international DESIGN JOURNAL
Print ISSN 2090-9632
Online ISSN 2090-9640

التوظيف الحديث لتقنيات التصوير الرقمي في تطوير أنظمة الأسلحة الذكية والذخائر الموجهة

Cutting-edge Application of Digital Imaging Technologies in the Development of Smart Weapon Systems and Guided Munitions

د/ رانيا شعبان ربيع ابوشنب
أستاذ مساعد بقسم الفوتوغرافيا والسينما والتليفزيون، المعهد العالي للفنون التطبيقية، التجمع الخامس.
ووكيل الكلية لشئون التعليم والطلاب بكلية الفنون والتصميم بالجامعة المصرية الصينية (انتداب كلى) rshaban55@yahoo.com

ملخص البحث

في السنوات الأخيرة، شهدت تقنيات التصوير تطورًا ملحوظًا، مما أدى إلى تقدم كبير في مجال الأسلحة والذخيرة. وأسهمت التقنيات المختلفة، مثل التصوير البصري والحراري والتصوير بالأشعة السينية، في رفع مستوى دقة الأسلحة، وتحسين كفاءتها، وتعزيز إمكانيات الاستطلاع والاستخبارات العسكرية. يُعد التصوير عنصرًا أساسيًا في عمليات تصميم وتطوير الأسلحة، حيث يُوظف لتحليل حركة المقذوفات، ودراسة تأثير الانفجارات، وتحسين دقة الذخائر الذكية. كما ساعدت التقنيات الحديثة، مثل التصوير ثلاثي الأبعاد والتصوير فائق السرعة، في توفير فهم أدق لآليات عمل الأسلحة، مما أدى إلى تطويرها وتحسين أدائها بشكل كبير. الإضافة إلى ذلك، أسهم توظيف الذكاء الاصطناعي في معالجة الصور في تطوير أنظمة التوجيه للأسلحة المتطورة، مثل الصواريخ الموجهة والطائرات بدون طيار. وتساعد تقنيات الرؤية الحاسوبية في تحديد الأهداف بدقة فائقة، حتى في البيئات ذات الظروف المعقدة. **مشكلة البحث**: تتمحور مشكلة البحث حول دراسة الدور المتنامي لتقنيات التصوير في تطوير الأسلحة والذخيرة، مع التركيز على تحليل مزاياها وتحدياتها. كما تستكشف كيفية مساهمة تقنيات التصوير في تعزيز دقة الأسلحة والحد من الأضرار الجانبية. إضافة إلى ذلك، تناقش البحث تأثير الذكاء الاصطناعي ومعالجة الصور في تحسين أنظمة التوجيه الذكية. **تساؤلات البحث** : ١- كيف تُستخدم الصور في تصميم لأسلحة والذخيرة؟ ٢- ما هي التقنيات الحديثة للتصوير المستخدمة في تطوير الأسلحة والذخيرة؟ ٣-ما هي التحديات التي تواجه استخدام الصور في هذا المجال؟ ٤- ما هي الأخلاقيات المتعلقة باستخدام الصور في تطوير الأسلحة والذخيرة؟ ٥- كيف يمكن تحسين استخدام الصور لزيادة فعالية الأسلحة والذخيرة؟ **أهداف البحث:** ١- تحليل استخدام الصور دراسة كيفية استخدام الصور في تصميم الأسلحة والذخيرة. ٢- توضيح التقنيات الحديثة للتصوير المستخدمة في هذا المجال. ٣- تحديد التحديات التي تواجه استخدام الصور في تطوير الأسلحة والذخيرة. ٤- اقتراح حلول لتجاوز التحديات المتعلقة باستخدام الصور. ٥- دراسة الأخلاقيات المتعلقة باستخدام الصور في التطوير العسكري. **فروض البحث**: ١- تؤدي تقنيات التصوير الحديثة دورًا رئيسيًا في تحسين دقة الأسلحة وتقليل الأضرار الجانبية. ٢- يساهم الذكاء الاصطناعي في تطوير أنظمة التوجيه الذكية عبر تحليل الصور بدقة عالية. ٣- يواجه استخدام تقنيات التصوير في المجال العسكري تحديات تقنية وقانونية وأخلاقية معقدة. ٤- يمكن تحسين استخدام الصور في تطوير الأسلحة عبر تبني تقنيات أكثر تطورًا وتقليل التحديات المرتبطة بها. **منهجية البحث:** يعتمد البحث على المنهج الوصفي التحليلي لدراسة دور تقنيات التصوير في تطوير الأسلحة والذخيرة، مع تحليل الفوائد والتحديات المرتبطة بها. **النتائج:** أظهرت النتائج أن تقنيات التصوير الرقمي أصبحت مكونًا جوهريًا في هندسة الأسلحة الذكية، حيث أسهمت في تحويل البيانات البصرية إلى قرارات ميدانية دقيقة في وقت حقيقي. كما تبين أن الدمج بين الكاميرات المتقدمة والخوارزميات الذكية يتيح تتبع الأهداف والتعامل معها تلقائيًا دون الحاجة لتدخل بشري مباشر، مما يقلل من هامش الخطأ ويزيد من فعالية الاستجابة. ولوحظ أن استخدام تقنيات التصوير في البيئات المعقدة مثل المناطق الحضرية أو التضاريس الصعبة يعزز القدرة على الرؤية الدقيقة دون تعريض الأفراد للخطر المباشر. كما أكدت الدراسة أن الاعتماد المتزايد على التصوير الرقمي في أنظمة الذخائر الموجهة والطائرات غير المأهولة أدى إلى تطور نوعي في دقة العمليات وتقليل الخسائر الجانبية. إضافة الى انها كشفت النتائج عن وجود فجوة في التأمين السيبراني لهذه الأنظمة، ما يستدعي الانتباه إلى التهديدات الإلكترونية المحتملة التي قد تستهدف بيانات الصور أو تعطل مهامها.

كلمات دالة

التصوير الرقمي، الذكاء الاصطناعي، الأسلحة الذكية، الذخائر الموجهة، الأنظمة الدفاعية.

Digital Imaging, artificial intelligence, smart weapons, guided munitions, defense systems.

Paper received April 29, 2025, Accepted June 26, 2025, Published on line September 1, 2025

المقدمة: Introduction

في السنوات الأخيرة، شهدت تقنيات التصوير تطورًا ملحوظًا، مما أدى إلى تقدم كبير في مجال الأسلحة والذخيرة. وأسهمت التقنيات المختلفة، مثل التصوير البصري والحراري والتصوير بالأشعة السينية، في رفع مستوى دقة الأسلحة، وتحسين كفاءتها، وتعزيز إمكانيات الاستطلاع والاستخبارات العسكرية.

يُعد التصوير عنصرًا أساسيًا في عمليات تصميم وتطوير الأسلحة، حيث يُوظف لتحليل حركة المقذوفات، ودراسة تأثير الانفجارات، وتحسين دقة الذخائر الذكية. كما ساعدت التقنيات الحديثة، مثل التصوير ثلاثي الأبعاد والتصوير فائق السرعة، في توفير فهم أدق لآليات عمل الأسلحة، مما أدى إلى تطويرها وتحسين أدائها بشكل كبير.

الإضافة إلى ذلك، أسهم توظيف الذكاء الاصطناعي في معالجة الصور في تطوير أنظمة التوجيه للأسلحة المتطورة، مثل الصواريخ الموجهة والطائرات بدون طيار. وتساعد تقنيات الرؤية الحاسوبية في تحديد الأهداف بدقة فائقة، حتى في البيئات ذات الظروف المعقدة.

مشكلة البحث: Statement of the Problem

- تتمحور مشكلة البحث حول دراسة الدور المتنامي لتقنيات التصوير في تطوير الأسلحة والذخيرة، مع التركيز على تحليل مزاياها وتحدياتها. كما تستكشف كيفية مساهمة تقنيات التصوير في تعزيز دقة الأسلحة والحد من الأضرار الجانبية.

CITATION Rania Abo Shanab (2025), Cutting-edge Application of Digital Imaging Technologies in the Development of Smart Weapon Systems and Guided Munitions, International Design Journal, Vol. 15 No. 5, (September 2025) pp 299-312

إضافة إلى ذلك، تناقش البحث تأثير الذكاء الاصطناعي ومعالجة الصور في تحسين أنظمة التوجيه الذكية.

تساؤلات البحث: Research Questions

- كيف تُستخدم الصور في تصميم لأسلحة والذخيرة؟
- ما هي التقنيات الحديثة للتصوير المستخدمة في تطوير الأسلحة والذخيرة؟
- ما هي التحديات التي تواجه استخدام الصور في هذا المجال؟
- ما هي الأخلاقيات المتعلقة باستخدام الصور في تطوير الأسلحة والذخيرة؟
- كيف يمكن تحسين استخدام الصور لزيادة فعالية الأسلحة والذخيرة؟

أهداف البحث: Research Objectives

- تحليل استخدام الصور دراسة كيفية استخدام الصور في تصميم الأسلحة والذخيرة.
- توضيح التقنيات الحديثة للتصوير المستخدمة في هذا المجال.
- تحديد التحديات التي تواجه استخدام الصور في تطوير الأسلحة والذخيرة.
- اقتراح حلول لتجاوز التحديات المتعلقة باستخدام الصور.
- دراسة الأخلاقيات المتعلقة باستخدام الصور في التطوير العسكري.

فروض البحث: Research Hypothesis

- تؤدي تقنيات التصوير الحديثة دورًا رئيسيًا في تحسين دقة الأسلحة وتقليل الأضرار الجانبية.
- يساهم الذكاء الاصطناعي في تطوير أنظمة التوجيه الذكية عبر تحليل الصور بدقة عالية.
- يواجه استخدام تقنيات التصوير في المجال العسكري تحديات تقنية وقانونية وأخلاقية معقدة.
- يمكن تحسين استخدام الصور في تطوير الأسلحة عبر تبني تقنيات أكثر تطورًا وتقليل التحديات المرتبطة بها.

منهج البحث: Research Methodology

- يعتمد البحث على المنهج الوصفي التحليلي لدراسة وصف دور تقنيات التصوير في تطوير الأسلحة والذخيرة، مع تحليل اهميتها والفوائد والتحديات المرتبطة بها.

الإطار النظري: Theoretical Framework

١-دور تقنيات التصوير في المجال العسكري:

أصبح التصوير الرقمي والتقنيات المرتبطة به من أهم العناصر المساعدة في تطوير القدرات العسكرية الحديثة، سواء في مجالات الاستطلاع، أو تصميم الأسلحة، أو التدريب، أو تنفيذ العمليات. وقد أتاح الدمج بين التصوير عالي الدقة، والتقنيات الحرارية، والمحاكاة ثلاثية الأبعاد، تحقيق مستويات غير مسبوقة من الدقة والكفاءة، مما أسهم في رفع جاهزية القوات وتقليل الأخطاء البشرية في مواقف عالية الحساسية.

١-١ التصوير في المراقبة والاستطلاع:

١-١-١-التصوير الجوي:

ساهمت الطائرات بدون طيار المزوّدة بكاميرات متقدمة في إحداث نقلة نوعية في جمع المعلومات الميدانية، حيث تسمح بمراقبة مناطق واسعة في أوقات قصيرة، دون تعريض الطواقم البشرية للخطر (الزيدي، ٢٠٢١). أما الصور الفضائية، فقد أصبحت أداة أساسية في تحليل تحركات الخصم، ورسم خرائط دقيقة للتضاريس، مما يُسهم في دعم الخطط التكتيكية (النعيمي، ٢٠٢٢).

