پژوهشنامه‌ی مدیریت اجرایی
علمی– پژوهشی
سال یازدهم، شماره‌ی۲۲، نیمه‌ی دوم ۱۳۹۸

تحلیل شکاف فناوری صنعت فولاد ایران با کشورهای منتخب از منظر بهره وری

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۶/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۰۸

سوما رحمانی*
محسن علیزاده ثانی**
محمد ولی پورخطیر ***
مهدی مجیدپور****

doi: 10.22080/jem.2020.17125.2986

چکیده

توسعه فناوری عامل اصلی توسعه اقتصادی بلندمدت شناخته شده است. در این راستا تحریک نوآوری به منظور حفظ موقعیت در رقابت جهانی ضروری به نظر می‌رسد. طراحی و ارزیابی هر خط مشی نوآوری مستلزم جستجوی روش‌هایی برای اندازه‌گیری و مقایسه میزان توانایی فناورانه کشورهای مختلف است. مقاله حاضر به منظور بررسی میزان تفاوت توانایی فناورانه کشورهای برتر تولیدکننده فولاد در جهان، به بررسی و تخمین شکاف فناوری در صنعت فولاد ایران با ۱۳ کشور منتخب می‌پردازد. هدف از پژوهش حاضر شناسایی میزان شکاف فناوری، و ارائه راهکارهایی جهت رفع این شکاف فناوری می‌باشد. به این منظور مبتنی بر روش اقتصادسنجی، دو دسته داده‌های ورودی (مواد اولیه، مصرف انرژی و نیروی انسانی) و خروجی (تولید کل فولاد) در بازه زمانی۲۰۰۹-۲۰۱۴ از طریق پایگاه‌های داده مختلف جمع‌آوری، و از طریق نرم افزارهای فرونتایرو گَمز تحلیل شدند. نتایج مبتنی بر تخمین مرزهای فناوری هر گروه از کشورها و مقایسه آنها با فرامرز فناوری موجود، حاکی از آن است که ایران بعد از روسیه بیشترین شکاف فناوری را در صنعت فولاد نسبت به کشورهای منتخب دارد.

واژه های کلیدی: شکاف فناوری، فرارسی فناورانه، تولید مرزی تصادفی، صنعت فولاد

* دانشجوی دکتری سیاستگذاری علم و فناوری، دانشکده علوم اقتصادی و اداری، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران Srahmani@umz.ac.ir
** نویسنده مسئول، استادیار گروه مدیریت، دانشکده علوم اقتصادی و اداری، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران alizadehsani@umz.ac.ir
*** استادیار گروه مدیریت، دانشکده علوم اقتصادی و اداری، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران m.khatir1461@gmail.com
**** استادیار گروه مدیریت کسب وکار، دانشکده مدیریت علم و فناوری، دانشگاه امیرکبیر، تهران، ایران majidpour@aut.ac.ir

۱- مقدمه

توسعه فناورانه در هر کشوری نیازمند بسترها وشرایطی است که با وجود آن شرایط، امر توسعه، تسهیل و پایداری بیشتری پیدا خواهد کرد. صنایع معدنی نیز به عنوان یکی از صنایع مهم و استراتژیک کشور از این امر مستثنی نیست. عدم توجه به بحث تحقیق و توسعه در بخش معدن، در نهایت چالش‌های فراوانی را برای این بخش ایجاد خواهد کرد و اثرات خود را در شاخص‌های سنجش خروجی‌های این بخش از جمله بهره وری سرمایه، بهره وری نیروی انسانی، ارزش افزوده و ...، نمایان می‌سازد. لذا شرکت‌های فولادساز چاره‌ای جز تمرکز بر ارتقای بهره‌وری در فرآیندهای خود ندارند تا بتوانند کیفیت و محصولات خود را با سایرین قابل رقابت کنند. از مهمترین مولفه های رشد بهره‌وری در سازمان‌ها استفاده از فناوری‌های نوین است که بتوان با بکارگیری از آن سرعت فرآیندها را افزایش داد، محصولات ویژه تولید نمود، سبد محصولات را توسعه و رضایت مشتریان را افزایش داد (بانک خاورمیانه، ۱۳۹۴). لذا برای شرکت‌های فولادساز شناسایی و توسعه فناوری‌ها و قابلیت‌های فناورانه امری اجتناب ناپذیر است. از طرفی در سند چشم انداز افق ۱۴۰۴ ، اشاره شده است که اگر تولید ۵۵میلیون تن فولاد که پیش بینی شده است، محقق شود، صنعت فولاد ایران می تواند جایگاه خود را تا رتبهٔ هفتم در بین برترین تولیدکنندگان فولاد جهان ارتقا دهد. لذا یکی از راه‌های دستیابی به این هدف بهره‌گیری از روش‌های تولید نوین و فناوری‌های جدید است که با حداقل هزینه، و زمان و مصرف انرژی بتواند تولید فولاد بیشتری را محقق کند.

بررسی‌های بسیاری نشان می‌دهند که شکاف بزرگی بین کشورها از لحاظ فعالیت فناورانه، سرمایه انسانی، ساختار صنعتی و عملکرد وجود دارد. با این حال در نیمه دوم از قرن بیستم، برای اولین بار شاهد توسعه موفق فناوری در کشورهای در حال توسعه‌ای همچون سنگاپور، تایوان، چین و کره جنوبی بوده‌ایم (پوپو[1]، ۲۰۱۵). علیرغم موفقیت این کشورها در دهه‌های اخیر در زمینه توسعه فناوری، اما شماری از کشورهای در حال

[1] Popov

توسعه هنوز نتوانسته‌اند به توسعه فناوری دست یابند و شکاف فناورانه خود را با کشورهای دیگر پر کنند. ضعف تاریخی کشورهای در حال توسعه‌ای همچون ایران در شکاف فناوری، بعد قابلیت‌های فناورانه است که در ادبیات تئوری فرارسی فناورانه[1] به تفصیل پیرامون آن سخن گفته شده است (شان و جولی[2]، ۲۰۱۱).

بررسی شکاف فناوری و میزان توسعه فناورانه در صنعت فولاد در سال‌های اخیر از منظرهای گوناگون بیشتر مورد توجه قرار گرفته است به عنوان مثال، عطارپور و همکاران (۱۳۹۷) با تاکید بر ارتقای محصولات در صنعت فولاد مکانیزم های یادگیری فناورانه موثر بر نوآوری دوسوتوانی در این صنعت را مورد بررسی قرار داده، و جهت ارتقای آنها، پیشنهادهای سیاستی مناسبی ارائه داده‌اند. در مطالعه‌ای دیگرآداب و دیگران (۱۳۹۷) نیز با تحلیل زنجیره ارزش فولاد مبتنی بر نظام نوآوری و آسیب‌شناسی دلایل عدم ارتقای این زنجیره، پیشنهادهای سیاستی را در راستای کاهش شکاف و ارتقای محصولی، فرآیندی، کارکردی، کانالی و زنجیره‌ای ارائه داده است. در نتیجه همانطور که از ادبیات مشخص است هر یک از مطالعات با در نظر گرفتن رویکرد تحلیلی خاصی (تحلیل مکانیزم‌های یادگیری فناورانه/ تحلیل زنجیره ارزش مبتی بر نظام نوآوری) به بررسی شکاف فناورانه صنعت فولاد و ارائه راهکارهای سیاستی پرداخته‌اند. با این حال در هیچ یک از مطالعات انجام شده، شاخص‌های موثر در افزایش بهره وری که ارتقای هر یک از این شاخص‌ها با استفاده از کاربردی کردن فناوری خاص می‌تواند در بهبود بهره وری یاری‌رسان باشد، مورد توجه قرار نگرفته است. یکی از ضروریات مهم در جهت بالا بردن بهره وری کاهش مصرف مواد، کاهش مصرف انرژی و کاهش دوره زمانی در فرآیند تولید است که به‌کارگیری فناوری‌های پیشرفته و همچنین تغییر فرآیندهای موجود می‌تواند در نائل شدن به این هدف کمک کننده باشد (طرح جامع فولاد، ۱۳۹۷). لذا در پژوهش حاضر با بررسی بهره‌وری صنایع فولاد ۱۴ کشور منتخب،

---

[1] Technology Catch-up
[2] Shan, Jolly

میزان پیشرفته بودن فناوری‌ها و فرآیندهای مورد استفاده بررسی شده است. سوالی که در اینجا مطرح می‌شود این است که آیا صنعت فولاد در ایران توانسته است شکاف خود را با کشورهای رقیب کاهش دهد یا خیر؟ در مطالعه حاضر سعی شده است از طریق جمع‌آوری داده‌ها از منابع اطلاعاتی مختلف، و با استفاده از روش فرامرزی[1] به تخمین و تحلیل شکاف فناوری صنعت فولاد ایران با کشورهای منتخب پرداخته شود و در راستای برطرف کردن این شکاف، پیشنهاداتی ارائه گردد.

۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

فرارسی فناورانه

یادگیری فناورانه برای کشورهای در حال توسعه دارای اهمیت و ضرورت مضاعف است (چن و همکاران[2]، ۲۰۱۰؛ چی و وایت[3]، ۲۰۰۶؛ چن و کیو[4]، ۲۰۰۳). رویکرد فرارسی فناورانه به توصیف این موضوع می‌پردازد که کشورهای در حال توسعه چگونه می‌توانند از طریق جذب و پذیرش فناوری‌های کشورهای توسعه یافته، به آن کشورها برسند و چگونگی ایجاد قابلیت‌های فناورانه را یاد بگیرند (لی و لیم[5]، ۲۰۰۱؛ لی و همکاران[6]، ۱۹۸۸). فاگربرگ و گودینهو[7] (۲۰۰۵)، فرارسی را "توانایی یک کشور در کاهش دادن فاصله و شکاف بهره‌وری و درآمد نسبت به یک کشور پیشرو"، می‌دانند که البته این مساله نشان می‌دهد، فرارسی با همگرایی، که منظور آن روند کاهش در تفاوت‌های بهره‌وری و درآمدهای کشورهای مختلف است، تفاوت دارد. مطالعات مختلفی در مورد فرارسی فناورانه انجام شده است که از ابعاد مختلفی به این موضوع پرداخته است.

---

[1] Metafrontier
[2] Chen, et al
[3] Xie, White
[4] hen, Qu
[5] Lee & Lim
[6] Lee et al
[7] Fagerberg, Godinho

در مطالعه‌ای با عنوان چرخه‌های فرارسی در صنعت فولاد در جهان، لی وکی[1] (۲۰۱۶) فرارسی را بین کشورهای پیرو و پیشرو فرآیندی متغیر و مبتنی بر چرخه در نظر گرفته‌اند. در این زمینه لی و مالربا[2] (۲۰۱۷) نیز بیان کرده‌اند که در نیمه اول قرن بیستم، تغییرات در رهبری صنعتی از یک کشور پیشرو به یک کشور پیرو منتقل شده است. در نتیجه به پدیده تغییرات موفق در رهبری صنعتی، چرخه فرارسی گفته می-شود. مراحل فرارسی در چرخه شامل ۱) ورود: تلاش کشور پیرو برای ورود به صنعت و غالب شدن در آن صنعت از طریق فاکتورهایی مانند هزینه پائین، ۲) فرارسی تدریجی[3]: فرارسی از طریق یادگیری، انباشت تدریجی قابلیت‌های فناورانه و سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه، ۳) به جلو حرکت کردن[4]: باز کردن پنجره‌های فرصت و پاسخ مناسب به آنها، ۴) عقب ماندن[5]: انتقال دانش، قابلیت‌های فناورانه و جایگاه پیشرو بودن از کشور پیشرو به کشور پیرو جدید (لی، مالربا، ۲۰۱۷).

لی و کی (۲۰۱۶) پس از معرفی انواع پنجره‌های فرصت به عنوان عوامل موثر بر موفقیت فرارسی فناورانه، استراتژی‌های شرکت‌های متاخر را در سه دسته استراتژی کلی معرفی کرده‌اند. این استراتژی‌ها عبارتند از استراتژی دنبال کردن مسیر[6]، استراتژی پرش از مراحل[7] و الگوی خلق مسیر جدید[8] است که مبتنی بر این استراتژی‌ها، هر کشور براساس شرایط خود به منظور کاهش شکاف فناوری از آنها استفاده می‌کند (لاندینی، لی و مالربا[9]، 2017، لی و لیم، ۲۰۰۱). علاوه بر مطالعات موجود در باب فرارسی فناورانه در حال حاضر می‌توان دید که این مطالعات طی سال‌های قبل

---

[1] Lee, Ki
[2] Lee, Malerba
[3] Gradual Catch-up
[4] Forgoing Ahead
[5] Falling Behind
[6] Path- Following
[7] Stage-skipping
[8] path- Creating
[9] Landini, Lee and Malerba

دستخوش تغییرات خاصی شده است. جهان در شرف پنجمین دوره توسعه بزرگ است که پرز[1] آن را دوره ناشی از انقلاب فناوری ارتباطات و اطلاعات و آبستن دنیای جهانی[2] شده می‌داند. از این منظر این دوره با همگام کردن پارادایم فناورانه مبتنی بر فناوری اطلاعات و ارتباطات و گذارهای پایدار منجر به استقرار عصر طلایی جدید می‌گردد که در آن تکیه بر پارادایم جدید در توسعه فناوری‌های پایدار است. ایجاد گذارهای پایدار به چالش مهمی برای کشورهای در حال توسعه‌ای که به دنبال فرارسی فناورانه هستند نیز تبدیل شده است. مطالعات فرارسی موجود بر این موضوع تاکید دارند که استراتژی‌های دنباله روی مسیر به همراه ورود تدریجی به زنجیره‌های ارزش جهانی به توسعه اقتصادی منجر خواهد شد، اما در دوره جدید چنین استراتژی‌هایی به منظور ایجاد جهش‌هاش فناورانه کافی نیستند. چرا که کشورهای متاخر بایستی به دنبال روش‌های رادیکالی باشند که در بازه کوتاه بتوانند با خلق مسیرهای جدید به جهش‌های فناورانه دست یابند. لذا در عصر جدید رویکردهای فرارسی فناورانه باید به سمت گذارهای پایدار و ایجاد صنایع نو و همچنین مبتنی بر فناوری‌های پایدار و جهانی سازی تغییر جهت داشته باشند (چی، ترافر[3]، 2019).

شکاف فناوری

شکاف فناوری نشان‌دهنده تفاوت در پیشرفت فناورانه بین دو کشور، بین دو صنعت رقیب در کشورهای مختلف یا بین دو شرکت در یک صنعت می‌باشد. چنین شکافی بر این موضوع دلالت دارد که فناوری در سطح جهان یکنواخت نیست و تغییرات فناورانه به سرعت و بصورت مساوی در سراسر کشورها منتشر نمی‌شود. ایجاد شکاف‌های فناوری به دلایل مختلفی اتفاق می‌افتد، از جمله رقابت بازار، نوع سیاست‌های تنظیمی دولت،

[1] Perez
[2] Globalised world
[3] Xiao-shan, Truffer

ساختارهای نهادی و نوآوری، ماهیت نوآوری، انتشار دانش فنی. هر بحثی در مورد شکاف فناوری باید با انتشار دانش فنی آغاز گردد (آرستیس و ساویر[1]، ۱۹۹۴).

از نظر بل و فیگردو (۲۰۱۲) مفهوم شکاف در قابلیت‌های فناورانه دو نوع شکاف در توانایی تولیدی شرکت‌ها و شکاف در توانایی نوآوری شرکت‌ها را دربرمی‌گیرد. (بل و فیگردو، ۲۰۱۲). رویکرد شکاف فناوری اولین بار توسط پوسنر [2](۱۹۶۱)، گومولکا[3] (۱۹۷۱) و کورنوال[4] (۱۹۷۶) با تاکید بر نقش فناوری در فرآیند رشد اقتصادی ارائه شد (ایبر[5]، ۲۰۱۱). بر این اساس سیستم اقتصاد جهانی با توجه به تفاوت‌های سطوح و روندهای فناورانه متمایز شدند، تفاوت‌هایی که تنها با تغییرات در فناوری‌ها می‌شد بر آنها غلبه کرد و پیروز شد. بر سر ارتباط توسعه قابلیت‌های فناورانه و رشد اقتصادی اجماع نظر وجود دارد اما بر روی اینکه چگونه این توسعه قابلیت‌های فناورانه اندازه-گیری می‌شود رویکردهای مختلفی وجود دارد. دو روش اساسی برای اندازه گیری قابلیت‌های فناورانه یک کشور وجود دارد - رویکرد شاخص‌ها و رویکرد مدل‌سازی. رویکرد شاخص‌ها شامل جمع‌آوری مجموعه‌ای از آمار است که جنبه‌های مختلف نوآوری را شرح می‌دهد، مانند تعداد انتشارات علمی و هزینه‌های تحقیق و توسعه. رویکرد مدل‌سازی تا حد زیادی بر اساس چارچوب مدل رشد سولو[6] و رشد درونی است. در ابتدا مهمترین فاکتورهای رشد از نظر محققان نیروی کار و سرمایه در نظر گرفته می‌شد اما سولو و همکاران در سال ۱۹۵۷ با بسط نظریه نئوکلاسیک فاکتور سومی را برای تولید به نام فناوری در نظر گرفتند .با استفاده از روش حسابداری رشد یا روش-های اقتصادسنجی با داده‌های جمع آوری شده، رویکرد مدل‌سازی از بسیاری از مشکلات مربوط به داده‌ها جلوگیری می‌کند. این رویکرد به تغییر قابلیت‌های فناورانه

