Scientometrics Research Journal

Scientific Bi-Quarterly of Shahed University
Vol. 9, No. 2, Autumn & Winter 2023-24 (Serial 18)

Research Article

DOI: 10.22070/RSCI.2023.16194.1589

Knowledge Structure of Seismology in Materials and Energy Fields From 2010 to 2020: A Science Mapping Study

Farahnaz Abouk [1]

Sholeh Arastoopoor [2*]

Reza Khajavi [3]

1. M.S.Ferdowsi University of Mashhad.
Email: asndr.f.abouk@gmail.com

2. Assistant Professor, Ferdowsi University of Mashhad.
(Corresponding Author)

3. Assistant Professor, Ferdowsi University of Mashhad.
Email: rezakhajavi@um.ac.ir

Email: arastoopoor@um.ac.ir

Date of Reception: 28/04/2023

Date of Acceptation: 22/08/2023

Abstract

Purpose: The main objective of this paper is to analyze the intellectual framework of seismology in two distinct domains: materials and energy, from 2010 to 2020, using a science mapping technique. These two fields were selected based on their investment rate by international institutions compared to other areas of seismology. Moreover, this study also focused on the evolution of different clusters and subclusters that were formed or transformed into other clusters during the time span of the study.

Methodology: To this end, scientometrics approach and science mapping technique used for creating an intellectual structure of seismology through a co-word analysis. Both strategic and theme evolution diagrams were prepared using R's Bibliometrix package. Strategic diagrams pinpointed the place of different clusters in four areas of Motor themes, Highly developed and isolated themes, Emerging or declining themes, and Basic and transversal themes. Sankey diagrams were also utilized in order to depict the evolution of different clusters through time. The time frames of these graphs were determined automatically by the R Bibliometrix package.

Findings: the results showed that the number of papers in materials' field is higher than energy field and this number is ascending in both fields. 4 clusters were identified in the field of materials and each of them is placed in one of the 4 tiers of the strategic diagram. “Earthquakes” is placed in Motor themes, while “reinforced concretes” cluster is placed somewhere between motor themes and Basic and transversal themes. The "energy dissipation" cluster is classified under Highly advanced and isolated themes, while "walls (structural partitions)" falls under Emerging or declining themes. As for the energy field, six clusters were identified, but they were divided between two different quadrants of the strategic dia-

Scientometrics Research Journal

Scientific Bi-Quarterly of Shahed University
Vol. 9, No. 2, Autumn & Winter 2023-24 (Serial 18)

Research Article

DOI: 10.22070/RSCI.2023.16194.1589

Farahnaz Abouk [1]

Sholeh Arastoopoor [2*]

Reza Khajavi [3]

Date of Reception: 28/04/2023

Date of Acceptation: 22/08/2023

gram. The clusters "earthquakes," "earthquake event," and "Nuclear power plant" were placed in the Motor themes quadrant, while "Wenchuan earthquake," "forecasting," and "stochastic systems" were fitted in the Emerging or declining themes quadrant. Another interesting finding of this study based on the Sankey diagrams is that during 2010 to 2020 in the field of materials at least 20 different clusters were formed and reformed or dissolved into other clusters which means that this field is somehow active and during 2014 to 2017 has experienced lots of changes and reforms among its sub-clusters. As for the energy field, 21 clusters were identified, each of which experienced some sort of transformation or even devastation. During 2017 and 2018, this field experienced its most active era. If we compare the results of both fields, we can infer that the materials field has undergone more branching than the energy field. In 2010, four clusters were identified in the materials field, whereas in 2020, the number of identified clusters increased to seven. However, in the energy field in 2010, 7 clusters were identified. However, by 2020, the number of clusters had declined to 5. The third part of this study's findings focuses on the highly cited papers in these two fields. The results show that the top ten most cited papers in the materials field are divided into eight different clusters. Among them concretes and earthquake resistance are placed among Motor themes and earthquake engineering and reinforcement clusters are fitted in Basic and transversal themes. While columns(structural) and separation clusters are placed in Emerging or declining themes. As for the energy field, these top 10 cited papers are divided into six clusters. Nuclear energy cluster is considered to be a Motor theme but risk assessment and seismology is placed in Highly developed and isolated themes. However, hydrolic fracturing and deformation clusters are fitted in Basic and transversal themes and earthquakes cluster is among Emerging or declining themes.

Conclusion: based on the results of this study, it is evident that thematic diversity in materials field is more than energy field. This trend is also observed among scientific products with higher citation rates. As for the evolution of clusters in both fields, the results indicate that the materials field has undergone more branching than the energy field.

Keywords: materials in seismology; energy in seismology; science mapping; theme evolution.

پژوهش‌نامه علم‌سنجی
دوفصلنامه علمی دانشگاه شاهد/ دوره ۹/ شماره ۲/ پاییز و زمستان ۱۴۰۲ (پیاپی ۱۸)

مقاله پژوهشی

DOI: 10.22070/RSCI.2023.16194.1589

تحلیل مبتنی بر نگاشت ساختار فکری دانش زلزله‌شناسی در دو حوزه مواد و انرژی طی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰

فرحناز ابوک [۱]

شعله ارسطوپور [۲*]

رضا خواجوی [۳]

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زلزله‌شناسی، مرکز تحقیقات زمین‌لرزه‌شناسی.
Email: asndr.f.abouk@gmail.com

۲. استادیار گروه علم اطلاعات و دانش‌شناسی، دانشکده علوم تربیتی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران. (نویسنده مسئول)
Email: arastoopoor@um.ac.ir

۳. استادیار مرکز تحقیقات زمین‌لرزه‌شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.
Email: rezakhajavi@um.ac.ir

چکیده

هدف: هدف از این پژوهش بررسی دانش زلزله‌شناسی در دو حوزه مواد و انرژی طی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ با استفاده از تکنیک ترسیم ساختار فکری است. دلیل تمرکز بر این دو حوزه، سرمایه‌گذاری نسبتاً مناسب سازمان‌ها و نهادهای بین‌المللی بر آنهاست.

روش‌شناسی: به‌منظور دستیابی به هدف تعریف‌شده، از تکنیک ترسیم شبکه دانشی با استفاده از هم‌رخدادی واژگان استفاده شده است. به این منظور علاوه بر ترسیم شبکه ارتباطات بین موضوعی در دو حوزه یادشده، نمودار راهبردی و همچنین نمودار تکامل موضوعی خوشه‌های افرازشده در هر حوزه نیز ترسیم شده است. برای انجام این کار از بسته بیبلیومتریکس نرم‌افزار R استفاده شده است.

یافته‌ها: یافته‌ها حاکی از آن است که در حوزه موضوعی مواد مقالات منتشرشده در ۴ خوشه و در حوزه انرژی مقالات منتشرشده در ۶ خوشه جای گرفته‌اند. هریک از ۴ خوشه شناسایی‌شده در حوزه مواد در یکی از نواحی موضوعات پیش‌ران، موضوعات بنیادی و چندوجهی، موضوعات توسعه‌یافته اما منفرد و یا موضوعات رو به رشد/افول قرار گرفته‌اند. حال آنکه از ۶ خوشه شناسایی‌شده در حوزه انرژی ۳ خوشه در ناحیه پیش‌ران و ۳ خوشه در ناحیه رو به رشد/افول قرار گرفته‌اند.

نتیجه‌گیری: مطالعه حاضر نشان می‌دهد که در حوزه انرژی تنوع جایگاه خوشه‌ها در نمودار راهبردی کمتر از حوزه مواد بوده و همین روند در میان یافته‌های مرتبط با مقالات پراستناد نیز به چشم می‌خورد.

واژگان کلیدی: دانش زلزله‌شناسی در حوزه مواد، دانش زلزله‌شناسی در حوزه انرژی، ترسیم ساختار فکری، نگاشت علم، تکامل موضوعی.

صفحه ۵۹۲-۵۵۹
دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۰۸
پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۳۱

CC BY

مقدمه و بیان مسئله

یکی از دغدغه‌های بشر زلزله بوده که از ویران‌گرترین بلاهای طبیعی است و انسان همواره درصدد کاهش اثرات زیان‌بار آن بوده است. گرایش نسبتاً بالای پژوهشگران و دانشمندان جهان به کار در این حوزه از علم، و سرمایه‌گذاری کشورهای پیشرفته در آن حاکی از نقش مهم و چشمگیر این زمینه از علم و فناوری در کسب سهم قابل توجهی از کاهش نتایج فاجعه‌بار این بلای طبیعی است (Wagner & Leydesdorf, 2003; Okada et.al., 2004). لذا زمینه‌های موضوعی دانش زلزله‌شناسی اغلب به‌واسطه سرمایه‌گذاری مؤسسات بزرگ همچون بنیاد ملی علوم طبیعی چین و یا بنیاد ملی علوم[1] از نظر اقتصادی و مالی اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کنند (ابوک، ۱۳۹۹) و به همین دلیل پایش مداوم تولیدات علمی و ساختار فکری این حوزه برای پژوهشگران آن اهمیت ویژه‌ای داشته (فلاح و همکاران، ۱۳۹۷؛ Liu et al., 2012) و می‌طلبد که طی پژوهشی به بررسی ساختار فکری تولیدات علمی این حوزه در سطح جهانی توجه شود. چنین پژوهشی که طی آن به ساختار فکری این علم توجه کرده و نحوه رشد حوزه‌های موضوعی مختلف آن را بررسی کند، محققان را نسبت به کم و کیف این حوزه از دانش آگاه‌تر کرده و پژوهشگران و سیاست‌گذاران در راستای فعالیت‌های خود از نتایج آن استفاده خواهند کرد (Wang et al., 2019; Zhang et al., 2020).

بدیهی است در این راستا می‌توان از تکنیک‌های مختلف علم‌سنجی بهره‌برداری کرد. اما بررسی وضعیت علمی حوزه‌های مختلف در قالب مطالعات علم‌سنجی، گاه محقق را از داشتن یک نگاه وسیع و جامع‌نگر به حوزه علمی محروم می‌کند. تصویرسازی همواره راهکار مناسبی جهت کسب احاطه فکری بر پدیده‌های مختلف است (زندی‌روان و همکاران، ۱۳۹۶). بنابراین، ازآنجاکه نگاشت علم همواره جزء مطالعاتی دسته‌بندی می‌شود که دید روشنی از جایگاه حوزه‌های موضوعی مختلف ارائه می‌کند (Moya-Anegon et al., 2004; Borner, 2010)، لذا به نظر می‌رسد انجام مطالعه‌ای با این تکنیک جهت ترسیم ساختار فکری این حوزه با استفاده از تحلیل هم‌رخدادی واژگان و ترسیم نمودارهای خوشه‌بندی، علاوه‌بر تکمیل مطالعات پیشین، دیدی جامع از وضعیت ده‌ساله اخیر حوزه مورد بررسی به دست می‌دهد.

باوجوداین نبایستی فراموش کرد که دانش زلزله‌شناسی، بسیار وسیع بوده و تولیدات علمی که زیر چتر این زمینه موضوعی قرار می‌گیرند بسیار زیاد است. به همین دلیل در مطالعه حاضر نیز مشابه با برخی از دیگر مطالعات در این حوزه (Gizzi & Potenza, 2020; He et al., 2021; Anil et al. 2010) به‌منظور محدودسازی و عملیاتی‌کردن موضوع پژوهش، دامنه مطالعه روی دو حوزه مواد و انرژی ذیل دانش زلزله‌شناسی متمرکز شد تا امکان تحلیل دقیق‌تر فرایند تکامل خوشه‌های این حوزه موضوعی در بازه زمانی مورد مطالعه فراهم باشد. این دو حوزه، جزء حوزه‌هایی هستند که ماهیتاً قابلیت اقتصادی بالایی دارند و حمایت مالی نسبتاً خوب مؤسسات بین‌المللی از پژوهش‌های این دو حوزه مهر تأییدی بر این ادعاست. علاوه‌براین، نگاهی به مطالعات حوزه انرژی و مواد به‌صورت ویژه (Cibulka & Giljun,2020; . Flachenecker et al., 2018; Steinberger & Krausmann, 2011; Ross et al., 1987) و تأثیر آنها بر اقتصاد جوامع از یک‌سو و مطالعات خاص حوزه زلزله‌شناسی در دو عرصه مواد و انرژی (Choi & Kim, 2018; Adeniyi et al., 2016; Grossi et al., 2014; May et al., 1998; Hu et al., 1996) بیانگر

۱. این دو مؤسسه (National Science Foundation & National Natural Science Foundation of China) براساس گزارش احصاء شده از داده‌های مورد بررسی در این پژوهش، بیشترین فراوانی میزان حمایت مالی را در حوزه مواد از پژوهش‌های صورت گرفته در این حوزه داشته‌اند.

اهمیت این دو حوزه در اقتصاد کنونی است.

از طرفی پژوهش حاضر، تمرکز خود را روی مقالات پژوهشی و مروری پایگاه اسکوپوس طی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ گذاشته است. با توجه به بررسی صورت‌گرفته روی مطالعات علم‌سنجی حوزه زلزله‌شناسی، پایگاه اسکوپوس فقط تا سال ۲۰۱۳ و آن هم از دید شاخص‌های کتاب‌سنجی مورد بررسی جدی قرار گرفته و همان‌گونه که در قسمت پایانی مرور نوشتارها نیز بدان اشاره شده است، در هیچ‌یک از مطالعات علم‌سنجی صورت‌گرفته در این حوزه، نگاشت ساختار فکری آن مورد بررسی عمیق قرار نگرفته است. به همین دلیل جای خالی پژوهشی با مختصات حاضر احساس می‌شود. به عبارت بهتر مسئله پژوهش حاضر آن است که اولاً مشخص نیست ساختار فکری دانش زلزله‌شناسی در زمینه موضوعی مواد و انرژی به چه صورت است و همچنین روند شکل‌گیری خوشه‌های موضوعی در این دو زمینه طی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ چه تحولاتی را از سر گذرانده است. نوآوری پژوهش حاضر نحوه تحلیل مرتبط با روند شکل‌گیری خوشه‌های موضوعی در هر یک از زیرحوزه‌های مورد بررسی و همچنین ناحیه‌بندی موضوعات شناسایی‌شده در هر حوزه است. تحلیل روند در کنار ناحیه‌بندی موضوعات توانش احتمالی زیرموضوعات دو حوزه مورد مطالعه را نشان داده و یافته‌های این پژوهش به محققان در برنامه‌ریزی پژوهشی خود و انتخاب موضوع برای پژوهش و جذب اعتبار در سطح بین‌المللی کمک می‌کند.

پرسش‌های پژوهش

در راستای تأمین اهداف پژوهش سؤال‌های زیر تدوین شد:

۱. روند رشد تولیدات علمی زلزله‌شناسی در دو حوزه مواد و انرژی در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ به چه صورت است؟

۲. ساختار فکری دانش زلزله‌شناسی در دو زمینه مواد و انرژی و در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ به چه صورت است و در بازه زمانی مذکور چه تحولاتی را تجربه کرده است؟

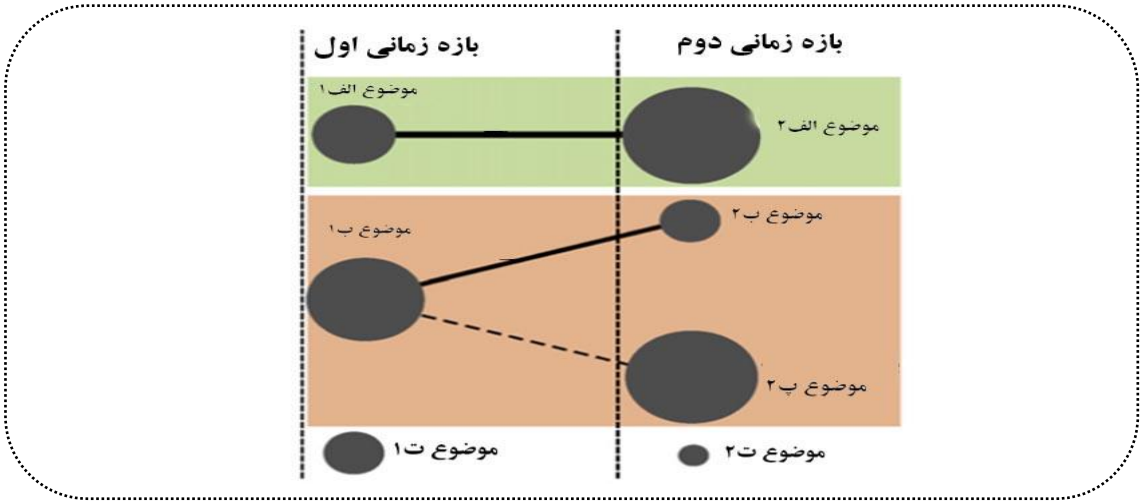
۳. ساختار فکری تولیدات علمی پراستناد دانش زلزله‌شناسی در دو حوزه مواد و انرژی در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ به چه صورت است؟

چارچوب نظری

همان‌گونه که نقشه‌های جغرافیایی با ارائه یک تصویر بزرگ به ما در ارزیابی صفحه‌های مختلف جغرافیایی کمک می‌کند، نقشه‌های علمی نیز در راستای ارائه دیدی بهتر و جامع‌نگر به حوزه‌های موضوعی کمک شایان توجهی می‌کنند (Noyons, 1999). بسته به اهداف مطالعات مختلف، تاکنون انواع نقشه‌های علمی مبتنی بر داده‌های گوناگون مورد استفاده واقع شده‌اند که از این میان در کنار نقشه‌های حاصل از تحلیل هم‌رخدادی، می‌توان به نمودارهای راهبردی اشاره کرد. کوبو و همکاران (Cobo et al., 2011a; Cobo et al., 2011b) طی مطالعات دامنه‌داری به تحلیل متون مرتبط با حوزه علم‌سنجی و ترسیم نگاشت‌های علمی پرداختند و به‌واسطه این مطالعات، الگوی تحلیل راهبردی را بر اساس ناحیه‌بندی نمودار راهبردی ارائه کرده‌اند. این دسته از نمودارها، در کنار نگاشت‌های علمی حاصل از هم‌رخدادی واژگان کمک شایان توجهی به جایگاه‌یابی خوشه‌های موضوعی شناسایی‌شده در بدنه دانش یک حوزه دارد. رویکرد پیشنهادی کوبو و همکاران (Cobo et al., 2011a) مشخصاً در راستای همین امر بوده و موضوعات شناسایی‌شده را با استفاده از چارچوب نمودار راهبردی ناحیه‌بندی می‌کند (شکل ۱).

