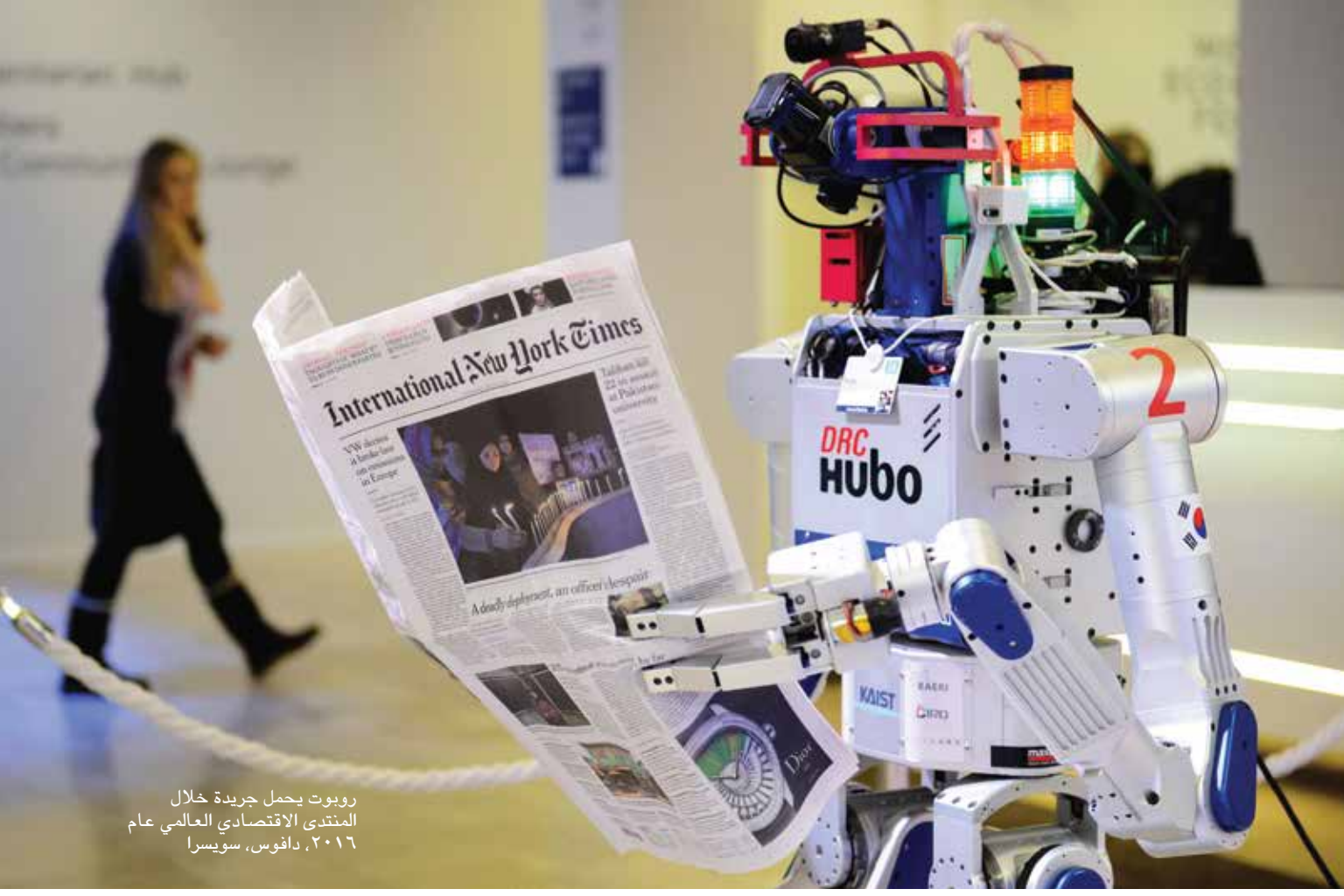

روبوت يحمل جريدة خلال المنتدى الاقتصادي العالمي عام ٢٠١٦، دافوس، سويسرا

الروبوتات والنمو وعدم المساواة

أندرو بيرغ وإدوارد بافي ولويس–فليبي زانا

ثورة الروبوتات قد تنجم عنها انعكاسات سلبية عميقة من أجل المساواة

يقول البعض إن العالم على مشارف «عصر آلي ثاني». فنحن نقرأ أسبوعيا عن تطبيقات تعتمد على مفهوم الذكاء الصناعي، وما يعرف بالتعلم العميق، وتكنولوجيا الروبوتات. وشاحنات التوصيل بدون سائق، والتدريس الإلكتروني، وبرامج جدولة المواعيد، وأجهزة الحاسب الآلي التي حلت محل وظيفة مساعد المحامي، والسيارات ذاتية القيادة، جميعها مجرد أمثلة قليلة على هذه التطبيقات. ويبدو أن بعض هذه التطبيقات يقارب في طبيعته الروبوت الذي صوره كاتب الخيال العلمي التشيكي كاريل كابيك الذي استحدث هذا المصطلح في عام ١٩٢١ لوصف آلة ذكية تشبه الإنسان بدرجة كبيرة.

ولا أحد يعلم إلى أين تتجه هذه التكنولوجيا. ويشير روبرت غوردون إلى تباطؤ التغير التكنولوجي المفيد من الناحية الاقتصادية — ونمو الإنتاجية في الولايات المتحدة — منذ سبعينات القرن الماضي، باستثناء طفرة تكنولوجية استمرت لعقد كامل وانتهت في عام ٢٠٠٤ (راجع عدد يونيو ٢٠١٦ من مجلة التمويل والتنمية). ولكن عندما يتعلق الأمر بالروبوتات الذكية، فنحن قد نكون على أعتاب ثورة ينبغي أن يفكر خبراء الاقتصاد مليا في تأثيرها على النمو الاقتصادي وتوزيع الدخل.

رأيان متضاربان

برزت رؤيتان في الكتابات الاقتصادية بشأن التكنولوجيا والنمو وتوزيع الدخل. فتشير بعض الكتابات إلى إن التقدم التكنولوجي يؤدي إلى زيادة الإنتاجية وبالتالي إلى ارتفاع نصيب الفرد من الناتج. وعلى الرغم من بعض التكاليف الانتقالية التي يمكن تحملها مع انتفاء الحاجة إلى وظائف معينة، فإن الأثر