---

[1] Arestis, Sawyer
[2] Posner
[3] Gomulka
[4] Cornwall
[5] Iyer
[6] Solow

(یعنی پیشرفت فناورانه) به جای سطح واقعی قابلیت‌ها تمرکز دارد. پیشرفت فناورانه کشورها معمولا با نرخ رشد بهره‌وری[1] رشد می‌کند. چنین اندازه گیری به طور ضمنی فرض می‌کند که رشد بهره‌وری به طور عمده، نتیجه تغییرات فناورانه است (ایبر، ۲۰۱۱، فاگربرگ، ۱۹۸۷). با توجه به مطالب ذکر شده، از آنجا که کارآیی فنی و نرخ رشد بهره وری نتیجه پیشرفت‌های فناورانه می‌باشد در نتیجه می‌توان از طریق بررسی کارآیی فنی و میزان نرخ رشد بهره‌وری به این مهم دست یافت که کشور و صنعت مورد نظر تا چه حد توانسته است از پیشرفت‌های فناورانه بهره ببرد. در این راستا مطالعات مختلفی به منظور اندازه‌گیری شکاف فناوری مبتنی بر مفاهیم نرخ رشد کارآیی و بهره-وری انجام شده است (دراین، ۲۰۱۲، قلی زاده و همکاران[2]، ۲۰۱۵، ناملئو و همکاران[3]، ۲۰۱۰، موریرا و براوو[4]، ۲۰۱۰، جونگ و لی[5]، ۲۰۱۰).

صنعت فولاد

بر اساس مدل نوع‌شناسی پویت[6] در مورد توسعه فناوری در بنگاه‌ها، صنعت فولاد جزو بنگاه‌های مبتنی بر مقیاس است (بل و پویت[7]، ۱۹۹۳). صنایع مبتنی بر تولید انبوه (استیل، شیشه، فولاد و...)، صنایع و لوازم مصرفی و خودروسازی در این دسته قرار می-گیرند. عمده نوآوری در این صنایع در فرآیندها رخ می‌دهد و عمدتا نوآوری به صورت تدریجی است. یادگیری فناورانه از طریق طراحی، ساخت و بکارگیری سیستم‌ها و محصولات پیچیده رخ می‌دهد که از طریق تعامل با تامین‌کنندگان فناوری‌های پیچیده و یا از طریق تجربیات قبلی عملیاتی و در قالب بهبود قطعات، ماشین آلات، و سایر زیرسیستم‌ها اتفاق می‌افتد. منبع اصلی فناوری طراحی و مهندسی تولید، تجربه عملیاتی و تامین‌کنندگان تجهیزات و قطعات می‌باشند. یادگیری فناورانه به معنای

---

[1] Total factor productivity (TFP)
[2] Gholizadeh et al
[3] Nkamleu et al
[4] Moreira & Bravo-Ureta
[5] Jung & Lee
[6] Pavitt texonomy
[7] Bell & Pavitt

افزایش ظرفیت طراحی و ساخت قطعات، تجهیزات، زیرسیستم‌ها و در نهایت سیستم-های پیچیده می‌باشد. انتقال فناوری از طریق قراردادهای انتقال دانش فنی طراحی و ساخت و آموزش است (بل و پویت، ۱۹۹۳). از آنجا که یکی از معیارهای توسعه هر صنعت میزان پیشرفت فناورانه آن صنعت مبتنی بر توانمندی‌های فناورانه آنها است لذا فناوری و توجه به اقسام فناوری به کار برده شده در صنعت بایستی مورد توجه بیشتری قرار گیرد.

در صنعت فولاد انواع فرآیندهای تولید (فناوری) عبارتند از ۱) تهیه آهن خام یا چدن مذاب در کوره بلند[1] که در آن ماده اولیه مورد استفاده سنگ آهن است و تولید فولاد در کانورترهای اکسیژنی اتفاق می‌افتد، نظیر ذوب آهن اصفهان، ۲) احیای مستقیم سنگ آهن[2] و ذوب آهن اسفنجی[3] و قراضه[4] در کوره‌های الکتریکی از قبیل قوس الکتریکی[5] که ماده اولیه اصلی مورد استفاده در آن آهن اسفنجی و قراضه می‌باشد نظیر فولاد مبارکه و فولاد خوزستان یا القایی نظیر مجتمع فولاد جنوب، ۳) روش کوره باز[6] که حجم تولید بسیار محدودی در جهان دارد و طبق آمار انجمن جهانی فولاد حدود ۲,۵ درصد از کل تولید فولاد جهان در سال ۲۰۰۷ بوده است، این در حالی است که حدود ۸۵ درصد فولاد دنیا به روش کوره بلند تولید می‌گردد که بیشترین ماده اولیه مورد نیاز برای این حجم از تولید در جهان، سنگ آهن می‌باشد.استفاده از روش آلیس چالمرز و لورگی برای گندله سازی، میدرکس برای آهن اسفنجی، کوره‌های قوس الکتریکی و القایی و کنورتور برای تولید شمش و فناوری نورد از فناوری‌های روز دنیا بوده و کشورهای پیشرو در این زمینه آلمان برای ذوب و نورد، آمریکا و ژاپن برای احیا، آلمان و ژاپن برای گندله‌سازی، و تولید کنسانتره می‌باشند و کشورهایی همانند ایتالیا،

---

[1] Basic furnaces (BF)
[2] Direct reduction (DR)
[3] Direct reduction Iron
[4] Scrap
[5] Electric Arc Furnaces
[6] Open Heart Furnaces

اتریش، اسپانیا و کره جنوبی در رتبه‌های بعدی قرار دارند. ایران در زمینه احداث واحدهای احیا مستقیم دارای دانش فنی (تحت لیسانس کوبه استیل ژاپن) و در زمینه طراحی و ساخت ۳۵ درصد خطوط کنسانتره سازی، گندله سازی، شمش و نورد دارای توانمندی‌های مهندسی و ماشین‌سازی است (علیزاده و همکاران، ۱۳۹۵). در نتیجه در زمینه فناوری می‌توان گفت هر کشور مبتنی بر پتانسیل‌ها و ظرفیت‌های خود از نوع خاصی از فناوری‌ها درتولید استفاده می‌کند. به عنوان مثال بیشترین سهم بهره‌مندی از فناوری کوره قوس الکتریکی یا احیای مستقیم، در ایران است. درصد استفاده از فناوری‌های مختلف در صنعت فولاد ۱۴ کشور منتخب در مقاله حاضر از سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۴ در جدول زیر ارائه شده است. در جدول حاضر منظور از OBC فناوری کوره اکسیژنی، EF فناوری کوره قوس الکتریکی و OHF فناوری کوره روباز است.

