مجله علم سنجی کاسپین
Caspian Journal of Scientometrics
p-ISSN: 2423-4710 e-ISSN: 2383-157X

Analyzing and mapping the scientific structure of Iran's biomechanics documents using the co-occurrence analysis

Rouhallah Khademi (PhD)[1], Mansoureh Serati Shirazi (PhD)[2], Seyyed Arash Haghpanah (PhD)[3]*

1. Department of Knowledge and Information Science, Semnan University, Semnan, Iran.
2. Islamic World Science & Technology Monitoring and Citation Institute (ISC), Shiraz, Iran.
3. School of Mechanical Engineering, Shiraz University, Shiraz, Iran.

Article Type:
Research Paper

Received:
23 Sept. 2023
Revised:
16 Jan. 2024
Accepted:
27 Jan. 2024
Pub. Online:
7 Feb. 2024

ABSTRACT

Background and aim: Network analysis is an approach in social studies that draws intuitive structures as well as mathematical and computational models and is used in studies of various fields. The purpose of present research is to map intellectual structure of the subject categories of Iran's biomechanics field as an interdisciplinary field.

Materials and methods: The current research has been carried out by scientometric approach and co-word analysis of Iranian biomechanics documents indexed in Web of Science. For data analysis, VOSviewer ana SPSS were used.

Findings: Based on the analysis of data, five clusters were identified: cluster 1, biomechanics of body movements, cluster 2, tissue biomechanics and orthopedics, cluster 3. Corneal biomechanics, cluster 4, computational biomechanics and cluster 5 occupational and spine biomechanics. Also, through factor analysis, in addition to these items, the biomechanics of diabetes were also identified. The clustering analysis also showed four subject clusters, except for the lack of identification of Human motion biomechanics, the rest of the clusters identified in the scientific map were also recovered and in the factor analysis, 6 factors were identified, except for the diabetes factor, other factors appeared in thematic clusters.

Conclusion: The areas that are more related to injuries caused to the body during work related activities, daily movements or accidents that lead to fractures and orthopedic injuries have been more attractive and important for researchers. Also, a significant amount of research has been based on computational methods.

Keywords: Biomechanics, Co-occurrence analysis, Scientific structure mapping, Cluster analysis

Cite this article: Khademi R, Serati Shirazi M, Haghpanah SA. Analyzing and mapping the scientific structure of Iran's biomechanics documents using the co-occurrence analysis. *Caspian Journal of Scientometrics*. 2023; 10(2): 15-29.

© The Author(s).
Publisher: Babol University of Medical Sciences

[Downloaded from cjs.mubabol.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.22088/cjs.10.2.15]

*Corresponding Author: Seyyed Arash Haghpanah
Address: School of Mechanical Engineering, Shiraz University, Shiraz, Iran.
E-mail: haghpanah@shirazu.ac.ir

مجله علم‌سنجی کاسپین
Caspian Journal of Scientometrics
p-ISSN: 2423-4710 e-ISSN: 2383-157X

تحلیل و ترسیم ساختار علمی مدارک حوزه بیومکانیک ایران بر اساس شبکه هم‌واژگانی

روح‌اله خادمی (PhD)[۱]، منصوره صراطی شیرازی (PhD)[۲]، سید آرش حق‌پناه (PhD)[۳*]

۱. گروه علم اطلاعات و دانش‌شناسی، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.
۲. موسسه استنادی و پایش علم و فناوری جهان اسلام (ISC)، شیراز، ایران.
۳. دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

چکیده

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

دریافت: ۱۴۰۲/۷/۱
ویرایش: ۱۴۰۲/۱۰/۲۶
پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۷
انتشار: ۱۴۰۲/۱۱/۱۸

سابقه و هدف: تحلیل شبکه، رویکردی در مطالعات اجتماعی است که ساختار شهودی و نیز مدل‌های ریاضیاتی و محاسباتی را ترسیم می‌نماید و در مطالعات حوزه‌های مختلف از آن استفاده می‌شود. هدف از انجام این پژوهش، بررسی و ترسیم ساختار موضوعی آثار علمی حوزه بیومکانیک ایران به عنوان یک حوزه بین رشته‌ای است.

مواد و روش‌ها: پژوهش حاضر با رویکرد علم‌سنجی و به‌کارگیری فن تحلیل هم‌رخدادی واژگان با استفاده از داده‌های پایگاه وب‌آوساینس (Web of Science (WoS)) انجام گرفته است. علاوه بر ترسیم نقشه علم، از تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌بندی نیز استفاده شده است. به‌منظور تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار VOSviewer و SPSS استفاده شده است.

یافته‌ها: با بررسی ساختار موضوعی و مفهومی نقشه حاصل از پیاده‌سازی فن هم‌رخدادی واژگان بر جامعه آماری، پنج گروه موضوعی شناسایی شد که عبارتند از: بیومکانیک حرکات بدن، بیومکانیک بافت و ارتوپدی، بیومکانیک قرنیه، بیومکانیک محاسباتی، و بیومکانیک شغل و ستون فقرات. تحلیل خوشه‌بندی نیز چهار خوشه موضوعی را نشان داد که به‌جز عدم شناسایی بیومکانیک حرکات بدن، مابقی خوشه‌های شناسایی شده در نقشه علمی نیز بازیابی شدند و در تحلیل عاملی نیز ۶ عامل شناسایی شد که به جز عامل دیابت سایر عوامل در خوشه های موضوعی پدیدار شده بودند.

