كيف تبنى "روبوت" حقيقى؟

٢٠- الأمـــن الصنـــاعى

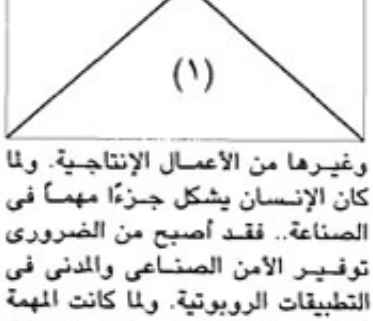
د. عـــلاء خميـــس
الجامعة الألمانيـة بالقاهرة

لا شك.. أن تصنيع آلة تشبه الإنسان - بقدر الإمكان - وتحقق التوافق بين معنى العبودية أو الطاعة العمياء لأوامر المشغل البشرى وبين الذكاء الذى يؤهل هذه الآلة لاتخاذ القرار المناسب فى الوقت المناسب دون تدخل بشرى.. هو الحلم الذى يحاول المتخصصون فى مجال الروبوتية تحقيقه. ويرى البعض.. أن تحقيق هذا الحلم ما هو إلا مسألة وقت. ولكن.. عند حل المشاكل الفنية المتعلقة بإمكانية الحصول على هذا العبد الذكى أو هذه الآلة سوف تظهر مشاكل أخرى سيكولوجية تتعلق باحتمال أن يكون لهذه الآلة القدرة على الضرر بالإنسان. لذا.. قام الكاتب الامريكى الروسى الأصل "اسحاق أسيموف" فى روايات الخيال العلمى التى قام بتأليفها بوضع ما أطلق عليه قوانين الروبوتية.. والتى تقضى بالآتى:

- يجب ألا يؤذى الروبوت أو يضر الإنسان فى حالة استخدامه أو عدم استخدامه.. وألا يؤدى ذلك بطريقة غير مباشرة.
- يجب أن يخضع الروبوت ويطيع الإنسان دائماً.. على ألا يتعارض هذا مع القانون الأول.
- يجب أن يحمى الروبوت نفسه من الأذى.. على الا يتعارض هذا مع القانونين الأول والثانى.

إذا امعنا النظر فى الروبوتات المعاصرة.. نجدها تحقق بشكل أو بآخر قوانين الروبوتية. فعلى سبيل المثال.. تعمل مستشعرات الاقتراب Proximity والتصادم فى الروبوتات على تحقيق القانون الأول.. حيث يستطيع الروبوت بها تجنب تعريض الانسان للخطر. نجد أيضاً.. أن القانونين الثانى والثالث يتحققان فى روبوتات وكالة الفضاء الامريكية NASA مثل التوأم Spirit و Opportunity - شكل رقم (١) - المتواجدان منذ يناير ٢٠٠٤ حتى الآن على سطح كوكب المريخ فى مهمة تقدر تكلفتها بـ ٨٢٠ مليون دولار وتهدف إلى كشف ما إذا كان كوكب المريخ قد عرف بيئة رطبة لفترة طويلة تسمح بالحياة على سطحه أم لا. يقوم الروبوت بإطاعة وتنفيذ الأوامر (القانون الثانى) المرسلة إليه من معهد JPL (Jet Propulsion Laboratory) التابع لناسا بولاية كاليفورنيا على بعد ٢٠٠ مليون كم والتى ترسل بسرعة الضوء وتستغرق ١١ دقيقة للوصول إلى الروبوت. وحتى الآن.. قطع Spirit و Opportunity مسافة إجمالية تقدر بحوالى ١١ ميلاً وقاما بإرسال أكثر من ١٦٠ ألف صورة إلى المحطة الأرضية. وفى المساء.. يدخل الروبوت حالة السكون Sleep Mode لتوفير الطاقة الكهربية المستمدة من الشمس. ويحتوى الروبوت أيضاً على منظومة رؤية روبوتية تساعده على تجنب الاصطدام حتى يحمى الروبوت نفسه من الأذى محققاً بذلك القانون الثالث من قوانين الروبوتية.

