الفصل التاسع
الجدولة والتحميل

تعريف جدولة العمليات الإنتاجية: Scheduling

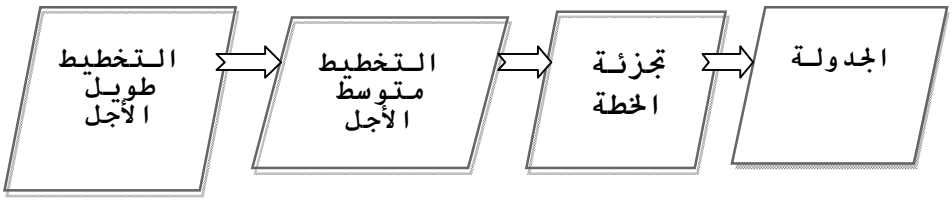
في الحياة العملية الجدولة تعني وضع جدول زمني للأنشطة التي سيتم انجازها وتوقيت البدء والانتهاء والموارد المخصصة لكل نشاط من هذه الأنشطة .

أو يمكن تعريفها بأنها عملية تخطيط الإنتاج على مدى فترات قصيرة الأجل (أسابيع، أيام، ساعات) وهي تشمل تخصيص الموارد المتاحة (معدات، عمالة، مواد مساحات ...) على الأوامر الإنتاجية أو على الأعمال و الأنشطة اللازمة أو على خدمة مجموعة من المستهلكين .ومن أمثلة ذلك تخصيص آلات معينة لتنفيذ أوامر إنتاجية محددة أو تخصيص ممرضات أو أطباء للقيام بخدمة مجموعة من المرضى.

وباختصار جدولة الإنتاج هي تحديد متى وأين يتم أداء كل عملية لإنتاج سلعة أو تقديم خدمة وتخصيص الموارد المتاحة على مراكز العمل .

جدولة الإنتاج الرئيسة: هي مجموعة أرقام من منتجات واجب تصنيعها بكميات وأوقات محددة ،هي خطة تصنيع وليست خطة مبيعات ،معتمداً في إعدادها على إجمالي الطلبات على موارد المصنع المتضمنة مبيعات المنتج النهائي على أن تكون ممكنة التصنيع من خلال توفر طاقة تصنيعها وقدرة المجهزين على تلبية احتياجات التصنيع ،وتخطيط وسائل الإنتاج من رأس مال وموارد أولية وأيدي عاملة لغرض تسهيل تنفيذها .

إن جدولة الإنتاج ما هي في الواقع إلا آخر عملية من عمليات تخطيط الإنتاج فعمليات تخطيط الإنتاج تبدأ بشكل متدرج من الأعم والأشمل إلى الأكثر تحديداً وتفصيلاً، فتخطيط الإنتاج يبدأ بالتخطيط طويل الأجل أو ما يدعى بتخطيط الطاقة، الذي تشتق منه الخطط متوسطة الأجل أو ما نسميه التخطيط الإجمالي للإنتاج، بعد ذلك تتم تجزئة الخطة متوسطة الأجل تمهيداً للبدء في عملية الجدولة، والشكل التالي يوضح ذلك:



تتابع عمليات تخطيط الإنتاج

أهمية جدولة العملية الإنتاجية:

تعتبر عمليات الجدولة من العمليات الهامة بالنسبة للمنظمات على اختلاف أنواعها وأحجامها ومهما اختلفت طبيعة نشاطها ،وتظهر أهمية الجدولة من حقيقتين أساسيتين:

١) إن عدم كفاءة وفعالية عمليات الجدولة يؤدي إلى سوء استخدام الموارد المتاحة بهذه المنظمات ،يظهر ذلك في شكل وجود آلات أو أفراد أو معدات عاطلة في انتظار البدء في تشغيل بعض الأوامر وبالطبع يترتب على ذلك ارتفاع تكاليف الإنتاج مما يضعف من قوة المنظمة التنافسية .

٢) تؤدي عدم الكفاءة في الجدولة إلى تحرك أوامر الإنتاج ببطء في العملية التشغيلية مما يترتب عليها في كثير من عدم القدرة على تسليم الطلبيات في مواعدها مما يؤدي إلى عدم رضا العملاء الأمر الذي يؤثر على سمعتها ويجعلها تفقد بعض هؤلاء العملاء ،وأحياناً تضطر المنظمة من أجل معالجة مثل هذه الحالة بالإسراع في انجاز تلك الأوامر الهامة المتأخرة من خلال التركيز على زيادة الموارد المستخدمة ،الأمر الذي يؤدي إلى زيادة تكاليف التشغيل بالمنظمة .

أهداف جدولة العمليات الإنتاجية :

أصبح واضحاً أن الهدف الأساسي للجدولة يتمثل في تحديد التوقيتات اللازمة لانجاز كل عملية من العمليات الإنتاجية، بالإضافة إلى تحقيق الكفاءة والفعالية في استغلال الطاقة الإنتاجية المتاحة بالمنظمة مع ضمان تحقيق أفضل مستوى خدمة للعملاء والمستهلكين ،ويترتب على ذلك بلا شك تخفيض التكاليف وإقامة العلاقات الطيبة بين المنظمة وعملائها، وذلك من

خلال الالتزام بتسليم الطلبيات في المواعيد المتفق عليها وهذا يؤدي إلى تحسين ربحية المنظمة وتدعيم مركزها التنافسي في الأسواق .

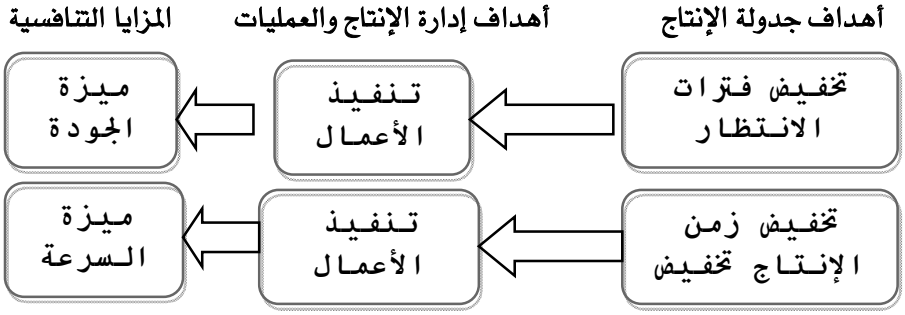
وبشكل أكثر تركيزاً ووضوحاً نستطيع تحديد أهداف جدولة الإنتاج في الآتي :

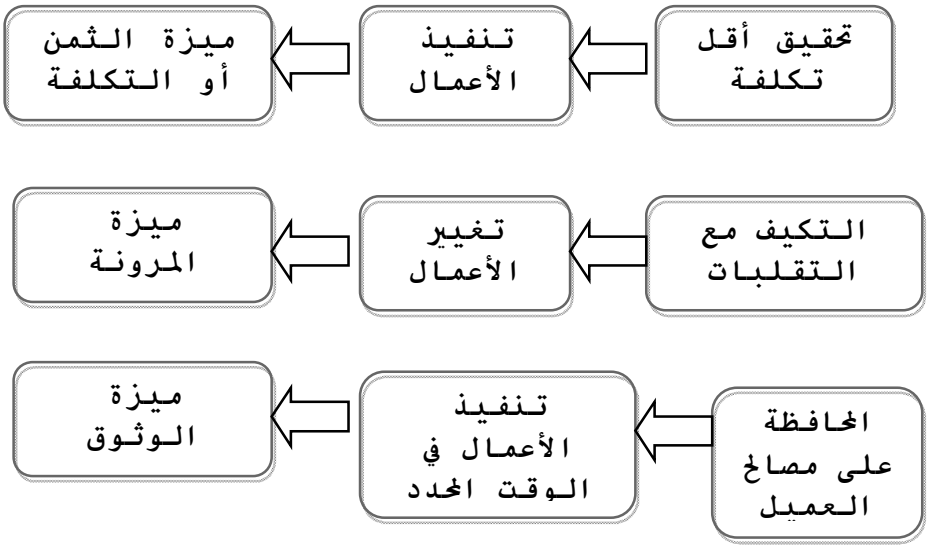
١. تعمل الجدولة على خفض وقت التحضير والإعداد للموارد والعمليات مما سيؤدي إلى تقليل زمن دورة التشغيل ،ويمثل ذلك وفراً في الطاقة الإنتاجية المتاحة بالمنظمة مما يعني وجود طاقة إضافية يمكن للمنظمة أن تستفيد منها .

٢. تسعى الجدولة من خلال التحكم في التوقيت والطاقات المتاحة إلى خفض تكاليف الإنتاج من خلال السرعة في تلبية طلبات الزبائن ،وذلك من خلال تخفيض عمليات مناولة المواد وخاصة في حالة إنتاج الطلبيات حيث يترتب على ذلك تخفيض حجم المخزون السلعي من المنتجات تحت التشغيل مما يؤدي إلى تقليل رأس المال المستثمر في هذا المخزون وتخفيض تكاليف التخزين وقلة العادم والتالف ومنع وجود التكدس حول الآلات، كما يترتب على خفض عمليات المناولة أيضاً تقليل وقت الأداء الفعلي مما يؤدي إلى انخفاض التكاليف .

