


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


Farahnaz Abouk <sup>1</sup>

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

Sholeh Arastoopoor <sup>2\*</sup>

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

Reza Khajavi <sup>3</sup>

 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-

Farahnaz Abouk<sup>1</sup>Sholeh Arastoopoor<sup>2\*</sup>Reza Khajavi<sup>3</sup>Date of Reception:  
28/04/2023Date 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.

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

فرحناز ابوک<sup>۱</sup>

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زلزله‌شناسی، مرکز تحقیقات زمین‌لرزه‌شناسی.

Email: asndr.f.abouk@gmail.com

شعله ارسطوپور<sup>۲</sup>

۲. استادیار گروه علم اطلاعات و دانش‌شناسی، دانشکده علوم تربیتی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.

(نویسنده مسئول)

رضا خواجهی<sup>۳</sup>

۳. استادیار مرکز تحقیقات زمین‌لرزه‌شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.

Email: rezakhajavi@um.ac.ir

Email: arastoopoor@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 افزاشده در هر حوزه نیز ترسیم شده است. برای انجام این کار از بسته بیلیومتریکس 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



## 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 به واسطه سرمایه‌گذاری مؤسسات بزرگ همچون بنیاد ملی علوم طبیعی چین و یا بنیاد ملی علوم<sup>۱</sup> 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 (زند-یروان و همکاران، ۱۳۹۶). بنابراین، از آنجاکه 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، علاوه بر تکمیل مطالعات پیشین، دیدی جامع از وضعیت ده‌ساله اخیر حوزه مورد بررسی به دست می‌دهد.

با وجود این 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) به منظور محدودسازی و عملیاتی کردن 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. علاوه بر این، نگاهی به مطالعات حوزه انرژی و مواد به صورت ویژه (Cibulka & Choi, 2020; Giljun, 2020; Flachenecker et al., 2018; Steinberger & Krausmann, 2011; Ross et al., 1987) تأثیر آنها بر اقتصاد جوامع از یک سو 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 صورت گرفته 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 صورت گرفته 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 شناسایی شده 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؟

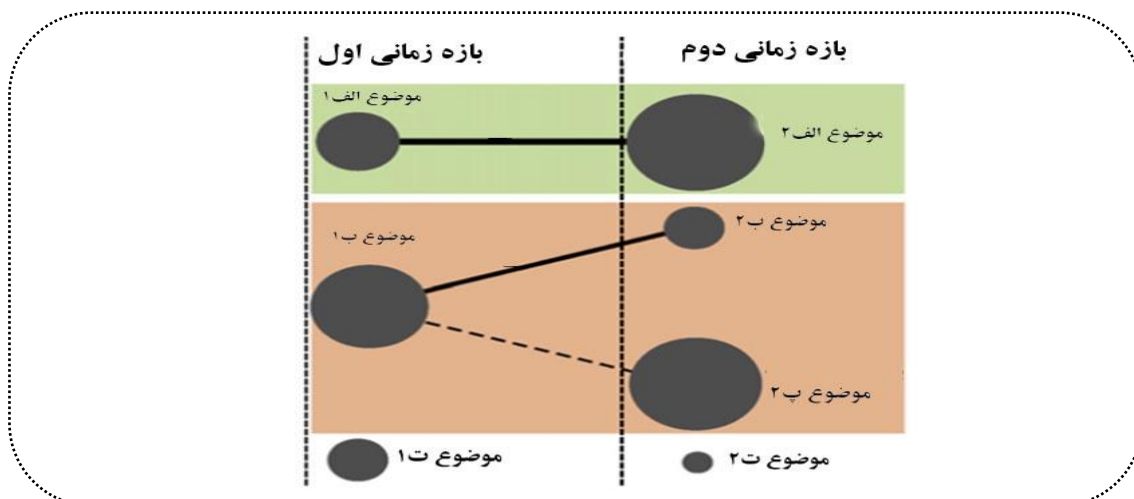
### چارچوب نظری

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 به واسطه 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 شناسایی شده در بدنه دانش یک حوزه دارد. رویکرد پیشنهادی کوبو و همکاران (Cobo et al., 2011a) مشخصاً در راستای همین امر بوده و موضوعات شناسایی شده را با استفاده از چارچوب نمودار راهبردی ناحیه‌بندی می‌کند (شکل ۱).



شکل ۱. ناحیه بندی نمودار راهبردی مرتبط با خوشه‌های افزاشده در حوزه موضوعی (Cobo et al., 2011a)

در این نمودار ناحیه موضوعات پیش‌ران،<sup>۱</sup> خوشه‌هایی با چگالی و مرکزیت کالن بالا هستند؛ به عبارت دیگر 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<sup>۲</sup> 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<sup>۳</sup> خوشه‌هایی با پیوندهای درونی و بیرونی کم را دربرمی‌گیرد. این در حالی است که خوشه‌های ناحیه آخر دربرگیرنده موضوعات بنیادین و چندبعدی،<sup>۴</sup> با میزان چگالی اندک اما مرکزیت بالاست. علاوه بر نمودار راهبردی، از نمودارهای تکامل موضوعی (نمودار سنکی) به منظور 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 به ترتیب به معنی میزان شمول و فراوانی اسناد هستند. در نمودار ارائه‌شده در شکل ۲ موضوعات ۱ و ۲ 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 (۱۴۰۲) در حوزه تولیدات علمی دانشگاه تبریز، نجار لشکری و همکاران (۱۴۰۲) در حوزه مدیریت آموزشی یا کار بیگدلو (۱۴۰۱) 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 اسناد میان نشریات<sup>۱</sup> 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 بین‌المللی بودن 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 پرداخته‌اند 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 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 هم‌تألفی، 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

تحلیل مبتنی بر نگاشت ساختار فکری دانش زلزله‌شناسی در دو حوزه مواد و انرژی ...

بریتانیا، هند و استرالیا ۵۴ 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 ۲۰۰۴ 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 (۱۳۹۴) 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 ۲۰۱۴ 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 امر (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<sup>۱</sup> 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 داخلی

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 به طوری 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<sup>۱</sup>، 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<sup>۲</sup> وارد شده 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<sup>۳</sup> انتخاب شد. با محدودکردن فیلتر نوع منبع به journals، چارچوب استخراج داده‌ها از پایگاه اسکوپوس شکل گرفت. از داده‌های بازیابی شده 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. Energy و Materials با صورت اختصاری ENER و MATE



تحلیل مبتنی بر نگاشت ساختار فکری دانش زلزله‌شناسی در دو حوزه مواد و انرژی ...

گسترده از نوع csv و همچنین bib خروجی تهیه و ذخیره شد.<sup>۱</sup> در نهایت ۳۰۲۵ رکورد برای مقالات حوزه مواد و ۱۷۳۸ رکورد برای مقالات حوزه انرژی استخراج و برای ورود به ویرایش ۳.۳.۰ بسته نرم‌افزاری بیلیومتریक्स ویرایش از ویرایش ۴.۳.۰ بسته نرم‌افزاری Rstudio آماده‌سازی شد.

