Network analysis تحليل الشبكات

Many important optimization problems can best be analyzed be means of graphical or network representation. Network models can be used as an aid in scheduling of large complex projects that consist of many activities. If the duration of each activity is known with certainty, the **Critical Path Method (CPM)** can be used to determine the length of the time required to complete a project. CPM also can be used to find how long each activity in the project can be delayed without delaying the compilation of the project. CPM was developed in the late of 1950s by researchers at du Pont and Sperry Rand.

يمكن تحليل العديد من مشاكل التحسين المهمة بشكل أفضل من خلال تمثيلها بالرسوم البيانية أو الشبكة . يمكن استخدام نماذج الشبكة للمساعدة في جدولة المشاريع المعقدة الكبيرة التي تتكون من العديد من الأنشطة .إذا كانت مدة كل نشاط معروفة على وجه اليقين ، يمكن استخدام طريقة المسار الحرج (CPM) لتحديد طول الوقت المطلوب لإكمال المشروع .يمكن لل CPM ان تستخدم أيضًا لمعرفة المدة التي يمكن فيها تأخير كل نشاط في المشروع دون تأخير اكمال المشروع. تم تطوير CPM في أواخر الخمسينيات من قبل الباحثين في du Pont وSperry Rand

If the duration of the activity is not known with certainty, the **Program Evaluation and Review Technique (PERT)** can be used to estimate the probability that the project will be complete by given deadline. PERT was developed in the late 1950s by consultants working on the development of the Polaris missile.

The basic difference between them is that CPM is a deterministic technique while PERT is a probabilistic technique.

PERT and CPM are the two most popular network analysis technique used in many applications, including: Scheduling construction projects, Building a ship, Designing and marketing a new product, and Installing a new computer.

إذا لم تكن مدة النشاط معروفة على وجه اليقين ، فيمكن استخدام تقنية تقييم ومراجعة البرنامج (PERT) لتقدير احتمالية اكتمال المشروع بحلول الموعد النهائي المحدد. تم تطوير PERT في أواخر الخمسينات من قبل استشاريين يعملون على تطوير صاروخ بولاريس .الفرق الأساسي بينهما هو أن CPM هي تقنية حتمية بينما PERT هي تقنية احتمالية وهما أكثر تقنيات تحليل الشبكات شيوعًا المستخدمة في العديد من التطبيقات ، بما في ذلك: جدولة مشاريع البناء ، وبناء سفينة ، وتصميم وتسويق منتج جديد ، وتثبيت جهاز كمبيوتر جديد.

Basic Network Terminology: مصطلحات الشبكات الاساسية

A graph (رسم بياني) or **network (شبكة)** is defined by two sets of symbols: node (عقدة) event(حدث) and arcs, arrow (→)(سهم)) (activities نشاطات). It is a representation of all the activities, events, dummy activities.

Event: We refer to the nodes in our project as events (starting or completion of a job). It is represented in a network by a circle (O).

Activity: We need a list of the activities that make up the **project**. This consumes resources (Time, human resources, money, and material). The project considered to be complete when all the activities have been complete.

النشاط: نحتاج إلى قائمة بالأنشطة التي يتكون منها المشروع .مثل (الوقت والموارد البشرية والمال والمواد) . يعتبر المشروع قد اكتمل عندما يتم الانتهاء من جميع الأنشطة.

For each activity there is a set of activities called (**predecessors** of the activity) that must be completed before the activity begins.

لكل نشاط هناك مجموعة من الأنشطة تسمى (أسلاف النشاط) يجب إكمالها قبل بدء النشاط

Dummy Activities: This is an activity which does not take time or resources. It is used merely to show logical dependences or sequences between activities so as not violate the rules of drawing network. It is represented in a network by a dotted arrow ( ). - - →

