

Final Project 2

PMG 497

المشروع النهائي 2

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

أسم الطالبة
تولين أمين عاشور المشهراوي

المشروع النهائي- 2
كلية الإدارة- جامعة ميدأوشن

إشراف
د. عبدالرحيم نادر
عضو هيئة التدريس- كلية الإدارة- جامعة ميدأوشن

2025- الفصل الدراسي

الشكر والتقدير

الحمد لله أولاً وآخرًا، الذي بنعمته تتم الصالحات، والذي وقّني وأعانني على إتمام هذا المشروع. ثم أتقدّم بخالص الشكر والتقدير لوطني الغالي، المملكة العربية السعودية، ولقيادته الرشيدة – حفظها الله – على ما توليه من دعمٍ متواصل لمسيرة التعليم والبحث العلمي، وعلى ما تبذله من جهود عظيمة في تمكين الكفاءات الوطنية وتعزيز الابتكار والتحول الرقمي.

كما أتقدّم بجزيل الشكر والعرفان إلى جميع القائمين والعاملين في القطاع الأكاديمي، لما يبذلونه من جهود مخصصة في دعم الطلبة وتوفير بيئة تعليمية محفّزة. وأخصّ بالشكر والتقدير والديّ الكريمين، تقديرًا لدعمهما المتواصل وتشجيعهما الدائم الذي كان له الأثر الكبير في مسيرتي العلمية.

وأتقدّم بخالص الامتنان والتقدير إلى مشرف المادة الدكتور عبدالرحيم نادر، لما قدّمه من توجيه علمي، وملاحظات قيّمة، ودعم أكاديمي أسهم في تطوير هذا المشروع وإخراجه بالصورة المطلوبة. كما أشكر كلية الإدارة – جامعة ميدأوشن، وأعضاء هيئة التدريس لتخصص إدارة المشاريع، على ما وفروه من معرفة علمية وأسس منهجية كان لها دور بارز في إنجاز هذا البحث.

الإهداء

أهدي هذا العمل إلى الله تعالى، القائل: (وَقُلْ أَعْمَلُوا بِمَا أَمَرْتُكُمْ)، شاكرًا فضله ورعايته.

ثم إلى وطني الغالي، المملكة العربية السعودية، وقيادته الرشيدة - حفظها الله - التي جعلت من دعم العلم والتقنية ركيزة أساسية للتنمية والتطوير.

وإلى والديّ الكريمين، عرفانًا بما قدّماه من دعم وتشجيع كان له الأثر الأكبر في استمرارتي ومسيرتي العلمية.

كما يُهدى هذا العمل إلى العاملين في تنظيم وإدارة الفعاليات الجماهيرية من كوادرات أمنية وتشغيلية وفنية، تقديرًا لجهودهم الميدانية الكبيرة في حماية الأرواح وتنظيم الحشود وضمان سلامة الزوار. ويأتي هذا الإهداء انطلاقًا من أن هذا المشروع أنجز أساسًا لخدمتهم، ودعم أعمالهم، وتسليط الضوء على دور تقنيات الذكاء الاصطناعي كأداة مساندة تسهم في تمكينهم من أداء مهامهم بكفاءة أعلى، وتقليل المخاطر، وتعزيز السلامة العامة خلال الفعاليات واسعة النطاق.

كما أُهدي هذا الإنجاز إلى مشرف المادة الدكتور عبد الرحيم نادر، لما قدّمه من توجيه علمي ودعم أكاديمي، وإلى كلية الإدارة - جامعة ميدووشن، تخصص إدارة المشاريع، تقديرًا لما وفّرت من معرفة وأسس علمية أسهمت في إنجاز هذا العمل.

مستخلص الدراسة

الهدف:

هدفت الدراسة إلى معالجة التحديات المرتبطة بإدارة الحشود وضمان السلامة خلال الفعاليات الجماهيرية، من خلال تحليل واقع توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في هذا المجال، وقياس مستوى فاعليتها، إلى جانب استكشاف أبرز التحديات التنظيمية والتشغيلية المرتبطة بتطبيقها.

المنهجية:

اعتمدت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، باستخدام الاستبيان كأداة رئيسة لجمع البيانات من عينة بلغت (30) مشاركاً من العاملين أو ذوي العلاقة بتنظيم الفعاليات الجماهيرية. وتم تحليل البيانات باستخدام الأساليب الإحصائية الوصفية، ومعامل ارتباط بيرسون، واختبارات الصدق والثبات.

النتائج:

أظهرت النتائج أن تقنيات الذكاء الاصطناعي تسهم في تحسين كفاءة إدارة الحشود وتعزيز مؤشرات السلامة العامة، خاصة في مجالات الرصد المبكر والتنبيه بالازدحام وسرعة الاستجابة. كما كشفت الدراسة عن وجود تحديات تتعلق بالتكامل المؤسسي، وجاهزية البنية التحتية الرقمية، وبناء القدرات البشرية.

التطبيقات والأهمية:

تُبرز الدراسة أهمية توظيف الذكاء الاصطناعي كأداة داعمة لإدارة الحشود، وتوفر نتائجها أساساً يمكن أن تستفيد منه الجهات المعنية في تطوير استراتيجيات تنظيمية أكثر كفاءة، بما يعزز السلامة العامة خلال الفعاليات الجماهيرية.

الكلمات المفتاحية:

الذكاء الاصطناعي، إدارة الحشود، السلامة العامة، الفعاليات الجماهيرية، التحول الرقمي، الأنظمة الذكية.

جدول المحتويات

2	الشكر والتقدير.....
3	الإهداء.....
4	مستخلص الدراسة.....
9	1. الفصل الأول: الإطار العام للدراسة.....
10	1.1. المقدمة.....
12	1.2. مشكلة الدراسة.....
12	1.2.1. فجوات على المستوى النظري.....
13	1.2.2. فجوات على المستوى التطبيقي.....
15	1.3. أهمية الدراسة.....
15	1.3.1. على المستوى النظري.....
16	1.3.2. على المستوى التطبيقي.....
17	1.4. أسئلة الدراسة.....
18	1.5. أهداف الدراسة.....
20	1.6. فرضيات الدراسة.....
21	1.7. نموذج الدراسة.....
25	1.8. الدراسة الميدانية.....
25	1.9. مخطط المشروع.....
27	2. الفصل الثاني: الدراسات السابقة.....
28	2.1. المقدمة.....
29	2.2. المتغير المستقل (تقنيات الذكاء الاصطناعي).....
29	2.2.1. أنظمة الرؤية الحاسوبية وتحليل الفيديو.....
29	2.2.2. الخوارزميات التنبؤية وتحليل البيانات.....
29	2.2.3. الطائرات بدون طيار (Drones).....
30	2.2.4. الروبوتات الذكية والأنظمة التفاعلية.....
30	2.2.5. البنية التحتية الذكية والتكامل المؤسسي.....
30	2.2.6. التحديات المرتبطة بالمتغير المستقل.....
31	2.3. المتغير التابع (كفاءة إدارة الحشود وتعزيز السلامة العامة).....
31	2.3.1. سرعة الاستجابة للطوارئ.....
31	2.3.2. تقليل الحوادث والإصابات.....
32	2.3.3. تحسين انسيابية الحركة وتقليل الاختناقات.....
32	2.3.4. تعزيز الثقة المجتمعية بالأنظمة الذكية.....
32	2.3.5. التحديات المرتبطة بالمتغير التابع.....
33	2.4. العلاقة بين المتغير المستقل والمتغير التابع (العلاقة بين الذكاء الاصطناعي وإدارة الحشود).....

33	2.4.1. دور العوامل الوسيطة في تشكيل العلاقة.....
34	2.4.2. الآثار طويلة المدى على السلامة العامة.....
35	2.5. الخاتمة.....
36	2.6. الاستبيانات لمتغيرات البحث.....
38	3. الفصل الثالث: منهجية الدراسة.....
39	3.1. المقدمة.....
39	3.2. التعريفات الإجرائية لمتغيرات البحث.....
39	3.2.1. المتغير المستقل: الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود.....
40	3.2.2. المتغير التابع: كفاءة إدارة الحشود وتحسين السلامة.....
40	3.2.3. المتغيرات الوسيطة.....
41	3.3. تصميم البحث (بصلة البحثي).....
42	3.4. مجتمع البحث وطرق وتقنيات أخذ العينات.....
43	3.4.1. مجتمع البحث.....
43	3.4.2. عينة البحث.....
44	3.4.3. أدوات وتقنيات جمع البيانات.....
45	3.5. طريقة جمع البيانات.....
46	3.6. أنواع البيانات.....
48	3.7. إجراءات التحليل الإحصائي.....
49	3.8. الخاتمة.....
50	4. الفصل الرابع: التحليل الإحصائي ومناقشة النتائج.....
51	4.1. المقدمة.....
51	4.2. توصيف عينة الدراسة (الإحصائيات الوصفية لعينة البحث).....
56	4.3. اختبارات الصدق والثبات للاستبيانات.....
60	4.4. الإحصاء الوصفي لمتغيرات البحث (الإجابة على أسئلة البحث).....
61	4.4.1. الإحصاء الوصفي للمتغير المستقل (توظيف الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود).....
62	4.4.2. الإحصاء الوصفي للمتغير التابع (كفاءة إدارة الحشود وتحسين السلامة).....
63	4.4.3. الربط بين نتائج الإحصاء الوصفي وأسئلة الدراسة.....
64	4.5. اختبار الفرضيات.....
68	4.5.1. ملخص نتائج اختبار الفرضيات.....
68	4.6. ربط النتائج بالدراسات السابقة.....
68	4.6.1. مناقشة نتائج توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود.....
69	4.6.2. مناقشة نتائج كفاءة إدارة الحشود وتحسين السلامة.....
69	4.6.3. مناقشة نتائج اختبار الفرضيات في ضوء الدراسات السابقة.....
70	4.6.4. القيمة المضافة للدراسة مقارنة بالدراسات السابقة.....

70	4.7. الخاتمة.....
72	5. الفصل الخامس: حدود البحث والتوصيات والاستنتاجات.....
73	5.1. حدود الدراسة والدراسات المستقبلية:.....
74	5.2. توصيات الدراسة.....
76	5.3. الخاتمة.....
78	قائمة المراجع.....
81	الملاحق.....

جدول الأشكال

24	شكل 1: العوامل المؤثرة وعلاقتها في فاعلية الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود.....
41	شكل 2: مخطط تصميم البحث.....
52	شكل 3: التمثيل البياني لأفراد العينة حسب الفئة العمرية.....
53	شكل 4: التمثيل البياني لأفراد العينة حسب الجنس.....
54	شكل 5: التمثيل البياني لأفراد العينة حسب المجال المهني.....
55	شكل 6: التمثيل البياني لأفراد العينة حسب الخبرة في الفعاليات الجماهيرية.....
58	شكل 7: نتائج الاستبيان للمتغير المستقل (الذكاء الاصطناعي).....
59	شكل 8: نتائج استبيان المتغير التابع (كفاءة إدارة الحشود).....
82	شكل 9: اسئلة نماذج Google للمتغير المستقل.....
83	شكل 10: اسئلة نماذج Google للمتغير المستقل.....
85	شكل 11: اسئلة نماذج Google للمتغير التابع.....
86	شكل 12: اسئلة نماذج Google الاختيارية لبيانات المشاركين.....
86	شكل 13: اسئلة نماذج Google الاختيارية لبيانات المشاركين.....

جدول الجداول

43	جدول 1: الفئات والجهات المستهدفة في البحث.....
47	جدول 2: أدوات وأساليب جمع البيانات المستخدمة في البحث.....
51	جدول 3: توزيع أفراد العينة حسب الفئة العمرية.....
52	جدول 4: توزيع أفراد العينة حسب الجنس.....
53	جدول 5: توزيع أفراد العينة حسب المجال المهني.....
55	جدول 6: توزيع أفراد العينة حسب الخبرة في الفعاليات الجماهيرية.....
57	جدول 7: ترميز مقياس ليكرت الخماسي المستخدم في الاستبيان للدراسة.....
58	جدول 8: بيانات حساب معامل كرونباخ ألفا لمتغير توظيف الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود.....
59	جدول 9: بيانات حساب معامل كرونباخ ألفا لمتغير كفاءة إدارة الحشود وتحسين السلامة.....
60	جدول 10: ترميز مقياس ليكرت الخماسي وحدود التفسير.....
61	جدول 11: المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لمتغير توظيف الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود (ن = 30).....
62	جدول 12: المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لمتغير كفاءة إدارة الحشود وتحسين السلامة.....
64	جدول 13: نتائج اختبار معامل ارتباط بيرسون بين متغيرات الدراسة.....

65	جدول 14: مقارنة المتوسطات بين مؤشرات الرصد ومؤشرات تقليل التكدسات
66	جدول 15: فجوة المتوسطات بين المؤشرات التقنية والتنظيمية
66	جدول 16: مقارنة متوسط البنية التحتية مع متوسط نتائج السلامة
67	جدول 17: مؤشرات تنظيم الحركة والانسيابية
67	جدول 18: مقارنة مؤشر التنسيق المؤسسي ببقية مؤشرات السلامة
68	جدول 19: ملخص قرارات اختبار الفرضيات
82	جدول 20 : اسئلة الاستبيان للمتغير المستقل
84	جدول 21: اسئلة الاستبيان للمتغير التابع
87	جدول 22: جدول ادوات البحث

1. الفصل 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 وضمنان 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 أمناً 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 لحظياً، 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 نُظِّمت سنوياً 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 ميدانياً 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 حالياً، 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 نموذجًا عالميًا في إدارة الفعاليات بأعلى درجات الأمان والانسابية.

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 يُسهم 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 يُسهم في ضعف التراكم المعرفي، ويُصعّب 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 دائماً. 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 ميدانياً، 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. ووفقاً 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 علمياً عبر تحليل الحالات الواقعية، وتقديم نماذج تشغيلية قابلة للتطبيق والتحسين المستمر.

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

إلى أي مدى تُسهم 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 وأولوية 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 يسهم 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 تُركز 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 سيجعلها 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 1445 هـ إلى أن نحو 40% من قرارات التدخل المبكر تم اتخاذها بناءً على توصيات أنظمة تحليل الفيديو التي تديرها سدايا.

ثانياً، 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 يُساعد صناع القرار في بناء أنظمة تنسيق واتصال مشتركة بين وزارة الداخلية، ووزارة الحج، سدايا، هيئة تطوير مكة، وغيرها.

ثالثاً، من المتوقع أن تُسهم 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 تدريباً كافياً 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.

رابعاً، 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 سيُسهم في نشر ثقافة "الإدارة الذكية للحشود" في كل أنحاء المملكة.

