مجلس الوزراء
مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار

الصناعـــة الذكيـــة..

ثـورة رقميـة تعيـد تشـكيل مسـتقبل الصناعـة

يـوليـو
2025

مجلس الوزراء

مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار

عن المركز

مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار التابع لمجلس الوزراء المصري

مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار مركز فكر رائد ومُصنَّف دوليًا تابع للسيد رئيس مجلس الوزراء، أنشئ عام 1985، وشهد منذ نشأته عددًا من التحولات في طبيعة مهامه وأدواره المختلفة بما يتلاءم مع متطلبات متخذ القرار واحتياجاته، ويتواكب في الوقت ذاته مع طبيعة التغيرات التي مر بها المجتمع المصري؛ حيث اهتم في مراحله الأولى بخلق بنية معلوماتية والإسهام في عمليات التطوير التكنولوجي في مصر، ثم شهد نقلة نوعية في طبيعة دوره ليصبح أكثر تخصصًا في مجال دعم القرار مع الاهتمام ببناء مجتمع المعرفة، ثم سار بخطى راسخة ليصبح مركز فكر مجلس الوزراء المصري، تتمثل مهمته الرئيسة في دعم جهود متخذ القرار في مختلف القضايا التنموية، وطرح مجموعة من البدائل والتوصيات والسيناريوهات الداعمة له، وصولا إلى مرحلته الراهنة، والتي يضطلع فيها المركز بمهام وأدوار أكثر تعددا وتنوعا، وذلك تزامنا مع صدور قرار معالي دولة رئيس مجلس الوزراء رقم 2085 لسنة 2023 بشأن إعادة تنظيم المركز، والذي يعد تدشينًا لمرحلة عمل جديدة امتدت وتوسعت فيها اختصاصات المركز.

ومنذ نشأته كان للمركز العديد من الإنجازات والمشروعات والمبادرات المرموقة التي أسهمت في تعزيز دوره في تطوير البنية الرقمية والمعلوماتية ودعم عملية صنع القرار في مصر على عدد من الأصعدة. ولعل من أبرزها دوره فيما يتعلق بتطوير مشروع الرقم القومي للمواطن. وإدخال شبكة المعلومات الدولية "الإنترنت" للاستخدام في مصر، وإنشاء مركز الوثائق الاستراتيجية، وإنشاء مركز استطلاع الرأي العام، بالإضافة إلى دوره في تطوير وإنشاء مراكز المعلومات بالمحافظات والوزارات وتدشين منظومة الشكاوى الحكومية، وإنشاء منظومة إدارة الأزمات على المستوى القومي والمحلي، وإنشاء المراصد المتخصصة، مثل: مرصد أحوال الأسرة المصرية والمرصد المصري للتعليم والتدريب والتشغيل،

ومرصد الغذاء المصري، بجانب إطلاق وثيقتي سياسة ملكية الدولة للأصول، والتوجهات الاستراتيجية للاقتصاد المصري (2024) - (2030). ويتبنى المركز رؤية مفادها أن يكون الأكثر تميزا في مجال دعم اتخاذ القرار في قضايا التنمية الشاملة، وإقامة حوار مجتمعي بنَّاء، وتعزيز قنوات التواصل مع المواطن المصري الذي يُعدُّ غاية التنمية وهدفها الأسمى، الأمر الذي يؤهله للاضطلاع بدور أكبر في صنع السياسة العامة، وترسيخ مجتمع المعرفة.

هذا، ويسعى المركز باستمرار لأن يكون أحد أفضل مؤسسات الفكر (Think Tank) على المستويات كافة المحلية والإقليمية والدولية، وقد واكب ذلك اعتراف إقليمي ودولي بدوره الجوهري كمؤسسة فكر، وهو ما ظهر جليا في نتائج تصنيف برنامج مراكز الفكر والمجتمعات المدنية (Think Tanks and Civil Societies Program, TTCSP) بجامعة بنسلفانيا" الأمريكية، التي أعلن عنها في فبراير 2021، حيث اختير مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار ليكون:

- ضمن أفضل 20 مركز فكر على مستوى العالم استجابة لجائحة "كوفيد - 19" لعام 2020.
- في المرتبة 21 من بين 64 مركز فكر على مستوى العالم كصاحب أفضل فكرة أو نموذج جديد طوره خلال عام 2020.
- في المرتبة 14 من بين 101 مركز فكر على مستوى إفريقيا والشرق الأوسط لعام 2020.

وقد فاز المركز خلال السنوات الخمس الأخيرة بـ (18) جائزة دولية في مجالات عمله كافة، حيث فاز في يونيو 2022 بجائزة (SAG Award) الأمريكية الممنوحة لإصدارة المركز الرقمية "وصف مصر بالمعلومات" من بين نحو 100 ألف مؤسسة دولية حول العالم.

وفي مايو 2023، حصل المركز على 6 جوائز في مسابقة درع الحكومة الذكية في دورتها السادسة عشرة، والتي عقدت بإمارة دبي عن فئات الابتكار الحكومي، والمسؤولية الاجتماعية والحكومية، والعمل عن بعد، والمواقع الإلكترونية الحكومية، وحسابات التواصل الاجتماعي الحكومية، والتطبيقات الذكية.

كما نال المركز ثلاث جوائز من مؤسسة "جلوبي" للأعمال (Globee Business Awards) بالولايات المتحدة الأمريكية في سبتمبر 2023، والتي تمنح لأفضل المنظمات على مستوى العالم تقديرا لإنجازاتها في مختلف الأعمال والمجالات التكنولوجية.

وكذلك حصد المركز ثماني جوائز من مؤسسة "ستيفى أووردز" (STEVIE Awards) العالمية لمنطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا؛ ففي أبريل 2022 فاز بخمس جوائز، من بينها جائزة ذهبية، وذلك بعد منافسة بين أكثر من 700 فريق من 17 دولة في الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، وفي يناير من عام 2024 حاز المركز ثلاث جوائز، منها جائزتان ذهبيتان.

فريق العمل

رئيس المركز

السيد الدكتور/ أسامة الجوهري

مساعد رئيس مجلس الوزراء - رئيس مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار

رئيس التحرير

د. هبة عبد المنعم

رئيس الإدارة المركزية لمتابعة وتقييم الاستراتيجيات الوطنية

الإشراف العام

د. لبنى منير

مدير الإدارة العامة لمتابعة ومراجعة الاستراتيجيات الوطنية

أ. هند فكري

المدير التنفيذي للإدارة العامة لمتابعة ومراجعة الاستراتيجيات الوطنية

فريق الإعداد

أ. محمد فوزي　　أ. عصام البدري

أ. سارة سامي

الإدارة العامة للجودة

د. هبة أبو الوفا

د. فرج عبد الله　　أ. عبد الله يوسف

الإدارة العامة للتصميم الجرافيكي والمطبوعات

م. أيمن الشريف

أ. وليد إمام

قائمة المحتويات

المقدمة:	5
القسم الأول: التطور التاريخي للصناعة الذكية	7
أولًا: خلفية تاريخية عن تطور الصناعة من الثورة الصناعية الأولى حتى الثورة الصناعية الرابعة	8
ثانيًا: لماذا تُعدّ الثورة الصناعية الرابعة مختلفة؟	11
ثالثًا: ماهية المصانع الذكية وتقنياتها	12
رابعًا: تعريف المصنع الذكي وأبرز التقنيات المستخدمة به	13
خامسًا: المستويات الأربعة لتطور المصانع الذكية	15
سادسًا: التحديات التي تواجه المصانع الذكية	17
القسم الثاني: الاتجاهات العالمية والتحولات الكبرى	19
أولًا: مؤشرات السوق العالمي للصناعة الذكية	20
ثانيًا: توقعات مستقبلية للصناعة الذكية	22
ثالثًا: مؤشرات دولية لقياس جاهزية الدول للصناعة الذكية	24
رابعًا: تجارب دولية رائدة في تبني الصناعة الذكية	28
خامسًا: أمثلة ملهمة من المصانع الذكية حول العالم	32
القسم الثالث: الصناعة الذكية في المنطقة العربية.. واقع وتطلعات	35
أولًا: الإمارات وبرامج تبنّي الصناعة الذكية	36
ثانيًا: البحرين.. خطوات متقدمة نحو المصانع الذكية	37
ثالثًا: تونس.. استراتيجية متكاملة لدعم الصناعة الذكية	38
رابعًا: السعودية.. رؤية طموحة نحو 4000 مصنع ذكي	39
القسم الرابع: واقع وآفاق الصناعة الذكية في مصر	41
أولًا: مبادرات استراتيجية لبناء قاعدة صناعية رقمية	43
ثانيًا: مؤشر جاهزية الصناعة الذكية.. تقييم الواقع والتخطيط للمستقبل	44
ثالثًا: المناطق الصناعية الذكية.. محرك الاستدامة والابتكار	44
قائمة المراجع:	47

المقدمة:

تُمثِّل الصناعة الذكية أحد أبرز ملامح التحول التكنولوجي العالمي في القرن الحادي والعشرين، حيث تُعيد صياغة مفهوم الإنتاج الصناعي عبردمج تقنيات رقمية متقدمة، مثل: الذكاء الاصطناعي، وإنترنت الأشياء، وتحليل البيانات الضخمة في المراحل المختلفة للعمليات التصنيعية. وقد بات هذا التحول ركيزة أساسية في تعزيز التنافسية الصناعية، وزيادة الكفاءة التشغيلية، وتحقيق أهداف التنمية المستدامة.

وفي هذا الإطار، يُسلط هذا العدد من التقرير الضوء على واقع الصناعة الذكية وتطورها محليًا ودوليًا، من خلال استعراض التطور التاريخي للتحول الصناعي، واستعراض الاتجاهات العالمية والتجارب الدولية في تبنّي تكنولوجيا التصنيع المتقدم، والتطرق إلى أبرز المبادرات العربية الرائدة في هذا المجال. ويتناول هذا العدد من التقرير أربعة أقسام رئيسة، ترصد تطور الصناعة الذكية من منظور تاريخي، وواقعي، ومستقبلي:

- **القسم الأول: التطور التاريخي للصناعة الذكية**
- **القسم الثاني: الاتجاهات العالمية والتحولات الكبرى**
- **القسم الثالث: الصناعة الذكية في المنطقة العربية.. واقع وتطلعات**
- **القسم الرابع: واقع وآفاق الصناعة الذكية في مصر**

ومن خلال هذه الأقسام، يقدم التقرير قراءة تحليلية لواقع الصناعة الذكية، موضحًا كيف تُسهم الرقمنة في تعزيز **الاستدامة البيئية، والمرونة التشغيلية، والقدرة التنافسية** للاقتصادات في عصر الثورة الصناعية الرابعة.

القسم الأول:

التطور التاريخي للصناعة الذكية

شهد تاريخ الصناعة تحولات جذرية على مدار أكثر من ثلاثة قرون، بدأت بثورة الفحم والبخار في القرن الثامن عشر، مرورًا بعصر الكهرباء والإلكترونيات، وصولًا إلى العصر الرقمي المتسارع الذي نعيشه اليوم. وخلال هذه المسيرة، لم تكن التكنولوجيا مجرّد أداة مساعدة، بل تحوّلت إلى قوة دافعة أعادت تشكيل مفاهيم الإنتاج والعمل والاقتصاد العالمي. فقد أصبحت التقنيات الحديثة عناصر أساسية في تشغيل مصانع ذكية قادرة على التكيّف واتخاذ قرارات ذاتية، بما يعزز الكفاءة ويرفع من تنافسية الدول والشركات في آنٍ واحد. وفي هذا السياق، يكتسب فهم تطور الثورات الصناعية أهمية كبرى، لأنه يعكس كيف وصلت الصناعة إلى ما هي عليه اليوم، ويمهد الطريق لفهم مستقبلها في ظل التحول الرقمي الشامل.

أولًا: خلفية تاريخية عن تطور الصناعة من الثورة الصناعية الأولى حتى الثورة الصناعية الرابعة

شهد العالم عبر العصور تطورًا ملحوظًا في الوسائل التكنولوجية التي ساهمت بشكل مباشر في تغيير أنماط الحياة البشرية وتيسيرها. ومع أن أشكال التكنولوجيا وأدواتها اختلفت من حقبة زمنية إلى أخرى، فإنها كانت دائمًا تُعدّ إنجازات نوعية بالنسبة لعصرها، حيث سعى الإنسان، بلا انقطاع، إلى تطويرها وتحسينها لتحقيق مزيد من التقدم. وقد أدى هذا السعي المستمر نحو الابتكار إلى نشوء مفهوم **"الثورة الصناعية"**، الذي مثّل نقطة تحوّل جذرية في تاريخ البشرية، ليس فقط على مستوى أساليب الإنتاج، بل أيضًا في شكل العلاقات الاجتماعية والاقتصادية.

وعلى مرّ القرون، مرّ العالم **بأربع ثورات صناعية رئيسة**، كان لكل منها دور رئيسي في مسيرة التطور الصناعي والتكنولوجي. فبينما اعتمدت **الثورات الثلاث الأولى** على مصادر الطاقة التقليدية، كالطاقة البخارية والكهرباء، وتقنيات الاتصالات وتكنولوجيا المعلومات، جاءت **الثورة الصناعية الرابعة** لتدفع بالعالم نحو عصر رقمي متكامل، تتقاطع فيه التقنيات الذكية مع الواقع المادي.

إننا اليوم نعيش ملامح هذه الثورة الجديدة، التي تقوم على مفاهيم متقدمة مثل: **الذكاء الاصطناعي**، و**إنترنت الأشياء**، و**الواقع الافتراضي**، و**البيانات الضخمة**، وهو ما يعيد تشكيل مختلف جوانب الحياة. وفيما يلي استعراض للتطور التاريخي للثورات الصناعية الأربع، على النحو التالي:[1]

1 - https://ied.eu/project-updates/the-4-industrial-revolutions/

الثورات الصناعية الأربع

الثورة الصناعية الأولى - عام 1765

اعتمدت الثورة الصناعية الأولى على الطاقة المائية والبخارية لتشغيل الآلات، مما أدى إلى ميكنة الإنتاج وتحويله من العمل اليدوي إلى العمل الآلي في المصانع.

الثورة الصناعية الثانية - عام 1870

استخدمت الثورة الصناعية الثانية الطاقة الكهربائية لإحداث إنتاج جماعي على نطاق واسع، مما أدى إلى تسريع التصنيع وتوسيع خطوط الإنتاج.

الثورة الصناعية الثالثة - عام 1969

اعتمدت الثورة الصناعية الثالثة على الإلكترونيات وتكنولوجيا المعلومات لأتمتة عمليات الإنتاج، مما أدى إلى إدخال الحواسيب والأنظمة الرقمية في تشغيل المصانع ومتابعة العمليات الصناعية بدقة عالية.

الثورة الصناعية الرابعة - Industry 4.0

اندماج بين العالم الفيزيائي والرقمي والبيولوجي، تقوده تقنيات مثل الذكاء الاصطناعي، والروبوتات، وإنترنت الأشياء، والطباعة ثلاثية الأبعاد.

١ - الثورة الصناعية الأولى (1765):

جاءت الثورة الصناعية الأولى في فترة ما قبل التصنيع، **وبدأت في أواخر القرن الثامن عشر واستمرت حتى بدايات القرن التاسع عشر**. وشهدت هذه الفترة **أكبر التغييرات في الصناعة من خلال الميكنة**. وقد كانت الميكنة السبب في تراجع الزراعة كعماد للاقتصاد المجتمعي لصالح الصناعة. وفي ذلك الوقت، شهد العالم **زيادة هائلة في استخراج الفحم**، إلى جانب **الاختراع الهام للمحرك البخاري**، الذي أسس لنوع جديد من الطاقة ساهم لاحقًا في **تسريع تصنيع السكك الحديدية**، وبالتالي دفع عجلة الاقتصاد بشكل كبير.

٢ - الثورة الصناعية الثانية (1870):

شهد العالم الثورة الثانية بعد نحو قرن من الزمان من الثورة الصناعية الأولى، **حيث بدأت هذه الثورة في نهاية القرن التاسع عشر**، وشهدت تطورات تكنولوجية ضخمة في الصناعات، مما ساعد على ظهور مصادر جديدة للطاقة، مثل: **الكهرباء، والغاز، والنفط**. وقد أدت هذه الثورة إلى **اختراع محرك الاحتراق الداخلي** الذي بدأ يصل إلى أقصى إمكاناته. ومن النقاط المهمة الأخرى في هذه الثورة: **تطور صناعة الفولاذ**، والتركيب الكيميائي الصناعي، ووسائل الاتصال مثل التليجراف والهاتف.

٣ - الثورة الصناعية الثالثة (1969):

شهد **النصف الثاني من القرن العشرين** انطلاق الثورة الصناعية الثالثة، والتي تميزت باستخدام الطاقة النووية، وظهور الإلكترونيات والاتصالات والحواسيب، حيث فتحت الثورة آفاقًا جديدة في مجالات البحث العلمي، مثل استكشاف الفضاء والتكنولوجيا الحيوية. كما تم إدخال الأتمتة في المصانع من خلال اختراع وحدات التحكم المنطقي المبرمج (PLCs)- Programmable Logic Controllers - والروبوتات، مما أدى إلى رفع كفاءة الإنتاج بشكل كبير.

