اقتصاد و تجارت نوین، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
فصل‌نامهٔ علمی ـ پژوهشی، سال سیزدهم، شمارهٔ چهارم، زمستان ۱۳۹۷، ۸۵-۱۰۸

تأثیر مصرف انرژی، فناوری اطلاعات و ارتباطات، و هزینه‌های تحقیق و توسعه در تولید صنایع کارخانه‌ای در ایران

موسی خوش‌کلام خسروشاهی*
محمد صیادی**

چکیده

هدف تحقیق حاضر بررسی نقش مصرف انرژی، فاوا، و R&D در تولید صنایع کارخانه‌ای در چهارچوب تابع تولید توسعه‌یافتهٔ نئوکلاسیکی است. برای این منظور از داده‌های پانزده صنعت کارخانه‌ای طی دورهٔ ۱۳۷۴-۱۳۹۳ با رویکرد داده‌های تابلویی بهره گرفته شده است. نتایج نشان می‌دهند که متغیرهای مصرف انرژی، فاوا، و تحقیق و توسعه تأثیر مثبت و معنی‌داری در رشد تولیدات صنایع کارخانه‌ای دارند. از بین مجموعهٔ عوامل موردبررسی مصرف انرژی بیش‌ترین تأثیرگذاری را در تولید صنایع کارخانه‌ای دارد. ضرایب مدل نشان می‌دهند که کشش تولیدی مصرف انرژی، فاوا، و R&D به‌ترتیب برابر با ۰/۵۱۶، ۰/۱۳۱، و ۰/۱۱۰ است که نشان می‌دهد یک درصد افزایش در مصرف انرژی، فاوا، و R&D به‌ترتیب باعث افزایش ۰/۵۱۶، ۰/۱۳۱، و ۰/۱۱۰ درصدی تولیدات صنایع کارخانه‌ای می‌شود. یافته‌ها نشان از انرژی‌بری صنایع کارخانه‌ای و تأثیر مثبت مصرف انرژی درکنار هزینه‌های فاوا و تحقیق و توسعه در فرایند تولید صنعت کشور دارد.

کلیدواژه‌ها: مصرف انرژی، صنایع کارخانه‌ای، فاوا، تحقیق و توسعه، پانل دیتا.

طبقه‌بندی JEL: Q42، Q43، O4.

---

* استادیار دانشکدهٔ علوم اجتماعی و اقتصادی، دانشگاه الزهرا (نویسندهٔ مسئول)
m.khosroshahi@alzahra.ac.ir
** استادیار دانشکدهٔ اقتصاد، دانشگاه خوارزمی، تهران، m.sayadi@khu.ac.ir
تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۷/۱۷، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۱۱

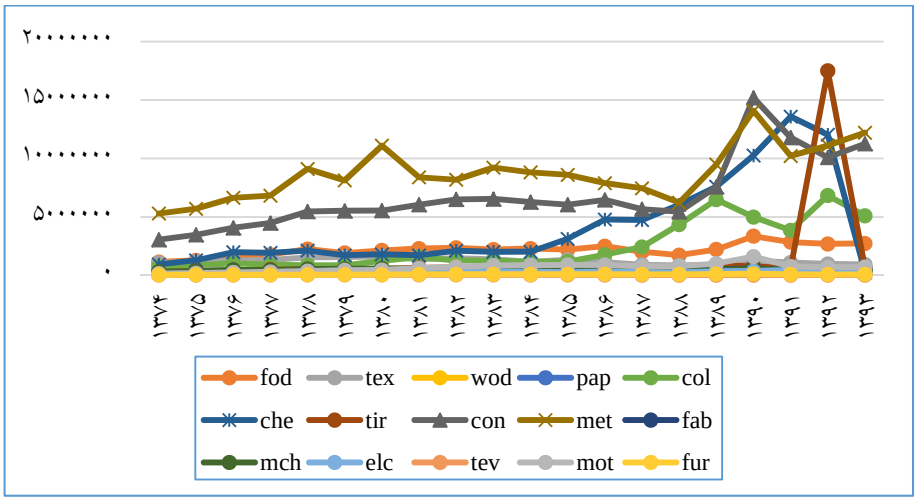
۱. مقدمه

توسعهٔ اقتصادی به‌منزلهٔ ضرورتی برای کشورهای درحال‌توسعه مطرح است، بنابراین، این کشورها به‌منظور نیل به توسعهٔ اقتصادی باید برنامه‌ریزی دقیقی داشته باشند که دراین‌باره توسعهٔ صنعتی از نقش مهمی برخوردار است؛ زیرا تجارب کشورهای توسعه‌یافته به‌خوبی نشان می‌دهد که توسعهٔ اقتصادی مستلزم توسعهٔ صنعتی است (محمدزاده و ره‌نمای ۱۳۹۱).

رشد تولیدات صنعتی یکی از معیارهایی است که می‌تواند نشان‌دهندهٔ توسعهٔ صنعتی هر کشوری (ازجمله ایران) باشد. نتایج مطالعات مختلف ازجمله اولینر و سیچل (Oliner and Sichel 2000)، جرگنسون (Jorgenson 2001; Jorgenson 2005)، جالاوا و پاژولا (Jalava and Pohjola 2008)، و ساسی و گوید (Sassi and Goaied 2013) نشان می‌دهد که رشد تولیدات صنعتی نیازمند به‌کارگیری فناوری اطلاعات و ارتباطات ـ فاوا (information and communication technology/ ICT) و انجام هزینه‌های تحقیق و توسعه (research and development/ R&D) است، زیرا مطابق نتایج مطالعات رابطهٔ قوی و مثبتی بین فاوا و تحقیق و توسعه با رشد تولیدات صنایع و درنهایت رشد اقتصادی وجود دارد. درسوی‌دیگر، نتایج دستهٔ دیگری از مطالعات ازقبیل یانگ (Yang 2000)، آجای (Djaye 2000)، ژیکسین (Zhixin 2011)، و ایتو (Ito 2017) بر نقش و اهمیت مصرف انرژی در رشد تولیدات صنعتی و رشد اقتصادی اشاره دارند؛ به‌طوری‌که دردست‌رس‌بودن منابع انرژی و به‌اندازهٔ‌کافی‌بودن این منابع برای تأمین تقاضای بخش صنعت الزامی است.

باتوجه‌به نقش عوامل مهمی ازقبیل مصرف انرژی، فاوا، و تحقیق و توسعه در تولیدات صنایع و اهمیت روزافزون آن‌ها، در مقالهٔ حاضر تلاش می‌شود تا تأثیر مصرف انرژی، فاوا، و هزینه‌های تحقیق و توسعه در تولید صنایع کارخانه‌ای کشور طی دورهٔ زمانی ۱۳۷۴– ۱۳۹۳ بررسی شود که برای این منظور از مدل داده‌های تابلویی (panel data) استفاده شده است.

نمودار ۱ نشان‌دهندهٔ روند مصرف انرژی در صنایع مختلف کشور[1] طی دورهٔ ۱۳۷۴–۱۳۹۳ است. ملاحظه می‌شود که مصرف انرژی در تمامی صنایع در دورهٔ موردبررسی روندی صعودی دارد، اما اختلاف مصرف انرژی در برخی صنایع (هم‌چون صنایع تولید فلزات اساسی و صنایع تولید دیگر محصولات کانی غیرفلزی) در قیاس با دیگران بسیار زیاد است که نشان از وابستگی بیش‌تر آن‌ها به مصرف انرژی دارد.

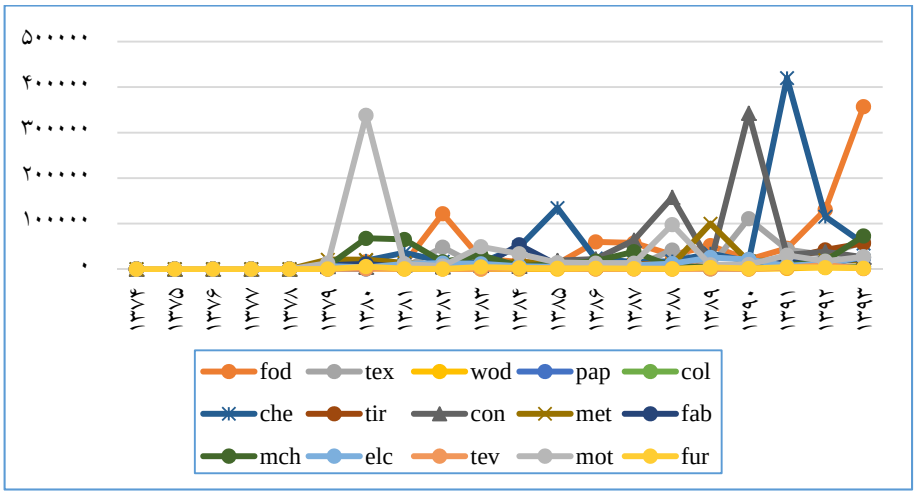


نمودار ۱. روند «ارزش مصرف انرژی» در صنایع مختلف
(میلیون ریال به قیمت ثابت)