أخيراً، تتقاطع أهمية هذا البحث عملياً 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 يُسهم 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 روعي 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 نظريًا، 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:

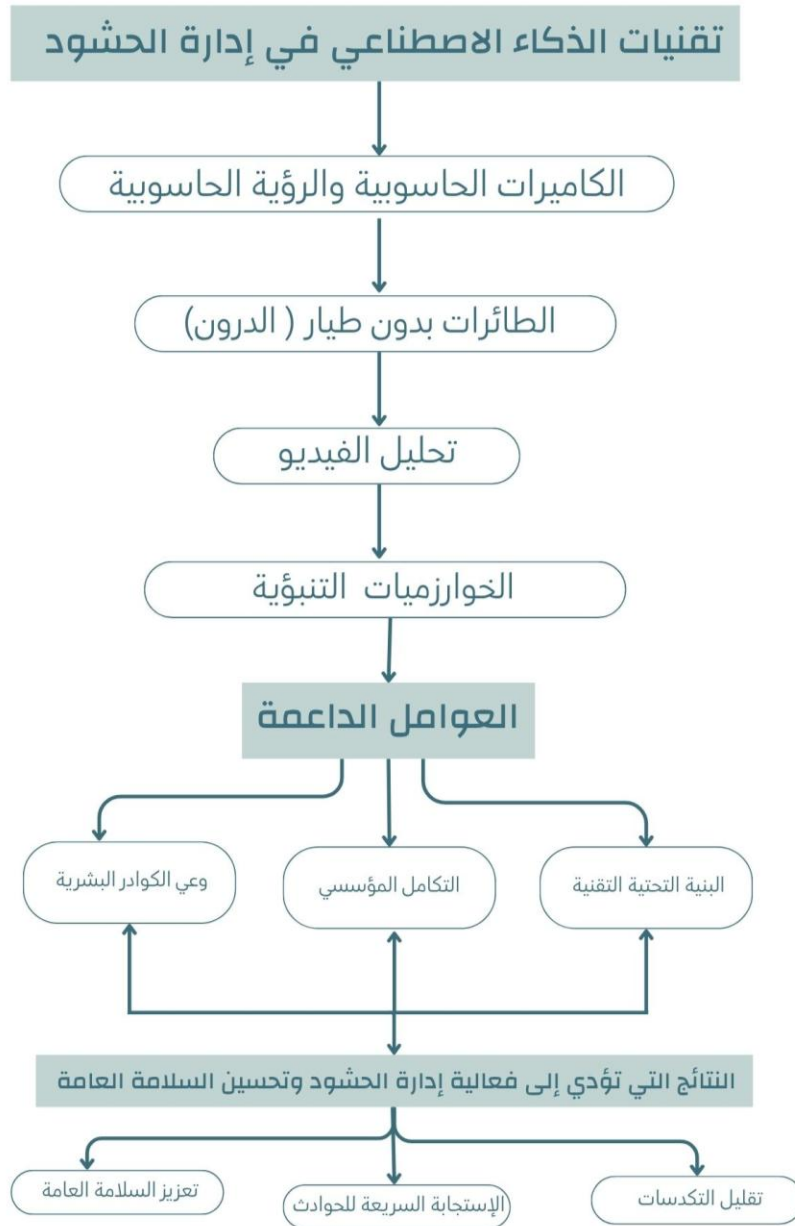
- إدخال البيانات من الواقع الميداني (كاميرات، طائرات بدون طيار، حساسات)
- معالجة وتحليل البيانات بواسطة خوارزميات الذكاء الاصطناعي
- إصدار تنبيهات، توصيات أو قرارات تشغيلية في الزمن الحقيقي
- تحسين إدارة الحشود، منع التكدسات، ورفع كفاءة الاستجابة الأمنية

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.



شكل 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. الدراسة الميدانية

تماشياً 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 استخداماً فعلياً 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 عالمياً، 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.

تركّز هذه الدراسة على تحليل البيانات الميدانية المنشورة، والتقارير الرسمية المعتمدة، وكذلك الدراسات العلمية السابقة التي وثّقت 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. بناءً 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.

1.9. مخطط المشروع

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 ميدانيًا

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

3. مراجعة الإحصائيات والتقارير الرسمية

- تحليل التقارير الصادرة من الجهات المختصة مثل وزارة الداخلية، هيئة تطوير مكة، وسديا.
- 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 للتحويل 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 (تقنيات 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 الرئيسية 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 للمدرجات [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.

2.6. الاستبيانات لمتغيرات البحث

لدينا في هذا البحث متغيران رئيسيان:

- المتغير المستقل: الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود.
- المتغير التابع: كفاءة إدارة الحشود وتحسين السلامة العامة.

وسنصمم استبيانين منفصلين، أحدهما لقياس مدى توظيف الذكاء الاصطناعي، والآخر لقياس فعالية إدارة الحشود وتحسين السلامة.

كل استبيان سيكون بصيغة مهنية أكاديمية (باستخدام مقياس ليكرت الخماسي) وسيتم إرفاق النماذج في نهاية هذا البحث في قسم الملاحق.

الملحق (1): استبيان المتغير المستقل - الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود

- العنوان: استبيان حول استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود.
- الهدف: قياس مدى تطبيق واستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي (الرؤية الحاسوبية، التنبؤ، التكامل المؤسسي، الخ...) في إدارة الحشود بالفعاليات الجماهيرية في المملكة العربية السعودية.

المحاور المقترحة:

1. محور أنظمة الرؤية الحاسوبية
2. محور التحليل التنبؤي ومعالجة البيانات
3. محور التكامل المؤسسي والتشغيلي
4. محور البنية التحتية والدعم التقني

الملحق (2): استبيان المتغير التابع - كفاءة إدارة الحشود وتحسين السلامة العامة

- العنوان: استبيان حول كفاءة إدارة الحشود وتحسين السلامة العامة
- الهدف: قياس فعالية أنظمة إدارة الحشود الذكية في تعزيز السلامة وتقليل المخاطر خلال الفعاليات الجماهيرية.

المحاور المقترحة:

1. محور سرعة الاستجابة للأحداث الطارئة
2. محور تقليل التكدسات وتحسين انسيابية الحركة
3. محور تعزيز السلامة والثقة في الأنظمة
4. محور رضا المشاركين والزوار

3. الفصل الثالث: منهجية الدراسة

3.1. المقدمة

يُعد هذا الفصل من أهم فصول البحث، إذ يوضّح الإطار المنهجي الذي تستند إليه الدراسة في تحقيق أهدافها والتأكد من فرضياتها. ويهدف هذا الفصل إلى عرض الأساليب والإجراءات التي تم تبنيها من أجل تحليل أثر الذكاء الاصطناعي على إدارة الحشود وتحسين السلامة في الفعاليات الجماهيرية في المملكة العربية السعودية. وتُبرز منهجية البحث الأسس التي تم من خلالها اختيار التصميم المناسب، وتحديد نوع البيانات المطلوبة، وأدوات جمعها، وآليات تحليلها، بما يضمن الوصول إلى نتائج علمية دقيقة وقابلة للتطبيق العملي.

اعتمد هذا البحث على المنهج الوصفي التحليلي باعتباره الأنسب لطبيعة المشكلة البحثية، حيث يسمح بوصف الظواهر المتعلقة باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود، وتحليل العلاقات بين المتغيرات المستقلة والتابعة دون التدخل في المتغيرات نفسها. كما يتيح هذا المنهج الربط بين البيانات المستمدة من المصادر الثانوية (مثل الدراسات الأكاديمية، التقارير الرسمية، والمنصات التقنية)، وبين التحليل الكيفي والكمّي للنتائج. وقد تم اختيار هذا المنهج نظراً لملاءمته للدراسات التطبيقية ذات الطابع التقني والاجتماعي، التي تتطلب فهماً متعمقاً للسياق المحلي والعمليات التنظيمية المؤثرة على نجاح تطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود [22][23].

3.2. التعريفات الإجرائية لمتغيرات البحث

تُعد التعريفات الإجرائية خطوة جوهرية في تحديد الإطار التطبيقي للبحث، إذ تُحوّل المفاهيم النظرية إلى مؤشرات قابلة للقياس والتحليل. وبناءً على طبيعة هذا المشروع، الذي يتناول أثر الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود وتحسين السلامة خلال الفعاليات الجماهيرية في المملكة العربية السعودية، فإن المتغيرات الرئيسية تُقسم إلى: متغير مستقل، ومتغير تابع، بالإضافة إلى متغيرات وسيطة تم تناولها لأغراض التحليل التوضيحي

3.2.1. المتغير المستقل: الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود

تُعرّف تقنيات الذكاء الاصطناعي الواردة في هذا البحث بأنها مجموعة الأنظمة الذكية التي تُستخدم لتحليل البيانات الميدانية الخاصة بالحشود واتخاذ قرارات تشغيلية تهدف إلى تحسين السلامة والانسابية. ويُقاس هذا المتغير من خلال عدد من المؤشرات العملية القابلة للرصد، منها:

1. أنظمة الرؤية الحاسوبية وتحليل الفيديو: مدى استخدام تقنيات تحليل الصور والفيديو لرصد الكثافة، وتحديد مناطق الازدحام، وإرسال التنبيهات الميدانية الفورية.
2. الخوارزميات التنبؤية: درجة توظيف الخوارزميات الذكية للتنبؤ بمواقع التكدس أو السلوكيات غير الطبيعية قبل حدوثها.

3. الطائرات بدون طيار (Drones): مستوى استخدام الطائرات الذكية في المراقبة الجوية وجمع البيانات في الزمن الحقيقي.

4. أنظمة الإنذار الذكية والروبوتات التفاعلية: مدى الاعتماد على الأنظمة الآلية للتفاعل مع الزوار أو إدارة الحشود بشكل مباشر عبر التوجيه أو التنبيه.

5. تكامل الذكاء الاصطناعي مع البنية التحتية الذكية: مدى دمج الأنظمة الذكية مع أنظمة المدن الذكية، شبكات النقل، والتحكم في الإشارات المرورية.

وسيتم تقييم هذا المتغير بناءً على البيانات الوصفية والإحصائية المنشورة من قبل الجهات الحكومية ذات العلاقة مثل الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي (سدايا)، ووزارة الداخلية، وهيئة تطوير مكة، إلى جانب ما تم توثيقه في الدراسات الحديثة ذات الصلة.

3.2.2. المتغير التابع: كفاءة إدارة الحشود وتحسين السلامة

يُعرّف المتغير التابع في هذا البحث بأنه مدى فعالية الأنظمة الذكية في تحقيق إدارة أكثر كفاءة للحشود وتعزيز مستوى السلامة العامة أثناء الفعاليات الجماهيرية. ويُقاس هذا المتغير من خلال مجموعة من المؤشرات الميدانية القابلة للقياس، مثل:

1. سرعة الاستجابة للحوادث الطارئة: الوقت المستغرق من لحظة رصد الخطر حتى التدخل الميداني الفعلي.
2. معدل الحوادث المسجلة: مقارنة عدد الحوادث قبل وبعد تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي.
3. مستوى انسيابية الحركة: مدى تقليل التكدسات أو الازدحامات في مواقع الفعاليات.
4. مستوى الرضا المؤسسي والمجتمعي: من خلال مؤشرات قياس رضا الجهات التنظيمية والمستفيدين من تطبيق الأنظمة الذكية.
5. تحسين التواصل الميداني: قدرة الأنظمة على دعم اتخاذ القرار الفوري وتنسيق الجهود بين الجهات الأمنية والخدمية.

3.2.3. المتغيرات الوسيطة

على الرغم من أن التركيز الرئيس للبحث ينصب على العلاقة بين الذكاء الاصطناعي وكفاءة إدارة الحشود، إلا أن هناك عوامل وسيطة قد تؤثر في قوة هذه العلاقة، وتشمل:

1. البنية التحتية التقنية: مدى توفر أنظمة رقمية قوية، وشبكات اتصال مستقرة، وأجهزة استشعار متقدمة.
2. التكامل المؤسسي: درجة التنسيق بين الجهات الحكومية المختلفة (سدايا، وزارة الداخلية، هيئة تطوير مكة).

3. وعي وتدريب الكوادر البشرية: جاهزية العنصر البشري للتعامل مع الأنظمة الذكية واستثمار مخرجاتها بكفاءة.

4. الاعتبارات الأخلاقية والاجتماعية: مثل الخصوصية، الأمان السيبراني، وقبول المجتمع العام لتقنيات المراقبة الذكية.

تُسهّم هذه المتغيرات الوسيطة في تفسير التفاوت في فعالية الذكاء الاصطناعي من فعالية لأخرى، وبالتالي فهي تُؤخذ بالاعتبار في التحليل النهائي للنتائج.

3.3. تصميم البحث (بصلة البحث)

تم تصميم هذا البحث على المنهج الوصفي التحليلي الذي يوضح الخطوات المتسلسلة لإجراء الدراسة النظرية حول أثر الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود وتحسين السلامة في الفعاليات الجماهيرية بالمملكة العربية السعودية، وفق المخطط التالي:



شكل 2: مخطط تصميم البحث

مشكلة البحث (Research Problem) :

تحديد الظاهرة والقضية الأساسية للدراسة.



أهداف البحث (Research Objectives) :

توضيح الغايات والنتائج المرجوة من الدراسة.



الأسئلة والفرضيات

(Research Questions and Hypotheses) :

صياغة الأسئلة والعلاقات المتوقعة بين المتغيرات.



نموذج الدراسة (Conceptual Model) :

تمثيل العلاقة بين المتغير المستقل (الذكاء الاصطناعي) والمتغير التابع (تحسين إدارة الحشود والسلامة).



أدوات البحث (Research Instruments) :

تشمل الاستبيانات المقترحة وتحليل الأدبيات العلمية والتقارير الرسمية.



تحليل البيانات (Data Analysis) : تحليل وصفي
وتحليلي يعتمد على المقارنة بين الدراسات والتقارير الميدانية.



النتائج والتوصيات

: (Findings and Recommendations)

عرض أبرز الاستنتاجات والمقترحات المستقبلية لدعم التحول الرقمي وإدارة الحشود بفعالية

3.4. مجتمع البحث وطرق وتقنيات أخذ العينات

يهدف هذا الجزء إلى توضيح المجتمع الذي تركز عليه الدراسة، وطبيعة العينة المختارة، إضافة إلى الأدوات والتقنيات التي تم الاعتماد عليها في جمع البيانات وتحليلها. يمثل هذا القسم الركيزة الأساسية لفهم كيفية تطبيق البحث ميدانياً، والتأكد من مصداقية النتائج وقابليتها للتعميم. ونظرًا لأن موضوع الدراسة يتناول أثر الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود وتحسين السلامة في الفعاليات الجماهيرية بالمملكة العربية السعودية، فقد تم تحديد المجتمع البحثي بعناية ليعكس مختلف الجهات المعنية بهذا المجال. يشمل المجتمع الجهات الحكومية ذات العلاقة المباشرة بإدارة الحشود مثل الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي (سدايا) ووزارة الداخلية، والمنصات التقنية التي تُطبق الأنظمة الذكية فعليًا مثل منصتي بصير وسواهر وذلك من خلال جمع العينات من خلال المصادر المتاحة، بالإضافة إلى فئة الأفراد المتخصصين والممارسين ممن لديهم خبرة في تقنيات الذكاء الاصطناعي وإدارة الفعاليات الجماهيرية.

اعتمد البحث على منهج يجمع بين التحليل الكيفي والكمي، من خلال مراجعة الأدبيات والتقارير الرسمية من جهة، واستطلاع آراء عينة مختارة من الأفراد ذوي العلاقة من جهة أخرى. يهدف هذا الدمج إلى تحقيق فهم شامل يوازن بين التحليل العلمي النظري والتطبيق الواقعي العملي، بما يضمن تحقيق أهداف البحث ورفع موثوقية نتائجه.

3.4.1. مجتمع البحث

نظراً لطبيعة هذا البحث التي تدمج بين التحليل النظري والتطبيقي، فقد تم تحديد مجتمع البحث ليشمل الأطراف الرئيسية التي تمثل بيئة إدارة الحشود الذكية في المملكة العربية السعودية. وتم تقسيم المجتمع إلى ثلاث فئات رئيسية هي: الجهات الحكومية، والمنصات التقنية، والأفراد المتخصصون والمستخدمون.

