



الثورة الصناعية الرابعة.. منعطف هائل في تاريخ البشرية

❖ رئيس مجلس الإدارة

حضرة صاحب السمو أمير البلاد

الشيخ صباح الأحمد الجابر الصباح

حفظه الله ورعااه



مؤسسة الكويت للتقدم العلمي
Kuwait Foundation for the Advancement of Sciences

أعضاء مجلس الإدارة

- أ. د. فايزة محمد الخرافي
- أ. مصطفى جاسم الشمالي
- أ. أسامة محمد النصف
- د. يوسف حمد الإبراهيم
- أ. هاني عبد العزيز حسين
- د. صلاح عبداللطيف العتيقي
- أ. خالد خضير المشعان

المدير العام

- د. عدنان أحمد شهاب الدين

النقد العلمى

AL-TAQADDUM AL-ILMI

العدد 103 - أكتوبر 2018 م - المحرم 1440 هـ
October 2018 No. 103

مجلة علمية ثقافية فصلية تصدر عن مؤسسة الكويت للتقدم العلمى



رئيس التحرير

د. سلام أحمد العبلانى

المحرر العلمى

د. عبد الله بدران

تشهد البشرية منعطفًا جديدًا في تاريخها بسبب تطورات هائلة أحدثتها الثورة الصناعية الرابعة التي بدأت بوادرها في ثمانينيات وتسعينيات القرن الماضي، لكنها تمتاز عن الثورات الثلاث الماضية بسرعتها الجامحة، ومجالها الواسع، وتأثيرها الكبير في كل المجالات.

جميع المراسلات ترسل باسم رئيس تحرير مجلة التقدم العلمى
مؤسسة الكويت للتقدم العلمى

Correspondence : Editor-in-Chief
Kuwait Foundation for the Advancement of Sciences

ص. ب : 25263 الرمز البريدي 13113 الصفاة-الكويت فاكس : (+965)22278161 هاتف : (+965)22278160
P.O.Box: 25263 - P.C.13113 Safat - Kuwait Fax. (+965) 22278161 - Tel. (+965) 22278160
e-mail: magazine@kfas.org.kw

ما تتضمنه موضوعات المجلة يعبر عن وجهة نظر كاتبها ولا يمثل بالضرورة وجهة نظر المجلة.
ويتحمل كاتب المقال جميع الحقوق الفكرية المترتبة للغير.



رئيس التحرير

د. سلام أحمد العباني

الرقمية، مما جعل الهوة تزداد اتساعاً بين الدول المتقدمة والدول التي تحاول جاهدةً اللحاق بالتطورات المتسارعة. لذا فالمرقب التاريخي يستطيع أن يرى اتصالاً بين الثورات الثلاث بحيث بدأت بميكنة الإنتاج، ثم ضخامة الإنتاج، ثم أتمتة الإنتاج.

أما الآن فنحن نعيش تحولات الثورة الرقمية التي بدأت في الربع الأخير من القرن الماضي، والتي تتميز بانصهار جميع التقنيات التي تم التوصل إليها، بحيث تداخلت العوالم الفيزيائية والرقمية والبيولوجية وتم طمس الخطوط الفاصلة بينها. وهناك ثلاثة أسباب تجعل هذه التحولات متفردة في طبيعتها ومتميزة، وليست مجرد امتداد للثالثة. هذه الأسباب هي سرعة التغيير، ونطاقه، وتأثير هذه التحولات في النظم السائدة. فسرعة الاختراقات العلمية الحالية لا يوجد لها مثيل في التاريخ البشري، إذ نرى بأعيننا تطور التقنيات الرقمية بسرعة مذهلة مقارنة بالثورات الصناعية السابقة. ونطاق هذه التطورات قلب موازين ومفاهيم التكنولوجيا السائدة إلى عهد قريب في كل العالم. فما كان ينظر إليه على أنه تكنولوجيا متقدمة تم نسفه تماماً وأصبح بلا فائدة اقتصادية، والأمثلة على ذلك كثيرة جداً. والسبب الأخير هو التأثير العظيم لهذه التحولات في أنظمة الإنتاج والإدارة والحوكمة بكاملها. ونتيجة لذلك فنحن نرى بلايين البشر يتواصلون بواسطة الهواتف المحمولة مع إنترنت ذات سرعات خيالية، وقدرات غير محدودة للوصول إلى المعلومة، إضافة إلى إنجازات تكنولوجيا غير مسبوقة في مجالات الذكاء الاصطناعي والروبوتات، وإنترنت الأشياء، والمركبات الذاتية القيادة، والطباعة الثلاثية الأبعاد، وتقنيات النانو، والتكنولوجيا الحيوية، وعلوم المواد، والحوسبة الكمومية. ■

