المملكة الأردنية الهاشمية
وزارة التربية والتعليم
إدارة المناهج والكتب المدرسية

إدارة المشروعات الصناعية

الصف الثاني عشر

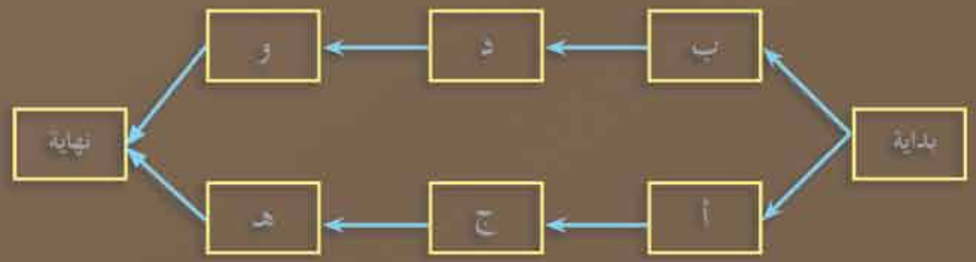
الفرع الصناعي

إدارة المشروعات الصناعية

الصف الثاني عشر

الفرع الصناعي

١٤٤٠هـ / ٢٠١٩م



ISBN:978-9957-84-863-7

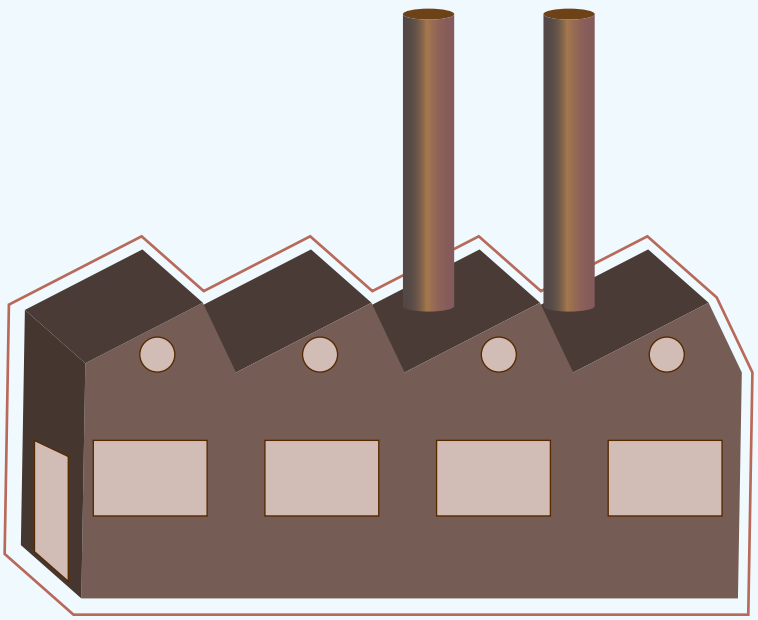
مطبعة

المملكة الأردنية الهاشمية
وزارة التربية والتعليم
إدارة المناهج والكتب المدرسية

إدارة المشروعات الصناعية

الصف الثاني عشر

الفرع الصناعي



الناشر
وزارة التربية والتعليم
إدارة المناهج والكتب المدرسية

يسر إدارة المناهج والكتب المدرسية استقبال آرائكم وملاحظاتكم على هذا الكتاب على العناوين الآتية:
هاتف: ٨-٥ / ٤٦١٧٣٠٤، فاكس: ٤٦٣٧٥٦٩، ص.ب: ١٩٣٠، الرمز البريدي: ١١١١٨
أو بوساطة البريد الإلكتروني: E-mail: VocSubjects.Division@moe.gov.jo

قررت وزارة التربية والتعليم تدريس هذا الكتاب في جميع مدارس المملكة الأردنية الهاشمية بدءًا من العام الدراسي ٢٠١٩م/٢٠٢٠م، بناء على قرار مجلس التربية والتعليم في الجلسة رقم ٢٠١٨/٦٧م، تاريخ ٢٠١٨/٩/٢٥م.

الحقوق جميعها محفوظة لوزارة التربية والتعليم

عمّان – الأردن / ص . ب: ١٩٣٠

رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية
(٢٠١٨/١٠/٥٥٤٩)
ISBN: 978-9957-84-863-7

تأليف

م. حمد عزات أحمرو **م. باسل محمود غضبة**

التحرير العلمي:
م. حمد عزات أحمرو

التحرير اللغوي: نضال أحمد موسى **التحرير الفني:** نداء فؤاد أبو شنب
التصميم: نايف "محمد أمين" مراشدة **الإنتاج:** د. عبدالرحمن سليمان أبو صعيليك

دقق الطباعة: م. مدحت أحمد العزة **راجعها:** م. باسل محمود غضبة

الطبعة الأولى **١٤٤٠هـ / ٢٠١٩م**

قائمة المحتويات

الموضوع	الصفحة
المقدمة	٥
الفصل الدراسي الأول	٧
الوحدة الأولى: مدخل إلى إدارة المشروعات الصناعية	٩
أولًا: مدخل عام إلى إدارة المشروعات	١١
ثانيًا: خصائص المشروع	١٦
ثالثًا: تخطيط المشروع	١٧
رابعًا: جدولة المشروع	٢١
خامسًا: الرقابة على المشروع	٢٥
سادسًا: الجدوى الاقتصادية للمشروع	٢٦
سابعًا: تقويم المشروع	٢٨
ثامنًا: الجودة	٣٠
أسئلة الوحدة	٣٤
الوحدة الثانية: دورة حياة المشروع	٣٧
أولًا: أساسيات دورة حياة المشروع	٣٨
ثانيًا: تنظيم دورة حياة المشروع	٤٠
ثالثًا: مزايا دورة حياة المشروع	٤٤
أسئلة الوحدة	٤٧
الوحدة الثالثة: تخطيط المنشآت الصناعية وتنظيمها	٥١
أولًا: اختيار موقع المصنع	٥٣
ثانيًا: أبنية المصانع	٥٦
ثالثًا: مخططات المصانع وتجهيزاتها	٥٩
رابعًا: حاجات المصانع	٦٢

الموضوع	الصفحة
خامسًا: الدورة الإنتاجية	٦٥
سادسًا: التخطيط المنهجي للمصنع	٦٨
أسئلة الوحدة	٧٠
الفصل الدراسي الثاني	٧٣
الوحدة الرابعة: إدارة الصيانة	٧٥
أولًا: أساسيات إدارة الصيانة	٧٧
ثانيًا: تخطيط أعمال الصيانة	٨١
ثالثًا: تطبيق أعمال الصيانة	٨٣
رابعًا: الصيانة الإنتاجية الشاملة	٨٩
خامسًا: الاستبدال (Replacement)	٩١
سادسًا: تكاليف الصيانة	٩٢
أسئلة الوحدة	٩٩
الوحدة الخامسة: مدخل إلى شبكات الأعمال وتطبيقاتها	١٠١
أولًا: خرائط جانت (Gantt Chart)	١٠٣
ثانيًا: أساسيات المخططات الشبكية	١٠٥
ثالثًا: تمثيل شبكات الأعمال (Network Programming)	١٠٧
رابعًا: قواعد رسم المخططات الشبكية ومعاييرها	١٠٨
خامسًا: عناصر الشبكة	١١١
سادسًا: طرائق رسم الشبكة الممثلة للمشروع	١١٤
سابعًا: طريقة المخطط السهمي (A.O.A)	١١٨
ثامنًا: طريقة المخطط التصدري (A.O.N)	١٢٨
تاسعًا: طريقة تقييم البرامج ومراجعتها (Program Evaluation & Reviw Technique)	١٣٣
عاشرًا: حساب الأزمنة المبكرة والأزمنة المتأخرة للشبكة الممثلة للمشروع	١٣٥
حادي عشر: المسار الحرج	١٤٤
أسئلة الوحدة	١٥٣
قائمة المراجع	١٥٨

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

جاء هذا الكتاب منسجمًا مع خطة التطوير التربوي وتطوير المناهج الدراسية وتحديثها؛ ليسهم في تنمية مهارات التفكير لدى الطلبة نظريًّا وتطبيقيًّا، ويساعدهم على ممارسة أعمالهم بكفاءة واقتدار، وإدارتها بمنطق ودراية، ضمن أسس منهجية وعلمية؛ ما يتيح لهم تسهيل شؤون حياتهم، ودخولهم سوق العمل بيسر وثقة.

يُعَدُّ الكتاب استكمالًا لما درسه الطالب في الوحدة الأخيرة من مبحث الإدارة والسلامة الصناعية للصف الحادي عشر، وقد اشتمل على موضوعات جديدة شائقة تسهم في تنمية مهاراته، وترفده بالمعارف والخبرات اللازمة لميادين العمل.

اشتمل الكتاب على خمس وحدات، هي: مدخل إلى إدارة المشروعات الصناعية، ودورة حياة المشروع، وتخطيط المنشآت الصناعية وتنظيمها، وإدارة الصيانة، ومدخل إلى شبكات الأعمال وتطبيقاتها.

ونحن إذ نقدم هذا الجهد المتواضع، فإننا نأمل أن يحقق أهدافه، راجين زملاءنا المعلمين تزويدنا بالتغذية الراجعة لتطويره وتحسينه خدمة للمصلحة العامة.

والله ولي التوفيق

المؤلفان

الفصل الدراسي الأول

الوحدة الأولى

مدخل إلى إدارة المشروعات الصناعية

- ماذا تعرف عن المشروعات الصناعية؟
- ما دور المشروعات الصناعية في التنمية الاقتصادية للوطن؟
- كيف يمكن إنشاء مشروع صناعي؟

يُعَدُّ تطور مفهوم إدارة المشروع في مجال إدارة المؤسسات أحد أهم الأحداث التي ميزت نهاية القرن العشرين. فبالرغم من ارتباط فكرة المشروع بالعصور القديمة، فإن الظهور الرسمي لمفهوم إدارة المشروع كان في سنة ١٩٥٠م، ثم شهد العديد من التطورات.

إن نجاح المشروعات يرتبط بكل خطوة من خطوات تنفيذها، بدءًا بالفكرة والتطبيق، وانتهاءً بالتحسين والتطوير، فضلًا عن توافر منظومة خدمات متكاملة، وابتكار آليات متنوعة متطورة لتقديم هذه الخدمات، بإشراف إدارة فاعلة تتصف بالتخطيط، والتنظيم، والتوجيه، والرقابة.

يتوقع منك بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- تتعرف المفاهيم الخاصة بالإدارة، وإدارة المشروع، والمشروع، وتيسيير المشروع، والمشروعات الفرعية.
- توضح خصائص المشروع، وما تعنيه كل خصيصة.
- تبين مفهوم تخطيط المشروع، وأهميته.
- تذكر عناصر تخطيط المشروع.
- تتعرف أنواع تخطيط المشروع، ومجال استخدام كلٍّ منها.
- تتعرف مبادئ تخطيط المشروع، وخصائصه.
- تتعرف مفهوم جدولة المشروع، ومراحل هذه الجدولة.
- توضح مفهوم الرقابة على المشروع، وأنواع هذه الرقابة، وأهميتها.
- توضح مفهوم الجدوى الاقتصادية للمشروع، وأهمية دراستها.
- تتعرف مفهوم تقويم المشروع، وأهميته.
- تبين مفهوم الجودة، ومراحل عملية ضبط الجودة.
- تذكر مراحل عملية ضبط الجودة.

أولًا مدخل عام إلى إدارة المشروعات

١- مفهوم الإدارة

يرتبط علم الإدارة بتنسيق أعمال المشروع وتنظيمها، والمواءمة بين الموارد عن طريق تنفيذ وظائف الإدارة الخمس، وهي: التخطيط، والتنظيم، والتوجيه، والتنسيق، والرقابة. وتسعى هذه الوظائف إلى تحقيق جملة من الأهداف بالاستخدام الأمثل للموارد.

توجد تعريفات عِدَّة للإدارة، ويُعَدُّ التعريف الآتي أكثرها شمولًا: عملية تحقيق الأهداف المرسومة باستغلال الموارد المتاحة وفق منهج محدد ضمن بيئة معينة.

تُصنَّف أنواع المنظمات التي تقوم على الإدارة إلى زراعية، وصناعية، وخدمية، أو إلى عامة وخاصة، أو إلى كبيرة ومتوسطة وصغيرة، أو إلى محلية ودولية.

يُنظَر إلى الإدارة بوصفها بُعْدًا إداريًّا يتمثل في العلم والعمل؛ إذ إنها تخضع للقواعد العلمية، مثل: دراسة الوقت الذي يستغرقه العامل أو الآلة في العمل، والوقت الذي ينبغي أن يستغرقه العامل لأداء عملية معينة. وتخضع عمليًّا لعمليات الإدارة (التخطيط، والتنظيم، والتوجيه، والتنسيق، والرقابة) التي تُعَدُّ من وظائف المدير. فالإدارة عملية أساسية لازمة لتسيير شؤون الإنسان والمجتمع، وتنظيم أسس العلاقات بين الأفراد؛ ما يؤدي إلى تحقيق أهداف كلٍّ من الفرد والمجتمع.

٢- إدارة المشروعات وتسييرها

يُعَدُّ مفهوما الإدارة والتسيير من المفاهيم المهمة التي تتكرر كثيرًا في عالم الاقتصاد والأعمال، والتي تتعدد دلالاتها؛ فقد تُعبِّر عن عملية أو مجموعة من العمليات التي يمكن عن طريقها الجمع بين الموارد المتوافرة لتحقيق الأهداف الشاملة للمؤسسة (تحقيق الأرباح، والنمو، والتوسع، وتلبية إحدى الحاجات المجتمعية)، وقد تدل على مجموعة من الأفراد الذين يتعاونون فيما بينهم لأداء أعمال ومهام محددة في المؤسسة (إدارة الموارد البشرية أو تسيير شؤونها، وإدارة المشتريات).

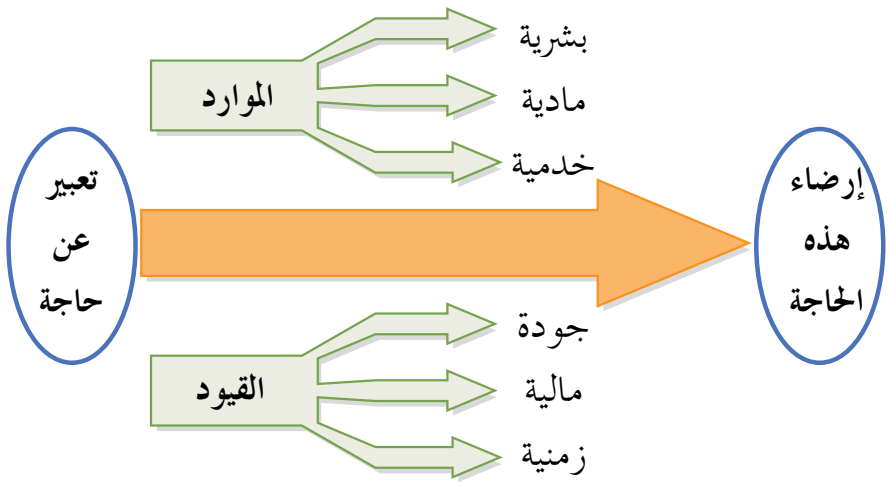
من المُلاحَظ أن الباحثين يستخدمون هذين المفهومين للدلالة على المعنى نفسه، وهو ما يُعَدُّ خطأً في حال ربط هذين المفهومين (الإدارة، والتسيير) بمفهوم إدارة المشروع؛ لذا يجب تمييز مفهوم تسيير المشروع من مفهوم إدارة المشروع.

أ – **مفهوم تسيير المشروع:** توجد تعريفات عِدَّة لمفهوم تسيير المشروع، وهذه أبرزها:

١. فن التوجيه والتنسيق للموارد البشرية والمادية طوال مدة المشروع، وذلك باستعمال تقنيات حديثة؛ تحقيقًا لهدف محدد سلفًا (مدة الإنجاز، والتكلفة، والجودة، وإرضاء الزبائن، وأهمية المشروع).

٢. مجموعة من العمليات التي تتضمن فن التوجيه والتنسيق للموارد البشرية والمادية.

انظر الشكل (١–١) الذي يبين قيام نظام تسيير المشروع على تجميع مركبات، ثم الربط والتنسيق فيما بينها.



الشكل (١–١): مركبات المشروع.

يُلاحَظ من الشكل أن نظام تسيير المشروع يعتمد على التسهيل والاستثمار الأمثل للموارد البشرية والمادية والخدمية ضمن قيود ثلاثية الأبعاد؛ بهدف إرضاء حاجة أو حاجات محددة، وهو يعتمد في ذلك على مجموعة من التقنيات والآليات التي تساعد على المتابعة اليومية للمشروع، واتخاذ القرارات العملية.

يشمل نظام تسيير المشروع ما يأتي:

١. التحكم في التكاليف، ومراعاة مدة الإنجاز ومواصفات المشروع الفنية.

٢. صياغة القرارات اليومية لتنفيذ المشروع.

٣. التحكم في الجودة؛ بغية إرضاء الزبائن والعملاء.

٤. تسيير الموارد لمختلف الأنشطة.

يُعَدُّ نظام تسيير المشروع أداة فاعلة لجمع المعلومات اللازمة لفهم المشكلات التي تعترض تنفيذ المشروع، ثم العمل على إيجاد حلول مناسبة لها بالتنسيق بين مختلف الأطراف الفاعلة؛ فكل تسيير للمشروع يجب أن يندرج ضمن إطار مشروع محدد؛ أي إن نمط التسيير يختلف من مشروع إلى آخر.

ب- مفهوم إدارة المشروع: يمكن تعريف مفهوم إدارة المشروع بأنه العملية التي تشمل جميع الواجبات والمهام والوظائف ذات العلاقة بإنشاء المشروع؛ بغية تحقيق أهدافه بكفاءة وفاعلية ضمن معايير الزمن والكلفة والجودة التي تحدد مساره خلال جميع مراحله.

فإدارة المشروع تُعنى بتطبيق المعرفة والمهارات والأدوات والأساليب التقنية على أنشطة المشروع لتحقيق متطلبات البدء، والتخطيط، والتنفيذ، والمراقبة، والتحكم، والإغلاق. ويُعَدُّ مدير المشروع هو المسؤول عن تحقيق أهداف المشروع.

إن التمييز بين مفهوم تسيير المشروع ومفهوم إدارة المشروع هو أمر مهم جدًّا؛ إذ إنه يُمثِّل رؤية واضحة لتقسيم المهام وتوزيع المسؤوليات والوظائف داخل السلم الإداري للمشروع؛ فإدارة المشروع تقع في أعلى السلم الهرمي الذي تصاغ فيه جميع القرارات المهمة، ويُعهَد إليها ما يأتي:

١. تحديد أهداف المشروع.

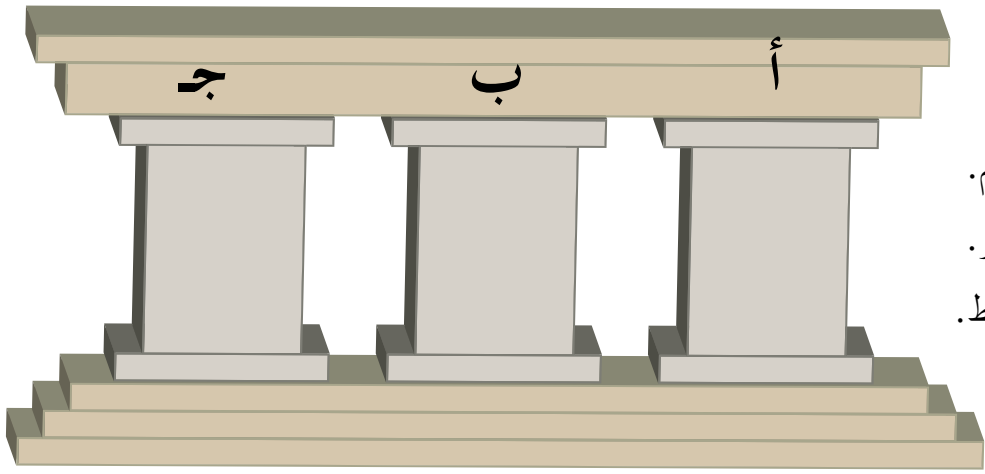
٢. تحديد الوسائل وجميع الإمكانات المتوافرة لتحقيق هذه الأهداف.

٣. تحليل مختلف المخاطر التي يتعين على الإدارة مواجهتها في مرحلتي إعداد المشروع والتنفيذ.

تشتمل عملية إدارة المشروع على التخطيط، ووضع الأهداف بعيدة المدى، وتخصيص الموارد اللازمة لتحقيقها؛ أي إنها تُعنى بالجانب الاستراتيجي من عملية تسيير المشروع التي تُعنى باتخاذ القرارات العملية أسفل السلم الهرمي، بحيث تشرف على التنفيذ اليومي للمشروع باستخدام تقنيات عِدَّة، منها: تقنيات الترتيب، وتقنيات تسيير الموارد، ومراقبة العمليات المالية، وبخاصة تسيير موازنة المشروع.

تقوم إدارة المشروع على ثلاث دعائم أساسية، هي: التنظيم، والتسيير، والتنشيط، كما هو مبين في الشكل (١-٢). أما التنظيم فيتعلق بتحديد الأدوار والتنسيق بين الجهود؛ ما يوجب اتخاذ القرارات. وأما التسيير فيرتبط بمتابعة المشروع يوميًّا على نحوٍ يسمح بتقديم معلومات

عن درجة التقدم في إنجاز المشروع، في حين يرتبط التنشيط بالعنصر البشري، ويهدف إلى منح المشروع الفاعلية اللازمة.



أ – التنظيم.

ب– التسيير.

جـ– التنشيط.

الشكل (١–٢): الدعائم الثلاث لإدارة المشروع.

٣– مفهوم المشروع

توجد تعريفات عِدَّة للمشروع تختلف باختلاف وجهات نظر الباحثين والدارسين في مجال إدارة المشروعات، وهي لا تتعارض مع بعضها بعضًا، وإنما تُمثِّل مجتمعة تعريفًا شاملًا للمشروع. يمكن تعريف المشروع بأنه مجموعة من الأنشطة المرتبطة معًا التي تُشكِّل سلسلة من المهام، تبدأ وتنتهي بصورة واضحة، وتُنفَّذ بطريقة منظمة؛ بغية إيجاد خدمة أو منتج يحقق هدفًا تنمويًّا، وهي تتطلب موارد مالية وبشرية.

يتبين مما سبق أن المشروع يُمثِّل مجموعة أنشطة مخطط لها زمانيًّا ومكانيًّا لتحقيق أهداف ونتائج بناءً على معطيات واضحة، وفق مراحل متتالية مستمرة في ما بينها، وهو يُمثِّل أيضًا خطة تؤسس على دراسة وعمل لهما نتائج مستقبلية.

يمكن وصف المشروع بأنه:

أ – سلسلة من الأنشطة ذات أهداف محددة زمانًا ومكانًا.

ب– عملية تسعى إلى تحقيق هدف تنموي.

جـ– عملية تتطلب توافر موارد مالية وبشرية.

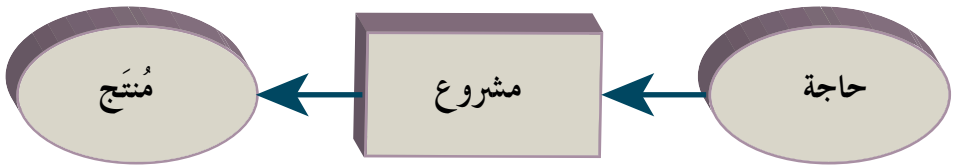
د – مهمة محددة ينبغي إنجازها في زمن محدد لتحقيق أهداف معينة (تقديم مُنتَج، أو خدمة ما)؛ على أن تكون التكاليف محددة، والمجال متفقًا عليه سلفًا.

هـ – عملية تهدف إلى تحقيق تغيير مفيد، أو إيجاد قيمة مضافة.

و – عملية تتطلب مشاركة أفراد منظمين من مهن مختلفة، يسعون إلى تحقيق هدف معين.

ز – عملية قد تظهر لها أهداف جديدة في أثناء مرحلة التنفيذ.

ح – مجموعة عمليات، لكلٍّ منها آليات وطرائق مختلفة لتحديد الأهداف، وثقافة خاصة بها، انظر الشكل (١–٣).



الشكل (١–٣): رؤية مبسطة للمشروع.

٤– المشروعات الفرعية

تقسم المشروعات غالبًا إلى مكونات يمكن إدارتها بسهولة، أو إلى مشروعات فرعية. وبالرغم من إمكانية النظر إلى المشروعات الفرعية بوصفها مشروعات تدار على هذا الأساس، فإن عقودها تستند غالبًا إلى مؤسسة خارجية، أو إلى وحدة وظيفية أخرى في الشركة المنفذة للمشروع، ومن الأمثلة على ذلك:

أ – المشروعات الفرعية القائمة على عملية المشروع، مثل المرحلة الواحدة في دورة حياة المشروع.

ب– المشروعات الفرعية التي تتضمن تقنيات متخصصة، مثل الاختبار الآلي لبرنامج الحاسوب في مشروع لتطوير أحد البرامج.

جـ– المشروعات الفرعية المحكومة بمتطلبات مهارات الموارد البشرية، مثل عمال السباكة والكهرباء الواجب استخدامهم في أحد مشروعات البناء.

د – المشروعات الكبيرة جدًّا التي قد تحتوي فيها المشروعات الفرعية على مجموعة من المشروعات الفرعية الصغرى.

ثانيًا خصائص المشروع

يمتاز المشروع بخصائص عِدَّة، هي:

١-المؤقت

يُقصَد بذلك أن لكل مشروع بداية ونهاية محددتين، وهذا لا ينطبق على الخدمة أو المُنتَج الذي يصفه المشروع؛ إذ تُنجَز معظم المشروعات للحصول على نتيجة مستمرة.

٢-التفرد

يُمثِّل التفرد إحدى خصائص المشروع المهمة، مثل تشييد عِدَّة آلاف من المباني الإدارية، التي يكون لكلٍّ منها مالك واحد، وتصميم، ومقاول مختلف، علمًا أن وجود عناصر مكررة لا يُغيِّر من عنصر التفرد لعمل المشروع.

٣-التنقيح المطرد

تنفرد المشروعات التي تدمج بين مفهومي المؤقت والتفرد بهذه الخصيصة التي يُقصَد بها التقدم في الخطوات، والاستمرار في زيادة التطور.

٤-عقدة المشروع

يُقصَد بها مجموع المشكلات التي تعترض تنفيذ المشروع خلال دورة حياته، ومن أهمها عدم التواصل بين أطراف المشروع، والخلافات بينهم. ويُعَدُّ التخطيط والتنظيم والتنسيق من أهم العمليات التي تسهم في القضاء على هذه المشكلات.

٥-وجود هدف معين يُنجَز مرة واحدة.

٦-وجود أنشطة عِدَّة يجب تنفيذها لإتمام المشروع.

٧- القيود

لكل مشروع ثلاثة قيود تُؤطِّر عمله وتحكمه، وهي: الوقت اللازم لتنفيذ المشروع، والتكاليف التي لا يجب أن يتجاوزها المشروع، ومعايير الجودة المحددة التي يجب أن تفي بمتطلَّبات المشروع.

ثالثًا تخطيط المشروع

التخطيط هو وضع خطة عمل لتنفيذ المشروعات، وغالبًا ما يُنظَر إليه بوصفه أكثر الخطوات أهمية في تنفيذ المشروع، وأحد أهم عناصر الإدارة، وهو يتقدم جميع العناصر الأخرى؛ إذ لا يمكن لأي عمل أن يفضي إلى نتائج مرضية من دون التخطيط الجيد له.

تشتمل عملية تخطيط المشروع على مراحل عِدَّة، تبدأ بتعريف المشروع، ثم تحديد أهدافه الخاصة، وتنفيذ مجموعة من العمليات، وتنتهي بالتسليم النهائي للمشروع. وتُعَدُّ هذه العملية مهمة جدًّا؛ لأنها تساعد المؤسسات على إيجاد نظام متكامل في عمليات المشروع المتتابعة، وتُمثِّل التخطيط المستقبلي الذي يستند إليه مدير المشروع، والذي يساعده على تحديد أهم الوثائق الخاصة بالمشروع التي تُعَدُّ المرجعية الرئيسة لكل ما اتُّفِق عليه بخصوص المشروع.

يمكن تعريف تخطيط المشروع بأنه أداة لوضع تصور للمستقبل المرغوب فيه، وللمخاطر المتوقع حدوثها عند تحديد مراحل المشروع والإجراءات الخاصة به وتنفيذها، ورصد الإمكانات البشرية والإدارية والمالية اللازمة له.

١- أهمية التخطيط

التخطيط هو أساس الإدارة؛ إذ تعمل معظم المؤسسات في ظروف متغيرة تتطلب التخطيط لمواجهة أي تحديات مستقبلًا. فلتحقيق الهدف المنشود بصورة فاعلة؛ يجب تخطيط العمل، وبذل الجهد الذهني اللازم لتنفيذه قبل البدء باستخدام الموارد المالية المخصصة لذلك.

يمكن إجمال أهمية التخطيط في ما يأتي:

أ – تحديد اتجاه المؤسسة؛ أي الوجهة التي تسعى إليها، وغرضها الرئيس.

ب– تحديد إطار موحد للعمل، واتخاذ القرارات داخل المؤسسة؛ ذلك أن غياب التخطيط يؤدي إلى عدم معرفة الفرص والمخاطر المستقبلية. صحيح أن التخطيط قد لا يؤدي إلى التحديد الكامل للمخاطر الكامنة مستقبلًا، غير أنه يسهم – على الأقل – في خفض هذه المخاطر.

تبرز أهمية التخطيط في تحقيق ما يأتي:

أ – تنفيذ المشروع خلال المدة المحددة (المتفق عليها في التعاقد).

ب– تحقيق التوازن بين الموارد والحاجات.

جـ– تحديد دور كل فرد في المشروع.

د – تسهيل الاتصال بين القائمين على تنفيذ المشروع.

هـ– التنبؤ بأي مشكلات مستقبلية قد تعترض تنفيذ المشروع.

و – متابعة المشروع، وإدارته، والتحكم فيه.

٢– عناصر التخطيط

يشتمل التخطيط على خمسة عناصر، هي:

أ – **الأهداف:** الغايات المشروعة التي يراد تحقيقها، أو الوصول إليها.

ب– **السياسات:** مجموعة القواعد التي تضعها الإدارة العليا لتوجيه أعمال الجهاز الإداري وضبطها، علمًا أن السياسة تختلف عن الهدف؛ فالهدف هو ما يراد تحقيقه، أما السياسة فهي طريقة تحقيق هذا الهدف.

جـ– **التنبؤ:** محاولة النظر إلى المستقبل بدراسة أحداث الماضي والحاضر، ووضع الافتراضات لما سيكون عليه الوضع مستقبلًا؛ إذ لا يمكن وضع خطة من دون وضع افتراضات مستقبلية. والتنبؤ هو عملية مهمة جدًّا؛ إذ يتعين على الإداريين التفكير في المستقبل، وفي المشكلات التي يتوقع حدوثها فيه؛ لحلها قبل وقوعها، أو الاستعداد لها على الأقل.

د – **الإجراءات:** يُقصَد بها تحديد خطوات تنفيذ العمليات من حيث الكيفية، والتسلسل الزمني.

هـ– **البرامج الزمنية:** يُقصَد بذلك الكشوف التي توضح العمليات المطلوب تنفيذها خلال مدة محددة من الزمن، وتبين بصورة أساسية وقت الابتداء والانتهاء لكل عملية من عمليات المشروع. ويُعَدُّ الزمن أحد أهم الموارد في أي مشروع؛ لذا يجب تخطيط استخدامه بطريقة مثلى، وتجنب أي هدر فيه؛ لأن ذلك يعني ضياع المال والجهد والفرص.

وفي ما يأتي الخطوات الواجب مراعاتها في البرامج الزمنية:

١. تقسيم المشروع المطلوب تنفيذه إلى عمليات أو أنشطة فرعية، ثم تقسيم الأنشطة الفرعية إلى أنشطة أصغر، وهكذا.
٢. ملاحظة التسلسل الزمني لهذه الأنشطة، وعلاقة بعضها ببعض.
٣. اتخاذ قرارات عن كيفية تنفيذ الأنشطة، وتحديد العناصر المادية والبشرية اللازمة لتنفيذ المشروع.
٤. تقدير الوقت اللازم لتنفيذ كل نشاط.
٥. تحديد وقت الابتداء ووقت الانتهاء لكل نشاط.

٣- أنواع التخطيط

يقسم التخطيط إلى ثلاثة أنواع رئيسة، هي:

أ - **التخطيط طويل المدى (التخطيط الاستراتيجي):** يهدف هذا النوع إلى تحقيق أهداف بعيدة المدى (الهدف الرئيس للمشروع)، ويستغرق مدة طويلة (خمس سنوات، أو أكثر)، وتتولى الإدارة العليا وضعه.

ب- **التخطيط متوسط المدى:** يهدف هذا النوع إلى تحقيق أهداف المشروع الفرعية، مثل تخطيط الإنتاج السنوي أو الإنتاج نصف السنوي، ويستغرق مدة تتراوح بين شهر وسنة، وتتولى الإدارة الوسطى وضعه بالتعاون مع الإدارة العليا.

جـ- **التخطيط قصير المدى:** يهدف هذا النوع إلى تحقيق أهداف المشروع العاجلة، مثل: تخطيط الإنتاج الأسبوعي، وتوزيع الأعمال خلال الأسبوع أو الشهر القادم، ويستغرق مدة تتراوح بين يوم وشهر، وتتولى الإدارة الوسطى وضعه بالتعاون مع الإدارة التنفيذية.

٤- خصائص التخطيط

يتصف التخطيط بالسمات والخصائص الآتية:

أ - **المرونة:** يُقصَد بذلك قابلية الخطة للتعديل المستمر تبعًا للظروف المتغيرة، وما تظهره نتائج تنفيذها.

يُحدَّد للخطة مدة زمنية معينة، وتصاغ بافتراضات معينة، وقد لا يتحقق أحد هذه الافتراضات أو بعضها؛ ما يحتم إجراء مراجعات مستمرة، ولهذا يُراعى في الخطة إمكانية التعديل في أثناء التنفيذ.

ب- **الشمول:** يجب أن يتصف التخطيط بالشمول؛ أي شموله جميع نواحي النشاط في المؤسسة، وعدم اقتصاره على بعض النواحي دون الأخرى. فوجود خطط فرعية لكل قسم من أقسام المؤسسة (مع ارتباطها جميعًا بالخطة الرئيسة) يؤدي إلى توحيد الجهود نحو تحقيق الأهداف العامة المشتركة. ومن دون ذلك فقد تلتزم بعض الأقسام بالتخطيط، خلافًا لأقسام أخرى؛ ما يؤدي إلى الاضطراب في العمل، وفقدان التوازن، وعدم المقدرة على تحقيق أهداف المؤسسة.

جـ- **الواقعية:** يُقصَد بذلك مراعاة الخطة للظروف والأحوال الحقيقية التي تفضي إلى تنفيذها بصورة صحيحة، ولهذا يجب اختيار الأفراد المناسبين لتنفيذ الخطة، وتوفير الموارد المالية اللازمة لها خلال المراحل المختلفة.

د - **العملية:** يجب أن يكون تطبيق التخطيط مبنيًّا على أساس الفهم الكامل لجميع العناصر والعوامل التي يحويها محيط المؤسسة، والتي تحكم نموها، وتحدد اتجاهها ووضعها مستقبلًا.

هـ- **الاستمرارية:** يوصف التخطيط بأنه عملية مستمرة، ونشاط لا ينتهي بالنسبة إلى المخطط. فعند وضع الخطة موضع التنفيذ، فإن التغيرات التي تحدث في الظروف والأحوال المختلفة تحتم إجراء التعديلات بصفة مستمرة لتجنب حدوث أي حالة جمود أو نشوء وضع قد يكون عائقًا أمام تحقيق الأهداف.

٥- مراحل تخطيط المشروع

تبدأ عملية تخطيط المشروع بتعريف المشروع ثم تحديد أهدافه الخاصة، وإجراء العديد من العمليات، وتنتهي بالتسليم النهائي للمشروع.

تهدف هذه المراحل إلى مساعدة المؤسسات على إيجاد نظام متكامل في عمليات المشروع، وتتمثل في ما يأتي:

أ – **مرحلة التعريف بالمشروع:** تُمثِّل هذه المرحلة بداية التفكير الجاد في إنجاز المشروع، والبحث عن أسباب الحاجة إليه. وفيها يعمل المخطط على تعريف المشروع ببيان أهميته، وتحديد الأمور المتعلقة بشروط إقامته.

ب– **مرحلة التحليل:** تُعنى هذه المرحلة بدراسة مواصفات المشروع العملية، والبدائل المختلفة في مجالاته التسويقية والتقنية، وعرض النتائج والبيانات والخرائط التي تساعد على فهم المواصفات.

جـ– **مرحلة التصميم:** يهدف التصميم إلى تجزئة جهاز المشروع إلى أجزاء عملية؛ شريطة ترابط هذه الأجزاء بعضها ببعض؛ لأن الحاجة تدعو إلى ارتباطها. وكلما كان التصميم منسجمًا مع البرنامج الذي وضعه المستفيد زادت درجة إنجازه.

د – **مرحلة البرمجة:** تشمل هذه المرحلة جمع المعلومات اللازمة لمرحلة التصميم في برنامج يبين خطوات اكتمال المشروع المتفق على إنجازه؛ ففي هذه المرحلة يُنجَز المشروع فعليًّا.

هـ– **مرحلة الكشف:** يُقصَد بذلك الكشف الفعلي عن أجزاء المشروع، ووجود ارتباط بين هذه الأجزاء لتنفيذ المشروع بصورة متكاملة؛ بغية التحقق من مطابقة كل الأجزاء للتصاميم والمواصفات المحددة لها.

و – **مرحلة القبول:** يكشف المستفيد وطالب المشروع عن المشروع نفسه، وعن أجزائه في هذه المرحلة التي تسمى أيضًا مرحلة التسليم المؤقت؛ لأنه في حال وجود خلل ما فإنه يتعين على الطرف الذي أنجز المشروع معالجة هذا الخلل.

ز – **مرحلة التنفيذ:** يبدأ المستفيد في هذه المرحلة تنفيذ المشروع. وفي حال لاحظ وجود أخطاء ثانوية أثناء التنفيذ فإنه يعمل على إصلاحها وفقًا للعقد المُوقَّع بين المستفيد من المشروع والجهة التي أنجزته.

رابعًا جدولة المشروع

تُعَدُّ الجدولة خطوة مهمة في إدارة المشروعات؛ لأنها توضح معالم المشروع، وما يجب عمله في كل مرحلة من مراحله، وتبين وقت بدء المشروع وانتهائه وفقًا لكل نشاط من أنشطته، فضلًا عن بيان تتابع هذه الأنشطة. تتضمن الجدولة إعداد جداول زمنية مفصلة توضح بداية المشروع ونهايته، وكذلك حاجته من الموارد المالية والمادية والبشرية.

١- مفهوم جدولة المشروع

يُقصَد بجدولة المشروع تحويل خطة المشروع إلى جدول زمني لتشغيل المشروع، بدءًا بلحظة مباشرة العمل فيه، ومرورًا بجميع الأنشطة المتتابعة والمتداخلة والأحداث والمحطات الرئيسة، وانتهاءً بلحظة انتهاء العمل في المشروع، وتحديد الوقت اللازم لتنفيذه من لحظة البدء حتى لحظة الانتهاء.

يحرص الإداريون على استخدام جدولة المشروعات لضمان إنجاز المشروع في الوقت المحدد، وإيجاد مؤشرات منبهة للحالات غير الاعتيادية لحظة ظهورها، والمرونة في إعادة تخطيط المشروع وفقًا لذلك.

تشتمل عملية الجدولة على الجوانب الآتية:

أ - **إنشاء شبكة أعمال المشروع:** تشمل هذه المرحلة ما يأتي:

١. تحليل المشروع إلى أنشطة وأحداث.
٢. تتابع الأنشطة والأحداث.
٣. الرسم التخطيطي للمشروع.
٤. تقدير الزمن لكل نشاط.

ب- **تخطيط المشروع:** يجب تحديد أنشطة المشروع الآتية تبعًا للتسلسل الزمني:

١. أنشطة الأحداث الحرجة.
٢. المسار الحرج.
٣. حساب الفائض من كل نشاط.

جـ- **ضبط المشروع:** يُقصَد بذلك تقدير مراقبة الأنشطة ومتابعتها، وهذا يشمل:

١. مراقبة الأزمنة ومقارنتها بخطة المشروع النظرية.
٢. محاولة اتباع الخطة التي يراد تنفيذها.
٣. نقل الإمكانات من النشاط الفائض إلى النشاط الحرج (إن أمكن).

٢- أهمية جدولة المشروع

لجدولة المشروع أهمية كبيرة تتمثل في ما يأتي:

أ – تُعَدُّ جدولة المشروع مدخلًا رئيسًا لبناء نظم التخطيط والتوجيه والرقابة.

ب– تبين الجدولة حالة الاعتمادية والتداخل لجميع الأنشطة، ووحدات العمل، وحزم العمل، والمهام في المشروع.

جـ– تشير الجدولة إلى الوقت الذي يتطلب فيه المشروع توافر بعض الخبرات والمهارات الخاصة.

د – تساعد الجدولة على توفير خطوط اتصال أوضح وأقصر بين الأقسام والوظائف وفرق العمل.

هـ– تسهم الجدولة في تحديد التاريخ المتوقع لإنهاء المشروع.

و – تساعد الجدولة على تحديد الأنشطة الراكدة التي لا تؤثر سلبًا في وقت انتهاء المشروع في حال تأخرها، وتحديد الأنشطة الحرجة التي تؤدي إلى تأخر المشروع في حال تأخرها.

ز– تسهم الجدولة في تحديد تواريخ بداية الأنشطة ونهايتها، وعلاقة هذه الأخيرة بالأنشطة الأخرى؛ ما يساعد على التنسيق اللازم، ويمنع التضارب واختناقات العمل.

ح– تسهم الجدولة في تخفيف الخلافات الشخصية والصراعات على الموارد؛ لأن الأوقات محدده سلفًا؛ ما يسهل عملية التنسيق، ويقلل من الصراع.

٣- مراحل جدولة المشروع

تمر جدولة المشروع بثلاث مراحل، هي:

أ – **التخطيط:** تتضمن هذه المرحلة ما يأتي:

١. تحليل أنشطة المشروع إلى وحدات، ثم تجزئة كل وحدة إلى مجموعة أنشطة متماثلة من حيث المهمة والوقت المستغرق في تنفيذها، فضلًا عن تحليل هذا المستوى إلى المستويات الدنيا وفق مفهوم تجزئة هيكل العمل.

٢. بناء شبكة عمل المشروع (Network)، بدءًا بتحديد الوظائف الأساسية والأنشطة اللازمة لإنجاز المشروع، وانتهاءً ببيان طبيعة العلاقة بين هذه الأنشطة وعملية التسلسل المستخدم في إنجازها.

ب- **جدولة الأنشطة**: تشمل هذه المرحلة ما يأتي:

١. تحديد الوقت اللازم لإنجاز كل نشاط من أنشطة المشروع.

٢. تقدير التكاليف اللازمة لإنجاز كل نشاط من الأنشطة.

٣. تقدير التكاليف الكلية اللازمة لإنجاز المشروع.

٤. تخصيص الموارد المالية والموارد البشرية اللازمة لكل نشاط من أنشطة المشروع.

جـ- **الرقابة**: تشمل هذه المرحلة ما يأتي:

١. التحقق من تنفيذ العمل وفق ما خطط له، وعدم حدوث معوقات في التنفيذ، مثل تأخر تنفيذ بعض الأنشطة عن الوقت المحدد.

٢. التحقق من عدم وجود اختلافات بين الموارد المادية والموارد البشرية المستخدمة والكميات المقدرة في الخطة.

٣. إجراء التصحيحات اللازمة لمعالجة الانحرافات (إن وُجِدت)، والعمل على تجنب حدوثها في المراحل اللاحقة من المشروع.

