Scientometrics Research Journal

Scientific Bi-Quarterly of Shahed University
Vol. 7, No. 2, Autumn & Winter 2021-22 (Serial 14)

Research Article

DOI:10.22070/rsci.2020.13453.1452

Identifying and exploring the structure and approach in the indicators of science and technology evaluation in engineering in Iran and selected countries

Zeynab Rezagholi Lalani [1]

Abdolreza Noroozi Chakoli [2*]

Zahra Abazari [3]

Fereshteh Sepehr [4]

1. *PhD Candidate of Information Science and Knowledge Studies, Tehran North Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.*
Email: Rezagholi81@gmail.com
2. *Associate Professor, Department of Information Science and Knowledge Studies, Shahed University, Tehran, Iran. (Corresponding Author)*
Email:Noroozi@shahed.ac.ir
3. *Associate Professor, Department of Information Science and Knowledge, Studies, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.*
Email: Abazari391@yahoo.com
4. *Assistant Professor, Department of Information Science and Knowledge, Studies, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.*
Email: Fereshteh.sepehr@yahoo.com

Date of Reception: 10/12/2019

Date of Acceptation: 29/4/2020

Abstract

Purpose: The study aims to identify and explain the structure, approaches, and orientations of engineering science and technology (S&T) evaluation indicators in the USA as a developed country, Turkey as a developing and Muslim country, and South Korea as an Asian developed country to provide a framework for developing such indicators in Iran.

Methodology: Printed and electronic documents and literature related to the field were studied using the library method and an attempt was made to identify and extract the basis for compiling these indicators in each of these countries. Then, the semi-structured interviews were conducted with 9 experts from the government-industry-academia sections who were selected using the purposive sampling to be obtained their views on the orientation of each of these indicators, and also its relevance to the needs of Iran. Then, the findings were analyzed with a thematic analysis approach.

Findings: After identifying and explaining the indicators related to each dimension and component and removing similar indicators, about 845 indicators were identified and information about each indicator, including the title, purpose, and source of index extraction was provided, and the experts' views on the indicators orientation and the importance of them to evaluate engineering S&T in Iran were obtained. Finally, the main framework of the necessary orientations for the proposed indicators of evaluation of engineering S&T in Iran was presented.

Conclusion: The results show each of the selected countries in addition to benefiting from the S&T evaluation common indicators, also has thematic orientations that can more effectively reflect the activities of S&T in fields such as engineering. The most important of these indicators are "patents", "research and development expenditures", "technology industry", "international trade in high-level technology" and "role-playing in the development of green growth technologies". Since evaluation indicators are always considered as the most important characteristic of the orientation of S&T policies of countries, using the group of indicators mentioned in the national reports of these countries can indicate that the scientific policies of these countries orientation to focus on specific areas of engineering development.

Keywords: science and technology evaluation indicators, engineering, Iran, South Korea, USA, Turkey, orientation of Indicatiors

پژوهش‌نامه علم‌سنجی
دوفصلنامه علمی دانشگاه شاهد/ دوره ۷/ شماره ۲/ پاییز و زمستان ۱۴۰۰ (پیاپی ۱۴)

مقاله پژوهشی

DOI: 10.22070/rsci.2020.13453.1452

شناسایی و تبیین ساختار و رویکرد موجود در شاخص‌های ارزیابی علم و فناوری حوزه مهندسی در ایران و کشورهای منتخب

زینب رضاقلی لالانی [۱]

عبدالرضا نوروزی چاکلی [*۲]

زهرا اباذری [۳]

فرشته سپهر [۴]

۱. دانش‌آموخته دکتری، علم اطلاعات و دانش‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران. Email: Rezagholi81@gmail.com

۲. دانشیار گروه علم اطلاعات و دانش‌شناسی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران. (نویسنده مسئول) Email: Noroozi@shahed.ac.ir

۳. دانشیار، گروه علم اطلاعات و دانش‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران. Email: Abazari391@yahoo.com

۴. استادیار، گروه علم اطلاعات و دانش‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران. Email: Fereshteh.sepehr@yahoo.com

صفحه ۱۹۶-۱۷۳
دریافت: ۱۳۹۸/۹/۱۹
پذیرش: ۱۳۹۹/۲/۱۰

چکیده

هدف: هدف از این پژوهش، تبیین ساختار، رویکردها، جهت‌گیری‌ها و نقاط تمرکز شاخص‌های ارزیابی علم و فناوری حوزهٔ مهندسی در ایالات متحده آمریکا به‌عنوان کشوری توسعه یافته، ترکیه به‌عنوان کشوری درحال توسعه و مسلمان در منطقه و کره جنوبی به‌عنوان یک کشور آسیایی توسعه یافته خاور دور، به منظور ارائهٔ چارچوبی برای تدوین این نوع شاخص‌ها در ایران است.

روش‌شناسی: با مطالعه کتابخانه‌ای متون مرتبط، مبنای تدوین این شاخص‌ها در هر یک از کشورها شناسایی شد. سپس از طریق مصاحبه نیمه‌ساختاریافته و بر اساس اشباع نظری، دیدگاه ۹ نفر از صاحب‌نظران، که با روش نمونه‌گیری هدفمند انتخاب شده بودند، در خصوص جهت‌گیری‌های هر یک از شاخص‌ها و تناسب آن با نیازهای ایران بدست آمد و با رویکرد تحلیل مضامین تجزیه و تحلیل شد.

یافته‌ها: پس از شناسایی شاخص‌های مرتبط به هر بُعد و مؤلفه و حذف شاخص‌های مشابه، حدود ۸۴۵ شاخص شناسایی شد که اطلاعات مربوط به هر شاخص، اعم از عنوان، هدف و منبع استخراج شاخص ارائه شد. سپس دیدگاه صاحب‌نظران در خصوص جهت‌گیری شاخص‌ها و اهمیت هر یک از آنها برای ارزیابی علم و فناوری مهندسی در ایران بدست آمد. در نهایت، چارچوب اصلی برای جهت‌گیری در تدوین شاخص‌های ارزیابی علم و فناوری حوزه مهندسی در ایران پیشنهاد شد.

نتیجه‌گیری: هر یک از کشورهای منتخب علاوه بر بهره‌مندی از شاخص‌های رایج، از شاخص‌ها و جهت‌گیری‌های ویژه‌ای که قادر به انعکاس مؤثرتر فعالیت‌های علم و فناوری این حوزه باشد بهره می‌برند که از آن جمله می‌توان به شاخص‌هایی از گروه «ثبت اختراعات»، «هزینه‌کردهای تحقیق و توسعه»، «صنعت فناوری»، «تجارت بین‌المللی در فناوری سطح بالا» و «نقش‌آفرینی در توسعه فناوری‌های رشد سبز» اشاره کرد. از آنجایی که همواره شاخص‌های ارزیابی به عنوان مهم‌ترین مشخصه جهت‌گیری سیاست‌های علم و فناوری کشورها محسوب می‌شوند، بهره‌گیری از گروه شاخص‌های یاد شده در گزارش‌های ملی این کشورها می‌تواند حاکی از متمایل شدن جهت‌گیری سیاست علمی این کشورها به‌سوی زمینه‌های خاص توسعه مهندسی تلقی شود.

واژگان کلیدی: شاخص‌های ارزیابی علم و فناوری، مهندسی، جهت‌گیری شاخص‌ها، ایران، آمریکا، کره جنوبی، ترکیه.

مقدمه و بیان مسئله

مطالعات حاکی از آن است که فعالیت‌های مربوط به توسعهٔ علم، فناوری و نوآوری به‌عنوان پیشران‌های اصلی بهره‌وری و رشد اقتصادی محسوب می‌شوند و به‌طور چشمگیری به توسعه اقتصادی و بهبود سطح زندگی جوامع یاری می‌رسانند. بر این اساس، دولت‌ها و سازمان‌های بین‌المللی همواره با بهره‌گیری از شیوه‌های مختلف و در ابعاد گوناگون، سنجش و ارزیابی علم، فناوری و نوآوری را در دستور کار خود قرار می‌دهند (نوروزی چاکلی و حسن‌زاده، ۱۳۸۹). در فرایند سیاست‌گذاری و پیاده‌سازی سیاست‌های علم، فناوری و نوآوری، پایش و ارزیابی نتایج، پیامدها و سیاست‌های مذکور بر توانایی یادگیری در نظام نوآوری ملی خواهد افزود و درنهایت به تدوین نظام‌مند سیاست علم، فناوری و نوآوری منجر می‌شود (باقری‌نژاد و سیدان، ۱۳۹۴). در اقتصاد دانش‌بنیان امروز، دانشگاه‌ها به‌عنوان بازیگران بخش‌های آموزش عالی، منبع تولید و اشاعهٔ دانش جدید محسوب می‌شوند و علاوه‌بر تولید و انتقال دانش، در زمینهٔ توسعهٔ طرح‌های نوآورانه و کارآفرینی گام برمی‌دارند (برکویتس[1] و فیلدمن[2]، ۲۰۰۶). امروزه، دانشگاه‌ها به‌عنوان پشتیبانان اصلی رشد اقتصادی و تقویت‌کنندهٔ رفتارها و فعالیت‌های کارآفرینانه و نوآورانه، در کانون خلق دانش و بهره‌برداری از آن قرار دارند (او کانه[3] و همکاران ۲۰۱۵)، و به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم برای مشارکت با بخش صنعت تلاش می‌کنند (ماسکیو[4] و همکاران، ۲۰۱۳).

با افزایش آگاهی از نقش اساسی دانشگاه‌ها در شکل‌گیری رقابت و رونق منطقه‌ای (آدراشت[5]، ۲۰۱۲؛ والرو و ون رینن[6]، ۲۰۱۶)، دولت‌ها سیاست بازنگری نقش سنتی دانشگاه‌ها و ادغام عناصر نوآورانه در نظام‌های آموزش عالی را در پیش گرفته و بیش از پیش به تقویت ارتباط میان فعالیت‌های علمی و فناورانه در دانشگاه‌ها می‌اندیشند. در همین راستا، منتور و لیدن[7] (۲۰۱۸) ارزش افزودهٔ حاصل از تمرکز هم‌زمان بر روی پژوهش‌های بنیادی و کاربردی که درنهایت به بارورشدن یکدیگر می‌انجامد را مورد تأکید قرار می‌دهند.

باوجوداین، باید پذیرفت که توسعهٔ پژوهش‌های کاربردی تا حد زیادی به توسعهٔ صنعت که در رأس آن حوزهٔ مهندسی قرار دارد وابسته است. حوزهٔ مهندسی، به‌عنوان موتور محرکهٔ توسعهٔ صنعت، می‌تواند به‌عنوان پیونددهندهٔ دانشگاه و صنعت نیز عمل کند و بیش از پیش مسیر و چشم‌انداز دانشگاه‌ها را از انجام وظایف علمی سنتی به‌سوی توسعه کارآفرینی و انجام تحقیقات کاربردی هدفمند در کنار تحقیقات بنیادی سوق دهد. کشورهایی که چنین تغییر چشم‌اندازی را در نظام علم و فناوری خود دنبال می‌کنند، برنامه‌های روشنی را برای توسعه حوزهٔ مهندسی در دستور کار خود قرار داده‌اند. شاخص‌های ارزیابی علم و فناوری می‌تواند به‌عنوان مهم‌ترین گواه و نشانهٔ انعکاس سیاست‌های کشورها تلقی شود. به بیانی دیگر، هرگاه مقرر باشد جهت‌گیری سیاست‌های یک کشور در زمینه‌ای خاص رصد و پایش شود، ارزیابی شاخص‌های مورد استفاده می‌تواند به عنوان روشن‌ترین و واقعی‌ترین مبنا برای آن در نظر گرفته شود؛ چراکه شاخص‌ها برای ارزیابی مقایسه‌ای کارایی و اثربخشی عملکرد علم و فناوری با مسیرها و اهداف تعیین‌شده، به عنوان چارچوب‌هایی عملیاتی عمل می‌کنند.

