Journal of
Improvement Management
Vol. 14, No. 2, Summer 2020 (Serial 48)

Comparing the efficiency of Iran's national innovation system with selected countries with emphasis on opening the black box of innovation and a historical look at the situation of the National Innovation System in Iran

Shohreh Nasri [1] ☎, Hamid Kazemi[2], Arman Khaledi[3]

1- Ph.D. in Science and Technolog Policymaking, Tarbiat Modares Univaersity
2- Assistant Professor at National Research Institute for Science Policy
3- Ph.D. in Science and Technolog Policymaking, Researcher at Technology Studies Institute

Abstract:

In today's global economy, innovation plays an important role in economic growth and has been supported as a policy priority in many countries through national strategies and large budgets. One of the prerequisites for setting the right innovation policy is to evaluate the efficiency of the innovation process, which has been considered in various approaches so far. One of the new and important approaches is the innovation system approach. Most of the studies that have been done to evaluate the efficiency of the innovation system have looked at innovation as a black box and have only considered limited input-output indicators. In the present study, focusing on the conditions of developing countries, a complete set of indicators, taking into account the two sub-processes of creation and commercialization of knowledge, has been the basis of study. Based on expert opinions, 15 indicators were selected to evaluate the efficiency of the innovation system. The results of the efficiency evaluation by the DEA method indicate that the Iranian innovation system is ineffective in the subprocesses of knowledge creation and commercialization. To improve the current situation, policy recommnedations have been made, and the most important of which are the development and improvement of guaranteed procurement of technology programs, advice on identifying international markets for knowledge-based firms, and support for the implementation of funds of funds programs.

Keywords: Efficiency of innovation system; Data envelopment analysis; National innovation system; DEA

☎ Corresponding author: Shohreh_nasri@yahoo.com

مقایسه کارآمدی نظام ملی نوآوری ایران با کشورهای منتخب با تأکید بر باز کردن جعبه سیاه نوآوری و نگاهی تاریخی به وضعیت نظام ملی نوآوری در ایران

دوره ۱۴ شماره ۲ (پیاپی ۴۸)
تابستان ۱۳۹۹

نوع مقاله: پژوهشی (تاریخ دریافت: ۹۸/۱۲/۶ تاریخ پذیرش: ۹۹/۳/۱۱)

شهره نصری نصرابادی ☎ دکتری سیاست‌گذاری علم و فناوری، دانشگاه تربیت‌مدرس
حمید کاظمی استادیار مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور
آرمان خالدی دکتری سیاست‌گذاری علم و فناوری، پژوهشگر پژوهشکده مطالعات فناوری

چکیده

در اقتصاد جهانی امروز، نوآوری نقش مهمی در رشد اقتصادی ایفا می‌کند و به عنوان یک اولویت سیاستی در بسیاری از کشورها از طریق استراتژی‌های ملی و بودجه‌های کلان مورد حمایت قرار گرفته است. یکی از پیشنیازهای لازم برای تنظیم سیاست نوآوری مناسب، ارزیابی کارایی فرایند نوآوری است که تاکنون در قالب رویکردهای مختلفی مورد توجه قرار گرفته است. یکی از انواع رویکردهای جدید و مورد توجه، رویکرد نظام نوآوری است. عمده مطالعاتی که تاکنون برای ارزیابی کارایی نظام نوآوری انجام شده، به نوآوری همچون جعبه-ای سیاه نگریسته و صرفاً شاخص‌های ورودی-خروجیِ محدودی را مورد توجه قرار داده است. در پژوهش حاضر با تمرکز بر شرایط کشورهای در حال توسعه، مجموعه کاملی از شاخص‌ها با در نظر گرفتن دو زیرفرایند خلق و تجاری‌سازی دانش، مبنای مطالعه قرار گرفته و از این طریق به ارزیابی کارایی نظام نوآوری ملی ایران در مقایسه با کشورهای منتخب پرداخته شده است. براساس نظرات خبرگان ۱۵ شاخص برای ارزیابی کارایی نظام نوآوری انتخاب شدند. نتایج ارزیابی کارایی با روش DEA حاکی از عدم کارایی نظام نوآوری ایران در زیرفرایندهای خلق و تجاری‌سازی دانش است. نهایتاً برای بهبود وضعیت، پیشنهادهای سیاستی ارائه شده‌اند که از مهمترین موارد می‌توان به توسعه و بهبود برنامه‌های خرید تضمینی فناوری، مشاوره در زمینه شناسایی بازارهای بین‌المللی برای شرکت‌های دانش‌بنیان و حمایت از اجرای طرح صندوق‌های به همرسان اشاره کرد.

واژگان کلیدی: کارایی نظام نوآوری؛ تحلیل پوششی داده‌ها؛ نظام ملی نوآوری؛ DEA.

☎ مسئول مکاتبات: Shohreh_nasri@yahoo.com

۱- مقدمه

نوآوری به عنوان نیروی محرکه اولیه برای رشد اقتصادی پایدار شناخته شده است و اغلب کشورها بخش زیادی از منابع خود را در راستای حمایت از نوآوری و انجام تحقیق و توسعه صرف می‌کنند (C.-P. Chen, Hu, & Yang, 2011). با توجه به لزوم افزایش فعالیت‌های نوآورانه و ارتباط آن با رشد و توسعه اقتصادی، به نظر می‌رسد اگر چنانچه فعالیت‌های نوآورانه در یک چارچوب نظام-مند و ملی مدیریت نشود، نتیجه و هدف اصلی نوآوری یعنی دستیابی به توسعه اقتصادی محقق نخواهد شد. در سیر تکوینی سیاست‌گذاری علم، فناوری و نوآوری، رویکردهای مختلفی تاکنون مطرح شده است که تکامل یافته‌ترین آنها، رویکرد نظام ملی نوآوری[1] است. ریشه شکل‌گیری مفهوم نظام ملی نوآوری را می‌توان در اثر فردریک لیست در سال ۱۹۴۱ تحت عنوان «نظام ملی اقتصاد سیاسی» جستجو کرد. این مفهوم اولین بار به طور رسمی در سال ۱۹۸۷ و در کتابی که مربوط به تحلیل نظام نوآوری ژاپن بود توسط فریمن ارائه شد (C. Freeman, 1987). بعد از آن نیز لاندوال، ادکوییست، نیوسی، برگک، هکرت و نلسون نیز این مفهوم را توسعه دادند و برخی دیگر نیز به استفاده از چارچوب نظام نوآوری برای تحلیل و سیاست‌گذاری در عرصه علم، فناوری و نوآوری روی آوردند(Godin, 2009; Mowery, Nelson, & Martin, 2010; Viotti, 2002).

با این حال با توجه به پیچیدگی و چندبعدی بودنِ نوآوری، نیاز است که این مفهوم از ابعاد مختلفِ اجتماعی، اقتصادی، سیاسی، فنی و ... مورد بررسی قرار گیرد (Zabala-Iturriagagoitia, et al, 2007). در این میان رویکردهای مختلف برای ارزیابی کارآمدی و عملکرد نظام نوآوری در ادبیات ارائه شده‌اند؛ برخی از مطالعات صرفاً متمرکز بر تحلیل شاخص‌های منفرد از قبیل میزان هزینه تحقیق و توسعه، تعداد پتنت و ... هستند و معتقدند که سیاست‌گذاران صرفاً براساس این شاخص‌ها سیاست‌های خود را تدوین می‌کنند (Landry & Amara, 2012). در مقابل، برخی از محققان معتقدند که این شاخص‌ها چون ابعاد مختلف شکل‌دهنده ظرفیت نوآوری در کشورهای مختلف را نشان نمی‌دهند برای ارزیابی کارایی نظام نوآوری کافی نیستند (Archibugi & Coco, 2004; Archibugi, Denni, & Filippetti, 2009). از این رو، برخورد یکسان با شاخص‌های ورودی و خروجی باعث بروز خطا در محاسبه کارآمدی نوآورانه کشورها خواهد شد. زیرا بر این اساس، ممکن است کارآمدی نوآورانه کشورهایی که دارای ورودی‌های بالا اما خروجی پایین هستند در مقایسه با کشورهایی که دارای ورودی‌های پایین اما خروجی بالا هستند یکسان در نظر گرفته شود (Cai, 2011). لذا برخی از محققان محاسبه کارایی نظام نوآوری را مبنایی برای ارزیابی و مقایسه عملکرد نظام نوآوری در کشورهای مختلف قرار داده‌اند. در این میان، ارزیابی کارایی نظام نوآوری با استفاه از

[1] National Innovation System (NIS)

تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)، یکی از روش‌های محبوب در بین محققان مختلف است (Lee & Park, 2005; Liu, Lu, & Ho, 2015; Mahroum & Al-Saleh, 2013; Pan, Hung, & Lu, 2010; Zabala-Iturriagagoitia et al., 2007). تکنیک DEA زمینه شناسایی کشورهای دارای بهترین عملکرد را به عنوان الگو در میان کشورهای رقیب فراهم می‌کند (Liu et al., 2015).

با این حال، علیرغم مطالعات متعددی که در زمینه ارزیابی کارایی نظام نوآوری با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها صورت گرفته است، بخش عمده‌ای از این مطالعات با تمرکز بر جعبه سیاه نوآوری و بررسی ارتباط بین ورودی‌ها و خروجی‌های نظام نوآوری انجام شده‌اند (Cai, 2011; Hollanders & Celikel-Esser, 2007; Lafarga & Balderrama, 2015; Lee & Park, 2005; Mekonnen, Spielman, Fonsah, & Dorfman, 2015; Nasierowski & Arcelus, 2003; Zabala-Iturriagagoitia et al., 2007). در این میان برخی از مطالعات مبنایی با باز کردن جعبه سیاه نوآوری، فرایند نوآوری را به دو زیرفرایند خلق و تجاری‌سازی دانش تقسیم کرده و کارایی نظام نوآوری را در زیرفرایندهای مورد نظر به صورت جداگانه بررسی کرده‌اند (J. Guan & Chen, 2012; Liu et al., 2015). در پژوهش حاضر نیز از رویکرد گوان و چن برای ارزیابی کارایی نظام ملی نوآوریِ ایران استفاده می‌شود (J. Guan & Chen, 2012; Liu et al., 2015). با این حال مسئله مهم دیگری که وجود دارد این است که اغلب مطالعات صورت گرفته با تمرکز بر مجموعه خاصی از شاخص‌های ورودی و خروجی متناسب با شرایط کشورهای توسعه‌یافته اقدام به ارزیابی کارایی نظام نوآوری کردند. این در حالی است که نمره کارایی به شدت به متغیّرهای ورودی و خروجی و تعداد واحدهای تصمیم گیری وابسته است؛ لذا در این راستا نیاز است که شاخص‌های مناسب با توجه به شرایط کشورهای در حال توسعه انتخاب شده و براساس آن‌ها کارایی نظام‌های نوآوری مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد. براین اساس سؤالات اصلی پژوهش حاضر عبارتند از : ۱- وضعیت کارایی نظام ملی نوآوری ایران بر اساس دو زیرفرایند خلق و تجاری‌سازی دانش در مقایسه با کشورهای منتخب چگونه است؟ و ۲- شاخص‌های ارزیابی کارایی نظام ملی نوآوری برای هریک از زیرفرایندهای مورد بررسی با تأکید بر ساختار و شرایط کشورهای در حال توسعه کدامند؟ بنابراین هدف اصلی پژوهش حاضر ارزیابی کارایی نظام ملی نوآوری ایران با تفکیک فرایند نوآوری به دو زیرفرایند خلق و تجاری‌سازی دانش براساس شاخص‌های کافی و متناسب با ساختار و شرایط کشورهای در حال توسعه مانند ایران است.

ساختار مقاله حاضر به این صورت است که ابتدا در بخش دوم، مبانی نظری (با تأکید بر تحلیلی تاریخی بر تکوین نظام علم، فناوری و نوآوری در ایران و سابقه تاریخی رویکردهای ارزیابی نظام‌های نوآوری) و پیشینه پژوهش ارائه شده است. در بخش سوم روش‌شناسی پژوهش ارائه شده است. در بخش چهارم یافته‌های پژوهش به همراه تحلیل آن‌ها ارائه شده است. نهایتاً، در بخش پنجم، جمع‌بندی نتایج ارائه شده است.

۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

۲-۱- تکوین نظام علم، فناوری و نوآوری در ایران

قبل از انقلاب اسلامی، از دوره قاجار تا حدود یک قرن بعد از آن توسعه آموزش نوین به عنوان عنصر اصلی سیاست علم در ایران مطرح بوده است که می‌توان به اعزام دانشجو به کشورهای غربی، توسعه مدارس عالی مانند تأسیس دارالفنون در سال ۱۲۳۰ شمسی تا بنیان‌گذاری دانشگاه تهران در سال ۱۳۱۳ اشاره نمود. در خصوص سیاست فناوری، تنها بهره‌گیری از فناوری خارجی مورد توجه بوده و عملاً استراتژی خاصی در این زمینه وجود نداشته است (قاضی‌نوری و قاضی‌نوری، ۱۳۹۳).

در سال ۱۳۴۶با تصویب قانون تأسیس وزارت علوم و آموزش عالی، امور پژوهش کشور به طور رسمی از طریق این وزارتخانه ساماندهی شد. بر اساس همین قانون، شورای توسعه و تشویق پژوهش‌های علمی کشور با هدف تربیت محققان، تشویق پژوهش و انتشار نتایج تحقیقات تأسیس شد و در سال ۱۳۵۳ به شورای پژوهش‌های علمی کشور تغییر نام داد (قاضی‌نوری و قاضی‌نوری، ۱۳۹۳)؛ هدف اصلی این شورا، تعیین اولویت‌های اصلی پژوهشی در کشور بود[۱] (سوزنچی، ۱۳۹۸). این وقایع از مهمترین تغییرات و پیشرفت‌های نهادیِ ایران در حوزه علم و فناوری قبل از انقلاب اسلامی بوده است.

