مهندسی صنایع و مدیریت شریف
دوره‌ی ۱ - ۲۹، شماره‌ی ۱، ص. ۸۷-۹۹

Original Article

پیش‌بینی روند پژوهش‌های مهندسی صنایع با استفاده از تحلیل سری‌های زمانی

محمدرضا زارع بنادکوکی * **(دانشجوی دکتری)**
دانشکده‌ی مهندسی صنایع، دانشگاه یزد
محمدصالح اولیاء (دانشیار)
دانشکده‌ی مهندسی صنایع، دانشگاه یزد
نرگس منتظری‌هدش (دانشجوی دکتری)
گروه آمار، دانشگاه یزد

مهندسی صنایع به‌عنوان یکی از رشته‌های نسبتاً جدید در طول سال‌های اخیر، تغییرات قابل توجهی داشته و در شاخه‌های متنوعی توسعه یافته است. از این منظر پیش‌بینی روند پژوهش‌های آتی در مهندسی صنایع براساس مقالات علمیِ انتشار یافته اهمیت دارد. بدین‌منظور تعداد ۸۷۱۵۰ مقاله مرتبط با رشته‌ی مهندسی صنایع ــ که در ۵۰ سال اخیر در ۵۴ نشریه‌ی بین‌المللی منتشر شده ــ مورد تحلیل قرار گرفت. از آن تعداد ۳۴۷ واژه‌ی کلیدی اصلی و ۲۸۰ دپارتمان و ۱۰۱ نام کشور محل انتشار استخراج شد. با تحلیل روند ۵۰ سال گذشته روند ۱۰ سال آینده با روش سری زمانی پیش‌بینی شد. بررسی روند پژوهش‌ها در گذشته نشان می‌دهد که بیشترین تعداد مقاله بر موضوعات سیستم‌های هوشمند و اطلاعاتی، برنامه‌ریزی و نظریه‌ی سازمان، تکنیک‌های تجزیه و تحلیل و تحقیق در عملیات معطوف است. از نظر منطقه‌یی، کشورهای آمریکای شمالی، آسیای شرقی و اروپای غربی بیشترین تعداد انتشار مقاله را به خود اختصاص داده‌اند. براساس پیش‌بینی صورت گرفته در این پژوهش، موضوعات سیستم‌های هوشمند و اطلاعاتی، تکنیک‌های تجزیه‌وتحلیل و تحقیق در عملیات و مناطق آسیای شرقی و اروپای غربی بیشترین تعداد در انتشار مقالات را خواهند داشت.

mr.zare@gmail.com
owliams@gmail.com
nmontazeri.yazduni@gmail.com

واژگان کلیدی: پژوهش، مهندسی صنایع، روند، موضوعات پژوهشی، سری زمانی.

۱. مقدمه

پیشرفت‌های علمی و فنّاوری در عصر حاضر باعث تغییرات گسترده‌یی در زندگی بشری شده است. بدین‌منظور محققین بسیاری در کشف و نحوه‌ی تأثیرگذاری علم و به‌کارگیری فنّاوری در زندگی انسان‌ها نقش داشته‌اند. در بیشتر موارد این امر با تحقیق و پژوهش محقق شده است. علاوه بر بررسی همه‌جانبه‌ی دانش به‌عنوان عامل مؤثر بر رفتار، اندیشه و زندگی بشر، توجه به نقش هریک از شاخه‌های علوم در این تغییرات امری ضروری به نظر می‌رسد. امروزه پژوهش زندگی بشر را به‌صورت همه‌جانبه احاطه کرده است به‌گونه‌یی که تصمیم‌گیری بدون تحقیق و پژوهش امری غیر عقلانی است.[۱]

از سوی دیگر توجه به آینده‌ی هریک از پدیده‌های موجود در عالم طبیعت و نحوه‌ی عملکرد آن‌ها در آینده و میزان تأثیرگذاری آن‌ها بر زندگی بشری به موضوعی مهم برای پژوهش‌گران امروزی مبدل شده است. به‌همین منظور در عصر حاضر رشته‌یی جدید با عنوان آینده پژوهی[۱] مطرح شده که در آن به بررسی آینده‌ی علوم پرداخته می‌شود. آینده‌پژوهان با به‌کارگیری روشی سازمان‌یافته و مدون و با تکیه بر تکنیک‌های مختلف، که از مبانی علوم مختلفی چون آمار استخراج شده‌اند، به پیش‌بینی‌آینده‌ی هریک از پدیده‌ها و رفتار آن‌ها می‌پردازند.[۲] یکی از مباحثی که بیش از هر چیز توجه آینده‌پژوهان را به خود جلب کرده، بررسی آینده‌ی شاخه‌های مختلف دانش بشری و پیش‌بینی‌مسائل پیش روی آن‌هاست. در واقع این پژوهش‌ها با بررسی رفتار هریک از پدیده‌هایی که مستقیم یا غیرمستقیم با شاخه‌هایی از دانش در ارتباط‌اند، مسائل مهم پیش روی هریک از آن‌ها، فرصت‌ها و تهدیدهای آینده و نیازهای آینده‌ی هریک را پیش‌بینی می‌کند.[۲]

پیش‌بینی به‌منزله‌ی درک صحیح و درست از آینده است، مهم‌ترین و مستندترین ابزار برای پیش‌بینی آینده‌ی هر پدیده بررسی اطلاعات مربوط به گذشته‌ی آن پدیده است. در واقع اطلاعات پیشین هر پدیده سازنده‌ی بخش قابل توجهی از آینده‌ی آن است و لذا یکی از نیازهای اطلاعاتی آینده در هر پژوهش پی‌بردن به رفتار گذشته

---

* نویسنده مسئول

تاریخ: دریافت ۱۳۸۹/۹/۳۰، اصلاحیه ۱۳۹۰/۵/۱۱، پذیرش ۱۳۹۰/۷/۵.

است. اساساً فرایند پیش‌بینی و پیش‌گویی بدون تکیه بر اطلاعات تاریخی مدون و مستند امکان‌پذیر نیست.

بنابراین پیش‌بینی‌سمت و سوی هر شاخه از دانش بشری منوط به داشتن اطلاعاتی از قبیل تاریخچه، افراد مؤثر، مکان و زمان توسعه‌ی آن علم، نوآوری‌هایی که باعث پیشرفت در آن زمینه شده و همچنین سیر تحول و میزان اهمیت و کاربردی بودن آن برای بشر است. بنابراین بررسی روند پژوهش مرتبط با هریک از شاخه‌های دانش بشری موضوعی مهم و حائز اهمیت است. دانشمندان همواره در پی یافتن پاسخ به سؤالاتی هستند که در زمینه‌ی نوآوری و پیشرفت علم و تکنولوژی مطرح می‌شوند؛ سؤالاتی مانند: روی چه موضوعی کار شود؟ آیا ایده‌ها مناسب‌اند یا نه؟ چگونه می‌توان کار دیگران را بهبود بخشید؟ و سؤالات متنوع دیگری که در این زمینه مطرح می‌شود.[۱]

در این پژوهش سعی شده با بررسی روند پژوهش‌های مرتبط با رشته‌ی مهندسی صنایع به‌عنوان شاخه‌یی از علوم مهندسی، علاوه بر شناخت وضعیت گذشته و حال این رشته‌ی دانشگاهی و روند حرکتی آن در طی سال‌های اخیر، شناخت آینده‌ی این شاخه‌ی جدید از دانش بشری میسر شود. علاوه‌بر این سعی شده تا بخشی از فرایند آینده‌پژوهی در ارتباط با مهندسی صنایع با استفاده از ابزارها و تکنیک‌های نوین در پیش‌بینی‌صورت گیرد.

۲. مهندسی صنایع

مهندسی صنایع گرایشی از رشته‌های دانشگاهی مهندسی است که نسبت به سایر رشته‌های مهندسی جدیدتر است. تعاریف متعددی در ارتباط با مهندسی صنایع وجود دارد که هریک از آن‌ها به بخشی از موضوعات مورد توجه مهندسی صنایع اشاره دارد. طبق تعریف انجمن مهندسی صنایع آمریکا[۲] مهندسی صنایع را می‌توان «کاربرد اصول و فنون مهندسی مدیریتی به‌منظور بهبود، طراحی و نصب سیستم‌هایی شامل انسان، مواد، اطلاعات، انرژی و تجهیزات برای فراهم‌آوردن امکان تولید کالاها و ارائه‌ی کارآمد و مطلوب خدمات» دانست.[۳] برای بررسی، ارزیابی و کاربرد این سیستم‌ها، دانش و مهارت‌های علوم ریاضی، علوم فیزیکی و علوم اجتماعی به‌همراه فنون طراحی مهندسی مورد نیاز است. فعالیت‌های مهندسی صنایع همانند پلی است که بین اهداف مدیریت و عملکرد عملیاتی سازمان ارتباط برقرار می‌کند. مهندسان صنایع بیشتر درگیر افزایش بهره‌وری در مدیریت منابع انسانی، روش‌ها و فنّاوری‌اند. حال آن که سایر رشته‌های مهندسی بیشتر درگیر ماهیت فنی فرایندها و فرآورده‌ها هستند. در مهندسی صنایع عامل انسانی یکی از مؤلفه‌های مهم در سیستم‌های مورد مطالعه است. مهندسین این رشته در تیم‌های میان‌رشته‌یی برای امور برنامه‌ریزی، نصب، کنترل و بهبود فعالیت‌های مؤسسات به خدمت گرفته می‌شوند. این فعالیت‌ها ممکن است اقدامات تولید، نوآوری در محصولات، ارائه‌ی خدمات، حمل‌ونقل، رهبری، مدیریت منابع انسانی و جریان اطلاعات سازمانی را شامل شود. مهندسین این رشته عهده‌دار فراهم آوردن بستر لازم برای تعامل بهینه‌ی تخصص‌های مختلف و کارگروهی، و درنتیجه انجام منسجم‌تر امور طرح، برنامه‌ریزی، اجرا و نظارت بر عملکرد نظام‌های تولیدی خدماتی هستند. تحقق این مهم در نهایت به پایداری در سهولت انجام کارها، راحتی کارکنان، کاهش هزینه‌ها، ارتقا کیفیت و جلب رضایت مشتریان می‌انجامد.[۴]

پیدایش مهندسی صنایع به‌عنوان یک تخصص با انقلاب صنعتی در ابتدای قرن ۱۹ میلادی شروع شد. با توسعه‌ی صنایع، لزوم توجه به تفکر مدیریتی و ارتقاء کیفیت محصولات بیش از پیش احساس شد. آدام اسمیت، پدر علم اقتصاد، تقسیم کار را پیشنهاد داد؛ به‌موازات اختراعات و نوآوری در فرایندها، روش‌های حسابداری و هزینه‌یابی گسترش یافت؛ روش‌های تحلیل علمی، آزمایش‌ها و اثبات‌های علمی در طراحی و ساخت ابزارآلات و ماشین‌ها به کار گرفته شد. در نتیجه، اثرگذاری این تحولات در تفکر سازمانی مدیریت موجب شد مدیریت علمی به‌عنوان یک نگرش و روش حرفه‌یی مطرح شود.

اولین تلاش برای علمی‌شدن مدیریت از آمریکا شروع شد. در سال ۱۸۸۱ فردریک تیلور، پدر مدیریت علمی، اندیشه‌های خود را توسعه داد. فرانک گیلبرت و همسرش لیلیان در راستای مطالعه‌ی کار با بررسی حرکات توانستند ابزار جدیدی ابداع کنند. همچنین آنان به مسائل روان‌شناسی و انگیزه‌های انسانی توجه کردند.[۵] مجموعه فعالیت‌های تیلور و هم‌عصران وی بر فرموله‌کردن اصول اساسی به‌عنوان روش‌های علمی مدیریت متمرکز شده بود؛ و این فعالیت‌ها به‌زودی تحت عنوان مدیریت علمی شناخته شد. کار این افراد توسط انجمن مهندسین مکانیک آمریکا[۳] ارج نهاده شد و عرصه برای فعالیت تیلور و همفکران او توسط این انجمن ایجاد شد. در سال ۱۹۱۲ انجمنی برای ارتقا و رشد مدیریت بنا نهاده شد. در سال ۱۹۱۵ به‌نام انجمن تیلور و از سال ۱۹۳۴ با عنوان انجمن مهندسی صنایع فعالیت خود را ادامه داد. در این دوران مدیران علمی دارای تحصیلات مهندسی بودند و بسیاری خود را مهندس صنایع می‌دانستند.[۶] به‌تدریج مواد درسی و مدرک مهندسی صنایع و برنامه‌های مربوطه مورد توجه قرارگرفت و در نهایت دانشکده‌های مهندسی صنایع ایجاد و توسعه یافتند.

