الاتحاد العام للغرف التجارية الصناعية اليمنية
Federation of Yemen Chambers of Commerce and Industry

دور الذكاء الاصطناعي و إنترنت الأشياء في التنبؤ بالمخاطر المهنية قبل وقوعها

رؤية تطبيقية لتعزيز السلامة والصحة المهنية في منشآت القطاع الخاص اليمني

اعداد

أ. رنا صالح الجعوني

إدارة الدراسات والبحوث

الاتحاد العام للغرف التجارية الصناعية اليمنية

2026

الملخص

تهدف هذه الورقة إلى تقديم رؤية تطبيقية لدور الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء في الانتقال بإدارة السلامة والصحة المهنية داخل منشآت القطاع الخاص اليمني من نمط تفاعلي يعالج الحوادث بعد وقوعها إلى نمط تنبؤي يرصد مؤشرات الخطر قبل تحولها إلى إصابات أو خسائر. اعتمدت الورقة منهجًا وصفيًا تحليليًا قائمًا على مراجعة أدبيات وتقارير دولية حديثة، وربطها بالسياق اليمني وظروف القطاع الخاص ومحدودية الموارد. وتناقش الورقة المفهوم النظري للسلامة التنبؤية، والتقنيات الممكنة مثل الحساسات، الأجهزة القابلة للارتداء، الكاميرات الذكية، لوحات الإنذار، والتحليل التنبؤي، ثم تقترح نموذجًا يمنيًا مرحليًا يبدأ بتشخيص المخاطر، جمع بيانات الحوادث وشبه الحوادث، استخدام إنذارات مبكرة منخفضة التكلفة، ثم الانتقال التدريجي إلى التحليل الذكي. وتخلص الورقة إلى أن السلامة التنبؤية ليست رفاهية تقنية، بل ضرورة عملية لحماية العمال، تقليل توقف الإنتاج، وتحسين صمود منشآت القطاع الخاص اليمني. كما توصي بإطلاق مبادرة وطنية يقودها الاتحاد العام للغرف التجارية والصناعية اليمنية بالتعاون مع الحكومة الجامعات، مزودي التقنية، والمنظمات الدولية.

الكلمات المفتاحية: السلامة التنبؤية؛ الذكاء الاصطناعي؛ إنترنت الأشياء؛ المخاطر المهنية؛ القطاع الخاص اليمني.

Abstract

This paper presents an applied framework for using artificial intelligence and the Internet of Things to move occupational safety and health management in Yemen's private-sector enterprises from reactive incident response to predictive risk prevention. The paper adopts a descriptive-analytical approach based on recent international reports and policy literature, then contextualizes them within Yemen's fragile operating environment and resource constraints. It discusses the conceptual basis of predictive safety, including smart sensors, wearables, computer vision, dashboards, early-warning systems, and predictive analytics. It then proposes a phased Yemeni model that starts with risk diagnosis, structured recording of incidents and near misses, low-cost early warnings, and gradual progression toward data-driven intelligent analysis. The paper concludes that predictive safety is not a technological luxury, but a practical necessity for protecting workers, reducing production interruptions, and strengthening business resilience in Yemen. It recommends a national private-sector initiative led by the Federation of Yemen Chambers of Commerce and Industry, in coordination with government agencies, universities, technology providers, and international partners.

Keywords: Predictive safety; Artificial intelligence; Internet of Things; Occupational risks; Yemen private sector.

أولًا: الإطار المنهجي العام

1.1. المقدمة

تشكل السلامة والصحة المهنية أحد المداخل الجوهرية لحماية رأس المال البشري واستدامة الإنتاج. وقد تطور مفهومها عالميًا من مجرد ،توفير معدات الوقاية والاستجابة للحوادث إلى بناء أنظمة وقائية تستند إلى إدارة المخاطر، المؤشرات القيادية، مشاركة العمال والتحسين المستمر. وفي عام 2022 أُدرجت بيئة العمل الآمنة والصحية ضمن المبادئ والحقوق الأساسية في العمل، بما يعزز الطابع الحقوقي والتنظيمي للسلامة المهنية (ILO, 2022).

عالميًا، لا يزال عبء الحوادث والأمراض المهنية كبيرًا؛ إذ تشير التقديرات الدولية إلى وفاة ملايين الأشخاص سنويًا بسبب عوامل مرتبطة بالعمل، كما قدرت منظمة الصحة العالمية ومنظمة العمل الدولية وفاة نحو 1.9 مليون شخص عالميًا في عام 2016 بسبب أمراض وإصابات مرتبطة بالعمل. هذا العبء يوضح أن السلامة المهنية ليست مسألة إجرائية داخل المنشأة، بل قضية إنتاجية وإنسانية وتنموية (WHO, 2021).

في اليمن، تكتسب المسألة أهمية مضاعفة بسبب هشاشة بيئة التشغيل، تضرر البنية التحتية، ارتفاع تكاليف الطاقة والنقل، ضعف البيانات، ومحدودية قدرات التفتيش والتدريب. كما يوضح تقرير منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية أن القطاع الخاص اليمني يمثل ركيزة اقتصادية واجتماعية مهمة، وكان مسؤولًا عن أكثر من 60% من الوظائف القائمة قبل الحرب، رغم تعرضه لضغوط تشغيلية ومؤسسية واسعة. لذلك تسعى هذه الورقة إلى تقديم مدخل عملي يساعد منشآت القطاع الخاص اليمني على توظيف الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء في التنبؤ بالمخاطر المهنية قبل وقوعها (OECD, 2026).

ومن هذا المنظور، فإن إحلال جزء من واردات السيراميك بمنتج محلي لا يعني فقط تخفيض قيمة الواردات، بل يعني أيضًا تحويل جزء من الإنفاق المحلي من الخارج إلى الداخل. فبدلًا من خروج العملة الصعبة لشراء منتجات نهائية، يمكن توجيه جزء من هذا الطلب إلى إنتاج محلي يستخدم خامات محلية، وعمالة محلية، وخدمات نقل محلية، وطاقة محلية، وشبكات توزيع محلية. وهذا يخلق ما يعرف اقتصاديًا بـ القيمة المضافة المحلية، وهي القيمة التي تتولد داخل الاقتصاد الوطني عبر مراحل الإنتاج والخدمات المرتبطة بها.

ويكتسب هذا المبرر قوة إضافية بسبب تدهور سعر الصرف وارتفاع التضخم. فقد ارتفع متوسط سعر الصرف في عدن من 782ريالًا للدولار في عام 2020 إلى 1,823ريالًا للدولار في عام 2024، كما بلغ تضخم أسعار المستهلكين 30.4%في عام 2024 بحسب مؤشرات البنك الدولي [1]. وبما أن السيراميك المستورد يتأثر بسعر الصرف وتكاليف الشحن والتأمين والجمارك، فإن وجود منتج محلي مطابق للمواصفات يمكن أن يخفف جزئيًا من تقلبات الأسعار، خاصة في الشرائح الاقتصادية والمتوسطة من السوق.

ولا يعني ذلك افتراض أن المنتج المحلي سيكون أرخص تلقائيًا؛ فصناعة السيراميك كثيفة الطاقة وتتطلب تجهيزات واستثمارات كبيرة. لكن المبرر الاقتصادي يصبح قويًا إذا تم تصميم المشروع على أساس صحيح: خامات محلية مختبرة، موقع إنتاج قريب من السوق أو المواد الخام، طاقة مستقرة، إعفاءات مدروسة للآلات، وحماية عادلة من الإغراق والمنتجات منخفضة الجودة. عندها يصبح التوطين أداة لتقليل التسرب الخارجي للقيمة، وليس مجرد سياسة حمائية.

1.2. مشكلة الورقة

تتمثل مشكلة الورقة في استمرار اعتماد كثير من منشآت القطاع الخاص في البيئات محدودة الموارد، ومنها اليمن، على نمط تفاعلي في ،إدارة السلامة المهنية؛ حيث يجري التعامل مع الخطر غالبًا بعد وقوع الإصابة أو الحريق أو تعطل المعدة. ورغم أهمية التفتيش اليدوي اللوحات التحذيرية، معدات الوقاية، والتحقيق اللاحق في الحوادث، فإنها لا تكفي وحدها في بيئات تتسم بتغير ظروف التشغيل، ووجود .مخاطر حرارية، كيميائية، ميكانيكية، كهربائية، وتنظيمية قابلة للرصد المبكر

وعليه، تتمحور المشكلة البحثية في السؤال الرئيس الآتي: كيف يمكن توظيف الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء في بناء نظام إنذار مبكر للمخاطر المهنية داخل منشآت القطاع الخاص اليمني، بما يساعد على الانتقال من إدارة السلامة بعد وقوع الحادث إلى إدارة السلامة قبل وقوعه؟.