١-١-٢. التصوير الحراري:

يُستخدم التصوير الحراري بشكل فعال في كشف الأهداف التي يصعب رؤيتها بالعين المجردة، مثل الأشخاص المختبئين أو المركبات المموهة. كما تُستخدم هذه التقنية في مراقبة المناطق الحدودية الحساسة، لا سيما في الليل أو في ظروف الرؤية المحدودة (العقيل، ٢٠٢٣).

١-٢- التصوير في تصميم الأسلحة والذخيرة:

١-٢-١- التصوير ثلاثي الأبعاد:

أصبح التصوير ثلاثي الأبعاد أداة مهمة في تطوير الأسلحة، حيث يُستخدم لإنشاء نماذج دقيقة قبل بدء مرحلة التصنيع، مما يقلل من احتمالية الخطأ في التصميم (الحارثي، ٢٠٢١).

كما تُستخدم هذه التقنية في اختبار الذخائر، من خلال تحليل أدائها وسلوكها بعد الإطلاق بهدف تحسين فعاليتها (الرشيدي، ٢٠٢٢).

١-٢-٢- التصوير بالأشعة السينية:

يتيح التصوير بالأشعة السينية فحص الذخيرة من الداخل دون إتلافها، مما يُمكّن من اكتشاف العيوب التصنيعية أو الشقوق الدقيقة التي قد تؤثر على أدائها. كما يُستخدم لتحليل هياكل الأسلحة المعقدة وتحديد مناطق الضعف البنيوي لتحسين متانتها (الغامدي، ٢٠٢٣).

١-٣- التصوير في التدريب العسكري:

١-٣-١- المحاكاة الافتراضية:

ساهمت تقنيات التصوير الرقمي المتقدمة في بناء بيئات تدريب افتراضية تحاكي الواقع بدقة، مما أتاح للجنود التدرّب على مواقف قتالية معقدة دون تعريضهم للخطر الفعلي (السويلم، ٢٠٢١). كما تُستخدم المحاكاة لتدريب الطيارين على التعامل مع ظروف طيران مختلفة، مثل الطقس القاسي أو الأعطال المفاجئة (الشمري، ٢٠٢٢).

١-٣-٢- التصوير عالي السرعة:

تُستخدم الكاميرات عالية السرعة في توثيق الانفجارات وتحليل سلوك الذخيرة أثناء التفجير، مما يوفر بيانات دقيقة تُستخدم لتحسين التصاميم والأساليب الدفاعية. كما تُوظف في تدريب وحدات المدفعية، من خلال دراسة حركة المقذوفات وتحسين دقتها (الفيفي، ٢٠٢٣).

١-٤ التصوير في العمليات العسكرية:

١-٤-١. التصوير الحراري:

يُعد التصوير الحراري عنصرًا حيويًا في تنفيذ العمليات الليلية، حيث يتيح كشف الأهداف والتهديدات المحتملة دون الحاجة للإضاءة، مما يحافظ على سرية التحركات (الموسى، ٢٠٢٢). كما يُستخدم للكشف عن الألغام والمتفجرات المدفونة، من خلال اختلاف الحرارة المنبعثة من الأجسام تحت الأرض (الهذلي، ٢٠٢٣).

١-٤-٢ التصوير بالأشعة تحت الحمراء:

تُستخدم كاميرات الأشعة تحت الحمراء لتحديد الأهداف الحرارية في البيئات المعتمة أو المموهة، مما يُسهم في توجيه العمليات بدقة أعلى. كما تُستخدم لتحليل طبيعة التضاريس واختيار المسارات الأنسب لحركة الوحدات العسكرية، بما يضمن تقليل التعرض للمخاطر (اليامي، ٢٠٢٢).

٢- دور تقنيات التصوير في الصيانة والإصلاح:

تُعد تقنيات التصوير من الأدوات الحيوية التي أحدثت تحولًا كبيرًا في مجالات الصيانة والإصلاح، لا سيما في القطاعات العسكرية والصناعية. من خلال دمج تقنيات التصوير المتقدمة، يمكن تحسين دقة عمليات التشخيص الفني واتخاذ قرارات صائبة فيما يتعلق بإجراءات الصيانة الوقائية أو التصحيحية.

٢-١- التصوير باستخدام الأشعة السينية:

تُستخدم الأشعة السينية كأداة فعالة للكشف عن العيوب غير الظاهرة في المكونات الداخلية للمعدات دون الحاجة إلى تفكيكها. في السياقات العسكرية، تُسهم هذه التقنية في فحص سلامة المعدات الميكانيكية والإلكترونية وتحديد أماكن الخلل بدقة (عبدالله، ٢٠٢٢). بالإضافة إلى ذلك، تُستخدم الأشعة السينية لتحليل الهياكل الداخلية

Open Access article distributed under the Creative Commons Attribution License permiting unrestricted use in any medium, provided the work is pr cited.

للمركبات بهدف الكشف عن مناطق الضعف البنيوي التي قد تؤثر سلبًا على الأداء الميداني (الخطيب، ٢٠٢١).

٢-٢- التصوير ثلاثي الأبعاد:

أحدث التصوير ثلاثي الأبعاد ثورة في مجالات الصيانة، حيث يُستخدم لإنشاء نماذج رقمية دقيقة تُساعد في تصميم قطع غيار تتطابق تمامًا مع القطع الأصلية. يساهم هذا النوع من التصوير في تسريع عمليات التصنيع وتقليل نسب الخطأ (العتيبي، ٢٠٢٠). كما يُستخدم لتحليل مدى التآكل أو التلف في المعدات، مما يساعد على اتخاذ قرارات دقيقة بخصوص توقيت الصيانة أو استبدال الأجزاء المتضررة (الزهراني، ٢٠٢٣).

٣-استخدام تقنيات التصوير في مجالات الأمن والدفاع:

٣-١ تقنيات التعرف على الوجوه:

تُعد تقنية التعرف على الوجوه من الأدوات الذكية المستخدمة في تعزيز الأمن داخل المنشآت العسكرية، حيث تُوظف لرصد وتوثيق حركة الأفراد بدقة، بما يدعم أنظمة المراقبة الداخلية ويُقلل من فرص الاختراق الأمني (فهد، ٢٠٢١). كما تستخدم هذه التقنية لتحديد الأشخاص ذوي السجلات الأمنية أو أولئك الذين يمثلون تهديدًا محتملاً، مما يُساهم في تعزيز قدرة الجهات الأمنية على اتخاذ إجراءات سريعة واستباقية (الرويلي، ٢٠٢٢).

٢-٢-التصوير الحراري:

يلعب التصوير الحراري دورًا محوريًا في مراقبة المناطق الحدودية، إذ يُمكّن من رصد الأجسام المتحركة عبر تحليل درجات الحرارة، ما يسمح بالكشف عن محاولات التسلل حتى في الظلام أو خلال الظروف الجوية الصعبة (العمري، ٢٠٢٢). وتُستخدم هذه التقنية أيضًا لتأمين المنشآت العسكرية الحساسة، حيث تتيح الكشف عن أي حركة غير طبيعية في محيط المنشأة، وبالتالي رفع مستوى الاستجابة الأمنية (السبيعي، ٢٠٢٣).

٤-التصوير في الطب العسكري:

أدى التقدم في تقنيات التصوير الطبي إلى إحداث تحول نوعي في الرعاية الصحية المقدمة للجنود، سواء في ساحات المعارك أو في المراكز الطبية العسكرية. ويُستخدم التصوير في هذا السياق ليس فقط لتشخيص الإصابات، بل أيضًا لدعم عمليات العلاج والتدخل الجراحي في الظروف الميدانية المعقدة.

٤-١- التصوير الطبي المتقدم:

تلعب تقنيات التصوير المتقدمة مثل التصوير بالرنين المغناطيسي (MRI)والتصوير المقطعي المحوسب (CT Scan) دورًا رئيسيًا في تشخيص إصابات الجنود بدقة عالية. هذه الوسائل تُمكّن الفرق الطبية من فهم طبيعة الإصابة بعمق، مما يُساعد على اختيار أساليب العلاج المناسبة بسرعة وكفاءة (الشهري، ٢٠٢١).

ومن أبرز الاستخدامات الحديثة هو توظيف الصور الطبية ثلاثية الأبعاد في إجراء الجراحات عن بُعد، خاصة في مناطق الصراع التي يصعب فيها نقل المصابين إلى المستشفيات المتخصصة. تُتيح هذه التقنية للجراحين التفاعل مع الصور الحية والقيام بإجراءات دقيقة من مواقع بعيدة (المنصوري، ٢٠٢٢).

٤-٢- التصوير بالأشعة السينية:

تُستخدم الأشعة السينية بشكل واسع في الطب العسكري للكشف عن الإصابات الداخلية التي قد لا تكون مرئية بالعين المجردة أو من خلال الفحص السطحي. وتوفر هذه التقنية وسيلة سريعة لتحديد مواقع الإصابات وتقييم شدتها (العنزي، ٢٠٢٠). كما تُستخدم الأشعة السينية لتحليل الكسور العظمية وتحديد نوع العلاج الأنسب، مما يُسهم في تسريع عملية التعافي وتقليل مضاعفات ما بعد الإصابة (الحربي، ٢٠٢٣).

٥-العوامل العامة التي ساهمت في تطور الذخائر الذكية:

٥-١-الحروب عالية الشدة:

تُعد الحروب ذات الشدة العالية من أبرز التهديدات الأمنية التي قد تواجه الدول، إذ تتميز بطبيعتها العنيفة وسرعة تطورها، ما يفرض الحاجة إلى منظومات تسليح متقدمة قادرة على الاستجابة الفورية وتحقيق تأثير مدمر وفعال. هذه المواجهات تتطلب ذخائر ذات دقة عالية وقدرة على تحييد الأهداف بأقل تكلفة بشرية ومادية ممكنة . (Kahn, L., & Horowitz, M. C. 2023)

٥-٢-عمليات التدخل المسلح المحدود:

في السياقات التي لا تبرر إعلان حرب شاملة، تبرز الحاجة إلى تدخل عسكري محدود داخل مناطق النزاع أو الأراضي المتنازع عليها. وغالباً ما تكون أهداف هذه العمليات محدودة مثل تحرير رهائن أو تنفيذ ضربات دقيقة، ما يفرض استخدام ذخائر يمكن نقلها بسهولة، وتمتاز بالدقة والفاعلية العالية ضمن بيئات قتال متغيرة.

٥-٣-مواجهة حركات التمرد:

يواجه هذا النوع من العمليات خصوماً غير واضحين وغير منظمين، مما يتطلب تجهيزات قتالية تتناسب مع طبيعة المهام غير التقليدية. تعتمد هذه العمليات على تكامل الجهود العسكرية مع الأدوات السياسية والاقتصادية والنفسية والمدنية، وبالتالي فإن الذخائر الذكية تصبح خياراً أساسياً لدقة استخدامها وتقليل الأضرار الجانبية.

٥-٤-مكافحة الإرهاب:

شهدت السنوات الأخيرة تحولاً في المفاهيم المرتبطة باستخدام القوة، حيث أظهر التقدم في الذكاء التسليحي أن استخدام الذخائر الدقيقة قد يقلل من الأثر الإنساني للصراعات. فالضربات الموجهة أصبحت قادرة على تحييد التهديدات الإرهابية مع تقليص الإصابات بين المدنيين، ما يعزز القبول السياسي لاستخدام القوة في مواجهة التهديدات غير التقليدية.

