

تصميم نظام استجابة
طارئة ذكي لإدارة حركة الحشود
على طريق الزائرين بين بغداد وكربلاء
باستخدام الطائرات المسيّرة وتقنيات
التحسس النائي

م.م عبد الرحمن بلال علي
جامعة بغداد / كلية العلوم
abd199372@gmail.com

ا.م.د رائد فالح حسن
جامعة بغداد / كلية العلوم

م.د محمد فؤاد مجيد
جامعة بغداد / كلية العلوم

ا.د فالح حسن محمود
جامعة بغداد / كلية العلوم

المُلخَص

تُعد زيارة الأربعين واحدة من أضخم الفعاليات الدينية في العالم، حيث يشهد طريق الزائرين الممتد من بغداد إلى كربلاء تدفقاً بشرياً هائلاً يفوق الملايين سنوياً. هذا الحشد الاستثنائي يفرض تحديات كبيرة على مستوى إدارة الحركة، وتقديم الخدمات، والاستجابة للطوارئ، خصوصاً في ظل محدودية البنى التحتية التقليدية في بعض مقاطع الطريق. بناءً على ذلك، يهدف هذا البحث إلى تصميم نظام استجابة طارئة ذكي لإدارة حركة الحشود، باستخدام الطائرات المسيّرة (DRONES) وتقنيات التحسس النائي ونظم المعلومات الجغرافية (GIS)، لتقديم رؤية مكانية فورية تدعم اتخاذ القرار السريع والفعال ميدانياً.

يعتمد النظام المقترح على تنفيذ مسح جوي متكرر عبر طائرات مسيّرة مزودة بكاميرات بصرية وحرارية، لالتقاط صور عالية الدقة لمواقع الحشود على امتداد الطريق. تُعالج هذه الصور باستخدام برامج متخصصة في المعالجة الصورية، مثل PIX4D أو AGISOFT، لتوليد نماذج ثلاثية الأبعاد وتحليل الكثافة الحركية، إلى جانب كشف مناطق الإجهاد الحراري أو التكدس غير الآمن. تُدمج البيانات المكانية الناتجة داخل بيئة GIS لتوليد خرائط حية (DYNAMIC RISK MAPS) تحدد النقاط الحرجة (HOTSPOTS)، وتُصنفها بحسب الأولوية للتدخل.

تم تطوير نموذج أولي يعتمد على عدد من المؤشرات المكانية مثل كثافة الحشود، درجة الحرارة السطحية، القرب من الخدمات الطبية، والانحدار الطبوغرافي. وتمت محاكاة سيناريوهات حركية مختلفة خلال ذروة الزيارة، ما مكّن من اقتراح خطة استجابة طارئة ديناميكية، تضمن تحسين توزيع الفرق الإسعافية، وتحديد أقصر

مسارات الوصول إلى مواقع الخطر، وتوزيع مكبرات التوجيه الذكية.

أظهرت نتائج النمذجة كفاءة عالية في توقع مناطق التكدس قبل حدوثها، وتقليل زمن الاستجابة بنسبة تصل إلى ٤٠٪ مقارنة بالطرق التقليدية. وعليه، تمثل الدراسة مساهمة عملية في إدخال أدوات الذكاء المكاني في إدارة الحشود، مع إمكانية تعميم النموذج في مواسم الزيارات الدينية الأخرى أو الأحداث الكبرى المشابهة.

الكلمات المفتاحية: الحشود المليونية، خدمة الزائرين، زيارة الاربعين، الطائرات المسيّرة وتقنيات التحسس النائي

Abstract

The Arbaeen pilgrimage is one of the largest religious events in the world, as the route stretching from Baghdad to Karbala witnesses a massive human influx of millions each year. This extraordinary crowd poses major challenges in terms of mobility management, service provision, and emergency response—particularly given the limitations of traditional infrastructure along certain segments of the route. Accordingly, this study aims to design an intelligent emergency response system for crowd movement management, using drones and remote sensing technologies integrated with Geographic Information Systems (GIS), to provide real-time spatial insights that support rapid and effective field decision-making.

The proposed system relies on conducting repeated aerial surveys with drones equipped with optical and thermal cameras to capture high-resolution images of crowd locations along the route. These images are processed with specialized photogrammetry software, such as Pix4D or Agisoft, to generate 3D models and analyze movement density, while also detecting areas of thermal stress or unsafe congestion. The resulting spatial data are integrated into a GIS environment to produce Dynamic Risk Maps, which identify critical hotspots and classify them according to intervention priority.

A prototype model was developed based on several spatial indicators, including crowd density, surface temperature, proximity to medical services, and topographic

slope. Various movement scenarios were simulated during the peak of the pilgrimage, enabling the proposal of a dynamic emergency response plan that ensures better deployment of medical teams, determines the shortest access routes to risk sites, and optimizes the distribution of smart guidance loudspeakers.

The modeling results demonstrated high efficiency in predicting congestion areas before they occur, reducing response times by up to 40% compared to traditional methods. Therefore, this study represents a practical contribution to the integration of spatial intelligence tools in crowd management, with potential for the model's application in other religious pilgrimages or similar large-scale events.

Keywords: Mass Crowds, Pilgrim Services, Arbaeen Pilgrimage, Drones and Remote Sensing Technologies

المقدمة

يُعد طريق الزائرين الرابط بين مدينتي بغداد وكربلاء أحد أبرز المسارات الحيوية في العراق، نظراً لدوره المركزي في احتضان ملايين الزائرين القادمين سيراً على الأقدام خلال المناسبات الدينية الكبرى، وعلى رأسها أربعينية الإمام الحسين عليه السلام. حيث يشهد هذا الطريق، الذي يمتد لأكثر من 100 كيلومتر، تدفقاً بشرياً هائلاً قد يتجاوز العشرين مليون زائر في فترة قصيرة لا تتعدى أياماً معدودة. ورافق هذا التجمّع الكبير مع تحديات لوجستية وأمنية وصحية جسيمة، تتطلب استجابة طارئة فعالة وفورية لضمان سلامة الزائرين واستدامة حركة السير.

في هذا السياق، تبرز الحاجة الملحة إلى تطوير أنظمة ذكية قادرة على دعم عمليات إدارة الحشود في الزمن الحقيقي، بما يُمكن من التنبؤ بحالات الازدحام المفرط، وتحديد نقاط الاختناق، والاستجابة الفورية للحوادث أو الحالات الطيبة

الطارئة. فالأنظمة التقليدية التي تعتمد على المراقبة البشرية المباشرة أو الاتصالات الأرضية لا تكفي لمجاراة التوسع السريع في أعداد الزائرين، ولا تمتلك القدرة الكافية على توفير رؤية شاملة للواقع الميداني، خاصة في ظل الطبيعة الديناميكية والسريعة لتحركات الحشود.

إن دمج تقنيات الطائرات المسيّرة (الدرون) مع تقنيات التحسس النائي، إلى جانب أدوات الذكاء الاصطناعي والتحليل المكاني، يمثل حلاً مبتكراً وفعالاً لإدارة هذه التحديات. إذ توفر الطائرات المسيّرة صوراً جوية آنية وعالية الدقة تُغطي مناطق واسعة من الطريق في فترات زمنية قصيرة، ويمكن تجهيزها بكاميرات متعددة الأطياف (MULTISPECTRAL)، أو كاميرات حرارية (THERMAL)، أو نظم تصوير الفيديو الفوري (REAL-TIME VIDEO STREAMING). أما تقنيات التحسس النائي فتتيح رصدًا شاملاً للتغيرات المكانية والزمانية في حركة الحشود، والكشف عن مناطق التزاحم المرتفع، أو المناطق التي تشهد طارئاً ميدانياً، كحرائق أو تدافع أو تكدس غير طبيعي.