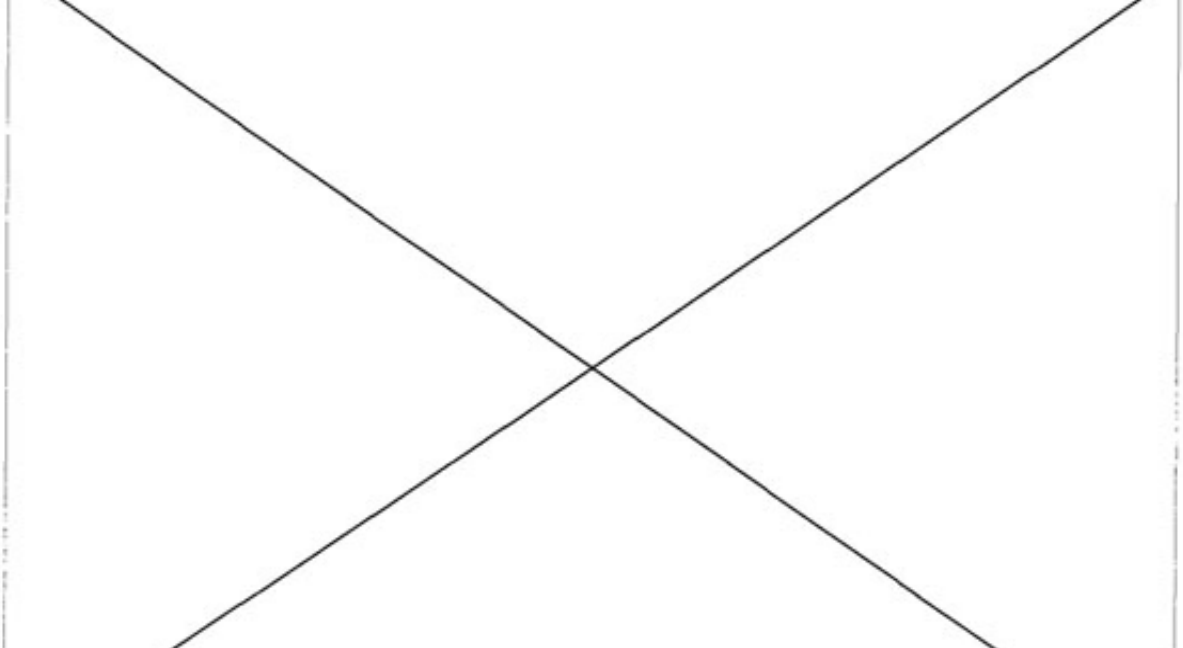
وفى التطبيقات الصناعية أيضاً.. تعتبر قوانين الروبوتية الأساس القوى لمفهوم الأمن الصناعى للبشر المتعاملين مع الروبوت وللروبوت نفسه. لقد أحدث دخول الروبوت بشكل فعال فى مجال العمل والإنتاج ثورة هائلة فى الوسائل والأساليب الصناعية وبشكل خاص فى بعض الاستخدامات.. كالنقل ومناولة المواد والتجميع واللحام والطلاء والفحص


(١)

وغيرها من الأعمال الإنتاجية. ولما كان الإنسان يشكل جزءًا مهماً فى الصناعة.. فقد أصبح من الضرورى توفير الأمن الصناعى والمدنى فى التطبيقات الروبوتية. ولما كانت المهمة الأساسية للأمن الصناعى مهمة وقائية.. فإن نجاحها يتوقف على مالم يحدث بالدرجة الأولى وليس على ما حدث. تتضمن إجراءات الأمن الصناعى مجموعة الأساليب والجهود الهندسية والتنظيمية التى يجب أن تتخذ لمنع أى عمل مقصود أو غير مقصود قد يؤدى إلى عرقلة استمرارية الانتاج فى المنشأة تحت كافة الظروف.. وكذا التقليل وحصر آثار أى إصابة قد تحدث. لذلك.. نجد أن من مهام الأمن الصناعى.. تحديد وتحليل المخاطر الأمنية ومخاطر السلامة ومخاطر الحرائق بالإضافة لوضع كافة الترتيبات والإجراءات والاستعدادات والحلول المناسبة والضرورية ومراعاة تكامل هذه الإجراءات مع بعضها البعض.

يمكن النظر للأمن الصناعى والمدنى فى التطبيقات الروبوتية من منظورين مختلفين.. الأول يتعلق بما يحققه الروبوت من أمان للعنصر البشرى بإبعاد العاملين عن أماكن العمل غير الصحية أو الخطرة.. والثانى خاص بحماية العامل البشرى مما قد ينتج عن استخدام الروبوت من أخطار.

