

فاعلية أنظمة الإنذار المبكر في الحد من تأثير الكوارث الصناعية: دراسة ميدانية على
المدن الصناعية في المملكة العربية السعودية

إعداد الطالب/

عبدالله محمد الخليفة

252000304

إشراف/

د. الفیصل عبد الحمید محمد حسن

د.فايز جراد

العام الدراسي: 2025

3	مقدمة:
4	مشكلة الدراسة:
4	أهمية الدراسة:
6	أهداف الدراسة:
6	تساؤلات الدراسة:
7	فروض الدراسة:
7	الدراسات السابقة:
17	الفجوة البحثية:
18	المنطلقات النظرية للدراسة:
21	المنهجية وطرق البحث:
22	الأساليب الإحصائية المستخدمة:
22	حدود الدراسة:
24	المراجع:

مقدمة:

تُظهر الحوادث الصناعية عالمياً عبئاً متزايداً على الأرواح والاقتصاد والبنية التحتية، إذ سُجِّل 1054 حادثاً صناعياً بين 1995 و2021 مع سيادة الانفجارات وتبعات بشرية ومادية جسيمة، ما يبرز هشاشة المرافق الحرجة والحاجة لتطبيق أدوات تقييم المخاطر والوقاية بكفاءة أعلى، وتُعد حوادث كبرى مثل مرفأ بيروت وتيانجين وتكساس تذكيراً عاجلاً بضرورة تحسين الاستباقية في إدارة الأخطار الصناعية (Tin et al., 2023).

وتعد أنظمة الإنذار المبكر ركنٌ محوري في الحد من مخاطر الكوارث متى كانت متعددة الأخطار، متكاملة الحلقات من الرصد إلى الاستجابة، ومحورها الإنسان مع ضمان الإتاحة والشمول للفئات الهشة، وبنيت على تدفقات بيانات موثوقة بين المستويات الوطنية والإقليمية، ويبرز الدور التنسيقي والمعياري لمنظمة الأرصاد الجوية العالمية في ترسيخ هذه المقاربة على الصعيد الدولي (السعدى، 2024).

أن فاعلية الإنذار لا تتحدد بالتقنية وحدها، بل بتكامل مصادر البيانات قبل التشخيص، وتوحيد النماذج، والتحديث اليومي، وبناء الثقة والقبول المجتمعي، مع ربط إلزامي بين الإشعار وإجراءات تدخل واضحة التوقيت، وتُبين مراجعات الصحة العامة تفوق النظم المركبة والإبلاغ اليومي، فيما تُظهر دراسات الفيضانات أهمية الدمج بين المعرفة المحلية والتقنيات الحديثة، ويكشف تحليل عمليات حفظ السلام أثر توقيت التفعيل على إطالة أو تقصير أمد الأحداث إذا جاء التدخل تفاعلياً لا استباقياً (Meckawy et al., 2022).

وتستهدف هذه الدراسة قياس فاعلية أنظمة الإنذار المبكر في الحد من تأثير الكوارث الصناعية ميدانياً داخل المدن الصناعية في المملكة العربية السعودية، عبر إطارٍ يستند إلى أنماط المخاطر وأنواع الحوادث وأثرها على جودة الحياة والبنية التحتية، وبما يسد فجوة القياس التطبيقي في السياق الصناعي العربي ويحول مبادئ الإنذار المتكامل إلى مؤشرات أداء قابلة للتنفيذ.

مشكلة الدراسة

على الرغم من الارتفاع العالمي الملحوظ في تكرار الحوادث الصناعية وشدة آثارها البشرية والمادية والبنوية كما تكشفه الأدلة الوبائية التي تشير إلى هيمنة الانفجارات وامتداد تداعياتها الواسعة إلا أن قياس فاعلية أنظمة الإنذار المبكر داخل البيئات الصناعية في المملكة العربية السعودية لا يزال محدودًا وغير قائم على مؤشرات تشغيلية وزمنية دقيقة تربط بين مستوى الجاهزية ونتائج الخسائر الفعلية. وتؤكد الأدبيات أن الوقاية والتنبؤ والاستجابة المبكرة أصبحت ضرورة ملحة، خاصة في ضوء حوادث كبرى مثل انفجار مرفأ بيروت التي أبرزت الحاجة للتكامل بين تقييم المخاطر والإنذار الفعال (Tin et al., 2023؛ Foreword, 2024).

كما تتفق الدراسات على أن أنظمة الإنذار الفاعلة تتطلب منظومات متعددة الأخطار، شمولية ومرتكزة على الإنسان، مع سياسات تضمن الإتاحة وتدفق المعلومات والحوكمة الرشيدة، بينما تُضعف فجوات البيانات والتمويل ومحدودية المشاركة المؤسسية قدرة الأنظمة على الحد من الخسائر (Executive Summary, 2023؛ السعدى، 2024).

ورغم ما تظهره الأدبيات من أن تحسين الأنظمة القائمة ودمجها بنماذج موحدة للإبلاغ والاكتشاف المبكر أكثر فاعلية من بناء نظم جديدة من الصفر، إلا أن الحلقة الأضعف عالميًا تظل في ضعف الربط بين الإشعار واتخاذ التدخلات المحددة زمنيًا (Meckawy et al., 2022).

وفي ضوء ذلك، تتجلى المشكلة البحثية في غياب تقييم ميداني صارم وموثوق يحدد ما إذا كانت أنظمة الإنذار المبكر المطبقة في المدن الصناعية السعودية تسهم فعليًا وفق مؤشرات أداء قابلة للقياس في خفض الخسائر البشرية والمادية والبيئية مقارنة بخط الأساس، رغم ما تشير إليه الدراسات من ثقل المخاطر الصناعية عالميًا وتأثيراتها الممتدة .

أهمية الدراسة:

تعتمد أهمية هذه الدراسة على إسهاماتها النظرية والتطبيقية فيما يلي:

أولاً: الأهمية العلمية:

- سدّ فجوة معرفية عربية وخليجية عبر تقييم ميداني منظم لفاعلية أنظمة الإنذار المبكر للكوارث الصناعية في المدن الصناعية السعودية.
- بناء إطار مفاهيمي تشغيلي يربط بين أبعاد النظام التقنية والتنظيمية والبشرية والتخطيطية وتأثيرها على الخسائر البشرية والمادية والبيئية.
- تطوير مؤشرات أداء رئيسية قابلة للقياس لفاعلية الإنذار المبكر: زمن الاكتشاف، زمن الإشعار، زمن بدء الاستجابة، معدل الإنذارات الكاذبة، نسبة الإشعارات التي تُترجم لإجراءات.
- تقديم منهجية قياس سببي تجمع بين تصميمات قبل/بعد، وفروق في الفروق بين مواقع مختلفة النضج، وتحليل بقاء لمدد الحوادث والتوقف التشغيلي.
- إسهام في معيرة أدوات القياس عبر اختبار الصدق والثبات لاستبيانات الجاهزية والاستجابة، وإتاحة حزمة قياس قابلة لإعادة الاستخدام في بيئات صناعية مشابهة.
- إنتاج قاعدة مقارنة بين أنواع الصناعات والمخاطر والأنماط الحضرية داخل المملكة بما يسمح بتوليد فرضيات جديدة وتعميمات حذرة.
- ربط أدبيات الإنذار المبكر متعددة الأخطار بأطر إدارة الجودة وتحسين العمليات في السياق الصناعي، بما يثري الحوار بين حقول إدارة الكوارث والهندسة الصناعية.

