



2

Vol. 5
Summer 2024

Research Paper

Received:
18 March 2024
Revised:
14 May 2024
Accepted:
31 May 2024
Published:
21 June 2024
P.P: 163-191ISSN: 2008-3564
E-ISSN: 2645-5285

Future Studies of the Islamic Revolution

Identification of developments, challenges, opportunities, and investigation of emerging trends in the field of chemical warfare agents (a scientometric study)

Seyed Mahdi Atifeh¹ | Mahdi Nasrollahzade^{2*} | Esmail Leali³

Abstract

In today's world, making strategic decisions to combat security threats is extremely vital, as the pace of scientific advancement is dramatically increasing and there is no room for delay or inefficiency. Analyzing scientific documents, including inventions, articles, provides us with valuable insights into the development of science and technology. Furthermore, these resources reveal more valuable perspectives on the interconnectedness within scientific networks of individuals, organizations, and countries, which are the foundation of contemporary scientific endeavors. Chemical warfare agents, due to their high potential for individual and societal devastating effects, are one of the major security threats to our country. Their clandestine production, easy dissemination, and destructive power make them an attractive tool for terrorist entities and hostile nations intending to create chaos and undermine the social stability of the country. In this study, we have investigated the scientometric analysis of openly published resources such as documents, articles, and patented inventions published in Web of Science and Lens databases in the past 10 years in the field of chemical warfare agents with the aim of identifying advances, developments, and various scientific challenges in this area. We have also utilized scientometric studies and visualization using VOS Viewer software to investigate and introduce keywords, emerging and growing topics, networks of elites and researchers, cooperation networks among the most important countries, companies, organizations, scientific and research centers in the past decade in the field of chemical warfare agents.

Keywords: Scientometric, Bibliometric, Chemical Warfare Agents, Future Studies.

1. Department of chemistry, Faculty of science, Imam Hussein University, Tehran, Iran.

kpatifeh@ihu.ac.ir

2. Corresponding author: Imam Hussein University, Tehran, Iran.

Nasrollahzadeh@ihu.ac.ir

3. Scholar of Department of Roshd, Imam Hussein University, Tehran, Iran.

Cite this Paper: Atifeh, S.M & Nasrollahzade, M & Leali, E (2024). Identification of developments, challenges, opportunities, and investigation of emerging trends in the field of chemical warfare agents (a scientometric study). *Future Studies of the Islamic Revolution*, 2(5), 163–191.

Publisher: Imam Hussein University

Authors



This article is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) (CC BY 4.0).



مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۲۸
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۲/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۱۱
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۴/۰۱
صص: ۱۶۳-۱۹۱شاپا چاپی: ۴۵۲۸-۲۰۰۸
الکترونیکی: ۲۶۴۵-۵۰۷۲

شناسایی تحولات، چالش‌ها، فرصت‌ها و بررسی روندهای پیش رو در حوزه عوامل شیمیایی جنگی (مطالعه علم‌سنجی)

سید مهدی عطیفه^۱ | مهدی نصراله‌زاده^{۲*} | اسماعیل لآلی^۳

چکیده

در دنیای امروز، اتخاذ تصمیمات استراتژیک برای مبارزه با تهدیدات امنیتی بسیار حیاتی است، زیرا سرعت پیشرفت علمی به طور چشمگیری در حال افزایش است و هیچ جایی برای تأخیر یا ناکارآمدی باقی نمی‌گذارد. تجزیه و تحلیل اسناد علمی، از جمله اختراعات، مقالات، به ما بینش‌های ارزشمندی در مورد توسعه علم و فناوری می‌دهد. فراتر از آن، این منابع چشم‌انداز ارزشمندتری را درباره ارتباط متقابل درون شبکه‌های علمی افراد، سازمان‌ها و کشورها آشکار می‌کنند که سنگ بنای تلاش‌های علمی معاصر هستند. عوامل شیمیایی جنگی، به دلیل پتانسیل بالا برای آسیب‌ها و پیامدهای ویرانگر فردی و اجتماعی، یکی از تهدیدات بزرگ امنیتی برای کشورمان می‌باشند. تولید مخفیانه، انتشار آسان و قدرت کشنده، آن‌ها را به ابزاری جذاب برای نهادهای تروریستی و کشورهای متخاصم تبدیل می‌کند که قصد ایجاد هرج و مرج و تضعیف ثبات اجتماعی کشور را دارند. در این مطالعه، به بررسی علم‌سنجی منابع آشکار منتشر شده نظیر اسناد، مقالات و ثبت اختراعات منتشر شده در پایگاه‌های اطلاعاتی وب علوم و لنز در ۱۰ سال اخیر در حوزه عوامل شیمیایی جنگی باهدف شناسایی پیشرفت‌ها، تحولات و چالش‌های مختلف علمی در این حوزه پرداخته‌ایم. همچنین با استفاده از مطالعات علم‌سنجی و تصویرسازی که با استفاده از نرم‌افزار VOS Viewer صورت گرفته است به بررسی و معرفی کلیدواژه‌ها، موضوعات نوظهور و روبه‌رشد، شبکه نخبگان و محققین، شبکه همکاری میان مهم‌ترین کشورها، شرکت‌ها، سازمان‌ها، مراکز علمی و تحقیقاتی در ده سال اخیر در حوزه عوامل شیمیایی جنگی پرداخته‌ایم.

کلیدواژه‌ها: علم‌سنجی، کتاب‌سنجی، عوامل شیمیایی جنگی، آینده پژوهی.

۱. مرکز شیمی، دانشکده و پژوهشکده علوم پایه، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، تهران، ایران.

۲. نویسنده مسئول: دانشگاه جامع امام حسین (ع)، تهران، ایران.

۳. مرکز رشد، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، تهران، ایران.

kpatifeh@ihu.ac.ir

Nasrollahzadeh@ihu.ac.ir

استناد: عطیفه، سید مهدی و نصراله‌زاده، مهدی و لآلی، اسماعیل (۱۴۰۳). شناسایی تحولات، چالش‌ها، فرصت‌ها و بررسی روندهای پیش رو در حوزه عوامل شیمیایی جنگی (مطالعه علم‌سنجی)، *نشریه علمی آینده پژوهی انقلاب اسلامی*، ۲(۵)، ۱۶۳-۱۹۱.

ناشر: دانشگاه جامع امام حسین (ع) نویسنده

این مقاله تحت لیسانس آفرینندگی مردمی (Creative Commons License- CC BY) در دسترس شما قرار گرفته است.



مقدمه و بیان مسئله

عوامل شیمیایی جنگی^۱ (CWA) به عنوان منادی ترس و ویرانی هستند و تهدیدی بزرگ برای امنیت جهانی و امنیت عمومی کشور هستند. تولید مخفیانه، انتشار آسان و قدرت کشنده CWA را به ابزاری مطلوب برای سازمان‌های تروریستی و دشمنان کشور تبدیل می‌کند که به دنبال ایجاد هرج و مرج، ایجاد تلفات گسترده و تضعیف ثبات اجتماعی کشورمان هستند. در عصری که شیخ تروریسم بر سراسر جهان سایه افکنده است، درک ماهیت، اثرات و اقدامات متقابل علیه CWA صرفاً یک موضوع کنجکاوی دانشگاهی نیست، بلکه یک امر ضروری برای محافظت از جان انسان‌ها و حفظ انعطاف پذیری اجتماعی است. برخلاف تسلیحات متعارف، که ممکن است به مکانیسم‌های حمل و نقل پیچیده و پشتیبانی لجستیکی نیاز داشته باشند، CWA ابزاری برای آسیب رساندن با سهولت نسبی و حداقل منابع به دشمنان و تروریست‌ها ارائه می‌دهند (Henderson, Petrikovics, Kikilo, Ternay, & Salem, ۲۰۱۹). ماهیت این عوامل شیمیایی امکان انتشار مخفیانه را فراهم می‌کند و مهاجمان را قادر می‌سازد مناطق پرجمعیت، زیرساخت‌های حیاتی و نقاط دیدنی نمادین را با اثرات مخرب هدف قرار دهند و وحشت را به جامعه القا کنند (Salem, Ternay Jr, & Smart, ۲۰۱۹). تجربه تلخ بمباران شیمیایی شهر سردشت در جنگ ایران و عراق و عدم آمادگی مناسب برای مقابله موثر و نجات جان بی‌گناه شهروندان و مبارزان از جمله مواردی است که اهمیت این حوزه تحقیقاتی را برای کشورمان چند برابر و پررنگ تر می‌کند (Farashbandi, & Shoaie, -Nokhodian, Zare, ۲۰۱۵).

مطالعه و بررسی اسناد علمی منتشره در حوزه CWA برای مقابله با این تهدید چندوجهی امری ضروری است. به عنوان مثال، با بررسی مکانیسم‌های مولکولی، سم‌شناسی و فارماکولوژی این عوامل شیمیایی، محققان می‌توانند بینش‌های مهمی در مورد نحوه عملکرد، تداوم و قابلیت تشخیص آن‌ها به دست آورند (Henderson et al., ۲۰۱۹). چنین دانشی سنگ بنای آمادگی، پاسخ، و استراتژی‌های کاهش موثر با هدف به حداقل رساندن تاثیر حملات CWA و افزایش انعطاف پذیری جوامع آسیب دیده را تشکیل می‌دهد. علاوه بر این، تجزیه و تحلیل اسناد علمی منتشر شده امکان شناسایی گرایش‌ها، آسیب‌پذیری‌ها و نوآوری‌های در حال ظهور در حوزه

1 Chemical Warfare Agents

تروریسم مبتنی بر CWA را فراهم می‌کند. همانطور که تاکتیک‌های تروریستی تکامل می‌یابند و با اقدامات متقابل سازگار می‌شوند، در جریان آخرین یافته‌های تحقیقاتی قرار گرفتن برای پیش‌بینی و پیشگیری از تهدیدات آتی ضروری است (استادی & عرب بافرانی، ۲۰۲۰).