1.3. تساؤلات الورقة

1) ما المقصود بالسلامة التنبؤية القائمة على الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء؟
2) ما أبرز المخاطر المهنية القابلة للتنبؤ في بيئة العمل اليمنية؟
3) ما التقنيات الأكثر ملاءمة للمنشآت اليمنية في المرحلة الأولى؟
4) ما النموذج المرحلي المناسب لتطبيق السلامة التنبؤية في القطاع الخاص اليمني؟
5) ما الدور المؤسسي الذي يمكن أن يؤديه الاتحاد العام للغرف التجارية والصناعية اليمنية؟
6) ما الضوابط المطلوبة لمنع سوء استخدام بيانات العمال أو الاعتماد الزائد على التقنية؟

1.4. أهمية الورقة

تنبع أهمية الورقة من أربعة أبعاد مترابطة. أولًا، البعد الإنساني، إذ إن كل حادث مهني قابل للمنع يمثل حماية لحياة عامل وأسرة ومصدر دخل. ثانيًا، البعد الاقتصادي، لأن الحوادث تؤدي إلى توقف إنتاج، تلف معدات، علاج وتعويضات، وفقدان عمالة ماهرة. ثالثًا، البعد التقني، لأن الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء يفتحان إمكانية تحويل بيئة العمل إلى بيئة قابلة للقياس والتحليل. رابعًا ،البعد السياساتي ، لأن الورقة تقترح مسارًا مؤسسيًا يقوده الاتحاد العام للغرف التجارية والصناعية اليمنية، لا مجرد توصيات عامة.

1.5. أهداف الورقة

1) توضيح مفهوم السلامة التنبؤية والتمييز بينها وبين السلامة التفاعلية والاستباقية.
2) تحليل دور الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء في رصد مؤشرات الخطر المهني مبكرًا.
3) تحديد مجموعة من المخاطر المهنية القابلة للتنبؤ في بيئة العمل اليمنية.
4) اقتراح نموذج يمني مرحلي منخفض التكلفة نسبيًا لتطبيق السلامة التنبؤية في منشآت القطاع الخاص.
5) تحديد متطلبات التطبيق والتحديات المحتملة وآليات الحد منها.
6) تقديم توصيات عملية للحكومة، الاتحاد، القطاع الخاص، الجامعات، المنظمات الدولية، ومزودي التقنية.

الاتحاد العام للغرف التجارية الصناعية اليمنية
Federation of Yemen Chambers of Commerce and Industry

1.6. منهجية الورقة

تعتمد الورقة منهجًا وصفيًا تحليليًا ذا طابع تطبيقي. ويستند التحليل إلى مراجعة وثائق وتقارير صادرة عن منظمات دولية ومهنية موثوقة، منها منظمة العمل الدولية، منظمة الصحة العالمية، منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية. كما تستند الورقة إلى ربط هذه الأدبيات بواقع منشآت القطاع الخاص اليمني، مع تجنب استخدام أي أرقام محلية غير موثقة عن الإصابات المهنية. وبناءً على ذلك، لا تقدم الورقة دراسة ميدانية إحصائية، بل تقدم إطارًا تطبيقيًا قابلًا للاختبار والتطوير عبر مشاريع تجريبية لاحقة.

1.7. حدود الورقة

تتركز الورقة مكانيًا على منشآت القطاع الخاص في اليمن، وخاصة المصانع، المخازن، المقاولات، الطاقة، النقل، الورش، والمنشآت الصحية. وتتمثل حدودها الموضوعية في استخدام الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء كأدوات للتنبؤ والإنذار المبكر، لا كبدائل عن التشريعات أو التفتيش أو التدريب. أما زمنيًا، فتستند الورقة إلى الأدبيات والوثائق المتاحة حتى عام 2026. وتعترف الورقة بأن نقص البيانات الوطنية المنشورة عن الحوادث المهنية يمثل حدًا مهمًا يستدعي بناء قواعد بيانات طوعية مستقبلية.

1.8. الدراسات والوثائق السابقة وما يميز الورقة

استفادت الورقة من مجموعة من الوثائق الدولية الحديثة. فقد قدم تقرير منظمة العمل الدولية لعام 2025 إطارًا عالميًا لدور الذكاء الاصطناعي والرقمنة في السلامة والصحة المهنية، مع تأكيده أن الرقمنة تتيح فرصًا لتقليل التعرض للمخاطر لكنها تخلق مخاطر جديدة تتطلب حوكمة ومشاركة عمالية (ILO, 2025). كما وفرت تقديرات منظمة الصحة العالمية ومنظمة العمل الدولية أساسًا لبيان العبء العالمي للأمراض والإصابات المهنية (WHO & ILO, 2021).

وتقدم إدارة السلامة والصحة المهنية الأمريكية مفهوم المؤشرات القيادية بوصفها أدوات وقائية تسبق الحوادث، بينما يوضح المعهد الوطني للسلامة والصحة المهنية الامريكي إمكانات الأجهزة القابلة للارتداء والحساسات في مواقع العمل، (OSHA, n.d.; NIOSH, 2019; Megas et al., 2021).

ما يميز هذه الورقة أنها لا تكتفي بعرض عام للتقنيات، بل تعيد توطين الفكرة داخل السياق اليمني: بيئة محدودة الموارد، ضعف كهرباء وإنترنت، نقص بيانات، حاجة إلى حلول تدريجية، ودور محوري للاتحاد العام للغرف التجارية والصناعية اليمنية كمنسق قطاعي.

الوثيقة/المصدر	الإسهام في الورقة	ما تضيفه هذه الورقة
ILO (2025)	والرقمنة بتحسين السلامة وإدارة مخاطرها AI ربط	تحويل الطرح إلى نموذج يمني مرحلي
WHO & ILO (2021)	إظهار العبء العالمي للأمراض والإصابات المهنية	تجنب أرقام يمنية غير موثقة مع إبراز الحاجة للبيانات
OSHA (n.d.)	تمييز المؤشرات القيادية عن المتأخرة	ربطها بمؤشرات تنبؤية قابلة للتطبيق محليًا
NIOSH (2019)	تطبيقات الأجهزة القابلة للارتداء والحساسات	اختيار حزم تقنية منخفضة التكلفة للمخاطر اليمنية
OECD (2026)	تحليل دور القطاع الخاص اليمني والتحديات الاقتصادية	تأسيس دور الاتحاد والغرف في التوسع المؤسسي
NIST SP 800-213A	متطلبات أمن أجهزة إنترنت الأشياء	تضمين الأمن السيبراني كشرط للسلامة لا كموضوع منفصل

Federation of Yemen Chambers of Commerce and Industry

1.9. بنية الورقة

تتكون الورقة، بعد هذا الإطار المنهجي، من جانب نظري يشرح مفهوم السلامة التنبؤية والتقنيات المستخدمة فيها، ثم جانب تطبيقي يحلل المخاطر القابلة للتنبؤ في اليمن ويقترح النموذج اليمني المرحلي، ثم تعرض المتطلبات والتحديات ودور الاتحاد، وتنتهي بالنتائج والتوصيات والخاتمة والمراجع.

ثانيًا: الجانب النظري: من السلامة التفاعلية إلى السلامة التنبؤية

2.1. من السلامة التفاعلية إلى السلامة التنبؤية القائمة على الذكاء الاصطناعي و إنترنت الأشياء التنبؤية

السلامة التنبؤية هي نمط متقدم في إدارة المخاطر المهنية يعتمد على قراءة مؤشرات الخطر قبل وقوع الحادث، باستخدام بيانات الفكرة المركزية لهذا المفهوم مفادها أن التحول المطلوب في السلامة والصحة المهنية لا يتمثل فقط في إدخال أجهزة أو برمجيات جديدة إلى بيئة العمل، بل في تغيير منطق إدارة المخاطر نفسه: من منطق الاستجابة بعد وقوع الحادث إلى منطق التنبؤ بالخطر قبل وقوعه. وهذا التحول يتفق مع الاتجاهات الدولية الحديثة في السلامة والصحة المهنية، حيث تؤكد منظمة العمل الدولية أن الذكاء الاصطناعي والرقمنة والأتمتة أصبحت تعيد تشكيل طريقة تحديد المخاطر المهنية وتقييمها وإدارتها داخل أماكن العمل. كما يشير تقرير منظمة العمل الدولية لعام 2025 إلى أن أدوات مثل أنظمة المراقبة الذكية، الأجهزة القابلة للارتداء، والحساسات البيئية يمكن أن تساعد في الكشف المبكر عن المخاطر وتقليل تعرض العمال للعوامل الضارة، بشرط أن يتم إدماجها ضمن سياسات وقائية واضحة ومشاركة فعلية للعمال.

ومن الناحية المفاهيمية، لا يمكن فهم السلامة التنبؤية باعتبارها بديلًا عن أنظمة السلامة التقليدية، بل باعتبارها مرحلة أكثر تقدمًا منها. فالمنشأة لا تستغني عن التدريب، التفتيش، معدات الوقاية، إجراءات الطوارئ، أو مسؤول السلامة، لكنها تضيف إليها طبقة جديدة قائمة على البيانات اللحظية والتحليل الذكي. وهذا يعني أن الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء يعملان كـ "رادار مبكر" يساعد المنشأة على رؤية الخطر قبل أن يظهر في شكل إصابة أو حريق أو انهيار معدة أو توقف إنتاجي.

2.2.1. مفهوم السلامة التفاعلية والسلامة الاستباقية والسلامة التنبؤية

يمكن التمييز بين ثلاثة مستويات رئيسية في إدارة السلامة المهنية:

الأول هو السلامة التفاعلية، وهي النمط التقليدي الذي يبدأ غالبًا بعد وقوع الحادث. في هذا النمط، تقيس المنشأة عدد الإصابات، أيام الغياب، الحوادث المسجلة، والخسائر الناتجة. هذه المؤشرات مهمة، لكنها تأتي متأخرة؛ لأنها تخبرنا بما حدث بالفعل، لا بما قد يحدث قريبًا.

