

آینده‌نگاری علم در فناوری بادگیر: کاربرد چرخه حیات، متن کاوی و تحلیل خوشه‌ای

مینا رضائیان^{۱*}

حبیب زارع احمدآبادی^۲

حمید منتظری^۳

چکیده

امروزه روش‌های آینده‌نگاری در حوزه‌های مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرد. با استفاده از این روش‌ها می‌توان چگونگی مواجهه با پدیده «آینده» را تبیین کرد. از این رو این علم در مسائلی همچون مدیریت انرژی به شکل گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. براساس دامنه دانش نویسندگان این مقاله، تاکنون مطالعات آینده‌نگاری مربوط به تهویه طبیعی در مناطق مسکونی انجام نشده‌است. در این پژوهش، تکنیک‌های آینده‌نگاری بر روی مقالات نمایه شده در پایگاه اطلاعات علمی^۴ در زمینه فناوری بادگیر اعمال شده‌است. این مقاله، توسعه و کاربرد یک روش آینده‌نگاری علم را در حوزه مذکور با استفاده از روش‌های چرخه حیات، متن کاوی و تحلیل خوشه‌ای شرح داده و همچنین چگونگی استفاده از آن را برای شناسایی فرصت‌های تحقیقاتی آینده نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که این حوزه علمی در مرحله رشد خود بوده و این رشد در آینده ادامه خواهد داشت. همچنین حوزه‌های مختلف تحقیقاتی در این زمینه شناسایی شده و با توجه به حوزه‌های مغفول مانده از نظر محققان، شکاف‌های پژوهشی در این زمینه مطرح شده‌است. این روش را می‌توان به صورت وسیع در حوزه‌های مختلف تحقیقاتی به کار گرفت.

کلمات کلیدی:

آینده‌نگاری علم، تحلیل چرخه حیات، متن کاوی، تهویه طبیعی، فناوری بادگیر.

۱. کارشناسی ارشد مدیریت اجرایی، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد

* نویسنده عهده‌دار مکاتبات: mina.rezaiyan@ymail.com

۲. استادیار مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد

۳. دکتری فیزیک ساختمان، گروه فیزیک ساختمان، دانشگاه صنعتی آیندهوون، هلند

مقدمه

امروزه پیشرفت‌های تکنولوژیکی جدید، مهم‌ترین نیروی پیشران رشد و نوسازی در زمینه‌هایی مانند فناوری اطلاعات، تأمین انرژی و مهندسی ژنتیک است که پیش‌بینی می‌شود کیفیت زندگی را در آینده به میزان چشمگیری افزایش دهند (Bjorn & Lubeck, 2003). بهره‌برداری درست از این تحولات علم و فناوری نوعی مزیت رقابتی برای حضور قدرتمند در عرصه بین‌المللی محسوب می‌گردد و این امر مستلزم آن است که بتوانیم سیاست‌های علم و فناوری خود را متناسب با تهدیدها و فرصت‌های مرتبط طراحی کنیم (نوری و ایوبی، ۱۳۸۸؛ زالی، ۱۳۹۰).

مدیریت مؤثر و برنامه‌ریزی فعالیت‌های تحقیق و توسعه، نیاز به تخصیص استراتژیک منابع در دسترس دارد. این مسئله در مقیاس‌های مختلف آشکار شده و نقش مهمی در شرکت‌های خصوصی و دولتی و همچنین دانشگاه‌ها ایفاء می‌کند. به‌عنوان مثال دانشمندان و مؤسسات تحقیقاتی علاقه زیادی به صرف وقت و هزینه در حوزه‌هایی دارند که تأثیر بالایی در رشد علمی داشته باشد. به همین ترتیب، نهادهای ملی و بین‌المللی به دنبال ایجاد ابزاری هستند که اولویت را به راه‌حل‌های نوآورانه‌ای دهد که بالاترین تأثیر مثبت را در جامعه داشته باشند. شناسایی چنین حوزه‌هایی برای تحقیق و توسعه و تصمیم‌گیری آگاهانه در مورد آن، نیاز به دانشی دقیق از یافته‌های گذشته و روند فعلی آن و نیز درکی عمیق از تکنولوژی‌های در حال ظهور دارد. همچنین این تصمیم‌گیری نیازمند یک چشم‌انداز وسیع برای نظارت بر نیازهای آینده است. زمینه چنین تصمیم‌گیری‌هایی به طور فزاینده در حال پیچیدگی است زیرا حوزه‌های سنتی علوم و مهندسی به طور وسیعی در حال ترکیب شدن و پیوستگی می‌باشد. علاوه بر این، اطلاعاتی که در اسناد ثبت اختراع، گزارشات و مقالات ثبت شده‌اند با نرخی نمایی در حال افزایش هستند. حجم وسیع این اطلاعات برای تصمیم‌گیرندگان و برنامه‌ریزان در برنامه‌های تحقیق و توسعه چالش‌برانگیز است. ناتوانی در تجزیه و تحلیل و درک کامل تمام این اطلاعات می‌تواند به توصیه‌ها یا اولویت‌گذاری‌های نادرست در این برنامه‌ها منجر شود.

در این راستا آینده‌نگاری علم و فناوری به‌عنوان ابزاری برای تحقق این هدف به کار می‌رود (کریمی فرد، ۱۳۸۹). دو تعریف معروف از آینده‌نگاری توسط محققان بریتانیایی ارائه شده‌است که دو جنبه از این علم را نشان می‌دهد. بن مارتین (۱۹۹۶) آینده‌نگاری علم (پژوهش) را تلاشی نظام‌مند به منظور نگاه به آینده بلندمدت علم، فناوری، اقتصاد و جامعه با هدف شناسایی حوزه‌های پژوهشی استراتژیک و فناوری‌های عام نو ظهور معرفی می‌کند. وی بر این باور است که شناسایی چنین حوزه‌هایی می‌تواند

به بیشترین منافع اقتصادی و اجتماعی منجر شود. به‌طور مشابه، جورجیو (۱۹۹۶) آینده‌نگاری فناوری را «ابزاری سیستماتیک برای ارزیابی پیشرفت‌های علمی و تکنولوژیکی که می‌تواند تأثیر زیادی بر رقابت صنعتی، ایجاد ثروت و کیفیت زندگی داشته باشد» می‌داند.

با مرور اجمالی تعاریف مذکور می‌توان گفت که موضوع پیش‌بینی و آینده‌نگاری در علوم و حوزه‌های مختلف مطالعاتی جایگاه ویژه‌ای دارد. این فرآیند در مباحث راهبردی همچون بحران جهانی انرژی و نیز مشکلات زیست‌محیطی موجود نظیر گرمایش زمین، گازهای گلخانه‌ای، آلودگی هوا و... از اهمیت مضاعفی برخوردار خواهد بود (وندل بل، ۱۳۹۱). تحلیل راهبردی بحران جهانی انرژی مستلزم لحاظ نمودن قلمروهای مصرف انرژی و فناوری‌های مؤثر بر مصرف می‌باشد. آمار جهانی حاکی از آن است که مصرف انرژی در بخش ساختمان بیش از ۴۰ درصد مصرف کل انرژی در جهان است (WBCSD, 2009)، که ۶۰ درصد از آن، در سیستم‌های گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع استفاده می‌شود (Hughes, 2011; Saadatian et al, 2012). تهویه طبیعی در ساختمان‌ها را می‌توان روشی مؤثر در کنترل شرایط محیطی و کیفیت هوا، و نیز کاهش مصرف انرژی دانست (Hughes et al, 2012). امروزه تهویه طبیعی در ساختمان‌های مدرن به شکل قابل توجهی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Bahadori, 1981). بادگیرها به عنوان عامل تهویه طبیعی در سالیان دور در ایران و مناطقی از حاشیه خلیج فارس به منظور تهویه طبیعی و خنک‌سازی غیرفعال مورد استفاده قرار می‌گرفته‌اند (Montazeri, 2011; Montazeri & Azizian, 2008). امروزه بار دیگر در بسیاری از کشورهای جهان از بادگیر در ساختمان‌های مسکونی به شکل وسیعی استفاده می‌شود (Montazeri et al, 2010; Montazeri & Azizian, 2009).