الكلي للتقدم التكنولوجي يؤدي إلى تحسن مستويات المعيشة. وهذا الجدال يعود تاريخه إلى القرن التاسع عشر على الأقل، ويبدو أن الفوز كان من نصيب المتفائلين بالتقدم التكنولوجي. فالعامل الأمريكي العادي في عام ٢٠١٥ يحقق نفس مستوى الدخل السنوي للعامل العادي في عام ١٩١٥ مقابل ١٧ أسبوع عمل تقريبا فقط —ويعود الفضل الأكبر في هذا التقدم إلى التكنولوجيا (راجع دراسة Autor, 2014).

وتشير هذه الكتابات المتفائلة إلى أن للتكنولوجيا منافع كثيرة بالفعل ولا تؤدي فحسب إلى تسريح العمالة. فهي تؤدي إلى زيادة إنتاجية العاملين وزيادة الطلب على خدماتهم — فعلى سبيل المثال، يساعد برنامج الخرائط في زيادة كفاءة سائقي التاكسي (والسائقين الذين يعملون لدى شركتي ليفت وأوبر أيضا). ويؤدي ارتفاع الدخل إلى زيادة الطلب على جميع أنواع الإنتاج، ومن ثم إلى زيادة العمالة. وقد ظهرت موجة من المخاوف إزاء انعكاسات استخدام الحاسب الآلي على الوظائف في الولايات المتحدة في خمسينات وأوائل ستينات القرن الماضي، ولكن العقود اللاحقة التي اتسمت بنمو قوي في الإنتاجية وتحسن في مستويات المعيشة شهدت معدلات بطالة ثابتة تقريبا ومعدلات توظيف متزايدة.

أما الكتابات الأخرى الأكثر تشاؤما، فتركز بشكل أكبر على الخاسرين (راجع على سبيل المثال دراسات Sachs and Kotlikoff 2012 وFord 2015 و Freeman 2015). فقد يعزى تزايد أوجه عدم المساواة في اقتصادات متقدمة عديدة جزئيا إلى الضغط التكنولوجي. إذ أدت ثورة الكمبيوتر إلى تراجع الطلب النسبي في الاقتصادات المتقدمة على الوظائف الروتينية (التي تتطلب مجهودا جسديا أو عقليا) — كوظيفة مسك السجلات وعمال خطوط الإنتاج في المصانع. ونظرا لأن استخدام أجهزة الكمبيوتر مقترنا بتشغيل عدد أقل من العاملين — الأكثر مهارة بوجه عام — قد أمكن معه إنتاج السلع التي كانت تتطلب في السابق وجود هذه الوظائف، تراجعت الأجور النسبية للعمالة الأقل مهارة في بلدان عديدة.