٣. تحقيق رضا العملاء ويأتي ذلك عن طريق الالتزام بتسليم الطلبيات إلى هؤلاء العملاء والمستهلكين في المواعيد المحددة والمتفق عليها معهم دون تأخير .

تترجم أهداف عملية الجدولة الأهداف الأساسية لإدارة الإنتاج والعمليات ويتضح ذلك من خلال الشكل التالي:





يبين هذا الشكل أن الهدف الأول لعملية الجدولة يتمثل في تخفيض فترات الانتظار أثناء التشغيل أي تنفيذ الأعمال بكفاءة مما يحقق ميزة الجودة في العمل .أما الهدف الثاني هو تخفيض زمن الإنتاج وزمن تجهيز الآلات أو انتقال المواد أي تنفيذ الأعمال في الوقت المحدد بما يعطي ميزة السرعة في تنفيذ الأعمال وكذلك الهدف الثالث وهو تحقيق أدنى قدر من تكاليف الإنتاج والتخزين أي تنفيذ الأعمال بتكلفة منخفضة مما يعطي ميزة الثمن أو التكلفة ،أما الهدف الرابع وهو التكيف مع التقلبات العشوائية المؤثرة على حجم الطلب أي تغيير الأعمال مما يعطي ميزة المرونة أما الهدف الأخير وهو المحافظة على الصالح الشخصي للعميل أي تنفيذ الأعمال في الوقت المحدد مما يعطي ميزة الوثوق ومن خلال تحقيق هذه الأهداف يتحقق الاستخدام الفعال Effective والكفء Efficient للطاقة الإنتاجية التي تم تحديدها مسبقاً مع ضمان أفضل مستوى خدمة العملاء .

نظام جدولة العملية الإنتاجية:

من الطبيعي أن ينظر للجدولة على أنها نظام System وهذا النظام يتكون من عناصر النظام المختلفة وهي :

١) مدخلات نظام الجدولة:

إن مدخلات نظام الجدولة ما هي في الواقع إلا البيانات الضرورية لعملية الجدولة والمتعلقة بتخصيص الطاقة على الأوامر الإنتاجية ،ووضع أولويات الأوامر فالبيانات المتعلقة بالطاقة يمكن الحصول عليها من مصادر محددة، مثل قائمة العمليات والتي تحدد الموارد المحددة لتنفيذ مهمة محددة وبيان المواد أو قائمة المواد التي تحدد الاحتياجات من المواد والأجزاء لكل عملية إنتاجية ،أما البيانات المتعلقة بالاحتياجات من القوى العاملة فيمكن الحصول عليها من بنك المهارات مثلاً والمهم هنا أن تتمتع هذه البيانات بالدقة المطلوبة وتتناسب مع توصيف قوائم العمليات وبيان المواد .

٢) مخرجات نظام الجدولة:

في الواقع إن مخرجات نظام الجدولة تتمثل في اتخاذ قرارات تتعلق بمجموعة أنشطة الجدولة وهي:

أ) **التحميل** (Loading) :وهذا النشاط يعني التوفيق بين الطاقات اللازمة لتنفيذ أوامر الإنتاج التي تم استلامها وبين الطاقات المتاحة فعلاً، وتكون نهاية نشاط التحميل هو تخصيص الأوامر على الآلات، الأفراد، التسهيلات الأخرى وبما يؤدي إلى خفض تكاليف التشغيل إلى أدنى حد ممكن.

ب) التتابع (Sequencing)**: وهذا النشاط يقصد به وضع أولويات أو تتابع تشغيل الأوامر الإنتاجية.**

ت) المراقبة (Controlling)**: وهذا النشاط يهدف إلى التأكد من حسن تنفيذ وتحميل وتتابع الأوامر الإنتاجية ،ويمكن إجراء تعديل على التتابع حسب الحاجة وعمل تشهيل للأوامر المتأخرة .**

٣) القيود المفروضة على نظام الجدولة:

إذ أن هناك جملة من القيود الواجب مراعاتها عند تحقيق الأهداف المنشودة من الجدولة ،في ظل تطبيق أي من البدائل المتاحة أمام الإدارة ،ومن هذه القيود :

- حدود الطاقة
- تتابع العمليات التكنولوجية
- مستلزمات الخطة الإجمالية للإنتاج من المواد والعمالة
- حجم المخزون الاحتياطي بين المراحل والمتاح منه
- احتياجات خطة الصيانة

٤) متغيرات القرار لنظام الجدولة: Decision Variables

ويقصد بمتغيرات القرار تلك المتغيرات المؤثرة في عمليات إعداد ومراقبة الجدولة ،ويمكن للإدارة التحكم في هذه المتغيرات ومن أمثلة هذه المتغيرات:

- وضع معدل الإنتاج الفعلي سواء في الوقت العادي أو الإضافي
- حجم قوة العمل اليومية
- التخصيص المحدد للأوامر على الموارد عمالة، آلات...
- التتابع أي تحديد أولويات تتابع الأوامر على مراكز العمل

٥) معيار الأداء لنظام الجدولة: Performance Criteria

إذ غالباً ما يتم الحكم على أداء نظام الجدولة من خلال قدرته على تحقيق أهداف الجدولة الأساسية وهي :الالتزام بمواعيد التسليم للطلبيات، واستغلال الطاقات المتاحة ،فالالتزام بالمواعيد مثلاً يمكن قياسه من خلال مؤشر نسبة الطلبيات المسلمة في المواعيد المتفق عليها إلى إجمالي الطلبيات.

العوامل المؤثرة في جدولة العملية الإنتاجية:

توجد العديد من العوامل التي تؤثر في جدولة الإنتاج والعمليات ويمكن توضيح أهم هذه العوامل وبيان كيفية تأثيرها في عمليات الجدولة فيما يلي :

١) كيفية الطلب على الإنتاج أو الخدمة:

ويقصد بذلك كيفية ورود أوامر الإنتاج حيث هناك حالتين في هذا الصدد ،الحالة الأولى الورود في لحظة واحدة Static arrival وفيها يتم تسليم أوامر الإنتاج أو الطلب على الخدمة لمراكز الإنتاج في وقت واحد ويكون للمركز الإنتاجي قرار اختيار أي منهم للبدء به ،لا يعني ذلك –عملياً- أن الأوامر ترد للمنظمة في وقت واحد ولكن يرجع إلى المستهلك أو العميل ولا

يمكن التحكم فيه.مثال ذلك فتح باب الحجز على سلعة معينة لفترة محدودة يتم فيها تلقي الأوامر والطلبات أما الحالة الثانية فهي ورود الطلبيات والأوامر في أي وقت Dynamic arrival وفيها يتم تسليم الأمر للمركز الإنتاجي حسب وصوله ومثال ذلك غرفة الطوارئ في المستشفيات .

٢) مسار التدفق خلال الوحدة الإنتاجية Routing :

في أغلب الأحيان تتكون الوحدة الإنتاجية من أكثر من مركز إنتاجي أو قسم ويتم إنتاج الطلبية أو تقديم الخدمة بالمرور على بعض أو كل هذه المراحل ،لذلك يمكن التمييز بين الحالة التي تمر فيها كل الأوامر الإنتاجية على نفس العمليات وبنفس التتابع والتي تعرف بحالة الوحدة ثابتة التدفق Flow Shop والحالة الثانية التي يكون فيها لكل أمر أو طلبية تدفق معين حسب مواصفات المنتج أو نوع الخدمة المطلوبة من العملاء كما هو الحال في نظام إنتاج الطلبيات والتي تتم عن طريق الوحدة الإنتاجية Job Shop بينما تتمثل الحالة الثالثة في تقديم منتج وحيد أو خدمة وحيدة فريدة ومميزة وتدعى Projects المشروعات .

٣) عدد ونوع المراكز الإنتاجية والآلات الموجودة :

يختلف أسلوب تحديد عمليات الجدولة باختلاف عدد ونوع الآلات والمعدات المتاحة، وكذلك باختلاف نوع العمليات المطلوبة لمعالجة كل أمر إنتاجي .

٤) أولوية تتابع تنفيذ الأوامر:

يعتمد تحديد تتابع الأوامر الإنتاجية على استخدام العديد من القواعد مثل تنفيذ الأوامر الحرجة أولاً، وتنفيذ الأوامر التي تستغرق وقتاً أقصر أولاً، أو الأوامر التي ترد أولاً تنفذ أولاً، أو الأوامر التي ترد أخيراً تنفذ أولاً.

٥) معايير تقييم وتتابع الأوامر:

توجد العديد من المعايير التي يتم استخدامها للمقارنة بين البدائل المتاحة عند إجراء عمليات الجدولة المختلفة، ومن أمثلة هذه المعايير متوسط وقت

إنتاج الطلبية، ومتوسط التأخير عن موعد التسليم المحدد، ومما هو جدير بالذكر في هذا الصدد أن استخدام هذه المعايير يختلف باختلاف حالات الإنتاج في المنظمات الصناعية عنها في المنظمات الخدمية .

الجدولة في حالة خط الإنتاج (Flow shop Scheduling)

تتوقف طبيعة عمليات الجدولة في حالة خط الإنتاج على تحديد وفهم خصائص وسمات الإنتاج المستمر والتي يمكن تلخيصها بصفة أساسية في التدفق الثابت والمستمر للإنتاج والعمليات، كما يتم الترتيب الداخلي للآلات والمعدات على أساس المنتج .

