

تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) بر شدت مصرف انرژی صنایع کارخانه‌ای ایران

*علی اصغر سالم^۱، حسین توکلین^۲، ستاره احمدی^۳

۱. دانشیار دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی

۲. دانشیار دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی

۳. دانش آموخته‌ی کارشناسی ارشد دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی

(دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۲۳ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۲۹)

The Impact of Information and Communication Technology (ICT) on Energy Intensity of Iran's Manufacturing

*Ali Asghar Salem¹, Hossein Tavakolian², Setareh Ahmadi³

1. Associate Professor, Department of economics, Allameh Tabataba'i University, Tehran

2. Associate Professor, Department of economics, Allameh Tabataba'i University, Tehran

3. M.A. in Economics, Department of economics, Allameh Tabataba'i University, Tehran

(Received: 14/ May/ 2021

Accepted: 20/ July/ 2021)

چکیده:

Abstract:

Information and Communication Technology (ICT) is needed as a powerful technology for process optimization and therefore its impact on intensity of energy consumption has been studied from various perspectives, but the impact of this technology on intensity of energy consumption is ambiguous. Measuring, monitoring and analyzing energy consumption for awareness in saving energy is a key issue based on ICT applications. This study seeks to investigate the impact of information and communication technology by using the Iran's industries by 4-digit ISIC codes, over the period 2007-2017 on energy intensity. Due to the nature of the data, the model has been estimated by GLS method. The results indicate a negative and significant relationship between per capita ICT capital and energy consumption intensity and the relationship between per capita total capital and energy subsidy variable is positive and significant. In this study, the negative and significant effect of firm size on energy intensity has been achieved and the effect of research and development costs intensity on energy intensity is not significant.

Keywords: Information and Communication Technology, Energy intensity, Manufacturing, Panel data.

JEL: L86, L60, L15, Q40.

فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) به عنوان یک تکنولوژی توانمند برای بهینه‌سازی فرایندها مورد نیاز است و از این رو تأثیر گذاری آن بر شدت مصرف انرژی از دیدگاه‌های متعدد مورد بررسی قرار گرفته است، اما جهت تأثیر گذاری این فناوری بر شدت مصرف انرژی مبهم است. اندازه‌گیری، پایش و تحلیل مصرف انرژی برای آگاهی در صرفه جویی انرژی یک مساله کلیدی مبتنی بر کاربردهای ICT است. این مطالعه با استفاده از اطلاعات مربوط به کارگاه‌های صنعتی کشور به تفکیک کدهای آیسیک ۴ رقمی در پی آن است تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات را در بازه زمانی ۱۳۹۶-۱۳۸۶ بر شدت مصرف انرژی بررسی کند. با توجه به ماهیت داده‌ها، مدلی مبتنی بر پانل دیتا به روش GLS برآورد گردیده است. نتایج حاکی از ارتباط منفی و معنادار سرمایه فناوری اطلاعات و ارتباطات سرانه، با شدت مصرف انرژی است و رابطه متغیر سرمایه کل سرانه و یارانه انرژی مثبت و معنا دار است. در این مطالعه اثر منفی و معنادار اندازه بنگاه بر شدت مصرف انرژی نیز نتیجه گردیده است و تأثیر شدت هزینه‌های تحقیق و توسعه بر شدت مصرف انرژی معنادار نیست.

واژه‌های کلیدی: فناوری اطلاعات و ارتباطات، شدت انرژی، صنایع کارخانه‌ای، پانل دیتا.

طبقه‌بندی JEL: Q40, L15, L60, L86.

۱- مقدمه

بخش صنعت در اقتصاد کشور نقش مهمی در ایجاد ارزش افزوده و اشتغال زایی ایفا می کند. حوزه صنعت به نسبت سایر بخش ها، از تنوع بالایی برخوردار بوده و سرمایه ی موردنیاز برای تداوم فعالیت آن ها نیز در اقتصاد وجود دارد (رهبر و صوفیانی، ۱۳۹۸). با توجه به حساسیت های اجتماعی و اقتصادی در مورد استفاده بی رویه از انرژی در سال های اخیر به دلیل آلودگی، افزایش دمای کره زمین، وابستگی کشورهای وارد کننده نفت به کشورهای صادر کننده انرژی و محدود بودن منابع تجدید ناپذیر، کشورها به دنبال راهکارهایی جهت بهینه سازی در تولید و مصرف انرژی بوده و ترجیح می دهند جهت کسب تولید ناخالص داخلی مشخص، انرژی کمتری مصرف نمایند و به عبارتی شدت انرژی خود را کاهش دهند.

ایران یکی از مهمترین بازیگران انرژی دنیاست. اما آمار و ارقام نشان از عدم استفاده کارا از منابع انرژی و استفاده بیش از حد از این منابع خدادادی دارد. بر اساس بررسی سازمان بهره وری انرژی ایران، شاخص شدت مصرف انرژی ایران از بسیاری از کشورهای جهان از جمله ژاپن، کشورهای اروپایی، آمریکا و حتی برخی از کشورهای جهان سوم نیز بیشتر است (سازمان بهره وری انرژی ایران، ۱۳۸۸). با این که افزایش تولیدات صنایع یکی از مهمترین علل افزایش مصرف انرژی و به دنبال آن افزایش شدت مصرف انرژی می باشد، اما از این مسئله نمی توان این گونه نتیجه گیری کرد که به منظور کنترل شدت مصرف انرژی باید تولیدات صنعتی کاهش یابد، چرا که این کار منافی هدف رشد اقتصادی است که بوسیله افزایش تولیدات صورت میگیرد. بازارهای انرژی در سال های اخیر شاهد تغییرات مهمی بوده که محرک آن تلاش در جهت آزادسازی و پیدایش فناوری های نوین (اغلب غیرمتمرکز) انرژی است. همزمان فاوا در شکل دهی نیازهای انرژی و رفتار مصرف کنندگان انرژی نقش مهمی داشته است. از یک سو با سازماندهی مجدد فرآیندهای تولیدی و رفتارهای کنترلی بهتر، به کاهش مصرف انرژی و در نتیجه کاهش هزینه ها کمک کرده است و از دیگر سو به تقاضای اضافی برای انرژی، به واسطه فراهم نمودن تولیدات و خدمات جدید و همچنین تغییر قیمت نسبی کالاها و خدمات ارائه شده در بازارهای مختلف، منجر شده است. فاوا تغییرات بسزایی در ساختارها و رویه های اقتصادی و اجتماعی به وجود آورده است؛ از این رو، انتظار می رود شدت و ساختار مصرف انرژی، در نتیجه این تغییرات القایی، متأثر شود^۱.

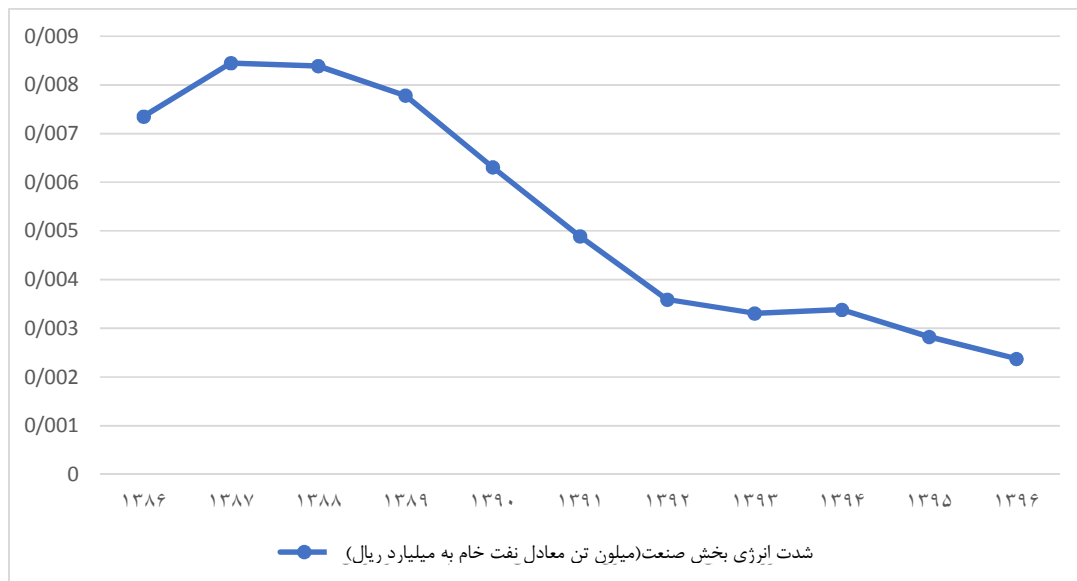
در کشور های کمتر توسعه یافته عوامل بازدارنده گوناگونی، در استفاده ی فاوا توسط بنگاه ها و مصرف کنندگان دخیل هستند. برای مثال در کشور تایلند، عواملی چون بالا بودن قیمت ها و پایین بودن دانش چگونگی به کارگیری فاوا در بهبود عملکرد تجاری به عنوان عامل های بازدارنده بنگاه ها در استفاده از فاوا شناخته شده اند (آنکتاد^۲، ۲۰۰۷). همچنین می توان انتظار داشت که آثار خارجی استفاده فاوا در کشورهای کمتر توسعه یافته، به دلیل کوچک تر بودن شبکه کمتر باشد. استفاده گسترده از فاوا به ویژه رایانه و خدمات مربوط به آن نیاز به عوامل مکملی مانند نیروی انسانی تحصیل کرده و ماهر و شرایط سازمانی و مدیریت انعطاف پذیر دارد. کمبود این عوامل در کشورهای در حال توسعه یکی از موانع گسترش فاوا بوده است (مشیری و قره خانلو، ۱۳۸۶).

در ایران نیز عواملی چون فقدان نیروی انسانی ماهر در ایجاد و توسعه، عدم سازگاری سیستم رایانه ای مشتریان یا عرضه کنندگان، بالا بودن هزینه های ایجاد، توسعه و نگهداری، نگرانی های امنیتی و نگرانی در مورد محرمانگی، قابل ذکر است (مرکز آمار ایران). در اقتصاد ایران از سال ۱۳۵۰ تاکنون شدت انرژی روند افزایشی داشته است و در برخی دوران ها فقط از آهنگ رشد آن کاسته شده است. همچنین شدت انرژی منعکس کننده بهره وری استفاده از انرژی در یک اقتصاد، در روند تولید و مصرف تولیدات اقتصادی است^۳. استفاده از معیار شدت انرژی در سطح خرد، برای نشان دادن کارایی سیستم های تولیدی و در سطح کلان برای مقایسه وضعیت کارایی انرژی کشورها بسیار متداول است.

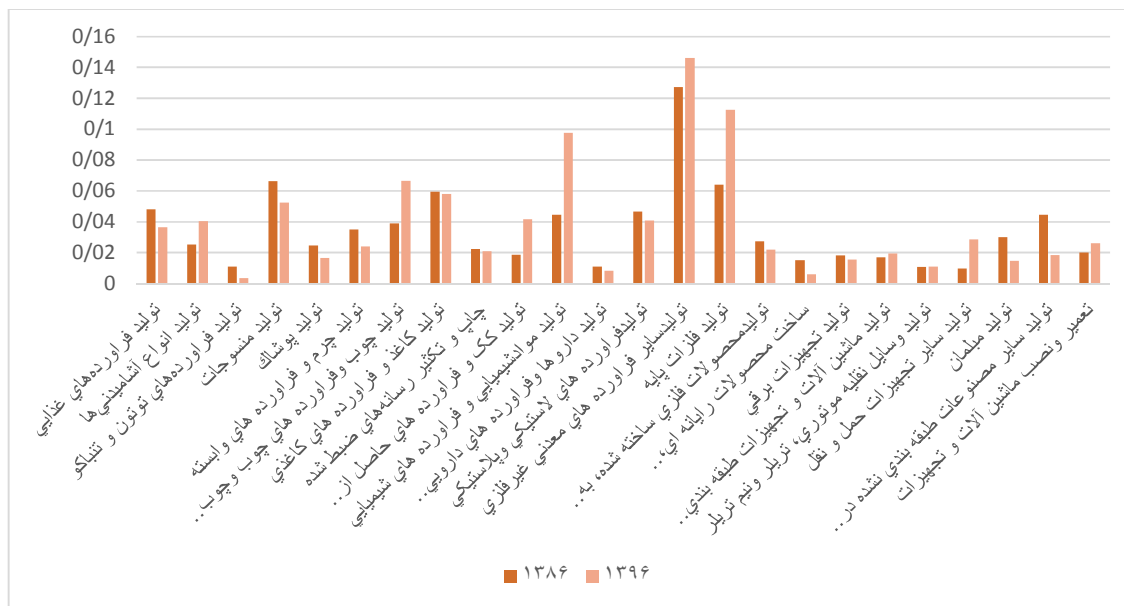
شدت انرژی یکی از شاخص هایی است که نمایانگر وضعیت درون بخش صنعت در مصرف انرژی است. همانطور که در نمودار (۱) مشاهده می کنید شدت انرژی بخش صنعت باتوجه به داده های سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۶ محاسبه شده است. طبق ترازنامه انرژی کل مصرف انرژی بخش صنعت که شامل فرآورده های نفتی، گاز طبیعی، زغال سنگ و برق می باشد، از ۳۲،۲ میلیون تن معادل نفت خام در سال ۱۳۸۶ به ۴۶،۶ میلیون تن معادل نفت خام در سال ۱۳۹۶ افزایش یافته است. هم چنین ارزش افزوده کارگاه های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر به تفکیک فعالیت در سال ۱۳۸۶ برابر با ۳۴۸۰۰۳ میلیارد ریال بوده است که این مقدار در سال ۹۶ به ۱۹۶۱۷۳۵ میلیارد ریال رسیده است.