1 . Bercovitz
2 . Feldman
3 . O'Kane
4 . Muscio et al.
5 . Audretsch
6 . Valero and Van Reenen
7 . Menter & Leyden

در همین زمینه، نیم‌نگاهی به شاخص‌های ارزیابی علم و فناوری در کشورهای مختلف با هدف شناسایی میزان توجه شاخص‌های آنها به حوزهٔ مهندسی می‌تواند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد؛ زیرا همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، حوزهٔ مهندسی به‌عنوان موتور محرکهٔ پژوهش‌های کاربردی و تقویت‌کنندهٔ ارتباط دانشگاه با صنعت محسوب می‌شود. بنابراین، سرمایه‌گذاری در تحقیقات علمی و توسعه فناوری این حوزه، به افزایش تعداد محققان و مهندسان علمی و تعداد نشریات علمی این حوزه منجر شده و اکتشافات علمی و اختراعات را در اکثریت قریب به‌اتفاق کشورهای جهان توسعه داده است (یونسکو ۲۰۱۰).

در این میان، کشوری همچون ایالات متحده با بیشترین سهم از تحقیق و توسعه جهان (R&D)، بیشترین دانش‌آموختهٔ دکتری در علوم مهندسی را در اختیار دارد و متعاقب آن، سهم قابل توجهی از مقالات پژوهشی و استنادهای این حوزه را به خود اختصاص داده است. علاوه‌بر ایالات متحده، توسعهٔ صنعتی سال‌های اخیر کره جنوبی به‌عنوان کشوری آسیایی، همواره مورد توجه محافل سیاست‌گذاری علم و فناوری جهان قرار داشته و بی‌تردید این توسعه نمی‌تواند با برنامه‌ها و سیاست‌های این کشور در زمینهٔ توسعهٔ علوم مهندسی و ارزیابی این برنامه‌ها، سیاست‌ها و عملکردهای مربوطه بر اساس شاخص‌هایی متوازن و هدفمند، بی‌ارتباط باشد. بنابراین، درک بهتر روند توسعه سیاست‌های کره جنوبی در حوزه مهندسی، تا حد زیادی مستلزم شناسایی سیاست‌های این کشور در زمینه‌هایی همچون مسائل پولی و مالی، تجارت، توسعه فناوری، نیروی انسانی و مانند آن است که همگی آنها از طریق رصد شاخص‌های به‌کار گرفته‌شده در زمینهٔ ارزیابی علم و فناوری آنها قابل رصد و شناسایی است. علاوه‌براین دو کشور که مسیر توسعه را طی کرده‌اند، شناسایی جهت‌گیری سیاست‌های علم و فناوری کشور ترکیه به‌عنوان کشوری درحال‌توسعه به‌سوی تقویت حوزهٔ مهندسی می‌تواند از ابعاد گوناگون قابل توجه باشد؛ چراکه درآمد سرانه ترکیه طی ۱۴ سال گذشته از ۳۵۸۰ دلار به تقریباً ۸۰۰۸ دلار در سال ۲۰۱۶ رسیده و اقتصاد این کشور با تولید ناخالص داخلی ۸۵۰ میلیارد دلاری، در میان ۱۹۶ کشور در رده هفدهم قرار دارد. تحول پویای ترکیه از رشد سنتی مبتنی بر منابع به رشد دانش‌بنیان، مزیت‌های نسبی فراوانی را مبتنی بر رشد بهره‌وری، نوآوری و تحقیق و توسعه برای این کشور به ارمغان آورده است. بی‌تردید، کسب این مزیت‌ها تا حدود زیادی مرهون برنامه‌ها و سیاست‌های این کشور برای تحقق چشم‌انداز ۲۰۲۳ در حوزه‌های مختلف علوم از جمله در حوزهٔ مهندسی بوده است. برخی سیاست‌های علم و فناوری ترکیه برای تقویت ادغام فعالیت‌های تحقیقاتی و کارآفرینانه در حوزهٔ مهندسی از سال ۲۰۰۴ به اجرا درآمد. ترکیه با طرح‌ریزی برنامه‌های منطقه‌ای علم و فناوری، سهم هزینه‌های تحقیق و توسعه از تولید ناخالص داخلی، تقاضای تحقیق و توسعه و تعداد پرسنل واجد شرایط تحقیق و توسعه در مناطق مختلف را تعیین و پیاده‌سازی کرد و سپس به ارزیابی عملکرد آنها پرداخت. سیاست ملی علم، فناوری و نوآوری ترکیه بر اساس چشم‌انداز راهبردی ملی علوم، فناوری و نوآوری[1] (۲۰۱۶–۲۰۱۱) و برنامه دهم توسعه ۱۸–۲۰۱۴ این کشور شتاب بیشتری گرفت؛ زیرا در این چشم‌انداز راهبردی ملی، کمک به دانش جدید و توسعه فناوری‌های نوآورانه برای بهبود کیفیت زندگی از طریق تبدیل ایده به محصولات، فرایندها و خدمات مورد نیاز کشور در دستور کار قرار گرفت و بر اساس آن، اهداف دستیابی به این چشم‌انداز ملی در قالب ترسیم یک نقشه راه و از طریق تدوین شاخص‌های مرتبط که نشان‌دهندهٔ جهت‌گیری سیاست‌های علمی این کشور برای ارتقای سهم حوزه‌های گوناگون علم و فناوری، به‌ویژه در حوزهٔ مهندسی است در دستور کار شورای عالی علم و فناوری[2] قرار گرفت و مقرر شد تا سال ۲۰۲۳، سهم حوزهٔ مهندسی و سایر حوزه‌ها به

1 . NSTIS
2 . SCST

۳ و ۲ درصد از تولید ناخالص داخلی برسد.

این موضوع مهم در ایران نیز متناسب با شرایط و وضعیت کشور، به تبیین راهبردهای مؤثر بر سیاست‌گذاری علم و فناوری وابسته است. مروری بر سیر تکامل قوانین و سیاست‌های توسعه آموزش، تحقیقات، فناوری و نوآوری در ایران حاکی از تلاش‌های مثبتی است که برای برنامه‌ریزی، سیاست‌گذاری و ارزیابی علم و فناوری صورت گرفته است. نقطه عطف این توجه را می‌توان در تدوین چشم‌انداز بیست سالهٔ ۱۴۰۴ و نقشه جامع علمی کشور جستجو کرد که ضمن تعیین مسیر حرکت علم و فناوری کشور، شاخص‌هایی عملیاتی ویژه‌ای را برای پیاده‌سازی و ارزیابی عملکرد علم و فناوری تبیین کرده است.

باوجوداین، همچنان این مسئله باقی است که شاخص‌های تعیین‌کنندهٔ جهت‌گیری‌های کشور در حوزه‌های گوناگون علم و فناوری و به‌طور خاص در حوزهٔ مهندسی کدام‌اند و آیا اساساً تاکنون گام‌های مشخصی برای ارزیابی عملکرد، کارایی و اثربخشی علم و فناوری کشور در حوزهٔ مهندسی برداشته شده است یا خیر؟ و اینکه جهت‌گیری این شاخص‌های ارزیابی در کشورهایی نظیر ایالات متحده آمریکا، کره جنوبی و ترکیه که هرکدام به‌نوعی و در سطوح گوناگون در زمینهٔ توسعهٔ حوزهٔ مهندسی گام برمی‌دارند چگونه قابل شناسایی و تبیین است؟ این پژوهش درصدد پاسخ‌گویی به همین مسائل است و انتظار می‌رود تبیین، شناسایی و مقایسه تجربه سایر کشورها در این زمینه بتواند راه را برای سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی مناسب‌تر آینده هموار کرده و چگونگی برجسته‌سازی شاخص‌های ارزیابی علم و فناوری در حوزه‌های خاص و اولویت‌دار علم و فناوری را با تأکید بر حوزهٔ مهندسی، نمایان کند.

سؤال‌های پژوهش

این پژوهش در پی پاسخ‌گویی به سؤال‌های زیر است:

۱. ارزیابی علم و فناوری در حوزهٔ مهندسی، چگونه در شاخص‌های ارزیابی علم و فناوری کشورهای منتخب مورد تأکید قرار گرفته است؟

۲. بر اساس تلفیقی از تجربیات به‌دست‌آمده از سایر کشورها و دیدگاه‌های صاحب‌نظران، محورها و جهت‌گیری‌های لازم برای توسعهٔ شاخص‌های ارزیابی حوزهٔ مهندسی در ایران باید چگونه باشد؟

چارچوب نظری

رشد و توسعه علم و فناوری کشورها به دو عامل مهم وابسته است: نیروی انسانی ماهر، متعهد و آگاه؛ و وجود بستری مناسب برای انجام فعالیت‌ها. در این میان، جایگاه مهندسان به عنوان مهم‌ترین بخش از هرم نیروهای انسانی متخصص در خلق فناوری‌ها، فراهم‌سازی امکانات تولید و مدیریت صنایع، بسیار حائز اهمیت و نشان‌دهنده سهم مهم آنها در توسعه کشور است (معماریان، 1390). ازاین‌رو، آموزش مهندسی همواره به عنوان وسیله‌ای مطمئن به‌منظور بهبود کیفیت عملکرد در حل مشکلات تخصصی و فنی مدنظر بوده است و نبود آن به ایجاد معضلات فراوانی می‌انجامد .لذا، برای تربیت و تجهیز نیروی انسانی متخصص و بهره‌گیری مؤثر از این نیروها، آموزش مهندسی به عنوان مؤثرترین عامل همواره اهمیت خاصی داشته است (مطهری‌نژاد و همکاران، 1391). آنچه مسلم است، توجهی که به سیاست علم و فناوری مبذول می شود، بیشتر از بابت پیامدهای اقتصادی آن است. هنگامی سیاست گذاری علم و فناوری موفق قلمداد می‌شود که خروجی آن از توان رقابت در بازار برخوردار باشد(احمدیان دیوکتی و همکاران، ۱۳۹۷) بنا بر همین ضرورت‌ها، ارزیابی ساختار سیاست‌گذاری علم و فناوری در حوزه مهندسی حائز اهمیت است و

می‌تواند تجربیات ارزنده‌ای را زمینهٔ ابعاد شاخص‌های ارزیابی توسعهٔ علوم مهندسی در اختیار قرار دهد. بی‌تردید، بهره‌مندی از شاخص‌های صحیح در ارزیابی حوزهٔ مهندسی می‌تواند مسیرهای توسعه را به‌صورت عینی‌تر در پیش روی این حوزه قرار دهد و به مزیت‌های رقابتی بیشتری منجر شود.

امروزه، توانایی ایجاد، توزیع و بهره‌برداری از دانش و فناوری به منبع اصلی مزیت رقابتی، ایجاد ثروت و پیشرفت در کیفیت زندگی تبدیل شده است و لذا به نظر می‌رسد، بخش عمده‌ای از شاخص‌های ارزیابی علم و فناوری در حوزهٔ مهندسی، باید به این مقوله‌ها نظر داشته باشند. شواهد نشان می‌دهد کشورهایی که رهبری و مرجعیت را در توسعه علم، فناوری و نوآوری از آن خود می‌کنند، از رشد اقتصادی بالاتری برخوردار می‌شوند (هورنیچ[1]، ۲۰۱۱؛ بچمن[2] و همکاران، ۲۰۰۹). از همین روست که بسیاری از کشورهای درحال‌توسعه به سیاست‌های علم، فناوری و نوآوری توجه ویژه‌ای مبذول می‌دارند. طبق گزارش بانک جهانی (۲۰۱۰)، دولت‌ها باید با اتخاذ سیاست‌هایی در جهت حمایت از نوآوری و یادگیری فناوری در مؤسسه‌های داخلی، در توسعه علم، فناوری و نوآوری نقش اساسی ایفا کنند. ایران به‌عنوان یکی از کشورهایی که طی چند دهه گذشته به توسعه علم و فناوری توجه داشته (سوفی و همکاران ۲۰۱۳)، بازنگری برنامه‌های توسعهٔ علوم مهندسی را آغاز کرده است. باوجوداین، بازنگری توسعه فناوری و تحقیق و توسعه در ایران پس از سال ۲۰۰۱ آغاز شد، که برای اولین‌بار یک فصل از سومین برنامه توسعه اقتصادی کشور به سیاست‌های علم و فناوری اختصاص داده شد و به‌تدریج از سال ۲۰۰۵ به بخش توسعهٔ فناوری با برنامه‌ریزی در فناوری نانو و بیوتکنولوژی، بیشتر توجه شد. بااین‌حال، شناسایی، رصد و پایش صحیح ابعاد مختلف توسعهٔ علم و فناوری در زمینه‌های گوناگون مهندسی طی سال‌های مختلف، مستلزم به‌کارگیری شاخص‌ها و فرایندهای مناسب برای ارزیابی این حوزه است.