جدول ۱. درصد کاربرد فناوریهای تولید فولاد در کشورهای مختلف

سال	فناوری	ایران	روسیه	بلژیک	فرانسه	ایتالیا	سوئد	آلمان	هند	اکراین	UK	US	کره	ژاپن
۲۰۰۹	OBC	۱۸,۳	۶۳,۴	۵۸,۴	۵۹,۸	۲۹,۳	۶۵,۵	۶۵,۳	۳۸,۲	۶۹,۳	۷۹	۳۸,۳	۵۷	۷۸,۱
	EF	۸۱,۷	۲۶,۹	۴۱,۶	۴۰,۲	۷۰,۷	۳۴,۵	۳۴,۷	۶۰,۱	۴,۵	۲۱	۶۱,۷	۴۳	۲۱,۹
	OHF	–	۹,۸	–	–	–	–	–	۱,۷	۲۶,۳	–	–	–	–
۲۰۱۰	OBC	۱۷,۹	۶۳,۴	۶۴,۹	۶۳,۷	۳۳,۳	۶۸,۷	۶۹,۸	۳۸,۱	۶۹,۴	۷۵,۴	۳۸,۷	۵۷,۹	۷۸,۲
	EF	۸۲,۱	۲۶,۹	۳۵,۱	۳۶,۳	۶۶,۷	۳۱,۳	۳۰,۲	۶۰,۵	۴,۵	۲۴,۶	۶۱,۳	۴۲,۱	۲۱,۸
	OHF	–	۹,۸	–	–	–	–	–	۱,۵	۲۶,۱	–	–	–	–
۲۰۱۱	OBC	۱۷,۳	۶۳,۴	۶۵,۴	۶۱,۲	۳۴,۴	۶۵,۶	۶۷,۹	۳۲,۲	۶۹,۳	۷۳,۳	۳۹,۷	۶۱,۵	۷۶,۹
	EF	۸۲,۶	۲۶,۹	۳۴,۶	۳۸,۸	۶۵,۶	۳۴,۴	۳۲,۱	۶۶,۵	۴,۵	۲۶,۷	۶۰,۳	۳۸,۵	۲۳,۱
	OHC	–	۹,۷	–	–	–	–	–	۱,۴	۲۶,۲	–	–	–	–
۲۰۱۲	OBC	۱۴,۹	۶۵	۶۳,۶	۶۰,۹	۳۴,۲	۶۶,۶	۶۷,۷	۳۱,۹	۷۲,۶	۷۸,۶	۴۰,۹	۶۲,۴	۷۶,۸
	EF	۸۵,۱	۲۹,۸	۳۴,۶	۳۹,۱	۶۵,۸	۳۴,۴	۳۲,۳	۶۷,۸	۶	۲۱,۴	۵۹,۱	۳۷,۶	۲۳,۲
	OHF	–	–	–	–	–	–	–	۰,۳	۲۱,۳	–	–	–	–
۲۰۱۳	OBC	۱۳,۱	۶۶,۳	۶۶,۸	۶۵	۲۸,۲	۶۷,۸	۶۸,۴	۴۲,۸	۷۳,۱	۸۳,۱	۳۹,۴	۶۱	۷۷,۵
	EF	۸۶,۹	۳۰,۲	۳۳,۲	۳۵	۷۱,۸	۳۲,۲	۳۱,۶	۵۷,۱	۶	۱۶,۴	۶۰,۶	۳۹	۲۲,۵

	OHF	-	۳,۵	-	-	-	-	-	-	۰,۲	۱۹,۹	-	-	-
۲۰۱۴	OBC	۱۶,۷	۶۶,۶	۶۷,۶	۶۵,۹	۲۷,۵	۶۸,۲	۶۹,۶	۴۲,۴	۷۳,۴	۸۳,۹	۳۷,۴	۶۶,۲	۷۶,۸
	EF	۸۳,۳	۳۰,۶	۳۲,۴	۳۴,۱	۷۲,۵	۳۱,۸	۳۰,۴	۵۷,۵	۶,۲	۱۶,۱	۶۲,۶	۳۳,۸	۲۳,۲
	OHF	-	۲,۸	-	-	-	-	-	-	۲۰,۵	-	-	-	-

منبع: انجمن جهانی فولاد (۲۰۱۶)

جدول شماره ۱ نشان دهنده نوع فناوری‌های مورد استفاده توسط کشورهای مختلف است. بر اساس کاربرد هر فناوری در صنعت فولاد، بهره‌وری متفاوت خواهد بود چرا که تعداد نیروی انسانی، میزان مصرف انرژی، میزان تولید گازهای آلاینده، و میزان و نوع ماده اولیه مورد نیاز در تولید فولاد از هر فناوری به فناوری دیگر در کشورهای مختلف متفاوت است. لذا تعیین نرخ بهره وری می‌تواند نشان دهنده نوع فناوری مورد استفاده و میزان پیشرفت فناورانه در صنعت فولاد باشد. از طریق رصد فناوری‌های روز دنیا (مبتنی بر هوشمندی فناوری) در صنعت فولاد می‌توان به این شناخت دست یافت که چه کشورهایی در زمینه تولید فولاد به لحاظ فناورانه توسعه یافته‌اند و سپس با تخمین نرخ بهره وری این کشورها در شاخص‌های موردنظر، امکان مقایسه بین صنعت فولاد کشورهای مختلف را فراهم کرد.

۳- روش شناسی تحقیق

رویکرد پژوهش حاضر، رویکرد کمّی می‌باشد و از روش فرامرزی به منظور بررسی شکاف فناوری استفاده شده است. این روش گستره‌ای از رویکردهای مرزی تصادفی مانند تحلیل پوششی داده‌ها و رویکرد مرزی تصادفی است. در این روش کشورهایی که همگن هستند با هم گروهبندی می‌شوند و فرض اساسی مرز مشترک فناورانه در هر گروه است. در مرحله دوم فاصله بین گروه‌های مختلف و فاصله گروه با فرامرز اندازه گیری می‌شود. این روش اولین بار توسط باتیس و کولی[1] (۱۹۹۵) ارائه گردیده است. در

[1] Battese & Coelli

پژوهش حاضر در ابتدا ۲۰ کشور انتخاب گردیدند که مبنای انتخاب آنها پیشرو بودن این کشورها در تولید و توسعه صنعت فولاد بر اساس آخرین گزارش سال ۲۰۱۷ انجمن جهانی فولاد بوده است. اما به دلیل عدم امکان دسترسی به داده‌های برخی کشورها یا ناقص بودن داده‌های آنها در نهایت ۱۴ کشور مبنای مقایسه قرار گرفت. از طرفی مهمترین شاخص ها جهت تخمین شکاف فناوری در ابتدا شاخص های میزان سرمایه گذاری در تحقیق و توسعه سالانه در صنعت فولاد، تعداد پتنت‌های ثبت شده، تعداد نیروی انسانی، میزان انرژی مصرفی سالانه، و میزان مواد اولیه مصرفی (مصرف سنگ آهن، مصرف قراضه) در تولید بر اساس نظر کارشناسان صنعت فولاد به عنوان شاخص های ورودی انتخاب شده بودند که به دلیل نبود داده‌های مرتبط با شاخص های پتنت، سرمایه گذاری در تحقیق و توسعه و میزان مصرف قراضه، سه شاخص موردنظر در تحلیل حذف گردیدند. به منظور بررسی شکاف فناوری و تخمین نرخ بهره وری و همچنین تعیین میزان درآمد کشورها و توانایی آنها در کسب و حفظ درآمد متوسط، کشورها بر اساس میزان توسعه یافتگی با شاخص سطح درآمد مبتنی بر گزارش ۲۰۱۸ بانک جهانی، به سه گروه کشورهای با درآمد بالا، درآمد متوسط به پائین و درآمد متوسط به بالا تقسیم بندی شده‌اند. تقسیم‌بندی کشورها در جدول زیر ارائه شده است؛

جدول ۲. گروه‌بندی کشورها بر اساس میزان سطح درآمد آنها

گروهها	کشورها	سطح درآمد
گروه اول	ایران و روسیه	سطح درآمد متوسط به بالا
گروه دوم	بلژیک، فرانسه، ایتالیا، آلمان، سوئد، UK، US، کانادا، کره جنوبی، ژاپن	سطح درآمد بالا
گروه سوم	هند و اکراین	سطح درآمد متوسط به پائین

منبع: گزارش بانک جهانی (۲۰۱۸)

در رویکرد فرامرزی تصادفی فرض می شود K گروه مـورد بررسـی دارای فنـاوری-های متفاوت از یکدیگر می‌باشند. لذا تابع مرزی تصادفی برای این گروه‌هـا بصـورت زیـر تعریف می‌شود:

رابطه ۱

$$Y_{it}(k)= f(X_{it(k)}, \beta_{it(k)})\, e^{Vit(k)-Uit(k)}$$

$$i=1, 2,...,n;\ t: 1,2,\ldots,T;\ k: 1,2,\ldots, K$$

در رابطه (1) Y ارزش ستانده که در پژوهش حاضر تولید سالانه فولاد، X بردار نهاده‌های استفاده شده می‌باشد که در تحقیق حاضر سه متغیر نهاده X1 تعداد نیروی انسانی، X2 میزان مصرف انرژی سالانه برای تولید فولاد، و X3 میزان سنگ آهن مصرفی سالانه در تولید فولاد در نظر گرفته شده است. β بردار پارامترهای مربوط به متغیرهای x برای تابع مرز تصادفی، V جزء تصادفی دارای توزیع یکسان و مستقل $U, N(0, \sigma^2_{v(k)})$ جزء ناکارآیی دارای توزیع نرمال $N(\mu_{it(k)},\sigma^2_{(k)})$ و مستقل از V است. اندیس‌های i، k و t بیانگر کشور iام، گروه kام، و زمان tام می‌باشند. کارآیی هر کشور نسبت به مرز تصادفی گروهی که درآن قرار دارد معادل (TE_{it}^{k}) خواهد بود. در این مرحله در ابتدا Bهای هر گروه از کشورها به صورت جداگانه با استفاده از نرم افزار فرونتایر۴ به دست آمد و سپس مبتنی بر معادله (TE_{it}^{*}) و براساس برآورد ضرایب β^* فرامرزی، کارآیی فنی کشور iام در گروه kام و در زمان tام نسبت به تابع فرامرزی به دست آمده است و در نهایت شکاف فناوری بر اساس کارآیی فنی هر گروه و کارآیی فنی نسبت به تابع فرامرزی استخراج گردید. نسبت شکاف فناوری عددی بین صفر و یک بوده که با فرض بکارگیری مقدار معینی نهاده برابر با نسبت تولید تابع مرزی گروه kام به محصول تابع فرامرزی می‌باشد. این نسبت هر اندازه بزرگتر باشد بیانگر شکاف کمتر

تابع مرزی گروهی با تابع فرامرزی است (رنجبر و همکاران[1]، ۱۳۹۲، عرفان علی و صمد[2]، ۲۰۱۳، امامی میبدی و همکاران، ۱۳۹۰، کوئلی[3]، ۱۹۹۶).