٥-٥-سهولة النقل والانتشار:

تتطلب العمليات العسكرية الحديثة قدرة عالية على تحريك القوات وتجهيزاتها بسرعة نحو مناطق الصراع. وتفرض هذه الديناميكية اعتماد نظم تسليح خفيفة الوزن، لكنها فعالة، لضمان تأمين المناطق الحيوية خلال المراحل الأولى من الانتشار، مما يعزز من أهمية تطوير ذخائر ذكية يمكن نقلها واستخدامها بفعالية في أقصر وقت ممكن.

٥-٦-تعزيز موثوقية الأداء:

إن ازدياد تعقيد أنظمة الأسلحة الحديثة يستلزم ضمان موثوقية تشغيلها مع تقليل متطلبات الصيانة وإطالة عمر الخدمة. وتعد هذه العوامل ضرورية لتحقيق دقة الإصابة وتفادي الأضرار الجانبية غير المرغوبة، ما دفع إلى تطوير تقنيات متقدمة تُوظف في تصنيع ذخائر ذكية أكثر اعتمادية في البيئات القتالية المعقدة .

٥-٧-القدرات الصناعية:

تلعب القاعدة الصناعية دوراً محورياً في تطوير الذخائر الذكية، حيث باتت الكفاءة الصناعية عاملاً حاسماً في تحديد موازين القوى. وفي ظل الاستهلاك الكبير للموارد خلال الصراعات الحديثة، أصبحت القدرة على تطوير وإنتاج الذخائر المتقدمة بصورة مستمرة ضرورة استراتيجية، بدلاً من الاعتماد فقط على المخزون التقليدي.

٥-٨-تنوع مصادر التقنية:

أدى التكامل بين التقنيات المدنية والعسكرية، إلى جانب الانفتاح التكنولوجي العالمي بعد انتهاء الحرب الباردة، إلى توفير فرص كبيرة لتطوير نظم تسليح ذكية. وقد ساهمت الابتكارات المدنية المتقدمة، خاصة في مجالات الحوسبة والاتصالات الدقيقة، في رفع كفاءة الذخائر الحديثة وجعلها أكثر دقة وفعالية في مواجهة التحديات المعاصرة.

٦ -التصوير في الاختبارات العسكرية:

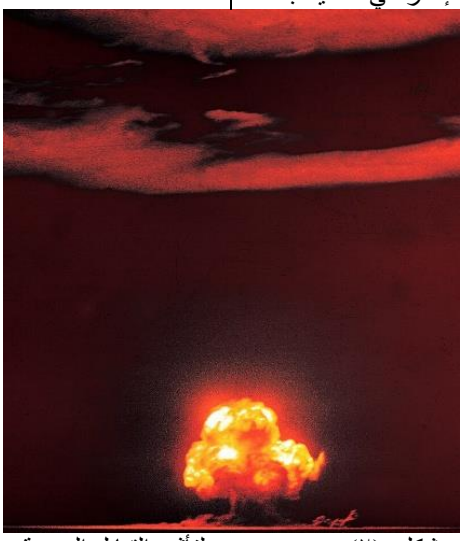
توثيق التجارب الحربية:

يتم استخدام التصوير عالي السرعة في اختبار الأسلحة النارية والصواريخ، مما يساعد العلماء والمهندسين على تحليل مسارات الرصاص، سرعة المقذوفات، والانفجارات.

شكل (١) يوضح كاميرا Phantom TMX 7510

أسرع كاميرا لدى الشركة حاليًا اعتبارًا من نوفمبر ٢٠٢٢. ويمكنها تسجيل Phantom TMX 7510 تُعد كاميرا الصور بسرعة تصل إلى ٧٦٠٠٠ إطار في الثانية(fps) بأقصى دقة تبلغ ١٢٨٠ × ٨٠٠، ويمكنها التسجيل بسرعة ١٧٥٠٠٠٠ إطار في الثانية بدقة ١٢٨٠ × ٣٢، أو في الوضع المجمع بدقة ٦٤٠ × ٦٤.

مثال: استخدم الجيش الأمريكي كاميرات فائقة السرعة لدراسة تأثير القنابل النووية خلال مشروع مانهاتن.(1945)



شكل (٢) يوضح صورة لتأثير القنابل النووية

تحليل تأثير الذخائر:

- يساهم التصوير الحراري والأشعة السينية في رصد اختراق الرصاص والمتفجرات للدروع والجدران، مما يساعد في تطوير مواد جديدة مضادة للاختراق.
- مثال: ساعدت الكاميرات الحرارية في تحسين دروع الدبابات من خلال دراسة نقاط ضعفها عند تعرضها للضربات.

٧-التصوير في تقنيات التوجيه والتصويب:

الاستهداف الدقيق باستخدام التصوير البصري والحراري:

يتم استخدام التصوير بالأشعة تحت الحمراء والليزر في تطوير أنظمة التصويب للصواريخ والطائرات بدون طيار (الدرونز) مثل صواريخ Hellfireالأمريكية تعتمد على كاميرات حرارية لتحديد الأهداف بدقة في العمليات العسكرية الليلية

شكل (٣) يوضح صواريخ Hellfireالأمريكية الذى يعتمد على كاميرات حرارية

استخدام الأقمار الصناعية في تطوير الأسلحة:

- التصوير بالأقمار الصناعية يساعد في تحديد مواقع العدو بدقة وتوجيه الهجمات الجوية، كما حدث خلال حرب الخليج (1991)
- تم تطوير القنابل الذكية التي تعتمد على التصوير الحراري والليزري لاستهداف الأهداف العسكرية بدقة متناهية.

٨-التصوير في الحرب الإلكترونية والاستطلاع:

الدرونز والتصوير الجوي:

- الطائرات بدون طيار تعتمد على كاميرات عالية الدقة في تحديد الأهداف، مراقبة العدو، وتنفيذ الهجمات بدقة.
- مثال: استخدمت القوات الأمريكية طائرات Predator وReaper المزودة بكاميرات حرارية في العمليات العسكرية في أفغانستان والعراق.

Open Access article distributed under the Creative Commons Attribution License permiting unrestricted use in any medium, provided the work is pr cited.

شكل (٤) يوضح طائرات Predator وReaper المزودة بكاميرات حرارية

شكل (٥)يوضح صاروخ موجه باشعة الليزر

٩- تحليل الصور في الذكاء الاصطناعي:

- يتم استخدام الذكاء الاصطناعي لتحليل الصور الجوية وتحديد مواقع الأسلحة والمعدات العسكرية، حيث تستخدم برامج التعرف على الأهداف مثل Project Maven لتحليل الصور العسكرية بشكل تلقائي وتحديد الأهداف بسرعة.

١٠- التصوير في تطوير الأسلحة النووية والمتفجرات:

١٠-١-دراسة الانفجارات النووية:

- استخدمت الكاميرات الفائقة السرعة لرصد الانفجارات النووية وتحليل قوتها، مثل تجربة ترينيتي النووية.(1945)
- تم تطوير متفجرات جديدة بناءً على بيانات التصوير المأخوذة من اختبارات الأسلحة.

١٠-٢-تحليل تأثير المتفجرات الحديثة:

- يتم استخدام التصوير ثلاثي الأبعاد والأشعة السينية لدراسة طريقة انفجار القنابل الذكية وتحسين فعاليتها.

١٠-٣-التصوير في الاختبارات العسكرية:

يُعد التصوير من الأدوات الأساسية في الاختبارات العسكرية، حيث يُستخدم في دراسة أداء الأسلحة، تقييم تأثير الذخائر، وتحليل سلوك الأنظمة العسكرية أثناء العمليات القتالية. مع التقدم التكنولوجي، أصبح التصوير أكثر دقة وتطورًا، مما ساهم في تحسين جودة الأسلحة وزيادة كفاءتها.

١١- التصوير عالي السرعة في اختبار الأسلحة:

١١-١- تحليل سرعة الرصاص والانفجارات:

يتم استخدام الكاميرات عالية السرعة لالتقاط تفاصيل حركة الرصاص والمقذوفات، مما يساعد العلماء على تحسين تصميم الذخائر ومدى دقتها واختراقها للأهداف حيث يتم تصوير الطلقات النارية بالتصوير البطيء لدراسة كيفية تفاعلها مع الأهداف المختلفة، مثل الدروع البشرية أو المركبات.

١١-٢-اختبار المتفجرات والانفجارات:

التصوير البطيء يسمح بدراسة كيفية انتشار موجات الانفجار وتأثيرها على المواد المختلفة، مما يساعد في تصميم متفجرات أكثر كفاءة وتقليل الأضرار الجانبية حيث تُستخدم كاميرات فائقة السرعة لتحليل تأثير المتفجرات النووية على البنية التحتية والعناصر البيئية.

١٢- التصوير الحراري والأشعة تحت الحمراء:

١٢-١- اختبار فعالية الأسلحة الحرارية:

يتم استخدام الكاميرات الحرارية لاختبار الأسلحة التي تعتمد على الحرارة، مثل القنابل الحارقة والأسلحة الليزرية.

مثال: تُستخدم هذه التقنية في اختبار قنابل النابالم التي تولد حرارة شديدة لإحداث دمار واسع.

١٢-٢-تحليل مقاومة الدروع والمواد المضادة للرصاص:

يتم استخدام الأشعة تحت الحمراء لمراقبة كيفية استجابة الدروع الواقية والملابس العسكرية الحديثة لمصادر الحرارة والانفجارات يساعد هذا في تطوير دروع أقوى وأكثر مقاومة للقذائف والأسلحة الحرارية.

شكل (٦) يوضح صورلاستخدام الاشعة تحت الحمراء

١٣ـ لتصوير ثلاثي الأبعاد والمحاكاة الرقمية:

١٣ـ١ـ تحليل تأثير الأسلحة على الأهداف:

باستخدام التصوير ثلاثي الأبعاد وتقنيات المسح الضوئي، يمكن للمختبرين تحليل كيفية تأثر الأجسام البشرية والمباني بانفجارات الأسلحة الثقيلة. مثال: يتم استخدام النمذجة الحاسوبية لخلق بيئات افتراضية تحاكي ساحات القتال بهدف تقييم تأثير القنابل والصواريخ

١٣ـ٢ـالمحاكاة العسكرية والتدريب بالتصوير الافتراضي:

يتم استخدام نظم المحاكاة البصرية التي تعتمد على التصوير ثلاثي الأبعاد في تدريب الجنود على استخدام الأسلحة الحديثة دون المخاطرة بالحياة الحقيقية. مثال: تستخدم الجيوش تقنيات الواقع الافتراضي (VR) والواقع المعزز (AR) لمحاكاة ظروف المعارك واختبار فعالية الأسلحة قبل تنفيذ العمليات القتالية الحقيقية.

تقنية الواقع الافتراضي Virtual Reality هي توظيف واستخدام للحاسب الآلي في خلق بيئة محاكاة ثلاثية الأبعاد تتيح للمستخدم الانغماس داخل التجربة وخوض تفاصيلها عن طريق التفاعل بدلًا من المشاهدة على الشاشة بالطرق التقليدية، ويتم ذلك عبر الأجهزة التفاعلية التي تعزز تجربة تلك التقنية، والتي تعد من أشهر نماذجها النظارات، وسماعات الرأس، والقفازات إضافة إلى الملابس المدمجة بتجهيزات الواقع الافتراضي، والتي تضع المستخدم في تجربة تحقق له الرؤية والسمع والشعور بالرائحة والملمس وتصل إلى مختلف الحواس الأخرى

لطالما كانت المؤسسة العسكرية في طليعة تبني التقنيات الجديدة، ولا يشكل الواقع الافتراضي استثناءً. يعود تاريخ التبني المبكر لتقنية الواقع الافتراضي في المؤسسة العسكرية إلى ثمانينيات القرن العشرين عندما قدم توم فورنيس أول جهاز محاكاة طيران افتراضي لتدريب طياري القوات الجوية. وفرت هذه المحاكيات والنماذج اللاحقة طريقة آمنة وفعالة من حيث التكلفة لمحاكاة سيناريوهات وظروف الطيران المختلفة، من المناورات الأساسية إلى مواقف القتال المعقدة.

