الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

الكلية التطبيقية

التصنيع المتكامل باستخدام الحاسوب

COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING

إعداد: الدكتور المهندس جورج الحنون

١٧ أيار ٢٠١٧

مقدمة في التصنيع المتكامل باستخدام الحاسوب (CIM):

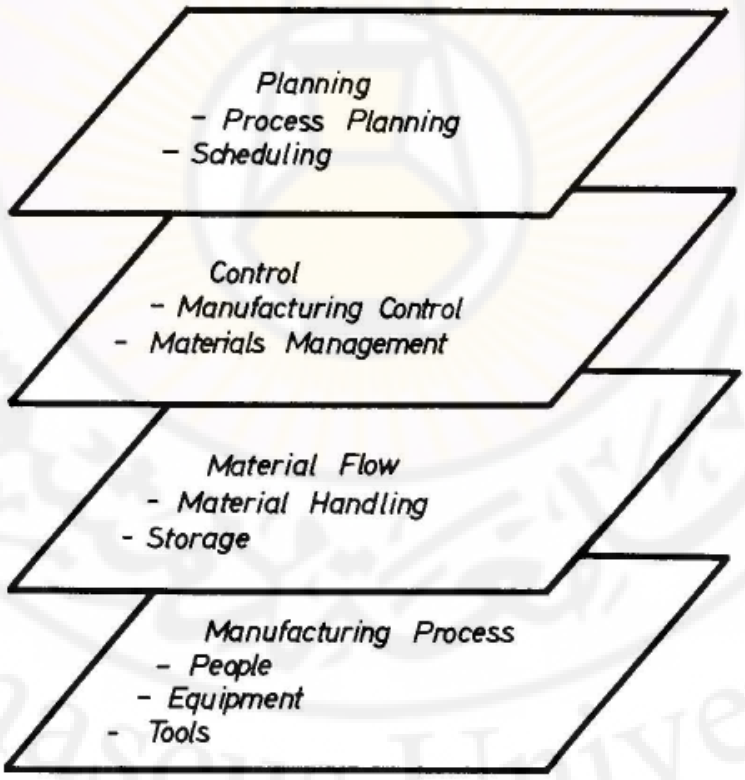
١) نظام التصنيع المرن Flexible Manufacturing System (FMS).

٢) اهمية متغيرات التصنيع Variable Mission Manufacturing. (VMM).

٣) نظام التصنيع المحوسب Computerized Manufacturing System (CMS).

اربعة مراحل لعملية التصنيع Four-Plan Concept of Manufacturing

التخطيط	-المراقبة	المـــواد	مراحل التصنيع
- تخطيط العمليات. - الجدول الزمني.	- مراقبة التصنيع. - إدارة المواد	- التخزين. - عملية التصنيع	- الأشخاص. - المعدات. - الأدوات.



نظام التصنيع المتكامل باستخدام الحاسوب (سيم) يناقش الأمور التالية:

- التحكم العددي بالحاسوب Computer Numerical Control (CNC).
- التحكم الرقمي المباشر Direct Numerical Control (DNC).
- التحكم في العمليات الحاسوبية Computer Process Control.
- إدارة الإنتاج المتكاملة بواسطة الحاسب Computer Integrated Production Management.
- طرق التفتيش الآلي Automated Inspection Methods.
- الروبوتات الصناعية الخ Industrial Robots.

يتكون نظام التصنيع المتكامل باستخدام الحاسوب من المكونات الأساسية التالية:

١- أدوات الآلات والمعدات ذات الصلة.

٢- نظام مناولة المواد Material Handling System (MHS).

٣- نظام التحكم بالكمبيوتر.

٤- العامل البشري / العمل Human factor/labor.

فوائد نظام التصنيع المتكامل باستخدام الحاسوب (سيم):

١) زيادة استخدام الآلات.

٢) خفض العمالة المباشرة وغير المباشرة.

٣) تقليل زمن التصنيع.

٤) انخفاض المخزون في العملية.

٥) جدولة المرونة.

٦) الخ.

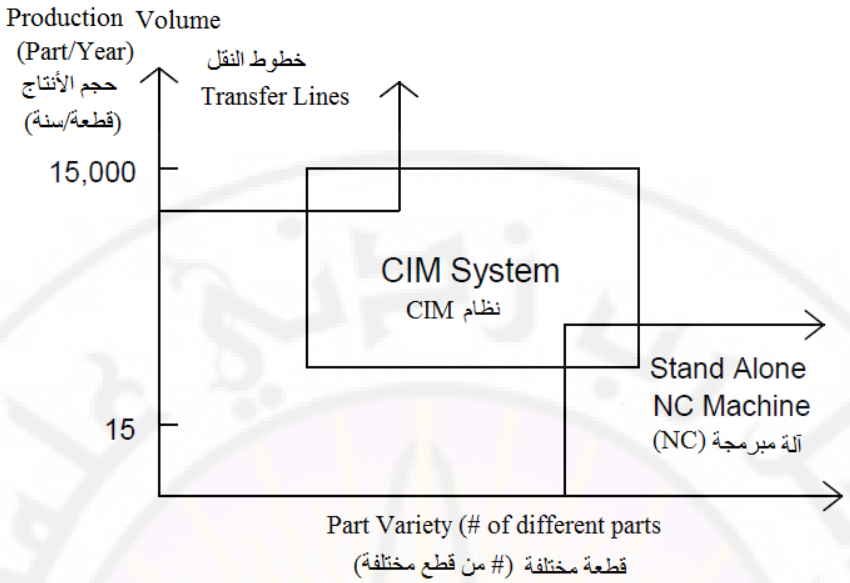
يشير (سيم CIM) إلى نظام إنتاج يتكون من:

١) مجموعة من الآلات المبرمجة (NC) المتصلة معاً.

٢) ان يكون نظام مناولة المواد آلي.

٣) أن تعمل الآلات تحت تحكم الكمبيوتر.

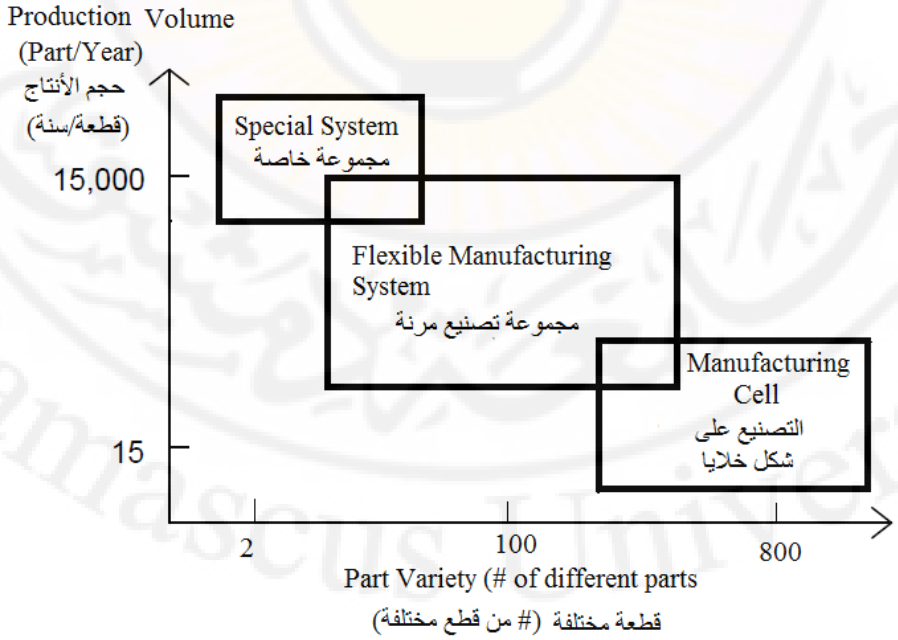
لماذا سيم؟ في نظم الإنتاج



١. خطوط النقل: تكون فعالة جدا عند إنتاج أجزاء كبيرة "متطابقة" الأحجام بمعدلات عالية.

٢. آلة (NC): هي مناسبة بشكل مثالي لقطع العمل المختلفة.

في أنظمة التصنيع:



١. نظام خاص للإنتاج: نظام سيم الأقل مرونة. وهي مصممة لإنتاج

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

استخدام الكمبيوتر بشكل كامل في التصنيع

Computer Integrated Manufacturing

١- مقدمة إلى التصنيع المتكامل بالحاسب

Introduction to Computer Integrated Manufacturing.

شهدت العقود الأخيرة من القرن العشرين تطوراً هائلاً في مجالات تقانات المعلومات، وقد أفادت مختلف العلوم التقليدية كالميكانيك والإلكترونيات والاتصالات والأتمتة والتحكم من هذا التقدّم، وواكبت هذا التطور لتحقق قفزات نوعية على مختلف الأصعدة والمراحل بدءاً بالتصميم ومروراً بالحساب الدقيق لمكونات المنتج وبالمحاكاة وانتهاءً بالإنتاج والتصنيع، ولم تعد مجالات الهندسة التقليدية كالميكانيك والإلكترونيات والأتمتة تفي متفرقة بغرض تصميم وتنفيذ منتج متكامل، فبات التكامل بين هذه الاختصاصات مجتمعة مفتاح النجاح لإيجاد منتجات اقتصادية ذات جودة ووثوقيه عالية تؤمن احتياجات المستثمر.

ابتكر في الولايات المتحدة الأمريكية مع بدايات القرن العشرين وتحديداً في عام ١٩٠٩ أول خط إنتاج مؤتمت في مجال صناعة السيارات، وذلك بتقسيم الأعمال التصنيعية إلى مهام صغيرة يمكن أتمتتها بسهولة. وفي عام ١٩٢٣ صممت في إنكلترة أجهزة نقل المنتجات مما سمح بمكننة خطوط الإنتاج كلياً. وفي أواخر عام ١٩٤٠ استنبطت في الولايات المتحدة الأمريكية طريقة لتصنيع الأشكال المنحنية المعقّدة كمقطع جناح طائرة عن طريق قيادة آلة التشغيل عبر بطاقة مثقّبة يسجّل عليها مراكز أعداد كبيرة من الثقوب تمثّل الشكل المنحني، وكانت هذه فاتحة التصنيع بمساعدة الحاسوب computer aided manufacturing.

ظهر مع قدوم عام ١٩٦٠ أول إنسان آلي يعتمد على مبادئ التحكم الرقمي مما مهّد لاستخدام الروبوت فيما بعد في كل العمليات الإنتاجية والتصنيعية.

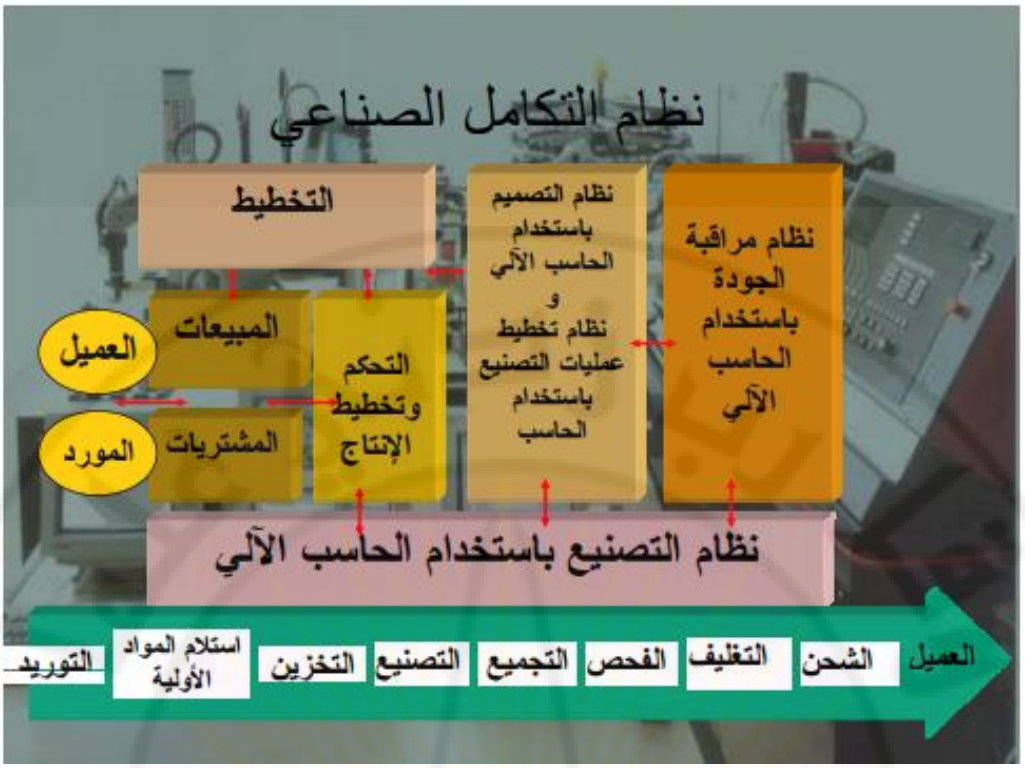
نُفّذ في عام ١٩٦٥ تشغيل أول خط إنتاج يتم التحكم به عن طريق الحاسوب أوكلت إليه مهمّة تصنيع بطاقات إلكترونية. طوِّرت بعد ذلك آلات التشغيل الرقمي لتحوي على ذاكرة قادرة على حفظ معطيات الآلة وأدوات القَطْع الخاصّة بها، وتمكنت شركة الخطوط الحديدية اليابانية

في عام ١٩٧٠ من وصل سبع فارزات تحت السيطرة الآنية لحاسوب واحد مما مهد لظهور شبكات قادرة على التحكم بعدد كبير من الآلات المبرمجة المختلفة والقادرة على توزيع المهمات تبعاً لطبيعة الأعمال ولانشغاليه هذه الآلات. كما مهّدت هذه الشبكات خلال الثمانينات من القرن العشرين لتطوير مفهومات خلايا التصنيع المرنة flexible manufacturing cells القادرة بمساعدة الحاسوب على إدارة تصنيع عدد محدود من المنتجات، وذلك عن طريق شحن برامج التحكم والتشغيل وإدارة عملية تداول ونقل المواد بمساعدة الروبوت. ثم طُوِّرت أنظمة التصنيع المرنة التي تضمّ مجموعة آلات قادرة على إنجاز تشكيلة واسعة من المنتجات المختلفة مع ما يتطلبه ذلك من عمليات تصنيع ومراقبة وتحريك آلي للمشغولات بين الآلات.

