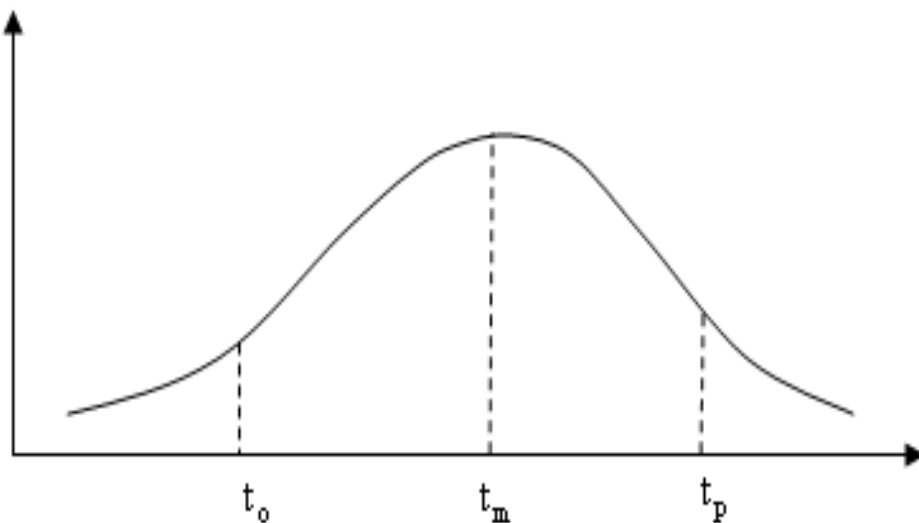
PROGRAMME EVALUATION AND REVIEW TECHNIQUE (PERT)

The network methods discussed so far may be termed as deterministic, since estimated activity times are assumed to be known with certainty. However, in research project or design of gear box or a new machine, various activities are based on judgment. It is difficult to obtain a reliable time estimate due to the changing technology. Time values are subject to chance variations. For such cases where the activities are non-deterministic in nature, PERT was developed. Hence, PERT is probabilistic method where the activity times are represented by a probability distribution. This probability distribution of activity times is based upon three different time estimates made for each activity. These are as follows.

(i) Optimistic time estimate

(ii) Most likely time estimate

(iii) Pessimistic time estimate

is denoted by *tp* or *b*. These three time values are shown in the following figure 1

University of Anbar   Course Title: construction management
College of Engineering   Year:(3) Civil Eng. Department
Dr. Juma'a. Awad. AL-Sumaydaei   2018- 2019

المحاضرة(٤)

Program Evaluation & Review Technique طريقة تقييم ومراجعة البرنامج

— (PERT)

هدف الاداره هو اتخاذ لقرارات مدروسة لغرض الحصول على اعظم فائدة ممكنه ضمن المعلومات المتوفرة حيث نشأت الحاجة لاستخدام نظرية الاحصاء والاحتمالات لمعالجة المشاريع غير المتكررة مما ادى الى ظهور طريقة تقييم ومراجعة البرنامج (PERT) للمساعدة على الحصول على احسن قرار ممكن ضمن لمعطيات متوفرة .

يعود ظهور طريقة PERT الى اواخر الخمسينات من القرن العشرين اي في نفس الفترة التي ظهرت فيها طريقة المخطط السهمي ، باستثناء استخدام مفاهيم احتمالية عادة ما تكون عليه اتخاذ القرارات الادارية خاضعة لاحدى حالات التالية؛ التأكد (Certainty) اوعدم لتأكد (Un certainty) او مخاطرة (Risk)

ان الفارق الرئيسي بين طريقة المخطط السهمي (AOA) وطريقة PERT هوان طريقة المخطط السهمي تعتمد على حالة التأكد وبالتالي استخدام الاساليب المحددة (Deterministic) للتعامل مع بيانات المشروع التي قد تستطيع الحصول عليها من خلال مراجعة مشاريع سابقة مشابه للمشروع الذي يراد تنفيذه ، اما طريقة PERT جاءت لمعالجة المشاريع الجديدة في المجالات الحديثة التي لاتوجد مشاريع سابقة مشابه لها وبالتالي لاتتوفر معلومات مؤكدة حول المشروع مما ادى للاعتماد على معلومات احتمالية (Probabilistic) .

مفاهيم احصائية

بما ان طريقة تقييم ومراجعة البرنامج (PERT) تقيم على اسس احتمالية مبنية على بيانات احصائية لذا تستعرض بعض المفاهيم الاحصائية قبل البدء بتطبيق هذه الطريقة

ـ مقاييس النزعة المركزية :

لايكفي وضع البيانات في توزيع تكراري ذي فئات لدراسة كل توزيع تكراري وطبيعته ، لذلك توجد مقاييس عدريه تعيين موقع التوزيع ، فربما يكون هناك توزيعات تكرارية متشابه في طبيعتها وشكلها ولكنها تختلف في مواقعها ومن هنا نشأت الحاجه،الى معرفة مقاييس النزعة المركزية (Measures of Central Tendency) ، وتكون نظاهرة تمركز القيم او المشاهدات عنداجراء تجربه ما حول قراءة معينة ومن هذه المقاييس؛