۴- یافته‌های پژوهش

داده‌های مورد نیاز این تحقیق از آمارهای ارائه شده بصورت سری زمانی است که از پایگاه‌های داده مختلف استخراج شده است (جدول ۳). در ابتدا ۲۰ کشور پیشرو در تولید فولاد به عنوان جامعه آماری بین سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۶ انتخاب گردیدند که متاسفانه با وجود تلاش نویسندگان در ارتباط برقرار کردن با سازمان‌های مختلف ارائه دهنده این اطلاعات همچون سازمان توسعه و همکاری‌های اقتصادی و انجمن جهانی فولاد جهت دسترسی به داده‌ها در این بازه زمانی، با این حال به علت عدم دسترسی به برخی پایگاه‌های داده و نقص داده‌های اطلاعاتی، تعداد ۱۴ کشور برای بازه زمانی ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۴ در نهایت به عنوان جامعه آماری انتخاب شدند.

جدول ۳. پایگاه‌های داده جمع آوری داده‌ها

متغیرها		پایگاههای داده
ستانده	میزان تولید سالانه فولاد	انجمن جهانی فولاد
نهاده ها	تعداد نیروی انسانی شاغل سالانه در صنعت فولاد	سایت آماری استاتیستا[4] گزارشهای سالانه فولادسازهای هر کشور بورس ایران
	میزان مصرف انرژی سالانه برای تولید فولاد	شورای جهانی انرژی[5] گزارشهای طرح جامع فولاد ایران گزارش بانک خاورمیانه مقالات

[1] Ranjbar et al
[2] Erfan Ali, Samad
[3] Coelli
[4] Statista
[5] World energy council

	میزان مصرف سنگ آهن به عنوان ماده اولیه اصلی تولید فولاد	سایت سازمان زمین‌شناسی آمریکا[1] انجمن جهانی فولاد سازمان پژوهش‌های بازرگانی

منبع: محقق ساخته

به منظور برازش شکاف فناوری گروه‌های مختلف و همچنین تابع فرامرزی در ابتدا Bهای هر گروه از کشورها به صورت جداگانه با استفاده از نرم افزار فرونتایر۴ بـه دسـت آمد و در مرحله بعد با استفاده از معادلـه شـماره ۲، کـارآیی فنـی هـر کشـور محاسـبه گردید.

$$TE_{it}^{k} = \frac{Y_{it}}{e^{X_{it}\,\beta(k)+Vit(k)}}$$ رابطه ۲

تابع فرامرزی، پوششی از نقاط تولیدی با کارآیی بالا در مناطق مختلـف مـی‌باشـد. این تابع به صورت تابع زیر نمایش داده می‌شود:

$$Y_{it}^{*} = f\,(X_{it},\beta^{*}) = e^{X_{it}\beta^{*}}, i = 1,2,\dots,L = \sum_{k=1}^{K} L_k\,; t = 1,2,\dots,T$$ رابطه ۳

برآورد ضرایب β^{*} تابع فرامرزی به روش حـل مسـئله بهینـه‌یـابی بـا اسـتفاده از برنامه‌ریزی خطی به صورت زیر در نرم افزار گَمز انجام شد که در آن برای کلیـه مقـادیر k (گروه‌های با فناوری‌های متفاوت) رابطه $X_{it}\beta^{*} \geq X_{it}\beta_k$ برقرار می‌باشد.

$$\sum_{i=1}^{L}\sum_{t=1}^{T}(X_{it}\beta^{*} - X_{it}\hat{\beta}_k)$$ رابطه ۴

[1] USGS

پس از برآورد ضرایب β^* فرامرزی، در مرحله بعد مبتنی بر رابطه (۵) کارآیی فنی کشور iام در گروه kام و در زمان tام نسبت به تابع فرامرزی به دست آمده است که با (TE_{it}^*) به صورت زیر نشان داده می‌شود و سپس شکاف فناوری بر اساس رابطه (۶) تخمین زده شده است:

$$TE_{it}^* = \frac{Y_{it}}{e^{X_{it}\beta^* + V_{it(k)}}}$$ رابطه ۵

$$TE_{it}^* = TE_{it}^k \times TGR_{it}^k$$ رابطه ۶

نتایج حاصل از برازش ضرایب سه گروه (ضرایب β_k) و ضرایب تابع فرامرزی (ضرایب β^*) در جدول شماره ۴ ارائه شده است.

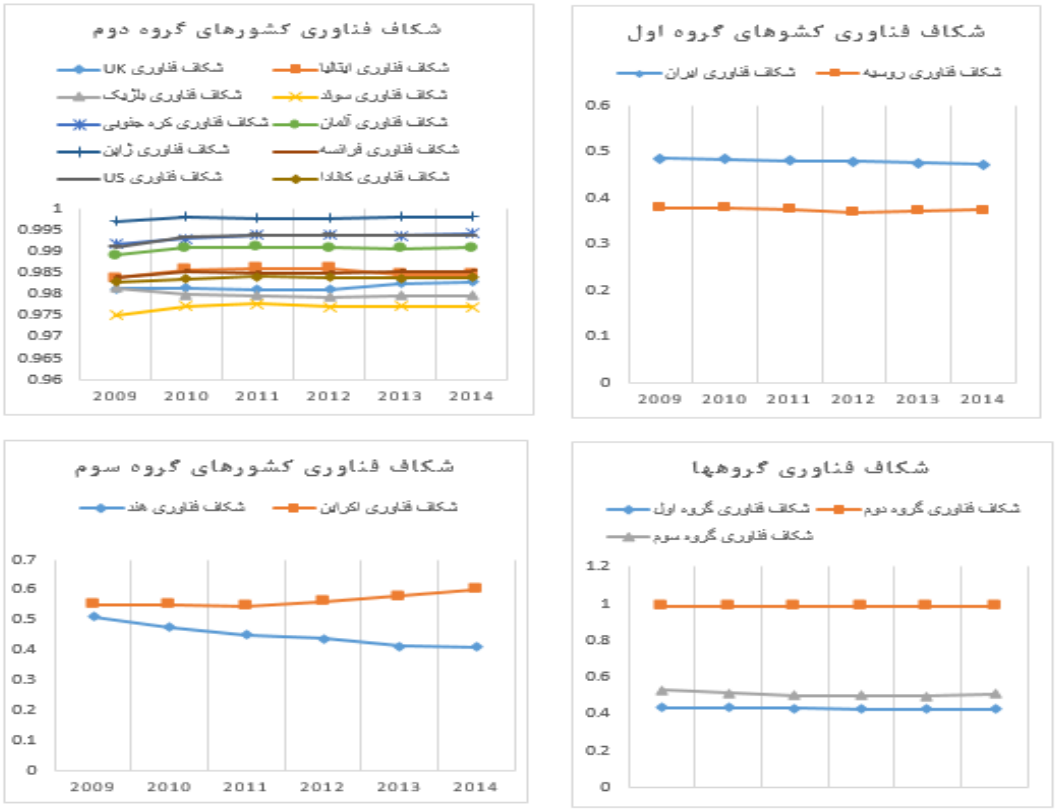
جدول ۴. برازش توابع گروه‌های مرزی و فرامرزی