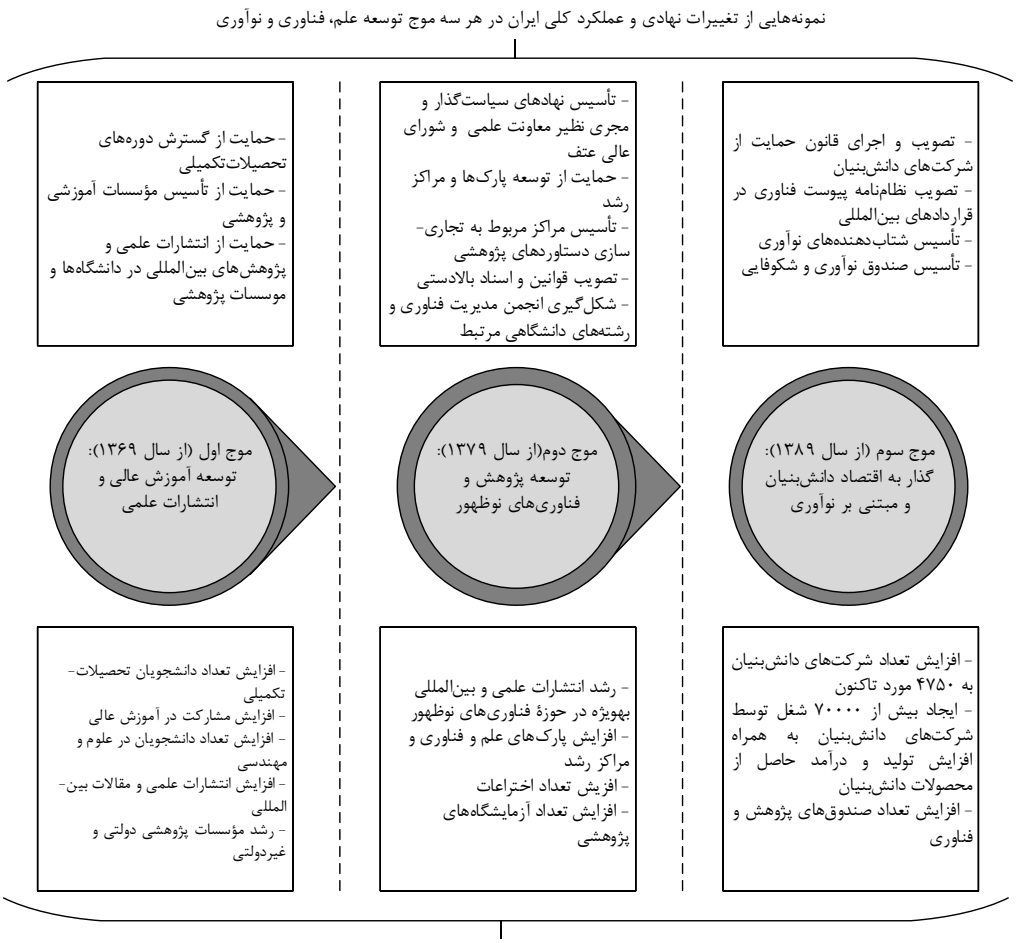
بعد از انقلاب اسلامی، شکل‌گیری سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی کشور در سال ۱۳۵۹ با هدف پاسخگویی به تقاضای روزافزون برنامه‌های رشد و توسعه علوم و فناوری و نیز حمایت از مخترعان، نوآوران، پژوهشگران و صنعتگران، نقطه عطفی برای شروع تحولات علم و فناوری بوده است (سوزنچی، ۱۳۹۸). با این حال در این زمان به دلیل مقتضیات جنگ ایران و عراق، مدیریت آموزش و پژوهشِ کشور با چالش‌های شدیدی روبرو شد که روند توسعه را تا حدی متوقف نمود.

بنابراین عملاً توسعه نظام علم، فناوری و نوآوری در ایران بعد از جنگ و طی سه موج اصلی تکامل یافت. اولین موج از سال ۱۳۶۹ ایجاد شد که بر توسعه آموزش عالی متمرکز بود. در این دوره نظام پژوهشی کشور با تصویب تعاریف و ضوابط تأسیس مؤسسات پژوهشی توسط شورای عالی انقلاب-فرهنگی، حیاتی دوباره یافت و این امر منجر به ساماندهی امور مربوط به تأسیس مؤسسات پژوهشی و همچنین رشد تعداد مؤسسات پژوهشی دولتی و غیردولتی شد. گسترش تحصیلات‌تکمیلی و رشد مراکز آموزشی و پژوهشی، از مهمترین نتایج سیاست علمی کشور در این دوره به شمار می‌روند. در این دوره تعداد واحدهای پژوهشی دولتی در کشور تقریباً دو برابر شد؛ شاخص تعداد محققین در هر یک میلیون نفر جمعیت به‌طور قابل توجهی افزایش یافت و مقدار آن بیش از هفت برابر شد؛ همچنین تعداد مقالات ISI نیز بیش از شش برابر شد. دومین موج توسعه از سال ۱۳۷۹ با تمرکز بر توسعه

[۱] این شورا در سال ۱۳۸۲ با مصوبه شورای عالی انقلاب‌فرهنگی به وزارت علوم، تحقیقات و فناوری واگذار شد.

پژوهش و فناوری (از جمله فناوری‌های نوظهور و زیرساخت مورد نیاز آن‌ها) و هم‌زمان با تصویب برنامه سوم توسعه که در برگیرنده فصلی کامل درباره علم و فناوری بود، آغاز شد. از همین زمان توسعه علم و فناوری به طور رسمی به عنوان یک اولویت ملی معرفی شد و از آن پس ایجاد نظام ملی علم، فناوری و نوآوری در ایران از طریق برنامه‌های پنج ساله توسعه و سایر اسناد بالادستی مورد توجه قرار گرفت[1]. سیاست فناوری در این دوره بیشتر هنوز در سایه سیاست صنعتی بوده و انتقال فناوری از کشورهای دیگر در آن جایگاه مهمی داشت. اولین بارقه‌های توجه جدی به فناوری‌های نوظهور و سیاست‌گذاری فناوری در سال‌های پایانی این دوره به چشم می‌خورد (قاضی‌نوری و قاضی‌نوری، ۱۳۹۳).

[1] تاکنون شش برنامه توسعه تدوین شده است که در آن‌ها توسعه توانمندی‌های علم و فناوری و نظام نوآوری کارا به منظور گذار از اقتصاد مبتنی بر منابع به اقتصاد دانش‌بنیان و مبتنی بر نوآوری در اولویت قرار گرفته است. علاوه بر این برنامه‌ها، اسناد بالادستی دیگری در سطوح حاکمیتی و تقنینی مانند سند چشم‌انداز ۱۴۰۴، نقشه جامع علمی کشور، سیاست‌های کلان علم و فناوری، قانون حمایت از شرکت‌های دانش‌بنیان نیز به این اولویت‌ها به طور خاص توجه کرده‌اند.



شکل ۱: وضعیت کلی برخی از تغییرات نهادی، عملکرد و شاخص‌ها در هر سه موج توسعه علم، فناوری و نوآوری

سومین موج، از سال ۱۳۸۹ با تمرکز بر گذار به اقتصاد دانش‌بنیان و مبتنی بر نوآوری آغاز شده است. شاید موج سوم را بتوان دوره تغییرات سریع و تحولات عمده در علم، فناوری و نوآوری دانست. از جمله مهمترین تحولات این دوره می‌توان به توسعه فعالیت‌های مرکز همکاری‌های فناوری و نوآوری ریاست‌جمهوری (این مرکز در سال ۱۳۹۶ به مرکز همکاری‌های تحوّل و پیشرفت ریاست‌جمهوری تغییر نام داد) و توجه متمرکز به فناوری‌های نوظهور مانند نانوفناوری اشاره نمود. این نهاد در شکل‌گیری قدم به قدم عناصر و اجزاء نظام ملی نوآوری همچون صندوق‌های سرمایه‌گذاری، پارک علم و فناوری پردیس و ستاد توسعه فناوری نانو نقش مهمی داشته است (قاضی‌نوری و قاضی‌نوری، ۱۳۹۳؛ گزارش آنکتاد، ۱۳۹۵).

نظام نوآوریِ فعلیِ ایران بر اساس این سه موج اصلی تکامل یافته است و نهادهای سیاست‌گذاری و اجراییِ مختلفی در هر موج به منظور پیاده‌سازی اقدامات سیاستی مشخص برای تحقق اهداف مرتبط با محورهای سیاستی آن موج، تأسیس شده‌اند (گزارش آنکتاد، ۱۳۹۵). خلاصه‌ای از تغییرات نهادی، عملکرد کلی و وضعیت شاخص‌های علم و فناوریِ ایران در طی این سه دوره در

شکل ۱ ارائه شده است.

۲-۲- سابقه تاریخی رویکردهای ارزیابی نظام نوآوری

در تاریخچه ادبیات نوآوری، مدل‌های مختلفی وجود دارد که می‌توان آن‌ها را به سه دسته اصلی «مدل‌های خطی نوآوری»، «مدل‌های پیوندی و تعاملی نوآوری» و «مدل‌های نظام‌مند» تقسیم کرد. بر همین اساس رویکردهای مختلفی نیز برای ارزیابی فرایند نوآوری در ادبیات مورد توجه قرار گرفته‌اند که در ادامه به سیر تاریخی آن‌ها به طور خلاصه اشاره می‌شود.

رویکردهای خطی نوآوری عمدتاً در سال‌های ۱۹۶۰ تا ۱۹۷۰ مورد توجه قرار گرفتند. مدل‌های خطی، نوآوری را نتیجه فرایند خطی دانسته که از مراحل مختلف پژوهش پایه، کاربردی، تحقیق و توسعه، تجاری‌سازی، بازاریابی و در انتها انتشار، به صورت متوالی و سلسله‌مراتبی و در مسیری یک‌طرفه تشکیل شده است. اولین مدل پیشنهادی برای نوآوری در این دوره، مدل خطی فشار علمی بود که ادعا می‌کرد سرمایه‌گذاری در علم باعث ایجاد فناوری و به تبع آن رشد اقتصادی می‌شود. پس از آن مدل کشش بازار، با تأکید بر نیاز بازار ذیل رویکرد خطی مطرح شد. بر همین اساس، رویکردهایی که برای ارزیابی نظام نوآوری مورد توجه قرار گرفته بود نیز عمدتاً مبتنی بر همین مدل خطی نوآوری و جریان‌های ورودی و خروجی نوآوری بود. به این معنی که صرفاً شاخص‌های ورودی و خروجی نوآوری مورد توجه بوده است. در بین سال‌های ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۰، مدل پیوندی و تعاملی نوآوری مطرح شد که نوآوری را نتیجه یک فرایند خطی ندانسته و با تأکید بر فرایند مرحله‌ای نوآوری، حلقه‌های بازخوردی میان فعالیت‌های تحقیق و توسعه و بازاریابی برقرار می‌نماید. در بین سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۰ مدل‌های نظام‌مند نوآوری یا نظام‌های نوآوری با تأکید بر وجود همکاری و روابط چندجانبه میان اجزاء مختلف نظام ظهور پیدا کردند. وجه تمایز اصلی این رویکرد با مدل‌های قبلی را می‌توان در توسعه موازی نوآوری به صورت یکپارچه، داشتن یک نگاه کل‌گرا و نظام‌مند به فرایند نوآوری و دربر گرفتن اجزاء مختلف و روابط متفاوت میان آن‌ها دانست (نوری و سوزنچی، ۱۳۹۱؛ پژوهشکده فناوری‌های نرم دانشگاه تهران، ۱۳۹۸). متعاقباً با گسترش رویکردهای مختلف از نظام‌های نوآوری، رویکرد خطی به نوآوری برای ارزیابی نظام نوآوری مورد نقد قرار گرفت و به نوعی جعبه سیاه نوآوری باز شد و شاخص‌های مربوط به زیرفرایندهای اصلی نظام نوآوری مورد توجه قرار گرفت تا ارزیابی بر این اساس

انجام شود. به عبارتی توجه به این زیرفرایندها در ارزیابی نظام نوآوری، شکست‌های احتمالی در کل نظام را مورد بررسی قرار می‌دهد.

۳-۲-پیشینه پژوهش

به طور کلی، در زمینه بررسی عملکرد و کارایی نظام‌های نوآوری، مطالعات مختلفی صورت گرفته است که در ادامه به برخی از مهمترین موارد اشاره می‌شود.

زابالا ایتوریاگاگوئیتیا[1] و همکاران (۲۰۰۷) در پژوهشی با عنوان «نظام‌های منطقه‌ای نوآوری: چگونگی ارزیابی عملکرد»، رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) را برای ارزیابی عملکرد نظام‌های منطقه‌ای نوآوری اروپا به کار گرفتند. آن‌ها برای ارزیابی کارایی نظام نوآوری، ابعاد منابع انسانی مورد نیاز برای نوآوری؛ خلق دانش جدید؛ انتقال و کاربرد دانش؛ تامین مالی نوآوری و خروجی‌ها و بازارها را براساس ۱۷ شاخص مورد توجه قرار دادند. محققان با استفاده از داده‌های گزارش اسکوربورد نوآوری اروپا در مورد ۱۶۱ منطقه اروپایی برای سال ۲۰۰۲ و ۱۸۷ منطقه برای سال ۲۰۰۳، اقدام به ارزیابی کارایی مناطق مورد نظر کردند (Zabala-Iturriagagoitia et al. , 2007).

گوان[2] و چن[3] (۲۰۱۲) در راستای شناسایی کشورهای دارای نظام نوآوری کارآمد، پژوهشی را تحت عنوان «مدل‌سازی کارایی نسبی نظام‌های ملی نوآوری» از طریق تجزیه فرایند نوآوری به دو زیرفرایند خلق (KPP[4]) و تجاری‌سازی دانش (KCP[5])، با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA[6])، انجام دادند. آنها به منظور سنجش کارایی نظام ملی نوآوری در مجموع از ۱۰ شاخص استفاده کردند (۳ شاخص ورودی نوآورانه، ۲ شاخص ورودی غیرنوآورانه، یک شاخص میانجی، یک شاخص خروجی نهایی خلق دانش و ۲ شاخص خروجی نهایی تجاری‌سازی دانش) و کارایی نظام نوآوری ۲۲ کشور عضو OECD را ارزیابی کردند (J. Guan & Chen, 2012).

