

چکیده

پژوهش حاضر باهدف شناسایی اصلی‌ترین و به‌روزترین حوزه‌ها و زیرحوزه‌های علمی در زمینه حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی به انجام رسیده است. با دستیابی به این مهم، وضعیت فعلی این علم در جهان شناسایی شده و امکان روند شناسی و آینده‌پژوهی برای متخصصان کشورمان در این حوزه فراهم می‌گردد. هدف دیگر از این پژوهش معرفی پیشروترین کشورها و اصلی‌ترین پژوهشگران بین‌المللی این علم بوده است. این پژوهش از نظر ماهیت، کاربردی است و با روش علم‌سنجی مبتنی بر تحلیل هم‌واژگانی است به انجام رسیده است. بررسی‌های محققین حاکی از آن بوده است که پیش‌ازاین با استفاده از این روش، مقاله‌ای در حوزه حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی در کشورمان تولید نشده است. برای دریافت داده‌های خام پژوهش از درگاه مرجع Web of Science استفاده گردید و تحلیل نتایج و ترسیم نقشه‌های خوشه‌بندی نیز با استفاده از نرم‌افزار VOSviewer انجام شده است. برای ترسیم نمودارهای زیر خوشه‌ها نیز از نرم‌افزار Xmind بهره‌گیری شده است. یافته‌های پژوهش حاضر حاکی از آن بود که موضوع حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی به‌عنوان علمی میان‌رشته‌ای و نسبتاً جدید، حوزه‌های بسیار متنوعی از موضوعات را ذیل خود قرار می‌دهد. اما مهم‌ترین موضوعاتی که در حال حاضر پژوهش‌های بین‌المللی روی آنها صورت می‌پذیرد موضوعاتی چون منابع و محصولات کلیدی، فضای سایبر و بانکداری، اثرات آبخاری، سامانه‌های کنترل صنعتی، اسکادا، حملات سایبری، تروریسم و امنیت منابع آب و غذا است. کشورهای آمریکا، ایتالیا و آلمان پیشروترین کشورها و آقایان استیون رینالدی، تد لوییس و جرال براون پرستندترین نویسندگان بین‌المللی در زمینه حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی شناخته شدند.

کلمات کلیدی: حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی، تحلیل هم‌واژگانی، خوشه‌بندی، نرم‌افزار VOSviewer

Mapping and Clustering of International Researches on critical infrastructure protection (CIP) Based on Co-Word Analysis of Articles Indexed in Web of Science (WoS) Database

Behrooz Kamel₁ - Mojtaba Araghizadeh₂*

Abstract:

This research is aim to identify the main and the most updated scientific fields and sub-fields of "Critical Infrastructure Protection". Gaining this goal, current situation of this science is identified in the world and its available to have futurology and processology for our nations experts. The other goal of this paper was introducing the most pioneer countries and international researchers in this field. This research is applicable in nature and is done by scientometrics based on co-word analysis method. Authors' reasearches dedicated that no paper with this methodology has been done on the topic of critical infrastructure so far in our country. For gathering raw data we used Web of Science website and results analyzing and clustering maps drawing were done using VOSviewer software. For drawing sub-clusters diagrams, Xmind software was used. Results of this research showed that critical infrastructure protection as a multi-disciplinary science covers a wide area of issues. But the most important issues or topics on which international researches have been focused are topics like "key products and resources", "cyberspace and banking", "cascading effects", "Industrial control systems", "scada", "cyber attacks", "terrorism" and "food and water resources security". The most pioneer countries are USA, Italy and Germany and Messrs. Steven Rinaldi, Ted g. Lewis and Gerald Brown were known as the most cited international authors in critical infrastructure protection field.

Key words: Critical infrastructure protection, Co-word analysis, Clustering, VOSviewer software.

1 Research manager of strategic management research center, Supreme National Defense University

2 Phd student of strategic management of passive defense, Supreme National Defense University-Researcher of MUT university

به مفاهیم پدافند غیرعامل اضافه گردد. ضمن آنکه باگذشت زمان، موضوع حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی جنبه‌ای بین‌المللی یافته و در بیشتر کشورهای پیشرو نیز این موضوع در حال گسترش است. در این راستا شناخت عرصه‌های علمی که موضوع حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی در آنها بیشتر نمود یافته و جدیدترین دستاوردهای این حوزه از ضرورت‌های اجتناب‌ناپذیر است. به عبارت دیگر اگر بخواهیم به سمت بومی‌سازی نیازهای علمی کشور در حوزه حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی حرکت کنیم باید بدانیم آخرین یافته‌های علمی این حوزه کدام‌اند؛ چه کشورهایی پیشرو هستند؛ دانشمندان کلیدی این عرصه چه افرادی هستند و معروف‌ترین آثار علمی این حوزه کدام‌اند. پژوهش حاضر با درک اهمیت بالای این مسائل به دنبال پاسخ به این سؤالات گشته با بهره‌گیری از تحلیل هم‌واژگانی در پایگاه اینترنتی وب آو ساینس و نرم‌افزار ووس وپور و در انتها به پاسخ آنها دست‌یافته است. به‌طور کلی پژوهش‌هایی که منجر به تولید نقشه علم‌سنجی می‌شود، محققین را در شناسایی کلیدی‌ترین محورهای علمی هر حوزه‌ای راهنمایی کرده و تصویر خوبی از وضعیت گذشته، حال و آینده آن حوزه علمی را به تصویر می‌کشانند؛ لذا چشم‌انداز طرح حاضر ترسیم نقش‌های علم‌سنجی حوزه حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی، شناخت و ترسیم خوشه‌ها و زیر خوشه‌های اصلی، شناسایی کشورهای پیشرو و درحال‌رشد و همچنین اصلی‌ترین دانشمندان این حوزه است تا از این طریق محققان این حوزه را در انتخاب جهت حرکت علمی در این زمینه راهنمایی نماید.

پیشینه

هم‌واژگانی را از نظر مفهومی معادل co-word دانسته‌اند که گاه واژه co-occurrence را به جای آن هم به کار برده‌اند. در زبان فارسی واژه نخست را هم‌واژگانی و واژه دوم را هم‌رخدادی معنا کرده‌اند. تحلیل هم‌واژگانی که بر اساس هم‌رخدادی واژگان عمل می‌کند، به‌عنوان یک روش تحلیل محتوا، یکی از روش‌های علم‌سنجی است که در دهه ۱۹۸۰ مطرح شد.

بررسی‌های انجام‌شده در جنگ‌های اخیر در حمله به شهرها نشان می‌دهد که در بیست سال گذشته اصلی‌ترین عنصر، تهدید زیرساخت‌هایی است که به‌واسطه آن مردم اداره می‌شوند و در نتیجه تهدیدات، سعی می‌کنند با حذف عملکرد زیرساخت، کنترل اداره مردم را در دست گیرند [۱]. در کشور ما نیز با وجود تهدیدات بالقوه مختلفی که هر ساله و به بهانه‌های مختلف تشدید یا تداوم می‌یابد، اهمیت این موضوع دوچندان است. ضمن آنکه کشور ما درگیر اشکال مختلفی از مخاطرات طبیعی نیز هست و سالانه هزینه هنگفتی را در اثر عدم توجه به نگاه علمی در حوزه حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی می‌پردازد که به‌عنوان نمونه می‌توان به حادثه ریزگردهای سال ۱۳۹۵ استان خوزستان و سیل سراسری سال ۱۳۹۸ اشاره کرد. زیرساخت‌های حیاتی کشور حوزه بسیار گسترده‌ای از حوزه‌های فنی گرفته تا سایبری را شامل می‌شود. در واقع زیرساخت‌هایی که به‌نوعی موضوع تداوم تأمین نیازهای اساسی مردم از جمله آب، برق، گاز، انرژی، حمل‌ونقل، ارتباطات، بهداشت و درمان، غذا، امنیت و غیره راه تأمین می‌کند به‌عنوان زیرساخت حیاتی شناخته می‌شود.

