**تحليل شبكات الاعمال**

تستخدم شبكات الاعمال في برمجة المشاريع الانشائية والصناعية وخصوصا الكبيرة منها وكذلك في مجال الصيانة , اذ ان تحليل شبكات الاعمال تتضمن وظيفتين هما التخطيط والرقابة.

من خلال وظيفة التخطيط يتم من خلالها بلورة الاهداف الى خطط يمكن تنفيذها , و وظيفة الرقابة يتم من خلالها معرفة الانحراف عن الاداء التنفيذي.

كل مشروع يجزأ الى عدة أنشطة صغيرة فرعية ويحدد متطلبات تنفيذ كل نشاط من مواد وعمال ومعدات الى اخره والتي على اساسها يتم تحديد زمن تنفيذ النشاط.

هناك نموذجين من نماذج تحليل شبكات الاعمال هما:

1) اسلوب المسار الحرج .

2) اسلوب تقييم ومراجعة المشاريع ( نموذج بيرت ) .

أهم مزايا تحليل شبكات الاعمال:

1- توفير امكانية اعداد خطط دقيقة تصف مراحل تنفيذ المشروع.

2- تحديد الزمن المتوقع للمشروع.

3- تحديد الموارد اللازمة لانجاز المشروع.

4- تحديد زمن البدء في نشاط معين وزمن الانتهاء منه.

5- تحديد كيفية استخدام الموارد المتاحة في تخفيض زمن انجاز المشروع.

6- تحديد الانشطة التي يجب ان تنجز في وقتها المحدد تفاديا لتأخر انجاز المشروع, تلك الانشطة تسمى بالانشطة الحرجة.

7- أمكانية تحويل الموارد من الانشطة غير الحرجة الى الانشطة الحرجة وذلك لانجاز المشروع باقصر وقت ممكن.

8- أمكانية تحديد المدة الزمنية التي يمكن فيها تأجيل تنفيذ الانشطة غير الحرجة دون التأثير على وقت انجاز المشروع.

9- تحديد احتمال انتها المشروع في وقت معين.

المشروع:

المشروع عبارة عن مجموعة من الوظائف التي تسمى بالانشطة التي تتميز بأن لها نقطة بداية ونقطة نهاية محددتين .

شبكة الاعمال:

شبكة الاعمال هي تمثيل بياني لمجموعة من الانشطة المرتبطة ببعض والمتتابعة والتي يتكون منها المشروع. هذا التمثيل البياني يظهر التسلسل المنطقي للانشطة المشروع ( أي يحسب تتابعها الفني المنطقي ).

جدولة أنشطة المشروع:

تقوم الجهة المعينة بتنفيذ المشروع بتحديد كافة الانشطة التي يتكون منها المشروع وجدولتها حسب تسلسلها المنطقي التتابعي وتحديد الزمن اللازم لانجاز كل نشاط بالاعتماد على متطلبات تنفيذ كل نشاط . يوجد اسلوبين يمكن اعتماد احجهما في جدولة الانشطة حسب تسلسل انجازها هما:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| الاول | |  |  | الثاني | |
| النشاط السابق له | النشاط |  |  | الحدث اللاحق له | الحدث السابق |
| ---- | A |  |  | 2 | 1 |
| A | B |  |  | 3 | 2 |
| A | C |  |  | 4 | 3 |
| B | D |  |  | 6 | 5 |

النشاط:

هو جزء من المشروع ويمثل العمل اللازم انجازه لأنهاء مهمة ( وظيفة) معينة ويرمز له في شبكة الاعمال بالسهم ( ) بداية السهم يمثل بداية تنفيذ النشاط ونهايته تمثل نهاية تنفيذ النشاط. كل نشاط بتطلب تنفيذه موارد بشرية ومادية وعلى اساسها يتم تحديد زمن تنفيذ النشاط.

الحدث :

هو لحظة من الزمن تمثل بداية تنفيذ النشاط وعندها يسمى بحدث بداية النشاط , وتمثل ايضا نهاية تنفيذ النشاط ويسمى عندها حدث نهاية النشاط. يمثل الحدث في شبكة الاعمال بالدائرة وتكون في بداية السهم ( حدث بداية النشاط ) وتكون في نهاية السهم ( حدث نهاية النشاط ) , وكما مبين بالشكل الاتي:

كل مشروع يبدأ بحدث واحد فقط يمثل حدث بداية المشروع وايضا ينتهي بحدث واحد فقط هو حدث نهاية المشروع.

