

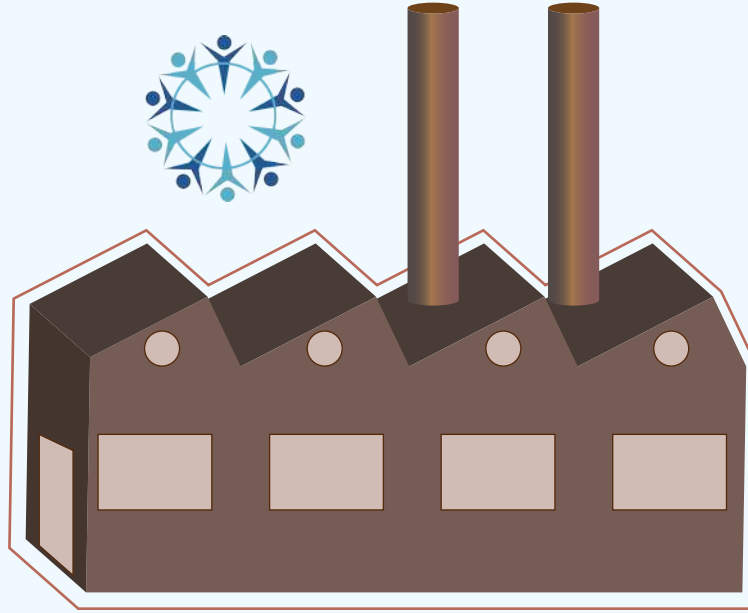


إدارة المناهج والكتب المدرسية

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: 5 8-4617304، فاكس: 4637569، ص.ب: 1930، الرمز البريدي: 11118

أو بوساطة البريد الإلكتروني: E-mail: VocSubjects.Division@moe.gov.jo

قررت وزارة التربية والتعليم تدرّيس هذا الكتاب في مدارس المملكة الأردنية الهاشمية جميعها بدءاً من العام الدراسي 2020م/2021م، بناءً على قرار مجلس التربية والتعليم في الجلسة رقم 2018/67م، تاريخ 2018/9/25م.

الحقوق جميعها محفوظة لوزارة التربية والتعليم

عمّان - الأردن / ص . ب : 1930

رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية

(2018/10/5549)

ISBN: 978 -9957 -84 -863 -7

تأليف

م. باسل محمود غضية

م. حمد عزات أحمر و

التحرير العلمي:

م. حمد عزات أحمر و

التحرير اللغوي: نضال أحمد موسى التحرير الفني: نداء فؤاد أبو شنب

التصميم: نايف "محمد أمين" مراشدة الإنتاج: د. عبدالرحمن سليمان أبو صعيلىك

دقق الطباعة: م. محمد عبد اللطيف أبو رحمة

راجعها: م. "محمد أمين" جبر أبو دوش

1440هـ / 2019م

2020-2022م

منهاجي
متعة التعليم الهادف



الطبعة الأولى

أعيدت طباعته

قائمة المحتويات

الصفحة	الموضوع
5	المقدمة
7	الفصل الدراسي الأول
9	الوحدة الأولى: مدخل إلى إدارة المشروعات الصناعية
11	أولاً: مدخل عام إلى إدارة المشروعات
16	ثانياً: خصائص المشروع
17	ثالثاً: تخطيط المشروع
21	رابعاً: جدولة المشروع
25	خامساً: الرقابة على المشروع
26	سادساً: الجدوى الاقتصادية للمشروع
28	سابعاً: تقويم المشروع
30	ثامناً: الجودة
34	أسئلة الوحدة
37	الوحدة الثانية: دورة حياة المشروع
38	أولاً: أساسيات دورة حياة المشروع
40	ثانياً: تنظيم دورة حياة المشروع
44	ثالثاً: مزايا دورة حياة المشروع
47	أسئلة الوحدة
49	الوحدة الثالثة: تخطيط المنشآت الصناعية وتنظيمها
51	أولاً: اختيار موقع المصنع
54	ثانياً: أبنية المصانع
57	ثالثاً: مخططات المصانع وتجهيزاتها
60	رابعاً: حاجات المصانع
63	خامساً: الدورة الإنتاجية

الصفحة	الموضوع
66	سادساً: التخطيط المنهجي للمصنع
68	أسئلة الوحدة
71	الفصل الدراسي الثاني
73	الوحدة الرابعة: إدارة الصيانة
75	أولاً: أساسيات إدارة الصيانة
79	ثانياً: تخطيط أعمال الصيانة
81	ثالثاً: تطبيق أعمال الصيانة
87	رابعاً: الصيانة الإنتاجية الشاملة
89	خامساً: الاستبدال (Replacement)
90	سادساً: تكاليف الصيانة
97	أسئلة الوحدة
99	الوحدة الخامسة: مدخل إلى شبكات الأعمال وتطبيقاتها
101	أولاً: خرائط جانث (Gantt Chart)
103	ثانياً: أساسيات المخططات الشبكية
105	ثالثاً: تمثيل شبكات الأعمال (Network Programming)
106	رابعاً: قواعد رسم المخططات الشبكية ومعاييرها
109	خامساً: عناصر الشبكة
112	سادساً: طرائق رسم الشبكة الممثلة للمشروع
116	سابعاً: طريقة المخطط السهمي (A.O.A)
126	ثامناً: طريقة المخطط التصديري (A.O.N)
131	تاسعاً: طريقة تقييم البرامج ومراجعتها (Program Evaluation & Reviw Technique)
133	عاشراً: حساب الأزمنة المبكرة والأزمنة المتأخرة للشبكة الممثلة للمشروع
142	حادي عشر: المسار الحرج
151	أسئلة الوحدة
156	مسرد المصطلحات
158	قائمة المراجع

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

جاء هذا الكتاب منسجماً مع خطة التطوير التربوي وتطوير المناهج الدراسية وتحديثها؛ ليسهم في تنمية مهارات التفكير لدى الطلبة نظرياً وتطبيقياً، 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 استكمالاً لما درسه الطالب في الوحدة الأخيرة من مبحث الإدارة والسلامة الصناعية للصف الحادي عشر، وقد اشتمل على موضوعات جديدة شائعة 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



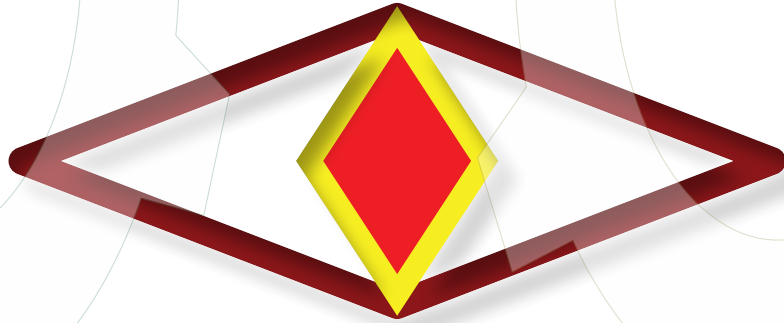
الفصل الدراسي الأول

منهاجي
مؤسسة التعليم المنهاجي



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؟

منهاجي
متعة التعليم الهادف



يُعدُّ 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 1950م، ثم شهد العديد من التطورات.

إن نجاح المشروعات يرتبط بكل خطوة من خطوات تنفيذها، بدءًا بالفكرة والتطبيق، وانتهاءً بالتحسين والتطوير، فضلاً 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، وتيسير 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 كل 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.

1- مفهوم الإدارة

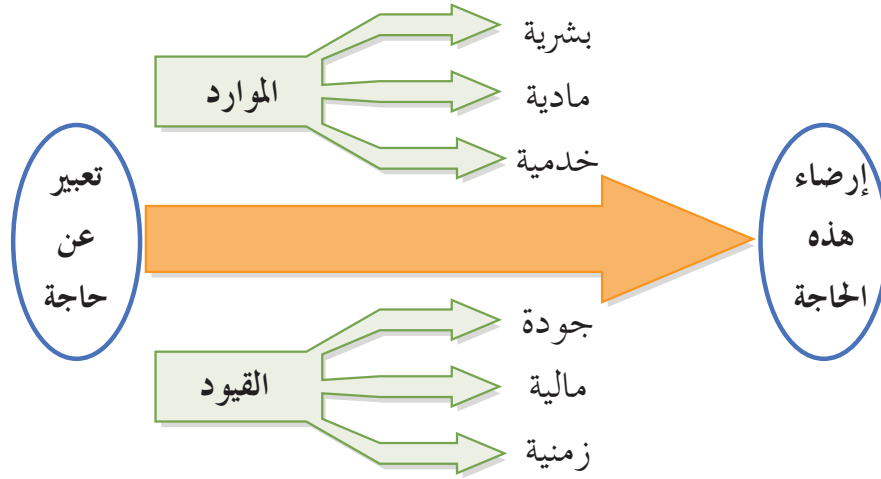
يرتبط علم الإدارة بتنسيق أعمال المشروع وتنظيمها، والمواءمة بين الموارد عن طريق تنفيذ وظائف الإدارة الخمس، وهي: التخطيط، والتنظيم، والتوجيه، والتنسيق، والرقابة. وتسعى هذه الوظائف إلى تحقيق جملة من الأهداف بالاستخدام الأمثل للموارد. توجد تعريفات عدة للإدارة، ويُعدّ التعريف الآتي أكثرها شمولاً: عملية تحقيق الأهداف المرسومة باستغلال الموارد المتاحة وفق منهج محدد ضمن بيئة معينة. تُصنّف أنواع المنظمات التي تقوم على الإدارة إلى زراعية، وصناعية، وخدمية، أو إلى عامة وخاصة، أو إلى كبيرة ومتوسطة وصغيرة، أو إلى محلية ودولية. يُنظر إلى الإدارة بوصفها بُعداً إدارياً 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 عملياً لعمليات الإدارة (التخطيط، والتنظيم، والتوجيه، والتنسيق، والرقابة) التي تُعدّ من وظائف المدير. فالإدارة عملية أساسية لازمة لتسيير شؤون الإنسان والمجتمع، وتنظيم أسس العلاقات بين الأفراد؛ ما يؤدي إلى تحقيق أهداف كل من الفرد والمجتمع.

2- إدارة المشروعات وتسييرها

يُعدّ مفهوم الإدارة والتسيير من المفاهيم المهمة التي تتكرر كثيراً في عالم الاقتصاد والأعمال، والتي تتعدد دلالاتها؛ فقد تُعبّر 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 الملاحظ أن الباحثين يستخدمون هذين المفهومين للدلالة على المعنى نفسه، وهو ما يُعدّ 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 عدّة لمفهوم تسيير المشروع، وهذه أبرزها:

1. فن التوجيه والتنسيق للموارد البشرية والمادية طوال مدة المشروع، وذلك باستعمال تقنيات حديثة؛ تحقيقاً لهدف محدد سلفاً (مدة الإنجاز، والتكلفة، والجودة، وإرضاء الزبائن، وأهمية المشروع).
 2. مجموعة من العمليات التي تتضمن فن التوجيه والتنسيق للموارد البشرية والمادية.
- انظر الشكل (1-1) الذي يبين قيام نظام تسيير المشروع على تجميع مركبات، ثم الربط والتنسيق في ما بينها.



الشكل (1-1): مركبات المشروع.

يُلاحظ 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:

1. التحكم في التكاليف، ومراعاة مدة الإنجاز ومواصفات المشروع الفنية.
2. صياغة القرارات اليومية لتنفيذ المشروع.
3. التحكم في الجودة؛ بغية إرضاء الزبائن والعملاء.
4. تسيير الموارد لمختلف الأنشطة.

يُعدُّ نظام تسيير المشروع أداة فاعلة لجمع المعلومات اللازمة لفهم المشكلات التي تعترض تنفيذ المشروع، ثم 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.

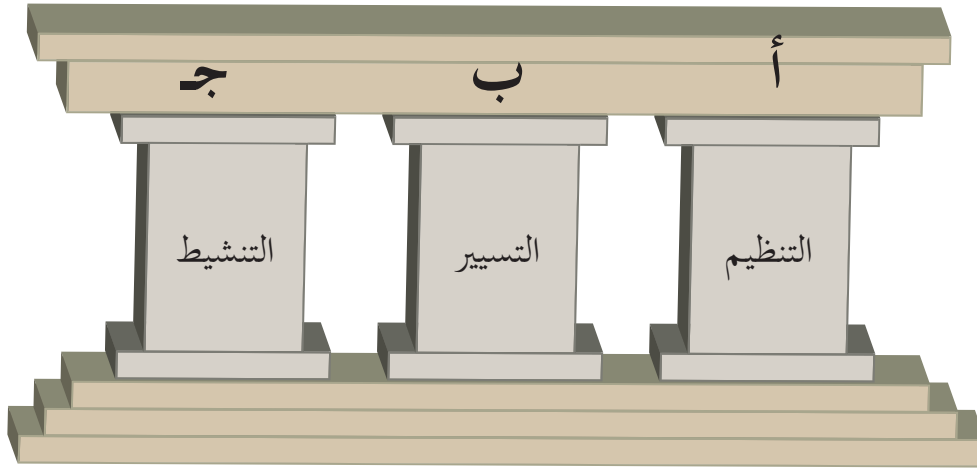
ب- مفهوم إدارة المشروع: يمكن تعريف مفهوم إدارة المشروع بأنه العملية التي تشمل جميع الواجبات والمهام والوظائف ذات العلاقة بإنشاء المشروع؛ بغية تحقيق أهدافه بكفاءة وفاعلية ضمن معايير الزمن والكلفة والجودة التي تحدد مساره خلال جميع مراحلها. فإدارة المشروع تُعنى بتطبيق المعرفة والمهارات والأدوات والأساليب التقنية على أنشطة المشروع لتحقيق متطلبات البدء، والتخطيط، والتنفيذ، والمراقبة، والتحكم، والإغلاق. ويُعدُّ 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، ويُعهد إليها ما يأتي:

1. تحديد أهداف المشروع.
2. تحديد الوسائل وجميع الإمكانيات المتوافرة لتحقيق هذه الأهداف.
3. تحليل مختلف المخاطر التي يتعين على الإدارة مواجهتها في مرحلتها إعداد المشروع والتنفيذ. تشمل 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 عدَّة، 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 (1 - 2). أما التنظيم، فيتعلق بتحديد الأدوار والتنسيق بين الجهود؛ ما يوجب اتخاذ القرارات. وأما التسيير، فيرتبط بمتابعة المشروع يوميًّا على نحو يسمح بتقديم معلومات

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



الشكل (1-2): الدعائم الثلاث لإدارة المشروع.

3- مفهوم المشروع

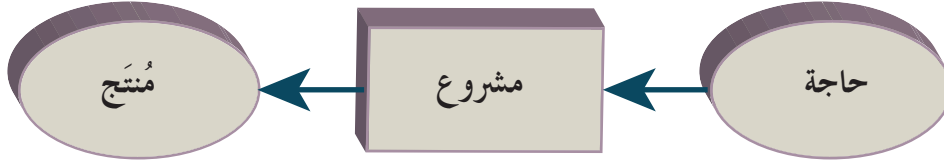
توجد تعريفات عدّة للمشروع تختلف باختلاف وجهات نظر الباحثين والدارسين في مجال إدارة المشروعات، وهي لا تتعارض مع بعضها، وإنما تُمثّل مجتمعة تعريفاً شاملاً للمشروع. يمكن تعريف المشروع بأنه مجموعة من الأنشطة المرتبطة معاً التي تُشكّل سلسلة من المهام، تبدأ وتنتهي بصورة واضحة، وتنفّذ بطريقة منظمة؛ بغية إيجاد خدمة أو منتج يحقق هدفاً تنموياً، وهي تتطلب موارد مالية وبشرية.

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

يمكن وصف المشروع بأنه:

- أ - سلسلة من الأنشطة ذات أهداف محددة زماناً ومكاناً.
- ب- عملية تسعى إلى تحقيق هدف تنموي.
- ج- عملية تتطلب توافر موارد مالية وبشرية.
- د - مهمة محددة ينبغي إنجازها في زمن محدد لتحقيق أهداف معينة (تقديم مُنتج، أو خدمة ما)؛ على أن تكون التكاليف محددة، والمجال متفقاً عليه سلفاً.

- 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، لكل منها آليات وطرائق مختلفة لتحديد الأهداف، وثقافة خاصة بها، انظر الشكل (1-3).



الشكل (1-3): رؤية مبسطة للمشروع.

4- المشروعات الفرعية

تقسم المشروعات غالبًا مكونات يمكن إدارتها بسهولة، أو 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.
- ج - المشروعات الفرعية المحكومة بمتطلبات مهارات الموارد البشرية، مثل عمال السباكة والكهرباء الواجب استخدامهم في أحد مشروعات البناء.
- د - المشروعات الكبيرة جدًا التي قد تحتوي فيها المشروعات الفرعية مجموعة من المشروعات الفرعية الصغرى.

ثانياً خصائص المشروع

يمتاز المشروع بخصائص عدة، هي:

1 - المؤقت

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

2 - التفرد

يُمثّل التفرد إحدى خصائص المشروع المهمة، مثل تشييد عدة آلاف من المباني الإدارية، التي يكون لكل منها مالك واحد، وتصميم، ومقاول مختلف، علمًا أن وجود عناصر مكررة لا يُغيّر من عنصر التفرد لعمل المشروع.

3 - التنقيح المطرد (التطوير المستمر)

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

4 - عقدة المشروع

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

5 - وجود هدف معين يُنجز مرة واحدة.

6 - وجود أنشطة عدة يجب تنفيذها لإتمام المشروع.

7 - القيود

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



ثالثاً تخطيط المشروع

التخطيط هو وضع خطة عمل لتنفيذ المشروعات، وغالباً ما يُنظر إليه كونه 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 عدّة، تبدأ بتعريف المشروع، ثم تحديد أهدافه الخاصة، وتنفيذ مجموعة من العمليات، وتنتهي بالتسليم النهائي للمشروع. وتعدّ هذه العملية مهمة جداً؛ لأنها تساعد المؤسسات على إيجاد نظام متكامل في عمليات المشروع المتابعة، وتُمثّل التخطيط المستقبلي الذي يستند إليه مدير المشروع، والذي يساعده على تحديد أهم الوثائق الخاصة بالمشروع التي تُعدّ المرجعية الرئيسة لكل ما اتفق 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 الإمكانيات البشرية والإدارية والمالية اللازمة له.

1- أهمية التخطيط

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



- تمثل أهمية التخطيط في تحقيق الأهداف الآتية :
- أ - تنفيذ المشروع خلال المدة المحددة (المتفق عليها في التعاقد).
- ب- تحقيق التوازن بين الموارد والحاجات.
- ج- 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.
- ز - تحديد إطار موحد للعمل، و اتخاذ القرارات داخل المؤسسة .
- ح - تحديد اتجاه المؤسسة، أي الوجة التي تسعى إليها و غرضها الرئيس .

2- 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.
- ج- **التنبؤ:** محاولة النظر إلى المستقبل بدراسة أحداث الماضي والحاضر، ووضع الافتراضات لما سيكون عليه الوضع مستقبلاً؛ إذ لا يمكن وضع خطة من دون وضع افتراضات مستقبلية. والتنبؤ هو عملية مهمة جداً؛ إذ يتعين على الإداريين التفكير في المستقبل، وفي المشكلات التي يتوقع حدوثها فيه؛ لحلها قبل وقوعها، أو الاستعداد لها على الأقل.
- د - **الإجراءات:** يُقصد بها تحديد خطوات تنفيذ العمليات من حيث الكيفية، والتسلسل الزمني.
- هـ- **البرامج الزمنية:** يُقصد بذلك الكشوف التي توضح العمليات المطلوب تنفيذها خلال مدة محددة من الزمن، وتبين بصورة أساسية وقت الابتداء والانتهاء لكل عملية من عمليات المشروع. ويُعدُّ 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:

1. تقسيم المشروع المطلوب تنفيذه عمليات أو أنشطة فرعية، ثم تقسيم الأنشطة الفرعية أنشطة صغرى، وهكذا.
2. ملاحظة التسلسل الزمني لهذه الأنشطة، وعلاقة بعضها ببعض.
3. اتخاذ قرارات عن كيفية تنفيذ الأنشطة، وتحديد العناصر المادية والبشرية اللازمة لتنفيذ المشروع.
4. تقدير الوقت اللازم لتنفيذ كل نشاط.
5. تحديد وقتي الابتداء والانتهاى لكل نشاط.

3- أنواع التخطيط

يقسم التخطيط ثلاثة أنواع رئيسية، 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.
- ج- **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 من يوم إلى شهر، وتتولى الإدارة الوسطى وضعه بالتعاون مع الإدارة التنفيذية.

4- خصائص التخطيط

يتصف التخطيط بالسمات والخصائص الآتية:

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

يُحدّد 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 اقتصره على بعض النواحي دون الأخرى. فوجود خطط فرعية لكل قسم من أقسام المؤسسة (مع ارتباطها جميعاً بالخطة الرئيسة) يؤدي إلى توحيد الجهود نحو تحقيق الأهداف العامة المشتركة. ومن دون ذلك فقد تلتزم بعض الأقسام التخطيط، خلافاً لأقسام أخرى؛ ما يؤدي إلى الاضطراب في العمل، وفقدان التوازن، وعدم المقدرة على تحقيق أهداف المؤسسة.

ج- الواقعية: يُقصد 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 مبنياً على أساس الفهم الكامل لجميع العناصر والعوامل التي يحويها محيط المؤسسة، التي تحكم نموها، وتحدد اتجاهها ووضعها مستقبلاً.

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 أية حالة جمود أو نشوء وضع قد يكون عائقاً أمام تحقيق الأهداف.

5- مراحل تخطيط المشروع

تبدأ عملية تخطيط المشروع بتعريف المشروع ثم تحديد أهدافه الخاصة، وإجراء عديد من العمليات، وتنتهي بالتسليم النهائي للمشروع. تهدف هذه المراحل إلى مساعدة المؤسسات على إنشاء نظام متكامل في عمليات المشروع، وتمثل في ما يأتي:

أ - **مرحلة التعريف بالمشروع:** تُمثّل 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، والبدايل المختلفة في مجالاته التسويقية والتقنية، وعرض النتائج والبيانات والخرائط التي تساعد على فهم المواصفات.

ج- **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 منسجماً مع البرنامج الذي وضعه المستفيد، زادت درجة إنجازها.

د - **مرحلة البرمجة:** تشمل هذه المرحلة جمع المعلومات اللازمة لمرحلة التصميم في برنامج يبين خطوات اكتمال المشروع المتفق على إنجازها؛ ففي هذه المرحلة يُنجز المشروع فعلياً.

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

و - **مرحلة القبول:** يكشف المستفيد وطالب المشروع عن المشروع نفسه، وعن أجزائه في هذه المرحلة التي تسمى أيضاً 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. وإذا لاحظ وجود أخطاء ثانوية في أثناء التنفيذ فإنه يعمل على إصلاحها وفقاً للعقد المُوقَّع بين المستفيد من المشروع والجهة التي أنجزته.

رابعاً جدولة المشروع

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

يُقصد بجدولة المشروع تحويل خطة المشروع إلى جدول زمني لتشغيل المشروع، بدءاً في لحظة مباشرة العمل فيه، مروراً 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 وفقاً لذلك.

تتضمن عملية الجدولة على الجوانب الآتية:

أ - إنشاء شبكة أعمال المشروع

ب- تخطيط المشروع

ج- ضبط المشروع



جدولة المشروع أهمية كبيرة تتمثل في ما يأتي:

- أ - تُعدُّ جدولة المشروع مدخلاً رئيساً لبناء نظم التخطيط والتوجيه والرقابة.
- ب- تبين الجدولة حالة الاعتمادية والتداخل لجميع الأنشطة، ووحدات العمل، وحزم العمل، والمهام في المشروع.
- ج- 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 سلباً 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 محدد سلفاً؛ ما يسهل عملية التنسيق، ويقلل من الصراع.

تمر جدولة المشروع بثلاث مراحل، هي:

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

1. تحليل أنشطة المشروع إلى وحدات، ثم تجزئة كل وحدة إلى مجموعة أنشطة متماثلة من حيث المهمة والوقت المستغرق في تنفيذها، فضلاً عن تحليل هذا المستوى إلى المستويات الدنيا وفق مفهوم تجزئة هيكل العمل.
2. بناء شبكة عمل المشروع (Network)، بدءاً من تحديد 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:

1. تحديد الوقت اللازم لإنجاز كل نشاط من أنشطة المشروع.
2. تقدير التكاليف اللازمة لإنجاز كل نشاط من الأنشطة.
3. تقدير التكاليف الكلية اللازمة لإنجاز المشروع.
4. تخصيص الموارد المالية والموارد البشرية اللازمة لكل نشاط من أنشطة المشروع.

ج- الرقابة: تشمل هذه المرحلة ما يأتي:

1. التحقق من تنفيذ العمل وفق ما خطط له، وعدم حدوث معوقات في التنفيذ، مثل تأخر تنفيذ بعض الأنشطة عن الوقت المحدد.
2. التحقق من عدم وجود اختلافات بين الموارد المادية والموارد البشرية المستخدمة والكميات المقدرة في الخطة.
3. إجراء التصحيحات اللازمة لمعالجة الانحرافات (إن وُجدت)، والعمل على تجنب حدوثها في المراحل اللاحقة من المشروع.

4- تقنيات جدولة المشروع

توجد تقنيات وطرائق عدّة لجدولة المشروعات، أبرزها:

أ - خرائط جانت (Gantt charts)

ب- البرمجة الشبكية (Network programming)

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. وتُمثّل الرقابة أحد عناصر نشاط الإدارة.

1- مفهوم الرقابة على المشروع

يُقصد 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 أُرسيت لتوضيح الأخطاء والانحرافات حتى يمكن تصحيحها وتجنب الوقوع فيها مرة أخرى.

2- أنواع الرقابة

تُصنّف الرقابة إلى ثلاثة أنواع، هي:

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

ب- الرقابة الجارية: يُقصد 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.

- ج- الرقابة اللاحقة:** تركز هذه الرقابة على نواتج الأنشطة التنظيمية، وتتلخص مهماتها في ما يأتي:
1. تزويد المديرين بالمعلومات التي تساعد على تقييم فاعلية الأنشطة التنظيمية، والمسؤولين عنها.
 2. استخدامها أساسًا للتقييم ومكافأة الأفراد. فقد يُربط بين الدقة والجودة في المنتج والمكافأة التي يحصل عليها الفرد؛ ما يحدد إنتاج كل فرد والمكافأة المستحقة بناءً على ذلك.
 3. مساعدة المديرين على معرفة المسؤول عن المدخلات أو العملية الإنتاجية؛ لإجراء التعديلات اللازمة في أي من المراحل.

3- أهمية رقابة المشروع

- تُعَدُّ رقابة المشروع أمرًا ضروريًا 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 والجدول الزمنية الموضوع.
 - ب- **التكلفة:** يجب مراجعة الموازنة المالية المخطط لها لكل مرحلة من مراحل المشروع، والتأكد من عدم وجود عجز أو خلل فيها.
 - ج- **الجودة:** يرتبط مدى التقدم في الإنجاز بالمعايير التقنية المعمول بها والمواصفات التي حُدِّدت من قبل.

سادسًا الجدوى الاقتصادية للمشروع

يُقصد بالجدوى الاقتصادية قياس ما يتوقع أن يحققه المشروع من فوائد (مكاسب) تبعًا لتكاليف إنشائه. ولتعرف مدى ربحية المشروع بعد مدة محددة، 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 : (مطالعة ذاتية)

افتراض أنك تريد إنشاء مشروع صغير يتمثل في شراء محركات سيارات مستعملة وتنظيفها وصيانتها، ثم بيعها في السوق، وأنت وجدت مخزنًا مناسبًا، خلوه (6000) دينار، وأجرته السنوية (1200) دينار، وكلفة التجهيزات والمعدات (600) دينار تقريبًا، وعدد المحركات التي يمكن بيعها شهريًا (6) محركات، وكلفة التراخيص والماء والهاتف والصرف الصحي (900) دينار تقريبًا، وكلفة التنظيف والخدمة والصيانة لكل محرك (10) دنانير، وكلفة شراء المحرك الواحد من المصدر (200) دينار، وأجر العامل المهني (150) دينارًا، علمًا أنك لا تنوي تأمين المشروع، أو عمل دعاية له.

إذا علمت أن معدل ثمن بيع المحرك الواحد في السوق (400) دينار، ومعامل استهلاك الخلو (2%)، ومتوسط معامل استهلاك المعدات والتجهيزات (15%)، والتكاليف الثابتة المطلوبة للمشروع متوافرة لديك، ومعدل الفائدة الذي يمكنك الحصول عليه من استثمار أموالك في مجال آخر (1%) شهريًا، فاحسب الجدوى الاقتصادية للمشروع.