شکل ۱. ناحیه بندی نمودار راهبردی مرتبط با خوشه‌های افرازشده در حوزه موضوعی (Cobo etal., 2011a)

در این نمودار ناحیه موضوعات پیش‌ران،[1] خوشه‌هایی با چگالی و مرکزیت کالن بالا هستند؛ به‌عبارت‌دیگر این خوشه‌ها به دلیل پیوند درونی بالا، کاملاً به پختگی و توسعه‌یافتگی رسیده‌اند، و به دلیل پیوندهای بیرونی زیاد بر سایر موضوعات اثرگذار هستند. ناحیه موضوعات توسعه‌یافته ولی منفرد[2] که دارای چگالی بالا اما مرکزیت کم هستند. خوشه‌های این ناحیه دربرگیرنده موضوعاتی پخته و توسعه‌یافته (با ارتباطات درونی زیاد)، اما منزوی و جداافتاده (ارتباطات بیرونی کم)، و دارای اهمیت جانبی در شاخه علمی مورد نظر هستند. ناحیه موضوعات در حال رشد/افول[3] خوشه‌هایی با پیوندهای درونی و بیرونی کم را دربرمی‌گیرد. این در حالی است که خوشه‌های ناحیه آخر دربرگیرنده موضوعات بنیادین و چندبعدی،[4] با میزان چگالی اندک اما مرکزیت بالاست. علاوه‌بر نمودار راهبردی، از نمودارهای تکامل موضوعی (نمودار سنکی) به‌منظور بررسی روند تغییرات خوشه‌های موضوعی استفاده می‌شود. این نمودار در عمل به کشف تکامل تدریجی مفاهیم حوزه موضوعی مورد نظر و همچنین یافتن ارتباط پنهان، کشف الگوهای ارتباطی



شکل ۲. الگوی نمودار تکامل موضوعات (کوبو و همکاران، ۲۰۱۱ الف)

1 . Motor Themes
2 . Highly Developed and Isolated Themes
3 . Emerging or declining themes
4 . Basic and transversal themes

بین موجودیت‌ها، درک ساختار شبکه‌های موضوعی، و شناسایی موضوعات برجسته آن حوزه می‌پردازد (Cobo et al., 2011a). در این دست از نمودارها (شکل ۲) خطوط پیوسته به معنی موضوعات مرتبط دارای یک نام مشترک و یا بخشی از نام مشترک بوده و خط نقطه‌چین به این معنی است که موضوعات در برخی از عناصر مشترک هستند اما نام موضوعات یکسان نیست. همچنین ضخامت هرکدام از خطوط و اندازه هریک از گره‌ها به‌ترتیب به معنی میزان شمول و فراوانی اسناد هستند. در نمودار ارائه‌شده در شکل ۲ موضوعات ت۱ و ت۲ مفاهیم جدید در نظر گرفته می‌شوند (Bendle & Patterson, 2011).

پیشینه پژوهش

سالانه مطالعات متعددی در عرصه‌های موضوعی مختلف با استفاده از رویکرد علم‌سنجی به‌صورت کلی و با بهره‌گیری از تکنیک نگاشت ساختار فکری به‌طوری خاص چه در داخل کشور و چه در خارج از کشور انجام می‌شود. به‌عنوان نمونه‌ای کوچک فقط در داخل کشور در چند سال اخیر می‌توان به مطالعات حسن‌زاده و همکاران (۱۳۹۷) در حوزه علم اطلاعات و دانش‌شناسی، یوسفی خرایم و همکاران (۱۳۹۸) در حوزه آینده‌نگاری، زوارقی و حمدی‌پور (۱٤۰۲) در حوزه تولیدات علمی دانشگاه تبریز، نجار لشکری و همکاران (۱٤۰۲) در حوزه مدیریت آموزشی یا کار بیگدلو (۱٤۰۱) در زمینه بازیابی اطلاعات اشاره کرد. گستره و تعدد این دست از مطالعات به حدی زیاد است که بدون محدودسازی این دست از مطالعات به زمینه موضوعی مورد مطالعه، عملاً مرور پیشینه‌های مرتبط را دشوار می‌کند. به همین دلیل در این نوشتار فقط به مرور مقالاتی اکتفا شده است که مشخصاً از رویکرد علم‌سنجی و تکنیک‌های مرتبط برای سنجش و مطالعه حوزه موضوعی دانش زلزله‌شناسی بهره برده‌اند.

تاکنون از رویکرد علم‌سنجی مطالعات مختلفی در پهنه‌های زمانی، مکانی و روشی متفاوت در حوزه مطالعات زلزله‌شناسی صورت گرفته است. از میان این مطالعات در خارج از کشور می‌توان به کار وگنر و لیدسدورف (Wagner & Leydesdorf, 2003) اشاره کرد که با استفاده از روش تحلیل هم‌نویسندگی و همچنین تحلیل استناد میان نشریات[1] براساس داده‌های پایگاه استنادی وبگاه علوم به بررسی حوزه لرزه‌نگاری پرداختند. نتایج این مطالعه حاکی از آن بود که تولیدات علمی لرزه‌نگاری در مقایسه با حوزه موضوعی قدیمی‌تر ژئوفیزیک از نظر میزان بین‌المللی‌بودن تفاوتی ندارد. لیو و همکاران (Liu et al., 2012) به مطالعه کتاب‌سنجی پژوهش‌های حوزه زلزله از سال ۱۹۰۰ تا ۲۰۱۰ در نمایه استنادی وبگاه علوم و نمایه استنادی علوم اجتماعی پرداختند. در این پژوهش نیز مشابه با پژوهش‌های قبل، شاخص‌هایی همچون نویسندگان پرتولید و تأثیرگذار، مؤسسات فعال در تولید علم در این زمینه، کشورهای فعال در این زمینه مورد بررسی قرار گرفته‌اند. از دیگر پژوهش‌های این حوزه در خارج از کشور که مشخصاً به بررسی زیرحوزه‌های دانش زلزله‌شناسی پرداخته اند می‌توان به مطالعه‌های ساگار و همکاران (Anil et al., 2010)، وو و همکاران (Wu et al., 2015)، امر (Emmer, 2018)، گیزی و پوتنزا (Gizzi & Potenza, 2020) و هه و همکاران (He et al., 2021) اشاره کرد. ساگار و همکاران (Anil et al., 2010) طی سال‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۸ به بررسی کلیه متون منتشرشده در حوزه سونامی‌ها پرداختند. آنها مشخصاً روی میزان تولیدات علمی، گستره نشر آنها در کشورهای مختلف، شاخص هم‌تألیفی، مطالعه الگوهای متفاوت آن و همچنین میزان استنادات تولیدات علمی این حوزه و زمینه‌های موضوعی مطرح در آن پرداختند. نتایج این مطالعه حاکی از آن بود که کشورهای آمریکا، ژاپن،

1 . Journal-journal citations

بریتانیا، هند و استرالیا ٥٤ درصد از کل تولیدات این حوزه را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین این مطالعه نشان می‌دهد که با وقوع یک رخداد طبیعی مانند سونامی اندونزی در سال ۲۰۰٤ تعداد تولیدات علمی در این زمینه رشد ناگهانی داشته است. در ایران نیز اولین مطالعه جدی در حوزه حاضر مربوط به کار اصنافی و پاکدامن نائینی (۱۳۹۳) است که به بررسی میزان همکاری‌های علمی پژوهشگران علوم زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله در مجموعه همایش‌های بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله پرداختند؛ مطالعه‌ای که اساس آن مبتنی بر هم‌نویسندگی محققان در همایش مذکور بود. این پژوهش مشخصاً نسبت به سایر پژوهش‌های این حوزه از نظر جامعه مورد بررسی کاملاً متفاوت عمل کرده است. این در حالی است که دو پژوهش دیگر فارسی‌زبان در این حوزه رویکردی متفاوت در پیش گرفته‌اند. یک سال بعد، شاهد پژوهش اسدی و قادری (۱۳۹٤) مطالعه‌ای دامنه‌دار در خصوص تولیدات علمی محققان ایرانی طی ۳۵ سال در حوزه زلزله‌شناسی هستیم. مبنای این پژوهش مقالات نمایه‌شده در پایگاه استنادی اسکوپوس است. این در حالی است که در همان سال خارج از ایران وو و همکاران (Wu et al., 2015) به مطالعه پژوهش‌های انجام‌شده در خصوص صفحه‌های زمین‌ساختی در سال‌های ۱۹۹۱ تا ۲۰۱٤ پرداختند. نتایج این مطالعه بیانگر آن بود که پژوهش‌های این زیرحوزه از دانش زلزله‌شناسی در دو دهه اخیر رشد چشمگیری داشته و علوم زمین (میان‌رشته‌ای)، مهندسی زمین و منابع آبی از زمینه‌های پرتولید این موضوع به شمار می‌آیند. کشورهای شمال آمریکا، اروپا و شرق آسیا بیشترین تولیدات علمی در این زمینه را به خود اختصاص داده و نشریه ژئومورفولوژی بیشترین تعداد مقالات در این حوزه را منتشر کرده است. آنها همچنین در این پژوهش به بررسی وابستگی‌های سازمانی پرتکرار و اثرگذار نیز پرداخته‌اند.

چندی بعد اِمر (Emmer, 2018) در پژوهش خود به بررسی علم‌سنجی مطالعاتی پرداخت که صرفاً متمرکز بر مخاطرات طبیعی بوده و در بخش مخاطرات مرتبط با زمین و زلزله‌شناسی مشابه با سایر پژوهش‌ها به این نتیجه رسید که این دسته از پژوهش‌های نیز طی سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۷ رشد چشمگیری داشته‌اند. در این مطالعه نیز کشورهای آمریکا، ژاپن و چین جزء کشورهای پرتولید محسوب می‌شدند. این مطالعه همچنین مشخص کرد که با وقوع بلایای طبیعی میزان نوشته‌ها و مطالعات در زمینه مخاطرات ایجادشده مرتبط با آن افزایش چشمگیری پیدا می‌کند. هم‌زمان با امر، فلاح و همکاران (۱۳۹۷) در مطالعه‌ای مستقل به بررسی تولیدات علمی حوزه زلزله‌شناسی در سطح بین‌المللی این‌بار بر اساس داده‌های پایگاه استنادی وبگاه علوم[1] پرداختند. هر دو مطالعه اخیر از نظر روش‌شناسی و جامعه مورد بررسی متفاوت از پژوهش حاضر است. اسدی و قادری در پژوهش خود کلیه تولیدات علمی ایرانیان در حوزه مورد نظر را طی سال‌های ۱۹۷۵ تا ۲۰۱۳ را در عرصه‌های تولیدات علمی، مؤسسات فعالی در این زمینه، نشریه‌های منتشرکننده مقالات، میزان همکاری‌ها و کشورهای همکار بررسی کردند. فلاح و همکاران به بررسی تولیدات علمی این حوزه در فاصله سال‌های ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۸ پرداخته و طی آن روند رشد تولیدات علمی، دانشگاه‌ها و مؤسسات دارای تولیدات علمی، شاخص‌های مرتبط با اثربخشی پژوهش و همکاری میان کشورهای جهان و ایران مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

گیزی و پوتنزا (Gizzi & Potenza, 2020) در همین راستا مشخصاً به مطالعات شکل‌گرفته طی چهل سال پس از زلزله سال ۱۹۸۰ ایتالیا پرداخته و زمینه‌های مورد مطالعه متخصصان این حوزه در ایتالیا را با سایر کشورهای دنیا مقایسه کرده‌اند. نتایج این پژوهش اگرچه زمینه‌های موضوعی مشترکی را بین مطالعات بین‌المللی و مطالعات داخل

1 . Web of Science

کشور ایتالیا نشان می‌داد، اما نشان از توجه محققان این حوزه پس از زلزله به اقدامات تأمینی مانند تحکیم سازه‌ها و بررسی زیرساخت‌های تأمین انرژی نیز دارد.

هه و همکاران (He et al., 2021) طی سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۸ به بررسی مطالعات حوزه زلزله‌شناسی از بعد همکاری میان افراد و همچنین هم‌رخدادی واژگان پرداختند. این مطالعه حاکی از آن است که تحولات موضوعی و ایجاد موضوعات جدید در این حوزه کمی با تأخیر اتفاق می‌افتد به‌طوری که در ۱۰ سال گذشته موضوعات جدید را می‌توان طی دو سال اخیر در حال شکل‌گیری یافت. همین راستا پیشنهاد مطالعه روی زیرحوزه‌های دانش زلزله‌شناسی را ارائه داده تا امکان شکل‌گیری یا مطالعه تغییر و تحولات خرد در زیرحوزه‌های این دانش فراهم آید.

با مرور پیشینه‌ها مشاهده می‌شود که در حوزه زلزله‌شناسی تاکنون پژوهش‌های جالبی با رویکرد علم‌سنجی صورت گرفته است. اما با توجه به دوره زمانی، جامعه بعضاً متفاوت، موضوع متفاوت و مهم‌تر از همه رویکرد روش‌شناسانه متفاوت، جای انجام مجدد و به‌روزرسانی چنین پژوهشی به‌خصوص با استفاده از روش نگاشت ساختار دانشی حوزه و تحلیل عمیق آن با استفاده از ترسیم نمودار راهبردی و همچنین ترسیم روند تحول موضوعی زمینه به‌وضوح احساس می‌شود. این در حالی است که با توجه به وجود پژوهش‌هایی مانند آنچه پیش‌تر مطرح شد، تمرکز بر یک یا دو حوزه موضوعی در بدنه دانش زلزله‌شناسی چندان دور از ذهن نیست. از طرفی همان‌گونه که پیش‌تر نیز بیان شد، در نگاشت و ترسیم ساختار دانشی این عرصه، عمیق‌شدن بر حوزه‌های موضوعی خاص‌تر، دستاوردهای ملموس‌تر و دقیق‌تری را در راستای اهداف و خواسته‌های تحقیقاتی پژوهشگران و مراکز تحقیقات زمین‌لرزه‌شناسی در اختیار قرار می‌دهد. بنابراین، با توجه به اهمیت اقتصادی دو زمینه موضوعی مواد و انرژی،[1] این پژوهش چشم‌انداز خود را بر مبنای این دو حوزه موضوعی تنظیم می‌کند.

روش‌شناسی پژوهش

به‌منظور انجام این پژوهش، از رویکرد علم‌سنجی و تکنیک تحلیل هم‌رخدادی واژگان استفاده شده است. جامعه پژوهش حاضر تمامی مقالات پژوهشی و مروری منتشرشده در بدنه دانشی علم زلزله‌شناسی در دو حوزه مواد و انرژی در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ را شامل می‌شود. برای استخراج داده‌ها در پایگاه استنادی اسکوپوس در قسمت document کلمه earthquake در فیلد عنوان، چکیده، کلیدواژه[2] واردشده و نتایج بر مبنای نوع مدرک (article یا review) و سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۲۰ محدود شد. در منوی پیشرفته در قسمت حوزه موضوعی زیرگروه physical sciences و سپس دو شاخه مواد و انرژی[3] انتخاب شد. با محدودکردن فیلتر نوع منبع به journals، چارچوب استخراج داده‌ها از پایگاه اسکوپوس شکل گرفت. از داده‌های بازیابی‌شده با این چارچوب، در قالب فایل صفحه

۱. در حوزه زمین‌شناسی اقتصادی توجه به مواد مختلف از یک‌سو و همچنین مباحث مرتبط با انرژی و خصوصاً انرژی‌های تجدیدپذیر همیشه مورد توجه جدی قرار می‌گیرند.

۲. همان‌گونه که وگنر و لیدسدورف نیز بیان می‌کنند حوزه زلزله‌شناسی ارتباط تنگاتنگی با حوزه ژئوفیزیک داشته و به‌نوعی تولیدات علمی آنها زیرحوزه ژئوفیزیک قلمداد می‌شوند (Wagner & Leydesdorf, 2003). این مسئله به‌صورت ویژه در دو حوزه انتخاب شده که جزء زمینه‌های مطالعاتی مطرح در ژئوفیزیک هستند نیز خودنمایی می‌کند. انتخاب جستجوی تمام متن با توجه به ارتباط دو زیرحوزه انتخابی و واژه کلیدی زلزله با حوزه عام‌تر ژئوفیزیک احتمال دقت پایین یافته‌ها را بالا می‌برد.

۳. Materials و Energy با صورت اختصاری MATE و ENER

گسترده از نوع csv و همچنین bib خروجی تهیه و ذخیره شد.[1] درنهایت ۳۰۲۵ رکورد برای مقالات حوزه مواد و ۱۷۳۸ رکورد برای مقالات حوزه انرژی استخراج و برای ورود به ویرایش ۳.۳.۰ بسته نرم‌افزاری بیبلیومتریکس ویرایش از ویرایش ٤.٣.٠ بسته نرم‌افزاری Rstudio آماده‌سازی شد.