٤- تقنيات جدولة المشروع

توجد تقنيات وطرائق عِدَّة لجدولة المشروعات، أبرزها:

أ - **خرائط جانت** (Gant charts): تعتمد فكرة هذه الخرائط على تقسيم المشروع المطلوب تنفيذه إلى أنشطة صغيرة، يحدد لكلٍّ منها سقفه الزمني، والعمالة اللازمة لإنجازه، وهو يقدم صورة عن تخطيط الأنشطة المتتالية، وتنفيذها.

ب- **البرمجة الشبكية** (Network programming): تُصنَّف هذه البرمجة إلى ما يأتي:

١. **أسلوب المسار الحرج**: يُمثِّل هذا الأسلوب أداة لتخطيط المشروعات الضخمة المعقدة وتنفيذها ومراقبتها في وقت واحد لكل نشاط، وهي تقوم على أساس تحديد مجموعة من الأنشطة التي يجب أن تُمثِّل اهتمامًا خاصًّا بعمليات التخطيط والتنفيذ والمراقبة.

٢. **أسلوب بيرت**: يقوم هذا الأسلوب على استخدام ثلاثة أزمنة تقديرية بدلًا من الزمن الواحد، وهي: الزمن المتفائل، والزمن المتشائم، والزمن المعتدل، ثم حساب زمن النشاط وفق طريقة احتمالية بين هذه الأزمنة الثلاثة.

خامسًا الرقابة على المشروع

تُعَدُّ الرقابة على المشروع إحدى أهم مراحل عملية إدارة المشروعات؛ لأنها تضمن حدوث الأمور المخطط لها على النحو الصحيح، وتكفل عدم حدوث أمور غير مخطط لها، فضلًا عن قيامها بالتصحيحات الملائمة في الوقت المناسب في حال حدوث أي مشكلات في أثناء إنجاز المشروع، وهي تتمثل في ثلاثة قيود، هي: الزمن، والتكلفة، والجودة. وتُمثِّل الرقابة أحد عناصر نشاط الإدارة.

١- مفهوم الرقابة على المشروع

يُقصَد بهذا المفهوم عملية تنظيم الأنشطة وضبطها وتعديلها على نحوٍ يساعد على إنجاز الأهداف، والتحقق من إنجاز كل شيء وفقًا للخطة المختارة، والأوامر المحددة، والمبادئ التي أُرسِيت لتوضيح الأخطاء والانحرافات حتى يمكن تصحيحها وتجنب الوقوع فيها مرة أخرى.

٢- أنواع المراقبة

تُصنَّف الرقابة إلى ثلاثة أنواع، هي:

أ - **الرقابة السابقة:** يهدف هذا النوع من الرقابة إلى التحقق من الموارد الداخلة من حيث الكَمُّ والكيف، وذلك قبل دخولها نظام الإنتاج؛ فقد لا تسمح إحدى الشركات مثلًا ببيع سلعة تحمل اسمها التجاري إلا بعد التأكد من استيفائها مستويات دقيقة من الجودة، حتى في مجال المعلومات.

ب- **الرقابة الجارية:** يُقصَد بها الرقابة في أثناء تحويل المدخلات إلى مخرجات؛ فقد تنشئ إحدى الشركات نقاط تفتيش عند بداية كل مرحلة من مراحل العملية الصناعية لاكتشاف أي مشكلات قبل بدء المرحلة التالية.

يمتاز هذا النوع من الرقابة بدقة المعلومات التي تصل إلى المديرين المتخصصين عن أحوال العمليات، ومستوى الإنجاز المتحقق، وضبط الموارد المالية عن طريق المراجعة الدورية للنقد المتوافر والتحصيلات من العملاء.

جـ- **الرقابة اللاحقة**: تركز هذه الرقابة على نواتج الأنشطة التنظيمية، وتتلخص مهامها في ما يأتي:

١. تزويد المديرين بالمعلومات التي تساعدهم على تقييم فاعلية الأنشطة التنظيمية، والمسؤولين عنها.

٢. استخدامها أساسًا للتقييم ومكافأة الأفراد. فقد يتم الربط بين الدقة والجودة في المنتج والمكافأة التي يحصل عليها الفرد؛ ما يحدد إنتاج كل فرد والمكافأة المستحقة بناءً على ذلك.

٣. مساعدة المديرين على معرفة المسؤول عن المدخلات أو العملية الإنتاجية؛ لإجراء التعديلات اللازمة في أي من المراحل.

٣- أهمية رقابة المشروع

تُعَدُّ رقابة المشروع أمرًا ضروريًّا لضمان سير الأمور على النحو المخطط لها، وتتركز هذه الرقابة في ثلاثة جوانب أساسية، هي:

أ - **الوقت**: يتعين مراقبة مدى المواءمة بين مراحل إنجاز المشروع والجداول الزمنية الموضوعة.

ب- **التكلفة**: يجب مراجعة الموازنة المالية المخطط لها لكل مرحلة من مراحل المشروع، والتأكد من عدم وجود عجز أو خلل فيها.

جـ- **الجودة**: يرتبط مدى التقدم في الإنجاز بالمعايير التقنية المعمول بها والمواصفات التي حُدِّدت من قبل.

سادسًا الجدوى الاقتصادية للمشروع

يُقصَد بالجدوى الاقتصادية قياس ما يتوقع أن يحققه المشروع من فوائد (مكاسب) تبعًا لتكاليف إنشائه. ولتعرُّف مدى ربحية المشروع بعد مدة محدودة، يجب تحديد جميع عناصر المشروع الآنف ذكرها؛ إذ يجب دراسة السوق، والتكاليف الثابتة للمشروع (المباني، والتجهيزات، والمعدات الجارية التي يتطلبها تشغيل المشروع)، وإمكانيات تمويل المشروع، فضلًا عن معدل الإنتاج، ونوعيته، حيث تُعَدُّ عملية دراسة الجدوى الاقتصادية للمشروع من العمليات الرئيسة التي يتعين القيام بها قبل البدء بتنفيذ المشروع.

نشاط

افترض أنك تريد إنشاء مشروع صغير يتمثل في شراء محركات سيارات مستعملة وتنظيفها وصيانتها، ثم بيعها في السوق، وأنك وجدت مخزنًا مناسبًا، خلوه (٦٠٠٠) دينار، وأجرته السنوية (١٢٠٠) دينار، وكلفة التجهيزات والمعدات (٦٠٠) دينار تقريبًا، وعدد المحركات التي يمكن بيعها شهريًّا (٦) محركات، وكلفة التراخيص والماء والهاتف والصرف الصحي (٩٠٠) دينار تقريبًا، وكلفة التنظيف والخدمة والصيانة لكل محرك (١٠) دنانير، وكلفة شراء المحرك الواحد من المصدر (٢٠٠) دينار، وأجر العامل المهني (١٥٠) دينارًا، علمًا أنك لا تنوي تأمين المشروع، أو عمل دعاية له.

إذا علمت أن معدل ثمن بيع المحرك الواحد في السوق (٤٠٠) دينار، ومعامل استهلاك الخلو (٢٪)، ومتوسط معامل استهلاك المعدات والتجهيزات (١٥٪)، والتكاليف الثابتة المطلوبة للمشروع متوافرة لديك، ومعدل الفائدة الذي يمكنك الحصول عليه من استثمار أموالك في مجال آخر (١٪) شهريًّا، فاحسب الجدوى الاقتصادية للمشروع.

الحل

١- التكاليف الثابتة = الخلو + تكلفة التجهيزات والمعدات

= ٦٠٠٠ + ٦٠٠ = ٦٦٠٠ دينار.

قيمة الاستهلاك السنوي للتكاليف

= ٢٪ × الخلو + ١٥٪ × كلفة التجهيزات والمعدات

= ٢٪ × ٦٠٠٠ + ١٥٪ × ٦٠٠ = ٢١٠ دنانير.

٢- التكاليف السنوية الجارية

= الأجرة السنوية + كلفة الخدمات (ماء، وكهرباء، ...) + الرواتب

= ١٢٠٠ + ٩٠٠ + ١٥٠ × ١٢ = ٣٩٠٠ دينار.

٣- تكاليف المحركات وصيانتها وخدمتها سنويًّا

= عدد المحركات × ثمنها + عدد المحركات × كلفة خدمتها وصيانتها

= ٦ × ١٢ × ٢٠٠ + ٦ × ١٢ × ١٠

= ١٤٤٠٠ + ٧٢٠ = ١٥١٢٠ دينارًا.

٤- مجموع قيمة الاستهلاك والتكاليف الجارية وتكاليف المحركات وخدمتها

= ٢١٠ + ٣٩٠٠ + ١٥١٢٠ = ١٩٢٣٠ دينارًا.

٥- التكلفة الكلية للمحرك الواحد سنويًّا

= مجموع التكاليف ÷ عدد المحركات

= ١٩٢٣٠ ÷ ٧٢ = ٢٦٧ دينارًا.

٦- الحد الأدنى لسعر بيع المحرك

= التكلفة الكلية للمحرك + الأجرة الشهرية التي تقدرها لنفسك، مقسومة على عدد المحركات المتوقع بيعها شهريًّا + بدل قيمة الفائدة الشهرية على التكاليف الثابتة

= ٢٦٧ + (٣٠٠÷٦) + ٦٦٠٠ × ١٪ = ٣٨٣ دينارًا.

٧- تحديد الجدوى الاقتصادية للمشروع

يُطرَح الحد الأدنى لسعر بيع المحرك من السعر الدارج في السوق للمحرك، فإذا كانت النتيجة صفرًا أو أكثر (قيمة موجبة) كان المشروع مجديًا اقتصاديًّا:

السعر الدارج في السوق للمحرك - الحد الأدنى لسعر بيع المحرك

= ٤٠٠ - ٣٨٣ = ١٧ دينارًا.

النتيجة

المشروع مُجْدٍ اقتصاديًّا؛ أي يتوقَّع منه تشغيلك براتب يُقدَّر بنحو (٣٠٠) دينار شهريًّا، إضافة إلى الربح الشهري لبيع المحركات، وهو ١٧×٦ = ١٠٢ دينار شهريًّا.

سابعًا تقويم المشروع

تتمثل أهمية تقويم المشروع في المساعدة على تعرُّف وضع المشروع ماليًّا، وتسويقيًّا، وإنتاجيًّا. فمن دون تقويم المشروع، لا يمكن معرفة مدى ربحيته أو خسارته، ولا يمكن أيضًا اتخاذ قرارات تتعلق بإدارته، أو توسيعه، وزيادة حجم إنتاجيته.

إذا تخيلت نفسك صاحب محجر، فهل تحكم على نجاح مشروعك بناءً على كمية الحجارة المهذبة الكبيرة أم الكمية المبيعة؟ قد يعمل المحجر بصورة جيدة، وتبيع كميات كبيرة من الحجارة؛

ولكنك لا تقبض أثمانها كاملة؛ لأن جزءًا منها يكون في صورة ذمم، أو يستخدم في شراء مواد أولية، أو في صيانة المعدات وغيرها. وقد تجد نفسك عاجزًا عن تسديد الفواتير الخاصة بالمشروع، أو تضطر إلى الاستدانة لتسديد التزامات المشروع؛ لذا يتعين عليك أولًا تقويم المشروع، والتأكد أنه يحقق ربحًا، وحساب أدنى معدل إنتاج يمكن بيعه بالسعر المقبول في السوق؛ لضمان تحقيق ربح معقول، علمًا أن تقويم المشروع يكون بحساب الأرباح والخسائر، وإعداد الميزانية.

١- حساب الأرباح والخسائر

من الوسائل التي يمكنك استخدامها لتقويم مشروعك عملية حساب الأرباح والخسائر؛ إذ إنها تتيح لك معرفة أرباحك أو خسائرك خلال مدة معينة، التي قد تكون ربع سنوية، أو نصف سنوية، أو سنوية، أو غير ذلك.

٢- إعداد الميزانية

يمكن تشبيه الميزانية بالميزان ذي الكفتين؛ فهو يتكون من شقين: أحدهما يُمثِّل قيمة ما لديك، والآخر يُمثِّل ما يتعين عليك الدفع مقابله. وخلافًا لحساب الأرباح والخسائر الذي يظهر وضع مشروعك في مدة زمنية معينة، فإن الميزانية تظهر وضعه في اللحظة أو اليوم الذي أُجرِيت فيه.

يمكن الحصول على المعلومات اللازمة لإعداد الميزانية من السجلات المالية العادية المستخدمة في أي مشروع صغير، ومنها دفتر الأستاذ.

يتطلب إعداد الميزانية أيضًا مراجعة التغيرات التي حدثت بناءً على السجلات الآتية:

أ - **سجل المخزون:** يبين هذا السجل إذا كانت قيمة مخزونك قد ارتفعت أو انخفضت.

ب- **سجل الجرد:** يبين هذا السجل الانخفاض الذي طرأ على قيمة الآلات والمعدات.

جـ- **سجل المشتريات:** يبين هذا السجل إذا كانت المبالغ المستحقة لمشروعك على الموردين قد زادت أو انخفضت.

د - **سجل الفواتير:** يبين هذا السجل إذا كانت المبالغ المستحقة لك على العملاء قد زادت أو انخفضت.

ثامنًا الجودة

عندما تذهب إلى السوق لشراء سلعة ما، فإنك تختار غالبًا سلعة بحسب ما تملك من نقود. وقد تلاحظ وجود أشكال عِدَّة لهذه السلعة في السوق، فهل اختيارك شكلًا محددًا للسلعة يعني أنها ذات جودة أعلى أو ذات جودة أقل، أم أنك وازنت بين السعر والجودة تبعًا لإمكاناتك؟ هل تلاحظ وجود علاقة بين مستوى الجودة والسعر؟ هل يعني ارتفاع السعر زيادة الجودة؟ للإجابة عن هذه الأسئلة وغيرها، يتعين عليك أولًا أن تتعرف مفهوم الجودة، وكيف يتم ضبطها.

١- مفهوم الجودة

الجودة تعني النوعية، ومدى مطابقة المنتج للمواصفة الموضوعة، وهي تشمل مواصفات السلعة وجميع ما يدخل في تصنيعها، بدءًا بالمواد الأولية وعمليات التصنيع، وانتهاءً بعمليتي التغليف والتخزين، ويسبق ذلك كله التصميم.

إذا افترضنا أنك صانع حقائب جلدية، فما الجودة التي ستقدمها للمشترين علمًا أن الجلود والخيوط المستخدمة في صناعة الحقائب مختلفة (منها الطبيعي، ومنها الصناعي)؟ وفي حال أعلنت للمشترين أن حقائبك مصنوعة من الجلد الطبيعي، فإنه يتعين عليك الالتزام بذلك؛ لأن المواد الأولية تُعَدُّ عاملًا مهمًّا في تحديد مستوى الجودة، غير أنها ليست العامل الوحيد؛ إذ توجد عمليات إنتاج مختلفة تستخدم فيها الآلات.

لتوضيح مفهوم الجودة في عمليات الإنتاج، سنعرض لعملية واحدة ونحللها، ولتكن عملية الدرز. فالجودة هنا تعني القيام بجميع عمليات الدرز ضمن المواصفة التي وضعتها، بحيث لا تكون خطوط الخياطة (الدرز) مستقيمة تارة وأخرى مائلة، ويكون عدد الغرز في وحدة الطول متساويًا. إذن، للجودة علاقة بعمليات الإنتاج والتشغيل، وكذلك التغليف والتخزين، وهي ملازمة لكل مرحلة من مراحل العمل.

يُطلَق مصطلح (ضبط الجودة) على مجموعة الفعاليات والأنشطة التي تتعلق بأحكام الرقابة على مستوى النوعية للسلعة المنتجة، وقياس مواصفات السلعة ومقارنتها بالمواصفات المطلوبة المحددة سلفًا، واتخاذ الإجراءات الكفيلة بالحد من الانحرافات وتجنبها.

تتضمن عملية ضبط الجودة ما يأتي:

أ – وضع معايير أو مقاييس لمستوى الجودة.

ب– استخدام هذه المعايير في تحديد مدى مطابقة السلعة المنتجة لمستوى الجودة المطلوب.

جـ– تحديد الانحرافات عن مستوى الجودة المطلوب (إن وُجِدت)، وتقصي أسبابها.

د – معالجة أسباب حدوث الانحرافات، والعمل على عدم تكرارها.

٢– مراحل عملية ضبط الجودة

تلازم عملية ضبط الجودة جميع مراحل الإنتاج، بدءًا بتسلُّم المواد الأولية، ومرورًا بعمليات تصنيعها المختلفة، وانتهاءً بالمنتج الجاهز. وتحمل عملية ضبط الجودة عنوان التحسين المستمر من خلال التفاعل الدائم في مراحل الإنتاج.

يمكن تقسيم عملية ضبط الجودة إلى المراحل الآتية:

أ – **ضبط جودة المواد الأولية:** إذ أردت شراء ألواح من خشب السويد لاستخدامها في صنع خزانة لك، فإنه يتعين عليك أولًا فحص مدى استواء هذه الألواح وانحرافها (تقوسها)، واستثناء الألواح ذات العقد الخشبية منها، ثم التحقق من عدم تشقق الألواح، والتأكد أن أطوالها مناسبة لصنع الخزانة.

إن قيامك بذلك يُمثِّل تقييمًا لمستوى جودة ألواح الخشب (المادة الأولية)، اعتمادًا على معايير محددة سلفًا. وهذه المعايير بناء على ما سبق، هي:

١. درجة الاستواء.
٢. عدم التشقق.
٣. عدم التقوس.
٤. قلة العقد الخشبية.
٥. الطول.

ب –**ضبط جودة عمليات الإنتاج:** يمكن التمثيل على هذه المرحلة بعملية القص والتسنين لماسورة معدنية. فبعد تجهيز الماسورة وقصها وفق الطول المناسب، تبدأ عملية التسنين اليدوية. ولكن، هل يمكن اختيار لقمة تسنين ذات قطر($\frac{٣}{٤}$) إنش لماسورة قطرها ($\frac{١}{٢}$) إنش؟ إذن،

يتعين أولًا اختيار الأداة المناسبة لعملية التسنين قبل البدء بهذه العملية، فما المعيار الذي تحكم به على أن عملية التسنين قد تمت بصورة صحيحة؟

ابدأ تجهيز طرف الماسورة لإدخال لقمة التسنين، بإزالة الشوائب المتبقية من عملية القص، ثم بدء عملية التسنين بتحريك ذراع لقمة التسنين في الاتجاه الصحيح، وتدويرها مرات عِدَّة، ثم تنظيف الزوائد بحركة عكسية، واستمر في عملية التسنين حتى تصل إلى طول التسنين المطلوب، ولنفرض أنه (٢) سم.

لضبط جودة عمليات الإنتاج في هذا المثال، يتعين عليك مراعاة المعايير الآتية:

١. استواء مقطع الماسورة.
٢. عدم وجود تلف في الأسنان.
٣. تجهيز فتحة الماسورة لعملية التسنين.
٤. طول السن.

قد يتبادر إلى ذهنك السؤال الآتي:

ما علاقة الجودة بالمنافسة؟ لا شك في أنه توجد علاقة مباشرة بينهما. فبقدر التزامك بالمواصفات الموضوعة، فإنك تقدم للمشترين بضائع مطابقة لهذه المواصفات، فتزداد ثقتهم بك، ويقدمون على شراء المزيد من منتجاتك، فتستطيع أن تنافس الآخرين.

جـ- **فحص المُنتَجات واختيارها:** توجد طرائق عِدَّة لفحص المُنتَجات، تختلف باختلاف الصناعات. فمثلًا، تختلف طرائق الفحص المتبعة في الصناعات الإلكترونية عنها في الصناعات الغذائية، ويُعزى ذلك الاختلاف إلى خصوصية كل صناعة.

وبوجه عام، يمكن فحص المُنتَجات بإحدى الطرائق الآتية:

١. الفحوص المخبرية (الفيزيائية، والكيميائية).
٢. القياس باستخدام أدوات القياس المختلفة.
٣. الحس باستخدام حاسة النظر، والشم، واللمس.

يُذكَر أن عملية الفحص تهدف إلى تعرُّف عيوب المُنتَج، وتحديد مدى مطابقته للمواصفات.

د – **مطابقة المعايير والمواصفات:** تتطلب عملية ضبط الجودة تحديد مواصفات المواد الأولية، ومراقبة مراحل الإنتاج المختلفة، وتحديد مواصفات المُنتَج النهائية، وأخذ العينات، وإجراء المقارنة لمعرفة مدى مطابقتها للمواصفات المحددة سلفًا.

هـ– **فحص العينات:** إن الهدف من فحص العينات هو معرفة المقبول والمرفوض بحسب المواصفات الموضوعة، وهذا يتطلَّب أخذ عينات من المُنتَج، ثم فحصها. وفي بعض الحالات، يجب فحص جميع المُنتَجات. وفي حال تعذَّر ذلك؛ لكبر عدد الوحدات المنتجة، يمكن اختيار بعضها عشوائيًّا، ثم فحصها للتحقق من مطابقتها للمواصفات.

تعتمد طريقة الفحص على نوع الصناعة، وخصائص المُنتَج. وبوجه عام، يجب مقارنة نتائج الفحص بالمواصفات المطلوبة، مثل مقارنة قطر قضيب معدني بالمواصفات المحددة، ومقدار التجاوز المسموح به. وفي حال وجود خلل ما، فإنه يجب اتخاذ إجراء معين. وبعد المقارنة، يتم إصدار الحكم على القطعة التي فُحِصت، وتحديد إذا كانت مطابقة للمواصفات، أو غير مطابقة لها. وفي بعض الأحيان، يمكن إجراء التعديلات المطلوبة لتصبح القطعة مطابقة للمواصفات. يجب أيضًا تدوين النتائج والمعلومات الخاصة بالقطعة في محل خاص لذلك. وتُعَدُّ عملية التسجيل جزءًا من نظام ضبط جودة المُنتَجات، ويمكن استخدام هذه المعلومات في تحسين الجودة مستقبلًا.

أسئلة الوحدة

١- وضِّح المقصود بكلٍّ من المفاهيم الآتية:

الإدارة، إدارة المشروعات، تسيير المشروع، المشروع، المشروعات الفرعية، تخطيط المشروع، جدولة المشروع، الجودة، الرقابة على المشروع، الجدوى الاقتصادية للمشروع، تقويم المشروع.

٢- اذكر وظائف الإدارة الخمس.

٣- يعتمد نظام تسيير المشروع على تجميع المركبات، ثم الربط والتنسيق في ما بينها، وضِّح ذلك مستعينًا بالرسم.

٤- ما الجوانب التي يعالجها نظام تسيير المشروع؟

٥- هل يختلف نمط تسيير المشروع باختلاف المشروعات؟ وضِّح ذلك.

٦- ما المسؤوليات المنوطة بإدارة المشروع؟

٧- بيِّن مهام كلٍّ من:

أ- عملية إدارة المشروع. ب- عملية تسيير المشروع.

٨- تقوم إدارة المشروع على ثلاث دعائم أساسية:

أ - اذكر هذه الدعائم. ب- وضِّح مهام كلٍّ من هذه الدعائم.

جـ-ارسم رسمًا تخطيطيًّا يُبيِّنها.

٩- كيف يمكنك وصف المشروع؟

١٠- ارسم رسمًا تخطيطيًّا يُمثِّل رؤية مبسطة للمشروع.

١١- هاتِ أمثلة على مشروعات فرعية.

١٢- عدِّد خصائص المشروع.

١٣- وضِّح المقصود بكل خصيصة من خصائص المشروع الآتية:

أ – المؤقت. ب– التفرد.

جـ– التنقيح المطرد. د – عقدة المشروع.

١٤- لماذا يُعَدُّ التخطيط مهمًّا؟

١٥- تتمثل أهمية التخطيط في تحقيق عدد من الأهداف، اذكرها.

١٦- ما عناصر التخطيط؟

١٧- عدِّد أنواع التخطيط.

١٨- وضِّح السمات التي يتصف بها التخطيط.

١٩- بيِّن المراحل التي تمر بها عملية تخطيط المشروع.

٢٠- تمر عملية جدولة المشروع بثلاث مراحل، اذكرها.

٢١- وضِّح أهمية عملية جدولة المشروع.

٢٢- ما الأمور التي تشملها عملية الجدولة؟

٢٣- يوجد العديد من التقنيات والطرائق المستخدمة في جدولة المشروعات، اذكرها.

٢٤- وضِّح أنواع الرقابة على المشروع.

٢٥- تتركز الرقابة على المشروعات في ثلاثة جوانب أساسية، بيِّنها.

٢٦- متى يكون المشروع مُجْديًا اقتصاديًّا؟

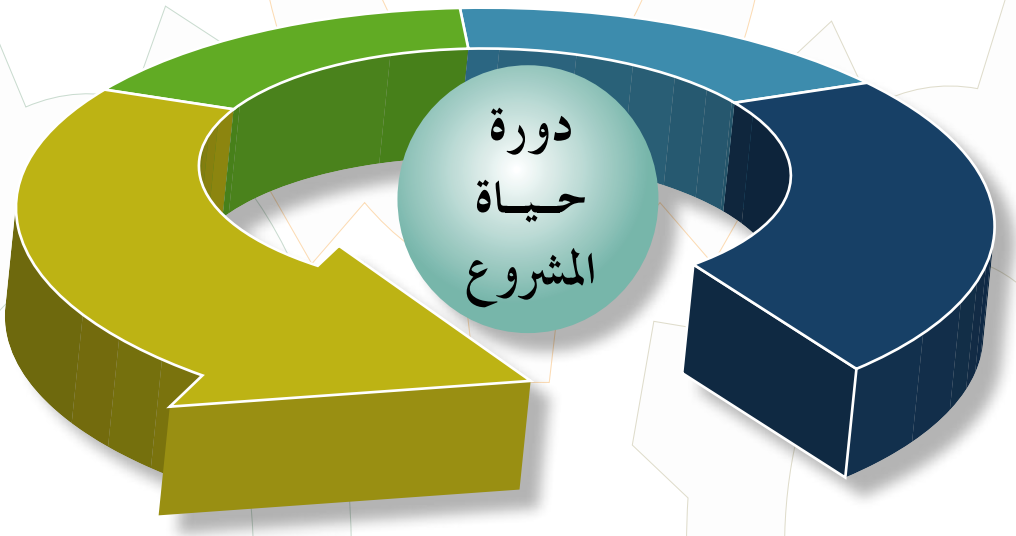
٢٧- وضِّح أهمية تقويم المشروع.

٢٨- ما الذي تتضمنه عملية ضبط الجودة؟

٢٩- ما مراحل عملية ضبط الجودة؟

الوحدة الثانية

دورة حياة المشروع



- ماذا تعرف عن دورة حياة المشروع؟
- ما أهمية دورة حياة المشروع في إنشاء المشروعات الصناعية؟
- ما علاقة دورة حياة المشروع بكل مَن له علاقة بالمشروع؟

لكل مشروع دورة حياة خاصة به تنطلق من نقطة معينة، وتنتهي عند نقطة أخرى؛ ما يساعد على تنظيم عملية التفكير في المشروع، وكيفية إدارته، وتحليل أسباب نجاحه، وتطوير آليات استدامته. وبوجه عام، فإن مراحل دورة حياة المشروعات تتشابه غالبًا؛ إذ تمر معظم المشروعات بمراحل متشابهة من بدايتها حتى نهايتها.

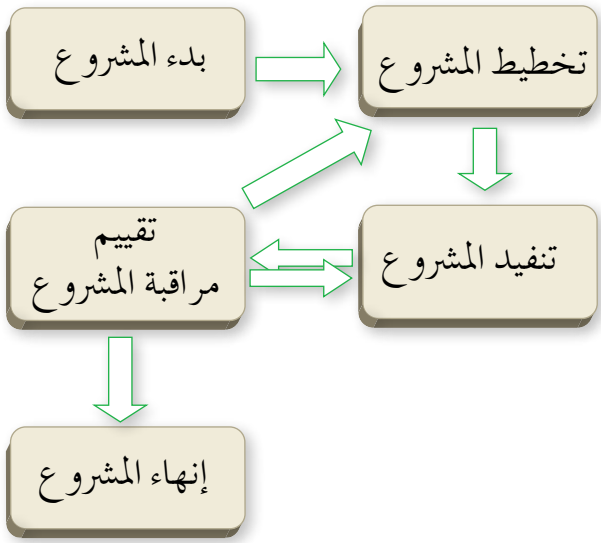
يُنظَر إلى المشروع بوصفه مجموعة من الخطوات المتتابعة المتسلسلة التي تحقق الهدف من وجوده، وأُولى هذه الخطوات وجود حاجة ما، وآخرها التقييم، فضلًا عن وجود مجموعة من المراحل بينهما.

يتوقع منك بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- تبين مفهوم دورة حياة المشروع.
- تذكر مراحل دورة حياة المشروع.
- تبين أهمية تنظيم دورة حياة المشروع وتأثيرها في أصحاب العلاقة والكلف المرافقة للمشروع.
- تبين خصائص دورة حياة المشروع.
- تتعرف مزايا دورة حياة المشروع.

أولًا أساسيات دورة حياة المشروع

تشتمل دورة حياة المشروع على جميع الخطوات اللازمة لتنفيذ المشروع. وبالرغم من اختلاف بعض الدورات في العديد من الشركات، فإن دورة حياة المشروع، كما يُبيِّنها الشكل (٢-١)، تتمثل دائمًا في البدء، والتخطيط، والتنفيذ، والتقييم، والإنهاء.



الشكل (٢-١): مخطط دورة حياة المشروع.

١- مفهوم دورة حياة المشروع

بغض النظر عن طبيعة المشروع، ومدته، وحجم أنشطته، فإنه يمر بمراحل محددة تسمى دورة حياة المشروع.

تُعرَّف دورة حياة المشروع بأنها الزمن الذي يستغرقه تنفيذ المشروع من البداية إلى النهاية، وما يتخلل ذلك من مراحل تكون متسلسلة، وتتم أحيانًا في وقت واحد، بحيث تُحدَّد أسماء هذه المراحل وعددها تبعًا لحاجات الإدارة، والتحكم الخاص في المؤسسة أو المؤسسات المشتركة في المشروع وطبيعته، ومجال تطبيقه.

وبوجه عام، لا توجد دورة حياة قياسية تناسب جميع المشروعات؛ إذ تختلف دورة الحياة من مشروع إلى آخر باختلاف طبيعة المشروع، وحجمه. وتُعَدُّ دورة الحياة هذه العمود الفقري لشبكة المشروع التي ستتطور خلال مرحلة التخطيط.

صحيح أن لكل مشروع بداية ونهاية محددتين، غير أن الإنجازات والأنشطة المحددة التي تحدث بينهما ترتبط ارتباطًا كبيرًا بالمشروع؛ إذ تُوفِّر دورة حياة المشروع إطار العمل الأساسي اللازم لإدارة المشروع بغض النظر عن العمل الخاص المتضمن في المشروع.

٢- مراحل دورة حياة المشروع

تمر دورة حياة المشروع بأربع مراحل، هي:

أ - **مرحلة الإدراك**: هي المرحلة الأولى من مراحل إطلاق فكرة المشروع والاستعداد له؛إذ تدرك الجهة المعنية بالمشروع الحاجة إليه، وإمكانية إقامته، وتحدد بذلك أهداف المشروع الأولية.

ب- **مرحلة التخطيط**: هي مرحلة التعريف بالمشروع، وفيها توضع الخطط الكفيلة بتحقيق الأهداف التي حُدِّدت في المرحلة الأولى. تتضمن هذه المرحلة إدارة الموارد المالية والبشرية، والتخطيط لها، وذلك بوضع موازنة للمشروع، وتحديد جدولة مهام المشروع وأنشطته وأعماله.

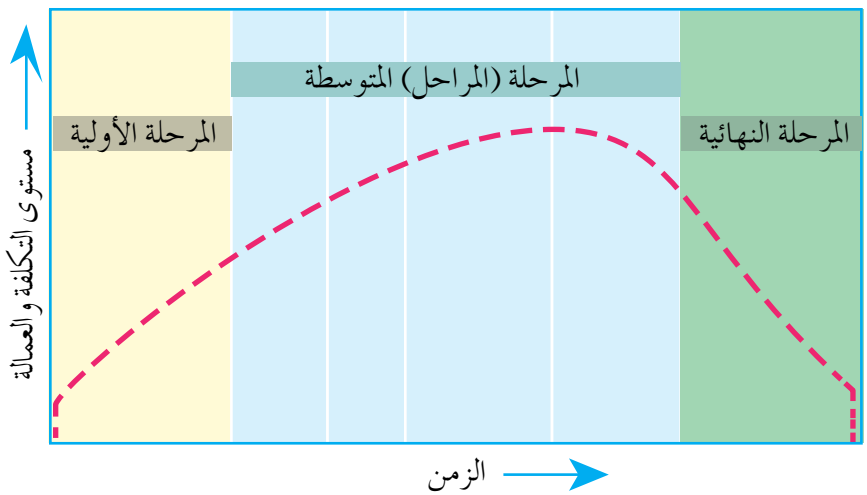
جـ- **مرحلة التنفيذ والتشغيل للمشروع**: تشمل هذه المرحلة الرقابة على تنفيذ المشروع، ورفع التقارير، ومقارنة ما نُفِّذ بما خُطِّط له. وتشمل أيضًا عملية البناء في المشروع التي تتضمن

جمع البيانات وتحليلها في دراسات السوق، وتقديم الخدمة والمُنتَج اللذين يهدف المشروع إلى تقديمهما، وتقييم مدى تحقيق المشروع للأهداف الموضوعة.

د – **مرحلة الانتهاء (الإغلاق):** هي المرحلة الأخيرة من مراحل دورة حياة المشروع، وفيها يصبح المشروع جاهزًا بعد اكتمال أنشطته وأعماله المطلوبة، ليصار إلى تسليمه إلى الجهة المتخصصة المستفيدة منه. تتضمن هذه المرحلة إعداد ميزانية ختامية للمشروع؛ للاستفادة من الخبرة والمعرفة المكتسبة، تجنبًا للأخطاء في المشروعات الأخرى مستقبلًا.

٣– المستويات التقليدية لتكلفة المشروع وعمالته

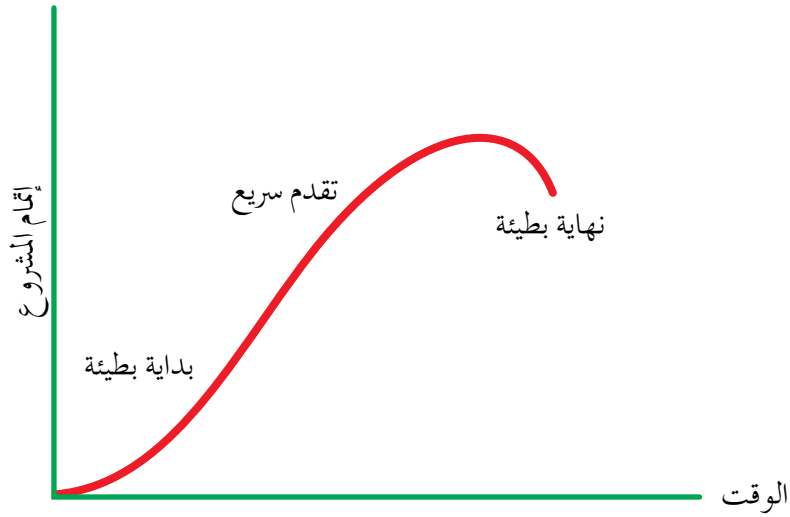
يُلاحَظ في دورة حياة المشروع أن مستوى التكلفة والعمالة يكون منخفضًا في البداية، ثم يتزايد تدريجيًّا مع استمرار المشروع، بحيث تبلغ ذروته خلال المرحلة المتوسطة المتمثلة في التخطيط والتنفيذ، ثم يتناقص المستوى سريعًا كلما اقترب المشروع من نهايته، انظر الشكل (٢–٢).



الشكل (٢–٢): المستويات التقليدية لتكلفة المشروع وعمالته خلال دورة حياة المشروع.

ثانيًا تنظيم دورة حياة المشروع

لكل مشروع بداية تسمى مرحلة البداية، وفيها يُختار مدير وفريق للمشروع، فضلًا عن تجميع الموارد الأولية، وتنظيم برنامج العمل، بحيث يبدأ العمل في المشروع حتى نهايته. أما دورة التصنيع أو الإنتاج فهي متصلة، ولها بداية لكن نهايتها مفتوحة، وهي تعتمد على مدى نجاح المؤسسة أو المُنتَج، انظر الشكل (٢–٣) الذي يبين العلاقة بين مراحل المشروع والزمن.



الشكل (٢-٣): علاقة مراحل تقدم المشروع بالزمن.

من وظائف مدير المشروع تقسيم المشروع إلى مراحل؛ لإنجاز كل مرحلة بصورة صحيحة، والتحكم في المشروع، والسيطرة عليه، وإتاحة أكبر قدر ممكن من الرقابة عليه، علمًا أن دورة حياة المشروع مهمة لمساعدة مدير المشروع؛ إذ تُسهِّل عليه أداء الواجبات والمهام، ودراسة مخططات المشروع وأنظمته.

تقسم بعض المشروعات أحيانًا إلى مشروعات جزئية (subprojects)، لها دورة حياة خاصة بها، بحيث تنطبق عليها مواصفات دورة حياة المشروع كلها.

١- أهمية دورة حياة المشروع

تتمثل أهمية دورة حياة المشروع في ما يأتي:

أ - التوقيت والزمن لكل مرحلة؛ إذ تُحدِّد دورة الحياة زمن بداية المشروع ونهايته.

ب- الرقابة على كل مرحلة.

جـ- التكلفة والعمالة؛ إذ يتضح من الشكل السابق أن مستويات التكلفة والعمالة كانت منخفضة في بداية المشروع، ثم بلغت ذروتها في المراحل المتوسطة، ثم انخفضت انخفاضًا حادًّا مع اقتراب نهاية المشروع.

د - العمل الفني الواجب تنفيذه في كل مرحلة.

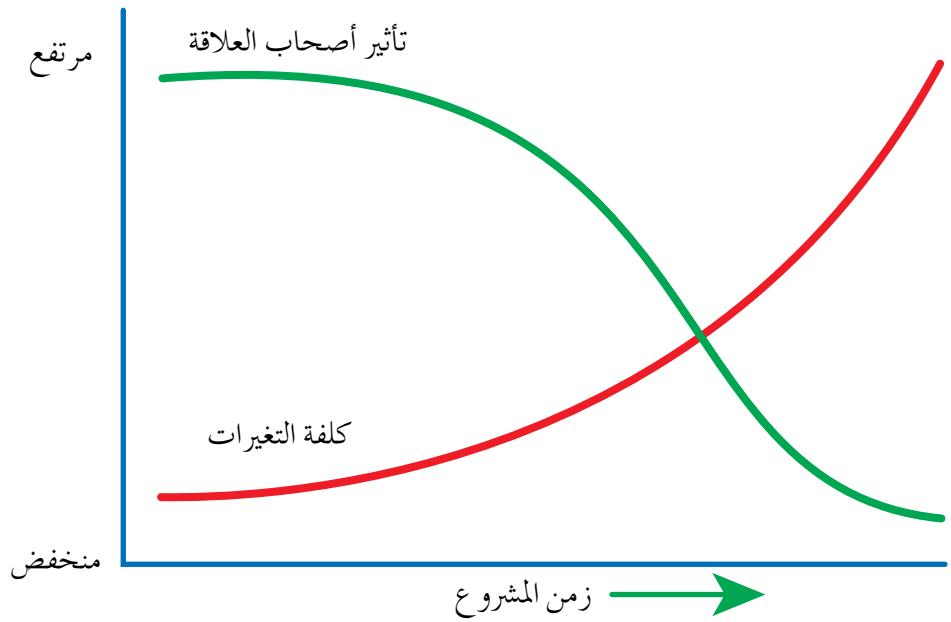
هـ - تحديد الأطراف المشتركة في كل مرحلة.

إن إنعام النظر في مراحل المشروع المختلفة وفهمها يتيح للإدارة السيطرة على سير المشروع وضبطه، وصولًا إلى تحقيق أهدافه.

تمر إدارة المشروعات خلال دورة حياة المشروع بمجموعة من العمليات المتنبأ بها، تبدأ بفكرة لعمل شيء، ثم تنتهي بتسليم أحد المشروعات الكاملة التي حققت أهدافها من حيث الجودة والأداء. وبينما يمر المشروع بمراحل عِدَّة، أو يتكامل مع العديد من المشروعات الفرعية، فقد يتم تكرار مجموعة العمليات تلك في أثناء دورة حياة المشروع.

٢- تأثير أصحاب العلاقة وكلفة التغيرات في المشروع بمرور الزمن

يبين الشكل (٢-٤) تأثير أصحاب العلاقة في المشروع بمرور الزمن؛ إذ تصل التأثيرات والمخاطر والشكوك المحيطة بأصحاب المصالح والعلاقة بالمشروع أقصى درجاتها في بداية المشروع، ثم تنخفض بعد ذلك. أما تكلفة التغيرات وتصحيح الأخطاء فتزداد فعليًّا، وترتفع مع قرب انتهاء المشروع.

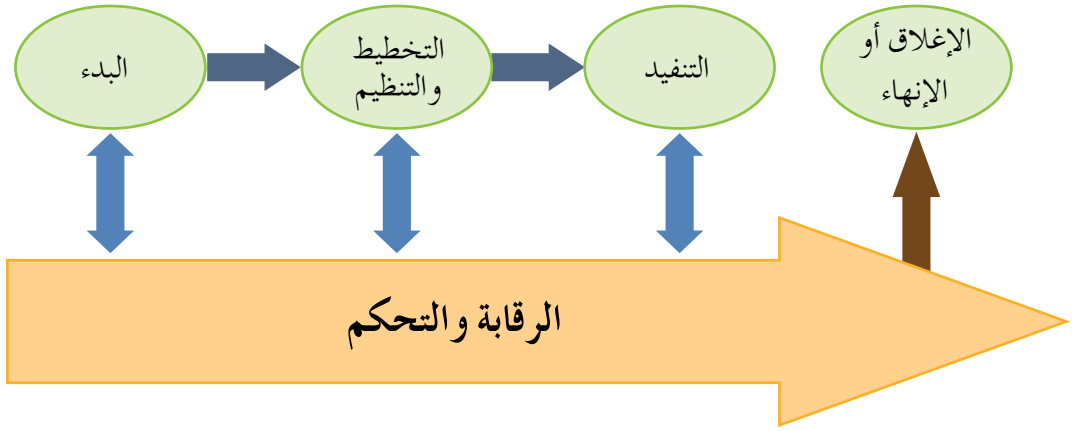


الشكل (٢-٤): تأثير أصحاب العلاقة في المشروع بمرور الزمن.

سؤال: ناقش عناصر الشكل (٢-٤).

٣- خصائص دورة حياة المشروع

تُمثِّل دورة حياة المشروع مجموعة من المراحل التي تكون متسلسلة، والتي تتم أحيانًا في وقت واحد. ويبين الشكل (٢-٥) مراحل دورة الحياة للمشروعات جميعها، وهي: البدء، والتخطيط والتنظيم، والتنفيذ، والاغلاق أو الإنهاء.



الشكل (٢-٥): الرقابة والتحكم في مراحل دورة حياة المشروع.

سؤال: ناقش العلاقة بين عناصر الشكل (٢-٥).

تشترك دورة حياة المشروع لمعظم المشروعات في خصائص عِدَّة، هي:

أ - تسلسل المراحل.

ب- انخفاض مستويات التكلفة والعمالة في بداية المشروع، ثم بلوغ الذروة في المراحل المتوسطة، ثم انخفاضها انخفاضًا حادًّا عند اقتراب المشروع من نهايته.

جـ- بلوغ قدرة أصحاب المصلحة ذروتها في التأثير في خصائص المُنتَج النهائي، وفي التكلفة النهائية ذروتها في بداية المشروع، ثم انخفاضها في المراحل الأخرى.

د - ارتفاع مستوى عدم التأكد ومخاطر الفشل بإنهاء المشروع في بداية المشروع، ثم تزايد احتمالية إكمال المشروع وإنهائه بنجاح مع تقدم الأعمال واستمرارية المشروع.

هـ - ازدياد التغييرات وتصحيح الأخطاء مع قرب انتهاء المشروع.