١- الوسط الحسابي (Arithmetic Mean μ) : يعتبر الوسط الحسابي

University of Anbar **Course Title: construction management**
College of Engineering **Year:(3) Civil Eng. Department**
Dr. Juma'a. Awad. AL-Sumaydaei **2018- 2019**

المحاضرة(٤)

وهو حاصل قسمة مجموعة قيم على عددها

$$M = \frac{X_1 + X_2 + \cdots + X_n}{N}$$

٢- الوسيط (Median) : يعرف بوسيط لمجموعة من القيم مرتبة حسب قيمتها العددية تصاعدياً او تنازلياً بانه العدد الاوسط منها اذا كان عددها فردياً ، وهو الوسط الحسابي للرقمين اللذين يقسمان هذه القيم الى نصفين متساويين

٢- المنوال (Mode) : يعرف بانه القيمة التي يقابلها اكبر تكرار اذا وضعنا البيانات في توزيع تكراري للقيم .

(Measures of Dispersion) مقاييس التشتت

ظاهرة التشتت عاكس ظاهرة التركز حيث نجد ان القيم تتباعد او تتشتت ، وتعدث الظاهرتان في نفس التجربة فنجد ان اكثر القيم تتركز حول نقطة ما ، ونجد بعض القيم تقع على جانبي هذه النقطة متباعدة كما في حالة التوزيع المتماثل ، واهم مقاييس التشتت،

١- المدى (Range) : ويعرف المدى لمجموعة من القيم او المشاهدات بانه الفرق بين اكبر قيمة واصغر قيمة ويعتبر المدى مقياساً غير دقيقاً للتشتت بشكل عام ، المدى = اكبر مشاهدة - اصغر مشاهدة .

٢- التباين (σ^2 - Variance) : هو مربع انحرافات البيانات عن وسطها الحسابي مقسوماً على عددها

٢- الانحراف المعياري (σ - Standard Deviation) : يعتبر الانحراف المعياري اهم مقاييس التشتت لمجموعة من القيم او المشاهدات واكثرها دقه لانه ياخذ جميع القيم او المشاهدات بعين الاعتبار ، فهو الاكثر شيوعاً واستخداماً ويعرف بانه القيمة الموجبة للجذر التربيعي للتباين .

مفاهيم احتمالية :

يعرف الاحتمال على انه نسبة عدد مرات تحقق حادثه معينه الى عدد المحاولات التي تم اجراءها لتحقيق ذلك الحادث ، وبشكل عام فالاحتمال هو مقياس عددي لقياس فرصه تحقيق حادثه غير مؤكدة كانتهاء فعالية او عملية ما خلال فترة معينة

University of Anbar　　　　　**Course Title: construction management**
College of Engineering　　　　**Year:(3) Civil Eng. Department**
Dr. Juma'a. Awad. AL-Sumaydaei　　　　　**2018- 2019**

المحاضرة(٤)

من الجدول حيث ان

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

X : قيمة المقروءه
M : الوسط الحسابي
σ : الانحراف المعياري

وفي طريقة PERT :

$$Z = \frac{T_s - T_E}{\sigma_E}$$

T_s: time schedule
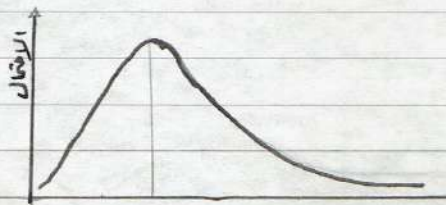المدة المطلوبة

T_E: Expected time المدة المتوقعة

σ_E: standard deviation for critical path

هناك بعض التعريفات والفرضيات المستخدمة في طريقة (PERT)

الوقت التفاؤلي (Optimistic Time – a) ؛ هو الزمن المتوقع لتنفيذ فعالية عندما تكون ظروف لتنفيذ مثالية ولا يحتى تنفيذ الفعاليه في وقت اقصر .

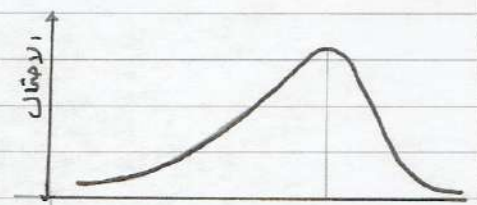الوقت بالاكثر احتمالاً (Most Probable Time – m) : وهو الزمن المتوقع لتنفيذ الفعاليه عندما تكون ظروف لتنفيذ طبيعيه ولكن ليست مثالية .

الوقت التشاؤمي (Pessimistic Time – b) : وهو الزمن المتوقع لتنفيذ الفعاليه عندما تكون ظروف لتنفيذ سيئة ولا تتدخل هنا الظروف غير الطبيعية او الكوارث مثل الزلازل والفيضانات .

