

## منهجية جديدة لتصميم وتقويم نظم الحماية المادية الخاصة بأمن المواد والمنشآت النووية وأمانها

الدكتور كمال سكيكر\*

(تاريخ الإيداع 27 / 4 / 2009. قُبِلَ للنشر في 6/9/2009)

### □ ملخّص □

يمثل هذا العمل اقتراحاً لمنهجية جديدة لتصميم نظام حماية مادية ناجع لمنشأة تتصف بالطابع الاستراتيجي الهام، حيث تتضمن هذه المنهجية تعيين أهداف نظام الحماية، والتصميم الأولي لهذا النظام، وتطويره إذا اقتضت الحاجة. فيتم تعيين أهداف نظام الحماية المادية بجمع المعلومات الخاصة بالمنشأة المراد حمايتها وموقعها من جهة، والفعاليات التي تتم فيها (وصف شامل للمنشأة - حالات التشغيل - متطلبات الحماية) من جهة ثانية. ثم يوصف الخصم من حيث تصنيفه ومقدرته، والتكتيك الذي سوف يتبعه لتنفيذ مأربه. بعدها يتم تحديد مواضع الأهداف المراد حمايتها. ومن الجدير بالذكر أن تحديد كون المواد أهدافاً جذابة للخصم أم لا، يعتمد بشكل رئيس على أهمية هذه المواد وسهولة أو صعوبة الحصول عليها. وبنتيجة إنجاز هذه المرحلة تتضح الرؤية لدى المصمم "ماذا يحمي وضد من يحمي"؟. أما الخطوة التالية فهي تصميم نظام الحماية، ويتم ذلك بتحديد العناصر الرئيسية (أجهزة الاستشعار الخارجية - أجهزة الاستشعار الداخلية - أجهزة الاستشعار في بوابات الدخول - أجهزة التحقق من وجود الخصم والإنذار - وسائل الإعاقة - عناصر الأمن)، ودراسة كيفية ربط هذه العناصر ببعضها ببعض بالشكل الأمثل للحصول على نظام قادر على تحقيق وظائفه المطلوبة.

**الكلمات المفتاحية:** الحماية المادية، المنشآت النووية، المواد النووية.

\* باحث رئيس - قسم الخدمات العلمية - هيئة الطاقة الذرية السورية - ص.ب 6091 - دمشق - سورية

# A New Methodology for the Design and Evaluation of Physical Protection Systems for the Security of Nuclear Facilities and Materials

Dr. Kamal Skeiker\*

(Received 27 / 4 / 2009. Accepted 6 / 9 / 2009)

## □ ABSTRACT □

This work presents a new methodology for the design of facility's security system. The design of an effective physical protection system includes the determination of the physical protection system objectives, the initial design of a physical protection system, and, probably, a redesign or refinement of the system. To develop the objectives, the designer must begin by gathering information about facility operations and conditions, such as comprehensive description of the facility, operating states, and the physical protection requirements. The designer then needs to define the threat. This involves considering factors about potential adversaries: class of adversary, adversary's capabilities, and range of adversary's tactics. Next, the designer should identify targets. Determination of whether or not nuclear materials are attractive targets is based mainly on the ease or difficulty of acquisition and desirability of the material. The designer now knows the objectives of the physical protection system, that is, "what to protect against whom". The next step is to design the system by determining how best to combine such elements as fences, vaults, sensors procedures, communication devices, and protective force personnel to meet the objectives of the system.

**Keywords:** physical protection, nuclear facilities, nuclear materials.

---

\*Scientific Senior Researcher - Scientific Services Department, Atomic Energy Commission, P.O. Box 6091, Damascus, Syria

## مقدمة:

أقر مجلس المحافظين للوكالة الدولية للطاقة الذرية في آذار عام 2003 [1] خطة الوكالة المزمع العمل بها في مجال الأمن والأمان النوويين، والتي أعدت وأطلقت بنتيجة أحداث 11 أيلول في عام 2001، حيث صنفت هذه الخطة المجال المعني وفق المحاور التالية:

- الحماية المادية للمواد والمرافق النووية.
  - تحري النشاطات المسيئة، بما في ذلك المواد النووية والإشعاعية.
  - النظم الوطنية الخاصة بإحصاء ومراقبة المواد النووية.
  - الإجراءات الأمنية الخاصة بالمواد غير النووية المشعة.
  - تقويم أمان تعرض المرافق النووية للخطر.
  - الاستجابة للأعمال المسيئة أو التهديدات المحتملة.
  - الالتزام بتطبيق الاتفاقات، والتوجهات، والتوصيات الدولية.
  - إدارة استعلامات وتنسيق الأمن النووي.
- ولتحقيق مضمون المحاور أنفة الذكر، أطلقت الوكالة نشاطاً جديداً بعنوان "الخدمة الاستشارية بالأمن النووي الدولي" (International Security Advisory Service INSServ). وحددت بنتيجة مناقشات جرت بين عدد من الأقسام والهيئات التي تقع في إطارها مناحي عمل هذا النشاط والهدف منه المتمثل بتقديم الخبرة والإرشاد للدول الأعضاء عن طريق:

- دراسة واقع حال النظم الوطنية الخاصة بالأمن النووي.
  - تحليل وتقويم المعلومات المتوفرة، وتحديد الاحتياجات العامة، وتعيين أولوياتها.
  - اقتراح خطة تطبيق الحلول المقترحة.
- ولما كان موضوع الحماية المادية للمواد والمرافق النووية هو من أهم محاور خطة الوكالة الدولية للطاقة الذرية، فكان من المفيد أن تمثل الفقرات التالية المنهجية المقترحة الواجب إتباعها عند تصميم نظم الحماية المادية للمواد والمنشآت ذات الطابع الاستراتيجي الهام.

## أهمية البحث وأهدافه:

تكمن أهمية دوافع ومبررات هذا العمل في الحاجة إلى اعتماد إجراء معياري لضبط جودة نظام الحماية المادية لحماية المنشآت النووية من العمليات التخريبية الهادفة إلى التلوث الإشعاعي للبيئة، ولحماية المواد النووية من السرقة وضمانها. وفي الحاجة إلى تنوير الكوادر العلمية العربية العاملة في مختلف الصناعات والمراكز البحثية، وعلى الخصوص الكوادر العاملة في المراكز النووية، وتعريفهم بالجوانب المنهجية المتعلقة بتصميم وتقويم نظام الحماية المادية [2].

## طرائق البحث ومواده:

أنجز هذا البحث اعتماداً على الأدبيات المرجعية التي تبحث في مفردات هذا المجال، حيث تم إتباع الخطوات التالية:

- إنشاء الخوارزمية التي تسهم في تسهيل عملية بناء المحتوى التعليمي لمنهجية تصميم وتقييم نظم الحماية المادية.

- دراسة عناصر الخوارزمية المقترحة.

- تطوير البرنامج الحاسوبي SAVI ليكون موافقاً للشروط التشغيلية الوطنية.

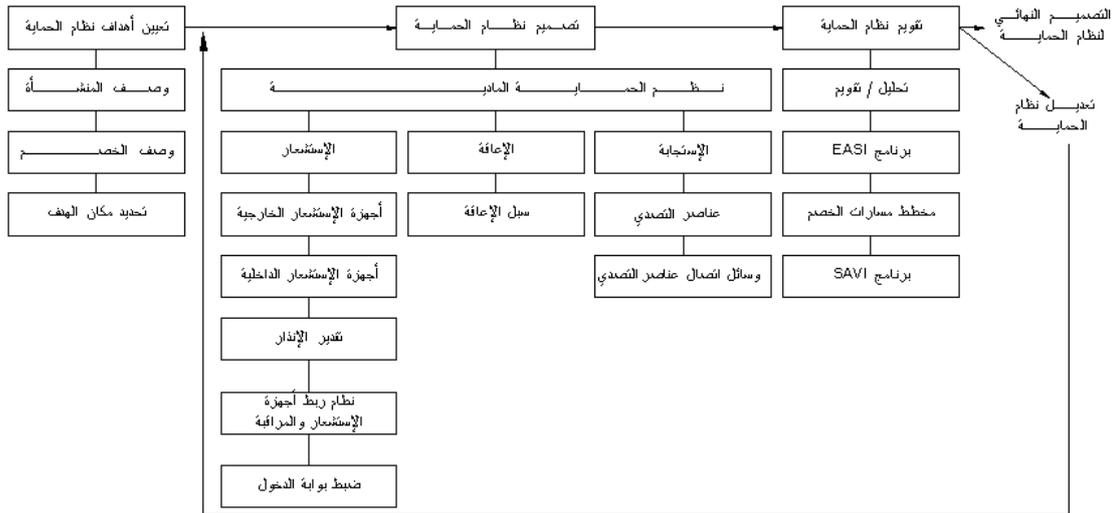
## النتائج والمناقشة:

لتصميم وتقييم نظام حماية مادية ناجح لمنشأة، نتبع المنهجية المؤلفدة من المراحل الثلاث التالية (الشكل 1):

- تعيين أهداف نظام الحماية.