الحل

$$1 - \text{التكاليف الثابتة} = \text{الخلو} + \text{تكلفة التجهيزات والمعدات}$$

$$= 6000 + 600 = 6600 \text{ دينار.}$$

قيمة الاستهلاك السنوي للتكاليف

$$= 2\% \times \text{الخلو} + 15\% \times \text{كلفة التجهيزات والمعدات}$$

$$= 2\% \times 6000 + 15\% \times 600 = 210 \text{ دنانير.}$$

$$2 - \text{التكاليف السنوية الجارية}$$

$$= \text{الأجرة السنوية} + \text{كلفة الخدمات (ماء، وكهرباء، ...)} + \text{الرواتب}$$

$$= 1200 + 900 + 12 \times 150 = 3900 \text{ دينار.}$$

$$3 - \text{تكاليف المحركات وصيانتها وخدمتها سنويًا}$$

$$= \text{عدد المحركات} \times \text{ثمنها} + \text{عدد المحركات} \times \text{كلفة خدمتها وصيانتها}$$

$$= 6 \times 12 \times 200 + 6 \times 12 \times 10$$

$$= 14400 + 720 = 15120 \text{ دينارًا.}$$

4 - مجموع قيمة الاستهلاك والتكاليف الجارية وتكاليف المحركات وخدمتها

$$= 210 + 3900 + 15120 = 19230 \text{ دينارًا.}$$

5 - التكلفة الكلية للمحرك الواحد سنويًا

$$= \text{مجموع التكاليف} \div \text{عدد المحركات}$$

$$= 19230 \div 72 = 267 \text{ دينارًا.}$$

6 - الحد الأدنى لسعر بيع المحرك

$$= \text{التكلفة الكلية للمحرك} + \text{الأجرة الشهرية التي تقدرها لنفسك، مقسومة على عدد}$$

$$\text{المحركات المتوقع بيعها شهريًا} + \text{بدل قيمة الفائدة الشهرية على التكاليف الثابتة}$$

$$= 267 + (6 \div 300) + 1\% \times 6600 = 383 \text{ دينارًا.}$$

7 - تحديد الجدوى الاقتصادية للمشروع

يُطرح الحد الأدنى لسعر بيع المحرك من السعر الدارج في السوق للمحرك، فإذا كانت النتيجة

صفرًا أو أكثر (قيمة موجبة) كان المشروع مجديًا اقتصاديًا:

السعر الدارج في السوق للمحرك - الحد الأدنى لسعر بيع المحرك

$$= 400 - 383 = 17 \text{ دينارًا. قيمة موجبة، يعني أن المشروع مجدي اقتصاديًا.}$$

النتيجة

المشروع مجدي اقتصاديًا؛ أي يتوقع منه تشغيلك براتب يُقدَّر بنحو (300) دينار شهريًا، إضافة إلى

الربح الشهري لبيع المحركات، وهو $6 \times 17 = 102$ دينار شهريًا.

سابعًا تقويم المشروع

تتمثل أهمية تقويم المشروع في المساعدة على تعرّف وضع المشروع ماليًا، وتسويقيًا، وإنتاجيًا.

فمن دون تقويم المشروع، لا يمكن معرفة مدى ربحيته أو خسارته، ولا يمكن أيضًا اتخاذ قرارات

تتعلق بإدارته، أو توسيعه، وزيادة حجم إنتاجيته. وبناء على ذلك يمكن تعريف تقويم المشروع بأنه

القدرة على معرفة وضع المشروع ماليًا وتسويقيًا وإنتاجيًا ومدى ربحه أو خسارته وحساب أدنى

معدل إنتاج يمكن بيعه بالسعر المقبول في السوق لضمان تحقيق ربح معقول .

إذا تخيلت نفسك صاحب محجر، فهل تحكم على نجاح مشروعك بناءً على كمية الحجارة

الكبيرة أم الكمية المبيعة؟ قد يعمل المحجر بصورة جيدة، وتبيع كميات كبيرة من الحجارة؛ ولكنك لا تقبض أثمانها كاملة؛ لأن جزءاً منها يكون في صورة ذمم، أو يستخدم في شراء مواد أولية، أو في صيانة المعدات وغيرها. وقد تجد نفسك عاجزاً عن تسديد الفواتير الخاصة بالمشروع، أو تضطر إلى الاستدانة لتسديد التزامات المشروع، لذا؛ يتعين عليك أولاً تقويم المشروع، والتأكد أنه يحقق ربحاً، وحساب أدنى معدل إنتاج يمكن بيعه بالسعر المقبول في السوق؛ لضمان تحقيق ربح معقول، علماً أن تقويم المشروع يكون بحساب الأرباح والخسائر، وإعداد الميزانية.

1- حساب الأرباح والخسائر

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

2- إعداد الميزانية

يمكن تشبيه الميزانية بالميزان ذي الكفتين؛ فهو يتكون من شقين: أحدهما يُمثّل قيمة ما لديك، والآخر يُمثّل ما يتعين عليك الدفع مقابلَه. وخلافاً لحساب الأرباح والخسائر الذي يظهر وضع مشروعك في مدة زمنية معينة، فإن الميزانية تظهر وضعه في اللحظة أو اليوم الذي أُجريت فيه. يمكن الحصول على المعلومات اللازمة لإعداد الميزانية من السجلات المالية العادية المستخدمة في أي مشروع صغير، ومنها دفتر الأستاذ.

يتطلب إعداد الميزانية أيضاً 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.
- ج - 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.

عندما تذهب إلى السوق لشراء سلعة ما، فإنك تختار غالبًا سلعة بحسب ما تملك من نقود. وقد تلاحظ وجود أشكالٍ عدّة لهذه السلعة في السوق، فهل اختيارك شكلاً محددًا للسلعة يعني أنها ذات جودة أعلى أم 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؟ لإجابة هذه الأسئلة وغيرها، يتعين عليك أولاً أن تتعرف مفهوم الجودة، وكيفية ضبطها.

1- مفهوم الجودة

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

إذا افترضنا أنك صانع حقائب جلدية، فما الجودة التي ستقدمها للمشتريين علمًا أن الجلود والخيوط المستخدمة في صناعة الحقائب مختلفة (منها الطبيعي، ومنها الصناعي)؟ وفي حال أعلنت للمشتريين أن حقائبك مصنوعة من الجلد الطبيعي، فإنه يتعين عليك الالتزام بذلك؛ لأن المواد الأولية تُعدُّ عاملاً مهمًا 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.

يُطلق 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.
- ج- تحديد الانحرافات عن مستوى الجودة المطلوب (إن وُجدت)، وتقصي أسبابها.
- د - معالجة أسباب حدوث الانحرافات، والعمل على عدم تكرارها.

2- مراحل عملية ضبط الجودة

تتطلب عملية ضبط الجودة جميع مراحل الإنتاج، بدءًا بتسليم المواد الأولية، ومرورًا بعمليات تصنيعها المختلفة، وانتهاءً بالمنتج الجاهز. وتحمل عملية ضبط الجودة عنوان التحسين المستمر عبر التفاعل الدائم في مراحل الإنتاج.

يمكن تقسيم عملية ضبط الجودة إلى المراحل الآتية:

أ - ضبط جودة المواد الأولية: إذا أردت شراء ألواح من خشب السويد لاستخدامها في صنع خزانة لك، فإنه يتعين عليك أولاً 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 يُمثل تقييماً لمستوى جودة ألواح الخشب (المادة الأولية)، اعتماداً على معايير محددة سلفاً. وهذه المعايير بناء على ما سبق، هي:

1. درجة الاستواء.
2. عدم التشقق.
3. عدم التقوس.
4. قلة العقد الخشبية.
5. الطول.

ب - ضبط جودة عمليات الإنتاج: يمكن التمثيل على هذه المرحلة بعملية القص والتسنين لمسورة معدنية. فبعد تجهيز المسورة وقصها وفق الطول المناسب، تبدأ عملية التسنين اليدوية. ولكن، هل يمكن اختيار لقمة تسنين ذات قطر ($\frac{3}{4}$) إنش لمسورة قطرها ($\frac{1}{2}$) إنش؟ إذن،

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

ابدأ بتجهيز طرف الماسورة لإدخال لقمة التسنين، بإزالة الشوائب المتبقية من عملية القص، ثم بدء عملية التسنين بتحريك ذراع لقمة التسنين في الاتجاه الصحيح، وتدويرها مرات عدّة، ثم تنظيف الزوائد بحركة عكسية، واستمر في عملية التسنين حتى تصل إلى طول التسنين المطلوب، لنفرض أنه (2) سم.

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

1. استواء مقطع الماسورة.
2. عدم وجود تلف في الأسنان.
3. تجهيز فتحة الماسورة لعملية التسنين.
4. طول السن.

قد يتبادر إلى ذهنك السؤال الآتي:

ما علاقة الجودة بالمنافسة؟ لاشك في أنه توجد علاقة مباشرة بينهما. فبقدر التزامك المواصفات الموضوعية، فإنك تقدم للمشتريين بضائع مطابقة لهذه المواصفات، فتزداد ثقتهم بك، ويقدمون على شراء المزيد من منتجاتك، فتستطيع منافسة الآخرين.

ج- فحص المُنتجات واختيارها: توجد طرائق عدّة لفحص المُنتجات، تختلف باختلاف

الصناعات. فمثلاً، تختلف طرائق الفحص المتبعة في الصناعات الإلكترونية عنها في الصناعات الغذائية، ويُعزى ذلك الاختلاف إلى خصوصية كل صناعة.

وبوجه عام، يمكن فحص المُنتجات بإحدى الطرائق الآتية:

1. الفحوص المخبرية (الفيزيائية، والكيميائية).
 2. القياس باستخدام أدوات القياس المختلفة.
 3. الحس باستخدام حاسة النظر، والشم، واللمس.
- يُذكر أن عملية الفحص تهدف إلى تعرّف عيوب المُنتج، وتحديد مدى مطابقته للمواصفات.

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

هـ- **فحص العينات:** إن الهدف من فحص العينات هو معرفة المقبول والمرفوض بحسب المواصفات الموضوعية، وهذا يتطلب أخذ عينات من المنتج، ثم فحصها. وفي بعض الحالات، يجب فحص جميع المنتجات. إذا تعذر ذلك؛ لكثرة عدد الوحدات المنتجة، يمكن اختيار بعضها عشوائياً، ثم فحصها للتحقق من مطابقتها للمواصفات.

تعتمد طريقة الفحص على نوع الصناعة، وخصائص المنتج. وبوجه عام، يجب مقارنة نتائج الفحص بالمواصفات المطلوبة، مثل مقارنة قطر قضيب معدني بالمواصفات المحددة، ومقدار التجاوز المسموح به. إذا وُجد وجود خلل ما، فإنه يجب اتخاذ إجراء معين. وبعد المقارنة، يُصدر الحكم على القطعة التي فُحصت، وتحديد إذا كانت مطابقة للمواصفات، أو غير مطابقة لها. أحياناً، يمكن إجراء التعديلات المطلوبة لتصبح القطعة مطابقة للمواصفات. يجب أيضاً تدوين النتائج والمعلومات الخاصة بالقطعة في محل خاص لذلك. وتعدُّ عملية التسجيل جزءاً من نظام ضبط جودة المنتجات، ويمكن استخدام هذه المعلومات في تحسين الجودة مستقبلاً.



أسئلة الوحدة

- 1 - وضح المقصود بكل من المفاهيم الآتية:
الإدارة ، إدارة المشروعات، تسيير المشروع ، تخطيط المشروع ، جدولة المشروع ، الجودة، الجدوى الاقتصادية للمشروع ، تقويم المشروع.
- 2 - ما الجوانب التي يعالجها نظام تسيير المشروع؟
- 3 - بين مهام كل من:
أ- عملية إدارة المشروع. ب- عملية تسيير المشروع.
- 4 - ضع إشارة (√) إزاء العبارة الصحيحة، وإشارة (X) إزاء العبارة غير الصحيحة .
أ- الرقابة في أثناء تحويل المدخلات إلى مخرجات تسمى الرقابة الجارية () .
ب- المرحلة التي تمثل بداية التفكير في إنجاز المشروع والبحث عن أسباب الحاجة إليه تسمى مرحلة التصميم () .
ج- الرقابة التي تُركز على أنواع الأنشطة التنظيمية تسمى الرقابة السابقة () .
- 5 - عدد خصائص المشروع.
- 6 - وضح المقصود بكل خصيصة من خصائص المشروع الآتية:
أ- المؤقت. ب- التفرد.
ج- عقدة المشروع.
- 7 - ما عناصر التخطيط؟
- 8 - تمر جدولة المشروع بثلاث مراحل، اذكرها.
- 9 - ما الجوانب التي تشملها عملية الجدولة.
- 10 - وضح أنواع الرقابة على المشروع .
- 11 - تتركز الرقابة على المشروعات في ثلاثة جوانب أساسية، بينها.

12 - ما مراحل عملية ضبط الجودة؟

13 - علل :

تسهم جدولة المشروع في تخفيف الخلافات الشخصية والصراعات على الموارد.

14 - ارسم كلاً مما يأتي رسماً تخطيطياً مبيناً عليه عناصره .

أ- رؤية مُبسطة للمشروع .

ب- الدعائم الثلاث لإدارة المشروع .

ج- مركبات المشروع .

15 - ارسم دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في ما يأتي :

(1) يُسمى السجل الذي يُبين الانخفاض الذي طرأ على قيمة الآلات والمعدات :

أ- سجل المخزون . ب- سجل المشتريات . ج- سجل الجرد . د- سجل الفواتير .

(2) واحدة في ما يأتي ليست من الجوانب الأساسية التي تركز عليها الرقابة في المشروع :

أ- التكلفة . ب- الاستمرارية . ج- الجودة . د- الوقت .

(3) مجموع المشكلات التي تعترض تنفيذ المشروع خلال دورة حياته، تسمى :

أ- التنقيح المطرد . ب- المؤقت . ج- التفرد . د- عقدة المشروع .

(4) واحدة مما يأتي ليست من موارد تسيير المشروع :

أ- زمنية . ب- خدمية . ج- مادية . د- بشرية .

(5) التخطيط الذي يهدف إلى تحقيق أهداف المشروع الفرعية هو التخطيط :

أ- طويل المدى . ب- متوسط المدى . ج- قصير المدى . د- اللحظي .

(6) تسمى المرحلة التي تُجمع خلالها المعلومات اللازمة لمرحلة التصميم في برنامج يبين خطوات اكتمال

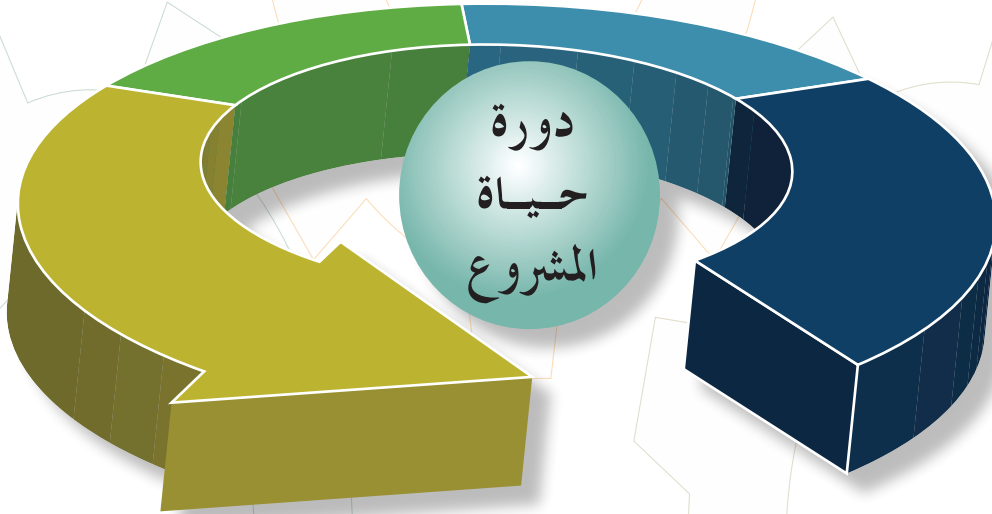
المشروع المتفق على إنجازها مرحلة :

أ- التصميم . ب- التحليل . ج- الكشف . د- البرمجة .



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 من له علاقة بالمشروع؟

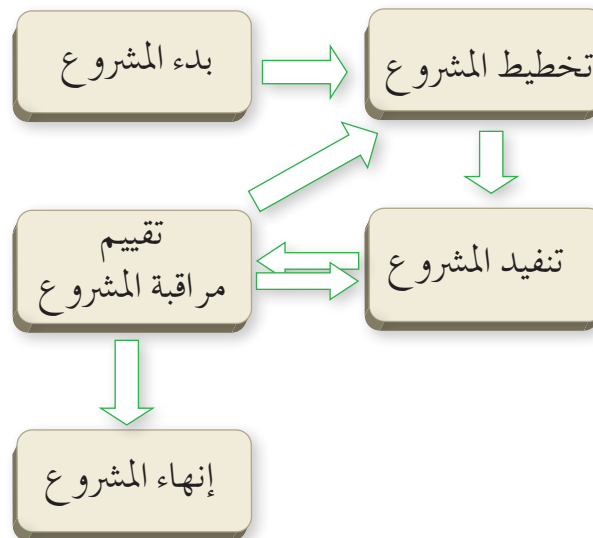
لكل مشروع دورة حياة خاصة به تنطلق من نقطة معينة، وتنتهي عند نقطة أخرى؛ ما يساعد على تنظيم عملية التفكير في المشروع، وكيفية إدارته، وتحليل أسباب نجاحه، وتطوير آليات استدامته. وبوجه عام، فإن مراحل دورة حياة المشروعات تتشابه غالبًا؛ إذ تمر معظم المشروعات بمراحل متشابهة من بدايتها حتى نهايتها.

يُنظر إلى المشروع على أنه مجموعة من الخطوات المتتابعة المتسلسلة التي تحقق الهدف من وجوده، وأولى هذه الخطوات وجود حاجة ما، وآخرها التقييم، فضلاً 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.

أولاً أساسيات دورة حياة المشروع

تشتمل دورة حياة المشروع على جميع الخطوات اللازمة لتنفيذ المشروع. وبالرغم من اختلاف بعض الدورات في عديد من الشركات، فإن دورة حياة المشروع، كما يُبيِّنها الشكل (2-1)، تتمثل دائماً في البدء، والتخطيط، والتنفيذ، والتقييم، والإنهاء.



الشكل (2-1): مخطط دورة حياة المشروع.

1- مفهوم دورة حياة المشروع

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

تُعرّف دورة حياة المشروع بأنها الزمن الذي يستغرقه تنفيذ المشروع من البداية إلى النهاية، وما يتخلل ذلك من مراحل تكون متسلسلة، وتتم أحياناً في وقت واحد، بحيث تُحدّد أسماء هذه المراحل وعددها تبعاً 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. وتُعدّ دورة الحياة هذه العمود الفقري لشبكة المشروع التي ستتطور خلال مرحلة التخطيط.

لكل مشروع بداية ونهاية محددتان، غير أن الإنجازات والأنشطة المحددة التي تحدث بينهما ترتبط ارتباطاً كبيراً بالمشروع؛ إذ تُوفّر دورة حياة المشروع إطار العمل الأساسي اللازم لإدارة المشروع بغض النظر عن العمل الخاص المتضمن في المشروع.

2- 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.

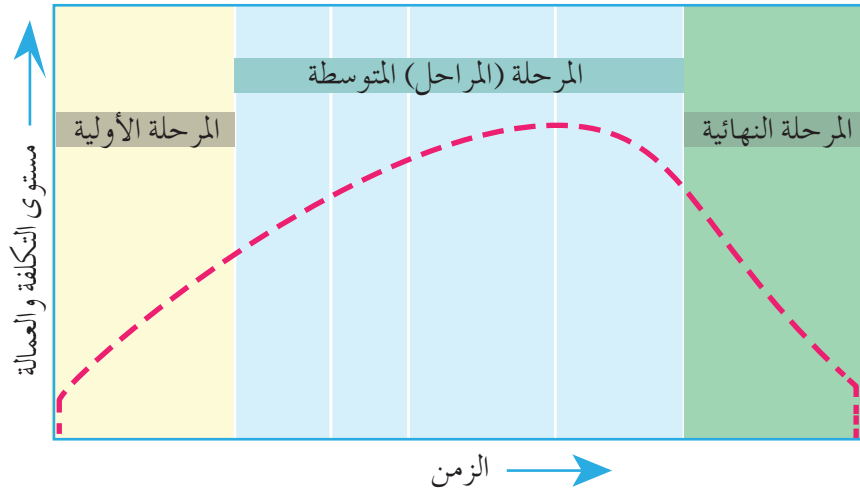
ب- مرحلة التخطيط: هي مرحلة التعريف بالمشروع، وفيها توضع الخطط الكفيلة بتحقيق الأهداف التي حُدّدت في المرحلة الأولى. تتضمن هذه المرحلة إدارة الموارد المالية والبشرية، والتخطيط لها، وذلك بوضع موازنة للمشروع، وتحديد جدولته مهام المشروع وأنشطته وأعماله.

ج- مرحلة التنفيذ والتشغيل للمشروع: تشمل هذه المرحلة الرقابة على تنفيذ المشروع، ورفع التقارير، ومقارنة ما نُفِّذ بما حُطِّط له. وتشمل أيضاً عملية البناء في المشروع التي تتضمن جمع البيانات وتحليلها في دراسات السوق، وتقديم الخدمة والمنتج اللذين يهدف المشروع إلى تقديمهما، وتقييم مدى تحقيق المشروع للأهداف الموضوعية.

د - **مرحلة الانتهاء (الإغلاق):** هي المرحلة الأخيرة من مراحل دورة حياة المشروع، وفيها يصبح المشروع جاهزاً 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، تجنباً للأخطاء في المشروعات الأخرى مسقبلاً.

3- المستويات التقليدية لتكلفة المشروع وعمالته

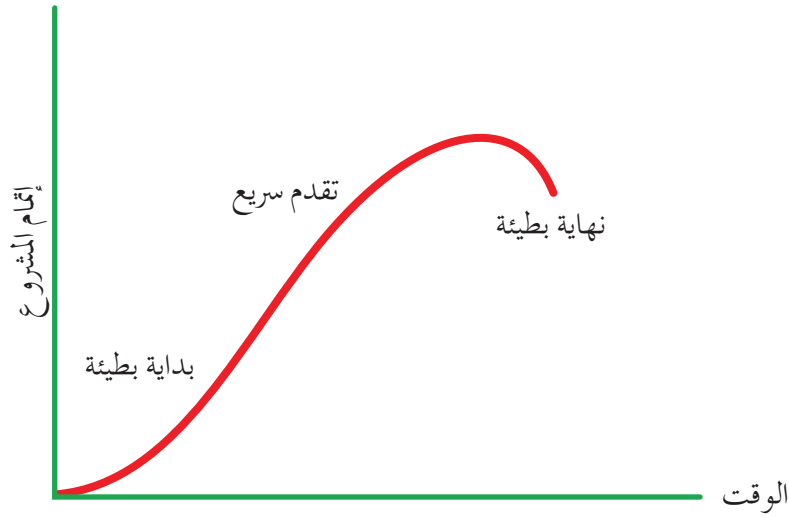
يلاحظ في دورة حياة المشروع أن مستوى التكلفة والعمالة يكون منخفضاً في البداية، ثم يتزايد تدريجياً مع استمرار المشروع، بحيث تبلغ ذروته خلال المرحلة المتوسطة المتمثلة في التخطيط والتنفيذ، ثم يتناقص المستوى سريعاً كلما اقترب المشروع من نهايته، انظر الشكل (2-2).



الشكل (2-2): المستويات التقليدية لتكلفة المشروع وعمالته خلال دورة حياة المشروع.

ثانياً تنظيم دورة حياة المشروع

لكل مشروع بداية تسمى مرحلة البداية، وفيها يُختار مدير وفريق للمشروع، فضلاً 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 المنتج، يُبين الشكل (2-3) مراحل تقدم المشروع و الفتره الزمنية لإتمام المشروع حيث يُلاحظ أنها بطيئة في البداية ثم تتقدم سريعاً، لكنها تعود للبطء في نهاية المشروع عند القرب من الانتهاء.



الشكل (2-3): 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، علماً أن دورة حياة المشروع مهمة لمساعدة مدير المشروع؛ إذ تُسهّل عليه أداء الواجبات والمهام، ودراسة مخططات المشروع وأنظمته.

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

1- أهمية دورة حياة المشروع

تتمثل أهمية دورة حياة المشروع في ما يأتي:

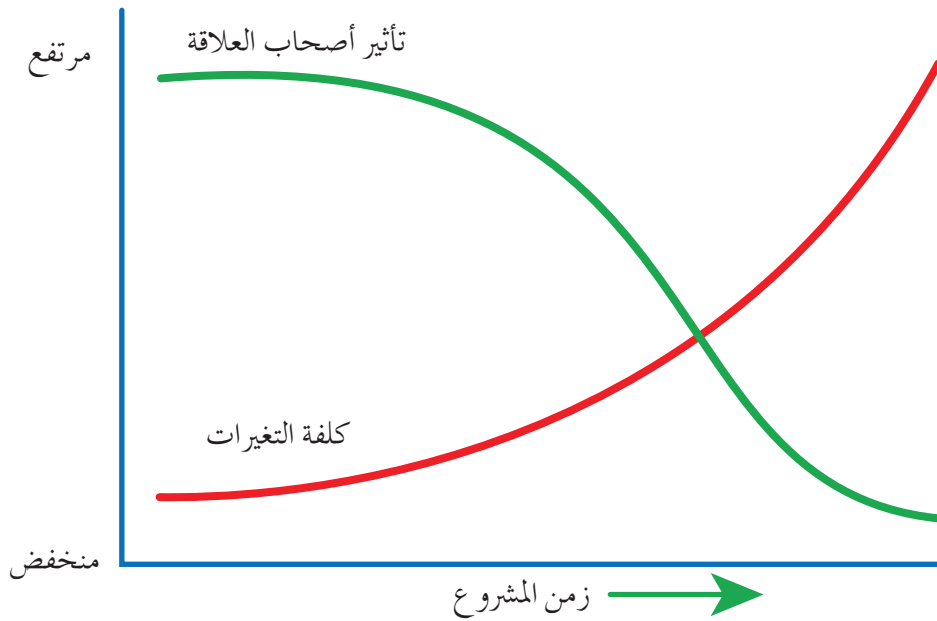
- أ - التوقيت والزمن لكل مرحلة؛ إذ تُحدّد دورة الحياة زمن بداية المشروع ونهايته.
- ب - الرقابة على كل مرحلة.
- ج - التكلفة والعمالة؛ إذ يتضح من الشكل السابق أن مستويات التكلفة والعمالة كانت منخفضة في بداية المشروع، ثم بلغت ذروتها في المراحل المتوسطة، ثم انخفضت انخفاضاً حاداً مع اقتراب نهاية المشروع.
- 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، وصولاً 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. وعندما يمر المشروع بمراحل عدّة، أو يتكامل مع العديد من المشروعات الفرعية، فقد تُكرر مجموعة العمليات تلك في أثناء دورة حياة المشروع.

2- تأثير أصحاب العلاقة وكلفة التغيرات في المشروع بمرور الزمن

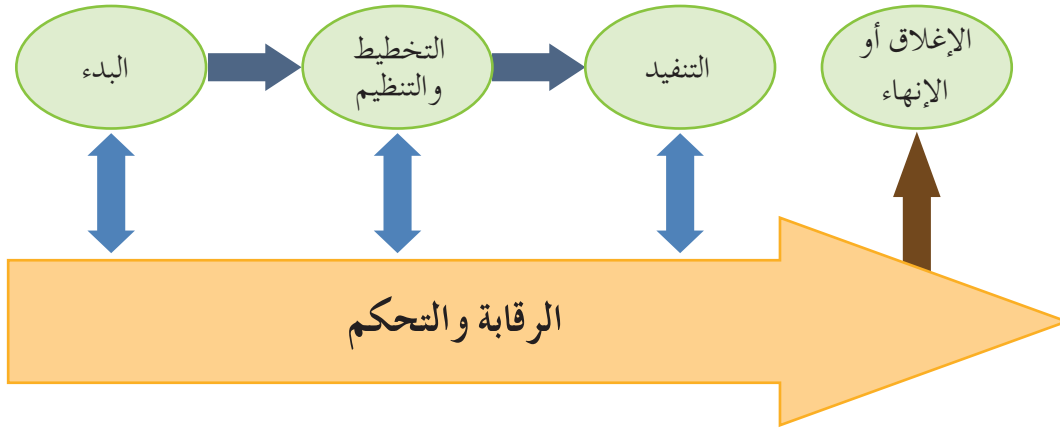
يبين الشكل (2-4) تأثير أصحاب العلاقة في المشروع بمرور الزمن؛ إذ تصل التأثيرات والمخاطر والشكوك المحيطة بأصحاب المصالح والعلاقة بالمشروع أقصى درجاتها في بداية المشروع، ثم تنخفض بعد ذلك. أما تكلفة التغيرات وتصحيح الأخطاء فتزداد فعلياً، وترتفع مع قرب انتهاء المشروع.



الشكل (2-4): تأثير أصحاب العلاقة في المشروع بمرور الزمن.

سؤال: ناقش زملاءك في عناصر الشكل (2-4).

تُمثّل دورة حياة المشروع مجموعة من المراحل التي تكون متسلسلة، التي تتم أحياناً في وقت واحد. يبين الشكل (2-5) مراحل دورة الحياة للمشروعات جميعها، وهي: البدء، والتخطيط والتنظيم، والتنفيذ، والاعغلاق أو الإنهاء.



الشكل (2-5): الرقابة والتحكم في مراحل دورة حياة المشروع.

سؤال: ناقش زملاءك في العلاقة بين عناصر الشكل (2-5).

تشارك دورة حياة المشروع لمعظم المشروعات في خصائص عدّة، هي:

أ - تسلسل المراحل.

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

ج- بلوغ قدرة أصحاب المصلحة ذروتها في التأثير في خصائص المنتج 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 كثير من دورات حياة المشروعات، فإنها تختلف

في عدد المراحل؛ فقد تضم بعضها أربع مراحل أو خمس، وتضم أخرى تسع مراحل

أو أكثر. 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 جدًا، وربما تكون تفصيلية جدًا. وفي هذه الحالة، فإن دورة حياة المشروع ستتضمن العديد من الجداول والمخططات والقوائم والأشكال التوضيحية التي تسهم في مراقبة أعمال المشروع مراقبة دقيقة.