ان توزيع اوقات الفعاليات ينتج توزيع بيتا (Beta Distribution)

توزيع منحرف الى اليسار　　　　توزيع منحرف الى اليمين

University of Anbar   **Course Title: construction management**
College of Engineering   **Year:(3) Civil Eng. Department**
Dr. Juma'a. Awad. AL-Sumaydaei   **2018- 2019**

المحاضرة(٤)

$$\sigma^2 = \frac{(b-a)^2}{36}$$

σ^2 – Variance   التباين
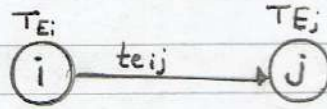
$$\left(T_E\right)_{start} = Base\ time = 0$$

$$\left(\sigma_E^2\right)start = 0$$

$$T_{Ej} = Max\left[T_{Ei} + teij\right]$$

$$\sigma_E^2 = \sigma_{Ei}^2 + \sigma_{eij}^2$$

If T_{Ej} can be found from events take the longer variance

$$T_{Li} = Min\left[T_{Lj} - teij\right]$$

ولإيجاد الوقت المتوقع لإنجاز المشروع

اذا كان هناك مسار حرج واحد في المخطط يكون

$$T_E\ _{للمشروع} = t_{Acitivity\ A} + t_{Activity\ B} + t_{Activity\ C} + \cdots\cdots$$

اما اذا كان هناك اكثر من مسار حرج نقارن بين التباين منأخذ الاكبر والمسار تباينا.

اما الانحراف المعياري لاي مسار في المشروع هو الجذر التربيعي لمجموع التباين

University of Anbar   Course Title: construction management

College of Engineering   Year:(3) Civil Eng. Department

Dr. Juma'a. Awad. AL-Sumaydaei   2018- 2019

المحاضرة(٤)

$$\sigma_{path} = \sqrt{\sigma_A^2 + \sigma_B^2 + \sigma_C^2 + \dots}$$

مثال تطبيقي :

باعتبارك مهندس مخطط لاحد المشاريع واردت ايجاد الزمن اللازم لانجاز فعاليه صب السقف والتي تبدأ من نصب القالب الخشبي الى نهاية المعالجة وان البداية تكون في منتصف شهر تشرين الثاني اي الشهر الحادي عشر ، اوجد زمن انجاز الفعاليه متدرجاً هذه الفترة وفق الاحتمالات المتوقعه واعتماداً على الخبرة ، بايجاد المعدل المتوقع لمدة الفعاليه والانحراف القياسي لمعرف المدة والتفاوت المطلوب

الجواب :

بما ان الفعاليه تبدأ في منتصف شهر تشرين الثاني ، فان هناك احتمالات عدة

م - الاحتمال الاول : حوان الحاله الجوية تكون جيدة (عدم وجود امطار ـ الجو معتدل وبذلك يمكن ايجاد لفترة باقصر مرة ممكنه (a)

١ـ نصب وترتيب لقالب الخشبي و   —   6 يوم

٢ـ صب السقف   1 يوم

٢ـ رفع لقالب والمعالجه   8 يوم

المجموع   15 يوم تقريباً

ب ـ الاحتمال الاكثر حدوث في هذه الفترة ، الحاله الجويه هو وجود غيوم ، وانخفاض درجات الحراره مع رطوبة ـ غير ممطر وبذلك يمكن ايجاد لفترة (M)

١ـ نصب وترتيب لقالب الخشبي والتسليح   8 يوم

٢ـ صب السقف   1 يوم

٢ـ رفع لقالب والمعالجه   11 يوم

                20 يوم

جـ ـ الاحتمال المتشائم : على اعتبار سقوط امطار وباستمرار مع وجود رطوبه عاليه وانخفاض درجات الحراره وبذلك يمكن ايجاد لفترة لزمنيه (b)

١ـ نصب وترتيب لقالب الخشبي والتسليح   14 يوم

٢ـ صب السقف   3 يوم (على اساس وجود مفاصل تمدد)

٢ـ رفع لقالب والمعالجه   16 يوم

            33 يوم

University of Anbar   **Course Title: construction management**
College of Engineering   **Year:(3) Civil Eng. Department**
Dr. Juma'a. Awad. AL-Sumaydaei   **2018- 2019**

المحاضرة(٤)

المعدل المتوقع لمدة الفعالية :

$$t_e = \frac{a + 4M + b}{6} = \frac{15 + 4 \cdot 20 + 33}{6} = 21 \; day$$

الانحراف المعياري لمدة الفعالية :

$$\sigma = \frac{b - a}{6} = \frac{33 - 15}{6} = 3 \; day$$

التفاوت (التباين) :-

$$V = \sigma^2 = \frac{(33 - 15)^2}{36} = 9 \; day$$

ملاحظة :

at بتقدير تفاؤل $(te)_t$ معدل المدة   bt التقدير التشاؤم

لإيجاد بتقدير تفاؤل للمدة بكلية للمشروع :-

$$a_t = (te)_t - 3\sigma$$

ا ما بتقدير تشاؤم للمدة بكلية للمشروع

$$bt = (te)_t + 3\sigma$$

University of Anbar　　　　　　　**Course Title: construction management**
College of Engineering　　　　　　**Year:(3) Civil Eng. Department**
Dr. Juma'a. Awad. AL-Sumaydaei　　　　**2018- 2019**

المحاضرة(٤)

مثال : الجدول ادناه يمثل الفعاليات لانجاز احد المشاريع ، وباعتبارك المهندس المخطط في هذا المشروع وكانت هناك عدة احتمالات لانجاز كل فعاليه لعدم وجود احصائيات مشابهه (مشروع جديد) ، والمطلوب

١- رسم المخطط الشبكي
٢- المعدل المتوقع لانجاز الفعاليه والتباين والانحراف لكل فعالية
٣- تحديد Critical Path والمعدل المتوقع للمدة الكليه للمشروع
٤- التقدير المتفائل (a_t) والتقدير المتشائم (b_t) للمدة الكليه لتنفيذ المشروع
٥- ماهي احتمالية اكمال المشروع في 24 .