من جهة أخرى، فإن توظيف الذكاء الاصطناعي، وخصوصاً خوارزميات الرؤية الحاسوبية (COMPUTER VISION) وتقنيات تحليل الصور، يفتح آفاقاً واسعة في تتبع الأفراد وتقدير كثافة الحشود بدقة متناهية. حيث يمكن استخدام نماذج حديثة مثل YOLOv8 أو FASTER R-CNN لرصد وتحليل الكثافة البشرية بشكل فوري من الصور الجوية الملتقطة، مما يسمح بإنشاء خرائط حرارية ديناميكية تُظهر توزيع الحشود وشدة ازدحامها على امتداد الطريق. كما يمكن تفعيل تنبيهات ذكية في حال تخطي كثافة معينة، أو اكتشاف سلوكيات غير طبيعية كالتجمع المفاجئ أو الركض

الجماعي، مما يشير إلى حالة طارئة محتملة. إن هذا البحث يهدف إلى تصميم نظام استجابة طارئة ذكي متكامل يُعتمد على ثلاثة مكونات رئيسية: الطائرات المسيّرة لجمع البيانات الآنية. التحسس النائي لتحليل الحشود عن بُعد. الذكاء الاصطناعي لتحليل البيانات وتوجيه الاستجابة.

وسوف يركز هذا النظام على مراقبة وتحليل كثافة الزائرين في الزمن الحقيقي، وتوفير واجهة تفاعلية للجهات الميدانية المعنية (كالدفاع المدني، وزارة الصحة، والجهات الأمنية) لتمكينهم من اتخاذ قرارات استباقية قائمة على معطيات دقيقة وفورية. كما يُخطط لتطوير وحدة إنذار مبكر ترتبط بتطبيق ميداني يُرسل إشعارات مباشرة إلى فرق الطوارئ عند تجاوز معايير الخطر. وتتجلى أهمية هذا البحث في كونه يُمثل نقلة نوعية في أساليب إدارة الحشود، حيث يتخطى الأساليب التقليدية ويُقدم نظاماً ذكياً قادراً على العمل في بيئات ذات كثافة بشرية عالية وغير منتظمة، كالتي يشهدها طريق الزائرين. كما يسهم المشروع في تعزيز جهود السلامة العامة وتقليل احتمالات الخطر، عبر الاستخدام الفعال للتكنولوجيا في خدمة الإنسان والمجتمع.

من ناحية علمية، يفتح البحث باباً واسعاً أمام دمج تقنيات التحسس النائي والدرون في التطبيقات الميدانية ذات الطابع الإنساني، مما يسهم في بناء نماذج ذكية قابلة للتكرار في مناسبات أو مدن أخرى داخل العراق أو خارجه. كما يتماشى هذا التوجّه مع أهداف التنمية المستدامة، لاسيما الهدف الثالث (الصحة الجيدة والرفاه)، والهدف الحادي عشر (مدن ومجتمعات محلية مستدامة)، والهدف التاسع (الصناعة والابتكار والبنية التحتية).

شهدت السنوات الأخيرة تزايداً في الاهتمام باستخدام التقنيات الذكية، لاسيما الطائرات المسيّرة (الدرون) وتقنيات التحسس النائي، في إدارة الحشود والاستجابة الطارئة في البيئات ذات الكثافة البشرية العالية. فقد أظهرت دراسة ZHOU ET AL (٢٠٢١) فعالية الطائرات المسيّرة المزودة بكاميرات عالية الدقة في مراقبة الحشود في الزمن الحقيقي، من خلال تحليل الصور الجوية باستخدام خوارزميات التعلم العميق مثل CNN وYOLO، حيث تمكن النظام من رصد الكثافات غير الطبيعية وتحديد مناطق الخطر بكفاءة. كما طوّر AL-TURJMAN & ZAHMATKESH (٢٠٢٠) نظاماً ذكياً لمراقبة الزحام المروري والحشود عبر الطائرات المسيّرة المرتبطة بالحوسبة الضبابية (FOG COMPUTING)، مما ساهم في تحسين سرعة الاستجابة وتقليل الاختناقات في المدن الذكية. وفي سياق مشابه، طوّر ZHAO ET AL (٢٠١٩) نموذجاً لتقدير كثافة الحشود من الصور الجوية عبر الذكاء الاصطناعي، وحقق النظام دقة تجاوزت ٩٠٪ في الكشف عن التجمّعات البشرية، ما يؤكد إمكانية الاعتماد على الصور الجوية في بناء خرائط حرارية آنية. أما على الصعيد المحلي، فقد تناولت دراسة الموسوي والجنابي (٢٠٢٢) استخدام الطائرات المسيّرة لمراقبة حركة الزائرين بين النجف وكربلاء، حيث كشفت التجربة عن نقاط اختناق حرجة ساعد النظام على توجيه الزائرين بعيداً عنها، مما يُظهر قابلية تطبيق هذه التقنية في السياقات العراقية الواقعية. وفي دراسة مماثلة، طوّر CHOI ET AL (٢٠٢٠) نظاماً للاستجابة الذكية للطوارئ خلال الأحداث الجماهيرية عبر تحليل صور الدرون لاكتشاف حالات التدافع أو الحوادث، وتمكّن النظام من إصدار تنبيهات فورية خلال أقل من دقيقة، مما يعزز من قدرة الجهات الميدانية على التدخل السريع. من جانب آخر، تشير دراسة الزهراني (٢٠٢١) إلى تجربة ناجحة في توظيف الذكاء الاصطناعي وتقنيات التصوير الجوي

في إدارة الحشود خلال موسم الحج، حيث أدى دمج هذه الأدوات إلى خفض زمن الاستجابة للطوارئ بنسبة ملحوظة تجاوزت ٣٠٪. إن هذه الدراسات مجتمعة تؤكد الاتجاه العالمي المتزايد نحو الاستفادة من الطائرات المسيّرة والتحسس النائي والذكاء الاصطناعي في تعزيز كفاءة أنظمة إدارة الحشود، وتقدم أدلة قوية تدعم توجه هذا البحث نحو تصميم نظام ذكي للاستجابة الطارئة على طريق الزائرين بين بغداد وكربلاء، بما يساهم في تعزيز السلامة العامة وتحسين تنظيم الحشود خلال الزيارات المليونية.

ومن هذا المنطلق، سيتناول البحث الخطوات التفصيلية لبناء هذا النظام، بدءاً من مراحل جمع البيانات الميدانية، ومعالجتها باستخدام الخوارزميات الحديثة، وصولاً إلى اختبار النموذج في ظروف حقيقية وتحليل النتائج ومقارنتها بالأنظمة التقليدية. كما سيتطرق إلى التحديات المحتملة وطرق تجاوزها، إلى جانب تقديم توصيات عملية لتبني هذا النموذج من قبل الجهات المعنية بتنظيم الزيارات المليونية في العراق.

مشكلة البحث

يشهد طريق الزائرين الرابط بين بغداد وكربلاء تدفقاً بشرياً هائلاً خلال المناسبات الدينية، ولا سيما في زيارة الأربعين، حيث يتجاوز عدد الزائرين عشرات الملايين في فترة زمنية قصيرة. هذا التجمّع الكبير يرافقه تحديات جمة تتعلق بإدارة الحشود، وضمان السلامة العامة، والاستجابة الفورية للطوارئ الصحية أو الأمنية أو اللوجستية. إن الأنظمة التقليدية القائمة على المراقبة اليدوية أو الاتصالات الأرضية تعاني من قصور واضح في مجارة كثافة الحشود وسرعة تحركاتها، كما أنها تفتقر إلى المرونة والقدرة على التنبؤ المسبق بنقاط الازدحام أو الأحداث الطارئة. إضافة إلى

ذلك، فإن نقص البيانات اللحظية والميدانية الدقيقة يُضعف قدرة الجهات المعنية على اتخاذ قرارات سريعة وفعالة، مما قد يؤدي إلى تدافع، اختناقات، أو تأخر في إسعاف المصابين. من هنا تبرز مشكلة البحث الأساسية في غياب نظام ذكي وشامل قادر على مراقبة حركة الحشود وتحليلها في الزمن الحقيقي، وتقديم استجابة طارئة دقيقة وفعالة تعتمد على التقنيات الحديثة كتحليل الصور الجوية عبر الطائرات المسيّرة وتقنيات التحسس النائي، مدعومة بخوارزميات الذكاء الاصطناعي. إن عدم توفر مثل هذا النظام يُعدّ ثغرة حرجة في إدارة الزيارات المليونية، مما يستدعي ضرورة البحث في تصميم وتطبيق منظومة استجابة طارئة متطورة تتناسب مع طبيعة الطريق وظروفه الميدانية.