امروزه حیات اقتصادی سازمان‌ها و مؤسسات تولیدی و خدماتی، و نیز موفقیت در بازار رقابتی جهانی بستگی به استفاده‌ی بهینه از منابع در دسترس، کمینه‌کردن هزینه‌ی تمام‌شده‌ی واحد محصول، توجه به نوآوری‌ها و ارتقاء کیفی محصولات و خدمات دارد که از طریق تلاش برای یافتن طرح‌های بهبود یافته و همچنین تحول در فرایند کسب‌وکار ممکن خواهد بود.[۵] با توجه به مراتب فوق ضرورت استفاده از تکنیک‌های مهندسی صنایع در سازمان‌ها مشهود است. لذا مهندسی صنایع ابزار لازم برای دست‌یابی به اهداف سازمانی را به‌طور گسترده فراهم می‌کند و این نشان‌گر نقش و اهمیت بالای مهندسی صنایع به‌عنوان محرک در سازمان‌های متحول امروزی است.[۴]

۳. پژوهش‌های انجام‌شده

چنان‌که پیش از این عنوان شد، بررسی نحوه‌ی انجام کار و نتایج حاصل از پژوهش‌های پیشین، راهنما و نقشه‌ی راه انجام پژوهش‌های آتی است. پژوهش‌های انجام گرفته در راستای شناخت وضعیت مهندسی صنایع را می‌توان به چهار دسته تقسیم کرد:[۷]

۱. پژوهش در زمینه‌ی رشته‌ی مهندسی صنایع و بررسی دوره تحصیلی این رشته‌ی دانشگاهی؛

۲. بررسی نقش مهندسی صنایع در مکان‌های مختلف؛

۳. پژوهش درمورد ارتباط و تأثیر پدیده‌ها و علوم دیگر بر مهندسی صنایع؛

۴. پژوهش‌های انجام‌گرفته در ارتباط با آینده‌ی مهندسی صنایع.

در ادامه به معرفی این چهار دسته پژوهش‌انجام‌شده در این گروه می‌پردازیم.

۱. در گروه اول بیشتر تحقیقات بر برنامه‌ی درسی دانشگاهی مهندسی صنایع تأکید دارد. در سال ۲۰۰۷، در دانشکده‌ی مهندسی صنایع و مدیریت سیستم

دانشگاه فلوریدای آمریکا، پژوهشی به‌عنوان «بالابردن سطح برنامه‌ی درسی دوره‌ی لیسانس مهندسی صنایع، تعریف ویژگی‌های مطلوب و موضوعات در حال ظهور» با استفاده از روش دلفی سه‌مرحله‌یی انجام شد[۸] که طی آن، با در نظرگرفتن نظرات صاحب نظران و خبرگان، به بیان و رتبه‌بندی ویژگی‌های مورد نظر پس از فارغ‌التحصیلی دانشجویان کارشناسی مهندسی صنایع و موضوعات در حال ظهور در رشته مهندسی صنایع پرداخته شد. در پژوهشی دیگر (۲۰۰۸)، با استفاده از مدل گسترش عملکرد کیفیت (QFD)[۴] برنامه‌ی درسی مهندسی صنایع در دانشگاه تایلند توسعه داده شد؛[۹] در این پژوهش پس از شناسایی ذی‌نفعان دانشگاه نیازمندی‌های مورد نظر آنان به سه دسته دانش، مهارت و شخصیت تقسیم شد. در تحقیق مشابه دیگری از دانشگاه کترینگ [۱۰]نیز موضوع در حال ظهور در برنامه‌ی درسی مهندسی صنایع، توجه به محیط زیست و ساخت محصولات پایدار عنوان شد، و طی‌آن همچنین ترکیب‌شدنِ دروس مرتبط با طراحی فرایند و محصول در برنامه‌ی درسی کارشناسی مهندسی صنایع، با سرفصل‌های سازگاری با محیط زیست پیشنهاد شد. در پژوهشی دیگر با عنوان «بالابردن کیفیت تحصیلی رشته مهندسی صنایع» که در سال ۱۹۹۸ در دانشگاه آنکارا[۱۱] و با استفاده از تکنیک QFD برای تعیین نیازهای تحصیلی بنابر نظرات دانشجویان در حال تحصیل، اعضای هیات علمی و دانشجویان آینده اقدام، و نتایج حاصل با تکیه بر فرایند تحلیل سلسله مراتبی اولویت‌بندی شد. این نتایج نشان‌گر افزایش ارتباط محیط‌های آکادمیک با صنعت، افزایش نقش دانشجویان برای افزایش سطح کیفی تحصیلات، افزایش فعالیت‌های گروهی و تغییر در سیستم تدریس و ارزیابی است.

۲. درگروه دوم پژوهش‌هایی قرار دارند که به مطالعه‌ی مهندسی صنایع در مکان‌های مختلف پرداخته‌اند. برهمین اساس، پژوهشی تحت عنوان «کشورهای درحال توسعه: مهندسی صنایع و کاربرد آن»[۱۲] که با توزیع پرسش‌نامه بین ۷۸ دانشگاه انجام شد، نشان داد که اگرچه در بسیاری از دانشگاه‌های دنیا برخی مباحث مهندسی صنایع تدریس می‌شود، در بسیاری از آن‌ها دوره‌ی تحصیلی رشته‌ی مهندسی صنایع وجود ندارد. لذا ضرورت آموزش کامل مبانی مهندسی صنایع در کشورهای درحال توسعه احساس می‌شود. در پژوهشی دیگر[۱۳] مهندسی صنایع در جمهوری چک و نقش آن در سازمان‌ها مورد بررسی قرار گرفت، و مشخص شد که از تکنیک‌های مهندسی صنایع برای مهار و تسهیل تغییرات سازمانی در آن کشور استفاده شده است. در پژوهشی مشابه (۱۹۹۶) محققین به کاربرد و توسعه‌ی مهندسی صنایع در کشور چین پرداخته‌اند.[۱۴] در سال ۱۹۸۵ نیز توانمندی و توان نقش مهندسی صنایع در آموزش و پرورش و جامعه بررسی شد.[۱۵]

۳. در این گروه تحقیقاتی جای گرفته‌اند که به بررسی ارتباط مهندسی صنایع با دیگر رشته‌ها پرداخته‌اند. برای نمونه در پژوهش انجام‌شده در سال ۱۹۹۰ در دانشگاه MIT و با عنوان «مهندسی صنایع جدید: طراحی مجدد فرایندها تجاری و فنّاوری اطلاعات»[۱۶] مشخص شد که در عصر جدید، فنّاوری اطلاعات در فرایندهای تجاری نفوذ خواهد کرد و این فرایندها مجدداً طراحی می‌شود. در پژوهشی دیگر (۱۹۹۳) دروس مهندسی صنایع و کامپیوتر تشریح و بیان شد که برای موفقیت دروس مهندسی صنایع باید با دروس کامپیوتر ترکیب شود.[۱۷] در سال ۱۹۹۷، محققین طی پژوهشی با عنوان «مهندسی صنایع بین دو انقلاب»[۱۸] اظهار داشتند که مهندسی صنایع میان دو انقلاب صنعتی و انقلاب اطلاعاتی قرار گرفته است. آنان معتقدند که مهندسی صنایع با انتخاب میان بهبودهای عملی در بهره‌وری، کارایی عملیات، بازسازی مجدد شبکه بنگاه‌های مجازی و توسعه به‌منظور حضور در بازار جهانی مواجه است.

۴. این گروه از پژوهش‌ها که به آینده‌ی رشته‌ی مهندسی صنایع اشاره دارد با پژوهش حاضر مرتبط است. در این راستا تحقیقی که بیشتر از همه به این بحث مربوط است[۱۹] در سال ۱۹۹۴ و در انستیتو مهندسی صنایع آمریکا انجام گرفت. بدین‌منظور انستیتو مهندسی صنایع آمریکا از بخش‌های مهندسی صنایع آمریکا درخواست کرد تا پژوهش‌های درحال انجامِ خود با موضوع تولید و ساخت را براساس رده‌بندی مورد نظر مؤسسه طبقه‌بندی کنند. حدود ۴۰۰ پاسخ انفرادی از ۳۲ بخش مهندسی صنایع در آمریکا دریافت شد که برخی متعلق به بخش‌های بزرگ و معتبر، و برخی متعلق به بخش‌های کوچک‌تر بود. این تعداد بخش، تنها ۳۰ درصد از بخش‌های مهندسی صنایع آمریکا را شامل می‌شد. با تکیه بر این نتایج، تعداد پژوهش‌های در حال انجام در بخش‌های مهندسی صنایع آمریکا، بیش از ۱۰۰۰ پژوهش است که در طبقه‌بندی تعریف‌شده توسط انستیتو مهندسی صنایع قرار دارد. این پژوهش از دو نظر با اهمیت است:

الف) به‌طورکامل دامنه‌ی کار مهندسین صنایع در ساخت و تولید را ــ در بعد سخت‌افزاری و نرم‌افزاری ــ تعیین می‌کند.

ب) روند تحقیقات مهندسی صنایع در زمینه‌ی ساخت و تولید را نشان می‌دهد.

در این پژوهش از طبقه‌بندی انجمن مهندسی صنایع آمریکا استفاده شد که تنها پژوهش‌های مهندسی صنایع در زمینه‌ی ساخت و تولید را شامل می‌شود. لذا مواردی چون طراحی کسب‌وکار، محصول و فرایند از پژوهش‌های دریافت شده حذف شد. آن دسته از مقالات که به‌طور خاص به مباحث ساخت و تولید اختصاص داشت، تنها ۳۵ درصد از پژوهش‌های دریافت شده را تشکیل می‌داد. مهم‌ترین دسته‌ی پژوهش‌ها ــ شامل کم‌تر از ۲۵ درصدِ پژوهش‌ها ــ پژوهش‌هایی در زمینه‌ی نحوه‌ی ساخت و پردازش مواد بود. تکنولوژی اطلاعات ۲۰ درصد از پژوهش‌ها و کنترل و برنامه‌ریزی تولید نیز ازجمله زیرگروه‌هایی بودند که بیش از همه نام آن‌ها تکرار شد. نکته‌ی قابل توجه در این پژوهش نقش کم‌رنگ مباحث زیرساختی در بین پژوهش‌ها بود. موضوعاتی چون مدیریت کیفیت، ارتباطات بین مشتری و تأمین‌کننده، و الگوبرداری تنها ۳ درصد از پژوهش‌های دریافتی را شامل می‌شد. نتیجه‌ی حاصله نشان داد که هنوز حیطه و نحوه‌ی کار در این‌گونه موارد به‌خوبی مشخص نشده است.

طی پژوهشی که در سال ۱۹۹۷ انجام شد،[۱۸] مشارکت و ایجاد فرصت در محیط‌های کاری، کمک به برنامه‌ریزی تغییرات اجتناب‌ناپذیر، رهبریِ مهندسی صنایع و فنّاوری اطلاعات، کمک به تسهیم دانش، درک و تسهیل توانمندی در کارکنان به‌عنوان وظایف مهندسین صنایع در آینده معرفی شد.

در سال ۱۹۹۶ تحقیقی با عنوان «تأثیر فنّاوری‌های بر آینده‌ی مهندسی صنایع» انجام شد که نشان داد مهندسین صنایع در آینده با محیط‌هایی کاری سروکار دارند که فنّاوری‌های پیشرفته در آن وجود دارد و نیز، مهندسین صنایع در بیشتر زمینه‌ها با فنّاوری‌های در حال ظهور و جدید کار می‌کنند.[۲۰] آن‌ها نتیجه گرفتند که آموزش ابزارها و مفاهیم مهندسی صنایع باید طبق تأثیرات بالقوه تغییرات فنّاوری مورد بازبینی قرار گیرد.