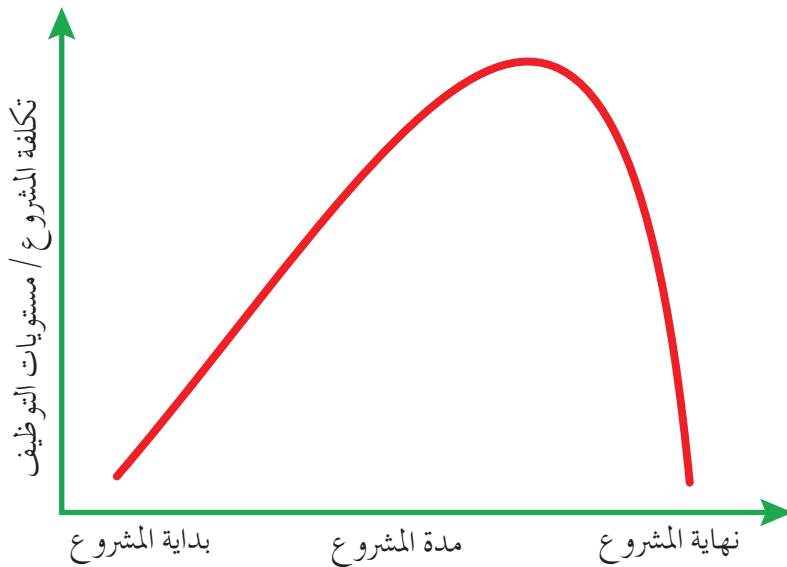
بوجه عام، فإن دورة حياة المشروع تجيب عن الأسئلة الآتية:

- أ - ما الأعمال التي يجب تنفيذها في كل مرحلة؟
- ب- من الأشخاص المسؤولين عن تنفيذ الأعمال في كل مرحلة؟
- ج- ما مخرجات كل مرحلة؟ كيف يمكن تسلمها؟ كيف ستراجع؟
- د - ما مستوى المراقبة المطلوب لكل مرحلة من مراحل المشروع؟

ثالثاً مزايا دورة حياة المشروع

توجد عوامل عدّة تؤثر في دورة حياة المشروع، أهمها:

- 1- العوامل التي يزداد تأثيرها مع تقدم المشروع، ثم ينخفض انخفاضاً شديداً حين يوشك المشروع على الانتهاء. وهذه العوامل تتمثل في تكلفة المشروع، ومستويات التوظيف، انظر الشكل (2-6).



الشكل (2-6): العلاقة بين دورة حياة المشروع والعوامل التي يزداد تأثيرها مع تقدم المشروع.

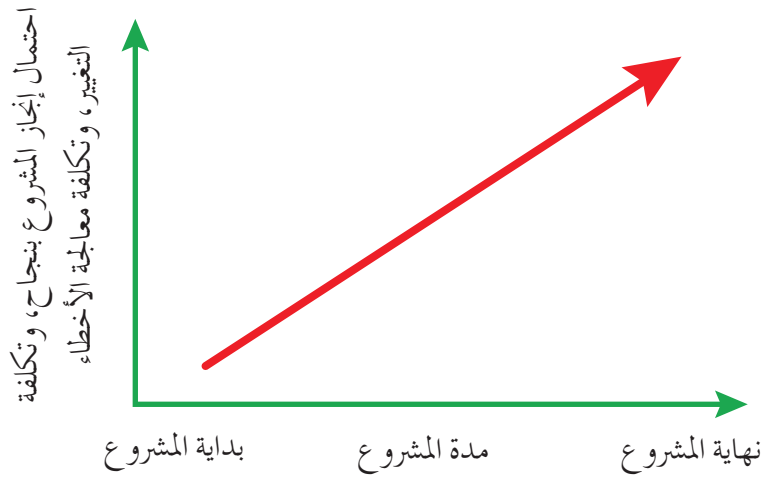
سؤال: مستعيناً بالشكل (2 - 6)، ناقش زملاءك في أثر الزيادة أو الانخفاض للعاملين الآتين في

تطور دورة حياة المشروع:

- تكلفة المشروع.
- مستويات التوظيف.

2 - العوامل التي يزداد تأثيرها مع تقدم المشروع، كما هو مبين في الشكل (2 - 7)، وهي:

- أ - احتمال إنجاز المشروع بنجاح.
- ب - تكلفة التغيير.
- ج - تكلفة معالجة الأخطاء.



الشكل (2-7): العلاقة بين دورة حياة المشروع والعوامل التي يزداد تأثيرها مع تقدم المشروع.

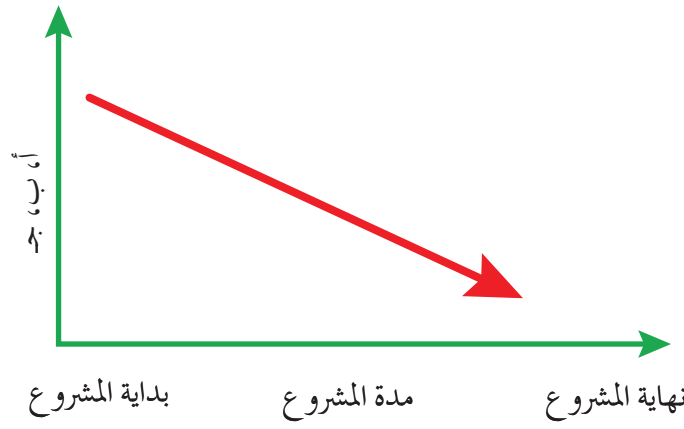
سؤال: مستعيناً بالشكل (2 - 7)، ناقش زملاءك في أثر الزيادة أو الانخفاض للعوامل الآتية في

تطور دورة حياة المشروع:

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

3 - العوامل التي يتضاءل تأثيرها مع تقدم المشروع، كما هو مبين في الشكل (2 - 8)، وهي:

- أ - الشكوك والمخاطر المحيطة بالمشروع.
- ب - احتمال تأثير أصحاب المصالح في الخصائص النهائية لمنتج المشروع.
- ج - احتمال تأثير أصحاب المصالح في التكلفة النهائية لمنتج المشروع.



الشكل (2-8): العلاقة بين دورة حياة المشروع والعوامل التي يتضاءل تأثيرها مع تقدم المشروع.

سؤال: مستعيناً بالشكل (2-8)، ناقش زملاءك في أثر الزيادة أو الانخفاض للعوامل الآتية في تطور دورة حياة المشروع.

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

أسئلة الوحدة

1- وضح المقصود بما يأتي:

أ- دورة حياة المشروع. ب- مرحلة الإدراك في دورة حياة المشروع.

2- عدّد مراحل دورة حياة المشروع.

3- على ماذا تشتمل مرحلة التنفيذ والتشغيل للمشروع؟

4- ما أثر المراحل الآتية في دورة حياة المشروع:

أ - مرحلة الإدراك.

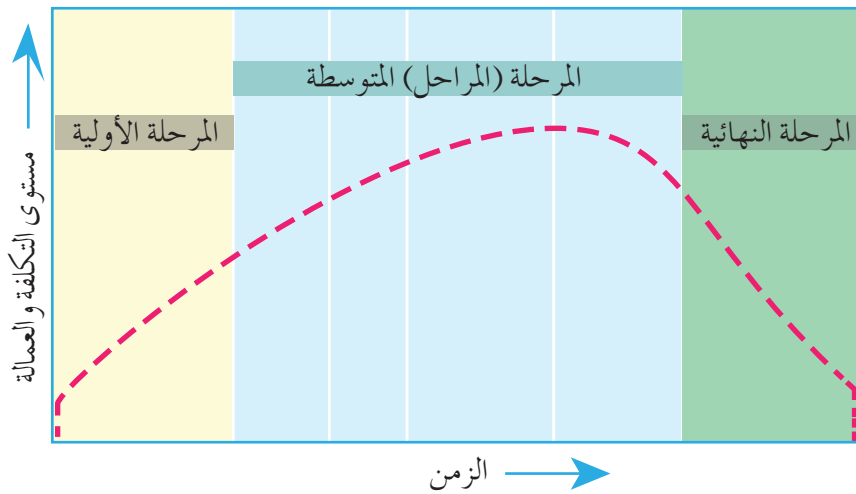
ب- مرحلة التنفيذ والتشغيل للمشروع.

5- ادرس الشكل التالي الذي يبين المستويات التقليدية لتكلفة المشروع وعمالته في أثناء دورة حياة

المشروع، ثم أجب السؤالين الآتيين:

أ - بين مراحل دورة حياة المشروع التي يُمثلها الشكل.

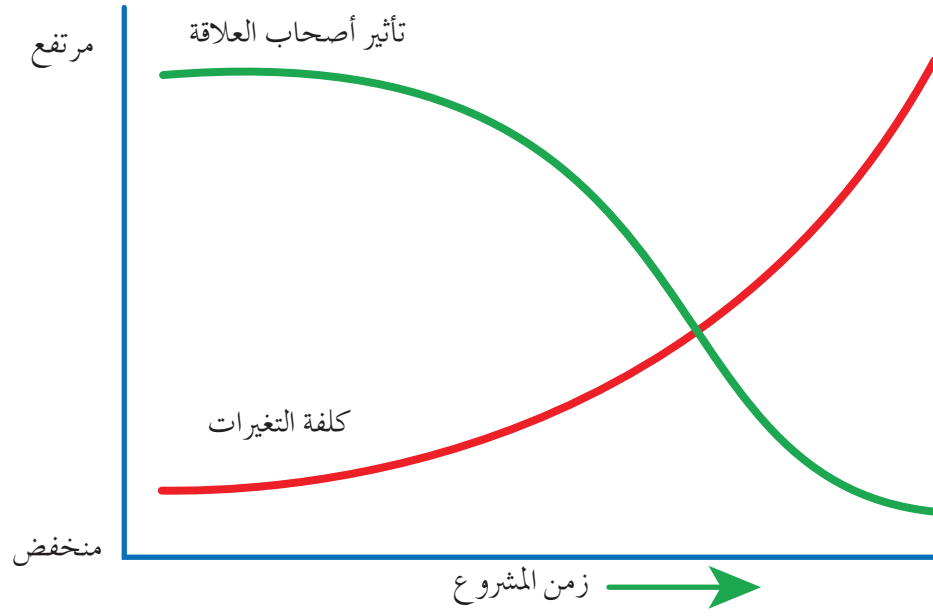
ب- ناقش زملاءك في مستوى التكلفة والعمالة في أثناء دورة حياة المشروع.



6- ارسم رسمًا تخطيطيًا تبين فيه الرقابة والتحكم في مراحل دورة حياة المشروع.

7 - توجد عوامل عدة تؤثر في دورة حياة المشروع منها تلك العوامل التي يزداد تأثيرها مع تقدم المشروع، اذكر هذه العوامل.

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



9 - اذكر خصائص دورة حياة المشروع.

10 - ضع إشارة (√) إزاء العبارة الصحيحة وإشارة (X) إزاء العبارة غير الصحيحة:

أ - لكل مشروع بداية و نهاية محددتان، ولا توجد دورة حياة قياسية تُناسب المشروعات جميعها () .

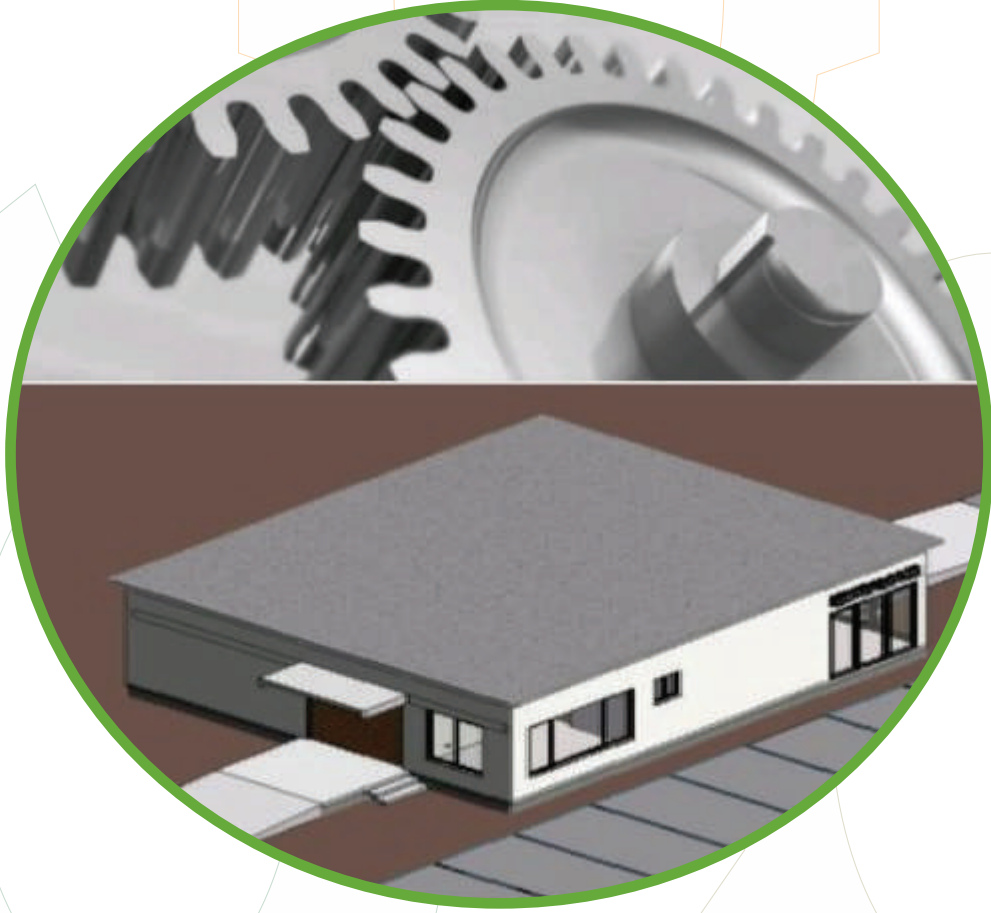
ب- لا تنطبق مواصفات دورة حياة المشروع على المشروعات الجزئية () .

ج- تسمى مرحلة الرقابة على تنفيذ المشروع و رفع التقارير و مقارنة ما نُفذ بما خطط له مرحلة التخطيط () .

د - تكلفة المشروع و مستويات التوظيف من العوامل التي تزداد مع تقدم المشروع ثم تنخفض انخفاضاً شديداً حين يوشك المشروع على الانتهاء () .

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 الأولى لإدارة المشروعات الصناعية اختيار موقع المنشأة الصناعية تبعاً للخطة المرسومة والأهداف المحددة. ويُعدّ 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 عدّة ينبغي لنا مراعاتها عند اختيار أكثر المواقع ملاءمة للهدف المنشود، وتختلف الأهمية النسبية لهذه العوامل من صناعة إلى أخرى.

يتوقع منك بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- تبيّن 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.
- تبيّن طرائق تثبيت الآلات.
- تتعرف حاجات المصانع، ومتطلبات 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.

أ - المعايير الأساسية لاختيار موقع المصنع، القرب من :

1. المواد الأولية

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

2. 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.

3. وسائل المواصلات

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

4. مواطن الأيدي العاملة

- الحاجة إلى المهارة والخبرة: المدن الكبيرة والمراكز الصناعية أماكن مناسبة لتوفير اليد العاملة.

- متوسط الأجور وظروف العمل لليد العاملة.

5. مصادر الطاقة الكهربائية

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

ب- المعايير الثانوية لاختيار موقع المصنع

1. تكاليف قطعة الأرض

- النظر إلى الأرض كونها رأس مال مجمداً.
- حاجة المشروعات الحديثة إلى أراضٍ واسعة، ومراعاة إمكانية التوسع مستقبلاً.
- 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.

2. احتمال التوسع

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

3. وجود الصناعات المكملة

- تحديد موقع المشروع يقوم أحياناً 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.

4. 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 يتطلب دراسة دقيقة للمياه الجوفية للتأكد من كفايتها مستقبلاً.
- الحاجة إلى مياه عذبة خالية من الأملاح التي تترسب داخل الأنابيب، لذا؛ يجب تحليل المياه المتوافرة في المنطقة المراد إنشاء الشركة فيها.

5. عوامل أخرى

- الأمان: ينبغي لنا مراعاة هذا الشرط بصورة خاصة عند تحديد موقع المنشأة الصناعية؛ حيث يجب إنشاؤها في موقع آمن، بعيداً عن المناطق السكنية أو المأهولة.
- المناخ: يؤثر المناخ كثيراً 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.

2- المنشآت الصناعية في المدن الكبرى

المزايا	العيوب
توافر وسائل النقل (سكك حديدية، طرق برية، طرق نهرية).	ارتفاع أسعار الأراضي، وزيادة الضرائب.
توافر اليد العاملة (رجالاً، ونساءً) من مختلف التخصصات والكفاءات.	صعوبة التوسع مستقبلاً.
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.	

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، فضلا 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 عاملاً من عوامل تقدمهم ورفيهم.	ارتفاع أقساط التأمين من الحريق والسرقات.
	صعوبة توافر الطاقة، والمياه النقية، وشبكات التصريف الجيدة.

4 - التمرکز في الضواحي

يجمع التمرکز في الضواحي بين مزايا التجمع في المدن الكبرى والتجمع في المدن الصغرى والريف؛ حيث تُعدُّ 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.

ثانياً أبنية المصانع

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

1 - تخطيط مباني المصنع وتصميمها، وانتقاء شكله

يراعى في تخطيط مباني المصنع ما يأتي:

- أ - احتمالية التوسع مستقبلاً، 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 تُسهّل الملاحظة والمراقبة داخل القسم الواحد.
- ج- عزل الأقسام المتباينة في متطلّباتها؛ حيث 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 البُعد الأدنى بين جهات المباني ذات النوافذ بارتفاع المبنى الأعلى. وفي حال تساوي ارتفاع مبنيين متقابلين، فإنهما يفصلان بشوارع عرضه ضعف ارتفاع كل منهما.

2 - طريقة تصميم مباني المصنع

تُصمّم 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:
1. ثقل المنتجات، وتعذّر نقلها في المصاعد، والحاجة إلى روافع لنقلها.
 2. استخدام الأفران في الورش، أو استخدام مواد قابلة للاشتعال كما في ورش النجارة، ومستودعات المواد والوقود.
 3. ثقل آلات الإنتاج، أو تميزها بالاهتزاز الشديد أو الضوضاء.
 4. 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 أفقيًا، وإنشاء مبانٍ جديدة مستقبلاً.	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 متتابة 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 أفقيًا.
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 رأسياً 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 تُعوق 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.

3- المعايير الواجب مراعاتها عند تصميم الشكل الهندسي للمصنع

- أ - مراعاة أن تكون الخطوط المحددة للمباني (طولاً، وعرضاً، وارتفاعاً) مستقيمة قدر الإمكان؛ ما يُسهّل ترتيب الآلات والمعدات داخل الأقسام، والقيام بأعمال النظافة.
- ب- المباعده بين المباني بشوارع عريضة نسبياً، وعلى نحو يسمح بمرور الشاحنات الكبيرة، والاستفادة من الإضاءة والتهوية الطبيعية. أما أقسام الإنتاج، فيصمّم شكلها بصورة مستطيلات متوازية، أو حروف لاتينية.
- ج- مرونة التخطيط الداخلي؛ فالأقسام التي يراد توسعتها مستقبلاً توضع على الحدود الخارجية، وتستخدم فواصل بدلاً 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.

ثالثاً مخططات المصانع وتجهيزاتها

1- معايير مخطط الآلات

من المعايير التي ينبغي مراعاتها في مخطط الآلات:

- أ - حساب المساحة المطلوبة للمصنع: يُمثّل حساب المساحة المطلوبة أحد الجوانب الرئيسة في علم تنظيم المصانع وتخطيطها؛ إذ تُعدّ المساحة القاعدة أو الأساس الذي يُستند إليه في وضع مخطط الآلات، ومخطط الأبنية، وغيرهما، علماً 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 عدّة مساحات جزئية، وتُصنّف مساحة المصنع الكلية إلى نوعين، هما:

1. المساحات غير المستخدمة.
2. 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.

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

د - دراسة العلاقة بين أقسام الإنتاج الرئيسة والمساعدة: تتطلّب 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:

1. اختيار الترتيب المناسب للآلات.
2. توفير المساحة اللازمة لوضع الآلات في أماكن العمل.
3. مراعاة الأبعاد بين الآلات، وبخاصة بُعد الآلات بعضها عن بعض، أو بُعدها عن الأعمدة، أو بُعدها عن طريق النقل.
4. الاستفادة 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:

1. المتطلبات الخاصة بالأمن الصناعي، وقواعد الحماية من الحرائق، وقواعد العمل، وغير ذلك.
2. ارتفاع الآلة (البُعد بين سطح الأرض للورشة والنقطة العليا للآلة).

3. ترك فراغ كافٍ فوق الآلات يتيح تنفيذ عمليات الصيانة للآلات.
 4. ترك ارتفاع محدد خاص بأجهزة النقل للروافع مثلًا؛ حيث يمكن تركيب روافع أو أجهزة نقل تحت السقف وفوق الآلة مباشرة.
 5. 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:
1. مخطط مكان وجود الآلات في المبنى، والاتجاه الرئيس لحركة المواد.
 2. توصيلات أنظمة الطاقة.
 3. تجهيزات (أو قنوات) التخلص من الفضلات الصناعية.
 4. طرق النقل العرضية الضرورية.

2 - 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 (10) درجات مئوية، أو تساوي (10) 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 (50) كيلو نيوتن، أو يساوي (50) 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 تلبى متطلبات العمل والإنتاج، والتي يمكن حصرها في ما يأتي:

1 - مستلزمات وسائل العمل

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

2 - العناصر البشرية

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

3 - المستلزمات المادية

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

4 - المستلزمات المالية

يُقصد 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.

ج- حساب كمية المواد المطلوبة.

د - حساب عدد تجهيزات النقل في المستودعات.

1- حساب عدد الآلات اللازم للمصنع

إن حجم الإنتاج في المصنع يتحدد وفق درجة المكننة والأتمتة للآلات المستخدمة، وزمن التشغيل الفعلي لها، ونوع الآلات وعددها. تُعدُّ 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 مُنتجات متعددة باستخدام أنواع مختلفة من الآلات، لذا؛ يُعدُّ 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.
- ج - متطلبات الدقة.
- د - درجة المكننة والأتمتة.
- هـ - قطع الغيار.
- و - ملاءمة أجهزة النقل الآلات، وكيفية ارتباطها بها.
- ز - حجم الإنتاج المطلوب (قطعة/سنة، أو طن/سنة).
- ح - كفاءة التشغيل الفعلية للآلات.

مثال

احسب عدد الآلات اللازم لإنتاج (8000) وحدة يوميًا، علمًا أن عدد ساعات العمل (8) ساعات، والوقت الفعلي لإنتاج الوحدة (6) دقائق.

الحل

1 - الوقت الفعلي لإنتاج (8000) وحدة = عدد الوحدات المنتجة × الوقت الفعلي لإنتاج الوحدة
 $48000 = 6 \times 8000$ دقيقة.

2 - عدد الآلات اللازم لإنتاج 8000 وحدة = $\frac{48000}{480} = \frac{48000}{(60 \times 8)}$ = 100 آلة.

2- حساب عدد العمال المطلوب

- يمكن توزيع العمال في المصانع أربع مجموعات، هي:
- أ - عمال منتجون يقسمون إلى عمال منتجين أساسيين، وعمال منتجين مساعدين.
 - ب- عمال غير منتجين (لأعمال التقنية).
 - ج- عمال مشرفون وإداريون.
 - د - عمال آخرون (عمال نظافة، وعمال حراسة).

3- حساب كمية المواد المطلوبة

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

4- 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 عدّة، مثل: الوضع الحر على الأرض، ووضعها على مصاطب أو عتبات، ووضعها في خزائن، أو أدراج، أو حاويات.

1- وسائل الإنتاج

تُصنّف 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، تبعاً لأحوال العمل والإنتاج ومتطلباتهما.

2- العملية الإنتاجية

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

3- 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.

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

وهذا يتطلب استخدام وسائل نقل متقدمة، وتخطيطاً آتياً صحيحاً للإنتاج (مكاناً،

وزماناً)؛ لتوفير الظروف الملائمة للعمل في أقسام الإنتاج.

يُقصد بذلك المدة الزمنية التي تجتاز خلالها مواد العمل (خامات المواد المُصنَّع نصفها) كامل العمليات الجزئية المؤلفة للعمليات الإنتاجية، وتتحول خلالها إلى مُنتجات نهائية، أو مُنتجات 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.
- ج- 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 عدّة 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.
- ج- استمرار العمليات الجزئية المساعدة، مثل: نقل المُنتج، 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.

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:

1. طاقة الخط المرغوب فيها التي يُعبّر عنها عادة بصورة معدل الإنتاج خلال مدة زمنية محددة.

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

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

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

ج- خط التجميع (Assembly line): مجموعة من محطات العمل مسؤولة عن تجميع مُنتج معين وفق مراحل محددة، بحيث تكون مخرجات كل محطة مدخلات للمحطة التالية مباشرة. وتنتقل المواد بين هذه المحطات يدويًا، أو انسيائيًا، أو بالأحزمة.

د - محطة العمل (Work Station): مجموعة من العمال، أو الآلات (أو الاثنان معًا)، مُكلّفة 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 المُنتج.

ز- زمن دورة الإنتاج الفعلية (Actual Cycle Time): أقصى وقت يمكن أن يستغرقه المُنتج 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.

6- الانقطاعات

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

تقسم الانقطاعات 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.

ج- 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

يُقصد 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 والتصوير 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.

1- 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.

ج- الرسم التخطيطي لمساحة العمل.

تتضمن العلاقات والروابط ما يأتي:

أ- جمع البيانات والمدخلات.

ب- طبيعة العلاقات ونوعيتها.

ج- الرسم التخطيطي الذي يربط أجزاء العمل بعضها ببعض.

يتضمن التنظيم والتوافق ما يأتي:

أ- أهمية التطوير والتعديل.

ب- تحديد العمليات وتقنياتها.

ج- 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 متطلبات مساحة العمل:** وفيها تُحدّد مساحة العمل، والملحقات، وجميع متطلبات كل وظيفة ونشاط.

ج- **الرسم التخطيطي لربط الأنشطة:** وفيها تُربط الأنشطة بخطوط بصرية مبنية على تقاربها.

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

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

أسئلة الوحدة

- 1 - وضح المقصود بكل من المفاهيم الآتية:
 - أ - العملية الإنتاجية.
 - ب - خط الإنتاج.
 - ج - خط التجميع.
 - د - النشاط.
 - هـ - محتوى العمل.
 - و - الوقت الضائع.
 - ز - الانقطاعات.
- 2 - اذكر العوامل الأساسية لاختيار موقع المصنع.
- 3 - اذكر أهم مزايا التمركز في المدن الكبرى للمنشآت الصناعية.
- 4 - اذكر أهم عيوب التمركز في المدن الكبرى للمنشآت الصناعية.
- 5 - اذكر أهم مزايا التمركز في المدن الصغرى والريف والمناطق النائية للمنشآت الصناعية.
- 6 - اذكر أهم عيوب التمركز في المدن الصغرى والريف والمناطق النائية للمنشآت الصناعية.
- 7 - ما المعايير التي يجب مراعاتها عند تخطيط مباني المصنع؟
- 8 - تصمّم مباني المصنع بأحد شكلين، اذكرهما.
- 9 - اذكر أهم المزايا والعيوب للطابق الواحد من مباني المصانع.
- 10 - اذكر أهم المزايا والعيوب للطوابق المتعددة من مباني المصانع.
- 11 - اذكر طرائق تثبيت الآلات ومجال الاستخدام لكل طريقة فيها.
- 12 - ما العوامل المؤثرة في زمن الدورة الإنتاجية؟
- 13 - اذكر أنواع الانقطاعات في المنشآت الصناعية.

14 - اذكر الخطوات الخمس اللازمة لتطبيق التخطيط المنهجي للمصنع.

15 - علل كلاً مما يأتي:

أ - يجب مراعاة أن تكون الخطوط المحددة للمباني (طولاً، وعرضاً، وارتفاعاً) مُستقيمة قدر الإمكان.

ب - يُراعى في تخطيط أبنية المصانع عزل الأقسام المتباينة في متطلّباتها.

ج - يُراعى عند تحديد ارتفاع البناء للمصنع ترك فراغ كافٍ فوق الآلات.

د - المباعدة بين مباني المصنع بشوارع عريضة نسبياً.

16 - ارسم دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في ما يأتي:

(1) تسمى المواد اللازمة لجميعها لتصنيع المنتجات والسلع والقطع:

أ- مستلزمات وسائل العمل. ب- المستلزمات المادية.

ج- المستلزمات المالية. د- العناصر البشرية.

(2) من مزايا الطابق الواحد للمصانع:

أ- انخفاض تكلفة البناء. ب- استعمال المصاعد الكهربائية.

ج- الاستفادة من الجاذبية الأرضية. د- المرونة الكبيرة في ترتيب الآلات والمعدات.

(3) من الأمثلة على أنواع الانقطاعات المتعلقة بنظام العمل في المصانع:

أ- سوء استعمال المعدات. ب- تأخير وصول المواد الأولية.

ج- الأعياد الرسمية. د- التنظيم السيئ لأمكنة العمل.

(4) من المعايير الأساسية لاختيار موقع المصنع:

أ- احتمال التوسع. ب- تكاليف قطعة الأرض.

ج- القرب من المواد الأولية. د- وجود الصناعات المكتملة.



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 عدّة، أهمها نجاعة عمليات الصيانة التي تركز على تنظيم إدارة الصيانة. ويُقصد بالتنظيم هنا تحديد التقسيمات، وترتيبها، والعلاقة بينها، واختصاصاتها، ووظائفها.