ثانيًا: الأهمية العملية:

- تزويد صانعي القرار بـ لوحة مؤشرات تنفيذية وحدود إنذار وعقود خدمة زمنية لاتخاذ قرارات سريعة وقابلة للمساءلة.
- تقليل الخسائر البشرية والمادية وزمن التوقف عبر تحسين التوقيت والامتثال لبروتوكولات الإخلاء والاستجابة والتواصل التحذيري.
- دعم التوافق التنظيمي مع المتطلبات الوطنية وتكامل الأنظمة مع الدفاع المدني والجهات التنظيمية والبنى الصناعية الرقمية. (SCADA/IoT)
- تمكين ترتيب أولويات الاستثمار في الحساسات والبنية الاتصالية والتدريب وفق عائد تقليص المخاطر وتحليل الكلفة-المنفعة.
- رفع جاهزية الموارد البشرية عبر تحديد فجوات التدريب وتواتر التمارين ومحاكاة السيناريوهات عالية الخطورة.

- تعزيز استمرارية الأعمال وخفض أقساط التأمين عبر توثيق الأداء وتحسين خطط التعافي وإدارة المخاطر التشغيلية.
- إرشاد التخطيط المكاني الصناعي وتحديد مناطق عازلة وتخزين آمن للمواد الخطرة بناءً على خرائط التعرض والهشاشة.
- تحسين حوكمة البيانات والأمن السيبراني لمنظومة الإنذار، بما يقلل اختناقات التدفق المعلوماتي ومخاطر الاختراق.

أهداف الدراسة:

قياس فاعلية أنظمة الإنذار المبكر بأبعادها (الجاهزية التقنية، سرعة الاستجابة، كفاءة الاتصال التحذيري) في الحد من تأثير الكوارث الصناعية في المدن الصناعية بالمملكة العربية السعودية. وتتفرع من هذا الهدف العام عدة أهداف فرعية، وهي:

- تقدير مستوى الجاهزية التقنية لأنظمة الإنذار المبكر في المدن الصناعية.
- قياس سرعة الاكتشاف والإشعار وبدء الاستجابة مقارنة بخطوط أساس تشغيلية.
- تقييم كفاءة قنوات الاتصال التحذيري ووصول الرسائل لمستحقيها.

تساؤلات الدراسة

السؤال الدراسة الرئيسي: إلى أي مدى تُسهم فاعلية أنظمة الإنذار المبكر بأبعادها الأربع في خفض تأثير الكوارث الصناعية في المدن الصناعية بالمملكة العربية السعودية؟ وتتفرع منه عدة أسئلة فرعية:

- ما مستوى الجاهزية التقنية الراهن لأنظمة الإنذار المبكر؟
- ما زمن الاكتشاف والإشعار وبدء الاستجابة، وهل يصل إلى الحدود المستهدفة؟
- ما كفاءة الاتصال التحذيري من حيث التغطية والموثوقية وقابلية الفهم؟

فروض الدراسة:

لتحقيق أهداف الدراسة والإجابة على تساؤلاتها يمكن صياغة الفرضيات التالية:

الفرضية الرئيسة: لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى دلالة ($\alpha \leq 0.05$) لفاعلية أنظمة الإنذار المبكر بأبعادها مجتمعة على الحد من تأثير الكوارث الصناعية في المدن الصناعية بالمملكة العربية السعودية.

الفرضيات الفرعية:

- لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى دلالة ($\alpha \leq 0.05$) للجاهزية التقنية لنظام الإنذار المبكر على الحد من تأثير الكوارث الصناعية.
- لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى دلالة ($\alpha \leq 0.05$) لسرعة الاستجابة التشغيلية (زمن الاكتشاف-الإشعار-بدء الاستجابة) على الحد من تأثير الكوارث الصناعية.
- لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى دلالة ($\alpha \leq 0.05$) لكفاءة الاتصال التحذيري ووصول الرسائل للمعنيين على الحد من تأثير الكوارث الصناعية.

الدراسات السابقة:

دراسة (سليمان، 2024)

هدفت الدراسة إلى التعرف على فاعلية آلية الإنذار المبكر عن الصراعات والنزاعات المسلحة في القارة الإفريقية بأبعادها (البنية المؤسسية والتنظيمية، منظومة جمع وتحليل البيانات والمؤشرات، دقة التنبؤ وسرعة الاستجابة المبكرة، ومستوى التنسيق بين المستويات الوطنية والإقليمية والدولية) على تحقيق الأمن القومي والاستقرار السياسي في الدول الإفريقية، وذلك من خلال تطبيقها على عدد من الحالات الإفريقية مثل جنوب السودان وكوت ديفوار والنيجر ومالي، واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي والمنهج المقارن مدعوماً بأسلوب دراسة الحالة لرصد أوجه النجاح والإخفاق في تفعيل آلية الإنذار المبكر لدى الاتحاد الإفريقي والمنظمات الإقليمية، وتحليل مدى ترجمة الإنذار إلى استجابة سياسية وأمنية فعّالة.

توصلت النتائج إلى أن فاعلية آلية الإنذار المبكر ترتبط بدرجة توافر الإرادة السياسية، وكفاءة الهياكل المؤسسية المشرفة على الإنذار والاستجابة، وجودة قواعد البيانات والمعلومات، ومستوى التنسيق بين الفاعلين الوطنيين والإقليميين، وأن الإخفاق غالبًا ما يرتبط بتسييس الإنذار، وضعف الربط بين الإنذار ومتخذ القرار، وقصور آليات التدخل الوقائي المبكر.

واوصت الدراسة بالآتي :

تعزيز الإطار المؤسسي والقانوني لآلية الإنذار المبكر في القارة الإفريقية.

تطوير منظومة المؤشرات المبكرة وبناء قواعد بيانات محدثة، ووضع آليات واضحة وملزمة لربط الإنذار بالاستجابة السريعة.

تقوية الشراكة بين الاتحاد الإفريقي والدول الأعضاء والتجمعات الإقليمية .

توسيع إشراك المجتمعات المحلية ومنظمات المجتمع المدني في عمليات الرصد المبكر للصرعات.

دراسة (السعدى، 2024)

هدفت الدراسة إلى التعرف على فاعلية أنظمة الإنذار المبكر متعددة الأخطار بأبعادها (الإطار المؤسسي والقانوني، منظومة الرصد والتنبيه، إدارة المعلومات والتواصل، وبناء القدرات والشراكات الدولية) على الحد من مخاطر الكوارث وتعزيز الأمن الإنساني الدولي في إطار النظام الدولي المعاصر، مع التركيز على تجربة منظمة الأرصاد الجوية العالمية في تطوير وتفعيل منظومات الإنذار المبكر من مخاطر الكوارث ، واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي واستعراض نماذج تطبيقية لبرامج الإنذار المبكر في عدد من الدول.

وتوصلت إلى النتائج الآتية : أن اعتماد نظام الإنذار المبكر أصبح التزامًا دوليًا وضرورة جوهريّة لمواجهة الكوارث الطبيعية والبشرية، وأن فاعلية هذه الأنظمة ترتبط بوجود إطار مؤسسي واضح، ومنظومة رصد وتنبيه متطورة، وتدفق منظم للمعلومات بين المستويات الوطنية والإقليمية والدولية، إضافة إلى دور محوري لمنظمة الأرصاد الجوية العالمية في قيادة الجهود الدولية للتنبيه بالكوارث والحد من مخاطرها وبناء شراكات واسعة مع المنظمات والبرامج الأممية والفاعلين المحليين، مع استمرار وجود فجوات في قدرات بعض الدول النامية، وقصور في الربط بين مرحلة الإنذار ومرحلة الاستجابة الفعلية.

