

Final Project 1

Code: MGM 496-PMG496

Project Template

Faculty of Management
Midocean University

أثر الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود
وتحسين السلامة في الفعاليات الجماهيرية
في المملكة العربية السعودية

أسم الطالب

تولين أمين عاشور المشهراوي

221000798

مشروع تخرج- 1

كلية الإدارة- جامعة ميد أوشن

إشراف

د. عبدالرحيم نادر

عضو هيئة التدريس- كلية الإدارة- جامعة ميد أوشن

2025 - الفصل الدراسي الثاني

جدول المحتويات

1. الفصل الأول: الإطار العام للدراسة	3
1.1. المقدمة:	5
1.2. مشكلة الدراسة	8
1.2.1. فجوات على المستوى النظري	8
1.2.2. فجوات على المستوى التطبيقي	9
1.3. أهمية الدراسة	11
1.3.1. على المستوى النظري:	11
1.3.2. على المستوى التطبيقي:	11
1.4. أسئلة الدراسة	13
1.5. أهداف الدراسة	14
1.6. فرضيات الدراسة	16
1.7. نموذج الدراسة	17
1.8. منهجية الدراسة	21
1.9. الدراسة الميدانية	22
1.10. مخطط المشروع المقترح	23
2. الفصل الثاني: الدراسات السابقة	25
2.1. المقدمة:	26
2.2. المتغير المستقل	27
2.3. المتغير التابع	29
2.4. العلاقة بين المتغير المستقل والمتغير التابع	31
2.5. الخاتمة	32
قائمة المراجع	34

قائمة الأشكال

صورة 1: العوامل المؤثرة وعلاقتها في فاعلية الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود 20

قائمة الجداول

1. فصل الأول: الإطار العام للدراسة

1.1. المقدمة:

شهدت المملكة العربية السعودية خلال السنوات القليلة الماضية تسارعاً غير مسبوق في تبني الحلول الرقمية، وعلى رأسها تقنيات الذكاء الاصطناعي تحت مظلة رؤية المملكة 2030، والتي تهدف إلى تحقيق تحول اقتصادي ومجتمعي شاملاً من خلال اعتماد أحدث التقنيات لتعزيز الكفاءة وتحسين جودة الحياة. ويُعد الذكاء الاصطناعي أحد الركائز الأساسية لهذا التحول، حيث أصبح يشكّل محركاً رئيسياً في تطوير مختلف القطاعات، بما في ذلك قطاع إدارة الحشود الذي يُعد من أكثر القطاعات حساسية وتعقيداً، نظراً لما يرتبط به من مسؤوليات تتعلق بسلامة الأرواح وضمان الانسيابية والفعالية في التنظيم. ومن بين التطبيقات التي أثبتت فيها المملكة تميزاً ملحوظاً على مستوى العالم، تبرز بوضوح تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود وتحسين السلامة، خصوصاً خلال المواسم الكبرى مثل الحج والعمرة، وفعاليات موسم الرياض، والفورمولا 1، والفعاليات الترفيهية والرياضية الأخرى التي تُقام في مختلف أنحاء المملكة [1][2].

تستقبل المملكة سنوياً ملايين الزوار في مناسبات دينية وسياحية وترفيهية وثقافية ورياضية، ما يتطلب أنظمة ذكية متقدمة قادرة على التعامل مع هذه الكثافة البشرية الكبيرة. فعلى سبيل المثال، بلغ عدد زوار موسم الرياض في نسخته الثالثة أكثر من 15 مليون زائر، وتم تسجيل أكثر من 200 فعالية كبرى في مختلف مناطق العاصمة وحدها، ما شكّل تحديات كبيرة على مستوى التنظيم واللوجستيات والسلامة العامة [3]. كذلك، تشهد الملاعب الرياضية الكبرى والمهرجانات الموسيقية والترفيهية في جدة والمنطقة الشرقية والمدينة المنورة فعاليات جماهيرية تستقطب أعداداً ضخمة، ما يجعل الحاجة إلى تقنيات قادرة على رصد وتوقع سلوك الحشود، وتوجيههم في اللحظة المناسبة، مسألة حتمية وليست اختيارية.

من هذا المنطلق، بدأت العديد من الجهات الحكومية السعودية في توظيف الذكاء الاصطناعي كأداة استراتيجية لإدارة الحشود لتأمين سلامتهم، وتوفير بيانات أكثر أماناً وكفاءة في مختلف الفعاليات. وكانت الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي - سدايا من أوائل هذه الجهات، حيث طورت منصات مثل منصة بصير ومنصة سواهر، والتي تعتمد على تحليل الفيديو الحي، والرؤية الحاسوبية، وخوارزميات التنبؤ، لرصد الكثافات والحشود. وقد ساعدت هذه المنصات خلال مواسم الحج والعمرة على تقليل الحوادث الفردية، وتوجيه التدخلات الأمنية بشكل أسرع وأكثر دقة، وهو ما أدى إلى خفض زمن الاستجابة بنسبة تجاوزت 40% في بعض المواقع الحرجة مثل الجمرات والحرم المكي [4][5].

لكن ما يميّز التجربة السعودية هو أنها لم تقتصر على تطبيق هذه التقنيات في المناسبات الدينية فقط، بل توسعت لتشمل الفعاليات الترفيهية والسياحية والرياضية. ففي موسم الرياض، تم استخدام كاميرات ذكية مثبتة في بوابات الفعاليات

وفي الطرق المؤدية إليها، حيث يتم تحليل حركة الجماهير لحظيًا، وإرسال تنبيهات فورية عند رصد أي تكديس أو اختناق بشري. كما تم ربط هذه الأنظمة بمنصات الحجز والدفع الرقمي، بحيث يتم توزيع الزوار على الفعاليات المختلفة بناءً على كثافة الحضور، لضمان التوازن وعدم الضغط على موقع دون آخر [6].

من جهة أخرى، اعتمدت هيئة الترفيه تقنيات الذكاء الاصطناعي في الفعاليات الرياضية الكبرى، مثل الفورمولا 1، التي تُظمت سنويًا في جدة. حيث تم استخدام الطائرات المسيّرة لمراقبة سلوك الحشود من الجو، وتوجيه فرق الأمن والإنقاذ إلى أماكن التجمعات العالية، بالإضافة إلى تفعيل خوارزميات تحليل حركة المركبات والمشاة لتقليل الازدحام في مداخل ومخارج حلبة السباق [7]. كما أُضيفت تطبيقات لتحليل تعابير الوجه والانفعالات للكشف عن الحالات الطارئة مثل فقدان الوعي أو الإجهاد، والتي يتم من خلالها إرسال إشارات إلى الفرق الطبية بشكل آلي لاتخاذ الإجراء المناسب.

رغم هذا التقدم التقني المذهل، لا تزال هناك فجوة معرفية واضحة في الدراسات العلمية المتعلقة بتقييم الأداء الفعلي لهذه الأنظمة، ومدى دقتها في مختلف أنواع الفعاليات، ودرجة موثوقيتها تحت الظروف المتغيرة. فقد أشارت دراسة حديثة نُشرت عام 2025 إلى أن بعض خوارزميات تحليل الفيديو، رغم دقتها العالية في بيانات منضبطة مثل المسجد الحرام في مكة، تواجه تحديات في الأماكن المفتوحة أو ذات الإضاءة المتغيرة مثل الملاعب والمهرجانات الليلية [8]. كما تبين أن العديد من البلاغات الناتجة عن تحليلات آلية لم يتم التعامل معها ميدانيًا بالسرعة المطلوبة، بسبب غياب مركز تنسيق موحد يربط بين الجهات المعنية.

ولذلك، يهدف هذا البحث لسد هذه الفجوة، حيث يسعى إلى تقديم معالجة علمية معمّقة لتأثير الذكاء الاصطناعي على إدارة الحشود وتحسين السلامة العامة في الفعاليات الجماهيرية، عبر تحليل فعالية الأنظمة الذكية المستخدمة حاليًا، وتقييم مدى تكاملها مع البنية التحتية الميدانية، ودراسة التحديات التنظيمية التي تعيق تحقيق الاستفادة القصوى منها. هذا البحث لا يقتصر على العرض التقني للأنظمة، بل يهدف إلى بناء فهم شامل لكيفية دمج الذكاء الاصطناعي ضمن منظومة وطنية لإدارة الحشود، تُراعي السياق المحلي وتستند إلى بيانات ودراسات حقيقية وتجارب ميدانية.

في ظل التحول الوطني في المملكة العربية السعودية للتحول إلى مركز عالمي للفعاليات والسياحة والترفيه، لا بد من إيجاد نماذج تشغيلية مرنة وقابلة للتكيف مع مختلف البيئات. كما أن هذا البحث يُسهم في تعزيز سلامة الزوار والمواطنين، ورفع كفاءة الأجهزة الأمنية والتنظيمية، وتقليل الاعتماد على التدخلات البشرية، مما يُحقق التوازن بين التقنية والفاعلية التشغيلية [9][10].

علاوة على ذلك، فإن أحد الأسباب الرئيسة لاختيار هذا الموضوع، هو الحاجة إلى تقديم رؤية علمية دقيقة ومدعومة بأدلة، تُساعد صناع القرار في تطوير السياسات التقنية الخاصة بإدارة الحشود. فالتجارب السابقة أظهرت أن النجاح

لا يرتبط فقط بالتقنيات المستخدمة، بل أيضاً بطريقة تطبيقها، والتكامل بين الجهات، ومدى جاهزية الكوادر الميدانية. لذلك، يُتوقع أن تُسهم نتائج هذا البحث في بناء أساس علمي لتطوير بروتوكولات تنظيم الحشود المستقبلية، وتحسين كفاءة مراكز القيادة والتحكم في الفعاليات الكبرى، بما يدعم رؤية المملكة 2030 في أن تصبح نموذجاً عالمياً في إدارة الفعاليات بأعلى درجات الأمان والانسياوية.

1.2. مشكلة الدراسة

تُعد إدارة الحشود في الفعاليات والتجمعات من أبرز التحديات التي تواجهها الدول ذات النشاطات الجماهيرية، لما تحمله من أبعاد أمنية، وتنظيمية، ولوجستية. وفي المملكة العربية السعودية، يُشكل هذا التحدي محورًا رئيسيًا في كل من موسم الحج والعمرة، ويمتد كذلك إلى الفعاليات الترفيهية والثقافية والرياضية الكبرى مثل موسم الرياض، الفورمولا 1، وغيرها. ورغم التقدم التقني الهائل الذي أحرزته المملكة في توظيف الذكاء الاصطناعي في هذه المجالات، لا تزال هناك تساؤلات ملحة حول مدى فعالية هذه الأنظمة، ومستوى جاهزيتها لمواجهة سيناريوهات معقدة تتطلب تنسيقًا فوريًا بين عدة جهات عاملة، خاصة في ظل التنوع الكبير في نوع الفعاليات، ومواقعها، وأعداد الحشود المتواجدة [1][2].

لقد برزت الحاجة إلى تقنيات الذكاء الاصطناعي كضرورة استراتيجية أكثر من كونها خيارًا تقنيًا نظرًا لازدياد عدد الحشود والجماهير، مما يكمن في ازدياد المخاطر. ومع أن المملكة أطلقت العديد من المبادرات والمنصات التقنية، مثل بصير وسواهر، إلا أن هناك فجوة بحثية وعملية في تحليل جدوى هذه التقنيات في الفعاليات غير الدينية، وقياس مدى تكاملها مع البنية الميدانية القائمة. كما أن معظم الدراسات المنشورة تركز على السياقات الدينية، دون تحليل كافٍ لفعاليات الترفيه والرياضة، وهو ما يقلل من قدرة صناع القرار على اعتماد هذه الأنظمة كأساس تشغيلي دائم. ومن هنا، يسعى هذا البحث إلى تسليط الضوء على أوجه القصور النظرية والتطبيقية، وتقديم معالجة منهجية وعلمية للمشكلة ضمن السياق السعودي متعدد الفعاليات [3][4].