بالرغم من تشابه أسماء مراحل الكثير من دورات حياة المشروعات، فإنها تختلف في عدد المراحل؛ فقد تضم بعضها أربع مراحل أو خمس، وتضم أخرى تسع مراحل

أو اكثر. وتعتمد بعض الشركات (التنظيمات) دورة حياة واحدة لجميع مشروعاتها من دون تمييز بين مشروع وآخر، وقد تسمح شركات أخرى لفريق المشروع بتحديد دورة حياة المشروع بما يتناسب مع أعمال المشروع وطريقتهم في إدارته، وقد تكون دورة حياة المشروع عامة جدًّا، وربما تكون تفصيلية جدًّا. وفي هذه الحالة، فإن دورة حياة المشروع ستتضمن العديد من الجداول والمخططات والقوائم والأشكال التوضيحية التي تسهم في مراقبة أعمال المشروع مراقبة دقيقة.

بوجه عام، فإن دورة حياة المشروع تجيب عن الأسئلة الآتية:

أ – ما الأعمال التي يجب تنفيذها في كل مرحلة؟

ب– مَن الأشخاص المسؤولون عن تنفيذ الأعمال في كل مرحلة؟

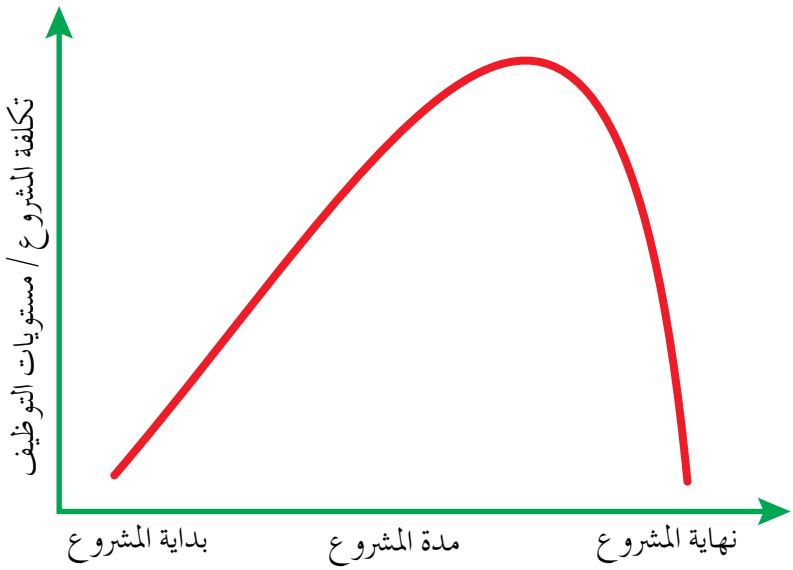
جـ– ما مخرجات كل مرحلة؟ كيف يمكن تسلُّمها؟ كيف ستراجع؟

د – ما مستوى المراقبة المطلوب لكل مرحلة من مراحل المشروع؟

ثالثًا مزايا دورة حياة المشروع

توجد عوامل عِدَّة تؤثر في دورة حياة المشروع، أهمها:

١– العوامل التي يزداد تأثيرها مع تقدم المشروع، ثم ينخفض انخفاضًا شديدًا حين يوشك المشروع على الانتهاء. وهذه العوامل تتمثل في تكلفة المشروع، ومستويات التوظيف، انظر الشكل (٢–٦).



الشكل (٢–٦): العلاقة بين دورة حياة المشروع والعوامل التي يزداد تأثيرها مع تقدم المشروع.

سؤال: مستعينًا بالشكل (٢–٦)، ناقش أثر الزيادة أو الانخفاض للعاملين الآتيين في تطور دورة حياة المشروع:

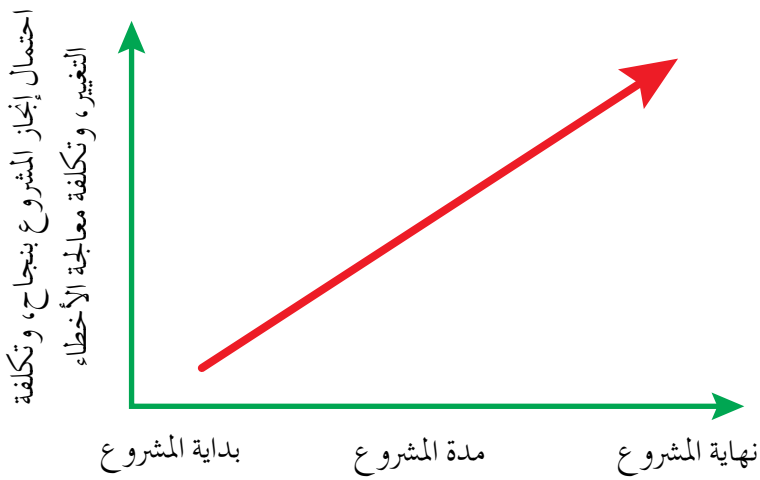
- تكلفة المشروع.
- مستويات التوظيف.

٢– العوامل التي يزداد تأثيرها مع تقدم المشروع، كما هو مبين في الشكل (٢–٧)، وهي:

أ – احتمال إنجاز المشروع بنجاح.

ب– تكلفة التغيير.

جـ– تكلفة معالجة الأخطاء.



الشكل (٢–٧): العلاقة بين دورة حياة المشروع والعوامل التي يزداد تأثيرها مع تقدم المشروع.

سؤال: مستعينًا بالشكل (٢–٧)، ناقش أثر الزيادة أو الانخفاض للعوامل الآتية في تطور دورة حياة المشروع:

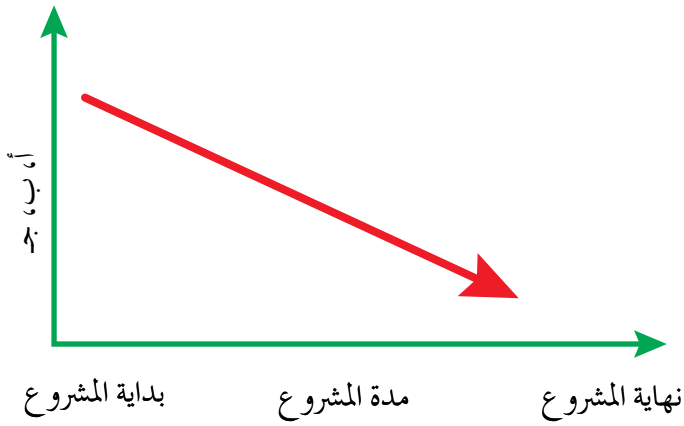
- احتمال إنجاز المشروع بنجاح.
- تكلفة التغيير.
- تكلفة معالجة الأخطاء.

٣– العوامل التي يتضاءل تأثيرها مع تقدم المشروع، كما هو مبين في الشكل (٢–٨)، وهي:

أ – الشكوك والمخاطر المحيطة بالمشروع.

ب– احتمال تأثير أصحاب المصالح في الخصائص النهائية لمُنتَج المشروع.

جـ– احتمال تأثير أصحاب المصالح في التكلفة النهائية لمُنتَج المشروع.



الشكل (٢–٨): العلاقة بين دورة حياة المشروع والعوامل التي يتضاءل تأثيرها مع تقدم المشروع.

سؤال: مستعينًا بالشكل (٢–٨)، ناقش أثر الزيادة أو الانخفاض للعوامل الآتية في تطور دورة حياة المشروع.

- الشكوك والمخاطر المحيطة بالمشروع.
- احتمال تأثير أصحاب المصالح في الخصائص النهائية لمُنتَج المشروع.
- احتمال تأثير أصحاب المصالح في التكلفة النهائية لمُنتَج المشروع.

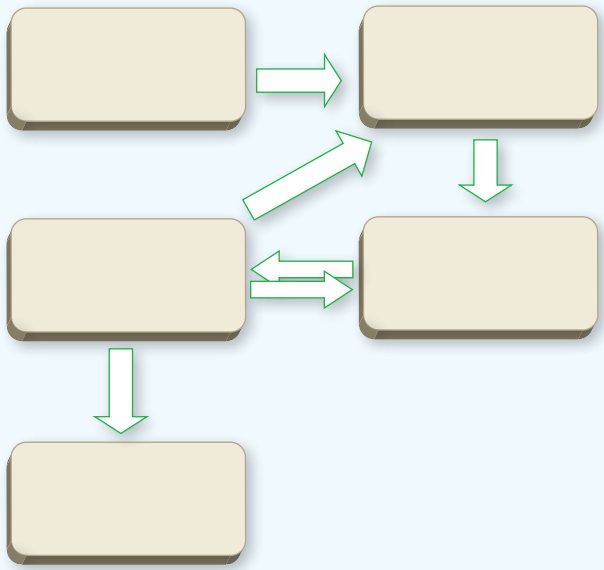
أسئلة الوحدة

١- وضِّح المقصود بما يأتي:

أ- دورة حياة المشروع.

ب- تنظيم دورة حياة المشروع.

٢- املأ الفراغ بما هو مناسب في المخطط الآتي الذي يُمثِّل تتابع دورة حياة المشروع.



٣- عدِّد مراحل دورة حياة المشروع.

٤- ما أثر المراحل الآتية في دورة حياة المشروع:

أ - مرحلة الإدراك.

ب- مرحلة التخطيط.

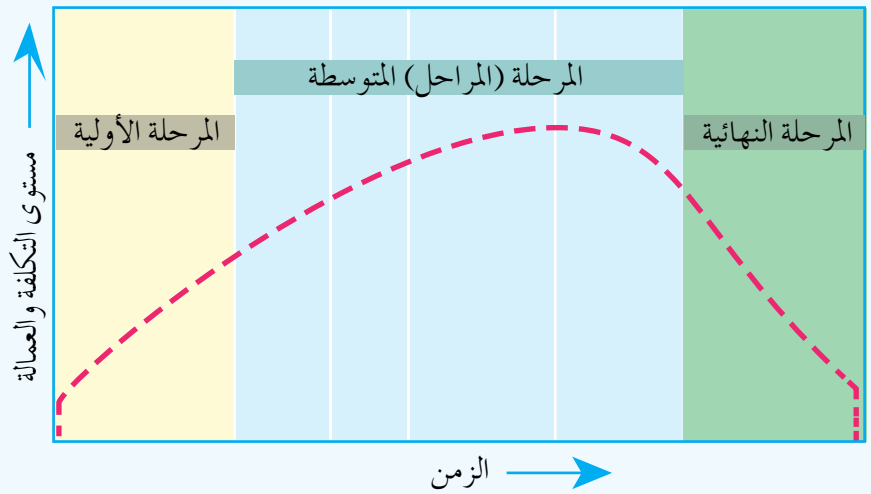
جـ- مرحلة التنفيذ والتشغيل للمشروع.

د - مرحلة الانتهاء (الإغلاق).

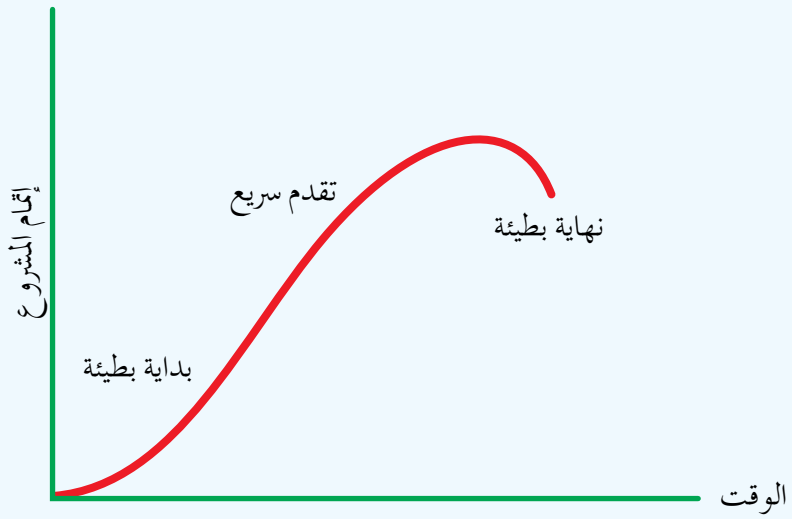
٥- ادرس الشكل التالي الذي يبين المستويات التقليدية لتكلفة المشروع وعمالته في أثناء دورة حياة المشروع، ثم أجب عن السؤالين الآتيين:

أ- بيِّن مراحل دورة حياة المشروع التي يُمثِّلها الشكل.

ب- ناقش مستوى التكلفة والعمالة في أثناء دورة حياة المشروع كما في الشكل.

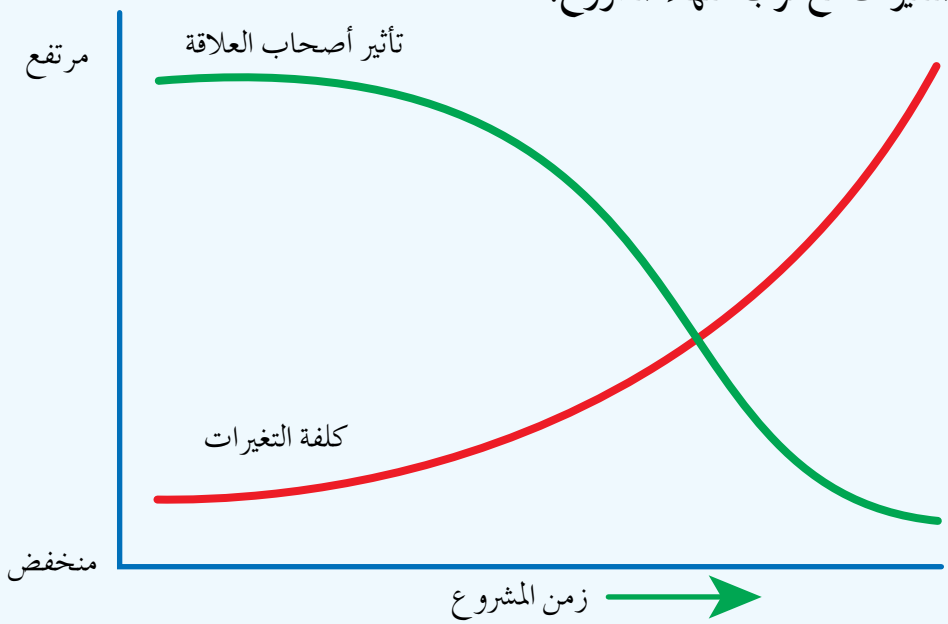


٦- ماذا يُمثِّل الشكل الآتي؟



٧- وضِّح أهمية دورة حياة المشروع.

٨ – يبين الشكل الآتي تأثير أصحاب العلاقة وكلفة التغيرات في المشروع بمرور الزمن، اشرح العلاقة بين هذه المتغيرات مع قرب انتهاء المشروع.



٩ – اذكر خصائص دورة حياة المشروع.

١٠– لدورة حياة المشروع مزايا ترتبط بعدد من العوامل التي تؤثر في دورة حياة المشروع، ارسم العلاقة البيانية التي توضح ذلك تبعًا لما يأتي:

أ –العوامل التي يزداد تأثيرها مع تقدم المشروع، ثم تنخفض انخفاضًا شديدًا حين يوشك المشروع على الانتهاء:

١. تكلفة المشروع.

٢. مستويات التوظيف.

ب– العوامل التي يزداد تأثيرها مع تقدم المشروع:

١. احتمال إنجاز المشروع بنجاح.

٢. تكلفة التغيير.

٣. تكلفة معالجة الأخطاء.

جـ- العوامل التي يتضاءل تأثيرها مع تقدم المشروع:

١. الشكوك والمخاطر المحيطة بالمشروع.

٢. احتمال تأثير أصحاب المصالح في الخصائص النهائية لمُنتَج المشروع.

٣. احتمال تأثير أصحاب المصالح في التكلفة النهائية لمُنتَج المشروع.

الوحدة الثالثة

تخطيط المنشآت الصناعية وتنظيمها

- ما أهمية تخطيط المنشآت الصناعية وتنظيمها؟
- ما أثر التخطيط والتنظيم الصحيح لتنمية المشروع الصناعي؟
- كيف يمكن تنظيم العملية الإنتاجية للمشروع الصناعي؟

من المهام الأُولى لإدارة المشروعات الصناعية اختيار موقع المنشأة الصناعية تبعًا للخطة المرسومة والأهداف المحددة. ويُعَدُّ تحديد موقع المصنع من الأمور المهمة التي يتعين على إدارة المنشأة الصناعية مناقشتها ودراستها دراسة دقيقة قبل اتخاذ قرار بخصوصها؛ إذ تؤدي الدراسة الدقيقة السليمة إلى اختيار الموقع المناسب الذي يزيد الكفاءة الإنتاجية للمنشأة. وتوجد عوامل عِدَّة ينبغي مراعاتها عند اختيار أكثر المواقع ملاءمة للهدف المنشود، وتختلف الأهمية النسبية لهذه العوامل من صناعة إلى أخرى.

يتوقع منك بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- تبين الآلية والمعايير الخاصة باختيار موقع المصنع.
- توضح آلية تخطيط مباني المصنع وتصميمها.
- تتعرف أشكال مباني المصانع، ومزايا كل شكل منها وعيوبه.
- تذكر خطوات وضع مخطط الآلات وترتيبها.
- تبين طرائق تثبيت الآلات.
- تتعرف حاجات المصانع، ومتطلَّبات العمل والإنتاج، وحساب الآلات اللازمة للمصنع.
- تتعرف حساب عدد الآلات والعمال، وكمية المواد المطلوبة، وتجهيزات النقل في المستودعات للمشروع الصناعي.
- تتعرف الدورة الإنتاجية للمصنع، ومبادئ تنظيم العملية الإنتاجية.
- تتعرف المفاهيم الخاصة بالدورة الإنتاجية.
- تتعرف مفهوم الانقطاعات، وأنواعها.
- توضح مفهوم التخطيط المنهجي للمصنع، وعوامل منهجية التخطيط.
- تذكر الخطوات الواجب اتباعها عند تطبيق التخطيط المنهجي.

أولًا اختيار موقع المصنع

١- معايير اختيار موقع المصنع

أ - المعايير الأساسية لاختيار موقع المصنع

١. القرب من المواد الأولية

- تخفيض تكاليف الشحن.
- مراعاة طبيعة المواد الخام الكبيرة الحجم والمعادن القابلة للتلف.
- تقليل المساحة المطلوبة لتخزين المواد الأولية.

٢. القرب من السوق

- خدمة الزبائن بصورة أفضل.
- تخفيض تكاليف الشحن.
- مراعاة طبيعة المواد المصنعة (سريعة العطب)، مثل: صناعة الألبان، والأطعمة.
- سهولة الحصول على خدمة المتخصصين في النواحي الفنية.
- القرب من المرافق الصحية، والسكنية، والاجتماعية.

٣. القرب من وسائل المواصلات

- السكك الحديدية: توفير نقل منتظم للسلع.
- الطرق البرية: سهولة نقل السلع بالسيارات.
- النقل المائي: أقل كلفة بالرغم من بطئه.

٤. القرب من مواطن الأيدي العاملة

- الحاجة إلى المهارة والخبرة: المدن الكبيرة والمراكز الصناعية أماكن مناسبة لتوفير اليد العاملة.
- متوسط الأجور وظروف العمل لليد العاملة.

٥. القرب من مصادر الطاقة الكهربائية

- توفير الطاقة الكهربائية بأسعار مقبولة تناسب حاجات المصنع.
- توفير وحدات توليد احتياطية.

ب- المعايير الثانوية لاختيار موقع المصنع

١. تكاليف قطعة الأرض

- النظر إلى الأرض بوصفها رأس مال مجمدًا.
- حاجة المشروعات الحديثة إلى أراضٍ واسعة، ومراعاة إمكانية التوسع مستقبلًا.
- انخفاض الأسعار في الريف، وازديادها في المدن.
- الأرض الواسعة التي يمكن فيها إنشاء مبانٍ تمتاز بوسائل التهوية والضوء الطبيعية، والاهتمام بتصميم مراكز العمل، وتخطيط الممرات الواسعة؛ ما يكفل سهولة العمليات الإنتاجية.

٢. احتمال التوسع

يتعين على إدارة المشروع عند شراء الأراضي مراعاة إمكانية التوسع مستقبلًا؛ لذا يجب عليها البحث عن قطعة أرض كبيرة المساحة، وهذا ما دفع أصحاب معظم المشروعات الجديدة إلى إقامة منشآتهم في ضواحي المدن ومداخلها حيث تتوافر الأراضي بأسعار مناسبة.

٣. وجود الصناعات المكملة

- تحديد موقع المشروع يقوم أحيانًا على وجود صناعات مكملة يعتمد عليها المشروع في إنتاج سلعه.
- عدم إنتاج بعض المشروعات أجزاء السلعة كلها، مثل صناعة السيارات التي تعتمد على موردين للحصول على كثير من الأجزاء، مثل: المكملات، والإطارات.

٤. توافر الماء

- حاجة بعض الصناعات إلى كميات كبيرة من الماء (مثل: صناعة الورق، والإطارات، والصناعات الكيميائية) إما لتوليد القوة المحركة، وإما لأهميتها في العمليات الإنتاجية.
- توفير المياه من الآبار يتطلَّب دراسة دقيقة للمياه الجوفية للتأكد من كفايتها مستقبلًا.
- الحاجة إلى مياه عذبة خالية من الأملاح التي تترسب داخل الأنابيب؛ لذا يجب تحليل المياه المتوافرة في المنطقة المراد إنشاء الشركة فيها.

٥. عوامل أخرى

- الأمان: ينبغي مراعاة هذا الشرط بصورة خاصة عند تحديد موقع المنشأة الصناعية؛ إذ يجب إنشائها في موقع آمن، بعيدًا عن المناطق السكنية أو المأهولة.
- المناخ: يؤثر المناخ كثيرًا في إنتاج العمال، وبخاصة إذا كانوا يعملون في أماكن مفتوحة.
- التنمية: إقامة المشروع في المدن أو المراكز الصناعية الكبرى يوفر الكثير من التكاليف، مثل: المسكن، ووسائل النقل.

٢- المقارنة بين إقامة المنشآت الصناعية في المدن الكبرى، والمدن الصغرى والريف والمناطق النائية من حيث المزايا والعيوب

أ- المدن الكبرى

المزايا	العيوب
توافر وسائل النقل (سكك حديدية، طرق برية، طرق نهرية).	ارتفاع أسعار الأراضي، وزيادة والضرائب.
توافر اليد العاملة (رجالًا، ونساءً) من مختلف التخصصات والكفاءات.	صعوبة التوسع مستقبلًا.
توافر صناعات أخرى يعتمد المشروع على خدماتها أو إنتاجها، وهذه مزية مهمة للمعامل الصغيرة.	وجود قوانين صارمة في ما يخص الضجيج، والدخان، وتلوث المياه.
توافر المعاهد المسائية لتعليم العمال وتدريبهم.	ارتفاع تكاليف الحياة ونفقات المعيشة؛ ما يؤدي إلى ارتفاع الرواتب، وأجور العمال، وتكاليف العمل عامة.
توافر مراكز البحوث، والمعاهد العليا، والهيئات التجارية والصناعية، واتحاد الصناعات؛ ما يمكن المشروع من الاعتماد على نتائج بحوثها ودراساتها في الجوانب الإنتاجية، أو التسويقية، أو العمالية، أو غير ذلك، ومشاركتها في كل ما يساعد على تقدم الصناعة وازدهارها.	
توافر الخدمات الاجتماعية والعامة للعاملين، مثل: المدارس، ودور السكن.	
توافر الأمن والحماية.	
توافر فرق الإطفاء، وانخفاض أقساط التأمين من الحريق.	
وجود عدد وافر متنوع من الخبراء الفنيين.	

ب – المدن الصغرى والريف والمناطق النائية

المزايا	العيوب
توافر الأراضي الواسعة، وانخفاض أسعارها؛ ما يتيح إنشاء مباني المشروع على النحو المخطط له، والإفادة من المساحات المتوافرة.	عدم توافر الأيدي العاملة من مختلف التخصصات والكفاءات؛ ما يعوق تنفيذ بعض المشروعات، ولا سيما إذا كانت بحاجة إلى مهارة أو معرفة خاصة يجب توافرها في اليد العاملة. وحتى لو تمكنت الإدارة من استقدام المتخصصين والفنيين المهرة من المدن أو المناطق الأخرى، فإنها ستواجه صعوبة في توفير المساكن ووسائل الترفيه والتسلية لهم، والمدارس لأولادهم، فضلًا عن دفع أجور ورواتب مجزية لهم.
عدم وجود قوانين صارمة في ما يخص الضجيج، والدخان، وتلوث المياه.	عدم توافر الخدمات الاجتماعية والطبية.
انخفاض نفقات المعيشة، وما يتبع ذلك من انخفاض أجور العمال وتكاليف العمل.	عدم القدرة على تسويق سلع المشروعات التي تعتمد على قربها من السوق.
اعتبار المشروع مركز نشاط اقتصادي يعتمد عليه الأفراد مصدرًا لرزقهم، والنظر إليه بوصفه عاملًا من عوامل تقدمهم ورقيهم.	ارتفاع أقساط التأمين من الحريق والسرقات.
	صعوبة توافر الطاقة، والمياه النقية، وشبكات التصريف الجيدة.

جـ – التمركز في الضواحي: يجمع التمركز في الضواحي بين مزايا التجمع في المدن الكبرى والتجمع في المدن الصغرى والريف؛ إذ تُعَدُّ الضواحي مثل المدن الكبرى من حيث: القرب من الأسواق، وتوافر الأيدي العاملة، وطرق المواصلات، ومثل المدن الصغرى والريف والمناطق النائية من حيث انخفاض أسعار الأراضي، وإمكانية توسع المشروع بسهولة.

ثانيًا أبنية المصانع

يعتمد تصميم المصنع على طبيعة العملية الإنتاجية التي ستتم داخله، وعلى الإمكانات المتوافرة والتسهيلات المتاحة. وينبغي للإدارة أن تتخذ قرارًا بخصوص مسألة الاختيار بين المصنع الذي يتكون من طابق واحد، والمصنع الذي يتكون من طوابق عِدَّة. وللوصول إلى القرار السليم، يجب دراسة مزايا كل نوع وعيوبه.

١- تخطيط مباني المصنع وتصميمها، وانتقاء شكله

يراعى في تخطيط مباني المصنع ما يأتي:

أ – احتمالية التوسع مستقبلًا، وذلك بتخصيص مساحات كافية من الأراضي لتشييد أقسام جديدة، أو توسيع الأقسام بعد إنشائها.

ب– ترك مساحة كافية للتخزين الكلي على مستوى القسم، والتخزين المؤقت بين الوحدات المختلفة، وتوفير أماكن مناسبة تُسهِّل الملاحظة والمراقبة داخل القسم الواحد.

جـ– عزل الأقسام المتباينة في متطلَّباتها؛ إذ تحتاج بعض الأقسام إلى توفير أجواء من الهدوء أو الاستقرار مثل: أقسام القياس الدقيق، والرسم، والإدارة، فتفصل عن باقي الأقسام التي تحدث فيها اهتزازات أو ضوضاء، مثل: قسم الحدادة، وقسم النجارة.

د– ترك مساحات بين المباني تتحدد بالعرض المطلوب لشوارع العمل، وضمان دخول أشعة الشمس الكافية إلى الغرف والورش. لهذا يحدد البُعْد الأدنى بين جهات المباني ذات النوافذ بارتفاع المبنى الأعلى. وفي حال تساوي ارتفاع مبنيين متقابلين فإنهما يفصلان بشارع عرضه ضعف ارتفاع كلٍّ منهما.

٢- طريقة تصميم مباني المصنع

تُصمَّم مباني المصنع بحسب أحد الشكلين الآتيين:

أ – مبنى ذو طابق واحد.

ب– مبنى متعدد الطوابق.

يتميز المبنى ذو الطابق الواحد بسهولة التخطيط، والتحرك بين الأقسام، ويستعمل في الحالات الآتية:

١. عدم تأثر المبنى بالأتربة.
٢. ثقل المنتجات، وتعذُّر نقلها في المصاعد، والحاجة إلى روافع لنقلها.
٣. استخدام الأفران في الورش، أو استخدام مواد قابلة للاشتعال كما في ورش النجارة، ومستودعات المواد والوقود.
٤. ثقل آلات الإنتاج، أو تميزها بالاهتزاز الشديد أو الضوضاء.
٥. الارتفاع الكبير للورش.

وفي ما يأتي المزايا والعيوب لمباني المصانع ذات الطابق الواحد، ومباني المصانع المتعددة الطوابق:

أ- مباني الطابق الواحد

المزايا	العيوب
سهولة توسيع المصنع أفقيًّا، وإنشاء مبانٍ جديدة مستقبلًا.	انتشار الضوضاء والأصوات المزعجة للآلات في مختلف أنحاء المصنع؛ ما يؤثر سلبًا في معظم العاملين، ويقلل من تركيزهم في أثناء العمل، ويؤثر أيضًا في السلع المنتجة من حيث الجودة والكمية. ويمكن معالجة هذا العيب عن طريق عزل هذه الآلات ووضعها في قسم منفصل.
عدم استخدام المصاعد الكهربائية.	
تسهيل عملية الإشراف والرقابة على سير العمل داخل المصنع.	
المرونة الكبيرة في ترتيب آلات المصنع ومعداته وفق ما يناسب العمل.	ارتفاع كلفة الأرض مقارنة بمجموع كلفة المصنع الكلية.
إمكانية إعادة التخطيط الداخلي للمصنع، وإعادة ترتيب الآلات والمعدات.	صعوبة الاستفادة من مزية الجاذبية الأرضية في عمليات الإنتاج والمناولة.
قدرة أرض المصنع على تحمل ثقل الآلات الضخمة واهتزازاتها.	حاجة نوافذ السقف وأعلى الجدران إلى صيانة متتابعة لإدامة الاستفادة من الإضاءة الطبيعية.
إمكانية الحصول على أكبر قدر من الإضاءة والتهوية الطبيعية عن طريق تثبيت نوافذ علوية في السقف، وأعلى الجدران.	سرعة سريان الحرارة والبرودة داخل المصنع؛ ما يقلل من كفاءة العاملين عند اشتداد الحرارة أو انخفاضها.
الانخفاض النسبي لتكاليف نقل المواد والأجزاء التي يجري تصنيعها بين أقسام المصنع.	
الوقت اللازم للبناء أقل منه في المبنى ذي الطبقات المتعددة.	

ب- مباني الطوابق المتعددة

المزايا	العيوب
الإفادة القصوى من مساحة الأرض؛ ما يحد من التكاليف، وبخاصة عند ارتفاع أسعار الأرض.	صعوبة الرقابة على العمليات الصناعية والعاملين.
انخفاض تكلفة البناء؛ إذ إن الطوابق العليا لا تحتاج إلى أساسات وحفريات.	صعوبة توسيع المصنع أفقيًّا.
استغلال مزية الجاذبية في عمليات الإنتاج والمناولة من الطبقات العلوية إلى الطبقات السفلية.	صعوبة إعادة تنظيم الآلات والمعدات وترتيبها وفق متطلبات جديدة في العمل؛ ما يحد من القدرة على إجراء تغييرات جذرية للسلع، أو إنتاج سلع جديدة.

إمكانية التوسع بالبناء رأسيًا ببناء طوابق جديدة.	عدم قدرة أرضيات الطوابق على تحمل ثقل الآلات والمعدات؛ ما يحد من نوعية الآلات التي يمكن استخدامها.
الحد من انتقال الضوضاء بين الطوابق.	كثرة الأعمدة والسلالم والمصاعد تُعوِّق تركيب الآلات، وتقلل من كفاءة المناولة.
إمكانية عزل طوابق معينة للعمليات الإنتاجية ذات الظروف الخاصة.	ارتفاع تكلفة نقل المواد من الطوابق السفلى إلى الطوابق العليا.
سهولة تكييف المصنع وتهويته عن طريق التعامل مع كل طابق على حدة.	الطوابق العليا عرضة للاهتزازات الشديدة عند تشغيل الآلات، وهي ضعيفة في مقاومة الزلازل.

٣- المعايير الواجب مراعاتها عند تصميم الشكل الهندسي للمصنع

أ – مراعاة أن تكون الخطوط المحددة للمباني (طولًا، وعرضًا، وارتفاعًا) مستقيمة قدر الإمكان؛ ما يُسهِّل ترتيب الآلات والمعدات داخل الأقسام، والقيام بأعمال النظافة.

ب– المباعدة بين المباني بشوارع عريضة نسبيًّا، وعلى نحوٍ يسمح بمرور الشاحنات الكبيرة، والاستفادة من الإضاءة والتهوية الطبيعية. أما أقسام الإنتاج فيُصمَّم شكلها بصورة مستطيلات متوازية، أو حروف لاتينية.

جـ– مرونة التخطيط الداخلي؛ فالأقسام التي يراد توسعتها مستقبلًا توضع على الحدود الخارجية، وتستخدم فواصل بدلًا من الجدران الثابتة بين الأقسام، أو داخل القسم الواحد.

د – وضع درجات ميل معينة في الأسقف، وزيادة فتحات الإضاءة والتهوية، وتجنب إمكانية تجمع مياه الأمطار.

ثالثًا مخططات المصانع وتجهيزاتها

١- معايير مخطط الآلات

من المعايير التي ينبغي مراعاتها في مخطط الآلات:

أ – **حساب المساحة المطلوبة للمصنع:** يُمثِّل حساب المساحة المطلوبة أحد الجوانب الرئيسة في علم تنظيم المصانع وتخطيطها؛ إذ تُعَدُّ المساحة القاعدة أو الأساس الذي يُستنَد إليه في وضع مخطط الآلات، ومخطط الأبنية، وغيرهما، علمًا أن مقدار المساحة المطلوبة لوضع آلة ما في مصنع لا يؤثر فقط في تكاليف الاستثمار، وإنما يؤثر في تكاليف الإنتاج وشروط العمل.

تقسيمات المساحة في المصنع: تتوزع مساحة المصنع الكلية إلى عِدَّة مساحات جزئية، وتُصنَّف مساحة المصنع الكلية إلى نوعين، هما:

١. المساحات غير المستخدمة.

٢. المساحات المستخدمة، وهي تُقسم إلى مساحات ضمن الأبنية، ومساحات في العراء، حيث تتوزع المساحات في العراء إلى مساحات للإنتاج والنقل والتخزين، ومساحات لأغراض أخرى.

ب- حساب طول البناء.

جـ- تحديد قيم المسافة بين الهناجر في الاتجاه الطولي والاتجاه العرضي (عرض خط الآلات، وعرض خط النقل).

د - دراسة العلاقة بين أقسام الإنتاج الرئيسة والمساعدة: تتطلَّب هذه المرحلة دراسة العلاقة بين أقسام الإنتاج الرئيسة والمساعدة، ومعرفة العلاقة بين أقسام الإنتاج المساعدة وأقسام التخزين، والاختبار، والعدد، والقوالب. ويجب التأكد أن النموذج الرئيس لشكل البناء المختار هو صالح ومناسب لتنفيذ العمليات الإنتاجية.

هـ - ترتيب الآلات أو أماكن العمل داخل الأقسام الإنتاجية: يراعى عند ترتيب الآلات ما يأتي:

١. اختيار الترتيب المناسب للآلات.

٢. توفير المساحة اللازمة لوضع الآلات في أماكن العمل.

٣. مراعاة الأبعاد بين الآلات، وبخاصة بُعْد الآلات بعضها عن بعض، أو بُعْدها عن الأعمدة، أو بُعْدها عن طريق النقل.

٤. الإفادة من المساحات الإضافية حول مكان تثبيت الآلة في أغراض أخرى، مثل: الخدمة، والصيانة، وغيرهما.

و - تحديد ارتفاع البناء: يراعى عند تحديد ارتفاع البناء ما يأتي:

١. المتطلبات الخاصة بالأمن الصناعي، وقواعد الحماية من الحرائق، وقواعد العمل، وغير ذلك.

٢. ارتفاع الآلة (البُعْد بين سطح الأرض للورشة والنقطة العليا للآلة).

٣. ترك فراغ كافٍ فوق الآلات يتيح تنفيذ عمليات الصيانة للآلات.

٤. ترك ارتفاع محدد خاص بأجهزة النقل للروافع مثلًا؛ إذ يمكن تركيب روافع أو أجهزة نقل تحت السقف وفوق الآلة مباشرة.

٥. ترك مسافة أمان محددة بين النقطة العليا للآلة وأجهزة النقل.

ز – **رسم المخطط النهائي للآلات، ووضع مخطط البناء:** يصف المخطط النهائي للمصنع جميع العناصر، أو الآلات، أو التوصيلات التي يضمها، وهو يشمل ما يأتي:

١. مخطط مكان وجود الآلات في المبنى، والاتجاه الرئيس لحركة المواد.

٢. توصيلات أنظمة الطاقة.

٣. تجهيزات (أو قنوات) التخلص من الفضلات الصناعية.

٤. طرق النقل العرضية الضرورية.

٢– طرائق تثبيت الآلات

تتعدد طرائق تثبيت الآلات، وأوجه استخدامها، كما هو مبين في الجدول الآتي:

طريقة التثبيت	مجال الاستخدام
الصواميل المعدنية الصلبة	الآلات الكبيرة والضخمة، والآلات التي تظل ثابتة دائمًا في مواقعها.
تقنيات اللصق	الشروط العامة: – درجة حرارة المحيط أكبر من (١٠) درجات مئوية، أو تساوي (١٠) درجات مئوية. – عدم وجود تأثيرات بسبب درجة الحموضة أو القلويات.
اللصق المباشر على قاعدة الآلة	جميع الفروع الصناعية للآلات التي تتبدل أماكنها باستمرار، والتي وزنها أقل من (٥٠) كيلو نيوتن، أو يساوي (٥٠) كيلو نيوتن.
استخدام قطع التثبيت	قطع التثبيت هي الخوابير أو الصفائح المعدنية التي يمكن لصقها على أرض الورشة، ويمكن بهذه الطريقة أيضًا تثبيت بعض الآلات الكبيرة.
اللصق باستخدام المخمدات الاهتزازية	الآلات التي تكون فيها القوى الاهتزازية قليلة. ولا تناسب هذه الطريقة الآلات التي ينتج منها صدمات أو ضربات.

رابعًا حاجات المصانع

يحتاج كل مصنع إنتاجي إلى مجموعة من المستلزمات التي تلبي متطلَّبات العمل والإنتاج، والتي يمكن حصرها في ما يأتي:

١- مستلزمات وسائل العمل

يُقصَد بها الآلات، والمعدات، والتجهيزات، والعُدَد، والأدوات، والأرض اللازمة لإنشاء المصنع، والأبنية المتعددة الأغراض.

٢- العناصر البشرية

يُقصَد بها مجموعة العناصر البشرية اللازمة لتنفيذ المشروع، التي تضم عمال الإنتاج الأساسيين، أو المساعدين، أو مجموعة الفنيين والمهندسين، أو رجال الإدارة العليا والإداريين.

٣- المستلزمات المادية

يُقصَد بها جميع المواد اللازمة لتصنيع المُنتَجات والسلع والقطع؛ سواء أكانت مواد أساسية مثل المعادن، وقطع الغيار، أم مواد مساعدة مثل: الوقود، والزيوت، والشحوم.

٤- المستلزمات المالية

يُقصَد بها الموارد المالية ورأس المال اللازم لإقامة المصنع.

إن توفير المواد الأولية والآلات وتجهيزات النقل والأيدي العاملة يتطلب وجود مبالغ كبيرة من المال يختلف مقدارها باختلاف نوع الصناعة، ودرجة تطورها كَمًّا، وكيفًا.

لدراسة الحاجات والمستلزمات، يجب إجراء الحسابات الآتية:

أ - حساب عدد الآلات اللازمة للمصنع.

ب- حساب عدد العمال المطلوب.

جـ- حساب كمية المواد المطلوبة.

د - حساب عدد تجهيزات النقل في المستودعات.

١- حساب عدد الآلات اللازم للمصنع

إن حجم الإنتاج في المصنع يتحدد وفق درجة المكننة والأتمتة للآلات المستخدمة، وزمن التشغيل الفعلي لها، ونوع الآلات وعددها.

تُعَدُّ الآلات المستخدمة في المصنع أكثر عناصر المشروع كلفة، ويؤثر عددها في الكميات المطلوبة من العناصر (الحاجات الأخرى)، مثل: المساحة، والطاقة، ونوع ورش الصيانة.

يسبق حساب عدد الآلات اختيار نوعها، حيث تُصنَّع قطع أو مُنتَجات متعددة باستخدام أنواع مختلفة من الآلات؛ لذا يُعَدُّ اختيار نوع الآلة خطوة مهمة تسبق حساب العدد المطلوب من الآلات.

يجب في أثناء اختيار الآلات مراعاة مجموعة من العوامل، أهمها:

أ – أبعاد القطع، ووزنها، ومادة صنعها، ودرجة تعقيدها.

ب– شكل المقطع الأولي.

جـ– متطلَّبات الدقة.

د – درجة المكننة والأتمتة.

هـ – قطع الغيار.

و – ملاءمة أجهزة النقل للآلات، وكيفية ارتباطها بها.

ز – حجم الإنتاج المطلوب (قطعة/سنة، أو طن/سنة).

ح – كفاءة التشغيل الفعلية للآلات.

مثال

احسب عدد الآلات اللازم لإنتاج (٨٠٠٠) وحدة يوميًّا، علمًا أن عدد ساعات العمل (٨) ساعات، ونسبة كفاءة تشغيل الآلة ٩٠٪، والوقت النمطي لإنتاج الوحدة (٤,٥) دقيقة.

الحل

١– الوقت الفعلي لإنتاج الوحدة = الوقت النمطي لإنتاج الوحدة ÷ الكفاءة

$$= ٤,٥ \times \frac{١٠٠}{٩٠} = ٥ \text{ دقائق للوحدة.}$$

٢– الوقت الفعلي لإنتاج (٨٠٠٠) وحدة = عدد الوحدات المنتجة × الوقت الفعلي لإنتاج الوحدة

$$= ٨٠٠٠ \times ٥ = ٤٠٠٠٠ \text{ دقيقة.}$$

٣- عدد الآلات اللازم لإنتاج ٨٠٠٠ وحدة = ٤٠٠٠٠ \(٨ × ٦٠ دقيقة)

= $\frac{٤٠٠٠٠}{٤٨٠}$ = ٨٤ آلة تقريبًا.

٢- حساب عدد العمال المطلوب

يمكن توزيع العمال في المصانع إلى أربع مجموعات، هي:

أ - عمال منتجون يقسمون إلى عمال منتجين أساسيين، وعمال منتجين مساعدين.

ب- عمال غير منتجين (لأعمال التقنية).

جـ- عمال مشرفون وإداريون.

د - عمال آخرون (عمال نظافة، وعمال حراسة).

٣- حساب كمية المواد المطلوبة

إن الهدف من حساب كميات المواد في أثناء إقامة المصنع هو تحديد حجم المستودعات اللازم لتخزين المواد، وتعرُّف وسائل النقل اللازمة من حيث النوع، وحساب العدد المطلوب من كل نوع في هذه المستودعات.

٤- حساب عدد تجهيزات النقل في المستودعات

قبل حساب العدد المطلوب من التجهيزات يجب معرفة نوعية التجهيزات المستخدمة بناءً على نوع المادة المخزنة (رولات معدنية، صفائح معدنية، قطع مسبوكة، قطع مطروقة)، وعدد أصناف المواد المخزنة، وخصائص هذه المواد، وطريقة تخزينها.

تجدر الإشارة إلى أنه يمكن وضع المواد في المستودعات بأشكال عِدَّة، مثل: الوضع الحر على الأرض، ووضعها على مصاطب أو عتبات، ووضعها في خزائن، أو أدراج، أو حاويات.

خامسًا الدورة الإنتاجية

١- وسائل الإنتاج

تُصنَّف وسائل الإنتاج إلى نوعين، هما:

أ - **وسائل العمل وأدواته:** تشمل المعدات، وعدد العمال، والأجهزة، وآلات توليد الطاقة، والأبنية، والمنشآت.

ب- **مواد العمل:** تشمل الخامات، والمواد الأولية، والمواد المُصنَّع نصفها.

تتكون العملية الإنتاجية من مراحل متعددة قد يتخللها انقطاعات بين إحدى المراحل والمرحلة التي تليها، تبعًا لأحوال العمل والإنتاج ومتطلَّباتهما.

٢- العملية الإنتاجية

تُعرَّف العملية الإنتاجية بأنها مجموعة العمليات الجزئية والأنشطة المتصلة والمتقاطعة فيما بينها، التي تسمح بتحويل مواد العمل إلى منتجات نهائية باستخدام وسائل العمل.