2. UNCTAD
3. Jian et al., 2009

1. e-Business watch (2009)



نمودار ۱. شدت انرژی بخش صنعت (میلیون تن معادل نفت خام به میلیارد ریال)
 مأخذ: محاسبات پژوهش



نمودار ۲. شدت انرژی کارگاه های صنعتی به تفکیک کد آیسیک دو رقمی در سال ۱۳۸۶ و ۱۳۹۶
 مأخذ: محاسبات پژوهش

کاهش سهم زیر بخش ها با شدت انرژی بالا از تولید کل صنعت و برعکس، افزایش سهم زیربخش ها با شدت انرژی پایین از تولید کل صنعت. این تغییر به عنوان تغییرات ساختاری شناخته شده است.

همانطور که در نمودار مشاهده می کنید شدت انرژی از سال ۱۳۸۸ روند کاهشی داشته است این روند کاهشی در بخش صنعت می تواند دو دلیل عمده داشته باشد : کاهش شدت انرژی در زیر بخش ها،

استفاده بیشتر از فناوری های جدید در کارگاه ها و کارخانه های تولیدی و بهبود فرآیند تولید (که کاهش نرخ استفاده از نیروی کار در بخش صنعت به مرور زمان می تواند ازدلایل آن باشد) (ناجی میدانی و همکاران، ۱۳۹۴).

افزایش ارزش افزوده در بخش صنایع انرژی بر، مثلا در زیر بخش کد ۲۴ (بخش تولید فلزات پایه)، ارزش افزوده از ۳۵۶،۵۴۶،۷۱۶ به ۱۳۸۶ در سال ۱۳۹۶ رسیده است. این در حالی است که مصرف انرژی در سال ۱۳۸۶ از ۳۳،۲ میلیون تن معادل نفت خام به ۴۶،۶ میلیون تن در سال ۱۳۹۶ رسیده است.

لذا هم اثر شدت و هم اثر ساختار (با توجه به تغییرات ارزش افزوده) در بخش صنعت مؤثر بوده است.

می توان با تحلیل جزئی تر نشان داد که سهم کدام عامل فوق در کاهش شدت انرژی قابل توجه تر است. در نمودار (۲) تغییرات شدت انرژی (نسبت ارزش سوخت مصرفی به میلیون ریال بر ارزش افزوده به میلیون ریال) بخش صنعت به تفکیک زیر بخش های صنعت (دو رقمی ISIC) برای کارگاه های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر در سال های ۱۳۸۶ و ۱۳۹۶ نشان داده شده است.

طبق حساب های اقماری ICT سهم ارزش افزوده ناخالص فاوا در ارزش افزوده کل اقتصاد در سال ۱۳۹۱ برابر با ۱/۵۷ درصد و در سال ۱۳۹۵ برابر با ۱/۷۸ از کل ارزش افزوده ناخالص اقتصاد است (حساب های اقماری ICT، ۱۳۹۷).

در این تحقیق، جهت تاثیرگذاری فناوری اطلاعات و ارتباطات در کنار سایر متغیرهای سرمایه کل سرانه، اندازه بنگاه، شدت هزینه های تحقیق و توسعه و متغیر یارانه انرژی بر شدت مصرف انرژی کارگاه های صنعتی بررسی می شود. در این راستا از داده های مربوط به کارگاه های صنعتی به تفکیک کد ۴ رقمی آیسیک ورژن ۴ در دوره زمانی ۱۳۸۶-۱۳۹۶ استفاده شده است. این تحقیق در پنج بخش تنظیم شده که پس از مقدمه در بخش دوم، ادبیات نظری تحقیق بررسی می شود. در بخش سوم، پیشینه تحقیق و در بخش بعدی، مدل سازی و در ادامه توضیح الگوی تجربی و در نهایت نتیجه گیری آورده شده است.

۲- مبانی نظری

به طور کلی، توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات^۱ (فاوا) یکی از عواملی است که باعث کاهش شدت انرژی می شود، زیرا

فناوری اطلاعات از یک طرف انرژی کمتری نسبت به تولیدات سنتی مصرف می کند و از طرف دیگر به دلیل وجود رابطه معکوس بین اطلاعات و زمان پردازش این روند کاهشی ادامه می یابد. کشورهای توسعه یافته با تکیه بر این فناوری در بهینه سازی مصرف انرژی و در نتیجه کاهش شدت انرژی نیز موفق عمل کرده اند. مطالعه ماچادو و میلر (۱۹۹۷) نشان داده است که طی سالهای ۱۹۶۳-۱۹۸۷، اقتصاد ایالات متحده بیشتر از انرژی به اطلاعات مربوط بود. مطالعاتی مانند چو و همکاران (۲۰۰۷)، سادورسکی (۲۰۱۲) و ژو و همکاران (۲۰۱۸) نیز تأثیر این شاخص را بر شدت انرژی بررسی کرده است. مبانی نظری این پژوهش به دو بخش رابطه فناوری اطلاعات و شدت انرژی و بخش سایر عوامل مؤثر بر شدت انرژی تقسیم می گردد.

۲-۱ فاوا و شدت انرژی

فناوری اطلاعات و ارتباطات هم به عنوان سرمایه متعارف و هم در نقش سرمایه دانش است، بنابراین می تواند از طریق ساز و کارهای متفاوتی به سرریز منجر شود. اثر سرریز به طور معمول در سطح افراد و یا بنگاه ها بررسی می شود. در بررسی تاثیر گذاری فاوا بر انرژی کوتون^۲ دو دیدگاه را مطرح می کند: به طور کلی سرمایه گذاری فناوری اطلاعات و ارتباطات دو اثر در جهت های مخالف بر مصرف انرژی می گذارد. اول اینکه میتواند از طریق نوآوری یعنی با جایگزینی تکنولوژی جدید با تکنولوژی قدیمی، سطح مصرف انرژی را کاهش دهد. اثر اول تحت عنوان «اثر جانشینی» است که به واسطه تغییر در ساختار صنایع ایجاد شده و موجب افزایش بهره وری در تولید می شود و از این طریق مصرف انرژی را کاهش می دهد. اثر دوم اینکه تجهیزات فناوری اطلاعات و ارتباطات معمولاً برای کار کردن نیاز به برق دارند و نصب و کار کردن این تجهیزات جدید فناوری اطلاعات و ارتباطات، تقاضا برای انرژی را افزایش می دهد. اثر دوم با نام «اثر جبرانی» شناخته می شود که با افزایش رشد اقتصادی و درآمد ملی سبب استفاده بیشتر از تجهیزات فناوری اطلاعات و ارتباطات شده و در نتیجه تقاضا و مصرف برق را افزایش می دهد (رونالد برن اشتاین و همکاران^۳، ۲۰۰۸، چو و همکاران^۴، ۲۰۰۷). بنابراین در مجموع اثر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر مصرف انرژی در بخش صنعتی و در مصرف کل انرژی مبهم است و بستگی به نسبت این دو

2. Kouton, 2019

3. Bernstein, R et al.

4. Y. Cho et al

مقدار یکسان انرژی، ایجاد شود. این رویکرد، پنجه ای را برای انجام پژوهش‌هایی که امکان جانشینی اطلاعات و انرژی را بررسی می‌کنند، رو به دنیای مطالعات اقتصادی گشوده است (فلاحی و همکاران، ۱۳۹۱). این جانشینی در جریان تولید کالا و محصولات هم اتفاق می‌افتد؛ به عنوان مثال ارتباط بخش‌های مختلف تولید با کارفرماهای هر بخش و یا ارتباط افراد به صورت آنلاین و همچنین بررسی سطح انرژی مصرفی تجهیزات کارگاه به صورت آنلاین و لحظه ای می‌تواند جلوگیری از هدر رفت انرژی داشته باشد. کنترل انرژی مصرفی در ساعات مختلف روز و برقراری بالانس در ساعات پرمصرف و ساعات کم مصرف انرژی از مزایای جانشینی اطلاعات و انرژی هستند.

بین زمان و اطلاعات یک ارتباط جانشینی وجود دارد، هنگامی که اطلاعات کمتری در دسترس باشد برای انجام امور، آزمون و خطای بیشتری صورت می‌گیرد، بنابراین زمان بیشتری صرف می‌شود. در صورتی که اگر ما بدانیم چگونه وظایف را انجام دهیم و چگونه به هر مکانی دسترسی پیدا کنیم، زمان کمتری برای انجام وظایف نیاز خواهیم داشت و پدیده‌هایی از قبیل کاهش مصرف سوخت در حمل و نقل و افزایش کارایی انرژی در نتیجه کامپیوتری کردن فرآیند تولید دلایلی هستند که می‌توان برای اثبات جانشینی اطلاعات به جای انرژی مطرح کرد (محمد خان پور اردبیل، ۱۳۹۳). برقراری ارتباط بنگاه با سایر بنگاه‌ها به صورت لحظه ای، پرداخت‌های الکترونیکی، عقد قرار دادهای آنلاین، پیگیری مشکلات پیش آمده در جریان تولید از جمله تعمیر و نگهداری تجهیزات و یا قطعی برق، سفارش آنلاین و به طور کلی برخورداری از مزیت زنجیره تامین آنلاین، از مواردی هست که با ورود فاوا به کارگاه‌های صنعتی موجب صرفه جویی در زمان با جانشینی اطلاعات می‌گردد.

دیدگاه دوم براساس مطالعات هیلتی^۵ و همکاران و بررسی‌های OECD، استخراج شده است. به گفته این نویسندگان، سه کانال اصلی وجود دارد که فاوا از طریق آن‌ها می‌تواند بر انرژی تاثیر بگذارد. اولین مورد «اثر مستقیم» است که شامل چرخه عمر سخت‌افزار فاوا می‌شود. این کانال یک کانال اصلی است زیرا تولید فاوا نیازمند انرژی است و دستگاه‌های فاوا برای عملکرد به انرژی نیاز دارند. دومین مورد اثر «توانمندسازی»

اثر دارد که عبارتند از: ۱- اثر درآمدی که به سبب رشد اقتصادی ناشی از افزایش کاربرد فاوا اتفاق می‌افتد و منجر به افزایش مصرف انرژی می‌شود. ۲- اثر جانشینی که به واسطه تغییرات در ساختار صنعتی و افزایش بهره‌وری موجودی سرمایه اتفاق می‌افتد و منجر به کاهش مصرف انرژی می‌شود. پیامد کاربرد افزون تر فاوا بر مصرف انرژی به شمار دیگری از عوامل از قبیل ساختار صنعتی و الگوهای پیش بینی شده^۱ مصرف انرژی بستگی دارد. برای مثال تاکاشی وموروتا^۲ دریافته‌اند که ژاپن توانسته با ترویج فاوا در طول چند سال، صرفه جویی چشمگیری در مصرف انرژی ایجاد کند؛ در حالی که نفوذ بیشتر فاوا در امریکا، جایی که پیش از این اثر جانشینی مسلط بوده، موجب افزایش مصرف انرژی شده است. در مطالعه سادروسکی(۲۰۱۲) و محمودزاده و شاه بیگی (۱۳۹۱) تاثیر تقاضا برای محصولات فاوا (نرم افزار - سخت افزار - ارتباطات) بر شدت انرژی مثبت ارزیابی شده است. سیف وحמידی رزی (۱۳۹۵) نیز تاثیر ضریب نفوذ اینترنت را منفی، اما تاثیر شدت مشترکان تلفن همراه را بر شدت انرژی مثبت ارزیابی کردند.

سرمایه گذاری بر روی ابداعات، مرتبط با بهره برداری کارا از انرژی است (گروت^۳ و همکاران، ۲۰۰۱)، چرا که این سرمایه گذاری میتواند درعین حالی که مصرف انرژی را کاهش دهد موجب بهبود تکنولوژی نیز شوند. پیشرفت فناوری با افزایش بهره‌وری موجب انتقال منحنی تولید به سمت بالا میشود و در نتیجه حداکثر تولید قابل حصول ارتقا می‌یابد. به طور کلی از میان تغییراتی که درون صنایع اتفاق می‌افتد، تغییر فناوری اثر غالب بر فرآیندهای صرفه جویانه انرژی دارد(فیلیپ آدام^۴، ۲۰۱۵).

در ادامه روند‌هایی از جانشینی اطلاعات با انرژی و زمان که منجر به کاهش شدت مصرف انرژی در جریان تولید می‌گردد، بیان شده است.