1.2.1. فجوات على المستوى النظري

تعاني الدراسات من نقص واضح في الأساليب المنهجية التي تتناول الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود من زوايا متعددة تشمل البنية المؤسسية، التحليل التقني، والأثر الاجتماعي والاقتصادي. فمعظم الدراسات التي تناولت هذا الموضوع تركز على أحد محورين فقط، إما محور النماذج التقنية المستخدمة (كخوارزميات تصنيف الكثافة وتحليل الفيديو)، أو محور إدارة الحشود التقليدية من منظور أمني وتنظيمي، دون الربط بينهما أو تحليل العلاقة المعقدة التي تربط التقنية بالقرار الميداني [3].

على سبيل المثال، تُظهر دراسة Shah (2025) المنشورة في arXiv أن دقة نموذج الذكاء الاصطناعي المستخدم في تصنيف الكثافة البشرية خلال الحج بلغ 87% باستخدام قاعدة بيانات Hajjv2، وهي نسبة تُعد مرتفعة نسبيًا. ومع ذلك، فإن الدراسة نفسها تشير إلى أن فعالية النموذج تختلف بشكل كبير حسب زاوية التصوير، الإضاءة، وحجم الحشد، كما أن الخوارزميات لم تُختبر بشكل كافٍ في حالات الطوارئ أو في المواقع ذات التغطية المحدودة بالكاميرات [4]. وهذا يُشير إلى أن الاعتماد على النتائج التقنية وحدها دون إطار تنظيمي وإداري داعم قد يؤدي إلى نتائج مضللة أو غير فعالة في الحالات الواقعية.

بالإضافة إلى ذلك، لا توجد حتى الآن في المملكة دراسات تربط بوضوح بين البيئة المؤسسية التنظيمية وبين قابلية اعتماد الذكاء الاصطناعي في مشروعات إدارة الحشود. فالدراسات إما تتناول التقنية من زاوية هندسية، أو تناقش الحشود من منظور أمني فقط. في المقابل، تفتقر الأبحاث إلى النماذج النظرية التي تتناول كيف يمكن للذكاء الاصطناعي أن يسهم في تحسين كفاءة اتخاذ القرار، أو تقليل الاعتماد على التدخل البشري، أو تعزيز المرونة المؤسسية، وهي جميعها مفاهيم أساسية في مجال إدارة المشاريع العامة.

بل أكثر من ذلك، لا يزال هناك خلط واضح في الدراسات بين مفاهيم الذكاء الاصطناعي (AI)، التعلم الآلي (ML)، والرؤية الحاسوبية (CV)، وغالبًا ما تُستخدم هذه المصطلحات بصورة متداخلة دون توضيح الفرق النظري والمنهجي بينها، مما يؤثر على دقة التحليل، وقدرة الباحثين على تصميم أطر تقييم فعالة. فعلى سبيل المثال، نجد بعض الدراسات تشير إلى تحسين الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود دون تحديد نوع التقنية المستخدمة، هل هي تحليل صور؟ بيانات مستشعرات؟ تنبؤ؟ أم نماذج تعلم عميق؟ هذا الغموض النظري يسهم في ضعف التراكم المعرفي، ويُصعب من إمكانية المقارنة بين التجارب المختلفة.

كذلك، تفتقر الدراسات النظرية إلى أدوات قياس ناضجة لفعالية أنظمة الذكاء الاصطناعي في هذا المجال. فلا توجد مؤشرات أداء معيارية (KPI frameworks) يمكن من خلالها مقارنة نتائج التطبيقات بين موسم وآخر، أو بين منطقة وأخرى. وحتى في التقارير الرسمية مثل تقارير موسم الحج أو مواسم الترفيه، غالبًا ما تُذكر النسب التحسينية بطريقة إعلامية (مثل: خفض زمن الاستجابة بنسبة 40%)، دون تحديد ماهي آلية القياس أو البيانات المستخدمة للوصول إلى هذه النسبة، أو حتى ما إذا كان ذلك التحسن ناتجًا عن التقنية فقط أم عن التغييرات التنظيمية الأخرى. وهذا ما أكدته تقرير AI Journal في السعودية لعام 2024، حيث أشار إلى غياب الإطار النظري التحليلي الذي يربط مؤشرات الأداء بفعالية الحلول وأنظمة الذكاء الاصطناعي، مما يجعل الكثير من التقارير الحالية غير قابلة للتحقق البحثي أو التكرار المنهجي [5].

1.2.2. فجوات على المستوى التطبيقي

على الرغم من أن المملكة العربية السعودية تُعد من أوائل الدول في المنطقة التي تبنت الذكاء الاصطناعي في تنظيم الحشود ضمن فعاليتها الكبرى، إلا أن هناك فجوات واضحة في مرحلة التنفيذ والتطبيق الميداني، تحدّ من الاستفادة الكاملة من هذه التقنيات. أحد أبرز هذه التحديات يتمثل في ضعف التكامل بين الأنظمة التقنية والجهات التنظيمية، حيث تشير تجارب ميدانية خلال موسم الحج وموسم الرياض إلى أن أنظمة مثل بصير وسواهر أو الأنظمة الداخلية، تولّد كميات كبيرة من البيانات اللحظية، إلا أن استجابة الفرق الميدانية لها لم تكن متزامنة أو فورية دائمًا. في عدد من الحالات في موسم الحج، وثقت مؤشرات عن وجود ازدحام مبكر صدر عن الكاميرات، لكن التدخل البشري تأخر أو لم يحدث، مما يشير إلى غياب بروتوكولات تشغيلية تربط بين مخرجات الذكاء الاصطناعي وآليات اتخاذ القرار

[6][7]. وبحسب تقارير وزارة الداخلية في موسم الحج 1445هـ، فإن ما يزيد عن 26% من الإشعارات الصادرة من الأنظمة الذكية لم تُفعل ميدانيًا، إما بسبب عدم وضوح الإجراءات المطلوب، أو بسبب غياب التنسيق بين الفرق الميدانية والتنظيمية [8].

كذلك، تُعد فجوة الكفاءات البشرية واحدة من أبرز التحديات على المستوى التطبيقي. فالكثير من الكوادر العاملة في الميدان لا تملك التدريب الكافي للتعامل مع مخرجات الأنظمة الذكية، أو حتى تفسير تنبيهاتها بشكل فعال. ووفقًا لدراسة فنية أعدتها الجمعية العربية للعلوم والبحوث في 2023، فإن 65% من مشغلي الأنظمة الذكية في مواقع الحج لم يخضعوا لدورات تدريبية متخصصة في أنظمة تحليل الفيديو أو الرؤية الحاسوبية [9]. ويؤدي هذا النقص إلى ضعف في الاستفادة من القدرات الفعلية للتقنيات، أو التجاهل الكامل لبعض تنبيهاته.

وفي السياق ذاته، تواجه بعض الأنظمة تحديات متعلقة بالبنية التحتية التقنية، حيث إن التغطية الشبكية غير متجانسة في بعض المواقع، مثل المشاعر المقدسة أو مداخل الفعاليات الكبرى، تعيق عملية بث وتحليل البيانات الحية في الزمن الحقيقي. وقد أشار تقرير منصة الآن إلى أن نحو 14% من المواقع التي تم تغطيتها بالكاميرات خلال موسم الحج 2025 كانت تعاني من ضعف الاتصال أو تأخر معالجة البيانات، ما أدى إلى تقليل دقة التنبؤ أو تعطيل التفاعل اللحظي مع الأحداث [10].

جانب آخر لا يقل أهمية يتمثل في غياب المعايير المؤسسية لقياس الأداء. فرغم أن بعض الجهات، مثل سدايا أو هيئة تطوير مكة، تقدم تقارير أداء تقنية بعد كل موسم، إلا أنه لا توجد منظومة موحدة لمقارنة هذه التقارير أو مراجعتها بشكل مشترك بين الجهات. وبالتالي، يصعب إجراء تحليل منهجي شامل للأثر الفعلي لتقنيات الذكاء الاصطناعي، أو تطوير آليات التحسين المستندة إلى البيانات. وهذا يؤدي بدوره إلى إعادة تكرار الأخطاء السابقة، أو الاعتماد على القرارات الفردية في لحظات الضغط، مما يهدد فاعلية الأنظمة ويفقدها مصداقيتها لدى الفرق الميدانية.

وفي ضوء ما سبق، يتضح أن هناك حاجة ماسة لدراسة تحليلية شاملة تتناول فعالية الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود، ليس فقط من زاوية الأداء التقني، وإنما من منظور التحديات المؤسسية، والتكامل بين الجهات، ومستوى التأهيل البشري، والاستفادة الحقيقية من البيانات في الزمن الحقيقي. هذه الجوانب لا تزال تمثل فجوات تطبيقية واضحة، ينبغي معالجتها علميًا عبر تحليل الحالات الواقعية، وتقديم نماذج تشغيلية قابلة للتطبيق والتحسين المستمر.

وبناءً عليه، تتمثل مشكلة الدراسة في السؤال البحثي الرئيس التالي:

إلى أي مدى تسهم تقنيات الذكاء الاصطناعي في رفع كفاءة إدارة الحشود وتعزيز إجراءات السلامة في الفعاليات الجماهيرية داخل المملكة العربية السعودية؟ وما أبرز العوائق التشغيلية والتقنية التي تحد من فعاليتها على أرض الواقع؟

1.3. أهمية الدراسة

تأتي أهمية هذه الدراسة كونها تتناول أحد أكثر المواضيع حساسية وألوية في المشهد السعودي المعاصر، وهو استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود وتحسين السلامة بهم. وفي ظل النمو المتسارع للفعاليات الجماهيرية وتوسع استخدام التقنيات الذكية، تبرز الحاجة إلى تقييم فعال لهذه الأنظمة من جوانب متعددة، سواء على المستوى النظري الذي يساهم في تطوير المعرفة، أو على المستوى التطبيقي الذي ينعكس مباشرة على أرض الواقع، ويؤثر في سلامة الأفراد وكفاءة الأداء المؤسسي.

1.3.1. على المستوى النظري:

يعد هذا البحث ذات أهمية نظرية كبيرة، كونه يساهم في سد فجوة قائمة في الدراسات المتاحة حول استخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود وتحسين السلامة، خاصة في البيئات ذات الكثافة العالية مثل الحج والعمرة والفعاليات الموسمية الكبرى. ففي حين أن معظم الدراسات الأكاديمية الحالية تركز على استخدام الذكاء الاصطناعي في المجالات الصناعية والطبية والتعليمية، إلا أن الدراسات المتخصصة التي تعالج هذا المفهوم في سياق إدارة الحشود فهي قليلة.

تسعى هذه الدراسة إلى تقديم إطار نظري متكامل يوضح كيف يمكن للذكاء الاصطناعي، عبر أدوات مثل الرؤية الحاسوبية، والتعلم الآلي، وتحليل البيانات الضخمة، أن يحدث تحولاً في نموذج إدارة الحشود من الاستجابة التفاعلية إلى المنهج الاستباقي القائم على التنبؤ والتحليل اللحظي. كما تُركّز الدراسة على بناء علاقة ربط بين التقنية والقرار الإداري، وهي منطقة معرفية ما تزال غير مستكشفة بالقدر الكافي في الأبحاث المحلية.

