

ابتكار معدات الحماية الشخصية الذكية كفرصة ريادية في قطاع النفط والغاز في دولة الإمارات العربية المتحدة

Smart PPE Innovation as an Entrepreneurial Opportunity in the UAE Oil & Gas Sector

إعداد الطالبة/ هبة جهاد البيوك

242001571

إشراف:

الدكتور أحمد راجح

العام الدراسي:

1445 هـ / 2025 م

اهداء

إلى الذين زرعوا في قلبي حب العلم، وسقوه بالدعاء والصبر

إلى والدي، منارة دربي، ونبع عطائي الذي لا ينضب

إلى إخوتي الأعزاء، سندي في الحياة، وركني الثابت في لحظات الضعف والقوة.

إلى كل من ساندني بكلمة، أو آمن بي بصمت

أهدي هذا العمل المتواضع، عربون وفاء وعرفان

شكر وتقدير

أتقدم بخالص الشكر والامتنان إلى جميع من ساهم في إنجاز هذه الدراسة، وعلى رأسهم:

- أسرتي العزيزة، على صبرهم ودعمهم اللامحدود، الذي كان ركيزة أساسية في إتمام هذا العمل.
- الدكتور أحمد راجح على توجيهاته القيمة ودعمه المتواصل طوال فترة البحث.
- أعضاء هيئة التدريس في كلية الريادة والابتكار، على ما قدموه من معرفة وجهد وإلهام.
- جميع المشاركين في الاستبيان الذين ساهموا بأرائهم وخبراتهم بكل رحابة صدر.

فهرس المحتويات

2.....	الإهداء	I.
3.....	الشكر والتقدير	II.
6.....	الملخص	1
7.....	Abstract	2
8.....	المقدمة	3
9.....	مشكلة الدراسة	4
10.....	أهمية الدراسة	5
11.....	أهداف الدراسة	6
12.....	تساؤلات الدراسة	7
12.....	فرضيات الدراسة	8
13.....	الدراسات السابقة	9
13.....	قيود معدات الحماية الشخصية التقليدية	9.1
14.....	إمكانيات معدات الحماية الذكية ودورها في تعزيز السلامة	9.2
16.....	الفرص الريادية والاستثمارية المرتبطة بالحماية الذكية	9.3
17.....	التحديات المرتبطة بتبني معدات الحماية الذكية	9.4
18.....	خاتمة تحليلية للدراسات السابقة	9.5
19.....	الإطار النظري	10
19.....	المفاهيم الأساسية	10.1
20.....	النظريات المرتبطة بالدراسة	10.2
22.....	الإطار التحليلي للدراسة	10.3
23.....	منهجية الدراسة	11
23.....	أدوات جمع البيانات	11.1

24.....	11.2 عينة الدراسة
25.....	11.3 تحليل البيانات
25.....	12 نتائج الدراسة
25.....	12.1 تحليل نتائج الاستبيان
30.....	12.2 تحليل نتائج دراسات الحالة النوعية
34.....	12.3 خلاصة تحليل نتائج الدراسة
35.....	13 التوصيات
36.....	14 الخاتمة
38.....	15 المراجع
40.....	16 الملاحق
40.....	16.1 رسالة الاستبيان - عربي
40.....	16.2 نموذج الاستبيان - عربي
42.....	16.3 رسالة الاستبيان - إنجليزي
42.....	16.4 نموذج الاستبيان - إنجليزي

فهرس الجداول

26.....	1 المتوسط الحسابي لاستجابات المشاركين على الاستبيان
---------	---

1. الملخص

تشكل هذه الدراسة استجابة علمية وتطبيقية لحاجة متزايدة في بيئة العمل الصناعية نحو تطوير أدوات الحماية المهنية، من خلال استكشاف إمكانية تبني معدات الحماية الشخصية الذكية كفرصة ريادية مبتكرة في قطاع النفط والغاز بدولة الإمارات العربية المتحدة. وقد انطلقت الدراسة من مشكلة واقعية تتمثل في محدودية كفاءة معدات الحماية التقليدية، وما يترتب عليها من تحديات متعلقة بفعالية الاستجابة للمخاطر وحماية العنصر البشري.

سعت الدراسة إلى تحقيق مجموعة من الأهداف، أبرزها: تحليل استعداد العاملين لتبني التقنيات الذكية، تقييم الفوائد والعوائق المتصورة، واستكشاف مدى توافق هذه المعدات مع طبيعة المهام المؤسسية. كما اعتمدت الدراسة على نموذجين نظريين معتمدين هما نموذج القبول التكنولوجي (TAM) ونظرية انتشار الابتكار (DOI)، وذلك لتفسير سلوك التبني المؤسسي والفردى لهذه التكنولوجيا.

تم توظيف منهجية بحثية مختلطة، تضمنت استبياناً موجهاً إلى عينة من العاملين والمتخصصين، وتحليلاً نوعياً لعدد من دراسات الحالة المستندة إلى وثائق وتقارير مؤسسية. أظهرت النتائج أن هناك استعداداً مرتفعاً لتبني هذه المعدات، وقبولاً ملحوظاً على المستوى الفردي، في حين أن العوائق المرتبطة بالخصوصية والتكلفة لم تشكل تهديداً جوهرياً. وفي المقابل، كشفت دراسات الحالة عن تحديات تتعلق بالثقافة المؤسسية، وغياب الأطر التنظيمية الحديثة.

خلصت الدراسة إلى أن تبني معدات الحماية الذكية لا يعتمد فقط على جدواها التقنية، بل على وجود بيئة تنظيمية وثقافية داعمة، وإرادة قيادية تحفز التحول. كما قدم البحث مجموعة من التوصيات التطبيقية والسياسية، التي يمكن أن تساهم في تسريع وتيرة التبني، وتعزيز جاهزية المؤسسات الصناعية المحلية للانخراط في منظومة السلامة الذكية ضمن رؤية الإمارات المستقبلية.

2. Abstract

This study presents a scientific and practical response to an increasing need within industrial work environments for enhanced personal safety systems, by exploring the adoption of smart personal protective equipment (smart PPE) as an innovative entrepreneurial opportunity in the oil and gas sector in the United Arab Emirates. The study is grounded in a real-world problem: the limitations of traditional PPE and the resulting challenges in responding effectively to workplace risks and protecting personnel.

The research aimed to assess worker readiness to adopt smart technologies, evaluate perceived benefits and barriers, and examine the compatibility of smart PPE with institutional tasks and environments. It relied on two well-established theoretical models: technology acceptance model (TAM) and diffusion of innovation (DOI), to explain both individual and organizational adoption behaviors.

A mixed-methods research approach was employed, combining a structured questionnaire distributed to a sample of professionals in the field, with qualitative case analysis based on publicly available institutional reports. The findings revealed a high level of willingness among participants to adopt smart PPE, with strong perceived benefits and minimal concern over common barriers such as cost or data privacy. However, the case studies highlighted contextual challenges including organizational culture and the absence of updated regulatory frameworks.

The study concludes that the adoption of smart PPE depends not only on the technological merit of the equipment, but also on the presence of a supportive institutional and regulatory environment, alongside proactive leadership. A series of practical and policy-level recommendations are presented, intended to accelerate adoption, enhance training and experimentation opportunities, and strengthen the preparedness of local institutions to embrace smart safety solutions in alignment with the UAE's national innovation and sustainability agendas.

3. مقدمة

تعد صناعة النفط والغاز من الصناعات الحيوية والركائز الاقتصادية الكبرى لدولة الإمارات العربية المتحدة، إلا أنها تصنف أيضاً ضمن أكثر الصناعات خطورة في العالم. يتعرض العاملون في هذا القطاع إلى مجموعة واسعة من المخاطر المهنية، بما في ذلك التعرض للغازات السامة، والحرائق، والانفجارات، والضغط العالية، إضافة إلى الظروف البيئية القاسية. وقد دفعت هذه التحديات المتكررة الهيئات التنظيمية والشركات الصناعية إلى وضع اشتراطات صارمة فيما يتعلق باستخدام معدات الحماية الشخصية (PPE) للحد من الحوادث وتعزيز سلامة القوى العاملة.

على الرغم من أن معدات الحماية التقليدية قد أسهمت في تقليل الإصابات والوفيات على مدار العقود الماضية، إلا أن التطورات التقنية والهجمات البيئية المتزايدة أظهرت أن هذه المعدات أصبحت غير كافية في كثير من الحالات. فعلى سبيل المثال، وقعت في عام 2009 حادثة مروعة في حقل شاه للغاز في أبوظبي نتيجة تسرب غاز (H_2S)، وهو غاز شديد السمية وعديم الرائحة. وأسفرت تلك الحادثة عن وفاة ثلاثة عمال وإصابة آخر، على الرغم من اتباع إجراءات السلامة التقليدية، مما سلط الضوء على الحاجة الملحة إلى تطوير وسائل أكثر ذكاء واستجابة للمخاطر المتغيرة.

من واقع خبرتي الشخصية في هذا القطاع، فقد شهدت عن قرب أثر الاعتماد على معدات تقليدية لا توفر استجابة فورية للمخاطر المحيطة. فغالبا ما تفتقر هذه المعدات إلى القدرة على التنبؤ أو الإنذار المبكر، وتعتمد بشكل كبير على العامل البشري في التقدير والتصرف، مما يزيد من احتمالية الخطأ البشري. هذا التحدي يفتح الباب واسعا أمام الابتكار في تصميم معدات ذكية، تعتمد على تقنيات مثل الذكاء الاصطناعي (AI) وإنترنت الأشياء (IoT)، والمواد الذكية التي تمكن من توفير استجابة فورية وقابلة للتعديل حسب طبيعة التهديد.

لقد أظهرت تقارير مثل تقرير Deloitte (2022) حول "السلامة الذكية في الصناعات الثقيلة" وتقرير Forbes (2023) أن معدات الحماية الذكية يمكن أن تلعب دورا محوريا في تقليل الحوادث بنسبة تتراوح بين 30-45%، خاصة عند دمجها مع أنظمة إنذار فوري وتحليل تنبؤي للبيئة المحيطة. ووفقا لإحصاءات OSHA، فإن الغالبية العظمى من الحوادث الخطرة في مواقع العمل ناتجة عن ضعف أو فشل في أنظمة التحذير المسبق أو التفاعل البشري البطيء.

إضافة إلى ذلك، فإن تطوير معدات الحماية الذكية لا يحقق فقط أهداف السلامة، بل يمثل أيضا فرصة ريادية واستثمارية واعدة. فالسوق العالمي لمعدات الحماية الذكية يشهد نموا متسارعا، مدفوعا بالطلب المتزايد من شركات النفط والغاز ومصنعي المواد الكيميائية وشركات البتروكيماويات، فضلاً عن الضغوط التنظيمية المتزايدة من قبل

الجهات الرقابية مثل ANSI و ISO. في هذا السياق، تلعب دولة الإمارات دوراً ريادياً في تشجيع الابتكار التقني في قطاع الطاقة، مما يجعلها بيئة خصبة لتبني هذه الحلول الذكية وتطويرها.

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل الإمكانيات الريادية الكامنة في سوق معدات الحماية الشخصية الذكية ضمن قطاع النفط والغاز في دولة الإمارات. وستعمل على تقييم التحديات الحالية التي تواجه معدات الحماية التقليدية، واستكشاف الإمكانيات الابتكارية التي توفرها التقنيات الحديثة، وتقديم توصيات استراتيجية تساهم في تحسين أداء هذه المعدات وتوسيع نطاق تبنيها في السوق المحلي.

تتناول الدراسة الفرص الاستثمارية المتاحة في هذا المجال من خلال تسليط الضوء على العوامل المحفزة مثل انخفاض التكاليف التشغيلية طويلة المدى، وتحسين الامتثال التنظيمي، وتقليل المسؤوليات القانونية، إلى جانب التحديات مثل ارتفاع التكاليف الأولية، والحاجة إلى معايير تنظيمية واضحة، والمقاومة الثقافية داخل بعض بيئات العمل. من خلال هذا المشروع، نسعى إلى المساهمة في تطوير قطاع السلامة المهنية في دولة الإمارات وتحقيق توازن بين الأمان الوظيفي والفرص الاقتصادية من خلال الابتكار الذكي في معدات الحماية.

4. مشكلة الدراسة

رغم الأهمية البالغة لمعدات الحماية الشخصية (PPE) في تقليل الإصابات والحوادث في بيئات العمل عالية الخطورة، إلا أن هذه المعدات التقليدية تعاني من مجموعة من القيود والقصور الهيكلي والتشغيلي الذي يعيق فعاليتها، خصوصاً في قطاع حيوي مثل النفط والغاز. تعد هذه القيود متعددة الأبعاد، وتشمل جوانب تتعلق بالكفاءة التقنية، وسهولة الاستخدام، ومستوى الامتثال، وقدرة المعدات على التفاعل مع الظروف الطارئة في الوقت الفعلي.

