الجمهـورية الجزائـرية الديمقـراطية الشعبيـة

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليـم العـالي و البحـث العلمـي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جـامعة محـمد خيضـر – بسكرة –

كـلية العلـوم الاقتصـادية و التجـارية و علـوم التسييـر

قسـم علـوم التسييـر

المحاضرة الخامسة:

تقنية جدولة المشاريع : المسار الحرج(CPM)

من اعداد الدكتورة : جبيـــــــرات سناء

السنـــــة الجامعيـــــة: 2024 / 2025

بعد أن يتم بناء المخطط الشبكي بشكل منطقي ، تأتي الخطوة الموالية و المتمثلة في تحليله التي يقصد بها ايجاد أقل وقت ممكن لإنهاء تنفيذ المشروع وأقل كلفة ممكنة له ، بالإضافة الى الاستخدام الأفضل للموارد .ويتم ذلك باستخدام احدى الاسلوبين التاليين:

- ✓ أسلوب المسار الحرج (critical path method).
- ✓ أسلوب مراجعة و تقييم المشروع (program evaluation and review technique).

1. تقنية المسار الحرج (CPM):

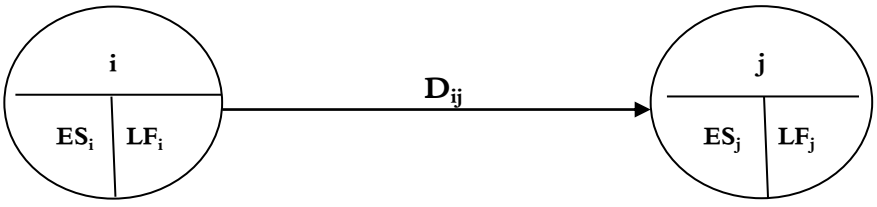
يعد أسلوب المسار الحرج من بين أساليب التحليل الشبكي المستخدمة في تخطيط و جدولة المشاريع التي تتسم بالتأكد ، اذ يرى بأن زمن انجاز النشاط (D_{ij}) له صفة كمية واحدة مؤكدة يتم تقديره بناءا على خبرة و معرفة القائمين على المشروع أو بالاعتماد على بيانات سابقة لمشروع مماثل . لذا فان الهدف الأساسي لهذا الأسلوب في تحديد المدة الزمنية لإنهاء المشروع تكمن في تحديد الزمن اللازم لتنفيذ الأنشطة الحرجة الموجودة في مسار واحد في شبكة العمل ، و التي تتميز بأنها لا تتحمل أي تأخير أثناء عملية انجازها لأن هذا سوف يؤدي الى زيادة المدة اللازمة للمشروع وبالتالي تأخير تسليمه للهيئة المستخدمة.

أولا. أزمنة نشاط المشروع :

يحسب لكل نشاط أربعة أزمنة و هي :

- ❖ **زمن البداية المبكرة(Earliest start time)**: هو الزمن المبكر الذي يفترض أن يبدأ فيه النشاط، حيث يرمز له بالرمز ES_{ij} .
- ❖ **زمن النهاية المبكرة (Earliest finish time)**: هو الزمن المبكر الذي يفترض أن ينتهي فيه النشاط، حيث يرمز له بالرمز EF_{ij} .
- ❖ **زمن البداية المتأخرة(Latest start time)**: يمثل أخر وقت يمكن أن يبدأ فيه النشاط دون أن يؤثر ذلك على مدة انجاز المشروع، حيث يرمز له بالرمز LS_{ij}.
- ❖ **زمن النهاية المتأخرة (Latest finish time)**:): يمثل أخر وقت يمكن أن ينتهي فيه النشاط دون أن يؤثر ذلك على مدة انجاز المشروع، حيث يرمز له بالرمز EF_{ij}.