جانشینی اطلاعات به جای انرژی در مفهوم اقتصادی اش، کاربرد اطلاعات بیشتر در فعالیت اقتصادی به همراه کاهش مقدار انرژی مورد نیاز است. به عبارت دیگر اطلاعات موجب شود که مقدار مصرف انرژی به ازای هر واحد تولید، کاهش یافته و یا ارزش اقتصادی بیشتری به وسیله مصرف

1. Ex-ante Patterns
2. Takase and Murota
3. Groot
4. Adom, P

5. Hilty

است که نقش فاوا را در بهینه سازی کاربرد آن در زندگی روزمره برجسته می کند. این شامل استفاده از فاوا برای فعال کردن شبکه ها و ساختمان های هوشمند است. کانال اثر توانمندی سازی همچنین اثر القایی فاوا را نشان می دهد، این اثر زمانی رخ می دهد که استفاده از محصولات دیگر توسط فاوا تحریک و تقویت می شود که این در نتیجه کاهش قیمت بوجود آمده است. کانال سوم «اثر سیستمی» است که اقتصاد را در نتیجه قابلیت دسترسی و استفاده از فاوا در یک افق بلند مدت سازگار به وجود می آورد. این کانال بر یک تغییر اجتماعی تأکید دارد که با یک تغییر ساختاری عمیق به سمت یک اقتصاد غیر مادی و زیرساخت های حیاتی جدید مشخص می شود.

۲-۲ عوامل موثر بر شدت انرژی

تکنولوژی: تغییرات در انرژی مصرفی به پیشرفت های تکنولوژی وابسته است (روز و چن^۱، ۱۹۹۱، موریلیو و لویس^۲، ۲۰۰۵). سووینگ^۳ (۲۰۰۸) عنوان میکند که پیشرفت تکنولوژی به لحاظ اهمیت اثر گذاری بر کارایی انرژی، پس از اثر قیمت قرار می گیرد. در مطالعات بسیاری برای برآورد تکنولوژی بین صنایع مختلف از نسبت سرمایه فیزیکی به نیروی کار به عنوان نماینده تکنولوژی استفاده گردیده است به عنوان نمونه در مطالعه وو^۴ (۲۰۱۲) نسبت سرمایه فیزیکی به نیروی کار به عنوان پراکسی تکنولوژی در نظر گرفته شده است. در مطالعه هایاشی و تراپانی^۵ (۱۹۷۶)، برای محاسبه تکنولوژی از نسبت سرمایه به نیروی کار به دلیل تفاوت در فناوری تولید در بین صنایع موجود در نمونه استفاده کرده اند. هم چنین لیو و هان^۶ (۲۰۰۸) از نسبت نهاده سرمایه فیزیکی به نیروی کار به عنوان شاخص تکنولوژی استفاده کرده اند. بدیهی است هرچه سطح تکنولوژی بالاتر باشد، به کارگیری ماشین آلات نسبت به نیروی انسانی بالاتر رفته و نسبت موجودی سرمایه به نیروی کار افزایش می یابد. در مقابل در مطالعه بو و همکاران^۷ (۲۰۱۹) باور داشتند نسبت بالای سرمایه فیزیکی به تعداد کارکنان بیانگر صنایع با سرمایه بری بالا هستند پس انرژی بری بالایی دارند.

تحقیق و توسعه: را به طور کلی، می توان پژوهش و یا

کاوشی اساسی و برنامه ریزی شده نامید که با هدف کسب دانش جدید برای ایجاد محصول و خدمتی نو و بهبود موثر در محصولات و فرآیندهای تولیدی، به کارگرفته می شود. بر طبق جفرسون و همکاران (۲۰۰۲)، فیشر وندن و همکاران (۲۰۰۴) و کومار (۲۰۰۳) مخارج تحقیق و توسعه در صنایع موجب تخصیص منابع جهت ابداع و نوآوری با هدف صرفه جویی مصرف انرژی و کاهش شدت انرژی می شود. فعالیت های مبتکرانه موجب نوآوری در محصول و فرآیند تولید می شود و به دنبال آن بر شدت انرژی تأثیرگذار است. پاپادونگر و مایلو ناکیس^۸ (۲۰۰۷)، بیان می کنند که بنگاه ها با مخارج تحقیق و توسعه بالاتر به احتمال زیاد دارای تکنولوژی تولید پیشرفته تری خواهند بود. به عقیده کومار^۹ (۲۰۰۳)، مخارج تحقیق و توسعه به دلیل بستر سازی برای استفاده بیشتر از ماشین آلات و تجهیزات انرژی بر به جای نیروی انسانی، می تواند اثر مثبت بر شدت انرژی بنگاه داشته باشد.

اندازه بنگاه: بر اساس تئوری وجود صرفه های به مقیاس در تولید، با افزایش اندازه بنگاه هزینه متوسط واحد محصول کاهش می یابد، زیرا در بیشتر مواقع بنگاه های بزرگتر در خرید نهاده ها از جمله انرژی، قدرت چانه زنی بالاتری داشته و هم چنین توان مالی خرید تکنولوژی کارا تر را دارا هستند، بنابراین با توجه به این که بنگاه های بزرگتر در مقایسه با بنگاه های کوچک تر دارای هزینه واحد محصول پایین تر و به عبارت بهتر، کارایی بالاتر می باشند، از این رو انتظار می رود که شدت انرژی در بنگاه های بزرگ تر به صورت نسبی پایین تر باشد. اما از سوی دیگر برخی مطالعات نشان داده اند که بنگاه های کوچک و متوسط به دلیل قرار گرفتن در محیط رقابتی تر و داشتن انگیزه برای کاهش هزینه ها، اقدام به نوآوری بیشتر کرده و تمایل بیشتری در به کارگیری تجهیزات و تکنولوژی های پیشرفته و کارا دارند. از این رو بازده انرژی در این بنگاه ها بیش تر و شدت انرژی پایین می باشد. مطالعه ساهو (۲۰۰۹) و کومار (۲۰۰۳) به رابطه مثبت و مطالعه ایراوان (۲۰۱۰) به رابطه منفی اشاره دارند.

۳- مروری بر مطالعات تجربی

در این بخش ابتدا به بررسی مطالعات داخلی و خارجی اثرگذاری فناوری اطلاعات و ارتباطات بر متغیرهای حوزه انرژی می پردازیم. سپس مطالعاتی که به بررسی متغیرهای تأثیرگذار بر

1. Rose and Chen
2. Murillo and Luis
3. Sue wing
4. Wu
5. Hayashi and Trapani
6. Liu and Han
7. Bu et al.

8. Papadogonas and Mylonakis

9. Kumar

مصرف الکتريسته این کشورها در کوتاه مدت و بلندمدت است. ایشیدا^۴ (۲۰۱۴)، به بررسی رابطه طولانی مدت بین فاوا، مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ژاپن پرداخته است. با استفاده از خود رگرسیون با وقفه های توضیحی (ARDL)، دو مدل چند متغیره مختلف با تابع تولید و تابع تقاضای انرژی، هر دو شامل سرمایه گذاری فاوا بعنوان یک متغیر توضیحی، در طول دوره ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۰ تخمین زد. نتایج، حضور یک رابطه پایدار طولانی مدت را نشان می دهد، نه تنها برای تابع تولید بلکه برای تابع تقاضای انرژی. با این حال، در عملکرد تولید، تخمین ضریب بلند مدت برای سرمایه گذاری فاوا برخلاف ضرایب نیروی کار، سرمایه و انرژی از لحاظ آماری ناچیز است. در مورد تابع تقاضای انرژی، ضرایب GDP، قیمت انرژی و سرمایه گذاری فاوا از لحاظ آماری قابل توجه هستند. نتایج همچنین نشان می دهد که قابلیت ارتجاعی سرمایه گذاری بلندمدت در مصرف انرژی ۰٫۱۵۵- است. بر این اساس، به این نتیجه می رسیم که در حالی که سرمایه گذاری فاوا می تواند به کاهش متوسط در مصرف انرژی کمک کند، اما در افزایش تولید ناخالص داخلی بی اثر است. شعبانی و شهنازی^۵ (۲۰۱۸)، به بررسی رابطه علیت کوتاه مدت و بلند مدت بین مصرف انرژی، تولید ناخالص داخلی، انتشار کربن دی اکسید و فناوری اطلاعات و ارتباطات، را در بخش های اقتصادی ایران طی سالهای ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۳ بررسی کرده است. برای برآورد روابط طولانی مدت بین متغیرهای فوق از برآورد حداقل مربعات معمولی پویا (DOLS) استفاده کردند. یافته های تجربی وجود منحنی محیط زیستی کوزنتس در همه بخش ها، تأثیر مثبت فناوری اطلاعات و ارتباطات بر انتشار کربن دی اکسید در بخش صنایع و تأثیر منفی فناوری اطلاعات و ارتباطات بر انتشار کربن دی اکسید در بخش های حمل و نقل و خدمات را تأیید کرد. از مدل تصحیح خطای پانل برای بررسی علیت گرنجر بین هر جفت متغیر استفاده شد. فناوری اطلاعات و ارتباطات عامل مصرف انرژی در صنعت است. علاوه بر این، نتایج وجود علیت دو طرفه کوتاه مدت بین فناوری اطلاعات و ارتباطات و کربن دی اکسید در بخش های صنعتی و حمل و نقل و یک رابطه علی یک طرفه بین فناوری اطلاعات و ارتباطات و کربن دی اکسید در بخش خدمات را نشان می دهد. در آخر، رابطه علیت یک طرفه در دراز مدت از فناوری

شدت مصرف انرژی پرداختند را عنوان می کنیم. لازم به ذکر است در پژوهش حاضر از شاخص فناوری اطلاعات به صورت سرمایه سرانه و کدهای آیسیک چهاررقمی ورژن ۴ استفاده گردیده است که نوآوری این پژوهش نسبت به مطالعات قبلی است.

• مطالعات خارجی

ایشیدا و یاناگیساوا^۱ (۲۰۰۳)، مطالعه ای با یک مدل کلان برای ارزیابی اثرات تشدید استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات بر مصرف انرژی برای سال های آینده در ژاپن، انجام دادند. آنها از یک مدل ارزیابی اثر کلان برای مطالعه تأثیر شدت کاربری فاوا بر مصرف انرژی، برای یک دوره ده ساله پس از سال ۲۰۰۳ استفاده کردند. نتایج حاکی از کاهش عرضه اولیه انرژی در سال به اندازه ۱/۴ درصد و کاهش مصرف نهایی انرژی به اندازه ۱/۹ درصد در مورد فاوا در سال ۲۰۱۰ بوده است. براساس این تحلیل، به ازای هر ۰/۳ درصد سهم فاوا در رشد اقتصادی، انتظار می رود مصرف انرژی در کشور ژاپن افزایش نیابد. کلارد و همکاران^۲ (۲۰۰۵)، رشد مصرف انرژی برق و فاوا را در بخش خدمات کشور فرانسه بررسی کردند. آنها با استفاده از یک مدل ساده عامل تقاضا (مبتنی بر یک تابع تولید با بازده ثابت نسبت به مقیاس)، اثر کالاهای سرمایه ای فاوا را که مشتمل بر دو بخش رایانه ها و نرم افزار از یک سو و ابزار ارتباطاتی از سوی دیگر بود، بر شدت انرژی برق مطالعه کردند. آن ها با استفاده از رویکرد داده های تلفیقی پویا برای مجموعه داده ها در فاصله زمانی ۱۹۸۶-۱۹۹۸، دریافتند که شدت انرژی با افزایش استفاده از رایانه و نرم افزار افزایش می یابد؛ در حالی که این مورد با افزایش انتشار ابزار ارتباطی کاهش می یابد.

سادرسکی^۳ (۲۰۱۲)، در مطالعه ای تأثیر فاوا را بر روی مصرف الکتريسته در کشورهای با اقتصاد نوظهور، طی دوره ی زمانی ۲۰۰۸-۱۹۹۳ بررسی کرده است. وی در این مطالعه به منظور اندازه گیری فاوا، از سه شاخص تعداد کاربران اینترنت، تعداد خطوط تلفن همراه و تعداد کامپیوترهای شخصی استفاده کرده است. یافته های این تحقیق در قالب مدل های پانل پویا و با استفاده از روش گشتاورهای تعمیم یافته سیستمی (SGMM) حاکی از تأثیر مثبت هر سه شاخص، بر روی

1. Ishida and Yanagisawa
2. Collard et al.
3. Sadorsky

4. Ishida
5. Shabani and Shahnazi

شرط اضافی برای تخصیص اعتبار به شرکت ها در نظر گرفته شود.