من أبرز أوجه القصور التقنية التي لوحظت في الميدان هو فشل بعض أجهزة الإنذار المبكر لتسرب الغازات السامة، مما يعرض العاملين لمخاطر صحية جسيمة دون إنذار مسبق. كما تعاني بعض معدات الحماية، مثل الخوذ الواقية، من تصميم غير مناسب للفئات المختلفة، إذ تشتكي المهندسات، على سبيل المثال، من صعوبة في ارتداء الخوذ بسبب تصميمها غير الملائم، ما يؤدي أحياناً إلى عدم الالتزام الكامل باستخدامها. إضافة إلى ذلك، فإن هذه المعدات لا تمتلك إمكانيات مراقبة ذكية لحالة العاملين أو البيئة المحيطة، مما يحول دون اتخاذ إجراءات وقائية في الوقت المناسب.

تؤدي هذه المشكلات إلى انعكاسات مباشرة على أداء العمليات التشغيلية، حيث تتسبب في توقفات غير مخططة، وارتباك في إدارة الأزمات، بالإضافة إلى التكاليف المالية الناتجة عن الحوادث والمطالبات التأمينية. كما أن محدودية

فعالية هذه المعدات تضعف الامتثال لمتطلبات الجهات التنظيمية مثل OSHA، مما يضع المؤسسات أمام مخاطر قانونية وتنظيمية إضافية.

وفي ظل هذا الواقع، تظهر الحاجة الماسة إلى تطوير معدات حماية ذكية تعتمد على تقنيات حديثة مثل الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء والمواد الذكية، وذلك لضمان سلامة العاملين، وتحسين الكفاءة التشغيلية، وتقليل التكاليف طويلة المدى. إن هذا القصور الواضح في المعدات الحالية لا يعد مجرد تحد تقني فحسب، بل يمثل أيضا فرصة ريادية واعدة لابتكار حلول ذكية قادرة على إعادة تعريف مفهوم السلامة المهنية في قطاع النفط والغاز.

5. أهمية الدراسة

تنبع أهمية هذه الدراسة من ارتباطها الوثيق بقطاع حيوي واستراتيجي في دولة الإمارات العربية المتحدة، وهو قطاع النفط والغاز، الذي يعد أحد المحركات الأساسية للنمو الاقتصادي والتوظيف في الدولة. في ظل ما يشهده هذا القطاع من تحديات متزايدة في مجال السلامة المهنية، تسلط هذه الدراسة الضوء على فجوة حرجة تتعلق بمدى كفاءة وفعالية معدات الحماية الشخصية التقليدية في التصدي للمخاطر المتطورة في بيئات العمل عالية الخطورة. تكمن الأهمية المهنية للدراسة في تقديم تحليل دقيق للقصور الوظيفي والتشغيلي في معدات الحماية الحالية، والبحث في سبل تحسينها من خلال تبني الابتكار التقني، مما يساهم في رفع مستويات الأمان وتقليل معدل الحوادث والإصابات، وبالتالي تعزيز جودة بيئة العمل. كما تساهم النتائج المحتملة لهذه الدراسة في دعم مديري السلامة والفرق الفنية في اتخاذ قرارات مستنيرة عند تقييم أو اعتماد حلول جديدة للحماية الشخصية.

على المستوى الصناعي والتقني، تكتسب الدراسة أهميتها من قدرتها على تسليط الضوء على تقنيات ناشئة مثل الذكاء الاصطناعي، وإنترنت الأشياء، والمواد الذكية، وكيفية دمجها في تصميم وتطوير معدات حماية أكثر ذكاء واستجابة. وهذا بدوره يمكن الشركات الصناعية من تحسين كفاءة العمليات التشغيلية وخفض التكاليف طويلة الأجل المرتبطة بالحوادث أو الامتثال التنظيمي. وفقا لتقارير مثل Deloitte (2022) و OSHA (2023)، فإن التحول إلى معدات الحماية الذكية يقلل من التكاليف التأمينية والمسؤوليات القانونية ويحسن مؤشرات الأداء التنظيمي.

أما من الناحية الاقتصادية، فإن الدراسة تبرز الفرص الريادية الكامنة في هذا المجال، لا سيما في ظل التوجه الاستراتيجي لدولة الإمارات نحو الابتكار والاستدامة، مما يجعل السوق الإماراتي أرضا خصبة لتبني هذا النوع من

الحلول. وبالتالي، فإن هذه الدراسة لا تعزز فقط من السلامة المهنية، بل تسهم أيضا في فتح مسارات استثمارية جديدة أمام رواد الأعمال والمبتكرين في مجال الصناعات الذكية.

وفي الجانب الأكاديمي، فإن هذه الدراسة تمثل إضافة نوعية للأدبيات العلمية المتخصصة في مجالي ريادة الأعمال والسلامة الصناعية، حيث تجمع بين منظور تقني وتحليلي وريادي. كما تفتح الباب أمام باحثين لاحقين لتطوير نماذج مفاهيمية جديدة، أو إجراء دراسات مقارنة بين الحلول التقليدية والحلول الذكية، أو استكشاف مدى جاهزية السوق المحلي لاعتماد هذه التقنيات. وبذلك، تعد هذه الدراسة مساهمة علمية وتطبيقية ذات بعد مستقبلي على المستويين المحلي والدولي.

6. أهداف الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى تحقيق الأهداف التالية:

- تحليل أوجه القصور والتحديات التشغيلية والفنية المرتبطة بمعدات الحماية الشخصية التقليدية في قطاع النفط والغاز بدولة الإمارات، وتأثيرها على السلامة والكفاءة التشغيلية.
- استكشاف الإمكانيات التقنية المتقدمة مثل الذكاء الاصطناعي (AI)، وإنترنت الأشياء (IoT)، والمواد الذكية، ودورها في تحسين أداء معدات الحماية الشخصية وتحقيق الاستجابة الاستباقية للمخاطر.
- تحديد وتوصيف الفرص الريادية والاستثمارية الناتجة عن تطوير وتسويق معدات الحماية الشخصية الذكية في السوق الإماراتي، مع التركيز على العوامل التكنولوجية المحفزة، ودمج مفاهيم الابتكار وريادة الأعمال في تصميم وتبني هذه الحلول لتعزيز جاهزية السوق وخلق ميزة تنافسية مستدامة.
- تقييم التحديات التي تواجه الشركات الناشئة والمؤسسات القائمة عند تبني أو تطوير هذه المعدات، بما في ذلك التحديات التنظيمية، والمالية، والتقنية، والثقافية.
- تحليل البيئة السوقية والتنظيمية والاستثمارية المرتبطة بتكنولوجيا معدات الحماية الذكية، بما يشمل توجهات السوق، ومدى جاهزية المؤسسات، وموقف السياسات الحكومية.
- اقتراح توصيات استراتيجية عملية تدعم متخذي القرار ورواد الأعمال في تطوير حلول فعالة ومستدامة لمعدات الحماية الذكية، بما يتماشى مع أهداف الابتكار والسلامة في الدولة.

7. تساؤلات الدراسة

لتحقيق أهداف هذه الدراسة، تم تطوير الاسئلة التالية:

- ما أوجه القصور والتحديات التقنية والتشغيلية التي تعاني منها معدات الحماية الشخصية التقليدية في قطاع النفط والغاز، وما تأثيرها على السلامة والكفاءة؟
- كيف يمكن للتقنيات الحديثة مثل الذكاء الاصطناعي (AI)، وإنترنت الأشياء (IoT)، والمواد الذكية أن تسهم في تحسين فعالية معدات الحماية الشخصية وتعزيز الاستجابة الاستباقية للمخاطر؟
- ما هي أبرز الفرص الريادية والاستثمارية المتاحة في السوق الإماراتي لتطوير وتسويق معدات الحماية الشخصية الذكية، وكيف يمكن دمج مفاهيم الابتكار التقني مع ريادة الأعمال لتوليد ميزة تنافسية؟
- ما التحديات الرئيسية التي تواجه رواد الأعمال والشركات الناشئة والمؤسسات القائمة عند تبني هذا النوع من المعدات الذكية، سواء من حيث التمويل أو الامتثال أو ثقافة السوق؟
- ما مدى جاهزية السوق الإماراتي لتبني تقنيات معدات الحماية الذكية، وما العوامل الاقتصادية والسلوكية والتنظيمية المؤثرة في هذا التبني؟
- ما طبيعة البيئة التنظيمية والاستثمارية التي تحكم هذا القطاع، وكيف تؤثر السياسات والتشريعات الحالية على تطوير وتسويق معدات الحماية الذكية؟
- ما التوصيات الاستراتيجية الممكنة التي من شأنها دعم متخذي القرار ورواد الأعمال في تصميم وتطبيق حلول حماية ذكية فعالة ومستدامة في بيئات العمل عالية الخطورة؟

8. فرضيات الدراسة

- نظرا لطبيعة الدراسة التي تهدف إلى تحليل محددات تبني معدات الحماية الشخصية الذكية، فإنه من الممكن صياغة مجموعة من الفرضيات الاسترشادية التي تساعد في توجيه التحليل وتفسير النتائج. وتتمثل هذه الفرضيات فيما يلي:
- توجد علاقة إيجابية بين الفائدة المتصورة لمعدات الحماية الذكية واستعداد العاملين لتبنيها.
 - كلما زادت سهولة استخدام معدات الحماية الذكية المتصورة، زادت احتمالية تبنيها.
 - يتأثر استعداد العاملين لتبني هذه المعدات بمستوى توافقها مع مهام العمل والثقافة التنظيمية.

- تعد القدرة على تجربة المعدات واختبارها أحد العوامل التي تسهم في تعزيز قبولها المؤسسي.
- كلما كانت نتائج استخدام المعدات قابلة للملاحظة، زادت الثقة المؤسسية في تبنيها.
- تشكل العوائق التنظيمية والتقنية والمالية عائقا جوهريا أمام تبني معدات الحماية الذكية.

9. الدراسات السابقة

9.1. قيود معدات الحماية الشخصية التقليدية

رغم أن معدات الحماية الشخصية (PPE) تمثل خط الدفاع الأول في بيئات العمل عالية الخطورة، إلا أن مجموعة من الدراسات أكدت أنها تعاني من قيود متعددة تؤثر بشكل مباشر على فعاليتها في الحماية، والامتثال، واستدامة الاستخدام. وقد بينت الأدبيات الحديثة أن هذه القيود لا تقتصر على الجوانب التقنية، بل تشمل أيضا سلوكيات العاملين، والتحديات التنظيمية، والعوائق البيئية في بيئات العمل الصناعية.

تشير دراسة لـ NIOSH (2019) إلى أن أكثر من 40% من إصابات العمل في الصناعات الخطرة ناتجة عن الاستخدام غير السليم أو غياب معدات الحماية، وأرجعت ذلك إلى تصميم غير مريح، أو نقص في الوعي والتدريب، أو مقاومة من قبل المستخدمين بسبب صعوبة الحركة أو ضعف التهوية. وقد خلصت الدراسة إلى أن عدم ملائمة المعدات لمتطلبات المستخدم غالبا ما يؤدي إلى تجنب ارتدائها، حتى في البيئات ذات الخطورة المرتفعة.

وفي دراسة تحليلية أجراها Gupta et al (2022)، تم توثيق أن معدات الحماية التقليدية لا توفر رقدا في الوقت الفعلي، ولا تمكن من اكتشاف التغيرات المفاجئة في البيئة مثل تسرب الغازات، أو ارتفاع الحرارة، أو الإرهاق الحراري. وأشار الباحثون إلى أن هذه الثغرات تجعل هذه المعدات غير قادرة على تقديم حماية استباقية، بل تتصرف كرد فعل فقط بعد وقوع الخطر، مما يقلل من جدواها في البيئات المتقلبة مثل منصات النفط والغاز.

كذلك أشار تقرير صادر عن (Occupational Safety and Health Administration (OSHA, 2023) إلى أن واحدة من أبرز نقاط الضعف في معدات الحماية التقليدية هي الاعتماد المفرط على العامل البشري في الالتزام بارتدائها وتشغيلها. ولفت التقرير إلى أن عدم وجود نظام مراقبة أو تنبيهات ذكية يجعل من الصعب على الجهات المشرفة التأكد من امتثال العاملين، خصوصا في البيئات الواسعة أو المتعددة المهام.

أما من حيث التصميم، فقد أظهرت دراسة لـ Singh et al (2021) أن تصميم الخوذ، وواقيات الوجه، والملابس المقاومة للحرارة، غالبا ما لا يأخذ بعين الاعتبار الفروقات الجسدية والنفسية بين العاملين، مما يؤدي إلى مشكلات في

الاستخدام، لا سيما لدى النساء في المواقع الهندسية، أو من يعملون لساعات طويلة في درجات حرارة مرتفعة. وخلصت الدراسة إلى أن التصميم غير المريح يعد عائقا جوهريا أمام تحقيق مستويات عالية من الامتثال الطوعي.