إن الرغبة بدعم التعاون بين سائر الجهات الهندسية المعنية بعملية الإنتاج في المؤسسة الصناعية تقضي بالتطلّع لطرق التشارك في الدخول إلى المعطيات الخاصّة بالمنتج. فعملية التصميم بمساعدة الحاسوب تستخدم المعلومات الناتجة لتصنيع الأجزاء المختلفة بمساعدة الحاسوب والتوليد الآلي لبرامج قيادة الآلات المبرمجة وتخطيط العمليات الإنتاجية بمساعدة الحاسوب computer aided process planning. كل هذه العمليات يمكن أن تتكامل لتصب في نظام إدارة العمليات الإنتاجية بمساعدة الحاسوب computer aided manufacturing process.

نشأ مصطلح التصنيع المتكامل بالحاسب (CIM) في عام ١٩٧٣، وفي منتصف الثمانينات من القرن الماضي اتجهت الشركات نحو تطبيق هذا النظام، ولكن بسبب التكاليف الباهظة الضرورية لإقامته أدى إلى تراجع هذه الشركات عن تطبيقه، ومرة ثانية مع بداية التسعينات عادت الشركات لتظهر اهتماماً جديداً بهذا النظام الذي يمكن تعريفه على انه فلسفة إدارية يتم فيها تنسيق مهام التصميم والتصنيع وربطها بشكل منطقي، وذلك باستخدام الحاسب وتقنيات الاتصالات والمعلومات. الربط المنطقي بين التصميم والتصنيع يعني هنا ان نظام التصنيع بكامله من تعريف المنتج وحيازة الخامات إلى تسويق المنتج النهائي، يتم تحليله بعناية بحيث ان كل عنصر او عملية من عمليات التصنيع يتم تصميمها بالشكل الذي يسهم في توفير أكثر الوسائل كفاءة وفعالية للوصول إلى تحقيق اهداف المؤسسة الإنتاجية.

أية قطعة منتجة تمر بمجموعة من العمليات التصميمية والتخطيطية والتحضيرية والتصنيعية كما هو مبين في (الشكل ١).



الشكل ١: مراحل الإنتاج المتكامل باستخدام الحاسب

١-١ تعريف التصنيع المتكامل بالحاسب Definition of Computer Integrated Manufacturing.

يعرف نظام التصنيع المتكامل باستخدام الحاسب (**Computer Integrated Manufacturing**) بأنه النظام الذي يدخل فيه الحاسب بشكل كامل أي انطلاقاً من التصميم وهندسة المنتج وعمليات التخطيط والتصنيع لذلك هو تقنية تضم التصميم والإنتاج معاً ويطلق عليه مصنع المستقبل الذي يستخدم تقنية الاتصال المتكاملة والمرئية والمكتوبة بأنظمة الحاسب.

ويمكننا القول بأن التصنيع المتكامل باستخدام الحاسب هو فلسفة إدارية يتم فيها تنسيق مهام التصميم والتصنيع وربطهما بشكل منطقي بتقنيات الحاسوب مستخدمين تقنيات الاتصال والمعلومات من خلال شبكة تمكننا من التحكم بجميع العمليات.

يشير نظام التصنيع المتكامل بالحاسوب إلى طريقة التصنيع وإلى نظام مؤتمت بالحاسوب وفيهما يتم تنظيم التصميم والتحليل والتخطيط والمشتريات ومراقبة المستودعات والإنتاج والتسويق. وفي هذا النظام تتم معالجة المواد وإدارتها وتوفير المراقبة المباشرة ورصد جميع العمليات.

إن نظام التصنيع المتكامل بالحاسوب (**CIM**) لا يعني استبدال الناس بالآلات او الحواسيب من اجل خلق عمليات تصنيع مؤتمتة بشكل كامل.

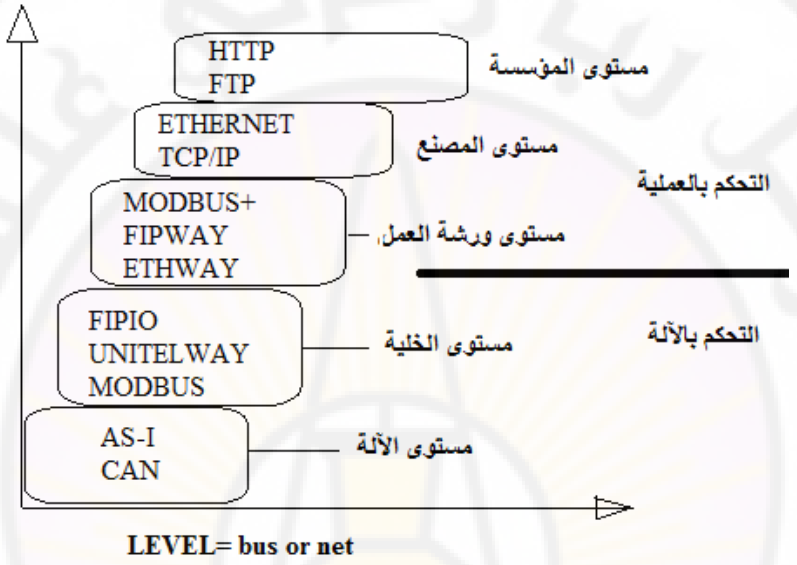
ايضاً يجب ان نؤكد على أهمية الدور البشري حيث يقوم الإنسان بدور هام جداً في التصميم والتخطيط والتطبيق.

١-٢ فوائد تطبيق نظام التصنيع المتكامل بالحاسب:

١) مرونة أكبر وسرعة اعلى في التفاعل مع متطلبات السوق.
٢) تطوير تصميم المنتج.
٣) تحكم أفضل في العمليات الإنتاجية.
٤) تقليل وقت الإنتاج.
٥) تقليل كميات المخزون.
٦) دعم التكامل بين نشاطات المؤسسة الصناعية.
٧) زيادة الإنتاجية.
٨) تقليل التكلفة الإنتاجية الكلية.
٩) الاستغلال الأمثل للمصادر.
١٠) تحسين الخدمات المقدمة للزبائن.
١١) تحسين الجودة.
١٢) تقليل معدات الإنتاج.
١٣) توفير مساحات في أرضية المصنع.
١٤) تحسين طريقة الاتصالات مع الموردين.
١٥) تعزيز المركز التنافسي.

ويجب ان نشير إلى حقيقة مهمة وهي ان نظام التصنيع المتكامل بالحاسب ليس تقنية محددة يمكن شراؤها ولكن يمكن ان يشكل هدفاً يمكن للشركة العمل تدريجيا من اجل الوصول اليه، وهناك مجموعة من النشاطات والتقنيات اللازمة للوصول إلى هذا الهدف.

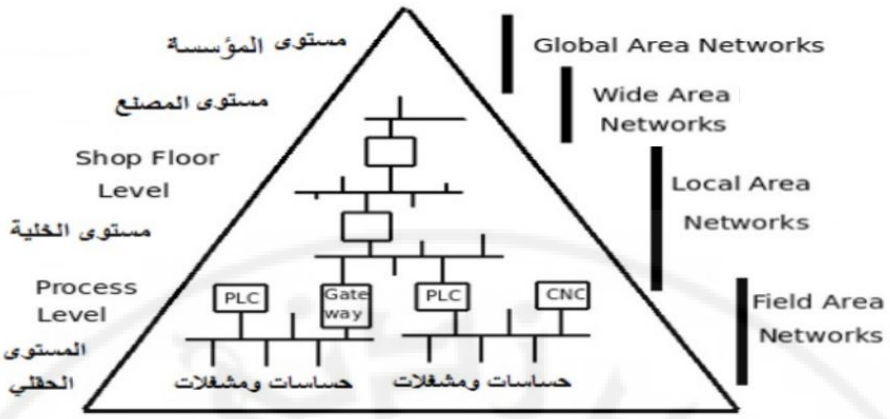
٢- البنية الهرمية لنظام التصنيع المتكامل بالحاسب CIM Structure



الشكل ٢: مستويات فعاليات العمل لـ CIM

البنية الهرمية لنظام التصنيع المتكامل بالحاسب مبينة في (الشكل ٢) تصف شبكات الاتصال الصناعية وتصنفها في مستويات مختلفة حسب نوع الأجهزة وبروتوكولات الاتصال المستخدمة للتخاطب بين هذه الأجهزة:

- المستوى الصفري (٠): مستوى الآلة (Machine Level).
- المستوى الأول (١): مستوى الخلية (Cell Level).
- المستوى الثاني (٢): مستوى ورشة العمل (Workshop Level).
- المستوى الثالث (٣): مستوى المصنع (Factory Level).
- المستوى الرابع (٤): مستوى المؤسسة (Enterprise Level).



الشكل ٣: البنية الهرمية لـ CIM

٢-١ الواجهة الإلكترونية للتخاطب بين الحساسات والمشغلات

AS-I BUS Actuator Sensor Interface

٢-١-١ تعريفها: واجهة التخاطب بين الحساسات والمفعلات (المحركات) وهي عبارة عن شبكة اتصالات صناعية لتبادل المعلومات، ويتم استخدام اجهزة مثل (PC، DCS،PLC) للوصل بين الحساسات والمفعلات وكباسات التشغيل، إن سرعة نقل المعلومات مهمة ولذلك يتم استخدام كابلات تحوي عدد من الأسلاك (على شكل مستطيل) ومن المهم ان تكون شبكة التوصيلات بسيطة وغير معقدة وذلك لسهولة عمليات الإصلاح والصيانة.

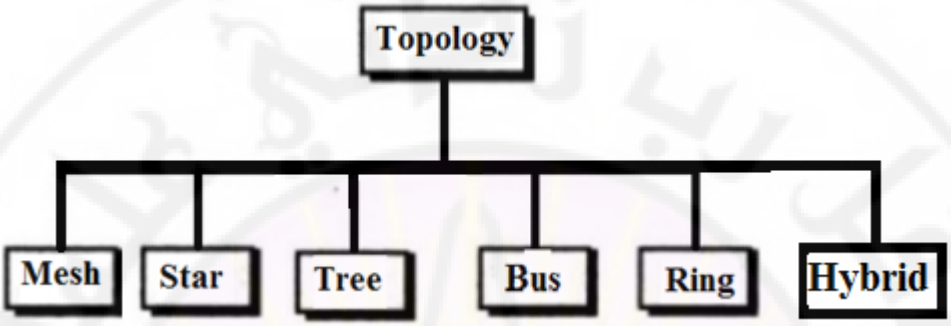
ويتميز (AS-I) بوجود برنامج لتشخيص الأخطاء حيث يقوم بتحديد مكان الأخطاء لتصحيحها كما انه يتحمل الغبار ومقاوم للحرارة.

٢-١-٢ استخدامها:

- كبديل لتوصيلات المعمل وأجهزته.
- كشبكة شريكة لمستوى أعلى من مستويات الشبكة مثل (Interbus -Profibus) التي توفر كثيراً من التكلفة لوصل الطرفيات (I/O).

٢-١-٣ طريقة الوصل (طوبولوجيا) AS-I BUS Topologies

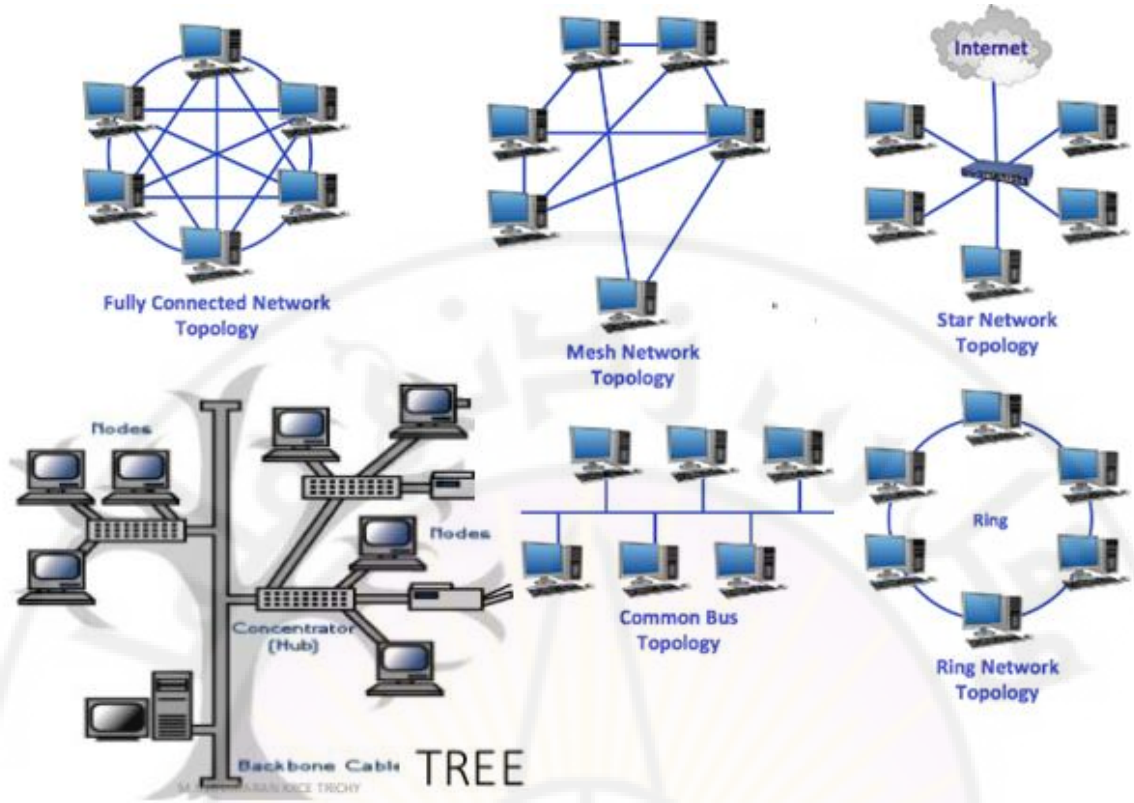
(طوبولوجيا: دراسة الخصائص الهندسية والعلاقات المكانية التي لا تتأثر بالتغير المستمر للشكل أو الحجم)، وتستخدم في التوصيلات الصناعية عدة انواع من الشبكات كما هو مبين في (الشكل ٤) وهي على التوالي:



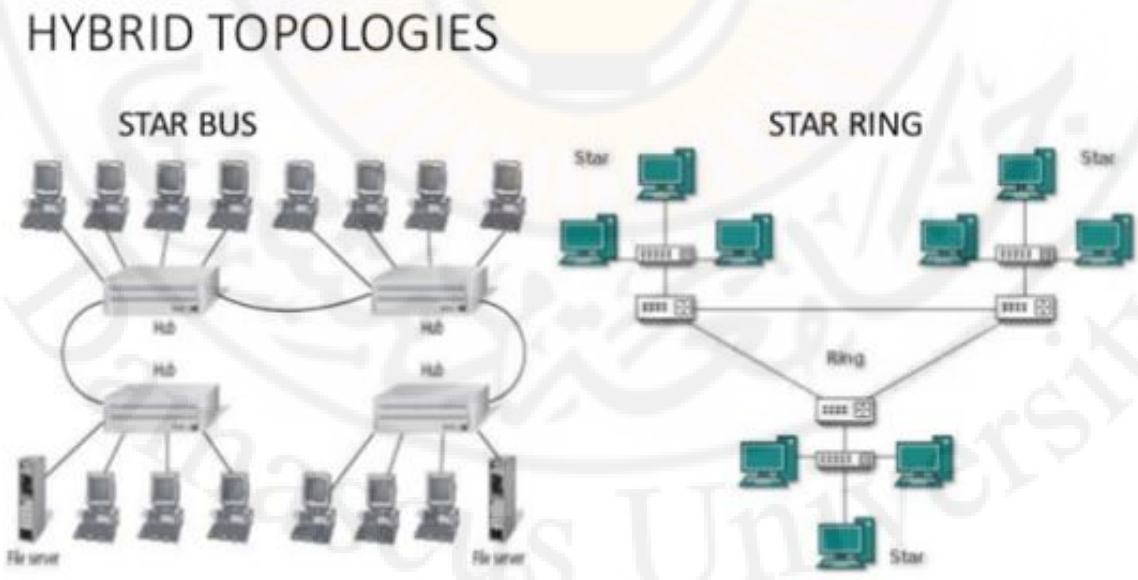
الشكل ٤: انواع شبكات الوصل بين المحركات والحساسات AS-I

يبين (الشكل ٥) اشكال التوصيل للشبكات التالية:

- التوصيل على شكل شبكة (Mesh).
- التوصيل النجمي (Star).
- التوصيل على شكل شجرة (Tree).
- التوصيل التفرعي (Bus).
- التوصيل على شكل حلقي (Ring).
- التوصيل المختلط (Hybrid) والذي يتم الجمع فيه بين أكثر من شكل من اشكال التوصيل مثل التوصيل النجمي والحلقي (Star Ring) معاً أو التوصيل النجمي والتفرعي (Star bus) كما هو مبين في (الشكل ٦).



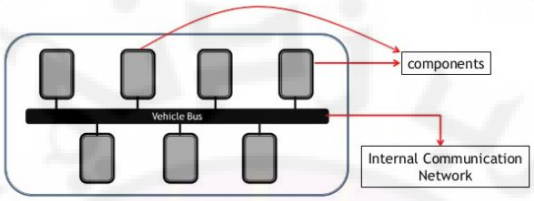
الشكل ٥: اشكال التوصيل للشبكات



الشكل ٦: اشكال توصيل الشبكات الهجينة

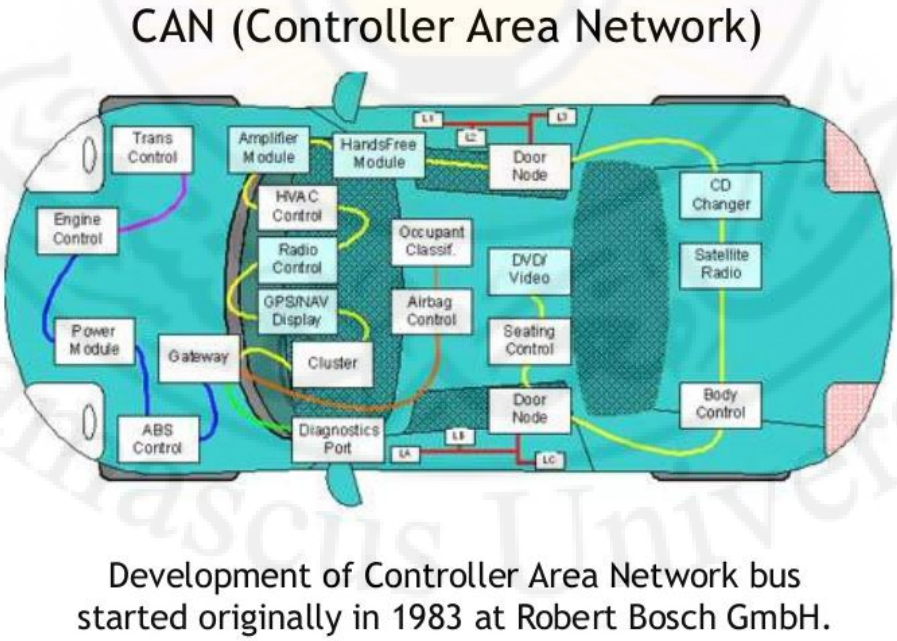
٢-٢ بروتوكول منطقة المراقب للشبكة Controller Area (CAN) Network

البروتوكول هو مجموعة من القواعد لتبادل الرسائل بين المكونات او النظم ويستخدم للتواصل بين المتحكم وأجزاء السيارات كما هو مبين في (الشكل ٧).



الشكل ٧: شبكة اتصال داخلية بين مكونات مركبة

إذن هو اتصال تسلسلي تم تأسيسه ليكون مناسباً للعمل ضمن شبكة المركبات والسيارات بالإضافة إلى التطبيقات الصناعية الآلية. حيث يوجد في المركبات العديد من الحساسات والتجهيزات والعناصر الإلكترونية التي يتم ربطها معاً وفق (CAN) بحيث يمكن لها ان تتواصل وتتبادل المعلومات فيما بينها وبالتالي يصبح لدينا إمكانية التحكم ومعرفة الأخطاء وإصدار الإنذارات والتنبيهات في حال حدوث طارئ ما ويبين (الشكل ٨) مراقبة أجهزة السيارة.



الشكل ٨: منطقة المراقب للشبكة

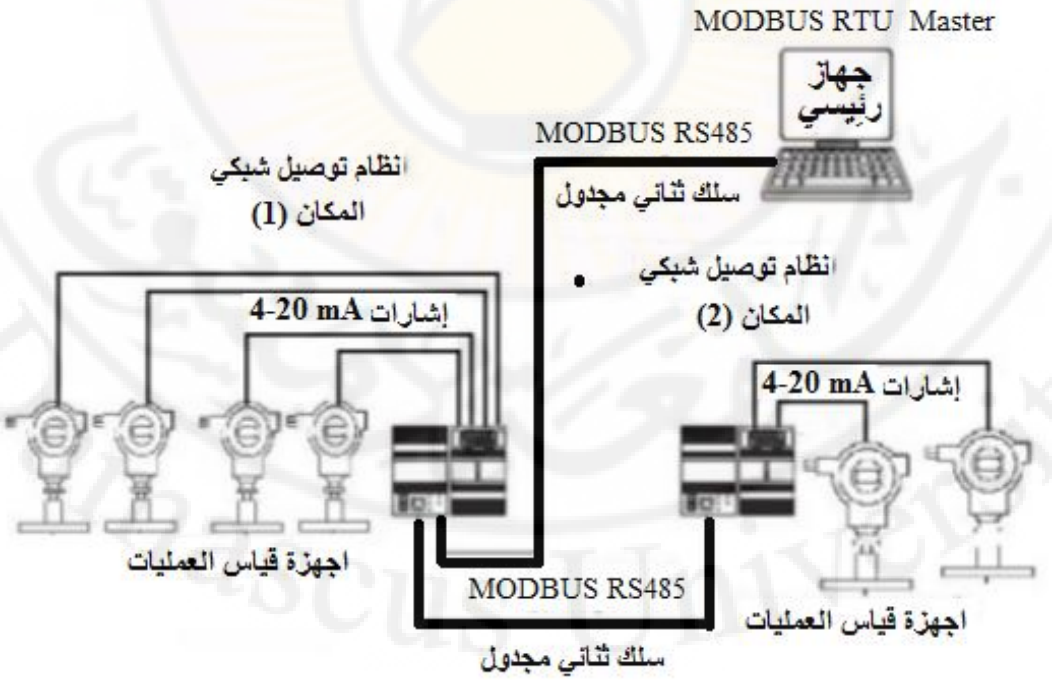
٢-٢-١ تطبيقات (CAN)

فيما يخص السيارات الحديثة التي قد تحتوي على أكثر من (٧٠ وحدة) كل منها متخصصة لعمل معين كالوسائد الهوائية ونظام المكابح وفتح وإغلاق النوافذ وفتح وإغلاق المرآة وغيرها.

قد تكون هناك انظمة مستقلة بحد ذاتها كعملية شحن البطارية، لكن معظم الأنظمة تحتاج إلى ان تتواصل مع بعضها ولأجل سد حاجة هذه الطرفيات الكثيرة وضع بروتوكول (CAN) بسبب قلة تكلفة بعض وحدات تحكم بروتوكول (CAN)، دخل هذا البروتوكول في الكثير من التطبيقات مثل الطيران والبحرية والطبية والأتمتة الصناعية وغيرها.

٢-٣ البروتوكول الصناعي Mod bus

هو بروتوكول الاتصالات التسلسلية الذي تم نشره من قبل شركة موديكون (شنايدر إلكتريك) في عام ١٩٧٩ لاستخدام وحدات المتحكم المنطقي القابل للبرمجة (PLC)، وقد أصبح منذ ذلك الحين بروتوكول الاتصالات القياسية بحكم الأمر الواقع، وأنها الآن وسيلة متاحة عادة لربط الأجهزة الإلكترونية الصناعية (Wikipedia).



الشكل ٩: جهاز الـ Mod bus

٢-٣-١ تعريف الـ MODBUS:

هو جهاز قياس يعمل كوسيط اتصال مع العديد من التجهيزات باستخدام سلك مجدول وحيد كما هو مبين في (الشكل ٩). يعتبر نظام الـ (MODBUS) نظام "Master-Slave" اي نظام "القائد والمقود" والقائد يكون:

- PLC متحكم منطقي قابل للبرمجة.
- PC حاسب شخصي.
- DCS نظام تحكم موزع.
- RTU وحدة تحكم عن بعد.

٢-٣-٢ ميزاته:

يعتبر أحد أكثر البروتوكولات الصناعية ويستخدم لأنه بسيط ورخيص وسهل الاستخدام.

وله القدرة على الاتصال بجميع الوسائط من خلال الاسلاك او اللاسلكي او الالياف ضوئية وأجهزة المودم الهاتفية والهواتف الذكية وأجهزة المايكرويف، وله عدة انواع، ويتم ارسال الرسائل من الـ Master كما يلي:

- عنوان الجهاز Device Address.
- الكود الوظيفي Function Code
- البيانات Data.
- التحقق من حدوث خطأ Error Check.

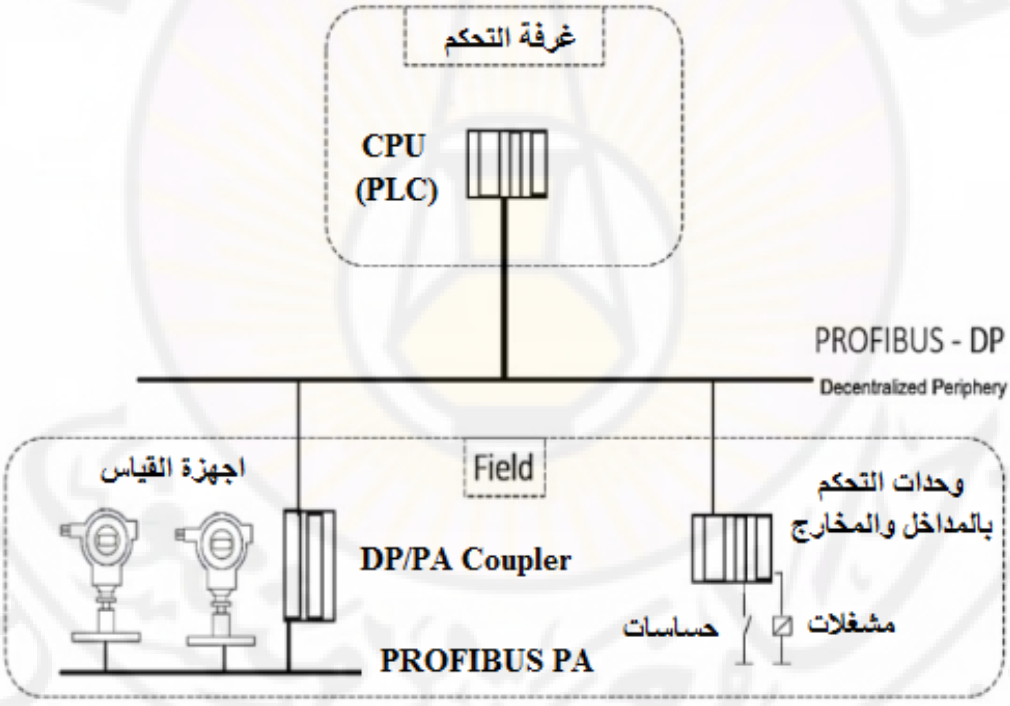
وهذه الرسالة تتم قراءتها من جميع الأجهزة الموجودة على الشبكة ويستجيب لها فقط الجهاز الذي تمت عنونته.

بالنسبة للتجهيزات المقادة او التابعة "Slave Devices" فهي غير قادرة على إنشاء اتصال بشبكة "MODBUS" لأن عملها يقتصر على الاستجابة لطلب القائد "MASTER" فقط.