واوصت الدراسة بالاتي: - تعزيز الإطار القانوني والمؤسسي لأنظمة الإنذار المبكر على الصعيدين الدولي والوطني، و توسيع تغطية منظومات الرصد والتنبؤ في الدول الأقل قدرة .

دراسة (ارزوقي و علي، 2022)

هدفت الدراسة إلى التعرف على التلوث البيئي في العراق بأبعاده (الطبيعية، والبشرية، والتكنولوجية) على حق الإنسان في بيئة سليمة في العراق، واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي لوصف المشكلات البيئية التي تعاني منها البيئة العراقية وتحليل أسبابها الطبيعية والبشرية والتكنولوجية وما نجم عنها من آثار على الفرد والمجتمع.

توصلت النتائج إلى أن المشكلات البيئية في العراق تعود إلى تداخل عوامل التغير المناخي والتصحر والهزات الأرضية والسيول مع الزيادة السكانية وقلة وعي المواطنين والتجاوز على البيئة الطبيعية، فضلاً عن التوسع في الأنشطة الصناعية والزراعية والحروب المتعاقبة وسوء الإدارة البيئية، مما أدى إلى تفاقم ملوثات الهواء والماء والتربة وانعكاس ذلك سلباً على حق الإنسان في بيئة سليمة.

واوصت الدراسة بالاتي: ضرورة رفع الوعي البيئي لدى المواطنين بأهمية حماية البيئة، ووضع برامج فعالة للتوعية البيئية، ومعالجة الملوثات بجميع أنواعها ولا سيما التجارية والصناعية والطبية والزراعية، وتعزيز كفاءة الأجهزة المعنية بالإدارة البيئية والتخطيط البيئي السليم .

دراسة (احمد، 2024)

هدفت الدراسة إلى التعرف على عجز أصحاب الأنشطة التجارية والصناعية عن سداد الديون بسبب الأزمات والكوارث بأبعاده (طبيعة الأزمات والكوارث، ودرجة التأثير المالي والتعثر، وطبيعة الديون والأنشطة التجارية والصناعية) على الأحكام الشرعية والقانونية المتعلقة بسداد الديون والتعويض عن الأضرار الاقتصادية في ضوء الفقه الإسلامي والقانون الوضعي، واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي المقارن .

وتوصلت النتائج إلى أن الشريعة الإسلامية تقرر وجوب المسارعة في سداد الديون في الأصل، مع التفرقة بين العجز الحقيقي الطارئ بسبب الأزمات والكوارث بوصفه إعساراً مبرراً يترتب عليه إنظار المعسر أو تخفيف الدين أو إعادة جدولته، وبين المماطلة غير المبررة، كما تقرر مشروعية التعويض عن الأضرار الاقتصادية بضوابط، متى كان الضرر محققاً، ونشأ عن فعل تقصيري أو تقصير في

واجب الحماية أو الإدارة، وبما لا يؤدي إلى أكل أموال الناس بالباطل. وأظهرت الدراسة وجود قدر من التقارب بين الفقه الإسلامي والقانون الوضعي في أثر القوة القاهرة والأزمات على الالتزامات المالية، مع اختلاف في صور المعالجة وآليات التسوية والتنفيذ.

وأوصت الدراسة بعدد من التوصيات منها : استكمال وتطوير الأطر التشريعية لمعالجة تعثر أصحاب الأنشطة التجارية والصناعية في أوقات الأزمات والكوارث، ووضع آليات عادلة ومرنة للتسوية والتعويض، وتفعيل أدوات التأمين والتكافل، وتعزيز دور الدولة في دعم القطاعات المتضررة بما يحقق التوازن بين حماية حقوق الدائنين ورعاية أوضاع المدينين المتعثرين.

دراسة (الكوافي، 2024)

هدفت الدراسة إلى التعرف على إدارة الكوارث في المناطق الحضرية بأبعادها (مرحلة ما قبل الكارثة: الاستعداد والتخطيط، ومرحلة أثناء الكارثة: الاستجابة والإغاثة، ومرحلة ما بعد الكارثة: إعادة الإعمار والتعافي) على إعادة إعمار البنية الحضرية والتقليل من الآثار المباشرة وغير المباشرة للحروب والكوارث في مدينة بنغازي، واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي.

توصلت النتائج إلى أن الكوارث والحروب خلفت آثارًا مادية وبشرية واقتصادية واجتماعية عميقة في مدينة بنغازي، تمثلت في تدمير أجزاء من البنية التحتية والعمرانية وتشريد السكان وتعطيل الحياة الاقتصادية، وأن غياب مناهج واضحة واستراتيجيات علمية متكاملة لإدارة الكوارث وإعادة الإعمار أسهم في تعاظم هذه الآثار واستمرارها، في مقابل ما أظهرته تجارب بعض الدول من نجاح نسبي عند تبنيها أطرًا مؤسسية واضحة، وبرامج زمنية محددة، ومقاربات تشاركية في إعادة الإعمار الحضري.

وتوصلت الدراسة إلى عدد من التوصيات من أهمها: ضرورة صياغة استراتيجية وطنية ومحلية لإدارة الكوارث وإعادة الإعمار في مدينة بنغازي، تستند إلى مبادئ التخطيط الحضري السليم وإدارة المخاطر، والاستفادة المنهجية من تجارب الدول الناجحة، وتعزيز التنسيق بين المؤسسات الحكومية والبلديات والقطاع الخاص والمجتمع المدني، ووضع برامج عملية لإعادة تأهيل البنية التحتية والأحياء المتضررة، وبناء قدرات الأجهزة المعنية على التخطيط المسبق والاستجابة الفعالة للكوارث المستقبلية.

دراسة (كمالي ويوسف، 2024)

هدفت الدراسة إلى التعرف على خطر التغير المناخي الناجم عن الأنشطة الصناعية والبشرية بأبعاده (البيئي، والصحي، والاقتصادي، والقانوني) على النظام القانوني الدولي وجهود المجتمع الدولي في حماية البيئة العالمية في إطار اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ لعام 1992 وما ترتب عليها من التزامات دولية في مجال الحد من الانبعاثات الغازية ومواجهة الكوارث البيئية، واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي مع المنهج القانوني التحليلي المقارن، وتوصلت الدراسة إلى أن التغير المناخي لم يعد مجرد ظاهرة بيئية فحسب، بل أصبح قضية كونية تمس أمن الإنسان والتنمية المستدامة، وأن غالبية الاحترار العالمي خلال العقود الخمسة الأخيرة يعود إلى الأنشطة البشرية، وأن اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية أرسيت الإطار الأساسي للالتزامات الدولية القائمة على مبدأ المسؤولية المشتركة مع تباين الأعباء، غير أن قصور إرادة بعض الدول الصناعية، وضعف آليات التنفيذ والرقابة والتمويل ونقل التكنولوجيا، حدّ من فاعلية النظام القائم في خفض الانبعاثات والتكيف مع آثار التغير المناخي.

