صندوق التنمية الصناعية السعودي
SIDF
50 YEARS عاماً

السوق تحت المجهر
الرقمنة في قطاع التصنيع

عامل من عوامل تغيير قواعد اللعبة في القطاع الصناعي
بالمملكة العربية السعودية

جدول المحتويات

1. مقدمة حول دور الرقمنة في التصنيع 3
2. مزايا الرقمنة داخل قطاعات التصنيع 4
3. لماذا تُعد الرقمنة مهمة للغاية بالنسبة للمملكة العربية السعودية 11
4. المبادرات والدعم 13
5. التقنيات الناشئة في التصنيع الرقمي 15
6. الوضع الحالي للصناعات التحويلية بالمملكة العربية السعودية 17
7. الاتجاهات المستقبلية في رقمنة الصناعات التحويلية 19
8. التحديات والعوائق التي تحول دون تبني الرقمنة 30
9. خريطة طريق النجاح في التحول الرقمي 31
10. الملحق 35

1. مقدمة حول دور الرقمنة في التصنيع

تُعتبر الرقمنة في مجال التصنيع أحد المكونات الأساسية للثورة الصناعية الرابعة، وتُشير إلى دمج التقنيات الرقمية المتقدمة، مثل إنترنت الأشياء الصناعي والذكاء الاصطناعي وعلم الروبوتات وتحليلات البيانات الضخمة وتعلم الآلة والحوسبة السحابية في منظومة التصنيع. ويُمكّن هذا التحول الجذري المصنعين من تحسين عمليات الإنتاج، وتعزيز كفاءة استخدام الموارد، وتصنيع منتجات مخصصة بدرجة عالية حسب الطلب، وفي نفس الوقت تحسين عملية اتخاذ القرار وزيادة التنافسية بصفة عامة. ومن خلال ربط الآلات والعمليات والأشخاص ببعضهم البعض في منظومة واحدة، تقوم الرقمنة بتسهيل مشاركة البيانات الآنية والاتصالات غير المتقطعة والإدارة السريعة لسلسلة الإمداد، ومن ثم إتاحة مشهدٍ صناعيٍ أذكى وأكثر مرونة واستدامة.

يلعب قطاع التصنيع دورًا محوريًا في اقتصاد المملكة العربية السعودية، وتزداد أهميته في سياق رؤية 2030، ورؤية 2030 هي خطة طموحة وإحدى المحركات الأساسية لها هي الثورة الصناعية الرابعة بهدف الارتقاء بالشعب من خلال نهضة شاملة، ويهدف إطار العمل الاستراتيجي الذي وضعته الحكومة السعودية إلى تنويع اقتصاد المملكة وتطوير القطاعات مثل التصنيع والتعدين والطاقة واللوجستيات والبيئة والسياحة. ويُعد قطاع التصنيع المحرك الأساسي للتنويع الاقتصادي وخلق فرص العمل والتقدم التقني والتنمية المستدامة، ومن خلال تحويل هذا القطاع نحو الرقمنة وتقنيات الثورة الصناعية الرابعة، تتطلع المملكة إلى تعزيز قدراتها التصنيعية، ومن ثم جعله أكثر تنافسية على المستوى العالمي. ويدعم هذا التحول ويتماشى مع أهداف رؤية 2030، والتي تشمل خلق اقتصاد مزدهر ومجتمع حيوي وشعب طموح.

لم تعد الرقمنة في قطاع التصنيع "توجهًا مستقبليًا" بالنسبة للعديد من المجالات، فقد باتت الآن على رأس الأجندة الاستراتيجية والبحثية الخاصة بها.

2. مزايا الرقمنة داخل قطاعات التصنيع

فلنتناول أحد مصانع البتروكيماويات كمثال لاستخدام تقنيات الثورة الصناعية الرابعة لتحسين الكفاءة والسلامة والإنتاجية.
فيما يلي مثال حي لكيفية استفادة أحد مصانع البتروكيماويات من هذه التقنيات:

أجهزة إنترنت الأشياء وأجهزة الاستشعار

من خلال تركيب أجهزة استشعار إنترنت الأشياء داخل المصنع، تتمكن الشركة من مراقبة المؤشرات الحيوية، مثل درجة الحرارة والضغط ومعدلات التدفق وانبعاثات الكربون وأداء المعدات في الوقت الفعلي.

يمكن استخدام هذه البيانات لتحسين العمليات وتقليل استهلاك الطاقة وتقليل وقت الأعطال.

صورة2-: معدات إنترنت الأشياء الصناعي

الروبوتات والطائرات بدون طيار

تساعد الروبوتات والطائرات بدون طيار على مراقبة تسريب الأنابيب، والمسح الحراري للخزانات من أجل مراقبة الحرارة وقياس الضغط، والتقاط صور وفيديوهات للوضع الحالي داخل الخزانات وخارجها.

صورة3-: معدات إنترنت الأشياء الصناعي 3

الأجهزة القابلة للارتداء

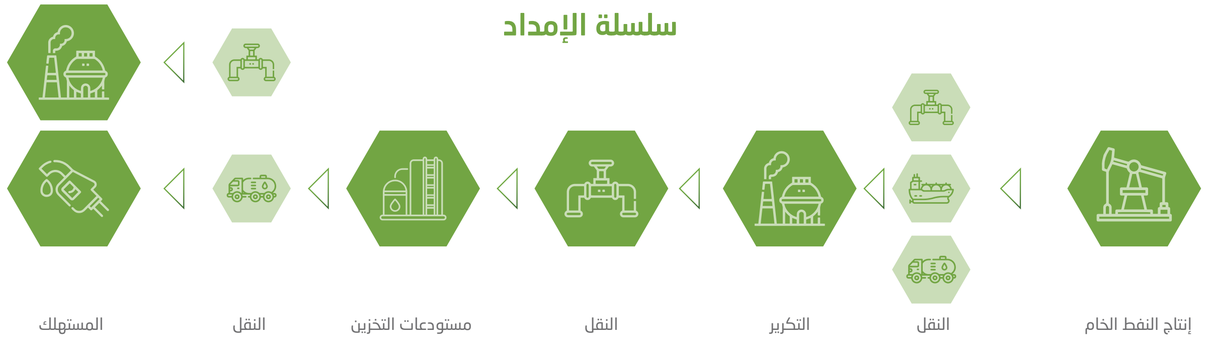
توفر الأجهزة القابلة للارتداء اتصالاً بدون استخدام اليدين في الزمن الفعلي من خلال الفيديو وتعقب لموقع الموظف. ويُمكنها أيضا اكتشاف سقوط الموظف والتعرف على هويته والمساعدة في تقليل وقت الاستجابة وبالتالي إنقاذ الأرواح

ويمكن لمجموعة الواقع الافتراضي والواقع المعزز توفير تدريب وصيانة أفضل.

صورة5-: خوذة وكاميرا وميكروفون وسماعات

تحسين سلسلة الإمداد

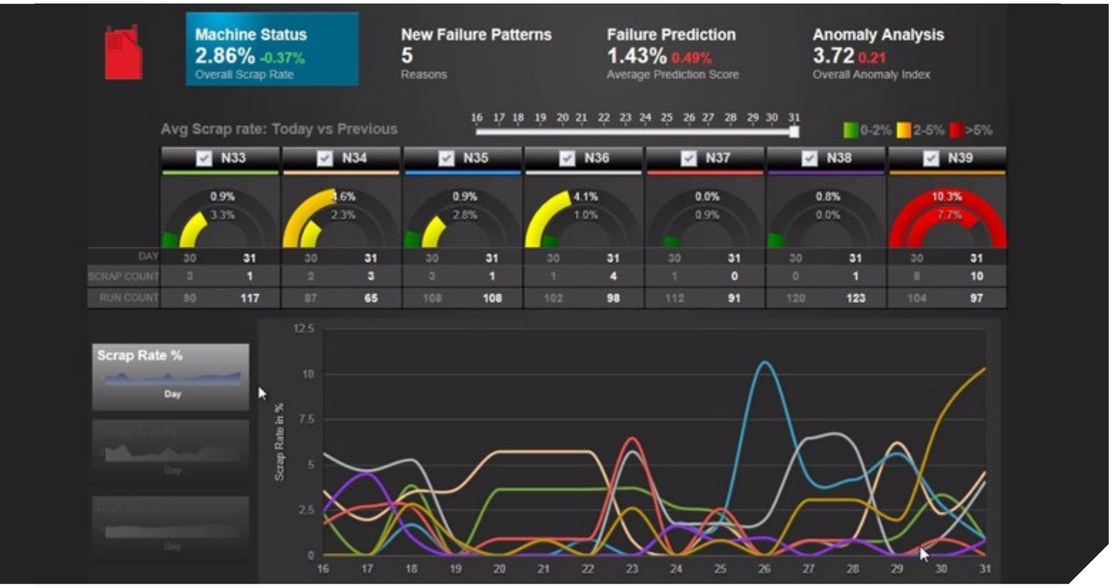
إن البيانات الآنية الخاصة بعملية الإنتاج بالإضافة إلى توقعات الطلب التي يقدمها الذكاء الاصطناعي تســـاعد المصنع على تحسين عمليات شراء المواد الخام والمخزون والعمليات اللوجستية، مما يؤدي إلى مخزون أقل وتدفق نقدي أفضل.



صورة6-: سلسلة الإمداد

دعونا نتناول مثالًا آخرًا يخص أحد مصانع تصنيع الســيارات، والذي يهدف إلى تحسين كفاءته الإنتاجية والإنتاجية الكلية. فيما يلي بعض الخطوات التي يتعين اتخاذها لتحقيق هذا الهدف:

صورة7-: أجهزة استشعار إنترنت الأشياء الصناعي والروبوتات 7



صورة8-: تصوير تحليلات البيانات

الاستعانة بمعدات إنترنت الأشياء

من خلال تركيب أجهزة استشعار إنترنت الأشياء على خط الإنتاج، سيتمكن المصنع من جمع بيانات آنيــة عــن أداء الآلات وجودة المنتجــات والظــروف البيئية. ويُمكن اســتخدام هذه البيانات لمراقبــة العمليات والتحكم بها وتحديد العقبات وتحســين خط الإنتاج.

صــورة7-: أجهزة استشــعار إنترنت الأشــياء الصناعي والروبوتات 7

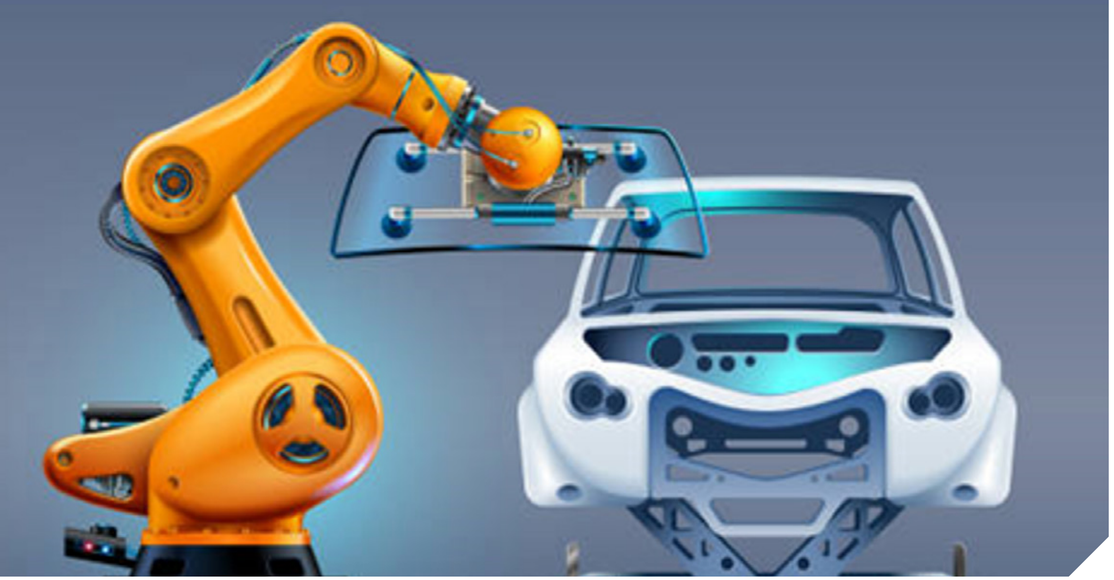
استخدام تحليلات البيانات

من خلال تحليــل البيانات التي تقــوم أجهزة استشــعار إنترنت الأشــياء بجمعها، يمكن للمصنع تحديد الأنماط والأســاليب التي تنطوي علــى مواطن الضعف والمشكلات، ومنها على سبيل المثال: من خلال تحليل بيانات أداء الآلات، يتبين للمصنع الآلات التي تحتاج إلــى صيانة على نحو أكثر تواتــرا. ويُمكن ذلك المصنع من وضع جدول زمني للصيانة بشكل مسبق وتقليل وقت الأعطال.

العمليات الآلية

مــن خــلال إدخــال الروبوتات والتشغيل الآلي في خط الإنتاج، يتمكن المصنــع من أداء المهام المتكررة التي تحتاج إلى كثافة عمالية بشــكل آلي. ويســمح ذلك بتفــرغ العمال للمهام ذات القيمة الأعلى وتحسين الإنتاجية الإجمالية. على سبيل المثال فإن تركيــب الأذرع الروبوتيــة لأداء المهام مثل اللحام والدهان من شــأنه زيادة الســرعة والاتساق والكفــاءة وتقليــل خطر إصابة العمال.