كذلك، تُعد هذه الدراسة من المشاريع التي تدمج بين إدارة المشاريع والذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود في المملكة العربية السعودية، مما يجعلها رائدة من حيث المنهج والبناء الأكاديمي. فهي لا تكتفي فقط بعرض الإمكانيات التقنية، بل تحلل أثرها على التنظيم والتخطيط والتقييم، ما يُثري النقاش الأكاديمي ويوفر أساساً علمياً لمشاريع بحثية لاحقة.

ومن زاوية أخرى، فإن اعتماد الدراسة على حالات واقعية مثل منصة بصير وسواهر ومشروع النقل الذكي، يجعلها دراسة تطبيقية-نظرية مثبتة من نتائج فعلية حقيقية، تُمكن الباحثين في التخصصات الإدارية والهندسية من الاستفادة منها في بناء مناهج تعليمية وأدوات تقييم مبتكرة مبنية على الواقع المحلي السعودي.

1.3.2. على المستوى التطبيقي:

تكتسب هذه الدراسة أهمية عملية عالية لعدة أسباب رئيسية تتعلق بالتحديات الحقيقية التي تواجه الجهات التنظيمية في المملكة. أولاً، يُمكن لهذه الدراسة أن تقدم تحليلاً عميقاً لكفاءة الأنظمة الذكية في إدارة الحشود ضمن سيناريوهات معقدة، مثل الطواف ورمي الجمرات وتنظيم الحشود وضمان سلامتهم في الفعاليات الترفيهية، حيث تشير البيانات من

موسم حج 1445هـ إلى أن نحو 40% من قرارات التدخل المبكر تم اتخاذها بناءً على توصيات أنظمة تحليل الفيديو التي تديرها سدايا.

ثانيًا، تتيح الدراسة إمكانية تحسين البروتوكولات الميدانية والتشغيلية للجهات الأمنية والإدارية، من خلال تسليط الضوء على نقاط القصور الحالية، مثل ضعف التكامل بين الجهات، أو قصور الاستجابة للتنبيهات الذكية في الوقت الحقيقي. وهذا من شأنه أن يساعد صناع القرار في بناء أنظمة تنسيق واتصال مشتركة بين وزارة الداخلية، وزارة الحج، سدايا، هيئة تطوير مكة، وغيرها.

ثالثًا، من المتوقع أن تسهم نتائج هذه الدراسة في رفع كفاءة تدريب الكوادر الميدانية، حيث أظهرت دراسات سابقة أن أكثر من 60% من مشغلي أنظمة الذكاء الاصطناعي في الحج لم يتلقوا تدريبًا كافيًا على تفسير وتحليل البيانات، مما أدى إلى ضعف في تفعيل قدرات الأنظمة الذكية. وبناءً على ذلك، يمكن استخدام نتائج هذا البحث كأساس لتصميم برامج تدريبية عملية قائمة على سيناريوهات حقيقية، بما يُعزز من أداء الفرق التنظيمية في الظروف الطارئة.

رابعًا، تفتح هذه الدراسة الباب أمام نقل التطبيقات الناجحة من سياق الحج إلى الفعاليات الكبرى الأخرى مثل الفورمولا، مهرجان البحر الأحمر السينمائي، وموسم الرياض، وهي فعاليات تستقبل مئات الآلاف من الزوار، لكنها حتى الآن لا تستفيد من منظومات تحليل الزحام أو التنبؤ بسلوك الحشود بنفس المستوى الذي تحققه مواسم الحج. وبالتالي، فإن تعميم نتائج البحث وتوصياته سيسهم في نشر ثقافة “الإدارة الذكية للحشود” في كل أنحاء المملكة.

أخيرًا، تتقاطع أهمية هذا البحث عمليًا مع رؤية المملكة 2030، خاصة في محاور: رفع جودة الحياة، التحول الرقمي، وتوسيع خدمات الحج والعمرة، وتحسين تجربة زوار المملكة. فكل تحسين في إدارة الحشود يسهم في تعزيز السلامة العامة، وتحقيق الكفاءة التشغيلية، وتقليل الاعتماد على العنصر البشري. كما أنه يفتح المجال أمام الشراكات بين القطاعين العام والخاص لتطوير حلول ذكاء اصطناعي جديدة، مما يُعزز مكانة المملكة كمركز إقليمي لتقنيات الحشود الذكية.

1.4. أسئلة الدراسة

في ضوء المشكلة المحددة، وما كشفت عنه الفجوات النظرية والتطبيقية في مجالات استخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود وتحسين السلامة خلال الفعاليات الجماهيرية، تتبلور الحاجة إلى صياغة مجموعة من الأسئلة البحثية التي تسعى إلى فهم واقع استخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود وتحسين السلامة خلال الفعاليات الجماهيرية في المملكة العربية السعودية. هذه الأسئلة لا تتبع فقط من الرغبة في رصد التقنيات الحالية، بل من الحاجة إلى استكشاف مدى فاعليتها، والتحديات التي قد تعيق توظيفها، والفجوات التي ما زالت قائمة سواء من ناحية التنسيق المؤسسي أو من الجانب التقني والتشغيلي.

تمثل هذه الأسئلة انعكاساً للأهداف الرئيسة للبحث، ووسيلة منهجية لضبط نطاق التحليل وتوجيه الدراسة نحو نتائج قابلة للتطبيق، سواء على المستوى النظري أو العملي. كما تُعزز من أهمية البحث في دعم جهود التحول الرقمي التي تقودها المملكة تحت رؤية 2030، خاصة في القطاعات الحساسة مثل السلامة العامة، وتنظيم الحشود في الفعاليات واسعة النطاق.

انطلاقاً من ذلك، جاءت الأسئلة التالية لتكون الإطار المرجعي لهذا البحث:

- ما أبرز تطبيقات الذكاء الاصطناعي المستخدمة حالياً في إدارة الحشود وتحسين السلامة خلال الفعاليات الجماهيرية في المملكة العربية السعودية؟

هذا السؤال يسعى إلى رصد الأدوات والمنصات الذكية المعتمدة في المشروعات الفعلية، مثل منصتي بصير وسواهر، ومدى انتشار استخدامها في مواسم الحج، العمرة، والمناسبات الكبرى مثل موسم الرياض. [1][3][5].

- ما مدى فاعلية هذه الأنظمة في تحسين كفاءة الاستجابة الأمنية وتقليل الحوادث خلال إدارة الحشود؟ يرتبط هذا السؤال بالتحليل الكمي والنوعي لنتائج التقارير الصادرة عن الجهات المختصة، مثل وزارة الداخلية وسدايا، ويعكس الحاجة إلى تقييم واقعي للنتائج وليس مجرد وصف للتقنيات [4][11].

- ما أبرز التحديات الفنية أو التنظيمية التي تواجهها الجهات في تطبيق هذه التقنيات ميدانياً؟ يركز هذا السؤال على كشف العقبات التي قد تعيق استمرارية أو فاعلية هذه الأنظمة، سواء من ناحية تدريب الكوادر، صيانة الأنظمة، أو غياب التكامل بين الجهات المختلفة [7].

- ما مدى تكامل أنظمة الذكاء الاصطناعي مع البنية التحتية الذكية للمدن السعودية؟ يبحث هذا السؤال في درجة التوافق بين المنصات المستخدمة وبين أنظمة المدن الذكية، وشبكات المراقبة، وأنظمة النقل الذكية، وما إذا كانت هناك فجوة أو ضعف في هذا الجانب.

- ما النموذج المقترح لتعزيز فاعلية الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود بما يسهم في تحسين السلامة العامة خلال الفعاليات الجماهيرية؟

يمثل هذا السؤال خلاصة تحليلية للبحث، ويهدف إلى تقديم تصور تطبيقي يجمع بين أدوات الذكاء الاصطناعي، وإنترنت الأشياء، والتحليل الجغرافي الزمني، ضمن منظومة موحدة قابلة للتطبيق [14].

تأتي هذه الأسئلة لتكون الدليل المنهجي لمسار الدراسة، حيث تم صياغتها بما يتماشى مع الإطار التحليلي المقترح للمشروع. وقد رُوعي في صياغتها أن تعكس بدقة الجوانب المختلفة لمشكلة البحث، وتشمل مختلف المحاور النظرية والتطبيقية ذات الصلة. وسيوضح في القسم التالي كيف ترتبط هذه الأسئلة ارتباطاً مباشراً بالأهداف المحددة للبحث، بحيث يُعزز كل سؤال منها أحد المسارات التي يسعى المشروع إلى استكشافها وتحليلها بعمق. من خلال هذا الترابط، تُوجه هذه الأسئلة مسار التحليل لضمان الوصول إلى نتائج دقيقة يمكن أن تدعم صُنّاع القرار في تطوير استراتيجيات أكثر كفاءة في تنظيم الفعاليات الجماهيرية، وتعزيز منظومة السلامة العامة.

1.5. أهداف الدراسة

تعد الأهداف البحثية إحدى الركائز الأساسية التي يقوم عليها هذا المشروع، حيث تمثل البوصلة التي تُوجّه مسار الدراسة نحو تحقيق نتائج قابلة للقياس والتحليل. وبما أن هذا المشروع يركز على تحليل أثر الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود وتحسين السلامة في الفعاليات الجماهيرية داخل المملكة العربية السعودية، فإن صياغة الأهداف يجب أن تتبع من فهم عميق لمشكلة الدراسة، وأن تُبنى على أسئلة بحثية واضحة ومحددة. كما ينبغي أن تعكس هذه الأهداف المساهمة العلمية والعملية المتوقعة من الدراسة، سواء على مستوى إثراء المعرفة الأكاديمية، أو على مستوى دعم صنّاع القرار في تحسين فعالية النظم الحالية.

وانطلاقاً من هذا الفهم، يسعى هذا البحث إلى تحقيق مجموعة من الأهداف الأساسية والمترابطة، على النحو الآتي:

- الهدف الأول: تحليل واقع استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود بالمملكة

يسعى البحث إلى رصد الأدوات والأنظمة الذكية المستخدمة حالياً في إدارة الحشود خلال الفعاليات الكبرى مثل الحج، العمرة، موسم الرياض، والفعاليات الترفيهية أو الرياضية، وتوثيق خصائصها الفنية ووظائفها، مثل منصة سواهر، ومنصة بصير، أنظمة الرؤية الحاسوبية، والطائرات بدون طيار.

- الهدف الثاني: تقييم فعالية تقنيات الذكاء الاصطناعي في تعزيز السلامة العامة وتقليل الحوادث

يركز هذا الهدف على دراسة مدى تأثير الأنظمة الذكية في تحسين السلامة داخل مواقع الفعاليات، من خلال تحليل مؤشرات أداء مثل: سرعة الاستجابة للحوادث، معدلات الإنقاذ المبكر، تقليل التكدسات والاختناقات، وعدد الحوادث المسجلة قبل وبعد تطبيق هذه التقنيات.

• الهدف الثالث: التعرف على التحديات الفنية والتنظيمية التي تواجه تفعيل أنظمة الذكاء الاصطناعي ميدانياً

سيتم تحليل العوائق التي تحول دون تحقيق الاستفادة المثلى من هذه التقنيات، سواء كانت متعلقة بالبنية التحتية، ضعف الربط بين المنصات الذكية والأنظمة التشغيلية، عدم كفاية أو كفاءة التدريب الميداني للعاملين، أو غياب المعايير الموحدة بين الجهات المعنية. ويبنى هذا الهدف من خلال مراجعة دراسات حديثة حول جاهزية المدن الذكية في المملكة، وتقارير صادرة عن الهيئة الملكية لمكة المكرمة وسدايا [4][7][12].