ضرایب β_k	گروه اول	گروه دوم	گروه سوم	ضرایب β^*
β_0	۶/۵۲۶۶۱۶	۸/۶۰۹۴۰۷۵	۵/۱۶۳۵۹۳۴	۸/۶۸۱
β_1	۰/۰۰۱۲۳۴۴۷۱	-0.008141	۰/۱۳۹۸۹۰۸۲	-۰/۰۰۸
β_2	۰/۸۵۸۹۵۳۶۸	۱/۱۴۸۳۲۱۳	۰/۳۷۱۸۵۶۵۶	۱/۱۴۲
β_3	۰/۱۱۸۷۵۸۹۴	-۰/۱۰۶۷۸۸	۰/۳۹۰۱۶۵۲۲	-۰/۱۰۷
σ^2	۰/۰۰۰۲	0.062	-0.00031	
γ	0.05	0.93	0.05	
μ	0	0	0	
η	0	0	0	
Log likelihoo	۳۴/۱۶۱	91.979	31.55	

				d

منبع: یافته‌های پژوهش

بر اساس نتایج حاصل از تحلیل داده‌ها، ایران در گروه اول با ضریب نیروی انسانی ۰,۰۰۱۲۳۴۴۷۱ که با تولید نسبت مستقیم دارد توانسته است به تولید بالا دست یابد در حالی‌که در مقایسه با کشورهای گروه دوم که کشورهای پیشرو در صنعت فولاد هستند این میزان بیشتر است که می‌تواند دال بر میزان بالای بهره وری این کشورها باشد چرا که با ضریب تاثیر 0.008141- گواه این موضوع است که این کشورها از طریق نیروی کمتر به تولیدی بالا دست یافته‌اند که نشانه میزان بالای بهره وری آنها است. البته شایان توجه است که مقوله کارآیی انرژی در صنعت فولاد در سال‌های اخیر بیشتر مورد توجه بوده و این صنعت توانسته است به کارآیی بیشتری نسبت به سالهای قبل دست یابد با این حال تا میزان استاندارد کارآیی انرژی و مصرف آن هنوز فاصله دارد. از آنجا که شکاف فناوری عددی بین صفر و یک است هرچقدر شکاف فناوری یک کشور به یک نزدیکتر باشد به این معنی است که فاصله مرز فناوری آن کشور با فرامرز کمتر بوده و آن کشور به لحاظ توسعه فناوری از شکاف کمتری برخوردار بوده است. با توجه به داده‌های جدول بالا مشخص می‌گردد که ضریب بتای گروه دوم نزدیکتر به ضریب بتای فرامرزی می باشد که نشان دهنده فاصله کمتر کشورهای گروه دوم با فرامرز می باشد. این ادعا پس از برآورد رابطه $TE_{it}^{*} = TE_{it}^{k} \times TGR_{it}^{k}$ نیز اثبات گردید. شکاف فناوری هر کشور بصورت جداگانه و شکاف هر گروه از کشورها نیز در ۶ سال متوالی ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۴ محاسبه گردید. در ادامه شکاف فناوری هر کشور و شکاف فناوری گروه‌های کشورها در قالب نمودار نمایش داده شده است.



شکل ۱. شکاف فناوری کشورها و گروهها (منبع: یافته‌های پژوهش)

همانطور که در شکل ۱ مشخص است کشورهای گروه اول دارای متوسط شکاف فناوری بین ۰,۳ تا ۰,۵ می باشند. روسیه نسبت به ایران شکاف فناورانه بیشتری دارد. کشورهای گروه دوم دارای متوسط شکاف فناوری بین ۰,۹۷ تا ۰,۹۹ هستند که از آنجا که به عدد یک نزدیکتر می‌باشند شکاف کمتری با فرامرز فناوری دارند. در این گروه کمترین شکاف فناوری مربوط به کشور کره جنوبی و بیشترین شکاف مربوط به کشور سوئد می‌باشد. و کشورهای گروه سوم دارای شکاف فناوری بین ۰,۴ تا ۰,۶ هستند و از این بین اکراین نسبت به هند از شکاف فناوری کمتری برخوردار است. همچنین مقایسه

گروه‌های مختلف در شکل نشان می‌دهد که بیشترین شکاف فناوری به ترتیب مربوط به گروه اول و سوم، و کمترین شکاف فناوری مربوط به گروه دوم می‌باشد.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر اولین مطالعه در باب تخمین شکاف فناوری در صنعت فولاد و مقایسه آن با کشورهای منتخب است. مطالعات داخلی در حوزه بررسی شکاف فناوری در صنایع دیگری انجام شده است (عبدی و همکاران، ۱۳۹۵، زیبایی و جعفری ثانی،1386). مطالعات خارجی بر روی صنعت فولاد نیز اکثرا به صورت مطالعات کیفی و متمرکز بر تجربیات فرارسی فناورانه کشورهای پیشرو صورت گرفته است (ساتو ، ۲۰۰۹، کاواباتا[1]، ۲۰۱۸، لی و مالربا، ۲۰۱۶، لی و کی،۲۰۱۶، کاراکایا[2] و همکاران، ۲۰۱۸). البته در تمامی این مطالعات بر روی صنعت فولاد، محور اصلی شکاف فناوری و شناسایی زودهنگام عقب ماندگی قلمداد شده است که مبتنی بر ادبیات نظری این حوزه، هر چقدر میزان شکاف فناوری کشوری بیشتر باشد پتانسیل آن کشور برای فرارسی بیشتر و سریعتر خواهد بود (آبراموویتز[3]، ۱۹۸۶).

از رویکردهای مهم در تخمین شکاف فناوری، تخمین نرخ بهره‌وری و کارآیی فنی می‌باشد که یکی از روش‌های مورد استفاده در این زمینه، روش‌های مبتنی بر اقتصادسنجی می‌باشد. در پژوهش حاضر مبتنی بر روش اقتصادسنجی، تخمین نرخ بهره وری به منظور بررسی شکاف فناوری در صنعت فولاد انجام شده است، که با توجه به یافته‌های استخراج شده، در دو سطح خُرد و کلان می‌توان به تحلیل و ارائه پیشنهادات پرداخت. در سطح خُرد با تمرکز بر عوامل و متغیرهای مختلف موجود در پژوهش به ارائه راهکارهای پیشنهاداتی می‌پردازیم. یافته‌ها نشان می‌دهد که ایران از لحاظ بهره وری نیروی انسانی و مصرف انرژی با کشورهای دیگر دارای شکاف است. کشورهای

---

[1] Kawabata
[2] Karakaya
[3] Abramovitz

پیشرو به سمتی حرکت می‌کنند که با تعداد پرسنل محدودتر فولاد باکیفیت‌تری تولید کنند. برخی فولادسازان ایران به ازای هر نفر ۱۰۰ تن تولید دارند و بهترین فولادسازهای کشور فقط ۵۰۰ تن سرانه تولید دارند. علاوه بر کم بودن بهره‌وری، فولادسازان دولتی، شبه دولتی، بهره وری شرکت‌های خصوصی نسبت به نرم‌های جهانی پائین‌تر است و شرکت‌هایی هستند که به نسبت ورودی‌هایی که دارند تولید غیراقتصادی و توجیه پذیر نمی‌باشد. صنعت فولاد ژاپن به ازای هر نفر بیش از ۳ هزار تن فولاد تولید می‌کند. از مهمترین دلایل بهره‌وری آنها استفاده از نسل‌های چهارم فناوری تولید، ماشین آلات، سیستم‌های هوشمند و ربات‌ها است که سبب شده که تعداد نیروی متخصص آنها افزایش و نیروهای غیرمتخصص کاهش یابد (چیلان، ۱۳۹۷).

از مهمترین راهکارهای افزایش بهره وری نیرو متناسب با شرایط ایران می‌توان به سرمایه گذاری در صنایع پائین دست و تخصصی کردن فعالیت‌ها، افزایش یادگیری و مهارت از طریق تعامل با شرکت‌های خارجی، در صورت امکان و توجیه پذیری اقتصادی استفاده از فناوریها و ماشین آلات تخصصی‌تر، کاهش نیروی غیرمتخصص و افزایش نیروهای آموزش دیده و متخصص، افزایش سرمایه گذاری استراتژیک در توسعه منابع انسانی، سرمایه گذاری در توسعه تحصیلات و آموزش‌های مرتبط، افزایش جریان منابع انسانی داخل به خارج و خارج به داخل جهت بالا بردن همکاری های بین المللی و بهره وری نیروی انسانی داخل اشاره کرد. از منظر مصرف انرژی، یافته‌ها حاکی از این موضوع است که صنعت فولاد ایران به لحاظ کارآیی مصرف انرژی با دیگر کشورها هنوز فاصله دارد. همانطور که در جدول شماره ۱ نشان داده شد حدود ۸۳,۳ درصد از تولید فولاد ایران در سال ۲۰۱۴ مبتنی بر کوره‌های قوس الکتریکی است و مابقی مبتنی بر کوره بلند می‌باشد، که میزان مصرف انرژی را طلب می‌کند. با توجه به اینکه ظرفیت تولید تا افق ۱۴۰۴ بایستی به ۵۵ میلیون تن تولید فولاد برسد (سند چشم انداز، ۱۴۰۴)، قطعا میزان انرژی مصرفی نیز به همین میزان دو تا سه برابر خواهد شد. به همین دلیل توجه بیشتری به مقوله کاهش مصرف انرژی و افزایش کارآیی باید داشت. یکی از دلایل