در دنیا نیز حدوداً دو دهه است که مفهومی ذیل علوم امنیتی - دفاعی شکل گرفته است که از آن به حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی یاد می‌شود. این مفهوم که قرابت معنایی بالایی به مفهوم پدافند غیرعامل در کشور ما دارد با نگاهی علمی و فناورانه به موضوع حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی در برابر انواع تهدیدات اعم از طبیعی و غیرطبیعی پرداخته و ادبیات علمی نوینی را شکل داده است. به‌طوری‌که برخی از معروف‌ترین انتشارات جهان سالانه یک یا چند کتاب در این زمینه منتشر می‌کنند. در کشور ما نیز علی‌رغم تلاش‌های علمی گسترده‌ای که در حوزه پدافند غیرعامل صورت پذیرفته است، به دلیل نگاه متفاوت و جدید حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی به موضوعاتی از قبیل، تهدیدات، آسیب‌پذیری‌ها، ریسک، روابط بین زیرساختی و غیره، این موضوع از چند سال قبل مورد استقبال قرار گرفت و تلاش گردید ادبیات این حوزه به‌عنوان عاملی کمک‌کننده و پشتیبان

این روش ابزاری قدرتمند در کشف دانش و ترسیم نقشه علم‌سنجی است. در زیر به تعاریف ارائه شده توسط برخی پژوهشگران از جمله کورتیال، ۱۹۹۴؛ ادواردز، دینگ، چاودری و فو، ۲۰۰۱؛ روکایا، ۲۰۰۸؛ کاستوف ۱۹۹۸؛ و هی، ۱۹۹۹ اشاره شده است [۲]: ۱- نوعی تحلیل محتوا برای کشف الگوها و تعیین گرایش‌های موضوعی؛ ۲- اندازه‌گیری درجه ارتباط بین مفاهیم و اصطلاحات؛ ۳- روشی مهم برای دیداری‌سازی روابط میان مفاهیم، اندیشه‌ها و مسائل علمی؛ ۴- تحلیل کمی برای کشف شبکه مفاهیم حوزه‌های علمی؛ ۵- روشی برای شناسایی ساختار موضوعی یک حوزه پژوهشی؛ ۶- کشف روابط مفهومی میان مدارک؛

باتوجه به تعاریف فوق، تحلیل هم‌واژگانی شیوه‌ای از تحلیل محتواست که از طریق هم‌رخدادی واژه‌ها یا مفاهیم موجود در متون و منابع حاصل می‌شود و از طریق آن می‌توان مفاهیم اصلی زمینه یا حوزه علمی را شناخت و به‌واسطه این شناخت، الگوها و رویدادهای مفهومی، ساختار علمی، شبکه مفهومی، روابط سلسله‌مراتبی مفاهیم و مقولات مفهومی آن حوزه را کشف، ترسیم و مدیریت کرد. تحلیل هم‌واژگانی، ابزاری برای کشف الگوهای پنهان و رویدادهای نوظهور مفهومی است [۳].

مطالعات مختلف در حوزه علم اطلاعات، به‌خصوص در تحلیل هم‌واژگانی، نشان می‌دهد این روش می‌تواند در موارد زیر کاربرد داشته باشد: ۱- ترسیم حرکت و پویایی علم ۲- ترسیم ساختار حوزه‌ها و زمینه‌های علمی ۳- ترسیم روابط میان پژوهش‌های بنیانی و پژوهش‌های فناورانه [۲] ۴- دیداری‌سازی شبکه مفهومی علم و فناوری [۴] ۵- تحلیل سیر تحول مفهومی در طول دوره‌های زمانی ۶- تعیین و تحلیل نواحی مورد پژوهش ۷- خوشه‌بندی مفاهیم حوزه‌های علمی [۳].

تحلیل هم‌واژگانی، با خلاصه‌سازی مدارک در واژه‌هایی قدرتمند و محاسبه رخداد و هم‌رخدادی، تشخیص دقیق‌تری نسبت به حوزه موضوعی ارائه می‌دهد و در کنار سایر تحلیل‌ها همچون تحلیل هم‌استنادی و هم‌نویسندگی، شاخصی مهم در

علم‌سنجی است و در مطالعه شبکه مفهومی یا واژگانی یک حوزه، مهم‌ترین حوزه‌های پژوهشی برای شناسایی الگوهای پنهان و برجسته، روابط درونی و بیرونی مفاهیم، رویدادهای در حال ظهور و سیاست‌گذاری علم و دانش به کار گرفته می‌شود. شبکه مفهومی یا واژگانی با روش هم‌رخدادی واژگان ترسیم و تحلیل می‌شود. این روش بر این فرض استوار است که استفاده از واژه‌های مشترک در دو یا مجموعه‌ای از متون نشان‌دهنده نزدیکی آن متن‌ها به همدیگر است و نیز ابزار قدرتمندی در ردیابی علوم است که از طریق آن می‌توان ساختار، مفاهیم و مؤلفه‌های یک حوزه علمی را شناسایی، تعیین و سیاست‌گذاری کرد و پویایی علم و فناوری را به تصویر کشید [۲].

در زمینه حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی نیز در سال‌های اخیر فعالیت‌های علمی متعددی در کشور صورت پذیرفته است. پورشاسب و نظری نژاد (۱۳۹۹) در پژوهشی تحت عنوان «تدابیر و راهکارهای پدافند غیرعامل در حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی جمهوری اسلامی ایران به تعیین شش زیرساخت حیاتی کشور پرداخته و هفت تهدید فراروی این زیرساخت‌ها را بیان کرده‌اند. همچنین نه راهکار اجرایی پدافند غیرعامل جهت حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی ارائه کرده‌اند [۵]. تقی‌پور و همکاران (۱۳۹۸) نیز در پژوهشی دیگر با عنوان

الگوی راهبردی حفاظت سایبری از زیرساخت‌های اطلاعاتی حیاتی جمهوری اسلامی ایران، ابعاد و مؤلفه‌های این موضوع را تعیین کرده و به اولویت‌بندی مؤلفه‌ها پرداخته‌اند. توجه این پژوهش بیشتر به موضوع زیرساخت‌های اطلاعاتی حیاتی بوده است [۶]. میر یوسفی و غفار پور (۱۳۹۹) در مقاله‌ای با عنوان راهبردهای نوین حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی برخی شیوه‌ها و راهبردهای ملی حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی را بیان نموده و مفاهیم جدیدی چون تاب‌آوری را در این حوزه تحلیل کرده‌اند. در ادامه برخی اهداف راهبردی بعلاوه مهم‌ترین الزامات و چالش‌های پیش‌روی این حوزه را با دیدگاه آینده‌پژوهانه مطرح نموده و با روش مطالعات تطبیقی، برخی الزامات اولیه در رابطه با راهبرد ملی حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی را استخراج و تحلیل نموده‌اند [۷].

مشهدی و امینی (۱۳۹۴) به موضوع ارزیابی تهدیدات، آسیب‌پذیری‌ها و خطرپذیری در زیرساخت‌های حیاتی پرداخته‌اند و به ارائه چهارچوبی در این زمینه پرداخته‌اند و تلاش نموده‌اند با توجه به فضای تهدیدات کشور به ارائه الگویی جهت ارزیابی ریسک بپردازند [۸]. طهرانی و پیشرو (۱۳۹۹) در پژوهشی با عنوان شناسایی ریسک زیرساخت‌های حیاتی سیستم فاضلاب شهری با رویکرد پدافند غیرعامل، ۴۸ نوع تهدید و آسیب‌پذیری را برای سیستم‌های فاضلاب شهری برشماری نموده‌اند و روش‌های رایج در طراحی این سیستم‌ها را برای افزایش تاب‌آوری و پایداری آنها ناکافی دانسته و رعایت الزامات پدافند غیرعامل را مکمل مناسبی برای روش‌های موجود طراحی و ساخت سیستم‌های فاضلاب شهری دانسته‌اند [۹].

پیشینه خارجی

نکویی و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی با عنوان چهارچوب ارزیابی ریسک تأمین آب در شرایط بحران، زیرساخت‌های حوزه آبرسانی را به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین زیرساخت‌ها مورد هدف قرار داده و با ارائه روشی مفهومی برای ارزیابی ریسک این زیرساخت با بهره‌گیری از نرم‌افزار Arc GIS تلاش نموده‌اند روش معرفی شده خود را در شهر کرمانشاه به‌عنوان نمونه موردی پیاده‌سازی کنند [۱۰]. چودهری و کیولوس (۲۰۲۱) در پژوهشی با عنوان آموزش امنیت سایبری در حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی: مقاله مروری، دغدغه روشی واحد و تأیید شده برای آموزش امنیت سایبری در دانشگاه‌های جهان را مطرح نموده‌اند و تلاش کردند روشی خلاقانه و جدید برای دستیابی به روش آموزش امنیت سایبری در زیرساخت‌ها به‌خصوص با تمرکز بر زیرساخت‌های حوزه انرژی و هسته‌ای معرفی کرده‌اند [۱۱]. گروه و همکاران (۲۰۲۱) در مقاله‌ای با عنوان رها شده در تاریکی: موانع تحصیل و پیاده‌سازی حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی به چالش‌های این حوزه به‌صورت کلی و حکمرانی حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی به‌صورت جزئی در

کشور سوئد پرداخته‌اند. آنها پنج مانع اصلی در تحقق عملی حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی در کشور سوئد پیدا کرده‌اند که عبارتند از: ۱- دسترسی به داده‌های صحیح ۲- فقدان اطلاعات به‌روز ۳- تشریح و ارزیابی فرایندها و روش‌ها ۴- داده‌های قابل تغییر و ۵- فقدان اشراف اطلاعاتی جامع و کامل. در ادامه نیز راهکارهایی برای برطرف نمودن این چالش‌ها مطرح نموده‌اند [۱۲].