واوصت الدراسة إلى عدد من التوصيات من أهمها: ضرورة تعزيز إلزامية الالتزامات الدولية في مجال خفض الانبعاثات، وتطوير آليات التمويل المناخي ونقل التكنولوجيا إلى الدول النامية، ودمج سياسات التغير المناخي في استراتيجيات التنمية الوطنية، وتفعيل الشراكات الدولية متعددة الأطراف لمواجهة الآثار البيئية والاقتصادية والصحية للتغير المناخي بصورة أكثر تنسيقاً وفاعلية.

دراسة (Meckawy et al., 2022)

هدفت الدراسة إلى التعرف على فاعلية أنظمة الإنذار المبكر للأمراض المعدية بأبعادها (أنظمة الترصد المعتمدة على الشكاوى الأولية في أقسام الطوارئ، وأنظمة سجلات الصحة العامة المركزية، وأنظمة الترصد الوبائي المعتمدة على الويب، وبيانات المبيعات الدوائية والنتائج المخبرية، والنظم المركبة متعددة مصادر البيانات) على الكشف المبكر عن الفاشيات ذات الإمكانات الجائحة وتحسين الاستجابة لها في بيئات صحية مختلفة وبخاصة في الدول ذات الدخل المنخفض والمتوسط، واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي.

أظهرت النتائج أن أنظمة الإنذار المبكر يمكن أن تعمل بكفاءة كنظم ترصد مستقلة للفاشيات واسعة النطاق، وتبين أن الاعتماد على الشكاوى الرئيسية في أقسام الطوارئ يعد أداة فعالة للإنذار المبكر بشرط توحيد نماذج البيانات بين المستشفيات، وأن أنظمة الترصد القائمة على سجلات الصحة العامة المركزية تسهّل تبادل المعلومات لكنها تظل رهينة دقة وسرعة بلاغ الأطباء، كما اتضح أن الأنظمة المعتمدة على

الويب تميّزت بسهولة الإبلاغ من المناطق النائية وسرعة نقل الإنذار، في حين لم تُظهر بيانات المبيعات الدوائية والنتائج المخبرية فاعلية كافية إذا استُخدمت منفردة. وبيّنت الدراسة أن تصميم أنظمة إنذار مبكر تجمع بين بيانات السجلات الصحية ومدخلات مقدمي الخدمة الصحية كان من أنجح النماذج، وأن الإبلاغ اليومي عن بيانات الترصد مثل أفضل أسلوب لتعزيز فاعلية الأنظمة، خاصة في سياق الفعاليات الجماعية الكبرى، وخلصت الدراسة إلى أن تحسين الأنظمة القائمة وتعزيزها في الدول ذات الدخل المنخفض والمتوسط كان أكثر جدوى من استحداث أنظمة ترصد سندرومية جديدة.

وانتهت الدراسة إلى عدد من التوصيات، من أهمها: التركيز على تطوير أنظمة إنذار مبكر تعتمد على بيانات ما قبل التشخيص مع توحيد نماذج جمع البيانات، وتعزيز تكامل مصادر البيانات المختلفة في نظام مركب واحد، وتحسين قدرات الإبلاغ اليومي وسرعة تبادل المعلومات بين المستويات المختلفة، وبناء قدرات الدول ذات الموارد المحدودة على تحسين الأنظمة القائمة بدلاً من استبدالها، مع التأكيد على أن تفوق نظم الترصد السندرومي في الاستباقية لا يعني بالضرورة كفايتها وحدها لاكتشاف الفاشيات دون دعم بنظم تشخيصية قوية وآليات استجابة فعّالة.

دراسة (Executive Summary, 2023)

هدفت الدراسة إلى التعرف على أنظمة الإنذار المبكر متعددة الأخطار بأبعادها) الأساس العلمي والتقني للنظام، والطبيعة الشمولية المتسلسلة من المصدر إلى المتلقي end-to-end، والتركيز على الإنسان people-centred، وشمول الفئات الهشة وضمان سهولة الوصول إلى الإنذار (على الحد من مخاطر الكوارث وحماية الأرواح وسبل العيش في مختلف السياقات، واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، وتوصلت النتائج إلى أن فاعلية أنظمة الإنذار المبكر لا تتحقق بمجرد توافر الأساس العلمي والتقني، بل تتطلب أن تكون الأنظمة متعددة الأخطار، متكاملة المراحل، قائمة على التواصل الموثوق وسهولة الوصول للجميع، مع مراعاة الاحتياجات والقدرات المختلفة خاصة لدى الفئات المهمشة والمعرضة للخطر، وأن تجاهل البعد الإنساني يقلل من الثقة بالنظام ويحد من قدرته على حماية الأرواح وسبل العيش، وانتهت الدراسة إلى عدد من التوصيات من أبرزها: تبني مقاربة تركز على الإنسان في تصميم وتشغيل أنظمة الإنذار المبكر، وتطوير سياسات تضمن شمولية الإتاحة والوصول للمعلومات الإنذارية، وتعزيز الثقة المجتمعية في تلك الأنظمة، ودمج أنظمة الإنذار المبكر متعددة الأخطار ضمن أطر وطنية شاملة للحد من مخاطر الكوارث.

دراسة (Sugawara, 2019)

هدفت الدراسة إلى التعرف على فاعلية نظام الإنذار المبكر للنزاعات في عمليات حفظ السلام التابعة للأمم المتحدة بأبعاده (طبيعة أنشطة الإنذار المبكر الميدانية، وتوقيت استجابة البعثة للإنذارات والأحداث، وكثافة التدخل المرتبط بالإنذار) على مسار التصعيد ومدة المعارك في حالة بعثة الأمم المتحدة في جنوب السودان (UNMISS)، واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي الكمي التحليلي.

وتوصلت النتائج إلى أن مدة المعارك تميل إلى أن تكون أطول عندما تستجيب بعثة حفظ السلام للمعارك أثناء وقوعها أو مباشرة بعد انتهائها، الأمر الذي يشير إلى أن استخدام نظام الإنذار المبكر في السياق المدروس غالبًا ما يكون تفاعليًا لاحقًا للحدث أكثر منه استباقيًا وقائيًا قبل التصعيد، ويطرح تساؤلات حول توقيت التنفيع وكيفية توظيف المعلومات المبكرة في التدخل الوقائي، وانتهت الدراسة إلى عدد من التوصيات من أبرزها: ضرورة إعادة تصميم آليات عمل نظام الإنذار المبكر بما يعزز طابعه الاستباقي قبل اندلاع المعارك، وتحسين سرعة تحليل ونقل معلومات الإنذار إلى متخذي القرار الميدانيين، ووضع بروتوكولات أوضح لربط إشارات الإنذار المبكر بخيارات تدخل وقائية فعالة، بما يساهم في تقصير مدة المعارك والحد من احتمالات التصعيد في مسار النزاع.

دراسة (Fajrillah et al., 2024)

هدفت الدراسة إلى التعرف على متطلبات فاعلية أنظمة الإنذار المبكر للكوارث في المناطق الريفية بأبعادها (العوامل والتجهيزات التقنية للنظام، والأبعاد الاجتماعية-التنظيمية المرتبطة بالمجتمع المحلي ومؤسساته) على الحد من مخاطر الكوارث وتعزيز قدرة المجتمعات الريفية على الصمود في المناطق الريفية المعرضة للكوارث ذات الصلة بالمناخ، واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي .

وتوصلت النتائج إلى أن الفاعلية بعيدة المدى لأنظمة الإنذار المبكر في البيئات الريفية تعتمد أساسًا على بعدين رئيسيين هما: البعد التقني المتعلق بالبنية التحتية للاتصالات، ودقة النماذج والبيانات وآليات إيصال الإنذار، والبعد الاجتماعي-التنظيمي المتعلق بدرجة ثقة المجتمع بالنظام، ومستوى المشاركة المجتمعية، وآليات التنسيق المؤسسي المحلي. كما بينت الدراسة أن قبول المجتمعات الريفية للنظام، واستدامة عمله، يتوقفان على مدى الدمج بين التكنولوجيا والمعرفة العلمية من جهة، والمعرفة المحلية وممارسات السكان ومشاركتهم الفعلية في تصميم وتشغيل النظام من جهة أخرى.

وانتهت الدراسة إلى عدد من التوصيات من أهمها: ضرورة تصميم أنظمة إنذار مبكر ريفية تراعي الخصائص الاجتماعية والثقافية المحلية، وتعزيز البنية التحتية التقنية وشبكات الاتصال الملائمة للبيئات الريفية، وبناء أطر تنظيمية ومؤسسية تشاركية بين الجهات الرسمية والمجتمعات المحلية، ودمج المعرفة والخبرة المحلية ضمن منظومة التنبؤ والإنذار، بما يدعم الفاعلية طويلة الأمد لأنظمة الإنذار المبكر في الحد من مخاطر الكوارث وتعزيز القدرة المجتمعية على الصمود.

دراسة (Lahmood & Mutlak, 2024)

هدفت الدراسة إلى التعرف على أنظمة الإنذار المبكر في إدارة الأزمات والكوارث والحروب في الاتحاد الإفريقي بأبعادها (قدرات الرصد والمتابعة، وتسجيل وتحليل الإشارات والمؤشرات، وسرعة إيصال الإنذار إلى الجهات المعنية، وفاعلية الأدوات والآليات المؤسسية والتقنية) على الحد من تفاقم الأزمات وتقليل آثار الكوارث المادية والمعنوية المباشرة وغير المباشرة، قصيرة ومتوسطة وطويلة الأجل في إطار الدول الأعضاء بالاتحاد الإفريقي، واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي.

وتوصلت النتائج إلى أن فاعلية أنظمة الإنذار المبكر داخل الاتحاد الإفريقي تتجلى في قدرتها على رصد الأزمات والكوارث في مراحلها الأولى، وتحديد طبيعتها وأنواعها، وتحليل إشارات استخدامها باستخدام المنهج العلمي والعقلاني، ونقل المؤشرات في الوقت المناسب إلى الجهات المختصة بما يتيح فرصاً أفضل لإدارة الأزمة ومنع تفاقمها، و أظهرت الدراسة أن هناك فوائد واضحة لهذه الأنظمة في الحد من حدة الآثار المادية والمعنوية للأزمات، إلا أن فعاليتها تتأثر بعوائق مرتبطة بسرعة الاستجابة، وكفاءة قنوات الاتصال، ومستوى التنسيق المؤسسي بين أجهزة الاتحاد والدول الأعضاء ، وانتهت الدراسة إلى عدد من التوصيات من أبرزها: تطوير البنية المؤسسية والتقنية لأنظمة الإنذار المبكر في الاتحاد الإفريقي، وتعزيز سرعة وموثوقية تدفق المعلومات بين مستويات الإنذار وصنع القرار، ووضع بروتوكولات واضحة لربط الإنذار المبكر بإجراءات وقائية وعلاجية محددة، وبناء قدرات الكوادر المعنية على التحليل والاستجابة المبكرة بما يقلل من الآثار السلبية للأزمات والكوارث والحروب على شعوب القارة.

دراسة (Ringo et al., 2024)

هدفت الدراسة إلى التعرف على فاعلية أنظمة الإنذار المبكر بالفيضانات في إفريقيا بأبعادها (أنظمة الإنذار التقليدية المحلية، وأنظمة الإنذار الحديثة المعتمدة على التقنيات والاتصالات، وأنماط استجابة

السكان للإنذار، وقدرات المؤسسات الوطنية والمحلية والمجتمعية على فهم وتحليل ونشر والتحرك بناءً على الإنذار) على الحد من آثار الفيضانات على سبل عيش المجتمعات الريفية والحضرية، والأمن الغذائي، والخسائر البشرية والمادية في المناطق الإفريقية المعرضة للفيضانات المتكررة، واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي .

وتوصلت النتائج إلى أن المجتمعات الإفريقية تستخدم مزيحًا من أنظمة الإنذار التقليدية (المعارف المحلية، الإشارات المجتمعية) والأنظمة الحديثة (وسائل الاتصال، الأنظمة الرسمية) في توصيل الإنذارات المبكرة، وأن تلقي الإنذار المبكر يدفع السكان إلى اتخاذ جملة من إجراءات الاستجابة مثل: إخلاء المناطق المعرضة للخطر، وتنظيف وصيانة شبكات تصريف المياه، وتحسين المباني، وتنفيذ تدريبات على الإخلاء، وتجهيز مراكز إيواء، وتشكيل لجان لإدارة الفيضانات، وقد أسهمت هذه الاستجابات في تعزيز الأمن الغذائي، وتقليل الإصابات والوفيات، والحد من أضرار الممتلكات والخسائر المادية. كما أكدت النتائج أن إبلاغ السكان مسبقًا بقدوم الفيضان يمكنهم من توسيع نطاق إجراءات الاستعداد والتخفيف من الآثار، وأن فاعلية أنظمة الإنذار المبكر تعتمد بصورة حاسمة على قدرة المؤسسات المعنية على فهم وتحليل والتنبؤ بالإنذارات، وتفسيرها للمجتمع، ونشرها في الوقت المناسب، وتهيئة استجابة مؤسسية ومجتمعية منسقة ، وانتهت الدراسة إلى عدد من التوصيات من أهمها: تعزيز الدمج بين أنظمة الإنذار التقليدية والحديثة في المجتمعات الإفريقية، وبناء قدرات المؤسسات الوطنية والمحلية والمجتمعية على إدارة دورة الإنذار المبكر كاملةً (رصدًا وتحليلًا ونشرًا واستجابة)، وتحسين قنوات الاتصال لتكون سريعة ومفهومة ومتاحة للجميع، وتكثيف برامج التوعية والتدريب المجتمعي على إجراءات الاستجابة للفيضانات، بما يعزز من فاعلية أنظمة الإنذار المبكر في تقليل آثار الفيضانات على الإنسان والاقتصاد في إفريقيا.

دراسة (Tin et al., 2023)

هدفت الدراسة إلى التعرف على الكوارث الصناعية عالميًا بأبعادها (نوع الكارثة الصناعية، والتوزيع الجغرافي للقارة، وحجم الخسائر البشرية من وفيات وإصابات) على عبء المخاطر الصحية على العاملين والمجتمعات المحيطة وتحسين جاهزية النظم الصحية في التعامل مع هذه الكوارث في الفترة من 1995 إلى 2021، واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي الوبائي التحليلي .

