الجدولة الزمنية:

- تعد الجدولة الزمنية ضرورية للسيطرة على مدة تنفيذ المشروع و الالتزام بالكلفة المحددة له و عدم تجاوزها الا بنسبة قليلة ان دعت الضرورة لذلك
- يوجد عدد من الأساليب للجدولة الزمنية و أهمها:

• الجدولة الزمنية بأسلوب المنهاج الخطي:

- يعد أسلوب المنهاج الخطي (Bar chart method) من اقدم و ابسط الأساليب التي ما تزال تستعمل بنجاح حاليا و على نطاق واسع في تخطيط و برمجة المشاريع الانشائية و السيطرة عليها، و تعود بداية هذا الأسلوب الى عام 1915 م عندما جرى ابتكاره و العمل به من قبل (Harry Gantt) احد الرواد العاملين في مجال الإدارة الحديثة، وذلك تلبية لحاجة المختصين باعمال البناء و الانشاءات الى وسيلة علمية لبرمجة المشاريع الانشائية.

- تعتمد الجدولة الزمنية بأسلوب المنهاج الخطي على تجزئة العمل او المشروع الى عدد مناسب من الفعاليات المترابطة، و من ثم ترميز كل من تلك الفعاليات بشكل خط او شريط مستقيم يرسم افقيا من اليمين الى اليسار حيث تمثل بداية الخط وقت المباشرة بالفعالية، و تمثل نهايته وقت الانتهاء منها اما طوله فيتناسب باستعمال مقياس معين مع المدة المتوقع ان تستغرقها انجاز الفعالية، حيث يجري تخمين هذه المدة من قبل المهندس المخطط بالايام او الأسابيع او الأشهر وفقا لدرجة التفصيل المطلوبة و الغاية من اعداد المنهاج.

ت	وصف الفعالية	مدة الفعالية يوم	المدة بالايام							
			9	8	7	6	5	4	3	2	1
1	الفعالية A	3									
2	الفعالية B	2									
3	الفعالية C	4									
4	الفعالية D	2									

يتبع الجدول التسلسل المنطقي للفعاليات

- **تبدا الفعالية A من اليوم الأول و تنفذ بثلاثة أيام**
- تبدا الفعالية B عند انتهاء الفعالية A و تستمر يومين
- **تبدا الفعالية C مع بداية الفعالية B و تستمر أربعة أيام و تنتهي عند اليوم السابع**
- تبدا الفعالية D عند اليوم الخامس و تمتد يومين وتنتهي عند اليوم السابع

- **اذن مدة تنفيذ فعاليات المشروع سبعة أيام**

- يمكن استعمال منهاج البرنامج الخطي لأغراض تخطيط القوى العاملة و المكائن و المعدات الانشائية المطلوبة في المشروع و متابعة نسب التقدم