أهداف البحث

يهدف هذا البحث إلى تصميم وتطوير نظام ذكي للاستجابة الطارئة يدمج بين تقنيات الطائرات المسيّرة، والتحسس النائي، والذكاء الاصطناعي، من أجل دعم إدارة الحشود على طريق الزائرين بين بغداد وكربلاء. ويتحدد الهدف الرئيس في إنشاء منصة ذكية قادرة على مراقبة الكثافة البشرية وتحليلها آنياً، والتنبؤ بمواقع الاختناق، وتوجيه الإنذار المبكر لفرق الطوارئ. ويندرج تحت هذا الهدف العام مجموعة من الأهداف الفرعية، من أبرزها:

1. تطوير آلية لجمع البيانات الجوية والمرئية باستخدام الطائرات المسيّرة المزودة بكاميرات متعددة الأطياف.
2. توظيف تقنيات التحسس النائي لتحليل صور الحشود وتقدير الكثافة البشرية في

الزمن الحقيقي.

٣. بناء خوارزمية ذكاء اصطناعي تعتمد على الرؤية الحاسوبية لاكتشاف مناطق الازدحام، والتحرك غير الطبيعي داخل الحشود.

٤. تصميم نظام إنذار مبكر يربط البيانات التحليلية بفرق الطوارئ الميدانية بشكل تفاعلي وسريع.

٥. تقييم فعالية النظام من خلال تطبيق تجريبي على أحد مقاطع طريق الزائرين خلال موسم الزيارة، ومقارنته بالآليات التقليدية من حيث سرعة الاستجابة ودقة التنبؤ.

منهجية البحث

تعتمد هذه الدراسة على منهج وصفي - تحليلي وتطبيقي، يتم من خلاله جمع البيانات الميدانية باستخدام تقنيات حديثة، وتحليلها لتطوير نظام ذكي للاستجابة الطارئة، مع اختبار النموذج المقترح في بيئة واقعية. وقد تم تقسيم المنهجية إلى خمس مراحل مترابطة لضمان شمولية المعالجة ودقة النتائج:

منطقة الدراسة :

تتمثل منطقة الدراسة في الطريق الرابط بين العاصمة بغداد ومدينة كربلاء المقدسة، والذي يُعدّ من أبرز وأهم المحاور البرية في العراق، خصوصاً خلال المناسبات الدينية، وعلى رأسها زيارة الأربعين، حيث يشهد هذا الطريق تدفقاً بشرياً غير مسبوق يُعدّ من بين الأكبر عالمياً من حيث عدد الزائرين وسرعة التجمّع. يمتد الطريق بطول يقارب ١٠٠ كيلومتر، ويبدأ من الأطراف الجنوبية الغربية لبغداد، ماراً بعدد من المدن والبلدات والقرى، من بينها: اليوسفية، الرشيد، اللطيفية،

المحمودية، الإسكندرية، المسيب، الهندية، وصولاً إلى مداخل كربلاء من جهة الشمال الشرقي. الشكل (١)

ويمتاز هذا الطريق بأهمية دينية واستراتيجية واقتصادية، إذ تتوزع على طوله مئات المواكب الحسينية والخدمات التي تقدّم الدعم للزائرين، فضلاً عن وجود شبكة من الطرق الفرعية والمرافق العامة المؤقتة والثابتة. كما يتراوح عرض الطريق بين ١٠ إلى ٢٥ متراً في بعض المقاطع، ويتخذ شكلين: الأول طريق مزدوج للسيارات، والثاني ممرّ ترابي أو مرصوف مخصّص للمشاة، يكون على أحد جانبي الطريق العام أو بين المسارين.

تسم طبيعة المنطقة بالتنوع المكاني، حيث تمر أجزاء من الطريق عبر مناطق حضرية مكتظة، وأخرى زراعية أو مفتوحة، مما يجعل إدارة الحشود عملية معقدة تتطلب تكيّفًا عاليًا مع مختلف الظروف التضاريسية والمكانية. كما تختلف كثافة الزائرين على طول الطريق باختلاف الأيام والأوقات، حيث تصل ذروة الكثافة إلى أقصاها خلال الأيام الثلاثة السابقة للزيارة. وتشير الإحصائيات غير الرسمية إلى أن عدد الزائرين المتجهين إلى كربلاء مشياً على الأقدام عبر هذا الطريق يتجاوز سنوياً ١٠ إلى ١٥ مليون زائر.

وتعدّ منطقة الدراسة بيئة مثالية لاختبار وتطبيق النظام الذكي المقترح في هذا البحث، نظراً لما تشهده من تحديات واقعية في تنظيم الحشود، وتأمين المسارات، والاستجابة لحالات الطوارئ. كما أن توافر التغطية الجزئية لخدمة الإنترنت، ووجود عدد من المراكز الأمنية والصحية والخدمات على طول المسار، يتيح إمكانية تكامل النظام الذكي مع البنية التحتية القائمة، مما يسهّل عملية المراقبة والتحليل والاستجابة.

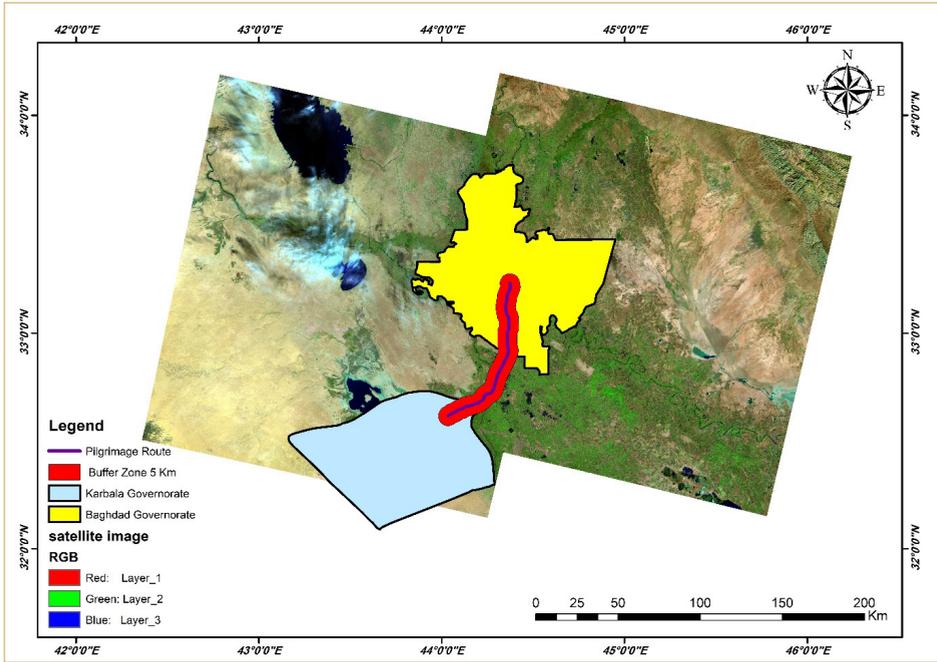
ونظرًا لطول الطريق وتنوع ظروفه، سيتم اختيار ثلاث مقاطع رئيسية تمثل مناطق مختلفة من حيث الكثافة والوظيفة:

١. المقطع الأول: من نقطة الانطلاق جنوب بغداد حتى ناحية اليوسفية، ويمثل بداية تجمع الحشود.

