التحول الرقمي في تطبيقات الذكاء الاصطناعي في التصميم الجرافيكي لعلامات الإرشاد والتوجيه في الأمن والسلامة المهنية بين الجذب البصري والفاعلية الإرشادية

Digital Transformation in AI Applications for Graphic Design of Guidance and Direction Signs in Occupational Safety and Security: Between Visual Appeal and Guidance Effectiveness

م.د.عمرو الدمرداش السيد عوض
مدرس بقسم الإعلان -كلية الفنون التطبيقية -جامعة دمنهور
Assistant Professor. Amr El-Demerdash El-Sayed Awad
Lecturer-Advertising Department Faculty of Applied Arts- Damanhour University
dr.eldemrdash69@gmail.com

الملخص:
يشهد العصر الحالي تحولاً جذرياً في مفاهيم الامن والسلامة المهنية، وذلك بسبب الثورة الرقمية وتقنيات الذكاء الاصطناعي ويُسلّط البحث الضوء على إمكانية دمج التصميم الجرافيكي مع الأنظمة الذكية لتطوير جيل جديد من اللافتات الإرشادية التفاعلية والتي تعتمد عليها الدراسة لتحليل كيفية استفادة أنظمة السلامة من التقنيات الحديثة مثل استشعار الحركة، والإضاءة التكيفية، والتفاعل الصوتي الذكي لتعزيز استجابة العمال في حالات الطوارئ.
تعتمد الدراسة على تحليل مقارن بين نماذج اللافتات التقليدية والذكية، مع التركيز على ثلاثة أبعاد رئيسية مثل كفاءة التوجيه، والجاذبية البصرية، وسرعة الاستجابة، تُظهر النتائج أن اللافتات المدعومة بالذكاء الاصطناعي تُحقق تحسناً في وقت الاستجابة، وتُقلّل الخطأ البشري في تفسير التعليمات
استُخدمت معايير دولية مثل OSHA 1910.145 و ISO 7010لتقييم فعالية اللافتات الذكية مقارنةً باللافتات التقليدية. تُقدّم الدراسة إطاراً عملياً لتصميم أنظمة توجيه ذكية تتكيف مع مختلف البيئات الصناعية، مع مراعاة الجدوى الاقتصادية وسهولة التكامل مع البنية التحتية القائمة. ويقدم أيضًا توصيات بشأن اعتماد هذه التقنيات في لوائح السلامة المهنية.
الكلمات المفتاحية
العلامات الإرشادية الذكية، السلامة المهنية، التحول الرقمي، الذكاء الاصطناعي، إنترنت الأشياء..

كلمات مفتاحية: علامات السلامة الذكية، السلامة المهنية، التحول الرقمي، الذكاء الاصطناعي، إنترنت الأشياء

Abstract
The current era is witnessing a profound shift in occupational safety concepts, driven by the digital revolution and artificial intelligence technologies. This research highlights the potential of integrating graphic design with intelligent systems to develop a new generation of interactive guidance signage. The study adopts a comprehensive methodology to analyze how safety systems can benefit from technologies such as motion sensing, adaptive lighting, and intelligent voice interaction to enhance workers' responsiveness in emergency situations.
The paper relies on a comparative analysis between traditional and smart signage models, focusing on three main dimensions: guidance efficiency, visual appeal, and response speed. The results show that

AI-powered signs achieve improvement in response time and reduce human error in interpreting instructions .
International standards such as OSHA 1910.145 and ISO 7010 were utilized to evaluate the effectiveness of smart signage compared to conventional ones. The study provides a practical framework for designing intelligent guidance systems that adapt to various industrial environments, taking into account economic feasibility and ease of integration with existing infrastructure. It also offers recommendations for the adoption of these technologies in occupational safety

Keywords: Smart safety signs, occupational safety, digital transformation, artificial intelligence, Internet of Things.

مقدمة

تعتبر علامات الإرشاد في أماكن العمل بمثابة علامات سلامة وعنصرًا حيويًا في منع الحوادث وتعزيز السلامة في بيئات العمل الخطرة، مثل المصانع، والمناجم، ومواقع البناء، والمختبرات الكيميائية، كما تلعب دورًا محوريًا في توجيه العاملين وتنبيههم لمواطن الخطر من خلال تعرفهم على رموز العلامات الارشادية، مما يُساهم في تحسين استجابتهم أثناء الطوارئ
وقد أصبحت العلامات الإرشادية الذكية مهمة جدا في أماكن العمل وذلك نتيجة طبيعية لثورة التحول الرقمي التي سيطرت بقوة في العالم، ولما كانت هذه العلامات تجمع ما بين الوظائفية (في تعزيز السلامة المهنية ومنع الحوادث) وبين التصميم الجذاب لضمان وضوح الرسالة وجذب الانتباه ، فأنه يُمكن تحقيق التوازن عبر الاستفادة من التقنيات الحديثة في تصميم و تنفيذ هذه العلامات مثل استخدام الذكاء الاصطناعي (AI)، إنترنت الأشياء (IoT)، والواقع المعزز (AR)، مع الحفاظ على مبادئ التصميم الفعّال.

أهمية البحث

تعود أهمية البحث الى تقديم معايير واضحة عن فاعلية علامات الارشاد لمنع الحوادث وتحسين استجابة العاملين في بيئات العمل الخطرة وكذلك مدى التأثير الإيجابي للمتغيرات التكنولوجية الحديثة والثورة الرقمية وتأثيرها على تحويل العلامات الثابتة إلى أنظمة ذكية متكاملة ودور الذكاء الاصطناعي في تحليل سلوك المستخدمين وتحسين تجربة التفاعل مع العلامات من خلال الاتي،

- سد الفجوة بين نظريات التصميم الجرافيكي وتطبيقات الذكاء الاصطناعي في السلامة المهنية
- تقديم حلول قابلة للتطبيق في المصانع والمستودعات والمستشفيات والمراكز الصحية والأماكن العامة

أهداف البحث

- تحليل الإطار المفاهيمي للتصميم الجرافيكي التفاعلي في سياق السلامة المهنية.
- دراسة معايير الجذب البصري (الألوان، الأشكال، الحركة) وتأثيرها النفسي
- وضع معايير استخدام للعلامات الارشادية الذكية في مجال الامن والسلامة

مشكلة البحث

تتمحور مشكلة البحث عن كيف يمكن للتحول الرقمي والذكاء الاصطناعي تعزيز فاعلية العلامات الإرشادية في مواقع العمل مع الحفاظ على معايير الجذب البصري .

تساؤلات البحث

- ما هي حدود العلامات الارشادية التقليدية في توجيه العاملين أثناء الطوارئ
- كيف تُحدث التقنيات الذكية باستخدام العلامات الذكية فرقًا في سرعة زمن الاستجابة لتوجيهات الامن والسلامة (مثل الإضاءة التكيفية، الصوت التفاعلي) ؟
- كيف تؤثر المعايير الجمالية على الانتباه (مثل الألوان الديناميكية والعناصر الجرافيكية) ؟

فروض البحث

تفترض الدراسة البحثية ما يلي

- تطبيقات الذكاء الاصطناعي في التصميم الجرافيكي تدعم الفاعلية الإرشادية لعلامات السلامة والصحة المهنية.

- ان لمعايير الجذب البصري (الألوان، الأشكال، الحركة) تأثير نفسي إيجابي.

منهج البحث

- **المنهجية**: تعتمد الدراسة على المنهج التحليلي المقارن

الهيكل الدراسى للبحث-:

ـ أولا : أهمية العلامات الارشادية في أماكن العمل

أ- العلامات الارشادية تحسن عملية التوجيه في أماكن العمل وفقا للآتي :

- **التنبيه إلى المخاطر:**
- توجه العلامات الارشادية العاملين على وجود أخطار محددة (مثل المواد السامة، الآلات الخطرة، الأسطح الزلقة)، مما يقلل من التصرفات العفوية التي قد تؤدي إلى إصابات.
- **تحديد مناطق الخطر:**
- تحدد بصريا مناطق الخطر وتحذر من الاقتراب اليها مثل علامات "ممنوع الدخول" أو "منطقة انفجار.
- **تذكير مستمر**:
- تساعد العاملين في تذكر الالتزام بإجراءات ومعايير السلامة المهنية (مثل ارتداء معدات الحماية الشخصية). **( )** **i**
- **العلامات الإرشادية تحسن الاستجابة للطوارئ:**
- **إرشادات الإخلاء :**
- تحدد العلامات الإرشادية مخارج الطوارئ ومسارات الهروب، مما يُسرع عملية الإخلاء في حالات الخطر .
- **علامات الإسعافات الأولية**:
- تساعد العلامات الإرشادية على سرعة الوصول إلى معدات الطوارئ (مثل طفايات الحريق، صناديق الإسعاف).
- **توجيهات واضح** :

تعطى العلامات الإرشادية توجيهات واضحة تمنع الارتباك أثناء الأزمات مثال (استخدام هذا المخرج أو مكان نقطة التجمع)

ب- العلامات الارشادية تعزز الوعي والثقافة الوقائية

- **التدريب البصري** :

العلامات الإرشادية تدريبا بصريا حيث تعزز من وعي العاملين بالمخاطر دون الحاجة إلى تذكير شفهي مستمر.