أظهرت النتائج تسجيل 1054 كارثة صناعية خلال مدة الدراسة، تركز معظمها في آسيا بنسبة 68.3%، تلتها إفريقيا وأوروبا والأمريكتان بـ proportions أقل، وتبين أن حوالي نصف هذه الكوارث كانت انفجارات، تلتها الانهيارات والحرائق، في حين شكلت التسربات الكيميائية والغازية والتسممات وانسكابات النفط والحوادث الإشعاعية نسبة أقل من الإجمالي. وأسفرت هذه الكوارث عن 29,708 حالة وفاة و57,605 إصابة، ما يؤكد بقاء الكوارث الصناعية مصدرًا مهمًا لمخاطر صحية جسيمة تطل العمال والمجتمعات المحيطة، ولها تبعات سياسية وبيئية وبنوية، وانتهت الدراسة إلى عدد من التوصيات من أهمها: تعزيز برامج الوقاية والسلامة الصناعية، وتطوير التدريب المتخصص على الاستجابة الطارئة للكوارث الصناعية للعاملين والفرق الطبية، وتقوية جاهزية البنية التحتية الحيوية وحمايتها بوصفها أهدافًا محتملة للحوادث أو الأعمال العدائية، مع تحسين قدرات النظم الصحية وطب الكوارث على استيعاب الآثار الفورية وطويلة الأمد لمثل هذه الأحداث.

دراسة (Kamdina et al., 2021)

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر الحوادث والكوارث الصناعية ذات المنشأ البشري بأبعادها (تكرار الحوادث وشدها، نطاق تأثيرها المكاني، وطبيعة العوامل الملوثة المنبعثة من الإنتاج الصناعي) على جودة حياة السكان بأبعادها (الصحية-الديموغرافية، الاقتصادية-الاجتماعية، ظروف المعيشة والخدمات، البيئة، والأمن الاجتماعي والتنمية البشرية) في الأقاليم الصناعية، مع الاستشهاد بحالة كارثة تشيرنوبل كنموذج تطبيقي، و استخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي.

أظهرت النتائج أن إدراج العوامل الأنثروبوجينية المرتبطة بالإنتاج الصناعي والحوادث والكوارث الصناعية ضمن منظومة مؤشرات جودة الحياة يكشف عن تدهور ملحوظ في عدد من المكونات الرئيسة لجودة حياة السكان، ولا سيما في المجالات الصحية والبيئية والاقتصادية-الاجتماعية، وأن الكوارث الصناعية الكبرى مثل كارثة تشيرنوبل تُحدث تأثيرات عميقة وممتدة زمنيًا تتجاوز الخسائر الفورية لتشمل تغيير أنماط الإقامة والعمل، وتدهور البيئة، وتراجع المؤشرات الديموغرافية والرفاه الاجتماعي، و انتهت الدراسة إلى جملة من التوصيات من أهمها: ضرورة إدماج مخاطر الحوادث والكوارث الصناعية كعنصر صريح في نماذج قياس جودة الحياة على المستوى الإقليمي، وتطوير سياسات وقاية وسلامة صناعية تقلل من احتمالات وقوع الكوارث وآثارها، وتعزيز نظم الرصد والإبلاغ عن الحوادث الصناعية، وربط نتائج تقييم

المخاطر الصناعية بصنع السياسات التنموية والإقليمية بما يضمن حماية أفضل لجودة حياة السكان في المناطق الصناعية.

دراسة (Foreword, 2024)

هدفت الدراسة إلى التعرف على مخاطر الحوادث الصناعية الكبرى والانفجارات في منشآت تخزين المواد الخطرة بأبعادها (خصائص المواد الخطرة وكمياتها، وموقع المنشآت وقربها من التجمعات السكنية والبنى التحتية الحرجة، ومستوى تطبيق إجراءات السلامة وإدارة المخاطر، وتوافر أدوات تقييم المخاطر والإنذار المبكر وخطط الطوارئ) على سلامة الإنسان والبيئة واستمرارية المرافق الاقتصادية والخدمية في عدد من الحالات العالمية، مثل انفجار مرفأ بيروت 2020، وحوادث تولوز، وميهالشتي، وتكساس، وتيانجين، وباتا ، واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي مع منهج دراسة الحالة المقارنة .

وتوصلت النتائج إلى أن الحوادث الصناعية الكبرى ما زالت تحدث خسائر بشرية جسيمة (وفيات وإصابات وتشريد للسكان) وأضرارًا واسعة بالبنى التحتية الحرجة والمنشآت الصحية والمرافق التجارية والسكنية، وأن عوامل الخطر الرئيسة تتمثل في سوء تخزين المواد عالية الخطورة مثل نترات الأمونيوم، وضعف تطبيق المعايير والتشريعات المنظمة، وقصور الرقابة، ووجود تلك المنشآت داخل أو بمحاذاة مناطق عمرانية كثيفة من دون تخطيط مكاني سليم للمخاطر. كما بينت الدراسة أن أدوات تقييم المخاطر والآليات المتاحة دوليًا للوقاية من الحوادث الصناعية لا تُستثمر بالقدر الكافي في كثير من الدول، وانتهت الدراسة إلى عدد من التوصيات من أهمها: إلزام المنشآت الصناعية التي تتعامل مع مواد شديدة الخطورة بتطبيق أنظمة صارمة لتقييم وإدارة المخاطر، واعتماد تخطيط عمراني يراعي مخاطر الحوادث الصناعية، وتعزيز الأطر التشريعية والرقابية، وتطوير خطط طوارئ واستجابة متكاملة على المستوى الوطني والمحلي، مع رفع مستوى الوعي المؤسسي والمجتمعي بطبيعة تلك المخاطر وسبل الحد من آثارها.

الفجوة البحثية:

تتفق الدراسات السابقة على مركزية الإنذار المبكر في تقليل الخسائر، لكنها تظل عامة أو متعددة الأخطار ولا تختبر فعاليته تشغيليًا داخل بيئات صناعية خليجية ، و تختلف دراستك بتركيزها الميداني

على المدن الصناعية السعودية وبناء مؤشرات أداء تشغيلية تقيس الأثر مباشرة على خسائر الحوادث الصناعية. (السعدى، 2024؛ Executive Summary, 2023؛ Tin et al., 2023، Foreword, 2024)

تُبرز الأدبيات أهمية السلسلة المتكاملة من الرصد إلى الاستجابة، لكن حلقة الربط الإلزامي بين الإشعار وإجراء التدخل تبقى الأضعف قياسًا ، و تسد دراستك هذه الفجوة عبر تتبّع زمني دقيق لمقاييس التوقيت والامتثال وربطها بمخرجات الخسائر الفعلية في المنشآت. (Sugawara, 2019؛ Meckawy et al., 2022؛ Lahmood & Mutlak, 2024، 2024؛ سليمان، 2024)

تشير المراجعات إلى قيمة النظم المركبة وتوحيد النماذج والتحديث اليومي، إلا أن تطبيق هذه المبادئ على بيانات صناعية حساسة عبر مدن متعددة غير موثق ، وتضيف دراستك اختبارًا لتكامل البيانات بين حساسات السلامة، وسجلات الطوارئ، وقنوات الاتصال التحذيري ضمن معايير موحدة قابلة للتكرار. (Tin et al., 2023؛ Executive Summary, 2023؛ Meckawy et al., 2022)

تؤكد دراسات النزاعات والفيضانات محورية الإنسان والثقة المجتمعية، بينما تغيب المقاربة الإنسانية في السياق الصناعي الذي تحكمه تشريعات وتخطيط مكاني وتخزين مواد خطرة. تدمج دراستك البعدين معًا عبر قياس التدريب والتمارين والاتصال المفهوم للعاملين، ومطابقة ذلك مع متطلبات الحوكمة الصناعية والتخطيط الحضري. (Executive Summary, 2023؛ Sugawara, 2019؛ Ringo et al., 2024، Foreword, 2024)