مع تقدم تكنولوجيا الواقع الافتراضي، بدأ الجيش في استخدامها لأغراض تدريبية أخرى، مثل سيناريوهات القتال البري، ومحاكاة المركبات والطائرات، والتدريب الطبي والإسعافات الأولية. ومع ظهور أجهزة وبرامج أكثر تقدمًا، يتم استخدام الواقع الافتراضي لتعزيز الوعي الظرفي وتحسين الدعم النفسي وإعادة التأهيل للجنود

١٥ـ التصوير بالأقمار الصناعية في الاختبارات العسكرية:

١٥ـ١ـ تحليل تأثير القنابل والصواريخ من الفضاء:

لأقمار الصناعية توفر تصويرًا عالي الدقة لاختبار الصواريخ الباليستية والأسلحة بعيدة المدى، مما يساعد في تحسين دقتها وتأثيرها. مثال: تم استخدام التصوير الفضائي في اختبار القنابل النووية خلال الحرب الباردة لمراقبة تأثيراتها الإقليمية.

١٥ـ٢ـرصد مناطق الاختبارات العسكرية:

يتم استخدام التصوير الفضائي لمراقبة مناطق إجراء الاختبارات العسكرية، مثل المواقع النووية، والمنشآت الحربية السرية.

مثال: رصدت وكالات الاستخبارات العديد من مواقع الاختبارات النووية باستخدام الأقمار الصناعية، مثل الاختبارات التي أجرتها كوريا الشمالية.

تتم عملية التقاط الصور من الفضاء بواسطة أجهزة تصوير مثبتة على متن السفن الفضائية. تعتمد هذه الأجهزة على تقنيات التصوير الرقمي والتقاط الصور بكاميرات عالية الدقة

تعمل الكاميرات الفضائية على تحويل الضوء المتناثر في الفضاء إلى إشارات رقمية، وتستخدم مجموعة من العدسات والمرشحات لتسجيل الألوان والتفاصيل بدقة عالية. تعمل هذه الكاميرات على تحديد المساحات المراد تصويرها في الفضاء وتسجيل الصور بوضوح ودقة عالية.

بالإضافة إلى ذلك، يتم تحسين جودة الصور الفضائية وتحسين الوضوح والتفاصيل من خلال تطبيق تقنيات معالجة الصور والتصوير المتقدمة. وعندما تكون السفن الفضائية في مدار حول الأرض، يمكنها التقاط صور مذهلة للأرض بأكملها وتفاصيلها المختلفة مثل القارات والجبال والبحار والجزر.

بالإضافة إلى الكاميرات، يمكن استخدام أجهزة أخرى مثل المستشعرات الحرارية والرادار لتحديد المعلومات الأخرى عن الفضاء مثل درجات الحرارة والتضاريس والتغيرات في المناخ. هذه الأجهزة تساعد في فهم أفضل للكواكب والأجرام السماوية الأخرى والبحث عن علامات الحياة المحتملة.

١٦ـالتصوير بالذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات:

١٦ـ١ـتطوير أنظمة الأسلحة الذكية:

أصبح الذكاء الاصطناعي والتعلم العميق قادرًا على تحليل الصور العسكرية لتقييم أداء الأسلحة واقتراح تحسينات تلقائية.

مثال: يتم استخدام تحليل الصور في تطوير الطائرات بدون طيار (الدرونز) التي يمكنها تحديد الأهداف بدقة من خلال التصوير المتقدم.

١٦ـ٢ـكشف نقاط الضعف وتحليل الأضرار:

يتم استخدام الذكاء الاصطناعي في تحليل بيانات التصوير لاكتشاف العيوب في الأسلحة والأنظمة الدفاعية، مما يسهم في تطوير معدات عسكرية أكثر فعالية.

١٧ـالتصوير في تقنيات التوجيه والتصويب:

يُعد التصوير من أهم العناصر في تقنيات التوجيه والتصويب الحديثة، حيث يعتمد على الكاميرات الحرارية، الأشعة تحت الحمراء، الليزر، والرادارات لتحديد الأهداف بدقة وتحسين فعالية الأسلحة. وقد أدى التطور التكنولوجي إلى جعل الأسلحة أكثر دقة في الاستهداف، مما يقلل من الأضرار الجانبية ويزيد من كفاءة العمليات العسكرية.

١٧ـ١ التصوير البصري والحراري في التوجيه:

أـالكاميرات البصرية في التصويب التقليدي

تُستخدم الكاميرات البصرية في الأسلحة الخفيفة والمسدسات والبنادق القناصة لمساعدة الجنود على الرؤية الدقيقة للأهداف.

تحتوي المناظير البصرية على تكبير بصري يساعد القناصين في استهداف الأهداف البعيدة بدقة.

مثال :بندقية القنص Barrett M82 مزودة بمناظير متقدمة تعتمد على التصوير البصري والرقمي.

١٧ـ٢ـالتصوير الحراري في التوجيه الليلي:

تعتمد الأسلحة الحديثة على التصوير الحراري بالأشعة تحت الحمراء لاكتشاف الأهداف في الظلام أو الظروف الجوية الصعبة.

يمكن للكاميرات الحرارية اكتشاف حرارة الأجسام البشرية والمركبات، مما يجعلها مثالية لتحديد العدو في البيئات منخفضة الرؤية. مثال :صواريخ Javelin المضادة للدروع تستخدم التصوير الحراري لتحديد الهدف وضربه بدقة عالية حتى في الليل.

١٨ـالتصوير بالليزر في التوجيه الذكي:

١٨ـ١ـالتصويب الليزري وتوجيه الصواريخ:

تعتمد العديد من الصواريخ والقنابل الذكية على التوجيه بالليزر، حيث يتم إرسال شعاع ليزري إلى الهدف، وتتبعه القذيفة لضربه بدقة.

يتم استخدام هذه التقنية في القنابل الموجهة بالليزر مثل Paveway وصواريخ Hellfire.

١٨ـ٢ـمناظير الليزر في الأسلحة الفردية:

تستخدم الأسلحة الخفيفة مؤشرات ليزرية تساعد الجنود على التصويب بدقة دون الحاجة إلى رفع السلاح إلى مستوى العين.

مثال: المناظير الليزرية في بنادق M4A1 تساعد في التصويب الفوري خاصة في القتال القريب.

Open Access article distributed under the Creative Commons Attribution License permiting unrestricted use in any medium, provided the work is pr cited.

١٩-التصوير في الطائرات بدون طيار (الدرونز) والصواريخ الذكية:

١٩-١استخدام الدرونز في الاستطلاع والتوجيه:

الطائرات بدون طيار تعتمد على كاميرات بصرية وحرارية لتحديد الأهداف قبل تنفيذ الضربات الجوية.

بعض الدرونز مثل MQ-9 Reaper تمتلك أنظمة تصوير متقدمة تسمح لها بتوجيه القنابل الذكية والصواريخ إلى أهدافها بدقة.

١٩-٢-التصوير في الصواريخ الموجهة ذاتيًا:

بعض الصواريخ الحديثة مثل AGM-114 Hellfire وTomahawk تحتوي على كاميرات فيديو مدمجة تمكن المشغلين من تغيير مسار الصاروخ أثناء الطيران بناءً على الصور الحية.

٢٠-التصوير بالأقمار الصناعية والرادارات في التوجيه العسكري:

٢٠-١-الأقمار الصناعية في تحديد الأهداف بعيدة المدى:

تُستخدم الأقمار الصناعية المزودة بكاميرات فائقة الدقة لرصد تحركات العدو وتوجيه الصواريخ الباليستية نحو الأهداف الاستراتيجية.

مثال: تستخدم الولايات المتحدة شبكة أقمار صناعية مثل GPS وLacrosse لمساعدة الصواريخ الموجهة على إصابة أهدافها بدقة متناهية.

٢١-الرادارات والتصوير بالرؤية الرادارية:

يتم دمج التصوير الراداري مع أنظمة التصوير الحراري لتحديد الأهداف حتى في الظروف الجوية السيئة.

مثال: تستخدم طائرات F-35 أنظمة تصوير متقدمة تعتمد على الرادارات المدمجة والتصوير الحراري لتمييز الأهداف وإصابة التهديدات الجوية بدقة.

٢٢-الذكاء الاصطناعي في التصوير والتوجيه التلقائي:

٢٢-١-تحليل الصور لتحديد الأهداف تلقائيًا:

تستخدم الجيوش الذكاء الاصطناعي لتحليل الصور القادمة من الطائرات بدون طيار والأقمار الصناعية لتحديد الأهداف بدقة.

يمكن للأنظمة الحديثة التعرف على المركبات العسكرية والجنود باستخدام تقنيات التعرف على الأنماط والتعلم العميق.

مثال: نظام Project Maven الأمريكي يستخدم الذكاء الاصطناعي لتحليل صور الفيديو وتحديد التهديدات تلقائيًا.

٢٢-٢-تطوير أسلحة ذاتية التوجيه:

بعض الصواريخ الحديثة مثل LOCAASقادرة على اتخاذ قرارات ذاتية بناءً على الصور التي تلتقطها أثناء الطيران.

هذه الصواريخ يمكنها تمييز الأهداف العسكرية من الأهداف المدنية وتقليل الأضرار الجانبية.

يعتبر التصوير أحد أهم التقنيات التي طورت دقة التوجيه والتصويب في الأسلحة الحديثة، حيث أدى إلى زيادة قدرة الجيوش على إصابة الأهداف بدقة متناهية مع تقليل الخسائر البشرية .ومع استمرار تطور الذكاء الاصطناعي وتقنيات التصوير، يُتوقع أن تصبح الأسلحة المستقبلية أكثر ذكاءً واستقلالية في تحديد الأهداف.

٢٣-التصوير في تطوير الأسلحة النووية والمتفجرات:

يُعتبر التصوير أداةً أساسية في تطوير الأسلحة النووية والمتفجرات، حيث يُستخدم في تحليل الانفجارات، دراسة تأثيراتها، وتحسين كفاءة القنابل والأسلحة المتفجرة. من خلال التصوير عالي السرعة، التصوير الحراري، والتصوير بالأشعة السينية، تمكن العلماء والمهندسون من فهم كيفية حدوث التفجيرات، مما أدى إلى تحسين تصاميم الأسلحة وجعلها أكثر فتكًا ودقة.

٢٣-١-التصوير عالي السرعة في دراسة الانفجارات:

أ- تحليل مراحل الانفجار:

يتم استخدام الكاميرات عالية السرعة (Ultra-High-Speed Cameras) لتسجيل المراحل الدقيقة للانفجارات النووية والتقليدية.

هذه الكاميرات قادرة على التقاط ملايين الإطارات في الثانية، مما يساعد العلماء على تحليل كيفية انتشار موجات الانفجار وتفاعلها مع الهواء والمواد المحيطة.

مثال: خلال اختبارات القنبلة النووية في مشروع مانهاتن(1945) ، استخدم العلماء تصويرًا فائق السرعة لدراسة كيفية تطور كرة النار والانفجار الناتج عن القنبلة الذرية.