پایش و تحلیل مطالعاتی که در زمینه بادگیر در سطح جهان رخ می‌دهد ضرورتی است که می‌تواند ضمن روشن نمودن قلمروهای اولویت‌دار تولیدات علمی، زمینه‌های فناورانه‌ای که از قابلیت کاربردی برخوردارند را تعیین نماید. در این راستا، در مطالعه حاضر ابتدا با ترسیم چرخه حیات مقالات بین‌المللی منتشر شده در زمینه فناوری بادگیر روند حاکم بر توسعه این فناوری و جایگاه تحقیقات فعلی شناسایی و روند توسعه این مقالات در آینده پیش‌بینی شد. سپس با استفاده از روش متن‌کاوی و تحلیل خوشه‌ای به‌عنوان ابزاری مؤثر در فرایند آینده‌نگاری، شکاف‌های پژوهشی در بخش تحقیق و توسعه کشف و شناسایی گردید. چراکه اطلاعاتی که در مقالات گردآوری شده‌اند به تقریب خوبی بیان‌گر وضعیت تحقیقات آکادمیک مورد نظر در سطح جهانی بوده و نتایج حاصل از بررسی آن‌ها

می‌تواند در جهت‌دهی به مراکز علمی- پژوهشی و انتخاب هوشمندانه پروژه‌های تحقیقاتی نقش بسزایی ایفا کند.

پیشینه پژوهش

انتشار مقاله «پیش‌بینی‌هایی درباره تأثیر پیشرفت علمی و مکانیکی بر زندگی و تفکر انسان» اثر اچ جی ولز^۱ را می‌توان مبنای مناسبی برای تعیین تاریخ خواستگاه‌های جدید آینده‌نگاری دانست. از جمله پیشنهاد‌های ولز، علم آینده^۲ بود (Slaughter, 1996). اکثر فعالیت‌های آینده‌نگاری در سال‌های اخیر بر روی هر دو جنبه علم و تکنولوژی با تأکید بر فناوری‌های در حال ظهور و تأثیر بالقوه آن بر اقتصاد، محیط زیست و جامعه تمرکز داشته‌است. در این پژوهش‌ها با تأکید بر مقالات علمی یا اسناد ثبت اختراع (پتنت) در حوزه‌ای خاص، به بررسی وضعیت آینده یک علم یا تکنولوژی در محیط آکادمیک یا صنعتی پرداخته شده‌است (Santo et al, 2006; Kamal and Kumar, 2011; Zheng et al, 2012; Dubaric et al, 2011). آینده‌نگاری علم و فناوری ریشه در دهه ۱۹۵۰ دارد، هنگامی که پیش‌بینی فناوری^۳ در بخش دفاعی ایالات متحده و در کار با مشاورانی مانند شرکت رند برجسته شد. هدف کلی از آینده‌نگاری فناوری، شناسایی فن‌آوری‌های در حال ظهوری بود که به منافع اقتصادی و اجتماعی منجر می‌شد (Martin, 2001; Martin and Johnston, 1999).

روش‌های متفاوت کمی و کیفی برای تجزیه و تحلیل تغییرات فنی- اجتماعی از طریق آینده‌نگاری وجود دارد. بسیاری از ابزارهای جدید یا بالقوه که در حال حاضر در مطالعات آینده استفاده می‌شوند، از پیشرفت فناوری اطلاعات به دست آمده‌اند. در میان آن‌ها علم‌سنجی و کتاب‌سنجی ابزاری هستند که به طور سنتی توسط متخصصان علوم اطلاعات برای اندازه‌گیری بهره‌وری علمی و شناسایی شبکه‌های علم و تکنولوژی استفاده می‌شود (Santo et al, 2006). در دنیای مدرن امروز میزان انتشار متون علمی به حدی زیاد است که تقریباً برای هر محقق غیرممکن است که تمام اطلاعات اطلاعات مورد نیاز خود را به شکل مؤثری دنبال کند. در این راستا روش متن‌کاوی را می‌توان به‌عنوان ابزاری مفید و مؤثر مورد استفاده قرار داد (Kamal and Kumar, 2011).

از جمله تحقیقات انجام شده با شیوه متن‌کاوی، می‌توان به پژوهشی اشاره نمود که توسط بالوگلو و

1 . H. G. Wells

2 . Science of future

3 . Technology Forecasting

آسانته (۱۹۹۹) در زمینه مدیریت مهمان‌داری صورت گرفت. آن‌ها محتوای تحقیقات مربوط به مدیریت مهمان‌داری را با تجزیه و تحلیل نواحی موضوعی و روش تحقیق ۱۰۷۳ مقاله منتشر شده در پنج ژورنال هتلداری طی سال‌های ۱۹۹۶-۱۹۹۰ آزمایش کرده و به این نکته دست یافتند که اکثر مقالات بر روی منابع انسانی و مسکن و صنایع خدماتی مواد غذایی متمرکز شده‌اند.

در پژوهشی دیگر نقش متن‌کاوی به‌عنوان ابزاری مؤثر در مطالعات آینده‌نگاری بررسی شده و این نکته مورد تأکید قرار گرفته‌است که برای افزایش اعتبار این روش، باید تلفیقی از روش‌های کمی و روش‌های کیفی به کار گرفته شود. در این پژوهش با استفاده از متن‌کاوی مقالات منتشر شده در زمینه نانو تکنولوژی، کشورهای کلیدی پیشرو در این زمینه شناسایی شده و چشم‌اندازی کلی برای این کشورها رسم شده‌است (Santo et al, 2006).

سینگ و همکاران (۲۰۰۷) جریان تحقیقات نوظهور را براساس تحقیقات منتشر شده در زمینه مدیریت منابع انسانی (HRM) طی سال‌های ۲۰۰۳-۱۹۹۴ در ژورنال‌های بین‌المللی مدیریت مهمان‌داری شناسایی کردند. داده‌های متنی جمع‌آوری شد و تجزیه و تحلیل محتوا براساس یک برنامه متن‌کاوی به کمک قضاوت متخصصان صورت گرفت. نتایج حاصل از تحلیل محتوای کامپیوتری و قضاوت متخصصان ادغام شده و به صورت نقشه‌های مفهومی ترسیم شد. از طریق این رویکرد منحصر بفرد، ۹ موضوع اصلی تحقیقاتی در زمینه HRM پدید آمده و هر توسعه موضوعی براساس زمان و کشورهای مختلف، مورد بحث قرار گرفته‌است.

تیمورپور و همکارانش تلاش کردند تا با استفاده از یک روش نوین متن‌کاوی به نام (SUTC)، مقالات متخصصان ایرانی در حوزه فناوری نانو را دسته‌بندی کنند. در این راستا ابتدا استانداردهای معتبر در فناوری نانو با یکدیگر ادغام شد و طبقه‌بندی جامعی برای نانو مواد به دست آمد، سپس با استفاده از روش‌های بازیابی اطلاعات و متن‌کاوی، مقالات بدون دانش پیشین از برچسب داده‌ها، به‌طور هوشمند دسته‌بندی شدند (تیمورپور و همکاران، ۱۳۸۸).

در پژوهشی تحت عنوان «پیش‌بینی فناوری با تحلیل محتوای حق ثبت اختراع؛ تحلیلی بر آینده فناوری لعاب» پتنت‌های منتشر شده در زمینه فناوری لعاب با استفاده از روش متن‌کاوی مورد ارزیابی و تحلیل قرار گرفتند. در این پژوهش، فناوری لعاب به شش خوشه تفکیک شده و در هر یک از آن‌ها با استفاده از منحنی رشد لجستیک دوگانه، چرخه حیات فناوری ترسیم و تفسیر گردید (زارع احمدآبادی و یوسف‌تبار، ۱۳۹۲).