٢-٤ البروتوكول الصناعي PROFIBUS

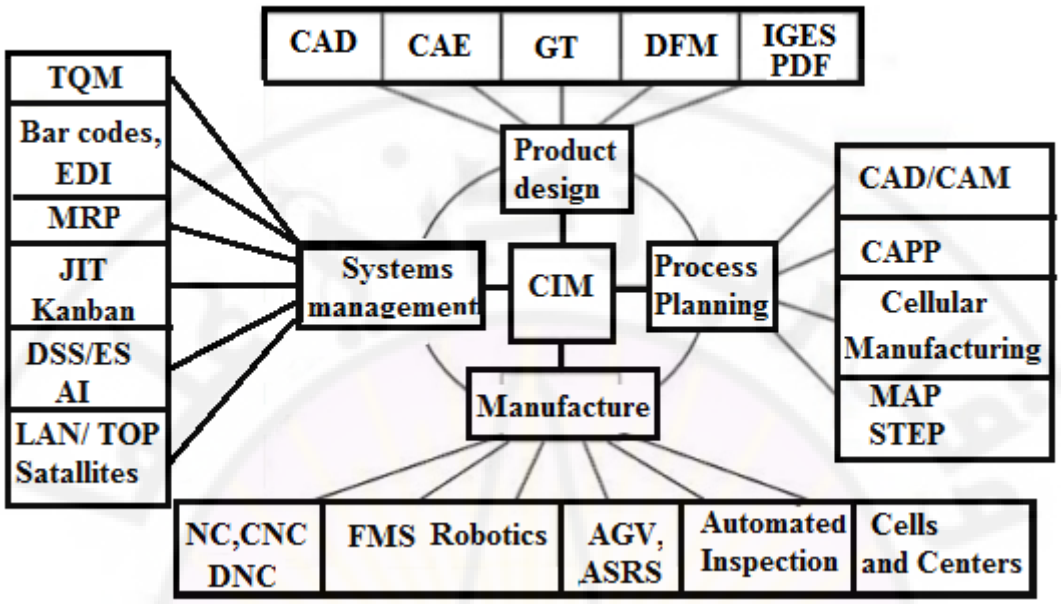
يستخدم في التطبيقات الصناعية لنقل البيانات من الموقع (Field) إلى غرفة التحكم حيث توجد وحدة ألـ (CPU) التابعة للـ (PLC) كما هو موضح في (الشكل ١٠)، التي تعمل على تشغيل أجهزة الاستشعار والمحركات عن طريق وحدة تحكم مركزية في المصنع، وهناك تقنيتين لنقل البيانات عبر هذا الكبل وهما:

- الـ (PROFIBUS PA) الذي يستخدم لمراقبة اجهزة القياس الموجودة في الموقع.
- الـ (PROFIBUS DB) يستخدم لنقل البيانات الآتية من وحدات الدخل والخرج (I/O) إلى الـ (PLC) الموجودة في غرفة التحكم.



الشكل ١٠: مخطط يوضح استخدام الـ PROFIBUS

٣- مكونات نظام التصنيع المتكامل Components of CIM



الشكل ١١: مكونات التصنيع المتكامل بمساعدة الحاسب

٣-١ إدارة الإنتاج System management

إدارة الإنتاج هو مصطلح عام يشير إلى الإدارة المركزية للشركة. ويجمع العديد من الأدوات المختلفة للمراقبة والإدارة وحل المشاكل. اهم الضوابط في إدارة الإنتاج هي:

٣-١-١ إدارة الجودة الشاملة TQM-Total Quality Management

هي توجه إداري للنجاح بعيد المدى من خلال إرضاء العملاء. حيث أن كل أعضاء المؤسسة يشاركون في تحسين الإجراءات، والخدمات، والمنتجات داخل المصنع او المنشأة لضمان إنتاج المنتجات بدرجة مناسبة من الجودة ترضي رغبات المستهلك وبأقل التكاليف.



الشكل ١٢: عناصر إدارة الجودة

العناصر الأساسية في إدارة الجودة الشاملة كما هو مبين في (الشكل ١٢) هي:

- **التركيز على العملاء (Focus on the customer):** العميل يحدد في نهاية المطاف مستوى الجودة. بغض النظر عما تبذله المنظمة لتعزيز تحسين الجودة وتدريب الموظفين ودمج الجودة في عملية التصميم ورفع مستوى أجهزة الكمبيوتر أو البرامج أو شراء أدوات القياس الجديدة، العميل يحدد ما إذا كانت الجهود جديرة بالاهتمام أو لا.
- **المشاركة الشاملة للموظفين (Involve employees):** جميع الموظفين يشاركون في العمل من أجل تحقيق الأهداف المشتركة. الالتزام التام للموظف يحصل فقط عندما تتم إزاحة الخوف من مكان العمل ويتم تمكينه من مهماته وقيام الإدارة بتأمين البيئة المناسبة. أنظمة العمل ذات الأداء العالي هي التي تدمج جهود التحسين المستمر ضمن العمليات العادية.
- **دقة القياس (Measure accurately):**

دقة القياس هي درجة الإتقان في القياس، وتعتمد الدقة على كل من الأداة والطريقة المستخدمة في القياس. كلما كانت الأداة ذات تدريج بقيم أصغر كانت القياسات أكثر دقة.

- **تحسين الجودة (Quality improvement):**

يوجد عدة طرق لتحسين الجودة بحسب النموذج الخاص لكل طريقة:

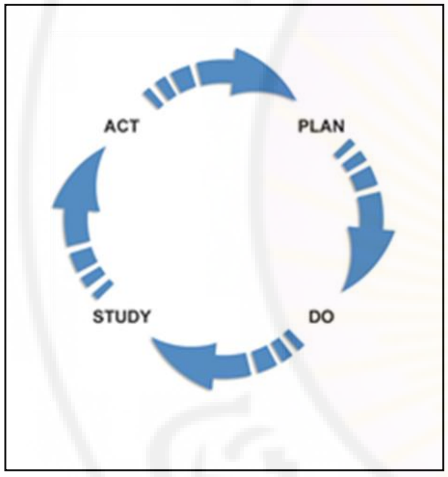
١) نموذج FADE (المعهد الديناميكي التنظيمي، واكيفيلد، Organizational Dynamics - Institute, Wakefield, MA):

هناك ٥ خطوات واسعة لنموذج تحسين الجودة فاد (FADE) وهي:

- التركيز: تحديد العملية والتحقق منها لتحسينها.
- التحليل: جمع وتحليل البيانات لتحديد خطوط الأساس، وتحديد الأسباب الجذرية والتوجه نحو الحلول الممكنة.
- التطوير: يتم استنادا إلى البيانات، وضع خطط عمل للتحسين، بما في ذلك التنفيذ، والاتصالات (والقياس / والرصد).
- التنفيذ: تنفيذ خطط العمل على أساس تجريبي.
- التقييم: تثبيت نظام قياس / مراقبة (مراقبة عملية) مستمر لضمان النجاح.

٢) نموذج (PDSA):

- التخطيط: خطة تغيير أو اختبار لكيفية عمل شيء.
- التنفيذ: تنفيذ الخطة.
- الدراسة: انظر إلى النتائج. ماذا تجد؟
- العمل: قرر الإجراءات التي ينبغي اتخاذها لتحسينها.
- كرر حسب الحاجة حتى يتم تحقيق الهدف المطلوب.



الشكل ١٣: نموذج PDSA

٣) ستة سيجما (Six Sigma):

ستة سيغما هو نموذج آخر لتحسين الجودة، ويأتي هذا المصطلح من استخدام في إحصاءات الرسالة اليونانية (سيغما) للدلالة على الانحراف المعياري عن المتوسط الذي يعادل من ٣ إلى ٤ أخطاء لكل مليون.

ستة سيغما هي استراتيجية قائمة على القياس لتحسين جودة مخرجات العملية الإنتاجية من خلال تحديد وإزالة اسباب العيوب (الأخطاء). ويستخدم هذا المعيار مجموعة من وسائل إدارة الجودة بما فيها الأساليب الإحصائية، وخلق بنية تحتية خاصة من الناس داخل المنظمة ليكونوا خبراء

في هذه الأساليب. كل مشروع لمعايير سيغما المنفذة في المنشأة يتبع سلسلة من الخطوات المحددة (مثل خفض التكاليف أو زيادة الأرباح)، ويتم ذلك من خلال استخدام اثنين من نماذج سيغما:

- DMAIC (Define Measure Analyze Improve Control): وتعني (تعريف، قياس، تحليل، تحسين، السيطرة) هو نظام يستخدم لمشاريع تهدف إلى تحسين العمليات التجارية القائمة وتبحث عن التحسين التدريجي.
- DMADV (Define Measure Analyze Design Verify): وتعني (تعريف، قياس، تحليل، تصميم، التحقق) هو نظام يستخدم لمشاريع تهدف لخلق منتجات جديدة او عمليات التصاميم.

في (الجدول ١) نجد مقارنة بين النماذج السابقة:

FADE	PDSA	DMAIC	DMADV
Focus		Define	Define
Analyze		Measure, Analyze	Measure, Analyze
Develop	Plan		Design
Execute	Do	Improve	
Evaluate	Study	Control	Verify
	Act		

الجدول ١: مقارنة بين نماذج ستة سيغما

- **التحسن المستمر (Continues improvement):**

كايزن (باليابانية 改善) كلمة مركبة من جزأين تعني «التغيير للأفضل»، وهي وسيلة لتحقيق التحسين المستمر وهذه فلسفة ابتكرها تاييشي أوهونو (Taiichi Ohno) لقيادة المؤسسات الصناعية والمالية، وأيضاً يمكن تطبيقها في كل نواحي الحياة، معتمدة على التحليل في العملية. في ميدان الأعمال والصناعات في العادة تشير كلمة الـ **كايزن** إلى النشاطات التي تؤدي باستمرار إلى تحسين جميع مناحي العمل. تعمل فلسفة الـ **كايزن** بالأساس على الحيلولة دون وجود الهدر في الجهد والطاقة والوقت. تم تطبيق النظرية في عدة ميادين خلال إعادة

إصلاح اليابان بعد الحرب العالمية الثانية ومنذ ذلك الحين انتشرت في ميادين الأعمال في كل أنحاء العالم.

كل عمل ينفذ يمكن تحسينه وكل عملية تتم حالياً لابد وأنها تحتوي على أي هدر من أي نوع سواء مادي أو معنوي أو فكري ... إلخ والتقليل من هذا الهدر ينتج قيمة مضافة للعملية والعميل المستفيد من نتائجها، ففكرة الـ كايزن تعد فكرة للتخلص من الهدر (waste) في العمليات وهي المحور الرئيسي للتغيير من خلال الكايزن.

وتتكون من كلمتين يابانيتين:

كاي "Kai" وتعني التغيير، زن "Zen" وتعني للأفضل. وتترجم إجمالاً Kaizen إلى Continual Improvement أي التحسين المستمر.

المميزات: يعتبر الكايزن عملية تحسين دائمة تتميز بـ:

- التأثير الواضح (Significant).
- تركز على الأماكن الأهم استراتيجياً (Tragically important areas)
- تحقق نتائج سريعة (Speedily Achieved)
- المحافظة على استمراريتها (Sustainable).

التطبيق النظري: من أفضل الطرق في تطبيق الكايزن هي رباعية ديمنج أو (PDCA) التي تتضمن كل من:

- التخطيط (تعريف المشكلة أو موضوع التغيير)
- الأداء (إيجاد الحل للمشكلة)
- التدقيق (اختبار جدوى الحل)
- التطبيق (تطبيق الحل بعد دراسة جدواه).

كتب الكاتب الياباني ماساكي إيماي كتابً أسماه جمبا كايزن وجمبا تعني باليابانية الموقع الفعلي، ويمكن ترجمة الكلمتين إلى الإدارة من موقع الأحداث يقول ماساكي في كتابه:

«يكتفي كثير من المديرين بالجلوس إلى مكاتبهم ومتابعة الأمور عبر زجاج البرج العاجي الذي يطلقون عليه: مكتب المدير العام، إنهم لا يعرفون شيئاً عن منتجاتهم وخدماتهم إلا من خلال

الأوراق والتقارير، ولا يفكرون في موظفيهم إلا عندما يوقعون كشوف المرتبات!! هؤلاء المديرون لا ينزلون إلى مواقع الإنتاج الفعلية في مصانعهم وشركاتهم. لذا فهم غرباء عما يحدث فيها من مشكلات لا يمكن صياغتها على الورق، وعندما تنفصل علاقتهم الحقيقية بموقع الأحداث على هذا النحو تنفصل أيضاً علاقتهم الحقيقية بشركتهم وبموظفيهم وبعملائهم».

٣-١-٢ الرمز الشريطي Bar codes

الرمز شريطي او الشفرة الخيطية هي تمثيل ضوئي لبيانات قابلة للقراءة من قبل الحاسوب مثل الارقام والحروف. وهو رمز ثنائي الأبعاد وفي الاصل كانت تمثّل البيانات في مناطق الخطوط والفراغات بين الخطوط المتوازية، ويمكن أن نطلق عليها أسم الرموز أو الشفرات الخيطية احادية البُعد وتأتي أيضا بأنماط مربعات أو نقاط أو أشكال سداسية أو أنماط هندسية أخرى ضمن صور يطلق عليها شفرات المصفوفة ثنائية الأبعاد. رغم أن الأنظمة الثنائية تستخدم الرموز أكثر من الخطوط الا انه يطلق عليها شفرات خيطية أيضا. أول استخدام للشفرات الخيطية كان لوضع علامات على عربات القطارات، لكنها لم تكن ناجحة تجاريّا إلى أن تم استخدامها لأتمتة أنظمة مبيعات مراكز التسوق، وهي المهمّة التي أصبحت من خلالها الشفرات الخيطية عالمية تقريبا.



الشكل ١٤: الرمز الشريطي

٣-١-٣ تخطيط متطلبات الإنتاج MRP- Material Requirements Planning

تحتاج المنظمات الصناعية للتعامل مع العديد من المنتجات والعمليات والأجزاء، وهذا يتطلب وجود نظام للإدارة يعتمد على الحاسوب حيث يقوم بمراقبة متطلبات المنظمة من المواد المختلفة، يدعى هذا النظام بـ تخطيط متطلبات المواد أو تخطيط الاحتياجات من المواد، أو ما يقابله بين الإنكليزية Material Requirements Planning ويختصر بـ MRP.

يعد نظام تخطيط متطلبات المواد من النظم الفرعية لنظام معلومات الإنتاج في المنظمات الصناعية، حيث يتكون نظام تخطيط متطلبات المواد من نشاطين رئيسين في العمليات التصنيفية وهي: إدارة المخزون والجدولة. والغرض الرئيسي من إدارة المخزون هو التأكد من المخزون اي أن المواد الخام متاحة في الوقت المطلوب للإنتاج. والجدولة تكمل إدارة المخزون فهي تحدد بالإضافة إلى المخزون من المنتجات النهائية كفاءة استخدام الإمكانيات الإنتاجية وتقلل من الوقت العاطل وتسمح بصيانة المعدات.

٣-١-٤ الإنتاج في الوقت المحدد Kanban / JIT -Just-in-time

الإنتاج المبرمج أو الانتاج في الوقت المحدد لا يعني الإنتاج في اللحظة الأخيرة، بل الإنتاج في الوقت والكمية اللازمتين. هدفه الأساسي تقليص التأخير وكلفة الإنتاج. نشأ هذا المبدأ بسبب مشاكل تنظيم الإنتاج في اليابان. فقد حال ضيق المساحة دون قدرة المصنعين اليابانيين على تخزين منتوجاتهم، فكانوا لا ينتجون إلا في حال فراغ مكان في المخزن.

