رهیافت
شماره ۶۸، زمستان ۱۳۹۶

مدلی برای پایش شاخص‌های علم و فنّاوری کشور با رویکرد هوش تجاری

وحید خطیبی[۱]*، عباس کرامتی[۲] و غلامعلی منتظر[۳]

۱. دکتری مهندسی صنایع، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران
۲. دانشیار دانشکدهٔ مهندسی صنایع، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران
۳. دانشیار بخش مهندسی فنّاوری اطلاعات، دانشکدهٔ فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرّس

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۸/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۱۰

چکیده

پیشرفت‌های علم و فنّاوری به عامل بسیار تأثیرگذاری بر رشد اقتصادی و قدرت رقابت‌پذیری کشورها تبدیل شده است، و بر این اساس، دولت‌ها می‌کوشند با تدوین سیاست‌های مناسب، توسعهٔ علم و فنّاوری در عرصهٔ کشور را ترقی بخشند. برای توسعهٔ موفق نظام علم و فنّاوری کشور بایستی دیدی یکپارچه و جامع بر ابعاد مختلف این نظام ایجاد گردد تا بر اساس آن بتوان با پایش تحولات این عرصه از سیاست‌گذاری صحیح و به‌هنگام برای نظام علم و فنّاوری کشور پشتیبانی نمود. به‌دلیل پراکندگی داده‌های مرتبط با شاخص‌های علم و فنّاوری و نیز پویایی مستمر نظام علم و فنّاوری کشور، ایجاد چنین دید جامع و یکپارچه‌ای مسأله‌ای چالش‌برانگیز است. این مقاله به تحقیق درباره چگونگی پشتیبانی هوش تجاری از یکپارچه‌سازی داده‌های شاخص‌های علم و فنّاوری از پایگاه‌های داده متعدّد و پراکنده با هدف پایش تحولات نظام علم و فنّاوری کشور می‌پردازد. برای این منظور، معماری پایش شاخص‌ها در پنج لایه، انبارهٔ داده شاخص‌های علم و فنّاوری کشور با طرح‌وارهٔ ستاره‌ای، و فرایند پایش تحولات نظام علم و فنّاوری با رویکرد هوش تجاری طراحی گردیده‌اند. با توسعه سیستم نمونه اولیه بر اساس مدل پیشنهادی، به پایش شاخص‌های نقشهٔ جامع علمی کشور با نگاه به افق چشم‌انداز ۱۴۰۴ پرداخته شده است. برای تعیین جایگاه کشور در عرصهٔ بین‌المللی نیز عملکرد نظام علم و فنّاوری ایران در قیاس با کشورهای منتخب بررسی گردیده است. در انتها، با بهره‌گیری از نتایج پایش شاخص‌های علم و فنّاوری کشور با مدل پیشنهادی، به تحلیل وضعیّت نظام علم و فنّاوری ایران پرداخته شده است.

کلیدواژه‌ها: هوش تجاری، انبارهٔ داده، نظام علم و فنّاوری کشور، شاخص‌های علم و فنّاوری، نقشهٔ جامع علمی کشور

* نویسنده عهده‌دار مکاتبات: vahid.khatibi@ut.ac.ir

۱. مقدمه

پیشرفت‌های علم و فنّاوری به یکی از پیشران‌های اصلی توسعهٔ اقتصادی-اجتماعی کشورها تبدیل شده است، به طوری که یکی از مؤلفه‌های اصلی تشکیل‌دهنده قدرت یک کشور، توان آن در تولید دانش و توسعهٔ فنّاوری است [۱-۳]. از آنجا که تولید دانش و ایجاد نوآوری از مسیر توسعهٔ علم و فنّاوری در کشورها میسّر می‌گردد، دولت‌ها با تنظیم سیاست‌هایی به‌دنبال توسعهٔ نظام علم و فنّاوری در کشورهای خود هستند تا از این طریق بتوانند ضمن توسعهٔ اقتصادی-اجتماعی جوامع خود، توان رقابت خود با سایر کشورها را ارتقا بخشند [۱، ۴، ۵]. در ایران نیز با تدوین سند *نقشهٔ جامع علمی کشور*، اهداف و راهبردهای نظام علم و فنّاوری کشور تبیین شده، این نقشه می‌کوشد به مثابه روح حاکم بر حرکت علمی کشور، مشخص‌کننده جهت‌گیری و اولویت‌های کشور در عرصه‌های آموزش، پژوهش و فنّاوری باشد. برای تحقق اهداف این نقشه، پایش اجرای نقشه و نظارت بر حسن اجرای آن کاملاً ضروری است [۶].

باید توجّه داشت که برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران علم و فنّاوری نیازمند دیدی جامع و یکپارچه بر روی تحولات نظام علم و فنّاوری کشور هستند تا بتوانند درکی درست و دقیق از توسعهٔ علم و فنّاوری در عرصهٔ کشور به‌دست آورند [۷-۹]. برای ایجاد چنین نمای یکپارچه‌ای از نظام علم و فنّاوری کشور با چالش‌هایی روبه‌رو هستیم. داده‌های مرتبط با شاخص‌های علم و فنّاوری در پایگاه‌های داده متعدّد و پراکنده موجود هستند. همچنین سرعت زیاد تغییرات در عرصهٔ نظام علم و فنّاوری موجب پویایی بالا این نظام گردیده است. بدین ترتیب، ایجاد دید جامع و یکپارچه‌ای از نظام علم و فنّاوری کشور مسأله‌ای چالش‌برانگیز است.

راهکار ارائه‌شده در این مقاله برای مواجه با این چالش، طرح مدلی مبتنی بر هوش تجاری (BI)[1] برای یکپارچه‌سازی داده‌های شاخص‌های علم و فنّاوری با هدف پایش و تحلیل تحولات نظام علم و فنّاوری کشور است. هوش تجاری به‌دنبال پردازش داده‌های وسیع و حجیم گردآوری شده از منابع اطلاعاتی ناهمگون، و تبدیل آن‌ها به دانش مفید و با ارزش برای استفاده در فرایندهای تصمیم‌گیری است [۱۰]. هوش تجاری از طریق پردازش داده‌های انبوه و پراکنده به پایش و تحلیل شاخص‌های کلیدی عملکرد در یک نظام کمک نموده، ارزیابی میزان دستیابی به اهداف تعیین‌شده برای آن نظام را پشتیبانی می‌نماید. بنابراین، به‌کارگیری هوش تجاری در ارزیابی یک نظام به‌دلیل تشخیص صحیح و سریع تحولات در آن نظام مفید محسوب می‌شود [۱۱].

در این پژوهش، پس از مطالعهٔ منابع علمی مرتبط با حوزه‌های سنجش علم و فنّاوری و هوش تجاری، داده‌های شاخص‌های علم و فنّاوری کشور گردآوری گردیده است. در ادامه، مدل پیشنهادی این پژوهش برای پایش شاخص‌های علم و فنّاوری کشور با رویکرد هوش تجاری ارائه‌شده، برای ارزیابی آن یک سیستم نمونه اولیه[2] توسعه داده شده است. در این سیستم با بهره‌گیری از الگوی پردازش تحلیلی برخط (OLAP)[3] به پایش شاخص‌های نقشهٔ جامع علمی کشور با نگاه به افق چشم‌انداز ۱۴۰۴ پرداخته شده، همچنین برای تعیین جایگاه کشور در عرصهٔ بین‌المللی، عملکرد نظام علم و فنّاوری ایران در قیاس با کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه منتخب بررسی گردیده است. در نهایت، با بهره‌گیری از نتایج پایش شاخص‌های علم و فنّاوری کشور با مدل پیشنهادی، به تحلیل وضعیّت نظام علم و فنّاوری ایران پرداخته شده است.

۲. سنجش علم و فنّاوری

به‌دلیل نقش بارز علم و فنّاوری در توسعهٔ جوامع، توجّه به آن‌ها در صدر اولویت‌های راهبردی دولت‌ها و سازمان‌های بین‌المللی قرار گرفته، هر روز بر شمار جوامع علاقه‌مند به کسب آگاهی درباره وضعیّت نظام علم و فنّاوری خود افزوده می‌شود. سیاست‌گذاران علم و فنّاوری نیازمند اطلاعات صحیح و به‌هنگام از وضعیّت نظام علم و فنّاوری کشور هستند تا بتوانند تصمیمات درستی در این

1. Business intelligence

2. Prototype system
3. Online analytical processing

زمینه اتخاذ کنند [۷، ۱۲، ۱۳]. مشابه شاخص‌های کلیدی عملکرد که برای بازنمایی وضعیّت عملکرد سازمان استفاده می‌شوند، برای ارائه تصویری روشن از وضعیّت عملکرد نظام علم و فنّاوری از شاخص‌های علم و فنّاوری[1] استفاده می‌گردد. البته توسعهٔ علم و فنّاوری به مراتب دارای ابعاد بزرگ‌تر و پیچیده‌تر از آن چیزی است که تنها بر اساس شاخص‌های علم و فنّاوری سنجیده می‌شود، چرا که انعکاس تمام جزئیات در همه وجوه نظام علم و فنّاوری تنها با استفاده از این شاخص‌ها امکان‌پذیر نیست [۱۴-۱۶].