تُظهر الأدبيات أثر الكوارث الصناعية على جودة الحياة، لكنها لا تختبر دور الإنذار المبكر في تقليص الأثر طويل الأمد أو تقدم نمذجة سببية صريحة. تقدّم دراستك تقديرًا سببيًا قبل/بعد وبفروق في الفروق لقياس مردود الإنذار على التعطل التشغيلي والبيئة وجودة الحياة، ما يحوّل التوصيات العامة إلى أدلة قابلة للتنفيذ. (Foreword, 2024؛ Tin et al., 2023؛ Kamdina et al., 2021)

المنطلقات النظرية للدراسة:

أولاً: مفهوم أنظمة الإنذار المبكر

تُعد أنظمة الإنذار المبكر مجموعة من القدرات المؤسسية والتقنية تهدف إلى إصدار تحذيرات مسبقة بشأن أخطار محتملة أو وشيكة، بما يسمح للأفراد والمجتمعات باتخاذ التدابير اللازمة للتقليل من الأضرار. تتكوّن هذه الأنظمة عادة من أربع مكونات رئيسية: الرصد والتحليل، إيصال الإنذار، الاستجابة، والتقييم، وتكمن أهميتها في أنها تساهم في حماية الأرواح، والتقليل من الأضرار الاقتصادية والاجتماعية والبشرية، خصوصًا في المناطق الصناعية المعرضة للمخاطر المعقدة والمتداخلة. وقد أشارت دراسة Executive Summary (2023) إلى أن النظام الفعال يجب أن يكون "متعدد الأخطار، ومتكاملاً من المصدر إلى المتلقي، ويركز على الإنسان، وقابلًا للوصول للجميع"، ما يجعل الإنذار المبكر عنصرًا حاسمًا في إدارة الكوارث.

ثانيًا: الكوارث الصناعية وخصائصها

الكوارث الصناعية تنشأ غالبًا عن الإهمال أو الخطأ البشري أو ضعف في أنظمة السلامة أو التخزين الخاطئ للمواد الخطرة، وقد تكون آثارها مدمرة وتتراوح بين الانفجارات والحرائق والتسربات الكيميائية والإشعاعية، وتُعد البيئات الصناعية بيئات عالية الخطورة تتطلب استعدادًا متقدمًا، خصوصًا مع تزايد الأنشطة الصناعية وتوسع المدن الصناعية في المملكة. وقد بينت دراسة Tin et al (2023) أن هناك أكثر من 1000 كارثة صناعية سجلت عالميًا بين 1995 و2021، تسببت في عشرات الآلاف من الوفيات والإصابات، ما يبرز حجم المخاطر وأهمية الاستعداد المسبق.

ثالثًا: العلاقة بين أنظمة الإنذار المبكر والكوارث الصناعية

ترتبط فعالية أنظمة الإنذار المبكر في البيئات الصناعية بقدرتها على اكتشاف الخطر مبكرًا، وتحليل المؤشرات التقنية والبيئية، ثم نقل التحذيرات للجهات المختصة والمجتمعات الصناعية، ما يسمح بتنفيذ خطط الإخلاء أو السيطرة قبل تحول الخطر إلى كارثة. لكن ما تزال بعض البيئات الصناعية تعاني من ضعف في هذا الرابط. وقد أبرزت دراسة Foreword (2024) أن العديد من الحوادث الكبرى مثل انفجار مرفأ بيروت كان من الممكن تفاديها أو التقليل من خسائرها لو توفرت أنظمة تقييم وإنذار فعالة.

رابعًا: مكونات فعالية النظام في السياق الصناعي

تشمل الفعالية في هذا السياق أربعة أبعاد رئيسية:

القدرة المؤسسية والتنظيمية: وجود تشريعات واضحة، وهيئات إشراف فعالة.

الرصد والتحليل: توافر أجهزة استشعار وأنظمة مراقبة دقيقة.

سرعة التواصل والإنذار: نظم اتصال متقدمة لإيصال الرسائل.

آليات الاستجابة: جاهزية الأفراد والمؤسسات لاستيعاب الإنذار والتصرف فوراً.

أوضحت دراسة السعدي (2024) أن أحد عناصر الفعالية يتمثل في بناء قدرات الرصد والتنبؤ وتدفق المعلومات بين المستويات المختلفة، إلى جانب تطوير الشراكات وبناء الثقة المجتمعية، ودمج هذه الأنظمة ضمن استراتيجيات التنمية.

خامساً: التحديات التي تواجه أنظمة الإنذار المبكر الصناعية

رغم توفر التكنولوجيا، إلا أن هناك تحديات عديدة، منها:

ضعف الربط بين الإنذار وصانع القرار.

تسييس بعض آليات الاستجابة أو غياب الإرادة السياسية.

عدم مواءمة الإنذار لطبيعة المخاطر المتعددة في المدن الصناعية.

ضعف قدرة بعض المؤسسات المحلية على الاستجابة.

وقد بيّنت دراسة سليمان (2024) أن فاعلية الإنذار تتأثر بعدم ربطه بآليات استجابة واضحة، إلى جانب قصور قواعد البيانات، وغياب التنسيق المؤسسي.

سادساً: أهمية السياق المحلي في تصميم أنظمة الإنذار

كل نظام إنذار يجب أن يُصمم وفقاً للبيئة التي يُطبق فيها. فالمدن الصناعية في المملكة العربية السعودية، مثل الجبيل وينبع ورابغ، تتميز بتركيبة صناعية كثيفة، ووجود منشآت تتعامل مع مواد شديدة الخطورة، ما يفرض ضرورة تطوير أنظمة إنذار تلائم هذا التعقيد وتُراعي السياق الثقافي والتنظيمي المحلي، وقد أظهرت دراسة Lahmood & Mutlak (2024) أن ضعف التكامل بين قدرات الرصد وسرعة إيصال الإنذار والجاهزية المؤسسية يؤدي إلى تضاعف الأضرار، مما يفرض تطوير بروتوكولات واضحة لربط الإنذار بالإجراءات الميدانية الفورية.

سابعاً: البعد الإنساني في فاعلية الأنظمة

لا تقتصر فعالية أنظمة الإنذار المبكر على الجوانب التقنية فحسب، بل تشمل الثقة المجتمعية بالنظام، ودرجة وعي العاملين بالمصانع والمجتمعات المحيطة، ومدى إدماجهم في بناء النظام، وهو ما بيّنته دراسة Fajrillah et al (2024)، حيث أشارت إلى أن استدامة وفعالية الأنظمة في البيئات الريفية والصناعية تعتمد على الجمع بين المعرفة التقنية والعلمية، والمعرفة المحلية والخبرة الميدانية.

ثامناً: النماذج العالمية وأثرها في تطوير الأنظمة المحلية

قدمت بعض التجارب الدولية نماذج متميزة في تصميم وتنفيذ أنظمة الإنذار المبكر، منها تجارب اليابان وكوريا الجنوبية وألمانيا، حيث يتم دمج الذكاء الاصطناعي، وتحليل البيانات البيئية، وأنظمة التواصل الفوري، وهذه النماذج يمكن الاستفادة منها عند تصميم أو تحديث أنظمة المدن الصناعية في السعودية. وقد أوصت دراسة Meckawy et al (2022) بضرورة دمج مصادر البيانات المتعددة في نظام مركب واحد، وتطوير أدوات الإبلاغ اليومي وربطها بقرارات الاستجابة، خاصة في البيئات المعرضة لكوارث مركبة.