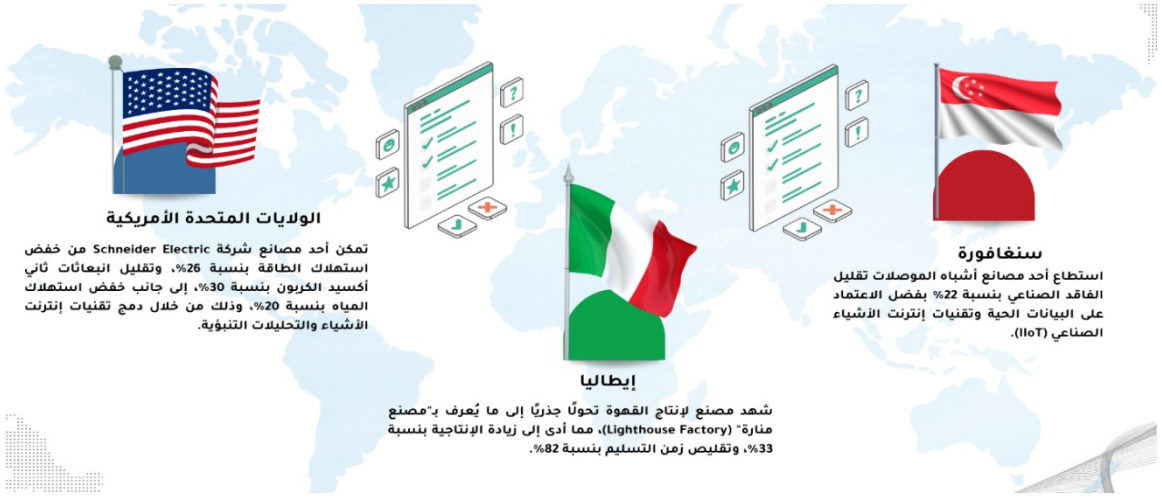
٤ - الثورة الصناعية الرابعة (Industry 4.0):

بدأت هذه الثورة مع **مطلع الألفية الثالثة**، وتعتمد بشكل أساسي على الإنترنت والتقنيات الرقمية الحديثة، على الرغم من أن بعض الخبراء لا يعتبرونها ثورة صناعية بحد ذاتها، فإنها تمثل تحولًا جذريًا في طريقة تفاعل البشر مع التكنولوجيا، حيث يشهد العالم اليوم تطورًا في مجالات الذكاء الاصطناعي، وإنترنت الأشياء، والواقع الافتراضي، مما يُحدِّث تغييرات هائلة في جميع القطاعات، بما في ذلك التعليم والصناعة والخدمات. وتعمل برامج ومشاريع متعددة في العالم، مثل مشروع RESTART الممول من الاتحاد الأوروبي، على تعزيز دمج القطاع الصناعي في أنظمة التعليم المهني والتقني لمواكبة متطلبات المهارات الرقمية الحديثة المرتبطة بهذه الثورة.

ثانيًا: لماذا تُعدّ الثورة الصناعية الرابعة مختلفة؟[2]

تتميّز الثورة الصناعية الرابعة (Industry 4.0) عن سابقاتها بكونها تمثل تحولًا رقميًا شاملًا لا يقتصر على إدخال تقنيات جديدة فحسب، بل يُعيد تشكيل طريقة عمل كافة القطاعات، بما فيها الصناعة، وطبيعة الوظائف، وأساليب اتخاذ القرار، وحتى نماذج الأعمال نفسها. فعلى عكس الثورات السابقة التي اعتمدت على الطاقة البخارية أو الكهرباء أو الحواسيب، تقوم الثورة الرابعة على الاندماج العميق بين العالمين الرقمي والمادي، من خلال ما يُعرف بـ "الأنظمة السيبرانية الفيزيائية" (Cyber-physical systems) ، والتي تشمل الذكاء الاصطناعي، وإنترنت الأشياء، والتوأم الرقمي، والروبوتات المتقدمة.

وقد أظهر استطلاع أجرته McKinsey في عام 2019 أن **68% من المديرين التنفيذيين اعتبروا الثورة الصناعية الرابعة أولوية استراتيجية عليا**، في حين ذكر **70% منهم أن شركاتهم بدأت بالفعل في اختبار أو تطبيق هذه التقنيات، بما يشير إلى الاهتمام الكبير من جانب المصنعين بالثورة الصناعية الرابعة وتطبيقاتها.** وقد جاءت نتائج التطبيق الواقعية في بعض المصانع العالمية انعكاسًا لهذه التطبيقات، كما يعرضها الشكل التالي:



Source: https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-are-industry-4-0-the-fourth-industrial-revolution-and-4ir

2 - https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-are-industry-4-0-the-fourth-industrial-revolution-and-4ir

والجدير بالذكر أن التقديرات أشارت إلى أن طليعة الشركات التي سبقت في تبنّي تقنيات الذكاء الاصطناعي والتحول الرقمي في عام 2025 يمكنها أن تحقق زيادة في التدفق النقدي بنسبة تصل إلى 122%، في حين أن الشركات التي تتأخر في التبني قد لا تجني سوى 10% فقط من هذه المكاسب، أما الشركات التي تفشل في التحول الرقمي فقد تُواجه انخفاضًا في التدفق النقدي بنسبة تصل إلى 23%. وهذا التباين الواضح في النتائج يُبرز بشكل واضح كيف أن الثورة الصناعية الرابعة مختلفة، فهي ليست مجرّد تحسين تقني، بل تحول اقتصادي وهيكلي شامل، يجعل من القدرة على مواكبة الابتكارات أمرًا مصيريًّا للبقاء والتنافس في السوق العالمي.

وقد بدأت العديد من المصانع الرائدة حول العالم في تطبيق تلك التقنيات الذكية، مما مكّنها من أتمتة العديد من المهام وتحسين إدارة الموارد وسلاسل التوريد. ووفقًا لدراسة أجرتها **شركة** Deloitte، **فقد حققت الشركات التي تبنّت مبادرات المصانع الذكية خلال ثلاث سنوات** زيادة في الإنتاجية بنسبة 12%، وارتفاعا في استخدام الطاقات الإنتاجية بنسبة 11%. وجدير بالإشارة أنه قد ساهم استخدام تقنيات الاستشعار الذكي في تقليص استهلاك الطاقة في أحد مصانع البلاستيك بنسبة **40%**، مما وفر أكثر من **200 ألف دولار سنويًّا**[3].

ثالثًا: ماهية المصانع الذكية وتقنياتها

تُعد الصناعة الذكية الوجه الحديث للثورة الصناعية الرابعة (Industry 4.0)، وهي المرحلة الأحدث في مسيرة تطور الصناعة العالمية. وقد نشأ مفهوم الصناعة الذكية لأول مرة عام 2011 على يد مجموعة من العلماء الألمان ضمن خطة وطنية تهدف إلى وضع استراتيجية تكنولوجية متقدمة لألمانيا، وجاء ليعبّر عن تحول جوهري في كيفية تصميم وتشغيل العمليات الصناعية، من خلال دمج التكنولوجيا الرقمية مع البيئة الإنتاجية بشكل غير مسبوق[4].

3 - https://unctad.org/news/blog-what-industry-40-and-what-will-it-mean-developing-countries

4 - https://www.cisco.com/site/us/en/learn/topics/networking/what-is-industry-4-0.html

تقوم الصناعة الذكية على تمكين الآلات من التواصل والتفاعل مع بعضها ومع نظم المعلومات والإدارة، بهدف اتخاذ قرارات فورية مدعومة بالبيانات. وقد عرّف المنتدى الاقتصادي العالمي هذا التحول بأنه "**أنظمة إنتاج ذكية ومتصلة، مصممة لاستشعار العالم المادي، والتنبؤ به، والتفاعل معه، من أجل دعم عمليات الإنتاج في الزمن الحقيقي**. كما عرفها البنك الدولي بأنها تزايد الاعتماد في عمليات الصناعات التحويلية على التشغيل الآلي في الصناعة، والروبوتات المتقدمة، والمصانع الذكية، وإنترنت الأشياء، والطباعة الثلاثية الأبعاد، مما يُحدِث تحولًا جذريًّا في عملية التصنيع.

رابعًا: تعريف المصنع الذكي وأبرز التقنيات المستخدمة به

يعتمد **المصنع الذكي** -وفقًا لما تمَّ استعراضه من مفهوم الصناعة الذكية- على تسخير التطورات التقنية التي أنتجتها الثورة **الصناعية الثالثة**، لا سيّما في مجال **أتمتة جمع البيانات وتحليلها**. ويقوم هذا المفهوم على استخدام أجهزة الاستشعار والبرمجيات المتقدمة لتجميع البيانات تلقائيًّا من الآلات والأنظمة، ومن ثم **تحويلها في الوقت الفعلي** إلى رؤى ومعلومات قابلة للتنفيذ تساعد في تحسين الأداء التشغيلي واتخاذ قرارات دقيقة وسريعة. حيث تمثل هذه التقنية تحولًا جذريًّا مقارنة بالطرق التقليدية، حيث كانت عمليات جمع وتحليل البيانات سابقًا تتطلب **جهودًا يدوية كبيرة ووقتًا طويلًا**، وهو ما كان يحدّ من سرعة الاستجابة للمتغيرات ويؤثر سلبًا على كفاءة التشغيل. **أما اليوم**، فقد أصبح من الممكن مراقبة مؤشرات الأداء، وتحديد الأعطال، وتحسين جودة المنتج بشكل لحظي، مما يقلل من التكاليف ويزيد من الإنتاجية.

ومع ذلك، لا تزال بعض المؤسسات في المراحل الأولى من التحول الرقمي، حيث تفتقر إلى تقنيات مثل **إنترنت الأشياء** (IoT)، وتعاني من تشتت البيانات عبر أنظمة غير مترابطة، مما يضطر الفنيين إلى جمع البيانات يدويًّا وتحليلها بشكل معقد عند حدوث أي خلل، وهو ما يؤدي إلى تأخير الحلول وزيادة التكاليف.[5]

ولكي يُعتبر المصنع ذكيًا فعليًا، لا بد من توافر عدة تقنيات بشكل مترابط. والهدف من ذلك هو بناء منشأة مترابطة تُبسط كل المراحل في سلسلة التوريد، من التوريد وحتى ضمان الجودة.

5 - https://www.forbes.com/sites/willemsundbladeurope/2019/02/05/the-four-levels-of-a-smart-factory-evolution/

Source: https://blog.isa.org/tech-disruptions-in-manufacturing-the-evolution-of-smart-factories

١ - إنترنت الأشياء الصناعية Industrial Internet of Things (IIoT)

تُعد المستشعرات الذكية جزءًا محوريًّا من هذه المعادلة؛ إذ تُركّب على كل آلة وجهاز داخل المصنع، وتوفّر بيانات لحظية ثرية تمنح المهندسين رؤية شاملة تُمكّنهم من اتخاذ قرارات مدروسة. كما يمكن لهذه المستشعرات مراقبة مؤشرات مهمة مثل درجة الحرارة والاهتزاز والحركة، كما تتيح تقنيات IIoT للآلات أن تتواصل فيما بينها وتتخذ قرارات ذاتية مستقبلًا.

٢ - الروبوتات Robotics

أصبح ما يُعرف بالروبوتات التعاونية "Cobots" جزءًا مألوفًا في العديد من المصانع، حيث تؤدي مهامًا متكررة بالتعاون مع البشر. لكن هذا لا يعدو كونه البداية. فمع دمج الروبوتات بتقنيات أكثر تقدمًا مثل الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي، تُحدث هذه الروبوتات طفرة في الإنتاجية. وسنشهد مستقبلا روبوتات تعمل بدقة عالية على مدار اليوم، حتى في البيئات الخطرة، كما أن تلك الروبوتات لديها القدرة على التكيف في الوقت الفعلي مع المتغيرات.

٣ - المركبات الموجهة ذاتيًا Automated Guided Vehicles (AGVs) والروبوتات المتنقلة ذاتية القيادة Autonomous Mobile Robots (AMRs)

في عام 2020، أفادت شركة Gartner بأن 72% من المصنّعين يدمجون معدات ذاتية القيادة في مصانعهم الذكية، بما في ذلك المركبات الموجهة ذاتيًا (AGVs) والروبوتات المتنقلة ذاتية القيادة (AMRs). ومن المتوقع أن تُحدث هذه التقنيات نقلة نوعية في اللوجستيات الداخلية، مما يُسهّل الحركة بسلاسة عبر أرض المصنع.

وفي هذا الصدد، تلعب برامج تحسين المسارات الديناميكية دورًا محوريًا. فمن خلال تحليل الظروف الآنية، مثل العوائق وحالات المعدات أو تغير الأولويات، يضمن التوجيه الديناميكي تنقل المركبات الموجهة آليًا (AGVs) والروبوتات المتنقلة ذاتية القيادة (AMRs) بكفاءة، مما يُقلل من التأخيرات والاختناقات ويُبسّط سير العمل.

٤ - الحوسبة السحابية (Cloud Computing)

تجمع جميع نقاط البيانات المُجمعة من أجهزة استشعار مختلفة التي تتدفق في النهاية عبر السحابة، وذلك باستخدام برامج سحابية مناسبة، يمكن للمهندسين تخزين بيانات مهمة حول المعدات والآلات والجداول الزمنية وغيرها والوصول إليها. وتجدر الإشارة إلى أن هذه المنصات تتميز بقوة حوسبة هائلة، مما يُعزز التحليل ويُشجع على اتخاذ القرارات القائمة على البيانات.

٥ - التوأم الرقمي (Digital Twins)

تستخدم تقنية التوأم الرقمي البيانات لإنشاء تمثيل مرئي لأرضية المصنع وجميع أصوله، حيث يستخدمه المهندسون والمشغلون لمراقبة الأنظمة المعدات، والتنبؤ بمتطلبات الصيانة، أو حتى محاكاة التجارب في ظروف مختلفة. ونتيجة لذلك، ترتبط التوائم الرقمية بقفزة هائلة في الكفاءة التشغيلية، وهي إحدى القوى الدافعة الرئيسة لثورة المصانع الذكية.

خامسًا: المستويات الأربعة لتطور المصانع الذكية

استثمرت بعض من كبرى الشركات المصنعة في العالم -مثل Siemens وABB وMitsubishi Electric- بشكل كبير في إنشاء منشآت مترابطة بالكامل تعتمد على أحدث التقنيات المتقدمة. ومع ذلك، فإن التحول من المصانع التقليدية إلى الذكية لا يمكن تحقيقه بين عشية وضحاها. **وفي هذا الصدد، يُقسَّم تطور المصنع الذكي عادةً إلى أربعة مستويات رئيسة.**

Source: https://blog.isa.org/tech-disruptions-in-manufacturing-the-evolution-of-smart-factories

1- **المستوى الأول: جمع البيانات (Data Collection):** يمثّل هذا المستوى الخطوة الأولى في رحلة التحول الذكي، حيث يتم تزويد جميع المعدات والأصول في المصنع بأجهزة استشعار ضمن إطار إنترنت الأشياء الصناعي، حيث تُجمع البيانات من مصادر متعددة، ثم تُحول إلى **قاعدة موحدة للبيانات** تكون متاحة بسهولة لجميع أصحاب المصلحة.

وتجدر الإشارة إلى أن **جمع البيانات بهذا الحجم الواسع** يُعدّ تحديًا كبيرًا، خاصةً عند محاولة استخراج المعلومات من الأنظمة القديمة. ومع ذلك، بمجرد إنشاء مستودع بيانات مركزي، يتمكّن المهندسون من الوصول إلى البيانات عبر نقاط التشغيل المختلفة، من خلال لوحات بيانات تفاعلية وغنية بصريًا. ومن المهم التنويه إلى أن **معظم المصانع اليوم لا تزال في هذا المستوى** من رحلة التحول إلى منشآت ذكية.

2- **المستوى الثاني: تحليل البيانات (Data Analysis):** عند الوصول إلى المستوى الثاني، تبدأ نتائج الجهد المبذول في المرحلة السابقة بالظهور؛ إذ يتيح الوصول إلى بيانات غنية ومتنوعة **تحليلًا متعمقًا** ويدعم اتخاذ قرارات استباقية. فعلى سبيل المثال، من خلال دراسة أداء الآلات على مدى فترات طويلة، يمكن للمصنّعين اتخاذ قرارات تساهم في **تبسيط سير العمل وضمان ثبات الجودة**. كما يتيح دمج تقنيات التعلم الآلي (Machine Learning) للمهندسين **التنبؤ بالأعطال** واتخاذ إجراءات وقائية بدقة عالية.

3- **المستوى الثالث: تفعيل البيانات في الوقت الفعلي (Real-Time Data Activation):** مع الوصول إلى المستوى الثالث، يتطور التكامل بين الذكاء الاصطناعي وتعلم الآلة ليصل إلى مرحلة **التحكم الفوري**. ففي هذا السياق، تتيح الخوارزميات المتقدمة للعاملين تحليل البيانات التاريخية، وتحديد **جداول الإنتاج الأكثر كفاءة**، وتشخيص أعطال المعدات، بل وحتى التكيّف مع تغيرات الطلب بشكل مباشر وفوري.

4- **المستوى الرابع: البيانات الموجهة نحو الفعل (Action-Oriented Data):** في هذا المستوى الأخير، تصل المصانع إلى **درجة عالية من الاستقلالية**، حيث تصبح قادرة على **تنفيذ التوصيات تلقائيًا** دون تدخل بشري مباشر. ويشمل ذلك ضبط الإعدادات التشغيلية، وجدولة الصيانة، أو إجراء فحوصات الجودة. وعلى الرغم من أن هذا المستوى من الأتمتة الكاملة لا يزال في طور التحقق الكامل، إلا أنه يحمل **فوائد هائلة** متوقعة في المستقبل القريب، من أبرزها تحقيق **قفزة كبيرة في الكفاءة والإنتاجية**.

سادسًا: التحديات التي تواجه المصانع الذكية

رغم الإمكانات الكبيرة التي توفرها تقنيات الصناعة الذكية، فإن تطبيقها يواجه جملة من التحديات التقنية والتنظيمية والاقتصادية، والتي تؤثر بشكل مباشر على سرعة الانتقال نحو نماذج الإنتاج المتقدمة، ومن أبرز هذه التحديات:

1 - **ضمان تكامل تكنولوجيا المعلومات والتشغيل:** من المعروف أن تقنيتي المعلومات والتشغيل لطالما عملتا في نطاقات منفصلة، إلا أن **دمجهما أصبح ضرورة** في سياق المصانع الذكية. غير أن هذا الدمج يواجه عقبات عديدة، منها عدم التوافق بين فرق العمل بهما، والأنظمة القديمة التي تعيق التواصل بين الطرفين.