• الهدف الرابع: دراسة مدى تكامل تقنيات الذكاء الاصطناعي مع شبكات النقل وأنظمة المدينة الذكية

يستكشف هذا الهدف العلاقة بين استخدام الذكاء الاصطناعي في مراقبة الحشود، وقدرته على دعم منظومات النقل الذكي والخرائط الجغرافية، مثل إدارة حركة الحافلات، توجيه المشاة، وتحسين زمن الرحلات. وذلك من خلال تحليل نماذج مثل مبادرة النقل الذكي التابعة لسدايا، ودورها في تقليل زمن التنقل بين المشاعر بنسبة وصلت إلى 23% في موسم حج 2025 [6][10].

• الهدف الخامس: اقتراح تصور مفاهيمي لنموذج تشغيلي متكامل لإدارة الحشود يعتمد على الذكاء الاصطناعي

يهدف هذا البحث إلى تقديم تصور نظري لمكونات نموذج ذكي يمكن الاستفادة منه في إدارة الحشود خلال الفعاليات الجماهيرية، اعتماداً على تقنيات الذكاء الاصطناعي، إنترنت الأشياء، والتحليل الجغرافي الزمني. ويرتكز التصور المقترح على نتائج تحليل الدراسات الحالية والبيانات المنشورة، بهدف توضيح كيف يمكن لتكامل هذه التقنيات أن يسهم في تحسين آليات الرصد اللحظي، ودعم اتخاذ القرار، وتوزيع الموارد الميدانية بفعالية، بما يُعزز من كفاءة السلامة والانسيابية. لا يُعد النموذج تطبيقاً ميدانياً، بل إطاراً نظرياً يُمهّد للبحوث التطبيقية المستقبلية.

• الهدف السادس: المساهمة في تعزيز المعرفة العلمية في مجال الذكاء الاصطناعي وإدارة الحشود في السياق السعودي

يسعى المشروع إلى تقديم إضافة نوعية للمجال الأكاديمي من خلال بناء قاعدة معرفية محكمة تحتوي على بيانات ومؤشرات دقيقة، تدعم الدراسات المستقبلية في هذا المجال، وتوفر مرجعاً علمياً لصناع السياسات والمؤسسات التقنية العاملة في إدارة الحشود.

إن هذه الأهداف لا تُعبر فقط عن مسار البحث، بل تمثل خارطة طريق عملية لتحقيق تحسين ملموس في جودة إدارة الحشود داخل الفعاليات الجماهيرية بالمملكة، وتعزيز السلامة العامة بما يتماشى مع تطلعات رؤية المملكة 2030 في التحول الرقمي وبناء مدن ذكية قادرة على التعامل مع التحديات المعقدة.

1.6. فرضيات الدراسة

تُعد فرضيات الدراسة من الأساسات العلمية التي تُوجه مسار التحليل، إذ تعبّر عن التوقعات المنطقية المدعومة بالأدبيات والدراسات السابقة حول طبيعة العلاقة بين المتغيرات الأساسية. وبالنظر إلى أن هذا المشروع يتناول أثر تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود وتعزيز السلامة خلال الفعاليات الجماهيرية في المملكة، فقد تم بناء مجموعة من الفرضيات التي تمثل التوقعات الرئيسة التي يسعى البحث لاختبارها نظرياً، ضمن إطار مفاهيمي مستند إلى التقارير الحكومية، والمبادرات التقنية، والدراسات العلمية الحديثة.

ترتكز الفرضيات المطروحة على العلاقة بين المتغير المستقل (تقنيات الذكاء الاصطناعي) والمتغيرات التابعة (مؤشرات إدارة الحشود والسلامة العامة)، مع الأخذ في الاعتبار المتغيرات الوسيطة المؤثرة، مثل البنية التحتية، والتنسيق المؤسسي، والجاهزية التشغيلية.

• الفرضيات:

1. توجد علاقة ذات دلالة بين توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي وتحسن مؤشرات السلامة العامة في الفعاليات الجماهيرية

تشير الأدبيات والتقارير الرسمية إلى أن تقنيات الذكاء الاصطناعي، كأنظمة التنبؤ المبكر وتحليل الفيديو، ساهمت في تقليل معدلات الحوادث بنسبة وصلت إلى 27% خلال موسم حج 2025، وخفض زمن الاستجابة للطوارئ بأكثر من 40% [5].

2. توجد علاقة بين مساهمة المنصات الذكية في تعزيز القدرة الميدانية على رصد الحشود، وبين التفاعل اللحظي مع التكدسات

بناءً على تقارير (SDAIA (2024)، تم توظيف أكثر من 1,900 كاميرا ذكية بتقنية الرؤية الحاسوبية لتحليل الكثافة وإصدار تنبيهات فورية، مما ساعد على اتخاذ قرارات سريعة وتحقيق انسيابية في الحركة [2][9].

3. علاقة تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود مع التحديات التشغيلية والتنظيمية، التي تقلل من فاعليتها

تسلط التقارير الضوء على ضعف التكامل بين الأنظمة، محدودية التدريب، وغياب المعايير الموحدة، وهو ما أعاق تفعيل الأمثل لهذه التقنيات في بعض المواقع الحيوية [7].

4. مدى دور البنية التحتية الرقمية وجاهزيتها تقنيا في تحديد فعالية تطبيقات الذكاء الاصطناعي الميدانية

أظهرت دراسة (Shah (2025 أن فعالية خوارزميات الذكاء الاصطناعي تتأثر بمدى توفر تغطية شبكية موثوقة، ووضوح الرؤية في البيانات المعقدة، مما يبرز أهمية الاستعدادات التقنية المسبقة [12].

5. كلما كان هناك مساهمة ودور في تكامل أنظمة الذكاء الاصطناعي مع منصات النقل الذكي، كلما قلت الازدحامات وتسحن تدفق الزوار

في موسم الحج، ساعدت مبادرة النقل الذكي على إعادة توجيه الحافلات والمشاة بناءً على تحليلات الكثافة، مما أدى إلى تحسين زمن الرحلة بنسبة 23% في بعض المناطق [10].

6. عند غياب المعايير التشغيلية الموحدة بين الجهات الحكومية، تضعف كفاءة استخدام أنظمة الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود

تُظهر التقارير تفاوتًا في الأداء بين الجهات، بسبب غياب سياسات موحدة للتشغيل والتكامل الفوري بين الأنظمة الذكية [7].

1.7. نموذج الدراسة

تُعد النماذج المفاهيمية من الأدوات الأساسية في البحوث الأكاديمية ذات الطابع التطبيقي أو النظري، لما لها من دور جوهري في تفسير العلاقات السببية بين المتغيرات، وتحديد آليات التفاعل بينها، ووضع افتراضات مبنية على أساس منطقي ومنهجي. كما تُعتبر بمثابة الإطار العام الذي ينظم مكونات الدراسة، ويربط أهدافها بأسئلتها، ويُهد الطريق نحو تحليل أعمق للبيانات واستخلاص نتائج دقيقة قابلة للتطبيق.

في هذا المشروع، تم بناء نموذج مفاهيمي خاص بهذا المشروع، يستند إلى نموذج TAM (Technology Acceptance Model)، مع تكيفه ليتناسب مع طبيعة إدارة الحشود في المملكة، من خلال إدراج مكونات تقنية ومؤسسية وتنظيمية تعكس الواقع الميداني للفعاليات الجماهيرية ذات الكثافة العالية مثل الحج، العمرة، مواسم الرياض، والفعاليات الكبرى التي تُنظم في المدن السعودية الذكية. يوضح هذا النموذج العلاقة التفاعلية بين الذكاء الاصطناعي كمتغير مستقل، وفعالية إدارة الحشود وتحقيق السلامة العامة كمتغير تابع، مع الأخذ في الاعتبار العوامل الوسيطة التي تؤثر على طبيعة هذا التفاعل.

ومن الناحية النظرية، يمكن اعتبار نموذج البحث امتداداً أو تكيفاً لنموذج TAM الذي يؤكد على دور المتغيرات السياقية والمؤسسية في تشكيل فعالية تبني وتطبيق التقنيات. وقد أظهرت العديد من الدراسات أن هذا النموذج يساعد على تفسير التفاوت في تبني الأنظمة الذكية تبعاً لمستوى الجاهزية التنظيمية والبنية التحتية الرقمية [15]. غير أن ما يميز هذا النموذج هو تركيزه على مكونات حقلية محددة في بيئة المملكة العربية السعودية، مما يمنحه بعداً واقعياً وتجريبياً عميقاً.

• أولاً - المتغير المستقل: الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود

يمثل الذكاء الاصطناعي المحرك الأساسي والنواة التقنية في هذا النموذج، ويتضمن مجموعة من التقنيات الفرعية التي أثبتت فاعليتها في التجارب الميدانية بالفعاليات الجماهيرية، مثل:

- أنظمة الرؤية الحاسوبية لتحليل تدفق الحشود وكشف التكدسات [2][5].
 - الطائرات بدون طيار (Drones) لمراقبة المناطق الواسعة [6].
 - الخوارزميات التنبؤية التي تتوقع مناطق الخطر قبل حدوثها [12].
 - أنظمة إنذار مبكر تعتمد على تحليل الصوت والصورة [12].
 - تكامل الذكاء الاصطناعي مع البنية التحتية الذكية مثل الخرائط الزمنية والتحكم في إشارات المرور [10].
- وتعكس هذه التقنيات التحول من نماذج الرقابة البشرية التقليدية إلى نماذج تشغيلية تعتمد على التحليل الدقيق للبيانات، واتخاذ القرار الذكي بناءً على مؤشرات ميدانية دقيقة.

• ثانياً - المتغير التابع: كفاءة إدارة الحشود وتحسين السلامة

يرتبط هذا المتغير بقدرة الجهات التنظيمية على تحقيق عدة مؤشرات وعوامل يمكن قياسها وتحليلها، مثل:

- سرعة الاستجابة للحوادث الطارئة
 - تقليل عدد الإصابات أو الوفيات في الأحداث المزدحمة
 - تقليل مدة الاختناقات والتكدسات
 - تعزيز الثقة في المنظومات الأمنية الذكية
- وقد أظهرت تقارير سدايا إلى أن تطبيق أنظمة الذكاء الاصطناعي خلال موسم العمرة في رمضان 2025 أدى إلى رصد أكثر من 7 ملايين حالة في الحرم المكي، وتم اتخاذ إجراءات استباقية في أكثر من 12 ألف حالة ازدحام [2][11].

• ثالثاً - المتغيرات الوسيطة: العوامل المؤثرة في فاعلية الذكاء الاصطناعي

لا يمكن قياس فاعلية الذكاء الاصطناعي بمعزل عن البيئة التي يعمل فيها، لذا يقترح هذا النموذج أن تؤخذ بالاعتبار العوامل التالية:

- البنية التحتية التقنية: شبكات الجيل الخامس، توفر الكاميرات الذكية، وسرعة نقل البيانات [4][7].
- التكامل المؤسسي: تنسيق الجهود بين الجهات المعنية مثل وزارة الداخلية، سدايا، الهيئة الملكية لمكة [5][9].
- وعي وتدريب الكوادر البشرية: وذلك لأن الأنظمة الذكية بحاجة لتفسير وتحليل وتشغيل فعال.
- الجاهزية التنظيمية: وجود بروتوكولات استجابة معتمدة عند التنبيهات أو الإشعارات من الأنظمة.

● رابعاً - الفرضية الأساسية للنموذج

كلما زادت درجة تكامل الذكاء الاصطناعي في إدارة الفعاليات الجماهيرية، زادت فعالية إدارة الحشود وتحسنت مؤشرات السلامة العامة، بشرط توافر بيئة تشغيلية داعمة.