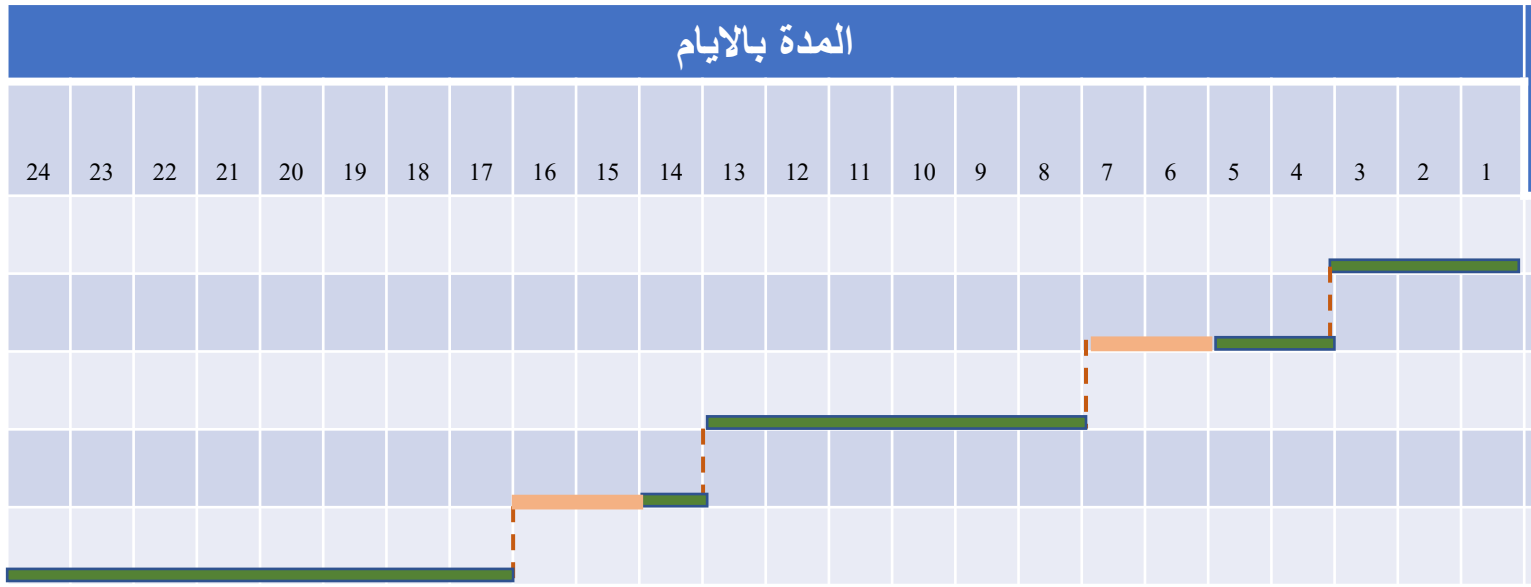
مثال:

- يشتمل جزء من مشروع انشائي على تنفيذ خمسة فعاليات، احتسب المدة المتوقعة لانجاز كل منها كما موضح ادناه:

ت	وصف الفعالية يوم	مدة التنفيذ بالايام
1	حفر الاساس	3
2	صب كونكريت الاساس	2 + (2 يوم مدة تصلب الكونكريت)
3	البناء بالطابوق تحت مانع الرطوبة	6
4	صب كونكريت مانع الرطوبة	1 + (2 يوم مدة تصلب الكونكريت)
5	البناء فوق مانع الرطوبة	8

- **الحل:**

ت	وصف الفعالية	مدة الفعالية بالايام	المدة بالايام
1	حفر الاساس	3	
2	صب كونكريت الاساس	2 + 2	
3	البناء بالطابوق تحت مانع الرطوبة	6	
4	صب كونكريت مانع الرطوبة	2 + 1	
5	البناء فوق مانع الرطوبة	8	



مدة تنفيذ فعاليات المشروع 24 يوم

متطلبات الجدولة الزمنية:

- يتطلب اجراء الجدولة الزمنية لعمل هندسي او مشروع انشائي بأسلوب المنهاج الخطي او أي أسلوب اخر توفر حد ادنى من المعلومات التي تجمع مادة في المشاريع الكبرى بشكل خاص ضمن وثيقة يطلق عليها اسم خطة تنفيذ المشروع (projection execution plan)، لذلك تعتمد درجة التفصيل في المنهاج الزمني في اية مرحلة من مراحل المشروع الى حد كبير على مستوى التفصيل في البيانات و المعلومات التي تشتمل عليها الخطة، و اهم مكونات خطة المشروع هي:

- 1- المخططات الأساسية
- 2- مكونات المشروع
- 3- وصف أساليب التنفيذ
- 4- معدلات قياسية للانتاج

- **1- تخطيط الموقع**
- **2- حفر الأسس و تعديلها**
- **3- صب الأسس بالكونكريت**
- **4- بناء جدران الأسس**
- **5- صب طبقة مانع الرطوبة**
- **6- البناء بالطابوق فوق مانع الرطوبة**
- **7- نصب القالب الخشبي**
- **8- تثبيت حديد التسليح**
- **9- صب كونكريت السقف**
- **10- رفع القالب الخشبي**
- **11- بناء الستارة بالطابوق**
- **12- صب الأرضية**
- **13- اعمال الانهاء الداخلية**
- **14- اعمال الانهاء الخارجية**
- **15- التاسيسات الصحية و المجاري**
- **16- التاسيسات الكهربائية**