در این پژوهش، برای سنجش نظام علم و فنّاوری از شاخص‌های استاندارد ارائه‌شده برای این منظور استفاده شده است. این شاخص‌ها که توسط نهادهای بین‌المللی نظیر *سازمان همکاری و توسعه اقتصادی* (OECD)[2] به‌عنوان شاخص‌های استاندارد برای سنجش علم و فنّاوری معرفی شده‌اند، به‌طور فراگیری توسط اغلب کشورهای جهان و سازمان‌های بین‌المللی مورد استفاده قرار گرفته‌اند که از میان موارد متعدّد می‌توان به موارد برجسته *گزارش شاخص‌های علم و مهندسی* کشور ایالات متحده آمریکا توسط *بنیاد ملی علوم* (NSF)[3] [۱۷]، *گزارش شاخص‌های علم و فنّاوری* کشور ژاپن توسط *مؤسسهٔ ملی سیاست علم و فنّاوری* (NISTEP)[4] [۱۸]، *گزارش شاخص‌های اصلی علم و فنّاوری* سازمان OECD [۱۹] و *گزارش جهانی علم* سازمان *یونسکو* (UNESCO)[5] [۲۰] اشاره کرد. این شاخص‌ها اغلب برگرفته از مطالعات انجام‌شده توسط سازمان OECD و به ویژه *خانوادهٔ دستورالعمل‌های فراسکاتی*[6] آن سازمان است که برای ارزیابی کیفیّت نظام علم و فنّاوری، شاخص‌های کمّی و آماری استانداردی ارائه می‌کند [۲۱].

۳. هوش تجاری

هوش تجاری (BI) در زمرهٔ راهکارهای نسبتاً جدید برای یکپارچه‌سازی حجم انبوه داده‌ها محسوب می‌شود، به طوری که امکان پردازش مقادیر عظیم داده، استخراج اطلاعات و تبدیل آن‌ها به دانش مفید و قابل استفاده برای مدیران و برنامه‌ریزان را فراهم می‌آورد. به‌عبارت دیگر، هدف هوش تجاری رساندن اطلاعات درست و به‌هنگام به برنامه‌ریزان و مدیران سازمان‌ها است، به طوری که با گردآوری حجم وسیعی از داده‌ها و سپس تحلیل آن‌ها می‌کوشد تا هوشمندی مطلوب را برای سازمان به ارمغان آورده، فرایندهای تصمیم‌گیری مدیران و برنامه‌ریزان را تسهیل نماید [۱۱]. می‌توان هوش تجاری را اصطلاحی عمومی و فراگیر دانست که ابزارها، معماری‌ها، پایگاه‌های داده، انباره‌های داده و الگوریتم‌هایی را دربرمی‌گیرد که هدف یکپارچه‌سازی داده‌های پراکنده در منابع مختلف، و سپس تحلیل و استخراج دانش از این داده‌ها را دنبال می‌کند [۱۰].

انبارهٔ داده[7] یکی از مهم‌ترین و در عین حال پیچیده‌ترین فنّاوری‌های هوش تجاری است که داده‌ها را در ساختاری چندبعدی ذخیره می‌سازد تا از تحلیل داده‌ها با الگوی پردازش تحلیلی برخط (OLAP) پشتیبانی نماید. داده‌ها در انبارهٔ داده، موضوع‌گرا، یکپارچه و پایدار بوده، بازهٔ زمانی وسیعی را دربرمی‌گیرند [۲۲]. در طراحی انباره‌های داده از الگوهای مختلفی موسوم به *طرح‌واره*[8] استفاده می‌گردد که یکی از پرکاربردترین آن‌ها طرح‌وارهٔ ستاره‌ای[9] است. در این طرح‌واره، یک جدول اصلی با عنوان *جدول حقایق*[10] وجود دارد که در مرکز واقع شده، سایر جداول موسوم به *جداول بعد*[11] به آن متصل گردیده‌اند. جدول حقایق حاوی رکوردهای شامل تعدادی اشاره‌گر (کلید خارجی) به جداول بعد و مقادیر سایر فیلدها است، در حالی که در جداول بعد مشخصات مورد اشاره با کلید خارجی در

1. Science and technology (S&T) indicators
2. Organization for Economic Co-operation and Development
3. National Science Foundation
4. National Institute of Science and Technology Policy
5. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
6. Frascati family of manuals
7. Data warehouse
8. Schema
9. Star schema
10. Fact table
11. Dimension tables

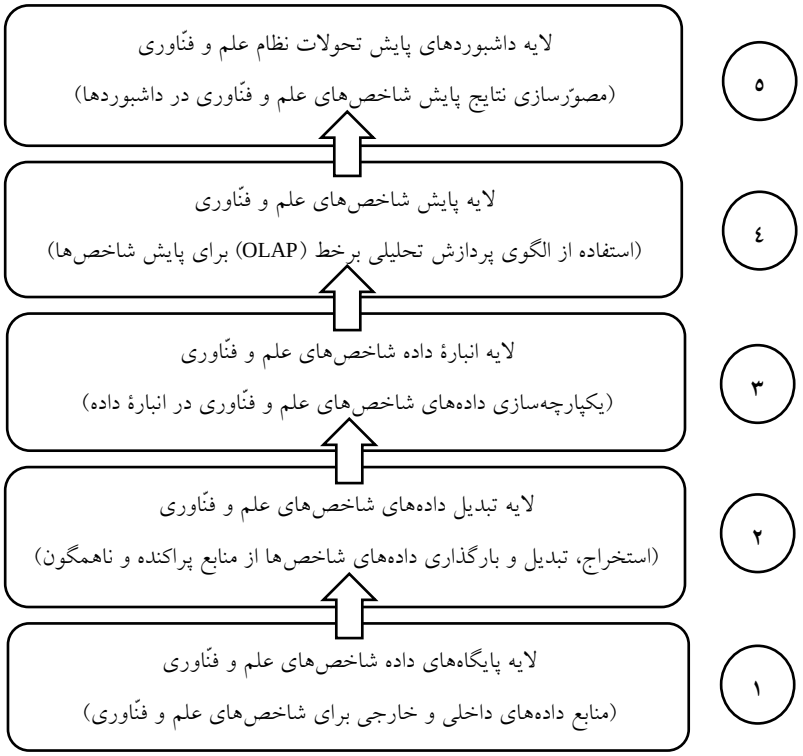
جدول حقایق (به کلید اصلی در جدول بعد) جای دارند. در حالی که در پایگاه‌های داده از الگوی پردازش تراکنشی برخط (OLTP)[1] برای پردازش شمار زیادی تراکنش‌های مشابه استفاده می‌شود، در انباره‌های داده از الگوی پردازش تحلیلی برخط (OLAP) بهره برده می‌شود. در واقع، OLAP روشی است برای پردازش و تحلیل چندبعدی داده‌های ذخیره شده در انبارهٔ داده، به طوری که در آن تحلیل داده‌ها از ابعاد مختلف به شکل سریع، سازگار و تعاملی امکان‌پذیر است [۲۳، ۲۴].

۴. مدلی برای پایش شاخص‌های علم و فنّاوری با رویکرد هوش تجاری

در این بخش قصد داریم مدلی مبتنی بر هوش تجاری برای پایش شاخص‌های علم و فنّاوری کشور طراحی نمائیم. در طراحی این مدل، پس از یکپارچه‌سازی داده‌های شاخص‌های علم و فنّاوری از منابع اطلاعاتی متعدّد و پراکنده در یک انبارهٔ داده، پایش شاخص‌های علم و فنّاوری با الگوی پردازش تحلیلی برخط (OLAP) به انجام رسیده است. همچنان که استفاده از هوش تجاری می‌تواند بینش مناسبی برای مدیران سازمان‌ها برای تصمیم‌گیری بهتر فراهم آورد و به همین دلیل نیز هوش تجاری نامیده شده است، استفاده از مدل پیشنهادی می‌تواند بینش برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران نظام علم و فنّاوری را برای تصمیم‌گیری صحیح و به‌هنگام بهبود بخشد، و بر همین اساس، مدل پیشنهادی *هوش علم و فنّاوری*[2] نام‌گذاری گردیده است.

همچنان که در شکل ۱ نشان داده شده است، معماری پیشنهادی مبتنی بر هوش تجاری برای پایش شاخص‌های علم و فنّاوری کشور در قالب پنج لایه متشکل از *لایه پایگاه‌های داده شاخص‌های علم و فنّاوری*، *لایه تبدیل داده‌های شاخص‌های علم و فنّاوری*، *لایه انبارهٔ داده شاخص‌های علم و فنّاوری*، *لایه پایش شاخص‌های علم و فنّاوری* و *لایه داشبوردهای پایش تحولات نظام علم و فنّاوری* طراحی شده است. در این معماری، داده‌های شاخص‌های علم و فنّاوری از پایگاه‌های داده متعدّد و ناهمگون از طریق فرایند *استخراج، تبدیل و بارگذاری* (ETL)[3] در درون انبارهٔ داده شاخص‌های علم و فنّاوری یکپارچه شده و سپس، با بهره‌گیری از الگوی پردازش تحلیلی برخط (OLAP) به پایش و تحلیل شاخص‌ها پرداخته می‌شود. در نهایت، نتایج حاصل از پایش شاخص‌ها در داشبوردهایی مصوّرسازی‌شده، در اختیار برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران علم و فنّاوری قرار می‌گیرد تا از تصمیم‌گیری صحیح و به‌هنگام آن‌ها پشتیبانی نماید. در ادامه، لایه‌های پنج‌گانه معماری پیشنهادی تشریح شده است.