گوان و چن در پژوهش دیگری نیز که در همان سال با عنوان «اندازه‌گیری کارایی نظام‌های نوآوری منطقه‌ای چین: کاربرد شبکه تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)» انجام دادند، از روش DEA برای ارزیابی نظام‌مند کارایی نوآوری نظام‌های نوآوری منطقه‌ای چین استفاده کرده‌اند. آن‌ها در این پژوهش، فرایند نوآوری را به دو زیرفرایند توسعه فناورانه و تجاری‌سازی فناورانه تجزیه کردند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که فقط یک پنجم نظام‌های نوآوری منطقه‌ای کشور چین در کل فرایند

[1] Zabala-Iturriagagoitia
[2] Guan
[3] Chen
[4] Knowledge production process
[5] Knowledge commercialization process
[6] Data Envelopment Analysis (DEA)

مزبور از توسعه فناورانه تا تجاری‌سازی آن، عملکرد خوبی دارند. همچنین در بیشتر نظام‌های نوآوری منطقه‌ای، تناقضات قابل توجهی بین ظرفیت توسعه فناورانه و ظرفیت تجاری‌سازی فناورانه وجود دارد و ظرفیت تجاری‌سازی نقش مهم‌تری در عملکرد نوآوری نظام‌های منطقه‌ای نوآوری ایفا می‌کند (K. Chen & Guan, 2012).

لیو، لو و هو[1] (۲۰۱۵) در پژوهشی با عنوان «ویژگی‌های ملی: نظام‌های نوآوری از دیدگاه کارایی فرایند»، ویژگی‌های نظام نوآوری ۴۰ کشور دنیا را از دیدگاه کارایی فرایند مقایسه کرده‌اند. محققان در این مطالعه، نظام نوآوری ملی را به عنوان فرایند دو مرحله‌ای شامل مرحله تولید دانش و سپس تجاری‌سازی آن در نظر گرفتند و کارایی آن را با استفاده از روش DEA ارزیابی کردند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که ویژگی‌های جغرافیایی، فرهنگ، تاریخچه و زمینه محیطی بر تشابه عملکرد نظام‌های نوآوری مختلف تاثیرگذار است و بر همین اساس کشورهای مورد بررسی به ۹ دسته تقسیم شدند. به عنوان مثال استرالیا، نیوزیلند و انگلیس یا در گروه ۲،کشورهای هلند، ایرلند، سوئیس و انگلیس به دلایل تاریخی تاکید زیادی بر خلق دانش داشته‌اند (Liu et al., 2015).

لافارگا[2] و بالدراما[3] (۲۰۱۵) در پژوهش خود با عنوان «کارایی نظام‌های منطقه‌ای نوآوری مکزیک: ارزیابی با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)»، کارایی نسبی نظام‌های منطقه‌ای نوآوری مکزیک را اندازه‌گیری کرده و از طریق روش تحلیل پوششی داده‌ها و با استفاده از شاخص‌های منتخب ورودی و خروجی، سه نوع امتیاز کارایی برای ۳۲ ایالت کشور مکزیک محاسبه کرده‌اند که عبارت‌اند از کارایی کل[4]، کارایی ایجاد پتنت‌ها[5] و کارایی تولید مقالات علمی[6]. علاوه براین با استفاده از تحلیل خوشه‌ای[7] نتایج کارایی مبتنی بر شاخص خروجی، ۵ گروه متمایز شناسایی شدند. همچنین فرضیه این پژوهش این بوده که نظام منطقه‌ای نوآوری مکزیک، سطوح کارایی فنی مشابهی دارند و این سطوح ارتباطی به اندازه نسبی آن‌ها و یا به عبارتی میزان منابع و ظرفیت‌های در درسترس مناطق مختلف ندارد که این فرضیه طبق نتایج پژوهش مورد تأیید واقع شده است (Lafarga & Balderrama, 2015).

در زمینه ارزیابی کارایی نظام نوآوری به طور خاص دو پژوهش داخلی نیز انجام شده است:

شهریاری و لاهیجی در پژوهشی که در سال ۱۳۹۶ تحت عنوان «ارزیابی کارایی نظام ملی نوآوری با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای» انجام داده‌اند، از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ای

[1] Liu, Lu & Ho
[2] Lafarga
[3] Balderrama
[4] overall efficiency
[5] efficiency of patents generation
[6] efficiency of scientific papers production
[7] cluster analysis

شبکه‌ای تن و تسوت‌سوی برای ارزیابی کارایی نظام ملی نوآوری ایران و ۷۳ کشور دیگر در قالب فرایند دو مرحله‌ای تولید و تجاری‌سازی دانش استفاده کرده‌اند. شاخص‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل تعداد پژوهشگران تمام وقت، هزینه تحقیق و توسعه، تعداد مقالات علمی بین المللی منتشر شده، تعداد اختراعات ثبت شده، تعداد نیروی انسانی تمام‌وقت فعالیت‌های غیر تحقیق و توسعه، ارزش افزوده صنعت، و میزان صادرات محصولات جدید با فناوری بالا بوده‌اند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد نظام ملی نوآوری ایران ناکارا است (شهریاری و لاهیجی، ۱۳۹۶).

محمدی و ستوده در پژوهشی که در سال ۱۳۹۳ تحت عنوان «مقایسه کارایی نظام ملی نوآوری در ایران و کشورهای هدف در سند چشم انداز ۲۰ ساله» انجام داده‌اند، برای محاسبه کارایی کشورها متغیرهای نهادی و قانونی، سرمایه های انسانی، زیرساخت‌ها، میزان توسعه بازار و کسب وکار را به عنوان ورودی و تولید، نشر و جذب دانش و تجاری‌سازی آن در قالب کالا و خدمات را به عنوان خروجیِ مدل مورد توجه قرار داده‌اند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد ایران میان ۲۰ کشور منطقه در رتبه ۳۱ قرار دارد (محمدی و ستوده، ۱۳۹۳). خلاصه‌ای از اهم مطالعات در زمینه ارزیابی کارایی نظام نوآوری در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: خلاصه‌ای از مهمترین مطالعات مرتبط

پژوهش	مدل DEA	جامعه مورد بررسی	تعداد شاخص‌ها/ رویکرد مورد استفاده
(Nasierowski & Arcelus, 2003)	رویکرد CRS ورودی-محور	۴۵ کشور	۱۶شاخص / ورودی-خروجی و میانجی
(Lee & Park, 2005)	رویکردCCR خروجی-محور	۲۷ کشور عضو OECD	۵ شاخص / ورودی-خروجی
(Zabala-Iturriagagoitia et al. , 2007)	رویکرد VRS ورودی-محور	۱۶۱ منطقه اروپایی	۱۷ شاخص / ورودی-خروجی
(Hollanders & Celikel-Esser, 2007)	رویکردCRS خروجی-محور	۲۷ کشور اروپایی	۲۵ شاخص / ورودی-خروجی
(Pan et al., 2010)	رویکرد VRS ورودی-محور	۳۳ کشور	۸ شاخص / ورودی-خروجی
(Cai, 2011)	رویکرد CRS خروجی-محور	۲۲ کشور	۵ شاخص / ورودی-خروجی
(Chen, Hu, & Yang, 2011)	رویکرد CCR خروجی‌محور	۲۴ کشور	۵ شاخص / ورودی-خروجی
(J. Guan & Chen, 2012)	رویکرد ترکیبی خروجی-محور	۲۲ کشور عضو OECD	۱۰شاخص / زیرفرایندی
(Liu et al., 2015)	رویکرد VRS ورودی-	۴۰ کشور	۱۲ شاخص / زیرفرایندی

پژوهش	مدل DEA	جامعه مورد بررسی	تعداد شاخص‌ها/ رویکرد مورد استفاده
	محور		
(Lafarga & Balderrama, 2015)	رویکرد CCR خروجی-محور	۳۲ ایالت کشور مکزیک	۵ شاخص / ورودی-خروجی
(Carayannis et al., 2016)	رویکرد چندهدفی	۲۳ کشور	۱۳ شاخص / زیرفرایندی
(محمدی و ستوده، ۱۳۹۳)	رویکرد CCR خروجی-محور	۷۳ کشور	۷ شاخص / زیرفرایندی
(شهریاری و لاهیجی، ۱۳۹۶)	SBM و شبکه‌ای ورودی‌محور	۲۰ کشور	۷ شاخص / ورودی-خروجی

علاوه بر این پژوهش‌ها، مطالعات دیگری نیز در زمینه ارزیابی توانمندی فناوری و نوآوری، سنجش نوآوری، ظرفیت علم و فناوری، و رقابت‌پذیری کشورها هم در سطح بین‌المللی(Archibugi & Coco, et al, 2015; 2004; Schwab et al., 2017; World bank Institute, 2009; Wagner) و هم داخلی (طباطبائیان و همکاران، ۱۳۸۹؛ طباطبائیان و پاکزاد بناب، ۱۳۸۵؛ شجاعی و همکاران، ۱۳۹۰؛ بی‌تعب و همکاران، ۱۳۹۲) انجام شده است که بعضاً شاخص‌های آنها برای ارزیابی کارایی نظام ملی نوآوری در پژوهش حاضر مورد استفاده قرار خواهند گرفت.

در نهایت بر اساس مرور ادبیات ۴۵ شاخص برای ارزیابی کارایی نظام نوآوری استخراج شد: تعداد مهندسان و دانشمندان تمام‌وقت؛ هزینه‌های تحقیق و توسعه بخش دولتی؛ هزینه‌های آموزش؛ نسبت واردات به تولید ناخالص داخلی؛ تعداد محققان در میلیون نفر؛ تعداد فارغ‌التحصیلان دانشگاهی؛ هزینه‌های تحقیق و توسعه؛ خرید دولتی محصولات فناوری‌های پیشرفته؛ سرانه میزبان‌ها یا مشترکین اینترنتی؛ دسترسی به سرمایه‌گذاری خطر پذیر؛ سیاست‌های دولتی حامی کارآفرینی؛ ترس از شکست؛ نگرش مثبت به کارآفرینی؛ جمعیت نیروی کار ۱۵ تا ۶۴ نسبت به کل جمعیت؛ نرخ تحصیلات متوسطه؛ کیفیت تأمین برق؛ میزان مشترکین تلفن همراه؛ نرخ ثبت نام در تحصیلات ابتدایی؛ کیفیت آموزش‌های تحصیلات ابتدایی؛ کیفیت نظام آموزشی؛ میزان آموزش کارکنان؛ کیفیت زیرساخت‌های حمل و نقل؛ تأمین مالی از طریق بازار سهام؛ میزان آسان بودن دسترسی به وام؛ سلامت نظام بانکداری؛ اندازه بازار بومی؛ اندازه بازار خارجی؛ راحتی انجام کسب و کار؛ سهم شرکت های کوچک و متوسط به تولید ناخالص داخلی؛ تعداد پتنت‌های ثبت شده در آمریکا؛ دسترسی به آخرین فناوری‌ها؛ میزان جذب فناوری در شرکت‌ها؛ ظرفیت نوآوری؛ ارتباط صنعت و دانشگاه در تحقیق‌وتوسعه؛ مقالات علمی بین‌المللی؛ سهم از انتشارات علمی در سطح جهان؛ سهم از انتشارات علمی در سطح منطقه؛ ارزش افزوده صنایع کشور؛ سهم صادرات فناوری‌های برتر از کل صادرات؛

سرانه تولید ناخالص داخلی؛ نسبت ارزش افزوده صنعت به تولید ناخالص داخلی؛ نسبت صادرات به تولید ناخالص داخلی؛ ضریب جینی؛ نرخ فقر با ۱,۹ دلار در روز و شاخص رفاه.

از نقطه‌نظر نوآوری در پژوهش، به طور کلی مطالعه حاضر به لحاظ روش‌شناسی، گستردگی شاخص‌ها در هریک زیرفرایندهای اصلی نظام نوآوری و دارا بودن رویکردی تاریخی به وضعیت عملکرد نظام نوآوری در ایران نسبت به دیگر پژوهش‌ها دارای ارزش‌افزایی است. شایان ذکر است در خصوص دو پژوهش داخلی که به ارزیابی کارایی نظام ملی نوآوری در ایران پرداخته‌اند باید اذعان داشت که پژوهش حاضر از جهت انتخاب رویکرد ترکیبی DEA، گستردگی شاخص‌ها و درنظرگرفتن مبنای متفاوت برای انتخاب کشورهای مورد بررسی (تأکید بر تفکیک کشورها بر اساس دسته‌بندی موردنظر در شاخص رقابت‌پذیری جهانی) رویکردی متفاوت دارد.

۳- روش شناسی پژوهش

پژوهش حاضر در زمره پژوهش‌های توصیفی و پیمایشی است؛ علاوه بر این با توجه به اینکه نتایج پژوهش در زمینه سیاست‌گذاری کاربرد دارند بنابراین در دسته پژوهش‌های کاربردی قرار می‌گیرد. رویکرد پژوهش حاضر از نوع ترکیبی[1] (رویکرد کمی- کیفی) است. ابتدا از طریق مرور ادبیات و مصاحبه با خبرگان شاخص‌های مناسب برای ارزیابی کارایی نظام ملی نوآوری شناسایی شدند (کیفی)، در مرحله دوم نیز بر اساس تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها کارایی نظام نوآوری کشورهای منتخب بررسی شده است (کمی). در این پژوهش به دلایل زیر از تکنیک DEA برای ارزیابی کارایی نظام‌های نوآوری استفاده شده است:

۱. در رویکرد DEA امکان در نظر گرفتن ورودی‌ها و خروجی‌های متعدد برای محاسبه کارایی وجود دارد (J. Guan & Chen, 2012; Lafarga & Balderrama, 2015; Liu et al., 2015).

۲. بررسی‌های صورت گرفته حاکی از آن است که رویکرد DEA عملکرد بهتری نسبت به روش‌های پارامتریک در برآورد کارایی واحدهای تصمیم‌گیری منحصر به فرد دارد (Banker & Natarajan, 2008; Lafarga & Balderrama, 2015).

۳. از نظر تجربی نیز ثابت شده است که روش DEA در اندازه‌گیری فعالیت‌های نوآوری سودمندتر است (Guan, et al, 2006; Jiancheng & Junxia, 2004; Zabala-Iturriagagoitia et al., 2007).