Sol:-

Activity	Preceded by	a	M	b	t	σ^2	σ	Es	Ef	Ls	L.F	T.F	C.P
A	—	4	6	8	6	4/9	2/3	0	6	0	6	0	*
B	—	1	4.5	5	4	4/9	2/3	0	4	5	9	5	
C	A	3	3	3	3	0	0	6	9	6	9	0	*
D	A	4	5	6	5	1/9	1/3	6	11	15	20	9	
E	A	0.5	1	1.5	1	1/36	1/6	6	7	12	13	6	
F	B,C	3	4	5	4	1/9	1/3	9	13	9	13	0	*
G	B,C	1	1.5	5	2	4/9	2/3	9	11	16	18	7	
H	E, F	5	6	7	6	1/9	1/3	13	19	14	20	1	
I	E, F	2	5	8	5	1	1	13	18	13	18	0	*
J	D, H	2.5	2.75	4.5	3	1/9	1/3	19	22	20	23	1	
K	G, I	3	5	7	5	4/9	2/3	18	23	18	23	0	*

$$t_A = \frac{4+4*6+8}{6} = 6$$

$$\sigma_A^2 = \left(\frac{b-a}{6}\right)^2 = \left(\frac{8-4}{6}\right)^2 = \frac{4}{9}$$

$$\sigma_A = \sqrt{\sigma_A^2} = \frac{2}{3}$$

$$t_D = \frac{4+4*5+6}{6} = 5$$

$$\sigma_D^2 = \left(\frac{6-4}{6}\right)^2 = \frac{1}{9} \qquad \sigma_D = \frac{1}{3}$$

المحاضرة(٤)
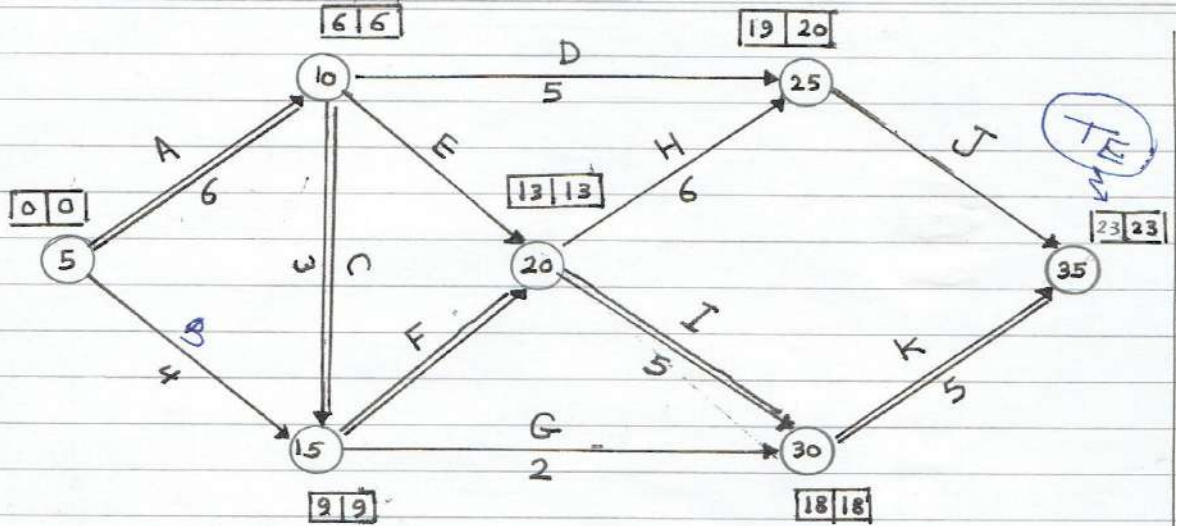
③ Activity on Critical Path (الفعاليات على المسار الحرج)
        A , C , F , I , K

المدة المتوقعة لاكمال المشروع = $6 + 3 + 4 + 5 + 5 = 23$ week

⑤ $T_E = 23$

        $T_S = 24$

        $\sigma^2_{Path} = \sigma^2_A + \sigma^2_C + \sigma^2_F + \sigma^2_I + \sigma^2_K$

        $= \dfrac{4}{9} + 0 + \dfrac{1}{9} + 1 + \dfrac{4}{9} = 2$

        $\sigma = \sqrt{2} = 1.414$

        $Z = \dfrac{T_S - T_E}{\sigma} = \dfrac{24 - 23}{1.414} = 0.71$

        نذهب الى الجدول لمعرفة الاحتمالية $= 0.7611$

احتمالية اكمال المشروع في 24 اسبوع $= 76\%$

٦٦

University of Anbar   Course Title: construction management
College of Engineering   Year:(3) Civil Eng. Department
Dr. Juma'a. Awad. AL-Sumaydaei   2018- 2019