يقدم المنظور الأول.. المبرر القوى الذى يرجح استخدام الروبوت فى المجال الصناعى والخدمى حتى بصرف النظر عن الاعتبارات الاقتصادية.. وبصفة خاصة فى الدول التى تتمتع بتشريعات جدية منظمة لحقوق العمال. وقد ساهم استخدام الروبوتات فى المصانع والمعامل بشكل كبير فى الحد من الحوادث والإصابات التى تحدث للعمال نتيجة تعرضهم لمخاطر العمل


(٢)

وخاصة فى المعامل والمصانع التى تمتاز ببيئة خطرة على الإنسان - كمحطات توليد الطاقة النووية - مما ساعد على تحسين ظروف العمل.

يتعلق المنظور الثانى للأمن الصناعى.. بحماية العامل البشرى مما قد ينتج من استخدام الروبوت من أخطار وإصابات عمل. وفى الموسوعة الحديثة فى الأمن الصناعى.. تم تعريف إصابة العمل على أنها كل ضرر جسدى يلحق بالشخص نتيجة حادث وقع أثناء تادية العمل أو بسببه. وقد يعتقد البعض إذا ما نظر إلى إصابات العمل نظرة سطحية.. أنها بسيطة لاتستدعى الاهتمام الذى يبذل نحوها.. ولكن الواقع يؤكد أنها نسبة ضخمة تتعدى ما تفقده الدول فى بعض الحروب. على سبيل المثال.. يقدر عدد إصابات العمل فى الولايات المتحدة الأمريكية بحوالى ٥٥٢٤ إصابة العام الماضى ٢٠٠٦ بنسبة انخفاض نحو ٦,٦٪ عن عام ٢٠٠١.. بينما لاتتعدى الإصابات فى صفوف القوات المسلحة الأمريكية ٣٥٢٨ إصابة منذ بداية غزوها للعراق حتى يناير ٢٠٠٦.. طبقاً للإحصائيات التى تنشرها وزارة الدفاع الامريكية.

تشير هذه الاحصائيات.. إلى الواقع المخيف الذى تشكله إصابات العمل.. مما دفع الكثير من اتحادات العمال والنقابات المهنية إلى وضع قوانين وتشريعات الأمن الصناعى الكفيلة بوقاية العمال والمحافظة على صحتهم وتحسين ظروف العمل.

إن الحوادث لاتقع جزافًا.. بل لابد لكل حادث من سبب أو أسباب. ويمكن تقسيم هذه الاسباب إلى إنسانية وفنية. تتعلق الأسباب الانسانية.. بالتصرفات والأعمال غير المأمونة التى يقوم بها بعض العمال أثناء العمل.. مثل عدم الانتباه أو مخالفة التعليمات المكتوبة أو عدم استعمال أو تعطيل أجهزة الوقاية أو استعمال أدوات أو معدات غير صالحة أو نقص فى التدريب أو المعلومات أو العمل فى غير الاختصاص أو العمل بدون تنبيه الآخرين أو العمل بطريقة غير سليمة. أما الأسباب الفنية.. فتتعلق بظروف وترتيب مكان العمل أو عدم ملاءمة تخطيط أداء العمل أو وجود آلات وأدوات ومواد غير مأمونة أو عدم ملاءمة أو نقص أجهزة ووسائل الوقاية أو حدوث بعض المشاكل فى منظومة التحكم أو مشاكل ميكانيكية. تنتج المشاكل فى منظومة التحكم نتيجة خطأ فى برمجة الروبوت أو حدوث تداخل بسبب الضوضاء الالكترونية أو نتيجة أعطال أو تسرب فى منظومة التغذية الهيدروليكية أو النيوماتيكية. وعادة.. ما تنتج المشاكل الميكانيكية عن التحميل الزائد للروبوت مما يؤدى إلى سقوط الغرض المكلف بنقله أو بسبب التآكل أو الانصياع الميكانيكى لوصلات الذراع الروبوتى أو بسبب عدم توفير صيانة دورية. وعادة.. ما يتم الاعتماد على تحليل شجرة الأخطاء Fault Tree الموضحة بالشكل رقم (٢) لمتابعة التدرج الزمنى وحصر الاسباب التى أدت إلى وقوع خطأ فى المنظومة.