۴. در شرایط عدم‌اطمینان و واضح نبودن ارتباط بین ورودی‌ها و خروجی‌ها، استفاده از روش ناپارامتریک DEA مناسب‌تر است (Hollanders & Celikel-Esser, 2007). در واقع روش

DEA برخلاف روش‌های دیگر نیازمند فرضیه علیت بین ورودی‌ها و خروجی‌ها نیست؛ در حالی که روش‌های پارامتریک با استفاده از اعمال محدودیت‌ها و مقایسه عملکرد نظام با ارزش‌های خاص (تعیین شده توسط محقق)، ناکارآمدی نظام را تعیین می‌کنند. اما در روش‌های ناپارامتریک و به ویژه DEA، مرزهای کارایی به صورت مستقیم از داده‌ها و بدون تحمیل محدودیت کارکردی خاص محاسبه می‌گردد. بنابراین روش DEA ارزیابی کارایی را تسهیل می‌کند (Hollanders & Celikel-Esser, 2007؛Liu et al.,2015).

۵. در روش DEA، برخلاف دیگر روش‌های MADM (از قبیل تحلیل سلسه مراتبی داده‌ها، تاپسیس و...)، به وزن‌های از پیش تعیین شده برای مقایسه و رتبه‌بندی واحدهای تصمیم‌گیری نیاز نیست.

۶. روش DEA برخلاف روش‌های دیگر مانند شاخص‌های ترکیبی و ... صرفاً متکی بر ارزیابی نتایج نهایی نیست بلکه کارایی فرایندهایی که منجر به نتیجه می‌شوند را نیز ارزیابی می‌کند (Carayannis, Grigoroudis, & Goletsis, 2016).

برای دستیابی به هدف پژوهش در ابتدا با بررسی ادبیات، ۴۵ شاخص برای ارزیابی کارایی نظام نوآوری شناسایی شدند که البته با توجه به تعداد بالای آن‌ها باید تعدیل شوند. در ادامه، فهرست این شاخص‌ها در اختیار خبرگان و متخصصان حوزه سیاست‌گذاری علم و فناوری در کشور (دارای حداقل ۵ سال سابقه فعالیت در حوزه سیاستگذاری علم و فناوری) که با روش گلوله برفی شناسایی شده‌اند، قرار گرفته و نظرات آن‌ها در مورد هر یک از شاخص‌ها اخذ می‌شوند (جدول ۲). در مجموع نظرات ۸ خبره در مورد شاخص‌ها گردآوری و سپس با محاسبه شاخص نسبت روایی محتوایی[1] (CVR) لاوشی برای هر یک از ۴۵ شاخص مورد بررسی، روایی آن‌ها مورد آزمون قرار گرفت (Lawshe, 1975). مطابق نظر لاوشی (۱۹۷۵) برای ۸ خبره، حداقل CVR برابر با ۰,۷۵ است. البته علاوه بر این، شاخص‌هایی که مقدار CVR آن‌ها بین صفر و یک و مقدار میانگین عددی قضاوت‌ها مساوی یا بیشتر از ۱,۵ بوده، نیز پذیرفته شدند. در واقع میانگین بیشتر از ۱,۵ بیانگر آن است که بیش از نیمی از خبرگان با ضرورت شاخص مورد نظر برای ارزیابی کارایی نظام ملی نوآوری موافق هستند (Bazi & Hasanzadeh, 2017).

جدول ۲: اطلاعات جمعیت‌شناختی خبرگان

سابقه فعالیت		شغل		مدرک تحصیلی	
۵تا ۸ سال	بالاتر از ۸ سال	مدرس	پژوهش گر	دانشجوی دکتری	دکترا
۵	۳	۱	۷	۴	۴

[1] Content Validity Ratio

سابقه فعالیت		شغل		مدرک تحصیلی	
۶۲,۵	۳۷,۵	۱۲,۵	۸۷,۵	۵۰	۵۰

در نهایت براساس نظرات خبرگان ۱۳ شاخص از ادامه تحلیل‌ها حذف شدند. با این حال با توجه به زیاد بودن تعداد شاخص‌های باقی‌مانده (۳۲ شاخص) و همچنین در نظر گرفتن این موضوع که در روش تحلیل پوششی داده‌ها اگر تعداد گزینه‌ها از حاصل عبارت "{(M+S) *3}" که در آن M تعداد ورودی‌ها و S تعداد خروجی‌ها است"،کمتر باشد خروجی تحلیل قابل اطمینان نخواهد بود (Cooper, Huang, Li, Parker, & Pastor, 2007). لذا برای دستیابی به نتایج مطمئن‌تر باید تعداد شاخص‌ها کمتر می‌شدند. در این راستا در گام اول، شاخص‌هایی که اطلاعات مربوط به آن‌ها حداقل برای ۱۰۰ کشور در دسترس نبود از ادامه تحلیل‌ها حذف شدند که در این میان ۶ شاخص حذف شدند که ۵ مورد آن‌ها مربوط به بعد ورودی نوآورانه و یک مورد نیز مربوط به بعد خروجی تجاری‌سازی بودند. با توجه به قابلیت روش تحلیل عاملی اکتشافی در زمینه کاهش تعداد شاخص‌ها براساس همبستگی درونی آن‌ها، از این روش نیز برای کاهش تعداد شاخص‌ها استفاده شد. در نهایت نیز از مجموع ۲۶ شاخص باقیمانده نیز ۱۱ مورد حذف شده و ۱۵ شاخص برای ارزیابی کارایی نظام نوآوری ملی کشورها مورد استفاده قرار گرفتند. لازم به ذکر است که در زمان غربال شاخص‌ها سعی شد که با توجه به خاصیت تحلیل عاملی اکتشافی از هر بُعد مدل، شاخص‌های مهمتر انتخاب شوند (جدول ۳).

جدول ۳: آمار کلی مربوط به همه شاخص‌ها و تعداد شاخص‌های حذف شده

بعد	ورودی نوآورانه	ورودی غیرنوآورانه	خروجی نوآوری فناورانه	خروجی نوآوری علمی	تجاری‌سازی	جمع
تعداد کل شاخص‌ها	۱۳	۱۶	۵	۳	۸	۴۵
تعداد شاخص‌های حذفی	۱۰	۹	۳	۲	۴	۲۸
تعداد شاخص‌های نهایی	۳	۵	۲	۱	۴	۱۵

به منظور جامعیت بیشتر پژوهش سعی شد تا بیشترین تعداد از کشورها که در این پژوهش به عنوان واحدهای تصمیم‌گیری[1](DMUs) تلقی می‌شوند، در تحلیل مورد بررسی قرار بگیرند. در این راستا ابتدا اطلاعات مربوط به همه کشورها در همه شاخص‌ها گردآوری شد. البته در مواردی که اطلاعات مربوط به یک شاخص برای یک کشور خاص وجود نداشت یا آمار آن شاخص به روز نبود، داده‌های مربوط به آن شاخص برای کشور مورد نظر وارد نشد. در ادامه کشورهایی که دارای داده ناقص بودند (اطلاعات مربوط به شاخص مورد بررسی برای آن‌ها وجود نداشت) از ادامه تحلیل حذف شدند. البته با توجه به اینکه در پژوهش حاضر از دسته‌بندی گزارش شاخص رقابت‌پذیری جهانی[2] که کشورها را بر

[1] Decision-Making Units (DMUs)
[2] The Global Competitiveness Index

اساس سرانه تولید ناخالص داخلی در ۵ گروه (عامل‌گرا، در حال گذار از عامل‌گرا به کارایی‌گرا، کارایی-گرا، در حال گذار از کارایی‌گرا به نوآوری‌گرا و نوآوری‌گرا) طبقه‌بندی می‌کند، استفاده شده است؛ بنابراین در زمان غربال کردن کشورها، سعی شد از هر گروه حداقل ۳ کشور انتخاب شوند. در مجموع ۷۹ کشور در ۵ گروه برای تحلیل انتخاب شدند. فراوانی و اسامی کشورها در هر یک از گروه‌ها به ترتیب در جدول ۴ و
جدول ۵ ارائه شده‌اند.

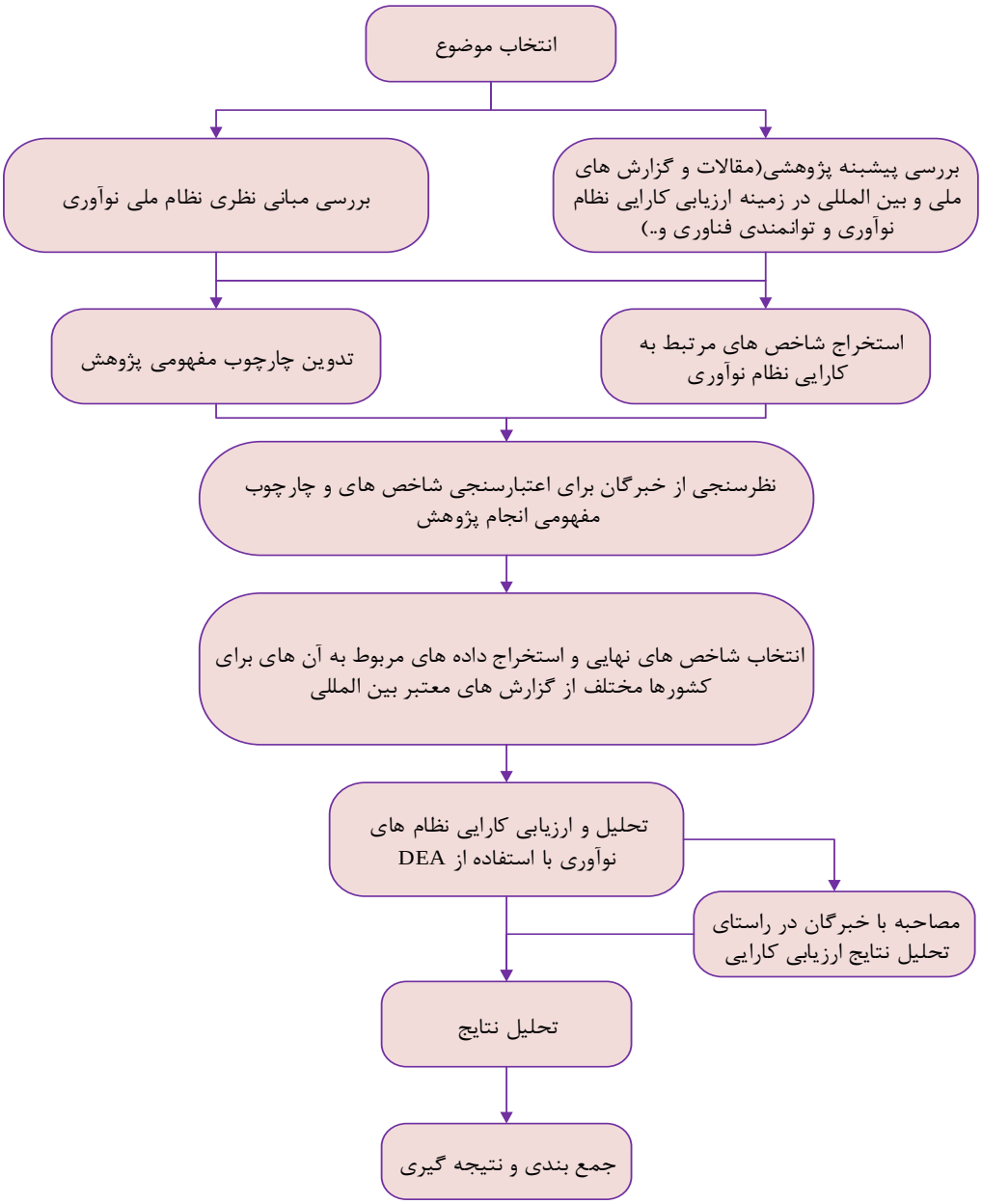
جدول ۴: ترکیب فراوانی کشورهای مورد بررسی براساس دسته‌بندی پتجگانه گزارش رقابت‌پذیری جهانی مجمع جهانی اقتصاد

گروه	عامل‌گرا (منبع‌محور)	در حال‌گذار از عامل‌گرا به کارایی‌گرا	کارایی‌گرا	در حال گذار از کارایی‌گار به نوآوری‌گرا	نوآوری‌گرا	مجموع
فراوانی	۷	۷	۲۲	۱۵	۲۸	۷۹
درصد	۸,۸۶	۸,۸۶	۲۷,۸۵	۱۸,۹۹	۳۵,۴۴	۱۰۰

جدول ۵: فهرست کشورهای مورد بررسی

کشور	گروه	کشور	گروه	کشور	گروه	کشور	گروه
اتیوپی	۱	اکوادور	۳	لتونی	۴	یونان	۵
غنا	۱	السالوادور	۳	لیتوانی	۴	هنگ‌کنگ	۵
هند	۱	گرجستان	۳	مالزی	۴	ایسلند	۵
کنیا	۱	اندونزی	۳	عمان	۴	ایرلند	۵
قرقیزستان	۱	ایران	۳	پاناما	۴	ایتالیا	۵
سنگال	۱	اردن	۳	لهستان	۴	ژاپن	۵
اوگاندا	۱	مکزیک	۳	رومانی	۴	کره جنوبی	۵
آذربایجان	۲	مراکش	۳	عربستان سعودی	۴	لوکزامبورگ	۵
قزاقستان	۲	پاراگوئه	۳	اسلوواکی	۴	هلند	۵
کویت	۲	پرو	۳	ترکیه	۴	نروژ	۵
نیکاراگوئه	۲	روسیه	۳	اوروگوئه	۴	پرتغال	۵
فیلیپین	۲	صربستان	۳	استرالیا	۵	سنگاپور	۵
اکراین	۲	آفریقای جنوبی	۳	بلژیک	۵	اسلوونی	۵
ویتنام	۲	سریلانکا	۳	قبرس	۵	اسپانیا	۵
آلبانی	۳	تایلند	۳	جمهوری چک	۵	سوئد	۵
ارمنستان	۳	تونس	۳	دانمارک	۵	سوئیس	۵
برزیل	۳	آرژانتین	۴	استونی	۵	امارات	۵
بلغارستان	۳	شیلی	۴	فنلاند	۵	انگلیس	۵
چین	۳	کرواسی	۴	فرانسه	۵	آمریکا	۵
کلمبیا	۳	مجارستان	۴	آلمان	۵		

برای گردآوری داده‌های مربوط به شاخص‌های مختلف از به روزترین آمار در گزارش‌های معتبر بین‌المللی از جمله گزارش رقابت‌پذیری جهانی، گزارش اقتصاد دانشی بانک جهانی و ... استفاده شد. همچنین به منظور تحلیل داده‌ها بر اساس روش تحلیل پوششی داده‌ها از نرم‌افزار DEAP استفاده شده است. البته با توجه به اینکه هیچ‌گونه اجماعی در مورد برتری رویکردهای CCR و BCC وجود ندارد و همچنین به‌منظور تحلیل دقیق‌تر کارایی نظام‌های نوآوری مورد بررسی به‌صورت همزمان هر دو رویکرد CCR (کارایی فنی) و BCC (کارایی فنی خالص) به کار گرفته می‌شود. به این منظور از حاصل تقسیم CCR بر BCC که بیانگر کارایی مقیاس است استفاده می‌شود و در صورتی که حاصل تقسیم برابر ۱ باشد بیانگر آن است که نظام نوآوری کارایی مقیاس دارد. اما در صورتی که حاصل کسر برابر ۱ نباشد بیانگر آن است که نظام نوآوری مورد نظر کارایی مقیاس ندارد. فرایند انجام پژوهش حاضر به طور خلاصه در **Error! Reference source not found.** ارائه شده است.