از آن جا که این مقاله تنها مطالعه صورت گرفته با روش های آینده نگاری در حوزه بادگیر می باشد، در این قسمت از مرور تحقیقات مشابه به کاربرد این روش در مطالعات کلی تر مرتبط با انرژی باد پرداخته می شود. محققان بسیاری مطالعات آینده نگاری را در زمینه انرژی های تجدیدپذیر انجام داده اند (Rikkonen & Tapio, 2009; Verbruggen, 2008; Faulin et al, 2006; Utgikar & Lund, 2007; Scott, 2006; Iniyen & Sumathy, 2003). اما تنها تعداد محدودی از مطالعات در زمینه آینده انرژی باد در ساختمان و فناوری های مربوط به آن پرداخته اند.

دوباریک و همکارانش از تعداد درخواست های پتنت به عنوان شاخصی برای توسعه فناورانه در زمینه انرژی باد، استفاده کرده و نشان دادند که اطلاعات اسناد ثبت اختراع می تواند در تحلیل روند تکامل و سطح بلوغ این نوع انرژی بکار گرفته شود. در این مطالعه، سه بخش مختلف در زمینه انرژی بادی شناسایی شده و مرحله بلوغ در این بخش ها با روند کلی این فناوری مقایسه گردیدند. در انتها نویسنده متذکر می شود که، تصمیمات در مورد سرمایه گذاری در بخش تحقیق و توسعه نباید تنها براساس ملاحظات تکنولوژیکی مانند داده های پتنت صورت گیرد، بلکه در نظر گرفتن نیازهای بازار نیز از اهمیت بالایی برخوردار می باشد، هر چند اغلب، میان رشد پتنت و تغییرات در بازار ارتباط تنگاتنگی وجود دارد (Dubaric et al. 2011).

بیکر (۲۰۰۷) در پژوهشی تحت عنوان «مهندسی باد- گذشته، حال و آینده» تاریخچه مهندسی باد را در پنج دوره سنتی، تجربی، استقرار، رشد و دوره مدرن؛ در شرایط اجتماعی و اقتصادی هر دوره آن زمان در نظر گرفته و وضعیت فعلی این علم را شرح داده است. سپس به طور مختصر نگاهی به تحولات ممکن آینده با در نظر گرفتن تغییرات احتمالی اجتماعی- اقتصادی و فکری در چند دهه آینده دارد. البته نگاه به آینده با روش های آینده نگاری صورت نگرفته و آینده این علم تنها با دیدگاه نویسنده این مقاله ترسیم شده است. بر پایه اطلاعات نویسندگان این مقاله، هنوز پژوهشی با روش های رایج آینده نگاری در زمینه مهندسی باد، تهویه طبیعی و همچنین فناوری بادگیر صورت نگرفته است.

روش شناسی پژوهش

انتخاب یک روش برای آینده نگاری به عوامل مختلفی به ویژه زمان و منابع مالی در دسترس و همچنین اهداف آینده نگاری بستگی دارد (Miles and Keenan, 2000). مدل ها و ابزارهای مختلفی برای تجزیه و تحلیل آینده و نیز پیش بینی آینده علم، فناوری و نوآوری وجود دارد اما برای دستیابی به

نتایج قابل قبول و معتبر باید تا حد امکان سعی شود از روش‌های کمی و کیفی به طور هم‌زمان استفاده شود (Santo et al, 2006; Singh et al, 2007). بدین‌منظور در این مطالعه با توجه به دسترسی به متن کامل مقالات و متخصصان مربوط به این حوزه، از هر دو روش کیفی (قضاوت متخصصان) و کمی (تحلیل چرخه حیات و متن‌کاوی) استفاده شده‌است که هر یک از آن‌ها در ادامه شرح داده خواهند شد.

تحلیل چرخه حیات فناوری

منحنی‌های رشد به‌طور گسترده‌ای در پیش‌بینی فناوری مورد استفاده قرار می‌گیرند. شرکت‌ها اغلب با توجه به مرحله فعلی چرخه حیات فناوری، بر روی فرایندهای تحقیق و توسعه خود سرمایه‌گذاری می‌کنند. ارنست (۱۹۹۷) پیشنهاد می‌کند که تعداد درخواست‌های تجمیعی پتنت‌ها برای یک تکنولوژی خاص در طول زمان می‌تواند توسط یک منحنی S شکل برای نشان دادن چرخه حیات آن تکنولوژی به کار رود.

می‌توان گفت تعداد مقالات تجمیعی در حوزه‌ای خاص، منعکس‌کننده چرخه عمر مطالعات مربوط به آن حوزه در محیط آکادمیک می‌باشد که به نوبه خود می‌تواند برای تعیین مرحله توسعه یک علم یا فناوری در مقالات علمی استفاده شود. آگاهی در مورد بلوغ و رشد آتی یک علم یا فناوری به پژوهشگران کمک می‌کند تا در مورد ادامه سرمایه‌گذاری بر روی آن حوزه، یا تغییر مسیر پژوهش تصمیم‌گیری نمایند (Trappey, 2010).

در این مطالعه از تجزیه و تحلیل Loglet که نوعی تحلیل چرخه حیات می‌باشد، استفاده شده‌است. تجزیه و تحلیل Loglet بسیار شبیه تحلیل منحنی S شکل است، با این تفاوت که نحوه رشد در آن براساس منحنی لجستیک رسم می‌گردد (Perrin et al, 1999). لازم به ذکر است انتخاب روش پیش‌بینی از اهمیت بسزایی برخوردار است. روش‌های مختلفی همچون سری‌های زمانی، توزیع گامپرتز و شبکه‌های عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی روند وجود دارد. از آن‌جا که این روش تأثیر اشباع شدن حوزه‌های علمی را بر روی روند توسعه آن در آینده در نظر می‌گیرد، انتظار می‌رود نتایج دقیق‌تری را نسبت به روش‌های دیگر پیش‌بینی روند همچون سری‌های زمانی ارائه دهد. همچنین از آن‌جاکه داده‌های گردآوری شده در تحقیق وابستگی کمتر به انباشت داده‌ها یا تأثیر ذخیره داده‌ها بر پیش‌بینی دارد، استفاده از روش‌های لجستیک در مقایسه با گامپرتز معنی‌داری

بالاتری خواهد داشت. با این وجود، بررسی تأثیر این روش‌ها بر روی نتایج پیش‌بینی، ضرورتی است که می‌تواند در مطالعات آینده لحاظ گردد. در معادله ۱ نحوه محاسبه رشد لجستیک نشان داده شده است:

$$N(t) = \frac{k}{(1 + \exp[-\frac{\ln(\lambda)}{\Delta t} (t - t_m)])} \quad (1)$$

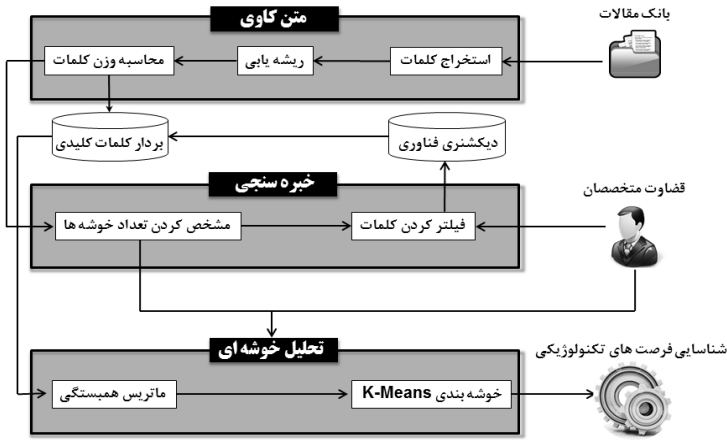
که در آن k حد اشباعی است که منحنی رشد به آن نزدیک شده و نشان‌دهنده ورود به مرحله اشباع می‌باشد. Δt نشان‌دهنده فاصله زمانی بین ۱۰ تا ۹۰ درصد رشد بوده و مرحله رشد را نشان می‌دهد و t_m نقطه میانی مسیر رشد است. پارامترهای Δt و t_m با معادله فیشر - پرای (FP(t)) محاسبه می‌شوند (Perrin et al, 1999). در نمودار فیشر - پرای، فاصله زمانی که در آن مقدار تابع فیشر بین 10^{-1} تا 10^1 قرار دارد، مشخص‌کننده Δt یا همان مدت زمان رشد و زمانی که در آن مقدار تابع برابر با 10^0 می‌باشد مشخص‌کننده t_m است.