هل ستكون الروبوتات مختلفة؟

أي المجالات يمكن فيها استخدام الروبوتات الذكية؟ للإجابة على هذا السؤال بطريقة وافية، قمنا بتصميم نموذج اقتصادي يعتبر الروبوتات نوعا مختلفا من رأس المال يمكن استخدامه كبديل مقارب للعمالة البشرية. وعادة ما ينظر علماء الاقتصاد الكلي إلى الإنتاج بوصفه ناتجا عن مزيج من رصيد رأس المال المادي (الماكينات والمباني العامة والخاصة) وعنصر العمالة. ولكن التفكير في الروبوتات كنوع جديد من رأس المال المادي الذي يضيف فعليا إلى رصيد العمالة (البشرية) المتاحة أمر مفيد للغاية. فالإنتاج سيظل يتطلب مباني وطرق على سبيل المثال، ولكن البشر والروبوتات يمكنهم الآن استخدام رؤوس الأموال التقليدية تلك.

وماذا يحدث إذن عندما يصبح رأس المال المكون من الروبوتات منتجا بما يكفي لتحقيق النفع؟ إذا افترضنا أن الروبوتات بدائل كاملة تقريبا للعمالة البشرية، يرتفع بالتالي نصيب الفرد في الناتج، وهو أمر إيجابي. ولكن السيء في الموضوع هو تفاقم أوجه عدم المساواة لعدة أسباب. أولا، يؤدي استخدام الروبوتات إلى زيادة عرض مجموع العمالة الفعلية (العاملون زائدا الروبوتات)، مما ينتج عنه تراجع الأجور في الاقتصاد السوقي. وثانيا، نظرا لأن الاستثمار في الروبوتات أصبح مربحا الآن، ينشأ عن ذلك تحول عن الاستثمار في رأس المال التقليدي، كالمباني والماكينات التقليدية، مما يؤدي إلى مزيد من التراجع في الطلب على العمالة التي تستخدم رأس المال التقليدي.

وهذه هي البداية فحسب. فالنتائج الإيجابية والسلبية يتسع نطاقها بمرور الوقت. فمع زيادة رصيد الروبوتات، يزداد بالتالي العائد على رأس المال التقليدي (فالمخازن تصبح أكثر نفعا عندما تسند مهمة تخزين السلع على الأرفف للروبوتات). لذلك ترتفع مستويات الاستثمار التقليدي أيضا في نهاية المطاف. وتظل الروبوتات منتجة بالتالي حتى مع استمرار ارتفاع رصيد الروبوتات. وبمرور الوقت، ينمو نوعا رأس المال معا لحين سيطرتهما على الاقتصاد ككل. وينتج رأس المال التقليدي ورأس المال المكون من الروبوتات الكثير والكثير من الناتج بمساعدة متناقصة من عنصر العمل. ومن غير المتوقع أن تقوم الروبوتات بالاستهلاك، فهي تنتج فحسب (وإن كانت قصص الخيال العلمي لم تحسم هذا الأمر!). وبالتالي يزداد حجم الناتج الذي يمكن تقاسمه بين البشر الحقيقيين.

ولكن الأجور تتراجع، ليس فقط بالقيمة النسبية ولكن بالقيمة المطلقة، حتى مع ارتفاع مستوى الناتج.

تتفاقم حالة عدم المساواة إذا أصبحت الروبوتات بديلا كاملا تقريبا للعمالة البشرية.

وقد يبدو ذلك الأمر غريبا أو متناقضا. ويتحدث بعض علماء الاقتصاد عن خطأ معارضي التقدم التكنولوجي الذين لا يدركون أن الأسواق ستستقر في نهاية المطاف: فالطلب سوف يزداد نتيجة ازدياد عرض السلع التي تم إنتاجها باستخدام التكنولوجيا المتطورة، وسيجد العمال وظائف جديدة. ولكن هذا الخطأ غير وارد هنا: فالنموذج الاقتصادي البسيط المستخدم هنا يستبعد مشكلة البطالة والمشكلات الأخرى، ويتم تعديل الأجور لتحقيق الاستقرار في سوق العمل.