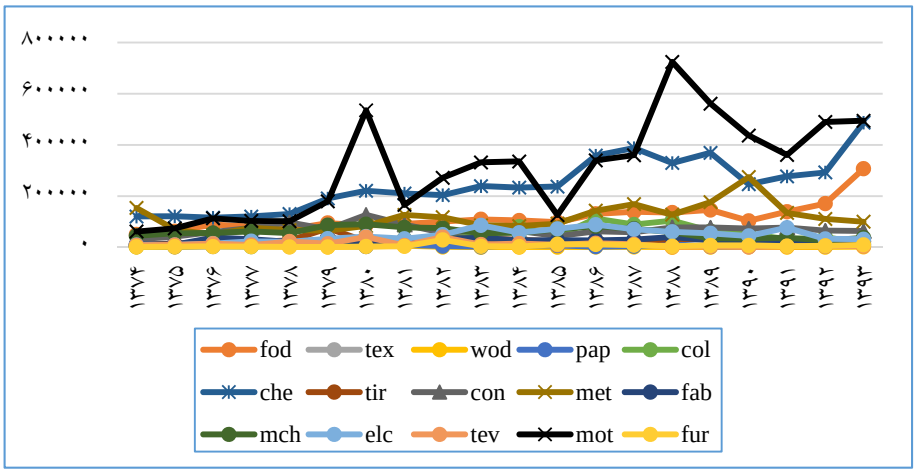
منبع: مرکز آمار ایران و خروجی نرم‌افزار

نمودار ۲ روند سرمایه‌گذاری نرم‌افزار و سخت‌افزار کامپیوتری را (به‌منزلهٔ شاخصی از فاوا) در صنایع مختلف طی دورهٔ ۱۳۷۴–۱۳۹۳ نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که در دورهٔ موردبررسی سرمایه‌گذاری نرم‌افزار و سخت‌افزار کامپیوتری بسیاری از صنایع روندی نوسانی ــ صعودی دارد؛ به‌طوری‌که ارقام در سال‌های ابتدایی دوره پایین است، اما با گذشت زمان ارقام روندی صعودی دارند. صنایعی ازقبیل مواد غذایی و آشامیدنی و تولید مواد و محصولات شیمیایی ازجمله صنایعی هستند که در انتهای دوره در مقایسه با دیگر صنایع از سرمایه‌گذاری نرم‌افزار و سخت‌افزار کامپیوتری بیش‌تری برخوردارند.

نمودار ۳ نشان‌دهندهٔ روند هزینه‌های مربوط به تحقیقات و آزمایشگاه به قیمت ثابت (به‌منزلهٔ شاخصی از R&D) در صنایع مختلف طی دورهٔ ۱۳۷۴–۱۳۹۳ است. ملاحظه می‌شود که اول، هزینهٔ تحقیقات و آزمایشگاه در بسیاری از صنایع روندی صعودی دارد؛ به‌طوری‌که در سال‌های ابتدایی دوره هزینه‌های R&D ارقام پایینی دارند، اما با گذشت زمان انجام چنین هزینه‌هایی صعودی است؛ دوم، صنایعی ازقبیل تولید وسایل نقلیهٔ موتوری و تریلر و صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی ازجمله صنایعی هستند که در قیاس با دیگر صنایع هزینهٔ تحقیقات و آزمایشگاه بیش‌تری دارند.



نمودار ۲. روند «سرمایه‌گذاری نرم‌افزار و سخت‌افزار کامپیوتری» در صنایع مختلف (میلیون ریال به قیمت ثابت)؛ منبع: مرکز آمار ایران و خروجی نرم‌افزار



نمودار ۳. روند «هزینهٔ تحقیقات و آزمایشگاه» در صنایع مختلف (میلیون ریال به قیمت ثابت)
منبع: مرکز آمار ایران و خروجی نرم‌افزار

با تأمل در نمودارهای ۱، ۲، و ۳ و محاسبهٔ سهم هرکدام از نهاده‌های مصرف انرژی، فاوا، و R&D در مقایسه با کل هزینه‌های صنایع مختلف ملاحظه می‌شود که نقش و اهمیت سه نهادهٔ یادشده در صنایع کشور طی دورهٔ زمانی موردبررسی درحال افزایش است که ضرورت بررسی تأثیر این عوامل در تولیدات صنایع کارخانه‌ای کشور را نشان می‌دهد که

موضوع مطالعهٔ حاضر است. نوآوری‌های مقاله شامل این موارد است: ۱. به‌کارگیری داده‌های با حجم زیاد صنایع کارخانه‌ای با کدهای دورقمی ISIC طی بیست سال که دقت برآورد ضرایب را بالا می‌برند؛ ۲. در تمامی مطالعات داخلی صرفاً رابطهٔ مصرف انرژی با رشد اقتصادی یا رشد بخش‌های اقتصادی بررسی شده است و تأثیر مصرف انرژی در رشد تولید صنایع کارخانه‌ای مغفول مانده است که در این مطالعه موردتأکید است؛ ۳. در مطالعات داخلی مربوط به فاوا، صرفاً اثر آن بر رشد اقتصادی بررسی شده است و فقط یک مطالعه اثر فناوری اطلاعات را بر تولید صنایع کارخانه‌ای بررسی کرده است که آن نیز برای دورهٔ زمانی دو سال (۱۳۷۹–۱۳۸۰) بوده است، درحالی‌که در مقالهٔ حاضر تأثیر فاوا در رشد تولید صنایع کارخانه‌ای در دورهٔ زمانی طولانی‌تری که ضریب قابل‌اطمینانی دراختیار می‌گذارد موردتوجه است؛ ۴. به‌کارگیری توأم سه متغیر مصرف انرژی، فاوا، و هزینه‌های تحقیق و توسعه (به‌منزلهٔ شاخصی از ظرفیت جذب صنایع کارخانه‌ای) درکنار دیگر متغیرها به‌منظور برآورد مدل که در هیچ مطالعهٔ داخلی وجود ندارد.

ساختار مقاله به این ترتیب است که در بخش دوم مبانی نظری تحقیق آورده شده است و بخش سوم مربوط به پیشینهٔ تحقیق است. در بخش چهارم مدل موردبرآورد معرفی شده است و در بخش پنجم نیز نتایج تخمین هم‌راه با تفسیر آن‌ها ارائه شده است. در بخش انتهایی نیز نتیجه‌گیری مقاله آورده شده است.

۲. مبانی نظری

توابع تولید در شکل سنتی نئوکلاسیکی آن مبتنی‌بر دو عامل تولید نیروی کار و سرمایه هستند، اما به‌مرورزمان درکنار آن‌ها عوامل دیگری نیز در ساختار تابع تولید وارد شده‌اند. مهم‌ترین عوامل دیگری که در مطالعهٔ حاضر موردتوجه‌اند عبارت‌اند از:

الف) مصرف انرژی (بعد از شوک اول نفت)؛ مدل‌هایی مثل استرن (Stern 2000)، گالی و ساکا (Ghali and El-Sakka 2004)، و وانق و همکاران (Wang et al. 2011)؛

ب) فاوا (دههٔ ۱۹۹۰)؛

ج) هزینه‌های تحقیق و توسعه.

۱.۲ انرژی

درمورد رابطهٔ مصرف انرژی و رشد تولید چهار فرضیه مطرح است؛ فرضیهٔ رشد (growth hypothesis) بیان‌کنندهٔ این است که مصرف انرژی توضیح‌دهندهٔ رشد تولیدات

است و کشورهای وابسته به انرژی با کاهش آن رشد تولیداتشان با کاهش مواجه می‌شود. فرضیهٔ صرفه‌جویی (conservation hypothesis) حاکی از این است که رشد تولیدات توضیح‌دهندهٔ مصرف انرژی است و اقتصاد کم‌تر به انرژی وابسته است. فرضیهٔ بازخورد (feedback hypothesis) حاکی از وابستگی متقابل مصرف انرژی و رشد تولیدات است. درنهایت، فرضیهٔ خنثایی (neutrality hypothesis) بر وجودنداشتن رابطهٔ علّی بین مصرف انرژی و رشد تولیدات تأکید دارد (Kum et al. 2013).

مدل‌های مختلف حاکی از وجود تفاوت در نقش انرژی به‌منزلهٔ عامل مؤثر در رشد تولید هستند؛ برای نمونه، برنت و وود استدلال کردند که در تابع تولیدْ انرژی یک عامل تولید است که ارتباط جدایی‌ناپذیر و ضعیفی با نیروی کار دارد، به‌طوری‌که ترکیب سرمایه و انرژی با هم به‌مثابهٔ یک نهاده درکنار نهادهٔ دیگر (یعنی نیروی کار) تشکیل‌دهندهٔ نهاده‌های تابع تولید هستند (Berndt and Wood 1979). البته گروهی دیگر از اقتصاددانان نئوکلاسیک مانند برنت معتقدند که انرژی نقش کوچکی در تولید اقتصادی دارد و یک نهادهٔ واسطه است و عوامل تولید فقط نیروی کار و زمین هستند (آماده و دیگران ۱۳۸۸). ازسوی‌دیگر، برخی اقتصاددانان معتقدند که انرژی در طبیعت مقدار ثابتی دارد و قابل‌تبدیل به ماده است و از بین نمی‌رود؛ بنابراین، در مدل‌های بیوفیزیکی که آیرس و نایر بیان کردند، تولید کالاها نیازمند صرف مقادیر فراوان انرژی است؛ بنابراین، انرژی تنها عامل تولید و مهم‌ترین عامل آن است (Nair and Ayres 1984). نیروی کار و سرمایه نیز عوامل واسطه‌ای هستند که برای به‌کارگیری در تولید به انرژی نیاز دارند (آماده و دیگران ۱۳۸۸).