• مطالعات داخلی

محمدزاده (۱۳۹۳)، در پایان نامه خود به بررسی اثر فناوری اطلاعات و ارتباطات (فاوا) بر مصرف انرژی در بخش حمل و نقل کشور با تاکید بر سوخت های بنزین و گازوئیل، به تفکیک استان های برخوردار و غیر برخوردار در دوره زمانی ۱۳۹۰-۱۳۸۵ با استفاده از روش پانل دیتا پرداخت. به عنوان نتیجه گیری کلی می توان ادعان داشت فاوا منجر به کاهش مصرف انرژی در بخش حمل و نقل می گردد البته تاثیر آن بر استان های برخوردار و غیر برخوردار متفاوت است. همچنین تاثیر فاوا بر حسب نوع سوخت نیز متفاوت است. این در حالی است که متغیرهای نرخ استفاده از وسایل نقلیه و درآمد سرانه بیشترین تاثیر را بر مصرف انرژی دارند. قاسمی و محمدخان پور اردبیل (۱۳۹۳)، تاثیرگذاری فناوری اطلاعات و ارتباطات را بر شدت مصرف فرآورده های نفتی در بخش حمل و نقل کشورهای منتخب OECD و OPEC را طی دوره زمانی ۲۰۱۰-۲۰۰۰ میلادی با استفاده از الگوی پانل پویا، مورد بررسی قرار دادند. بر طبق نتایج: در کشورهای منتخب OECD فناوری اطلاعات و ارتباطات، شدت مصرف فرآورده های نفتی را در بخش حمل و نقل این کشورها افزایش می دهد. بنابراین فاوا در این کشورها در جهت رشد اقتصادی عمل کرده است. در کشورهای منتخب OPEC با افزایش کاربرد فاوا شدت مصرف فرآورده های نفتی در بخش حمل و نقل، کاهش می یابد و فاوا، پتانسیل کاهش شدت مصرف انرژی در بخش حمل و نقل را در این گروه از کشورها که با شدت مصرف انرژی بالایی همراه هستند، دارا است. کرامتی و همکاران (۱۳۹۴)، تأثیر فناوری فاوا را بر مصرف انرژی در ایران طی دوره ی زمانی ۱۳۷۳-۱۳۹۲ بررسی کرده اند. به این منظور از سه شاخص، تعداد کاربران اینترنت، تعداد خطوط تلفن همراه و تعداد خطوط تلفن ثابت به عنوان متغیرهای اندازه گیری فاوا استفاده شده است. نتایج این مطالعه با استفاده از روش ARDL نشان میدهد که گسترش فاوا با هر سه شاخص اندازه گیری شده، مصرف انرژی سرانه را در کوتاه مدت و بلندمدت افزایش می دهد. محمدی و گلخندان (۱۳۹۵)، مطالعه حاضر به بررسی اثر غیرخطی فاوا بر مصرف انرژی در ایران طی دوره زمانی ۱۳۹۱-۱۳۵۳ پرداخته است. به این منظور، از متغیرهای سرانه مصرف انرژی و نسبت موجودی سرمایه فاوا در بخش ارتباطات

اطلاعات و ارتباطات، تولید ناخالص داخلی و مصرف انرژی به انتشار کربن دی اکسید وجود دارد. کوتون^۱ (۲۰۱۹)، به بررسی ارتباط بین توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات و تقاضای انرژی در ۲۸ کشور آفریقایی طی سال های ۲۰۱۴-۲۰۰۰ می پردازد. توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات با تعداد مشترکین مصرف کننده اینترنت موبایل و تعداد افراد استفاده کننده از اینترنت، اندازه گیری می شود. در این تحقیق از یک مدل تقاضای پویا و روش گشتاور تعمیم یافته به همراه آزمون علیت داده های پنل اتخاذ گردیده است. نتایج حاکی از تاثیر مثبت و معنادار توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات بر تقاضای انرژی است و عدم برخورداری کشورهای آفریقایی مورد مطالعه از کارایی انرژی توسط توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات است. هم چنین روابط علی یک طرفه از مصرف اینترنت به تقاضای انرژی و از تقاضای انرژی به اشتراک داده های اینترنتی تلفن همراه یافت می شود. و یک علیت دو طرفه بین مشترکین اینترنت تلفن همراه و تقاضای برق پیدا شده است. نتایج ما بیان میکند که آفریقا باید از مزایای اقتصاد دیجیتال بهره برد و وجود پتانسیل نفوذ اثرات انرژی بر توسعه صنعت تلفن همراه آفریقا وجود دارد. علاوه بر این، فن آوری تلفن همراه می تواند در ارائه خدمات برق و رفع تقاضای انرژی کمک کند. این یافته ها حاکی از آن است که استفاده از اینترنت باعث کاهش تقاضای انرژی از سایر انواع انرژی مانند گرما و حمل و نقل می شود. ژانگ، لی و جی^۲ (۲۰۲۰)، در مطالعه خود به تاثیر دسترسی به اعتبار بودجه بر شدت انرژی را در نمونه ای از کارخانجات چینی بررسی می کند. نتایج نشان میدهد صنایعی که دسترسی به اعتبار دارند میزان انرژی بیشتری به ازای هر واحد خروجی استفاده می کنند. به عبارت دیگر بنگاه های دارای دسترسی اعتباری، کارایی انرژی پایین تری دارند. در مطالعه آنها از اندازه گیری های مختلف شدت انرژی استفاده شده است. با این حال در می یابیم که مقررات زیست محیطی دولت محلی در شهرهایی که مقررات زیست محیطی قوی تری دارند می تواند رابطه تامین مالی و انرژی را معکوس کنند به عبارت دیگر، دسترسی بنگاه ها به بودجه به طور قابل توجهی با کاهش شدت انرژی آنها ارتباط دارد. یافته های مطالعه پیامدهای مهم سیاست را برای مقامات چینی که به دنبال توسعه سازگار با محیط زیست هستند، دارد و نتیجه گیری نشان می دهد که بهره وری انرژی باید به عنوان یک

1. Kouton

2. Zhang, Li and Ji

جمعیت به ترتیب به عنوان مهمترین عوامل مؤثر بر شدت انرژی در استان‌های ایران شناسایی شدند. همچنین مشخص شد که متغیرهای درآمد سرانه، سهم بخش خدمات از تولید، سهم نفت و فرآورده‌های نفتی از مصرف انرژی، قیمت انرژی و تعداد ماه‌های گرم سال بر شدت انرژی اثر منفی دارند اما سایر متغیرهای نیرومند، شدت انرژی را افزایش می‌دهند. موسویان، کریمی، صادقی، کویچ (۱۳۹۸)، در مطالعه خود به بررسی عوامل مؤثر بر شدت انرژی در صنایع کارخانه‌ای ایران به ویژه اثر متغیرهای مخارج عمرانی دولت و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر شدت انرژی در این صنایع به تفکیک استان و کنترل اثرات سرریز فضایی بین آن‌ها با استفاده از داده‌های تابلویی ۲۸ استان کشور طی دوره ۱۳۷۹-۱۳۹۳ می‌باشد. به منظور بررسی وجود اثرات سرریز فضایی از آزمون‌های Wald، LR و Panel (Robust) LM استفاده شده است و پس از تأیید وجود اثرات فضایی و نوع آن، مدل دوربین فضایی (SDM) جهت بررسی شدت انرژی انتخاب شده است. مطابق نتایج، قیمت انرژی، سهم مالکیت خصوصی و مخارج عمرانی دولت اثر منفی بر شدت انرژی داشته‌اند در حالیکه متغیرهای نسبت صادرات به ارزش افزوده، نسبت سرمایه به نیروی کار دارای اثر مثبت بر شدت انرژی بوده‌اند. سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی نیز اثر معناداری بر شدت انرژی نداشته است. این نتایج لزوم توجه بیشتر به اتخاذ فناوری‌های بالاتر تولید در سرمایه‌گذاری‌ها و تاثیر دولت در تغییرات شدت انرژی را بیان می‌کنند ضمن اینکه امکان استفاده از سیاست‌های مرتبط با غنی‌سازی همسایه در جهت افزایش بهره‌وری انرژی را نیز متصور می‌سازد.

همانطور که در پیشینه تحقیق ملاحظه گردید تاکنون در مطالعات داخلی، بررسی تاثیر ICT روی شدت انرژی صنایع کارخانه‌ای ایران حتی بدون تفکیک صنایع ISIC به رغم مطالعات بین‌المللی و همچنین مبانی نظری قوی که در این زمینه وجود دارد، انجام نشده است و این خود نوآوری کاملی برای بررسی این موضوع می‌باشد. از طرفی در این مطالعه برای تدقیق موضوع بررسی اثر ICT بر شدت انرژی صنایع کارخانه‌ای ایران به تفکیک هر صنعت انجام شده است تا بتوان ناهمگنی‌های بین صنعتی را نیز در الگوسازی لحاظ نمود، یعنی برخی خصوصیات غیرقابل مشاهده صنایع ISIC را در الگوسازی مدنظر قرار داد. برای این منظور در این مطالعه داده‌های صنایع کشور به تفکیک کدهای ۴ رقمی ISIC ورژن ۴

به تولید ناخالص داخلی (به عنوان شاخص فاوا) در قالب یک مدل رگرسیون انتقال ملایم (STR) به عنوان یکی از برجسته‌ترین مدل‌های تغییر رژیمی استفاده شده است. نتایج حاصل از برآورد مدل STR، ضمن تأیید تأثیر غیرخطی شاخص فاوا بر سرانه مصرف انرژی، نشان داده است که شاخص فاوا در قالب یک ساختار دو رژیمی با مقدار آستانه $9/62$ درصد، بر سرانه مصرف انرژی اثر گذاشته است به گونه‌ای که شاخص فاوا در رژیم اول، تأثیر مثبت بر سرانه مصرف انرژی گذاشته درحالیکه در رژیم دوم، این اثر منفی می‌باشد. بنابراین می‌توان انتظار داشت که با افزایش نسبت موجودی سرمایه فاوا در بخش ارتباطات به تولید ناخالص داخلی از سطح آستانه، شاهد کاهش سرانه مصرف انرژی در کشور باشیم. سیف و رزی (۱۳۹۵)، در مطالعه خود به بررسی رابطه میان شاخص‌های منتخب ساختار اقتصادی دانش بنیان و شاخص شدت انرژی در استان‌های کشور طی دوره ۱۳۹۲-۱۳۸۹ پرداختند. مدل پژوهش در چارچوب داده‌های پانلی تصریح شد و ضرایب توسط تخمین زن حداقل مربعات تعمیم یافته (GLS) پانلی برآورد شدند. بر طبق نتایج متغیرهای ضریب نفوذ اینترنت و شدت مشترکان تلفن‌های همراه به ترتیب اثر منفی معنادار و مثبت بی‌معنی بر شاخص شدت انرژی استان‌ها داشته‌اند؛ در این میان، کنترل اثر متغیر ضریب نفوذ اینترنت در مدل اقتصادسنجی پژوهش، باعث افزایش کشش قیمتی شدت انرژی شده و کارایی سیاست‌های قیمتی را ارتقاء می‌دهد. همچنین تاثیر متغیر شدت شاغلان با مدرک فوق دیپلم و لیسانس در کاهش شدت انرژی استان‌ها بیشتر از اثر متغیر شدت شاغلان با مدرک تحصیلات تکمیلی (فوق لیسانس و بالاتر) است. عاشوری و پارسا (۱۳۹۸)، مطالعه‌ای مبتنی بر رویکرد میانگین‌گیری بیزی، به منظور شناسایی عوامل نیرومند و شکننده مؤثر بر شدت انرژی در استان‌های ایران طی سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۸۷ انجام دادند. متغیرهای مورد مطالعه از میان عوامل مختلف اقتصادی، جمعیت‌شناختی، صنعتی، تجاری، حمل و نقل، بخش انرژی، عوامل مربوط به اقتصاد دانش بنیان و نیز عوامل آب و هوایی انتخاب شده‌اند. با برآورد بیش از ۸ میلیون رگرسیون و میان‌گیری بیزی از ضرایب، از میان ۲۴ متغیر مورد بررسی، ۹ متغیر: سهم بخش خدمات از تولید، نسبت صادرات به تولید، سهم نفت و فرآورده‌های نفتی از مصرف انرژی، درآمد سرانه، قیمت انرژی، تعداد ماه‌های گرم سال، سرمایه سرانه نیروی کار، تعداد ماه‌های سرد سال و نرخ رشد

صورت سرانه (بر اساس نیروی کار) ارائه شده‌اند زیرا همانطور که در بخش مبانی نظری مطرح گردید، سرانه سرمایه فیزیکی بر اساس نیروی کار به مفهوم تکنولوژی در اختیار هر واحد نیروی کار می‌باشد و همچنین سرانه سرمایه فاوا نشان‌دهنده فناوری اطلاعات و ارتباطات در اختیار هر واحد نیروی کار می‌باشد که بر شدت انرژی مصرف تأثیرگذار است. اما دو متغیر اندازه بنگاه و شدت هزینه‌های تحقیق و توسعه نیازی به صورت سرانه بر اساس نیروی کار نیست و به همان صورت تعریف شده بر شدت انرژی اثرگذار است.

شدت مصرف انرژی متغیر وابسته مورد بررسی است که از تقسیم ارزش سوخت مصرفی کارگاه صنعتی i ام که شامل نفت سفید، گازوئیل، گاز مایع، گاز طبیعی، بنزین، نفت کوره، زغال سنگ، زغال چوب، اتان، سایر مواد سوختی و برق خریداری شده بر ارزش افزوده کارگاه صنعتی بدست آمده است. هر دو مقادیر ارزش سوخت مصرفی و ارزش افزوده به میلیون ریال می‌باشد.

داده های مربوط به موجودی سرمایه زیر بخش صنعتی i از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۰ توسط مرکز آمار برآورد گردیده است. برای محاسبه موجودی سرمایه سال های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۶ نیز با توجه به تشکیل سرمایه که توسط مرکز آمار گزارش گردیده است، محاسبه شده است. به این صورت که برای محاسبه موجودی سرمایه، موجودی سرمایه سال $t-1$ با تشکیل سرمایه سال t جمع گردیده است و موجودی سرمایه سال t بدست آمده است. در معادله (۲)، K_t ارزش موجودی کل سرمایه سال جاری و K_{t-1} ارزش موجودی کل سرمایه سال قبل و I_t تشکیل سرمایه ثابت همان سال می‌باشد. این متغیر با استفاده از شاخص قیمت تولیدکننده به پایه ۱۳۹۰=۱۰۰ حقیقی شده است.