وبالتالي، كيف يمكن أن نفسر انخفاض الأجور المقترن بزيادة الناتج؟ وبعبارة أخرى، من سيشتري كل هذا الناتج الإضافي؟ الإجابة هي مالكو رأس المال. ففي الأجل القصير، تفوق الزيادة في الاستثمارات أي تراجع مؤقت في الاستهلاك. وفي الأجل الطويل، نجد أن نصيب مالكي رأس المال في الكعكة المتزايدة — وإنفاقهم الاستهلاكي — آخذ في النمو. ومع تراجع الأجور وزيادة أرصدة رأس المال، يتراجع حجم العمالة (البشرية) كجزء من الاقتصاد. (في حالة الإحلال التام، يصبح نصيب الأجور صفرا). ويذكرنا توماس بيكيتي أن نصيب رأس المال محدد أساسي من محددات توزيع الدخل. وتوزيع رأس المال أقل تساويا بكثير مقارنة بتوزيع الدخل في جميع البلدان بالفعل. وسوف يؤدي استخدام الروبوتات إلى ارتفاع لا نهائي في نصيب رأس المال، وغالبا ما سيزداد عدم المساواة في توزيع الدخل إلى الأبد.

سيطرة اقتصادية مطلقة للروبوتات؟

ومن اللافت للنظر أن هذا النمو المستدام ذاتيا المعتمد على الاستثمار فقط (الروبوتات والاستثمارات التقليدية) يمكن تعزيزه من خلال زيادة طفيفة في كفاءة الروبوتات تجعلها قادرة على منافسة البشر. وهذه الزيادة الطفيفة في الكفاءة تؤدي بالتالي إلى نوع من «السيطرة» الاقتصادية حيث يستأثر رأس المال بالاقتصاد ككل ويقصي عنصر العمالة. ويذكرنا ذلك بفرضية «السيطرة التكنولوجية» التي نشرت بدراسة Raymond Kurzeil (2005)، حيث تصبح الماكينات الذكية أكثر ذكاء بحيث يمكنها برمجة نفسها، مما يؤدي إلى نمو حاد في ذكاء الآلات والماكينات. ولكن السيطرة التي نتحدث عنها هنا سيطرة اقتصادية وليست سيطرة تكنولوجية. فنحن ندرس كيف يمكن أن تؤدي زيادة طفيفة في كفاءة الروبوتات إلى مراكمة رأس المال بشكل مستدام ذاتيا بما يمكن الروبوتات من السيطرة على الاقتصاد، وليس إلى نمو مستدام ذاتيا في ذكاء الروبوتات.

الروبوت البشري بيبر يلتقط صورة لنفسه خلال مسابقة التطبيقات بطوكيو في اليابان.

وقد افترضنا حتى الآن أن الروبوتات تصبح بديلا كاملا للعمالة بعد زيادة طفيفة في كفاءتها. وهذه الروبوتات من النوع الذي صوره فيلم هوليوود *Terminator 2: Judgment Day* — وهي بدائل كاملة للبشر لا يمكن تمييزها عنهم. ويوجد سيناريو أخر يختلف عن هذين الافتراضين. وهو أكثر واقعية في الوقت الحالي على الأقل، ولنفترض أن الروبوتات بديل مقارب وليس بديلا مثاليا للعمالة البشرية، وأن البشر يسهمون بشرارة الابتكار أو ببصمة بشرية لا غنى عنها. وفي الوقت نفسه، وعلى غرار بعض علماء التكنولوجيا، نتوقع زيادة ليست بالقليلة، بل زيادة هائلة، في إنتاجية الروبوتات خلال عقدين من الزمان.