قانون دوم ترمودینامیک بیان می‌کند که تغییر رفتار هر سیستم نیازمند حداقلی از انرژی است، بنابراین در جانشینی دیگر نهاده‌های تولیدی با انرژی محدودیت وجود دارد. باتوجه‌به این‌که همهٔ روش‌های تولید با تبدیل نهاده‌ها به ستانده سروکار دارند، بنابراین همهٔ این انواع تبدیلات نیازمند انرژی هستند. استرن و سلولند بیان می‌کنند که چون هر فرایند تولیدی‌ای نیازمند انرژی است، بنابراین انرژی عامل اساسی در فرایند تولید است و رشد آن یکی از مهم‌ترین عوامل رشد تولید است (Stern and Celeveland 2004). ازنظر آن‌ها، نیروی کار و سرمایه عواملی واسطه‌ای هستند که برای به‌کارگیری به انرژی نیاز دارند و به‌کارگیری انرژی درکنار دیگر عوامل تولید باعث افزایش بهره‌وری آن‌ها و درنهایت، افزایش تولید می‌شود. با درنظرگرفتن نقش انرژی در تولیدْ تابعِ تولید به این صورت خواهد بود که در آن L، K، و E به‌ترتیب بیان‌گر نیروی کار، سرمایه، و انرژی است و فرض می‌شود که بین

میزان استفاده از نهاده‌ها و سطح تولید رابطه‌ای مستقیم وجود دارد. نهادهٔ انرژی شامل مجموعه‌ای از عوامل شامل نفت، گاز، برق، و ... است.

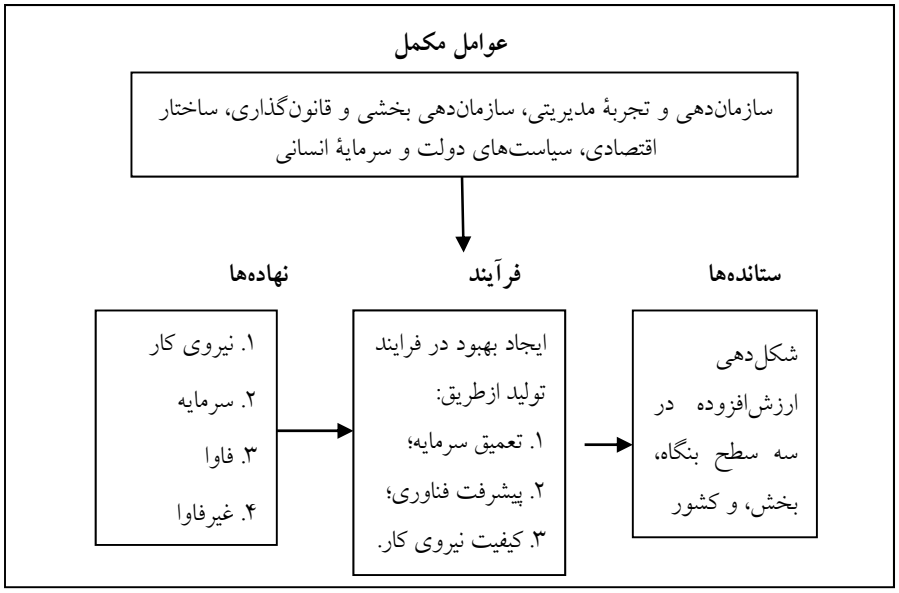
$$Q = f(L, K, E) \qquad (۱)$$

۲.۲ فاوا

مسیر زمانی تأثیرگذاری فاوا در اقتصاد از قاعده‌ای پیروی می‌کند که شومپیتر (Schumpeter) برای فرایند اثرگذاری فناوری‌های با کاربرد عام ارائه کرده است. طبق این قاعده فناوری‌های با کاربرد عام، مانند ماشین بخار، درابتدا ممکن است اثر خنثی یا حتی منفی بر بهره‌وری و رشد فعالیت‌های اقتصادی داشته باشند، زیرا در وضعیت اولیهٔ توسعهٔ فناوری دیگر امکانات مکمل آن‌ها هنوز آماده نیست و ریسک استفاده از آن‌ها برای بنگاه‌ها نیز زیاد است. اگر فناوری ویژگی سرریز شبکه‌ای نیز داشته باشد، باتوجه‌به کوچک‌بودن اندازهٔ شبکه در مراحل اولیه نفع زیادی برای استفاده‌کنندگان آن وجود نخواهد داشت. پس از طی مرحلهٔ اول، هنگامی که عوامل مکمل آماده شد و افراد و واحدهای اقتصادی به‌تدریج با ابعاد فناوری جدید آشنا شدند و مهارت‌های لازم را کسب کردند، بازدهی سرمایه‌گذاری در فناوری افزایش می‌یابد و درنتیجه، شاهد گسترش سریع و وسیع آن در بخش‌های مختلف اقتصاد خواهیم بود. در مرحلهٔ سوم، رشد فناوری اشباع می‌شود و اثر بهره‌وری آن به حالت عادی بازخواهد گشت. مطالعات انجام‌شده درزمینهٔ اثرگذاری فاوا در رشد تولید و بهره‌وری کشورهای توسعه‌یافته روند شومپیتری توسعهٔ فناوری را درمورد فاوا تأیید می‌کنند. هرچند بررسی‌های اولیه در اوایل دههٔ ۱۹۹۰ نتوانستند اثر مثبتی برای استفاده از فاوا بر بهره‌وری بنگاه‌ها و کل اقتصاد پیدا کنند، باتوجه‌به تحقیقات بسیاری که بعدها در زمینهٔ اثرگذاری فاوا در سطح بنگاه‌های اقتصادی و اقتصاد کلان در جهان و به‌ویژه در کشورهای توسعه‌یافته انجام شد، مشخص شد که سرمایه‌گذاری در فاوا اثر مثبت زیادی بر فعالیت‌های بنگاه‌های تولیدی و کل اقتصاد، به‌ویژه در نیمهٔ دوم دههٔ ۱۹۹۰ داشته است (مشیری ۱۳۹۶).

فاوا در اقتصاد هم در طرف عرضه و هم در طرف تقاضا تأثیر می‌گذارد، به‌طوری‌که در طرف تقاضا ازطریق تابع مطلوبیت در رفتار مصرف‌کننده تأثیر می‌گذارد و در طرف عرضه نیز در رفتار تولیدکننده مؤثر است (مشیری و جهانگرد ۱۳۸۳). چگونگی تأثیر فاوا در طرف عرضه در شکل ۱ آورده شده است. ملاحظه می‌شود که فاوا درکنار عوامل مکمل، ازقبیل سازمان‌دهی و تجربهٔ مدیریتی، سازمان‌دهی بخشی و قانون‌گذاری، ساختار اقتصادی،

سیاست‌های دولت، و سرمایه‌گذاری در سرمایهٔ انسانی به‌منزلهٔ نهاده در طرف عرضه درکنار دیگر نهاده‌ها به‌صورت سرمایه وارد می‌شود و باعث بهبود فرایند تولید ازطریق تعمیق سرمایه (capital deepening)، پیشرفت فناوری، و کیفیت نیروی کار می‌شود. ستاندهٔ آن افزایش تولید در سه سطح بنگاه، بخش، و کشور است.



شکل ۱. تأثیر فاوا بر طرف عرضه

منبع: (Dedrick et al. 2003)

جرقه‌های ورود فناوری اطلاعات در تابع تولید را سولو زد، به‌طوری‌که او با استفاده از یک تابع تولید عوامل مؤثر را در رشد تولید تحلیل کرد و عامل فناوری اطلاعات را به‌منزلهٔ یک عامل برون‌زا درکنار سرمایه و نیروی کار قرار داد (Solow 1956؛ معتقد و دیگران ۱۳۹۳). در این حالت اثر فاوا بر تولید، یعنی تعمیق سرمایه مدنظر بود، به‌طوری‌که افزایش عامل تولید موجب افزایش تولید می‌شود. به‌دنبال آن در مطالعات متعددی ازقبیل جرگنسون (Jorgenson et al. 2000; Jorgenson 2001)، اولینر و سیچل (Oliner and Sichel 2000; Oliner and Sichel 1994)، جرگنسون و استیرو (Jorgensen and Stiroh 1995; Jorgensen and Stiroh 2000)، و جرگنسون و همکاران (Jorgenson et al. 2004) تأثیرگذاری فاوا در تولید بررسی و تأیید شد.

۳.۲ تحقیق و توسعه

تحقیق و توسعه عبارت از پژوهش یا کاوشی اساسی و برنامه‌ریزی‌شده است که با هدف کسب دانش جدید برای ایجاد محصول و خدمتی نو و بهبود مؤثر در محصولات و فرایندهای تولیدی به‌کار گرفته می‌شود. به‌عبارت‌دیگر، تحقیق و توسعه شامل کار خلاقانه‌ای است که به‌طور سیستماتیک به‌منظور افزایش موجودی دانش و استفاده از آن به‌منظور اختراع برنامه‌ها و نوآوری‌های جدید انجام می‌گیرد. در بیش‌تر مطالعات اقتصاد صنعتی بیان شده است که تحقیق و توسعه برای بنگاه‌ها اهمیت بالایی دارد، به‌گونه‌ای‌که تغییرات فناورانه در عرضهٔ محصول و کیفیت آن‌ها تأثیر دارد؛ بنابراین نه‌تنها تحقیق و توسعهٔ موفق مزایایی در عملکرد بنگاه دارد، بلکه نقش مهم و تعیین‌کننده‌ای نیز در رشد اقتصادی و بهبود رفاه اجتماعی دارد (کرانی و دیگران ۱۳۹۵).

در مطالعات اقتصاد صنعتی فعالیت‌های تحقیق و توسعه را معمولاً در پنج گام بیان می‌کنند که عبارت‌اند از: ۱. تحقیقات پایه‌ای؛ ۲. تحقیقات کاربردی؛ ۳. توسعه؛ ۴. تولید بازرگانی؛ و ۵. انتشار. می‌توان بیان کرد که نوآوری فرایندی است که طی آن کالاها و خدمات با هزینهٔ کم‌تر و کیفیت بیش‌تر تولید می‌شوند، بنابراین بنگاه‌های نوآور خواهند توانست سهم بالایی از منابع اقتصادی را به‌خود اختصاص دهند و بستر مناسبی را برای رشد خود فراهم کنند. رابطهٔ تحقیق و توسعه با عملکرد بنگاه‌ها این‌گونه تحلیل می‌شود که سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه باعث توسعهٔ نوآوری می‌شود و نوآوری‌ها نیز باعث بهبود عملکرد بنگاه‌ها می‌شوند. بنابراین هزینه‌های تحقیق و توسعه می‌توانند معیاری جای‌گزین برای اندازه‌گیری نوآوری در نظر گرفته شوند (همان).