وعود الثورة الصناعية الرابعة

نقف اليوم على حافة الثورة التكنولوجية الرابعة التي ستغير جذريا الطريقة التي نحيا بها ونعمل. هذا التحول الجبار الذي تعد به الثورة الرابعة سيضم جميع مناحي حياتنا وسيكون فريداً من نوعه في تاريخ البشرية، سواء من ناحية حجم التغيير أو تعقيده. والحقيقة أننا لا نعرف بالضبط كيفية هذا التحول لأننا نعيش زخمه العارم لحظةً فلحظة، لكننا نعرف على وجه اليقين أنه لكي ننجح في مواكبة الدول المتقدمة فإن استجابتنا لهذه التغيرات يجب أن تكون شاملة ومتكاملة وتضم جميع الأطياف التي تمثل أركان المجتمع المدني والقطاعات الوظيفية العامة والخاصة والمجتمعات الأكاديمية والمؤسسات المجتمعية.

الثورة الصناعية الأولى قامت على اكتشافات واختراعات هائلة في زمنها، تمحورت حول استخدام وتطوير طاقة المياه والبخار لميكنة الإنتاجية، ومنها بدأ التحول التدريجي للمجتمعات من طبيعتها الزراعية إلى هوية جديدة تتسم بالصناعات التي اعتمدت على المحركات البخارية سواء في الإنتاج أو في النقل والمواصلات. أما الثورة الثانية فتميزت باستخدام الطاقة الكهربائية التي مكنت الدول ذات المصادر الطبيعية المتنوعة من تكريس قدراتها لاستغلال تلك المصادر في الصناعة، مما أطلق العنان للمجتمعات الصناعية لأن تخلق مبدأ الإنتاجية الضخمة (mass production). وبدأ ظهور الآلات الكهربائية واستغلالها في السلم والحرب وتميزت هذه الحقبة باختراعات مهمة جداً أثرت بصورة كبيرة في تطور الحضارة الإنسانية.

أما أعظم إنجازات الثورة الثالثة فكان استخدام الإلكترونيات وتكنولوجيا المعلومات والصناعات

ملف العدد <<

8 الثورات الصناعية الأربع: إطلالة تاريخية
د. محمد عبد القادر الفقي

16 الثورة الصناعية الرابعة: آفاقها ومستلزماتها
في الوطن العربي
د. محمد مرياتي

23 الذكاء الاصطناعي وآفاقه الواعدة
د. منذر الحمدوش

30 طب النانو.. سلاح القرن لفتح الأمراض
المستعصية
د. محمد شريف الإسكندراني

36 الروبوتات.. ثورة الاستخدامات اللامتناهية
د محمد سامي الحجى

40 إنترنت الأشياء.. ترابط الإنسان والمكان
والزمن
م. حنان عواد

45 آفاق الوراثة والمعلوماتية الحيوية في ضوء
الثورة الرابعة
د. طارق قابيل

50 أمن المعلومات في عصر الثورة الرابعة
د. صفاء زمان



من مقالات العدد <<



لقاحات المستقبل.. تقنيات واعدة تلوح في الأفق

60 د.عبدالرحمن أمين

علاجات واعدة لسرطان الثدي

م . ماجد العنزي

66



محطات الطاقة النووية وتقييم الآثار البيئية

72 د.وفاء محمد مصطفى سالم

الأمّن الغذائي في العالم والنهار السرمدي

د. قاسم زكي

76



اللحوم المصنعة.. ثورة في عالم التغذية

84 م. أمجد قاسم





ملف العدد « «

الثورة الصناعية الرابعة.. آفاق لا حدود لها

المحركات، وأبعادها المتنوعة، وآفاق تلك الثورة التي تمثل منعطفًا هائلًا في تاريخ البشرية، ولاسيما تحدياتها ومستلزماتها في الوطن العربي. والتطورات الحاصلة في بعض مجالات هذه الثورة ستسعى إلى إعادة تعريف ما يعنيه أن نكون بشرًا عن طريق زيادة العتبات الحالية للعمر، والصحة، والإدراك، والقدرات، وهي أمور ستدفعنا إلى إعادة تعريف حدودنا المعنوية والأخلاقية.