وفى دراسة اجريت فى اليابان عن أسباب إصابات العمل فى التطبيقات الروبوتية.. تم تحديد ثمانية أسباب رئيسية كما هو مبين بالجدول رقم (١). وبتحليل هذه الدراسة.. اتضح أنه يجب التركيز على ثلاث نقاط لتقليل الحوادث فى التطبيقات الصناعية وهي:

- مراعاة التصميم الأمثل للموقع الخاص بالوحدات الروبوتية.. ويشمل ذلك تجهيز القواعد الخاصة بأدوات التشغيل الثقيلة فى الخلية والقواعد الخاصة بتثبيت وضع الروبوت بالنسبة للمعدات والماكينات المعاونة وكذلك تجهيز أى ملحقات خاصة بحماية الروبوت ومستلزماته من الظروف المحيطة مثل درجات الحرارة العالية والأدخنة والمواد القابلة للاشتعال والضوضاء الالكترونية بالإضافة إلى تأمين خلية عمل الروبوت بوضع حرم آمن حولها بمقلاد تواشجى Interlock يقوم بتفعيل دائرة الإنذار عند فتح باب الحاجز كما هو موضح بالشكل رقم (٥). وتقع على عاتق مصمم خلية العمل.. ضرورة توفير عناصر الأمان للعامل البشرى فى المقام الأول.. مع مراعاة أمان الروبوت نفسه فى المقام الثانى لأن أى عطل يمكن أن يؤدي إلى توقف الإنتاج.

- توفير التدريب لكل المتعاملين مع الخلية الروبوتية.. بالإضافة إلى تدريب شامل لجميع مستويات العمالة بدءًا من الإدارة العليا فالطاقم الهندسى فمجموعات العمالة وانتهاءً بمجموعة الصيانة والأمن الصناعى.

- توفير الصيانة بشكل مستمر.. من خلال توفير طاقم صيانة مدرب ذى مهارة عالية.. وبرامج للصيانة الوقائية.. بالإضافة إلى إنشاء نظام مستقر لتوفير قطع الغيار وترشيد استخدامها.

وقد تم وضع كثير من المواصفات القياسية للأمن الصناعى مثل Occupational Safety and Health Administration (OSHA) والتى وضعت عام ١٩٧٠ وتعتبر أساس قواعد الأمن الصناعى بصفة عامة.. ولكنها لاتتضمن اى قواعد تتعلق بالامن الصناعى فى التطبيقات الروبوتية.. وتكتفى بالاشارة إلى المواصفة القياسية American National Standards Institute/Robotic Industries Association ANSI/RIA R15.06 التى قام بوضعها المعهد القومى الأمريكى للتوحيد القياسي بالتعاون مع اتحاد الصناعات الروبوتية.. وتشتمل على كل مايتعلق بتوفير احتياطات الأمن الصناعى من تشغيل وبرمجة واختبار وصيانة للروبوت. تشرح هذه المواصفة أيضاً.. قواعد حماية خلية العمل الروبوتية. تحدد المواصفة ANSI/ RIA R15.06 أربع نقاط للحفاظ على سلامة الروبوت وحماية الأجهزة الملحقة والمشغل البشرى و الملقن أو المبرمج بالإضافة إلى أفراد الصيانة.