(۲)

$$K_t = K_{t-1} + I_t$$

نیروی کار هم تعداد کل شاغلان کارگاه های صنعتی می‌باشد که در گزارش آمارگیری سازمان آمار، اعلام گردیده است. موجودی سرمایه فناوری اطلاعات و ارتباطات به صورت مجموع موجودی کل سرمایه نرم افزارها و سخت افزارهای کامپیوتری می‌باشد. موجودی سرمایه فاوا برای سال های ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۰ توسط سازمان آمار به میلیون ریال برآورد گردیده است. برای محاسبه وجودی سرمایه سال های ۹۱ به بعد از مجموع ارزش سرمایه گذاری نرم افزارها و سخت افزارهای کامپیوتری به میلیون ریال استفاده گردیده است. موجودی سرمایه فاوا سال جاری از جمع موجودی سرمایه فاوا

استفاده شده است که استفاده از جدیدترین ورژن کدهای آیسک موجب گردیده است نتایج مطابق با جدیدترین استاندارد جهانی باشد. همچنین برای اولین بار بررسی تأثیر ICT به صورت یک سرمایه فیزیکی بر شدت مصرف انرژی صنایع ایران صورت گرفته است که تاکنون در مطالعات داخلی شاخص ICT به این جامعیت نبوده است و معمولاً بر اساس تعداد کامپیوتر و یا کاربران اینترنت می‌باشد که دقت آن به اندازه در نظر گرفتن ICT به عناوین سرمایه فیزیکی نخواهد بود. همچنین به منظور تدقیق اثر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر شدت انرژی صنایع کارخانه‌ای ایران، لحاظ اثر اجرای قانون هدمندی یارانه های انرژی با توجه به بازه مورد مطالعه صورت گرفته است.

۴- مدل سازی تجربی

در این بخش اثر سرمایه فاوا بر شدت مصرف انرژی کارگاه های صنعتی کشور مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای بررسی جهت تأثیرگذاری فناوری اطلاعات و ارتباطات بر شدت مصرف انرژی از مدل ژانگ، لی و جی^۱ (۲۰۲۰) استفاده میکنیم. در معادله (۱) t و i به ترتیب بیانگر فعالیت صنعتی و سال های مورد بررسی در این پژوهش است. Energyint متغیر وابسته برای محاسبه شدت مصرف انرژی به ازای تولید یک واحد محصول در کارگاه های صنعتی است. $\log(kl)$ لگاریتم نسبت سرمایه فیزیکی به نیروی کار، $\log(ictl)$ لگاریتم سرمایه فناوری اطلاعات و ارتباطات سرانه، $\log(size)$ ، لگاریتم اندازه صنعت که با استفاده از لگاریتم ارزش افزوده فعالیت صنعتی بدست آمده است، $Rdint$ ، شدت هزینه های تحقیق و توسعه حاصل تقسیم هزینه های مربوط به تحقیق و آزمایشگاه کارگاه صنعتی i به ارزش افزوده کارگاه و $d90$ ، متغیر مجازی یارانه انرژی است.

β پارامترهای مورد تخمین و ε_{it} خطای رگرسیون است.

(۱)

$$\begin{aligned} energyint_{it} = & \beta_0 + \beta_1 \log(kl_{it}) \\ & + \beta_2 \log(ictl_{it}) \\ & + \beta_3 \log(size_{it}) + \beta_4 rdint_{it} \\ & + d90 + \varepsilon_{it} \end{aligned}$$

همچنین در جدول (۱) متغیرهای موجود در مدل معرفی شده اند.

همانطور که ذکر گردید مدل فوق برگرفته از مدل ژانگ، لی و جی (۲۰۲۰) می‌باشد که برخی از متغیرهای مدل به

کارگاه حاصل گردیده است. یکی از مهمترین رویدادها در زمینه قیمت انرژی در ایران، قانون هدفمندی یارانه ها است. در سه ماهه چهارم سال ۱۳۸۹، با اجرای قانون هدفمند سازی یارانه ها، قیمت حامل های انرژی افزایش چشمگیری یافت. به طوری که قیمت بنزین ۴ تا ۷ برابر، نفت سفید ۶/۱ برابر، نفت گاز بین ۲۱/۲-۹/۱ برابر، نفت کوره ۲۱/۲ برابر، گاز مایع بین ۱/۳-۵/۳ برابر گردید و قیمت برق نیز ۲۶/۵ درصد افزایش یافت (ترازنامه انرژی). متغیر مجازی یارانه در راستای طرح هدفمندی یارانه های بخش صنعت در سال ۸۹ به صورت مجازی در نظر گرفته شده است. این متغیر از سال ۹۰ به بعد مقدار ۱ و سال های قبل مقدار صفر را اتخاذ می کند.

سال قبل و ارزش سرمایه گذاری نرم افزارها و سخت افزارهای کامپیوتری سال جاری، محاسبه گردیده است. نیروی کار هم تعداد کل شاغلان کارگاه های صنعتی می باشد که در گزارش آمارگیری سازمان آمار، اعلام گردیده است. این متغیر با استفاده از شاخص قیمت تولیدکننده به پایه ۱۳۹۰=۱۰۰ حقیقی شده است.

استفاده از لگاریتم ارزش افزوده فعالیت صنعتی معیاری برای سنجش تاثیر این متغیر بر شدت مصرف انرژی صنعت می باشد. ارزش افزوده فعالیت صنعتی ما به التفاوت ارزش نهاده ها و ارزش ستانده های فعالیت صنعتی I_t می باشد. متغیر شدت هزینه های تحقیق و توسعه نیز از تقسیم هزینه های مربوط به تحقیق و آزمایشگاه کارگاه صنعتی I_t به ارزش افزوده

جدول ۱. متغیرهای موجود در مدل

متغیر	شرح	میانگین	انحراف معیار	کمینه	بیشینه
Energyint	شدت انرژی از تقسیم ارزش سوخت مصرفی کارگاه صنعتی I_t ام بر ارزش افزوده کارگاه صنعتی بدست آمده است	۰.۰۴۴۲۳۴	۰.۰۴۳۲۷۶۶	۰.۰۰۲۱۰۵۴	۰.۳۵۵۹۶۱
Log(kl)	لگاریتم نسبت سرمایه فیزیکی به نیروی کار	۱.۱۹۵۳۰۸	۰.۸۶۹۴۳۲۱	-۱.۵۴۱۹۷۴	۵.۳۶۹۱۷۳
Log(ictl)	لگاریتم سرمایه فناوری اطلاعات و ارتباطات سرانه	-۴.۸۵۱۲۹	۱.۳۷۷۶۹۳	-۱۲.۶۵۰۸	۰.۳۶۷۹۵۲
Log(size)	لگاریتم اندازه صنعت که با استفاده از لگاریتم ارزش افزوده فعالیت صنعتی بدست آمده است	۱۴.۵۴۰۲۷	۱.۸۳۰۲۹۵	۸.۰۲۹۷۵۸	۱۹.۳۶۶۰۶
Rdint	شدت هزینه های تحقیق و توسعه حاصل تقسیم هزینه های مربوط به تحقیق و آزمایشگاه کارگاه صنعتی I_t به ارزش افزوده کارگاه	۰.۰۰۲۵۹۳	۰.۰۰۶۷۶۱	$۳.۹۳e^{-7}$	۰.۱۴۷۸۲۶
D90	متغیر مجازی یارانه انرژی	۰.۶۳۶۳۶۳	۰.۴۸۱۲۲۵	۰	۱

توضیحات: برای محاسبه موجودی سرمایه فیزیکی و فناوری اطلاعات و ارتباطات با توجه به تشکیل سرمایه هر دو سرمایه به طور مجزا که توسط مرکز آمار گزارش گردیده است، محاسبه شده است. به این صورت که برای محاسبه موجودی سرمایه سال $t-1$ با تشکیل سرمایه سال t جمع گردیده است و موجودی سرمایه سال t بدست آمده است. در معادله زیر K_t ارزش موجودی کل سرمایه سال جاری و K_{t-1} ارزش موجودی کل سرمایه سال قبل و I_t تشکیل سرمایه ثابت همان سال می باشد. این متغیر با استفاده از شاخص قیمت تولیدکننده به پایه ۱۳۹۰=۱۰۰ حقیقی شده است. $K_t = K_{t-1} + I_t$

مأخذ: محاسبات پژوهش

داده ها و اطلاعات مربوط به بخش کارگاه های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر در سطح تجمیع ۴ رقم با توجه به توصیه سازمان ملل بر حسب کد طبقه بندی فعالیت اقتصادی (ISIC) ویرایش ۴ آورده شده است. دوره مورد بررسی یک دوره ۱۱ ساله بین سال های ۱۳۹۶-۱۳۸۶ می باشد. این داده ها به صورت پرسشنامه ای توسط مرکز آمار ایران جمع آوری گردیده است. برای برآورد مدل ابتدا با استفاده از آزمون های تشخیصی نوع مدل انتخاب می شود. آزمون چاو برای استفاده از مدل اثر

ثابت در مقابل مدل برآوردی داده های ترکیب شده (POOL). میزان آماره F در سطح معناداری ۵ درصد می باشد پس می توان نتیجه گرفت فرضیه صفر مبتنی بر برابری عرض از مبدا ها در بین مقاطع مختلف (صنایع) رد می شود و مدل با اثرات ثابت بر مدل داده های ترکیبی ارجح تر است. میزان آماره F بدست آمده برابر با ۲۳.۳۴ بوده است. آزمون هاسمن برای تشخیص ثابت یا تصادفی بودن مدل است. فرضیه صفر این آزمون مبتنی بر مدل با اثرات تصادفی در سطح معناداری ۵ درصد رد می شود و مدل اثر ثابت است. مقدار آماره آزمون

داده ها و اطلاعات مربوط به بخش کارگاه های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر در سطح تجمیع ۴ رقم با توجه به توصیه سازمان ملل بر حسب کد طبقه بندی فعالیت اقتصادی (ISIC) ویرایش ۴ آورده شده است. دوره مورد بررسی یک دوره ۱۱ ساله بین سال های ۱۳۹۶-۱۳۸۶ می باشد. این داده ها به صورت پرسشنامه ای توسط مرکز آمار ایران جمع آوری گردیده است. برای برآورد مدل ابتدا با استفاده از آزمون های تشخیصی نوع مدل انتخاب می شود. آزمون چاو برای استفاده از مدل اثر

۳۶۲,۸۴ می باشد. آزمون خود همبستگی در نرم افزار استتا، توسط آزمون پیشنهادی وولدریج^۱ انجام میگردد.

جدول ۲. نتایج آزمون های تشخیصی

مقدار آماره	سطح احتمال	
۲۲,۳۴	۰,۰۰۰۰	آزمون F لیمر
۳۶۲,۸۴	۰,۰۰۰۰	آزمون هاسمن
۲۲,۵۶۶	۰,۰۰۰۰	آزمون وولدریج
۱,۲E+۰۵	۰,۰۰۰۰	آزمون والد

مأخذ: محاسبات پژوهش

فرضیه صفر در آزمون وولدریج، نبود خودهمبستگی مرتبه اول در جمله خطای الگوی رگرسیون است که در صورت رد فرضیه صفر، الگوی تخمین زده شده، خودهمبستگی مرتبه اول خواهد داشت. فرضیه صفر این آزمون با احتمال ۵ درصد رد می شود و این بیانگر وجود خودهمبستگی در مدل است. آزمون ناهمسانی واریانس توسط آزمون والد تعمیم یافته^۲ مورد بررسی قرار می گیرد. فرضیه صفر این آزمون یکسان بودن واریانس جملات اخلاخل در دوره های مختلف است. نقض این فرض، مشکلی به نام ناهمسانی واریانس ایجاد میکند. فرضیه صفر این آزمون با احتمال ۵ درصد رد می شود که حاکی از وجود ناهمسانی واریانس است. با توجه به نتایج آزمون و به منظور رفع مشکل ناهمسانی واریانس ها باید از روش GLS^۳ استفاده گردد. روش GLS با دادن وزن معکوس واریانس به متغیرها باعث می شود مشاهداتی که پراکندگی بیشتری دارند وزن کمتر و مشاهداتی که پراکندگی کمتری دارند وزن بیشتری بگیرند و این مشاهدات در رگرسیون موثرتر واقع شوند. نتایج برآورد عوامل تأثیر گذار بر شدت مصرف انرژی با روش GLS به تفکیک ۱۲۲ زیر کد صنعت به شرح جدول (۳) است.