$$F(t) = \frac{N(t)}{k} \quad \text{که در آن} \quad FP(t) = \frac{F(t)}{1 - F(t)} \quad (2)$$

$$\ln(FP(t)) = \frac{\ln(\lambda)}{\Delta t} (t - t_m) \quad (3)$$

متن کاوی

متن کاوی به معنی استخراج اطلاعات ضمنی، نامعلوم و مفید از حجم عظیمی از داده‌های متنی می‌باشد. این روش به دنبال اطلاعات با ارزشی مانند روابط، روندها و الگوها در داده‌های متنی بوده و به‌طور گسترده‌ای برای کشف روابط پیچیده در متون و اسناد علمی به کار می‌رود (Santo et al, 2006; Porter, 2003). اگرچه این روش از طریق تحلیل کامپیوتری به کشف دانش کمک می‌کند، تفسیر معنا و ارتباطات به دست آمده از اطلاعات، به متخصصان آن حوزه بستگی دارد. به عبارت دیگر، قابلیت اطمینان یک فعالیت آینده‌نگاری با مهارت و دانش متخصصانی که از آن‌ها مشاوره گرفته می‌شود ارتباط تنگاتنگی دارد. در شکل ۱ فرایند متن کاوی مورد استفاده در این پژوهش نشان داده شده است.



شکل ۱. چارچوب کلی روش متن کاوی

۱-۱-۱- استخراج عبارات کلیدی

با متن کاوی مقالات، کلمات و عبارات با فراوانی بالا شناسایی می‌شوند. سپس با استفاده از نظر خبرگان این کلمات و عبارات فیلتر شده تا مرتبط‌ترین آن‌ها برای تشکیل دیکشنری فناوری انتخاب گردند. دقت در این مرحله از اهمیت بسیاری برخوردار است، و کیفیت نتایج نهایی فرایند جستجو تا حدود زیادی به این مرحله وابسته است. پس از تشکیل دیکشنری فناوری، این عبارات دوباره در متن مقالات جستجو شده و فراوانی وقوع هر یک در متن مقالات به دست می‌آید.

در این پژوهش برای انجام فرایند متن کاوی از نرم‌افزار QDA MINER و WORDSTAT استفاده شد تا کلمات کلیدی این حوزه شناسایی شده و خوشه‌بندی گردد. در این مرحله متن کامل تمامی مقالات به منظور اجرای عملیات پیش‌پردازش به این نرم‌افزار وارد شده و تمامی لغات به کار رفته در این متون استخراج شد. به طور مجموع، تعداد ۵۷۸۳ کلمه و عبارت به دست آمد. در طی یک فرایند چهار مرحله‌ای با استفاده از نظر خبرگان بردار کلمات کلیدی مرتبط با این موضوع شناسایی گردید. این چهار مرحله شامل قطعه‌بندی کلمات، حذف کلمات زائد، ریشه‌یابی و محاسبه وزن عبارات می‌باشند. پس از بازبینی و بررسی کلمات، دیکشنری کلمات کلیدی متشکل از ۴۵ کلمه به دست آمد که در یافته‌های پژوهش، قسمت نتایج خوشه‌بندی، به آن‌ها اشاره خواهد شد.

با محاسبه فراوانی وقوع هر عبارت در هر مقاله، بردار کلمات کلیدی به دست می‌آید که در جدول

شماره ۱ نشان داده شده است. سطرها و ستون‌های این ماتریس به ترتیب مقالات علمی و کلمات کلیدی و درایه‌های آن نشان‌دهنده فراوانی کاربرد هر کلمه کلیدی در هر مقاله علمی می‌باشد.

جدول ۱. فراوانی عبارات کلیدی در هر مقاله

	KP ₁	KP ₂	KP ₃	...	KP _N
P ₁	F _{1,1}	F _{1,2}	F _{1,3}	...	F _{1,N}
P ₂	F _{2,1}	F _{2,2}	F _{2,3}	...	F _{2,N}
P ₃	F _{3,1}	F _{3,2}	F _{3,3}	...	F _{3,N}
...
P _m	F _{M1}	F _{M2}	F _{M3}	...	F _{MN}

۱-۱-۲- نرمالایز کردن عبارات کلیدی

تخصیص وزن به عبارات کلیدی براساس فراوانی وقوع آن‌ها در متن اسناد (TF) روشی رایج در متن‌کاوی محسوب می‌شود (Luhn, 1957). با توجه به این که هر مقاله می‌تواند از تعداد مختلفی از کلمات و صفحات تشکیل شده باشد، می‌توان نتیجه گرفت که اندازه مقاله بر روی فراوانی کلمات تأثیرگذار است. برای خنثی کردن اثر اندازه مقالات، می‌توان جهت وزن‌دهی عبارات، از روش فراوانی نرمال عبارت-فراوانی معکوس متن، که توسط تراپی و همکاران (۲۰۱۰) مطرح شده است، استفاده کرد. فراوانی نرمال عبارت-فراوانی معکوس متن (NTF-IDF)، در معادله ۴ نشان داده شده است:

$$NTF_{ik} - IDF = tf_{ik} \times \frac{(\sum_{s=1}^n WN_s)}{n} \times \frac{1}{WN_k} \times \log_2 \left(\frac{n}{df_i} \right) \quad (4)$$

که در آن tf_{ik} برابر فراوانی عبارت i ام در متن k ام، WN_k نشان‌دهنده تعداد کلمات متن k ام، n تعداد کل متون و df_i برابر تعداد متونی است که عبارت i ام در آن‌ها بکار رفته است.

۱-۱-۳- محاسبه همبستگی عبارات کلیدی

همبستگی بین مجموعه‌ای از داده‌ها، نوعی اندازه‌گیری میزان ارتباط آن‌ها با یکدیگر است. با توجه به ماهیت داده‌های تحقیق، از رابطه همبستگی پیرسون برای محاسبه میزان همبستگی بین عبارات کلیدی استفاده می‌شود. فراوانی نرمال عبارات کلیدی به عنوان ورودی برای اندازه‌گیری ارتباط میان

آن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. این اندازه‌گیری براساس میزان هم‌وقوعی کلمات در متن مقالات می‌باشد. در معادله ۵ نحوه محاسبه همبستگی پیرسون نشان داده شده‌است. که در آن N_D تعداد کل اسناد و X_{ij} تعداد عبارت کلیدی که در سند D_L رخ می‌دهد می‌باشد.

$$R_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^{N_D} X_{i1} \times X_{ij} - N_D \bar{X}_1 \bar{X}_j}{\sqrt{(\sum_{i=1}^{N_D} X_{i1}^2 - N_D \bar{X}_1^2) (\sum_{i=1}^{N_D} X_{ij}^2 - N_D \bar{X}_{ij}^2)}} \quad (5)$$

هدف از به‌دست‌آوردن همبستگی، استفاده از آن برای خوشه‌بندی عبارات و به‌دست‌آوردن حوزه‌های مختلف ساختاری، عملکردی و روش‌شناسی است تا ترکیبات شناخته شده و همچنین ترکیبات مغفول مانده در این حوزه شناسایی گردد. پس از به‌دست‌آوردن ماتریس فراوانی نرمالایز شده عبارات کلیدی، با توجه به هم‌وقوعی این کلمات در متن مقالات، همبستگی پیرسون عبارات با کلمات با یکدیگر با استفاده از نرم‌افزار SPSS محاسبه می‌گردد. بنابراین همانطور که در جدول ۲ نشان داده شده‌است، این ماتریس دربرگیرنده ضرایب همبستگی بین کلمات کلیدی است که مبین شدت همزمانی کاربرد کلمات کلیدی در مقالات می‌باشد.

جدول ۲. ماتریس همبستگی عبارات کلیدی

	KP ₁	KP ₂	KP ₃	...	KP _N
KP ₁	R _{1,1}	R _{1,2}	R _{1,3}	...	R _{1,N}
KP ₂	R _{2,1}	R _{2,2}	...	...	...
KP ₃	R _{3,1}	...	...	...	...
KP ₄	R _{4,1}				
...
KP _N	R _{N1}	...	...	...	...