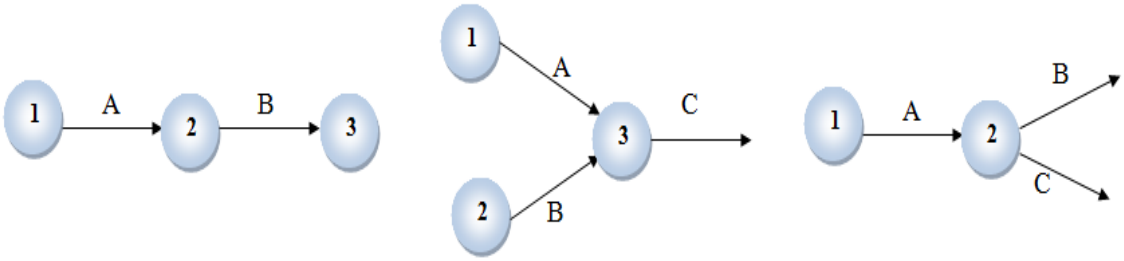
الأنشطة الوهمية: هذا نشاط لا يستغرق وقتًا أو موارد .يتم استخدامه فقط لإظهار الاستقلال المنطقي أو التتابع بين الأنشطة حتى لا تنتهك قواعد رسم الشبكة .يتم تمثيله في شبكة بسهم منقط - - →

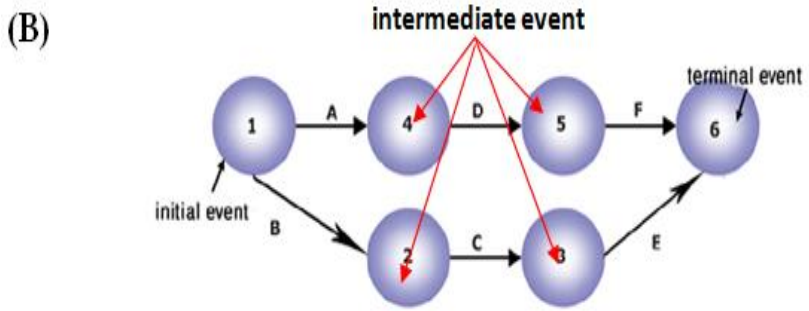
Given a list of activities and predecessors, here the type of **project network** is called **AOA (Activity On Arc)**. AOA is constructed by using some rules:

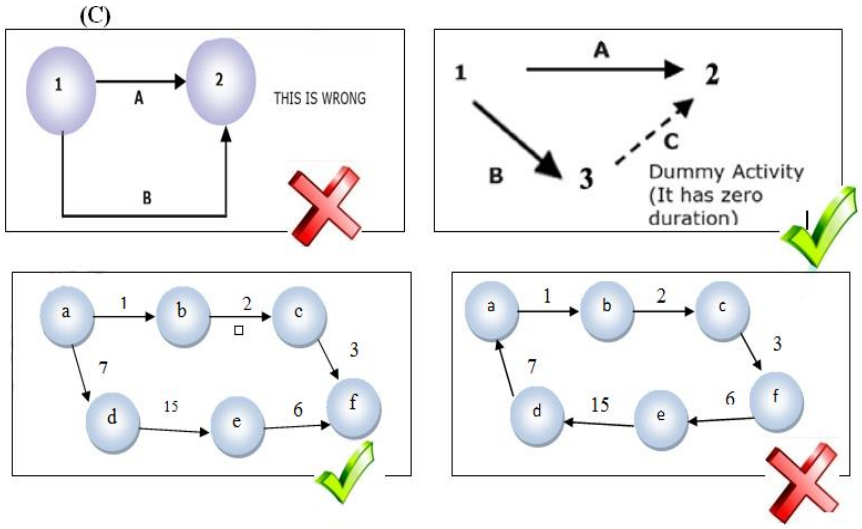
1- Node 1 represents the start of the project. An arc should lead from node 1 to present each activity that has no predecessors. عقدة 1 لا تمتلك نشاط سابق
2- A node (called the finish node) representing the completion of the project should be included in the network. العقدة الاخيرة تمثل اكتمال المشروع
3- Number of nodes in the network so that the node representing the completion of an activity always has large number than the one representing the beginning of an activity.
   رقم العقدة الاخيرة دائما اكبر من رقم العقدة الاولى
4- An activity should not be represented by more than one arc. النشاط لا يمثل باكثر من سهم

5- Two nodes can be connected by at most one arc. يوجد على الاكثر سهم واحد بين العقدتين
6- Loops are not allowed i.e. series of activities which leads back to the same event.
رسم مسار دائري للعقدة الواحدة غير مسموح (سهم يخرج من العقدة ويعود لها)

Example 1: The diagrams (مخططات)represent a project with three activities A, B, C.
1- Activity A must be completed before activity B can begin.
2- Activity A and B must be completed before activity C can begin.
3- Activity A must be completed before activity B and C can begin.