هنالك محركات رئيسية ستقود العالم في الفترة المقبلة نتيجة التطورات الهائلة التي أحدثتها الثورة الصناعية الرابعة، لعل من أهمها الذكاء الاصطناعي، والروبوتات، والسيارات الذاتية القيادة، والطابعات ثلاثية الأبعاد، والبيانات العملاقة، وإنترنت الأشياء، والتقانة النانوية والحيوية، وتخزين الطاقة، والحوسبة الكمومية. وملف هذا العدد يتطرق إلى عدد من تلك



الروبوتات..
ثورة الاستخدامات اللامتناهية

الثورة الرابعة.. آفاقها
ومستلزماتها في الوطن العربي



الثورات الصناعية الأربع:
إطلالة تاريخية

آفاق الوراثة والمعلوماتية الحيوية في ضوء الثورة الرابعة

د. طارق قابيل *

يقف العالم على أعتاب الثورة الرابعة في تاريخ البشرية بعد أن بلغت «الثورة الصناعية الثالثة» ذروتها. ووصف المشاركون في منتدى دافوس العالمي الذي اختار عنوان «الثورة الصناعية الرابعة» شعاراً لدورته الـ 46، هذه الثورة بمثابة «تسونامي» التقدم التكنولوجي الذي سيغير الكثير من تفاصيل الحياة البشرية، وتدعم التكنولوجيا الحيوية ما يسمى «بالاقتصاد الحيوي» أو استخدام البيولوجيا لتحفيز التقدم في الزراعة والإنتاج الصناعي والطاقة النظيفة والصحة وحماية البيئة. إن التقدم في التكنولوجيا الحيوية، والمنصات التقنية المرتبطة بها مثل علوم الوراثة والمعلوماتية الحيوية، وغيرها يسهم في ابتكار طرق جديدة لمعالجة مشكلات عديدة تواجه الصناعة، وسيشكل رافداً أساسياً من روافد الثورة الصناعية الرابعة.

أطلق مصطلح
(التكنولوجيا الحيوية)
عام 1919 وعُني به كل
خطوط العمل المؤدية
إلى منتجات ابتداءً
من المواد الأولية
بمساعدة كائنات حية



اتجاهات حديثة

كبيرا على علوم الوراثة والمعلوماتية الحيوية وتطبيقاتها العديدة التي تتطور بشكل متسارع، وتكاد تتداخل مع شتى مجالات الحياة. وتغطي الابتكارات المؤدية للثورة الصناعية الرابعة العديد من المجالات والتقنيات الحديثة، ومنها التكنولوجيا الحيوية التي يُنتظر أن تؤدي إلى تطور ملموس وتغييرات جذرية في مجالات الصحة والزراعة والصناعة. واستخدم الاقتصاد الزراعي المجري (كارل إيركي) مصطلح التكنولوجيا الحيوية للمرة الأولى عام 1919 ليعني به «كل خطوط العمل المؤدية إلى منتجات، ابتداءً من المواد الأولية، بمساعدة كائنات حية». ثم توسع التعريف ليشمل إنتاج مواد بمساعدة كائنات حية كالأنزيمات والكتلة الحيوية، ثم تم تضيق التعريف ليركز على تكنولوجيات جديدة بدلاً من

تعتمد الثورة الصناعية الرابعة على الثورة الرقمية، التي تشكل فيها التكنولوجيا جزءاً لا يتجزأ من المجتمع وحلقة وصل بين العالم المادي والرقمي والبيولوجي، وتتميز باستخدام التكنولوجيا المتقدمة في مختلف المجالات لتحسين الكفاءة، وتعزيز التطورات والنمو. وترتكز هذه الثورة على العديد من المحاور، بما فيها الدمج بين التكنولوجيا المادية والرقمية والحيوية. وتتميز التكنولوجيا المادية بسهولة التعرف إليها نظراً لطبيعتها الملموسة، ومنها السيارات الذاتية القيادة، والطباعة الثلاثية الأبعاد، والروبوتات. وتتلخص التكنولوجيا الرقمية في «إنترنت الأشياء» والبيانات الضخمة، أما التكنولوجيا الحيوية، فتعتمد اعتماداً

التكنولوجيا الحيوية والثورة الجديدة

عندما ظهرت التكنولوجيا الحيوية الحديثة في أواخر السبعينيات، تم تطبيقها للمرة الأولى في قطاع الصحة. وبعد عقد واحد، وصلت المناهج الجزيئية نفسها إلى الصناعات الزراعية والغذائية. وحديثاً، بدأ علماء التكنولوجيا الحيوية في إثراء قدرات العمليات الميكروبية الصناعية بجلب جينات جديدة وتعديل جينوماتها لتناسب حاجات الإنتاج المحددة مسبقاً.