علم سنجی یک حوزه میان رشته‌ای و چند رشته‌ای از علم است که از روش‌های کمی برای تجزیه و تحلیل و اندازه‌گیری خروجی، ارتباطات و تأثیر علمی استفاده می‌کند (Liu & He, ۲۰۲۳). این حوزه شامل بررسی سیستماتیک جنبه‌های مختلف تحقیقات علمی، مانند انتشارات، استنادات، شبکه‌های همکاری افراد، سازمان‌ها و کشورها و داده‌های ثبت اختراع، با هدف درک ساختار و پویایی فعالیت‌های علمی است (Liu & He, ۲۰۲۳). علم سنجی نقش مهمی در ارزیابی تأثیر پژوهشگران، سازمان‌ها و کشورها در کل حوزه‌های مطالعاتی دارد. این علم با استفاده از ابزارها و معیارهای آماری، مانند تعداد اسناد منتشره، شبکه همکاری، تعداد استناد، شاخص‌های گوناگون و عوامل تأثیر، بینش‌های ارزشمندی را در مورد روندهای تحقیقاتی، انتشار دانش، و تأثیر اجتماعی تلاش‌های علمی در سال‌های گذشته ارائه می‌دهد (احمدی، تولایی، مهدی، & طاهری، ۲۰۲۱). علاوه بر این رویکرد کمی به تصمیم‌گیری آگاهانه در مورد شناسایی حوزه‌های تحقیقاتی نوظهور و درک کلی از چشم‌انداز علمی آینده کمک شایانی می‌کند. ابزارهای علم‌سنجی در تجزیه و تحلیل کمی تحقیقات علمی، به محققان، مؤسسات و جامعه علمی بینش ارزشمندی در مورد ساختار، تأثیر و روندهای یک حوزه خاص ارائه می‌دهند (شرفی & ناخدا، ۲۰۱۹). این ابزارها از معیارهای مختلف، داده‌های کتاب‌شناختی و تکنیک‌های تجسم برای بررسی سیستماتیک خروجی‌های علمی، استاداها و شبکه‌های همکاری استفاده می‌کنند. آن‌ها نقش مهمی در تسهیل تصمیم‌گیری مبتنی بر شواهد، شناسایی نشریات تأثیرگذار، و نقشه برداری از چشم‌انداز در حال تکامل تحقیقات دارند (مومیوند، حسنی آهنگر، طهماسب کاظمی، صالح نژاد، & کاملی، ۲۰۲۲).

در میان مجموعه متنوع ابزارهای علم‌سنجی، نرم‌افزار VOS Viewer به دلیل قابلیت‌های قوی خود در تجسم و تجزیه و تحلیل داده‌های کتاب‌سنجی متمایز است. VOS Viewer، یک ابزار علم‌سنجی نوآورانه که توسط نیس جان ون اک ۱ و لودو والتمن ۲ در دانشگاه لیدن ۱ هلند

1 Nees Jan van Eck

2 Ludo Waltman

توسعه یافته است، به محققان و مؤسسات این امکان را می‌دهد تا پیچیدگی‌های چشم‌اندازهای علمی را کشف کنند (van Eck & Waltman, ۲۰۱۰). این نرم‌افزار تجسم‌های بصری شبکه‌ای را ارائه می‌دهد که امکان به تصویر کشیدن الگوهای همکاری، روابط هم‌نویسندگی و شبکه‌های استناد را ایجاد می‌کند. ویژگی‌های کلیدی آن شامل الگوریتم‌های خوشه‌بندی پیشرفته برای گروه‌بندی اسناد، نویسندگان یا کلمات کلیدی مرتبط، آشکار کردن غلظت‌های موضوعی و گروه‌های پژوهشی تأثیرگذار است. همچنین تجزیه و تحلیل روند زمانی نرم‌افزار امکان ردیابی تکامل تحقیقات در طول زمان را فراهم می‌کند. به طور کلی این نرم‌افزار ابزار جامعی را برای محققان فراهم می‌کند تا داده‌های پیچیده علم‌سنجی را کاوش، تفسیر و تجسم کنند، و آن را به یک دارایی ارزشمند برای دستیابی به بینش‌های عمیق‌تر در مورد پویایی همکاری، روندهای تحقیقاتی و تأثیر خروجی پژوهش‌ها تبدیل می‌کند (van Eck & Waltman, ۲۰۱۰).

در زمینه CWA، علم‌سنجی می‌تواند ابزاری قدرتمند برای ارزیابی سیستماتیک روندهای تحقیقاتی، تأثیرات و الگوهای همکاری افراد، سازمان‌ها و کشورها در این زمینه بسیار حساس باشد. علم‌سنجی در ارزیابی چشم‌انداز علمی مرتبط با CWA با استفاده از روش‌های آماری برای تجزیه و تحلیل تحقیقات، استنادها و شبکه‌های مشارکتی بسیار مفید است و امکان ارزیابی کمی از تأثیر تحقیقات این حوزه را فراهم می‌کند (Salouti et al., ۲۰۲۰). معیارهایی مانند تعداد اسناد منتشره و تعداد استنادها به شناسایی مطالعات و محققان تأثیرگذار کمک می‌کند و بینش‌هایی را در مورد اهمیت مشارکت و همکاری بین آن‌ها ارائه می‌دهد. با بررسی روند انتشار و کلمات کلیدی و نقشه‌های ارتباطی آن‌ها، علم‌سنجی دیدگاه جامعی از چشم‌انداز تحقیقات در حال تکامل در حوزه CWA در سالیان اخیر را ارائه می‌دهد. این دیدگاه شامل شناسایی موضوعات در حال ظهور، پیشرفت‌های تکنولوژیکی و شکاف‌های دانش بالقوه موجود است (Moran, ۲۰۲۱). تحلیل‌های علم‌سنجی الگوهای همکاری میان محققان، سازمان‌ها و کشورهایی را که در حال مطالعه و تحقیق بر روی حوزه CWA هستند، نشان می‌دهد. درک این شبکه‌های همکاری برای رصد و شناسایی تهدیدات بین‌المللی و رسیدگی به نگرانی‌های امنیتی کشورمان بسیار مهم است (استادی & عرب بافرانی, ۲۰۲۰). علم‌سنجی به ارزیابی نحوه انتشار دانش در حوزه CWA

در قالب پلتفرم‌های مختلف از جمله مجلات، کنفرانس‌ها و مخازن آنلاین کمک می‌کند. این اطلاعات برای ردیابی و بررسی نحوه پیشبرد تحقیقات آتی کشور در این حوزه حیاتی است. در این مطالعه، با بررسی علم‌سنجی و کتاب‌سنجی منابع آشکار منتشر شده نظیر اسناد، مقالات و ثبت اختراعات منتشر شده در سال‌های اخیر به شناسایی و بررسی پیشرفت‌ها، تحولات و چالش‌های مختلف در حوزه CWA پرداخته‌ایم. همچنین با استفاده از مطالعات علم‌سنجی و تصویرسازی که با استفاده از نرم‌افزار VOS Viewer و پایگاه منابع علمی سراج صورت گرفته است به بررسی و معرفی کلیدواژه‌ها، موضوعات نوظهور، شبکه‌های نخبگان و محققین، شبکه همکاری میان مهم‌ترین کشورها، شرکت‌ها، سازمان‌ها، مراکز علمی و تحقیقاتی در ده سال اخیر در حوزه CWA پرداخته‌ایم.

مبانی نظری پژوهش

عوامل شیمیایی جنگی

CWA، به دلیل پتانسیل بالا برای آسیب‌ها و پیامدهای ویرانگر فردی و اجتماعی، یک تهدید بزرگ برای امنیت جهانی می‌باشند (Salem et al., 2019). درک مبانی نظری CWA برای درک مکانیسم‌های عمل آن‌ها، توسعه اقدامات متقابل موثر و محافظت در برابر استفاده مخرب آن‌ها در جنگ یا تروریسم بسیار مهم است. CWA مجموعه متنوعی از مواد سمی را در بر می‌گیرد که برای استفاده در جنگ یا اقدامات تروریستی مهندسی شده‌اند. این عوامل بر اساس ساختار شیمیایی و نحوه عملکردشان به چهار دسته اصلی عوامل عصبی، تاول‌زاها، خفه‌کننده‌ها و عوامل خونی دسته‌بندی می‌شوند (Henderson et al., 2019). درک زیربنای نظری CWA شامل بررسی خواص شیمیایی، اثرات فیزیولوژیکی و شیوه‌های انتشار آن‌ها می‌شود. موضوع CWA یک حوزه تحقیقاتی پیچیده است که حوزه‌های بین‌رشته‌ای متعددی را در بر می‌گیرد. تلاش‌های تحقیقاتی در موضوعات مختلف، از جمله شیمی و سم‌شناسی، تمرکز بر درک ترکیب آن‌ها، مکانیسم‌های سمیت، سرنوشت محیطی بررسی می‌شوند (Mphuthi et al., 2023). تحقیقات نظامی و دفاعی بر توسعه فن‌آوری‌های تشخیص، تجهیزات حفاظتی و استراتژی‌های رفع آلودگی برای مقابله موثر با تهدیدات CWA متمرکز است (Timperley et al., 2019).

تلاش‌های بهداشت عمومی و پاسخ پزشکی بر توسعه پروتکل‌های درمانی، روش‌های نظارت بر سلامت، و مداخلات روان‌شناختی برای کاهش اثرات بهداشتی و اجتماعی قرار گرفتن در معرض CWA متمرکز است. (Timperley et al., ۲۰۱۹) علاوه بر این، ملاحظات قانونی و اخلاقی پیرامون استفاده از CWA، کنوانسیون‌های بین‌المللی و ابتکارات خلع سلاح، یکی دیگر از حوزه‌های مهم تحقیق را تشکیل می‌دهند (Arustamian, Tkachishin, & Aleksiiichuk, ۲۰۲۲). بررسی همکاری‌های میان رشته‌ای در این زمینه‌ها برای کشف و رسیدگی به چالش‌های ناشی از CWA و افزایش آمادگی در برابر این تهدیدات شیمیایی امری ضروری است.

علم‌سنجی

علم‌سنجی ریشه در حوزه وسیع‌تر کتاب‌سنجی دارد که در اواخر قرن نوزدهم ظهور کرد. اصطلاح "علم‌سنجی" در اواسط قرن بیستم زمانی که محققان شروع به استفاده از روش‌های کمی برای تجزیه و تحلیل فعالیت‌های علمی کردند، محبوبیت پیدا کرد (Liu & He, ۲۰۲۳). این زمینه با ظهور فناوری‌های دیجیتال و در دسترس بودن پایگاه‌های داده کتاب‌شناختی بزرگ، رشد قابل توجهی را تجربه کرد که امکان تحلیل‌های جامع و پیچیده‌تر را فراهم می‌کرد. علم‌سنجی مطالعه کمی علم است که از روش‌های آماری و ریاضی برای تجزیه و تحلیل جنبه‌های مختلف تحقیقات علمی استفاده می‌کند. این شامل اندازه‌گیری خروجی علمی، الگوهای همکاری، تاثیر استناد، و کاوش در ارتباطات بین‌رشته‌ای است. هدف کلی این حوزه درک ساختار و پویایی ارتباطات علمی، انتشار دانش و تاثیر مشارکت‌های پژوهشی و آینده‌پژوهی است (Liu & He, ۲۰۲۳).