الثاني هو السلامة الاستباقية، وهي مرحلة أفضل، حيث تبدأ المنشأة في تنفيذ تفتيش دوري، تدريب، تقييم مخاطر، خطط طوارئ، ومراجعة إجراءات العمل قبل وقوع الحوادث. هذا المستوى مهم وضروري، ويتفق مع فلسفة أنظمة إدارة السلامة والصحة المهنية مثل ISO 45001 ، التي تؤكد على إدارة مخاطر وفرص السلامة والصحة المهنية، مشاركة العمال، تحديد المخاطر، تقييمها، والتحسين المستمر .

أما المستوى الثالث فهو السلامة التنبؤية، وفيها لا تعتمد المنشأة فقط على التفتيش الدوري أو الخبرة البشرية، بل تستخدم بيانات مستمرة من بيئة العمل، وتحللها لاكتشاف مؤشرات الخطر قبل وقوع الحادث. هنا تصبح السلامة نظامًا حيًا يتابع الحرارة، الغازات،

الضوضاء، الاهتزاز، حركة المعدات، التزام العمال بمعدات الوقاية، وأنماط الحوادث وشبه الحوادث. الجدول (2) يلخص الفرق بين النماذج الثلاثة لإدارة السلامة المهنية.

جدول (2): المقارنة بين السلامة التفاعلية والاستباقية والتنبؤية

البعد	السلامة التفاعلية	السلامة الاستباقية	السلامة التنبؤية
نقطة التدخل	بعد وقوع الحادث	قبل الحادث من خلال التخطيط والتفتيش	قبل الحادث من خلال البيانات والإنذار المبكر
نوع البيانات	إصابات، وفيات، أيام غياب، خسائر	قوائم تفتيش، تقييم مخاطر، تدريبات	حساسات، كاميرات، أجهزة قابلة للارتداء، سجلات رقمية
طبيعة المؤشرات	مؤشرات متأخرة	مؤشرات وقائية	مؤشرات تنبؤية
دور الإنسان	التحقيق والاستجابة	التخطيط والرقابة	اتخاذ قرار مدعوم بالذكاء الاصطناعي
سرعة الاستجابة	بطيئة نسبيًا	متوسطة	لحظية أو شبه لحظية
المثال العملي	التحقيق بعد إصابة عامل	تفتيش شهري على المخاطر	إنذار مبكر عند ارتفاع حرارة العامل أو تسرب غاز
القيمة الأساسية	معرفة ما حدث	تقليل احتمال الحدوث	التنبؤ بما قد يحدث

تكتسب السلامة التنبؤية أهمية خاصة في اليمن لأن بيئة التشغيل ليست مستقرة ولا مثالية. فالمنشآت الصناعية والتجارية والخدمية تعمل في ظل تحديات تتعلق بالكهرباء، الصيانة، التمويل، الوقود، النقل، البنية التحتية، وتفاوت جودة التدريب. وفي مثل هذه البيئة، تصبح الحوادث المهنية أكثر تكلفة، لأن أي إصابة أو تعطل آلة أو حريق صغير قد يؤدي إلى توقف إنتاجي يصعب تعويضه.

ولا توجد حاليًا، بحسب المصادر المتاحة علنًا، قاعدة بيانات وطنية يمنية حديثة وشاملة يمكن الاعتماد عليها لإعطاء أرقام دقيقة عن الإصابات والأمراض المهنية حسب القطاع.

السلامة التنبؤية تقوم على سلسلة مترابطة من الخطوات. لا يبدأ النظام بالذكاء الاصطناعي مباشرة، بل يبدأ من البيانات. بدون بيانات، لا يوجد تنبؤ حقيقي. وبدون تدخل وقائي، لا قيمة للإنذار المبكر. الجدول (3) يعرض بالخطوات كيف يعمل منطق السلامة التنبؤية.

جدول (3): ألية عمل منطق السلامة التنبؤية

المرحلة	الوصف	المثال
1. الخطر المهني	مصدر محتمل للإصابة أو الضرر	حرارة، غاز، آلة، ضوضاء، سقوط، رافعة
2. جمع البيانات	التقاط إشارات من بيئة العمل	حساس حرارة، حساس غاز، كاميرا، جهاز قابل للارتداء
3. التحليل الذكي	تحليل النمط أو تجاوز العتبة	ارتفاع غير طبيعي، تكرار سلوك خطر، اهتزاز زائد
4. الإنذار المبكر	إرسال تنبيه للمشرف أو العامل	رسالة، صفارة، ضوء، لوحة تحكم
5. التدخل الوقائي	إجراء يمنع الحادث	إيقاف آلة، تهوية، إخلاء، صيانة، تغيير مهمة
6. التعلم والتحسين	تحديث النظام بناءً على النتائج	تعديل حدود الخطر، تحسين التدريب، تحديث الإجراءات

الاتحاد العام للغرف التجارية الصناعية اليمنية
Federation of Yemen Chambers of Commerce and Industry

2.2.2. دور إنترنت الأشياء في بناء السلامة التنبؤية

يمثل إنترنت الأشياء البنية الحسية للسلامة التنبؤية. بمعنى أبسط: إذا كان الذكاء الاصطناعي هو "العقل التحليلي"، فإن إنترنت الأشياء هو "الحواس" التي تلتقط إشارات الخطر من بيئة العمل. وتشمل هذه الحواس الحساسات البيئية، الأجهزة القابلة للارتداء، الكاميرات، أنظمة تتبع المعدات، وأنظمة مراقبة الطاقة والاهتزاز والحرارة.

على سبيل المثال، يمكن لحساسات الغاز أن ترسل إنذارًا عند وجود تسرب قبل وصول التركيز إلى مستوى خطر. ويمكن لحساسات الاهتزاز أن تكشف بداية خلل في آلة قبل تعطلها. ويمكن للأجهزة القابلة للارتداء أن ترصد إجهادًا حراريًا أو سقوط عامل أو دخوله إلى منطقة خطرة. وتشير NIOSH إلى أن التقنيات القابلة للارتداء في مواقع البناء يمكن أن تستخدم أنظمة إنذار واتصال لمساعدة العمال على تجنب مخاطر الاصطدام بالمعدات أو المركبات المتحركة .

جدول (4): دور انترنت الأشياء في بناء السلامة المهنية

التقنية / مصدر البيانات	الخطر المتوقع	مؤشر الإنذار أو الإشارة المبكرة	الإجراء الوقائي المقترح
حساس حرارة ورطوبة	الإجهاد الحراري	ارتفاع مؤشر الحرارة	إيقاف العمل مؤقتًا، توفير راحة وماء
حساس غاز	تسرب غازات أو أبخرة خطرة	تجاوز مستوى التركيز الآمن	تهوية، إخلاء، فحص مصدر التسرب
حساس ضوضاء	التعرض الزائد للضوضاء	تجاوز الحد المسموح	عزل مصدر الضوضاء، توفير واقيات سمع
حساس اهتزاز	خلل في آلة أو محرك	اهتزاز غير طبيعي	صيانة وقائية قبل التعطل
كاميرا ذكية	عدم ارتداء الخوذة أو السترة	رصد مخالفةPPE	تنبيه فوري للعامل والمشرف
جهاز قابل للارتداء	سقوط، إجهاد، دخول منطقة خطرة	إنذار للعامل والمشرف	إسعاف، إخلاء، تعديل المهمة
نظام تتبع معدات	تصادم رافعات أو مركبات	اقتراب خطر	إبطاء، توقف تلقائي، تنبيه صوتي
سجل شبه الحوادث	تكرار أخطاء أو مناطق خطرة	نمط متكرر	تعديل الإجراء أو إعادة التصميم

2.2.3. دور الذكاء الاصطناعي في تحليل الخطر

لا تقتصر قيمة الذكاء الاصطناعي على إصدار تنبيه عندما يتجاوز الحساس رقمًا معينًا. هذا يمكن أن تفعله الأنظمة البسيطة. القيمة الحقيقية للذكاء الاصطناعي تظهر عندما تتراكم البيانات، ويبدأ النظام في اكتشاف أنماط لا يلاحظها الإنسان بسهولة.

مثلًا، قد يكتشف النظام أن أغلب شبه الحوادث تقع في وردية معينة، أو في منطقة معينة من المصنع، أو بعد عدد معين من ساعات العمل، أو عندما ترتفع درجة الحرارة مع زيادة سرعة خط الإنتاج، أو عندما تتكرر أعطال آلة معينة قبل الحوادث. هنا لا يتعامل النظام مع كل إشارة منفردة، بل يربط بين البيانات للوصول إلى "نمط خطر."

جدول (5): الوظائف الخمس الرئيسية للذكاء الاصطناعي في دعم السلامة المهنية

وظيفة الذكاء الاصطناعي	معناها العملي في السلامة المهنية
الكشف المبكر	اكتشاف الخطر عند بدايته قبل أن يتحول إلى حادث
التنبؤ	تقدير احتمال وقوع حادث أو عطل بناءً على بيانات سابقة وحالية
التصنيف	تصنيف مستويات الخطر: منخفض، متوسط، عالٍ، حرج
ترتيب الأولويات	توجيه مسؤول السلامة إلى أكثر المواقع أو المعدات خطورة
التعلم المستمر	تحسين دقة الإنذار بناءً على الحوادث وشبه الحوادث السابقة

2.2.4. توظيف السلامة التنبؤية في دعم مستويات السيطرة على المخاطر

من المهم ألا تقدم الورقة الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء كحل منفصل عن مبادئ السلامة المهنية المعروفة. لذلك يجب ربطها بـ هرم السيطرة على المخاطر، وهو من أهم المفاهيم المهنية في السلامة. يوضح NIOSH أن السيطرة على المخاطر يجب أن تتم وفق ترتيب عام من الأكثر فاعلية إلى الأقل: إزالة الخطر، الاستبدال، الضوابط الهندسية، الضوابط الإدارية، ثم معدات الوقاية الشخصية .