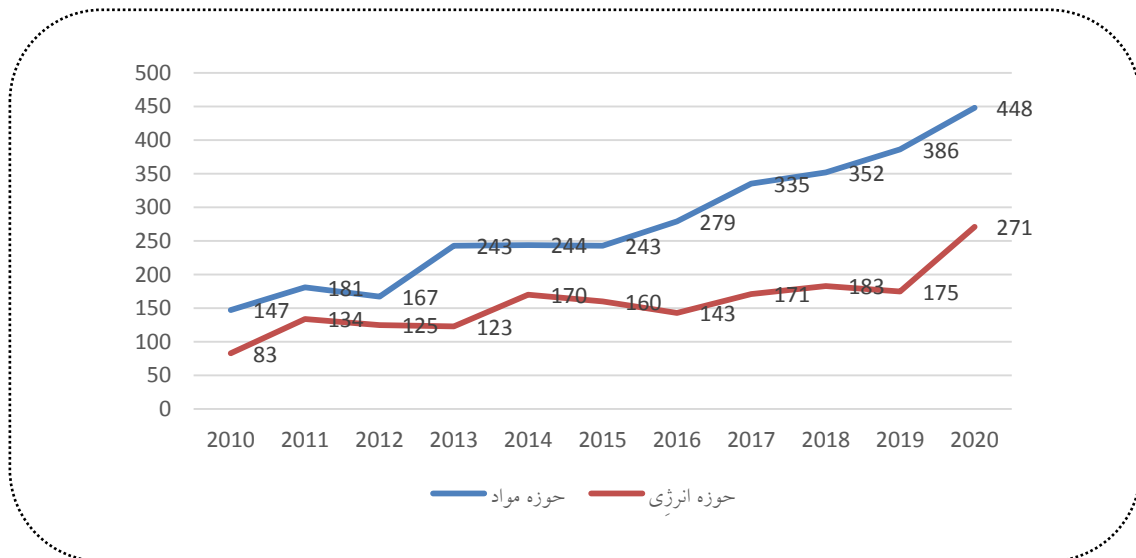
به‌منظور انجام تحلیل‌ها، شبکه هم‌رخدادی بر پایه خوشه‌بندی مدارک با استفاده از الگوریتم تحلیل روابط چندگانه<sup>۲</sup> که مناسب داده‌هایی از جنس دسته‌بندی-اسمی<sup>۳</sup> است، ترسیم شد و خوشه‌های شکل گرفته براساس دو شاخص چگالی و مرکزیت کالن<sup>۴</sup> افزاز شدند. چگالی شاخصی از میزان پیوندهای بین‌واژگانی 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

به منظور 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 به ترتیب 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 ثبت شده در پایگاه اسکوپوس، مجله Journal of Structural Engineering با ۴۴۳ 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 Applied Sciences (Switzerland) نیز مقالات نسبتاً قابل توجهی در حوزه مواد به چاپ رسانده‌اند. بر اساس داده‌های ثبت شده در پایگاه اسکوپوس در حوزه انرژی، مجله Sustainability (Switzerland) با ۱۵۴ 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 انرژی				نشریات حوزه مواد			
فراوانی (درصد)	عنوان‌های نشریات	شاپا	ناشر	فراوانی (درصد)	عنوان‌های نشریات	شاپا	ناشر
۱۵۴ (۸.۹)	Sustainability (Switzerland)	۱۰۵۰-۲۰۷۱	Multidisciplinary Digital Publishing Institute	۴۴۳ (۱۴.۶)	Journal Of Structural Engineering (United States)	۹۴۴۵-۰۷۳۳	American Society of Civil Engineers
۱۱۱ (۶.۴)	Nuclear Engineering and Design	۵۴۹۳-۰۰۲۹	Elsevier	۳۷۰ (۱۲.۲)	Journal Of Constructional Steel Research	X۹۷۴-۰۱۴۳	Elsevier
۷۸ (۴.۵)	Shuili Xuebao/Journal of Hydraulic Engineering Shuili Fadian	۹۳۵۰-۰۵۵۹	China Water Power Press	۲۰۷ (۶.۸)	Applied Sciences (Switzerland)	۳۴۱۷-۲۰۷۶	Multidisciplinary Digital Publishing Institute
۶۵ (۳.۷)	Xuebao/Journal of Hydroelectric Engineering	۱۲۴۳-۱۰۰۳	Tsinghua University Press	۲۰۶ (۶.۸)	Construction And Building Materials	۰۶۱۸-۰۹۵۰	Elsevier
۵۲ (۳.۰)	Geofisica Internacional	۷۱۶۹-۰۰۱۶	Universidad Nacional Autonoma de Mexico	۱۲۳ (۴.۱)	Engineering Failure Analysis	۶۳۰۷-۱۳۵۰	Elsevier
۴۹ (۲.۸)	Hedongli Gongcheng/Nuclear Power Engineering	۰۹۲۶-۰۲۵۸	Yuan Zi Neng Chuban She	۱۱۲ (۳.۷)	Steel And Composite Structures	۹۳۶۷-۱۲۲۹	Techno Press

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

نشریات حوزه انرژی				نشریات حوزه مواد			
فراوانی (درصد)	عنوان‌های نشریات	شاپا	ناشر	فراوانی (درصد)	عنوان‌های نشریات	شاپا	ناشر
۴۴ (۲.۵)	Nuclear Engineering and Technology	۵۷۳۳-۱۷۳۸	Korean Nuclear Society	۱۱۱ (۳.۷)	Nuclear Engineering and Design	۵۴۹۳-۰۰۲۹	Elsevier
۴۱ (۲.۴)	Harbin Gongcheng Daxue Xuebao/Journal of Harbin Engineering University	۷۰۴۳-۱۰۰۶	Harbin Engineering University	۱۰۵ (۳.۵)	Journal Of Vibro-engineering	۸۷۱۶-۱۳۹۲	Vibromechanika
۴۰ (۲.۳)	Geothermics	۶۵۰۵-۰۳۷۵	Elsevier	۱۰۳ (۳.۴)	Jvc/Journal of Vibration and Control	۵۴۶۳-۱۰۷۷	Sage
۴۰ (۲.۳)	Meitan Xuebao/Journal of The China Coal Society	۹۹۹۳-۰۲۵۳	China Coal Society	۹۰ (۳.۰)	Smart Materials and Structures	۱۷۲۶-۰۹۶۴	IOP

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 منتشر شده 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 نسبت به حوزه موضوعی انرژی به صورت 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. به منظور پاسخ به سؤال دوم پژوهش در ابتدا نگاشت موضوعی<sup>۱</sup> 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 افزاز می‌شوند که با رنگ‌های مختلف به نمایش در می‌آیند. همان‌گونه که پیش‌تر نیز در قسمت روش‌شناسی مطرح شد، در این پژوهش به منظور انجام خوشه‌بندی، از الگوریتم تحلیل روابط چندگانه استفاده شده و به منظور برجسب‌گذاری هر خوشه برای تحلیل‌های بعدی و عمیق‌تر، از بین کلیدواژه‌های آن خوشه، پرتکرارترین مورد انتخاب و نمایش داده شده است.