دل‌گروسو و آریکاتی (۲۰۲۲) در پژوهشی با عنوان آموزش حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی و تاب‌آوری با بهره‌گیری از رزمایش‌ها و مرکز عملیات اضطراری مجازی: آزمونی از گزارش‌های دانش‌آموختگان کشور امارات به بررسی و معرفی برنامه‌های آموزشی آکادمی ربدان کشور امارات متحده عربی در حوزه حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی و تاب‌آوری پرداخته‌اند. وظیفه این آکادمی تربیت متخصصانی است که به‌طور ویژه با مأموریت حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی و تاب‌آوری در دستگاه‌های مختلف جذب می‌شوند. همچنین در این مقاله سیاست‌های کلی و اقدامات کشور امارات متحده عربی را در این حوزه بیان می‌کند. [۱۳]. گریگالاشویلی و آبیاشویلی (۲۰۲۱) در مقاله‌ای با عنوان مرور مفهومی معماری حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی اتحادیه اروپا: سیاست‌ها، قوانین و ساختار اجرایی، باهدف ارزیابی سیر رشد و ساختار تشکیلاتی موضوع حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی از زمان آغاز سیاست‌های این حوزه در اتحادیه اروپا مطالعاتی انجام داده‌اند. آنها در بازه‌های زمانی مختلف از سال ۲۰۰۴ تا ۲۰۲۰ میلادی سیر تطور این موضوع را در اتحادیه اروپا مورد نقد و بررسی قرار داده‌اند و چالش‌های این حوزه را شناسایی و معرفی کرده‌اند [۱۴].

ردیف	نام پژوهش	نویسندگان	سال اثر	بوم‌شناسی	موضوع پژوهش
۱	تدابیر و راهکارهای پدافند غیرعامل در حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی جمهوری اسلامی ایران	پورشاسب و نظری نژاد	۱۳۹۹	داخلی	شناسایی زیرساخت‌های حیاتی کشور و تهدیدات اصلی آنها به همراه ارائه راهکارهای اجرایی پدافند غیرعامل جهت کاهش آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها
۲	الگوی راهبردی حفاظت سایبری از زیرساخت‌های اطلاعاتی حیاتی جمهوری اسلامی ایران	تقی‌پور و همکاران	۱۳۹۸	داخلی	شناسایی ابعاد و مولفه‌های حفاظت سایبری از زیرساخت‌های حیاتی به همراه اولویت‌بندی مؤلفه‌ها با عطف توجه به زیرساخت‌های اطلاعاتی
۳	راهبردهای نوین حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی	میر یوسفی و غفار پور	۱۳۹۹	داخلی	بیان راهبردهای حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی به همراه تحلیل مفاهیمی چون تاب‌آوری. به‌علاوه بیان اهداف، الزامات و چالش‌های راهبردی پیشروی موضوع حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی
۴	تدوین و ارائه ی الگوی ارزیابی تهدیدات، آسیب‌پذیری و تحلیل خطرپذیری زیرساخت‌های حیاتی با تأکید بر پدافند غیرعامل	مشهدی و امینی ورکی	۱۳۹۴	داخلی	ارزیابی تهدیدات، آسیب‌پذیری‌ها و خطرپذیری در زیرساخت‌های حیاتی و ارائه چهارچوبی در این زمینه ارزیابی ریسک
۵	شناسایی ریسک زیرساخت‌های حیاتی سیستم فاضلاب شهری با رویکرد پدافند غیرعامل	طهرانی و پیشرو	۱۳۹۹	داخلی	شناسایی ۴۸ نوع تهدید و آسیب‌پذیری در سیستم فاضلاب شهری و ارائه راهکارهای پدافندی جهت کاهش آسیب‌پذیری‌های پدافند غیرعامل
۶	چهارچوب ارزیابی ریسک تأمین آب در شرایط بحران	نکویی و همکاران	۲۰۲۲	خارجی	ارائه روشی مفهومی برای ارزیابی ریسک این زیرساخت با بهره‌گیری از نرم‌افزار Arc GIS و پیاده‌سازی آن در شهر کرمانشاه به‌عنوان نمونه موردی
۷	آموزش امنیت سایبری در حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی: مقاله مروری	چودهری و کیولوس	۲۰۲۱	خارجی	معرفی روشی خلاقانه و جدید برای دستیابی به روش آموزش امنیت سایبری در زیرساخت‌ها به‌خصوص با تمرکز بر زیرساخت‌های حوزه انرژی و هسته‌ای

جدول شماره ۱- جدول جمع‌بندی پیشینه‌ها

ردیف	نام پژوهش	نویسندگان	سال اثر	بوم‌شناسی	موضوع پژوهش
۸	رها شده در تاریکی: موانع تحصیل و پیاده‌سازی حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی	گروه و همکاران	۲۰۲۱	خارجی	شناسایی چالش‌ها و موانع حکمرانی حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی در کشور سوئد و ارائه راهکارهای برطرف نمودن چالش‌ها
۹	آموزش حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی و تاب‌آوری با بهره‌گیری از رزمایش‌ها و مرکز عملیات اضطراری مجازی: آزمونی از گزارش‌های دانش‌آموختگان کشور امارات	دل گروسو و آریکاتی	۲۰۲۲	خارجی	بررسی و معرفی برنامه‌های آموزشی آکادمی ریدان کشور امارات متحده عربی در حوزه حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی و تاب‌آوری و همچنین معرفی سیاست‌های کشور امارات متحده عربی در زمینه حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی
۱۰	مرور مفهومی معماری حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی اتحادیه اروپا: سیاست‌ها، قوانین و ساختار اجرایی	گریگالاشویلی و آبیاشویلی	۲۰۲۱	خارجی	ارزیابی سیر رشد و ساختار تشکیلاتی موضوع حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی از زمان های این حوزه در آغاز سیاست اتحادیه اروپا از سال ۲۰۰۴ تا ۲۰۲۰

جدول شماره ۱- جدول جمع‌بندی پیشنهادها

علم‌سنجی، روش‌های تحلیل شبکه، آمار توصیفی و تحلیلی و فنون مصورسازی استفاده شده است.

تحلیل هم‌واژگانی به‌عنوان یک روش تحلیل محتوا در حوزه علم‌سنجی، بر مبنای هم‌رخدادی واژگان عمل می‌کند [۱۵]. برای گردآوری اطلاعات از پایگاه Web of Science استفاده شده است. برای خوشه‌بندی و ترسیم نقشه‌ها اطلاعات گزارش کامل مقالات مانند عنوان، چکیده، کلیدواژه‌ها، منابع، تعداد صفحات، نویسندگان، اطلاعات مجله، از وبسایت Web of Science در فایل‌های متنی ذخیره گردید تا در ادامه مورد بهره‌برداری قرار گیرد. واژه کلیدی مورد جستجو در سایت، Critical Infrastructure Protection و بازه زمانی مورد انتخاب از سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱ میلادی بود.

همانگونه که بیان شد طی سالیان گذشته پژوهش‌های بسیار متعدد و متنوعی در حوزه حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی در کشورهای مختلف از جمله کشور جمهوری اسلامی ایران به انجام رسیده است که تنها به بخشی از آنها اشاره گردید. اما همانگونه که جدول بالا نشان می‌دهد و بررسی‌های محققین نیز حاجی از آن است، تاکنون در زمینه علم‌سنجی حوزه حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی اقدام موثری صورت نگرفته است.

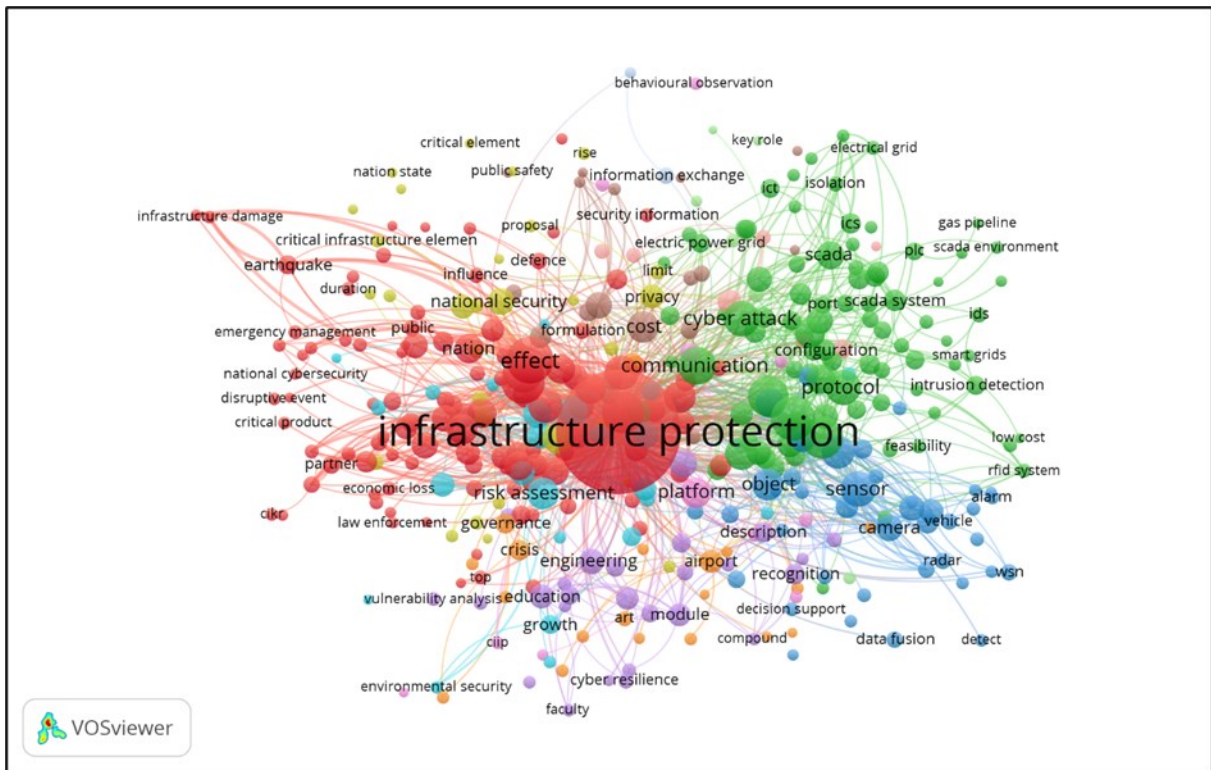
روش تحقیق و ابزارها

در این پژوهش که از منظر هدف کاربردی و نوع روش بکار گرفته شده توصیفی - تحلیلی به شمار می‌رود از تحلیل‌های