دسترسی آسان و مصرف بالای انرژی بدون توجه به کارآیی آن، یارانه‌ای بودن مصرف انرژی در صنعت فولاد ایران است که سبب دسترسی ارزانتر به انرژی و متعاقبا هدررفت ارزان‌تر می‌گردد. در سطح جهانی به این منظور اقدامات مختلفی صورت گرفته است از جمله مطالعات سازمان یافته، توسعه و تغییر فرآیندهای تولید و تحول فناوری‌های تولید در راستای مدیریت کربن، آگاه سازی عمومی، به اشتراک گذاری دانش و تجربیات و حمایت‌های علمی و فناورانه به صورت مستمر، تغییر در ترکیب انرژی اولیه و بکارگیری تجهیزات انرژی زیست محیطی مانند غبارگیر اسیداسیون کوره بلند و غیره (ذاکری و همکاران، ۱۳۹۳). روندهای جدید فناورانه در کشورهای پیشرو مبتنی بر گزارش‌های انجمن جهانی فولاد، گزارش فناوریهای پاک در فولاد، ۲۰۱۰، گزارش سناریوهای محتمل بر روی کارآیی انرژی مصرفی و انتشار دی اکسید کربن در صنعت فولاد در اروپا، ۲۰۱۲ (پاردو و مویا[1]، ۲۰۱۳) و نقشه راه فناوری صنعت فولاد، ۲۰۱۱، گواه این موضوع هستند که روند فناوری‌های تولید در صنعت فولاد در کشورهای پیشرو به سمت حداقل کردن انتشار دی اکسید کربن می‌باشد. در این راستا پیشنهاد می‌گردد که صنعت فولاد ایران نیز با رویکردی بلندمدت به تحقیقات در این زمینه پرداخته و در این راستا بتواند به تحقیق و توسعه و رصد فناوری‌های روز دنیا در زمینه مصرف انرژی و کاهش آلاینده‌های زیست محیطی بپردازد و همچنین از طریق ایجاد مراکز مهم تحقیقاتی داخلی و خارجی بتواند به این مهم دست یافته و در این زمینه شکاف فناوری خود را باکشورهای پیشرو کاهش دهد.

از طرفی نقش مهم دولت در قالب سیاست‌های حمایتی نباید نادیده گرفته شود و نهادهای قانونگذار متولی در صنعت فولاد با ایجاد مالیات بر مصرف انرژی و انتشار دی اکسید کربن و همچنین اعطای وام‌های کم بهره به بخش‌هایی با صرفه جویی بالای

[1] Pardo& Moya

انرژی و اقدامات حمایتی دیگر می‌توانند تولیدکننده‌های فولاد را به کاهش مصرف انرژی از طریق تمرکز بر تحقیق و توسعه، و یادگیری فناورانه تشویق کنند. اما در زمینه تحلیل و ارائه پیشنهادات در سطح کلان مبتنی بر یافته‌ها می‌توان نتیجه گرفت که کشورهای گروه اول (ایران و روسیه) و سوم (اکراین و هند) که شکاف بیشتری با کشورهای گروه دوم دارند جزو کشورهای با سطح درآمد متوسط می‌باشند و در معرض تهدید مقوله دام درآمد متوسط[1] هستند و بایستی بدان توجه ویژه داشته باشند. مبتنی بر تئوری دام کشورهای با درآمد متوسط، برخی کشورها توانایی کسب درآمد متوسط را دارند اما در حفظ این وضعیت ناتوان می‌مانند و در نتیجه در دام درآمد متوسط می افتند. چنین کشورهایی چه در سطح کلان و چه در سطح صنایع و بنگاه‌های خود زمانی می‌توانند به فرارسی فناورانه دست یابند که بتوانند از این دام رهایی یابند (لی[2]، ۲۰۱۳). رهایی از این دام نیازمند سرمایه گذاری در نوآوری‌های فرآیند و محصول برای حرکت به سمت فعالیت‌های با ارزش افزوده بالاتر صنایع صادراتی موجود و تنوع سازی در صنایع می‌باشد. بازارهای محلی جدید برای ایجاد تقاضای تخصصی داخلی نیز می‌توانند راه‌گشا باشند (چامیناد و دیگران[3]، ۲۰۱۸).

در مطالعه‌ای دیگر (انجل و تگلیونی[4]، ۲۰۱۷) نیز مهمترین راه برون رفت از این دام را تولید و توسعه محصولات پیچیده، تاکید بر بخشهای غیردولتی و همکاری با آنها، تمرکز بر توسعه روابط و همکاری‌های بین الملل، سازماندهی مجدد نیروها و آموزش و مهارت ورزی مجدد آنها و ایجاد نهادهای مناسب معرفی کرده‌اند. صنعت فولاد از آنجا که به واسطه دام درآمد متوسط کشور جزو صنایعی است که تحت تاثیر قرار گرفته است لذا پیشنهاد می‌گردد که نهادهای مناسب در جهت توسعه فرآیندها و محصولات جهت معرفی به بازارهای داخلی و بین المللی جدید ایجاد گردد، از مهمترین نهادها در

---

[1] Middle income trap
[2] Lee
[3] Chaminade et al
[4] Angel, Taglioni

این رابطه می‌توان به نهادهای تحقیق و توسعه یکپارچه در ایـن صـنعت اشـاره کـرد. در این راستا بهتر است در صنعت فولاد، نهادی متولی و تاثیرگذار به عنوان حلقه واسط بین شرکت‌های مختلف تولیدی اقدام بـه یکپـارچگی و تعریـف پـروژه‌هـای مشـترک بـرای شرکتهای تولیدکننده کند. همچنین با مطالعه ساختار تحقیـق و توسـعه صـنعت فولـاد کشورهای رقیب، می‌توان ساختار مناسب را برای صنعت فولاد ایران پایـه‌ریـزی کـرد. از طرفی با ایجاد مراکز مهم تحقیق و توسعه در خارج از صنعت می‌توان با پرورش و تربیت افراد زبده و ماهر در زمینه فعالیت‌هـای تحقیقـاتی و توسـعه‌ای، و توزیـع ایـن افـراد در واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های مختلف تولیدی هـم بـه فرآینـد یکپارچـه شـدن تحقیقات و افزایش همکاری بین شرکتها کمک کرد و هم بتوان میزان همکاری‌های بین المللی را بصورت یکپارچه‌تر و شبکه‌ای‌تر افزایش داد. از مهمترین اقدامات دیگر می‌تـوان به سرمایه گذاری بخش خصوصی در تحقیق و توسعه، و همچنین جذب سرمایه گـذاری مشترک خارجی به منظور تولید محصولاتی که توان تولید آنهـا در داخـل کشـور وجـود ندارد و یا به منظور انجام تحقیق و توسعه مشترک با فعالان خارج از کشـور (عطـارپور و همکاران، ۱۳۹۷) می‌توان اشـاره کـرد. در حـال حاضـر فعالیـت‌هـای تحقیـق و توسـعه شرکت‌های فولادی از جنس فعالیت‌های پژوهشی در زمینه تولید و خطـوط تولیـد و یـا تعمیر و نگهداری می‌باشد. نیاز است که فعالیـت‌هـای توسـعه‌ای بیشـتری بـا همکـاری شرکت‌ها در داخل و خارج از کشور صورت گیرد. به این صورت چنین اقداماتی در سطح خرد به توسعه صنعت فولاد از طریق توسعه فناوری‌ها و محصولات کمک خواهد کرد و از طرفـــــی مخارج تحقیق و توسعه، رشد اقتصادی را بهبود می بخشد و شکاف بین رشد تولید و رشد عوامل تولید را از طریق کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری پر می‌کند.

مهمترین پیشنهادات به منظور مطالعات آینده در صنعت فولاد، بررسی متغیرهـای دیگر به عنوان متغیرهای ورودی و خروجی جهت تخمین شکاف فناوری از جمله میـزان انتشار دی اکسید کربن به عنوان متغیر خروجـی، میـزان سـرمایه گـذاری در تحقیـق و

توسعه و پتنت به عنوان متغیرهای ورودی می‌باشد. مطالعات آینده بهتر است مبتنی بـر روندهای جدید فناورانه در صنعت فولاد شکل گیرند.