در پژوهشی دیگر (۲۰۰۹) که هم‌راستا با تحقیق حاضر است و این پژوهش تکامل‌یافته‌ی آن است ــ با عنوان «مطالعه‌ی روند و چشم‌انداز پژوهش در مهندسی صنایع» ــ مقالات ۲۵ نشریه در زمینه‌ی مهندسی صنایع و تحلیل ۷۱۱۴ مقاله مربوط به سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۷ بررسی شده است.[۷] روش کار شناسایی ۶۷ واژه‌کلیدی و دسته‌بندی آن‌ها به‌صورت تجربی در ۱۰ گروه جست‌وجو براساس واژگان کلیدی و ذخیره‌سازی نتایج در بانک اطلاعاتی بوده است. تحلیل نتایج مستخرج از داده‌ها در دو گروه دسته‌بندی شد: ۱. نتایج و یافته‌های حاصل از بررسی‌های توصیفیِ داده‌های مذکور؛ ۲. اطلاعات حاصل از پیش‌بینی و بررسی آینده‌ی مهندسی صنایع با استفاده از سری‌های زمانی. نتایج به‌دست آمده از این تحقیق نشان داده شد که گرایش به موضوعات مهندسی صنایع متفاوت است. موضوعاتی همچون سیستم‌های هوشمند، تحقیق در عملیات و مدیریت زنجیره‌ی تأمین با ضریب ثابتی رشد دارند و موضوعاتی همچون مدیریت تولید و مدیریت پروژه با نوسانات قابل توجهی همراه بوده‌اند. موضوعاتی مانند روش‌های مهندسی، مدیریت کیفیت، فنّاوری اطلاعات و تکنولوژی‌های پیشرفته‌ی تولید علی‌رغم بعضی نوسانات از یک رشد متعادل برخوردارند. براساس نتایج مدل‌های ARIMA به نظر می‌رسد که تحقیقات آینده‌ی مهندسی صنایع بر موضوعات تحقیق در عملیات و مدیریت زنجیره‌ی تأمین متمرکز خواهد بود.

۴. روش تحقیق

در بین پژوهش‌های انجام‌شده فقط پژوهشی مستند و قابل اعتناست که با تعیین روشی صحیح برای انجام پژوهش و اجرای دقیق آن روش، اطلاعات خود را جمع‌آوری کرده و به نتیجه‌گیری دست یابد. پژوهش حاضر با توجه به نتایجی که برای محققین، دانشکده‌ها و دانشجویان و اساتید کاربرد دارد و راهگشای آن‌هاست، یک تحقیق کاربردی است. در این پژوهش روند جنبه‌های مختلف پژوهش‌های مهندسی صنایع مطالعه می‌شود تحقیقی از نوع توصیفی است. از نظر مکان تحقیق این تحقیق بخشی کتابخانه‌یی و بخشی دیگر اینترنتی است از نظر ارائه نتایج تجزیه و تحلیل تحقیق ترکیبی از آمار توصیفی استفاده شده است از نظر مقطع زمانی از نوع روندپژوهی و علاوه بر آن، از نظر هدف تحقیق به مباحث آینده‌پژوهی درباره مهندسی صنایع و افق‌های پیش رو توجه دارد از نوع پیش‌بینی‌است.[۲۱]

۱.۴. پیش‌بینی

در فرهنگ وبستر واژه‌ی پیش‌بینی[۵] به‌عنوان فعالیتی برای محاسبه یا پیش‌گویی[۶] بعضی حوادث یا شرایط آینده، که معمولاً نتیجه‌یی است از مطالعه یا تجزیه و تحلیل منطقی داده‌های وابسته، تعریف شده است. همچنین در فرهنگ معین «پیش‌بینی» حدس‌زدن وقایع آینده براساس علل و اسباب و قراین موجود است و در اصل متفاوت است با «پیش‌گویی» که از پیش‌گفتن وقایع آینده از طریق علوم مکتوبه است. توانایی پیش‌بینی‌خوب در طی تاریخ دارای اهمیت فراوانی بوده است.

به‌طور کلی روش‌های پیش‌بینی‌به دو دسته‌ی عام کیفی[۷] و کمّی[۸] طبقه‌بندی می‌شود. روش‌های پیش‌بینی‌کیفی عمدتاً ذهنی یا شهودی‌اند و به‌صورت حدس‌های پرورش‌یافته‌یی هستند که ممکن است مرتبط یا نامرتبط با داده‌های گذشته باشند. معمولاً این پیش‌بینی‌ها نمی‌توانند توسط شخص دیگری تکرار شوند، زیرا پیش‌بینی‌کننده چگونگی ترکیب اطلاعات موجود را به‌منظور پیش‌بینی صریحاً بیان نکرده یا نمی‌تواند بیان کند. پیش‌بینی‌ذهنی یا کیفی، گاه تنها روش معقول و مناسب برای نگرش به آینده است و بیشتر جنبه‌ی تجربی دارد. در مقابل، پیش‌بینی‌کمی که توجه اصلی در این مطالعه بر آن است، بر مدل‌های محکم ریاضی و آماری مبتنی است. هنگامی که مدل یا روش انتخاب شد، پیش‌بینی‌های متناظر به‌طور خودکار تعیین می‌شوند؛ همچنین این پیش‌بینی‌ها ممکن است کاملاً توسط پیش‌بینی‌کننده‌ی دیگری نیز انجام گیرد.

پیش‌بینی‌کمّی زمانی کاربرد می‌یابد که داده‌های موجود مربوط به گذشته باشد. مدل‌های کمّی پیش‌بینی‌به تعداد متغیرهای مستقل و وابسته مربوط می‌شوند. روش‌های کمی زمانی کاربرد می‌یابد که انتظار می‌رود الگوی داده‌ها در آینده نیز ادامه داشته باشد، حال آن که از روش‌های کیفی در مواردی که انتظار تغییر الگوی داده‌ها می‌رود استفاده می‌شود. اغلب پیش‌بینی‌های ناشی از روش‌های کمی مورد ارزیابی ذهنی نیز قرار می‌گیرند. این ارزیابی ممکن است منجر به اصلاح و تعدیل پیش‌بینی‌شود. در این پژوهش از روش پیش‌بینی‌مبتنی بر مدل کمی، با توجه به وجود اطلاعات گذشته از سری‌های زمانی، به‌عنوان یکی از روش‌های پیش‌بینی‌استفاده شده است.

۲.۴. سری‌های زمانی

یکی ازکاربردهای سری‌های زمانی پیش‌بینی‌براساس داده‌های گذشته است. به‌عبارت دیگر پیش‌بینی‌یک سری زمانی به‌معنای استفاده از مشاهدات یک سری زمانی تا زمان t به‌منظور تعیین مقادیرآتی آن تا زمان $(t+L)$ است. فاصله‌ی زمانی که در آن پیش‌بینی‌صورت می‌گیرد ــ از $(t+1)$ تا $(t+L)$ ــ را «زمان انتظار» می‌نامند. دلیل آن که می‌توان از مشاهدات گذشته‌ی یک سری زمانی برای پیش‌بینی‌آینده‌ی آن استفاده کرد، عدم استقلال کامل مشاهدات از یکدیگر است.

روش‌های کمّی پیش‌بینی‌به‌کمک سری زمانی عبارت‌اند از: برون‌یابی منحنی روند (خطی، درجه‌ی دو، نمایی و منحنی S)، هموارسازی (میانگین متحرک، نمایی‌کردن (نمایی یگانه و دوگانه))، روش هلت ـوینترز، و روش باکس ـجیکینز. در پیش‌بینی‌های بلندمدت، اغلب برازشِ منحنیِ روند به مشاهدات سالانه و برون‌یابی آن مفید است. برای این کار حداقل داده‌های تاریخی مربوط به ۷ تا ۱۰ سال لازم است. از هموارسازی داده‌ها به‌منظورکاهش نوسان موجود در آن‌ها استفاده می‌شود. میانگینِ متحرک یک شیوه‌ی هموارسازی است که با متوسط‌گیری از مشاهدات متوالی در هر لحظه، داده‌ها را هموار می‌کند. هموارسازی نمایی تکنیکی کارا برای تخمین ضرایب در یک مدل سری زمانی چندجمله‌یی است. در این روش به مشاهدات جدید وزن بیشتر و به مشاهدات گذشته‌ی دورتر وزن کم‌تری نسبت می‌دهیم. اگر سری غیر فصلی فاقد روند باشد از هموارسازی نمایی یگانه و چنانچه دارای روند باشد از هموارسازی نمایی دوگانه استفاده می‌شود. در روش هلت ـوینترز به‌آسانی می‌توان هموارسازی نمایی را به سری‌هایی ــ شامل روند و تغییرات فصلی ــ تعمیم داد. روش تکراری باکس ـجیکینز اساساً برازش یک مدل ARIMA به داده‌ها را شامل می‌شود. لازم است ابتدا ایستایی سری بررسی شود و در صورت ناایستا بودن، با انجام تبدیلات مناسب آن سری را به یک سری ایستا تبدیل کرد. سپس با توجه به رفتار ACF[۹] و PACF[۱۰]نمونه‌یی نوع و مرتبه‌ی فرایند را تشخیص داد. در مرحله‌ی بعد باید وجود روند قطعی در مدل را ــ که معادل وجود جمله‌ی ثابت θ_0 در مدل است ــ با فرضیه‌ی $\theta_0 = 0$ آزمود.[۲۲]

از جمله مدل‌های متداول سری زمانی برای پیش‌بینی‌می‌توان به مدل‌های AR، MA، ARMA و ARIMA اشاره کرد. در مدل اتورگرسیو (AR) از مقادیر عددی داده‌های مشاهداتی در گام‌های زمانی قبل، و در مدل‌های MA از مقادیر خطا

در گام‌های زمانی قبل به‌منظور مدل‌سازی و پیش‌بینی‌استفاده می‌شود. مدل‌های ARIMA نوع ویژه‌یی از مدل‌های ARMA هستند که در سری‌های زمانیِ ناایستا که با تفاضل‌گیری ایستا می‌شوند مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳.۴. جمع‌آوری داده‌ها

در انجام این پژوهش اولین گام شناسایی مجلات بین‌المللی معتبر در زمینه‌های مهندسی صنایع است. روش‌های مورد استفاده برای استخراج فهرستی کامل از مجلات مرتبط عبارت‌اند از:

- بهره‌گیری از نظر افراد صاحب‌نظر در زمینه‌ی مهندسی صنایع؛
- جست‌وجوهای رفت و برگشتی در منابع الکترونیکی با استفاده از واژگان کلیدی معتبر؛
- پایگاه‌های اطلاعاتی تخصصی مهندسی صنایع؛
- ناشران بین‌المللی در زمینه‌های مرتبط؛
- سایت مؤسسه‌ی ISI Thamsone؛
- سرفصل دروس مهندسی صنایع؛
- تحقیقات پیشین.

پس از جمع‌بندی و تلفیق روش‌های فوق فهرست مجلات منتخب کامل شد. این فهرست حاوی ۵۴ عنوان مجله است؛ در فهرست نهایی تعداد ۳۷ نشریه دارای اعتبار در رتبه‌بندی مؤسسه‌ی ISI هستند و بقیه از نشریات معروف و معتبرند. با توجه به هدف این پژوهش، جامعه‌ی آماری مورد بررسی مجموعه‌ی تمام مقالات منتشره در مجلات منتخب در زمینه‌ی مهندسی صنایع است.