در بخش هم‌واژگانی تجزیه و تحلیل گرافیکی هم رخدادی واژگان و ترسیم درخت‌واره دانشی حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی دنبال گردید. برای اندازه‌گیری قدرت روابط بین مفاهیم از شاخص شمول و شاخص نزدیکی (شاخص‌های فراوانی وقوع هم‌زمان واژگان) استفاده شد. براین اساس، مفاهیم در گروه‌ها، خوشه‌بندی شده و در نقشه‌های شبکه نمایش داده می‌شوند. برای این کار از نرم‌افزار VOSviewer استفاده شده است.

نرم‌افزار VOSviewer نقشه‌های علم‌سنجی را تولید و ادبیات علمی را مصورسازی می‌کند. همچنین از رویکردی واحد برای ترسیم نقشه و خوشه‌بندی بر اساس ماتریس هم رخدادی واژگان نرمال‌سازی شده استفاده می‌کند و قدرت ارتباط بین واژگان را محاسبه می‌کند. اصطلاحات بسیار نزدیک به هم را در یک خوشه قرار می‌دهد و هر خوشه را با رنگ مشابه نمایش می‌دهد. مجاورت اصطلاحات نشانه‌ای شباهت‌های زمینه‌ای که در آن رخ می‌دهد تفسیر می‌شود. علاوه بر این VOSviewer کلیدواژه‌ها را از نظر سال با رنگ آمیزی تفکیک می‌کند و قادر به

نمایش با اندازه فونت و مستطیل‌های محصور شده است. فونت‌ها و مستطیل‌های بزرگ‌تر نمایانگر اصطلاحات پرتکرارند [۱۶]. در این پژوهش در نرم‌افزار VOSviewer، مرتبه تکرار عدد ۶ لحاظ شد تا بار معنایی بهتری برای تولید نقشه علم‌سنجی به دست آید. پس از اخذ خروجی اولیه، ۴۵۹ واژه مورد شناسایی قرار گرفت که در این میان بخشی از واژگان، غیرمرتبط بوده و به شکل کاربرمحور از تحلیل نهایی حذف شدند تا خللی در نقشه نهایی حاصل نگردد. استراتژی شمارش واژگان به صورت تمام شمار انتخاب شده بود. در نهایت نقشه علم‌سنجی حاوی ۱۲ خوشه اصلی حاصل گردید که جزئیات آن در بخش تئوری و محاسبات ذکر شده است. در ادامه برای دستیابی به اطلاعات زیر خوشه‌ها و ترسیم نقشه‌های هریک از آنها به صورت مجزا، واژگان هر خوشه پس از شناسایی از لیست کلی واژگان انتخاب و با حذف سایر واژگان توسط کاربر، اقدام به تولید مجدد نقشه علم‌سنجی برای هر خوشه گردید. همچنین برای ترسیم نمودارهای منبعث از خوشه‌بندی‌ها از نرم‌افزار Xmind استفاده گردید.



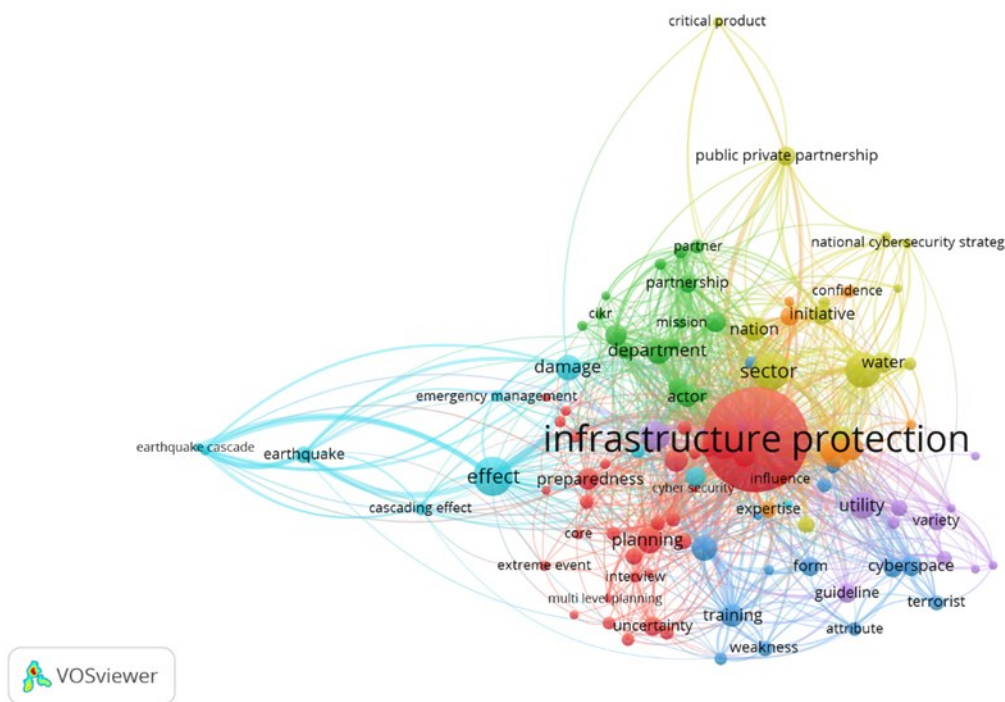
شکل شماره ۱- خوشه کلان

زیرساخت است که با توجه با واژه جستجو شده طبیعی به نظر می‌رسد. در ادامه ۴ خوشه اول مستخرج از نرم‌افزار VOSviewer مورد تحلیل قرار می‌گیرد.