يُعدُّ تنظيم إدارة الصيانة أمرًا مهمًّا يؤثر كثيرًا في استمرارية العمل داخل المنشأة 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 تعطّلها 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:

- تبيّن أهمية الصيانة.
- تُصنّف الصيانة إلى أنواعها.
- تقارن بين الصيانة الوقائية والصيانة العلاجية.
- توضح مفهوم خطة الصيانة، وأهداف هذه الخطة.
- تذكر خطوات تخطيط أعمال الصيانة وحساب قطع الغيار المطلوبة سنويًا.
- تذكر الخطوات اللازمة لتطبيق أعمال الصيانة.
- تتعرف أهداف الصيانة الإنتاجية الشاملة.
- توضح مفهوم الاستبدال، وأسبابه، وأنواعه.
- تبيّن مفهوم تكاليف الصيانة، وأنواعها، ومجالات خفض تكاليف الصيانة.
- توضح العلاقة بين تكاليف الصيانة الوقائية وتكاليف الصيانة العلاجية.
- تتعرف أنواع ورش الصيانة، ومواصفاتها.

أولاً: أساسيات إدارة الصيانة

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

1- مفهوم الصيانة، ومفهوم إدارة الصيانة

هناك فرق بين مفهوم الصيانة فنيًا ومفهوم إدارة الصيانة إداريًا، 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، فتُعرّف بأنها تخطيط الموارد المادية والمالية والبشرية المخصصة لقسم الصيانة، وتنظيمها، وتنفيذها، والرقابة عليها لتحقيق الأهداف الموضوعية بفاعلية وكفاءة.

2- أهمية الصيانة وأهدافها

تُعزى 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.

ج- 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، وثمان

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.

3- تصنيف الصيانة

تُصنّف الصيانة إلى نوعين، هما:

أ- **الصيانة غير المخططة**: يُقصد بها الصيانة غير

المحددة ببرنامج زمني، وترتبط فقط بعطل الماكينة، أو توقفها عن العمل.

يعتمد زمن الصيانة على الإمكانيات المتوافرة لأعمال الصيانة.

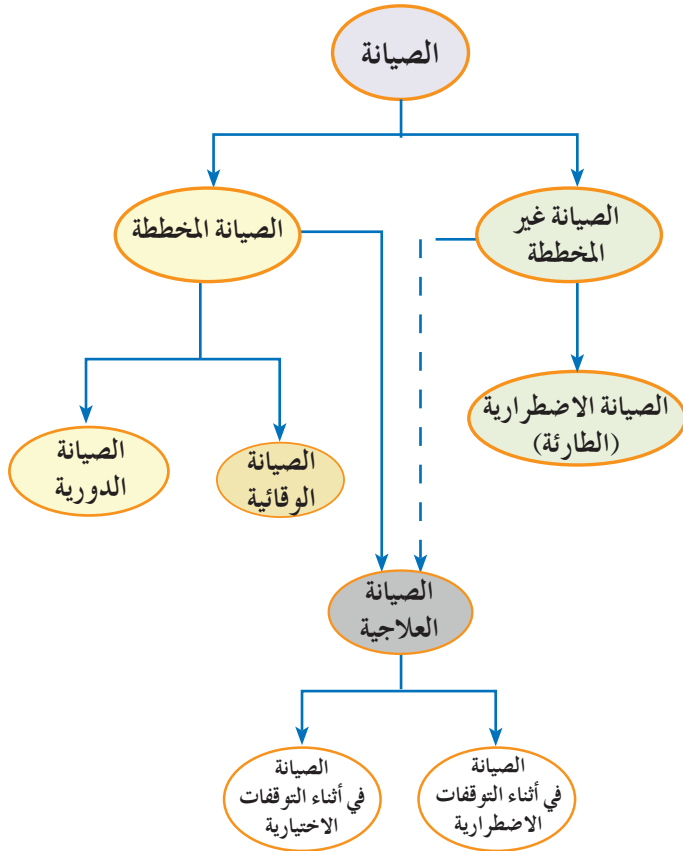
يمتاز هذا النوع من الصيانة بعدم وجود استعداد مسبق له، وبأنه مناسب للظروف والأحوال التي يصعب فيها

التنبؤ بالأعطال الفجائية، لذا؛ تُعدّ الصيانة غير المخططة الخيار الوحيد

لتجنب الحسائر الناجمة عن الإرباك المفاجئ في سير العملية الإنتاجية، وهي

تشمل ما يسمى الصيانة الاضطرارية، انظر الشكل (1-4).

انظر الشكل (1-4).



الشكل (1-4): تصنيف الصيانة.

الصيانة الاضطرارية (الطارئة) (Emergency Maintenance): هي الصيانة التي تجري من دون

تخطيط مسبق، التي 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:

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

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

2. **الصيانة الدورية**: تُعرَّف الصيانة الدورية بأنها أعمال الصيانة اللازمة لإعداد المُنتجات وفق المواصفات المحددة لها. وتُجدول 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 تُستهلك سريعًا خلال المدد التشغيلية دوريًّا. ويُعزى سبب تسميتها هذا 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 ضبط المعدات وتنظيمها، وأعمال الصيانة البسيطة جميعها.

■ **الصيانة الشاملة**: يُقصد بها تبديل كثير من الأجزاء والوحدات في المعدات؛ أي تجديد الأجهزة، وتحديثها، وإعادةها 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. ويُصنَّف بعض الباحثين هذا النوع من الصيانة ضمن الصيانة الوقائية.

3. **الصيانة العلاجية (CM) Corrective Maintenance**: تعرف أيضًا باسم الصيانة الإصلاحية، ويُقصد 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. يُصنّف هذا النوع من الصيانة ضمن الصيانة المخططة، ويرى بعض الباحثين أنها تتبع الصيانة غير المخططة، انظر الجدول (4 - 1) الذي يُمثّل مقارنة بين الصيانة الوقائية والصيانة العلاجية.

الجدول (4 - 1): مقارنة بين الصيانة الوقائية والصيانة العلاجية.

العنصر	الصيانة الوقائية (الدورية)	الصيانة العلاجية
أداء العمل	قبل حدوث العطل.	بعد حدوث العطل.
الهدف	1- تقليل حدوث التوقف المفاجئ. 2- إطالة عمر الماكينة التشغيلي. 3- الاستخدام الأمثل للمواد الاحتياطية. 4- تحقيق السلامة للأفراد والمعدات.	1- استمرار العملية الإنتاجية للماكينة بغض النظر عن ملاءمة أعمال الصيانة لحال العطل.
الكلفة	1- مرتفعة في بداية تخطيط البرامج، ومنخفضة على الأمد البعيد.	1- منخفضة على الأمد القصير، ومرتفعة على الأمد البعيد.
الاستخدام	1- كلفة العطل غير المخطط مرتفعة. 2- إمكانية التنبؤ بالعطل. 3- إمكانية جدولة الأوقات لإجراء أعمال الصيانة الوقائية.	1- كلفة الصيانة النظامية مرتفعة. 2- الأعطال صغيرة. 3- الماكينات ذات تأثير غير محسوس، وهي لا تؤثر في سير العملية الإنتاجية.
العيوب	1- عدم مناسبتها للمعدات قصيرة العمر. 2- عدم ملاءمتها لبعض الصناعات ذات الإنتاج المستمر. 3- مكلفة على الأمد القصير، وبحاجة إلى دعم من الإدارة العليا لتوفير مستلزمات تطبيقها المتمثلة في توفير معلومات عن المواد الاحتياطية والأيدي العاملة.	1- توقف العملية الإنتاجية نتيجة حدوث الأعطال المفاجئة. 2- تدني أعمال الصيانة فيها. 3- صيانة غير مخطط لها. 4- ضعف الرقابة والسيطرة على العاملين والمعدات. 5- قصر العمر الإنتاجي للمعدات والتقدم السريع. 6- زيادة نسبة تلف المُنتجات.

4 - استراتيجية الصيانة المختلطة

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

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

ثانياً: تخطيط أعمال الصيانة

تُحظى دراسة تخطيط أعمال الصيانة باهتمام كبير من الشركة الصناعية؛ لأن خطة الشركة هي جزء مهم متكامل من الخطة الشاملة للوحدة الصناعية. واليوم تؤكد كثير من الدراسات أهمية زيادة فاعلية التخطيط لأعمال الصيانة؛ سواء من حيث توفير البيانات والمعلومات الإحصائية اللازمة، أو من حيث تهيئة المستلزمات المادية والبشرية والمالية لتأمين إعداد هذه الخطة.

1- مفهوم خطة الصيانة وأهدافها

تُعرّف 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 الإمكانيات 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).
- ج - 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). ويُقصد بأمر العمل الوثيقة التي يصدرها مسؤول الصيانة، التي تسمح لفني الصيانة بدء عملية الصيانة.
- ب- أولوية تنفيذ أمر التشغيل.
- ج- 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.

2- إعداد خطة الصيانة

تُصنّف خطط الصيانة إلى نوعين، هما:

- أ - **الخطط الرئيسية:** تُعدُّ هذه الخطط للأعمال جميعها التي يجب أدائها سنويًا، وتحكمها درجة تعقيد المعدات، وعددها، وطول مدة الكشف الدوري عنها.
- ب- **الخطط الفرعية (شهرية، أسبوعية، يومية):** تنفرع هذه الخطط من الخطة الرئيسية، وتساعد على تنظيم عمليات الصيانة في الوقت المناسب الذي لا يؤثر في العمليات الإنتاجية، ويحدد وقت الصيانة غالبًا بعد انتهاء مدة العمل الصباحية، أو يوم العطلة الرسمية.

3- سياسات الصيانة

يُقصد بسياسة الصيانة القرار الذي يُعدُّ سلفًا، الذي يُتخذ لتحقيق هدف معين. هناك عدد من السياسات التي تستعين بها إدارة الصيانة في تخطيط فعاليتها الخاصة، والتي تُكوّن مجموعها ما يسمى خطة الصيانة، وتمثل هذه السياسات في ما يأتي:

- أ - صيانة المعدات قبل حدوث عطل فيها.
- ب- صيانة المعدات بعد حدوث عطل فيها.
- ج- الصيانة الاعتيادية (الروتينية) المناسبة.
- د - الصيانة المعتمدة على أرض الواقع.
- هـ- الصيانة التصميمية.

- يمكن إجمال إجراءات تخطيط خدمات الصيانة في ما يأتي:
- أ - إعداد قائمة تحوي المعدات في المنشأة، وتتضمن المعلومات الآتية:
1. رمز المعدات.
 2. الوصف المختصر للمعدات.
 3. موقع المعدات.
 4. نوع المعدات.
 5. تصنيف المعدات من حيث درجة الأهمية.
- ب- ترميز المصنع والمعدات.
- ج- جدولة الصيانة.
- د - وصف أعمال الصيانة.

ثالثاً تطبيق أعمال الصيانة

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

1- 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 لتعرف كل منها.

ب- تحديد جميع عمليات الصيانة تبعاً لتعليمات المُورِّد أو المُصنِّع الموجودة في كتيبات الصيانة: إن توافر كتيبات المُصنِّع الخاصة بالتشغيل والصيانة وقطع الغيار لجميع المكونات المراد صيانتها يُعدُّ 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:

1. مخاطبة المُورِّد أو المُصنِّع للحصول على الكتيبات اللازمة.
2. في حال تعذُّر الحصول على الكتيبات، أو طالت مدة الحصول عليها، فإنه يجب مخاطبة أي منشأة مماثلة أو زيارتها لطلب الصيانة اللازمة للآلات والمعدات المماثلة.
3. إذا لم توجد منشأة مماثلة، فإنه يمكن الاستعانة بخبراء الصيانة الموجودين في المنشأة أو خارجها.

ج- تحديد عمليات الصيانة: يُقصد 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 تبعاً 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 وُجدت)، وإجراء اللازم بخصوصها، ثم تُحفظ في السجلات الخاصة بالآلة.

هـ- عمل خطة الصيانة: بعد حصر مختلف عمليات الصيانة اللازمة لمكونات المنشأة جميعها، ومعرفة أنواع الصيانة لكل عملية، يوضع تصور مستقبلي لعمليات الصيانة، بإعداد

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

1. توافر العمالة المحلية والأجنبية.
2. توافر قطع الغيار، والعُدَد، والأدوات اللازمة.
3. أوقات الذروة والمواسم.
4. إجازات الأعياد، وإجازات الفنيين.

2- 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 يُظهرون 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 دائماً على أسس سليمة؛ ما يقلل من استهلاك هذه القطع. فمثلاً، 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.
- ج- تقليل قطع الغيار المستهلكة.
- د - تقليل الوقت اللازم للصيانة، وإتمامه في التاريخ المحدد طبقاً للجدول.
- هـ- الاستعداد التام لمواجهة الظروف الطارئة والحالات الحرجة.

من المعروف أن كل جزء في الآلة يؤدي وظيفته خلال مدة عمره الافتراضية، وذلك عند تشغيل الآلة ضمن الظروف والشروط التي يُحددها المُصنِّع. ولا شك في أن لتوافر المواد (مثل: الزيوت، والشحم، والأسلاك، ومواد التنظيف) وقطع الغيار اللازمة تأثيراً مباشراً 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 سلباً 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:

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

2. قطع غيار ذات عمر افتراضي كبير أو صغير.

ب- تحديد مقدار الحاجة من قطع الغيار: يمكن تحديد قطع الغيار التي يجب أن تتوفر في المنشأة من كتيبات المُصنِّع الخاصة بقطع الغيار؛ إذ إنها تتضمن الحد الأدنى اللازم من قطع الغيار، وبخاصة الاستهلاكية منها. إذا لم تتوفر 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 سنوياً لأي جزء من أجزاء الآلة باستخدام المعادلة الآتية:

عدد القطع المطلوبة في السنة = (ساعات العمل اليومية الفعلية × أيام العمل الفعلية في السنة)

متوسط العمر الاستهلاكي للجزء.

مثال

إذا كان متوسط العمر الاستهلاكي لمحمل المحور (500) (Shaft Bearing) ساعة، وعدد ساعات العمل الفعلية للآلة في اليوم (6) ساعات، وعدد أيام العمل الفعلية في السنة (300) يوم، فإن عدد المحامل اللازمة للآلة في السنة = $\frac{(300 \times 6)}{500} = 3.6$ (4 محامل تقريباً).

ج- تحديد حجم الطلب الاقتصادي لمخزون قطع الغيار: بعد تحديد حجم الاستهلاك السنوي، يُحدّد 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 حين توافر المعلومات الخاصة بحساب المعدل الاقتصادي للتخزين، تتلخص في أن القطع المتوافرة محليًا لا تُشترى ولا تُخزن في مخزن المنشأة؛ لسهولة شرائها في أي وقت. أما القطع الأخرى، التي يستغرق توريدها وقتًا طويلاً، فيُطلب المهم منها، وبخاصة القطع التي تُستهلك كثيرًا، ثم تُخزّن في المنشأة حين الحاجة. وأما القطع الأخرى فتشترى وقت الحاجة إليها حسب خطة الصيانة.

4- العُدَد والأدوات

لتوافر العُدَد اللازمة لعمليات الصيانة المختلفة تأثير مباشر في نجاح خطط الصيانة الموضوعية للموقع، وتنفيذها في الوقت المحدد من دون أي تأخير. تُحدّد العُدَد والأدوات اللازمة للعمل من كتيبات المُصنِّع، أو بحسب الخبرة والتجربة، ثم تُدوّن في نماذج خاصة تُحفظ 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)، لتعرّف حالة الآلة في أثناء تنفيذ إجراءات الفحص الدوري، أو الصيانة التصحيحية.

5- تنظيم أعمال الصيانة

إن تنظيم أعمال الصيانة يُمثّل 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 تُدوّن في هذا النظام تُعدّ المرجع الرئيس لتقارير

الصيانة التي تُرَفَع إلى الإدارة، التي 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:

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

- عناصر العمل المراد إنجازها.
 - الوقت المطلوب لإنجاز كل عنصر.
 - جميع العُدَد والأدوات اللازمة لتنفيذ العمل.
 - عدد العمالة اللازمة لإنجاز العمل.
 - قطع الغيار جميعها التي يُتَوَقَّع أنها تلزم لإنجاز العمل.
- لهذه البطاقات فوائد كبيرة؛ إذ تُعَدُّ أحد المراجع المهمة لفريق الصيانة عند تنفيذ الأعمال، وإعداد خطة الصيانة، وتقدير حسابات العمل الإضافي، وغير ذلك من الأمور.
2. 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، فضلاً 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.

ج- مراقبة تنفيذ خطة الصيانة: تهدف مراقبة تنفيذ خطة الصيانة إلى ما يأتي:

1. تحديد الاختلافات بين ما حُدِّد في خطة الصيانة وما أنجز فعلياً: يتم ذلك بإصدار تقرير شهري يعرض لجميع إنجازات أعمال الصيانة، ويقارنها بالأعمال المحددة في الخطة سلفاً.

2. 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.
3. اتخاذ الإجراءات التصحيحية: بعد أن يتعرّف مسؤولو الصيانة أسباب الفروق، يتعين عليهم اتخاذ جميع الإجراءات التصحيحية اللازمة، ورفع التوصيات ومتطلّبات هذه الإجراءات إلى الأقسام المختلفة ذات العلاقة في المنشأة؛ للإسهام في إنهاء هذه الأسباب.

رابعًا الصيانة الإنتاجية الشاملة

يُعدُّ موضوع الصيانة الإنتاجية الشاملة أحد المداخل الحديثة في مجال صيانة الماكينات والمعدات وتسهيلات الإنتاج، وعاملاً مهمّاً للنجاح وتعزيز القدرات التنافسية للشركات الصناعية محلياً وعالمياً. ونظرًا إلى أهمية 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 تعرّض على أفراد الصيانة في الشركات القيام بكل أعمال الصيانة، فبادرت إدارات بعض الشركات إلى نقل جزء من مهمات أعمال الصيانة إلى مشغلي الماكينات؛ إذ إن مسؤولية الحفاظ على الماكينات والمعدات يقع على عاتق إدارتي التشغيل والصيانة، ما يُشعر 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 الصيانة الوقائية الشاملة (Total Prevention Maintenance)، التي تُعرّف بأنها بذل أقصى الجهود للمحافظة على الماكينات والمعدات بصورة مثلى، وتكليف مشغل الماكينة المسؤولية الأولية عن بعض أعمال الصيانة.

1 - 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، والتزيت، والتشحيم، والفحص، والضبط.

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

ج- 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 عمالي 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 نهائيًا.

2 - أهداف الصيانة الإنتاجية الشاملة

يسعى نظام الصيانة الإنتاجية الشاملة إلى تحقيق الأهداف الآتية:

أ - تصنيع المنتجات من دون تقليل جودتها.

ب- تخفيض تكاليف التصنيع.

ج- 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.

خامساً الاستبدال (Replacement)

تقل كفاءة الماكينات والمعدات تدريجيًا نتيجة استعمالها دائمًا، وهذا يتطلب العناية بها، وصيانتها بصورة صحيحة، وهو أمر مهم جدًا 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.

1- مفهوم الاستبدال وأسبابه

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

يتمثل الهدف الرئيس للاستبدال في تخفيض تكاليف الصيانة والتشغيل الناتجة من زيادة أعطال الماكينة، وإطالة عمرها التشغيلي باستبعاد الأجزاء التالفة المُستهلكة التي تؤثر سلبًا في أدائها التشغيلي، وإعادةها 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.
- ج- 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، ومتطلبات الصيانة، واستهلاك قطع الغيار.
- و - رغبة الشركة في توحيد أحجام الماكينات وأنواعها ذات الطاقات التصميمية المختلفة المتعددة المنشأ بما يخدم أهداف الشركة، ويحقق أفضل إنتاج.

2- أنواع الاستبدال

يمكن تصنيف الاستبدال إلى نوعين:

- أ - استبدال الماكينات والمعدات التي تقل كفاءتها تدريجيًا 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 كليًا 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 سلبيًا أو إيجابيًا. ولهذا يجب دراسة هذه التكاليف وأساليب تحليل انحرافها دراسة دقيقة؛ للسيطرة عليها وتخفيضها من دون

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

1- تكاليف الصيانة

أنواع تكاليف الصيانة:

تقسم تكاليف الصيانة إلى نوعين رئيسيين، هما:

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

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

2. كلفة المعدات المستخدمة في الصيانة: تستخدم فرق الصيانة معدات معينة تُشترى لأقسام الصيانة المركزية والفرعية.

3. أجور الأفراد العاملين في الصيانة: يشمل ذلك أجور القائمين بأعمال الصيانة مباشرة، وتمثل هذه الأجور نسبة كبيرة من كلف الصيانة، وتُحسب عن طريق أمر عمل الصيانة الذي يُحدّد فيه عدد العمال الذين أنجزوا العمل، وعدد ساعات العمل.

4. كلفة الخدمات الخارجية: يُقصد بها كلف الصيانة التي تُنفّذها شركات متخصصة في أعمال الصيانة؛ إذ تستعين الشركة بجهات خارجية على تنفيذ بعض أعمال الصيانة لأسباب عدّة، 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.

5. 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:

1. حساب قيمة الإنتاج الذي قد تنتجه الماكينة إذا لم تعطل عن العمل، في ما يعرف بخسارة الإنتاج.
2. حساب أجور عمال الإنتاج العاطلين عن العمل بسبب توقف الماكينات عن العمل.
3. كلفة المواد الأولية التالفة، أو كلفة الأجزاء في مراحل التصنيع المختلفة.
4. الغرامات الناتجة من 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:

1. 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.
2. توقيت الاستبدال: أنسب الأوقات لإجراء عملية الاستبدال هو قبل حدوث العطل، وهذا يتطلب التنبؤ بحدوث العطل.
3. الالتزام بالصيانة الوقائية المخططة: إن الالتزام بأوقات الصيانة الدورية المخططة وإجراءات الفحص والتفتيش يسهم بفاعلية في تقليل الأعطال الفجائية، ويقلل من كلفة الصيانة العلاجية.

2 - مجالات خفض تكاليف الصيانة

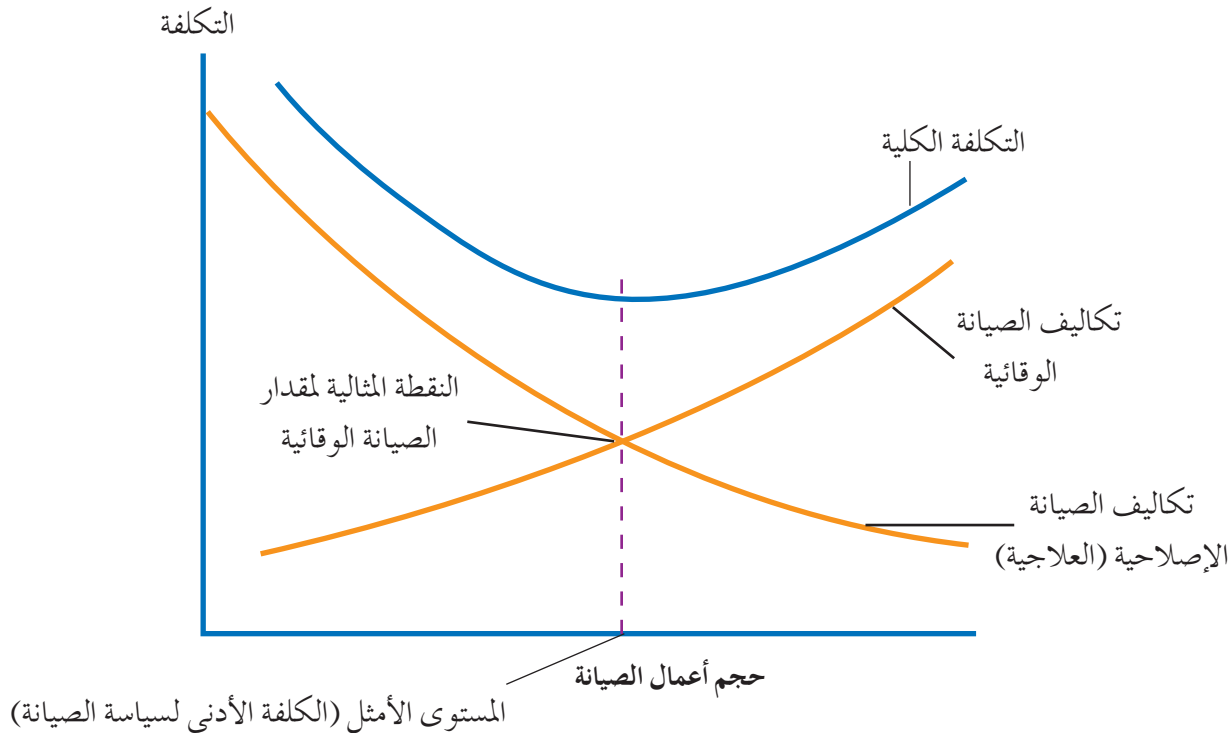
من البدهي انخفاض تكاليف الصيانة في بداية العمر الإنتاجي للمعدات، ثم ارتفاعها تدريجيًا نتيجة الأعطال التي تصيبها، وغير ذلك من الأسباب الفنية. إن مجالات خفض تكاليف الصيانة التي لا تؤدي إلى انخفاض مستوى كفاءة عمل قسم الصيانة تتمثل في ما يأتي:

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.
- ج- المقارنة بين الأدوات الاحتياطية التي تُصنَع في أقسام المنشأ والأدوات الاحتياطية الأصلية للشركة المُصنَّعة من حيث العمر التشغيلي، والكلفة.
- د - تدريب العاملين على التشغيل الصحيح للماكينات، والقيام بإجراءات الصيانة اليومية البسيطة بحسب تعليمات الجهة المُصنَّعة.
- هـ- الاهتمام باستخدام الأساليب الصحيحة في التزيت والتشحيم؛ لما لها من تأثير مباشر في تقليل كمّ الأعطال، وإطالة عمر الماكينات.

3- العلاقة بين العمر الإنتاجي للمعدات وتكاليف الصيانة

تزداد تكاليف الصيانة التي تتحملها المنشأة بزيادة العمر الإنتاجي للمعدات؛ ففي المراحل الأولى من حياة المعدات (السنوات الثلاث أو الأربع الأولى)، لا تتطلب هذه المعدات قدرًا كبيرًا من خدمات الصيانة؛ لأنها تكون بحالة تشغيلية جيدة، انظر الشكل (4-2) الذي يبين العلاقة بين تكاليف الصيانة الوقائية وتكاليف الصيانة الإصلاحية.



الشكل (4-2): العلاقة بين تكاليف الصيانة الوقائية وتكاليف الصيانة الإصلاحية.

لفهم العلاقات بين تكاليف الصيانة الوقائية وتكاليف الصيانة الإصلاحية، يمكن الاستعانة بالشكل (4 - 2) الذي يوضح علاقة التكلفة بحجم أعمال الصيانة؛ إذ يظهر جلياً من الشكل وجود علاقة عكسية بين تكلفة الصيانة الإصلاحية وحجم أعمال الصيانة، وهذا يعني أن تكاليف الاستثمار في أدوات الصيانة ومعدات 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 تحقيقها 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 خصص 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 (4 - 2) يستمر في الانخفاض مع التوسع في حجم الصيانة الوقائية إلى نقطة معينة تُمثّل 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 تحمّل 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 عدّة تُحدّد تطبيق برامج الصيانة الوقائية، مثل: عمر الآلات والمعدات المراد صيانتها، ومستوى التقنية المستخدمة فيها، ونوع عمليات الإنتاج.

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 عدّة، أهمها:

- أ - حجم أعمال الصيانة اللازمة الذي يعتمد على حجم أقسام الإنتاج.
- ب- متطلّبات 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 تُعدُّ ورشاً تخصصية تحوي معدات خاصة، وهذه الورش هي:

الورش الميكانيكية، والورش الكهربائية، والورش الإلكترونية.

ب- الورش الفرعية: هي ورش صغيرة الحجم نسبياً، 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:

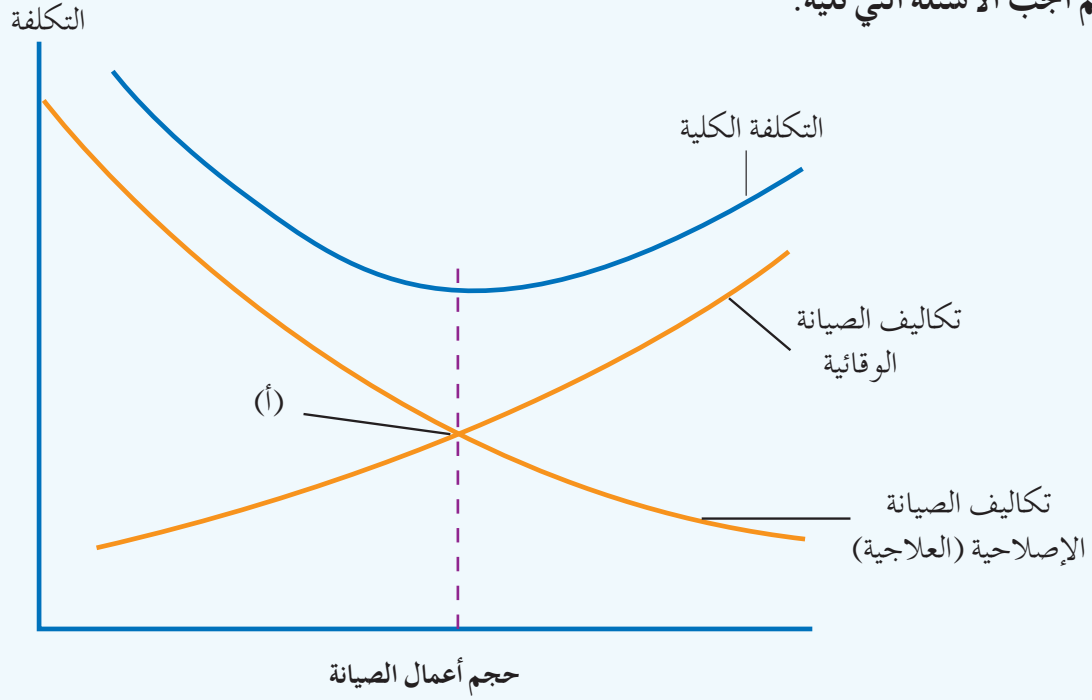
- أ - وجود نوافذ لا تقل مساحتها عما نسبته 25% من المساحة الكلية لتوفير التهوية الطبيعية إلى جانب التهوية الصناعية، وتوفير الإضاءة الطبيعية إلى جانب الإضاءة الصناعية.
- ب- توفير وسائل السلامة الصناعية لتجنب نشوب الحرائق والمخاطر الصناعية والتلوث.
- ج- توفير خدمات المنافع؛ من: مياه، وضغط هواء، وكهرباء، وغير ذلك.