- تصميم نظام الحماية.

- تحليل وتقييم نظام الحماية (تطويره وإعادة تقييمه إذا اقتضت الحاجة).



الشكل (1): منهجية دراسة وتصميم نظام الحماية المادية للمواد والمنشآت النووية

### 1-1- تعيين أهداف نظام الحماية المادية

يتم تعيين أهداف نظام الحماية المادية بجمع المعلومات الخاصة بالمنشأة المراد حمايتها وموقعها والفعاليات التي تتم فيها (وصف شامل للمنشأة - حالات التشغيل - متطلبات الحماية). ثم يوصف الخصم من حيث تصنيفه ومقدرته والتكتيك الذي سوف يتبعه لتنفيذ مأربه. بعدها يتم تحديد مواضع الأهداف المراد حمايتها. ومن الجدير بالذكر أن تحديد كون هذه المواد أهدافاً جذابة للخصم أم لا، يعتمد بشكل رئيس على أهمية هذه المواد وسهولة أو صعوبة الحصول عليها. وبنيتيجة إنجاز هذه المرحلة تتضح الرؤية "ماذا نحمي و ضد من نحمي"؟ [3, 4].

#### 1-1-1 توصيف المنشأة

لفهم وتقدير متطلبات الحماية المادية الواجب اعتمادها للمنشأة المدروسة، يجب إجراء الكشف الحسي للموقع ومناقشة العاملين فيه، ودراسة مخططات التصميم للمنشأة والعمليات الحاصلة فيها، إضافة إلى دراسة تقارير الأمان،

وبيانات الأحوال الجوية الخاصة بالمنطقة.

### 2-1 تحديد التهديد

يحدد التهديد لدى الإجابة على الأسئلة الثلاثة التالية:

- ما هو الخصم الواجب اعتماده في الدراسة؟
  - ما هو التكتيك الذي يتبعه الخصم لتنفيذ مآربه؟
  - ما هي قدرات الخصم الواجب اعتماده في الدراسة؟
- يصنف الخصم وفق ثلاثة أنواع وهي:

- خصم خارجي (الإرهابيون السياسيون، المخربون الانتقاميون، المناوئون للاستخدامات النووية)
  - خصم داخلي (الموظفون المعادون في المنشأة، الموظفون المجبرون على التعاون مع مخربين عن طريق تهديدهم وتهديد عائلاتهم، الموظفون المصابون بأمراض نفسية).
  - خصم خارجي بالتعاون مع خصم داخلي.
- وتُصنف الدوافع المحرزة للخصم للقيام بهذه العمليات المحتملة وفق ثلاث مجموعات: دوافع إيديولوجية؛ دوافع اقتصادية؛ دوافع شخصية [5, 6].

### 3-1 تحديد الأهداف المراد حمايتها

يتعذر عملياً حماية كل شيء في المنشأة، فيتم تحديد الأهداف المطلوب حمايتها وفق المراحل التالية:

#### أ- تعيين العواقب

يتم اختيار الأهداف الواجب حمايتها انطلاقاً من العواقب المراد عدم حدوثها مثل:

- السرقة لكمية هامة من المواد الخاصة بالأسلحة النووية.
- الأعمال التخريبية التي تؤدي إلى تلوث بيئي إشعاعي.
- الأعمال التخريبية التي تؤدي إلى أعطاب صناعية.

#### ب - تعيين المنطقة الحيوية

تدعى أماكن توضع الأهداف المراد حمايتها بالمناطق الحيوية، ويتم تعيين هذه المناطق وفق منهجية مؤلفة من

خطوات رئيسة مبينة لمثال المنشآت النووية في الشكل 2.



الشكل (2): خطوات تعيين المناطق الحيوية في المنشآت النووية

**2- تصميم نظام الحماية المادية**

يتم تصميم نظام حماية مادية من خلال تحديد عناصره الرئيسية (أجهزة الاستشعار الخارجية - أجهزة الاستشعار الداخلية - أجهزة الاستشعار في بوابات الدخول - أجهزة التحقق من صحة وجود الخصم والإنذار - وسائل الإعاقة - عناصر التصدي) ودراسة كيفية ربط هذه العناصر بعضها ببعض بالشكل الأمثل للحصول على نظام قادر لتحقيق الوظائف التالية [3, 7]:

- استشعار وجود الخصم.
- إعاقة تقدم الخصم نحو مكان توضع الهدف.
- استجابة عناصر التصدي للحيلولة دون تحقيق الخصم لهدفه.
- وبهدف الحصول على نظام حماية مادية ذات وثوقية عالية، وجب تحقيق ميزات التصميم التالية:
- خط استشعار مستمر Continuous Line of Detection.
- حماية مركبة Protection in Depth.
- أجهزة استشعار خصم متكاملة Complementary Sensors.
- استجابة النظام بحسب أفضلية الحدث Priority Schemes.
- المقطع الواضح Clear Zone.
- توضع أجهزة الاستشعار بالشكل الذي يضمن تداخل الحجوم الممسوحة
- Sensor Configuration.
- خصوصية الشبكة Site-Specific System.
- الحماية من العبث Tamper Protection.
- الفحص الذاتي Self-Test.
- الحماية من الصواعق Lightning Protection.

**2-1 أجهزة الاستشعار الخارجية**

استشعار الخصم هو التنبيه لوجود محاولة اقتحام لمعبر أو لسور من قبل شخص أو عربة غير مخولين بالدخول وذلك بهدف الوصول إلى داخل منطقة محمية. تصنف أجهزة الاستشعار الخارجية وفق ما يلي:

- فاعل أو منفعل.
- مغطى أو مرئي.
- خطا النظر أو موافق للتضاريس الأرضية.
- استشعار خطي أو حجمي.
- نوع التطبيق.

يوصف أداء أجهزة الاستشعار بثلاث خواص ويعد فهمها أساساً لتصميم وتشغيل نظام استشعار ناجع وفعال،

وهي:

**أ- احتمال الاستشعار Probability of Detection**

تقدر قيمة احتمال الاستشعار للخصم في الأجهزة المثالية بالواحد ( $P_D=1$ )، أي أن هذه الأجهزة تتمتع باحتمالية تحسس قيمتها 100%. إلا أنه من المتعذر أن تتوافر الأجهزة المثالية المطلقة وتكون دائماً قيمتها أصغر من الواحد

(P<sub>D</sub> < 1).**ب - معدل الإنذار الخاطئ Nuisance Alarm Rate**

يعد الإنذار الصادر عن اقتحام وهمي إنذاراً خاطئاً، ويكون معدل هذه الإنذارات مساوياً للصفر في الأجهزة المثالية. وفي الحقيقة تتأثر جميع الأجهزة بالبيئة المحيطة، ومن الصعب أن تميز بين الاقتحام الحقيقي وبعض الظواهر الأخرى الواقعة في نطاق منطقة الاستشعار الخاصة بها. وحيث أنه ليست جميع الإنذارات ناشئة من وجود خصم فلا بد من وجود نظام آخر للتحقق من وجود الخصم.

**ج - الحصانة ضد اختراق النظام Vulnerability to Defeat**

ثمة طريقتان عامتان لإحباط النظام وهما:

- العبور الجانبي لمنطقة الاستشعار.

- التغلب على النظام وإبطال دارة تفعيل الإنذار والعبور من منطقة الاستشعار.

**2-2 أجهزة الاستشعار الداخلية**

يمكن تصنيف هذه الأجهزة على غرار أجهزة الاستشعار الخارجية. ثمة العديد من الشروط المناخية التي تحدث إصدار أصوات بالشدة الطاقية نفسها التي صمم وفقها جهاز استشعار الخصم الداخلي. فتضعف هذه الأصوات المناخية أداء الجهاز وتُسبب إصدار إنذارات خاطئة. هذه الأحوال المناخية هي: البيئة الكهرومغناطيسية؛ الإشعاع النووي؛ البيئة الصوتية؛ البيئة الحرارية؛ التأثيرات الضوئية؛ التأثيرات الزلزالية؛ التأثيرات المناخية.