- **الامتثال للقوانين** :

تقع العلامات الارشادية ضمن حدود القوانين والتشريعات والمعايير الدولية (مثل معايير OSHAأو ISO 7010والتي تلزم امكان العمل بوضع علامات واضحة، مما يضمن بيئة عمل آمنة قانونيًا.

العلامات الارشادية تساهم فى تقليل التكاليف المادية والبشرية

- **خفض معدلات الإصابات:**
- الالتزام بالعلامات الارشادية يؤدى إلى تقليل الحوادث، مما يقلل من تكاليف التعويضات وتوقف العمل.
- **تجنب الكوارث الجماعية:**
- قد تنقذ العلامات الارشادية الواضحة أرواح العاملين ومن حولهم في بيئات العمل الخطرة
- **العلامات الارشادية لغة التواصل دولية:**
- تفيد هذه العلامات في بيئات العمل متعددة الجنسيات والتي بها حاجز لغوي الا أن وجود رموز وصور وألوان موحدة عالميا تساهم في تحسين لغة التواصل

ثانيا : المعايير الدولية في استخدام العلامات الإرشادية للسلامة المهنية

معايير OSHA(إدارة السلامة والصحة المهنية الأمريكية) و ISO 7010(المنظمة الدولية للتوحيد القياسي)

وهى المنظمات التي تلزم أماكن العمل بمعايير لوضع علامات واضحة لتوفير التحذير، التوجيه، والتعليمات الضرورية لتجنب المخاطر وضمان سلامة العاملين والزوار.

1- معايير OSHA (Occupational Safety and Health Administration)

تركّز OSHA على **سلامة العاملين** في أماكن العمل داخل الولايات المتحدة، وتُلزم المؤسسات بوضع علامات وتحذيرات مرئية وفقًا للمعيارOSHA 1910.145 – Specifications for accident prevention signs and tags :-

أهم معايير علامات السلامة حسب:OSHA

- **علامات التحذير:(Warning signs)**
- **علامات الخطر:(Danger signs)**
- **علامات التعليمات:(Safety Instruction signs)**
- **العلامات المؤقتة:(Tags)**

ولكل علامة منهم لونها المميز والتي سوف نتناولها التوضيح في سياق البحث

2- معيار – ISO 7010العلامات الرسومية للسلامة

يركز هذا المعيار الدولي على استخدام **رموز موحدة ومفهومة عالميًا** لضمان السلامة داخل أماكن العمل ولكل علامة منهم لونها المميز والتي سوف نتناولها التوضيح في سياق البحث

أنواع العلامات حسب:ISO 7010

- علامات السلامة – (Safety signs)
- علامات التحذير – (Warning signs)
- علامات المنع– (Prohibition signs) المحمول)
- علامات الإلزام – (Mandatory signs)
- علامات مكافحة الحريق( )

لماذا تُستخدم هذه العلامات ؟

- لتقليل الحوادث و لزيادة وعي العاملين بالمخاطر- لتوجيه السلوك بطريقة فورية وبصرية.
- للامتثال القانوني وتفادي الغرامات أو المسؤوليات.

المعيار	الجهة	التركيز	نوع العلامات
OSHA 1910.145	أمريكية	سلامة العاملين في بيئة العمل	علامات نصية وتحذيرية (Danger, Warning, Caution)
ISO 7010	دولية	رموز مرئية عالمية للسلامة	رسومات موحدة بالألوان (خضراء، صفراء، زرقاء، حمراء)

جدول رقم (١)

ثالثا : التصميم الجرافيكي للعلامات الارشادية المستخدمة في السلامة المهنية بمواقع العمل :

1- أنواع العلامات الإرشادية والوانها :

ا- العلامات التحذيرية Warning signs:

مثلث لونه أصفر وبداخله وتعنى التحذير من خطر معين مثل (مواد سامة أو خطر انزلاق او ممنوع الاقتراب، واحذر من الكهرباء). (شكل ١)

شكل(١)علامات التحذير

ب- العلامات الإجباريةMandatory signs :

لونها أزرق وعناصر بخطوط خارجية بيضاء وتتعلق بالتعليمات التي يجب اتباعها مثل (يجب ارتداء الخوذة" أو ارتداء نظارات واقية أو ارتداء معدات الحماية الشخصية). (شكل ٢)

شكل(٢)العلامات الاجبارية

ج- العلامات المانعةProhibition signs :

دائرة وخط قطري لونه احمر على خلفية بيضاء ويوضع بداخلها عنصر مثل (سيجارة وتعنى ممنوع التدخين أو باب ويعنى ممنوع الدخول أو ماكينة ويعنى ممنوع تشغيل الآلات).وتعنى منع القيام بتصرف معين، ( ) (شكل ٣) i i

شكل(٣)العلامات المانعة

د- العلامات الإرشادية الامنة .The color of safe guidance signs is: green

- **لونها** أخضر وتتعلق ب توفير معلومات إرشادية مثل (مخرج الطوارئ أو نقطة التجمع أو الإسعاف (شكل ٤)

شكل(٤)العلامات الارشادية الامنة

ح- العلامات الارشادية الخاصة بالحريق Fire safety signs

- **:** لون خلفيتها احمر وعناصر جرافيكية بيضاء او العكس وخاصة بإرشادات الحريق ومعدات اطفائه (شكل ٥)

شكل(٥)العلامات الخاصة بالحريق

رابعا : ضعف فعالية العلامات التقليدية الثابتة في توجيه العاملين أثناء الطوارئ:

العلامات التقليدية (الثابتة والمطبوعة) تعاني من عدة عوامل وقصور و قيود في بيئات العمل الخطرة، وخاصة أثناء الطوارئ: منها

أ. محدودية التكيف مع الظروف المتغيرة

- **ثبات المحتوى** :
- حيث تظل التعليمات ثابتة و لا تتغير التعليمات وفقا لنوعية الخطر.
- **عدم التحديث الفوري** :
- لا يمكن تعديل العلامات الثابتة بسرعة إذا طُرِأ خطرا جديدا (مثل انهيار هيكلي)،

ب. صعوبة الرؤية في الظروف القاسية

- **إضاءة غير كافية** :
- قد تصبح العلامات غير مرئية في حالات انقطاع الكهرباء أو الدخان الكثيف،
- **تعتمد فقط على لغة ثابتة مكتوبة :**
- والتي قد لا يفهمها العاملون من قوميات لغوية مختلفة أو ذوي الإعاقات البصرية **(i**

ج. عدم التفاعل مع المستخدم

- **لا يصدر عنها تنبيهات ذكية :**
- حيث ان ثباتها لا يوفر مرونة وجود إنذار صوتي أو ضوئي لجذب الانتباه في حالات التشتت.
- **لا تُقدم إرشادات مخصصة** :
- نفس العلامة تُعرض للجميع بغض النظر عن دورهم أو موقعهم.

د. نقص البيانات لتحسين السلامة

- **لا تُسجل انتهاكات أو استجابات**:
- والتي قد تساعد فى تتبع ما إذا كان العاملون يتبعون التحذيرات**v**أم يتجاهلونها **(i**

خامسا : الثورة الرقمية وتأثيرها على تحويل العلامات الثابتة إلى أنظمة ذكية متكاملة.

تسببت الثورة الرقمية لوجود تحولات جذرية في أماكن العمل تتعلق بتغيير مفهوم **العلامات الإرشادية** التقليدية ، حيث بدأ في أغلب دول العالم المتقدم استبدال العلامات الثابتة بأنظمة ذكية ديناميكية تعتمد على الرقمنة مثل إنترنت الأشياء(IoT) ، الذكاء الاصطناعي(AI) ، والواقع المعزز (AR) ، وهذا التحول لم يكن سببا فقط في رفع مستوى السلامة، بل ساهم أيضا في جعل بيئات العمل الخطرة أكثر استباقية للوقاية ومواجهة المخاطر والتكيف معها وتعتبر أبرز تأثيرات الثورة الرقمية على العلامات الإرشادية هي النقاط الاتية :

١- العلامات الإرشادية الديناميكية الذكية(Digital Smart Signs) :

شاشات تفاعلية Interactive screens: تعرض تحذيرات في الوقت الفعلي بناءً على بيانات المستشعرات (مثل تسرب غاز، حريق، أو ارتفاع الإشعاع).