الإنتاج المبرمج هو مجموعة من الإجراءات (التسويق Logistic) تهدف لتحسين الإنتاجية العامة لمؤسسة ما عبر تقليص التخزين كما الأعباء المترتبة عليه. ترتكز إدارة الإنتاج على مجموعة من المعلومات المتناقلة (كالكانبان) حول دفق الإنتاج، ففراغ مكان في موضع التخزين يشكل إشارة لبدء إنتاج منتج مشابه.

Logistics فَنُّ السَّوْقِيَّات: هو فن وعلم إدارة تدفق البضائع والطاقة والمعلومات والموارد الأخرى كالمنتجات الخدمات وحتى البشرية من منطقة الإنتاج إلى منطقة الاستهلاك. ومن الصعب أو حتى من المستحيل إنجاز أية تجارة عالمية أو عملية (استيراد/تصدير) عالمية أو عملية نقل للمواد الأولية أو المنتجات وتصنيعها دون دعم لوجستي احترافي. وتتضمن اللوجستيات: تجميع المعلومات، النقل، الجرد، التخزين، المعالجة المادية والتغليف (الصندقة).

يعود أصل الكلمة إلى اللغة الإغريقية القديمة وتأتي من كلمة لوجوس (λόγος) وتعني "نسبة، حساب، سبب، خطاب". وقد انتقل استخدام الكلمة من حاجة الجيش إلى التزود بالإمدادات خلال تحركهم من قواعدهم إلى المواقع إلى المجال الاقتصادي.

الكانبان وسيلة لضبط الإنتاج في اليابانية (カンバン) وتعني ملصق. عبارة عن كرتونة تلصق على الحاوية أو الوعاء على خط الإنتاج أو في المخزن. انتشرت هذه الطريقة في نهاية الخمسينات في مصانع تويوتا.

نظام الكانبان هو نظام يهدف إلى السيطـرة علـى المـواد والأصنـاف كمـاً وكيفـاً.

تتقارب فكرة متابعة تداول المواد والأجزاء بين المخازن وخطوط الإنتاج والموردين مع فكرة السوبـر مـاركت ففي السوبر ماركت يقوم العميل باختيار صنف ما وعندما يتوجه لدفع الحساب يقوم الكمبيوتر بالتقاط السعر وبيان الصنف من على غلاف الصنف نفسه. تنتقل المعلومة آلياً إلى المخازن وعند بيع كمية محددة من هذا الصنف يرسل المخزن كمية بديلة إلى مكان العرض. تُسجل أيضاً بالكمبيوتر عدد الكميات التي يتم سحبها من المخزن من نفس الصنف وعند وصول رصيد المخزون إلى حد معين يتم إخطار المورد لإرسال كمية بديلة.

ويتميز هذا النظام بالدقة والإتقان، ولا يحتاج لمكان تخزين كبير، وهذه الفكرة طبقتها شركة تويوتا بربط الإنتاج بطلبات العملاء وهو ما عرف باسم PULL SYSTEM.

وتطبيق هذا النموذج على العملية الإنتاجية يعود بمنافع عديدة على المؤسسة مثل:

- منع تراكم المخزون بين خطوط الإنتاج.
- تعليمات للإنتاج ومراقبة تداول المواد.
- أداة للمراقبة البصرية.
- يسهل اكتشاف أي جزء معيب ومعرفة ظروف إنتاجه.
- متابعة كافة خطوط الإنتاج وسرعة التدخل لحل أي مشكلات تواجهه.

٣-١-٥ نظام دعم القرار DSS/ESAI-Decision support system

هو جزء من نظام المعلومات التي تدعم الأعمال التجارية وأنشطة صنع القرار التنظيمية. نظام دعم القرار المصمم على نحو سليم هو مجموعة من البرمجيات التفاعلية قائمة على نظام يهدف إلى مساعدة صانعي القرار على تجميع معلومات مفيدة على شكل مزيج من البيانات الخام، والوثائق، والمعرفة الشخصية، أو النماذج التجارية لتحديد وحل المشاكل واتخاذ القرارات.

المعلومات التي يجمعها ويقدمها دعم اتخاذ القرارات عادة هي:

جرد جميع أصول المعلومات الحالية الخاصة (بما في ذلك الإرث، ومصادر البيانات العلائقية، المكعبات، ومخازن البيانات، وبيانات السوق). مقارنة أرقام المبيعات بين أسبوع واحد والتالي. أرقام الإيرادات المتوقعة على أساس افتراضات مبيعات المنتج الجديد.

٣-١-٦ الشبكات المحلية LAN/TOP satellites- Local Area Network

هي شبكات تستخدم لتغطية أماكن محدودة وصغيرة مثل المنزل أو المكتب، وهناك طريقتان لتوصيل الشبكات المحلية:

- Ethernet.
- Token Ring.

عند توصيل الحواسيب بطريقة الايثرنت فإنه يتم توصيلها بالعادة إلى مجمع أو مبدل، ويمكن توصيل الشبكات المحلية مع بعضها عن طريق موصلات من الشبكات الواسعة، وذلك باستخدام الموجهات Router.

فوائد الشبكات المحلية:

تسهيل تبادل الملفات بين الاجهزة في نفس الشبكة المحلية لأجل توفير الوقت المستغرق لنقل الملفات، فتعتبر الشبكة المحلية عامل توفير اقتصادي في الشبكات حيث لا تحتاج في كل مكتب الى جهاز طابعة ومن الممكن توصيل كل الاجهزة الحاسوبية في الشركة أو المكتب إلى طابعة واحدة أو ماسحة ضوئية واحدة أو غيرها من الآلات والأجهزة الحاسوبية.

٣-٢ تصميم المنتجات Product Design:

يعرف تصميم المنتجات على أنه عملية إيجاد فكرة من أجل إنتاج منتج ما، تطوير المبدأ واختبار وتصنيع هذا المنتج. يجب على المهندس المصمم اتباع نظام محدد في التصميم. إن عملية التصميم بحد ذاتها هي عملية تكرارية، يتم فيها تكرار الخطوات في كل مرة من أجل تحسين تصميم المنتج في كل مرة يتم فيها إعادة التصميم. يطلق اسم النموذج الأولي prototypes على التصاميم التي يتم إنتاجها للمنتج أثناء عملية التصميم قبل الحصول على المنتج النهائية. في المجال الصناعي يكون هناك تشابه كبير بين تصميم المنتجات والتصميم

الصناعي، لكن تصميم المنتجات أعم استخداماً من التصميم الصناعي لأن المنتج ليس بالضرورة أن يكون منتجاً صناعياً بل من الممكن أن يتعدى ذلك لأن يشمل الخدمات.

تتكون نظام عملية التصميم من المراحل المتسلسلة التالية:

- تحديد احتياجات الزبون.
- ابتكار تصميم للمنتج مع الأخذ بعين الاعتبار هذه الاحتياجات.
- بناء، تقييم، ومحاكاة نموذج التصميم المقترح.
- اختيار أفضل تصميم عن طريق التحليل الأمثل.
- تحديث احتياجات الزبون، ومساءلة إرضاء احتياجاته في النموذج المقترح.
- بناء نموذج تجريبي للنظام المقترح.
- إعادة تقييم النموذج التجريبي مع احتياجات الزبون لمعرفة مدى ملائمته.
- بناء واختبار نسخة من النظام أو المنتج ما قبل مرحلة الإنتاج وتقييم عملية التصنيع.
- إعادة تقييم النسخة التجريبية ما قبل التصنيع مع احتياجات الزبون لمعرفة مدى ملائمتها.
- بناء واختبار نظام التصنيع للتصميم الجديد.
- تسليم النظام أو المنتج الجديد للزبون ومتابعة الدعم الفني.

يتم العمل في المراحل السابقة وفق المنهجية التالية:

٣-٢-١ التصميم بمساعدة الحاسوب (CAD-Computer Aided Design):

عبارة عن استخدام قدرات الحاسوب لعمليات تصميم المنتجات من خلال برنامج هندسي يملك تقنيات ذاتية عديدة تمكننا من عمل أمور كثيرة منها:

- المخططات الحاسوبية الثلاثية الأبعاد التي تستخدم لتبيان الخصائص المرئية للمنتج.
- إجراء الدراسات والتحاليل الهندسية بمساعدة الحاسوب وذلك لتقييم خصائص المنتج في التصميم والتصنيع والفحص.
- سهولة عمليات تخزين واسترداد التصاميم.
- وجود قوائم المواد والمعلومات الهندسية تفيدنا لأغراض تخطيط الانتاج.

فوائد الـــ (CAD):

١- يساهم في تحقيق مرونة في التصميم والتعديل وإجراء الدراسات والتحليل على التصميم.
٢- يساهم وبشكل فعال في تجنب حدوث اخطاء تصميمية وتجميعية للمنتجات الأمر الذي يؤدي إلى انخفاض كلفة التصميم والإنتاج.
٣- يخفض وبشكل جذري من اوقات العمل في تصميم المشاريع مما يساعد في زيادة انتاجية المصممين.
٤- تحسين جودة التصميم والمنتوجات المصنعية.
٥- الإقلال من زمن عملية تصميم المنتج يقلل الكلفة معا.
٦- تساهم هذه التقنية في تحفيز فرق التصميم على المناقشات والحوار والتفاعل البناء.
٧- يقلل من اوقات تصنيع المنتجات.
٨- يساهم بشكل فعال في تحويل مواصفات التصميم النهائي مباشرة الى اوامر تفصيلية لمعدات الانتاج للقيام بالعملية التصنيعية.

اهم التطبيقات للحاسوب في عملية التصميم:

- النمذجة الهندسية
- التحليل الهندسي
- مراجعة وتقييم التصميم
- الرسم المؤتمت

٣-٢-٢ الهندسة بمساعدة الحاسوب (CAE Computer Aided Engineering)

تضم التصميم بمساعدة الحاسب (CAD) وبرامج التحكم الرقمي (NC) وتصميم الدلائل والمثبتات، وتخطيط عملية ضبط الجودة، وتخطيط عمليات التصنيع التي تمثل حلقة الوصل بين نظامي التصميم والتصنيع بمساعدة الحاسب (CAD-CAM)، وعندما يتم هذا التخطيط آلياً فإنه يسمى تخطيط العمليات بمساعدة الحاسب (CAPP).

٣-٢-٣ التصميم لأجل التصنيع (DFM-Design for manufacturability)

التصميم لأجل التصنيع DFM هو منهجية هندسية لتصميم المنتجات بشكل تكون سهلة التصنيع أو لتكون المنتجات ذات تصنيع ممتاز. هذه الفكرة الأساسية موجودة في جميع التخصصات الهندسية تقريبا، ولكن بالطبع تختلف التفاصيل بشكل واسع حسب نطاق تكنولوجيا التصنيع. منهجية التصميم هذه لا تركز فقط على الجانب التصميمي فقط ولكن أيضا على الإنتاجية producibility، وفي لغة بسيطة يعني السهولة النسبية لتصنيع منتج ما أو جزء تجميعي ما.

٣-٣ عملية التخطيط Process planning

يتم من خلال عملية التخطيط مجموعة من الإجراءات لتحويل التصميم إلى التصنيع.

٣-٣-١ التصنيع بمساعدة الحاسب (CAM Computer Aided Manufacturing)

وهي التقنية التي تستخدم برامج حاسوبية متخصصة لتوجيه ومراقبة آلات التصنيع الرقمي (NC) والتحكم بها أي ربط تعليمات تصميم المنتج بالتعليمات اللازمة لصناعته بمساعدة الحاسوب، ويفضل تطبيقها على مفاهيم التصنيع التقليدية في الحالات الاتية:

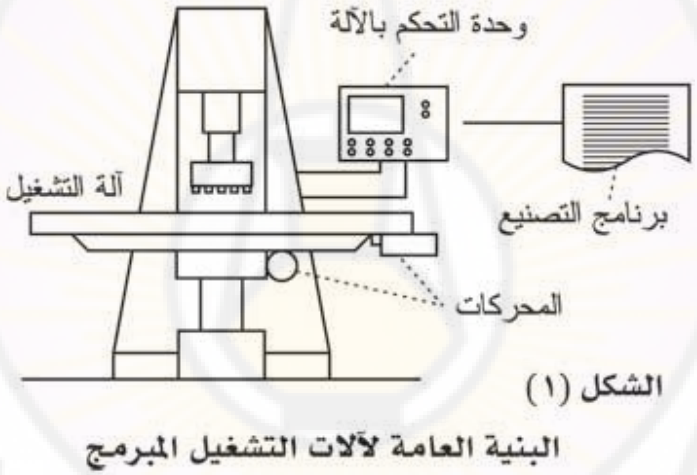
- عند انتاج عدة اجزاء مختلفة ذات متطلبات متغيرة او دورية.
- عند أحداث تغيرات دائمة على تصاميم المنتوجات.
- عملية التصنيع معقدة.
- عند تزايد العمليات الالية على جزء واحد.
- عندما تكون مهارات التشغيل والرقابة مطلوبة.

مزايـــا CAM:

- جودة المنتج: اذ يسمح الـ (CAD) بإعطاء معلومات التصميم بسرعة الى تقنية الـ (CAM) مما يؤدي الى السرعة في عملية الانتاج والدقة في جودة المنتج وبالتالي التسليم السريع للزبائن وفق طلباتهم.

- ❖ يساهم في نجاح تطبيق نظام الاتصال الواسع في الانتاج.
- ❖ تحقيق الاسبقيات التنافسية للمصانع متمثلة بالتسليم السريع، والكلفة الأدنى، والمرونة العالية، والجودة المتميزة للمنتوجات.
- ❖ تخفيض في تكاليف الإنتاج.