وفي ضوء ذلك فإن الجدولة في حالة خط الإنتاج تعتبر عملية بسيطة وسهلة بيد أنه تظهر مشكلة تعوق تتابع العمليات الإنتاجية وتؤدي إلى عدم توازن الخط الإنتاجي وذلك إذا كان معدل مخرجات هذا الخط يختلف من محطة عمل إلى محطة عمل أخرى مما يؤدي إلى سوء استخدام الطاقة الإنتاجية المتاحة لمراحل الإنتاج المختلفة، كما يؤدي إلى أيضاً إلى البطء في سرعة الخط الإنتاجي لارتباطه وتقيده بأقل طاقة إنتاجية متاحة، حيث تصبح هذه المحطة هي المتحكمة في سرعة هذا الخط، مما يجعل هذه المحطة تمثل نقطة اختناق على الخط الإنتاجي كله .

وبذلك فإن عدم تساوي أزمنة تنفيذ العمليات المختلفة على خط الإنتاج يترتب عليها وجود أعطال في الوقت، حيث تتعطل بعض العمليات التي تستغرق وقتاً أقل (السريعة) انتظاراً للانتهاء من إنتاج بعض العمليات التي تستغرق وقتاً أكبر (البطيئة)، كما أنه إذا تم إنتاج العمليات السريعة في وقتها قبل العمليات البطيئة فإن ذلك يساعد على تراكم المخزون من المواد أو المنتجات تحت التشغيل وذلك انتظاراً للانتهاء من إنتاج العمليات البطيئة مما يؤدي إلى زيادة تكلفة التخزين .

وبناء على ذلك فقد أصبح من المهام الأساسية لجهاز تخطيط ومراقبة الإنتاج والعمليات بالمنظمة ضرورة العمل على تحقيق التوازن بين المراحل الإنتاجية المختلفة على خط الإنتاج ،وذلك لتحقيق أقصى استغلال ممكن للموارد الإنتاجية المتاحة من الآلات والمعدات والعمالة...

ويقصد بموازنة خط الإنتاج تجميع الأنشطة أو الأعمال المختلفة اللازمة لإنتاج سلعة أو تقديم خدمة معينة في مجموعات رئيسية وذلك بغية تحقيق التقارب بين أزمنة هذه المجموعات .

ومما هو جدير بالذكر في هذا الصدد أنه إذا كان يمكن تحقيق التوازن التام على خط الإنتاج من الناحية النظرية حيث تتساوى أزمنة تنفيذ كل المراحل الإنتاجية على هذا الخط، فإن ذلك لا يمكن تحقيقه من الناحية العملية ويرجع ذلك بطبيعة الحال إلى استحالة تحقيق ذلك من الناحية الفنية، حيث لا يمكن مثلاً تجميع أنشطة دهان سلعة ما مع نشاط رشها بالماء إذا كان ذلك من المتطلبات الفنية لإنتاجها .

وعلى الرغم من ذلك فإن الأمر يتطلب ضرورة تحديد الحد الأدنى من محطات العمل على خط الإنتاج واللازمة لتنفيذ عمليات معينة، فضلاً عن تخصيص هذه العمليات على الأعداد المحددة من محطات التشغيل وذلك بهدف تخفيض الأعطال التي تحدث على الخط الإنتاجي إلى أقل قدر ممكن.

وفي ضوء ما تقدم يمكن إلقاء الضوء على عمليات الجدولة في حالة خط الإنتاج وذلك من خلال توضيح المثال التالي :

مثال فيما يلي مجموعة من العمليات اللازمة لإنتاج سلعة ما وفقاً لترتيبها والوقت اللازم لكل منها بالدقيقة:

A	B	C	D	E	F
١.٢	١.٨	٤	١.١	٠.٣	٠.٦

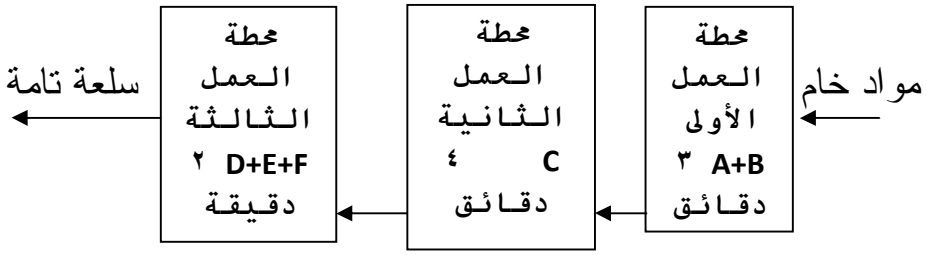
فإذا علمت أن عدد ساعات العمل في اليوم ٨ ساعات ،والمطلوب تخصيص العمليات السابقة في ثلاث مجموعات أو محطات عمل وفقاً لتوالي تلك العمليات ووقت دورة التشغيل على الخط الإنتاجي .

ويمكن الإجابة على هذا السؤال بتحديد الحد الأدنى لوقت دورة تشغيل الخط الإنتاجي وهو هنا =٤ دقائق وبالتالي يمكن تخصيص العمليات الست

السابقة في ثلاث مجموعات أو محطات تشغيل مع الأخذ في الاعتبار أيضاً توالي ترتيب تلك العمليات .

ويتم ذلك بتخصيص العمليات (A، B) معاً لمحطة العمل الأولى، حيث يبلغ مجموع الوقت المطلوب لتنفيذهما معاً ٣ دقائق (١,٨+١,٢) ويتم تخصيص العملية (C) لمحطة العمل الثانية نظراً لأن وقت تنفيذها مساوياً لوقت دورة الإنتاج وهو ٤ دقائق كما يمكن تخصيص باقي العمليات (D، E، F) لمحطة العمل الثالثة ويبلغ الوقت المستغرق في تنفيذها ٢ دقيقة .

وبناء على ذلك يمكن تجميع العمليات الست السابقة في ثلاث مجموعات عمل كما يلي :



ومن خلال الاعتماد على البيانات الواردة بمحطات التشغيل الثلاث السابقة، فإذا علمت أنه يتم إنتاج ٤ وحدات وأن التشغيل يبدأ في تمام الساعة الثامنة صباحاً والمطلوب:

١. تحديد مدى وجودة التوازن على الخط الإنتاجي .
٢. تحديد طاقة خط الإنتاج في اليوم وفي الأسبوع .
٣. تحديد زمن دورة التشغيل اللازمة لإنتاج ٢٤٠ وحدة في اليوم وإنتاج ١٢٠٠ وحدة في الأسبوع .
٤. تحديد معدل كفاءة خط الإنتاج ونسبة الأعطال .
٥. تحديد مقدار العطل في الدورة الواحدة ونسبته .

ويمكن الإجابة عن الأسئلة السابقة فيما يلي :

١) تحديد مدى وجودة التوازن على الخط الإنتاجي .

بمجرد النظر فإنه يتضح من تحليل بيانات السابقة أن الخط الإنتاجي يعاني من مشكلة عدم التوازن ،ويرجع ذلك بطبيعة الحال إلى عدم تساوي أزمنة التشغيل على محطاته الثلاث .

من الأفضل هنا عدم الاعتماد على التحليل بمجرد النظر بل يتطلب الأمر إعداد جدول تحليلي يمثل تدفق التشغيل على خط الإنتاج عبر محطات التشغيل الثلاث ،حيث يكشف ذلك بصورة واضحة عن مشكلة عدم التوازن على الخط الإنتاجي ،كما يكشف أيضاً عن كل الآثار السلبية الناتجة عن وجود تلك المشكلة ،هذا ويمكن توضيح ذلك كما يلي :

تدفق التشغيل على خط الإنتاج بمحطات العمل

المحطة		المحطة الثانية			المحطة الثالثة				زمن
زمن	زمن	زمن	زمن	زمن	وقت	زمن			الدورة
ق	ق	ق	ق	ق	ق	ق	س		
–	٣	–	٣	٧	–	٧	٩	٨	٤
٦	٩	٢	١١	١٥	٢	١٥	١	٨	4
٩	١٢	٣	١٥	١٩	٢	١٩	٢	٨	4

من خلال هذا الجدول يتضح أن الزمن الكلي لإنتاج الوحدة يختلف عن سرعة الخط الإنتاجي ،حيث يبلغ الزمن الكلي لإنتاج الوحدة على خط الإنتاج =زمن التشغيل في المحطة الأولى +زمن التشغيل في المحطة الثانية +زمن التشغيل في المحطة الثالثة=٣+٤+٢=٩ دقائق .

بينما تبلغ سرعة الخط الإنتاجي ٤ دقائق وهو زمن أبطأ محطة تشغيل وهي التي تتحكم في سرعة الخط، ويطلق على هذه السرعة زمن الدورة وهو أيضاً الزمن الذي يتم فيه إنتاج وحدة واحدة بواسطة الخط الإنتاجي .

يؤكد هذا الجدول على عدم توازن الخط الإنتاجي نظراً لاختلاف الأوقات المخصصة للمحطات التي يتكون منها .