2 - **فجوة المهارات في القوى العاملة:** مع تسارع وتيرة التقدم التكنولوجي، تزداد الحاجة إلى عمال يمتلكون مهارات قادرة على فهم وتشغيل الأنظمة المتقدمة. وفي هذا السياق، تعاني العديد من المصانع من **فجوة حادة في المهارات**، وهو ما يمثل تحديًا كبيرًا أمام تبني هذه التقنيات بسرعة وكفاءة.

3 - **ارتفاع تكاليف التنفيذ:** لا شك أن إنشاء منشأة ذكية مترابطة بالكامل يتطلب **استثمارات ضخمة**، سواء على مستوى رأس المال اللازم لشراء التكنولوجيا، أو التكاليف الخفية المرتبطة بتدريب الموظفين. ومع ذلك، فإن تبنّي رؤية طويلة المدى يُظهر أن **الكفاءة والإنتاجية المحققة على المدى البعيد** كفيلة بتعويض هذا الاستثمار الأولي المرتفع.[6]

4 - **قابلية التشغيل البيني (Interoperability):** تُعد قابلية التشغيل البيني من أبرز التحديات التي تواجه تنفيذ أنظمة التصنيع الذكي، حيث تتطلب قدرة الأنظمة المختلفة على التفاهم والتكامل دون تعارض. ويتجلى هذا التحدي في أربعة مستويات رئيسية: **المستوى التشغيلي** (Operational)، الذي يربط الأنظمة الفيزيائية السيبرانية (cyber physical systems) بإطار ثورة الصناعية الرابعة؛ و**المستوى النظامي** (Systematical)، الذي يعالج المعايير والإرشادات والنماذج والمنهجيات؛ و**المستوى التقني** (Technical)، الذي يشمل أدوات تكنولوجيا المعلومات والبنية التحتية والمنصات البرمجية الداعمة؛ وأخيرًا **المستوى الدلالي** (Semantic)، الذي يضمن فهمًا موحدًا للبيانات المتبادلة بين الجهات والمؤسسات المختلفة. وغياب التناغم بين هذه المستويات يعيق تكامل الأنظمة ويؤثر سلبًا على الكفاءة التشغيلية ودقة اتخاذ القرار في بيئات التصنيع الذكي.

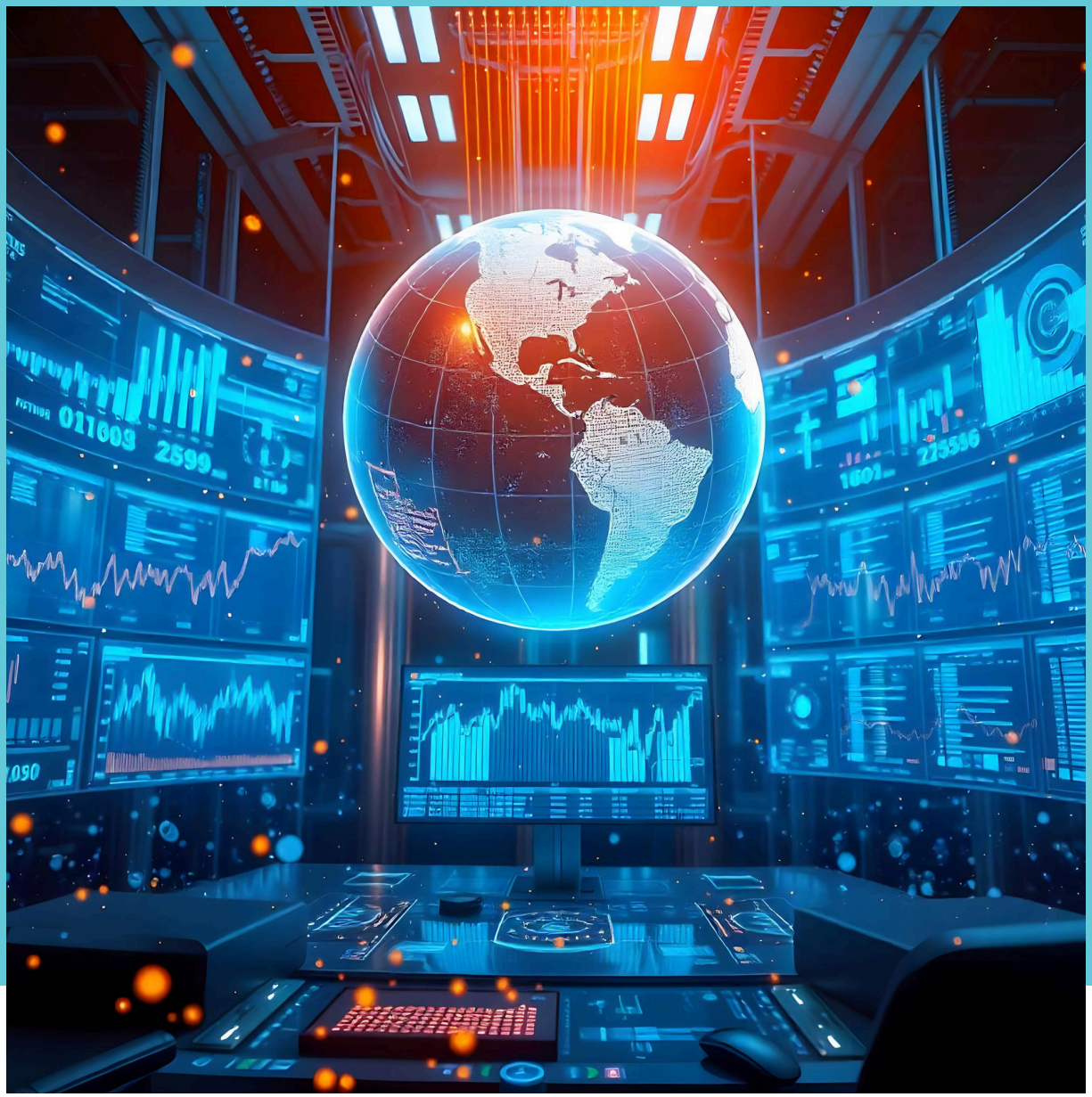
6 - https://blog.isa.org/tech-disruptions-in-manufacturing-the-evolution-of-smart-factories

5 - **الأمان السيبراني** (Cybersecurity): نظرا لاعتماد التصنيع الذكي على بنية رقمية مترابطة تعتمد على الإنترنت لتبادل المعلومات بين وحدات الإنتاج والعملاء، فيرفع ذلك من مستوى المخاطر المرتبطة باختراق البيانات وسوء استخدامها. ومن ثم فإن حماية كل نقطة في الشبكة أمر بالغ الأهمية، بدءًا من وحدات الإنتاج وحتى نظم التحكم والمستخدمين النهائيين. ويشكل تأمين البيانات وتشفيرها، إلى جانب منع الهجمات الإلكترونية، أحد أكبر التحديات عند تصميم ونشر أنظمة صناعية ذكية متصلة، ويتطلب ذلك بنية أمان قوية واستراتيجيات استباقية لضمان استمرارية العمليات وسلامة المعلومات.

6 - **تكامل الأنظمة** (System Integration): يمثل تكامل الأدوات التكنولوجية الحديثة مع البنية التحتية الحالية تحديًا كبيرًا أمام التحول إلى الصناعة الذكية، فالأجهزة القديمة قد تكون غير متوافقة مع الحلول الجديدة، وتستخدم بروتوكولات اتصال مختلفة، مما يؤدي إلى تعقيدات في ربط الأنظمة وتبادل البيانات. كما أن تعدد الشركات المصنعة واختلاف معايير التشغيل يزيد من صعوبة التكامل. لذلك، يتطلب تنفيذ أنظمة التصنيع الذكي حلولًا مرنة ومنهجيات مخصصة لتحديث الأنظمة القديمة وضمان توافقها مع التقنيات الحديثة دون التأثير على استقرار العمليات.[7]

---

7 - https://www.researchgate.net/publication/382162810_Smart_Manufacturing_Issues_and_Challenges



القسم الثاني:

الاتجاهات العالمية والتحولات الكبرى

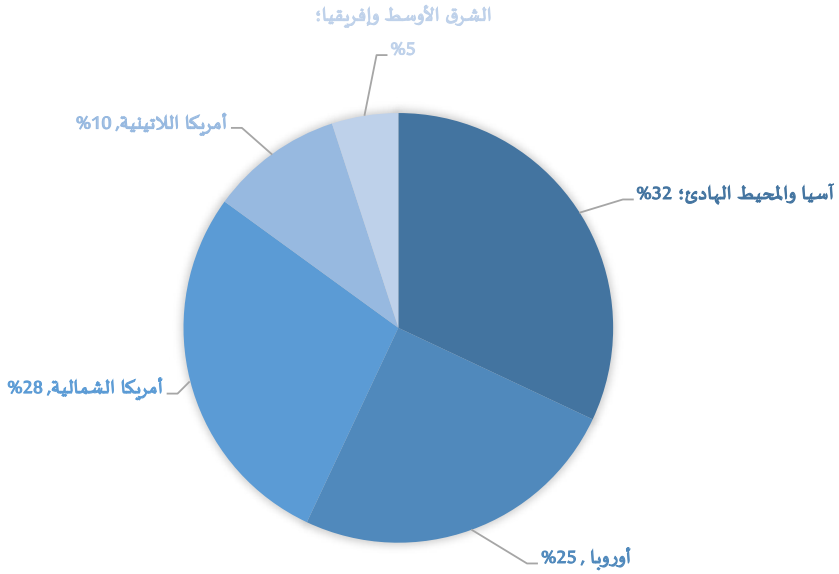
يشهد العالم تحولًا متسارعًا في بنية الصناعة، حيث تتجه القطاعات الإنتاجية نحو نماذج أكثر ذكاءً ومرونة، مدفوعة بتكامل التقنيات الرقمية الحديثة مع العمليات الصناعية التقليدية. ويُعيد هذا التحوّل تشكيل خريطة الصناعة العالمية. وفي هذا السياق، برزت نماذج ناجحة لشركات رائدة استطاعت أن توظف التقنيات الذكية في تطوير سلاسل القيمة، وتحقيق مستويات جديدة من الجودة والابتكار والاستدامة. ومع التوسع المستمر في تطبيقات الصناعة الذكية، تتزايد التوقعات بأن تصبح هذه المنظومة محورًا رئيسيًا في الاقتصاد العالمي، مما يفتح آفاقًا واسعة لنمو الأسواق، وتحول أنماط الإنتاج والعمل، وتوليد فرص جديدة تتجاوز الحدود التقليدية للصناعة. ومن هنا تأتي أهمية تحليل المؤشرات الراهنة، واستعراض التجارب المتقدمة، واستشراف الاتجاهات المستقبلية التي ترسم ملامح هذه المرحلة الجديدة من التصنيع.

أولًا: مؤشرات السوق العالمي للصناعة الذكية

بلغت تقديرات حجم سوق الصناعة الذكية عالميًّا نحو 349.8 مليار دولار أمريكي في عام 2024، ومن المتوقع أن يصل إلى 392.8 مليار دولار أمريكي في عام 2025، وفقًا لشركة أبحاث السوق Precedence Research. ويُعزى هذا النمو بشكل رئيس إلى التوسع المتزايد في اعتماد تقنيات الصناعة الذكية، بالإضافة إلى تزايد الطلب على حلول الأتمتة وتحسين الكفاءة وتخفيض التكاليف في العمليات الصناعية.

ويتباين تطبيق التصنيع الذكي على مستوى الدول والمناطق على مستوى العالم، حيث تعكس بيانات عام 2024 تصدر منطقة آسيا والمحيط الهادئ سوق التصنيع الذكي عالميًا بحصة تبلغ 32%، مدفوعة بالنمو الصناعي السريع في الصين والهند وكوريا الجنوبية. تليها أمريكا الشمالية بنسبة 28%، مستفيدة من ريادة الولايات المتحدة في تقنيات الذكاء الاصطناعي والتحول الرقمي، ثم أوروبا بنسبة 25% نتيجة لاهتمامها بالاستدامة والتحديث الصناعي، خاصة في ألمانيا. بينما لا تزال أمريكا اللاتينية (10%) والشرق الأوسط وإفريقيا (5%) في مراحل مبكرة من تبني التصنيع الذكي، بسبب تحديات في البنية التحتية والاستثمار التكنولوجي.

الشكل رقم (2) حجم سوق التصنيع الذكي حسب المنطقة لعام 2024



Source: International Federation of Robotics - https://www.therobotreport.com/ifr-4-million-robots-operating-globally-world-robotics-report/

وفي السياق ذاته وعلى المستوى القطاعي، استحوذ **قطاع البرمجيات** على الحصة الكبرى من سوق التصنيع الذكي في عام 2024، متجاوزًا نسبة 49%، وهو ما يُبرز الدور الحيوي الذي تلعبه البرمجيات في تمكين التحول الرقمي داخل المصانع والمنشآت الإنتاجية. وتُعد حلول مثل أنظمة تخطيط موارد المؤسسات، وأنظمة تنفيذ التصنيع، وأدوات التحليل المتقدمة من الركائز الأساسية التي تدعم المراقبة اللحظية، ورفع كفاءة التشغيل عبر مختلف مراحل الإنتاج. ومع تزايد اعتماد المؤسسات على الأدوات الرقمية لإعادة هيكلة عملياتها، تواصل البرمجيات احتفاظها بموقع الصدارة داخل السوق.

وفي المقابل، يُتوقع أن يشهد **قطاع الخدمات** نموًا ملحوظًا خلال الفترة من عام 2025 إلى عام 2030، بمعدل نمو سنوي مركب يتجاوز 13%. ويعكس هذا الاتجاه تصاعد الحاجة إلى تقديم خدمات الدعم الفني، فمع التوسع في استخدام إنترنت أشياء، والذكاء الاصطناعي، والحلول السحابية، يتزايد الطلب على خدمات الاستشارات، والتنفيذ، وغيرها من الخدمات.

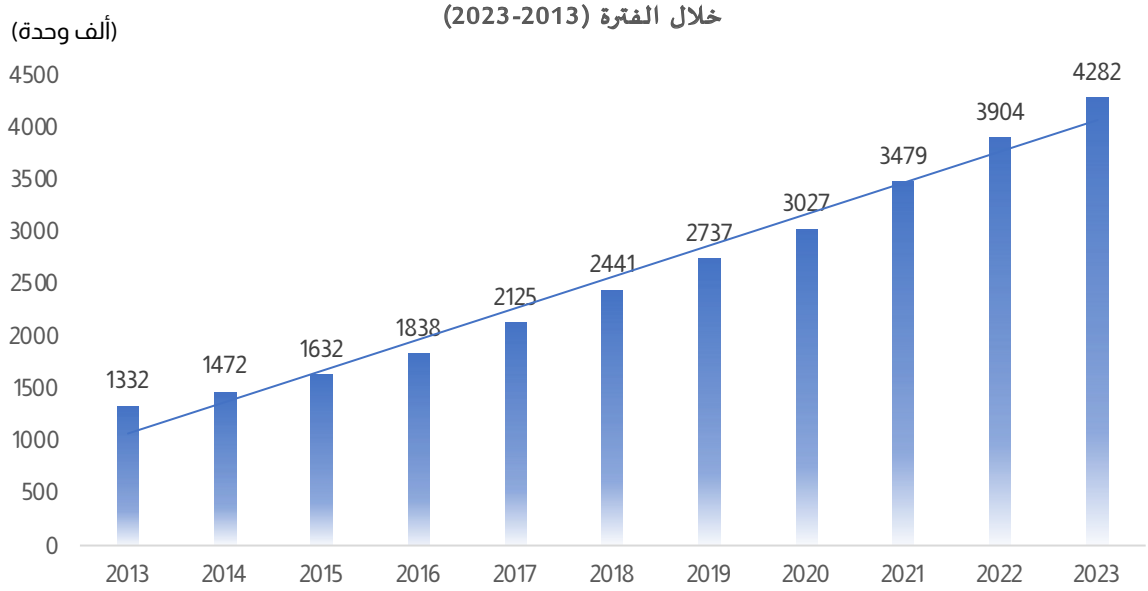
وفي سياق متصل، أبرز استطلاع رأي أجرته مؤسسة "ديلويت" في عام 2025، وشمل 600 مدير تنفيذي في الولايات المتحدة الأمريكية، الأهمية المتزايدة للتصنيع الذكي كأداة استراتيجية لمواجهة تحديات اكتساب المواهب، وإدارة التحولات المعقدة، وتقليل المخاطر التشغيلية. وكشف الاستطلاع أن 78% من المشاركين يخصصون أكثر من 20% من ميزانية التطوير لمبادرات التصنيع الذكي، مما يعكس الإيمان العميق بدوره في تعزيز الكفاءة والمرونة. كما توقع 88% من التنفيذيين أن تستمر هذه الاستثمارات أو تتزايد خلال العام المالي المقبل، مع ارتباط واضح بين حجم المؤسسة وحجم الاستثمار، حيث تميل الشركات الكبرى إلى ضخ استثمارات أوسع في هذا المجال الحيوي.

بينما أظهرت دراسة أجرتها شركة **ماكينزي** أن اعتماد المؤسسات الصناعية على التقنيات الرقمية يمكن أن يؤدي إلى تقليص وقت تعطل الآلات بنسبة تتراوح بين 30% و50%، وزيادة الإنتاج بمعدل يتراوح بين 10% و30%، فضلا عن تحسين إنتاجية العمال بنسبة تتراوح بين 15% و30%. كما تسهم هذه التقنيات في رفع دقة توقعات السوق لتصل إلى نحو 85%. وفي سياق متصل، أشارت دراسة أخرى تناولت أثر الروبوتات في القطاع الصناعي إلى أن إدماج هذه التقنيات الحديثة يساهم بشكل فعّال في تحسين كفاءة الأداء الصناعي، وتقليل النفقات التشغيلية، مما يؤدي في النهاية إلى مضاعفة أرباح المنشآت الصناعية، مما يعزز التنافسية العالمية.