- حيث يوفر وضع مكونات المشروع مسبقا بهذا الشكل للمهندس المخطط إمكانية تحديد حجم العمل في كل فعالية بشكل واضح و تحديد المسؤولية و من ثم تقدير الاحتياجات من الايدي العاملة و المكائن و المعدات الانشائية اللازمة لتنفيذ العمل ضمن المنهاج الزمني المطلوب اعداده

3- وصف اساليب التنفيذ:

- يتعين على المهندس المخطط قبل المباشرة بالمنهاج الزمني اعداد قائمة تشمل وصفا مختصرا للاساليب المتوقعة لتنفيذ كل من الفعاليات الرئيسة المكونة للمشروع، و يتم اعتماد هذا الوصف في حساب الموارد اللازمة من معدات و ايدي عاملة كما و يترتب عيه إعادة النظر في الموارد المذكورة في حالة اختيار أسلوب اخر للتنفيذ بعد اعداد المنهاج الزمني

- **و يمكن ان تشمل قائمة وصف أساليب التنفيذ على سبيل المثال المعلومات و البيانات الاتية:**
- 1 – نوعية و خواص الترب بالنسبة الى الحفريات في الموقع، و يمكن الحصول عليها من تقرير فحص تربة موقع المشروع

- **2 – طريقة الحفر لكل جزء من أجزاء موقع المشروع موضحا فيما اذا كان الحفر سيتم يدويا او باستعمال مكائن الحفر و في هذه الحالة ذكر نوع الماكنة سواء كانت مجرفة او الية، حيث ان الإنتاجية للماكنة تختلف بحسب نوع و حجم الماكنة و طبيعة التربة(مثال إنتاجية مجرفة الية ذات حجم (1) m^3 في تربة رملية طينية هي m^3 (190) في الساعة، بينما إنتاجية مجرفة الية ذات حجم m^3 (0.4) هي m^3 (88) في الساعة لنفس النوع من التربة**

- 3 – نوعية الخرسانة المطلوب استعمالها في كل جزء من موقع العمل مع تحديد نسب و أسلوب الخلط و حجم الخلاطة المتوقع استعمالها

4 - معدلات قياسية للإنتاج:

- تستعمل معدلات الانتاج القياسية لغرض تخمين المدد الزمنية التي تستغرقها الفعاليات المختلفة و التي تشتمل عليها المشاريع الانشائية و لا بد من وجود معدلات إنتاجية قياسية معتمدة يمكن الرجوع اليها عند تخمين المدة اللازمة لتنفيذ مثل هذه الفعاليات، و يعرف معدل الإنتاج القياسي عند تنفيذ عمل معين بانه كمية العمل المنجز من قبل عامل واحد خلال ساعة عمل واحدة تحت ظروف قياسية
- **الظروف القياسية:**
- انجاز العمل تحت افضل الممكنة من قبل ايدي عاملة مدربة باستخدام أساليب عمل مناسبة، و لا تعني الظروف القياسية ظروفا مثالية يصعب تحقيقها على الصعيد العملي.
- تقاس كمية العمل المطلوب إنجازه بوحدات القياس المناسبة و هي المتر المكعب و المتر المربع و المتر الطول او الطن و بحسب طبيعة العمل المطلوب القيام به.

مثال:

- معدل الإنتاج القياسي للحفر اليدوي في التربة العادية يساوي $(0.5)m^3$ في الساعة الواحدة للعامل الواحد، و تكتب $(0.5)\ m^3$ / man. Hour ، او باختصار $(0.5)\ m^3$ /M.H.