علم‌سنجی، عمیقاً تحت تاثیر چندین عامل پویا است که تکامل و روش‌شناسی آن را شکل می‌دهند. ظهور پیشرفت‌های تکنولوژیکی، به‌ویژه دیجیتالی کردن پایگاه‌های اطلاعاتی کتاب‌شناختی و توسعه ابزارهای محاسباتی، انقلابی در این زمینه ایجاد کرده است و به محققان اجازه می‌دهد تا تحلیل‌های گسترده‌تر و پیچیده‌تری انجام دهند (Liu & He, ۲۰۲۳). جهانی شدن علم با افزایش همکاری و تبادل اطلاعات در سراسر مرزهای بین‌المللی که بر الگوهای علم‌سنجی تاثیر می‌گذارد. پیوستگی همکاری شبکه‌ای پژوهشگران، مؤسسات در سطح جهانی، نقشی محوری در پیشرفت علم و علم‌سنجی دارد (شمس‌الدینی، میری، طاهری، & نجاران طوسی، ۲۰۲۳). همچنین تغییرات در شیوه‌های انتشار، مانند افزایش دسترسی آزاد و پیش‌چاپ‌ها،

بر قابلیت دسترسی و دیده شدن تحقیقات تأثیر می‌گذارد و از جمله عواملی است که بر نحوه انجام تحلیل‌های علم‌سنجی تأثیر می‌گذارد. اهمیت فزاینده تحقیقات بین‌رشته‌ای در مطالعات علم‌سنجی منعکس می‌شود و ماهیت به هم پیوسته دانش علمی در زمینه‌های مختلف را برجسته می‌کند. علاوه بر این، درک رفتار استنادی بینش‌هایی را در مورد تأثیر انتشارات و توسعه ایده‌های علمی در طول زمان ارائه می‌دهد (ناظمی جنبی & فضلی، ۲۰۲۱). این عوامل در مجموع به چشم‌انداز پویای علم‌سنجی کمک می‌کنند و بر تمرکز، روش‌شناسی و نتایج مطالعات در این زمینه تأثیر بسزایی می‌گذارند.

علم‌سنجی همچنین از تکنیک‌های تجسمی و تصویرسازی برای ترسیم چشم‌اندازهای تحقیقاتی، پرده‌برداری از ساختار حوزه‌های علمی، شناسایی خوشه‌ها و مشخص کردن روندهای نوظهور استفاده می‌کند (van Eck & Waltman, ۲۰۱۰). معیارهای عملکردی و آماری مانند شاخص‌ها و ضریب‌های تاثیر، ابزارهای حیاتی برای ارزیابی تأثیر پژوهشگران، مجلات و موسسات هستند. تجزیه و تحلیل زمانی، بررسی تغییرات و روندها در طول زمان، یک چشم‌انداز تاریخی را به تحلیل‌های علم‌سنجی اضافه می‌کند و به محققان این امکان را می‌دهد تا روند شکل‌گیری پیشرفت‌های گذشته را شناسایی کرده و جهت‌دهی‌های آینده در تحقیقات علمی را پیش‌بینی کرده و مورد بررسی قرار دهند. با در نظر گرفتن این جنبه‌ها، هدف محققان علم‌سنجی کشف الگوها، روندها و روابط درون سازمانی علمی است که به درک عمیق‌تر پویایی، تأثیر فعالیت‌های علمی و آینده‌پژوهی در حوزه‌های گوناگون علم کمک می‌کند.

پیشینه پژوهش

مطالعه و بررسی ادبیات موجود نشان می‌دهد که علی‌رغم نقش استراتژیک و اهمیت حوزه CWA، تا کنون پژوهش علم‌سنجی در جهت شناسایی و بررسی تحولات، چالش‌ها، فرصت‌ها و روندهای پیشرو و همچنین آینده‌پژوهی در این حوزه صورت نگرفته است.

در نزدیک‌ترین پژوهش موجود به مطالعه فعلی محققان ۹ دانشگاه کشورمان در سال ۲۰۲۰ یک بررسی جامع علم‌سنجی بر روی مطالعات ایمونولوژیکی گاز خردل گوگرد (۲۰ سال اخیر) انجام دادند (Salouti et al., ۲۰۲۰). این ارزیابی با استفاده از پایگاه وب علوم (WOS) به

1 Web of Science

عنوان پایگاه داده و تجزیه و تحلیل کتاب‌سنجی آن با استفاده از نرم افزارهای هیست سایت ۱ و VOSviewer انجام شد. این مطالعه در مجموع ۲۰۱ مقاله علمی را توسط ۷۴۱ محقق از ۲۲ کشور بررسی کرد که ایران و ایالات متحده آمریکا کشورهای پیشرو در انتشارات مقاله بودند. در این مقاله مجله ایمونوفارماکولوژی بین المللی ۲ به عنوان پربازده ترین و تأثیرگذارترین مجله ظاهر شد، در حالی که مقالات و مراکز تحقیقاتی تأثیرگذار کلیدی شناسایی شدند و نقشه راه ارزشمندی نیز برای نویسندگان، محققان و سیاست‌گذاران برای بهینه‌سازی تخصیص منابع در این زمینه ارائه شد. بررسی تنها یک عامل شیمیایی جنگی خاص و مطالعات ایمونولوژیکی مربوط به آن و جامعه آماری اختصاصی و تک موضوعی بودن آن نشانگر تفاوت عظیم این پژوهش با موضوع مد نظر ما می‌باشد.

در مطالعه‌ای که توسط محققان دانشگاه علوم پزشکی اصفهان در سال ۲۰۱۵ انجام شد، اثرات مزمن قرار گرفتن در معرض خردل گوگرد بر قربانیان ایرانی جنگ ایران و عراق با استفاده از رویکرد علم‌سنجی بررسی شد (Nokhodian et al., ۲۰۱۵). از طریق بررسی جامع مقالات از سال ۱۹۸۸ تا ۲۰۱۲ در پایگاه‌های اطلاعاتی بین المللی مانند اسکاپوس ۳، مدلاین ۴ و ISI، این مطالعه حجم قابل توجهی از تحقیقات در زمینه استفاده از گاز خردل گوگرد در جنگ ایران و عراق را با حدود ۹۰ مقاله در طول ۲۴ سال شناسایی کرد. تجزیه و تحلیل‌ها نشان داد که تحقیقات بالینی و پاراکلینیکی بیشترین بخش از آثار منتشر شده را تشکیل می‌دادند. همچنین در این مقاله دکتر قانعی استاد دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله ایران به عنوان پرکارترین نویسنده در این زمینه تحقیقاتی معرفی شد. این مطالعه بر اهمیت ادامه تحقیقات در مورد اثرات بلندمدت قرار گرفتن در معرض خردل گوگرد تأکید کرده و پایه‌ای را برای مطالعات آینده با پرداختن به موضوعات مختلف مرتبط ایجاد کرد.

در یک پروژه علم‌سنجی، باهدف تحلیل تغییرات در تحقیقات دفاع زیستی و مشارکت بازیگران کلیدی مانند روسیه و ایالات متحده آمریکا در دوران پس از شوروی در بازه زمانی ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۰، محققان ۲۸۷۰ مقاله مرتبط با دفاع زیستی را با استفاده از داده‌های سیستم اطلاعاتی

- 1 Histcite
- 2 International Immunopharmacology
- 3 Scopus
- 4 Medline

دیالوگ^۱ شناسایی و تجزیه و تحلیل کردند (Markusova, Wilson, & Davis, ۲۰۰۲). نتایج نشان دادند که خروجی انتشارات در این زمینه با افزایش قابل توجه ۲۵۰ درصدی افزایش یافته است و ایالات متحده آمریکا، روسیه، بریتانیا، فرانسه و آلمان به عنوان مشارکت کنندگان اصلی در تحقیقات حوزه دفاع زیستی مشخص شدند. این یافته‌ها برای تحلیل گران امنیتی و محققان سیاست‌های بهداشت عمومی و سیاسی، به‌ویژه پس از حملات ۱۱ سپتامبر ۲۰۰۱، اهمیت زیادی پیدا کرد و بر اهمیت همکاری بین‌المللی و پاسخ‌های سیاسی استراتژیک در مواجهه با چالش‌های امنیتی نوظهور تأکید می‌کند.

کولتون ام. موران از مؤسسه فناوری جورجیا در سال ۲۰۲۱ در یک فصل از کتاب "تکنیر سلاح‌ها و فناوری‌های دوگانه" با عنوان "آینده عوامل شیمیایی جنگی: چگونه شهرنشینی و گسترش مکانیسم‌های تحویل نیاز به دفاع درجا را ایجاد می‌کند" به اهمیت و تهدید فزاینده جنگ شیمیایی در سایه پیشرفت در سیستم‌های انتشار، پویایی جنگ شهری و رشد جمعیت پرداخته است (Moran, ۲۰۲۱). در این کتاب پتانسیل عوامل شیمیایی جنگی آینده را ترسیم می‌کند که کشنده‌تر و ویران‌کننده‌تر از مواردی هستند که بشر در تاریخ با آن مواجه شده است و اقدامات دفاعی ابتکاری را در این زمینه ضروری می‌داند. همچنین کاوش بیشتر در زمینه جاذب‌ها و الیاف بدون بافت^۲ را به عنوان فناوری‌های امیدوارکننده برای توسعه تجهیزات حفاظتی مقرون‌به‌صرفه، مقیاس‌پذیر و سرعت تولید بالا پیشنهاد می‌کند. در نهایت این کتاب بر اهمیت فزاینده تلاش‌های تحقیق و توسعه فعال برای کاهش خطرات در حال تحول ناشی از جنگ شیمیایی و آینده پژوهی در این زمینه تأکید می‌کند.

روش‌شناسی پژوهش

این مطالعه از نوع کاربردی و به روش علم‌سنجی است و هدف آن بررسی علم‌سنجی در حوزه CWA می‌باشد. مطالعه در چند مرحله انجام شده است که در ادامه به بررسی هر یک از این مراحل می‌پردازیم.