وفيما يتعلق بالتأثير الإيجابي للتقنيات الرقمية على القطاع الصناعي بمنطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، أوضح تقرير صادر عن **البنك الدولي** بشأن مزايا التكنولوجيا الرقمية الحديثة في المنطقة أن الاعتماد الكامل على هذه التقنيات من قِبل المؤسسات الصناعية في المنطقة قد يؤدي إلى زيادة إنتاجية الصناعات التحويلية العربية بنسبة تصل إلى 10%. وتكون وتيرة المكاسب أسرع عند تركيز جهود التحول الرقمي على الشركات الصناعية الأقل إنتاجية في البداية، إذ يمكن تحقيق نتائج ملموسة على المدى القصير، قبل أن تتباطأ تدريجيًا مع اقتراب الاقتصادات من تبني رقمي شامل.

وعلى صعيد تشغيل الروبوتات بمجال الصناعة، أفاد التقرير الصادر عن **الاتحاد الدولي للروبوتات** بأن عدد الروبوتات العاملة في المصانع حول العالم بلغ 4,2 ملايين وحدة في عام 2023، بزيادة قدرها 10% مقارنة بعام 2022. وللعام الثالث على التوالي، تجاوز عدد الروبوتات التي تم تركيبها سنويًا حاجز نصف المليون وحدة. كما أوضح التقرير أن 70% من الروبوتات الجديدة التي تم نشرها خلال عام 2023 كانت في آسيا، بينما استحوذت أوروبا على 17%، والأمريكيتان على 10% من إجمالي التركيبات. وتُعد الصين أكبر سوق عالمي للأتمتة بلا منازع، حيث تم تركيب 276.2 ألف روبوت صناعي في مصانعها عام 2023، بما يمثل 51% من إجمالي التركيبات العالمية. ويُعد هذا الرقم ثاني أعلى زيادة مسجلة في دولة واحدة، بعد ذروة عام 2022 التي شهدت تركيب 290.1 ألف روبوت في الصين.

الشكل رقم(3) تطور عدد الروبوتات العاملة بالمصانع حول العالم
خلال الفترة (2013-2023)



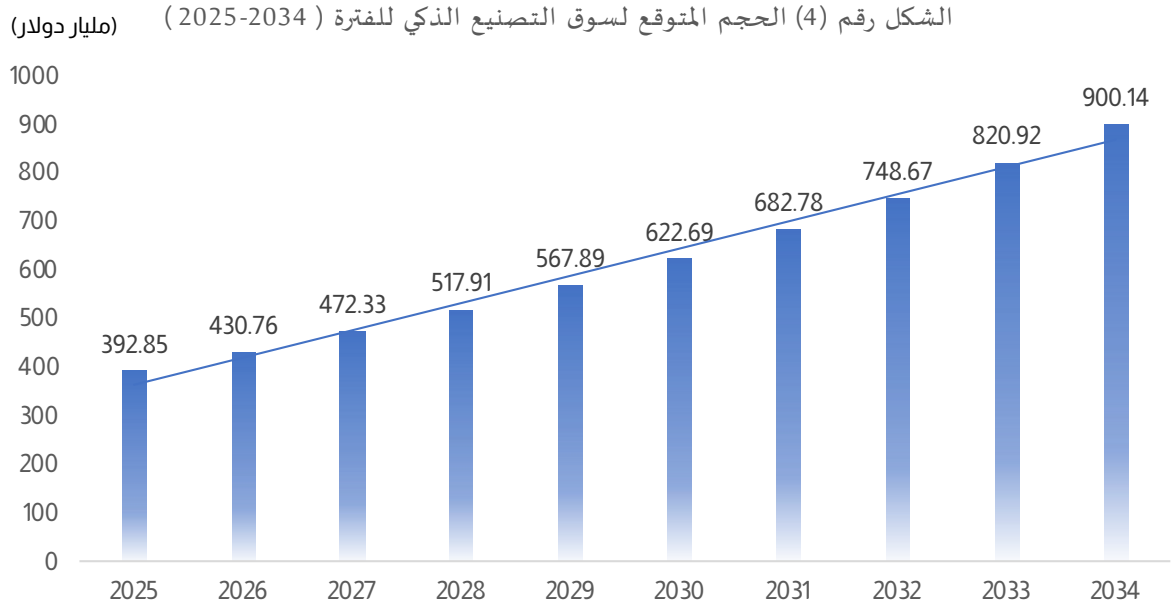
Source: International Federation of Robotics - https://ifr.org/wr-industrial-robots/

واستمرارًا لعمليات تركيب الروبوتات الصناعية، تُظهر بيانات وتوقعات الفترة من 2024 إلى 2027، نمطًا تصاعديًا عامًا في معدل التركيب، فتشير إلى استقرار في عام 2024 (541 ألف وحدة)، قبل أن يعود النمو التدريجي بمعدل سنوي متوسط قدره 4%، ليبلغ عدد التركيبات 602 ألف وحدة بحلول عام 2027. وتعكس هذه الأرقام استمرار التوسع في استخدام الروبوتات الصناعية عالميًا، مدفوعًا بالتقدم في الأتمتة والطلب المتزايد على الكفاءة والإنتاجية.

ثانيًا: توقعات مستقبلية للصناعة الذكية

يمر سوق التصنيع الذكي بمراحل نمو متسارعة تعكس التحول العميق في بنية الصناعة العالمية نحو نماذج أكثر ذكاءً واعتمادًا على التكنولوجيا. فعلى الرغم من بلوغ حجم السوق نحو 349.81 مليار دولار أمريكي في عام 2024، تشير التقديرات إلى إمكانية تجاوزه 900.14 مليار دولار بحلول عام 2034، مدعومًا بمعدل نمو سنوي مركب يبلغ 9.65% خلال الفترة من عام 2025 إلى عام 2034.

الشكل رقم (4) الحجم المتوقع لسوق التصنيع الذكي للفترة (2025-2034)



Source: https://www.precedenceresearch.com/smart-manufacturing-market

جدير بالإشارة أن منطقة آسيا والمحيط الهادئ تُعد المناطق الأسرع نموًا، نتيجة توسع قاعدتها الصناعية وتسارع تبنيها لحلول التحول الرقمي في مختلف القطاعات الإنتاجية، كما تشهد أسواق التصنيع الذكي في الولايات المتحدة وأوروبا وآسيا مسارات نمو متميزة، وتعكس اختلاف الأولويات والسياسات الصناعية. ففي حين تقود الولايات المتحدة التحول عبر الابتكار التكنولوجي والدعم الحكومي، تركز أوروبا على الاستدامة وتعزيز التنافسية من خلال مبادرات منظمة. أما آسيا، فتبرز كسوق ناشئة ديناميكية، مدفوعة بالتوسع الصناعي السريع وتسارع وتيرة التحول الرقمي. ويمكن بيان اتجاهات الأسواق في هذه المناطق على النحو التالي:

- **اتجاهات سوق التصنيع الذكي في الولايات المتحدة:** تصدر سوق التصنيع الذكي في الولايات المتحدة المشهد في عام 2024، مدعومًا بالتطورات السريعة في الأتمتة، والروبوتات، والذكاء الاصطناعي، وإنترنت الأشياء. وساهمت المبادرات الحكومية، مثل "التصنيع في الولايات المتحدة الأمريكية"، في تسريع اعتماد حلول التصنيع الذكي. كما دفع التركيز المتزايد على الاستدامة وكفاءة الطاقة، إلى جانب انتشار المصانع الذكية، نحو تبني تقنيات المراقبة الآنية والصيانة التنبؤية وتحسين سلاسل التوريد.

- **اتجاهات سوق التصنيع الذكي في أوروبا:** من المتوقع أن يسجل السوق الأوروبي معدل نمو سنوي مركب يتجاوز 13% بين عامي 2025 و2030، مدفوعًا بمبادرة "الصناعة الذكية" التي تشجع على استخدام الذكاء الاصطناعي، وإنترنت الأشياء، والروبوتات لتعزيز التنافسية. ويعزز التوجه نحو الاستدامة البيئية الطلب على حلول تصنيع موفرة للطاقة ومنخفضة الانبعاثات، مما يعزز جاذبية التصنيع الذكي.

- **اتجاهات سوق التصنيع الذكي في منطقة آسيا والمحيط الهادئ:** نما سوق التصنيع الذكي في منطقة آسيا والمحيط الهادئ بأعلى معدل نمو سنوي مركب تجاوز 15% في عام 2024، مدفوعًا بالاعتماد المتزايد على التقنيات المتقدمة في الدول. وقد أدت القاعدة الصناعية القوية في المنطقة، لا سيما في قطاعات الإلكترونيات والسيارات والسلع الاستهلاكية، إلى اعتماد الروبوتات والرقمنة لتبسيط العمليات وتعزيز الكفاءة وخفض التكاليف.

ثالثًا: مؤشرات دولية لقياس جاهزية الدول للصناعة الذكية

في إطار ما شهده العالم من هذه التطورات الكبيرة في مجال الصناعة الذكية، قامت العديد من المنظمات الدولية بإصدار مؤشرات دولية بهدف قياس مدى جاهزية الدول لهذا التحول، سواء بصورة مباشرة من خلال مؤشر جاهزية الصناعة الذكية، أو قياس مدى توافر الدعائم الرئيسة لتبني تلك الصناعة كتوافر الذكاء الاصطناعي أو غيره من ركائز تبني الصناعة الذكية. **وفي هذا الإطار، يمكن عرض أبرز هذه المؤشرات على النحو التالي:**

١ - مؤشر جاهزية الصناعة الذكية (Smart Industry Readiness Index (SIRI))

يُعد مؤشر جاهزية الصناعة الذكية (SIRI)[8] أول أداة تقييم مستقلة على مستوى العالم لقياس النضج الرقمي للمصانع، ويهدف إلى المساعدة على تسريع وتيرة التحول الرقمي للقطاع الصناعي بالدول. حيث تم تطوير هذا المؤشر في سياق عالمي متغير، حيث شكّلت جائحة كوفيد19- دافعًا رئيسًا نحو تبني حلول رقمية قائمة على البيانات؛ استجابة للتحديات الطارئة وضرورة التكيف مع ما عُرف بـ"الوضع الطبيعي الجديد".

وفي هذا الإطار، أطلق **المنتدى الاقتصادي العالمي** بالتعاون مع **مجلس التنمية الاقتصادية في سنغافورة** في سبتمبر 2020 **مبادرة** Smart Industry Readiness Index (SIRI) **العالمية**، بهدف اعتماد المؤشر كمرجعية دولية لتقييم جاهزية الصناعات المختلفة في عصر الثورة الصناعية الرابعة. وتوسّع نطاق هذا التوجه مع إنشاء **المركز الدولي للتحول الصناعي** the International Centre for Industrial Transformation (INCIT) في عام 2021، كمؤسسة مستقلة غير ربحية تُشرف حاليًا على تنفيذ برنامج SIRI وتعزيز تطبيقه عالميًا بالتعاون مع القطاعين العام والخاص.

8 - https://assets.incit.org/large-documents/manual/The_global_smart_industry_readiness_index_initiative_2025-manual.pdf

ويعتمد مؤشر SIRI على إطار عمل شامل يساعد المصنعين، على اختلاف أحجامهم وقطاعاتهم، في **بدء وتوسيع واستدامة التحول الرقمي**، من خلال تقييم ثلاث ركائز محورية: **العمليات، والتكنولوجيا، والتنظيم المؤسسي**. ويسهم المؤشر في رفع الوعي بفرص الثورة الصناعية الرابعة، وتعزيز المواءمة المؤسسية، ووضع خرائط طريق فعالة لتوجيه الاستثمارات وتخصيص الموارد.

وعلى الرغم من استخدامه في أكثر من 60 دولة، فإن SIRI لا يصدر في شكل تقرير سنوي يحتوي على تصنيفات أو بيانات مقارنة بين الدول، بل يُستخدم كأداة تقييم داخلية تساعد المصانع على فهم مستوى نضجها الرقمي وبناء خارطة طريق للتحول الصناعي الذكي، مما يجعله مرجعًا محوريًا لصناع السياسات الصناعية الراغبين في تطوير استراتيجيات قائمة على الأدلة وتعزيز الابتكار والاستدامة في القطاع الصناعي.

٢ - مؤشر المصنع الذكي العالمي [9] (Global Smart Factory Index STOXX)

يُعد مؤشر Global Smart Factory Index STOXX من المؤشرات العالمية المتخصصة التي تقيس أداء الشركات ذات الصلة المباشرة باتجاهات التحول الصناعي الذكي، لا سيما تلك التي تستفيد من التكامل بين الإنتاج الفعلي والتقنيات الرقمية الذكية، مثل الذكاء الاصطناعي، وتعلم الآلة، والبيانات الضخمة.

ويضم المؤشر شركات تتمتع بتعرض كبير لمجالات التصنيع الذكي وإدارة سلاسل الإمداد المتقدمة، ويُتوقع أن تستفيد هذه الشركات من تنامي استخدام الروبوتات الصناعية، وتطور إنترنت الأشياء الصناعية (IIoT)، وتزايد الطلب العالمي على حلول الأتمتة الذكية.

ووفقًا لتقييمات مؤسسة Sustainalytics - شركة متخصصة في مجال الأبحاث والتقييمات - يصدر المؤشر في شكل تصنيف للدول، بل يُستخدم كمقياس لأداء السوق ضمن قطاع الصناعة الذكية عالميًا، ويضم أبرز الشركات التكنولوجية في الولايات المتحدة وكوريا الجنوبية، مثل: Qualcomm، Micron Technology، Texas Instruments، وSK Hynix.

٣ - مؤشر المصنع الذكي [10] (Solactive Smart Factory Index NTR)

يُوفر مؤشر Solactive Smart Factory تعرضًا لسوق الشركات التي تنشط في قطاعات ترتبط بشكل مباشر بتحول الصناعة التقليدية إلى الصناعة الذكية، عبر توظيف التقنيات الحديثة والابتكارات الرقمية. ويشمل ذلك الشركات العاملة في مجالات الروبوتات المتقدمة، والحوسبة السحابية والبيانات الضخمة، والأمن السيبراني، والواقع المعزز والطباعة ثلاثية الأبعاد، وإنترنت الأشياء.

9 - https://stoxx.com/index/STXSFCGR/

10 - https://www.solactive.com/Indices/?index=DE000SLA7XZ7

ويُعد هذا المؤشر مقياسًا لأداء سوق الصناعات الذكية عالميًا، ويضم مجموعة واسعة من الشركات المدرجة من مختلف الدول، دون تصنيف للدول حسب الأداء. ويُحسب المؤشر بعدة صيغ، منها صافي العائد (Net Total Return) وبعملة اليورو. ويعكس المؤشر ديناميكية السوق الصناعي الرقمي، ويُستخدم كمرجعية للمستثمرين وصناع القرار لتتبع تحركات الشركات ذات العلاقة الوثيقة بالتصنيع الذكي، مثل Advanced Micro Devices، و.Analog Devices Inc، وANSYS Inc.، و.Autodesk Inc، إضافة إلى شركات آسيوية ناشئة مثل AIROHA Technology وBeijing Roborock.

٤ - مؤشر جاهزية التصنيع (MRL)[11]

مؤشر جاهزية التصنيع (Manufacturing Readiness Levels -MRL) هو مقياس يُستخدم لتقييم مدى نضج التقنية أو النظام أو المكون من منظور التصنيع، بهدف تحديد مخاطر الإنتاج وضمان توفير منتجات تلبي متطلبات العملاء بشكل مستمر. **ويتراوح هذا المؤشر من المستوى 1، الذي يعبر عن المفاهيم الأولية والبحث العلمي الأساسي، حتى المستوى 10، الذي يشير إلى الإنتاج الكامل باستخدام ممارسات تصنيع رشيقة تضمن جودة عالية وموثوقية.** ويعتمد هذا المؤشر على تقييم جاهزية العمليات والتقنيات والموارد المطلوبة عبر مراحل تطوير المنتج المختلفة.

ويرتبط مؤشر جاهزية التصنيع ارتباطًا وثيقًا بمؤشر جاهزية التكنولوجيا (Technology Readiness Levels-TRL)، حيث يركز مؤشر جاهزية التصنيع على مدى استعداد التصنيع بعد استقرار التكنولوجيا والتصميم. بينما يقيس مؤشر جاهزية التكنولوجيا مدى نضج التقنية نفسها، يقيس مؤشر جاهزية التصنيع قدرة تنفيذها فعليًا في بيئة الإنتاج. ويجمع هذا التكامل بين المؤشرين بين الجوانب التقنية والعملية، مما يساعد في تقليل المخاطر وضمان انتقال ناجح من مرحلة التطوير إلى الإنتاج الفعلي.