صورة8-: تصوير تحليلات البيانات

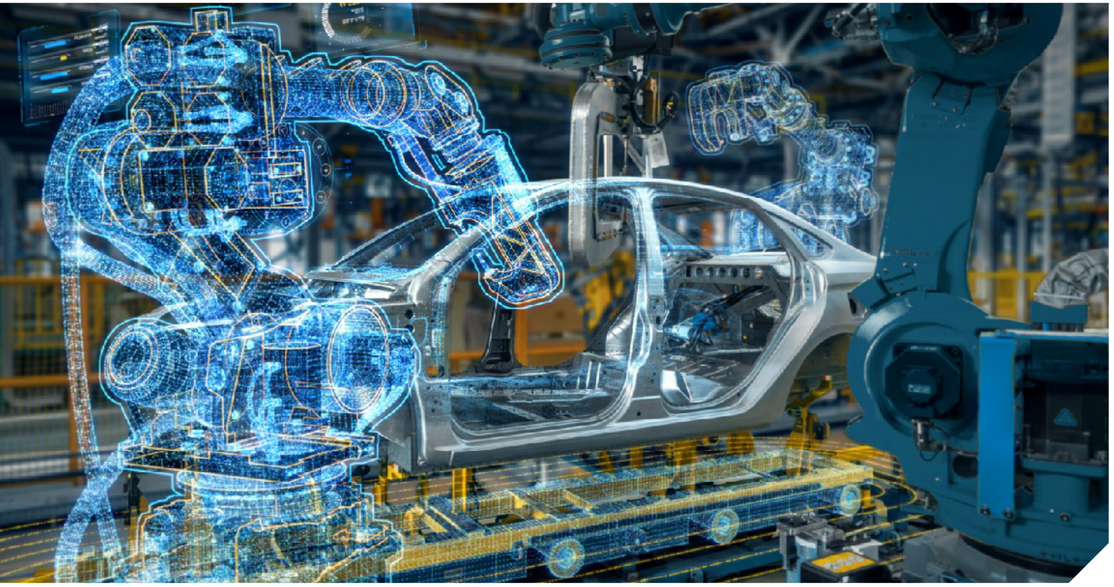


صورة8-: المطابقة الدقيقة للزجاج الأمامي والإطار 8

تفعيل الذكاء الاصطناعي وتعلم الآلة:

يمكن للمصنع استخدام الذكاء الاصطناعي وتعلم الآلة في تجميع الزجاج الأمامي والإطارات الخاصة بالسيارات، ومن الجدير بالذكر أنه لا يوجد اثنان من الزجاج الأمامي أو الإطارات متشابهين تمامًا. وتضمن الخوارزميات المتقدمة والرؤية الحاسوبية (computer vision) التركيب الدقيق وانسيابية العمليات وتقليل الأخطاء البشرية والهدر وملائمة الخصائص الفريدة لكل زجاج أمامي وكل إطار، مما يؤدي إلى زيادة الكفاءة وتقليل النفقات وتحسين السلامة الهيكلية للمركبات والتحكم الديناميكي الهوائي.

صورة8-: المطابقة الدقيقة للزجاج الأمامي والإطار 8



صورة9- تقنيات التوأم الرقمي التي تحاكي عمليات الإنتاج وتحسنها 9

توظيف تقنية التوأم الرقمي:

من خلال إنشاء نسخة رقمية مطابقة لخط الإنتاج المادي، يمكن للمصنع محاكاة عمليات الإنتاج وتحسينها قبل تنفيذها في الواقع، وهو ما يُمكّن المصنع من تجربة سيناريوهات مختلفة واتخاذ قرارات تعتمد على البيانات من أجل تحسين الكفاءة.

صورة9- تقنيات التوأم الرقمي التي تحاكي عمليات الإنتاج وتحسنها 9

ملائمة مرنة للإنتاج

من خلال تطبيق أنظمة إنتاج معيارية وتقنيات التحسين لتخصيص السمات مثل الدهانات ولوحات البيانات، يُمكن للمصنع الملائمة مع التغييرات المطلوبة أو مواصفات المنتج.

الصيانة التنبؤية

باستخدام البيانات التي جمعتها معدات إنترنت الأشياء وتطبيق خوارزميات تعلم الآلة، يُمكن للمصنع التنبؤ بتعطل المعدات ووضع جدول زمني للصيانة مسبقًا، وتعمل هذه الاستراتيجية على تقليل وقت الأعطال غير المخطط له وتقليل تكاليف الصيانة وزيادة الفعالية الشاملة للمعدات.

تحسين العمليات

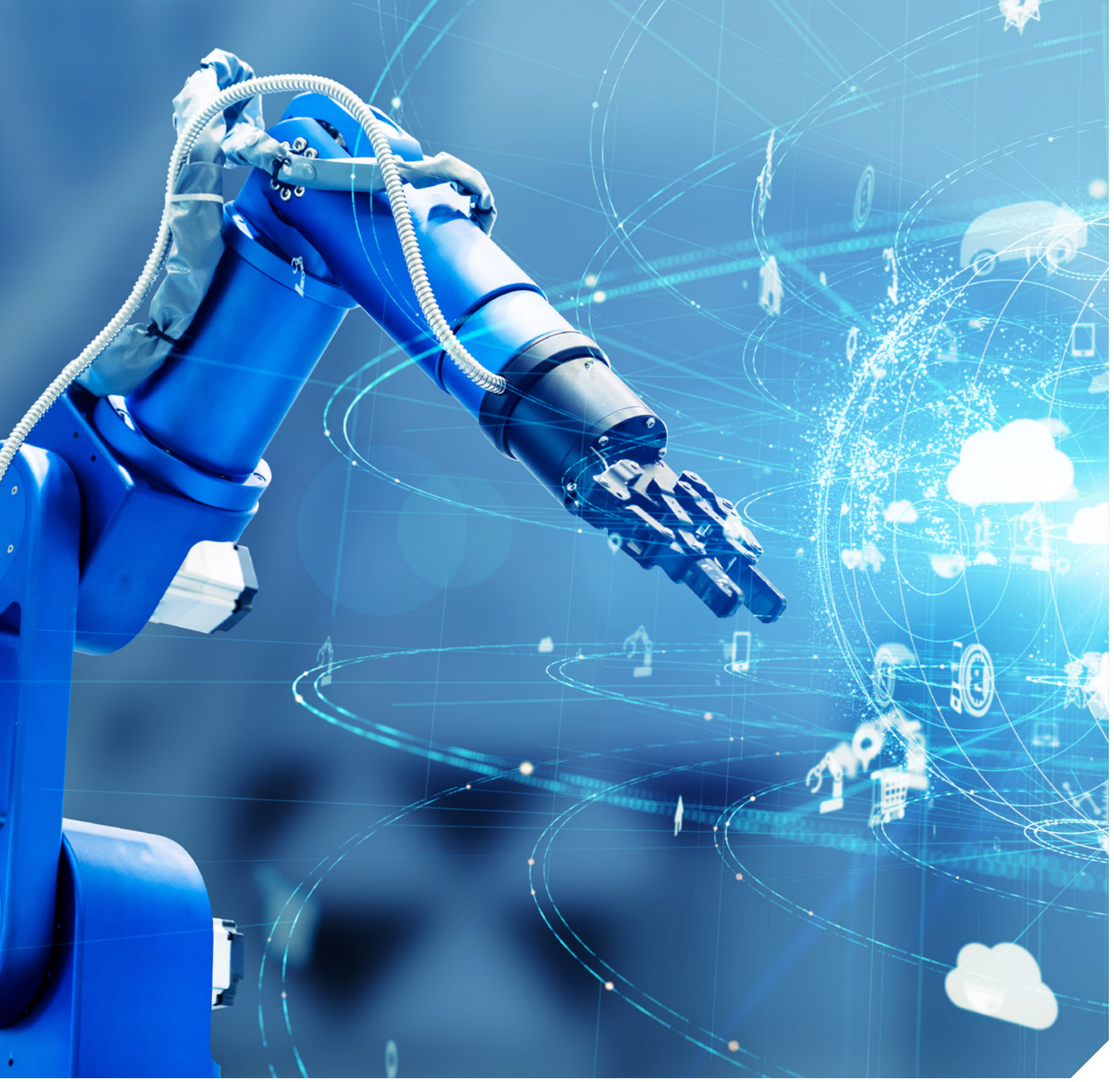
يُمكن استخدام أنظمة للتحكم المتقدم في العمليات لتحسين العمليات البتروكيميائية عن طريق ضبط متغيرات التحكم بناءً على البيانات الواردة من أجهزة استشعار إنترنت الأشياء، ويساعد ذلك على تحسين كفاءة المنتج وتقليل الهدر وزيادة الإنتاج.

إدارة الطاقة

إن معدات إنترنت الأشياء يُمكنها جمع بيانات عن استهلاك الطاقة داخل المصنع، والتي يُمكن تحليلها لتحديد مواطن تحسين توفير الطاقة، ومن خلال استخدام المعدات الموفرة للطاقة وعمليات التحسين، يُمكن للمصنع تقليل تكاليف الطاقة وآثار الكربون الناتجة عنها.

التحكم والمراقبة عن بُعد

يُمكن لمشغلي المصنع مراقبة العمليات والتحكم بها عن بعد باستخدام منصات سحابية آمنة، وتسمح تلك الطريقة بإدارة مركزية ورؤية أوسع عبر أكثر من مصنع أو موقع، مما يؤدي إلى عملية اتخاذ قرار أفضل ووقت استجابة أسرع.



المنتجات كخدمات:

يُمكن لمقدمـــي خدمات التصنيع تطبيق نموذج المنتجات كخدمات على آلات الرفع والرافعات الشـــوكية منها والعادية، محولين بذلك نموذج الملكية التقليدي إلى أسلوب مرتكز على تقديم الخدمة، فبدلًا من بيع هذه الآلات الثقيلة بالكامل، يؤجرها المصنعون للعملاء مع توفير قيمة مضافة من من خلال تقديم خدمات الصيانة والإصلاح وتحديثات البرامج وتدريب المشغلين، ويكون سعر الخدمة شاملًا جميع هذه الخدمات. وتلعب تقنية إنترنت الأشياء دورًا محوريًّا في هذا المجال بتوفيرها متابعة مباشـــرة لاســـتخدام المعدات والصيانة التنبؤية، مع ضمانها الأداء الأمثل وإسهامها في إنشاء علاقة متوطدة بين العميل والمُصنّع.

وبصفة عامة، نسرد فيما يلي مزايا نموذج المنتجات كخدمات:

- تحسين الكفاءة والإنتاجية
- رفع الجودة والابتكار
- زيادة المرونة والتخصيص
- تحسين إدارة سلسلة الإمداد
- تعزيز الاستدامة وتقليل الهدر
- تحسين السلامة وإدارة المخاطر

الاستثمار وعوائد الاستثمار بالرقمنة في المصانع:

تتفاوت مستويات الاستثمار في رقمنة التصنيع بحسب حجم ومواصفات المصنع، فبالنسبة للمصانع صغيرة الحجم، يتراوح الاستثمار المبدئي ما بين 500.000 إلى 2 مليون ريال سعودي، شاملًا معدات إنترنت الأشياء وأدوات الأتمتة البسيطة وأنظمة إدارة البيانات. فيما يتعلق بالمصانع متوسطة الحجم، فتتطلب المزيد من الدمج المتقدم، ومن ذلك الربط الشامل لأدوات إنترنت الأشياء وروبوتات شبه مستقلة وتحليلات متقدمة للبيانات، وهو ما يتطلب استثمارًا يتراوح ما بين 2 إلى 10 مليون ريال سعودي. بالنسبة للمصانع الكبيرة، والتي تتطلع إلى تحول رقمي على نطاق شامل وتضم تقنيات قائمة على الذكاء الاصطناعي والروبوتات المتقدمة والتوأمة الرقمية وأنظمة الصيانة التنبؤية، فقد تتراوح الاستثمارات ما بين 10 إلى 50 مليون ريال سعودي أو أكثر على حسب تعقيدات المشروع.

يختلف العائد العام على الاستثمار لكل قطاع بشكل كبير بناءً على عدة عوامل مثل القطاع الصناعي والتقنيات المحددة المختارة ونطاق التنفيذ ومكاسب الكفاءة التشغيلية، ومن المتوقع أن تجني المصانع الصغيرة عائدًا على الاستثمار خلال عامين إلى أربعة أعوام، والمصانع متوسطة الحجم ما بين 3-5 أعوام، بينما قد يستغرق جني العوائد على الاستثمار في المصانع الكبيرة ما بين 4-7 أعوام، وذلك نظرًا لضخامة الاستثمار الأولي المطلوب مع التعقيدات الحاضرة.

حجم المصنع	الاستثمارات بالريال السعودي	العائد المتوقع على الاستثمار
صغير	500.000 - 2 مليون	عامان إلى 4 أعوام
متوسط	2 - 10 مليون	3-5 أعوام
كبير	10 - 50 مليون	4-7 أعوام

جدول - 1: الاستثمار وعوائد الاستثمار بالرقمنة في المصانع

من المهم الأخذ في الاعتبار أن هذه أرقام تقديرية وأن التكاليف والعائد على الاستثمار الفعليّين يختلفان بحسب الحالة وبالاعتماد على نطاق التحول الرقمي والعوامل الاقتصادية الخارجية. كما أن مزايا الرقمنة تتعدى المكاسب المالية المباشرة، فهي تشمل تحسينات في الكفاءة والإنتاجية والجودة والمرونة والاستدامة وإدارة المخاطر، وهي مكاسب لها قيمة عالية لا تقدر فيما يخص نمو ومرونة الأعمال على المدى البعيد.