1 SCI Dialog information system

2 non-woven fibers

جمع‌آوری داده‌ها

فرآیند جمع‌آوری داده مقالات و سایر اسناد با استفاده از پایگاه‌داده WOS و پایگاه منابع علمی سراج انجام شد و داده‌های مربوط به روند ثبت اختراعات با استفاده از پایگاه‌داده لنز جمع‌آوری شدند. پایگاه WOS بزرگ‌ترین و معتبرترین پایگاه استنادی علمی جامع جهان است که با رویکرد نمایه و تعیین کردن میزان رفرنس‌دهی و استناددهی به ژورنال‌ها و مقالات و باهدف ایجاد بستری برای شکل‌گیری ارتباطات میان محققان و امکان دسترسی ساده‌تر به مقالات و منابع علمی به وجود آمده است. پایگاه‌داده لنز نیز یک زیرساخت منبع‌باز و در مقیاس جهانی است که اطلاعات علمی و فنی ثبت اختراعات، مقالات، کتاب‌ها و... را عرضه می‌کند. پایگاه سراج، بزرگ‌ترین بانک منابع علمی داخل کشور شامل دسترسی به اطلاعات مقالات، ثبت اختراعات، استانداردها، کتاب، تجهیزات تخصصی، ویدئوهای علمی و گزارشات فنی و پایان‌نامه‌ها در مقیاس جهانی می‌باشد. به‌منظور هدفمند کردن جستجوها و همچنین کاهش حجم مقالات و مستندات بی‌ربط حاصل از جستجو ابتدا یک مطالعه کلی بر روی کلیدواژه‌های مورد استفاده در اسناد مربوط به حوزه CWA با ایجاد یک صفحه گسترده کلیدواژه‌های مورد استفاده در نرم‌افزار اکسل^۱ صورت پذیرفت. کلیدواژه اصلی مشترک در اکثریت مقالات "عوامل شیمیایی جنگی" بود که جستجوی نهایی با استفاده از آن در پایگاه‌های داده صورت پذیرفت. جستجو اصلی در این پایگاه‌های داده در بازه زمانی ده‌ساله ۲۰۱۳-۲۰۲۳ صورت گرفت. نمونه پژوهش در جستجوی WOS شامل ۲۷۳۹ سند و برای جستجوی لنز شامل ۸۹۸۰ سند در این بازه زمانی بود که در شاخه‌های گوناگون علمی منتشر شده‌اند. همچنین برای مطالعات روند انتشار اسناد، و بررسی موضوعات نوظهور و کشورهای در حال پیشرفت و رشد از جستجو در بازه‌های مختلف زمانی استفاده شد که در متن نتایج ذکر شده است.

پیش‌پردازش داده‌ها

در مرحله بعدی داده‌های گردآوری شده با استفاده از نرم‌افزار اکسل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. این مرحله شامل یکدست کردن و بررسی داده‌های جمع‌آوری شده، پاک‌سازی و حذف مجدد داده‌های تکراری و همچنین بررسی دقت و سازگاری داده برای استفاده در نرم‌افزار

1 Microsoft Excel

علم‌سنجی می‌باشد. این مرحله از نظر کیفیت و صحت داده‌ها و اطلاعات آماری که در مرحله پردازش داده و علم‌سنجی توسط نرم‌افزار انجام می‌شود بسیار حائز اهمیت است. داده‌های کمی که در قالب نمودارهای مربوط به روند انتشار مقالات، ثبت اختراعات و همچنین داده‌های مربوط به بررسی کلیدواژه‌ها، کشورها، سازمان‌ها و افراد برتر نیز در این مرحله استخراج گردیدند.

تجزیه و تحلیل و پردازش داده با نرم‌افزار

در این مطالعه از نرم‌افزار VOS Viewer نسخه ۱,۶,۲۰ برای تجزیه و تحلیل و پردازش داده استفاده شد. همچنین با کمک این نرم‌افزار تجسم‌های شبکه‌ای و پوششی از همکاری، افراد، موسسات، کشورها و همزمانی کلمات کلیدی و موضوعات مورد استفاده در اسناد منتشره در حوزه CWA تهیه گردید. در مرحله اول تمرکز بر روی همزمانی موضوعات و کلمات کلیدی و استخراج مهم‌ترین و پر استفاده‌ترین کلیدواژه‌ها در حوزه CWA در بازه زمانی ۲۰۱۳-۲۰۲۳ با استفاده از تجسم‌های شبکه‌ای است. در این مرحله نوع آنالیز را بر روی همزمانی^۱، واحد تحلیل بر روی تمامی کلیدواژه‌ها^۲ و روش شمارش بر روی شمارش کامل^۳ قرار داده شد. تعداد کل کلیدواژه‌ها ۱۰۴۷۲ بود که با قرار دادن حداقل تعداد تکرار کلمه کلیدی بر روی ۵، تعداد کلیدواژه‌های مورد بررسی به ۱۰۲۹ عدد رسید.

مرحله دوم استفاده از تجسم‌های پوششی هم‌زمانی موضوعات و کلمات کلیدی در دو بازه زمانی ۲۰۱۰-۲۰۲۰ و ۲۰۲۱-۲۰۲۳ برای استخراج موضوعات روبه‌رشد و نوظهور در این زمینه است. در این مرحله نیز نوع آنالیز، واحد تحلیل و روش شمارش همانند مرحله قبل بود. تعداد کل کلیدواژه‌ها برای بازه ۲۰۱۰-۲۰۲۰ برابر ۱۰۴۱۴ کلیدواژه و برای بازه ۲۰۲۱-۲۰۲۳ برابر ۳۷۱۷ کلیدواژه بود. بعد از قراردادن حداقل تعداد تکرار کلمه کلیدی بر روی ۵، تعداد کلیدواژه‌های مورد بررسی در این دو بازه زمانی به ترتیب به ۱۰۲۸ و ۲۵۳ کلیدواژه رسید.

مرحله بعدی بررسی شبکه‌های همکاری افراد، سازمان‌ها و کشورها با استفاده از تصویرسازی‌های شبکه‌ای و پوششی و استخراج و معرفی افراد، سازمان‌ها و کشورهای برتر در تحقیقات حوزه CWA می‌باشد. برای این مرحله نوع آنالیز و روش شمارش در هر سه مورد به

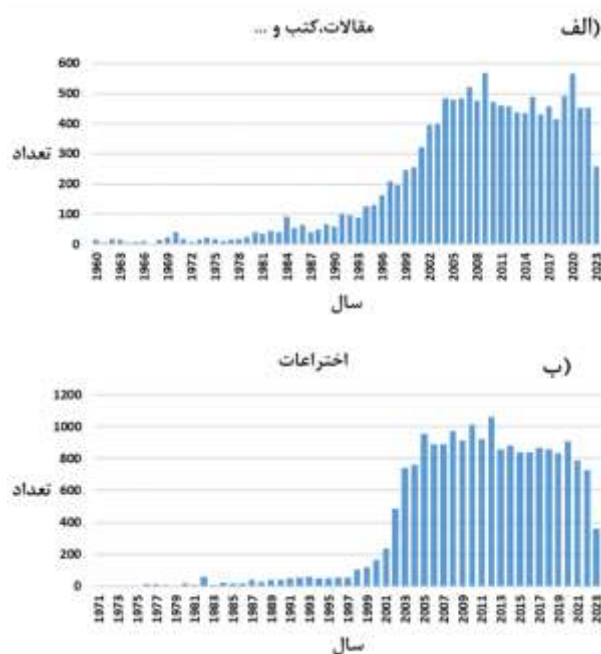
- 1 Co-occurrence
- 2 All Keywords
- 3 Full Counting

ترتیب بر روی هم نویسندگی ۱ و شمارش کامل قرار داده شد. واحد تحلیل نیز در هر کدام بر روی آنالیز مورد نظر قرار داده شد (کشورها، سازمان‌ها و نویسندگان). بررسی کشورها در دو بازه زمانی ۲۰۰۳-۲۰۱۳ و ۲۰۱۳-۲۰۲۳ صورت پذیرفت. تعداد کل کشورهای مورد بررسی در بازه زمانی ۲۰۰۳-۲۰۱۳، ۶۳ کشور بود که با قراردادن حداقل تعداد اسناد هر کشور بر روی ۲، تعداد کشورهای مورد بررسی به ۴۷ کشور کاهش یافت. در بازه زمانی ۲۰۱۳-۲۰۲۳ نیز تعداد کل کشورها ۸۴ کشور بود که قراردادن حداقل تعداد اسناد هر کشور بر روی ۲، به ۶۶ کشور کاهش یافت. در بررسی سازمان‌های پیشرو تعداد کل سازمان‌ها برابر ۲۳۵۱ بود که با قراردادن حداقل تعداد اسناد هر سازمان بر روی ۵، تعداد سازمان‌های مورد بررسی به ۲۸۷ سازمان کاهش یافت. در بررسی نویسندگان برتر هم تعداد کل نویسندگان برابر ۹۸۳۴ نویسنده بود که با قراردادن حداقل تعداد اسناد هر نویسنده بر روی ۵ و با حذف موارد بدون اتصال توسط نرم‌افزار تعداد نویسنده‌های مورد بررسی به ۲۵۳ نویسنده کاهش یافت.

یافته‌های پژوهش

بررسی موضوعات، حوزه‌های تحقیقاتی، کلیدواژه‌ها

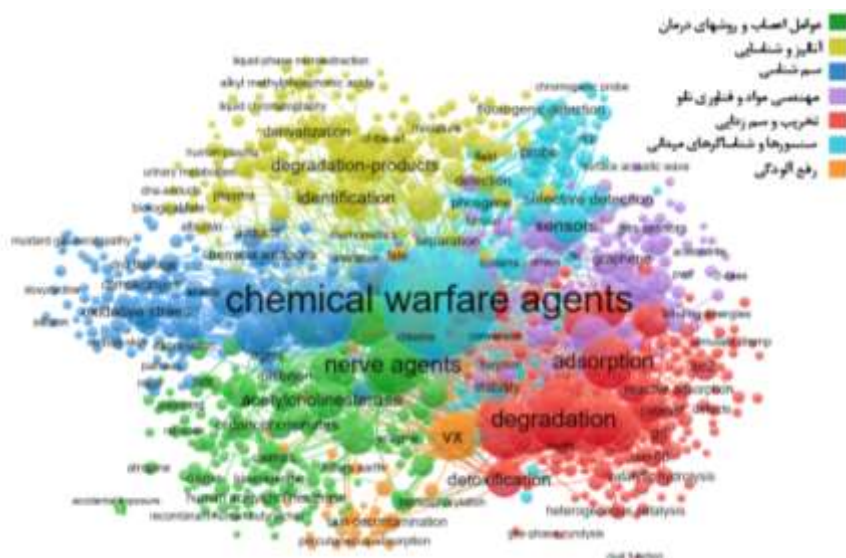
روند روبه‌رشد انتشار اسناد در حوزه مقالات، کتاب‌ها و سایر اسناد منتشره و همچنین اختراعات ثبت شده مربوط به کلیدواژه "عوامل شیمیایی جنگی" در بازه زمانی سال‌های ۱۹۶۰-۲۰۲۳ (مستخرج شده با استفاده از پایگاه داده لنز) در نمودار شکل ۱ آورده شده است. بر اساس نمودارها سرعت انتشار اسناد، مقالات، کتب و ثبت اختراعات در زمینه CWA از اواسط دهه ۹۰ میلادی شتاب گرفته و روند صعودی خود را تا سال‌های ۲۰۰۹-۲۰۱۲ حفظ کرده است. بیشترین میزان چاپ مقالات و کتب در سال‌های ۲۰۰۹ و ۲۰۲۰ (به ترتیب چاپ ۵۶۸ و ۵۶۶ سند) بوده و بیشترین میزان اختراعات در سال ۲۰۱۲ (۱۰۶۲ ثبت اختراع) میلادی ثبت شده است. این روند روبه‌رشد در انتشار اسناد در سال‌های اخیر نشان‌دهنده اهمیت جهانی این موضوع و افزایش توجه محققین و سازمان‌ها جهت حل چالش‌های موجود در زمینه CWA است. دلیل کاهش تعداد اسناد منتشره در سال ۲۰۲۳ در نمودارها این است که جمع‌آوری داده پژوهش فعلی تا اواسط سال ۲۰۲۳ میلادی صورت پذیرفته است.