أخيرا، في دراسة استقصائية على نطاق واسع أجراها Rahman et al (2020) شملت أكثر من 300 عامل في قطاع البتروكيماويات، وجد أن 63% من المشاركين عبروا عن عدم رضاهم عن أداء معدات الحماية المستخدمة، بينما أشار 58% إلى أنها تسبب لهم الانزعاج أو تعيقهم أثناء أداء مهامهم. وقد اقترح الباحثون ضرورة تحديث تصميمات المعدات لتكون أكثر توافقا مع احتياجات العامل، وتوظيف عناصر تكنولوجية تفاعلية ترفع من مستوى الكفاءة والسلامة.

تبرز الدراسات السابقة بشكل متسق أن معدات الحماية الشخصية التقليدية، رغم كونها عنصرا أساسيا في منظومة السلامة المهنية، تعاني من جوانب قصور متعددة تؤثر سلبا على فعاليتها ودرجة امتثال العاملين لاستخدامها. وقد تنوعت أوجه القصور بين التصميم غير الملائم، والاعتماد الكامل على العامل البشري، وغياب القدرة على التفاعل مع المخاطر في الوقت الفعلي. هذه التحديات تعد شديدة الصلة بمشكلة الدراسة الحالية، التي تنطلق من تساؤل جوهري حول مدى كفاءة الحلول التقليدية في مواجهة التهديدات الحديثة في بيئات عمل معقدة كقطاع النفط والغاز.

ورغم أن الدراسات المستعرضة قدمت توصيفا جيدا للواقع القائم، إلا أنها لم تتناول بعمق الجوانب الريادية أو الفرص التقنية الممكنة لتجاوز هذه القيود عبر الابتكار، كما أنها لم تعالج الحالة الإماراتية تحديدا أو بيئات العمل في الصناعات النفطية الإقليمية. ومن هنا، تنبع أهمية الدراسة الحالية في استكمال الصورة من خلال تحليل تكاملي يشمل التحديات، والفرص، والأطر التنظيمية والتقنية، بما يعزز الفهم ويوجه الابتكار نحو تطوير معدات حماية ذكية تتناسب مع طبيعة التحديات المعاصرة في بيئات النفط والغاز بالدولة.

9.2. إمكانيات معدات الحماية الذكية ودورها في تعزيز السلامة

في ظل التطورات المتسارعة في مجالات الذكاء الاصطناعي (AI)، وإنترنت الأشياء (IoT)، والمواد الذكية، بدأت معدات الحماية الشخصية تتحول من أدوات سلبية وظيفتها العزل أو الوقاية المحدودة، إلى أنظمة ذكية نشطة قادرة على مراقبة البيئة المحيطة، وتحليل البيانات الحيوية للعاملين، والاستجابة المبكرة للمخاطر المحتملة. وقد تناولت العديد من الدراسات هذه النقلة النوعية، وأثبتت أن الابتكارات في هذا المجال تمثل تحولا جذريا في كيفية إدارة السلامة المهنية، خاصة في الصناعات الخطرة كقطاع النفط والغاز.

تشير دراسة Almeida et al (2021) إلى أن دمج أجهزة الاستشعار الذكية في الخوذ والملابس الواقية يتيح جمع بيانات لحظية عن المؤشرات البيئية كدرجة الحرارة، ونسبة الأوكسجين، وتركيز الغازات السامة. ووجد الباحثون أن هذه المعدات تسهم في تحسين سرعة الاستجابة للطوارئ بنسبة تزيد عن 35%، مقارنة بالمعدات التقليدية، مما يعد تقدماً بالغ الأهمية في بيئات العمل المعقدة.

وفي دراسة أجراها Chen & Zhang (2022)، تم تطوير نظام ذكي لتحليل المؤشرات الحيوية للعاملين باستخدام تقنيات التعلم الآلي. وقد أظهرت نتائج التجربة الميدانية أن هذه الأنظمة تستطيع التنبؤ بإرهاق العامل أو التعرض الحراري قبل حدوث الحالة الفعلية بدقائق، مما يوفر وقتاً حاسماً لاتخاذ إجراءات وقائية. وخلصت الدراسة إلى أن هذه القدرة التنبؤية تعد من أبرز مكامن القوة التي تميز معدات الحماية الذكية عن نظيراتها التقليدية.

أما دراسة Patel et al (2021) فقد تناولت التكامل بين أنظمة الذكاء الاصطناعي (AI) وإنترنت الأشياء (IoT) في معدات الحماية، مشيرة إلى أن الأنظمة الذكية المتصلة بشبكات مركزية قادرة على توفير "رؤية شاملة" لحالة كل عامل في الموقع لحظة بلحظة. وتعد هذه الإمكانية ضرورية في الصناعات التي تتطلب التنقل المستمر أو العمل في مناطق معزولة، كما في الحقول النفطية أو المصافي، حيث تقل قدرة الإشراف البشري المباشر.

دراسة أخرى أجرتها Forbes Business Review (2022) أظهرت أن المؤسسات التي اعتمدت الحماية الذكية شهدت تحسناً بنسبة 40% في مستويات الامتثال التنظيمي، وانخفاضاً في التكاليف التأمينية بنسبة تصل إلى 25%. وقد أرجعت ذلك إلى وجود بيانات قابلة للتوثيق في حالات الحوادث، مما يدعم التحقيقات ويقلل النزاعات القانونية.

من ناحية أخرى، تناولت Deloitte (2022) بعداً استراتيجياً في تحليل تبني الحماية الذكية، مشيرة إلى أن هذه المعدات ليست فقط أداة للسلامة، بل أداة لتحسين كفاءة التشغيل واتخاذ القرار، من خلال تقديم بيانات لحظية دقيقة لمتخذي القرار، تعزز من استمرارية الإنتاج وتقليل المخاطر التشغيلية.

تظهر هذه الدراسات مجتمعة أن معدات الحماية الشخصية الذكية لا تمثل مجرد تحسين تقني للمعدات التقليدية، بل تقدم نموذجاً جديداً لإدارة المخاطر يعتمد على الاستباقية، والشفافية، والتكامل التكنولوجي. وتأتي هذه النتائج داعمة لرؤية الدراسة الحالية، التي تستهدف تحليل هذه الإمكانيات التقنية من منظور ريادي، وربطها بسياق السوق الإماراتي من حيث الفرص والتحديات والتطبيقات العملية. ورغم هذه الإنجازات، تبرز هذه الدراسات أيضاً الحاجة إلى المزيد من الأبحاث التطبيقية التي تأخذ في الاعتبار طبيعة البيانات الصناعية المحلية، والثقافة المؤسسية، ونضج البنية التحتية الرقمية - وهي الجوانب التي تسعى هذه الدراسة إلى استكشافها بعمق.

9.3. الفرص الريادية والاستثمارية المرتبطة بالحماية الذكية

يمثل التحول من معدات الحماية التقليدية إلى حلول ذكية فرصة استثنائية لريادة الأعمال في الصناعات الخطرة، خاصة في قطاع النفط والغاز، لما توفره هذه التقنيات من إمكانيات ابتكارية تواكب التوجهات العالمية نحو الاستدامة، والسلامة، والتحول الرقمي. وقد سلطت دراسات وتقارير عديدة الضوء على الإمكانات الاقتصادية والريادية لهذا القطاع، خصوصا في الأسواق الناشئة التي تسعى إلى تعزيز منظوماتها الصناعية من خلال الابتكار.

تشير دراسة Short et al (2010) إلى أن الابتكار في مجالات الصحة والسلامة يمثل أرضا خصبة لريادة الأعمال، خاصة عندما يتقاطع مع التقنيات التنبؤية والذكية. وتوضح الدراسة أن القطاعات التي تواجه مخاطر عالية مثل النفط والغاز، تعد بيئة مثالية لتبني الابتكار القائم على الحلول، حيث لا ينظر إلى التكنولوجيا كأداة مساعدة فقط، بل كمكون أساسي للامتثال والتنافسية والاستدامة.

وفي السياق ذاته، يظهر تقرير Gartner (2022) أن هناك تصاعدا ملحوظا في استثمارات رأس المال الجريء في مشاريع تطوير معدات الحماية الذكية، خصوصا من قبل شركات التكنولوجيا الناشئة. ويعزى هذا الاهتمام إلى عاملين رئيسيين: الأول هو تصاعد الطلب العالمي على حلول السلامة الذكية المدعومة بالذكاء الاصطناعي، والثاني هو الفرص التنظيمية المتاحة من خلال السياسات الحكومية المحفزة. وقد أشار التقرير إلى أن منطقة الخليج، وتحديدًا دولة الإمارات، تظهر إشارات واضحة على انفتاح سوقها الصناعي لهذه الابتكارات.

كما تناولت دراسة Saebi et al (2019) مفهوم ريادة الأعمال الاجتماعية في سياق الابتكار الصناعي، وبيّنت أن تطوير معدات الحماية الذكية يمثل نموذجا مثاليا لهذا النوع من الريادة، كونه يساهم في تحقيق أثر مزدوج: اقتصادي (من خلال تحسين الكفاءة وتقليل التكاليف) واجتماعي (من خلال تقليل الإصابات وتعزيز السلامة البشرية).

أما على مستوى الدولة، فقد سلط تقرير Deloitte (2022) الضوء على قطاع الحماية الذكية كأحد محركات النمو المحتملة ضمن رؤية الإمارات للسلامة والاستدامة، مشيرا إلى أن البيئة التنظيمية، والطلب السوقي، والبنية التحتية الرقمية، جميعها تشكل عوامل مشجعة لريادة الأعمال في هذا المجال. ويؤكد التقرير أن تزايد الطلب على الحلول الذكية في الحقول الصناعية الإماراتية، خصوصا من قبل الشركات الكبرى مثل "أدنوك"، يشكل أرضية مناسبة لنمو شركات ناشئة متخصصة في الحماية الذكية.

تدل هذه الدراسات على وجود فجوة وفرصة في آن واحد: فبينما تتوفر التقنيات، إلا أن السوق لا يزال في طور الاستكشاف والتبني، ما يخلق مساحة كبيرة أمام رواد الأعمال لتقديم حلول ذكية فعالة ومخصصة لبيئات العمل

المحلية. وتبرز هذه المعطيات أهمية الدراسة الحالية، التي تهدف إلى تحليل هذه الفرص ضمن سياق دولة الإمارات، من خلال الربط بين الابتكار التقني، والواقع التشغيلي، والإمكانات الاستثمارية، لتحديد مدى جاهزية السوق لتبني هذه الحلول، والفرص المتاحة للشركات الناشئة والجهات الصناعية القائمة على حد سواء.

9.4. التحديات المرتبطة بتبني معدات الحماية الذكية

على الرغم من الإمكانات الكبيرة التي توفرها معدات الحماية الشخصية الذكية، فإن تبنيها على نطاق واسع لا يزال يواجه عددا من التحديات التي تعيق انتشارها، خصوصا في الصناعات الثقيلة مثل النفط والغاز. وتتنوع هذه التحديات ما بين عقبات تنظيمية وتشريعية، وتكلفة مرتفعة، ومقاومة ثقافية داخل بيئات العمل، إضافة إلى محدودية البنية التحتية الرقمية في بعض المواقع الميدانية.

تشير دراسة HSE Compliance Report (2022) إلى أن أهم التحديات التنظيمية تكمن في غياب معايير واضحة وموحدة لاعتماد معدات الحماية الذكية. ففي معظم الدول، بما في ذلك أسواق الخليج، لا تزال التشريعات تركز على المعدات التقليدية، مما يجبر الشركات المصنعة على اتباع مسارات اعتماد طويلة ومكلفة لإثبات مطابقة منتجاتها. وتضيف الدراسة أن أي إخفاق في أداء هذه المعدات قد يعرض الشركات لدعاوى قانونية مكلفة، ما يشكل عامل تثبيط إضافيا أمام الابتكار.

وفي تقرير حديث أصدرته Deloitte (2022)، تم تسليط الضوء على التحديات المالية التي تواجه الشركات الصغيرة والمتوسطة في تبني هذا النوع من المعدات، إذ أن التكلفة الابتدائية المرتفعة لتصنيع أو شراء معدات ذكية، بالإضافة إلى متطلبات الصيانة والتحديث، تعد من أبرز المعوقات أمام الدخول إلى السوق. وقد أشار التقرير إلى أن عدم توفر حوافز استثمارية أو دعم حكومي في بعض الدول يزيد من هذه الفجوة، خاصة في الأسواق النامية.