**3-2 أجهزة التحقق من صحة الإنذار ووجود الخصم**

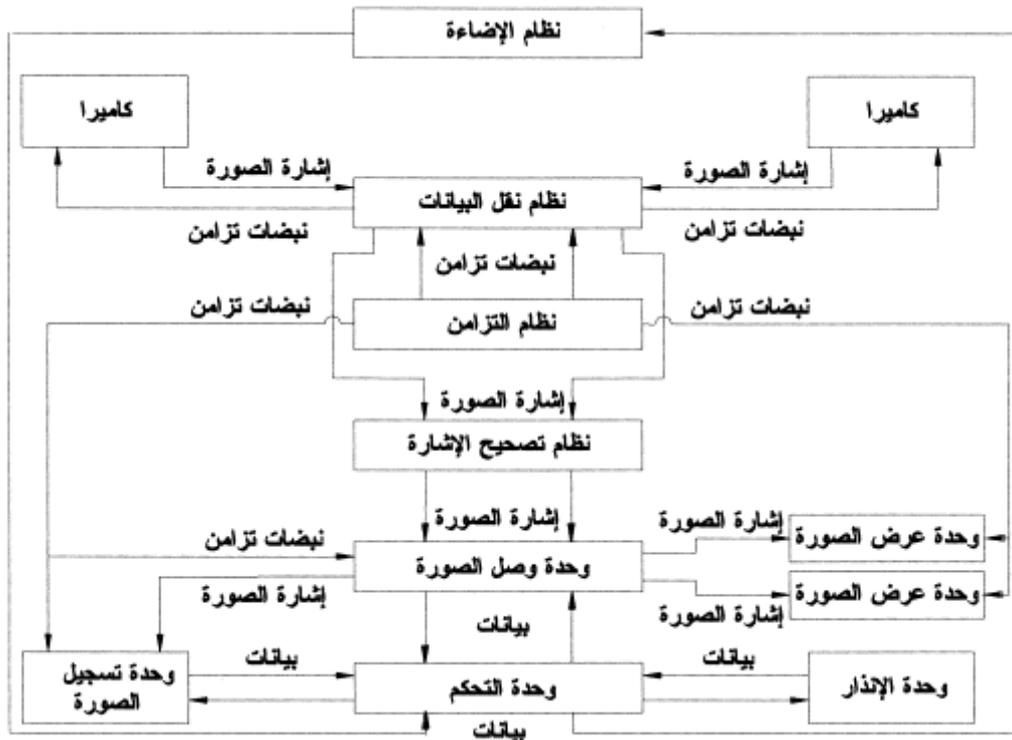
تستعمل أجهزة التحقق من صحة الإنذار ووجود الخصم لهدفين. الأول هو تعيين سبب الإنذار الصادر عن كل جهاز استشعار، ويتضمن ذلك التمييز فيما إذا كان هذا الإنذار ناجماً عن وجود خصم حقيقي أو بسبب تشويش ما. والثاني هو الحصول على معلومات حول الخصم والتي تتضمن الإجابة على كل من الأسئلة: من، ماذا، أين، وكم عدد مجموعة الخصم المهاجمة. يتألف نظام ربط أجهزة الاستشعار وأجهزة التحقق من صحة الإنذار ووجود الخصم، (الشكل 3)، من الأجزاء الرئيسية التالية:

- الكاميرات والعدسات الخاصة بها
- نظام التزامن
- وحدة عرض البيانات والصورة
- نظام الإضاءة
- وحدة وصل الصورة
- وحدة تسجيل الصورة
- وحدة التحكم

**3-2-1 الكاميرا والعدسات**

الوظيفة الرئيسية لنظام الكاميرا والعدسات هي تحويل الصورة الضوئية للمشاهد المادي إلى إشارة كهربائية قابلة للنقل إلى وحدة العرض في غرفة المراقبة. يُختار هذا النظام انطلاقاً من درجات الدقة المطلوبة لكل من الخواص التالية:

- الاستشعار (التحسس عند وجود هدف في المنطقة المعنية).
- التصنيف (تزويد المستثمر بالمعلومات الكافية للتعرف على الهدف: حيوان، شخص، أنقاض متطايرة).
- التعيين (دقة تمييز الهدف انطلاقاً من تفصيلات مظهره الخارجي).

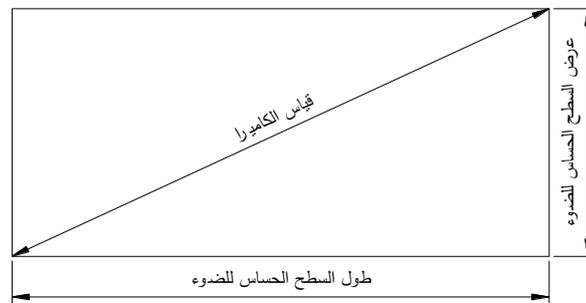


الشكل (3): الأجزاء الرئيسية لنظام ربط أجهزة الاستشعار والإنذار والتحقق

#### أ- اختيار الكاميرا

ثمة نوعان من الكاميرات، المصمتة Solid-State والأنبوبية Tube-State. ويستخدم بشكل عام الكاميرات من النوع المصمتة في التطبيقات الخارجية، على الرغم من أن الكاميرات الأنبوبية تتمتع بدقة وحساسية أكبر، إلا أن هذا النوع الأخير يتأثر مع الزمن وذلك خلافاً لما هو الحال في النوع الأول، إضافة إلى إمكانية تشويش الصورة بسبب وجود خيال المشهد البراق.

ويعرف قياس الكاميرا بطول قطر السطح المستطيل الحساس للضوء (الشكل 4). فالقياسات الأكثر شيوعاً للكاميرات من النوع المصمتة هي 11mm و 8mm، في حين أن القياسات الشائعة للكاميرات من النوع الأنبوبي هي 16mm و 11mm. الجدول 1 يوضح أبعاد السطح الحساس للضوء في الكاميرات المصمتة والأنبوبية.



الشكل (4): قياس الكاميرا

الجدول (1): أبعاد السطح الحساس للضوء في الكاميرات المصممة والأنبوبية

عرض السطح الحساس للضوء mm	طول السطح الحساس للضوء Mm	قياس الكاميرا mm
4.6	6.2	8
6.6	8.8	11
9.5	12.7	16

#### ب - اختيار العدسات

يتم اختيار العدسة انطلاقاً من المحددات الآتية:

- القياس Format: تتوافر العدسات بقياسات نظامية مقدارها 16mm (القياس المناسب للكاميرا قياس 16mm) و 11mm. القياس النظامي الأول هو الأكثر استخداماً في تطبيقات مراقبة السور الخارجي بسبب احتواء هذه العدسات على بعد محراقي كبير وقزحية أوتوماتيكية. ويمكن استخدام العدسات بهذا القياس 16mm في الكاميرات ذات القياس 16mm و 11mm. إلا أنه من المتعذر استخدام العدسات بقياس 11mm في الكاميرات ذات القياس 16mm حيث نحصل على صورة ذات حواف عاتمة [7].

- البعد المحراقي ومجال الرؤية Focal Length and Field of View: فبوساطته يتم تعيين نسبة تكبير الهدف المسجل وتحديد مجال الرؤية الزاوي (الزاويتان الأفقية والعمودية الواقعتان في نطاق تأثير العدسة) لأي هدف. يمكن حساب زوايا مجال الرؤية الزاوي بالعلاقات العامة الآتية:

$$H = 2Tan^{-1}(W_f / 2F)$$

$$V = 0.75H$$

حيث إن:

$H$  زاوية مجال الرؤية الأفقية

$V$  زاوية مجال الرؤية العمودية

$W_f$  عرض السطح الحساس للضوء في الكاميرا مقدراً بالمليمتر (mm)

$F$  البعد المحراقي للعدسة مقدراً بالمليمتر (mm)

- معامل  $f$ : يعبر عن قياس فتحة العدسة (مقياس قابلية العدسة لجمع الإضاءة) بالمعامل  $f$ ، فكلما كان هذا المعامل صغيراً، كانت كمية الإضاءة أكبر. لذلك ينصح في تطبيقات المراقبة الخارجية استعمال معامل صغير تراوح قيمته من 1 - 1.8 .