شکل ۲: فرایند انجام پژوهش

۴- یافته‌های پژوهش

۴-۱- انتخاب شاخص‌ها

همانطور که اشاره شد به منظور انتخاب شاخص‌ها، ابتدا با استفاده از ضریب توافق لاوشی، برخی از شاخص‌ها حذف شدند. در ادامه نیز از آزمون تحلیل عاملی اکتشافی برای غربال شاخص‌های باقی‌مانده استفاده شد. نتایج آزمون‌های کیزرمایر و بارتلت حاکی از مناسب بودن داده‌های همه زیرفرایندها و همچنین وجود همبستگی بین آن‌ها است (جدول ۶).

جدول ۶: نتایج آزمون‌های کیزرمایر و بارتلت در تحلیل عاملی اکتشافی

زیرفرایند	شاخص کیزرمایر	سطح معناداری آزمون بارتلت	درصد تبیین[۱]
ورودی نوآورانه	۰,۷۸۸	۰	۶۸,۸۱
ورودی غیرنوآورانه	۰,۷۱۹	۰	۷۸,۷۴
خروجی نوآوری فناورانه	۰,۸۱۶	۰	۷۵,۱۸
خروجی نوآوری علمی	۰,۶۷۷	۰	۸۸,۲۴
خروجی فرایند تجاری‌سازی	۰,۵۶۶	۰	۷۱,۵۷

براساس نتایج تحلیل عاملی اکتشافی، شاخص‌های ذیل هر یک از زیرفرایندها به یک یا چند بُعد تقسیم شدند که از هر بُعد شاخص‌های با بالاترین بارعاملی به عنوان شاخص‌های نهایی برای ارزیابی کارایی نظام نوآوری انتخاب شدند (جدول ۷).

جدول ۷: فهرست شاخص‌های مورد بررسی و شاخص‌های منتخب

ابعاد	شاخص‌ها	CVR	میانگین	نتیجه	نقص داده[۲]	بار عاملی	نهایی
ورودی نوآورانه	تعداد مهندسان و دانشمندان تمام‌وقت	۱	۲	✓	✓	۰,۸۴۵	✓
	هزینه‌های تحقیق و توسعه بخش دولتی	۰,۶۷	۱,۸۳	✓	×		×
	هزینه‌های آموزش	-۰,۳۳	۱,۳۳	×			×
	نسبت واردات به تولید ناخالص داخلی	-۰,۶۷	۰,۶۷	×			×
	تعداد محققان در میلیون نفر (تعداد محققان در هر یک میلیون نفر)	۰	۱,۵	✓	×		×
	تعداد فارغ‌التحصیلان دانشگاهی	۰	۱,۵	✓	×		×
	هزینه‌های تحقیق و توسعه[۱]	۱	۲	✓	✓	۰,۸۲۸	✓

[۱] چه درصدی از تغییرات زیرفرآیند توسط شاخص‌های زیرمجموعه‌اش تبیین می‌شود.

[۲] آیا در شاخص مورد نظر داده برای حداقل ۱۰۰ کشور وجود داشته است؟

ابعاد	شاخص‌ها	CVR	میانگین	نتیجه	نقص داده[۲]	بار عاملی	نهایی
	خرید دولتی محصولات فناوری‌های پیشرفته	-۰,۳۳	۱,۱۷	×			×
	سرانه میزبان‌ها یا مشترکین اینترنتی (انتشار فناوری)	-۰,۶۷	۱	×			×
	دسترسی به سرمایه‌گذاری خطر پذیر	۱	۲	✓	✓	۰,۸	✓
	سیاست‌های دولتی حامی کارآفرینی	۰,۶۷	۱,۶۷	✓	×		×
	ترس از شکست	۰,۶۷	۱,۸۳	✓	×		×
	نگرش مثبت به کارآفرینی	۰,۶	۱,۸	✓	✓	۰,۸۴۴	×
ورودی غیر نوآورانه	جمعیت نیروی کار ۱۵ تا ۶۴ نسبت به کل جمعیت	۰,۳۳	۱,۶۷	✓	✓	۰,۹۰۵	✓
	نرخ تحصیلات متوسطه	۰	۱,۱۷	×			×
	کیفیت تامین برق	-۱	۰,۸۳	×			×
	میزان مشترکین تلفن همراه	-۱	۰,۶۷	×			×
	نرخ ثبت نام در تحصیلات ابتدایی	-۱	۰,۶۷	×			×
	کیفیت آموزش‌های تحصیلات ابتدایی	-۰,۶۷	۱,۱۷	×			×
	کیفیت نظام آموزشی	۱	۲	✓	✓	۰,۸۷۱	✓
	میزان آموزش کارکنان	۱	۲	✓	✓	۰,۷۶۲	×
	کیفیت زیرساخت‌های حمل و نقل	۰	۱,۱۷	×			×
	تأمین مالی از طریق بازار سهام	۱	۲	✓	✓	۰,۸۲۸	×
	میزان آسان بودن دسترسی به وام	۰,۶۷	۱,۸۳	✓	✓	۰,۸۹۴	✓
	سلامت نظام بانکداری	۰,۳۳	۱,۶۷	✓	✓	۰,۷۶۱	×
	اندازه بازار بومی	۱	۲	✓	✓	۰,۹۳۵	✓
	اندازه بازار خارجی	۰,۳۳	۱,۶۷	✓	✓	۰,۹۱۴	×
	راحتی انجام کسب و کار	۰,۶۷	۱,۸۳	✓	✓	۰,۵۶۴	✓
	سهم شرکت‌های کوچک و متوسط به تولید ناخالص داخلی	-۰,۳۳	۱,۳۳	×			×
خروجی نوآوری فناورانه	تعداد پتنت‌های ثبت شده در آمریکا	۰,۶۷	۱,۸۳	✓	✓	۰,۴۱۸	✓
	دسترسی به آخرین فناوری‌ها	۰,۶۷	۱,۸۳	✓	✓	۰,۹۳۱	×
	میزان جذب فناوری در شرکت‌ها	۱	۲	✓	✓	۰,۹۶۱	✓
	ظرفیت نوآوری	۱	۲	✓	✓	۰,۹۵۹	×

[1] Gloss domestic expenditures on research and development (R&D), expressed as a percent of GDP. They include both capital and current expenditures in the four main sectors: Business enterprise, Government, Higher education and Private non-profit. R&D covers basic research, applied research, and experimental development.

ابعاد	شاخص‌ها	CVR	میانگین	نتیجه	نقص داده[۲]	بار عاملی	نهایی
	ارتباط صنعت و دانشگاه در تحقیق‌وتوسعه	۱	۲	✓	✓	۰,۹۳۵	×
خروجی نوآوری علمی	مقالات علمی بین‌المللی	۰,۳۳	۱,۶۷	✓	✓	۰,۹۷۳	×
	سهم از انتشارات علمی در سطح جهان	۰,۶۷	۱,۸۳	✓	✓	۰,۹۷۴	✓
	سهم از انتشارات علمی در سطح منطقه	۰,۶۷	۱,۸۳	✓	✓	۰,۸۶۷	×
خروجی فرایند تجاری سازی	ارزش افزوده صنایع کشور	۱	۲	✓	✓	۰,۹۰۳	✓
	سهم صادرات فناوری‌های برتر از کل صادرات	۱	۲	✓	✓	۰,۵۱۳	✓
	سرانه تولید ناخالص داخلی	۰,۳۳	۱,۶۷	✓	✓	۰,۹۰۸	✓
	نسبت ارزش افزوده صنعت به تولید ناخالص داخلی	۰,۳۳	۱,۶۷	✓	×		×
	نسبت صادرات کالاها و خدمات به تولید ناخالص داخلی	۰,۳۳	۱,۶۷	✓	✓	۰۷۲۹	✓
	ضریب جینی	۰	۱	×			×
	نرخ فقر با ۱,۹ دلار در روز	-۰,۶	۰,۸	×			×
	شاخص رفاه	۰	۱,۱۷	✓	✓	۰,۸۷۶	×

۲-۴- کارایی نظام ملی نوآوری

به صورت کلی باید توجه داشت که مدل DEA از نظر برنامه‌ریزی ریاضی به دو مدل عمومیCCR و BCC تقسیم می‌شود. مدل CCR در سال ۱۹۵۷توسط چارنز، کوپر و رودز[۱] برای ارزیابی کارایی استفاده شد و بعد از آن بنکر، چارنز و کوپر[۲] در سال ۱۹۸۴ مدل BCC را برای ارزیابی کارایی توسعه دادند. تفاوت بین آن‌ها مربوط به نگرانی‌ها در مورد فرضیه بازگشت نسبت به مقیاس است. درمدل CCR بازده به مقیاس ثابت[۳] است به این معنی که افزایش ورودی به همان نسبت منجر به به افزایش خروجی می‌شود. با توجه به اینکه بر اساس مدل CCR کارایی از تقسیم مجموع خروجی‌های موزون به ورودی‌های موزون محاسبه می‌شود (یک عبارت کسری است)، بنابراین به‌منظور حداکثر کردن یک عبارت کسری به دو شیوه می‌توان اقدام کرد: اول، مخرج کسر را ثابت در نظر گرفت و صورت را حداکثر کرد یا دوم، صورت کسر را ثابت و مخرج را حداقل کرد. در مقابل مدل BCC بر مبنای فرضیه بازگشت متغیر نسبت به مقیاس[۴] است (مهرگان، ۱۳۹۱).

[1] Charnes, Cooper and Rhodes(CCR)
[2] Banker, Charnes and Cooper (BCC)
[3] Constant return to scale
[4] Variable return to scale

با توجه به اینکه هیچ‌گونه اجماعی در مورد برتری رویکردهای CCR و BCC برای محاسبه کارایی وجود ندارد، بنابراین در پژوهش حاضر کارایی نظام‌های نوآوری با دو رویکرد فوق و همچنین کارایی مقیاس برای زیرفرایندهای ۱ ، ۲ و کل نظام محاسبه شده است.

به عبارت دیگر در ارزیابی کارایی کلی نظام نوآوری با رویکرد CCR بازده نسبت به مقیاس ثابت است. به این معنی که افزایش ورودی منجر به افزایش خروجی به همان نسبت می‌شود. در حالی که در بازه به مقیاس متغیر، لزوماً افزایش خروجی به اندازه افزایش ورودی نبوده و ممکن است کمتر یا بیشتر باشد. در ارزیابی کارایی براساس رویکرد BCC بازده به مقیاس متغیر در نظر گرفته می‌شود؛ یعنی هر مضربی از ورودی ها، می‌تواند همان مضرب از خروجی‌ها یا کمتر از آن و یا بیشتر از آن را، در خروجی‌ها تولید کند.

۴-۲-۱- کارایی کلی نظام نوآوری

محاسبه کارایی براساس رویکرد CCR حاکی از آن است که نظام نوآوری کشورهایی مانند فیلیپین، اندونزی و آلمان کارا است. در این میان نظام نوآوری ایران با کسب نمره ۰,۳۳ به عنوان یک کشور ناکارآمد شناخته شده و در جایگاه ۴۹ در بین ۷۹ کشور مورد بررسی قرار گرفته است. از طرف دیگر نتیجه ارزیابی کارایی براساس رویکرد BCC حاکی از آن است که ۳۷ کشور از ۷۹ کشورِ مورد بررسی، دارای نظام نوآوری کارا هستند که از جمله می‌توان به کشورهای نروژ، آمریکا، دانمارک و ایران اشاره کرد. نکته جالب توجه این است که براساس این رویکرد کشورهایی مانند ژاپن و سوئد جزء نظام‌های نوآوریِ کارا قرار نمی‌گیرند. در مجموع نظام نوآوری ایران از نظر بازده نسبت به مقیاس کارایی ندارد و در رتبه ۵۰ قرار گرفته است. البته کشورهای رقیب ایران در منطقه از جمله عربستان و ترکیه نیز نظام نوآوری کارایی ندارند. در واقع براساس بازده نسبت به مقیاس کارایی نظام نوآوری ایران ۰,۳۳، عربستان ۰,۵۳۹ و ترکیه ۰,۲۹۴ است (جدول ۸).