شکل ۱- روند الف) چاپ مقالات و کتاب‌های علمی) در بازه زمانی ۱۹۶۰-۲۰۲۳ (و ب) ثبت اختراعات (در بازه زمانی ۱۹۷۱-۲۰۲۳) در حوزه عوامل شیمیایی جنگی

نقشه علمی کلیدواژه‌ها و موضوعات مورداستفاده در مقالات مرتبط با حوزه CWA در بازه سال‌های ۲۰۱۳-۲۰۲۳ در شکل ۲ آورده شده است. همان‌گونه که از شکل مشخص است رنگ‌مان‌ها در نقشه نشان‌دهنده میزان ارتباط مشترک موضوعات با یکدیگر است و موضوعات مرتبط در خوشه‌های با رنگ یکسان دسته‌بندی شده‌اند. موضوعات به‌طور کلی در هفت خوشه دسته‌بندی شده‌اند. به‌عنوان مثال در حوزه عوامل اعصاب و روش‌های درمان آن کلیدواژه‌های «ارگانوفسفات‌ها^۱»، «اکسیم‌ها^۲» و «استیل کولین استراز^۳» همه به رنگ سبز هستند. سایر هر یک از المان‌ها متناسب با وزن آن‌ها و میزان تکرار آن کلیدواژه در مقالات متغیر است. به‌عنوان مثال کلیدواژه «عوامل شیمیایی جنگی» بزرگ‌ترین المان موجود در شکل است. با توجه به پایه جستجو طبیعتاً این واژه پرتکرارترین کلیدواژه می‌باشد.

- 1 Organophosphates
- 2 Oximes
- 3 Acetylcholinesterase



شکل ۲- نقشه جامع علمی با کلیدواژه «عوامل شیمیایی جنگی» در مقالات علمی منتشره در سال‌های ۲۰۱۳-۲۰۲۳ (مستخرج شده از پایگاه داده WOS)

همچنین خطوط موجود در شکل نشان‌دهنده ارتباط میان کلیدواژه‌ها و میزان تکرار آن‌ها به صورت مشترک در مقالات است و افزایش ضخامت خطوط ارتباطی نمایانگر ارتباط بیشتر بین کلیدواژه‌های موجود در حوزه‌های مختلف می‌باشد. لیست ۱۰ کلیدواژه پرتکرار، از میان ۱۰۰۰ کلیدواژه منتخب (کل کلیدواژه‌ها ۱۰۴۷۲)، استفاده شده در مقالات حوزه CWA و تعداد حضور و قدرت پیوند آن‌ها در جدول ۱ آورده شده است.

بررسی فرصت‌ها و روندهای پیشرو

در بررسی فرصت‌ها و روندهای پیشرو معرفی و شناخت موضوعات بدیع و نوظهور یکی از روش‌های راهبردی جهت پیشبرد اهداف سازمان‌ها و محققان حوزه علوم و فناوری می‌باشد. با بررسی کلیدواژه‌ها و موضوعات مقالات منتشره در بازه‌های زمانی مختلف و مقایسه نتایج به دست آمده می‌توان تغییرات و روند حرکت علمی در یک حوزه را مورد رصد قرار داد. بدین منظور به مقایسه جداول کلیدواژه‌ها در حوزه CWA در دو بازه زمانی ۲۰۱۰-۲۰۲۰ (۲۸۴۰ سند و ۱۰۲۸ کلیدواژه پرتکرار) و ۲۰۲۱-۲۰۲۳ (۷۵۲ سند و ۲۵۳ کلیدواژه پرتکرار) پرداخته شد.

جدول ۱- پرتکرارترین کلیدواژه‌های مورد استفاده در حوزه CWA

کلیدواژه‌ها	تعداد حضور	قدرت پیوند
خردل گوگردی ^۱	۳۸۷	۲۸۴۵
تخریب ^۲	۲۶۹	۲۱۰۸
عوامل اعصاب ^۳	۲۶۷	۲۰۹۷
رفع آلودگی ^۴	۲۳۸	۱۹۰۱
جذب سطحی ^۵	۲۱۸	۱۶۷۳
سارین ^۶	۲۰۹	۱۶۳۰
چهارچوب‌های آلی - فلزی ^۷	۱۷۷	۱۴۱۴
VX	۱۷۶	۱۳۸۸
هیدرولیز ^۸	۱۷۴	۱۴۴۴
نانوذرات ^۹	۱۳۱	۹۹۲

نتایج حاصل از بررسی کلیدواژه‌های روبه‌رشد در سه سال اخیر در جدول ۲ گردآوری شده است. همانگونه که در نتایج مشخص است، کلیدواژه «تخریب» که از زیرشاخه‌های تخریب و سم زدایی عوامل شیمیایی جنگی می‌باشد با ۹,۸۸٪ رشد بیشترین رشد موضوعی را در مطالعات سه سال اخیر داشته است. علاوه بر این کلیدواژه «هیدرولیز» هم دیگر زیر شاخه حوزه تخریب و سم زدایی دارای رشد ۲,۷۹٪ بود.

جدول ۲- کلیدواژه‌های رو به رشد در حوزه CWA در بازه زمانی ۲۰۲۱-۲۰۲۳

کلیدواژه	معادل فارسی	میزان رشد (%)
Degradation	تخریب	۹,۸۸
MOFs	چهارچوب‌های آلی - فلزی	۷,۶۸
Selective Detection	شناسایی انتخابی	۶,۰۲

- 1 Sulfur Mustard
- 2 Degradation
- 3 Nerve Agents
- 4 Decontamination
- 5 Adsorption
- 6 Sarin
- 7 Metal-Organic Framework
- 8 Hydrolysis
- 9 Nanoparticles

۵,۵۰	شبیه‌ساز دی‌متیل، متیل فسفونات	Dmmp Simulants
۴,۳۷	جذب سطحی	Adsorption
۳,۱۸	کامپوزیت‌ها	Composites
۲,۸۷	نانوذرات	Nanoparticles
۲,۷۹	هیدرولیز	Hydrolysis
۲,۷۶	نظریه تابع چگالی	DFT
۲,۴۳	فسژن	Phosgene
۲,۰۰	-	UiO-66
۱,۷۰	شناسایی فلوروژنیک	Fluorogenic Detection
۱,۶۵	گرافن	Graphene
۱,۳۳	دزسنجی شیمیایی	Chemodosimeter
۱,۱۷	رفع آلودگی	Detoxification
۱,۰۲	پروپ فلورسنت	Fluorescent-Probe

در حوزه فناوری نانو شیمی کلیدواژه‌های «چهارچوب‌های آلی - فلزی»، «کامپوزیت‌ها»، «نانوذرات»، «UiO-66» و «گرافن» از جمله موضوعات دارای رشد بوده‌اند که در این بین «چهارچوب‌های آلی - فلزی» با ۷,۶۸٪ بالاترین میزان رشد را داشته‌اند. همچنین «UiO-66» هم یک نوع چهارچوب آلی-فلزی پرکاربرد می‌باشد (رشد ۲٪). کلیدواژه‌های «شناسایی انتخابی»، «شناسایی فلوروژنیک» و «پروپ فلورسنت» از جمله کلیدواژه‌های رو به رشد در زمینه سنسورها و شناساگرهای میدانی می‌باشند که در سه سال اخیر محبوبیت فراوانی پیدا کرده‌اند. کلیدواژه‌های «جذب سطحی» و «رفع آلودگی» هم در تحقیقات مرتبط با رفع آلودگی عوامل شیمیایی جنگی رشد مناسب ۴,۳۷٪ و ۱,۱۷٪ را داشته‌اند. «دزسنجی شیمیایی» از زیرمجموعه‌های تحقیقات آنالیز و شناسایی و سم شناسی نیز به کلیدواژه پرکاربردی تبدیل شده است (رشد ۱,۳۳٪). همچنین کلیدواژه «فسژن» که یک عامل تنفسی شناخته شده است در تحقیقات سه سال اخیر حوزه CWA رشد ۲,۴۳ درصدی داشته است و تحقیقات مرتبط به آن در زمینه‌های شناسایی، تخریب، رفع آلودگی، سم شناسی و شبیه‌سازی رفتاری صورت گرفته است. از قابل توجه و مهم‌ترین کلیدواژه‌ها، کلیدواژه‌های «شبیه‌ساز دی‌متیل متیل فسفونات» و «نظریه تابع چگالی» هستند که به

شبهه‌سازی رفتار و خواص عوامل شیمیایی گوناگون بدون اثرات منفی آن‌ها مرتبط می‌باشد. محققان با استفاده از شبهه‌سازی ساختار کوانتومی و رفتاری عوامل شیمیایی جنگی قدم‌های بزرگی در راستای اقدامات متقابل با مواد شناخته شده و ناشناس برداشته‌اند.

در ادامه به بررسی کلیدواژه‌هایی که در نتایج آنالیز بازه زمانی ۲۰۱۰-۲۰۲۰ حضور نداشته‌اند و در آنالیز بازه زمانی ۲۰۲۱-۲۰۲۳ در بیشتر از ۵ سند حضور داشته‌اند تحت عنوان کلیدواژه‌های نوظهور پرداختیم. نتایج حاصل از بررسی کلیدواژه‌های نوظهور در سه سال اخیر در جدول ۳ گردآوری شده است.

جدول ۳- کلیدواژه‌های نوظهور در حوزه CWA در بازه زمانی ۲۰۲۰-۲۰۲۳

تعداد اسناد	معادل فارسی	کلیدواژه
۱۳	نوویچوک	novichok
۹	انتقال بار درون مولکولی	intramolecular charge-transfer
۶	قرنیه	cornea
۶	تجزیه فوتوکاتالیستی	photocatalytic decomposition
۶	هیدروکسید زیرکونیوم	zirconium hydroxide
۶	سنسورهای موج صوتی	acoustic-wave sensors
۵	تمییز دو کانالی	dual-channel discrimination
۵	کراتوپاتی گاز خردل	mustard gas keratopathy
۵	پورفیرین	porphyrin
۵	نانوذرات ZnO	ZnO nanoparticles

همان‌گونه که از نتایج جدول پیداست کلیدواژه «نوویچوک» با ۱۳ بار حضور در این بازه زمانی به‌عنوان پرتکرارترین کلیدواژه نوظهور حضور دارد. «نوویچوک» به گروهی از عوامل اعصاب اطلاق می‌شود که در دوران جنگ سرد در اتحاد جماهیر شوروی توسعه یافتند. اصطلاح «نوویچوک» (به روسی: "Новичок"، به معنی "تازه‌وارد" یا "تازه‌کار") برای اشاره به دسته‌ای از عوامل شیمیایی استفاده می‌شد که به گونه‌ای طراحی شده بودند که نسبت به عوامل عصبی موجود قوی‌تر و کمتر قابل تشخیص باشند. استفاده از عوامل نوویچوک نگرانی‌هایی را در مورد گسترش سلاح‌های شیمیایی جدید و نیاز به تلاش‌های بین‌المللی برای جلوگیری از استفاده و تکثیر

آنها افزایش داده است. به همین دلیل تحقیقات بر روی شناسایی و ایجاد روش‌های مقابله صحیح با این دسته از ترکیبات ادامه خواهد داشت. کلیدواژه نوظهور بعدی «انتقال بار درون مولکولی» است که در ۹ سند استفاده شده است. «انتقال بار درون مولکولی» به نوعی انتقال الکترونیکی اشاره دارد که در یک مولکول رخ می‌دهد، جایی که یک الکترون بین دو بخش مختلف (یا نقطه) مولکول منتقل می‌شود. بر اساس مطالعات فعلی در کک و درستکاری فرآیندهای انتقال بار درون مولکولی این پتانسیل را دارد که به توسعه روش‌های شناسایی، آنالیز، تشخیص در محیط‌های پیچیده و استراتژی‌های مقابله‌ای پیشرفته برای عوامل جنگ شیمیایی کمک کند و آمادگی و امنیت نظامی و غیرنظامی را افزایش دهد.