3. مكمن أهمية الرقمنة للمملكة العربية السعودية

تُعد الرقمنة في التصنيع محركًا أساسيًا للنمو الصناعي، ما يتماشى بشكل مباشر مع أهداف رؤية 2030 الهادفة نحو تنويع الاقتصاد وتقليل الاعتماد على إيرادات النفط. تُعتبر رؤية المملكة الطموحة المحرك الأساسي للثورة الصناعية الرابعة، واضعةً بذلك نموذجًا يُحتذى به نحو التقدم عبر التطورات التقنية والصناعية متعددة الأوجه.

تنويع الاقتصاد:

لطالما ارتكزت المملكة العربية السعودية على النفط في النمو الاقتصادي. ولتقليل هذا الاعتماد، فإن الحكومة تسعى بشكل فعال لتنويع الاقتصاد، وهنا برزت الرقمنة كلاعب أساسي في هذه الاستراتيجية، ويحمل دمج التحول الرقمي في القطاعات مثل التصنيع والتجارة الإلكترونية والتقنيات المالية وتقنيات التعليم والصحة توقعات وآمالا كبيرة في تحقيق الأهداف الاقتصادية، والتي بدورها تؤمن مستقبلا يقل فيه الاعتماد على النفط والغاز.

زيادة الكفاءة:

بإمكان الرقمنة زيادة كفاءة التصنيع وتقليل الهدر والتكاليف. كما أن تقنيات كالذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء من شأنها مساعدة الشركات على التنبؤ بمشاكل محتملة وأتمتة بعض المهام مع تحسينها لعملية اتخاذ القرار.

تحسين الجودة:

تساعد التقنيات الرقمية في تحسين جودة المنتجات المصنّعة، فمع التحليلات المتقدمة والمراقبة المباشرة، بإمكان المصنعين ضمان منتجات عالية الجودة وتقليل الأخطاء مع استيفاء المعايير العالمية، ما من شأنه رفع الصادرات والتنافسية.

النمو الاقتصادي وخلق فرص العمل:

يؤدي تبني التقنيات الرقمية إلى تطوير صناعات وقطاعات جديدة، وينتج عن ذلك النمو الاقتصادي وخلق وظائف جديدة. تزداد أهمية هذا الجانب في دولة كالمملكة يشكل الشباب جزءًا كبيرًا من سكانها.

خلق وظائف تتطلب مهارات عالية:

ينتج عن التحول الرقمي للتصنيع وظائف في الهندسة والتقنية تتطلب مهارة عالية. يساعد هذا الدولة في تكوين اقتصاد مبني على المعرفة ومعالجة قضية البطالة في أوساط الشباب ذوي التعليم العالي.

دعم الابتكار:

تتطلب الرقمنة عادة طريقة جديدة في التفكير وتشجع الابتكار، ومن خلال استخدام التقنيات الرقمية، يمكن للشركات السعودية تحفيز الابتكار وتطوير منتجات وخدمات جديدة تمكنهم من التنافس عالميًا بفاعلية أكبر.

الاستدامة:

تلتزم المملكة بالتنمية المستدامة كجزء من رؤية 2030، وبإمكان التقنية الرقمية تمهيد الوصول لهذا الهدف عبر زيادة كفاءة عمليات التصنيع وتقليل أثرها البيئي.

اتخاذ قرارات معتمدة على البيانات:

من خلال اســـتخدام إنترنت الأشياء والتقنيات الرقمية الأخرى، يُمكن للشركات جمع كمية ضخمة من البيانات الممكن تحليلها للخروج بمرئيات.

المدن الذكية:

لدى المملكة العربية الســـعودية خطط طموحة لإنشاء مدن ذكية مثل نيوم، وتُعتبر التقنيات الرقمية ضروريـــة في تطوير مدن من هذا القبيل ترمي المملكة أن تجعلها نموذجًا يُحتذى به في المعيشـــة المستدامة والابتكار والأعمال.

4. المبادرات والدعم

لقد أدركت المملكة أهمية الرقمنة في قطاع التصنيع باعتبارها جزءًا من اســـتراتيجية التنويع الاقتصادي كما هو موضح في رؤية 2030. وقد أطلقت المملكة العربية السعودية برامج لتعزيز الرقمنة في قطاع التصنيع بالدولة.

من البرامج التي تعزز الرقمنة في قطاع التصنيع برنامج تطوير الصناعة الوطنية والخدمات اللوجســـتية (ندلب). انطلق البرنامج عام 2019 ويهدف إلى تحويل المملكة العربية السعودية إلى دولة رائدة صناعيًا ومركز لوجستي عالمي من خلال تعزيز النمو في مختلف القطاعات، بما في ذلك التصنيع، ويشجع على استخدام التقنيات المتقدمة مثل إنترنت الأشياء الصناعي والذكاء الاصطناعي والروبوتات لتعزيز الإنتاجية والتنافسية.

(لمزيد مـــن المعلومـــات: https://www.vision2030.gov.sa/media/5hlpbuuq/2021-2025-national-industrial-development-and-logistics-program-delivery-plan-en.pdf)

صندوق التنمية الصناعية السعودي: يوفر صندوق التنمية الصناعية السعودي البرامج والخدمات التالية لدعم الرقمنة في قطاع التصنيع.

1 برنامج تنافسية:

يدعم هذا البرنامج الأتمتة المالية والرقمنة ومشـــاريع حلول الثورة الصناعية الرابعة لتحسين كفاءة المصنعين السعوديين.

2 تقييمات مؤشر جاهزية الصناعة الذكية:

يتوفر لدى صندوق التنمية الصناعية السعودي مقيمون معتمدون لمؤشر جاهزية الصناعة الذكية (SIRI: Smart Industries Readiness Index)، حيـــث يعتبر مؤشـــراً دوليًا معتمدًا لقياس مســـتوى تبني المنشـــآت للثورة الصناعية الرابعة وتحديد المجالات التي يمكن للمصنعين السعوديين أن يحســـنوا فيها من قدراتهم والمنافسة داخل المملكة العربية السعودية وباقي دول العالم.

3 الخدمات الاستشارية:

كما أطلق صندوق التنمية الصناعية السعودي خدمات استشارية للمنشـــآت الصغيرة والمتوسطة لتعزيز أدائها ومســـاعدتها في تحقيق النمو المســـتدام، حيث تتيح الخدمات الاستشارية للمنشـــآت الصغيرة والمتوسطة فرصة الاستفادة من الخبرة الفنية والتسويقية للصندوق من خلال 3 خدمات رئيســـية، وهي: استراتيجية دخول السوق، وتحسين أداء المصنع، وتحسين التكلفة.

4 المقارنة المعيارية الصناعية:

يوفر صندوق التنمية الصناعية السعودي مقارنة معيارية للعمليات الصناعية للشـــركات وكفاءتها داخل السوق السعودية والسوق الدولية.

5 شركاء الصندوق:

لقد عقد الصندوق شـــراكات مـــع العديد من مقدمي الخدمات مثل META 2i وغيرها بغرض تشجيع المصنعين السعوديين في العمل على تطبيق حلول الثورة الصناعية الرابعة.

(لمعرفة المزيد: https://www.sidf.gov.sa/en/ServicesforInvestors/Programs/Pages/Tanafusiya.aspx)

الهيئة السعودية للمدن الصناعية ومناطق التقنية (مدن):

تتولى مدن مســـؤولية إنشـــاء وإدارة المدن الصناعية والمناطق التقنية بالمملكة العربية الســـعودية، حيث تشجع بقوة على تطبيق تقنيات التصنيع الذكية وتساعد في جذب الاستثمارات في مشاريع التحول الرقمي.

6 البحث والتطوير:

لا تزال الحكومة السعودية تســـتثمر في مبادرات البحث والتطوير، لا ســـيما في المجالات المتعلقة بالثورة الصناعية الرابعة والرقمنة، وتأتي مؤسسات مثل جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية ومدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية في مقدمة الأبحاث التي تدور حول تقنيات الصناعات المتقدمة.

وتعرض هـــذه الجهود، جنبًا إلى جنب مع المبادرات الأخرى، التزام الحكومة الســـعودية بتسريع التحول الرقمي في قطاع التصنيع باعتباره وســـيلة لتعزيز القدرة التنافســـية العالمية للدولة وتحقيق أهداف رؤية 2030.

5. التقنيات الناشئة في التصنيع الرقمي

1 إنترنت الأشياء الصناعي:

يشير إنترنت الأشـــياء الصناعي إلى شبكة من الأجهزة والآلات والنظـــم الصناعية المتصلـــة التي تعمل على جمع البيانات ومشاركتها وتحليلها، إذ يتيح المراقبة في الوقـــت الفعلي والصيانة التنبؤية وتحســـين العمليات الصناعية، ويجمع إنترنت الأشـــياء الصناعي بين أحدث التقنيات كأجهزة الاستشعار وحوسبة الحافة والخدمات السحابية بغرض تحســـين الكفاءة والإنتاجية والسلامة في قطاعات متعددة، منها قطاعات التصنيع والطاقة والنقل.

2 الذكاء الاصطناعي وتعلم الآلة:

يشـــير مصطلح الذكاء الاصطناعي إلـــى محاكاة ذكاء العقل البشري في الآلات المبرمجة على التفكير والتعلم وحل المشـــكلات، أما تعلم الآلة فهـــو جزء من الذكاء الاصطناعـــي الذي يســـمح للآلات بالتعلم من البيانات وتحديد الأنماط واتخاذ الـــقرارات بأقل قدر ممكن من التدخل البشري، وتُستخدم تلك التقنيات في العديد من التطبيقات، ومن بينها معالجة اللغات الطبيعية والتعرف على الصور وأنظمة التوصية وذلك بهدف تحسين تجارب المستخدمين وتحسين العمليات وتسهيل اتخاذ القرارات القائمة على البيانات.

3 الروبوتات والأتمتة:

تهتم تقنيات الروبوتات والأتمتة بتصميم وتطوير وتنفيذ آلات ذكية قـــادرة على القيام بمهام معينة دون تدخل بشري، وتعمل هذه التقنيات على زيادة الإنتاجية وتقليل الأخطاء البشرية وتحسين استخدام الموارد، تُستخدم على نطاق واســـع في مجال التصنيع والخدمات اللوجستية والرعاية الصحية والزراعة للعديد من المهام، مثل التجميع ومناولة المواد والفحص والصيانة.

الصورة - 10: استخدام الروبوتات والأتمتة في التعبئة

4 البيانات الضخمة والتحليلات المتقدمة:

يشير مصطلح البيانات الضخمة إلى الكمية الكبيرة من البيانات المنظمة وغيـــر المنظمة الواردة من مجموعة متنوعـــة مـــن المصادر، بما يشـــمل وســـائل التواصل الاجتماعي وأجهزة إنترنت الأشياء والعمليات التجارية، وتشـــتمل التحليلات المتقدمة على اســـتخدام تقنيات وأدوات متطورة، كاستخراج البيانات والتحليلات التنبؤية وتعلم الآلة في استخراج مرئيات قيمة من هذه البيانات. وتستخدم الشركات تلك الرؤى في تحقيق أكبر استفادة ممكنة من العمليات لتحسين تجارب المستخدمين واتخاذ قرارات مستنيرة.

5 التصنيع الإضافي (الطباعة ثلاثية الأبعاد):

يعد التصنيع الإضافي، أو الطباعة ثلاثية الأبعاد، عملية لإنتاج أشـــياء ثلاثية الأبعاد عن طريق وضع طبقات من المواد الواحدة تلو الأخرى باســـتخدام نموذج رقمي، وتتيح هذه التقنية إمكانية إنشاء النماذج الأولية السريعة والتخصيص والإنتاج حســـب الطلب، ممـــا يؤدي إلى تقليل الهدر وانخفاض التكاليف، وتُستخدَم هذه التقنية في مختلف المجالات، مثل الطيـــران والرعاية الصحية والسيارات والبناء.

6 الواقع المعزز والواقع الافتراضي:

تعتبر تقنيات الواقع المعزز والواقع الافتراضي تقنيات غامرة توفر للمستخدمين تجارب تفاعلية مستحدثة بالحاسب الآلي، وحيث يسقط الواقع المعزز المعلومات الرقمية في العالم الواقعي، بينما يخلق الواقع الافتراضي بيئة افتراضية محاكاة بالكامل، وتُستخدم هذه التقنيات في تطبيقات مختلفة مثل التدريب والتصميم والتسويق والترفيه، وذلك بغرض تحسين تجارب المستخدمين وتحسين العمليات ذات الصلة.

7 التوأم الرقمي والمحاكاة:

التوأم الرقمي هو تصوير افتراضي لأصل مادي أو عملية أو نظام بشكل مشابه لنظيره في العالم الحقيقي، حيث يتيح المراقبة والتحليل والتحسين في الوقت الفعلي من خلال استخدام البيانات والذكاء الاصطناعي والمحاكاة، وتُستخدم التوائم الرقمية في العديد من المجالات، مثل التصنيع والطاقة والنقل، بغرض زيادة الصيانة التنبؤية وتحسين العمليات وتطوير المنتجات.

8 سلسلة الكتل وتبادل البيانات بشكل آمن:

تعد سلسلة الكتل (blockchain) تقنية لا مركزية وموزعة لدفاتر الحسابات تمكن من نقل البيانات بشكل آمن وشفاف وغير قابل للتلاعب بين العديد من الأطراف، وهي تقنية تضمن مستويات عالية من الثقة والأمان وإمكانية التتبع في معاملات البيانات ويمكن استخدامها في مجموعة واسعة من التطبيقات، مثل إدارة سلسلة التوريد وإدارة الهوية والمشاركة الآمنة للبيانات.

