تغلغل الكمبيوتر وتباطؤ الإنتاجية

ترجمة[1]: د. سامر مظهر قنطقجي

أحد الألغاز الحالية في علم الاقتصاد هو التباطؤ العالمي الأخير في الإنتاجية، مقارنة بأواخر التسعينيات وأوائل القرن الحادي والعشرين.

هذه الخسارة في الإنتاجية كبيرة من الناحية الاقتصادية: فلو بقي نمو الإنتاجية عند نفس المستوى كما كان في ١٩٩٥–٢٠٠٤، لكان الناتج المحلي الإجمالي الأمريكي قد زاد بمقدار تريليونات الدولارات. في هذا المنشور، أناقش ورقة جديدة تربط هذا التباطؤ في الإنتاجية بالتشبع في اعتماد الإلكترونيات في معظم الصناعات.

أظهر أن معظم نمو الإنتاجية من التصغير الإلكتروني يتركز بين عامي ١٩٨٥ و ٢٠٠٥.

تراجع الإنتاجية وقانون مور

في الولايات المتحدة، بلغ متوسط نمو إنتاجية العمل في الفترة ١٩٩٥–٢٠٠٤ نسبة ٢.٨٥٪ سنويًا. انخفض نمو الإنتاجية هذا بشكل كبير في العقد التالي، إلى متوسط ١.٢٧٪ سنويًا في الفترة ٢٠٠٥–٢٠١٥. هذا النمط ليس فريداً بالنسبة للولايات المتحدة. بالنسبة لمجموعة من دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية، يوضح سيفرسون (٢٠١٧) أن نمو إنتاجية العمل انخفض من ٢.٣٪ في الفترة ١٩٩٥–٢٠٠٤، إلى ١.١٪ خلال الفترة ٢٠٠٥–٢٠١٥.

أقترح أن تغلغل الإلكترونيات في الصناعات الأخرى قد يفسر ديناميكيات نمو الإنتاجية. عندما تم تقديم أجهزة الكمبيوتر لأول مرة، كانت كبيرة وثقيلة للغاية، وكانت تستخدم فقط في تطبيقات متخصصة للغاية؛ بسبب التحسينات المستمرة في تكنولوجيا تصنيع أشباه الموصلات، تقلصت الترانزستورات الإلكترونية بنسبة ٥٠٪ كل ثمانية عشر شهراً، وهو اتجاه يُعرف باسم قانون مور. نظرًا لانخفاض حجم أجهزة الكمبيوتر والإلكترونيات في الحجم والوزن، فقد تم تبنيها كمدخلات من قبل المزيد والمزيد من الصناعات – بما في ذلك جميع الصناعات التحويلية والخدمية تقريبًا – مما أدى إلى زيادة الإنتاجية عبر

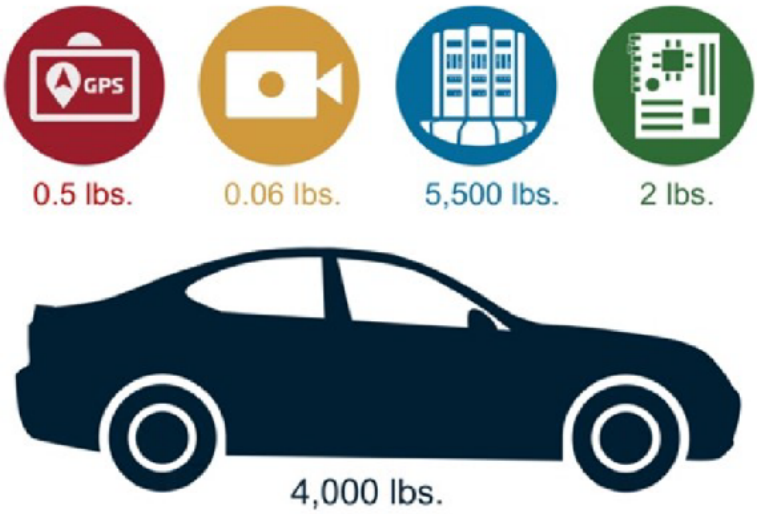
[1] Pablo Azar, Computer Saturation and the Productivity Slowdown, OCTOBER 6, 2022, Liberty Street Economics, Federal Reserve Bank of NY, Link.

الاقتصاد. في ٢٠٢٢ استخدمت مجموعة بيانات جديدة من أوزان المنتجات لتقدير تأثير قانون مور على نمو الإنتاجية.