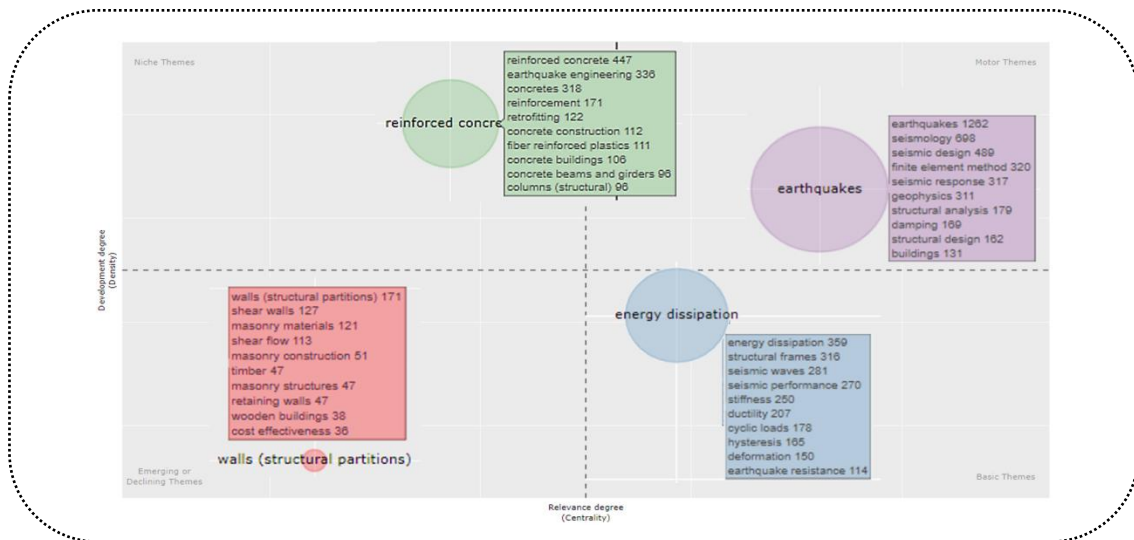
1 . Thematic Map



تحلیل مبتنی بر نگاشت ساختار فکری دانش زلزله‌شناسی در دو حوزه مواد و انرژی ...

لازم به توضیح است، هنگام ترسیم شبکه دانشی هر حوزه برخی از شاخص‌ها مانند چگالی و مرکزیت همواره اطلاعات بیشتری را در خصوص خوشه‌های افزاشده ارائه می‌کنند. نگاشت شکل ۵ و همچنین خوشه‌های گزارش شده 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 بالغ‌تر بودن آن و بالابودن مرکزیت خوشه نشان از اهمیت و اثرگذاری آن خوشه در حوزه موضوعی دارد.

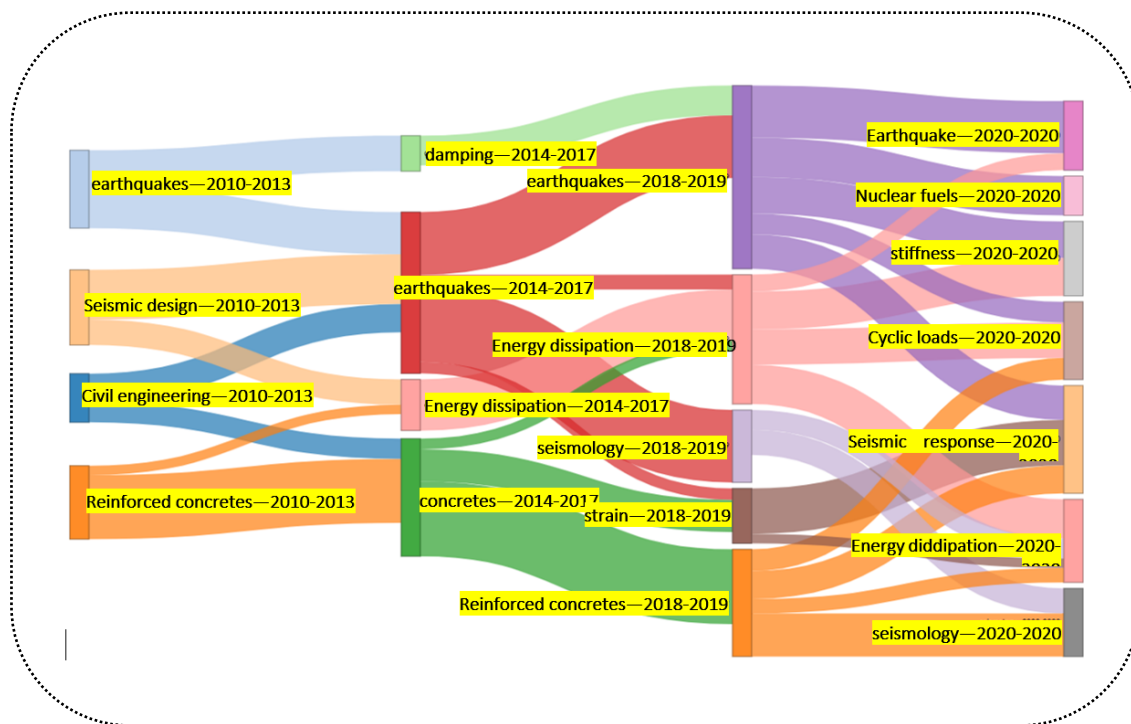
به‌منظور تحلیل عمیق‌تر خوشه‌های شکل گرفته در این نگاشت، نمودار راهبردی مرتبط با این حوزه ترسیم شد (شکل ۵). بر این اساس یافته‌ها مؤید آن است که خوشه walls (structural partitions) با مرکزیت ۵.۰ و چگالی ۳.۷ در ناحیه خوشه‌های ناپخته یا با اثرگذاری پایین قرار می‌گیرد. این در حالی است که خوشه energy dissipation با مرکزیت ۱.۴ و چگالی ۴.۵ 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 ترسیم شده بر مبنای خوشه‌های موضوعی حوزه مواد<sup>۱</sup> (ترسیم شده 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 ۶). 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 ۶).

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



شكل ۶. نمودار تكامل موضوعى حوزه مواد (ترسيم شده با نرم افزار R)

با نگاهی به شکل ۶ و همچنین مقادیر مرکزیت و چگالی ثبت شده در جدول ۳ می توان مشاهده کرد که خوشه reinforced concrete در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۳، به خوشه concretes در بازه زمانی ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۷ تبدیل شده که مباحث تحقیقاتی آن از مرکزیت و چگالی بالایی برخوردار هستند. بنابراین هردوی این خوشه ها از نظر میزان توسعه یافتگی بالغ بوده و در ناحیه خوشه های پیشران قرار می گیرند. این روند تا انتهای سال ۲۰۱۹ با اندکی تغییر در عنوان موضوع ادامه می یابد و در نهایت در سال ۲۰۲۰ در خوشه موضوعی seismology امتداد می یابد؛ که این خوشه نیز خود مرکزیت و چگالی بالایی داشته و در ناحیه خوشه های پیشران قرار دارد. این در حالی است که بازه زمانی دوم شاخه دیگری از خوشه concretes جدا شده و با عنوان Strain در سال های ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹ قوام می یابد. 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، kinematics و seismology معنا می یابد. این خوشه نیز در سال ۲۰۲۰ در قالب خوشه seismic response با مرکزیت نسبتاً بالا و چگالی نسبتاً پایین تر امتداد می یابد؛ این مقادیر خوشه مذکور را جایی مابین دو ناحیه خوشه های پیشران و خوشه های بنیادین و چندوجهی قرار می دهد.