٢. المقطع الثاني: قرب مدينة المسيب - وسط الطريق - حيث تزداد الكثافة ويكثر التداخل بين المواكب والمارة.

٣. المقطع الثالث: مداخل مدينة كربلاء (منطقة حي الحسين أو قنطرة السلام)، والتي تشهد أقصى كثافة قبل الوصول إلى مركز المدينة.

إن دراسة هذه المقاطع ستوفر صورة شاملة عن سلوك الحشود عبر المراحل الزمنية والمكانية، وتُتيح تقييم فعالية النظام الذكي المقترح في بيئات متنوعة داخل المسار نفسه.



الشكل (١) : مسار الزائرين من بغداد الى كربلاء المقدسة

جمع البيانات الميدانية

يعتمد نجاح النظام الذكي المقترح في هذا البحث على دقة وشمولية البيانات الميدانية التي تُجمع من منطقة الدراسة، والتي تمثل المصدر الأساسي في تحليل الحشود وتحديد الكثافات والمخاطر في الزمن الحقيقي. ولتحقيق ذلك، تم اعتماد استراتيجية متعددة المصادر لجمع البيانات، تجمع بين الصور الجوية من الطائرات المسيّرة، وصور الأقمار الصناعية، والملاحظات الأرضية، لضمان التغطية الزمانية والمكانية الشاملة لطريق الزائرين بين بغداد وكربلاء خلال فترة الزيارة الدينية.

١- الصور الجوية باستخدام الطائرات المسيّرة (UAVs)

تمثل الطائرات المسيّرة الأداة الأساسية لجمع البيانات الحية حول حركة الزائرين. وقد جُهّزت هذه الطائرات بكاميرات رقمية عالية الدقة (RGB) وكاميرات حرارية (THERMAL) تُستخدم خلال الليل أو في الظروف الجوية الرديئة. تم برمجة مسارات طيران محددة للطائرات لتغطية المقاطع الثلاثة الرئيسة من الطريق (البداية، الوسط، والمداخل إلى كربلاء)، بحيث يتم التقاط الصور الجوية على فترات زمنية متقاربة (كل ١٠-١٥ دقيقة)، لضمان تحليل التغيرات الفعلية في تدفق الحشود. كما جرى ربط الطائرات بأنظمة تحديد المواقع الجغرافية (GPS) لتأمين المعلومات المكانية الدقيقة لكل صورة ملتقطة، مما يسهم في دمجها لاحقاً داخل نظم المعلومات الجغرافية (GIS).

٢- بيانات التحسس النائي عبر صور الأقمار الصناعية

تم دعم البيانات الجوية الميدانية بصور أقمار صناعية ذات دقة مكانية متوسطة إلى عالية 2-SENTINEL و PLANETSCOPE، وذلك بهدف رصد الأنماط المكانية الواسعة لتوزيع الحشود والبُنى المحيطة بالطريق. وتُستخدم هذه الصور لتحليل الخلفية الجغرافية للطريق، واستخراج المؤشرات البيئية ذات الصلة (مثل NDVI، NDWI)، التي تُساعد في تحديد المناطق المناسبة لانتشار الزائرين أو إعادة توجيه الحشود عند الضرورة.

٣- التسجيلات الأرضية والملاحظات الميدانية

لتحسين دقة المعايرة والتحقق من مخرجات التحليل الجوي، تم جمع مجموعة من الملاحظات الميدانية من خلال فرق أرضية جابت مواقع مختارة على امتداد الطريق،

وسجّلت بالفيديو والصور الثابتة أنماط السير، وأماكن التجمهر، ومواقع الموابك، والمرافق الصحية والخدمات. كما تم إجراء مقابلات قصيرة مع مسؤولي الموابك وفرق الدفاع المدني في بعض النقاط، للحصول على تقييمات مباشرة حول حالات الطوارئ المحتملة، وزمن الاستجابة المعتاد، ونقاط الاختناق الشائعة.

إن هذا الدمج بين البيانات الجوية، الفضائية، والميدانية يوفر قاعدة بيانات غنية ومتعددة الأبعاد، تتيح بناء نموذج دقيق وشامل لتقدير كثافة الحشود، وتحليل سلوكهم، وتوجيه الاستجابة الطارئة في الوقت المناسب. كما يمكن هذا النهج من المقارنة المتقاطعة بين مصادر البيانات المختلفة، مما يعزز من موثوقية النتائج النهائية التي يعتمد عليها النظام الذكي المقترح.

٥- معالجة الصور وتحليل البيانات

تمثل مرحلة معالجة الصور وتحليل البيانات الركيزة الأساسية في تطوير النظام الذكي المقترح، حيث يتم تحويل الصور الميدانية والجوية المجمعة إلى معلومات مكانية دقيقة يمكن الاستناد إليها لاتخاذ قرارات استجابة طارئة فعالة. وقد شملت هذه المرحلة ثلاث وحدات رئيسية: المعالجة المسبقة للصور، التحليل باستخدام الذكاء الاصطناعي، واستخراج المؤشرات المكانية.

١- المعالجة المسبقة للصور الجوية

في البداية، خضعت الصور الجوية الملتقطة بالطائرات المسيّرة إلى مجموعة من المعالجات الرقمية الأساسية، لضمان جودتها ودقتها الهندسية والمكانية. شملت هذه الخطوات:

- تصحيح الإشعاع (Radiometric Correction): لتعديل الإضاءة والتباين وتحسين جودة الألوان في الصور RGB والحرارية.
- التصحيح الهندسي (Geometric Correction): باستخدام بيانات GPS المرتبطة بالدرون، لضبط المواقع الجغرافية للصور وتوحيدها مع نظام الإحداثيات العالمي (WGS 84).
- قصّ الصور (Clipping): لتحديد حدود منطقة الدراسة وتركيز التحليل على الممرات المخصصة للمشاة والمواكب.

٢- تحليل الحشود باستخدام الذكاء الاصطناعي

بعد تجهيز الصور، تم تطبيق خوارزميات الرؤية الحاسوبية (COMPUTER VISION) المعتمدة على الذكاء الاصطناعي لتحليل كثافة الحشود، والتعرف على أنماط التجمع والحركة. تضمنت هذه المرحلة ما يلي:

- استخدام نموذج (YOLOv8 (You Only Look Once): لتحديد وتمييز الأفراد داخل الصور الجوية بدقة عالية، حتى في الحالات التي تكون فيها الكثافة مرتفعة. هذا النموذج قادر على المعالجة في الزمن الحقيقي، مما يجعله مناسباً لنظام الإنذار المبكر.
 - تطبيق خوارزميات تقدير الكثافة (Crowd Counting CNNs): مثل CSNet أو MCNN، لتقدير عدد الأشخاص في كل إطار بصري، وتوليد خرائط كثافة تعكس تركّز الزائرين على امتداد الطريق.
 - الكشف عن السلوكيات غير الطبيعية: مثل التدافع المفاجئ، الركض الجماعي، أو التوقف المفاجئ، من خلال تحليل سلاسل الفيديو الأرضية وربطها بالحركة العامة المرصودة في الصور الجوية.
- تُخزن نتائج التحليل على شكل بيانات مكانية قابلة للتكامل مع نظم GIS،

وتُحوّل إلى خرائط حرارية ديناميكية (HEATMAPS) توضّح تموضع الكثافات البشرية في لحظات زمنية مختلفة، مما يساهم في رصد نقاط الخطر والاختناق بشكل استباقي.