یکی از منطق‌های رایج برای سرمایه‌گذاری‌های تحقیق و توسعه ازسوی دولت‌ها عبارت از این است که وجود برخی اشکال شکست بازار موجب می‌شود تا سرمایه‌گذاری‌های تحقیق و توسعه ازسوی بنگاه‌های تولیدی کم‌تر موردتوجه قرار گیرند. در نگاهی عمیق توجه کم‌تر از حد بنگاه‌های تولیدی به سرمایه‌گذاری‌های تحقیق و توسعه به آن علت است که منافع اجتماعی حاصل از چنین سرمایه‌گذاری‌هایی به‌سختی قابل‌شناسایی است. بررسی رابطهٔ سرمایه‌گذاری‌های تحقیق و توسعه و رشد اقتصادی به‌طور گسترده‌ای وجود دارد. رومر و لوکاس برای اولین‌بار تغییراتی را به‌مثابهٔ متغیرهای درون‌زا در مدل‌های رشد تعریف کردند که نتیجهٔ سرمایه‌گذاری‌های تحقیق و توسعهٔ بنگاه‌ها بود (Romer 1986; Lucas 1988). با پیشرفت در مدل‌های روش درون‌زا، مطالعات فراوانی با چهارچوب این مدل‌ها اثرات

سرمایه‌گذاری‌های تحقیق و توسعه را بر رشد اقتصادی در سطوح مختلف بنگاه، صنعت، و کشور بررسی کردند (دقیقی اصلی و دیگران ۱۳۹۲).

۳. پیشینهٔ تحقیق

مطالعات تجربی حاکی از تأثیر مثبت مصرف انرژی، سرمایه‌گذاری فاوا، و هزینه‌های تحقیق و توسعه در رشد بهره‌وری و رشد تولید بنگاه‌ها و هم‌چنین رشد اقتصادی است. در این زمینه، مطالعات متعددی در خارج و داخل انجام گرفته است. یافته‌های بالودین و صبورین نشان می‌دهند بنگاه‌های کانادایی که از فاوا استفاده کرده‌اند بیش‌ترین بهره‌وری را دربین بنگاه‌ها دارند و درنتیجه، سهم بزرگ‌تری از بازار را کسب کرده‌اند (Baldwin and Sabourin 2002). در این میان، بعضی از تکنولوژی‌های فاوا، مانند شبکهٔ ارتباطات (اینترنت و ...) اهمیت خاصی داشته‌اند. روینین و مالیرانتا با مطالعهٔ بنگاه‌های فنلاند به این نتیجه رسیدند که بهره‌وری اضافی ایجادشده مربوط به نیروی کار برخوردار از فاوا بین هشت تا هجده درصد است (Maliranta and Rouvinen 2004).

مشیری و سیمپسون با استفاده از داده‌های نظرسنجی کارفرمایان و کارکنان کانادا نشان دادند که استفاده از کامپیوتر توسط کارکنان اثر مثبت و معنی‌داری بر بهره‌وری بنگاه‌ها دارد (Moshiri and Simpson 2011). در مطالعهٔ مربوط به کشور کانادا مشیری اثرات فاوا و سرریز آن را بر بهره‌وری در سطح استانی و صنایع بررسی کرد (Moshiri 2016). او از داده‌های پانل دیتا برای ده استان با فعالیت‌های متنوع اقتصادی طی دورهٔ ۱۹۹۰–۲۰۰۸ و هم‌چنین، صنایع با کدهای دورقمی برای دورهٔ ۱۹۸۱–۲۰۰۸ استفاده کرد. یافته‌ها حاکی از تأثیر مثبت فاوا در بهره‌وری نیروی کار است، اما اثرات به‌طور معنی‌داری بین استان‌ها، صنایع، و زمان تغییر می‌کنند. هم‌چنین، سرمایه‌گذاری فاوا در آمریکا، به‌منزلهٔ اصلی‌ترین شریک تجاری کانادا، در برخی از استان‌ها و صنایع کانادا سرریز شده است و اثرات فاوا در صنایع و استان‌های فاوابر (ICT Intensive) به ثبات رسیده است.

درمورد تأثیر مصرف انرژی در رشد تولیدات بنگاه‌ها و رشد اقتصادی نیز مطالعات متعددی صورت گرفته است. مثلاً، ساری، اوینق، و سویتاس رابطهٔ مصرف انرژی و تولید بخش صنعت را در کشور آمریکا طی دورهٔ زمانی ماه اول سال ۲۰۰۱ تا ماه ششم سال ۲۰۰۵ با به‌کارگیری روش ARDL بررسی کردند و نشان دادند که مصرف تفکیک‌شدهٔ انرژی (ذغال‌سنگ، سوخت‌های فسیلی، برق، انرژی بادی، انرژی خورشیدی، و زیست

توده) عامل مؤثری در تحریک تولید حقیقی بخش صنعت در بلندمدت است (Sari et al. 2008). در مطالعهٔ دیگری که مربوط به آمریکاست، بودِن و پایین رابطهٔ مصرف انرژی و تولید را در سطح کلان و بخشی طی دورهٔ ۱۹۴۹–۲۰۰۶ بررسی کردند و نتیجه گرفتند که رابطهٔ مصرف انرژی و رشد تولید بین بخش‌های مختلف یک‌سان نیست، به‌طوری‌که علیت گرنجر بین مصرف انرژی در سطح کلان و بخش حمل‌ونقل با رشد تولید وجود ندارد، اما رابطهٔ علیت دوطرفه بین مصرف انرژی تجاری و خانگی و رشد تولید وجود دارد (Bowden and Payne 2009). هم‌چنین، مصرف انرژی در بخش صنعت علیت گرنجر برای تولید حقیقی است.

ابید و مریحی با به‌کارگیری روش علیت گرنجر رابطهٔ مصرف انرژی و تولید صنعتی را در کشور تونس در دورهٔ زمانی ۱۹۸۰–۲۰۰۷ بررسی کردند (Abid and Mraihi 2015). در کوتاه‌مدت رابطهٔ علیت از تولید صنعت به مصرف انرژی وجود دارد، درحالی‌که هیچ رابطهٔ علیتی بین مصرف انرژی و تولید صنعت در بلندمدت تأیید نمی‌شود. در مطالعهٔ دیگری که برنارد و اولدار با روش ECM طی دورهٔ زمانی ۱۹۸۰–۲۰۱۳ در کشور نیجریه انجام دادند، رابطهٔ مثبت و معنی‌داری بین مصرف انرژی و ستاندهٔ بخش صنعت در بلندمدت وجود دارد (Bernard and Oludare 2016).

بررسی تأثیر هزینه‌های تحقیق و توسعه در رشد اقتصادی، رشد تولید بخش‌های اقتصادی، و رشد بهره‌وری از موضوع‌های مهمی است که در دو دههٔ اخیر موردتوجه بسیاری از اقتصادانان بوده است و مطالعات تجربی مختلف داخلی و خارجی در این زمینه انجام شده است. فرانتزن با استفاده از داده‌های دورهٔ زمانی ۱۹۷۲–۱۹۹۴ و با به‌کارگیری روش VAR رابطهٔ علیت بین بهره‌وری کل عوامل تولید و انباشت سرمایهٔ تحقیق و توسعه را برای ۲۲ بخش تولیدی در چهارده کشور عضو OECD بررسی کرد (Frantzen 2003). نتایج مطالعهٔ او حاکی از آن است که هزینه‌های تحقیق و توسعه تأثیر مثبتی در بهره‌وری کل عوامل تولید دارند.

در مطالعهٔ دیگری که دلارس در ۲۰۰۷ انجام داده است، رابطهٔ بلندمدت بین هزینه‌های تحقیق و توسعه با بهره‌وری کل عوامل تولید در صنایع کارخانه‌ای انگلستان طی دورهٔ ۱۹۷۰–۱۹۹۷ با به‌کارگیری روش داده‌های تابلویی بررسی شده است (Dolores 2007). نتایج این تحقیق نشان می‌دهند که در بلندمدت رابطهٔ مثبت بین هزینه‌های تحقیق و توسعهٔ صنایع انگلستان و بهره‌وری وجود دارد. قاسبی و چکیر رابطهٔ سرریزهای تحقیق و توسعه را با رشد اقتصادی در ۲۴ کشور توسعه‌یافته طی دورهٔ زمانی ۱۹۹۶–۲۰۰۷ بررسی کردند و

نتیجه گرفتند که اثر تحقیق و توسعهٔ خارجی بر رشد اقتصادی مثبت و معنی‌دار است، اما اثر تحقیق و توسعهٔ داخلی بی‌معنی است (Gasbi and Chkir 2012). هنگ نیز مطالعه‌ای مربوط به اقتصاد کرهٔ جنوبی انجام داد که در آن رابطهٔ علیت را بین سرمایه‌گذاری R&D در صنایع ICT و رشد اقتصادی بررسی کرد (Hong 2017). نتایج مطالعهٔ هنگ نشان می‌دهند که سرمایه‌گذاری خصوصی R&D در صنایع ICT رابطهٔ قوی‌تری با رشد اقتصادی در قیاس با سرمایه‌گذاری دولتی R&D در صنایع ICT دارد. هم‌چنین، رابطهٔ دوطرفه‌ای بین سرمایه‌گذاری خصوصی R&D در صنایع ICT و سرمایه‌گذاری دولتی R&D در صنایع ICT وجود دارد.