6. الوضع الحالي لقطاع التصنيع بالمملكة العربية السعودية

اعتباراً من عام 2023، يشـــهد قطاع التصنيع في المملكة العربية الســـعودية نمواً وتحولاً كبيراً، ويشتمل على عدة صناعات كالبتروكيماويات والصناعات الغذائية وتصنيع المعادن ومواد البناء والأدوية والتعدين والطاقة المتجددة وتصنيع السيارات.

وفيما يلي بعض النقاط الرئيسية فيما يتعلق بالرقمنة في قطاع التصنيع:

6-1 الناتج المحلي الإجمالي وعدد المصانع والقوى العاملة بها

العام	الناتج المحلي الإجمالي بالتريليون ريال سعودي	عدد المصانع	القوى العاملة بالمصانع
2022	2.974	10,562	1,031,284
2021	2.736	9,968	990,076
2020	2.632	9,922	952,215
2019	2.752	9,027	894,198
2018	2.729	8,521	841,367

جدول - 2: عدد المصانع والقوى العاملة بها في المملكة العربية السعودية

6-2 توزيع المصانع في القطاعات الرئيسية في عام 2022:

الرقم المسلسل	القطاعات	عدد المصانع	عدد الموظفين
1	المواد الكيميائية الأساسية	645	94,590
2	منتجات الإسمنت والجص والخرسانة والطين والمنتجات الحديدية نصف المصنعة	1,557	159,594
3	.منتجات البترول المكرر والمنتجات البلاستيكية والمطاط الصناعي	528	75,124
4	الحديد الخام والصلب في السعودية	371	54,433
5	الأسمدة والمركبات النيتروجينية	56	8,256
6	المعادن الثمينة وغير الحديدية الخام	94	15,553
7	المنتجات المعدنية الإنشائية والآلات ذات الأغراض المتعددة	33	6,363
8	منتجات الألبان والمشروبات غير الكحولية؛ بالإضافة إلى المياه المعدنية ونحوها من المياه المعبأة	376	71,410
9	المخبوزات	300	41,433
10	الزجاج والمنتجات الزجاجية	207	20,727

جدول - 3: عدد المصانع والقوى العاملة بها في المملكة العربية السعودية

7. الاتجاهات المستقبلية في رقمنة التصنيع

تعمل المملكة العربية السعودية بشكل فعال على ترويج التحول الرقمي في صناعاتها التحويلية كجزء من مبادرة رؤية 2030، مما أدى بدوره إلى إنشاء فرص استثمارية ضخمة في المملكة ونظرًا لموقعها الاستراتيجي عند ملتقى قارات آسيا وأفريقيا وأوروبا فإن المملكة تتمتع بميزة لا تقدر بثمن، حيث أصبحت مركز جذب مهم للشركات التي تتطلع إلى دخول هذه الأسواق.

ويبين الجدول أدناه حجم السوق العالمية لقطاعات رقمنة التصنيع.

حجم السوق العالمية بمليارات الدولارات						
القطاعات	2018	2019	2020	2021	2022	CAGR
إنترنت الأشياء الصناعي	23.38	27.35	28.40	33.90	40.51	12%
الروبوتات والأتمتة	11.18	13.14	13.71	16.45	19.77	12%
الذكاء الاصطناعي وتعلم الآلة	9.73	11.48	12.03	14.50	17.51	12%
البيانات الضخمة والتحليلات المتقدمة	7.60	9.01	9.48	11.47	13.90	13%
الصناعات المتقدمة	7.07	8.25	8.55	10.19	12.16	11%
الواقع المعزز والواقع الافتراضي	9.07	10.73	11.28	13.63	16.50	13%
التوأم الرقمي والمحاكاة	5.16	6.14	6.49	7.88	9.59	13%
سلسلة الكتل (blockchain) وتبادل البيانات بشكل آمن	3.77	4.50	4.77	5.81	7.09	13%
أخرى	5.77	6.59	6.69	7.80	9.12	10%
الإجمالي:	**82.73**	**97.19**	**101.39**	**121.62**	**146.14**	**12%**

جدول - 4: القيمة السوقية التاريخية في قطاعات الرقمنة

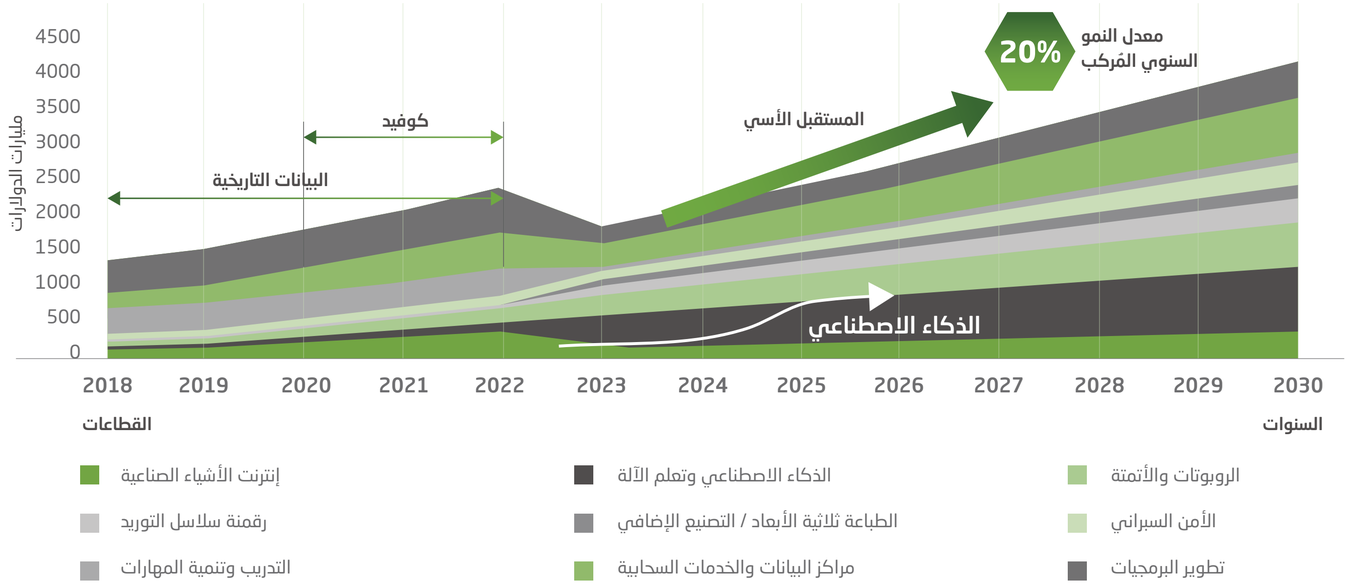
حجم السوق العالمية بمليارات الدولارات									
القطاعات	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	CAGR
إنترنت الأشياء الصناعي	48.5	58.18	70.04	84.41	101.3	120.7	142.2	164.3	34%
الروبوتات والأتمتة	23.81	28.76	34.87	42.35	51.26	61.64	73.26	85.47	33%
الذكاء الاصطناعي وتعلم الآلة	21.17	25.68	31.26	38.11	46.3	55.87	66.63	77.99	32%
البيانات الضخمة والتحليلات المتقدمة	16.88	20.56	25.12	30.75	37.51	45.45	54.42	63.96	31%
الصناعات المتقدمة	14.54	17.44	20.99	25.3	30.39	36.26	42.76	49.49	34%
الواقع المعزز والواقع الافتراضي	20	24.32	29.68	36.28	44.19	53.46	63.92	75.02	31%
التوأم الرقمي والمحاكاة	11.69	14.29	17.54	21.56	26.4	32.11	38.61	45.56	30%
سلسلة الكتل (blockchain) وتبادل البيانات بشكل آمن	8.67	10.63	13.08	16.13	19.81	24.18	29.15	34.51	30%
أخرى	10.67	12.53	14.76	17.42	20.49	23.93	27.63	31.31	39%
الإجمالي:	**175**	**212**	**257**	**312**	**377**	**453**	**538**	**627**	**33%**

جدول - 5: القيمة السوقية المتوقعة مستقبلًا في قطاعات الرقمنة

يبلغ معدل النمو السنوي المركب المتوقع ما يقرب من 30% ويرجع ذلك للأسباب التالية.

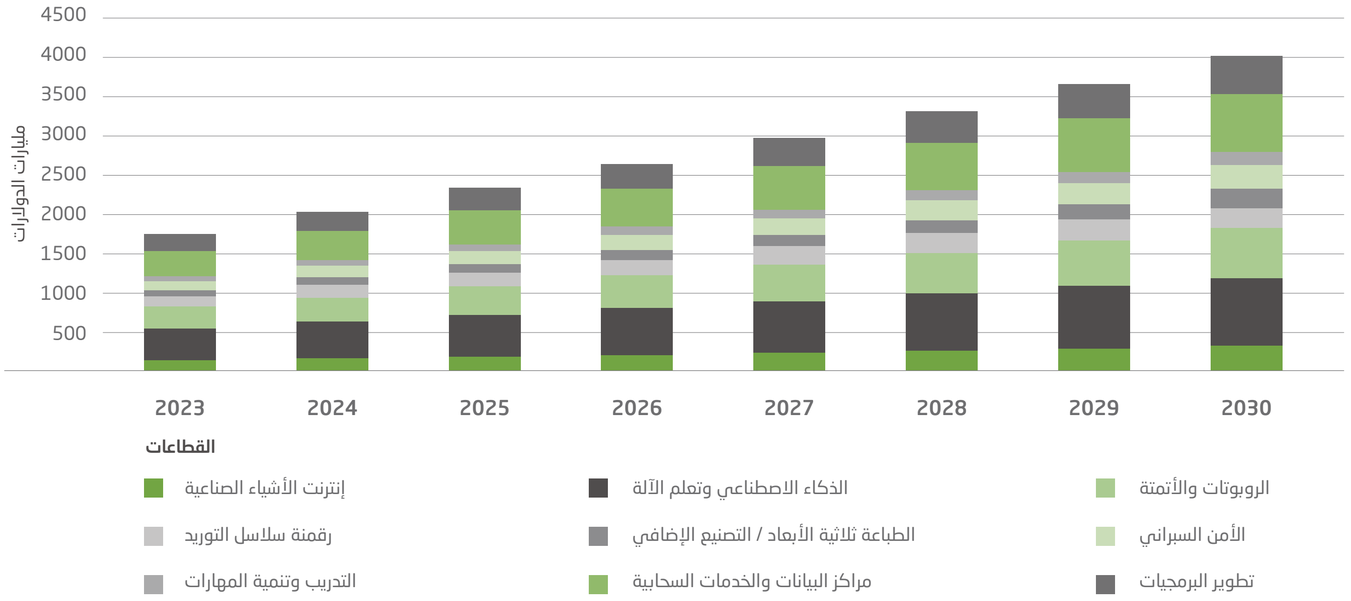
1. زيادة اعتماد تقنيات الرقمنة
2. تطور ونضوج التقنية
3. الرؤى المستندة إلى البيانات
4. التخصيص لملاءمة متطلبات الصناعة
5. تطور تقنيات الاتصال
6. الضغط التنافسي
7. النمو الاقتصادي

الرقمنة في التصنيع بين الماضي والمستقبل



مخطط بياني 1-: القيمة السوقية التاريخية والمستقبلية في قطاعات الرقمنة

حجم السوق في مختلف القطاعات على مدار السنوات



مخطط بياني 2-: القيمة السوقية التاريخية والمستقبلية في قطاعات الرقمنة

التوجهات المستقبلية

1 الذكاء الاصطناعي وتعلم الآلة

توفر فرصة الاستثمار في الذكاء الاصطناعي وتعلم الآلة بالمملكة العربية السعودية إمكانات كبيـــرة لمختلف القطاعات، ومن بينها التصنيع. ويؤدي الدمج بين الذكاء الاصطناعي وتعلم الآلة في قطاع التصنيع إلى توفير العديد من الفرص الاستثمارية بالمملكة العربية السعودية. وفيما يلي بعض المجالات المحتملة للاستثمار:

الصيانة التنبؤية:

يمكن الاســـتفادة من الذكاء الاصطناعي وتعلم الآلة في تحسين عمليات الصيانة، وذلك عن طريق تنبؤ تعطل المعدات وإصدار توصيات بالإجراءات التنبؤية المطلوبة. فقد يساعد استثمار الشركات الصناعية في حلول الصيانة التنبؤية على تقليل وقت تعطل العمل، وزيادة كفاءة المعدات، والتوفير في تكاليف الصيانة.

مراقبة الجودة والفحص:

قد تســـاهم أنظمة الرؤية الحاســـوبية (computer vision systems) التي تعمل بالذكاء الاصطناعي في تعزيز عمليـــات مراقبة الجودة عن طريق فحص المنتجات تلقائيًـــا، وذلك بهدف اكتشـــاف العيوب أو الاختلافات في المنتج. وقد يحســـن الاســـتثمار في أنظمة الفحص القائمة على الذكاء الاصطناعي من جودة المنتج وتقليل الهدر وتعزيز كفاءة التصنيع بشكل عام.