ب- اختبار فعالية المتفجرات التقليدية:

التصوير البطيء يسمح للباحثين بتحليل كيفية تفاعل المواد المتفجرة مع الأهداف، مثل الهياكل الخرسانية أو الدروع.

يتم استخدام هذا النوع من التصوير لتحسين تصميم القنابل الخارقة للتحصينات والقنابل الفراغية.

٢٣-٢-التصوير بالأشعة السينية في تطوير الأسلحة النووية:

أ- تحليل المواد النووية بدون تفجير:

تستخدم الأشعة السينية لتحليل المواد الانشطارية داخل القنابل النووية دون الحاجة إلى تفجيرها، مما يساعد العلماء على ضبط تفاعل الانشطار النووي وتحسين كفاءة القنابل.

مثال: في مشروعStockpile Stewardship ، تستخدم الولايات المتحدة الأشعة السينية لدراسة التغيرات في البلوتونيوم واليورانيوم داخل الأسلحة النووية القديمة.

ب- تحليل موجات الضغط والانفجار الداخلي:

التصوير بالأشعة السينية يسمح للعلماء بمراقبة كيفية انتقال موجات الضغط داخل المتفجرات، مما يساعد في تحسين تصاميم الرؤوس الحربية النووية.

٢٤- التصوير الحراري في تحليل تأثيرات الأسلحة:

٢٤-١-دراسة انتشار الحرارة والانفجار:

يتم استخدام الكاميرات الحرارية لرصد درجات الحرارة الهائلة الناتجة عن الانفجارات النووية والمتفجرات التقليدية.

يساعد هذا العلماء في تطوير أسلحة حرارية أكثر كفاءة، مثل القنابل الحارقة والنابالم. مثال: تم استخدام التصوير الحراري لدراسة الانفجارات النووية في اختبارات "كاسل برافو(1954) "، والتي أظهرت قوة انفجارية أكبر مما كان متوقعًا.

٢٤-٢-تحليل تأثير الانفجارات على البيئة والإنسان:

تُستخدم الكاميرات الحرارية لدراسة كيفية تأثير الحرارة على المباني والجنود والمركبات، مما يساعد في تطوير استراتيجيات دفاعية ضد الأسلحة الحرارية.

٢٥- التصوير بالأقمار الصناعية في مراقبة التجارب النووية:

٢٥-١-رصد التفجيرات النووية في الدول الأخرى:

تُستخدم الأقمار الصناعية المزودة بكاميرات متطورة لمراقبة التجارب النووية وتحديد مواقع الانفجارات في الدول الأخرى.

مثال: خلال الحرب الباردة، استخدمت الولايات المتحدة أقمارًا صناعية مثل Vela لاكتشاف الاختبارات النووية السرية التي أجرتها دول أخرى.

٢٥-٢-تحليل سحب الفطر النووي ومسارات الإشعاع:

تسمح صور الأقمار الصناعية للعلماء بدراسة كيفية انتشار سحب الإشعاع النووي وتأثيرها على الغلاف الجوي.

هذه البيانات تساعد في وضع استراتيجيات لمواجهة الكوارث النووية وحماية السكان من التداعيات الإشعاعية.

٢٦-التصوير في تطوير القنابل الذكية والرؤوس الحربية المتقدمة:

٢٦-١-تحليل أداء الرؤوس الحربية النووية والصواريخ:

تُستخدم تقنيات التصوير لدراسة كيفية تصرف الرؤوس الحربية النووية أثناء الطيران والتأكد من دقة انفجارها عند الوصول إلى الهدف.

يتم دمج أنظمة التصوير مع الذكاء الاصطناعي لتحليل مسار الصواريخ وتوجيهها بدقة.

٢٦-٢-تحليل تفجير القنابل الفراغية والأسلحة الحرارية:

تستخدم الكاميرات عالية الدقة لدراسة كيفية انتشار موجة الضغط الناجمة عن القنابل الفراغية(Thermobaric Bombs) ، مما يساعد في تحسين فعاليتها في تدمير التحصينات.

مثال: استخدمت الولايات المتحدة التصوير عالي السرعة لدراسة تأثير قنابل MOAB (Mother of All Bombs) أثناء الاختبارات.

٢٧- تصوير الذخائر:

٢٧-١-استخدام الصورة في الذخائر الذكية:

تلعب الصورة والتصوير المتقدم دورًا محوريًا في تطوير الذخائر الذكية، حيث تعتمد على أنظمة رؤية متقدمة مثل الكاميرات البصرية، الأشعة تحت الحمراء، التصوير الراداري، والذكاء الاصطناعي لتحديد الأهداف وضربها بدقة. هذه التقنيات جعلت الأسلحة أكثر دقة وفتكًا، وأقل تأثيرًا على الأهداف غير العسكرية، مما أدى إلى تقليل الأضرار الجانبية وزيادة كفاءة العمليات العسكرية.

٢٧-٢-دور أنظمة التصوير في الذخائر الذكية:

أ-التوجيه البصري(Optical Guidance)

تعتمد الذخائر الذكية على كاميرات بصرية عالية الدقة لرصد الأهداف والتحقق منها قبل التفجير.

مثال: القنابل والصواريخ التي تستخدم التوجيه الكهروبصري (Electro-Optical Guidance)، حيث يتم تزويدها بكاميرات قادرة على التقاط صور للهدف أثناء الطيران وتصحيح المسار تلقائيًا.

ب-التصوير الحراري والأشعة تحت الحمراء(IR Guidance)

تستخدم الذخائر الذكية كاميرات حرارية لاكتشاف حرارة الأجسام، مما يجعلها فعالة حتى في الظروف الليلية والطقس السيئ. مثال لذلك صواريخ AGM-65 Maverickتستخدم التصوير الحراري لتحديد المركبات المدرعة والأهداف الساخنة.

صورة (٧) صواريخ AGM-65 Maverickباستخدام التصوير الحراري

ج- التصوير الراداري(Radar Imaging) :

تُستخدم أنظمة الرادار ذي الفتحة الاصطناعية (SAR - Synthetic Aperture Radar) لإنشاء صور ثلاثية الأبعاد للأهداف، مما يسمح بتحديدها حتى في الضباب أو تحت الأرض. مثال: صواريخ Storm Shadowتستخدم التصوير الراداري لاستهداف المخابئ المحصنة والمنشآت تحت الأرض .Bovenga, F. (Ed.). (2020)).

شكل (٨) يوضح صواريخ Storm Shadowتستخدم التصوير الراداري لاستهداف المخابئ المحصنة والمنشآت تحت الأرض

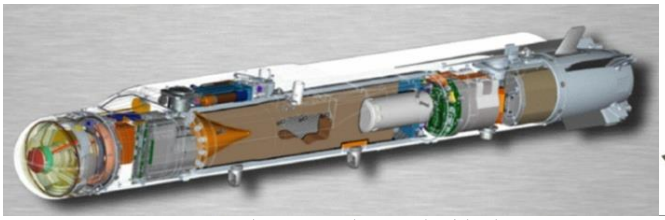
د- التصوير عبر الأقمار الصناعية والطائرات بدون طيار:

يتم استخدام صور الأقمار الصناعية والطائرات المسيرة في تحليل الأهداف مسبقًا، وتحميل بياناتها إلى الصواريخ الذكية لضمان دقة الضربة. الذخائر الحديثة مثل Tomahawk Block Vيمكنها تعديل مسارها أثناء الطيران بناءً على صور حية يتم إرسالها عبر الأقمار الصناعية.

٢٧-٣- تقنيات الذكاء الاصطناعي والتعرف على الصور في الذخائر الذكية:

أ- الرؤية الحاسوبية والتعرف على الأنماط:

يتم استخدام الذكاء الاصطناعي لتحليل الصور القادمة من الذخائر أثناء الطيران، مما يمكنها من التعرف على الأهداف تلقائيًا وتفادي الأهداف غير العسكرية. مثال: القنابل الذكية مثل SDB II (Small Diameter Bomb II)تستخدم تقنيات التعرف على الأهداف بالصور لتمييز الدبابات عن السيارات العادية.



شكل رقم (٩) يوضح استخدام الذكاء الاصطناعي لتحليل الصور القادمة من الذخائر

انظمة التوجيه الخاصة بالقنبلة تمزج بين الرأس الباحث، و انظمة التوجيه الداخلي و بالاقمار الاصطناعية، والتوجيه عن طريق قناة ثنائية لتلقي المعلومات (داتا لينك)، حيث توفر القناة الاولى الاتصال مع الطائرة و القناة الثانية الاتصال مع القاعدة الارضية، مما يعطيها القدرة على استهداف الاهداف المتحركة.

باحث القنبلة الثلاثي به نظام توجيه نصف نشط ليزري، نظام راداري MMWI و نظام توجيه حراري لتوجيه الراداري ونظام التصوير الحراري يعطي للقنبلة خاصية اطلق وانسى في كافة الحالات الجوية

التوجيه الذاتي عبر التعلم الآلي:

يتم تدريب الذخائر الحديثة باستخدام بيانات ضخمة من الصور الجوية والمعلومات الاستخباراتية لتحسين دقتها في التعرف على الأهداف الحقيقية وتجاهل التمويهات والخداع.

Open Access article distributed under the Creative Commons Attribution License permiting unrestricted use in any medium, provided the work is pr cited.

أمثلة على الذخائر الذكية التي تعتمد على التصوير:

الميزات الرئيسية	نوع التصوير المستخدم	نوع التوجيه	السلاح
استهداف الدبابات والمركبات	تصوير حراري وكهروبصري	ليزري / حراري	AGM-114 Hellfire
يستهدف الأهداف المتحركة بدقة عالية	تصوير حراري ورادار	ذكاء اصطناعي	GBU-53/B StormBreaker
تغيير المسار أثناء الطيران	كاميرات بصرية وأقمار صناعية	GPS / تصوير بصري	Tomahawk Block V
اختيار الأهداف تلقائيًا	التعرف على الصور	ذكاء اصطناعي	SDB II (Small Diameter Bomb II)
ضرب الأهداف المتحركة بدقة عالية	تصوير حراري وكاميرات بصرية	ليزري / تصوير حراري	Brimstone Missile

٢٧-٤- فوائد استخدام التصوير في الذخائر الذكية:

- **زيادة دقة الضربات:** تقليل الأخطاء والأضرار الجانبية عبر تحديد الأهداف بدقة.
- **إمكانية العمل في أي بيئة:** تعمل الذخائر الذكية في النهار، الليل، الضباب، وحتى تحت الأرض.
- **استهداف تلقائي دون تدخل بشري:** القدرة على التعرف على الأهداف تلقائيًا وتجنب الأهداف المدنية.
- **إمكانية تغيير الهدف أثناء الطيران**: الصواريخ الحديثة يمكنها تحديث مسارها بناءً على الصور الحية.

تعريف الذخائر الذكية:

الذخائر الذكية هي نوع من الأسلحة والذخائر المتطورة التي تعتمد على التكنولوجيا الحديثة مثل الذكاء الاصطناعي، أنظمة التوجيه الذاتي، وتقنيات التصوير والاستشعار لضرب الأهداف بدقة عالية مع تقليل الأضرار الجانبية. وتشمل هذه الذخائر الصواريخ، القنابل، القذائف، والطوربيدات التي يمكنها تصحيح مسارها تلقائيًا بناءً على بيانات لحظية من أجهزة الاستشعار.