خوشه civil engineering در بازه ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۳ در دو خوشه earthquakes و concretes امتداد می یابد. در خصوص خوشه concretes و چگونگی امتداد آن در بازه زمانی ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۰ در خوشه های مختلف صحبت شد. هر دو این خوشه ها از مرکزیت و تراکم بالایی برخوردار هستند که به معنی بلوغ آنها و قرار گرفتن آنها در ناحیه موضوعات

۱. با توجه به محدودیت حجم مقاله نمودارهای راهبردی و همچنین تحلیل های مرتبط با خوشه های هر یک از بازه های زمانی گزارش نشده اند و صرفاً جدول ۶ به منظور گزارش مرکزیت و چگالی هر کدام از خوشه های هر ناحیه زمانی تنظیم شده است. محققان محترم در صورت نیاز به اطلاعات بیشتر و نمودارهای مذکور می توانند با نویسندگان تماس بگیرند.

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

چگالی رتبه	مرکزیت رتبه	چگالی کالن	مرکزیت کالن	خوشه
۱	۱	۲۱.۱۵۷۱۶۴۱۴	۸.۳۸۱۹۲۵۴۳۳	civil engineering
۴	۳	۳۹.۴۴۰۱۰۳۲۴	۱۳.۳۹۷۷۷۴۸۸	reinforced concrete
۳	۴	۳۴.۹۲۹۹۳۲۵۲	۱۵.۱۲۱۳۹۳۳۸	earthquakes
۲	۲	۲۱.۵۵۳۲۲۶۶۶	۱۳.۳۶۹۲۲۳۲۷	seismic design
۴	۴	۲۶.۴۶۶۸۲۰۲۳	۱۰.۵۱۶۱۹۰۳	concretes
۲	۲	۱۷.۰۵۸۵۲۸۰۳	۷.۴۳۰۵۴۸۹۲۸	energy dissipation
۳	۳	۱۸.۹۵۰۵۴۵۰۳	۹.۸۳۷۳۵۵۷۴۲	earthquakes
۱	۱	۱۶.۰۷۴۷۷۰۷۶	۳.۶۲۳۲۴۸۷۷۲	damping
۱	۲	۱۸.۳۵۹۸۹۰۴۹	۶.۴۷۴۶۱۴۲۷۴	seismology
۲	۳	۳۰.۹۶۲۸۰۳۰۷	۱۲.۹۲۰۴۰۷۶۷	energy dissipation
۵	۴	۳۸.۱۹۰۲۱۰۹۳	۱۴.۵۶۶۳۶۲۱۴	Reinforced concrete
۴	۵	۳۶.۴۵۵۹۹۵۷۷	۱۵.۱۰۰۵۲۵۰۲	earthquakes
۳	۱	۳۴.۲۱۸۶۵۸۸۹	۲.۰۹۸۱۴۸۶۱۶	strain
۶	۶	۶۱.۰۶۳۲۳۸۶۲	۲۱.۷۲۱۸۱۰۹۶	seismology
۱	۲	۴۹.۹۲۳۲۳۴۱۳	۱۲.۴۹۲۸۸۷۰۹	stiffness
۲	۵	۵۲.۱۹۶۶۶۰۵۵	۱۸.۶۲۴۲۱۵۳۷	energy dissipation
۵	۴	۵۵.۴۸۴۵۳۱۷۷	۱۶.۱۲۱۵۴۴۶۲	seismic response
۷	۱	۷۲.۷۷۹۳۶۵۰۸	۴.۸۱۵۲۷۵۲۷۹	nuclear fuels
۴	۷	۵۴.۵۳۴۷۰۶۸۲	۲۳.۶۸۰۴۹۷۳۴	earthquakes
۳	۳	۵۳.۱۱۴۶۲۲۴۴	۱۳.۲۳۹۹۸۱۲۶	cyclic loads

پیش‌ران است. لازم به توضیح است خوشه earthquakes خود در بازه زمانی ۲۰۱۴ 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 زمره موضوعات حاشیه‌ای قرار می‌گیرد. دلیل این امر به احتمال 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 سال‌های اخیر بیشتر و به‌صورت تخصصی‌تر مورد توجه قرار گرفته است. در سال ۲۰۲۰ خوشه earthquakes در قالب سه خوشه earthquakes و



فرحناز ابوک، شعله ارسطوپور و رضا خواجوی

nuclear fuels و stiffness امتداد می‌یابد که با توجه به مقادیر مرکزیت و چگالی هریک از این خوشه‌ها (جدول ۴) 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 ۲۰۱۴ 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 رو به رشد/افول قرار داد. با وجود این با نگاهی به سال ۲۰۲۰ و اینکه خوشه مذکور در قالب دو خوشه<sup>۱</sup> stiffness 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.

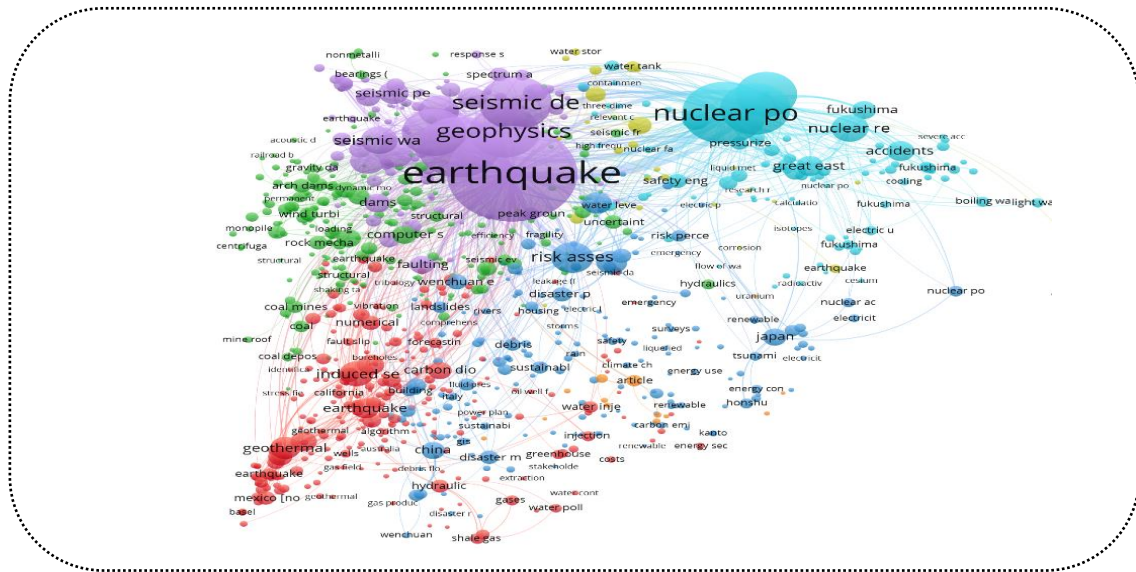
خوشه earthquakes در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۳ شکل گرفته و در ادامه در بازه زمانی ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۷ در قالب دو شاخه earthquakes و damping امتداد می‌یابد. در خصوص شاخه earthquakes و امتداد آن تا سال ۲۰۲۰ پیش‌تر صحبت شد. شاخه damping در بازه زمانی ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۷ با توجه به چگالی و مرکزیت پایین خود جزء مباحث پژوهشی 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<sup>۲</sup>، برای قرار گرفتن 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 Damping, Hysteresis، 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 به صورت شفاف جدول ۴ تنظیم شده است. در نگاشت دانشی حوزه انرژی ۶ خوشه مختلف شناسایی شده (شکل ۷) که درجه مرکزیت و چگالی کالن در جدول قید شده است.