در داخل کشور نیز مطالعات مختلفی وجود دارند که به‌طور جداگانه رابطهٔ مصرف انرژی، فاوا، و هزینه‌های تحقیق و توسعه را با متغیرهای کارآیی، بهره‌وری، و رشد اقتصادی بررسی کرده‌اند که به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود، اما قابل‌ذکر است که در داخل کشور هیچ مطالعه‌ای وجود ندارد که به‌طور هم‌زمان رابطهٔ سه متغیر یادشده را با رشد تولید صنایع کارخانه‌ای بررسی کند. جهانگرد تأثیر فناوری اطلاعات را در تولید صنایع کارخانه‌ای ایران بررسی کرد (جهانگرد ۱۳۸۴). نتایج این مطالعه، که به‌روش الگوسازی داده‌های تلفیقی و برای دورهٔ زمانی ۱۳۷۹– ۱۳۸۰ انجام گرفت، نشان می‌دهند که سرمایه‌گذاری در فناوری اطلاعات باعث افزایش تولید می‌شود، اما میزان تأثیر آن همانند کشورهای توسعه‌یافته قوی نیست.

جهانگرد و خوش‌کلام خسروشاهی تأثیر فاوا را در کارآیی فنی در کشورهای منا و OECD بررسی کردند (جهانگرد و خوش‌کلام خسروشاهی ۱۳۹۲). نتایج این مطالعه، که برای دورهٔ زمانی ۲۰۰۰– ۲۰۰۸ انجام شده است، نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری فاوا اثر مثبت و معنی‌داری در کارآیی فنی هر دو گروه کشورهای منا و OECD دارد؛ ضمن این‌که میزان این تأثیرگذاری در کشورهای OECD بیش‌تر از کشورهای مناست. مشیری آثار مستقیم و سرریز سرمایه‌گذاری فاوا را در تولید صنایع ایران برآورد کرد (مشیری ۱۳۹۶). در این تحقیق از داده‌های صنایع کارخانه‌ای با کدهای چهاررقمی در دورهٔ ۱۳۸۳–۱۳۹۳ استفاده شده است. در این مطالعه آثار عوامل مکمل، مانند کیفیت نیروی کار و ظرفیت جذب بنگاه‌ها نیز برآورد شده است. هم‌چنین، علاوه‌بر آثار مستقیم فاوا آثار غیرمستقیم یا سرریز فاوا نیز در درون صنایع و بین صنایع برآورد شده است. نتایج نشان می‌دهند که سرمایه‌گذاری فاوا اثر مثبتی بر تولید صنایع کارخانه‌ای ایران دارد و اثر آن درطول زمان افزایش یافته است و نیز افزایش در میزان تحصیلات و سرمایهٔ تحقیق و توسعه بر میزان اثرگذاری فاوا افزوده است. هم‌چنین، آثار سرریز فاوا در صنایع و بین صنایع وجود دارد.

جعفری صمیمی و محمدی رابطهٔ کوتاه‌مدت و بلندمدت را بین انتشار دی‌اکسیدکربن، مصرف انرژی، و رشد اقتصادی در ایران با استفاده از آزمون کرانه‌ای هم‌انباشتگی و برای دورهٔ زمانی ۱۳۵۷–۱۳۸۹ بررسی کردند. نتایج این مطالعه حاکی از آن است که رابطهٔ علیت یک‌طرفه از سمت تولید ناخالص سرانه به مصرف انرژی سرانه و انتشار کربن سرانه وجود دارد (جعفری صمیمی و محمدی ۱۳۹۳).

لطف‌علی‌پور و همکاران رابطهٔ مصرف انرژی، رشد اقتصادی، و صادرات بخش صنعت ایران را برای دورهٔ زمانی ۱۳۸۰– ۱۳۹۰ بررسی کردند و نشان دادند که بین مصرف انرژی، صادرات، و رشد اقتصادی رابطهٔ علیت کوتاه‌مدت و بلندمدت قوی دوطرفه وجود دارد (لطف‌علی‌پور و دیگران ۱۳۹۵). در سال ۱۳۹۲ دقیقی اصلی و دیگران مطالعه‌ای را انجام دادند که در آن تأثیر هزینه‌های تحقیق و توسعه را در بخش آموزش عالی در رشد اقتصادی کشورهای اتحادیهٔ اروپا بررسی کردند. نتایج این مطالعه، که با استفاده از مدل داده‌های تابلویی پویا انجام گرفت، نشان می‌دهد که هزینه‌های تحقیق و توسعه اثر مثبتی بر رشد اقتصادی دارد، ضمن این‌که تأثیر هزینه‌های تحقیق و توسعه در رشد اقتصادی در مقایسه با متغیرهای نیروی کار و سرمایه به‌مراتب بیش‌تر است.

کرانی و همکاران در مطالعه‌ای تأثیر هزینه‌های تحقیق و توسعه و نوآوری را در سودآوری صنایع کارخانه‌ای موردبررسی قرار دادند (کرانی و دیگران ۱۳۹۵). نتایج این مطالعه، که برای دورهٔ زمانی ۱۳۷۵–۱۳۸۷ انجام شد، نشان می‌دهد که تأثیر سرمایه‌گذاری تحقیق و توسعه در سودآوری صنایع با تکنولوژی بالا مثبت است، اما در سودآوری صنایع با تکنولوژی پایین منفی است.

۴. معرفی مدل

در این مقاله به‌منظور بررسی تأثیر مصرف انرژی، فاوا، و هزینه‌های R&D در تولید صنایع کارخانه‌ای از تابع تولید توسعه‌یافتهٔ نئوکلاسیکی استفاده می‌شود که علاوه‌بر متغیرهای رایج نیروی کار و سرمایه از متغیرهای مصرف انرژی، فاوا، و هزینه‌های R&D نیز به‌منزلهٔ عوامل تولید بهره می‌برد.

$$Q = f(L, K, E, Ict, R\,\&\,D) \qquad (۲)$$

در این تابع Q مقدار تولید، L نیروی کار، K سرمایه، E مصرف انرژی، ICT فاوا، و R&D هزینه‌های تحقیق و توسعه است. تابع تولید یادشده در چهارچوب تابع کاب ـــ داگلاس به این صورت نوشته می‌شود.

$$Q = A.L^{\beta_1}.K^{\beta_2}.E^{\beta_3}.ICT^{\beta_4}.(R\&D)^{\beta_5} \qquad (۳)$$

با لگاریتمی ـ خطی‌کردن رابطهٔ (۳) داریم:

(۴)

$$Lout_{it} = \beta_0 + \beta_1 LLab_{it} + \beta_2 LCap_{it} + \beta_3 LEnr_{it} + \beta_4 LICT_{it} + \beta_5 LR_D_{it} + U_{it}$$

به‌طوری‌که:

$Lout_{it}$ لگاریتم ارزش تولید صنعت iام در سال tام به قیمت ثابت؛

$LLab_{it}$ لگاریتم تعداد نیروی کار شاغل صنعت iام در سال tام؛

$LCap_{it}$ لگاریتم ارزش تشکیل سرمایهٔ ثابت ناخالص صنعت iام در سال tام به قیمت ثابت؛

$LEnr_{it}$ لگاریتم ارزش مصرف انرژی صنعت iام در سال tام به قیمت ثابت؛

$LICT_{it}$ لگاریتم سرمایه‌گذاری نرم‌افزار و سخت‌افزار کامپیوتری صنعت iام در سال t ام به قیمت ثابت؛

LR_D_{it} لگاریتم هزینهٔ تحقیقات و آزمایشگاه صنعت iام در سال tام به قیمت ثابت؛

βها پارامترهای نشان‌دهندهٔ مقادیر کشش تولید نسبت‌به نهاده‌های تولید هستند که باید برآورد شوند؛

U جزء اخلال.

در این مطالعه برای بررسی تأثیر مصرف انرژی، فاوا، و هزینه‌های تحقیق و توسعه در تولید صنایع کارخانه‌ای ایران از داده‌های سری زمانی پانزده صنعت کارخانه‌ای کشور براساس کدهای دورقمی ISIC Rev 3 برای دورهٔ زمانی ۱۳۷۴–۱۳۹۳ استفاده شده است. تمامی داده‌ها از «نتایج طرح آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی ده نفر کارکن و بیش‌تر» که مرکز آمار ایران انجام می‌دهد گرفته شده‌اند. فهرست صنایع در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱. فهرست صنایع کارخانه‌ای منتخب

نام صنعت	صنایع مواد غذایی و آشامیدنی	تولید منسوجات	تولید چوب و محصولات چوبی	تولید کاغذ و محصولات کاغذی	صنایع تولید ذغال کک ـ پالایشگاه‌های نفت
کد ISIC	۱۵	۱۷	۲۰	۲۱	۲۳
نام صنعت	صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی	تولید محصولات لاستیکی و پلاستیکی	تولید سایر محصولات کانی غیرفلزی	تولید فلزات اساسی	تولید محصولات فلزی فابریکی به‌جز ماشین‌آلات و تجهیزات
کد ISIC	۲۴	۲۵	۲۶	۲۷	۲۸

نام صنعت	تولید ماشین‌آلات و تجهیزات طبقه‌بندی‌نشده	تولید ماشین‌آلات مولد و انتقال برق	تولید رادیو و تلویزیون، دستگاه‌ها و وسایل ارتباطی	تولید وسایل نقلیهٔ موتوری، تریلر، و نیم‌تریلر	تولید مبلمان و مصنوعات طبقه‌بندی‌نشده
کد ISIC	۲۹	۳۱	۳۲	۳۴	۳۶

منبع: مرکز آمار ایران

۵. تخمین مدل و نتایج تجربی

نخستین گام برای برآورد مدل انجام آزمون F لیمر (F limer test) است. جدول ۲ نشان‌دهندهٔ نتایج مربوط به این آزمون است و ملاحظه می‌شود که مقدار آمارهٔ F از مقدار آمارهٔ جدول بزرگ‌تر است؛ بنابراین فرضیهٔ صفر مبنی‌بر برابری عرض از مبدأ بین مقاطع مختلف رد می‌شود؛ درنتیجه، باید از مدل داده‌های تابلویی استفاده کرد.