1. Online transaction processing
2. Science and Technology (S&T) Intelligence
3. Extract, transform and load



شکل ۱. معماری پیشنهادی مبتنی بر هوش تجاری برای پایش شاخص‌های علم و فنّاوری کشور

در لایه پایگاه‌های داده شاخص‌های علم و فنّاوری، داده‌های خام شاخص‌های علم و فنّاوری همچون منابع انسانی، منابع مالی، انتشارات علمی و پروانه‌های ثبت اختراع وجود دارند. این پایگاه‌های داده در دو دسته داخلی و خارجی جای گرفته، داده‌های ارائه‌شده توسط وزارت علوم، تحقیقات و فنّاوری، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، و مرکز آمار ایران در زمرهٔ پایگاه‌های داده داخلی، و داده‌های ارائه‌شده توسط پایگاه‌های استنادی شبکهٔ علوم (WoS)[1] و اسکاپوس[2]، ادارهٔ ثبت اختراع و نشان تجاری آمریکا (USPTO)[3]، ادارهٔ ثبت اختراع اروپا (EPO)[4] و ادارهٔ ثبت اختراع ژاپن (JPO)[5]، و سه سازمان بین‌المللی یونسکو، OECD و بانک جهانی در زمرهٔ پایگاه‌های داده خارجی محسوب می‌گردند. در این تحقیق داده‌های شاخص‌های علم و فنّاوری منتخب در یک بازهٔ زمانی ۲۰ ساله از سال ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۳ خورشیدی گردآوری شده است.

در لایه تبدیل داده‌های شاخص‌های علم و فنّاوری به‌دنبال استخراج، تبدیل و بارگذاری داده‌های شاخص‌های علم و فنّاوری از پایگاه‌های داده در لایه اول در درون انبارهٔ داده شاخص‌های علم و فنّاوری کشور هستیم. در بخش استخراج داده‌ها، کلیه داده‌های مرتبط با شاخص‌های علم و فنّاوری از پایگاه‌های داده کسب‌شده و سپس، در بخش تبدیل، داده‌های حاصل به قالب مناسب برای ذخیره‌سازی در انبارهٔ داده تبدیل می‌گردند. در نهایت در بخش بارگذاری، داده‌های تبدیل شده در درون انبارهٔ داده علم و فنّاوری بارگذاری می‌گردند. همچنین در این لایه کیفیت داده‌ها برای افزوده‌شدن به انبارهٔ داده احراز شده، زمینه برای ایجاد داده‌های معنادار و کامل در انبارهٔ داده فراهم می‌گردد. برای این منظور، برطرف‌سازی افزونگی داده‌ها و پاکسازی داده‌های نامناسب مدّ نظر قرار گرفته است.

انبارهٔ داده شاخص‌های علم و فنّاوری را می‌توان به منزله مرکز یکپارچه‌سازی داده‌های شاخص‌های علم و

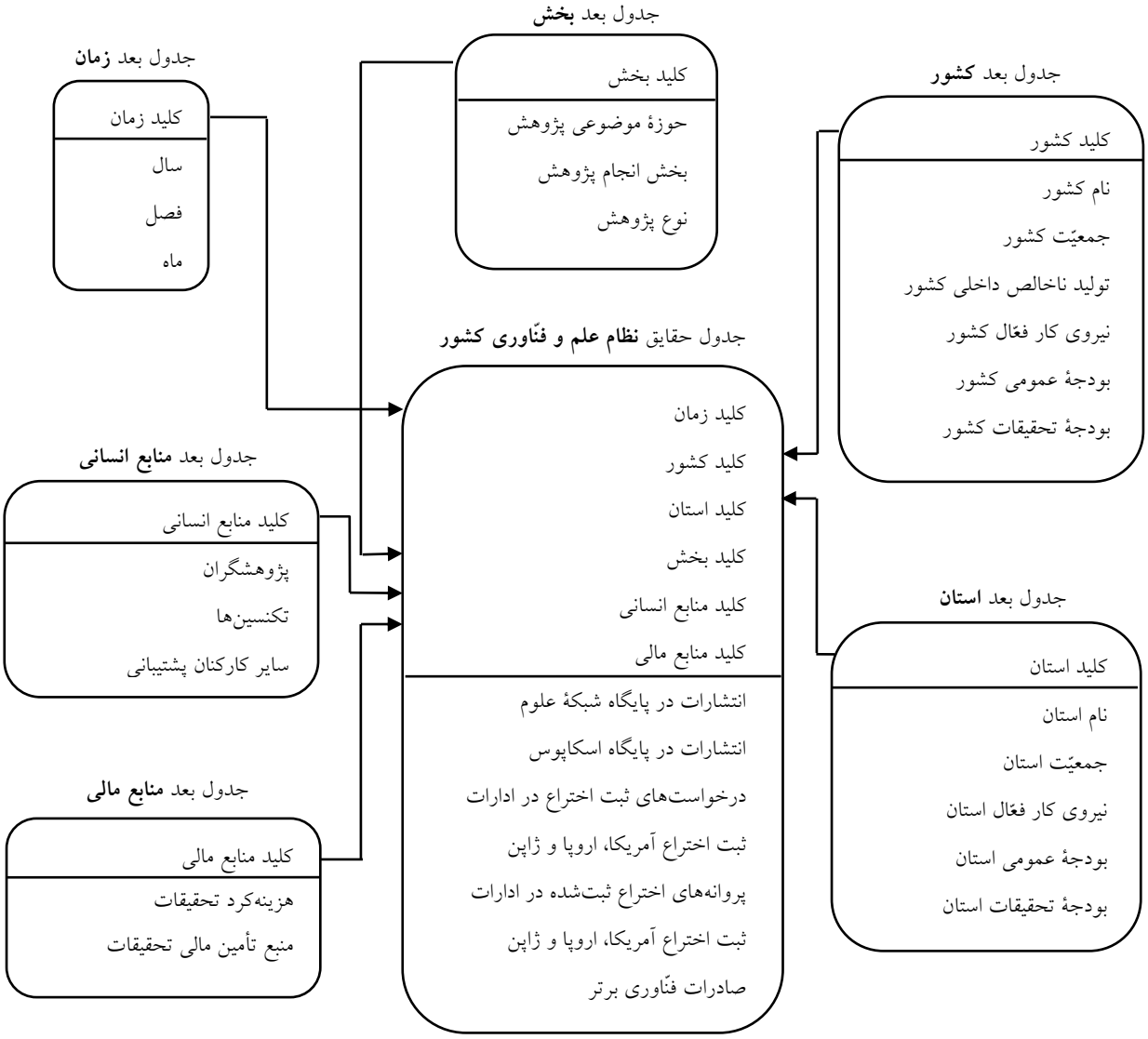
1. Web of Science
2. Scopus
3. United States Patent and Trademark Office
4. European Patent Office
5. Japanese Patent Office

فنّاوری کشور قلمداد کرد که از آن برای پایش و تحلیل تحولات نظام علم و فنّاوری کشور در لایه‌های بعد استفاده می‌گردد. از آنجا که شاخص‌های علم و فنّاوری درباره ابعاد متعدّد و متنوعی از نظام علم و فنّاوری هستند، سازماندهی آن‌ها در ساختاری چندبعدی انجام می‌پذیرد. بنا بر نوع داده‌های گردآوری‌شده، در این پژوهش از طرح‌وارهٔ ستاره‌ای برای طراحی انبارهٔ داده شاخص‌های علم و فنّاوری کشور استفاده شده است که در آن جداول بعد زمان، کشور، استان، بخش، منابع انسانی و منابع مالی در اطراف جدول حقایق نظام علم و فنّاوری کشور به شکل الگوی ستاره‌ای سازماندهی شده‌اند (شکل ۲).

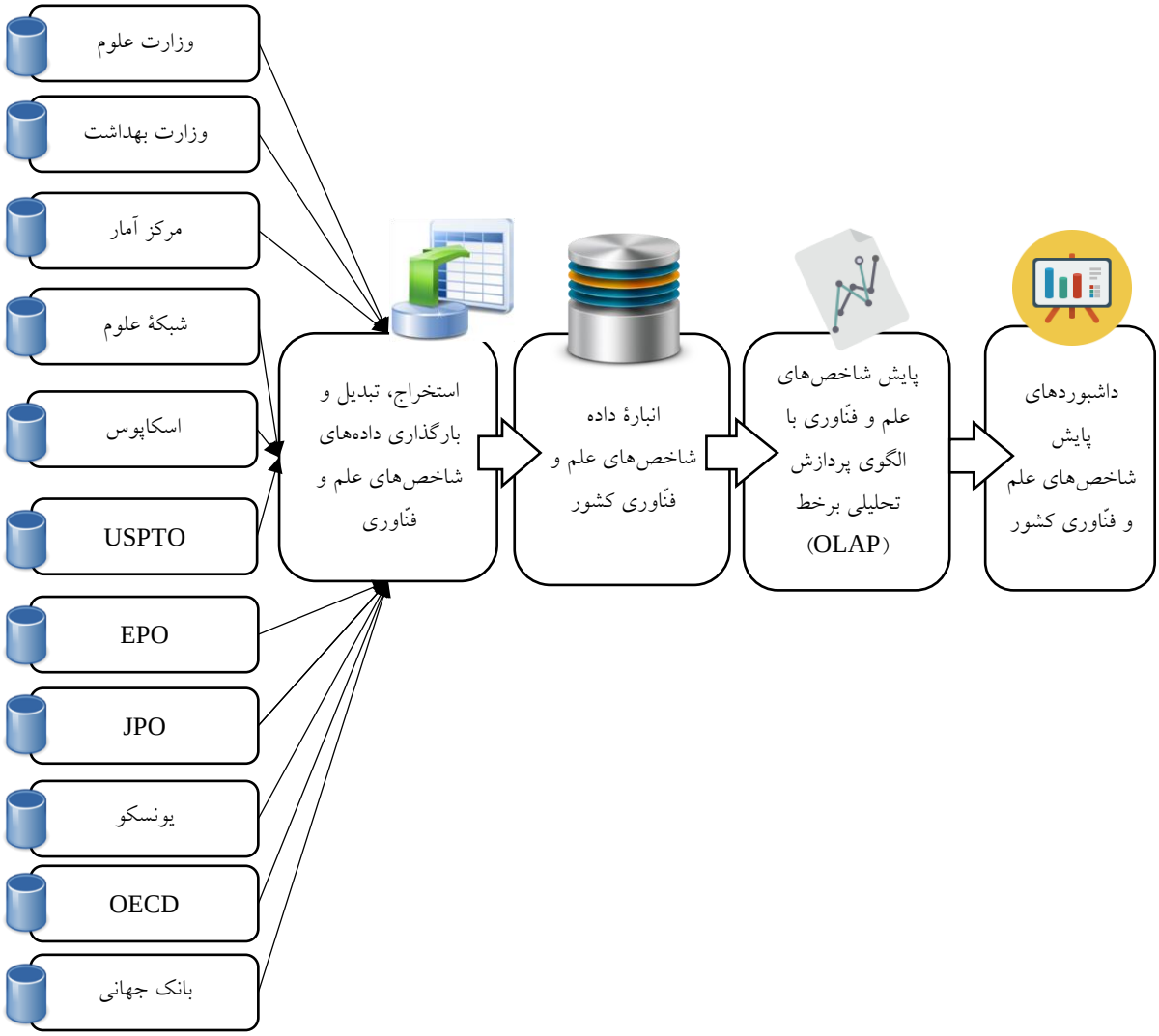
در لایه پایش شاخص های علم و فنّاوری با استفاده از الگوی پردازش تحلیلی برخط (OLAP) به پردازش و تحلیل شاخص های علم و فنّاوری کشور پرداخته شده است. سپس، در لایه داشبوردهای پایش تحولات نظام علم و فنّاوری، نتایج حاصل از پردازش های انجام شده بر روی داده‌های شاخص‌ها در مراحل پیشین در قالب گزارش‌های تعاملی نظیر انواع نمودارهای خطی، میله‌ای و دایره‌ای در داشبوردهایی مصوّرسازی می‌گردند.