- د - توفير الممرات والمداخل والمخارج تبعًا لقواعد السلامة ومتطلبات العمل.
- هـ - توفير المساحات المناسبة لتحسين تدفق حركة العمل.

أسئلة الوحدة

- 1- وضح المقصود بكلٍ من المفاهيم الآتية:
 - أ- الصيانة.
 - ب- إدارة الصيانة.
 - ج- الصيانة الاضطرارية (الطارئة).
 - د- الصيانة الوقائية.
 - هـ- الصيانة العلاجية.
 - و- خطة الصيانة.
 - ز- الاستبدال.
- 2- تقسم الصيانة قسمين رئيسين، اذكرهما.
- 3- توجد ثلاثة أنواع للصيانة الدورية، اذكرها.
- 4- يؤدي تخطيط أعمال الصيانة ووضع الخطط الملائمة لها إلى تحقيق أهدافٍ عدّة، اذكرها.
- 5- ما العوامل المؤثرة في خطة الصيانة؟
- 6- تُصنّف خطط الصيانة إلى نوعين، اذكرهما.
- 7- عدّد خطوات تطبيق الصيانة الصحيحة في المنشأة الصناعية.
- 8- وضح : كيف يمكن عمل صيانة للماكينات إذا لم توجد كتيبات المورد أو المصنّع.
- 9- بين إجراءات تنظيم أعمال الصيانة.
- 10- وضح أهداف الصيانة الإنتاجية الشاملة.
- 11- يُصنّف الاستبدال إلى نوعين، اذكرهما.

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



العلاقة بين تكاليف الصيانة الوقائية وتكاليف الصيانة الإصلاحية.

- أ - وضح علاقة التكلفة بحجم أعمال الصيانة في الصيانة الوقائية.
 ب- وضح علاقة التكلفة بحجم أعمال الصيانة في الصيانة الإصلاحية.
 ج- ماذا تمثل نقطة تقاطع منحنى تكاليف الصيانة الوقائية مع منحنى تكاليف الصيانة الإصلاحية (النقطة (أ))؟

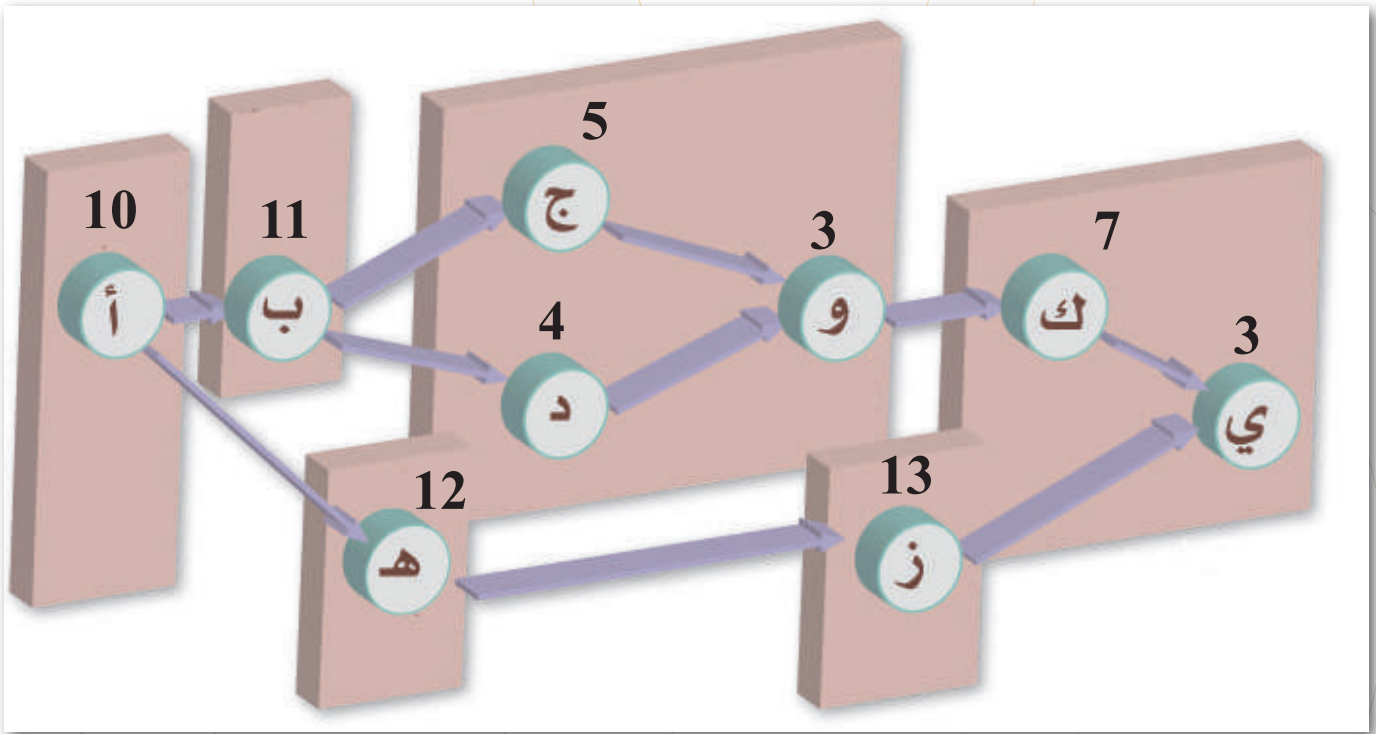
13 - صنف ورش الصيانة إلى أنواعها.

14 - علل :

- أ - التقادم واستهلاك المكين والمعدات أحد أسباب الاستبدال لهذه المعدات والمكين.
 ب - تكون تكلفة الصيانة في بداية العمر الإنتاجي للمعدات منخفضة لكنها ترتفع تدريجيًا بعد ذلك .
 ج - يُراعى عند تصميم ورش الصيانة وجود نوافذ لا تقل مساحتها عن 25% من المساحة الكلية لمبنى الورشة.

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 المهمات للإشراف على مراحل عمل المشروع الصناعي وتنفيذها؟



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

يتوقع منك بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- تتعرف خرائط جانتي، ومزاياها، وعيوبها.
- تطبق خرائط جانتي على أمثلة واقعية.
- 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.
- تتعرف طريقة المخطط السهمي، وعناصرها.
- ترسم أنشطة مشروع أو جزء منه باستخدام طريقة المخطط السهمي.
- تتعرف طريقة المخطط التصديري، وعناصرها.
- ترسم شبكات الأعمال لمشروع أو جزء منه باستخدام طريقة المخطط التصديري.
- تتعرف طريقة تقييم البرامج، ومراجعتها، وعناصرها، وتطبيقاتها.
- تتعرف طرائق حساب الأزمنة المبكرة والأزمنة المتأخرة للمشروع.
- تتعرف مفهومَي 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.

أولاً خرائط جانت (Gantt Chart)

تُمثّل هذه الخرائط أحد أقدم الأساليب والطرائق وأبسطها في جدولة أنشطة الحياة العملية، وما تزال تستخدم في الصناعة ومراكز الخدمات، وقد طوّرها هنري جانت سنة 1917م.

1- بناء مخطط جانت

يتم إنشاء مخطط جانت كما يأتي:

- أ- تقسيم المشروع إلى عدد من الأنشطة.
- ب- معرفة الوقت اللازم لتنفيذ كل نشاط.
- ج- 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، ويُمثّل المحور الأفقي زمن تنفيذ النشاط الذي تُحدّد بدايته ونهايته، والذي يُرسم على شكل مستطيل، بحيث تُمثّل بدايته بداية النشاط، وتُمثّل 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 يُظهر المحور العمودي أنواع الأنشطة الواجب إتمامها.

2- مزايا خرائط جانت

- أ- طريقة بسيطة، سهلة الإعداد والرسم، وسهلة القراءة.
- ب- أداة للتخطيط والجدولة الخاصة بالمشروعات البسيطة وغير المعقدة.
- ج- سهلة الاستخدام، والتعديل، والتغيير.
- د- مساعدة مدير المشروع على تعرّف الأنشطة التي تُسرّع إنجاز المشروع، والأنشطة التي تُعوّق تنفيذه.
- هـ- الإسهام في تحديد متطلبات 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- تعلم كيفية استخدامها لا يتطلب تدريباً كبيراً.

3- عيوب خرائط جانت

- أ- عدم مناسبتها للمشروعات التي تزيد على (30) نشاطاً.
 ب- عدم تقديمها معلومات تفصيلية عما أُنجِز من المشروع، والاكتفاء بإعطاء مؤشر (نسبة مئوية) لما أُنجِز من كل نشاط في المشروع.
 ج- توصيلها للمعلومات قليل نسبياً.
 د- عدم إظهارها تداخل العلاقات بين الأنشطة.
 هـ- عدم تقييمها لتأثير تأخر نشاط معين في المشروع عن بقية الأنشطة.

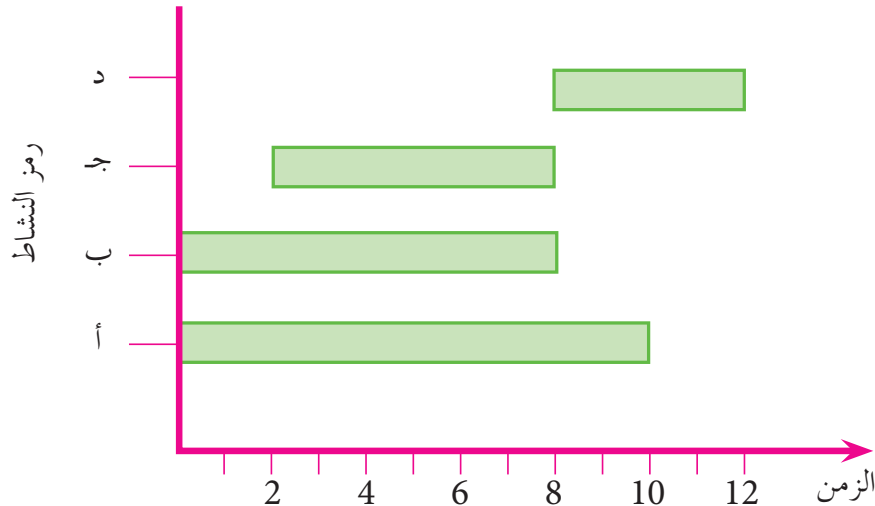
مثال (5-1)

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

رمز النشاط	أ	ب	ج	د
زمن النشاط بالاسبوع	10	8	6	4

الحل

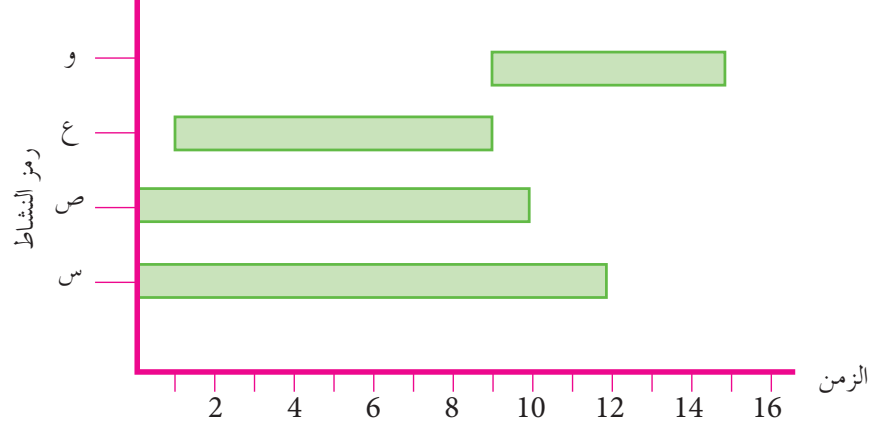
تُمثّل الأنشطة على المحور العمودي، ويُمثّل زمن كل نشاط على المحور الأفقي كما يأتي:



مثال (5-2)

يُبين الشكل أدناه مخطط جانث لأربعة أنشطة مُمثلة على الرسم، المطلوب:
1 - تعبئة الجدول.

2 - متى يبدأ كل نشاط من هذه الأنشطة، ممثلاً هذه الأنشطة بالرموز؟



الحل

رمز النشاط	زمن النشاط (أسبوع)
س	12
ص	10
ع	8
و	6

- 1

- 2

- كلا النشاطين (س) و (ص) يبدأ في الوقت نفسه؛ من بداية المشروع.
- النشاط (ع) يبدأ بعد أسبوع من بداية النشاطين (س) و (ص).
- النشاط (و) لا يمكن أن يبدأ إلا بعد الانتهاء من النشاط (ع).

ثانياً أساسيات المخططات الشبكية

في أواخر الخمسينيات من القرن الماضي (1957م-1958م) ظهرت طريقة المخطط السهمي، أو ما عُرف 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. هناك طرائق عدّة 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)، وتُختصر بالأحرف (A.O.A).
- طريقة المخطط التصديري (Procedure Diagramming Method:PDM) التي تسمى أحياناً مخطط الأسبقيات (Precedance Diagramming Method: PDM)، وفيها تستخدم العقدة، أو الخانة، أو الدائرة، أو المربع لتمثيل النشاط داخل الخانة، وتُختصر بالأحرف التي ترمز إلى عبارة (Activity on Node: A.O.N).

1 - 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 التابع والتزامن.
 - ب- إمكانية استخدام النشاط الوهمي في طريقة المخطط السهمي، أو الأنشطة المتداخلة في طريقة المخطط التصديري؛ للتحكم في توقيت بدء النشاط المقيد بزمن محدد، أو نشاط سابق.
 - ج- سهولة العمليات الحسابية المستخدمة، وبخاصة حين تكون الشبكة ضمن مشروع يحوي أنشطة عديدة.
 - د - استخدام نظام ترقيم يدل على الأنشطة، ويمثل مرجعاً سهلاً للعمليات الحسابية؛ سواء أكانت هذه الحسابات تُعالج يدوياً، أم حاسوبياً.
 - هـ- إظهار تأثير تأخر نشاط معين في المشروع عن بقية الأنشطة.
 - و - متابعة التنفيذ ومراقبته مراقبة دقيقة وفق الجدول الزمني لكل نشاط.
 - ز - إمكانية تحويل المخطط السهمي إلى مخطط ذي مقياس زمني يجمع بين مخطط جانتي 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، علماً أن هذه الشبكة تُعَدُّ مصدرًا أساسيًا للمعلومات، وأساساً لعملية إعادة التخطيط.
 - ي- الإسهام في تحقيق أهداف المشروع بأقل تكلفة إجمالية.

ثالثًا تمثيل شبكات الأعمال (Network Programming)

تُعرّف 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 تُرسم وتُصمّم في صيغة شبكة؛ فهي مخططات شبكية قائمة على أساس الأسهم والأحداث.

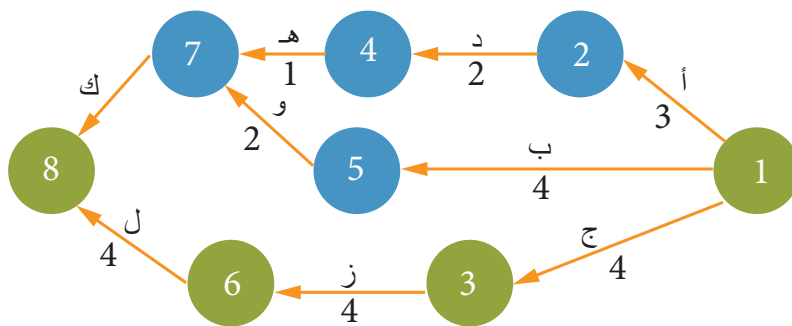
تستخدم شبكات الأعمال في عمل شكل بياني واضح سهل متابعة مراحل العمل في مشروع يكون غالبًا كبيرًا جدًا، بحيث يصعب تصور مراحل العمل فيه، أو تكوين صورة إجمالية عنها من قراءة المعطيات المتعلقة بكل مرحلة، وتكاليفها للمدة الزمنية التي يُتوقّع فيها إنهاء المرحلة؛ نظرًا لعلاقة كل مرحلة بالمرحلة الأخرى. ولهذا جاءت 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 الأولى، والانتهاء من بناء الطوابق كلها، وإعداد فتحات التكييف المركزي، وتوصيل أKBال الكهرباء الرئيسة، وتشبيد شبكة الصرف الصحي.

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

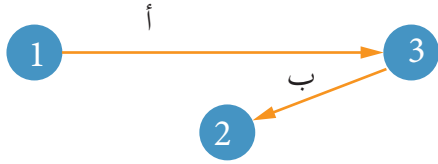
ولكن، إذا مثلنا كل مرحلة من المراحل بخط مستقيم، وحددنا المدة الزمنية اللازمة لإنهاء المرحلة من الرقم الموجود أسفل السهم، ومثلت النقطة التي تسبق الخط نقطة البداية للنشاط، ومثلت النقطة التي تقع على الطرف الآخر من السهم نهاية النشاط؛ عندئذٍ يمكن تصور المسار



العام للمشروع، وتعرّف طبيعة العلاقة بين المراحل المختلفة، وتحديد أي المراحل يمكن البدء بها من دون الحاجة إلى انتظار إنهاء المراحل الأخرى.

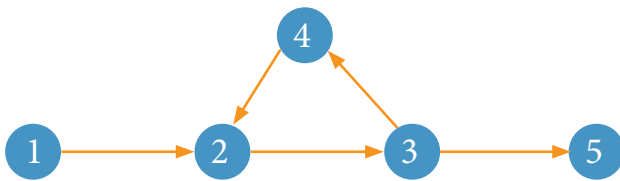
رابعًا قواعد رسم المخططات الشبكية ومعاييرها

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



الشكل (1-5): الارتداد إلى الخلف.

1 - عدم وجود ما يسمى الارتداد إلى الخلف، انظر الشكل (1-5).



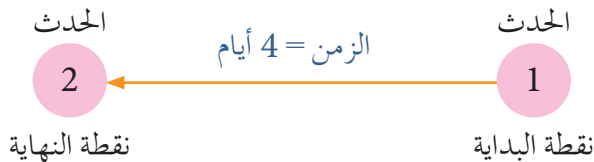
الشكل (2-5): الدوران بين الأنشطة.

2 - عدم وجود ما يسمى الدوران بين الأنشطة، انظر الشكل (2-5).



الشكل (3-5): بداية أكثر من نشاط واحد، يبدأ بحدث واحد، وينتهي بحدث واحد.

3 - عدم بدء أكثر من نشاط واحد لهما الوصف والعمل نفسهما، بحيث يبدأ بحدث واحد، وينتهي بحدث واحد، انظر الشكل (3-5).



الشكل (4-5): نقطتا البداية والنهاية والزمن لنشاط.

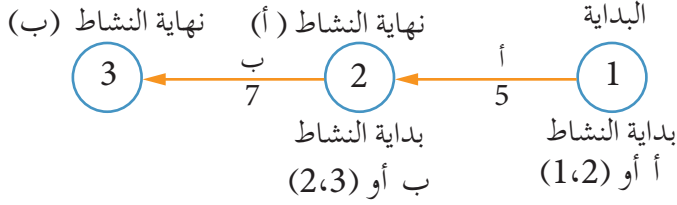
4 - عدم تمثيل طول (أو قصر) الخط الواصل بين نقطتي بداية النشاط ونهايته أي أهمية؛ حيث يبدأ المشروع من نقطة بداية، وينتهي عند نقطة نهاية تسمى النقطة الوهمية، ويُعبّر عن النشاط بما بين نقطتي البداية والنهاية، انظر الشكل (4-5).



الشكل (5-5): اتجاه خطأ لمسار النشاط.

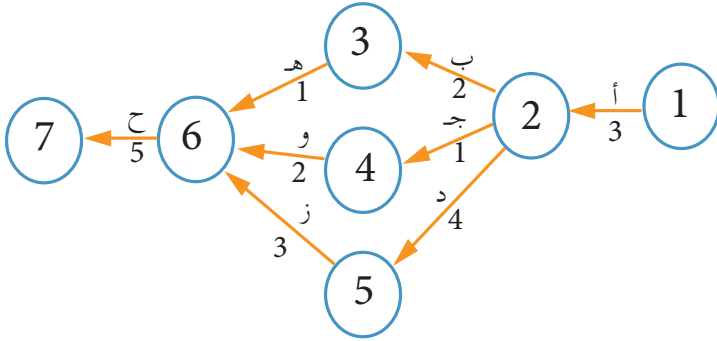
5- سلوك المسار اتجاهًا واحدًا، لا اتجاهين اثنين، وعدم العودة إلى النشاط السابق، انظر الشكل (5-5).

6- اشتغال المشروع على مجموعة من الأنشطة، يُمثّل كلُّ منها مهمة؛ فالدائرة تُمثّل نقطة أو حدث بداية كل نشاط ونهايته، ويكتب فيها رقم يرمز إلى بداية النشاط أو نهايته. وغالبًا ما تُمثّل النقطة الواحدة نهاية نشاط وبداية نشاط آخر، انظر الشكل (5-6).



الشكل (5-6): نقطة بداية الأنشطة ونهايتها.

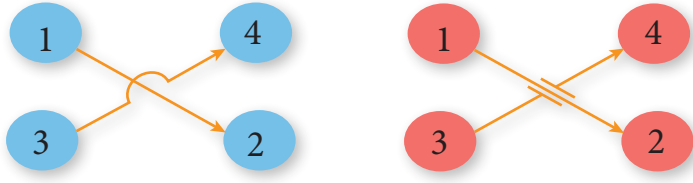
يتكون كل نشاط من ثلاثة أجزاء، هي: البداية، والوقت، والنهاية، ويمكن التعبير عن مدة كل نشاط بأي وحدة زمنية، وينبغي تحديد الوقت اللازم للتنفيذ، وفترة السماح في كل نشاط، انظر الشكل (5-6)، والشكل (5-7).



الشكل (5-7): استكمال الأنشطة السابقة شرط لبدء نشاط جديد.

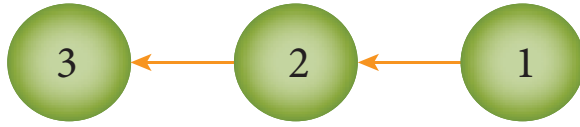
7- عند انتهاء مجموعة من الأنشطة في نقطة معينة، فإن ذلك يؤكد وجوب استكمالها قبل البدء بنشاط جديد؛ إذ لا يمكن البدء بأي نشاط معين قبل الانتهاء من الأنشطة السابقة جميعها التي تنتهي فيه. ولهذا يجب الانتهاء من الأنشطة (6-3)، و(6-4)، و(6-5) قبل البدء بالنشاط (7-6)، كما هو مبين في الشكل (5-7).





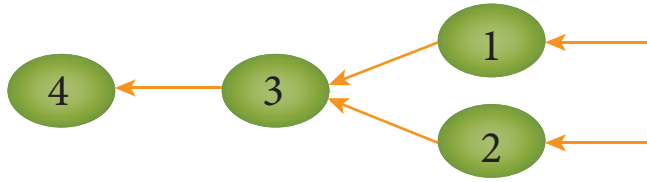
الشكل (5-8): تقاطع الأنشطة.

8 - تقاطع الأنشطة غير مرغوب فيه في شبكات الأعمال باستثناء الحالات الضرورية اللازمة لإنجاز العمل، ويمكن تمثيل حالات التقاطع كما في الشكل (5-8).



الشكل (5-9): ترقيم الأنشطة.

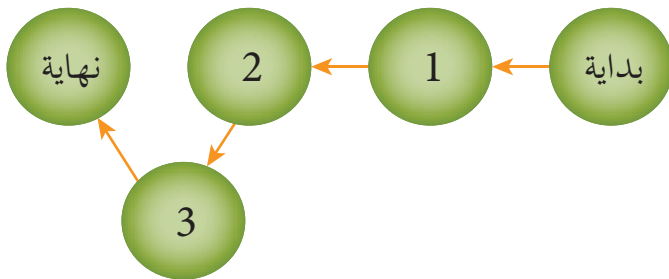
9 - الترقيم يبدأ من بداية الشبكة إلى نهايتها، ويراعي فيه أن يكون رقم النهاية أكبر من رقم البداية (أي إن رقم النشاط اللاحق أكبر من رقم النشاط السابق)، وأن يكون لكل نشاط في المشروع رقم فريد غير مكرر، انظر الشكل (5-9).



الشكل (5-10): البدء بعدد من العقد.

10 - بدء شبكات الأعمال بحدث بداية واحد، وانتهاءها بحدث نهاية واحد، وتعذر البدء بعدد من العقد، انظر الشكل (5-10).

11 - الجزء الأساسي للمشروع هو النشاط الذي يُعبّر 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.




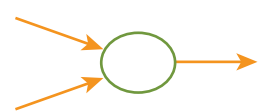
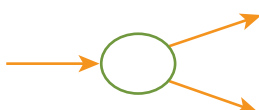
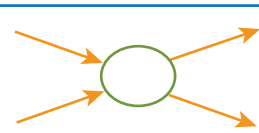
الشكل (5-11): اشتغال النشاط على تسلسل.

12 - وجوب اشتغال كل نشاط على تسلسل، انظر الشكل (5-11).

تتكون الشبكة من العناصر الآتية:

1- الحدث (Event)

يُعرّف 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 الأنشطة كلها التي تسبق هذا الحدث، الذي يُمثّل 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 يُمثّل نقطة الأصل (نقطة الصفر)، وحدث نهاية واحد يُمثّل انتهاء أعمال المشروع. يمكن تمثيل الأحداث بالأشكال المجاورة:

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

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

2- المسار

هو سلسلة من الأنشطة المتتابعة التي تربط نقطة بدء المشروع بنقطة إتمامه كاملاً. 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 كاملاً، إلا أنه يُمثّل أفضل وقت وأقله لإتمام المشروع كاملاً.

3- النشاط

هو جزء محدد من المشروع يتطلب إتمامه قدرًا محددًا من الوقت والموارد المالية، وهو يُمثّل إحدى أهم وظائف المشروع. تمتاز أنشطة المشروع بالخصائص الآتية:

أ - التابع: مخرجات بعض الأنشطة هي مدخلات لأخرى، وهذا التابع نابع من المتطلبات الفنية لإنجاز المشروع.

ب- التفرد: كل مشروع متفرد في أنشطته.

ج- 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 مُنتج صناعي، وتجميع الأجزاء، وصيانة إحدى المركبات، وتصنيع بعض المكونات، وتشحيم آلة وتزيتها. تقع الأنشطة بين حدثين؛ الأول يُعرّف بالحدث السابق، والثاني يُعرّف بالحدث اللاحق. فالأنشطة حصيلة مجموعة من الأحداث التي لا يمكن البدء بها إلا إذا أُنجزت الأنشطة السابقة لها جميعًا، وهي تُمثّل في الرسم بسهم في الأنشطة التي تُمثّل بسهم، أو مربع، أو دائرة في الأنشطة التي تُمثّل بعقد. واتجاه الرسم يبين تتابع الأحداث، أما طول السهم، فلا يُمثّل أي شيء. ويمكن كتابة وقت الإنجاز أسفل السهم إذا كان النشاط يُمثّل بسهم، أو بحسب طريقة تمثيل النشاط، علمًا أن كل سهم يُمثّل نشاطًا مستقلًا؛ أي نشاطًا واحدًا فقط.

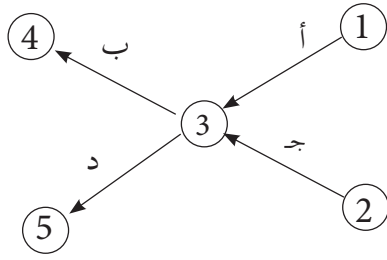
تنقسم الأنشطة قسمين أساسيين، هما:

أ - الأنشطة الحقيقية: يُقصد 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، ويُعبّر 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 كاملاً.

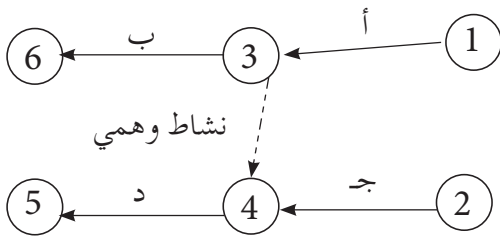
ب- الأنشطة الوهمية: هي أنشطة لا تستغرق وقتاً (أي إن وقتها يساوي صفراً)، ولا تتطلب توافر أي موارد لأنها وهمية، وهي تستخدم فقط لتسهيل رسم الشبكة، وبيان العلاقة بين الأحداث، وترسم على الشبكة سهمًا ذا خط مُنقَط أو متقطع.

تستخدم الأنشطة الوهمية في ثلاث حالات رئيسة، هي:



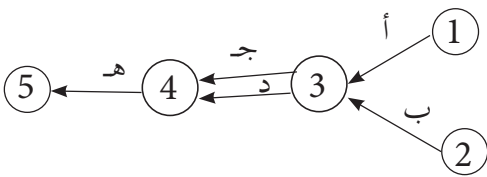
الشكل (5-12): تعاقب الأنشطة.