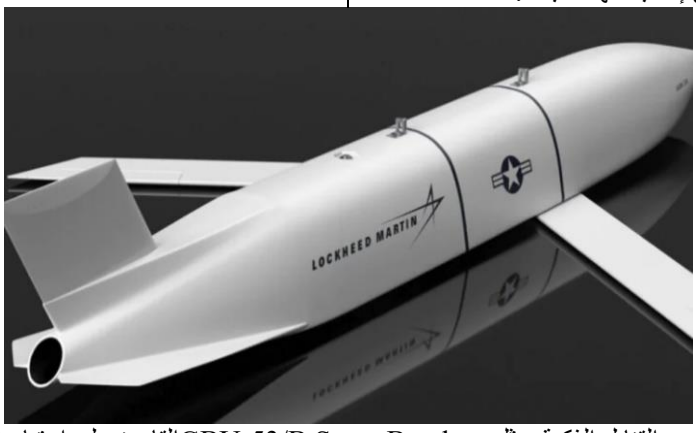
خصائص الذخائر الذكية:

- **دقة عالية:** تستخدم أنظمة توجيه متقدمة مثل GPS، الليزر، والتصوير الحراري لضمان إصابة الهدف بدقة.
- **التوجيه الذاتي:** بعض الذخائر تستطيع اتخاذ قرارات أثناء الطيران لتعديل مسارها نحو الهدف بدقة.
- **تقليل الأضرار الجانبية:** القدرة على التعرف على الأهداف بدقة يقلل من استهداف المدنيين أو المنشآت غير العسكرية.
- **القدرة على العمل في ظروف صعبة:** يمكنها العمل في الليل، الضباب، والتضاريس المعقدة باستخدام الرؤية الحرارية أو الرادارية.
- **إمكانية ضرب أهداف متحركة:** الذخائر الذكية قادرة على متابعة الأهداف المتحركة وضربها بدقة.

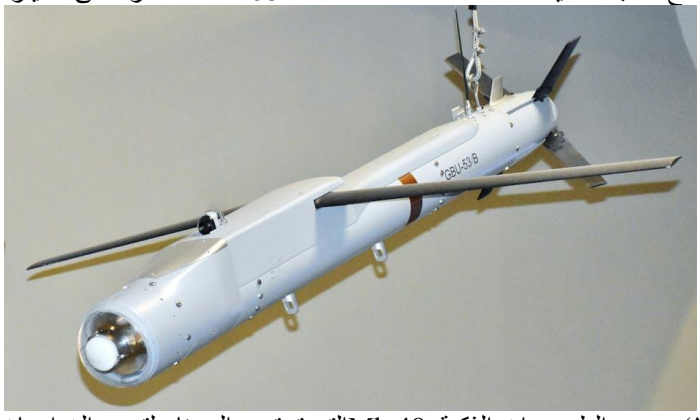
أنواع الذخائر الذكية:

الصواريخ الذكية: مثل AGM-158 JASSM التي تستخدم توجيه GPS ورؤية بصرية.

يستخدم صاروخ AGM -158 JASSM نظام توجيه متطور يتضمن نظام ملاحة بالقصور الذاتي (INS) ونظام تحديد المواقع العالمي(GPS) ، على غرار الأنظمة المستخدمة في قنابل JDAM و.JSOW وللتوجيه النهائي، يستخدم الصاروخ جهاز بحث بالأشعة تحت الحمراء(IIR) ، والذي يقارن الصورة الفعلية للهدف بصورة مرجعية مخزنة مسبقًا .



شكل (١٠) يوضح القنابل الذكية :مثل GBU-53/B StormBreakerالقادرة على اختيار الأهداف تلقائيًا.



شكل (١١) يوضح الطوربيدات الذكية Mk 48التي تستخدم السونار لتحديد الغواصات وتتبعها.

شكل (١٢) يوضح القذائف الذكية Excaliburالتي تستهدف المواقع بدقة عبر نظام.GPS

٢٨-دور معدات التصوير في تطور المسيرات:

تُعد معدات التصوير أحد أهم العناصر في تطور الطائرات المسيرة، حيث ساهمت بشكل مباشر في تحسين أداء المهام العسكرية، الاستطلاعية، والتجارية لهذه الطائرات. مع تقدم تقنيات التصوير الكهروبصري، الأشعة تحت الحمراء، والتصوير عالي الدقة، أصبحت الطائرات المسيرة أكثر كفاءة في المراقبة، الاستهداف، والتوجيه الذاتي.

٢٩-تقنيات التصوير المستخدمة في الطائرات المسيرة:

أ- التصوير الكهروبصري(Electro-Optical Imaging) :

تعتمد هذه التقنية على الكاميرات البصرية عالية الدقة التي توفر صورًا وفيديوهات واضحة في ضوء النهار. تُستخدم في الاستطلاع العسكري، تحديد الأهداف، وتوجيه الصواريخ الذكيةمثال: الكاميرات المثبتة على الطائرة MQ-9 Reaper الأمريكية.

شكل (١٣) يوضح (Electro-Optical Imaging

ب- التصوير بالأشعة تحت الحمراء(Infrared Imaging) :

- يُستخدم للرؤية الليلية أو في الظروف الجوية السيئة مثل الضباب والدخان. تعتمد هذه التقنية على التقاط الحرارة المنبعثة من الأجسام، مما يسمح بتحديد الأهداف المخفية. مثال: أنظمة التصوير في المسيرة Bayraktar TB2 التركية.

٣٠- أنظمة التصوير بالرادار (Synthetic Aperture Radar SAR):

- تتيح رؤية الأهداف حتى في الظروف الجوية القاسية)مثل العواصف أو المطركما انها قادرة على اختراق التضاريس والسطوح للكشف عن الأهداف المموهة مثال :رادارات AN/APG-77المستخدمة في الطائرات المسيرة المتقدمة.

٣٠-١-التصوير ثلاثي الأبعاد (3D Imaging) والمسح الجغرافي:

- تستخدم بعض الطائرات المسيرة كاميرات LiDAR لإنشاء خرائط ثلاثية الأبعاد بدقة عالية.
- تُستخدم في الأغراض العسكرية لتحديد التضاريس بدقة قبل شن الهجمات، وأيضًا في المجالات المدنية مثل التخطيط العمراني والزراعة الذكية.

٣٠-٢- تأثير معدات التصوير على تطور المسيرات العسكرية:

- **تحسين دقة الاستهداف:** تمكنت الطائرات المسيرة الحديثة من توجيه القنابل الذكية والصواريخ الدقيقة باستخدام التصوير الكهروبصري والأشعة تحت الحمراء، مما زاد من فعالية الضربات الجوية.
- **الاستطلاع والمراقبة المتقدمة:** تسمح تقنيات التصوير الحديثة للطائرات المسيرة بجمع بيانات استخباراتية دقيقة في الوقت الحقيقي، مما يساعد في اتخاذ قرارات عسكرية استراتيجية.
- **تطور أنظمة التوجيه الذاتي:** تعمل الكاميرات المتقدمة مع الذكاء الاصطناعي لتمكين المسيرات من الطيران بشكل مستقل، مثل الطائرات الانتحارية المسيرة التي تبحث عن الأهداف تلقائيًا قبل مهاجمتها.
- **تحسين قدرات الحرب الليلية:** أصبحت الطائرات المسيرة قادرة على تنفيذ عمليات معقدة في الظلام الكامل باستخدام تقنيات التصوير الحراري.

٣٠-٣-التطبيقات المدنية لمعدات التصوير في الطائرات المسيرة:

- **التصوير الجوي الاحترافي:** تُستخدم الطائرات المسيرة المزودة بكاميرات عالية الدقة في الإنتاج السينمائي، الصحافة، والتصوير الفوتوغرافي.
- **الزراعة الذكية:** يتم استخدام كاميرات متعددة الأطياف لمراقبة صحة المحاصيل وتحديد المناطق التي تحتاج إلى ري أو مكافحة الآفات.
- **الإنقاذ والطوارئ:** تساعد الكاميرات الحرارية في البحث عن المفقودين أثناء الكوارث الطبيعية مثل الزلازل والفيضانات.
- **الأمن والمراقبة:** تُستخدم المسيرات في مراقبة الحدود والمنشآت الحيوية باستخدام أنظمة التصوير الليلي والراداري.

٣٠-٤- مستقبل التصوير في الطائرات المسيرة:

دمج الذكاء الاصطناعي في التصوير:

ستتمكن الطائرات المسيرة قريبًا من تحليل الصور والفيديوهات بشكل فوري واتخاذ قرارات ذاتية أثناء العمليات.

تطوير كاميرات بدقة ٨ K وما بعد:

تحسين جودة التصوير سيزيد من كفاءة الطائرات المسيرة في الاستطلاع وجمع البيانات الجغرافية والعسكرية.

التصوير الفائق الطيفية (Hyperspectral Imaging):

هذه التقنية ستسمح بكشف الأجسام المخفية حتى لو كانت مموهة أو مدفونة تحت الأرض.

أنظمة التصوير الكمومي (Quantum Imaging):

قد تحدث ثورة في الطائرات المسيرة من خلال توفير رؤية أكثر دقة حتى في الظروف البيئية الصعبةTop of Form.

Open Access article distributed under the Creative Commons Attribution License permiting unrestricted use in any medium, provided the work is pr cited.

نظام التصوير الكهروبصري (Electro-Optical Imaging System - EOIS)

ما هو نظام التصوير الكهروبصري؟

نظام التصوير الكهروبصري (EO) هو تقنية تعتمد على الكاميرات البصرية المتطورة لالتقاط صور وفيديوهات عالية الدقة للأهداف والمناطق المستهدفة .يستخدم هذا النظام في الطائرات العسكرية، الطائرات بدون طيار(UAVs) ، السفن الحربية، والأقمار الصناعية لمهام الاستطلاع، المراقبة، وتوجيه الأسلحة الذكية.

يتميز التصوير الكهروبصري بقدرته على العمل في النهار، بينما يُستخدم إلى جانبه التصوير الحراري (Infrared - IR) للرؤية الليلية والعمليات في البيئات ذات الإضاءة المنخفضة.

مكونات نظام التصوير الكهروبصري:

يتكون النظام من عدة مكونات أساسية تضمن التصوير الفائق الدقة وتحليل البيانات في الزمن الحقيقي:

١-الكاميرات عالية الدقة (HD Cameras):

- تُستخدم لالتقاط صور وفيديوهات واضحة بتقنية Full HD أو 4k.
- مزودة بعدسات تكبير بصري (Optical Zoom) وإلكتروني لرصد الأهداف من مسافات بعيدة.
- توفر تفاصيل دقيقة مثل وجوه الأفراد، لوحات المركبات، والمباني.

شكل (١٤) يوضح كاميرات الفيديو الاحترافية Canon XC10

يسجيل المشاهد بدقة 4k بسرعة تصل إلى ٣٠٥ ميجابت في الثانية/٨/٤:٢:٢ بت

٢- أنظمة التكبير والتصغير(Zoom Systems)

- تتيح التكبير البصري حتى ٢٠ xأو أكثر دون فقدان الجودة.
- تُستخدم في تحديد الأهداف الصغيرة والتعرف على التفاصيل الدقيقة.

٣- أنظمة التثبيت الجيروسكوبي (Gyro-Stabilized Platforms)

- تمنع تأثير اهتزاز الطائرات أو المركبات على جودة الصورة.
- تحافظ على وضوح الصورة عند تتبع الأهداف المتحركة.

٤- أنظمة التتبع الذكية (Auto Target Tracking)

- تعتمد على الذكاء الاصطناعي لمتابعة الأهداف المتحركة تلقائيًا.
- تُستخدم في تحديد وتتبع المركبات، الأفراد، والطائرات الأخرى.