جدول ۲. نتایج آزمون F لیمر

آمارهٔ F	سطح احتمال
۲۲/۳۴	۰/۰۰۳

منبع: یافته‌های تحقیق
با استفاده از نرم‌افزار Eviews 9

جدول ۳ نشان‌دهندهٔ نتایج مربوط به آزمون هاسمن است (Hausman Test 1978). آمارهٔ کای‌دو (Chi-squared) جدول آماری با پنج درجه آزادی در سطح احتمال پنج درصد برابر با ۱۱/۰۷ است و چون آمارهٔ کای‌دو محاسبه‌شده در جدول ۳ برابر با ۳۸/۵۴ است و بزرگ‌تر از آمارهٔ جدول است، بنابراین فرضیهٔ صفر آزمون هاسمن رد می‌شود و مدل از نوع اثرات ثابت (fixed effects) است.

جدول ۳. نتایج آزمون هاسمن

آمارهٔ کای‌دو	سطح احتمال
۳۸/۵۴	۰/۰۰۱

منبع: یافته‌های تحقیق
با استفاده از نرم‌افزار Eviews 9

قبل از برآورد مدل، باید از جعلی‌نبودن و قابل‌اعتمادبودن نتایج حاصل از برآورد مدل اطمینان حاصل شود که برای این منظور آزمون مانایی متغیرها انجام می‌شود. جدول ۴ نتایج

آزمون هم‌بستگی مقطعی (cross-section dependence test) را نشان می‌دهد و حاکی از آن است که فرضیهٔ صفر مبنی‌بر عدم‌هم‌بستگی بین مقاطع رد نمی‌شود. باتوجه‌به این‌که دورهٔ زمانی و تعداد مقاطع در این تحقیق نسبتاً کم هستند، بنابراین از آزمون Pesaran CD استفاده شده است.

جدول ۴. نتایج آزمون هم‌بستگی بین مقاطع

متغیرها	Lout	LLab	LCap	LEnr	LICT	LR_D
آماره	۱/۰۱	۰/۹۸	۱/۵۱	۱/۱۶	۲/۰۱	۱/۶۷
سطح احتمال	۰/۱۵	۰/۱۳	۰/۲۱	۰/۲۷	۰/۱۸	۰/۲۶

منبع: یافته‌های تحقیق
با استفاده از نرم‌افزار Eviews 9

باتوجه‌به ردنشدن فرضیهٔ صفر مبنی‌بر عدم‌هم‌بستگی بین مقاطع برای آزمون مانایی متغیرها از دو روش ایم، پسران، و شین و هم‌چنین لوین، لیم، و چو استفاده شده است و وقفه‌های بهینه نیز با معیار شوارتز (Schwarz) تعیین شده‌اند. هر دو آزمون موردبررسی با عرض از مبدأ و بدون روند بودند. باتوجه‌به نتایج جدول ۵ ملاحظه می‌شود که برمبنای آزمون IPS، متغیرهای Lout، LLab، و LR_D در سطح ناماناست و تفاضل مرتبهٔ اول آن‌ها ماناست؛ درحالی‌که متغیرهای دیگر، یعنی Lcap، Lenr، و LICT در سطح مانا هستند. برمبنای آزمون LLC نیز همهٔ متغیرها در سطح مانا هستند و فقط متغیر Lcap در سطح ناماناست و تفاضل مرتبهٔ اول آن ماناست.

جدول ۵. نتایج آزمون ریشهٔ واحد

متغیرها	**Lout**	**LLab**	**LCap**	**LEnr**	**LICT**	**LR_D**
آمارهٔ آزمون IPS در سطح	۰/۲۲ (۰/۵۸)	−۰/۲۳ (۰/۴۰)	−۲/۵۶ (۰/۰۰)	−۱/۷۰ (۰/۰۴)	−۴/۳۷ (۰/۰۰)	۰/۱۵ (۰/۵۵)
آمارهٔ آزمون IPS با تفاضل مرتبهٔ اول	−۵/۰۹ (۰/۰۰)	−۱۲/۷ (۰/۰۰)	–	–	–	−۱۵/۹۲ (۰/۰۰)
درجهٔ مانایی	I (1)	I (1)	I (0)	I (0)	I (0)	I (1)
آمارهٔ آزمون LLC در سطح	−۲/۴۷ (۰/۰۰)	−۴/۵۳ (۰/۰۰)	۱/۶۸ (۰/۹۵)	−۳/۳۲ (۰/۰۱)	−۵/۸۹ (۰/۰۰)	−۲/۷۹ (۰/۰۰)
آمارهٔ آزمون LLC با تفاضل مرتبهٔ اول	–	–	−۵/۵۰ (۰/۰۰)	–	–	–

درجهٔ مانایی	I (0)	I (0)	I (1)	I (0)	I (0)	I (0)

توضیحات: اعداد داخل پرانتز بیان‌گر سطح احتمال هستند.
منبع: یافته‌های تحقیق

نتایج آزمون ریشهٔ واحد نشان می‌دهند که برخی متغیرها در سطح و برخی در تفاضل مرتبهٔ اول مانا هستند، بنابراین باید بررسی کرد که آیا جملهٔ اخلال مدل دارای ریشهٔ واحد است یا نه؟ به‌عبارت‌دیگر، رابطهٔ هم‌انباشتگی بین متغیرهای مدل وجود دارد یا نه؟ درصورتی‌که جملهٔ اخلال مدل مانا باشد و دارای ریشهٔ واحد نباشد، آن‌گاه رابطهٔ هم‌انباشتگی بین متغیرهای مدل تأیید می‌شود و بدون نگرانی از رگرسیون کاذب می‌توان مدل را برآورد کرد (اندرس ۱۳۹۱).

جدول ۶ نتایج آزمون هم‌انباشتگی پدرونی با وجود عرض از مبدأ را بین متغیرهای مدل نشان می‌دهد (Pedroni 2004). در این آزمون، فرضیهٔ صفر عبارت از عدم‌هم‌انباشتگی (نبود رابطهٔ تعادلی بلندمدت) بین متغیرهاست. ملاحظه می‌شود که فرضیهٔ صفر مبنی‌بر عدم‌هم‌انباشتگی بین متغیرهای مدل رد شده است و رابطهٔ تعادلی بلندمدت بین متغیرها در دو آمارهٔ پانل PP و پانلADF و دو آمارهٔ گروهی PP و ADF در سطح اطمینان ۹۹ درصد پذیرفته شده است.

جدول ۶. نتایج آزمون هم‌انباشتگی پانل

آزمون پدرونی		
آماره	**-**	**وزنی**
آماره‌های درون‌گروهی		
Panel v-Statistic	۱/۲۵- (۰/۸۵)	۲/۴۵- (۰/۸۳)
Panel rho-Statistic	۳/۵۷ (۰/۳۷)	۴/۵۶ (۰/۳۸)
Panel PP-Statistic	۷/۹۸- (۰/۰۰)	۲/۰۴- (۰/۰۲)
Panel ADF-Statistic	۵/۸۹- (۰/۰۰)	۳/۹۷- (۰/۰۲)
آماره‌های بین‌گروهی		
Group rho-Statistic	۲/۱۹ (۰/۹۳)	-
Group PP-Statistic	۲/۶۲- (۰/۰۰)	-
Group ADF-Statistic	۳/۰۶- (۰/۰۰)	-

اعداد داخل پرانتز نشان‌دهندهٔ سطح احتمال هستند.
منبع: محاسبات تحقیق

باتوجه‌به نتایج آزمون هم‌انباشتگی و تأییدشدن رابطهٔ بلندمدت بین متغیرها می‌توان بدون نگرانی از جعلی‌بودن مدل به برآورد آن اقدام کرد و نتایج را بررسی کرد. نتایج حاصل از برآورد مدل در جدول ۷ آورده شده‌اند.

جدول ۷. نتایج برآورد مدل

متغیر	ضریب	آماره	احتمال
LLab	۰/۱۴۳	۳/۶۴	۰/۰۲
LCap	۰/۰۹۷	۲/۸۵	۰/۰۱
LEnr	۰/۵۱۶	۵/۰۳	۰/۰۰
LICT	۰/۱۳۱	۳/۱۱	۰/۰۳
LR_D	۰/۱۱۰	۳/۹۱	۰/۰۰
$\overline{R}^2$	۰/۹۸	–	–
آزمون معنی‌داری کل رگرسیون (آمارهٔ F)	–	۱۸۹/۳	۰/۰۰

منبع: یافته‌های تحقیق
با استفاده از نرم‌افزار Eviews 9

قبل از تفسیر ضرایب حاصل از برآورد مدل لازم است تا آزمون خوبی برازش انجام گیرد. جدول ۸ نتایج حاصل از «آزمون وابستگی مقطعی پس‌ماندها» (residual cross-section dependence test) و «آزمون نرمال‌بودن» (normality test) را نشان می‌دهد. باتوجه‌به این‌که دورهٔ زمانی برای وابستگی مقطعی پس‌ماندها نسبتاً کم بوده است از آزمون Pesaran CD استفاده شده است. همان‌طورکه ملاحظه می‌شود فرضیهٔ صفر این آزمون مبنی‌بر عدم‌هم‌بستگی مقطعی پس‌ماندها در سطح احتمال پنج درصد رد نشده است. هم‌چنین، آزمون دوم نیز حاکی از توزیع نرمال پس‌ماندهاست.