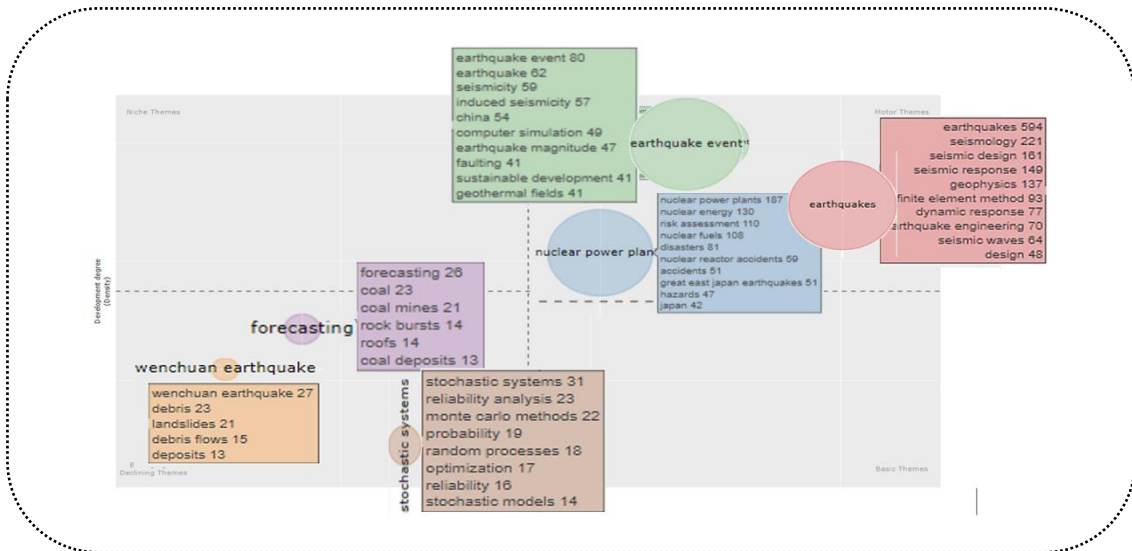
جدول ۴. خوشه‌بندی موضوعی حوزه انرژی

خوشه	مرکزیت کالن	چگالی کالن	مرکزیت رتبه	چگالی رتبه
earthquakes	۶.۴۴۱۱۳۶۶۴۹	۲۰.۵۵۲۹۵۱۳۳	۶	۵
nuclear power plants	۴.۸۳۳۴۶۱۶۰۲	۱۶.۳۰۲۷۳۰۵۲	۴	۴
earthquake event	۵.۹۶۵۲۵۰۸۴۱	۲۱.۰۸۸۳۸۳۳۴	۵	۶
forecasting	۰.۸۵۰۶۹۴۱۹۶	۱۳.۹۱۸۴۹۵۱۱	۲	۳
wenchuan earthquake	۰.۶۵۴۲۹۹۶۸۳	۱۲.۱۵۳۳۶۲۴۷	۱	۲
stochastic systems	۱.۱۴۲۷۹۸۹۱۹	۱۱.۳۳۶۰۷۸۲	۳	۱

مشابه با حوزه مواد، برای حوزه موضوعی انرژی نیز به منظور تدقیق در یافته‌های مرتبط با خوشه‌های افزاشده از داده‌های مستخرج از پایگاه استنادی اسکوپوس، نمودار راهبردی خوشه‌ها ترسیم شد (شکل ۸). بر اساس یافته‌های گزارش شده در جدول ۴ و همچنین شکل ۹، خوشه nuclear power plants با مرکزیت ۴.۸ و چگالی آن ۱۶.۳ در ناحیه خوشه‌های پیش‌ران قرار گرفته است. علاوه بر خوشه مذکور، خوشه earthquake event با مرکزیت ۵.۹ و چگالی ۲۱ و همچنین خوشه earthquakes با مرکزیت ۶.۴ و چگالی ۲۰.۵ در همین ناحیه قرار گرفته‌اند.

نکته جالب توجه در خصوص نمودار ارائه شده در شکل ۸ آن است که نیمی از خوشه‌های موضوعی شناسایی شده 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 ۰.۶ و چگالی ۱۲.۱ و نیز خوشه stochastic systems با مرکزیت ۱.۱۴ و چگالی ۱۱.۳ گروه خوشه‌های رو به رشد/افول را تشکیل می‌دهند. تفاوت بارز مفادیر مرکزیت و چگالی کالن آنها نیز تأییدکننده یافته ارائه شده در شکل ۹ است. لازم به توضیح

است که Wenchuan earthquake (زلزله‌ای که در سال ۲۰۰۸ اتفاق افتاده است) به دلیل حجم بالای خسارت، کانون پژوهش‌های فراوانی شده و بنابراین این خوشه در زمره خوشه‌های رو به رشد دسته‌بندی می‌شود. همچنین دو خوشه forecasting و stochastic systems نیز به احتمال از موضوعات خاص با چشم‌انداز فزاینده پژوهشی هستند.

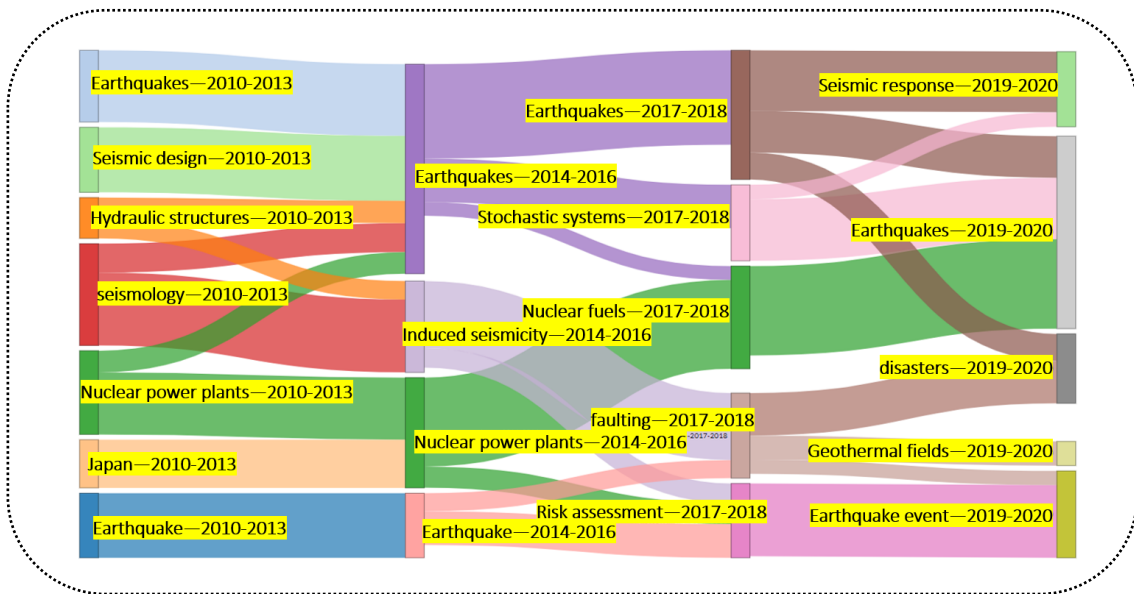


شکل ۸. نمودار راهبردی ترسیم‌شده بر مبنای خوشه‌های موضوعی حوزه انرژی (ترسیم‌شده با نرم‌افزار R)

با نگاهی به رتبه مرکزیت و رتبه چگالی خوشه‌های به‌دست‌آمده و محل قرارگیری آنها در نمودار راهبردی خوشه‌های موضوعی حوزه انرژی، می‌توان این‌گونه استنباط کرد که خوشه‌های earthquake event، earthquakes و nuclear power plants دربرگیرنده موضوع‌هایی با میزان بلوغ بالا و اثرگذار در سایر موضوعات مطرح در حوزه انرژی است. حال آنکه خوشه‌های forecasting، wenchuan earthquake و stochastic systems دربرگیرنده موضوعاتی رو به رشد هستند. این یافته بیانگر آن است که سه موضوع earthquake event، earthquakes و nuclear power plants در ده ساله اخیر مطالعات حوزه انرژی در دانش زلزله‌شناسی در کانون توجه محققان این حوزه قرار داشته است.