- تقدير عرض مجال الرؤية وطول بعده عن الكاميرا Distance and Width Approximation: يمكن في حال استخدام عدسات نظامية ذات أبعاد محرقية 25mm، 50mm، 70mm،.....، تعيين عرض مجال الرؤية على بعد معين من الكاميرا، أو تعيين طول المسافة إلى الكاميرا، عند عرض معين لمجال الرؤية (الشكل 5)، وذلك بتطبيق العلاقة العامة الآتية:

$$D = 2WF / 25$$

حيث إن:

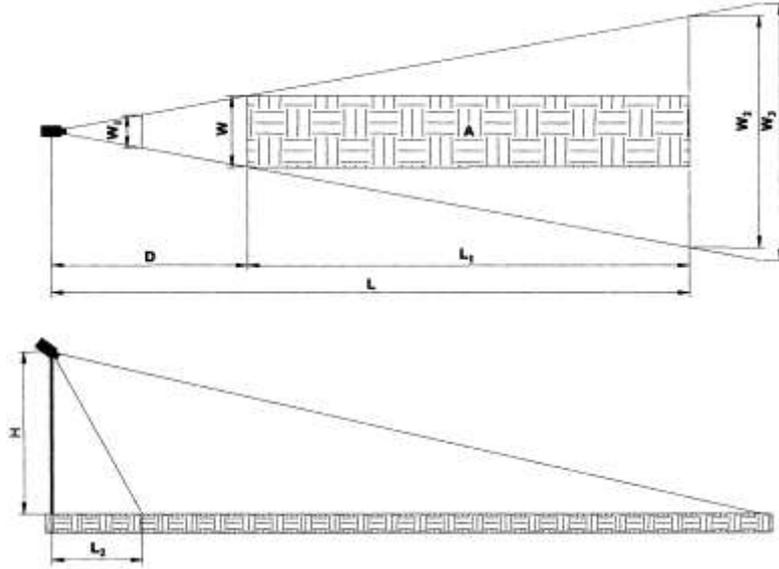
$D$  طول المسافة إلى الكاميرا عند عرض معين لمجال الرؤية مقدرة بالمتري (m)

$F$  البعد المحرقى للعدسة مقدراً بالمليمتر (mm)

$W$  عرض مجال الرؤية مقدراً بالمتر (m)

تطبق هذه العلاقة عند استخدام كاميرا بقياس 16mm. وفي حال استخدام كاميرا بقياس 11mm و 8mm مع عدسات بقياس 16mm فيجب ضرب البعد المحرقى  $F$  بالمعامل 1.5 أو 2 على التوالي. ويمكن أيضاً تعيين الطول الأعظمي للمنطقة الممسوحة بوساطة مجموعة الكاميرا والعدسات المستخدمة.

إذا أمعنا النظر في الشكل 5 الذي يبين مجال وزوايا الرؤية للكاميرا، يمكن الخلوصل إلى أن عرض منطقة الرؤية الواقعة أسفل الكاميرا  $W_1$  لا يساوي عرض المنطقة الممسوحة  $W$ . وأن عرض مجال الرؤية الأعظمي  $W_3$  ليس مساوياً لعرض مجال الرؤية عند الدقة المطلوبة  $W_2$ . كما يلاحظ وجود مسافة مية  $L_2$  لا يمكن رؤيتها، واقعة بين مكان توضع الكاميرا وبداية منطقة الرؤية أسفلها. وعلى هذا يحسب الطول الأعظمي للمنطقة الممسوحة  $L_1$  انطلاقاً من عرضها  $W$  وشروط الدقة المطلوبة في نهايتها. فيكون  $L_1$  مساوياً إلى الفرق بين بعد عرض مجال الرؤية وفق شروط الدقة المطلوبة من مكان توضع الكاميرا  $L$  وبعد بداية المنطقة الممسوحة عن الكاميرا  $D$ .



$A$  المنطقة الممسوحة  
 $L_1$  الطول الأعظمي للمنطقة الممسوحة  
 $W_1$  العرض الأدنى لمجال الرؤية  
 $W_2$  عرض مجال الرؤية عند الدقة المطلوبة  
 $H$  ارتفاع الكاميرا عند سطح الأرض  
 $L$  بعد عرض مجال الرؤية وفق شروط الدقة المطلوبة من مكان توضع الكاميرا  
 $D$  طول المسافة إلى الكاميرا عند عرض معين لمجال الرؤية  
 $L_2$  المنطقة الميتة  
 $W$  عرض مجال الرؤية

الشكل (5): مجال وزوايا الرؤية للكاميرا

## 2-3-2 نظام الإضاءة

لكي تكون المنطقة المراد حمايتها مرئية من قبل الكاميرا، يجب أن تكون هذه المنطقة مضاءة إضاءة طبيعية أو صناعية، بحيث تعكس كمية معينة من الأشعة الضوئية إلى عدسات الكاميرا. فالمحددتان الأهم لنظام الإضاءة الخاص بنظام المراقبة ذي الدارة التلفزيونية المغلقة هما الحد الأدنى لشدة الإضاءة وانتظامها.

ينصح بأن يكون الحد الأدنى لهذه الشدة 15 لوكس عند استخدام نظام كاميرا من النوع المصمت ذات عدسة بمعامل  $f = 1.8$  أو أسرع، آخذين بعين الحسبان بأن معامل الانعكاس لسطح الأرض هو 25%. أما انتظام شدة الإضاءة فلا يقل أهمية عن الحد الأدنى لقيمتها. وتعرف هذه المحددة بالنسبة بين الحد الأعلى والحد الأدنى لشدة الإضاءة، وينصح بأن لا تزيد قيمتها عن 6/1 وأن تكون 4/1. يجب تركيب مصابيح الإضاءة فوق مستوى تركيب الكاميرات، وذلك لتجنب التشويش على مجال رؤيتها.

### 2-3-3 نظام نقل البيانات

يقوم نظام نقل البيانات بنقل إشارة الصورة من الكاميرات إلى وحدة عرض الصورة بالطريقة التي تضمن خلوها من التشويش. ويمكن نقل إشارة الصورة هذه بوسائط متعددة وهي:

- الكبل المحوري Coax Cable،
- الكبل الضوئي Fiber Optics،
- نظام الموجة الميكروية Microwave Links،
- نظام ضوئي بالأشعة تحت الحمراء Infrared Optical Systems.

### 2-3-4 نظام تصحيح الإشارة

يقوم هذا النظام بتعديل إشارة الصورة وفصل إشارات التشويش الملتقطة أثناء نقلها بوساطة الكوابل. ويتم اختياره على أساس نسبة التعديل اللازمة وشدة التشويش الحاصلة فيها، ويتضمن الوحدة المعدلة للإشارة Video Equalizer والوحدة اللاقطة لإشارات التشويش Hum Clamper. ولا يوجد ضرورة لوجود كل من هاتين الوحدتين عند استعمال كوابل النقل الضوئية.

### 2-3-5 نظام التزامن

للحصول على صورة نقية في الوقت المناسب وفي كل من وحدتي العرض والتسجيل يستخدم نظام تزامن عام. ترسل بوساطة هذا النظام نبضات تزامن، لتقوم بالتحكم بدوائر التوقيت الداخلية للكاميرات، وليصار إلى وصول الإشارات الضوئية إلى وحدة العرض تباعاً بشكل دقيق وبالطور المحدد، بغض النظر عن طول سلك النقل المستخدم. ويرسل أيضاً نبضات تزامن إلى كل من وحدتي التسجيل ووصل الصورة.

### 2-3-6 وحدة وصل الصورة

يتضمن نظام الإنذار والتحقق من وجود الخصم عدداً من الكاميرات يزيد عن عدد وحدات عرض الصورة. لهذا فمن الضروري استخدام وحدة لوصول الإشارات الضوئية المتدفقة من مجموعة الكاميرات إلى واحدة أو أكثر من وحدات العرض والتسجيل.

يوصل نظام الإنذار مع وحدة وصل الصورة، لتقوم هذه الأخيرة بشكل أوتوماتيكي بوصول الكاميرا ذات العلاقة مع وحدة العرض.

### 2-3-7 وحدة التسجيل

يستخدم، في نظام المراقبة التلفزيونية، لتسجيل بيانات صورة الحدث وحدات تسجيل من النوع القرصي أو شريط الفيديو. تُعد هذه الوحدات بسيطة التصميم ورخيصة الثمن وسهلة التشغيل والإصلاح وتتمتع بثوئية عالية.