المسار:

بعد الانتهاء من رسم شبكة الاعمال تتكون لدينا مجموعة من المسارات التي تبدأ من حدث بداية المشروع وتنتهي بحدث نهاية المشروع . المسار هو مجموعة من الانشطة المتتالية والمترابطة والتي تبدأ كما بينا سابقا من حدث بداية المشروع وتنتهي بحدث نهاية المشروع. وهناك نوعين من المسارات :

الاول هو **المسار الحرج** ( Critical Path ) وهو ذلك المسار الذي الذي يجب ان تنفذ الانشطة المكونة له في وقتها المحدد والا ادى الى تأخير تنفيذ المشروع بأكمله وعليه يتوقف حساب وقت انجاز المشروع بالكامل.

الثاني هو المسار غير الحرج ( Slack Path ) وهو ذلك المسار الذي يمكن تأجيل انشطته دون التأثير على وقت انجاز المشروع بالكامل.

تحديد هذين النوعين من المسارات من اهم اهداف تحليل شبكات الاعمال.

النشاط الحرج ( Critical Activity ) : هو النشاط الذي يجب تنفيذه في وقته المحدد والانشطة الحرجة هي التي يتكون منها المسار الحرج .

النشاط الوهمي : يمثل هذا النشاط في شبكة الاعمال بسهم منقط ويستخدم لغرض تطبيق التسلسل والترابط المنطقي لفعاليات المشروع علما ان الوقت المخصص له يساوي صفر.

قواعد بناء شبكات الاعمال:

1- لكل مخطط شبكي حدث بداية واحد وحدث نهاية واحد.

2- قبل البدء بأي نشاط يجب انجاز الانشطة السابقة له .

3- كل حدثين متتابعين لايمكن ربطهما بأكثر من نشاط واحد , ويمكن معالجة ذلك باستخدام الانشطة الوهمية كما في الشكل الاتي:

هذا التمثيل غير صحيح

التمثيل الصحيح يكون كالاتي:

4- الانشطة يجب ان تكون بأتجاه واحد من حدث بداية المشروع الى حدث نهاية المشروع ولا يجوز رسم سهمين متعاكسين.

5- تجنب تقاطع الانشطة.

تحديد المسار الحرج:

هناك طريقتين لتحديد المسار الحرج هما:

1- الطريقة البيانية: وفيها يتم تحديد جميع المسارات لشبكة الاعمال والمسار الحرج هو ذلك المسار الذي له اطول وقت. اذ ان طول المسار يساوي مجموع ازمنة جميع الانشطة المؤلفة له.

2- الطريقة الرياضية ( طريقة الوقت الفائض Float Time Method ):

لتحديد المسار الحرج بموجب هذه الطريقة يجب حساب الزمن المبكر لبداية كل نشاط و الزمن المتأخر المسموح به لأنجاز كل نشاط .

الزمن المبكر لبداية النشاط ( Earliest Start Time ):

وهو الوقت الذي لايمكن ان يبدأ النشاط قبله وذلك لاعتبارات تتعلق بالانشطة السابقة له, اذ لايمكن البدء بتنفيذ النشاط قبل انجاز الانشطة السابقة له. يحسب الوقت المبكر للنشاط ( ij) كالاتي:

ESj = Max ( ESi  + dij )

تحسب لجميع الانشطة الداخلة للحدث j ويؤخذ اكبرها, اذ ان:

ESj يمثل الوقت المبكر للحدث j ( حدث نهاية النشاط ij )

ESi يمثل الوقت المبكر للحدث i ( حدث بداية النشاط ij )

dij يمثل زمن تنفيذ النشاط ij .

يتم حساب الاوقات المبكرة ابتدءا من حدث بداية المشروع وصولا لحدث نهاية المشروع باعتبار ان الوقت المبكر لحدث بداية المشروع يساوي صفر (ES1 = 0 ).