به‌منظور تجزیه و تحلیل تکامل موضوعی و با هدف شناسایی و مصورسازی زیرحوزه‌های مفهومی حوزه انرژی در دانش زلزله‌شناسی در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰، نیز مشابه با حوزه مواد، نمودار سنکی مرتبط ترسیم شد (شکل ۹). در نمودار ترسیم‌شده برای این منظور نیز چهار برش زمانی توسط نرم‌افزار انتخاب شد.<sup>۱</sup> با نگاهی به شکل ۹ می‌توان مشاهده کرد که در برش زمانی نخست یعنی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۳، ۷ خوشه مستقل موضوعی قابل 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 هر یک از خوشه‌های مطرح در برش‌های زمانی مختلف نیاز به ترسیم نمودار راهبردی بود. اما از آنجا که گزارش تمام این نگاشت‌ها و تحلیل‌های مرتبط از حوصله این مقاله خارج است، صرفاً به ارائه جداول مرتبط با خوشه‌های تشکیل‌شده که دربرگیرنده مقادیر مرکزیت و چگالی کالن آنهاست بسنده شده است. محققان محترم در صورت 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 یک سو و موضوعات توسعه‌یافته اما منفرد از دیگر سو دارد. دلیل این امر به احتمال تلاش محققان برای توسعه و بسط این خوشه باشد؛ به طوری که این خوشه در بازه زمانی ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۶ 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 ۲۰۱۸ در 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. به عبارت دیگر 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 نوظهور بودن 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 میان‌رشته‌ای بین موضوعات risk assessment و induced seismicity با خوشه earthquakes است.

دو خوشه nuclear power plants و japan<sup>۱</sup> میان‌رشته‌گی جالبی را در بازه ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۳ در نمودار سنکی حوزه انرژی نشان می‌دهند؛ به طوری که امتداد آنها در هر سه برش زمانی بعدی این نمودار یکسان است. با وجود این 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 سنگی حوزه انرژی

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

دوفصلنامه علمی دانشگاه شاهد / دوره ۹ / شماره ۲۰ / پاییز و زمستان ۱۴۰۲ (پیاپی ۷۸) پژوهش‌نامه علم سنجی

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 منفرد بودن 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



تحلیل مبتنی بر نگاشت ساختار فکری دانش زلزله‌شناسی در دو حوزه مواد و انرژی ...

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 ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۶ 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 ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۶ 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.<sup>۱</sup>

خوشه seismic design در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۳ با توجه به مرکزیت و چگالی کالان بالای خود در زمره موضوعات پیش‌ران دسته‌بندی می‌شود. این خوشه تا سال ۲۰۱۴ وضعیت خود را به همین صورت حفظ می‌کند و در بازه زمانی ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۶ 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 به واسطه تنوع موضوعات زیربخش خود از خوشه earthquake جدا شده است که به احتمال نشان از وجود گروهی از پژوهش‌های موردی (که واژه earthquake را به کار می‌برند) در کنار پژوهش‌های عمومی (که به احتمال 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.

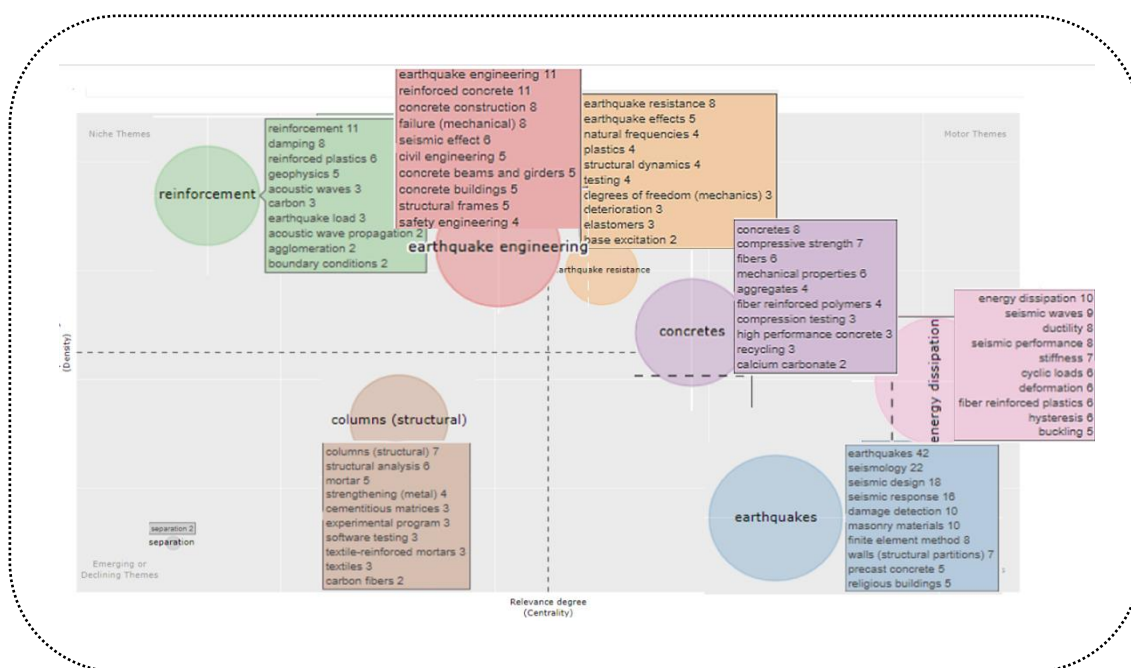
۱. لازم به توضیح است دلیل آنکه در شکل ۱۰ دو عنوان earthquakes دیده می‌شود آن است که نرم‌افزار امکان ارائه ترسیم دقیق‌تری از نحوه امتداد موضوعات داشته باشد. در عمل هر دو این عناوین به یک خوشه اشاره دارند که در جدول ۸، بلوک مربوط به خوشه‌های برش سوم زمانی به وضوح یکی بودن این خوشه‌ها قابل مشاهده است.