۱.۳.۴. تشکیل بانک اطلاعاتی

برای جمع‌آوری اطلاعات، با توجه به اهداف پژوهش باید از ابزار مناسب برای گرفتن اطلاعات مقالات استفاده کرد. باید توجه داشت که برای تحلیل داده‌ها، دسترسی به اطلاعات مقاله‌ها ــ نظیر عنوان، نویسنده، واژگان کلیدی، اطلاعات وابستگی نویسندگان ــ نیاز بود. به‌منظور جمع‌آوری این اطلاعات می‌توان از دو روش دستی و خودکار بهره جست. در برخی از پژوهش‌ها جمع‌آوری و ذخیره‌ی اطلاعات به‌صورت دستی انجام شده[۷] که این روشِ جمع‌آوری خطاهایی در پی خواهد داشت. بر این اساس، محققین بر آن شدند تا ابزاری برای جمع‌آوری و ذخیره‌سازی خودکارِ اطلاعات بیابند. در این زمینه با استفاده از نظرات خبرگان ابزارهایی پیشنهاد شد و نهایتاً با جمع‌بندی بهترین ابزار برای جمع‌آوری داده‌ها پایگاه اطلاعاتی Scopus انتخاب شد. در اولین مرحله از جست‌وجو موجودبودن تمام مجلات مرحله‌ی قبل در این سایت بررسی شد. برای اجتناب از بروز خطای تشابه اسمی مجلات، یا در بعضی موارد پرهیز از کاربرد اسم‌های کوچک‌شده یا بخشی از اسم مجله‌ی دیگر، جست‌وجو براساس شماره‌ی استاندارد بین‌المللی مجله[۱۱] صورت گرفت. برای موجود بودن منابع به‌منظور جست‌وجو و تحلیل‌های آماری بعدی، نتایج در پایگاهی جامع و کامل از مقالاتِ مجلاتِ مورد نظر، براساس فیلدهای مورد نظر و به‌تفکیک سال ذخیره شد. پایگاه ایجادشده حاوی اطلاعات ۸۷۱۵۰ مقاله از ابتدای سال ۱۹۶۰ تا ماه سوم سال ۲۰۱۰ است.

۲.۳.۴. استخراج و دسته‌بندی واژگان کلیدی

یکی از مهم‌ترین و اساسی‌ترین بخش این تحقیق استخراج واژگان کلیدی اصلی است. در پژوهش دستخوان و اولیا[۷] از نظر خبرگان و خود پژوهش‌گر تعداد محدودی کلیدواژه استخراج شد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در پژوهش آن‌ها بخشی از موضوعات عملاً نادیده گرفته شده است. برای رفع این مشکل و استخراج علمی واژگان کلیدی، با استفاده از اطلاعات موجود در بانک به استخراج واژگان کلیدی پرداخته‌ایم. با توجه به زیادی اطلاعات بانک و تعدد موضوعات جدید برای این امر، اطلاعات بانک محدود به ۱۰ سال اخیر شد که در مجموع، اطلاعات بانک برای استخراج واژگان کلیدی به ۳۶۴۷۴ رکورد تقلیل یافت. پس از آن ۵ واژه‌ی کلیدی اولِ هر مقاله جدا و مرتب شد. در لیست حاصل واژگان کلیدی با فراوانی بیش از ۵ استخراج شد که تعداد آن‌ها ۱۲۰۱ عبارت شد. در بررسی اولیه بر روی واژه‌های استخراج شده مشاهده شد که برخی از آن‌ها مرتبط نیستند یا ترکیبات مشابهی‌اند که با فیلترکردن اولیه‌ی این واژه‌ها، فهرستی ۵۷۳ کلمه‌یی حاصل شد. بعد از بررسی کارشناسی و نهایی فهرست، گرفتن نظرات افراد خبره و صاحب‌نظر، و پایش مجدد به فهرست نهایی که شامل ۳۴۷ واژگان کلیدی اصلی و نهایی می‌شد رسیدیم که مبنای جست‌وجوها شد.

یکی از مسائل مهم در همه‌ی علوم داشتن دسته‌بندی منسجم زمینه‌های موضوعی است. به‌طبع در رشته‌ی مهندسی صنایع داشتن یک دسته‌بندی که بتوان واژگان کلیدی مستخرج را در آن قرار داد بسیار با اهمیت است. در این زمینه با بررسی پیشینه‌ی موضوع، در پژوهش قبلی[۷] برای دسته‌بندی و قراردادن واژگان کلیدی در آن گروه‌ها از نظر خود محقق به‌صورت تجربی استفاده شده است.

در پژوهش حاضر با توجه به کثرت واژگان کلیدی و دربرگیرنده‌ی موضوعات بیشتر، گروه‌بندی قبلی مفید نیست. با بررسی بیشتر در این زمینه دسته‌بندی دیگر مربوط به کتابخانه‌ی کنگره آمریکا[۲۳] است که در آن رده‌ی مهندسی صنایع به ده موضوع اصلی تقسیم شده است. با توجه به این که این دسته‌بندی به‌روز نیست و نیز گنجاندن موضوعات جدید و پوشش همه‌ی زمینه‌های مهندسی صنایع در آن‌ها مقدور نیست، این دسته‌بندی مناسب شناخته نشد. در دسته‌بندی دیگری که تقریباً کامل است، دسته‌بندی موضوعی مربوط به انجمن مهندسی صنایع آمریکا[۲۴] است که نسبت به دیگر دسته‌بندی‌های جدیدتر و کامل‌تر است و موضوعات آن با شماره استانداردهایی در ۱۷ گروه اصلی توسط آن انجمن ثبت شده است.

اولین مرحله در این بخش اختصاص واژگان کلیدی براساس موضوع به هریک از دسته‌هاست که پس از بررسی و استفاده از نظرات صاحب‌نظران و خبرگان و همچنین اطلاعات بانک اطلاعاتی در برخی از گروه‌ها تغییراتی انجام شد. گروه‌های ۲ و ۹، ۴ و ۷، ۱۱ و ۱۲ به‌علت شباهت موضوعی و نزدیک‌بودن مفاهیم، و نیز پوشش واژگان کلیدیِ اختصاص داده شده در هم ادغام شدند، و به گروه‌های مهندسی فاکتورهای انسانی، اقتصاد مهندسی و مدیریت پروژه، و سیستم‌های ساخت تبدیل شدند. با این حساب تعداد گروه‌ها به ۱۴ گروه اصلی کاهش یافت. همچنین با توجه به ماهیت دربرگیرنده‌ی زیرشاخه‌های هرگروه، گروه ۳ به‌نام سیستم‌های هوشمند و اطلاعاتی، و گروه ۱۷ به‌نام اندازه‌گیری کار و بهره‌وری تغییر نام داده شد. بنابراین، گروه‌بندی نهایی براساس آخرین تغییرات در جدول ۱ آمده است.

در رابطه با اختصاص واژگان کلیدی به هریک از گروه‌ها، با مشورت و استفاده از نظرات خبرگان سعی شد هر واژه‌ی کلیدی براساس کاربرد و مفهوم آن به مربوط‌ترین گروه تخصیص داده شود. در گروه ۸ و ۱۴ برخی کلمات و موضوعات در هر دو گروه می‌توانست قرار گیرد که این مسئله باعث بروز شبهاتی می‌شد. برای رفع این مشکل مرزی برای این دو گروه فرض شد و موضوعات مربوط به قبل از تولید ــ مانند برنامه‌ریزی و چیدمان و قرارگیری تجهیزات و ماشین‌آلات ــ در گروه ۸، و موضوعات دیگرِ مربوط به مرحله‌ی تولید، عملیات و کنترل موجودی... در گروه ۱۴ قرار داده شد.

جدول ۱. گروه‌بندی موضوعات براساس آخرین اصلاحات.

گروه	گروه موضوعات	واژگان کلیدی	گروه	گروه موضوعات	واژگان کلیدی
۱	تکنیک‌های تجزیه و تحلیل و تحقیق در عملیات	۸۸	۱۰	مدیریت	۲۲
۳	سیستم‌های هوشمند واطلاعاتی	۳۷	۱۱	سیستم‌های ساخت	۵۱
۴	اقتصاد مهندسی و مدیریت پروژه	۱۵	۱۳	ایمنی و بهداشت حرفه‌یی	۲
۵	توزیع و بازاریابی	۱۰	۱۴	برنامه‌ریزی و کنترل موجودی و عملیات	۴۱
۶	کارکنان و روابط صنعتی	۸	۱۵	برنامه‌ریزی و نظریه‌ی سازمان	۴
۸	برنامه‌ریزی و طراحی تسهیلات	۲۰	۱۶	تضمین کیفیت و قابلیت اطمینان	۳۵
۹	مهندسی فاکتورهای انسانی	۶	۱۷	اندازه‌گیری کار و بهره‌وری	۸

با مقایسه‌ی گروه‌بندی‌های انجام‌شده در پژوهش‌های پیشین متوجه می‌شویم بعضی از موضوعات ــ نظیر تحقیق در عملیات، تکنیک‌های تجزیه‌وتحلیل، فاکتورهای انسانی، کیفیت، عملیات و تولید، سیستم‌های اطلاعاتی ــ از موضوعات اصلی و پایه در مهندسی صنایع است و در تمام دسته‌بندی‌ها ذکر شده است.

۳.۳.۴. استخراج کشور و بخش انجام پژوهش

نگارش مقالات معمولاً به‌نام یک یا چند نویسنده است. در این پژوهش، محل انتشار پژوهش کشور نویسنده‌ی اول در نظر گرفته شد. برای استخراج نام کشور از فیلد وابستگی[۱۲] در بانک اطلاعات استفاده شد. اطلاعات وابستگی نویسنده‌ی اول جداسازی و نام کشور استخراج شد. با پالایش اطلاعات به دست آمده، تعداد کشورهای دارای پژوهش بالغ بر ۱۰۱ عنوان بود که با توجه به گستردگی و پراکندگی کشورهای دارای پژوهش باید نسبت به دسته‌بندی آن‌ها اقدام شود.

با توجه به متفاوت‌بودن ماهیت برخی کشورها از نظر جغرافیایی و مسائل سیاسی ـ اقتصادی، و این که برای دسته‌بندی فقط در نظرگرفتن پنج قاره‌ی بزرگ کار مناسبی به نظر نمی‌رسد و نتایج بسیارکلی خواهد بود، لذا با توجه به پژوهش‌های پیشین در این زمینه مناطق را به ۹ گروه تقسیم می‌کنیم. این تقسیم‌بندی براساس نظر محقق و بهره‌گیری از نظرات افراد خبره و پژوهش قبلی[۷] صورت گرفته است. این مناطق عبارت‌اند از: آفریقا، آمریکای مرکزی و جنوبی، آمریکای شمالی، اروپای شرقی، اروپای غربی، اسکاندیناوی، آسیای شرقی، آسیای غربی و اقیانوسیه. این دسته‌بندی از این نظر که برخی کشورهای این مناطق از نظر رشد و پیشرفت تقریباً در یک رده‌اند صورت گرفته است.

با توجه به گستردگی مباحث پژوهشی در مهندسی صنایع، انجام پژوهش‌ها فقط در دپارتمان‌های مهندسی صنایع صورت نگرفته و دیگر بخش‌ها هم به موضوعات مهندسی صنایع پرداخته‌اند. درواقع این بدان‌معناست که در بیشتر دانشگاه‌های جهان برخی مفاهیم و موضوعات مهندسی صنایع در رشته‌های مختلف تدریس می‌شود و همچنین برخی مباحث و تکنیک‌های مهندسی صنایع در پژوهش‌های دیگر رشته‌ها کاربرد دارد. همچنین برخی مباحث مهندسی صنایع با دیگر رشته‌ها اشتراک دارد، لذا بعضی پژوهش‌ها در دیگر بخش‌ها انجام می‌شود. برای تعیین دپارتمان‌های انجام پژوهش‌از اطلاعات فیلد وابستگی مربوط به نویسنده‌ی اول استفاده شد، و نیز برای عدم گسستگی در تحلیل اطلاعات به دست آمده، نام‌هایی که فراوانی آن‌ها بیشتر از پنج مورد بود انتخاب شد. تعداد کل دپارتمان‌های حاصل ۲۸۰ نام شد. برخی از نام‌ها از نظر مفهوم یکسان بودند ولی در نوشتار متفاوت باید دسته‌بندی شوند. به‌عنوان مثال، در کشورهای مختلف دپارتمان مهندسی صنایع نام‌های متفاوتی دارند. پژوهش‌های مهندسی صنایع غالباً در دو بخش دانشگاهی و مؤسسات تحقیقاتی انجام شده است. دسته‌بندی دپارتمان‌ها براساس نام آن‌ها و با استفاده از نظر محقق و افراد خبره صورت گرفت. عناوین دسته‌بندی دپارتمان‌ها عبارت‌اند از: دپارتمان مهندسی صنایع، دپارتمان کسب‌وکار، دپارتمان مدیریت، دپارتمان کامپیوتر و فنّاوری اطلاعات، دپارتمان مهندسی مکانیک، دپارتمان ریاضی و آمار، مؤسسات تحقیقاتی، دپارتمان سایر مهندسی، دپارتمان مهندسی برق، دپارتمان اقتصاد، دپارتمان حسابداری و سایر بخش‌ها. دسته‌بندی فوق براساس دپارتمان‌هایی که بیشتر پژوهش‌های مهندسی صنایع را شامل می‌شوند صورت گرفته است. برخی از نام دپارتمان‌ها در دو یا چند دسته می‌توانست قرار گیرد. در این تحقیق برای جلوگیری از تداخل تعداد پژوهش اختصاص‌یافته برای هر دپارتمان، فرض شد که نام هر دپارتمان براساس اولین کلمه‌ی موجود در نام به آن دسته اختصاص داده شود.