● خامساً - الهيكل المفاهيمي للنموذج

يعتمد النموذج على تسلسل منطقي لعملية التفاعل بين مكونات النظام:

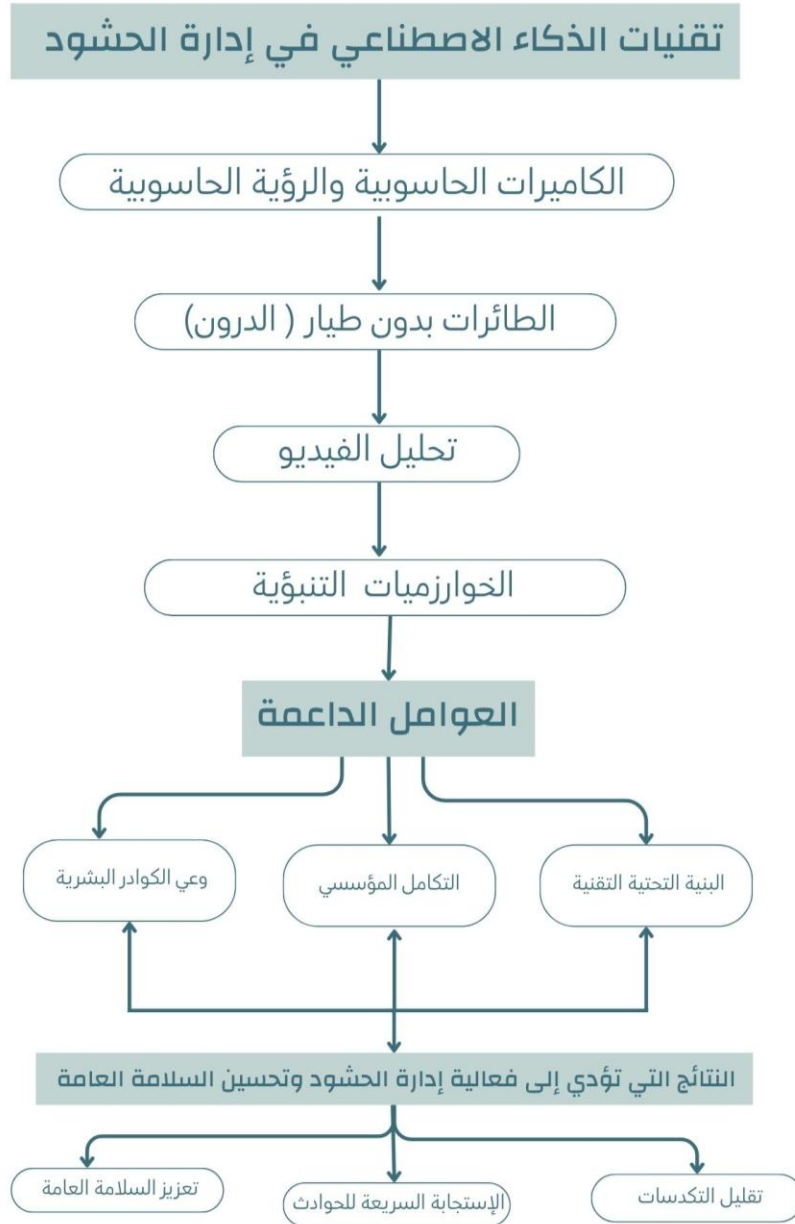
- إدخال البيانات من الواقع الميداني (كاميرات، طائرات بدون طيار، حساسات)
- معالجة وتحليل البيانات بواسطة خوارزميات الذكاء الاصطناعي
- إصدار تنبيهات، توصيات أو قرارات تشغيلية في الزمن الحقيقي
- تحسين إدارة الحشود، منع التكدسات، ورفع كفاءة الاستجابة الأمنية

هذا التسلسل يظهر في المنصات التي طورته المملكة مثل منصة بصير ومنصة سواهر، والتي تركز على الرؤية الحاسوبية لتحليل حركة الحشود وتوقع الاختناقات [1][3].

● سادساً - التمثيل البياني المقترح للنموذج

يعرض الشكل التالي التمثيل البياني المعتمد في هذه الدراسة، والذي يُبرز العلاقة بين استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود وتحقيق مستويات أعلى من السلامة خلال الفعاليات الجماهيرية في المملكة العربية السعودية. يوضح النموذج العناصر الأساسية التي تُمثل مدخلات النظام، مثل أدوات الذكاء الاصطناعي (كاميرات الرؤية الحاسوبية، تحليل الفيديو، الطائرات بدون طيار، الخوارزميات التنبؤية)، والعمليات الوسيطة التي تشمل تحليل البيانات في الزمن الحقيقي والتكامل مع أنظمة المدن الذكية، وصولاً إلى النتائج المأمولة مثل تقليل التكدسات، الاستجابة

السريعة للحوادث، وتعزيز السلامة العامة. كما يُبين النموذج العوامل المؤثرة مثل التحديات التنظيمية والفنية، ودور البنية التحتية والجهات الحكومية ذات العلاقة في تعزيز أو إعاقة فعالية النظام.



صورة 1: العوامل المؤثرة وعلاقتها في فاعلية الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود

يساهم هذا النموذج في توجيه الإطار النظري والتحليلي للبحث، من خلال تحديد المتغيرات المستقلة (مثل أنواع تقنيات الذكاء الاصطناعي المستخدمة)، والمتغيرات التابعة (مستوى السلامة، سرعة الاستجابة، جودة توزيع الموارد)، بالإضافة إلى العوامل الوسيطة. كما يُعد هذا النموذج أداة مرجعية لتحليل البيانات وتفسير النتائج في ضوء أهداف

الدراسة، ويُساعد على صياغة الفرضيات بشكل دقيق، والتأكد من اتساقها مع بنية العلاقات المفترضة بين المتغيرات. بناءً على هذا التمثيل، يمكن تقييم كفاءة الحلول الذكية المُستخدمة، وتقديم توصيات لتحسينها بما يتماشى مع التوجهات الوطنية نحو التحول الرقمي وتعزيز جودة الحياة.

1.8. منهجية الدراسة

يعتمد هذا البحث على المنهج الوصفي التحليلي، والذي يُعد الأكثر ملاءمة لدراسة الموضوعات التي تجمع بين الطابعين التقني والتنظيمي، مثل استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود وتحسين السلامة خلال الفعاليات الجماهيرية. يتميز هذا المنهج بقدرته على تقديم وصف شامل للواقع، وتحليل العلاقات بين المتغيرات، وفهم التأثيرات المتبادلة ضمن السياق التطبيقي في المملكة العربية السعودية.

• تصميم البحث

ويرتكز التصميم العام للدراسة على نموذج نظري مفاهيمي يعكس العلاقة بين المتغيرات التالية:

- وصف الواقع القائم لتقنيات الذكاء الاصطناعي المستخدمة ميدانيًا في إدارة الحشود.
- تحليل العلاقة المفترضة بين المتغيرات التقنية والتنظيمية والسلوكية.
- تفسير مخرجات هذه العلاقة في ضوء التجارب المحلية والتوجهات العالمية.

لا تسعى الدراسة إلى تطبيق ميداني مباشر أو جمع بيانات أولية، وإنما تُركّز على تقديم إطار مفاهيمي وتحليلي يمكن الاستفادة منه في الأبحاث التطبيقية المستقبلية، وفي تطوير السياسات العامة والتخطيط الإستراتيجي المتعلق بإدارة الحشود الذكية.

• أدوات جمع البيانات

نظرًا لكون الدراسة تعتمد على مصادر ثانوية، فقد تم اعتماد أدوات منهجية دقيقة لجمع وتحليل المحتوى، تشمل:

- مراجعة الأدبيات العلمية المحكمة المنشورة خلال السنوات الخمس الأخيرة، والمتعلقة بالذكاء الاصطناعي، وإدارة الحشود، والمدن الذكية، وسلامة الفعاليات الجماهيرية مثل و arXiv.
- تحليل تقارير الأداء الرسمية الصادرة عن الهيئات الحكومية السعودية مثل الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي (سدايا)، وزارة الداخلية، الهيئة الملكية لمكة، هيئة تطوير الرياض، وهيئة الترفيه ومنصتي بصير سواهر، وغيرها من الحلول الذكية المعتمدة في إدارة الفعاليات الكبرى.

• تقنيات تحليل البيانات

تُستخدم في هذه الدراسة أدوات التحليل النوعي، وعلى رأسها:

○ تحليل SWOT:

لتقييم البيئة الداخلية والخارجية لتطبيقات الذكاء الاصطناعي، من خلال تحديد:

- نقاط القوة (Strength): مثل التطور السريع في البنية التحتية الرقمية.
- نقاط الضعف (Weaknesses): كضعف التكامل بين الجهات.
- الفرص (Opportunities): مثل توسع مبادرات التحول الرقمي.
- التحديات (Threats): كالتباين في جاهزية الكوادر البشرية.

○ تحليل المحتوى المفاهيمي:

بهدف تفسير كيفية ارتباط المتغيرات ضمن النموذج المفاهيمي المقترح، واختبار مدى اتساقه مع الأدبيات السابقة، واستخدامه كأداة لتفسير العلاقة بين الذكاء الاصطناعي وتحقيق السلامة الميدانية.

○ التحليل المقارن:

- بين التجارب المحلية والدولية الناجحة في إدارة الحشود باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي، لتحديد مدى ملاءمة التجربة السعودية وتحديد الفجوات التطويرية الممكنة.

تُربط نتائج هذه التحليلات بشكل مباشر بأسئلة الدراسة وفرضياتها، لضمان تحقيق الانسجام الداخلي في بنية البحث.

• مبررات اختيار المنهج والأدوات

يستند اختيار المنهج الوصفي التحليلي وأدواته على عدة اعتبارات، أبرزها:

- الطبيعة المفاهيمية للدراسة التي لا تتطلب تدخلاً ميدانياً مباشراً.
 - الحاجة إلى فهم شامل للتجارب السابقة وتحليل توجهات السياسة العامة.
 - ملاءمة أدوات التحليل النوعي لتفسير الظواهر المركبة التي تشمل عدة مستويات (تقنية، تنظيمية، بشرية).
- وقد أوصت دراسات سابقة باستخدام تحليل SWOT في تقييم تطبيقات المدن الذكية والأنظمة الأمنية الرقمية، منها دراسة (Smith et al (2023، التي أكدت فعاليتها في تحليل الأطر المؤسسية والتكنولوجية في السياقات الحكومية [17].

تعكس هذه المنهجية توافقاً واضحاً مع أهداف الدراسة وأسئلتها، مما يضمن تحليل علمي دقيق يساهم في تقديم توصيات واقعية ومبنية على الأدلة، لدعم صناع القرار والمؤسسات التقنية في تحسين آليات إدارة الحشود الذكية، وتعزيز الأمن والسلامة في الفعاليات الكبرى ضمن رؤية المملكة 2030.

1.9. الدراسة الميدانية

تماشيًا مع طبيعة هذا البحث الذي يهدف إلى تحليل أثر تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود وتحسين السلامة خلال الفعاليات الجماهيرية في المملكة العربية السعودية، فإن الدراسة الميدانية المقترحة تركز على تحليل البيانات التطبيقية الواقعية التي شهدت استخدامًا فعليًا وواسع النطاق لهذه التقنيات.