پیشینه پژوهش

پیشینه پژوهش در داخل

نورشاهی (۱۳۹۱) در پژوهشی با رویکرد تطبیقی مشتمل بر روش توصیفی-تاریخی به «مقایسه و پایش رفتارهای نظام علم و فناوری ترکیه و ایران» پرداخته و نشان داد، ترکیه نیز مانند ایران با گسترش کمّی ساختارهای آموزشی، به بهبود نرخ‌های ثبت‌نام در آموزش عالی، چه در کل و چه در میان زنان دست یافته است.

رضایی و نوروزی چاکلی (۱۳۹۳) در پژوهشی با عنوان "شناسایی و اعتبارسنجی شاخص‌های ارزیابی بهره‌وری پژوهشی پژوهشگران"، شاخص‌های مناسب برای ارزیابی پژوهش در حوزه‌های مختلف، از جمله حوزهٔ فنی و مهندسی را مورد مطالعه قرار دادند. یافته‌های این پژوهش نشان داد که از نظر پژوهشگران فنی-مهندسی شاخص‌های مربوط به اختراعات و طرح‌های تحقیقاتی نسبت به سایر شاخص‌ها از اعتبار بیشتری در ارزیابی بهره‌وری پژوهشی پژوهشگران برخوردار است، این در حالی است که برای پژوهشگران حوزهٔ علوم انسانی شاخص‌های مربوط به کتاب، و برای پژوهشگران علوم پایه و علوم پزشکی، شاخص‌های مربوط به مقاله‌های بین‌المللی از اهمیت بیشتری برخوردار است.

باقری‌نژاد و سیدان (۱۳۹۴) در پژوهشی به "تدوین سیاست علم، فناوری و نوآوری برای کشورهای درحال‌توسعه:

1 . Hornidge
2 . Bechmann

ارائه مدل مفهومی و تحلیل تطبیقی" پرداخته‌اند. یافته‌های آنها نشان داد که تبیین فرایند نظام‌مند سیاست‌سازی برای تدوین سیاست‌های علم، فناوری و نوآوری، نظرسنجی نظام‌مند از خبرگان، انجام مطالعات و تحقیقات مرتبط کتابخانه‌ای و میدانی، شناسایی مشکلات، شناسایی عوامل اثرگذار پیرامونی، برنامه‌ریزی، اجرای سیاست‌ها و ارزیابی آنها در تدوین سیاست‌های علم، فناوری و نوآوری در کشورهای درحال‌توسعه از اهمیت به‌سزایی برخوردارند.

قاضی نوری و دیگران (۱۳۹۴) در پژوهشی به "بررسی اهداف و ابزارهای سیاستی در اسناد مرتبط با علم و فناوری" پرداخته و نشان دادند که تدوین احکام سیاستی در حوزه علم و فناوری نیازمند استفاده از اهداف و ابزارهای سیاستی متنوع و ترکیب ابزارها برای اثربخشی بیشتر است.

مجیدپور و نامداریان (۱۳۹۴) در مقاله‌ای دیگر به "شناسایی موانع اجرای اسناد سیاست علم و فناوری کشور" پرداختند و نشان دادند که عمده موانع موجود بر سر راه اجرای اسناد سیاست علم و فناوری عبارت‌اند از: معضل اولویت‌گذاری، به‌گونه‌ای که کلیه اقدامات ذکرشده در سند، دارای اولویت هستند. در این پژوهش، مواردی از جمله عدم استفاده از نتایج آینده‌نگاری در تدوین اسناد، عدم انطباق‌پذیری سیاست‌ها با چالش‌های موجود، عدم شبکه‌سازی میان سیاست‌گذاران، حاکمیت‌نکردن سیاست‌های فرادستی، نبود نگاه فرابخشی، ساختار دیوان‌سالاری جزیره‌ای و نبود نگاه بلندمدت به مدیریت و راهبری برنامه‌های سیاستی، به‌عنوان موانع موجود بر سر راه اجرای سیاست علم و فناوری در کشور معرفی شد.

نوروزی چاکلی، قضاوی و طاهری (۱۳۹۴) در پژوهشی دیگر به "ارزش‌گذاری شاخص‌های ارزیابی پژوهش در حوزه‌های مختلف علوم در ایران" پرداخته‌اند. پژوهش آنها نشان داد که مراکز فعال در عرصه سیاست‌گذاری پژوهش و فناوری، همواره نیازمند مقایسه پژوهشگران و مؤسسه‌های پژوهشی هستند تا بتوانند آنها را از ابعاد گوناگون از جمله توانمندی، کارایی، بهره‌وری، اثربخشی و مانند آن مورد ارزیابی قرار دهند. بر اساس یافته‌های پژوهش یادشده، با استفاده از ارزش‌ها و نسبت‌های نرمال‌سازی‌شدهٔ شاخص‌های انتشاراتی، می‌توان به نتایج دقیق دست یافت تا سیاست‌گذاری عینی بر اساس این نتایج امکان‌پذیر و مبتنی بر واقعیات باشد.

پاک‌نیت و نوروزی (۱۳۹۵) در پژوهش خود به "بررسی شاخص‌های تأثیرگذار بر روند پیشرفت علم و فناوری" پرداختند. آنها با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و بررسی آمارهای بین‌المللی، به ارزیابی سه دسته از شاخص‌های تأثیرگذار بر روند پیشرفت علم و فناوری، از جمله شاخص‌های عمومی، زیرساختی و تخصصی در ایران و کشورهای درحال‌توسعه آسیای شرقی و آسیای مرکزی پرداختند.

«مطالعه تطبیقی سیاست‌های علمی کشورهای ترکیه و مالزی با تمرکز بر علوم انسانی» عنوان پژوهش مرتبط دیگری است که توسط بایرامی و موسی‌پور (۱۳۹۶) منتشر شده است. آنها تلاش کردند سیاست علمی مالزی و ترکیه را با تأکید بر شناسایی ساختار و نهادهای علمی این دو کشور مورد مطالعه و مقایسه قرار دهند و به تجزیه و تحلیل سیاست‌های علمی آنها را در حوزه‌های گوناگون، به‌ویژه در علوم انسانی بپردازند.

پیشینه پژوهش در خارج

پیرتل[1] (۲۰۱۳) در پژوهشی با عنوان "نوآوری مهندسی: انرژی، سیاست‌گذاری و نقش مهندسی[2]"، برای کمک به پیشرفت بیشتر فلسفه مهندسی و نوآوری، با استفاده از متون مرتبط مستخرج از متون حوزهٔ نوآوری، به تبیین اصولی

1 . Pirtle
2 . Engineering innovation: energy, policy and the role of engineering

برای توسعهٔ بینش مهندسی به مطالعه پرداخت.

وو و همکاران[1] (۲۰۱۳) در پژوهشی دیگر به "ارتباطات و اولویت‌های سیاست‌گذاری علم و فناوری با استفاده از AHP[2]" پرداختند. آنها فرایند تصمیم‌گیری سیاست‌گذاری علم و فناوری کشور تایوان را بررسی کردند تا ارزش استفاده از روش AHP برای حل تصمیم‌گیری مسائل چندمعیاره، به‌خصوص در تصمیم‌گیری گروهی را نشان دهند و ابزاری را برای سیاست‌گذاران آینده معرفی کنند.

پدرسن[3] (۲۰۱۵) در پژوهشی به بررسی "تنش بین علم و طراحی مهندسی[4]" پرداخته و برخی از مشکلات معرفت‌شناختی مرتبط که ممکن است منجر به تنش بین آرمان‌سازی علم و طراحی خاص مهندسی شود را شناسایی کرده و مورد بحث قرار داد.

سانلی و هوبیکوگلو[5] (۲۰۱۵) در پژوهش خود به تبیین "کانال‌های رشد فناوری بین‌المللی و سیاست‌گذاری‌های فناوری در ترکیه[6]" پرداختند. آنها در این پژوهش، افزایش اثربخشی علمی، حفظ همکاری دانشگاه و صنعت، حمایت از سیاست‌های آموزشی با توسعهٔ فناوری، تعیین سیاست‌های انتقال فناوری، حفظ تداوم و افزایش اثربخشی منابع، افزایش تعداد پتنت‌های دریافت‌شده به نمایندگی از کشور، R&D اختصاص داده‌شده به هزینه‌ها و انطباق این موارد با سیاست‌گذاری را حائز اهمیت توصیف کردند.

مرجورام[7] (۲۰۱۵) در پژوهشی به بررسی "شناخت مهندسی: نیاز به تعداد بهتر منابع انسانی مرتبط و سیاست‌گذاری[8]" پرداختند. پژوهش یادشده با یک بحث در این خصوص که مهندسی همان اخلاق مهندسی، ارزش‌های تولید و انتقال و کاربرد دانش است آغاز می‌شود و سپس با بحث دربارهٔ نیاز به درک بهتر مهندسی ادامه می‌یابد. در این پژوهش، لزوم معرفت‌شناسی و شناخت مدل‌های مختلف علم، فناوری و نوآوری در حوزهٔ مهندسی مورد تأکید قرار می‌گیرد.

ساریتاس، درانو و چالوک[9] (۲۰۱۷) در پژوهش خود به معرفی "یک رویکرد سناریوی پویا و انطباقی برای تدوین سیاست‌گذاری علم و فناوری" پرداخته‌اند. یافته‌های پژوهش آنها نشان داد که رویکرد سناریوی قابل انعطاف باعث توسعه و استراتژی با سازگاری و انعطاف‌پذیری مشابه می‌شود. رویکرد سناریوی ارائه‌شده در مقاله یادشده ممکن است برای تمرینات پیش‌بینی در تمامی سطوح از جمله ملی، منطقه‌ای و شرکت‌های بزرگ قابل اجرا باشد. در این مقاله یک رویکرد سناریوی جدید برای تدوین سیاست‌گذاری علم و فناوری با مطالعه موردی نشان داده شده است.

کاورماسی[10] (۲۰۱۸) در مقالهٔ پژوهشی به تبیین "جایگاه تحقیق و توسعه و سیاست‌های آموزشی در توسعه اقتصادی کره جنوبی[11]" پرداخته است. تأکید بر آموزش و سیاست‌های تحقیق و توسعه به‌عنوان محرک‌های اصلی توسعه کره جنوبی، مهم‌ترین هدف این مقاله بوده است.

1 . Wu et al.
2 . Communicating and prioritizing science and technology policy using AHP
3 . Pedersen
4 . The tension between science and engineering design
5 . Sanli and Hobikoglu
6 . International technological diffusion channels and technology policies in Turkey
7 . Marjoram
8 . Identifiying engineering: the need for better numbers on human and related resources and policy
9 . Saritas, Dranev & Chulok
10 . Kavurmaci
11 . The Place of R&D and Education Policies in South South korea Economic Development

جمع‌بندی از مرور پیشینه

مرور پیشینه‌ها نشان می‌دهد که بیشتر این پژوهش‌ها به بررسی شاخص‌های تأثیرگذار بر ارزیابی ساختار سیاست‌گذاری علم و فناوری پرداخته‌اند، معرفی و تبیین اهداف و ابزارهای سیاستی در اسناد مرتبط با علم و فناوری، چالش‌های پیشروی سیاست‌گذاری علم و فناوری و سازمان‌های مسئول پیشبرد علم و فناوری در کشور، بخش‌های مهمی از پژوهش‌های مرتبط مطرح‌شده در داخل کشور در زمینه سیاست‌گذاری علم و فناوری محسوب می‌شود. مرور پیشینه در خارج کشور نشان می‌دهد که در پژوهش‌های خارج کشور، به سیاست‌گذاری علم و فناوری به‌عنوان یک اقتصاد نوظهور نگریسته می‌شود و لذا برای تبیین سیاست‌گذاری‌های علم و فناوری، سیاست‌های اقتصادی تأثیرگذار از اهمیت بالایی برخوردار است؛ زیرا می‌تواند به تولید فناوری و اهداف انباشتگی دانش و واجد شرایط‌بودن نیروی کار بینجامد.

