تاریخ دریافت: ۱۵/ ۱/ ۹۷
تاریخ پذیرش: ۲۵/ ۹/ ۹۷

کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی در پیش‌بینی شاخص‌های کلان علم و فناوری

ایمان رئیسی وانانی [۱*]
نعیما میرزامومن [۲]

چکیده

ارزیابی تحقیق و توسعه و ارتباط بین تولید علم و تکنولوژی در سطح کلان کشورها به دلیل حجم بالای اطلاعـات و تغییر و تحولات سریـع در این حوزه محدود بوده است. این پژوهش با هدف درک ارتباط و عملکـرد توسعه فناوری در رابطه با فعالیت‌های تولید علـم در سطح کشورها صورت پذیرفته است کـه از نوع تحقیقات توصیفی-کاربردی است. هدف ساخت مدلی با استفاده از الگوریتم‌های پیشرفته اسـت که توانایی پیش‌بینی شاخص فناوری را بر مبنای تولید علم در کشورها داشته باشد. همچنین، تأثیر هر یک از شاخص‌های علمی بر شاخص فناوری با استفاده از روش آنالیز حساسیت شبکه عصبی تعییـن گردید. روش تحقیق در ایـن پژوهش CRISP-DM بوده و داده‌ها از پایگاه SJCR و سازمان جهانی مالکیت فکری (WIPO) و در بازه زمانی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵ استخراج گردید. طبق نتایج تحقیـق، شبکه عصبی نسبت به رگرسیون از دقـت و توانایی بیشتری جهت مدل‌سازی برخوردار بود و نتایـج تحلیل حساسیت نشان داد که مهم‌ترین پارامتر علم‌سنجی جهت پیش‌بینی شاخص فناوری پارامتـر اچ ایندکس و روند ارجاع دهی به مقـالات بین‌المللی است. سیاست‌گذاران می‌توانند از نتایج پژوهش جهت شناسایی متغیرهای تأثیرگذار تولید علم که به ایجاد فناوری منجر می‌شوند، بهره گیرند.

واژه‌های کلیدی:

شاخص فناوری، شاخص علم‌سنجی، شبکه عصبی مصنوعی، آنالیز حساسیت، داده‌کاوی.

---

۱ . عضو هیئت‌علمی گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران.
* نویسنده عهده‌دار مکاتبات: jsoltanzadeh@yahoo.com
۲ . کارشناسی ارشد، مدیریت فناوری اطلاعات، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران.

مقدمه

شاخص‌های علم و نوآوری، عناصر اصلی برای مشخص کردن جایگاه کشورهای جهان از دیدگاه توسعه علـم و فناوری و مبنایی برای مقایسه‌های بین‌المللی هستند. اختراعات ثبت شده از بروندادهای مهم فراینـد تحقیق و توسعه و منبعی منحصربه‌فرد برای تحلیـل فرایند تغییر فناوری هستند. همچنین، تولیدات علمی کشورهای جهان که در پایگاه‌های معتبر علمی مانند اسکوپوس و وب آو ساینس نمایه می‌شوند از معتبرترین راه‌های بررسی توجه به پژوهش در کشورهاست. زمانی که بین صنعت و دانشگاه ارتباط تنگاتنگی وجود داشته باشد پژوهش‌های انجام شده در عرصه عمل قرار می‌گیرند و می‌توانند به رشد کشورها کمک کنند و نتایج حاصل از تولیدات علمی به کار گرفته می‌شود. تولید علم زمینه‌ساز ایجـاد فناوری و در نتیجـه باعث تولید اشتغال و ثروت در جامعه می‌گـردد. امروزه یکی از مهم‌ترین چالش‌های کشورها، رسیدن به قدرت رقابتی بالاتر در سطح بین‌المللی است. آنچه مشخص است این اسـت که برخورداری از تولید ناخالص داخلـی بالا به‌تنهایی ضامن حفظ و ارتقاء موقعیت رقابتی یک کشور نیست بلکه عوامل دیگری از جمله دستیابی به علم و تکنولوژی در کسب موقعیت رقابتی مؤثرند. کشورهـا برای بازبینی عملکرد گذشته خـود در راستای توسعه ملی و طرح سیاست‌گذاری‌های آینده برای ابعاد مختلف جامعه ناگزیرند برآوردی واقع‌بینانه از تولید علم و فناوری داشته باشند.

عمده‌تریـن شاخص تولید علم در سطح جهان، تعـداد مقالات علمی نمایه شده و نیز استنادهای مرتبـط بـا آن است. هر یک از این شاخص‌ها اهمیت خاص خـود را در سنجش داده‌های علمی دارد. تعداد مقالات نمایه شده بیانگر رشد کمی تولیدات علمی و استنادهای مرتبط با آن نشانگر اثربخشی مقاله چاپ شده و سطح کیفی آن است (سلطانی نژاد, ۱۳۹۳).

اختراعات از مصادیق بارز مالکیت صنعتی بوده و ثبت آن‌ها در قالب پتنت صورت می‌گیرد. در واقع پتنت عبارت است از یک حق انحصاری که به یک مخترع اعطا می‌گردد. آمار اختراعات معیاری برای اندازه‌گیری منابع سرمایه‌گذاری شده جهت تحقیق و توسعه است. آنچه مسلم است، کیفیت اختراعات لزومـاً در یک سطح نیست و تمام اختراعات اهمیت یکسانی از لحاظ نوآوری فنّاورانه و سود اقتصادی ندارند با این وجود، در سطح مقیاس گسترده مانند کشورها، مقایسه این آمار صورت گرفته و به‌عنوان یک منبع اطلاعاتی مفید جهت اندازه‌گیری نوآوری به کار می‌رود (اکوبو[1]،۱۹۹۷).

یکی از موضوعات چالش‌برانگیز جهان امروز این است که با وجود غنای داده در زمینه‌های مختلف

1 . Okubo

بـا فقر دانش روبرو شده‌ایم؛ بنابراین ضرورت کشف و استخراج سریع و دقیق دانش از پایگاه‌های داده بیشتـر از گذشته نمایان شده است و نیاز به طراحی سیستم‌هایی که قادر به اکتشاف سریع اطلاعات مورد نیاز محققان با تأکید بر حداقل مداخله انسانی باشند و روی آوردن به روش‌های تحلیل متناسب بـا حجـم داده‌های حجیم به‌خوبی احساس می‌شـود. هدف کلی اکتشاف دانـش، استخراج اطلاعات بالقوه مفید و ناشناخته از داده‌ها است (فایاد و همکاران، ۲۰۰۵). برای استخراج نتایج رضایت‌بخش و مناسب به داده‌ها با کیفیت بالا نیاز است (بایکال[1]،۲۰۱۲). پایگاه داده‌های حاوی داده‌های علم‌سنجی نقـش مهمـی را در علم مدرن امروزی دارنـد. تعداد استنادها و دیگر داده‌هـای استخراج شده از این پایگاه‌ها به‌عنوان شاخص‌هایی برای تأثیر فعالیت‌های تحقیقاتی مورد استفاده قرار می‌گیرند (رادیچی و کاستلانو[2]،۲۰۱۳).

با توجه به موارد ذکر شده پرسش‌های ذیل مطرح می‌شوند:

- با توجه به اهمیت داده‌ها و منابع مورد استفاده جهت انجام پژوهش، مناسب‌ترین منابع جهت دستیابی به اهداف تحقیق کدام است؟
- چگونه می‌توان با استفاده از قابلیت مدل‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی و رگرسیون، شاخص فناوری کشورها را با توجه به شاخص‌های علم‌سنجی پیش‌بینی نمود؟
- کدام شاخص تولید علم در سطح کشورها اهمیت نسبی بیشتری جهت پیش‌بینی فناوری دارد؟

نوآوری این پژوهش در ایجاد ارتباط بین شاخص‌های تولید علم و فناوری با استفاده از تکنیک‌های نوین تحلیل داده‌ها است. نتایج حاصل از تحقیق، در پیش‌بینی شاخص‌های کلان و روند آتی کشورها در زمینه تولید علم و فناوری بسیار کاربردی خواهد بود و نشانگر امکان‌پذیری استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای پیش‌بینی دقیق روند پیشرفت علم و فناوری کشورها طی سالیان متمادی است. یکی از نکات که باید توسط سیاست‌گذاران مورد توجه قرار گیرد این است که روی چه شاخص‌هایی از تولید علم توجه و سرمایه‌گذاری کنند که تأثیر بیشتری روی شاخص فناوری داشته باشد و زمینه‌ساز ایجاد فناوری در سطح کلان کشورها گردد. با توجه به مطالعات و تحقیقات صورت گرفته جهت پاسخ به سـؤالات مذکور، از الگوریتم‌های شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیـون برای مدل‌سازی ارتباط بین پارامترهـای علم‌سنجی و فناوری استفاده گردیـد و نتایج مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفتند. سپس،

1 . Baykal
2 . Radicchi & Castellano

روش آنالیز حساسیت شبکه عصبی جهت مشخص نمودن پارامترهای علمی که بیشترین تأثیر را در میزان پارامتر فناوری دارند به کار گرفته شد.