ونحن بهذه الافتراضات نسترجع جزءا بسيطا من التفاؤل المعتاد الذي يشعر به علماء الاقتصاد. ولا تزال القوى المذكورة آنفا مستمرة: فرأس المال المكون من روبوتات يحل محل العمالة البشرية مما يؤدي إلى تراجع الأجور، وينتج عن تحول الاستثمارات إلى الروبوتات في البداية تقلص رأس المال التقليدي الذي يسهم في زيادة الأجور. لكن الفرق هنا أن المواهب والمهارات الخاصة للبشر تصبح أكثر قيمة وتؤدي إلى زيادة الإنتاجية عند امتزاجها برأس المال المتراكم تدريجيا من الأصول التقليدية والروبوتات. وفي نهاية المطاف، تتغلب زيادة إنتاجية العمالة على فكرة إحلال الروبوتات للعنصر البشري، ومن ثم ترتفع الأجور (والناتج).

ولكن توجد مشكلتان. أولا، «نهاية المطاف» قد تكون بعد مدة طويلة للغاية. وتتوقف هذه المدة على مدى سهولة إحلال الروبوتات محل العمالة البشرية، وعلى سرعة تأثر المدخرات والاستثمار بمعدلات العائد. ووفقا لقياساتنا الأساسية، يتغلب أثر الإنتاجية على أثر الإحلال وترتفع الأجور خلال ٢٠ عاما. وثانيا، من المرجح أنه سيكون لرأس المال دور أكبر كثيرا في الاقتصاد. ولن تكون له السيطرة الكاملة كما في السيناريو المذكور آنفا، ولكنه سيستحوذ على نصيب أكبر من الدخل، حتى في الأجل الطويل عندما تتجاوز الأجور مستوى ما قبل عصر الروبوتات. وتتفاقم بالتالي حالة عدم المساواة، ربما بصورة حادة.

البشر مختلفون

قد يظن القراء أن هذه السيناريوهات المخيفة لن تنطبق عليهم، نظرا لأن وظائفهم كخبراء اقتصاد أو صحفيين على سبيل المثال لا يمكن للروبوتات القيام بها. وفي السيناريو المستخدم، بدأنا بافتراض أن الروبوتات بديلا كاملا للعمالة البشرية، ثم افترضنا لاحقا أنها بديل مقارب وليست بديلا كاملا في عملية الإنتاج. ومن المشكلات الأخرى أيضا أن العمالة ليست جميعها متماثلة. فبالطبع لا يمكن أن تحل الآلات المتطورة المقترنة بالذكاء الصناعي المتقدم محل العنصر البشري في جميع الوظائف. ولكن في الأفلام، يتسع نطاق الوظائف القابلة للإحلال، من الروبوت الصائد (فيلم *Blade Runner*) وحتى الطبيب (فيلم *Alien*). وقد حاولت الروبوتات على الأقل إحلال وظيفة المدرس المساعد والصحفي. فحتى وظيفة أستاذ الجامعة أصبحت مهددة بسبب القدر الهائل من الدورات التعليمية المتاحة على شبكة الإنترنت. ولكن في الواقع الفعلي، توجد الكثير من الوظائف التي تبدو آمنة في الوقت الحالي على الأقل.

وفي النموذج المستخدم، صنفنا جميع العاملين إلى فئتين، فئة «العمالة الماهرة» وفئة «العمالة غير الماهرة». ونقصد بعمالة ماهرة أنها ليست بديلا مقاربا للروبوتات، بل إن الروبوتات يمكنها أن تسهم في زيادة إنتاجيتها. ونقصد بعمالة غير ماهرة أنها بديل مقارب للغاية للروبوتات. والعمالة الماهرة المقصودة ليست حاصلة بالضرورة على تعليم عال، فقد تكون العمالة القادرة على الابتكار والتعاطف، وهو أمر يصعب تحققه للغاية في الروبوتات المستقبلية. وعلى غرار دراسة Frey and Osborne (2013)، نفترض أن حوالي نصف القوى العاملة يمكن للروبوتات إحلالها وهي بالتالي «عمالة غير ماهرة». ولكن ماذا يحدث عندما تصبح تكنولوجيا الروبوتات أرخص سعرا؟ يزداد نصيب الفرد من الناتج كما ذكرنا آنفا. ويزداد نصيب رأس المال الكلي (التقليدي والروبوتات). ولكن يوجد الآن تأثير إضافي: فأجور العمالة الماهرة ترتفع مقارنة بأجور العمالة غير الماهرة — وترتفع بالقيمة المطلقة أيضا. لماذا؟ لأن هذه العمالة تكون أكثر إنتاجية بمساعدة الروبوتات. تخيل على سبيل المثال الزيادة الكبيرة في إنتاجية أحد المصممين الذي يقود الآن جيشا من الروبوتات. وتتراجع في الوقت نفسه أجور العمالة غير الماهرة، بالقيمة النسبية والمطلقة، حتى في الأجل الطويل.