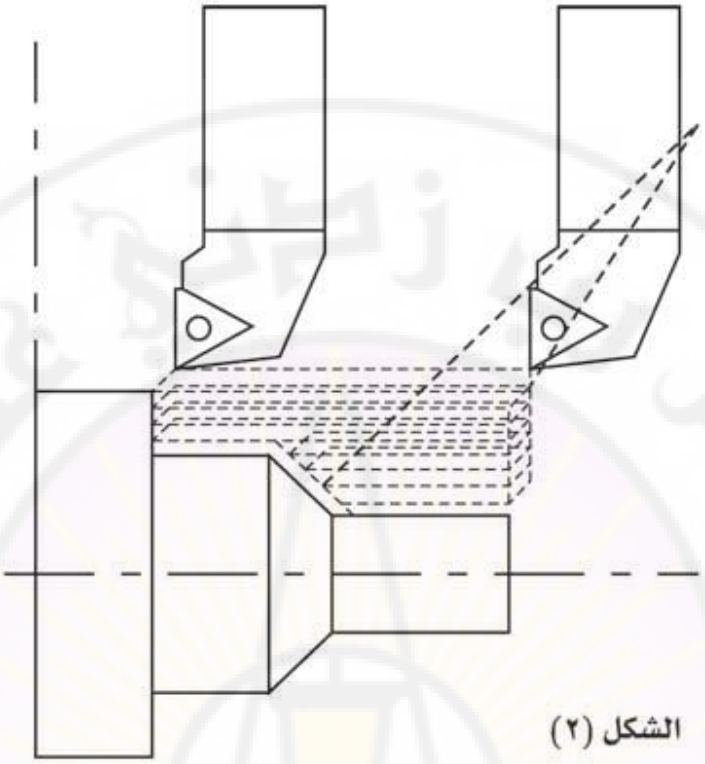
يمكن تعريف آلات التشغيل المبرمجة على أنها آلات مؤتمتة جزئياً أو كلياً تُزَوَّد بالأوامر المتعلقة بتشغيل القطع على شكل رقمي من خلال برنامج متضمّن لهذه الأوامر وتتنوّع هذه الآلات بين مخارط مبرمجة وفارزات مبرمجة ومراكز تشغيل (فارزات مبرمجة مزوّدة بمخزن لأدوات القطع –وتتكونّ البنية عامة للآلات المبرمجة من جسم الآلة والمحركات وآليات نقل الحركة والحساسات ووحدة التحكم بالآلة كما هو موضّح في (الشكل ١٥).



الشكل ١٥: آلة تشغيل مبرمجة

بعد تصميم القطعة ودراسة أبعادها الوظيفية والهندسية، يقوم مهندس الإنتاج بدراسة خطة تصنيعها واختيار الآلات المبرمجة اللازمة لتنفيذها، كما يقوم باختيار تسلسل عمليات التصنيع ومراحل التشغيل وكيفية تثبيت القطعة على الآلة المبرمجة للحصول بدقة على الأبعاد والتسامحات الوظيفية، تقود هذه الدراسة فيما بعد لمحاكاة وتمثيل عملية التشغيل على الحاسوب الذي يقوم بتوليد البرنامج العددي للتشغيل بما يتوافق والآلة المعنية، والبرنامج هو عبارة عن تسلسل أوامر تكتب بلغة برمجية خاصة بالآلات المبرمجة. تنقسم هذه الأوامر حسب طبيعتها إلى مجموعات عدّة أهمها الأوامر التحضيرية وأوامر تحديد إحداثيات الانتقال من موقع إلى

موقع آخر واختيار عدة التشغيل ومعاملات التشغيل وسرعة الانتقال والدوران والتبريد والتشحيم بالإضافة إلى أمور تقنية أخرى.



الشكل ١٦: محاكاة عملية تشغيل

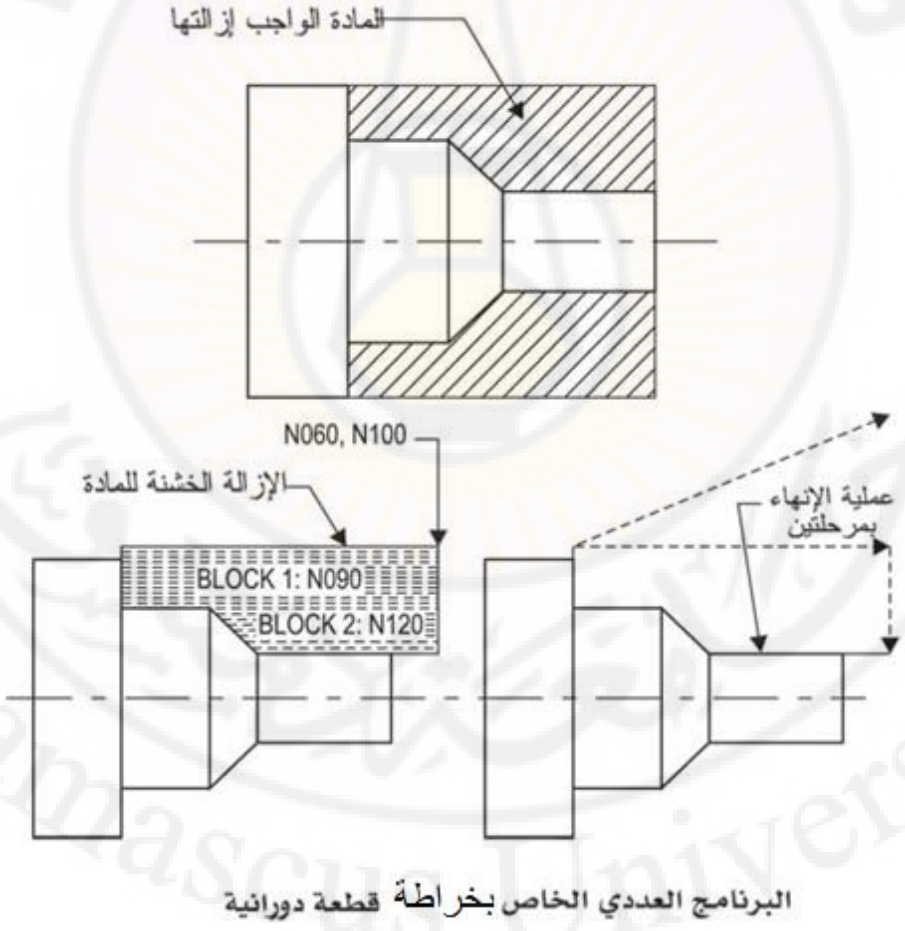
قبيل الانتقال إلى آلات التشغيل وتنفيذ القطعة يقوم الفنّي بتنفيذ البرنامج على حاسوب آلة التشغيل للتأكد من صحة ودقّة الأوامر المرسلة، حيث يظهر الحاسوب انطلاقاً من القطعة الخام خطوات التشغيل بشكل متتابع كما يظهر شكل القطعة الناتج مما يسمح بكشف أي عيوب أو أخطاء في برنامج التشغيل وتلافيه قبل الشروع بالتنفيذ. يبين (**خطأ! لم يتم العثور على مصدر المرجع.**) محاكاة عملية خراطة قطعة دورانية على الحاسوب.

تبدأ عملية التشغيل بتعرّف حاسوب آلة التشغيل على الأمر المرسل وترجمته إلى حركة موافقة فمثلاً لاختيار اداة قَطع معينة يترجم الأمر بتحريك حامل أداة القطع إلى موقع مخزن عدة القطع على الآلة (Tool Changer) وبالتحديد إلى الموقع المخصص لأداة القطع المختارة لتقوم الآلية المخصصة لتثبيت أداة القطع بتناول الأداة وتثبيتها والعودة إلى الموقع السابق للأمر وإعطاء إشارة إلى حاسوب الآلة بإتمام تنفيذ الأمر؛ ولخراطة ثخانة معينة من قطعة معدنية بشكل

مستقيم تعطى عدّة أوامر تبدأ باختيار قلم الخراطة المناسب، ومن ثمّ توضع آلة القطع عند بداية مسار القطع واختيار سرعة القطع اللازمة وآلية التزييت أو التبريد والسرعة الإنسحابية للقطع ثمّ تنفيذ الحركة.

تتم ترجمة هذه الأوامر على مستوى الآلة بقيادة المحركات التي تؤمّن الحركات الدورانية أو الإنسحابية، وتتم مراقبة تنفيذ أوامر بدء الحركة وتوقفها اعتماداً على حساسات مرمّزات وضع تقوم بترجمة الحركة الميكانيكية إلى إشارات كهربائية تقوم هذه الحساسات بتقديم معلومات كافية لقياس الانتقالات الزاوية والإنسحابية كما تمكّن الحاسوب الآلة المبرمجة من حساب السرعات والتسارعات الموافقة والتحكم بها وبدقّتها وتصحيحها عند اللزوم.

يبين (الشكل ١٧) مثالاً مبسطاً لعملية تشغيل قطعة دورانية، حيث تبدو القطعة الخام والمادة الواجب إزالتها بالتفريز والبرنامج الخاص بالتشغيل ومحاكاة التشغيل:



الشكل ١٧: محاكاة عملية التشغيل (خراطة)

٣-٣-٢ تخطيط العملية الإنتاجية بمساعدة الحاسوب (CAPP Computer Aided Process Planning)

إن تخطيط عملية الانتاج بمساعدة الحاسب هي العصب الرئيسي لعملية الانتاج في بيئة التصنيع المتكامل بمساعدة الحاسب (CIM) وذلك من خلال الربط بين التصميم والتصنيع بمساعدة الحاسب أي بين (CAD) والـ (CAM)، ويتم من خلال هذه العملية تحديد طرق التصنيع والتفاصيل الدقيقة للعمليات الانتاجية اي وضع الخطة التكنولوجية للقطعة المصنعة أو للمنتج (جهاز كامل)، وبذلك يكون هذا النظام مسؤولاً عن تحويل المادة الأولية إلى منتج نهائي الأمر الذي ساعد الشركات في تحسين الانتاجية وزيادة التنافسية بين المنتجات.

يشمل نظام تخطيط العملية الإنتاجية (CAPP) كلاً من الهاردوير الذي تتضمنه العملية وفريق العمل والبيانات المخزنة التي تتعلق بالإنتاج السابق والحالي وبمجموعها سوف تحدد كيف يتم تصنيع المنتج بكفاءة.

مراحل الخطة التكنولوجية:

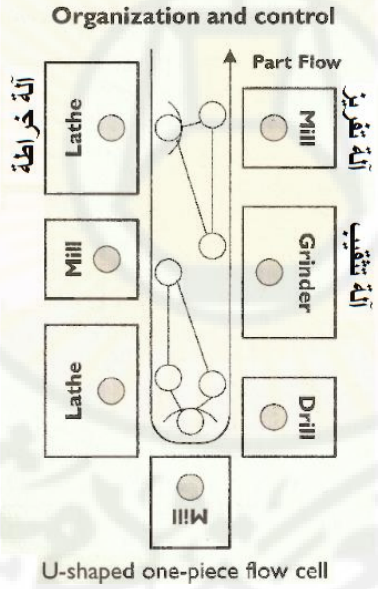
١) تحديد خطوات العمل.
٢) اختيار المادة الأولية المناسبة والأدوات والآلات التي ستنجز العمل.
٣) تحديد تسلسل العمليات الانتاجية.
٤) تحديد الزمن اللازم لكل عملية تشغيلية.

في نظام (CIM) فإن الـ (CAPP) يمثل تلك الوظيفة المسؤولة عن تحويل القطعة من المادة الأولية إلى الشكل النهائي الذي تم تصميمه بناءً على رسوم هندسية كما هو مبين في (الشكل ١٨) ولكن هناك محدودية في قدرات تخطيط العملية الانتاجية بمساعدة الحاسوب (CAPP) تتمثل في عدم قدرة هذه الأنظمة على تخطيط عملية التشغيل عندما يكون هناك طيف واسع من الأشكال والأحجام.

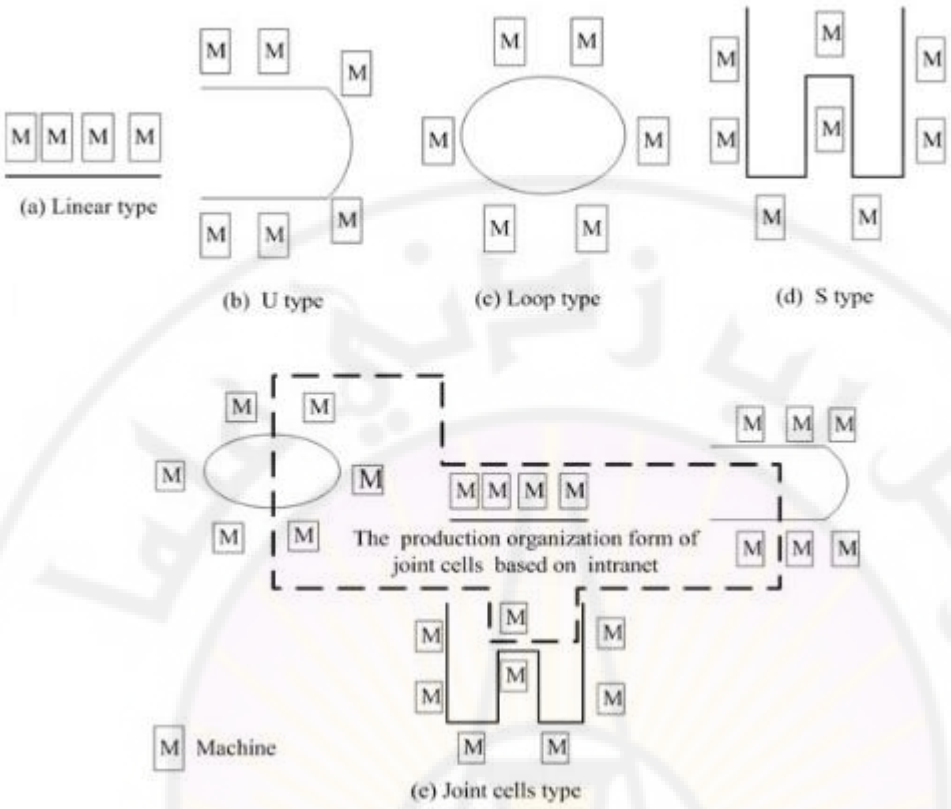
الشكل ١٨: الحلقة بين الـ CAD وCAM

٣-٣-٣ التصنيع على شكل خلايا CM Cellular Manufacturing

التصنيع على شكل خلية يتم كما هو مبين في (الشكل ١٩) لإنتاج قطع إفرادية بشكل سريع ضمن عدة آلات تتوضع على شكل خلية أو لإنتاج مجمع جزئي للنظام المراد انتاجه، ويكون الهدف من ذلك السرعة في تنفيذ طلبية معينة، وهدف هذا النوع من العمليات الإنتاجية هو تصنيع طيف واسع من القطع المتشابهة في هذه الخلية إضافة إلى الإقلال من حجم النفايات وذلك من خلال تخصيص الآلات المناسبة لهذه القطع.