تحديد طاقة خط الإنتاج في اليوم وفي الأسبوع:

ويقصد بطاقة خط الإنتاج معدل الإنتاج المتوقع خلال فترة زمنية معينة (ساعة/ يوم/ أسبوع/ شهر ...) ،هذا ويمكن حساب هذا المعدل من خلال استخدام المعادلة التالية :

$$\text{معدل الإنتاج لخط الإنتاج في زمن معين} = \frac{\text{الزمن المعين}}{\text{زمن الدورة}}$$

$$\text{معدل الإنتاج لخط الإنتاج في اليوم} = \frac{60\times8}{4} = ١٢٠ \text{ وحدة / يوم}$$

$$\text{معدل الإنتاج لخط الإنتاج في الأسبوع} = \frac{60\times8\times7}{4} = ٨٤٠ \text{ وحدة / أسبوع}$$

ويلاحظ أنه يمكن زيادة معدل الإنتاج من خلال تخفيض زمن الدورة .

تحديد زمن دورة التشغيل :

$$\text{زمن الدورة} = \frac{\text{الزمن في الوقت المعين}}{\text{طاقة الإنتاج في نفس الوقت}}$$

زمن الدورة لإنتاج ٢٤٠ وحدة/ يوم. $= \frac{480}{240} = 2$ دقيقة بين كل وحدتين متتاليتين

زمن الدورة لإنتاج ١٢٠٠ وحدة/أسبوع . $= \frac{60\times8\times7}{1200} = 2.8$ دقيقة بين كل وحدتين متتاليتين

الجدولة في حالة إنتاج الطلبيات:

معدل كفاءة خط الإنتاج ونسبة الأعطال :

$$\text{كفاءة خط الإنتاج} = \frac{\text{مجموع الأزمنة اللازمة لإنتاج الوحدة على خط الإنتاج}}{\text{عدد محطات التشغيل} \times \text{زمن الدورة}} \times ١٠٠$$

كفاءة خط الإنتاج= $\frac{9}{4\times3}\times 100$ =٧٥%

ويشير هذا المعدل إلى أن كفاءة خط الإنتاج بلغت ٧٥ ٪.

ويمكن الحصول على نسبة الأعطال من هذه النسبة حيث تبلغ ٢٥ ٪ (١٠٠- ٧٥٪).

تشير البحوث والدراسات إلى أن هذه الجدولة هي جدولة في حالة الوحدة الإنتاجية أو القسم الإنتاجي، وهي تتكون من عدد من الآلات أو عدد من مراكز الإنتاج، حيث يتطلب إنتاج الطلبية أو تقديم خدمة ما ضرورة مرورها على بعض أو كل هذه الآلات أو المراكز .

وتعتبر عمليات الجدولة في حالة إنتاج الطلبيات أصعب وأكثر تعقيداً من عمليات الجدولة في حالة خط الإنتاج، ويرجع ذلك بطبيعة الحال إلى مجموعة من العوامل من أهمها كثرة المنتجات وعدم نمطيتها، فضلاً عن تدفقها غير الثابت خلال مراحل الإنتاج، وذلك على عكس الحال في خط الإنتاج الذي يتطلب ضرورة وجود النمطية في المنتجات والثبات في التدفق، الأمر الذي يساعد على سهولة وتيسير عمليات الجدولة.

ومما لا شك فيه أن عدم نمطية المنتجات وتدفقها غير الثابت في حالة إنتاج الطلبيات يؤدي إلى ظهور مشكلة تحديد أولويات الأوامر الإنتاجية، حيث أنه نظراً لأن كل أمر يحتاج إلى عمليات مختلفة لإنتاجه، لذا فإن ذلك سوف يؤثر على عملية الجدولة الخاصة به، وذلك بعكس الحال في خط الإنتاج، حيث لا يكون لعمليات التشغيل علاقة بأولويات الأوامر إلا في بعض الحالات النادرة، فالأوامر لا تؤثر على مواعيد التشغيل على أساس وجود التدفق المستمر في عمليات الإنتاج.

وليس هذا فحسب، بل يرجع التعقيد في عملية الجدولة في حالة إنتاج الطلبيات أيضاً إلى أن أوامر الإنتاج تتقاسم وقت التشغيل على الآلات وفقاً لاحتياجات كل أمر حسب زمن العمليات الإنتاجية الخاصة بها، وبالتالي فقد يتم تحميل الأوامر على بعض الآلات ولا يتم تحميلها على بعض الآلات الأخرى مما يمثل صعوبة عند إعداد عمليات الجدولة، وهذا على عكس الحال في

الجدولة في حالة خط الإنتاج، حيث أن كل منتج يتم تشغيله على كافة الآلات على الخط الإنتاجي وفقاً للمراحل الإنتاجية التي يمر بها .

وتتم جدولة الإنتاج في حالة إنتاج الطلبيات على مرحلتين أساسيتين، حيث تتمثل المرحلة الأولى منهما في مرحلة التحميل، وتتمثل المرحلة الثانية في مرحلة التتابع هذا وتختلف النماذج التي يتم استخدامها في عمليات الجدولة باختلاف كل من هاتين المرحلتين ،وسيتم توضيح كل مرحلة من هاتين المرحلتين بالأمثلة العملية .

عملية التحميل Loading:

عندما تصل الأوامر الإنتاجية إلى الوحدة الإنتاجية يكون أول عمل تقوم به هو تخصيص هذه الأوامر على مراكز العمل المختلفة في الوحدة الإنتاجية تمهيداً لتنفيذها.

إن عملية التخصيص هذه هي ما ندعوها بالتحميل، ولذلك التحميل هو عملية تخصيص أوامر الإنتاج على مراكز العمل بما يؤدي إلى تحقيق أهداف محددة مثل خفض وقت الإنتاج ،وقت العمليات وبالتالي خفض وقت التشغيل الإجمالي وكذلك تخفيض التكلفة الإجمالية للعمليات.

إن عملية التحميل تتم بسهولة أكبر في ظل عدم تجزئة الأمر الإنتاجي بمعنى أنه يعامل كوحدة واحدة يصعب توزيعها كأجزاء على مراكز إنتاجية مختلفة وهذه الحالة من حسن الحظ من أكثر الحالات شيوعاً في الحالة العملية. ولكن ذلك لا يمنع من وجود حالات أكثر تعقيداً يفضل فيها التقسيم لتحقيق استخدام أفضل للموارد المتاحة .

يستخدم في الحالات البسيطة التي يفترض فيها عدم التقسيم للأمر الإنتاجي خرائط جانت Gantt Chart.

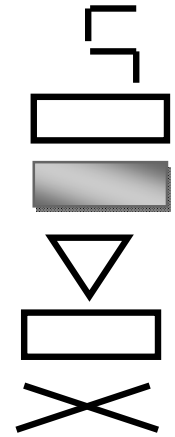
التحميل باستخدام خارطة جانت:

تعد خارطة جانت الأقدم والأسهل والأوسع انتشاراً بين أساليب التحميل المختلفة، هذه الخارطة قدمها المهندس الأمريكي Henry Gant عام ١٩١٧ ولذلك سميت باسمه ومنذ ذلك الوقت وهي تلقى القبول في الحياة العملية وفي منظمات الأعمال المختلفة سواء الإنتاجية أو الخدمية .

تعرف هذه الخارطة على أنها "أداة لتتبع الأداء الذي يتم على كل أمر إنتاجي في مركز العمل، ويمكن منها معرفة مدى التأخير في تشغيل الأمر ومدى تطابق الأداء مع الجدول الموضوع وإيضاح وقت التعطل في مراكز العمل .

وتستخدم خارطة جانت مع عملية التحميل الغير محدود أي أن مراكز العمل أو الآلات يتم تحميلها بصرف النظر عن طاقتها ،بمعنى أن تحميل هذه المراكز يتم كما لو كانت طاقة هذه المراكز غير محدودة .

على الرغم من أن شكل هذه الخرائط يختلف من مشروع لآخر عند التطبيق الفعلي حتى تلائم كل نشاط ،إلا أنه يمكن القول بشكل أساسي بأنها تتكون من مصفوفة يمثل الخط الأفقي الوقت بينما توضع أوامر التشغيل والآلات المراد جدولتها على المحور الرأسي كما في الشكل التالي وعادة ما يتم استخدام الرموز التالية للدلالة على مفاهيم هامة في عملية الجدولة :



للدلالة على الوقت الذي يجب أن يبدأ فيه النشاط

للدلالة على الوقت الذي يجب أن يتم فيه إتمام النشاط

للدلالة على عمل مخطط (مجدول)