کاربرد نظرات خبرگان در فرایند تحقیق

از آن‌جا که مطالعات آینده‌نگاری مبتنی بر تلفیق روش‌های کمی و کیفی می‌باشد و این مهم به‌واسطه ماهیت بین‌رشته‌ای مطالعات اهمیت مضاعفی می‌یابد، در این پژوهش نیز در سه بخش شناسایی و جستجوی عبارات کلیدی، متن کاوی و در نهایت داده‌کاوی متون کدگذاری شده از نظرات خبرگان

بهره گرفته شد. مراحلی که در آن ساختار پژوهش براساس نظرات خبرگان شکل گرفت به ترتیب ذیل می‌باشد:

۱. معرفی کلمات کلیدی اولیه جهت جستجوی متون علمی مرتبط.
 ۲. استخراج متون علمی مرتبط از انبار متون علمی شناسایی شده.
 ۳. ساختاردهی به کلمات کلیدی استخراج شده از متون علمی بر مبنای هدف و روش تحقیق به کار رفته در آن‌ها.
 ۴. تأیید روایی خوشه‌بندی کلمات کلیدی در تکرارهای فرایند داده‌کاوی.
- براین اساس از نظرات گروهی متشکل از ۳ نفر از دانشمندان فعال در حوزه‌های فیزیک ساختمان در دانشگاه صنعتی آینده‌هون هلند و ۳ نفر از دانشجویان دکتری مکانیک سیالات از دانشگاه یزد، بهره گرفته شد. انتخاب این افراد بر مبنای سوابق علمی آن‌ها و نیازهای مطالعاتی این پژوهش می‌باشد.

تحلیل خوشه‌ای

تحلیل خوشه‌ای روشی برای گروه‌بندی داده‌ها یا مشاهدات با توجه به شباهت یا درجه نزدیکی آن‌هاست. الگوریتم K میانگین (K-Means)، یکی از رایج‌ترین الگوریتم‌های خوشه‌بندی محسوب می‌شود که مجموعه‌ای از داده‌ها را به K گروه تقسیم‌بندی می‌کند. این روش در بسیاری از مطالعات مشابه به منظور یافتن حوزه‌های تحقیقاتی در یک علم یا تکنولوژی مورد استفاده قرار گرفته‌است (زارع احمدآبادی و یوسف‌تبار، ۱۳۹۲؛ 2011; Trappey et al, 2010; Trappey). در این پژوهش نیز به دلیل اهمیت فاصله از مرکز خوشه‌ها، از این روش برای تحلیل خوشه‌ای استفاده شده‌است. باید توجه داشت که روش‌های مختلفی همچون تحلیل عاملی، خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی و نقشه‌های خودسامانده برای به دست آوردن حوزه‌های مختلف یک علم یا تکنولوژی وجود دارد و تأثیر انتخاب هر روش بر روی درستی نتایج ضرورتی است که در مطالعات آینده باید مورد بررسی قرار گیرد.

با خوشه‌بندی عبارات کلیدی می‌توان روابط ضمنی درون مجموعه مقالات را کشف کرد. بدین منظور از ماتریس همبستگی عبارات کلیدی که در مرحله قبل بدست آمده‌است، به عنوان ورودی الگوریتم K میانگین استفاده شده و مجموعه عبارات کلیدی در قالب K خوشه تفکیک می‌گردد. در این مرحله با استفاده از نرم‌افزار SPSS عبارات کلیدی با الگوریتم K میانگین خوشه‌بندی شده و عوامل مکنون بین کلمات کلیدی شناسایی گردید که نشان‌دهنده ترکیبات همگون از کلمات کلیدی است.

به این معنی که ترکیباتی که با هر کدام از این سه روش در مقالات بیشتر مورد توجه قرار گرفته بودند شناسایی شده و در قالب خوشه‌های جداگانه نمایش داده می‌شوند.

با در نظر گرفتن متدولوژی مقالات به‌عنوان مبنای خوشه‌بندی، این فرایند با تعداد خوشه‌های مختلف صورت گرفت. پس از بررسی نتایج و استفاده از نظر خبرگان، تعداد ۶ خوشه به‌عنوان خوشه‌های بهینه در نظر گرفته شد. با بررسی خوشه‌ها توسط خبرگان، ارتباط و نحوه گروه‌بندی کلمات با یکدیگر مورد تحلیل قرار گرفت و خصوصیات هر خوشه به دست آمد.

یافته‌های پژوهش

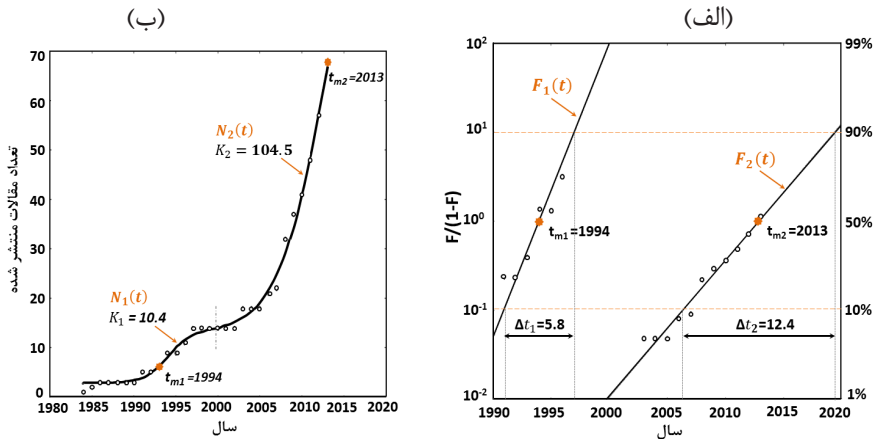
ابتدا با جستجوی کلمات Wind Tower و Wind Catcher، لیستی متشکل از ۱۱۵ مقاله به زبان انگلیسی به دست آمد. انتخاب این کلمات بر مبنای نظر خبرگان در سایت Scopus به‌عنوان یکی از کامل‌ترین بانک داده مقالات علمی صورت گرفت. نکته قابل ذکر آنکه جستجو بر مبنای وجود کلمات مذکور در عنوان، چکیده یا کلمات کلیدی مقالات صورت گرفت. در این مرحله، با استفاده از نظر خبره، متن کامل همه مقالات ذخیره شده مورد ارزیابی قرار گرفت تا از مرتبط بودن تمامی آن‌ها اطمینان حاصل گردد. پس از حذف مقالات نامربوط، بانک اطلاعات متشکل از ۷۰ مقاله به دست آمد. در ادامه نتایج حاصل از تحلیل این مقالات شرح داده می‌شود.

چرخه حیات مطالعات مربوط به فناوری بادگیر

در این پژوهش از نرم‌افزار Loglet lab برای ترسیم چرخه حیات استفاده شده است. با بررسی سال انتشار مقالات و تعداد مقالات منتشر شده در هر سال چرخه حیات مطالعات مربوط به فناوری بادگیر محاسبه و ترسیم گردید. در شکل ۲ الف نمودار رسم شده با استفاده از معادله فیشر - پرای و در شکل ۲ ب نمودار چرخه حیات مطالعات نشان داده شده است.

همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، فرایند رشد مطالعات بادگیر از دو فاز تشکیل شده است. در فاز اول مطالعات از سال ۱۹۸۴ شروع شده و از حدود سال ۱۹۹۱ به مرحله رشد خود وارد می‌شود. دوره این رشد ۵/۸ سال بوده و در اواخر سال ۱۹۹۶ به مرحله بلوغ می‌رسد. با ورود به مرحله اشباع، دور جدیدی از مطالعات شروع شده که در اواخر سال ۲۰۰۶ به مرحله رشد وارد می‌شود. پیش‌بینی می‌شود این رشد تا سال ۲۰۲۰ ادامه داشته و در این سال حدوداً ۱۰۴ مقاله در زمینه فناوری بادگیر

منتشر شده باشد. نتایج نمودار چرخه حیات نشان می‌دهد که این حوزه از علم در مرحله رشد خود بوده و پتانسیل زیادی برای ادامه تحقیقات علمی دارد.