المحاضرة(٤)

④ التقدير المتفائل للمدة الكلية للمشروع $= t_e - 3\sigma$
$$= 23 - 3*1.414 = 18.75 \ \text{week}$$

التقدير المتشائم للمدة الكلية للمشروع $= t_e + 3\sigma$
$$= 23 + 3*1.414 = 27.25 \ \text{week}$$

مثال :-

كلف مهندس التخطيط والمتابعة لاحد المشاريع الانشائية باعداد جدول زمني لفعاليات المشروع وحسب ما مبيّن في الجدول ادناه وحسب طريقة تقويم ومراجعة البرامج (PERT) ، المطلوب ① رسم المخطط الشبكي ② احتمالية انجاز المشروع في 26 شهر
③ مدة المتوقعة لانجاز المشروع باحتمالية 90%
④ احتمالية انجاز المشروع في 27 شهر

Sol:-

Activity	a	m	b	t_e	σ^2_e	σ_e
5—10	3	4	5	4	0.109	0.33
5—15	4	6	8	6	0.44	0.66
10—20	3	6	9	6	1.0	1.0
10—25	3	7	12	7.17	2.25	1.5
15—20	4	5	6	5	0.109	0.33
15—30	2	6	8	5.67	1.0	1.0
20—25	6	8	10	8	0.44	0.66
20—30	1	4	8	4.17	1.34	1.16
20—35	12	15	18	15	1.0	1.0
25—35	6	7	8	7	0.109	0.33
30—35	2	3	5	3.17	0.25	0.50

٦٧

University of Anbar
College of Engineering
Dr. Juma'a. Awad. AL-Sumaydaei

Course Title: construction management
Year:(3) Civil Eng. Department
2018- 2019
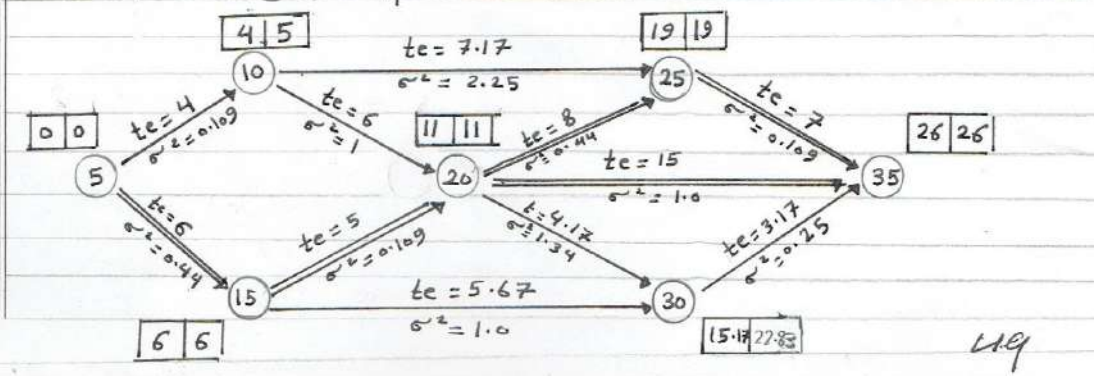
المحاضرة(٤)

② Critical path I = 5 — 15 — 20 — 25 — 35

Critical path II = 5 — 15 — 20 — 35

$\sigma_1 = \sqrt{(0.44) + 0.109 + 0.44 + 0.109} = 1.048$ نختار القيمة الاكبر

$\sigma_2 = \sqrt{0.44 + 0.109 + 1.0} = 1.244$

$Z = \dfrac{T_s - T_E}{\sigma_E} = \dfrac{26 - 26}{1.244} = 0$

If $Z = 0$ Probability = 50%

③ If Probab. = 90%

90% ≃ (0.8997) من الجدول

1.28 وتساوي Z نجد قيمة نجد في الجدول لرقم

$Z = \dfrac{T_s - T_E}{\sigma_E}$

$1.28 = \dfrac{T_s - 26}{1.244} \Rightarrow T_s = 27.6$ month

④ $Z = \dfrac{27 - 26}{1.244} = 0.8$

Probability $= 0.7881$ ≃ 79%
من الجدول

University of Anbar　　　　　　　　**Course Title: construction management**
College of Engineering　　　　　　　**Year:(3) Civil Eng. Department**
Dr. Juma'a. Awad. AL-Sumaydaei　　　　　　　**2018- 2019**

المحاضرة(٤)

H.w ① : مشروع صغير يتكون من عدد من الفعاليات وكما مبين في الجدول .
رصد مبلغ   100 مليون دينار لاكمال المشروع في   26 اسبوع .
هل هناك جدوى من صرف مبلغ اضافية مقدارها   15 مليون دينار لاختصار الفعالية
E اربعه اسابيع .