تغيير المحتوى تلقائيًا: حسب الظروف (مثال: في حالة الطوارئ، تظهر إرشادات الإخلاء بدلًا من التعليمات الروتينية).

تكامل مع أنظمة الإنذار: والتي تقوم بإصدار تنبيهات مرئية ومسموعة عند الخطر. (شكل ٦)

شكل ٦العلامات الديناميكية

2- العلامات الإرشادية الرقمية وعلاقتها بإنترنت الأشياء (IoT) والعلامات المتصلة

-العلامات الإرشادية الرقمية وارتباطها بالمستشعرات الذكية: ترصد المخاطر (مثل الحرارة، الغازات، الاهتزازات) وتُفعّل العلامات التحذيرية تلقائيًا.

-العلامات الإرشادية الرقمية وتتبع العاملين: والتي تقوم بتتبع العاملين عبر الهواتف الذكية أو الأجهزة القابلة للارتداء (مثل ساعات السلامة) لإرسال تحذيرات شخصية إذا اقتربوا من منطقة خطرة. (شكل ٧)

-العلامات الإرشادية الرقمية وعلاقتها إبلاغ الفرق الأمنية تلقائيًا:

والتي تعطى إشارات الكترونية الى فرق الأمان والسلامة عند اكتشاف خطر مثل سقوط عامل أو حادث)

وتُعد هذه التحولات من أبرز تطبيقات التكنولوجيا الذكية في بيئات العمل، حيث يتم الاستفادة من إنترنت الأشياء والمستشعرات لرصد المخاطر والتفاعل معها في الزمن الحقيقي ( ) **v**

شكل(٧)العلامات التتبعية

3-العلامات الإرشادية الرقمية والواقع المعزز augmented reality (AR) والافتراضي(Virtual Reality (VR

- **العلامات الإرشادية الرقمية ونظارات:AR**

تعرض معلومات سلامة مباشرة في مجال رؤية العامل (مثل تعليمات التحميل الآمن للمواد الكيميائية).

- **العلامات الإرشادية الرقمية والتدريب الافتراضي:**

حيث يدرب العالمين على مخاطر العمل عبر بيئات **VR**، مما يُحسن استجابتهم عند التعرض لمواقف حقيقية. (شكل ٨)

- **العلامات الإرشادية الرقمية وإرشادات إصلاح معدات خطرة**: تقوم بتعزيز إرشادات اصلاح المعدات الخطيرة عبر AR دون الحاجة إلى كتيبات ورقية. **(v)** **i**

شكل(٨)نظارات الAR

3- العلامات الإرشادية الرقمية والذكاء الاصطناعي (AI)

أ- **العلامات الإرشادية الرقمية وتحليل البيانات بالذكاء الاصطناعي:** ان تحليل الحوادث السابقة يساهم في التنبؤ باحتمالية وقوع حوادث جديدة وتعديل العلامات التحذيرية بناءً عليها وخصة عندما تقوم العالمات الذكية بإرسال تنبيهات مرئية الى العاملين بضرورة ارتداء مهمات السلامة والصحة والمهنية (شكل 9)

ب- **العلامات الإرشادية الرقمية والروبوتات الذكية**: الروبوتات الذكية المعززة بالذكاء الاصطناعي تقوم بفحص البيئة وتعطى علامات إرشادية اليكترونية حسب المخاطر المكتشفة (مثل منطق انهيار محتمل في المناجم). **(v)**

شكل(٩) تحليل البيانات

4- تكامل العلامات الإرشادية الرقمية مع أنظمة إدارة السلامة الحديثة:

أ- **العلامات الإرشادية الرقمية والتقارير التلقائية** : عن انتهاكات العاملين لعدم تنفيذ تعليمات السلامة (مثل عدم ارتداء الخوذة) عبر التعرف على الصور.(**Computer Vision**)

ب- **العلامات الإرشادية الرقمية ومنصات مراقبة مركزية:** تربط بين العلامات الإرشادية الذكية وكاميرات المراقبة، وأجهزة الاستشعار لإدارة المخاطر في الوقت الفعلي ففي الواقع الرقمي، تم ربط العلامات الرقمية بأنظمة الاستشعار والذكاء الاصطناعي لإنشاء منصة مراقبة مركزية متكاملة ترصد الانتهاكات (مثل عدم ارتداء الخوذة) وتصدر تنبيهات فورية (شكل ١٠) **(vii)**

شكل(١٠)التتبع والاستشعار

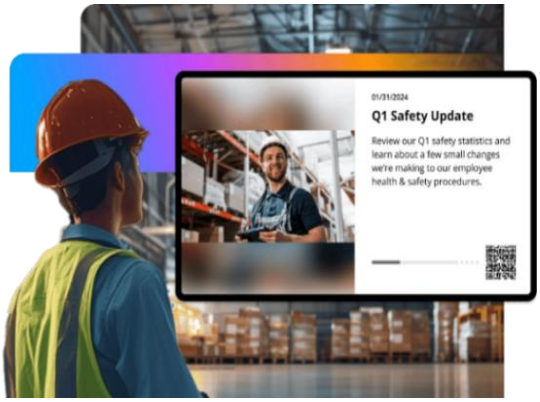
٥- تكامل العلامات الإرشادية الرقمية مع أنظمة إدارة السلامة الحديثة وتأثيرات الذكاء الاصطناعي :

أ- فوائد التحول الرقمي للعلامات الإرشادية واستخدام الذكاء الاصطناعي

تخصيص التحذيرات حسب دور العامل (مثل مهندس .vs عامل إنتاج)

- توفير تكاليف الصيانة والطباعة للعلامات الورقية .
- تحسين الامتثال لمعايير السلامة العالمية عبر التسجيل الرقمي.
- تقليل الحوادث بفضل التنبؤ المبكر وتصحيح السلوك.
- تحسين كفاءة التدريب عبر أنظمة AR/VR التفاعلية.
- توفي بيانات قابلة للتحليل لتحسين سياسات السلامة.

3 استجابة أسرع للطوارئ بسبب التحديث الفوري. (شكل ١١)



شكل(١١) تعليمات الامتنل

6- التصميم الجرافيكي الذكي للعلامات الإرشادية

يعد التصميم الجرافيكي عنصرًا حاسمًا في فعالية العلامات الإرشادية

الذكية، حيث يجمع بين الجاذبية البصرية والوضوح الإرشادي لضمان أقصى درجات

الفهم والاستجابة وفيما يلي المكونات الأساسية لتصميم العلامات التفاعلية القائمة على الذكاء الاصطناعي:

أ- التكامل مع الهوية البصرية للمنشأة

- **توحيد الهوية المؤسسية:**

دمج شعار الشركة أو ألوانها في العلامات دون التأثير على الوضوح (مثل استخدام إطار بألوان المؤسسة).

- **خطوط ذكية قابلة للتكيف:** خطوط **سهلة القراءة**)مثل **Helvetica**أو **(Arial**مع تغيير حجمها آليًا حسب بعد المستخدم.

ب-الألوان والتباين (الوضوح البصري) مع نظام الألوان الذكي:

- وذلك باستخدام لوحة ألوان متغيرة حسب مستوى الخطر (أحمر للطوارئ، أصفر للتحذير، أخضر للإرشادات الآمنة) وفق معايير ISO 3864
- استخدام إضاءة LEDقابلة للتكيف مع الظروف البيئية (مثل زيادة التباين في الضوء الساطع أو الأجواء الضبابية).

ج-فعالية الرسوم والرموز (الإدراك السريع)

- **رموز عالمية ذكية:**

استخدام رموز ISO المعتمدة مثال (رموز للحريق، أو للمواد الخطرة) مع إمكانية تغيير حجمها ديناميكيًا حسب المسافة.

- **رسوم متحركة بسيطة**

(مثل أسهم متحركة للإخلاء) لتحسين التوجيه دون تشتيت الانتباه. (شكل ١٢)

شكل(١٢)العلامات المانعة

- **التكيف مع الثقافات المختلفة:**
- تغيير الرموز تلقائيًا وفقًا للغة أو الثقافة السائدة في بيئة العمل (مثل استخدام رموز مختلفة في مصانع متعددة الجنسيات).
- **الذكاء الاصطناعي في تحسين الرؤية:**
  - تعديل الألوان تلقائيًا بناءً على بيانات مستشعرات الإضاءة المحيطة.
  - تحسين التباين لذوي الإعاقات البصرية (مثل تفعيل وضع عالٍ التباين عند الحاجة)
  - **تحسين واجهة المستخدم بالذكاء الاصطناعي**

ب- **اختبار A/B التلقائي:**

- هو عملية يتم فيها عرض تصميمين مختلفين (A وB) من نفس العلامة الذكية لمجموعتين مختلفتين من الأشخاص، ثم يتم تحليل التفاعل مع كل تصميم بشكل تلقائي (مثل: لون الخلفية، حجم الخط) واختيار الأفضل بناءً على **سرعة الاستجابة**.استخدام **تحليل المشاعر:** لفهم انطباعات العاملين عن التصميمات الجديدة.