٣- مبادئ تنظيم العملية الإنتاجية

يتطلب تنظيم العملية الإنتاجية توافر مجموعة من المبادئ، أهمها:

أ - توزيع العمل بين أقسام المصنع بناءً على التخصص.

ب- التوزيع المنطقي والاستخدام الكامل للمعدات في ورش المصنع وأقسامها المتخصصة.

جـ- التوزيع الدقيق للعمال، وتنسيق العمل بينهم، وتوفير كل ما يلزم لمكان العمل؛ بغية الحصول على مردود عالٍ.

وهذا يتطلب استخدام وسائل نقل متقدمة، وتخطيطًا آنيًّا صحيحًا للإنتاج (مكانًا، وزمانًا)؛ لتوفير الظروف الملائمة للعمل في أقسام الإنتاج.

٤- زمن الدورة الإنتاجية

يُقصَد بذلك المدة الزمنية التي تجتاز خلالها مواد العمل (خامات المواد المُصنَّع نصفها) كامل العمليات الجزئية المؤلفة للعمليات الإنتاجية، وتتحول خلالها إلى مُنتَجات نهائية، أو مُنتَجات توافق مرحلة إنتاج معينة.

يتألف زمن الدورة الإنتاجية مما يأتي:

أ – زمن الصنع المباشر، وزمن التحضير.

ب– زمن العمليات المساعدة، مثل: زمن الرقابة الميكانيكية على الإنتاج، وزمن النقل وغيره.

جـ– زمن الانقطاعات (الأعطال) في جريان العملية الإنتاجية، مثل إبقاء مواد العمل في انتظار عملية جزئية تالية تابعة للتشغيل، أو التركيب، أو الرقابة على الإنتاج.

د – زمن العمليات الطبيعية.

توجد عوامل عِدَّة تؤثر في زمن الدورة الإنتاجية، أبرزها:

أ – زمن الصنع المباشر لمواد العمل، ولكل عملية جزئية وحدها، وزمن التحضير.

ب– عدد مواد العمل التي تدخل الإنتاج في آنٍ معًا.

جـ– استمرار العمليات الجزئية المساعدة، مثل: نقل المُنتَج، والرقابة التقنية عليه.

د – عدد الانقطاعات المحتملة في العملية الإنتاجية، ومدى استمرارها.

هـ– النظام المتبع في تسليم مواد العمل من عملية جزئية إلى أخرى (نظام النقل)؛ إذ يمكن تسليم القطع أو أنصاف المصنعات من عملية جزئية إلى أخرى قطعة قطعة، أو دفعة تلو الأخرى، أو تسليمها معًا دفعة واحدة.

٥- مفاهيم خاصة بالعملية الإنتاجية

مفهوم خط الإنتاج: مجموعة الأنشطة، أو الأعمال، أو العناصر اللازمة لإنتاج إحدى السلع من بداية العملية الإنتاجية إلى نهايتها.

أ – **تصميم خط الإنتاج:** يشتمل تصميم خط الإنتاج على العناصر الآتية:

١. طاقة الخط المرغوبة التي يُعبَّر عنها عادة بصورة معدل الإنتاج خلال مدة زمنية محددة.

٢. نوع العمليات الإنتاجية الواجب تنفيذها لإنتاج السلعة أو الخدمة.

٣. الوقت اللازم لكل عملية، والشكل الفني لتتابع هذه العمليات.

ب- **هدف عملية التصميم**: تخصيص العمليات لعدد يُحدَّد من محطات التشغيل بصورة تكفل تخفيض درجة العطل في طاقة الخط إلى أقل حد ممكن.

جـ- **خط التجميع** (Assembly line): مجموعة من محطات العمل مسؤولة عن تجميع مُنتَج معين وفق مراحل محددة، بحيث تكون مخرجات كل محطة مدخلات للمحطة التالية مباشرة. وتنتقل المواد بين هذه المحطات يدويًّا، أو انسيابيًّا، أو باستخدام الأحزمة.

د - **محطة العمل** (Work Station): مجموعة من العمال، أو الآلات (أو الاثنان معًا)، مُكلَّفة بإنجاز نشاط، أو مجموعة من الأنشطة.

هـ- **النشاط** (Task): مجموعة من الفعاليات (Actions) يمكن تمييزها عن الفعاليات الأخرى، وتنجز في محطة عمل.

و- **محتوى العمل** (Job Content): مجموع الأوقات اللازمة لإنجاز جميع الأنشطة المتعلقة بتجميع وحدة واحدة من المُنتَج.

ز- **زمن دورة الإنتاج الفعلية** (Actual Cycle Time): أقصى وقت يمكن أن يستغرقه المُنتَج أو أحد أجزائه في كل محطة من محطات عمل خط التجميع.

ح- **الوقت العاطل أو الضائع** (Idle Time): المجموع غير المستغل من وقت الإنتاج في جميع المحطات.

٦- الانقطاعات

يُقصَد بها المدة الزمنية التي تتوقف عندها الإنتاجية نتيجة مسببات تتعلق بالعمالة، أو المواد، أو الآلات، أو التجهيزات، أو نظام العمل.

تقسم الانقطاعات إلى أربعة أنواع، هي:

أ - **الانقطاعات التي تتعلق بنظام العمل في المصنع**، مثل: عدد الورديات، والمدة الزمنية بينها، وعدد أيام العمل الأسبوعية، وعدد أيام العطل، والأعياد الرسمية.

ب- **الانقطاعات التي تنجم عن سوء استخدام المعدات، والتي تؤدي إلى توقف العمل والآلات**: لا تتعلق مُدَد هذه الانقطاعات بعدد الآلات والمعدات فحسب، بل تتعلق أيضًا بتنظيم العمليات الإنتاجية.

جـ- **الانقطاعات التي يسببها التنظيم غير المقبول للإنتاج في المصنع**، مثل: التنظيم السيئ لأماكن العمل، وتسليم العُدَد والمواد في غير حينها.

د- **الانقطاعات التي تستدعيها الظروف الطارئة والمفاجئة**، مثل: تأخر وصول المواد من مصادر التوريد، وتعطل الآلات.

سادسًا التخطيط المنهجي للمصنع

يُقصَد بالتخطيط المنهجي للمصنع الترتيب الفعلي للمعدات والملحقات والمرافق الأساسية داخله. تستخدم في دراسة المصنع وتخطيطه طرائق هندسية تشمل تحليل المكونات الأساسية والأولية لمختلف المنشآت الصناعية. والتخطيط المنهجي للمصانع هو تقنية أو أداة تسمح بالتحديد والتصور والترتيب لمختلف الأنشطة والعلاقات والبدائل التي ينطوي عليها مشروع تخطيط مصنع أو ورشة عمل ما.

يُعَدُّ التخطيط المناسب للمصنع أحد العوامل الأساسية لتطوير العمل؛ إذ إنه يفضي إلى زيادة الإنتاجية، وتوفير الجهد والوقت، وتقليل التكاليف، والحد من الأخطاء في العمليات الصناعية، وزيادة كفاءة العاملين.

١- عوامل منهجية التخطيط

ترتكز منهجية التخطيط على ثلاثة عوامل، هي: مجال العمل، والعلاقات والروابط، والتنظيم والتوافق.

يتضمن مجال العمل ما يأتي:

أ - متطلبات العمل.

ب- مساحة العمل المتاحة، وتناسبها مع الإنتاج المطلوب.

جـ- الرسم التخطيطي لمساحة العمل.

تتضمن العلاقات والروابط ما يأتي:

أ- جمع البيانات والمدخلات.

ب- طبيعة العلاقات ونوعيتها.

جـ- الرسم التخطيطي الذي يربط أجزاء العمل بعضها ببعض.

يتضمن التنظيم والتوافق ما يأتي:

أ - أهمية التطوير والتعديل.

ب- تحديد العمليات وتقنينها.

جـ- التقييم، والاختيار النهائي.

وفي ما يأتي الخطوات الخمس الواجب اتباعها لتطبيق التخطيط المنهجي:

أ - **إنشاء العلاقات ورسمها:** وفيها يربط المستخدم كل نشاط ومكانه ووظيفته في نطاق العمل بالأنشطة الأخرى.

ب- **إنشاء متطلَّبات مساحة العمل:** وفيها تُحدَّد مساحة العمل، والملحقات، وجميع متطلَّبات كل وظيفة ونشاط.

جـ- **الرسم التخطيطي لربط الأنشطة:** وفيها تُربَط الأنشطة بخطوط بصرية مبنية على تقاربها.

د - **الرسم التخطيطي لمساحة العمل:** وفيها يمكن تصور متطلَّبات جميع الوظائف، وتخطيطها، وترتيبها.

هـ - **وضع ترتيبات بديلة وتقييمها:** وفيها يُختار التصميم الأمثل المناسب للعمل المطلوب.

أسئلة الوحدة

١- وضِّح المقصود بكلٍّ من المفاهيم الآتية:

أ - العملية الإنتاجية.

ب- زمن الدورة الإنتاجية.

جـ- خط الإنتاج.

د - خط التجميع.

هـ - محطة العمل.

و - النشاط.

ز - محتوى العمل.

ح - زمن دورة الإنتاج الفعلية.

ط - الوقت الضائع.

ي - الانقطاعات.

ك - التخطيط المنهجي للمصنع.

٢- اذكر العوامل الأساسية لاختيار موقع المصنع.

٣- اذكر العوامل الثانوية لاختيار موقع المصنع.

٤- اذكر أهم مزايا التمركز في المدن الكبرى للمنشآت الصناعية.

٥- اذكر أهم عيوب التمركز في المدن الكبرى للمنشآت الصناعية.

٦- اذكر أهم مزايا التمركز في المدن الصغرى والريف والمناطق النائية للمنشآت الصناعية.

٧- اذكر أهم عيوب التمركز في المدن الصغرى والريف والمناطق النائية للمنشآت الصناعية.

٨- ما مزية التمركز في الضواحي للمنشآت الصناعية؟

٩- ما المعايير التي يجب مراعاتها عند تخطيط مباني المصنع؟

١٠- تُصمَّم مباني المصنع بأحد شكلين، اذكرهما.

١١- ما الحالات التي يستعمل فيها المبنى ذو الطابق الواحد من مباني المصانع؟

١٢- اذكرأهم المزايا والعيوب للطابق الواحد من مباني المصانع.

١٣- اذكر أهم المزايا والعيوب للطوابق المتعددة من مباني المصانع.

١٤- ما المعايير التي يجب مراعاتها عند تصميم الشكل الهندسي للمصنع؟

١٥- اذكر طرائق تثبيت الآلات ومجال الاستخدام لكل طريقة فيها.

١٦- ما الحاجات والمستلزمات التي تلزم كل مصنع إنتاجي وتفي بمتطلَّبات العمل والإنتاج؟

١٧- ما العوامل المؤثرة في زمن الدورة الإنتاجية؟

١٨- اذكر أنواع الانقطاعات في المنشآت الصناعية.

١٩- ما عوامل منهجية التخطيط للمصنع؟ ماذا يتضمن كل عامل منها؟

٢٠- اذكر الخطوات الخمس اللازمة لتطبيق التخطيط المنهجي للمصنع.

الفصل الدراسي الثاني

الوحدة الرابعة

إدارة الصيانة

- ما تأثير الصيانة الشاملة للمنشأة الصناعية في الإنتاجية وكفاءة العمل؟
- ما أثر الصيانة للمشروع الصناعي في مستوى التكاليف وتقليل الجهد والوقت الضائع؟
- ما أهمية الصيانة للمشروع الصناعي؟

تعتمد الكفاءة الإنتاجية لأي منظمة أو مؤسسة صناعية على أمور عِدَّة، أهمها نجاعة عمليات الصيانة التي ترتكز على تنظيم إدارة الصيانة. ويُقصَد بالتنظيم هنا تحديد التقسيمات، وترتيبها، والعلاقة بينها، واختصاصاتها، ووظائفها.

يُعَدُّ تنظيم إدارة الصيانة أمرًا مهمًّا يؤثر كثيرًا في استمرارية العمل داخل المنشأه الصناعية؛ ما يتطلب مراعاة التخصص، وتسهيل الرقابة، والمبادئ المتعلقة بتنظيم إدارة الصيانة.

تتعرض جميع الأجهزة والمعدات والماكينات للعطل، وانخفاض كفاءتها على امتداد عمرها الزمني؛ ما يتطلب تقليص وقت تعطلها أقل ما يمكن، وتقليص الكلفة النهائية أيضًا، وهذا يستدعي تحديد الوقت المناسب لفحص الأجهزة فحصًا دقيقًا، والعمل على تجديدها، وإصلاحها، واستبدال التالف منها.

يتوقع منك بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- تتعرف المفاهيم الخاصة بإدارة الصيانة، وأنواعها.
- تبين أهمية الصيانة.
- تُصنَّف الصيانة إلى أنواعها.
- تقارن بين الصيانة الوقائية والصيانة العلاجية.
- توضح مفهوم خطة الصيانة، وأهداف هذه الخطة.
- تبين أهمية تخطيط أعمال الصيانة وإجراءاتها.
- تذكر خطوات تخطيط أعمال الصيانة وحساب قطع الغيار المطلوبة سنويًّا.
- تذكر الخطوات اللازمة لتطبيق أعمال الصيانة.
- تبين مفهوم الصيانة الإنتاجية الشاملة، وتحلله.
- تتعرف أهداف الصيانة الإنتاجية الشاملة.
- توضح مفهوم الاستبدال، وأسبابه، وأنواعه.
- تبين مفهوم تكاليف الصيانة، وأنواعها، ومجالات خفض تكاليف الصيانة.
- توضح العلاقة بين تكاليف الصيانة الوقائية وتكاليف الصيانة العلاجية.
- تتعرف أهمية برنامج السينات الخمس وخطوات تنظيم مكان العمل.
- تتعرف أنواع ورش الصيانة، ومواصفاتها.

أولًا أساسيات إدارة الصيانة

تسهم الصيانة إسهامًا فاعلًا في استدامة عمل الآلات، والاستمرار في عملية الإنتاج. وكلما كانت الصيانة فاعلة تحسنت جودة عمل الآلات وكفاءتها؛ ما يؤثر إيجابًا في العمل بالمنشأة الصناعية.

١- مفهوم الصيانة، ومفهوم إدارة الصيانة

يوجد فرق بين مفهوم الصيانة فنيًّا ومفهوم إدارة الصيانة إداريًّا، ويمكن تعريف الصيانة بأنها جميع الأنشطة والإجراءات وسلسلة العمليات المستمرة التي يمكن بها الحفاظ على ماكينات النظام في وضع الاستعداد التام للعمل. أما إدارة الصيانة فتُعرَّف بأنها تخطيط الموارد المادية والمالية والبشرية المخصصة لقسم الصيانة، وتنظيمها، وتنفيذها، والرقابة عليها لتحقيق الأهداف الموضوعة بفاعلية وكفاءة.

٢- أهمية الصيانة وأهدافها

تُعْزى أهمية الصيانة إلى الأهداف التي تسعى إلى تحقيقها، ويمكن إجمال أهم هذه الأهداف في ما يأتي:

أ – الإسهام في تقليل أعطال الآلات والتجهيزات المختلفة، وجعل العمليات الإنتاجية أكثر كفاءة وأقل تكلفة.

ب– تحقيق السلامة والأمان للمشغلين الذين يستخدمون الماكينات، وضمان الاستخدام الآمن للمواد الخطرة.

جـ– زيادة موثوقية النظام وأداء التسهيلات والأفراد.

د – خفض تكاليف العمليات.

هـ– ضمان الجودة العالية للمنتجات والخدمات.

و – إطالة العمر التشغيلي للماكينات، والمحافظة على مستوى أدائها.

ز – تخفيض التكاليف الكلية للصيانة المتمثلة في أجور العاملين في ورش الصيانة، وثمن المواد الاحتياطية المستخدمة في عمليات الصيانة، والنفقات الناجمة عن توقف الإنتاج نتيجة العطل.

ح- الإسهام في خفض مستويات التخزين.

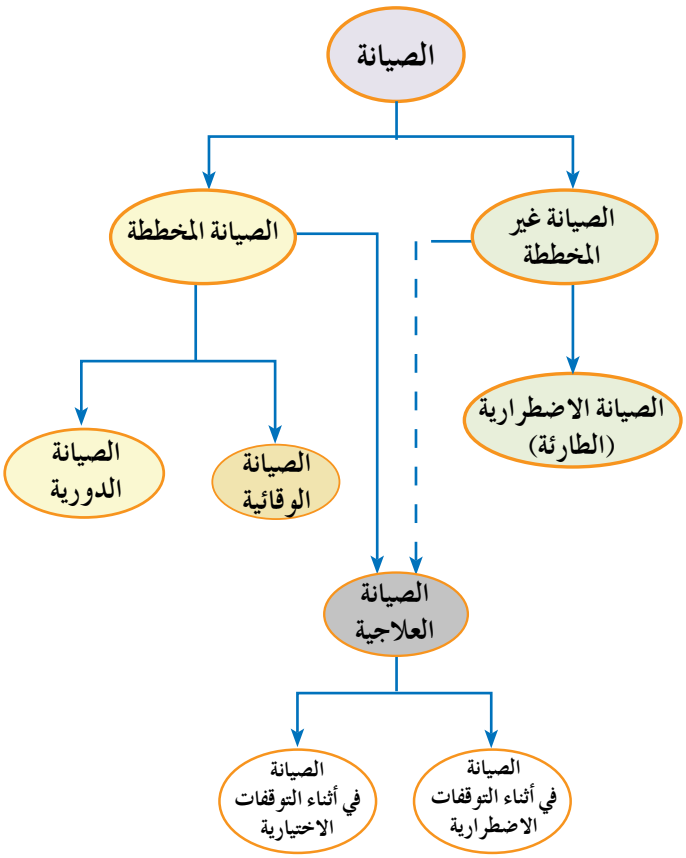
ط- استمرار عملية الإنتاج بأقصى طاقة ممكنة.

٣- تصنيف الصيانة

تُصنَّف الصيانة إلى نوعين، هما:

أ - **الصيانة غير المخططة:** يُقصَد بها الصيانة غير المحددة ببرنامج زمني، وترتبط فقط بعطل الماكينة، أو توقفها عن العمل. يعتمد زمن الصيانة على الإمكانات المتوافرة لأعمال الصيانة.

يمتاز هذا النوع من الصيانة بعدم وجود استعداد مسبق له، وبأنه مناسب للظروف والأحوال التي يصعب فيها التنبؤ بالأعطال الفجائية؛ لذا تُعَدُّ الصيانة غير المخططة الخيار الوحيد لتجنب الخسائر الناجمة عن الإرباك المفاجئ في سير العملية الإنتاجية، وهي تشمل ما يسمى الصيانة الاضطرارية، انظر الشكل (٤-١).



الشكل(٤- ١): تصنيف الصيانة.

الصيانة الاضطرارية (الطارئة) (Emergency Maintenance): هي الصيانة التي تجري من دون تخطيط مسبق، والتي تتطلب التدخل الفوري لمنع حدوث عطل أكبر.

ب- **الصيانة المخططة** (Planned Maintenance): يشمل هذا النوع تنظيم أنشطة الصيانة، وإنجازها، والسيطرة عليها وفق تقديرات مسبقة، وتوثيق هذه الإجراءات ضمن الخطة الموضوعة. وفي ما يأتي بعض أنواعها:

١. **الصيانة الوقائية** Preventive Maintenance (PM): يُقصَد بها إجراء الصيانة قبل توقف الماكينة عن العمل؛ بغية المحافظة على استمراريتها في العمل، وخفض احتمال توقفها أو تعطلها.

يُعَدُّ هذا النوع من الصيانة مهمًّا جدًّا؛ نظرًا لفاعليته في استمرار عمل الماكينات، وضمان تصنيع المُنتَجات؛ إذ تستخدم فيه أساليب مبرمجة تتسم بالدورية في إجراءات الصيانة، مثل: الفحص، والاستبدال، والتزييت، والتنظيف.

٢. **الصيانة الدورية**: تُعرَّف الصيانة الدورية بأنها أعمال الصيانة اللازمة لإعداد المُنتَجات وفق المواصفات المحددة لها. وتتم جدولة الأعمال والأنشطة تبعًا لحجم الصيانة المطلوبة بصورة دورية.

تُصنَّف الصيانة الدورية إلى ثلاثة أنواع، هي:

- الصيانة البسيطة: يشمل هذا النوع من الصيانة تغيير بعض الأجزاء التي تُستهلَك سريعًا خلال الفترات التشغيلية، وبشكل دوري. ويُعْزى سبب تسميتها بهذا الاسم إلى قصر حجم العمل المستغرق قياسًا بالأنواع الأخرى.
- الصيانة المتوسطة: تشمل أكثر الأعمال تعقيدًا من الصيانة البسيطة،بما في ذلك تغيير بعض الأجزاء التالفة، وأعمال الضبط والتنظيم للمعدات، وجميع أعمال الصيانة البسيطة.
- الصيانة الشاملة: يُقصَد بها تبديل كثير من الأجزاء والوحدات في المعدات؛ أي تجديد الأجهزة، وتحديثها، وإعادتها إلى الحال التشغيلية المعيارية التي كانت عليها وفق المؤشرات الفنية التصميمية.

يتطلب هذا النوع توافر فرق صيانة تتمتع بكفاءة ومهارة عاليتين، ويمكنها تنفيذ جميع الأعمال المتعلقة بالصيانة البسيطة، والصيانة المتوسطة. ويُصنِّف بعض الباحثين هذا النوع من الصيانة ضمن الصيانة الوقائية.

٣. **الصيانة العلاجية** Corrective Maintenance (CM): تعرف أيضًا باسم الصيانة التصحيحية، ويُقصَد بها الجهود الهادفة إلى إعادة المعدات إلى حال مقبولة بعد حدوث العطل. تتضمن عمليات الصيانة العلاجية الكشف عن الآلات، وفحصها، واستبدالها في حال

توقفها عن العمل، أو تعطلها. يُصنَّف هذا النوع من الصيانة ضمن الصيانة المخططة، ويرى بعض الباحثين أنها تتبع الصيانة غير المخططة، انظر الجدول (٤ – ١) الذي يُمثِّل مقارنة بين الصيانة الوقائية والصيانة العلاجية.

الجدول (٤ – ١): مقارنة بين الصيانة الوقائية والصيانة العلاجية.

العنصر	الصيانة الوقائية	الصيانة العلاجية
أداء العمل	قبل حدوث العطل.	بعد حدوث العطل.
الهدف	١– تقليل حدوث التوقف المفاجئ. ٢– إطالة عمر الماكينة التشغيلي. ٣– الاستخدام الأمثل للمواد الاحتياطية. ٤– تحقيق السلامة للأفراد والمعدات.	١– استمرار العملية الإنتاجية للماكينة بغض النظر عن ملاءمة أعمال الصيانة لحال العطل.
الكلفة	١– مرتفعة في بداية تخطيط البرامج، ومنخفضة على الأمد البعيد.	١– منخفضة على الأمد القصير، ومرتفعة على الأمد البعيد.
الاستخدام	١– كلفة العطل غير المخطط مرتفعة. ٢– إمكانية التنبؤ بالعطل. ٣– إمكانية جدولة الأوقات لإجراء أعمال الصيانة الوقائية.	١– كلفة الصيانة النظامية مرتفعة. ٢– الأعطال صغيرة. ٣– الماكينات ذات تأثير غير محسوس، وهي لا تؤثر في سير العملية الإنتاجية.
العيوب	١– عدم مناسبتها للمعدات قصيرة العمر. ٢– عدم ملاءمتها بعض الصناعات ذات الإنتاج المستمر. ٣– مكلفة على الأمد القصير، وبحاجة إلى دعم من الإدارة العليا لتوفير مستلزمات تطبيقها المتمثلة في توفير معلومات عن المواد الاحتياطية والأيدي العاملة.	١– توقف العملية الإنتاجية نتيجة حدوث الأعطال المفاجئة. ٢– تدني أعمال الصيانة فيها. ٣– صيانة غير مخطط لها. ٤– ضعف الرقابة والسيطرة على العاملين والمعدات. ٥– قصر العمر الإنتاجي للمعدات والتقادم السريع. ٦– زيادة نسبة تلف المُنتَجات.

٤– استراتيجية الصيانة المختلطة

يغلب على معظم العمليات استخدام مزيج من طرائق الصيانة المختلفة بسبب تعدد أجزاء الماكينة، واختلاف خصائصها. فصيانة السيارة مثلًا تتطلب استخدام أنواع متعددة من الصيانة تبعًا لاختلاف أجزائها. وقد تقتصر أعمال الصيانة العلاجية على بعض الأجزاء، بعد حدوث العطل، مثل: مصابيح الإنارة، والمصاهر، علمًا أن قيام السائق ببعض الأعمال التي يراها مناسبة عند الضرورة،

والتي تشمل تبديل زيت الماكينة، أو فحص الأجزاء الأخرى، يُعَدُّ من الصيانة الوقائية للسيارة.أما الصيانة الظرفية فتكون بملاحظة الظروف المحيطة بالسيارة، مثل الأصوات غير الاعتيادية الصادرة من محرك السيارة.

ثانيًا تخطيط أعمال الصيانة

تحظى دراسة تخطيط أعمال الصيانة باهتمام كبير من الشركة الصناعية؛ لأن خطة الشركة هي جزء مهم متكامل من الخطة الشاملة للوحدة الصناعية.

واليوم تؤكد الكثير من الدراسات أهمية زيادة فاعلية التخطيط لأعمال الصيانة؛ سواء أكان ذلك من حيث توفير البيانات والمعلومات الإحصائية اللازمة، أم من حيث تهيئة المستلزمات المادية والبشرية والمالية لتأمين إعداد هذه الخطة.

١- مفهوم خطة الصيانة وأهدافها

تُعرَّف خطة الصيانة بأنها إعداد البرامج اللازمة لأعمال الصيانة في الشركة، التي تكون مفصلة، وموزعة حسب أقسامها المختلفة، وفق جدول زمني منتظم.

يهدف نشاط التخطيط إلى وضع خطة لأعمال الصيانة تعمل على خفض معدلات الأعطال، والمحافظة على استمرارية تشغيل المعدات، وتوفير الإمكانات المثلى الاقتصادية للاستفادة القصوى منها دون زيادة أو نقصان.

يؤدي تخطيط أعمال الصيانة ووضع الخطط الملائمة لها إلى تحقيق الأهداف الآتية:

أ – الاستفادة القصوى من الطاقات المتوافرة في الوحدة الصناعية.

ب– تخفيض معدلات استخدام الموارد الطبيعية (المواد الأولية، ومستلزمات الإنتاج الأخرى).

جـ– زيادة إنتاجية العمل، وتطويره؛ بزيادة معدلات التشغيل والتوظيف للأيدي العاملة.

د – ضمان استمرار إنتاج السلع بالجودة المطلوبة والكفاءة العالية.

هـ– تخفيض تكاليف الإنتاج، وتحسين كفاءة الأداء في الوحدات الإنتاجية.

العوامل المؤثرة في خطة الصيانة

أ – أسلوب طلب الخدمة (أوامر التشغيل/ العمل). ويُقصَد بأمر العمل الوثيقة التي يصدرها مسؤول الصيانة، والتي تسمح لفني الصيانة بدء عملية الصيانة.

ب– أولوية تنفيذ أمر التشغيل.

جـ– توافر المواد وقطع الغيار.

د– توافر العمالة، ومعدات الصيانة.

هـ– أماكن تنفيذ الصيانة (موقع العمل، أو مركز الصيانة).

و – توافر المعلومات والسجلات المتعلقة بمواصفات العمل، ودقتها.

٢– إعداد خطة الصيانة

تُصنَّف خطط الصيانة إلى نوعين، هما:

أ – **الخطط الرئيسة:** تُعَدُّ هذه الخطط لجميع الأعمال التي يجب أداؤها سنويًّا، وتحكمها درجة تعقيد المعدات، وعددها، وطول مدة الكشف الدوري عنها.

ب– **الخطط الفرعية (شهرية، أسبوعية، يومية):** تتفرع هذه الخطط من الخطة الرئيسة، وتساعد على تنظيم عمليات الصيانة في الوقت المناسب الذي لا يؤثر في العمليات الإنتاجية، ويحدد وقت الصيانة غالبًا بعد انتهاء فترة العمل الصباحية، أو يوم العطلة الرسمية.

٣– سياسات الصيانة

يُقصَد بسياسة الصيانة القرار الذي يُعَدُّ سلفًا، والذي يُتَّخَذ لتحقيق هدف معين.

يوجد عدد من السياسات التي تستعين بها إدارة الصيانة في تخطيط فعالياتها الخاصة، والتي تُكوِّن بمجموعها ما يسمى خطة الصيانة، وتتمثل هذه السياسات في ما يأتي:

أ – صيانة المعدات قبل حدوث عطل فيها.

ب– صيانة المعدات بعد حدوث عطل فيها.

جـ– الصيانة الاعتيادية (الروتينية) المناسبة.

د – الصيانة المعتمدة على الحال.

هـ– الصيانة التصميمية.

٤- إجراءات تخطيط خدمات الصيانة

يمكن إجمال إجراءات تخطيط خدمات الصيانة في ما يأتي:

أ – إعداد قائمة تحوي المعدات في المنشأة، وتتضمن المعلومات الآتية:

١. رمز المعدات.

٢. الوصف المختصر للمعدات.

٣. موقع المعدات.

٤. نوع المعدات.

٥. تصنيف المعدات من حيث درجة الأهمية.

ب– ترميز المصنع والمعدات.

جـ– جدولة الصيانة.

د – وصف أعمال الصيانة.

ثالثًا تطبيق أعمال الصيانة

قبل البدء بسرد خطوات تطبيق أعمال الصيانة، يجب التنويه بأن من واجبات الإدارة المسؤولة عن المنشأة اختيار الشخص المسؤول عن الصيانة أولًا، وهو الشخص الذي يحمل على عاتقه عبء تنفيذ هذه الخطوات، والذي يتعين على الإدارة دعمه وتعزيزه؛ لتذليل جميع الصعوبات التي قد تعترض تنفيذ خطوات تطبيق أعمال الصيانة.

١- خطوات تطبيق أعمال الصيانة

يجب تطبيق خطوات أعمال الصيانة الصحيحة في المنشأة الصناعية وفق الآتي:

أ – **تحديد الآلات والأجهزة المراد صيانتها:** يجب حصر جميع مكونات المنشأة التي تحتاج إلى صيانة، وترتيبها حسب الأهمية في جدول أولي يوضح مواصفات المكونات، وعددها، وموقعها في المنشأة، وغير ذلك من المعلومات المهمة اللازمة لتعرُّف كلٍّ منها.

ب- **تحديد جميع عمليات الصيانة تبعًا لتعليمات المُورِّد أو المُصنِّع الموجودة في كتيبات الصيانة:** إن توافر كتيبات المُصنِّع الخاصة بالتشغيل والصيانة وقطع الغيار لجميع المكونات المراد صيانتها يُعَدُّ أحد أهم الجوانب التي يجب مراعاتها في عمليات الصيانة؛ إذ يذكر المُصنِّع فيها جميع التعليمات المهمة التي تخص طريقة التشغيل الصحيحة، وعمليات الصيانة، وقطع الغيار. وفي حال عدم وجود هذه الكتيبات فإنه يجب اتباع الآتي:

١. مخاطبة المُورِّد أوالمُصنِّع للحصول على الكتيبات اللازمة.

٢. في حال تعذَّر الحصول على الكتيبات، أو طالت مدة الحصول عليها، فإنه يجب مخاطبة أي منشأه مماثلة أو زيارتها لطلب الصيانة اللازمة للآلات والمعدات المماثلة.

٣. في حال عدم وجود منشأه مماثلة فإنه يمكن الاستعانة بخبراء الصيانة الموجودين في المنشأة أو خارجها.

جـ- **تحديد عمليات الصيانة:** يُقصَد بعمليات الصيانة كل إجراء يجب أن يقوم به فريق الصيانة لجزء معين من الآلة، وذلك بعد الاطلاع على تعليمات المُورِّد والشركة الصانعة اللذين يُمثِّلان الجهة الموثوقة التي يستطيع فريق الصيانة الاعتماد عليها في تطبيق عمليات الصيانة الوقائية والإصلاحية، وطلب قطع الغيار. ويتطلب ذلك من فريق الصيانة الاطلاع الدائم على كتيبات الشركة الصانعة، وقراءتها، وفهمها قبل البدء بأعمال الصيانة، والرجوع إليها عند الضرورة.

د - **عمل الجداول والنماذج الخاصة بعمليات الصيانة تبعًا لنوع الصيانة المطلوبة:** بعد تحديد عمليات الصيانة، فإنها تُفرَّغ في نماذج مُصمَّمة بحسب نوع الأجزاء المراد صيانتها؛ إذ تجمع الأعمال اليومية في نموذج واحد لكل آلة، وتجمع الأعمال الأسبوعية في نموذج واحد، وكذلك الشهرية وهكذا، ثم تقدم لفريق الصيانة للبدء بتنفيذ عمليات الصيانة، ثم تُعاد إلى مسؤول الصيانة؛ للنظر في الملاحظات المدونة فيها (إن وُجِدت)، وإجراء اللازم بخصوصها، ثم تُحفَظ في السجلات الخاصة بالآلة.

هـ- **عمل خطة الصيانة:** بعد حصر مختلف عمليات الصيانة اللازمة لجميع مكونات المنشأة، ومعرفة أنواع الصيانة لكل عملية، يوضع تصور مستقبلي لعمليات الصيانة، بعمل

خطة صيانة زمنية (شهرية، سنوية) للآلات، تُحدَّد فيها مواعيد الصيانة المختلفة لكل آلة بحسب تعليمات الشركة الصانعة، ويراعى فيها ما يأتي:

١. توافر العمالة المحلية والأجنبية.

٢. توافر قطع الغيار، والعُدَد، والأدوات اللازمة.

٣. أوقات الذروة والمواسم.

٤. إجازات الأعياد، وإجازات الفنيين.

٢- اختيار العمالة الفنية وتدريبها

من أهم العناصر التي تزيد كفاءة عملية الصيانة للمعدات، وتخفض تكاليفها، عنصر العمالة المدربة على أعمال الصيانة. فبعد إعداد خطة الصيانة، يتعين على مسؤول الصيانة انتقاء الأفراد الذين يُظهِرون قدرة على فهم الأشياء ومكونات الوحدات والمعدات، وتمييز الأعطال، وأسبابها، وإصلاحها، وعمل البرامج اللازمة لتدريبهم على المعدات، وإنجاز أعمال الصيانة في وقت قصير؛ ما يقلل زمن توقف الآلات عن العمل، ويقلل خسائر الإنتاج، وغير ذلك.

تسهم العمالة المدربة على الصيانة في التقليل من عدد قطع الغيار المستخدمة، وذلك بالكشف عن الوحدات، ومعرفة ما يمكن استبداله، وما يجب تنظيفه وإصلاحه وتركيبه في الآلة مرة أخرى.

إن استخدام العمالة المدربة على فك القطع وتركيبها يجب أن يتم دائمًا على أسس سليمة؛ ما يقلل من استهلاك هذه القطع. فمثلًا، قد يؤدي استخدام المطارق في الطرق على أجزاء مختلفة من الآلة (بغرض الفك، أو التركيب) إلى تلف أجزاء منها في أثناء عملية الصيانة، وهذا ما تفعله العمالة غير المدربة.

إن استخدام العمالة المدربة يفيد في:

أ – زيادة كفاءة تشغيل الوحدات.

ب– الحد من تلف الأجزاء والقطع في أثناء عملية الصيانة.

جـ– تقليل قطع الغيار المستهلكة.

د – تقليل الوقت اللازم للصيانة، وإتمامه في التاريخ المحدد طبقًا للجداول.

هـ– الاستعداد التام لمواجهة الظروف الطارئة والحالات الحرجة.

٣- الصيانة وقطع الغيار

من المعروف أن كل جزء في الآلة يؤدي وظيفته خلال مدة عمره الافتراضية، وذلك عند تشغيل الآلة ضمن الظروف والشروط التي يُحدِّدها المُصنِّع. ولا شك في أن لتوافر المواد (مثل: الزيوت، والشحم، والأسلاك، ومواد التنظيف) وقطع الغيار اللازمة تأثيرًا مباشرًا في نجاح خطط الصيانة التي تضعها المنشأة، وتنفيذها في الوقت المحدد من دون تأجيل. وفي المقابل، فإن عدم توافر قطع الغيار يؤدي إلى زيادة الأعطال، وتفاقمها، وإطالة أمد تعطل الآلة؛ ما يؤثر سلبًا في كم الإنتاج وجودته.

لتوفير قطع الغيار، لا بد من اتباع خطة شراء مدروسة مخططة تعتمد على الآتي:

أ - **تحديد أنواع قطع الغيار:** يمكن تصنيف أنواع قطع الغيار إلى ما يأتي:

١. قطع غيار أساسية في الآلة، أو قطع غيار ثانوية.

٢. قطع غيار ذات عمر افتراضي كبير أو صغير.

ب- **تحديد مقدار الحاجة من قطع الغيار:** يمكن تحديد قطع الغيار التي يجب أن تتوافر في المنشأة من كتيبات المُصنِّع الخاصة بقطع الغيار؛ إذ إنها تتضمن الحد الأدنى اللازم من قطع الغيار، وبخاصة الاستهلاكية منها. وفي حال عدم وجود هذه المعلومات في الكتيبات، فإنه يمكن متابعة الآلات، وتحديد ساعات تشغيلها، ومراجعة ملف الصيانة الخاص بها لمعرفة المعدلات الفعلية لاستهلاك قطع الغيار.

يمكن حساب عدد القطع المطلوبة سنويًّا لأي جزء من أجزاء الآلة باستخدام المعادلة الآتية:

عدد القطع المطلوبة في السنة = (ساعات العمل اليومية الفعلية × ساعات العمل الفعلية في السنة)/ متوسط العمر الاستهلاكي للجزء.

مثال

إذا كان متوسط العمر الاستهلاكي لمحمل المحور (Shaft Bearing) (٥٠٠) ساعة، وعدد ساعات العمل الفعلية للآلة في اليوم (٦) ساعات، وعدد أيام العمل الفعلية في السنة (٣٠٠) يوم، فإن عدد المحامل اللازمة للآلة في السنة = ٦ × ٣٠٠ / ٥٠٠ = ٣,٦ (**٤ محامل تقريبًا**).

جـ- **تحديد حجم الطلب الاقتصادي لمخزون قطع الغيار:** بعد تحديد حجم الاستهلاك السنوي، يُحدَّد حجم الطلب الاقتصادي لمخزون قطع الغيار، الذي يعتمد على قيم عديدة يجب توافرها، مثل: تكلفة أوامر التوريد في السنة، وتكلفة التخزين، وحجم الاستهلاك.

يمكن وضع سياسة عامة لتخزين قطع الغيار لحين توافر المعلومات الخاصة بحساب المعدل الاقتصادي للتخزين، تتلخص في أن القطع المتوافرة محليًّا لا يتم شراؤها وتخزينها في مخزن المنشأة؛ لسهولة شرائها في أي وقت. أما القطع الأخرى، التي يستغرق توريدها وقتًا طويلًا، فيُطلَب المهم منها، وبخاصة القطع التي تُستهلَك كثيرًا، ثم تُخزَّن في المنشأة لحين الحاجة. وأما القطع الأخرى فتشترى وقت الحاجة إليها حسب خطة الصيانة.

٤- العُدَد والأدوات

لا شك في أن لتوافر العدد اللازمة لعمليات الصيانة المختلفة تأثيرًا مباشرًا في نجاح خطط الصيانة الموضوعة للموقع، وتنفيذها في الوقت المحدد من دون أي تأخير.

تُحدَّد العُدَد والأدوات اللازمة للعمل من كتيبات المُصنِّع، أو بحسب الخبرة والتجربة، ثم تُدوَّن في نماذج خاصة تُحفَظ في السجلات الخاصة بالصيانة.

إن وجود عُدَد متنوعة متطورة (مثل المفاتيح الهيدروليكية) يسهم بفاعلية في تسريع زمن فك القطعة وزمن تركيبها وصيانتها؛ ما يؤدي إلى تخفيض أوقات إنجاز عمليات الصيانة، وزيادة أوقات التشغيل.

ولهذا يجب توفير أجهزة قياس متطورة (مثل: أجهزة قياس الحرارة، والرطوبة، والاهتزازات)، لتعرُّف حالة الآلة في أثناء تنفيذ إجراءات الفحص الدوري، أو الصيانة التصحيحية.

٥- تنظيم أعمال الصيانة

إن تنظيم أعمال الصيانة يُمثِّل أهمية كبيرة في المنشأة الصناعية. وفي ما يأتي إجراءات تنظيم هذه الأعمال:

أ - **استحداث نظام تسجيل المعلومات/ نظام أمر العمل:** يتعين على إدارة الصيانة امتلاك نظام كامل لتدوين مختلف عمليات الصيانة بكل تفاصيلها الدقيقة التي تقوم بها خلال عمر الآلة الافتراضي؛ إذ إن المعلومات التي تُدوَّن في هذا النظام تُعَدُّ المرجع الرئيس لتقارير

الصيانة التي تُرفَع إلى الإدارة، والتي تتعلق بتقدير الموازنات، وخطة الصيانة، وشراء قطع الغيار، وخطة المراقبة، وغير ذلك من الأمور التنظيمية الأخرى. ومن الأنظمة المفيدة التي تضمن تنظيم عمليات الصيانة وتدوينها استخدام نظام أمر العمل.

ب- **تنظيم أعمال الصيانة وتوزيع المسؤوليات:** يمكن تصنيف هذا التنظيم إلى نوعين:

١. **التنظيم من الناحية الفنية:** من أفضل الأنظمة التي تكفل تنظيم أعمال الصيانة فنيًّا عمل بطاقات وصف لجميع أعمال الصيانة. ويجب أن تشمل هذه البطاقات -على الأقل- ما يأتي:

- عناصر العمل المراد إنجازه.
- الوقت المطلوب لإنجاز كل عنصر.
- جميع العُدَد والأدوات اللازمة لتنفيذ العمل.
- عدد العمالة اللازمة لإنجاز العمل.
- جميع قطع الغيار التي يُتوقَّع أنها تلزم لإنجاز العمل.

لهذه البطاقات فوائد كبيرة؛ إذ تُعَدُّ أحد المراجع المهمة لفريق الصيانة عند تنفيذ الأعمال، وعمل خطة الصيانة، وتقدير حسابات العمل الإضافي، وغير ذلك من الأمور.

٢. **التنظيم من الناحية الإدارية** يمكن إجمال أهمية التنظيم الإداري في ما يأتي:

- توضيح هيكل المنشأة التنظيمي لجميع العاملين في قسم الصيانة؛ بغية معرفة مسميات الوظائف في كل قسم، ودرجة تبعية كل وظيفة لأخرى، فضلًا عن توزيع هؤلاء العاملين على هذه الوظائف، وتعريف كل موظف بمسؤولياته ومهامه.
- توزيع المسؤوليات والأعمال، وإصدار أوامر العمل، وغير ذلك من الأعمال التنظيمية التي تكفل سير عمليات الصيانة في المنشأة.

ومن الجدير بالذكر أنه كلما حافظت المنشأة على تنظيم أعمال الصيانة أدى ذلك إلى نجاح عمليات الصيانة في المنشأة، وتحقيق أهدافها.

جـ - **مراقبة تنفيذ خطة الصيانة:** تهدف مراقبة تنفيذ خطة الصيانة إلى ما يأتي:

١. **تحديد الاختلافات بين ما حُدِّد في خطة الصيانة وما أُنجِز فعلًا:** يتم ذلك بإصدار تقرير شهري يعرض لجميع إنجازات أعمال الصيانة، ويقارنها بالأعمال المحددة في الخطة سلفًا.

٢. **تحديد أسباب الاختلاف وتحليلها**: يتولى مسؤولو الصيانة دراسة أسباب الاختلافات، مثل: تقصير فرق الصيانة وإهمالها، ونقص العمالة أو زيادتها، ونقص الأدوات والعُدَد، وعدم توافر قطع الغيار.

٣. **اتخاذ الإجراءات التصحيحية**: بعد أن يتعرَّف مسؤولو الصيانة أسباب الفروق، يتعين عليهم اتخاذ جميع الإجراءات التصحيحية اللازمة، ورفع التوصيات ومتطلَّبات هذه الإجراءات إلى الأقسام المختلفة ذات العلاقة في المنشأة؛ للإسهام في إنهاء هذه الأسباب.