جدول ۳. نتایج مدل اثرات ثابت به روش GLS

متغیر	ضریب	انحراف معیار	آماره z	احتمال
Logkl	۰,۰۰۵۷۲۱۳	۰,۰۰۰۹۲۹۳	۶,۱۶	۰,۰۰۰
Logictl	-۰,۰۰۰۸۸۵۸	۰,۰۰۰۴۲۴۸	-۲,۰۹	۰,۰۳۷
Logsize	-۰,۰۰۱۸۹۲۴	۰,۰۰۰۵۳۶۵	-۳,۵۳	۰,۰۰۰
rdint	-۰,۰۰۷۰۶۸۹۴	۰,۰۰۶۷۷۸۱۹	-۱,۰۴	۰,۲۹۷
D90	۰,۰۰۰۸۰۹۱۱	۰,۰۰۱۰۸۰۱	۷,۴۹	۰,۰۰۰
c	۰,۰۴۲۰۸۸۳	۰,۰۰۸۵۶۱۸	۴,۹۲	۰,۰۰۰

مأخذ: محاسبات پژوهش

1. Wooldridge Test
2. Modified Wald test
3. Generalized Least Square

• موجودی کل سرمایه سرانه

نسبت موجودی کل سرمایه به تعداد شاغلان اثر مثبت و معناداری در سطح احتمال ۱ درصد دارد که این با فرضیه مطرح شده در مبانی نظری همخوانی دارد به طوری که کارگاه هایی که از نسبت بیشتری از سرمایه به نسبت شاغلان استفاده می کنند، انرژی بیشتری نیز مصرف می کنند. همچنین فرسوده بودن ماشین آلات و تجهیزات می تواند دلیلی بر انرژی بر بودن سرمایه فیزیکی باشد. در چین صنایعی که سرمایه بر هستند نسبت به صنایع کاربر، آلودگی بیشتری که حاصل از سوختن سوخت های فسیلی است، تولید می کنند که این ناشی از شدت انرژی بری بالای این صنایع است (لن و همکاران^۴، ۲۰۱۱).

در مطالعه لیو و هان (۲۰۰۸) از نسبت نهاده سرمایه فیزیکی به نیروی کار به عنوان شاخص تکنولوژی استفاده کرده اند. نتایج آنها حاکی از این است که سطح بالاتر تکنولوژی، افزایش به کارگیری ماشین آلات نسبت به نیروی انسانی، کاهش مصرف انرژی را به همراه دارد. کول و همکاران (۲۰۰۶) اذعان داشتند که هرچه صنعتی سرمایه بری فیزیکی بالاتری داشته باشد، از امکانات روند تولید پیچیده تری برخوردار است. انتظار این بود تا با پیشرفت تکنولوژی و جایگزینی سرمایه به جای نیروی انسانی به دلیل بهره وری در فرآیند تولید، شدت انرژی کاهش یابد، اما به نظر می رسد که تغییرات تکنولوژی تولید، نتوانسته آن طور که باید به بهبود بهره وری منجر شود.

• موجودی سرمایه فناوری اطلاعات و ارتباطات سرانه

نسبت سرمایه فاوا به تعداد شاغلان اثر منفی و معناداری در سطح ۵ درصد بر شدت مصرف انرژی صنایع کارخانه ای دارد. فاوا موجب کاهش شدت انرژی در صنایع می باشد که این حاکی از جانشینی فناوری اطلاعات و ارتباطات با مصرف انرژی است. جایگزینی سرمایه های سخت افزاری و نرم افزاری فناوری اطلاعات و ارتباطات با نیروی کار موجب کاهش شدت مصرف انرژی صنایع می گردد. با توجه به اثر دو سویه فاوا بر مصرف انرژی که در مبانی نظری با عنوان پارادوکس بهره وری از آن یاد شد، اکنون می توان اثر جانشینی فاوا با انرژی را تایید کرد. فاوا میتواند از طریق نوآوری یعنی با جایگزینی تکنولوژی جدید با تکنولوژی قدیمی، سطح مصرف انرژی را کاهش دهد. اثر جانشینی که به واسطه تغییر در ساختار صنایع

4. Lan et al.

شدت مصرف انرژی دارد که این به آن معناست که صنایع بزرگتر انرژی کمتری برای ایجاد هر یک واحد تولید، مصرف می‌کنند. همچنین کول و همکاران^۱ (۲۰۰۵) از دیدگاه محیط زیستی تاثیر اندازه صنعت بر شدت مصرف انرژی را توجیه کردند آنها بر این باورند کارگاه‌های بزرگتر از انرژی‌های پاکتر استفاده می‌کنند و در مقایسه با کارگاه‌های کوچکتر از شدت انرژی کمتری برخوردارند. کارایی انرژی، در صنایع با مقیاس تولید بزرگتر افزایش می‌یابد. این امر ممکن است ناشی از صرفه جویی‌هایی باشد که در مقیاس‌های بزرگتر تولید مقدور خواهد بود. به منظور بررسی بیشتر این موضوع، چنانچه به جای شدت انرژی (مصرف انرژی به ازای یک واحد محصول)، کل مصرف انرژی را در مدل جایگزین کنیم، این رابطه مثبت می‌شود. بدیهی است که وقتی با افزایش تولید، مقدار کل مصرف انرژی افزایش یابد اما مصرف انرژی به ازای تولید یک واحد محصول (شدت انرژی) کاهش یابد معنای آن افزایش کارایی در مصرف انرژی است. به عبارت دیگر شتاب افزایش ارزش افزوده صنایع بیشتر از شتاب افزایش مصرف انرژی است و این امر دلالت بر کارایی دارد.

• شدت هزینه‌های تحقیق و توسعه

متغیر شدت هزینه‌های تحقیق و توسعه اثر معناداری بر شدت مصرف انرژی ندارد. این بی‌معنایی ممکن است به دلیل ناچیز بودن مخارج تحقیق و توسعه در بنگاه‌های صنعتی باشد. در صورتی هزینه‌های تحقیق و توسعه منجر به کاهش شدت مصرف انرژی می‌شود که نوآوری و پیشرفت تکنولوژی را پدید آورد، با توجه به نتیجه‌ی به دست آمده به نظر می‌رسد هزینه‌های تحقیق و توسعه اثر چندانی بر ایجاد تکنولوژی‌های انرژی - اندوز نداشته است. با توجه به ضرورت کاهش شدت انرژی، کارگاه‌های صنعتی نیازمند نوآوری و سرمایه‌گذاری در بخش تحقیق توسعه با هدف کاهش مصرف انرژی هستند. همچنین با توجه به یارانه‌هایی که به بخش انرژی صنعت تعلق می‌گیرد، احتمال دارد پایین بودن قیمت انرژی انگیزه‌ای برای سرمایه‌گذاری در این بخش ایجاد نکرده باشد.

• هدفمندی یارانه‌ها

تاثیر متغیر مجازی مربوط به هدفمندی یارانه مقدار مثبت و معناداری در سطح ۱ درصد دارد و برخلاف انتظار آزدسازی قیمت انرژی صنعت موجب افزایش شدت مصرف انرژی

ایجاد شده و موجب افزایش بهره‌وری در تولید می‌شود و از این طریق مصرف انرژی را کاهش می‌دهد. به بیانی دیگر اطلاعات در چرخه تولید جایگزین انرژی می‌گردند و موجب صرفه‌جویی در زمان و کاهش انرژی مصرفی می‌گردند. این جانشینی در جریان تولید کالا و محصولات هم اتفاق می‌افتد؛ به عنوان مثال ارتباط بخش‌های مختلف تولید با کارفرماهای هر بخش و یا ارتباط افراد به صورت آنلاین و همچنین بررسی سطح انرژی مصرفی تجهیزات کارگاه به صورت آنلاین و لحظه‌ای می‌تواند جلوگیری از هدر رفت انرژی داشته باشد. کنترل انرژی مصرفی در ساعات مختلف روز و برقراری بالانس در ساعات پرمصرف و ساعات کم مصرف انرژی از مزایای جانشینی اطلاعات و انرژی هستند. برقراری ارتباط بنگاه با سایر بنگاه‌ها به صورت لحظه‌ای، پرداخت‌های الکترونیکی، عقد قرار دادهای آنلاین، پیگیری مشکلات پیش آمده در جریان تولید از جمله تعمیر و نگهداری تجهیزات و یا قطعی برق، سفارش آنلاین و به طور کلی برخورداری از مزیت زنجیره تامین آنلاین، از مواردی هست که با ورود فاوا به کارگاه‌های صنعتی موجب صرفه‌جویی در زمان با جانشینی اطلاعات می‌گردد. مجموع این صرفه‌جویی‌ها موجب جانشینی فاوا با انرژی و کاهش شدت مصرف انرژی گردیده است. تعداد کارگاه‌های استفاده‌کننده از مزایای فاوا در حال افزایش است. با توجه به گزارش سازمان آمار که از سطح کارگاه‌ها جمع‌آوری شده است، تعداد کارگاه‌هایی که از رایانه استفاده می‌کردند در سال ۸۶، ۱۶۴،۸۷۷ بوده است که این تعداد در سال ۹۴ به ۲۲۴،۵۲۴ کارگاه رسیده است. همچنین استفاده‌کنندگان اینترنت از ۶۳،۷۲۶ کارگاه در سال ۸۶ به ۱۴۸،۸۰۴ کارگاه در سال ۹۴ رسیده است. نوع استفاده کارگاه از اینترنت شامل اموری همچون کسب و ارائه اطلاعات، خدمات مشتری و تحویل محصول، امور بانکی، تعامل با سازمان‌های دولتی، پست الکترونیکی و سایر امور آنلاین است. با توجه به ضریب منفی و معنادار فاوا می‌توان نتیجه گرفت که فناوری اطلاعات و ارتباطات به بلوغ نسبی در سطح صنعت رسیده است و افزایش بهره‌مندی از آن موجب افزایش بهره‌وری انرژی می‌گردد. همچنین کاهش قیمت سرمایه فاوا منجر به جایگزینی آن با سایر عوامل تولید و تعمیق سرمایه می‌گردد که این عامل هم در کاهش شدت انرژی بی‌تاثیر نبوده است.

اندازه صنعت

متغیر اندازه صنعت اثر منفی و معناداری در سطح ۱ درصد بر

1. Cole et al.

و توصیه‌های سیاستی که بتوانند سیاست‌گذاران را در اتخاذ تصمیمات صحیح مدیریت تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر شدت مصرف انرژی صنایع یاری دهند مطرح شود.

متغیر نسبت موجودی کل سرمایه به تعداد شاغلان اثر مثبت و معناداری در سطح احتمال ۱ درصد دارد که این با فرضیه مطرح شده در مبانی نظری همخوانی دارد به طوریکه کارگاه‌هایی که از نسبت بیشتری از سرمایه به نسبت شاغلان استفاده می‌کنند، انرژی بیشتری نیز مصرف می‌کنند. متغیر نسبت سرمایه فاوا به تعداد شاغلان اثر منفی و معناداری در سطح ۵ درصد بر شدت مصرف انرژی صنایع کارخانه ای دارد.

فاوا موجب کاهش شدت انرژی در صنایع می‌باشد که این حاکی از جانشینی فناوری اطلاعات و ارتباطات با مصرف انرژی است. متغیر اندازه صنعت اثر منفی و معناداری در سطح ۱ درصد بر شدت مصرف انرژی دارد که این به آن معناست که صنایع بزرگتر انرژی کمتری برای ایجاد هر یک واحد تولید، مصرف می‌کنند. متغیر شدت هزینه‌های تحقیق و توسعه اثر معناداری بر شدت مصرف انرژی ندارد. تأثیر متغیر مجازی مربوط به هدفمندی یارانه مقدار مثبت و معناداری در سطح ۱ درصد دارد و همانطور که انتظار میرفت هدفمندسازی یارانه انرژی صنعت موجب افزایش شدت مصرف انرژی گردیده است. یافته‌های این مطالعه نشان داد که نتایج برآورد مدل تأثیر

فاوا بر شدت مصرف انرژی کارگاه‌های صنعتی ایران تا حد زیادی منطبق با تئوری بوده و قابل قبول می‌باشد. در ادامه پیشنهاداتی با توجه به نتایج تحقیق و احتمالاتی با توجه به آمار و گزارشات و استنتاج شخصی مطرح گردیده است.

- دولت می‌تواند به جای اینکه از طریق تولید ICT و با برنامه‌های توسعه به گسترش ICT اقدام نماید، با فراهم کردن عوامل مکمل، فضایی را فراهم کرده که سرمایه‌گذاری در ICT گسترش یافته و استفاده از آن نیز گسترده‌تر شود. این رویکرد به سرمایه‌گذاری مداوم و ثمربخش منجر می‌شود که به کاهش شدت مصرف انرژی کمک خواهد کرد. برای مثال در پرسشنامه‌ای که از سطح کارگاه‌ها گردآوری شده است^۲ تعداد کارگاه‌هایی که از اینترنت برای انجام امور دولتی و امور بانکی استفاده می‌کنند از ۱۹۴۱ کارگاه سال ۸۶ به ۱۲،۱۱۱ کارگاه در سال ۹۴ افزایش یافته است. مسلماً ارتباط کارگاه‌ها با نهادهای دولتی بدون حضور فیزیکی و به صورت اینترنتی حاوی مزایا و صرفه‌جویی‌هایی بوده است که شاهد افزایش تعداد کاربران هستیم. دولت می‌تواند با در نظر گرفتن

گردیده است. در سال ۱۳۸۹، با اجرای طرح هدفمندسازی یارانه‌ها و افزایش یکباره قیمت حامل‌های انرژی، مصرف انرژی بخش صنعت افزایش یافته است و این روند به جز کاهش جزئی در سال ۹۴، تا سال ۹۶ ادامه داشته است. انتظار میرفت آزادسازی قیمت انرژی موجب کاهش مصرف انرژی و افزایش کارایی انرژی در بخش صنعت گردد اما گزارشات حاکی از این است که اصلاح قیمت انرژی در مراحل ابتدایی طرح هدفمندسازی صورت گرفت و ادامه دار نبوده است در واقع قیمت واقعی حامل‌های انرژی از سال ۹۰ به بعد کاهش داشته^۱ و لذا شدت انرژی افزایش پیدا است.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

انرژی به عنوان یکی از مهمترین عوامل تولید و هم‌چنین به عنوان یکی از ضروری‌ترین محصولات نهایی جایگاه ویژه‌ای در رشد و توسعه اقتصادی کشور داراست از سوی دیگر با توجه به گستردگی منابع انرژی در ایران و همچنین تأثیرات سو مصرف انرژی بر آلودگی هوا و تغییرات آب و هوایی، بررسی عوامل موثر بر شدت مصرف انرژی برای برنامه‌ریزی صحیح در راستای مصرف انرژی اهمیت ویژه‌ای دارد. صنعت از جمله مهمترین و تأثیرگذارترین بخش‌های اقتصادی بوده و بیشتر اقتصاددانان، بخش صنعت را به عنوان موتور رشد اقتصادی تلقی می‌کنند. افزایش سهم بخش صنعت در تولید داخلی و افزایش ارزش افزوده بخش صنعت از اهداف اصلی سیاست‌های کلی نظام در بخش صنعت است.