- ممكن الحصول على معدلات انتاج قياسية لتنفيذ الاعمال في المشاريع الانشائية بإحدى الطريقتين:
- 1 – **الاعتماد على الخبرة العملية المكتسبة** من تنفيذ عدد من المشاريع. و الاستفادة من جمع و تبويب الاحصائيات الكاملة عن معدلات الإنتاج فيها لكل نوع من أنواع الاعمال التي تم إنجازها سابقا لغرض الاستفادة منها في المشاريع الجديدة مع الاخذ بنظر الاعتبار خصوصيات كل مشروع و العوامل المؤثرة على معدلات الإنتاج مثل درجة مهارة العاملين، و طبيعة الموقع، و حالة المناخ في المنطقة.

- يمثل الجدول معدلات الإنتاج القياسية لبعض الاعمال الانشائية المستعملة من قبل احد المقاولين في حسابات تخمين مدد تنفيذ الفعاليات:

- جدول (1) معدلات الإنتاج القياسية لبعض الاعمال الانشائية

ت	وصف العمل	معدل الإنتاج القياسي (w)
1	الحفر اليدوي في ارض طينية عادية فوق منسوب المياه الجوفية الى عمق اقل من 1.5 m	0.3 M.H. / m^3
2	كونكريت غير مسلح للأسس صب موقعي	0.7 M.H. / m^3
3	بناء بالطابوق و مونة الاسمنت 1 : 3	0.06 M.H. / m^3
4	تربيع الارضيات طابوق كسر سمك 8 cm	1.8 M.H. / m^3
5	صب ارضيات كونكريت غير مسلح بسمك 12 cm	1.8 M.H. / m^3
6	لبخ جدران خارجية بمونة الاسمنت و الرمل بنسبة 1 : 3	0.8 M.H. / m^3
7	بياض الجدران الداخلية	0.9 M.H. / m^3

- تكون نتائج التخمينات باستعمال المعدلات المجموعة بمثل هذه الطريقة اقرب الى واقع الحال من غيرها من التخمينات.
- يمثل هذا الجدول معدلات الإنتاج القياسية التي يستخدمها احد المقاولين و الذي تم اعداده استنادا الى المعلومات الإحصائية التي تم جمعها و تبويبها عن طريق تنفيذه للعديد من المشاريع الانشائية التي تشتمل مثل هذه الفعاليات لذلك فان الكميات الواردة فيه قابلة للتعديل عند استعمالها في مشروع جديد ذو خصوصية معينة من حيث الموقع او ظروف العمل تختلف عن الوصف الوارد فيه.

- 2 – استعمال جداول جاهزة موضح فيها معدلات انتاج قياسية لمختلف الفعاليات الانشائية تقوم باعدادها و نشرها مصادر مختصة في مجال الهندسة الاستشارية مثال ذلك مؤلف
- (standard means man hours) الذي تصدره مؤسسة means الاستشارية الشامل على جداول معدلات الإنتاج القياسي لكافة فقرات العمل في مشاريع البناء و الانشاءات، و لكن يجب الانتباه في حالة استخدام مثل هذه الجداول الجاهزة الى انها معدة خصيصا لتناسب ظروف العمل السائدة في بلد معين من حيث مهارة القوى العاملة و المناخ و أساليب العمل.

- لذلك يتعين تحويرها بما يناسب ظروف الحالة المطلوب استخدامها فيها.

- يستفاد من معدل الإنتاج القياسي في حساب الجهد العملي بالساعات العاملة او عدد ال (ساعة. عامل):

- $H = \frac{Q}{W}$ الساعة العاملة (ساعة. عامل) القياسية.....(1)
- H : عدد الساعات العاملة القياسية بوحدات ال (ساعة . عامل)
- Q : كمية العمل المطلوب تنفيذه حسب وحدات القياس الواردة في جدول كميات العمل او المشروع
- W: معدل الإنتاج القياسي