برای ارزیابی مدل پیشنهادی، یک سیستم نمونه اولیه بر روی داده‌های شاخص‌های علم و فنّاوری کشور توسعه داده شده است. برای انجام فرایند استخراج، تبدیل و بارگذاری داده‌ها (ETL)، طراحی انبارهٔ داده و ایجاد داشبوردها از نرم‌افزار *کیولیک‌ویو*[1] استفاده شده است. شیوه عملکرد این سیستم بدین شکل است که داده های مناسب برای شاخص‌های مورد نظر پرس‌وجوی کاربر از جداول بعد و حقایق انبارهٔ داده شاخص‌های علم و فنّاوری کشور بر اساس طرح‌وارهٔ ستاره‌ای آن استخراج می‌گردند. سپس، نتایج حاصل از پردازش و تحلیل این داده‌ها با الگوی پردازش تحلیلی برخط (OLAP) در قالب گزارش‌های تعاملی با نمودارهای خطی، دایره‌ای، و راداری در داشبوردها نمایش داده می شوند. این گزارش‌ها بر اساس فیلدهای مشترک با یکدیگر متصل و مرتبط هستند، به طوری که اعمال فیلتر روی یکی از فیلدها، همهٔ گزارش هایی را که به نحوی از این فیلد استفاده کرده‌اند نیز روزآمد می‌سازد. فرایند پیشنهادی مبتنی بر هوش تجاری برای پایش شاخص‌های علم و فنّاوری کشور در سیستم نمونه اولیه در شکل ۳ ارائه شده است.

1. Qlik View



شکل ۲. طراحی انبارهٔ داده شاخص‌های علم و فنّاوری کشور بر اساس طرح‌وارهٔ ستاره‌ای



شکل ۳. فرایند پیشنهادی مبتنی بر هوش تجاری برای پایش شاخص‌های علم و فنّاوری کشور

۵. پایش شاخص‌های نقشهٔ جامع علمی کشور

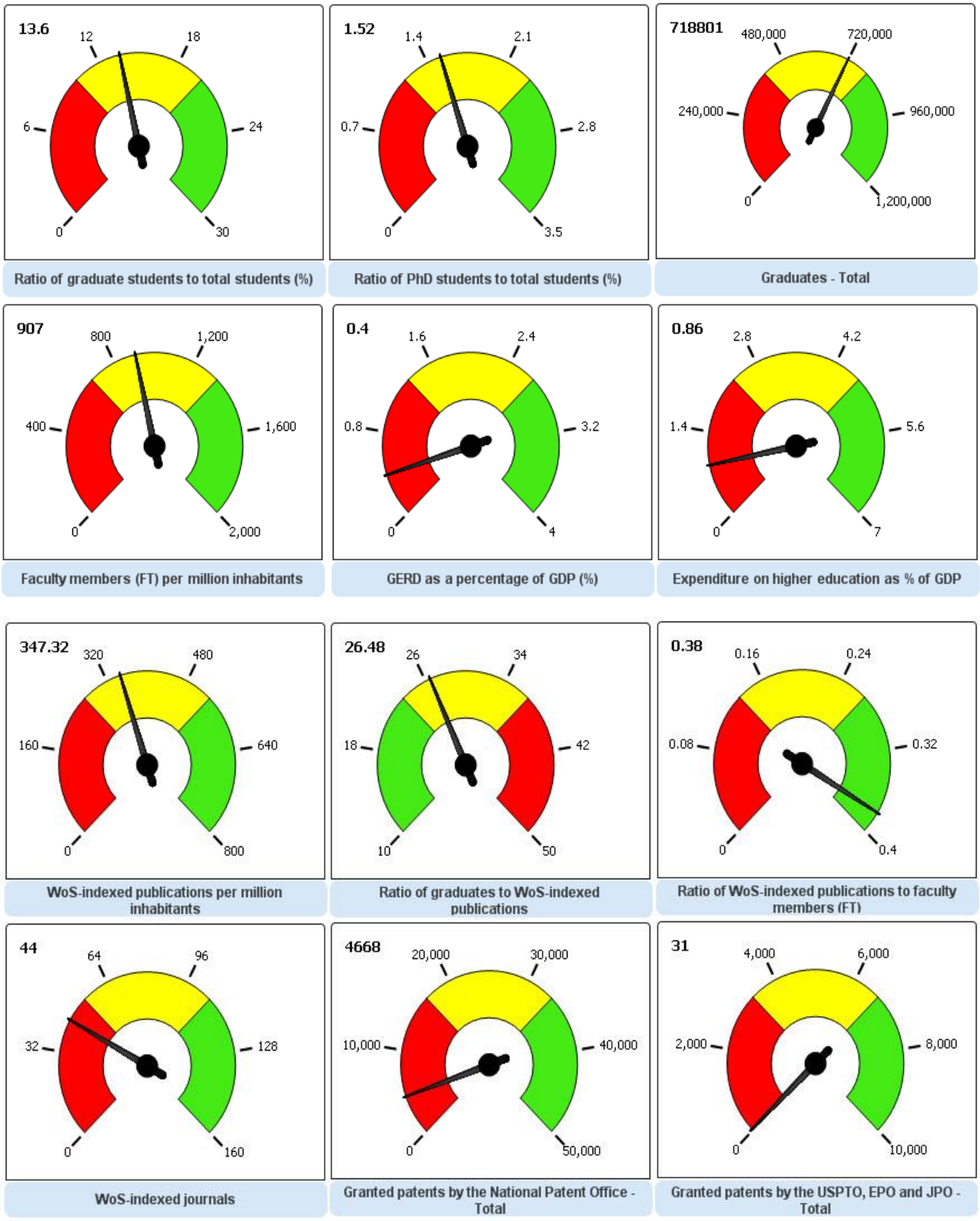
همچنان که در بخش مقدمه اشاره شد، نظارت و ارزیابی بر اجرای نقشهٔ جامع علمی کشور برای توسعهٔ موفق نظام علم و فنّاوری کشور اجتناب‌ناپذیر بوده، حفظ و استمرار کارکرد نقشهٔ جامع علمی مستلزم پایش و مراقبت از پیشرفت اجرای نقشه در افق زمانی پیش‌بینی‌شده برای آن است [۶]. از آنجا که در نقشهٔ جامع علمی کشور مقادیر مطلوب برای برخی از شاخص‌های علم و فنّاوری کشور در افق چشم‌انداز ۱۴۰۴ تعیین شده است (جدول ۱)، می‌توان با پایش این شاخص‌ها به ارزیابی وضعیّت کشور برای دستیابی به اهداف تعیین‌شده در نقشه پرداخت. لازم به ذکر است که در این پژوهش، تنها به پایش شاخص‌ها با نگاه به مقادیر مطلوب آن‌ها در نقشه پرداخته شده، بررسی کفایت یا درستی مقادیر مطلوب تعیین‌شده برای شاخص‌ها خارج از قلمرو تحقیق حاضر است.