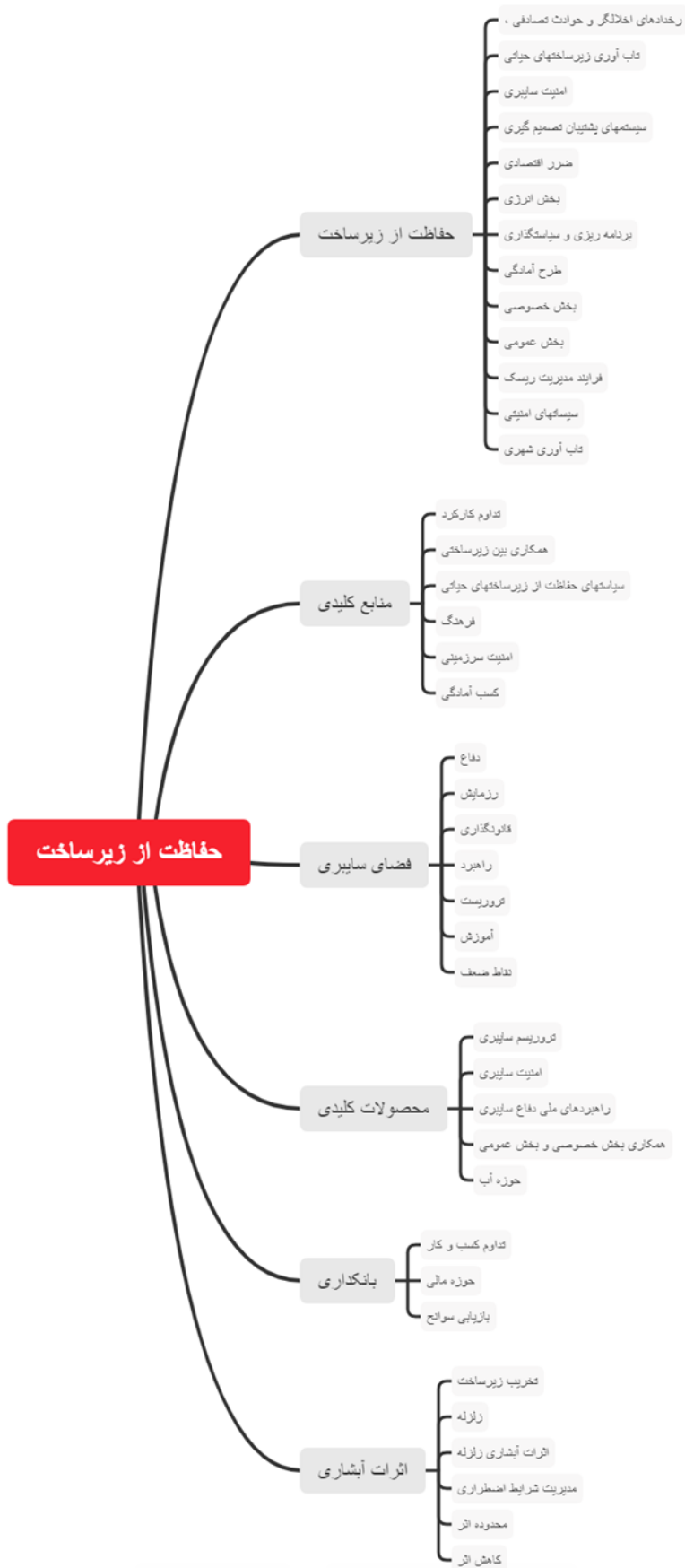
تحلیل خوشه اول

همان‌طور که بیان شد خوشه اول، خوشه اصلی با عنوان حفاظت از زیرساخت است که از ۱۰۹ واژه و ۷ زیر خوشه تشکیل شده است. اما تنها در میان واژگان ۵ زیر خوشه آن ارتباط معنایی وجود دارد. همچنین بررسی نقشه روند زمانی واژگان بیانگر آن است که در خوشه اول، واژگانی چون پیامدهای آبخاری زلزله و برنامه‌ریزی چندسطحی جدیدترین واژگان و واژگانی مانند تروریستو CIKR قدیمی‌تر هستند.

نتیجه تحلیل عبارت حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی Critical Infrastructure Protection در پایگاه وب علوم (Web of science) در بازه زمانی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱ میلادی به صورت یک خروجی متنی استخراج گردید. سپس این خروجی متنی که حاوی کلیه واژگان کلیدی، استنادات و اسامی نویسندگان پژوهش‌ها بوده، توسط نرم‌افزار VOSviewer فراخوانی و مورد تحلیل هم‌واژگانی قرار گرفت. نقشه علم‌سنجی تولیدشده توسط نرم‌افزار VOSviewer در شکل شماره یک با مرتبه تکرار ۶ برای هر واژه و حذف واژگان غیرمرتبط با موضوع ترسیم گردید. این نقشه حاوی ۱۲ خوشه گردید که در این میان، ۴ خوشه اول دارای بار معنایی قابل‌تحلیل بوده و در ادامه تحلیل‌ها معرفی گردیدند. خوشه اصلی، خوشه اول با واژه کلیدی حفاظت از



شکل شماره ۲- خوشه اول

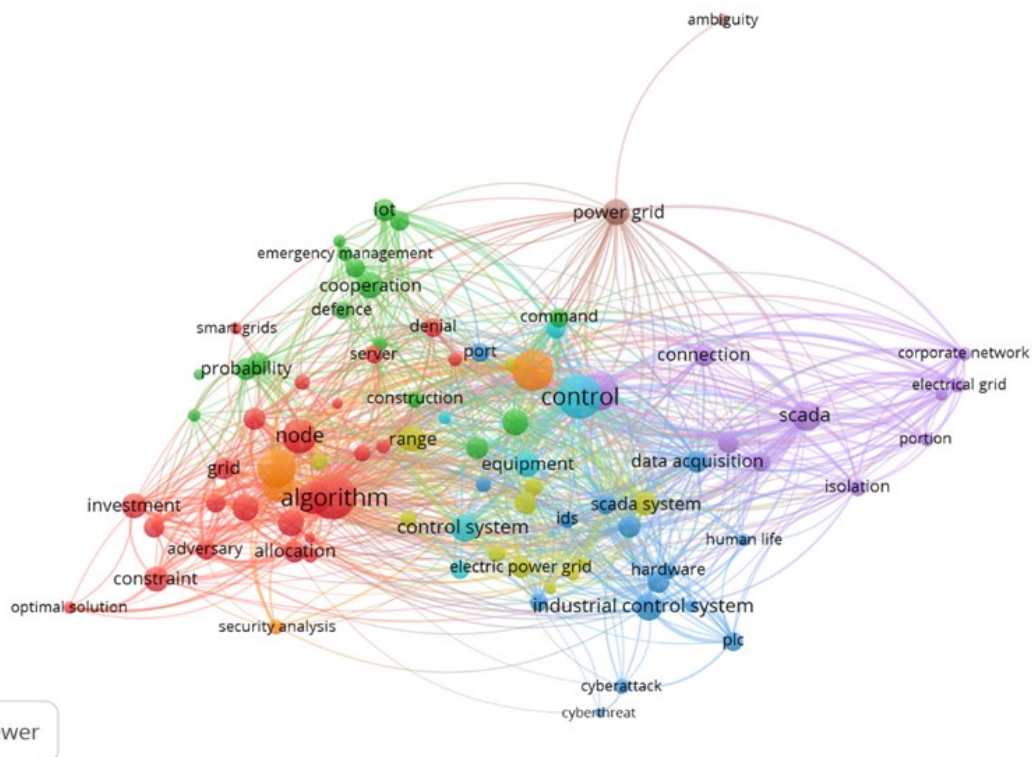


شکل شماره ۳- واژگان اصلی ذیل هریک از زیر خوشه‌های خوشه اول

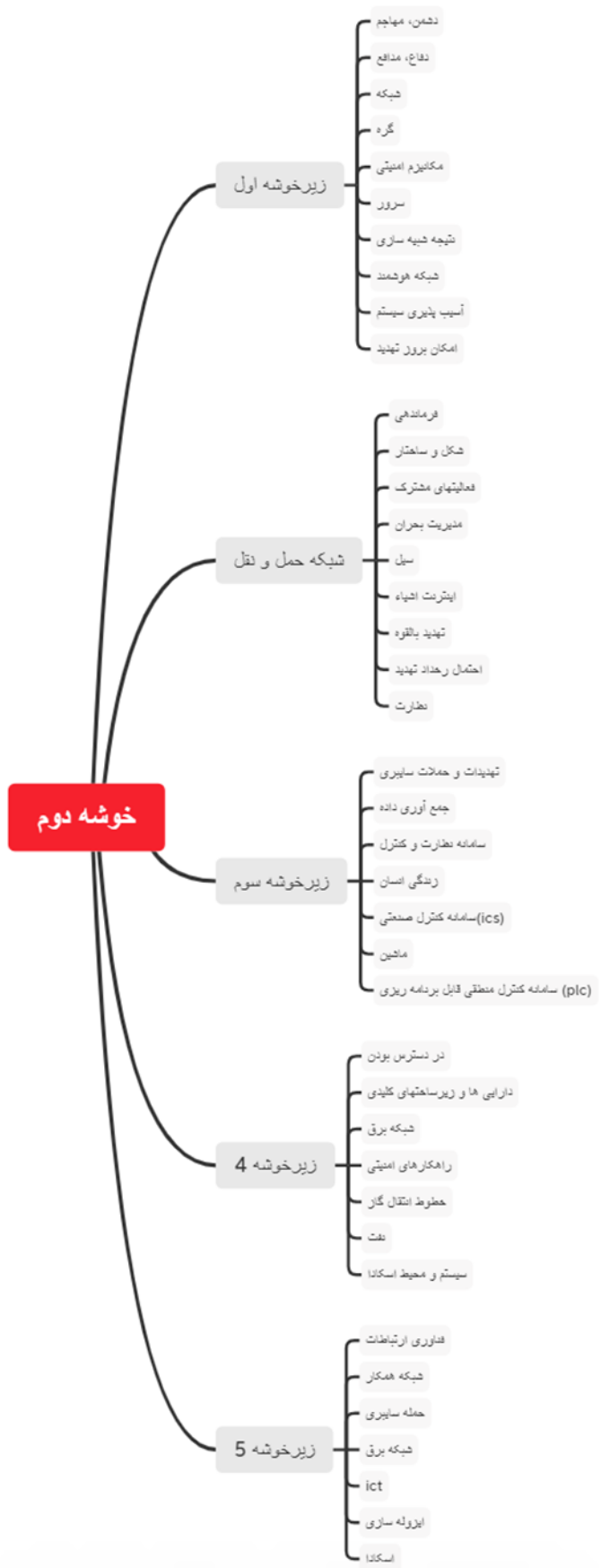
تحلیل خوشه دوم

اشیا و شبکه‌های هوشمند و قدیمی‌تر بودن واژگانی چون نرم‌افزار و فرماندهی در این زیر خوشه است.