ويوجد الآن سببان رئيسيان لزيادة عدم المساواة. فرأس المال يستحوذ على نصيب أكبر من مجموع الدخل كما ذكرنا آنفا. ويزداد أيضا عدم المساواة بين الأجور. وترتفع إنتاجية العمال الماهرين ارتفاعا طرديا، وترتفع معها الأجور الحقيقية المدفوعة لهم، ولكن العمالة غير الماهرة تشن منفردة حربا على الروبوتات وتخسر خسارة فادحة. وتعتمد الأرقام على

عدد قليل من المعلمات الأساسية، مثل درجة التكامل بين العمالة الماهرة والروبوتات، ولكن يعتمد الحجم التقريبي للنتيجة على الافتراضات البسيطة التي وضعناها سابقا. ونتوصل إلى أنه بعد مرور ٥٠ عاما مريرة، تتراجع الأجور الحقيقية للعمالة غير الماهرة بنسبة ٤٠٪، وينخفض نصيبها في الدخل القومي من ٣٥٪ إلى ١١٪ وفقا لقياساتنا الأساسية.

المواهب الخاصة التي يتمتع بها البشر تصبح أكثر قيمة وإنتاجية عند اقترانها بالروبوتات.

وقد تركز تفكيرنا حتى الآن على الاقتصادات المتقدمة الكبرى، مثل الولايات المتحدة. ويبدو أن هذا أمر طبيعي نظرا لأن هذه البلدان عادة ما تكون أكثر تقدما من الناحية التكنولوجية. غير أن عصر الروبوتات قد يؤثر أيضا على التوزيع الدولي للناتج. فعلى سبيل المثال، إذا كانت العمالة غير الماهرة التي حلت الروبوتات محلها مشابهة للقوى العاملة في الاقتصادات النامية، قد يؤدي ذلك إلى تراجع الأجور النسبية في تلك البلدان.

من سيمتلك الروبوتات؟

هذه القصص ليست قدرية. فنحن نضع في الأساس توقعات بشأن نتائج الاتجاهات التكنولوجية الجديدة، ولا نحلل بيانات فعلية. ولم يظهر لهذه الابتكارات الحديثة التي نتحدث عنها أي تأثير (حتى الآن) على إحصاءات الإنتاجية أو النمو في الاقتصادات النامية، بل تراجع نمو الإنتاجية في الواقع خلال السنوات الأخيرة. ولا يبدو أن التكنولوجيا هي المسؤولة عن تصاعد حالة عدم المساواة في بلدان عديدة. ففي معظم الاقتصادات المتقدمة، كان النمو في الأجور النسبية للعمالة الماهرة أقل مقارنة بالولايات المتحدة، حتى في الاقتصادات المتقدمة التي يفترض أنها تشهد تطورات تكنولوجية مماثلة. وكما أكد بيكيتي والمؤلفون المشاركون، فإن تفاقم حالة عدم المساواة في العقود الأخيرة يتركز جزء كبير منه في نسبة صغيرة للغاية من السكان، ولا يبدو أن التكنولوجيا هي السبب الرئيسي في ذلك. ولكن ما نلحظه من زيادة في حالة عدم المساواة في أنحاء كثيرة من العالم خلال العقود الأخيرة — وربما أيضا زيادة عدم الاستقرار السياسي والحراك الشعبي في الأخبار — يؤكد على المخاطر وحجم الخسائر المحتملة. ومن المثير للقلق أن نصيب العمالة في الدخل في الولايات المتحدة يتناقص فيما يبدو منذ بداية القرن الحالي عقب عقود من الاستقرار (راجع دراسة Freeman 2015).