تعلم الآلة فيما يتعلق بالتصنيع:

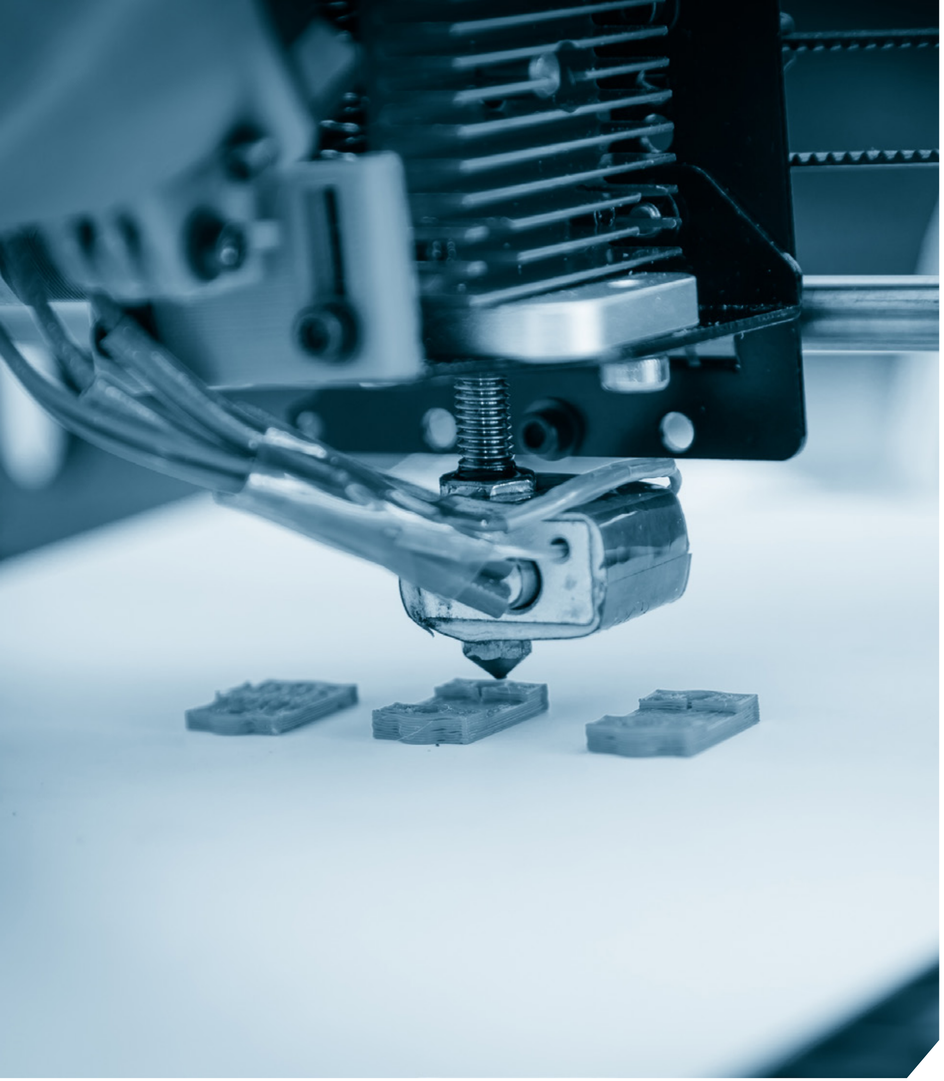
يمكن اســـتخدام تعلم الآلة لتحسين عمليات الإنتاج والتنبؤ بالطلب وتخصيص تجارب العملاء حســـب الحاجة، وقد يساهم ذلك في تحســـين كفاءة التصنيع والإنتاجية ومستوى الربحية.

تحسين سلسلة التوريد:

قد تُستخدم خوارزميات الذكاء الاصطناعي وتعلم الآلة في تحسين عمليات سلسلة التوريد من خلال تحليل البيانات والتنبؤ بأنماط الطلب. استثمار المصنعين في حلول إدارة سلســـلة التوريد القائمة على الذكاء الاصطناعي قد يســـاعدهم على تبسيط عملياتهم وتقليل التكاليف وتحسين مستوى رضا العملاء.

أتمتة العمليات الروبوتية:

تشـــتمل أتمتة العمليات الروبوتية على مهام متكررة باستخدام الروبوتات البرمجية، ويتيح دمج أتمتـــة العمليات الروبوتية مع قدرات الـــذكاء الاصطناعي وتعلم الآلة إمكانيـــة الأتمتة الذكية، مما يؤدي إلى تحســـين الإنتاجية والكفاءة في عمليات التصنيع، وقد يؤدي الاستثمار في حلول أتمتة العمليات الروبوتية التي تم إنشاؤها خصيصًا لقطاع التصنيع إلى تحقيق فوائد مهمة.



2 الطباعة ثلاثية الأبعاد/ التصنيع الإضافي

يشـــهد حالياً مجال الطباعة ثلاثية الأبعاد، المعروف أيضاً باسم التصنيع الإضافي، توسعات كبيرة، وقد بدأت الوزارة في إصدار تراخيص صناعية لمصانع التصنيع الإضافي مما أدى إلى إنشاء إطار تنظيمي يعزز من تطوير هذه المنشآت وتوسيعها في البلاد.

وفيما يلي بعض المجالات التي يمكن أن يراعيها المستثمرون:

إنتاج المواد:

تتطلب الطباعة ثلاثية الأبعاد مواد خاصة كالبوليمرات والمعادن والسيراميك وحتى المواد البيولوجية. فقد ينظر المستثمرون في إنتاج هذه المواد محلياً، حتى لا يضطروا إلى استيرادها.

استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد لإنتاج قطع الغيار والمكونات:

يمكن اســـتخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد لإنتاج قطع الغيار والمكونات المطلوبة لعدة مجالات، منها قطاع السيارات والطيران والصناعات الطبية والدفاعية، وقد يؤدي ذلك إلى تخفيض التكاليف، وتوفير جودة أعلى، وتسريع الإنتاج.

استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد لإنتاج الأجهزة الطبية:

يمكن اســـتخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد في إنتاج الأجهزة الطبية، مثل الأطراف الاصطناعية والغرسات الطبية مما يحسن من مستوى الرعاية المقدمة للمرضى ويوفر في التكاليف.

استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد لإنتاج مواد البناء:

يمكن اســـتخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد في إنتاج مواد البناء مثل الطوب والخرســـانة، مما يوفر من التكاليف ويزيد من سرعة البناء.

3 الروبوتات والأتمتة

تســـعى مبادرات مثل نيوم و أوكســـاجون و الكثير من المبادرات الأخرى التي تندرج تحت مظلة رؤية السعودية 2030 إلى تحويل جزء كبير من الاقتصاد من خلال دمج الروبوتات والأتمتة، محولة أنظارها بذلك بعيدًا عن أنشـــطة العمل اليدوية، وخاصة في قطاع التصنيع. وتفتح بذلك هذه المبادرات مجموعة واســـعة من آفاق الاستثمار في مجال الروبوتات والأتمتة، ولا سيما في مجال رقمنة قطاع التصنيع.

استخدام الروبوتات في التصنيع:

يمكن استخدام الروبوتات لأتمتة مجموعة واسعة من المهام المتعلقة بالإنتاج، بما يشمل اللحام والطلاء والتجميع، ويتيح ذلك للعمالة التركيز على المهام الأكثر تعقيدًا، كما أنه يزيد مستوى السلامة ويوفر في التكاليف.

الرؤية الحاسوبية للتصنيع:

يمكن استخدام الرؤية الحاســـوبية (computer vision) في فحص المنتجات بحثاً عن العيوب وتحديد نوعية المواد وتصنيفها وتتبع المخزون، مما يحسن بدوره من الجودة ويقلل الهدر ويحسن خطة الإنتاج الزمنية.

البنية التحتية والمرافق:

يتطلب القطاع الصناعي تطويرات كبيرة في البنية التحتية، وقد يتضمن ذلك إنشـــاء مصانع ذكية جديدة مزودة بأحدث تقنيات الأتمتة أو إدخال تعديلات على المرافق الحالية. وقد يشـــارك المســـتثمرون من خلال تمويل هذه المشاريع أو الاستثمار في الشركات التي ستنفذ هذه التطويرات.

ولاقتناص هذه الفرص، يجب أن يعقد المســـتثمرون شـــراكات مع كل من أصحاب المصلحة المحليين والدوليين، بما في ذلك الجامعات ومعاهد الأبحاث ومزودي التقنية وموردي المواد والعملاء المحتملين، ويســـاهم المســـتثمرون بذلك في تمكين الصناعات السعودية من تحسين مستويات إنتاجيتها وكفاءتها وجودة منتجاتها.

دراسات الحالة: قصص نجاح في الرقمنة دراسة 1

تحسن الرقمنة من الكفاءة والربحية:

دراسة حالة: شركة الزامل للحديد

1 مقدمة:

بدأت الزامل للحديد، وهي شركة رائدة في تصنيع الهياكل الحديدية، رحلة التحول الرقمي لأتمتة منطقة إنتاجها في عام 2021، وقد تمثل الهدف الأساسي الكامن وراء هذا التحول في زيادة الفعالية الشاملة للمعدات والربحية، واستخدم المصنع الحلول الرقمية لتعزيز أداء الماكينات وتتبع المكونات المصنعة وعمليات التجميع وتقليل الهدر إلى أقل ما يمكن. وتركز دراسة الحالة على الخطوات والنتائج الرئيسية للتحول الرقمي لشركة الزامل للحديد.

2 الأهداف:

- تحسين الفعالية الشاملة للمعدات.
- زيادة الربحية عن طريق تحسين الكفاءة التشغيلية.
- تطبيق آليات تتبع فعالة للمكونات المصنعة وعمليات التجميع.
- تقليل الهدر من المواد وتحسين استخدام الموارد.

3 استراتيجية التنفيذ:

بدأت شـــركة الزامل للحديد في عملية التحول الرقمي من خلال تنفيذ نموذج أولي على عدد محدود من المعدات، وتم دمج المكونات المهمة التالية إلى نظامهم:

أ- دمج إنترنت الأشياء الصناعي:

تم دمج أجهزة إنترنت الأشـــياء الصناعي في منطقة الإنتاج لتســـجيل بيانـــات المنتج الحية، وتم دمج هذه البيانات بعد ذلك مع بيانات من تخطيط موارد المؤسســـة ونظام تنفيذ التصنيع لتتبع مدى تقدم المكونات وموقعها على مدار دورة الإنتاج بالكامل.

ب- بوابات الحافة (Edge Gateways):

اســـتخدمت هذه الأجهزة لجمع البيانات ونقلها في الوقت الفعلـــي من منطقة الإنتاج، وقد كانت بمثابة حلقة وصل بين الآلات المادية والمنظومة الرقمية.

ج- أجهزة الاستشعار:

تم تركيب أجهزة الاستشـــعار في جميع أنحاء منطقة الإنتاج لتســـجيل استهلاك أسلاك اللحام وأوامر العمل وأداء الآلات ودرجة الحرارة وقياسات المكونات، وقد قدمت أجهزة الاستشعار المذكورة رؤى دقيقة فيما يتعلق بعملية التصنيع.

د- منصة ثينج وركس:

استخدمت شركة الزامل للحديد منصة ثينج وركس لإضفاء الطابع المركزي على عمليات جمع البيانات وتحليلها وتصورها، حيث أتاحت هذه المنصة التكامل السلس مع الأنظمة الأخرى وسهلت اتخاذ القرار في الوقت الفعلي.

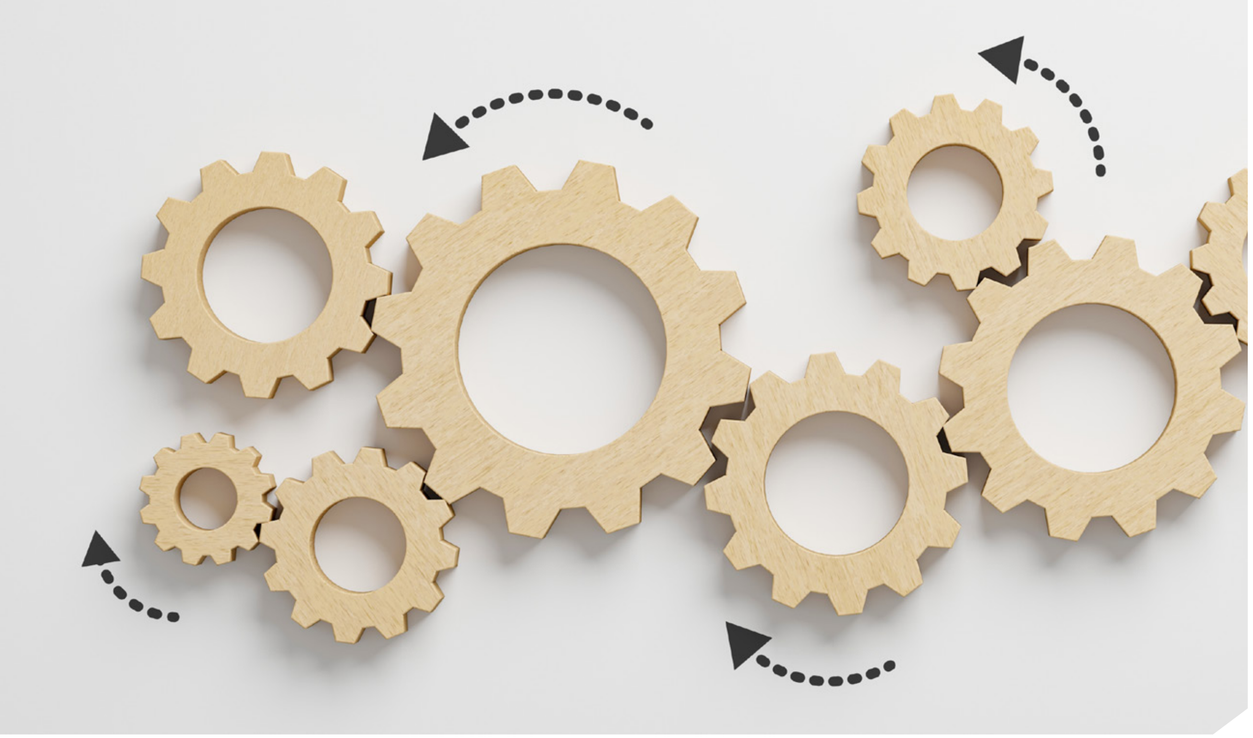
هـ- أمر العمل والرمز الشريطي المخصص لإدارة المواد وتتبع التجميع:

أدركت شـــركة الزامل للحديد الحاجة لإدارة المواد وتتبع التجميع على نحو فعال، وسعيًا منها لتلبية تلك الحاجـــة، فقد خصصت عملية تحديد أوامر العمل الخاصة بها ونفذت أنظمة مســـح الرموز الشريطية. وفيما يلي تفاصيل تنفيذ هذه التخصيصات ومزاياها:

هـ 1. عملية أوامر العمل المخصصة:

صممت شركة الزامل للحديد عملية تحديد أمر العمل خصيصًا لتسهيل إدارة المواد وتتبع التجميع، حيث تضمن التخصيص دمج المنظومة الرقمية مع نظام تخطيط موارد المؤسسة الذي تستخدمه الشركة بالفعل، وفيما يلي بعض السمات الرئيسية لعملية أوامر العمل المخصصة:

- إسناد المواد: تم إسناد مواد محددة مطلوبة للتجميع لكل أمر عمل، وتم ربط هذه المعلومات رقميًا بنظام تخطيط موارد المؤسسة، مما يضمن تخصيص المواد بدقة وكفاءة.
- تحديثات الوقت الفعلي: مع تقدم عملية التجميع، تم تسجيل التحديثات في الوقت الفعلي في نظام أمر العمل، وقد مكّن ذلك المنشـــأة من رؤية حالة كل تجميع بشكل فوري، مما يسهل التخطيط الفعال وتخصيص الموارد.
- تحديـــد الأولويات والجدولة: أتاحت عملية أوامر العمل المخصصة إمكانية تحديد الأولويات وجدولة عمليات التجميع بناءً على مـــدى أولويتها وتوافر المواد والقدرة الإنتاجية، وأدى ذلك إلى تحسين سير العمل في المصنع والحد من العراقيل.



هـ 2. تنفيذ الرمز الشريطي:

اعتمدت شركة الزامل للحديد أنظمة مسح الرموز الشريطية من أجل تحسين إدارة المواد وتتبع التجميع، وقد تضمن ذلك تخصيص رموز شريطية فريدة للمواد الفردية وعمليات التجميع الفردية. وفيما يلي بعض الجوانب الرئيسية لتنفيذ نظام الرمز الشريطي:

- **تعريف المادة:** تم لصق رمز شـــريطي على كل مادة بحيث يحتوي على معلوماتها الأساسية، مثل رقم القطعة والوصف والكمية، وقد أدى ذلك إلى تعريف المادة بدقة وبالتالي تقليل الأخطاء عند التعامل مع المواد.
- **تتبع التجميع:** تم أيضًا تخصيص الرموز الشـــريطية لعمليات التجميع، مما يتيح التتبع السلس طوال عملية الإنتاج، حيث يتم فحص عمليات التجميع فـــي مراحل مختلفة، بما في ذلك دمج المكونات، وفحوصات الجودة، والفحـــص النهائي، وقد أتاح ذلك إمكانية التتبع والتتبع فـــي الوقت الفعلي، وتقليل مخاطر الأخطاء، وتحسين مراقبة الجودة.
- **تكامل البيانات:** تم دمج نظام الرمز الشـــريطي مع نظام تنفيذ التصنيع ونظام تخطيط موارد المؤسسة، مما يتيح التقاط البيانات ومزامنتها تلقائيًا، وقد أتاحت هذه الخطوة اســـتبدال الإدخال اليدوي للبيانات وتقليل فرص الخطأ البشري، مما أدى إلى الحصول على بيانات أكثر دقة وموثوقية لاتخاذ القرار.

4 النتائج:

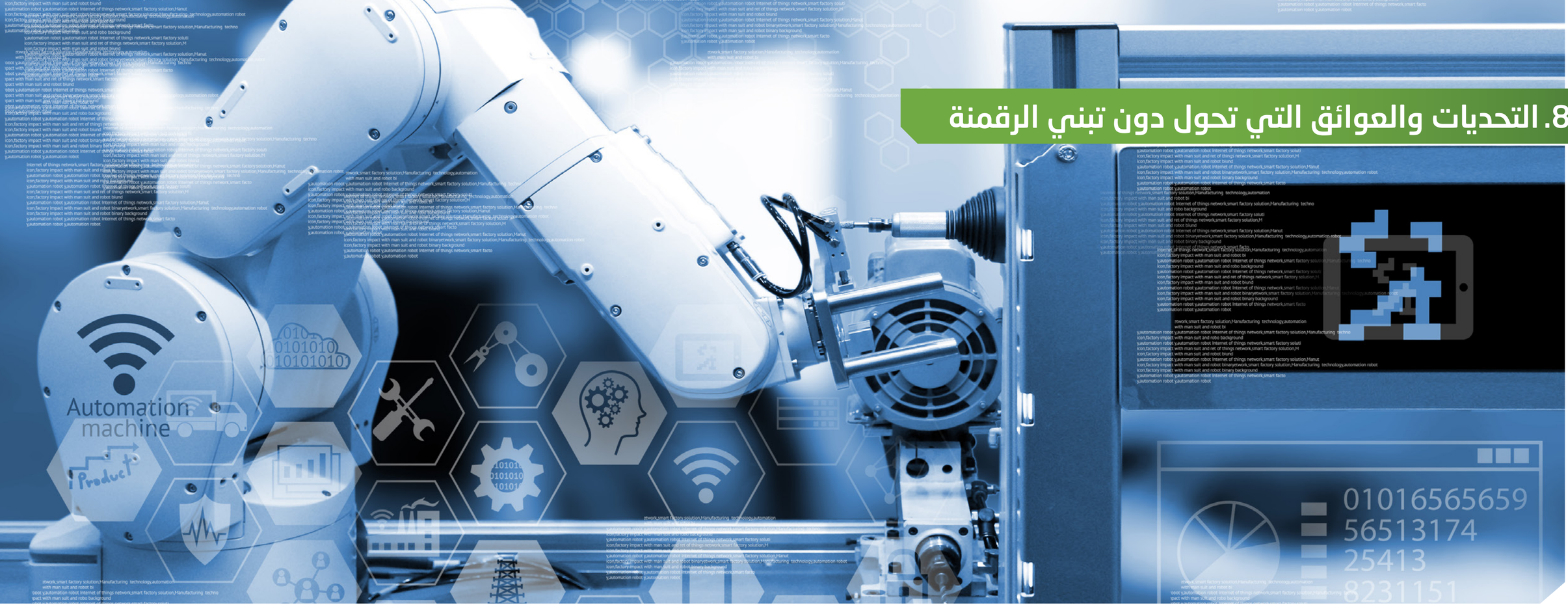
تُحقق جهود الرقمنة في شركة الزامل للحديد تحسينات هائلة في الفعالية الشاملة للمعدات والأرباح. وفيما يلي النتائج الملحوظة:

- تحسين الفعالية الشاملة للمعدات: شهدت الفعالية الشاملة للمعدات، التي بلغت سابقا 52% فقط، ارتفاعًا ملحوظًا حيث بلغت 65% بعد تنفيذ الحلول الرقمية، وقد تحقق هذا التقدم من خلال تعزيز كفاءة الآلات، وتقليل وقت التوقف عن العمل، وتحسين الاستفادة من الموارد.
- العائد على الاستثمار: تحقق شركة الزامل للحديد عائدًا على الاستثمار خلال فترة 24 شهرًا، ويساهم توفير التكاليف الناتج عن تحسين الكفاءة وتقليل الهدر والاستخدام الأمثل للموارد في تحقيق هذه النتيجة المالية الإيجابية.
- زيادة الإيرادات: أدى التحول الرقمي إلى تحقيق زيادة كبيرة في الإيرادات الســـنوية بقيمة 24,000,000 ريال ســـعودي، ويعزى هذا النمو في الإيرادات في المقام الأول إلى تحسين الكفاءة التشغيلية، وتحسين مراقبة الجودة، وتحسين مخرجات الإنتاج

5 الخاتمة:

نجحت مبادرة الرقمنة الخاصة بشركة الزامل للحديد في تحقيق أهدافها المتمثلة في تحسين الفعالية الشاملة للمعدات والأرباح، حيث حقق المصنع نتائج ملحوظة من خلال تنفيذ بوابات حوسبة الحافة، والاستفادة من منصة ثينج وركس، وقد أدى تكامل أجهزة إنترنت الأشياء الصناعي مع أنظمة تنفيذ التصنيع وتخطيط موارد المؤسسة إلى تمكين التتبع الفعال للمكونات طوال عملية التصنيع، وتسلط هذه الدراسة الضوء على التأثير الإيجابي للرقمنة في عمليات شركة الزامل للحديد، مؤكدة على أهمية الاستفادة من التقنيات الرقمية لتعزيز الفعالية والأرباح في مجال تصنيع الصلب.

8. التحديات والعوائق التي تحول دون تبني الرقمنة



لا يزال اعتمـــاد الرقمنة في قطاع التصنيع في المملكة العربية الســـعودية بصدد تحديات وعوائق مختلفة، بالرغم من وجود بنية تحتية رقمية وشـــبكة اتصالات جيدة نســـبيًا مقارنة بالعديد من البلدان الأخرى، ويتمثل أحد التحديات الرئيسية في محدودية المهارات والخبرات الرقمية بين القوى العاملة، وعلى الرغم مما تبذله الدولة من جهود جبارة لتعزيز محو الأمية الرقمية والتعليم الفني، لا تزال هناك حاجة لمزيد من برامج الاستثمار والتدريب لتعزيز القدرات الرقميـــة للقوى العاملة، وفضلًا عن ذلك، فمن شـــأن الطبيعة المحافظة للصناعة التحويلية في المملكة العربية الســـعودية، إلى جانب مقاومة التغيير وتفضيل الأساليب التقليدية، أن تعيق اعتماد التقنيات الرقمية على نطاق واســـع. ويتطلـــب التغلب على هذه العوائق بذل جهود متضافرة لتعزيز ثقافة الابتكار والتحول الرقمي، إلى جانب المبادرات المستهدفة لبناء المهارات الرقمية ونشر الوعي بين القوى العاملة في مجال التصنيع.

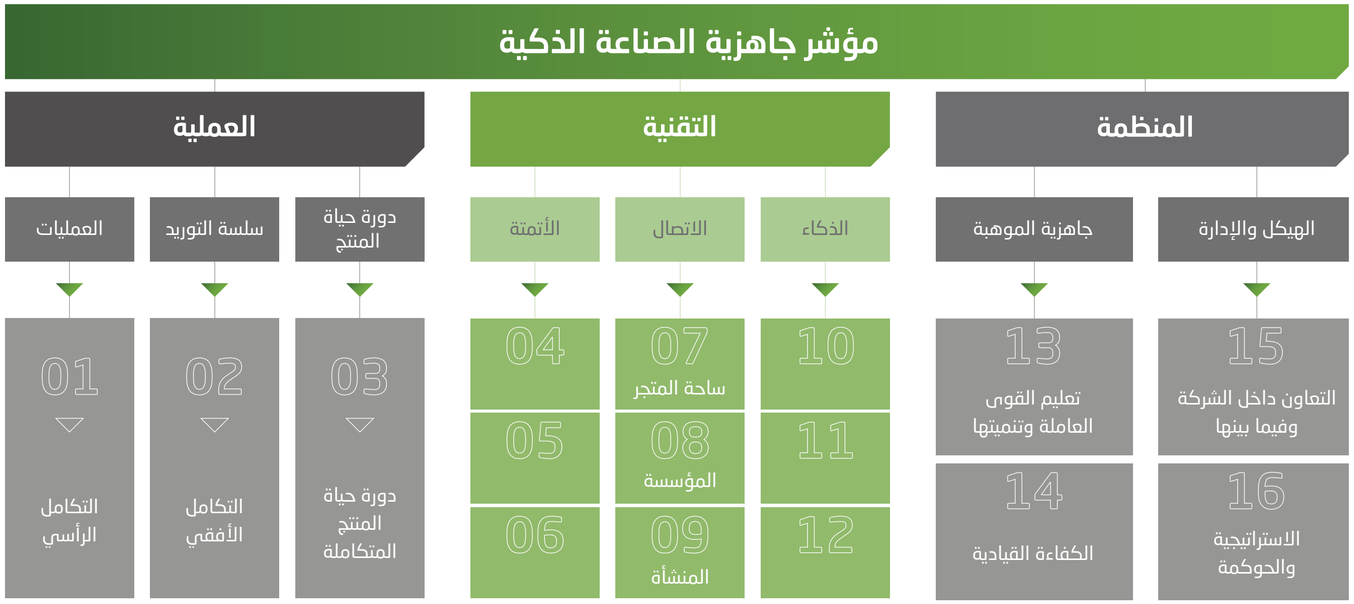
9. خريطة طريق النجاح في التحول الرقمي

يعد التحول الرقمي جزءً أساسيًا من النمو والاستمرار في عالم الأعمال الحالي سريع التطور، حيث يُقصد به عملية الاستفادة من التقنيات الرقمية لاستحداث عمليات الأعمال وتجارب المستفيدين والثقافة أو تعديلها بهدف تلبية متطلبات الأعمال والسوق المتغيرة، وفي ظل تقدم الثورة الصناعية الرابعة، أصبح التحول الرقمي على مستوى جديد من الأهمية، من أجل إنشاء مصانع ذكية وزيادة الاتصالات بين الأعمال، وتحدد هذه الخريطة خطوات استراتيجية رفيعة المستوى نحو تحقيق التحول الرقمي الناجح، بما في ذلك تقييم الجاهزية للثورة الصناعية الرابعة باستخدام إطار مؤشر جاهزية الصناعة الذكية، حيث ترسم الخريطة رحلة جني الثمار سهلة المنال وتوسيع نطاقها.