حماية الروبوت

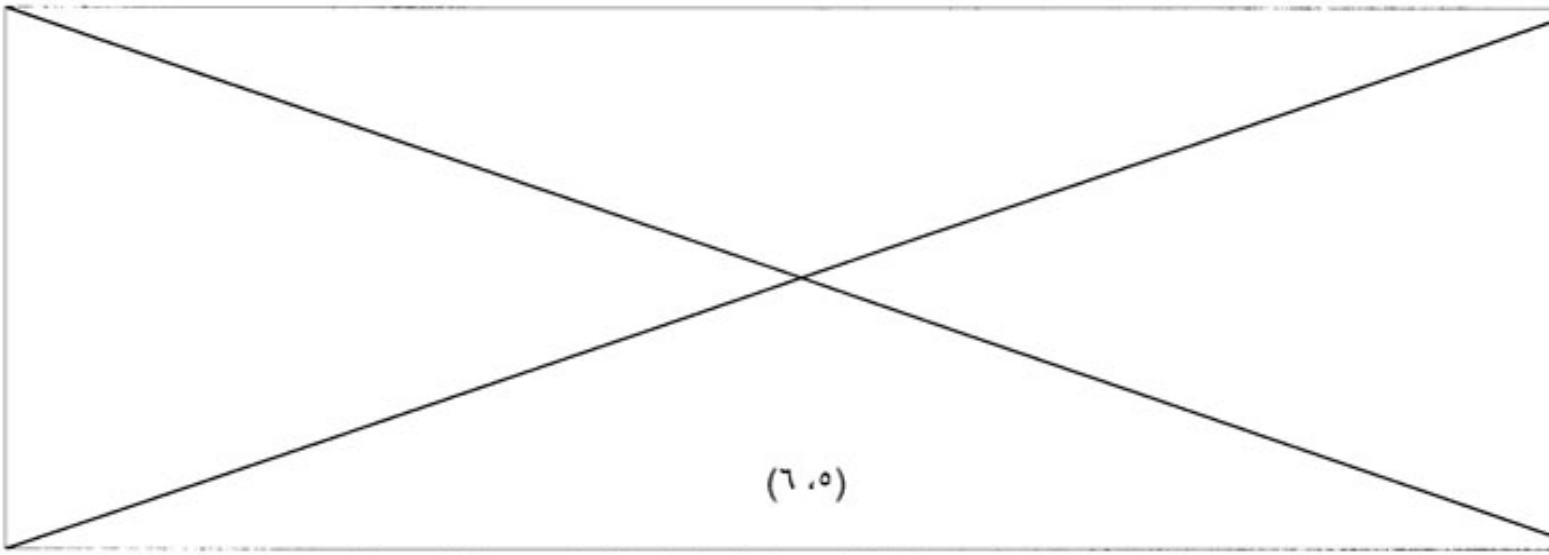
تعتمد درجة ونوع منظومة الحماية على درجة الخطورة التى تمثلها خلية العمل الروبوتية. ويجب أن تتضمن خطة الأمن الصناعى حماية الأجهزة وإقامة حواجز حول الخلية كما هو مبين بالشكل رقم (٦). وعادة.. ما يتم تقسيم خلية العمل إلى ثلاث مناطق كما هو مبين بالشكل رقم (٧). المنطقة الأولى.. هى المنطقة الواقعة خارج خلية العمل والتى لايوجد بها أى قيود على مرور العمال. أما المنطقة الثانية.. فهى المنطقة الواقعة داخل خلية العمل

(٣)

(٤)

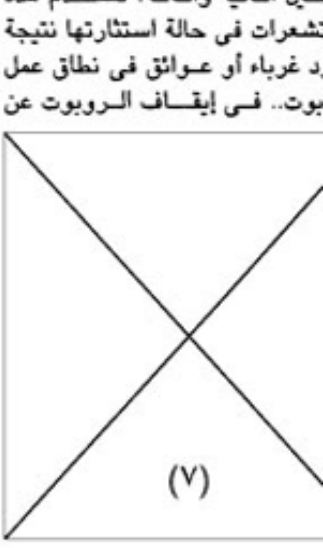
جدول رقم (١): أسباب الإصابات في التطبيقات الروبوتية

السبب	النسبة ٪
- اداء غير سليم للروبوت في حالة تشغيل آلي نتيجة خطأ في المنظومة.	٥,٦
- اداء غير سليم للأجهزة الملحقة في خلية العمل خلال التشغيل.	٥,٦
- دخول المشغل البشري في نطاق عمل الروبوت شكل رقم (٣).	١١,٢
- خطأ بشري في تلقين او برمجة الروبوت يؤدي إلى حدوث تصادم كما هو مبين بالشكل رقم (٤) عند الانتقال من النقطة A إلى النقطة B على سبيل المثال.	١٦,٦
- اداء غير سليم للروبوت في حالة التشغيل اليدوي نتيجة خطأ في المنظومة.	١٦,٦
- اداء غير سليم للروبوت خلال الصيانة والاختبار.	١٦,٦
- اداء غير سليم للأجهزة الملحقة في خلية العمل خلال الصيانة والاختبار.	١٦,٦
- أسباب أخرى...	١١,٢



(٦،٥)