### 2-3-8 وحدة عرض الصورة

تقوم وحدة عرض الصورة بتحويل الإشارة الكهربائية المتدفقة من الكاميرا إلى صورة مرئية على شاشة إظهار

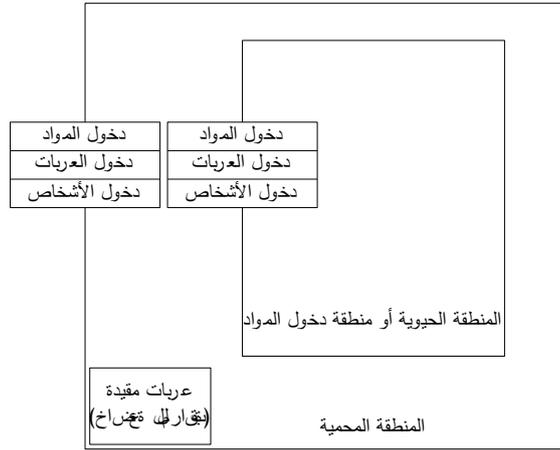
خاصة. وللحصول على صورة واضحة يجب أن يكون عرض النطاق الترددي لوحدة العرض مساوياً على الأقل لعرض النطاق الترددي الخاص بالكاميرات المستخدمة في نظام التحقق.

### 2-3-9 وحدة التحكم

تقوم وحدة التحكم بتأمين الترابط بين نظامي الإنذار والتحقق من وجود الخصم. يتم بواسطتها التحكم الآلي لوصول مداخل وحدة الوصل مع مخرجها، وتفعيل وحدة التسجيل وعرض مشاهد الأحداث على وحدة العرض. تتألف هذه الوحدة من معالج أو حاسب، أو أي وحدة منطقية قادرة على مناغمة عناصر نظام الحماية جميعها.

### 2-4 نظام مراقبة الدخول

يقوم نظام مراقبة بوابات الدخول بالسماح للعناصر المخولة والمواد المسموحة بعبور البوابة المعنية، وإعاقة عبور الأشخاص غير المخولة والمواد المحظورة والبيئة لذلك. فيقوم بإصدار الإنذار المناسب عند عدم تعريف الشخص الداخل لنفسه بالشكل الصحيح، أو في حال استشعار المواد المحظورة، ليصار إلى تقييم الحدث من قبل عناصر التصدي وتحديد فيما إذا كان الإنذار صحيحاً أم خاطئاً. ويستخدم هذا النظام في بوابات العبور للمناطق المحمية وللمناطق الحيوية أو لمناطق دخول المواد (الشكل 6).



الشكل (6): مناطق استخدام نظام مراقبة بوابات الدخول

### 2-4-1 مراقبة دخول الأشخاص

يقوم نظام مراقبة دخول الأشخاص في بوابات الدخول بالتأكد من أن الشخص الداخل: يحمل بطاقة تعريف صالحة، ويدخل رقم التعريف الخاص الصحيح، ويتمتع بالميزة الفيزيائية الوحيدة الخاصة بشخصيته والمسجلة في ملفات النظام، كبصمة الإبهام مثلاً. يستخدم لهذا الغرض التقانات التالية:

أ- رقم التعريف الخاص **Personal Identification Number**

ب - الوثائق المعتمدة **Credentials**

ج - التحقق من صحة الشخصية **Personal Identity Verification**

### 2-4-2 كشف المواد المحظورة

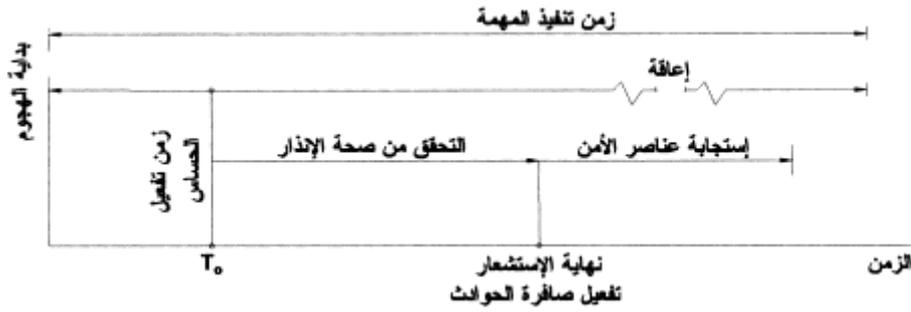
تُعد الأسلحة والأدوات غير المرخصة والمواد المدرعة والمتفجرات مواد محظورة يجب التأكد من عدم حيازتها لدى جميع الأشخاص، وعدم وجودها في جميع العريبات قبل السماح لهم بالدخول إلى المنشأة. ويمكن مراقبة إدخال هذه

المحظورات بالطرائق التالية:

- كاشفات المعادن **Metal Detectors**
- فحص الحقائب **Package Search**
- كواشف المتفجرات **Explosive Detectors**
- كواشف المواد النووية **Nuclear Materials Detectors**

## 2-5 وسائل إعاقة تقدم الخصم

تهدف وسائل الإعاقة إلى زيادة زمن تنفيذ مهمة الخصم بعد أن يتم الاستشعار به، وتركب هذه الوسائل على طول المسارات التي يمكن أن يتبعها، وذلك لإعطاء الوقت اللازم لعناصر قوى التصدي كي تصل إلى المكان المعني. الشكل 7 يوضح مراحل عمل نظام الحماية المادية وموقع وسائل الإعاقة فيه. يرمز للزمن اللازم كي يتمكن الخصم من تنفيذ مأربه بزمن تنفيذ المهمة **Adversary Task Time**. ففي نقطة ما من مسار الهجوم الذي يتبعه الخصم يجب الكشف عنه. ويرمز للزمن في هذه النقطة بالرمز  $T_0$ . وبعد أن يفعل الحساس في هذا الزمن  $T_0$ ، يلزم بعض الوقت (بضع ثوانٍ إلى بضع دقائق) للتأكد من صحة الإنذار والتعرف على طبيعة الخصم. فإذا كان الإنذار صحيحاً وإيجابياً يصرار إلى تفعيل صفاة الحوادث العامة. ويلزم بعدها بعض الوقت ليتمكن رجال الأمن من الوصول إلى المكان المعني وتطبيق هجوم الخصم.



الشكل (7): مراحل عمل نظام الحماية المادية وموقع وسائل الإعاقة فيه

أما وسائل إعاقة تقدم الخصم المستعملة فهي:

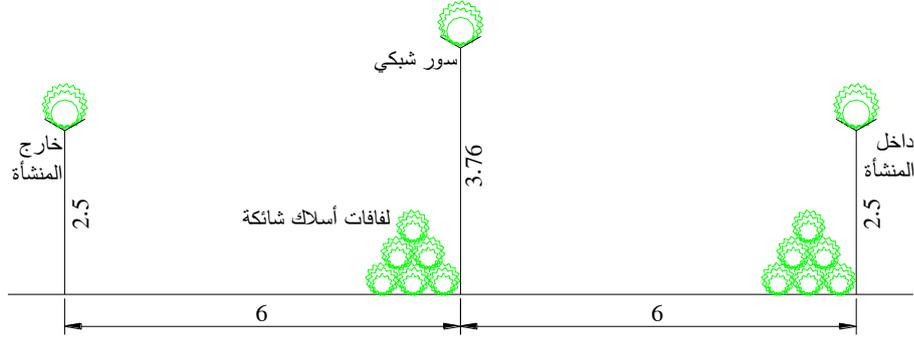
## أ- الحواجز المنفعلة **Passive Barriers**

للتحقق من صحة وجود الخصم وحصره في منطقة الاستشعار، يجب تركيب الحواجز بالقرب من نظام الاستشعار، بحيث تكون هذه الحواجز مركبة مباشرة بعد أجهزة التحسس. وباستخدام هذا الترتيب يمكن إعاقة الخصم عند نقطة الكشف كما يمكن زيادة احتمال منعه من تنفيذ مأربه عن طريق عناصر قوى التصدي. يستخدم لهذا الغرض الحواجز التالية:

### - الحواجز من نوع السور الخارجي **Perimeter Barriers**

تشكل الحواجز الخاصة بالمحيط الخارجي للمنشأة خندق الحماية الأول في نظام الحماية المادية، وتتضمن السور الخارجي **Fences** وبوابات دخول الأشخاص والعربات **Gates**. ويهدف زيادة وثوقية السور الخارجي تركيب لفافات الأسلاك الشائكة بجواره على الأرض وفق أنساق متوازية، أو على السور نفسه من مستوى الأرض إلى أعلاه. توضع هذه اللفافات عادة، في الجهة الداخلية للسور الخارجي، وفي

الجهة الخارجية للسور الداخلي وتثبت جيداً في الأرض عند وضعها بشكل أفقي، كما يحظر إنبات المزروعات في مكان توضعها وتراكم بقايا القمامة والنفايات عليها. يوضح الشكل 8 مثلاً لنظام سور خارجي ثلاثي.