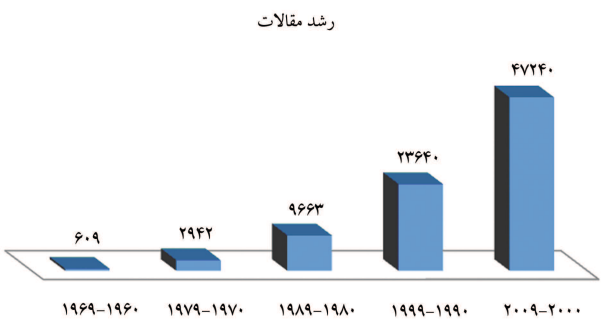
۵. تحلیل داده‌ها

تحلیل داده‌ها در این پژوهش در دو بخش ارائه می‌شود: ۱. نخست روند گذشته‌ی مهندسی صنایع از جنبه‌ی تعداد پژوهش، موضوعات، مناطق، دپارتمان‌های انجام پژوهش و درجه‌ی میان‌رشته‌یی بودن موضوعات؛ ۲. پیش‌بینی ده سال آینده‌ی هریک از موارد بخش نخست.

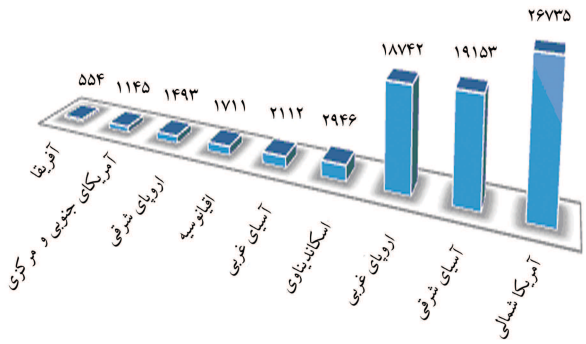
الف) روند پژوهش‌های مهندسی صنایع

اولین تحلیل مربوط به رشد مقالات در ۵۰ سال اخیر است. نمودار ۱ رشد کلی مقالات را از ابتدای سال ۱۹۶۰ تا آخر سال ۲۰۰۹ نشان می‌دهد. در تحلیل‌های سال ۲۰۱۰، به‌علت وجود بخشی از اطلاعات مربوط به آن، اطلاعات این سال آورده نشده است.

تعداد مقالات در نمودار ۱ نشان می‌دهد که مقالات در پنج دهه دارای رشد



نمودار ۱. رشد مقالات ۵ دهه اخیر.



نمودار ۲. رشد مقالات براساس مناطق جغرافیایی.

نمودار ۳. کشورهای برتر.

نسبی‌اند. میزان رشد دهه‌ی اول ۳۸۳ درصد، دهه‌ی دوم ۲۲۸ درصد، دهه‌ی سوم ۱۴۴ درصد، و دهه‌ی آخر دارای رشد ۹۹ درصدی است. میانگین رشد نسبی در پنج دهه برابر ۲۱۴ درصد است. دومین تحلیل مربوط به کشورهای پیشرو در زمینه‌ی مهندسی صنایع است. باید توجه کرد که این پژوهش‌ها در کدام منطقه رشد بیشتر یا کم‌تری داشته است. در واقع می‌توان چنین استنباط کرد که تعداد مقالات مهندسی صنایع تا حد زیادی با شاخص توسعه‌یافتگی کشورها بستگی دارد. نمودار ۲ براساس مناطق نه‌گانه، رشد مقالات را در ۵۰ سال گذشته نشان می‌دهد.

در نتایج شمارش مقالات، به‌ترتیب کشورهای آمریکا، انگلستان، چین، تایوان و کانادا بیشترین تعداد مقاله را در زمینه‌ی مهندسی صنایع به خود اختصاص داده‌اند و پیشتازند. در جدول شماره ۲ اسامی کشورهای برتر همراه با تعداد پژوهش در هر منطقه ارائه شده است.

در نمودار ۳، نقش ۲۵ کشور در انتشار پژوهش‌های مهندسی صنایع و ترتیب قرارگیری تعداد مقالات منتشره در ۵۰ سال گذشته نشان داده شده است.

در این نمودار مشهود است که کشور آمریکا با بیشترین پژوهش و با کشور بعدی خود یک اختلاف ۳ برابری دارد؛ ولی کشورهای ردیف دوم و سوم نسبت به ردیف اول اختلاف کم‌تری دارند. در واقع شمار پژوهش‌های انجام‌گرفته در زمینه‌ی مهندسی صنایع در موضوعات مورد بررسی این پژوهش، به‌صورت ناموزونی پراکنده‌اند. به‌طور کلی ۱۰ کشور برتر در این زمینه، بیش از ۷۲ درصد از کل پژوهش‌های انجام‌گرفته در زمینه‌ی مهندسی صنایع را به خود اختصاص داده‌اند. در این راستا ایران در انتشار مقالات از نظر تجمعی بین کشورها جایگاه ۲۳ را دارد. رشد تعداد مقالات در سال‌های مختلف در هر کشور متفاوت بوده است.

تحلیل دیگر مربوط به دپارتمان‌های انجام پژوهش است. پژوهش‌های مهندسی صنایع منحصراً در بخش‌های مهندسی صنایع انجام نشده، بلکه دپارتمان‌ها و بخش‌های دیگری نیز نقش داشتند. این مطلب نشان‌دهنده‌ی ماهیت چندرشته‌یی بودن و کاربرد گسترده‌ی مفاهیم رشته‌ی مهندسی صنایع در دیگر رشته‌هاست. نمودار ۴ درصدِ پژوهش‌های انجام‌شده را در بخش‌های مختلف نشان می‌دهد.

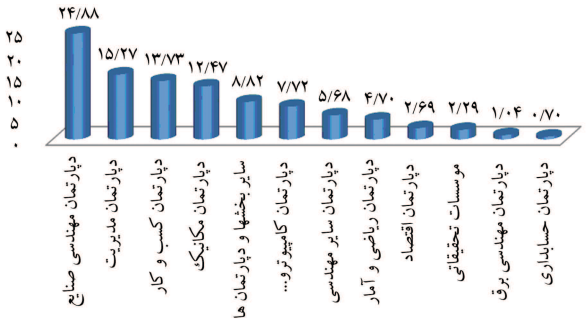
جدول ۲. کشورهای برتر هر منطقه.

تعداد	کشور	منطقه	تعداد	کشور	منطقه
آفریقا	مصر	۱۵۰	اروپای غربی	انگلستان	۷۵۱۸
	آفریقای جنوبی	۲۰۳		هلند	۱۹۰۶
	تونس	۱۰۶		آلمان	۱۷۱۰
آمریکای جنوبی و مرکزی	مکزیک	۳۱۴	اسکاندیناوی	سوئد	۱۲۴۹
	برزیل	۵۳۰		فنلاند	۷۹۶
	شیلی	۹۸		دانمارک	۴۶۰
اروپای شرقی	لهستان	۳۷۸	آسیای شرقی	چین	۵۲۴۷
	سوئیس	۳۳۳		تایوان	۴۹۹۵
	مجارستان	۱۷۶		کره جنوبی	۲۲۹۷
آسیای غربی	فلسطین اشغالی (اسرائیل)	۸۷۷	اقیانوسیه	استرالیا	۱۳۸۴
	ایران	۵۳۸		فیجی	۱۵
	عربستان سعودی	۲۸۸		نیوزلند	۳۱۲
آمریکای شمالی	کانادا	۳۲۱۲			
	آمریکا	۲۳۵۷۳			

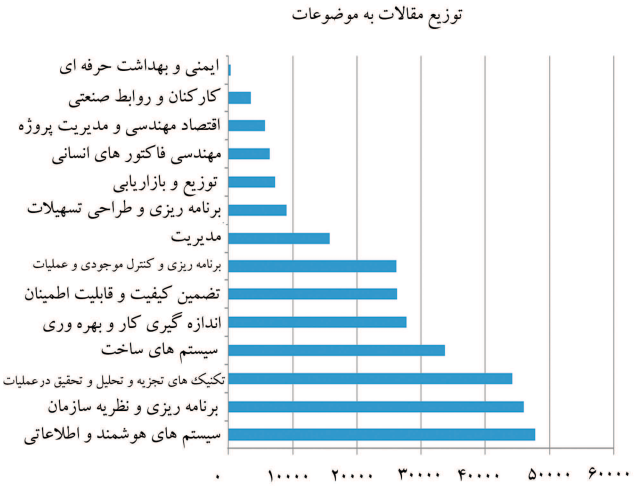
چنان که در نمودار ۴ دیده می‌شود بیشترین پژوهش‌ها در زمینه‌ی مهندسی صنایع به دپارتمان‌های مهندسی صنایع، مدیریت، کسب و کار و مکانیک اختصاص دارد. باید توجه داشت که مباحث مهندسی صنایع بیشتر با این رشته‌ها مشترک است. به‌عبارت دیگر مفاهیم و اصول بنیادی در این رشته‌ها تقریباً یکی است.

به‌منظور تعیین روند اطلاعات پایگاه برحسب سال جداسازی شد؛ سپس براساس گروه‌بندی نهایی واژگان کلیدی استخراج، و هریک از واژگان کلیدی به‌تفکیک گروه در فیلدهای عنوان، چکیده و واژگان کلیدیِ نویسنده پایگاه اطلاعاتی به‌صورت هم‌زمان جست‌وجو شد. درجست‌وجوی مقالات هر گروه از ترکیب یا (OR) واژگان کلیدی با هم استفاده شده است تا شمارش واژگان کلیدی مشترک در هر مقاله بین آن گروه خنثی شود. پس از شمارش تعداد هریک از مقالات گروه‌ها روند موضوعات مشخص شد. با توجه به دسته‌بندی موضوعی که قبلاً به آن اشاره شد، شمار کلی مقالات در نظرگرفته شده در طی ۵۰ سال اخیر محاسبه، و مجموع مقالات هر گروه مشخص شد (نمودار ۵).

رشد هریک از موضوعات طی دوره‌های زمانی مختلف، متفاوت است. برخی از موضوعات که در دهه‌های اخیر رواج یافته‌اند، نسبت به سایر موضوعات رشد بیشتری دارند. تعداد مقالات برخی موضوعات در دهه‌های اخیر افزایش و برخی رو به کاهش است. بررسی این موضوعات با توجه به تعداد آن‌ها در دهه‌ها قابل توجه است. رشد یا نزول هر موضوع بیان‌گر توجه محققین به آن موضوع است. برخی از موضوعات نیز همچنان دارای اهمیت‌اند و پژوهش‌گران به آن‌ها



نمودار ۴. درصد پژوهش هر دپارتمان.

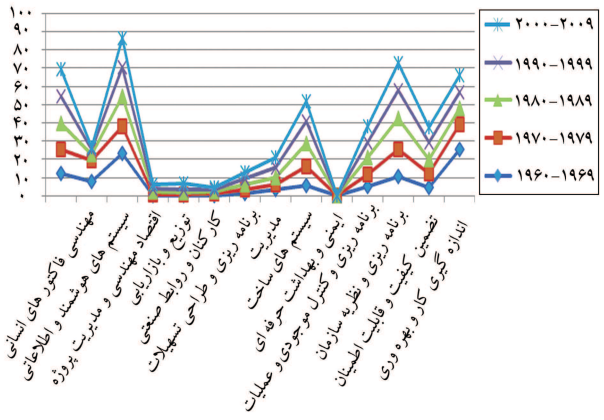


نمودار ۵. شمار کلی مقالات هر موضوع.