خارطة طريق التحول الرقمي

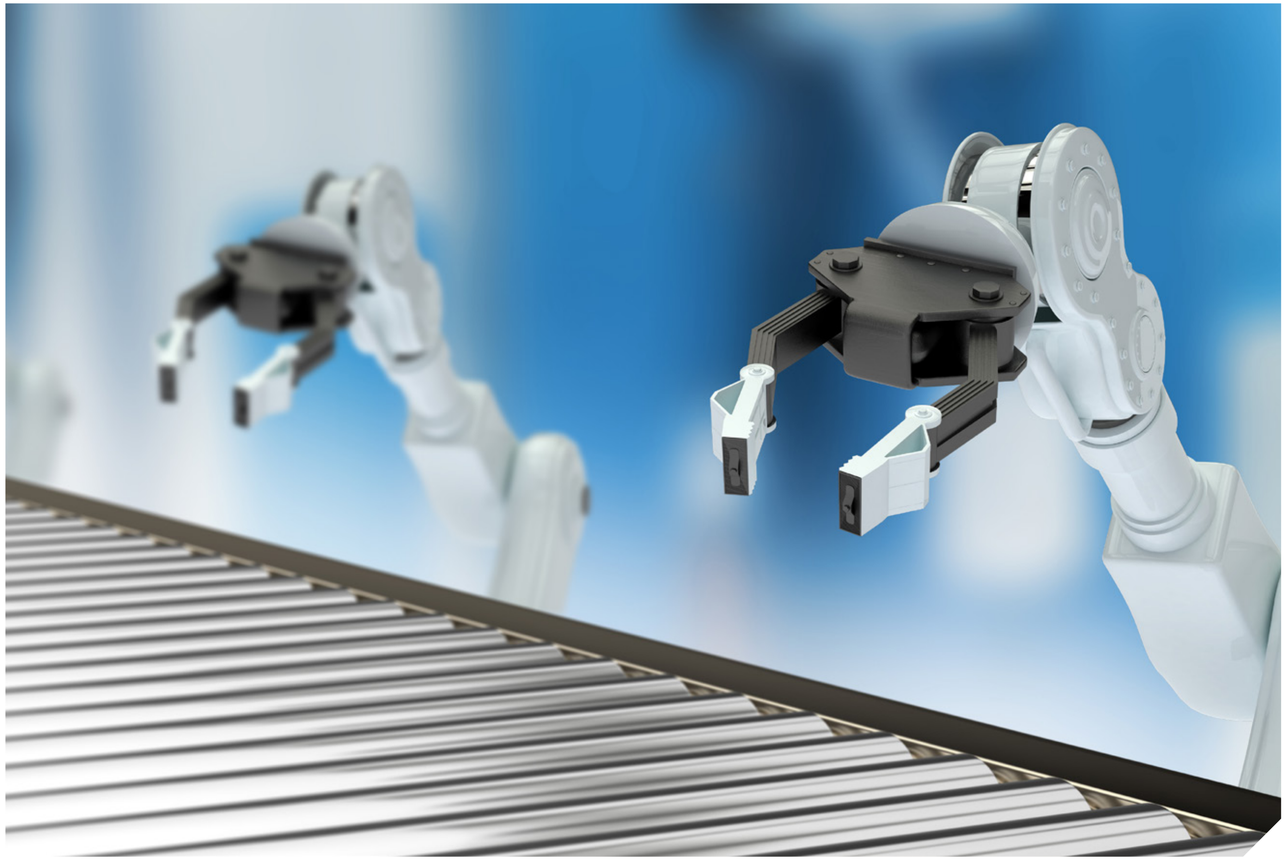
1. التقييم:

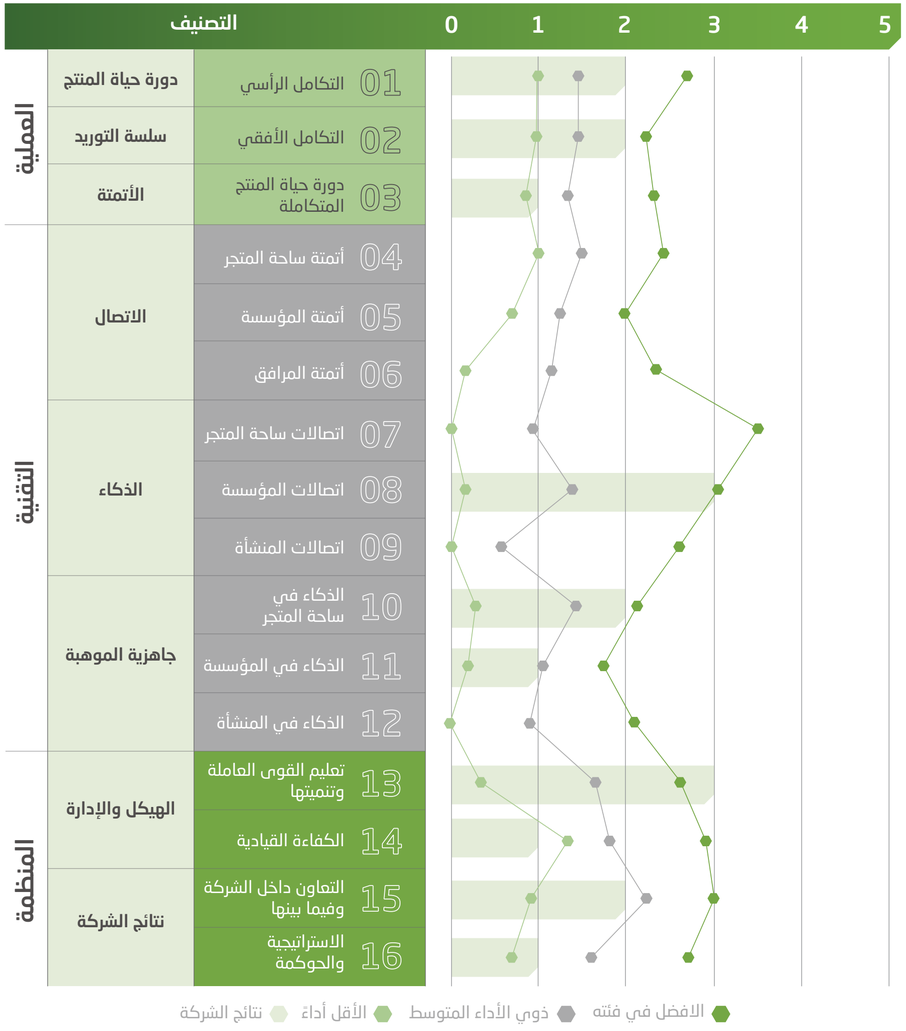
تتمثل أول خطوة في رحلة التحول الرقمي في إدراك نقطة البداية، ولتتأكد من جاهزية منظمتك للتحول الرقمي، فلا بد من البدء بإجراء تقييم الجاهزية للثورة الصناعية الرابعة باستخدام إطار مؤشر جاهزية الصناعة الذكية، إذ تساعد هذه الأداة المنظمات على تحديد المواطن الرئيسية التي تحتاج للتحسين ورسم الخطوات المطلوبة للاستفادة من تقنيات الثورة الصناعية الرابعة على نحو فعال، ويركز تقييم مؤشر جاهزية الصناعة الذكية على ثلاثة مواطن رئيسية: العمليات والتقنية والمنظمة، وتتضمن هذه المواطن 16 بعدًا، مثل الأتمتة والاتصال والذكاء والتدريب والتعليم. وسيؤدي إجراء التقييم الشامل إلى رسم خريطة طريق مخصصة لمنظمتك، بحيث تسلط الضوء على مواطن القوة والمواطن التي تحتاج للتحسينات.



مخطط 1- الأبعاد الستة عشر لتقييم مؤشر جاهزية الصناعة الذكية

ترســـم هذه الأبعاد صورة شـــاملة لجاهزية منظمتك للثورة الصناعية الرابعة مع تسليط الضوء على مواطن القوة والكشف عن المواطن المحتملة التي تحتاج للتحســـينات، كما يمكن لنتائج التقييم أن توجه تركيزك نحو الجوانب التي تتطلب اهتمامًا فوريًا، وبالتالي تشكيل استراتيجية شاملة للتحول الرقمي.





مخطط 2- الأبعاد الستة عشر لمجموع نقاط مؤشر جاهزية الصناعة الذكية

2. الخطة:

تتمثل الخطوة التالية للتقييم في وضع رؤية واضحة لتحولك الرقمي وتحديد الأهداف الاستراتيجية التي تود تحقيقها، ويتعين أن تكون الرؤية طموحة مستندة في نفس الوقت إلى الحقائق المحددة في تقييم مؤشر جاهزية الصناعة الذكية، كما يتعين أن تحدد الاستراتيجية الجدول الزمني والموارد والعقبات المحتملة والنتائج المتوقعة لكل مرحلة من مراحل عملية التحول.

ينبغي أن يركز التحول الرقمي على تحديد وجني الثمار سهلة المنال، ويقصد بها المجالات التي يمكن أن تؤدي فيها التغييرات الصغيرة إلى عوائد كبيرة، فيمكن أن يكون الأمر بسيطًا مثل أتمتة المهام المتكررة، أو دمج إدارة البيانات السحابية أو تنفيذ خوارزميات تعلم الآلة للصيانة التنبؤية؛ ومن السهل نسبياً تنفيذ هذه التغييرات وتحقيق فوائد فورية، مما يدل على قيمة التحول ويضمن مبكرًا تأييد أصحاب المصلحة لهذا التحول.

3. تحديد المشاريع وترتيب أولويتها:

مع وضع الاستراتيجية في موضعها الصحيح، حدد المشاريع المحتملة التي تتماشى مع رؤيتك التحولية ثم رتب أولوية هذه المشاريع بناءً على جدواها وتأثيرها ومواءمتها لأهداف العمل، وفكر في البدء بالمشاريع التي تجني "الثمار سهلة المنال" التي تقدم قيمة كبيرة مع مستوى تعقيد عند التنفيذ منخفض نسبيًا، حيث يساعد هذا النهج على بناء الزخم وإظهار النجاح المبكر وكسب تأييد أصحاب المصلحة.

مخطط 3- ترتيب أولوية المشاريع

4. التنفيذ:

يحين وقت تنفيذ المشاريع بمجرد تحديدها وترتيب أولويتها، يتعين إنشاء فرق مخصصة لكل مشروع، وتحديد الأدوار والمسؤوليات بوضوح، وضمان توفر الموارد اللازمة، ولا بد في هذه المرحلة من تتبع التقدم المحرز بانتظام وتوفير خطوط التواصل المفتوحة بهدف التأكد من سير التنفيذ بسلاسة والتعامل مع أي مشكلات مفاجئة بشكل فوري.

يتعين عليك تحديد المشاريع الصغيرة ذات التأثير العالي وتنفيذها في خارطة الطريق التي تعدها، وقد تكون هذه المشـــاريع أكثر تعقيدًا بعض الشيء مقارنة بالمشاريع التي تجني الثمار ســـهلة المنال، إلا أنها لا تزال ســـهلة من حيث إدارتها كما أنها تدر الفوائد الضخمة، فعلى ســـبيل المثال، يمكنك إدخال أجهزة إنترنت الأشياء في خط الإنتـــاج الخاص بك لمراقبة الأداء وتوقع المشـــكلات، أو يمكنك اســـتخدام الذكاء الاصطناعي لتحسين سلسلة التوريد. ولا تقتصر هذه المشاريع على تحقيق عائد مرتفع على الاستثمار فحسب، بل تعتبر أيضًا فرصًا تعليمية لتوسيع نطاق جهود التحول.

5. المراقبة والتقييم:

للتأكد من أن مبادرات تحولك الرقمي تسير على المسار الصحيح، فمن الضروري مراقبة التقدم المحرز في تحقيق الأهداف المحددة، حيث تساعد التقييمات المنتظمة على تحديد أي انحرافات مبكرًا، مما يتيح اتخاذ الإجراءات التصحيحية في الوقت المناسب. اســـتخدم المقاييس الكمية مثل مؤشرات الأداء الرئيســـية والتعليقات النوعية من أصحاب المصلحة لتقييم الأداء الشامل.

6. التوسع والتكرار:

بمجرد ظهور علامات النجاح على المشروع، فكر في توسيع نطاقه عبر المنظمة، وأثناء التوسع، من الضروري أيضًا تكرار المشروع وتحسينه استنادًا إلى المعرفة المكتسبة من التنفيذ الأولي، حيث يتيح هذا النهج الاستفادة من الإمكانات الكاملة للمشاريع الناجحة، مما يؤدي إلى تحقيق قيمة كبيرة لمنظمتك.

7. التحسين المستمر:

لا يعتبر التحول الرقمي وجهة، بل هو رحلة مســـتمرة إذ يستمر مشهد الأعمال والتقنيات في التطور وتزداد توقعات العملاء كذلك، مما يســـتلزم عقلية التحسين المستمر، ومن الأمور الأساسية في هذا التطور وجود اســـتراتيجية قوية لتدريب القوى العاملة وتطويرها، تعمل على إعداد الموظفين للاســـتفادة من الأدوات والتقنيات الرقمية بشكل فعال.