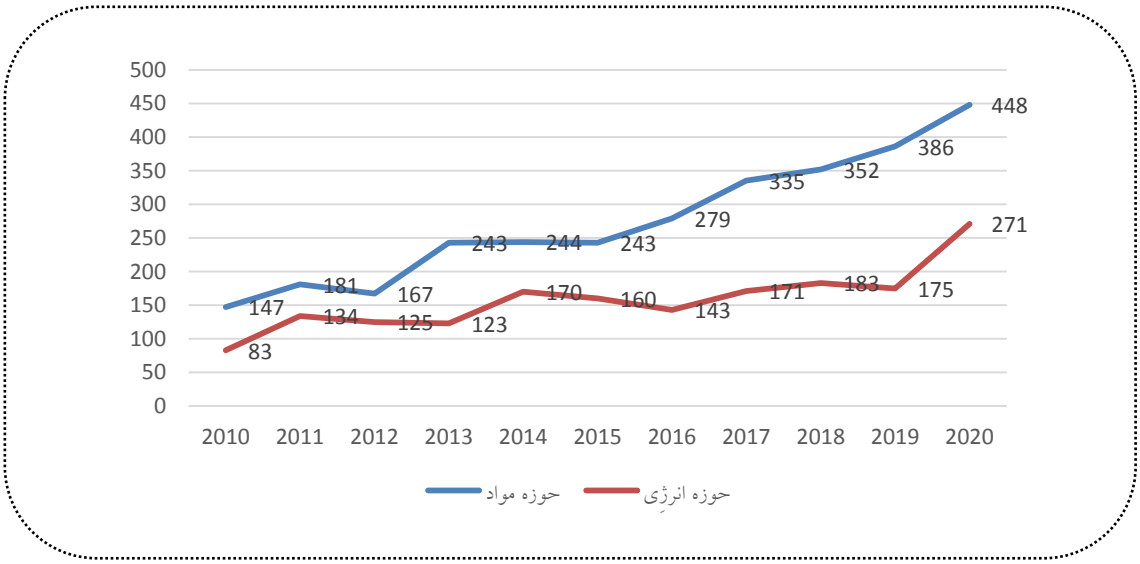
به‌منظور انجام تحلیل‌ها، شبکه هم‌رخدادی بر پایه خوشه‌بندی مدارک با استفاده از الگوریتم تحلیل روابط چندگانه[2] که مناسب داده‌هایی از جنس دسته‌بندی- اسمی[3] است، ترسیم شد و خوشه‌های شکل‌گرفته براساس دو شاخص چگالی و مرکزیت کالن[4] افراز شدند. چگالی شاخصی از میزان پیوندهای بین‌واژگانی درون خوشه موضوعی و مرکزیت کالن شاخصی برای آگاهی از پیوند میان یک شبکه با سایر شبکه‌ها (در اینجا خوشه با سایر خوشه‌ها) است. از چگالی کالن برای آگاهی از میزان توسعه‌یافتگی یک خوشه و از مرکزیت کالن برای برآورد میزان اهمیت یک خوشه در شکل‌دهی به یک حوزه موضوعی استفاده می‌شود (Cobo et al, 2011 a; Bendle & Patterson, 2011).

یافته‌های پژوهش

پاسخ به پرسش نخست پژوهش. روند رشد تولیدات علمی زلزله‌شناسی در دو حوزه مواد و انرژی در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ به چه صورت است؟

برای پاسخ به پرسش نخست پژوهش، همه خروجی‌های تهیه‌شده از پایگاه استنادی اسکوپوس در دو حوزه مواد و انرژی دسته‌بندی و مورد بررسی قرار گرفته‌است.

دانش زلزله‌شناسی قابل بررسی نمایه‌شده در پایگاه اسکوپوس در حوزه موضوعی مواد و انرژی به‌ترتیب ۳۰۲۵ مقاله و ۱۷۳۸ مقاله است. با توجه به داده‌های استخراج‌شده از پایگاه اسکوپوس، تعداد مقالات این دو حوزه طی این بازه ۱۰ ساله به نسبت روند رو به رشدی داشته است (شکل ۳).



شکل ۳. تولیدات علمی سالانه حوزه‌ی مواد و انرژی در پایگاه اسکوپوس در بازه ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰

۱. جستجو و بازیابی اطلاعات مرتبط با هر دو موضوع در روزهای پایانی ژانویه سال ۲۰۲۱ در پایگاه اسکوپوس انجام شده است.

2 . Multiple Correspondence Analysis (MCA)

3 . Nominal Categorical Data

4 . Callon Centrality and Callon Density

به‌منظور تدقیق بیشتر در چگونگی نشر مقالات هر دو حوزه مواد و انرژی، آگاهی از عناوین نشریاتی که بیشترین تعداد این دست از مقالات را در ۱۰ ساله اخیر منتشر کرده‌اند، اهمیت زیادی دارد؛ چراکه با استفاده از این اطلاعات محققان می‌توانند در خصوص ارسال مقالات خود در این حوزه، به نشریات مرتبط تصمیم بگیرند. جدول ۱ به‌ترتیب فهرستی از عناوین ده مورد از مجلاتی را که بیشترین مقالات در حوزه مواد و انرژی را در بازه زمانی مورد بررسی منتشر کرده‌اند، نشان می‌دهد.

همان‌گونه که در این جدول مشخص شده است، بر اساس داده‌های ثبت‌شده در پایگاه اسکوپوس، مجله Journal of Structural Engineering با ٤٤٣ مقاله بیشترین فراوانی مقاله را در بازه زمانی مورد بررسی در حوزه مواد منتشر کرده است. این در حالی است که در سایر مجلات همچون نشریه Journal of Constructional Steel Research و یا نشریه Applied Sciences (Switzerland) نیز مقالات نسبتاً قابل توجهی در حوزه مواد به چاپ رسانده‌اند.

بر اساس داده‌های ثبت‌شده در پایگاه اسکوپوس در حوزه انرژی، مجله Sustainability (Switzerland) با ١٥٤ مقاله بیشترین فراوانی مقاله را در بازه زمانی مورد بررسی در حوزه مواد منتشر کرده است. این در حالی است که در سایر مجلات همچون نشریه Nuclear Engineering And Design و یا نشریه Journal Of Hydraulic Engineering نیز مقالات نسبتاً قابل توجهی در حوزه مواد به چاپ رسانده‌اند.

جدول ۱. عنوان‌های ده نشریه با بیشترین فراوانی انتشار مقاله در حوزه مواد و انرژی از ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰

نشریات حوزه مواد			نشریات حوزه انرژی		
ناشر	شاپا	عنوان‌های نشریات	فراوانی (درصد)	ناشر	شاپا	عنوان‌های نشریات	فراوانی (درصد)
American Society of Civil Engineers	۰۷۳۳-۹٤٤٥	Journal Of Structural Engineering (United States)	٤٤٣ (١٤.٦)	Multidisciplinary Digital Publishing Institute	۲۰۷۱-۱۰۵۰	Sustainability (Switzerland)	١٥٤ (٨.٩)
Elsevier	۰۱٤۳-X۹۷٤	Journal Of Constructional Steel Research	۳۷۰ (١٢.٢)	Elsevier	۰۰۲۹-٥٤۹۳	Nuclear Engineering and Design	١١١ (٦.٤)
Multidisciplinary Digital Publishing Institute	۲۰۷٦-۳٤۱۷	Applied Sciences (Switzerland)	۲۰۷ (٦.٨)	China Water Power Press	۰۵۵۹-۹۳۵۰	Shuili Xuebao/Journal of Hydraulic Engineering	٧٨ (٤.٥)
Elsevier	۰۹٥۰-۰٦۱۸	Construction And Building Materials	۲۰٦ (٦.٨)	Tsinghua University Press	۱۰۰۳–۱۲٤۳	Shuili Fadian Xuebao/Journal of Hydroelectric Engineering	٦٥ (٣.٧)
Elsevier	۱۳٥۰-٦۳۰۷	Engineering Failure Analysis	۱۲۳ (٤.١)	Universidad Nacional Autonoma de Mexico	۰۰۱٦-۷۱٦۹	Geofisica Internacional	٥٢ (٣.٠)
Techno Press	۱۲۲۹-۹۳٦۷	Steel And Composite Structures	۱۱۲ (٣.٧)	Yuan Zi Neng Chuban She	۰۲٥۸-۰۹۲٦	Hedongli Gongcheng/Nuclear Power Engineering	٤٩ (٢.٨)

ادامه جدول ۱. عنوان‌های ده نشریه با بیشترین فراوانی انتشار مقاله در حوزه مواد و انرژی از ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰

نشریات حوزه مواد				نشریات حوزه انرژی			
ناشر	شاپا	عنوان‌های نشریات	فراوانی (درصد)	ناشر	شاپا	عنوان‌های نشریات	فراوانی (درصد)
Elsevier	۰۰۲۹-۵۴۹۳	Nuclear Engineering and Design	۱۱۱ (۳.۷)	Korean Nuclear Society	۱۷۳۸-۵۷۳۳	Nuclear Engineering and Technology	٤٤ (۲.۵)
Vibromechanika	۱۳۹۲-۸۷۱۶	Journal Of Vibro-engineering	۱۰۵ (۳.۵)	Harbin Engineering University	۱۰۰۶-۷۰٤۳	Harbin Gongcheng Daxue Xuebao/Journal of Harbin Engineering University	٤۱ (۲.٤)
Sage	۱۰۷۷-۵٤٦۳	Jvc/Journal of Vibration and Control	۱۰۳ (۳.٤)	Elsevier	۰۳۷۵-٦۵۰۵	Geothermics	٤۰ (۲.۳)
IOP	۰۹٦٤-۱۷۲٦	Smart Materials and Structures	۹۰ (۳.۰)	China Coal Society	۰۲۵۳-۹۹۹۳	Meitan Xuebao/Journal of The China Coal Society	٤۰ (۲.۳)

نکته جالب توجه در اینجا آن است که با نگاهی به فراوانی ۳۰۲۵ مقاله حوزه مواد در بازه زمانی مورد بررسی و همچنین ۱۷۳۸ مقاله حوزه انرژی و نگاهی به تعداد مقالات منتشرشده در ۱۰ نشریه نخست فهرست انتشار مقالات این دو حوزه، و انجام یک محاسبه ساده می‌توان مشاهده کرد که نخستین مجله حوزه مواد بیش از ۱۵ درصد و نخستین مجله حوزه انرژی حدود ۸ درصد از مقالات این حوزه را پوشش می‌دهند. لذا از این داده‌ها می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که در زمینه موضوعی زلزله‌شناسی ۱۰ نشریه دربرگیرنده بیشترین مقالات حوزه موضوعی مواد، کانونی‌تر بوده و نسبت‌به حوزه موضوعی انرژی به‌صورت تخصصی‌تری به انتشار مقالات می‌پردازند.

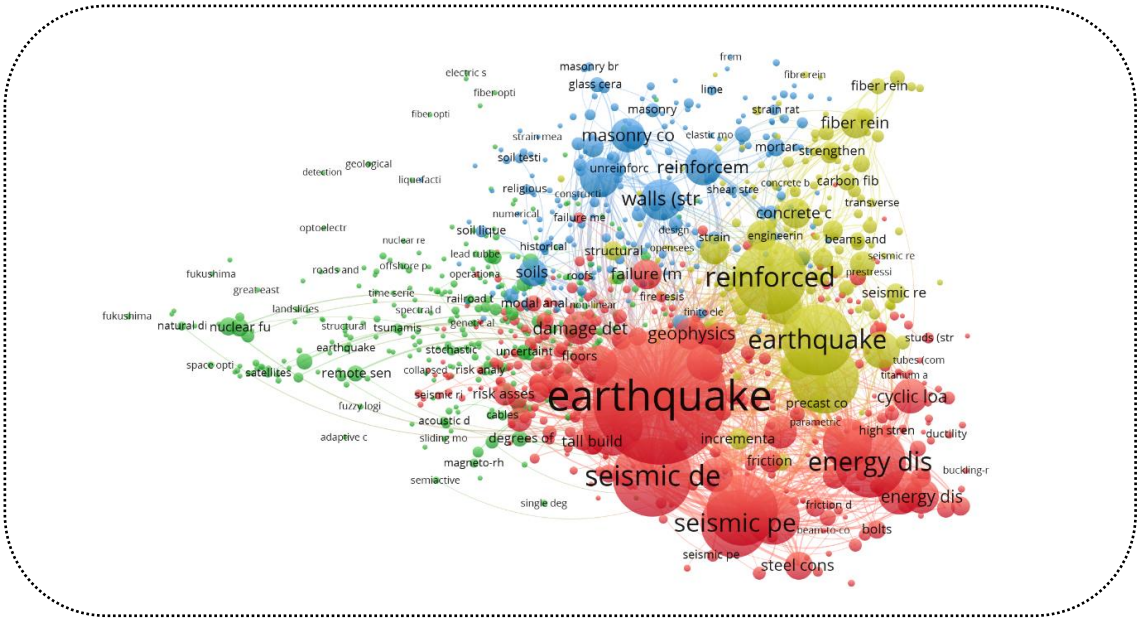
پاسخ به پرسش دوم پژوهش. ساختار فکری دانش زلزله‌شناسی در دو زمینه مواد و انرژی و در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ به چه صورت است و در بازه زمانی مذکور چه تحولاتی را تجربه کرده است؟

در این بخش، شبکه هم‌رخدادی حاصل از بررسی دانش زلزله‌شناسی در دو حوزه مواد و انرژی در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ ترسیم شده است. به‌منظور پاسخ به سؤال دوم پژوهش در ابتدا نگاشت موضوعی[1] مرتبط با هر یک از حوزه‌های موضوعی مورد بررسی ترسیم شد (شکل‌های ۳ و ۵). لازم به توضیح است در این دست از نقشه‌ها خوشه‌های مختلف موضوعی افراز می‌شوند که با رنگ‌های مختلف به نمایش در می‌آیند. همان‌گونه که پیش‌تر نیز در قسمت روش‌شناسی مطرح شد، در این پژوهش به‌منظور انجام خوشه‌بندی، از الگوریتم تحلیل روابط چندگانه استفاده شده و به‌منظور برچسب‌گذاری هر خوشه برای تحلیل‌های بعدی و عمیق‌تر، از بین کلیدواژه‌های آن خوشه، پرتکرارترین مورد انتخاب و نمایش داده شده است.

1 . Thematic Map

حوزه موضوعی مواد

به‌منظور ترسیم نگاشت دانش زلزله‌شناسی در حوزه مواد، پس از تعریف الگوریتم خوشه‌بندی تحلیل روابط چندگانه، و انتخاب فراوانی ۵ به عنوان نقطه برش فراوانی کلیدواژه‌ها در هر خوشه،[1] گراف ارائه‌شده در شکل ٤ ترسیم شد.



شکل ٤. شبکه هم‌رخدادی حوزه مواد در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰[2] (ترسیم شده با نرم‌افزار VosViewer)

با توجه به آنکه به دلیل تراکم بالای گراف ترسیم‌شده در شکل ٤ خوشه‌های شکل‌گرفته در بررسی به‌وضوح مشخص نیست، اطلاعات مرتبط با هر خوشه به تفکیک در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲. خوشه‌بندی موضوعی حوزه مواد

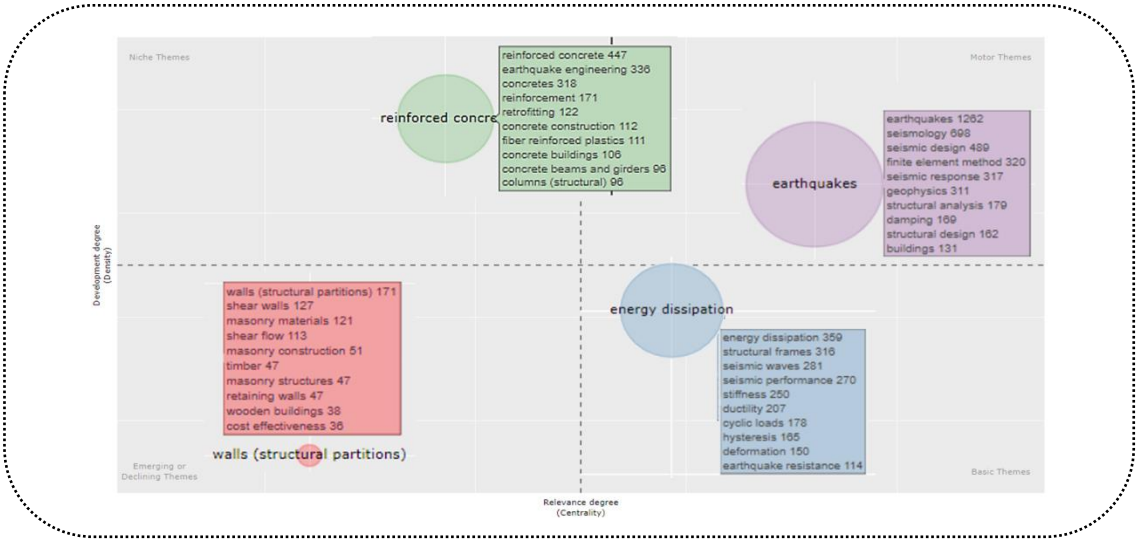
خوشه	مرکزیت کالن	چگالی کالن	مرکزیت رتبه	چگالی رتبه
Walls (structural partitions)	۰.۵۸۹۱۷۷۳٤٦	۳.۷٥٤۲۷۸٦٦۲	۱	۱
Energy dissipation	۱.٤۰۰۸۸۲۹۳٥	٤.٥۲٤۲٥۱۳٦٦	۳	۲
Reinforced concrete	۱.۳۹۷۰۰٦٤۲۷	٥.۲۲۱۱۱۲۹۳۱	۲	٤
earthquakes	۱.٥٦٦۰۷٤۰٦۸	٥.۰۹٤۹۹۸۱۷٦	٤	۳

۱. همان‌گونه که بین و همکاران (bin et.al., 2021) مطرح کرده‌اند پشتوانه نظری جدی برای تعیین دقیق حد آستانه فراوانی کلیدواژه‌ها در خوشه‌ها وجود ندارد و معمولاً این کار به‌صورت تجربی انجام می‌شود. در این پژوهش نیز انتخاب فراوانی بیشتر منجر به کاهش چشمگیر خوشه‌ها می‌شد. به همین دلیل حد آستانه ۵ برای هر دو گروه مطالعات حوزه مواد و انرژی انتخاب شد.

۲. با توجه به آنکه خروجی‌های نموداری نرم‌افزار Vosviewer واضح‌تر از خروجی‌های نرم‌افزار بیبلیومتریکس بود، لذا خروجی پاژک از طریق بیبلیوشاینی تهیه و وارد Vosviewer شده و نمودار خوشه‌بندی تهیه‌شده توسط این نرم‌افزار برای هر دو حوزه مواد و انرژی ارائه شده است.

لازم به توضیح است، هنگام ترسیم شبکه دانشی هر حوزه برخی از شاخص‌ها مانند چگالی و مرکزیت همواره اطلاعات بیشتری را در خصوص خوشه‌های افرازشده ارائه می‌کنند. نگاشت شکل ۵ و همچنین خوشه‌های گزارش‌شده در جدول ۲ همگی بر اساس دو شاخص چگالی و مرکزیت کالن شکل گرفته‌اند. همان‌گونه که پیش‌تر نیز بیان شد، بالابودن چگالی یک خوشه به معنی بالغ‌تربودن آن و بالابودن مرکزیت خوشه نشان از اهمیت و اثرگذاری آن خوشه در حوزه موضوعی دارد.