کلیدواژه‌های نوظهور «تجزیه فوتوکاتالیستی»، «زیر کونیوم هیدروکساید» و «نانوذرات ZnO» همگی از جمله کلیدواژه‌هایی هستند که در موضوعاتی نظیر تخریب، محافظت و رفع آلودگی عوامل شیمیایی جنگی گوناگون می‌توانند به کار گرفته شوند. این کلیدواژه‌ها برای توسعه فناوری‌های رفع آلودگی آینده باهدف کاهش خطرات ناشی از عوامل جنگ شیمیایی و سایر مواد سمی بسیار مهم هستند. کلیدواژه‌های «سنسورهای موج صوتی» و «تمییز دو کانالی» در زمینه سنسورها و شناساگرهای میدانی عوامل شیمیایی می‌باشند که در سه سال اخیر ظهور پیدا کرده‌اند. کلیدواژه‌های «قرنیه» و «کراتوپاتی گاز خردل» مربوط به تحقیقات زمینه درمانی و روش‌های درمان جدید در مواجهه با عوامل شیمیایی مثل گاز خردل گوگردی می‌باشند. در نهایت کلیدواژه «پورفیرین» هم از جمله کلیدواژه‌های نوظهور سه سال اخیر است. «پورفیرین» به گروهی از ترکیبات آلی اطلاق می‌شود که برای فرآیندهای بیولوژیکی مختلف حیاتی هستند و می‌توانند به‌عنوان لیگاند برای یون‌های فلزی عمل کنند. در زمینه تحقیقات عوامل شیمیایی پتانسیل پورفیرین‌ها به‌عنوان لیگاند برای تشکیل چهارچوب‌های آلی فلزی در زمینه تشخیص، تخریب و رفع آلودگی مورد مطالعه قرار گرفته است.

در همین راستا مقایسه نتایج بالا با بررسی‌های آینده‌پژوهی که توسط مایکل اوهانلون بر روی پیش‌بینی تغییرات در فناوری‌های نظامی در بازه ۲۰۲۰-۲۰۴۰ (Hanlon, ۲۰۱۸) و همچنین گزارش روندهای علم و فناوری در بازه ۲۰۲۳-۲۰۴۳ که توسط سازمان علم و فناوری ناتو منتشر شده است (Reding et al. ۲۰۲۳) روندهای روبه‌رشد مشابهی برای آینده تحقیقات حوزه CWA مشاهده می‌شود. در نتایج این تحقیقات اشاره شده که آینده تحقیقات در این زمینه به

سمت توسعه فناوری‌های حسگر پیشرفته، با بهره‌گیری از هوش مصنوعی، فناوری نانو و مواد کامپوزیتی که قابلیت‌های تشخیص بلادرنگ را افزایش داده و پاسخ سریع به تهدیدات بالقوه را ممکن می‌سازد؛ خواهد رفت. همچنین ادغام رویکردهای بین‌رشته‌ای، مانند بیوانفورماتیک، شبیه‌سازی و مدل‌سازی محاسباتی و شیمی کوانتومی برای درک صحیح از تعاملات پیچیده بین عوامل شیمیایی و سیستم‌های بیولوژیکی از جمله نتایجی می‌باشد که در این گزارشات به آن اشاره شده است.

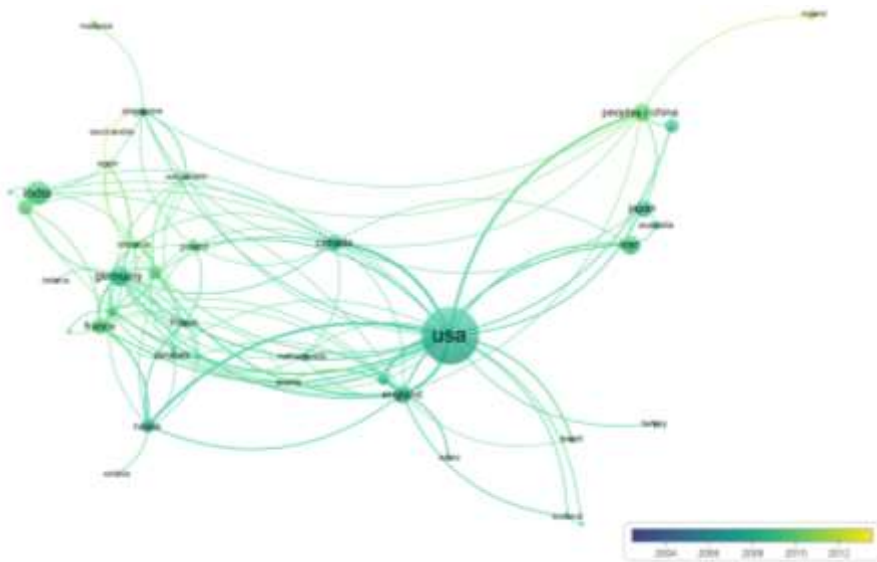
بررسی کشورهای پیشرو

بررسی تعداد مقالات منتشره در ۱۰ سال اخیر (شکل ۳) در حوزه CWA بیانگر این موضوع است که ایالات متحده آمریکا به عنوان پیشرو در این حوزه دارای بیشترین تعداد مقالات می‌باشد و در جایگاه دوم کشور چین قرار دارد. روند قرارگیری این دو کشور در رتبه اول و دوم در تمام حوزه‌های علمی امری بدیهی است؛ اما نکته مهم در بررسی شکل ۳، حضور ایران در رتبه سوم کشورهای با بیشترین تعداد مقالات در این حوزه می‌باشد که نشان‌دهنده اهمیت این حوزه برای محققین و ارگان‌های تحقیقاتی کشورمان در سال‌های اخیر می‌باشد. علاوه بر این کشورهای هند، انگلیس، آلمان، کره جنوبی، فرانسه، جمهوری چک، روسیه و اسرائیل به ترتیب در رتبه‌های بعدی کشورهای با بیشترین تعداد مقالات منتشره در حوزه CWA در ۱۰ سال اخیر می‌باشند. به منظور رصد دقیق‌تر کشورهای پیشرو در CWA در سال‌های اخیر نقشه همکاری و ارتباطی کشورها در دو بازه زمانی ده ساله ۲۰۱۳-۲۰۰۳ و ۲۰۱۳-۲۰۲۳ مورد بررسی قرار گرفت.



شکل ۳- سهم درصدی کشورها از چاپ اسناد مرتبط با کلیدواژه «عوامل شیمیایی جنگی» در بازه زمانی ۲۰۱۳-۲۰۲۳

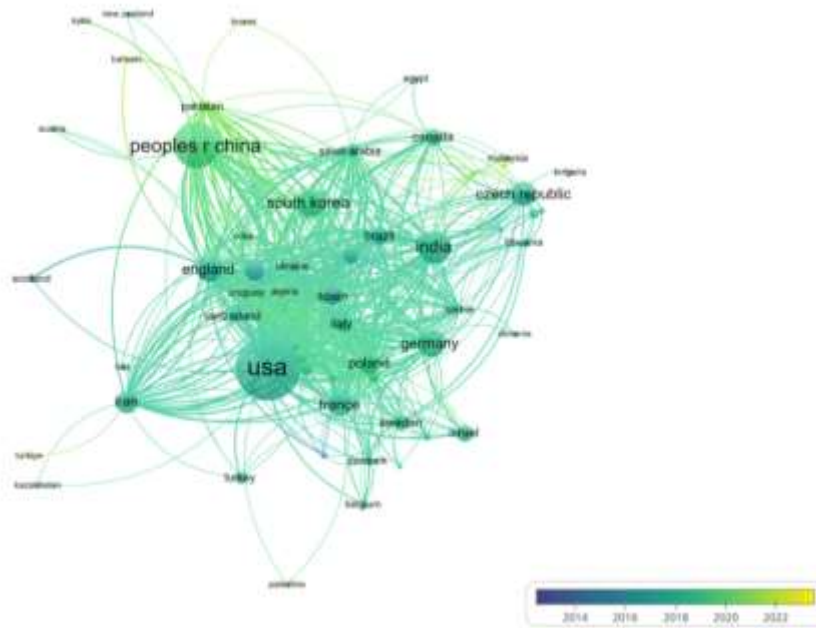
بازه زمانی اول در شکل ۴ آورده شده که روند سالیانه و نقشه ارتباطی کشورها در چاپ اسناد مختلف بین سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۳ میلادی بررسی شده است. وزن آمریکا در این بازه زمانی در مقایسه با کشورهای دیگر بسیار بیشتر بوده است. با توجه به نوار رنگ روند سالیانه رنگ این کشور نشان می‌دهد که آمریکا در سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۰ بیشترین فعالیت را داشته است. همچنین وزن کم کشور چین که حتی از کشورهای هند و آلمان هم کمتر است نشان از فعالیت کم‌تر این کشور در دهه اول قرن ۲۱ دارد. علاوه بر این، رنگ نسبتاً گرم‌تر چین نشان‌دهنده این واقعیت است که محققان چینی از سال ۲۰۱۰ به بعد به طور چشم‌گیری فعالیت خود را نسبت به سایر رقبا افزایش داده‌اند.