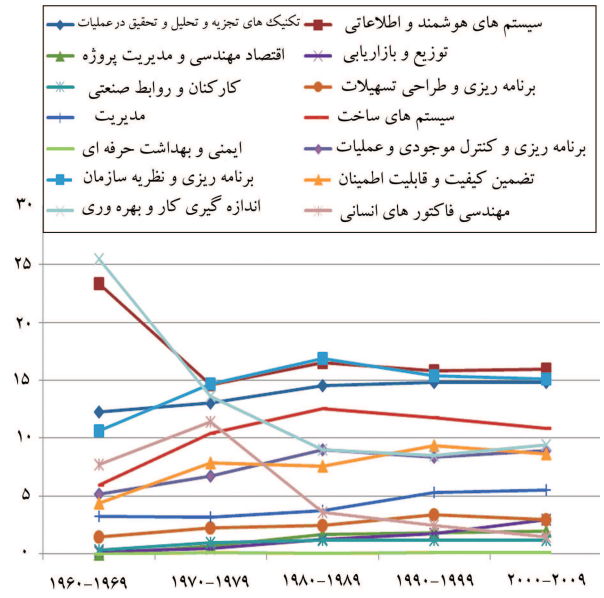
توجه می‌کنند. در واقع توجه محققین به موضوعات، تابعی از نیازهای محیط‌های دانشگاهی، صنعت و جامعه است و درنتیجه، میزان پوشش آن موضوع به نیازها تعیین کننده‌ی اهمیت آن‌هاست. نمودار ۶ رشد موضوعات را در ۵ دهه‌ی اخیر نشان می‌دهد.

نکته‌ی قابل توجه که می‌تواند وضعیت هر موضوع را نسبت به موضوعات دیگر در دهه‌ها مشخص کند، درصد رشد هر موضوع نسبت به هم است (نمودار ۷).

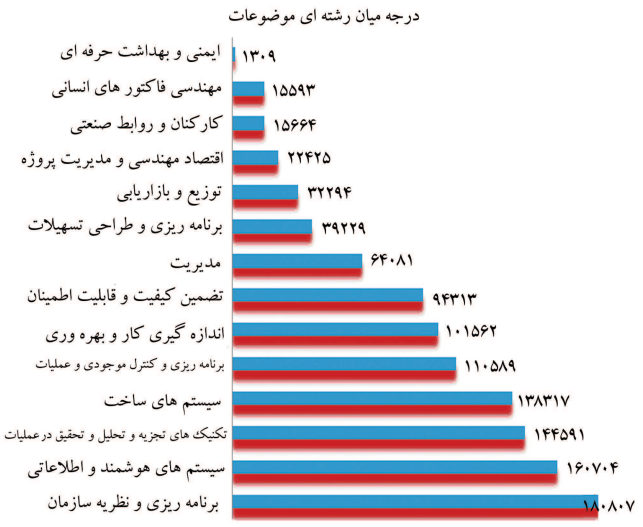
در پژوهش‌های مهندسی صنایع برخی موضوعات هم‌پوشانی دارند، به‌طوری که در برخی تحقیقات از مفاهیم و موضوعاتی استفاده می‌شود که در زمینه‌های خاص کاربرد دارند و در برخی پژوهش‌ها مشترک است. در این بخش می‌کوشیم تا تعداد پژوهش‌های انجام‌گرفته با موضوعات مشترک در زمینه‌ی مهندسی صنایع را مورد بررسی قرار دهیم. بدین‌منظور، چنانچه مقاله‌یی دارای کلیدواژه‌هایی از دو موضوع مشترک باشد، به‌عنوان مقاله‌یی با موضوع مشترک در نظر گرفته می‌شود و مورد شمارش قرار می‌گیرد. مجموع این اعداد برای هر موضوع به‌عنوان درجه‌ی میان‌رشته‌یی بودن موضوع تعریف می‌شود. با توجه به اطلاعات موجود در بانک



نمودار ۶. درصد پژوهش‌های هرموضوع در دهه‌های گذشته.



نمودار ۷. درصد رشد هریک از موضوعات در دهه‌های گذشته.



نمودار ۸. درجه‌ی میان رشته‌یی موضوعات در ۵۰ سال گذشته.

اطلاعاتی درجه‌ی میان‌رشته‌یی‌بودن موضوعات به‌طور کلی در ۵۰ سال اخیر در نمودار ۸ نشان داده شده است.

در نمودار فوق در ۵۰ سال گذشته به‌ترتیب موضوعات برنامه‌ریزی و نظریه‌ی سازمان، سیستم‌های هوشمند و اطلاعاتی و تکنیک‌های تجزیه‌وتحلیل و تحقیق در عملیات با دیگر موضوعات بیشترین اشتراک، و موضوعات ایمنی و بهداشت حرفه‌یی، مهندسی فاکتورهای انسانی و کارکنان و روابط صنعتی دارای کم‌ترین درجه‌ی اشتراک هستند.

ب) پیش‌بینی افق‌های آینده پیش روی مهندسی صنایع

تحلیل دیگر بررسی آینده‌ی مهندسی صنایع از نظر موضوعات، دپارتمان‌ها و کشورهای پیشرو است. با توجه به وجود اطلاعات سال‌های قبل می‌توان تقریب‌هایی در تمام زمینه‌های مورد بررسی در این پژوهش برای سال‌های آتی نیز داشت. برای این منظور می‌توان از برخی روش‌های تحلیلی و آماری کمّی بهره جست. با توجه به این که اطلاعات مورد بررسی در این پژوهش طی زمان تغییر می‌کند، جنس داده‌ها از نوع سری زمانی است. برای پیش‌بینی‌این داده‌ها روش‌های مختلفی وجود دارد؛ در این پژوهش با توجه به نوع داده‌ها از روش سری زمانی استفاده شده است.

داده‌های این تحقیق از نوع سری زمانی ناایستاست، چون مشخصه‌ی مرتبه‌ی دوم آن واریانس در طول زمان ثابت نیست. بهترین مدل آماری برای پیش‌بینی‌چنین داده‌هایی مدل باکس ـجیکینز است. به‌منظور آماده‌سازی داده ابتدا باید واریانس سری زمانی را ثابت کرد. بدین‌منظور تبدیل معرفی شده توسط کاکس و باکس در سال ۱۹۶۴ (تبدیل کاکس ـباکس) پیشنهاد می‌شود:

$$T(X_t)=\begin{cases}\frac{X_t^{\lambda}-1}{\lambda}, & \lambda\neq 0\\ \ln(X_t), & \lambda=0\end{cases}$$

که در آن λ را پارامتر تبدیل می‌نامند. تبدیلات پایداری واریانس فقط برای سری‌های مثبت به کار می‌رود. با وجود این، چنان که به نظر می‌رسد محدودیتی وجود ندارد زیرا همیشه می‌توان مقدار ثابتی را به سری افزود، بدون این که ساختار همیشگی سری تغییر کند.

در مدل‌هایی که به روش تکراری باکس ـجنکینز به دست می‌آیند باید علاوه بر مقدار خطای مدل، تعداد پارامترها نیز لحاظ شود. معیار آکائیک (AIC)[۱۳] یکی از این نوع معیارها برای انتخاب بهترین مدل است. در مدل $\mathrm{ARIMA}(p,d,q)$ این معیار به‌صورت زیر محاسبه می‌شود. (اگر در مدل جمله ثابت نیز وجود داشته باشد به تعداد پارامترها یکی اضافه می‌شود.)[۲۲]

$$\mathrm{AIC}=n\ln(\mathrm{SSR})+2(\mathrm{p}+\mathrm{q})$$

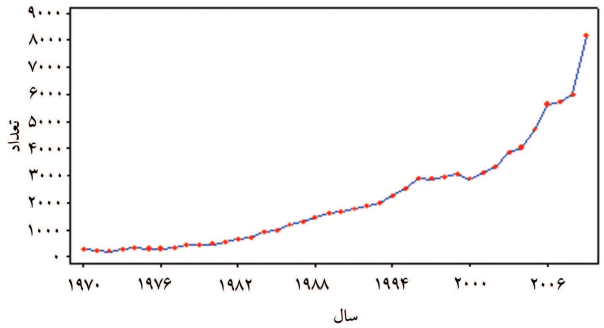
$$\mathrm{SSR}=\sum_{i=1}^{n}(x_i-\hat{x}_i)^2$$

بعد از محاسبه‌ی این معیار، مدلی که معیار آکائیک کم‌تری دارد انتخاب می‌شود.[۲۲] برای پیش‌بینی‌داده‌ها براساس مدل پیشنهادیِ پیش‌بینی اولین دسته از داده‌ها، تعداد مقالات برای ۱۰ سال آینده مورد بررسی قرار می‌گیرد. داده‌های مربوط به تعداد پژوهش‌های مهندسی صنایع یک سری‌زمانی گسسته است. نمودار سری زمانی وجود روند درجه ۲ یا نمایی را در داده‌ها نشان می‌دهد(نمودار ۹).

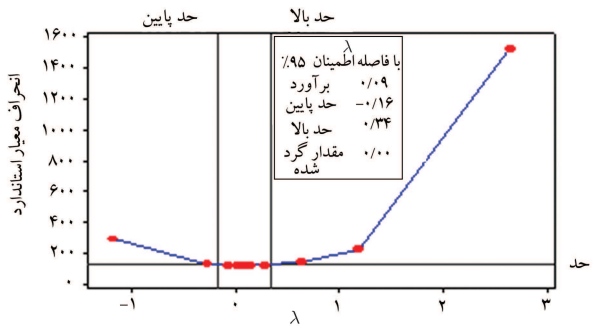
با توجه به نمودارکاکس ـباکس و قرار نگرفتن عدد ۱ در فاصله‌ی اطمینان ۹۵ درصد برای λ متوجه ناایستایی در واریانس این داده‌ها می‌شویم که در نمودار ۱۰ نشان داده شده است. بهترین مقدار پیشنهادی برای پارامتر تبدیل λ، صفر است که بر لزوم تبدیل لگاریتمی تأکید می‌کند.

نمودار سری زمانی داده‌های تعداد پژوهش‌ها به‌دلیل وجود روند، ناایستایی در میانگین را نشان می‌دهد. نمودار acf و pacf سری لگاریتمی نیز این مطلب را تأیید می‌کند. از این که acf نمونه‌یی بسیار کند تنزل می‌کند و pacf بعد از تأخیر یک قطع می‌شود، می‌توان به لزوم تفاضلی‌کردن برای ایستایی در میانگین داده‌ها پی برد.

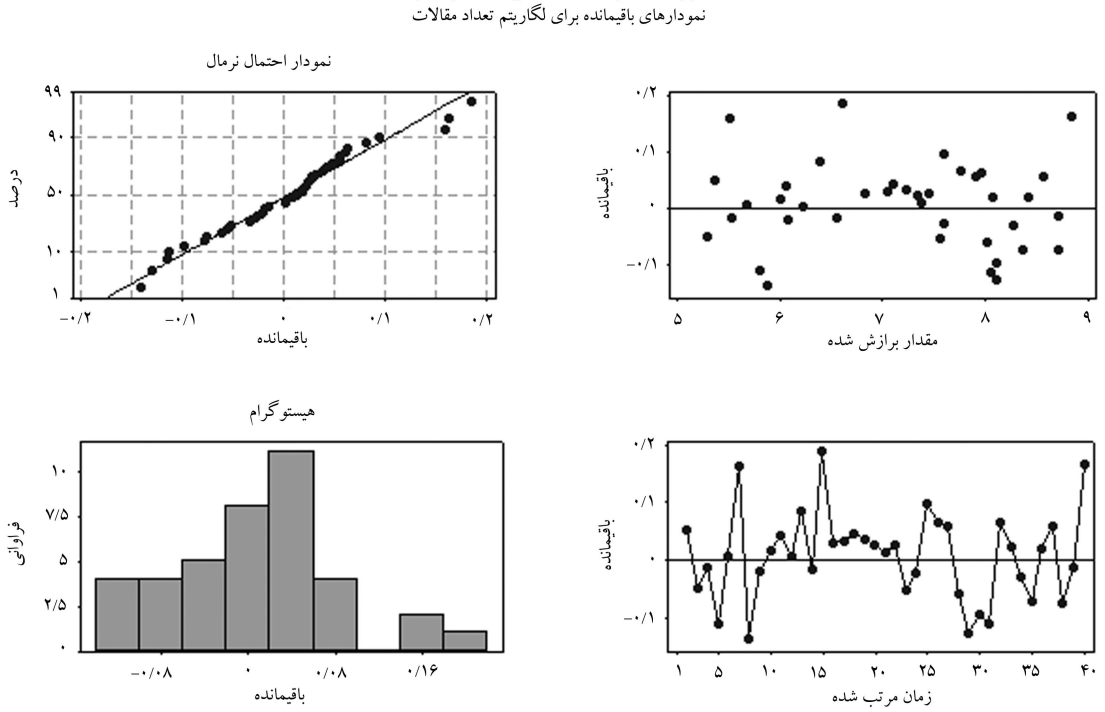
با یک بار تفاضلی‌کردن، بهترین مدل برحسب معیار آکائیک مدل $\mathrm{ARMA}(3,5)$



نمودار ۹. روند سری زمانی تعداد مقالات.