پیشینه پژوهش

مالکیت فکری یک ابزار قدرتمند جهت توسعه اقتصادی و تولید ثروت است اما هنوز به‌صورت بهینه‌ای در تمام کشورها به کار گرفته نشده است، به‌طوری‌که برای بسیاری از ساکنان کشورهای درحال‌توسعه یــک مفهوم حقوقی مبهم و گمنام است (ایدریس،۲۰۰۲). مالکیت فکری به دو دسته مالکیت ادبی و هنری و مالکیت صنعتی تقسیم‌بندی می‌شود. مالکیت ادبی و هنری شامل مواردی چون آثار نوشتاری، تجسمی و صوتی است و مالکیت صنعتی دربرگیرنده مواردی مانند علائم تجاری، اختراعات و جلوگیری از رقابــت ناعادلانه است. سازمان جهانی مالکیت فکــری[1] چهاردهمین سازمان تخصصی سازمان ملل متحــد است که در جهــت نظارت بر اجرای صحیح معاهدات و کنوانسیون‌های بین‌المللی و نیز برخی کارکردهای دیگر فعالیت می‌کند (نقی پور, ۱۳۸۵). تحلیل ثبت اختراعات و نوشتارهای علمی یکی از روش‌های مفید پایش بر تکنولوژی است. کاربرد آن، ردیابی تکنولوژی، تصمیم‌گیری‌های سرمایه‌گذاری و تعیین رقبای جدید است (بهرامی، ۱۳۷۴). همچنین با در نظر گرفتن خروجی تولید علم و مقالات در ژورنال‌ها، کشورها به گروه‌های مختلفی تقسیم می‌شوند (آنگون و سولانا[2]،۲۰۱۳). سیاست‌گذاران، مدیران دانشگاهی و دانشمندان همواره به دنبال شاخص‌هایی جهت ارزیابی تحقیقات هستند و سؤال اصلــی این است کــه چگونه تأثیر و اهمیت خروجی علم و فنــاوری اندازه‌گیری می‌شود(سوگیموتو و لاریویر[3]،۲۰۱۸). علم‌سنجی یک روش سازمان یافته جهت ارزیابی روند گذشته، حال و آینده پیشرفت علمی است(زاینب و اشرف وانی[4]،۲۰۱۸). روش‌ها و مدل‌های مختلفی جهت درک و ارزیابی سیستم‌های علم و فناوری ایجاد شده است که بر جنبه‌های متفاوت توسعه و عملکرد شاخص‌ها تمرکز دارد(گلانزل و همکاران[5]،۲۰۱۸). با این وجود، بینش کافی در تفسیر شاخص‌های کلان علم و فناوری وجود ندارد، به طور قطع این شاخص‌ها مسئولیت‌های مختلفی به عهده دارند اما آن‌ها باید در ارزیابی سیستم‌های علــم و تکنولوژی در ارتباط قرار گیرند(سیریلی[6]،۱۹۹۹). سختی‌های تجزیه‌وتحلیل و تفسیر داده‌های

1 . WIPO
2 . Anegón & Solana
3 . Sugimoto & Lariviere
4 . Zainab & Ashraf Wani
5 . Glänzel et al.
6 . Sirilli

انبوه علم و فناوری منجر به کاهش توجه به آن در تحقیقات شده است.

فنــاوری یــک بعد مهم توسعه و رشد ملــی است و عنصری ضروری جهت بقــا در محیط رقابتی اســت (سان ومون[1]،۲۰۰۴). طبق تحقیقات نارین و همکــاران[2] (۱۹۹۷) یک رابطه در حال رشد بین علــم و فناوری وجــود دارد. انتقال مستقیم دانش می‌تواند به‌وسیلــه انعکاس استناد به مقالات علمی در اختراعــات اتفاق بیفتد. پیش‌بینی تکنولوژی تلاشی است برای تصویر کردن قابلیت‌های فنّاورانه و پیش‌بینی وقوع اختراعات و توزیع نوآوری‌های تکنولوژی (بهرامی،۱۳۷۴). پیش‌بینی تکنولوژی اولین مرحله برنامه‌ریزی تکنولوژی است. به‌عبارت‌دیگر، هدف از پیش‌بینی تکنولوژی اتخاذ تصمیمات بهتر و برنامه‌ریزی مناسب برای آینده است. با پیش‌بینی تکنولوژی به‌خوبی می‌توان فرصت‌ها و جهت تغییرات تکنولوژی را شناسایی و تصویر واضح‌تری از آینده ترسیم کرد (پورتر[3]،۱۹۹۱).

در ادامه، تعدادی از تحقیقات صورت گرفته به شرح ذیل ارائه می‌گردند:

- توئیس (۱۹۹۲) معتقد است که در هر پیش بینی ابتدا باید منابع اطلاعاتی موجود را شناسایی کــرد. او منابع اطلاعاتی را به چهار دسته مفروضات، آگاهی‌ها، داده‌ها و قضاوت‌ها تقسیم‌بندی نمود و بیان داشت که از تکنیک‌های اکتشافی و تجویزی می‌توان برای پیش بینی استفاده نمود. خروجی‌ها به چهار دسته کیفی، کمی، زمان و احتمال تقسیم می‌شوند.
- در گزارشی تحت عنوان «خروجی و کارایی علم و تکنولوژی در اروپا» به تولید علم و تکنولوژی در اروپا پرداخته شده است. با توجه به خروجی تکنولوژی نسبت به تولید علم، تولید تکنولوژی در اروپــا کمتر رقابتی بوده است. در ســال ۲۰۰۷ طبق آمار دفتر ثبت اختراعات اروپا تنها ۴۳ درصد درخواست‌های ثبت اختراع متعلق به اروپا بوده است. واگرایی بین تولید علم و تکنولوژی در اروپا نشانه وجود ضعف در سیستم تحقیق و نوآوری است.
- طبق یــک پژوهش در ســال ۲۰۱۰، فاکتورهای وابسته به جغرافیــای سیاسی و فعالیت‌های علمــی کشورها بر اساس داده‌های مقالات در یک دوره سی‌ساله از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۹ مورد بررسی قرار گرفتند. در این مقاله از روش‌های کتاب‌سنجی استفاده شده و بر مقیاس گسترده و جنبش‌های تولید دانش در جغرافیای سیاسی تمرکز داشته است. نتایج تحقیق نشان دادند که وقایع مختلف در سیاست‌های علمی کشورهای مختلف اثر می‌گذارند؛ همچنین از دیگر نتایج

1 . Sohn & Moon
2 . Narin et al.
3 . Porter

تحقیق رشد سریع تولید علم در خاورمیانه بوده است (تقریباً ۴ برابر سریع‌تر از سطح جهانی) کــه ایــران و ترکیه در این زمینه پیشرو بوده‌اند و به طور خاص ایران در دو دهه اخیر شروع به افزایش قابلیت‌های علمی کرده است (ساینس متریکس[1]، ۲۰۱۰).

- در گزارش کمیسیون اروپا (۲۰۱۱) تحت عنوان «تولید و تأثیر علم و تکنولوژی در اروپا»، تولید علم و تکنولوژی و رابطه آن‌ها در اروپا در سال‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در این گــزارش بیان شده که در سال ۲۰۰۹ اروپــا ۳۳,۴ درصد از مقالات علمی جهان را تولید کرده اســت درحالی‌که ظرفیت اتحادیــه اروپا برای تولید مقالات با ضریب تأثیر زیاد که نشان‌دهنده کیفیــت علمی است پایین‌تر از ایالات‌متحده است. از ســال ۲۰۰۱ اروپا کیفیت علمی خود را ارتقــا داده که دراین‌بین کشورهای دانمارک، هلند، ایسلند، بلژیک و سوئیس بالاترین کیفیت مقالات را داشته‌اند.
- سلطانــی نژاد (۱۳۹۳) در پژوهشی به تحلیل رابطه میان تولیدات علمی کشورهای برتر جهان و میــزان اختراعات ثبت شــده در پایگاه اسکوپوس طی سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۳ پرداخت. در این تحقیق از روش تحقیق همبستگی استفاده شده و تعداد اختراعات ثبت شده از اداره ثبت اختــراع و علائم تجاری امریکــا استخراج شده است. نتایج آزمــون همبستگی اسپیرمن میان تولیــدات علمی کشورها در حوزه‌های موضوعی و میزان اختراعات ثبت شده نشان داد که بین این دو عامل رابطه معنی‌داری وجود دارد.
- جنگ و کیم[2] (۲۰۱۴) در مقاله‌ای با عنوان «تولید تحقیقات علمی، تکنولوژیکی و علوم زیستی در آسیــا» تعداد مقــالات ۱۲ کشور را در زمینه علمی و مهندسی در پنج سال گذشته مطالعه کردند. داده‌های مورد استفاده از پایگاه اسکوپوس استخراج شده بود. آن‌ها رشد مقالات، تعداد استنادهــا بــه ازای هر مقاله، نرخ همکاری‌های بین‌المللی و تعداد مجلات در هر کشور را مورد مقایســه قرار دادند. نتایــج نشان داد که اغلب مقالات تحقیقاتــی در کشورهای درحال‌توسعه آسیایی در زمینه تکنولوژی است؛ بنابراین بیشتر مقالات تحقیقاتی تولید شده در منطقه آسیا به نظر می‌رسد تعداد استناد کمتری را دریافت کنند.
- طبق یک پژوهش، مدلی برای انتقال تکنولوژی با استفاده از تجزیه‌وتحلیل اختراعات ارائه شده

1 . science-metrix
2 . Jang & Kim

اســت. این آنالیز جهت آشکار شدن رابطه کمــی بین انتقال تکنولوژی و متغیرهای موجود در داده‌هــا انجام شده است. داده‌های اختراعات مؤسسات تحقیقاتــی ملی، دانشگاه‌های دولتی و خصــوص، تحقیقات مشارکتی و کشورها جهت ساخت مدل مورد استفاده قرار گرفته‌اند. مدل پیشنهــادی بــا استفاده از SNA، رگرسیون و درخت تصمیم ساختــه شده است. طبق نتایج، می‌توان استراتژی‌هایی جهت توسعه فناوری و شاخص‌های اختراعات مربوطه ایجاد کرد (چوی و همکاران[1]،۲۰۱۵).