الشكل (8): نظام السور الثلاثي

أما بوابات الدخول فتعد نقطة العبور إلى المنطقة المحددة بسور أو بجدار والخروج منها، وتهدف إلى تنظيم ومراقبة دخول وخروج الأفراد والعربات. ويمكن تخفيض احتمال اختراق العربات لهذه النقاط عن طريق تحديد مسار فتح وإغلاق البوابة والمسلك الواجب إتباعه من قبل المركبة، لأن تعدد المسارات على جانبي مدخل المنشأة، وإلزام المركبة بإتباع إحداها يقلل من سرعة وصول المركبة وانطلاقها.

#### - الحواجز الإنشائية

تعد الجدران والأرضيات والأسقف والأبواب والنوافذ والمنافذ التخدمية حواجز إنشائية محددة للمنطقة المحمية، والتي يمكن اختراقها بسهولة من قبل مجموعة الخصم المدربة تدريباً جيداً. فباستطاعة مجموعة الخصم أن تفتح ثقباً في جدار بيتوني بسماكة 46 سم في مدة خمس دقائق باستعمال المواد المتفجرة وأدوات القطع المناسبة، حيث أن معظم الزمن المستغرق في فتح هذا الثقب يخصص لقطع قضبان الحديد ذات الأقطار 19 مم فما فوق. أما الأبواب المقفلة والمخصصة لدخول الأفراد، والنوافذ والدكتات التخدمية فيمكن فتحها أو اختراقها خلال فترة زمنية تراوح من بضع ثوان إلى بضع عشرات الثواني. ويمكن إعاقة مجموعة الخصم عن طريق تركيب شبكات معدنية لهذه المسارات التي تعد سهلة لدخولها وخروجها.

#### ب - الحواجز الكيميائية القابلة للانحلال

يمكن بوساطة الحواجز الكيميائية القابلة للانحلال إعاقة وتأخير مجموعة الخصم لمدة زمنية محددة، وبعدها سوف تتمكن من التغلب على آلية الإعاقة وتتابع اختراقها. يستخدم لهذا الغرض المواد المعيقة الآتية:

- رغوة البولي يوريثان الصلب Rigid Polyurethane Foam،
- رغوة مائية مستقرة Stabilized Aqueous Foam،
- دخان كيميائي Chemical Smoke،
- رغوة اللدائن الحرارية اللاصقة Sticky Thermoplastic Foam.

#### 2-6 قوى التصدي

يختلف مفهوم اصطلاح قوى التصدي من بلد إلى آخر ومن مؤسسة إلى أخرى في البلد نفسه. فتحت هذا

العنوان تتدرج عناصر أمن المنشأة، وعناصر شرطة المنطقة، وعناصر الشرطة الوطنية، وعناصر قوى الجيش ومجموعات قوى الأمن المدربة. تتخذ عناصر قوى الأمن موقعا لها في داخل المنشأة أو خارجها ويعهد إليها الحيلولة دون تحقيق مجموعة الخصم مأربها وذلك بإيقاف هجومها Interruption وإخماده Neutralization.

## 2-6-1 إيقاف هجوم مجموعة الخصم

يعرف إيقاف هجوم مجموعة الخصم بوصول قوى التصدي إلى المكان ذي العلاقة في الوقت المناسب للحيلولة دون تنفيذها لمأربها. ويمكن تحقيق ذلك عن طريق تأمين الاتصال الدقيق والسريع بمجموعة قوى التصدي وانتشارها الفعال في المنطقة المعنية.

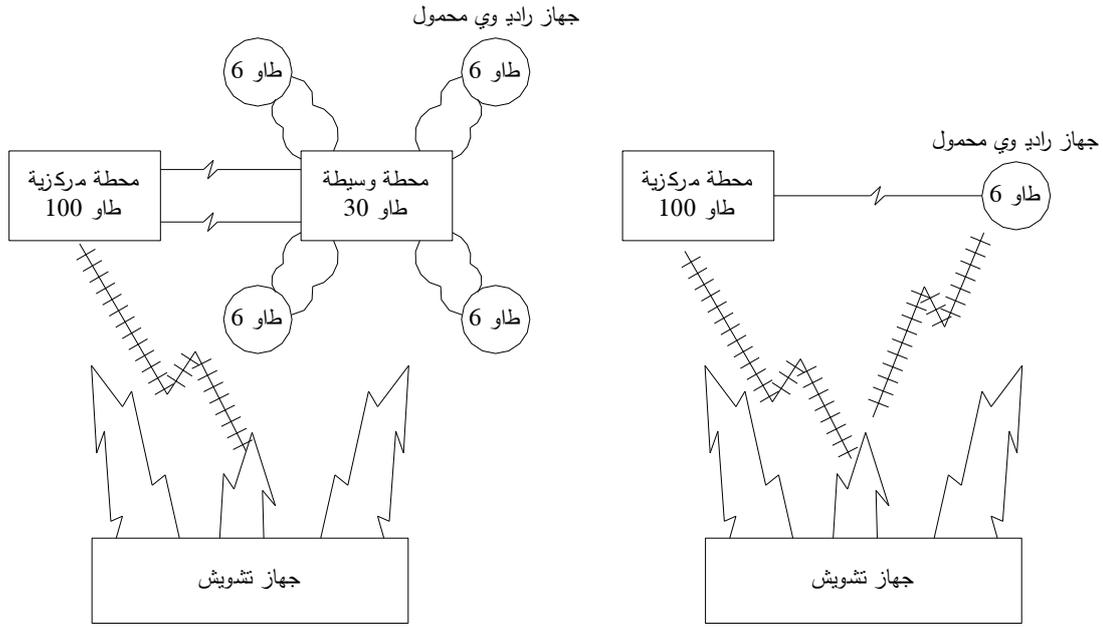
### أ- الاتصال بقوى التصدي

يستخدم لهذا الغرض إضافة إلى الخطوط الهاتفية الأجهزة الراديوية ذات الإستطاعات الصغيرة والتعديل الترددي الضيق النطاق FM، والصوت الواضح، والتي تعمل بوساطة البطارية. وتعاني هذه النظم من قصورين عامين. الأول هو مجال الاتصال غير الكافي، والثاني هو النقاط الميتة في التغطية الاتصالية داخل الأبنية الكبيرة.

يؤخذ عند استخدام الأجهزة الراديوية بالحسبان مقاومتها للتشويش المسلط عليها، أي التقاطها لإشارات غير مرغوبة، والتي تقوم بدورها بحجب الإشارات الحقيقية (المكالمات). يتوجب على الشخص المسؤول عن نظام الاتصال أن يكون ملماً بهندسة التشويش المبينة في الشكلين 9 و 10. وإذا أمعنا النظر في الشكل 9 يمكن الخلوص إلى أنه يبقى الذي يقوم بتشغيل المحطة المركزية عند تفعيل أجهزة التشويش على اتصال باتجاه واحد مع معظم الأجهزة الراديوية المحمولة، وأنه من المتعذر استقبال مكالماتهم. لذلك يجب عليه أن يفترض بأن رسائله يتم استقبالها من قبل جميع عناصر التصدي، ويستمر بإرسال المعلومات المتوافرة لديه. بعبارة أخرى، يمكن فقد الاتصال الراديوي من جهاز راديوي محمول باسطة صغيرة (8-6 وات) إلى محطة مركزية أخرى (100 وات)، والعكس غير صحيح، ويبقى الاتصال سارياً من المحطة المركزية إلى الأجهزة الراديوية المحمولة. أما الشكل 10، فيوضح هندسة أخرى يمكن إتباعها، وهي ربط المحطة المركزية بعربة نقل وسيطة متوسطة الاستطاعة (30 وات)، ليصار بوساطتها إلى ترحيل المكالمات من وإلى الوحدات الراديوية المحمولة.