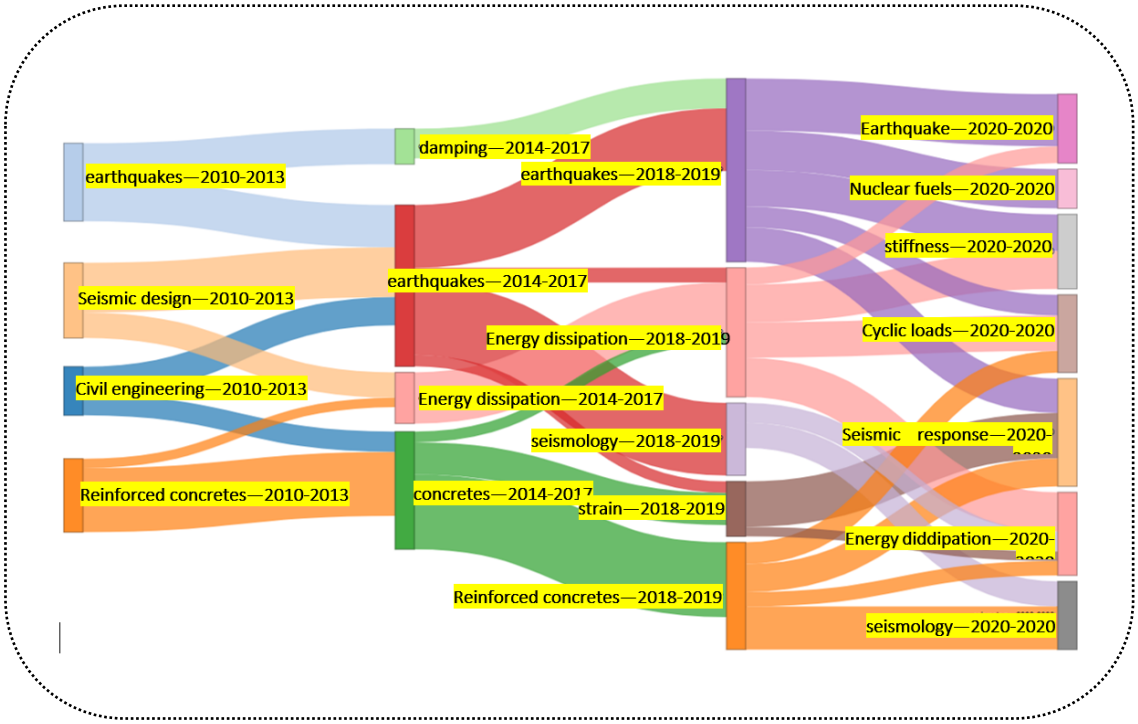
به‌منظور تحلیل عمیق‌تر خوشه‌های شکل‌گرفته در این نگاشت، نمودار راهبردی مرتبط با این حوزه ترسیم شد (شکل ۵). بر این اساس یافته‌ها مؤید آن است که خوشه walls (structural partitions) با مرکزیت ۵.۰ و چگالی ۳.۷ در ناحیه خوشه‌های ناپخته یا با اثرگذاری پایین قرار می‌گیرد. این در حالی است که خوشه energy dissipation با مرکزیت ۱.٤ و چگالی ٤.۵ در ناحیه خوشه‌های توسعه‌یافته و منفرد جایگاه یافته است. خوشه reinforced concrete با مرکزیت ۱.۳ و چگالی ۵.۲ اگرچه در میان دو ناحیه خوشه‌های پیش‌ران و ناحیه خوشه‌های بنیادین و چندوجهی قرار گرفته اما به نظر می‌رسد با توجه به روند رشد خود در آینده‌ای نه‌چندان دور به ناحیه خوشه‌های پیش‌ران منتقل شود. در نهایت خوشه earthquakes (با زیر موضوعات Seismology، seismic design، و finite element method) با مرکزیت ۱.۵ و چگالی ۵ در ناحیه خوشه‌های پیش‌ران قرار گرفته و عملاً جزء موضوعاتی است که طی دوره‌ای طولانی محققان مختلف روی آن کار کرده‌اند.



شکل ۵. نمودار راهبردی ترسیم‌شده بر مبنای خوشه‌های موضوعی حوزه مواد[1] (ترسیم‌شده با نرم‌افزار R)

به‌منظور تجزیه و تحلیل تکامل موضوعی با هدف شناسایی، مصورسازی زیرحوزه‌های مفهومی یک موضوع یا رشته خاص علمی در یک بازه زمانی مشخص، می‌توان به ترسیم نمودار تکامل حوزه موضوعی پرداخت (شکل ٦). به این منظور، تولیدات علمی این حوزه بر اساس داده‌های مرتبط با خوشه‌بندی موضوعی توسط نرم‌افزار به سه بازه زمانی تقسیم شد. این تقسیم‌بندی بر مبنای پیشنهاد بسته نرم‌افزاری به منزله بهترین گزینه برای سهم‌بندی زمانی موضوعات بود (شکل ٦).

۱. لازم به توضیح است اعداد مقابل هر واژه بیانگر فراوانی آن عبارت یا واژه است.



شکل ٦. نمودار تکامل موضوعی حوزه مواد (ترسیم‌شده با نرم‌افزار R)

با نگاهی به شکل ٦ و همچنین مقادیر مرکزیت و چگالی ثبت‌شده در جدول ۳ می‌توان مشاهده کرد که خوشه reinforced concrete در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۳، به خوشه concretes در بازه زمانی ۲۰۱٤ تا ۲۰۱۷ تبدیل شده که مباحث تحقیقاتی آن از مرکزیت و چگالی بالایی برخوردار هستند. بنابراین هردوی این خوشه‌ها از نظر میزان توسعه‌یافتگی بالغ بوده و در ناحیه خوشه‌های پیش‌ران قرار می‌گیرد. این روند تا انتهای سال ۲۰۱۹ با اندکی تغییر در عنوان موضوع ادامه می‌یابد و در نهایت در سال ۲۰۲۰ در خوشه موضوعی seismology امتداد می‌یابد؛ که این خوشه نیز خود مرکزیت و چگالی بالایی داشته و در ناحیه خوشه‌های پیش‌ران قرار دارد.[1] این در حالی است که بازه زمانی دوم شاخه دیگری از خوشه concretes جدا شده و با عنوان Strain در سال‌های ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹ قوام می‌یابد. در خصوص این خوشه لازم به توضیح است که عنوان این خوشه، یک موضوع عمومی است که در کنار سایر موضوعات این خوشه یعنی geosynthetics، earthquake loadings و kinematics معنا می‌یابد. این خوشه نیز در سال ۲۰۲۰ در قالب خوشه seismic response با مرکزیت نسبتاً بالا و چگالی نسبتاً پایین‌تر امتداد می‌یابد؛ این مقادیر خوشه مذکور را جایی مابین دو ناحیه خوشه‌های پیش‌ران و خوشه‌های بنیادین و چندوجهی قرار می‌دهد.

خوشه civil engineering در بازه ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۳ در دو خوشه earthquakes و concretes امتداد می‌یابد. در خصوص خوشه concretes و چگونگی امتداد آن در بازه زمانی ۲۰۱٤ تا ۲۰۲۰ در خوشه‌های مختلف صحبت شد. هر دو این خوشه‌ها از مرکزیت و تراکم بالایی برخوردار هستند که به معنی بلوغ آنها و قرارگرفتن آنها در ناحیه موضوعات

۱. با توجه به محدودیت حجم مقاله نمودارهای راهبردی و همچنین تحلیل‌های مرتبط با خوشه‌های هر یک از بازه‌های زمانی گزارش نشده‌اند و صرفاً جدول ۶ به‌منظور گزارش مرکزیت و چگالی هرکدام از خوشه‌های هر ناحیه زمانی تنظیم شده است. محققان محترم در صورت نیاز به اطلاعات بیشتر و نمودارهای مذکور می‌توانند با نویسندگان تماس بگیرند.

جدول ۳. برش‌های زمانی و خوشه‌بندی‌های صورت‌گرفته در هریک از برش‌های زمانی منطبق بر نمودار سنکی حوزه مواد

	خوشه	مرکزیت کالن	چگالی کالن	مرکزیت رتبه	چگالی رتبه
بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۳	civil engineering	۸.۳۸۱۹۲۵٤۳۳	۲۱.۱۵۷۱٦٤۱٤	۱	۱
	reinforced concrete	۱۳.۳۹۷۷۷٤۸۸	۳۹.٤٤۰۱۰۳۲٤	۳	٤
	earthquakes	۱۵.۱۲۱۳۹۳۳۸	۳٤.۹۲۹۹۳۲۵۲	٤	۳
	seismic design	۱۳.۳٦۹۲۲۳۲۷	۲۱.۵۵۳۲۲٦٦٦	۲	۲
بازه زمانی ۲۰۱٤ تا ۲۰۱۷	concretes	۱۰.۵۱٦۱۹۰۳	۲٦.٤٦٦۸۲۰۲۳	٤	٤
	energy dissipation	۷.٤۳۰۵٤۸۹۲۸	۱۷.۰۵۸۵۲۸۰۳	۲	۲
	earthquakes	۹.۸۳۷۳۵۵۷٤۲	۱۸.۹۵۰۵٤۵۰۳	۳	۳
	damping	۳.٦۲۳۲٤۸۷۷۲	۱٦.۰۷٤۷۷۰۷٦	۱	۱
بازه زمانی ۲۰۱۸ تا ۲۰۱۹	seismology	٦.٤۷٤٦۱٤۲۷٤	۱۸.۳۵۹۸۹۰٤۹	۲	۱
	energy dissipation	۱۲.۹۲۰٤۰۷٦۷	۳۰.۹٦۲۸۰۳۰۷	۳	۲
	Reinforced concrete	۱٤.۵٦٦۳٦۲۱٤	۳۸.۱۹۰۲۱۰۹۳	٤	۵
	earthquakes	۱۵.۱۰۰۵۲۵۰۲	۳٦.٤۵۵۹۹۵۷۷	۵	٤
	strain	۲.۰۹۸۱٤۸٦۱٦	۳٤.۲۱۸٦۵۸۸۹	۱	۳
سال ۲۰۲۰	seismology	۲۱.۷۲۱۸۱۰۹٦	٦۱.۰٦۳۲۳۸٦۲	٦	٦
	stiffness	۱۲.٤۹۲۸۸۷۰۹	٤۹.۹۲۳۲۳٤۱۳	۲	۱
	energy dissipation	۱۸.٦۲٤۲۱۵۳۷	۵۲.۱۹٦٦٦۰۵۵	۵	۲
	seismic response	۱٦.۱۲۱۵٤٤٦۲	۵۵.٤۸٤۵۳۱۷۷	٤	۵
	nuclear fuels	٤.۸۱۵۲۷۵۲۷۹	۷۲.۷۷۹۳٦۵۰۸	۱	۷
	earthquakes	۲۳.٦۸۰٤۹۷۳٤	۵٤.۵۳٤۷۰٦۸۲	۷	٤
	cyclic loads	۱۳.۲۳۹۹۸۱۲٦	۵۳.۱۱٤٦۲۲٤٤	۳	۳

پیش‌ران است. لازم به توضیح است خوشه earthquakes خود در بازه زمانی ۲۰۱٤ تا ۲۰۱۷، به دو خوشه seismology و earthquakes در بازه زمانی ۲۰۱۸ تا ۲۰۱۹ تبدیل شده که شاخه earthquakes دوم در بازه زمانی ۲۰۱۸ تا ۲۰۱۹ جزء مباحث تحقیقاتی که از مرکزیت و تراکم بالایی برخوردار است قرار می‌گیرد. این در حالی است که خوشه seismology در بازه زمانی ۲۰۱۸ تا ۲۰۱۹ با مرکزیت و چگالی نسبتاً پایین خود در زمرهٔ موضوعات حاشیه‌ای قرار می‌گیرد. دلیل این امر به‌احتمال آن است که موضوع Earthquake کلی، و Seismology شاخه‌ای از آن است. این تحلیل نشان می‌دهد که Seismology (بخش زمین‌شناختی دانش زلزله در مقایسه با بخش سازه‌ای آن)، به‌ویژه به دلیل توسعه فناوری‌ها در حوزه دانش زمین‌شناسی و زمین‌فیزیک، در سالیان اخیر بیشتر و به‌صورت تخصصی‌تر مورد توجه قرار گرفته است. در سال ۲۰۲۰ خوشه earthquakes در قالب سه خوشه earthquakes و

nuclear fuels و stiffness امتداد می‌یابد که با توجه به مقادیر مرکزیت و چگالی هریک از این خوشه‌ها (جدول ٤) می‌توان به این نتیجه رسید که خوشه earthquakes در سال ۲۰۲۰ با چگالی نسبتاً بالا اما مرکزیت نه‌چندان بالا در جایگاهی مابین ناحیه خوشه‌های پیش‌ران و خوشه‌های توسعه‌یافته و منفرد قرار می‌گیرد. همچنین خوشه nuclear fuels با چگالی پایین و مرکزیت بالا عملاً در میان موضوعات بنیادین و چندبعدی قرار می‌گیرد. این در حالی است که خوشه stiffness با مرکزیت پایین و چگالی پایین در جایگاه موضوعات رو به رشد/افول قرار دارد.

خوشه seismology اما در سال ۲۰۲۰ در قالب خوشه energy dissipation امتداد پیدا می‌کند که با توجه به چگالی بالا و مرکزیت پایین آن در میان موضوعات توسعه‌یافته اما منفرد قرار می‌گیرد. نظر به آنکه محتوای موضوعی هر سه خوشه گرد محور سازه‌های مهندسی و موارد مرتبط می‌شود، لذا به نظر می‌رسد طی زمان این خوشه از نظر میزان مطالعات صورت‌گرفته در آن به بلوغ بیشتری رسیده است.

خوشه seismic design در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۳ در قالب دو خوشه earthquakes (که پیش‌تر مفصلاً درباره آن صحبت شد) و خوشه energy dissipation در بازه زمانی ۲۰۱٤ تا ۲۰۱۷ امتداد می‌یابد که خوشه اخیر با چگالی و مرکزیت نسبتاً پایین خود در زمره موضوعات حاشیه‌ای که توجه کمی به آنها می‌شود، قرار می‌گیرد. لازم به توضیح است بخشی از موضوع reinforced concrete نیز به شکل‌گیری این خوشه در بازه زمانی مذکور کمک می‌کند. خوشه energy dissipation در بازه زمانی ۲۰۱۸ تا ۲۰۱۹ نیز امتداد می‌یابد و نظر به آنکه در این بازه زمانی از نظر میزان چگالی رشد می‌یابد، می‌توان آن را در جایی میان دو ناحیه موضوعات توسعه‌یافته اما منفرد و موضوعات روبه رشد/افول قرار داد. باوجوداین با نگاهی به سال ۲۰۲۰ و اینکه خوشه مذکور در قالب دو خوشه stiffness[1] و cyclic loads امتداد می‌یابد می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که موضوعات این حوزه با توجه به چگالی و مرکزیت پایین هر دو خوشه شکل گرفته در سال ۲۰۲۰ در حال زوال و یا کاهش اثربخشی هستند.

خوشه earthquakes در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۳ شکل گرفته و در ادامه در بازه زمانی ۲۰۱٤ تا ۲۰۱۷ در قالب دو شاخه damping و earthquakes امتداد می‌یابد. در خصوص شاخه earthquakes و امتداد آن تا سال ۲۰۲۰ پیش‌تر صحبت شد. شاخه damping در بازه زمانی ۲۰۱٤ تا ۲۰۱۷ با توجه به چگالی و مرکزیت پایین خود جزء مباحث پژوهشی حاشیه‌ای است و توجه کمی به آنها می‌شود. این خوشه damping تا سال ۲۰۱۹ بی‌تغییر باقی مانده و در سال ۲۰۲۰ در قالب خوشه earthquakes امتداد پیدا می‌کند؛ خوشه‌ای که از نظر مرکزیت و تراکم در این بازه زمانی از جایگاه نسبتاً خوبی برخوردار می‌باشد و همین وضعیت خوشه مذکور را در بین موضوعات پیش‌ران قرار می‌دهد.

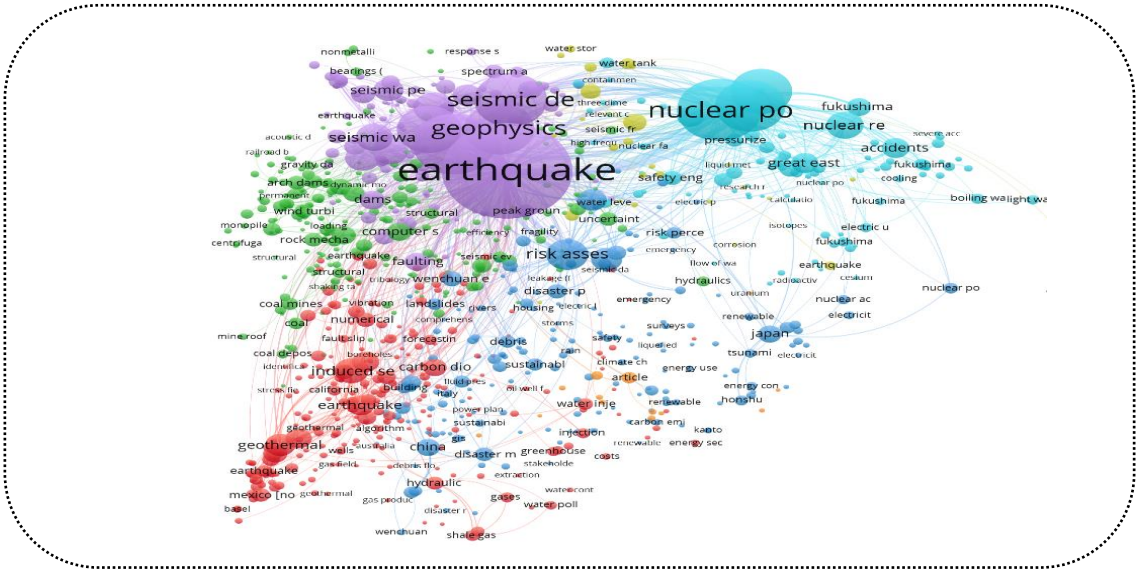
حوزه موضوعی انرژی

به‌منظور ترسیم نگاشت دانش زلزله‌شناسی در حوزه انرژی، پس از انتخاب الگوریتم خوشه‌بندی تحلیل روابط چندگانه، و انتخاب فراوانی ۵ به‌عنوان نقطه برش فراوانی کلیدواژه‌ها[2]، برای قرارگرفتن در هر خوشه، گراف ارائه‌شده در شکل ۷ ترسیم شد.

---

۱. مشابه با خوشه Strain، این خوشه نیز با یک عبارت عمومی شناخته شده است که برای آشنایی بیشتر با محتوای آن می‌توان به واژگان پربسامد دیگر این خوشه یعنی Hysteresis، Damping، و یا Buildings اشاره کرد.