- طبق پژوهــش مادالنو و همکاران (۲۰۱۶) از تکنیک تحلیل پوششــی داده‌ها[2] (DEA) برای تجزیه‌وتحلیل و مقایسه کارایی ۲۶ کشور اروپایی استفاده شده است.
- در مقاله‌ای با عنوان «اندازه‌گیری بهره‌وری سیستم‌های ملی R&D: چالش‌های مقایسه ورودی R&D و شاخص‌هــای خروجی مقالات انتشاریافته» آمــار تحقیق و توسعه رسمی برگرفته از OECD با داده‌های مقالات انتشاریافته از سایت وب آو ساینس شامل ۱۸ کشور مورد مقایسه و تجزیه‌وتحلیــل قرار می‌گیرند. در ایــن پژوهش، روش‌هایی که در آن‌ها آمار تحقیق و توسعه کشورها به‌عنوان داده ورودی و مقالات به‌عنوان داده خروجی در نظر گرفته شده‌اند مورد بررسی قــرار می‌گیرند و هدف آن رسیدن به نتایجی در رابطــه با بهره‌وری یا کارایی تحقیقات ملی و سیستم‌هــای نوآوری است. در این تحقیــق، مسائل احتمالی در این نوع تجزیه‌وتحلیل در نظر گرفته شده و گام‌هایی را در جهت ارتقاء مقایسه این دو پایگاه داده پیشنهاد می‌دهد (اکسنس و همکاران[3]،۲۰۱۷)
- در مقالــه‌ای با عنــوان «شاخص‌های علم، فناوری و نوآوری در گــذار» به تجزیه‌وتحلیل اثرات سیاست‌های علم، تکنولوژی و نوآوری و شاخص‌های مربوط به آن‌ها در ارزیابی عملکرد تحقیق و توسعه در سطوح خرد و کلان پرداخته است. نتایج تحقیق نشان داد که در چهار کشور مورد مطالعــه، سرعت هزینه‌های تحقیق و توسعه با سرعت انتشار مقالات علمی در تمام زمینه‌های دانش یکسان نبود. همچنین رشته‌های فیزیک، مواد، مهندسی و بیولوژی رشته‌هایی با بیشترین مقالات علمی در این کشورها بودند (ساندووال رومرو و همکاران[4]،۲۰۱۸).

1 . Choi
2 . Data Envelopment Analysis
3 . Aksnes et al.
4 . Sandoval-Romero

بررسی ادبیات پژوهش نشان می‌دهد که تحقیقات صورت گرفته برای پیش بینی شاخص فناوری در سطـح کشورهای جهان محدود بوده و اغلب از روش‌های تجزیه‌وتحلیل اختراعات و تجزیه‌وتحلیل استنادی با اتکا به روش‌های آماری استفاده شده است و پژوهش‌های مرتبط با روش انجام این تحقیق بسیار محدود بوده است. علاوه بر این، پژوهش‌های انجام شده اغلب تنها بر یک جنبه از تجزیه‌وتحلیل علم و یا فناوری تأکید داشته‌اند و توانایی کافی برای انعکاس فعالیت‌های تولید علم بر توسعه فناوری در سطح کشورها نداشته‌اند. با توجه به داده‌های بسیار زیاد در سطح کشورها و لزوم حداقل مداخله انسانی در تحلیل‌های بین‌المللی، استفاده از تکنیک‌های نوین داده‌کاوی در این پژوهش پیشنهاد شده است.

روش‌شناسی پژوهش

ایـن پژوهـش بر اساس هدف، یک تحقیق کاربـردی بوده و بر اساس ماهیـت و روش گردآوری داده‌ها توصیفی است زیرا محقق به دنبال کشف الگوهای پنهان میان داده‌ها و تشریح این الگوهاست. بدین منظور از روش تحقیـق CRISP-DM استفاده شده است که از فازهای شناخت و درک مسئله، شناخت داده، پیش‌پردازش داده‌ها، مدل‌سازی، ارزیابی، تحلیل نتایج و توسعه تشکیل شده است. این روش انجام تحقیق بر مبنای استفاده از یک مدل استاندارد داده‌کاوی است که مراحل اجرای تحقیق با الگو گیری از این مدل به‌صورت گام‌به‌گام مورد بررسی قرار می‌گیرد. این مراحل با تعیین اهداف و شناسایی شاخص‌های مؤثر بر آن آغاز می‌شود. سپس به‌تناسب نیاز، داده‌ها جمع‌آوری و آماده‌سازی می‌گردد و با استفاده از تکنیک داده‌کاوی مناسب بر روی داده‌ها، مدل‌سازی انجام می‌شود. در فاز بعدی نتایج به‌دست‌آمده مورد ارزیابی و اعتبـار سنجی قرار می‌گیرنـد و درنهایت در فاز آخر، نتایج به‌دست‌آمده تحلیل می‌گردند. اولین سؤال تحقیق که «مناسب‌ترین منابع جهت دستیابی به اهداف تحقیق کدام است» در بخش شناخت و درک مسئله و شناخت داده مورد بررسی قرار می‌گیرد. در مورد سؤال دوم و سوم تحقیق که «چگونه می‌توان با استفاده از قابلیت مدل‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی و رگرسیون، شاخص فناوری کشورها را با توجه بـه شاخص‌های علم‌سنجی پیش بینی نمود و کدام شاخص تولید علم در سطح کشورها اهمیت نسبی بیشتری جهت پیش بینی فناوری دارد» در بخش مدل‌سازی و ارزیابی به آن پرداخته می‌شود.

شناخت و درک مسئله

در این تحقیق، ابتدا با مطالعات جامع کتابخانه‌ای، مرور ادبیات تحقیق، بررسی اسناد موجود و مطالعات

و تحلیل‌های انجام شده مرتبط با موضوع تحقیق به شناسایی شاخص‌های مؤثر جهت ارزیابی تولیدات علم و فناوری در مقیاس کشورهای جهان پرداخته شد. طبق بررسی‌های به‌عمل‌آمده مهم‌ترین دفاتر ثبت پتنت در جهان جهت استخراج شاخص فناوری عبارت‌اند از:

- دفتر ثبت اختراعات و علائم تجاری ایالات‌متحده[1]
- دفتر ثبت اختراعات اروپا[2]
- سازمان جهانی مالکیت فکری[3]
- دفتر ثبت اختراعات ژاپن

با توجه به لزوم جامعیت آمار اختراعات در بین همه کشورها سایت سازمان جهانی مالکیت فکری از بین دفاتر انتخاب شد. به‌عبارت‌دیگر، منظور از اختراعات ثبت شده در این تحقیق اختراعاتی هستند که در سازمان جهانی مالکیت فکری (WIPO) نمایه شده‌اند. این داده‌ها از پروفایل اطلاعات هر کشور به طور جداگانه استخراج شده است. مأموریت این سازمان ارتقاء، نوآوری و خلاقیت از طریق سیستم مالکیت فکری بین‌المللی مؤثر جهت توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی تمام کشورها است. ایران در سال ۱۳۸۰ به عضویت سازمان جهانی حقوق مالکیت فکری (WIPO) درآمده است.

داده‌هـــای شاخص علمی کشورها از پایگـــاه SJCR استخراج شده است. پایگاه SJCR دربردارنده اطلاعات شاخص‌های علمی کشورها و نشریات از پایگاه اسکوپوس است.

شناخت داده

پـــس از شناخت مسئله داده‌کاوی، داده‌های مورد نیـــاز باید از منابع و مکان‌های مختلف جمع‌آوری و سپس در یک انباره داده مجتمع گردند. پایگاه داده‌ای شامل مجموعه متغیرهای مؤثر در ارزیابی علم و فناوری که معیارهای اساسی عملکرد کشورها در این حوزه می‌باشند در اکسل ایجاد گردید. رکوردهای این پایگاه داده کلیه کشورها بوده و فیلدهای آن شاخص‌های علم‌سنجی (چهار فیلد به‌عنوان ورودی مـــدل) و شاخص فناوری کشورها (یـــک فیلد به‌عنوان خروجی مدل) است. تعداد اختراعات ثبت شده کشورهـــا به‌عنـــوان شاخص فناوری در نظر گرفتـــه شده و تعداد مقالات، تعداد مقـــالات قابل استناد، خوداستنادی، متوسط استنادها به ازای هر مقاله و شاخص اچ - ایندکس کشورها به‌عنوان شاخص‌های

1 . United states patent and trademark office
2 . European patent office
3 . World intellectual property organization

علم‌سنجی در نظر گرفته شده‌اند. قلمرو زمانی داده‌ها بازه سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵ است.