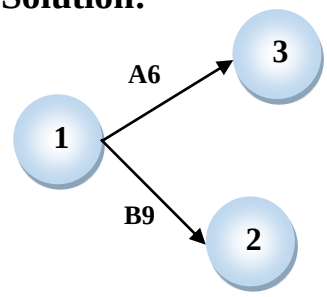


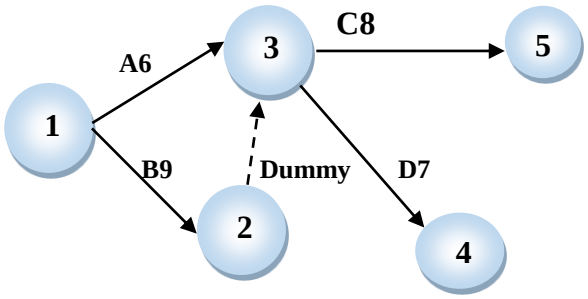


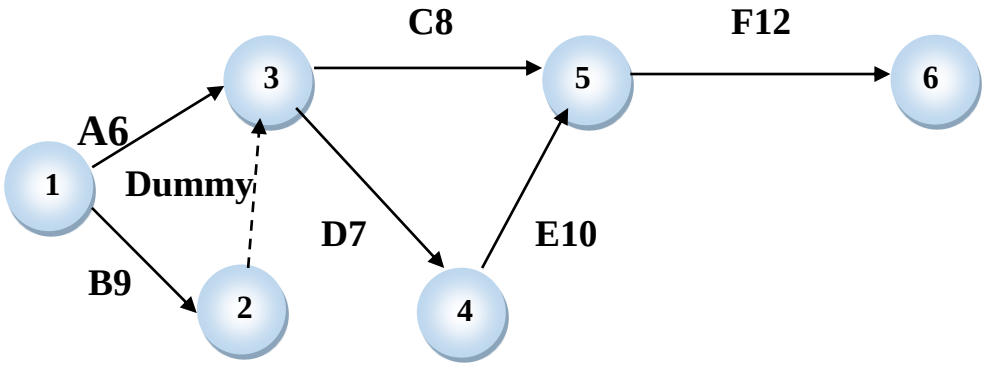
Example (2): Draw the diagram for the following activities

Activities	Predecessors	Duration (Days)
A	-----	6
B	-----	9
C	A, B	8
D	A, B	7
E	D	10
F	C,E	12

Solution:



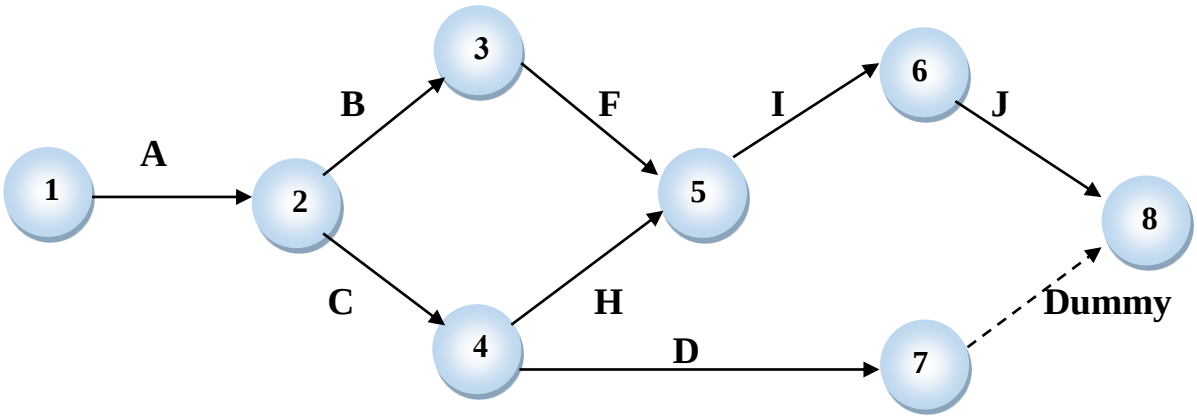




Example 3: Draw the diagram for the following activities

Activities	**Predecessors السلف**
A	-----
B	A
C	A
D	C
F	B
H	C
I	F, H
J	I

Solution: Finish the graph



H. W1: Construct an arrow diagram for the following **job project**:

Activities (Jobs)	**Activities (Jobs) Predecessors**	**Duration Days**
A	------	2 Days
B	------	5 Days
C	A,B	16 Days
D	A	9 Days
E	D	4 Days
F	C,E	6 Days

Critical Path method (CPM) طريقة المسار الحرج

Assuming the duration of each activity is known, the critical path method may be used to find the duration of the project which is the longest path in a project network. It can be calculated using Inspection/Tree diagram method or Forward/Backward pass method.