خوشه دوم از ۸۹ واژه و ۸ زیر خوشه تشکیل شده است که در میان زیر خوشه‌ها بین واژگان ۵ زیر خوشه نوعی معناداری وجود داشت که به صورت زیر نشان داده شده است. بررسی روند زمانی خوشه دوم نیز حاکی از به‌روز بودن واژگانی چون اینترنت



شکل شماره ۴- خوشه دوم

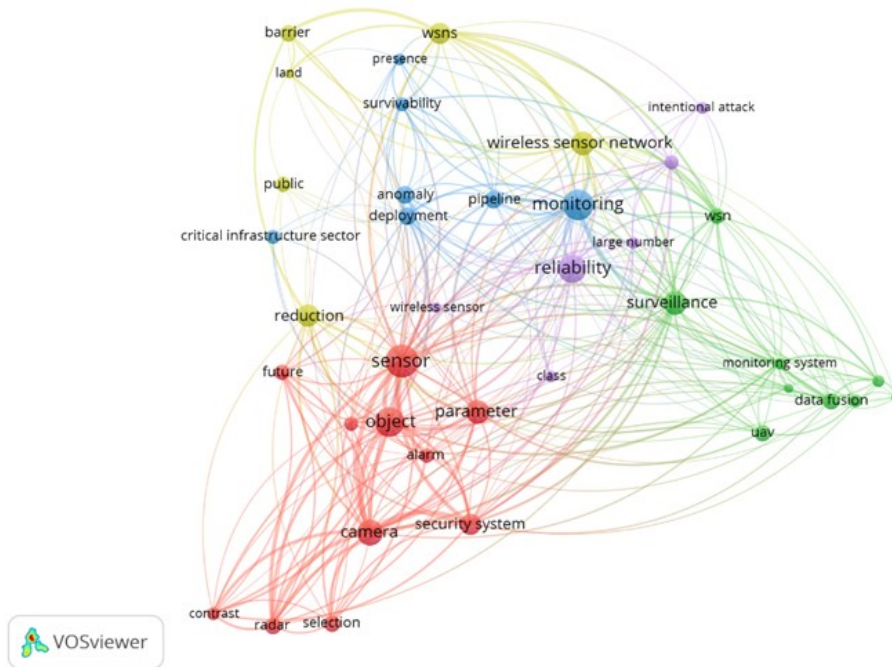


شکل شماره ۵- واژگان اصلی ذیل هر یک از زیر خوشه‌های خوشه دوم

تحلیل خوشه سوم

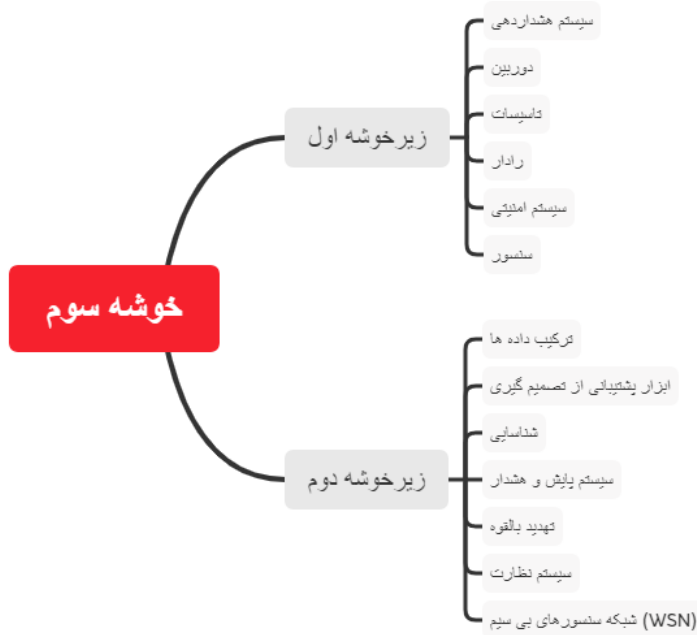
بررسی روند زمانی خوشه سوم نیز حاکی از آن است که واژگان پرنده بدون سرنشین و موانع، واژگان جدیدتر و واژگانی چون شبکه سنجنده‌های بی‌سیم و حملات عمدی واژگانی قدیمی‌تر در این خوشه هستند.

خوشه سوم از ۳۹ واژه و ۵ زیر خوشه تشکیل شده بود که مابین واژگان دو زیر خوشه آن ارتباط معنایی وجود داشت.



شکل شماره ۶- خوشه سوم

نمودار واژگان موجود در زیر خوشه‌های خوشه سوم به شکل زیر است:

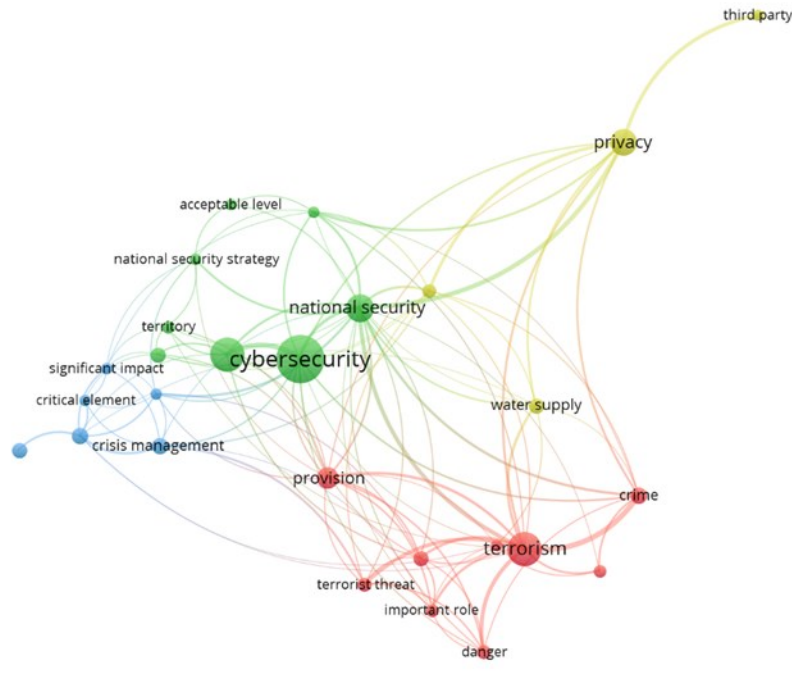


شکل شماره ۷- واژگان اصلی ذیل هر یک از زیر خوشه‌های خوشه سوم

تحلیل خوشه چهارم

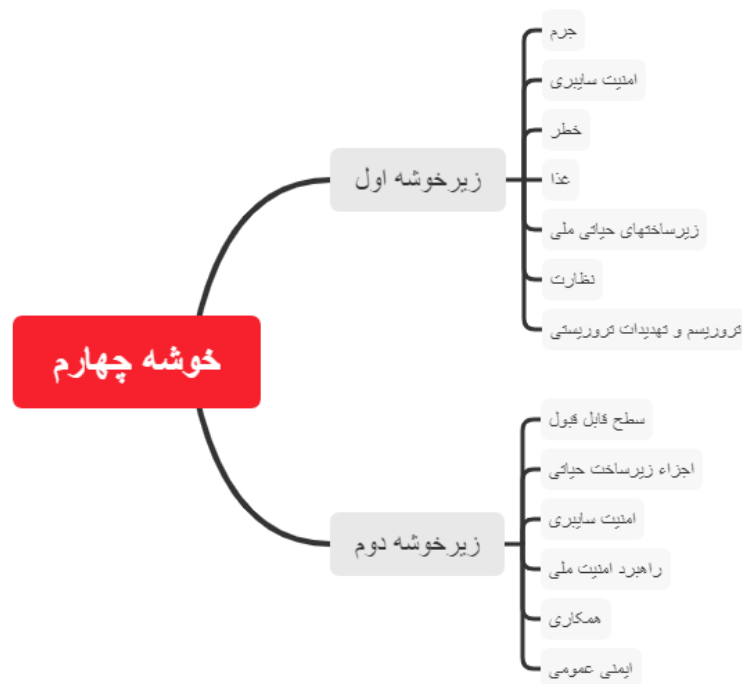
خوشه چهارم از ۲۷ واژه و ۴ زیر خوشه تشکیل شده است که از بین ۴ زیر خوشه موجود تنها بین ۲ زیر خوشه ارتباط معنایی

وجود داشت که در نمودار زیر قابل مشاهده است. بررسی زمانی خوشه چهارم نیز بیانگر جدید بودن واژه‌های چون امنیت سایبری در این خوشه و قدیمی بودن واژه «تروریسم» در این خوشه است.