پیش‌پردازش داده‌ها

این مرحله شامل پاک‌سازی داده‌ها است. هدف این مرحله تأمین ورودی مناسب برای مرحله یادگیری مــدل است. در شبکه‌های عصبی، درصورتی‌که داده‌ها به‌صورت خام وارد شبکه شود به دلیل تغییرات زیــاد داده‌ها، تأثیــر متفاوتی بر شبکه می‌گذارد به‌طوری‌که برخی از نــرون ها خیلی زود به حد آتش می‌رســد درحالی‌کــه برخی دیگر از نرون ها حتی به آستانه فعالیت نیــز نمی‌رسد و این باعث خواهد شد که توان پیش بینی الگو کم شود (منهاج, ۱۳۸۴). ابتدا داده‌ها و متغیرهایی که در راستای تحقق اهداف پژوهش مناسب بودند انتخاب شدد ، سپس با استفاده از فرمول شوارتز ($\mu \pm 3\delta$) نقاط خارج از محــدوده شناسایی و رکوردهای حاوی آن از مجموعه داده حذف شدند.داده‌های خارج از محدوده، رکوردهایــی هستند که مقادیر فیلدهای آن نسبــت به سایر رکوردها بسیار متفاوت است و با اکثریت داده‌هــا همبستگی ندارند. در مرحله بعد داده‌ها با استفاده از فرمول کمینه –بیشینه نرمال شدند، در فرایند نرمال‌سازی داده‌ها تبدیل به مجموعه جدیدی می‌شوند که در آن همه مقادیر بین صفر و یک اســت. دلیل نیاز به نرمال‌ســازی داده‌ها این است که تفاوت مقیاس‌هــا در متغیرهای مختلف، نتایج داده‌کــاوی را در جهات متفاوتی تحت تأثیر قرار می‌دهد. برای کاهــش این تأثیر در نتایج داده‌کاوی، نرمال‌ســازی داده انجام می‌شود. پس از حذف داده‌های خــارج از محدوده، پایگاه داده‌ای شامل تعداد ۱۴۰۴رکورد با ۵ فیلد به‌عنوان داده‌های ورودی تشکیل شد و تعداد ۱۴۰۴ رکورد با یک فیلد به‌عنوان داده خروجی اعمال شد.

مدل‌سازی

در ایــن پژوهــش جهــت مدل‌سازی از مدل‌ســازی پیش‌گویانه استفــاده شده اســت. این قسمت به ساخــت مدلی می‌پردازد که متغیــر هدف را به‌صورت تابعی از سایر متغیرهــا نمایش می‌دهد (تان و همکــاران[1]،۲۰۰۶). در ساخت مدل با توجه به نــوع داده‌ها و عملیات مورد نیاز از الگوریتم‌های شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون استفاده شده است. سپس آنالیز حساسیت مدل با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی انجام شده است.

1 . Tan et al.

الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی

یــک شبکــه عصبی مصنوعی شامل عناصری است که در دو یا چندلایه قرار گرفته‌اند و به طور موازی عمل می‌کنند. این عناصر از سیستم‌های عصبی بیولوژیک (نرون ها) الهام گرفته‌اند. همانند طبیعت، عملکرد شبکه توسط ارتباطات بین این عناصر تعیین می‌شود. یک شبکه عصبی می‌تواند برای اجرای یــک عملکرد خاص آموزش داده شود و این کار از طریق تنظیم مقادیر بین ارتباطات عناصر (وزن‌ها) صــورت می‌پذیــرد و در نتیجه، یک ورودی خاص منجر به خروجی هــدف می‌شود (هدزیما نیارکو و همکاران[1]،۲۰۱۱).

شبکه‌های عصبی مصنوعی ابزار مناسبی برای رسیدن به راه‌حل بدون دانستن رابطه تحلیلی بین ورودی‌ها و خروجی‌ها هستند (ویلیمک[2]،۲۰۱۴) و می‌توانند به‌منظور دسته‌بندی (پیش بینی برچسب کــلاس رکوردها) یا پیش بینی عددی (پیش بینی خروجی‌هایی با مقادیر پیوسته) مورد استفاده قرار گیرند (تن و همکاران،۲۰۰۶).

رگرسیون

پیش بینی مقدار یک متغیر پیوسته بر اساس مقادیر سایر متغیرها بر مبنای یک مدل وابستگی خطی یا غیرخطی، رگرسیون گفته می‌شود. روش‌های موجود در رگرسیون بیشتر مبتنی بر ریاضیات آماری هستند (هان و همکاران[3]،۲۰۱۱).

آنالیز حساسیت مدل

یکی از راه‌های استخراج دانش از شبکه‌های عصبی، کسب اطلاعات در مورد اهمیت نسبی ورودی‌های شبکــه با استفاده از آنالیــز حساسیت هر یک از متغیرهــای ورودی است (دی و همکــاران[4]،۱۹۹۷، پال[5]،۱۹۹۹).

در ایــن روش شبکه عصبی جهت تعیین اهمیت نسبــی داده‌های ورودی اجرا می‌گردد و مشخص می‌کنــد کــه خروجی شبکه (مدل) به چه مقــدار تحت تأثیر داده‌هــای ورودی انتخابی قرار می‌گیرد.

1 . Hadzima-Nyarko et al.
2 . Vilimek
3 . Han et al.
4 . De et al.
5 . Pal

ایــن تکنیــک اطلاعات مفیدی در رابطه با تأثیر هر یک از داده‌هــای ورودی مدل بر داده خروجی ارائه می‌دهد. تاکنون روش‌های گوناگونی جهت اندازه‌گیری اهمیت ورودی‌های شبکه عصبی پیشنهاد شده‌اند (سارل[1]،۲۰۰۰)؛ که دو روش معمول آن عبارت‌اند از اهمیت پیش بینی (PI)[2] و اهمیت علی (CI)[3]

در روش PI، افزایش خطای ایجاد شده در شبکه عصبی در اثر حذف یک ورودی، معیاری است که نشان‌دهنده اهمیت آن داده در شبکه است. در این تکنیک، یک داده ورودی از شبکه حذف می‌شود و شبکه دوباره آموزش می‌بیند. خطای شبکه با خطای به‌دست‌آمده زمانی که کل داده‌ها مورد استفاده قــرار گرفته بودند مقایسه می‌شود. مهم‌تریــن داده، داده‌ای است که غیبت آن بیشترین خطا را ایجاد کرده است.

در روش CI داده‌هــای ورودی دستکــاری شده یا تغییر داده می‌شوند و تغییرات خروجی بررسی می‌شونــد. در این تکنیک مشتق جزئی خروجــی نسبت به ورودی گرفته می‌شــود (هاشم[4]،۱۹۹۲). مشتق جزئی نه‌تنها به وزن‌ها و بایاس‌ها بلکه به مقادیر متغیرهای ورودی بستگی دارد؛ بنابراین تعمیم دادن رونــد مقادیــر خروجی با در نظر گرفتن یک تغییر در یــک داده ورودی مشکل است (مولاس و یامازاکی[5]،۱۹۹۵). در این تحقیق از روش PI جهت تحلیل حساسیت استفاده شده است.

به دلیل اینکه شبکه عصبی یک مدل غیرخطی است، تنها با یک بار آموزش و مدل‌سازی نمی‌توان اهمیــت نسبــی متغیرهای ورودی شبکــه را تعیین نمود، به این منظور شبکه عصبــی ۲۰ بار با وزن دهی‌های اولیه متفاوت آموزش دیده است.

ارزیابی

بــرای ارزیابی مدل به‌دست‌آمده ابتدا داده‌هــا را به دو دسته آموزشی و آزمایشی تقسیم کرده، مدل را بــا استفاده از داده‌هــای آموزشی ایجاد و سپس نتایج به‌دست‌آمــده را روی داده‌های آزمایشی آزمون می‌کنیم سپس دقت مدل را محاسبه می‌کنیم. البته در اجرای برخی الگوریتم‌ها نیاز است که داده‌ها به سه دسته آموزشی، اعتبار سنجی و آزمایشی تقسیم شوند. درنهایت الگوریتمی که نتیجه اعتبارسنجی آن بهتــر از دیگر الگوریتم‌ها است شناسایی می‌شود. برای ارزیابی روش‌های پیش بینی (اختلاف بین

1 . sarle
2 . Predictive importance
3 . Causal importance
4 . Hashem
5 . Molas & Yamazaki

مقدار واقعی و مقدار پیش‌بینی‌شده) از شاخص میانگین مربعات خطا (MSE)[1]، ریشه دوم مربعات خطا (RMSE)[2]، ضریب همبستگی پیرسون (r)[3] و ضریب تعیین (R^2)[4] استفاده شده است:

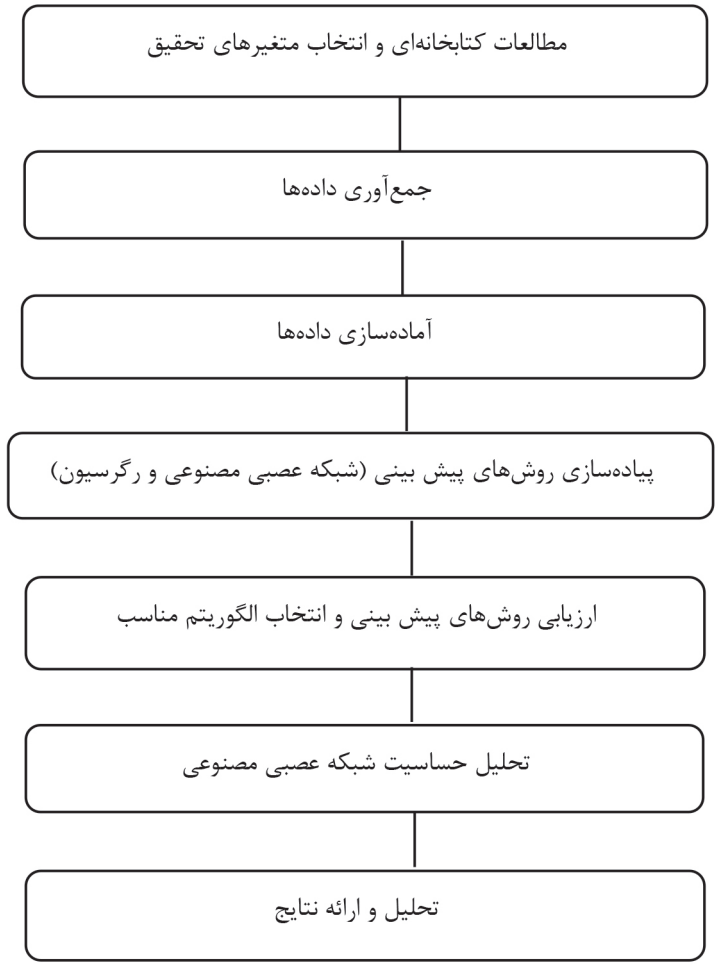
- شاخص میانگین مربعات خطا (MSE): لازم است برای بالا بردن صحت روش‌های پیش بینی، مقادیر این شاخص تا حد امکان پایین باشد (هن و همکاران،۲۰۱۱).
- شاخص ریشه دوم مربعات خطا (RMSE): درصورتی‌که مقدار این شاخص کمتر از ۰٫۱ باشد، الگوریتم موردنظر مطلوب است.
- شاخص ضریب همبستگی پیرسون (r): مقدار ضریب همبستگی بین ۱- تا ۱+ بوده و علامت‌های مثبت و منفی نشان‌دهنده همبستگی مثبت و یا منفی متغیرها است. اگر بین مقدار واقعی و مقدار پیش بینی شده همبستگی مثبت قوی وجود داشته باشد r به ۱+ نزدیک است و اگر بین آن‌ها همبستگی قوی منفی وجود داشته باشد مقدار r به ۱- نزدیک خواهد بود. هرگاه همبستگی ضعیفی بین متغیرها وجود داشته باشد و یا هیچ‌گونه همبستگی خطی بین متغیرها وجود نداشته باشد r نزدیک به صفر خواهد بود.
- شاخص ضریب تعیین (R^2): مقدار ضریب تعیین بین صفر و یک است و هر چه به یک نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده برازش بهتر داده‌ها توسط مدل است. مقدار با افزایش مدل رشد می‌نماید و لازم است تعداد مشاهدات و تعداد ویژگی‌ها در مدل تأثیر داده شوند (فیلزموزر[5]،۲۰۰۸). دقت الگوریتم‌ها در محیط متلب با یکدیگر مقایسه می‌شوند.

تحلیل نتایج و توسعه

در این مرحله، نتایج فرایند داده‌کاوی انجام شده تحلیل و به‌صورت گزارش ارائه می‌گردد. این گزارش ممکن است شامل خلاصه‌ای از روند اجرای پروژه و تجربیات به‌دست‌آمده یا گزارش جامعی از نتایج داده‌کاوی باشد. شکل ۱ چارچوب کلی روش پژوهش را ارائه می‌نماید.

---

1 . Mean square error
2 . Root mean square error
3 . Pearson correlation coefficient
4 . Coefficient of Determination
5 . Filzmoser



شکل ۱. چارچوب کلی روش پژوهش

تجزیه‌وتحلیل یافته‌ها

در اولین مرحله، شبکه‌های عصبی مصنوعی و رگرسیون جهت مدل‌سازی ارتباط بین داده‌های شاخص علمـــی و شاخص فناوری به‌کار برده شد، در دومین مرحله آنالیز حساسیت با استفاده از شبکه عصبی انجام شد. نرم‌افزارهای مورد استفاده در این پژوهش، اکسل (جهت نگهداری و پیش‌پردازش داده‌ها) و متلب (جهت اجرای الگوریتم‌های داده‌کاوی) می‌باشند.

شبکه عصبی مصنوعی

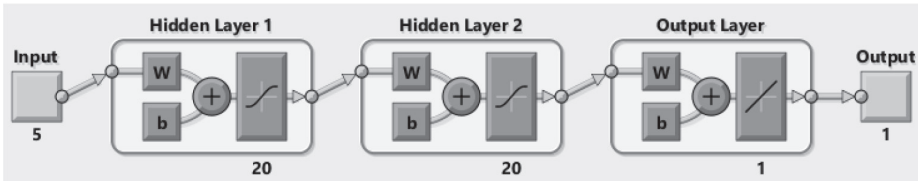
در ایــن مرحله داده‌ها با شبکه‌های عصبی مختلف اعم از تک لایه، چندلایه و همچنین توابع انتقال و یادگیــری متفاوت و تعداد نرون های مختلف در لایه‌های میانی مدل‌سازی شده‌اند. تعداد نرون ها در لایــه میانی شبکه پرسپترون تأثیر زیادی بر روی عملکرد این شبکه‌ها دارد. تعداد نرون های بهینه بر اساس کمترین میــزان میانگین مربعات خطا انتخاب شده‌اند. جهت مدل‌سازی با شبکه عصبی، کلیه رکوردهــا به سه مجموعه آموزشی، اعتبار سنجــی و آزمایشی تقسیم‌بندی شده‌اند. تعداد رکوردها در مجموعــه آموزشی ۶۰ درصد و در هرکدام از دو مجموعــه دیگر ۲۰ درصد کل رکوردها انتخاب شده است. لازم به ذکر است در هر بار اجرا، با تغییر پارامترهای مدل و با توجه به‌دقت پیش بینی خروجی سیستــم، مناسب‌ترین پارامترها شناسایی شده‌اند. ساختار شبکه عصبی پیاده‌سازی شده، شبکه چهار لایــه MLP[1] است. با تغییر معماری شبکه و اجرای مکرر شبکه‌های مختلف بهترین معماری با توابع انتقال Tansig در لایه‌های پنهان و Purelin در لایه خروجی به دست آمد. همچنین تابع Trainlm به‌عنوان مناسب‌ترین تابع یادگیری شناخته شد.

شبکه عصبی پیشنهادی برای داده‌ها، دارای معماری چندلایه است، تعداد لایه‌های پنهان، دولایه بوده و تعداد نرون ها در لایه اول ۲۰ و در لایه دوم ۲۰ عدد بوده است. لایه خروجی شامل یک نرون و تابع فعال‌سازی آن purelin است. معماری مدل شبکه عصبی بکار گرفته شده در این تحقیق درشکل ۲ ارائه شده است. عملکرد شبکه با شاخص‌های RMSE، MSE و R موردسنجش قرار گرفت.

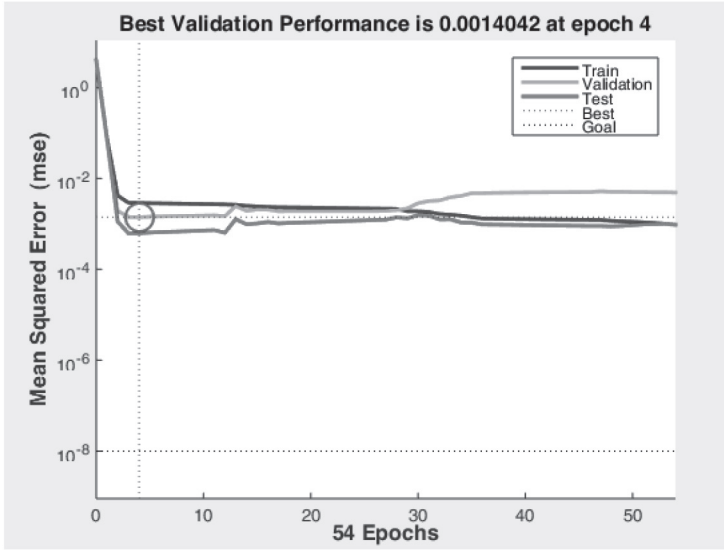
در شــکل ۳، آمــوزش شبکه عصبی برای کــل داده‌ها ارائه شده است. محــور افقی نشان‌دهنده تعــداد تکرار آموزش و محور عمودی نشان‌دهنده خطای آموزش است. این نمودار نشان می‌دهد که روند خطای شبکه عصبی بر اساس داده‌های آموزش[2]، اعتبارسنجی[3] و آزمایش[4] چگونه کاهش پیدا کرده است که در واقع همان فاصله بین تخمین‌های سیستم و خروجی‌های واقعی است که به ازای هــر دوره آموزش[5]، خطا محاسبه شده و در محور عمودی نمایش داده می‌شود. Best Validation Performance نقطه‌ای است که خطای داده‌های اعتبارسنجی و آزمایش در مینیمم قرار گرفته‌اند کــه ایــن نقطه در تحقیق حاضر به طور خودکار در بخشی قــرار گرفته است که بیش برازش[6] و کم

1 . Multi-layer perceptron
2 . Train
3 . Validation
4 . Test
5 . Epoch
6 . Over fit

برازشـــی[1] روی ندهــد و سه بخش تفکیک شده داده بــا هم در یک نقطه کمینه ثابت از نظر خطا قرار گیرند. اولین نقطه Best Validation در دوره آموزشی ۴ در نظر گرفته شده است. نقطه بهینه نیز بر مبنـــای روند کاهش خطاهــا و بین بازه‌های خطایی به دست آمده است که بیش برازش و کم برازشی روی داده روی نداده است و میزان میانگین مجذور خطا برای هر سه بخش داده آموزش، اعتبارسنجی و آزمون روند نسبتاً یکسانی را طی کرده‌اند.