الشكل ١٩: خلية انتاجية على شكل حرف U



الشكل ٢٠: اشكال لخلايا انتاجية

٣-٤ التصنيع Manufacturing

التصنيع هو عملية إنتاج السلع مثل السيارات والكتب والملابس والأثاث والورق والأقلام وآلاف المنتجات الأخرى. تمثل المصانع المنتجة قيمة كبيرة في رخاء مجتمعاتها. فمثلاً عندما يستأجر مصنع ١٠٠ عامل للعمل فيه، فإنه يخلق ١٧٥ وظيفة خارج المصنع، متمثلة في وظائف لطاقم المقصف والكتبة وغيرهم من الذين يمدون عمال المصنع بالسلع والخدمات التي يحتاجونها.

٣-٤-١-آ الحاسوب الآلي المقاد رقمياً (CNC Computer Numerical Controlled)

تستخدم آلات الـ (CNC) لغة برمجة تدعى (G-CODE) وتكون مهمة برنامج التشغيل توجيه اداة القطع وفق مسارات المخطط المرسوم، وهناك برنامج () الذي يستخدم في إيقاف او تشغيل مهام محددة في آلات التشغيل مثل (إيقاف او تشغيل سائل التبريد او اداة القطع ...).

انظمة التحكم في آلات الـ (CNC):

- **نظام التحكم ذو الحلقة المفتوحة (Open Loop System):**



- **نظام التحكم ذو الحلقة المغلقة (Closed Loop System):**



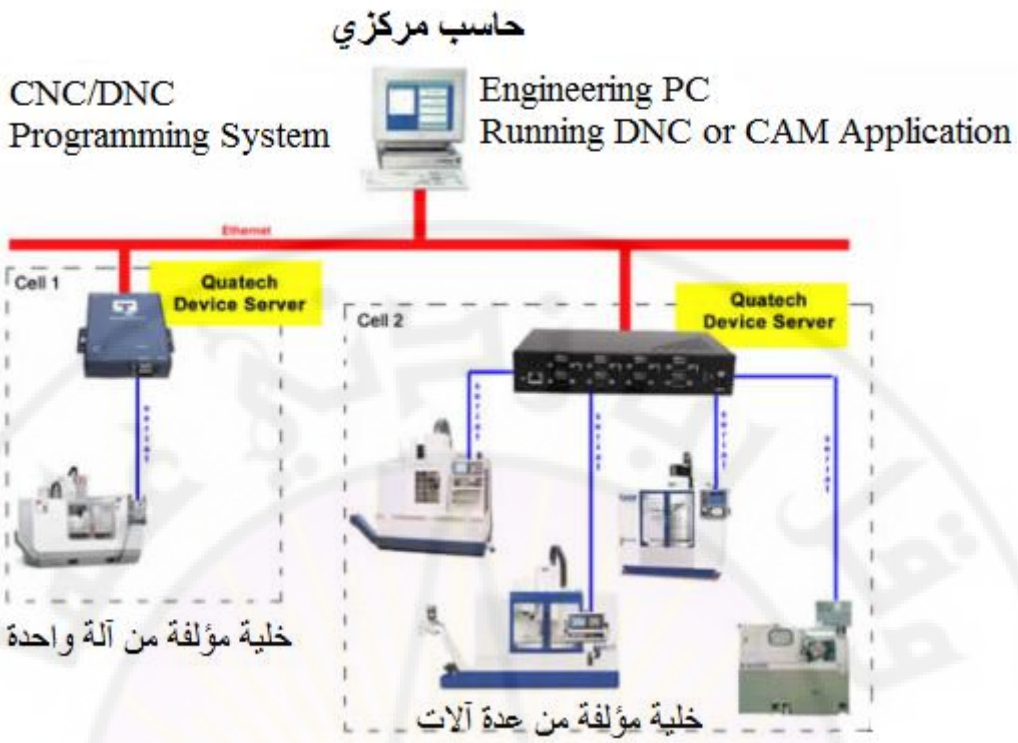
عناصر نظام الـ (CNC):

- جهاز الدخلInput Devices : عبارة عن الحاسب الموجود في الآلة الذي يتم كتابة برنامج تشغيل القطعة المصممة عليه (ابعاد القطعة).
- وحدة التحكم بالآلة Machine Control Unit : تقسم إلى فرعين، الأول معالجة البيانات من خلال تحويل المعطيات الإلكترونية إلى اوامر تشغيل ميكانيكية والثاني وحدة حلقة التحكم.

- العملية المراد التحكم بها.
- نظام القيادة: عادةً يتم استخدام محركات كهربائية في انظمة القيادة وهناك ثلاثة انواع لهذه المحركات:
  - DC Servo Motor .
  - AC Servo Motor .
  - Stepping Motor.
- اجهزة التغذية العكسية Feedback Devices : تستخدم لتحديد سرعة الدوران والموضع وتحديد اتجاه الدوران ومن هذه الأجهزة (المرمز Encoder)، ويتألف المرمز من مرسل ضوئي يرسل الأشعة الضوئية إلى مستقبلين ضوئيين ومن قرص تشفير يوضع بين المرسل والمستقبل مقسم إلى قطاعات شفافة ومظلمة وتتلخص وظيفته في تقطيع الشعاع الضوئي الصادر من المرسل باتجاه المستقبل.
- شاشة الإظهار Display Unit: وهي عبارة عن شاشة تظهر فيها كافة معطيات التشغيل من سرعة دوران اداة القطع ومعدل التغذية وموضع اداة القطع على القطعة المشغلة حيث يظهر الرسم للقطعة المشغلة مع حركة اداة القطع.

٣-٤-١- ب التحكم العددي المباشر(DNC (Direct Numerical Control

عبارة عن تشغيل عدة آلات مبرمجة بحاسب مركزي مما يسمح للمشغل من قيادة عدة آلات في وقت واحد كما هو مبين في (الشكل ٢١).



الشكل ٢١: التحكم العددي المباشر (DNC)

٣-٤-٢ نظام التصنيع المرن FMS (Flexible Manufacturing System)

أنظمة التصنيع المرنة التي يمكن تعريفها على أنها منظومة إنتاج متكاملة تتضمن آلات تصنيع مبرمجة وروبوتات صناعية حيث يقوم الروبوت بتغذية الآلات بمشغولات ويستلم القطع المشغلة أي يكون مسؤولا عن عمليات النقل والتحميل بين الآلات والمستودعات, وتضم هذه الأنظمة آلات قياس مبرمجة للتأكد من جودة التصنيع, وأنظمة معلوماتية موزعة تعمل على التحكم ومراقبة عمل المكونات السابقة عبر شبكة اتصالات تسمح بتكامل المنظومة, ودعيت هذه الأنظمة بالمرنة لأنها قادرة على معالجة أنماط من القطع بشكل متزامن ضمن الورشة الواحدة وبكمية إنتاج قابلة للمعايرة حسب الطلب.

٣-٤-٣ الأنظمة الروبوتية (Robotics)

وتستعمل الروبوتات في مجال الصناعة لأغراض عديدة مثل (لحام المعادن -الأعمال الخطرة -التقاط ونقل الأجسام – مراقبة جودة أو صلاحية المنتج النهائي – أعمال الطلاء .....الخ). إن هذه الروبوتات مبرمجة لتنفيذ مهامها بصورة متكررة ودقيقة، تم لاحقا إضافة الرؤية الصناعية لهذه الروبوتات مما جعلها تتمتع بالاستقلالية في تنفيذ المهام المبرمجة وذلك من خلال قدرتها على فهم وتحليل الصور التي تستقبلها من كاميرا مثبتة على الروبوت.

في المعامل يتم استخدام الروبوتات الصناعية حصراً، وتصنيف هذه الأنظمة يتم بحسب الشكل الهندسي فهناك الروبوت الديكارتي، الروبوت الأسطواني، الروبوت الأسطواني، الروبوت الكروي او المفصلي، إضافة إلى روبوتات اللحام المستخدمة في معامل السيارات وهي (PTP) نظام لحام النقطة نقطة، او (Continuous path) نظام لحام المسار المستمر.

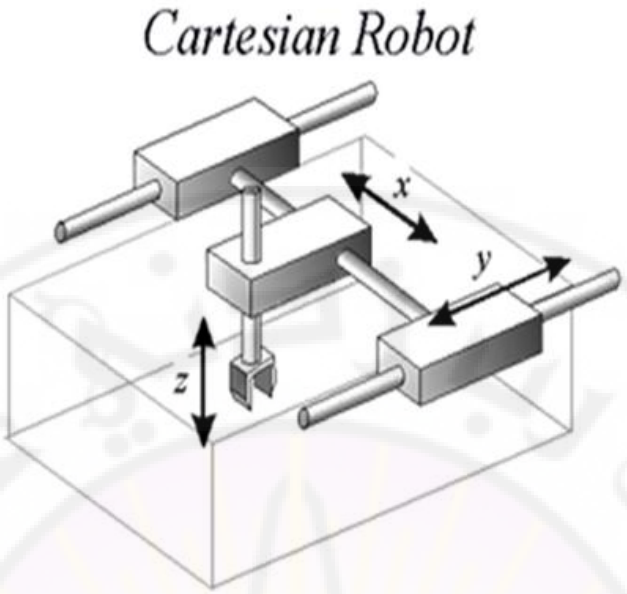
❖ **الروبوتات الديكارتية (ppp):**

تتألف من ثلاث حركات خطية متعامدة على طول محاور كما هو مبين في (الشكل ١).

المزايا: ثبات عالي ودقة كبيرة، وسهولة التحكم بحركة الوصلات.

المساوئ:

- الهيكل التركيبي ضخم.
- انحسار الانسجام مع أنظمة الروبوتات الأخرى في مجال العمل العادي.
- حاجتها إلى مساحة أرضية واسعة.



الشكل ٢٢: الروبوت الديكارتي

❖ **الروبوتات الاسطوانية (PRP):**

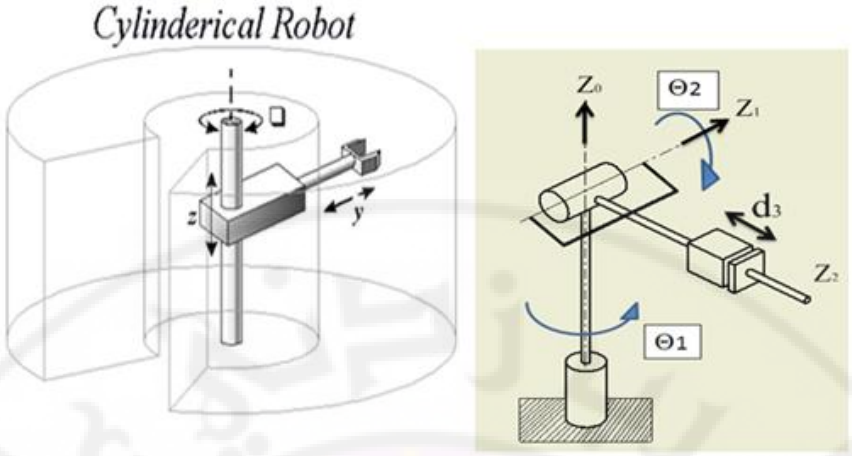
تتألف هذه الروبوتات عادة من حركتين خطيتين متعامدتين وحركة دورانية كما هو مبين في (الشكل ٢٣).

المزايا: إن وجود محورين خطيين يجعل من التصميم الميكانيكي أقل تعقيدا من الروبوتات الديكارتية.

المساوئ:

- الهيكل كبير.
- قلة الانسجام مع مناولات أخرى في مجال العمل العادي.
- دقة وثبات أقل بالمقارنة مع الروبوتات الديكارتية.

Damascus University



الشكل ٢٣: الروبوت الأسطواني

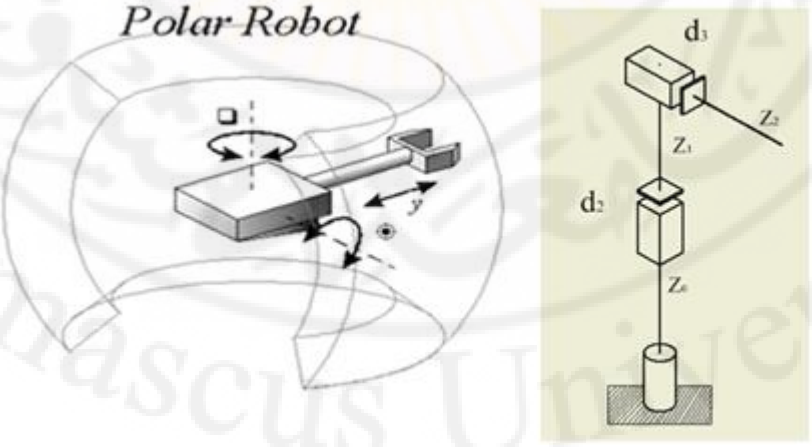
❖ **الروبوتات الكروية أو القطبية (RPR):**

تتألف هذه الروبوتات من حركتين دورانيتين رئيسيتين وحركة انزلاقية واحدة بشكل أساسي.

المزايا: وزن خفيف ودرجة تعقيد قليلة في الهيكل، وثبات جيد، والانسجام مع روبوتات وآلات في مجال العمل العادي.

المساوئ:

- عزوم التدوير المتغيرة الكبيرة تخلق مشكلة توازن .
- خطا التموضع كبيرا بسبب الحركة الدورانية.