يُعد هذا التنوع ضرورياً من أجل تحقيق شمولية في النتائج وضمان أن تمثل العينة مختلف وجهات النظر ذات العلاقة بالتقنيات الذكية المستخدمة في إدارة الحشود وتحسين السلامة. وفيما يلي تفصيل الفئات التي يتكون منها مجتمع البحث:

جدول 1: الفئات والجهات المستهدفة في البحث

الفئة / الجهة	أمثلة محددة	نوع البيانات المتوقع جمعها
الجهات الحكومية	• الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي (سدايا) • وزارة الداخلية • هيئة تطوير مكة	بيانات تنظيمية وتقارير رسمية حول تطبيقات الذكاء الاصطناعي ونظم المراقبة والتحليل.
المنصات التقنية	• منصة بصير • منصة سواهر	بيانات فنية وتقارير أداء وإحصاءات تتعلق بفعالية الأنظمة ودقة التحليل.
الأفراد من المجتمع والمتخصصون	• أفراد المجتمع من الجماهير • مشرفو فعاليات جماهيرية • ومنسكو السلامة • المنظمين	آراء وملاحظات نوعية تُجمع عبر استبيانات رقمية من خلال Google Forms لعينة تتراوح بين 30 إلى 40 مشاركاً

يتضح من الجدول أن مجتمع البحث يعكس تداخلاً بين البنية المؤسسية (الحكومية)، والبنية التقنية (المنصات)، والبنية البشرية (الأفراد). هذا الدمج يسمح بفهم أكثر عمقاً وشمولاً للتحديات والفرص التي ترافق توظيف الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود. كما أن تنوع مصادر البيانات يساهم في تعزيز مصداقية النتائج وتعدد زوايا التحليل

3.4.2. عينة البحث

تم اختيار عينة البحث بطريقة (Purposive Sampling)، نظراً لأن هدف هذه الدراسة لا يتمثل في التعميم الإحصائي فقط، وإنما يشمل التحليل المعمق وفهم نوعي لتجارب الجهات والأفراد الذين يمتلكون معرفة مباشرة أو

خبرة في تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود وتحسين السلامة في الفعاليات الجماهيرية داخل المملكة العربية السعودية.

تتضمن العينة مجموعة مختارة من الخبراء والمهندسين والمختصين والمستخدمين الفعليين الذين يعملون ضمن منظومات أو جهات ذات علاقة، مثل الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي (سدايا)، وزارة الداخلية، هيئة تطوير مكة، إلى جانب ممثلين عن المنصات التقنية مثل بصير وسواهر. كما تشمل العينة عدداً من العاملين في الفعاليات الكبرى مثل موسم الرياض والحج والعمرة، لضمان تنوع الخبرات والمجالات التطبيقية.

يُقدّر حجم العينة المقترح بما يتراوح بين 30 إلى 40 فرداً، وهو نطاق مناسب للبحوث النظرية التحليلية التي تعتمد على التحليل النوعي ومراجعة البيانات الثانوية. سيتم جمع آراء العينة من خلال استبيان إلكتروني يُوزع عبر نموذج Google Forms، يهدف إلى تقييم مدى وعيهم بفعالية تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود، ومستوى القبول والرضا تجاه هذه التقنيات، ومدى إدراكهم لدورها في تعزيز السلامة العامة.

وقد تم تحديد هذه العينة لعدة اعتبارات، أبرزها:

- لديها حضور ومشاركات سابقة في الفعاليات الجماهيرية، كالحج أو العمرة، موسم الرياض، أو سباق الفورمولا 1.
- لديهم خبرة ميدانية أو تحليلية مباشرة في المجال.
- ارتباطهم وتأثيرهم الفعلي بقرارات وبيانات تطبيقات الذكاء الاصطناعي في المملكة.
- قدرة هذه الفئة على تقديم بيانات واقعية تدعم الجانب التحليلي للدراسة.

3.4.3 أدوات وتقنيات جمع البيانات

اعتمد هذا البحث على مزيج من الأدوات المنهجية الكمية والنوعية بهدف تحقيق تحليل شامل لموضوع الدراسة وضمان مصداقية النتائج ودقتها. ونظراً لأن البحث ذو طبيعة نظرية تحليلية، فإن عملية جمع البيانات تركزت على البيانات الثانوية الموثوقة، إلى جانب استبيان ميداني محدود موجّه إلى عينة من المجتمع والمختصين والعاملين، كما يلي:

1. الاستبيان (Survey):

- تم تصميم استبيان إلكتروني باستخدام Google Forms لقياس أبعاد المتغيرين الرئيسيين في الدراسة:
- **المتغير المستقل:** الذكاء الاصطناعي وتطبيقاته (الرؤية الحاسوبية، التنبؤ الذكي، الروبوتات، الطائرات بدون طيار، التكامل المؤسسي).

• **المتغير التابع:** إدارة الحشود وتحسين السلامة في الفعاليات الجماهيرية.

يتضمن الاستبيان مجموعة من الأسئلة المغلقة بنظام مقياس ليكرت الخماسي (Likert Scale) ، تتدرج من (1) “لا أوافق بشدة” إلى (5) “أوافق بشدة”، لقياس اتجاهات المبحوثين وآرائهم حول فعالية الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود.

2. مراجعة الأدبيات العلمية (Literature Review) :

تم اعتماد هذه الأداة كمصدر رئيسي لتكوين الإطار النظري، من خلال تحليل الأبحاث، المقالات الأكاديمية، والتقارير الرسمية الصادرة عن جهات سعودية مثل سدايا، وهيئة تطوير مكة، ووزارة الداخلية، إلى جانب دراسات عالمية منشورة في قواعد بيانات مثل ScienceDirect وarXiv.

3. تحليل التقارير والبيانات الرسمية:

سيتم تحليل التقارير السنوية الصادرة عن الجهات الحكومية المعنية بإدارة الحشود (مثل تقارير الحج، مواسم العمرة، وموسم الرياض) لاستخراج مؤشرات أداء كمية ونوعية تتعلق بفعالية تطبيقات الذكاء الاصطناعي. كما شمل التحليل مقارنة بين الفترات الزمنية قبل وبعد إدخال التقنيات الذكية لتحديد الأثر الفعلي لهذه الأنظمة.

4. تحليل البيانات (Data Analysis) :

سيتم استخدام الأساليب الوصفية والتحليلية في تحليل البيانات المستخلصة من الاستبيان ومن الأدبيات السابقة:

- التحليل الوصفي يشمل حساب النسب والتكرارات لتوضيح الاتجاهات العامة.
- التحليل التحليلي يتضمن تحليل الارتباط والانحدار البسيط لتحديد العلاقة بين تطبيقات الذكاء الاصطناعي ومستوى تحسين السلامة وإدارة الحشود.

3.5 طريقة جمع البيانات

يستند هذا البحث إلى منهجية علمية تجمع بين التحليل الوصفي والتحليل النوعي، مع التركيز على جمع البيانات من مصادر ثانوية موثوقة تعكس واقع تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود داخل المملكة العربية السعودية.

تعتمد الدراسة على مراجعة الأدبيات العلمية المنشورة في الدوريات المحكمة، والتقارير الرسمية الصادرة عن الجهات الحكومية ذات العلاقة، مثل الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي (سدايا)، ووزارة الداخلية، وهيئة تطوير مكة، بالإضافة إلى بيانات من منصات الذكاء الاصطناعي التشغيلية مثل بصير وسواهر وأنظمة النقل الذكية.

ولتحقيق أقصى درجات الموثوقية، سيتم جمع البيانات من خلال الخطوات التالية:

○ تحليل الوثائق الرسمية والتقارير الحكومية حول مؤشرات الأداء الأمني والتنظيمي خلال الفعاليات الجماهيرية.

- مراجعة الدراسات السابقة المنشورة في قواعد بيانات أكاديمية مثل ScienceDirect و Springer و arXiv والتي تناولت تطبيقات الذكاء الاصطناعي في تحليل الحشود.
 - تصميم استبيان إلكتروني مبدئي موجه لعينة من العاملين والمتخصصين في مجالات إدارة الحشود، الأمن، وتقنية المعلومات، وذلك لجمع آراء ميدانية داعمة للتحليل المكتبي.
 - تحليل بيانات من مصادر رقمية (مثل خرائط Google Maps وبيانات الكثافة المرورية) كأدلة كمية مساندة لتقدير الكثافات الزمنية في بعض الفعاليات الكبرى.
- بهذا الأسلوب، يجمع البحث بين التحليل النظري والميداني غير المباشر لتوفير رؤية شاملة حول كيفية مساهمة الذكاء الاصطناعي في تعزيز سلامة الحشود.

3.6. أنواع البيانات

تتضمن البيانات المستخدمة في هذا البحث نوعين رئيسيين من البيانات، بما يتناسب مع طبيعة الدراسة النظرية التحليلية، فقد تم الاعتماد بشكل رئيس على البيانات الثانوية المستمدة من مصادر علمية ومؤسسية موثوقة، مع إمكانية دعمها ببيانات أولية من خلال استبيان موجه لعينة من الأفراد المهتمين بمجال الذكاء الاصطناعي وإدارة الحشود.

أولاً: البيانات الثانوية:

تشتمل البيانات الثانوية وهي المستمدة من مصادر موثوقة على:

- التقارير والإحصائيات الصادرة عن الجهات الحكومية السعودية مثل سدايا، وزارة الداخلية، والهيئة الملكية لمكة المكرمة.
- المقالات الأكاديمية المحكمة المنشورة في قواعد بيانات مثل ScienceDirect، IEEE، أو arXiv.

- الدراسات السابقة التي تناولت الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود في سياق الحج، العمرة، والفعاليات الكبرى مثل موسم الرياض أو الفورمولا 1.

تمت مراجعة وتحليل هذه المصادر باستخدام منهج تحليل المحتوى Content Analysis لتحديد الاتجاهات والنتائج المشتركة بين الدراسات، واستخلاص المؤشرات التي تدعم فرضيات البحث.

ثانياً: البيانات الأولية:

- لدعم التحليل النظري، سيتم استخدام استبيان إلكتروني يتم توزيعه عبر Google Forms على عينة تتراوح بين 30 إلى 40 مشاركاً من المجتمع أو المختصين والمهتمين بالمجال، مثل:
- أفراد المجتمع من الجماهير، سواء من الحجاج السابقين، المعتمرين، زوار موسم الرياض، أو موسم الفورمولا 1 السابق.

- مشرفو الفعاليات الجماهيرية في كل من المواسم او الفعاليات الحديثة
- منسقو ومشرفو السلامة
- المنظمين

ويهدف هذا الاستبيان إلى قياس آراء المشاركين حول كفاءة الأنظمة الذكية في الحد من الازدحام وتحسين الاستجابة الأمنية، مما يعزز الجانب التحليلي للبحث.

ثالثاً: آلية التوثيق والتحقق

تم توثيق جميع المصادر وفق أسلوب التقييم المرجعي داخل النص [1][2][3]... الخ. مع الالتزام بتنسيق APA في قائمة المراجع النهائية. كما تمت مراجعة جميع البيانات لضمان مصداقيتها، واستبعاد أي مصدر يفتقر إلى الدقة أو الموثوقية المؤسسية. وبذلك، تمثل منهجية جمع البيانات في هذا البحث مزيجاً من التحليل المكتبي المتعمق والاستطلاع للرأي، بما يعزز شمولية النتائج ومصداقيتها.

جدول 2: أدوات وأساليب جمع البيانات المستخدمة في البحث

نوع البيانات	المصدر / الجهة	الغرض من الاستخدام	نوع التحليل المستخدم
بيانات ثانوية	الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي (سدايا) – وزارة الداخلية – الهيئة الملكية لمكة المكرمة – تقارير موسم الرياض	وصف واقع تطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود وتحليل فعاليته	تحليل وصفي وتحليلي نوعي
دراسات أكاديمية سابقة	قواعد بيانات علمية (ScienceDirect – arXiv – IEEE – Springer)	مقارنة نتائج الدراسات السابقة وتحديد الفجوات البحثية	تحليل مقارنة واستنتاجي
بيانات أولية	استبيان إلكتروني (Google Forms) موجه لموظفين وخبراء وباحثين	دعم التحليل النظري بآراء واقعية من البيئة السعودية	تحليل إحصائي وصفي (النسب والتكرارات)

3.7. إجراءات التحليل الإحصائي

سيتم تحليل البيانات في هذا البحث باستخدام منهجية تجمع بين التحليل الوصفي الكمي والتحليل الارتباطي التحليلي، بما يضمن استخلاص نتائج دقيقة ومتماسكة تدعم فرضيات الدراسة وتُجيب عن أسئلتها. يهدف هذا القسم إلى تحديد الأدوات المناسبة الإحصائية لمعالجة البيانات، سواء البيانات النوعية (Qualitative Data) أو الكمية (Quantitative Data)، من خلال الخطوات التالية:

1. التحليل الوصفي (Descriptive Analysis) :

سيتم استخدام هذا الأسلوب لتوصيف البيانات الأولية المستخلصة من الأدبيات والتقارير الرسمية، مثل عدد الفعاليات، معدلات الحوادث، سرعة الاستجابة، وعدد حالات الازدحام المسجلة قبل وبعد تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي.

سيتم عرض هذه النتائج باستخدام الجداول والنسب المئوية والمتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لتوضيح الاتجاهات العامة في البيانات.

2. التحليل الارتباطي (Correlation Analysis) :

سيتم استخدام معامل الارتباط (Pearson's Correlation Coefficient) لقياس قوة العلاقة بين المتغير المستقل (الذكاء الاصطناعي) والمتغير التابع (فعالية إدارة الحشود والسلامة). يهدف هذا التحليل إلى التحقق مما إذا كان ارتفاع مستوى تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي يؤدي إلى تحسن ملموس في مؤشرات السلامة التشغيلية والتنظيمية.

3. تحليل الانحدار البسيط (Simple Linear Regression) :

يُستخدم هذا الاختبار لتحديد مدى تأثير الذكاء الاصطناعي (كمتغير مستقل) على مؤشرات السلامة وإدارة الحشود (كمتغير تابع). يساعد هذا الأسلوب على تحديد مقدار التغير في كفاءة إدارة الحشود الناتج عن تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي.

4. تحليل المحتوى النوعي (Qualitative Content Analysis) :

بالنسبة للبيانات الوصفية المستخلصة من التقارير الرسمية أو الإجابات المفتوحة في الاستبيان، سيتم تحليلها بطريقة منهجية عبر تحديد الأنماط المتكررة والمفاهيم المشتركة، مثل "تحسين الاستجابة الميدانية"، "خفض الازدحام"، أو "زيادة التكامل المؤسسي". سيساعد هذا النوع من التحليل في دعم النتائج الرقمية وتفسيرها في سياقها الواقعي. ويُتوقع أن تُسهم نتائج التحليل في اختبار الفرضيات البحثية والتحقق من العلاقة بين الذكاء الاصطناعي وتحسين فعالية إدارة الحشود، مما يعزز القيمة التطبيقية للنموذج المفاهيمي المقترح في هذه الدراسة.

3.8. الخاتمة

يُشكّل هذا الفصل الإطار المنهجي الذي يضبط سير البحث ويضمن اتساق مراحل مع أهدافه العلمية والعملية. حيث تم في هذا الفصل توضيح تصميم البحث القائم على المنهج الوصفي التحليلي، الذي يهدف إلى تحليل أثر استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود وتحسين السلامة في الفعاليات الجماهيرية داخل المملكة العربية السعودية. كما تم تحديد مجتمع البحث ليشمل الجهات الحكومية ذات العلاقة، والمنصات الذكية المستخدمة في إدارة الحشود، إضافة إلى عينة من الأفراد المشاركين في الفعاليات الميدانية، وذلك بهدف بناء رؤية شاملة تجمع بين الجوانب التقنية والإنسانية والتنظيمية.