از طرفی در سال‌های اخیر جهان با تحولی عظیم به نام فناوری اطلاعات و ارتباطات روبروست که ایران نیز از این جریان مستثنی نیست. مسلماً این تحول بزرگ در زمینه‌های مختلف علمی از جمله علم اقتصاد و متغیرهای اقتصادی تأثیر گذار خواهد بود. در این پژوهش سعی بر آن بوده است که به فناوری اطلاعات و ارتباطات نگاهی اقتصادی کرد و تأثیر آن را بر یکی از مهمترین متغیرهای استراتژیک اقتصاد انرژی یعنی شدت مصرف انرژی بررسی کرد.

شدت مصرف انرژی بر اساس داده‌های پانلی برای کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر به تفکیک کد ۴ رقمی آیسیک ورژن ۴ در بازه ۱۳۹۶-۱۳۸۶ تخمین زده شد. نتایج آزمون F لیمر و هاسمن حاکی از انتخاب مدل آثار ثابت بود و به موجب وجود ناهمسانی واریانس و خود همبستگی، مدل به روش GLS تخمین زده شد. اکنون شایسته است نتیجه‌گیری

مراکز تحقیقاتی و ... با صنعت می‌تواند در بکارگیری حجم و مقیاس اندازه فاوا در جهت بهبود بهره‌وری انرژی صنایع ایران مفید واقع شود. گسترش پارک‌های فناوری و مراکز رشد می‌تواند در این زمینه بسیار مفید باشد.

• می‌توان با توسعه و بهبود زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات و تسهیل استفاده از آن در بخش‌های مختلف اقتصادی علاوه بر دستیابی به رشد اقتصادی بالاتر، زمینه افزایش کارایی و کاهش شدت مصرف انرژی را در بخش‌های مختلف اقتصادی و از جمله بخش صنعت فراهم کرد و در راستای دستیابی به توسعه پایدار و کاهش اثرات زیست محیطی ناشی از مصرف انرژی گام‌های مؤثری برداشت. برای مثال می‌توان با افزایش تجارت الکترونیکی، بانکداری الکترونیکی و ..، از تحرکات غیر ضروری جلوگیری کرد. با توجه به افزایش قیمت حامل‌های انرژی بعد از اجرایی شدن طرح هدفمندسازی یارانه‌ها می‌توان با اتخاذ سیاست‌های غیرقیمتی از قبیل برنامه‌های آگاه‌سازی، اصلاح شیوه تولید با تکنولوژی موجود، نوآوری در تکنولوژی تولید، تشویق استفاده از تکنولوژی بالاتر و تغییر الگوی مصرف که در مجموع می‌تواند تحت عنوان روش‌های مدیریت تقاضای انرژی از آنها یاد کرد در کاهش شدت مصرف انرژی سهم به‌سزایی داشت.

مشوق‌هایی در این راستا و محدود کردن ارتباط خود با کارگاه‌ها به ارتباط مجازی موجب افزایش سرمایه‌گذاری فاوا و کاهش شدت مصرف انرژی گردد.

• سرمایه‌گذاری بر زیرساخت‌های سازمانی - که مکمل سرمایه‌گذاری در ICT است - موجب بهره‌مندی از منافع ICT به‌طور کامل می‌گردد. بهره‌گیری از ذخایر بزرگی از زیرساخت‌های فیزیکی، سرمایه‌انسانی و سیاست‌های دولتی به‌عنوان اهرمی برای سرمایه‌گذاری در حوزه ICT مورد استفاده قرار می‌گیرد. استخدام شاعران با تحصیلات تکمیلی و نیروی انسانی ماهر می‌تواند مکملی موثر در استفاده از ابزارهای فناوری اطلاعات و ارتباطات در مسیر کاهش شدت مصرف انرژی باشد.

• تشخیص اینکه فاوا در چه بخشی از فرآیند تولید می‌تواند موجب کاهش مصرف انرژی و افزایش بهره‌وری سایر عوامل در جریان تولید گردد، نیز یکی از موضوعاتی است که صاحب یک کارگاه صنعتی می‌بایست بدان توجه ویژه‌ای داشته باشد. • اگر تحقیق و توسعه کارگاه نمی‌تواند قدمی در کاهش شدت انرژی بردارد، این احتمال وجود دارد با برون‌سپاری این بخش و استفاده از تجربیات بین‌المللی و همچنین سرمایه‌گذاری بر فناوری‌های پیشرفته خارجی بتوانند کارایی انرژی خود را افزایش دهند. تبادل اطلاعاتی دو بخش دانشگاه‌ها،

منابع

- اقبال، علیرضا؛ گسگری، ریحانه؛ مرادی، مهدیس؛ پرهیزی، هادی (۱۳۹۴). «بررسی شدت انرژی در کشورهای نفتی و غیر نفتی»، *تحقیقات اقتصادی* ۱۳۹۴-۱۱۰-۲۰-۱.
- آرمن، سیدعزیز و سمیرا، تقی‌زاده، (۱۳۹۲). بررسی عوامل موثر بر شدت انرژی در صنایع کارخانه‌ای ایران، *فصلنامه اقتصاد انرژی ایران*، ۲(۸): ۲۰-۱.
- جهانگرد، اسفندیار و موسی خوشکلام خسروشاهی (۱۳۹۲)، «تاثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر کارایی فنی در کشورهای منطقه‌ی منا و سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه»، *فصلنامه اقتصاد و تجارت نوین*، ۳۱-۳۲.
- حساب اقماری ICT، ۱۳۹۷، مرکز آمار ایران
- حق‌نژاد، امین، سلیمی‌فر، مصطفی و رحیمی، محسن، (۱۳۸۹). «بررسی تاثیر عوامل تولید بر شدت مصرف انرژی در ایران: یک تجزیه و تحلیل مبتنی بر تابع تولید کاب-داگلاس»، *مجله دانش و توسعه (علمی-پژوهشی)*،
- سال هفدهم، شماره ۳۴، ۱-۱۹.
- خوش کلام خسروشاهی، موسی؛ صیادی، محمد. (۱۳۹۷) «تاثیر مصرف انرژی، فناوری اطلاعات و ارتباطات و هزینه‌های تحقیق و توسعه در تولید صنایع کارخانه‌ای در ایران». *اقتصاد و تجارت نوین*، سال سیزدهم، شماره ۴، ۸۵-۱۰۸.
- درگاهی، حسن؛ بیابانی‌خامنه، کاظم؛ (۱۳۹۵)، «نقش عوامل قیمتی، درآمدی و کارایی در شدت انرژی»، *تحقیقات اقتصادی*، ۲(۲): ۳۵۵-۳۸۴.
- دل‌انگیزان، سهراب؛ رضائی، الهام؛ بهاری‌پور، سحر؛ (۱۳۹۵)، «تاثیر ساختار صنعتی بر شدت مصرف انرژی در صنایع کارخانه‌ای ایران»، *پژوهش‌های سیاستگذاری و برنامه‌ریزی انرژی*، ۳، ۱۳۳-۱۶۸.
- راسخی، سعید؛ اسدی، سیدپیمان؛ کیانی، مائده، (۱۳۹۵)، «مدلسازی شدت انرژی در صنایع کارخانه‌ای ایران»،

- مدلسازی/اقتصادسنجی، ۱، ۳۳-۵۷
- رجایی، یداله، (۱۳۹۱)، «تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر تولید و بهره وری کل عوامل بنگاه های صنعتی»، *فراوسوی مدیریت*، ۲۰، ۱۰۱-۱۲۶.
- رحمانی، تیمور، حیاتی، سارا، (۱۳۸۶)، «بررسی اثر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر رشد بهره وری کل عوامل تولید: مطالعه بین کشوری»، *پژوهش های اقتصادی ایران*، ۳۳، ۲۵-۵۱.
- رهبهر، فرهاد، بهزادی صوفیانی، محسن، اصفهانی، پوریا، (۱۳۹۸)، «تأثیر غیر خطی عوامل موثر بر تولید بنگاه های صنعتی ایران: الگوی آستانه ای»، *فصلنامه پژوهش های اقتصاد صنعتی*، شماره ۷، ۱۳-۲۴
- زراء نژاد، م؛ انواری، ا. (۱۳۸۴): کاربرد داده های ترکیبی در اقتصادسنجی. *فصلنامه بررسی های اقتصادی*، شماره ۴، ۲۱-۵۱.
- سازمان بهره وری انرژی ایران، ۱۳۸۸.
- سلیمی فر، م. حق نژاد، ا. رحیمی، ک. (۱۳۸۹). بررسی تأثیر عوامل تولید بر شدت مصرف انرژی در ایران، *مجله دانش و توسعه (علمی- پژوهشی)* سال هفدهم، شماره ۳۴.
- سیف، ا. (۱۳۸۷). «شدت انرژی: عوامل تأثیرگذار و تخمین یک تابع پیشنهادی». *فصل نامه مطالعات اقتصاد انرژی*، شماره ۱۸، ۲۰۱-۱۷۷.
- سیف، اله مراد؛ حمیدی رزی، داود، (۱۳۹۵) «بررسی تأثیر شاخص های منتخب اقتصاد دانش بنیان بر شدت انرژی استان های کشور»، *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، ۱۷، ۱۴۵-۱۰۱.
- صادقی، حسین؛ آقایی خوندایی، مجید؛ رضایی پور، محمد، (۱۳۸۵)، «اثر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر سرمایه انسانی در کشورهای در حال توسعه»، *اقتصاد و تجارت نوین*، ۷۶۱-۹۰.
- صادقی، ک؛ سجودی، س. (۱۳۸۹). «مطالعه عوامل موثر بر شدت انرژی در بنگاه های صنعتی ایران». *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، ۸(۲)، ۱۶۳-۱۸۰.
- صمیمی، سحر؛ هژبرکیانی، کامبیز، (۱۳۹۳)، «اثر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر اشتغال صنایع کارخانه ای ایران»، *پژوهش ها و سیاست های اقتصادی*، ۷۰، ۵۵-۷۴.
- عاشوری، مریم؛ پارسا، حجت؛ حیدری، ابراهیم، (۱۳۹۸)، «عوامل موثر بر شدت انرژی در استان های ایران: رویکرد میانگین گیری بیزی»، *پژوهش های سیاست گذاری و*
- برنامه ریزی انرژی، ۱۴، ۲۹-۶۳
- عاملی، علیرضا (۱۳۸۱). «بررسی شناسایی عوامل مؤثر بر شدت انرژی در کارگاه های بزرگ صنعتی در ایران»، پایان نامه کارشناسی ارشد اقتصاد، دانشگاه فردوسی مشهد.
- عسگری، محمد مهدی؛ (۱۳۸۹)، *نظریه اقتصاد خرد اصول اساسی و مباحث تکمیلی*.
- علیزاده، محمد؛ گل خندان، ابوالقاسم، (۱۳۹۴)، «سنجش تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر مصرف انرژی در کشورهای منتخب منطقه منا، اقتصاد و توسعه منطقه ای»، ۱۰، ۱۱۵-۱۳۹.
- کرامتی، عباس و گلخندان ابوالقاسم و مجتبی خوانساری، (۱۳۹۳). «تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) بر مصرف انرژی در ایران (رویکرد آزمون باند)». *فصلنامه تحقیقات توسعه اقتصادی*، شماره ۱۶، ۲۶-۱۰۳.
- گل خندان، ابوالقاسم، (۱۳۹۶)، «مقایسه تطبیقی اثر فناوری اطلاعات و ارتباطات و مولفه های آن بر مصرف انرژی در کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته»، *علوم انسانی و مطالعات فرهنگی*، ۱، ۱۳۵-۱۵۴.
- محمدپور، کامران؛ سلیمانی، میلاد؛ سیستانی، یاسر، (۱۳۹۵)، «تأثیر هدفمندی یارانه ها بر شدت انرژی در صنعت ایران»، *سیاست های راهبردی و کلان*، ۱۴، ۹۱-۱۲۴.
- محمدخان پور اردبیل، رقیه (۱۳۹۳)، «بررسی تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر مصرف انرژی در بخش حمل و نقل»، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده اقتصاددانشگاه علامه طباطبائی.
- محمودزاده، محمود و حامد شاه بیگی، (۱۳۹۰)، «آثار فناوری اطلاعات و ارتباطات بر شدت انرژی در کشورهای درحال توسعه». *فصلنامه اقتصاد و تجارت نوین*، شماره های ۲۳ و ۲۴، ۶۷-۸۸.
- محمودزاده، محمود؛ صادقی، سمیه؛ صادقی، ثریا؛ حمیدی، افرا؛ فاطمه، (۱۳۹۰). «اثر حذف یارانه انرژی برق بر شدت انرژی آن در صنایع تولیدی ایران». *برنامه ریزی و بودجه*، ۱۳۹۰، ۱۱۵، ۱۶، ۱۱۳-۱۲۸.
- مشیری، سعید، (۱۳۹۵). «برآورد آثار مستقیم و سرریز سرمایه گذاری در فناوری اطلاعات و ارتباطات بر تولید صنایع ایران با تاکید بر نقش سرمایه انسانی و ظرفیت جذب»، *تحقیقات اقتصادی*، دوره ۵۲، شماره ۲، تابستان ۹۶، ۳۹۵-۴۲۶.
- مشیری، سعید؛ نیک پور، سمیه، (۱۳۸۶)، «تأثیر فناوری