في هذا الإطار، لا ينبغي أن تستخدم المنشأة التقنية فقط لاكتشاف أن العامل لا يرتدي الخوذة. هذا مهم، لكنه يقع في مستوى معدات الوقاية. الاستخدام الأقوى للذكاء الاصطناعي هو أن يساعد المنشأة على اكتشاف سبب وجود الخطر أصلًا، ثم تقليله من المصدر. مثال:

- إذا كشفت الكاميرا أن العمال لا يلتزمون بالخوذة، فهذا تنبيه مهم .
- لكن إذا كشفت البيانات أن منطقة معينة تتكرر فيها مخاطر سقوط أجسام، فالحل الأفضل ليس فقط تذكير العامل الخوذة، بل تعديل التخزين، تركيب حواجز، أو تغيير مسار الحركة .

إذن، السلامة التنبؤية يجب أن تخدم هرم السيطرة، لا أن تختزله في المراقبة والعقاب.

2.2.5. الفرق بين الإنذار البسيط والتنبؤ الذكي

الإنذار البسيط يحدث عندما يتجاوز مؤشر معين حدًا محددًا مسبقًا. مثلًا: إذا تجاوزت الحرارة 40 درجة، يصدر النظام تنبيهًا. هذا ليس ذكاءً اصطناعيًا بالمعنى الدقيق، بل قاعدة إنذار. أما التنبؤ الذكي فيحدث عندما يحلل النظام عدة متغيرات معًا ليستنتج احتمالية وقوع خطر. مثلًا: درجة حرارة مرتفعة + رطوبة عالية + مدة عمل طويلة + قلة فترات الراحة + شكاوى سابقة من الإرهاق = احتمال مرتفع للإجهاد الحراري. هذا التمييز مهم جدًا في اليمن، لأننا لا نحتاج في المرحلة الأولى إلى أنظمة معقدة ومكلفة. يمكن البدء بقواعد إنذار بسيطة، ثم تطويرها تدريجيًا إلى نماذج ذكاء اصطناعي عندما تتوفر البيانات الكافية.

جدول (6): الفرق بين الإنذار البسيط والتنبؤ الذكي

المقارنة	الإنذار البسيط	التنبؤ الذكي
الأساس	حد ثابت مسبقًا	تحليل عدة متغيرات وأنماط
مثال	الغاز تجاوز المستوى المسموح	تزايد احتمال التسرب بناءً على نمط ضغط وحرارة وصيانة
المتطلبات	حساس + قاعدة تنبيه	بيانات تاريخية + خوارزمية + تحقق
التكلفة	أقل	أعلى
ملاءمته لليمن	مناسب كبداية	مناسب بعد تراكم البيانات
الخطر المحتمل	إنذارات كثيرة أو خاطئة	تحيز أو خطأ خوارزمي إذا كانت البيانات ضعيفة

2.3. التقنيات الرئيسة في السلامة التنبؤية

لا تقوم السلامة التنبؤية على تقنية واحدة منفردة، بل على منظومة مترابطة تبدأ من جمع البيانات من بيئة العمل، ثم نقلها ومعالجتها، ثم تحليلها، ثم تحويل نتائج التحليل إلى إنذارات وقرارات وقائية. ولذلك فإن الحديث عن الذكاء الاصطناعي في السلامة المهنية دون وجود بيانات ميدانية دقيقة سيكون حديثًا ناقصًا؛ فالذكاء الاصطناعي لا "يتنبأ" من فراغ، بل يعتمد على بيانات تأتي من الحساسات، الكاميرات، الأجهزة القابلة للارتداء، سجلات الحوادث، بيانات الصيانة، وشكاوى العمال وملاحظات مسؤولي السلامة. وتؤكد منظمة العمل الدولية في تقريرها العالمي لعام 2025 أن الذكاء الاصطناعي والرقمنة والأتمتة وأنظمة المراقبة الذكية أصبحت من الأدوات المؤثرة في إعادة تشكيل السلامة والصحة المهنية، لأنها تتيح الكشف اللحظي عن المخاطر، وتقليل التعرض للعوامل الضارة، وتحسين ظروف العمل، مع ضرورة إدارة المخاطر الجديدة الناتجة عن هذه التقنيات .

وعليه، فإن التقنيات المستخدمة في السلامة التنبؤية يمكن فهمها ضمن ست طبقات مترابطة: طبقة الاستشعار، طبقة الاتصال، طبقة التخزين والمعالجة، طبقة التحليل الذكي، طبقة الإنذار والتدخل، وطبقة الحوكمة وحماية البيانات. هذه الطبقات لا تعمل بمعزل عن بعضها؛ فإذا كانت الحساسات ضعيفة أو غير معايرة، فإن البيانات ستكون غير موثوقة، وإذا كانت البيانات غير منظمة، فإن نماذج الذكاء الاصطناعي ستنتج إنذارات مضللة، وإذا لم توجد إجراءات تدخل واضحة، فلن يكون للإنذار المبكر قيمة عملية.

2.3.1. إنترنت الأشياء بوصفه البنية الحسية للسلامة التنبؤية

يمثل إنترنت الأشياء الطبقة الأولى في السلامة التنبؤية؛ فهو المسؤول عن تحويل بيئة العمل من بيئة "صامتة" لا نعرف عنها إلا من خلال الملاحظة البشرية، إلى بيئة "قابلة للقياس" يمكن قراءة مؤشرات الخطر فيها بصورة مستمرة. ويتحقق ذلك من خلال

حساسات وأجهزة ذكية تقيس الحرارة، الرطوبة، الغازات، الدخان، الضوضاء، الاهتزاز، الحركة، الموقع، السقوط، أو المؤشرات الفسيولوجية للعامل. في بيئة العمل التقليدية، قد لا يعرف مسؤول السلامة بوجود غاز أو ارتفاع حرارة أو اهتزاز غير طبيعي إلا بعد أن يشعر العامل بالخطر أو تقع المشكلة. أما في بيئة السلامة التنبؤية، فإن الحساس يستطيع التقاط الإشارة مبكرًا، وإرسالها إلى نظام تحليل أو لوحة مراقبة قبل أن تتحول إلى حادث. ولذلك فإن قيمة إنترنت الأشياء لا تكمن فقط في جمع البيانات، بل في جعل الخطر المهني مرئيًا وقابلًا للقياس والتتبع. وقد أشار المعهد الوطني الأمريكي للسلامة والصحة المهنية NIOSH إلى أن التقنيات القابلة للارتداء وأنظمة الإنذار والاتصال المدمجة يمكن أن تساعد في حماية العمال، خصوصًا في مواقع البناء، من مخاطر الاصطدام بالمركبات والمعدات المتحركة . وهذا المثال مهم للبيئة اليمنية، لأن مخاطر المعدات المتحركة، الرافعات، الشاحنات، والمواقع الإنشائية من المخاطر الواقعية التي يمكن تقليلها عبر أنظمة تنبيه بسيطة نسبيًا.

2.3.1.1. أنواع الحساسات والأجهزة المستخدمة في السلامة التنبؤية

يمكن تصنيف تقنيات إنترنت الأشياء المستخدمة في السلامة المهنية إلى خمس مجموعات رئيسية

جدول (7): خريطة مختصرة للتقنيات واستخداماتها

المجموعة التقنية	أمثلة عليها	نوع الخطر الذي تساعد في كشفه	القيمة الوقائية
حساسات بيئية	حرارة، رطوبة، غازات، دخان، غبار، ضوضاء	إجهاد حراري، اختناق، حريق، أمراض تنفسية، فقدان سمع	اكتشاف ظروف العمل الخطرة قبل إصابة العامل
حساسات المعدات	اهتزاز، حرارة محرك، ضغط، تيار كهربائي	أعطال ميكانيكية، ارتفاع حرارة الآلات، خلل كهربائي	صيانة وقائية قبل التعطل أو الحادث
أجهزة قابلة للارتداء	خوذ ذكية، أساور، سترات، بطاقات تحديد موقع	سقوط، إجهاد، دخول منطقة خطرة، اصطدام	تنبيه العامل والمشرف فورًا
كاميرات ذكية	كاميرات مرتبطة بالرؤية الحاسوبية	عدم ارتداء، دخول مناطق محظورة، اقتراب من آلة خطرة	مراقبة سلوكيات الخطر دون الاعتماد الكامل على التفتيش اليدوي
أنظمة تتبع الحركة والموقع	RFID، Bluetooth beacons، GPS، UWB	تصادم، فقدان عامل، ازدحام منطقة خطرة	معرفة موقع العامل والمعدة أثناء الطوارئ

2.3.1.2. الأجهزة القابلة للارتداء

تعد الأجهزة القابلة للارتداء من أهم تطبيقات السلامة التنبؤية لأنها تنقل القياس من مستوى "الموقع" إلى مستوى "العامل". فبدلًا من مراقبة درجة حرارة الورشة فقط، يمكن مراقبة تعرض العامل نفسه للحرارة أو التعب أو السقوط أو دخوله منطقة خطرة. وتشمل هذه الأجهزة الخوذ الذكية، الأساور الذكية، السترات المزودة بحساسات، بطاقات الموقع، وأجهزة الاستغاثة الشخصية.