1. التعبير عن علاقات متقاطعة تنابعة بين الأنشطة المختلفة المكونة للشبكة. فالشكل (5-12) يبين أن النشاطين (ب)، و(د) يجب أن يعقبا النشاط (أ)، وأن النشاط (د) يجب أن يعقب النشاط (ج).



الشكل (5-13): تمثيل النشاط الوهمي.

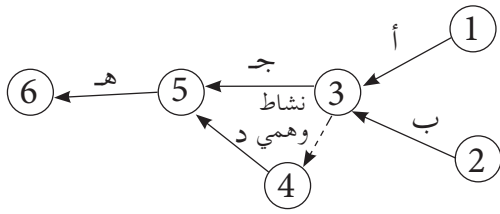
غير أنه يوجد خطأ يتمثل في أن النشاط (ب) يتبع النشاط (ج)، وأن النشاط (ب) لا يمكن أن يبدأ إلا بعد تنفيذ النشاطين (أ)، و(ج) معاً. ولمعالجة هذا الخطأ، يجب إعادة رسم الشبكة، واستخدام نشاط وهمي، كما في الشكل (5-13).



الشكل (5-14): ارتباط حدثين في أكثر من نشاط.

2. 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 (5-14).

يُلاحظ من الشكل أن كلاً من النشاط (ج) والنشاط (د) يبدأ من الحدث (3)، وينتهي



الشكل (5-15): فك ارتباط حدثين في أكثر من نشاط باستخدام النشاط الوهمي.

بالحدث (5). ولتجنب هذا الخطأ، يجب استخدام النشاط الوهمي لفك ارتباط هذين النشاطين، انظر الشكل (5-15).

3. إضفاء نوع من الوضوح وملاءمة شبكة العمل؛ إذ يجب أن يكون لشبكة العمل نقطة بداية واحدة ونقطة نهاية واحدة.

تنقسم الأنشطة مجموعتين رئيسيتين، هما:

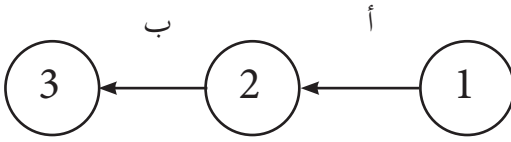
أ - الأنشطة المتعاقبة: هي الأنشطة التي تحدث

وفق ترتيب متعاقب. ففي الشكل (5-16)،

نجد أن النشاط (أ) يسبق النشاط (ب)

اللاحق للنشاط (أ)؛ لذا لا يجوز البدء بتنفيذ

النشاط (ب) إلا بعد إنجاز النشاط (أ).

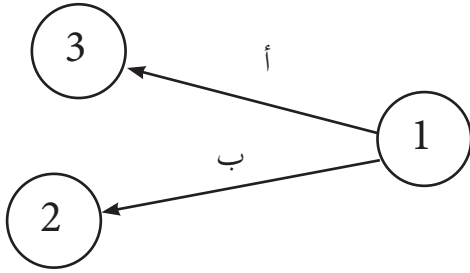


الشكل (5-16): تعاقب الأنشطة.

ب- الأنشطة المتوازية: هي الأنشطة التي تُنفَّذ في

الوقت نفسه. فالشكل (5-17) يبين أن

النشاطين (أ) و (ب) يُنفَّذان في الوقت نفسه.



الشكل (5-17): نشاطان متوازيان.

سادساً طرائق رسم الشبكة الممثلة للمشروع

هناك طرائق عدّة لرسم الشبكة الممثلة للمشروع، أهمها:

1- طريقة المخطط السهمي (Arrow Diagramming Method: ADM)

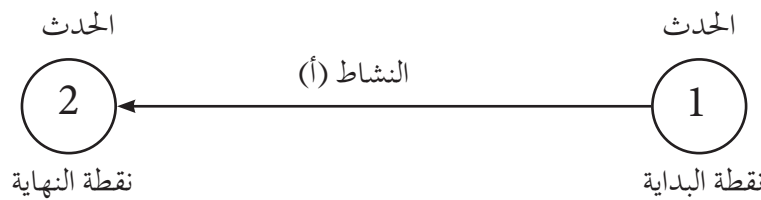
يُمثّل النشاط (Activity) في هذه الطريقة بسهم (Arrow) يصل بين حدثين، ويكتب اسم النشاط

على السهم. وبوجه عام، تُصمّم شبكات العمل على أساس التعبير عن الأنشطة بالأسهم

(Activity on Arrow: A O A)، ولا يُعبّر 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 مستقيماً؛ 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 يُعرف بحدث البداية، وحدث النهاية، والأنشطة على السهم. وقد يتطلب ذلك وجود أنشطة وهمية لكل نشاط له بداية ونهاية محددتان، ويُعبّر عن ذلك من حيث الارتباط الإداري والتنظيمي بالأنشطة السابقة أو اللاحقة باستخدام الفواصل الموجودة على الشبكة. وهذه الفواصل (الأقطاب) تُعرف باسم الحدث الذي يُعبّر عن لحظة زمنية تكون بين انتهاء النشاط السابق وبداية النشاط اللاحق، ولا تستغرق زمناً، ولا تستهلك وقتاً أو موارد؛ أي إنها فاصل لحظي بين زمن الأنشطة الحقيقي، انظر الشكل (5 - 18).

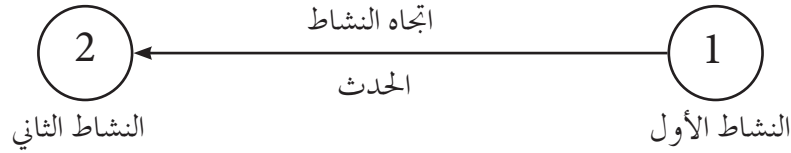


الشكل (5 - 18): طريقة رسم النشاط على السهم (AOA).

2- طريقة المخطط التصديري (PDM): (Precedence Diagramming Method)

تختلف طريقة رسم المخطط التصديري عن طريقة رسم المخطط السهمي؛ إذ تُمثّل أنشطة المشروع باستخدام عقدة أو خانة (Node)، قد تكون دائرة أو مربعاً مثلاً، وتحتوي المعلومات المتعلقة بالنشاط، مثل: اسم النشاط، ورمزه، والأوقات المبكرة والمتأخرة، في حين تُمثّل الوصلات (Links) التي تربط بين الأنشطة بخطوط (Lines)، خلافاً للمخطط السهمي الذي يُمثّل فيه النشاط بسهم بين حدث بداية النشاط وحدث نهاية النشاط. وتظهر العلاقة بين هذه الأنشطة عبر 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) تُعبّر عن الأنشطة، والأسهم التي تربط الدوائر تُعبّر 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 (5-19).



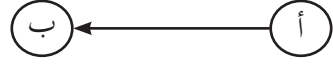



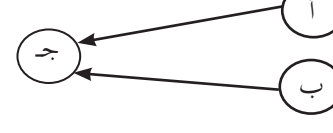
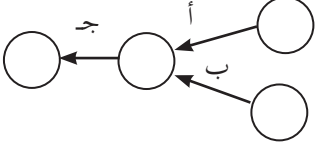
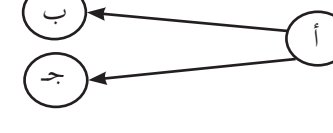
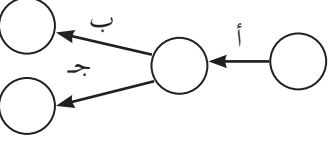
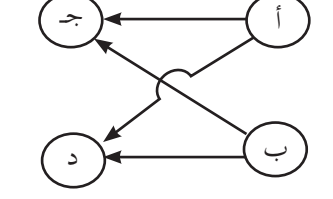
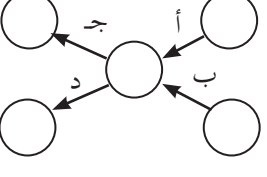
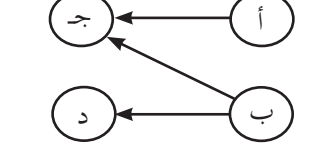
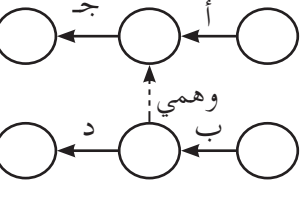
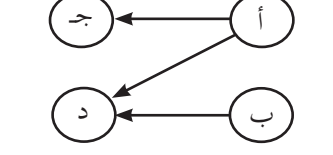
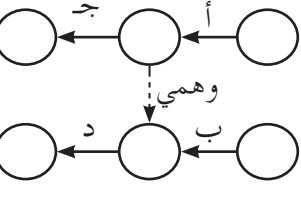
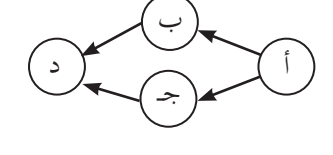
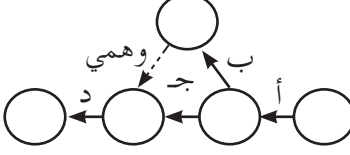
الشكل (5-19): طريقة رسم النشاط داخل الخانة (على القطب) (AON).

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

جاء ظهور طريقة المخطط التصديري على يدي جون فونداال (John Fondahl) عام 1961م بوصفها حلاً للمشكلات المتعلقة بالأنشطة الوهمية؛ إذ تميزت هذه الطريقة بعدم الحاجة إلى الأنشطة الوهمية، وقدرتها على إبراز التداخل بين الأنشطة بصورة أفضل.

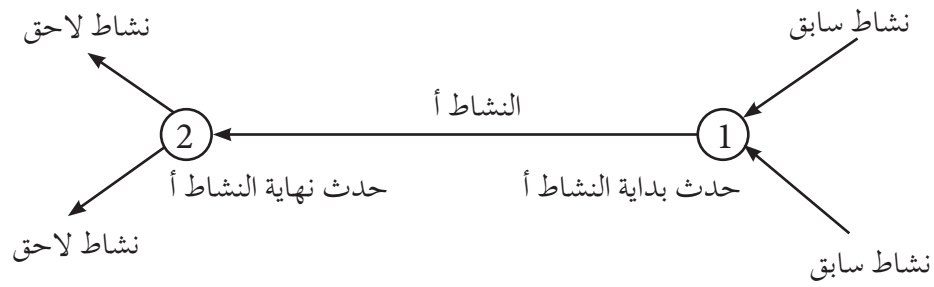
مقارنة بين طريقتي رسم الشبكة المثلثة للمشروع

يبين الجدول الآتي مقارنة بين تمثيل الأنشطة لكل من طريقة المخطط السهمي، وطريقة المخطط التصديري، حيث يُمثّل النشاط على السهم في طريقة المخطط السهمي، ويُمثّل النشاط داخل الخانة في طريقة المخطط التصديري.

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

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

وقد ذكرنا سابقاً أن النشاط في طريقة المخطط السهمي يُمثَّل بسهم يصل بين حدثين، وأن السهم (الخط) يمكن أن يأخذ أي شكل؛ كأن يكون منحني، أو زاوي الشكل، أو مستقيماً؛ لأن طبيعة إنشاء الشبكة تتحكم في شكل المخطط الشبكي، انظر الشكل (5-20) الذي يُمثِّل العلاقة بين النشاط والحدث.



الشكل (5-20): العلاقة بين النشاط والحدث في المخطط السهمي.

1 - 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 اعتماداً 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.

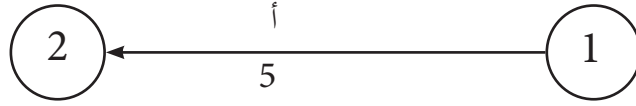
يُنشأ المخطط السهمي بناءً على البيانات المعطاة، وهي: الأنشطة، وزمنها، والأنشطة السابقة لكل نشاط، وأي بيانات تلزم لبناء المخطط الشبكي، انظر الأمثلة الآتية التي تدرج من نشاط واحد إلى أنشطة متعددة، مراعية التنوع:

مثال (5-3)

ارسم المخطط السهمي للنشاط (أ)، علمًا أن زمن النشاط هو (5) أيام بطريقة النشاط فوق السهم (A.O.A).

رمز النشاط	النشاط السابق	الزمن
أ	---	5

الحل



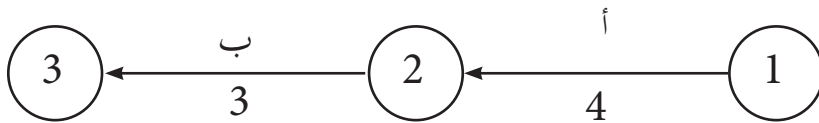
الشكل (5-21): المخطط السهمي للنشاط (أ).

مثال (5-4)

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

رمز النشاط	النشاط السابق	الزمن
أ	---	4
ب	أ	3

الحل



الشكل (5-22): المخطط السهمي للنشاطين (أ)، و (ب).

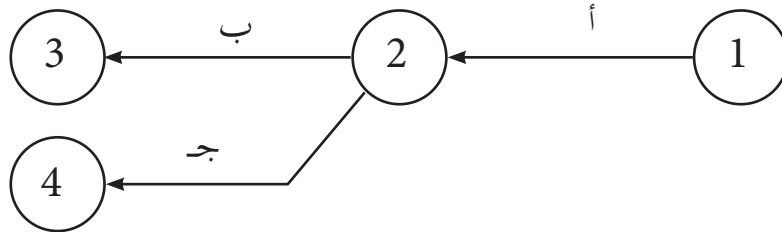
مثال (5 - 5)

يبيّن الجدول الآتي (3) أنشطة. ارسم المخطط السهمي لها بطريقة النشاط فوق السهم

(A.O.A).

رمز النشاط	النشاط السابق
أ	---
ب	أ
ج	أ

الحل



الشكل (5-23): المخطط السهمي للأنشطة (أ)، و (ب)، و (ج).

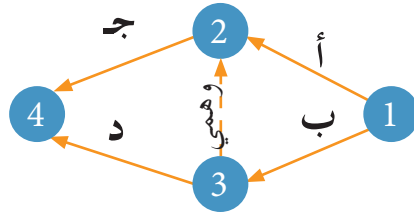
مثال (6 - 5)

يبيّن الجدول الآتي (4) أنشطة. ارسم المخطط السهمي لها بطريقة النشاط فوق السهم

(A.O.A).

رمز النشاط	النشاط السابق
أ	---
ب	---
ج	أ، ب
د	ب

الحل



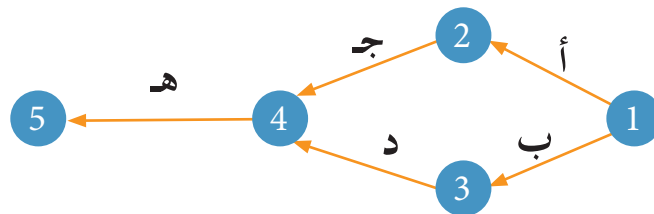
الشكل (5-24): المخطط السهمي للأنشطة (أ)، و (ب)، و (ج)، و (د).

مثال (5-7)

يبيّن الجدول الآتي (5) أنشطة. ارسم المخطط السهمي لها بطريقة النشاط فوق السهم

(A.O.A).

رمز النشاط	النشاط السابق
أ	---
ب	---
ج	أ
د	ب
هـ	ج، د



الشكل (5-25): المخطط السهمي للأنشطة (أ)، و (ب)، و (ج)، و (د)، و (هـ).

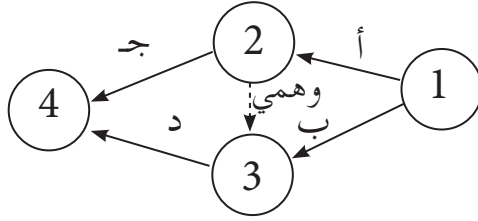
الحل

مثال (5-8)

يبين الجدول الآتي (4) أنشطة. ارسم المخطط السهمي لها بطريقة النشاط فوق السهم (A.O.A).

رمز النشاط	النشاط السابق
أ	---
ب	---
ج	أ
د	أ، ب

الحل



الشكل (5-26): المخطط السهمي للأنشطة (أ)، و (ب)، و (ج)، و (د).

فائدة

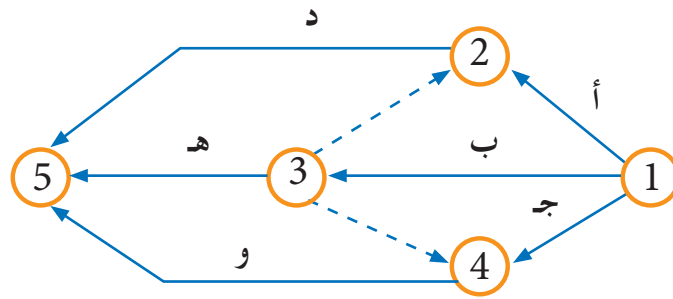
الأنشطة الوهمية: هي أنشطة لا تستغرق وقتاً؛ أي إن وقتها يساوي صفراً، ولا تتطلب توافر أي موارد لأنها وهمية، وهي تستخدم فقط لتسهيل رسم الشبكة، وبيان العلاقة بين الأحداث، وترسم على الشبكة بشكل سهم مُنقَط، أو شرطات قصيرة (-----<). ويعرض المثال السابق نشاطاً وهمياً بين الحدث رقم (2) والحدث رقم (3)؛ لأن المتطلب 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 (5-9)

يبين الجدول الآتي (6) أنشطة. ارسم المخطط السهمي لها بطريقة النشاط فوق السهم (A.O.A).

رمز النشاط	النشاط السابق
أ	---
ب	---
ج	---
د	أ، ب
هـ	ب
و	ب، ج

الحل



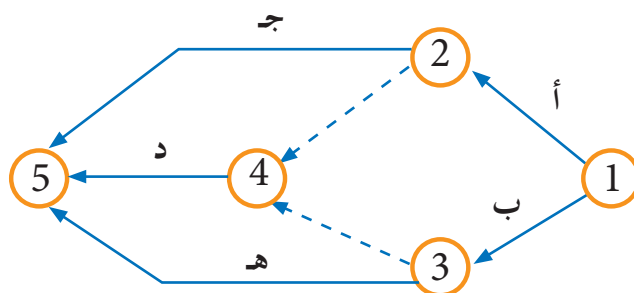
الشكل (5-27): المخطط السهمي للأنشطة (أ)، و (ب)، و (ج)، و (د)، و (هـ)، و (و).

مثال (5-10)

يبيّن الجدول الآتي (5) أنشطة. ارسم المخطط السهمي لها بطريقة النشاط فوق السهم

(A.O.A).

رمز النشاط	النشاط السابق
أ	---
ب	---
ج	أ
د	أ، ب
هـ	ب



الشكل (5-28): المخطط السهمي للأنشطة (أ)، و (ب)، و (ج)، و (د)، و (هـ).

مثال (5 - 11)

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 تنفيذها خلال مدة معينة. وفي ما يأتي جدول يتضمن هذه الأنشطة، ومدة كلٍّ منها بالأيام:

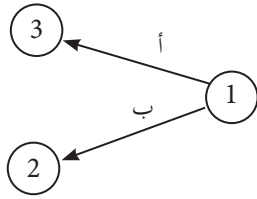
الرقم	رمز النشاط	زمن النشاط (باليوم)	وصف النشاط	الأنشطة السابقة
1	أ	10	اختيار موقع المشروع، والقيام بإجراءات الاستملاك.	—
2	ب	5	طرح عطاء توريد الآلات للمشروع.	—
3	ج	8	الاتفاق مع شركة استشارية على متابعة سير تنفيذ المشروع.	ب
4	د	4	طرح عطاء القيام بالأعمال الإنشائية اللازمة.	أ، ب
5	هـ	14	ورود عروض توريد الآلات.	ب
6	و	14	ورود عروض القيام بالأعمال الإنشائية.	ج، د

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

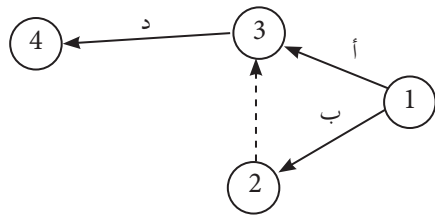
ملحوظة

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.

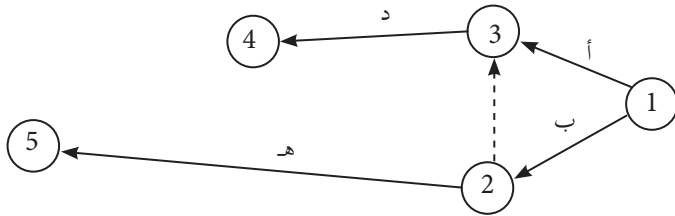
الحل



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



2 - 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.

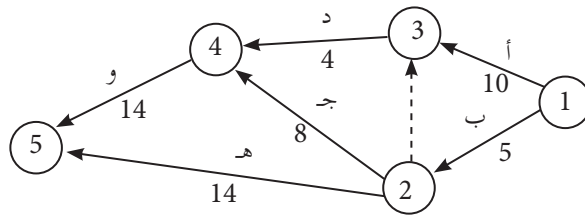


3 - رسم النشاط (هـ) من نهاية النشاط (ب)؛ لأنه نشاط سابق له.

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

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

* تنتهي أنشطة المشروع بالحدث (5) كما هو مبين في الشكل (5-29).



الشكل (5-29): الشكل النهائي للشبكة.

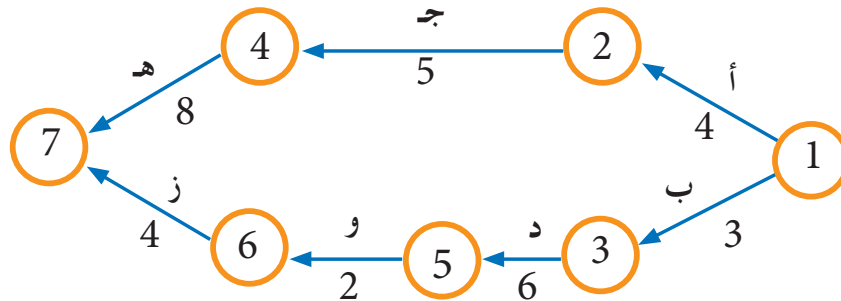
مثال (5-12)

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

الأنشطة السابقة	زمن النشاط (باليوم)	رمز النشاط	الرقم
—	4	أ	1
—	3	ب	2
أ	5	ج	3
ب	6	د	4
ج	8	هـ	5
د	2	و	6
و	4	ز	7

الحل

يجب البدء بأول نشاطين من الحدث (1)، وهما (أ)، و (ب) لعدم وجود أنشطة سابقة لهما، ثم الانتقال إلى بقية الأنشطة وفق ترتيب الأنشطة السابقة لكل نشاط، وصولاً إلى آخر نشاطين، وهما (هـ)، و (ز) لعدم وجود أنشطة لاحقة لكل منهما، فتكتمل بذلك شبكة المشروع، ثم يوضع زمن كل نشاط أسفل منه، وتُغلق أنشطة المشروع بالحدث (7)، انظر الشكل (5-30).



الشكل (5-30): المخطط السهمي لشبكة المشروع.

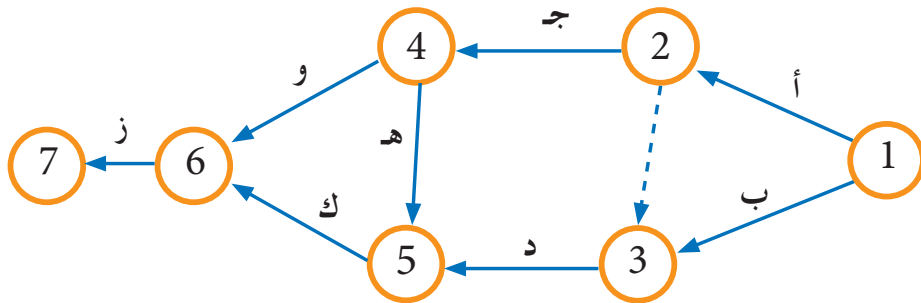
مثال (5-13)

طُلب إلى إحدى المطابع إحضار محرقة ورق وتركيبها؛ تنفيذاً لشروط وزارة البيئة، وقد أُعدَّت دراسة عن الأنشطة المطلوبة، ومدى تتابعها كما يظهر في الجدول الآتي الذي يُمثّل وصفاً للأنشطة الخاصة بتركيب هذه المحرقة. ارسم شبكة المشروع مستعملاً طريقة النشاط على السهم (A.O.A).

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

الحل

يجب البدء بأول نشاطين من الحدث (1)، وهما (أ)، و (ب) لعدم وجود أنشطة سابقة لهما، ثم الانتقال إلى بقية الأنشطة وفقاً لترتيب الأنشطة السابقة لكل نشاط، وصولاً إلى آخر نشاط، وهو (ز) لعدم وجود أنشطة لاحقة له، فتكتمل بذلك شبكة المشروع، وتُغلق أنشطة المشروع بالحدث (7)، انظر الشكل (5-31).



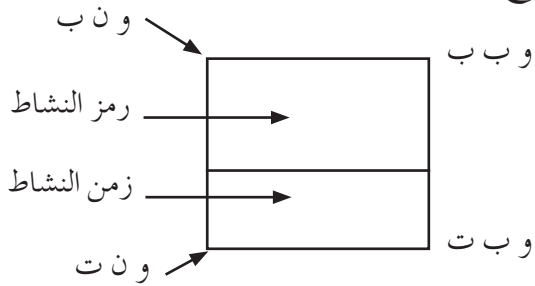
الشكل (5-31): المخطط السهمي لشبكة مشروع محرقة الورق.

ثامناً طريقة المخطط التصديري (A.O.N)

يُمثّل النشاط أو الفعالية في طريقة المخطط التصديري بعقدة أو خانة بدلاً 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.

تُمثّل الفعالية في هذه الطريقة بدائرة أو مربع يسمى عقدة، وتُدوّن داخل العقدة جميع المعلومات، بما في ذلك رمز الفعالية، ومدتها. ويُعرّف 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 (5 - 32/أ، ب). ولغرض الفهم والتبسيط، يمكن اختصار بعض معلومات النشاط، والاكتفاء ببعض البيانات والمعلومات.

وفي ما يأتي الأوقات الأربعة للأنشطة الممثلة للمشروع:



الشكل (5-32/ب) : معلومات النشاط في طريقة المخطط التصديري.

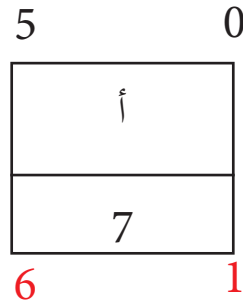
و ن ب	رقم النشاط	و ب ب
وصف النشاط		
و ن ت	زمن النشاط	و ب ت

الشكل (5-32/أ) : معلومات النشاط في طريقة المخطط التصديري.

- و ب ب: وقت البداية المبكر (أبكر وقت لبدء النشاط من دون مخالفة متطلبات 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 كاملاً).
- و ن ت: وقت النهاية المتأخر (آخر وقت يمكن أن ينتهي فيه النشاط من دون أن يؤدي إلى تأخير المشروع كاملاً).

سؤال

علامة يدل الرمز (أ) والأرقام في الشكل الآتي؟



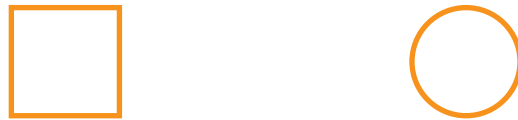
1- بناء المخطط التصديري

بعد إعداد قائمة الأنشطة، وتوضيح العلاقة الاعتمادية بين الأنشطة - بيان الأنشطة السابقة لكل نشاط في المشروع - يُحدّد نشاطا بداية المشروع ونهايته (أي النشاط الذي يبدأ به المشروع، والنشاط الذي ينتهي به). إذا وُجد 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 بقية الأنشطة بحسب أرقامها، أو تسلسل رموزها، أو وفقاً لأي ترتيب آخر مناسب.

2- عناصر شبكة المخطط التصديري (A.O.N)

تتكون عناصر الشبكة في هذه الطريقة مما يأتي:

أ - **الدوائر والمربعات التي تمثل الأنشطة:** يشير كل مربع أو دائرة إلى نشاط واحد فقط، انظر الشكل (5-34) الذي يبين نشاطاً من عناصر شبكة المخطط التصديري مع ملاحظة أنه يُستخدم نوع واحد فقط في الشبكة (دائرة، أو مربع). وفي أغلب الأحوال، يُستخدم في المخططات الشبكية التصديرية مربع أو مستطيل.



الشكل (5-34): تمثيل الأنشطة في المخطط التصديري.

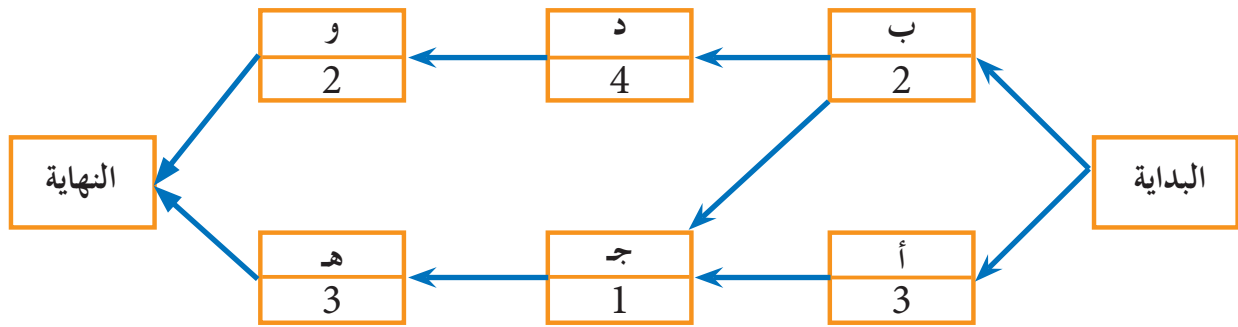
في دراستنا المخططات الشبكية المرسومة بطريقة المخطط التصديري سنعتمد رسم المستطيل والمربع لتمثيل النشاط.