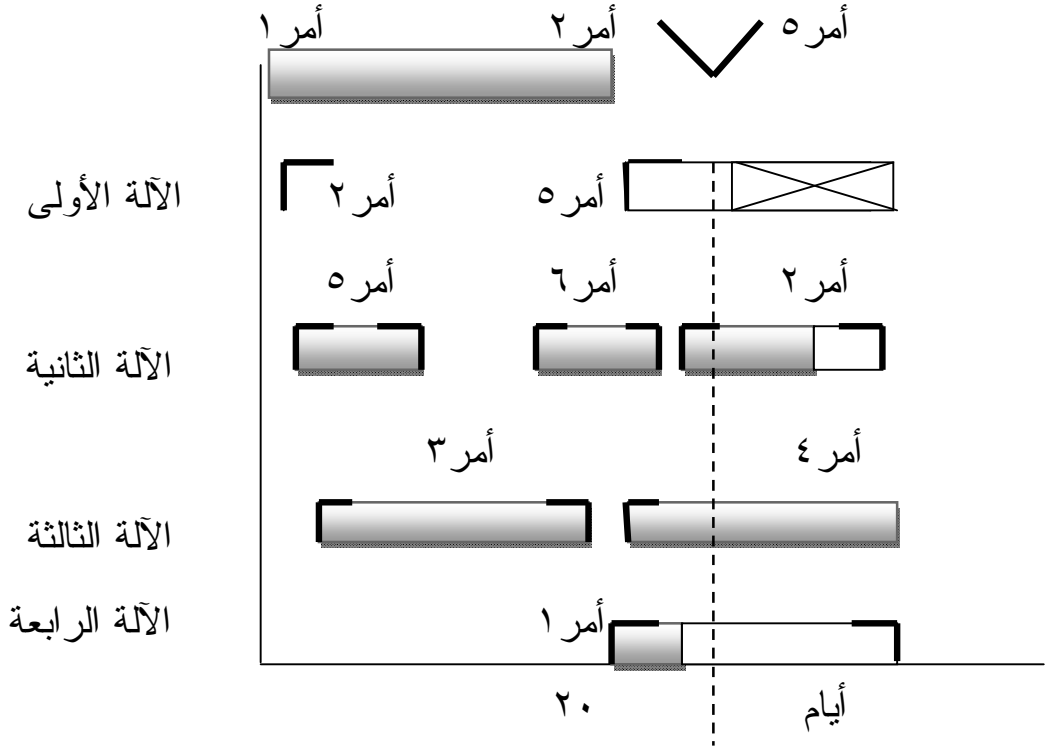
للدلالة على العمل الذي تم انجازه

للدلالة على الوقت الذي يتم فيه مراجعة الأداء

للدلالة على الوقت الزائد أو وقت الصيانة

يبين الشكل التالي مثال عن هذه الخارطة حيث نفترض هنا أننا الآن في اليوم العشرين من الجدول ،ويراد معرفة تقرير عن وضع أوامر التشغيل على مجموعة من الآلات ،ومنه يتضح مثلاً أن الأمر ٥ لم يبدأ بعد على الآلة الأولى رغم أنه كان من المقرر أن يبدأ في تاريخ مسبق (١٨ يوم مثلاً) .كذلك فإن الأمر ٢ يسير بشكل أسرع من الجدول الموضوع له على الآلة الثانية .وكذلك الوضع بالنسبة للأمر ٤ على الآلة الثالثة ،بينما الأمر ١ يسير أبطأ من الجدول

الموضوع له على الآلة الرابعة حيث أن حجم العمل حتى التاريخ الحالي المنجز في الأمر ١ مفروض أن يكون أكثر مما تم تحقيقه .وبالطبع قد يرجع ذلك إلى عدم تسليم الموارد اللازمة في موعدها أو لظروف في الآلة الأولى .



- من **مزايا** هذه الخريطة أنها تعطي تقرير سريع لسير الأحداث في أي لحظة،ويترتب على ذلك اتخاذ قرارات بشأن الأوامر المتأخرة أو الأوامر الهامة، وتتضمن هذه القرارات تخصيص موارد أكثر أو تغيير الآلات لإتمام العمل في موعده وتعرف هذه العملية بالتشهيل .
- أما **حدود الخارطة** :فرغم بساطة وسهولة هذه الخريطة في جدولة الإنتاج والرقابة عليه، إلا أنها لا تكون ممكنة في حالات الأوامر العديدة والأنشطة المتداخلة والتي قد يلزم تخصيص موارد جديدة لها لتقليل وقت أدائها ،ويستخدم في هذه الحالة طرق شبكات الأعمال وتخطيط الاحتياجات من المواد .

التحميل باستخدام قواعد الجدولة الأمامية والعكسية:

في ظل هذه الطريقة يتم تحميل الأوامر على مراكز العمل بناء على تاريخ تسليم الطلب إلى الزبون،وهنا تجري الجدولة باستعمال إحدى الطريقتين :

١. الجدولة الأمامية Forward Scheduling

٢. الجدولة العكسية Backward Scheduling

a. الجدولة الأمامية:

تستخدم هذه القاعدة عندما يكون موعد التسليم محدداً على أساس التسليم في أقرب وقت ممكن ،وتحدد هذه القاعدة وقت البدء والانتهاء للطلب الأكثر أهمية ،ويتم توزيعه على أول مورد متاح ،وبذلك يمكن تحديد متى ينتهي تشغيل هذا الطلب في ذلك المركز .

من عيوب هذه القاعدة أن المخزون قيد الصنع يتراكم أمام مراكز العمل مما يؤدي إلى ارتفاع مستوى هذا المخزون ،وبالتالي ارتفاع تكاليفه .

وتتميز هذه القاعدة بالبساطة وتؤدي إلى أداء الأعمال بأقل وقت للانتظار.

b. الجدولة العكسية:

تستخدم هذه القاعدة عندما تكون مواعيد التسليم محددة ،كما تستعمل في خطوط التجميع ،وتتم بوضع الطلب الأكثر أهمية في مرحلته الأخيرة في أبعد وقت يؤدي إلى انتهائه في تاريخ التسليم ،ومن ثم يجري طرح زمن كل فعالية أو حادث سابق لها ،وهكذا حتى نصل إلى حادث البدء ،من مزايا هذه القاعدة أنها تؤدي إلى خفض المخزون قيد الصنع وبالتالي خفض تكاليف التخزين ،ولكن أي خطأ في تقدير الموارد وكذلك الأوقات التي يجب أن تكون متاحة فيها،يؤدي إلى تعطل في النظام وتأخير في مواعيد التسليم .

التحميل باستخدام طريقة التخصيص:

(Loading with the assignment method)

طريقة التخصيص أو التعيين كما تسمى أحياناً ،هي إحدى الحالات الخاصة للبرمجة الخطية ،فكرة هذه الطريقة تتمثل في تخصيص عدد محدد من الأوامر الإنتاجية (n) على عدد محدد من مراكز العمل أو الآلات (n) أو

بالعكس أي تخصيص عدد محدد من الآلات لإنتاج عدد محدد من الأوامر الإنتاجية. ولاستخدام طريقة التخصيص لحل مسائل التحميل ينبغي توفر شروط محددة والتي تعتبر متطلبات لطريقة التخصيص وهي :

١) ضرورة المساواة بين عدد الأشخاص أو عدد العمال وعدد الوظائف المطلوب انجازها .

٢) ضرورة اقتصار الوسيلة المتوفرة سواء أكانت آلة أم عاملاً على عمل واحد فقط ،أي أمر إنتاجي واحد لكل آلة وآلة واحدة لإنتاج أمر إنتاجي واحد وغير مجزأ ،أي أن عدد الصفوف يجب أن يكون مساوياً لعدد الأعمدة في جدول أو مصفوفة التخصيص ،وفي حالة عدم التساوي يجب إضافة صف وهمي بتكاليف أو أوقات صفرية إذا كان عدد الصفوف أقل من عدد الأعمدة وإضافة عمود وهمي بتكاليف أو أوقات صفرية إذا كان عدد الأعمدة أقل من عدد الصفوف .

٣) يجب أن تتوفر تكاليف التشغيل لكل أمر إنتاجي على كل آلة أو مركز عمل.

٤) عندما لا ترغب الإدارة بتخصيصات معينة أي عندما لا ترغب بتخصيص آلة ما لإنتاج أمر ما ،فإنه في هذه الحالة نضيف إلى مربع التقاطع رقم كبير جداً هو (M) دلالة على أن هذا التخصيص هو تخصيص غير مرغوب لأن (M) في هذه الحالة تمثل تكلفة كبيرة جداً أو وقتاً طويلاً جداً.

طرق حل مسائل التخصيص:

أولاً: طريقة التوافق المختلفة وهي تعتمد على نظرية الاحتمالات، لذلك فهي طويلة جداً عندما تتكون المسألة من عدد كبير من الوظائف والأعمال المطلوب تخصيصها.

مثلاً: أرادت الإدارة في شركة جود تخصيص كل من العاملين سامر وماهر اللذين يعملان في قسم التجميع،لتجميع الخزائن والمكاتب وفق الجدول التالي :

السلع / العمال	الخزائن	المكاتب
سامر	٢ساعة	٤ساعة
ماهر	٣ساعة	٣ساعة

والمطلوب تخصيص العامل المناسب لتجميع النوع المناسب من السلع، بشكل يتحقق فيه تقليل الوقت اللازم للعمليات الإنتاجية .

إن الاحتمالات الموجودة هي احتمالان فقط يعني ٢! يعني ٢×١

الاحتمال الأول هو تخصيص سامر لتجميع الخزائن ووقته اللازم ٢ ساعة وتخصيص ماهر لتجميع المكاتب ووقته اللازم ٣ ساعات وبالتالي مجموع وقت التجميع ٥ ساعات .

والاحتمال الثاني هو تخصيص ماهر لتجميع الخزائن ووقته اللازم لذلك ٣ ساعات

وتخصيص سامر لتجميع المكاتب ووقته اللازم لذلك ٤ ساعات وبالتالي مجموع وقت التجميع ٧ ساعات.