جدول ۱. مقادیر مطلوب برای برخی از شاخص‌های علم و فنّاوری در نقشهٔ جامع علمی کشور در سال ۱۴۰۴ [۶]

بعد	شاخص	مقدار مطلوب در سال ۱۴۰۴
سرمایهٔ انسانی	سهم دانشجویان تحصیلات تکمیلی از کل دانشجویان	۳۰ درصد
	سهم دانشجویان دکتری از کل دانشجویان	۳٫۵ درصد
	تعداد دانش‌آموختگان دانشگاهی (سالیانه)	۱۲۰۰۰۰۰ نفر
	تعداد اعضای هیئت‌علمی تمام‌وقت در یک میلیون نفر جمعیّت	۲۰۰۰ نفر
سرمایه‌گذاری و تأمین مالی	سهم هزینه‌کرد آموزش از تولید ناخالص داخلی	۷ درصد
	سهم هزینه‌کرد تحقیقات از تولید ناخالص داخلی	۴ درصد
انتشارات علمی	تعداد مقالات در هر میلیون نفر از جمعیّت	۸۰۰
	نسبت دانش‌آموختگان به مقالات در نمایه‌های بین‌المللی	۱۰
	نسبت مقالات در نمایه‌های بین‌المللی به تعداد اعضای هیئت‌علمی	۰٫۴
	شمار نشریات با نمایهٔ بین‌المللی معتبر	۱۶۰
فنّاوری و نوآوری	پروانه‌های اختراع ثبت‌شده در اداره ثبت اختراع کشور	۵۰۰۰۰
	پروانه‌های اختراع ثبت‌شده در ادارات ثبت اختراع بین‌المللی	۱۰۰۰۰
	نسبت دانش‌آموختگان به پروانه‌های اختراع ثبت‌شده بین‌المللی	۱۵۰۰
	نسبت پروانه‌های اختراع ثبت‌شده بین‌المللی به اعضای هیئت‌علمی	۰٫۱۵

در این بخش قصد داریم با بهره‌گیری از سیستم توسعه داده شده به پایش شاخص‌های نقشهٔ جامع علمی کشور بپردازیم تا در قالب پنجره‌ای واحد[1] مشخص گردد چه میزان تا وضعیّت مطلوب تعیین‌شده در نقشه فاصله داریم. برای این منظور، داشبوردی ویژه حاوی عقربه‌های سنجش[2] شاخص‌های علم و فنّاوری در نقشهٔ جامع علمی کشور طراحی و پیاده‌سازی گردیده است، به طوری که مقدار مطلوب هر شاخص در سال ۱۴۰۴ برای تعیین وضعیت بهینه (مقدار نهایی) آن عقربه مورد استفاده قرار گرفته است. همچنان که در شکل ۴ نشان داده شده است، شاخک هر عقربه نشان‌دهنده آخرین وضعیت آن شاخص (در این داشبورد سال ۱۳۹۳) بوده، سه رنگ قرمز، زرد و سبز بیانگر وضعیّت به‌ترتیب نامناسب، متوسط و مناسب در هر شاخص است. شایان ذکر آنکه، برای نمایه بین‌المللی در شاخص‌های انتشارات علمی، پایگاه استنادی شبکهٔ علوم (WoS) و برای ادارات ثبت اختراع بین‌المللی در شاخص‌های فنّاوری، سه اداره ثبت اختراع آمریکا (USPTO)، اروپا (EPO) و ژاپن (JPO) در نظر گرفته شده‌اند. همچنین در شاخص نسبت دانش‌آموختگان به مقالات در نمایه‌های بین‌المللی هرچه مقدار شاخص کمتر باشد، شاهد وضعیّت بهتری هستیم و بنابراین، مقدار مطلوب یعنی عدد ۱۰ و نیز رنگ سبز در ابتدای عقربه قرار دارند.

1. Single window
2. Gauges



شکل ۴. داشبورد پایش شاخص‌های نقشهٔ جامع علمی کشور با نگاه به افق چشم‌انداز ۱۴۰۴

داشبورد پایش شاخص‌های نقشهٔ جامع علمی کشور نشان می‌دهد در حالی که در شاخص‌های سرمایهٔ انسانی شاهد وضعیّت متوسطی در دستیابی به مقادیر مطلوب تعیین‌شده در نقشه هستیم، ولی از نظر شاخص‌های

سرمایه‌گذاری و تأمین مالی دارای عقب‌ماندگی بسیار زیادی بوده، بایستی بهبود تأمین اعتبارات نظام علم و فنّاوری کشور در دستور کار قرار گیرد. همچنین کشور از نظر انتشارات در نمایه‌های بین‌المللی دارای وضعیّت نسبتاً مناسبی بوده، دستیابی به مقادیر مطلوب امکان‌پذیر می‌نماید، چه این‌که در مورد شاخص نسبت مقالات در نمایه‌های بین‌المللی به تعداد اعضای هیئت‌علمی به مقدار مطلوب تعیین‌شده بسیار نزدیک شده‌ایم. البته در زمینهٔ نشریات با نمایهٔ بین‌المللی معتبر هنوز با مقدار مطلوب فاصلهٔ زیادی داشته، ضمن این‌که در نقشه اشاره شده است بایستی نشریات دارای ضریب تأثیر بالای ۳ باشند که در حال حاضر هیچ نشریه‌ای حائز این معیار نیست. در زمینهٔ شاخص‌های فنّاوری و نوآوری نیز با مقادیر مطلوب فاصله بسیار زیادی داریم. در حالی که میان شمار پروانه‌های اختراع ثبت‌شده در ادارهٔ ثبت اختراع کشور با مقدار مطلوب شکاف زیادی وجود دارد، شمار پروانه‌های اختراع ثبت‌شده در ادارات ثبت اختراع بین‌المللی در قیاس با مقدار مطلوب تقریباً هیچ است! بر این اساس، نیازمند تلاش وافر برای بهبود وضعیّت فنّاوری و نوآوری در کشور هستیم تا بتوانیم به مقادیر مطلوب تعیین‌شده نزدیک شویم.

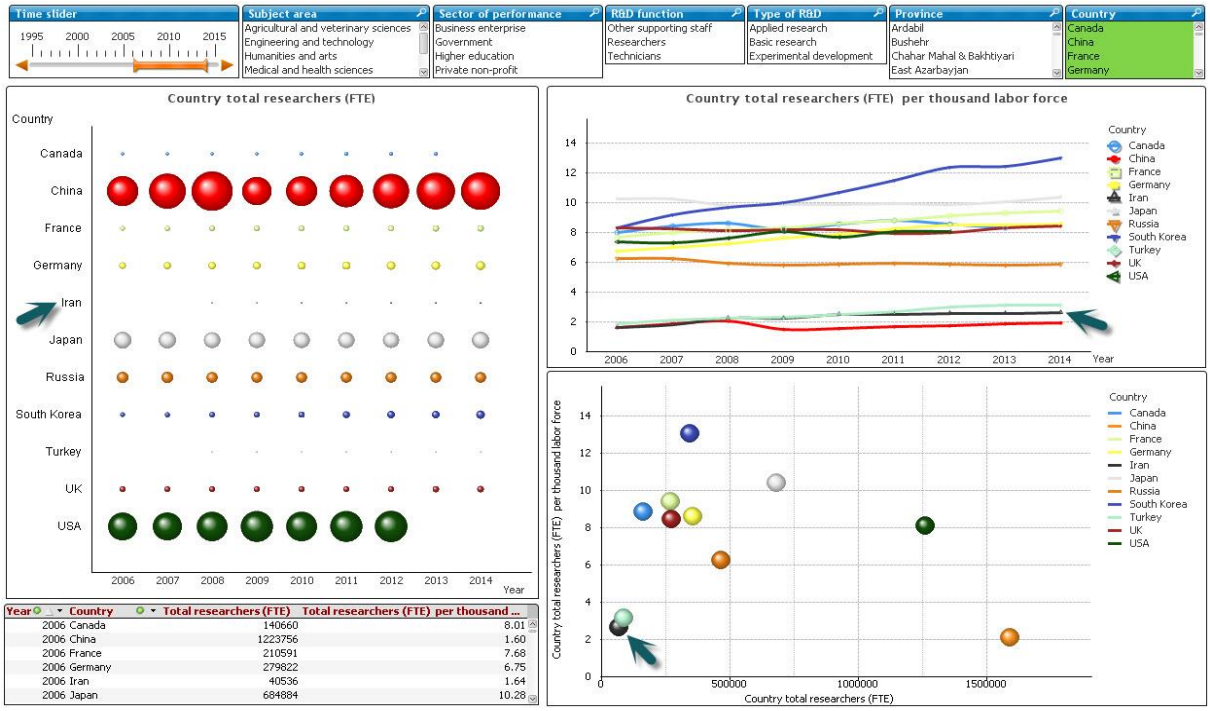
۶. مقایسه عملکرد نظام علم و فنّاوری ایران با کشورهای منتخب

در این بخش، شاخص‌های علم و فنّاوری ایران با کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه منتخب مورد مقایسه قرار گرفته است تا از این رهگذر، عملکرد نظام علم و فنّاوری ایران در سطح بین‌المللی محک زده شده، مشخص گردد که در کدام زمینه‌ها و به چه مقدار با این کشورها فاصله داریم. داده‌های شاخص‌های علم و فنّاوری سایر کشورها از منابع معتبر بین‌المللی نظیر یونسکو، OECD و بانک جهانی گردآوری گردیده است. شایان ذکر این‌که، داده‌های ارائه‌شده برای شاخص‌های علم و فنّاوری کشورها مربوط به آخرین سال داده‌های مهیّا برای آن‌ها است که البته برای اغلب کشورها سال ۱۳۹۳ خورشیدی (۲۰۱۴ میلادی) است. همچنین در شکل‌های این بخش، جایگاه کشور ایران با یک فلش از سایر کشورها متمایز گردیده است.