## پاسخ به پرسش سوم پژوهش. ساختار فكري توليدات علمي پراستناد دانش زلزله‌شناسي در دو حوزه مواد و انرژی در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ به چه صورت است؟

یافته‌های پژوهش حاضر در خصوص خوشه‌های موضوعی شناسایی شده در دو حوزه مواد و انرژی چه به صورت عمومی و چه به صورت تحلیل روند، دید نسبتاً جامعی از ساختار فكري این دو حوزه ارائه کردند. اما نظر به آنچه پیش‌تر در خصوص اهمیت مطالعه این دو حوزه مطرح شد، بررسی ساختار فكري توليدات علمي 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 توليدات پراستناد، نتایج جستجوی مقالات پژوهشی مروری مورد استفاده برای پاسخ به سؤال دوم این پژوهش بر اساس تعداد استندهای صورت‌گرفته به آنها مرتبط شد و بر این مبنا ۱۰ مقاله برتری که دارای بیشترین استناد بود، استخراج شد.<sup>۱</sup> سپس خروجی تهیه‌شده پس از اعمال پاره‌ای از اصلاحات<sup>۲</sup> وارد بسته نرم‌افزاری بیبلیومتریکس شد. با تحلیل داده‌ها می‌توان مشاهده کرد که توليدات علمي 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 شناسایی شده موضوعی می‌توان مشاهده کرد که اکثر این خوشه‌ها در ناحیه‌های بالایی نمودار حضور دارند.



شکل ۱۰. نقشه موضوعی توليدات 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 سی‌اس‌وی تهیه‌شده به صورت مستقیم قابلیت وارد شدن به پکیج بیبلیومتریکس را ندارد و بایستی قبل از ورود ابتدا بر اساس دستورالعمل‌های خود پکیج برخی از delimiters را تغییر داده و مناسب‌سازی کرد. به منظور انجام این اصلاحات از ویرایش سوم نرم‌افزار sublime text استفاده شد.

به منظور ارائه درک بهتری از خوشه‌های شکل گرفته، جدول ۶ گزارشی از مرکزیت و چگالی کالن هریک از خوشه‌ها ارائه می‌دهد. در میان خوشه‌های شکل گرفته، 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 ۱۶.۴ و چگالی ۴۸۵.۴ در ناحیه خوشه‌های بنیادین و چندبعدی قرار گرفته است. خوشه concretes با مرکزیت ۳۶.۱ و چگالی ۲۳۳.۴ نیز در ناحیه موضوعات پیش‌ران قرار دارد.

جدول ۶. تولیدات علمی پراستاد حوزه مواد در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰

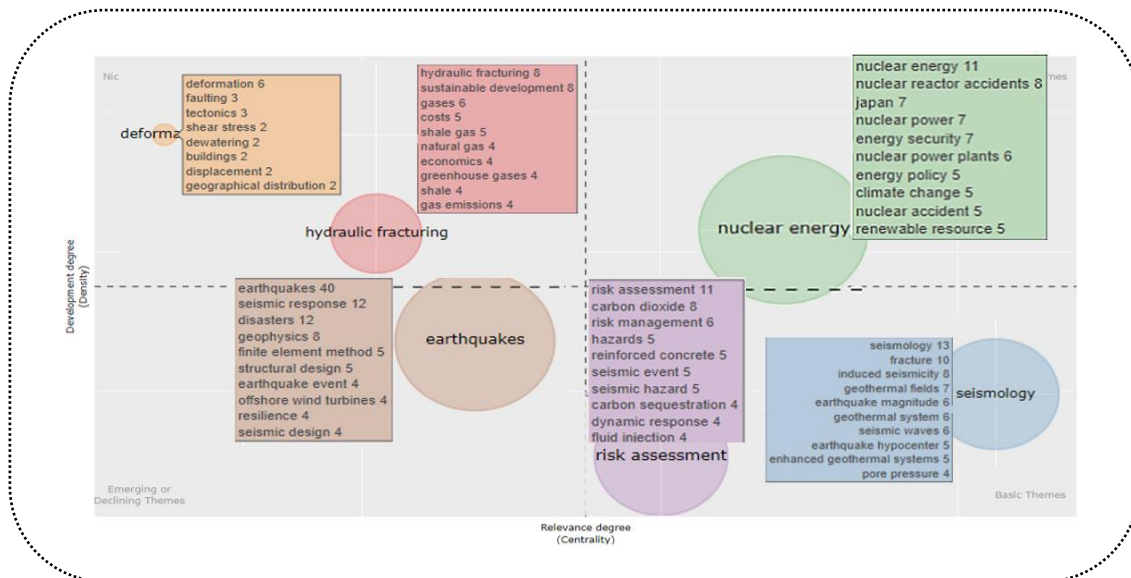
خوشه	مرکزیت کالن	چگالی کالن	مرکزیت رتبه	چگالی رتبه
earthquake engineering	۲۸.۱۷۹۹۳۰۱۳	۲۹۲.۹۰۷۹۰۴۸	۴	۷
earthquakes	۵۳.۷۲۱۴۶۸۲۹	۱۸۹.۳۰۱۶۱۰۸	۷	۲
reinforcement	۱۶.۴۶۲۵۹۵۰۷	۴۸۵.۴۶۸۴۳۴۳	۲	۸
concretes	۳۶.۱۹۱۰۳۵۱۴	۲۳۳.۴۷۹۳۸۷۱	۶	۵
earthquake resistance	۳۰.۱۶۲۸۷۷۲۸	۲۷۳.۶۳۶۰۳۹۹	۵	۶
columns (structural)	۲۱.۶۲۶۱۴۲۳۸	۱۹۸.۵۳۳۸۳۴۶	۳	۳
energy dissipation	۵۹.۳۲۳۸۱۰۵	۲۱۷.۵۳۱۸۳۸۶	۸	۴
separation	۰.۰	۱۲۵	۱	۱

خوشه "earthquake resistance" با مرکزیت ۳۰.۱ و چگالی ۲۷۳.۶ در جایگاه موضوعات پیش‌ران و بالغ حوزه مواد قرار می‌گیرد. خوشه "columns (structural)" که دارای مرکزیت ۲۱.۶ 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 et al., 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 مرکزیت ۵۹.۳ و چگالی ۲۱۷.۵ در ناحیه موضوعات توسعه‌یافته اما منفرد قرار گرفته است. با وجود این ناپستی فراموش کرد که نمودار ارائه شده شکل ۱۰ نشان‌دهنده نزدیک‌بودن این خوشه به خط میانه دو حوزه موضوعات توسعه‌یافته و منفرد از یک سو و موضوعات پیش‌ران از دیگر سو است. بنابراین به نظر می‌رسد این خوشه به سمت موضوعات پیش‌ران تمایل دارد.



حوزه موضوعی انرژی

به منظور تحلیل تولیدات علمی پراستناد حوزه انرژی در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ از همان روند مطرح در حوزه موضوعی مواد استفاده شد.<sup>۱</sup> نتیجه این روند شناسایی ۶ خوشه موضوعی است. نمودار راهبردی مرتبط با ۶ خوشه شناسایی شده، در شکل ۱۱ ارائه شده است.