Activity	Preceded by	t_e	σ_e
A	—	6	2
B	—	3	1
C	A	6	1
D	A	15	2
E	C, B	12	2

H.W ②

Construct the PERT Net work for the data shown below and determine the expected finish date, & Probabilty of finishing the works in 25 months

Activity	a	m	b
5—10	6	9	15
5-15	2	4	8
10-20	6	8	10
15-25	4	7	12
20-45	2	3	6
25-30	4	7	9
25-35	5	9	11
30-40	1	2	4
35-40	2	3	5
40-50	2	4	5
45-50	1	4	6
50-55	2	3	5

University of Anbar   **Course Title: construction management**

College of Engineering   **Year:(3) Civil Eng. Department**

Dr. Juma'a. Awad. AL-Sumaydaei   **2018- 2019**

المحاضرة(٤)

تكملة الجدول A

$\frac{x-\mu}{\sigma}$	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
+0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
+0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
+0.2	0.5793	0.5832	0.5171	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
+0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
+0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
+0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
+0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
+0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
+0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8079	0.8106	0.8133
+0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
+1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
+1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
+1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
+1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
+1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
+1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
+1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
+1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
+1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
+1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
+2.0	0.9773	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
+2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
+2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
+2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
+2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
+2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
+2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
+2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
+2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
+2.9	0.9981	0.9982	0.9983	0.9983	0.9884	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
+3.0	0.99865	0.99869	0.99874	0.99878	0.99882	0.99886	0.99889	0.99893	0.99896	0.99900
+3.1	0.99903	0.99906	0.99910	0.99913	0.99915	0.99918	0.99921	0.99924	0.99926	0.99929
+3.2	0.99931	0.99934	0.99936	0.99938	0.99940	0.99942	0.99944	0.99946	0.99948	0.99950
+3.3	0.99952	0.99953	0.99955	0.99957	0.99958	0.99960	0.99961	0.99962	0.99964	0.99965
+3.4	0.99966	0.99967	0.99969	0.99970	0.99971	0.99972	0.99973	0.99974	0.99975	0.99976
+3.5	0.99977	0.99978	0.99978	0.99979	0.99980	0.99981	0.99981	0.99982	0.99983	0.99983

مساحات تحت ملحنى التوزيع الطبي ب

$\frac{x-\mu}{\sigma}$	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04
-3.5	0.00017	0.00017	0.00018	0.00019	0.00019	0.00020
-3.4	0.00024	0.00025	0.00026	0.00027	0.00028	0.00029
-3.3	0.00035	0.00036	0.00038	0.00039	0.00040	0.00042
-3.2	0.00050	0.00052	0.00054	0.00056	0.00058	0.00060
-3.1	0.00071	0.00074	0.00076	0.00079	0.00082	0.00085
-3.0	0.00100	0.00104	0.00107	0.00111	0.00114	0.00118
-2.9	0.0014	0.0014	0.0015	0.0015	0.0016	0.0016
-2.8	0.0019	0.0020	0.0021	0.0021	0.0022	0.0023
-2.7	0.0026	0.0027	0.0028	0.0029	0.0030	0.0031
-2.6	0.0036	0.0037	0.0038	0.0039	0.0040	0.0041
-2.5	0.0048	0.0049	0.0051	0.0052	0.0054	0.0055
-2.4	0.0064	0.0066	0.0068	0.0069	0.0071	0.0073
-2.3	0.0084	0.0087	0.0089	0.0091	0.0094	0.0096
-2.2	0.0110	0.0113	0.0116	0.0119	0.0122	0.0125
-2.1	0.0143	0.0146	0.0150	0.0154	0.0158	0.0162
-2.0	0.0183	0.0188	0.0192	0.0197	0.0202	0.0207
-1.9	0.0233	0.0239	0.0244	0.0250	0.0256	0.0262
-1.8	0.0294	0.0301	0.0307	0.0314	0.0323	0.0329
-1.7	0.0367	0.0375	0.0384	0.0392	0.0401	0.0409
-1.6	0.0455	0.0465	0.0475	0.0485	0.0495	0.0505
-1.5	0.0559	0.0571	0.0582	0.0594	0.0606	0.0618
-1.4	0.0681	0.0694	0.0708	0.0721	0.0735	0.0749
-1.3	0.0823	0.0838	0.0853	0.0869	0.0885	0.0901
-1.2	0.0895	0.1003	0.1020	0.1038	0.1057	0.1075
-1.1	0.1170	0.1190	0.1210	0.1230	0.1251	0.1271
-1.0	0.1379	0.1401	0.1423	0.1446	0.1469	0.1492
-0.9	0.1611	0.1635	0.1660	0.1685	0.1711	0.1736
-0.8	0.1867	0.1894	0.1922	0.1949	0.1977	0.2005
-0.7	0.2148	0.2177	0.2207	0.2236	0.2266	0.2297
-0.6	0.2451	0.2483	0.2514	0.2546	0.2578	0.2611
-0.5	0.2776	0.2810	0.2843	0.2877	0.2912	0.2946
-0.4	0.3121	0.3156	0.3192	0.3228	0.3264	0.3300
-0.3	0.3483	0.3520	0.3557	0.3594	0.3632	0.3669
-0.2	0.3859	0.3897	0.3936	0.3974	0.4013	0.4052
-0.1	0.4247	0.4286	0.4325	0.4364	0.4404	0.4443
-0.0	0.4641	0.4681	0.4721	0.4761	0.4801	0.4840