وتعول الثورة الصناعية الرابعة على التكنولوجيا الحيوية البيضاء كرافد من أهم روافدها؛ حيث شهدت التكنولوجيا الحيوية الصناعية تقدماً مذهلاً خلال العقود الثلاثة الماضية، بما في ذلك الصناعات التحويلية والطاقة البديلة، والمواد الحيوية، واستخدام الكائنات الحية لإنتاج مواد كيميائية مطلوبة للاستخدام التجاري حيويًا بدلاً من إنتاجها صناعياً، وتشمل أيضاً التصنيع الدوائي وإنتاج الفيتامينات، والمعالجة الخاصة للأنسجة والجلود، وإنتاج البلاستيك القابل للتحلل العضوي، وغيرها من الاستخدامات الصناعية.

ومع ذلك فإن ثورة التكنولوجيا الحيوية البيضاء أو الإنتاج الصناعي المستقبلي ما زالت في بدايتها، ولكن من شأنها أن تغير وجه صناعات كثيرة إلى الأبد، وتقدم العديد من الحلول الاقتصادية الحيوية الجديدة للطاقة والإنتاج الكيميائي والبلاستيك الحيوي والصيدلة، ووضع معايير جديدة في الإنتاج الشامل للإسهام في تقدم اقتصاد عالمي مستدام في العالم.



عمليات الإنتاج التقليدية. وقسم العلماء فروع التكنولوجيا الحيوية، وأصبح لكل فرع لون مميز تعرف به. التكنولوجيا الحيوية الحمراء هي التكنولوجيا الحيوية في المجال الطبي، من أمثلتها إنتاج المضادات الحيوية من الكائنات الحية واستخدام الهندسة الوراثية لمعالجة الأمراض، وإنتاج أدوية خاصة بالمحتوى الجيني لفرد ما. والتكنولوجيا الحيوية الخضراء هي التكنولوجيا الحيوية في المجال الزراعي، ومن أمثلتها إنتاج النباتات المعدلة وراثياً. والتكنولوجيا الحيوية الزرقاء هي التي تتعامل مع عالم البحار والكائنات البحرية. أما التكنولوجيا الحيوية البيضاء فهي من أكثر المجالات انتشاراً، وقد أدخلت العديد من التعديلات على صناعات قديمة (كالورق والبلاستيك) وهي المعروفة أيضاً بالتكنولوجيا الصناعية.

بعد تحرير الجينوم للكائنات الحية، بما في ذلك الكائنات الدقيقة والنباتات والحيوانات أمراً مثيراً للعديد من التطبيقات المحتملة

**يستفيد أكثر من
350 مليون مريض
في جميع أنحاء العالم
من الأدوية المصنعة
بالتكنولوجيا الحيوية**

تحرير الجينوم للكائنات

ويعد تحرير الجينوم للكائنات الحية، بما في ذلك الكائنات الدقيقة والنباتات والحيوانات، أمراً مثيراً للعديد من التطبيقات المحتملة. ومع هذه التطورات، يمكننا تعزيز إنتاج المواد الكيميائية الحيوية، وزيادة الإنتاج الغذائي والحفاظ على قيمة غذائية أفضل، وتصنيع أجهزة لزراعة الأعضاء. كما تتطور الهندسة الأيضية والبيولوجيا التركيبية بسرعة كبيرة. وقد أدى ذلك إلى إنتاج العديد من المواد الكيميائية، والوقود، ومواد من الكتلة الحيوية المتجددة، بدلاً من الاعتماد على الموارد الأحفورية.