نمودار ۱۰. تبدیل کاکس ـباکس تعداد مقالات.



نمودار ۱۱. مناسبت مدل.

است که معادل مدل ARIMA(۳, ۱, ۵) بر پایه‌ی داده‌های تفاضلی‌نشده‌ی اولیه است.

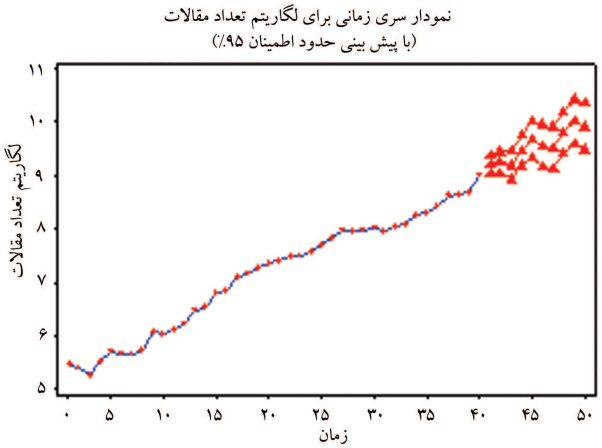
در نمودار احتمال نرمال (نمودار ۱۱ سمت چپ)، نقاط تقریباً در امتداد یک خط راست قرار گرفته‌اند و این نشان می‌دهد که باقی‌مانده‌های حاصل از برازش مدل ARIMA(۳,۱,۵) به‌صورت نرمال توزیع شده‌اند. نمودار باقی‌مانده‌ها در برابر مقادیر برازش داده شده (نمودار ۱۱ سمت راست) نیز ساختار خاصی را نشان نمی‌دهد، بنابراین می‌توان فرض ثابت‌بودن واریانس باقی‌مانده‌ها را پذیرفت.

هیچ‌یک از خود همبستگی‌ها معنی‌دار نیستند، زیرا از حدود استانداردشان تجاوز نکرده‌اند. این به معنی ناهمبسته‌بودن باقی‌مانده‌ها و تصادفی‌بودن آن‌هاست. روش رسمی‌تر برای بررسی مناسبت مدل برمبنای خود همبستگی‌های باقی‌مانده‌ها، آزمون پرت‌مانتو است.[۲۲] نتایج مربوط به این آزمون نشان می‌دهد که مقدار p-value برای تمامی تأخیرها بیشتر از ۰٫۰۵ است. روش دیگر مقایسه مقدار مشاهده‌شده آماره کی‌دو با مقدار مناسب آن در جدول کی‌دو است. چنانچه مقدار مشاهده‌شده‌ی آماره از مقدار جدول کم‌تر باشد فرض صفر بودن خود همبستگی‌ها پذیرفته می‌شود. در نهایت با هر کدام از روش‌های مقایسه می‌توان گفت باقی‌مانده‌های حاصل از برازش مدل ARIMA(۳,۱,۵) ناهمبسته‌اند (نمودار ۱۲).

برای مشاهده‌ی مقادیر پیش‌بینی‌متغیر کلی باید وارون تبدیل لگاریتم را بر روی مقادیر پیش‌بینی‌داده‌ها انجام دهیم. به‌دلیل این که تبدیل اولیه برای این سری لگاریتمی بوده است، اکنون باید از داده‌های به دست آمده تبدیل نهایی[۱۴] بگیریم. با وارون کردن تبدیل کاکس ـ باکس، مقادیر پیش‌بینی‌تعداد پژوهش‌ها برای ۱۰ سال آینده در جدول ۳ آمده است.

پیش‌بینی برای ۵ سال انتهایی سری طبق جدول ۴ است که امکان مقایسه با مقادیر واقعی وجود دارد.

برای محاسبه‌ی خطای پیش‌بینی‌مدل انتخابی از رابطه‌ی میانگین خطای مطلق



نمودار ۱۲. سری زمانی و مقادیر پیش‌بینی ۱۰ سال آینده با مدل ARIMA(۳,۱,۵).

نسبی (MAPE)[۱۵] استفاده می‌شود.[۲۲]

$$\text{MAPE} = \frac{۱}{n}\sum_{i=۱}^{n}\frac{|\hat{x}_i - x_i|}{|\hat{x}_i|} \times ۱۰۰$$

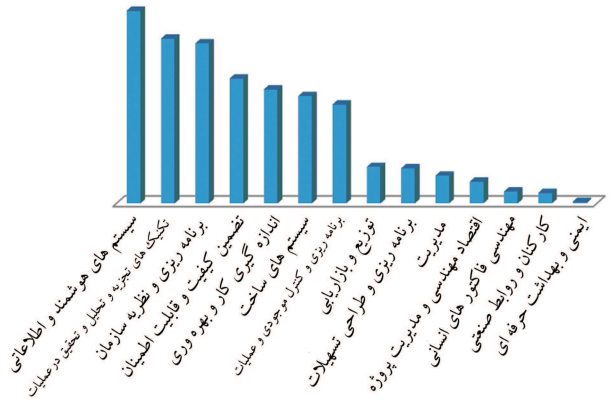
خطای مدل انتخابی ARIMA(۳,۱,۵) برابر ۵٫۵۲ درصد است که نزدیک به صفر بودن این معیار در سری‌زمانی مربوطه، نشان از مناسب‌بودن مدل انتخاب‌شده دارد. برای مقایسه، اگر مدل ARIMA(۳,۱,۲) را که معیار آکائیک بیشتری از مدل ARIMA(۳,۱,۵) دارد، انتخاب کنیم با میانگین خطای مطلق نسبی تقریباً ۱۳٫۲۷ درصد مواجه می‌شویم، که نامناسب بودن مدل را نشان می‌دهد.

جدول ۳. پیش‌بینی تعداد پژوهش برای ۱۰ سال بعد.

سال	تعداد پژوهش
۲۰۱۰	۹۲۰۱
۲۰۱۱	۹۲۴۰
۲۰۱۲	۹۱۹۵
۲۰۱۳	۹۴۷۸
۲۰۱۴	۹۶۷۸
۲۰۱۵	۹۵۶۰
۲۰۱۶	۹۵۲۴
۲۰۱۷	۹۸۰۹
۲۰۱۸	۱۰۰۲
۲۰۱۹	۹۹۲۳

جدول ۴. پیش‌بینی تعداد پژوهش برای ۵ سال انتهای سری.

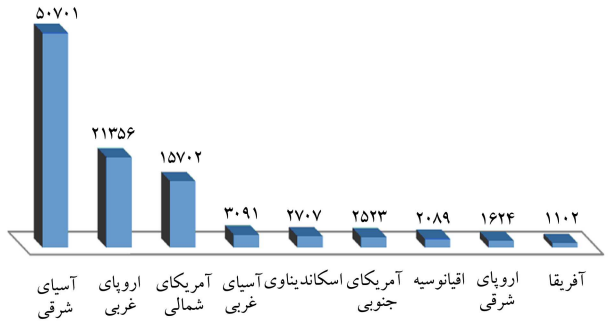
سال	تعداد پژوهش	پیش‌بینی با مدل ARIMA(۳,۱,۵)	پیش‌بینی با مدل ARIMA(۳,۱,۲)
۲۰۰۵	۴۶۹۴	۴۶۰۶٫۶۱	۴۵۵۰٫۸۸
۲۰۰۶	۵۶۵۶	۵۲۶۲٫۹۷	۴۹۴۰٫۰۲
۲۰۰۷	۵۷۱۰	۵۷۹۴٫۹۵	۵۱۶۳٫۱۸
۲۰۰۸	۶۰۱۷	۶۰۷۴٫۲۵	۵۵۶۴٫۰۷
۲۰۰۹	۸۱۷۷	۷۰۶۱٫۱۰	۶۲۹۱٫۰۴



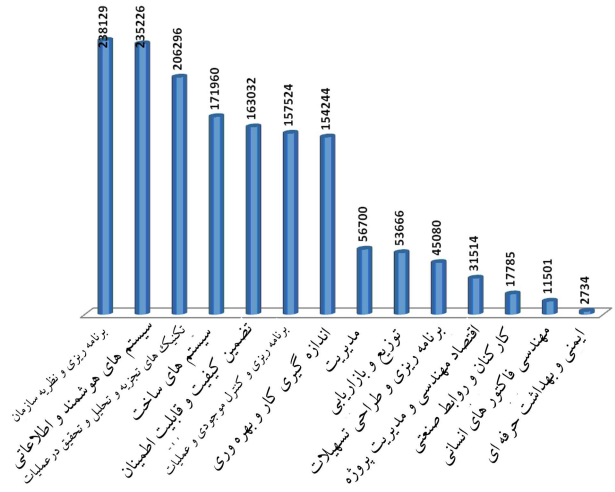
نمودار ۱۳. ترتیب قرارگیری موضوعات پژوهشی به‌کمک سری زمانی.

برای پیش‌بینی دیگر موارد مورد بررسی در این پژوهش با استفاده از سری‌های زمانی، با توجه به این که محاسبات و انتخاب مدل مناسب و تأیید آن حجیم است فقط به ذکر نتایج بسنده می‌کنیم. ترتیب قرارگیری موضوعات پژوهشی از نظر مجموع تعداد پژوهش‌ها در ۱۰ سال آینده در نمودار ۱۳ آمده است.

پیش‌بینی دیگر مربوط به مناطق برای ۱۰ سال بعد است. ابتدا داده‌ها با استفاده از مدل کاکس ـ باکس به‌صورت ایستا درآمد و مشابه روش قبل، پیش‌بینی با استفاده از مناسب‌ترین مدل ARIMA صورت گرفت.



نمودار ۱۴. پیش‌بینی تعداد پژوهش مناطق.



نمودار ۱۵. پیش‌بینی درجه‌ی میان‌رشته‌یی بودن موضوعات.

در دهه‌ی آینده طبق پیش‌بینی انجام‌شده از نظر تجمعی کشورهای آسیای شرقی دارای بیشترین تعداد پژوهش‌اند و پس از آن کشورهای اروپای غربی و آمریکای شمالی قرار می‌گیرند (نمودار ۱۴). طبق نمودار ۱۴ در پیش‌بینی پراکندگی محل انتشار پژوهش‌ها دیده می‌شود که روند گذشته‌ی برخی مناطق جابه‌جا خواهد شد. تحلیل دیگر مربوط به پیش‌بینی درجه‌ی میان‌رشته‌یی بودن موضوعات در دهه‌ی بعد خواهد بود. با توجه به داده‌های موجود می‌توان میزان اشتراک هریک از موضوع‌های چهارده‌گانه را با دیگر موضوعات بررسی کرد. مراحل انجام پیش‌بینی مشابه روش‌های قبلی است. برای نمایش موضوعات با بیشترین درجه‌ی اشتراک، داده‌های هریک از ستون‌های جدول ۴ به‌صورت تجمعی محاسبه شد (نمودار ۱۵).

در نمودار ۱۵ موضوع گروه «برنامه‌ریزی و نظریه‌ی سازمان» بیشترین اشتراک را با دیگر موضوعات در دهه‌ی آینده خواهد داشت؛ این بدان معناست که در رشته‌ی مهندسی صنایع بیشترین فعالیت‌ها برای استفاده‌ی بهتر و آسان‌کردن عملیات سازمان و همچنین کارآمدکردن سازمان و بهره‌گیری بهینه‌ی منابع در جهت تحقق اهداف سازمان است. لذا بیشترین پژوهش‌ها در این موضوع که به‌نحوی منجر به فعالیت در سازمان منتهی می‌شود پرداخته خواهد شد.