۲. همان‌گونه که پیش‌تر نیز در گزارش بافت‌های مرتبط با حوزه موضوعی مواد مطرح شد، انتخاب نقطه برش ۵ با هدف بهینه‌سازی خروجی‌های قابل احصاء در نظر گرفته شده است.



شکل ۷. شبکه هم‌رخدادی حوزه انرژی (ترسیم‌شده با نرم‌افزار VosViewer)

برای ارائه اطلاعات هر خوشه به‌صورت شفاف جدول ٤ تنظیم شده است. در نگاشت دانشی حوزه انرژی ٦ خوشه مختلف شناسایی‌شده (شکل ۷) که درجه مرکزیت و چگالی کالن در جدول قید شده است.

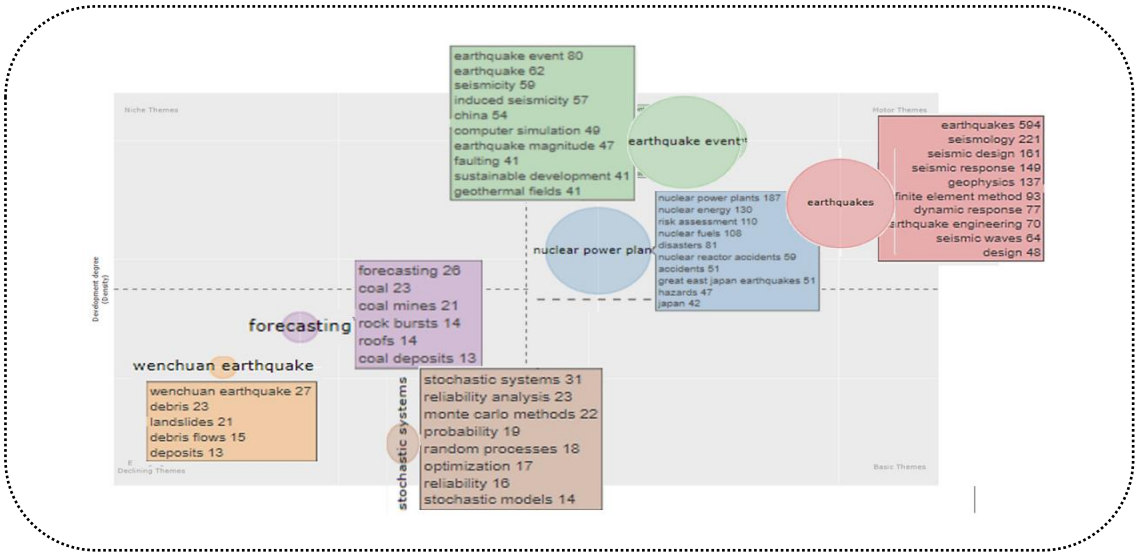
جدول ٤. خوشه‌بندی موضوعی حوزه انرژی

خوشه	مرکزیت کالن	چگالی کالن	مرکزیت رتبه	چگالی رتبه
earthquakes	٦.٤٤١١٣٦٦٤٩	٢٠.٥٥٢٩٥١٣٣	٦	٥
nuclear power plants	٤.٨٣٣٤٦١٦٠٢	١٦.٣٠٢٧٣٠٥٢	٤	٤
earthquake event	٥.٩٦٥٢٥٠٨٤١	٢١.٠٨٨٣٨٣٣٤	٥	٦
forecasting	٠.٨٥٠٦٩٤١٩٦	١٣.٩١٨٤٩٥١١	٢	٣
wenchuan earthquake	٠.٦٥٤٢٩٩٦٨٣	١٢.١٥٣٣٦٢٤٧	١	٢
stochastic systems	١.١٤٢٧٩٨٩١٩	١١.٣٣٦٠٧٨٢	٣	١

مشابه با حوزه مواد، برای حوزه موضوعی انرژی نیز به‌منظور تدقیق در یافته‌های مرتبط با خوشه‌های افزایشده از داده‌های مستخرج از پایگاه استنادی اسکوپوس، نمودار راهبردی خوشه‌ها ترسیم شد (شکل ۸). بر اساس یافته‌های گزارش‌شده در جدول ٤ و همچنین شکل ۹، خوشه nuclear power plants با مرکزیت ٤.٨ و چگالی آن ١٦.٣ در ناحیه خوشه‌های پیش‌ران قرار گرفته است. علاوه‌بر خوشه مذکور، خوشه earthquake event با مرکزیت ٥.٩ و چگالی ٢١ و همچنین خوشه earthquakes با مرکزیت ٦.٤ و چگالی ٢٠.٥ در همین ناحیه قرارگرفته‌اند.

نکته جالب توجه در خصوص نمودار ارائه‌شده در شکل ۸ آن است که نیمی از خوشه‌های موضوعی شناسایی‌شده در این حوزه در ناحیه خوشه‌های پیش‌ران و نیمی دیگر در زمره خوشه‌های رو به رشد/افول قرار گرفته‌اند. خوشه forecasting با مرکزیت ۰.۸ و چگالی ۱۳.۹ در کنار خوشه Wenchuan earthquake با مرکزیت ۰.٦ و چگالی ۱۲.۱ و نیز خوشه stochastic systems با مرکزیت ۱.۱٤ و چگالی ۱۱.۳ گروه خوشه‌های رو به رشد/افول را تشکیل می‌دهند. تفاوت بارز مقادیر مرکزیت و چگالی کالن آنها نیز تأییدکننده یافته ارائه‌شده در شکل ۹ است. لازم به توضیح

است که Wenchuan earthquake (زلزله‌ای که در سال ۲۰۰۸ اتفاق افتاده است) بـه دلیـل حجـم بـالای خسـارت، کانون پژوهش‌های فراوانی شده و بنابراین این خوشه در زمره خوشه‌های رو به رشد دسته‌بندی می‌شـود. همچنـین دو خوشه forecasting و stochastic systems نیز به‌احتمال از موضوعات خاص با چشم‌انداز فزاینده پژوهشی هستند.

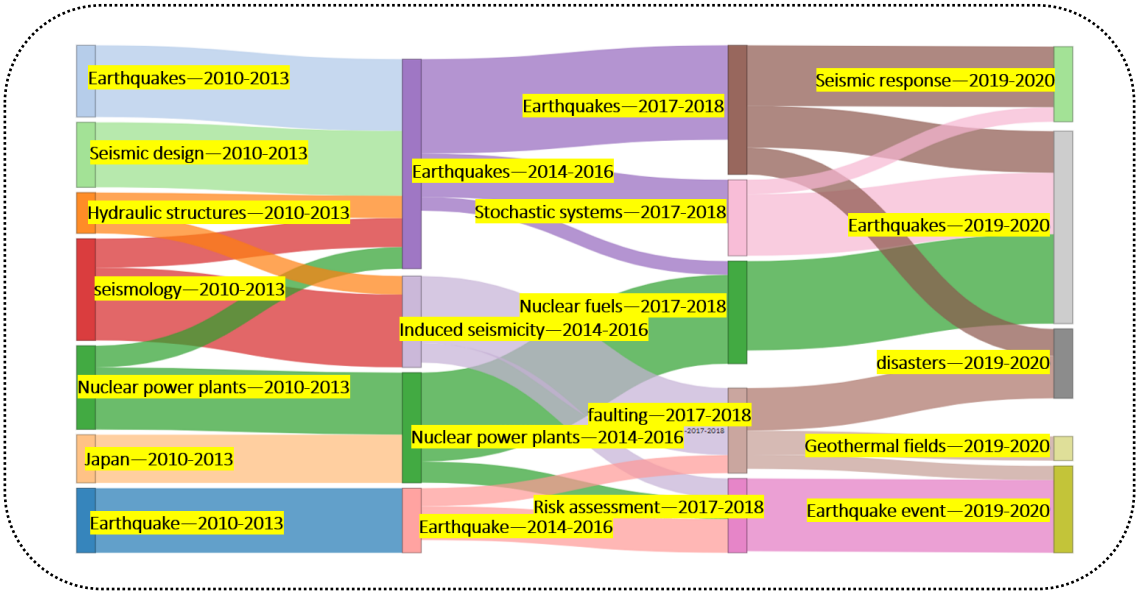


شکل ۸. نمودار راهبردی ترسیم‌شده بر مبنای خوشه‌های موضوعی حوزه انرژی (ترسیم‌شده با نرم‌افزار R)

با نگاهی به رتبه مرکزیت و رتبه چگالی خوشه‌های بـه‌دسـت‌آمـده و محـل قرارگیـری آنهـا در نمـودار راهبـردی خوشه‌های موضوعی حوزه انرژی، می‌توان این‌گونه استنباط کرد که خوشـه‌هـای earthquakes، earthquake event و nuclear power plants دربرگیرنده موضوع‌هایی با میزان بلوغ بالا و اثرگذار در سایر موضوعات مطرح در حـوزه انرژی است. حال آنکـه خوشـه‌هـای forecasting، wenchuan earthquake و stochastic systems دربرگیرنـده موضوعاتی رو به رشد هستند. ایـن یافتـه بیـانگر آن اسـت کـه سـه موضـوع earthquakes، earthquake event و nuclear power plants در ده ساله اخیر مطالعات حوزه انرژی در دانش زلزله‌شناسی در کانون توجـه محققـان ایـن حوزه قرار داشته است.

به‌منظور تجزیه و تحلیل تکامل موضوعی و با هدف شناسایی و مصورسازی زیرحوزه‌های مفهـومی حـوزه انـرژی در دانش زلزله‌شناسی در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰، نیز مشابه با حوزه مواد، نمودار سنکی مرتبط ترسـیم شـد (شـکل ۹). در نمودار ترسیم‌شده برای این منظور نیز چهار برش زمانی توسط نرم‌افزار انتخـاب شـد.[1] بـا نگـاهی بـه شـکل ۹ می‌توان مشاهده کرد که در برش زمانی نخست یعنـی سـال‌هـای ۲۰۱۰ تـا ۲۰۱۳، ۷ خوشـه مسـتقل موضـوعی قابـل شناسایی است که در ادامه در خصوص هر یک از آنها، جایگاهشان در نمودار راهبردی و همچنین نحوه امتداد آنها در برش‌های زمانی آتی صحبت شده است.

۱. در اینجا نیز مشابه با حوزه مواد، برای تحلیل جایگاه هریک از خوشه‌های مطرح در برش‌های زمانی مختلف نیاز بـه ترسـیم نمـودار راهبردی بود. اما ازآنجاکه گزارش تمام این نگاشت‌ها و تحلیل‌های مرتبط از حوصله این مقالـه خـارج اسـت، صـرفاً بـه ارائـه جـداول مرتبط با خوشه‌های تشکیل‌شده که دربرگیرنده مقادیر مرکزیت و چگالی کالن آنهاست بسنده شده است. محققان محتـرم در صـورت نیاز می‌توانند از طریق برقراری ارتباط با نویسندگان مقاله به خروجی‌های مذکور دست یابند.



شکل ۹. ساختار مفهومی تکامل موضوعی در حوزه انرژی(ترسیم‌شده با نرم‌افزار R)

با نگاهی به شکل ۹ و همچنین جدول ۵ می‌توان مشاهده کرد که برعکس آنچه در حوزه مواد اتفاق افتاده است، خوشه earthquake در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۳ جایگاهی مابین دو حوزه موضوعات تحقیقاتی رو به رشد/افول از یک‌سو و موضوعات توسعه‌یافته اما منفرد از دیگر سو دارد. دلیل این امر به‌احتمال تلاش محققان برای توسعه و بسط این خوشه باشد؛ به‌طوری که این خوشه در بازه زمانی ۲۰۱٤ تا ۲۰۱٦ همچنان عنوان خود را حفظ کرده اما در نمودار راهبردی از نظر میزان چگالی رشد پیدا کرده است. در نتیجه این حرکت، جایگاه آن در میان موضوعاتی که توسعه‌یافته اما همچنان منفرد هستند تثبیت شده است. رشد این حوزه در برش زمانی ۲۰۱۷ تا ۲۰۱۸در قالب دو شعبه قابل ردگیری است. یک شعبه از این خوشه با همین نام در برش زمانی سوم قابل تشخیص است که با نگاهی به شاخص‌های مرکزیت و چگالی آن به نظر می‌رسد که در حال حرکت از ناحیه موضوعات توسعه‌یافته به سمت موضوعات پیش‌ران است. به‌عبارت‌دیگر خوشه earthquakes در بازه زمانی ۲۰۱۷ تا ۲۰۱۸ با رشد شاخص مرکزیت، عملاً در میان دو ناحیه موضوع‌های توسعه‌یافته اما منفرد و موضوع‌های پیش‌ران قرار گرفته است. اتفاق دیگری که در این بازه زمانی برای این خوشه می‌افتد آن است که بدون تغییر نام به دو شاخه تقسیم شده و در بازه زمانی ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۰ در دو خوشه earthquake events و همچنین geothermal fields امتداد می‌یابد. که هر دو این خوشه‌ها با توجه به میزان شاخص‌های مرکزیت و چگالی خود عملاً جزء خوشه‌های رو به رشد/افول دسته‌بندی می‌شوند. دلیل این امر شاید نوظهوربودن نگاه محققان در این دو حوزه بوده باشد. خصوصاً آنکه خوشه geothermal fields حاصل میان‌کنش بین خوشه earthquakes و faulting بوده و خوشه earthquake events نیز حاصل از رویکرد میان‌رشتگی بین موضوعات risk assessment و induced seismicity با خوشه earthquakes است.

دو خوشه nuclear power plants و japan[1] میان‌رشته‌گی جالبی را در بازه ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۳ در نمودار سنکی حوزه انرژی نشان می‌دهند؛ به‌طوری که امتداد آنها در هر سه برش زمانی بعدی این نمودار یکسان است. باوجوداین با

۱. لازم به توضیح است در این بازه زمانی سونامی ۲۰۱۱ ژاپن اتفاق افتاده و دلیل این میان‌رشته‌گی با خوشه nuclear power plants نیز به سبب حادثه رخ داده برای نیروگاه هسته‌ای ژاپن در سونامی مزبور است.

جدول ۵. برش‌های زمانی و خوشه‌بندی‌های صورت‌گرفته در هر یک از برش‌های زمانی منطبق بر نمودار سنکی حوزه انرژی

	خوشه	مرکزیت کالن	چگالی کالن	مرکزیت رتبه	چگالی رتبه
بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۳	nuclear power plants	۱۶.۱۲۰۸۶۹۵۵	۶۰.۷۸۲۶۷۶۹۱	۶	۲
	earthquakes	۱۱.۹۰۱۳۳۲۶۲	۶۵.۵۸۳۴۰۵۲۳	۴	۳
	seismology	۱۰.۶۶۶۸۱۹۱۷	۶۷.۶۱۵۳۳۶۵۸	۳	۴
	japan	۸.۱۰۳۷۶۵۲۱۳	۱۱۷.۱۶۸۷۶۵۵	۲	۷
	earthquake	۱.۶۸۹۱۷۰۵۳۶	۸۲.۳۴۱۷۷۴۸۹	۱	۶
	seismic design	۲۲.۷۹۲۴۵۱۶۵	۷۲.۹۳۴۴۵۰۳۲	۷	۵
	hydraulic structures	۱۱.۹۱۲۴۱۵۴۴	۵۶.۹۱۰۲۱۵۵۴	۵	۱
بازه زمانی ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۶	earthquakes	۱۶.۲۶۹۴۶۶۴۱	۶۰.۸۸۷۵۸۷۷۲	۴	۱
	nuclear power plants	۱۳.۶۲۲۵۹۰۹۵	۶۲.۸۶۴۶۸۷۱۹	۳	۲
	induced seismicity	۱۲.۹۲۰۹۴۶۶۲	۹۲.۵۷۹۸۷۲۸۴	۲	۴
	earthquake	۷.۲۷۵۶۰۶۹۸۲	۷۲.۴۷۴۰۴۲۴۲	۱	۳
بازه زمانی ۲۰۱۷ تا ۲۰۱۸	earthquakes	۱۹.۵۶۲۰۶۸۶۳	۸۹.۶۳۹۳۵۸۱	۵	۳
	nuclear fuels	۱۵.۵۰۱۷۷۶۶۴	۷۷.۵۰۸۰۴۲۱	۳	۲
	risk assessment	۱۸.۱۶۳۲۲۰۱۹	۱۰۲.۸۱۶۷۱۳۱	۴	۵
	faulting	۱۴.۰۵۵۹۹۳۷۸	۹۵.۱۳۱۸۴۷۴۸	۲	۴
	stochastic systems	۴.۲۱۳۴۷۳۸۰۴	۶۷.۱۸۷۵	۱	۱
بازه زمانی ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۰	earthquakes	۱۸.۶۴۱۴۹۱۴۸	۷۲.۷۴۶۸۶۹۸۵	۵	۳
	earthquake event	۱۵.۶۲۴۸۳۲۴۱	۶۰.۷۱۶۳۹۸۸۸	۲	۱
	seismic response	۱۷.۷۷۸۳۹۲۲۱	۸۶.۵۸۰۳۵۸۸	۳	۵
	disasters	۱۷.۹۲۸۹۱۶۳۸	۷۳.۹۸۵۸۹۸۵۶	۴	۴
	geothermal fields	۶.۸۷۵۵۱۸۱۵۸	۶۱.۱۱۹۱۰۷۷۴	۱	۲

نگاهی به جدول ۵ می‌توان به میزان تفاوت میان‌چگالی و مرکزیت این دو خوشه پی برد. به‌طوری که خوشه japan جزء خوشه‌های بنیادین و چندبعدی است (به دلیل مرکزیت بالا و چگالی کم) در حالی که خوشه nuclear power plant جزء خوشه‌های توسعه‌یافته اما منفرد طبقه‌بندی می‌شود. با ادغام این دو خوشه در خوشه واحد nuclear power plants در برش زمانی ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۶، و رشد میزان مرکزیت این خوشه نسبت به قبل اگرچه در جایگاه این خوشه از نظر توسعه‌یافته و منفردبودن تغییری حاصل نمی‌شود اما می‌توان حرکت کلی این خوشه به سمت موضوعات پیش‌ران را مشاهده کرد که به‌احتمال در آینده قابل مشاهده خواهد بود. این خوشه در بازه زمانی ۲۰۱۷ تا ۲۰۱۸ در دو خوشه nuclear fuels و risk assessment امتداد می‌یابد. اگرچه خوشه nuclear fuels با توجه به میزان مرکزیت پایین و چگالی متوسط خود درست در میان دو دسته موضوعات توسعه‌یافته اما منفرد و همچنین

موضوعات رو به رشد/افول قابل مشاهده است، اما در عوض خوشه risk assessment با تفاوتی نسبتاً زیاد از نظر میزان مرکزیت و چگالی در ناحیه موضوعات پیش‌ران خود را تثبیت کرده است. با توجه به آنکه نشانی از خوشه nuclear fuels در برش زمانی ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۰ مشاهده نمی‌شود به نظر می‌رسد این خوشه رفته‌رفته در بازه زمانی مورد نظر کم‌رنگ‌تر شده و محققان توجه کمتری به آن می‌کنند.