رابعًا الصيانة الإنتاجية الشاملة

يُعَدُّ موضوع الصيانة الإنتاجية الشاملة أحد المداخل الحديثة في مجال صيانة الماكينات والمعدات وتسهيلات الإنتاج، وعاملًا مهمًّا للنجاح وتعزيز القدرات التنافسية للشركات الصناعية محليًّا وعالميًّا. ونظرًا لأهمية هذا الموضوع في تحقيق مكاسب كبيرة للشركات والأفراد؛ فقد حظي باهتمام خاص من كبريات الشركات الصناعية العالمية.

ونتيجة لتوسع الشركات، وزيادة عدد الماكينات والمعدات؛ فقد تعذَّر على أفراد الصيانة في الشركات القيام بكل أعمال الصيانة، فبادرت إدارات بعض الشركات إلى نقل جزء من مهام أعمال الصيانة إلى مشغلي الماكينات؛ إذ إن مسؤولية الحفاظ على الماكينات والمعدات يقع على عاتق إدارتي التشغيل والصيانة، ما يُشعِر العاملين في هاتين الإدارتين بالانتماء والمسؤولية تجاه تحسين جودة العمل والإنتاج، مثل: فحص بعض أجزاء الماكينة، والقيام بأعمال التزييت والتنظيف والمعايرة والضبط. وقد أطلق على ذلك اسم الصيانة الوقائية الشاملة (Total Prevention Maintenance)، التي تُعرَّف بأنها بذل أقصى الجهود للمحافظة على الماكينات والمعدات بصورة مثلى، وتكليف مشغل الماكينة المسؤولية الأولية عن بعض أعمال الصيانة.

١- مفهوم الصيانة الإنتاجية الشاملة

يتضمن هذا المفهوم تحقيق أعلى فاعلية للماكينات والمعدات، وتطبيق نظام متكامل للصيانة الوقائية بمشاركة العاملين كافة؛ أي التركيز على الصيانة بمشاركة كل عنصر في الشركة.

يمكن تحليل معنى الصيانة الإنتاجية الشاملة إلى مفرداتها كما يأتي:

أ - **الصيانة:** الحفاظ على حالة التشغيل الجيد للماكينات والمعدات عن طريق التصليح، والتنظيف، والتزييت، والتشحيم، والفحص، والضبط.

ب - **الإنتاجية:** أداء أعمال الصيانة من دون التأثير في عملية الإنتاج، أو التأثير البسيط في سير العملية الإنتاجية.

جـ- **الشاملة:** مشاركة كافة العاملين بالمصنع في أعمال الصيانة، بدءًا بأفراد الإدارة العليا، وانتهاءً بمشغلي خطوط الإنتاج.

يمكن تعريف الصيانة الإنتاجية الشاملة بأنها نظام يقوم على مشاركة جميع العاملين بالشركة (من أعلى مستوى إداري إلى عاملي خطوط الإنتاج) في أعمال الصيانة للماكينات والمعدات، باستخدام أساليب صيانة الأعطال، والصيانة الوقائية، والصيانة التنبؤية. وبحسب هذا التعريف، فإن هدف الصيانة لا يقتصر فقط على صيانة الماكينات والمعدات، وإنما يشمل البحث والتقصي لتحسين فاعليتها، ورفع مستوى أدائها، وخفض أعطال الصيانة أقل ما يمكن، بل التخلص منها نهائيًّا.

٢- أهداف الصيانة الإنتاجية الشاملة

يسعى نظام الصيانة الإنتاجية الشاملة إلى تحقيق الأهداف الآتية:

أ - تصنيع المُنتَجات من دون تقليل جودتها.

ب- تخفيض تكاليف التصنيع.

جـ- تنمية إحساس المشغل بامتلاك الماكينة، عن طريق تدريبه على مهارات صيانتها الأساسية.

د - تشجيع التحسين المستمر عن طريق أنشطة مجموعة العمل الصغيرة، بمشاركة أقسام الإنتاج، والهندسة، والصيانة.

هـ- تقديم المُنتَجات للزبائن من دون عيوب.

و - تحسين فاعلية الماكينات بفحص جميع الفواقد التي قد تحدث نتيجة التوقف، أو السرعة، أو العيوب في الإنتاج.

ز - تحقيق الصيانة الذاتية بالسماح لمشغلي الماكينات بتحمل مسؤولية بعض أعمال الصيانة، وتشجيع فريق الصيانة على تحسين مستوى الأداء فيها.

ح- التخطيط لجميع أنشطة الصيانة، التي يجب أن تشمل الصيانة الوقائية اللازمة لكل جزء في الماكينة؛ لضمان إيجاد بيئة إنتاج مستمرة.

ط- المحافظة على نظافة بيئة العمل، والبيئة المحيطة.

ي- الاستمرار في برنامج الصيانة الوقائية؛ لضمان عمل الماكينات.

خامسًا الاستبدال (Replacement)

تقل كفاءة الماكينات والمعدات تدريجيًّا نتيجة الاستخدام المستمر لها، وهذا يتطلب العناية بها، وصيانتها بصورة صحيحة، وهو أمر مهم جدًّا لإطالة عمرها التشغيلي، والإفادة المثلى منها بتقليل الأعطال إلى أقصى حد ممكن، وضمان استمرارية الإنتاج، ثم زيادة كميته، وخفض تكاليف التشغيل والصيانة؛ إذ تؤدي التوقفات والأعطال الكبيرة إلى انخفاض مستوى كفاءة الأداء والجودة، وارتفاع تكاليف الإنتاج والتشغيل، وتقليص العمر الإنتاجي للماكينات والمعدات؛ ما يتطلب استبدالها.

١- مفهوم الاستبدال وأسبابه

يُعرَّف الاستبدال بأنه عملية اتخاذ قرار بتغيير الماكينة، أو الجزء المعطل فيها، أو الجزء الذي يتوقع توقفه عن العمل مستقبلًا، وشراء ماكينة حديثة لضمان الاستمرار في أداء الخدمة المطلوبة بفعالية وكفاءة.

يتمثل الهدف الرئيس للاستبدال في تخفيض تكاليف الصيانة والتشغيل الناتجة عن زيادة أعطال الماكينة، وإطالة عمرها التشغيلي باستبعاد الأجزاء التالفة المُستهلَكة التي تؤثر سلبًا في أدائها التشغيلي، وإعادتها إلى حالتها الاعتيادية.

أسباب الاستبدال

يمكن تحديد أسباب الاستبدال بما يأتي:

أ – زيادة تكاليف الصيانة والتشغيل.

ب– التقادم واستهلاك الماكينات والمعدات؛ ما يؤدي إلى انخفاض فاعليتها وكفاءتها.

جـ– ضرر أحد أجزاء الآلة (أو أكثر)، وتلفه؛ ما يتسبب في انخفاض مستوى أدائها.

د – إصدار الماكينات الضوضاء والاهتزازات المزعجة في أثناء العمل.

هـ– ظهور ماكينات حديثة أفضل من تلك المستخدمة من حيث: سعر الشراء، ومتطلَّبات الصيانة، واستهلاك قطع الغيار.

و – رغبة الشركة في توحيد حجوم وأنواع الماكينات ذات الطاقات التصميمية المختلفة المتعددة المنشأ بما يخدم أهداف الشركة، ويحقق أفضل إنتاج.

٢– أنواع الاستبدال

يمكن تصنيف الاستبدال إلى نوعين:

أ – استبدال الماكينات والمعدات التي تقل كفاءتها تدريجيًّا بمرور الزمن نتيجة الاستخدام، مثل: الماكينات الإنتاجية، والمولدات، والسيارات. يستخدم هذا النوع من الاستبدال في الماكينات والمعدات التي تزداد تكاليف صيانتها أو تشغيلها بمرور الزمن، وتصبح عملية الاعتماد عليها مكلفة قياسًا إلى أدائها.

ب– استبدال المعدات التي تتلف كليًّا بصورة مفاجئة، مثل: البطاريات، والمصابيح.

سادسًا تكاليف الصيانة

نتيجة للاستثمارات المالية الضخمة في شراء أحدث الماكينات وأكثرها إنتاجًا؛ أصبح من الضروري المحافظة على حجم هذه الاستثمارات باستخدام مبادئ الصيانة المتطورة؛ إذ إن تكاليف الصيانة هي من العناصر المهمة في تحديد الربح الصافي لنشاط الإنتاج، وإن نتائج عملية تحليلها تمكن الإدارة العليا من تحديد الانحرافات في المصروفات سلبًا أو إيجابًا. ولهذا يجب دراسة هذه التكاليف وأساليب تحليل انحرافها دراسة دقيقة؛ للسيطرة عليها وتخفيضها من دون

الاخلال بمستوى كفاءة أعمال الصيانة، علمًا أن تكاليف الصيانة تختلف من شركة إلى أخرى تبعًا لحجم الشركة ومهامها. فقد يكون انخفاض التكاليف مؤشرًا سلبيًّا نظرًا لعدم الاهتمام والعناية بالماكينات والمعدات، وقد يكون مؤشرًا إيجابيًّا في حال البرمجة والتخطيط المسبق لأنشطة الصيانة، وتنفيذ برامجها في مواعيدها المحددة.

١- تكاليف الصيانة

أنواع تكاليف الصيانة:

تقسم تكاليف الصيانة إلى نوعين رئيسين، هما:

أ - **تكاليف الصيانة المباشرة:** يُقصَد بها التكاليف التي تتعلق بأعمال الصيانة المباشرة، والتي تتضمن ما يأتي:

١. **كلفة المواد المستخدمة في الصيانة:** تتطلب أعمال الصيانة استبدال الأجزاء التالفة في الماكينات والمعدات، واستخدام الزيوت والشحوم ومواد الصيانة العامة.

٢. **كلفة المعدات المستخدمة في الصيانة:** تستخدم فرق الصيانة معدات معينة تشترى لأقسام الصيانة المركزية والفرعية.

٣. **أجور الأفراد العاملين في الصيانة:** يشمل ذلك أجور القائمين بأعمال الصيانة مباشرة، وتُمثِّل هذه الأجور نسبة كبيرة من كلف الصيانة، وتُحسَب عن طريق أمر عمل الصيانة الذي يُحدَّد فيه عدد العمال الذين أنجزوا العمل، وعدد ساعات العمل.

٤. **كلفة الخدمات الخارجية:** يُقصَد بها كلف الصيانة التي تُنفِّذها شركات متخصصة في أعمال الصيانة؛ إذ تستعين الشركة بجهات خارجية لتنفيذ بعض أعمال الصيانة لأسباب عِدَّة، منها:

- ارتفاع كلفة الصيانة داخل الشركة.
- عدم وجود خبرة كافية في مجال الصيانة.
- عدم توافر القدرة على العمل الكافي لضمان جودة أعمال الصيانة.
- عدم وجود طاقة إنتاجية كافية، والتزام الشركة بوقت تسليم محدد.
- تجنب الاستثمارات المكلفة في المواد المستخدمة، والمعدات، وأجور العاملين في الصيانة.

٥. **الكلف الإدارية لإدارة الصيانة:** يشمل ذلك أجور العاملين والمشرفين في قسم الصيانة ومخزن الأدوات الاحتياطية الذين لا يشاركون مباشرة في أعمال الصيانة، وكلف القرطاسية والأثاث المستخدمة في إدارة الصيانة، وإيجار مبنى إدارة الصيانة، وأجور الماء والكهرباء وغيرها.

ب – **تكاليف الصيانة غير المباشرة**: يشمل ذلك الخسائر الناجمة عن توقف العمل في المصنع نتيجة انخفاض كفاءة أعمال الصيانة؛ ما يؤدي إلى زيادة مدة توقف الماكينات والمعدات عن العمل، ويمكن حساب هذه التكاليف وفق الآتي:

١. حساب قيمة الإنتاج الذي قد تنتجه الماكينة إذا لم تتعطل عن العمل، في ما يعرف بخسارة الإنتاج.
٢. حساب أجور عمال الإنتاج العاطلين عن العمل بسبب توقف الماكينات عن العمل.
٣. كلفة المواد الأولية التالفة، أو كلفة الأجزاء في مراحل التصنيع المختلفة.
٤. الغرامات الناتجة عن عدم تسليم السلع والمنتجات في مواعيدها بحسب العقود المتفق عليها؛ ما يؤثر سلبًا في سمعة الشركة.

العوامل المؤثرة في تكاليف الصيانة: توجد مجموعة من العوامل التي تؤثر في تكاليف الصيانة، والتي يمكن إجمالها في ما يأتي:

١. تصميم الماكينة: إن تصميم الماكينة بصورة معقدة يؤثر كثيرًا في الكلفة؛ لأن فحص أجزائها يؤدي إلى زيادة ساعات الصيانة، ثم زيادة الكلفة المصروفة لكل ساعة.
٢. توقيت الاستبدال: أنسب الأوقات لإجراء عملية الاستبدال هو قبل حدوث العطل، وهذا يتطلب التنبؤ بحدوث العطل.
٣. الالتزام بالصيانة الوقائية المخططة: إن الالتزام بأوقات الصيانة الدورية المخططة وإجراءات الفحص والتفتيش يسهم بفاعلية في تقليل الأعطال الفجائية، ويقلل من كلفة الصيانة العلاجية.

٢– مجالات خفض تكاليف الصيانة

من البدهي انخفاض تكاليف الصيانة في بداية العمر الإنتاجي للمعدات، ثم ارتفاعها تدريجيًّا نتيجة الأعطال التي تصيبها، وغير ذلك من الأسباب الفنية.

إن مجالات خفض تكاليف الصيانة التي لا تؤدي إلى انخفاض مستوى كفاءة عمل قسم الصيانة تتمثَّل في ما يأتي:

أ – الرقابة الدائمة الدقيقة على مصروفات ساعات العمل الإضافية، وأوقات التوقفات والأعطال بسبب أعمال الصيانة، وكلف المواد والأدوات الاحتياطية.

ب- استخدام تحليل أعطال الصيانة في التركيز على المواد ذات الكلفة العالية.

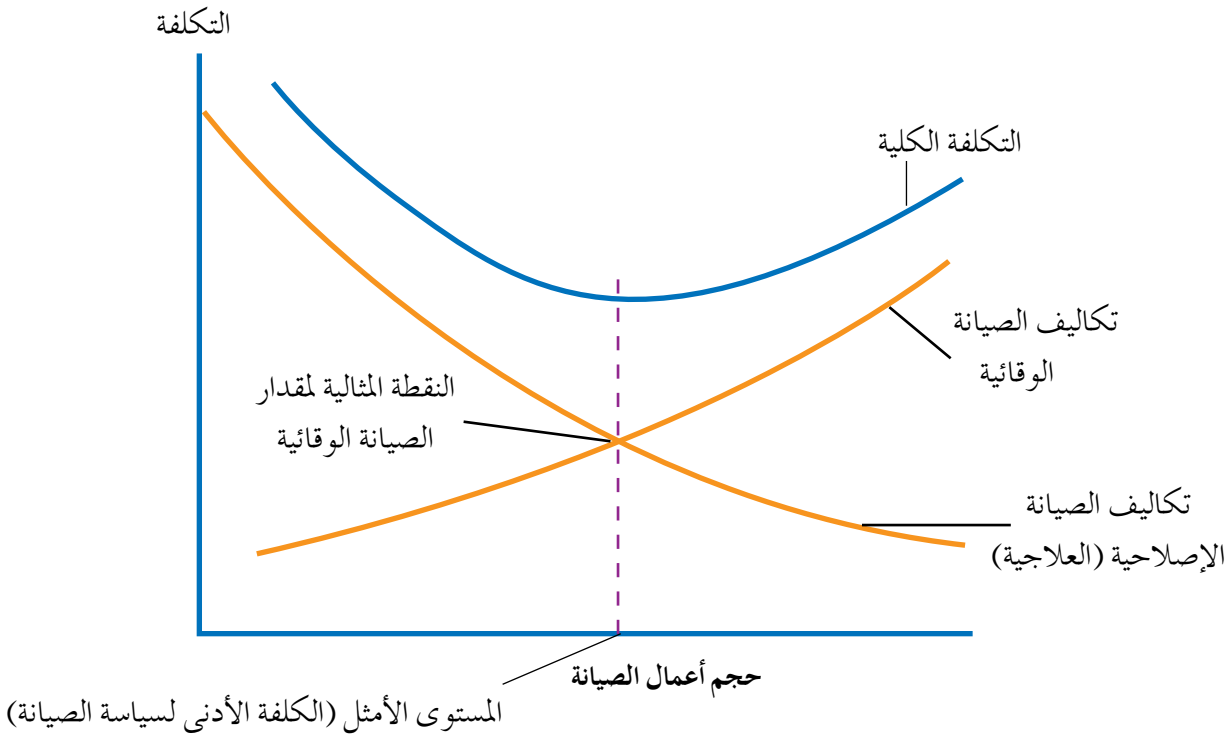
جـ- المقارنة بين الأدوات الاحتياطية التي تُصنَع في أقسام المنشأه والأدوات الاحتياطية الأصلية للشركة المُصنِّعة من حيث العمر التشغيلي، والكلفة.

د - تدريب العاملين على التشغيل الصحيح للماكينات، والقيام بإجراءات الصيانة اليومية البسيطة بحسب تعليمات الجهة المُصنِّعة.

هـ- الاهتمام باستخدام الأساليب الصحيحة في التزييت والتشحيم؛ لما لها من تأثير مباشر في تقليل كَمِّ الأعطال، وإطالة عمر الماكينات.

٣- العلاقة بين العمر الإنتاجي للمعدات وتكاليف الصيانة

تزداد تكاليف الصيانة التي تتحملها المنشأة بزيادة العمر الإنتاجي للمعدات؛ ففي المراحل الأُولى من حياة المعدات (السنوات الثلاث أو الأربع الأُولى)، لا تتطلب هذه المعدات قدرًا كبيرًا من خدمات الصيانة؛ لأنها تكون بحالة تشغيلية جيدة، انظر الشكل (٤-٢) الذي يبين العلاقة بين تكاليف الصيانة الوقائية وتكاليف الصيانة الإصلاحية.



الشكل (٤-٢): العلاقة بين تكاليف الصيانة الوقائية وتكاليف الصيانة الإصلاحية.

لفهم العلاقات بين تكاليف الصيانة الوقائية وتكاليف الصيانة الإصلاحية، يمكن الاستعانة بالشكل (٤-٢) الذي يوضح علاقة التكلفة بحجم أعمال الصيانة؛ إذ يظهر جليًّا من الشكل وجود علاقة عكسية بين تكلفة الصيانة الإصلاحية وحجم أعمال الصيانة، وهذا يعني أن تكاليف الاستثمار في أدوات الصيانة ومعداتها ستكون مرتين إذا لم يقابلها توسع في حجم أعمال الصيانة، والعكس صحيح؛ أي إن هذه التكلفة تبدأ بالانخفاض مع توسع حجم أعمال الصيانة.

كلما زاد حجم أعمال الصيانة زادت التكاليف، وهذا يعني وجود علاقة طردية بين الصيانة الوقائية وحجم أعمال الصيانة. ومن الجدير بالذكر أنه إذا اتضح للمؤسسة الإنتاجية أن تكاليف الصيانة الإصلاحية تزيد على الفائدة التي يمكن تحققها نتيجة هذه المعالجة، فإنه ينبغي للمؤسسة التخلص من هذا النوع من المعدات التي تكون فيها الصيانة الإصلاحية غير مجدية، وذلك بطريقة مناسبة مثل البيع.

يتبين مما سبق أنه كلما تم تخصيص مبالغ أكبر وعدد أكبر من الفنيين المنوط بهم تنفيذ أعمال الصيانة الوقائية أدى ذلك إلى تخفيض تكاليف الصيانة الإصلاحية بسبب الانخفاض الملحوظ الذي يحدث في عدد حالات الأعطال.

وفي ما يخص التكلفة الكلية، فإن منحنى التكلفة في الشكل (٤-٢) يستمر في الانخفاض مع التوسع في حجم الصيانة الوقائية إلى نقطة معينة تُمثِّل أدنى تكلفة كلية، وتسمى النقطة المثالية (Optimum point) لسياسة الصيانة التي يمكن للمؤسسة الإنتاجية اتباعها، ولكن بعد هذه النقطة المثالية تبدأ التكلفة الكلية في الارتفاع مرة أخرى، وهذا يعني أن الانخفاض في تكلفة الصيانة الإصلاحية سيكون أقل من الزيادة في تكاليف الصيانة الوقائية. وفي هذه الحالة، فقد يكون من الأفضل للمؤسسة الإنتاجية تحمُّل تكاليف الصيانة الإصلاحية لمعالجة الأعطال الناشئة عن عدم التوسع في تكاليف الصيانة الوقائية.

خلاصة القول أنه يتعين على المؤسسة الإنتاجية مقارنة تكاليف الصيانة الوقائية بتكاليف الصيانة الإصلاحية لاختيار سياسة الصيانة المناسبة بأقل التكاليف.

وغالبًا، فإن أفضل سياسة هي تلك التي تحقق التوازن بين نوعي الصيانة، مع ملاحظة وجود عوامل عِدَّة تُحدِّد تطبيق برامج الصيانة الوقائية، مثل: عمر الآلات والمعدات المراد صيانتها، ومستوى التقنية المستخدمة فيها، ونوع عمليات الإنتاج.

٤- برنامج السينات الخمس (5S)

يُعَدُّ برنامج السينات الخمس أحد مبادئ الصيانة الإنتاجية الشاملة؛ إذ تبدأ الصيانة الإنتاجية الشاملة ببرنامج السينات الخمس، ذلك أنه لا يمكن رؤية المشكلات بوضوح عندما يكون مكان العمل غير منظم وغير نظيف؛ فتنظيم مكان العمل يساعد على كشف المشكلات، ويجعلها أكثر وضوحًا؛ ما يساعد على زيادة الكفاءة والإنتاجية وتحسين جودة المُنتَجات، وتوفير الجهد والوقت، وتخفيض الكلف، ورفع الروح المعنوية للعاملين، وتحقيق الأمن الصناعي والسلامة المهنية.

يشتمل هذا البرنامج على خمس خطوات لتنظيم مكان العمل، هي:

أ – **التصفية** (Seiri): فرز وتنظيم الأجزاء الحرجة والمهمة التي تستخدم بشكل مستمر، وتحديد الأجزاء غير الضرورية.

ب– **التنظيم** (Seiton): جميع الأجزاء لها مكان واحد فقط توضع فيه بعد استخدامها.

جـ– **التنظيف** (Seiso): تنظيم مكان العمل وجعله خاليًا من الزيوت، والشحوم، والنفايات وغيرها.

د – **التنميط (التوحيد)** (Seiketsu): تنظيم العاملين نقاشًا يليه اتخاذ قرار بخصوص معايير النظافة في مكان العمل، والماكينات، والأدوات والعُدَد، والممرات.

هـ– **الانضباط الذاتي** (Shitsuke): تحقيق الانضباط بين العاملين في المنشأة، وهذا يشمل الالتزام بوسائل الأمن والسلامة، والعمل وفق إجراءات العمل، والالتزام بالمواعيد المحددة، والتفاني في تنظيم الماكينات وأماكن العمل.

٥- ورش الصيانة

تتولى ورش الصيانة إصلاح الأجزاء، وإنتاج قطع الغيار، وتصنيع جزء لإحدى المعدات وفق تصميمه الأصلي، أو تعديله، أو تطويره.

تختلف الورش في ما بينها لأسباب عِدَّة، أهمها:

أ – حجم أعمال الصيانة اللازمة الذي يعتمد على حجم أقسام الإنتاج.

ب– متطلَّبات أعمال الورشة لمختلف المعدات والأجهزة المطلوب صيانتها، أو تعديلها، أو تطويرها.

يمكن تصنيف ورش الصيانة إلى نوعين:

أ – **الورش المركزية:** هي ورش كبيرة الحجم، فيها معدات متخصصة، ولديها كيان ثابت. تقوم هذه الورش بجميع أنواع أعمال الإصلاح، ولديها عمالة فنية متخصصة وماهرة للقيام بعمليات التصنيع والتجميع والتركيب، وهي تُعَدُّ ورشًا تخصصية تحوي معدات خاصة، وهذه الورش هي:

الورشة الميكانيكية، والورشة الكهربائية، والورشة الإلكترونية.

ب– **الورش الفرعية:** هي ورش صغيرة الحجم نسبيًّا، وقد تكون ثابتة أو متنقلة، وتقوم بالإصلاحات البسيطة أو الصغيرة، وتوجد داخل قسم الإنتاج إذا لزم الأمر، وقد تشمل جميع تخصصات الورش (ميكانيكية، وكهربائية، وإلكترونية)، ولكن بمعدات وأجهزة بسيطة.

يراعى عند وضع ورشة الصيانة داخل المنشأة قربها من الأقسام المختلفة، وتوافر مساحات مناسبة حولها؛ لتسهيل تدفق الحركة منها وإليها، وتسريع القيام بأعمال الصيانة.

يراعى عند تصميم ورشة الصيانة ما يأتي:

أ – وجود نوافذ لا تقل مساحتها عما نسبته ٢٥٪ من المساحة الكلية لتوفير التهوية الطبيعية إلى جانب التهوية الصناعية، وتوفير الإضاءة الطبيعية إلى جانب الإضاءة الصناعية.

ب– توفير وسائل السلامة الصناعية لتجنب نشوب الحرائق والمخاطر الصناعية والتلوث.

جـ– توفير خدمات المنافع؛ من : مياه، وضغط هواء، وكهرباء، وغير ذلك.

د – توفير الممرات والمداخل والمخارج تبعًا لقواعد السلامة ومتطلَّبات العمل.

هـ – توفير المساحات المناسبة لتحسين تدفق حركة العمل.

أسئلة الوحدة

١- وضِّح المقصود بكلٍّ من المفاهيم الآتية:

أ – الصيانة. ب– إدارة الصيانة. جـ– الصيانة غير المخططة.

د– الصيانة الاضطرارية (الطارئة). هـ– الصيانة المخططة. و– الصيانة الوقائية.

ز– الصيانة العلاجية. ح– خطة الصيانة. ط– أمر العمل. ي– الاستبدال.

٢- بيِّن أهمية الصيانة وأهدافها.

٣- تنقسم الصيانة إلى قسمين رئيسين، اذكرهما.

٤- توجد ثلاثة أنواع للصيانة الدورية، اذكرها.

٥- قارن بين الصيانة الوقائية والصيانة العلاجية من حيث: الهدف، والكلفة، والاستخدام، والعيوب.

٦- يؤدي تخطيط أعمال الصيانة ووضع الخطط الملائمة لها إلى تحقيق أهداف عِدَّة، اذكرها.

٧- ما العوامل المؤثرة في خطة الصيانة؟

٨- تُصنَّف خطط الصيانة إلى نوعين، اذكرهما.

٩- بيِّن إجراءات تخطيط خدمات الصيانة.

١٠- عدِّد خطوات تطبيق الصيانة الصحيحة في المنشأة الصناعية.

١١- وضِّح كيف يمكن عمل صيانة للماكينات في حال عدم وجود كتيبات المُورِّد أو المُصنِّع.

١٢- بيِّن أثر اختيار العمالة الفنية وتدريبها في زيادة كفاءة عملية صيانة المعدات وخفض تكاليفها.

١٣- على ماذا تعتمد خطة شراء قطع الغيار؟

١٤- بيِّن إجراءات تنظيم أعمال الصيانة.

١٥- وضِّح أهداف الصيانة الإنتاجية الشاملة.

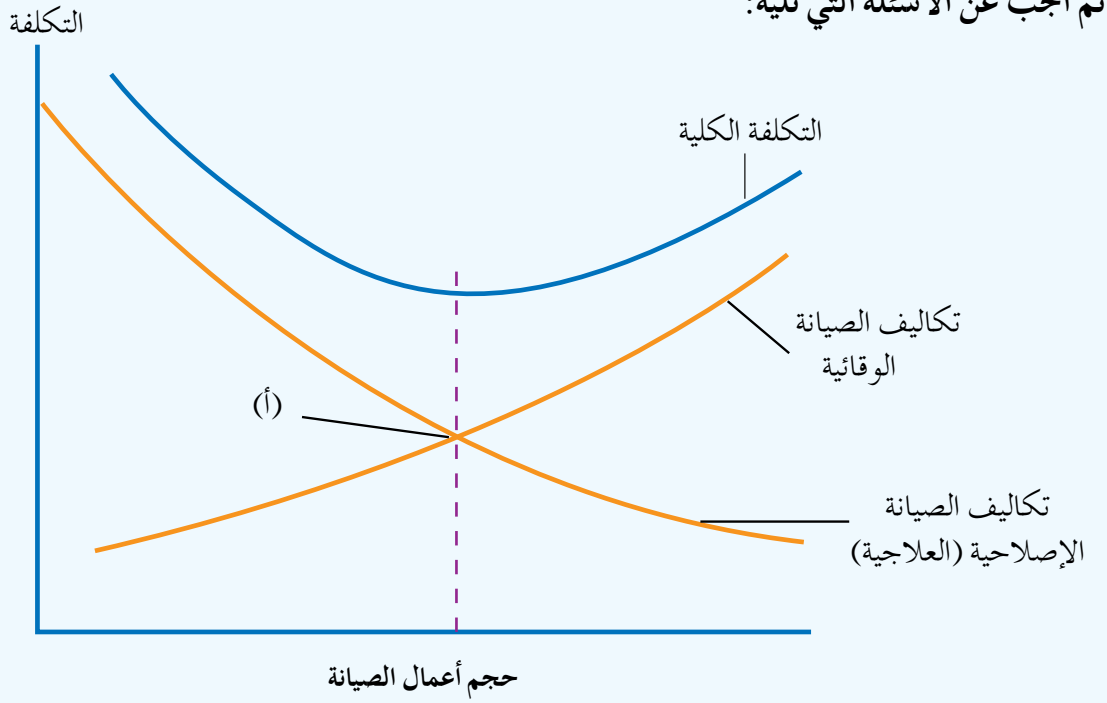
١٦- بيِّن أسباب استبدال أجزاء الماكينات والمعدات وقطعها في المنشأة الصناعية.

١٧- يُصنَّف الاستبدال إلى نوعين، اذكرهما.

١٨- اذكر أنواع تكاليف الصيانة.

١٩- وضِّح مجالات خفض تكاليف الصيانة من دون التأثير في مستوى كفاءة عمل قسم الصيانة.

٢٠- يبين الشكل الآتي العلاقة بين تكاليف الصيانة الوقائية وتكاليف الصيانة الإصلاحية. ادرس الشكل، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:



العلاقة بين تكاليف الصيانة الوقائية وتكاليف الصيانة الإصلاحية.

أ – وضِّح علاقة التكلفة بحجم أعمال الصيانة في الصيانة الوقائية.

ب– وضِّح علاقة التكلفة بحجم أعمال الصيانة في الصيانة الإصلاحية.

جـ– متى يمكن التخلص من المعدات والماكينات في المؤسسة الصناعية؟ وضِّح ذلك بناءً على الشكل.

د – ما العلاقة بين التكلفة الكلية والتوسع في حجم الصيانة الوقائية؟

هـ– ماذا تُمثِّل نقطة تقاطع منحنى تكاليف الصيانة الوقائية مع منحنى تكاليف الصيانة الإصلاحية (النقطة (أ))؟

و – إلامَ يؤدي تخصيص مبالغ كبيرة وعدد أكبر من الفنيين المنوط بهم تنفيذ أعمال الصيانة الوقائية؟

٢١- يتكون برنامج السينات الخمس (5S) من خمس خطوات لتنظيم مكان العمل، وضِّح هذه الخطوات.

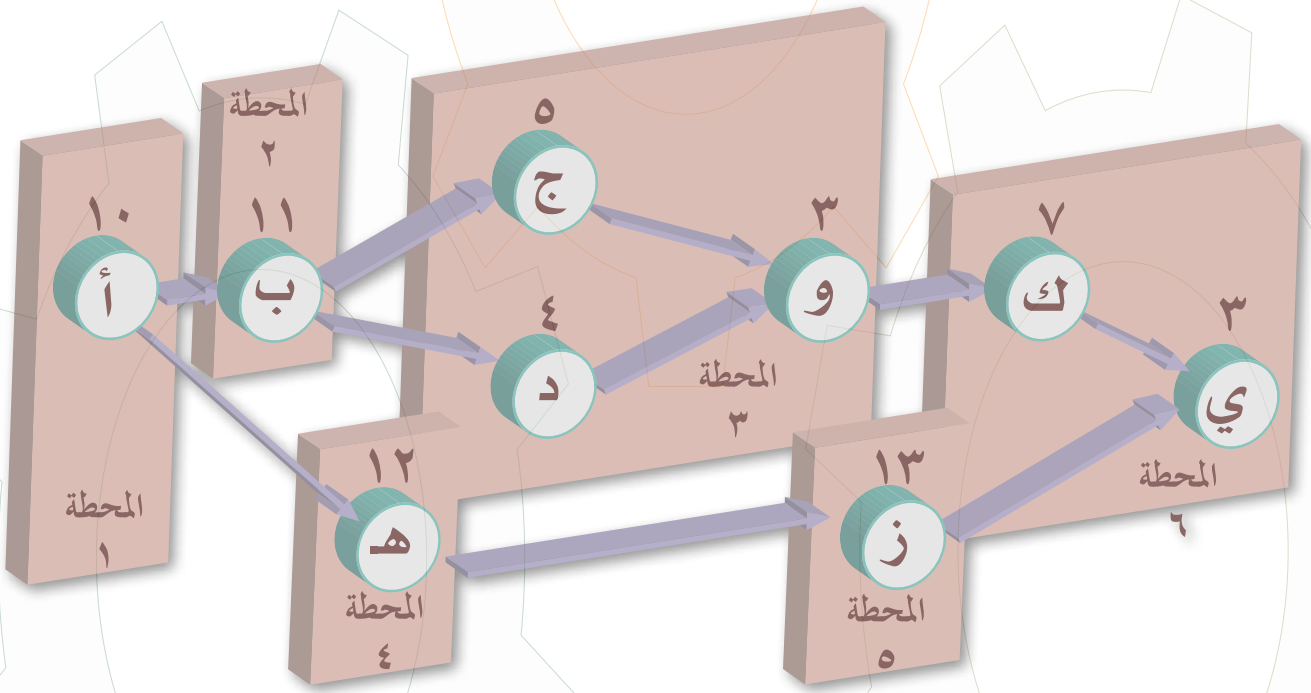
٢٢- تختلف ورش الصيانة في ما بينها نتيجة عوامل عِدَّة، اذكرها.

٢٣- صنِّف ورش الصيانة إلى أنواعها.

٢٤- ما المواصفات الواجب مراعاتها عند تصميم ورشة الصيانة؟

الوحدة الخامسة

مدخل إلى شبكات الأعمال وتطبيقاتها



- ما مفهوم شبكات الأعمال ودورها في تنظيم المشروع الصناعي؟
- كيف يمكن تنمية المهارات الفكرية والأدائية للعاملين في المشروع الصناعي عن طريق تمثيل شبكات الأعمال؟
- ما دور شبكات الأعمال في تسهيل المهام للإشراف على مراحل عمل المشروع الصناعي وتنفيذها؟

تُمثِّل شبكات الأعمال أحد أهم الأساليب الحديثة التي تساعد المدير على التخطيط وجدولة العمليات المختلفة اللازمة لأداء عملية معينة بأقصى فاعلية وكفاءة ممكنة، وتُعَدُّ طريقة المخطط الشبكي (Network Diagram Method) إحدى الطرائق الحديثة نسبيًّا في إدارة المشروعات، التي ظهرت نتيجة لحاجات عجزت عن تلبيتها الطرائق التي سبقتها.

يتوقع منك بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- تتعرف خرائط جانت، ومزاياها، وعيوبها.
- تطبق خرائط جانت على أمثلة واقعية.
- تبين مفهوم المخططات الشبكية ومزاياها في إدارة المشروعات الصناعية.
- تعرف مفهوم الشبكة، وأهمية تمثيل المشروع بشبكة ومخطط عمل.
- تتعرف قواعد رسم المخططات الشبكية ومعاييرها.
- تتعرف عناصر الشبكة، وتبين مفهوم كل عنصر منها.
- تتعرف أنواع الأنشطة، وتصنفها.
- تتعرف طرائق رسم الشبكة الممثلة للمشروع.
- تقارن بين طريقتي رسم الشبكة الممثلة للمشروع، وتُحوِّل من طريقة إلى أخرى.
- تتعرف طريقة المخطط السهمي، وعناصرها.
- ترسم أنشطة لمشروع أو جزء منه باستخدام طريقة المخطط السهمي.
- تتعرف طريقة المخطط التصدري، وعناصرها.
- ترسم شبكات الأعمال لمشروع أو جزء منه باستخدام طريقة المخطط التصدري.
- تتعرف طريقة تقييم البرامج، ومراجعتها، وعناصرها، وتطبيقاتها.
- تتعرف طرائق حساب الأزمنة المبكرة والأزمنة المتأخرة للمشروع.
- تتعرف مفهومي المرور الأمامي والمرور الخلفي للمشروع.
- تتعرف حساب الوقت الفائض / المرونة (الطفو) لأنشطة المشروع.
- تتعرف مفهوم المسار الحرج، والأنشطة الحرجة، وطريقة تمييزها.
- تتعرف خصائص المسار الحرج، وأهميته.
- تميز المسار الحرج في الشبكة، وتحدده.
- تحدد المسار الحرج للمشروع.

أولًا خرائط جانت (Gantt Chart)

تُمثِّل هذه الخرائط أحد أقدم الأساليب والطرائق وأبسطها في جدولة أنشطة الحياة العملية، وما تزال تستخدم في الصناعة ومراكز الخدمات، وقد طوَّرها هنري جانت سنة ١٩١٧م.

١- بناء مخطط جانت

يتم إنشاء مخطط جانت كما يأتي:

أ- تقسيم المشروع إلى عدد من الأنشطة.

ب- معرفة الوقت اللازم لتنفيذ كل نشاط.

جـ- تحديد الوقت اللازم لبدء النشاط وإنهائه، مع مراعاة التسلسل المنطقي، والتتابع الزمني لكل نشاط.

د- تمثيل كل نشاط بخط أفقي على المحور العمودي بحيث يتناسب طوله مع الزمن اللازم للتنفيذ، ويُمثِّل المحور الأفقي زمن تنفيذ النشاط الذي تُحدَّد بدايته ونهايته، والذي يُرسَم على شكل مستطيل، بحيث تُمثِّل بدايته بداية النشاط، وتُمثِّل نهايته نهاية النشاط. أما طول المستطيل فيدل على الوقت اللازم لإنجاز النشاط وفق المقياس المناسب (ساعة، يوم، أسبوع، شهر).

هـ- تمثيل الأنشطة اللازمة لتنفيذ المشروع وفق تسلسل معين، بحيث يُظهِر المحور العمودي أنواع الأنشطة الواجب إتمامها.

٢- مزايا خرائط جانت

أ - طريقة بسيطة، سهلة الإعداد والرسم، وسهلة القراءة.

ب- أداة للتخطيط والجدولة الخاصة بالمشروعات البسيطة وغير المعقدة.

جـ- سهلة الاستخدام، والتعديل، والتغيير.

د - مساعدة مدير المشروع على تعرُّف الأنشطة التي تُسرِّع إنجاز المشروع، والأنشطة التي تُعوِّق تنفيذه.

هـ- الإسهام في تحديد متطلَّبات الموارد.

و- تمثيلها طريقة سهلة للمقارنة بين المخطط الفعلي والواقع.

ز – تحديد مدى التقدم في تنفيذ الأنشطة، ومراقبة الزمن.

ح– مفيدة للمشروعات الصغيرة في حدود ورقة أو شاشة واحدة.

ط– تعلُّم كيفية استخدامها لا يتطلب جهدًا تدريبيًّا كبيرًا.

٣– عيوب خرائط جانت

أ– عدم مناسبتها للمشروعات التي تزيد على (٣٠) نشاطًا.

ب– عدم تقديمها معلومات تفصيلية عما أُنجِز من المشروع، والاكتفاء بإعطاء مؤشر (نسبة مئوية) لما أُنجِز من كل نشاط في المشروع.

جـ– توصيلها للمعلومات قليل نسبيًّا.

د– عدم إظهارها تداخل العلاقات بين الأنشطة.

هـ– عدم تقييمها لتأثير تأخر نشاط معين في المشروع عن باقي الأنشطة.

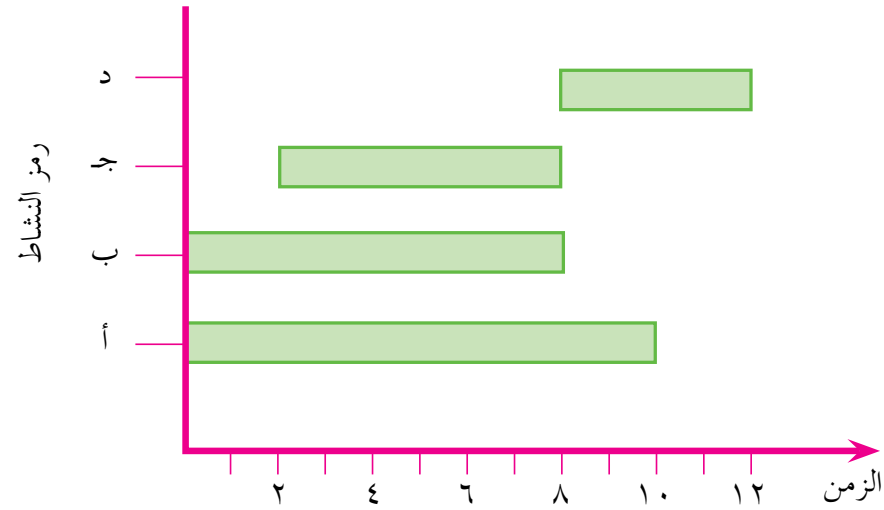
مثال

يبين الجدول التالي مجموعة من الأنشطة، وزمن النشاط لكلٍّ منها. إذا علمت أن كلًّا من النشاط (أ) والنشاط (ب) قد بدأ في الوقت نفسه، وأن النشاط (جـ) بدأ بعد أسبوعين من بدايتهما، وأن النشاط (د) بدأ بعد الانتهاء من النشاط (جـ)، فارسم مخطط جانت للأنشطة.

رمز النشاط	أ	ب	جـ	د
زمن النشاط	١٠	٨	٦	٤

الحل

تُمثَّل الأنشطة على المحور العمودي، ويُمثَّل زمن كل نشاط على المحور الأفقي كما يأتي:



مثال

ارسم مخطط جانت للأنشطة المبينة في الجدول الآتي:

رمز النشاط	زمن النشاط (أسبوع)
س	١٢
ص	١٠
ع	٨
و	٦

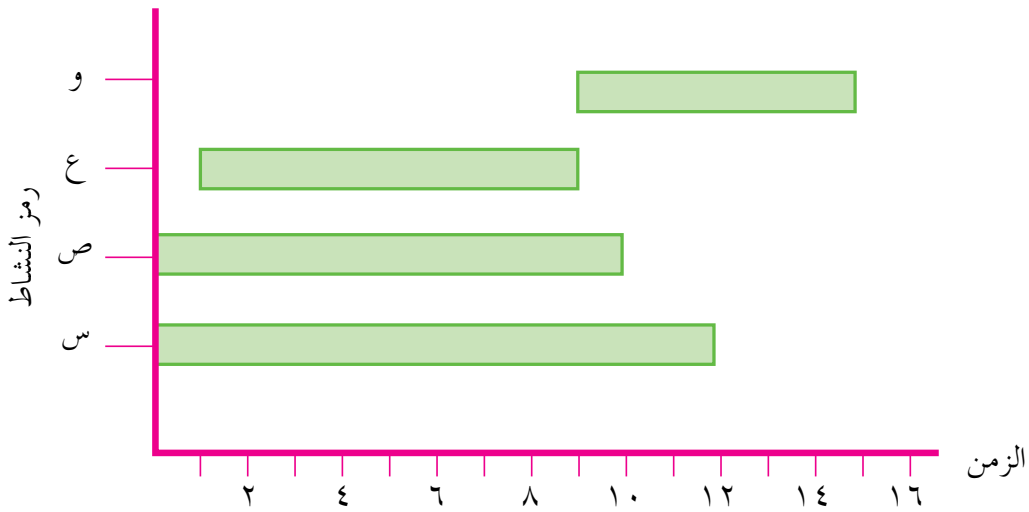
علمًا أن:

١- كلًّا من النشاط (س) والنشاط (ص) يبدأ في الوقت نفسه؛ من بداية المشروع.