٥- مستشعرات التصوير متعدد الأطياف (Multispectral Sensors)

- تستطيع التقاط صور بأطوال موجية مختلفة مثل الضوء المرئي، الأشعة تحت الحمراء، والأشعة فوق البنفسجية.
- تُستخدم في الكشف عن التمويهات العسكرية أو المواد الكيميائية.

شكل (١٥) يوضح مستشعرات التصوير متعدد الأطياف(Multispectral Sensors)

٦- جهاز استشعار التصوير متعدد الأطياف SYERS-2A

جهاز يدعم جمع المعلومات الاستخباراتية الاستراتيجية على متن الطائرة U-2 منذ ستينيات القرن العشرين وحتى الوقت الحاضر، حيث يجمع سبعة نطاقات طيفية في وقت واحد، مما يوفر صورًا عالية الدقة للغاية من مسافة بعيدة. تتيح قدرة النظام على استخدام الأشعة تحت الحمراء ذات الموجات القصيرة والمتوسطة العمل في ظروف الإضاءة المنخفضة، واختراق الضباب والدخان

٣١-أنواع أنظمة التصوير الكهروبصري:

نظام التصوير الكهروبصري المحمول جواً (Airborne EO Systems)

- مثل الموجود في الطائرات المقاتلة، والطائرات بدون طيار مثل .MQ-9 Reaper

نظام التصوير البحري (Naval EO Systems) :

- مُستخدم في السفن الحربية لرصد الأهداف البحرية والغواصات.

نظام التصوير الأرضي (Ground EO Systems):

- يُستخدم في المركبات العسكرية للمراقبة والاستطلاع الأرضي.

نظام التصوير الفضائي (Satellite EO Systems):

يُستخدم في الأقمار الصناعية للاستطلاع والاستخبارات الجغرافية.

-تُعرف الصور الفضائية أو ما يُطلق عليها بصور الأقمار الصناعية بالإنجليزية satellite imagery بأنّها الصور التي تمّ التقاطها بواسطة الأقمار الصناعية للأرض أو للكواكب الأخرى، وتُعدّ هذه الصور إحدى البيانات المُتعلّقة بتقنية الاستشعار عن بعد بالإنجليزية remote sensing والتي تهدف إلى مراقبة ودراسة الأرض وديناميكيّتها من الفضاء.

وتُلتقط الصور الفضائية بواسطة الاقمار الصناعية باللونين الأبيض والأسود، لكن من خلال عمليات معالجة الصور الفضائيّة باستخدام الكمبيوتر يُمكن عرض الصورة في ثلاثة نطاقات من الألوان؛ وهي: الأحمر، والأخضر، والأزرق، وعند دمج النطاقات الثلاث في وقت واحد يتمّ الحصول على صورة فضائية مُركّبة وملوّنة.

استخدامات أنظمة التصوير الكهروبصري:

- **الاستخبارات والمراقبة والاستطلاع (ISR):** مراقبة تحركات الأفراد والمركبات والأهداف العسكرية.
- **توجيه الذخائر الذكية:** تحديد الأهداف بدقة لمساعدة الصواريخ والقنابل الذكية.
- **العمليات الأمنية ومكافحة الإرهاب:** تتبع المشتبه بهم والتعرف على الأشخاص.
- **البحث والإنقاذ:** تحديد مواقع الناجين في البيئات الصعبة.

- **حماية الحدود:** مراقبة المعابر والمناطق الحدودية باستخدام طائرات استطلاع

٣٢- أبرز تطبيقات التصوير المتقدم في تصميم وتطوير الذخائر:

تلعب تقنيات التصوير المتقدم دورًا رئيسيًا في تطوير الأسلحة والذخائر، حيث تسهم في تحسين الدقة، وزيادة الفعالية، وتقليل الأخطاء، وتعزيز أداء الأنظمة العسكرية. فيما يلي بعض أبرز التطبيقات:

١- التصوير عالي السرعة (High-Speed Imaging)

- يُستخدم لتتبع مسار الذخيرة أثناء الإطلاق وتحليل حركتها في الهواء.
- يساعد في دراسة تأثير الارتداد والانفجارات على بنية الذخائر.
- يساهم في تحسين تصميم الرؤوس الحربية وتطوير تقنيات تفجير أكثر فاعلية.

٢- التصوير الحراري (Thermal Imaging):

- يُستخدم في تتبع حرارة الأسلحة بعد الإطلاق لتحسين كفاءة التبريد ومنع ارتفاع الحرارة المفرط.
- يساعد في تقييم أداء الذخائر الحرارية وتأثيرها على الأهداف المختلفة.
- يُستخدم لاختبار استقرار المتفجرات في ظروف بيئية مختلفة.

٣- التصوير الطيفي (Spectral Imaging)

- يُستخدم في تحليل التفاعل الكيميائي للمواد المتفجرة والتأكد من كفاءة مكوناتها.
- يساعد في الكشف عن العيوب في تصنيع الذخائر، مما يضمن موثوقية الأداء.
- يُستخدم في دراسة تأثير المتفجرات على المواد المختلفة لتحسين دقة استهداف الأهداف.

٤- التصوير بالأشعة السينية (X-ray Imaging):

- يُستخدم لفحص الهيكل الداخلي للذخائر دون الحاجة إلى تفكيكها.
- يساعد في اكتشاف العيوب أو التشققات في الذخائر أثناء التصنيع، مما يقلل من احتمالات الفشل.
- يُستخدم لفحص دقة التجميع وتحليل مدى تفاعل المواد المتفجرة عند التفجير.

٥- التصوير بالليزر (Laser Imaging) وتقنيات التصوير ثلاثي الأبعاد (3D Imaging)

- يُستخدم في تحليل ديناميكية حركة الذخائر وتقييم تأثير الرياح والبيئة على دقتها.
- يساهم في تطوير نماذج حاسوبية لمحاكاة أداء الذخائر في البيئات القتالية.
- يُستخدم في تحسين تصميم القذائف الموجهة وتطوير تكنولوجيا التوجيه الذاتي.

٦- التصوير بالرادار (Radar Imaging) والتصوير بالموجات فوق الصوتية(Ultrasound Imaging) :

- يُستخدم في تتبع الذخائر أثناء الطيران وتحليل تأثير العوامل الجوية عليها.
- يساعد في تطوير أنظمة استشعار ذكية تُستخدم في الذخائر الموجهة بدقة عالية.
- يُستخدم للكشف عن العيوب الهيكلية داخل القذائف والذخائر غير المنفجرة.

٣٣- التحديات التقنية المرتبطة باستخدام تقنيات التصوير في المجال العسكري:

رغم التقدم الكبير في تقنيات التصوير وتوسع استخدامها في النظم العسكرية الحديثة، إلا أن هناك عددًا من التحديات التقنية التي لا تزال تؤثر على فاعلية هذه الأنظمة، وتحدّ من تحقيق الاستفادة القصوى منها في ساحات القتال المعقدة. وتشمل هذه التحديات ما يلي:

١- التحديات المتعلقة بوضوح الصورة في البيئات الميدانية:

تتأثر جودة الصور العسكرية بعوامل مناخية وبيئية مثل الضباب والغبار والأمطار والدخان، وهي ظروف تقلل من فعالية الرؤية وتعقّد عملية تمييز الأهداف بدقة (العامري، ٢٠٢١). ويستلزم ذلك تطوير تقنيات معالجة متقدمة قادرة على تحسين الصور المُلتقطة في البيئات القاسية، سواء كانت جبلية أو صحراوية أو حضرية.

٢- صعوبات في سرعة معالجة كميات البيانات الضخمة:

تنتج أنظمة التصوير العسكرية الحديثة، خاصة التي تستخدم التصوير عالي الدقة أو عالي السرعة، بيانات ضخمة تحتاج إلى تحليل فوري لاتخاذ قرارات ميدانية حاسمة. تتطلب هذه الكمية الكبيرة من البيانات قدرات متقدمة في المعالجة اللحظية باستخدام الذكاء الاصطناعي والخوارزميات الذكية (العنزي، ٢٠٢٢).

٣- القيود التقنية في التصوير الليلي والحراري:

رغم فعالية التصوير الليلي والحراري، إلا أن بعض الأنظمة تعاني من ضعف الأداء في ظروف الرؤية البعيدة، أو عند وجود مصادر حرارية متعددة تخلق تشويشًا في الصورة. يُبرز هذا الحاجة إلى تحسين حساسية المستشعرات الحرارية وتطوير تقنيات فصل الإشارات الحرارية المعقدة (الحازمي، ٢٠٢٣).

٤- التحديات الناتجة عن التشويش الإلكتروني والبصري:

تعتمد بعض الجهات المعادية على تنفيذ هجمات تشويشية إلكترونية أو بصرية لتعطيل أنظمة التصوير والاستطلاع. وهذا يتطلب من المطورين العسكريين تعزيز قدرة أنظمة التصوير على مقاومة تلك التدخلات، من خلال تعزيز التشفير والحماية السيبرانية وإضافة خصائص التشويش العكسي (السلمي، ٢٠٢١).

٥- استهلاك الطاقة ومحدودية الاستدامة في الأنظمة المحمولة:

تُعد أنظمة التصوير المحمولة أو المستخدمة ميدانيًا ذات استهلاك عالٍ للطاقة، مما يحد من قدرتها التشغيلية في المهمات الطويلة. هناك حاجة ماسة لتطوير بطاريات ذات كفاءة أكبر، مع التركيز على تقنيات تصوير منخفضة الاستهلاك للطاقة للحفاظ على الأداء والاستمرارية (العتيبي، ٢٠٢٢).

٦- ضعف دقة التمييز بين الأهداف العسكرية والمدنية:

قد تُواجه بعض أنظمة التصوير صعوبة في التفرقة بين أهداف مدنية وعسكرية في مناطق مزدحمة أو مموهة، مما قد يؤدي إلى قرارات غير دقيقة في الاستهداف. وهذا يستدعي تطوير خوارزميات تحليل صور تعتمد على التعلم العميق لتحسين الدقة في التعرف على الأهداف (الشمري، ٢٠٢٣).

٧- التكاليف المرتفعة لتطوير وصيانة الأنظمة:

يتطلب تصميم وصيانة أنظمة التصوير العسكري المتقدمة استثمارات ضخمة، سواء في مجالات البحث والتطوير أو في عمليات التحديث المستمر، ما يُمثل تحديًا أمام بعض الدول والمؤسسات العسكرية ذات الميزانيات المحدودة (الهاجري، ٢٠٢١). لذا، من المهم التركيز على حلول أكثر اقتصادية دون التضحية بالكفاءة التشغيلية.

٨- المخاطر السيبرانية وحماية المعلومات الحساسة:

تتضمن الصور والبيانات التي تجمعها أنظمة التصوير معلومات استراتيجية قد تكون عرضة للاختراق من قبل جهات معادية. ومن هنا تبرز أهمية تعزيز بروتوكولات التشفير وتأمين نقل وتخزين البيانات باستخدام تقنيات متقدمة في الأمن السيبراني (الخالد، ٢٠٢٢).

صعوبات التكامل مع أنظمة الأسلحة والذكاء الاصطناعي:

تتطلب كفاءة التشغيل الفوري لأنظمة التصوير العسكرية تكاملًا سلسًا مع نظم الأسلحة الذكية والطائرات بدون طيار ووحدات القيادة الآلية. ويُعد تحقيق هذا التكامل تحديًا تقنيًا بسبب تعدد الأنظمة والواجهات البرمجية، مما يتطلب تنسيقًا عالي المستوى في التصميم والتنفيذ (البقمي، ٢٠٢٣).