الوقت المتأخر لانهاء النشاط ( Latest Completion Time ):

ويمثل آخر وقت يمكن فيه الانتهاء من النشاط المؤدي الى الحدث j بحيث لا يؤدي الى الاخلال بالوقت الكلي للمسار ويرمز له بالرمز( LCi ) ويحسب كلاتي:

LCi = Min. (LCj - dij )

ويحسب لكافة الانشطة الخارجة من الحدث i .

LCi هو الوقت المتأخر للحدث i

LCj هو الوقت المتأخر للحدث j

يتم حساب الاوقات المتأخرة ابتداء من حدث نهاية المشروع باعتبار ان الوقت المتأخر لحدث نهاية المشروع يساوي وقتها المبكر وهكذا رجوعا لحدث بداية المشروع الذي يجب ان يكون وقته المتأخر يساوي الصفر.

بالاعتماد على الاوقات المبكرة والمتأخرة لأحداث شبكة الاعمال يمكن تحديد المسار الحرج اذ أن المسار الحرج يمر بالاحداث التي يتساوى فيها الوقت المبكر مع الوقت المتأخر لها.

تمثل الاوقات المبكرة والمتأخرة في شبكة الاعمال بالشكل الاتي:

تحديد المسار الحرج وفق هذه الطريقة قد لا يكون متحقق لشبكات الاعمال لبعض المشاريع , لذا نلجأ لأسلوب أكثر كفاءة وهو يعتمد على حساب أوقات المرونة لأنشطة المشروع وهي على ثلاثة أنواع والتي تسمى ايضا بالوقت الفائض ( Float Time ):

1- الوقت المرن الكلي ( الوقت الفائض الكلي ) : Total Float time

ويرمز له TF وهو عبارة عن أكبر وقت يمكن تأجيل المباشرة في تنفيذ النشاط دون التأثير على وقت انجاز المشروع الكلي. الوقت المرن الكلي للنشاط ij يحسب كالآتي:

TFij = LCj – ESj

ESi - dij  = LCj  -

الوقت المرن الكلي لأنشطة المسار الحرج تساوي الصفر بنعني ليس لها وقت فائض ويجب تنفيذها في وقتها المحدد.

2- الوقت المرن الحر ( الوقت الفائض الحر ): Free Float Time

ويرمز له FF ويمثل اكبر وقت يمكن تأجيل المباشرة بتنفيذ النشاط ij اذا ابتدأت كافة الانشطة السابقة له في اوقاتها المبكرة, ويتم حسابه كالآتي:

FFij = ESj – ESi – dij

3- الوقت المرن المستقل ( الوقت الفائض المستقل ): Independent Float Time

ويرمز له IF وهو عبارة عن أكبر وقت يمكن اضافته للنشاط اذا ابتدأت كافة الانشطة السابقة له في اوقاتها المتأخرة وأن كافة الانشطة اللاحقة له قد أبتدأت في اوقاتها المبكرة, يحسب الوقت المرن المستقل وفق الصيغة الآتية:

IFij = ESj – dij – Li

قد تكون قيمة المرن المستقل ذات قيمة سالبة وفي هذه الحالة تشطب القيمة السالبة وتعوض بالصفر.

لتحديد المسار الحرج بالاعتماد على اوقات المرونة فان المسار الحرج هو ذلك المسار الذي تكون اوقات المرونة الثلاثة لأنشطته مساوية للصفر. بمعنى أن النشاط الحرج تكون اوقات المرونة الثلاثة له مساوية للصفر.

مثال:

الجدول التالي يبين التسلسل المنطقي لأنشطة أحد المشاريع .

1- ارسم شبكة الاعمال لهذا المشروع.

2- حدد المسار الحرج بالاعتماد على الطريقة البيانية مع تحديد وقت انجاز المشروع.

3- حدد المسار الحرج بالاعتماد على الطريقة الرياضية بحساب الاوقات المبكرة والمتأخرة لفعاليات المشروع مع تحديد وقت انجاز المشروع.