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 (5-35).



الشكل (5-35): الأسهم الموجهة في المخطط التصديري.

تمثل الشبكة في طريقة المخطط التصديري برسم دائرة، أو مربع، أو مستطيل بداية ونهاية كما هو موضح في الشكل (5-36). إذا لم يتوافر صندوق، أو مربع، أو مستطيل في البداية والنهاية، فإن الشبكة تمثل جزءاً من المشروع. ويمثل الشكل (5-36) الأنشطة المختلفة لمشروع ما باستخدام طريقة المخطط التصديري.



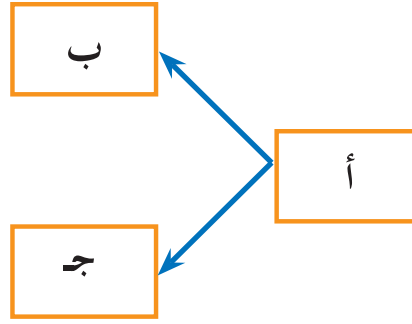
الشكل (5-36): الأنشطة المختلفة لمشروع ما باستخدام طريقة المخطط التصديري.

مثال (5-14)

يبين الجدول الآتي (3) أنشطة من أنشطة مشروع ما. ارسم المخطط الشبكي لها بطريقة المخطط التصديري (A.O.N).

رمز النشاط	النشاط السابق
أ	---
ب	أ
ج	أ

الحل



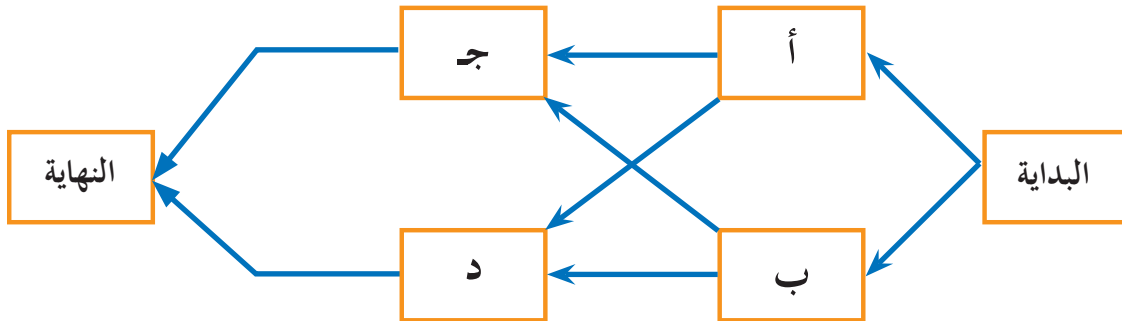
الشكل (5-37): المخطط التصديري للأنشطة (أ)، و (ب)، و (ج).

مثال (5 - 15)

يبين الجدول الآتي (4) أنشطة من أنشطة لمشروع ما. ارسم المخطط الشبكي لهما بطريقة المخطط التصديري (A.O.N).

رمز النشاط	النشاط السابق
أ	---
ب	---
ج	أ، ب
د	أ، ب

الحل



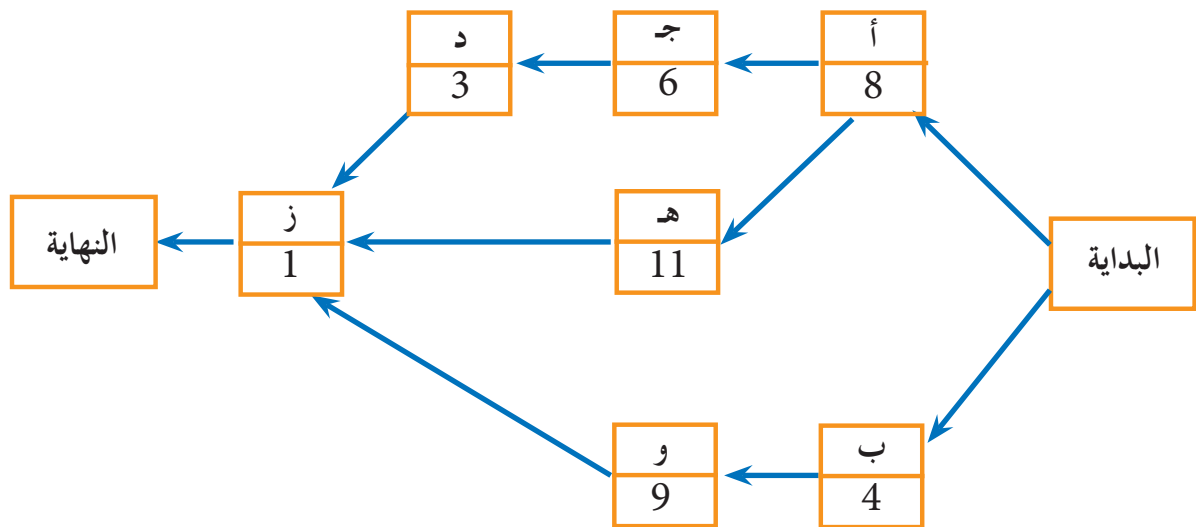
الشكل (5-38): المخطط التصديري للأنشطة (أ)، و (ب)، و (ج)، و (د).

مثال (5 - 16)

يُمثل 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	—	8
ب	—	4
ج	أ	6
د	ج	3
هـ	أ	11
و	ب	9
ز	د، هـ، و	1

يبين الشكل (5 - 39) المخطط الشبكي باستخدام طريقة المخطط التصديري (النشاط في العقدة أو الخانة) (A.O.N)؛ إذ إنه يبدأ بالناشطين (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 (5-39): المخطط التصديري لقائمة أنشطة المشروع.

تُعَدُّ هذه الطريقة أسلوباً 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: التفاولي، والأكثر احتمالاً، والتشاؤمي. إن طريقة تقييم البرنامج ومراجعتها تناسب المشروعات غير المتكررة التي لا تشبهها مشروعات أخرى، وغالباً ما تكون في موضوعات متخصصة جداً، 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:

$$\frac{أ + 4(م) + ب}{6} = \text{الزمن المتوقع لإنهاء النشاط}$$

حيث إن:

1 - الزمن التفاولي (أ) (Optimistic 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).

2 - الزمن الأكثر احتمالاً (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).

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

مثال (5 - 17)

جد الزمن المتوقع لكل نشاط في المشروع الآتي:

رمز النشاط	الزمن المتوقع		
	التساومي	الأكثر احتمالاً	التفاؤلي
أ	4	3	2
ب	6	4	2
ج	11	7	3
د	3	2	1
هـ	8	5	2
و	10	6	2

الحل

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

$$\text{الزمن المتوقع للنشاط} = \frac{أ + 4(م) + ب}{6} ، \text{ فمثلاً:}$$

$$3 = \frac{18}{6} = \frac{4 + 12 + 2}{6} = \frac{4 + (3 \times 4) + 2}{6} = \text{الزمن المتوقع للنشاط (أ)}$$

وتحسب بقية القيم للأنشطة الأخرى بالطريقة نفسها.

النشاط	أ	ب	ج	د	هـ	و
الزمن المتوقع	3	4	7	2	5	6

عاشراً حساب الأزمنة المبكرة والأزمنة المتأخرة للشبكة الممثلة للمشروع

هناك أكثر من طريقة لحساب الأزمنة المبكرة والأزمنة المتأخرة للشبكة الممثلة للمشروع، وهي الأوقات الأربعة التي ذُكرت في طريقة المخطط التصديري، وسنستخدم هنا فقط طريقة المخطط التصديري للنشاط على القطب (A.O.N)، حيث يمكن حساب هذه الأوقات بدءاً بأول نشاط في الشبكة، ثم الانتقال إلى النشاط الذي يليه، وصولاً 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.

1 - المرور الأمامي (Forward Pass)

يهدف استخراج المرور الأمامي إلى تحديد الزمن الكلي للمشروع، ووقتي البداية والنهاية المبكرين للأنشطة المختلفة، بدءاً من أول 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 صفراً، أو تُحدده الإدارة بعد تحديد وقت بداية المشروع، ويجب البدء بسلسلة من العمليات الحسابية لمعرفة وقت البداية المبكر، ووقت النهاية المبكر لكل نشاط، اعتماداً على العلاقات الآتية:

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

(و ب ب) لأول نشاط = (و ب 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.

ج - في حالة ارتباط النشاط باتجاه أو مسار واحد، فإن:

وقت البداية المبكر للنشاط يساوي وقت النهاية المبكرة للنشاط السابق:

(و ب ب) للنشاط = (و ن ب) للنشاط السابق.

د- إذا وُجد أكثر من مسار أو اتجاه (أي أكثر من نشاط سابق ينتهي بحدث بداية نشاط ما)، فإن وقت البداية المبكر لهذا النشاط يساوي أكبر (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.

إذا انتهى 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 اليمين إلى الشمال؛ أي من بداية المشروع باتجاه النهاية، وذلك لإيجاد أوقات البدايات والنهايات المبكرة للأنشطة،

ويرمز إلى ذلك بالسهم ← .

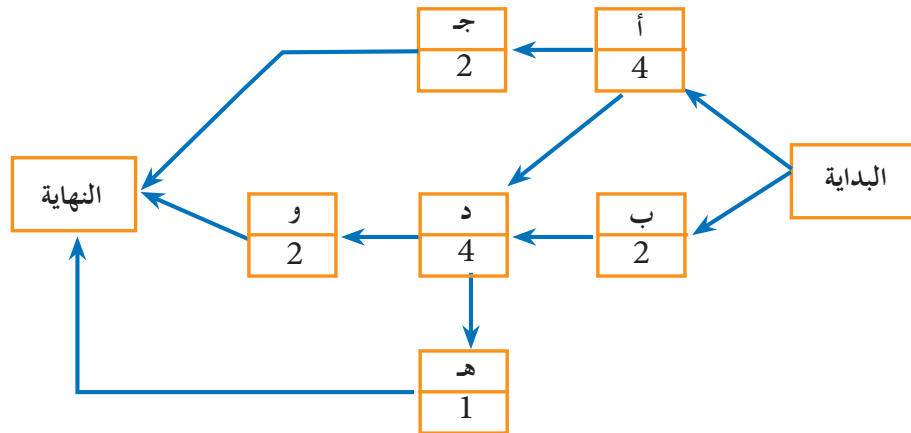
مثال (5 - 18)

يُمثل المخطط الشبكي في الشكل (5 - 40) مشروعًا مرسومًا بطريقة النشاط على القطب (Activity-on-Arrow: AOA)، موضحةً عليه رموز الأنشطة والمدة اللازمة لتنفيذ كل نشاط بالأيام:

1- ارسم المخطط الشبكي للمشروع، مُحددًا عليه أوقات البداية والنهاية المبكرة لكل نشاط.

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

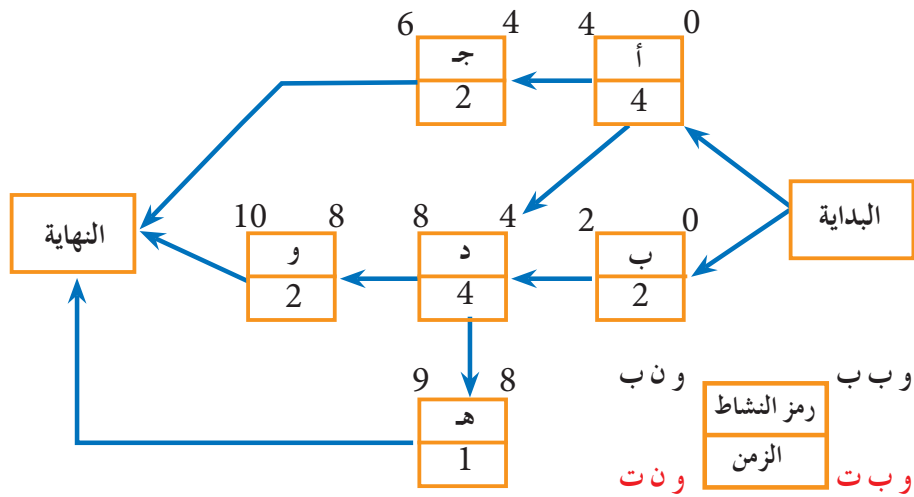
3- أعد رسم المخطط الشبكي للمشروع باستخدام المخطط السهمي (طريق النشاط على السهم) (A.O.A).



الشكل (5 - 40): المخطط التصديري للمشروع.

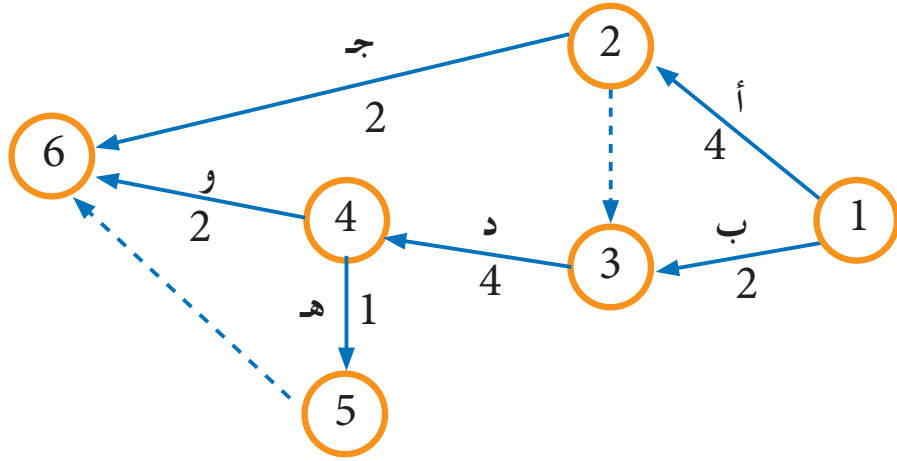
بناءً على القواعد التي ذُكرت سابقاً، نبدأ من بداية المشروع، وهو يتألف هنا من نشاطين هما: (أ، ب)، ووقت البداية المبكر لهما صفر وبحسب القواعد السابقة، فإن وقت البداية المبكر للنشاط هو وقت النهاية للنشاط السابق. وإذا التقت أكثر من نهاية لمجموعة من الأنشطة، فإن وقت البداية للنشاط اللاحق يكون أكبر وقت نهاية للأنشطة السابقة لهذا النشاط. وعليه، فإن إجابات أسئلة المثال تكون كما هو مبين في الشكل (5 - 41)، مع أخذ الملاحظات الآتية بالاعتبار:

- وقت النهاية المبكر للنشاط (أ) هو وقت البداية المبكر للنشاط (ج) والنشاط (د)، وهو (4).
- وقت النهاية المبكر للنشاط (ج) هو $6 = 2 + 4$.
- وقت البداية للمشروع يساوي صفرًا، وهو وقت البداية المبكر للنشاط (أ) والنشاط (ب).
- وقت البداية المبكر للنشاط (د) هو أكبر وقت نهاية للنشاطين (أ، ب)، وهو هنا (4).
- وقت النهاية المبكر للنشاط (د) هو $8 = 4 + 4$ ، وهكذا تُطبَّق القواعد على الأنشطة جميعها.



الشكل (5 - 41): الأوقات المبكرة لأنشطة المشروع.

- وقت النهاية المبكر (و ن ب) للمشروع هو أكبر نهاية للأنشطة (ج، و، هـ)، وهي (10) أيام.
- المخطط السهمي مرسوم بطريقة النشاط على السهم (A.O.A) كما هو مبين في الشكل (5 - 42).



الشكل (5 - 42): المخطط الشبكي مرسوم بطريقة النشاط على السهم.

2- 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. وفي حين 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 المرور الخلفي، ويُشار إليه بالرمز \leftarrow .

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 أكبر وقت نهاية مبكر للمشروع فرضًا، أو تُحدِّده الإدارة، ويساوي أيضًا وقت النهاية المتأخر للأنشطة النهائية جميعها.

(ون ت) للمشروع = أكبر (ون ب) للمشروع = (ون ت) لأنشطة النهاية للمشروع.
 ب- وقت البداية المتأخر للنشاط يساوي وقت النهاية المتأخر للنشاط، مطروحًا منه زمن النشاط:
 (وب ت) للنشاط = (ون ت) للنشاط - الزمن للنشاط.

ج- وقت النهاية المتأخر للنشاط يساوي وقت البداية المتأخر للنشاط اللاحق في حال الأنشطة المتتابعة. وفي حال وجود أكثر من مسار، فإن وقت النهاية المتأخر للنشاط يكون أصغر وقت بداية متأخر للأنشطة اللاحقة جميعها.

(ون ت) للنشاط = أصغر (وب ت) للأنشطة اللاحقة).

د- وقت البداية المتأخر للمشروع يساوي وقت البداية المتأخر لأول نشاط في المشروع في حال الأنشطة المتتابعة

(و ب ت) للمشروع = (و ب ت) لأول نشاط في المشروع

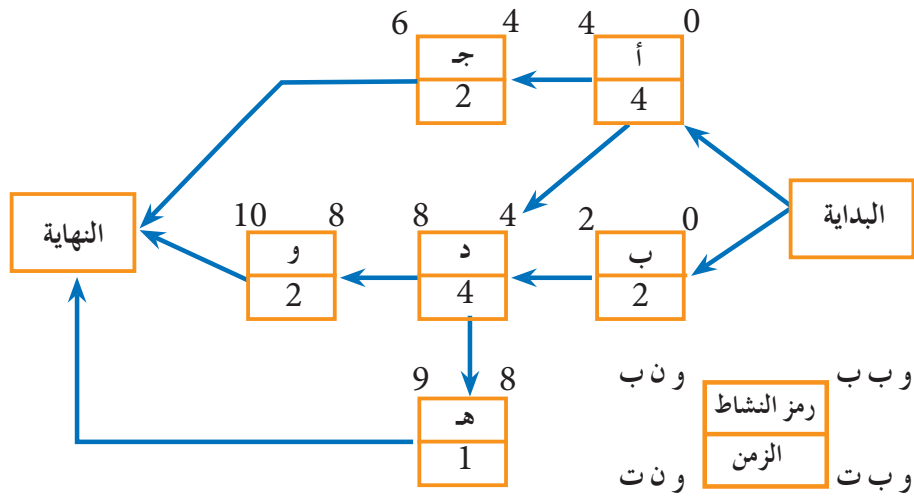
وفي حال وجود أكثر من نشاط في بداية المشروع، فإن وقت البداية المتأخر للمشروع يكون أصغر وقت ابتداء متأخر لجميع الأنشطة:
(و ب ت) للنشاط = أصغر (و ب ت لجميع أنشطة البداية).

مثال (5-19)

يبين الشكل (5-43) المخطط الشبكي للمشروع كما ورد في المثال السابق، ويظهر فيه وقتنا البداية والنهاية المبكرين لأنشطة المشروع. جد وقتي البداية والنهاية المتأخرين لكل نشاط على الشبكة باستخدام المرور الخلفي.



بدايةً، يجب اختيار رمز للمرور الخلفي، وليكن :

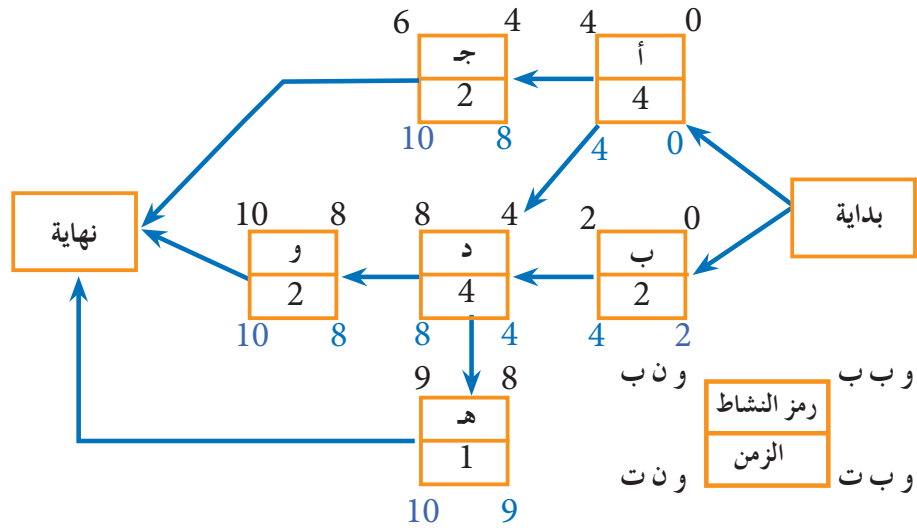


الشكل (5-43) : المخطط التصديري مُحدّد عليه الوقت المبكر لأنشطة المشروع.

اعتمادًا على القواعد التي ذُكرت في المرور الخلفي لحساب الأزمنة، فإن الوقت المتأخر للأنشطة يبدأ من آخر نشاط يحمل أكبر قيمة لوقت نهاية مبكر، وهي (10) وحدات زمنية، لذا؛ يُعتمد وقت نهاية متأخر للأنشطة (ج، و، هـ)، وهي آخر أنشطة في المشروع. عند طرح قيمة مدة النشاط، كوقت النهاية المتأخر للنشاط، تُؤخذ أقل قيمة لوقت البداية المتأخر للأنشطة اللاحقة، ثم تُخصّص لوقت النهاية المتأخرة للنشاط السابق كما هو مبين في النشاطين (و)، و(هـ)؛ إذ إن

وقت البداية المتأخر لهما هو (8)، و(9). بعد ذلك، نأخذ أقل قيمة، وهي (8) بوصفها وقت نهاية متأخرًا للنشاط السابق (د). وبالمثل، فإن وقت البداية المتأخر للنشاطين (ج)، و(د) هو (8)، و(4)، حيث نأخذ أقل قيمة، وهي (4) بوصفها وقت نهاية متأخرًا للنشاط السابق (أ)، وهكذا، انظر الشكل (5 - 44).

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



الشكل (5 - 44): المخطط الشبكي للمشروع مرسوم بطريقة (A.O.N)، وعليه أوقات البداية المبكرة والتأخرة لأنشطة المشروع.

تذكر

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

3 - 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 زمن بداية واحد، وزمن نهاية واحد، والفرق بينهما يساوي مدة النشاط، لكن هذه المشروعات نادرة الوجود. وبوجه عام، فإن معظم المشروعات تحتوي أنشطة متزامنة؛ أي تُنفذ في الوقت نفسه، ولهذا فإنها

تتكون من مسارات عدّة. وعندما تتزامن الأنشطة، يصبح من المؤكد أن ينتهي تنفيذ أحدها قبل الآخر، علماً 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 أحياناً المرونة، هو مقدار التعويم الذي يتمتع به النشاط غير الحرج.

تُصنّف 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 كاملاً، 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 مواعده.

ب- الأنشطة الراكدة تخلو من أي أوقات فائضة.

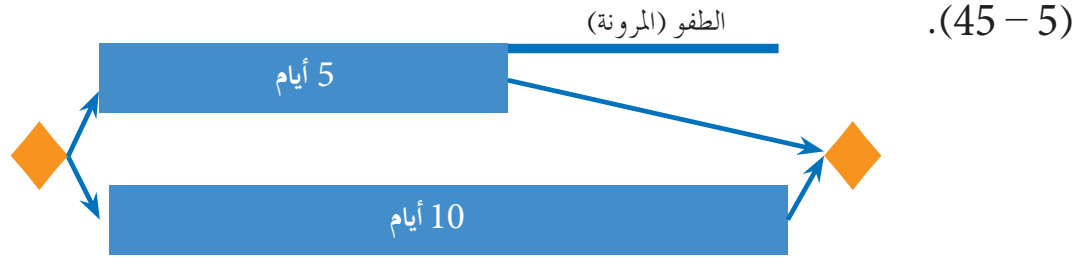
ج- القيم الموجبة تعني إمكانية تأخر المشروع في حدود هذه القيم من دون أن يسبب ذلك تأخيرًا للمشروع كاملاً.

د - القيم الصفرية للفائض الإجمالي / المرونة تعني عدم تأخير النشاط؛ فأني تأخير سيؤثر في المشروع كاملاً، ولذلك تسمى الأنشطة ذات الفائض الإجمالي الذي قيمته صفر الأنشطة الحرجة.

من المعروف أن وقت البداية المبكر ووقت النهاية المتأخر يُمثّلان الزمنين اللذين يجب إنجاز النشاط في ما بينهما. والمدة الزمنية الفائضة عن زمن النشاط بين هذين الحدثين تسمى المرونة في إنجاز النشاط، وهي تنقسم (وفقاً لمدى تأثيرها في الأنشطة السابقة والأنشطة اللاحقة) إلى أنواع عدّة، 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 (5 - 45) الذي يبين مقدار المرونة الكلية لجزء من أنشطة أحد المشروعات.

مثال (5 - 20)

احسب مقدار المرونة الكلية (الطفو) لجزء من أنشطة أحد المشروعات كما هو مبين في الشكل



الشكل (45 - 5): مقدار المرونة (الطفو) لجزء من أنشطة مشروع ما.

يتبين من الشكل أن مقدار الطفو (المرونة) هو (5) أيام، لماذا؟

يمكن حساب المرونة الكلية للنشاط باستخدام المعادلة الآتية:

المرونة الكلية للنشاط (م ك) تساوي وقت البداية المتأخر للنشاط مطروحاً منه وقت البداية

المبكر للنشاط:

$$= (و ب ت) \text{ للنشاط} - (و ب ب) \text{ للنشاط.}$$

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

$$= (و ن ت) \text{ للنشاط} - (و ن ب) \text{ للنشاط.}$$

تذکر

- قيم المرونة جميعها للأنشطة الحرجة تقع دائماً على المسار الحرج، وتساوي صفراً.

- ليس شرطاً أن يقع كل نشاط حرج على المسار الحرج.

سؤال

احسب مقدار المرونة الكلية (الطفو) لجميع الأنشطة الواردة في المثال (5 - 19)، مُحدِّداً من

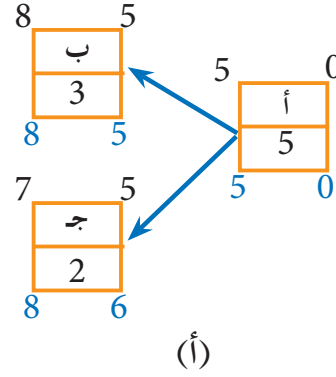
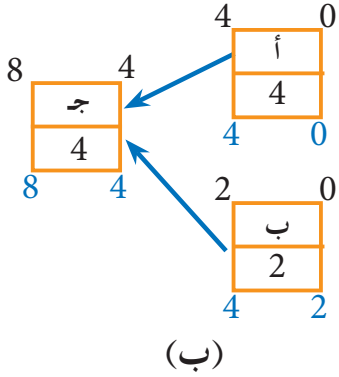
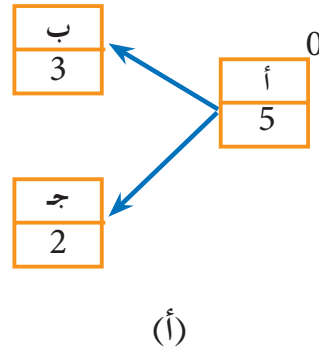
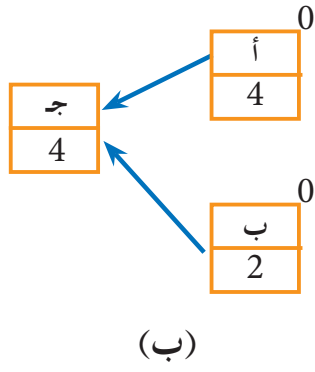
خلالها الأنشطة الحرجة والأنشطة غير الحرجة.

مثال (5 - 21)

1 - جد الأوقات المبكرة والأوقات المتأخرة للأنشطة في المثال (أ، ب) الآتي، علماً أن وقت

البداية المبكر لأول نشاط يساوي صفراً.

2 - احسب مقدار المرونة الكلية للأنشطة (أ، ب، ج) في الشكلين (أ)، و(ب).



الحل

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

تذكر

أن مقدار المرونة الكلية للنشاط يمكن إيجاده كآتي :
وقت النهاية المتأخر - وقت النهاية المبكر أو وقت البداية المتأخر - وقت البداية المبكر
ملاحظين أن القيمة الناتجة هي نفسها

حساب المرونة الكلية في الشكلين (أ) و(ب) :

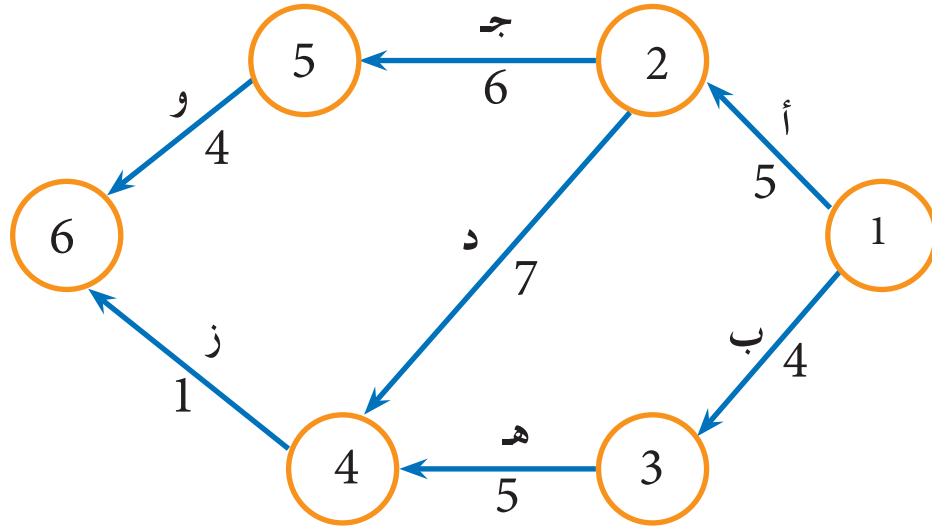
الشكل (ب)	الشكل (أ)
النشاط (أ): $4 - 4 = 0$	النشاط (أ): $5 - 5 = 0$
النشاط (ب): $4 - 2 = 2$	النشاط (ب): $8 - 8 = 0$
النشاط (ج): $8 - 8 = 0$	النشاط (ج): $8 - 7 = 1$

سؤال

أي الأنشطة في الشكلين (أ، ب) يُمثّل نشاطًا حرّجًا؟ أيها يُمثّل نشاطًا غير حرّج؟

حادي عشر المسار الحرج

تتكون شبكة أي مشروع من مسارات عدّة، تبدأ بعقدة البداية، وتنتهي بعقدة النهاية، مُشكّلةً هيكل تدفق أنشطة المشروع، انظر الشكل (5-46).