فهرست منابع

Abdi, E., Dashti, Gh, Ghahremanzadeh, M. & Hosseinzad, J .(۲۰۱۶). Analyzing the technical efficiency and technology gap of poultry units in Sanandaj county. *Animal Science Researches*,49-61 .(In persian)

Abramovitz, M. .(۱۹۸۶). Catching up, forging ahead, and falling behind .*The Journal of Economic History,* 46(2), 385-406.

Adab, A., Ghazinoory, S, Ghazinoori, S, & Shahverdi, H .(۲۰۱۸). The Strategies of Iran Steel Industry Value Chain Upgrading through Innovation System Perspective .*Science & Technology Policy,* 10 (4) , 1-97. (In persian)

Ali, K. E., & Samad, Q. A .(۲۰۱۳). A metafrontier production function for estimation of technical efficiencies of wheat farmers under different technologies. *Journal of Asian Scientific Research,* 3(9), 933- 944.

Alizadeh, M.,Hatamzadeh, Y., Mahdavi, H., Tabibi, M., & Mousavifard, H .(۲۰۱۳). *Supporting technology development in large corporations of Iran.* Tehran, Iran: Vice President of Science and Technology - Science and Technology Policy Office. (In persian)

Arestis, P, Sawyer, M .(۱۹۹۴). *Technology Gap*. USA: Published by Edward Elgar.

Asia Pacific Partnership for Clean Development and Climate. (2010). The State–of-the-Art Clean Technologies (SOACT) for Steelmaking Handbook. *Prepared by Lawrence Berkeley National Laboratory,* Berkeley, California, American Iron and Steel Institute Washington, DC.

Attarpour, M, Kazazi, A., Elyasi, M, & BamdadSoofi, J .(۲۰۱۸). A Model for Promoting Technological Learning for Innovation Ambidexterity Development: A Case Study of Iran Steel Industry. *Journal of Improvement Management* 12 (3), 45-136. (In persian)

Bank of Middle East Economic research group. (2015). *Investigation Iran steel industry.* Tehran, Iran. (In persian)

Battese G. E, & Coeli T. J .(۱۹۹۵). A model for Technical Inefficiency Effect in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data. *Jornal of Empirical Economics,* 20, 325-332.

Bell, M., & Figueiredo, P. N .(۲۰۱۲) .Innovation capability building and learning mechanisms in latecomer firms: recent empirical contributions and implications for research. *Canadian Journal of Development Studies/Revue canadienne d'études du développement* 33(1) , 14-40.

Bell, M., & Pavitt, K .(۱۹۹۷) .Technological accumulation and industrial growth: contrasts between developed and developing countries. *Technology, globalisation and economic performance, 83137*, 83-137.

Carbo, M. C .(۲۰۱۱). *Global Technology Roadmap for CCS in Industry.* UNIDO.

Chaminade, C., Lundvall, B. Å., & Haneef, S .(۲۰۱۸). *Advanced introduction to national innovation systems.* Edward Elgar Publishing.

Chen, Jin, Xiaoyu Pu, & Haihua Shen .(۲۰۱۰). *A Comprehensive Model of Technological Learning: Empirical Research on the Chinese Manufacturing Sector.* London: Palgrave Macmillan.

Chen, Jin, & W. G. Qu .(۲۰۰۳). A new technological learning in China. *Technovation,* 23(11), 861-867.

Coelli, T. J. .(۱۹۹۶) A guide to FRONTIER version 4.1: a computer program for stochastic frontier production and cost function estimation. *CEPA Working papers,*Vol. 7, 1-33.

Drine, I. (2012). Institutions, governance and technology catch-up in North Africa. *Economic Modelling*, 29(6), 2155-2162.

Emami Meibodi, A, Khoshkalam Khosroshahi, M., & Mahdavi, R. (۲۰۱۱).*The economic foundation of efficiency and productivity measurement.* Tehran: Allameh Tabatabai university. (In persia)

Engel, J. & Taglioni, D. (2017). The middle-income trap and upgrading along global value chains. *Global value chiain report, Chapter 5.*

Fagerberg, J. .(۱۹۸۷) .A technology gap approach to why growth rates differ. *Research policy,* 16(2-4) , 87-99.

Fagerberg, J., & Godinho, M. M .(۲۰۰۴). *Innovation and catching-up.* Georgia Institute of Technology.

Gholizadeh, H., Naeini, A. B., & Moini, A. (2015). A quantitative model of technological catch-up. *International Journal of Engineering & Technology, 4*(1), 233-243.

Iyer, K .(۲۰۱۱).Technology gap, catching-up and outward orientation: Analysis of 63 countries. *Applied Econometrics and International Development,* 11 (2), 5-20.

Jung, M., & Lee, K .(۲۰۱۰). Sectoral systems of innovation and productivity catch-up: determinants of the productivity gap between Korean and Japanese firms. *Industrial and Corporate Change,* 19(4), 1037-1069.

Karakaya, E., Nuur, C., & Assbring, L .(۲۰۱۸). Potential transitions in the iron and steel industry in Sweden: Towards a hydrogen-based future?. *Journal of cleaner production,* 195, 651-663.

Kawabata, N .(۲۰۱۸). *Development of the Vietnamese Iron and Steel Industry under International Economic Integration.* Graduate School of Economics and Management, Tohoku University, No 396.

Landini, F., Lee, K., & Malerba, F. (2017). A history-friendly model of the successive changes in industrial leadership and the catch-up by latecomers. *Research Policy*, 46(2), 431-446

Lee, J, Zong-tae, Bae, and Dong-kyu Choi .(۱۹۸۸). Technology development processes: a model for a developing country with a global perspective. *R&D Management*, 18(3) , 235-250.

Lee, K. .(۲۰۱۳) *Schumpeterian analysis of economic catch-up: Knowledge, path-creation, and the middle-income trap.* US, New Yourk: Cambridge University Press.

Lee, K., & Ki, J. H .(۲۰۱۶). Rise of latecomers and catch-up cycles in the world steel industry. *Research Policy*, 46(2) , 365-375.

Lee, K., & Malerba, F .(۲۰۱۷).Catch-up cycles and changes in industrial leadership: Windows of opportunity and responses of firms and countries in the evolution of sectoral systems. *Research Policy*, 46(2), 338-351.

Lee, Keun, & Lim, Ch .(۲۰۰۱). Technological regimes, catching-up and leapfrogging: findings from the Korean industries. *Research policy*, 30(3), 459-483.

Moreira, Vh., & Bravo-Ureta, Be. (2010). Technical Efficiency and Meta Technology Ratios for Dairy Farms in Three Southern Cone Countries: A Stochastic Meta Frontier Model. *Journal of Productivity Analysis*, Vol 33, Pp 33- 45.

Nkamleu, G, Nyemeck, J and Gockowski, J. (2010). Technology Gap and Efficiency in Cocoa Production in West and Central Africa: Implications for Cocoa Sector Development. *Working Paper Series* No 104, African Development Bank, Tunis, Tnnisia.

Pardo, N., & Moya, J. A. (2013). Prospective scenarios on energy efficiency and CO2 emissions in the European Iron & Steel industry. *Energy, 54*, 113-128.

popov, V .(۲۰۱۵).*Catching-up: developing countries in pursuit of growth.* Munich personal RePEc archive (MPRA), No 65878.

Sato, H .(۲۰۰۹) *The iron and steel industry in Asia: Development and restructuring* . Institute of Developing Economies, Japan External Trade Organization (JETRO),No 210.

Shan, J, & Jolly, D .(۲۰۱۱). Patterns of technological learning and catch-up strategies in latecomer firms: Case study in China's telecom-equipment industry. *Journal of Technology Management in China,* 6 (2), 153-170.

World steel association . (2017). *world steel in figures.* No. 50.

Xie, W, & White, S .(۲۰۰۶). From imitation to creation: the critical yet uncertain transition for Chinese firm. *Journal of Technology Management in China,* 1(3), 229-242.

Yap, X. S., & Truffer, B .(۲۰۱۹). Shaping selection environments for industrial catch-up and sustainability transitions: A systemic perspective on endogenizing windows of opportunity. *Research Policy,* 48(4), 1030- 1047.

Zakeri, Yadollah, Fazeli, Samira, Sadri, Malek Arsalan, & Doudabinezhad, Amir. (2014). Energy Efficiency Roadmap - The Necessity and Case Study of the Steel Industry, *10th International Energy Conference*, Tehran, Iran.

Zibaei, M., & Jaefari Sani, M .(۲۰۰۸). Determination of Technical Efficiency and Technology Gap Ratio in Milk Production Units in Iran, Case Study: East Azarbaijan Provinces, Isfahan, Tehran, Khorasan, Fars and Yazd (Application Metafrontier Method). *Water and Soil Sciences (Journal of Sceince and Technology of Agriculture and Natural Resources,* 12 (43), 315-324.