أدى التصغير الإلكتروني إلى تركيبات منتجات جديدة

لتقدير كيفية تأثير التصغير الإلكتروني على نمو الإنتاجية، أقوم بتطوير نموذج جديد حيث تمتلك الشركات طرقًا أو "وصفات" مختلفة لصنع منتجاتها، وتعتمد إنتاجية كل طريقة على مجموعة المدخلات المستخدمة في الإنتاج. على سبيل المثال، هناك العديد من الطرق المختلفة لإنتاج سيارة، اعتمادًا على المواد المستخدمة. ستكون السيارة من عام ٢٠٢٠ المزودة بآلاف الرقائق الدقيقة وإطار من سبائك ألياف الكربون أكثر أمانًا وراحة وفعالية من سيارة من خمسينيات القرن الماضي لا تحتوي على مكونات إلكترونية ولها إطار فولاذي.

في هذا النموذج، توجد حدود مادية يمكن من خلالها دمج المدخلات لصنع منتج. السبب في عدم اعتماد السيارات أو الآلات الصناعية من الخمسينيات على الإلكترونيات ليس بسبب عدم وجود أجهزة الكمبيوتر، ولكن لأنها كانت كبيرة وثقيلة جدًا بحيث لا يمكن استخدامها عمليًا في الإنتاج. هذا موضح أدناه.

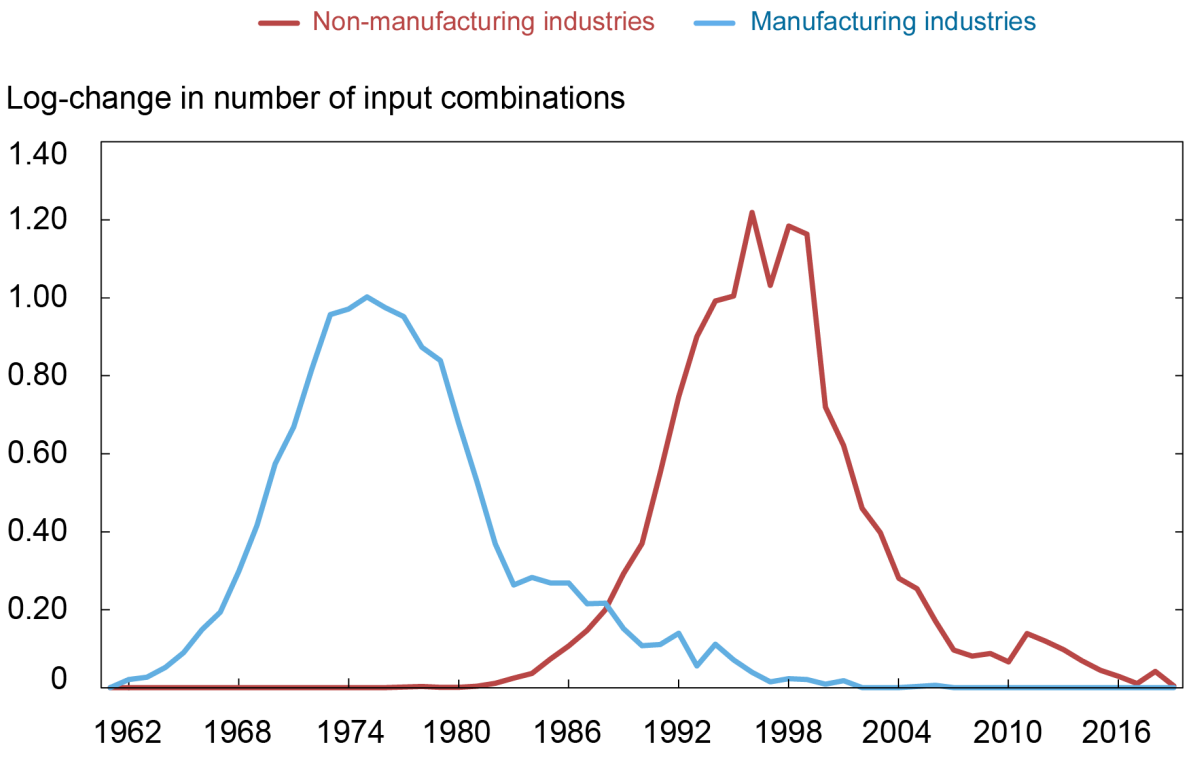


ملحوظة: عند تصنيع سيارة، لا يمكن أن يتجاوز مجموع أوزان المكونات وزن السيارة، والذي في هذا الشكل هو ٤٠٠٠ رطل. تتلاءم المكونات الإلكترونية الصغيرة، مثل أجهزة GPS الحديثة (٠.٥ رطل) والكاميرات (٠.٠٦ رطل) ووحدات التحكم الإلكترونية (٢ رطل) بشكل مريح داخل السيارة. ومع ذلك، لا يمكن دمج أحدث أجهزة الكمبيوتر العملاقة (٥٥٠٠ رطل) في السيارة دون انتهاك قيود الوزن.