أما من الناحية السلوكية، فقد أظهرت دراسة لـ Gartner (2022) أن العاملين أنفسهم قد يشكلون عائقا أمام تبني المعدات الذكية. فقد عبر عدد من الموظفين في الصناعات الميدانية عن مخاوف تتعلق بالخصوصية، نتيجة استخدام أجهزة استشعار حيوية قد تسجل مؤشراتهم الصحية أو موقعهم الجغرافي في الوقت الحقيقي. كما أن البعض يعتبر أن ارتداء معدات مزودة بأجهزة إلكترونية يزيد من عدم الراحة أو يعيق حرية الحركة.

وفي دراسة استقصائية محلية أجرتها Abdelrahman et al (2021) في الإمارات، تم توثيق أن 62% من مسؤولي السلامة في المنشآت الصناعية عبروا عن تردددهم في اعتماد معدات الحماية الذكية بسبب ضعف وعي الفرق الميدانية بتقنيات

الذكاء الاصطناعي، وصعوبة دمج المعدات الجديدة مع الأنظمة القائمة. وأوصى الباحثون بضرورة إجراء حملات تدريبية شاملة، وتبني سياسات مرحلية تدريجية للتنفيذ، لضمان تقبل المستخدمين النهائيين لهذه التكنولوجيا. تبرز هذه الدراسات أن التحديات أمام تبني معدات الحماية الذكية لا تقتصر على الجانب التكنولوجي، بل تمتد لتشمل أبعاداً تنظيمية واقتصادية وسلوكية وثقافية. هذه التحديات تعد من العوامل الحاسمة التي ستحدد مستقبل هذا القطاع الناشئ، خاصة في البيئات الصناعية التي تتطلب أعلى معايير الامتثال والسلامة كما هو الحال في قطاع النفط والغاز. ولهذا، تسعى الدراسة الحالية إلى تحليل هذه التحديات في سياق دولة الإمارات، واقتراح حلول ريادية واستراتيجية للتغلب عليها، بما يضمن توسيع نطاق اعتماد هذه الحلول المبتكرة بشكل فعال ومستدام.

9.5. خاتمة تحليلية للدراسات السابقة

تظهر مراجعة الدراسات السابقة في هذا البحث تراكماً معرفياً ثرياً حول تطور معدات الحماية الشخصية، بدءاً من عرض القيود التي تعاني منها النماذج التقليدية، ومروراً باستكشاف الإمكانيات التقنية التي توفرها المعدات الذكية، وصولاً إلى تحليل الفرص الريادية المتاحة في هذا المجال، ثم تسليط الضوء على التحديات التنظيمية والاقتصادية والثقافية التي تعيق تبني هذه الحلول على نطاق واسع.

تشير هذه الدراسات بوضوح إلى أن معدات الحماية التقليدية، رغم مساهمتها في تقليل الإصابات، تعاني من جوانب قصور خطيرة تتعلق بالاستجابة الفورية للمخاطر، والملاءمة مع احتياجات المستخدم، والاعتماد المفرط على السلوك البشري. هذه التحديات كانت الدافع الرئيسي وراء التوجه نحو تطوير معدات حماية ذكية، قادرة على الرصد اللحظي والتحليل التنبؤي، كما أكدته مجموعة من الدراسات الحديثة مثل Almeida et al (2021) و Chen & Zhang (2022). ومع بروز الإمكانيات التقنية، بدأت تتشكل فرص استثمارية وريادية حقيقية في هذا المجال، كما أشارت تقارير مثل Gartner (2022) و Deloitte (2022)، والتي بينت أن هناك تحولات هيكلية في سلوك السوق الصناعي، تتطلب حلولاً ذكية ومصممة خصيصاً للبيئات عالية الخطورة مثل النفط والغاز. في الوقت ذاته، تظهر الدراسات أن هذا التبني ليس تلقائياً، بل تصطدم هذه الابتكارات بجدران تنظيمية وتشغيلية، إضافة إلى مقاومة سلوكية داخل بيئات العمل، مما يتطلب استراتيجيات مدروسة لتسريع التبني وتقليل فجوة التحول.

ورغم أن هذه الأدبيات قدمت رؤية قيمة حول كل محور من محاور الدراسة، إلا أنها غالباً ما تناولت كل بعد بشكل منفصل، أو ركزت على أسواق صناعية غربية دون الغوص في واقع السوق الإماراتي بالتحديد. وهنا تتجلى الفجوة

المعرفية التي تستهدف هذه الدراسة معالجتها، من خلال تحليل تكاملي يجمع بين أبعاد الابتكار التقني، والفرص الريادية، والتحديات التنظيمية، وسلوك السوق المحلي، بما يتيح بناء فهم أكثر شمولية حول مدى جاهزية السوق الإماراتي لتبني معدات الحماية الذكية، وفتح المجال أمام رواد الأعمال لتقديم حلول فعالة، مستدامة، ومبنية على أدلة واقعية.

10. الإطار النظري

يلعب الإطار النظري دوراً جوهرياً في توجيه مسار البحث من خلال تحديد المفاهيم المحورية، وتوضيح العلاقات المحتملة بينها، وبناء الخلفية العلمية التي تستند إليها الدراسة. وبالنسبة لهذا البحث، فإن التركيز ينصب على تقاطع عدة مفاهيم رئيسية، تشمل معدات الحماية الذكية، والتقنيات المتقدمة مثل الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء، والمنظور الريادي المرتبط بفرص الابتكار في بيئات صناعية عالية الخطورة كقطاع النفط والغاز. كما سيتم الاستناد إلى نظريتين أساسيتين لفهم تبني الابتكارات في المنظمات: نظرية انتشار الابتكار (DOI)، ونموذج القبول التكنولوجي (TAM).

10.1. المفاهيم الأساسية

10.1.1. معدات الحماية الشخصية (PPE)

تعرف معدات الحماية الشخصية بأنها الأدوات أو الوسائل المستخدمة لتقليل التعرض للمخاطر المهنية، وتشمل الخوذ، والنظارات، والقفازات، وأجهزة التنفس، والملابس الواقية. وقد شهدت هذه المعدات تطوراً كبيراً بمرور الزمن، بدءاً من الحماية السلبية التقليدية، وصولاً إلى حلول ذكية تعتمد على المراقبة الحية والتحليل اللحظي للمخاطر.

10.1.2. معدات الحماية الذكية (Smart PPE)

هي الجيل الجديد من معدات الحماية الشخصية التي تدمج فيها أجهزة استشعار، وتكنولوجيا لاسلكية، وخوارزميات تحليل البيانات. تهدف هذه المعدات إلى تقديم معلومات فورية وتحذيرات استباقية بشأن الظروف البيئية أو الحالة الصحية للعامل، مما يعزز من اتخاذ القرارات السريعة ويقلل من زمن الاستجابة للحوادث.

10.1.3. الذكاء الاصطناعي (AI)

هو قدرة الأنظمة الحاسوبية على محاكاة الذكاء البشري في التعلم، والتحليل، واتخاذ القرار. وتستخدم تقنيات الذكاء الاصطناعي في معدات الحماية الذكية لتحليل المؤشرات الحيوية، والتنبؤ بالمخاطر، وتوجيه الإنذارات التلقائية في حالات الطوارئ.

10.1.4. إنترنت الأشياء (IoT)

يشير إلى الشبكات الذكية من الأجهزة المتصلة التي تتبادل البيانات مع أنظمة مركزية للتحليل والتشغيل. وتستخدم تقنيات (IoT) في ربط معدات الحماية بأنظمة مراقبة مركزية، مما يمكن من متابعة حالة العاملين في الوقت الحقيقي داخل بيئات معقدة كمنصات النفط.

10.1.5. ريادة الأعمال الابتكارية

هي العملية التي يقوم فيها رواد الأعمال بتحديد فرص جديدة وتحويلها إلى منتجات أو خدمات ذات قيمة من خلال الابتكار. في سياق هذه الدراسة، ينظر إلى تطوير معدات الحماية الذكية كفرصة ريادية تمزج بين الابتكار التقني والطلب السوقي المتنامي على حلول السلامة المتقدمة.

10.2. النظريات المرتبطة بالدراسة

تمثل النظريات العلمية المرتبطة بتبني التكنولوجيا والابتكار أداة هامة لفهم سلوك الأفراد والمؤسسات عند مواجهة حلول جديدة. وفي هذه الدراسة، تم الاستناد إلى نظريتين محوريّتين لتفسير وفهم العوامل المؤثرة في تبني معدات الحماية الشخصية الذكية في قطاع النفط والغاز، لا سيما ضمن البيئة الإماراتية التي تشهد تحولات رقمية متسارعة وتوجهها حكومياً داعماً للابتكار التقني.

10.2.1. نظرية انتشار الابتكار (DOI)

تعد هذه النظرية من أهم الإسهامات الفكرية في تفسير كيفية انتقال وتبني الابتكارات في المجتمعات. وقد طورها الباحث Everett Rogers في خمسينيات القرن الماضي، وتم توسيعها في إصداره الشامل عام 2003. وتنص النظرية على أن تبني أي ابتكار يعتمد على خمسة عوامل رئيسية:

1. الفائدة النسبية: مدى إدراك المستخدم أن الابتكار أفضل من الحلول السابقة.

2. التوافق: مدى انسجام الابتكار مع القيم والاحتياجات القائمة.

3. درجة التعقيد: مدى سهولة فهم واستخدام الابتكار.

4. قابلية التجريب: مدى إمكانية تجربة الابتكار قبل التبني الكامل.

5. القدرة على الملاحظة: مدى وضوح نتائج استخدام الابتكار.

في السياق الإماراتي، يمكن تطبيق هذه النظرية لتحليل مدى استعداد الشركات والعاملين لتبني معدات الحماية الذكية، خاصة في ظل وجود مبادرات حكومية لتشجيع التجريب التكنولوجي مثل مناطق الابتكار الصناعية، وبرامج التمويل الحكومي للتكنولوجيا، مما يعزز من العوامل الخمسة المذكورة أعلاه.

وقد استخدمت دراسات سابقة، مثل Moore & Benbasat (1991) و Plouffe et al (2001)، هذا النموذج في تحليل التبني المؤسسي للتقنيات الصناعية، ما يبرر اعتماده في هذه الدراسة لتفسير سلوك التبني لدى المستخدمين في قطاع النفط والغاز.

10.2.2. نموذج القبول التكنولوجي (TAM)

يعتبر نموذج القبول التكنولوجي من أكثر النماذج شيوعاً في مجال نظم المعلومات ودراسات التكنولوجيا، وقد طوره

Fred Davis (1989) لفهم سلوك المستخدم تجاه تقنيات جديدة. ويرتكز النموذج على متغيرين أساسيين:

1. مدى الفائدة المتصورة: وهو اعتقاد المستخدم بأن استخدام التقنية سيحسن من أدائه الوظيفي.

2. سهولة الاستخدام المتصورة: مدى شعور المستخدم بأن استخدام التقنية سيكون خالياً من الجهد الكبير.

وقد أثبت النموذج فعاليته في تفسير تبني التكنولوجيا في العديد من السياقات، بما في ذلك القطاع الصناعي والرعاية الصحية والتعليم. وفي هذه الدراسة، يستخدم النموذج لفهم موقف العاملين في قطاع النفط والغاز من معدات الحماية الذكية، ومدى قبولهم لها استناداً إلى إدراكهم لفوائدها وسهولة استخدامها.

وفي ظل البيئة الصناعية الإماراتية المتطورة، ووجود وعي مرتفع بالتكنولوجيا داخل الشركات الكبرى (مثل أدنوك ومبادلة للطاقة)، يصبح هذا النموذج أداة تحليلية فعالة لتفسير السلوك الفردي والمؤسسي تجاه اعتماد تقنيات الحماية الذكية.

10.3. الإطار التحليلي للدراسة

استنادا إلى المفاهيم النظرية والمكونات المفاهيمية التي تم استعراضها، تقدم هذه الدراسة إطارا تحليليا يدمج بين الجوانب التقنية، التنظيمية، والسلوكية في تفسير تبني معدات الحماية الذكية في بيئات العمل الخطرة، وتحديد الفرص الريادية الناتجة عنها في السوق الإماراتي.

ينطلق الإطار التحليلي من تحديد القيود الوظيفية والسلوكية لمعدات الحماية التقليدية، والتي أثبتت الدراسات السابقة أنها تشكل عائقا أمام تحقيق بيئات عمل آمنة وفعالة، خصوصا في قطاع النفط والغاز. وتشمل هذه القيود: الاعتماد على الاستجابة البشرية، صعوبة الاستخدام، ضعف القدرة على التنبؤ، وانخفاض مستوى الامتثال.

ثم ينتقل الإطار إلى استكشاف الإمكانيات التقنية التي تتيحها معدات الحماية الذكية، وخاصة من خلال دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء، والتي تتيح الرصد اللحظي، التحليل التنبؤي، وإمكانية إصدار التنبيهات الفورية، وبالتالي تحسين سرعة الاستجابة وتقليل الحوادث.