ينصح بأن يتضمن نظام الاتصال بعض وسائط الاتصال البديلة التي يمكن بوساطتها نقل المكالمات في حال فقدان الاتصال الراديوي بسبب التشويش وهي:

- شبكة هاتفية Telephones.
- شبكة تخاطب داخلية Intercoms.
- محطات الكمبيوتر Computer Terminals.
- الإشارات اليدوية Hand Signals.
- شبكة الإشارات الضوئية Flares.
- شبكة صفارات الإنذار Sirens.
- المرسلون Couriers.
- الدخان Smoke.
- الصفارات Whistles.
- شبكة الإنذار الخاصة بأسر أحد عناصر الأمن Duress Alarms.



الشكل (10): محطة وسيطة لترحيل المكالمات من وإلى الوحدات الراديوية المحمولة أثناء التشويش

الشكل (9): اتصال باتجاه واحد أثناء التشويش

### ب - انتشار قوى التصدي

بهدف ضمان قدرة قوى التصدي للسيطرة على مجموعة الخصم ومنعها من تنفيذ مآربها، يجب إعداد برنامجاً لها يتضمن التخطيط والتدريب والممارسة لعمليات الانتشار المحتملة.

### 2-6-2 إخماد هجوم مجموعة الخصم

يعرف إخماد هجوم مجموعة الخصم بإيقافها والسيطرة عليها قبل تنفيذها للمهمة الموكلة إليها. ولتحقيق ذلك يجب أن يكون عدد عناصر مجموعة الأمن كافياً وكل منهم مزود بالأسلحة والمعدات الموافقة لطبيعة مجموعة الخصم المهاجم. كما يجب أن تكون هذه العناصر مدربة تدريباً جيداً، وبحالة فيزيائية لائقة، وتتمتع بالمهارة والسرعة لتتمكن من الوصول إلى المكان المطلوب في الوقت المناسب بعد أن يتم إعلامها بالحدث.

### 3- تحليل وتقييم تصميم نظام الحماية المادية

للتأكد من تحقيق التصميم الأولي لنظام الحماية لأهدافه المحددة يجب تحليله وتقييمه [3, 8, 9]. ويتم ذلك بحساب قيمة الحصانة Vulnerability Assessment لجميع المسارات المحتملة التي يمكن أن يسلكها الخصم بدءاً من المحيط الخارجي للمنشأة إلى مكان توضع الهدف الذي يبيغيه Adversary Sequence ASD "Diagram [10]. فإذا كانت قيمة الحصانة بنتيجة الحساب في المجال المسموح به ( $P(I) \leq 95\%$ ) أعتبر التصميم مقبولاً، وإلا يجب إعادة النظر وتصحيح بنية المسارات الضعيفة، ومن ثم إعادة التحليل والتقييم. لتحليل وتقييم نظام الحماية، ونظراً لصعوبة وتعقيد تصميمه، نستعمل البرنامج الحاسوبي SAVI "System Analysis of Vulnerability to Intrusion" الذي يقوم بحساب مقدار الحصانة لجميع مسارات الخصم المحتملة، ويبين نتائج الحساب بشكلها العددي والبياني للعشرة مسارات الأضعف [11]. وتتضمن النتائج البيانية للتحليل على ما يلي:

- حصانة النظام للمسارات العشرة الأضعف "Probability of Interruption" P(I) والزمن المتبقي اللازم لتنفيذ الخصم مأربه حين وصول عناصر التصدي إلى منطقة الهدف "Time Remain After TRI Interruption".

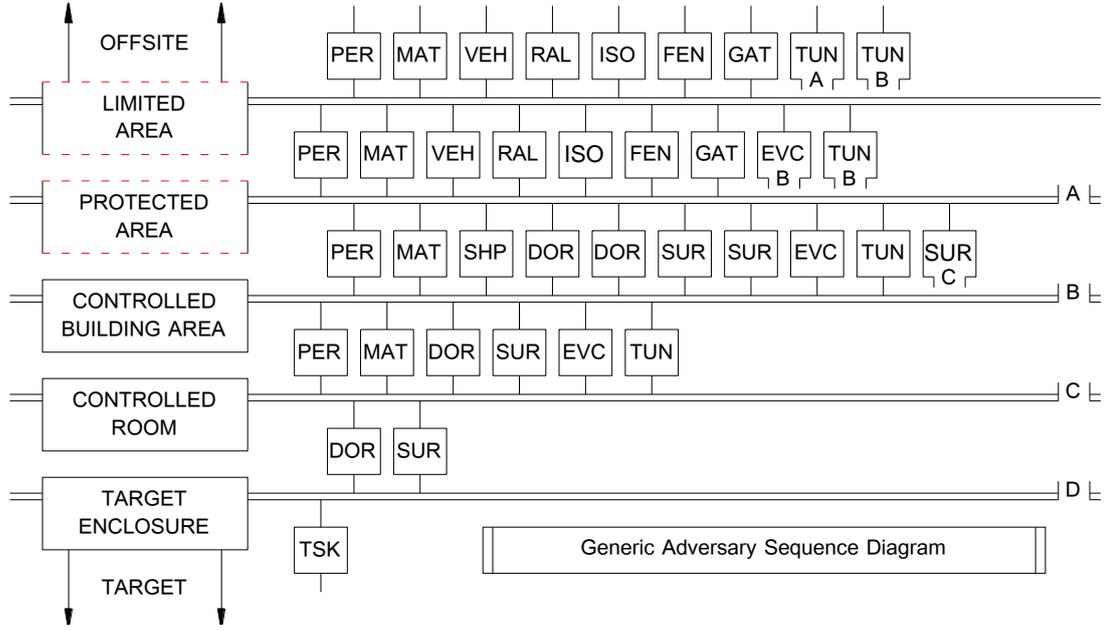
- توزع قيمة حصانة النظام P(I) بحسب منحني غاوس "Gauss".  
تم تطوير البرنامج SAVI ليكون موافقاً للشروط التشغيلية الخاصة بمنطقتنا. فزود بقيم احتمال استشعار كلاً من مركبات الحماية المستعملة وطنياً، وزمن الإعاقة الذي تسببه مركبات مسارات الخصم المحتملة. حددت هذه القيم بنتيجة الاختبارات الحقلية الفعلية أو بنتيجة الحسابات الهندسية لأدائها. تم إجراء هذه الاختبارات في أثناء تصميم نظام الحماية المادية لمبنى مفاعل البحث والتدريب التابع لهيئة الطاقة الذرية [12].

#### 4- نموذج تطبيقي

تم تطبيق هذه المنهجية في تصميم نظام الحماية المادية لمبنى مفاعل البحث والتدريب الواقع في ريف دمشق [12]. فبعد أن تم جمع المعلومات الخاصة بالمنشأة وموقعها والفعاليات التي تتم فيها، وصف الخصم من حيث تصنيفه ومقدرته والتكتيك الذي سوف يتبعه لتنفيذ عمليات انتقامية تخريبية أو سرقة معلومات هامة سرية، وذلك بالتشاور مع السيد المدير العام، وفقاً لما يلي: مجموعة مؤلفة من عدد من الأشخاص المدربة تدريباً جيداً؛ تصل إلى الموقع بوساطة سيارة خاصة؛ تحمل أسلحة فردية خفيفة؛ تحمل كمية من المتفجرات؛ تحمل بعضاً من العدد اليدوية؛ تتعاون مجموعة الخصم مع عناصر من داخل المنشأة.

بعد تعيين أماكن الأهداف المراد حمايتها، تم تصميم نظام الحماية وتحديد عناصره الرئيسية (أجهزة الاستشعار الخارجية والداخلية، أجهزة الاستشعار في بوابات الدخول، أجهزة التحقق من وجود الخصم والإنذار، وسائل الإعاقة، عناصر قوى التصدي) بناء على الفرضيات التالية: تتواجد عناصر قوى التصدي على مدى 24/ أربع وعشرين ساعة؛ تواجد قوى التصدي عند الهدف المعني للحيلولة تنفيذ الخصم لمأربه خلال فترة زمنية مقدارها 300/ ثانية بعد تلقيها إنذار الخطر؛ يتم دعم قوى التصدي من قبل عناصر الأمن الوطنية؛ يكون الحارس في حالة استعداد دائم؛ تقدر سرعة جري الأشخاص بأربعة 4/ أمتار في الثانية.

تم تعيين مخطط مسارات الخصم المحتملة لكل هدف انطلاقاً من المخطط العام المتضمن في البرنامج SAVI والمبين في الشكل 11، ويوضح الجدول 2 قائمة لمركبات الحماية المتضمنة في هذا المخطط. أُدخلت إلى البرنامج جميع البيانات المشروحة في الخطوات السابقة، وحددت مسافات العبور لمناطق ومركبات الحماية الداخلة في كل من المسارات المعتمدة.