أ- **تخصيص الواجهة:**

- تغيير التصميم حسب دور المستخدم (عامل، مشرف، زائر) أو مستوى خبرته.

- **التفاعل البصري والسمعي:**
- من خلال علامات ارشادية ذكية متعددة الحواس

ب- **أنظمة علامات ارشادية LEDتفاعلية** :

- تُغير نمط الوميض (بطيء/سريع) حسب خطورة الموقف تقوم بتوجيه الضوء نحو العاملين في المسار الصحيح (مثل إضاءة مسار الهروب عند اكتشاف حريق). (شكل ١٣)

شكل(١٣)أنظمة التفاعل البصرى

- **أنظمة صوتية مخصصة:** عبارة عن تنبيهات صوتية موجهة مكانيًا تصل فقط للأشخاص في نطاق الخطر وتكييف مستوى الصوت حسب ضوضاء البيئة (مثل زيادة الصوت في المصانع الصاخبة).
- يتم ربط اللافتات الرقمية المنبّهة بمنصات مراقبة مركزية تشمل كاميرات وأجهزة استشعار قادرة على رصد المخاطر آنيًا، كما تُفعّل تقارير تلقائية عند اكتشاف انتهاكات مثل عدم ارتداء معدات الوقاية ( ) x i

خامسا : التفاعل الديناميكي القائم على الرقمنة

1- تفعيل العلامات الديناميكية القابلة للتكيف: وذلك من خلال شاشات ذكية تُغيّر محتواها حسب السياق تظهر تحذيرات ملونة ومتحركة عند وجود خطر (مثل وميض أحمر في حالة حريق) وتعود إلى وضع التوجيهات الروتينية عند زوال الخطر. (شكل ١٤)

شكل(١٤)التفاعل الديناميكي

2- تكامل مع مستشعرات IoT : لاكتشاف المخاطر (تسرب غاز، حرارة عالية) وتعديل العلامات تلقائيًا.

3- تخصيص الرسائل للعلامات الإرشادية بناءً على سلوك المستخدم: حيث أن الذكاء الاصطناعي يحلل مسار العاملين هل يتجاهلون مناطق معينة **ويحدد زمن التجاوب** مع التحذيرات، ثم يُعدّل العلامات لتصبح أكثر وضوحًا (مثل زيادة حجم الخط، إضافة رموز بصرية) (شكل ١٥)

شكل(١٥) الرسائل للعلامات الإرشادية

4- دمج العلامات الإرشادية بالواقع المعزز(AR) : مثال عند توجيه **هاتف ذكي أو نظارة AR** نحو علامة إرشادية، تظهر تعليمات تفصيلية أو فيديو توضيحي للإجراءات المطلوبة.

سادسا : دور الذكاء الاصطناعي في تحليل سلوك المستخدمين وتحسين تجربة التفاعل مع العلامات الارشادية

أصبح **الذكاء الاصطناعي (AI)** أداة حيوية لتحسين فعالية **العلامات الإرشادية** في بيئات العمل من خلال

١- تحليل سلوك المستخدمين لفهم التفاعل مع العلامات

أ. تتبع حركة العاملين ورصد الانتباه: استخدام **كاميرات ذكية + أجهزة استشعار (IoT)** لمراقبة: هل يلتفت العاملون إلى العلامات التحذيرية، ما مدى سرعة استجابتهم لها ، هل هناك مناطق يتم تجاهلها باستمرار، برامج حاسوبية تحلل تعابير الوجه واتجاه النظر لتقييم مدى انتباه العاملين. (شكل ١٦)

شكل(١٦) تتبع حركة العاملين

ب. تحليل أنماط الحركة وتحديد نقاط الخطر: تتبع مسارات العاملين في المصنع أو الموقع لمعرفة هل يمشون باتجاه مناطق محظورة دون الانتباه للعلامات؟، هل هناك ازدحام في مناطق معينة يؤدي إلى تجاهل التحذيرات؟

ج . الذكاء الاصطناعي : يولد خرائط حرارية (Heatmaps) تُظهر مناطق التشتت أو عدم الامتثال.

د . فهم اللغة والثقافة لتحسين العلامات: معالجة اللغات الطبيعية (NLP) تُحلل استفسارات العاملين (مثل الأسئلة في أنظمة الدردشة الآلية) لمعرفة ما هي أكثر التحذيرات التي يتم الاستفسار عنها؟ ، هل هناك لغة أو رموز غير واضحة؟ ، تعديل العلامات بلغة مبسطة أو بلغات متعددة حسب احتياجات القوى العاملة.

٢- تحسين تجربة التفاعل مع العلامات باستخدام الذكاء الاصطناعي

- تخصيص الرسائل حسب الدور الوظيفي: مثلاً علامة تحذير للمهندسين قد تعطي تفاصيل تقنية، بينما للعمال تعطي تعليمات مباشرة.

تغيير المحتوى ديناميكيًا حسب مستوى الخبرة والزمن :(مبتدئ او خبير)

أو من خلال تغيرات الوقت مثال (تحذيرات ليلية قد تحتاج إضاءة أو نغمات مختلفة).

- **أنظمة تنبيه ذكية(Real-Time Alerts) :** إذا رصد الذكاء الاصطناعي سلوكًا خطيرًا (مثل تجاوز سرعة معينة في مناطق آلات ثقيلة)، يُرسل تنبيهًا: عبر الهاتف الذكي أو السماعات الذكية أو يُظهر تحذيرًا على شاشة قريبة مع تعليمات محددة.
- **الواقع المعزز (AR) للإرشاد التفاعلي**: عند اقتراب عامل من منطقة خطرة، تُظهر **نظارات AR** أو **تطبيق جوال** إرشادات السلامة بشكل تفاعلي او تقوم بعمل سيناريوهات افتراضية لتدريب سريع.
- **التعلم الآلي للتنبؤ بالمخاطر قبل وقوعها:** من خلال تحليل بيانات الحوادث السابقة وسلوك العاملين، يتنبأ الذكاء الاصطناعي بأوقات/أماكن مرتفعة الخطورة (مثل نهاية الورديات) او من هم الافراد المعرضون لخطر أكبر بناءً على سجل الأخطاء ومن ثم يُعدل العلامات أو يُرسل تحذيرات استباقية.

التحديات والحلول المقترحة

التحدي	الحل	توصيات التطبيق الفعال
تكلفة التنفيذ	البدء بمشاريع تجريبية في مناطق محدودة.	حماية الخصوصية وتجنب التتبع المفرط للعاملين دون موافقتهم.
مقاومة التغيير	تدريب العاملين على فوائد النظام الجديد.	مراعاة التكلفة حيث تحتاج بعض الأنظمة إلى بنية تحتية قوية (مثل كاميرات عالية الدقة، أجهزة استشعار IoT).
صعوبة الصيانة	استخدام أنظمة قليلة التعقيد مع دعم فني مضمون.	التدريب ضرورة لتعليم العاملين كيفية التفاعل مع الأنظمة الذكية.

جدول رقم (٢)

يتم استخدام كاميرات ذكية وأجهزة استشعار لتتبع مسارات العاملين وتحليل انتباههم مثل تأخير استجابة التحذيرات أو تقاطعات المشي في مناطق محظورة ويتم تعديل إشارات السلامة رقميًا أوتوماتيكيًا حسب السلوك ونمط التفاعل ( ) x

سابعا: كيف تحدث التقنيات الذكية (مثل الإضاءة التكيفية، الصوت التفاعلي) فرقًا في سرعة الاستجابة؟

التقنيات الذكية تحوّل العلامات الإرشادية إلى أنظمة **تفاعلية، متكيفة، وقابلة للقياس**، مما يسرع الاستجابة للطوارئ بشكل كبير:

أ. الإضاءة الذكية

- تتعلق بتغيير الألوان حسب مستوى الخطر: اللون الأحمر الوامض للتحذير الفوري في الحالات الخطرة و اللون الأزرق الثابت للإرشادات الروتينية.
- توجيه مسارات الهروب أضواء LED على الأرض تُشكّل سهمًا متحركًا يُرشد إلى أقصر مخرج آمن وتكيّف المسارات الضوئية حسب موقع الحريق (تجنب المناطق الخطرة). (شكل ١٧)

شكل(١٧) الإضاءة الذكية

ب. الصوت التفاعلي المخصص

- تنبيهات صوتية ذكية تُوجه الرسائل فقط للأشخاص في نطاق الخطر (عبر مكبرات صوت موجهة) وتُستخدم نغمات مختلفة حسب نوع الخطر (صوت متقطع للحرائق، نغمة مستمرة للتسرب الكيميائي). **(x)**
- تعليمات صوتية بلغات متعددة: يُحدد النظام لغة العامل تلقائيًا) عبر بطاقات RFID أو التعرف على الوجه.