شکل ۱۱. تکامل موضوعی تولیدات پراستناد جهانی در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ در حوزه انرژی (ترسیم شده با نرم افزار R) در شکل ۱۱ خوشه‌های شناسایی شده نسبت به 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 ۱۹.۶ و چگالی ۱۰۱.۸ در زمره یکی از خوشه‌های با چگالی بسیار بالا قرار می‌گیرد که نشان‌دهنده توسعه یافتگی 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	۱۹.۹۵۹۲۸۴۸۸	۵۲۰.۳۶۳۵۹۱۳	۲	۵
seismology	۴۵.۲۳۴۰۸۸۹۷	۲۷۴.۹۵۴۷۴۳۶	۶	۲
nuclear energy	۴۳.۹۰۱۵۴۰۷۷	۲۸۸.۸۴۴۷۵۸۹	۵	۴
risk assessment	۴۲.۶۰۳۶۷۱۳۵	۱۸۶.۹۵۹۹۶۵۵	۴	۱
deformation	۱۹.۶۱۴۴۳۵۵۶	۱۰۱.۸۵۱۸۵۲	۱	۶
earthquakes	۳۷.۷۶۵۲۵۴۹۵	۲۸۵.۲۳۳۶۳۱	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 ۴۵.۲ و چگالی ۲۷۴.۹ 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 کم‌تر بودن 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 ۴۳.۹ و چگالی ۲۸۸.۸، تنها موضوع در ناحیه پیش‌ران بوده و خوشه "earthquakes" (با موضوعات ویژه‌ای چون "disasters"، "resilience"، "wind turbines" و "geophysics") با مرکزیت ۳۷.۷ و چگالی ۲۸۵.۲ 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 ترسیم شده در زیرحوزه انرژی به تفکیک کل داده‌ها و ۱۰ مقاله پراستناد

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

با یک نگاه کلی به جدول ۸ می‌توان به تفاوت میان تعداد خوشه‌های شناسایی شده برای کل داده‌ها و همچنین ۱۰ مقاله پراستناد پی‌برد، که زیاد بودن خوشه‌های شناسایی شده برای ۱۰ مقاله برتر شناسایی شده 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 توسعه یافته 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 هم‌راستا است. همچنین قرار گرفتن 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 هم‌راستا است. 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 شناسایی شده در مقالات پراستناد است که در گروه موضوعات رو به رشد/افول قرار گرفته؛ که با توجه به بالا بودن تولیدات علمی آن، می‌توان به این نتیجه رسید که این حوزه در زمره حوزه‌های نوظهور قرار می‌گیرد. این در حالی است که مطالعه مروری الاجارمه و همکاران (al., 2020 AlAjarmeh et) نیز مؤید همین یافته است. در همین جدول، خوشه "energy dissipation" اگرچه در گروه موضوعات توسعه یافته 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



تحلیل مبتنی بر نگاشت ساختار فکری دانش زلزله‌شناسی در دو حوزه مواد و انرژی ...

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" ۲۷۴ در زمره موضوعات توسعه‌یافته اما منفرد در کنار "risk assessment"، قرار گرفته که با توجه به کم‌تر بودن میزان مرکزیت این دو خوشه از یک‌سو و بالای بودن 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 به خوبی 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<sup>۱</sup> در مقایسه با بخش سازه‌ای آن به دلیل توسعه فناوری‌ها در حوزه دانش زمین‌شناسی و زمین‌فیزیک، در سال‌های 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 میان‌رشته‌ای دارند؛ که این یافته نیز هم‌راستا با آنچه بروجی و همکاران<sup>۲</sup> (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؛ به طوری که ادغام این دو خوشه در خوشه "nuclear power plants" در برش زمانی ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۶، 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 به صورت کلی و مسائل مختلف مرتبط با ساختارهای سازه‌های شهری به صورت 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 به صورت کلی شمایی از ساختار فکری دو حوزه مواد و انرژی را نشان می‌دهد. یکی از یافته‌های جنبی 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 اتفاق افتاده 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 قرار گرفتن ایران در منطقه‌ای زلزله‌خیز و نظر به آنکه تاکنون مطالعاتی چند در خصوص مطالعات زلزله‌شناسی منتشر شده توسط ایرانیان صورت گرفته است، پیشنهاد می‌شود طی یک پژوهش جامع، تمامی مطالعات داخلی و خارجی انجام شده توسط محققان ایرانی از نظر محتوایی و همچنین شاخص‌های کمی و کیفی مورد بررسی قرار گرفته و نتیجه آن در قالب یک محک‌زنی<sup>۱</sup> با برون‌دادهای پژوهشی کشورهایمانند آمریکا، ژاپن، ایتالیا و غیره از یک سو و همچنین تولیدات علمی برتر جهان به صورت 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. (۱۳۹۴). سی و نه سال تولید علم در حوزه ژئوفیزیک، *مجله فیزیک زمین فضا*، دوره ۴۱ (۱).  
<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*، ۱۶ (۴)، ۱۳۵-۱۵۰.  
<https://doi.org/10.22047/ijee.2015.7964>

بیگدلو، ا. (۱۴۰۱). 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 (۲۰۰۴-۲۰۱۳). *پژوهش‌نامه علم‌سنجی*، ۴ (۲)، ۱۲۳-۱۴۲.  
[https://journals.shahed.ac.ir/article\\_616.html](https://journals.shahed.ac.ir/article_616.html)

زندى‌روان، ن.، داورپناه، م.، و فتاحی، ر. (۱۳۹۶). نقشه تولید علم ایران بر اساس مقاله‌های نمایه‌شده در SCI-E. پژوهشنامه کتابداری و اطلاع‌رسانی، ۷ (۱)، ۵-۲۶.  
<https://doi.org/10.22067/riis.v7i1.39601.26>

زوارقی، ر.، و حمدی‌پور، ا. (۱۴۰۲). شناسایی قابلیت‌ها و شایستگی‌های علمی دانشگاه تبریز بر مبنای ظرفیت‌های اجتماعی، شناختی و فکری آن. *پژوهش‌نامه علم‌سنجی*، ۹ (۱)، (پیاپی ۱۷)، (بهار و تابستان)، ۴۳-۷۴.  
<https://doi.org/10.22070/rsci.2020.5594.1405>

فرحناز ابوک، شعله ارسطوپور و رضا خواجوی

فلاح، م.، قربی، ع.، نوروزی، ع.، و جعفری، ا. (۱۳۹۷). مطالعه علم‌سنجی انتشارات علمی حوزه زلزله‌شناسی بر اساس

پایگاه استنادی وبگاه علوم. ره یافت، ۲۸ (۷۲)، ۶۳-۷۸. <https://www.sid.ir/paper/87820/fa>

نجمار لشگری، س.، زارعی، ه.، خلخالی، ع.، و پالی، س. (۱۴۰۲). ترسیم نقشه ساختاری دانش مدیریت آموزشی در

ایران. تحلیل هم‌رخدادی واژگان. پژوهش‌نامه علم‌سنجی، ۱۹(۱)، (پیاپی ۱۷)، (بهار و تابستان)، ۳۸۷-۴۰۸.

<https://doi.org/10.22070/rsci.2021.14863.1517>

یوسفی خرایم، م.، قاسمی، ح.، درویشی سه‌تانی، 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](https://jmfr.srbiau.ac.ir/article_16488.html)

About, 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 Naeni, 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 (Travitionics). *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](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](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. & Quratu'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](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](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](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/rriis.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>

پيوست‌ها

پيوست ۱: ده مقاله برتر در حوزه مواد به لحاظ ميزان 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., Chou 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

دوستانانمى علمى دانشگاه شاهد / دوره ۹ / شماره ۲۰ / پاييز و زمستان ۱۴۰۲ (پيايى ۷۸) پژوهش نامه علم سنجى

## 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., Franzluebbbers 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