شکل ۲. معماری مدل شبکه عصبی

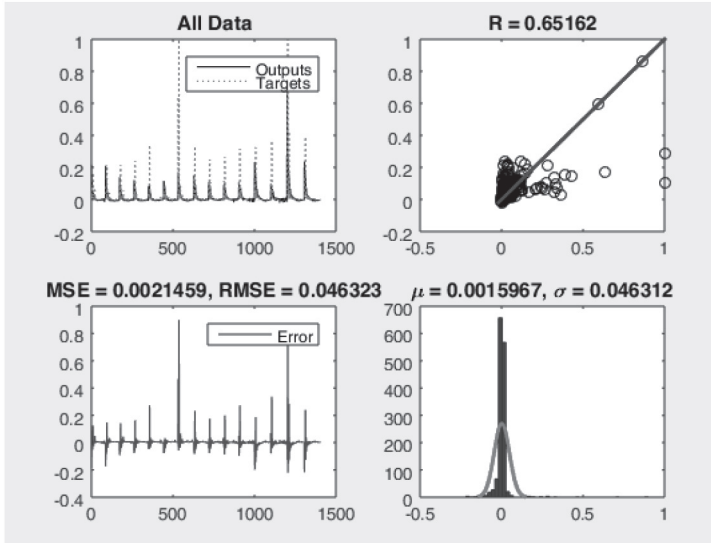


شکل ۳. آموزش شبکه عصبی کل داده‌ها

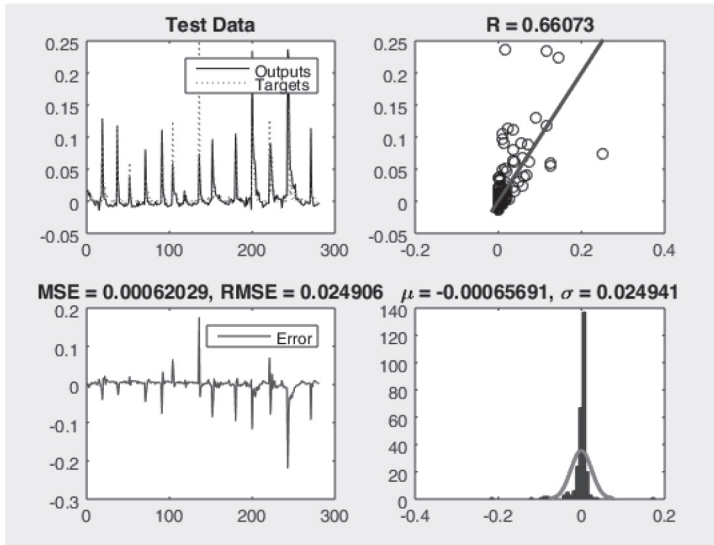
درشکل۴، شکل ۵، شکل ۶ و شکل۷ اطلاعاتی نظیر MSE، RMSE، هیستوگرام خطا[2]، رگرسیون، میانگین و انحراف معیار به تفکیک کل داده‌ها، داده‌های آزمایش، داده‌های آموزش و داده‌های ارزیابی

1 . Under fit
2 . Error histogram

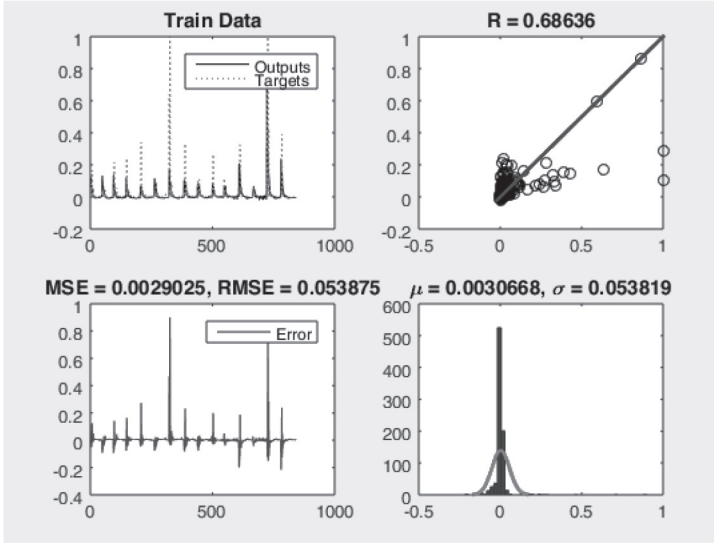
ارائه شده است.



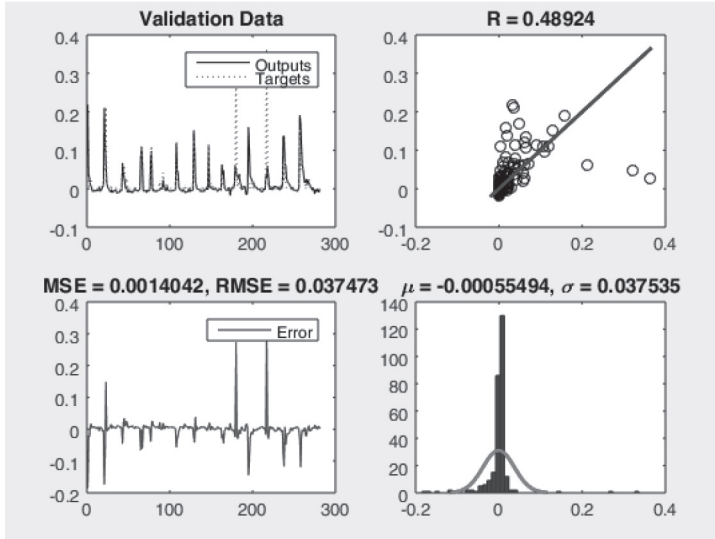
شکل ۴. نتایج آموزش شبکه عصبی (کل داده‌ها)



شکل ۵. نتایج آموزش شبکه عصبی (داده‌های آزمایش)



شکل ۶. نتایج آموزش شبکه عصبی (داده‌های آموزش)



شکل ۷. نتایج آموزش شبکه عصبی (داده‌های اعتبارسنجی)

در هر کدام از شکل‌های فوق، نمودار سمت راست پایین، خروجی تخمین سیستم نسبت به توزیع

نرمـــال را نشـــان می‌دهد. اختلاف مقادیر خطا با نقطه میانی نمـــودار نشان‌دهنده میزان فاصله خطا با عدد صفر است. هر چه نمودار توزیع خطا به نمودار توزیع نرمال نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده نزدیک‌تر بـــودن عـــدد خطا به عدد صفر و دقت بیشتر سیستم در تخمین مقادیر است. نمودار سمت راست بالا، نمـــودار رگرسیون مدل بین خروجی‌های سیستـــم و خروجی‌های واقعی است، ضریب همبستگی[1] R نشان می‌دهد به چه مقدار تغییرات خروجی شبکه عصبی توسط خروجی واقعی (هدف) توضیح داده شـــده است. هر چقدر مقدار این ضریب به یـــک نزدیک‌تر باشد همبستگی بیشتری بین خروجی‌های مدل و خروجی‌های هدف وجود دارد (در همبستگی کامل R=۱ است). نمودار سمت چپ بالا، تخمین سیستم و داده‌های واقعی مربوط به داده‌های اعتبار سنجی را نشان می‌دهد. نمودار سمت چپ پایین، میـــزان MSE، RMSE و روند افزایش و کاهش خطا را در طی دوره آموزش، اعتبارسنجی و آزمایش نشان می‌دهد. نتایج آموزش شبکه عصبی به طور خلاصه درجدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: نتایج آموزش شبکه عصبی MLP

	MSE	RMSE	R
کل داده‌ها	۰.۰۰۲۱	۰.۰۴۶	۰.۶۵
داده‌های آموزش	۰.۰۰۲۹	۰.۰۵۳	۰.۶۸
داده‌های آزمون	۰.۰۰۰۶۲	۰.۰۲۴	۰.۶۶
داده‌های اعتبارسنجی	۰.۰۰۱۴	۰.۰۳۷	۰.۴۸

با توجه به مقادیر کم MSE و RMSE به دست آمده و همچنین ضریب همبستگی مناسب بین خروجی مدل و خروجی هدف، شبکه‌های عصبی به طور مطلوبی قادر به مدل‌سازی داده‌ها هستند.

رگرسیون

نتایج رگرسیون داده‌های پیش بینی کننده (تعداد مقالات، مقالات قابل استناد، خود استنادی، تعداد استنادها به ازای هر مقاله و شاخص اچ ایندکس) در برابر عامل پیش بینی (اختراعات) درجدول ۲ ارائه شده است. معادله رگرسیون به دست آمده به‌صورت ذیل است:

1 . Correlation Coefficient

(۱)

Patents = -۰.۰۰۲۲ -۲.۵۸ Documents + ۲.۹۲ Citable documents +

۰.۳۶۳ Self citation-۰.۰۱۵ Citation per documents + ۰.۰۳۲ H-index

جدول ۲: نتایج رگرسیون

	Coef	SE Coef	T	P
Intercept	-۰,۰۰۲۱۶۹	۰,۰۰۲۵۶۳	-۰,۸۴۶۲۷	۰,۳۹۷۵۵
تعداد مقالات	-۲,۵۷۹۱	۰,۷۳۳۷	-۳,۵۱۵۲	۰,۰۰۰۴۵۳۳۹
مقالات قابل استناد	۲,۹۲۳۷	۰,۶۳۴۰۵	۴,۶۱۱۱	۰,۰۰۰۰۰۴۳
خود استنادی	۰,۳۶۲۸۳	۰,۱۳۰۴۴	۲,۷۸۱۵	۰,۰۰۵۴۸۲۹
استنادها به ازای هر مقاله	-۰,۰۱۴۸۲۸	۰,۰۰۸۶۸۰۶	-۱,۷۰۸۲	۰,۰۸۷۸۲۷
اچ ایندکس	۰,۰۳۱۷۳۱	۰,۰۲۴۰۱۸	۱,۳۲۱۱	۰,۱۸۶۶۷

جهت اعتبارسنجی مدل، کلیه رکوردها به دو دسته آموزشی و آزمایشی تقسیم‌بندی شدند. تعداد رکوردهـا در مجموعه آموزشی ۸۰ درصد و در مجموعه آزمایشی ۲۰ درصد انتخاب شده است. جهت بهینه‌سازی پارامترها از روش معادلات نرمال استفاده شده است. نتایج در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳: نتایج آموزش مدل با رگرسیون

	RMSE	R2
داده‌های آموزش	۰,۰۴۲	۰,۸۳۶۴
داده‌های آزمون	۰,۰۴۸	۰,۸۶۷۳

با توجه به مقادیر کم RMSE و مقدار ضریب تعیین که نزدیک به عدد یک است رگرسیون الگوریتم مناسبی برای مدل‌سازی است.