P(x ≤ C)) represents the probability that the project will be completed on or before the C time u This can be converted into the standard normal statistic z as:

$$p\left[\frac{x-\mu}{\sigma} \leq \frac{c-\mu}{\sigma}\right] = P\left[Z \leq \frac{c-\mu}{\sigma}\right]$$

المحاضرة(٤)

Example Consider Table 1 summarizing the details of a project involving 11 activities Table 1 Details of Project with 11 Activities
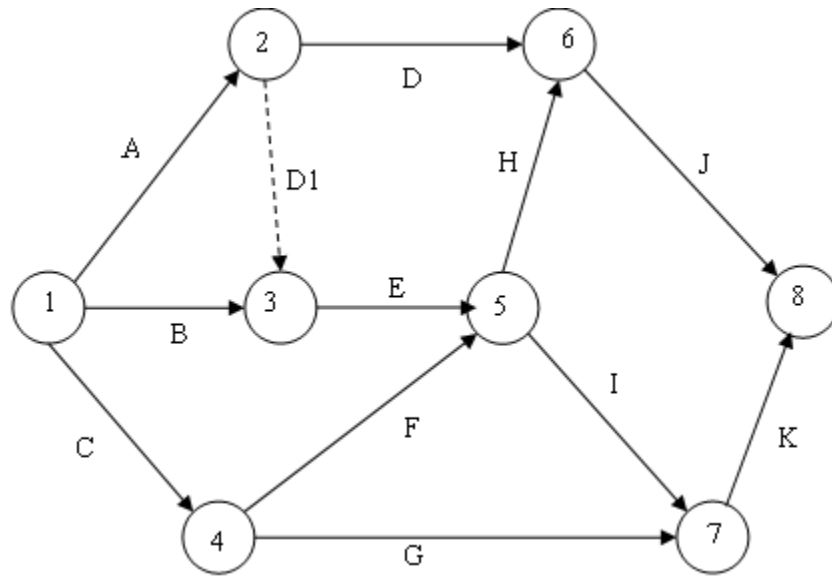
Activity	Predecessor(s)	Duration (weeks)		
		t_o	t_m	t_p
A	—	6	7	8
B	—	1	2	9
C	—	1	4	7
D	A	1	2	3
E	A, B	1	2	9
F	C	1	5	9
G	C	2	2	8
H	E,F	4	4	4
1	E, F	4	4	10
J	D, H	2	5	14
K	I,G	2	5	8

(a) Construct the project network.
(b) Find the expected duration and variance of each activity.
(c) Find the critical path and the expected project completion time.
(d) What is the probability of completing the project on or before 25 weeks?
(e) If the probability of completing the project is 0.84, find the expected project completion t

Solution (a) The project network is shown in Figure 1.

University of Anbar   **Course Title: construction management**
College of Engineering   **Year:(3) Civil Eng. Department**
Dr. Juma'a. Awad. AL-Sumaydaei   **2018- 2019**

المحاضرة(٤)

(b) The expected duration and variance of each activity are shown in Table 1.

Table 2 Computations of Expected Duration and Variance

Activity	Duration (weeks)			Mean duration	Variance
	t_o	t_m	t_p		
A	6	7	8	7	0.11
B	1	2	9	3	1.78
C	1	4	7	4	1.00
D	1	2	3	2	0.11
E	1	2	9	3	1.78
F	1	5	9	5	1.78
G	2	2	8	3	1.00
H	4	4	4	4	0.00
1	4	4	10	5	1.00
J	2	5	14	6	4.00
K	2	2	8	3	1.00

(c) The calculations of critical path based on expected durations are summarized in Figure
2. The critical path is A-DI –E-F-J and the corresponding project completion time is 20 weeks.

University of Anbar　　　　　　　　**Course Title: construction management**
College of Engineering　　　　　　**Year:(3) Civil Eng. Department**
Dr. Juma'a. Awad. AL-Sumaydaei　　　　　　**2018- 2019**