خوشه seismology در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۳ با توجه به اندازه چگالی و همچنین میزان مرکزیت خود، جایگاهی در میان دو ناحیه موضوعات بنیادین و چندبعدی از یک‌سو و ناحیه موضوعات رو به رشد/افول از دیگر سو دارد. اما همین خوشه در بازه ۲۰۱٤ تا ۲۰۱٦ در دو خوشه earthquakes و induced seismicity امتداد می‌یابد که هر دو از مرکزیت بالاتری برخوردار بوده و لذا جایگاه دو خوشه مذکور در میان موضوعات بنیادین و چندبعدی تثبیت می‌شود.

قسمتی کوچک از خوشه induced seismicity در بازه زمانی ۲۰۱۷ تا ۲۰۱۸ تبدیل به خوشه faulting شده که خود این خوشه در بازه زمانی ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۰ در قالب دو خوشه disasters و geothermal fields امتداد پیدا می‌کند؛ که خوشه disasters با توجه به مرکزیت و چگالی بالای خود قطعاً در زمره موضوعات پیش‌ران قابل دسته‌بندی است. این در حالی است که شعبه دیگری از تولیدات علمی خوشه induced seismicity در بازه زمانی ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۰ جذب خوشه موضوعی earthquake event می‌شود.

خوشه hydraulic structures در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۳ با توجه به اندازه مرکزیت و همچنین چگالی در جایگاه موضوعات توسعه‌یافته اما منفرد قرار می‌گیرد. این خوشه در بازه زمانی ۲۰۱٤ تا ۲۰۱٦ در قالب دو خوشه earthquakes و induced seismicity امتداد یافته است. خوشه earthquakes در قالب دو خوشه earthquakes و stochastic systems در بازه زمانی ۲۰۱۷ تا ۲۰۱۸ امتداد یافته است.[1]

خوشه seismic design در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۳ با توجه به مرکزیت و چگالی کالن بالای خود در زمره موضوعات پیش‌ران دسته‌بندی می‌شود. این خوشه تا سال ۲۰۱٤ وضعیت خود را به همین صورت حفظ می‌کند و در بازه زمانی ۲۰۱٤ تا ۲۰۱٦ در قالب خوشه earthquakes که پیش‌تر در خصوص آن صحبت شد، امتداد می‌یابد. لازم به توضیح است خوشه stochastic systems با توجه به چگالی و مرکزیت پایین خود در زمره مباحث رو به رشد/افول طبقه‌بندی می‌شود؛ و شاید بتوان این‌گونه گفت که موضوع seismic design در بازه زمانی مورد نظر در راستای این شاخه امتداد پیدا کرده است. لازم به توضیح است که خوشه stochastic systems مجدد در قالب به خوشه earthquakes در بازه ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۰ امتداد پیدا کرده است.

خوشه earthquakes در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۳ به‌واسطه تنوع موضوعات زیربخش خود از خوشه earthquake جدا شده است که به‌احتمال نشان از وجود گروهی از پژوهش‌های موردی (که واژه earthquake را به‌کار می‌برند) در کنار پژوهش‌های عمومی (که به‌احتمال بدون پرداختن به موردهای خاص واژه earthquakes را به کار می‌برند) دارد. در عین حال این خوشه مجزا مشخصاً از سومین برش زمانی یعنی بازه زمانی ۲۰۱۷ تا ۲۰۱۸ در یکدیگر ادغام می‌شوند.

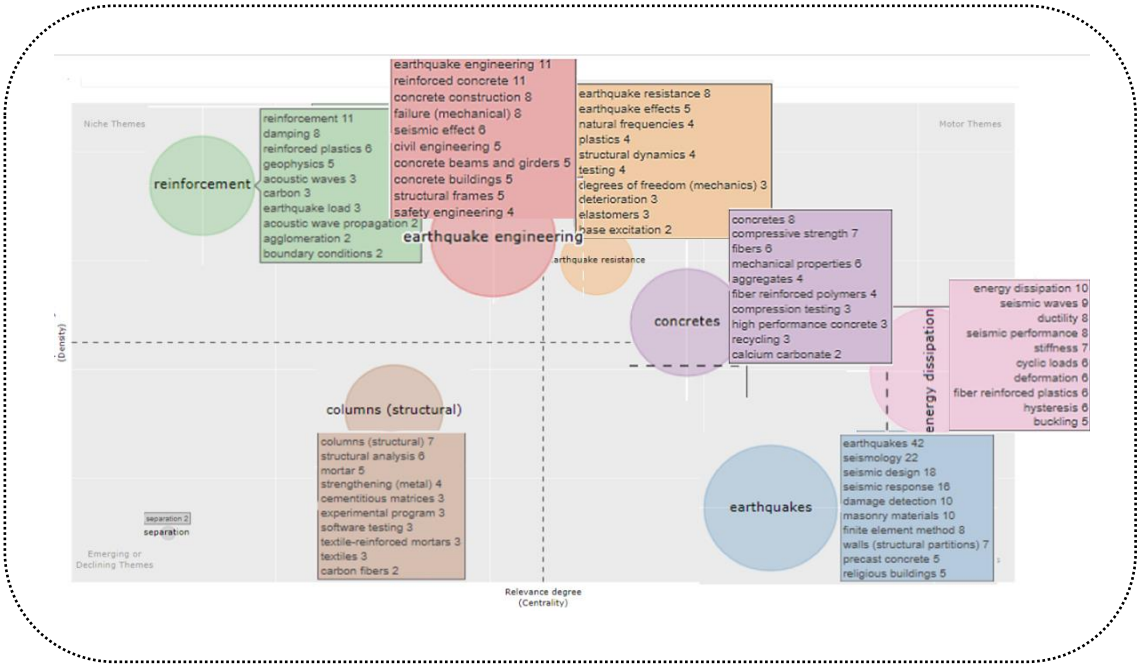
۱. لازم به توضیح است دلیل آنکه در شکل ۱۰ دو عنوان earthquakes دیده می‌شود آن است که نرم‌افزار امکان ارائه ترسیم دقیق‌تری از نحوه امتداد موضوعات داشته باشد. در عمل هر دو این عناوین به یک خوشه اشاره دارند که در جدول ۸، بلوک مربوط به خوشه‌های برش سوم زمانی به‌وضوح یکی‌بودن این خوشه‌ها قابل مشاهده است.

پاسخ به پرسش سوم پژوهش. ساختار فکری تولیدات علمی پراستناد دانش زلزله‌شناسی در دو حوزه مواد و انرژی در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ به چه صورت است؟

یافته‌های پژوهش حاضر در خصوص خوشه‌های موضوعی شناسایی‌شده در دو حوزه مواد و انرژی چه به صورت عمومی و چه به صورت تحلیل روند، دید نسبتاً جامعی از ساختار فکری این دو حوزه ارائه کردند. اما نظر به آنچه پیش‌تر در خصوص اهمیت مطالعه این دو حوزه مطرح شد، بررسی ساختار فکری تولیدات علمی پراستناد حوزه‌های مورد نظر نیز می‌تواند در تکمیل تصویر ذهنی ما از این دو حوزه کمک بزرگی باشد. به همین دلیل در سؤال سوم به این مهم پرداخته شده است.

حوزه موضوعی مواد

در گام نخست به‌منظور شناسایی تولیدات پراستناد، نتایج جستجوی مقالات پژوهشی مروری مورد استفاده برای پاسخ به سؤال دوم این پژوهش بر اساس تعداد استنادهای صورت‌گرفته به آنها مرتبط شد و بر این مبنا ۱۰ مقاله برتری که دارای بیشترین استناد بود، استخراج شد.[۱] سپس خروجی تهیه‌شده پس از اعمال پاره‌ای از اصلاحات[۲] وارد بسته نرم‌افزاری بیبلیومتریکس شد. با تحلیل داده‌ها می‌توان مشاهده کرد که تولیدات علمی پراستناد حوزه مواد در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ در قالب ۸ خوشه مختلف قابل دسته‌بندی است (شکل ۱۰). با نگاهی به نمودار راهبردی مرتبط با خوشه‌های شناسایی‌شده موضوعی می‌توان مشاهده کرد که اکثر این خوشه‌ها در ناحیه‌های بالایی نمودار حضور دارند.



شکل ۱۰. نقشه موضوعی تولیدات پراستناد در حوزه مواد (ترسیم‌شده با نرم‌افزار R)

۱. در پیوست اول این مقاله جدولی تنظیم شده و اطلاعات کامل این مقالات ارائه شده است.

۲. فایل سی اس وی تهیه‌شده به‌صورت مستقیم قابلیت واردشدن به پکیج بیبلیومتریکس را ندارد و بایستی قبل از ورود ابتدا بر اساس دستورالعمل‌های خود پکیج برخی از delimiterها را تغییر داده و مناسب‌سازی کرد. به‌منظور انجام این اصلاحات از ویرایش سوم نرم‌افزار sublime text استفاده شد.

به‌منظور ارائه درک بهتری از خوشه‌های شکل‌گرفته، جدول ٦ گزارشی از مرکزیت و چگالی کالن هریک از خوشه‌ها ارائه می‌دهد. در میان خوشه‌های شکل‌گرفته، خوشه "earthquake engineering" با مرکزیت ۲۸.۱ و چگالی ۲۹۲.۹ در زمره موضوعاتی با مرکزیت بالا و چگالی نسبتاً متوسط (در مقایسه با سایر خوشه‌ها) است. به همین دلیل این خوشه در منتهی‌الیه ناحیه موضوعات بنیادین و چندبعدی قرار گرفته که البته به نظر می‌رسد به سمت خوشه‌های موضوعی پیش‌ران در حال حرکت است. خوشه "earthquakes" با مرکزیت ۵۳.۷ و چگالی ۱۸۹.۳ در زمره موضوعات توسعه‌یافته اما منفرد قرار می‌گیرد. این در حالی است که خوشه "reinforcement" با مرکزیت ١٦.٤ و چگالی ٤٨٥.٤ در ناحیه خوشه‌های بنیادین و چندبعدی قرار گرفته است. خوشه concretes با مرکزیت ٣٦.١ و چگالی ۲۳۳.٤ نیز در ناحیه موضوعات پیش‌ران قرار دارد.

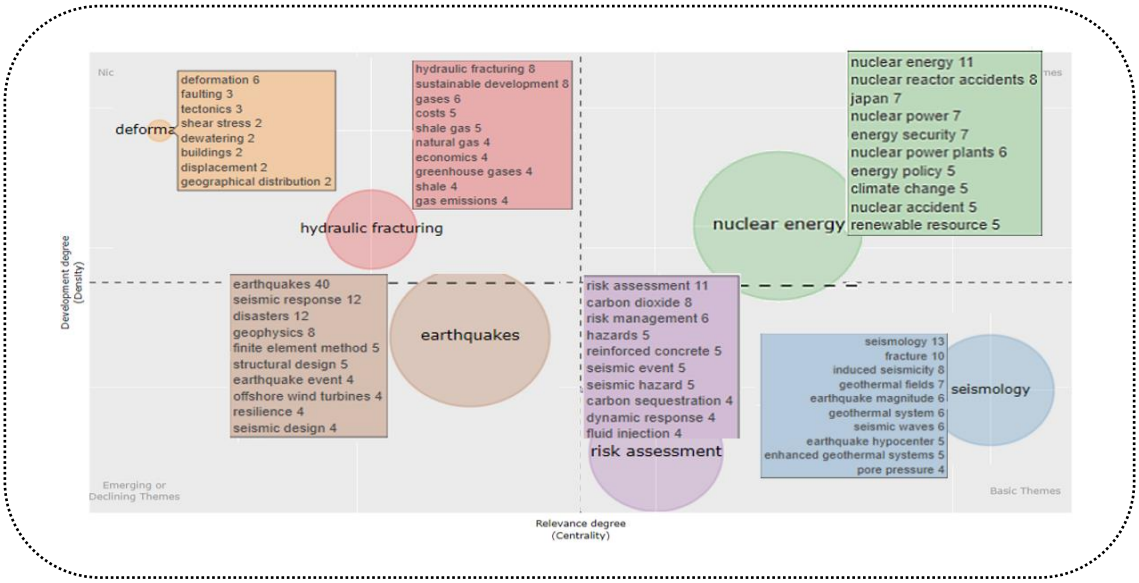
جدول ٦. تولیدات علمی پراستناد حوزه مواد در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰

خوشه	مرکزیت کالن	چگالی کالن	مرکزیت رتبه	چگالی رتبه
earthquake engineering	۲۸.۱۷۹۹۳۰۱۳	۲۹۲.۹۰۷۹۰٤۸	٤	۷
earthquakes	۵۳.۷۲۱٤٦۸۲۹	۱۸۹.۳۰۱٦۱۰۸	۷	۲
reinforcement	١٦.٤٦۲٥۹٥۰۷	٤۸٥.٤٦۸٤۳٤۳	۲	۸
concretes	٣٦.١۹١۰۳٥١٤	۲۳۳.٤۷۹۳۸۷۱	٦	٥
earthquake resistance	۳۰.١٦۲۸۷۷۲۸	۲۷۳.٦۳٦۰۳۹۹	٥	٦
columns (structural)	۲۱.٦۲٦١٤۲۳۸	۱۹۸.٥۳۳۸۳٤٦	۳	۳
energy dissipation	٥۹.۳۲۳۸۱۰٥	۲۱۷.٥۳۱۸۳۸٦	۸	٤
separation	۰.۰	۱۲٥	۱	۱

خوشه "earthquake resistance" با مرکزیت ۳۰.۱ و چگالی ۲۷۳.٦ در جایگاه موضوعات پیش‌ران و بالغ حوزه مواد قرار می‌گیرد. خوشه "columns (structural)" که دارای مرکزیت ۲۱.٦ و چگالی ۱۹۸.۵ است، از نظر میزان این دو شاخص، نسبت به سایر خوشه‌ها در جایگاه خوشه‌های رو به رشد/افول بر سایر حوزه‌ها دسته‌بندی می‌شود؛ که البته با توجه به بالابودن تولیدات علمی مورد بررسی در این حوزه، می‌توان به این نتیجه رسید که این حوزه در زمره حوزه‌های نوظهور قرار می‌گیرد. با نگاهی به مطالعه مروری الاجارمه و همکاران (AlAjarmeh etal., 2020) نیز می‌توان همین برداشت را کرد. خوشه دیگری که در همین ناحیه و در کنار خوشه columns (structural) قرار دارد خوشه "separation" با مرکزیت ۰ و چگالی ۱۲۵ است. خوشه "energy dissipation" با مرکزیت۵۹.۳ و چگالی ۲۱۷.۵ در ناحیه موضوعات توسعه‌یافته اما منفرد قرار گرفته است. باوجوداین نبایستی فراموش کرد که نمودار ارائه‌شده شکل ۱۰ نشان‌دهنده نزدیک‌بودن این خوشه به خط میانه دو حوزه موضوعات توسعه‌یافته و منفرد از یک‌سو و موضوعات پیش‌ران از دیگر سو است. بنابراین به نظر می‌رسد این خوشه به سمت موضوعات پیش‌ران تمایل دارد.

حوزه موضوعی انرژی

به‌منظور تحلیل تولیدات علمی پراستناد حوزه انرژی در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ از همان روند مطرح در حوزه موضوعی مواد استفاده شد.[1] نتیجه این روند شناسایی ٦ خوشه موضوعی است. نمودار راهبردی مرتبط با ٦ خوشه شناسایی‌شده، در شکل ۱۱ ارائه شده است.



شکل ۱۱. تکامل موضوعی تولیدات پراستناد جهانی در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ در حوزه انرژی (ترسیم‌شده با نرم‌افزار R)

در شکل ۱۱ خوشه‌های شناسایی‌شده نسبت‌به حوزه موضوعی مواد از پراکندگی بیشتری در سطح نواحی مختلف نمودار برخوردارند. خوشه "hydraulic fracturing" با مرکزیت ۱۹.۹ و چگالی ۵۲۰.۳ در ناحیه موضوعات بنیادین و چندبعدی قرار می‌گیرد. در همین ناحیه خوشه "deformation" نیز قرار دارد. این خوشه با مرکزیت ۱۹.٦ و چگالی ۱۰۰۱.۸ در زمره یکی از خوشه‌های با چگالی بسیار بالا قرار می‌گیرد که نشان‌دهنده توسعه‌یافتگی بالای این حوزه است (جدول ۷).

جدول ۷. تولیدات علمی پراستناد حوزه انرژی در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰

خوشه	مرکزیت کالن	چگالی کالن	مرکزیت رتبه	چگالی رتبه
hydraulic fracturing	۱۹.۹۵۹۲۸٤۸۸	۵۲۰.۳٦۳۵۹۱۳	۲	۵
seismology	٤۵.۲۳٤۰۸۸۹۷	۲۷٤.۹۵٤۷٤۳٦	٦	۲
nuclear energy	٤۳.۹۰۱۵٤۰۷۷	۲۸۸.۸٤٤۷۵۸۹	۵	٤
risk assessment	٤۲.٦۰۳٦۷۱۳۵	۱۸٦.۹۵۹۹٦۵۵	٤	۱
deformation	۱۹.٦۱٤٤۳۵۵٦	۱۰۰۱.۸۵۱۸۵۲	۱	٦
earthquakes	۳۷.۷٦۵۲۵٤۹۵	۲۸۵.۲۳۳٦۳۱	۳	۳

۱. در اینجا نیز ۱۰ مقاله دارای بیشترین استناد در جدولی به‌عنوان پیوست دوم این مقاله و با اطلاعات کامل مقالات ارائه شده است.