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر تلفیقی از دو روش کتابخانه‌ای و تحلیل محتوا (در رویکرد کیفی) است. در مرحله اول جستجوی جامعی در منابع کتابخانه‌ای و اینترنتی برای تبیین شاخص‌های سیاست‌گذاری علم و فناوری در ایران و سایر کشورها صورت گرفت. سپس منابع متناسب با موضوع پژوهش اعم از کتاب، مقاله، گزارش انتخاب شد. با مطالعه شاخص‌های علم و فناوری در کشور ایران و سایر کشورها و با استفاده از ادبیات پژوهش حاضر، مجموعه‌ای از مؤلفه‌ها و شاخص‌های مرتبط با علم و فناوری و فعالیت‌های انجام‌شده پژوهشی در حوزه مهندسی شناسایی و چارچوب نظری پژوهش تدوین شد در مرحله دوم از طریق مصاحبه با ۹ نفر از صاحب‌نظران حوزه علم‌سنجی و سیاست‌گذاری، دیدگاه‌های آنها درخصوص شاخص‌های شناسایی‌شده به دست آمد و نتایج و چارچوب شاخص‌های پیشنهادی برای ایران مشخص شد.

یافته‌های پژوهش

پاسخ به سؤال اول پژوهش. ارزیابی علم و فناوری در حوزهٔ مهندسی، چگونه در شاخص‌های ارزیابی علم و فناوری کشورهای منتخب مورد تأکید قرار گرفته است؟

الف. ترکیه

همان‌طور که در جدول (۱) مشخص شده، شاخص‌های ارزیابی علم و فناوری در حوزهٔ مهندسی در محورهای چهارگانهٔ «سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه»، «منابع انسانی تحقیق و توسعه»، «انتشارات علمی» و «ثبت اختراع» جهت‌گیری شده است. حضور این محورها در فرایندهای ارزیابی علم و فناوری مهندسی حاکی از آن است که این کشور علاوه‌بر توجه به شاخص‌های فناوری از جمله ثبت اختراعات که از اهمیت ویژه‌ای در حوزهٔ مهندسی برخوردار است، از شاخص‌های انتشارات علمی نیز غافل نبوده و آنها را نیز برای ارزیابی این حوزه درنظرمی‌گیرد. علاوه‌براین، شاخص‌های زیرمجموعهٔ سرمایه‌گذاری و منابع انسانی تحقیق و توسعه، که به‌نوعی بیانگر جایگاه شاخص‌های اقتصادی و همچنین زیرساختی در علم و فناوری است، در ارزیابی‌های علم و فناوری این حوزه از نقش و جایگاه حائز اهمیتی برخوردار است.

جدول ۱. شاخص‌های ارزیابی علم و فناوری مهندسی در ترکیه

جهت‌گیری شاخص‌ها	شاخص‌ها
سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه	هزینه‌کرد ناخالص داخلی تحقیق و توسعه به‌عنوان درصدی از تولید ناخالص داخلی (GDP)
	نسبت هزینه‌کرد ناخالص داخلی تحقیق و توسعه به تولید ناخالص داخلی
	هزینه‌کرد ناخالص داخلی تحقیق و توسعه به تفکیک بخش‌های مختلف (دولت، مؤسسات تجاری و آموزش عالی)
	درصد هزینه‌کرد ناخالص داخلی تحقیق و توسعه به تفکیک بخش‌های مختلف (دولت، مؤسسات تجاری و آموزش عالی)
	هزینه‌کرد ناخالص داخلی تحقیق و توسعه به تفکیک منابع تأمین مالی
	درصد هزینه‌کرد ناخالص داخلی تحقیق و توسعه به تفکیک منابع تأمین مالی
منابع انسانی تحقیق و توسعه	منابع انسانی تحقیق و توسعه به ازای هر ۱۰ هزار نفر از کل افراد استخدام‌شده
	منابع انسانی تحقیق و توسعه معادل تمام‌وقت
	توزیع منابع انسانی تحقیق و توسعه به تفکیک بخش‌های مختلف (دولت، مؤسسات تجاری و آموزش عالی)
انتشارات علمی	تعداد انتشارات علمی
	تعداد انتشارات علمی به ازای هر یک میلیون نفر جمعیت
	رتبه ترکیه برحسب تعداد انتشارات علمی
ثبت اختراع	تعداد درخواست‌های ثبت اختراع به مؤسسه ثبت پتنت ترکیه
	تعداد درخواست‌های ثبت اختراع اعطاشده به‌وسیله مؤسسه ثبت اختراع ترکیه

ب). کره جنوبی

همان‌طور که در جدول (۲) مشخص شده است، نتایج برنامه‌های تحقیق و توسعه کشور کره جنوبی در ۱۰۰ شاخص و ۱۵ معیار و ۵ جهت‌گیری اصلی خلاصه شده است. از نگاهی دیگر، جدول (۲) که دربرگیرندهٔ جهت‌گیری شاخص‌ها، معیارها و همچنین شاخص‌های ارزیابی علم و فناوری در حوزهٔ مهندسی در کشور کره جنوبی است، نه تنها مشتمل بر جهت‌گیری‌های ترکیه در این زمینه است، بلکه به جنبه‌های دیگری از شاخص‌ها که خاص کشور کره جنوبی است، توجه نشان داده است. از جملهٔ این موارد می‌توان به جهت‌گیری شاخص‌های کره جنوبی به ارزیابی «عملکرد تحقیق و توسعه» در زمینه‌های خاص مهندسی، از جمله «صنعت فناوری»، «تجارت بین‌المللی در صنایع با فناوری بالا»، «رقابت ملی»، «فضایی»، «بیوتکنولوژی»، «انرژی و منابع»، «رشد سبز و فناوری»، «شاخص‌های اقتصادی» و مانند آن اشاره کرد. باوجوداین، کره جنوبی از محورهایی همچون «هزینه تحقیق و توسعه» و «کارکنان تحقیق و توسعه» نیز غافل نبوده است.

جدول ۲. شاخص ارزیابی علم و فناوری مهندسی در کره جنوبی

جهت‌گیری شاخص‌ها	معیارها	شاخص‌ها
هزینه تحقیق و توسعه	۱. ناخالص داخلی هزینه تحقیق و توسعه (GERD)	۱. GRED در کره جنوبی
		۲. GERD در کشورهای بزرگ.
		۳. GERD در سرانه جمعیت و هر پژوهشگر در کره جنوبی
		۴. GERD در سرانه جمعیت و هر پژوهشگر (FTE) در کشورهای بزرگ
		۵. GERD توسط بخش‌های اجرایی در کره جنوبی
		۶. درصد GERD در بخش‌های اجرایی در کشورهای بزرگ
		۷. GERD توسط منابع مالی کره جنوبی
		۸. درصد GERD به منبع بودجه در کشورهای بزرگ
		۹. GERD بر اساس نوع تحقیق و توسعه در کره جنوبی
		۱۰. GERD بر اساس نوع تحقیق و توسعه در کشورهای بزرگ
		۱۱. GERD در کره جنوبی 6T توسط فناوری‌های آینده و در حال ظهور
		۱۲. GERD بر اساس منطقه در کره جنوبی
	۲. مؤسسه تجاری هزینه تحقیق و توسعه (BERD)	۱۳. درصد BERD که توسط دولت در کره جنوبی تأمین می‌شود
		۱۴. درصد BERD که توسط دولت کشورهای بزرگ تأمین می‌شود
		۱۵.BERD. توسط نوع کسب و کار در کره جنوبی
		۱۶. BERD. توسط صنعت کره جنوبی
		۱۷. ERDB. توسط صنعت کشورهای بزرگ
		۱۸. BERD انجام‌شده در صنایع تحقیق و توسعه کشورهای بزرگ
		۱۹. BERD و درصد آن نسبت به فروش در کره جنوبی
		۲۰. BERD کشورهای بزرگ به‌عنوان درصد ارزش‌افزوده در صنعت
		۲۱. شدت BERD کره جنوبی
		۲۲. ۵۰ شرکت برتر دنیا با BERD
	۳. هزینه داخلی دولت برای تحقیق و توسعه (BOVERG)	۲۳. مجموع GBAORD کره جنوبی
		۲۴. مجموع GBAORD کشورهای بزرگ
		۲۵. OVERBG کره جنوبی
		۲۶. OVERBG بخش‌های اجرایی در کره جنوبی
		۲۷. OVERBG تحقیق و توسعه در کره جنوبی
		۲۸. OVERBG وزارتخانه در کره جنوبی
		۲۹. OVERBG فناوری‌های آینده و نوظهور در کره جنوبی
		۳۰. OVERBG منطقه در کره جنوبی

ادامه جدول ۲. شاخص ارزیابی علم و فناوری مهندسی در کره جنوبی

جهت‌گیری شاخص‌ها	معیارها	شاخص‌ها
کارکنان تحقیق و توسعه	۴. کارکنان D&R	۳۱. کل پژوهشگران و کل کارکنان تحقیق و توسعه کره جنوبی
		۳۲. کل پژوهشگران و کل کارکنان تحقیق و توسعه کشورهای بزرگ
		۳۳. کل پژوهشگران در هر ۱۰،۰۰۰ جمعیت، در هر ۱۰۰۰ کل استخدام و ۱۰۰۰ نیروی کار کره جنوبی
		۳۴. کل پژوهشگران در هر ۱۰،۰۰۰ جمعیت، در هر ۱۰۰۰ کل استخدام و ۱۰۰۰ نیروی کار کشورهای بزرگ
		۳۵. پژوهشگران استخدام‌شده کره جنوبی
		۳۶. درصد پژوهشگران استخدام‌شده کشورهای بزرگ
		۳۷. پژوهشگران زن در کره جنوبی
		۳۸. پژوهشگران زن در کشورهای بزرگ
		۳۹.پخش پژوهشگران استخدام‌شده و تحصیل‌کرده در کره جنوبی
		۴۰. پژوهشگران متخصص کره جنوبی
		۴۱. پژوهشگران با موضوع تخصصی در کره جنوبی
		۴۲. پژوهشگران با رده سنی در کره جنوبی
		۴۳. پژوهشگران منطقه‌ای در کره جنوبی
		۴۴. پژوهشگران انواع شرکت‌ها در کره جنوبی
		۴۵. پژوهشگران صنعت در کره جنوبی
		۴۶. نیرومندی پژوهشگران و پژوهشگران دکترا از شرکت‌های برتر کره جنوبی
		۴۷. پژوهشگران اصلی پروژه‌های تحقیق و توسعه دولتی بر اساس بخش، جنسیت و مدرک تحصیلی در کره جنوبی
		۴۸. کمبود پرسنل صنعت علم و فناوری در کره جنوبی
	۵. پرورش سرمایه انسانی	۴۹. تعداد دانشجویانی که در مقاطع کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکترا ثبت‌نام کرده‌اند
		۵۰. تعداد دانش‌آموختگان علوم مهندسی با مدرک کارشناسی ارشد و دکترا در کره جنوبی
		۵۱. دکترای جدید در علوم طبیعی و مهندسی به‌عنوان یک درصد از تمام فارغ‌التحصیلان در کشورهای بزرگ
		۵۲. فارغ‌التحصیلان سطح سوم در علوم طبیعی و مهندسی به‌عنوان یک درصد از تمام فارغ‌التحصیلان در کشورهای بزرگ