ويمكن تمثيل الازمنة المبكرة والمتأخرة في شبكة الاعمال بالشكل الاتي:



ثانيا. تحديد المسار الحرج:

يعتمد تحديد المسار الحرج للشبكة على حساب عدد من الأزمنة لأنشطة المشروع و التي يعتمد عليها في التسيير الزمني لكامل المشروع ، اذ يمكن حساب تلك الأزمنة على ثلاث مراحل وهي :

المرحلة الأولى: مرحلة الحسابات الأمامية

هي المرحلة المخصصة لحساب وقت البداية المبكرة للنشاط ، حيث يتم حسابه بدءا من الحدث الأول في الشبكة وفقا لتسلسل منطقي منظم باتجاه نهاية الشبكة بافتراض أن الوقت المبكر لأول نشاط يكون صفرا ، ثم يتم بعد ذلك حساب الأوقات المبكرة للأنشطة المتبقية حسب تسلسلها بجمع زمن البداية المبكرة للنشاط السابق مع مدة النشاط ، أما في حالة في كون النشاط مسبوقا بنشاطين أو أكثر فانه يؤخذ بأكبر زمن مبكر .و يعبر عن ذلك بالعلاقات الرياضية التالية :

- ✓ في الحدث الأول من أي مخطط شبكي يكون: $ES_i = 0$.
- ✓ اذا كان الحدث (j) يرتبط بنشاط واحد فقط فان: $ES_j = ES_i + D_{ij}$.
- ✓ اذا كان الحدث (j) يرتبط بأكثر من نشاط واحد فان: $ES_j = Max\ [ES_i + D_{ij}]$.

المرحلة الثانية: مرحلة الحسابات الخلفية

هي مرحلة مخصصة لحساب وقت النهاية المتأخرة للنشاط، حيث يتم حسابه من حيث انتهت الحسابات الأمامية و بالتحديد من الحدث الأخير ثم يتم بعد ذلك حساب أزمنة النهايات المتأخرة للأنشطة الباقية بطرح زمن النهاية المتأخرة للنشاط اللاحق من مدة النشاط ، أما في حالة كون النشاط ملحوقا بنشاطين أو أكثر فانه يؤخذ بأقل زمن. و يعبر عن ذلك بالعلاقات الرياضية التالية

- ✓ في الحدث الأخير في الشبكة يكون لدينا ما يلي: $ES_j = LF_j$.
- ✓ اذا كان الحدث (i) يرتبط بقاعدة نشاط واحد فقط فان : $LF_i = LF_j - D_{ij}$.
- ✓ اذا كان الحدث (i) يرتبط بأكثر من قاعدة نشاط فان: $LF_i = Min\ [LF_j - Dij]$.

المرحلة الثالثة: جدولة المشروع

هي مرحلة تدوين مختلف أزمنة أنشطة المشروع (البدايات والنهايات المبكرة و المتأخرة) ،بالإضافة الى ما يعرف بزمن السماح الكلي الذي يمثل مقدار الزمن الذي يمكن للنشاط أن يستهلكه على المدة المقدرة التي يحتاجها النشاط دون أن يتسبب ذلك في زيادة مدة انجاز المشروع ، وهذا في جدول يدعى بجدول أزمنة المشروع الذي يأخذ الشكل التالي:

اسم النشاط	مدة النشاط	الأوقات المبكرة		الأوقات المتأخرة		زمن الفائض الكلي	النشاط الحرج
		للبداية	للنهاية	للبداية	للنهاية		

ويتم حساب بقية الأزمنة التي لم تحسب على الشبكة بالعلاقات الرياضية التالية:

✓ زمن النهاية المبكرة للنشاط يساوي: $EF_i = ES_i + D_{ij}$.

✓ زمن البداية المتأخرة للنشاط يساوي: $LS_i = LF_i - D_{ij}$.

✓ زمن الفائض الكلي للنشاط يساوي: $Tt = LS_i - ES_i = LF_i - EF_i$.

المرحلة الرابعة : ايجاد المسار الحرج

هي مرحلة تعيين المسار الحرج الذي هو سلسلة الأنشطة التي يساوي الفائض الكلي لكل منها صفرا ، وذلك من حدث بداية المشروع الى حدث نهاية المشروع ، وهو الذي على أساسه يتم تحديد زمن انجاز المشروع. ويعبر عنه

$$Tt = LS_i - ES_i = LF_i - EF_i = 0$$

ملاحظة:

في الغالب ما تكون الأنشطة الحرجة في الشبكة واقعة بين الأحداث التي يكون فيها الأزمنة المبكرة للبداية مساويا للأزمنة المتأخرة للنهاية .