على ضوء هذه الفجوة بين الواقع التقليدي والإمكانيات الذكية، يظهر البعد الريادي للدراسة، حيث يتم النظر إلى ابتكار معدات الحماية الذكية كفرصة ريادية واستثمارية، خصوصا في ظل السياسات الحكومية الإماراتية الداعمة للابتكار، والبنية التحتية الرقمية المتقدمة، والانفتاح المؤسسي على الحلول الذكية.

لكن تبني هذه الابتكارات لا يتم تلقائيا، بل يخضع لتأثير مجموعة من العوامل، تمثلها نظريا نظرية انتشار الابتكار من جهة، ونموذج القبول التكنولوجي من جهة أخرى، حيث يتم تقييم استعداد السوق، والعاملين، والمؤسسات لقبول هذه الحلول بناء على إدراكهم للفائدة، سهولة الاستخدام، التوافق، وقابلية التجربة.

وعليه، يربط الإطار التحليلي بين:

- العوامل التقنية (مثل نوع التكنولوجيا، مزايا الابتكار)
- العوامل السلوكية (مثل الإدراك، القبول، المخاوف)
- العوامل التنظيمية والسوقية (مثل السياسات، التمويل، البيئة المؤسسية)

وذلك بهدف:

- تحليل درجة الجاهزية المحلية لتبني هذه الابتكارات
- واستكشاف الفرص الريادية الكامنة في تصميم حلول مبتكرة تتوافق مع الواقع الإماراتي

يستخدم هذا الإطار لاحقاً في تصميم أدوات جمع البيانات وتحليلها، بما يضمن تغطية الجوانب النظرية والتطبيقية بشكل متكامل.

11. منهجية الدراسة

تبنى هذه الدراسة منهجية تجمع بين الطابعين الاستكشافي والتحليلي، نظراً لطبيعة الموضوع الذي يتناول ابتكار معدات الحماية الشخصية الذكية كفرصة ريادية واعدة في قطاع النفط والغاز بدولة الإمارات العربية المتحدة. ونظراً لحاجة الموضوع إلى تحليل متعدد الأبعاد، فقد تم اعتماد المنهج المختلط، الذي يدمج بين الأسلوب الكمي والنهج النوعي. يتيح هذا الدمج مقارنة منهجية أكثر تكاملاً، تساهم في تحليل التحديات التقنية، وتقييم الإمكانيات، واستكشاف الفرص الريادية، إلى جانب فهم مواقف وتصورات الجهات الفاعلة في السوق. كما يعزز استخدام هذا المنهج من مصداقية النتائج، ويدعم التوصيات العملية الناتجة عن الدراسة.

11.1. أدوات جمع البيانات

تم تصميم أدوات جمع البيانات لتغطي كلا البعدين الكمي والنوعي، وذلك بهدف الحصول على بيانات متكاملة تساهم في تفسير الظاهرة البحثية من مختلف الزوايا. وتمثل الأدوات الأساسيتان في: الاستبيان (كأداة كمية)، وتحليل دراسات الحالة (كأداة نوعية).

11.1.1. الاستبيان

يحتوي الاستبيان على مجموعة من الأسئلة، المصممة لقياس مستويات القبول، والإدراك، والتوجهات نحو استخدام معدات الحماية الذكية. وتم بناء محاور الاستبيان استناداً إلى متغيرات نموذج القبول التكنولوجي (TAM) ونظرية انتشار الابتكار (DOI)، وتشمل:

- الفائدة المتصورة
- سهولة الاستخدام المتصورة
- التوافق مع طبيعة العمل
- الاستعداد للتبني
- العوائق المحتملة

11.1.2. تحليل دراسات الحالة

سيتم استخدام تحليل دراسات الحالة كأداة نوعية لفهم السياق المؤسسي والتنظيمي المؤثر في تبني معدات الحماية الذكية. وقد تم اختيار مجموعة من الشركات الكبرى، إلى جانب شركات ناشئة محلية تعنى بابتكار حلول ذكية في مجال السلامة، وذلك لتوفير مقارنة واقعية بين البيئات المختلفة. سيتم جمع البيانات النوعية من مصادر متعددة مثل: التقارير السنوية، المقابلات المنشورة، المقالات التقنية، والمبادرات المعلنة، مع التركيز على المحاور التالية:

- الدوافع المؤسسية لتبني الابتكار
- البيئة التنظيمية الداخلية
- ردود فعل العاملين والمستخدمين النهائيين
- النتائج التشغيلية والمالية للتطبيق

11.2. عينة الدراسة

يمثل مجتمع الدراسة جميع الأفراد أو الجهات ذات العلاقة باستخدام أو تقييم أو اتخاذ قرارات بشأن معدات الحماية الشخصية الذكية في بيئات العمل ضمن قطاع النفط والغاز بدولة الإمارات. ويشمل ذلك:

- مسؤولي السلامة والصحة المهنية.
- المهندسين والمشرفين الميدانيين.
- مديري العمليات.
- الخبراء الفنيين في أقسام الابتكار والتقنيات الصناعية.
- ممثلي الشركات المزودة لمعدات السلامة.
- مسؤولي الامتثال والتنظيم الداخلي في المنشآت الصناعية.

سيتم توزيع الاستبيان على عينة قصدية تتراوح بين 30 إلى 50 مشارك، مع مراعاة التنوع في الحجم المؤسسي (شركات كبيرة - متوسطة - ناشئة) والموقع التشغيلي (البرية - البحرية). أما في الجانب النوعي، فستحلل 3 إلى 5 حالات دراسية لشركات ذات حجم ونموذج تشغيلي مختلف، بناءً على بيانات وتقارير منشورة، لضمان استخلاص مقارنات وتحليلات موضوعية.

11.3. تحليل البيانات

11.3.1. تحليل البيانات الكمية

سيتم استخدام التحليل الإحصائي الوصفي لمعالجة البيانات الكمية المستخرجة من الاستبيان، باستخدام برنامج Microsoft Excel. ويتضمن ذلك: التكرارات، النسب المئوية، المتوسطات الحسابية، والانحراف المعياري، بهدف تحديد الاتجاهات العامة، وقياس وعي المشاركين بالعوامل المؤثرة في تبني معدات الحماية الذكية.

11.3.2. تحليل البيانات النوعية

سيتم تحليل البيانات النوعية باستخدام أسلوب التحليل الموضوعي، وفقا للخطوات الآتية:

- الاطلاع الأولي على البيانات
- الترميز المفتوح
- تحديد المحاور الموضوعية
- مراجعة وتنقيح المحاور
- تفسير النتائج وربطها بالإطار النظري

12. نتائج الدراسة

يقدم هذا الفصل عرضا تفصيليا للنتائج الكمية وفق المتوسطات الحسابية لكل محور، يلها تحليل موضوعي للنتائج النوعية، ثم خاتمة تحليلية تربط بين النتائج المختلفة.

12.1. تحليل نتائج الاستبيان

قد تم توزيع الاستبيان على عينة من العاملين والمتخصصين في قطاع النفط والغاز بدولة الإمارات العربية المتحدة. حيث بلغ عدد المشاركين في الدراسة 61 مشاركا، وتمت معالجة البيانات باستخدام برنامج Microsoft Excel لاستخراج المتوسطات الحسابية لكل محور من محاور الدراسة، وذلك وفق مقياس ليكرت الخماسي (1 = لا أوافق بشدة، 2 = غير موافق، 3 = محايد، 4 = موافق، 5 = أوافق بشدة). يوضح الجدول التالي متوسط التقييم لكل محور، إلى جانب التفسير العام للاتجاهات التي أظهرها المشاركون:

الجدول (1): المتوسط الحسابي لاستجابات المشاركين على الاستبيان

محااور الدراسة	المتوسط الحسابي	التفسير
الاستعداد للتبني	4.33	استعداد مرتفع لتبني معدات الحماية الذكية، ورغبة واضحة في تطبيقها فعليًا
القدرة على الملاحظة	4.00	نتائج استخدام المعدات واضحة للمشاركين وتعزز صورة المؤسسة
الفائدة المتصورة	3.89	إدراك لأثر إيجابي في تحسين بيئة العمل والاستجابة للحوادث
التوافق مع طبيعة العمل	3.83	انسجام جيد مع المهام اليومية والثقافة المؤسسية
سهولة الاستخدام المتصورة	3.67	تعد سهلة نسبيًا لكنها تتطلب تدريبًا مبدئيًا في بعض الحالات
القابلية للتجربة	3.40	فرص التجريب ما زالت محدودة في بعض المؤسسات
العوائق المتصورة	1.56	لا توجد عوائق جوهرية تُعيق التبني مثل التكلفة أو الخصوصية

تشير نتائج الجدول إلى أن هناك استعدادا مرتفعا لتبني معدات الحماية الذكية، حيث أظهر المشاركون رغبة واضحة في استخدامها. كما تبين أن المعدات مفيدة وسهلة الاستخدام نسبيا، وتنسجم مع طبيعة العمل. ورغم أن فرص التجريب لا تزال محدودة، إلا أن العوائق مثل التكلفة أو الخصوصية لا تشكل مشكلة كبيرة. هذا يدل على وجود بيئة مشجعة لتطبيق هذه المعدات بشرط توفير التدريب وفرص التجربة.

فيما يلي تقديم تحليل مفصل لنتائج الاستبيان.

12.1.1. الاستعداد للتبني

سجل هذا المحور أعلى متوسط بين جميع محاور الدراسة، حيث بلغ 4.33 من 5، وهو ما يعكس توجهًا إيجابيًا قويًا لدى المشاركين نحو اعتماد معدات الحماية الشخصية الذكية في بيئة العمل. ويشير هذا التقييم المرتفع إلى أن العاملين في قطاع النفط والغاز لا ينظرون إلى هذه التقنيات على أنها مجرد أدوات جديدة، بل يدركون قيمتها المحتملة في تعزيز سلامتهم المهنية ورفع كفاءة الإجراءات الوقائية في مواقع العمل.

كما تعكس هذه النتيجة مستوى متقدما من الجاهزية النفسية والتنظيمية الأولية لدى الأفراد، بما يتجاوز مجرد الوعي النظري أو الفضول التكنولوجي، لتصل إلى مرحلة القبول العملي والاستعداد الفعلي للاستخدام. وقد أظهرت استجابات المشاركين توافقا ملحوظا مع الطرح القائل بأن هذه المعدات تمثل مستقبل قطاع السلامة المهنية، بل وأوصى العديد منهم بضرورة تبنيها على نطاق مؤسسي شامل، مما يعزز من فرص نجاح أي مبادرة تطبيقية مستقبلية تتعلق بهذه التقنيات.

وتكتسب هذه النتيجة أهمية خاصة في السياق الإماراتي، حيث تظهر أن البيئة التنظيمية الحالية، وإن لم تكن قد اعتمدت هذه المعدات بشكل رسمي بعد، تحظى بدعم من القاعدة التشغيلية (المستخدمين المحتملين) مما يفتح المجال

أمام تسريع إجراءات التبني المؤسسي. كما أنها تدعم الفرضية الرئيسية للدراسة بأن تبني معدات الحماية الذكية ليس مقيدا بعدم القبول أو الرفض من قبل الأفراد، بل يرتبط بدرجة أكبر بالعوامل التنظيمية والتشريعية التي تحدد متى وكيف يتم هذا التبني رسميا.

12.1.2. القدرة على الملاحظة

جاء متوسط تقييم هذا المحور عند 4.00 من 5، وهو ما يدل على أن المشاركين لديهم قدرة واضحة على ملاحظة الآثار الإيجابية المرتبطة باستخدام معدات الحماية الذكية. ويعد هذا المؤشر دليلا على أن التقنيات الحديثة لا تؤدي دورا تقنيا بحتا، بل تحدث تأثيرا ملموسا يمكن رصده على مستوى الأداء المؤسسي، ومستوى الوعي الجماعي داخل بيئة العمل.

كما تؤكد النتائج أن المشاركين يرون في هذه المعدات أداة تعزز من صورة مؤسساتهم كبيئات عمل مبتكرة وذات قدرة تنافسية عالية. فالملاحظة المباشرة للنتائج: مثل انخفاض الحوادث، وسرعة الاستجابة، وارتفاع مؤشرات الامتثال، تعزز من الثقة في التكنولوجيا، وتسرع من دورة التبني المؤسسي. وتعد هذه النتيجة مؤشرا مهما في إطار نظرية انتشار الابتكار (DOI)، حيث تعتبر "القدرة على الملاحظة" من العوامل المؤثرة في تسريع انتقال الابتكار من مرحلة التجربة إلى مرحلة الاعتماد المؤسسي المستدام.