ادامه جدول ۲. شاخص ارزیابی علم و فناوری مهندسی در کره جنوبی

جهت‌گیری شاخص‌ها	معیارها	شاخص‌ها
عملکرد تحقیق و توسعه	۶. انتشارات	۵۳. تعداد مقالات منتشرشده در مجلات SCI کره جنوبی
		۵۴. تعداد مقالات منتشرشده در مجلات SCI کشورهای بزرگ
		۵۵. تعداد مقالات منتشرشده در مجلات SCI در هر ۱۰،۰۰۰ جمعیت یا هر ۱۰۰ پژوهشگر در کره جنوبی
		۵۶. تعداد مقالات منتشرشده در مجلات SCI در هر ۱۰،۰۰۰ جمعیت یا هر ۱۰۰ پژوهشگر در کشورهای بزرگ
		۵۷. میانگین استنادات هر مقاله در بازه ی زمانی بالای پنج سال در کره جنوبی
		۵۸. میانگین استنادات هر مقاله در بازه ی زمانی بالای پنج سال در کشورهای بزرگ
		۵۹. تعداد مقالات منتشرشده در ۳ مجله برتر در کره جنوبی
		۶۰. تعداد مقالات منتشر شده توسط منطقه در کره جنوبی
عملکرد تحقیق و توسعه	۷. ثبت اختراعات	۶۱. درخواست‌های ثبت اختراع بومی و حق امتیاز در کره جنوبی
		۶۲. درخواست‌های ثبت اختراع بومی و حق امتیاز منطقه‌ای در کره جنوبی
		۶۳. تعداد ثبت اختراع‌های هم موضوع در کره جنوبی
		۶۴. تعداد ثبت اختراع‌های هم موضوع در کشورهای بزرگ
		۶۵. تعداد درخواست‌های ثبت اختراع و کمک‌های مالی از سوی USPTO در کره جنوبی
		۶۶. تعداد درخواست‌های ثبت اختراع و کمک‌های مالی از سوی USPTO در کشورهای بزرگ
		۶۷. ۱۰ شرکت برتر که پتنت آمریکا اعطا شده است
		۶۸. تعداد درخواست‌های ثبت اختراع و کمک‌های مالی از سوی EPO در کره جنوبی
		۶۹. تعداد درخواست‌های ثبت اختراع و کمک‌های مالی از سوی EPO درکشورهای بزرگ
		۷۰. تعداد درخواست‌های ثبت اختراع تحت PCT در کره جنوبی
		۷۱. تعداد درخواست‌های ثبت اختراع تحت PCT در کشورهای بزرگ
		۷۲. تعداد درخواست‌های ثبت اختراع تحت PCT در بخش فناوری اطلاعات و ارتباطات و بیوتکنولوژی در کشورهای بزرگ
	۸. صنعت فناوری	۷۳. تعادل فناوری در کره جنوبی
		۷۴. تعادل فناوری در کشورهای بزرگ

ادامه جدول ۲. شاخص ارزیابی علم و فناوری مهندسی در کره جنوبی

جهت‌گیری شاخص‌ها	معیارها	شاخص‌ها
	۹. تجارت بین‌المللی در صنایع با فناوری بالا	۷۵. تجارت بین‌المللی صنایع تحقیق و توسعه کره جنوبی
		۷۶. تجارت بین‌المللی صنایع تحقیق و توسعه کشورهای بزرگ
		۷۷. تجارت صنعت ICT در کره جنوبی
		۷۸. تجارت صنعت ICT در کشورهای بزرگ
عملکرد تحقیق و توسعه	۱۰. رقابت ملی	۷۹. رتبه‌بندی رقابت کره جنوبی
		۸۰. رتبه‌بندی رقابت کشورهای بزرگ
		۸۱. رتبه‌بندی رقابت کره جنوبی در زیرساخت‌های علمی
		۸۲. رتبه‌بندی رقابت کره جنوبی در زیرساخت‌های فناوری
		۸۳. رقابت‌های جهانی کره جنوبی
		۸۴.رتبه‌بندی رقابت‌های جهانی کشورهای بزرگ
		۸۵. علم کامپوزیت و شاخص نوآوری فناوری کره جنوبی
دیگر آمار تحقیق و توسعه	۱۱. انرژی و منابع	۸۶. عرضه و تقاضای برق در کره جنوبی
		۸۷. عرضه نفت در کره جنوبی
		۸۸. عرضه کل انرژی اولیه در هر ۱۰۰۰ دلار تولید ناخالص داخلی در کشورهای بزرگ
		۸۹. برق هسته‌ای به‌عنوان درصدی از تولید کل برق در کشورهای بزرگ
		۹۰. بهره‌برداری از منابع طبیعی خارج از کره جنوبی
	۱۲. رشد سبز و فناوری	۹۱. تأمین انرژی تجدیدپذیر در کره جنوبی
		۹۲. تأمین انرژی تجدیدپذیر در کشورهای بزرگ
		۹۳. تولید گازهای گلخانه‌ای در کشورهای بزرگ
		۹۴. هزینه تحقیق و توسعه بر فناوری‌های سبز به‌عنوان درصدی از ERDGOV در کره جنوبی
		۹۵. بودجه تحقیق و توسعه برای انرژی و محیط زیست به‌عنوان درصدی ازGBAORD در کشورهای بزرگ
	۱۳. فضایی	۹۶. برنامه‌های فضایی به عنوان درصدی ازGBAORD مدنی در کشورهای بزرگ
		۹۷. BERD انجام‌شده در صنعت هوافضا در کشورهای بزرگ
	۱۴. بیوتکنولوژی	۹۸. صنعت بیوتکنولوژی کره جنوبی
	۱۵.شاخص‌های اقتصادی	۹۹. سرانه جمعیت و تولید ناخالص داخلی در کشورهای بزرگ
		۱۰۰. نیروی کار، کل اشتغال و ارزش افزوده صنعت در کشورهای بزرگ

ج. ایالات متحده آمریکا

جدول ۳. شاخص‌های ارزیابی علم و فناوری مهندسی در ایالات متحده آمریکا

جهت‌گیری شاخص‌ها	شاخص‌ها
آموزش عالی	میزان ثبت‌نام در دانشگاه‌ها به تفکیک رشته علمی
	تعداد دانش‌آموختگان دانشگاهی به تفکیک رشته علمی
	میزان ثبت‌نام در مقطع کارشناسی ارشد
	تعداد دارندگان مدرک کارشناسی ارشد
	تعداد دارندگان مدرک کارشناسی ارشد از دانشگاه‌های دولتی به تفکیک رشته علمی
درون‌دادهای تحقیق و توسعه	تعداد پژوهشگران تمام‌وقت در بخش دولتی
	تعداد پژوهشگران تمام‌وقت در بخش دولتی به تفکیک رشته علمی
	تعداد کارکنان تحقیقاتی در بخش دولتی
	تعداد کارکنان تحقیقاتی در بخش دولتی به تفکیک رشته علمی
	تعداد کارکنان تحقیقاتی در دانشگاه‌های دولتی
	تعداد کارکنان تحقیقاتی در دانشگاه‌های دولتی به تفکیک رشته علمی
	تعداد پژوهشگران تمام‌وقت در دانشگاه‌های دولتی
	تعداد پژوهشگران تمام‌وقت در دانشگاه‌های دولتی به تفکیک رشته علمی
	تعداد پژوهشگران تمام‌وقت در دانشگاه‌های خصوصی
	تعداد پژوهشگران تمام‌وقت در دانشگاه‌های خصوصی به تفکیک رشته علمی
	تعداد پژوهشگران بر اساس بخش اشتغال
	تعداد پژوهشگران در هر میلیون نفر ساکن
	هزینه‌کرد دولت در تحقیق و توسعه به‌صورت درصدی از GDP
	سرانه هزینه‌کرد در تحقیق و توسعه
برون‌دادهای تحقیق و توسعه	تعداد درخواست‌های پروانه ثبت اختراع در اداره ثبت اختراعات مصر
	تعداد درخواست‌های پروانه ثبت اختراع در اداره ثبت اختراعات مصر به تفکیک کشور درخواست‌کننده
	تعداد درخواست‌های پروانه ثبت اختراع در اداره ثبت اختراعات مصر به تفکیک نوع درخواست
	تعداد درخواست‌های پروانه ثبت اختراع مصر در دفاتر مختلف ثبت اختراع
	تعداد پروانه‌های ثبت اختراع اعطاشده
	تعداد پروانه‌های ثبت اختراع اعطاشده توسط اداره ثبت اختراعات مصر
	تعداد پروانه‌های ثبت اختراع اعطاشده به تفکیک رشته علمی
	تعداد پروانه‌های ثبت اختراع اعطاشده به تفکیک کشور
	تعداد پروانه‌های ثبت اختراع اعطاشده توسط دفاتر مختلف ثبت اختراع
	تعداد پروانه‌های ثبت اختراع معاهده همکاری‌های ثبت اختراع (PCT)

ادامه جدول ۳. شاخص‌های ارزیابی علم و فناوری مهندسی در ایالات متحده آمریکا

جهت‌گیری شاخص‌ها	شاخص‌ها
	تعداد درخواست‌های پروانه‌های ثبت اختراع معاهده همکاری‌های ثبت اختراع (PCT)
	تعداد انتشارات بین‌المللی
	تعداد استنادات بین‌المللی
	تعداد انتشارات در مجلات معتبر
برون‌دادهای تحقیق و توسعه	تعداد انتشارات به تفکیک رشته علمی
	تعداد انتشارات بین‌المللی در مراکز تحقیقاتی دولتی
	تعداد انتشارات به ازای هر پژوهشگر در مراکز تحقیقاتی دولتی
	تعداد انتشارات در دانشگاه‌ها
	تعداد انتشارات در دانشگاه‌ها به ازای هر پژوهشگر

جدول (۳) حاکی از آن است که جهت‌گیری شاخص‌های ارزیابی علم و فناوری مهندسی در ایالات متحدهٔ آمریکا در سه محور «آموزش عالی»، «برون‌دادهای تحقیق و توسعه» و «درون‌دادهای تحقیق و توسعه» خلاصه شده است. این بیان بدان معناست که در ایالات متحدهٔ آمریکا، برای ارزیابی علم و فناوری در حوزه مهندسی تنها به یک بُعد نظیر انتشارات توجه نشده، بلکه به ابعاد گوناگونی نظیر شاخص‌های مبتنی بر بودجه، زیرساخت، نیروی انسانی و مانند آن به‌عنوان درون‌داد و مواردی همچون پروانه‌های ثبت اختراعات، مقاله و استنادها به‌عنوان برون‌داد توجه شده و روابط این دو نسبت به یکدیگر لحاظ شده است. علاوه‌براین، مبحث ارزیابی آموزش عالی در حوزه مهندسی در فصلی جداگانه مورد توجه قرار گرفته و شاخص‌های خاصی برای آن در نظر گرفته شده است.

پاسخ به سؤال دوم پژوهش. بر اساس تلفیقی از تجربیات به‌دست‌آمده از سایر کشورها و دیدگاه‌های صاحب‌نظران، محورها و جهت‌گیری‌های لازم برای توسعهٔ شاخص‌های ارزیابی حوزهٔ مهندسی در ایران باید چگونه باشد؟

پاسخ به سؤال نخست پژوهش حاکی از جهت‌گیری‌های متفاوت شاخصه‌های کشورهای مورد مطالعه برای ارزیابی علم و فناوری حوزهٔ مهندسی بود. ازاین‌رو، مطابق آنچه در بخش روش‌شناسی مورد اشاره قرار گرفت، در این مرحله با استفاده از دیدگاه‌های صاحب‌نظران، جهت‌گیری‌ها، معیارها و شاخص‌های شناسایی‌شده از کشورها با شاخص‌های ایران مورد مقایسه قرار گرفته و پیشنهادهای لازم برای جهت‌گیری شاخص‌ها در ایران ارائه خواهد شد.

بررسی دیدگاه صاحب‌نظران درخصوص شاخص‌های ارزیابی علم و فناوری مهندسی در ایران حاکی از آن است که شاخص‌های به‌دست‌آمده از سایر کشورها برای پیاده‌سازی در ایران، باید در سه سطح مورد بهره‌برداری قرار گیرد. سطح اول، برای «ارزیابی علم و فناوری مهندسی عمومی در سطح عام» و سطح دوم برای «ارزیابی علم و فناوری حوزه‌های خاص مهندسی در سطح دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی». باوجوداین، تأکید بر مسئله‌محوربودن شاخص‌ها و الهام‌بخش‌بودن برای توسعه فناوری، توسعه بازار یا توسعه شرکت، مورد توجه ویژهٔ صاحب‌نظران بوده است.