وقد صمم كاتب الخيال العلمي أيزاك أسيموف «قوانين الروبوت» الثلاثة الشهيرة لحماية البشر من الضرر المادي الذي يمكن أن تسببه الروبوتات. ووفقا للقانون الأول، «لا يمكن للروبوت إلحاق الضرر بالإنسان، أو الامتناع عن تقديم المساعدة على نحو يلحق الضرر بإنسان ما». وقد تفيد هذه الإرشادات مصممي الروبوتات، ولكنها لن يكون لها أي تأثير يذكر في إدارة التداعيات المشار إليها هنا التي تطول الاقتصاد ككل. ويشير النموذج الصغير الذي نستخدمه هنا إلى أنه في الاقتصادات السوقية المستقرة، قد تعود الروبوتات بالربح على مالكي رأس المال وقد تؤدي إلى زيادة متوسط نصيب الفرد في الدخل، ولكن المجتمع الناتج عن ذلك لن يرغب معظمنا في العيش فيه. وثمة حجة قوية لوضع سياسات عامة للتعامل مع هذا الأمر.

وفي جميع هذه السيناريوهات، توجد وظائف لمن يريد العمل. ولكن المشكلة هي أن معظم الدخل يذهب لمالكي رأس المال والعمالة الماهرة، التي لا يمكن للروبوتات أن تحل محلهم بسهولة. أما البقية فيحصلون على أجور منخفضة ونصيب متناقص من الكعكة. ويؤكد ذلك على أهمية التعليم الذي يعزز الابتكارات والمهارات التي تكون الآلات الذكية مكملة لها ولا تحل محلها. وقد تساعد هذه الاستثمارات في رأس المال البشري على زيادة متوسط الأجور والحد من عدم المساواة. ولكن حتى إذا حدث ذلك، قد يؤدي استخدام الروبوتات إلى تقليص متوسط الأجور لفترة طويلة، مما سيؤدي إلى ارتفاع نصيب رأس المال.

وفي محاولة منا لتبسيط الأمور قدر الإمكان، تجاهلنا العديد من الالتزامات التي سيتعين على مثل هذا المجتمع مواجهتها، مثل ضمان كفاية الطلب الكلي عند زيادة تركز القوة الشرائية، ومعالجة التحديات الاجتماعية والسياسية المقترنة بتراجع الأجور وزيادة عدم المساواة، والتعامل مع انعكاسات تراجع الأجور فيما يتصل بقدرة العاملين على دفع تكاليف الرعاية الصحية والتعليم والاستثمار في أبنائهم.

وقد افترضنا ضمنا حتى الآن أن الدخل من رأس المال يظل غير موزع بالتساوي. ولكن الزيادة في نصيب الفرد من الناتج الكلي تعني أن الجميع قد يصبحون أفضل حالا إذا ما أعيد توزيع الدخل من رأس المال. وتتضح الآن المنافع التي تعود من فرض الضرائب على رأس المال بغرض تحقيق دخل أساسي. غير أن العولمة والابتكارات التكنولوجية سهلت على رأس المال بالطبع التهرب من الضرائب في العقود الأخيرة. لذلك يؤكد تحليلنا على أهمية سؤال «من سيملك الروبوتات؟» ■

أندرو بيرغ يشغل منصب نائب مدير في معهد تنمية القدرات التابع لصندوق النقد الدولي، وإدوارد باغي أستاذ اقتصاد في جامعة إنديانا بلومينغتون، ولويس–فليبي زانا اقتصادي أول في إدارة البحوث بصندوق النقد الدولي.

المراجع:

Autor, David, 2014, "Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation," Journal of Economic Perspectives, *Vol. 29, No. 3, pp. 3–30.*

Čapek, Karel, 1921, R.U.R. (Rossum's Universal Robots) *(New York: Penguin).*

Ford, Martin, 2015, The Rise of the Robots *(New York: Basic Books).*

Freeman, Richard B., 2015, "Who Owns the Robots Rules the World," IZA World of Labor, May.

Frey, Carl Benedikt, and Michael A. Osborne, 2013, "The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerisation?" Oxford University paper (Oxford, United Kingdom).

Gordon, Robert, 2016, The Rise and Fall of American Growth: The U.S. Standard of Living since the Civil War *(Princeton, New Jersey: Princeton University Press).*

Kurzweil, Raymond, 2005, The Singularity Is Near: When Humans Transcend Biology *(New York: Viking).*

Sachs, Jeffrey D., and Laurence Kotlikoff, 2012, "Smart Machines and Long-Term Misery," NBER Working Paper 18629 (Cambridge, Massachusetts: National Bureau of Economic Research).