مقایسه نتایج مدل‌سازی با شبکه عصبی و رگرسیون

بـا توجه به شاخـص RMSE داده‌های آزمون که در شبکه عصبی مصنوعـی ۰,۰۲۴ و در رگرسیون ۰,۰۴۸ اسـت، شبکه‌های عصبـی مصنوعی از قابلیت پیش بینی بهتری نسبت به رگرسیون برخوردار

هستند و می‌توانند جهت مدل‌سازی شاخص فناوری در سطح کشورهای جهان به کار روند.

آنالیز حساسیت

در ایــن مرحلــه، شبکه عصبی با پنج ورودی و یــک خروجی ۲۰ بار با وزن دهی‌هــای اولیه متفاوت آموزش می‌بیند. عملکرد شبکه با میانگین شاخص MSE برای کل داده‌ها به ازای تمام دفعات آموزش اندازه‌گیــری می‌شود. این خطای شبکه به‌عنوان مبنایــی در نظر گرفته می‌شود که بقیه خطاها با آن مقایســه می‌شود. جهت تعیین اهمیت پیش بینی (PI) پنج فیلــد ورودی تعداد ۶ ترکیب مختلف را می‌تــوان در نظــر گرفت. برای هر ترکیــب از داده‌های ورودی شبکه عصبــی ۲۰ بار آموزش می‌بیند. ترکیب‌های مختلف ورودی‌ها درجدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴: پارامترهای ترکیب‌های ورودی

ترکیب ورودی (IC)	پارامترهای ورودی
IC۱	مقالات قابل استناد- خود استنادی- استناد به ازای هر مقاله- اچ این‌دکس
IC۲	تعداد مقالات- خوداستنادی- استناد به ازای هر مقاله- اچ ایندکس
IC۳	تعداد مقالات- مقالات قابل استناد- استناد به ازای هر مقاله- اچ ایندکس
IC۴	تعداد مقالات- مقالات قابل استناد- خوداستنادی- اچ ایندکس
IC۵	تعداد مقالات- مقالات قابل استناد- خوداستنادی- استناد به ازای هر مقاله
IC۶	تعداد مقالات- مقالات قابل استناد- خوداستنادی- استناد به ازای هر مقاله- اچ ایندکس

خطای شبکه به دست آمده برای هر ترکیب از ورودی‌ها در جدول۵ آمده است.

با توجه به جدول زمانی که تمام متغیرها به‌عنوان ورودی انتخاب می‌شوند کمترین خطا مشاهده می‌گــردد. در مقایسه سایر ترکیب‌ها، با توجه به نتایج بــه دست آمده ترتیب میزان خطای شبکه هر ترکیب ورودی از بیشترین خطا به کمترین خطا به ترتیب ذیل است:

IC5> IC4 > IC1> IC2> IC3

IC۳ کمتریــن خطا را دارد که نشان‌دهنده این است کــه پارامتر خود استنادی کمترین اهمیت را بیــن داده‌هــای ورودی دارد. پارامتر بعدی که کمترین خطا را بعد از IC۳ دارد IC۲ است که نشان

می‌دهــد پارامتر تعداد مقالات قابل استناد اهمیت بیشتری نسبت به خود استنادی دارد اما نسبت به سایر عوامل اهمیت کمتری دارد، بیشترین خطای ایجاد شده مربوط به ترکیب IC۵ است که پارامتر اچ ایندکس از آن حذف شده است و این امر نشان می‌دهد که اچ ایندکس اهمیت بیشتری نسبت به سایر عوامل داشته که حذف آن خطای بیشتری به شبکه داده است. ترتیب اهمیت پارامترها به شرح ذیل است:

اچ ایندکس> متوسط استنادها به ازای هر مقاله > تعداد مقالات > مقالات قابل استناد > خود استنادی

جدول ۵: خطای شبکه برای ترکیب‌های ورودی

ترکیب ورودی (IC)	میانگین MSE
IC۱	۰.۰۰۲۲۸۳
IC۲	۰.۰۰۲۱۹۵
IC۳	۰.۰۰۲۱۳۲
IC۴	۰.۰۰۲۳۴۵
IC۵	۰.۰۰۲۴۰۰
IC۶	۰.۰۰۲۰۴۵

پاسخ به سؤالات تحقیق

با توجه به نتایج به دست آمده از تجزیه‌وتحلیل یافته‌ها به سؤالات تحقیق پاسخ داده می‌شود:

- با توجه به اهمیت داده‌ها و منابع مورد استفاده جهت انجام پژوهش، مناسب‌ترین منابع جهت دستیابی به اهداف تحقیق کدام است؟

  بــا توجه به لزوم استفاده از داده‌هــای کلان در سطح کشورها و نیاز به جامع و استاندارد بودن داده‌هــا، مناسب‌ترین منبع، پایگــاه داده‌ای است که معتبر، بین‌المللی و به‌روز باشد که در این پژوهش از پایگاه‌های داده SJCR اسکوپوس و سازمان جهانی مالکیت فکری (WIPO) استفاده شــد که مورد تائید کلیه کشورهای جهان بــوده و معیارهای اساسی عملکرد کشورها از لحاظ تولید علم و فناوری می‌باشند.

- چگونه می‌توان با استفاده از قابلیت مدل‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی و رگرسیون، شاخص

فناوری کشورها را با توجه به شاخص‌های علم‌سنجی پیش بینی نمود؟

در ایـــن پژوهش، از دو مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی و رگرسیون استفاده گردید. در هر دو مدل داده‌های خروجی، شاخص فنـــاوری کشورها و داده‌های ورودی، شاخص‌های علم‌سنجی کشورهـــا بودند. با توجه به معیارهای اعتبارسنجی استانـــدارد مشخص گردید که هر دو مدل شبکه‌هـــای عصبی مصنوعی و رگرسیـــون قادرند به نحو مطلوبی داده‌های خروجی را بر اساس داده‌های ورودی پیش بینی نمایند و در مقام مقایسه این دو مدل، مدل شبکه عصبی مصنوعی بـــا شاخص RMSE داده‌های آزمون به میزان ۰٫۰۲۴ نسبت به رگرسیون با شاخص RMSE داده‌هـــای آزمون ۰٫۰۴۸ از قابلیت پیش بینی مناسب‌تری نسبت به رگرسیون برخوردار بود و به‌عنوان الگوریتم دقیق‌تر، انتخاب گردید. در آینده، امکان توسعه این الگوریتم به الگوریتم‌های ترکیبی مانند سیستم‌های استنتاج فازی عصبی انطباقی در ترکیب با الگوریتم‌های تکاملی نیز وجود خواهد داشت.

- کدام شاخص تولید علم در سطح کشورها اهمیت نسبی بیشتری جهت پیش بینی فناوری دارد؟ بـــا توجـــه به نتایج تحلیل حساسیـــت شبکه‌های عصبی، شاخص اچ ایندکـــس نسبت به سایر شاخص‌های تولید علم اهمیت بیشتری جهت پیش بینی فناوری داشته است چراکه حذف آن خطـــای بیشتری را در شبکه عصبی ایجـــاد می‌کند و حساسیت روند توسعه علمی کشورها به استناد مؤثر و کاربرد دانش از طرف دیگر کشورها به یافته‌های علمی کاملاً مشاهده می‌گردد. همچنیـــن سایر شاخص‌ها به ترتیـــب اهمیت بدین‌صورت شناسایی شدنـــد: شاخص متوسط استنادها به ازای هر مقاله، تعداد مقالات، مقالات قابل استناد و خوداستنادی.

نتیجه‌گیری

در ایـــن پژوهـــش رویکردی نوین جهت ارزیابی تولید تکنولوژی با توجه به فاکتورهای کمیت و کیفیت تولیـــد علـــم در سطح کـــلان کشورها ارائه گردید. جهت نیـــل به این هدف، پایگـــاه داده‌ای متشکل از شاخص‌هـــای استاندارد و بین‌المللی تولیـــد علم و فناوری ایجاد گردیـــد و الگوریتم‌های شبکه عصبی مصنوعـــی و رگرسیون جهت مدل‌سازی داده‌ها به کار گرفته شد. نتایج به دست آمده تحلیل و ارزیابی گردیـــد و شاخص‌های اعتبار سنجی نشان دادند که دقت الگوریتم‌های بکار گرفته شده در سطح قابل قبولی بوده و در مقام مقایسه، شبکه‌های عصبی مصنوعی دقت بیشتری را ارائه داده است. در مرحله بعد