شکل ۲. (الف) نمودار فیشر- پرای (ب) چرخه حیات مطالعات فناوری بادگیر

متن‌کاوی و خوشه‌بندی مقالات بادگیر

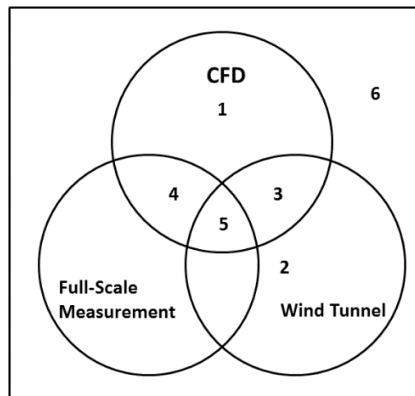
همان‌طور که بیان شد، هدف این پژوهش خوشه‌بندی کلمات کلیدی براساس متدولوژی مقالات می‌باشد. بنابراین با استفاده از نظر خبرگان این حوزه، سه روش به کار رفته در مطالعات بادگیر شناسایی شده و همبستگی پیرسون سایر عبارات با کلمات مربوط به این سه روش به دست آمد.

جدول ۳. قسمتی از ماتریس همبستگی براساس روش‌ها

	CFD	Full-scale Measurement	Wind Tunnel
Air flow	۰/۰۸۴	-۰/۰۷۹	۰/۴۹۱
Air flow network	۰/۲۳۶	-۰/۰۱۴	-۰/۰۱۱
Air quality	-۰/۰۶۱	۰/۰۱۲	-۰/۰۴۹
Apartment	۰/۳۳۰	-۰/۰۱۶	-۰/۰۵۲
Brick	-۰/۲۲۷	-۰/۰۳۹	-۰/۱۵۹
Buoyancy	۰/۳۸۵	۰/۲۲۹	-۰/۰۷۴

با استفاده از نظر خبرگان، دینامیک سیالات محاسباتی^۱، اندازه‌گیری تونل باد^۲ و اندازه‌گیری در مقیاس اصلی^۳ به‌عنوان کلمات کلیدی مربوط به متدولوژی مقالات استفاده شدند. جدول شماره ۳ قسمتی از ماتریس همبستگی عبارات را با روش‌های یاد شده نشان می‌دهد.

شکل شماره ۳ نحوه ارتباط خوشه‌ها با هریک از روش‌های سه‌گانه را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود خوشه شماره ۱ کلماتی را شامل می‌شود که تنها با روش CFD همبستگی و فراوانی وقوع بالایی دارند. خوشه ۲ مبین کلماتی است که تنها با روش تونل باد همبستگی بالایی داشته و خوشه‌های شماره ۳، ۴ و ۵ بیان‌گر حالت ترکیبی همبستگی با روش‌هاست. خوشه شماره ۶ نیز از کلماتی که با هیچ کدام از روش‌های یاد شده همبستگی و فراوانی هم‌وقوعی بالایی نداشتند، تشکیل شده‌است.



شکل ۳. خوشه‌های مربوط به متدولوژی‌های بکار رفته در مطالعات بادگیر

همبستگی بین این عبارات براساس میزان هم‌وقوعی این کلمات با سه روش یاد شده، محاسبه می‌گردد. با بررسی خوشه‌ها و تحلیل نتایج مشخص گردید که هیچ کلمه‌ای که تنها با روش اندازه‌گیری در مقیاس اصلی همبستگی بالایی داشته باشد، وجود نداشت و همچنین کلمه‌ای که با دو روش آزمایشگاهی تونل باد و اندازه‌گیری در مقیاس اصلی همزمان در مطالعات بادگیر همبستگی بالایی داشته باشد، یافت نشد. در جدول شماره ۴ عبارات کلیدی مرتبط هر خوشه نشان داده شده‌است.

1 . CFD

2 . Wind Tunnel

3 . Full-Scale Measurement

جدول ۴. نتایج خوشه‌بندی عبارات کلیدی براساس متدولوژی

عبارات نماینده	خوشه
Air flow network, Apartment, Four-sided, Incompressible, Rectangular, Velocity	1
Air flow, One-sided, Rural, Wood	2
Pressure, Wind direction, Wind speed, Damper, Six-sided, Two-sided, Three-sided, Twelve-sided	3
Buoyancy, Industrial, Turbulence intensity	4
Cubic	5
Air quality, Efficiency, Thermal comfort, Cylindrical, Iso-thermal, Conduction, Warm, Cold, Mild, Brick, Glass, Metal, Plastic, Residential, Green house, Urban, Beach, Night, Day, shadow, Dry, Humid, Radiation	6

۱-۱-۴- تحلیل خوشه‌ها

در این بخش مطالعات صورت گرفته در زمینه بادگیر، از نقطه نظر سه روش یاد شده بررسی و تحلیل می‌گردد. همانطور که در شکل ۳ نشان داده شد، کلمات کلیدی این حوزه از نقطه نظر کاربرد و هم‌وقوعی با روش‌های به‌کاررفته در مطالعات بادگیر خوشه‌بندی شدند. این خوشه‌ها بیان‌گر رویکردهای پژوهشگران در این مطالعات می‌باشد. لازم به ذکر است که این توضیحات، تفسیرهای احتمالی این نوع خوشه‌بندی است و می‌تواند دلایل و فاکتورهای مؤثر دیگری نیز وجود داشته باشد. در ادامه به شرح هر یک از این سه روش می‌پردازیم:

روش CFD: در روش دینامیک سیالات محاسباتی شبیه‌سازی جریان سیال با استفاده حل عددی (کامپیوتری) معادلات حاکم انجام می‌پذیرد. کلمات موجود در خوشه مربوط به این روش را می‌توان با توجه به خصوصیات و مزایای این روش مورد بررسی قرار داد:

الف) این روش قادر به ارائه اطلاعات مربوط به تمامی میدان حل می‌باشد. چنین امکانی در روش‌های آزمایشگاهی با سهولت ممکن نخواهد بود. به‌عنوان مثال وجود کلمه سرعت در این خوشه را می‌توان در این راستا تفسیر نمود.

ب) انجام مطالعات پارامتریکی با سهولت بالاتر و هزینه پائین‌تری نسبت به سایر روش‌ها، از دیگر

مزایای این روش به شمار می‌رود. در این نوع از مطالعات می‌توان هندسه‌های مختلف را تحت شرایط مختلف به راحتی مورد مطالعه قرار داد. از این‌رو همان‌طور که مشاهده می‌شود، به‌منظور مطالعه انواع بادگیر با هندسه‌های مختلف، از این روش استفاده شده‌است.

ج) روش‌های عددی، مطالعه بر روی شرایط پیچیده فیزیکی را تا حد زیادی تسهیل می‌بخشند. دلیل وجود کلمه نیروی شناوری^۱ در این خوشه را می‌توان به این شکل تفسیر نمود که اثرات مربوط به انتقال حرارت جابجایی طبیعی در مقایسه با جابجایی اجباری در سرعت‌های کم قابل توجه خواهد بود. روش‌های عددی مناسب‌ترین شیوه در بررسی اثر این پدیده بویژه در هندسه‌های پیچیده همچون جریان‌های داخلی - خارجی می‌باشد.