خوشه seismology با مرکزیت ٤٥.٢ و چگالی ٢٧٤.٩ در زمره موضوعات ناحیه توسعه‌یافته اما منفرد در نظر گرفته می‌شود. این خوشه در کنار risk assessment، دو خوشه موضوعی هستند که در همین ناحیه قرار می‌گیرند. چنین جایگاهی با توجه به کمتربودن میزان مرکزیت این دو خوشه از یک‌سو و بالا بودن میزان استنادهای مقالات دربرگیرنده این حوزه‌ها از دیگر سو، می‌تواند نشان از این باشد که دو خوشه شکل‌گرفته ماهیتاً کمتر در قالب یک موضوع میان‌رشته‌ای تعریف می‌شود.

خوشه "nuclear energy" با مرکزیت ٤٣.٩ و چگالی ٢٨٨.٨، تنها موضوع در ناحیه پیش‌ران بوده و خوشه "earthquakes" (با موضوعات ویژه‌ای چون "disasters"، "resilience"، "wind turbines" و "geophysics") با مرکزیت ٣٧.٧ و چگالی ٢٨٥.٢ در ناحیه موضوعات رو به رشد/افول قرار می‌گیرد.

بحث و نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر سعی بر این بود تا به سه سؤال اصلی پاسخ داده شود. نخستین سؤال با هدف حصول آگاهی از چگونگی روند رشد دو زیرحوزه مواد و انرژی از دانش زلزله‌شناسی در سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ بود. یافته‌ها در هر دو حوزه مؤید آن است که در طی این ۱۰ سال هر دو حوزه رشد داشته‌اند. این یافته مشخصاً با یافته فلاح و همکاران (۱۳۹۷) و همچنین هه و همکاران (He et al., 2021) که به رشد کلی دانش زلزله‌شناسی اشاره کرده‌اند، همخوانی داشته و می‌توان اینگونه نتیجه گرفت که هر دو زیرحوزه انرژی و مواد از روند رشد کلی حوزه دانشی عام خود تبعیت می‌کنند.

پرسش‌های دوم و سوم این پژوهش هر دو به بررسی ساختار فکری دو زیرحوزه مواد و انرژی پرداخته‌اند؛ با این تفاوت که در سؤال سوم تنها بر بررسی آن دسته از مقالاتی از دو زیرحوزه پرداخته شد که بیشترین استناد را دریافت کرده و به بیان دیگر اثرگذارتر بوده‌اند متمرکز بود. شبکه هم‌رخدادی واژگان برای هر دو زیرحوزه به‌صورت کلی ترسیم شد اما تحلیل‌های عمیق‌تر از طریق ترسیم دو نمودار راهبردی و همچنین نمودار سنکی برای پاسخ به هر دو سؤال مورد استفاده قرار گرفت. نتیجه بررسی ترسیم نقشه موضوعی در قالب نمودار راهبردی این دو زیرحوزه در قالب دو جدول ۸ و ۹ ارائه شده است.

جدول ۸. خلاصه نتایج حاصل از نمودار راهبردی ترسیم‌شده در زیرحوزه مواد به تفکیک کل داده‌ها و ۱۰ مقاله پراستناد

نواحی چهارگانه نمودار	گروه داده‌ها	خوشه‌های شناسایی‌شده
پیش‌ران	کل داده‌ها	Earthquakes
	۱۰ مقاله پراستناد	Concretes Earthquake resistance
موضوعات توسعه‌یافته اما منفرد	کل داده‌ها	Reinforced concretes
	۱۰ مقاله پراستناد	Earthquake engineering Reinforcement
موضوعات بنیادین و چندبعدی	کل داده‌ها	Energy dissipation
	۱۰ مقاله پراستناد	Energy dissipation Concretes Earthquakes
موضوعات در حال رشد/افول	کل داده‌ها	walls (structural partitions)
	۱۰ مقاله پراستناد	columns (structural)

جدول ۹. خلاصه نتایج حاصل از نمودار راهبردی ترسیم‌شده در زیرحوزه انرژی به تفکیک کل داده‌ها و ۱۰ مقاله پراستناد

نواحی چهارگانه نمودار	گروه داده‌ها	خوشه‌های شناسایی‌شده
پیش‌ران	کل داده‌ها	Nuclear power plant Earthquake event Earthquakes
	۱۰ مقاله پراستناد	Nuclear Energy
موضوعات توسعه‌یافته اما منفرد	کل داده‌ها	--
	۱۰ مقاله پراستناد	Hydraulic fracturing deformation
موضوعات بنیادین و چندبعدی	کل داده‌ها	--
	۱۰ مقاله پراستناد	Risk assessment Seismology
موضوعات در حال رشد/افول	کل داده‌ها	Forecasting wenchuan earthquake stochastic systems
	۱۰ مقاله پراستناد	Earthquakes

با یک نگاه کلی به جدول ۸ می‌توان به تفاوت میان تعداد خوشه‌های شناسایی‌شده برای کل داده‌ها و همچنین ۱۰ مقاله پراستناد پی‌برد، که زیادبودن خوشه‌های شناسایی‌شده برای ۱۰ مقاله برتر شناسایی‌شده در این حوزه نشانه‌ای از تنوع موضوعی مقالات اثرگذار این حوزه است. همچنین با نگاهی به این جدول می‌توان مشاهده کرد که دو خوشه "concretes" در ناحیه پیش‌ران و همچنین "Reinforced concretes" در ناحیه موضوعات توسعه‌یافته قرار گرفته‌اند که این یافته با یافته اوداباسی، کوهرنگی و بازورو (Odabasi et al., 2021) که بر اهمیت این حوزه‌های موضوعی در مهندسی سازه با هدف جلوگیری از بروز مخاطرات مرتبط با زلزله تأکید دارد هم‌راستاست. همچنین قرارگرفتن خوشه earthquake event در دسته موضوعات پیش‌ران یا خوشه "Wenchuan earthquake" در گروه موضوعات در حال رشد/افول در حوزه انرژی (جدول ۹) مشخصاً با یافته‌های امر (Emmer, 2018) و گیزی و پوتنزا (Gizzi & Potenza, 2020) که به تأثیر وقوع یک رخداد زلزله بر میزان تولیدات علمی در سال‌های مختلف اشاره کرده‌اند هم‌راستاست. لازم به توضیح است که زلزله ونچوان (که در سال ۲۰۰۸ اتفاق افتاد) به دلیل حجم بالای خسارت، کانون پژوهش‌های فراوانی شده و با توجه به یافته‌های پژوهش ژانگ و دیگران (Zhang et al., 2020) مطالعات مرتبط با حوزه مهندسی و علوم طبیعی پس از آن خصوصاً در سال ۲۰۱۷ و بعد از آن رشد داشته است؛ بنابراین این خوشه در زمره خوشه‌های رو به رشد دسته‌بندی می‌شود.

در جدول ۸، خوشه columns (structural) جزء خوشه‌های شناسایی‌شده در مقالات پراستناد است که در گروه موضوعات رو به رشد/افول قرار گرفته؛ که با توجه به بالابودن تولیدات علمی آن، می‌توان به این نتیجه رسید که این حوزه در زمره حوزه‌های نوظهور قرار می‌گیرد. این درحالی است که مطالعه مروری الاجارمه و همکاران (AlAjarmeh et al., 2020) نیز مؤید همین یافته است. در همین جدول، خوشه "energy dissipation" اگرچه در گروه موضوعات توسعه‌یافته اما منفرد قرار دارد، در شکل ۱۰ به خط میانه این گروه با گروه موضوعات پیش‌ران نزدیک است. بنابراین به نظر می‌رسد این خوشه به سمت موضوعات پیش‌ران تمایل دارد. این ادعا توسط یافته‌های

پژوهش‌های دیگر که مؤید توجه پژوهشگران عرصه زلزله‌شناسی به بحث انرژی (May et al., 1998; Grossi et al., 2014) است تأیید می‌شود.

در جدول ۹ خوشه "seismology" ۲۷٤ در زمره موضوعات توسعه‌یافته اما منفرد در کنار "risk assessment"، قرار گرفته که با توجه به کمتربودن میزان مرکزیت این دو خوشه از یک‌سو و بالابودن میزان استنادهای مقالات دربرگیرنده این حوزه‌ها از دیگر سو، می‌توان به این نتیجه رسید که هر دو خوشه علی‌رغم اینکه مورد توجه محققان بوده، اما کمتر ماهیت میان‌رشته‌ای یافته‌اند. این یافته با یافته نور و همکاران (Nor et al., 2021) که طی مرور نظام‌مند خود به آن دست یافته‌اند هماهنگی دارد. همچنین در همین جدول خوشه "nuclear energy" تنها موضوع در ناحیه پیش‌ران بوده که به نظر می‌رسد یکی از دلایل اهمیت آن خصوصاً در سال‌های اخیر، واقعاً سونامی ژاپن و مشکلات به‌وجودآمده در تأسیسات اتمی این کشور باشد (Behrens et al., 2021).

نگاشت‌های تحلیل تکامل موضوعی ترسیم‌شده در این مطالعه، اما روند حرکت خوشه‌های موضوعی و شکل‌گیری و افول آنها را به‌خوبی نشان می‌دهند. به‌عنوان نمونه در حوزه موضوعی مواد با نگاهی به روند تکاملی هر حوزه و همچنین با توجه به ناحیه‌بندی هر خوشه بر اساس شاخص‌های مرکزیت و چگالی می‌توان مشاهده کرد که حوزه موضوعی زلزله‌ها همواره جزء خوشه‌های اثرگذار و پیش‌ران بوده است. این به آن معناست که عملاً پژوهش‌های حوزه مواد در پیوند با وقوع زلزله از جمله زمینه‌های موضوعی مورد علاقه محققان این حوزه بوده و هست. در کنار این موارد مطالعات مرتبط با بتن نیز از جمله زمینه‌های موضوعی مورد علاقه پژوهشگران است و همواره این زمینه نیز در ناحیه خوشه‌های پیش‌ران قرار گرفته است. این یافته نیز با آنچه سایمون، براچی و گاردونی (Simon et al., 2010) در خصوص میزان آسیب‌پذیری سیمان‌های تخریب‌شده در مقابل تکانش زلزله مطرح کرده‌اند، همخوانی دارد. اما سال ۲۰۲۰ در حوزه مواد تغییراتی را در طیف موضوعات پیش‌ران نشان می‌دهد. حرکت تدریجی مطالعات مرتبط با زلزله‌ها به سمت موضوعات با چگالی بالا (توسعه‌یافته) و کاهش شاخص مرکزیت (کاهش اثرگذاری بر سایر مطالعات) نشان از توجه بیشتر محققان به سایر زمینه‌های موضوعی دارد. این در حالی است که توجه به مطالعات جدیدی همچون لرزه‌شناسی اهمیتی دوچندان می‌یابد. خصوصیات این خوشه با آنچه اوداباسی، کوهرنگی و بازورو (Odabasi et al., 2021) در پیوند با بحث سازه‌ها و لرزه‌نگاری مطرح می‌سازند هماهنگی دارد. این در حالی است که بخش زمین‌شناختی دانش زلزله[1] در مقایسه با بخش سازه‌ای آن به دلیل توسعه فناوری‌ها در حوزه دانش زمین‌شناسی و زمین‌فیزیک، در سالیان اخیر بیشتر و به‌صورت تخصصی مورد توجه قرار گرفته است؛ چنین یافته‌ای هم‌راستا با نتایج مطالعه مروری نور و همکاران (Nor et al., 2021) است.

از دیگر یافته‌های این پژوهش در خصوص تکامل زمانی موضوعات آن است که به‌صورت کلی خوشه زلزله‌ها در حوزه انرژی در بازه زمانی ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۰ در دو خوشه "earthquake events" و همچنین "geothermal fields" امتداد می‌یابد که هر دو خوشه به میزان زیادی ماهیت میان‌رشتگی دارند؛ که این یافته نیز هم‌راستا با آنچه بروجی و همکاران[2] (Brogi et al., 2021) مطرح می‌کنند است؛ چراکه آنها یکی از عوامل افزایش "geothermal" را بروز تغییرات در پوسته زمین عنوان می‌کنند و به این نکته اشاره دارند که مطالعه تغییرات پوسته زمین خود دربرگیرنده گروه متفاوتی از پژوهش‌هاست.

1 . Seismology
2 . Brogi et.al.

هر زیرحوزه دو خوشه "nuclear power plants" و "japan" میان رشته‌گی جالبی را در بازه ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۳ در نمودار سنکی حوزه انرژی نشان می‌دهند؛ به‌طوری که ادغام این دو خوشه در خوشه "nuclear power plants" در برش زمانی ۲۰۱٤ تا ۲۰۱٦، و رشد میزان مرکزیت آن و همچنین نحوه امتداد این خوشه در سایر خوشه‌ها، همان‌گونه که برنز و همکاران (Behrens et al., 2021) اشاره می‌کنند، نشان از رشد تحقیقات در این حوزه پس از سونامی ژاپن دارد.

پیشنهادهای اجرایی پژوهش

از جمله کاربردهای انجام مطالعاتی مشابه با مطالعه حاضر، کمک به نهادهای فعال در این حوزه تخصصی شامل کلیه پژوهشگاه‌های حوزه زلزله‌شناسی در دانشگاه‌ها (مانند مرکز تحقیقات لرزه‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران) و یا مراکزی مانند مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی برای انجام سیاست‌گذاری‌های دقیق‌تر در رشته‌ها و گرایش‌های مطالعاتی چه در بعد آموزش و چه در بعد پژوهش است. این در حالی است که همین مطالعات کمک شایان توجهی به محققان برای یافتن موضوعات داغ و در عین حال توسعه‌یافته در یک حوزه موضوعی می‌کند. بر همین اساس پیشنهاد می‌شود نتایج این مطالعه و مطالعات مشابه توسط متخصصان اطلاع‌رسانی شاغل در کتابخانه‌ها و مراکز اطلاعاتی تخصصی گردآوری و در اختیار پژوهشگران علاقه‌مند در پژوهشکده/ پژوهشگاه‌های متبوع قرار گیرد.

نتایج این مطالعه همچنین مشخصاً موضوعات مورد توجه بعد از وقوع زلزله‌های مختلف همچون زلزله ونچوان و غیره را در سطح بین‌المللی در دو عرصه انرژی و مواد نشان می‌دهد، که می‌تواند برای دست‌اندرکاران ستادهای مدیریت بحران، به‌عنوان راهنمایی برای پیش‌آگاهی در خصوص مسائل و مشکلات احتمالی پس از زلزله‌های مختلف عمل کند.

یکی دیگر از یافته‌های جنبی این پژوهش، تفاوت گرایش‌های مطالعاتی در مناطق مختلف جغرافیایی است که نشان‌دهنده تفاوت مسائل مرتبط با حواشی وقوع زلزله به‌صورت کلی و مسائل مختلف مرتبط با ساختارهای سازه‌های شهری به‌صورت خاص در مناطق مختلف است. بر اساس یافته‌های این پژوهش به مدیران حوزه مدیریت بحران مناطق جغرافیایی مختلف پیشنهاد می‌شود با توجه به سازه‌ها و چگونگی قوام سازه‌های شهری در مناطق مختلف، صرفاً متکی به نتایج مطالعات بین‌المللی یا مطالعات صورت‌گرفته در سایر مناطق نبوده و مشخصاً با توجه به ویژگی‌های جغرافیایی منطقه محلی خود تمهیداتی را برای پیشگیری از وقوع صدمات جبران‌ناپذیر احتمالی حاصل از زلزله بیندیشند.

پیشنهاد برای پژوهش‌های آتی

- یافته‌های این پژوهش به‌صورت کلی شمایی از ساختار فکری دو حوزه مواد و انرژی را نشان می‌دهد. یکی از یافته‌های جانبی این پژوهش آن است که تحرک موضوعی در زیرحوزه‌های مختلف موضوعی می‌تواند متفاوت از یکدیگر باشد. همان‌گونه که در این پژوهش نیز تحرک موضوعی در دو حوزه مواد و انرژی متفاوت از یکدیگر است. بنابراین می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که برای به‌دست‌آوردن دیدی واقع‌بینانه‌تر از ساختار فکری حوزه‌های مختلف موضوعی، می‌توان از مطالعات خردتر استفاده کرده و حوزه‌های کوچک‌تری را مورد بررسی عمیق قرار داد؛

- یافته‌های این پژوهش و همچنین پژوهش‌های دیگر نشان از آن دارد که با وقوع یک زلزله و یا هر بلای طبیعی دیگر مطالعات در زمینه‌های مختلف مرتبط با واقعه اتفاق‌افتاده رشد چشمگیری پیدا می‌کنند. با توجه به فقدان انجام چنین مطالعه‌ای در ایران، پیشنهاد می‌شود محققان به بررسی وجود چنین الگویی از انتشار در میان محققان ایرانی نیز بپردازند.
- با توجه به قرارگرفتن ایران در منطقه‌ای زلزله‌خیز و نظر به آنکه تاکنون مطالعاتی چند درخصوص مطالعات زلزله‌شناسی منتشرشده توسط ایرانیان صورت گرفته است، پیشنهاد می‌شود طی یک پژوهش جامع، تمامی مطالعات داخلی و خارجی انجام‌شده توسط محققان ایرانی از نظر محتوایی و همچنین شاخص‌های کمی و کیفی مورد بررسی قرار گرفته و نتیجه آن در قالب یک محک‌زنی[1] با برون‌دادهای پژوهشی کشورهایی مانند آمریکا، ژاپن، ایتالیا و غیره از یک‌سو و همچنین تولیدات علمی برتر جهان به‌صورت کلی مقایسه شود. یافته‌های چنین پژوهشی به سیاست‌گذاری علمی در این زمینه کمک می‌کند.

فهرست منابع

ابوک، ف. (۱۳۹۹). *مصورسازی ساختار دانش زلزله‌شناسی* [پایان‌نامه کارشناسی ارشد منتشر نشده]. دانشگاه فردوسی مشهد.