جدول رقم (8): الوظائف الخمس الرئيسية للأجهزة القابلة للارتداء

الوظيفة	التفسير العملي	مثال تطبيقي
كشف السقوط	التعرف على السقوط المفاجئ أو عدم الحركة	عامل يسقط في موقع بناء فيرسل الجهاز إنذارًا
مراقبة الإجهاد	قياس مؤشرات مثل الحرارة أو معدل الحركة	تنبيه عند احتمال الإجهاد الحراري
تحديد الموقع	معرفة موقع العامل داخل المنشأة	العثور على عامل أثناء حريق أو إخلاء
منع الاصطدام	تنبيه العامل عند اقتراب معدة متحركة	رافعة شوكية تقترب من عامل في المخزن
طلب النجدة	زر استغاثة أو إنذار تلقائي	عامل يعمل منفردًا في منطقة بعيدة

لكن يجب الانتباه إلى أن هذه الأجهزة لا ينبغي أن تتحول إلى وسيلة لمراقبة العامل بشكل عقابي. قيمتها الأساسية هي حماية العامل، لا تتبع كل حركة يقوم بها. لذلك يجب أن تكون سياسة استخدامها واضحة: ما البيانات التي تجمع؟ من يراها؟ كم تحفظ؟ وهل تستخدم للوقاية فقط أم للعقوبة؟ هذه النقطة مهمة لأن EU-OSHA تؤكد أن الذكاء الاصطناعي في إدارة العمال قد يخلق فرصًا لتحسين السلامة، لكنه يطرح أيضًا مخاطر مرتبطة بالمراقبة والإدارة الخوارزمية وحقوق العمال .

2.3.2. الذكاء الاصطناعي والتحليل التنبؤي

يمثل الذكاء الاصطناعي طبقة التحليل في السلامة التنبؤية. فإذا كان إنترنت الأشياء يجمع البيانات، فإن الذكاء الاصطناعي يحاول فهم معنى هذه البيانات. ومع ذلك، من الضروري التمييز بين ثلاثة مستويات:

الأول هو الإنذار القائم على عتبة ثابتة، مثل إصدار تنبيه عندما تتجاوز الحرارة حدًا معينًا. هذا مفيد، لكنه ليس ذكاءً اصطناعيًا بالمعنى الدقيق. الثاني هو تحليل الأنماط، حيث يربط النظام بين عدة مؤشرات، مثل ارتفاع الحرارة، زيادة ساعات العمل، ضعف التهوية، وتكرار شكاوى العمال. الثالث هو التنبؤ الاحتمالي، حيث يستخدم النظام بيانات تاريخية وحالية لتقدير احتمال وقوع حادث أو عطل أو إصابة خلال فترة قريبة. الجدول (9) يوضح وظائف الذكاء الاصطناعي في السلامة التنبؤية.

جدول (9): وظائف الذكاء الاصطناعي في السلامة التنبؤية

وظيفة الذكاء الاصطناعي	نوع البيانات المطلوبة	المثال التطبيقي	الناتج المتوقع
كشف الشذوذ	بيانات حساسات لحظية	اهتزاز غير طبيعي في آلة	تنبيه صيانة قبل التعطل
التنبؤ بالمخاطر	بيانات تاريخية + بيانات حالية	تزايد احتمال الإجهاد الحراري	توصية بإيقاف العمل أو زيادة الراحة
تصنيف مستوى الخطر	بيانات حوادث وحساسات	خطر منخفض/متوسط/عالٍ/حرج	ترتيب أولويات التدخل
الرؤية الحاسوبية	صور وفيديو	عدم ارتداء الخوذة	تنبيه فوري
تحليل النصوص	بلاغات حوادث وشبه حوادث	تكرار شكاوى من منطقة معينة	كشف مناطق خطرة
الصيانة التنبؤية	اهتزاز، حرارة، ضغط، سجل أعطال	آلة مرشحة للتعطل	صيانة قبل توقف الإنتاج

2.3.2.1. الرؤية الحاسوبية والكاميرات الذكية

الرؤية الحاسوبية هي أحد تطبيقات الذكاء الاصطناعي التي تسمح للنظام بتحليل الصور أو الفيديو لاكتشاف سلوكيات أو أوضاع خطرة. في السلامة المهنية، يمكن استخدامها في كشف عدم ارتداء الخوذة أو القفازات أو السترة العاكسة، دخول مناطق محظورة، الوقوف بالقرب من معدات متحركة، التدخين قرب مواد قابلة للاشتعال، أو ازدحام العاملين في منطقة ضيقة.

لكن يجب التعامل معها بحذر. فالكاميرا الذكية ليست بديلًا عن مسؤول السلامة، وقد تخطئ في التمييز بين الحالات، خصوصًا في ظروف الإضاءة الضعيفة أو الغبار أو الملابس غير الموحدة. لذلك يجب أن يكون دورها تنبيهيًا ومساعدًا لا نهائيًا. بمعنى: النظام يرسل تنبيهًا، ومسؤول السلامة يتحقق، ثم يتخذ الإجراء المناسب. يمكن استخدام الرؤية الحاسوبية في اليمن بشكل تدريجي في المواقع التي يوجد فيها خطر واضح ومتكرر.

جدول رقم (10) استخدامات الرؤية الحاسوبية في كشف السلوكيات الخطرة

موقع الاستخدام	ما يمكن كشفه	الإجراء الوقائي
خطوط الإنتاج	الاقتراب من آلة دوارة أو منطقة قطع	إيقاف مؤقت أو تنبيه صوتي
المخازن	عدم ارتداء خوذة أو سترة عاكسة	تنبيه العامل والمشرف
مواقع البناء	عدم استخدام خوذة أو حزام أمان	منع دخول منطقة العمل

الاتحاد العام لغرف التجارة والصناعة اليمنية
Federation of Yemen Chambers of Commerce and Industry

موقع الاستخدام	ما يمكن كشفه	الإجراء الوقائي
مداخل المناطق الخطرة	دخول شخص غير مصرح	إنذار أمني وسلامة
مناطق التحميل	اقتراب عامل من رافعة أو شاحنة	تنبيه فوري لتجنب الاصطدام

2.3.3. لحوسبة الطرفية والحوسبة السحابية

في الدول ذات البنية الرقمية القوية، يمكن إرسال البيانات مباشرة إلى خوادم سحابية لتحليلها. لكن في اليمن، حيث قد تكون الكهرباء والإنترنت غير مستقرين في بعض المواقع، لا يصح بناء نظام سلامة يعتمد كليًا على اتصال دائم بالإنترنت. هنا تصبح الحوسبة الطرفية مهمة جدًا. تعني الحوسبة الطرفية أن جزءًا من المعالجة يتم بالقرب من مصدر البيانات، مثل جهاز محلي داخل المصنع أو الموقع، بدل إرسال كل شيء إلى الإنترنت. هذا مهم في السلامة لأن بعض القرارات لا تحتمل الانتظار. فإذا حدث تسرب غاز أو سقوط عامل أو اقتراب رافعة من شخص، يجب أن يصدر الإنذار فورًا حتى لو كان الإنترنت مقطوعًا. الحوسبة الطرفية في تطبيقات إنترنت الأشياء تضع موارد المعالجة أقرب إلى مصادر البيانات، مما يقلل زمن الاستجابة ويخفف الضغط على الشبكة .لذلك، فإن التصميم الأنسب لليمن هو نموذج هجين.

جدول رقم (11): أنواع معالجات البينات

نوع المعالجة	أين تتم؟	متى تستخدم؟	ملاءمتها لليمن
معالجة طرفية	داخل المنشأة أو بالقرب من الحساسات	إنذارات فورية، مخاطر حرجة	عالية جدًا
معالجة سحابية	على خادم خارجي أو منصة مركزية	تقارير، تحليل طويل المدى، تدريب نماذج	مفيدة عند توفر اتصال مستقر
نموذج هجين	جزء محلي وجزء سحابي	إنذار محلي + تحليل مركزي	الأنسب للتطبيق التدريجي

2.3.4. لوحات التحكم و أنظمة الإنذار المبكر

لا تكتمل السلامة التنبؤية بمجرد جمع البيانات وتحليلها؛ فالمرحلة الحاسمة هي تحويل نتائج التحليل إلى قرار قابل للتنفيذ .وهنا تظهر أهمية لوحات التحكم وأنظمة الإنذار المبكر. لوحة التحكم الجيدة لا تعرض أرقامًا كثيرة بلا معنى، بل تعرض مؤشرات مختصرة تساعد مسؤول السلامة والإدارة على اتخاذ قرار سريع. مثلًا: منطقة الخطر الأعلى، عدد الإنذارات خلال اليوم، المعدات ذات الاحتمال الأعلى للتعطل، مستوى الالتزام بمعدات الوقاية، أو عدد شبه الحوادث في كل قسم.

جدول رقم (12): مستويات الإنذار في نظام السلامة التنبؤية

مستوى الإنذار	معنى المستوى	مثال	الإجراء المطلوب
أخضر	الوضع طبيعي	الحرارة ضمن الحدود	متابعة عادية
أصفر	خطر محتمل	ارتفاع تدريجي في الحرارة	مراقبة وزيادة التهوية
برتقالي	خطر عالٍ	تجاوز حد آمن لفترة قصيرة	تدخل المشرف فورًا
أحمر	خطر حرج	تسرب غاز أو سقوط عامل	إيقاف/إخلاء/إسعاف

2.3.5. الأمن السيبراني وحماية بيانات السلامة

كلما زاد استخدام الحساسات والكاميرات والأجهزة المتصلة، زادت الحاجة إلى أمن سيبراني واضح. فاختراق نظام السلامة ليس مجرد مشكلة تقنية؛ بل قد يصبح خطرًا مباشرًا على العمال والمنشأة. إذا تم تعطيل حساس غاز، أو تغيير إعدادات إنذار، أو الوصول غير المصرح إلى كاميرات أو مواقع العمال، فقد تتحول التقنية نفسها إلى مصدر خطر.