ج. التكامل مع أنظمة الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء

- مستشعرات تُحدد موقع الخطر بدقة: إذا اكتشف مستشعر غاز تسربًا في منطقة معينة،يتم تفعيل العلامات الذكية في تلك المنطقة فقط.
- تحليل حركة العاملين: الذكاء الاصطناعي يُوجه العلامات لتكون أكثر وضوحًا في المسارات المزدحمة.

مميزات العلامات الارشادية ذات التقنيات الذكية في مقارنة بالعلامات التقليدية الثابتة

- تتكيف مع الخطر في الوقت الفعلي بدلاً من الرسائل الثابتة للعلامات التقليدية.

- تتعامل بصورة منفردة مخصصة لكل عامل حسب موقعه ودوره.

- تعمل على جذب انتباه أفضل عبر الوسائط المتعددة (ضوء، صوت، حركة).

- توفير بيانات واحصاءات لتحسين السلامة مستقبلًا.

أمثلة عملية توضح الفرق

السيناريو	العلامات التقليدية	العلامات الذكية	النتيجة
حريق مفاجئ	لافتة مخرج الطوارئ ثابتة.	إشارات ديناميكية (ADSS): أضواء متحركة، توجيه حسب الازدحام	تقليل زمن الإخلاء ~١٨–٢٠٪ (٢٠ ث)
تسرب كيميائي	علامة خطر مكتوبة بلغة واحدة.	ADSS يعيد توجيه التدفق نحو المخرج الأمثل ضاءة صفراء لامعة + تنبيه صوتي: ارتدِ القناع الآن."	منع استنشاق المواد السامة تقليل الازدحام بنسبة ٣٦٪

جدول رقم (٣)

مفاهيم التصميم الجرافيكي التفاعلي في سياق السلامة المهنية

يتمحور ذلك حول فهم كيفية دمج مبادئ التصميم الجرافيكي مع التقنيات التفاعلية لتعزيز السلامة في بيئات العمل الخطرة. يشمل ذلك:

1- التصميم المرتكز على المستخدم:(User-Centered Design)

- تحليل سلوك العاملين واحتياجاتهم البصرية.
- تصميم واجهات واضحة وسريعة الفهم في الظروف العصيبة (مثل حالات الطوارئ).

2-التكامل بين العناصر الثابتة والمتحركة:

- كيف يمكن للرسوم المتحركة الضوئية البسيطة او الاسقاط الضوئي للفت الانتباه دون تشتيت المستخدم. (شكل ١٨)
- استخدام التغذية الراجعة البصرية (Visual Feedback)لتأكيد فهم التعليمات (مثل تغيير لون الزر عند الضغط).

3-معايير التصميم العالمية:

- تطبيق معايير ISO 3864(للعلامات السلامة) و ANSI Z535للألوان والرموز.
- دراسة كيفية توافق التصميم التفاعلي مع أنظمة الواقع المعزز (AR) وواجهات اللمس.

شكل(١٨) أسقاط ضوئي

دراسة معايير الجذب البصري (الألوان، الأشكال، الحركة) وتأثيرها النفسي

يهدف هذا التحليل إلى تحديد العوامل البصرية التي تزيد من فعالية العلامات الإرشادية في جذب الانتباه وتعزيز الاستجابة، مع مراعاة الجانب النفسي.(x)

أ. الألوان وتأثيرها النفسي في العلامات الارشادية

١-نظرية الألوان في السلامة:

- الأحمر (خطر فوري)، الأصفر (تحذير)، الأخضر (آمن)، الأزرق (إرشاد).
- دراسة كيف تؤثر الألوان تحت الضغط مثل هل الألوان الزاهية تسبب ذعرًا أم تركيزًا؟

٢-التباين والإضاءة:

- ضمان وضوح الرؤية في الإضاءة المنخفضة
- ضمان وضوح الرؤية في البيئات المليئة بالدخان (x)

ب. الأشكال والرموز

1- علم النفس الإدراكي للأشكال:

- المثلث (تحذير)، الدائرة (إلزام)، المربع (معلومات).

- كيف تُدرك الرموز العالمية (مثل الشعلة = حريق، الجمجمة = سام) عبر الثقافات المختلفة.

2- **مبدأ "التعرف السريع:(Instant Recognition) "**

- تصميم رموز لا تحتاج إلى تفسير نصي.
- تصميم رموز واضحة شكليا باستخدام الإضاءة التفاعلية ( )(شكل ١٩) v i

شكل(١٩) ادراك الرموز

ج. الحركة والتفاعل البصري

١-ديناميكية الحركة في جذب الانتباه:

- دراسة فعالية الوميض (بطيء ام .سريع) أيهما أكثر فعالية في حالات الطوارئ؟
- الرسوم المتحركة البسيطة (مثل أسهم متحركة) لتوجيه الحركة.

٢-التأثير النفسي للتفاعل:

- كيف يشعر العاملون بالثقة عند رؤية استجابة فورية من العلامات الضوئية .
- الشعور بالثقة أيضا من سماع التعليمات الصوتية .

أهمية العلامات الارشادية الذكية في مجال الامن والسلامة المهنية

كما يشير الدليل الفني لـ ILO إلى أن منهج تصميم العلامات المدعومة بالذكاء يجب اقتباسه من تحليل المستخدمين، والتفاعل اللحظي في حالات الضغط، وصولاً لمعايير قابلة للتطبيق عالمياً وعلميًا( ) v x

نظريا : بناء اساسا أكاديميًا بين التخصصات لخلق حلول سلامة أكثر ذكاءً واستجابةً.

- يُوفِّر أساسًا علميًا لتصميمات مستقبلية تعتمد على الذكاء الاصطناعي التفسيري (Explainable AI) في مجال السلامة.
- يُحول النظريات المجردة إلى إرشادات عملية للمصممين ومهندسي السلامة.
- يُعزز التعاون بين أقسام التصميم، علوم الحاسوب، والهندسة الصناعية في الأبحاث المشتركة.

عملياً : تقديم حلول قابلة للتطبيق في أماكن العمل وتشمل الاتى

- المصانع والمستودعات.
- المستشفيات والمراكز الصحية.
- الأماكن العامة (المطارات، المراكز التجارية).

تأثيرات العلامات الذكية في أماكن العمل

1- المصانع والمستودعات

المشكلات الشائعة:

- صعوبة رؤية العلامات الثابتة في الأجواء المليئة بالغبار أو الإضاءة المنخفضة.

- تجاهل العاملين للتحذيرات بسبب الروتين أو ضغط العمل.

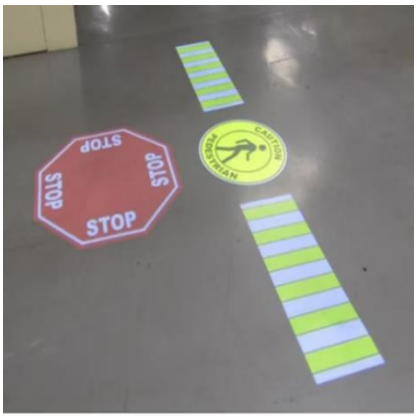
كيف تحل العلامات الذكية هذه المشكلات؟

- **تفعيل تحذيرات مضيئة** عند تشغيل آلة خطرة (مثل مقصلة صناعية)

او تحذيرات مضيئة منعكسة على الأرضية بالاسقاط الضوئي (شكل ٢٠)

- **إرشادات صوتية مخصصة** تُذكّر العاملين بارتداء معدات الوقاية عند الاقتراب من مناطق الخطر.
- **تكامل مع أنظمة الروبوتات** لإيقاف الآلات تلقائيًا إذا اقترب شخص غير مُصرّح له.

النتيجة المتوقعة: خفض معدلات إصابات العمل



شكل(٢٠) تحذيرات مضيئة

١-المستشفيات والمراكز الصحية

المشكلات الشائعة:

- انتشار العدوى بسبب لمس الأسطح (مثل علامات "اغسل يديك" الثابتة التي يُتجاهلها الكادر الطبي).
- ارتباك الزوار في الممرات المعقدة، خاصة في حالات الطوارئ.