شکل ۴- روند سالیانه و نقشه ارتباطی کشورها در چاپ اسناد مختلف در حوزه CWA از سال ۲۰۱۳-۲۰۰۳

نتایج مربوط به روند سالیانه و نقشه ارتباطی کشورها در چاپ اسناد مختلف بین سال‌های ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۳ میلادی نیز در شکل ۵ آمده است. همانگونه که مشخص است، کشور چین در سال‌های ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۳ میلادی فعالیت و تحقیقات خود در زمینه CWA را به شدت افزایش داده و موفق شده از کشورهای دیگر پیشی بگیرد و از لحاظ وزنی تقریباً هم تراز کشور آمریکا شود. بررسی رنگ‌ها نشان می‌دهد با توجه به رنگ گرم‌تر این کشور در مقایسه با سایر کشورهای

پیشرو، فعالیت چین از سال ۲۰۱۸ به بعد بیشتر هم شده و این کشور حتی از آمریکا نیز سبقت گرفته است. همچنین در این بازه زمانی کشورهای دیگری نیز مانند کره جنوبی، جمهوری چک، لهستان، برزیل و ایتالیا از لحاظ تعداد مقالات منتشره در حوزه CWA رشد بسیار زیادی کرده‌اند که می‌توان از آن‌ها به‌عنوان کشورهای نوظهور این حوزه نام برد.



شکل ۵- روند سالیانه و نقشه ارتباطی کشورها در چاپ اسناد مختلف در حوزه CWA از سال ۲۰۱۳-۲۰۲۳

بررسی سازمان‌های پیشرو

جهت بررسی سازمان‌های پیشرو در حوزه CWA نقشه ارتباطی و شبکه همکاری سازمان‌ها و مؤسسات و روند سالیانه چاپ اسناد مختلف توسط آن‌ها در این حوزه در بازه زمانی ۲۰۱۳-۲۰۲۳ مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۶). همانگونه که در شکل مشخص است، ارتش ایالات متحده آمریکا^۱ و دانشگاه نورث‌وسترن^۲ به‌عنوان دو هسته اصلی خوشه مرکزی شبکه همکاری سازمان‌ها و مؤسسات قرار دارند و بیشترین میزان همکاری در مقالات به این دو مؤسسه مربوط است. مؤسسه

1 US Army
2 Northwestern University

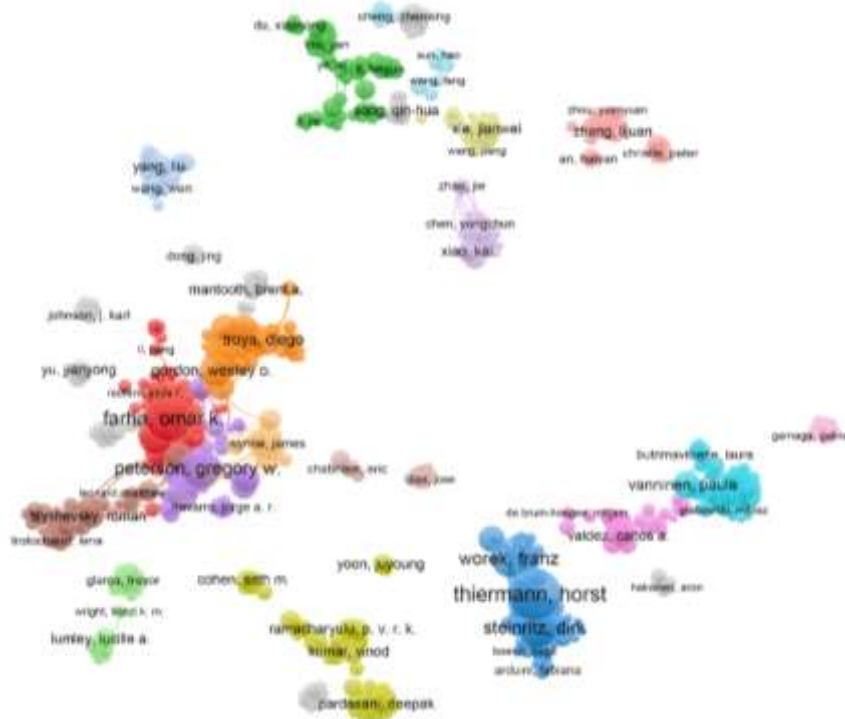
حوزه است. مؤسسه تحقیق و توسعه دفاعی هند^۱، نیز از دیگر مؤسسات با بالاترین وزن و میزان همکاری در حوزه CWA، می‌باشد. از نکات قابل توجه شبکه همکاری این مؤسسه، همکاری گسترده آن با مؤسسات خارجی نظیر، دانشگاه سن دیگو^۲ کالیفرنیا، دانشگاه آستین^۳ تگزاس و دانشگاه چارلز^۴ پراگ می‌باشد. خوشه مربوط به مؤسسات، سازمان‌ها و دانشگاه‌های اسرائیل نیز در بالای نقشه با مرکزیت مؤسسه تحقیقات بیولوژیکی اسرائیل^۵ و حضور دانشگاه‌های عبری^۶، تل‌آویو^۷، بن‌گوریو^۸ و آکادمی علوم وایزمن^۹ قابل مشاهده است. در بررسی روند سالیانه چاپ مقالات علاوه بر مؤسسه آزمایشگاه کلیدی ایالتی حفاظت از NBC برای غیرنظامیان، نام مؤسسات فناوری نیوجرسی^{۱۰}، دانشگاه میشیگان^{۱۱}، دانشگاه روچستر^{۱۲}، دانشگاه چونگ‌آنک^{۱۳}، فرماندهی توسعه قابلیت‌های رزمی ارتش ایالات متحده^{۱۴} و دانشگاه نظامی علوم پزشکی چین^{۱۵} نیز به‌عنوان پیشروهای حوزه CWA در چاپ مقالات در سال اخیر دیده می‌شود. در انتها لازم به ذکر است که به دلیل همکاری‌های محدود داخلی، جدا بودن خوشه و جلوگیری از تمرکز بر شبکه همکاری سایر مؤسسات به‌عنوان داده پرت نام دانشگاه‌ها و مؤسسات کشورمان در این شبکه‌های همکاری به چشم نمی‌خورد و توسط نرم‌افزار حذف شده است و نیاز به بررسی جداگانه دارند.

بررسی افراد فعال و برتر

نقشه شبکه همکاری محققین حوزه CWA در ۱۰ سال گذشته در شکل ۷ آورده شده است. همانگونه که در شکل مشخص است، نقشه متشکل از خوشه‌های مختلفی است که در اکثر آن‌ها

- 1 Defence Research and Development Establishment
- 2 University of San Diego
- 3 University of Austin
- 4 Charles University
- 5 Israel Institute for Biological Research
- 6 The Hebrew University of Jerusalem
- 7 Tel Aviv University
- 8 Ben Gurion University of the Negev
- 9 Weizmann Institute of Science
- 10 New Jersey Institute of Technology
- 11 University of Michigan
- 12 University of Rochester
- 13 Chung-Ang University
- 14 U.S. Army Combat Capabilities Development Command
- 15 The Academy of Military Medical Sciences

یک یا دو فرد به عنوان هسته خوشه و محقق اصلی دارای المان با وزن سنگین تری نسبت به سایر المان‌ها می‌باشند. حضور خوشه‌های متعدد و پراکنده مربوط به محققین چینی اثبات‌کننده واقعیت ذکر شده مربوط به عدم حضور این محققین در میان افراد برتر حوزه و عدم تشکیل تیم‌های تحقیقاتی هسته محور می‌باشد. نام‌های هورست تیرمن^۱، عمر فرها^۲ و گریگوری پیترسون^۳ به عنوان المان‌های اصلی نقشه و هسته مرکزی خوشه‌های بزرگ در نقشه دیده می‌شوند که در ادامه به معرفی این سه نفر و شاخه کاری و علمی آن‌ها می‌پردازیم.



شکل ۷- شبکه همکاری افراد در حوزه CWA با توجه به مقالات منتشره در بازه زمانی ۲۰۱۳-۲۰۲۳

۲۰۲۳

- 1 Horst Thiermann
- 2 Omar K Farha
- 3 Gregory W Peterson

سرهنگ پروفیسور دکتر هورست تیرمن در مؤسسه فارماکولوژی و سم شناسی بوندسور در مونیخ آلمان تحقیقات خود را انجام می‌دهد. بر اساس داده‌ها، تیرمن در دارای رتبه علمی بالایی در زمینه‌های گوناگون می‌باشد. زمینه‌های تخصصی او عبارت‌اند از: تاول، نکروز، سندرم‌های سمیت عصبی و فشارخون که همگی از زیرشاخه‌های مرتبط به حوزه CWA می‌باشند. تحقیقات بالینی او شامل ۲۴۸ مقاله بررسی شده در ۱۵ سال گذشته می‌شود. نام محققانی همچون فرانز وورک^۱، درک استینریتز^۲ و جان هارالد^۳ در خوشه همکاری این محقق به‌عنوان همکاران اصلی تیم تحقیقاتی وی در مؤسسه بوندسور به چشم می‌خورد.

پروفیسور عمر فرها، استاد شیمی در دانشگاه نورث وسترن، ویراستار اجرایی مجله مواد و رابط‌های کاربردی، انتشارات ACS و رئیس سازمان فناوری‌های NuMat است. تحقیقات فعلی او حوزه‌های مختلفی از علم شیمی و مواد را در بر می‌گیرد، از انرژی گرفته تا چالش‌های مرتبط با دفاع. به طور خاص، تحقیقات او بر طراحی منطقی چارچوب‌های فلزی - آلی برای کاربردهای سنجش، کاتالیز، ذخیره‌سازی، جداسازی و تصفیه آب متمرکز است. این محقق از سال ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۲ به‌عنوان "محقق با استناد بالا" انتخاب شده است و یکی از ۱۰۰ شیمیدان برتر جهان (شماره ۳۵) در جهان است. دکتر گریگوری پیترسون از محققین رسمی آزمایشگاه تحقیقاتی ارتش ایالات متحده آمریکا در مرکز بیولوژیکی شیمیایی ادجوود^۵ می‌باشد. زمینه‌های اصلی مطالعه او چارچوب‌های فلزی - آلی، عوامل اعصاب و جذب سطحی است. مطالعات او بر روی چارچوب‌های فلزی - آلی، طیف گسترده‌ای از رشته‌ها، مانند لایه‌نازک، نانو تکنولوژی، رسوب لایه اتمی، کاتالیز، و پایداری شیمیایی را ترکیب می‌کند. همچنین وی تاکنون تحقیقات گسترده‌ای در زمینه شناسایی، تخریب کاتالستی، جذب سطحی و پایداری شیمیایی عوامل اعصاب انجام داده است. بر اساس جستجوهای صورت گرفته عمر فرها و گریگوری دبلیو پیترسون در ۱۰ سال اخیر بیشترین میزان همکاری را در حوزه تحقیقات CWA داشته‌اند. این