تم كذلك استعراض أدوات جمع البيانات المتمثلة في الاستبيانات والتحليل الوثائقي، مع بيان أنواع البيانات المستخدمة، سواء الكمية أو النوعية، وآليات تحليلها إحصائيًا باستخدام الاختبارات الوصفية والانحدارية.

وبذلك، يُعد هذا الفصل الأساس الذي يُبنى عليه الفصل الرابع المتعلق بعرض وتحليل النتائج الميدانية، حيث سيتم تطبيق الإجراءات الإحصائية على البيانات الفعلية المستخلصة من أدوات البحث للتحقق من فرضيات الدراسة واختبار العلاقة بين المتغيرات الأساسية. إن وضوح المنهجية ودقتها يُعززان من موثوقية النتائج النهائية ويسهمان في تقديم نموذج بحثي علمي يمكن الاعتماد عليه لتطوير ممارسات إدارة الحشود الذكية في المملكة.

4. الفصل الرابع: التحليل الإحصائي ومناقشة النتائج

4.1. المقدمة

يُعد هذا الفصل من أهم فصول البحث، إذ يقدّم التحليل الإحصائي للبيانات الميدانية التي تم جمعها من خلال الاستبيان الإلكتروني بهدف قياس أثر استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين إدارة الحشود وتعزيز السلامة في الفعاليات الجماهيرية داخل المملكة العربية السعودية. ويعتمد هذا الفصل على مجموعة من الأساليب الإحصائية الوصفية والاستنتاجية لتحليل المتغيرات الرئيسية، وفحص طبيعة العلاقة بين المتغير المستقل وهو تقنيات الذكاء الاصطناعي، والمتغير التابع وهو مستوى فعالية إدارة الحشود وسلامة الأفراد. ويبدأ الفصل بعرض وصف تفصيلي للبيانات، يشمل خصائص العينة والمقاييس المستخدمة في الاستبيان، ثم ينتقل إلى تحليل البيانات باستخدام مؤشرات النزعة المركزية والانحرافات المعيارية لتوصيف اتجاهات إجابات المشاركين. بعد ذلك، يتناول الفصل اختبارات الارتباط والانحدار البسيط لتحديد قوة واتجاه العلاقة بين متغيرات الدراسة، والتأكد من صحة فرضيات البحث. كما تتضمن المناقشة تفسير النتائج وربطها بالأطر النظرية والدراسات السابقة، بما يساعد على توضيح مدى اتساق النتائج الحالية مع الأدبيات العلمية، وتعزيز فهم أثر الذكاء الاصطناعي في مجال إدارة الحشود. وبذلك، يسهم هذا الفصل في ربط الجانب النظري بالتطبيق العملي، ويقدم دليلاً علمياً قائماً على البيانات لدعم التوصيات والاستنتاجات النهائية للبحث.

4.2. توصيف عينة الدراسة (الإحصائيات الوصفية لعينة البحث)

يهدف هذا القسم إلى تقديم وصف دقيق للخصائص الديموغرافية والمهنية للمشاركين في الاستبيان، وذلك لفهم طبيعة العينة التي تم الاعتماد عليها في تحليل العلاقة بين الذكاء الاصطناعي وإدارة الحشود. بلغ عدد المشاركين في الاستبيان 30 مشاركاً، يمثلون مجموعة متنوعة من الأفراد ذوي العلاقة المباشرة أو غير المباشرة بالمجال، مثل العاملين في الفعاليات، والمختصين بالأمن والسلامة، وأفراد المجتمع الذين سبق لهم حضور أو المشاركة في الفعاليات الجماهيرية. وفيما يلي عرض للجوانب الرئيسة للعينة:

أولاً: الفئة العمرية للمشاركين

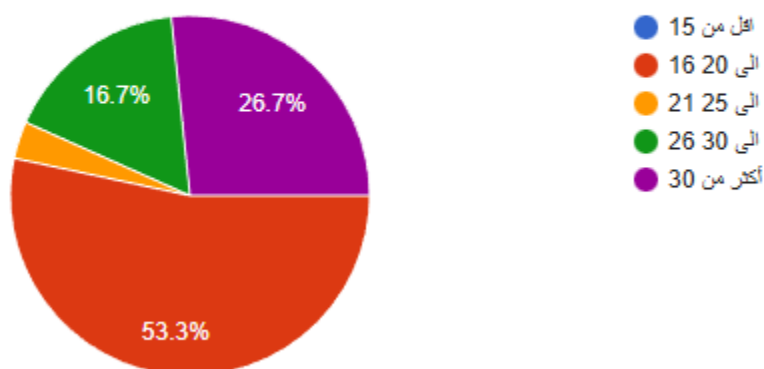
جدول 3: توزيع أفراد العينة حسب الفئة العمرية

الفئة العمرية (سنة)	العدد	النسبة المئوية
أقل من 15 عاماً	0	0%
16 – 20	16	53.3%

3.3%	1	25 – 21
16.7%	5	30 – 26
26.7%	8	أكثر من 30 عاماً
100%	30	الإجمالي

الفئة العمرية

30 رة



شكل 3: التمثيل البياني لأفراد العينة حسب الفئة العمرية

يُظهر جدول توزيع العينة حسب الفئة العمرية وجود تمثيل مرتفع للفئة العمرية (16-20 عاماً)، والتي بلغت نسبتهم أكثر من نصف المبحوثين. ويُشير هذا التركيز العمري إلى أن الفئة الأكثر تفاعلاً مع الاستبيان هي فئة المستخدمين الرقميين الأكثر نشاطاً واطلاعاً على التقنيات الحديثة، بما فيها تطبيقات الذكاء الاصطناعي. ويُعد هذا الأمر ذا قيمة بحثية، نظرًا لأن هذه الفئة تُعد من أبرز المتأثرين بأساليب إدارة الحشود الحديثة المستخدمة في الفعاليات الكبرى داخل المملكة. وفي المقابل، جاءت مشاركة الفئات الأكبر سنًا بنسبة جيدة، مما يضيف توازنًا مهمًا للعينة، ويسهم في تنويع وجهات النظر ويزيد من موثوقية النتائج. وهذا التنوع العمري يعكس شمولية جيدة للعينة وقدرتها على تمثيل قطاعات واسعة من المجتمع.

ثانياً: توزيع المشاركين حسب الجنس

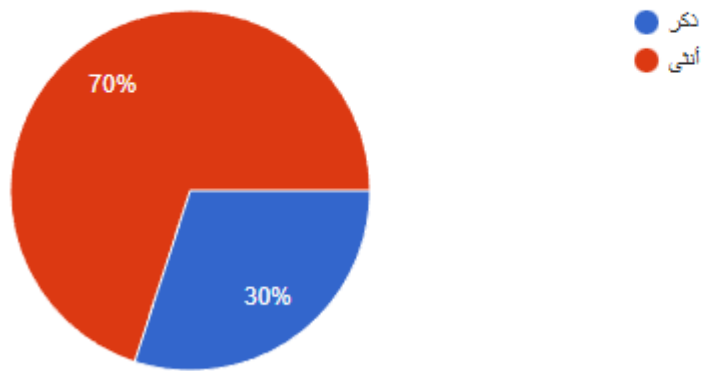
جدول 4: توزيع أفراد العينة حسب الجنس

الجنس	العدد	النسبة المئوية
-------	-------	----------------

ذكر	9	30%
أنثى	21	70%
الإجمالي	30	100%

الجنس

30 رة



شكل 4: التمثيل البياني لأفراد العينة حسب الجنس

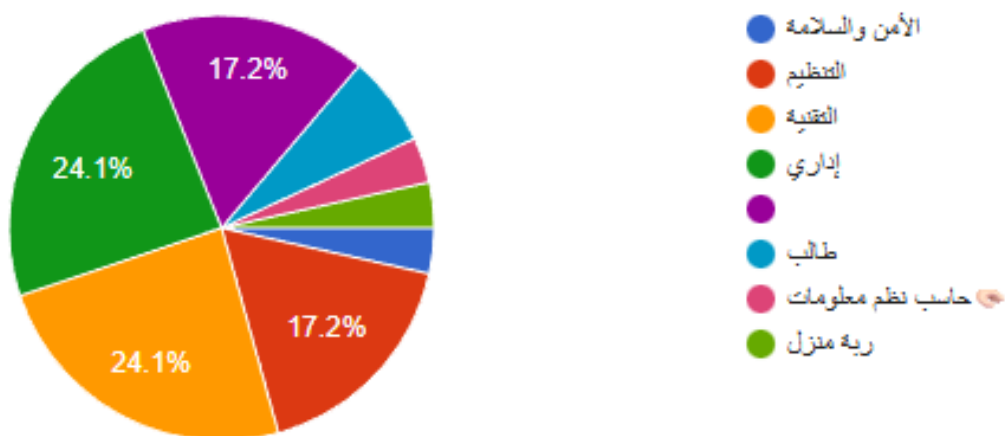
يتضح من الجدول الخاص بتوزيع العينة حسب الجنس أن الإناث شكّلن النسبة الأكبر من المشاركين مقارنة بالذكور. ويُعزى هذا التفاوت غالبًا إلى ارتفاع معدل تجاوب الإناث مع الاستبيانات الإلكترونية، إضافة إلى زيادة حضورهن في الندوات والتخصصات التقنية والفعاليات الترفيهية والتعليمية خلال السنوات الأخيرة. ولا يُعد هذا الانحياز مشكلة منهجية، إذ إن الهدف من الدراسة هو تحليل اتجاهات وآراء المشاركين وليس تمثيل المجتمع السكاني بدقة إحصائية. ومع ذلك، فإن وجود نسبة جيدة من الذكور يتيح تنوعًا في الرأي ويُساهم في تعزيز مصداقية النتائج وتوازنها.

ثالثًا: توزيع المشاركين حسب المجال المهني

جدول 5: توزيع أفراد العينة حسب المجال المهني

المجال المهني	العدد	النسبة المئوية
الأمن والسلامة	1	3.33%

التنظيم	6	20%
التقنية	7	23.3%
إداري	7	23.33%
أخرى	9	30%
الإجمالي	30	100%



شكل 5: التمثيل البياني لأفراد العينة حسب المجال المهني

يعكس توزيع المشاركين حسب المجال المهني وجود شريحة متنوعة من الخلفيات العملية، تشمل مجالات التقنية والتنظيم والإدارة، إضافة إلى نسبة من الطلبة. ويُعد هذا التنوع المهني ذا أهمية عالية، لأن كل فئة من هذه الفئات تمتلك تصورًا مختلفًا حول كيفية استخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود وتعزيز السلامة. فالمختصون في المجال التقني ينظرون غالبًا إلى الأنظمة من منظور التشغيل والكفاءة التقنية، بينما يركز العاملون في المجال التنظيمي على الجدوى الميدانية وسهولة الاستخدام، في حين يُمثل الطلبة فئة المستخدمين العاديين الذين يتفاعلون مع الأنظمة باعتبارهم مستفيدين نهائين. ويسهم هذا التنوع في إثراء التحليل، لأنه يُقدم رؤية متعددة الأبعاد حول فعالية الأنظمة الذكية في البيئات المختلفة.

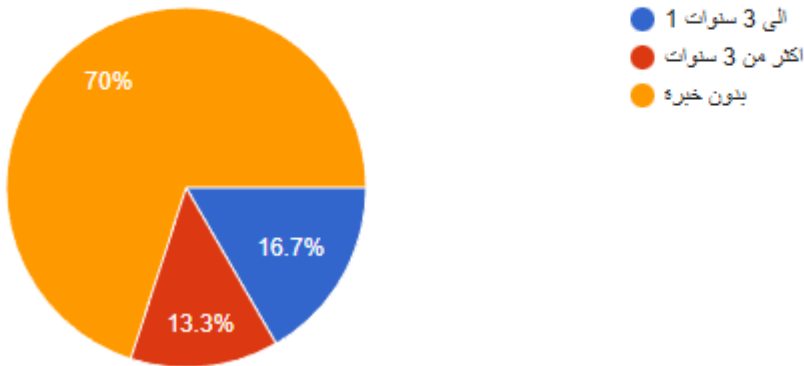
ثالثاً: الخبرة في الفعاليات الجماهيرية

جدول 6: توزيع أفراد العينة حسب الخبرة في الفعاليات الجماهيرية

مستوى الخبرة (سنوات)	العدد	النسبة المئوية
3 – 1	5	16.7%
أكثر من 3	4	13.4%
بدون خبرة	21	70%
الإجمالي	30	100%

الخبرة في الفعاليات الجماهيرية

30 ردًا



شكل 6: التمثيل البياني لأفراد العينة حسب الخبرة في الفعاليات الجماهيرية

يوضح توزيع العينة وفق مستوى الخبرة في إدارة أو حضور الفعاليات الجماهيرية أن غالبية المشاركين يندرجون ضمن فئة "بدون خبرة"، وهي النسبة الأعلى في العينة، تليها فئة من يمتلكون خبرة تتراوح بين سنة إلى ثلاث سنوات، بينما كانت نسبة ذوي الخبرة المتقدمة (أكثر من 3 سنوات) هي الأقل. ويُشير هذا النمط إلى أن جزءًا كبيرًا من المستجيبين هم من الأفراد الذين يتعاملون مع الفعاليات الجماهيرية كمستخدمين

نهائيين وليسوا ممارسين محترفين، وهو ما يعزز مصداقية الاستبيان في قياس الانطباعات العامة تجاه أنظمة الذكاء الاصطناعي وتأثيرها في إدارة الحشود.

كما أن وجود نسبة جيدة من المشاركين ممن لديهم خبرة مهنية ميدانية يمنح الدراسة قيمة إضافية، لأن آرائهم تُقدّم بُعدًا عمليًا واقعيًا يساهم في تقييم فعالية الأنظمة الذكية من وجهة نظر ممارسين متخصصين. هذا التفاوت في مستوى الخبرة بين المشاركين يوفر مادة تحليلية غنية، ويسهم في تفسير النتائج لاحقًا عند مقارنة الاتجاهات بين أصحاب الخبرة والمشاركين الجدد، مما يدعم قوة التحليل الإحصائي وعمق تفسيراته في سياق تطبيق الذكاء الاصطناعي داخل الفعاليات الجماهيرية في المملكة العربية السعودية.

4.3. اختبارات الصدق والثبات للاستبيانات

تُعدّ عملية التحقق من صدق وثبات أدوات القياس خطوة أساسية في البحوث الميدانية لضمان جودة البيانات وصحة النتائج. وبما أن هذه الدراسة تعتمد على استبيانين يقيسان متغيرين رئيسيين هما: توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود (المتغير المستقل)، وكفاءة إدارة الحشود وتحسين السلامة (المتغير التابع)، فقد تم إجراء مجموعة من الاختبارات الإحصائية للتحقق من مدى قدرة هذه الأدوات على قياس ما وضعت لقياسه بدقة واتساق.