٥ - مؤشر جاهزية الحكومة للذكاء الاصطناعي

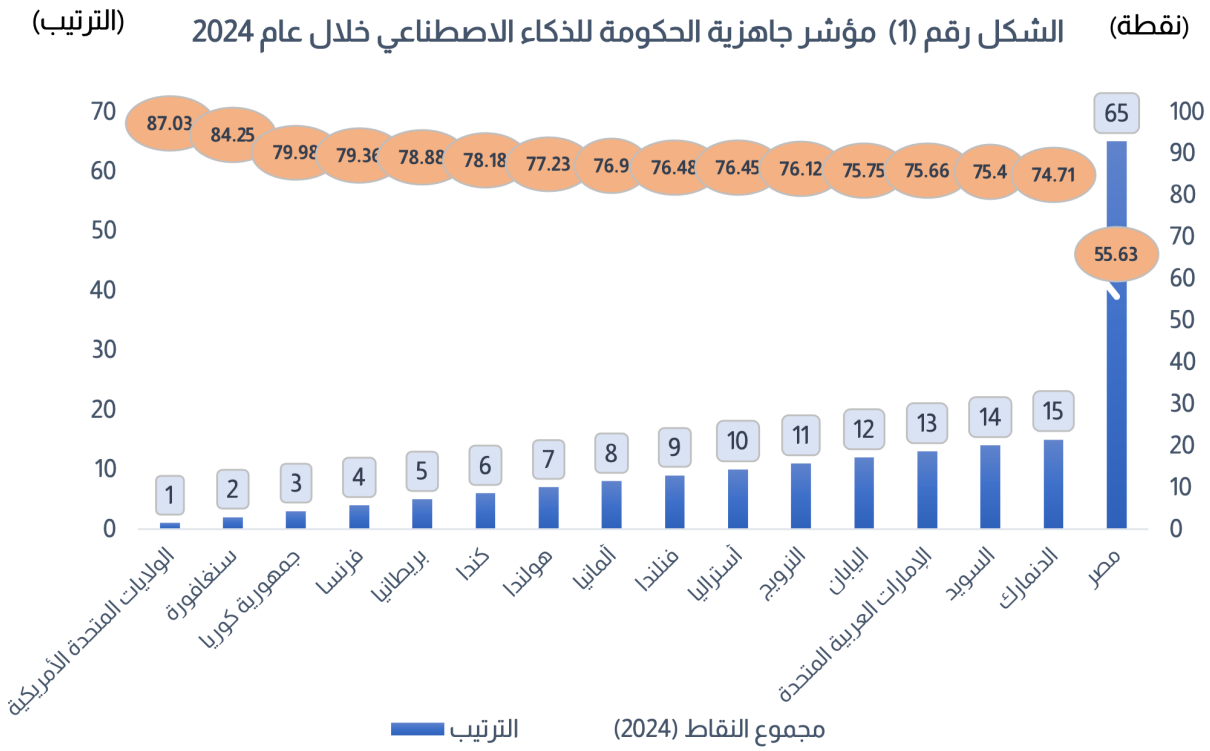
يُعد مؤشر **جاهزية الحكومة للذكاء الاصطناعي** أداة دولية مهمة لقياس مدى استعداد الحكومات للاستفادة من تقنيات الذكاء الاصطناعي في تقديم الخدمات العامة بكفاءة وفعالية. ويصدر هذا المؤشر عن **منظمة أكسفورد إنسايت** بالتعاون مع **مركز أبحاث التنمية الدولية في كندا**، وتم إطلاقه لأول مرة عام 2017. ويُصنّف المؤشر 188 دولة بناءً على ثلاث ركائز رئيسية تشمل: أولا، **الحوكمة** التي تركز على وجود رؤية استراتيجية لإدارة الذكاء الاصطناعي ضمن إطار أخلاقي وتشريعي ملائم، إلى جانب امتلاك الحكومة للقدرات الرقمية اللازمة. ثانيًا، **قطاع التكنولوجيا** الذي يتضمن مدى نضج قطاع الابتكار وريادة الأعمال، ومستوى البحث والتطوير، وجودة رأس المال البشري. ثالثًا، **البيانات والبنية التحتية** التي ترتكز على توفر بيانات عالية الجودة وممثلة للسكان، إلى جانب وجود بنية تحتية رقمية قادرة على دعم تطبيقات الذكاء الاصطناعي. ويُعد هذا المؤشر أداة حيوية لفهم جاهزية الدول لاحتضان الثورة الرقمية وتعظيم أثر الذكاء الاصطناعي في القطاع العام.[12]

11 - https://acqnotes.com/acqnote/careerfields/manufacturing-readiness-levelmanufact

12 - https://oxfordinsights.com/wp-content/uploads/2025/06/2024-Government-AI-Readiness-Index.pdf 188 ةلود

أظهر مؤشر جاهزية الحكومة للذكاء الاصطناعي لعام 2024 تفوّقًا ملحوظًا للدول المتقدمة رقميًا، حيث تصدّرت **الولايات المتحدة الأمريكية** الترتيب العالمي من بين 188 دولة، محققة (87.03 نقطة)، تلتها **سنغافورة** (84.25 نقطة)، ثم كوريا الجنوبية (79.98 نقطة)، وهو ما يعكس قوة هذه الدول في البنية التحتية الرقمية، والاستثمار في البحث والتطوير، ووضوح الرؤية الاستراتيجية لاستخدام الذكاء الاصطناعي في الخدمات العامة. كما ضمت **قائمة الدول العشر الأولى كلًا من فرنسا، والمملكة المتحدة، وكندا، وهولندا، وألمانيا، وفنلندا، وأستراليا**، وهي دول تميزت ببيئاتها التنظيمية المتقدمة، ونضج قطاعاتها التكنولوجية. وبرزت **الإمارات العربية المتحدة في المركز الثالث عشر عالميًا (75.66 نقطة)**، كأول دولة عربية ضمن القائمة. فيما **سجّلت مصر** ترتيبًا جيدًا بحلولها في المركز **65 عالميًا** بمجموع نقاط بلغ **(55.63 نقطة)**، وهو ما يعكس جهود الدولة في تبني سياسات واستراتيجيات الذكاء الاصطناعي وتعزيز بنيتها التحتية الرقمية ضمن مساعي التحول الرقمي الشامل.

الشكل رقم (1) مؤشر جاهزية الحكومة للذكاء الاصطناعي خلال عام 2024



Source: Oxfordinsights ... https://oxfordinsights.com/ai-readiness/ai-readiness-index/?#download-reports.

رابعًا: تجارب دولية رائدة في تبني الصناعة الذكية

في إطار التحول العالمي نحو الصناعة الذكية، برزت تجارب رائدة تمثل نماذج ملهمة لتبني تقنيات الصناعة الذكية، وتوظيفها في تعزيز التنافسية الصناعية ورفع الكفاءة الإنتاجية. وفي هذا السياق، تبرز تجارب كوريا الجنوبية واليابان وألمانيا كنماذج ناجحة لكل من الدول الآسيوية والأوروبية.

١ - تجربة ألمانيا – منبع المفهوم وريادة في التطبيق

تُعد ألمانيا من أبرز الدول في تبني تقنيات التصنيع الذكي على مستوى العالم، إذ **بلغ حجم سوق التصنيع الذكي فيها حوالي 23,4 مليار دولار عام 2024**[13]، مع **توقعات بوصول حجم سوق التصنيع الذكي 53.1 مليار دولار أمريكي بحلول عام 2030** بمعدل نمو سنوي مركب قدره 14.1%. ومن حيث الإيرادات، كما **استحوذت ألمانيا على 6.7% من سوق التصنيع الذكي العالمي** في عام 2024[14]، مما يعكس استثمارًا متزايدًا في الابتكار الصناعي.

وفي عام 2022، سجلت ألمانيا نحو 26 ألف وحدة من الروبوتات الصناعية، مما وضعها في **المرتبة الخامسة عالميًا بنسبة 5% من إجمالي** التركيبات العالمية، كما **احتلت المرتبة الرابعة في كثافة الروبوتات بواقع 397 روبوتًا لكل 10 آلاف عامل**، وهو ما يعكس تقدمها في الأتمتة الصناعية. أما في قطاع أجهزة الاستشعار، فقد بلغ حجم السوق 35 مليار يورو عام 2022، مع نمو بنسبة 7% في الربع الأول من 2023، مما يعكس الطلب المتزايد على تقنيات القياس والتحكم الذكي.

ويعتزم 84% من المصنعين الألمان استثمار نحو 10 مليارات يورو سنويًا في التصنيع الذكي في عام 2025، موزعة على قطاعات حيوية كصناعة السيارات (1.2 مليار يورو)، والهندسة (1.5 مليار)، والإلكترونيات (817 مليونًا)، والمعادن (424 مليونًا). وتعكس هذه الاستثمارات التزامًا طويل الأمد بالتحول الصناعي الرقمي، مدعومًا بجاهزية حكومية عالية، **حيث احتلت ألمانيا المرتبة الثامنة عالميًا في مؤشر جاهزية الحكومات للذكاء الاصطناعي لعام 2024**[15].

13 - https://www.grandviewresearch.com/horizon/outlook/smart-manufacturing-market/germany?utm_source=chatgpt.com

14 - https://www.grandviewresearch.com/horizon/outlook/smart-manufacturing-market/germany

15 - https://www.trade.gov/country-commercial-guides/germany-advanced-manufacturing

وفيما يتعلق بالبرامج والسياسات الداعمة، اعتمدت الحكومة الألمانية مجموعة من السياسات الطموحة لدعم التحول نحو الصناعة الذكية، كان أبرزها **إطلاق "خطة عمل استراتيجية التكنولوجيا المتقدمة 2020"** في مارس 2012، والتي هدفت إلى تعزيز تنفيذ استراتيجية التكنولوجيا الوطنية من خلال عشرة مشروعات مستقبلية كبرى، في مقدمتها مشروع **"الصناعة الذكية** (industry 4.0) وقد **خُصص لهذا المشروع تمويل قدره 200 مليون يورو لدعم التحول الرقمي في قطاع التصنيع**، مع تركيز خاص على مجالات الهندسة الميكانيكية، بهدف ترسيخ التفوق التقني لألمانيا. وتم تثبيت هذا التوجه ضمن اتفاق الائتلاف الحكومي للدورة التشريعية الثامنة عشرة الموقع في ديسمبر 2013، تأكيدًا على مكانة المشروع كمحور رئيسي في السياسة الصناعية الألمانية. وتضمنت السياسات الداعمة كذلك **التوسع في تقديم "الخدمات الذكية"** (Smart Services) **وتعزيز تطبيقات "تكنولوجيا المعلومات الخضراء"** (Green IT)، بما يسهم في بناء قطاع صناعي أكثر كفاءة واستدامة، ويواكب متطلبات الثورة الصناعية الرابعة.

كما يُعد **برنامج "الأتمتة الذكية للصناعة "** (Autonomics for Industry 4.0) أحد أبرز السياسات التي اعتمدتها الحكومة الألمانية، لدعم التحول نحو الصناعة الذكية، من خلال تطوير أنظمة ذاتية التشغيل مثل الروبوتات الخدمية والآلات الذكية القادرة على أداء مهام معقدة دون تدخل بشري مباشر. **ويستند البرنامج إلى مشروعات سابقة أطلقتها وزارة الشؤون الاقتصادية والطاقة، مثل** "AUTOMIK" و"THESEUS"، التي مهدت لتطبيقات الحوسبة المنتشرة والتقنيات الدلالية. وقد **خُصص تمويل بقيمة 40 مليون يورو لتعزيز التكامل بين تكنولوجيا المعلومات والإنتاج الصناعي**، مع التركيز على نظم الإنتاج المستقبلية والمنتجات عالية القيمة، وهو ما يعكس التزام ألمانيا بتعزيز الابتكار الصناعي القائم على الذكاء والتشغيل الذاتي.

فضلًا عن ذلك، **توفر ألمانيا بيئة محفزة للشركات العاملة في مجال التصنيع الذكي من خلال دعم سخي لأبحاث الابتكار**، سواء على المستوى الوطني أو الأوروبي. فإلى جانب **الدعم المقدم من برنامج "أفق أوروبا" التابع للاتحاد الأوروبي**، أطلقت ألمانيا عدة برامج تمويل تهدف إلى تعزيز ريادتها في هذا المجال. ومن أبرز أدوات الدعم المتاحة **"التسهيلات المالية والضريبية للبحث والتطوير"، التي تتيح للشركات ذات الوضع الضريبي في ألمانيا الحصول على إعفاءات ضريبية تصل إلى 2.5 مليون يورو سنويًا. ووفقًا لقانون بدل البحث الألماني**، تشمل النفقات المؤهلة تكلفة أجور الموظفين المشاركين في أنشطة البحث والتطوير، حيث يُمنح ائتمان ضريبي بنسبة 25% من تلك التكاليف، وترتفع النسبة إلى 35% للشركات الصغيرة والمتوسطة، على ألا تتجاوز التكاليف الإجمالية المؤهلة 10 ملايين يورو[16].

16 - https://www.gtai.de/en/invest/investment-guide/incentive-programs-in-germany/research-and-development-815508
https://www.gtai.de/en/invest/industries/industrial-production/smart-manufacturing

٢ - كوريا الجنوبية – تمكين شامل للصناعة الذكية[17]

يشهد سوق التصنيع الذكي في كوريا الجنوبية نموًا متسارعًا، حيث **قُدر حجمه بنحو 6.5 مليارات دولار أمريكي في عام 2024**. وتشير التوقعات إلى أن السوق **سيواصل التوسع بمعدل نمو سنوي مركب يبلغ نحو 14.36% خلال الفترة من 2025 إلى 2035، ليصل حجمه إلى أكثر من 28,5 مليار دولار بحلول عام 2035**، مما يعكس التزام كوريا بتطوير بنية تحتية صناعية ذكية وتعزيز تنافسيتها في الاقتصاد الرقمي العالمي[18]. إذ تبرز كوريا الجنوبية كقوة صناعية عالمية تسعى حثيثًا لتعزيز مكانتها في عصر الثورة الصناعية الرابعة، من خلال تبني نموذج **"المصنع الذكي"**، ويدعم ذلك **احتلال كوريا المرتبة 3 عالميًا في مؤشر جاهزية الحكومة للذكاء الاصطناعي لعام 2024.**

وفيما يتعلق بالبرامج والسياسات الداعمة[19]، تُظهر الحكومة الكورية التزامًا واضحًا بدعم سياسات التصنيع الذكي من خلال وضع خارطة طريق شاملة لمشاريع البحث والتطوير في عدد من المجالات الحيوية، تشمل تكنولوجيا التصميم، ومنصات إنترنت الأشياء الصناعي (IIoT)، والتشغيل المتكامل برمجيًا، وأجهزة الاستشعار الذكية، والروبوتات، وتقنيات جمع البيانات وتحليلها، إلى جانب تطوير المعايير الصناعية. وفي إطار تعزيز هذا التوجه، **أنشأت الحكومة مكتب ابتكار التصنيع الذكي التابع لوكالة ترويج التكنولوجيا والمعلومات للشركات الصغيرة والمتوسطة**، بهدف مواكبة الاتجاهات العالمية، وتمكين هذه الشركات من تحقيق الابتكار التكنولوجي، وتعزيز قدرتها التنافسية عبر اعتماد تقنيات التصنيع الذكي[20].

كما تقدم الحكومة الكورية، من خلال وزارة التجارة والصناعة والطاقة، دعمًا مباشرًا للشركات الناشئة والصغيرة والمتوسطة التي تمثل أكثر من 99% من الشركات في البلاد، من خلال ضخ استثمارات ضخمة في البحث والتطوير، وتوفير برامج **تدريب لـ 40 ألف عامل لتشغيل مواقع تصنيع آلية بالكامل من خلال برامج تعليمية متنوع، وذلك من خلال تمويل سنوي يبلغ 340 مليون دولار.**

وفي عام 2022، **خصصت الحكومة الكورية 1,9 مليار دولار لمشاريع البحث والتطوير بهدف تحفيز الشركات الصغيرة والمتوسطة على تطوير واعتماد تقنيات الأتمتة الحديثة**. وتشمل المشاريع المدعومة حكوميًا في هذا السياق تطوير البيانات الضخمة، والأنظمة الفيزيائية الإلكترونية، والمستشعرات الذكية، والشبكات اللاسلكية، والروبوتات التعاونية. ووفقًا لخطة وزارة التجارة والصناعة الكورية، **من المستهدف أن تضم عشرة قطاعات صناعية رئيسية ما مجموعه 4500 مصنع ذكي لكل قطاع بحلول عام 2025. والوصول بعدد المصانع إلى 30 ألف مصنع ذكي، وإنشاء 20 منطقة صناعية ذكية بحلول عام 2030**، وقد أظهرت تقارير الشركات التي استفادت من الدعم الحكومي تحسنًا في الإنتاجية بنسبة 25%، وانخفاضًا في نسب المنتجات المعيبة بنسبة 27%.

وتجدر الإشارة إلى أن الحكومة الكورية كانت قد اعتمدت سلسلة من السياسات الطموحة منذ عام 2014 لتحديث القطاع الصناعي وتعزيز التحول نحو الصناعة الذكية، من أبرزها **"استراتيجية التصنيع 3.0" و"رؤية نهضة التصنيع"**، واللتان تركزان على دعم الابتكار والاستدامة وتعزيز التكامل التكنولوجي.

17 - https://www.trade.gov/country-commercial-guides/south-korea-manufacturing-technology-smart-factory

18 - https://www.sphericalinsights.com/reports/south-korea-smart-manufacturing-market#:~:text=According%20to%20a%20research%20report,14.36%25%20from%202025%20to%202035

19 - https://www.seoulz.com/smart-factories-in-korea-the-governments-plans-the-future/

20 - https://www.trade.gov/country-commercial-guides/south-korea-manufacturing-technology-smart-factory

٣ - تجربة اليابان

بلغت قيمة سوق "الصناعة الذكية " في اليابان نحو 9,98 مليارات دولار أمريكي في عام 2024، ومن المتوقع أن يرتفع إلى 11,54 مليار دولار في عام 2025، ثم إلى 37.084 مليار دولار بحلول عام 2033، بمعدل نمو سنوي مركب يبلغ 15.7% خلال الفترة من 2025 إلى 2033، وفقًا لمؤسسة Straits Research. ويستند هذا النمو إلى السمعة الراسخة لليابان في التميز الصناعي، خاصة في مجالات مثل صناعة السيارات والإلكترونيات، إضافة إلى الدعم القوي من السياسات الحكومية المتقدمة مثل مبادرة "مجتمع 5.0". **وقد ساهم ذلك في احتلال اليابان الترتيب رقم 12 على مستوى العالم في مؤشر جاهزية الحكومة للذكاء الاصطناعي لعام 2024.**

وعلى مدى العقد الماضي، حافظ قطاع التصنيع ذي القيمة المضافة في اليابان على مساهمة تتجاوز 20% من الناتج المحلي الإجمالي، مما يؤكد مكانته كمحرك رئيسي للاقتصاد الوطني. وقد أنفقت الشركات اليابانية نحو 12.9 مليار دولار أمريكي على البرمجيات وحدها، في إطار جهودها للتحول الرقمي وتعزيز الكفاءة. كما شهدت الاستثمارات الرأسمالية الموجهة لتحديث مرافق الإنتاج اعتمادًا على تقنيات التصنيع المتقدمة والتكنولوجيا الرقمية نموًا مستمرًا. وفي مؤشر واضح على تسارع هذا التوجه، ارتفعت نسبة الشركات اليابانية التي تستخدم التكنولوجيا الرقمية من 50% في عام 2019 إلى 80% في عام 2023.