٢- النشاط (ع) يبدأ بعد أسبوع من بداية النشاطين (س) و(ص).

٣- النشاط (و) لا يمكن أن يبدأ إلا بعد الانتهاء من النشاط (ع).

الحل



ثانيًا أساسيات المخططات الشبكية

في أواخر الخمسينيات من القرن الماضي (١٩٥٧م-١٩٥٨م) ظهرت طريقة المخطط السهمي، أو ما عُرِف في ذلك الوقت بطريقة المسار الحرج (Critical Path Method :CPM)، وطريقة تقييم البرنامج ومراجعته (Program Evaluation & Review Technique) بوصفهما أسلوبين لإدارة المشروعات، وقد اعتمدت هاتان الطريقتان على تمثيل المشروع في النشاط باستخدام السهم.

توجد طرائق عِدَّة لرسم الشبكة الممثلة للمشروع في علم إدارة المشروعات، أهمها:

- طريقة المخطط السهمي (Arrow Diagramming Method:ADM) التي تستخدم السهم لتمثيل النشاط؛ أي يكون النشاط على السهم (Activity on Arrow)، وتُختصَر بالأحرف (A.O.A).
- طريقة المخطط التصدري (Procedure Diagramming Method:PDM) التي تسمى أحيانًا مخطط الأسبقيات (Precedance Diagramming Method: PDM)، وفيها تستخدم العقدة، أو الخانة، أو الدائرة، أو المربع لتمثيل النشاط داخل الخانة، وتُختصَر بالأحرف التي ترمز إلى عبارة (Activity on Node: A.O.N).

١- مزايا المخططات الشبكية في إدارة المشروعات

تُعَدُّ شبكات الأعمال أداة فاعلة في التحليل والتخطيط والتوجيه والرقابة للمشروعات. وفي ما يأتي أهم مزايا المخططات الشبكية:

أ – وضوح علاقة الأنشطة المختلفة في المشروع بعضها ببعض من حيث التتابع والتزامن.

ب– إمكانية استخدام النشاط الوهمي في طريقة المخطط السهمي، أو الأنشطة المتداخلة في طريقة المخطط التصدري؛ للتحكم في توقيت بدء النشاط المقيد بزمن محدد، أو نشاط سابق.

جـ– سهولة العمليات الحسابية المستخدمة، وبخاصة حين تكون الشبكة ضمن مشروع يحوي أنشطة عديدة.

د – استخدام نظام ترقيم يدل على الأنشطة، ويُمثِّل مرجعًا سهلًا للعمليات الحسابية؛ سواء أكانت هذه الحسابات تُعالَج يدويًّا، أم حاسوبيًّا.

هـ– إظهار تأثير تأخر نشاط معين في المشروع عن باقي الأنشطة.

و – القدرة على متابعة التنفيذ ومراجعته مراقبة دقيقة وفق الجدول الزمني لكل نشاط.

ز – إمكانية تحويل المخطط السهمي إلى مخطط ذي مقياس زمني يجمع بين مخطط جانت والمخطط السهمي.

ح– إمكانية توزيع العمل بعد توضيحه وتفصيله على الدوائر المختلفة؛ ما يزيد من فاعلية تنفيذ المشروع ومراقبته.

ط – تمثيل الشبكة بعد وضع المعلومات عليها، علمًا أن هذه الشبكة تُعَدُّ مصدرًا أساسيًّا للمعلومات، وأساسًا لعملية إعادة التخطيط.

ي– الإسهام في تحقيق أهداف المشروع بأقل تكلفة إجمالية.

ثالثًا تمثيل شبكات الأعمال (Network Programming)

تُعرَّف الشبكة بأنها التمثيل البياني الذي يبين التسلسل والتتابع المنطقي لأنشطة المشروع، والأوقات اللازمة لتنفيذ هذه الأنشطة من البداية إلى النهاية، مع توضيح المسارات المحتملة لإنهاء المشروع. أما سبب تسميتها بشبكات الأعمال فمرده أنها تُرسَم وتُصمَّم في صيغة شبكة؛ فهي مخططات شبكية قائمة على أساس الأسهم والأحداث.

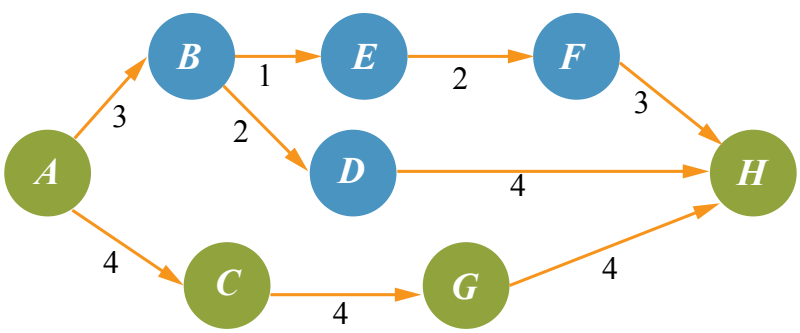
تستخدم شبكات الأعمال في عمل شكل بياني واضح سهل لمتابعة مراحل العمل في مشروع يكون غالبًا كبيرًا جدًّا، بحيث يصعب تصور مراحل العمل فيه، أو تكوين صورة إجمالية عنها من قراءة المعطيات المتعلقة بكل مرحلة، وتكاليفها للمدة الزمنية التي يُتوقَّع فيها إنهاء المرحلة؛ نظرًا لعلاقة كل مرحلة بالمراحل الأخرى. ولهذا جاءت فكرة تطوير شكل بياني يتيح بمجرد النظر إليه تصور كل ما سبق بصورة واضحة خالية من اللبس.

مثال تطبيقي: بناء فندق وتجهيزه.

يتطلب تنفيذ هذا المشروع تجهيز الأرض، ووضع الأساسات، وبناء الطوابق الثلاثة الأُولى، والانتهاء من بناء الطوابق كلها، وإعداد فتحات التكييف المركزي، وتوصيل أكبال الكهرباء الرئيسة، وتشييد شبكة الصرف الصحي.

ولهذا يصعب تصور المدة الزمنية الإجمالية اللازمة لتنفيذ المشروع، أو تقدير تكلفته الإجمالية، أو علاقة كل مرحلة منه بالمراحل الأخرى.

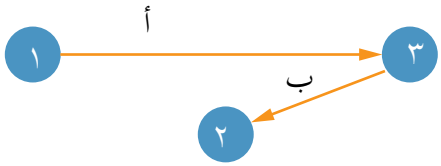
ولكن، إذا مثَّلنا كل مرحلة من المراحل بخط مستقيم، وحددنا المدة الزمنية اللازمة لإنهاء المرحلة من الرقم الموجود أسفل السهم، ومَثَّلت النقطة التي تسبق الخط نقطة البداية للنشاط، ومَثَّلت النقطة التي تقع على الطرف الآخر من السهم نهاية النشاط؛ عندئذٍ يمكن تصور المسار العام للمشروع، وتعرُّف طبيعة العلاقة بين المراحل المختلفة، وتحديد أي المراحل يمكن البدء بها من دون الحاجة إلى انتظار إنهاء المراحل الأخرى.



رابعًا قواعد رسم المخططات الشبكية ومعاييرها

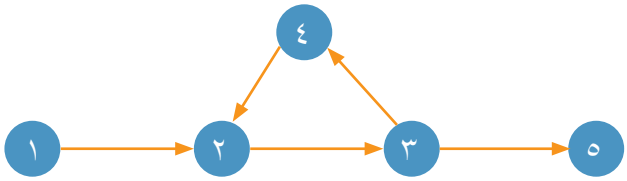
من المعايير التي يجب مراعاتها عند رسم المخططات الشبكية، سواء أكان ذلك باستخدام طريقة السهم، أم الخانة:

١- عدم وجود ما يسمى الارتداد إلى الخلف، انظر الشكل (٥-١).



الشكل (٥-١): الارتداد إلى الخلف.

٢- عدم وجود ما يسمى الدوران بين الأنشطة، انظر الشكل (٥-٢).

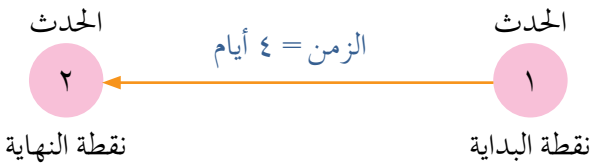


الشكل (٥-٢): الدوران بين الأنشطة.

٣- عدم بدء أكثر من نشاط واحد لهما نفس الوصف والعمل، بحيث يبدأ بحدث واحد، وينتهي بحدث واحد، انظر الشكل (٥-٣).

الشكل (٥-٣): بداية أكثر من نشاط واحد، يبدأ بحدث واحد، وينتهي بحدث واحد.

٤- عدم تمثيل طول (أو قصر) الخط الواصل بين نقطتي بداية النشاط ونهايته أي أهمية؛ إذ يبدأ المشروع من نقطة بداية، وينتهي عند نقطة نهاية تسمى النقطة الوهمية، ويُعبَّر عن النشاط بما بين نقطتي البداية والنهاية، انظر الشكل (٥-٤).

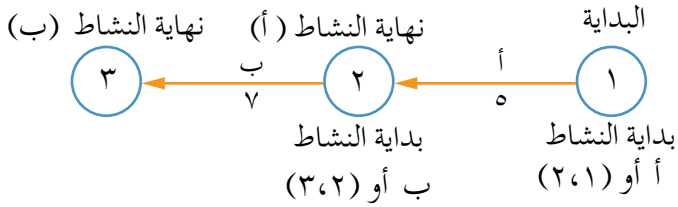


الشكل (٥-٤): نقطتا البداية والنهاية والزمن لنشاط.

٥- سلوك المسار اتجاهًا واحدًا، لا اتجاهين اثنين، وعدم العودة إلى النشاط السابق، انظر الشكل (٥-٥).

الشكل (٥-٥): اتجاه خطأ لمسار النشاط.

٦- اشتمال المشروع على مجموعة من الأنشطة، يُمثِّل كلٌّ منها مهمة؛ فالدائرة تُمثِّل نقطة أو حدث بداية كل نشاط ونهايته، ويكتب فيها رقم يرمز إلى بداية النشاط أو نهايته. وغالبًا ما تُمثِّل النقطة الواحدة نهاية نشاط وبداية نشاط آخر، انظر الشكل (٥-٦).

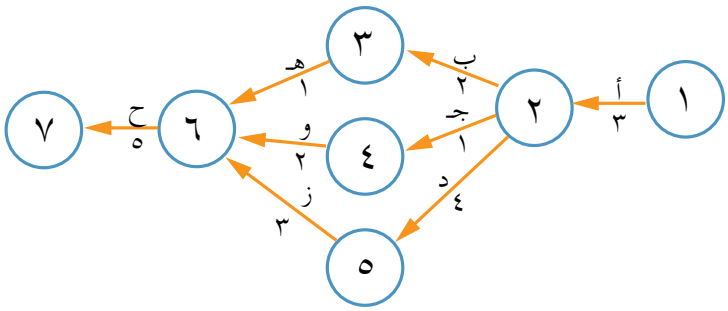


الشكل (٥-٦): نقطة بداية الأنشطة ونهايتها.

٧- لكل نشاط حدث بداية وحدث نهاية، وبينهما تقع مجموعة من الأنشطة والفعاليات المتشابكة أو المتداخلة، التي يُشترَط فيها أن تكون جميعها متسلسلة ومتصلة ببعضها ببعضًا، ولا يصح الإخلال بذلك.

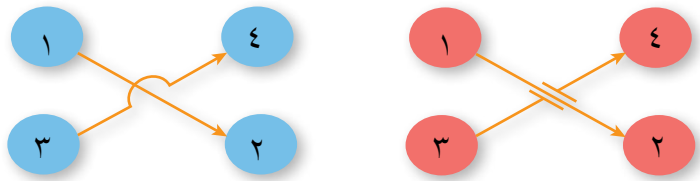
يتكون كل نشاط من ثلاثة أجزاء، هي: البداية، والوقت، والنهاية، ويمكن التعبير عن مدة كل نشاط بأي وحدة زمنية، وينبغي تحديد الوقت اللازم للتنفيذ، وفترة السماح في كل نشاط، انظر الشكل (٥-٦)، والشكل (٥-٧).

٨- عند انتهاء مجموعة من الأنشطة في نقطة معينة، فإن ذلك يؤكد وجوب استكمالها قبل البدء بنشاط جديد؛ إذ لا يمكن البدء بأي نشاط معين قبل الانتهاء من جميع الأنشطة السابقة التي تنتهي فيه. ولهذا يجب الانتهاء من الأنشطة (٣-٦)، و(٤-٦)، و(٥-٦) قبل البدء بالنشاط (٦-٧)، كما هو مبين في الشكل (٥-٧).



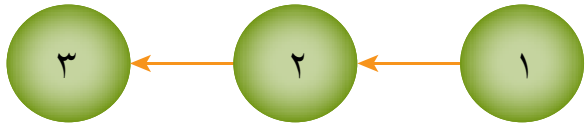
الشكل (٥-٧): استكمال الأنشطة السابقة شرط لبدء نشاط جديد.

٩- تقاطع الأنشطة غير مرغوب فيه في شبكات الأعمال باستثناء الحالات الضرورية اللازمة لإنجاز العمل، ويمكن تمثيل حالات التقاطع كما في الشكل (٥-٨).



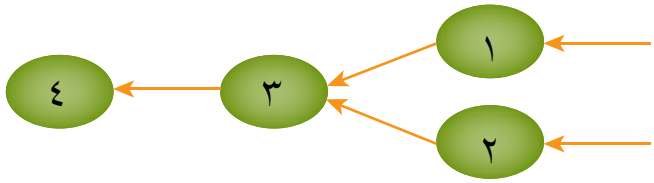
الشكل (٥-٨): تقاطع الأنشطة.

١٠- الترقيم يبدأ من بداية الشبكة إلى نهايتها، ويراعي فيه أن يكون رقم النهاية أكبر من رقم البداية (أي إن رقم النشاط اللاحق أكبر من رقم النشاط السابق)، وأن يكون لكل نشاط في المشروع رقم فريد غير مكرر، انظر الشكل (٥-٩).



الشكل (٥-٩): ترقيم الأنشطة.

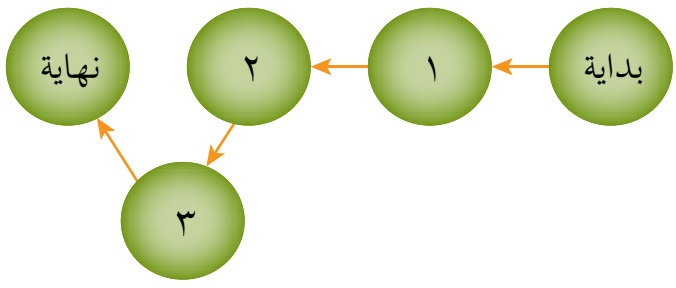
١١- بدء شبكات الأعمال بحدث بداية واحد، وانتهاؤها بحدث نهاية واحد، وتعذُّر البدء بعدد من العقد، انظر الشكل (٥-١٠).



الشكل (٥-١٠): البدء بعدد من العقد.

١٢- الجزء الأساسي للمشروع هو النشاط الذي يُعبِّر عن جهد مبذول، أو إنجاز معين ذي طابع إنتاجي، أو خدمي، حيث يمكن تقسيم المشروع إلى وحدات وأجزاء، أو مجموعات من الأنشطة مستقلة، أو مترابطة بعضها ببعض بصورة منطقية.

١٣- وجوب اشتمال كل نشاط على تسلسل، انظر الشكل (٥-١١).



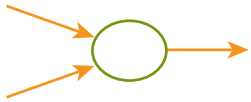
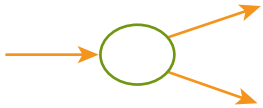
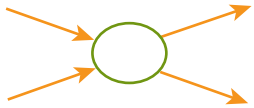
الشكل (٥-١١): اشتمال النشاط على تسلسل.

خامسًا عناصر الشبكة

تتكون الشبكة من العناصر الآتية:

١ – الحدث (Event)

يُعرَّف الحدث بأنه لحظة البدء بنشاط معين، أو لحظة الانتهاء منه. والحدث لا يستغرق أي مدة زمنية، ولا يحتاج إلى وقت أو موارد. وحتى يصل المشروع إلى حدث معين، فإنه يجب إتمام كل الأنشطة التي تسبق هذا الحدث، الذي يُمثَّل بدائرة داخلها رقم يدل على البداية والنهاية.

تتابع	
اندماج	
انتشار	
مركب	

وبوجه عام، فإن كل حدث لنهاية نشاط هو حدث لبداية نشاط لاحق، مع ملاحظة أن شبكات الأعمال تحتوي على حدث بداية واحد يُمثِّل نقطة الأصل (نقطة الصفر)، وحدث نهاية واحد يُمثِّل انتهاء أعمال المشروع.

يمكن تمثيل الأحداث بالأشكال المجاورة:

من الأمثلة على الحدث: الانتهاء من الشحن، وانتهاء التشغيل اليومي، وإنهاء فحص المُنتَجات، وبداية اختبار المُنتَجات، ونهاية العمل اليومي.

تحتوي الشبكات غالبًا على حدث اندماج (Merge event) يُمثِّل التقاء نهاية نشاطين أو أكثر، أو حدث انتشار (Burst event) يُمثِّل نقطة انطلاق نشاطين أو أكثر، كما هو مبين في الجدول السابق؛ إذ يُمثِّل كل حدث من هذه الأحداث نقطة إتمام مرحلة أو مراحل سابقة، ويُمثِّل في الوقت نفسه نقطة بداية حدث مرحلة أو مراحل عمل تالية.

٢ – المسار

هو سلسلة من الأنشطة المتتابعة التي تربط نقطة بدء المشروع بنقطة إتمامه كاملًا. يوجد للمشروع أكثر من مسار، ولا سيما المسار الحرج، وهو سلسلة من الأنشطة الحرجة المتتابعة

التي تربط نقطة بدء المشروع بنقطة نهايته، وهو أطول المسارات على الشبكة المكونة لنشاط المشروع كاملًا، إلا أنه يُمثِّل أفضل وأقل وقت لازم لإتمام المشروع كاملًا.

٣- النشاط

هو جزء محدد من المشروع يتطلب إتمامه قدرًا محددًا من الوقت والموارد المالية، وهو يُمثِّل إحدى أهم وظائف المشروع.

تمتاز أنشطة المشروع بالخصائص الآتية:

أ - **التتابع:** مخرجات بعض الأنشطة هي مدخلات لأخرى، وهذا التتابع نابع من المتطلَّبات الفنية لإنجاز المشروع.

ب- **التفرد:** كل مشروع متفرد في أنشطته.

جـ-**الترابط:** أنشطة المشروع تتميز بالتعقيد لأسباب مختلفة، منها: التداخل بين الأنشطة، والتكرار.

د - **الاعتمادية:** بعض الأنشطة تعتمد على أنشطة أخرى.

من الأمثلة على الأنشطة: إرساء القواعد والأساسات للمنازل، وتصميم مُنتَج صناعي، وتجميع الأجزاء، وصيانة إحدى المركبات، وتصنيع بعض المكونات، وتشحيم آلة وتزييتها.

تقع الأنشطة بين حدثين؛ الأول يُعرَف بالحدث السابق، والثاني يُعرَف بالحدث اللاحق.

فالأنشطة حصيلة مجموعة من الأحداث التي لا يمكن البدء بها إلا إذا أُنجِزت الأنشطة السابقة لها جميعًا، وهي تُمثَّل في الرسم بسهم في الأنشطة التي تُمثَّل بسهم، أو مربع، أو بدائرة في الأنشطة التي تُمثَّل بعقد. واتجاه الرسم يبين تتابع الأحداث، أما طول السهم فلا يُمثِّل أي شيء. ويمكن كتابة وقت الإنجاز أسفل السهم إذا كان النشاط يُمثَّل بسهم، أو بحسب طريقة تمثيل النشاط، علمًا أن كل سهم يُمثِّل نشاطًا مستقلًّا؛ أي نشاطًا واحدًا فقط.

تنقسم الأنشطة إلى قسمين أساسيين، هما:

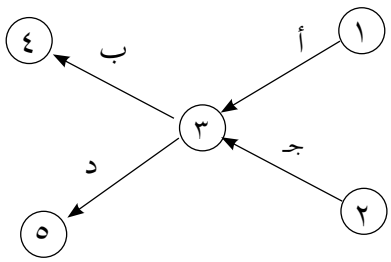
أ - **الأنشطة الحقيقية:** يُقصَد بها أنشطة المشروع الفعلية التي يجب تنفيذها للانتقال على شبكة الأعمال من حدث معين إلى حدث آخر. يستغرق تنفيذ هذه الأنشطة وقتًا، وهي تتطلب توافر موارد، ويُعبَّر عنها بخطوط متصلة تربط بين أحداث الأنشطة المختلفة على الشبكة.

وقد تكون هذه الأنشطة اعتيادية أو حرجة، وهي الأنشطة التي يؤدي تأخيرها إلى تعطل المشروع كاملًا.

ب- الأنشطة الوهمية: هي أنشطة لا تستغرق وقتًا (أي إن وقتها يساوي صفرًا)، ولا تتطلب توافر أي موارد لأنها وهمية، وهي تستخدم فقط لتسهيل رسم الشبكة، وبيان العلاقة بين الأحداث، وترسم على الشبكة بشكل سهم ذي خط مُنقَّط أو متقطع.

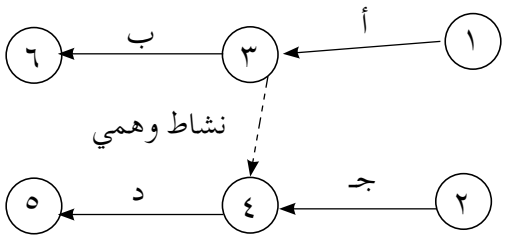
تستخدم الأنشطة الوهمية في ثلاث حالات رئيسة، هي:

١. التعبير عن علاقات متقاطعة تتابعية بين الأنشطة المختلفة المكونة للشبكة. فالشكل (٥-١٢) يبين أن النشاطين (ب)، و(د) يجب أن يعقبا النشاط (أ)، وأن النشاط (د) يجب أن يعقب النشاط (جـ).



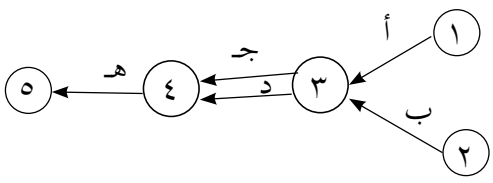
الشكل (٥-١٢): تعاقب الأنشطة.

غير أنه يوجد خطأ يتمثل في أن النشاط (ب) يتبع النشاط (جـ)، وأن النشاط (ب) لا يمكن أن يبدأ إلا بعد تنفيذ النشاطين (أ)، و(جـ) معًا. ولمعالجة هذا الخطأ، يجب إعادة رسم الشبكة، واستخدام نشاط وهمي، كما في الشكل (٥-١٣).



الشكل (٥-١٣): تمثيل النشاط الوهمي.

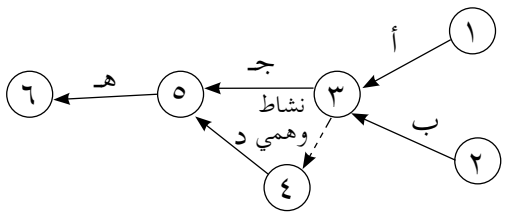
٢. فك الارتباط بين حدثين في أكثر من نشاط، في حال وجود نشاطين متوازيين يحدثان في الوقت نفسه، ولكن يجب أن يرتبطا بالحدثين نفسيهما، انظر الشكل (٥-١٤).



الشكل (٥-١٤): ارتباط حدثين في أكثر من نشاط.

يُلاحَظ من الشكل أن كلًّا من النشاط (جـ) والنشاط (د) يبدأ من الحدث (٣)، وينتهي

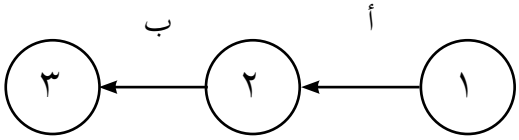
بالحدث (٥). ولتجنب هذا الخطأ، يجب استخدام النشاط الوهمي لفك ارتباط هذين النشاطين، انظر الشكل (٥-١٥).



الشكل (٥-١٥): فك ارتباط حدثين في أكثر من نشاط باستخدام النشاط الوهمي.

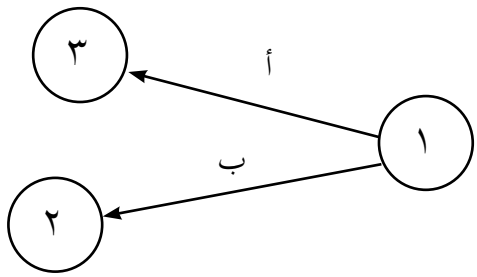
٣. إضفاء نوع من الوضوح والملاءمة على شبكة العمل؛ إذ يجب أن يكون لشبكة العمل نقطة بداية واحدة ونقطة نهاية واحدة.

تنقسم الأنشطة إلى مجموعتين رئيستين، هما:



الشكل (٥-١٦): تعاقب الأنشطة.

أ - **الأنشطة المتعاقبة:** هي الأنشطة التي تحدث وفق ترتيب متعاقب. ففي الشكل (٥-١٦)، نجد أن النشاط (أ) يسبق النشاط (ب) اللاحق للنشاط (أ)؛ لذا لا يجوز البدء بتنفيذ النشاط (ب) إلا بعد إنجاز النشاط (أ).



الشكل (٥-١٧): نشاطان متوازيان.

ب- **الأنشطة المتوازية:** هي الأنشطة التي تُنفَّذ في الوقت نفسه. فالشكل (٥-١٧) يبين أن النشاطين (أ) و (ب) يُنفَّذان في الوقت نفسه.

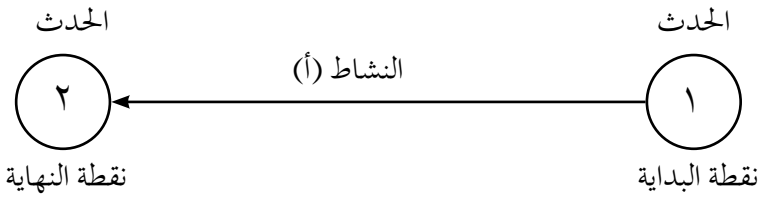
سادسًا طرائق رسم الشبكة الممثلة للمشروع

توجد طرائق عِدَّة لرسم الشبكة الممثلة للمشروع، أهمها:

١- طريقة المخطط السهمي (Arrow Diagramming Method: (ADM

يُمثَّل النشاط (Activity) في هذه الطريقة بسهم (Arrow) يصل بين حدثين، ويكتب اسم النشاط على السهم. وبوجه عام، تُصمَّم شبكات العمل على أساس التعبير عن الأنشطة بالأسهم (Activity on Arrow: A O A)، ولا يُعبِّر طول السهم الممثل للنشاط عن أي معنى مرتبط بالمدة الزمنية اللازمة لتنفيذ النشاط.

يمكن لهذا الخط (السهم) أن يأخذ أي شكل؛ كأن يكون منحنى، أو زاوي الشكل، أو مستقيمًا؛ لأن طبيعة إنشاء الشبكة تتحكم في شكل المخطط الشبكي لتلائم النموذج الإداري المقترح. وبعبارة أخرى، فإن تصميم شبكات العمل يقوم على أساس التعبير عن أنشطة المشروع وفعالياته بأسهم. أما الأحداث فيمكن التعبير عنها بالعقد أو نقاط التقاطع. وعند رسم النشاط على سهم تستخدم الدوائر لتدل على بداية نشاط معين ونهايته، في ما يُعرَف بحدث البداية، وحدث النهاية، والأنشطة على السهم. وقد يتطلب ذلك وجود أنشطة وهمية لكل نشاط له بداية ونهاية محددتان، ويُعبَّر عن ذلك من حيث الارتباط الإداري والتنظيمي بالأنشطة السابقة أو اللاحقة باستخدام الفواصل الموجودة على الشبكة. وهذه الفواصل (الأقطاب) تُعرَف باسم الحدث الذي يُعبِّر عن لحظة زمنية تكون بين انتهاء النشاط السابق وبداية النشاط اللاحق، ولا تستغرق زمنًا، ولا تستهلك وقتًا أو موارد؛ أي إنها فاصل لحظي بين زمن الأنشطة الحقيقي، انظر الشكل (٥-١٨).

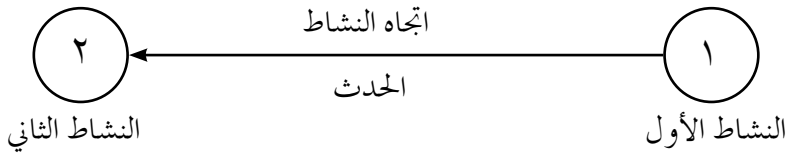


الشكل (٥-١٨): طريقة رسم النشاط على السهم (AOA).

٢- طريقة المخطط التصدري (Procedence Diagramming Method: (PDM

تختلف طريقة رسم المخطط التصدري عن طريقة رسم المخطط السهمي؛ إذ تُمثَّل أنشطة المشروع باستخدام عقدة أو خانة (Node)، قد تكون دائرة أو مربعًا مثلًا، وتحوي المعلومات المتعلقة بالنشاط، مثل: اسم النشاط، ورمزه، والأوقات المبكرة والمتأخرة، في حين تُمثَّل الوصلات (Links) التي تربط بين الأنشطة بخطوط (Lines)، خلافًا للمخطط السهمي الذي يُمثَّل فيه النشاط بسهم بين حدث بداية النشاط وحدث نهاية النشاط. وتظهر العلاقة بين هذه الأنشطة من خلال ترتيبها في المخطط.

تستخدم في هذه الطريقة العقدة، أو الخانة، أو الدائرة، أو المربع لتمثيل النشاط؛ أي يكون النشاط داخل الخانة (النشاط على القطب) (Activity on Node: AON)، وتُصمَّم شبكات العمل على أساس العقد عند رسم النشاط على قطب؛ فإن الدوائر (العقد) تُعبِّر عن الأنشطة، والأسهم التي تربط الدوائر تُعبِّر عن اتجاه العلاقات بين الأنشطة، بمعنى أن الشبكة تتكون من نشاطين، وأن السهم يشير إلى أن النشاط الأول يجب أن يتم قبل النشاط الثاني، من دون الحاجة إلى أنشطة وهمية، انظر الشكل (٥-١٩).



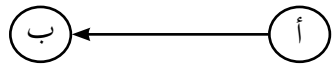
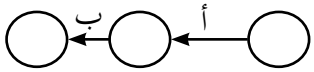
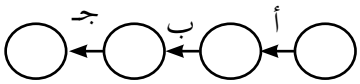
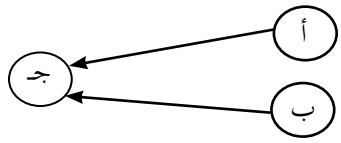
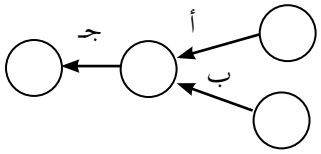
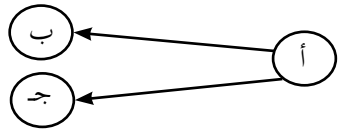
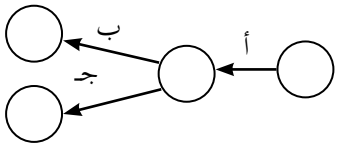
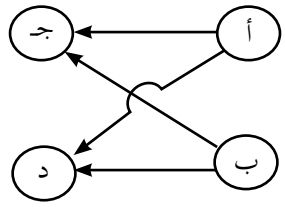
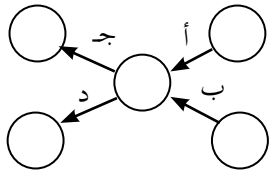
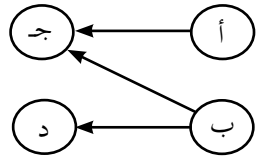
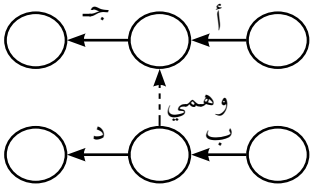
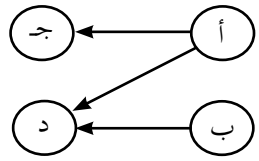
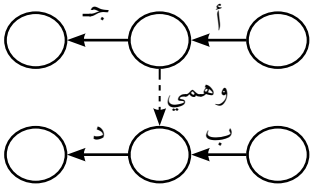
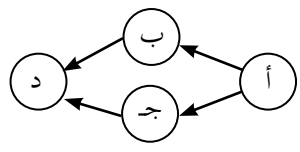
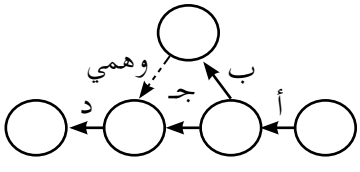
الشكل (٥-١٩): طريقة رسم النشاط داخل الخانة (على القطب) (AON).

توجد بعض العقبات التي تعترض تنفيذ طريقة تمثيل النشاط على السهم، ولا سيما ما يتعلق بتمثيل الأنشطة الوهمية؛ حيث إن الاستخدام الخطأ للأنشطة الوهمية في الشبكة قد يؤدي إلى تمثيل خطأ للعلاقة بين الأنشطة. ويمكن أن يؤدي الاستخدام الخطأ للنشاط إلى اعتماد نشاط ما على نشاط آخر من دون حاجة، أو جعل نشاط غير حرج نشاطًا حرجًا أو العكس، فضلًا عن تسبُّب الأنشطة الوهمية في زيادة تعقيد الشبكة والحسابات المتعلقة بها.

جاء ظهور طريقة المخطط التصدري على يدي جون فوندال (John Fondahl) عام ١٩٦١م بوصفها حلًّا للمشكلات المتعلقة بالأنشطة الوهمية؛ إذ تميزت هذه الطريقة بعدم الحاجة إلى الأنشطة الوهمية، وقدرتها على إبراز التداخل بين الأنشطة بصورة أفضل.

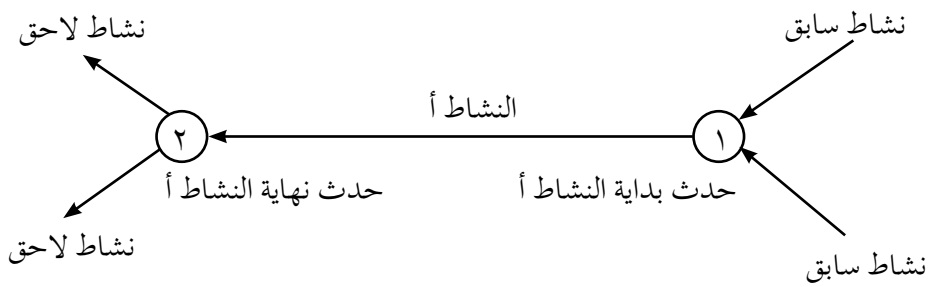
مقارنة بين طريقتي رسم الشبكة الممثلة للمشروع

يبين الجدول الآتي مقارنة بين تمثيل الأنشطة لكلٍّ من طريقة المخطط السهمي، وطريقة المخطط التصدري، حيث يُمثَّل النشاط على السهم في طريقة المخطط السهمي، ويُمثَّل النشاط داخل الخانة في طريقة المخطط التصدري.

النشاط على القطب	معنى النشاط	النشاط على السهم
	يبدأ النشاط (أ) قبل النشاط (ب).	
	يبدأ النشاط (أ) قبل النشاط (ب)، ويبدأ النشاط (جـ) بعد إنهاء النشاط (ب).	
	يبدأ النشاط (أ) والنشاط (ب) معًا، ويجب أن ينتهيا قبل أن يبدأ النشاط (جـ).	
	لا يمكن البدء بالنشاط (ب) والنشاط (جـ) معًا إلا بعد الانتهاء من النشاط (أ).	
	لا يمكن البدء بالنشاط (جـ) والنشاط (د) إلا بعد الانتهاء من النشاطين (أ) و (ب).	
	لا يمكن أن يبدأ النشاط (جـ) قبل الانتهاء من النشاطين (أ) و(ب)، و لا يمكن أن يبدأ النشاط (د) قبل أن ينتهي النشاط (ب).	
	لا يمكن أن يبدأ النشاط (د) قبل الانتهاء من النشاطين (أ) و (ب)، ولا يمكن أن يبدأ النشاط (جـ) قبل أن ينتهي النشاط (أ).	
	لا يمكن أن يبدأ النشاط (د) قبل الانتهاء من النشاطين (ب) و (جـ).	

تسمى هذه الطريقة أيضًا المخطط الشبكي للمشروع (النشاط على سهم (Activity on Arrow: A.O.A)).

وقد ذكرنا سابقًا أن النشاط في طريقة المخطط السهمي يُمثَّل بسهم يصل بين حدثين، وأن السهم (الخط) يمكن أن يأخذ أي شكل؛ كأن يكون منحنى، أو زاوي الشكل، أو مستقيمًا؛ لأن طبيعة إنشاء الشبكة تتحكم في شكل المخطط الشبكي، انظر الشكل (٥-٢٠) الذي يُمثِّل العلاقة بين النشاط والحدث.



الشكل (٥-٢٠): العلاقة بين النشاط والحدث في المخطط السهمي.

١- بناء المخطط السهمي

بعد تقسيم المشروع إلى مجموعة الأنشطة اللازمة لتنفيذه، وإعداد قائمة الأنشطة الخاصة به، وبيان العلاقة بينها، وماهية الأنشطة التي يجب أن تنتهي قبل بدء كل نشاط؛ فإنه يجب إعداد المخطط السهمي الذي يُمثِّل المشروع.

لا توجد طريقة محددة لبناء هذا المخطط، وإنما توجد تقنيات متعددة لإنشاء المخطط السهمي للمشروع اعتمادًا على عدد الأنشطة في الشبكة، وطبيعة العلاقة بين هذه الأنشطة. ومن هذه التقنيات طريقة الحدث البادئ، وهي البدء بوضع حدث البداية للمشروع، ثم وضع النشاط المنبثق عن هذا الحدث، ثم وضع حدث النهاية عند رأس النشاط، ليكون حدث البداية للنشاط اللاحق، وهكذا حتى آخر نشاط.

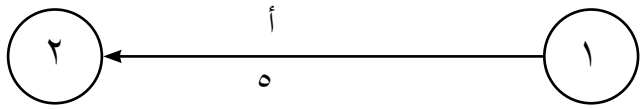
يُنشَأ المخطط السهمي بناءً على البيانات المعطاة، وهي: الأنشطة، وزمنها، والأنشطة السابقة لكل نشاط، وأي بيانات تلزم لبناء المخطط الشبكي، انظر الأمثلة الآتية التي تتدرج من نشاط واحد إلى أنشطة متعددة، مراعية التنوع:

مثال

ارسم المخطط السهمي للنشاط (أ)، علمًا أن زمن النشاط هو (٥) أيام بطريقة النشاط فوق السهم (A.O.A).

رمز النشاط	النشاط السابق	الزمن
أ	ـــــ	٥

الحل



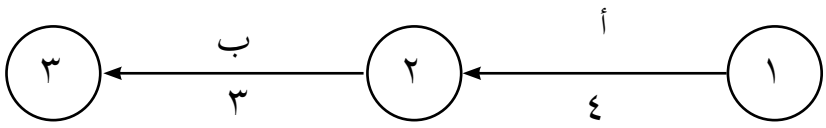
الشكل (٥-٢١): المخطط السهمي للنشاط (أ).

مثال

يبين الجدول الآتي النشاطين (أ)، و (ب). ارسم المخطط السهمي لهما بطريقة النشاط فوق السهم (A.O.A).

رمز النشاط	النشاط السابق	الزمن
أ	ـــــ	٤
ب	أ	٣

الحل



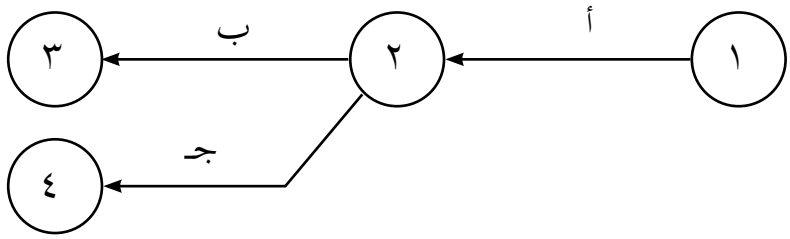
الشكل (٥-٢٢): المخطط السهمي للنشاطين (أ)، و (ب).

مثال

يبين الجدول الآتي (٣) أنشطة. ارسم المخطط السهمي لها بطريقة النشاط فوق السهم (A.O.A).

رمز النشاط	النشاط السابق
أ	ـــــ
ب	أ
جـ	أ

الحل



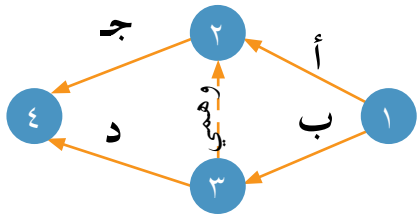
الشكل (٥-٢٣): المخطط السهمي للأنشطة (أ)، و (ب)، و(جـ).

مثال

يبين الجدول الآتي (٤) أنشطة. ارسم المخطط السهمي لها بطريقة النشاط فوق السهم (A.O.A).

رمز النشاط	النشاط السابق
أ	ـــــ
ب	ـــــ
جـ	أ، ب
د	أ، ب

الحل



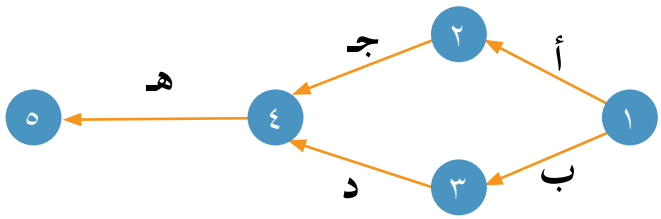
الشكل (٥-٢٤): المخطط السهمي للأنشطة (أ)، و (ب)، و (جـ)، و (د).

مثال

يبين الجدول الآتي (٥) أنشطة. ارسم المخطط السهمي لها بطريقة النشاط فوق السهم (A.O.A).

رمز النشاط	النشاط السابق
أ	ـــــ
ب	ـــــ
جـ	أ
د	ب
هـ	جـ، د

الحل



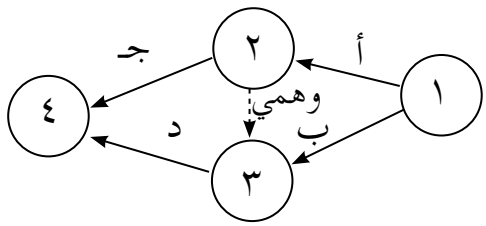
الشكل (٥-٢٥): المخطط السهمي للأنشطة (أ)، و (ب)، و (جـ)، و (د)، و (هـ).

مثال

يبين الجدول الآتي (٤) أنشطة. ارسم المخطط السهمي لها بطريقة النشاط فوق السهم (A.O.A).

رمز النشاط	النشاط السابق
أ	ـــــ
ب	ـــــ
جـ	أ
د	أ، ب

الحل



الشكل (٥-٢٦): المخطط السهمي للأنشطة (أ)، و (ب)، و (جـ)، و (د).