• أولاً: الصدق الظاهري والمحتوى (Content Validity)

- أولاً: الصدق الظاهري: يقصد بالصدق الظاهري مدى وضوح العبارات وسهولة فهمها وملاءمتها للمفهوم المراد قياسه. وللتحقق من هذا النوع من الصدق، تم عرض الاستبيان بصيغته الأولية على مجموعة من المتخصصين في المجال الأكاديمي، وتمت مراجعة العبارات للتأكد من خلوها من الغموض، وللتأكد من توافقها مع أبعاد الدراسة وأهدافها البحثية. وقد أشار المحكمون إلى أن العبارات واضحة ومباشرة وتعكس فعليًا مضمون المتغيرات المراد قياسها.
- الصدق الداخلي: الصدق الداخلي يشير إلى درجة ارتباط كل فقرة ببقية الفقرات التي تقيس المتغير نفسه. ويُعدّ الصدق الداخلي محققًا إذا كان معامل الارتباط بين الفقرة وإجمالي المتغير موجبًا وذو دلالة، وهو ما سيتم إظهاره لاحقًا في جداول الاتساق الداخلي. كما أن تحقيق الاتساق الداخلي يُعدّ مؤشرًا قويًا على توفر الصدق البنائي للأداة.

ثانيًا: الثبات Reliability باستخدام معامل كرونباخ ألفا

يشير الثبات إلى مدى استقرار وموثوقية الاستبيان، أي قدرة الأداة على إعطاء نتائج متسقة عند إعادة تطبيقها في ظروف مشابهة. وتم استخدام معامل كرونباخ ألفا (Cronbach's Alpha) لقياس درجة الاتساق الداخلي لفقرات الاستبيان، وهو من أكثر الأساليب الإحصائية استخدامًا لهذا الغرض.

جدول 7: ترميز مقياس ليكرات الخماسي المستخدم في الاستبيان للدراسة

الاستجابة	القيمة الرقمية
موافق بشدة	5
موافق	4
محايد	3
غير موافق	2
غير موافق بشدة	1

1- طريقة حساب معامل كرونباخ ألفا α :

$$\left(\frac{\sum_{i=1}^k \sigma_i^2}{\sigma_t^2} - 1 \right) \frac{k}{k-1} = \alpha$$

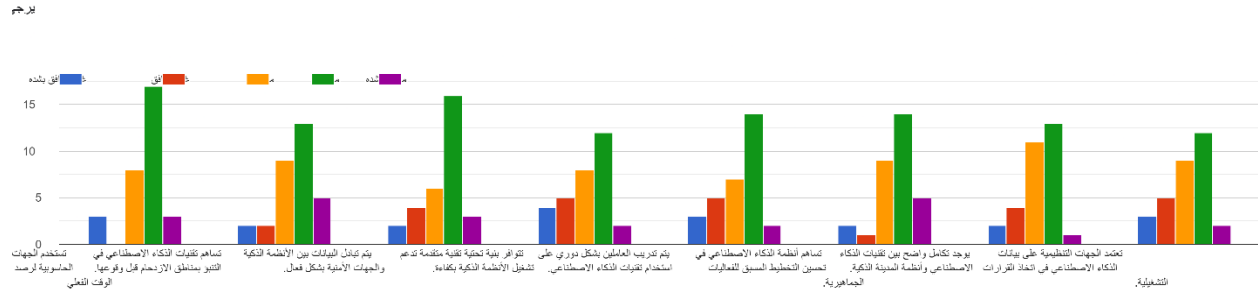
- k : عدد العبارات (البندود) التي تقيس المتغير.
- σ_i^2 : تباين كل عبارة من عبارات المقياس.
- σ_t^2 : تباين المجموع الكلي لدرجات جميع العبارات لكل مفحوص.

2- ثبات متغير توظيف الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود

يتكون متغير توظيف الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود من ثماني عبارات أو أسئلة رئيسة، هي:

- تستخدم الجهات التنظيمية أنظمة الرؤية الحاسوبية لرصد حركة الحشود في الوقت الفعلي.
- تساهم تقنيات الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بمناطق الازدحام قبل وقوعها.
- يتم تبادل البيانات بين الأنظمة الذكية والجهات الأمنية بشكل فعال.
- تتوفر بنية تحتية تقنية متقدمة تدعم تشغيل الأنظمة الذكية بكفاءة.

- يتم تدريب العاملين بشكل دوري على استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي.
 - تساهم أنظمة الذكاء الاصطناعي في تحسين التخطيط المسبق للفعاليات الجماهيرية.
 - يوجد تكامل واضح بين تقنيات الذكاء الاصطناعي وأنظمة المدينة الذكية.
 - تعتمد الجهات التنظيمية على بيانات الذكاء الاصطناعي في اتخاذ القرارات التشغيلية.
- الإجابات لهذه الاسئلة تعتمد على معادلة ليكرات الخماسي (1-5). وبعد ترميز استجابات (30) مشاركاً على هذه العبارات الثماني.



شكل 7: نتائج الاستبيان للمتغير المستقل (الذكاء الاصطناعي)

تم حساب تباين كل عبارة وتباين المجموع الكلي للدرجات كما هو موضح في الجدول الآتي:

جدول 8: بيانات حساب معامل كرونباخ ألفا لمتغير توظيف الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود

المؤشر	القيمة التقريبية
عدد العبارات k	8
مجموع تباينات العبارات $\sum \sigma_i^2$	9.04
تباين المجموع الكلي σ_t^2	44.82
معامل كرونباخ ألفا المحسوب α	0.912

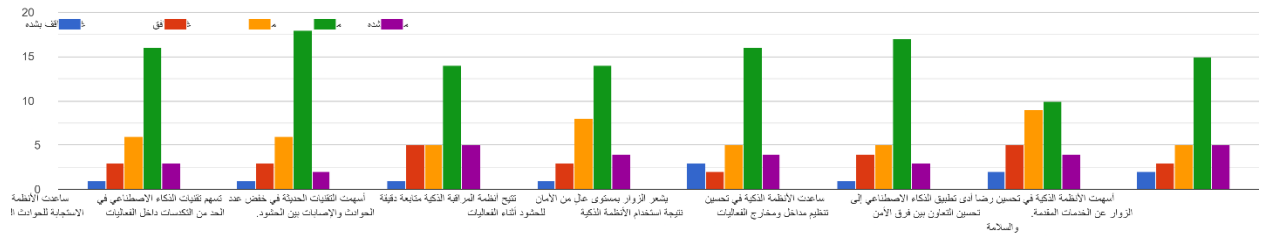
على ضوء هذه النتائج، بلغت قيمة معامل كرونباخ ألفا 0.912، وهي قيمة تعكس مستوى ثبات ممتاز، إذ تتجاوز بكثير الحد الأدنى المقبول في الدراسات السابقة (0.70)، مما يدل على وجود درجة عالية من الاتساق الداخلي بين العبارات الثماني التي تقيس توظيف الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود.

3- ثبات متغير كفاءة إدارة الحشود وتحسين السلامة

يتكون متغير كفاءة إدارة الحشود وتحسين السلامة من ثماني عبارات رئيسة، هي:

- ساعدت الأنظمة الذكية في تقليل زمن الاستجابة للحوادث الميدانية.
 - تسهم تقنيات الذكاء الاصطناعي في الحد من التكدسات داخل الفعاليات.
 - أسهمت التقنيات الحديثة في خفض عدد الحوادث والإصابات بين الحشود.
 - تتيح أنظمة المراقبة الذكية متابعة دقيقة للحشود أثناء الفعاليات.
 - يشعر الزوار بمستوى عالٍ من الأمان نتيجة استخدام الأنظمة الذكية.
 - ساعدت الأنظمة الذكية في تحسين تنظيم مداخل ومخارج الفعاليات.
 - أدى تطبيق الذكاء الاصطناعي إلى تحسين التعاون بين فرق الأمن والسلامة.
 - أسهمت الأنظمة الذكية في تحسين رضا الزوار عن الخدمات المقدمة.
- أظهرت مراجعة البيانات وجود بعض القيم المفقودة في إجابات عدد محدود من المشاركين على بعض العبارات، ولذلك تم استبعاد الاستجابات غير المكتملة في هذا المحور، ليصبح عدد الاستجابات المكتملة المستخدمة في التحليل 28 استجابة.

برجم



شكل 8: نتائج استبيان المتغير التابع (كفاءة إدارة الحشود)

تم حساب تباين كل عبارة وتباين المجموع الكلي كما يلي:

جدول 9: بيانات حساب معامل كرونباخ ألفا لمتغير كفاءة إدارة الحشود وتحسين السلامة

المؤشر	القيمة التقريبية
عدد العبارات k	8
مجموع تباينات العبارات $\sum \sigma_i^2$	8.44
تباين المجموع الكلي σ_t^2	55.06
معامل كرونباخ ألفا المحسوب α	0.958

تُظهر النتائج أن قيمة معامل كرونباخ ألفا لمتغير كفاءة إدارة الحشود وتحسين السلامة بلغت 0.958، وهي قيمة تعكس مستوى ثبات مرتفع جدًا واتساقًا قويًا بين العبارات الثماني التي تقيس هذا المتغير، مما يضمن موثوقية عالية في نتائج هذا المحور.

4- ملخص عام لثبات الأداة

استنادًا إلى ما سبق، يتضح أن:

- كلا المتغيرين (توظيف الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود، وكفاءة إدارة الحشود وتحسين السلامة) يتمتعان بقيم مرتفعة جدًا لمعامل كرونباخ ألفا.
- العبارات الثماني في كل متغير مترابطة ومتجانسة وتعمل كوحدة واحدة متكاملة لقياس البعد المحدد.
- يمكن الاعتماد على نتائج هذه الأداة بثقة عالية في التحليل الإحصائي اللاحق، سواء في الإحصاء الوصفي أو في اختبار الفرضيات ومعاملات الارتباط والانحدار.

4.4. الإحصاء الوصفي لمتغيرات البحث (الإجابة على أسئلة البحث)

يهدف هذا القسم إلى تقديم وصف إحصائي مفصل لمتغيرات الدراسة الرئيسية، وذلك من خلال حساب المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لعبارات الاستبيان، وربط هذه النتائج بأسئلة الدراسة البحثية ذات الصلة، وخاصة تلك التي تتناول:

- فاعلية أنظمة الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة إدارة الحشود وتقليل الحوادث.
 - درجة توظيف هذه الأنظمة وتكاملها مع البنية التحتية الذكية.
- ولتحليل استجابات أفراد العينة، تم الاعتماد على مقياس ليكرت الخماسي، بعد ترميز الاستجابات كما يلي:

جدول 10: ترميز مقياس ليكرت الخماسي وحدود التفسير

الاستجابة	القيمة الرقمية	مجال المتوسط	مستوى الاستجابة
موافق بشدة	5	4.21 – 5.00	مرتفع جدًا
موافق	4	3.41 – 4.20	مرتفع
محايد	3	2.61 – 3.40	متوسط
غير موافق	2	1.81 – 2.60	منخفض

غير موافق بشدة	1	1.00 – 1.80	منخفض جدًا
----------------	---	-------------	------------

وبناءً على ذلك، سيتم تفسير المتوسطات الحسابية التي تم الحصول عليها وفق هذه المستويات الخمسة.

4.4.1. الإحصاء الوصفي للمتغير المستقل (توظيف الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود)

يرتبط هذا المتغير بشكل مباشر بأسئلة الدراسة المتعلقة بواقع استخدام الذكاء الاصطناعي و مدى تكامله وفاعليته التشغيلية في إدارة الحشود خلال الفعاليات الجماهيرية. وقد تم قياس هذا المتغير من خلال ثماني عبارات، واعتمد التحليل على 30 استجابة مكتملة.

جدول 11: المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لمتغير توظيف الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود (ن = 30)

رقم العبارة من الاستبيان	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	مستوى الاستجابة
1	3.53	1.04	مرتفع
2	3.50	1.04	مرتفع
3	3.47	1.07	مرتفع
4	3.13	1.17	متوسط
5	3.20	1.13	متوسط
6	3.57	1.01	مرتفع
7	3.23	0.97	متوسط
8	3.10	1.06	متوسط

المتوسط العام للمتغير:

○ المتوسط الكلي = 3.34

○ الانحراف المعياري الكلي = 0.84

○ مستوى الاستجابة العام = متوسط يميل إلى الارتفاع

تفسير النتائج

يتضح من الجدول أن العبارات (1، 2، 3، 6) حققت متوسطات حسابية ضمن المستوى المرتفع، مما يشير إلى وجود تطبيق فعلي ملحوظ لتقنيات الذكاء الاصطناعي في الجوانب التشغيلية المباشرة لإدارة الحشود، مثل الرصد، التنبؤ، التخطيط، وتبادل البيانات. في المقابل، جاءت المتوسطات الخاصة بالعبارات (4، 5، 7، 8) ضمن المستوى المتوسط، وهو ما يعكس وجود تحديات نسبية تتعلق بالبنية التحتية التقنية، التدريب، التكامل مع أنظمة المدن الذكية، والاعتماد المؤسسي على مخرجات الذكاء الاصطناعي في اتخاذ القرار. وبشكل عام، يشير المتوسط الكلي (3.34) إلى أن مستوى توظيف الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود يُعد متوسطاً مع وجود مؤشرات إيجابية للتوسع والتطوير، وهو ما ينسجم مع أسئلة الدراسة المتعلقة بواقع الاستخدام والتكامل التقني.

4.4.2. الإحصاء الوصفي للمتغير التابع (كفاءة إدارة الحشود وتحسين السلامة)

يرتبط هذا المتغير مباشرة بسؤال الدراسة المتعلق بمدى فاعلية أنظمة الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة الاستجابة وتقليل الحوادث وتعزيز السلامة العامة. وقد تم قياس هذا المتغير من خلال ثماني عبارات، واعتمد التحليل على استجابات مكتملة تراوحت بين 28 و29 استجابة.

جدول 12: المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لمتغير كفاءة إدارة الحشود وتحسين السلامة

رقم العبارة	من	عدد الردود	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	مستوى الاستجابة
1		28	3.61	0.96	مرتفع
2		29	3.55	0.91	مرتفع
3		29	3.52	1.06	مرتفع
4		29	3.55	0.99	مرتفع
5		29	3.48	1.12	مرتفع
6		29	3.55	0.99	مرتفع

متوسط	1.14	3.31	29	7
مرتفع	1.09	3.55	29	8

المتوسط العام للمتغير:

- المتوسط الكلي = 3.51
- الانحراف المعياري الكلي = 0.89
- مستوى الجابة العام = مرتفع

تفسير النتائج

تُظهر النتائج أن غالبية العبارات حققت متوسطات حسابية ضمن المستوى المرتفع، مما يدل على أن أفراد العينة يتفوقون بدرجة عالية على فاعلية أنظمة الذكاء الاصطناعي في:

- تقليل زمن الاستجابة للحوادث
- الحد من التكدسات داخل الفعاليات
- خفض عدد الحوادث والإصابات
- تحسين مراقبة الحشود وتنظيم المداخل والمخارج
- تعزيز شعور الزوار بالأمان ورضاهم عن الخدمات

في حين جاءت العبارة رقم (7) ضمن المستوى المتوسط، وهو ما يشير إلى أن التعاون والتكامل بين فرق الأمن والسلامة ما زال بحاجة إلى تعزيز أكبر لتحقيق الاستفادة القصوى من التقنيات الذكية. وبصورة عامة، يعكس المتوسط الكلي (3.51) أن كفاءة إدارة الحشود وتحسين السلامة باستخدام الذكاء الاصطناعي من وجهة نظر العينة تقع ضمن مستوى مرتفع، مما يوفر إجابة كمية واضحة لسؤال الدراسة المتعلق بفاعلية هذه الأنظمة في تحسين السلامة العامة خلال الفعاليات الجماهيرية.