۶-۱. مقایسه شاخص‌های سرمایهٔ انسانی

همچنان که در شکل ۵ نشان داده شده است کشورهای چین، آمریکا و ژاپن به‌ترتیب با ۱۵۲۴۲۸۰، ۱۲۶۵۰۶۴ و ۶۸۲۹۳۵ پژوهشگر معادل تمام‌وقت (FTE)[1] دارای بیشترین شمار پژوهشگران هستند، در حالی که ایران با داشتن ۷۰۸۴۰ پژوهشگر (FTE) در رتبه‌ای پایین‌تر از رقیب منطقه‌ای خود یعنی ترکیه با ۸۹۶۵۷ پژوهشگر (FTE) قرار دارد. شاخص مهم دیگر در این زمینه، شمار پژوهشگران (FTE) در هزار نفر نیروی کار است که با لحاظ‌کردن جمعیّت نیروی کار در کشورها با دقّت بیشتری به رتبه‌بندی آن‌ها کمک می‌نماید. بر اساس این شاخص، کشورهای حوزهٔ اسکاندیناوی نظیر فنلاند با ۱۴,۱۸، دانمارک با ۱۳,۸۶، سوئد با ۱۲,۸۶ و نروژ با ۱۰,۷۳ دارای رتبه‌های بسیار بالا هستند که البته سایر کشورهای توسعه‌یافته همچون کره جنوبی با ۱۳,۰۱، ژاپن با ۱۰,۷۳، آلمان با ۸,۵۷، کانادا با ۸,۳ و آمریکا با ۸,۰۸ نیز دارای رتبه‌های بالا از نظر این شاخص هستند. همچنان که در نمودار پراکنشی پایین در شکل ۵ نمایش یافته است، ایران با داشتن ۲,۶۱ پژوهشگر در هزار نفر نیروی کار دارای رتبهٔ بسیار پایین‌تری نسبت به کشورهای توسعه‌یافته بوده، در مقایسه با کشورهای در حال توسعه همچون ترکیه با ۳,۱۱ و آرژانتین با ۲,۶۸ دارای وضعیّت نسبتاً مشابهی است. مقایسه شاخص‌های نیروی انسانی کشورها نشان می‌دهد کشورهای توسعه‌یافته با اجرای سیاست‌های مناسب برای جذب نخبگان و مدیریت استعداد به‌دنبال توسعه روزافزون و حفظ سرمایهٔ انسانی به‌عنوان موتور محرکهٔ نظام علم و فنّاوری در کشور خود هستند.

1. Full-time equivalent

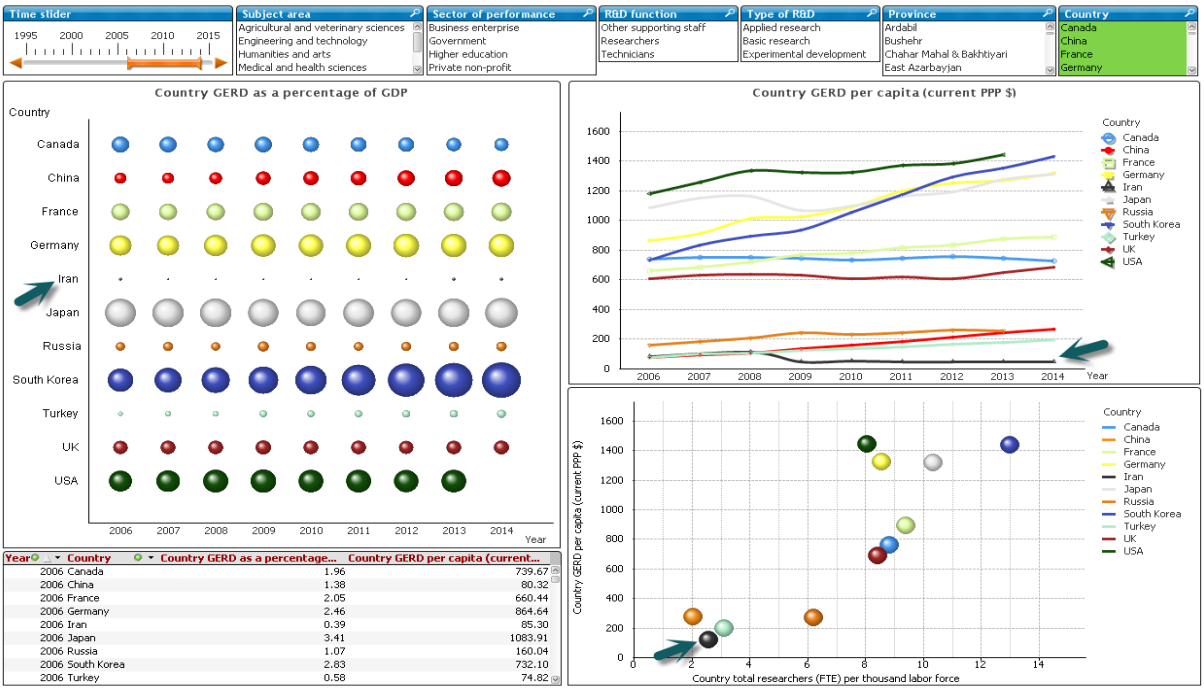


شکل ۵. مقایسه شاخص‌های سرمایهٔ انسانی نظام علم و فنّاوری ایران با کشورهای منتخب

۶-۲. مقایسه شاخص‌های تأمین مالی

دو شاخص بسیار مهم در ارزیابی تأمین مالی نظام علم و فنّاوری کشورها، سهم پژوهش و توسعه از تولید ناخالص داخلی (GDP)[1] و سرانهٔ هزینه‌کرد ناخالص داخلی برای پژوهش و توسعه است. همچنان که در شکل ۶ نمایش یافته است، کشور کره جنوبی با صرف ۴٫۲۹ درصد از تولید ناخالص داخلی (GDP) خود برای پژوهش و توسعه در میان کشورهای جهان سرآمد است. همچنین کشورهای حوزهٔ اسکاندیناوی نظیر فنلاند با ۳٫۱۷ درصد، سوئد با ۳٫۱۶ درصد و دانمارک با ۳٫۰۵ درصد دارای رتبه‌های بالا از نظر این شاخص هستند. سایر کشورهای توسعه‌یافته همچون ژاپن با ۳٫۵۸ درصد، آلمان با ۲٫۸۴ درصد و آمریکا با ۲٫۷۴ درصد نیز سهم قابل توجّهی از GDP خود را به پژوهش و توسعه اختصاص داده‌اند. از آنجا که این شاخص بازگوکننده میزان سرمایه صرف‌شده برای پژوهش و توسعه در یک کشور است، درصد بالا آن در کنار میزان تولید ناخالص داخلی بالا کشورهای توسعه‌یافته مؤید هزینه‌کرد قابل توجّه این کشورها برای پژوهش و توسعه است. نتیجه همین سرمایه‌گذاری است که، البته در کنار سایر عوامل و شرایط اقتصادی-اجتماعی بسترساز، منجر به بارورشدن بهتر جامعهٔ دانش‌بنیان در این کشورها گردیده، توسعه و به تبع آن، اقتدار ملی را برای آن‌ها به ارمغان آورده است. ایران تنها ۰٫۴ درصد از GDP خود را به پژوهش و توسعه اختصاص داده، از کشورهای در حال توسعه نظیر ترکیه با ۱ درصد، آرژانتین با ۰٫۵۸ درصد و مکزیک با ۰٫۵۴ درصد نیز دارای رتبهٔ پایین‌تری است. از نظر شاخص سرانهٔ هزینه‌کرد ناخالص داخلی برای پژوهش و توسعه نیز کشور کره جنوبی با صرف ۱۴۳۳ دلار مقام برترین کشور جهان را به خود اختصاص داده است. همچنان که در نمودار پراکنشی پایین در شکل ۶ نمایش یافته است، در این شاخص نیز ایران دارای فاصلهٔ زیادی با کشورهای توسعه‌یافته بوده، حتی کشورهای ترکیه با ۱۹۷ دلار، آرژانتین با ۱۳۳ دلار و مکزیک با ۹۷ دلار دارای وضعیّت بهتری نسبت به ایران با ۴۸ دلار هستند.