الشكل ٢٤: الروبوت الكروي

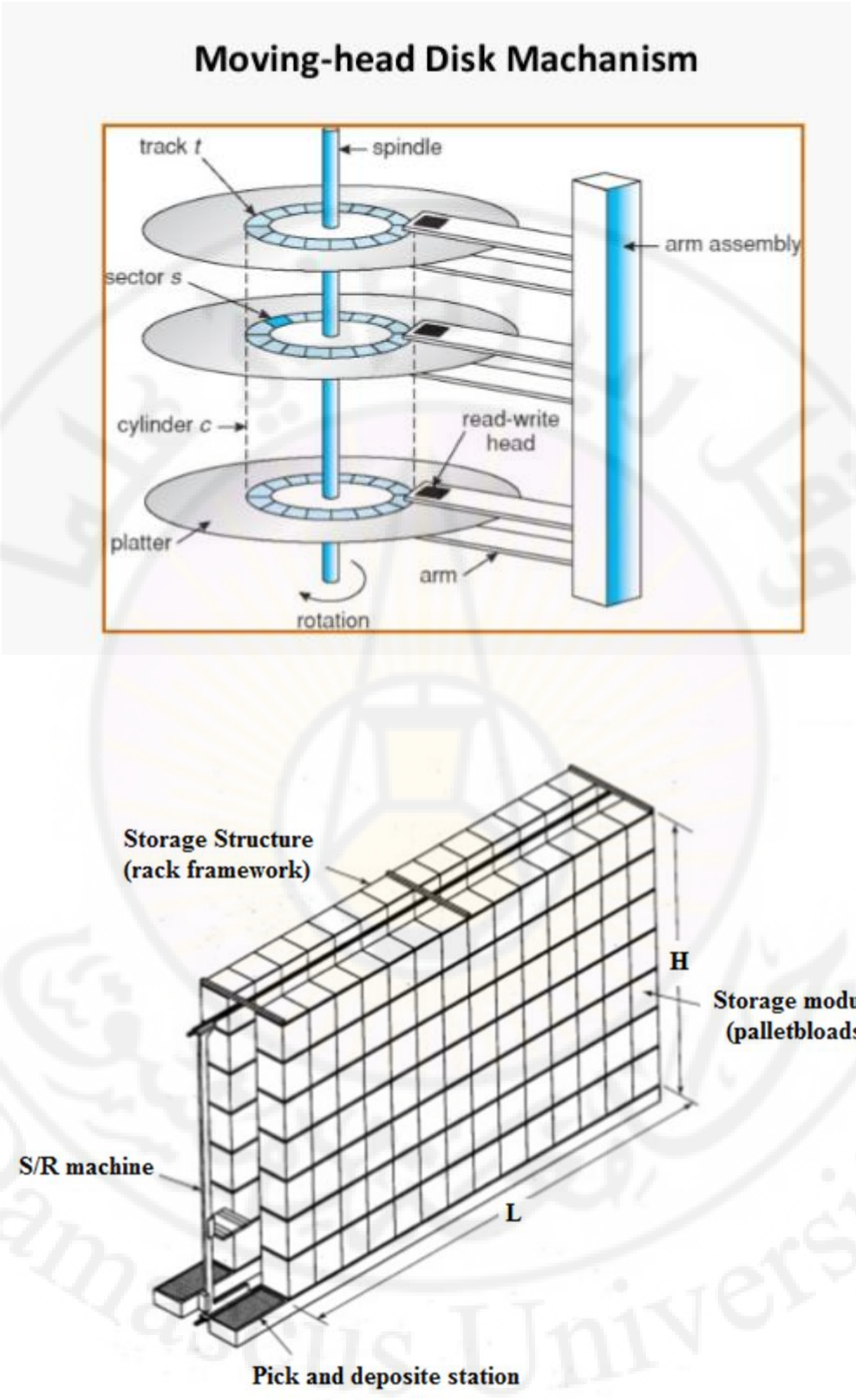
تطبيقات الروبوتات الصناعية:

١) التجميع.
٢) نقل البضائع وإفراغها في العربات المقادة آلياً (AGV Automated Guided Vehicle).
٣) في عمليات التصنيع مثل الطلاء واللحام وتركيب العناصر الإلكترونية في دارات الـ (SMD).
٤) التفتيش بمساعدة حساسات الرؤيا (Vision sensors).

٣-٤-٤ نظام التخزين والاستعادة المؤتمت ASRS automated Storage and Retrieval system)

يجمع هذا النظام بين معدات التخزين والمناولة ومختلف مستويات التحكم الآلي من اجل تحقيق السرعة والدقة في عمليات تخزين وطلب المنتجات والمواد من مخازنها ويتم بناء هذا النظام على مساحة صغيرة ويكون مؤلف من عدة طوابق، ويوضح () نظام تخزين.

طبيعة المواد المطلوب تخزينها لها الدور الأكبر في نظام التخزين والاستعادة، ويتم استخدام الروبوتات لتنفيذ هذه العملية.

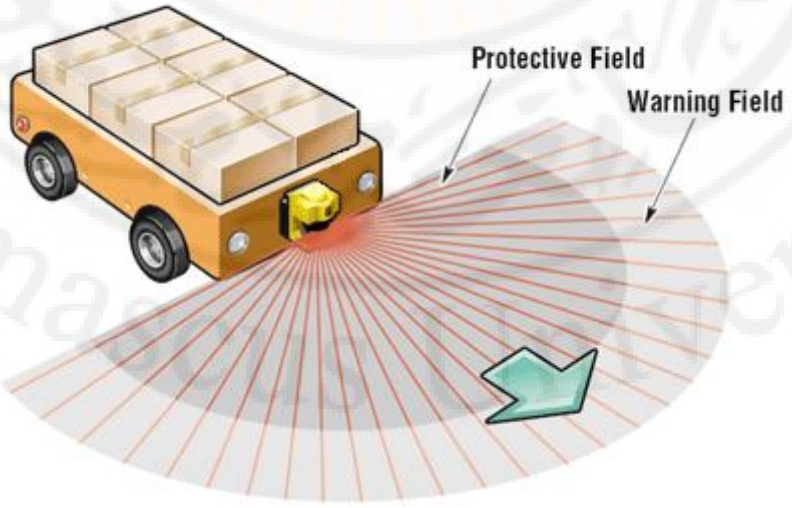


الشكل ٢٥: أحد انواع اشكال التخزين

٣-٤-٥ العربات المقادة آلياً (AGV Automated Guided Vehicle)

وهي مركبات صغيرة الحجم تعمل بالبطاريات وبدون سائق وتنقل المواد خلال عمليات التشغيل في المصنع وتصدر التوجيهات من خلال الحاسوب المحمول عليها او من جهاز مركزي وفي () نبين أحد الأنواع.







Damascus University

Towing type



Photo:
Carry Bee(Programmable)

Transportable weight／
200kg, 400kg, 500kg, 750kg, 1000kg, 1500kg



٣-٤-٥ تخطيط موارد المؤسسات (Enterprise Resource Planning (ERP

٣-٤-٦ ضمان الجودة باستخدام الحاسب (Computer Aided Quality (Assurance CAQ

٣-٤-٧ التخطيط والتحكم بالمنتج (PPC Production Planning and Control)

٤- الأجهزة والمعدات اللازمة:

٤-١ المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة (PLCs -Programming Logical Controller)

الـ PLC عبارة عن جهاز الكتروني رقمي يضمن ذاكرة قابلة للبرمجة تستخدم لحفظ برنامج لتنفيذ وظائف ومهام معينة مثل التتابع والتوقيت والعد والعمليات الحسابية للتحكم بمحركات الآلات والأجهزة الصناعية، ومن اهم تطبيقات هذه الأجهزة استخدامها في انظمة المصاعد والتحكم بالمحركات الكهربائية والتحكم بإشارات المرور والروبوتات الصناعية وفي التجهيزات الطبية والمنزلية.



مكونات المتحكم المنطقي القابل للبرمجة مبينة في (الشكل ٢٦):

١) وحدة المعالجة المركزية (CPU The central processing unit):

تعتبر عقل المتحكم المنطقي القابل للبرمجة وتتكون من المعالج الذي يقوم بعمليات الحساب، والذاكرة لتخزين المعلومات والبرامج والأزمنة.

٢) وحدة الدخل (Input module):

تستقبل إشارات الجهد من مفاتيح نهاية الشوط والحساسات والمحركات ...الخ، وهذه الإشارات تعطي المعلومات عن وضع الآلة ويمكن ان تكون رقمية او تماثلية حيث تقوم وحدات الإدخال بتحويل الإشارة التي تستقبلها إلى جهد مستمر يمكن التعامل معه من قبل الدارات الإلكترونية في الـ (PLC)، وبناءً على الإشارات يقوم المعالج بإعطاء إشارات الخرج المطلوبة بعد الرجوع إلى البرنامج المخزن داخله للتحكم بالعملية المطلوبة.

٣) وحدة الخرج (output module):

بعد معالجة الإشارات الداخلة يتم إخراج الإشارات الكهربائية المناسبة من وحدة المعالجة المركزية للتحكم بالعملية المطلوبة على الملفات او القواطع او الصمامات او المحركات.

٤) وحدة مصدر التغذية (Power Supply):

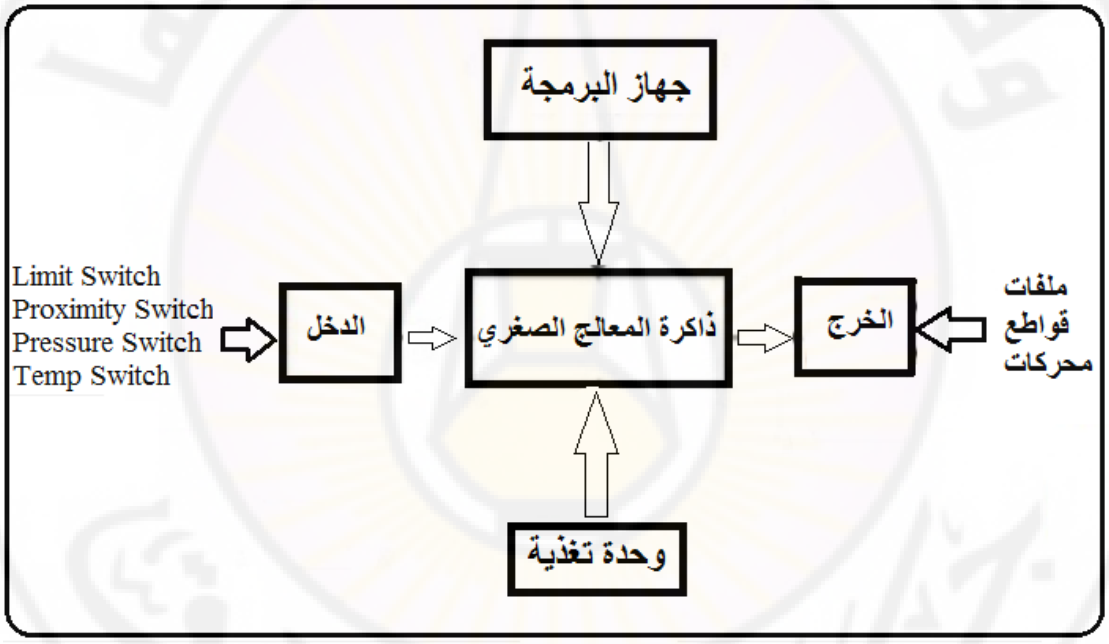
تعمل على تأمين الطاقة اللازمة لعمل المتحكم المنطقي القابل للبرمجة.

تستخدم هذه الأجهزة بشكل واسع في الصناعة وذلك لوجود العديد من الميزات نذكر منها:

- المرونة: حيث يمكن التحكم بآلة واحدة او بعدة آلات.
- التكلفة المنخفضة: إن التطورات في تكنولوجيا الإلكترونيات ادت إلى خفض الكلفة.
- السرعة: اي قدرتها على تنفيذ العمليات بشكل اسرع من الريليهات.
- سهولة اجراء التعديلات وإصلاح الأخطاء عن طريق تعديل البرنامج.
- الامان: حيث يمكن استخدام كلمة عبور للدخول الى البرنامج.

اللغات التي تعمل عليها المتحكمات متعددة منها:

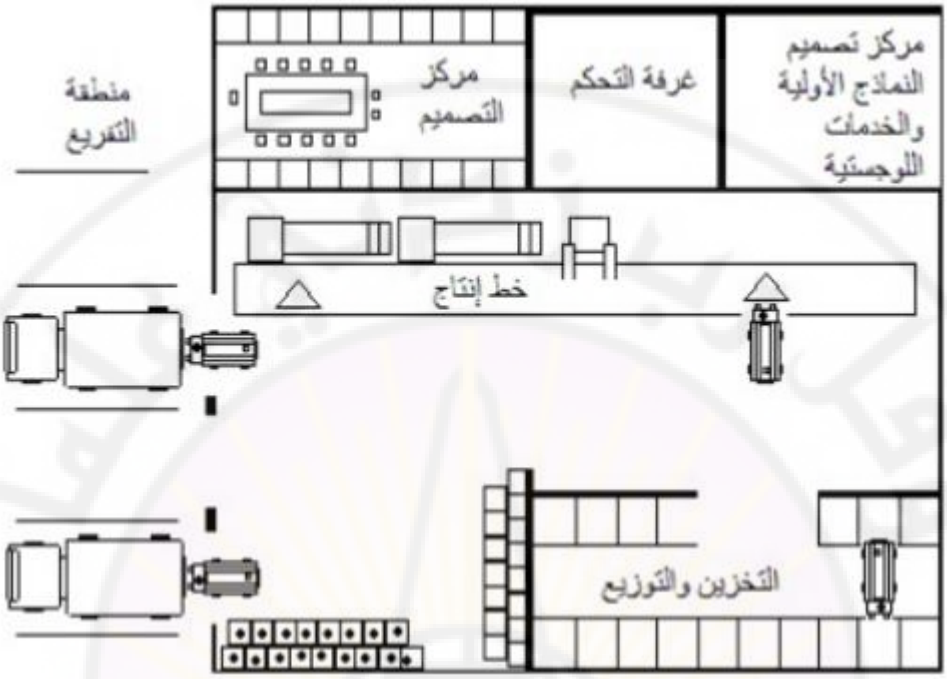
- البرمجة السُلَّمية (بالإنجليزية: Ladder programming) أو التدرج المنطقي (بالإنجليزية: Ladder logic) هي لغة برمجة يمكن بواسطتها عمل برنامج يقوم بعمل رسم بياني يحتوي عدد من دوائر الترحيل المنطقي [بالإنجليزية]. استخدمت في البداية لعمل برنامج لتشغيل أجهزة التحكم المنطقي القابلة للبرمجة (PLCs) لاستخدامها في الصناعة.
- لغة المخططات الصندوقية الوظيفية Function block diagram.
- البرمجة بواسطة Sequential function Charts (SFC).
- البرمجة باللغات عالية المستوى مثل Pascal، Basic، C وغيرها.



الشكل ٢٦: مكونات المتحكم المنطقي القابل للبرمجة

٢-٤ نظام النقل المؤتمت (ACS Automated Conveyance System)

٥ – مثال لمصنع يعمل بتقنية التصنيع المتكامل بواسطة الحاسوب CIM



الشكل ٢٧: مصنع يعمل بنظام CIM

معوقات التكامل الصناعي:

- صعوبة طبيعة منظومات التكامل ومكوناتها.
- مشكلة "التكامل" .
- فقدان المفهوم الصحيح للتكامل الصناعي.
- عدم استعمال الطرق المناسبة في تقييم تكاليف نظم التكامل الصناعي.
- فقدان الدعم الإداري.
- ضعف التخطيط والتصميم.
- التحليل غير الوافي لمتطلبات المؤسسة الصناعية.
- مقاومة التغيير.
- عدم استعمال طرق نمذجة فعالة.

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University