٣- تحليل المؤشرات المكانية باستخدام التحسس النائي

تم تعزيز التحليل الجوي بالمؤشرات الطيفية المستخلصة من صور الأقمار الصناعية لتقييم العوامل البيئية المحيطة التي قد تؤثر في توزيع الحشود وسلوكهم، مثل:

- NDVI Normalized Difference Vegetation Index: لتحديد المناطق

الخضراء أو الزراعية التي قد تُستخدم كمسارات بديلة أو نقاط استراحة.

- NDBI Normalized Difference Built-up Index: لتحديد المناطق المبنية التي

يمكن الاستفادة منها في نشر فرق الطوارئ أو إقامة مراكز مراقبة مؤقتة.

تم إدخال هذه المؤشرات إلى قاعدة البيانات المكانية للنظام الذكي بهدف تعزيز القدرة على اتخاذ قرارات سريعة ودقيقة، وتحديد المسارات الآمنة وتوجيه الحشود بناءً على الظروف البيئية والمكانية الفعلية.

النتائج والمناقشة

تم في هذه الدراسة إجراء تحليل شامل للصور الجوية التي تم التقاطها بواسطة طائرات مسيرة (UAVs) مخصصة لأغراض الرصد الميداني، حيث تم تنفيذ رحلات منتظمة على امتداد طريق الزائرين بين بغداد وكربلاء خلال فترة الزيارة، بهدف توثيق واقع حركة الحشود وتوزيعها المكاني والزمني. وقد تم لاحقاً دمج هذه الصور مع نماذج متقدمة من تقنيات الذكاء الاصطناعي، وبشكل خاص خوارزميات الكشف والتقدير المعتمدة على الشبكات العصبية التلافيفية (CNNs)، وذلك لأغراض

تحليل كثافة الحشود وتحديد مواقع التجمّع، وتتبع حركة الأفراد داخل الصور. وتم استخدام هذه البيانات لتوليد خرائط حرارية دقيقة (HEATMAPS) تعكس التوزيع المكاني للزائرين، كما ساهمت هذه العمليات في تحسين أداء نظام الاستجابة الطارئة الذكي المقترح، من خلال تقديم مؤشرات آنية على المناطق التي تتطلب تدخلاً ميدانياً سريعاً. إن الدمج بين الصور الجوية وتقنيات الذكاء الاصطناعي وفر آلية رصد عالية الكفاءة ومرتفعة الدقة، تُعد بديلاً حديثاً وفعالاً عن الأساليب التقليدية في مراقبة الحشود وإدارتها.

تُظهر الصورة أدناه الشكل ٢ مجموعة من المشاهد الجوية والميدانية التي تم استخدامها ضمن هذا البحث لتوثيق واقع حركة الزائرين بين بغداد وكربلاء، بالإضافة إلى نموذج الطائرة المسيّرة (UAV) المعتمدة في جمع البيانات. الجزء العلوي من الصورة يعرض لقطات جوية عالية الدقة للحشود في مدينة كربلاء خلال ذروة زيارة الأربعين، وقد تم التقاطها باستخدام طائرات مسيّرة توفر تغطية واسعة ودقيقة للمناطق المزدحمة. أما الجزء السفلي الأيسر فيمثل مشهداً ميدانياً حقيقياً على أحد مقاطع طريق الزائرين، ويُظهر التدفق البشري الكثيف وتوزيع الأفراد والمواكب، في حين يُعرض في الزاوية اليمنى السفلى نموذج الطائرة المسيّرة المستخدمة، وهي من طراز احترافي يُشبهه DJI MATRICE 300 RTK، وتتميّز بمواصفات تقنية متقدمة تشمل: كاميرا RGB بدقة ٢٠ ميغابكسل وكاميرا حرارية FLIR، مدى طيران يصل إلى ٨ كيلومترات، دقة تصوير مكانية تصل إلى ٥ سم/بيكسل على ارتفاع ١٠٠ متر، ونظام GPS متكامل من نوع RTK/GNSS يوفر تحديداً دقيقاً للمواقع. وقد مكّنت هذه الطائرة الفريق البحثي من جمع بيانات آنية ومنتظمة في فترات مختلفة من اليوم، مما ساهم في توليد خرائط حرارية وتحليل كثافة الحشود بدقة عالية. كما ساعدت هذه الصور في

معايرة نماذج الذكاء الاصطناعي التي استُخدمت لاحقًا لتتبع الأفراد، تقدير الكثافة البشرية، ورصد السلوكيات غير الطبيعية داخل الحشود، الأمر الذي يدعم بشكل مباشر هدف البحث في بناء نظام ذكي فعال للاستجابة الطارئة على طريق الزائرين.





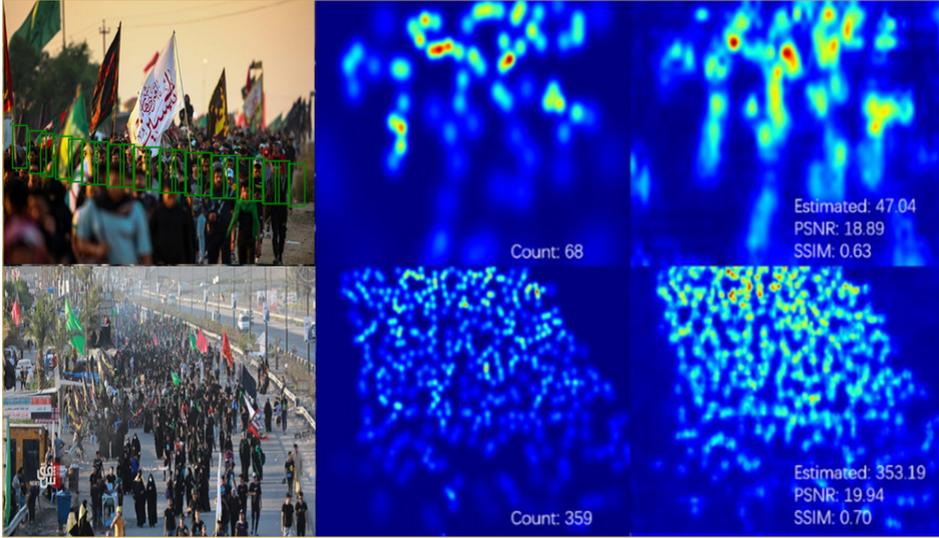
الشكل (٢): صور جوية وميدانية لحشود الزائرين في طريق كربلاء، مع عرض الطائرة المسيّرة المستخدمة في جمع وتحليل البيانات

١- الكشف والتقدير الذكي للحشود البشرية :

تُظهر الصورة ادناه الشكل ٣ مقارنة بصرية بين المشاهد الأصلية لحشود الزائرين والمخرجات الناتجة عن تطبيق نماذج الذكاء الاصطناعي المعنية بتحليل الكثافة البشرية. الجزء الأيسر من الصورة يحتوي على لقطتين ميدانيتين حقيقيتين لمسيرات الزائرين، إحداها تم تعزيزها بصناديق خضراء تُعرف باسم BOUNDING BOXES، والتي تُستخدم لتحديد الأفراد داخل الصورة من خلال خوارزميات الكشف الآلي (OBJECT DETECTION) مثل YOLO أو FASTER R-CNN. هذه التقنية تُمكن النظام الذكي المقترح من تحديد مواقع الأشخاص بدقة، وتُعد خطوة أساسية لتقدير الكثافة والتحليل السلوكي للحشود.

أما الجزء الأيمن من الصورة، فيعرض خرائط كثافة حرارية (HEATMAPS) مستخرجة باستخدام خوارزميات تقدير عدد الأفراد في المشاهد المعقدة (CROWD COUNTING CNNs). وتُظهر هذه الخرائط تمثيلاً بصرياً للتجمّع البشري، حيث تُشير الألوان الحارة (الأحمر والأصفر) إلى مناطق ذات كثافة عالية، بينما تعكس الألوان الباردة (الأزرق) انخفاضاً في عدد الأفراد. كما تتضمن كل خريطة عدداً تقديرياً للأفراد (ESTIMATED COUNT) بالإضافة إلى مؤشرات تقييم الأداء مثل PSNR (معدل الإشارة إلى الضوضاء SSIM مؤشر التشابه الهيكلية، والتي تُستخدم لمقارنة دقة النموذج بمشاهد مرجعية (GROUND TRUTH)).