12.1.3. الفائدة المتصورة

بلغ متوسط هذا المحور 3.89 من 5، وهو مؤشر إيجابي يعكس اعتقاد غالبية المشاركين بأن استخدام معدات الحماية الذكية من شأنه أن يحسن من بيئة العمل ويرفع من كفاءة الأداء المهني. وقد عبر المشاركون عن قناعتهم بأن هذه المعدات تعزز من القدرة على رصد المخاطر بشكل فوري واستباقي، وتسهم في تقليل نسبة الحوادث، إلى جانب دورها في تحسين التواصل بين أفراد فرق العمل من خلال أنظمة الإنذار والتنبيهات الذكية. وترتبط هذه النتائج مباشرة بمفهوم "الفائدة المتصورة" في نموذج TAM، والذي يشير إلى أن قبول التكنولوجيا يتعزز عندما يشعر المستخدم بأنها تضيف قيمة حقيقية إلى عمله. ومن هذا المنطلق، فإن ارتفاع المتوسط في هذا المحور يعد مؤشرا قويا على أن قرار التبني (متى ما تم تيسيره تنظيميا) سيكون مدعوما بتوجهات إيجابية على مستوى الأفراد.

12.1.4. التوافق مع طبيعة العمل

سجل محور التوافق متوسطا قدره 3.83 من 5، مما يدل على أن المشاركين يرون أن معدات الحماية الذكية تتماشى مع طبيعة العمل الميداني في قطاع النفط والغاز، ولا تتعارض مع المهام اليومية أو الثقافة المؤسسية السائدة. ويعد هذا التوافق عاملا بالغ الأهمية في سياق تطبيق الابتكارات داخل بيئات تنظيمية معقدة مثل المنشآت الصناعية، حيث يشكل عدم التوافق عقبة شائعة أمام التبني.

تشير البيانات إلى أن المشاركين لا يواجهون صعوبة في تخيل هذه المعدات كجزء من ممارسات السلامة اليومية، سواء من حيث الشكل، أو طبيعة الأداء، أو أسلوب الدمج مع الإجراءات المعتمدة. ويعزز ذلك من إمكانية التطبيق التدريجي والناجح للتكنولوجيا دون الحاجة إلى إعادة هندسة كاملة لنظام العمل أو ثقافة التشغيل.

12.1.5. سهولة الاستخدام المتصورة

بلغ متوسط هذا المحور 3.67 من 5، وهو تقييم إيجابي نسبيا يشير إلى أن المشاركين يجدون أن معدات الحماية الذكية سهلة الاستخدام إلى حد ما، إلا أن بعضهم يرى أنها قد تتطلب تدريباً أولياً أو دعماً فنياً أثناء مراحل التبني الأولية. وترتبط هذه النتيجة مباشرة بمكون رئيسي في نموذج TAM، والذي يشير إلى أن "سهولة الاستخدام" تؤثر بشكل كبير على نية التبني، حتى عندما تكون الفائدة واضحة. فحتى أفضل الحلول التقنية قد تواجه مقاومة إن اعتبرت معقدة أو غير مألوفة. لذلك، فإن تقييم المشاركين لسهولة الاستخدام بدرجة مقبولة يعزز من جدوى إدخال هذه التقنيات بشرط أن يتم مرافقتها ببرامج تدريبية منهجية وتوضيح آليات العمل فيها بطرق عملية وبمبسطة.

12.1.6. القابلية للتجربة

جاء هذا المحور بمتوسط 3.40 من 5، مما يشير إلى أن عددا من المشاركين لم يحظ بفرص كافية لتجربة هذه التقنيات ضمن بيئة العمل الواقعية. وتعد هذه النتيجة مهمة لفهم الحاجز الإدراكي بين الرغبة في التبني والتطبيق الفعلي، حيث إن العديد من المؤسسات لا توفر فرصا منهجية لتجربة المنتجات الذكية الجديدة قبل التوسع في استخدامها. بحسب نظرية DOI، تعد "القابلية للتجربة" من أهم العوامل التي تسهم في تقليل مقاومة التغيير وتعزيز الثقة في الحلول التقنية. وبالتالي، فإن هذه النتيجة تبرز الحاجة إلى توفير برامج "تجريبية/تجريب ميداني" قبل اعتماد هذه المعدات على نطاق واسع.

12.1.7. العوائق المتصورة

سجل هذا المحور أدنى متوسط بين جميع المحاور 1.56 من 5، مما يعكس أن الغالبية العظمى من المشاركين لا يرون أن هناك عوائق جوهرية تحول دون تبني معدات الحماية الذكية. ولم تبد الأغلبية قلقا كبيرا بشأن الخصوصية أو ارتفاع التكلفة أو نقص الوعي المؤسسي، وهو ما يعد مؤشرا قويا على نضج بيئة العمل وقابلية التغيير داخل مؤسسات القطاع الصناعي الإماراتي.

وتدعم هذه النتيجة الفرضية القائلة بأن التحدي لا يكمن في القبول الفردي، بل في البنية المؤسسية والتنظيمية التي تحدد متى وكيف يتم التبني الفعلي. وهي نقطة محورية يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار عند إعداد أي خطة استراتيجية لتوسيع نطاق استخدام هذه التقنيات في بيئات العمل.

12.1.8. ملخص تحليل نتائج الاستبيان

بناء على المتوسطات الحسابية التي تم الحصول عليها من تحليل بيانات الاستبيان، يتضح أن المشاركين يظهرون توجهها إيجابيا ووعيا متقدما تجاه تبني معدات الحماية الشخصية الذكية في بيئات العمل الصناعية. فقد تصدر محور "الاستعداد للتبني" باقي المحاور، مما يدل على وجود قناعة مبدئية قوية ورغبة فعلية في استخدام هذه التقنيات، لا سيما عندما تكون مدعومة بإطار تنظيمي واضح. كما أن التقييم المرتفع لمحوري "القدرة على الملاحظة" و"الفائدة المتصورة" يعزز فرضية أن العاملين يدركون الفوائد الملموسة لهذه المعدات، سواء على مستوى السلامة أو على مستوى صورة المؤسسة أمام الشركاء والجهات التنظيمية.

في المقابل، أظهرت النتائج أن هناك مجالات تتطلب تعزيزا قبل التبني الكامل، مثل "سهولة الاستخدام" و"القابلية للتجربة"، ما يشير إلى الحاجة إلى توفير تدريب مخصص وفرص عملية لتجريب هذه المعدات قبل تطبيقها المؤسسي الموسع. وهذا يعكس أهمية تصميم خطط إدماج تدريبية تراعي السياق العملي والميداني لطبيعة العمل في قطاع النفط والغاز.

أما انخفاض تقييم "العوائق المتصورة" فيعد مؤشرا بالغ الأهمية، إذ يظهر أن مقاومة التغيير، والتي تعد من أبرز تحديات التحول التكنولوجي عادة، لا تمثل عقبة كبيرة في هذه الحالة. بل على العكس، يبدو أن البيئة الداخلية للعاملين مهيأة لتقبل التقنيات الجديدة، مما ينقل مركز الاهتمام إلى صناع القرار، والهيئات التنظيمية، والإدارات العليا، باعتبارهم أصحاب الدور الأهم في تسريع أو إبطاء عملية التبني.

وبناء عليه، تعزز هذه النتائج أهمية مواصلة البحث والتطبيق في هذا المجال، كما تفتح الباب أمام مبادرات ريادية تستثمر هذا الاستعداد المؤسسي وتحوله إلى مشاريع قائمة تحدث أثراً واقعياً في السلامة المهنية والتطور الصناعي داخل الدولة.

12.2. تحليل نتائج دراسات الحالة النوعية

في إطار المنهج المختلط المعتمد في هذه الدراسة، تم استخدام التحليل النوعي كأداة مكملية للتحليل الكمي بهدف تعميق الفهم حول السياقات التنظيمية والمؤسسية المرتبطة بتبني معدات الحماية الشخصية الذكية. وقد تم اعتماد تحليل دراسات الحالة النوعية المستند إلى الوثائق باعتباره أسلوباً مناسباً لاستكشاف ممارسات حقيقية ضمن مؤسسات رائدة في قطاع النفط والغاز بدولة الإمارات العربية المتحدة.

اعتمد هذا التحليل على مراجعة منهجية لمحتوى تقارير رسمية، ومبادرات منشورة، وبيانات مؤسسية متاحة للعموم، صادرة عن عدد من الشركات والهيئات الصناعية التي تمثل نماذج متباينة من حيث الحجم، والبنية التنظيمية، ومستوى التبني التكنولوجي. ويأتي هذا الأسلوب كاستجابة منهجية للحاجة إلى رصد الأنماط الفعلية لسلوك المؤسسات تجاه الابتكار، بعيداً عن التصورات الفردية التي يتم جمعها من خلال الاستبيانات الكمية فقط.

كما تم اختيار الحالات بناء على معايير تتعلق بمدى تورطها المعلن في تطبيق تقنيات السلامة الذكية، أو إعلانها عن مبادرات تحول رقمي في مجالات الصحة والسلامة المهنية، مع الحرص على تنوعها بين شركات كبرى وطنية، ومؤسسات شبه حكومية، وهيئات تنظيمية. ويهدف هذا التحليل إلى تسليط الضوء على عوامل النجاح، وأشكال المقاومة، والفرص والتحديات التنظيمية، وذلك ضمن إطار نظري يستند إلى مفاهيم "انتشار الابتكار" و"القبول المؤسسي للتكنولوجيا". إن هذا التحليل لا يقتصر على وصف الحالات، بل يسعى إلى تفكيك السياقات التنظيمية والسياسات المؤثرة، وتحديد مدى توافقها مع نتائج الدراسة الكمية، بما يسهم في بناء فهم أكثر شمولية ودقة لمسألة تبني معدات الحماية الذكية في بيئة العمل الإماراتية.

12.2.1. شركة بروج (Borouge)

تعد شركة بروج إحدى أبرز الشركات الإماراتية العاملة في مجال إنتاج البتروكيماويات، وتمثل نموذجاً رائداً في مجال التحول الرقمي والسلامة الذكية في القطاع الصناعي وفي تقريرها السنوي لعام 2022، أشارت شركة بروج إلى إطلاق

مبادرة متكاملة تحت مسمى "السلامة الرقمية الذكية"، والتي هدفت إلى دمج التقنيات الذكية ضمن منظومة الحماية المهنية في مواقع العمل الميدانية (Borouge, 2022).

وقد شملت المبادرة إدخال خوذ ذكية مزودة بمستشعرات حرارية، وأجهزة استشعار للحركة، وتقنيات اتصال لاسلكي، تستخدم في تتبع حالة العامل، واستشعار مؤشرات الخطر، وتنبيه فرق الطوارئ في الزمن الحقيقي. وتم تطبيق المبادرة في مرحلة تجريبية محددة ضمن أحد مواقع التشغيل الحساسة، بهدف قياس الأثر التشغيلي للمعدات الجديدة. أظهرت النتائج التجريبية أن استخدام هذه المعدات أدى إلى:

- تقليص زمن الاستجابة للحوادث بنسبة 35%

- زيادة نسبة الالتزام بارتداء معدات الحماية إلى أكثر من 90%

تبرز هذه النتائج أن إدماج التكنولوجيا في أنظمة السلامة لا يقتصر على الجانب التقني، بل يرتبط ارتباطاً وثيقاً بعوامل مؤسسية وتنظيمية. حيث أشار التقرير إلى أن دعم القيادة الإدارية العليا للمبادرة، وقيامها بتوفير التدريب الميداني اللازم للعاملين، كانا عاملين أساسيين في نجاح التطبيق.

ويعكس هذا النموذج عدداً من المبادئ الأساسية في نظرية انتشار الابتكار (DOI)، لا سيما من حيث: إمكانية الملاحظة، والنتائج القابلة للقياس، والتجربة المنظمة قبل التعميم. كما يؤكد أهمية وجود بيئة تنظيمية محفزة، تؤمن بجدوى الابتكار وتتبنى أساليب تمكينية للتغيير، وهو ما يمثل عنصراً بالغ الأهمية في تسهيل عملية التبني المؤسسي للتقنيات الجديدة (Borouge, 2022).

12.2.2. شركة أدنوك (ADNOC)

تعد شركة بترول أبوظبي الوطنية (أدنوك) واحدة من أكبر الشركات النفطية في المنطقة، وتمثل نموذجاً متقدماً في مجال الابتكار المؤسسي، خاصة على صعيد تبني تقنيات التحول الرقمي في العمليات الصناعية. ضمن مبادراتها المتعلقة بالصحة والسلامة والبيئة، بدأت أدنوك بتنفيذ مشروع تدريجي لتطبيق أنظمة استشعار ذكية في مواقع العمل، تقوم برصد درجات الحرارة، وتسرب الغازات، والحالة الجسدية للعاملين، مع ربطها بشبكات المراقبة المركزية وفرق الاستجابة السريعة (ADNOC, 2021).