ي ليست في نطاق عمل الروبوت..
ن الذراع الروبوتى لايصل إليها
ها تحتوى على الأجهزة الملحقة
وبوت مثل وحدة التحكم والبرمجة
غذية. ويسمح بدخول هذه المنطقة
اد الصيانة والمبرمجين ومشغلى
بوت الذين يتمتعون بدرجة عالية
التدريب والمهارة. وتمثل المنطقة
لثة.. المنطقة الواقعة داخل نطاق
ل الروبوت والذى يحذر الدخول
ا والروبوت فى حالة تشغيل آلى
دى خلال مرحلة التلقين. ويسمح
ط لأفراد الصيانة والبرمجة
خول إلى هذه المنطقة فى حالة
ف الروبوت عن الحركة بشرط
زام التام بقواعد الأمن الصناعى.
تمييز المنطقة الأولى بإشارات
ة وأضواء صفراء.. ويتم وضع
ز متصل لفصل المنطقتين الأولى
انية.. ويتم أيضاً تحديد المنطقة
لثة بوضع خطوط على أرضية
ة العمل تشير إلى حدود نطاق
ل الروبوت.. أى أقصى بعد يمكن
صل اليه الذراع الروبوتى فى
باهات المختلفة حول قاعدة
بوت. ويجب أيضاً تثبيت
شعرات أمان وأجهزة إنذار فى
قتين الثانية والثالثة. تستخدم هذه
شعرات فى حالة استثارتها نتيجة
د غرباء أو عوائق فى نطاق عمل
بوت.. فى إيقاف الروبوت عن



(٧)

الحركة أو إطلاق أجهزة الإنذار أو تخفيض سرعة الروبوت إلى الحد الآمن أو توجيه الروبوت للعمل فى نطاق مغاير لنطاق وجود العائق.

حماية المشغل

تحدد المواصفة RIA/ANSI R15.06 وسائل حماية المشغل وتتلخص فى.. منع المشغل من دخول نطاق عمل الروبوت خلال حركة الروبوت.. بالإضافة إلى إيقاف الروبوت عن الحركة فى حالة وجود المشغل فى نطاق العمل. ويجب على المشغل اتباع العلامات الإرشادية وتعليمات الأمن الصناعى لمنع أى عمل قد يؤدى إلى عرقلة استمرارية الإنتاج فى المنشأة تحت كافة الظروف.

وفى دراسة للأمن الصناعى نشرتها أكاديمية «نايف» للعلوم الأمنية.. تم تقسيم التعليمات إلى ثلاثة أنواع: العامة والخاصة والاستثنائية. تتضمن التعليمات العامة القواعد العامة لكل المؤسسات الصناعية التى تحدد الاحتياطات الواجب الالتزام بها عند الطوارىء أو قبلها.. وما يجب القيام به فى حالة الطوارىء.

وتهتم التعليمات الخاصة.. بالتدابير الوقائية الضرورية التى تناسب المؤسسة أو المنشأة الصناعية.. وأيضًا نوع النشاط الذى تمارسه المؤسسة. تحدد هذه التعليمات بالتفصيل.. الطرق الواجب اتباعها فى حالة حدوث طارىء وما يجب اتباعه وما يتطلب تركه.. كمنع التدخين مثلاً فى مناطق معينة.

وترتبط التعليمات الاستثنائية.. بخدمات أو نشاطات معينة غير تقليدية.. مثل التعامل مع المنظومات الروبوتية خلال التشغيل أو التدريب والبرمجة أو الصيانة. وتتعلق هذه التعليمات بأشخاص بعينهم تحددهم التعليمات.. كما أنها تحدد بدقة طرق تنفيذ المهام الواجب قيامهم بها.

حماية المبرمج

تتطلب المواصفة RIA/ANSI R15.06 .. تمتع المبرمج بدرجة عالية من المهارة وحصوله على تدريب متخصص فى هذا المجال.. وأن يكون على دراية كاملة بالمخاطر التى يمكن أن يسببها التعامل مع الروبوت خلال مرحلة التلقين أو البرمجة وبعدها. ويجب على المبرمج التأكد من عدم وجود أى مخاطر قبل البدء فى عمله والتأكد من وجود حواجز ومهمات الأمن فى أماكنها وكذلك تفعيل عمل مستشعرات الأمن وأجهزة الإنذار. وعند اكتمال عملية البرمجة – قبل الشروع فى تشغيل الروبوت لاختبار البرنامج – يجب مغادرة منطقة عمل الروبوت. وفى حالة استخدام طريقة البرمجة بالتلقين – أنظر العدد رقم (٨٧) – يجب أن تكون المنظومة الروبوتية والأجهزة الملحقة تحت سيطرة المبرمج.. مع الالتزام بالتعليمات التالية:

– عدم تحريك الروبوت بسرعات عالية خلال عملية البرمجة إلا فى حالات التشغيل الاستثنائية فقط.

– معرفة أقرب زر طوارىء لوقف الروبوت عن الحركة فى حالة حدوث أى خطأ.

– تواجد المبرمج خارج المنطقة الثالثة.. أى خارج نطاق عمل الروبوت.