1 Franz Worek

2 Dirk Steinritz

3 John Harald

4 Applied Materials & Interfaces

5 Edgewood Chemical Biological Center

همکاری به گونه‌ای است خوشه‌های مرتبط با این دو به هم متصل بوده و بررسی شبکه ارتباطی این دو نفر به صورت انفرادی تقریباً بی‌معنی می‌باشد. این شبکه همکاری از دو خوشه اصلی با مرکزیت نام این دو دانشمند و زیر خوشه‌های فرعی مختلف که از دانشمندان آمریکایی و دانشمندان سایر کشورهای جهان تشکیل شده است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این پژوهش به تجزیه و تحلیل علم‌سنجی حوزه تحقیقاتی CWA در دهه اخیر پرداختیم. برای جمع‌آوری داده‌ها از اسناد، مقالات، کتب و اختراعات موجود در سه پایگاه داده WOS، پایگاه منابع علمی سراج و لنز در بازه زمانی ۲۰۱۰-۲۰۲۳ استفاده کردیم. پس از پیش‌پردازش و یکدست‌سازی، داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم‌افزار VOS Viewer مورد مطالعه علم‌سنجی و تصویرسازی قرار گرفتند. در بخش اول تحقیقات به بررسی و معرفی، کلیدواژه‌ها و موضوعات اصلی (در هفت دسته موضوعی اصلی) این حوزه تحقیقاتی پرداختیم. سپس با استفاده از مقایسه نمودارهای مربوط به کلیدواژه‌های مورداستفاده در دو بازه زمانی ۲۰۱۰-۲۰۲۰ و ۲۰۲۱-۲۰۲۳ به شناسایی و استخراج کلیدواژه‌ها و موضوعات روبه‌رشد و نوظهور این حوزه تحقیقاتی پرداختیم. بر اساس نتایج مباحثی همچون «شبه‌سازها و مطالعات تئوری»، «جذب سطحی و تخریب فوتوکاتالیستی» و همچنین «نانومواد و فناوری نانو» از موضوعات جدیدی بودند که در دو سال اخیر رشد تحقیقاتی داشته‌اند. همچنین کلیدواژه‌های «چارچوب‌های فلزی-آلی»، «شبه‌سازدی متیل، متیل فسفونات»، «نظریه تابعی چگالی»، «جذب سطحی»، «نانوذرات»، «تخریب» و «هیدرولیز» در این حوزه تحقیقاتی در سه سال اخیر رشد نسبتاً چشمگیری داشته‌اند و به‌عنوان کلیدواژه‌های روبه‌رشد شناسایی شدند.

همچنین به بررسی و شناسایی کشورهای پیشرو در حوزه CWA در دو بازه زمانی ۲۰۰۳-۲۰۱۳ و ۲۰۱۳-۲۰۲۳ پرداخته شده است. بر اساس حجم اسناد منتشر کشورهای آمریکا و چین با حضور در ۲۸ و ۹ درصد از اسناد منتشره در ده سال اخیر برترین کشورهای این حوزه هستند. نکته مهم حضور ایران در رتبه سوم با همکاری در شش درصد اسناد بود که نشان‌دهنده اهمیت

این حوزه برای محققین و ارگان‌های تحقیقاتی کشورمان در سال‌های اخیر است. بر اساس نتایج در ده سال اخیر کشور چین گوی سبقت را از کشور آمریکا در ایجاد شبکه همکاری گسترده در حوزه CWA ربوده است و کشورهای دیگری نیز مانند کره جنوبی، جمهوری چک، لهستان، برزیل و ایتالیا در ایجاد شبکه‌های همکاری رشد بسیار زیادی کرده‌اند که می‌توان از آن‌ها به‌عنوان کشورهای نوظهور این حوزه نام برد.

در بررسی سازمان‌ها و مؤسسات پیشرو ارتش ایالات متحده آمریکا و دانشگاه نورث وسترن به‌عنوان دو هسته اصلی خوشه مرکزی شبکه همکاری سازمان‌ها و مؤسسات در ده سال اخیر شناخته شدند. همچنین آزمایشگاه کلیدی ایالتی حفاظت از NBC برای غیرنظامیان و مؤسسه فارماکولوژی و سم‌شناسی بوندسور از دیگر قطب‌های اصلی تحقیقات و تشکیل شبکه‌های همکاری در این حوزه بودند. در بخش نهایی نیز به تجزیه و تحلیل شبکه همکاری محققین و نخبگان حوزه CWA پرداختیم که نام‌های هورست تیرمن، عمر فرها و گریگوری پیترسون به‌عنوان المان‌های اصلی نقشه و هسته مرکزی خوشه‌های بزرگ شبکه همکاری افراد شناسایی و معرفی شدند. از نکات قابل توجه این پژوهش این بود که با وجود انتشار حجم گسترده‌ای از اسناد و تحقیقات توسط محققین و سازمان‌های کشور ایران (۶٪)، نام هیچ یک از مؤسسات، سازمان‌ها و همچنین محققین و نخبگان کشوری ما در شبکه‌های همکاری مربوطه دیده نشد. این نکته نشان‌دهنده همکاری بین‌المللی کم و ایزوله، سازمان‌ها و مؤسسات و محققین کشور ما و همچنین عدم همکاری داخلی هسته محور سازمان‌های ایرانی می‌باشد که باعث می‌شود، علی‌رغم تعداد فراوان اسناد منتشره، نام سازمان‌ها و محققین کشورمان در این نمودارها به‌عنوان داده پرت حذف شوند. با توجه به پیشرفت همکاری‌های بین‌المللی و گسترده‌تر شدن شبکه‌های همکاری جهت انتقال و تسریع پیشرفت علم در حوزه CWA، انجام تحقیقات بین‌المللی گسترده‌تر و همچنین تحقیقات داخلی هسته محور (با محوریت یک سازمان به‌عنوان هسته ارتباطی تحقیقات) به محققین و مؤسسات و سازمان‌های کشورمان پیشنهاد می‌گردد.

فهرست منابع

- Arustamian, O. M., Tkachishin, V. S., & Aleksiiuchuk, O. Y. (2022). Experience in the use of chemical warfare agents in the postwar period and during the World War II. *EMERGENCY MEDICINE*(4.83), 105-109. doi:10.22141/2224-0586.4.83.2017.107431
- Henderson, T. J., Petrikovics, I., Kikilo, P., Ternay, A. L., & Salem, H. (2019). *Chemistries of Chemical Warfare Agents* (pp. 17-38): CRC Press.
- Liu, Y., & He, H. (2023). Scientometrics of Scientometrics Based on Web of Science Core Collection Data between 1992 and 2020. *Information*, 14(12), 637-637. doi:10.3390/info14120637
- Markusova, V., Wilson, C. S., & Davis, M. (2002). From bioweapon to biodefense. *Scientometrics*, 53(1), 21-38. doi:10.1023/a:1014827819263
- Moran, C. M. (2021). *The Future of Chemical Warfare: How Urbanization and Proliferation of Delivery Mechanisms Create the Need for In-Situ Defense* (pp. 93-109): Springer International Publishing.
- Mphuthi, N., Jijana, A., Mhlanga, N., Muchindu, M., Nyembe, S., Mwakikunga, B., . . . Sikhwivhilu, L. (2023). Chemical warfare agents: an outlook on past and present technologies (pp. 3-31): Elsevier. doi:10.4103/2277-9531.162355
- Nokhodian, Z., Zare-Farashbandi, F., & Shoaie, P. (2015). Mustard gas exposure in Iran-Iraq war - A scientometric study. *Journal of education and health promotion*, 4(1), 56-56.
- O'Hanlon, M. E. (2018). *Forecasting change in military technology, 2020-2040*. Military Technology, 2020, 2040.
- Reding, D. F., De Lucia, A., Blanco, A. M., Regan, L. A., & Bayliss, D. (2023). *Science & Technology Trends 2023-2043 across the Physical, Biological, and Information Domains*. 1. NATO Science & Technology Organization.
- Salem, H., Ternay Jr, A. L., & Smart, J. K. (2019). *Brief History and Use of Chemical Warfare Agents in Warfare and Terrorism* (pp. 3-15): CRC Press.
- Salouti, R., Ghazavi, R., Rajabi, S., Zare, M., Talebnejad, M. R., Abtahi, M. B.,... Heidary, F. (2020). Sulfur Mustard and Immunology; Trends of 20 Years Research in the Web of Science Core Collection: A Scientometric Review. *Iranian journal of public health*, 49(7), 1202-1210. doi:10.18502/ijph.v49i7.3573
- Timperley, C. M., Forman, J. E., Abdollahi, M., Al-Amri, A. S., Baulig, A., Benachour, D., . . . Holen, S. (2019). Advice on assistance and protection provided by the Scientific Advisory Board of the Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons: Part 1. On medical care and treatment of injuries from nerve agents. *Toxicology*, 415, 56-69. doi:10.1016/j.tox.2019.01.004
- van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523-538. doi:10.1007/s11192-009-0146-3
- پایگاه منابع علمی سراج، (۱۴۰۳)، <https://seraj.ihu.ac.ir>
- احمدی، م.، تولایی، ر.، مهتدی، م.، د.، و طاهری، ع. (۲۰۲۱). بررسی روند تحولات «اکتساب دانش»: تحلیل علم‌سنجی پژوهش‌های ایران و جهان. مدیریت دانش سازمانی، ۴(۱)، ۴۹-۱.

- استادی، ر. و. & عرب بافرانی، م. (۲۰۲۰). آینده پژوهی تهدیدات جهانی مؤثر بر انقلاب اسلامی. آینده پژوهی انقلاب اسلامی، (۱۱)، ۹-۴۸.
- شرفی، ع. و. & ناخدا، م. (۲۰۱۹). تحلیل روندهای محلی و جهانی ممیزی دانش در پایگاه استنادی کلریویت آنالیتیکس. مدیریت دانش سازمانی، (۳)۲، ۱۱-۴۶.
- شمس الدینی، م.، میری، م.، طاهری، ع. و. & نجاران طوسی، ح. (۲۰۲۳). آینده‌نگاری انتقال تکنولوژی در دانشگاه‌های سازمانی: پیشنهاد حرکت به سمت مکانیسم‌های غیررسمی انتقال تکنولوژی مبتنی بر شبکه‌سازی بینافردی همتابه‌همتا (با تمرکز بر اتصال کوتاه). آینده پژوهی انقلاب اسلامی، (۴)۴، ۱۲۵-۱۴۰.
- مومیوند، ح. ا.، حسنی آهنگر، م.، ر.، طهماسب کاظمی، ب.، صالح نژاد، س. ع. و. & کاملی، ب. (۲۰۲۲). ترسیم و تدوین نقشه دانش حوزه تجاری‌سازی بر اساس تحلیل هم‌واژگانی مقالات نمایه شده در web of science. مدیریت دانش سازمانی، (۲)۵، ۷۷-۱۱۰.
- ناظمی جنابی، ف. و. & فضلی، ص. (۲۰۲۱). تحلیل استنادی مقالات علمی- پژوهشی آینده‌پژوهی در ایران. آینده پژوهی انقلاب اسلامی، (۲)۲، ۳۵-۵۵.