الشكل (5-46): المخطط السهمي لشبكة مشروع.

■ ما المسار الحرج؟

■ ما الأنشطة الحرجة؟

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

لقد تعرّفت سابقاً مصطلح (المسار الحرج)، ولكن من دون تفصيل لهذا المصطلح الذي يُبيّنه الشكل (5-46)، الذي يشتمل على ثلاثة مسارات مختلفة تُمثّل هيكل شبكة المشروع:

المسار الأول: يتألف من الأنشطة (1-2)، و (2-5)، و (5-6).

المسار الثاني: يتألف من الأنشطة (1-2)، و (2-4)، و (4-6).

المسار الثالث: يتألف من الأنشطة (1-3)، و (3-4)، و (4-6).

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

● مدة المسار الأول هي (15) يوماً (5 + 6 + 4).

● مدة المسار الثاني هي (13) يوماً (5 + 7 + 1).

● مدة المسار الثالث هي (10) أيام (4 + 5 + 1).

لاحظ أن المدة الممكنة لإنهاء المشروع هي (15) 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 لذلك، فإن مدة سلسلة الأنشطة التي تُمثِّل أطول مسار في الشبكة تُعدُّ أقصر مدة ممكنة لإنهاء المشروع، وأي تأخير لنشاط في مسار سلسلة الأنشطة سيؤدي إلى تأخير المشروع، ولهذا يُطلق على هذه السلسلة اسم المسار الحرج للمشروع.

يكون النشاط حرجًا إذا أدى التأخير في بدئه إلى تأخير تاريخ إنجازه كاملاً، 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 كاملاً، 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 (5) أيام من دون أن يؤدي ذلك إلى تأخير مدة المشروع الكلية.

يُطلق على الأنشطة المؤلفة لسلسلة المسار الأول اسم الأنشطة الحرجة. ومن المهم جدًّا تعيين كل نشاط حرج في شبكة المشروع وتحديد بدقه 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 هذا الاسم، لأنه يجب مراعاة المدة الزمنية لأنشطته مراعاة دقيقة، وعدم تجاوزها أبدًا؛ لأن ذلك يؤدي إلى تأخير المدة الزمنية المحددة لإنهاء المشروع كاملاً.

فالمسار الحرج يحتوي 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.

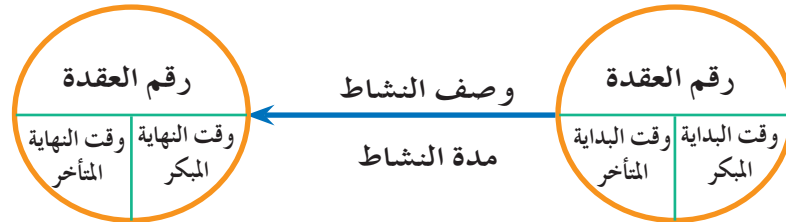
يمتاز المسار الحرج بخصائص عدة، أبرزها:

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.

ج- 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)؛ حيث 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 (5-47) الذي يُمثّل 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 (5-47): 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 لوحدته 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. من 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.

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، تُحدّد جميع المسارات التي يمكن بها الانتقال من بداية المشروع إلى نهايته، ثم يُحسب 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 (يُمثّل 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 وقتي البدء والإنهاء 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:

1. الوقت المبكر لبداية النشاط.

2. الوقت المبكر لنهاية النشاط.

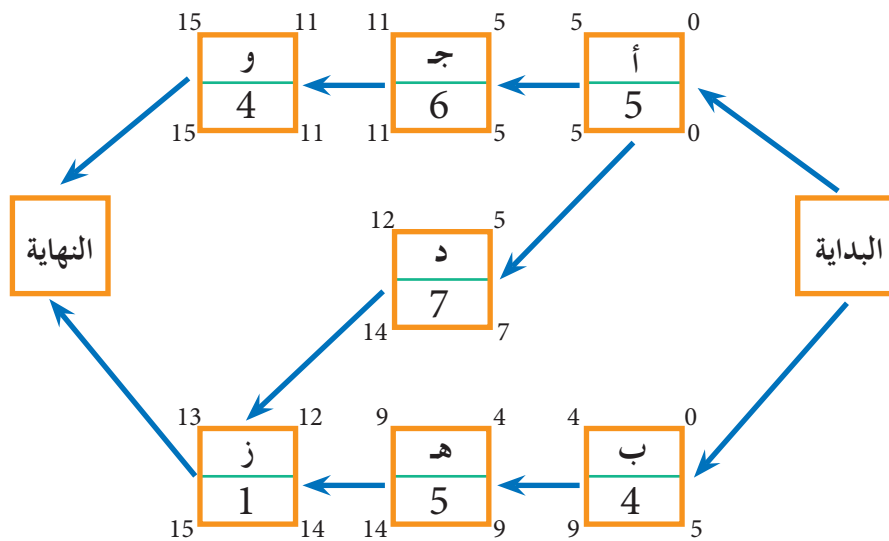
3. الوقت المتأخر لبداية النشاط.

4. الوقت المتأخر لنهاية النشاط.

ج- أوقات النشاط من الجدول: تمتاز الأنشطة المكونة للمسار الحرج بأن قيم مرونتها تساوي صفراً، وهذا يعني أنه بعد حساب قيم المرونة لكل أنشطة المشروع، فإن أي نشاط قيم مرونته تساوي صفراً يكون نشاؤها حرجاً. وعليه، فإن سلسلة الأنشطة الحرجة التي تربط حدث بداية المشروع بحدث نهايته تكون المسار الحرج.

2- تمييز المسار الحرج في الشبكة وإظهاره

لتسهيل عملية تحديد سلسلة أنشطة المسار الحرج، يجب تمييز الأنشطة التي يكون طفوها (أو مرونتها الكلية) مساوياً للصفر، وذلك بتتبعها، ورسم مسارها بخط غامق، أو مزدوج، أو ملون في شبكة المشروع (من بدايته إلى نهايته)، ويكون المسار الذي يُؤلف سلسلة تلك الأنشطة هو المسار الحرج للشبكة. ومن الملاحظ في أحداث سلسلة المسار الحرج المبينة في الشكل (5-48) أن الزمن المبكر لأي نشاط في السلسلة يساوي الزمن المتأخر لذلك النشاط، كما في الأنشطة ذات الرموز: (أ)، و (ج)، و (و)، التي تُؤلف سلسلة الأنشطة المتصلة والتي تُشكل المسار الحرج. أما الأنشطة المؤلفة للمسارات الأخرى غير الحرجة فإن زمنها المبكر لا يساوي الزمن المتأخر، وهذه طريقة سهلة لتمييز المسار الحرج في الشبكة.



الشكل (5-48): تمييز 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 مراحلها من حيث الأهمية، فتحدد الأجزاء والمناطق التي يجب التركيز عليها ومنحها الاهتمام الكافي، ما يسهم في توفير وقت الإدارة وجهدها، ويسمح لها بالتركيز على الأنشطة المهمة في كل مرحلة من مراحل المشروع.

نشاط

ارسم المخطط الشبكي للشكل (5 - 48) بطريقة المخطط السهمي، النشاط فوق السهم

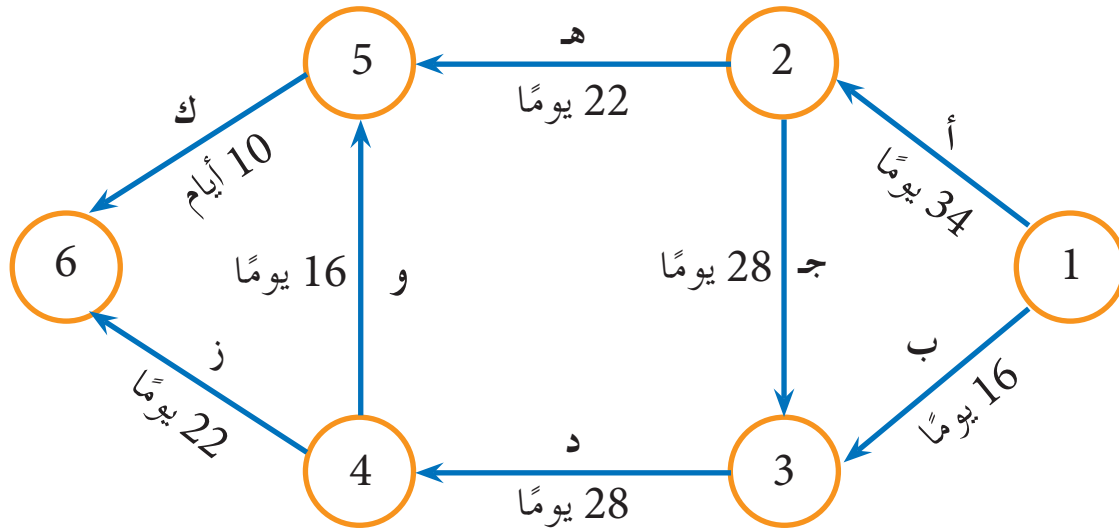
(A.O.A).

مثال (5 - 22)

يُمثل الجدول الآتي قائمة الأنشطة لأحد المشروعات، بناءً عليه:

- 1 - ارسم شبكة العمل (رسم النشاط على السهم) للأنشطة، ثم رَقِّم أحداثها.
- 2 - جد المسار الحرج من المخطط الشبكي.

رمز النشاط	حدث النشاط	الزمن (باليوم)	الأنشطة السابقة
أ	2 - 1	34	-
ب	3 - 1	16	-
ج	3 - 2	28	أ
د	4 - 3	28	ب، ج
هـ	5 - 2	22	أ
و	5 - 4	16	د
ز	6 - 4	22	د
ك	6 - 5	10	هـ، و



الشكل (5-49): رسم شبكة المشروع.

الحل

- 1 - تُرسم شبكة المشروع بناءً على معطيات الجدول، وتتابع الأنشطة، انظر الشكل (5 - 49).
- 2 - يتم إيجاد المسار الحرج بتحليل المسارات جميعها، وإيجاد أطوالها:

المسار	الزمن اللازم
أ، هـ، ك	$66 = 10 + 22 + 34$ يومًا.
ب، د، ز	$66 = 22 + 28 + 16$ يومًا.
أ، جـ، د، ز	$112 = 22 + 28 + 28 + 34$ يومًا.
ب، د، و، ك	$70 = 10 + 16 + 28 + 16$ يومًا.
أ، جـ، د، و، ك	$116 = 10 + 16 + 28 + 28 + 34$ يومًا.

يتبين مما سبق أن المسار (أ، جـ، د، و، ك) يُمثّل المسار الحرج، حيث يُمثل أطول زمن يستغرقه إتمام المشروع، وأن المسار (أ، هـ، ك) والمسار (ب، د، ز) يُمثّلان أقصر طريق لتنفيذ العمل. وبناءً على المعلومات المتوافرة لدى القائمين على المشروع، يُتخذ القرار الملائم، مع مراعاة الإمكانيات المتوافرة، أو التي يمكن توفيرها؛ إذ قد يتطلب إنجاز العمل في وقت أقل تخصيص موارد مالية، أو توفير عناصر بشرية إضافية.

مثال (5 - 23)

يُمثّل الجدول الآتي مجموعة من الأنشطة اللازمة لإنهاء أحد المشروعات، والزمن المتوقع لإنجاز كل نشاط، إضافةً إلى الأنشطة السابقة لكل نشاط:

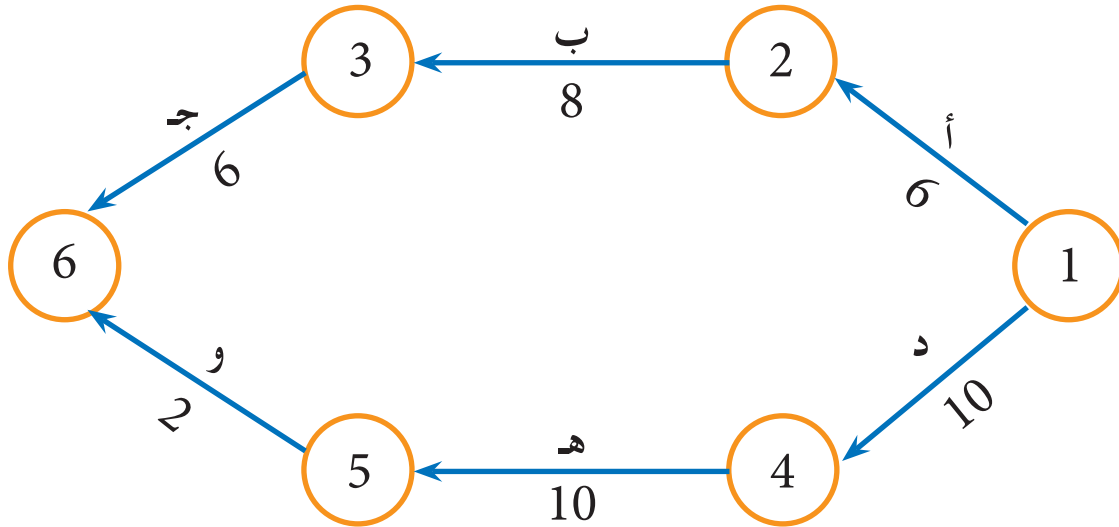
1 - ارسم الشبكة، مُحدِّدًا مساراتها بطريقة النشاط على السهم (A.O.A).

2 - جد المسار الحرج.

رمز النشاط	النشاط السابق	الزمن (بالأسبوع)
أ	-----	6
ب	أ	8
جـ	ب	6
د	-----	10
هـ	د	10
و	هـ	2

الحل

- 1- تُرسم شبكة المشروع بناءً على معطيات الجدول، وتتابع الأنشطة، انظر الشكل (5-50).
- 2- يتم إيجاد المسار الحرج بتحليل جميع المسارات، وإيجاد أطوالها.



الشكل (5-50): رسم شبكة المشروع.

يُلاحظ وجود مسارين في الشبكة، هما:

المسار الأول:	أ	ب	ج
	(2, 1)	(3, 2)	(6, 3)

الوقت المتوقع = $6 + 8 + 6 = 20$ أسبوعًا.

المسار الثاني:	د	هـ	و
	(4, 1)	(5, 4)	(6, 5)

الوقت المتوقع = $2 + 10 + 10 = 22$ أسبوعًا.

إذن، المسار الحرج هو المسار الثاني الذي يُعدُّ أطول مسار في الشبكة، فيكون الزمن الكلي لإكمال المشروع هو (22) أسبوعًا.

أسئلة الوحدة

- 1 - وضح المقصود بكل من الآتي:
 - أ - الأنشطة الحرجة. ب - الحدث.
 - ج - المرونة. د - الزمن التشارومي.
- 2 - اذكر مزايا استخدام المخططات الشبكية في إدارة المشروعات.
- 3 - اذكر أهم قواعد رسم المخططات الشبكية ومعاييرها.
- 4 - عدد العناصر الرئيسة للشبكة.
- 5 - اذكر مزايا خرائط جانت.
- 6 - ارسم مخطط جانت للأنشطة المبينة في الجدول الآتي، علماً 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.	2
ص	شراء الأدوات.	3
ع	شراء قطع الغيار.	4
و	مرحلة التسوق.	2

- 7 - يبين الجدول الآتي (4) أنشطة. ارسم المخطط السهمي لها بطريقة النشاط فوق السهم (A.O.A).

رمز النشاط	النشاط السابق
أ	---
ب	أ
ج	أ
د	ب، ج

8 - اذكر خصائص المسار الحرج.

9 - ماذا يُمثّل كل رقم من الأرقام في الشكل الآتي؟



10 - اذكر الطرائق التي يمكن بها إيجاد المسار الحرج للمشروع.

11 - تستخدم الأنشطة الوهمية في ثلاث حالات. وضح كلاً منها، مستعيناً بالرسم.

12 - بين الشكل الآتي معلومات النشاط في طريقة المخطط التصديري. وضح ما يعنيه كلُّ من الرموز

داخل المستطيل:

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

13 - كيف يُمثّل النشاط في المخطط السهي، والمخطط التصديري؟

14 - ما المقصود بطريقة تقييم البرنامج ومراجعته؟ متى تستخدم هذه الطريقة في إدارة المشروعات؟

15 - بين الجدول الآتي (4) أنشطة. ارسم المخطط الشبكي لها بطريقة المخطط التصديري (النشاط في العقدة

أو الخانة) (A.O.N).

رمز النشاط	النشاط السابق
أ	---
ب	---
ج	أ
د	أ، ب

16 - يُمثّل الجدول الآتي قائمة الأنشطة لأحد المشروعات. ارسم المخطط التصديري (النشاط في القطب)

(A.O.N) الذي يُمثّل هذه الأنشطة، ثم ضع رمز كل نشاط داخل العقدة.

رمز النشاط	زمن النشاط (باليوم)	الأنشطة السابقة
أ	4	-
ب	3	-
ج	5	أ
د	6	ب
هـ	8	ج
و	2	د
ز	4	د

17 - ما الفرق بين الأنشطة الحرجة والأنشطة غير الحرجة في شبكة المشروع؟

18 - ميّز في ما يأتي النشاط من الحدث بوضع إشارة (✓) في الخانة المناسبة إزاء العبارة:

الرقم	نشاط	حدث	العبارة
1			البدء بإنشاء مصنع.
2			تغليف المنتج.
3			تركيب قطع الغيار.
4			وصول الآلات المستوردة.

19 - جد الوقت المتوقع لكل نشاط في المشروع الآتي:

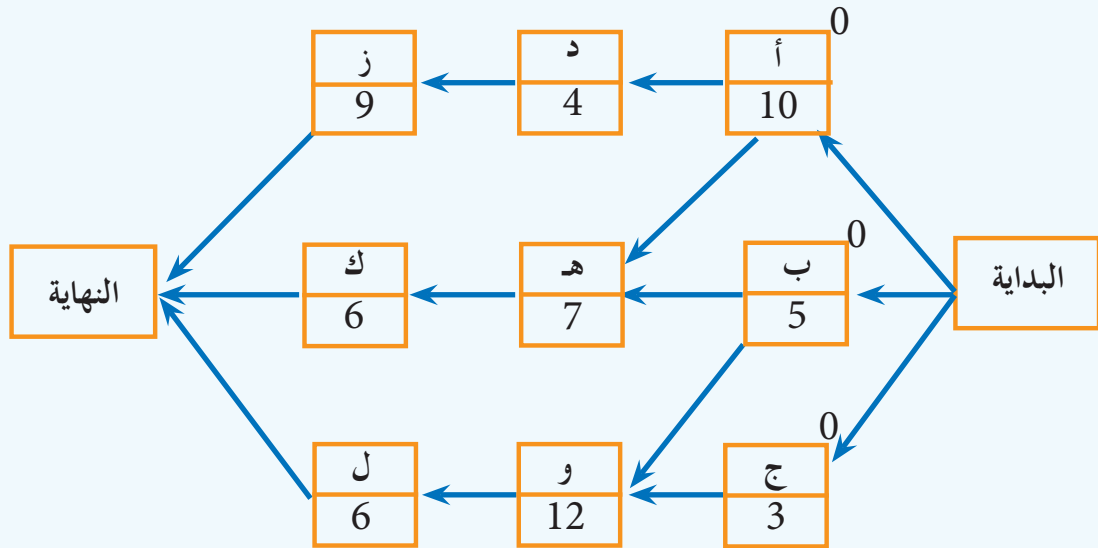
رمز النشاط	الزمن (باليوم)		
	التفاؤلي	الأكثر احتمالاً	التشاؤمي
أ	2	3	4
ب	2	4	6
ج	3	7	11
د	1	2	3
هـ	2	5	8
و	2	6	10

20 - 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
2-1	أ	3
3-2	ب	2
4-2	ج	5
5-3	د	3
5-4	هـ	2

21 - بين الشكل التالي المخطط التصديري لمشروع ما:

- أ - ارسم شبكة العمل باستخدام المخطط السهمي (طريقة النشاط على السهم) (A.O.A).
 ب - جد أوقات البدايات والنهايات المبكرة والمتأخرة لجميع الأنشطة.
 ج - جد المسار الحرج بطريقة الأنشطة الحرجة وطريقة تحليل المسارات.
 د - جد مقدار الطفو (المرونة الكلية) لكل نشاط.



22 - ضع إشارة (√) إزاء العبارة الصحيحة وإشارة (X) إزاء العبارة غير الصحيحة .

- أ - تستخدم طريقة المخطط التصديري الأسهم لتمثيل النشاط ()
ب- من سلبيات المخططات الشبكية في إدارة المشروعات أن العمليات الحسابية المستخدمة صعبة () .
ج- من عيوب خرائط جانث أنها طريقة معقدة وصعبة القراءة ()
د - لا يحتاج تعلم كيفية استخدام خرائط جانث إلى تدريب كبير ()
هـ - يمكن أن يكون هناك أكثر من مسار حرج لشبكة المشروع ()
و - جميع الأنشطة الحرجة يجب أن تقع على المسار الحرج لشبكة المشروع ()
ز - تختلف قيم المرونة الكلية لجميع الأنشطة التي تقع على المسار الحرج ()
ح - لا يمكن أن تكون قيمة المرونة الكلية للنشاط رقمًا سالبًا ()
ط - يسمى الزمن المتوقع لتنفيذ النشاط عندما تكون ظروف تنفيذ النشاط مثالية بالزمن الأكثر احتمالاً ()

23 - ارسم دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في ما يأتي:

- (1) إذا علمت أن وقت البداية المبكر لأحد الأنشطة هو (5) وحدة زمنية وأن زمن النشاط هو (3) وحدة زمنية، فإن وقت النهاية المبكر للنشاط هو:
أ- (2) وحدة زمنية. ب- (5) وحدة زمنية. ج- (3) وحدة زمنية. د- (8) وحدة زمنية.
(2) إذا علمت أن وقت البداية المبكر لنشاط ما يساوي (4) وحدة زمنية ووقت البداية المتأخر (و.ب.ت) له يساوي (7) وحدة زمنية فإن مقدار المرونة الكلية (الطفو) لهذا النشاط يساوي:
أ- (3). ب- (4). ج- (11). د- (2).
(3) لحظة بدء تنفيذ نشاط ما أو لحظة الانتهاء منه تُسمى:
أ- الزمن. ب- الحدث. ج- المشروع. د- النشاط.
(4) قيمة المرونة الكلية (الطفو) للنشاط الحرج هي قيمة:
أ- صفرية. ب- موجبة. ج- سالبة. د- مُتغيرة.

مسرد المصطلحات	
Activity List	قائمة النشاطات
Assembly line	خط التجميع
Actual production Cycle Time	وقت دورة الإنتاج الفعلية
Arrow Diagramming Method-ADM	طريقة المخطط السهمي
Activity on Arow	النشاط على السهم
Activity	النشاط
Arrow	سهم
Activity on Arrow	النشاط على السهم
Activity on Node	النشاط داخل الخانة، النشاط على القطب
Actions	الفعاليات
Animation	التنشيط
Basics of network diagrams	اساسيات المخططات الشبكية
Business networks	شبكات الاعمال
Burst event	حدث انتشار
Backward Pass	المرو الخلفي
Critical Activities	النشاطات الحرجة
Comprehensive productive maintenance	الصيانة الانتاجية الشاملة
Corrective Maintenance	الصيانة العلاجية
Critical Path Method	طريقة المسار الحرج
Complete Project Management – CPM	إدارة المشروع الكاملة
Critical Path	المسارات الحرجة
Control	المراقبة
Draw the network representing the project	رسم الشبكة المثلة للمشروع
Duration	الزمن
Decision Maker	متخذ القرار
Emergency Maintenance	الصيانة الاضطرارية (الطارئة)
Event	الحدث
Earliest Start Time – EST	وقت البداية المبكر
Earliest Finish Time – EFT	وقت النهاية المبكر
Forward Pass	المرو الأمامي
Float	الوقت الفائض
Factory buildings	ابنية المصانع
Factory needs	حاجات المصانع
Factory fittings	تجهيزات
Factory layouts	مخططات المصانع
Gestion	التسيير
Gantt Chart	خرائط جانث
Implementation	التنفيذ
Idle Time	الوقت الضائع
Job Content	محتوى العمل
Latest Finish Time – LFT	وقت النهاية المتأخر
Latest Start Time – LST	وقت البداية المتأخر
Links	وصلات
Management science	علم الادارة
Maintenance costs	تكاليف الصيانة
Maintenance work	أعمال الصيانة
Maintenance Management	ادارة الصيانة

مسرّد المصطلحات	
Merge event	حدث اندماج
Minor maintenance	الصيانة الثانوية
Major maintenance	الصيانة الأساسية
Node	عقدة
Network elements	عناصر الشبكة
Network diagrams	المخططات الشبكية
Network Diagram Method	طريقة المخطط الشبكي
Optimum point	النقطة المثالية
Organisation	التنظيم
Optimistic Time	الزمن التفاؤلي
Productive cycle	الدورة الانتاجية
Project Duration	زمن المشروع
Projects management	ادارة المشروعات
Project properties	خصائص المشروع
Project scheduling	جدولة المشروع
Project evaluation	تقويم المشروع
Project economic viability	الجدوى الاقتصادية للمشروع
Project planning	تخطيط المشروع
Probable Time	الزمن الأكثر احتمالاً
Project oversight	الرقابة على المشروع
Planned Maintenance	الصيانة المخططة
preventive maintenance	الصيانة الوقائية
project	المشروع
project Plan	خطة المشروع
Project Objectives	أهداف المشروع
Program Evaluation & Review Technique	طريقة تقييم ومراجعة البرنامج
Procedure Diagramming Method–PDM	طريقة المخطط التصديري
Precedance Diagramming Method	طريقة مخطط الأسبقيات
project Evaluation	تقويم المشروع
Project Life Cycle	دورة حياة المشروع
project Evaluation	تقويم المشروع
Replacement	الاستبدال
Resources	الموارد
Repairs maintenance	الصيانة الإصلاحية (العلاجية)
Resources	الموارد
Systematic planning of the plant	التخطيط المنهجي للمصنع
Sagittal chart	المخطط السهمي
System	نظام
Slack	المرونة
Scheduling	جدولة
Schedule	جدول
Total Prevention Maintenance	الصيانة الوقائية الشاملة
Tasks	الوظائف
Total Float	المرونة الكلية
The quality	الجودة
The factory	المصنع
Work Station	محطة العمل

قائمة المراجع

- 1 - إبراهيم المحمد الفرج، وجمال اليوسف. أسلوب مراجعة وتقييم البرامج، جامعة دمشق.
- 2 - أحمد يوسف دودين. إدارة المشاريع المعاصرة (نظري، وكمي)، ط1، 2014م.
- 3 - إدارة صناعية في تخصص صيانة الآلات الميكانيكية. المملكة العربية السعودية، المؤسسة العامة للتدريب المهني والتقني.
- 4 - م. جاسم حسين زناد. محاضرات مادة إدارة الصيانة، جامعة بغداد.
- 5 - سامح عبد المطلب، وعلاء محمد سيد قنديل. تخطيط ومراقبة الإنتاج في المؤسسات الصناعية والخدمية، ط1، 2001م، دار الفكر ناشرون وموزعون.
- 6 - عبد الرشيد بن عبد العزيز حافظ. أسلوب تحليل الشبكة في مشروعات المكتبات ومراكز المعلومات، جامعة الملك عبد العزيز، جدة.
- 7 - غالب جليل صويص، وراتب جليل صويص، وغالب يوسف عباسي. أساسيات إدارة المشاريع، ط1، 2010م.
- 8 - غالب العباسي، ومحمد نور برهان. إدارة المشاريع، ط1، 2009م.
- 9 - فؤاد زميت. مذكرة إدارة المشاريع باستعمال التحليل الشبكي.
- 10 - محمد خليل. مبادئ الإدارة مع التركيز على إدارة الأعمال، ط1، عمّان، دار المسيرة للنشر والتوزيع.
- 11 - محمد عبد الفتاح الصيرفي. الأسلوب الكمي في تخطيط المشروعات «شبكات الأعمال للمبتدئين»، ط1، 2002م.
- 12 - منيب أمين شديد وزملاؤه. الإدارة والسلامة الصناعية/ المستوى الأول، للمرحلة الثانوية، الفرع الصناعي، ط2، 2011م.
- 13 - موسى محمد الدرايب. إدارة المشاريع، ط1، 1996م.
- 14 - ميس حاج رشيد. محاضرات مادة تخطيط وتنظيم المصانع، منشورات جامعة حلب.
- 15 - ياسر عريبات. المفاهيم الإدارية الحديثة، عمّان، دار الجنادرية للنشر والتوزيع.

تتمتع
بجمال
تعالى