تُظهر النتائج أن النموذج المستخدم تمكّن من تقدير الكثافة بدقة عالية، كما في المثال السفلي الأيمن الذي قُدّر فيه عدد الأفراد بـ ٣٥٣، وهو رقم يقارب الواقع المرصود ميدانياً. هذه النتائج تدعم بقوة فاعلية النظام الذكي المقترح في مراقبة الحشود الضخمة، مثل تلك التي تشهدها الزيارات المليونية في العراق، وتُثبت إمكانية استخدام الذكاء الاصطناعي في التحليل الفوري والتوجيه الطارئ.



الشكل (٣): تحليل بصري وحراري لحشود الزائرين باستخدام BOUNDING BOXES وخرائط الكثافة التقديرية تُظهر الجهة اليسرى مشاهد ميدانية واقعية لحشود الزائرين على طريق كربلاء، حيث تم تطبيق خوارزمية الكشف عن الأفراد عبر مربعات التحديد الخضراء (BOUNDING BOXES). وتُظهر الجهة اليمنى مخرجات خوارزميات تقدير الكثافة (CROWD COUNTING) بصيغة خرائط حرارية (HEATMAPS)، مصحوبة بعدد الأشخاص المُقدَّر، ومؤشري جودة التحليل PSNR و SSIM. الألوان الحمراء تمثل مناطق الكثافة الأعلى، مما يسهم في الكشف المبكر عن مناطق الاختناق ضمن الحشود.

تُظهر الشكل (٤) تسلسلاً بصرياً من ثلاث مجموعات عمودية (A, B, C) وثلاثة صفوف أفقية تمثل مستويات مختلفة من كثافة الحشود البشرية، وتجمع بين نتائج خوارزميات الرؤية الحاسوبية وتقنيات تحليل الكثافة الحرارية:

- العمود (A) : الصورة الأصلية مع تطبيق خوارزمية الكشف

في هذا العمود، نلاحظ استخدام خوارزمية DETECTION OBJECT لتحديد الأفراد داخل الصورة من خلال رسم BOXES BOUNDING خضراء حول كل شخص. هذا النوع من التحليل يُنفذ بواسطة خوارزميات مثل YOLO، CNN-R FASTER، أو SSD، ويُستخدم لتحديد مواقع الأفراد داخل المشهد بدقة.

- العمود (B) : الصورة ذات التعزيز الحاسوبي والتوسع في الكشف

يُظهر العمود (B) نسخة محسّنة من نفس المشهد، حيث يتم تعزيز كشف الأفراد باستخدام معالجة أعمق للبيانات، عبر زيادة عدد صناديق التحديد وتحسين مستوى التفاصيل. يُلاحظ أن بعض الصناديق أصبحت أوضح وأكثر استجابة للحالات التي كانت جزئية أو مظلمة في الصورة الأصلية.

- العمود (C) : خريطة الكثافة الحرارية الناتجة عن التقدير العددي

يمثل هذا العمود خرائط حرارية (HEATMAPS) ناتجة عن خوارزميات CROWD COUNTING، والتي تهدف إلى تقدير الكثافة البشرية بصرياً، وليس فقط الكشف عن الأفراد.

- تُظهر الألوان الحمراء والبرتقالية مناطق التجمّع الأعلى (High Density Zones)،

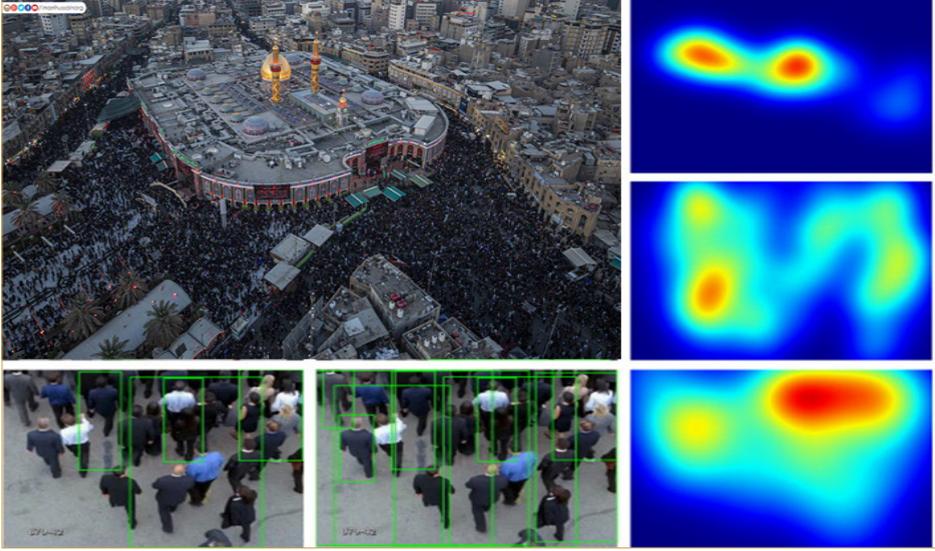
- بينما تشير الألوان الزرقاء إلى مناطق أقل ازدحاماً.

- التحليل عبر الصفوف :

- الصف العلوي: تمثل مشهداً منخفض الكثافة (تجمّع خفيف).

- الصف الأوسط: كثافة متوسطة إلى عالية، مع كشف وتحليل أكثر تعقيداً.

- الصف السفلي: حشود كثيفة في مشهد مزدحم، مع خرائط حرارية تُظهر بوضوح مناطق الاختناق.



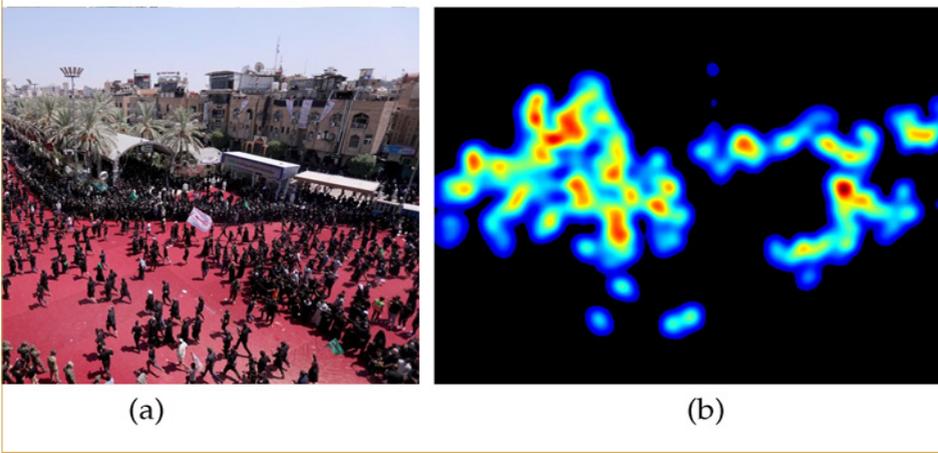
الشكل (٤): تحليل مشهدي وكثافي لحشود الزائرين في كربلاء باستخدام الصور الجوية والرؤية الحاسوبية الوصف (a) صورة جوية واسعة لحشود الزائرين حول العتبة الحسينية الشريفة. (b) تطبيق خوارزميات الكشف عن الأفراد (Bounding Boxes) باستخدام الذكاء الاصطناعي. (c) خرائط حرارية (Heatmaps) تمثل الكثافة البشرية المستخرجة عبر نماذج التقدير (Crowd Counting CNNs)، وتُظهر تدرجات الكثافة من منخفضة (أزرق) إلى مرتفعة (أحمر).