- **على سبيل المثال:**
- اذا كان جدول الكميات في مقاولة احد المشاريع الانشائية يشير الى ان مقدار الكمية (Q) لحفريات الأسس المطلوب تنفيذها يساوي **64** m^3 و ان الحفر سيتم بشكل يدوي في تربة طينية عادية و ان منسوب المياه الجوفية يقل عن 1.5 m عن سطح الأرض، و بالرجوع الى الجدول (1) فقرة الحفر من معدلات الإنتاج القياسي←
- فان عدد الساعات العاملة القياسية المطلوبة على أساس العمل بمعدل انتاج قياسي مقداره 0.3 (m^3 / M.H.) يمكن حسابه بموجب المعادلة (1) كما يأتي:
- الساعة العاملة القياسية H = 64 ÷ 0.3 = 213 (M.H.) قياسي
- من ذلك يمكن تعريف الساعة العاملة القياسية (standard man hour) بانها: الجهد المباشر المطلوب من الايدي العاملة لتنفيذ عمل معين بمعدلات انتاج قياسية.
- يشار الى الساعة بوحدات ال (ساعة . عامل) كما يشير اليها بعض المصادر بوحدات ال(ساعة . رجل).

حساب مدة تنفيذ:

- بعد تحديد مجموعة الساعات العاملة لتنفيذ فعالية انشائية معينة فان بالإمكان حساب مدة تنفيذ العمل بالوحدات الزمنية (ساعة، يوم، أسبوع، شهر) و ذلك وفقا لعدد العاملين المخطط له او المتوقع استخدامه لتنفيذ الفعالية الانشائية باستخدام المعادلة الاتية:
- $T = \frac{H}{M}$ (مدة تنفيذ الفعالية.....(2)
- بالرجوع الى المثال السابق و بافتراض ان العدد المتوفر من اعمال الحفر هو (8) عمال فان المدة القياسية المتوقعة لانجاز عملية الحفر يدويا من قبل هذا العدد من العمال بموجب المعادلة (2) هي:
- 213 ÷ 8 = 27 ساعة او (4) بمعدل (8) ساعات عمل يوميا

- و من المعادلتين (1) و (2) يمكن الاستنتاج بان المدة القياسية المتوقعة يمكن حسابها كما يأتي:
- $M * T = \frac{Q}{W}$ او
- باختصار المدة القياسية فان $T = \frac{Q}{M*W}$ .....(3)

العوامل التي تحدد الإنتاجية:

- يضاف الى بعض العوامل العامة المحددة لمعدلات الإنتاجية في مشاريع البناء و الانشاءات مثل المناخ و الكفاءة الإدارية للمقاول و مهارة الايدي العاملة، كما يوجد أيضا عوامل أخرى تؤثر تاثيرا مباشرا في إنتاجية الايدي العاملة منها:

- **1 – ظروف العمل:**

- تقلل ظروف العمل الصعبة داخل الموقع من الإنتاجية بينما تعمل سهولتها على زيادتها و تشمل ظروف العمل جملة أمور منها حجم العمل و طبيعة الموقع و مرونة حركة المواد و الاليات فيه، و أساليب العمل المناسبة التي يستخدمها المقاول فضلا عن الارتفاع عن **مستوى سطح الأرض** و مسالك الوصول و سعة الحيز الذي يجري فيه العمل من البناية.

- **2 – الاشراف الجيد:**
- يعمل الاشراف في موقع العمل على الايدي العاملة و التوجيه الصحيح لها على زيادة معدلات الإنتاجية عن طريق تقليص الهدر الحاصل في الوقت و المواد الانشائية، و يعتمد ذلك أساسا على كفاءة و مؤهلات الجهاز الهندسي الفني المشرف في موقع عمل المشروع الانشائي.
- يمكن ضمان الاشراف الجيد عن طريق إدارة و اشراف الجهة المنفذة للمشروع سواء كان ذلك العمل ينفذ من قبل مقاول او ينفذ بشكل مباشر من قبل صاحب العمل.
- يتوجب ان يكون لدى الجهة المنفذة جهاز اشراف كفوء و متواجد في موقع العمل للمشروع الانشائي بصورة دائمة و مستمرة طوال مدة تنفيذ اعمال المشروع.
- يجب ان يشمل هذا الجهاز على الاعداد الكافية، بموجب هيكل تنظيمي يتم التخطيط له مسبقا، يحتوي على الاعداد الكافية من المهندسين و الفنيين و المشرفين و رؤساء العمل من ذوي الخبرة و المهارة في الاعمال التي تم استخدامهم من اجلها.