وفيما يتعلق بالبرامج والسياسات الداعمة، اتخذت الحكومة اليابانية خطوات فعالة من خلال مبادرات وبرامج التمويل لتعزيز انتقال البلاد نحو الصناعة الذكية، من خلال العديد من الإعانات للشركات التي تنفذ المصانع الذكية، مثل الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء والروبوتات. ففي إطار سعيها لتعزيز ريادتها في الثورة الصناعية الرابعة، تتبنى اليابان سياسة طموحة لدعم التحول نحو التصنيع الذكي، ترتكز على **دمج إنترنت الأشياء والتقنيات التنبؤية في بيئات التصنيع**. وتهدف هذه السياسة إلى تحويل المصانع التقليدية إلى أنظمة رقمية مترابطة وقابلة للتحسين المستمر. وقد حددت وزارة الاقتصاد والتجارة والصناعة اليابانية هدفًا يتمثل في رفع دقة الإنتاج بنسبة تصل إلى 35% في خطوط تجميع السيارات بحلول عام 2025. كما **تشجع الحكومة الشراكات الاستراتيجية بين شركات التكنولوجيا الكبرى، مثل ميتسوبيشي إلكتريك وهيتاشي**، بهدف تسريع الاستثمار في الذكاء الاصطناعي والتوائم الرقمية، مما يهيئ بيئة مواتية للتصنيع عالي التقنية، وتحسين الكفاءة، وتعزيز القدرة التنافسية العالمية للصناعة اليابانية. فيما **تُشجّع المنطقة الاقتصادية في فوكوكا الشركات الناشئة والاستثمار الأجنبي**، مُعززةً بذلك بيئةً قائمةً على التكنولوجيا. وتستخدم شركاتٌ مثل سوفت بنك روبوتيكس هذه المدينةَ كقاعدةٍ لتطوير روبوتاتٍ بشرية وأنظمة خدمة عملاء آلية، مُطبّقةً الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي لتحسين تفاعل العملاء عبر القطاعات.

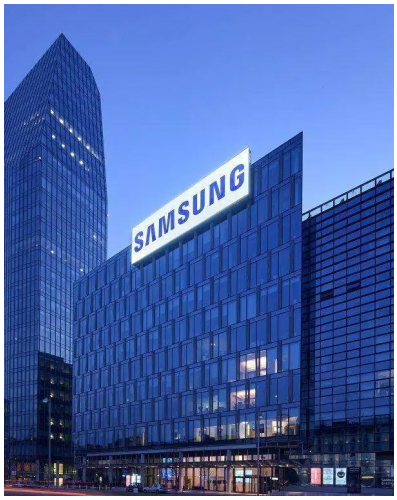
وفي هذا الإطار، أسست جامعة كوغاكوين في عام 2015 مركز دعم التصنيع بهدف توفير تعليم متخصص في تقنيات المعالجة والسلامة، إلى جانب تطوير مناهج التعليم الهندسي وتعزيز الأنشطة الإبداعية للطلاب. وفي عام 2024، أطلقت الجامعة **برنامجًا تعليميًا متقدمًا للمصنع الذكي** يستهدف طلاب السنة الثانية، ويجمع بين تقنيات التصميم والتصنيع بمساعدة الحاسوب عبر الحوسبة السحابية، والمحاكاة، والمعالجة، والفحص الدقيق. ويُركّز البرنامج على تدريب الطلاب على إدارة وتشغيل هذه العمليات في بيئة رقمية، بما يتيح لهم اكتساب مهارات عملية في إدارة مواقع التصنيع الحقيقية، بما في ذلك الإنتاج الجماعي وإدارة العمليات الإنتاجية.

كما **تشارك اليابان في تنظيم "قمة التصنيع الذكي" بالشراكة مع الدول الأوروبية**، وهي فعالية مُخصصة لصناعة المستقبل تجمع شركات ومؤسسات وتجمعات ومناطق من اليابان وأوروبا لخلق فرص عمل، ومشاركة رؤية طويلة الأمد ومستدامة، والمساهمة في تطوير الابتكار والبحث العلمي للصناعة 5.0.

خامسًا: أمثلة ملهمة من المصانع الذكية حول العالم

مع تسارع التحول الرقمي في الصناعات العالمية، أصبحت المصانع الذكية محركًا رئيسيًا للابتكار والكفاءة والاستدامة. ويُعزى ذلك إلى التقدم الكبير في تقنيات، مثل: الذكاء الاصطناعي، وإنترنت الأشياء، والروبوتات، وشبكات الجيل الخامس، التي حولت العمليات التقليدية إلى أنظمة مترابطة وذاتية التشغيل. ولم يعد هذا التحول خيارًا تجريبيًا، بل تحولا إلى استراتيجية استثمارية راسخة. ففي عام 2024 فقط، ضخت الشركات عشرات المليارات من الدولارات في البحث والتطوير لتعزيز جاهزيتها الإنتاجية المستقبلية. فقد بات التصنيع الذكي ضرورة لتعزيز القدرة التنافسية، وتحقيق المرونة، وتقليل البصمة الكربونية. **وفيما يلي عرض لأهم النماذج الملهمة في التصنيع الذكي:**

٤ - مصانع سامسونج العالمية



تقود سامسونج مشهد التصنيع الذكي العالمي بإنفاق ضخم بلغ 24,1 مليار دولار على البحث والتطوير في عام 2024. وتعتمد مصانعها على تقنيات متقدمة تشمل الأتمتة الذكية، وفحص الجودة المدعوم بالذكاء الاصطناعي، والروبوتات المرتبطة بشبكات الجيل الخامس، خاصة في قطاعات أشباه الموصلات والشاشات والإلكترونيات الاستهلاكية. وتستفيد منشآتها من دمج التوائم الرقمية والتحليلات الفورية لتحقيق أقصى كفاءة تشغيلية وتقليل الهدر. وتُعد ثقافة سامسونج القائمة على الابتكار، إلى جانب استثماراتها الضخمة في البنية التحتية الذكية، عاملا رئيسيا في قدرتها على مواكبة أحدث التقنيات. كما تعتمد الشركة على تقنيات التعلم الآلي لتبسيط سلاسل التوريد وتفعيل الصيانة التنبؤية، مما يمنحها مرونة عالية في مواجهة تقلبات السوق.

٥ - مرافق التصنيع التابعة لشركة إنتل الأمريكية

يعكس استثمار إنتل البالغ 16.5 مليار دولار في البحث والتطوير خلال عام 2024 موقعها الريادي في تبني التصنيع الذكي داخل قطاع أشباه الموصلات. وتوظف منشآتها المتقدمة في ولايات أريزونا ونيو مكسيكو وأوريجون تقنيات التوائم الرقمية، والذكاء الاصطناعي، والتحليلات المتقدمة لتحسين كفاءة إنتاج الرقائق. وتُعد الأتمتة ركيزة أساسية في عمليات الشركة، حيث تتولى الروبوتات مهام نقل الرقاقات، بينما تضمن تحليلات البيانات الفورية دقة التشغيل. وتعتمد إنتل بشكل متزايد على التعلم الآلي في الصيانة التنبؤية واكتشاف العيوب، مما يؤدي إلى تحسينات كبيرة في الإنتاجية. كما تبرز الشركة كرائدة في جهود توطين سلاسل التوريد واستقرارها، خاصة في ظل التوترات الجيوسياسية وتقلبات الطلب العالمي. وتُسهم هذه المرافق الذكية في تعزيز قدرات الابتكار في مجالات الحوسبة السحابية، والذكاء الاصطناعي، والحوسبة الطرفية، مما يجعل إنتل في طليعة إعادة إحياء قطاع التصنيع

داخل الولايات المتحدة.

٦- مصانع Bayerische Motoren Werke AG (BMW) الألمانية

خصصت شركة BMW استثمارًا قدره 9.1 مليارات دولار أمريكي في البحث والتطوير خلال عام 2024 لتعزيز أنظمة إنتاجها، مع التركيز على التحول نحو التصنيع الذكي. وتستفيد مصانعها في ألمانيا، مثل ميونيخ ولايبزيج، من تقنيات الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء وخطوط الإنتاج المرنة لإنتاج المركبات الكهربائية والتقليدية على حد سواء. وتُتيح التوائم الرقمية للشركة محاكاة عمليات التصنيع بالكامل قبل تنفيذها فعليًا، مما يعزز الكفاءة ويُقلل من الأخطاء. كما تُوظف البيانات لتحسين استخدام الطاقة والخدمات اللوجستية، في حين تسهم الروبوتات وأنظمة النقل ذاتية القيادة في رفع مستويات السلامة والإنتاجية. ويُعد اعتماد BMW على التعلم الآلي أداة فعالة لتقليل الهدر وتحسين جودة التصنيع. وتشكل هذه المصانع الذكية محورًا أساسيًا في استراتيجية الشركة نحو التصنيع الدائري، وتعزيز كفاءة الموارد، وتحقيق الحياد الكربوني، مدعومة بشراكات مع شركات تكنولوجية كبرى مثل NVIDIA، مما يجعل BMW في طليعة تطوير نموذج "مصنع المستقبل".

٧- مصنع سيمنز أمبرج للإلكترونيات

بلغت استثمار شركة سيمنز حوالي 6.8 مليارات دولار أمريكي في البحث والتطوير خلال عام 2024، لتحويل منشآتها في أمبرج إلى مركز نموذجي للصناعة الرقمية. ويُنتج المصنع وحدات التحكم المنطقية القابلة للبرمجة، ويُعد نسخة رقمية متكاملة من نفسه، محققًا معدل خطأ لا يتجاوز 0.001%. ومن خلال دمج تقنيات إنترنت الأشياء، والمراقبة السحابية، والأنظمة المستقلة، تمكنت سيمنز من تحقيق شفافية شاملة في العمليات وإنتاج يتسم بالمرونة والتكيف. كما تسهم خوارزميات الذكاء الاصطناعي في تحسين سير العمل بصورة مستمرة، في حين تضمن الأنظمة السيبرانية الفيزيائية التزامن اللحظي بين الإنتاج والخدمات اللوجستية. ويتميز المصنع أيضًا بتصميمه المفتوح الذي يتيح التكامل مع الشركاء الخارجيين، مما يدعم التصنيع السريع ويُسرع من دورات تطوير المنتجات.

أفضل 10 مصانع ذكية عالمية

1. مصانع سامسونج العالمية

تقود سامسونج مشهد التصنيع الذكي العالمي بإنفاق ضخم بلغ 24.1 مليارًا دولار على البحث والتطوير.

2. مرافق شركة إنتل الأمريكية

يعكس استثمار إنتل البالغ 16.5 مليارًا دولار في البحث والتطوير موقعها الريادي في تبني التصنيع الذكي داخل قطاع أشباه الموصلات.

3. مصانع BMW الألمانية

خصصت شركة BMW استثمارًا قدره 9.1 مليارات دولار أمريكي في البحث والتطوير لتعزيز أنظمة إنتاجها، مع التركيز على التحول نحو التصنيع الذكي.

4. مصنع سيمنز أمبرج للإلكترونيات الألماني

استثمرت شركة سيمنز 6.8 مليارات دولار أمريكي في البحث والتطوير، مما مكّنها من تحويل منشأتها في مدينة أمبرج إلى مركز رائد في مجال الصناعة الرقمية.

5. مصنع إريكسون الذكي الأمريكي

يشكل المصنع الذكي لشركة إريكسون في الولايات المتحدة نموذجًا رائدًا للتصنيع المعتمد على تقنية الجيل الخامس، وذلك بدعم من استثمار بلغ 5.1 مليارات دولار أمريكي في البحث.

6. منشأة التصنيع الذكي التابعة لشركة نوكيا (تايوان)

تعكس منشأة نوكيا في تايوان التزام الشركة بالبحث والتطوير، حيث خصصت 4.9 مليارات دولار أمريكي، وتُعد هذه المنشأة منصة متقدمة لاستعراض الأتمتة الصناعية، ودمج تقنيات الجيل الخامس.

7. مصنع تسلا العملاق في ألمانيا

استثمرت شركة تسلا 4.5 مليارات دولار أمريكي في البحث والتطوير لتعزيز مهمتها المتمثلة في توسيع نطاق إنتاج السيارات الكهربائية من خلال الأتمتة الذكية.

8. مصنع بوينج في إيفريت الأمريكي

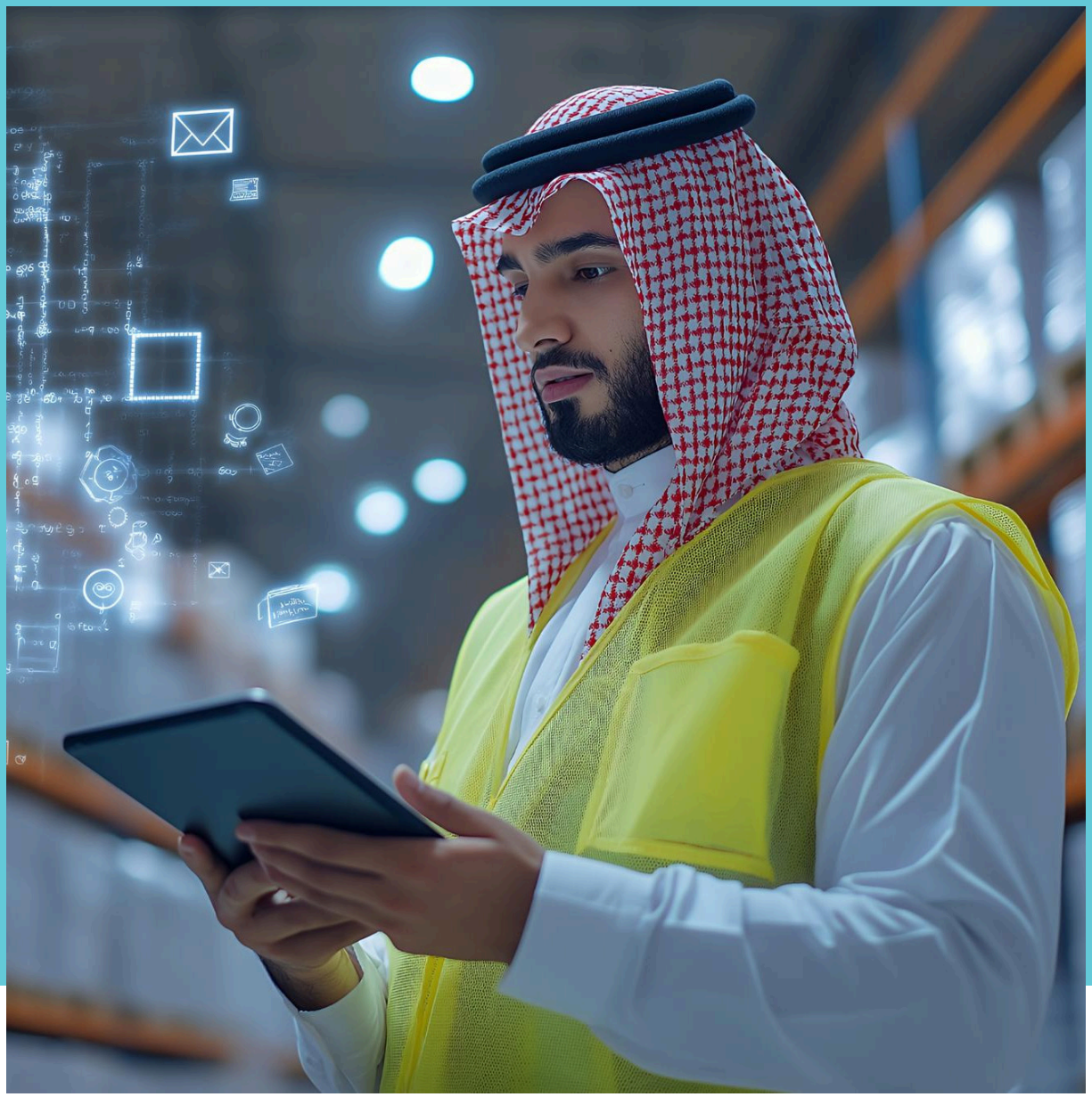
بفضل استثمار بلغ 3.8 مليارات دولار أمريكي في البحث والتطوير، يشهد مصنع بوينج في إيفريت تحولاً إلى مركز متقدم للتصنيع الذكي في مجال الطائرات الفضائية.

9. HP Multi Jet Fusion

يعكس استثمار شركة HP بقيمة 1.6 مليار دولار أمريكي في البحث والتطوير مكانتها الرائدة في مجال الطباعة الصناعية ثلاثية الأبعاد.

10. شركة جنرال إلكتريك للطيران والفضاء

خصصت شركة جنرال إلكتريك للطيران والفضاء 1.3 مليار دولار أمريكي للبحث والتطوير بهدف تحديث قدراتها التصنيعية، حيث تعتمد مصانعها على تقنيات الذكاء الاصطناعي والتوائم الرقمية.



القسم الثالث:

الصناعة الذكية في المنطقة العربية.. واقع وتطلعات

شهدت المنطقة العربية خلال السنوات الأخيرة تحولات متسارعة في توجهاتها الصناعية، مدفوعةً برؤى وطنية طموحة نحو تعزيز القدرة التنافسية وتحقيق التنمية المستدامة. وفي قلب هذا التحول، برزت **الصناعة الذكية** كأداة رئيسة لإعادة تشكيل المنظومة الإنتاجية من خلال دمج التقنيات المتقدمة كالذكاء الاصطناعي، وإنترنت الأشياء، وتحليل البيانات الضخمة.