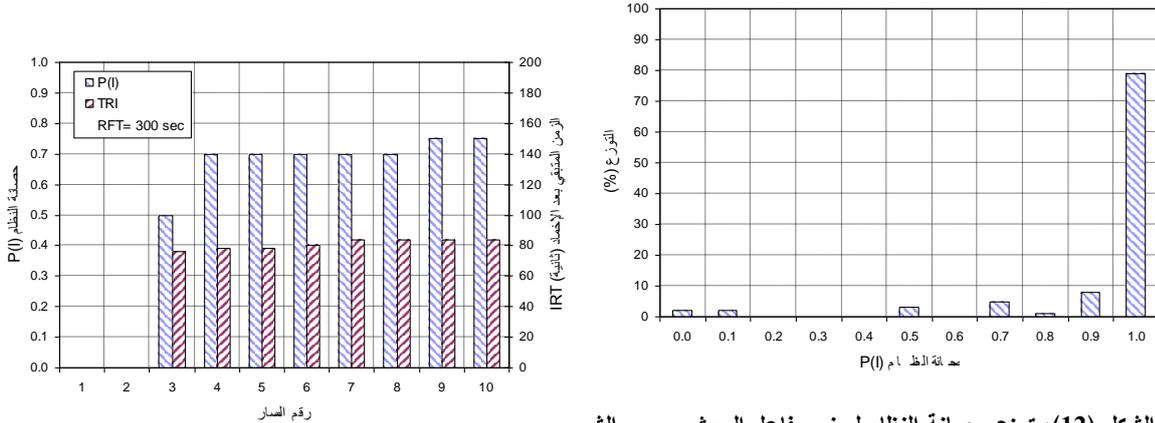


الشكل 11: بنية المخطط العام لمسارات الخصم المحتملة المتضمن في البرنامج SAVI

الجدول (2): مركبات الحماية المتضمنة في المخطط العام لمسارات الخصم المحتملة

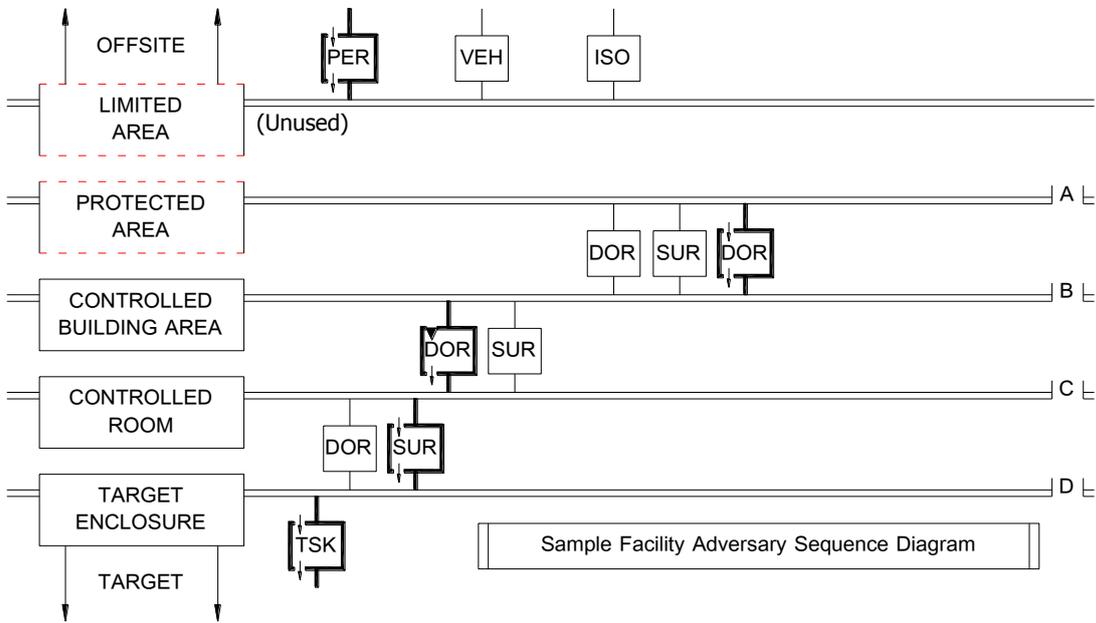
مركبة الحماية الخاصة بالرمز المستخدم	الرمز المستخدم في المخطط	مسلسل
باب	DOR	1
ملجأ	EVC	2
سور	FEN	3
باب رئيسي	GAT	4
مركبة عامة	GEN	5
مدرج طيران مروحي عامودي	HEL	6
منطقة عزل	ISO	7
بوابة إدخال المواد	MAT	8
بوابة دخول الأفراد	PER	9
معبر سكة حديدية	RAL	10
منطقة شحن	SHP	11
سطح	SUR	12
الهدف المحتملي	TSK	13
نفق	TUN	14
بوابة دخول العربات	VEH	15

تم تشغيل البرنامج للحصول على حصانة كل من مسارات الخصم المحتملة P(I) والمحددة في مخطط المنشأة المدروسة. يعطي الشكل 12 فكرة حول فعالية النظام، حيث يبين قيمة توزع الحصانة لجميع المسارات ولزمن استجابة قدرة /300/ ثانية. ويوضح الشكل 13 مقدار الحصانة والزمن المتبقي بعد التغلب على الخصم للمسارات العشرة الأضعف وذلك لزمن الاستجابة السابق نفسه. أما الشكل 14 فيوضح تمثيل المسار المحتمل، حيث تمثل المربعات المرسومة بخط عريض مركبات الحماية على طول المسار المتبع. ويدل إلى نقطة الاستشعار الحرجة في مقطع الدخول الخاص بالبواب بسهم أسود متجه إلى الأسفل. أما باقي الأسهم فتوضح مسار الخصم المتبع.



الشكل (12): توزع حصانة النظام لمبنى مفاعل البحث والتدريب وفقاً لزمن استجابة /300/ ثانية

المتبقي بعد السيطرة على الخصم للعشرة المسارات الأضعف



الشكل 14: بيان مسار الخصم المحتمل للوصول إلى مكان تواضع قلب المفاعل

الاستنتاجات والتوصيات:

حيث تعد نظم الحماية المادية للمواد والمنشآت النووية عنصراً أساسياً من عناصر الأمن النووي، ونظراً لأهمية هذه المنشآت والمواد بوصفها إستراتيجية وخطرة وغالية الثمن، فإن حمايتها هو عنصر أساسي من عناصر حماية الأمن القومي للدولة. نقترح اعتماد هذه المنهجية كإجراء معياري لضبط جودة نظام الحماية المادية لحماية المنشآت النووية من العمليات التخريبية الهادفة إلى التلوث الإشعاعي للبيئة، ولحماية المواد النووية من السرقة وضماتها.

## المراجع:

- [1] IAEA . *Code of Conduct on the Safety and Security of Radioactive Sources*, INFCIRC.663, Vienna, Austria, 2005.
- [2] IAEA . *The Physical Protection of Nuclear Material and Nuclear Facilities*, INFCIRC. 225, Rev. 4, Vienna, Austria, 1999.
- [3] MARY, G. *Design and Evaluation of Physical Protection Systems*, 2<sup>nd</sup> Edition, Butterworth Heinemann, Newton, USA, 2008.
- [4] DOE . *Determining physical protection System Objectives*, New Mexico, USA, 1993.
- [5] DOE . *Supporting Information*, New Mexico, USA, 1993.
- [6] TDOE. *Terrorist Group Profiles*, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., USA, 1993.
- [7] DOE . *Designing a Physical Protection System*, New Mexico, USA, 1993.
- [8] ISMAIL, B. . *Physical Protection and Control of Radioisotope Sources in Industry*, internal report, Atomic Energy Authority, Cairo, Egypt, 1995.
- [9] DOE. *Evaluating the Physical Protection System Design*, New Mexico, USA, 1993.
- [10] IAEA . *The Physical Protection of Nuclear Material*, INFCIRC 225, Rev.1 Vienna, Austria, 1973.
- [11] SCIENCE & ENGINEERING ASSOCIATES - *Systematic Analysis of Vulnerability to Intrusion: Physical Protection System Analysis Software*, Version 3.3, New Mexico, USA, 1993.
- [12] KAMAL, S. *The Physical Protection System for MNSR, internal report, no. AECS-S/RSS 75*, Atomic Energy Commission, Damascus, Syria, 2006.