جدول ۸: کارایی کلی نظام نوآوری ملی ایران و کشورهای منتخب

کشور	کلی		
	کارایی مقیاس	بازده متغیر نسبت به مقیاس	بازده ثابت نسبت به مقیاس
هند	۰,۷۰۴	۱	۰,۷۰۴
فیلیپین	۱	۱	۱
برزیل	۰,۵۹۸	۱	۰,۵۹۸
چین	۰,۶۴۷	۱	۰,۶۴۷
ایران	۰,۳۳	۱	۰,۳۳
روسیه	۰,۴۵۴	۰,۹۷۶	۰,۴۴۳
تایلند	۰,۵۹۴	۰,۸۶۷	۰,۵۱۵
مالزی	۰,۸۹۴	۰,۸۹۲	۰,۷۹۸

کشور	کلی		
	کارایی مقیاس	بازده متغیر نسبت به مقیاس	بازده ثابت نسبت به مقیاس
عربستان	۰,۵۳۹	۰,۹۱۳	۰,۴۹۲
ترکیه	۰,۲۹۴	۰,۹۱۶	۰,۲۶۹
استرالیا	۰,۷۸۵	۰,۹۳۶	۰,۷۳۵
فنلاند	۰,۵۷۷	۰,۹۳۲	۰,۵۳۸
آلمان	۱	۱	۱
یونان	۰,۶۵۵	۱	۰,۶۵۵
کره‌جنوبی	۰,۹۵۵	۱	۰,۹۵۵
هلند	۰,۷۱۱	۰,۹۲۶	۰,۶۵۸
سوئد	۰,۷۱۷	۰,۹۵۹	۰,۶۸۸
امارات	۰,۷۹۳	۰,۷۸۹	۰,۶۲۶
انگلیس	۰,۷۶۲	۰,۹۴۹	۰,۷۲۳
آمریکا	۱	۱	۱

نوآوری محور	گذار از کارایی محور به نوآوری محور	کارایی محور	گذار از منبع محور به کارایی محور	منبع محور

۴-۲-۲- کارایی زیرفرایند ۱

نتایج محاسبه کارایی نظام نوآوری در زیرفرایند ۱ براساس رویکرد BCC، حاکی از آن است که از مجموع ۷۹ کشور مورد بررسی، ۲۱ کشور با کسب نمره ۱، کارا هستند که از جمله می‌توان به کشورهای برزیل، چین، رومانی، دانمارک، لوکزامبورگ و هلند اشاره کرد. در این میان ایران با نمره ۰,۹۴۸ جزء نظام‌های غیرکارا و در رتبه ۱۳ قرار گرفته است. البته بررسی دقیق‌تر نتایج حاکی از آن است که نظام نوآوری ایران از نظر شاخص خروجی تعداد پتنت‌های ثبت شده وضعیت مناسبی ندارد و با کمبود قابل توجهی روبرو است. علاوه بر این، در شاخص خروجی میزان جذب فناوری در شرکت‌ها نیز کمبودهایی در نظام نوآوری ایران دیده می‌شود که نیازمند توجه بیشتر است. در مقابل از نظر شاخص ورودی "تعداد مهندسان و دانشمندان تمام وقت" با مازاد روبرو است (جدول ۹).

جدول ۹: آمار جزئی شاخص‌های ورودی و خروجی زیرفرایند ۱ ایران

شاخص	Original Value	Radial movement	Slack movement	Projected Value
تعداد پتنت‌های ثبت شده در آمریکا	۱۹۹	۰	۴۴۹۶,۷۱۱	۴۶۹۵,۷۱۱
میزان جذب فناوری در شرکت‌ها	۳,۸	۰	۰,۳۰۱	۴,۱۰۱
سهم از انتشارات علمی در سطح جهان	۱,۸۵	۰	۰	۱,۸۵
تعداد مهندسان و دانشمندان تمام وقت	۴,۴۸	-۰,۲۳۴	-۱,۰۱۸	۳,۲۲۸

شاخص	Original Value	Radial movement	Slack movement	Projected Value
هزینه تحقیق و توسعه	۰,۳۲۵	-۰,۰۱۷	۰	۰,۳۰۸
دسترسی به سرمایه‌گذاری خطر پذیر	۲,۷	-۰,۱۴۱	۰	۲,۵۵۹

از طرف دیگر براساس رویکرد CCR، نظام نوآوری ۹ کشور کارا شناخته شدند که از جمله می‌توان به کشورهای نیکاراگوئه، برزیل و چین اشاره کرد. در این رویکرد نظام نوآوری ایران نیز با کسب نمره ۰,۹۰۶ کارا نبوده و در رتبه ۲۵ قرار گرفته است. در مجموع نظام نوآوری ایران در زیرفرایند ۱، از نظر کارایی مقیاس با کسب نمره ۰,۹۵۶، کارایی ندارد. این در حالی است که نظام نوآوری کشورهایی مانند فیلیپین، چین، برزیل و حتی ترکیه در زیرفرایند ۱، کارایی مقیاس بالاتری نسبت به ایران دارند (جدول ۱۰).

جدول ۱۰: کارایی زیرفرایند ۱ نظام نوآوری ملی ایران و کشورهای منتخب

کشور	زیرفرایند۱		
	کارایی مقیاس	بازه متغیر نسبت به مقیاس	بازده ثابت نسبت به مقیاس
هند	۰,۹۹	۰,۹۷۱	۰,۹۶۱
فیلیپین	۰,۹۵۴	۱	۰,۹۵۴
برزیل	۱	۱	۱
چین	۱	۱	۱
ایران	۰,۹۵۶	۰,۹۴۸	۰,۹۰۶
روسیه	۰,۹۹۸	۰,۸۸۶	۰,۸۸۴
تایلند	۰,۹۴۸	۰,۸۵۴	۰,۸۱
مالزی	۰,۹۰۱	۰,۷۹۲	۰,۷۱۴
عربستان	۰,۹۲۹	۰,۸۷۲	۰,۸۱
ترکیه	۰,۹۸۲	۰,۹۳۱	۰,۹۱۴
استرالیا	۰,۹۵۷	۰,۸۹۵	۰,۸۵۷
فنلاند	۰,۸۷۷	۰,۷۹۳	۰,۶۹۶
آلمان	۰,۹۵	۰,۸۷۶	۰,۸۳۲
یونان	۱	۱	۱
کره‌جنوبی	۰,۹۷۷	۰,۹۹۴	۰,۹۷۲
هلند	۰,۸۸	۱	۰,۸۸
سوئد	۰,۸۵۳	۱	۰,۸۵۳
امارات	۰,۷۱۸	۱	۰,۷۱۸
انگلیس	۰,۹۴۴	۰,۹۳۲	۰,۸۸
آمریکا	۱	۱	۱

نوآوری‌محور	گذار از کارایی‌محور به نوآوری-محور	کارایی‌محور	گذار از منبع‌محور به کارایی-محور	منبع-محور

۴-۲-۳- کارایی زیرفرایند ۲

نتایج محاسبه کارایی نظام نوآوری در زیرفرایند ۲ براساس رویکرد BCC، حاکی از آن است که نظام ملی نوآوری ایران جزء نظام‌های کارا در زیرفرایند ۲ است. با این حال برخی از کشورهای توسعه‌یافته جهان از جمله ژاپن، سوئد و دانمارک در این زیرفرایند کارا نبوده‌اند. نتایج محاسبه کارایی زیرفرایند ۲ براساس رویکرد CCR، نیز حاکی از کارا بودن ۳۱ کشور است که از جمله می‌توان به کشورهای مکزیک، اندونزی، فرانسه، ایسلند، قبرس، روسیه و پاراگوئه اشاره کرد. در این میان نظام نوآوری ایران با کارایی ۰,۵۸۳ در رتبه ۲۵ قرار گرفته است. در مجموع نظام نوآوری ایران در زیرفرایند ۲، از نظر کارایی مقیاس با کسب نمره ۰,۵۸۳، کارایی ندارد و در رتبه ۳۶ قرار گرفته است. این در حالی است که نظام نوآوری کشورهایی مانند انگلیس، آمریکا و هند برخلاف ایران در زیرفرایند ۲، کارایی مقیاس دارند (جدول ۱۱).

جدول ۱۱: کارایی زیرفرایند ۲ نظام نوآوری ملی ایران و کشورهای منتخب

کشور	زیرفرایند۲		
	کارایی مقیاس	بازده متغیّر نسبت به مقیاس	بازده ثابت نسبت به مقیاس
هند	۱	۱	۱
فیلیپین	۱	۱	۱
برزیل	۱	۱	۱
چین	۱	۱	۱
ایران	۰,۵۸۳	۱	۰,۵۸۳
روسیه	۱	۱	۱
تایلند	۰,۹۴۱	۰,۹۳۵	۰,۸۷۹
مالزی	۰,۹۹۷	۰,۹۴۵	۰,۹۴۳
عربستان	۰,۹۷۹	۱	۰,۹۷۹
ترکیه	۰,۹۰۴	۱	۰,۹۰۴
استرالیا	۰,۹۶۴	۰,۹۹۹	۰,۹۶۴
فنلاند	۰,۶۰۲	۰,۹۴۵	۰,۵۶۹
آلمان	۱	۱	۱
یونان	۰,۸۲۴	۱	۰,۸۲۴
کره‌جنوبی	۱	۱	۱
هلند	۰,۷۷۷	۰,۹۳۲	۰,۷۲۴
سوئد	۰,۷۴۹	۰,۹۷۳	۰,۷۲۸

کشور	زیرفرایند۲		
	کارایی مقیاس	بازده متغیّر نسبت به مقیاس	بازده ثابت نسبت به مقیاس
امارات	۱	۱	۱
انگلیس	۱	۱	۱
آمریکا	۱	۱	۱

نوآوری محور	گذار از کارایی‌محور به نوآوری‌محور	کارایی محور	گذار از منبع‌محور به کارایی‌محور	منبع‌محور

۴-۲-۴- کارایی زیرفرایند ۱ در مقایسه با زیرفرایند ۲

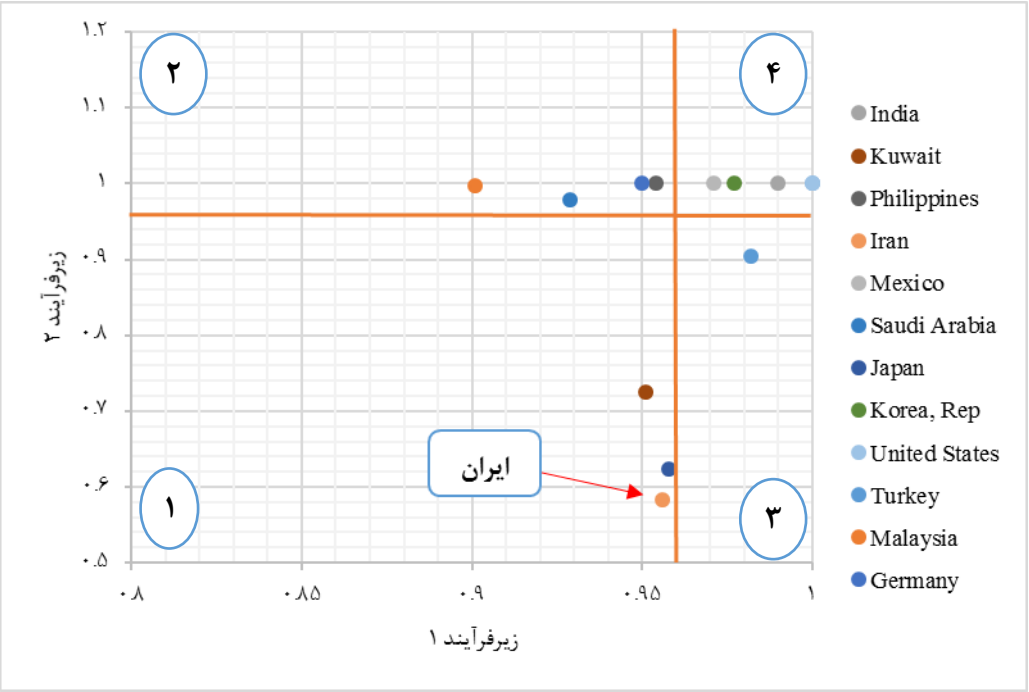
هدف از تقسیم فرآیند نوآوری به دو زیرفرایند ۱ (تولید دانش) و ۲ (تجاری‌سازی دانش)، ارزیابی دقیق‌تر کارایی نظام‌های نوآوری ملی است. در بخش‌های قبل کارایی نظام نوآوری ایران در دو زیرفرایند ۱ و ۲ محاسبه شد. در این بخش به منظور تحلیل بهتر کارایی نظام نوآوری ایران، از ترکیب نمره کارایی در هر دو زیرفرایند مذکور به صورت همزمان استفاده می‌شود و براساس آن با الهام از (Carayannis et al., 2016) در ادامه یک گونه‌شناسی در مورد نظام‌های نوآوری مختلف در خصوص کشورهای مورد مطالعه ارائه شده است. در این راستا محور افقی مربوط به نمره کارایی در زیرفرایند ۱ (تولید دانش) و محور عمودی مربوط به زیرفرایند ۲ (تجاری‌سازی دانش) است (**Error! Reference source not found.**). در مجموع گونه‌های شناسایی شده به شرح زیر هستند که البته نیاز است که برای هر یک از آن‌ها با توجه به شرایط خاص خود سیاست‌های مناسب تدوین گردند:

۱. نظام‌های نوآوری ناکارا (۱): این گروه شامل کشورهایی است که در هر دو زیرفرایند تولید و تجاری‌سازی دانش نسبت به بقیه کشورها کارایی پایین‌تری دارند (کارایی پایین‌تر از ۰,۹۵ به عنوان کارایی پایین در نظر گرفته شده است). این دسته از کشورها باید همزمان بر بهبود عملکرد کارایی هر دو زیرفرایند تمرکز کنند. این دسته از کشورها اگر صرفاً به دنبال افزایش ورودی‌ها باشند و سیاست‌های خاصی را در راستای ارتقاء خروجی‌های خود دنبال نکنند، به نتایج ملموسی دست نخواهند یافت. به عبارت دقیق‌تر افزایش ورودی‌ها تاثیر محدودی بر بهبود خروجی‌ها خواهد داشت.

۲. رهبران تجاری‌سازی (۲): کشورهای این گروه در زیرفرایند ۱ کارآمد نبوده اما در زیرفرایند ۲ کارایی بالاتری دارند. کشورهای این گروه باید به منظور ارتقاء کارایی کلی نظام نوآوری ملی، تمرکز خود را بر ارتقاء کارایی زیرفرایند ۱ متمرکز کنند. دولت در کشورهای این گروه می‌تواند از طریق حمایت از ثبت پتنت و انتشارات مقالات علمی بین‌المللی زمینه ارتقاء کارایی در زیرفرایند ۱ را فراهم کند؛ یا اینکه میزان ورودی‌های زیرفرایند ۱، از جمله هزینه‌های تحقیق و توسعه را کاهش دهد.

۳. رهبران خلق دانش (۳): کشورهای این گروه دارای کارایی بالا در زیر فرایند ۱ و کارایی پایین‌تر در زیر فرایند ۲ هستند. به همین دلیل کشورهای این گروه علیرغم هزینه‌هایی که برای انجام فعالیت‌های تحقیق و توسعه صرف می‌کنند، اثرات آن را در صنایع و وضعیت زندگی مردم مشاهده نمی‌کنند. مناسب‌ترین سیاست‌ها برای این گروه تمرکز بر افزایش خروجی‌های بازار از طریق حمایت‌ها و مشوق‌های دولتی است.
۴. نظام‌های نوآوری کارا (۴): این گروه شامل کشورهایی است که در هر دو زیر فرایند ۱ و ۲ نسبت به بقیه کشورها کاراتر هستند. این دسته از کشورها به دلیل کارآمدی نظام نوآوری خود می‌توانند با تمرکز بر افزایش ورودی‌های خود زمینه را برای افزایش خروجی‌ها (با توجه به کارایی نظام) فراهم کنند.