بـــا استفاده از شبکه عصبی، آنالیز حساسیت جهت مشخص نمودن کیفیت و اثر هر یک از پارامترهای ورودی به شبکه (شاخص‌های علم‌سنجی) در پیش بینی شاخص فناوری انجام شد. این روش با استفاده از ترکیبات مختلف پارامترهای ورودی به شبکه و آموزش مجدد شبکه صورت پذیرفت. برای هر ترکیب از ورودی‌هـــا، شبکـــه عصبی ۲۰ بار با وزن دهی‌های اولیه متفاوت آموزش دید و میانگین خطای شبکه (MSE) تمـــام دفعات آموزش به‌عنوان خطای مدل شبکه عصبی در نظر گرفته شد. بر اساس شاخص اهمیـــت پیش بینـــی (PI) در تحلیل حساسیت، پارامتر اچ ایندکس بـــا اهمیت‌ترین، شاخص متوسط استنادها به ازای هر مقاله در درجه دوم اهمیت و پس از آن شاخص تعداد مقالات و مقالات قابل استناد قرار گرفته‌اند. خود استنادی کم اهمیت‌ترین پارامتر در پیش بینی شاخص فناوری شناسایی شد. نوآوری استفـــاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین بدین‌صورت بـــر روی داده‌های کلان علم و فناوری در سطح بین‌المللی و مقالات معتبر محدود بوده و اخیراً استفاده از آن‌ها آغاز شده است. در این پژوهش محقق ابتـــدا الگوریتم‌های شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون را بـــر روی داده‌ها اعمال نموده و هدف رسیدن به دقت قابل‌قبول جهت پیش بینی شاخص فناوری کشورها با توجه به داده‌های تولید علم بوده است. رسیـــدن به نتایج ارزیابی بسیار مناسب مدل، حاکـــی از توانایی الگوریتم‌های شبکه‌های عصبی جهت ایجاد ارتباط بین عناصر تولید علم با عنصر تولید فناوری در سطح کلان بوده است. سپس با استفاده از تحلیـــل حساسیت شبکه عصبی مشخص شد که چه شاخص‌هایی از تولید علم تأثیر بیشتری بر تولید فناوری دارند. با روندی که وجود دارد به نقطه بهتری از لحاظ تولید فناوری نخواهیم رسید مگر اینکه بـــه متغیرهای حساس و تأثیرگذار تأکیـــد و توجه بیشتری داشته باشیم. در واقع شاخص‌هایی از تولید علـــم اهمیت بیشتری دارند که زمینه‌ساز ایجاد فنـــاوری باشند. نتایج حاصل از تحقیق، در پیش بینی شاخص‌های کلان و روند آتی کشورها در زمینه تولید علم و فناوری بسیار کاربردی خواهد بود و نشانگر امکان‌پذیری استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای پیش بینی دقیق روند پیشرفت علم و فناوری کشورها طی سالیان متمادی است. محقق در این پژوهش با محدودیت‌هایی همچون عدم دسترسی به داده‌های سایر پایگاه‌ها و منابع اطلاعاتی، دامنه زمانی محدود داده‌ها و محدود بودن متغیرهای پژوهش در دسترس در سطح کشورها مواجه بوده است. همچنین پیشینه تحقیقات معادل این پژوهش و استفاده از این نوع الگوریتم‌های یادگیری ماشین بر روی داده‌های موجود بسیار محدود بوده است. شناسایی و استفاده از فیلدهای اطلاعاتی جدید در پایگاه داده و همچنین استفاده از روش‌های نوروفازی و نوروفازی ژنتیک جهت پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌گردد.

منابع

- بهرامی، م. (۱۳۷۴). *تکنولوژی‌های آینده*، شناسایی و پیش بینی. تهران: انتشارات خضرا.
- خلیل، ط. (۱۳۸۱). *مدیریت تکنولوژی، رمز موفقیت در رقابت و خلق ثروت*. (س. باقری، مترجم) انتشارات پیام متن وابسته به مرکز تکنولوژی نیرو.
- ذوالفقار نسب، س. (۱۳۸۳). *تاریخچه ارزیابی علم و فناوری و ظهور شاخص‌های علمی با تأکید بر کشور آمریکا. هیئت نظارت و ارزیابی فرهنگی و علمی.*
- سلطانی نژاد، ع. (۱۳۹۳). *تحلیل رابطه میان تولیدات علمی کشورهای برتر جهان و میزان اختراعات ثبت شده در پایگاه استنادی اسکوپوس طی سال‌های ۲۰۰۸-۲۰۱۳*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته علم اطلاعات و دانش شناسی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه شهید باهنر کرمان.
- گودرزی، م. (۱۳۸۲). *بررسی وضعیت نظام مالکیت فکری ایران و ارائه راهکارهای بهبود آن در جهت توسعه تکنولوژیکی کشور*. تهران: پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مدیریت تکنولوژی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی.
- منهاج، م. (۱۳۸۴). مبانی شبکه‌های عصبی. تهران: دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
- نقی پور، پ. (۱۳۸۵). *اولویت‌بندی کشورها جهت ثبت پتنت ها در رابطه با تکنولوژی*. تهران: پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی.
- نواز شریف، م. (۱۳۶۷). *مدیریت انتقال تکنولوژی و توسعه*، ترجمه رشید اصلانی. تهران: سازمان برنامه‌وبودجه.

- Aksnes, ., Sivertesen, ., Leeuwen, ., & Wendt, K. (2017). Measuring the productivity of national R&D systems: Challenges in cross-national comparisons of R&D input and publication output indicators. *Science and Public Policy, 44*(2), 246–258.
- Anegón, F. & Solana, V. (2013). Worldwide Topology of the Scientific Subject Profile: A Macro Approach in the Country Level. *PLOS ONE, 8*(12).
- Baykal, N. (2012). Predicting the disease of Alzheimer CAD with SNP biomarkers and clinical data based decision support system using data mining classification approachs. *Middle East Technical university*.
- Choi, J. Jang, D. Jun, S. & Park, S. (2015). A Predictive Model of Technology Transfer Using Patent Analysis. *Sustainability*, 16175–16195.
- De, R. Pal, N. & Pal, S. (1997). Feature analysis: neural network and fuzzy set theoretic approaches. *Pattern recognition, 30(10)*, 1579-1590.
- European commission. (2011). *Retrieved from European commission*.

- Filzmoser, P. (2008). *Linear and nonlinear methods for regression and classification and applications in R.* Wien: Wiedner Hauptstr.
- Glänzel, W. Moed, H. Schmoch, U. & Thelwall, M. (2018). *Springer Handbook of Science and Technology Indicators.* Springer.
- Hadzima-Nyarko, M. Nyarko, E. & Moric, D. (2011). A neural network based modelling and sensitivity analysis of damage ratio coefficient. *Expert systems with applications*, 13405-13413.
- Han, J. Kamber, M. & Pei, J. (2011). *Data Mining: Concepts and Techniques* (3rd ed). Morgan Kaufmann Publishers.
- Hashem, S. (1992). Sensitivity analysis for feedforward artificial neural networks with differentiable activation functions. *Proceedings of the 1992 international joint conferences on neural networks*, Baltimore, MD (Vol. 1, pp. 419–424). IEEE Press.
- Idris, K. (2002). *Intellectual Property, A power tool for economic growth.* WIPO publication.
- Jang, H. & Kim, H. (2014). Research output of science, technology and bioscience publications in Asia. *Science editing, 1*(2), 62-70.
- Madaleno, M. Moutinho, V. & Robaina, M. (2016). Economic and environmental assessment: EU cross-country efficiency ranking analysis. *energy procedia, 106*, 134-154.
- Molas, G. & Yamazaki, F. (1995). Neural networks for quick earthquake damage estimation. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 24*, 505–516.
- Narin, F. Hamilton, K. & Olivastro, D. (1997). The increasing linkage between U.S technology and public science. *Research Policy, 26*, 317-330.
- Okubo, Y. (1997). Bibliometric Indicators and Analysis of Research Systems: Methods and Examples. *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*.
- Pal, N. (1999). Soft computing for feature analysis. *Fuzzy sets and systems, 103*, 201-221.
- Porter, A. Roper, A. Manson, T. Rossini, F. Banks, J. & Wiederhdt, B. (1991). *Forecasting and management of technology.* USA: Wiley.
- Radicchi, F. & Castellano, C. (2013). Analysis of bibliometric indicators for individual scholars in a large data set. *Scientometrics*. doi: 10.1007/s11192-013-1027-3
- Sandoval-Romero, V. Mongeon, P. & Lariviere, V. (2018). Science, technology and

innovation indicarors in transition. *International conference on science and technology indicators.* Leiden, The Netherlands.

- sarle, W. (2000). *How to measure importance of inputs?* Retrieved from <ftp://ftp.sas.com/pub/ neural/importance.html>
- science-metrix. (2010). *30 years in science: Secular movements in knowledge creation*. Retrieved from science-metrix: http://www.science-metrix.com/30years-Paper.pdf
- SCImago. (2007, July 21). *http://www.scimagojr.com*. Retrieved from SJR — SCImago Journal & Country Rank.
- Sirilli, G. (1999). Innovation indicators in science and technology evaluation. *Scientometrics, 45*, 439-443.
- Sohn, Y. & Moon, T. (2004). Decision Tree based on data envelopment analysis for effective technology commercialization. *Expert Systems with Applications, 26*, 279–284.
- Sugimoto, C. & Lariviere, V. (2018). *Meassuring Research. What Everyone Needs to Know.* New York: Oxford University Press.
- Tan, P.N. Steinbach, M. & Kumar, V. (2006). *Introduction to Data Mining.* Pearson.
- Twiss, B. (1992). Forecasting for technologist and engineers.
- VILIMEK, M. (2014). An artificial neural network approach and sensitivity analysis in predicting skeletal muscle forces. *Acta of Bioengineering and Biomechanics, 16*. doi: 10.5277/abb140314
- Zainab, T. & Ashraf Wani, Z. (2018). *Advancement and Application of Scientometric Indicators for Evaluation of Research Content.* IGI Global.