استخدمت مجموعة بيانات جديدة لأوزان المنتجات من IHS Markit لتحديد الوزن المتوسط لكل منتج في الصناعة. أقوم بدمج هذا مع جداول سلسلة التوريد من مكتب التحليل الاقتصادي (BEA) لتحديد مقدار وزن كل مدخلات يساهم في وزن المنتج النهائي. باستخدام مجموعة البيانات المجمعة هذه، يمكنني محاكاة ما يحدث لسلسلة التوريد مع انخفاض حجم الإلكترونيات وأشباه الموصلات.

ومع انخفاض حجم الإلكترونيات وأجهزة الكمبيوتر، يزداد عدد مجموعات المدخلات الممكنة التي تستخدمها الصناعات التحويلية والخدمية المختلفة. يوضح الرسم البياني أدناه التغيير في السجل في عدد مجموعات المدخلات الممكنة لمتوسط التصنيع ومتوسط الصناعة غير التصنيعية. من الرسم البياني، يمكننا أن نرى أن عدد التوليفات الجديدة الممكنة للتصنيع بدأ في الزيادة في الستينيات، وبلغ ذروته في السبعينيات، ثم انخفض ببطء بدءاً من الثمانينيات وحتى أوائل القرن الحادي والعشرين. في المقابل، بدأ عدد التوليفات الجديدة الممكنة للصناعات غير التصنيعية في الارتفاع في أوائل الثمانينيات، وبلغ ذروته في أواخر التسعينيات وأوائل العقد الأول من القرن الحادي والعشرين، ثم انخفض منذ ذلك الحين – مع حدوث عثرة صغيرة في أوائل العقد الأول من القرن الحادي والعشرين.

عدد التركيبات الجديدة



المصدر: حساب المؤلف من مجموعة بيانات PIERS

تُظهر هذه الأنماط اعتماد مجموعات مدخلات جديدة ناشئة عن التصغير الإلكتروني تتطابق مع التبني التاريخي لأجهزة الكمبيوتر والإلكترونيات في الصناعات المختلفة. كانت الصناعات التحويلية، مثل مصنعي الطائرات أو منتجي الآلات الصناعية، من أوائل المتبنين لأجهزة الكمبيوتر والمكونات الإلكترونية. على الرغم من أن أجهزة الكمبيوتر كانت كبيرة في ذلك الوقت، إلا أن الأجهزة التي تم إنتاجها في ذلك الوقت كانت كبيرة بما يكفي لتلائمها.

في الوقت نفسه، تم استخدام أجهزة الكمبيوتر على نطاق واسع فقط في الصناعات غير التصنيعية – مثل التمويل والخدمات والتجزئة – بعد إدخال أجهزة الكمبيوتر الشخصية (PC) من IBM و Apple في الثمانينيات. سمحت أجهزة الكمبيوتر لعدد كبير من العاملين في المكاتب بالوصول إلى أجهزتهم الخاصة، بدلاً من الاضطرار إلى الاعتماد على حاسب مركزي على مستوى الشركة. سمح بإدخال أجهزة الكمبيوتر المحمولة والهواتف الذكية والأجهزة اللوحية لمقدمي الخدمات في الميدان بحمل جهاز كمبيوتر عليها في جميع الأوقات. علاوة على ذلك، أدى تصغير الإلكترونيات إلى أجهزة "غبية" سابقًا مثل الكاميرات والمعدات الطبية للحصول على قدراتها الحسابية الخاصة.