4- حدد المسار الحرج بالاعتماد على أوقات المرونة لأنشطة المشروع مع تحديد وقت انجاز المشروع.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| وقت تنفيذ الننشاط ( يوم ) | النشاط السابق | النشاط |
| 1 | \_\_\_\_ | A |
| 2 | \_\_\_\_\_ | B |
| 3 | \_\_\_\_ | C |
| 8 | A | D |
| 6 | B | E |
| 9 | B | F |
| 7 | C | G |
| 1 | C | H |
| 10 | D , E , G | I |
| 12 | D , E , F , G , H | J |
| 2 | J | K |
| 1 | I | L |

الحل:

1- رسم شبكة الاعمال:

I D

L 10 8

1 A

0 7 G 6 E B 1

2 K F 2

J 9 C

12 H 3

1

تحديد جميع المسارات لشبكة الاعمال:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| طول المسار ( مجموع اوقات الانشطة المؤلفة للمسار ) | المسار | ت |
| 1 + 8 + 10 + 1 = 20 | A D I L | 1 |
| 1 +8 +12 + 2 = 23 | A D J K | 2 |
| 2 + 6 + 10 +1 = 19 | B E I L | 3 |
| 2 + 6 + 12 + 2 = 22 | B E J K | 4 |
| 2 + 9 +12 + 2 = 25 | B F J K | 5 |
| 3 + 1 + 12 + 2 = 18 | C H J K | 6 |
| 3 + 7 + 10 + 1 = 21 | C G I L | 7 |
| 3 + 7 + 12 + 2 =24 | C G I L | 8 |

من الجدول اعلاه نجد ان اطول مسار هو المسار رقم 5 وطوله 25 يوم وهو الذي يمثل المسار الحرج (B F J K ) وأقل وقت يمكن فيه تنفيد المشروع يكون 25 يوم.

2- حساب المسار الحرج ووقت تنفيذ المشروع بالاعتماد على الاوقات المبكرة والمتأخرة :

حساب الاوقات المبكرة لأحداث شبكة الاعمال:

E1 = 0

E2 = Max. ( E1 + d12 ) = Max. ( 0+1) =1

E3 = Max. ( E1 + d13 ) = Max. ( 0+2) =2

E4 = Max. ( E1 + d14 ) = Max. ( 0+3) =3

E5 = Max. ( E2 + d25 , E3 + d35  , E4 + d45 )

= Max. ( 1+8 , 2+6 , 3+7 ) = 10

E6 = Max. ( E3 + d36 , E4 + d46  , E5 + dummy )

= Max. ( 2+9 , 3+1 , 10+0 ) = 11

E7 = Max. ( E5 + d57 ) = ( 10+10) =20

E8 = Max. ( E6 + d68 ) = ( 11+12) =23

E9  = Max. ( E7 + d79 , E8 + d89 ) = Max. ( 20 + 1 , 23 + 2 ) = 25

تثبت الاوقات المبكرة لأحداث شبكة الاعمال على كل حدث في الشبكة.

حساب الاوقات المتأخرة لأحداث شبكة الاعمال:

L9 = E9 = 25

L8 = Min.( L9 – d89 ) = Min.( 25 – 2 ) = 23

L7 = Min.( L9 – d79 ) = Min.( 25 – 1 ) = 24

L6 = Min.( L8 – d68 ) = Min.( 23 – 12 ) = 11

L5 = Min.( L7– d57 , L6 - dummy ) = Min.( 24 – 10 , 11 - 0 ) = 11

L4= Min.( L6– d46 , L5 – d45 ) = Min.( 11 – 1 , 11 - 7 ) = 4

L3 = Min.( L6– d36 , L5 – d35 ) = Min.( 11– 9 , 11 - 6 ) = 2

L2 = Min.( L5 – d25 ) = Min.( 11 – 8 ) = 3

L3 = Min.( L4– d14 , L3 – d13 , L2 – d12 ) = Min.( 4– 3 , 2 – 2 , 3 – 1 )

= 0

تثبت الاوقات المتأخرة لأحداث شبكة الاعمال على أحداث الشبكة وكما مبين في رسم الشبكة ادناه.

I D

10 8

L A

1 0 7 G 6 E B 1

2 K F 2

J 9 C

12 H 3

1

بعد اكمال حساب الاوقات المبكرة والمتأخرة لأحداث شبكة الاعمال يمكن تحديد المسار الحرج والذي يمر عبر الاحداث التي تتساوى عندها الاوقات المبكرة مع اوقاتها المتأخرة , وعليه فأن المسار الحرج هو ( B F J K ) وان اقل وقت يمكن به انجاز المشروع هو 25 يوم .