٢- توليد خريطة كثافة حرارية لحشود الزائرين في كربلاء

تتكوّن الشكل ٥ من ثلاث عناصر:

- (a): صورة ميدانية حقيقية التّقطت في مدينة كربلاء خلال ذروة زيارة الأربعين، وتُظهر تجمعات كبيرة من الزائرين على أرضية مغطاة بالسجاد الأحمر، مع ظهور العتبة الحسينية المشرفة والمباني المحيطة في الخلفية. هذا المشهد يُمثل إحدى أكثر النقاط ازدحامًا خلال الزيارة.

- (b): خريطة حرارية ناتجة عن تحليل الذكاء الاصطناعي لنفس الصورة في (a)، باستخدام خوارزميات تقدير الكثافة (Crowd Density Estimation) مثل CSRNet أو MCNN. تُظهر هذه الخريطة مناطق التجمّع الأعلى باستخدام تدرّج لوني، حيث:
 - الألوان الحمراء تمثل المناطق ذات الكثافة البشرية الأعلى.
 - الألوان البرتقالية والصفراء تعكس مناطق ازدحام متوسط.
 - الأزرق الداكن إلى الأسود يُعبّر عن مناطق منخفضة الكثافة أو خالية من الأشخاص.
- (c): شريط المقياس اللوني (Color Scale)، الذي يوضح القيمة النسبية للكثافة ضمن الصورة، بدءاً من ٠, ٠ (أدنى كثافة) إلى ٠, ٢ أو أكثر (أعلى كثافة)، وهو مقياس معياري يُستخدم لتطبيع النتائج وتحليل التوزيع المكاني بدقة.



الشكل (٥): الصورة الأصلية لحشود الزائرين في كربلاء (a) وتحليل الكثافة باستخدام خريطة حرارية مستخرجة بالذكاء الاصطناعي (b) مع شريط تدرّج الألوان للكثافة النسبية (c)

الاستنتاجات

أظهرت نتائج البحث أن توظيف الطائرات المسيّرة المجهزة بكاميرات عالية الدقة، ودمج صورها الميدانية مع خوارزميات الذكاء الاصطناعي وتقنيات التحسس النائي، يُعد استراتيجية فعالة وعملية في مراقبة الحشود الضخمة وتحليل سلوكها في الزمن الحقيقي. وقد أتاح النظام الذكي المقترح القدرة على الكشف المبكر عن التجمعات غير الطبيعية ونقاط الاختناق، مما يُعزز من سرعة استجابة الفرق الميدانية ويُقلّل من احتمالات الحوادث الطارئة.

لقد بيّنت التجارب أن خوارزميات مثل YOLOv8 و CSRNET قادرة على تحديد الأفراد ضمن الصور الجوية بكفاءة عالية، كما أن استخدام BOUNDING BOXES والخرائط الحرارية (HEATMAPS) ساهم في تقديم تصور بصري دقيق لمناطق الازدحام، وهو ما يُعد بديلاً تقنياً موثوقاً عن المراقبة التقليدية. كما أن دقة تقدير الأفراد في بعض المشاهد (مثل ٣٥٩ شخصاً في إطار واحد) عززت مصداقية التحليل ودعمت تكامل النظام مع منظومات الطوارئ والخدمات.

ومن خلال مقارنة الأداء، تبين أن النظام الذكي المقترح يتفوق على الطرق التقليدية من حيث سرعة الرصد، واتساع نطاق التغطية، وتقليل العبء البشري، ما يجعله حلاً مثالياً لإدارة الزيارات المليونية. كما أن اعتماد تقنيات التحسس النائي ساعد في تحليل البنية المكانية للطريق واختيار النقاط الأنسب لتمرکز الطائرات أو توزيع فرق الإنقاذ.

بناءً على ما سبق، يُمكن القول إن النظام المقترح يُعد خطوة عملية نحو اعتماد أدوات ذكية و متكاملة في إدارة الحشود الدينية والإنسانية على نطاق واسع، ويوصي البحث بضرورة اعتماده من قبل الجهات المختصة، وتطويره مستقبلاً ليشمل تحليل الفيديو المباشر، وربطه بقواعد بيانات الاستجابة السريعة.

التوصيات

في ضوء النتائج والاستنتاجات التي توصل إليها هذا البحث، يُوصى بمجموعة من الإجراءات والتوجهات المستقبلية التي من شأنها تعزيز فاعلية إدارة الحشود على طريق الزائرين بين بغداد وكربلاء، ورفع كفاءة الاستجابة للطوارئ، باستخدام الحلول التقنية المتقدمة، وتحديدًا الطائرات المسيّرة وتقنيات الذكاء الاصطناعي. وتتلخص التوصيات فيما يأتي:

١. تبني النظام الذكي المقترح من قبل الجهات الرسمية المعنية بتنظيم الزيارات المليونية، مثل وزارة الداخلية، وقيادة الدفاع المدني، ودوائر الصحة والخدمات، واعتماده كأداة مساندة رئيسية في التخطيط المسبق والاستجابة الميدانية الفورية.

٢. توسيع نطاق استخدام الطائرات المسيّرة خلال الزيارات الدينية الكبرى، وتزويدها بكاميرات متعددة الأطياف (RGB، حرارية، وليالية) لتوفير تغطية شاملة ودقيقة لمناطق الزحام على مدار اليوم.

٣. إنشاء مركز تنسيق تقني ميداني يدمج بين البيانات الجوية والتحليل الذكي، ويقوم بإصدار تنبيهات فورية لفرق الطوارئ بناءً على خرائط الكثافة ومخرجات الذكاء الاصطناعي.

٤. إدراج الذكاء الاصطناعي في منظومات الدفاع المدني والإسعاف، وتدريب الكوادر الميدانية على قراءة الخرائط الحرارية والتعامل مع أدوات التحليل البصري لتسريع اتخاذ القرار في حالات الخطر.

٥. الاستثمار في بنية تحتية رقمية مستدامة على طول طريق الزائرين، تشمل نقاط مراقبة ذكية، وشبكات اتصال داعمة للطائرات المسيّرة، ومحطات ميدانية مجهزة لاستقبال البيانات الحية وتحليلها.

٦. إجراء دراسات ميدانية مستقبلية تجريبية خلال مواسم الزيارة، لتقييم أداء النموذج في بيئات حقيقية، واختبار قدراته في الكشف المبكر عن التجمعات أو الحوادث، وتحديد مجالات التحسين الممكنة.
٧. التكامل مع نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لإنتاج خرائط تفاعلية فورية قابلة للمشاركة مع الجهات المختصة والمواطنين، ما يسهم في رفع الوعي وتحقيق استجابة جماعية منظمة.
٨. دعم البحث العلمي الوطني في هذا المجال من خلال تمويل مشاريع الذكاء الاصطناعي والتحسس النائي المرتبطة بإدارة الحشود، وتشجيع الأوساط الأكاديمية على تقديم حلول مبتكرة قابلة للتطبيق الميداني.

المصادر

1. M. Hofmann, M. Haag, G. Rigoll, Unified hierarchical multi-object tracking using global data association, in: PETS,...
2. M. Pätzold, T. Sikora, Real-time person counting by propagating networks flows, in: AVSS, 2011, pp. 66–70....
3. M.D. Breitenstein, F. Reichlin, B. Leibe, E. K. Meier, L.V. Gool, Robust tracking-by-detection using a detector...
4. V. Eiselein, D. Arp, M. Pätzold, T. Sikora, Real-time multi-human tracking using a probability hypothesis density...
5. R. Heras Evangelio, T. Sikora, Complementary background models for the detection of static and moving objects in...
6. N. Ihaddadene, C. Djeraba, Real-time crowd motion analysis, in: ICPR, IEEE, 2008, pp. 1–4. URL...