وفي سياق متصل، أطلقت عدة دول عربية استراتيجيات ومبادرات متقدمة لدعم التحول الرقمي في القطاع الصناعي، بهدف تعزيز الابتكار، وتحسين الكفاءة التشغيلية، ورفع القيمة المضافة. ويستعرض هذا القسم تجارب مختارة من أبرز الدول العربية، من بينها **الإمارات**، **والسعودية**، **وتونس**، **والبحرين**، **وغيرها**، والتي وضعت أُطرًا واضحة للتحول نحو **"المصانع الذكية"**، وأولت اهتمامًا ببناء القدرات البشرية وتوطين التكنولوجيا، مما يفتح آفاقًا واسعة للنمو الصناعي المستدام في المنطقة.

أولًا: الإمارات وبرامج تبنّي الصناعة الذكية

في الإمارات، تم إطلاق برنامج "الصناعة الذكية" في عام 2021 لتعزيز تنافسية القطاع الصناعي، ورفع القدرة الإنتاجية وتحسين جودة المنتجات وخلق فرص عمل جديدة في القطاع، من خلال دمج تطبيقات الثورة الصناعية الرابعة. ويُستخدم **"مؤشر جاهزية الثورة الصناعية الرابعة"** لتقييم مستوى تبنّي التكنولوجيا في المؤسسات الصناعية، مما يساعد في إعداد خارطة طريق خاصة بكل شركة وفقًا لقدراتها الإنتاجية. كما يتم تقديم مجموعة من الحوافز المالية وغير المالية، لتسريع اعتماد التكنولوجيا في المنشآت الصناعية، منها الإعفاء من الرسوم الجمركية على تقنيات الجيل الرابع، والأهلية للحصول على تأشيرة إقامة ذهبية، وزيادة نقاط برنامج القيمة الوطنية المضافة.

ويعد مركز التحكم الرقمي **"بانوراما"**، التابع لشركة بترول أبوظبي الوطنية "أدنوك"، من أبرز الأمثلة على التحول الرقمي في الدولة؛ حيث يهدف إلى تحسين الأداء التشغيلي عبر جمع وتحليل البيانات من 14 وحدة تابعة للشركة، تشمل وحدات معالجة الغاز ومصافي التكرير والبتروكيماويات.

مركز بانوراما

وقد ساعد مركز **"بانوراما"** على تعزيز قدرة المشغلين في اتخاذ قرارات خاصة بتعظيم الأداء التشغيلي، من خلال توفير إمكانية مراقبة مؤشرات الأداء الرئيسة، إلى جانب إجراء تحليلات تنبؤية، والقدرة على التخطيط والجدولة، علاوة على تزويد المشغلين بإرشادات حول فرص ترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها، كما أصبح بالإمكان عرض **أكثر من 250 ألف نقطة بيانات فورية من جميع المواقع التشغيلية**، وتحقيق تكامل بين المنشآت البحرية والبرية، **وتوقّع أداء العمليات لفترات تمتد من يوم واحد إلى أكثر من 30 عامًا**.

وتأتي مبادرة **"مشروع 300 مليار"** كجزء من حزمة خطط حكومية طموحة لتعزيز قطاع التصنيع في الدولة والمنطقة، إذ تهدف إلى **رفع مساهمة القطاع الصناعي في الناتج المحلي الإجمالي من 133 مليار درهم إلى 300 مليار درهم بحلول عام 2031**، عبر تبني تقنيات الثورة الصناعية الرابعة وتعزيز مكانة الإمارات كمركز عالمي للصناعات المستقبلية.[21]

ثانيًا: البحرين.. خطوات متقدمة نحو المصانع الذكية

أما **البحرين**، فقد أولت اهتمامًا بالغًا بتوظيف التقنيات الرقمية في قطاع النفط والغاز، من خلال استخدام البيانات الضخمة، والذكاء الاصطناعي، وإنترنت الأشياء الصناعي، وغير ذلك من التقنيات الرقمية. وقد أنشأت شركة تطوير البترول منصة للبيانات الضخمة تعتمد على الحوسبة السحابية لجمع بيانات إنترنت الأشياء، تُستخدم في تدريب نماذج تعليم الآلة لإصدار تقارير تنبؤية عن الأعطال، وبرمجة أعمال الصيانة قبل حدوث أي مشكلة. كما نفذت مشروعًا للكشف عن وجود المستحلبات في النفط الخام باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي.

كما أطلقت البحرين مبادرة **"المصانع الذكية "** (iFactories)، والتي تهدف إلى دعم تحول القطاع الصناعي نحو ممارسات وتقنيات الثورة الصناعية الرابعة، من خلال قياس جاهزية المصانع ومستوى نضجها الرقمي، وتمكينها من الاستثمار في البنية التحتية التكنولوجية وتطبيق الأتمتة الصناعية. وتعتمد المبادرة على **"مؤشر جاهزية الصناعة الذكية** SIRI"، الذي تم تبنّيه من قبل المنتدى الاقتصادي العالمي كأداة عالمية لقياس مدى تطبيق المنشآت الصناعية لأدوات وتقنيات Industry 4.0، عبر ثلاثة محاور رئيسة: العمليات، والتكنولوجيا، والتنظيم. وتهدف هذه المبادرة إلى نقل أفضل الممارسات العالمية، وخلق فرص نوعية للكوادر البحرينية، وتسريع الابتكار الصناعي، وزيادة كفاءة وتنافسية القطاع محليًا ودوليًا، وضمان استدامته من خلال تحسين إدارة الموارد.

21 - https://u.ae/about-the-uae/strategies-initiatives-and-awards/strategies-plans-and-visions/industry-science-and-technology/the-uae-industrial-strategy

استخدام إنترنت الأشياء في تدريب نماذج تعليم الآلة لإصدار تقارير تنبؤية عن الأعطال

أنشأت شركة تطوير البترول منصة للبيانات الضخمة تعتمد على الحوسبة السحابية لجمع البيانات

إطلاق مبادرة "المصانع الذكية(iFactories) "، لدعم تحول القطاع الصناعي نحو وتقنيات الثورة الصناعية الرابعة

تنفيذ مشروع للكشف عن وجود المستحلبات في النفط الخام باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي

اعتماد مؤشر جاهزية الصناعة الذكية"SIRI

ثالثًا: تونس.. استراتيجية متكاملة لدعم الصناعة الذكية

وفي **تونس**، وضعت الحكومة استراتيجية رقمية للفترة 2022–2025، تهدف إلى إدماج التكنولوجيا في صميم التنمية الاقتصادية والاجتماعية. وتم في هذا السياق **إطلاق مبادرة "الصناعة الذكية"** لتحسين تنافسية

المؤسسات الصناعية، وتفعيل سلاسل القيمة ضمن استراتيجية الصناعة والتجديد حتى عام 2035. وتركّز المبادرة على تطوير مناخ الاستثمار الخاص بتطوير الصناعة الذكية، إلى جانب إنشاء مركز متخصّص في الصناعة الذكية، فضلًا عن **إطلاق مشروع يهدف إلى دعم 85 مؤسسة صناعية في الانتقال إلى نماذج الصناعة الذكية**، بالإضافة إلى تدريب الكفاءات في المؤسسات والجامعات ومراكز التكوين المهني لتلبية احتياجات السوق.

1. وضعت الحكومة استراتيجية رقمية للفترة 2022-2025 تهدف إلى إدماج التكنولوجيا في صميم التنمية الاقتصادية والاجتماعية
2. إطلاق مبادرة "الصناعة الذكية" لتحسين تنافسية المؤسسات الصناعية
3. إنشاء مركز متخصّص في الصناعة الذكية؛ لتدريب الكفاءات في المؤسسات
4. إطلاق مشروع يهدف إلى دعم 85 مؤسسة صناعية في الانتقال إلى نماذج الصناعة الذكية

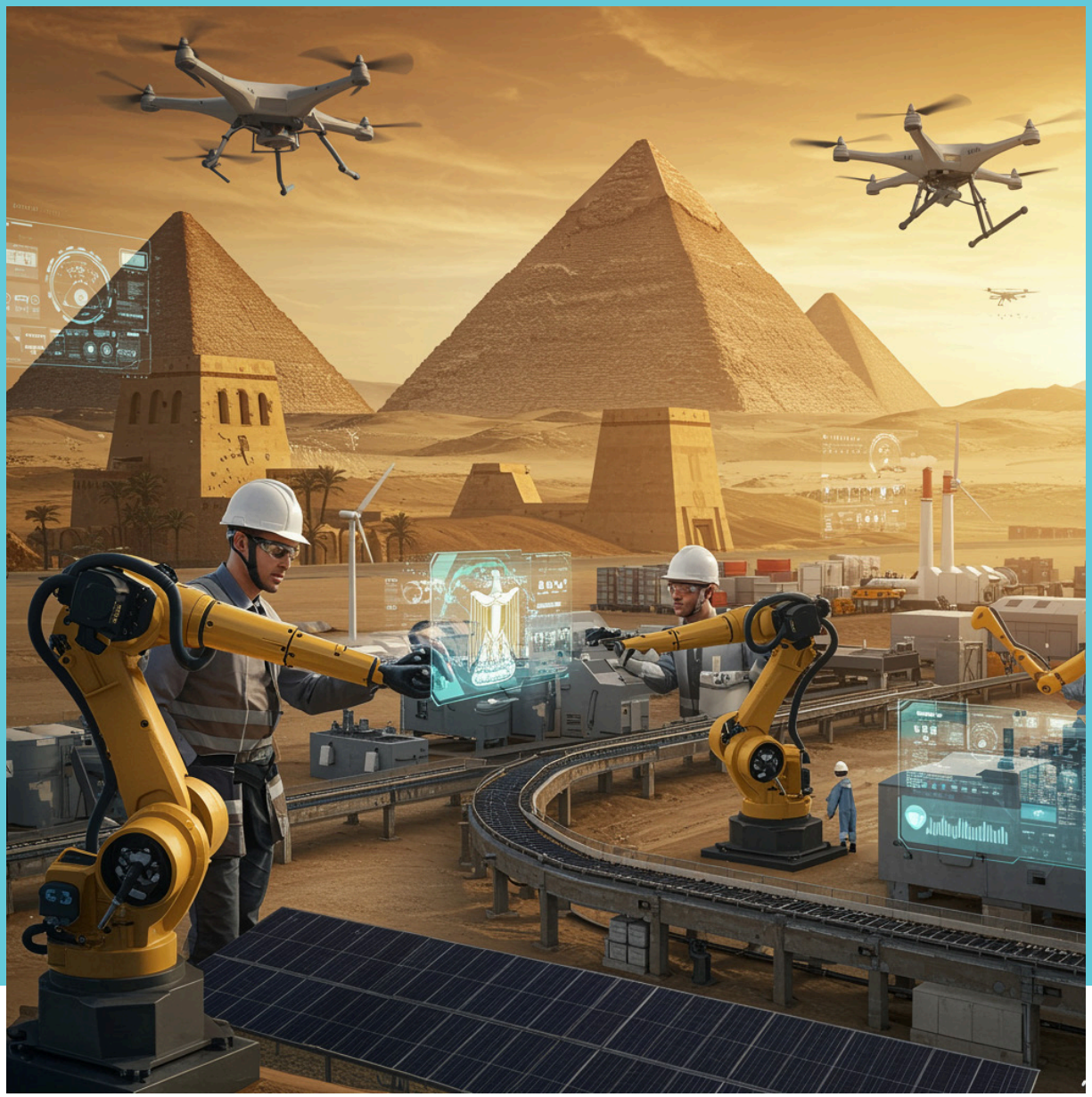
رابعًا: السعودية.. رؤية طموحة نحو 4000 مصنع ذكي

كما تعمل **السعودية** على تبني نهج شامل للتحول الرقمي، من خلال دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي في الصناعة والتعدين، حيث تم إطلاق **"مركز التميز للذكاء الاصطناعي"** بهدف بناء القدرات الوطنية، وتبني أحدث التقنيات، ومعالجة تحديات القطاع الصناعي. كما تمَّ إطلاق الاستراتيجية **الوطنية للصناعة في 2022**، والتي تهدف إلى خلق اقتصاد صناعي متقدم قائم على التكنولوجيا والتقنيات الرقمية، بما يتوافق مع أهداف رؤية السعودية 2030.

وحددت استراتيجية المملكة العربية السعودية لمركز التصنيع المتقدم أكثر من 800 فرصة استثمارية بقيمة إجمالية تبلغ تريليون ريال، وتهدف جميعها إلى تنويع القطاع الصناعي. وبحلول عام 2030 تهدف المملكة العربية السعودية إلى زيادة عدد المصانع من حوالي 10 آلاف مصنع حاليا إلى 36 ألف مصنع، بما في ذلك 4000 مصنع مؤتمتة بالكامل

وفي صناعة النفط والغاز، حققت شركة **أرامكو السعودية** تقدمًا بارزًا في رقمنة صناعة النفط والغاز من خلال مركز الثورة الصناعية الرابعة، الذي يختص بتطوير الكوادر على استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي، وتعلّم الآلة، والروبوتات، والواقعين المعزز والافتراضي، والطائرات المسيّرة، بما يعزز الكفاءة عبر مختلف مراحل سلسلة الإنتاج. ويعمل المركز على توظيف البيانات الضخمة والتحليلات المتقدمة لتوقّع أداء الأصول، ومراقبة المشروعات وإدارة المخزون، وغيرها من التقنيات الأخرى، مما يساهم في خفض التكاليف وتحسين السلامة المهنية. وقد تجسّد أول تطبيق واسع لحقل نفط رقمي في حقل القطيف، ثم توسّعت المبادرات لتشمل حقولًا أخرى، وتستخدم شركة أرامكو أحدث التقنيات الرقمية في مجالات متعددة، بما يشمل التشغيل الآلي لأجهزة الحفر عن بُعد، واستخدام الطائرات المُسيّرة لرصد التسربات، والروبوتات التي تعمل تحت الماء ووصولًا إلى تطبيق تقنية النمذجة رباعية الأبعاد للطبقات الجوفية.

وفي السياق ذاته، أطلقت وزارة الصناعة والثروة المعدنية مبادرة المصانع الذكية بالتعاون مع شركاء محليين ودوليين، ضمن جهود تحقيق مستهدفات رؤية السعودية 2030. وتعرف هذه المبادرة أيضًا باسم "**برنامج مصانع المستقبل**"، وتحليل البيانات الضخمة. وتنقسم المبادرة إلى مسارين: الأول لإنشاء مصانع جديدة عالية الكفاءة من البداية، والثاني لتحويل المصانع القائمة إلى منشآت ذكية. وتعمل المبادرة على تحسين الإنتاجية وخفض التكاليف، ورفع جودة المنتجات، إلى جانب خلق وظائف نوعية في مجالات التقنية والهندسة، وتقليل الاعتماد على العمالة غير الماهرة. كما تسهم في تعزيز الاستدامة البيئية، وتطوير سلاسل التوريد، ورفع تنافسية القطاع الصناعي السعودي إقليميًا وعالميًا، مما يجعلها عنصرًا أساسيًا في التحول الرقمي الشامل للصناعة بالمملكة.



القسم الرابع:

واقع وآفاق الصناعة الذكية في مصر

تخطو مصر خطوات متسارعة نحو تبنّي مفاهيم الصناعة الذكية، باعتبارها ركيزة محورية لتحقيق أهداف رؤية مصر 2030 للتنمية المستدامة. وفي ظل التحوّل العالمي نحو تقنيات الثورة الصناعية الرابعة (4IR)، انتهجت الدولة استراتيجية شاملة ترتكز على تطوير البنية التحتية التكنولوجية، وتحفيز الاستثمار، وبناء القدرات البشرية.

وتُظهر المؤشرات الاقتصادية نموًا ملحوظًا في سوق التصنيع الذكي على المستوى المحلي، حيث سجّل القطاع إيرادات تُقدّر بنحو 1.15 مليار دولار أمريكي في عام 2021، مع توقّعات بارتفاعها إلى 2.075 مليار دولار بنهاية عام 2025، وصولًا إلى 6.056 مليارات دولار بحلول عام 2033، بمعدل نمو سنوي مركب يبلغ 14.33%، بحسب تقديرات مركز الأبحاث Cognitive Market Research. أما من حيث حجم السوق، فيُقدّر أن يصل إلى 537.97 مليون دولار في عام 2025، بمعدل نمو سنوي يبلغ 15.4%، مما يعكس تصاعد الاهتمام بالتقنيات الذكية داخل القطاع الصناعي المصري.[22]

وفي السياق ذاته، أحرزت مصر تقدمًا ملحوظًا في مجال الذكاء الاصطناعي، حيث حافظت مصر على ريادتها القارية في مؤشر جاهزية الحكومات لتطبيق الذكاء الاصطناعي لعام 2024، حيث جاءت في المركز الأول إفريقيًّا بقيمة 55.63 نقطة مقارنة بالمركز الثاني إفريقيًا في عام 2023، حيث سجلت 52.69 نقطة. ويعكس هذا التقدم جهود الدولة في تبنّي سياسات واستراتيجيات الذكاء الاصطناعي، وتعزيز البنية التحتية الرقمية كجزء من خطة التحوّل الرقمي الشامل. كما يُبرز تنامي النشاط المحلي في هذا القطاع، **حيث بلغ عدد الشركات المتخصصة في الذكاء الاصطناعي في مصر نحو 246 شركة بحلول عام 2022.**

أما فيما يخص الابتكار، فقد شهدت مصر تطورًا إيجابيًا ملحوظًا، إذ ارتفعت في مؤشر الابتكار العالمي من المرتبة 96 في عام 2020، إلى 94 في 2021، ثم إلى 89 في 2022، وصولًا إلى المرتبة 86 في عام 2023، ما يدل على تحسّن تدريجي في البيئة الداعمة للابتكار والتكنولوجيا.