مثال: : احدى المنشآت الصناعية قررت اقامة مشروع صناعي ضمن حدود المنشأة الحالية، و بعد اجراء عدد من الدراسات و التحليلات تم تحديد البيانات التالية:

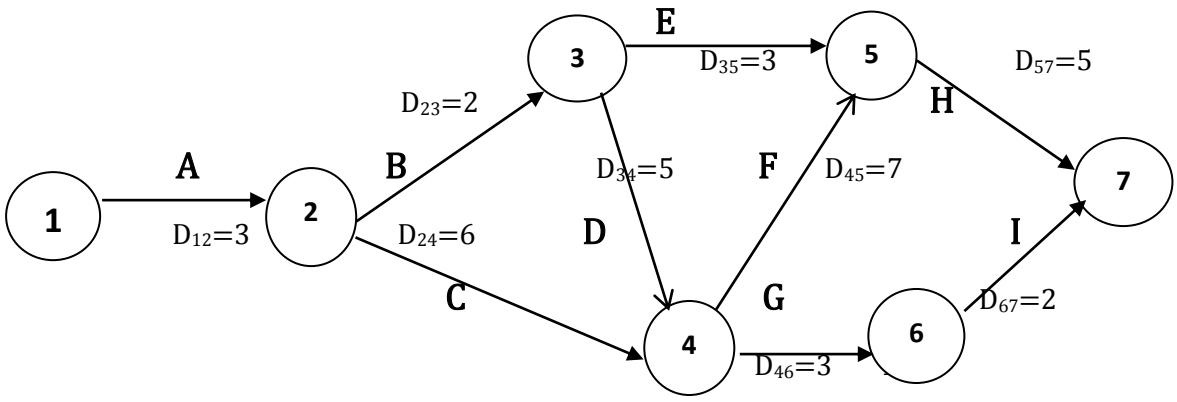
النشاط	A	Á	C	D	E	F	G	H	I
الاحداث	(2-1)	(3-2)	(4-2)	(4-3)	(5-3)	(5-4)	(6-4)	(7-5)	(7-6)
المدة(شهر)	3	2	6	5	3	7	3	5	2

المطلوب: 1. رسم المخطط الشبكي و تثبيت البيانات عليه.

2 . حساب الأزمنة المبكرة و المتأخرة لأنشطة المشروع و تحديد المسار الحرج.

الحل:

✓ بتطبيق قواعد رسم شبكة الأعمال نتحصل على المخطط التالي:



الحسابات الأمامية :نحسب زمن البداية المبكرة لأحداث شبكة الاعمال

$ES_1 = \mathbf{0}$

$ES_2 = Max.\ (\ ES_1 + d_{12}\ ) = Max.\ (\ 0+3) = \mathbf{3}$

$ES_3 = Max.\ (\ ES_2 + d_{23}\ ) = Max.\ (3+2) = \mathbf{5}$

$ES_4 = Max.\ (\ ES_2 + d_{24}\ ,\ ES_3 + d_{34}\ ) = Max.\ (3+6\ ,\ 5+5) = \mathbf{10}$

$ES_5 = Max.\ (\ ES_3 + d_{35}\ ,\ ES_4 + d_{45}\ ) = Max.\ (5+3\ ,\ 10+7\ ) = \mathbf{17}$

$ES_6 = Max.\ (\ ES_4 + d_{46}\ ) = (10+3) = \mathbf{13}$

$ES_7 = Max.\ (\ ES_6 + d_{67}\ ,\ ES_5 + d_{57}\ ) = (\ 13+2\ ,\ 17+5) = \mathbf{22}$