وبناءً على ذلك، تم تحديد عدد من المواقع الرئيسية ذات الصلة الوثيقة بسياق الدراسة، وهي المشاعر المقدسة (منى، عرفات، مزدلفة) خلال موسم الحج، إضافة إلى المسجد الحرام والمدينة المنورة خلال موسم العمرة، إلى جانب موسم الرياض كنموذج بارز للفعاليات الترفيهية ذات الكثافة الجماهيرية العالية. وقد تم اختيار هذه البيانات لعدة اعتبارات جوهرية، أهمها ما تشهده من كثافة بشرية تُعد من بين الأعلى عالميًا، إضافة إلى أنها تمثل نماذج حقيقية لاستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في مواقف ميدانية حساسة، حيث تعتمد الجهات التنظيمية على منصات مثل منصتي بصير وسواهر، بالإضافة إلى أنظمة الرؤية الحاسوبية والطائرات بدون طيار، لضمان سلامة الحشود وتوجيهها بكفاءة.

تركز هذه الدراسة على تحليل البيانات الميدانية المنشورة، والتقارير الرسمية المعتمدة، وكذلك الدراسات العلمية السابقة التي وثقت تجارب تلك البيانات. ويُعتمد في ذلك على منهج تحليلي غير تجريبي، يقوم على رصد المؤشرات الواقعية، وتفسير آليات تشغيل الأنظمة الذكية، واستخلاص الدروس المستفادة من تجارب التطبيق الذكي في السياق السعودي.

ورغم أن الدراسة تُصنف على أنها ميدانية من حيث محتواها وتحليلها، فإنها لا تتضمن إجراء تطبيق مباشر أو تجارب ميدانية على عينات بشرية أو فرق تشغيل ميدانية. ويُعزى ذلك إلى طبيعة نطاق الدراسة، التي تركز على البيانات ذات الحساسية العالية والارتباط الوثيق بالأمن والسلامة العامة، ما يجعل من الصعب تنفيذ تدخلات بحثية مباشرة أو جمع بيانات أولية دون الحصول على تصاريح رسمية معقدة قد تؤثر على واقعية التنفيذ. وبناءً عليه، ارتكزت الدراسة على التحليل المستند إلى مصادر رسمية وموثوقة، لضمان أعلى قدر من الدقة والموثوقية، دون المساس بسير العمليات الميدانية أو خصوصية الجهات المعنية.

1.10. مخطط المشروع المقترح

يعتمد هذا المشروع على مخطط بحثي متكامل يتضمن عدة مراحل متتابعة، تضمن تسلسلاً منطقيًا ومنهجيًا لمعالجة مشكلة الدراسة وتحقيق أهدافها. وبما أن المشروع ذو طبيعة تحليلية نظرية، فقد تم تصميم المخطط البحثي ليرتكز على مراجعة الأدبيات المتخصصة، وتحليل البيانات المنشورة، واستقراء المؤشرات الرسمية، وصولاً إلى بناء نموذج مفاهيمي متكامل وتقديم توصيات مستقبلية مستندة إلى الدليل العلمي. يتكون المخطط من ست مراحل مترابطة على النحو الآتي:

1. جمع وتحليل الدراسات السابقة والأدبيات العلمية

- جمع وتحليل الأبحاث المحلية والدولية المتعلقة باستخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود.
- التركيز على تطبيقات تمت في المملكة مثل: موسم الحج، العمرة، موسم الرياض، والأحداث الرياضية الكبرى.
- تصنيف الأدبيات حسب الاستخدامات (الرؤية الحاسوبية، التنبؤ بالتكدسات، الطائرات الذكية، وغيرها).

2. تحليل نماذج وتقنيات الذكاء الاصطناعي المطبقة ميدانياً

- تحليل المنصات المعتمدة (مثل منصة سواهر، بصير، النقل الذكي).
- دراسة خصائص كل نظام، ومدى كفاءته وفقاً للمؤشرات المنشورة.
- استعراض التحديات والقيود المرتبطة بتطبيق هذه النماذج ميدانياً.

3. مراجعة الإحصائيات والتقارير الرسمية

- تحليل التقارير الصادرة من الجهات المختصة مثل وزارة الداخلية، هيئة تطوير مكة، وسدايا.
- مقارنة مؤشرات الأداء الأمني والخدمي قبل وبعد إدخال تقنيات الذكاء الاصطناعي.
- استخراج مؤشرات كمية (مثل تقليل الحوادث، وقت الاستجابة، مستويات التكدس).

4. تقييم الفجوات والتحديات النظرية والتطبيقية

- تحليل ما إذا كانت الدراسات السابقة قد عالجت جميع الجوانب.
- رصد النقاط غير المغطاة في الأدبيات، مثل الجوانب الأخلاقية، حماية البيانات، والتنسيق بين الجهات.

5. تطوير نموذج مفاهيمي متكامل لإدارة الحشود الذكية

- تصميم إطار نظري يدمج تقنيات الذكاء الاصطناعي، إنترنت الأشياء، والتحليل الجغرافي الزمني.
- توضيح العلاقات بين المتغيرات (الكثافة، الاتجاهات، التوقعات، الاستجابة).
- تقديم آلية عمل مقترحة لتحسين كفاءة الأنظمة الذكية في بيئات مكتظة.

6. صياغة التوصيات والتوجهات المستقبلية

- تقديم توصيات قائمة على تحليل علمي وعملي تساعد في تطوير الأنظمة الحالية.
- اقتراح محاور للبحوث المستقبلية تُسهم في التطبيق العملي للمفاهيم النظرية.
- إبراز دور الذكاء الاصطناعي في دعم توجهات المملكة نحو التحول الرقمي وتحقيق رؤية 2030.

2. الفصل الثاني: الدراسات السابقة

2.1. المقدمة:

تُعد مراجعة الدراسات العلمية من الأساسيات لأي بحث أكاديمي متكامل، حيث توفر الهيكل النظري لفهم التجارب والدراسات السابقة لما تساعد في تفادي التكرار أو التعثر في البحث العلمي. وفي هذا المشروع الذي يسعى لتحليل أثر الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود وتعزيز السلامة خلال الفعاليات الجماهيرية بالمملكة العربية السعودية، فإن هذه المراجعة تأتي لتوضح تطور التطبيقات التقنية وتحدد الفجوات التي تستدعي المعالجة مستقبلاً.

من الناحية المحلية، تُمثل المملكة نموذجاً عالمياً للتحوّل الرقمي في مجال إدارة الحشود، خاصة خلال مواسم الحج والعمرة والمواسم الترفيهية. إذ اعتمدت منصات مثل بصير وسواهر على تحليل الفيديو في الزمن الحقيقي لتوجيه الحشود، وهو ما انعكس بشكل فاعل في خفض زمن الاستجابة وتحسين الإجراءات التنظيمية [1][9]. كما أحدث تطبيق الذكاء الاصطناعي خلال موسم رمضان والفعاليات الرمضانية بالمدن تحسينات ملموسة في تتبع الحشود، وقد أظهرت تقارير وزارة الداخلية وتقارير سدايا مدى تأثير هذه التقنيات في استباق الحوادث.

وعلى الصعيد الأكاديمي، قدمت دراسة شاملة من Shah تصنيفاً تقنياً لأنظمة الذكاء الاصطناعي المستخدمة في الحج والعمرة، موضحة أدوات تحسين تجربة الحجاج من خلال معالجة التكدس والنقل والتدخل الطبي [16]. وفي تجربة السعودية خلال جائحة كوفيد-19، كشف بحث Abalkhail & Al Amri عن نموذج عملي للتنظيم الذكي باستخدام الذكاء الاصطناعي، بدون وقوع إصابات تُذكر، مؤكداً دور المملكة كمرجع عالمي في هذا المجال [17].

وعلى المستوى الفني، تظهر الدراسات في مجال تعلّم الآلة تقارب مبتكر يجمع بين نموذج الذكاء الاصطناعي "Isolation Forest" للكشف المبكر عن المخاطر ونموذج "LSTM" لتوقع تحركات الحشود، محققاً دقة تجاوزت 91% في الكشف عن الحالات والحشود غير الطبيعية خلال موسم الحج، وهو ما يمثل خطوة نوعية في تعزيز الأمان الميداني [21].

كما أن الجوانب الاجتماعية والأخلاقية حظيت بالاهتمام، فقد أبرزت دراسات مثل تلك التي أجراها Alqarni et الهواجس المتعلقة بالخصوصية والثقة عند استخدام تقنيات التعرف على الوجه في المناطق ذات الحشود [18]، في حين تناولت ورقة (2025) AI & Ethics Journal العواقب حول الخصوصية في التحليلات الاجتماعية، ضمن سياق سياسي وتشغيلي جديد [20].

في ضوء هذه المعطيات، يقوم هذا البحث بالتركيز على ثلاث مسارات متكاملة: أولاً، دراسة التقنيات الذكية المستخدمة فعلياً في إدارة الحشود (المتغير المستقل)، ثانياً، تقييم أثرها على السلامة والتنظيم (المتغير التابع)، ثالثاً، تحليل العلاقة التبادلية بينهما ضمن السياق السعودي الحديث، بما يتوافق مع أهداف ورؤية المملكة 2030. ويُعد هذا التوجيه خطوة أساسية نحو بناء نموذج نظري متكامل يدعم التحسين المستقبلي والتطبيق الفعلي لتحسين السلامة العامة

2.2. المتغير المستقل (تقنية الذكاء الاصطناعي)

يُعتبر الذكاء الاصطناعي (AI) المتغير المستقل في هذه الدراسة، إذ يُمثل الأداة التقنية المحورية التي يمكن من خلالها تحسين إدارة الحشود وتعزيز السلامة في الفعاليات الجماهيرية. ويشمل هذا المتغير العديد من التقنيات الذكية التي تتنوع بين أنظمة الرؤية الحاسوبية، الخوارزميات التنبؤية، الروبوتات، والطائرات بدون طيار، والتي أثبتت فعاليتها في مختلف السياقات المحلية والعالمية.

فيما يلي، نستعرض الأبعاد الرئيسة للذكاء الاصطناعي كمتغير مستقل في البحث، وفقاً للدراسات الحديثة والسابقة:

2.2.1. أنظمة الرؤية الحاسوبية وتحليل الفيديو

تمثل الرؤية الحاسوبية العمود الفقري لتطبيقات ونماذج إدارة الحشود، إذ تُمكن من تحليل الصور والفيديو بشكل لحظي لرصد الكثافات، التعرف على السلوكيات غير الطبيعية في الحشود، وتوجيه التدخلات الأمنية [2][9]. ففي المملكة العربية السعودية، قامت منصة بصير بالاعتماد على هذه التقنية لرصد أكثر من 7 ملايين شخص خلال موسم رمضان 2025، وتمت معالجة أكثر من 12 ألف حالة ازدحام بشكل استباقي [2][11]. هذه النتائج تؤكد الدور العملي للتكنولوجيا في تعزيز سلامة الحشود.

2.2.2. الخوارزميات التنبؤية وتحليل البيانات

من خلال الخوارزميات التنبؤية مثل الشبكات العصبية العميقة (Deep Learning) أو نماذج LSTM، أصبح من الممكن توقع حالات الاختناقات المُمكنة قبل وقوعها، مما يتيح فرص التدخل المبكر [12][21]. وقد أثبتت الدراسات أن دمج نموذج Isolation Forest مع تقنيات LSTM يرفع دقة الكشف عن الحشود غير الطبيعية إلى أكثر من 91% خلال موسم الحج [21]. هذه القدرة التنبؤية تُعد تحولاً نوعياً مقارنة بالطرق التقليدية التي تعتمد على التدخل بعد وقوع الأزمة.

2.2.3. الطائرات بدون طيار (Drones)

تُستخدم الطائرات بدون طيار لمراقبة مساحات واسعة في المشاعر المقدسة، إذ توفر صوراً عالية الدقة تسمح بقراءة المشهد بشكل أشمل وأدق [6][19]. وقد أشارت دراسات إلى أن توظيف هذه التقنية في الحج ساهم في رصد المناطق الأكثر ازدحاماً وتسهيل حركة الحشود بشكل فعال، حيث تتميز الطائرات بقدرتها على جمع البيانات الحية ومشاركتها مباشرة مع أنظمة الرؤية الحاسوبية، مما يتيح تصنيف مستويات الكثافة والتدخل الاستباقي عند الضرورة [16].