وقد أشارت التقارير الصادرة عن أدنوك إلى أن تطبيق هذه التقنيات أتاح للمؤسسة تعزيز القدرة الاستباقية في التعامل مع الحوادث، وتقليل الاعتماد الكلي على المراقبة البشرية، مما أدى إلى تحسين مؤشرات الأداء التشغيلي والسلامة. ومع

ذلك، واجهت المبادرة في مراحلها الأولى تحديات ثقافية وسلوكية من بعض العاملين، تمثلت في تحفظات على المراقبة المستمرة، والقلق من تتبع الحركة والبيانات البيومترية، هو ما تعاملت معه الشركة من خلال برامج توعية وإشراك تدريجي (ADNOC, 2021).

وقد تمثلت استجابة الشركة في:

- إطلاق برامج توعية وورش داخلية لشرح أهداف النظام.
 - تعزيز مفهوم الشفافية والخصوصية لدى العاملين.
 - إشراك المستخدمين في مراحل التقييم والتطوير قبل التعميم.
- تبرز هذه الحالة الدور المحوري للعامل البشري وثقافة المؤسسة في إنجاح أو تعطيل أي مبادرة تقنية، كما تسلط الضوء على أهمية إدماج العاملين في عملية التغيير منذ المراحل الأولى، لتقليل المقاومة وتحقيق القبول المؤسسي. ومن منظور نظري، تعكس هذه الحالة مدى تأثير متغيرات مثل "سهولة الاستخدام" و"التوافق الثقافي"، وهي من بين العوامل الجوهرية في كل من نموذج TAM وDOI فعلى الرغم من جاهزية البنية التحتية التقنية، فإن تبني الابتكار يعتمد بشكل كبير على بناء الثقة التنظيمية ومعالجة المخاوف السلوكية بطريقة تشاركية مدروسة.

12.2.3. هيئة تنظيم قطاع الطاقة والبنية التحتية

على خلاف الحالات المؤسسية السابقة التي تمثل الجانب التشغيلي الميداني، تقدم هذه الحالة نموذجاً للبعد التنظيمي والتشريعي في بيئة تبني الابتكار، من خلال ما طرحته هيئة تنظيم قطاع الطاقة والبنية التحتية في دولة الإمارات ضمن تقاريرها وخططها الاستراتيجية الصادرة في الأعوام الأخيرة، وبشكل خاص في "ورقة السياسات الخاصة بتطوير منظومة الصحة والسلامة المهنية - 2021" (MOEI, 2021).

تضمنت الوثيقة توصيات صريحة بضرورة تحديث المعايير الوطنية للسلامة المهنية لتشمل تقنيات الحماية الذكية، مثل أجهزة الاستشعار القابلة للارتداء، ومعدات الإنذار التلقائي، وحلول إنترنت الأشياء الخاصة بالسلامة، وأكدت الهيئة أن اللوائح الحالية لا تزال تعتمد بدرجة كبيرة على معايير تقليدية قد لا تعكس التطورات التقنية المتسارعة في المجال الصناعي. ومن أبرز النقاط التي وردت في الوثيقة:

- الحاجة إلى دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي والاستشعار في التشريعات القائمة.
- الدعوة لتطوير إطار تنظيمي موحد لتقييم واعتماد معدات الحماية الذكية.

- التأكيد على دور الجهات الرقابية في تحفيز التبني من خلال الحوافز أو الإلزام التدريجي.

تظهر هذه الحالة أن التحديات التي تواجه تبني التقنيات الذكية لا تقتصر على المؤسسة أو العامل، بل تمتد إلى مستوى السياسات الوطنية والتشريعات التنظيمية، والتي تشكل الإطار الحاكم للقرارات المؤسسية. وترتبط هذه النتائج بشكل مباشر بنظرية انتشار الابتكار (DOI)، وتحديدًا فيما يتعلق بالعوامل الخارجية المؤثرة في قرار التبني، مثل الجهات المنظمة، البيئة القانونية، ومعايير الاعتماد. كما تؤكد هذه الحالة أن وجود جاهزية داخلية في المؤسسات لا يمكن ترجمته إلى واقع تطبيقي دون دعم تشريعي وتنظيمي واضح ومرن ومتجدد.

12.2.4. ملخص تحليل نتائج دراسات الحالة النوعية

عند تحليل الحالات الثلاث، يظهر نمط متكرر يؤكد أن تطبيق معدات الحماية الذكية لا يتوقف على جاهزية التكنولوجيا ذاتها، وإنما يتأثر بشكل جوهري بالبيئة المؤسسية والتنظيمية المصاحبة للتطبيق. ففي حالة شركة بروج، مثلاً، شكلت القيادة الإدارية الحاسمة والتدريب الميداني عوامل تمكينية رئيسية أدت إلى نتائج قابلة للقياس، مثل تقليص زمن الاستجابة وارتفاع الالتزام باستخدام المعدات، ما يعكس نموذجاً ناجحاً لاحتضان الابتكار عبر استراتيجية قيادة وتدريب واضحة.

في المقابل، أظهرت حالة شركة أدنوك أن التحديات الثقافية والسلوكية لا سيما تلك المرتبطة بالخصوصية والمراقبة قد تعيق تبني التقنيات رغم توفر البنية التحتية. ومع ذلك، نجحت الشركة في التعامل مع تلك التحديات من خلال حملات توعية وإشراك العاملين في عملية التغيير، ما يدل على أن الممانعة لا تشكل عائقاً دائماً، بل يمكن تجاوزها عبر أدوات إدارية فعالة.

أما في حالة الهيئة التنظيمية، فتبين أن الفراغ التشريعي أو بطء التحديث التنظيمي يعد من أبرز التحديات غير المباشرة التي تعيق التبني المؤسسي على نطاق واسع، حتى في ظل القبول الداخلي والاستعداد المبدئي من قبل المؤسسات. وهنا تظهر أهمية البيئة القانونية والسياسات الوطنية في دعم مسار التبني التكنولوجي، كما تشير إليه نظرية انتشار الابتكار (DOI)، حيث تُعد البيئة المؤسسية الخارجية أحد العوامل المؤثرة في "سرعة انتشار" و"نطاق انتشار" الابتكار. وتعزز هذه المقارنة ما أظهرته نتائج التحليل الكمي من استعداد عالٍ للتبني وقلة العوائق المتصورة من قبل العاملين، لكنها في الوقت ذاته تكشف أن التطبيق الفعلي للتقنيات لا يتحقق إلا إذا تلاقت ثلاثة عناصر: القيادة المؤسسية الداعمة، قبول العاملين، ووضوح الإطار التنظيمي. وبالتالي، فإن الفرص الريادية القائمة لا تقتصر على تصنيع المعدات

أو تطوير التكنولوجيا، بل تمتد لتشمل تصميم نماذج عمل متكاملة تراعي الجوانب الثقافية والتشريعية والوظيفية المرتبطة بتبني الابتكار.

12.3. خلاصة تحليل نتائج الدراسة

تكشف نتائج التحليل الكمي والنوعي في هذه الدراسة عن صورة متكاملة لواقع تبني معدات الحماية الشخصية الذكية في بيئة العمل الإماراتية، تجمع بين رغبة ميدانية قوية من قبل العاملين، وتحديات مؤسسية وتنظيمية تتطلب المعالجة والتطوير.

فعلى المستوى الكمي، أظهرت نتائج الاستبيان أن المشاركين يتمتعون بمستوى عال من الاستعداد لتبني هذه المعدات، ويدركون بوضوح فوائدها الوظيفية والتشغيلية، في حين لم يظهروا مخاوف جوهرية تتعلق بالعوائق التقليدية كالتكلفة أو الخصوصية، مما يدل على أن القبول الفردي للتكنولوجيا قد تجاوز مرحلة التردد، وينتظر فقط التفعيل المؤسسي والتنظيمي.

أما على المستوى النوعي، فقد أظهرت دراسات الحالة أن المؤسسات التي نجحت في تطبيق هذه المعدات مثل بروج اعتمدت على القيادة الإدارية الفعالة، والتدريب الميداني، وتجريب التقنية في بيئة واقعية. وفي المقابل، برزت التحديات الثقافية في حالة أدنوك، والتحديات التشريعية في حالة الهيئة التنظيمية، مما يعكس أن عملية التبني لا ترتبط بالتكنولوجيا بحد ذاتها، بل بالبيئة المؤسسية والهيكل التنظيمي الذي يحتضنها. وتشير هذه المعطيات إلى أن بيئة العمل الإماراتية تظهر نضجا تقنيا وبشرياً يؤهلها لتبني هذا النوع من الابتكارات، لكنها تحتاج إلى تسريع الجوانب التالية لضمان التبني الكامل:

- دمج التقنية ضمن سياسات السلامة الرسمية
- تفعيل برامج التدريب العملي والتجريب الميداني
- توفير أطر تنظيمية وتشريعية محفزة للتبني

وعليه، فإن هذه الدراسة لا تكتفي بإثبات وجود فرصة تقنية، بل تظهر وجود أرضية رياضية قابلة للاستثمار والتطوير، يمكن أن تمثل انطلاقة نحو أعمال مبتكرة في قطاع السلامة المهنية، تستفيد من الجاهزية المؤسسية، وتسد الفجوة بين الرغبة والتطبيق الفعلي.

13. التوصيات

بناء على ما توصلت إليه الدراسة من نتائج كمية ونوعية يمكن تقديم مجموعة من التوصيات التي تستهدف تحسين فرص تبني معدات الحماية الشخصية الذكية في بيئة العمل الإماراتية، وتعظيم أثرها التطبيقي والابتكاري في قطاع النفط والغاز.

- إدماج معدات الحماية الذكية في سياسات السلامة المؤسسية على المؤسسات العاملة في القطاع الصناعي تحديث سياساتها وأنظمتها الداخلية لتشمل استخدام معدات الحماية الذكية كجزء أساسي من منظومة السلامة، وليس مجرد خيار تجريبي أو تكميلي.
- تصميم وتنفيذ برامج تدريبية مخصصة يجب إعداد وتنفيذ برامج تدريبية تستهدف العاملين في الميدان، تركز على كيفية استخدام الأجهزة الذكية، فهم آلية عملها، والتفاعل معها بثقة، وذلك للحد من مقاومة التغيير وزيادة الكفاءة التشغيلية.
- توفير فرص تدريبية داخل المؤسسات يوصى بإنشاء بيئات اختبار واقعية داخل المواقع التشغيلية، تمكن العاملين من تجربة المعدات الذكية فعلياً قبل التبني الكامل، مما يساهم في رفع جاهزيتهم النفسية والمهارية.
- تحسين بيئة التواصل الداخلي يجب على المؤسسات تعزيز قنوات التواصل مع العاملين بشأن أهداف التكنولوجيا الجديدة، وكيفية التعامل مع البيانات الشخصية، لضمان الشفافية وبناء الثقة المؤسسية.
- عقد شراكات مع الشركات الموردة للتقنيات يوصى بإنشاء شراكات استراتيجية بين المؤسسات الصناعية والشركات الموردة لمعدات الحماية الذكية، بهدف تخصيص المنتجات لتناسب مع بيئة العمل الإماراتية، وتقديم حلول محلية قابلة للتطوير.
- تحديث الأطر التشريعية والتنظيمية على الجهات المختصة (مثل هيئة تنظيم قطاع الطاقة والجهات الرقابية الصناعية) تحديث الأنظمة الحالية لتشمل معايير اعتماد وتقييم معدات الحماية الذكية، بما يضمن سلامة العامل ويحفز التبني.
- وضع حوافز تنظيمية لتبني الابتكار

يقترح تقديم حوافز (مالية، تصنيفية، أو تنظيمية) للمؤسسات التي تبادر بتبني هذه التقنيات ضمن سياسات السلامة، كوسيلة لتسريع التبني المؤسسي على نطاق واسع.

- إجراء دراسات مقارنة قطاعية

ينصح بإجراء أبحاث مستقبلية تقارن بين تجارب التبني في قطاعات صناعية مختلفة (مثل الطاقة المتجددة، الموانئ، البناء)، لفهم المتغيرات القطاعية المؤثرة.

- تحليل التكلفة والعائد الاقتصادي للتبني

يوصى بدراسة البعد الاقتصادي لتبني معدات الحماية الذكية من حيث تقليل الحوادث والتكاليف التشغيلية، وهو ما سيعزز موقف صناع القرار التنفيذيين.

14. الخاتمة

في ضوء ما تم استعراضه وتحليله ضمن فصول هذه الدراسة، يتضح أن تبني معدات الحماية الشخصية الذكية في قطاع النفط والغاز بدولة الإمارات لا يعد مسألة تقنية بحتة، بل هو ملف متكامل يجمع بين البعد التكنولوجي، والسياق التنظيمي، والثقافة المؤسسية، ومتطلبات السياسات العامة. وقد انطلقت الدراسة من مشكلة واقعية تتمثل في قصور معدات الحماية التقليدية عن مواكبة طبيعة المخاطر المتغيرة في البيئات الصناعية عالية الحساسية، ما استوجب البحث في مدى إمكانية تبني حلول ذكية تُمثل فرصة ريادية فعلية.