- فضایی»، *اقتصاد انرژی ایران*، ۲۸، ۱۵۷-۱۸۴.
- ناجی میدانی، علی اکبر؛ مهدوی عادل، محمد حسین و عربشاهی دلویی، مهدیه (۱۳۹۴)، «بررسی رابطه بین صنعتی شدن و کارایی انرژی بخش صنعت در ایران»، *سیاست گذاری اقتصادی*، دوره ۷، شماره ۱۳، ۵۶-۲۷.
- وزارت نیرو (۱۳۹۶)، «چهار دهه ترازنامه انرژی»، دفتر برنامه ریزی کلان برق و انرژی.
- Adom, P. K. (2015), "Asymmetric impacts of the determinants of energy intensity in Nigeria", *Energy Economics*, 49: 570-580.
- Adom, P.K., & Kwakwa, P.A. (2014). "Effects of changing trade structure and technical characteristics of the manufacturing sector on energy intensity in Ghana". *Energy Economic*, No. 35: 475-483.
- 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.
- Baltagi. H Badi (2011), "Econometric Analysis of panel data", 3ed, wiley, John & Ltd, Sons
- Baumann, F. (2008). "Energy Security as multidimensional concept". Center for Applied Policy Research (C·A·P), Research Group on European Affairs, No.1.
- Bresnahan, T. F., & Trajtenberg, M. (1995). "General purpose technologies 'engines of growth?'" *Journal of Econometrics*, 65, 83-108.
- Bu, M., Li, S., Lei, J., 2019. "Foreign direct investment and energy intensity in China: Firmlevel evidence". *Energy Economics*. 80,366-376.
- Cho, Y., Lee, J. & Kim, T. (2007). "The impact of ICT investment and energy price on industrial electricity demand: dynamic growth model approach", *Energy Policy*, 35, 4730-4738.
- Cole, M.A., Elliott, R.J., Shimamoto, K., 2005. "Industrial characteristics, environmental regulations and air pollution: an analysis of the UK manufacturing sector". *J. Environ. Econ. Manag.* 50 (1), 121-143.
- Cole, M.A., Elliott, R.J., Shimamoto, K., 2006. "Globalization, firm-level characteristics and environmental management: A study of Japan". *Ecol. Econ.* 59 (3), 312-323
- Collard, F., Feve, P. & Portier, F. (2005). "Electricity consumption and ICT in the French service sector", *Energy Economics*, 27(3), 541-550.
- Dedrick J, Vijay Gurbaxani and Kenneth L. Kraemer, (2003). "Information Technology and Economic Performance: A critical Review of the Emprical Evidence". Center for Research on Inforamtion Technology and Organizations. University of California, Irvine.
- Dehghan S, Z, Shahnazi, R, (2018), "Energy consumption, carbon dioxide emissions, information and communications technology, and gross domestic product in Iranian economic sectors: A panel causality analysis", 10.1016/j.energy.2018.11.062.
- European Commission e-Business Watch. (2008). "The implications of ICT for energy consumption", Impact study no.09/2008.
- Fisher-Vanden, K., Jefferson, G.H., Liu, H., Tao, Q., 2004. "What is driving China's decline in energy intensity?" *Resour. Energy. Econ.* 26 (1), 77-97.
- Ghali, K. and El-Sakka (2004), "Energy Use and Output Growth in Canada: a Multivariate Cointegration Analysis", *Energy Economics*, vol. 26, issue 2.

- Goldar, B., (2010), “*Energy Intensity of Indian Manufacturing Firms: Effect of Energy Prices, Technology and Firm Characteristics*”, Working Papers id:2483, eSocialSciences
- Griffith, R., Redding, S., Van Reenen, J., 2003. “*R&D and absorptive capacity: theory and empirical evidence*”. *Scand. J. Econ.* 105 (1), 99-118.
- Hayashi, P., & Trapani, J. (1976). Rate of Return Regulation and the Regulated Firm's Choice of Capital-Labor Ratio: Further Empirical Evidence on the Averch-Johnson Model. *Southern Economic Journal*, 42(3), 384-398. doi:10.2307/1056617
- Hilty, M, Bieser, J,(2020) “*Conceptualizing the Impact of Information and Communication Technology on Individual Time and Energy Use*”, *Telematics and informatics*, <https://doi.org/10.1016/j.tele.2020.101375>.
- Irawan, T. Hartono, D. Azam Achسانی, N, (2010), “*An Analysis Of Energy Intensity in Indonesian Manufacturing*”, Department of Economics Padjadjaran University, Working Paper in Economics and Development Studies No. 201007.
- Ishida, Hazuki (2014), “*The effect of ICT Development on economic growth and energy consumption in japan*”, *Telematics and Informatic*.
- Ishida, Hiroyuki, Akira yangisawa (2003), “*Impact Assessment of Advancing ICT Orientation on energy use: Considering of a macro assessment method-executive summary*”, *IEEJ*.
- Jalava, Jukka, Pohjola, Matti.(2007),” *ICT as a source of output and productivity growth in Finland*”, *Telecommunications Policy*, 31, 463-472.
- Jiang, L., Ji, M., 2016. “*China's Energy Intensity, Determinants and Spatial Effects*”. *Sustainability*8 (6), 544.
- Jorgenson, D. W., & Vu, K. (2006). “*Information technology and the world growth resurgence*”. National University of Singapore. Website:<http://post.economics.harvard.edu/faculty/jorgenson/papers/papers.html>.
- Jorgenson, D. W., & Vu, K. (2006). Information technology and the world growth resurgence. National University of Singapore. Web site: <http://post.economics.harvard.edu/faculty/jorgenson/papers/papers.html>.
- Kouton, J.(2019). “*Information Communication Technology development and energy demand in African countries*”,*Energy*(189).
- Kumar, A. (2003): “*A Quantitative Exploration for Indian Manufacturing*”, Energy Intensity. SSRN Paper No. 468440.
- Lan, J.,Kakinaka, M.,Huang, X.(2011).” *Foreign Direct Investment, Human Capital and Environmental Pollution in China*” *Environ Resource Econ* (51),255–275.
- Lee, C. (2011). “*Trade, productivity, and innovation: Firm-level evidence from Malaysian manufacturing*”. *Journal of Asian Economics*, Vol.22, pp. 284-294.
- Lee, S. Y., Gholami, R., & Tong, T. Y. (2005). “*Time series analysis in the assessment of ICT impact at the aggregate level- lessons and implications for the new economy*”. *Information and Management*, Web site: <http://www.sciencedirect.com>.
- Liu , C.P., & Han, G. Y. (2008). “*Determinants of Aggregate Energy Intensity with Consideration of Intra industry Trade*”. *Industrial Electronics and Applications*, 5: 716 – 719.
- Measuring the Information society report, 2016, ITU.
- Metcalf, G E. (2008). “*An Empirical Analysis of Energy Intensity and Its Determinants at the State Level*”. *The Energy Journal*, 29 (3): 1-26.
- Mills, M.P., 1999. “*The Internet Begins with Coal: A Preliminary Exploration of the Impact of the Internet on Electricity Consumption*”. *Greening Earth Society*, Arlington, VA.
- Mohamed, Z., Bodger, P., 2005a. “*Forecasting electricity consumption in New Zealand using economic and demographic variables*”. *Energy* 30 (10), 1833–1843.
- Nair, Mahendhiran, Pradhan, Rudra P., Arvin,

- Mak B.,(2020), “*Endogenous dynamics between R&D, ICT and economic growth: Empirical evidence from the OECD countries*”, Technology in society.
- Nanduri, M.(1996). “*An Assessment of Energy Intensity Indicators and their Role as Policy- Making Tools*”, School of Resource and Environmental Management, Report No. 232.
- Nguyen, T, Pham, T, Tram, H , (2020), “*Role of information and communication technologies and innovation in driving carbon emissions and economic growth in selected G-20 countries*”, Environmental Management, 261.
- Oliner, S. D and D. E, Sichel (2002). “*IT and Productivity: Where Are We Now and Where Are We Going?*”. Economic Review, ۸۳, 15-44.
- Orbicom. (2005). “*The digital divide to digital opportunities: Measuring info state for development*”, Published by Claude-Yves Charron.
- Papadogonas T, Mylonakis J, Demosthenes Georgopoulos (2007), “*Energy Consumption and Firm Characteristics in the Hellenic Manufacturing Sector*”, International Journal of Energy Technology and Policy, Vol. 5, No. 1, pp. 89-96.
- Pohjola, M.(2002). “*New Economy in Growth and Development*”. Presented in UNU/WIDER Conference on New Economy in Development, 10-11 May, Helsinki.
- Popp, D. (2002). “*Induced Innovation and Energy Prices*”, American Economic Review 92: 160-180.
- Quah, D.(2003) “*Digital goods and the New Economy*”, Center for Economic Performance, London School of Economics and Political Science .
- Romm, J. (2002). “*The internet and the new energy economy*”, Resource, Conservation and Recycling, 36, 197-210.
- Sadorsky, P (2012), “*Information Communication Technology and Electricity Consumption in Emerging Economics*”, Energy Policy, Vol. 48, PP. 130-136.
- Sahu, S. K., Narayanan, K., 2011. “*Determinants of Energy Intensity in Indian Manufacturing Industries*”: A Firm Level Analysis. Euroasian Journal of Business and Economics, Vol. 4, No. 8, pp. 13-30.
- Sichel, D.E., 1999. “*Computers and aggregate economic growth*”: an update. Business Economics 34 (2), 18–24.
- Solow, Robert.(1987). “*We'd Better Watch Out*”, New York Times Book Review, July 12
- Soytas, U., Sari, R., 2003. Energy consumption and GDP: causality relationship in G-7 countries and emerging markets. Energy Economics 25 (1), 33–37.
- Stern D.I.(1993), “*A Multivariate Cointegration Analysis of the Role of Energy in the US Macro economy*”. Energy Economics, No. 22, PP:267-283.
- Takase, K. & Murota, Y. (2004). “*The impact of IT investment on energy: Japan and US comparison in 2010*”, Energy Policy, 32(11), 1291–1301.
- Tan, R., Lin, B., (2018). “*What factors lead to the decline of energy intensity in China's energy intensive industries?*” Energy Economy. 71, 213–221.
- Thaler, D. (2011). “*The determinants of energy intensity*”. Thesis of University of Florida.
- UNCTAD, Annual Report, 2007.
- Van Ark, B and M. P, Timmer.(2003). “*Computer and The Big Divide: Productivity in Europe and US*”. Presented in JRC Workshop on ICT Spin-off, March, 27-28 Seville.
- Van Leeuwen, G and H. Vander Weil.(2003). “*Spillover Effects of ICT*”. CPB Report, 2003/3
- Wu, Yanrui.(2010). “*Energy Intensity and its Determinants in China's Regional Economies*”, Business School University of Western Australia.
- Yang, C. and Chen, Y.(2012). “*R&D, productivity, and exports*”: Plant-level evidence from Indonesia. Journal of Economic Modelling,

- Vol.29,pp. 208-216.
- Yu, H.(2012). “*The influential factors of China,s regional energy intensity and its spatial linkages*”: 1988-2007. *Journal of Energy Policy*, Vol. 45, pp. 583-593.
- Zhang, D.,Li, J., Qiang, J., 2020. “*Does better access to credit help reduce energy intensity in China? Evidencefrom manufacturing firms*”. *Energy Policy*. 145,3-6.
- Zhang, x. and Cheng, J. and Gao, X.(2011). “*Total-factor energy efficiency in developing countries*”. *Journal of Energy Policy*, Vol. 39, pp. 644-650.
- Zheng Yingmei, Jianhong Qi, Xiaoliangchen. (2011). “*The effect of increasing exports on industrial energy intensityin china*”. *Energy Policy*, Vol. 39, pp. 2688-2698.