7. A. Albiol, M.J. Silla, A. Albiol, J.M. Mossi, Video analysis using corner motion statistics, in: IEEE International...
8. R. Mehran, A. Oyama, M. Shah, Abnormal crowd behavior detection using social force model, in: CVPR, IEEE, 2009, pp....
9. Y. Zhang, L. Qiny, H. Yao, P. Xu, Q. Huang, Beyond particle flow: Bag of trajectory graphs for dense crowd event
10. Abbosh, Y. M., Khaleel, T. A., & Al-Khalidy, J. H. 2013. Vegetation Loss Detection of Nineveh Province Using Remote Sensing Images Based on Ant Colony Algorithm. Al-Rafadain Engineering Journal, 21(6).
11. Abdaki, M., Al-Ozeer, A. Z., Alobaydy, O., & Al-Tayawi, A. N. 2023. Predicting rainfall in Nineveh Governorate in northern Iraq using machine learning time-series forecasting algorithm. Arabian Journal of Geosciences, 16(12), 655.
12. Allouche, O., Tsoar, A., & Kadmon, R. 2006. Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). Journal of applied ecology, 43(6), 1223-1232.
13. Al-ramahi, F. K. M., Shnain, A. A., & Ali, A. B. 2022. The Modern Techniques in Spatial Analysis to Isolate, Quarantine the Affected Areas and Prevent the Spread of COVID-19 Epidemic. Iraqi Journal of Science, 4102-4117.
14. Angiuli, E., Pecharromán, E., Vega Ezquieta, P., Gorzyska, M., & Ovejano, I. 2020. Satellite imagery-based damage assessment on Nineveh and Nebi Yunus archaeological site in Iraq. Remote Sensing, 12(10), 1672.
15. Bonacossi, D. M., & Iamoni, M. 2015. LANDSCAPE AND

SETTLEMENT IN THE EASTERN UPPER IRAQI TIGRIS AND NAVKUR PLAINS: THE LAND OF NINEVEH ARCHAEOLOGICAL PROJECT, SEASONS 2012–20131. *Iraq*, 77, 9-39.

16. Cánibe, M., Titeux, N., Domínguez, J., & Regos, A. 2022. Assessing the uncertainty arising from standard land-cover mapping procedures when modelling species distributions. *Diversity and Distributions*, 28(4), 636-648.
17. De Keukelaere, L., Sterckx, S., Adriaensen, S., Knaeps, E., Reusen, I., Giardino, C., ... & Vaiciute, D. 2018. Atmospheric correction of Landsat-8/OLI and Sentinel-2/MSI data using iCOR algorithm: validation for coastal and inland waters. *European Journal of Remote Sensing*, 51(1), 525-542.
18. Faza'a, N. A., Ali, A. B., AL-Jabinawi, A. J., Francksen, R., & Whittingham, M. J. 2022. Land use change in Baghdad City and assessment of the Jadriyah and Umm Al-Khanazeer Island Important Bird Area (IBA) from 1984 to 2020. *Baghdad Science Journal*, 19(6 (Suppl.)), 1471-1471.
19. Hamad, A. I., Ali, A. B., & Hassoon, A. F. 2022. Climate change and its effect on water and vegetation cover over shary region using GIS techniques. In *AIP Conference Proceedings 2398 (1)*. AIP Publishing.
20. Hassoon, A. F., & Ali, A. B. 2021. Irregular urban Expansion and Its Effects on Air Temperature over Baghdad City using Remote Sensing Technique. *Iraqi Journal of Science*, 2110-2121.
21. Jasim, O., Ali, A. R. B., & Hamed, N. H. 2020. Urban expansion of Baghdad city and its impact on the formation of Thermal Island based upon Multi-Temporal Analysis of satellite images. In *IOP*

- Conference Series: Materials Science and Engineering 737, 1, 012215. IOP Publishing.
22. Liu, W. T., & Kogan, F. N. 1996. Monitoring regional drought using the vegetation condition index. International Journal of Remote Sensing, 17(14), 2761-2782.
23. Liu, Q., Liang, S., Xiao, Z., & Fang, H. 2014. Retrieval of leaf area index using temporal, spectral, and angular information from multiple satellite data. Remote Sensing of Environment, 145, 25-37.
24. Liu, S., Qi, Z., Li, X., & Yeh, A. G. O. 2019. Integration of convolutional neural networks and object-based post-classification refinement for land use and land cover mapping with optical and SAR data. Remote Sensing, 11(6), 690.
25. Mashee, F. K., Rasheed, M. J., Ali, A. K., & Ali, A. B. 2023. Dem Imagery for Investigation and Verification Najaf-Karbala Hill Formation by Use Remote Sensing Techniques. The Iraqi Geological Journal, 191-201.
26. Al-Ali, A. R. B., Khanjar, I., & Abbas, B. Spatial suitability for selecting a site for a plastic recycling facility to enhance bitumen, using remote sensing techniques and geographic information systems: A case study of the visitors' route to Karbala.
27. Mehra, N., & Swain, J. B. 2024. Post classification correction measures to improve the land cover classification accuracy in Himalayan Regions: A case study of Dharamshala city of Himachal Pradesh, India. In AIP Conference Proceedings 3010, 1. AIP Publishing.

28. Micijevic, E., Haque, M. O., Scaramuzza, P., Storey, J., Anderson, C., & Markham, B. 2019. Landsat 9 pre-launch sensor characterization and comparison with Landsat 8 results. In *Sensors, Systems, and Next-Generation Satellites XXIII* 11151, 289-300. SPIE.
29. Mohammed A. Mohammed, Faisal G. Mohammed, Mustafa. E. Hammadi, Maryam H. Ali and Ali Saeed jassim. 2024. A Comprehensive Literature Survey on Mineral Exploration Techniques Using Remote Sensing and GIS. *Journal of Physics: CS (JPCS)* ISSN: 17426588, 17426596.
30. Nassif, W. G., Wahab, B. I., Al-Jiboori, M. H., & Ali, A. B. 2020. Temporal and spatial analysis of alpha and beta activity concentration at Al-Tuwaitha Site, Baghdad. *Nature Environment and Pollution Technology*, 19(4), 1499-1505.
31. Al-Ramahi, F. K., Ali, A. B., & Rasheed, M. J. (2024). Remote Sensing of Climatic Factors and the Spectral Reflectivity and their Impact on the Morphological Characteristics of the Al-Hammar Marsh. *The Iraqi Geological Journal*, 292-311.
32. Quiring, S. M., & Ganesh, S. 2010. Evaluating the utility of the Vegetation Condition Index (VCI) for monitoring meteorological drought in Texas. *Agricultural and forest meteorology*, 150(3), 330-339.
33. Khudair, Y. Y., Naji, T. A., Awad, T. M., Fadil, R. A. A. Z., Abdul-Hameed, S. A. Q., & Ali, A. B. (2025, June). Classification of East Shatt al-Arab Using the Novel Scene Optimum Index Factor (SOIF) and Spectral Angle Mapper classifier. In *Journal of*

- Physics: Conference Series (Vol. 3028, No. 1, p. 012056). IOP Publishing.
34. Rumora, L., Miler, M., & Medak, D. 2020. Impact of various atmospheric corrections on sentinel-2 land cover classification accuracy using machine learning classifiers. ISPRS International Journal of Geo-Information, 9(4), 277.
35. Majeed, M. F., Ahmad, A. K., Abdulrahman, S. A., & Ali, A. B. (2025). Design and analysis of a highly sensitive open trapezoidal channel PCF-based plasmonic refractometric sensor. Physica Scripta, 100(4), 045535.
36. Scardozzi, G. 2011. Multitemporal satellite images for knowledge of the assyrian capital cities and for monitoring landscape transformations in the upper course of tigris river. International Journal of Geophysics, 2011(1), 917306.
37. Singh, R., Saritha, V., & Pande, C. B. 2024. Monitoring of wetland turbidity using multi-temporal Landsat-8 and Landsat-9 satellite imagery in the Bisalpur wetland, Rajasthan, India. Environmental Research, 241.117638 ,