فائدة

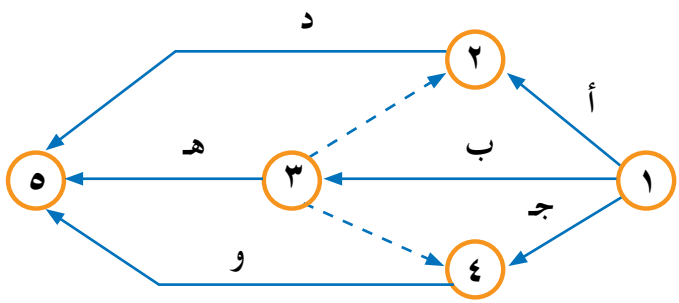
الأنشطة الوهمية: هي أنشطة لا تستغرق وقتًا؛ أي إن وقتها يساوي صفرًا، ولا تتطلب توافر أي موارد لأنها وهمية، وهي تستخدم فقط لتسهيل رسم الشبكة، وبيان العلاقة بين الأحداث، وتُرسَم على الشبكة بشكل سهم مُنقَّط، أو شرطات قصيرة (------>). ويعرض المثال السابق نشاطًا وهميًّا بين الحدث رقم (٢) والحدث رقم (٣)؛ لأن المتطلب السابق للنشاط (د) هو النشاطان (أ)، و (ب). فالنشاط (ب) متصل مباشرة به، وهو سابق للنشاط (د)، ولكن لا يمكن وصل النشاط (أ) ببداية النشاط (د) إلا بنشاط وهمي.

مثال

يبين الجدول الآتي (٦) أنشطة. ارسم المخطط السهمي لها بطريقة النشاط فوق السهم (A.O.A).

رمز النشاط	النشاط السابق
أ	ـــــ
ب	ـــــ
جـ	ـــــ
د	أ، ب
هـ	ب
و	ب، جـ

الحل



الشكل (٥-٢٧): المخطط السهمي للأنشطة (أ)، و (ب)، و (جـ)، و (د)، و (هـ)، و (و).

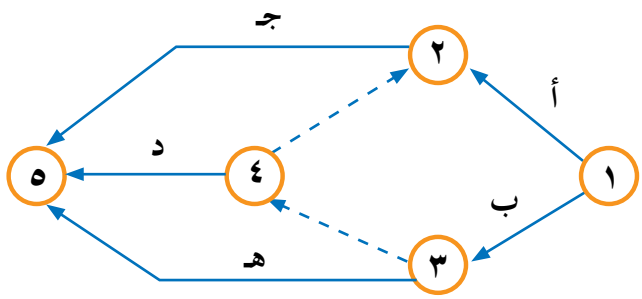
مثال

يبين الجدول الآتي (٥) أنشطة. ارسم المخطط السهمي لها بطريقة النشاط فوق السهم (A.O.A).

رمز النشاط	النشاط السابق
أ	ـــــ
ب	ـــــ
جـ	أ

د	أ، ب
هـ	ب

الحل



الشكل (٥-٢٨): المخطط السهمي للأنشطة (أ)، و (ب)، و (جـ)، و (د)، و (هـ).

مثال

تنوي شركة صناعية إنشاء مصنع، وقد أثبتت دراسة الجدوى الاقتصادية والدراسة الأولية وأبحاث السوق التي قامت بها الشركة للمشروع جدواه الاقتصادية، فقررت وضع مخطط للأعمال التنفيذية الواجب القيام بها خلال مدة معينة. وفي ما يأتي جدول يتضمن هذه الأنشطة، ومدة كلٍّ منها بالأيام:

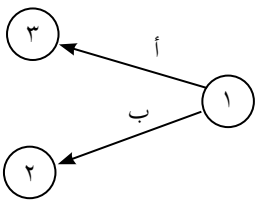
الرقم	رمز النشاط	زمن النشاط (باليوم)	وصف النشاط	الأنشطة السابقة
١	أ	١٠	اختيار موقع المشروع، والقيام بإجراءات الاستملاك.	–
٢	ب	٥	طرح عطاء توريد الآلات للمشروع.	–
٣	جـ	٨	الاتفاق مع شركة استشارية على متابعة سير تنفيذ المشروع.	ب
٤	د	٤	طرح عطاء القيام بالأعمال الإنشائية اللازمة.	أ، ب
٥	هـ	١٤	ورود عروض توريد الآلات.	ب
٦	و	١٤	ورود عروض القيام بالأعمال الإنشائية.	جـ، د

إذا كان النشاطان (هـ) و (و) هما آخر نشاطين في المشروع، فارسم المخطط السهمي الممثل للمشروع بطريقة النشاط على السهم (A. O. A).

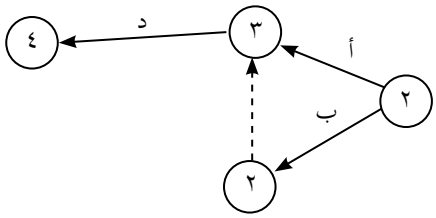
ملحوظة

قد لا تذكر أسماء آخر الأنشطة في المشروع في أمثلة وتمارين أخرى، وإنما تستنتج بناءً على التحليل والخبرة والمعرفة، ويتم إنهاء آخر الأنشطة غالبًا بحدث نهاية واحد.

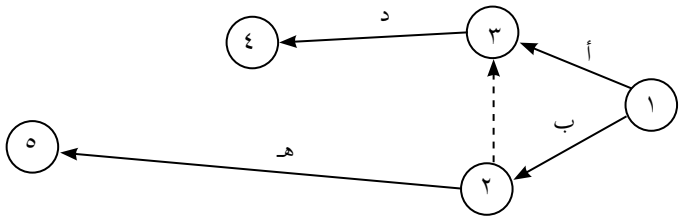
الحل



١- رسم النشاطين (أ)، و (ب) اللذين لا توجد لهما أنشطة سابقة.



٢- رسم النشاط (د) الذي يسبقه النشاطان (أ)، و(ب). وفي هذه الحالة، لا بد من وجود نشاط وهمي؛ فيرسم النشاط (د) من نهاية النشاط (أ) ثم يرسم النشاط الوهمي من نهاية النشاط (ب)؛ لأن (أ)، و (ب) هما نشاطان سابقان له.

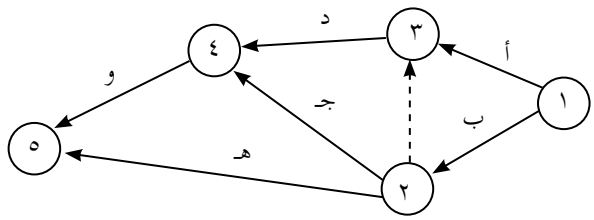


٣- رسم النشاط (هـ) من نهاية النشاط (ب)؛ لأنه نشاط سابق له.

٤- رسم النشاط (و) من نهاية النشاط (د).

٥- رسم النشاط (جـ) من نهاية النشاط (ب)، وهو متطلب سابق للنشاط (و).

* تنتهي أنشطة المشروع بالحدث (٥) كما هو مبين في الشكل (٥-٢٩).



الشكل (٥-٢٩): الشكل النهائي للشبكة.

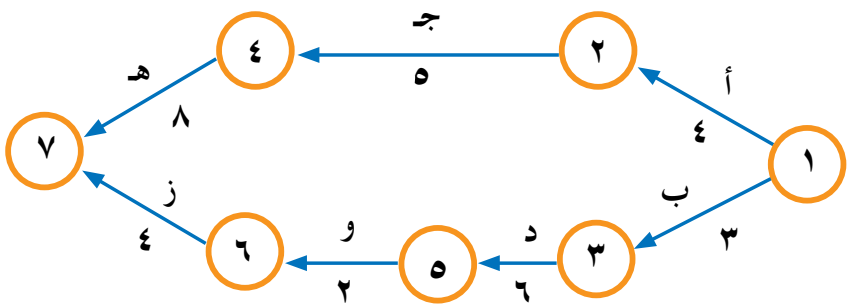
مثال

يُمثِّل الجدول الآتي قائمة الأنشطة لمشروع ما. ارسم المخطط السهمي لها بطريقة النشاط على السهم (A.O.A)، ثم رقِّم أحداثها.

الرقم	رمز النشاط	زمن النشاط (باليوم)	الأنشطة السابقة
١	أ	٤	–
٢	ب	٣	–
٣	جـ	٥	أ
٤	د	٦	ب
٥	هـ	٨	ج
٦	و	٢	د
٧	ز	٤	و

الحل

يجب البدء بأول نشاطين من الحدث (١)، وهما (أ)، و (ب) لعدم وجود أنشطة سابقة لهما، ثم الانتقال إلى باقي الأنشطة وفق ترتيب الأنشطة السابقة لكل نشاط، وصولًا إلى آخر نشاطين، وهما (هـ)، و (ز) لعدم وجود أنشطة لاحقة لكلٍّ منهما، فتكتمل بذلك شبكة المشروع، ثم يوضع زمن كل نشاط أسفل منه، وتُغلَق أنشطة المشروع بالحدث (٧)، انظر الشكل (٥–٣٠).



الشكل (٥–٣٠): المخطط السهمي لشبكة المشروع.

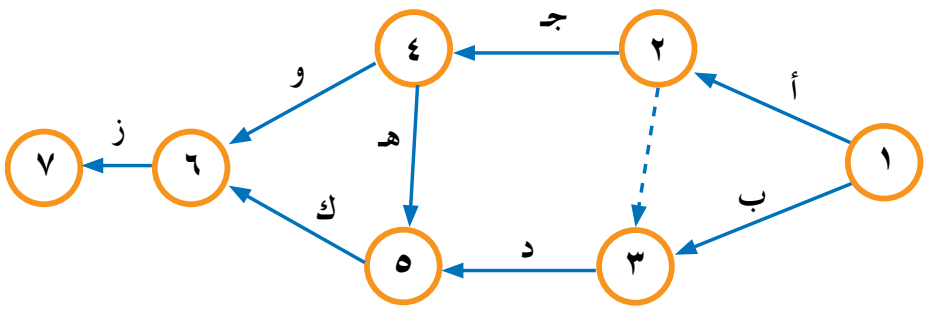
مثال

طُلِب إلى إحدى المطابع إحضار محرقة ورق وتركيبها؛ تنفيذًا لشروط وزارة البيئة، وقد أُعِدَّت دراسة عن الأنشطة المطلوبة، ومدى تتابعها كما يظهر في الجدول التالي الذي يُمثِّل وصفًا للأنشطة الخاصة بتركيب هذه المحرقة. ارسم شبكة المشروع باستخدام طريقة النشاط على السهم (A.O.A).

رمز النشاط	وصف النشاط	النشاط السابق
أ	بناء الأجزاء الداخلية.	–
ب	تحديد السقف والأرضية.	–
جـ	بناء مدخنة.	أ
د	صب الأسمنت، وبناء الإطار.	أ، ب
و	بناء المحرقة.	جـ
هـ	تركيب نظام منع التلوث.	جـ
ك	تركيب جهاز تنقية الهواء.	د، هـ
ز	الفحص التجريبي	و، ك

الحل

يجب البدء بأول نشاطين من الحدث (١)، وهما (أ)، و (ب) لعدم وجود أنشطة سابقة لهما، ثم الانتقال إلى باقي الأنشطة وفق ترتيب الأنشطة السابقة لكل نشاط، وصولًا إلى آخر نشاط، وهو (ز) لعدم وجود أنشطة لاحقة له، فتكتمل بذلك شبكة المشروع، وتُغلَق أنشطة المشروع بالحدث (٧)، انظر الشكل (٥-٣١).



الشكل (٥-٣١): المخطط السهمي لشبكة مشروع محرقة الورق.

ثامنًا طريقة المخطط التصدري (A.O.N)

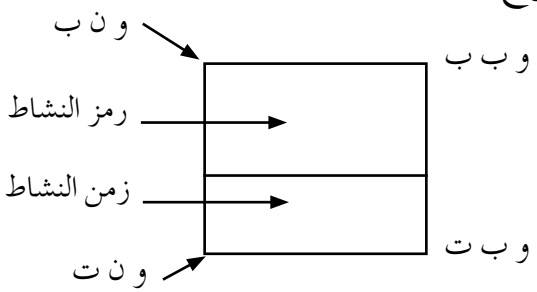
يُمثَّل النشاط أو الفعالية في طريقة المخطط التصدري بعقدة أو خانة بدلًا من السهم. وتمتاز هذه الطريقة بعدم الحاجة إلى استخدام الفعاليات الوهمية داخل هذا النوع من المخططات الشبكية؛ إذ يمكن استعمال فعالية فقط لمنح المشروع فعالية واحدة للبداية، مع إمكانية استعمال فعالية وهمية واحدة فقط لمنح المشروع فعالية واحدة فقط للنهاية؛ ما يجعل هذه الطريقة أفضل من طريقة التمثيل السهمي للفعاليات.

تُمثَّل الفعالية في هذه الطريقة بدائرة أو مربع يسمى عقدة، وتُدوَّن داخل العقدة جميع المعلومات، بما في ذلك رمز الفعالية، ومدتها. ويُعرَف النشاط بالاسم، أو الرمز، أو الرقم؛ إذ توضع معلومات النشاط داخل مربع، أو شكل بيضوي، أو دائرة (رقم النشاط، واسم النشاط، أو رمزه، وزمن النشاط، ووقت البداية المبكر (و ب ب)، ووقت البداية المتأخر (و ب ت)، ووقت النهاية المبكر (و ن ب)، ووقت النهاية المتأخر (و ن ت)، انظر الشكل (٥-٣٢/أ،ب). ولغرض الفهم والتبسيط، يمكن اختصار بعض معلومات النشاط، والاكتفاء ببعض البيانات والمعلومات.

وفي ما يأتي الأوقات الأربعة للأنشطة الممثلة للمشروع:

و ب ب	رقم النشاط	و ن ب
وصف النشاط		
و ب ت	زمن النشاط	و ن ت

الشكل (٥-٣٢/ أ): معلومات النشاط في طريقة المخطط التصدري.



الشكل (٥-٣٢/ ب) : معلومات النشاط في طريقة المخطط التصدري.

و ب ب: وقت البداية المبكر (أبكر وقت لبدء النشاط من دون مخالفة متطلَّبات الأنشطة التي تسبقه).

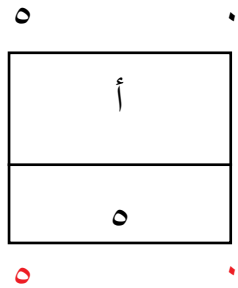
و ن ب: وقت النهاية المبكر (أبكر وقت يمكن أن ينتهي فيه النشاط إذا بدأ في وقت البداية المبكرة).

و ب ت: وقت البداية المتأخر (آخر وقت يمكن لأي نشاط أن يبدأ فيه من دون تأخير المشروع كاملًا).

و ن ت: وقت النهاية المتأخر (آخر وقت يمكن أن ينتهي فيه النشاط من دون أن يؤدي إلى تأخير المشروع كاملًا).

سؤال

ماذا يُمثِّل الصفر والرقم (٥) أعلى المربع، والصفر والرقم (٥) أسفل المربع؟



١- بناء المخطط التصدري

بعد إعداد قائمة الأنشطة، وتوضيح العلاقة الاعتمادية بين الأنشطة – بيان الأنشطة السابقة لكل نشاط في المشروع – يُحدَّد نشاطا بداية المشروع ونهايته (أي النشاط الذي يبدأ به المشروع، والنشاط الذي ينتهي به). وفي حال وجود أكثر من نشاط بداية أو أكثر من نشاط نهاية للمشروع، يجب إضافة دائرة أو مربع لتمثيل بداية المشروع ونهايته، ثم إعادة ترتيب قائمة الأنشطة، بحيث تكون دائرة البداية في رأس القائمة، ودائرة النهاية في آخرها، ثم ترتب باقي الأنشطة بحسب أرقامها، أو تسلسل رموزها، أو وفقًا لأي ترتيب آخر مناسب.

٢- عناصر شبكة المخطط التصدري (A.O.N)

تتكون عناصر الشبكة في هذه الطريقة مما يأتي:

أ – **الدوائر والمربعات التي تُمثِّل الأنشطة:** يشير كل مربع أو دائرة إلى نشاط واحد فقط، انظر الشكل (٥–٣٤) الذي يبين نشاطًا من عناصر شبكة المخطط التصدري مع ملاحظة أنه يُستخدَم نوع واحد فقط في الشبكة (دائرة، أو مربع). وفي أغلب الأحوال، يُستخدَم في المخططات الشبكية التصدرية مربع أو مستطيل.

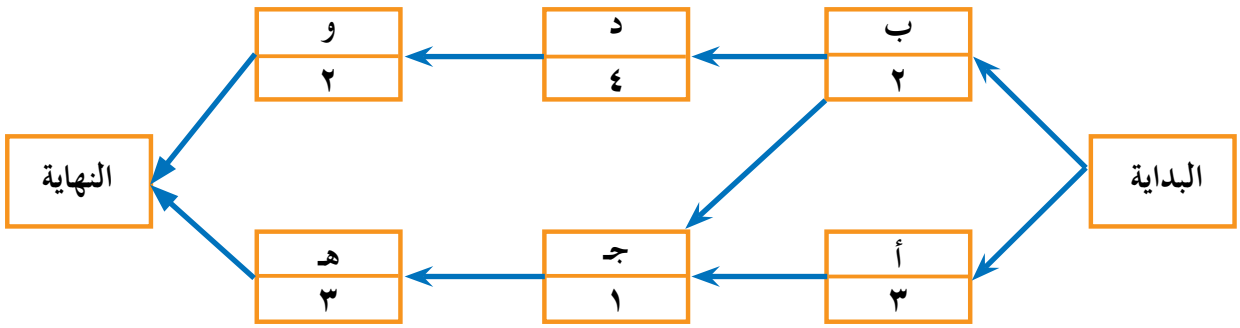
الشكل (٥–٣٤): تمثيل الأنشطة في المخطط التصدري.

في دراستنا للمخططات الشبكية المرسومة بطريقة المخطط التصدري سنعتمد رسم المستطيل والمربع لتمثيل النشاط.

ب- **الأسهم الموجهة**: تشير هذه الأسهم إلى العلاقة المنطقية بين أنشطة المشروع، بحيث يبدأ النشاط اللاحق (ب) بعد انتهاء النشاط السابق (أ)؛ أي إن بداية النشاط (ب) تتعلق بنهاية النشاط (أ)، انظر الشكل (٥-٣٥).

الشكل (٥-٣٥): الأسهم الموجهة في المخطط التصدري.

تُمثَّل الشبكة في طريقة المخطط التصدري برسم صندوق، أو مربع، أو مستطيل بداية ونهاية كما هو موضح في الشكل (٥-٣٦). وفي حالة عدم وجود صندوق، أو مربع، أو مستطيل في البداية والنهاية، فإن الشبكة تُمثِّل جزءًا من المشروع. ويُمثِّل الشكل (٥-٣٦) الأنشطة المختلفة لمشروع ما باستخدام طريقة المخطط التصدري.



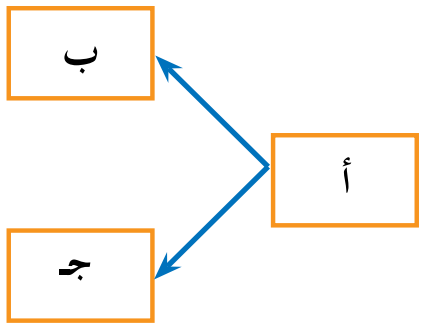
الشكل (٥-٣٦): الأنشطة المختلفة لمشروع ما باستخدام طريقة المخطط التصدري.

مثال

يبين الجدول الآتي (٣) أنشطة من أنشطة مشروعٍ ما. ارسم المخطط الشبكي لها بطريقة المخطط التصدري (A.O.N).

رمز النشاط	النشاط السابق
أ	ـــــ
ب	أ
جـ	أ

الحل



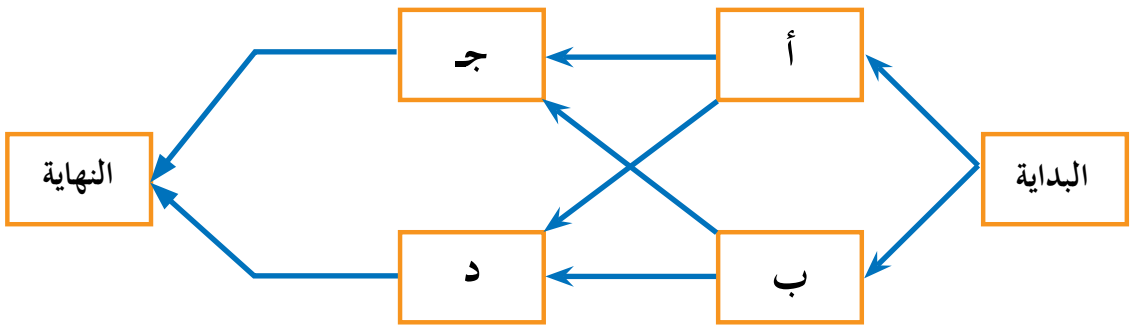
الشكل (٥-٣٧): المخطط التصدري للأنشطة (أ)، و (ب)، و (جـ).

مثال

يبين الجدول الآتي (٤) أنشطة من أنشطة لمشروع ما. ارسم المخطط الشبكي لهما بطريقة المخطط التصدري (A.O.N).

رمز النشاط	النشاط السابق
أ	ـــــ
ب	ـــــ
جـ	أ، ب
د	أ، ب

الحل



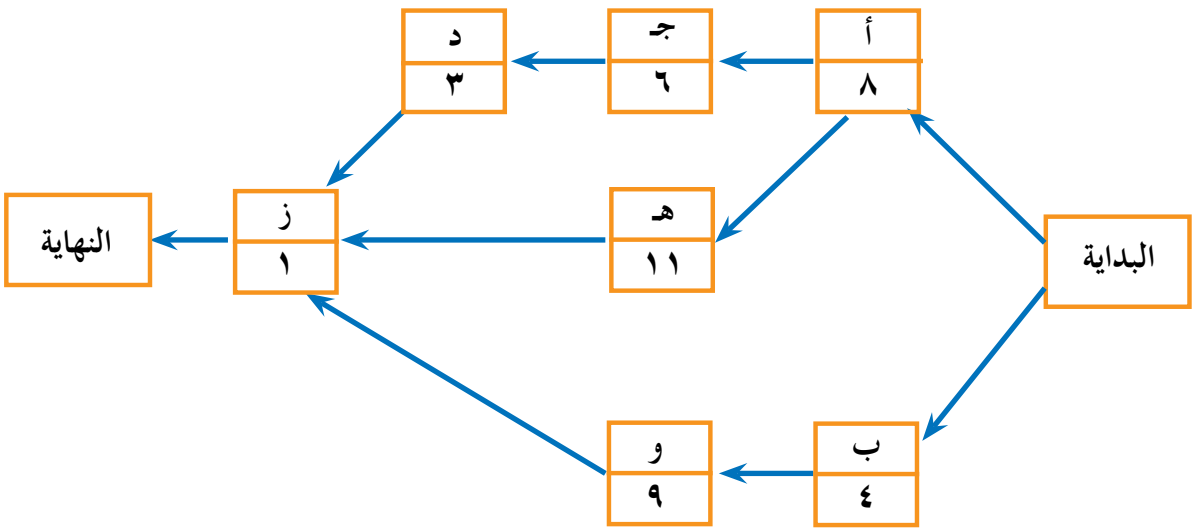
الشكل (٥-٣٨): المخطط التصدري للأنشطة (أ)، و (ب)، و (جـ)، و (د).

مثال

يُمثِّل الجدول الآتي قائمة الأنشطة لأحد المشروعات. ارسم المخطط الشبكي لها بطريقة النشاط على القطب (A.O.N)، ثم اكتب رمز النشاط.

رمز النشاط	الأنشطة السابقة	زمن النشاط (بالأسبوع)
أ	–	٨
ب	–	٤
جـ	أ	٦
د	جـ	٣
هـ	أ	١١
و	ب	٩
ز	د، هـ، و	١

يبين الشكل (٥–٣٩) المخطط الشبكي باستخدام طريقة المخطط التصدري (النشاط في العقدة أو الخانة) (A.O.N)؛ إذ إنه يبدأ بالنشاطين (أ)، و(ب) اللذين لا يسبقهما أي أنشطة، ثم يستكمل رسم المخطط بحسب تتابع الأنشطة، مع مراعاة النشاط السابق لكل نشاط لاحق، ثم ينتهي المخطط بالنشاط (ز)؛ لأنه آخر نشاط في الشبكة.



الشكل (٥–٣٩): المخطط التصدري لقائمة أنشطة المشروع.

تُعَدُّ هذه الطريقة أسلوبًا لتمثيل أنشطة المشروع باستخدام الأسهم، مع إدخال المفاهيم الإحصائية في المخطط الشبكي، وهي مبنية على أسس إحصائية، والوقت المتوقع لإنهاء نشاط ما هو الوسط الحسابي لأوقات الأنشطة الثلاثة: التفاؤلي، والأكثر احتمالًا، والتشاؤمي. إن طريقة تقييم البرنامج ومراجعته تناسب المشروعات غير المتكررة التي لا تشبهها مشروعات أخرى، وغالبًا ما تكون في موضوعات متخصصة جدًّا، وقد أثبتت التجارب العملية دقة هذا الوسط الحسابي.

تمتاز هذه الطريقة بإظهار الزمن المتوقع بعد الحصول على تقدير لأوقات الأنشطة الثلاثة من الخبراء، وحساب الزمن المتوقع لإنهاء النشاط باستخدام المعادلة الآتية:

$$\text{الزمن المتوقع لإنهاء النشاط} = \frac{\text{أ} + ٤(\text{م}) + \text{ب}}{٦}$$

حيث إن:

١- **الزمن التفاؤلي (أ)** (Optirnistic Time – a): الزمن المتوقع لتنفيذ النشاط عندما تكون ظروف تنفيذ النشاط مثالية، ولا يحتمل تنفيذ النشاط في وقت أقصر (أقصر زمن يمكن فيه تنفيذ النشاط أو المشروع).

٢- **الزمن الأكثر احتمالًا (م)** (Probable Time– m): الزمن المتوقع لتنفيذ النشاط عندما تكون ظروف تنفيذ النشاط طبيعية وجيدة، ولكنها ليست مثالية (أكثر زمن محتمل لتنفيذ النشاط أو المشروع).

٣- **الزمن التشاؤمي (ب)** (Pessimistic Time–b): الزمن المتوقع لتنفيذ النشاط عندما تكون ظروف التنفيذ سيئة، وهو الوقت الأطول، وتستثنى هنا الظروف غير الطبيعية أو الكوارث، مثل: الزلازل، والفيضانات، وما إلى ذلك (أطول زمن يمكن فيه تنفيذ النشاط أو المشروع).

مثال

جد الزمن المتوقع لكل نشاط في المشروع الآتي:

رمز النشاط	الزمن المتوقع		
	التفاؤلي	الأكثر احتمالاً	التشاؤمي
أ	٢	٣	٤
ب	٢	٤	٦
جـ	٣	٧	١١
د	١	٢	٣
هـ	٢	٥	٨
و	١	٢	٣
ز	٢	٦	١٠
ح	٢	٣	٤

الحل

تطبق المعادلة الآتية على كل نشاط، فيكون الناتج كما هو موضح في الجدول التالي:

$$\text{الزمن المتوقع للنشاط} = \frac{\text{أ} + ٤(\text{م}) + \text{ب}}{٦}$$ ، فمثلًا:

$$\text{الزمن المتوقع للنشاط (أ)} = \frac{٢ + (٣ \times ٤) + ٤}{٦} = \frac{٢ + ١٢ + ٤}{٦} = \frac{١٨}{٦} = ٣$$

وتحسب باقي القيم للأنشطة الأخرى بالطريقة نفسها.

النشاط	أ	ب	جـ	د	هـ	و	ز	ح
الزمن المتوقع	٣	٤	٧	٢	٥	٢	٦	٣

عاشرًا حساب الأزمنة المبكرة والأزمنة المتأخرة للشبكة الممثلة للمشروع

توجد أكثر من طريقة لحساب الأزمنة المبكرة والأزمنة المتأخرة للشبكة الممثلة للمشروع، وهي الأوقات الأربعة التي ذُكِرت في طريقة المخطط التصدري، وسنستخدم هنا فقط طريقة المخطط التصدري للنشاط على القطب (A.O.N)، حيث يمكن حساب هذه الأوقات بدءًا بأول نشاط في الشبكة، ثم الانتقال إلى النشاط الذي يليه، وصولًا إلى آخر نشاط مطلوب لإتمام المشروع.

يمتاز كل نشاط في المخططات الشبكية بأربعة أوقات، يمكن معرفتها بإجراء عمليات حسابية، أو عن طريق الشبكة الممثلة للمشروع، وسيكون حساب الأزمنة والأوقات الأربعة للنشاط، إضافةً إلى المرونة، أو ما يسمى السماحية أو الطفو، باستخدام هذه الشبكة فقط.

١- المرور الأمامي (Forword Pass)

يهدف استخراج المرور الأمامي إلى تحديد الزمن الكلي للمشروع، ووقتي البداية والنهاية المبكرين للأنشطة المختلفة، بدءًا بأول حدث، وهو حدث البداية للمشروع، وانتهاءً بآخر حدث، وهو حدث النهاية للمشروع.

من المهم قبل البدء بحسابات المرور الأمامي معرفة زمن بداية المشروع (وقت البداية المبكر لأول نشاط في المشروع). وبوجه عام، فإن الوقت المبكر لبداية المشروع يكون صفرًا، أو تُحدِّده الإدارة بعد تحديد وقت بداية المشروع، ويجب البدء بسلسلة من العمليات الحسابية لمعرفة وقت البداية المبكر، ووقت النهاية المبكر لكل نشاط، اعتمادًا على العلاقات الآتية:

أ – وقت البداية المبكر لأول نشاط في المشروع يساوي وقت بداية المشروع الذي حددته الإدارة:

(و ب ب) لأول نشاط = (وب ب) لأول نشاط في المشروع = وقت البداية للمشروع.

ب– وقت النهاية المبكر للنشاط يساوي وقت البداية المبكر للنشاط زائد زمن النشاط:

(و ن ب) للنشاط = (و ب ب) للنشاط + زمن النشاط.

جـ– في حالة ارتباط النشاط باتجاه أو مسار واحد، فإن:

وقت البداية المبكر للنشاط يساوي وقت النهاية المبكرة للنشاط السابق:

(وب ب) للنشاط= (و ن ب) للنشاط السابق.

د- في حالة وجود أكثر من مسار أو اتجاه (أي أكثر من نشاط سابق ينتهي بحدث بداية نشاط ما)، فإن وقت البداية المبكر لهذا النشاط يساوي أعظم (و ن ب) للأنشطة السابقة.

هـ- وقت النهاية المبكر للمشروع يساوي وقت النهاية المبكر لآخر نشاط في المشروع: (و ن ب) للمشروع = (و ن ب) لنشاط النهاية.

وفي حالة انتهاء المشروع بأكثر من نشاط، فإن وقت النهاية المبكر للمشروع يساوي أكبر وقت نهاية مبكر لأنشطة نهاية المشروع:

(و ن ب) للمشروع = أكبر (و ن ب) من أنشطة النهاية.

و - في حالة المرور الأمامي، يكون الاتجاه على الشبكة من اليمن إلى الشمال؛ أي من بداية المشروع باتجاه النهاية، وذلك لإيجاد أوقات البدايات والنهايات المبكرة للأنشطة، ويرمز إلى ذلك بالسهم ⟵ .

مثال

يُمثِّل المخطط الشبكي في الشكل (٥-٤٠) مشروعًا مرسومًا بطريقة النشاط على القطب (Activity- on- Node: AON)، موضحًا عليه رموز الأنشطة والمدة اللازمة لتنفيذ كل نشاط بالأيام:

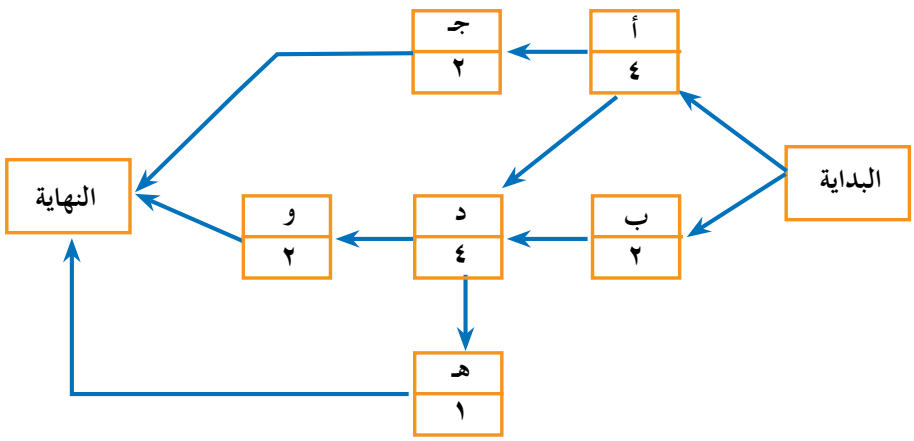
١- ارسم المخطط الشبكي للمشروع، مُحدِّدًا عليه أوقات البداية والنهاية المبكرة لكل نشاط.

٢- جد وقت البداية المبكر لكل نشاط على الشبكة.

٣- جد وقت النهاية المبكر للمشروع، علمًا أن تاريخ بداية المشروع هو صفر.

٤- جد وقت النهاية المبكر لكل نشاط على الشبكة.

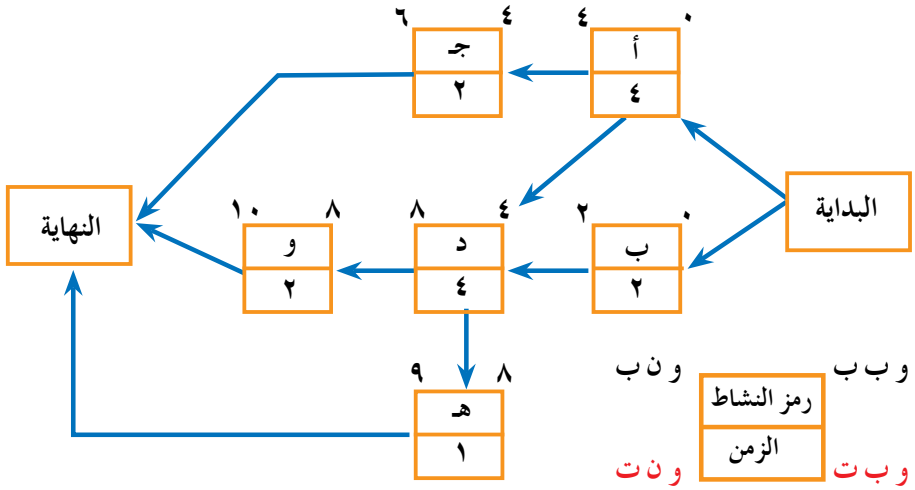
٥-أعد رسم المخطط الشبكي للمشروع باستخدام المخطط السهمي (طريق النشاط على السهم) (A.O.A).



الشكل (٥-٤٠): المخطط التصدري للمشروع.

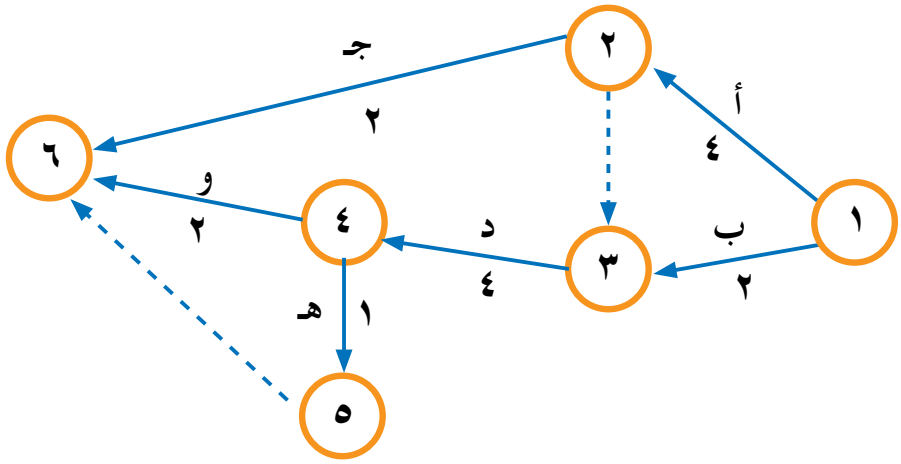
بناءً على القواعد التي ذُكِرت سابقًا، نبدأ من بداية المشروع، وهو يتألف هنا من نشاطين هما (أ،ب)، ووقت البداية المبكر لهما صفر فرضًا وبحسب القواعد السابقة، فإن وقت البداية المبكر للنشاط هو وقت النهاية للنشاط السابق. وفي حال التقت أكثر من نهاية لمجموعة من الأنشطة، فإن وقت البداية للنشاط اللاحق يكون أكبر وقت نهاية للأنشطة السابقة لهذا النشاط. وعليه، فإن إجابات أسئلة المثال تكون كما هو مبين في الشكل (٥-٤١)، مع أخذ الملاحظات الآتية بالاعتبار:

- وقت النهاية المبكر للنشاط (أ) هو وقت البداية المبكر للنشاط (جـ) والنشاط (د)، وهو (٤).
- وقت النهاية المبكر للنشاط (جـ) هو ٤ + ٢ = ٦.
- وقت البداية للمشروع يساوي صفرًا، وهو وقت البداية المبكر للنشاط (أ) والنشاط (ب).
- وقت البداية المبكر للنشاط (د) هو أعظم وقت نهاية للنشاطين (أ، ب)، وهو هنا (٤).
- وقت النهاية المبكر للنشاط (د) هو ٤ + ٤ = ٨ ، وهكذا يتم تطبيق القواعد على جميع الأنشطة.



الشكل (٥-٤١): الأوقات المبكرة لأنشطة المشروع.

- النهائية المبكرة للمشروع هي أكبر نهاية للأنشطة (ج، و، هـ)، وهي (١٠) أيام.
- المخطط السهـــمي مرسوم بطريقة النشاط على السهم (A.O.A) كما هو مبين في الشكل (٥-٤٢).



الشكل (٥-٤٢): المخطط الشبكي مرسوم بطريقة النشاط على السهم.

٢- المرور الخلفي (Backward Pass)

خلافًا للمرور الأمامي الذي يُعرِّفنا بوقتي البداية والنهاية المبكرين للأنشطة، فإن المرور الخلفي يبين وقتي البداية والنهاية المتأخرين لتلك الأنشطة في المشروع. وبينما نبدأ في المرور الأمامي من بداية المشروع باتجاه النهاية، فإننا نبدأ في المرور الخلفي من نهاية المشروع، ثم نعود إلى البداية، وهذا يفسر سبب تسميته بالمرور الخلفي، ويتم الإشارة إليه بالرمز ⟵ .

بعد إيجاد وقت النهاية المبكر للمشروع، فإننا نساويه بوقت النهاية المتأخر للمشروع، ونبدأ بالحسابات المتعلقة بإيجاد وقتي البداية والنهاية المتأخرين للأنشطة كما هو موضح في العلاقات الآتية:

أ - وقت النهاية المتأخر للمشروع يساوي وقت النهاية المبكر للمشروع فرضًا، أو تُحدِّده الإدارة، ويساوي أيضًا وقت النهاية المتأخر لنشاط النهاية:

(و ن ت) للمشروع = (و ن ب) للمشروع = (و ن ت) لنشاط النهاية.

ب- وقت البداية المتأخر للنشاط يساوي وقت النهاية المتأخر للنشاط، مطروحًا منه زمن النشاط:

(و ب ت) للنشاط = (و ن ت) للنشاط - الزمن للنشاط.

جـ- وقت النهاية المتأخر للنشاط يساوي وقت البداية المتأخر للنشاط اللاحق. وفي حال وجود أكثر من مسار، فإن وقت النهاية المتأخر للنشاط يكون أصغر وقت بداية متأخر من جميع الأنشطة اللاحقة:

(و ن ت) للنشاط = أصغر (و ب ت للأنشطة اللاحقة).

د- وقت البداية المتأخر للمشروع يساوي وقت البداية المتأخر لأول نشاط في المشروع:

(و ب ت) للمشروع = (و ب ت) لأول نشاط.

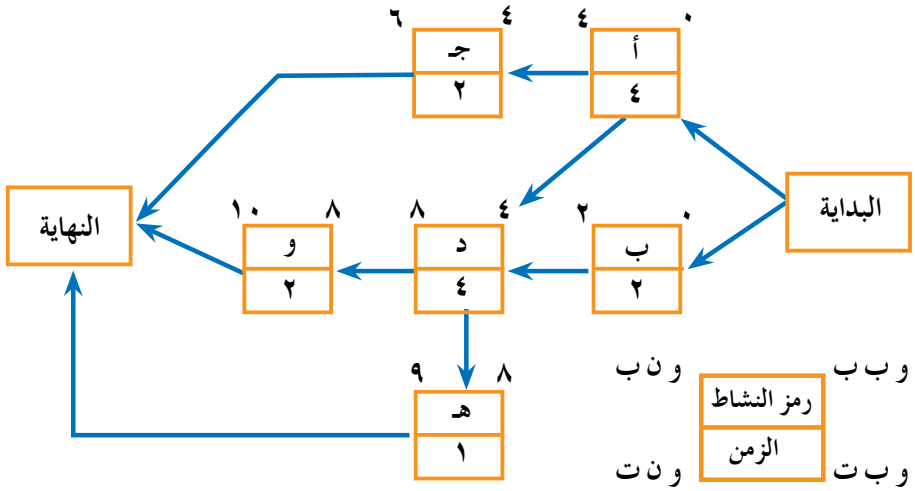
وفي حال وجود أكثر من مسار في بداية المشروع، فإن وقت البداية المتأخر للمشروع يكون أصغر آخر وقت ابتداءً لجميع الأنشطة:

(و ب ت) للنشاط = أصغر (و ب ت لجميع أنشطة البداية).

مثال

يبين الشكل (٥-٤٣) المخطط الشبكي للمشروع كما ورد في المثال السابق، ويظهر فيه وقتا البداية والنهاية المبكرين لأنشطة المشروع. جد وقت البداية المتأخر ووقت النهاية المتأخر لكل نشاط على الشبكة باستخدام المرور الخلفي.

بدايةً، يجب اختيار رمز للمرور الخلفي، وليكن :

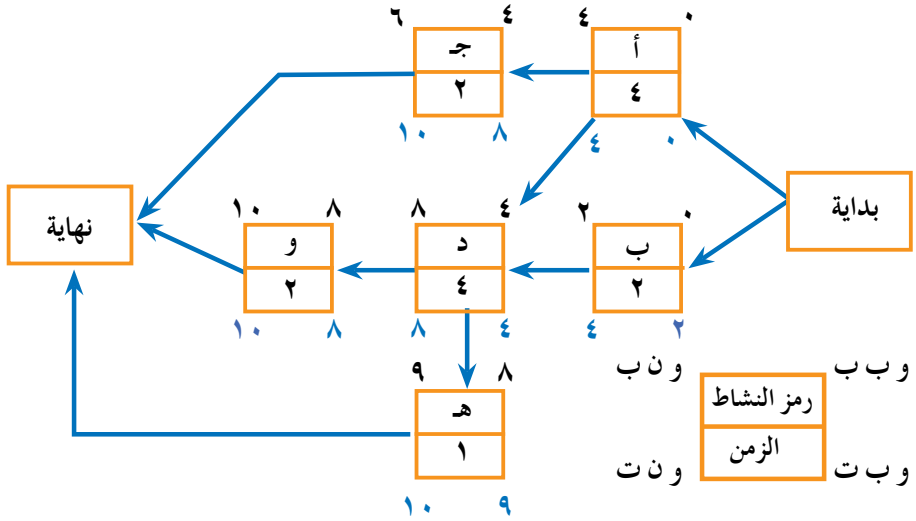


الشكل (٥-٤٣) : المخطط التصدري مُحدَّد عليه الوقت المبكر لأنشطة المشروع.

اعتمادًا على القواعد التي ذُكِرت في المرور الخلفي لحساب الأزمنة، فإن الوقت المتأخر للأنشطة يبدأ من آخر نشاط يحمل أكبر قيمة لوقت نهاية مبكر، وهي (١٠) وحدات زمنية؛ لذا يُعتمَد وقت نهاية متأخر للأنشطة (جـ، و، هـ)، وهي آخر أنشطة في المشروع. عند طرح قيمة مدة النشاط، كوقت النهاية المتأخر للنشاط، تُؤخَذ أقل قيمة لوقت البداية المتأخر للأنشطة اللاحقة، ثم تُخصَّص لوقت النهاية المتأخرة للنشاط السابق كما هو مبين في النشاطين (و)، و(هـ)؛ إذ إن وقت البداية المتأخر لهما هو (٨)، و(٩). بعد ذلك، نأخذ أقل قيمة، وهي (٨) بوصفها وقت

نهاية متأخرًا للنشاط السابق (د). وبالمثل، فإن وقت البداية المتأخر للنشاطين (جـ)، و(د) هو (٨)، و (٤)، حيث نأخذ أقل قيمة، وهي (٤) بوصفها وقت نهاية متأخرًا للنشاط السابق (أ)، وهكذا، انظر الشكل (٥-٤٤).