4.4.3. الربط بين نتائج الإحصاء الوصفي وأسئلة الدراسة

في ضوء نتائج التحليل الوصفي، يمكن استخلاص ما يلي:

- تشير نتائج متغير توظيف الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود إلى أن استخدام هذه التقنيات قائم فعليًا في الجوانب التشغيلية الأساسية، إلا أن هناك فجوة نسبية في الجوانب المرتبطة بالبنية التحتية، التدريب، والتكامل المؤسسي، وهو ما ينسجم مع أسئلة الدراسة المتعلقة بالتحديات الفنية والتنظيمية ومدى تكامل الأنظمة مع البنية التحتية الذكية.

- أما نتائج متغير كفاءة إدارة الحشود وتحسين السلامة فقد أظهرت مستوى استجابة مرتفعاً، مما يؤكد أن تطبيق الذكاء الاصطناعي أسهم بشكل ملموس في تحسين الاستجابة الأمنية وتقليل الحوادث وتعزيز السلامة العامة، وهو ما يجيب مباشرة عن أحد الأسئلة الرئيسة للدراسة.
- وعليه، تمثل هذه النتائج قاعدة تحليلية صلبة للانتقال إلى الأقسام التالية، الذي سيتم فيه مناقشة النتائج وربطها بالدراسات السابقة، ثم بناء نموذج مقترح يعزز فاعلية الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود خلال الفعاليات الجماهيرية في المملكة العربية السعودية.

4.5. اختبار الفرضيات

يهدف هذا القسم إلى اختبار فرضيات الدراسة في ضوء البيانات الميدانية التي تم جمعها من خلال الاستبيان، وذلك للتحقق من طبيعة العلاقة بين توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود (المتغير المستقل) وكفاءة إدارة الحشود وتحسين السلامة (المتغير التابع)، إضافة إلى تحليل دور بعض العوامل التشغيلية والتنظيمية ذات الصلة.

- ونظراً لاختلاف طبيعة الفرضيات، فقد تم استخدام أساليب تحليل متعددة شملت
- الاختبارات الإحصائية الارتباطية للفرضيات القابلة للاختبار الكمي المباشر.
- التحليل الوصفي المقارن وتحليل الفجوات للفرضيات التفسيرية والتنظيمية.
- التحليل الاستدلالي المدعوم بالنتائج الوصفية والأدبيات العلمية.

1- الفرضية الأولى

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

الأسلوب الإحصائي المستخدم

- معامل ارتباط بيرسون (Pearson Correlation)
 - مستوى الدلالة الإحصائية ($\alpha = 0.05$)
- تم احتساب الدرجة الكلية لكل متغير من خلال المتوسط الحسابي لبياناته الثماني، ثم اختبار العلاقة بين المتغيرين باستخدام الاستجابات المكتملة

جدول 13: نتائج اختبار معامل ارتباط بيرسون بين متغيرات الدراسة

المتغير الأول	المتغير الثاني	معامل الارتباط r	قيمة الدلالة الإحصائية .Sig	طبيعة العلاقة
توظيف الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود	كفاءة إدارة الحشود وتحسين السلامة	0.257	0.178	طردية

تفسير النتائج

تشير النتائج إلى وجود علاقة طردية ضعيفة بين المتغيرين، إلا أن قيمة الدلالة الإحصائية أكبر من مستوى الدلالة المعتمد (0.05)، مما يعني أن العلاقة غير دالة إحصائيًا.

قرار الفرضية

عدم قبول الفرضية إحصائيًا عند مستوى ($\alpha = 0.05$).

2- الفرضية الثانية

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

نظرًا لأن أداة الدراسة لا تقيس التفاعل اللحظي كمؤشر تقني مستقل، وإنما تقيس نتائجه التشغيلية، فقد تم اختبار هذه الفرضية باستخدام المقارنة الوصفية بين المتوسطات.

جدول 14: مقارنة المتوسطات بين مؤشرات الرصد ومؤشرات تقليل التكدسات

مجموعة المؤشرات	أرقام العبارات	المتوسط العام	مستوى الاستجابة
مؤشرات الرصد والتنبؤ	1، 2، 6	3.53	مرتفع
مؤشرات تقليل التكدسات والاستجابة	2، 6	3.55	مرتفع

تفسير النتائج

يوضح تقارب المتوسطات وجود اتساق تشغيلي بين الرصد المبكر للحشود والتعامل الفعال مع التكدسات، مما يدعم الفرضية بشكل وصفي.

قرار الفرضية

مدعومة وصفيًا.

3- الفرضية الثالثة

توجد علاقة بين تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود والتحديات التشغيلية والتنظيمية التي تقلل من فاعليتها.

تم اختبار هذه الفرضية من خلال تحليل الفجوة بين المؤشرات التقنية والمؤشرات التنظيمية.

جدول 15: فجوة المتوسطات بين المؤشرات التقنية والتنظيمية

نوع المؤشرات	أرقام العبارات	المتوسط العام
مؤشرات تقنية تشغيلية	1، 2، 3، 6	3.52
مؤشرات تنظيمية وتشغيلية	4، 5، 7، 8	3.17
الفجوة	---	0.35

تفسير النتائج

تشير الفجوة الواضحة إلى أن التحديات التنظيمية والتشغيلية تمثل عاملاً مؤثراً في تقليل الاستفادة القصوى من تقنيات الذكاء الاصطناعي.

قرار الفرضية

مدعومة تحليلياً.

4- الفرضية الرابعة

تلعب جاهزية البنية التحتية الرقمية دوراً في تحديد فعالية تطبيقات الذكاء الاصطناعي الميدانية.

جدول 16: مقارنة متوسط البنية التحتية مع متوسط نتائج السلامة

المؤشر	المتوسط الحسابي
جاهزية البنية التحتية الرقمية	3.13
متوسط مؤشرات السلامة العامة	3.51
الفجوة	0.38

تفسير النتائج

رغم تحقيق مستويات مرتفعة من السلامة، إلا أن انخفاض متوسط البنية التحتية نسبياً يشير إلى أن تحسين الجاهزية التقنية قد يسهم في رفع فعالية الأنظمة الذكية بشكل أكبر.

قرار الفرضية

مدعومة استدلالياً.

5- الفرضية الخامسة

كلما زاد تكامل أنظمة الذكاء الاصطناعي مع منصات النقل الذكي، قلت الازدحامات وتحسّن تدفق الزوار.

نظرًا لعدم وجود مؤشر مباشر للنقل الذكي في الاستبيان، تم الاعتماد على مؤشرات تنظيم الحركة وتقليل التكدسات.

جدول 17: مؤشرات تنظيم الحركة والانسائية

المؤشر	رقم العبارة	المتوسط الحسابي	مستوى الاستجابة
تنظيم المداخل والمخارج	6	3.55	مرتفع
تقليل التكدسات	2	3.55	مرتفع

تفسير النتائج

ارتفاع هذه المؤشرات يدعم افتراض أن التكامل مع أنظمة الحركة والنقل يسهم في تحسين تدفق الحشود وتقليل الازدحام.

قرار الفرضية

مدعومة نظريًا ووصفيًا.

6- الفرضية السادسة

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

جدول 18: مقارنة مؤشر التنسيق المؤسسي ببقية مؤشرات السلامة

المؤشر	رقم العبارة	المتوسط	الترتيب
التعاون بين فرق الأمن والسلامة	7	3.31	8
متوسط بقية مؤشرات السلامة	8 – 1	3.56	6

تفسير النتائج

يُعد مؤشر التنسيق المؤسسي الأقل مقارنة ببقية مؤشرات السلامة، مما يشير إلى أن غياب المعايير الموحدة والتكامل المؤسسي يمثل أحد أبرز معوقات الاستخدام الفعال للأنظمة الذكية.

قرار الفرضية

مدعومة استدلالياً.

4.5.1. ملخص نتائج اختبار الفرضيات

جدول 19: ملخص قرارات اختبار الفرضيات

رقم الفرضية	نوع التحليل المستخدم	النتيجة
1	معامل ارتباط بيرسون	عدم قبول الفرضية إحصائيًا عند مستوى $(\alpha = 0.05)$
2	مقارنة وصفية للمتوسطات	مدعومة
3	تحليل فجوة	مدعومة
4	تحليل استدلال	مدعومة
5	تحليل وصفي / نظري	مدعومة
6	تحليل مؤسسي وصفي	مدعومة

تُظهر نتائج اختبار الفرضيات أن معظم فرضيات الدراسة مدعومة وصفيًا وتحليليًا، في حين لم تظهر العلاقة بين المتغير المستقل والتابع دلالة إحصائية مباشرة، وهو ما يمكن تفسيره بمحدودية حجم العينة وتعقد المتغيرات الوسيطة. وتمثل هذه النتائج أساسًا علميًا متينًا للانتقال إلى القسم التالي الخاص بمناقشة النتائج وربطها بالدراسات السابقة.

4.6. ربط النتائج بالدراسات السابقة

يهدف هذا القسم إلى مناقشة نتائج الدراسة الميدانية في ضوء الإطار النظري والدراسات السابقة التي تناولت توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود وتحسين السلامة خلال الفعاليات الجماهيرية. ولا يقتصر هذا الربط على بيان أوجه الاتفاق مع ما توصلت إليه الدراسات السابقة، بل يمتد إلى تفسير أوجه الاختلاف، وتحليل أسبابها في ضوء خصوصية السياق السعودي وطبيعة الفعاليات الجماهيرية واسعة النطاق.

4.6.1. مناقشة نتائج توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود

أظهرت نتائج الإحصاء الوصفي أن مستوى توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود جاء بمستوى متوسط يميل إلى الارتفاع، وهو ما يعكس وجود تطبيقات فعلية لهذه التقنيات في الجوانب التشغيلية المباشرة، مثل الرصد اللحظي للحشود، التنبؤ بمناطق الازدحام، وتحسين التخطيط المسبق للفعاليات. تتفق هذه النتائج مع ما أشارت إليه العديد من الدراسات السابقة والتقارير الرسمية، التي أكدت أن استخدام تقنيات الرؤية الحاسوبية، وتحليل البيانات الضخمة، وأنظمة التنبؤ المبكر، أسهم في تحسين إدارة الحشود في مواسم الحج والعمرة والفعاليات الكبرى. كما دعمت دراسات دولية مماثلة فكرة أن الذكاء الاصطناعي أصبح عنصرًا أساسيًا في دعم اتخاذ القرار الميداني وتحقيق الاستجابة السريعة.

في المقابل، كشفت نتائج الدراسة عن أن بعض الجوانب، مثل جاهزية البنية التحتية التقنية، التدريب المستمر للعاملين، والتكامل المؤسسي بين الأنظمة، ما زالت عند مستوى متوسط، وهو ما يتوافق مع ما ذكرته الدراسات السابقة التي أشارت إلى أن التحدي الحقيقي لا يكمن في توفر التقنية بحد ذاتها، بل في البيئة التنظيمية والتشغيلية التي تحتضنها.

4.6.2. مناقشة نتائج كفاءة إدارة الحشود وتحسين السلامة

أظهرت نتائج الدراسة أن كفاءة إدارة الحشود وتحسين السلامة جاءت بمستوى مرتفع من وجهة نظر أفراد العينة، حيث أشار المشاركون إلى تحسن واضح في تقليل زمن الاستجابة للحوادث، الحد من التكدسات، خفض عدد الحوادث والإصابات، وتحسين تنظيم حركة الدخول والخروج، إضافة إلى تعزيز شعور الزوار بالأمان ورفع مستوى رضاهم عن الخدمات المقدمة.

تنسجم هذه النتائج مع ما توصلت إليه الدراسات السابقة التي أكدت أن استخدام الأنظمة الذكية يساهم في تحسين مؤشرات السلامة العامة وتقليل المخاطر المرتبطة بالحشود الكبيرة. كما تتوافق مع التقارير الحكومية التي أشارت إلى انخفاض ملحوظ في الحوادث وتحسن كفاءة إدارة الطوارئ في المواسم التي شهدت توسعاً في استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي.

غير أن الدراسة الحالية أظهرت أن مؤشر التعاون والتنسيق بين فرق الأمن والسلامة جاء بمستوى أقل نسبياً مقارنة ببقية مؤشرات السلامة، وهو ما يتقاطع مع ما ذكرته بعض الدراسات السابقة حول وجود فجوات في التنسيق المؤسسي وغياب معايير تشغيلية موحدة، مما قد يحد من الاستفادة القصوى من الإمكانيات التقنية المتاحة.

4.6.3. مناقشة نتائج اختبار الفرضيات في ضوء الدراسات السابقة

أظهرت نتائج اختبار الفرضيات أن العلاقة بين توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي وتحسن مؤشرات السلامة العامة جاءت غير دالة إحصائياً، رغم وجود اتجاه طردي إيجابي. ويتفق هذا مع بعض الدراسات السابقة التي أكدت أن تأثير الذكاء الاصطناعي على السلامة لا يكون مباشراً دائماً، بل يتأثر بعدة متغيرات وبسيطة، مثل مستوى الجاهزية التقنية، حجم التدريب، والتكامل المؤسسي.

ويمكن تفسير عدم الدلالة الإحصائية في هذه الدراسة بعدة عوامل، من أبرزها:

- محدودية حجم العينة.
- تنوع الخلفيات المهنية للمشاركين.
- تعقّد منظومة إدارة الحشود التي تتداخل فيها عوامل تقنية وبشرية وتنظيمية.

في المقابل، دعمت نتائج التحليل الوصفي والتحليل المقارن معظم الفرضيات الأخرى، خاصة تلك المتعلقة بدور الرصد الذكي في تقليل التكدسات، وأثر التحديات التنظيمية في تقليل فاعلية الأنظمة، وأهمية البنية التحتية الرقمية والتكامل المؤسسي. ويتفق ذلك مع ما خلصت إليه دراسات سابقة أشارت إلى أن نجاح تطبيقات الذكاء الاصطناعي يعتمد على المنظومة ككل، وليس على التقنية بمعزل عن السياق التشغيلي.

4.6.4. القيمة المضافة للدراسة مقارنة بالدراسات السابقة

- على الرغم من وجود عدد من الدراسات التي تناولت الذكاء الاصطناعي وإدارة الحشود، إلا أن هذه الدراسة تتميز بعدة جوانب تضيف قيمة علمية وتطبيقية واضحة، من أبرزها:
- 1- التركيز على السياق السعودي، بما يحمله من خصوصية مرتبطة بالفعاليات الجماهيرية واسعة النطاق.
 - 2- الدمج بين التحليل الوصفي والاختبار الإحصائي والتحليل التفسيري، مما يوفر قراءة أكثر شمولية للواقع.
 - 3- إبراز دور التحديات التنظيمية والمؤسسية كعامل حاسم في نجاح أو فشل تطبيقات الذكاء الاصطناعي، وهو جانب لم يحظَ بتركيز كافٍ في بعض الدراسات السابقة.
 - 4- تقديم أساس علمي لبناء نموذج تطبيقي مقترح يعزز التكامل بين التقنيات الذكية والبنية التحتية والجهات المعنية.

4.7. الخاتمة

في ختام هذا الفصل، تم تناول نتائج الدراسة الميدانية وتحليلها بصورة منهجية من خلال الإحصاء الوصفي، واختبار الفرضيات، وربط النتائج بالدراسات السابقة، بما أتاح تقديم صورة متكاملة عن واقع توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود وتحسين السلامة خلال الفعاليات الجماهيرية في المملكة العربية السعودية.

أظهرت النتائج أن توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي يسهم بشكل ملحوظ في تحسين كفاءة إدارة الحشود وتعزيز مؤشرات السلامة العامة، خاصة في الجوانب التشغيلية المرتبطة بالرصد المبكر، التنبيه بالازدحام، تحسين التخطيط المسبق، وتقليل زمن الاستجابة للحوادث. وفي المقابل، كشفت الدراسة عن وجود تحديات تنظيمية وتشغيلية تتعلق بجاهزية البنية التحتية الرقمية، التدريب، والتكامل المؤسسي، مما يؤكد أن فاعلية هذه التقنيات لا تعتمد على الجانب التقني فقط، بل على المنظومة التشغيلية والتنظيمية المصاحبة لها.