در این میان نظام نوآوری ملی ایران همانطور که مشاهده می‌شود در گروه ناکارا (۱) قرار گرفته است. البته باید توجه داشت که کارایی نظام نوآوری ایران در زیرفرایند ۱ بالاتر از زیرفرایند ۲ است. بخشی از آن نیز به دلیل تمرکز بر افزایش نرخ انتشار مقالات علمی طی سال‌های اخیر است. با این حال ضعف تجاری‌سازی موضوع مهمی است که نیازمند توجه است.



شکل ۳: ترکیب کارایی زیرفرایند ۱ و ۲ نظام نوآوری ملی[۱]

۵-۲-۴- تحلیل یافته‌ها

با توجه به تحلیل‌های صورت‌گرفته مشخص شد که نظام نوآوری ایران در زیرفرایند ۱، کارا نیست (کارایی مقیاس ۰,۵۸۳). این در حالی است که نظام نوآوری عربستان (کارایی مقیاس ۰,۹۷۹) و ترکیه (کارایی مقیاس ۰,۹۰۴) به عنوان رقبای منطقه‌ای ایران از این منظر کارایی بالاتری دارند. بررسی جداگانه وضعیت ایران در هر یک از شاخص‌های زیرفرایند ۱ با ۷۹ کشور منتخب حاکی از آن است که در هیچ یک از شاخص‌های مذکور ایران جزء ۱۰ کشور برتر قرار نگرفته است. علاوه بر این جایگاه ایران در شاخص‌های خروجی زیرفرایند ۱ نسبت به ورودی‌های آن به مراتب ضعیف‌تر است که با توجه به کارا نبودن نظام نوآوری ایران در زیرفرایند ۱ کاملاً طبیعی است.

در این میان تعداد مقالات ISI و تعداد پتنت‌های ثبت شده در اداره ثبت پتنت آمریکا به عنوان شاخص خروجی زیرفرایند ۱ مورد بررسی قررا گرفته‌اند. با وجود توجه دولتمردان و دانشگاهیان به انتشار مقالات ISI، با این حال ضعف نظام در زمینه تعداد پتنت‌ها، باعث شده است که خروجی‌های متناسب با ورودی‌ها در نظام نوآوری ایران حاصل نشوند. با این حال باید توجه داشت که توجه

[۱] از آنجایی که دلیل تشابه نمرات کارایی امکان نمایش جایگاه همه کشورها در نمودار وجود نداشت بنابراین برخی از کشورهای منتخب در نمودار نمایش داده شده‌اند.

سیاست‌گذاران به انتشار مقالات علمی، باعث شده است که به مرور زمان میزان مقالات عملی افزایش یابند؛ البته همچنان نظام نوآوری ایران در این زمینه ضعیف است به گونه‌ای که در بین ۷۹ کشور، در جایگاه ۵۰ قرار گرفته است. در مقابل آمار مربوط به تعداد پتنت‌ها پایین بوده و براساس نتایج تحلیل کارایی زیرفرایند ۱ مشخص است که این شاخص خروجی با کمبود قابل توجهی روبرو است. با وجود اینکه بخشی از دلایل پایین بودن این شاخص به مشکلات سیاسی، زبانی و هزینه‌ایِ مربوط به ثبت پتنت در آمریکا و فرهنگی (ریسک‌گریزی) بر می‌گردد اما بخش دیگری از آن به ضعف نظام نوآوری کشور در این زمینه بر می‌گردد. این موضوع را با مقایسه رتبه ایران در این شاخص با کشورهای دیگری که از نظر زبانی و هزینه مشکلاتی را برای ثبت پتنت در آمریکا دارند می‌توان درک کرد. بررسی جداگانه این شاخص حاکی از آن است که نظام نوآوری ایران در بین ۷۹ کشور مورد بررسی جایگاه ۵۵ را کسب کرده است که جایگاه مناسبی نیست. در مجموع باید توجه داشت با وجود مشکلات سیاسی (بین ایران و آمریکا) لازم است دولت به افزایش تعداد پتنت‌ها به عنوان یکی از خروجی‌های زیرفرایند ۱ توجه ویژه‌ای داشته باشند. از جمله اقدامات دولت در این زمینه حمایت مالی و ارائه مشاوره به محققان داخلی برای ثبت پتنت خود در اداره ثبت پتنت آمریکا است. از طرف دیگر دولت باید با تقویت زیرساخت‌ها و قوانین حمایت از دارایی فکری، انگیزه ثبت پتنت را در بین محققان کشور افزایش دهد.

علاوه بر این، نتایج تحلیل‌ها حاکی از مازاد شاخص ورودی تعداد مهندسان و دانشمندان تمام‌وقت در زیرفرایند ۱ است. نظام نوآوری ایران در این شاخص در بین ۷۹ کشور مورد بررسی در جایگاه ۳۱ قرار گرفته است اما خروجی‌های متناسب با تعداد مهندسان و دانشمندان را ندارد. یکی از دلایل این موضوع ناشی از توجه بیش از حد سیاست‌گذاران به شاخص‌های کمّی بدون در نظر گرفتن کیفیت آن‌ها است و همین موضوع باعث شده است که طی سال‌های اخیر تعداد فارغ‌التحصیلان دانشگاهی افزایش پیدا کند. در واقع توجه صرف به تعداد فارغ‌التحصیلان دانشگاهی و در نظر نگرفتن امکانات و تجهیزات مورد نیاز برای آموزش نیروی انسانیِ توانمند باعث افزایش تعداد فارغ‌التحصیلان دانشگاهی شده است که دانش و توانمندی لازم برای نقش‌آفرینی در اقتصاد کشور و کمک به کارایی نظام نوآوری را ندارند. در مجموع باید توجه داشت همانطور که در **Error! Reference source not found.** نشان داده شده است نظام نوآوری ایران در شاخص‌های زیر مجموعه موج اول توسعه علم، فناوری و نوآوری به نسبت دیگر شاخص‌ها شرایط مناسب‌تری دارد و بعضاً در برخی از شاخص‌ها (تعداد دانشمندان و مهندسان) دارای مازاد است. با این حال در شاخص‌های زیرمجموعه موج دوم به ویژه پتنت شرایط قابل قبولی ندارد. البته در زمینه افزایش کمی پارک‌ها و مراکز رشد فعالیت‌های گسترده‌ای انجام شده است با این حال با توجه به وضعیت شاخص‌های موج سوم به نظر می‌رسد که این نهادها نیز کارایی لازم را نداشته‌اند و اثرات علم، فناوری و نوآوری در نظام نوآوری ایران در عرصه

اجتماع و اقتصاد کشور به خوبی نمایان نشده است (پایین بودن سهم صادرات محصولات با فناوری برتر یا ...).

نظام نوآوری ایران در زیرفرایند ۲ نیز کارا نبوده و حتی شرایط ضعیف‌تری نسبت به زیرفرایند ۱ دارد. در واقع بسیاری از فعالیت‌های پژوهشی و مطالعات در نظام نوآوری ایران در محیط واقعی و تجاری به کار گرفته نمی‌شود و به همین دلیل اثرات شاخص‌های ورودی و هزینه‌های نظام نوآوری در سطح رفاه جامعه بسیار پایین و ناکارآمد است. در این میان بررسی وضعیت رتبه ایران در هر یک از شاخص‌های زیرمجموعه زیرفرایند ۲ (تجاری‌سازی) با کشورهای منتخب حاکی از آن است که نظام نوآوری ایران در هیچ کدام از شاخص‌ها جزء ۱۰ کشور برتر قرار نگرفته است. علاوه بر این جایگاه نامناسب نظام نوآوری ایران در "شاخص ارزش افزوده صنایع کشور" (رتبه ۶۰ در بین ۷۹ کشور منتخب)، تاثیر منفی قابل توجهی بر کارایی زیرفرایند ۲ داشته است. در این زمینه نیز باید توجه داشت علیرغم وجود سه موج توسعه علم، فناوری و نوآوری در ایران (**Error! Reference source not found.**)، اما بررسی شاخص‌ها حاکی از آن است که با گذر از موج اول به سمت موج سوم عملکرد نظام نوآوری ضعیف‌تر شده است؛ به گونه‌ای که در شاخص‌های موج اول شرایط نسبتاً قابل قبول است اما در ادامه مسیر و حرکت به سمت تاثیرگذاری عملکرد نظام نوآوری در جامعه و اقتصاد کشور این عملکرد ضعیف‌تر شده است.

شاخص اندازه بازار بومی نیز یکی دیگر از نقاط ضعف نظام نوآوری ایران است. درک تاثیر منفی این شاخص با توجه به اینکه اغلب صنایع کشور رویکرد جهانی نداشته و عمدتاً متمرکز بر بازار داخلی هستند و همچنین مشکلاتی که تحریم‌های بین‌المللی برای ورود صنایع ایران به بازارهای بین‌المللی ایجاد کرده‌اند، بیشتر نمایان خواهد شد.

علاوه بر این جایگاه نامناسب نظام نوآوری ایران در شاخص " میزان آسان بودن دسترسی به وام" به عنوان ورودی در ناکارامدی زیرفرایند ۲ تأثیرگذار بوده است. این موضوع تا حدی ناشی از فرهنگ محافظه‌کاری حاکم بر مدیریت سازمان‌های مالی کشور است. بسیاری از مدیران و رؤسای نهادهای تأمین مالی کشور (از جمله بانک‌ها، صندوق‌های سرمایه‌گذاری و...) عمدتاً دارای فرهنگ مدیریت دولتی هستند و به خاطر نگرانی از پاسخگویی در زمان اعطای وام به شرکت‌ها و کارآفرینان، محافظه‌کاری بالایی دارند.

در مجموع و با توجه به شرایط نظام نوآوری ایران باید توجه داشت که دستیابی به سطح عملکرد بهینه در هر دو زیرفرایند خلق و تجاری‌سازی دانش به صورت همزمان برای نظام نوآوری ایران به دلیل محدودیت منابع مشکل است. از این رو لازم است که سیاستگذاران به این موضوع توجه داشته و سیاست‌های مناسب را تدریجاً تدوین نمایند. به عنوان مثال در داخل کشور برنامه‌های ستاد ویژه توسعه فناوری نانو در این زمینه مناسب است. این ستاد در برنامه اول ده ساله خود عمدتاً متمرکز بر

موضوع خلق دانش و حمایت از برنامه‌های آموزشی و پژوهشی در سطح دانشگاه‌ها بوده است. بعد از گذشت ۱۰ سال و زمانی که نظام نوآوری حوزه نانو فناوری از نظر زیرفرایند خلق دانش به جایگاه مناسبی دست یافت، حالا در برنامه ۱۰ ساله دوم خود متمرکز بر رسوخ فناوری نانو در صنایع مختلف کشور و به عبارت دقیق‌تر تجاری‌سازی فناوری نانو شده است.

بر اساس نتایج پژوهش حاضر که حاکی از عدم کارایی نظام نوآوری در ایران است، الزاماً افزایش ورودی‌ها منجر به افزایش خروجی‌ها نمی‌گردد. نمود بارز این موضوع افزایش قابل توجه دانشگاه‌ها در کشور است که خروجی قابل توجهی برای نظام نوآوری کشور به همراه نداشته است. در این زمینه لازم است که بر افزایش کیفیت دوره‌های آموزشی توجه شود به گونه‌ای که هر دانشگاه متناسب با تجهیزات، منابع مالی و زیرساخت‌های خود دانشجو بپذیرد. علاوه بر این لازم است که دولت با تقویت زیرساخت‌های حمایت از مالکیت فکری و همچنین ارائه حمایت‌های مالی و معنوی (اعطای گرنت، مشاوره و ...) در زمینه ثبت پتنت‌های بین‌المللی، شرایط ارتقاء سطح انگیزه محققان به منظور انجام پژوهش‌های کاربردی و ثبت پتنت‌های بین‌المللی را افزایش دهد. همچنین، همانطور که اشاره شد ضعف دسترسی به منابع مالی به عنوان ورودی زیرفرایند ۲، یکی از شاخص‌های تاثیرگذار در ناکارآمدی نظام نوآوری ایران است؛ بنابراین لازم است که دولت با ارائه حمایت‌های مالی و اعطای گرنت به ویژه به شرکت‌های دانش‌بنیان، زمینه به کارگیری پژوهش‌های دانشگاهی در محیط واقعی و عملیاتی را فراهم نماید. علاوه بر این، با توجه به ضعف در شاخص اندازه بازار بومی، نیاز است که دولت با تحریک طرف تقاضا و تقویت سیاست‌های طرف تقاضا زمینه را برای ارتقاء این شاخص و در نتیجه افزایش خروجی‌های نظام نوآوری فراهم کند. به طور خلاصه با توجه به نتایج پژوهش حاضر و ذیل یک سیاست نوآوری مشخص و نظام‌مند، توصیه‌های سیاستی که دولت با اجرای آن‌ها می‌تواند به کارایی نظام نوآوری کشور کمک کند عبارتند از:

۱. اختصاص بخشی از بودجه سازمان‌های دولتی به پروژه‌های تحقیق و توسعه در شرکت‌های دانش‌بنیان (مشابه برنامه SBIR آمریکا)؛

۲. حمایت از خرید تضمینی فناوری توسط سازمان‌های دولتی و شرکت‌های خصوصی بزرگ: در واقع دولت می‌تواند با شناسایی نیازهای فنی شرکت‌های دولتی و خصوصی و اعلام نیازها به شرکت‌های دانش‌بنیان توانمند و پرداخت بخشی از هزینه توسعه فناورانه به صورت گرنت، زمینه نقش‌آفرینی شرکت‌های دانش‌بنیان در اقتصاد کشور را فراهم کند. البته شرکت‌های متقاضی باید خرید فناوری یا محصول مورد نظر را برای مدت زمان مشخصی تضمین کنند. این برنامه شبیه برنامه خرید تضمینی فناوری در کره‌جنوبی است؛

۳. ارائه گرنت و مشاوره در زمینه شناسایی بازارهای بین‌المللی و نیاز آن‌ها، تطبیق محصول نهایی با نیاز بازارهای هدف و ارسال محصول به بازارهای هدف (این برنامه شبیه برنامه حمایت از صادرات فناوری برزیل[1] است)؛
۴. اعطای گواهی عملکرد به شرکت‌های دانش‌بنیان بر اساس شاخص‌های ارزیابی مناسب و ایجاد اعتماد در شرکت‌های خصوصی و دولتی نسبت به عملکرد شرکت‌های دانش‌بنیان برای ارتقاء همکاری شرکت‌های بزرگ و کوچک در زمینه تولید؛
۵. حمایت از اجرای طرح صندوق‌های به‌همرسان[2]: به عنوان مثال نهادهای مالی کشور می‌توانند بخشی از منابع خود را به صورت غیرمستقیم از طریق صندوق‌های سرمایه‌گذاری ریسک‌پذیر تخصصی به طرح‌های دانش‌بنیان اختصاص دهند. در مقابل دولت نیز متعهد شود که بخشی از ضرر و زیان ناشی از سرمایه‌گذاری صندوق‌های ریسک‌پذیر واسطه را متقبل خواهد شد.
۶. ارتقاء نگرش شرکت‌های دانش‌بنیان در زمینه توجه به بازارهای بین‌المللی: به عنوان مثال می‌توان به برگزاری رویدادهای ترویجی و انتشار داستان‌های موفقیت در زمینه ارتقاء نگرش شرکت‌های دانش‌بنیان برای توجه به نیاز بازارهای بین‌المللی اشاره نمود؛
۷. حمایت از اجرایی‌سازی برنامه‌های رسوخ فناوری و افزایش ظرفیت جذب و ضریب نفوذ و اشاعه فناوری و نوآوری در سطوح مختلف بنگاهی و صنعتی؛
۸. حمایت از برنامه‌های شبکه‌سازی و همکاری فناورانه میان شرکت‌های کوچک و بزرگ: به عنوان مثال قرار گرفتن شرکت‌های کوچک در زنجیره ارزشی شرکت‌های بزرگ و صنایع می‌تواند اقدامی مهم با هدف افزایش رشد اقتصادی باشد.