Open Access article distributed under the Creative Commons Attribution License permiting unrestricted use in any medium, provided the work is pr cited.

الأبعاد الأخلاقية والقانونية لاستخدام تقنيات التصوير في تطوير الأسلحة والذخيرة

مع التطور السريع في تقنيات التصوير والذكاء الاصطناعي، أصبح استخدامها في تطوير الأسلحة والذخائر مسألة تثير جدلاً أخلاقيًا وقانونيًا. فيما يلي أهم الأبعاد التي يجب مراعاتها:

الأبعاد الأخلاقية:

١- مخاطر الاستخدام غير الأخلاقي:

- يمكن استخدام تقنيات التصوير في الحروب والعمليات العسكرية بشكل يؤدي إلى انتهاك حقوق الإنسان، مثل تنفيذ عمليات استهداف دقيقة قد تسفر عن خسائر بين المدنيين.
- قد تؤدي هذه التقنيات إلى "قتل مستهدف" بعيدًا عن ساحات القتال التقليدية، مما يثير تساؤلات حول أخلاقيات القتل عن بعد.

٢- مشكلة التمييز بين الأهداف العسكرية والمدنية:

- رغم دقة أنظمة التصوير الحديثة، لا تزال هناك احتمالية حدوث أخطاء في التعرف على الأهداف، مما قد يؤدي إلى استهداف منشآت مدنية عن غير قصد.
- الحاجة إلى تطوير أنظمة ذكاء اصطناعي قادرة على التمييز الدقيق بين الأهداف، مع وجود إشراف بشري في عمليات اتخاذ القرار.

٣- التأثير على التوازن العسكري والأمن الدولي:

- قد يؤدي تطوير أنظمة التصوير العسكري المتقدمة إلى سباق تسلح بين الدول، مما يزيد من احتمالية اندلاع النزاعات العسكرية.
- إمكانية وصول الجماعات غير الحكومية أو الإرهابية إلى هذه التقنيات يعزز التهديدات الأمنية ويزيد من خطر استخدامها في عمليات غير مشروعة.

٤- الخصوصية والمراقبة المفرطة:

- يمكن استغلال تقنيات التصوير المتطورة، مثل التصوير بالأقمار الصناعية والطائرات المسيرة، في عمليات مراقبة جماعية تنتهك خصوصية الأفراد والمجتمعات.
- تثير هذه التقنيات مخاوف بشأن استخدامها في الأنظمة الاستبدادية لتعزيز الرقابة الحكومية على المواطنين.

٥- مسؤولية اتخاذ القرار في القتل الذاتي بواسطة الذكاء الاصطناعي:

- مع ازدياد استخدام أنظمة التصوير في الأسلحة الذاتية التشغيل، مثل الطائرات المسيرة والأسلحة الذكية، يبرز التساؤل حول من يتحمل المسؤولية الأخلاقية عند حدوث أخطاء في الاستهداف.
- النقاش مستمر حول ما إذا كان ينبغي السماح للأنظمة الذكية باتخاذ قرارات مميتة دون تدخل بشري.

النتائج: Results

- أظهرت نتائج الدراسة أن تقنيات التصوير الرقمي أصبحت مكونًا جوهريًا في هندسة الأسلحة الذكية، حيث أسهمت في تحويل البيانات البصرية إلى قرارات ميدانية دقيقة في وقت حقيقي.
- تبين أن الدمج بين الكاميرات المتقدمة والخوارزميات الذكية يتيح تتبع الأهداف والتعامل معها تلقائيًا دون الحاجة لتدخل بشري مباشر، مما يقلل من هامش الخطأ ويزيد من فعالية الاستجابة.
- لوحظ أن استخدام تقنيات التصوير في البيئات المعقدة مثل المناطق الحضرية أو التضاريس الصعبة يعزز القدرة على الرؤية الدقيقة دون تعريض الأفراد للخطر المباشر.
- أكدت الدراسة أن الاعتماد المتزايد على التصوير الرقمي في أنظمة الذخائر الموجهة والطائرات غير المأهولة أدى إلى تطور نوعي في دقة العمليات وتقليل الخسائر الجانبية.
- كشفت النتائج عن وجود فجوة في التأمين السيبراني لهذه الأنظمة، ما يستدعي الانتباه إلى التهديدات الإلكترونية المحتملة التي قد تستهدف بيانات الصور أو تعطل مهامها.

التوصيات: Recommendation

- تطوير وحدات تصوير ميدانية ذكية قادرة على التكيف مع الظروف المتغيرة مثل الإضاءة، الطقس، والتضاريس من خلال تقنيات تعلّم الآلة.
- تعزيز التكامل بين تقنيات التصوير الرقمي ونظم الذكاء الاصطناعي لتوليد استجابات قتالية شبه ذاتية تحاكي سرعة ودقة القرارات البشرية.
- تبني أنظمة تشفير متقدمة لحماية الصور والمعطيات البصرية الحساسة أثناء انتقالها بين وحدات السلاح المختلفة ومراكز القيادة.
- إنشاء مراكز بحثية متخصصة في "هندسة الصورة القتالية" لتطوير نماذج جديدة تعتمد على التحليل الفوري والذكي للمشهد العسكري.
- دعم برامج تدريبية متخصصة للعاملين في الوحدات القتالية والتقنية لفهم آليات عمل هذه الأنظمة وضمان تشغيلها بكفاءة واستجابة عالية.

المراجع: References

1- Bovenga, F. (Ed.). (2020). Synthetic aperture radar (SAR) techniques and applications. MDPI. -1

2- Grant, B. G. (2016). Getting started with UAV imaging systems: A radiometric guide. SPIE Press.- 2

3- 3- Kahn, L., & Horowitz, M. C. (2023). Who Gets Smart? Explaining How Precision Bombs Proliferate. Journal of Conflict Resolution. https://doi.org/ -

4- 4-Zheng, H., Paiva, A. R., & Gurciullo, C. S. (2020). Advancing from Predictive Maintenance to Intelligent Maintenance with AI and IIoT. arXiv. https://arxiv.org/abs/

٥- الخطيب، ن. (٢٠٢١). تحليل الهياكل باستخدام الأشعة السينية في المركبات العسكرية. المجلة العربية للهندسة، ١٢(٢)، ٨٩-١٠٢.

٦- الزهراني، ع. (٢٠٢٣). تحليل التآكل باستخدام الصور ثلاثية الأبعاد في نظم الصيانة الذكية. مجلة هندسة النظم، ١٨(١)، ٢٣-٣٥.

٧- العتيبي، س. (٢٠٢٠). تطبيقات النمذجة ثلاثية الأبعاد في تصميم قطع الغيار. وقائع المؤتمر الدولي للتقنيات الصناعية، ٥، ١٣٠-١٤١.

٨- الحارثي، م. (٢٠٢١). التصوير ثلاثي الأبعاد في تصميم الأسلحة الحديثة. المجلة الخليجية للتقنيات الدفاعية، ٨(٢)، ١٠١-١١٤.

٩- الحربي، ف. (٢٠٢٣). تحليل الكسور العظمية باستخدام التصوير الشعاعي في البيئات القتالية. وقائع المؤتمر العربي للطب الميداني، ٦، ١٢٢-١٣٥.

١٠- الرشيدي، ع. (٢٠٢٢). تحليل أداء الذخيرة باستخدام التصوير المتقدم. وقائع المؤتمر العربي للأسلحة الذكية، ٧، ٥٩-٧٢.

١١- الرويلي، ن. (٢٠٢٢). التعرف البيومتري ودوره في الحماية المؤسسية. المجلة العربية لتقنيات الأمن، ١١(٢)، ٤٥-٥٩.

١٢- السبيعي، ح. (٢٠٢٣). أنظمة الحماية الحرارية في المنشآت العسكرية الحساسة. وقائع مؤتمر الأمن المتقدم، ٨، ١٠١-

١١٣.
١٣- السويلم، ي. (٢٠٢١). المحاكاة الافتراضية وتطبيقاتها في التدريب القتالي. مجلة التدريب العسكري الحديث، ٩(١)، ٤٤-٥٨.
١٤- الشمري، ر. (٢٠٢٢). تقنيات التصوير في تدريب الطيارين العسكريين. مجلة الطيران الحربي، ١١(٢)، ٦٥-٧٧.
١٥- الشهري، م. (٢٠٢١). أثر التصوير الطبي المتقدم في تشخيص إصابات الجنود. مجلة الطب العسكري، ١٤(١)، ٣٣-٤٥.
١٦- عبدالله، م. (٢٠٢٢). استخدام تقنيات الأشعة في الصيانة الهندسية. مجلة التقنيات العسكرية، ١٥(٣)، ٤٤-٥٧.
١٧- العقيل، ن. (٢٠٢٣). الكشف الحراري عن الأهداف المخفية في البيئات العسكرية. مجلة نظم المراقبة، ١٢(٣)، ٧٨-٨٩.
١٨- العمري، ي. (٢٠٢٢). التصوير الحراري وتطبيقاته في مراقبة الحدود والمنشآت. مجلة الدراسات الأمنية، ١٠(٤)، ٧٥-٨٨.
١٩- العنزي، س. (٢٠٢٠). دور الأشعة السينية في تقييم الإصابات الداخلية في الميدان العسكري. مجلة التصوير الطبي، ١١(٣)، ٥٠-٦٣.
٢٠- الغامدي، س. (٢٠٢٣). فحص مكونات الذخيرة بالأشعة السينية. مجلة البحوث الهندسية العسكرية، ١٣(١)، ٢٧-٣٩.
٢١- فهد، ل. (٢٠٢١). تقنيات التعرف على الوجوه في بيئات الأمن العسكري. مجلة الأمن السيبراني، ٧(١)، ١٢-٢٧.
٢٢- الفيفي، ز. (٢٠٢٣). التصوير عالي السرعة في تحليل انفجارات الذخيرة. مجلة تقنيات التسليح، ١٤(٣)، ٨١-٩٣.
٢٣- لزيدي، ف. (٢٠٢١). التصوير الجوي في دعم العمليات العسكرية. مجلة العلوم الأمنية، ١٥(١)، ٣٣-٤٦.
٢٤- المنصوري، خ. (٢٠٢٢). الجراحة عن بعد باستخدام تقنيات التصوير ثلاثي الأبعاد في البيئات القتالية. المجلة الخليجية للتقنيات الصحية، ٩(٢)، ٦٧-٨١.
٢٥- الموسى، د. (٢٠٢٢). العمليات الليلية باستخدام التصوير الحراري. المجلة العسكرية للعلوم التطبيقية، ٦(٤)، ٩٦-١٠٩.
٢٦- النعيمي، خ. (٢٠٢٢). استخدام الصور الفضائية في تحليل التهديدات التكتيكية. المجلة العربية للاستخبارات، ١٠(٢)، ٥٥-٦٨.
٢٧- الهذلي، م. (٢٠٢٣). الكشف عن الألغام باستخدام التصوير الحراري. مجلة الدفاع الهندسي، ٧(١)، ٥١-٦٢.
٢٨- اليامي، ع. (٢٠٢٢). تحليل التضاريس باستخدام الأشعة تحت الحمراء في التحركات العسكرية. وقائع ندوة تقنيات الميدان، ٥، ٣٨-٤٩.

Open Access article distributed under the Creative Commons Attribution License permiting unrestricted use in any medium, provided the work is pr cited.