ومن المقارنة بين الاحتمالين نجد أن الاحتمال الأول هو الأفضل ،لأنه يتحقق بأقل وقت وبالتالي بأقل تكلفة .

ثانياً: الطريقة المختصرة التي تختلف باختلاف الوصول إلى أدنى تكلفة أو أعظم ربح .

مثال: ترغب إدارة مصنع الشرق لإنتاج القمصان بالتوصل إلى إيجاد التخصيص الأمثل لثلاثة طلبيات على خطوطها الإنتاجية الثلاثة بحيث يتم تخصيص طلبية واحدة لكل خط إنتاجي واحد، وقد كانت تكاليف التخصيص للوحدة الواحدة معطاة في الجدول التالي :

الخطوط الطلبيات	١	٢	٣
A	٢٠٠	٧٠٠	٦٠٠
B	٣٠٠	٥٠٠	٦٠٠
C	٢٠٠	٣٠٠	٣٠٠

وسنحاول الآن إيجاد التخصيص الأمثل الذي يقلل التكاليف إلى أدنى حد ممكن.

خطوات الحل لمسائل التخصيص هي كالآتي :

١. نطرح أقل قيمة في كل صف من كل قيمة من قيم ذلك الصف وبذلك نحصل على المصفوفة التالية:

الخطوط / الطلبيات	١	٢	٣
A	٠	٥٠٠	٤٠٠
B	٠	٢٠٠	٣٠٠
C	٠	١٠٠	١٠٠

٢. نطرح أقل قيمة في كل عمود من المصفوفة الجديدة لا توجد به أصفار من باقي قيم ذلك العمود وبذلك نحصل على مصفوفة جديدة :

الخطوط / الطلبيات	١	٢	٣
A	٠	٤٠٠	٣٠٠
B	٠	١٠٠	٢٠٠
C	٠	٠	٠

٣. نرسم أقل ما يمكن من الخطوط المستقيمة المارة بالقيم الصفرية في المصفوفة الجديدة ،فإذا بلغ عدد الخطوط المستقيمة ما يساوي عدد الصفوف أو الأعمدة فإن التخصيص الحالي هو التخصيص الأمثل ،وإذا لم يبلغ عدد الخطوط المستقيمة عدد الصفوف أو الأعمدة ،عندها يجب تطوير الحل الحالي إلى حل جديد أفضل ووفقاً لما يلي :

- نحدد أقل قيمة في المصفوفة لا تمر بها الخطوط المستقيمة
- نطرح هذه القيمة من كل القيم التي لا تمر بها الخطوط المستقيمة
- نضيف هذه القيمة إلى نقاط تقاطع الخطوط المستقيمة
- القيم الباقية التي تمر بها الخطوط المستقيمة (ما عدا نقاط التقاطع) تبقى على حالها ودون تغيير .

وبعد الانتهاء من هذه الخطوات الفرعية نقوم برسم الخطوط المستقيمة المارة بالقيم الصفرية من جديد ،وإذا لم شرط الأمثلية وهو (عدد الخطوط المستقيمة =عدد الصفوف أو الأعمدة)فإننا نقوم بتطبيق هذه الخطوات من جديد على المصفوفة الجديدة حتى يتحقق شرط الأمثلية ،وفي مثالنا يبلغ عدد الخطوط المستقيمة المارة بالقيم الصفرية اثنان فقط وهذا يعني أن الحل الحالي يجب تطويره لعدم تحقق شرط الأمثلية ووفق الخطوات السابقة، وبذلك نحصل على المصفوفة الجديدة التالية:

الخطوط / الطلبيات	١	٢	٣
A	٠	٣٠٠	٢٠٠
B	٠	٠	١٠٠
C	١٠٠	٠	٠

من المصفوفة الأخيرة نلاحظ أن عدد الخطوط المستقيمة قد بلغ ثلاثة وهو ما يساوي عدد الصفوف وبهذا يكون الحل الحالي هو الأمثل ،ومنه نستطيع إيجاد التخصيص النهائي كالتالي :

- بالنسبة للصفوف التي فيها صفر واحد في آخر جدول نختار هذا الصفر ونخصص مكانه ونشطب بقية الأصفار الموجودة في العمود الذي يحتويه وهنا نلاحظ أن الصف الأول فيه صفر واحد فنخصص مكانه بمعنى نخصص الطلبية A على الخط الإنتاجي ١ وبتكلفة ٢٠٠ .
- بعد حذف الخط الإنتاجي الأول والطلبية A كذلك نختار الصف الذي يحتوي على صفر واحد وهو الصف الثاني فنخصص مكانه أي نخصص الطلبية B على الخط الإنتاجي ٢ وبتكلفة ٥٠٠ ونحذف بقية الأصفار الموجودة في عموده.
- وهكذا يبقى صفر واحد في الصف الثالث فنخصص مكانه أي نخصص الطلبية C على الخط الإنتاجي الثالث وبتكلفة ٣٠٠. وهكذا يكون الحل الأمثل كما يلي:

الطلبية	الخط الإنتاجي	التكلفة
A	1	200
B	2	٥٠٠
C	3	٣٠٠
مجموع التكاليف		١٠٠٠

مثال (٢): فيما يلي تكاليف تشغيل أربعة أوامر على أربعة آلات مختلفة ونريد تحديد التخصيص الأمثل .

الآلات / الأوامر	١	٢	٣	٤
A	٧٠	٥٠	٥٠	٦٠
B	٣٠	٣٠	٩٠	١١٠
C	٣٠	١٠	٢٠	٦٠
D	٥٠	٢٠	٧٠	٦٠

نعيد خطوات الحل كما في المسألة السابقة (لن أعيدها مرة ثانية)

الخطوة الأولى:

الآلات / الأوامر	١	٢	٣	٤
A	٢٠	٠	٠	١٠
B	٠	٠	٦٠	٨٠
C	٢٠	٠	١٠	٥٠
D	٣٠	٠	٥٠	٤٠

الخطوة الثانية :

الآلات / الأوامر	١	٢	٣	٤
A	٢٠	٠	٠	٠
B	٠	٠	٦٠	٧٠
C	٢٠	٠	١٠	٤٠
D	٣٠	٠	٥٠	٣٠

نلاحظ أن عدد الخطوط المستقيمة هنا أقل من عدد الصفوف (الأوامر) وعدد الأعمدة (الآلات) لذلك نطبق الخطوة الثالثة .

الآلات / الأوامر	١	٢	٣	٤
A	٢٠	١٠	٠	٠
B	٠	١٠	٦٠	٧٠
C	٢٠	٠	٠	٣٠
D	٣٠	٠	٤٠	٢٠

وهنا نلاحظ أن عدد الخطوط المستقيمة=عدد الصفوف لذلك نبدأ بالتخصيص.

بالنسبة للصفوف التي فيها صفر واحد هو الصف الثاني نخصص مكانه أي نخصص الأمر B على الآلة الأولى وبتكلفة ٣٠ .

ثم يأتي الصف الرابع فنخصص الأمر D على الآلة الثانية وبتكلفة ٢٠ ونحذف بقية الأصفار الموجودة في نفس العمود .

ثم نخصص الأمر C على الآلة الثالثة بنفس الطريقة وبتكلفة ٢٠ .

ونخصص الأمر A على الآلة الأخيرة وهي الرابعة وبتكلفة ٦٠ .

وهكذا يكون مجموع التكاليف ١٣٠ ألف ليرة .

ملاحظة: في حالة تحقيق أعلى إيراد نقوم أولاً بإيجاد أكبر قيمة في المصفوفة وطرح جميع قيم المصفوفة من هذه القيمة ومن ثم نقوم بمتابعة الخطوات نفسها التي نطبقها في حالة تحقيق أدنى تكلفة .

التتابع : (Sequencing)

التتابع هو المرحلة التالية لمرحلة التحميل ،فالتتابع يقصد به تحديد تتابع تشغيل الأوامر الإنتاجية على مراكز العمل أو الآلات أو المراحل الإنتاجية التي يمر عليها تشغيل هذه الأوامر .

تبرز الحاجة إلى التتابع عندما يكون هناك من يطلب الخدمة سواء أكانت الخدمة المطلوبة في الورش الصناعية أو في منشأة خدمية كما هو الحال في المستشفيات أو دوائر الهاتف، وتكون الإمكانيات المتاحة لأداء الخدمة محدودة فإن الحل الأمثل لمعالجة هذه المشكلة هو اللجوء إلى استخدام أسلوب التتابع والذي يمكن أن يعرف بأنه "تسلسل منطقي للعمليات التشغيلية أو التصنيعية المتعلقة بإنتاج سلعة معينة بالشكل الذي يؤدي إلى تحقيق الهدف المطلوب بأقل جهد ووقت وكلفة "

أو يمكن تعريفه بأنه " توالي العمليات وفقاً لترتيب معين بحيث يتم تحميل أوامر الإنتاج على المراكز الإنتاجية وذلك بما يضمن تحقيق أدنى تكلفة ممكنة وأقل قدر ممكن من الأعطال "

وتهدف عملية التتابع إلى انتظام سير العمليات والمراحل الإنتاجية بشكل سليم ودون تأخير وذلك لأن حصول التأخير في العمل وتراكم العمال سيكون

مكلفاً وسيؤدي إلى الإخفاق في تحقيق الإنتاج المطلوب ولذلك فإن عملية التتابع تهدف إلى تحقيق ما يلي :

١) زيادة عملية استغلال الموارد المتاحة وبالتالي التقليل في الموارد العاطلة من حيث الكمية والوقت والكلفة ويتحقق الاستغلال الأفضل للموارد من خلال جدولة المهمات .