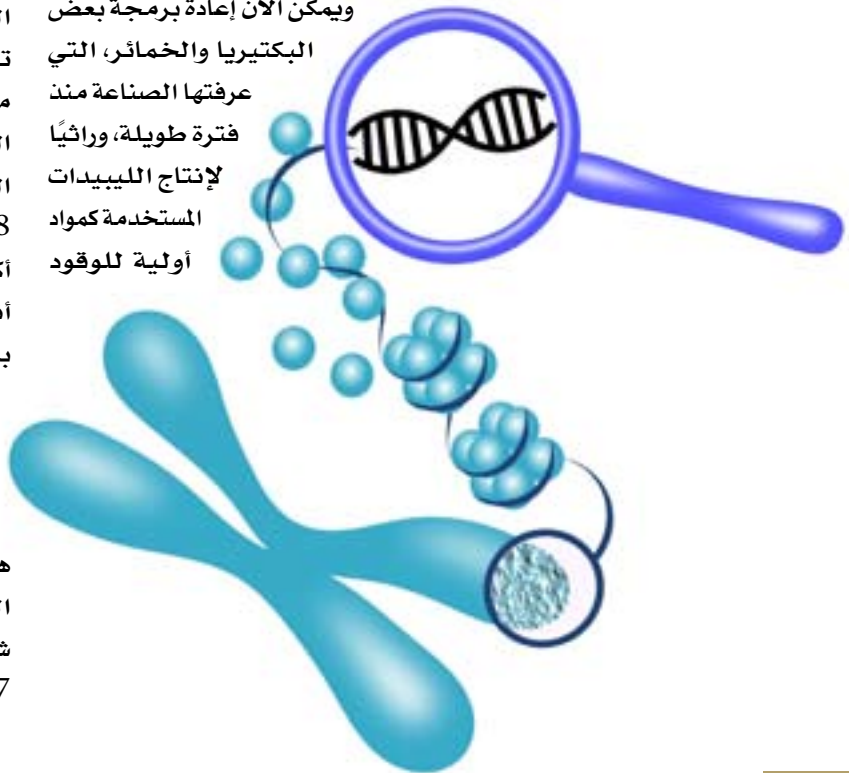
ومع ذلك، فإن ظهور بيولوجيا النظم في نهاية التسعينيات، والبيولوجيا التركيبية في أوائل العقد الأول من القرن الحالي، غيرا بالكامل لعبة تصميم الكائنات الدقيقة، وحتى النظم الحية الأعلى، كعوامل لتحويل المواد الأولية المتنوعة إلى منتجات ذات قيمة عالية على نطاق صناعي. ويمكن الآن إعادة برمجة بعض البكتيريا والخمائر، التي عرفتھا الصناعة منذ فترة طويلة، وراثياً لإنتاج الليبيدات المستخدمة كمواد أولية للوقود

الحيوي، وحتى المواد الكيميائية غير الطبيعية مثل البنزين وحمض التريثاليك يمكن إنتاجها حالياً عن طريق الهندسة الأيضية. إضافة إلى ذلك، أنتجت التكنولوجيا الحيوية المعاصرة مواد حيوية كالكسكيات المتعددة (السليولوز الميكروبي)، والبروتينات (حرير العنكبوت)، وحتى البوليمرات الاصطناعية عن طريق الكائنات الدقيقة المصممة وراثياً. وقد تم تصميم بعض السلالات بنجاح لإنتاج طيف واسع من البوليمرات البيولوجية لاستخدامه في التغليف الصديق للبيئة والأدوية والمواد الذكية.

ثورة في الرعاية الصحية

جاءت القضايا المتعلقة بالصحة في مقدمة جدول أعمال المنتدى الاقتصادي العالمي الذي عُقد في دافوس بسويسرا عام 2016. وتضمنت المناقشات تقريراً للمنتدى، يتنبأ باحتياج 85 شركة دوائية إلى نماذج تجارية جديدة؛ لتحفيز تطوير المضادات الحيوية لمكافحة العدوى المقاومة للأدوية. ويمكن أن تساعد التكنولوجيا الحيوية على معالجة القضايا الوطنية الكبيرة مثل الرعاية الصحية؛ حيث يبلغ الإنفاق العالمي على الرعاية الصحية حالياً 8 تريليونات دولار أمريكي، ويستفيد أكثر من 350 مليون مريض في جميع أنحاء العالم من الأدوية المصنعة بالتكنولوجيا الحيوية.

تمثل التكنولوجيا الحيوية في مجال الرعاية الصحية أكثر من 50% من جميع الأدوية المسوقة، وهذه النسبة تتزايد بشكل مطرد. ويقود هذا العمل الكبير في مجال الرعاية الصحية الحيوية أكثر من 1700 شركة تبلغ قيمتها السوقية أكثر من 17 بليون يورو في أوروبا وحدها.