كيف تحل العلامات الذكية هذه المشكلات؟

- شاشات تعقيم تفاعلية :تُظهر رسائل "تم التعقيم" بعد استخدامها، مع تنبيه صوتي إذا لم يلمس المستخدم المعقم. (شكل ٢١)
- إرشادات طوارئ ديناميكية:
  - توجيه المرضى والزوار عبر أضواء LED على الأرض عند حدوث حريق أو تسرب غاز.
  - تخصيص المسارات حسب نوع الخطر (مثل عزل مسارات مرضى الأمراض المعدية).
- علامات ذكية في غرف العمليات :تُنبه الفريق الطبي إذا تجاوزت مستويات الأكسجين أو الضغط الحد الآمن .

- **النتيجة المتوقعة:** تقليل الأخطاء الطبية المرتبطة بعدم الوضوح

شكل(٢١) شاشات التعقيم

1- الأماكن العامة (المطارات، المراكز التجارية)

المشكلات الشائعة:

- صعوبة توجيه الحشود الكبيرة أثناء الطوارئ (مثل الحرائق أو الهجمات الإرهابية).
- عدم فهم السياح أو الزوار للعلامات المكتوبة بلغة واحدة مثل شاشات الليد الملونة للتحذير باللغة الإنجليزية . (شكل ٢٢)

شكل(٢٢) شاشات تحذير

كيف تحل العلامات الذكية هذه المشكلات؟

- **توجيه الحشود الذكي:**
- استخدام شاشات عملاقة + أسهم ضوئية متحركة لتوجيه الزوار إلى مخارج بديلة حسب موقع الخطر. (شكل ٢٣)

شكل(٢٣) توجيه الحشود

- إرسال تنبيهات جوالة بلغة المستخدم تلقائيًا عبر تقنية الـ GPS الداخلي
- **علامات متعددة اللغات:**
- عرض الإرشادات بـ لغات مختلفة على شاشات اللمس،
- وجود خيار التكبير المتدرج الترددي لضعاف البصر. (شكل ٢٤)

شكل(٢٤) علامة ضوئية متعددة اللغات

تكامل مع أنظمة الأمن:

- تفعيل علامات الطوارئ تلقائيًا عند اكتشاف طرود أو متعلقات مشبوهة مثل الحقائب المتروكة.

النتيجة المتوقعة: تقليل وقت الإخلاء في المطارات في السيناريوهات الحرجة. (شكل ٢٥)

شكل(٢٥) شاشات الاخلاء في المطارات والمولات

وتعتبر هذه الحلول عملية في تطبيقات العلامات الارشادية الذكية نظرا للاتي

- قابلة للتطوير حيث يمكن تعديلها لتناسب أي مساحة سواء كان مستودع صغير أو مطار دولي.

- متوافقة مع البنية التحتية الحالية حيث يسهل دمجها مع أنظمة الإنذار والكاميرات الموجودة.

- توفير للتكاليف طويلة المدى حيث تقلل من تعويضات الحوادث وغرامات عدم الامتثال للسلامة.

- إنقاذ الأرواح عبر الاستجابة السريعة للطوارئ.
- تحسين الكفاءة التشغيلية بتقليل التوقفات بسبب الحوادث.
- تعزيز تجربة المستخدم في الأماكن العامة عبر تفاعل أكثر ذكاءً.

وتشير الدراسات والتجارب الميدانية إلى أن العلامات الذكية تعمل على تحسين زمن الاستجابة بنسبة ٤٠-٧٠ %مقارنة بالعلامات التقليدية، مع اختلاف النسبة حسب نوع الخطر وبيئة العمل. فيما يلي تحليل مفصل:

1- مقارنة زمنية بين العلامات التقليدية والذكية

المعيار	العلامات الذكية	العلامات التقليدية	التحسن(%)
زمن ملاحظة التحذير	0.5-1ثانية (بسبب الإضاءة/الصوت التفاعلي)	3-5ثوانٍ (اعتمادًا على الرؤية)	**80%أسرع**
زمن فهم التعليمات	1-2ثانية (بسبب الرموز المتحركة أو الصوت)	5-10ثوانٍ (قراءة النصوص/الرموز)	**75%أسرع**
زمن التصرف الصحيح	فوري (بسبب التوجيه المخصص)	متغير (قد يتطلب ترددًا)	**50%أسرع**

جدول رقم (٤)

معايير تصميم العلامات الإرشادية الذكية للأمن والسلامة في مكان العمل

يجب أن تجمع العلامات الإرشادية الذكية بين الوضوح البصري، التفاعل الذكي، والتكيف مع البيئة لضمان فعاليتها في توجيه العاملين أثناء الطوارئ. فيما يلي الصياغات المكثفة لكل معيار:

١ - معايير التصميم الجرافيكي التفاعلي

أ. الألوان والتباين : من خلال اعتماد نظام ألوان ذكي عالي التباين: الأحمر للخطر الفوري، الأصفر/البرتقالي للتحذير، الأخضر للإرشادات الآمنة، والأزرق للتعليمات الإلزامية، مع إضاءة LED متكيفة تضمن الرؤية في مختلف ظروف الإضاءة.

ب. الرموز والأشكال : استخدام رموز عالمية واضحة) وفق (ISO 7010 مع مؤثرات بصرية مثل الأسهم المتحركة والرموز الوماضة، وتقليل الاعتماد على النصوص لصالح الرموز المدعومة بلغات متعددة.

ج. واجهة المستخدم :(UI/UX) و اختيار خطوط سهلة القراءة) مثل (Helvetica بحجم مناسب لمسافة المشاهدة، وتنظيم تسلسل المعلومات بدءًا من الأخطر، مع اختبار تصميمات متعددة (A/B testing) لضمان الفعالية. **(x)**

د. التكيف مع الثقافات : تصميم رموز قابلة للتخصيص حسب الثقافة المحلية، وتوفير واجهات متعددة اللغات تلقائيًا عبر تقنيات التعرف على المستخدم.

٢- معايير التفاعل الذكي

الاستجابة الذكية : ربط العلامات بأنظمة المراقبة الذكية (كاميرات AI) وأنظمة إدارة المباني (BMS) بحيث تتكامل العلامات مع المستشعرات البيئية لتغيير الرسائل حسب نوع الخطر، وتخصيص الإرشادات بناءً على هوية المستخدم أو مهامه.

ب. تنبيهات متعددة الحواس : دمج التنبيهات البصرية (إضاءة وامضة)، والسمعية (أصوات مميزة لكل خطر مع تكييف الصوت)، والاهتزازية (عبر أجهزة قابلة للارتداء) لتعزيز الاستجابة. **(i i i**

٣ - معايير الأمان والموثوقية :

أ. استمرارية العمل : حيث يتم توفير مصدر طاقة احتياطي لتشغيل العلامات ٧٢ ساعة عند انقطاع الكهرباء، مع إمكانية العمل دون إنترنت عبر Edge Computing.

ب. تفعيل الأمان السيبراني : من خلال تطبيق تشفير قوي (مثل MQTT مع TLS) لحماية البيانات، مع مصادقة صارمة (بصمة، هوية) لمنع التلاعب بالأنظمة.

٤- معايير التقييم والامتثال

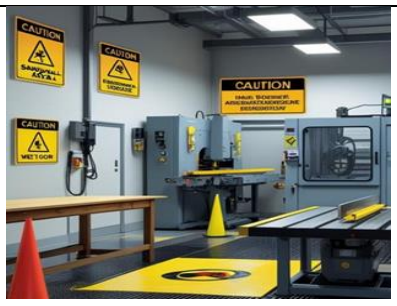
الاختبارات الميدانية : من خلال قياس زمن الاستجابة (أقل من ثانيتين)، وتقييم وضوح الرموز من خلال ملاحظات العاملين المباشرة.

ب. الامتثال للقوانين : مواءمة التصميم مع المعايير الدولية (OSHA، ISO 45001، EN 1838)، مع توثيق فني شامل لاعتماد الجهات الرقابية.