روش Wind Tunnel: همان‌طور که پیش از این بیان شد، روش‌های تجربی همچنان نقش بسیار اساسی در مطالعات آیرودینامیکی تحقیقاتی و کاربردی ایفا می‌کنند. استفاده از تونل باد متداول‌ترین روش در بین روش‌های تجربی است. چراکه امکان استفاده از مدل به جای نمونه اصلی تحت بررسی را فراهم می‌آورد و همچنین پیچیدگی‌های موجود در جریان سیال را به نمایش می‌گذارد. در این روش تا اندازه زیادی بر روی شرایط مرزی همچون جهت و سرعت باد کنترل وجود دارد. امروزه روش عددی و تجربی معمولاً به صورت تکمیلی مورد استفاده قرار می‌گیرند و اصولاً به منظور کم کردن هزینه و اقتصادی‌تر شدن طرح‌ها در کنار یکدیگر استفاده می‌گردند. از این‌رو روش CFD در بسیاری از کلمات با روش تونل باد هم‌پوشانی دارد. اعتبار بخشی به مدل‌های عددی با استفاده از روش‌های تجربی بویژه تونل باد از دیگر دلایل این هم‌پوشانی به‌شمار می‌رود. نکته قابل ذکر آنکه در مطالعه حاضر، جنس مواد مورد استفاده در ساخت بادگیرها مورد توجه قرار گرفته‌است. وجود کلمه چوب در خوشه تونل باد، اما، بیانگر مواد مورد استفاده در ساخت بادگیر نبوده و به جنس مواد مورد استفاده در ساخت مدل‌های تونل باد اشاره دارد.

روش Full-Scale Measurement: از مزایای این روش این است که می‌توان حالت‌های واقعی را مورد مطالعه و به صورت کامل و با پیچیدگی‌های واقعی مدنظر قرار داد. اما این گونه از اندازه‌گیری‌ها تنها برای تعداد محدودی از نقاط در فضا قابل انجام است. علاوه بر این در این روش کنترل ناچیزی بر شرایط مرزی وجود دارد. از این‌رو با استفاده از این روش، در مورد اثر جهت و زاویه باد^۲ در عملکرد

1 . Buoyancy

2 . Wind Direction

بادگیر نمی‌توان با سهولت سایر روش‌ها مطالعاتی انجام داد. بنابراین مطالعات مربوط به اثر جهت باد در روش‌های CFD و تونل باد صورت می‌گیرد که کنترل خوبی بر شرایط مرزی دارند. کلمه شدت توربولانسی^۱ نیز که به طور مشترک هم توسط روش CFD و هم Full-Scale Measurement به کار رفته به این علت است که روش‌های عددی مناسب‌ترین روش به منظور بررسی تأثیر شدت توربولانسی جریان بر عملکرد یک سیستم تهویه مطبوع طبیعی خواهد بود و همچنین در مطالعات آزمایشگاهی نیز این پارامتر اندازه‌گیری و گزارش می‌شود.

در این روش‌ها تنها کلمه مکعبی^۲ با هر سه روش به کار رفته است. امروزه اکثر شرکت‌های تجاری به ساخت بادگیرهای مکعبی مبادرت ورزیده‌اند و همین امر موجب توجه بیشتر پژوهشگران برای مطالعه این گونه از بادگیرها با روش‌های مختلف گردیده است.

۱-۱-۵- شناسایی شکاف‌های پژوهشی

همان‌گونه که در خوشه‌های به دست آمده نشان داده شد، تعدادی از کلمات با هیچ‌کدام از سه روش فوق هم‌وقوعی بالایی نداشتند. بدین معنی که این حوزه‌ها هنوز در مطالعات بادگیر با روش‌های مذکور مورد توجه پژوهشگران قرار نگرفته‌اند. بررسی این عبارات و کلمات کلیدی، می‌تواند در یافتن حوزه‌های پژوهشی جدید در فناوری بادگیر و جهت‌دهی به مطالعات آینده نقش بسزایی ایفا نماید. لازم به ذکر است شناسایی اهمیت و میزان کاربردی بودن این حوزه‌ها بر عهده محققان و خبرگان حوزه می‌باشد. در ادامه برخی از این ترکیبات مغفول مانده که از نظر خبرگان اهمیت داشته و می‌توانند در آینده مورد توجه قرار بگیرند، شناسایی و جهت مطالعات بیشتر پیشنهاد می‌گردد:

- وجود کلمه کیفیت هوا^۳ بیان‌گر این واقعیت است که تا به حال در مطالعات بادگیر مباحث مربوط به کیفیت هوا یا آلودگی مورد توجه قرار نگرفته است. به عنوان مثال در صورت وجود یک منبع آلودگی، عملکرد بادگیر در انتقال این آلودگی به محیط ساختمان مورد مطالعه قرار نگرفته است.

- آنالیزهای مربوط به آسایش حرارتی^۴ یا آسایش ساکنین از نقطه نظر سرعت باد^۵ در صورت

-
- 1 . Turbulence Intensity
 - 2 . Cubic
 - 3 . Air Quality
 - 4 . Thermal comfort
 - 5 . Wind comfort

استفاده از فناوری بادگیر در ساختمان هنوز مطالعه نشده و می‌تواند در پژوهش‌های آتی مورد توجه قرار گیرد.

- تأثیر شب و روز و نیز شرایط آب‌وهوایی مختلف بر روی عملکرد بادگیر و میزان انرژی ذخیره شده توسط آن یکی از حوزه‌های پژوهشی جدید در مورد فناوری بادگیر است که می‌تواند توسط پژوهشگران مطالعه گردد.

- تأثیر جنس بادگیر در عملکرد آن حوزه پژوهشی دیگری است که هنوز مورد توجه قرار نگرفته است. به عنوان مثال تأثیر هر یک از مواد آجری، پلاستیک، شیشه یا فلز به عنوان جنس بادگیر می‌تواند مورد مطالعه قرار گیرد.

- وجود کلمات مسکونی، روستایی، ساحلی و گلخانه‌ای به دلیل این است که تا به حال استفاده از بادگیر برای ساختمان‌هایی با کاربری‌های متفاوت مورد مطالعه قرار نگرفته است که می‌تواند پیشنهاد دیگری برای مطالعات آینده در زمینه این فناوری باشد.

باید توجه داشت بررسی ارتباط بین شکاف پژوهشی و فرصت سرمایه‌گذاری نیازمند مطالعات بیشتری است. در این پژوهش با استفاده از نظر خبرگان این حوزه، میزان جذابیت شکاف‌های پژوهشی به دست آمده بررسی شده و شکاف‌های پژوهشی با جذابیت بالا برای مطالعات بیشتر پیشنهاد داده شد. این جذابیت در کنار توانمندی می‌تواند به فرصت سرمایه‌گذاری تبدیل شود. بنابراین تصمیمات در مورد سرمایه‌گذاری در بخش تحقیق و توسعه تنها نباید بر اساس نتایج به دست آمده از روش‌های کمی صورت گیرد و بررسی‌های عمیق‌تری در این موضوع با استفاده از نظر خبرگان مورد نیاز است.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش روش‌های آینده‌نگاری و پیش‌بینی برای ارزیابی پتانسیل فناوری بادگیر برای مطالعات بیشتر استفاده شد. با استفاده از تحلیل چرخه عمر مطالعات، نحوه توسعه این حوزه مهندسی بررسی و روند و رشد بالقوه آن در آینده برآورد شد. سپس با استفاده از متن کاوی و تحلیل خوشه‌ای، کلمات کلیدی این حوزه و هم‌وقوعی آن با روش‌های مطالعاتی ردیابی شد. با ترکیب روش‌های متن کاوی و تحلیل خوشه‌ای (روش‌های کمی) با نظرات خبرگان (روش کیفی)، شکاف‌های پژوهشی این حوزه به صورت مؤثری به دست آمد. در این میان، حوزه‌هایی که پتانسیل بالایی برای تحقیق و توسعه دارند، توسط خبرگان انتخاب و شناسایی شد.

در این پژوهش، محاسبه همبستگی بین کلمات کلیدی و روش‌های پژوهشی برای اولین بار مورد استفاده قرار گرفت و مشخص شد که این روش برای شناسایی شکاف‌های دانشی حتی در حوزه‌هایی کاملاً محدود، کوچک و انتزاعی نیز مؤثر می‌باشد. همچنین لازم به ذکر است که بسیاری از شکاف‌های پژوهشی شناسایی شده در این پژوهش با نتایجی که اخیراً در یک مطالعه مروری بر روی فناوری بادگیر به دست آمده است (Saadatian, 2012)، منطبق می‌باشد. هر چند نتایج به دست آمده در این پژوهش از گستردگی بالاتری برخوردار است. این انطباق، قابلیت این روش را به عنوان یک روش آینده‌نگاری علم تأیید می‌کند.