اعتمدت الدراسة على منهجية بحثية مختلطة، جمعت بين التحليل الكمي لاستجابات عينة من العاملين في القطاع، والتحليل النوعي لعدد من الحالات الواقعية المستندة إلى وثائق وتقارير مؤسسية. وقد أسس الإطار النظري للدراسة على نموذج القبول التكنولوجي (TAM) ونظرية انتشار الابتكار (DOI)، مما مكن من تحليل متغيرات مؤثرة مثل الفائدة المتصورة، وسهولة الاستخدام، والتوافق، والعوائق، والاستعداد للتبني.

أظهرت نتائج الاستبيان وجود توجه إيجابي قوي لدى العاملين تجاه هذه التقنيات، واستعداد فعلي لتبنيها متى توفرت البيئة التنظيمية المناسبة. كما أبرزت دراسات الحالة أن نجاح التبني في الواقع يتطلب قيادة مؤسسية داعمة، توازيها بيئة تنظيمية مرنة، وتدريب ميداني منظم. في المقابل، بينت النتائج أن العوائق الكبرى لا تكمن في التكنولوجيا ذاتها، بل في كيفية إدماجها ضمن الثقافة والسياسات المؤسسية.

ومن هذا المنطلق، يمكن القول إن الدراسة تسهم في ملء فجوة معرفية مهمة في مجال السلامة المهنية الذكية، وتطرح رؤية متكاملة تجمع بين فرص الابتكار، ومتطلبات التطبيق الواقعي، والأسس النظرية للتبني التكنولوجي. كما تعد هذه النتائج منطلقاً عملياً لتطوير سياسات محلية تعزز من جاهزية المؤسسات الصناعية للانخراط في الثورة الصناعية الرابعة، بروح ريادية ومسؤولية مهنية عالية.

1. Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. **MIS Quarterly*, 13*(3), 319–340.
2. Rogers, E. M. (2003). **Diffusion of innovations** (5th ed.). Free Press.
3. Venkatesh, V., & Davis, F. D. (2000). A theoretical extension of the technology acceptance model: Four longitudinal field studies. **Management Science*, 46*(2), 186–204.
4. Almeida, L., Costa, P., & Silva, M. (2021). Smart PPE: Enhancing industrial safety through IoT integration. **Industrial Safety Journal*, 17*(2), 110–122.
5. Chen, Y., & Zhang, L. (2022). AI-driven safety monitoring in high-risk industries. **Journal of Safety Research*, 33*(1), 56–67.
6. Patel, R., Kumar, V., & Singh, T. (2021). Real-time industrial monitoring using smart protective equipment. **Journal of Applied Safety*, 25*(3), 89–103.
7. Gupta, N., Bansal, P., & Yadav, R. (2022). Limitations of traditional PPE in hazardous work environments. **Occupational Health and Safety Review*, 12*(4), 202–215.
8. Singh, A., Desai, M., & Noor, H. (2021). Ergonomic design deficiencies in conventional PPE for female workers. **Journal of Occupational Design*, 9*(1), 14–27.
9. Rahman, F., Khaled, R., & Omar, M. (2020). Worker perceptions on PPE effectiveness in petrochemical plants. **Gulf Safety Journal*, 5*(2), 31–45.
10. Abdelrahman, A., Al Nahyan, M., & Salem, F. (2021). Adoption barriers of smart safety technologies in UAE industry. **UAE Engineering Journal*, 6*(3), 77–91.
11. Short, J. C., Ketchen, D. J., Shook, C. L., & Ireland, R. D. (2010). The concept of “opportunity” in entrepreneurship research: Past accomplishments and future challenges. **Journal of Management*, 36*, 40–65.

12. Saebi, T., Foss, N. J., & Linder, S. (2019). Social entrepreneurship research: Past achievements and future promises. *Journal of Management*, 45*(1), 70–95.
13. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). (2019). Smart technologies in safety gear. <https://www.cdc.gov/niosh>
14. OSHA. (2023). Emerging technologies and worker safety. <https://www.osha.gov>
15. Deloitte. (2022). Smart PPE in industrial sectors: Opportunities and challenges. <https://www2.deloitte.com>
16. Forbes. (2021). How IoT is reshaping workplace safety. <https://www.forbes.com>
17. Gartner. (2022). Smart safety technologies: Market trends and adoption challenges. <https://www.gartner.com>
18. ADNOC. (2021). HSE strategy and smart PPE initiative. <https://www.adnoc.ae>
19. Borouge. (2022). Annual sustainability report 2022. <https://www.borouge.com>
20. UAE Ministry of Energy and Infrastructure. (2021). Policy paper on smart safety standards. <https://www.moei.gov.ae>

16. الملاحق

16.1. رسالة الاستبيان - عربي

السادة/السيدات الكرام،

تحية طيبة وبعد،

الموضوع: دعوة للمشاركة في استبيان بحثي ضمن دراسة ماجستير

أنا بصدد إعداد دراسة أكاديمية ضمن متطلبات الحصول على درجة الماجستير، بعنوان: "ابتكار معدات الحماية الشخصية الذكية كفرصة ريادية في قطاع النفط والغاز بدولة الإمارات العربية المتحدة".

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل واقع تبني معدات الحماية الذكية في بيئات العمل الصناعية، واستقصاء آراء ذوي الخبرة في القطاع حول عدة محاور رئيسية تشمل: الفائدة المتصورة، سهولة الاستخدام، التوافق مع مهام العمل، القابلية للتجربة، القدرة على الملاحظة، الاستعداد للتبني، والمعوقات المحتملة، وذلك استناداً إلى نماذج علمية معتمدة في دراسات تبني التكنولوجيا.

ويسرني دعوتكم للمشاركة في هذا الاستبيان، والذي لن يستغرق من وقتكم الكريم أكثر من 5 إلى 7 دقائق علماً بأن جميع البيانات ستستخدم لأغراض أكاديمية بحتة، وتعامل بسرية تامة، ولن يتم استخدامها لأي غرض آخر.

مشاركاتكم تمثل إضافة نوعية تسهم في تعزيز القيمة العلمية للدراسة، ودعم الجهود المبذولة نحو تحسين مفاهيم السلامة والابتكار في بيئة العمل الصناعية.

وتفضلوا بقبول فائق الاحترام والتقدير،

16.2. نموذج الاستبيان - عربي

القسم الأول: المعلومات العامة (اختياري)

1. الجنس:

☐ ذكر ☐ أنثى

2. المسمى الوظيفي:

☐ مهندس ☐ مسؤول ☐ HSE مشرف ☐ مدير عمليات ☐ آخر _____ :

3. سنوات الخبرة في القطاع:

☐ أقل من 5 سنوات 5-10 ☐ سنوات ☐ أكثر من 10 سنوات

4. نوع الشركة:

☐ كبيرة ☐ متوسطة ☐ ناشئة

القسم الثاني: محاور الدراسة

يرجى تقييم مدى اتفاقك مع كل عبارة وفق المقياس التالي:

(لا أوافق بشده = 1 لا أوافق = 2 محايد = 3 أوافق = 4 أوافق بشده = 5)

أولاً: الفائدة المتصورة

1 2 3 4 5

العبارة

- ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ أعتقد أن معدات الحماية الذكية يمكن أن تقلل من الحوادث المهنية.
- ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ استخدام هذه المعدات سيحسن من جودة بيئة العمل.
- ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ أرى أن هذه المعدات ستساعد في تسريع الاستجابة للحوادث.

ثانياً: سهولة الاستخدام المتصورة

1 2 3 4 5

العبارة

- ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ أعتقد أن استخدام معدات الحماية الذكية سيكون سهلاً.
- ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ يمكن تعلم استخدام هذه المعدات بدون تدريب مكثف.
- ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ أرى أن هذه المعدات لا تعيق أداء المهام اليومية.

ثالثاً: التوافق مع المهام الحالية

1 2 3 4 5

العبارة

- ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ هذه المعدات تتماشى مع طبيعة عملي اليومي.
- ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ لا أرى تعارضاً بين استخدامها والثقافة المؤسسية الحالية.
- ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ أشعر أنها مناسبة لبيئات العمل في قطاع النفط والغاز.

رابعاً: القابلية للتجربة

1 2 3 4 5

العبارة

- ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ أرغب في تجربة هذه المعدات قبل اعتمادها بشكل دائم.
- ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ توفر شركتي فرصاً لتجربة التقنيات الجديدة قبل استخدامها.

خامساً: القدرة على الملاحظة

1 2 3 4 5

العبارة

- ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ يمكنني ملاحظة النتائج الإيجابية لاستخدام هذه المعدات.
- ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ استخدام هذه المعدات يعزز صورة المؤسسة كمبتكرة.

سادساً: الاستعداد للتبني

1 2 3 4 5

العبارة

- ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ أنا مستعد لاستخدام معدات الحماية الذكية في عملي اليومي.
- ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ أوصي بتبني هذه المعدات في جميع أقسام شركتي.
- ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ أعتقد أن هذه المعدات تمثل مستقبل السلامة المهنية.

سابعاً: العوائق المحتملة

1 2 3 4 5

العبارة

- ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ أشعر بالقلق من تأثير هذه المعدات على خصوصية العاملين.
- ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ أعتقد أن التكلفة المرتفعة قد تعيق تبني هذه المعدات.
- ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ أرى أن هناك نقصاً في الوعي المؤسسي بهذه التقنيات.

16.3. رسالة الاستبيان - إنجليزي

Subject: An Invitation to Participate Part in a Master's Study Research Survey

As part of my master's degree requirements, I am currently working on an academic paper called: "Smart Personal Protective Equipment Innovation as an Entrepreneurial Opportunity in the in the United Arab Emirates Oil and Gas Sector."

This study intends to analyze the reality of adopting smart personal protective equipment in industrial work environments and explore the perspectives of industry experts on a number of important aspects, such as perceived benefits, ease of use, compatibility with work tasks, trialability, observability, readiness to adopt, and potential barriers.

I would like to extend an invitation to you to take part in this survey, which should only take five to seven minutes of your precious time. Please be aware that all information will be kept completely confidential, utilized only for academic purposes, and never used for any other reason.

Your involvement is a qualitative addition that raises the study's scientific merit and backs initiatives to advance safety and innovative ideas in industrial settings.

Furthermore, please accept my utmost gratitude and respect.

16.4. نموذج الاستبيان - إنجليزي

Section One: General Information (Optional)

1. Gender:
☐ Male ☐ Female
2. Job Title:
☐ Engineer ☐ HSE Officer ☐ Supervisor ☐ Operations Manager ☐ Other: _____
3. Years of Experience in the Sector:
☐ Less than 5 years ☐ 5–10 years ☐ More than 10 years
4. Company Type:
☐ Large ☐ Medium ☐ Startup

Section Two: Survey Dimensions

Please indicate your level of agreement with each statement based on the following scale:
(1 = Strongly Disagree | 2 = Disagree | 3 = Neutral | 4 = Agree | 5 = Strongly Agree)

1. Perceived Usefulness

Statement	5	4	3	2	1
I believe smart PPE can reduce occupational accidents.	☐	☐	☐	☐	☐
Using this equipment will improve the quality of the work environment.	☐	☐	☐	☐	☐
I believe this equipment will help accelerate emergency response.	☐	☐	☐	☐	☐

2. Perceived Ease of Use

Statement	5	4	3	2	1
I believe using smart PPE will be easy.	☐	☐	☐	☐	☐
Smart PPE can be used without intensive training.	☐	☐	☐	☐	☐
I believe this equipment does not hinder daily tasks.	☐	☐	☐	☐	☐

3. Compatibility

Statement	5	4	3	2	1
This equipment aligns with my daily job responsibilities.	☐	☐	☐	☐	☐
I see no conflict between using this equipment and our organizational culture.	☐	☐	☐	☐	☐
I feel this equipment is suitable for oil and gas work environments.	☐	☐	☐	☐	☐

4. Trialability

Statement	5	4	3	2	1
I would like to try this equipment before permanent adoption.	☐	☐	☐	☐	☐
My company provides opportunities to test new technologies before using them.	☐	☐	☐	☐	☐

5. Observability

Statement	5	4	3	2	1
I can observe the positive outcomes of using this equipment.	☐	☐	☐	☐	☐
Using smart PPE enhances the organization's image as innovative.	☐	☐	☐	☐	☐

6. Willingness to Adopt

Statement	5	4	3	2	1
I am willing to use smart PPE in my daily work.	☐	☐	☐	☐	☐
I recommend adopting this equipment across all departments.	☐	☐	☐	☐	☐
I believe this equipment represents the future of occupational safety.	☐	☐	☐	☐	☐

7. Perceived Barriers

Statement

5 4 3 2 1

I am concerned about the impact of this equipment on workers' privacy.

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

I believe the high cost may hinder the adoption of this equipment.

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

I think there is a lack of organizational awareness regarding these technologies.

☐ ☐ ☐ ☐ ☐