تجدر الإشارة إلى أن أكبر قيمة لوقت النهاية المبكر للمشروع تُعتمَد لوقت النهاية المتأخر للأنشطة النهائية للمشروع، وهي النهاية المتأخرة للمشروع.



الشكل (٥-٤٤): المخطط الشبكي للمشروع مرسوم بطريقة (A.O.N)، وعليه أوقات البداية المبكرة والمتأخرة لأنشطة المشروع.

تذكَّر

عند إجراء حسابات الأزمنة المتأخرة، فإن وقت النهاية المبكر لآخر نشاط في المشروع يساوي وقت النهاية المتأخر للمشروع، حيث يُبدَأ بآخر نشاط أو أنشطة لشبكة المشروع، وصولًا إلى أول نشاط في المشروع.

٣- الوقت الفائض/ المرونة (Float/ Slack)

لكل نشاط من أنشطة المشروع زمن بداية وزمن نهاية. ومدة النشاط هي الزمن الواقع بين بدايته ونهايته. تحتوي المشروعات التي تتكون شبكة أنشطتها من مسار واحد على زمن بداية واحد، وزمن نهاية واحد، والفرق بينهما يساوي مدة النشاط، لكن هذه المشروعات نادرة الوجود. وبوجه عام، فإن معظم المشروعات تحتوي على أنشطة متزامنة؛ أي تُنفَّذ في الوقت نفسه، ولهذا فإنها تتكون من مسارات عِدَّة. وعندما تتزامن الأنشطة، يصبح من المؤكد أن ينتهي تنفيذ أحدها

قبل الآخر، علمًا أن النشاط الذي يتبعهما لا يمكن أن يبدأ قبل تنفيذ كليهما. وإلى حين أن ينتهي النشاط الأطول، فإنه يوجد وقت فائض لدى النشاط المتقدم. والوقت الفائض، أو ما يسمى أحيانًا بالمرونة، هو مقدار التعويم الذي يتمتع به النشاط غير الحرج.

تُصنَّف أنشطة المشروع إلى نوعين من حيث وجود قيمة للمرونة، أو عدم وجودها. فالأنشطة التي تقع على المسار الحرج لا يوجد لها وقت فائض، وتسمى الأنشطة الحرجة، وهي الأنشطة التي ستؤدي إلى تأخير المشروع في حال تأخر تنفيذها، أما الأنشطة غير الحرجة فيوجد لها قيمة مرونة؛ أي يمكن تأخير وقتي البداية والنهاية المبكرين بمقدار هذه المرونة من دون تأخير المشروع كاملًا، مع ملاحظة ما يأتي:

أ – الوقت الفائض الإجمالي يكون رقمًا موجبًا أو صفرًا، ولا يمكن أن يكون رقمًا سالبًا إلا في حال وجود خطأ في الحساب، أو بدء المشروع كله متأخرًا عن موعده.

ب– الأنشطة الراكدة تخلو من أي أوقات فائضة.

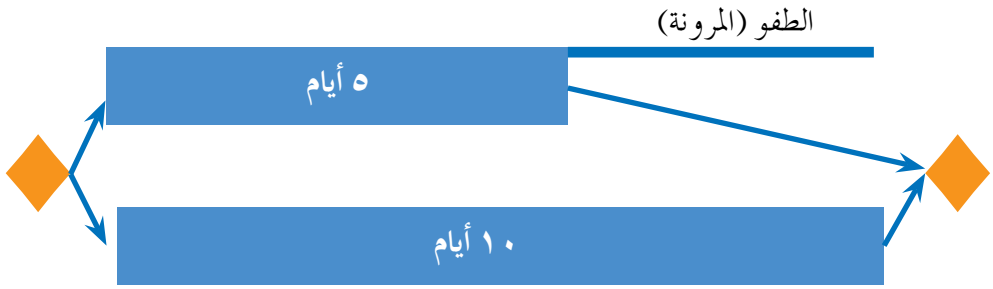
جـ– القيم الموجبة تعني إمكانية تأخر المشروع في حدود هذه القيم من دون أن يسبب ذلك تأخيرًا للمشروع كاملًا.

د – القيم الصفرية للفائض الإجمالي/ المرونة تعني عدم تأخير النشاط؛ فأي تأخير سيؤثر في المشروع كاملًا، ولذلك تسمى الأنشطة ذات الفائض الإجمالي الذي قيمته صفر بالأنشطة الحرجة.

من المعروف أن وقت البداية المبكر ووقت النهاية المتأخر يُمثِّلان الزمنين اللذين يجب إنجاز النشاط فيما بينهما. والمدة الزمنية الفائضة عن زمن النشاط فيما بين هذين الحدثين تسمى المرونة في إنجاز النشاط، وهي تنقسم (وفقًا لمدى تأثيرها في الأنشطة السابقة والأنشطة اللاحقة) إلى أنواع عِدَّة، وسنكتفي بتناول نوع واحد منها، هو المرونة الكلية، وسنرمز إليها بالرمز (م ك) (Total Float: TF)؛ وهي المدة الزمنية التي يمكن بها تأخير بدء النشاط من دون تأخير موعد إنهاء المشروع، انظر الشكل (٥–٤٥) الذي يبين مقدار الطفو لجزء من أنشطة أحد المشروعات.

مثال

احسب مقدار الطفو (المرونة) لجزء من أنشطة أحد المشروعات كما هو مبين في الشكل (٥–٤٥).



الشكل (٥–٤٥): مقدار الطفو (المرونة) لجزء من أنشطة مشروع ما.

يتبين من الشكل أن مقدار الطفو (المرونة) هو (٥) أيام، لماذا؟

يمكن حساب المرونة الكلية للنشاط باستخدام المعادلة الآتية:

المرونة الكلية للنشاط (م ك) تساوي وقت البداية المتأخر للنشاط مطروحًا منه وقت البداية المبكر للنشاط:

= (و ب ت) للنشاط – (و ب ب) للنشاط.

أو: تساوي وقت النهاية المتأخر للنشاط مطروحًا منه وقت النهاية المبكر للنشاط:

= (و ن ت) للنشاط – (و ن ب) للنشاط.

تذكَّر

– قيم المرونة جميعها للأنشطة الحرجة تقع دائمًا على المسار الحرج، وتساوي صفرًا.

– ليس شرطًا أن يقع كل نشاط حرج على المسار الحرج.

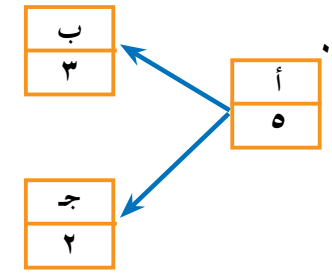
سؤال

احسب مقدار الطفو (المرونة) لجميع الأنشطة الواردة في المثال (٥–٢٠)، مُحدِّدًا من خلالها الأنشطة الحرجة والأنشطة غير الحرجة.

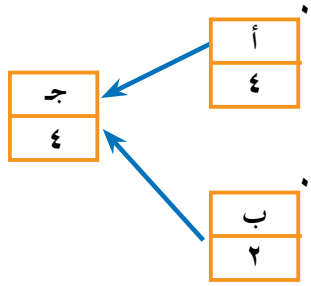
مثال

١– جد الأوقات المبكرة والأوقات المتأخرة للأنشطة في المثال (أ، ب) الآتي، علمًا أن وقت البداية المبكر لأول نشاط يساوي صفرًا.

٢– احسب مقدار المرونة للأنشطة (أ، ب، جـ) في الشكلين (أ) ، و(ب).

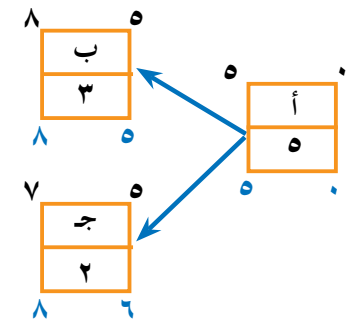


(أ)

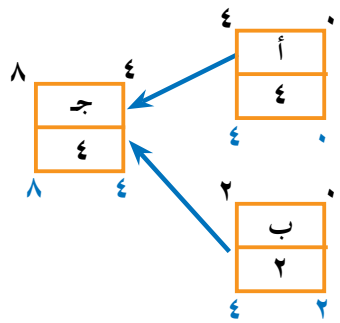


(ب)

الحل



(أ)



(ب)

لاحِظ أن وقت النهاية المتأخر للنشاط أ هو أقل قيمة لوقت البداية المتأخر للنشاطين (ب)، و(جـ) في ما يخص الشكل (أ)، وأن وقت البداية المبكر للنشاط (جـ) هو أعلى قيمة لوقت النهاية المبكر للنشاطين (أ)، و (ب) في ما يخص الشكل (ب).

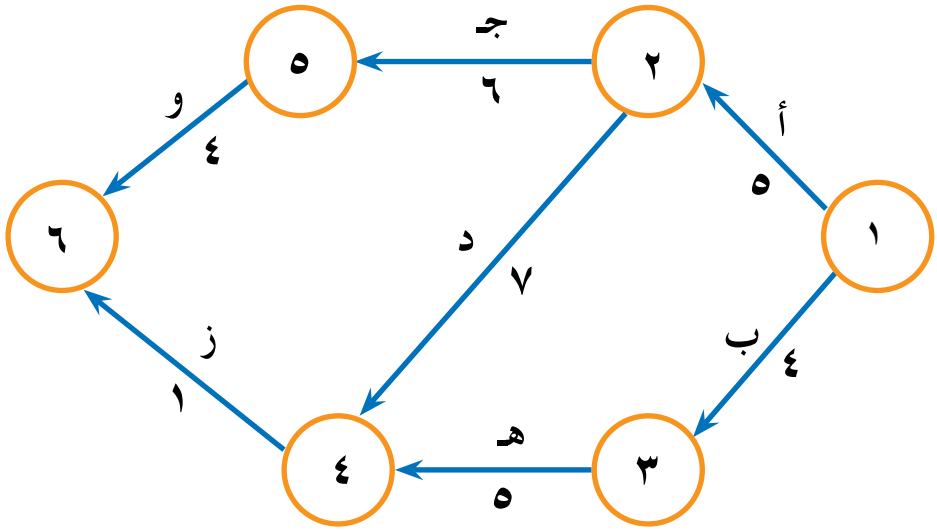
حساب المرونة:

الشكل (أ)	الشكل (ب)
النشـــاط (أ): ٥ – ٥ = ٠	النشـــاط (أ): ٤ – ٤ = ٠
النشاط (ب): ٨ – ٨ = ٠	النشاط (ب): ٤ – ٢ = ٢
النشاط (جـ): ٨ – ٧ = ١	النشاط (جـ): ٨ – ٨ = ٠

سؤال

أي الأنشطة في الشكلين (أ، ب) يُمثِّل نشاطًا حرجًا؟ أيها يُمثِّل نشاطًا غير حرج؟

تتكون شبكة أي مشروع من مسارات عِدَّة، تبدأ بعقدة البداية، وتنتهي بعقدة النهاية، مُشكِّلةً هيكل تدفق أنشطة المشروع، انظر الشكل (٥-٤٦).



الشكل (٥-٤٦): المخطط السهمي لشبكة مشروع.

- ما المسار الحرج؟
- ما الأنشطة الحرجة؟

لتعرُّف المقصود بالمسار الحرج والأنشطة الحرجة، يجب دراسة المخطط السهمي لشبكة المشروع من حيث: الأنشطة، وأزمنتها، وتتابعها.

لقد تعرَّفت سابقًا مصطلح (المسار الحرج)، ولكن من دون تفصيل لهذا المصطلح الذي يُبيِّنه الشكل (٥-٤٦)، والذي يشتمل على ثلاثة مسارات مختلفة تُمثِّل هيكل شبكة المشروع:

المسار الأول: يتألف من الأنشطة (١-٢)، و (٢-٥)، و (٥-٦).

المسار الثاني: يتألف من الأنشطة (١-٢)، و (٢-٤)، و (٤-٦).

المسار الثالث: يتألف من الأنشطة (١-٣)، و (٣-٤)، و (٤-٦).

وبملاحظة المدة التي تستغرقها سلسلة أنشطة كل مسار على حدة يتبين ما يأتي:

- مدة المسار الأول هي (١٥) يومًا (٥ + ٦ + ٤).
- مدة المسار الثاني هي (١٣) يومًا (٥ + ٧ + ١).
- مدة المسار الثالث هي (١٠) أيام (٤ + ٥ + ١).

لاحِظ أن المدة الممكنة لإنهاء المشروع هي (١٥) يومًا؛ إذ لا يمكن إنهاؤه في أقل من هذه المدة، وهي مدة أطول مسار في الشبكة؛ أي إن مدة المشروع الكلية تُحدَّد بمدة أطول مسار في الشبكة. وتأكيدًا على ذلك، فإن مدة سلسلة الأنشطة التي تُمثِّل أطول مسار في الشبكة تُعَدُّ أقصر مدة ممكنة لإنهاء المشروع، وأي تأخير لنشاط في مسار سلسلة الأنشطة سيؤدي إلى تأخير المشروع، ولهذا يُطلَق على هذه السلسلة اسم المسار الحرج للمشروع.

يكون النشاط حرجًا إذا أدى التأخير في بدئه إلى تأخير تاريخ إنجازه كاملًا، ويكون غير حرج إذا كانت طبيعة المشروع تسمح بالبدء به في وقت مبكر، أو بإنجازه في وقت متأخر من دون أن يؤثر ذلك في التاريخ المحدد لإنجاز المشروع كاملًا، علمًا أن النشاط غير الحرج يمتاز بوجود وقت فائض يمنح الإدارة مرونة في استخدام الموارد المتوافرة.

إن أي تأخير في المسار الأول المذكور آنفًا سيؤدي إلى إطالة أمد المشروع بمقدار التأخير نفسه، أما لو تأخر المسار الثاني مدة لا تتجاوز يومين فإنه لن يحصل أي تأخير في مدة المشروع الكلية، لذلك فإن هذا المسار ليس حرجًا، وكذا المسار الثالث؛ إذ قد يتأخر (٥) أيام من دون أن يؤدي ذلك إلى تأخير مدة المشروع الكلية.

يُطلَق على الأنشطة المؤلفة لسلسلة المسار الأول اسم الأنشطة الحرجة. ومن المهم جدًّا تعيين كل نشاط حرج في شبكة المشروع وتحديده بدقة ووضوح لتحديد سلسلة الأنشطة المكونة للمسار الحرج؛ لأن مدة ذلك المسار تحدد أقصر مدة ممكنة لإنجاز المشروع.

يُعرَّف المسار الحرج بأنه المسار الذي يستغرق أطول وقت ممكن، أو هو أطول مسار على الشبكة، ولا يوجد فيه وقت فائض، أو مرونة، وقد سمي بهذا الاسم لأنه يجب مراعاة المدة الزمنية لأنشطته مراعاة دقيقة، وعدم تجاوزها أبدًا؛ لأن ذلك يؤدي إلى تأخير المدة الزمنية المحددة لإنهاء المشروع كاملًا.

فالمسار الحرج يحتوي على مواعيد حرجة، يؤدي تأخيرها إلى تأخير تنفيذ المشروع كله.

يمكن تحديد المسار الحرج في هذه الطريقة عن طريق حصر جميع المسارات الممكنة، وحساب الوقت الذي يستغرقه كل مسار بجمع المُدَد الزمنية التي تستغرقها الأنشطة الموجودة داخل المسار، فيكون المسار الذي يستغرق أكبر مدة زمنية هو المسار الحرج.

١- خصائص المسار الحرج

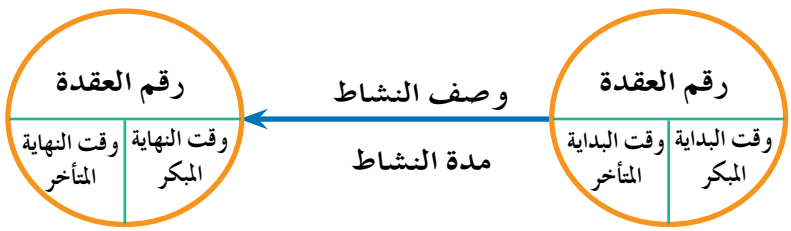
يمتاز المسار الحرج بخصائص عِدَّة، أبرزها:

أ - الطفو أو المرونة (Float) لكل أنشطة المسار الحرج يساوي صفرًا؛ ما يعني عدم وجود وقت فائض بين حدث البداية وحدث النهاية للنشاط، حيث يساوي مقدار الطفو(المرونة) للنشاط صفرًا.

ب- مجموعة أزمنة المسار الحرج تساوي زمن المشروع.

جـ- تمثيل المسار الحرج أقل زمن يمكن أن يُنفَّذ فيه المشروع.

د - المسار الحرج يمر بأول نقطة في المشروع (بداية المشروع)، وآخر نقطة فيه (نهاية المشروع)؛ إذ يمتد بين حدثين، ويساوي الزمن المبكر والزمن المتأخر للحدث السابق هذين الزمنين في النشاط الحرج، اللذين يساويان الزمن المبكر والزمن المتأخر للحدث اللاحق، انظر الشكل (٥-٤٧) الذي يُمثِّل نشاطًا، وحدث بدايته، وحدث نهايته، اللذين يظهر عليهما رقم العقدة أو الحدث، إلى جانب وقت البداية المبكر، ووقت البداية المتأخر، ووقت النهاية المبكر، ووقت النهاية المتأخر، ووصف النشاط، ومدته الزمنية.



الشكل (٥-٤٧): حدث البداية، وحدث النهاية، والنشاط.

هـ- اشتمال نقاط المسار الحرج على وقت البداية المبكر (و ب ب) الذي يساوي وقت البداية المتأخر، وكذلك وقت النهاية المتأخر الذي يساوي وقت النهاية المبكر (و ن ت) = (و ن ب).

و- أي تأخير لوحدة زمنية واحدة في أي نشاط من أنشطة المسار الحرج يؤدي إلى تأخير المشروع.

ز- احتمال وجود أكثر من مسار حرج واحد في شبكة المشروع، وفي هذه الحالة تكون مدة كل سلسلة متساوية، ويساوي كل منها مدة المشروع.

ح- تكلفة المشروع تساوي تكلفة جميع الأنشطة. إن التأخير في تنفيذ أي نشاط من الأنشطة الحرجة سيؤدي إلى تأخير تسليم المشروع. ومن المهم ملاحظة أن الوقت الفائض (أي قيم المرونة لجميع الأنشطة التي تقع على المسار الحرج) يساوي صفرًا، وأن المشروع قد يحوي أكثر من مسار حرج واحد، وأن الأنشطة التي تقع على المسار الحرج تسمى الأنشطة الحرجة خلافًا لباقي الأنشطة التي تسمى الأنشطة غير الحرجة.

يمكن إيجاد المسار الحرج للمشروع باستخدام واحدة أو أكثر من الطرائق الآتية:

أ - **المخطط الشبكي:** يمكن بهذه الطريقة حساب كل المسارات وأزمنتها في الشبكة، وتحديد المسار الحرج الذي يكون المسار الأطول زمنًا. فبناءً على المخطط الشبكي للمشروع، تُحدَّد جميع المسارات التي يمكن بها الانتقال من بداية المشروع إلى نهايته، ثم يُحسَب الزمن اللازم لإنجاز كل مسار من المسارات المحددة، فيكون المسار الحرج هو المسار الذي يستغرق أطول وقت لإنجازه.

يستخدم هذا الأسلوب في الشبكات محدودة الأنشطة، وذلك بحساب مجموع الأزمنة اللازمة لإنهاء كل الأنشطة للمسار الواحد، ثم المقارنة بين أزمنة المسارات، ثم اختيار المسار الأطول (يُمثِّل المسار الحرج) الذي يحدد أقل وقت لازم لإتمام المشروع. وبالرغم من سهولة هذا الأسلوب، فإنه لا يناسب إلا الشبكات البسيطة، ولا يحقق الغرض الرئيس من تحليل الشبكات، وهو تحديد جدول يتضمن وقت البدء ووقت الإنهاء لكل نشاط حتى يمكن إكمال المشروع في موعده.

ب- **أوقات النشاط الأربعة في المخطط:** يمكن بهذه الطريقة حساب الأوقات المبكرة والأوقات المتأخرة للأنشطة.

ولتحديد المسار الحرج، يتعين معرفة ما يأتي:

١. الوقت المبكر لبداية النشاط.

٢. الوقت المبكر لنهاية النشاط.

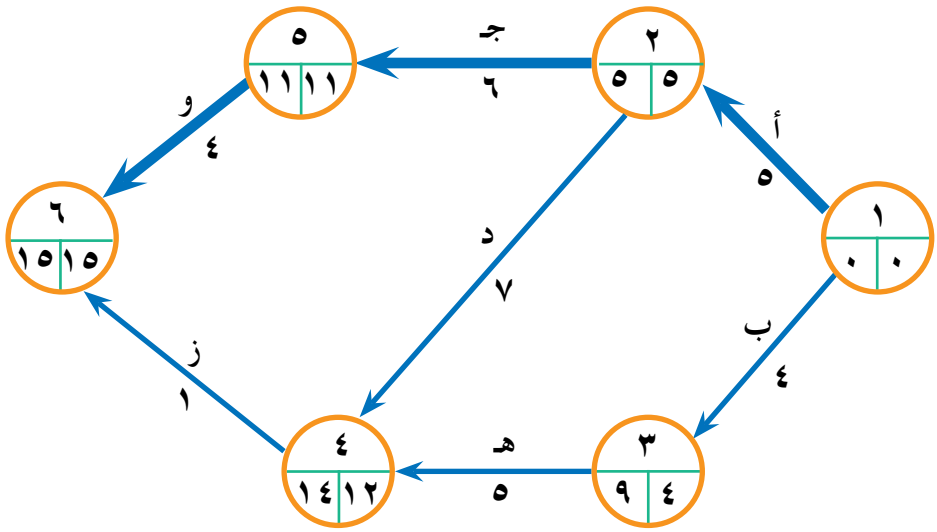
٣. الوقت المتأخر لبداية النشاط.

٤. الوقت المتأخر لنهاية النشاط.

جـ- **أوقات النشاط من الجدول:** تمتاز الأنشطة المكونة للمسار الحرج بأن قيم مرونتها تساوي صفرًا، وهذا يعني أنه بعد حساب قيم المرونة لكل أنشطة المشروع، فإن أي نشاط قيم مرونته تساوي صفرًا يكون نشاطًا حرجًا. وعليه، فإن سلسلة الأنشطة التي تربط حدث بداية المشروع بحدث نهايته تُكوِّن المسار الحرج.

٢- تمييز المسار الحرج في الشبكة وإظهاره

لتسهيل عملية تحديد سلسلة أنشطة المسار الحرج، يجب تمييز الأنشطة التي يكون طفوها (أو مرونتها الكلية) مساويًا للصفر، وذلك بتتبعها، ورسمها بخط غامق، أو مزدوج، أو ملون في شبكة المشروع (من بدايته إلى نهايته)، ويكون المسار الذي يُؤلِّف سلسلة تلك الأنشطة هو المسار الحرج للشبكة. ومن المُلاحَظ في أحداث سلسلة المسار الحرج المبينة في الشكل (٥-٤٨) أن الزمن المبكر لأي حدث في السلسلة يساوي الزمن المتأخر لذلك الحدث، كما في الأحداث ذات الأرقام: (١)، و (٢)، و (٥)، و (٦) التي تُؤلِّف سلسلة الأنشطة (١-٢)، و (٢-٥)، و (٥-٦). أما الأحداث المؤلفة للمسارات الأخرى غير الحرجة فإن زمنها المبكر لا يساوي الزمن المتأخر، وهذه طريقة سهلة لتمييز الأحداث والأنشطة الحرجة في الشبكة.



الشكل (٥-٤٨): تمييز المسار الحرج.

سؤال

ارسم المخطط الشبكي أعلاه بطريقة المخطط التصدري (A.O.N).

٣- أهمية تحديد المسار الحرج

يفيد تحديد المسار الحرج في أمرين:

أ – تحديد الأنشطة المهمة التي يجب على الإدارة أن تُركِّز الاهتمام عليها، وتمنحها العناية الكافية لإنجازها في الوقت المحدد؛ لأن أي تعطيل لها، أو تأخير في مدتها يؤدي إلى تأخير مماثل في مدة المشروع. ولهذا يجب التركيز على الأنشطة الحرجة، وتوفير الموارد اللازمة لها (عمالة، معدات، مواد) لإنجازها في الوقت المحدد.

ب– تحديد الأنشطة الحرجة في شبكة المشروع، وتصنيف مسارات شبكة المشروع تبعًا لمقدار المرونة، أو الطفو المتاح في كل مسار منها؛ ما يفضي إلى تحديد أولويات المشروع، وترتيب مراحله من حيث الأهمية، فتحدد الأجزاء والمناطق التي يجب التركيز عليها ومنحها الاهتمام الكافي، في ما يُطلقَ عليه في علم الإدارة اسم الإدارة بالحذف؛ ما يسهم في توفير وقت الإدارة وجهدها، ويسمح لها بالتركيز على الأنشطة المهمة في كل مرحلة من مراحل المشروع.

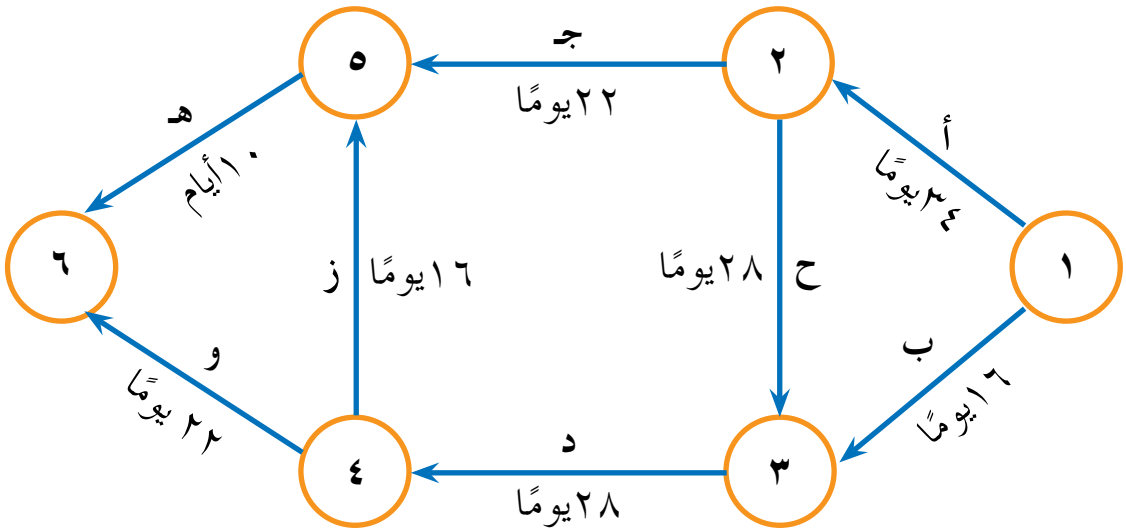
مثال

يُمثِّل الجدول التالي قائمة الأنشطة لأحد المشروعات:

١- ارسم شبكة العمل (رسم النشاط على السهم) للأنشطة، ثم رقِّم احداثها.

٢- جد المسار الحرج من المخطط الشبكي.

رمز النشاط	حدث النشاط	الزمن (باليوم)	الأنشطة السابقة
أ	١-٢	٣٤	-
ب	١-٣	١٦	-
جـ	٢-٥	٢٢	أ
د	٣-٤	٢٨	ب، ح
هـ	٥-٦	١٠	جـ، ز
و	٤-٦	٢٢	د
ز	٤-٥	١٦	د
ح	٢-٣	٢٨	أ



الشكل (٥-٤٩): رسم شبكة المشروع.

الحل

١- تُرسَم شبكة المشروع بناءً على معطيات الجدول، وتتابع الأنشطة، انظر الشكل (٥-٤٩).

٢- يتم إيجاد المسار الحرج بتحليل جميع المسارات، وإيجاد أطوالها:

المسار	الزمن اللازم
أ، جـ، هـ	٣٤+٢٢+١٠= ٦٦ يومًا.
ب، د، و	١٦+٢٨+٢٢= ٦٦ يومًا.
أ، ح، د، و	٣٤+٢٨+٢٨+٢٢= ١١٢ يومًا.
ب، د، ز، هـ	١٦+٢٨+١٦+١٠= ٧٠ يومًا.
أ، ح، د، ز، هـ	٣٤+٢٨+٢٨+١٦+١٠= ١١٦ يومًا.

يتبين مما سبق أن المسار (أ، ح، د، ز، هـ) يُمثِّل المسار الحرج، وأن المسار (أ، جـ، هـ) والمسار (ب، د، و) يُمثِّلان أقصر طريق لتنفيذ العمل. وبناءً على المعلومات المتوافرة لدى القائمين على المشروع، يُتَّخَذ القرار الملائم، مع مراعاة الإمكانات المتوافرة، أو التي يمكن توفيرها؛ إذ قد يتطلب إنجاز العمل في وقت أقل تخصيص موارد مالية، أو توفير عناصر بشرية إضافية.

مثال

يُمثِّل الجدول الآتي مجموعة من الأنشطة اللازمة لإنهاء أحد المشروعات، والزمن المتوقع لإنجاز كل نشاط، إضافةً إلى الأنشطة السابقة لكل نشاط:

١- ارسم الشبكة، مُحدِّدًا مساراتها بطريقة النشاط على السهم (A.O.A).

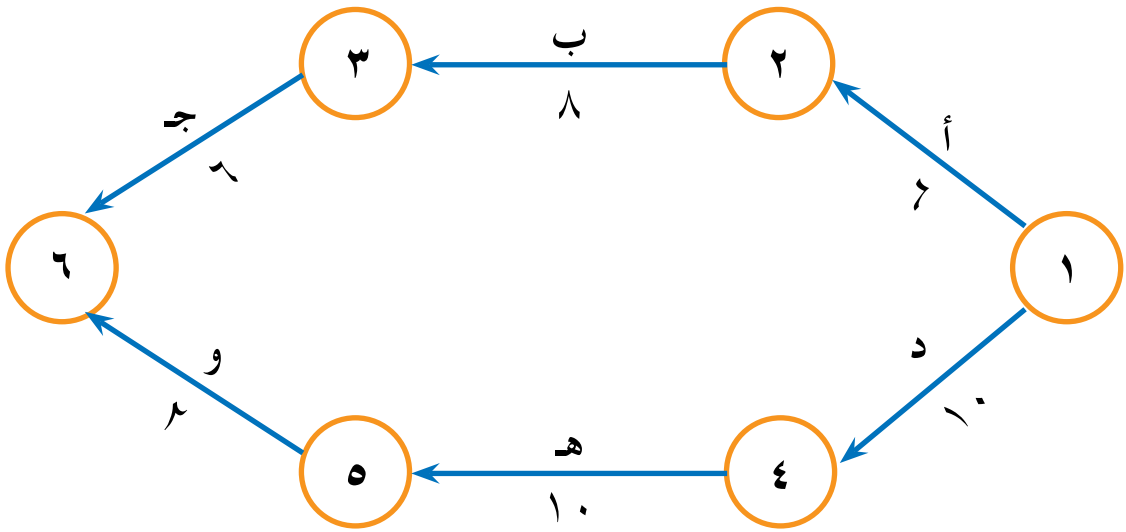
٢- جد المسار الحرج.

رمز النشاط	النشاط السابق	الزمن (بالأسبوع)
أ	----------	٦
ب	أ	٨
جـ	ب	٦
د	----------	١٠
هـ	د	١٠
و	هـ	٢

الحل

١- تُرسَم شبكة المشروع بناءً على معطيات الجدول، وتتابع الأنشطة، انظر الشكل (٥-٥٠).

٢- يتم إيجاد المسار الحرج بتحليل جميع المسارات، وإيجاد أطوالها.



الشكل (٥-٥٠): رسم شبكة المشروع.

يُلاحَظ وجود مسارين في الشبكة، هما:

المسار الأول: أ (١، ٢) ب (٢، ٣) جـ (٣، ٦)

الوقت المتوقع = ٦ + ٨ + ٦ = ٢٠ أسبوعًا.

المسار الثاني: د (١، ٤) هـ (٤، ٥) و (٥، ٦)

الوقت المتوقع = ١٠+١٠+٢ = ٢٢ أسبوعًا.

إذن، المسار الحرج هو المسار الثاني الذي يُعَدُّ أطول مسار في الشبكة، فيكون الزمن الكلي لإنجاز المشروع هو (٢٢) أسبوعًا.

أسئلة الوحدة

١- وضِّح المقصود بكلٍّ من الآتي:

أ -المسار الحرج للمشروع.　　ب -الأنشطة الحرجة.

جـ -الشبكة.　　د -الحدث.

هـ -النشاط.　　و -المسار

ز -المرونة.　　ح-الزمن التفاؤلي.

ط -الزمن الأكثر احتمالًا.　　ي -الزمن التشاؤمي.

٢- اذكر مزايا استخدام المخططات الشبكية في إدارة المشروعات.

٣- يُصنَّف الحل بنظام الشبكات إلى طريقتين، اذكرهما.

٤- ما الفرق بين تمثيل المخطط الشبكي باستخدام طريقة المخطط السهمي وطريقة المخطط التصدري؟

٥- اذكر أهم قواعد رسم المخططات الشبكية ومعاييرها.

٦- عدِّد العناصر الرئيسة للشبكة.

٧- وضِّح كيف يُنشَأ مخطط جانت.

٨- اذكر مزايا خرائط جانت.

٩- اذكر عيوب خرائط جانت.

١٠- ارسم مخطط جانت للأنشطة المبينة في الجدول الآتي، علمًا أن النشاط (ص) يبدأ بعد بدء النشاط (س) بأسبوعين، والنشاط (ع) يبدأ مع بدء النشاط (ص)، والنشاط (و) يبدأ بعد نهاية النشاط (ع) مباشرة:

رمز النشاط	اسم النشاط	زمن النشاط (بالأسبوع)
س	تجهيز المكان.	٢
ص	شراء الأدوات.	٣
ع	شراء قطع الغيار.	٤
و	مرحلة التسوق.	٢

١١- ما الخصائص التي تتصف بها أنشطة المشروع؟

١٢- يبين الجدول الآتي (٤) أنشطة. ارسم المخطط السهمي لها بطريقة النشاط فوق السهم (A.O.A).

رمز النشاط	النشاط السابق
أ	ـــــ
ب	أ
جـ	أ
د	ب، جـ

١٣- ما الفرق بين الأنشطة الحرجة والأنشطة غير الحرجة؟

١٤- اذكر خصائص المسار الحرج.

١٥- ماذا يُمثِّل كل رقم من الأرقام في الشكل الآتي؟

١٦- اذكر الطرائق التي يمكن بها إيجاد المسار الحرج للمشروع.

١٧- تنقسم الأنشطة إلى قسمين أساسيين، اذكرهما.

١٨- تستخدم الأنشطة الوهمية في ثلاث حالات. وضِّح كلًّا منها، مستعينًا بالرسم.

١٩- تنقسم الأنشطة إلى مجموعتين رئيستين، هما: الأنشطة المتعاقبة، والأنشطة المتوازية. وضِّح كلًّا منهما بالرسم.

٢٠- يبين الشكل الآتي معلومات النشاط في طريقة المخطط التصدري. وضِّح ما يعنيه كلٌّ من الرموز داخل المستطيل:

و ب ب	رقم النشاط	و ن ب
وصف النشاط		
و ب ت	زمن النشاط	و ن ت

٢١- كيف يُمثَّل النشاط في المخطط السهمي، والمخطط التصدري؟

٢٢- هل يمكن أن تحتوي شبكة المشروع على أكثر من مسار حرج؟

٢٣- ما المقصود بطريقة تقييم البرنامج ومراجعته؟ متى تستخدم هذه الطريقة في إدارة المشروعات؟

٢٤- اذكر الأوقات الأربعة للأنشطة في المخططات الشبكية للمشروع.

٢٥- يبين الجدول الآتي (٤) أنشطة. ارسم المخطط الشبكي لها بطريقة المخطط التصدري (النشاط في العقدة أو الخانة) (A.O.N).

رمز النشاط	النشاط السابق
أ	ـــــ
ب	ـــــ
جـ	أ
د	أ، ب

٢٦- يُمثِّل الجدول الآتي قائمة الأنشطة لأحد المشروعات. ارسم المخطط التصدري (النشاط في القطب) (A.O.N) الذي يُمثِّل هذه الأنشطة، ثم ضع رمز كل نشاط داخل العقدة.

رمز النشاط	زمن النشاط (باليوم)	الأنشطة السابقة
أ	٤	–
ب	٣	–
جـ	٥	أ
د	٦	ب
هـ	٨	جـ
و	٢	د
ز	٤	د

٢٧- كيف يمكن إيجاد مدة المشروع؟ ما الخطوات الحسابية الواجب اتباعها؟

٢٨- يتكون المسار الحرج من أنشطة متصلة تفي بشروط محددة. ما الشروط التي يجب توافرها في المسار ليكون حرجًا؟

٢٩- ميِّز في ما يأتي النشاط من الحدث بوضع إشارة (✓) في الخانة المناسبة إزاء العبارة:

الرقم	نشاط	حدث	العبارة
١			البدء بإنشاء مصنع.
٢			تغليف المُنتَج.
٣			تركيب قطع الغيار.
٤			وصول الآلات المستوردة.

٣٠- جد الوقت المتوقع لكل نشاط في المشروع الآتي:

رمز النشاط	الزمن (باليوم)		
	التفاؤلي	الأكثر احتمالاً	التشاؤمي
أ	٢	٣	٤
ب	٢	٤	٦
جـ	٣	٧	١١
د	١	٢	٣
هـ	٢	٥	٨
و	١	٢	٣
ز	٢	٦	١٠
ح	٢	٣	٤

٣١- ادرس المعلومات الآتية المتعلقة بإنشاء مشروع لمصنع ما، ثم ارسم شبكة العمل بطريقة النشاط على السهم لبناء هذا المصنع حسب تعاقب العمليات المشار إليها.

المسار	رمز النشاط	الزمن اللازم لإنجاز النشاط
١-٢	أ	٣
٢-٣	ب	٢
٢-٤	جـ	٥
٣-٥	د	٣
٤-٥	هـ	٢

٣٢ – مشروع مكون من (٩) أنشطة، و(٦) حوادث، والجدول التالي يوضح الأنشطة والزمن لكلٍّ منها:

أ – ارسم المخطط السهمي بطريقة النشاط على السهم (A.O.A) الذي يُمثِّل هذه الأنشطة، ثم رقِّم أحداثها.

ب– جد المسار الحرج من المخطط الشبكي.

رمز النشاط	أ	ب	ج	د	هـ	و	ز	ح	ط
النشاط	١–٢	١–٣	٢–٣	٢–٤	٣–٤	٣–٥	٤–٦	٤–٥	٥–٦
الزمن	٥	١٢	٣	٨	١٥	١٠	١٢	٤	٣

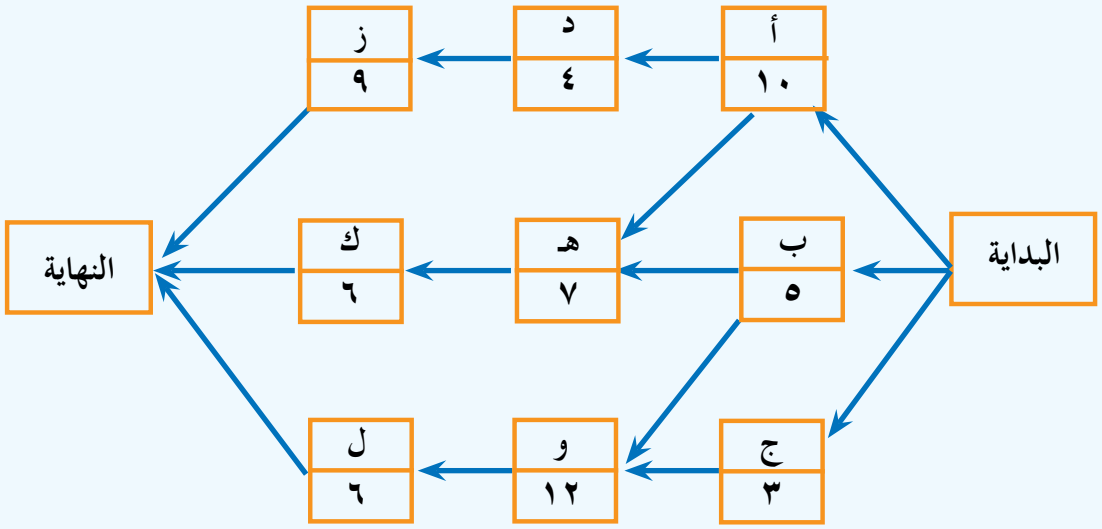
٣٣ – يبين الشكل التالي المخطط التصدري لمشروع ما:

أ –ارسم شبكة العمل باستخدام المخطط السهمي (طريقة النشاط على السهم) (A.O.A).

ب– جد أوقات النهايات المبكرة والمتأخرة لجميع الأنشطة.

جـ– جد المسار الحرج بطريقة الأنشطة الحرجة، والطفو، وتحليل المسارات.

د – جد مقدار الطفو (المرونة) لكل نشاط.



قائمة المراجع

١- إبراهيم المحمد الفرج، وجمال اليوسف. **أسلوب مراجعة وتقييم البرامج**، جامعة دمشق.

٢- أحمد يوسف دودين. **إدارة المشاريع المعاصرة (نظري، وكمي)**، ط١، ٢٠١٤م.

٣- **إدارة صناعية في تخصص صيانة الآلات الميكانيكية**. المملكة العربية السعودية، المؤسسة العامة للتدريب المهني والتقني.

٤- م. جاسم حسين زناد. **محاضرات مادة إدارة الصيانة**، جامعة بغداد.

٥- سامح عبد المطلب، وعلاء محمد سيد قنديل. **تخطيط ومراقبة الإنتاج في المؤسسات الصناعية والخدمية**، ط١، ٢٠٠١م، دار الفكر ناشرون وموزعون.

٦- عبد الرشيد بن عبد العزيز حافظ. **أسلوب تحليل الشبكة في مشروعات المكتبات ومراكز المعلومات**، جامعة الملك عبد العزيز، جدة.

٧- غالب جليل صويص، وراتب جليل صويص، وغالب يوسف عباسي. **أساسيات إدارة المشاريع**، ط١، ٢٠١٠م.

٨- غالب العباسي، ومحمد نور برهان. **إدارة المشاريع**، ط١، ٢٠٠٩م.

٩- فؤاد زميت. **مذكرة إدارة المشاريع باستعمال التحليل الشبكي**.

١٠- محمد خليل. **مبادئ الإدارة مع التركيز على إدارة الأعمال**، ط١، عمّان، دار المسيرة للنشر والتوزيع.

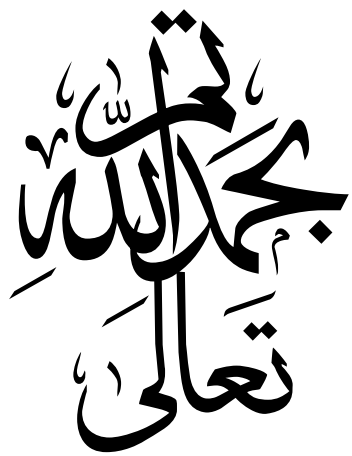
١١- محمد عبد الفتاح الصيرفي. **الأسلوب الكمي في تخطيط المشروعات «شبكات الأعمال للمبتدئين»**، ط١، ٢٠٠٢م.

١٢- منيب أمين شديد وزملاؤه. **الإدارة والسلامة الصناعية/ المستوى الأول، للمرحلة الثانوية، الفرع الصناعي**، ط٢، ٢٠١١م.

١٣- موسى محمد الدرابيع. **إدارة المشاريع**، ط١، ١٩٩٦م.

١٤- ميس حاج رشيد. **محاضرات مادة تخطيط وتنظيم المصانع**، منشورات جامعة حلب.

١٥- ياسر عربيات. **المفاهيم الإدارية الحديثة**، عمّان ، دار الجنادرية للنشر والتوزيع.


تم بحمد الله تعالى