4- حساب أوقات المرونة:

حساب الوقت المرن الكلي:

TF12 = L2 – E1 – d12  = 3 – 0 – 1 = 2

TF13 = L3 – E1 – d13  = 2 – 0 – 2 = 0

TF14 = L4 – E1 – d14  = 4 – 0 – 3 = 1

TF25 = L5 – E2 – d25  = 11 – 1 – 8 = 2

TF35 = L5 – E3 – d35  = 11 – 2 – 6 = 3

TF45 = L5 – E4 – d45  = 11 – 3 – 7 = 1

TF36 = L6 – E3 – d36 = 11 – 2 – 9 = 0

TF46 = L6 – E4 – d46  = 11 – 3 – 1 = 7

TF57 = L7 – E5 – d57  = 24 – 10 – 10 = 4

TF68 = L8 – E6 – d68 = 23 – 11 – 12 = 0

TF79 = L9 – E7 – d79 = 25 – 20 – 1 = 4

TF89 = L9 – E8 – d89  = 25 – 23 – 2 = 0

حساب اوقات المرونة الحرة:

FF12 = E2 – E1 – d12 = 1- 0 – 1 = 0

FF13 = E3 – E1 – d12 = 2- 0 – 2 = 0

FF14 = E4 – E1 – d14 = 3- 0 – 3 = 0

FF25 = E5 – E2 – d25 = 10- 1 – 8 = 1

FF35 = E5 – E3 – d35 = 10- 2 – 6 = 2

FF45 = E5 – E4 – d45 = 10- 3 – 7 = 0

FF36 = E6 – E3 – d36 = 11- 2 – 9 = 0

FF46 = E6 – E4 – d46 = 11- 3 – 1 = 7

FF57 = E7 – E5 – d57 = 20- 10 – 10 = 0

FF68 = E8 – E6 – d68 = 23- 11 – 12 = 0

FF79 = E9 – E7 – d79 = 25- 20 – 1 = 4

FF89 = E9 – E8 – d89 = 25- 23 – 2 = 0

حساب اوقات المرونة المستقلة:

IF12 = E2 – d12 – L1  = 1 – 1 – 0 = 0

IF13 = E3 – d13 – L1  = 2 – 2 – 0 = 0

IF14 = E4 – d14 – L1  = 3 – 3 – 0 = 0

IF25 = E5 – d25 – L2  = 10 – 8 – 3 = -1 = 0

IF35= E5 – d35 – L3  = 10 – 6 – 2 = 2

IF45 = E5 – d45 – L4  = 10 – 7 – 4 = -1 = 0

IF36 = E6 – d36 – L3  = 11 – 9 – 2 = 0

IF46 = E6 – d46 – L4 = 11 – 1 – 4 = 6

IF57 = E7 – d57 – L5  = 20 – 10 – 11 = -1 = 0

IF68 = E8 – d68 – L6  = 23 – 12 – 11 = 0

IF79 = E9 – d79 – L7  = 25 – 1 – 24 = 0

IF89 = E9 – d89 – L8  = 25 – 2 – 23 = 0

الجدول التالي يبن أوقات المرونة الثلاثة لانشطة المشروع :

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| IF | FF | TF | النشاط |
| 0 | 0 | 2 | 1 – 2 |
| 0 | 0 | 0 | 1 – 3 |
| 0 | 0 | 1 | 1 – 4 |
| 0 | 1 | 2 | 2 – 5 |
| 2 | 2 | 3 | 3 – 5 |
| 0 | 0 | 1 | 4 – 5 |
| 0 | 0 | 0 | 3 - 6 |
| 6 | 7 | 7 | 4 – 6 |
| 0 | 0 | 4 | 5 – 7 |
| 0 | 0 | 0 | 6 – 8 |
| 0 | 4 | 4 | 7 – 9 |
| 0 | 0 | 0 | 8 – 9 |

من الجدول اعلاه يمكن تحديد الانشطة الحرجة وهي المظللة باللون الغامق اذ نجد ان جميع أوقات المرونة لها مساوية للصفر , لذا فأن المسار الحرج هو ( B F J K ).