ترکیب روش‌های ارائه شده در این مقاله، می‌تواند برای فعالیتهای آینده‌نگاری علم در بسیاری از زمینه‌های دیگر از علوم و مهندسی استفاده شود. اگرچه بانک اطلاعاتی مورد استفاده در این پژوهش محدود و تا حدی قابل کنترل بود، انتظار می‌رود این روش برای آینده‌نگاری علم در حوزه‌های وسیع‌تر به شکل مؤثرتری مورد استفاده قرار گیرد. زیرا در این حوزه‌ها شبکه ارتباطات بین مفاهیم پیچیده‌تر بوده و شناسایی ارتباط این مفاهیم با یکدیگر به صورت دستی کار دشوار و پیچیده‌ای خواهد بود.

منابع

- تیمورپور بابک، سپهری محمد مهدی، پزشک لیلا. (۱۳۸۸)، روشی نوین برای دسته‌بندی هوشمند متون علمی (مطالعه‌ی موردی مقالات فناوری نانو متخصصان ایران)، فصلنامه سیاست علم و فناوری، سال دوم، شماره ۲، صص ۱-۱۴.
- زارع احمد آبادی حبیب، یوسف تبار میری صادق. (۲۰۱۳). پیش‌بینی فناوری با تحلیل محتوی حق ثبت اختراع؛ تحلیلی بر آینده فناوری لعاب. فصلنامه مدیریت توسعه فناوری، سال اول، شماره ۲، صص ۸۵-۵۷.
- زالی نادر (۱۳۹۰) آینده نگاری راهبردی و سیاست‌گذاری منطقه‌ای با رویکرد سناریو نویسی، فصلنامه مطالعات راهبردی، سال چهاردهم، شماره چهارم، صص ۳۳-۵۴.
- کریمی فرد حسن (۱۳۸۹)، بررسی تکامل آینده نگاری علم و تکنولوژی در گذر زمان، مجله راهبرد یاس، شماره ۲۲، صص ۲۸۵-۲۶۷.
- وندل بل، (۱۳۹۱)، مبانی آینده پژوهی، مترجم مصطفی تقوی، محسن محقق، تهران، مرکز آینده پژوهی علوم و فناوری دفاعی.
- نوری سیامک، ایوبی مریم (۱۳۸۸)، توسعه مدل آینده‌نگاری مبتنی بر پیمایش محیطی، مجله مدیریت فردا، شماره ۲۲، سال هشتم، صص ۶۶-۵۵.

- American Wind Energy Association (AWEA), /www.awea.org/
- Bahadori MN. (1981), "*Pressure coefficients to evaluate air flow pattern in wind towers*", Proceedings of the international passive and hybrid cooling conference, Miami Beach, FL: American Section of ISES, 206–10.
- Baker C. J. (2007), "*Wind engineering—Past, present and future*" Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 95, 843–870.
- Baloglu S, Assante L.M. (1999), "*A content analysis of subject areas and research methods used in five hospitality management journals*" Journal of Hospitality and Tourism Research, 23, 53–70.
- Bjorn L, Lubeck L. (2003), "*Foresight – a successful project, with many lessons learned*". The second international conference on technology foresight, Tokyo, Swedish Technology.
- Dubaric, E.D et al. (2011), "*Patent data as indicators of wind power technology development.*" 33, 144-149.
- Ernst, H. (1997), "*The use of patent data for technological forecasting: the diffusion of CNC-technology in the machine tool industry*", Small Business Economics, 9, 361–381.
- Faulin J, et al. (2006), "*The outlook for renewable energy in Navarre: an economic profile*" Energy Policy, 34, 2201–16.
- Georghiou, L, (1996), "*The UK Technology Foresight Programme*", Futures, 28, 359 – 377.
- Hughes, B. R et al. (2012), "*The development of commercial wind towers for natural ventilation: A review*", Applied Energy, 92, 606–627.
- Hughes, B. R, Cheuk-Ming, M. (2011), "*A study of wind and buoyancy driven flows through commercial wind towers*", Energy and Buildings, 43, 1784–1791.
- Iniyani, S, Sumathy K. (2003), "*The application of a Delphi technique in the linear programming optimization of future renewable energy options for India*". Biomass and Bioenergy; 24, 39–50.
- Kamal Kumar, K., Kumar, K. (2011), "*Strategic Human Resource Management Content in the Annual Report of Companies: An Analysis through Text Mining*" Indian Institute of Management Indore, 2, 15-26.
- Luhn, H.P. (1957), "*A statistical approach to mechanized encoding and*

- searching of literary information*”, IBM Journal of Research and Development, 1, 309-317.
- Lund PD. (2007), “*The link between political decision-making and energy options: assessing future role of renewable energy and energy efficiency in Finland*”. Energy, 32, 2271–81.
 - Mahlia T, et al. (2010), “*A review on fuel economy standard for motor vehicles with the implementation possibilities in Malaysia*” Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14, 3092-3099.
 - Martin, B. (1996), “*Foresight in Science and Technology*”, Technology Analysis & Strategic Management, 7, 139-68.
 - Martin, B. R. and Johnston, R. (1999), “*Technology Foresight for Wiring up the National Innovation System: Experiences in Britain, Australia and New Zealand*”, Technological Forecasting and Social Change, 60, 37-54.
 - Martin, B.R. (2001), “*Technology Foresight in a Rapidly Globalizing Economy*”, Technology Foresight for Central and Eastern Europe and the Newly Independent States’, Vienna, Austria, 4-5 April 2001.
 - Miles I, Keenan, M. (2000), “*Overview of Methods used in Foresight*” Institute of Innovation Research, University of Manchester, UK.
 - Montazeri, H. (2011), “*Experimental and numerical study on natural ventilation performance of various multi-opening wind catchers*”, Building and Environment, 46, 370-378.
 - Montazeri, H, et al. (2010), “*Two-sided wind catcher performance evaluation using experimental, numerical and analytical modeling*”, Renewable Energy 35, 1424-1435.
 - Montazeri, H, Azizian, R. (2008), “*Experimental study on natural ventilation performance of one-sided wind catcher*”, Building and Environment 43, 2193-2202.
 - Montazeri, H, Azizian, R. (2009), “*Experimental study on natural ventilation performance of a two-sided wind catcher*”, Journal of Power and Energy 43, 383-400.
 - Perrin S et al. (1999), “*A Primer on Logistic Growth and Substitution: The Mathematics of the Loglet Lab Software*”, Technological Forecasting and So-

- cial Change 61, 247-271.
- Porter, A. (2003), “Text mining for technology forecasting”, J.C. Glenn, T.J. Gordon (Eds.), Futures Research Methodology, American Council for the UNU, Washington, DC.
 - Rikkonen P, Tapio P. (2009), “Future prospects of alternative agro-based bio-energy use in Finland-constructing scenarios with quantitative and qualitative Delphi data”, Technological Forecasting and Social Change, 76, 978–90.
 - Saadatian, O. (2012), “Review of windcatcher technologies”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16, 1477– 1495.
 - Santo, M, et al. (2006), “Text mining as a valuable tool in foresight exercises: A study on nanotechnology” Technological Forecasting & Social Change, 73, 1013–1027.
 - Singh, Neha et al, (2007), “Text mining a decade of progress in hospitality human resource management research: Identifying emerging thematic development”, Hospitality Management 26, 131–147.
 - Transforming the market: energy efficiency in buildings. World Business Council for Sustainable Development, 2009.
 - Trappey, C. V. (2010), "Clustering Patents Using Non-exhaustive Overlaps", 19, 162-181.
 - Utgikar VP, Scott JP. (2006), “Energy forecasting: predictions, reality and analysis of causes of error”. Energy Policy; 34, 3087–92.
 - Verbruggen A. (2008), “Renewable and nuclear power: a common future”, Energy Policy; 36, 4036–47.
 - World Business Council for Sustainable Development.(2009), “Transforming the market: energy efficiency in buildings.”
 - Zheng, W, et al. (2012), “Morphological Analysis of Technologies using Multidimensional Scaling” Journal of Business Chemistry, 9, 147-160.