لذلك، يجب أن تتضمن أنظمة السلامة التنبؤية متطلبات أساسية مثل تعريف كل جهاز، التحكم في الصلاحيات، حماية البيانات، تحديث البرمجيات، مراقبة حالة الجهاز، وتأمين الاتصال. وتقدم NIST في وثيقة SP 800-213A كتالوجًا لقدرات الأمن السيبراني المطلوبة لأجهزة إنترنت الأشياء، ومنها تعريف الجهاز، تهيئة الجهاز، حماية البيانات، التحكم المنطقي في الوصول، تحديث البرمجيات، الوعي بالحالة السيبرانية، وأمن الجهاز . في السياق اليمني، لا يعني الأمن السيبراني بالضرورة بناء أنظمة معقدة ومكلفة، بل يعني الالتزام بحد أدنى عملي.

جدول رقم (13): الحد الأدنى للحماية

متطلب الحماية	التطبيق العملي
تعريف الأجهزة	معرفة كل حساس أو كاميرا متصلة بالنظام
كلمات مرور قوية	منع استخدام كلمات مرور افتراضية
صلاحيات محددة	لا يرى البيانات إلا من يحتاجها فعليًا
تحديثات دورية	سد الثغرات عند توفر تحديثات
تشفير الاتصال	حماية البيانات أثناء النقل
نسخ احتياطي	عدم فقدان سجلات الحوادث والإنذارات
سجل دخول ومراجعة	معرفة من دخل للنظام وماذا فعل

2.3.6. تكامل التقنيات في نموذج تشغيلي واحد

جدول رقم (14): مصفوفة التنبؤ بالمخاطر المهنية باستخدام الذكاء الاصطناعي وانترنت الاشياء

الخطر المهني	التقنية المناسبة	نوع البيانات	نوع الإنذار	التدخل الوقائي
الإجهاد الحراري	حساس حرارة ورطوبة + جهاز قابل للارتداء	حرارة الموقع/العامل	ارتفاع خطر حراري	راحة، ماء، تهوية، تقليل مدة العمل
تسرب الغاز	حساس غاز	تركيز الغاز	تجاوز حد خطر	إخلاء، تهوية، فحص المصدر
الغبار والدخان	حساس جودة هواء	جسيمات/دخان	تدهور جودة الهواء	تهوية، كمامات، إيقاف مصدر الغبار
الضوضاء	حساس ضوضاء	ديسيبل	تعرض زائد	واقيات سمع، عزل مصدر الضوضاء
أعطال المعدات	حساس اهتزاز/حرارة	اهتزاز/حرارة محرك	خلل مبكر	صيانة وقائية
السقوط	جهاز قابل للارتداء/كاميرا	حركة مفاجئة/عدم حركة	سقوط محتمل	إسعاف وتحديد الموقع
الاصطدام بالمعدات	تتبع موقع العامل والمعدة	اقتراب خطر	إنذار قرب	إيقاف أو إبطاء المعدة

الاتحاد العام للغرف التجارية الصناعية اليمنية
Federation of Yemen Chambers of Commerce and Industry

الخطر المهني	التقنية المناسبة	نوع البيانات	نوع الإنذار	التدخل الوقائي
عدم استخدام PPE	كاميرا ذكية	صورة/فيديو	مخالفة وقائية	تنبيه وتدريب
الحرائق	دخان/حرارة/غاز	دخان وحرارة	احتمال حريق	إخلاء وفصل مصدر الخطر
الإرهاق	ساعات عمل + بلاغات + حركة	نمط تعب	خطر إجهاد	تدوير مهام وراحة

2.3.7. مستويات النضج التقني للسلامة التنبؤية

ليس من الواقعي مطالبة المنشآت اليمنية بالانتقال مباشرة إلى أنظمة ذكاء اصطناعي متقدمة. الأفضل هو تبني نموذج نضج تدريجي، يبدأ بالرقمنة البسيطة ثم ينتقل إلى التحليل ثم التنبؤ.

جدول (15): مستويات النضج التقني للسلامة المهنية

مستوى النضج	وصف المستوى	الأدوات المستخدمة	ملاءمته للمنشآت اليمنية
المستوى 1: رقمنة أساسية	تحويل سجلات الحوادث والتفتيش إلى نماذج رقمية	Google Forms، Excel، تطبيق بسيط	مناسب جدًا كبداية
المستوى 2: إنذار بسيط	استخدام حساسات وحدود ثابتة	حساس غاز/حرارة + إنذار	مناسب للمخاطر الواضحة
المستوى 3: لوحة مؤشرات	تجميع بيانات السلامة في لوحة متابعة	Dashboardمحلية أو سحابية	مناسب للمنشآت المتوسطة
المستوى 4: تحليل أنماط	ربط الحوادث بالمكان والوقت والمعدة	تحليل بيانات بسيط	يحتاج بيانات منظمة
المستوى 5: تنبؤ ذكي	نماذج AI لتوقع الحوادث أو الأعطال	Machine Learning	مناسب بعد تراكم بيانات كافية

2.3.8. شروط نجاح التقنيات في بيئة العمل اليمنية

الغرفة التجارية الصناعية اليمنية
Federation of Yemen Chambers of Commerce and Industry

حتى تنجح هذه التقنيات في اليمن، لا بد من مراعاة مجموعة شروط عملية:

1. **اختيار الخطر قبل اختيار التقنية**: لا تبدأ المنشأة بسؤال: ما الجهاز الذي نشتريه؟ بل تبدأ بسؤال: ما أكثر خطر يسبب إصابات أو توقفًا لدينا؟
2. **البدء بحلول منخفضة التكلفة**: مثل حساسات الحرارة والغاز والضوضاء، وسجلات شبه الحوادث الرقمية، بدل القفز إلى منظومات معقدة.
3. **العمل دون اتصال دائم بالإنترنت**: يجب أن تعمل الإنذارات الحرجة محليًا حتى عند انقطاع الشبكة.
4. **تدريب مسؤول السلامة**: التقنية لا تفهم سياق المصنع وحدها؛ مسؤول السلامة هو من يفسر ويقرر.
5. **إشراك العمال**: العامل يجب أن يعرف أن النظام لحمايته، لا لمراقبته ومعاقبته.
6. **قياس الإنذارات الكاذبة**: إذا كانت الإنذارات كثيرة وغير دقيقة، سيفقد النظام الثقة.

7. **حماية البيانات** :خصوصًا بيانات الموقع، الصحة، الصور، وسجلات الأداء .

ربط التقنية بالإجراءات :كل إنذار يجب أن يكون له إجراء واضح: من يتلقى الإنذار؟ ماذا يفعل؟ خلال كم دقيقة؟ ومن يوثق النتيجة؟

2.4. المؤشرات القيادية والتنبؤية

أن المؤشرات القيادية تساعد المنشآت على اتخاذ إجراءات وقائية قبل وقوع الحوادث، بينما تقيس المؤشرات المتأخرة ما OSHA تؤكد ومن هنا يمكن تطوير جيل ثالث من المؤشرات هو المؤشرات التنبؤية، وهي مؤشرات تربط بيانات متعددة .(OSHA, n.d.) حدث بالفعل لتقدير احتمال خطر قريب. ففي بيئة يمنية محدودة الموارد، لا يتطلب ذلك بالضرورة خوارزميات معقدة في البداية؛ يمكن البدء بقواعد .إنذار بسيطة ثم تطويرها تدريجيًا

جدول رقم (16): أمثلة لمؤشرات قابلة للتحويل إلى لوحة متابعة

نوع المؤشر	مثال	الدلالة العملية
متأخر	عدد الإصابات خلال الشهر	يقيس نتائج حدثت بالفعل
قيادي	عدد جولات التفتيش ونسبة إغلاق الإجراءات التصحيحية	يقيس نشاط الوقاية
تنبؤي	تكرار إنذارات الحرارة في وردية معينة	احتمال إجهاد حراري أو خلل تهوية
تنبؤي	زيادة اهتزاز آلة خلال أسبوع	احتمال تعطل ميكانيكي أو حادث
تنبؤي	تكرار شبه الحوادث قرب ممر مخزن	خلل في الحركة أو التخزين أو الرؤية

2.5. الضوابط الأخلاقية والمؤسسية

لا يمكن تقديم السلامة التنبؤية بوصفها مراقبة للعامل. جوهرها هو مراقبة مصادر الخطر. فالاعتماد على الكاميرات والأجهزة القابلة للارتداء وتحليل بيانات العمال قد يخلق مخاوف مشروعة من المراقبة المفرطة أو الاستخدام العقابي للبيانات. لذلك تؤكد الأدبيات أن أنظمة الذكاء الاصطناعي في إدارة العمل تحتاج إلى شفافية، تقييم مخاطر، حماية خصوصية، ورقابة EU-OSHA، ومنها ،وعليه، يجب أن تستند أي منظومة سلامة تنبؤية إلى مبادئ: الوقاية لا العقاب، الحد الأدنى من البيانات .(EU-OSHA, 2022) بشرية .معرفة العامل بما يُجمع عنه، مراجعة بشرية للقرارات الحساسة، وأمن سيبراني مناسب

ثالثًا: الجانب التطبيقي: المخاطر والنموذج اليمني المقترح

3.1. المخاطر المهنية القابلة للتنبؤ في اليمن

لا توجد قاعدة بيانات يمنية منشورة وشاملة تسمح بترتيب دقيق للإصابات المهنية حسب القطاع. لذلك تتعامل هذه الورقة مع المخاطر :من زاوية مهنية تطبيقية: ما المخاطر التي تترك مؤشرات مبكرة قابلة للرصد في منشآت القطاع الخاص اليمني؟ وتشمل الأولويات العملية الحرارة والإجهاد الحراري، الغاز والدخان والحريق، الآلات والمعدات الدوارة، الكهرباء والمولدات، السقوط في البناء، الرافعات والنقل الداخلي، جودة الهواء والغبار، الضوضاء، النفايات الطبية، والإرهاق الناتج عن ساعات العمل.