ثامنا: مبادئ اخلاقيات استخدام الذكاء الاصطناعى فى مراقبة سلوك العاملين لمتطلبات إرشاد السلامة والصحة المهنية:

يثير الذكاء الاصطناعى تخوفات عدة تتعلق بانتهاك حقوق الانسان وسرية البيانات , وحرية الاختيار والتصرف لذا سعت المنظمات الجهات الانتباه للك وبدأت فى وضع مبادئ لتقنين استخدام الذكاء الصناعى قلابد من تدريب العاملين وتوعيتهم بحقوقهم الرقمية بناء على المرجعية الدولية مثل GDPR الاوروبية وهى اللائحة العامة لحماية البيانات مع اشتراط تقييد نطاق جمع البيانات لأدنى حد ممكن على أن تكون وفق الاشتراطات والقواعد والتصاريح على النحو التالى : (الانسانية وعدم التمييز والشمولية

- الخصوصية والامان
- النزاهة والانصاف
- المنافع الاجتماعية والبيئية
- الموثوقية والسلامة
- الشفافية والقابلية للتفسير
- المسائلة والمسئولية) x i x

مقترح مقارن لنظم التحذير في موقع عمل داخل مصنع تصنيع أثاث يُعد مصنع تصنيع الأثاث من بيئات العمل الصناعية التي تتسم بكثرة المخاطر الناتجة عن استخدام المعدات الثقيلة، والآلات الحادة، والمواد الكيميائية، بالإضافة إلى مناطق الجهد الكهربائي العالي المستخدمة لتشغيل خطوط الإنتاج. لذلك، فإن وجود أنظمة تحذير فعّالة يمثل جزءًا أساسيًا من منظومة السلامة المهنية بالمصنع	
	
- النموذج التقليدي ويتضمن: - لافتات مطبوعة تحذر من مناطق الخطر (مثل: "تحذير - منطقة نشر الأخشاب" أو"خطر - منشار دائري").	- النموذج الذكى ويتضمن: -شاشات عرض رقمية توضّح نوع الخطر، مستوى الجهد، أو حالة الآلة (مثل: "المقص الآلي يعمل–يُمنع الاقتراب").

- مخاريط أرضية وعلامات تنبيه تستخدم لإغلاق ممرات مؤقتة أو تحديد مناطق الانزلاق. - كاميرات مراقبة بسيطة تسجل الأحداث فقط دون تفاعل مع حركة العمال. - هذه الوسائل، رغم أهميتها، تعاني من قصور واضح، حيث: - تعتمد فقط على الرؤية والقراءة. - لا تصدر أي تنبيه صوتي. - لا تتفاعل مع التغيرات المفاجئة في بيئة العمل. - تفقد فعاليتها في حالات الإضاءة المنخفضة أو ارتفاع الضوضاء.	- مكبرات صوت إلكترونية تبث رسائل تحذيرية مسموعة باللغتين (العربية والإنجليزية) فور اقتراب العامل من الخطر. - كاميرات ذكية PTZ تراقب تحركات العاملين وتتفاعل مع نظام التنبيه في الوقت الفعلي. - لوحات تحكم ذكية مرتبطة بحساسات على المعدات، تُطلق إنذارًا ضوئيًا وصوتيًا عند التشغيل أو وقوع خلل. - تتيح هذه الوسائل الذكية: - تحذيرًا فوريًا متعدد الحواس (سمعي، بصري). - تحليل لحظي لسلوك العاملين وتنبيههم عند الاقتراب من نقاط الخطر. - دمج البيانات التشغيلية مع إجراءات السلامة، مما يسهم في تقليل عدد الحوادث بشكل كبير

نماذج توضيحية لعناصر المقارنه

مقارنة بصرية بين وسيلتين مختلفتين لتحذير العمال أو الزائرين داخل منطقة صناعية عالية الخطورة (الجهد العالي)، وتُظهر تطور وسائل السلامة من النظام التقليدي إلى النظام الذكي المتكامل

- التحذير التقليدي (المطبوع) **- لافتات معدنية مكتوب عليها تحذير "منطقة الجهد العالي" باللون الأحمر:** **- غير تفاعلية، وتعتمد فقط على القراءة البصرية.** **- لا تحتوي على إضاءة أو صوت، ما يجعل فعاليتها محدودة في ظروف الإضاءة الضعيفة أو الضوضاء.** **- عبارة "بسيط - لافتات مطبوعة" تؤكد أن هذا هو النموذج التقليدي.**	**- نظام التحذير الذكي والمتكامل** **- لافتة إلكترونية مضيئة صفراء:** **- توضح نفس التحذير ولكن بإضاءة قوية تجذب الانتباه.** **- ثلاثة مكبرات صوت ذكية موجهة نحو المسار:** **- تبث التحذير صوتيًا مما يضمن وصوله لمن لا يقرأ أو في بيئات ضوضاء.** **- شاشة رقمية خضراء تعرض معلومات تفصيلية:** **- مثل أرقام الجهد الفعلي اللحظي، وعدد الحوادث أو الوقت المتبقي لدخول المنطقة.** **- مزودة بتعليمات بالأسهم والمؤشرات.**

- وجود مخروطين برتقاليين: - للتمييز البصري الأرضي، وهي أيضًا عناصر تقليدية. - كاميرا مراقبة قديمة (ثابتة): - لا تشير لأي تفاعل ذكي أو ربط مباشر مع نظام تحذير..	- وحدة تحكم إلكترونية مكتوب عليها: - "الزيادة السريعة في الحوادث تقللها"، تشير إلى وجود نظام تحذير تفاعلي مبني على البيانات. - كاميرا مراقبة متقدمة) PTZ تتحرك في جميع الاتجاهات:(- توضح وجود تتبع ذكي للعمال لتحذيرهم تلقائيًا. - مخاريط صفراء أكثر وضوحًا وانسجامًا مع النظام الإلكتروني.

النتائج :

- حققت العلامات الذكية ذات الألوان الموحدة والرموز العالمية بفعالية أعلى في جذب الانتباه وتقليل زمن الاستجابة.
- أدت الاستجابة الذكية الى حسّن دقة الرسائل وسرعة التصرف في حالات الطوارئ.
- أثبتت التنبيهات متعددة الحواس جدواها في البيئات الصاخبة أو ضعيفة الرؤية.
- ساهم التوافق الثقافي والتقني في تعزيز الفهم لدى فرق متعددة الجنسيات.
- دعم الأمان السيبراني والطاقة الاحتياطية استمرارية وموثوقية النظام.

التوصيات :

- اعتماد معايير التصميم الذكي ضمن لوائح السلامة.
- ربط العلامات بأنظمة المباني الذكية لتعزيز التفاعل الآلي.
- تنفيذ تدريبات دورية للعاملين على قراءة الإشارات الذكية.
- تحديث محتوى العلامات دوريًا لضمان التوافق مع المتغيرات.
- فرض اختبارات ميدانية قبل اعتماد الأنظمة لضمان الكفاءة.

تاسعا: المراجع العربية والأجنبية

المراجع العربية

1. عبيد، محمد أحمد .(2019) *نظم الإنذار المبكر والإشارات الذكية في المنشآت الصناعية* .الرياض: دار الخريجي للنشر.

-1- eubayda, muhamad 'ahmadu. (2019). nazam al'iindhar almubakir wal'iisharat aldhakiat fi al'iibdae alsinaeii. alrayada: dar alkhiriyji lilnashri.

2. زهران، محمد .(2021) .الذكاء الاصطناعي والواقع المعزز وإنترنت الأشياء تُغيّر الاتجاهات في مجال اللوحات الرقمية وفقًا لبيكسكوم .إيتوس واير.

2- .zahran, muhamad. (2021). aldhaka' alaistinaeiu walwaqie almueazaz wal'iintirnit al'ashya' tughyr aitijahat fi majal albasat alraqamiat wfqan libikiskum. 'iitus wayar

3. ين، هـ.-هـ، ولين، س.-هـ. (٢٠٢٤). آلية ذكية للتحكم في إشارات الإخلاء في المباني متعددة الطوابق والمتعددة المخارج والمجهزة بتقنية إنترنت الأشياء .*مجلة مجسات*، ٢٤ (4)، ١١١٥ https://doi.org/10.3390/s24041115 .

3- .yan, ha.-hi, 'uwlin, si.-h. (2024). 'iisharat dhakiat 'uwtumatikiat liltahakum fi almabani fi almabani almutaeadidat walmutaeadidat almakharij walmujahazat bitiqniat 'iintarnit al'ashya'i. majalat mijasaati, 24(4), 1115. https://doi.org/10.3390/s24041115

4.عبد الرحيم، محمود. (٢٠١٨). تصميم واجهات المستخدم وتجربة الاستخدام UI/UX في تطبيقات التفاعل الذكي .*مجلة العلوم التربوية والنفسية*، ٦ (2)، ١١٥.140–

4- .eabd alrahimi, mahmud. (2018). tasmim wajihat almustakhdim watajribat astikhdam tatbiqat UI/UX fi altafaeulat aldhakiati. majalat aleulum altarbawiat walnafsiati, 6(2), 115-140.