– ينصح بوجود ملاحظ فى المنطقة الأولى يمكنه وقف الروبوت عن الحركة فى حالة الطوارىء.

– فى حالة الضرورة.. يجب ارتداء الملابس ومهمات الوقاية مثل القبعات لتجنب حدوث أى إصابات.

– يجب أن تكون لوحة التلقين Teach pendent مصممة بحيث يمكن تحريك الروبوت بالضغط بالاصبع على زر واحد.. وبرفع الاصبع يتوقف الروبوت عن الحركة.

– عدم السماح بدخول أى شخص غير مدرب إلى منطقة عمل الروبوت.

حماية أفراد الصيانة

تحدد المواصفة RIA/ANSI R15.06 القواعد اللازم اتباعها لعمل الصيانة والروبوت فى حالة تشغيل أو فى حالة إيقاف. وتتلخص هذه القواعد فى التالى:

– عدم وضع أى افتراضات بشأن حركة الروبوت وتوقع حدوث أى أخطاء يمكن أن تؤدى إلى حركة الروبوت فى اتجاه غير متوقع.

– التأكد من معرفة مكان أقرب زر طوارىء لإيقاف الروبوت عن الحركة فى حالة حدوث أى مشكلة.

– الأخذ فى الاعتبار إمكانية حدوث ضوضاء واهتزازات نتيجة حركة الروبوت.

مراكز توزيع «الكهرباء العربية»

القاهرة

• شركة النظم التكنولوجية:
٩٩ ش رمسيس ـ أمام نقابة المهندسين
ت : ٥٧٨٥٠٠٨ ـ ٥٧٨٥٠٠٩

• النخيلى إخوان:
١٦٧ ش التحرير– باب اللوق
ت: ٣٩٢٧٥٩٢

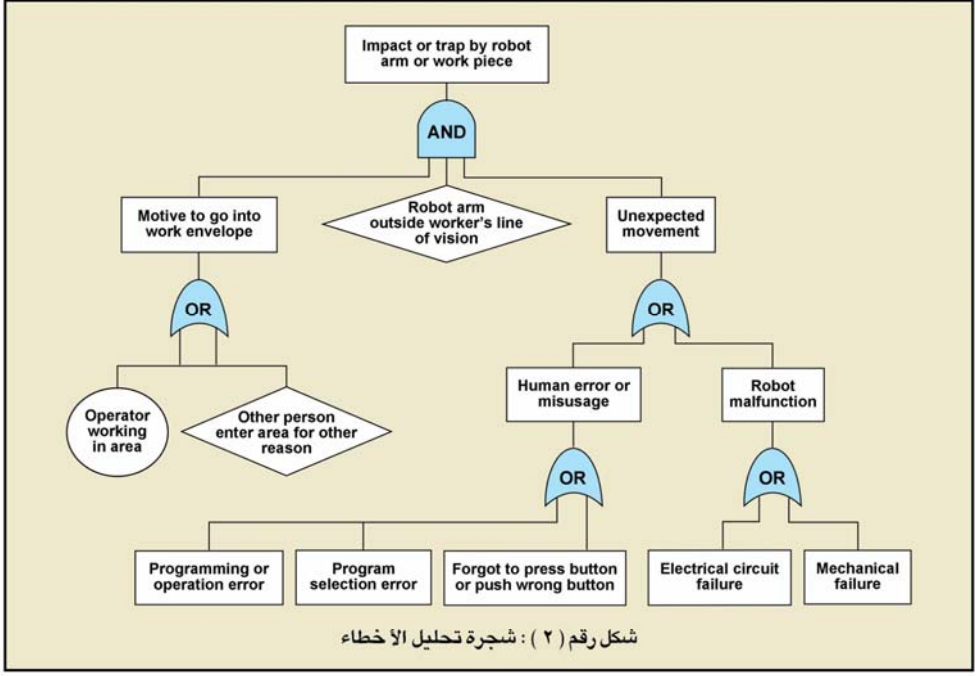
• مامون للهندسة الكهربائية
١٣ ش بستان الدكة ـ برج الفاروق
ت : ٥٨٨٨٣٠٥