جدول رقم (17): مصفوفة المخاطر القابلة للتنبؤ وأدوات الرصد

الخطر	مؤشر مبكر	أداة رصد مناسبة	إجراء وقائي
الإجهاد الحراري	ارتفاع الحرارة والرطوبة أو تكرار شكاوى الدوخة	حساس حرارة/رطوبة وسجل ساعات العمل	راحة، ماء، تهوية، تعديل الجداول
تسرب الغاز/الدخان	تجاوز تركيز الغاز أو ظهور دخان	حساس غاز/دخان	إخلاء، تهوية، فحص المصدر
أعطال الآلات	اهتزاز أو حرارة غير طبيعية	حساس اهتزاز/حرارة وسجل صيانة	إيقاف وفحص وصيانة وقائية
الكهرباء والمولدات	ارتفاع حرارة كابل أو تكرار الانقطاع	حساس حرارة/دخان أو تفتيش حراري	فصل، إصلاح، تنظيم الحمل
السقوط في البناء	غياب الحواجز أو أحزمة الأمان	تفتيش رقمي أو كاميرا مناطق خطرة	منع العمل حتى التصحيح
الرافعات والنقل الداخلي	اقتراب عامل من معدة متحركة	حساس قرب أو تتبع موقع	إنذار، إبطاء، تنظيم المسارات
الضوضاء	تجاوز مستويات الضوضاء المتكررة	جهاز قياس ضوضاء	عزل المصدر، واقيات سمع، تقليل التعرض
النفايات الطبية	سوء فرز أو وخز إبر متكرر	سجل بلاغات وتتبع حاويات	تدريب، حاويات آمنة، متابعة المخزون
الإرهاق التنظيمي	زيادة شبه الحوادث آخر الوردية	تحليل ساعات العمل والبلاغات	راحة، تدوير مهام، تعديل المناوبات

3.2. النموذج اليمني المرحلي للسلامة التنبؤية

يقترح هذا البحث نموذجًا عمليًا بعنوان "النموذج اليمني المرحلي للسلامة التنبؤية في منشآت القطاع الخاص". ويستند النموذج إلى مبدأ واضح: لا يبدأ التطبيق بشراء أنظمة ذكاء اصطناعي متقدمة، بل يبدأ بتشخيص الخطر وتنظيم البيانات ثم بناء إنذار منخفض التكلفة وبعد ذلك يأتي التحليل الذكي. وهذا التدرج يلائم اليمن لأنه يقلل التكلفة، يحافظ على قابلية التشغيل، ويمنع تحول التقنية إلى عبء غير مستخدم.

الاتحاد العام لغرف التجارة والصناعة اليمنية
Federation of Yemen Chambers of Commerce and Industry

جدول (18): المراحل الخمس للنموذج اليمني المقترح

المرحلة	الهدف	الأدوات	المخرج
1. التشخيص الأولي للمخاطر	تحديد أعلى المخاطر حسب الشدة وقابلية الرصد	جولات ميدانية، مقابلات، قائمة تحقق	خريطة مخاطر أولية
2. جمع البيانات البسيطة	إنشاء ذاكرة سلامة للمنشأة	نموذج حادث، شبه حادث، سجل تفتيش وصيانة	قاعدة بيانات أولية
3. الإنذار المبكر منخفض التكلفة	كشف الخطر قبل وقوعه	حساسات حرارة/غاز/دخان/ضوضاء، إنذار محلي	تنبيهات وإجراءات فورية

المرحلة	الهدف	الأدوات	المخرج
4. التحليل الذكي التدريجي	كشف الأنماط وترتيب الأولويات	لوحة مؤشرات، تحليل بيانات، كشف شذوذ بسيط	مؤشرات تنبؤية وخرائط خطر
5. التوسع المؤسسي	نقل التجربة من منشأة إلى قطاع	دليل، تدريب، قاعدة بيانات طوعية عبر الاتحاد	مبادرة قطاعية قابلة للتوسع

3.3. متطلبات التطبيق في اليمن

،يتطلب تطبيق النموذج في اليمن سبعة شروط أساسية: قيادة إدارية مقتنعة، مسؤول سلامة مدرب، بيانات حوادث وشبه حوادث .حساسات بسيطة للمخاطر الأعلى، بروتوكول تدخل عند الإنذار، سياسة خصوصية للعمال، وشراكات مع الجامعات وشركات التقنية هذه المتطلبات أهم من كثرة الأجهزة؛ لأن الحساس الذي لا يرتبط بإجراء تدخل واضح لا يمنع حادثًا، والبيانات التي لا تُراجع لا تتحول إلى معرفة، والتقنية التي لا يثق بها العمال ستواجه مقاومة.

جدول رقم (19): الحد الأدنى الجاهز للتطبيق في المنشآت اليمنية

المتطلب	الحد الأدنى العملي	مؤشر النجاح
قيادة إدارية	قرار مكتوب ومراجعة شهرية للسلامة	وجود سياسة ومحاضر اجتماع
مسؤول سلامة	شخص محدد ومدرب على السجلات والإنذارات	مسؤوليات واضحة
بيانات	سجل حادث وشبه حادث وتفتيش	انتظام الإدخال شهريًا
حساسات بسيطة	حساس أو اثنان حسب الخطر الأعلى	تغطية موقع خطر محدد
بروتوكول تدخل	من يستقبل الإنذار؟ ماذا يفعل؟ خلال كم دقيقة؟	زمن استجابة موثق
خصوصية العمال	سياسة بيانات: الغرض، الصلاحيات، مدة الحفظ	قبول أعلى من العمال
شراكات	جامعة أو مزود تقنية أو غرفة محلية	تدريب ودعم فني مستمر

3.4. التحديات ومخاطر التنفيذ

أهم ما يجب تجنبه هو التفاؤل التقني المفرط. فالسلامة التنبؤية قد تفشل إذا طُبقت في منشأة لا تملك كهرباء أو اتصالًا مستقرًا، أو لا تسجل شبه الحوادث، أو لا تملك مسؤول سلامة مدربًا، أو تستخدم الكاميرات بطريقة تولد الخوف. لذلك يجب التعامل مع التحديات كجزء من التصميم، لا كأسباب لإلغاء المشروع.

جدول (20): التحديات الرئيسة واستراتيجيات التخفيف

التحدي	الأثر المحتمل	استراتيجية التخفيف
ضعف الكهرباء والإنترنت	توقف الحساسات أو تأخر التنبيهات	إنذار محلي، بطاريات، مزامنة لاحقة
التكلفة	صعوبة مشاركة المنشآت الصغيرة	حزمة بداية منخفضة التكلفة ومشاريع تجريبية
نقص البيانات	ضعف التحليل والتنبؤ	نماذج موحدة للحوادث وشبه الحوادث
ضعف الثقافة الوقائية	تجاهل الإنذارات أو ضعف الإبلاغ	تدريب، قيادة، سياسة عدم عقاب
خوف العمال من المراقبة	مقاومة النظام وإخفاء المعلومات	شفافية، حد أدنى من البيانات، مشاركة العمال
نقص الكفاءات	سوء تشغيل النظام أو تفسير الإنذارات	برامج تدريب قصيرة وشراكات جامعية

الاتحاد العام لغرف التجارة والصناعة اليمنية
Federation of Yemeni Chambers of Commerce and Industry

التحدي	الأثر المحتمل	استراتيجية التخفيف
الأمن السيبراني	اختراق أو تعطيل أنظمة السلامة	صلاحيات، كلمات مرور، تحديثات، نسخ احتياطي
الاعتماد الزائد على التقنية	إهمال التفتيش والتدريب	مراجعة بشرية ومعايرة دورية

3.5. دور الاتحاد العام للغرف التجارية والصناعية اليمنية

يمثل الاتحاد العام للغرف التجارية والصناعية اليمنية الجهة الأنسب لقيادة مبادرة قطاعية طوعية في السلامة التنبؤية، لأنه يمثل القطاع الخاص ويستطيع التنسيق بين المنشآت والغرف المحلية والحكومة والجامعات والمانحين ومزودي التقنية. ولا يتمثل دوره في أن يكون جهة تفتيش بديلة عن الدولة، بل جهة تمكين وتنسيق وتدريب وبناء معرفة.