جدول ۸. آزمون خوبی برازش

	آمارهٔ آزمون	سطح احتمال
آزمون وابستگی مقطعی پس‌ماندها	۰/۸۳	۰/۱۳
آزمون نرمال‌بودن	۲۷۰/۶۴	۰/۰۰

منبع: یافته‌های تحقیق
با استفاده از نرم‌افزار Eviews 9

به‌منظور تفسیر ضرایب برآوردشده، که در جدول ۷ آورده شده‌اند، ملاحظه می‌شود که متغیرهای مصرف انرژی، فاوا، و هزینه‌های تحقیق و توسعه به‌طور متوسط و در سطح احتمال پنج درصد تأثیر مثبت و معنی‌داری در تولید صنایع کارخانه‌ای ایران دارند. براساس نتایج به‌دست‌آمده ضرایب برآورده‌شده برای متغیرهای نیروی کار، سرمایه، مصرف انرژی، فاوا، و هزینه‌های تحقیق و توسعه به‌ترتیب برابر با ۰/۱۴۳، ۰/۰۹۷، ۰/۵۱۶، ۰/۱۳۱، و ۰/۱۱۰ است که این ضرایب باتوجه‌به لگاریتمی‌بودن متغیرها نشان‌دهندهٔ مقادیر کشش است و بیان‌گر این هستند که یک درصد افزایش در نیروی کار، سرمایه، مصرف انرژی، فاوا، و هزینه‌های تحقیق و توسعه باعث افزایش تولید صنایع کارخانه‌ای به‌ترتیب برابر با ۰/۱۴۳ درصد، ۰/۰۹۷ درصد، ۰/۵۱۶ درصد، ۰/۱۳۱ درصد، و ۰/۱۱۰ درصد می‌شوند.

هم‌چنین، نتایج نشان می‌دهند که در صنایع کارخانه‌ای ایران بیش‌ترین اثر بر تولید دربین تمامی عوامل موردبررسی مربوط به مصرف انرژی است؛ به‌طوری‌که ضریب این متغیر (۰/۵۱۶) از دیگر متغیرها بیش‌تر است. بنابراین، صنایع کارخانه‌ای ایران صنایعی به‌شدت انرژی‌بر هستند که می‌تواند ناشی از عرضهٔ انرژی ارزان‌قیمت به صنایع کشور باشد. بعد از مصرف انرژی بیش‌ترین اثرگذاری در تولید صنایع کارخانه‌ای مربوط به متغیر نیروی کار است. بعد از متغیرهای مصرف انرژی و نیروی کار که به‌ترتیب دارای بیش‌ترین اثرگذاری در تولید صنایع کارخانه‌ای ایران هستند، متغیرهای فاوا و هزینه‌های تحقیق و توسعه بیش‌ترین اثرگذاری را در تولید صنایع دارند که حاکی از توجه روزافزون صنایع به این دو نهاده است.

هم‌چنین، نتایج نشان می‌دهند که ضریب تعیین تعدیل‌شده برای مدل موردبرآورد برابر با ۰/۹۸ است که حاکی از قدرت توضیح‌دهندگی بالای مدل بالاست. آزمون معنی‌داربودن کلی رگرسیون که به کمک آمارهٔ F انجام می‌شود نیز نشان می‌دهد که کل مدل موردبرآورد در سطح اطمینان یک درصد معنی‌دار است.

۶. نتیجه‌گیری

باتوجه‌به اهمیت صنایع کارخانه‌ای در اقتصاد ایران و اثرگذاری مصرف انرژی، فاوا، و هزینه‌های تحقیق و توسعه در تولیدات این صنایع و به‌تبع آن اثرگذاری در رشد و توسعهٔ اقتصادی کشور در مقالهٔ حاضر تأثیر مصرف انرژی، فاوا، و هزینه‌های R&D در تولید صنایع کارخانه‌ای کشور (پانزده صنعت برحسب کدهای دورقمی ISIC Rev 3) طی دورهٔ

زمانی ۱۳۷۴-۱۳۹۳ بررسی شد. برای انجام‌دادن تحقیق از مدل داده‌های تابلویی استفاده شد. بررسی اولیهٔ آمار مربوط به ارزش مصرف انرژی (به‌قیمت ثابت)، سرمایه‌گذاری نرم‌افزار و سخت‌افزار کامپیوتری (به‌قیمت ثابت)، و هزینهٔ تحقیقات و آزمایشگاه (به‌قیمت ثابت) صنایع کارخانه‌ای نشان می‌دهند که روند مربوط به متغیرهای اشاره‌شده طی دورهٔ زمانی ۱۳۷۴-۱۳۹۳ صعودی هستند. هم‌چنین، محاسبهٔ سهم هزینهٔ مربوط به هرکدام از آن‌ها در مقایسه با کل هزینه‌های صنایع مختلف طی دورهٔ موردبررسی حاکی از آن است که سهم یادشده روندی افزایشی دارد؛ بنابراین، این شواهد حاکی از بااهمیت‌ترشدن سه نهادهٔ یادشده برای صنایع با گذشت زمان است.

ضرایب حاصل از برآورد مدل نشان می‌دهند که تأثیر تمامی متغیرها شامل نیروی کار شاغل، تشکیل سرمایهٔ ثابت ناخالص، مصرف انرژی، فاوا، و هزینه‌های تحقیق و توسعه در تولید صنایع کارخانه‌ای مثبت و معنی‌دار است؛ به‌طوری‌که بیش‌ترین ضریب مربوط به مصرف انرژی رقمی برابر با ۰/۵۱۶ است. بنابراین ملاحظه می‌شود که اقتصاد ایران صنایع کارخانه‌ای انرژی‌بری دارد و آن نیز می‌تواند ناشی از پایین‌بودن قیمت انرژی عرضه‌شده به این صنایع باشد. بعد از مصرف انرژی نهاده‌های نیروی کار، فاوا، و هزینه‌های R&D به‌ترتیب بیش‌ترین اثرگذاری را در تولید صنایع کارخانه‌ای دارند.

ضرایب حاصل از برآورد مدل نشان می‌دهند که کشش تولیدی مصرف انرژی، فاوا، و هزینه‌های R&D به‌ترتیب برابر با ۰/۵۱۶، ۰/۱۳۱، و ۰/۱۱۰ است که به‌معنی آن است که یک درصد افزایش در مصرف انرژی، فاوا، و هزینه‌های R&D به‌ترتیب باعث می‌شود تا معادل ۰/۵۱۶، ۰/۱۳۱، و ۰/۱۱۰ درصد تولیدات صنایع کارخانه‌ای با افزایش هم‌راه باشد. بنابراین، درمجموع می‌توان چنین عنوان کرد که به‌علت انرژی‌بری صنایع کارخانه‌ای کشور، تأثیر مصرف انرژی در تولیدات صنایع کارخانه‌ای کشور مثبت است. بنابراین توصیه می‌شود تا در سیاست‌های مرتبط با حوزهٔ انرژی که دردست‌رس‌بودن این نهادهٔ مهم را برای صنایع با مشکل مواجه می‌کند، احتیاط صورت گیرد؛ زیرا وقوع چنین مشکلی می‌تواند توان تولید صنایع را تحت‌تأثیر منفی قرار دهد. البته بایستی خاطرنشان شود که این یافتهٔ تحقیق نافی ضرورت اصلاح الگوی مصرف انرژی و افزایش بهره‌وری انرژی در صنایع کشور نیست، بلکه می‌توان به‌منزلهٔ سیاست مکمل به آن نگریست. این یافتهٔ تحقیق می‌تواند مبنای علمی مناسبی را برای سیاست‌گذاران و متولیان صنعت کشور به‌منظور آگاهی از تحلیل حساسیت ضرایب تأثیر مصرف انرژی در تولیدات صنایع کارخانه‌ای کشور فراهم آورد. ازطرفی، نتایج تحقیق اثر مثبت و معنی‌دار هزینه‌های فاوا و نیز تحقیق و توسعه را در

تولیدات صنعتی کشور تأیید می‌کنند که براساس آن می‌توان به متولیان صنعت کشور توصیه کرد تا علاوه‌بر توجه به نهاده‌های انرژی و نیروی کار، که نقش مؤثری در رشد تولید صنایع دارند، به سرمایه‌گذاری در حوزه‌های فاوا و R&D نیز توجه داشته باشند؛ زیرا این نهاده‌ها نیز نقش مهمی در رشد تولید صنایع دارند.

پی‌نوشت

۱. پانزده صنعت کارخانه‌ای منتخب برحسب کدهای دورقمی ISIC Rev 3 که در مقاله موردبررسی هستند عبارت‌اند از: صنایع مواد غذایی و آشامیدنی (Fod)، تولید منسوجات (Tex)، تولید چوب و محصولات چوبی (Wod)، تولید کاغذ و محصولات کاغذی (Pap)، صنایع تولید ذغال کک ــ پالایشگاه‌های نفت (Col)، صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی (Che)، تولید محصولات لاستیکی و پلاستیکی (Tir)، تولید سایر محصولات کانی غیرفلزی (Con)، تولید فلزات اساسی (Met)، تولید محصولات فلزی فابریکی به‌جز ماشین‌آلات و تجهیزات (Fab)، تولید ماشین‌آلات و تجهیزات طبقه‌بندی‌نشده (Mch)، تولید ماشین‌آلات مولد و انتقال برق (Elc)، تولید رادیو و تلویزیون، دستگاه‌ها و وسایل ارتباطی (Tev)، تولید وسایل نقلیهٔ موتوری و تریلر (Mot)، تولید مبلمان و مصنوعات طبقه‌بندی‌نشده (Fur).