1. Gross domestic product

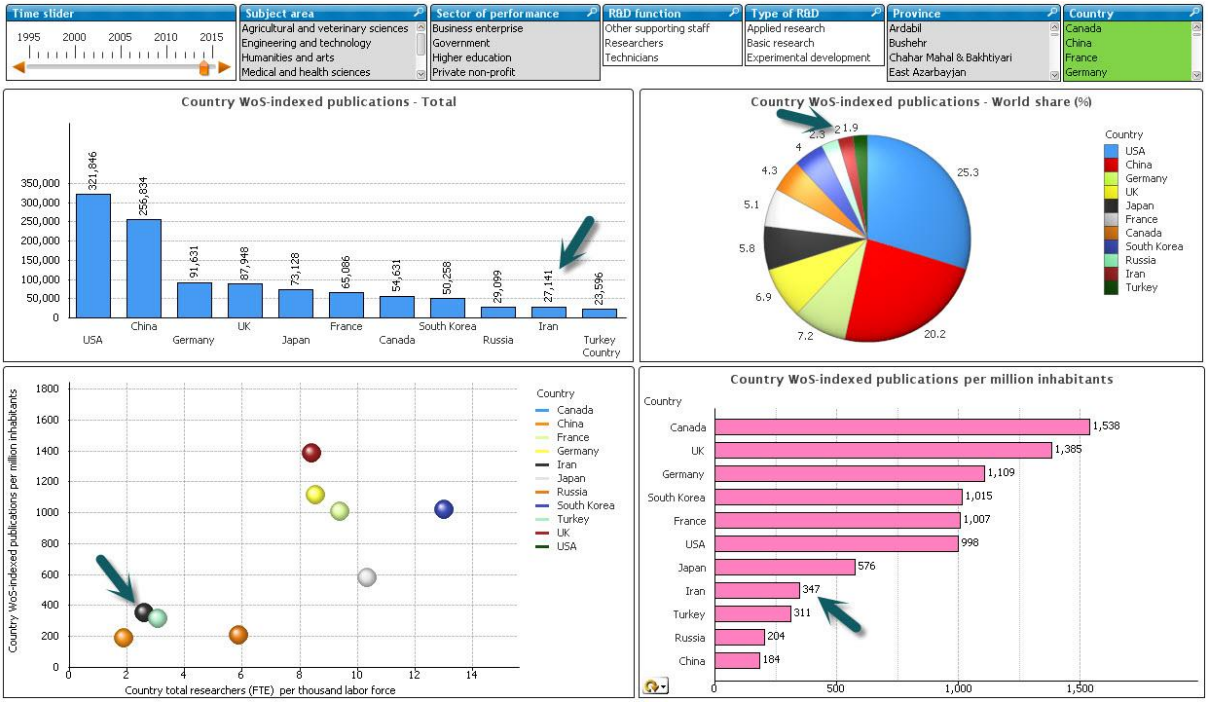


شکل ۶. مقایسه شاخص‌های تأمین مالی نظام علم و فنّاوری ایران با کشورهای منتخب

۶-۳. مقایسه شاخص‌های انتشارات علمی

انتشارات علمی نشان از پژوهش‌های انجام‌شده در یک کشور داشته، می‌توان با بررسی آن‌ها به ارزیابی عملکرد و جهت‌گیری‌های پژوهشی کشورها پرداخت. شاخص‌های شمار انتشارات نمایه‌شده در پایگاه استنادی شبکهٔ علوم (WoS)، سهم کشور از کل انتشارات جهانی و شمار انتشارات در پایگاه WoS در یک میلیون نفر جمعیّت از شاخص‌های مورد توجّه برای رتبه‌بندی کشورها در این زمینه محسوب می‌گردند. همچنان که در شکل ۷ نمایش یافته است، کشورهای آمریکا، چین و آلمان با انتشارات به‌ترتیب ۳۲۱۸۴۶، ۲۵۶۸۳۴ و ۹۱۶۳۱ دارای بالاترین رتبه‌ها در میان کشورها بوده، سهم به‌ترتیب ۲۵,۳، ۲۰,۲ و ۷,۲ درصد از کل انتشارات جهانی را به خود اختصاص داده‌اند. ایران با داشتن ۲۷۱۴۱ انتشارات در پایگاه WoS و سهم ۲ درصدی از کل انتشارات جهانی دارای رتبه به مراتب پایین‌تری نسبت به کشورهای توسعه‌یافته بوده، ولی در مقایسه با کشور ترکیه با ۲۳۵۹۶ انتشارات و سهم ۱,۹ درصدی از کل انتشارات جهانی وضعیّت بهتری دارد.

همچنان که در نمودارهای پایین شکل ۷ نشان داده شده است، از نظر شاخص شمار انتشارات در یک میلیون نفر جمعیّت، کشورهای توسعه‌یافته نظیر کانادا با ۱۵۳۸، بریتانیا با ۱۳۸۵ و آلمان با ۱۱۰۹ دارای بالاترین رتبه‌ها هستند، و این در حالی است که ایران با اختلاف قابل توجّه از این کشورها با داشتن ۳۴۷ انتشارات در یک میلیون نفر، وضعیّت بهتری نسبت به کشور ترکیه با ۳۱۱ انتشارات در یک میلیون نفر دارد. با وجود نرخ رشد بسیار خوب انتشارات علمی ایران طی سالیان گذشته و افزایش سهم کشور در انتشارات علمی جهانی از ۱,۱ درصد در سال ۲۰۰۸ میلادی به ۲ درصد در سال ۲۰۱۴ میلادی، ولی هنوز ایران سهم بسیار کمتری نسبت به کشورهای توسعه‌یافته در انتشارات علمی جهانی دارد.

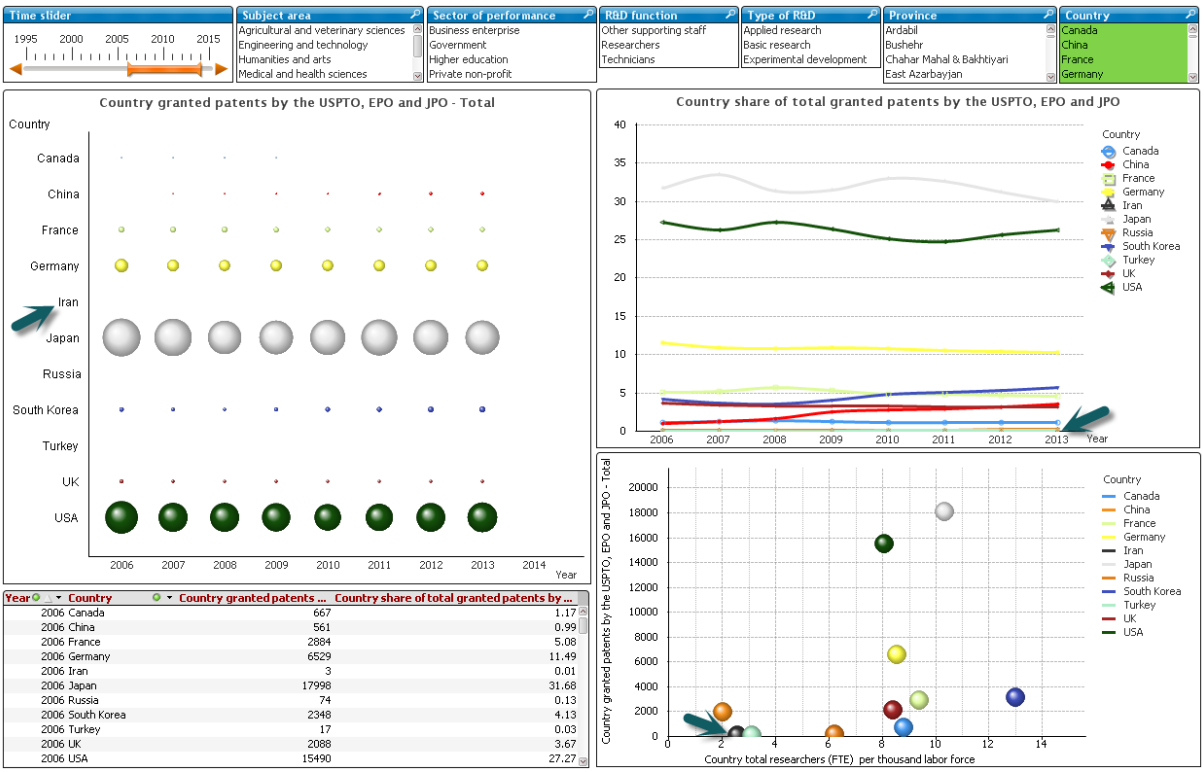


شکل ۷. مقایسه شاخص‌های انتشارات علمی نظام علم و فنّاوری ایران با کشورهای منتخب

٦-٤. مقایسه شاخص‌های پروانه‌های اختراع

یکی از معیارهای ارزیابی توان فنّاوری کشورها پروانه‌های اختراع ثبت‌شده آن‌ها در ادارات ثبت اختراع آمریکا، اروپا و ژاپن است. با وجود آنکه برخی اختراعات به دلایلی محرمانه نگه داشته می‌شوند، اما در دنیای رقابت‌های اقتصادی امروز برای حفاظت از حقوق معنوی اختراعات، ثبت آن‌ها در ادارات معتبر ثبت اختراع رایج گردیده است. کشورهای توسعه‌یافته عملکرد بسیار بهتری نسبت به کشورهای در حال توسعه در زمینه پروانه‌های ثبت اختراع داشته، شکافی عمیق میان کشورها در زمینهٔ فنّاوری وجود دارد، به طوری که سه کشور توسعه‌یافته ژاپن با ۳۰ درصد، آمریکا با ۲۶,۳۲ درصد و آلمان با ۱۰,۲۳ درصد دارای بیشترین سهم از پروانه‌های اختراع ثبت‌شده در ادارات سه‌گانه ثبت اختراع آمریکا، اروپا و ژاپن هستند (شکل ۸).

در حالی که کشور از نظر انتشارات علمی نمایه‌شده در پایگاه‌های استنادی معتبر رشد خوبی داشته، ولی در زمینه پروانه‌های اختراع ثبت‌شده در ادارات ثبت اختراع معتبر عملکرد قابل قبولی را نداشته است. همچنان که در نمودارهای شکل ۸ نشان داده شده است، شمار پروانه‌های اختراع ثبت‌شده کشور و سهم کشور از کل پروانه‌های ثبت اختراع جهانی بسیار ناچیز است. افزایش شمار پروانه‌های اختراع از ۳ به ۴۰ و سهم کشور از ۰,۰۱ درصد به ۰,۰۷ درصد در طی سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۳ میلادی نشان می‌دهند که کشور با ضعف اساسی در حوزهٔ فنّاوری مواجه بوده، بایستی به بهبود وضعیّت توسعهٔ فنّاوری در کشور توجّه ویژه شود.



شکل ۸. مقایسه شاخص‌های پروانه‌های اختراع نظام علم و فنّاوری ایران با کشورهای منتخب

۷. بحث و نتیجه‌گیری

در این مقاله به تحقیق درباره چگونگی پشتیبانی هوش تجاری از یکپارچه‌سازی داده‌های متعدّد و پراکنده شاخص‌های علم و فنّاوری برای پایش تحولات نظام علم و فنّاوری کشور پرداخته شد تا دید یکپارچه و جامعی از ابعاد گوناگون این نظام برای سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان آن فراهم آوریم. با توسعه یک سیستم نمونه اولیه بر اساس مدل پیشنهادی، به پایش شاخص‌های علم و فنّاوری در نقشهٔ جامع علمی کشور پرداخته شده، همچنین عملکرد نظام علم و فنّاوری ایران در قیاس با کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه منتخب بررسی گردید. در ادامه، با بهره‌گیری از نتایج پایش شاخص‌های علم و فنّاوری کشور با مدل پیشنهادی، به تحلیل وضعیّت نظام علم و فنّاوری ایران پرداخته شده است.