٢) يؤدي إلى تقليل حجم الخزين نصف المصنع مما يؤدي بدوره إلى تقليل العمليات أو المهمات في خط الانتظار .

٣) تحقيق انسيابية منظمة للعمليات مما يقلل الوقت اللازم للانجاز دون تأخير .

٤) التقليل من العمليات المتأخرة حيث أن كل المهمات يكون لها تاريخ واجبة الأداء فيه،ولذلك فإن الجدولة والتتابع يؤديان إلى تقليل المهمات المتأخرة من خلال أداء كل منها بالوقت المحدد لها .

أهم الأساليب المستخدمة في تحديد التتابع :

إن هذه الأساليب تختلف تبعاً للحالة التي يتم في إطارها إعداد عملية التتابع والحالات المحتملة هي :

١) حالة عدة أوامر إنتاجية تستخدم آلة واحدة مع وصول الأوامر في لحظة واحدة.

٢) حالة عدة أوامر إنتاجية تستخدم آلتين مع وصول الأوامر في لحظة واحدة

٣) حالة عدة أوامر إنتاجية تستخدم ثلاث آلات مع وصول الأوامر في لحظة واحدة.

٤) حالة عدة أوامر إنتاجية تستخدم عدة آلات مع التدفق الثابت ووصول الأوامر في لحظة واحدة .

أولاً: حالة عدة أوامر إنتاجية وآلة واحدة ووصول الأوامر في لحظة واحدة:

يتمثل الهدف الأساسي للجدولة في هذه الحالة في تحديد أفضل تتابع لعدد من الأوامر الإنتاجية المطلوب إنتاجها على آلة واحدة بحيث يحقق هذا التتابع أحد معايير تقييم الجدولة والذي يتمثل في تحقيق أقل تكلفة ممكنة أو أقل زمن تشغيل ممكن أو أقل فترة إعداد .

يوجد العديد من القواعد التي يمكن استخدامها لترتيب العمليات في هذه الحالة، وتتمثل أهم هذه القواعد فيما يلي :

١) الوارد أولاً ينفذ أولاً First Come First Out (FCFO).
٢) الوارد أخيراً يخرج أولاً Last in First Out (LIFO).
٣) أقصر وقت تشغيل أولاً Shortest process Time (SPT).

مثال: ورد إلى مصنع الشروق خمسة أوامر إنتاجية ،ويوضح الجدول التالي الوقت المستغرق في تنفيذ كل منها:

الأوامر الإنتاجية	A	B	C	D	E
وقت لعملية بالدقيقة	٩٦	٢٤	٦٤	٤٠	١٦

ونريد الآن تحديد الترتيب المناسب للأوامر الإنتاجية السابقة باستخدام القواعد التالية وتحديد أي هذه القواعد أكثر فاعلية في الاستخدام :

- الوارد أولاً ينفذ أولاً.
- الوارد أخيراً يخرج أولاً.
- أقصر وقت تشغيل .

١) الحل وفق قاعدة الوارد أولاً ينفذ أولاً (FCFS):

الترتيب	وقت العملية	وقت الانتظار	وقت التشغيل
A	٩٦	٠	٩٦
B	٢٤	٩٦	١٢٠
C	٦٤	١٢٠	١٨٤
D	٤٠	١٨٤	٢٢٤
E	١٦	٢٢٤	٢٤٠
مجموع وقت التشغيل (بالدقيقة)			٨٦٤

متوسط وقت التشغيل $= \frac{864}{5} =$ ١٧٢.٨ د

٢) **الحل وفق قاعدة الوارد أخيراً يخدم أولاً** (LIFO):

الترتيب	وقت العملية	وقت الانتظار	وقت التشغيل
E	١٦	٠	١٦
D	٤٠	١٦	٥٦
C	٦٤	٥٦	١٢٠
B	٢٤	١٢٠	١٤٤
A	٩٦	١٤٤	٢٤٠
مجموع وقت التشغيل (بالدقيقة)			٥٧٦

متوسط وقت التشغيل $= \frac{576}{5} =$ ١١٥.٢ د

٣) **الحل وفق قاعدة أقصر وقت للتشغيل** (SOT):

الترتيب	وقت العملية	وقت الانتظار	وقت التشغيل
E	١٦	٠	١٦
B	٢٤	١٦	٤٠
D	٤٠	٤٠	٨٠
C	٦٤	٨٠	١٤٤
A	٩٦	١٤٤	٢٤٠
مجموع وقت التشغيل(بالدقيقة)			٥٢٠

متوسط وقت التشغيل $= \frac{520}{5} =$ ١٠٤ د

ويتضح من خلال المقارنة بين هذه الطرق الثلاث أن قاعدة أقصر وقت تشغيل هي الأكثر فاعلية في الاستخدام وهذا يرجع إلى انخفاض أزمنة الانتظار الخاصة بها عن أزمنة الانتظار الخاصة بالقاعدتين السابقتين.

ثانياً: حالة عدة أوامر إنتاجية تستخدم آلتين أو مركزي إنتاج مع وصول الأوامر في لحظة واحدة (قاعدة جونسون):

ووفقاً لهذه الحالة فإن تنفيذ أوامر الإنتاج يتطلب ضرورة مرورها على مركزين للإنتاج ،كأن يتم التشغيل على نوعين من الآلات ،أو يتطلب التنفيذ ضرورة المرور على مرحلتين للإنتاج ،أو المرور على محطتين من محطات العمل .

وتختلف الطريقة المستخدمة في تحديد توالي العمليات عن الحالة السابقة حيث تستخدم في هذه الحالة طريقة Johnson والذي قدمها عام ١٩٥٤، وتشترط هذه الطريقة:

- أن يكون وقت تنفيذ أوامر الإنتاج معروف أو محدد مسبقاً.
- أن يتم تنفيذ كل الأوامر الإنتاجية بنفس الترتيب على مركزي الإنتاج.
- أن يكون هذا الوقت مستقلاً بالنسبة لأمر إنتاج معين عن وقت تنفيذ الأوامر الأخرى.

وفيما يلي مثال يوضح كيفية استخدام هذه الطريقة:

توجد في أحد مصانع الغزل والنسيج آلتان أساسيتان الأولى للغزل والثانية للنسيج، ولابد أن يمر الإنتاج على هاتين الآلتين بالترتيب ،ورد للمصنع خمسة أوامر إنتاجية مطلوب تنفيذها على هاتين الآلتين ،ويوضح الجدول التالي الوقت الخاص بتنفيذ هذه الأوامر الخمسة بالساعة على كل آلة من هاتين الآلتين :

أوامر الإنتاج	آلة الغزل	آلة النسيج
A	٢	١
B	٥	٤
C	٦	٧
D	٣	٨
E	٩	٢

ونريد الآن تحديد ترتيب هذه الأوامر على الآلتين بحيث يصبح زمن العطل أقل ما يمكن ومن ثم تحديد وقت الأعطال على كل من الآلتين ،وذلك بإتباع الخطوات التالية:

١. يتم اختيار أقل وقت لأمر إنتاج ما ،وفي حالة تساوي أوقات أوامر الإنتاج نختار إحداها .
٢. إذا تبين أن هذا الوقت الأقل للأمر الإنتاجي المعين وارداً تحت المركز الإنتاجي الأول أو الآلة الأولى ،فإنه يتم وضعه أولاً في ترتيب التشغيل، أما إذا كان وارداً تحت المركز الإنتاجي الثاني أو الآلة الثانية فيتم وضعه في الترتيب الأخير ثم يتم شطب هذا الأمر .
٣. يتم إعادة تطبيق الخطوات السابقة حتى يتم الوصول إلى ترتيب كل أوامر الإنتاج المطلوبة .

وبتطبيق الخطوات السابقة، فإن الترتيب الأمثل للأوامر الإنتاجية الخمسة السابقة يصبح كما يلي:

الأوامر	D	C	B	E	A
الترتيب	١	٢	٣	٤	٥

ويمكن حساب وقت الإنتاج على كل آلة كما يلي :

وقت الإنتاج على آلة الغزل :

أوامر الإنتاج	وقت الإنتاج	ساعة البدء	ساعة الانتهاء
D	٣	٠	٣
C	٦	٣	٩
B	٥	٩	١٤
E	٩	١٤	٢٣
A	٢	٢٣	٢٥

وقت الإنتاج على آلة النسيج:

أوامر الإنتاج	وقت الإنتاج	ساعة البدء	ساعة الانتهاء
D	٨	٣	١١
C	٧	١١	١٨
B	٤	١٨	٢٢
E	٢	٢٣	٢٥
A	١	٢٥	٢٦

وفي ضوء ذلك يتبين لنا ما يلي :

- ✓ إجمالي وقت الإنتاج على الآلتين معاً =٢٦ ساعة وهو أقل وقت إنتاج ممكن.
- ✓ يبلغ عدد ساعات الأعطال بالنسبة لآلة الغزل ساعة واحدة .
- ✓ يبلغ عدد ساعات الأعطال بالنسبة لآلة النسيج ٤ ساعات منها ٣ ساعات ما بين ساعة البدء صفر وساعة الانتهاء ٣ على الآلة الأولى ،وساعة أخرى ما بين الساعة ٢٢ والساعة ٢٣ ،حيث أنه بطبيعة الحال لا يمكن تنفيذ الأمر E على آلة النسيج في الساعة ٢٢ وذلك على اعتبار أن تنفيذ هذا الأمر على هذه الآلة لن ينتهي قبل الساعة ٢٣ ،ولذلك يجب أن يبدأ تنفيذه على آلة النسيج في الساعة ٢٣ ،وهكذا الأمر الحال عند تنفيذ الأمر A على آلة النسيج.