جدول رقم (21): أدوار الاتحاد المقترحة

المجال	ما يقوم به الاتحاد	المخرج المتوقع
مبادرة وطنية	إطلاق برنامج طوعي للسلامة التنبؤية	إطار جامع للمنشآت المشاركة
قاعدة بيانات طوعية	جمع بيانات مجهولة عن الحوادث وشبه الحوادث	فهم قطاعي للمخاطر
دليل تطبيقي	إعداد دليل مبسط للمنشآت حسب القطاعات	توحيد الممارسات الأولية
مشاريع تجريبية	اختيار منشآت عالية المخاطر وتجربة حزم منخفضة التكلفة	نماذج نجاح قابلة للتوسع
التدريب	تأهيل مسؤولي السلامة والمشرفين	رفع الكفاءة العملية
الشراكات	التنسيق مع الحكومة والمانحين والجامعات ومزودي التقنية	توفير دعم وتمويل وخبرة
التحفيز	شهادة طوعية وجوائز للمنشآت الملتزمة	تعزيز السمعة والالتزام
المؤشر السنوي	إصدار مؤشر جاهزية السلامة الذكية	قياس التقدم سنويًا

رابعًا: النتائج والتوصيات

4.1. أبرز النتائج

1) السلامة التنبؤية تمثل تطورًا عمليًا في إدارة السلامة، لأنها تنتقل من قياس الحوادث بعد وقوعها إلى رصد مؤشرات الخطر قبل وقوعها.
2) الذكاء الاصطناعي لا يبدأ من الخوارزمية، بل من البيانات؛ لذلك فإن تسجيل الحوادث وشبه الحوادث شرط أولي لأي تطبيق ناجح.
3) المخاطر الأكثر ملاءمة للبداية في اليمن هي الحرارة، الغاز والدخان، الآلات، الكهرباء، السقوط، الرافعات، الضوضاء والنفايات الطبية، لأنها تترك مؤشرات قابلة للرصد.
4) النموذج الأنسب لليمن هو نموذج مرحلي منخفض التكلفة يبدأ بالتشخيص والرقمنة البسيطة والإنذار المحلي، ثم يتطور إلى التحليل الذكي بعد تراكم البيانات.
5) التحديات لا تلغي إمكانية التطبيق، لكنها تفرض تصميمًا محليًا: أنظمة تعمل دون إنترنت دائم، حزم تقنية بسيطة، تدريب عملي، وحوكمة لبيانات العمال.

الاتحاد العام للغرف التجارية الصناعية اليمنية
Federation of Yemen Chambers of Commerce and Industry

الاتحاد العام للغرف التجارية والصناعية اليمنية يستطيع تحويل الفكرة من تجربة فردية إلى مبادرة قطاعية عبر الأدلة، التدريب قاعدة البيانات الطوعية، المشاريع التجريبية، والمؤشر السنوي

4.2. التوصيات

:تقدم الورقة توصيات عملية موزعة حسب الجهات المعنية، حتى لا تبقى السلامة التنبؤية شعارًا عامًا. وتقوم التوصيات على مبدأ التدرج البدء بالبيانات والمخاطر الأعلى، ثم الإنذار المبكر، ثم التحليل الذكي، ثم التوسع المؤسسي.

جدول (22): مصفوفة التوصيات حسب الجهة

الجهة	التوصيات العملية
الحكومة والجهات الرسمية	إصدار إرشادات وطنية للسلامة التنبؤية؛ تشجيع الإبلاغ عن شبه الحوادث؛ إدخال المؤشرات القيادية في التفتيش؛ تنظيم حماية بيانات العمال؛ دعم المنشآت الصغيرة في التدريب وأدوات الإنذار الأساسية.
الاتحاد العام للغرف	إطلاق المبادرة الوطنية للسلامة التنبؤية؛ إنشاء قاعدة بيانات طوعية ومجهولة؛ إعداد دليل تطبيقي؛ تنفيذ مشاريع تجريبية؛ تدريب مسؤولي السلامة؛ إطلاق شهادة ومؤشر سنوي للسلامة الذكية.
منشآت القطاع الخاص	تعيين مسؤول سلامة؛ رقمنة سجلات الحوادث وشبه الحوادث؛ البدء بالمخاطر الأعلى؛ تركيب حساسات بسيطة؛ اعتماد بروتوكول تدخل؛ تدريب العمال؛ مراجعة المؤشرات شهريًا.
المنظمات الدولية والمانحون	تمويل مشاريع تجريبية مستدامة؛ دعم التدريب وبناء القدرات؛ توفير خبرات في السلامة والرقمنة؛ تمويل منصة بيانات طوعية؛ تقييم الأثر قبل التوسع.
الجامعات ومراكز التدريب	إدخال السلامة التنبؤية في برامج التدريب؛ تطوير مشاريع تخرج تطبيقية؛ دعم تحليل البيانات؛ تدريب مسؤولي السلامة؛ بناء فرق بحث متعددة التخصصات.
مزودو التقنية	تقديم حلول منخفضة التكلفة؛ دعم اللغة العربية؛ تشغيل محلي دون إنترنت دائم؛ تدريب فنيين محليين؛ توفير صيانة؛ تضمين أمن سيبراني وخصوصية منذ التصميم.

خامسًا: الخاتمة

خلصت الورقة إلى أن السلامة التنبؤية ليست رفاهية تقنية، بل ضرورة عملية لحماية العمال واستمرارية الإنتاج في اليمن. فكل حادث مهني يمكن رصد مؤشراته قبل وقوعه هو حادث يمكن تقليل احتماله، وكل شبه حادث يتم الإبلاغ عنه وتحليله هو فرصة لإنقاذ عامل ومنع خسارة. ولا تكمن قيمة الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء في الأجهزة أو البرمجيات ذاتها، بل في قدرتها على جعل بيئة العمل قابلة للقياس، وتحويل البيانات إلى إنذار، والإنذار إلى تدخل وقائي. إن المسار المناسب لليمن ليس القفز إلى أنظمة معقدة، بل البدء بما هو ممكن وفعال: تشخيص المخاطر، تسجيل الحوادث وشبه الحوادث، استخدام حساسات بسيطة للمخاطر الأعلى، بناء بروتوكولات تدخل واضحة، تدريب المشرفين والعمال، وحماية الخصوصية. وبعد تراكم البيانات يمكن تطوير التحليل الذكي تدريجيًا. وبهذا تتحول السلامة من ثقافة الاستجابة بعد الحادث إلى ثقافة قراءة الخطر قبل وقوعه. وتؤكد الورقة أن الاتحاد العام للغرف التجارية والصناعية اليمنية يستطيع أن يكون المحرك المؤسسي لهذا التحول، عبر مبادرة وطنية طوعية تربط المنشآت بالغرف والجامعات والحكومة والمانحين ومزودي التقنية. فإذا تم هذا الدور بصورة عملية، فإن السلامة التنبؤية يمكن أن تسهم في حماية العامل، تقليل توقف الإنتاج، تحسين سمعة المنشآت، ودعم صمود القطاع الخاص اليمني في مرحلة التعافي وإعادة البناء. إن مستقبل السلامة والصحة المهنية في اليمن لن

يبنى فقط بالخوذ والقفازات ولوحات التحذير، بل بالقدرة على قراءة مؤشرات الخطر قبل أن تتحول إلى مأساة. ومن هنا، فإن الاستثمار في السلامة التنبؤية هو استثمار في الإنسان، والإنتاج، واستقرار القطاع الخاص، ومستقبل العمل الآمن في اليمن.

قائمة المصادروالمراجع

European Agency for Safety and Health at Work. (2022). Artificial intelligence for worker management: Risks and opportunities. https://healthy-workplaces.osha.europa.eu/en/publications/artificial-intelligence-worker-management-risks-and-opportunities-0

International Labour Organization. (2022). A safe and healthy working environment is a fundamental principle and right at work. https://www.ilo.org/publications/safe-and-healthy-working-environment-fundamental-principle-and-right-work

International Labour Organization. (2025). Revolutionizing health and safety: The role of AI and digitalization at work: Global report. https://doi.org/10.54394/KNZE0733

Megas, K., Fagan, M., Marron, J., Brady, K., Cuthill, B., Herold, R., Lemire, D., & Hoehn, B. (2021). IoT device cybersecurity guidance for the federal government: IoT device cybersecurity requirement catalog (NIST SP 800-213A). National Institute of Standards and Technology. https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-213A

National Institute for Occupational Safety and Health. (2019). Wearable technologies for improved safety and health on construction sites. Centers for Disease Control and Prevention. https://www.cdc.gov/niosh/bulletin/2019/wearable-construction.html

National Institute for Occupational Safety and Health. (2024). Hierarchy of controls. Centers for Disease Control and Prevention. https://www.cdc.gov/niosh/hierarchy-of-controls/about/index.html

Occupational Safety and Health Administration. (n.d.). Leading indicators. U.S. Department of Labor. https://www.osha.gov/leading-indicators

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2026). Promoting economic resilience in Yemen. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/81ed2898-en

World Health Organization & International Labour Organization. (2021). WHO/ILO joint estimates of the work-related burden of disease and injury, 2000-2016: Global monitoring report. World Health Organization. https://www.who.int/publications/i/item/9789240034945

الاتحاد العام لغرف التجارة والصناعة اليمنية
Federation of Yemen Chambers of Commerce and Industry

World Health Organization, Yemen Emergency Human Capital Project. (2025). Labor management procedures. WHO Regional Office for the Eastern Mediterranean. https://www.emro.who.int/images/stories/yemen/labor_management_procedures.pdf

الاتحاد العام للغرف التجارية الصناعية اليمنية
Federation of Yemen Chambers of Commerce and Industry