از طرفی، تأکید صاحب‌نظران بر شاخص‌های ارزیابی مهندسی در سطح تخصصی در دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی، تفاوتی است که در بحث تحقیق و پژوهش در ایران و خارج از کشور در زمینه انجام تحقیقات در داخل یا خارج از

دانشگاه و با مشارکت بخش صنعت وجود دارد. ازآنجایی‌که در اکثر کشورهای مورد مطالعه، علم و فناوری خلق‌شده در دانشگاه، در صنعت متجلی و پیاده‌سازی می‌شود، لذا جهت‌گیری شاخص‌های ارزیابی آنها نیز به هر دو سوی دانشگاه و صنعت سوق دارد. بی‌تردید منفک‌بودن شاخص‌های ارزیابی مهندسی در دانشگاه و صنعت از یکدیگر در ایران به ساختار روابط این دانشگاه و صنعت در کشور بازمی‌گردد و چنانچه از طرف نهادهای متولی برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری علم و فناوری مهندسی در کشور، شاخص‌هایی مناسب و هدفمند برای ارزیابی مهندسی در کشور تبیین و طراحی شود و در دستور کار قرار گیرد، به جهت‌گیری‌های مثبت در این زمینه دامن خواهد زد و به‌تدریج به تقویت رابطهٔ دانشگاه با صنعت خواهد انجامید؛ چراکه شاخص‌ها، به‌نوعی ابزارهای پیاده‌سازی سیاست‌ها نیز محسوب می‌شوند.

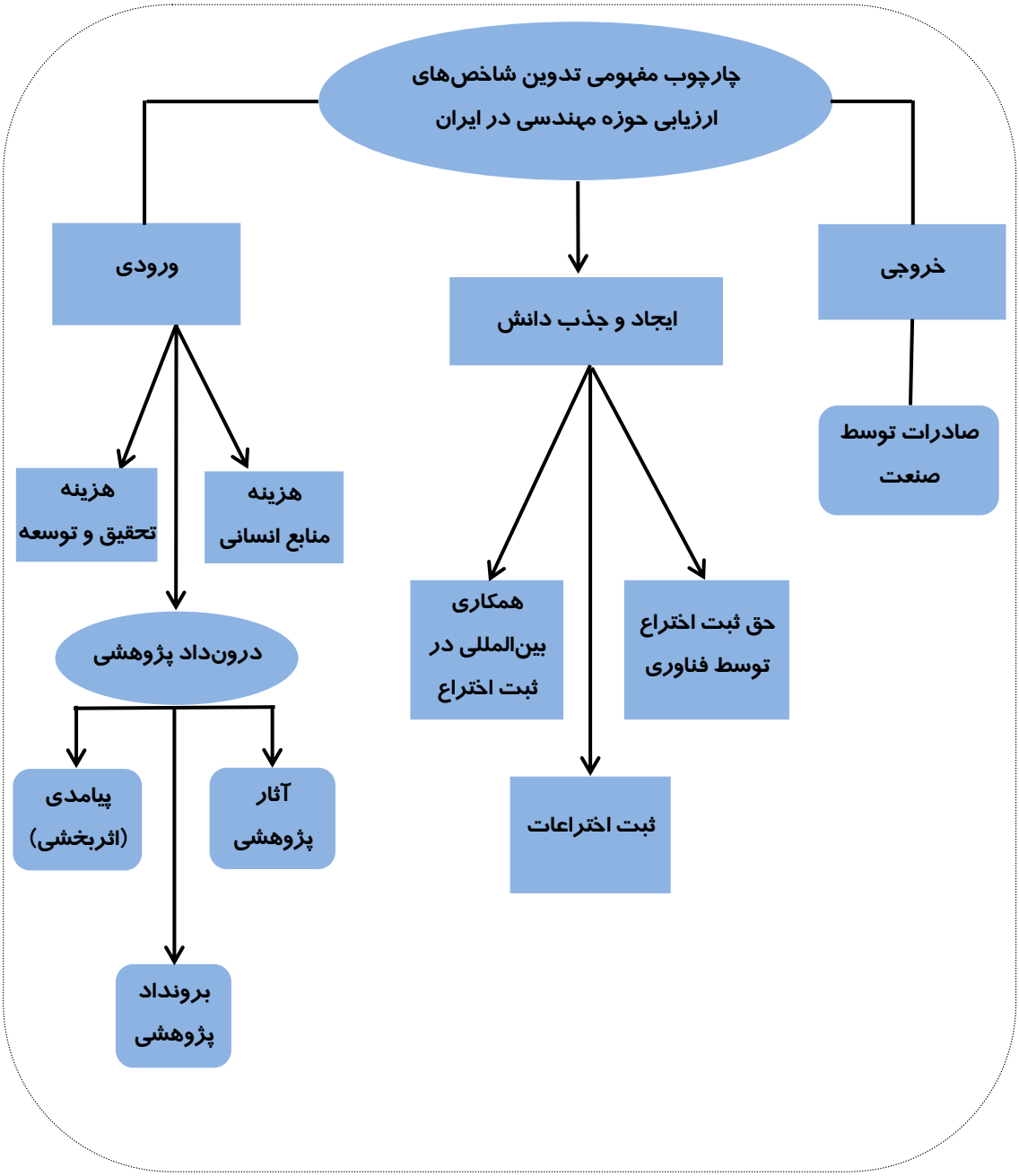
علاوه‌براین، درنظرگرفتن چنین شاخص‌های چندگانه‌ای علاوه‌بر تقویت رابطه دانشگاه با صنعت، به ارتقای رتبه دانشگاه‌های کشور در حوزه مهندسی در نظام‌های رتبه‌بندی بین‌المللی نیز خواهد انجامید. ازآنجایی‌که مجموعه شاخص‌های ارزیابی علم و فناوری مهندسی در هر یک از کشورهای مورد مطالعه، بر مبنای سیاست‌ها و برنامه‌های کلان آنها تدوین شده، لذا مطابق دیدگاه اکثر صاحب‌نظران، پیش از تدوین شاخص‌های مناسب در این حوزه لازم است سیاست‌ها و برنامه‌های کلان کشور در این زمینه تبیین و تعیین شود و سپس شاخص‌های ارزیابی بر مبنای آن مقوله‌بندی شود.

آنچه مسلم است، هم‌اکنون ارزیابی‌های تخصصی و موضوعی علم و فناوری، به‌ویژه در حوزهٔ مهندسی هنوز جایگاه خود را در کشور باز نکرده است و بیشتر ارزیابی‌ها در سطحی کلان صورت می‌پذیرد. ارزیابی‌های معدودی که به‌صورت خُرد انجام شده نیز بیش از آنکه به ارزیابی حوزه‌های تخصصی بپردازد، به ارزیابی در سطح دانشگاه‌ها و مؤسسه‌های تحقیقاتی اختصاص داشته و درواقع، تعبیر ارزیابی‌های خُرد در کشور، بیشتر ارزیابی‌هایی بوده که در سطح مؤسسه‌ها صورت می‌پذیرد. در کنار آن، ارزیابی‌های پراکندهٔ دیگری نیز به‌صورت موردی توسط برخی از سازمان‌ها یا جشنواره‌ها صورت می‌پذیرد که هر یک از شاخص‌های متناسب با اهداف و مأموریت‌های خود در این زمینه بهره می‌جویند. شاخص‌های ارزیابی مهندسی در جشنواره‌های خوارزمی از جملهٔ این نوع شاخص‌هاست که بر ارزیابی طرح‌های تحقیقاتی کاربردی، اختراعات و نوآوری‌ها، به‌عنوان مهم‌ترین دستاوردها و برون‌دادهای حوزه مهندسی تأکید دارند.

با توجه به دیدگاه‌های به‌دست‌آمده از صاحب‌نظران درخصوص شاخص‌های ارزیابی مهندسی در کشورهای مورد مطالعه، چارچوب مفهومی برای تدوین شاخص‌های ارزیابی حوزه مهندسی در ایران باید متضمن جهت‌گیری‌های زیر باشد (تصویر ۱). باوجوداین، باید توجه داشت که هر چارچوب مفهومی، چه از نوع گرافیکی و چه از نوع متنی، باید بتواند مؤلفه‌های اصلی مورد مطالعه مشتمل بر عوامل کلیدی، مفاهیم، متغیرها و روابط مفروض میان آنها را توضیح دهد.

شاخص‌های ارزیابی مبتنی بر ورودی‌ها: مشتمل بر هزینه‌ها و پرسنل تحقیق و توسعه

شاخص‌های ارزیابی مبتنی بر ورودی از مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی علم و فناوری در حوزه مهندسی محسوب می‌شود؛ چراکه امکان شناسایی امور خلاقانه و تأثیرگذار بر نوآوری را فراهم می‌سازند.. هزینه‌های تحقیق و توسعه اغلب برای تشویق نوآوری و به‌عنوان یک عامل محرک در عرصهٔ رقابت‌های ملی تخصیص می‌یابد. ازاین‌رو، از اهمیت خاصی در مهندسی برخوردار هستند. به‌عنوان نمونه، شاخص «درصد هزینه‌کرد تحقیق و توسعه به‌عنوان



تصویر ۱. جهت‌گیری شاخص‌های پیشنهادی برای ارزیابی علم و فناوری حوزه مهندسی

درصدی از تولید ناخالص داخلی» می‌تواند تا حد زیادی بیانگر میزان و شدت توجه به تحقیق و توسعه در حوزهٔ مهندسی تلقی شود. کوهن (۲۰۱۰) از این نوع شاخص‌ها برای توضیح رابطه بین اندازه شرکت و تلاش نوآورانه استفاده کرده‌اند. ارزیابی سیاست‌های علم و فناوری کشورها (نوروزی چاکلی، ۱۳۹۷) حاکی از آن است که یکی از مهم‌ترین دلایل شدت تحقیق و توسعه بالاتر حوزه مهندسی در کشورهای توسعه‌یافته نسبت به کشورهای درحال‌توسعه، همین تفاوت در هزینه‌کردهای آنها در تحقیق و توسعه است. به‌عبارت‌دیگر، برای یک کشور، هزینه‌کرد داخلی ناخالص برای تحقیق و توسعه[1]، که هزینه‌های تحقیق علمی و توسعه آزمایشی را نشان می‌دهد، نشانه‌ای از

1 . GERD

تخصیص منابع مالی به تحقیق و توسعه از نظر سهم در تولید ناخالص داخلی را ارائه می‌دهد. علاوه‌براین، شاخص‌هایی از جمله «هزینه‌کرد بنگاه‌های اقتصادی برای تحقیق و توسعه[1]» به‌عنوان شاخصی مهم در ارزیابی تجاری‌سازی، و به‌نوعی نشان‌دهندهٔ شدت توجه به تجاری‌سازی تلقی می‌شود. علاوه‌براین، شاخص «هزینه‌کرد داخلی دولت برای تحقیق و توسعه»[2] می‌تواند به‌عنوان یکی دیگر از شاخص‌های ارزیابی مبتنی بر ورودی علم و فناوری مهندسی لحاظ شود و به‌عنوان نشانه‌ای از تلاش‌های دولت برای سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه تلقی شود؛ چراکه بودجه دولت می‌تواند فعالیت‌های تحقیق و توسعه شرکت را تحریک کند و ازاین‌رو در حوزه مهندسی حائز اهمیت محسوب می‌شود. شاخص »هزینه‌کرد آموزش عالی در زمینه تحقیق و توسعه[3]» یکی دیگر از شاخص‌های مبتنی بر ورودی است که از دهه ۱۹۸۰ مورد توجه قرار گرفته و به‌کارگیری آن در حوزه مهندسی، می‌تواند تصویری از توجه آموزش عالی کشور به توسعه آموزش و پژوهش در حوزه مهندسی را به تصویر بکشاند و به‌نوعی بیانگر رابطه دانشگاه و صنعت نیز باشد.