ثالثاً: حالة عدة أوامر إنتاجية تستخدم ثلاث آلات مع وصول الأوامر في لحظة واحدة:

تستخدم مع هذه الحالة طريقة جونسون أيضاً ،ومع أن هذه الحالة معقدة نسبياً فإن حلها باستخدام طريقة جونسون المستخدمة في الحالة السابقة لابد من أن يتم في ظل توفر شرطاً من الشرطين التاليين :

١. أن يكون أقل زمن من أزمنة تشغيل الأوامر على الآلة الأولى أو مركز التشغيل الأول مساوياً أو أكبر من أكبر أزمنة تشغيل الأوامر على الآلة الثانية.

٢. أن يكون أقل زمن من أزمنة تشغيل الأوامر على الآلة الثالثة أو مركز التشغيل الثالث مساوياً أو أكبر من أكبر أزمنة تشغيل الأوامر على الآلة الثانية.

فإذا توفر أحد الشرطان في الحالة أمكن استخدام طريقة جونسون لتحديد التتابع الأمثل لكن بعد إجراء تحوير على المسألة بحيث تتحول الحالة من ثلاث آلات إلى آلتين وذلك عن طريق دمج أزمنة تشغيل الآلتين الأولى والثانية في عمود واحد وبزمن إجمالي للآلتين ،وكذلك دمج زمن تشغيل الآلتين الثانية والثالثة في عمود واحد ثان وبزمن إجمالي للآلتين الثانية والثالثة.

وبذلك تتحول المسألة إلى حالة آلات اثنتين وبعدها تطبق طرقة جونسون .

مثال :يتطلب إنتاج إحدى السلع مرورها على ثلاثة آلات ،وقد توافرت البيانات التالية عن أوامر الإنتاج والزمن الذي يستغرقه كل أمر إنتاج على كل من الآلات الثلاثة كما يلي:

أوامر الإنتاج	الآلة (A)	الآلة(B)	الآلة(C)
١	٤	٢	٦
٢	٦	٤	٧
٣	٥	٣	٨
٤	٢	٦	٩
٥	٧	٥	١٠

والمطلوب ترتيب هذه الطلبيات على الآلات بحيث يكون وقت الإنتاج أقل ما يمكن.

والآن نقوم بإضافة العمود A إلى B والعمود C إلى العمود B كالتالي :

أمر الإنتاج	A+B	B+C
١	٦	٨
2	١٠	١١
٣	٨	١١
٤	٨	١٥
٥	١٢	١٥

ونتابع حلها كما في الحالة الثانية .

رابعاً: حالة عدة أوامر إنتاجية تستخدم عدة آلات مع التدفق الثابت ووصول الأوامر في لحظة واحدة .

وهي حالة معقدة بسبب العدد الهائل من احتمالات التتابع الممكنة والتي تبلغ (ن!)^م حيث ن تمثل عدد الأوامر و(م) تمثل عدد الآلات أو العمليات .

فإذا كان عدد الأوامر ٤ وعدد الآلات ٤ فإن بدائل التتابع الممكنة =(٤)^٤ = (٤×٣×٢×١)^٤=(٢٤)^٤=٣٣١٧٧٦

وبالتالي قد يبدو من المستحيل حل هذه المسألة بالطرق اليدوية ولذلك تم تطوير برمجيات جاهزة لحل هذا النوع من الحالات .

جدولة الخدمات في المنظمات الخدمية:

تتسم عملية تقديم الخدمة بعدة خصائص أساسية تجعل جدولة الخدمة المقدمة بها أمراً صعباً ،ومن هذه الخصائص:

١) عدم وجود مخزون من الخدمات الجاهزة ،فالخدمة يتم تقديمها في حال الطلب عليها ،ولا يمكن إنتاج هذه الخدمة والاحتفاظ بها لتقديمها عند الحاجة إليها .

٢) صعوبة التنبؤ بعدد العملاء الطالبين للخدمة في فترة زمنية معينة .

٣) رغبة العميل في الحصول على خدمة ذات جودة عالية (والتي عادةً ما تستلزم وقت أطول) وفي ذات الوقت يرغبون بالخدمة السريعة .

يمكن تقسيم نظم تقديم الخدمة إلى نوعين أساسيين تبعاً لنوع الخدمة المقدمة وهما:

١. نظام تقديم الخدمات النمطية Standardized :

أي الخدمات المعروفة وذات المواصفات الثابتة ،وهنا تكون الجدولة ثابتة ومن أمثلة هذه الخدمات خدمة البريد وخدمة النظافة العامة ،ومكاتب حجز التذاكر .

٢. نظام تقديم الخدمات المرنة أي المتمشية مع حاجات العميل Customized:

أي أن جدول الخدمة يختلف من عميل إلى آخر مثل خدمة الدخول للمستشفى .

ويكون الهدف الأساسي من جدولة تقديم الخدمات هو الوصول إلى حالة التناسق بين تدفق العملاء إلى مركز تقديم الخدمة والقدرة على تقديم الخدمة ،وتعرف هذه الحالة من التناسق بالتدفق المستوي Smooth Flow والتي يصل فيها العميل التالي تماماً عند انتهاء الوحدة من تقديم الخدمة للعميل الأول.مثال ذلك نظام المواعيد عند الأطباء مع تقدير دقيق لوقت الخدمة اللازم لكل عميل .يترتب على هذه الحالة من التناسق أن يكون وقت الانتظار للعميل يساوي صفراً مع الاستغلال التام للوحدة التي تقدم الخدمة - يصعب تحقيق هذه الحالة المثالية في الحياة العملية- نظراً للطبيعة العشوائية في الطلب على الخدمة والتي يصعب التنبؤ بها ،وكذلك الاختلاف العشوائي في معدل تقديم الخدمة نظراً لاختلاف ظروف كل عميل .

عملية الجدولة عملية دائمة :

يبدو للبعض أن عملية الجدولة (التحميل والتتابع) يسهل حلها باستخدام أي من الأساليب السابقة ،ولكن في الواقع العملي ،هناك العديد من المشاكل تظهر وتجعل عملية الجدولة من أعقد المشاكل التي تواجه مدير الإنتاج والعمليات .

المعروف بأن أي تتابع يتم التوصل إليه يكون مبنياً على الوقت المتوقع لكل أمر أو طلبيه ،ولكن الحقيقة هي أن الوقت الفعلي غالباً ما يختلف عن الوقت المتوقع ،فبعض هذه الأوامر سوف يصل إلى المراحل التالية وهي ليست جاهزة لبدء تشغيلها ،مما يجعل هناك صفوف انتظار في تلك الأقسام .

كما يوجد –عادةً- أكثر من مركز عمل واحد يؤدي نفس العمل وأمام كل منهم عدد معين من الأوامر لكل منها وقت زائد يختلف عن الأخرى .هناك أيضاً احتمال الوصول الدائم لطلبيات جديدة من فترة لأخرى ،ولكل منها تقديرات الوقت وتواريخ التسليم الخاصة بها .

وبفرض أنه ليس هناك تعطل للآلات في مراكز الإنتاج أو تأخر وصول المواد الخام اللازمة أو تغيب العاملين ،حتى مع كل ذلك تظل العملية صعبة والظروف تتغير من وقت لآخر .فعدد الأوامر يتغير والأوقات اللازمة تتغير والوضع الحالي للتشغيل على الآلات يتغير ،مما يستلزم إعادة الجدولة ،ويتم ذلك في شكل التشهيل (الانجاز السريع) لبعض الأوامر المتأخرة أو الحرجة ،وتأجيل تشغيل للأوامر التي يصعب تشغيلها لأي من الأسباب السابقة .

يتضح من هذا أن عملية الجدولة وإعادة الجدولة عملية دائمة تتم بناء على الظروف الحالية Current Situations والتي عادةً ما تختلف من فترة لأخرى ،وهنا تظهر الحاجة إلى نظام سريع ودقيق للمعلومات يسهل من خلاله معرفة الوضع الحالي في جميع الأقسام والأنشطة والأوامر حتى يمكن القيام بإعادة الجدولة بشكل مستمر ودائم .

أسئلة وتطبيقات:

١. تناول بالشرح الموجز جدولة العمليات الإنتاجية.
٢. وضح أهمية جدولة العملية الإنتاجية.
٣. ما هي أهداف جدولة العمليات الإنتاجية.
٤. اشرح نظام جدولة العملية الإنتاجية.
٥. حدد العوامل المؤثرة في جدولة العملية الإنتاجية.
٦. وضح الجدولة في حالة خط الإنتاج.
٧. اشرح عملية التحميل .
٨. ما هي طرق حل مسائل التخصيص؟