بافتراض أن مدة كل نشاط معروفة ، يمكن استخدام طريقة المسار الحرج CPM للعثور على مدة المشروع وهو أطول مسار في شبكة المشروع .يمكن حسابه باستخدام طريقة الفحص /مخطط الشجرة أو طريقة المرور الأمامي / الخلفي.

- **Critical Activity (نشاط حرج),** if it starts and finishes times are predetermined مثبت مسبقا (fixed). A delay in the start time causes a delay in the completion time. تسبب تعطيل باكمال وقت المشروع
- **Noncritical activity نشاط غير حرج**, if it can be scheduled in a time span greater than its duration. اذا كان من الممكن جدولته في وقت اطول من مدته

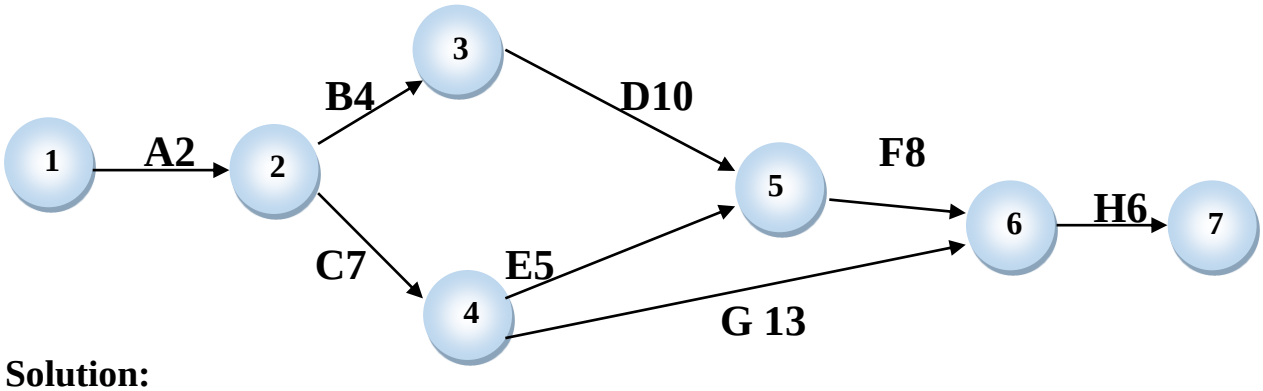
Determination of Critical Path

Step 1: List all the possible sequences from start to finish
اكتب كل المسارات

Step 2: For each sequence determines the total time required from start to finish.
حدد الوقت الكلي لكل مسار

Step 3: Identify the **longest path** (**Critical Path**) حدد المسار الاطول

Example: Use Inspection /Tree diagram method to calculate critical path of the following diagram.



Solution:

Step1. List all the possible sequences from start to finish
Path 1: 1 → 2 → 3 → 5 → 6→ 7
Path 2: 1 → 2 → 4 → 5 → 6 → 7
Path 3: 1 → 2 → 4 → 6 → 7

Step2. For each sequence determine the total time required from start to finish.
Path1: ⇒ 30 days
Path2: ⇒ 28 days
Path3: ⇒ 28 days

Step3. Identify the longest path (Critical Path)
Path1: 1 + 2 + 3 + 5 + 6 + 7 = 30 days

H. W2: Find the critical path for the **job project** in H. W1. above.

This lecture is designed from the following references:
1- Wayne L. Wanston, Operations Research Application and Algorithms, 1991.
2- I.A.Osinuga, **MTS 363 - OPERATIONS RESEARCH** .
3- Rogelio Acuña, **" ANALYSIS OF PROJECT PLANNING USING CPM AND PERT",** Spring 2010.
1- الشمرتي , حامد سعد نور," بحوث العمليات مفهوما وتطبيقا " مكتبة الذاكرة ,الطبعة الاولى ,2010.