کتاب‌نامه

اندرس، والتر (۱۳۹۱)، *اقتصادسنجی سری زمانی با رویکردی کاربردی*، ترجمهٔ مهدی صادقی و سعید شوال‌پور، تهران: انتشارات دانشگاه امام صادق (ع).

آماده، حمید، مرتضی قاضی، و زهره عباسی‌فر (۱۳۸۸)، «بررسی رابطهٔ مصرف انرژی و رشد اقتصادی و اشتغال در بخش‌های مختلف اقتصاد ایران»، مجلهٔ *تحقیقات اقتصادی*، ش ۸۶

جعفری صمیمی، احمد و محسن محمدی (۱۳۹۳)، «رابطهٔ کوتاه‌مدت و بلندمدت بین انتشار دی‌اکسیدکربن، مصرف انرژی و رشد اقتصادی: شواهدی جدید در ایران»، فصل‌نامهٔ *پژوهش‌های اقتصادی*، س ۱۴، ش ۲.

جهانگرد، اسفندیار (۱۳۸۴)، «اثر فناوری اطلاعات بر تولید صنایع کارخانه‌ای ایران»، فصل‌نامهٔ *پژوهش‌های اقتصادی ایران*، س ۷، ش ۲۵.

جهانگرد، اسفندیار و موسی خوش‌کلام خسروشاهی (۱۳۹۲)، «تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر کارآیی فنی در کشورهای منطقهٔ منا و سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه»، فصل‌نامهٔ *اقتصاد و تجارت نوین*، ش ۳۱– ۳۲.

دقیقی اصلی، علی‌رضا، جمشید پژویان، و ساراسادات حاج‌موسوی (۱۳۹۲)، «بررسی اثر هزینه‌های تحقیق و توسعه در بخش آموزش عالی بر رشد اقتصادی کشورهای اتحادیهٔ اروپا»، فصل‌نامهٔ *علوم اقتصادی*، س ۷، ش ۲۴.

کرانی، عبدالرضا، محمدنبی شهیکی‌تاش، علی فلاحتی، و الهام رضایی (۱۳۹۵)، «تأثیر هزینه‌های تحقیق و توسعه و نوآوری بر سودآوری صنایع کارخانه‌ای با سطوح مختلف فناوری»، فصل‌نامهٔ *پژوهش‌های اقتصاد صنعتی*، س ۱، ش ۱.

لطف‌علی‌پور، محمدرضا، محمدحسین مهدوی‌عادلی، و حسن رضایی (۱۳۹۵)، «بررسی رابطهٔ میان مصرف انرژی، رشد اقتصادی و صادرات در بخش صنعت ایران»، فصل‌نامهٔ *پژوهش‌های رشد و توسعهٔ اقتصادی*، س ۶، ش ۲۴.

محمدزاده، پرویز و غلام‌حسین ره‌نمای (۱۳۹۱)، «بررسی تأثیر حجم سرمایهٔ R&D داخلی و موجودی سرمایهٔ خارجی بر ارزش افزوده در صنایع متوسط و بزرگ ایران»، فصل‌نامهٔ *پژوهش‌های اقتصادی*، س ۱۲، ش ۴.

مشیری، سعید (۱۳۹۶)، «برآورد آثار مستقیم و سرریز سرمایه‌گذاری فاوا بر تولید صنایع ایران با تأکید بر نقش سرمایهٔ انسانی و ظرفیت جذب»، *تحقیقات اقتصادی*، دورهٔ ۵۲، ش ۲.

مشیری، سعید و اسفندیار جهانگرد (۱۳۸۳)، «فناوری ارتباطات و ارتباطات و رشد اقتصادی ایران»، فصل‌نامهٔ *پژوهش‌های اقتصادی ایران*، ش ۱۹.

معتقد، صابر، همایون رنجبر، و سعید کریم‌زاده (۱۳۹۳)، «رابطهٔ فناوری اطلاعات و ارتباطات، بخش‌های صادراتی و غیرصادراتی و رشد اقتصادی در ایران: تعمیم مدل فدر»، فصل‌نامهٔ *مدل‌سازی اقتصادی*، س ۸، ش ۴.

Abid, M. and R. Mraihi (2015), "Energy Consumption and Industrial Production: Evidence from Tunisia at both Aggregated and Disaggregated Levels", *Journal of Knowledge Economy*, vol. 6.

Ayres, Robert U. and Indira Nair (1984), "Thermodynamics and Economics", *Physics Today*, vol 37, no 11.

Baldwin, J. R. and D. Sabourin (2002), "Impact of the Adoption of Advanced Information and Communication Technologies on Firm Performance in the Canadian Manufacturing Sector", *SSRN Electronic Journal*, vol. 24.

Bernard, O. and A. Oludare (2016), "Is Energy Consumption Relevant to Industrial Output in Nigeria", *European Journal of Research in Social Sciences*, vol. 4, no. 4.

Bowden, N. and J. Payne (2009), "The Causal Relationship between U.S. Energy Consumption and Real Output: A Disaggregated Analysis", *Journal of Policy Modeling*, vol. 31.

Brendt, E. R. and D. O. Wood (1975), "Technology, Prices, and the Derived Demand for Energy", *Review of Economics and Statistics*, no. 57.

Dedrick, J., V. Gurbaxani, and K. Kraemer (2003), *Information Technology and Economic Performance: A Critical Review of the Empirical Evidence*, Center for research on Information Technology and Organizations, University of California, Irvine.

Djaye, A. J. (2000), "The Relationship between Energy Consumption, Energy Prices and Economic Growth: Tim Series Evidence from Asian Developing Countries", *Energy Economics*, vol. 22.

Dolores, A. H. (2007), "The Impact of R&D Spillovers on UK Manufacturing: A Dynamic Panel Approach", *Research Policy*, vol. 36.

Frantzen, D. (2003), "The Causality between R&D and Productivity in Manufacturing: An International Disaggregate Panel Data Study", *International Review of Applied Economics*, vol. 17 (2).

Gasbi, S. and A. Chkir (2012), "Research and Development (R&D) Spillovers and Economic Growth: Empirical Validation in the Case of Developing Countries", *Journal of Economics and International Finance*, vol. 4 (5).

Ghali, K. and El-Sakka (2004), "Energy Use and Output Growth in Canada: a Multivariate Cointegration Analysis", *Energy Economics*, vol. 26, issue 2.

Hong, J. (2017), "Causal Relationship between ICT R&D Investment and Economic Growth in Korea", *Technological Forecasting & Social Change*, vol. 116.

Ito, K. (2017), "CO2 Emissions, Renewable and Non-Renewable Energy Consumption, and Economic Growth: Evidence from Panel Data for Developing Countries", *International Economics*, vol. 151.

Jalava, J. and M. Pohjola (2008), "The Roles of Electricity and ICT in Economic Growth: Case Finland", *Explor. Econ. Hist*., vol. 45 (3).

Jorgensen, D. et. al. (2004), "Information Technology and Growth", *American Economic Review*, no. 892.

Jorgenson, D. (2001), "Information Technology and the US Economy", *Am. Econ. Rev.*, vol. 91 (1).

Jorgenson, D. (2005), "Information Technology and the G7 Economies", *World Econ*., vol. 4 (4).

Jorgenson, D. and Kevin J. Stiroh (2000), "US Economic Growth and the Industry Level", *American Economic Review*, vol. 90 (2).

Kum, H., A. Aslan, O. Ocal, and O. Gozbasl (2013), "Energy Consumption and Economic Growth: Evidence from Micro Data", *ASBBS Annual Conference*, vol. 20, no. 1.

Lucas, R. E. (1988), "On the Mechanics of Economic Development", *Journal of Monetary Economics*, vol. 22.

Moshiri, S. (2016), "The Spillovers Effects of ICT Investment in Canada, Provincial and Industry Analysis", *Journal of Economic Innovation and New Technology*, vol. 25, no. 8.

Moshiri, S. and W. Simpson (2011), "Information Technology and the Changing Workplace in Canada: Firm–Level Evidence", *Industrial and Corporate Change*, vol. 20.

OECD (2015), "OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2015", OECD, Paris, <http://www.oecd.org/science/oecd-science-technology-and-industryscoreboard-20725345.htmN>.

Oliner, D. and D. Sitchel (1994), "Information Technology and Productivity: Where Are We Now and Where Are We Going?", Federal Reserve Conference on Technology.

Oliner, S. and D. Sichel (2000), "The Resurgence of Growth in the Late 1990s: In Information Technology the Story?" *J. Econ. Perspect*., vol. 14 (4).

Sari, R., B. Ewing, and U. Soytas (2008), "The Relationship between Disaggregate Energy Consumption and Industrial Production in the United States: An ARDL Approach", *Energy Economics*, vol. 30.

Sassi, S. and M. Goaied (2013), "Financial Development, ICT Diffusion and Economic Growth: Lessons from MENA Region", *Telecommun Policy*, vol. 37.

Solow, R. (1956), "A Contribution to the Theory of Economic Growth", *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 70, Issue 1.

Stern, D. and C. Cleveland (2004), "Energy and Economic Growth", *Working Papers in Economics*: <https://EconPapers.repec.org/RePEc:rpi:rpiwpe:0410>.

Stern, D. I. (2000), "A Multivariate Cointegration Analysis of the Role of Energy in the US Macroeconomy", *Energy Economics*, no. 22.

Yang, H. Y. (2000), "A Note on the Causal Relationship between Energy and Gap in Taiwan", *Energy Economics*, vol. 22.

Zhixin, Zhang and Ren Xin (2011), "Causal Relationship between Energy Consumption and Economic Growth", *Energy Procedia*, vol. 5.