۵- جمع‌بندی

با توجه به اهمیت نظام نوآوری، محققان با رویکردهای مختلف اقدام به تحلیل عملکرد آن کرده و براساس نتایج تحلیل‌ها، سیاست‌هایی را در پاسخ به چالش‌های موجود تدوین می‌کنند. پژوهش حاضر نیز با هدف ارزیابی کارایی نظام ملی نوآوری ایران در مقایسه با برخی از کشورهای منتخب (به ویژه کشورهای رقیب در منطقه) انجام شده است.

براساس نتایج پژوهش حاضر، نظام نوآوری ملی ایران در زیرفرایندهای ۱ و ۲ و همچنین در کل فرایند نوآوری کارا نیست و نسبت به رقبای منطقه‌ای خود یعنی کشورهای عربستان و ترکیه شرایط

[1] Export technology support program (Peogex)
[2] Fund of Fund

ضعیف‌تری دارد. در مطالعات مختلف به ضعف نظام نوآوری ایران در زمینه فعالیت‌های تجاری‌سازی دانش و فناوری (زیرفرایند ۲) اشاره شده است. در حالی که در زمینه زیرفرایند ۱ (خلق دانش) این تصور وجود دارد که محققان کشور فعال هستند و تمرکز بالایی بر انتشار مقاله دارند. با این حال نتایج پژوهش حاضر حاکی از آن است که با وجود تلاش‌های گسترده‌ای که در زمینه انتشار مقاله و ثبت پتنت صورت می‌گیرد اما این تلاش‌ها متناسب با ورودی‌هایی که برای این کار صرف می‌شود نیستند. لذا با توجه به کارایی پایین‌تر نظام نوآوری ایران در زیرفرایند ۲، نیاز است که سیاست‌گذاران به این موضوع توجه ویژه‌ای داشته باشند. البته غیر از تمرکز بر افزایش خروجی‌ها باید در زمینه ورودی‌ها نیز تجدیدنظر صورت گیرد. به عنوان نمونه گسترش بی‌رویه دانشگاه‌ها و افزایش فارغ‌التحصیلان دانشگاهی (به عنوان ورودی زیرفرایند ۲) که کیفیت لازم برای نقش‌آفرین در نظام نوآوری را ندارند یکی از دلایل ناکارآمدی زیرفرایند ۲ است. یکی دیگر از دلایل ناکارآمدی نظام نوآوری ایران پایین بودن تعداد پتنت‌ها به عنوان خروجی زیرفرایند ۱ است. بخشی از این موضوع به دلیل محدودیت‌های سیاسی است؛ اما محدودیت‌های مالی برای ثبت پتنت در خارج از کشور و همچنین عدم آگاهی متخصصان با فرایند ثبت پتنت باعث شده است که آمار پتنت ثبت شده در خارج از کشور پایین باشد. از این رو لازم است سیاست‌های حمایتی از قبیل اعطای گرنت و ارائه مشاوره رایگان برای ثبت پتنت به متخصصان کشور ارائه شود.

از آنجایی که برخی از ویژگی‌های جغرافیایی، فرهنگی و محیطی بر عملکرد نظام نوآوری ملی کشورهای مختلف تاثیرگذار هستند پیشنهاد می‌شود در آینده محققان با درنظر گرفتن ویژگی‌های خاص کشورهای مختلف، کارایی نظام نوآوری آن‌ها را بررسی کنند.

منابع

بی تعب, علی, قاضی نوری, سید سپهر, شجاعی, سعید. "مدلی برای ارزیابی توانمندی نوآوری در سطح ملی" .*فصلنامه مدیریت توسعه فناوری*،۳-۲۹، ۱(۲)، (۱۳۹۲).

پاکزاد بناب مهدی، طباطبائیان سیدحبیب‌الله. بررسی سیستمهای سنجش نوآوری و ارائه چارچوبی برای سنجش نوآوری در ایران. *پژوهش های مدیریت در ایران*. ۱۳۸۵; ۱۰ (۱) :۱۶-۱

سوزنچی کاشانی، ابراهیم. "مرور تاریخچه مطالعات علم، فناوری و نوآوری و ضرورت ایفاء نقش دولت ."*سیاست علم و فناوری*.۱-۱۶، ۱۱(۲)، (۱۳۹۸).

شجاعی سعید؛ علی بی تعب; سید سعید منجم زاده. "تبیین نظام‌مند توانمندی نوآوری در سطح ملی". *فصلنامه توسعه تکنولوژی صنعتی*, ۹, ۱۷, ۱۳۹۰, ۲۵-۴۰.

شهریاری, سلطانعلی, لاهیجی, ساینا." ارزیابی کارایی نظام ملی نوآوری با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای. "*مدیریت صنعتی*, ۱۳۹۶; ۹(۳): ۴۵۵-۴۷۴.

طباطبائیان، سیدحبیب‌الله ؛ نقی‌زاده، رضا و خالدی، آرمان؛ نقی‌زاده، محمد. "شاخص ترکیبی پایش توانمندی فناوری : بررسی وضعیت توانمندی فناوری ایران و ۶۹ کشور دنیا." *فصلنامه سیاست علم و فناوری*، ۷۷-۹۲، ۸(۲)، (۱۳۸۹).

قاضی نوری سپهر. و قاضی نوری سروش.،"مقدمه ای بر سیاستگذاری علم، فناوری و نوآوری. *انتشارات دانشگاه تربیت مدرس*."، (۱۳۹۱).

گزارش آنکتاد، مروری بر سیاست‌های علم، فناوری و نوآوری در ایران، (۱۳۹۵).

محمدی, علی, ستوده, فیروزه. "مقایسه کارایی نظام ملی نوآوری در ایران و کشورهای هدف در سند چشم‌انداز ۲۰ ساله. "*فصلنامه مطالعات مدیریت راهبردی*, ۱۳۹۳; ۵(۲۰): ۳۷-۵۱.

مهرگان, محمدرضا. تحلیل پوششی داده ها: مدلهای کمی در ارزیابی عملکرد سازمان ها. تهران: *نشر کتاب دانشگاهی*, ۱۳۹۱.

نوری، جواد؛ سوزنچی کاشانی، ابراهیم. (۱۳۹۱). " تاملی در کارآیی نظام ملی نوآوری به عنوان چارچوب سیاست‌گذاری فناوری و نوآوری در ایران". *سیاست نامه علم و فناوری*. ۲۵-۴۴، ۲(۱)، (۱۳۹۱).

پژوهشکده فناوری‌های نرم دانشگاه تهران، *مدل‌های کلان نوآوری*، (۱۳۹۸).

Archibugi, Daniele, and Alberto Coco. "A New Indicator of Technological Capabilities for Developed and Developing Countries (Arco)." *World development* 32.4 (2004): 629-54. Print.

Archibugi, Daniele, Mario Denni, and Andrea Filippetti. "The Technological Capabilities of Nations: The State of the Art of Synthetic Indicators." *Technological Forecasting and Social Change* 76.7 (2009): 917-31. Print.

Banker, Rajiv D, and Ram Natarajan. "Evaluating Contextual Variables Affecting Productivity Using Data Envelopment Analysis." *Operations research* 56.1 (2008): 48-58. Print.

Bazi, Hamid reza, and Ali reza Hasanzadeh. "Proposal the Novel Cloud Computing Adoption Framework Using Meta Synthesis Approach." *Journal of Information Processing and Management* 0.0 (2017): 726-26. Print.

Cai, Yuezhou. "Factors Affecting the Efficiency of the Bricss' National Innovation Systems: A Comparative Study Based on Dea and Panel Data Analysis." (2011). Print.

Carayannis, Elias G, Evangelos Grigoroudis, and Yorgos Goletsis. "A Multilevel and Multistage Efficiency Evaluation of Innovation Systems: A Multiobjective Dea Approach." *Expert Systems with Applications* 62 (2016): 63-80. Print.

Chen, Chiang-Ping, Jin-Li Hu, and Chih-Hai Yang. "An International Comparison of R&D Efficiency of Multiple Innovative Outputs: The Role of the National Innovation System." *Innovation* 13.3 (2011): 341-60. Print.

Chen, Kaihua, and Jiancheng Guan. "Measuring the Efficiency of China's Regional Innovation Systems: Application of Network Data Envelopment Analysis (Dea)." *Regional Studies* 46.3 (2012): 355-77. Print.

Cooper, WW, et al. "Efficiency Aggregation with Enhanced Russell Measures in Data Envelopment Analysis." *Socio-Economic Planning Sciences* 41.1 (2007): 1-21. Print.

Freeman, C. *Technology, Policy, and Economic Performance: Lessons from Japan*. Pinter Publishers, 1987. Print.

Godin, Benoît. "National Innovation System: The System Approach in Historical Perspective." *Science, Technology, & Human Values* 34.4 (2009): 476-501. Print.

Guan, Jian Cheng, et al. "A Study of the Relationship between Competitiveness and Technological Innovation Capability Based on Dea Models." *European Journal of Operational Research* 170.3 (2006): 971-86. Print.

Guan, Jiancheng, and Kaihua Chen. "Modeling the Relative Efficiency of National Innovation Systems." *Research Policy* 41.1 (2012): 102-15. Print.

Hendrickson, Luke, et al. "Australian Innovation System Report 2011." *Commonwealth of Australia* (2011). Print.

Hollanders, Hugo, and Funda Celikel-Esser. *Measuring Innovation Efficiency*: INNO-Metrics, 2007. Print.

Jiancheng, Guan, and Wang Junxia. "Evaluation and Interpretation of Knowledge Production Efficiency." *Scientometrics* 59.1 (2004): 131-55. Print.

Lafarga, Cuitláhuac Valdez, and Jorge Inés León Balderrama. "Efficiency of Mexico's Regional Innovation Systems: An Evaluation Applying Data Envelopment Analysis (Dea)." *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development* 7.1 (2015): 36-44. Print.

Landry, Réjean, and Nabil Amara. "Dilemmas of Practice-Based Innovation Policy-Making." *Practice-Based Innovation: Insights, Applications and Policy Implications*. Springer, 2012. 65-89. Print.

Lawshe, Charles H. "A Quantitative Approach to Content Validity." *Personnel psychology* 28.4 (1975): 563-75. Print.

Lee, Hak-Yeon, and Yong-Tae Park. "An International Comparison of R&D Efficiency: Dea Approach." *Asian Journal of Technology Innovation* 13.2 (2005): 207-22. Print.

Liu, John S, Wen-Min Lu, and Mei Hsiu-Ching Ho. "National Characteristics: Innovation Systems from the Process Efficiency Perspective." *R&D Management* 45.4 (2015): 317-38. Print.

Mahroum, Sami, and Yasser Al-Saleh. "Towards a Functional Framework for Measuring National Innovation Efficacy." *Technovation* 33.10 (2013): 320-32. Print.

Mekonnen, Dawit K, et al. "Innovation Systems and Technical Efficiency in Developing-Country Agriculture." *Agricultural Economics* 46.5 (2015): 689-702. Print.

Mowery, David C, Richard R Nelson, and Ben R Martin. "Technology Policy and Global Warming: Why New Policy Models Are Needed (or Why Putting New Wine in Old Bottles Won't Work)." *Research Policy* 39.8 (2010): 1011-23. Print.

Nasierowski, Wojciech, and FJ Arcelus. "On the Efficiency of National Innovation Systems." *Socio-Economic Planning Sciences* 37.3 (2003): 215-34. Print.

Pan, Ta-Wei, Shiu-Wan Hung, and Wen-Min Lu. "Dea Performance Measurement of the National Innovation System in Asia and Europe." *Asia-Pacific Journal of operational research* 27.03 (2010): 369-92. Print.

Schwab, Klaus, Xavier Sala-i-Martín, and Richard Samans. "The Global Competitiveness Report 2017–2018." World Economic Forum, 2017.

Viotti, Eduardo B. "National Learning Systems: A New Approach on Technological Change in Late Industrializing Economies and Evidences from the Cases of Brazil and South Korea." *Technological Forecasting and Social Change* 69.7 (2002): 653-80. Print.

Wagner, Caroline S, Edwin Horlings, and Arindum Dutta. "Can Science and Technology Capacity Be Measured?". *arXiv preprint arXiv:1501.06789* (2015).

World bank Institute. "Measuring Knowledge in the World Economie." 2009.

Zabala-Iturriagagoitia, Jon M, et al. "Regional Innovation Systems: How to Assess Performance." *Regional Studies* 41.5 (2007): 661-72. Print.