5.السيد، منى. (٢٠٢٠). التصميم التفاعلي وأثره على فاعلية وسائل الإرشاد في بيئة العمل .*مجلة التصميم والفنون التطبيقية، جامعة حلوان*، ٩ (1)، ٩١.108–

5- .alsayidu, minaa. (2020). altafaeul waltaathir ealaa faeaaliat faeaaliat aleamal fi biyat aleimla. majalat altasmim walfunun altatbiqiati, jamieat hulwan, 9(1), 91-108.

6.منظمة العمل الدولية .(2023) .*الدليل الفني لتدريب مفتشي الصحة والسلامة المهنية* .جنيف: منظمة العمل الدولية.

6- .munazamat aleamal alduwliatu. (2023). aldalil alfaniyu litadrib mufatishi alsihat lilkumbuyutar. jinif: munazamat aleamal alduwali.

7.ضيف الله، محمد حامد، (٢٠٢٤) .فهم كيفية عمل الذكاء الاصطناعي والإبداع البشري لدعم مستقبل التصميم الداخلي؛ التحديات، المخاطر،الإيجابيات والسلبيات ، International Design Journal, Vol. 14 No. 4, (July 2024) pp 397-407’

7- .dayf allahi, muhamad hamid, (2024) .fahum kayfiat eamal aldhaka' aliastinaeii albasharii lidaem mustaqbal al'iislah aldaakhili; altahadiyati, almutaeadidati, al'iijabiaat walsalbiaati, majalat altasmim alduwliati, almujaladi. 14 eadad 4, (yulyu 2024) s 397-407'

المراجع الأجنبية

1. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). (2021). Safety Signs and Tags - 29 CFR 1910.145. Washington, D.C.: U.S. Department of Labor.
2. International Organization for Standardization (ISO). (2019). ISO 7010:2019 – Graphical symbols — Safety colours and safety signs — Registered safety signs. Geneva: ISO.
3. HSE (Health and Safety Executive – UK). (2018). The effectiveness of static vs. dynamic safety signage in emergency response. London: HSE Publications.
4. Gvozdek, J. (2024). 8 powerful ways to boost workplace safety and security with digital signage. Digital Signage Today. Retrieved from https://www.digitalsignagetoday.com/blogs/8-powerful-ways-to-boost-workplace-safety-and-security-with-digital-signage/
5. Söbke, H., Friedel, T., Wehking, F., Haupt, T., & Wiggenbrock, J. (2025). Workplace Safety Training Using Visual Simultaneous Localization and Mapping Based Mobile Augmented Reality. Digital, 5(1), 8.
6. Ozobu, C. O., Adikwu, F. E., Odujobi, C., Onyeke, F. O., & Nwulu, E. O. (2025). Advancing Occupational Safety with AI Powered Monitoring Systems: A Conceptual Framework for Hazard Detection and Exposure Control. World Journal of Innovation and Modern Technology, 9(1), 186–213. https://doi.org/10.56201/wjimt.v9.no1.2025.pg186.213
7. Gvozden, J., & Kumar, V. (2023). AI Enhanced Digital Signage Systems for Real Time Safety Monitoring and Compliance Reporting. Safety Science, 160, 112–124. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.105365
8. Filippidis, L., Galea, E. R., & Lawrence, P. J. (2018). The effectiveness of dynamic signage systems in guiding people to safe exits during building evacuations. Fire Safety Journal, 100, 78–89.
9. Poole, M., Galea, E. R., & Filippidis, L. (2020). Evaluating the effectiveness of an improved active dynamic signage system using full scale evacuation trials. Fire Safety Journal.

10. Shi, W., Chang Richards, A., & Guo, B. H. W. (2022). A conceptual framework for including "safety in design" in engineering training and design practice. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1101, 082023. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1101/8/082023
11. Wogalter, M. S., & Leonard, S. D. (1999). Use of warnings to reduce risk in the workplace. In M. S. Wogalter, D. M. DeJoy, & K. R. Laughery (Eds.), Warnings and Risk Communication (pp. 291–309). CRC Press.
12. Kline, P. B., & Ghali, L. M. (1999). Symbol comprehension and sign recognition speed under stress conditions. Journal of Safety Research, 30(3), 123–136.

---

[i] Occupational Safety and Health Administration (OSHA).
(2021). Safety Signs and Tags - 29 CFR 1910.145. Washington, D.C.: U.S. Department of Labor.
[i] International Organization for Standardization (ISO).
.(٢٠١٩)ISO 7010:2019 – Graphical symbols — Safety colours and safety signs — Registered safety signs. Geneva: ISO.

[i] HSE (Health and Safety Executive – UK) (2018). *The effectiveness of static vs. dynamic safety signage in emergency response*. London: HSE Publications.

[i] عبيد، محمد أحمد **2019.** *نظم الإنذار المبكر والإشارات الذكية في المنشآت الصناعية*. الرياض: دار الخريجي للنشر

[v] Gvozdek, J. (2024). 8 powerful ways to boost workplace safety and security with digital signage. Digital Signage Today. Retrieved from https://www.digitalsignagetoday.com/blogs/8-powerful-ways-to-boost-workplace-safety-and-security-with-digital-signage/
[v] Söbke, H., Friedel, T., Wehking, F., Haupt, T., & Wiggenbrock, J. (2025). Workplace Safety Training Using Visual-Simultaneous-Localization-and-Mapping-Based Mobile Augmented Reality. Digital, 5(1), 8.

[v] Ozobu, C. O., Adikwu, F. E., Odujobi, C., Onyeke, F. O., & Nwulu, E. O. (2025). Advancing occupational safety with AI-powered monitoring systems: A conceptual framework for hazard detection and exposure control. World Journal of Innovation and Modern Technology, 9(1), 186–213. DOI:10.56201/wjimt.v9.no1.2025.pg186.213

[v] زهران، م. (٢٠٢١). الذكاء الاصطناعي والواقع المعزز وإنترنت الأشياء تُغيّر الاتجاهات في مجال اللوحات الرقمية وفقًا لبيكسكوم. إيتوس واير.

[i] Gvozden, J., & Kumar, V. (2023). AI-Enhanced Digital Signage Systems for Real-Time Safety Monitoring and Compliance Reporting. Safety Science, 160, 112–124. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.105365

[x] Ozobu, C. O., Adikwu, F. E., Odujobi, C., Onyeke, F. O., & Nwulu, E. O. (2025). Advancing Occupational Safety with AI-Powered Monitoring Systems: A Conceptual Framework for Hazard Detection and Exposure Control. World Journal of Innovation and Modern Technology, 9(1), 186–213

[x] بين، هـ.-هـ، ولين، س.-هـ (٢٠٢٤). آلية ذكية للتحكم في إشارات الإخلاء في المباني متعددة الطوابق والمتعددة المخارج والمجهزة بتقنية إنترنت الأشياء. مجسات، ٢٤(٤)، ١١١٥. https://doi.org/10.3390/s24041115

[x] Shi, W., Chang-Richards, A., & Guo, B. H. W. (2022). *A conceptual framework for including "safety in design" in engineering training and design practice*. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1101*, 082023. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1101/8/082023

[x] Wogalter, M. S., & Leonard, S. D. (1999). Use of warnings to reduce risk in the workplace. In M. S. Wogalter, D. M. DeJoy, & K. R. Laughery (Eds.), Warnings and risk communication (pp. 291–309). CRC Press.

[x] Kline, P. B., & Ghali, L. M. (1999). *Symbol comprehension and sign recognition speed under stress conditions*. **Journal of Safety Research, 30**(3), 123–136.

[x] منظمة العمل الدولية. (٢٠٢٣). الدليل الفني لتدريب مفتشي الصحة والسلامة المهنية. جنيف: منظمة العمل الدولية.

[x] Poole, M., Galea, E. R., & Filippidis, L. (2020). *Evaluating the effectiveness of an improved active dynamic signage system using full scale* **evacuation trials. Fire Safety Journal.**

[x] عبد الرحيم، محمود. (2018). تصميم واجهات المستخدم وتجربة الاستخدام UI/UX في تطبيقات التفاعل الذكي. مجلة العلوم التربوية والنفسية، ٦(٢)، ١١٥-١٤٠.
[x] السيد، منى. (2020). التصميم التفاعلي وأثره على فاعلية وسائل الإرشاد في بيئة العمل. مجلة التصميم والفنون التطبيقية، جامعة حلوان، ٩(١)، ٩١–١٠٨.

ضيف الله، محمد حامد، فهم كيفية عمل الذكاء الاصطناعي والإبداع البشري لدعم مستقبل التصميم الداخلي؛ التحديات، المخاطر،الإيجابيات والسلبيات ، International Design Journal, Vol. 14 No. 4, (July 2024) pp 397-407