22 - https://www.cognitivemarketresearch.com/smart-manufacturing-market-report

وفي المقابل، أشارت بيانات مؤشر الأداء الصناعي التنافسي لعام 2020 إلى أن مصر جاءت في المرتبة 65 عالميًا، مما يشير إلى الحاجة المستمرة لتحسين جودة البنية التحتية التكنولوجية، وتبنّي برامج عمل تساهم في تحفيز الصناعات عالية التقنية وتعزيز قدراتها التنافسية.[23]

أولًا: مبادرات استراتيجية لبناء قاعدة صناعية رقمية

ضمن جهود الدولة لبناء مجتمع صناعي رقمي، أطلقت مصر عددًا من البرامج الوطنية بالتعاون مع شركاء دوليين، ومنها:

- **مبادرة "فرصتنا الرقمية"**: التي توفر منصة إلكترونية للشركات الصغيرة والمتوسطة للمشاركة في تنفيذ مشروعات التحول الرقمي الحكومي[24].
- **مبادرة "رواد مصر الرقمية"**: لتأهيل الكوادر في مجالات الذكاء الاصطناعي، وتحليل البيانات، والأمن السيبراني.[25]
- **مبادرة "تكنولوجيا التصنيع – مانيوتك** (ManuTech)": التي تستهدف الشركات الناشئة الصناعية وتزويدها بحلول متقدمة ضمن بيئة تحفيزية للابتكار.
- **مبادرة "مصر تصنع الإلكترونيات"**: لبناء صناعة إلكترونية وطنية تدعم النمو الصناعي وتعزز القيمة المضافة.
- **استراتيجيتا الذكاء الاصطناعي (2018 و2025-2030)**: اللتان تركزان على بناء بنية تحتية قوية، وإطار حوكمة فعّال، وتنمية المهارات الرقمية، لجعل مصر مركزًا إقليميًا للذكاء الاصطناعي.

23 - Information and Decision Support Center of the Egyptian Council of Ministers. (2024, August). Smart Manufacturing: Potential Adoption in Egypt (Policy Brief). Egyptian Cabinet, Information and Decision Support Center.

24 - ITIDA - بعد فتح باب التسجيل.. تفاصيل مبادرة "فرصتنا رقمية" والفئات المستفيدة

25 - وزارة الاتصالات وتكنولوجيا المعلومات

ثانيًا: مؤشر جاهزية الصناعة الذكية.. تقييم الواقع والتخطيط للمستقبل

وفي هذا الإطار، أطلقت مصر مجموعة من المبادرات والاستراتيجيات بالتعاون مع شركاء محليين ودوليين، وعلى رأسها تبنّي **"مؤشر جاهزية الصناعة الذكية"** Smart Industry Readiness Index (SIRI)، كأداة تقييم معيارية معتمدة عالميًا لقياس مستوى النضج الرقمي للمصانع. وقد تم تنفيذ أول برنامج تدريبي معتمد للمقيّمين في مصر بالتعاون مع المركز الدولي للتحول الصناعي International Centre for Industrial Transformation (INCIT) والوكالة الألمانية للتعاون الدولي German Agency for International Cooperation (GIZ)، بمشاركة خبراء من مركز تحديث الصناعة Industrial Modernization Center (IMC) وهيئة تنمية صناعة تكنولوجيا المعلومات Information Technology Industry Development Agency (ITIDA). وأسفر البرنامج عن تأهيل أول دفعة من المقيّمين المعتمدين لتقديم تقييمات متخصصة للمصانع، وتزويدها بخطط عمل عملية تسهم في تسريع وتيرة التحول الرقمي.[26]

وقد تم بالفعل تنفيذ تقييمات رقمية لمجموعة من الشركات المصرية الرائدة، وتم تكريمها خلال فعالية رسمية نُظمت للاحتفاء بريادتها في التحول الصناعي. **كما تم الإعلان عن تأسيس مجتمع من المقيّمين المعتمدين لضمان استمرارية تطبيق منهجية المؤشر على نطاق واسع، وتعزيز التعاون بين الفاعلين الصناعيين والمعنيين بالتطوير.**

ويُعد اعتماد مؤشر SIRI في مصر خطوة استراتيجية لتعزيز جاهزية المصانع للتحول الرقمي، وتحقيق التكامل بين البنية التحتية والتشريعات والمواهب الوطنية، مما يرسّخ مكانة مصر كمركز صناعي وتكنولوجي رائد في الشرق الأوسط وإفريقيا.

ثالثًا: المناطق الصناعية الذكية.. محرك الاستدامة والابتكار

في إطار التحول الرقمي الشامل الذي تشهده مصر، تتجه الدولة نحو تطوير **المناطق الصناعية الذكية** كنموذج متقدم لإعادة تشكيل المشهد الصناعي في البلاد. فبدعم من القطاعين العام والخاص، يشهد هذا التوجه نقلة نوعية نحو بنية تحتية أكثر تكاملًا، وممارسات أكثر استدامة، وحلول تقنية تدعم الكفاءة والإنتاجية.

وتتميز هذه المناطق بكونها منصات صناعية متكاملة ترتكز على تقنيات الصناعية الرابعة، مثل إنترنت الأشياء، وتحليل البيانات، والأتمتة الذكية، مما يجعلها أكثر قدرة على تحسين كفاءة العمليات، وتقليل الفاقد، وتوفير بيئة عمل صديقة للبيئة.

ومن أبرز النماذج الرائدة في هذا الإطار، نذكر **مجمع العلمين** e2 التابع لمجموعة التنمية الصناعية (IDG-Industrial Development Group)، ومشروعات شركة بولاريس (Polaris Parks) للمناطق الصناعية، ومجمعات شركة السويس للتنمية الصناعية (SIDC).

والاهتمام الحكومي واضح في هذا السياق، حيث تقود وزارة التجارة والصناعة، بالتعاون مع منظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية (UNIDO)، مبادرة لإنشاء نموذج بيئي صناعي ذكي في المنطقة الاقتصادية لقناة السويس، بهدف تقديم نموذج يُحتذى به في باقي المناطق الصناعية بمصر.

26 - https://incit.org/newsroom/transforming-egypts-manufacturing-sector-with-the-smart-industry-readiness-index-siri/

وتتخطى أهمية هذه المناطق الأثر البيئي، لتصل إلى إعادة تعريف مفهوم التكامل الصناعي، عبر مفهوم "**التكافل الصناعي**"، حيث يمكن للمصانع تبادل الموارد والمخلفات والعمليات، بما يُحقق وفورات تشغيلية ويُعزز التعاون بين مختلف الصناعات ضمن نفس الحيز الجغرافي.

وبالرغم من أن إنشاء هذه البنية التحتية الرقمية يتطلب استثمارات ضخمة، كما في حالة IDG the Industrial Development Group التي تعهدت بضخ نحو 300 مليون جنيه خلال خمس سنوات، فإن العائد المتوقع يُمثل تحولًا استراتيجيًا يضع مصر في موقع تنافسي إقليمي وعالمي، عبر تعزيز جاهزيتها للتحول إلى التصنيع الذكي.

ومع ازدياد اهتمام المستثمرين الأجانب بمثل هذه المبادرات، تبرز المناطق الصناعية الذكية كأداة جذب رئيسة لرؤوس الأموال، وركيزة أساسية في استراتيجية مصر الصناعية نحو تحقيق نمو شامل ومستدام.[27]

مركز تميز تكنولوجيات الجيل الصناعي الرابع (Industry 4.0 Innovation Center – IIC)

ضمن جهود مصر في تسريع التحول نحو التصنيع الذكي، أُطلق **مركز تميز تكنولوجيات الجيل الصناعي الرابع** (Industry 4.0 Innovation Center – IIC) كمبادرة استراتيجية بالتعاون بين **هيئة تنمية صناعة تكنولوجيا المعلومات** (Information Technology Industry Development Agency – ITIDA)، و**مركز تحديث الصناعة** (Industrial Modernization Centre – IMC)، وشركة **سيمنز** العالمية.[28] (Siemens).

يقع المركز في **مدينة المعرفة بالعاصمة الإدارية الجديدة**، ويُعد منصة متكاملة لنقل وتوطين تقنيات الثورة الصناعية الرابعة (Fourth Industrial Revolution – 4IR)، ويهدف إلى:

- **رفع الوعي** بتقنيات الثورة الصناعية الرابعة وتطبيقاتها في المصانع الذكية.
- **توفير التدريب العملي** على تقنيات الأتمتة (Automation) والرقمنة (Digitization).
- **دعم الابتكار الصناعي** وتطوير المنتجات من خلال معامل تصميم وتطوير الحلول الذكية.
- **تمكين المصانع والشركات الناشئة** من اختبار وتطبيق تقنيات التصنيع المتقدمة، **بما فيها:**
  - الطباعة ثلاثية الأبعاد (3D Printing).
  - الروبوتات الصناعية (Industrial Robotics).
  - أنظمة إنترنت الأشياء (Internet of Things – IoT).
  - الواقع الافتراضي والمعزز (Virtual & Augmented Reality – VR/AR).
  - الهندسة العكسية (Reverse Engineering).
  - تصميم خطوط الإنتاج الذكية (Smart Production Line Design).

27 - https://beba.org.eg/egypts-move-towards-smart-industrial-parks-revolutionising-the-manufacturing-landscape/

28 - https://itida.gov.eg/arabic/programs/siemens-industry-4-center-of-excellency-coe/pages/default.aspx

ويضم المركز **نموذجًا لمحاكاة مصنع ذكي باستخدام تكنولوجيات الجيل الصناعي الرابع**، بالإضافة إلى **معامل متخصصة** للابتكار، والتصميم، والتدريب، موجهة للطلاب، ورواد الأعمال، والمؤسسات الصناعية، بما في ذلك دعم مشاريع التخرج ذات الصلة بالتصنيع الذكي.

كما يستهدف المركز بناء قدرات الكوادر الفنية والمهندسين، وتمكين الشركات الصغيرة والمتوسطة Small and Medium-sized Enterprises (SMEs) من تبني التحول الرقمي الصناعي، بما يتوافق مع الأهداف الوطنية نحو رفع التنافسية وتحقيق **رؤية مصر 2030**. ويمثل هذا التعاون خطوة محورية في جعل مصر **مركزًا إقليميًّا رائدًا في تصميم وتصنيع الإلكترونيات**، ورافعة أساسية لتنفيذ المبادرة الرئاسية "مصر تصنع الإلكترونيات" (Egypt Makes Electronics – EME).

ولضمان استدامة هذا الجهد، تم تشكيل **فريق عمل مشترك** من وزارتي الاتصالات وتكنولوجيا المعلومات والتجارة، إلى جانب "سيمنز"، لمتابعة تنفيذ الاتفاق وحل أية معوقات، وضمان تحقيق التأثير المطلوب في القطاع الصناعي الوطني.[29]

أما في يخص قطاع البترول، وضعت وزارة البترول والثروة المعدنية برنامجًا للتحول الرقمي يشمل استخدام التقنيات الرقمية في رفع كفاءة التشغيل وتحقيق أعلى درجات التشغيل الاقتصادي بمصافي التكرير. وقد تم في هذا الصدد **إنشاء غرفة تحكم رقمية لعمليات مصافي التكرير**، تشمل نظم برمجة خطية تساعد في الوصول إلى أعلى عائد من التشغيل، ومتابعة المستودعات والمعامل الخاصة بالمصافي. كما تم تنفيذ برنامج تدريبي على إدارة وتشغيل مجموعة نظم البرمجة الخطية لربط مصافي التكرير بمنظومة رقمية موحدة تشمل شركات التكرير وخطوط الأنابيب وأساليب النقل المتاحة، بهدف الوصول إلى الخطط الأنسب للعملية التشغيلية، وظروف التشغيل المُثلى، بما يحقق أعلى كفاءة تشغيلية. وقد بدأت الوزارة أيضًا في تنفيذ مشروع التحكم والرقابة على النفط الخام والمنتجات البترولية، من خلال إنشاء مركز تحكم رئيسي لمراقبة تداول ونقل النفط الخام والمنتجات البترولية عبر خطوط الأنابيب.

وفي ضوء ما تناولناه، يتضح أن الصناعة الذكية تمثل تحولًا استراتيجيًّا في مسار الإنتاج العالمي، حيث أصبحت الركيزة الأساسية لتعزيز التنافسية الاقتصادية وتحقيق التنمية المستدامة. فمن خلال توظيف تقنيات مثل الذكاء الاصطناعي، وإنترنت الأشياء، والأتمتة المتقدمة، أعادت الصناعة الذكية صياغة مفاهيم الكفاءة والجودة والمرونة التشغيلية. وقد أظهرت التجارب العالمية والعربية أن تبني هذا النموذج الصناعي المتقدم يفتح آفاقًا واسعة للنمو وخلق فرص عمل نوعية. وفي حين يواجه التحول للصناعة الذكية بعدد من التحديات مثل فجوة المهارات الرقمية والبنية التحتية، فإن النجاح في هذا التحول يعتمد بالأساس على تبني سياسات شاملة تُعزز الابتكار وتربط بين التعليم وسوق العمل، وتدعم الشراكة بين القطاعين العام والخاص. وفي ظل تسارع التطور التكنولوجي، يبقى الاستثمار في الصناعة الذكية اليوم هو الضامن الرئيسي لريادة اقتصادية وصناعية مستدامة في المستقبل.

29 - https://africabusinesscommunities.com/tech/tech-news/egypt-government-partners-with-siemens-to-establish-first-industry-4.0-innovation-center/

قائمة المراجع:

أولًا: المراجع باللغة العربية:

- مبادرة "الرواد الرقميون"، وزارة الاتصالات وتكنولوجيا المعلومات،2025 ، متاح على: وزارة الاتصالات وتكنولوجيا المعلومات
- هيئة تنمية صناعة تكنولوجيا المعلومات (إيتيدا). (2024). مبادرة "فرصتنا.. رقمية"، متاح على: ITIDA - بعد فتح باب التسجيل.. تفاصيل مبادرة "فرصتنا رقمية" والفئات المستفيدة

ثانيًا: المراجع باللغة الإنجليزية:

- A Brief History of the 4 Industrial Revolutions that Shaped the World, 30 June 2019, Institute of Entrepreneurship Development (iED), A Brief History of the 4 Industrial Revolutions | iED
- Basant Sikarwar and others, July 2024, Smart Manufacturing: Issues and Challenges, ResearchGate GmbH, (PDF) Smart Manufacturing: Issues and Challenges
- Cognitive Market Research. (2023). The global Smart Manufacturing market 2025, Cognitive, https://www.cognitivemarketresearch.com/smart-manufacturing-market-report
- Egypt's Move Towards Smart Industrial Parks: Revolutionising the Manufacturing Landscape, (2024), BEBA, https://beba.org.eg/egypts-move-towards-smart-industrial-parks-revolutionising-the-manufacturing-landscape/
- Fuentes Pablo and others, Government AI Readiness index (2024), oxfordinsights, https://oxfordinsights.com/wp-content/uploads/2025/06/2024-Government-AI-Readiness-Index.pdf
- Germany Smart Manufacturing Market Size & Outlook, 2030. (2025). Grandviewresearch, Germany Smart Manufacturing Market Size & Outlook, 2030
- IFR World Robotics report says 4M robots are operating in factories globally, September 24, 2024, The Robot Report Staff , IFR World Robotics report says 4M robots are operating in factories globally - The Robot Report
- Information and Decision Support Center of the Egyptian Council of Ministers. (2024, August). Smart Manufacturing: Potential Adoption in Egypt (Policy Brief).
- International Trade Administration, (2023), South Korea - Manufacturing Technology - Smart Factory, International Trade Administration, South Korea - Manufacturing Technology - Smart Factory
- International Trade Administration. (2022). Germany - Advanced Manufacturing, Germany - Advanced Manufacturing

- John. (2023). Smart Factories in Korea - The Governments Plans the Future,seoulz, Smart Factories in Korea - The Governments Plans the Future
- Koigi, B. (2021). Egypt government partners with Siemens to establish first Industry 4.0 Innovation Center, MAfrica Business Communities ,Egypt government partners with Siemens to establish first Industry 4.0 Innovation Center - Africa Business Communities
- Research and Development, (2024), GTAI, Research and Development |
- Shamika N. Sirimanne, 03 May 2022,What is 'Industry 4.0' and what will it mean for developing countries, UNCTAD, What is 'Industry 4.0' and what will it mean for developing countries? | UN Trade and Development (UNCTAD)
- Smart Manufacturing Germany. (2025). Gtai.de, Smart Manufacturing Germany
- Smart Manufacturing Market Size, Share and Trends 2025 to 2034, 25 Apr 2025, Precedence Research, Smart Manufacturing Market Size Worth Around USD 900.14 Bn by 2034.
- Solactive | Indices. (2024). Solactive, Solactive | Indices
- Manufacturing Readiness Level (MRL). AcqNotes, Manufacturing Readiness Level (MRL) - AcqNotes
- South Korea Smart Manufacturing Market Forecast, Demand. (2025). Spherical Insights, South Korea Smart Manufacturing Market Forecast, Demand
- Tech Disruptions in Manufacturing: The Evolution of Smart Factories, International Society of Automation (ISA), Tech Disruptions in Manufacturing: The Evolution of Smart Factories
- Transforming Egypt's Manufacturing Sector with the Smart Industry Readiness Index, 2024, International Centre for Industrial Transformation Ltd, Transforming Egypt's Manufacturing Sector with the Smart Industry Readiness Index
- U.AE - The Official Portal of the UAE Government. (2022). 300 billion projects: The national strategy for industry and advanced technology, Operation 300bn, the UAE's industrial strategy | The Official Portal of the UAE Government
- What are Industry 4.0, the Fourth Industrial Revolution, and 4IR?, August 17, 2022, McKinsey & Company, What is industry 4.0 and the Fourth Industrial Revolution? | McKinsey
- What's the origin of Industry 4.0?, Cisco Systems, Inc., What Is Industry 4.0? - Cisco
- Willem Sundblad, Feb 05, 2019 , The Four Levels of a Smart Factory Evolution, Forbes Media LLC, Taking A Structured Approach To Smart Operations In Energy And Chemicals
- World Robotics - Industrial Robots, IFR Statistical Department, International Federation of Robotics

مجلس الوزراء
مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار

الحي الحكومي – العاصمة الإدارية الجديدة – مصر

رقم بريدي: 4829902 ص.ب: 191 الحي السكني R3

تليفون: 4-3-2-1-20546600 (202+) فاكس: 20532115 (202+)

info@idsc.gov.eg www.idsc.gov.eg