2.2.4. الروبوتات الذكية والأنظمة التفاعلية

يُعد إدخال الروبوتات الذكية، المزودة بخوارزميات الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء، خطوة متقدمة في إدارة الحشود. حيث أن الروبوتات يمكن أن تلعب دورًا في تقديم التوجيه متعدد اللغات، الدعم الطبي الأولي، والإجابة على الأسئلة والاستفسارات المتعلقة بالفعاليات الجماهيرية بشكل أسرع. تتمتع هذه التقنيات بأنها لديها القدرة على العمل طوال اليوم بدون توقف أو راحة، حيث مع وجود حشود كبيرة، قد يصعب على بعض الجهات مثل موسم الرياض أو موسم فورمولا 1 بتوفير أشخاص مسؤولين للتوجيه والإرشاد بدون راحة وتوقف طوال فترة العمل، فهنا يكمن دور أساسي في توظيف الروبوتات في هذه الحالات [18]. هذه الابتكارات تُبرز انتقال إدارة الحشود من أنظمة المراقبة البحتة إلى أنظمة تفاعلية قادرة على التواصل مع الأفراد.

2.2.5. البنية التحتية الذكية والتكامل المؤسسي

لا يمكن فصل دور الذكاء الاصطناعي عن البيئة التي يعمل فيها. إذ أن نجاح هذه التطبيقات يعتمد على مدى تكاملها مع البنية التحتية التقنية، مثل شبكات إنترنت الأشياء (IoT)، أنظمة النقل الذكي، والتحكم في الإشارات المرورية [7][10]. على سبيل المثال، خلال فعاليات الفورمولا 1 في جدة، تم استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء لإحصاء أعداد دخول وخروج الزوار عبر البوابات، وبناءً على البيانات، يتم فتح أو إغلاق البوابات بما يتناسب مع الطاقة الاستيعابية للمدركات [11]. كما تؤكد تقارير سدايا أن التكامل المؤسسي بين وزارة الداخلية وهيئة تطوير مكة وسدايا يعد عاملاً حاسماً في نجاح تطبيق الذكاء الاصطناعي خلال مواسم الحج [9].

2.2.6. التحديات المرتبطة بالمتغير المستقل

رغم الفوائد الكبيرة، هناك عدة تحديات تواجه تبني الذكاء الاصطناعي، مثل ضعف الثقة المجتمعية بسبب قضايا الخصوصية عند استخدام تقنيات التعرف على الوجه [17]، أو القيود البيئية المرتبطة بحرارة الجو المرتفعة خلال موسم الحج التي قد تتوقف الأجهزة بسببها [19]. هذه التحديات تجعل من الضروري النظر إلى الذكاء الاصطناعي كمتغير ديناميكي يتأثر بالسياق المؤسسي والاجتماعي، ولا يمكن عزله عن البيئة التنظيمية والثقافية المحيطة به.

بناءً على الدراسات السابقة، يمكن القول إن الذكاء الاصطناعي يمثل أداة جوهرية لإدارة الحشود في الفعاليات الجماهيرية، خاصة في فعاليات المملكة العربية السعودية التي تُعد بيئة اختبار مثالية نظرًا لحجم الحشود وكثافتها [2][11][21]. إن دمج تقنيات الرؤية الحاسوبية، الخوارزميات التنبؤية، الطائرات بدون طيار، والروبوتات الذكية يتيح مستوى غير مسبوق من الكفاءة التشغيلية. غير أن فاعلية هذا المتغير المستقل تظل مرهونة بعوامل وسيطة مثل

التكامل المؤسسي، البنية التحتية، ومعالجة التحديات الأخلاقية والاجتماعية، وهو ما يتوافق مع الفرضية الأساسية للدراسة.

2.3. المتغير التابع (كفاءة إدارة الحشود وتعزيز السلامة العامة)

يُعد تحسين كفاءة إدارة الحشود وتعزيز السلامة العامة الغرض الأساسي لأي جهة تستخدم التقنيات الذكية في الفعاليات الجماهيرية. فالأنظمة التقنية المتقدمة لا تُقيّم فقط من خلال أدائها التقني والنتائج التي تُصدرها، وإنما بمدى انعكاسها وتأثيرها على الواقع الميداني في صورة انخفاض الحوادث، انسيابية الحركة، رفع مستوى الاستجابة، وتعزيز ثقة الجمهور.

ومن خلال مراجعة الدراسات، يمكن تحديد الأبعاد الأساسية لهذا المتغير التابع كما يلي:

2.3.1. سرعة الاستجابة للطوارئ

تُعد سرعة الاستجابة أحد أهم المؤشرات المباشرة لفعالية إدارة الحشود في الفعاليات الجماهيرية. فكلما انخفض الزمن المستغرق بين رصد الحالة الميدانية وبدء التدخل العملي من قِبل الجهات المختصة، ارتفعت كفاءة المنظومة الأمنية والتنظيمية [5]. وقد أظهرت الدراسات أن تطبيق الأنظمة الذكية في بيئات عالية الكثافة مثل الحج والعمرة أدى إلى تقليص زمن الاستجابة من عدة دقائق في الأنظمة التقليدية إلى ثوانٍ معدودة بفضل آليات الرصد والتحليل الآلي [2][11].

إضافةً إلى ذلك، بيّنت بعض الدراسات أن سرعة الاستجابة لا تقتصر على تقليص زمن التدخل فحسب، بل تشمل أيضًا تحسين جودة التدخل ذاته، إذ يصبح القرار أكثر دقة وملاءمة للحدث الميداني نتيجة الاعتماد على البيانات والتحليلات التنبؤية [16][21]. وهذا بدوره ينعكس على تقليل احتمالية تصاعد الأزمات الصغيرة إلى حوادث كبيرة، وهو عنصر أساسي في تعزيز السلامة العامة ضمن الفعاليات ذات الكثافة البشرية العالية.

2.3.2. تقليل الحوادث والإصابات

تُعد نسبة الإصابات أو الوفيات المعيار الأكثر حساسية لتقييم نجاح إدارة الحشود. فقد أشارت تقارير وزارة الداخلية إلى انخفاض الحوادث الميدانية في موسم الحج الأخير مقارنة بالسنوات السابقة، وهو ما نُسب بشكل مباشر إلى توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في المراقبة وإدارة التدفق [5].

على المستوى الدولي، بيّنت دراسة Chen et al أن استخدام الذكاء الاصطناعي في المراقبة المرئية بالفعاليات الكبرى ساهم في تقليل احتمالية التدافع بنسبة 23-25% [19]، وعند مقارنتها بالبيئة المحلية، يمكن القول إن المملكة طبقت هذه النماذج بصورة أكثر شمولية في الحج والعمرة، حيث تُعد كثافة الحشود

غير مسبوقه عالمياً. وبذلك يصبح المتغير التابع (إدارة الحشود والسلامة العامة) ينعكس انعكاساً مباشراً لتطبيقات الذكاء الاصطناعي في تقليل الخسائر البشرية والمادية.

2.3.3. تحسين انسيابية الحركة وتقليل الاختناقات

تُعتبر انسيابية الحركة من أبرز التحديات في إدارة الحشود الضخمة، حيث يؤدي أي خلل في تدفق الأفراد إلى نشوء اختناقات قد تتطور إلى أزمات. الدراسات الحديثة مثل دراسة Zhang et al أوضحت أن دمج أنظمة النقل الذكي مع منصات الذكاء الاصطناعي يُمكن أن يُقلل زمن الاختناقات بنسبة تصل إلى 37% في البيئات ذات الكثافة العالية [20].

وقد لعبت أنظمة النقل الذكي المدمجة مع منصات الحشود الذكية دوراً بارزاً في إدارة حركة المشاة والمركبات حول الحرم المكي، خاصة في أوقات الذروة. وتشير تقارير رسمية إلى أن هذه الأنظمة خفّضت زمن انتظار الحشود في مداخل الحرم بشكل ملموس [7][10].

كما أن تجربة موسم الرياض الأخيرة قدمت مثلاً تطبيقياً آخر حيث ساهمت أنظمة الذكاء الاصطناعي في إعادة توزيع تدفق الجمهور داخل مناطق الفعاليات، بما يتماشى مع الطاقة الاستيعابية لكل موقع، ما أدى إلى تقليل التكدسات بشكل ملحوظ.

2.3.4. تعزيز الثقة المجتمعية بالأنظمة الذكية

من الأبعاد الأقل تناولاً في الدراسات السابقة، ولكنها بالغة الأهمية: الثقة المجتمعية. تشير بعض الدراسات إلى أن الجمهور يكون أكثر تقبلاً للأنظمة الأمنية عندما يلمس نتائج ملموسة على أرض الواقع، مثل سرعة التدخل أو تقليل الازدحام [13]. وقد أظهر تقرير Asharq Al-Awsat أن الحجاج والزوار شعروا بدرجة أعلى من الأمان نتيجة للاعتماد على أنظمة الذكاء الاصطناعي.

الثقة المجتمعية لا تعني فقط الاطمئنان إلى فعالية التقنية، بل تعكس أيضاً قبولها اجتماعياً وثقافياً، وهو ما يُعد مؤشراً مهماً على نجاح المتغير التابع. في حالات الكثافة في المملكة العربية السعودية، هذه الثقة مُدعمة بوجود جهات رسمية كبرى مثل سدايا ووزارة الداخلية، ما يمنح النظام مصداقية إضافية.

2.3.5. التحديات المرتبطة بالمتغير التابع

رغم النتائج الإيجابية، يظل المتغير التابع خاضعاً لعدة تحديات:

- **الاعتماد المفرط على التقنية:** بعض الدراسات تشير إلى أن الأنظمة الذكية قد تخلق ثغرات أو تبعيات سلبية إذا لم تُرافقها جاهزية بشرية مدربة [18].
- **الخصوصية وحماية البيانات:** الاعتماد على التعرف على الوجه وأنظمة الرؤية الحاسوبية يُثير مخاوف تتعلق بالخصوصية [17].

- **التباين في وعي الحشود:** مستوى الثقافة الرقمية والقدرة على التفاعل والتعامل مع الأنظمة الذكية ليس متساويًا لدى الجميع من الجمهور، ما قد يؤثر على فاعلية التدخلات.
- **الظروف البيئية:** مثل الحرارة المرتفعة أو ضعف الاتصال الشبكي، والتي قد تعيق فعالية الأنظمة وتشغيلها [19].

هذه التحديات تُظهر أن المتغير التابع ليس فقط انعكاسًا لتقنيات الذكاء الاصطناعي، بل هو محصلة لعوامل تقنية، تنظيمية، واجتماعية يجب أخذها في الاعتبار عند تفسير النتائج.

2.4. العلاقة بين المتغير المستقل والمتغير التابع (العلاقة بين الذكاء الاصطناعي وإدارة الحشود)

يمثل الذكاء الاصطناعي المتغير المستقل الذي يؤثر بصورة مباشرة على كفاءة إدارة الحشود وتحقيق السلامة العامة. وقد أظهرت الدراسات أن الاعتماد على تقنيات مثل الرؤية الحاسوبية، الخوارزميات التنبؤية، والطائرات بدون طيار أسهم في إحداث نقلة نوعية في أساليب إدارة الفعاليات الجماهيرية [12][21]. فعلى سبيل المثال، وفرت أنظمة الرؤية الحاسوبية قدرة على رصد التكدسات وتحديد المواقع الأكثر ازدحامًا، مما أتاح للجهات الأمنية التدخل في وقت قياسي وقصير [2][9]. كما مكّنت الخوارزميات التنبؤية من التنبؤ بالمخاطر قبل وقوعها، مثل احتمالية التدافع في ممرات ضيقة، وهو ما أدى إلى تقليل الإصابات ورفع السلامة والوقاية [21]. هذه الممارسات أكدت أن العلاقة المباشرة بين المتغيرين تقوم على توفير بيانات دقيقة، وتحويلها إلى قرارات تشغيلية فعالة تُترجم فورًا إلى نتائج ملموسة على أرض الواقع، مثل تقليل زمن الاستجابة ومنع الكوارث البشرية في البيئات المزدحمة.