شاخص‌های ارزیابی مبتنی بر خروجی‌ها: مشتمل بر پروانه‌های ثبت اختراعات، انتشارات داخلی، خارجی و نوآوری‌ها

گذشته از اهمیت شاخص‌های مبتنی بر ورودی، شاخص‌های مبتنی بر خروجی نیز در ارزیابی علم و فناوری حوزه مهندسی از اهمیت فراوانی برخوردار است. چارچوب پیشنهادی برای شاخص‌های ارزیابی مبتنی بر خروجی، با الگوی ارائه‌شده در کارگاه «سازمان همکاری اقتصادی و توسعه[4]» که توسط کیوکوان و همکاران و به‌منظور ارزیابی قابلیت نوآوری ملی ارائه شد مطابقت دارد. شاخص‌های تبیین‌کنندهٔ جایگاه یک کشور در ثبت اختراعات ازاین‌جهت در حوزه مهندسی حائز اهمیت است که دارای ارزش مستقیم و غیرمستقیم است. ارزش مستقیم شاخص‌های مرتبط با پروانه‌های ثبت اختراعات، به دلیل دانش تولید فناوری مندرج در آن و اهمیت غیرمستقیم آن، به دلیل استناد به مقاله‌های مرتبط و تأثیرپذیری از پژوهش‌های کاربردی و مؤثر مطرح است (نوروزی چاکلی، ۱۳۹۰). همچنین، ارزش شاخص‌های مرتبط با انتشار مقاله‌ها و آثار پژوهشی در حوزهٔ مهندسی، ازاین‌جهت که می‌توانند نشان‌دهندهٔ توجه بخش پژوهش در حوزه مهندسی باشدن حائز اهمیت هستند و شاخص‌های نوآوری، نیز به‌نوعی بیانگر میزان فعالیت‌های نوآورانهٔ قابل تجاری‌سازی است.

در میان شاخص‌های خروجی، شاخص‌های مبتنی بر تولید و صادرات محصول، مشتمل بر نوآوری و تجاری‌سازی از مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی در حوزه مهندسی قلمداد می‌شود. اگرچه پیش‌تر در لابه‌لای سخن در این خصوص که حوزه مهندسی چگونه به دانش فناوری برای تولید محصول وابسته است سخن گفته شد، اما باید تأکید شود ازآنجایی‌که هدف اصلی حوزه مهندسی تولید محصول و فراهم‌سازی امکان تجاری‌سازی و صادرات آن است، لذا این نوع شاخص‌های ارزیابی از اهمیت ویژه‌ای در این حوزه برخوردارند. بدیهی است در صورت عدم وجود چنین شاخص‌هایی در نظام ارزیابی علم و فناوری مهندسی و توجه صِرف به شاخص‌های مبتنی بر ورودی، خروجی و خلق و جذب دانش، سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان این عرصه را از درک درست دستاوردهای فنی و مهندسی ناکام خواهد گذاشت و نتیجه ارزیابی‌های انجام‌شده در علم و فناوری حوزه مهندسی، ناتمام و ناقص تلقی خواهد شد؛ چراکه در حوزهٔ مهندسی، تولید محصول هدف اصلی محسوب می‌شود. از طرفی، صادرات بازدهی اصلی از فعالیت نوآورانه یک

1 . BERD
2 . GOVERD
3 . HERD
4 . OECD

کشور به شمار می‌رود و حوزه مهندسی با ورود به بازار صادرات و قرارگرفتن در معرض دانش فناوری بیرونی، زمینه‌های "یادگیری از طریق صادرات" برای حوزه مهندسی فراهم می‌شود و با افزایش منافع اقتصادی، امکان پوشش هزینه تحقیق و توسعه بیش از پیش فراهم می‌شود. البته شاخص‌های مرتبط با ارزیابی ریسک‌پذیری فناوری نیز باید در این گروه از شاخص‌ها لحاظ شود؛ زیرا به همان نسبتی که توسعه تجاری‌سازی فناوری‌ها تولید محصول و ارائه خدمات نوآورانه در حوزه مهندسی مهم است، نگرشی که به لحاظ سازگاری با تغییرات و تمایل به ریسک‌پذیری وجود دارد نیز در این حوزه حائز اهمیت است.

شاخص‌های ارزیابی مبتنی بر خلق و جذب دانش: مشتمل بر جذب حق ثبت اختراعات بین‌المللی

در کنار شاخص‌های ارزیابی مبتنی بر ورودی و خروجی، حوزهٔ مهندسی نیازمند شاخص‌هایی دیگر است که قادر به ارزیابی نقش مهندسی در خلق و جذب دانش نیز باشد. این نوع شاخص‌ها بیشتر در چارچوب نوآوری می‌گنجد؛ چراکه خلق دانش فرایندی است برای ارائه ایده‌های جدید از طریق تحقیق و توسعه رسمی. به بیانی دیگر، جذب دانش فرایند کسب و استفاده از دانش نهادهایی مانند دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی، یا حتی شرکت‌های داخلی و بین‌المللی است.

در این گروه از شاخص‌ها، مالکیت معنوی[1] از اهمیت فراوانی برخوردار است، زیرا خلق و جذب دانش از طریق توجه به مالکیت معنوی آشکار می‌شود. ازاین‌رو، کشورها برای محافظت از مالکیت معنوی و نوآوری، چارچوب‌های نظارتی را در قالب حق ثبت اختراع و حق چاپ ایجاد می کنند و برای حمایت از حقوق مخترعان و صاحبان حق ثبت اختراع از نظام‌های قانونی استفاده می‌کنند. به‌عنوان مثالی در این زمینه، می‌توان از قانون Bayl-Dohl در ایالات متحده آمریکا یاد کرد که با تدوین حقوق حمایت از حق ثبت اختراع، قدرت تأثیرگذاری بر نظام نوآوری ملی را در اختیار سیاست‌گذاران علم و فناوری آن کشور قرار داده است. این دسته از شاخص‌ها ازاین‌جهت در حوزه مهندسی حائز اهمیت هستند که با حمایت قانونی و انحصاری که برای استفاده از دانش فراهم می‌آورند، امکان سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه و تبدیل دانش به محصول و به عبارتی تولید دانش و نوآوری را برقرار می‌سازند. از طرفی، نظام مالکیت معنوی دقیق و قدرتمند در یک کشور، زمینه‌های جذب دانش فناوری و ثبت اختراعات از سایر کشورها را نیز فراهم می‌سازد. بنابراین، کشوری که بتواند در جذب دانش فناوری از خارج موفق عمل کند، بی‌شک می‌تواند در تولید فناوری نیز مؤثر عمل کند. به‌این‌ترتیب، چنین امکانی می‌تواند زمینه‌ساز موفقیت‌های بیشتر حوزه مهندسی که بیش از همه با تولید سر و کار دارد باشد. بنابراین، وجود شاخص‌هایی که زمینه‌های لازم برای ارزیابی خلق و جذب دانش را در کشور فراهم سازد، در حوزهٔ مهندسی یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر محسوب می‌شود و به‌نوعی می‌تواند برآوردکننده اصلی میزان نوآوری ملی قلمداد شود.

بحث و نتیجه‌گیری

این مطالعه ویژگی‌ها و جهت‌گیری‌های اصلی شاخص‌های ارزیابی علم و فناوری در حوزه مهندسی در کشورهای ایالات متحده آمریکا، کره جنوبی و ترکیه مورد مطالعه قرار داده و با اخذ دیدگاه‌های صاحب‌نظران، چارچوبی را برای تدوین شاخص‌های ارزیابی علم و فناوری در ایران ارائه کرده است.این مطالعه نشان می‌دهد که بهره‌مندی از شاخص‌های مبتنی بر ورودی، خروجی و خلق و جذب دانش می‌تواند در ارزیابی علم و فناوری حوزه مهندسی مؤثر

1 . IP

عمل کند حوزه مهندسی یک حوزه محصول‌محور و کاربردی است؛ بدین معنا که هدف نهایی فعالیت‌ها و پژوهش‌هایی که در حوزهٔ مهندسی به انجام می‌رسد، تبدیل ایده به محصول و تولید است. لذا نمی‌توان انتظار داشت با استفاده از شاخص‌هایی که فقط بر ورودی‌های این حوزه، از قبیل هزینه‌کردها یا نیروی انسانی تحقیق و توسعه و پژوهشگران تمرکز دارند، بتوان ارزیابی صحیح و کاملی از این حوزه به دست داد. از طرفی، نمی‌توان با تکیهٔ صِرف بر خروجی‌های این حوزه از قبیل پروانه‌های ثبت اختراعات، مقالات و سایر انتشارات این حوزه، به ارزیای جامع و کاملی که بتواند نیازهای سیاست‌گذاران علم و فناوری را پوشش دهد دست یافت. حتی نمی‌توان با تکیهٔ صِرف به شاخص های خلق و جذب دانش، به ارزیابی درستی از علم و فناوری این حوزه نائل شد. بنابراین، لازم است جهت‌گیری تدوین شاخص‌های حوزهٔ مهندسی به سمت و سویی باشد که بتواند تمامی شاخص‌های این حوزه را دربرگیرد و در راستای رفع نیازهای سیاست‌گذاران این حوزه به‌کار گرفته شود.

ازآنجایی‌که به‌کارگیری شاخص برای ارزیابی عملکرد علم و فناوری، به‌نوعی جهت‌دهندهٔ مسیر حرکت نظام علم و فناوری نیز محسوب می‌شود، بهره‌مندی از شاخص‌های مناسب از اهمیت بیشتری برخوردار می‌شود؛ چراکه چه‌بسا بهره‌گیری از شاخصی ناصحیح مسیر حرکت علم و فناوری در یک حوزه خاص همچون مهندسی را به مسیرهای نادرست سوق دهد. ازاین‌رو، باید از شاخص‌های ارزیابی علم و فناوری در حوزه مهندسی، به‌عنوان ابزارهایی برای تبیین مسیر سیاست‌های علم و فناوری در حوزه مهندسی یاد کرد. نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش می‌تواند با پژوهش نامداریان، کلانتری و علیدوستی (۱۳۹۷) که شاخص‌های ملی را ارائه داده بودند و همچنین با پژوهش قاضی نوری و فرازکیش (۱۳۹۷) و نامداریان (۱۳۹۵) همسو تلقی شود. علاوه‌براین، به لحاظ هدف در زمینه معرفی شاخص‌های برون‌داد و خروجی ارزیابی پژوهش‌های که توسط رضایی و نوروزی چاکلی (۱۳۹۳) ارائه شده است مرتبط تلقی شود؛ چراکه پژوهش آنها نشان داده بود که از نظر پژوهشگران فنی–مهندسی شاخص‌های مربوط به اختراعات و طرح‌های تحقیقاتی نسبت به سایر شاخص‌ها از اعتبار بیشتری در ارزیابی بهره‌وری پژوهشی پژوهشگران برخوردار است و این در حالی است که برای پژوهشگران حوزه علوم انسانی شاخص‌های مربوط به کتاب، و برای پژوهشگران علوم پایه و علوم پزشکی شاخص‌های مربوط به مقاله‌های بین‌المللی از اهمیت بیشتری برخوردار است.علاوه‌براین، پژوهش باقری‌نژاد و سیدان (۱۳۹۴) که شناسایی عوامل اثرگذار پیرامونی برای برنامه‌ریزی و اجرای سیاست‌های علم و فناوری به انجام رسیده بود تا اندازه‌ای می‌تواند با اهداف این پژوهش مرتبط تلقی شود. به‌علاوه، پژوهش‌های متعدد دیگری بدون تأکید بر شناسایی جهت‌گیری‌های شاخص‌ها، تنها به معرفی گروه‌های مختلفی از شاخص‌ها برای ارزیابی ابعاد مختلفی از علم و فناوری پرداخته‌اند که می‌توان به پژوهش‌های پاک‌نیت و نوروزی (۱۳۹۵) پیرتل (۲۰۱۳)، وو و همکاران (۲۰۱۳)، پدرسن (۲۰۱۵)، سانلی و هوبیکوگلو (۲۰۱۵)، مرجورام (۲۰۱۵)، آمانکوا–آموآه (۲۰۱۶)، ساریتاس، درانو و چالوک (۲۰۱۷) و کاورماسی (۲۰۱۸) اشاره کرد. اگرچه هر یک از این پژوهش‌ها از این نظر که با هدف معرفی شاخص‌ها به انجام رسیده و بعضاً شاخص‌هایی را نیز برای ارزیابی جنبه‌های مختلفی از علم و فناوری معرفی کرده‌اند، اما نکته اینجاست که هیچ‌کدام از شاخص‌های معرفی‌شده، بر اساس یک چارچوب مفهومی که متضمن جهت‌گیری‌های لازم برای تدوین شاخص‌ها برای یک حوزهٔ خاص باشد صورت نگرفته‌اند. بنابراین، باید از این نظر این پژوهش‌ها را با پژوهش حاضر متفاوت تلقی کرد.