الاسكندرية

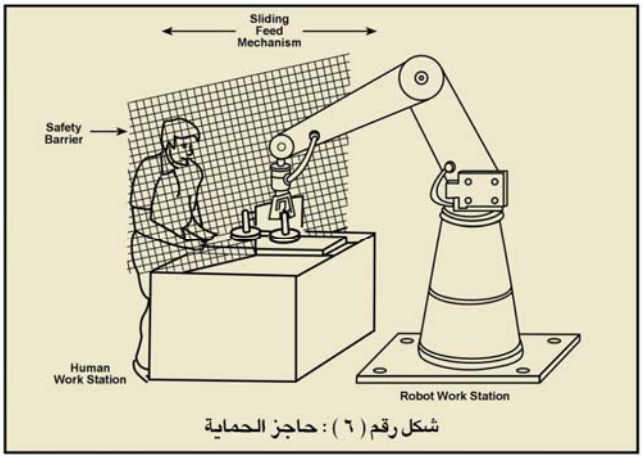
• مكتبة علاء الدين:
٦٣ ش صفية زغلول – ت: ٤٨٧٦١٨٦

العاشر من رمضان

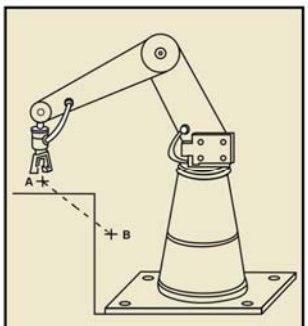
• الحرمين للتوريدات :
١٠ رمضان ـ الأردنية – أمام دار المناسبات
ت : ٠١٥/٣٨٥٩٢٢ ـ ٠١٠/١٢٧٨١٠٢



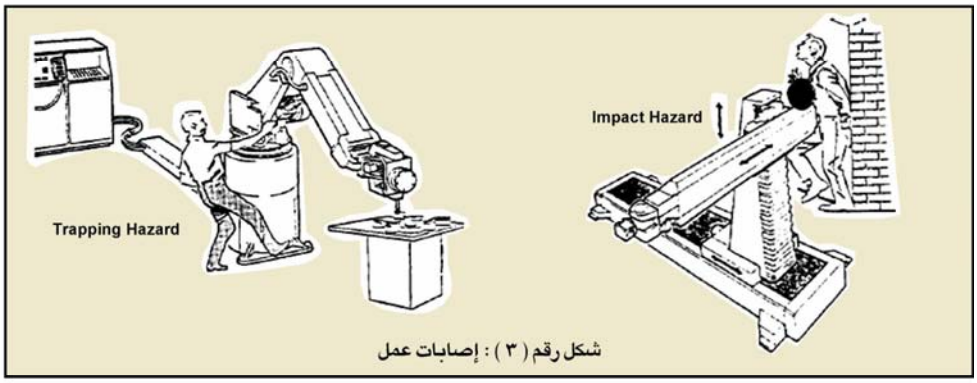
شكل رقم (٢) : شجرة تحليل الأ خطاء



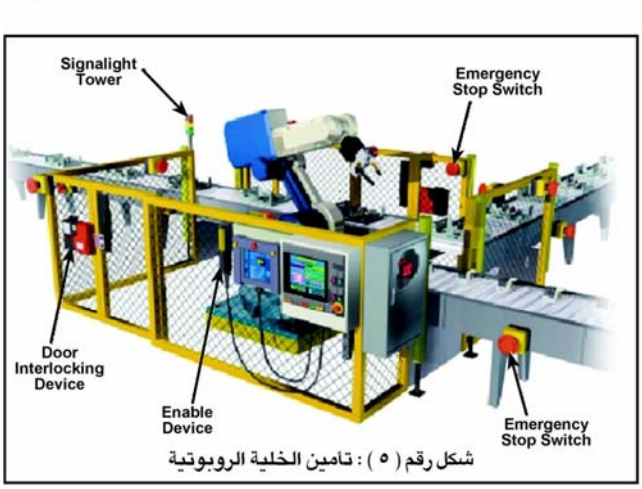
شكل رقم (٦) : حاجز الحماية



شكل رقم (٤) : تصادم مع عائق

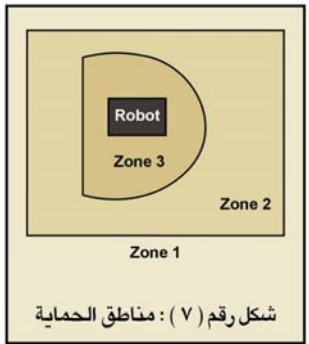


شكل رقم (٣) : إصابات عمل



شكل رقم (٥) : تامين الخلية الروبوتية

شكل رقم (١) : الروبوت "Spirit"



شكل رقم (٧) : مناطق الحماية