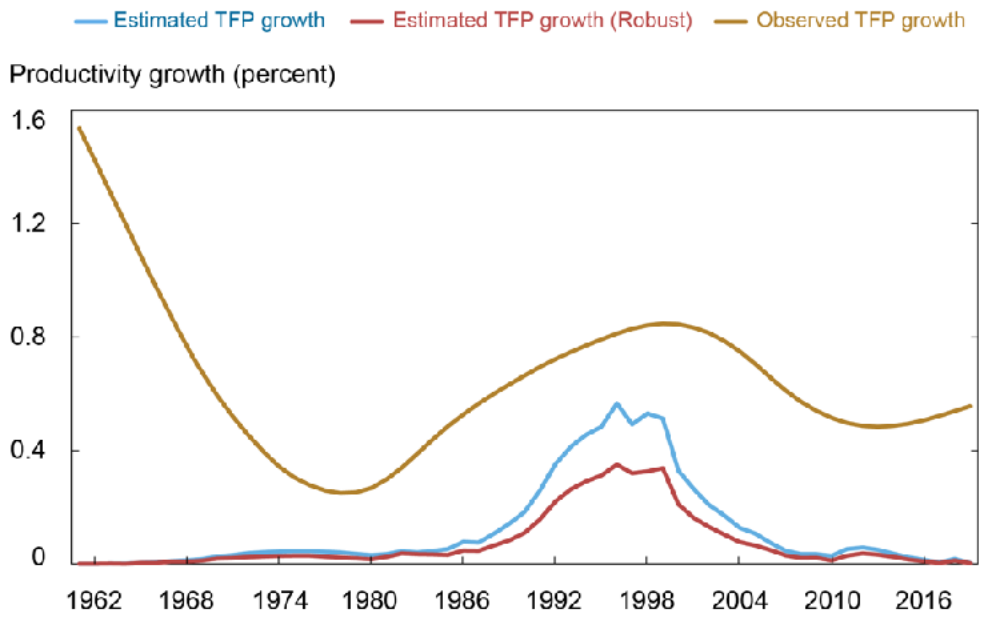
مجموعات المنتجات الجديدة تؤدي إلى زيادة الإنتاجية

حتى الآن، رأينا أن التصغير الإلكتروني أدى إلى زيادة عدد التوليفات الممكنة من المدخلات، سواء بالنسبة للصناعات التحويلية أو الصناعات غير المصنعة. لكن هل هذا يزيد الإنتاجية؟ أظهر أن هذا هو الحال بالفعل، من خلال تراجع الإنتاجية على مستوى الصناعة على عدد مجموعات المدخلات الممكنة التي أصبحت ممكنة عن طريق التصغير الإلكتروني. تشير نتائج الانحدار إلى أن زيادة بنسبة ١٪ في توليفات المدخلات تؤدي إلى زيادة بنسبة ٠.٠٠٤٪ في إنتاجية الصناعة.

ثم استخدم معامل الانحدار التقديري هذا – جنبًا إلى جنب مع السلاسل الزمنية لعدد التوليفات الممكنة – لتقدير تأثير قانون مور على إنتاجية كل صناعة. أخيرًا، أقوم بتجميع التقديرات الخاصة بالصناعة للحصول على تقدير لكيفية تأثير التصغير الإلكتروني على الاقتصاد الأمريكي بأكمله بمرور الوقت. النتائج معروضة في الرسم البياني التالي. يُظهر الخط الأصفر اتجاه الإنتاجية المحقق، بينما يُظهر الخط الأزرق الإنتاجية المنسوبة إلى قانون مور. يُظهر الخط الأحمر مقياسًا آخر لا يأخذ في الاعتبار تداعيات الإنتاجية

بين الصناعات المختلفة. في المجموع، يمكن أن تُعزى حوالي ١١.٧٤٪ من جميع مكاسب الإنتاجية بين عامي ١٩٦٠ و ٢٠٢٠ إلى التصغير الإلكتروني.

نمو الإنتاجية المنسوب إلى التصغير الإلكتروني



المصدر: حسابات المؤلف بناءً على خدمات تقارير استيراد / تصدير الميناء، ومكتب التحليل الاقتصادي، وقاعدة بيانات صناعة التصنيع NBER_CES

تركزت معظم مكاسب الإنتاجية هذه في الفترة ١٩٨٥–٢٠٠٥، عندما تم دمج أجهزة الكمبيوتر والإلكترونيات في كل صناعة تقريبًا. خلال هذه الفترة، يمثل قانون مور ١٤.٢٢٪ من إجمالي نمو الإنتاجية. ملاحظة مهمة من الرسم البياني هي أنه بعد منتصف العقد الأول من القرن الحادي والعشرين، أصبحت مساهمات الإنتاجية من قانون مور ضئيلة وتراجعت الإنتاجية الإجمالية. قبل عام ١٩٨٥، كانت أجهزة الكمبيوتر لا تزال كبيرة جداً بحيث لا يمكنها تقديم مساهمة كبيرة في أداء معظم الخدمات والمنتجات. بعد عام ٢٠٠٥، أصبحت أجهزة الكمبيوتر صغيرة جداً لدرجة أنها أصبحت بالفعل ضرورية في كل صناعة تقريبًا، وأي اعتماد لاحق منذ ذلك الحين أدى فقط إلى تحسينات تدريجية في الإنتاجية. يشير هذا إلى أن جزءاً كبيراً من تباطؤ الإنتاجية بعد عام ٢٠٠٥ يمكن تفسيره بالتشبع في اعتماد الإلكترونيات. بمجرد أن أصبحت الإلكترونيات صغيرة بما يكفي لاستخدامها في جميع الصناعات تقريبًا، تلاشى تأثيرها على الإنتاجية.