كما بينت نتائج اختبار الفرضيات أن العلاقة بين توظيف الذكاء الاصطناعي وتحسن مؤشرات السلامة لم تصل إلى مستوى الدلالة الإحصائية، رغم وجود اتجاه إيجابي عام، وهو ما يمكن تفسيره بتعدد طبيعة إدارة الحشود وتداخل عدة عوامل مؤثرة، إضافة إلى محدودية حجم العينة. ومع ذلك، دعمت التحليلات الوصفية

والمقارنات التحليلية معظم الفرضيات الأخرى، خاصة تلك المتعلقة بدور الرصد الذكي، وأهمية البنية التحتية الرقمية، وتأثير التحديات التنظيمية في تقليل فاعلية الأنظمة الذكية.

وعند ربط هذه النتائج بالدراسات السابقة، يتضح وجود توافق كبير مع ما توصلت إليه الأدبيات العلمية والتقارير الرسمية، لاسيما فيما يتعلق بأهمية الذكاء الاصطناعي كأداة داعمة لإدارة الحشود وتحسين السلامة، إلى جانب تأكيد العديد من الدراسات على أن نجاح هذه التقنيات مرهون بمستوى التكامل المؤسسي والجاهزية التشغيلية. كما تسهم هذه الدراسة في سد فجوة معرفية من خلال تقديم تحليل تطبيقي يستند إلى السياق السعودي، بما يعزز من القيمة العلمية والعملية للبحث.

وبناءً على ما سبق، يمثل هذا الفصل قاعدة تحليلية راسخة للانتقال إلى الفصل التالي، الذي سيتم فيه استخلاص الاستنتاجات الرئيسية، وتقديم توصيات عملية قابلة للتطبيق، إلى جانب اقتراح نموذج متكامل يسهم في تعزيز فاعلية توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود وتحسين السلامة خلال الفعاليات الجماهيرية، بما يدعم جهود التحول الرقمي وتحقيق مستهدفات رؤية المملكة 2030.

5. الفصل الخامس: حدود البحث والتوصيات والاستنتاجات

5.1. حدود الدراسة والدراسات المستقبلية:

تُعدّ دراسة حدود البحث من العناصر الأساسية في أي دراسة علمية، لما لها من دور في توضيح الإطار الذي أُجريت ضمنه الدراسة، وتحديد العوامل التي قد تؤثر في تفسير النتائج أو تعميمها. كما يسهم عرض هذه الحدود في تعزيز المصداقية العلمية للبحث، وفتح المجال أمام دراسات مستقبلية يمكن أن تبني على نتائجه وتستكمل جوانب لم يتسنّ تناولها بشكل موسّع. وانطلاقاً من ذلك، يستعرض هذا القسم أبرز حدود الدراسة الحالية، ثم يقترح عدداً من المسارات البحثية المستقبلية ذات الصلة بموضوع الذكاء الاصطناعي وإدارة الحشود.

5.1.1. حدود الدراسة

على الرغم من سعي هذه الدراسة إلى تقديم تحليل علمي وتطبيقي لواقع توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود وتحسين السلامة خلال الفعاليات الجماهيرية في المملكة العربية السعودية، إلا أن هناك مجموعة من الحدود التي ينبغي أخذها في الاعتبار عند تفسير نتائجها، ويمكن تلخيصها فيما يأتي:

1. الحدود الموضوعية

ركزت الدراسة بشكل متعمد على تحليل دور تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود وتحسين السلامة العامة خلال الفعاليات الجماهيرية، بهدف تقديم فهم معمّق لهذا المجال الحيوي. وتم تناول التقنيات الرقمية الأخرى، مثل إنترنت الأشياء ونظم المعلومات الجغرافية، بوصفها عناصر داعمة ضمن المنظومة الذكية، دون دراستها كمتغيرات مستقلة، بما يتوافق مع أهداف الدراسة وطبيعتها التحليلية.

2. الحدود المنهجية

اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي باستخدام الاستبيان كأداة رئيسة لجمع البيانات، وهو اختيار منهجي ملائم لطبيعة البحث الذي يهدف إلى استكشاف واقع التطبيق واتجاهات الممارسين في الميدان. وقد أتاح هذا المنهج تقديم صورة كمية واضحة عن مستوى توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي، مع الاستعانة بالتحليل الاستدلالي المدعوم بالدراسات السابقة لتفسير الجوانب التنظيمية والمؤسسية ذات الصلة.

3. حدود العينة

تم اختيار عينة الدراسة بعناية لتشمل مشاركين من خلفيات مهنية متنوعة وذات صلة مباشرة بموضوع البحث، مما أسهم في إثراء النتائج وتعدد زوايا التحليل. وعلى الرغم من أن حجم العينة كان محدوداً نسبياً، إلا أنه مكن من استخلاص مؤشرات واضحة تعكس واقع التطبيق، وشكّل أساساً مناسباً للتحليل والاستنتاج.

4. الحدود المكانية

تركزت الدراسة على السياق من المجتمع السعودي، بوصفه أحد أكثر السياقات العالمية تقدماً في مجال إدارة الحشود، لا سيما في الفعاليات الجماهيرية واسعة النطاق. ويُعد هذا التركيز إضافة نوعية للدراسة، مع الإشارة إلى أن تعميم النتائج على سياقات أخرى ينبغي أن يتم في ضوء الفروق التنظيمية والتقنية بين الدول.

5. الحدود الزمنية

تركزت الدراسة على السياق السعودي، بوصفه أحد أكثر السياقات العالمية تقدماً في مجال إدارة الحشود، لا سيما في الفعاليات الجماهيرية واسعة النطاق. ويُعد هذا التركيز إضافة نوعية للدراسة، مع الإشارة إلى أن تعميم النتائج على سياقات أخرى ينبغي أن يتم في ضوء الفروق التنظيمية والتقنية بين الدول.

5.1.2 الدراسات المستقبلية

في ضوء نتائج الدراسة الحالية، وما أظهرته من مؤشرات إيجابية وتحديات تنظيمية، يمكن اقتراح عدد من المسارات البحثية المستقبلية التي تسهم في توسيع نطاق المعرفة وتعميق الفهم في هذا المجال، ومن أبرزها:

1. إجراء دراسات كمية موسعة تعتمد على عينات أكبر وأكثر تنوعاً، بما يسمح باختبار العلاقات السببية بين المتغيرات بدقة إحصائية أعلى.

2. توظيف مناهج بحث مختلفة تجمع بين الأسلوب الكمي والنوعي، من خلال المقابلات المتعمقة أو دراسات الحالة، لفهم الأبعاد التنظيمية والتشغيلية بصورة أشمل.

3. دراسة أثر المتغيرات الوسيطة، مثل مستوى التدريب، نضج الحوكمة الرقمية، والتكامل المؤسسي، على فاعلية توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود.

4. التركيز على تحليل تقنيات محددة بشكل مستقل، مثل الرؤية الحاسوبية أو الطائرات بدون طيار أو الروبوتات الذكية، وقياس أثر كل منها على مؤشرات السلامة وإدارة الحشود.

5. تنفيذ دراسات مقارنة بين التجربة السعودية وتجارب دولية أخرى في إدارة الحشود باستخدام الذكاء الاصطناعي، بهدف تبادل الخبرات واستخلاص أفضل الممارسات.

6. التوسع في دراسة الجوانب الأخلاقية والتشريعية المرتبطة باستخدام الذكاء الاصطناعي في الفعاليات الجماهيرية، ولا سيما ما يتعلق بحماية الخصوصية وأمن البيانات وتأثير ذلك على قبول المجتمع لهذه التقنيات.

5.2 توصيات الدراسة:

استناداً إلى نتائج التحليل الإحصائي ومناقشة النتائج وربطها بالدراسات السابقة، تسعى هذه التوصيات إلى تقديم مقترحات عملية وعلمية قابلة للتطبيق، تسهم في تعزيز فاعلية توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود وتحسين السلامة خلال الفعاليات الجماهيرية. وقد رُوِيَ في صياغة هذه التوصيات أن تكون

منسجمة مع واقع الفعاليات في المملكة العربية السعودية، ومواكبة تحديات وتوجهات التحول الرقمي، مما يجعلها قابلة للتنفيذ على المستويين المؤسسي والتشغيلي.

5.2.1. توصيات على المستوى المؤسسي والتنظيمي

- تعزيز التكامل المؤسسي بين الجهات المعنية بإدارة الحشود (الأمنية، التشغيلية، التقنية)، من خلال وضع خطط تنسيقية واضحة وآليات تبادل بيانات موحدة تضمن الاستجابة السريعة واتخاذ القرار المبني على البيانات.
- تطوير معايير تشغيلية موحدة لتوظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود، بما يشمل إجراءات الرصد، التنبؤ، الاستجابة للطوارئ، والتكامل بين الأنظمة، بما يحد من التباين في الأداء بين الجهات المختلفة.
- دعم الحوكمة الرقمية عبر تحديد أدوار ومسؤوليات واضحة لإدارة وتشغيل الأنظمة الذكية، وضمان الالتزام بالسياسات التنظيمية والتشريعية ذات الصلة.

5.2.2. توصيات على المستوى التقني والتشغيلي

- الاستثمار في تطوير البنية التحتية الرقمية ولا سيما شبكات الاتصال عالية الاعتمادية، وأنظمة الحوسبة السحابية، ومنصات تحليل البيانات، بما يضمن تشغيل أنظمة الذكاء الاصطناعي بكفاءة واستقرار.
- التوسع في استخدام تقنيات الرؤية الحاسوبية والتحليل التنبؤي في مواقع التجمعات الكبرى، مع تحسين جودة البيانات ودقتها لضمان فعالية مخرجات الأنظمة الذكية.
- تعزيز التكامل بين أنظمة الذكاء الاصطناعي ومنصات النقل الذكي، بما يسهم في تحسين تدفق الحشود، وتقليل الازدحام، وتنظيم حركة الدخول والخروج أثناء الفعاليات.

5.2.3. توصيات على مستوى الموارد البشرية وبناء القدرات

- إطلاق برامج تدريب وتأهيل متخصصة للعاملين في إدارة الحشود، تركز على الجوانب التقنية والتشغيلية للذكاء الاصطناعي، بما يعزز القدرة على استخدام الأنظمة الذكية بكفاءة في الميدان.
- بناء وتكامل فرق عمل متعددة التخصصات تجمع بين الخبرات التقنية والأمنية والتشغيلية، لضمان فهم شامل للمنظومة الذكية وتحقيق الاستفادة القصوى من إمكانياتها.

5.2.4. توصيات على مستوى التخطيط الاستراتيجي

- اعتماد التخطيط الاستباقي القائم على البيانات في إدارة الفعاليات الجماهيرية، من خلال الاستفادة من مخرجات الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالمخاطر المحتملة واتخاذ الإجراءات الوقائية المناسبة.
- تقييم الأداء بشكل دوري لأنظمة الذكاء الاصطناعي المستخدمة في إدارة الحشود، وقياس أثرها على مؤشرات السلامة والاستجابة، بما يسهم في التحسين المستمر وتطوير النماذج التشغيلية.

5.2.5. توصيات متعلقة بالجوانب الأخلاقية والتشريعية

- تعزيز حماية الخصوصية وأمن البيانات عند استخدام تقنيات المراقبة الذكية، من خلال الالتزام بالأنظمة والتشريعات الوطنية، وبما يحقق التوازن بين السلامة العامة وحقوق الأفراد.
- رفع مستوى الوعي المجتمعي بأهمية ودور تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود، بما يسهم في تعزيز القبول المجتمعي لهذه التقنيات ودعم تطبيقها بشكل فعال.

5.3. الخاتمة

تناول هذا الفصل الجوانب الختامية للدراسة من خلال عرض حدود البحث، واقتراح مسارات للدراسات المستقبلية، إلى جانب تقديم مجموعة من التوصيات العملية المبنية على نتائج التحليل والمناقشة. وقد أسهمت هذه الأجزاء في وضع نتائج الدراسة ضمن إطار منهجي واضح، يبرز نطاقها العلمي ويحدد مجالات الاستفادة منها.

كما أظهرت التوصيات أهمية الانتقال من توظيف التقنيات الذكية بشكل جزئي إلى تبني منظومة متكاملة تعتمد على الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود، مع التركيز على الجوانب التنظيمية والتشغيلية وبناء القدرات البشرية، بما يضمن تحقيق أعلى مستويات السلامة والكفاءة خلال الفعاليات الجماهيرية. ويمثل هذا الفصل حلقة وصل بين نتائج الدراسة وتطبيقاتها العملية، حيث يمهد للانتقال إلى الخاتمة العامة للمشروع، التي تستعرض بصورة شاملة إسهامات البحث العلمية والتطبيقية، وتبرز أهم ما توصل إليه في سياق دعم التحول الرقمي وتعزيز إدارة الحشود في المملكة العربية السعودية.

تناولت هذه الدراسة واقع توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود وتحسين السلامة خلال الفعاليات الجماهيرية في المملكة العربية السعودية، وذلك من خلال إطار تحليلي يجمع بين البعد النظري

والتحليل الميداني. وقد سعت الدراسة إلى تسليط الضوء على مستوى استخدام هذه التقنيات، وقياس فاعليتها في تحسين كفاءة إدارة الحشود، إضافة إلى استكشاف أبرز التحديات التنظيمية والتشغيلية المرتبطة بتطبيقها. وأظهرت نتائج الدراسة أن تقنيات الذكاء الاصطناعي تمثل أداة فاعلة في دعم إدارة الحشود وتعزيز مؤشرات السلامة العامة، لا سيما في الجوانب التشغيلية المرتبطة بالرصد المبكر، التنبؤ بالازدحام، وتحسين سرعة الاستجابة للحوادث. وفي المقابل، بيّنت النتائج أن تحقيق الاستفادة القصوى من هذه التقنيات يتطلب مزيداً من التطوير على مستوى البنية التحتية الرقمية، والتكامل المؤسسي، وبناء القدرات البشرية، بما يضمن تشغيل الأنظمة الذكية ضمن منظومة متكاملة ومستدامة.

كما أكدت الدراسة أن فاعلية الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود لا تعتمد على التقنية وحدها، بل تتأثر بمجموعة من العوامل التنظيمية والاستراتيجية، من أبرزها وضوح المعايير التشغيلية، مستوى التنسيق بين الجهات المعنية، والجاهزية المؤسسية لتبني الحلول الذكية. ويبرز ذلك أهمية الانتقال من استخدام تقنيات منفصلة إلى بناء منظومة ذكية متكاملة تُدار وفق نهج استباقي قائم على البيانات.

وتسهم هذه الدراسة في إثراء الأدبيات العلمية من خلال تقديم تحليل تطبيقي يستند إلى السياق السعودي، الذي يُعد من أكثر السياقات العالمية تطوراً في مجال إدارة الحشود، خاصة في الفعاليات الجماهيرية واسعة النطاق. كما توفر نتائجها أساساً علمياً يمكن أن يستفيد منه صُنّاع القرار والجهات التنظيمية في تطوير سياسات واستراتيجيات أكثر فاعلية لتوظيف الذكاء الاصطناعي بما يدعم السلامة العامة ويعزز تجربة الزوار.