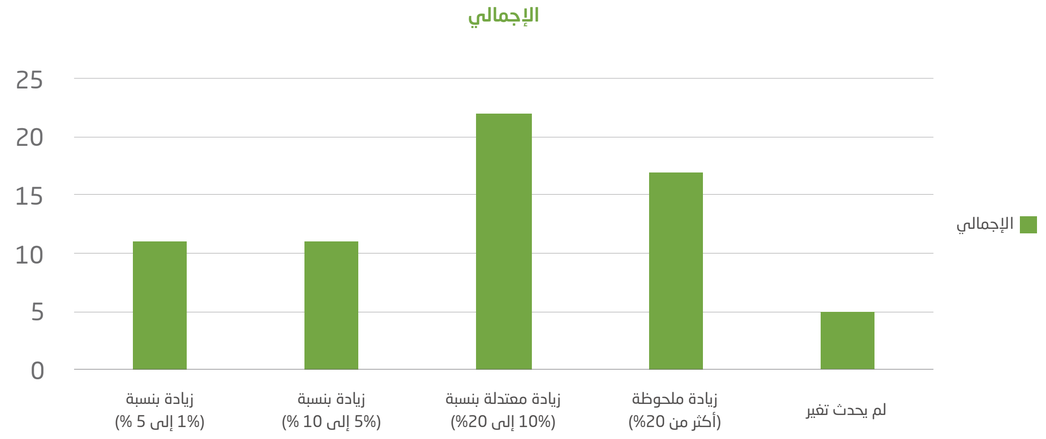
لا غنى عن التدريب والتطوير المستمرين لتزويد القوى العاملة بالمهارات الرقمية اللازمة لقيادة رحلة التحول، فيمكن للقوى العاملة ذات الكفاءة الرقمية أن تتكيف بشكل أفضل مع التحولات التقنية، وأن تحفز الابتكار، وأن تعزز تقديم خدمة العملاء. ونظرًا لتزايد أهمية المهارات الرقمية في المشـــهد التقني المتغير باستمرار، فإن من مقومات النجاح المســـتمر إعادة تقييم إســـتراتيجية تحولك الرقمي بانتظام والتعلم من النجاحات والإخفاقات، ومواكبة التطورات التقنية، كما يعد من الضـــروري أيضًا تحديث برامج تدريب القوى العاملة وتطويرها لتعكس هذه التغيرات.

الملحق

أ- نتائج المسح الموحد

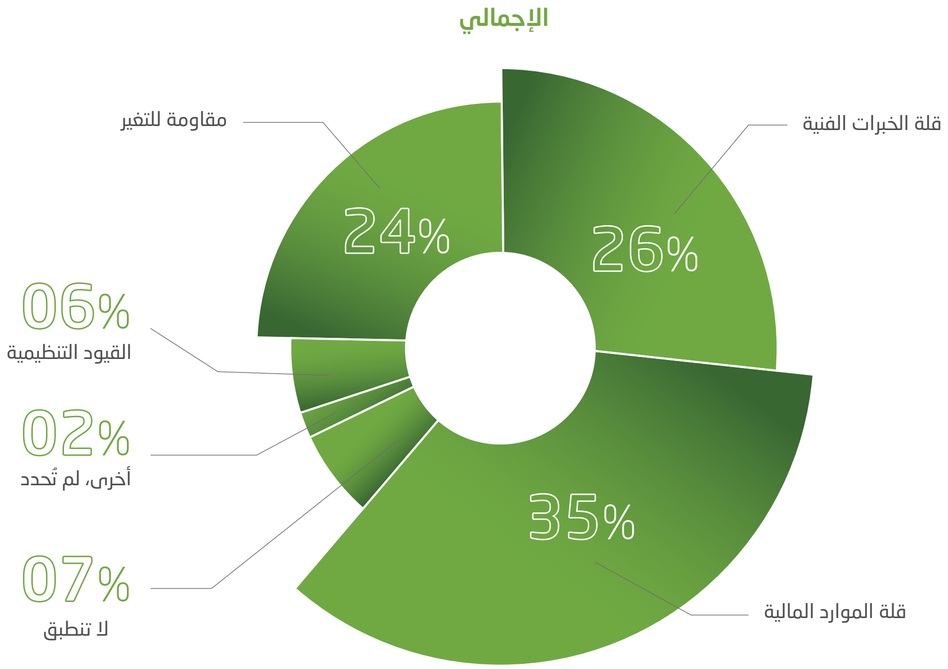
نتائج المسح من 77 شركة.

الشـــركات الراغبة في زيادة ميزانيتها المخصصة للرقمنة في مجال التصنيع.



رسم بياني 1 - تخصيص الميزانية للرقمنة في المملكة العربية السعودية ر1

التحديات التي تواجه الشركات في رقمنة عملياتها التجارية.



رسم بياني 2 - التحديات التي تواجهها الشركات في المملكة العربية السعودية ر2

ب- مصادر ومراجع إضافية

ماكنزي https://uat.mckinsey.com/industries/advanced-electronics/our-insights/capturing-value-at-scale-in-discrete-manufacturing-with-industry-4-0

برايس ووترهاوس كوبرز https://www.pwc.com/gx/en/industries/industry-4-0.html

شركة ديلويت https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/industry-4-0.html

مجموعة بوسطن الاستشارية

وزارة الصناعة والثروة المعدنية https://mim.gov.sa/mim/index-ltr.html

شركة ستاتيستا https://www.statista.com/statistics/611004/global-industrial-internet-of-things-market-size/

1 **إكس نرجي تك** https://www.xnergytech.com/myservice/automative-manufacturing/

2 **شركة أدفانتيك**

4 **بوسطن ديناميكس**

5 https://atlantic.swagelok.com/en/about-us/swage-talks-blog/virtual-services

6 **بوسطن ديناميكس**

7 https://stillwaterassociates.com/deregulation-mexico/

8 **تقارير خدمات الاستخبارات الجيوسياسية عبر الانترنت GIS Reports Online**

9 https://blog.3ds.com/topics/virtual-experience/virtual-twin-experiences-powered-by-data-science/

10 https://www.packagingstrategies.com/articles/97361-rapid-robotics-and-universal-robots-partner-to-deploy-cobots

جدول 1 صندوق التنمية الصناعية السعودية

جدول 2 وزارة الصناعة والثروة المعدنية

جدول 3 وزارة الصناعة والثروة المعدنية

جدول 4 وزارة الصناعة والثروة المعدنية

شركة 1 ماكنزي وستاتيستا

جدول 5 منظمة الأمـــم المتحدة للتنمية الصناعية، مؤتمر الأمم المتحدة للتجارة والتنمية (أونكتاد)، المعهد الوطني للمعايير والتقنية، شركة التقنية المساندة، الجمعية الدولية للأتمتة، المنتدى الاقتصادي العالمي، يوروستات، التقارير السنوية للشركات، جراند فيو للأبحاث

شركة 2 ماكنزي وستاتيستا

دراسة 1 الزامل للصناعات الحديدية

مخطط 1 المركز الدولي للتحول الصناعي - مؤشر جاهزية الصناعة الذكية

جدول 2 المركز الدولي للتحول الصناعي - مؤشر جاهزية الصناعة الذكية

جدول 3 المركز الدولي للتحول الصناعي - مؤشر جاهزية الصناعة الذكية

دراسة 1 نتائج مسح صندوق التنمية الصناعية السعودي

دراسة 2 نتائج مسح صندوق التنمية الصناعية السعودي

R1 تصنيف التنافسية الرقمية العالمية
https://www.imd.org/centers/wcc/world-competitiveness-center/rankings/world-digital-competitiveness-ranking/

ج- مسرد المصطلحات

1. التصنيع الإضافي (الطباعة ثلاثية الأبعاد): عملية لإنتاج أشياء ثلاثية الأبعاد عن طريق وضع طبقات من المواد الواحدة تلو الأخرى باستخدام نموذج رقمي.
2. الذكاء الاصطناعي: يقصد به محاكاة الذكاء البشري في الآلات، لتمكينها من أداء المهام والتعلم واتخاذ القرارات.
3. إدارة سلسلة الإمداد المرنة: نهج مرن وسريع الاستجابة لإدارة تدفق السلع والخدمات والمعلومات عبر سلسلة الإمداد.
4. تحليلات البيانات الضخمة: عملية فحص واستخلاص الرؤى من كميات كبيرة من البيانات المنظمة وغير المنظمة.
5. سلسلة الكتل (blockchain): تقنية لا مركزية وآمنة تتيح تبادل البيانات بشكل شفاف وغير قابل للتلاعب.
6. الحوسبة السحابية: تقديم خدمات الحوسبة، بما في ذلك التخزين، وقدرة المعالجة، والبرمجيات، عبر الإنترنت.
7. الأمن السيبراني: ممارسة حماية أنظمة الحاسب الآلي والشبكات والبيانات من الهجمات الرقمية أو الوصول غير المصرح به أو الضرر.
8. التحول الرقمي: عملية الاستفادة من التقنيات الرقمية لاستحداث عمليات الأعمال وتجارب المستفيدين والثقافة أو تعديلها بهدف تلبية المتطلبات المتغيرة للسوق والأعمال.
9. التوأم الرقمي: نسخة افتراضية للأصل المادي أو العملية أو النظام، تتيح المراقبة والتحليل والتحسين لحظيًّا.
10. الأتمتة الصناعية: استخدام أنظمة التحكم وتقنياته لأتمتة العمليات الصناعية؛ مما يؤدي لتحسين الكفاءة والإنتاجية والسلامة.
11. إنترنت الأشياء الصناعي: شبكة من الأجهزة والآلات والأنظمة المترابطة في القطاع الصناعي التي تعمل على جمع البيانات ومشاركتها وتحليلها.
12. الثورة الصناعية الرابعة: الاتجاه الحالي للأتمتة وتبادل البيانات في تقنيات التصنيع، بما في ذلك الأنظمة السيرانية المادية، وإنترنت الأشياء، والحوسبة السحابية، والحوسبة المعرفية.
13. الدمج مع أنظمة تخطيط موارد المؤسسة: دمج الأنظمة أو العمليات مع أنظمة تخطيط موارد المؤسسة، وهي منصات برمجية تدير العمليات والبيانات التجارية الأساسية.
14. إنترنت الأشياء: شبكة من الأجهزة المادية والمركبات والأجهزة والأشياء الأخرى المضمنة لأجهزة استشعار وبرمجيات واتصال لتبادل البيانات وأداء المهام.
15. أجهزة استشعار إنترنت الأشياء: الأجهزة التي تجمع البيانات حول معايير مختلفة، مثل درجة الحرارة والضغط ومعدلات التدفق وأداء المعدات.
16. مؤشرات الأداء الرئيسية: مقاييس كمية تستخدم لتقييم أداء أو نجاح مشروع أو مبادرة.
17. تعلم الآلة: مجموعة فرعية من الذكاء الاصطناعي تمكن الآلات من التعلم من البيانات وتحسين أدائها دون أن تُبرمج بشكل صريح.

قائمة الاختصارات

1	AI	الذكاء الاصطناعي
2	AM	التصنيع الإضافي
3	API	واجهة برمجة التطبيقات
4	AR	الواقع المعزز
5	AWS	خدمات أمازون ويب
6	B2B	معاملات الشركات
7	B2C	مباشرة إلى المستهلك
8	BPM	إدارة إجراءات العمل
9	BOM	فاتورة المواد
10	CAD	التصميم بمساعدة الحاسوب
11	CAM	التصنيع بمساعدة الحاسوب
12	CNC	التحكم الرقمي باستخدام الحاسوب
13	EHS	البيئة، والصحة، والسلامة
14	ETL	الاستخراج، والتحويل، والتحميل
15	ERP	تخطيط موارد المؤسسة
16	FMEA	تحليل أنماط الفشل وتأثيراته
17	GDP	الناتج المحلي الإجمالي
18	GE	جنرال إلكتريك
19	HMI	واجهة الآلة البشرية
20	IBM	إنترناشنل بزنس مشينز
21	IIoT	إنترنت الأشياء الصناعي
22	IoT	إنترنت الأشياء
23	IT	تقنية المعلومات
24	JIT	في الوقت المناسب
25	KACST	مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية
26	KAUST	جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية
27	KPI	مؤشر الأداء الرئيسي
28	MES	نظام تنفيذ التصنيع
29	ML	تعلم الآلة
30	MODON	(الهيئة السعودية للمدن الصناعية ومناطق التقنية) مدن
31	NEOM	مشروع المدينة الذكية في المملكة العربية السعودية
32	NIDLP	برنامج تطوير الصناعة الوطنية والخدمات اللوجستية
33	OEE	الفعالية الشاملة للمعدات
34	PaaS	المنتج ككخدمة
35	PLC	وحدة التحكم المنطقية القابلة للبرمجة
36	QC	مراقبة الجودة
37	QMS	نظام إدارة الجودة
38	RFID	تحديد الهوية بموجات الراديو
39	ROI	العائد على الاستثمار
40	RPA	أتمتة العمليات الروبوتية
41	SAP	الأنظمة، والتطبيقات، والمنتجات
42	SIDF	صندوق التنمية الصناعية السعودي
43	SIRI	مؤشر جاهزية الصناعة الذكية
44	SKU	وحدة حفظ المخزون
45	SPC	التحكم في العملية الإحصائية
46	TPM	الصيانة الإنتاجية الشاملة
47	UI	واجهة المستخدم
48	UX	تجربة المستخدم
49	VR	الواقع الافتراضي
50	WIP	عمل قيد التنفيذ

شكراً