موضوع دوم که بیشترین درجه اشتراک را خواهد داشت موضوع «سیستم‌های هوشمند و اطلاعاتی» خواهد بود. با توجه به این که در قرن حاضر تمام فعالیت‌ها در حال خودکارسازی و بهره‌گیری از رایانه‌اند ــ به‌طوری که فنّاوری اطلاعات در همه‌ی بخش‌ها نفوذ کرده است ــ می‌توان چنین استدلال کرد که در آینده بیشتر

فعالیت‌های مهندسان صنایع به‌منظور استفاده از تکنیک‌های خود در این جهت خواهد بود.

۶. نتیجه‌گیری

در این پژوهش با بررسی روند پژوهش‌های مهندسی صنایع در ۵۰ سال گذشته به پیش‌بینی‌افق‌های پیش روی این رشته پرداخته شد. نتایج به دست آمده حاصل از تحلیل ۸۷۱۵۰ مقاله‌ی ۵۴ نشریه بین‌المللی مربوط به رشته مهندسی صنایع است. روند کلی شمار پژوهش‌ها در دهه‌های گذشته کاملاً صعودی است. روند موضوعات از نظر تعداد پژوهش‌ها در ۵۰ سال گذشته بیش از ۴۶ درصد است و پژوهش‌ها به‌ترتیب به موضوعات «سیستم‌های هوشمند و اطلاعاتی»، «برنامه‌ریزی و نظریه‌ی سازمان»، و «تکنیک‌های تجزیه‌وتحلیل» و «تحقیق در عملیات» اختصاص دارد. موضوعات «ایمنی و بهداشت حرفه‌یی» و «کارکنان و روابط صنعتی» نیز با کم‌تر از ۲ درصد از پژوهش‌ها کم‌ترین شمار پژوهش‌ها را دارند. در زمینه‌ی محل انجام پژوهش مناطق آمریکای شمالی، آسیای شرقی و اروپای غربی بیش از ۸۶ درصد پژوهش‌های مهندسی صنایع بیشترین و مناطق آفریقا، آمریکای جنوبی ومرکزی و اروپای شرقی کم‌تراز ۵ درصد کم‌ترین تعداد پژوهش را به خود اختصاص داده‌اند. کشورهای آمریکا، انگلستان، چین، تایوان، کانادا، کره جنوبی، هند، هلند، آلمان و فرانسه بیشترین تعداد مقاله را منتشر کرده‌اند. دپارتمان‌های «مهندسی صنایع» و «مدیریت» بیشترین و دپارتمان‌های «حسابداری» و «مهندسی برق» کم‌ترین شمار انتشار پژوهش را به خود اختصاص داده‌اند. یکی دیگر از معیارهای بررسی در این پژوهش درجه‌ی میان‌رشته‌یی بودن موضوعات بود که معرف مجموع اشتراکات دو به دو موضوعات در هر سال است. در ۵۰ سال گذشته در زمینه‌ی درجه‌ی میان‌رشته‌یی بودن موضوعات، موضوعات «برنامه‌ریزی و نظریه‌ی سازمان»، «سیستم‌های هوشمند و اطلاعاتی» و «تکنیک‌های تجزیه و تحلیل و تحقیق در عملیات» با دیگر موضوعات بیشترین اشتراک و موضوعات «ایمنی و بهداشت حرفه‌یی»، «مهندسی فاکتورهای انسانی» و «کارکنان و روابط صنعتی» دارای کم‌ترین درجه‌ی اشتراک‌اند. برای دهه‌ی آینده پیش‌بینی‌می‌شود که موضوعاتی همچون «سیستم‌های هوشمند و اطلاعاتی» و «تکنیک‌های تجزیه و تحلیل و تحقیق در عملیات» بیشترین، و موضوعاتی همچون «ایمنی و بهداشت حرفه‌یی» و «کارکنان و روابط صنعتی» کم‌ترین تعداد مقالات را به خود اختصاص می‌دهند. کشورهای آسیای شرقی و اروپای غربی بیشترین تعداد و کشورهای آفریقا و اروپای شرقی سهم کم‌تری در انتشار مقالات خواهند داشت. همچنین پیش‌بینی‌می‌شود موضوعات گروه «برنامه‌ریزی و نظریه‌ی سازمان» و «سیستم‌های هوشمند و اطلاعاتی» بیشترین اشتراک و موضوعات «ایمنی و بهداشت حرفه‌یی» و «مهندسی فاکتورهای انسانی» کم‌ترین درجه اشتراک را با دیگر موضوعات دارد.

در تحقیق هاچسون و همکاران[۱۹] که به بررسی پژوهش‌های مهندسی صنایع در زمینه‌های ساخت تولید پرداخته شده بود بنابر نتایج به دست آمده زمینه‌های ساخت و پردازش مواد و کنترل و برنامه‌ریزی تولید بیشترین تعداد را شامل می‌شد. در این پژوهش نیز با کنارگذاری موارد دیگر و تأکید بر موضوعات ساخت و تولید، این دو موضوع بیشترین تعداد پژوهش را در دهه‌های اخیر به خود اختصاص داده‌اند. در تحقیق دوپرز[۱۸] بیان شده بود که مهندسان صنایع در آینده با محیط‌های جدید، نفوذ فنّاوری‌های نو و تسهیم دانش مواجه‌اند. بخشی از پیش‌بینی‌های این محقق نیز در این پژوهش به اثبات رسیده است. چنان‌که بیان شد در این تحقیق در دهه‌های اخیر بیشترین تحقیقات مربوط به موضوعات «سیستم‌های هوشمند و اطلاعاتی» اختصاص دارد. این بدین مفهوم است که فنّاوری جدید همچون فنّاوری اطلاعات و سیستم‌های هوشمند در مهندسی صنایع نفوذ کرده است. در تحقیق کولینگ[۲۰] گزارش شده بود که در آینده مهندسین صنایع با محیط‌هایی مواجه‌اند که فنّاوری‌های پیشرفته در آن نفوذ دارد. بخشی از این نتیجه نیز در این پژوهش با توجه به بیشترین تحقیقات در زمینه‌ی سیستم‌های اطلاعاتی و هوشمند به اثبات رسیده است. در پژوهش دست‌خوان و اولیا[۷] نیز ذکر شده است که در آینده موضوعات سیستم‌های هوشمند و تحقیق در عملیات بیشترین تعداد پژوهش را خواهند داشت که در این پژوهش به اثبات رسیده است. همچنین در رابطه با نتایج پیش‌بینی‌کشورها و مناطق پیشرو در تحقیق آن‌ها نتایج در این پژوهش تأیید شده است.

برای تحققیات آتی پیشنهاد می‌شود با استفاده از اطلاعات موجود در پایگاه از تکنیک دیگری همچون شبکه‌های عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی‌اقدام شود و نتایج حاصله با این تحقیق مقایسه شود. با توجه به این‌که اطلاعات گسترده از اجزاء پژوهش‌ها در پایگاه موجود است پیشنهاد می‌شود که با استفاده از تکنیک داده‌کاوی، برخی ارتباطات بین اجزاء پژوهش‌ها که شاید جالب باشد، استخراج شود. همچنین پیشنهاد می‌شود در هر گروه از موضوعات پژوهشی میزان هم‌پوشانی (اشتراکات) واژگان کلیدی هر گروه مشخص شود، تا دسته‌بندی موضوعات اعتبارسنجی شود. با توجه به اطلاعات موجود پیشنهاد می‌شود که رشد هرساله‌ی کشورها و سهم آن‌ها در انتشار پژوهش‌های مهندسی صنایع مشخص، و درکل جایگاه هر کشور در سال‌های اخیر در سطح منطقه و جهان تعیین شود.

دانشکده‌های مهندسی صنایع با توجه به دورنمای مشخص شده در آینده می‌توانند در جذب اساتید آشنا با مباحث بیان شده و همچنین طراحی گرایش‌های جدید در دوره‌های تحصیلات تکمیلی گام بردارند.

پانوشت‌ها

1. future studies
2. American institute of industrial engineering
3. American society of mechanical engineers (ASME)
4. quality function deployment
5. forecasting
6. prediction
7. qualitative
8. quantitative
9. auto correlation function
10. partial auto correlation function
11. ISSN
12. affiliations
13. Akaikes information criterion(AIC)
14. exp
15. mean absolute percentage error

منابع (References)

1. Zare banadkooki, M.R. and Owlia, M.S. and Almodaresi, S.M.T. "Trend of industrial engineering research" 7th International Industrial Engineering Conferance, Isfehan (In Persian) (2010).
2. Dastkhan, H. "Forecasting of perspectives of industrial engineering" Research A Thesis, yazd university (InPersian)(2005).
3. Koelling, C.P., Beruvides, M.G. and Tankoonsombut, K. "Technology's impact on the future of industrial engineering", *Computers & Industrial Eng.*, **31**(1,2), pp. 5-8 (1996).
4. Shafia, M.A. " Industrial engineering" .http:// www. Iust.ac , (InPersian) (2002).
5. Salvendy, G., *Handbook of Industrial Engineering*, John Wiley & Sons (1992).
6. Shahrabi, J."Industrial engineering pioneers", Tehran, Amir kabir university (In Persian)(2004).
7. Dastkhan, H. and Owlia, M.S. "Study of trends and perspectives of industrial engineering research", *South African J. of Industrial Eng.*, **20**(1), pp. 1-12 (2009).
8. Eskandari, H., Sala-Diakanda, S., Furterer, S., Rabelo, L., Crumpton-Young, L. and Williams, K., "Enhancing the undergraduate industrial engineering curriculum: Defining desired characteristics and emerging topics", *Education and Training*, **49**(1), pp. 45-55 (2007).
9. Boonyanuwat, N., Suthummanon, S. and Memongkol, N. "Application of quality function deployment for designing and developing a curriculum for industrial engineering at Prince of Songkla university", *Songklanakarin J. Sci. Technol.*, **30**(3), pp. 349-353 (2008).
10. Lynch-Caris, T. and Redekop, B. "Bringing new topics into the industrial engineering (IE) curriculum", *ASEE Annual Conference and Exposition* (2007).
11. Koksal, G. and Egitman, A. "Planning and design of industrial engineering education quality", *Computers & Industrial Eng.*, **35**(3-4), pp. 639-642 (1998).
12. Malik, M.A.K. "Developing countries: Industrial engineering and its use", *Industrial Eng.*, **26**(3), pp. 51-52 (1994).
13. Masin, I. and Vytlacil, M. "Industrial engineering in the Czech Republic", *Work Study*, **50**(5), pp. 194-196 (2001).
14. Xu, W. and Wang, R. "Applications and development of industrial engineering in China", *Computers & Industrial Eng.*, **31**(3,4), pp. 537-542 (1996).
15. White, J.A. "Strengthening the role of industrial engineering in education and society", *Industrial Eng.*, **17**(12), pp. 46-52 (1985).
16. Davenport, T.H. and Short, J.E. "The new industrial engineering: Information technology and business process redesign", *Sloan Management Review*, **31**(4), pp. 11-27 (1990).
17. Jocelyn, D. and Lalshmanan. R., *Computers and Industrial Engineering Courses: A Winning Combination*, Computers & Industrial Engineering (1993).
18. Du Preez, N. and Pintelon, L. "The industrial engineer-caught between two revolutions", *Production Planning & Control*, **8**(5), pp. 418-430 (1997).
19. Hodgson, T.J. and Soyster, A.L. "Manufacturing research and the expanding role of industrial engineering", *Industrial Eng.*, **26**(7), pp. 69 (1994).
20. Koelling, C.P., Beruvides, M.G. and Tankoonsombut, K. "Technology's impact on the future of industrial engineering", *Computers & Industrial Eng.*, **31**(1,2), pp. 5-8 (1996).
21. Aliahmadi, A. and Nahaee, S. V."Comprehensive description of the research methods".Tehran. (In Persain)(2006).
22. Khorami, M. and Bozorgnia, A."Time series analysis with minitab 14", Mashhad (In Persain)(2005).
23. www.loc.gov
24. http://www.iienet2.org