المنهجية وطرق البحث:

سوف تعتمد الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي، وذلك بهدف توصيف وتحليل واقع أنظمة الإنذار المبكر المعمول بها في المدن الصناعية في المملكة العربية السعودية، وقياس مدى فاعليتها في التقليل من آثار الكوارث الصناعية، مع تفسير العلاقة بين مكونات هذه الأنظمة ونتائجها على أرض الواقع.

ثانياً: مجتمع الدراسة

يتكوّن مجتمع الدراسة من العاملين في: إدارات السلامة والطوارئ والبيئة داخل المصانع الكبرى، ومسؤولي الأمن الصناعي في المدن الصناعية، وممثلي الجهات الحكومية المعنية مثل الهيئة السعودية للمدن الصناعية ومناطق التقنية (مدن) والدفاع المدني.

ثالثاً: عينة الدراسة

سوف يتم اختيار عينة طبقية عشوائية من العاملين في المدن الصناعية الرئيسية مثل (الجبيل - ينبع - رابغ - سدير)، مع مراعاة تنوع التخصصات والخبرة والقطاعات الصناعية (بتروكيماويات، طاقة، غذائية، دوائية... إلخ).

رابعاً: أداة الدراسة

سوف تقوم الدراسة بتصميم استبانة مغلقة تعتمد على مقياس ليكرت الخماسي، وتتكون من قسمين:

البيانات الديموغرافية (العمر - الخبرة - الوظيفة - القطاع الصناعي).

فقرات تقيس:

- المتغير المستقل: أنظمة الإنذار المبكر، بأبعادها (الإطار المؤسسي - الرصد والتحليل - سرعة الإنذار - فعالية التنسيق).
- المتغير التابع: الحد من آثار الكوارث الصناعية، بأبعاده (الأضرار البشرية - الخسائر الاقتصادية - حماية البنية التحتية - تعزيز الجاهزية المؤسسية).

الأساليب الإحصائية المستخدمة

سوف تُستخدم مجموعة من الأساليب الإحصائية لتحليل البيانات عبر برنامج SPSS، وتشمل:

- الإحصاء الوصفي (المتوسطات - الانحرافات المعيارية - التكرارات).
- اختبار الفروق (T-test)، وتحليل التباين. (ANOVA)
- معامل الارتباط بيرسون (Pearson) لقياس العلاقة بين المتغيرات.
- تحليل الانحدار المتعدد لتحديد مقدار التأثير لكل بعد من أبعاد النظام على النتائج.

حدود الدراسة:

- حدود موضوعية: تقتصر هذه الدراسة على قياس فاعلية أنظمة الإنذار المبكر في المدن الصناعية بالمملكة العربية السعودية، وذلك من خلال التركيز على ثلاثة أبعاد رئيسية هي:

الجاهزية التقنية، سرعة الاستجابة، وكفاءة الاتصال التحذيري، ودورها في الحد من تأثير الكوارث الصناعية.

- حدود مكانية: تتمحور الدراسة حول مجموعة من المدن الصناعية في المملكة العربية السعودية.
- حدود زمانية: العام الأكاديمي (2025)
- حدود بشرية: يقتصر مجتمع الدراسة على العاملين والمسؤولين في إدارات الأمن الصناعي والطوارئ وإدارة المخاطر داخل المنشآت الصناعية القائمة في تلك المدن

المراجع

- أحمد، السيد سيد أحمد. (2024). عجز أصحاب الأنشطة التجارية والصناعية عن سداد الديون بسبب الأزمات والكوارث: دراسة فقهية مقارنة. مجلة البحوث الفقهية والقانونية، ع45 ، 2567 - 2660. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1481721>
- أرزوقي، ابتهاج ماجد، و علي، رائد صالح. (2022). مشكلات التلوث البيئي في العراق: دراسة في المصادر الطبيعية والبشرية والصناعية. مجلة العلوم القانونية والسياسية، مج11، ع1 ، 395 - 422. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1306337>
- السعدي، وسام نعمت إبراهيم. (2024). فاعلية منظمة الأرصاد الجوية في تنفيذ برامج الإنذار المبكر لمواجهة الكوارث. مجلة القانون والأعمال، ع111 ، 61 - 87. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1525894>
- سليمان، سماء. (2024). دور الإنذار المبكر في منع الصراعات في الدول الإفريقية. مجلة الأمن القومي والإستراتيجية، مج2، ع4 ، 46 - 55. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1474704>
- كمالي، أمحمد، و يوسف، محمد صافي. (2024). النظام القانوني الدولي للحماية من آثار التغيرات المناخية والتكيف معها. المجلة القانونية، مج22، ع8 ، 3193 - 3218. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1536604>
- الكوافي، حسين صالح محمد. (2024). كوارث الحروب وأثارها على البنية الحضرية والمباني التاريخية وعلى السكان المحليين والموروث المعماري. مجلة العلوم الهندسية وتكنولوجيا المعلومات، مج8، ع1 ، 22 - 32. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1474089>
- Executive summary (pp. 11-13). (2023). United Nations. <https://doi.org/10.18356/9789210028998c002>

- Fajrillah, A. A. N., Hartanto, R., & Nugroho, L. E. (2024). Factors Affecting Long-Term Effectiveness of Community-Based Early Warning Systems (EWSs) in Rural Areas: A Systematic Review. 231–236. <https://doi.org/10.1109/incit63192.2024.10810638>
- Foreword (p. iii). (2024). United Nations. <https://doi.org/10.18356/9789210025133c001>
- Kamdina, L., Simchenko, O. L., Grakhov, V., Suntsov, A. S., & Chazov, E. (2021). The impact of man-made accidents and catastrophes in the stable functioning of industrial enterprises on the quality of life of the population and socio-economic development. 296, 06004. <https://doi.org/10.1051/E3SCONF/202129606004>
- Lahmood, F. A., & Mutlak, D. J. (2024). Early Warning System Means and Tools in the African Union and the Organization of American States: An Analytical Study. *Journal of Ecohumanism*, 3(4), 1964–1971. <https://doi.org/10.62754/joe.v3i4.3730>
- Meckawy, R., Stuckler, D., Mehta, A., Al-Ahdal, T. M. A., & Doebbeling, B. N. (2022). Effectiveness of early warning systems in the detection of infectious diseases outbreaks: a systematic review. *BMC Public Health*, 22(1). <https://doi.org/10.1186/s12889-022-14625-4>
- Ringo, J., Sabai, S., & Mahenge, A. (2024). Performance of early warning systems in mitigating flood effects. A review. *Journal Of African Earth Sciences*, 210, 105134. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2023.105134>
- Sugawara, Y. (2019). Effectiveness of Early Warning by International Organizations: Empirical Analysis on the United Nations Mission in South Sudan. <https://doi.org/10.33422/ICFSS.2019.04.210>

- Tin, D., Cheng, L., Hata, R. K. K., Hart, A., Hertelendy, A. J., & Ciottone, G. R. (2023). A Descriptive Analysis of the Health Care Aspects of Industrial Disasters Around the World. *Prehospital and Disaster Medicine*, 38(S1), s72–s73.
<https://doi.org/10.1017/s1049023x23002145>

Mid Ocean University
College of Management
Master of risk management



**The Effectiveness of Early Warning Systems in Reducing
the Impact of Industrial Disasters: A Field Study on
Industrial Cities in the Kingdom of Saudi Arabia.**

Prepared by:

Abdullah Mohammed Al-Khalifah

252000304

Supervision:

Dr. Al-Faisal Abdelhamid Mohamed Hassan

Dr. Fayez Jarad

1447–2025