بحلول عام 2030 ستصبح التكنولوجيا الحيوية جزءاً من حياتنا، من الطب والعلاج إلى المواد الكيميائية والوقود والمواد الصديقة للبيئة

من التنمية الاقتصادية والاجتماعية والإنسانية عموماً، بتخفيضها لتكاليف الإنتاج، وتساهم في رعاية صحية أفضل للإنسان. وستُحدث تغييراً جوهرياً في طريقة عيشنا وعملنا وعلاقتنا ببعضنا بعضاً؛ فهي إيذان ببداية فصل جديد في تاريخ التنمية البشرية، حيث تزودها التطورات التكنولوجية المذهلة بالإمكانات الضخمة. إن هذه الثورة، تدفعنا إلى أن نعيد التفكير في الكيفية التي تتطور بها بلداننا، ويمكن استغلالها بشكل إيجابي في خدمة اقتصادات الدول، والمساهمة في خلق فرص جديدة للتنمية الاقتصادية. لكن ذلك يتوقف على إمكانيات الدول وما تتمتع به من بنى تكنولوجية، وقدرتها على تطوير نُظُمها التعليمية وتوظيفها، وتعزيز مهارات موظفيها وإكسابهم الخبرات التي تساعدهم على التعامل مع هذه التطورات التكنولوجية المقبلة. ■

ونشهد حالياً بعض التطورات المذهلة في مجال الرعاية الصحية والقطاع الطبي. وأصبحت المركبات الطبيعية الجديدة الشديدة التعقيد من المصادر الحيوية مناسبة للأغراض الصيدلانية، وسيساعد العلاج بالخلايا الجذعية، وتكنولوجيا مثل الوقاية الفعالة من الأمراض، وبرامج الرفاهية، والطب الدقيق، وتحرير الجينوم، وإنتاج الأعضاء البشرية، على التصدي للتحديات الصحية الناجمة عن شيخوخة السكان.

انتشار التكنولوجيا الحيوية

في المستقبل القريب، ستصبح التكنولوجيا الحيوية شائعة، وسيكون هناك عدد أكبر من شركات التكنولوجيا الحيوية، بجانب عدد متزايد من الشركات الاستثمارية. في القرى الصغيرة أو حتى في المنازل، سيمكنك استخدام التكنولوجيا الحيوية، كما هو الحال في روايات الخيال العلمي، ببساطة مثل أن تطلب من آلة ما أن تصنع لك بعض المواد الكيميائية المنزلية التي تحتاج إليها، ويمكن لمحاولات القمامة المستندة إلى التكنولوجيا الحيوية التخلص من النفايات بشكل آمن يحافظ على البيئة. لذا، بحلول عام 2030، من الواقعي القول إن التكنولوجيا الحيوية ستصبح جزءاً من حياتنا، من الطب والعلاج إلى المواد الكيميائية والوقود والمواد الصديقة للبيئة.

حاصل القول، توفر الثورة الصناعية الرابعة فرصاً واسعة للمجتمعات البشرية كي تحقق معدلات عالية



نهاية « ملف العدد



الثورة الصناعية الرابعة.. المستجدات والتحديات

ستوفر الثورة الصناعية الرابعة فرصاً كبيرة للمجتمعات البشرية كي تحقق معدلات عالية من التنمية الاقتصادية والاجتماعية والإنسانية عموماً، وتساهم في رعاية صحية أفضل للإنسان. وستحدث هذه الثورة تغييراً جوهرياً في طريقة عيشنا وعملنا وعلاقتنا ببعضنا بعضاً؛ فهي إيذان ببداية فصل جديد في تاريخ البشرية.

إن هذه الثورة، بسرعة إيقاعها واتساع نطاقها وعمق حدودها، تدفعنا إلى أن نعيد التفكير في الكيفية التي تتطور بها بلداننا، ويمكن استغلالها بشكل إيجابي في خدمة اقتصادات الدول، والمساهمة في خلق فرص جديدة للتنمية الاقتصادية. لكن ذلك يتوقف على إمكانات الدول وما تتمتع به من بنى تكنولوجية، وقدرتها على تطوير نُظُمها التعليمية وتوظيفها، وتعزيز مهارات موظفيها واكسابهم الخبرات التي تساعدهم على التعامل مع هذه التطورات التكنولوجية.