پایش شاخص‌های سرمایهٔ انسانی نشان از روند افزایشی منابع انسانی متخصّص داشته، ضرورت برنامه‌ریزی صحیح برای بهره‌برداری درست از این ظرفیّت را گوشزد می‌نماید. در حالی که برنامه‌ریزی برای اشتغال این نیروی کار متخصّص می‌تواند بهره‌وری نظام علم و فنّاوری، و نیز کل بخش‌های تولیدی و خدماتی در کشور را به میزان چشمگیری ارتقا بخشد، در مقابل عدم برنامه‌ریزی درست می‌تواند به بحران اشتغال نیروی کار متخصّص بیانجامد. همچنین پایش شاخص‌های منابع مالی نشان می‌دهد سرمایه‌گذاری مطلوب بر روی نظام علم و فنّاوری کشور صورت نگرفته، بهبود تأمین اعتبارات برای انجام فعالیّت‌های علمی و فنّاورانه به ویژه از سوی بخش بنگاه‌های تجاری باید در دستور کار قرار گیرد.

با وجود رشد بسیار خوب انتشارات علمی کشور و افزایش سهم کشور از کل انتشارات علمی جهانی، باید توجّه داشت ممکن است برخی انتشارات به ویژه در حوزهٔ علوم کاربردی، نه بر اساس پژوهشی هدف‌مند و منطبق با نیازهای کشور، بلکه از سر وظیفهٔ رسمی توسط پژوهشگران انجام پذیرد. این نکته را می‌توان برای آسیب‌شناسی انتشارات علمی کشور بیان کرده، راهکار

اصلاح آن برقراری تناظری درست و منطقی میان انجام پژوهش‌های هدف‌مند با انتشارات علمی است تا از این رهگذر، شاخص‌های انتشارات علمی بازگوکننده‌ای حقیقی و نسبتاً دقیق از پژوهش‌های انجام‌شده در کشور باشند. همچنین از نظر پروانه‌های اختراع ثبت‌شده در ادارات سه‌گانه ثبت اختراع آمریکا، اروپا و ژاپن عملکرد قابل قبولی را شاهد نیستیم. سهم ناچیز ایران از کل پروانه‌های اختراع ثبت‌شده در ادارات سه‌گانه ثبت اختراع نشان‌دهنده ضعف کشور در زمینه فنّاوری بوده، ضرورت توجّه به بهبود وضعیّت در زمینه توسعهٔ فنّاوری را گوشزد می‌کند. از آنجا که فنّاوری‌ها می‌توانند نقش مهمی در توسعهٔ کشور و حل مشکلات اقتصادی–اجتماعی آن ایفا نمایند، حمایت از توسعهٔ فنّاوری و نیز تجاری‌سازی آن‌ها از نکات بسیار مهمی است که توجّه سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان کشور را می‌طلبد.

با توجّه به تأکید زیاد بر رشد انتشارات علمی و گواه گرفتن آن بر پیشرفت علمی کشور، باید توجّه داشت که در ارزیابی نظام علم و فنّاوری کشور نباید تنها به بررسی شاخص‌های انتشارات علمی در پایگاه‌های استنادی معتبر اکتفا نمود، بلکه باید شاخص‌های مهم دیگر همچون شمار پژوهشگران در یک میلیون نفر جمعیّت، سهم هزینه‌کرد پژوهش و توسعه از تولید ناخالص داخلی (GDP)، پروانه‌های ثبت اختراع در ادارات ثبت اختراع آمریکا، اروپا و ژاپن، و ارزش صادرات فنّاوری برتر را نیز مورد توجّه قرار داد. در واقع، ارزیابی وضعیّت نظام علم و فنّاوری کشور تنها بر اساس شمار انتشارات امری نادرست بوده، در این صورت تنها یک وجه از توسعهٔ نظام علم و فنّاوری در نظر گرفته شده است. اگر تنها روی شاخص‌های انتشارات متمرکز شویم و آن را نشانهٔ پیشرفت علمی بدانیم، راه به خطا برده‌ایم، چرا که در این صورت وظیفهٔ رسمی پژوهشگران، انتشارات تلقّی شده، تحقیقات به رفع مشکلات یا بهبود شرایط صنعت و جامعه پیوند زده نمی‌شود.

منابع References

[1] Aghion, P., David, P.A., and Foray, D., 2009, "Science, technology and innovation for economic growth: Linking policy research and practice in 'STIG Systems'". *Research Policy*. 38 (4): pp. 681–693.

[2] Gibbons, M., Limoges, C., Nowotny, H., Schwartzman, S., Scott, P., and Trow, M., 1994, *The new production of knowledge: The dynamics of science and research in contemporary societies*, London: Sage.

[3] Etzkowitz, H. and Leydesdorff, L., 2000, "The dynamics of innovation: From National Systems and 'Mode 2' to a Triple Helix of university-industry-government relations". *Research Policy*. 29: pp. 109-123.

[4] Allena, K.R. and Taylor, C.C., 2005, "Bringing engineering research to market: How universities, industry, and government are attempting to solve the problem". *Engineering Management Journal*. 17 (3): pp. 42-48.

[5] Persaud, A., Kumar, U., and Kumar, V., 2001, "Harnessing scientific and technological knowledge for the rapid deployment of global innovations". *Engineering Management Journal*. 13 (1): pp. 12-18.

[۶] شورای عالی انقلاب فرهنگی، ۱۳۸۹، *نقشه جامع علمی کشور*، دبیرخانهٔ شورای عالی انقلاب فرهنگی: تهران.

[7] Godin, B., 2003, "The emergence of S&T indicators: Why did governments supplement statistics with indicators?". *Research Policy*. 32 (4): pp. 679–691.

[8] Grupp, H. and Mogee, M.E., 2004, "Indicators for national science and technology policy: How robust are composite indicators?". *Research Policy*. 33 (9): pp. 1373-1384.

[9] Grupp, H. and Schubert, T., 2010, "Review and new evidence on composite innovation indicators for evaluating national performance". *Research Policy*. 39 (1): pp. 67-78.

[10] Vitt, E., Luckevich, M., and Misner, S., 2002, *Business intelligence: Making better decisions faster*, Redmond, WA: Microsoft Press.

[11] Turban, E., Sharda, R., and Delen, D., 2010, *Decision support and business intelligence systems*, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

[12] Freeman, C. and Soete, L., 2009, "Developing science, technology and innovation indicators: What we can learn from the past". *Research Policy*. 38(4): pp. 583-589.

[13] Godin, B., 2004, *Measurement and statistics on science and technology: 1920 to the present*, London: Routledge.

[۱۴] نوروزی چاکلی، عبدالرضا، ۱۳۹۰، *آشنایی با علم‌سنجی؛ مبانی، مفاهیم، روابط و ریشه‌ها*، تهران: انتشارات سمت، دانشگاه شاهد.

[۱۵] حیدری، غلامرضا، ۱۳۸۹، *معرفت‌شناسی علم‌سنجی*، شیراز: پایگاه استنادی علوم جهان اسلام.

[۱۶] نوروزی چاکلی، عبدالرضا، حسن‌زاده، محمد و نورمحمدی، حمزه‌علی، ۱۳۸۸، *سنجش علم، فنّاوری و نوآوری (مفاهیم و شاخص‌های بین‌المللی)*، تهران: مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور.

[17] NSB, 2016, *Science and engineering indicators 2016*, Arlington, VA: National Science Board (NSB), National Science Foundation (NSF).

[18] NISTEP, 2014, *Japanese science and technology indicators*, Tokyo: National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP).

[19] OECD, 2016, *Main science and technology indicators (MSTI)*, Paris, France: Organization for Economic Co-operation and Development (OECD).

[20] UNESCO, 2015, *UNESCO science report: Towards 2030*, Paris, France: UNESCO Publishing.

[21] OECD, 2015, *Frascati manual 2015; The measurement of scientific, technological and innovation activities: Guidelines for collecting and reporting data on research and experimental development*, Paris, France: Organization for Economic Co-operation and Development (OECD).

[22] Inmon, W.H., 2000, *Building the data warehouse*, New York, NY: John Wiley and Sons.

[23] Imhoff, C., Galemmo, N., and Geiger, J.G., 2003, *Mastering data warehouse design: Relational and dimensional techniques*, Hoboken, NJ: John Wiley and Sons.

[24] Kimball, R. and Ross, M., 2013, *The data warehouse toolkit: The definitive guide to dimensional modeling*, Indianapolis, IN: Wiley.

A Model for Monitoring National Science and Technology Indicators: A Business Intelligence Approach

Vahid Khatibi[1], Abbas Keramati, Gholam Ali Montazer

Received: 27, Oct. 2017 Accepted: 01, Mar. 2018

Abstract

The economic growth and competitiveness of countries is strongly influenced by their national science and technology (S&T) systems. Hence, national S&T policymakers must make appropriate decisions to flourish national S&T systems. For this purpose, an integrated view on the dimensions of national S&T systems is much needed. Due to the distribution of relevant data sources for national S&T indicators and the complexity of national S&T systems, establishing an integrated view is challenging. In this paper, we propose a business intelligence (BI) model to monitor and analyze national S&T indicators. For this purpose, a five-layered architecture for monitoring national S&T indicators, a star schema-based national S&T indicator data warehouse, and a process for monitoring national S&T indicators using a business intelligence approach are designed. After developing a prototype system for the Iranian S&T system, the S&T indicators of the Iranian National S&T Roadmap (having a look at Iran Vision 2025) are monitored. Moreover, the performance of the Iranian S&T system is compared with selected countries to identify the position of Iran in the global S&T arena. Using the results of monitoring Iranian S&T indicators by the developed system, the status of the Iranian S&T system is analyzed in the end.

Keywords: Business Intelligence, Data Warehouse, National S&T System, S&T Indicators, Iranian National S&T Roadmap

1. Corresponding Author: vahid.khatibi@ut.ac.ir