وفي ضوء ما توصلت إليه الدراسة من نتائج واستنتاجات، يمكن التأكيد على أن الاستثمار المنهجي في تقنيات الذكاء الاصطناعي، إلى جانب تطوير الأطر التنظيمية وبناء القدرات البشرية، يمثل مساراً واعداً لتعزيز إدارة الحشود وتحقيق مستويات أعلى من السلامة خلال الفعاليات الجماهيرية، وبما ينسجم مع مستهدفات التحول الرقمي ورؤية المملكة 2030.

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. Al Journal. (2024). Saudi security systems and AI-based crowd control. ScienceDirect.
<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. Khan, R., Ullah, S., & Alotaibi, F. (2022). Deep learning-based drone surveillance for crowd monitoring in Hajj. IEEE Access, 10, 45120–45132. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3165678>
17. Yigitcanlar, T., Butler, L., & Windle, E. (2022). Ethical governance of artificial intelligence in smart cities. AI & Society, 37(4), 1705–1719. <https://doi.org/10.1007/s00146-021-01249-7>
18. Zhang, X., & Zhao, Y. (2023). Service robots for crowd management in large-scale public events. International Journal of Crowd Science, 7(1), 55–70. <https://doi.org/10.1108/IJCS-03-2022-0012>
19. Alotaibi, B., Mehmood, R., & Katib, I. (2022). Smart city data analytics for large crowd management: Case study of Makkah. Future Internet, 14(11), 323. <https://doi.org/10.3390/fi14110323>
20. Alghamdi, A., & Selamat, A. (2023). Privacy challenges of AI-based surveillance in religious events: A Saudi perspective. Journal

of Information Security and Applications, 72, 103478.

<https://doi.org/10.1016/j.jisa.2023.103478>

21. Alzahrani, M., & Mehmood, R. (2024). Real-time crowd anomaly detection using hybrid deep learning models during Hajj. Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing.
<https://doi.org/10.1007/s12652-024-05678-9>
22. Helbing, D., & Johansson, A. (2023). Social dynamics of crowds and AI-supported crowd management. Springer.
<https://doi.org/10.1007/978-3-031-24884-6>
23. World Economic Forum. (2024). AI in public safety and emergency response. World Economic Forum.
<https://www.weforum.org/reports/ai-in-public-safety-and-emergency-response>
24. IBM Institute for Business Value. (2024). Smart infrastructure readiness for AI systems. IBM Corporation.
<https://www.ibm.com/thought-leadership/institute-business-value>
25. ISO/IEC. (2023). ISO/IEC 30141: Internet of Things (IoT) reference architecture. International Organization for Standardization.
<https://www.iso.org/standard/65695.html>
26. Zhang, Y., Liu, H., & Chen, X. (2024). AI-based crowd monitoring systems for large-scale public events. IEEE Access, 12, 44521–44535. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3378912>

الملاحق

الملحق رقم (1): استبيان المتغير المستقل – الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود

• العنوان:

استبيان حول استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود في الفعاليات الجماهيرية بالمملكة العربية السعودية

• الهدف:

يهدف هذا الاستبيان إلى قياس مدى تطبيق وتوظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود، من خلال تحليل مستوى الاعتماد على الأنظمة الذكية مثل الرؤية الحاسوبية، التحليل التنبؤي، والتكامل المؤسسي بين الجهات ذات العلاقة.

• الفئة المستهدفة:

يُوجه هذا الاستبيان إلى العاملين في الجهات التنظيمية، والمشرفين على الأمن والسلامة، والمتخصصين في تشغيل الأنظمة التقنية في الفعاليات الجماهيرية.

وسيتم جمع البيانات من عينة تتراوح بين 30 الى 40 مشاركًا باستخدام نموذج إلكتروني عبر Google Forms، مع إمكانية تحديد مواقع المشاركين ميدانيًا بأماكن مختلفة في المملكة العربية السعودية للتأكد من التنوع الجغرافي للعينة.

• أداة القياس:

تم تصميم الأداة باستخدام مقياس ليكرت الخماسي، حيث أنه يحتوي على 5 درجات (1- غير موافق بشدة، 2- غير موافق، 3- محايد، 4- موافق، 5- أوافق بشدة)

• المحاور الرئيسية:

1. أنظمة الرؤية الحاسوبية وتحليل الصور
2. الخوارزميات التنبؤية وتحليل البيانات اللحظي
3. التكامل المؤسسي بين الجهات المعنية
4. البنية التحتية التقنية والتدريب

• رابط الاستبيان: <https://forms.gle/oSvk1A57X76oK72p7>

• فقرات الاستبيان

جدول 20: اسئلة الاستبيان للمتغير المستقل

العبرة	غير موافق بشدة	غير موافق	محايد	موافق	موافق بشدة
تستخدم الجهات التنظيمية أنظمة الرؤية الحاسوبية لرصد حركة الحشود في الوقت الفعلي.	☐	☐	☐	☐	☐
تساهم تقنيات الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بمناطق الازدحام قبل وقوعها.	☐	☐	☐	☐	☐
يتم تبادل البيانات بين الأنظمة الذكية والجهات الأمنية بشكل فعال.	☐	☐	☐	☐	☐
تتوافر بنية تحتية متقدمة تدعم تشغيل الأنظمة الذكية بكفاءة.	☐	☐	☐	☐	☐
يتم تدريب العاملين بشكل دوري على استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي.	☐	☐	☐	☐	☐
تساهم أنظمة الذكاء الاصطناعي في تحسين التخطيط المسبق للفعاليات الجماهيرية.	☐	☐	☐	☐	☐
يوجد تكامل واضح بين تقنيات الذكاء الاصطناعي وأنظمة المدينة الذكية.	☐	☐	☒	☐	☐
تعتمد الجهات التنظيمية على بيانات الذكاء الاصطناعي في اتخاذ القرارات التشغيلية.	☐	☐	☐	☐	☐

اثر الذكاء الاصطناعي في إداره الحشود وتحسين السلامة في الفعاليات الجماهيرية في المملكة العربية السعودية

srms3sr@gmail.com
غير مشترك

ملحق 1: استبيان المتغير المستقل (الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود)

غير موافق بشدة غير موافق محايد موافق موافق بشدة

تستخدم الجهات التنظيمية أنظمة الرؤية الحاسوبية لرصد حركة الحشود في الوقت الفعلي.	☐	☐	☐	☐	☐
تساهم تقنيات الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بمناطق الازدحام قبل وقوعها.	☐	☐	☐	☐	☐
يتم تبادل البيانات بين الأنظمة الذكية والجهات الأمنية بشكل فعال.	☐	☐	☐	☐	☐
تتوافر بنية تحتية متقدمة تدعم تشغيل الأنظمة الذكية بكفاءة.	☐	☐	☐	☐	☐
يتم تدريب العاملين بشكل دوري على استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي.	☐	☐	☐	☐	☐
تساهم أنظمة الذكاء الاصطناعي في تحسين التخطيط المسبق للفعاليات	☐	☐	☐	☐	☐

شكل 9: اسئلة نماذج Google للمتغير المستقل

ملحق 1: استبيان المتغير المستقل (الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود)

غير موافق بشدة	غير موافق	محايد	موافق	موافق بشدة
☐	☐	☐	☐	☐
تستخدم الجهات التنظيمية أنظمة الرؤية الحاسوبية لرصد حركة الحشود في الوقت الفعلي.				
☐	☐	☐	☐	☐
تساهم تقنيات الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بمناطق الازدحام قبل وقوعها.				
☐	☐	☐	☐	☐
يتم تبادل البيانات بين الأنظمة الذكية والجهات الأمنية بشكل فعال.				
☐	☐	☐	☐	☐
تتوافق بنية تحمية تقنية متقدمة تدعم تشغيل الأنظمة الذكية بكفاءة.				
☐	☐	☐	☐	☐
يتم تدريب العاملين بشكل دوري على استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي.				
☐	☐	☐	☐	☐
تساهم أنظمة الذكاء الاصطناعي في تحسين التخطيط المسبق للفعاليات الجماهيرية.				
☐	☐	☐	☐	☐
يوجد تكامل واضح بين تقنيات الذكاء الاصطناعي وأنظمة المدينة الذكية.				
☐	☐	☐	☐	☐
تعتمد الجهات التنظيمية على بيانات الذكاء الاصطناعي في اتخاذ القرارات التشغيلية.				

شكل 10: اسئلة نماذج Google للمتغير المستقل

الملحق رقم (2): استبيان المتغير التابع – كفاءة إدارة الحشود وتحسين السلامة العامة

- **العنوان:**
استبيان حول كفاءة إدارة الحشود وتحسين السلامة العامة باستخدام التقنيات الذكية
- **الهدف:**
يهدف هذا الاستبيان إلى تقييم فعالية أنظمة إدارة الحشود الذكية في تعزيز السلامة العامة، تقليل الاختناقات، ورفع كفاءة الاستجابة في الفعاليات الجماهيرية.
- **الفئة المستهدفة:**
العاملون في الأمن والسلامة، مشرفو الميدان، والمنسقون التقنيون الذين يستخدمون الأنظمة الذكية في الميدان. وستُجمع البيانات عبر Google Forms من عينة مكونة من 10 إلى 20 مشاركًا من مواقع مختلفة لتغطية نطاق جغرافي متنوع.
- **أداة القياس:**
تم تصميم الأداة باستخدام مقياس ليكرت الخماسي، حيث أنه يحتوي على 5 درجات (1- غير موافق بشدة، 2- غير موافق، 3- محايد، 4- موافق، 5- أوافق بشدة)
- **المحاور الرئيسية:**
 1. سرعة الاستجابة للحوادث
 2. تقليل التكدسات وتحسين الانسيابية
 3. تعزيز السلامة العامة
 4. رضا الزوار والمشاركين
- **رابط الاستبيان:** <https://forms.gle/oSvk1A57X76oK72p7>
 - رابط الاستبيان هو نفس الرابط في الملحق رقم (1)، وذلك لأن الاستبيان يستهدف نفس الفئة.
- **فقرات الاستبيان**

جدول 21: اسئلة الاستبيان للمتغير التابع

العبارة	غير موافق بشدة	غير موافق	محايد	موافق	موافق بشدة
ساعدت الأنظمة الذكية في تقليل زمن الاستجابة للحوادث الميدانية	☐	☐	☐	☐	☐
تسهل تقنيات الذكاء الاصطناعي في الحد من التكدسات داخل الفعاليات.	☐	☐	☐	☐	☐
أسهمت التقنيات الحديثة في خفض عدد الحوادث والإصابات بين الحشود.	☐	☐	☐	☐	☐

☐	☐	☐	☐	☐	تتيح أنظمة المراقبة الذكية متابعة دقيقة للحشود أثناء الفعاليات.
☐	☐	☐	☐	☐	يشعر الزوار بمستوى عالٍ من الأمان نتيجة استخدام الأنظمة الذكية.
☐	☐	☐	☐	☐	ساعدت الأنظمة الذكية في تحسين تنظيم مداخل ومخارج الفعاليات.
☐	☐	☐	☐	☐	أدى تطبيق الذكاء الاصطناعي إلى تحسين التعاون بين فرق الأمن والسلامة.
☐	☐	☐	☐	☐	أسهمت الأنظمة الذكية في تحسين رضا الزوار عن الخدمات المقدمة.

ملحق 2: استبيان المتغير التابع (كفاءة إدارة الحشود وتحسين السلامة العامة)

موافق بشدة	موافق	محايد	غير موافق	غير موافق بشدة	
☐	☐	☐	☐	☐	ساعدت الأنظمة الذكية في تقليل زمن الانتظار للحواث الميدانية.
☐	☐	☐	☐	☐	تسهم تقنيات الذكاء الاصطناعي في الحد من التكدسات داخل الفعاليات
☐	☐	☐	☐	☐	أسهمت التقنيات الحديثة في خفض عدد الحوادث والإصابات بين الحشود.
☐	☐	☐	☐	☐	تتيح أنظمة المراقبة الذكية متابعة دقيقة للحشود أثناء الفعاليات
☐	☐	☐	☐	☐	يشعر الزوار بمستوى عالٍ من الأمان نتيجة استخدام الأنظمة الذكية
☐	☐	☐	☐	☐	ساعدت الأنظمة الذكية في تحسين تنظيم مداخل ومخارج الفعاليات
☐	☐	☐	☐	☐	أدى تطبيق الذكاء الاصطناعي إلى تحسين التعاون بين فرق الأمن والسلامة
☐	☐	☐	☐	☐	أسهمت الأنظمة الذكية في تحسين رضا الزوار عن الخدمات المقدمة.

محو النموذج إرسال

شكل 11: اسئلة نماذج Google للمتغير التابع

بيانات المشاركين (اختيارية)

الجنس

☐ ذكر

☐ أنثى

الفئة العمرية

☐ أقل من 25

☐ 20 إلى 35

☐ 36 إلى 45

☐ أكثر من 45

☐ خيار 5

شكل 12: اسئلة نماذج Google الاختيارية لبيانات المشاركين

المجال المهني

☐ الأمن والسلامة

☐ التنظيم

☐ التقنية

☐ أخرى

☐ أخرى: _____

الخبرة في الفعاليات الجماهيرية

☐ أقل من سنة

☐ 1-3 سنوات

☐ أكثر من 3 سنوات

شكل 13: اسئلة نماذج Google الاختيارية لبيانات المشاركين

جدول أدوات البحث

جدول 22: جدول أدوات البحث

#	نوع الأداة	الهدف منها	المتغير المقاس	الفئة المستهدفة	طريقة جمع البيانات
1	استبيان تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود	قياس درجة استخدام وتوظيف الذكاء الاصطناعي في إدارة الحشود	المتغير المستقل	العاملون في الجهات التنظيمية والمشرفون التقنيون	Google Forms – نموذج جمع البيانات ميدانيا
2	استبيان كفاءة إدارة الحشود وتحسين السلامة العامة	قياس مدى فعالية الأنظمة الذكية في تعزيز السلامة وتقليل التكدسات	المتغير التابع	العاملون في الأمن والسلامة والمشرفون الميدانيون	Google Forms – تحديد المواقع عبر Google Maps

تحليل البيانات وآلية تفسير النتائج

نظرًا لأن هذا المشروع نظري تحليلي بطبيعته، فإن الهدف من تصميم أدوات البحث هو إظهار إمكانية التطبيق الميداني لاختبار النموذج المقترح. في حال تم تنفيذ الاستبيان لاحقًا، سيتم تحليل البيانات المفترضة المستخلصة من هذه الأدوات باستخدام منهج التحليل الإحصائي الوصفي، عبر حساب المتوسطات والانحرافات المعيارية لتحديد الاتجاهات العامة لآراء المشاركين، إضافة إلى استخدام اختبارات الارتباط (Correlation) والانحدار البسيط (Simple Regression) لقياس العلاقة بين المتغير المستقل (الذكاء الاصطناعي) والمتغير التابع (كفاءة إدارة الحشود).

كما ستستخدم أدوات التحليل النوعي في تفسير نتائج الفقرات المفتوحة، وذلك لتوضيح أوجه الاتفاق والاختلاف في ملاحظات المستجيبين حول فاعلية الأنظمة الذكية، ومدى تكاملها مع البنية التحتية المؤسسية والتنظيمية. تهدف هذه المرحلة إلى بناء تصور نظري شامل للعلاقات الإحصائية المتوقعة، وتقديم نموذج مفاهيمي قابل للاختبار مستقبلاً في الدراسات التطبيقية ضمن بيئة المملكة العربية السعودية، دعمًا لتوجهاتها في التحول الرقمي وتحقيق أهداف رؤية 2030.