باید توجه داشت که با وجود زیادبودن تعداد شاخص‌ها برای ارزیابی علم و فناوری در متون، بدون وجود یک چارچوب مفهومی سنجیده، انتخاب و به‌کارگیری این شاخص‌ها دشوار است. علاوه‌براین، انتقال شاخص‌های نظری

به عرصهٔ عمل می‌تواند دشوارتر و مسئله‌سازتر باشد. مشکل دسترسی به داده‌ها و کمبود پایگاه‌های اطلاعاتی مناسب، یکی از مسائلی است که همواره استفاده از شاخص‌های مناسب را با دشواری مواجه می‌کند و در برخی از موارد متخصصان علم‌سنجی را در به‌کارگیری از این شاخص‌های مناسب، مجبور به عقب‌گرد می‌کند.

پیشنهادهای اجرایی پژوهش

- ایجاد پایگاه‌هایی داده‌های جامع برای گردآوری اطلاعات متناسب با شاخص‌های حوزه مهندسی؛
- تدوین مقررات و دستورالعمل‌های مناسب برای ملزم‌کردن سازمان‌های دخیل در حوزه مهندسی به‌منظور همکاری مؤثر در فرایند گردآوری داده و ارزیابی فعالیت‌های علم و فناوری آنها؛
- جلب پشتیبانی سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان علم و فناوری به‌منظور حمایت از تدوین شاخص‌های خُرد موضوعی در زمینه‌های گوناگون حوزهٔ مهندسی؛
- تلاش برای همسوسازی سیاست‌ها و برنامه‌های حوزهٔ مهندسی در سطح خُرد و کلان کشور با جهت‌گیری شاخص‌های ارزیابی علم و فناوری در حوزه مهندسی.

پیشنهاد برای پژوهش‌های آتی

- شناسایی و تدوین شاخص‌های ارزیابی مبتنی بر ورودی، خروجی و خلق و جذب دانش در حوزه‌های علوم انسانی، پایه، کشاورزی و پزشکی؛
- شناسایی و تدوین شاخص‌های ارزیابی مبتنی بر ورودی، خروجی و خلق و جذب دانش در هر یک از زیرحوزه‌های تخصصی مهندسی؛
- طراحی مدل پایگاه داده‌های جامع برای پیاده‌سازی شاخص‌های ارزیابی علم و فناوری مهندسی.

تقدیر و تشکر

این مقاله مستخرج از رساله دکتری نویسندهٔ اول مقاله، با عنوان "ارزیابی تطبیقی ساختار سیاست‌گذاری علم و فناوری ایران و کشورهای منتخب در حوزه مهندسی و ارائه الگوی پیشنهادی برای ایران" است که به راهنمایی نویسندهٔ مسئول مقاله در گروه علم اطلاعات و دانش‌شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال به انجام رسیده است.

فهرست منابع

احمدیان دیوکتی و دیگران. (۱۳۹۷). "طراحی مدل سیاست‌گذاری علم و فناوری مبتنی بر رویکرد پیچیدگی اقتصادی". *فصلنامه سیاست‌گذاری عمومی*. دوره ۴، شماره ۴، (زمستان): ص. ۹-۲۷.

باقری‌نژاد، جعفر, سیدان، محیا. (۱۳۹۴). "تدوین سیاست علم، فناوری و نوآوری برای کشورهای درحال‌توسعه: ارائه مدل مفهومی و تحلیل تطبیقی". *صنعت و دانشگاه*. ص. ۱۳ تا ۲۶.

بایرامی، سمانه؛ موسی‌پور، نعمت‌الله. (۱۳۹۶). "مطالعه تطبیقی سیاست‌های علمی کشورهای ترکیه و مالزی با تمرکز بر علوم انسانی"، *فصلنامه پژوهش‌های سیاسی جهان اسلام*، سال هفتم، شماره ۴، پیاپی ۲۵ (زمستان): ص. ۶۱-۸۹.

پاک‌نیت، مریم؛ نوروزی، ناصر. (۱۳۹۵). "بررسی شاخص‌های تأثیرگذار بر روند پیشرفت علم و فناوری"، *رهیافت*، پیاپی ۶۱ (بهار).

قاضی نوری، سپهر؛ فرازکیش، مهدیه. (۱۳۹۷). "الگوی ارزیابی ملی علم، فناوری و نوآوری بر اساس شاخص‌های کارایی، اثربخشی و سودمندی". *فصلنامه مطالعات راهبردی سیاست‌گذاری عمومی*. دوره ۸، شماره ۲۷.(تابستان): ص. ۲۰۵-۲۲۹

قاضی نوری، سید سروش و دیگران. (۱۳۹۴). "بررسی اهداف و ابزارهای سیاستی در اسناد مرتبط با علم و فناوری"، *سیاست علم و فناوری*، ش. ۲۶ (پاییز): ص. ۷۱-۸۶.

مجیدپور، مهدی؛ نامداریان، لیلا. (۱۳۹۴). "شناسایی موانع اجرای اسناد سیاست علم و فناوری کشور"، *فصلنامه مدیریت نوآوری*. دوره ۴، ش. ۴، پیاپی ۱۴ (زمستان): ص. ۳۱-۶۰.

مطهری‌نژاد، حسین و دیگران. (۱۳۹۱). ابعاد و مؤلفه‌های آموزش مهندسی: تحلیلی مبتنی بر ائتلاف‌های بین‌المللی. *نامه آموزش عالی*. ۵ (۲۰)، ۳۵.

معماریان، حسن. (۱۳۹۰). "روش‌های نوین دانشجومحور در آموزش مهندسی". *فصلنامه آموزش مهندسی ایران*. پیاپی ۵۲ (زمستان).

نامداریان، لیلا. (۱۳۹۵). "تبیین نحوه پشتیبانی مراکز اسناد و مدارک علمی از سیاست‌گذاری علم و فناوری". *سیاست علم و فناوری*، ۸ (۲)، ص ۳۱- ۴۷.

نامداریان، لیلا؛ کلانتری، نادیا؛ علیدوستی، سیروس. (۱۳۹۷). ارزیابی علم، فناوری و نوآوری: مروری بر شاخص‌ها و سازمان‌های فعال این حوزه. تهران: چاپار؛ پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران.

نورشاهی، نسرین. (۱۳۹۱). "مقایسه و پایش رفتارهای نظام علم و فناوری ترکیه و ایران". *نامه آموزش عالی*، سال پنجم، ش. ۱۸، (تابستان): ص. ۱۳۸- ۱۱۵.

نوروزی چاکلی، عبدالرضا و حسن‌زاده، محمد (۱۳۸۹). "توسعه علم، فناوری و نوآوری، رهیافت شاخص‌های علم‌سنجی". *مدیریت اطلاعات سلامت*، ش. ۴، پیاپی ۱۶ (زمستان).

نوروزی چاکلی، عبدالرضا (۱۳۹۰). آشنایی با علم‌سنجی (مبانی، مفاهیم، روابط و ریشه‌ها). تهران: سمت (سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها)؛ دانشگاه شاهد.

نوروزی چاکلی، عبدالرضا، مجری طرح پژوهشی. (۱۳۹۷). مطالعه تطبیقی ساختار برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری پژوهش در ایران، ترکیه، آلمان و ایالات متحده امریکا. تهران: دانشگاه شاهد.

نوروزی چاکلی، عبدالرضا؛ رضایی، مینا. (۱۳۹۳). "شناسایی و اعتبارسنجی شاخص‌های ارزیابی بهره‌وری پژوهشی پژوهشگران ایران". *پژوهشنامه پردازش و مدیریت اطلاعات*، ۳۰ (۱) :۳۹-۳.

نوروزی چاکلی، عبدالرضا؛ قضاوی، رقیه؛ طاهری، بهجت. (۱۳۹۴). "ارزش‌گذاری شاخص‌های ارزیابی پژوهش در حوزه‌های مختلف علوم در ایران". *سیاست علم و فناوری*. ۷ (۴): ص. ۳۱-۴۰.

Audretsch, D. B., Hülsbeck, M., & Lehmann, E. E. (2012). "Regional competitiveness, university spillovers, and entrepreneurial activity". *Small Business Economics, 39*(3), 587–601.

Bechmann, G., Gorokhov, V., & Stehr, N. (Eds.). (2009). The social integration of science. Institutional and epistemological aspects of the transformation of knowledge in modern society. Berlin: Edition Sigma.

Bercovitz, J., & Feldman, M. (2006). "Entprepreneurial universities and technology transfer: A conceptual framework for understanding knowledge-based economic development". *The Journal of Technology Transfer, 31*(1), 175–188.

Hornidge, A.-K. (2011). "Knowledge society' as academic concept and stage of development—A conceptual and historical review". *In*: T. Menkhoff, H.-D. Evers, C. Y. Wah, & E. F. Pang (Eds.), Beyond the knowledge trap: Developing Asia's knowledge-based economies (pp. 87–128). London: World Scientific.

Kavurmaci, Asli. (2018). "The Place of R&D and Education Policies in South Korea's Economic Development", *In: Sosyal Siyaset Konferansları Dergisi/Journal of Social Policy Conferences,* July, DOI: 10.26650/jspc.2018.74.0003

Lehmann, E. E., & Menter, M. (2018a). "Public cluster policy and performance". *The Journal of Technology Transfer, 43*(3), 558–592.

Leyden, D. P., & Menter, M. (2018). "The legacy and promise of Vannevar Bush: Rethinking the model of innovation and the role of public policy". *Economics of Innovation and New Technology, 27*(3), 225–242.

Marjouran, Tony, (2015). "Identifying Engineering: The Need for Better Numbers on Human and Related Resources and Policy", In books: In book: Engineering Identities, Epistemologies and Values, DOI: 10.1007/978-3-319-16172-3_6

Muscio, A., Quaglione, D., & Vallanti, G. (2013). "Does government funding complement or substitute private research funding to universities?", *Research Policy, 42*(1), 63–75.

O'Kane, et al. (2015). "University technology transfer offices: The search for identity to build legitimacy". *Research Policy, 44*(2), 421–437.

Pedersen S.A. (2015). "The Tension Between Science and Engineering Design". In: Christensen S., Didier C., Jamison A., Meganck M., Mitcham C., Newberry B. (eds) Engineering Identities, Epistemologies and Values. Philosophy of Engineering and Technology, vol 21. Springer, Cham. http://doi-org-443.webvpn.fjmu.edu.cn/10.1007/978-3-319-16172-3_10

Pirtle Z. (2013). "Engineering Innovation: Energy, Policy, and the Role of Engineering". *In*: Michelfelder D., McCarthy N., Goldberg D. (eds) Philosophy and Engineering: Reflections on Practice, Principles and Process. Philosophy of Engineering and Technology, vol 15. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7762-0_29

Sanli, Bahar; Hobikoglu, Elif Haykir. (2015). "International Technologocal Diffusion Channels, and Technology Policies in Turkey", Procedia- Social and Behavioral Sciences, Vol. 195 (July), p. 1012- 1021.

Saritas, O., Dranev, Y. and Chulok, A. (2017), "A dynamic and adaptive scenario approach for formulating science & technology policy", Foresight, Vol. 19 No. 5, pp. 473-490. https://doi.org/10.1108/FS-11-2016-0054

Soofi, A., Ghazinoory, S., & Farnoodi, S. (2013). "National innovation system of Iran". *In*: A. Soofi & S. Ghazinoory (Eds.), *Science and innovation in Iran: Development, progress and challenges*. New York: Palgrave Macmillan.

UNESCO. (2010). *UNESCO Science Report 2010: The current status of science around the world*. Paris: UNESCO.

World Bank. (2010). *Innovation policy: A guide for developing countries*. Washington, DC. Retrieved September 4, 2015, from: https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/2460/548930PUB0EPI11C10Dislosed061312010.pdf

Wu, Yi-Ching, et al. (2013) "Communicating and prioritizing science and technology policy using AHP". Innovation, 15:4, 437-451, DOI: 10.5172/impp.2013.15.4.437.