المحاضرة(٤)
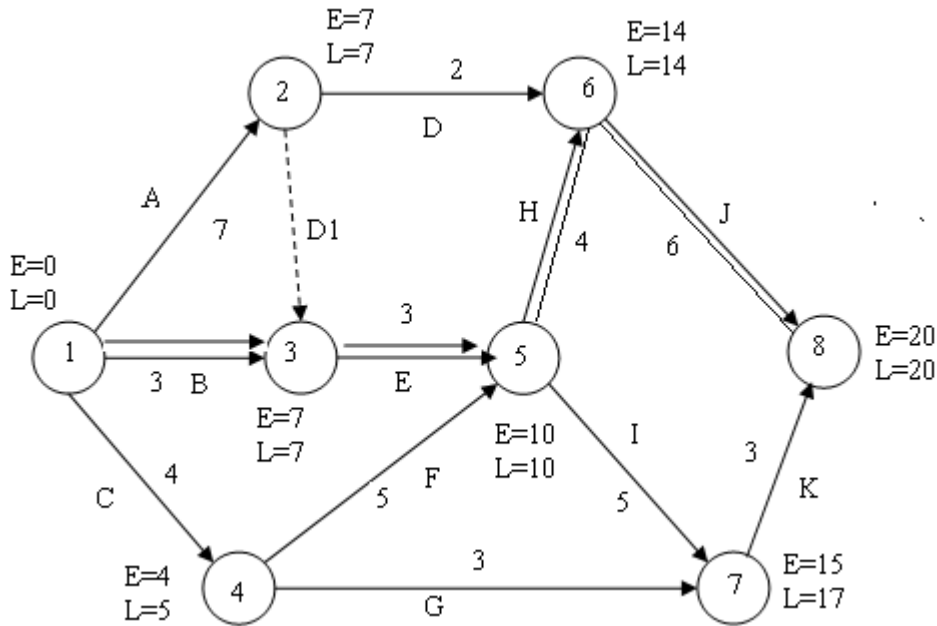
*D1 — Dummy activity

(d) The sum of the variances of all the activities on the critical path is:

$$0.11 + 1.78 + 0.00 + 4.00 = 5.89 \text{ weeks.}$$

Therefore　　　　　$\sigma = \sqrt{5.89} = 2.43$　　　　　weeks.　　　　Also

$$P(x \le 25) = P\left(\frac{x-\mu}{\sigma} \le \frac{25-20}{2.43}\right) = P(z \le 2.06) = 0.9803.$$

This value is obtained from standard normal table. Therefore, the probability of completing the project on or before 25 weeks is 0.9803.

(e)We also have $P(x \le C) = 0.84$. Therefore,

$$P\left(\frac{x-\mu}{\sigma} \le \frac{C-\mu}{\sigma}\right) = 0.84$$

$$P\left(z \le \frac{C-20}{2.43}\right) = 0.84$$

From the standard normal table, the value of z is 0.99, when the cumulative probability is 0.84. Therefore,

$$\frac{C-20}{2.43} = 0.99 \quad \text{or} \quad C = 22.4\text{weeks}$$

The project will be completed in 22.41 weeks (approximately 23 weeks) if the probability of completing the project is 0.84.

المحاضرة(٤)

EXERCISES:

1- Consider the following data of a project.

Activity	Predecessor(s)	Duration (weeks)		
		a	m	b
A	—	3	5	8
B	—	6	7	9
C	A	4	5	9
D	C	A	4	5
D	B	3	5	8
E	A	4	6	9
F	C, D	5	8	11
G	C, D, E	3	6	9
H	F	1	2	9

(a) Construct the project network.
(b) Find the expected duration and variance of each activity.
(c) Find the critical path and the expected project completion time.
(d) What is the probability of completing the project on or before 30 weeks?
(e) If the probability of completing the project is 0.9, find the expected project completion time.

2- Consider the following table summarizing the details of a project:

Activity	Predecessor(s)	Duration (weeks)		
		a	m	b
A	—	4	4	10
B	—	1	2	9
C	—	2	5	14
D	A	1	4	7
E	A	1	2	3
F	A	1	5	9
G	B, C	1	2	9
H	C	4	4	4
1	D	2	2	8
J	E, G	6	7	8
K	F, H	2	2	8
L	F, H	5	5	5
M	1, J, K	1	2	9
N	L	6	7	8

University of Anbar　　　　　　　**Course Title: construction management**
College of Engineering　　　　　　**Year:(3) Civil Eng. Department**
Dr. Juma'a. Awad. AL-Sumaydaei　　　　　2018- 2019

المحاضرة(٤)

(a) Construct the project network.

(b) Find the expected duration and variance of each activity.

(c) Find the critical path and the expected project completion time.

(d) What is the probability of completing the project on or before 35 weeks'?

(e) If the probability of completing the project is 0.85, find the expected project completion time.

The Construction Industry (الصناعة الانشائية):

The construction industry is vast and varied. Just take a look around—from homes to highways to hospitals—and you see the results of this industry.

As our needs expanded, so did our building capabilities. We eventually built political capitals, great cities bustling with business and commerce. Though the means and the methods have changed over the centuries, the construction industry is still about building communities that serve people. Construction is big business, totaling more than $3.9 trillion annually Worldwide, and there is no slowdown in sight. The industry employs about 7 million people directly (plumbers, carpenters, welders, and so on) and hundreds of thousands more indirectly. It gives rise to the steel industry, the lumber industry, the carpet industry, the furniture industry, the paint industry, the concrete industry, the paving industry, and so on. It goes even further than that if you consider the trucking, shipping, manufacturing, and mining industries.

There are three principal players in any construction project are the owner, the designers (architects and engineers), and the contractor

Owners (اصحاب العمل)
No construction would ever be accomplished without owners. They are the driving force behind the construction industry. Their demands for housing, commercial facilities, industrial products, and infrastructure are the chief motivation to build.
.

Architects (المعماريون)
Architects design the overall aesthetic and functional look of buildings and other structures. Architectural technicians are typically the drafters of the building plans. They are the ones who actually produce the drawings that are used for construction. Today drafters have become computer operators and produce their drawings electronically using computer-aided design (CAD) software. Some CAD operators have expanded their skills to include 3D building information modeling (BIM) as well. As the trend toward information modeling continues, these technicians will become more and more valuable in the marketplace.

Specification writers accompanying (ارفاق) the plans for a new building is a written project manual that contains the specifications for the project. The