شکل شماره ۶- خوشه چهارم

نمودار واژگان موجود در زیر خوشه‌های خوشه چهارم به شکل زیر است:



شکل شماره ۹- واژگان اصلی ذیل هر یک از زیر خوشه‌های خوشه چهارم

در میان سایر خوشه‌های به‌دست‌آمده از تحلیل نرم‌افزار VOSviewer معناداری خاصی که بتوان ترسیم نمودار نمود دیده

نمی‌شود. اما از میان آنها دو خوشه پنجم و ششم هر یک دارای یک زیر خوشه هستند که می‌توان بین واژگان آنها ارتباط برقرار نمود. در جدول زیر واژگان موجود در هر یک از این زیر خوشه‌های یادشده ارائه شده‌اند:

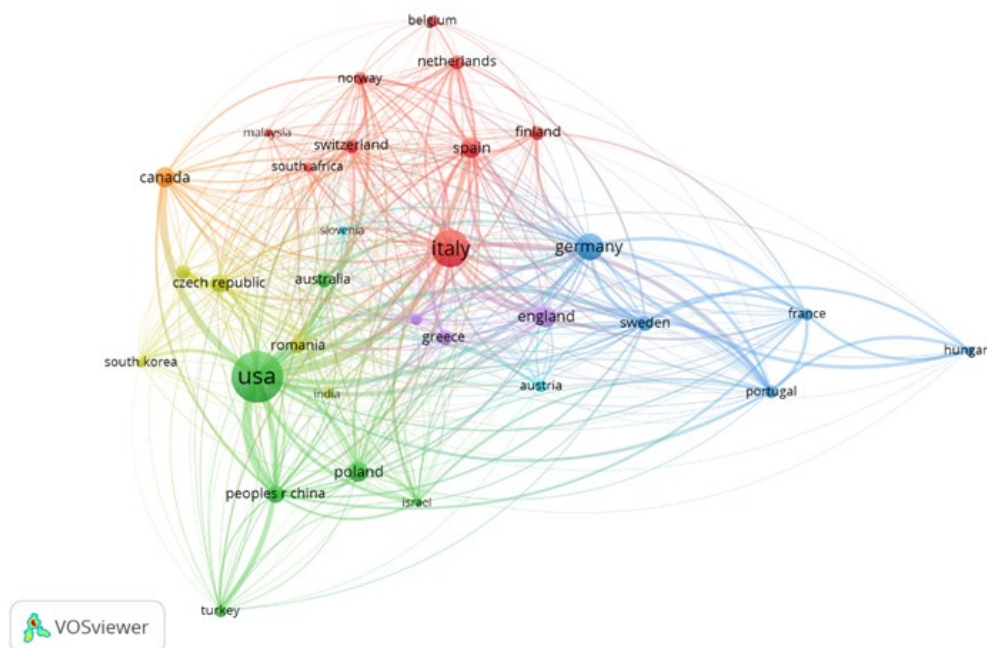
واژگان مرتبط در خوشه پنجم		واژگان مرتبط در خوشه ششم	
دفاع سایبری		ارزیابی ریسک	
تاب‌آوری سایبری		چهارچوب مدیریت ریسک	
امنیت اطلاعات		خطر	
ریسک امنیتی		بهداشت و سلامت	
به‌روزترین واژه	تاب‌آوری سایبری	به‌روزترین واژه	تغییرات آب‌وهوایی

جدول شماره ۲- جدول نتایج خوشه‌های پنجم و ششم

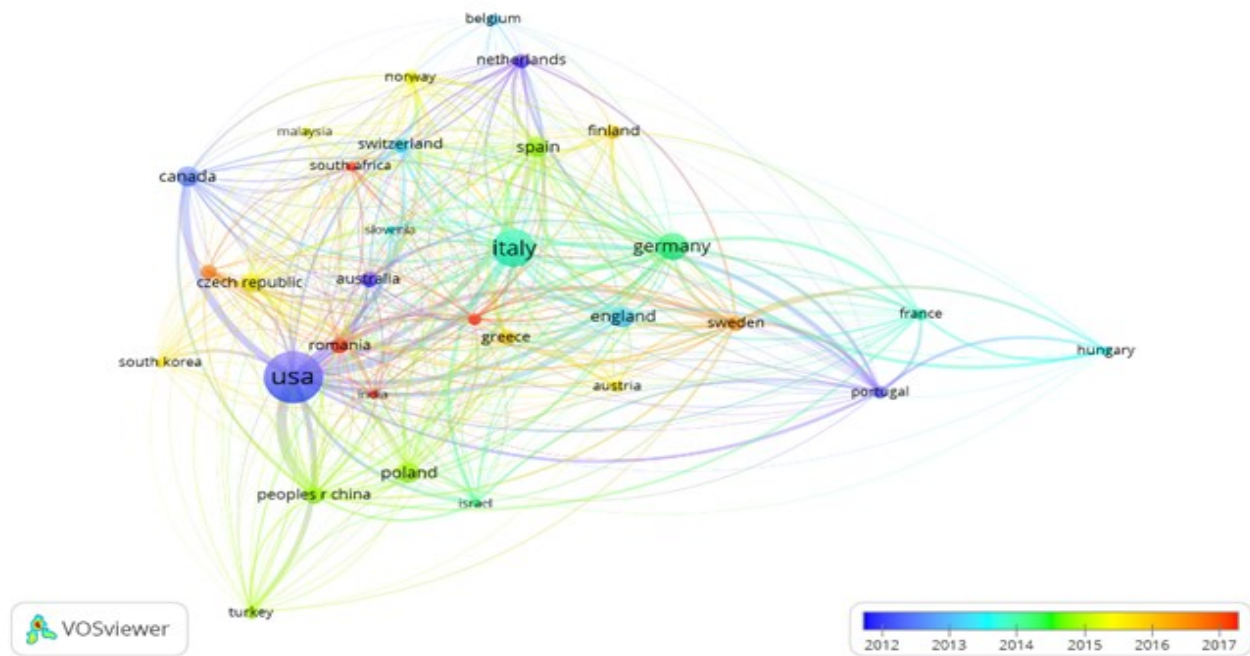
کشورهای پیشرو در زمینه پژوهش‌های علمی در حوزه حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی

نتیجه تحلیل انجام شده از مستندات علمی تولید شده توسط کشورهای مختلف از پایگاه Web of Science به‌وسیله نرم‌افزار VOSviewer حاکی از آن است که کشورهای آمریکا، ایتالیا و

آلمان به ترتیب حائز سه رتبه برتر در زمینه تولید علم در این زمینه هستند. همچنین بررسی نقشه زمانی تولیدات علمی بیانگر آن است که کشورهای چین آفریقای جنوبی، رومانی و هند طی سالیان اخیر روند روبه‌رشدی در پژوهش‌های علمی در این حوزه داشته‌اند.



شکل شماره ۱۰- خوشه‌بندی کشورهای تولیدکننده اسناد علمی در حوزه حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی



شکل شماره ۱۱- نقشه روند زمانی تولید محتوای علمی در حوزه حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی

Identifying, understanding, and analyzing critical infrastructure interdependencies (S.M. Rinaldi, 2001)

(شناسایی، درک و تحلیل اندرکنش‌های زیرساخت‌های حیاتی)

Critical Infrastructure Protection in Homeland Security: Defending a Networked Nation (Ted G. Lewis, 2006)

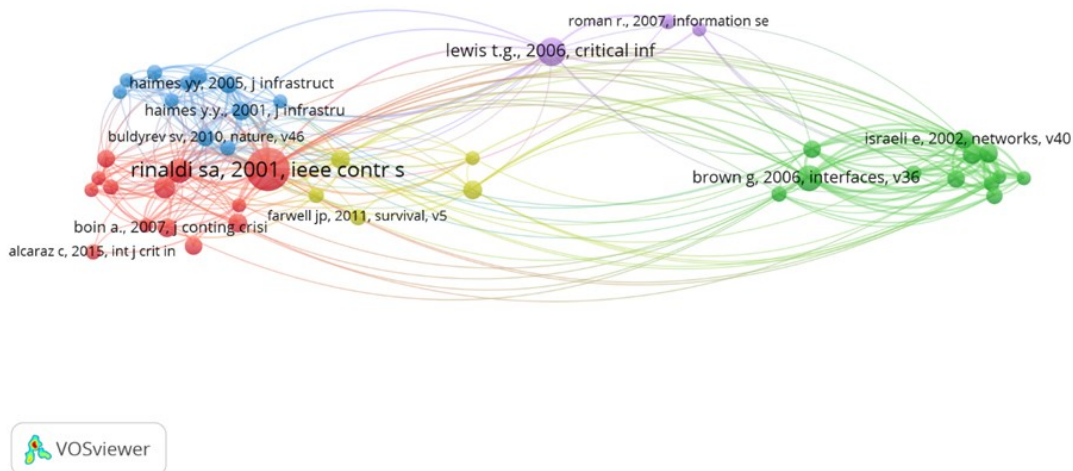
(حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی در امنیت ملی: دفاع از یک کشور شبکه‌ای)

Defending Critical Infrastructure (Gerald Brown, 2006)

(دفاع از زیرساخت حیاتی)

پراستنادترین نویسندگان

یکی از راه‌های شناسایی افراد کلیدی و نخبگان هر حوزه علمی در جهان شناسایی افرادی است که بیشترین استنادات علمی به پژوهش‌های آنها صورت گرفته است. بررسی‌های این پژوهش بیانگر آن بود که پراستنادترین افراد در حوزه حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی طی دو دهه اخیر به ترتیب آقایان استیون رینالدی (سال ۲۰۰۱)، تد لوییس^{۱۳} (سال ۲۰۰۶) و جرال براون (سال ۲۰۰۶) با آثار زیر بوده‌اند:



شکل شماره ۱۲- خوشه‌بندی پراستنادترین نویسندگان حوزه حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی

قرار گرفته است. در خوشه چهارم نیز موضوع ارتباط میان تروریسم، امنیت سایبری و حوزه‌هایی چون تأمین آب و غذا بسیار حائز اهمیت بودند. در زمینه پیشروترین کشورها در زمینه پژوهش و تولید مستندات علمی در حوزه حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی به ترتیب کشورهای آمریکا، ایتالیا و آلمان حائز سه رتبه برتر بودند و کشورهای آفریقای جنوبی، رومانی و هند به‌عنوان کشورهای دیگری که در حال رشد پژوهش‌ها در این زمینه طی سالیان اخیر بودند مورد شناسایی قرار گرفتند. همچنین آقایان استیون رینالدی، تد لوییس و جرالدر براون با آثاری که در متن مقاله به آنها اشاره شده است پراستنادترین نویسندگان در زمینه حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی هستند. در ادامه به‌منظور نمایش بهتر نتایج، جدول زیر طراحی و به نمایش گذاشته شده است:

آنچه از خروجی تحلیل‌های هم‌واژگانی صورت‌گرفته در این پژوهش حاصل گردید آن است که در خوشه اول از نقشه علم ترسیم شده برای موضوع حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی که اصلی‌ترین خوشه این پژوهش بود، واژگانی چون منابع کلیدی، محصولات کلیدی، فضای سایبری، بانکداری و اثرات آبخاری واژگان اصلی بودند. به عبارت بهتر، حوزه‌های حفاظت از منابع و محصولات کلیدی، فضای سایبر و بانکداری و اثرات آبخاری از مهم‌ترین و پرتکرارترین موضوعات در پژوهش‌های این حوزه هستند. در خوشه دوم، یکی از مهم‌ترین زیر خوشه‌ها مربوط به موضوعاتی چون سامانه‌های کنترل صنعتی، اسکادا و حملات سایبری بود که نشان از توجه ویژه دانشمندان این حوزه به این موضوعات دارد. در خوشه سوم، موضوع حفاظت فیزیکی از زیرساخت‌های حیاتی با مفاهیمی چون سامانه‌های هشداردهی، دوربین‌ها، سامانه‌های امنیتی، رادار و سنسورها بسیار مورد توجه

خوشه‌ها و واژگان اصلی	
منابع کلیدی	خوشه اصلی (اول)
محصولات کلیدی	
فضای سایبری	
بانکداری	
منابع کلیدی	خوشه دوم
سامانه‌های کنترل صنعتی	
اسکادا	
حملات سایبری	خوشه سوم
حفاظت فیزیکی از زیرساخت‌های حیاتی	
سامانه‌های هشداردهی	
دوربین‌ها	
سامانه‌های امنیتی	
رادار	خوشه چهارم
سنسورها	
تروریسم	
امنیت سایبری	خوشه پنجم
تأمین آب و غذا	
دفاع سایبری	
تاب‌آوری سایبری	
امنیت اطلاعات	
ریسک امنیتی	

خوشه‌ها و واژگان اصلی	
ارزیابی ریسک	خوشه ششم
چهارچوب مدیریت ریسک	
خطر	
بهداشت و سلامت	
نتیجه تحلیل کشورها	
آمریکا	کشورهای پیشرو
ایتالیا	
آلمان	
آفریقای جنوبی	کشورهای در حالی پیشرفت
رومانی	
هند	
نتیجه تحلیل نویسندگان و آثار	
استیون رینالدی (شناسایی، درک و تحلیل اندرکنش‌های زیرساخت‌های حیاتی)	اصلی‌ترین نویسندگان به همراه اثر
تد لوییس (حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی در امنیت ملی: دفاع از یک کشور شبکه‌ای)	
جرالد براون (دفاع از زیرساخت حیاتی)	

جدول شماره ۳- جدول جمع‌بندی نتایج

منابع

۱. شمسایی، فتح‌اله (۱۳۹۹). کتابنامه آیین افتتاحیه انجمن علمی حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی. تهران: سازمان پدافند غیرعامل کشور. (۵۹-۶۲)
۲. کاملی، بهروز؛ یزدانی، حمیدرضا حکیم، امین جعفری، سید محمد باقر، (۱۳۹۹). ترسیم قلمرو و خوشه‌بندی تحقیقات مدیریت دانش بر اساس تحلیل هم‌واژگانی مقالات نمایه شده در پایگاه وب علوم (WOS)، فصلنامه مدیریت نوآوری در سازمان‌های دفاعی، دوره ۳، شماره ۱۰.
۳. احمدی، حمید؛ و عصاره، فریده. (۱۳۹۶). مروری بر کارکردهای تحلیل هم‌واژگانی. *مطالعات ملی کتابداری و سازماندهی اطلاعات*، ۲۸ (۲۱)، ۱۲۵ - ۱۴۵.
۴. سالمی، نجمه؛ و کوشا، کیوان. (۱۳۹۲). مقایسه تحلیل هم استنادی و تحلیل هم‌واژگانی در ترسیم نقشه کتاب شناختی (مطالعه موردی: دانشگاه تهران). *پژوهشنامه پردازش و مدیریت اطلاعات*، ۲۹ (۱)، ۲۶۶-۲۵۳.
۵. پورشاسب، عبدالعلی؛ نظری نژاد، احمدعلی؛ (۱۳۹۹). تدابیر و راهکارهای پدافند غیرعامل در حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی جمهوری اسلامی ایران؛ فصلنامه مطالعات دفاعی استراتژیک؛ شماره ۸۲؛ ۳۱۳-۲۸۹.
۶. میریوسفی، سیدمحسن؛ غفارپور، رضا؛ (۱۳۹۹). راهبردهای نوین حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی. شماره ۴۳؛ ۱۴-۱.
۷. مشهدی، حسن؛ امینی ورکی، سعید؛ (۱۳۹۴). تدوین و ارائه‌ای الگوی ارزیابی تهدیدات، آسیب‌پذیری و تحلیل خطرپذیری زیرساخت‌های حیاتی با تأکید بر پدافند غیرعامل. *نشریه علمی-پژوهشی مدیریت بحران*. سال چهارم، شماره ۲، ۸۶-۶۹.
۸. میرزاابراهیم طهرانی، مهناز؛ پیشرو، نیما؛ (۱۳۹۹). شناسایی ریسک زیرساخت‌های حیاتی سیستم فاضلاب شهری با رویکرد پدافند غیرعامل؛ *مجله آب و فاضلاب*؛ شماره ۳۱؛ ۱۳۱-۱۲۰.

۹. میروسفی، سیدمحسن؛ غفارپور، رضا؛ (۱۳۹۹). راهبردهای نوین حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی. شماره ۴۳؛ ۱۴-۱.
۱۰. مشهدی، حسن؛ امینی ورکی، سعید؛ (۱۳۹۴). تدوین و ارائه‌ای الگوی ارزیابی تهدیدات، آسیب‌پذیری و تحلیل خطرپذیری زیرساخت‌های حیاتی با تأکید بر پدافند غیرعامل. نشریه علمی-پژوهشی مدیریت بحران. سال چهارم، شماره ۲، ۸۶-۶۹.
۱۱. میرزاابراهیم طهرانی، مهناز؛ پیشرو، نیما؛ (۱۳۹۹). شناسایی ریسک زیرساخت‌های حیاتی سیستم فاضلاب شهری با رویکرد پدافند غیرعامل؛ مجله آب و فاضلاب؛ شماره ۳۱؛ ۱۳۱-۱۲۰.
12. Nekooie, Mohammad Ali. Attari, Mohammad. Ghaffariankolahi, Arash. Rajai, Yaser. (2022). Risk assessment framework for the supply of water during a crisis. Proceedings of the Institution of Civil Engineers Water Management.
13. Chowdhury, Nabin; Gkioulos, Vasileios. (2021). Cyber Security training for critical infrastructure protection: A literature review.
14. Grobe, Christine; Olausson, Par M; Wallman-Lundusen, Susanne. (2021). Left in the dark: obstacles to studying and performing critical infrastructure protection. The Electronic Journal of Bussiness research method, 19(2), 58-70.
15. Del Grosso, Bill; Arlikatti, Sudha.(2022). Teaching critical infrastructure protection and resilience using exercises and weBOC: An Examination of UAE undergraduate students after-action reports. International Journal of Disaster Risk Reduction. No 68.
16. Grigalashvili, Vepkhvia; Abiashvili, Khatuna. (2021). CONCEPTUAL REVIEW OF THE EUROPEAN UNION CRITICAL INFRASTRUCTURE ARCHITECTURE: POLICY, LAW AND ADMINISTRATION, Social and Economic Aspects of Education in Modern Society. pp 10-17.
۱۷. محمدی، علی؛ علی محمدلو، مسلم؛ عباسی، عباس؛ خلیفه، مجتبی. (۱۳۹۸). تحلیل محتوا و هم‌واژگانی متغیرهای ابعاد عملیاتی و مالی زنجیره تامین. فصلنامه علمی مطالعات مدیریت صنعتی؛ شماره ۵۳، ۸۰-۳۵.
۱۸. درویش، آسیه. طبیبی، سیدجمال‌الدین. البرزی، محمود؛ و رادفر، رضا. (۱۳۹۷). بررسی روند تولیدات علمی در حوزه فناوری اطلاعات پرستاران. فصلنامه مدیریت پرستاری، ۷(۱)، ۷۲-۶۱.