✓ الحسابات الخلفية: نحسب زمن النهاية المتأخرة لأحداث شبكة الأعمال

$LF_7 = ES_7 = 22$

$LF_6 = Min\ (\ LF_7 - d_{67}\ ) = Min.(\ 22 - 2\ ) = 20$

$LF_5 = Min\ (\ LF_7 - d_{57}\ ) = Min.(\ 22 - 5\ ) = 17$

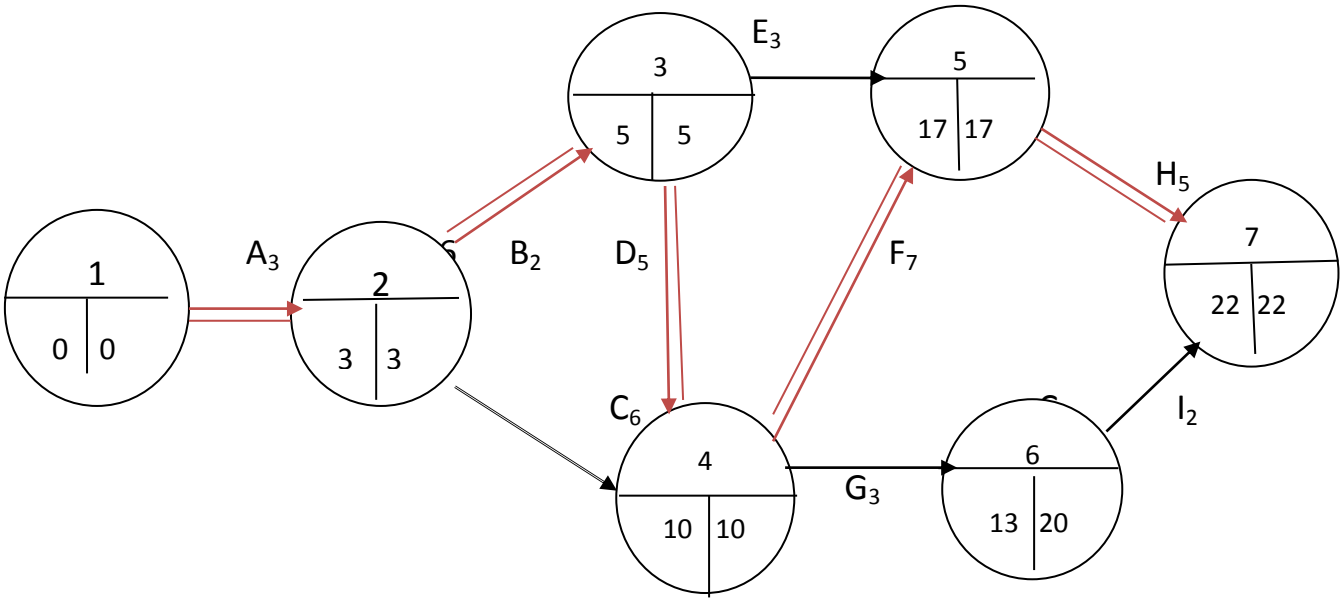
$LF_4 = Min.(\ LF_6 - d_{46}\ ,\ LF_5 - d_{45}\ ) = Min.(\ 20-3\ ,\ 17-7\ ) = 10$

$LF_3 = Min\ (\ LF_4 - d_{34}\ ,\ LF_5 - d_{35}\ ) = Min\ (\ 10-5\ ,\ 17-3\ ) = 5$

$LF_2 = Min\ (\ LF_3 - d_{23}\ ,\ LF_4 - d_{24}\ ) = Min\ (5-2\ ,\ 10-6) = 3$

$LF_1 = Min\ (\ LF_2 - d_{12}\ ) = Min\ (3-3\ ) = 0$

✓ تثبيت زمن البداية المبكرة و زمن النهاية المتأخرة على أحداث المخطط الشبكي:



✓ جدول أزمنة المشروع:

اسم النشاط	مدة النشاط	الأوقات المبكرة		الأوقات المتأخرة		زمن الفائض الكلي	النشاط الحرج
		للبداية	للنهاية	للبداية	للنهاية		
A	3	0	3	0	3	0	حرج
Á	2	3	5	3	5	0	حرج
C	6	3	9	4	10	1	/
D	5	5	10	5	10	0	حرج
E	3	5	8	14	17	9	/
F	7	10	17	10	17	0	حرج
G	3	10	13	17	20	7	/
H	5	17	22	17	22	0	حرج
I	2	13	15	20	22	7	/

من الجدول اعلاه يمكن تحديد الانشطة الحرجة وهي المظللة باللون الغامق اذ نجد ان زمن الفائض الكلي لها مساوية للصفر , لذا فأن المسار الحرج هو A .B.D.F.H. وهو يمثل أقل زمن يمكن ان ينجز فيه هذا المشروع و المساوي لـ 22شهرا.