اسدی، م.، و قادری، س. (۱۳۹٤). سی و نه سال تولید علم در حوزه ژئوفیزیک، *مجله فیزیک زمین فضا*، دوره ٤١ (١). https://doi.org/10.22059/jesphys.2015.53441

اصنافی، ا.، و پاکدامن نائینی، م. (۱۳۹۳). بررسی میزان همکاری‌های علمی پژوهشگران علوم زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله در مجموعه همایش‌های بین‌المللی زلزله‌شناسی مهندسی زلزله(SEE) طی سال‌های ۱۹۹۱-۲۰۱۱، *فصلنامه آموزش مهندسی ایران*، ١٦ (٤)، ١٣٥-١٥٠. https://doi.org/10.22047/ijee.2015.7964

بیگدلو، ا. (١٤٠١). ساختار فکری دانش در حوزه بازیابی اطلاعات: مطالعه هم‌واژگانی. *پژوهش‌نامه علم‌سنجی* (مقاله آماده انتشار). https://doi.org/10.22070/rsci.2022.14569.1501

حسن‌زاده، م.، زندیان، ف.، و احمدی، س. (۱۳۹۷). نگاشت ساختار و چیدمان تاریخی مفاهیم علم اطلاعات و دانش‌شناسی: با رویکرد متن‌کاوی (۲۰۰٤-۲۰۱۳). *پژوهش‌نامه علم‌سنجی*، ٤ (٢)، ١٢٣–١٤٢. https://journals.shahed.ac.ir/article_616.html

زندی‌روان، ن.، داورپناه، م.، و فتاحی، ر. (۱۳۹٦). نقشه تولید علم ایران بر اساس مقاله‌های نمایه‌شده در SCI-E. پژوهشنامه کتابداری و اطلاع‌رسانی، ٧ (١)، ٥ – ٢٦. https://doi.org/10.22067/riis.v7i1.39601

زوارقی، ر.، و حمدی‌پور، ا. (١٤٠٢). شناسایی قابلیت‌ها و شایستگی‌های علمی دانشگاه تبریز بر مبنای ظرفیت‌های اجتماعی، شناختی و فکری آن. *پژوهش‌نامه علم‌سنجی*، ٩(١)، (پیاپی ١٧)، (بهار و تابستان)، ٤٣-٧٤. https://doi.org/10.22070/rsci.2020.5594.1405

1 . Benchmark

فلاح، م.، قربی، ع.، نوروزی، ع.، و جعفری، ا. (۱۳۹۷). مطالعه علم‌سنجی انتشارات علمی حوزه زلزله‌شناسی بر اساس پایگاه استنادی وبگاه علوم. *رهیافت*، ۲۸ (۷۲)، ۶۳-۷۸. https://www.sid.ir/paper/87820/fa

نجار لشگری، س.، زارعی، ه.، خلخالی، ع.، و پالی، س. (۱۴۰۲). ترسیم نقشه ساختاری دانش مدیریت آموزشی در ایران. تحلیل هم‌رخدادی واژگان. *پژوهش‌نامه علم‌سنجی*، ۹(۱)، (پیاپی ۱۷)، (بهار و تابستان)، ۳۸۷-۴۰۸ . https://doi.org/10.22070/rsci.2021.14863.1517

یوسفی خرایم، م.، قاسمی، ح.، درویشی سه‌تلانی، ف.، کشاورز ترک، ع.، و موسی‌خانی، م. (۱۳۹۸). خوشه‌بندی و نگاشت روند ۴۰ ساله پژوهش‌های حوزه آینده‌نگاری. *آینده‌پژوهی مدیریت*، ج ۳۰ (۴)، ۴۱-۵۴. https://jmfr.srbiau.ac.ir/article_16488.html

Abouk, F. (2020). *Mapping the Knowledge Structure of Seismology* [Unpublished masters Dissertation]. Mashhad: Ferdowsi University of Mashhad. [In Persian].

Adeniyi, O., Perera, S., & Collins, A. (2016). Review of finance and investment in disaster resilience in the built environment. International Journal of Strategic Property Management, *20*(3), 224-238. https://doi.org/10.3846/1648715X.2016.1185476

AlAjarmeh, O. S., Manalo, A. C., Benmokrane, B., Karunasena, K., Ferdous, W., & Mendis, P. (2020). Hollow concrete columns: Review of structural behavior and new designs using GFRP reinforcement. *Engineering Structures*, *203*(15), 109829. https://doi.org/ 10.1016/j.engstruct.2019.109829

Anil, S., Kademani, B. S., Garg, R. G., & Kumar, V. (2010). Scientometric mapping of Tsunami publications: a citation based study. *Malaysian Journal of Library & Information Science*, *15*(1), 23-40. https://mjlis.um.edu.my/index.php/MJLIS/article/view/6720

Asadi, M. & Ghaderi, S. (2015). Thirty-nine years of Iran's scientific products in the field of Geophysics. Journal of the Earth and Space Physics, *41*(1), 147-166. https://doi.org/ 10.22059/jesphys.2015.53441 [In Persian].

Asnafi, A., & Pakdaman Naeini, M. (2015). A Survey on scientific collaboration rate in earthquake engineering and seismology researcher in SEE international conference during 1991-2011. *Iranian Journal of Engineering Education*, *16*(64), 135-150. https://doi.org/10.22047/ijee.2015.7964 [In Persian].

Behrens, J., Løvholt, F., Jalayer, F., Lorito, S., Salgado-Gálvez, M. A., Sørensen, M., ... & Vyhmeister, E. (2021). Probabilistic Tsunami Hazard and Risk Analysis: A Review of Research Gaps. *Frontiers in Earth Science*, *9*, 114, 628-772. https://doi.org/10.3389/feart.2021.628772

Bendle, L.J., & Patterson , I. (2008) Network Density, Centrality, and Communication in a Serious Leisure Social World. *Annals of Leisure Research*, 11:1-2, 1-19. https://doi.org/ 10.1080/11745398.2008.9686783

Bigdeloo, E. (2022). Intellectual Structure of Knowledge in information retrieval: A Co-Word Analysis. *Scientometrics Research Journal*, (In Press). https://doi.org/10.22070/rsci.2022.14569.1501 [In Persian].

Bin, C., Weiqi, C., Shaoling, C., & Chunxia, H. (2021). Visual Analysis of Research Hot Spots, Characteristics, and Dynamic Evolution of International Competitive Basketball Based on Knowledge Mapping. SAGE Open. https://doi.org/10.1177/2158244020988725

Börner, K. (2010). *Atlas of science*: *Visualizing what we know*. Massachusetts: Mit Press. DOI 10.1007/s11192-011-0409-7

Brogi, A., Capezzuoli, E., Karabacak, V., Alcicek, M. C., & Luo, L. (2021). Fissure Ridges: A Reappraisal of Faulting and Travertine Deposition (Travitonics). *Geosciences*, *11*(7), 278. https://doi.org/10.3390/geosciences11070278

Choi, H. T., & Kim, T. R. (2018). Necessity of management for minor earthquake to improve public acceptance of nuclear energy in South Korea. *Nuclear Engineering and Technology*, *50*(3), 494-503. https://doi.org/10.1016/j.net.2017.11.013

Cibulka, S., & Giljum, S. (2020). Towards a comprehensive framework of the relationships between resource footprints, *quality of life, and economic development. Sustainability*, *12*(11), 4734. https://doi.org/10.3390/su12114734

Cobo, M. J., López-Herrera, A. G., Herrera-Viedma, E., & Herrera, F. (2011a). An approach for detecting, quantifying, and visualizing the evolution of a research field: A practical application to the Fuzzy Sets Theory field. *Journal of Informetrics*, 5(1), 146–166. https://doi.org/10.1016/j.joi.2010.10.002

Cobo, M. J., López-Herrera, A. G., Herrera-Viedma, E., & Herrera, F. (2011b). Science mapping software tools: Review, analysis, and cooperative study among tools. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, *62*(7), 1382–1402. https://doi.org/ 10.1002/asi.21525

Emmer, A. (2018). Geographies and scientometrics of research on natural hazards. *Geosciences (Switzerland)*, *8*(10). https://doi.org/10.3390/geosciences8100382

Fallah, M., Ghorobi, A., Noruzi, A., & Jafari, A. (2019, Springer). Scientometric Study of Scientific Publications in Seismology based on Web of Science. *Rahyaft*, *28*(72), 61-76. https://www.sid.ir/paper/87820/fa [In Persian].

Flachenecker, F., Rentschler, J., & de Kleuver, W. (2018). Monitoring Resource Efficiency Developments: Indicators, Data, and Trends. *In Investing in Resource Efficiency*, 31-50, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-78867-8_3

Gizzi, F. T., & Potenza, M. R. (2020). The Scientific Landscape of November 23rd, 1980 Irpinia-Basilicata Earthquake: Taking Stock of (Almost) 40 Years of Studies. *Geosciences*, 10(12), 482. https://doi.org/10.3390/geosciences10120482

Grossi, L., Heim, S., & Waterson, M. (2014). A vision of the European energy future? The impact of the German response to the Fukushima earthquake. The Impact of the German Response to the Fukushima Earthquake, (July 15). *ZEW-Centre for European Economic Research Discussion Paper*, (14-051). https://ideas.repec.org/p/zbw/zewdip/14051.html

Hassanzadeh, M., Zandian, F., & Ahmadi Meinagh, S. (2018). Mapping the Cognitive Structure and Its Evolution in Knowledge and Information Science: A Text Mining Approach (2004-2013). *Scientometrics Research Journal*, *4*(8). 123-142. https://journals.shahed.ac.ir/article_616.html [In Persian].

He, W., Liu, X., Qiu, J., Liu, J., Chen, J., & Zhang, C. (2021). Collaborative contribution networks and hotspot evolution in earthquake. *Environmental Earth Sciences*, *80*(6), 1-14. https://doi.org/10.1007/s12665-020-09304-9

Hu, Y. X., Liu, S. C., & Dong, W. (1996). *Earthquake engineering*. New York: CRC Press.

Liu, X. (2012). A bibliometric study of earthquake research. 1900- 2010. *Scientometrics*, *92*(3), 747-765. https://doi.org/10.1007/s11192-011-0599-z

May, P. J., Burby, R. J., & Kunreuther, H. (1998). Policy design for earthquake hazard mitigation: Lessons from energy conservation, radon reduction, and termite control. *Earthquake spectra*, *14*(4), 629-650. https://doi.org/10.1193/1.1586019

Moya-Anegón, F., Vargas-Quesada, B., Herrero-Solana, V., Chinchilla-Rodríguez, Z., Corera-Álvarez, E., & Munoz-Fernández, F. J. (2004). A new technique for building maps of large scientific domains based on the cocitation of classes and categories. *Scientometrics*, *61*(1), 129-145. https://doi.org/10.1023/B:SCIE.0000037368.31217.34

Najjar Lashgari, S., Zarei, H., Khalkhali, A., & Pali, S. (2023). Mapping the Intellectual Structure in the Field of Educational Management in Iran: Co- Word Analysis. *Scientometrics Research Journal*, 9((Issue 1, spring & summer)), 387-408. https://doi.org/10.22070/rsci.2021.14863.1517 [In Persian].

Nor, A. H. M., Sanik, M. E., Salim, S., Kaamin, M., Osman, M. H., Fuzairi, N., Alia, A. & Qurratu'Ain, N. (2021). A Systematic Literature Review on Earthquake Detector. *Multidisciplinary Applied Research and Innovation*, 2(2), 48 – 59. https://publisher.uthm.edu.my/periodicals/index.php/mari/article/view/1935

Noyons, E. C. M., & Van Raan, A. (1999). *Integrating research performance analysis and science mapping. Scientometrics*, 591-604. https://doi.org/10.1007/BF02459614

Odabasi, O., Kohrangi, M., & Bazzurro, P. (2021). *Seismic collapse risk of reinforced concrete tall buildings in Istanbul. Bulletin of Earthquake Engineering*, 1-27. https://doi.org/10.1007/s10518-021-01188-9

Okada, Y., Kasahara, K., Hori, S., Obara, K., Sekiguchi, S., Fujiwara, H., & Yamamoto, A. (2004). Recent progress of seismic observation networks in Japan—Hi-net, F-net, K-NET and KiK-net. *Earth, Planets and Space*, *56*, xv-xxviii. https://doi.org/10.1186/BF03353076

Ross, M., Larson, E. D., & Williams, R. H. (1987). Energy demand and materials flows in the economy. *Energy*, *12*(10-11), 953-967. https://doi.org/10.1016/0360-5442(87)90051-X

Simon, J., Bracci, J. M., & Gardoni, P. (2010). Seismic response and fragility of deteriorated reinforced concrete bridges. *Journal of Structural Engineering*, *136*(10), 1273-1281. https://doi.org/10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0000220

Steinberger, J. K., & Krausmann, F. (2011). Material and energy productivity. Environmental science & technology, *45*(4), 1169–1176. https://doi.org/10.1021/es1028537

Wagner, C., & Leydesdorff, L. (2003). Seismology as a case study of distributed collaboration in science. *Scientometrics*, *58*(1), 91-114. https://doi.org/10.1023/A:1025479524390

Wang, C., Wu, J., He, X., Ye, M., Liu, W., & Tang, R. (2019). Emerging trends and new developments in disaster research after the 2008 Wenchuan earthquake. *International journal of environmental research and public health*, *16*(1), 29. https://doi.org/10.3390/ijerph16010029

Wu, X., Chen, X., Zhan, F. B., & Hong, S. (2015). Global research trends in landslides during 1991–2014: a bibliometric analysis. *Landslides*, *12*, 1215-1226. https://doi.org/10.1007/s10346-015-0624-z

Yousefi Khoraem, M., Gasemi, H., Se talani, F., Keshavarz Turk, E., & Mousakhani, M. (2020). Clustering and mapping the 40-year trend of foresight research. *Future study Management*, *30*(4), 41-54. https://jmfr.srbiau.ac.ir/article_16488.html [In Persian].

Zandi Ravan, N., davarpanah, M., & fattahi, R. (2017). Science Production Mapping in Iran, based on the Articles Indexed in Sciencefor Scientific Information (SCI-E). *Library and Information Science Research*, *7*(1), 5-26. https://doi.org/10.22067/riis.v7i1.39601 [In Persian].

Zavaraqi, R., & Hamdipour, A. (2020). Identifying the scientific capabilities and competencies of the University of Tabriz based on its social, cognitive and intellectual capacities. *Scientometrics Research Journal, 9(1), (Spring & Summer),* 43-74. https://doi.org/10.22070/rsci.2020.5594.1405 [In Persian].

Zhang, Q., Lu, Q., Ye, X., Xu, S., Lin, L. K., Ye, Q., & Zeng, A. (2020). Did the 2008 Wenchuan earthquake trigger a change in the conduct of research on seismic risk?. *Safety science*, *125*, 104628. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104628

پیوست‌ها

پیوست ۱: ده مقاله برتر در حوزه مواد به لحاظ میزان استناد

Authors	Title	Year	Source title	Volume	Cited by
Chua L.	Resistance switching memories are memristors	2011	Applied Physics A: Materials Science and Processing	102(4)	1030
Lignos D.G., Krawinkler H.	Deterioration modeling of steel components in support of collapse prediction of steel moment frames under earthquake loading	2011	Journal of Structural Engineering	137(11)	581
Saba N., Jawaid M., Alothman O.Y., Paridah M.T.	A review on dynamic mechanical properties of natural fibre reinforced polymer composites	2016	Construction and Building Materials	106()	475
Erochko J., Christopoulos C., Tremblay R., Choi H.	Residual drift response of SMRFs and BRB frames in steel buildings designed according to ASCE 7-05	2011	Journal of Structural Engineering	137(5)	288
Ozbulut O.E., Hurlebaus S., Desroches R.	Seismic response control using shape memory alloys: A review	2011	Journal of Intelligent Material Systems and Structures	22(14)	279
Haselton C.B., Liel A.B., Deierlein G.G., Dean B.S., Chou J.H.	Seismic collapse safety of reinforced concrete buildings. I: Assessment of ductile moment frames	2011	Journal of Structural Engineering	137(4)	264
Li Y., Li J., Li W., Samali B.	Development and characterization of a magnetorheological elastomer based adaptive seismic isolator	2013	Smart Materials and Structures	22(3)	227
Ozbakkaloglu T., Akin E.	Behavior of FRP-confined normal- and high-strength concrete under cyclic axial compression	2012	Journal of Composites for Construction	16(4)	222
Ali M., Liu A., Sou H., Chouw N.	Mechanical and dynamic properties of coconut fibre reinforced concrete	2012	Construction and Building Materials	30()	221
Korkmaz S.	A review of active structural control: Challenges for engineering informatics	2011	Computers and Structures	89(23-24)	218

پیوست ۲: ده مقاله برتر در حوزه انرژی به لحاظ میزان استناد

Authors	Title	Year	Source title	Volume	Cited by
Wang Q., Chen X., Jha A.N., Rogers H.	Natural gas from shale formation - The evolution, evidences and challenges of shale gas revolution in United States	2014	Renewable and Sustainable Energy Reviews	30	470
Papadopoulos T., Gunasekaran A., Dubey R., Altay N., Childe S.J., Fosso-Wamba S.	The role of Big Data in explaining disaster resilience in supply chains for sustainability	2017	Journal of Cleaner Production	142	300
Wolff C.M., Frischmann P.D., Schulze M., Bohn B.J., Wein R., Livadas P., Carlson M.T., Jäckel F., Feldmann J., Würthner F., Stolarczyk J.K.	All-in-one visible-light-driven water splitting by combining nanoparticulate and molecular co-catalysts on CdS nanorods	2018	Nature Energy	3(10)	201
Evans K.F., Zappone A., Kraft T., Deichmann N., Moia F.	A survey of the induced seismic responses to fluid injection in geothermal and CO2 reservoirs in Europe	2012	Geothermics	41	201
Sovacool B.K.	Cornucopia or curse? Reviewing the costs and benefits of shale gas hydraulic fracturing (fracking)	2014	Renewable and Sustainable Energy Reviews	37	200
Bhattacharyya R., Ghosh B.N., Mishra P.K., Mandal B., Rao C.S., Sarkar D., Das K., Anil K.S., Lalitha M., Hati K.M., Franzluebbers A.J.	Soil degradation in india: Challenges and potential solutions	2015	Sustainability (Switzerland)	7(4)	171
Zang A., Oye V., Jousset P., Deichmann N., Gritto R., McGarr A., Majer E., Bruhn D.	Analysis of induced seismicity in geothermal reservoirs - An overview	2014	Geothermics	52	143
Bi K., Hao H.	Modelling and simulation of spatially varying earthquake ground motions at sites with varying conditions	2012	Probabilistic Engineering Mechanics	29	137
Mazzoldi A., Rinaldi A.P., Borgia A., Rutqvist J.	Induced seismicity within geological carbon sequestration projects: Maximum earthquake magnitude and leakage potential from undetected faults	2012	International Journal of Greenhouse Gas Control	10	122
Zoback M., Hickman S., Ellsworth W.	Scientific drilling into the San Andreas fault zone - An overview of SAFOD's first five years	2011	Scientific Drilling	1	120