2.4.1 دور العوامل الوسيطة في تشكيل العلاقة

رغم وضوح العلاقة المباشرة، إلا أن فعاليتها لا تتحقق إلا من خلال العوامل الوسيطة التي تؤثر على هذا التفاعل. أول هذه العوامل هي البنية التحتية التقنية الذكية التي تشمل شبكات اتصال عالية الكفاءة، كاميرات متطورة، أنظمة استشعار، وأنظمة إنترنت الأشياء (IoT)، حيث تلعب دورًا محوريًا في تمكين الأنظمة من جمع البيانات وتحليلها بشكل سريع [7][10].

يتمثل العامل الثاني في التكامل المؤسسي والتنظيمي، على سبيل المثال في موسمي الحج والعمرة، يرتبط نجاح الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود بمدى التعاون بين الجهات المختلفة مثل وزارة الداخلية، سدايا، وهيئة تطوير مكة، بما يضمن استجابة منسقة ومتكاملة [5][9]. كما أن الكوادر البشرية المدربة تمثل أحد العوامل الوسيطة الهامة، حيث أن توافر خبراء قادرين على تفسير مخرجات الذكاء الاصطناعي وتشغيل الأنظمة بفعالية يعد ضرورة لضمان نجاح التطبيقات الميدانية [14][20]. إلى جانب ذلك، تبرز الثقة

المجتمعية والاعتبارات الأخلاقية كعامل وسيط مؤثر، إذ أن تقنيات مثل التعرف على الوجه قد تثير قضايا تتعلق بالخصوصية وحماية البيانات [17]. بالتالي، يمكن القول إن العلاقة بين المتغير المستقل والتابع ليست قائمة بذاتها، وإنما تتشكل وتتأثر بجملة من العوامل البيئية والتنظيمية والاجتماعية.

2.4.2. الآثار طويلة المدى على السلامة العامة

لا تقتصر العلاقة بين الذكاء الاصطناعي وإدارة الحشود على تحسين مؤشرات السلامة في اللحظة الراهنة فقط، بل تمتد لتشكّل آثارًا استراتيجية طويلة المدى على مستوى السلامة العامة. فمن خلال دمج الذكاء الاصطناعي مع أنظمة المدن الذكية، يمكن بناء منصات مستدامة لإدارة المخاطر بشكل وقائي، بما يساهم في تعزيز مرونة المنظومات الأمنية وقدرتها على التعامل مع الأزمات المستقبلية [1][13]. كما أن توظيف الذكاء الاصطناعي في جمع وتحليل البيانات السابقة المتعلقة بالحشود يساعد على صياغة سياسات أكثر دقة مبنية على الأدلة، وهو ما يدعم توجه المملكة نحو التحول الرقمي ورؤية 2030 [4][11]. إضافة إلى ذلك، يُسهم تعزيز الاعتماد على الذكاء الاصطناعي في رفع ثقة المجتمع بالأنظمة الذكية، إذ أن نجاح هذه التقنيات يساعد في حماية الأرواح وتحسين الخدمات إلى دعم مؤسسي وبيئي أكبر، مما يُمهّد لمزيد من الاستثمار في التقنيات المستقبلية [18]. وبذلك تصبح العلاقة بين المتغيرين ركيزة لتطوير استراتيجيات وطنية في مجال إدارة الحشود والسلامة العامة.

يمكن تلخيص العلاقة بين الذكاء الاصطناعي كمتغير مستقل وإدارة الحشود وتحقيق السلامة العامة كمتغير تابع بأنها علاقة تفاعلية وديناميكية، تتسم بالتكامل بين القدرات التقنية والبيئة المؤسسية والاجتماعية. فبينما يوفر الذكاء الاصطناعي أدوات قوية للتنبؤ والتدخل السريع، إلا أن فعالية هذه الأدوات تعتمد على توفر بنية تحتية متكاملة، تكامل تقني، تكامل مؤسسي فعال، ووعي مجتمعي يدعم استخدام هذه التقنيات. وبالتالي، فإن نجاح العلاقة لا يُقاس فقط بالنتائج الآنية مثل تقليل الإصابات أو منع التكدسات، وإنما أيضًا بقدرة النظام على الاستدامة والتكيف مع التحديات المستقبلية. هذه الرؤية تجعل من الذكاء الاصطناعي عنصرًا محوريًا في بناء منظومات سلامة ذكية، قادرة على مواجهة التحديات المعقدة في الفعاليات الجماهيرية بالمملكة.

2.5. الخاتمة

يُعد مراجعة الدراسات السابقة للذكاء الاصطناعي محورًا أساسيًا في تطوير أساليب إدارة الحشود وضمان السلامة العامة، لا سيما في البيئات عالية الكثافة التي تشهدها المملكة العربية السعودية مثل مواسم الحج والعمرة والفعاليات الترفيهية الكبرى كموسم الرياض وموسم جدة أو سباقات الفورمولا. فقد أكدت الدراسات أن الاعتماد على تقنيات الذكاء الاصطناعي يمثل ضرورة استراتيجية لمواجهة التحديات المرتبطة بكثافة الحشود وضخامة أعدادها، ضمن توجه وطني أوسع نحو التحول الرقمي ورؤية 2030. وقد تناولت الدراسات أن المتغير المستقل (الذكاء الاصطناعي) باعتباره الأداة المحورية لإدارة الحشود، من خلال تقنيات متنوعة مثل أنظمة الرؤية الحاسوبية، الخوارزميات التنبؤية، الطائرات بدون طيار، والروبوتات الذكية، والتي أثبتت فعاليتها في تعزيز المراقبة والتحليل اللحظي والتنبؤ بالتكدسات والحشود قبل وقوعها وتقديم خدمات إرشاد وتفاعل مباشر مع الأفراد، مما انعكس على تحسين سرعة الاستجابة وتقليل معدلات الحوادث. أما المتغير التابع (السلامة العامة وإدارة الحشود) فقد تم قياسه من خلال مؤشرات واضحة مثل خفض معدلات التدافع، تقليل الإصابات، تقليص وتحسين زمن التدخل الطارئ، وتعزيز ثقة الأفراد بالأنظمة الأمنية الذكية. وتشير الأدبيات إلى أن العلاقة بين المتغيرين علاقة تكاملية تفاعلية، إذ يُعد الذكاء الاصطناعي محفزًا رئيسيًا لتحقيق السلامة، لكنه يعتمد أيضًا على عوامل وسيطة مثل الجاهزية التقنية، التكامل المؤسسي والتنظيمي، كفاءة الكوادر البشرية، والاعتبارات الأخلاقية الخاصة بالخصوصية وأمن البيانات. إن التجارب في المملكة العربية السعودية في تطبيق هذه الأنظمة خلال الحج ومواسم الترفيه تؤكد قدرة الدولة على توظيف التكنولوجيا بفاعلية ضمن إطار استراتيجي متكامل يوازن بين الأبعاد التقنية والتنظيمية والاجتماعية. وبناءً على ذلك، فإن الدراسات السابقة مجتمعةً وضعت أساسًا علميًا متينًا يوضح أن الذكاء الاصطناعي لم يعد مجرد أداة مساندة، بل أصبح إطارًا يعيد تشكيل أنماط إدارة الحشود وأداة يُعتمد عليها في اتخاذ القرارات، ومع ذلك تظل هناك فجوات بحثية تتمثل في الحاجة إلى تقييم الأثر بعيد المدى لهذه التطبيقات ومواجهة التحديات الأخلاقية والاجتماعية المصاحبة لها، وهو ما يمنح هذا البحث قيمته وأهميته العلمية في سد هذه الفجوات وتقديم رؤية تحليلية شاملة ودقيقة.

قائمة المراجع

- 1- Al-Riyadh Newspaper. (2024). Basseer and Sawaher platforms contribute to organizing Hajj. <https://www.alriyadh.com/2134698>
- 2- Al-Watan Newspaper. (2025). 7 million people monitored during Ramadan through computer vision. <https://www.alwatan.com.sa/article/1162404>
- 3- Alzahrani, F. (2023). Technical services for crowd management in Al-Haram area. AJSRP Journal. <https://journals.ajsrp.com/index.php/jeals/article/view/7232>
- 4- FANA News. (2024). Smart crowd management system in the Kingdom. <https://www.fananews.com/?p=30645>
- 5- Ministry of Interior. (2025). Security statistics during Hajj 1445H. Sabq News. <https://sabq.org/saudia/kzoik3m6yr>
- 6- Pilgrims Experience Program. (2024). Ruhs initiative website. <https://pep.gov.sa/ar/possibles>
- 7- Royal Commission for Makkah. (2024). AI technologies in crowd management. Al-Watan Newspaper. <https://www.alwatan.com.sa/article/1140400>
- 8- Saudipedia. (2024). Crowd management during Hajj and Umrah seasons. <https://saudipedia.com/article/13274>
- 9- SDAIA. (2024, June 12). AI manages pilgrims' crowds at the Grand Mosque. Akhbaar24. <https://www.akhbaar24.com/65264>
- 10- SDAIA. (2024). Artificial intelligence platform. <https://sdaia.gov.sa/ar/MediaCenter/Initiatives/Pages/default.aspx>
- 11- SDAIA. (2025). Ramadan season readiness report. Alaan Saudi. <https://www.alaan.sa/new/s/59552>
- 12- Shah, A. (2025). A machine learning model for crowd density classification in Hajj video frames. arXiv. <https://arxiv.org/abs/2505.19040>
- 13- Asharq Al-Awsat. (2025). Only 5% of AI potential used in Hajj and Umrah management, says report. <https://bit.ly/44xDvIY>
- 14- AI Journal. (2024). Saudi security systems and AI-based crowd control. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844023105123>

- 15-Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*, 27(3), 425–478.
- 16-Abubakar, A., & Bala, K. (2023). Drone technology for crowd monitoring and management during Hajj. *International Journal of Crowd Science*, 7(2), 145–160. <https://doi.org/10.1108/IJCS-07-2023-0025>
- 17-Almazrouei, H., & Alshahrani, M. (2022). Ethical implications of AI-based facial recognition in public safety. *Journal of Information Security Research*, 13(4), 221–234. <https://doi.org/10.20544/JISR.13.4.2022.2>
- 18-Khan, R., & Ahmed, S. (2024). Service robots in crowd management: Opportunities and challenges. *Robotics and Autonomous Systems*, 165, 104456. <https://doi.org/10.1016/j.robot.2024.104456>
- 19-Lee, J., & Park, S. (2022). Real-time AI analytics for mass gathering safety: Case studies from international events. *Safety Science*, 152, 105792. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.105792>
- 20-Mohammed, I., & Abdullah, F. (2023). Integrating AI and IoT for smart crowd management in Saudi Arabia. *Journal of Smart Cities*, 9(1), 55–72. <https://doi.org/10.1016/j.jsc.2023.01.004>
- 21-Zhang, L., & Wang, H. (2024). Predictive analytics for abnormal crowd behavior using hybrid LSTM models. *Expert Systems with Applications*, 234, 120056.