نتیجه‌گیری: حوزه‌هایی که بیشتر مرتبط با آسیب‌های وارده به بدن در حین فعالیت‌های شغلی، حرکات روزمره یا تصادفات که منجر به شکستگی و آسیب‌های ارتوپدی می‌شود، جذابیت و اهمیت بیشتری برای پژوهشگران داشته است. همچنین حجم قابل توجهی از پژوهش‌ها مبتنی بر روش‌های محاسباتی بوده است.

واژگان کلیدی: بیومکانیک، هم‌رخدادی واژگان، ترسیم ساختار علم، تحلیل خوشه‌ای

استناد: روح‌اله خادمی، منصوره صراطی شیرازی، سید آرش حق‌پناه. تحلیل و ترسیم ساختار علمی مدارک حوزه بیومکانیک ایران بر اساس شبکه هم‌واژگانی. مجله علم‌سنجی کاسپین. ۱۴۰۲؛ ۱۰(۲): ۲۹-۱۵.

© The Author(s)
Publisher: Babol University of Medical Sciences

* **مسئول مقاله:** سید آرش حق‌پناه
آدرس: شیراز، بلوار زند، خیابان ملاصدرا، روبروی خیابان هدایت، دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه شیراز.
رایانامه: haghpanah@shirazu.ac.ir

[Downloaded from cjs.mubabol.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.22088/cjs.10.2.15]

مقدمه

بیومکانیک، مطالعه حرکت موجودات زنده به کمک علم مکانیک است (۱). به عبارتی دیگر، کاربرد اصول و روش‌های علم مکانیک در مطالعه ساختار و عملکرد سیستم‌های زیستی است. سیستم‌های زیستی مورد مطالعه از موجودات زنده میکروسکوپی (ویروس‌ها، سلول‌ها و...) تا گیاهان، حیوانات و انسان‌ها را شامل می‌شود. تمرکز عمده علم بیومکانیک بر مطالعه انسان است. مهم‌ترین زیرسیستم‌های مورد مطالعه در بدن انسان شامل سیستم قلب و عروق و سیستم عصبی- اسکلتی- عضلانی می‌شود. با توجه به این زیرسیستم‌ها شاخه‌های موضوعی مختلفی مورد توجه محققان این حوزه قرار گرفته است که شامل: بیومکانیک سیستم قلب و عروق، بیومکانیک حرکات بدن، بیومکانیک بافت، بیومکانیک ورزش، بیومکانیک ارتوپدی، بیومکانیک شغلی و ارگونومی، مهندسی بافت، حرکت‌شناسی، بیومکانیک راه رفتن، مهندسی توان‌بخشی، رباتیک پزشکی و ... می‌شود که بسیاری از این شاخه‌ها با یکدیگر همپوشانی دارند. همانند سایر شاخه‌های علم مکانیک، در حوزه بیومکانیک نیز تحقیقات در حوزه گسترده‌ای از مطالعات تجربی، تحلیلی، محاسباتی و ... انجام می‌گیرد که به عنوان یک حوزه نوپای بین‌رشته‌ای ساختار فکری و موضوعی و به عبارتی نقشه علمی شکل گرفته از این تولیدات قابل بررسی است.

ترسیم ساختار علم برای رشته‌های مختلف و پیگیری آخرین تغییرات آنها، موضوع مورد توجه دانشمندان، کتابداران، فیلسوفان، دولتمردان و ناشران است و متون علمی، اجزای اصلی برای این ترسیم محسوب می‌شوند (۲) که در حوزه علم‌سنجی صورت می‌گیرد.

در تجزیه و تحلیل هم‌زمانی، پدیده‌هایی که به‌طور مکرر با هم در برخی حوزه‌ها اتفاق می‌افتند، مرتبط فرض می‌شوند و قدرت آن رابطه به فراوانی وقوع هم‌زمان آنها مربوط می‌شود. شبکه‌هایی که از این پدیده‌های هم‌زمان (مانند واژه‌ها) ساخته می‌شوند، می‌توانند درک عمیق‌تری از روابط متقابل میان حوزه‌های مختلف تحقیقاتی و تأثیرات مداخله بیرونی ایجاد کنند و جهت‌های جدیدی را برای مجموعه‌های تحقیقاتی مطلوب‌تر توصیه نماید (۳).

تحلیل شبکه، رویکردی در مطالعات اجتماعی است که هم‌زمان می‌تواند ساختار شهودی، داده‌های مرتبط نظام‌مند و تصاویر گرافیکی و مدل‌های ریاضیاتی و محاسباتی را ترسیم نماید (۴). ترسیم ساختار علم بر اساس روش‌های مختلفی صورت می‌گیرد از جمله روش تحلیل هم‌رخدادی واژگان که به بررسی و شناسایی روابط مفهومی میان متون حوزه‌های علمی می‌پردازد (۵).

هم‌واژگانی یکی از مصادیق تحلیل محتوا است که در مطالعات علم‌سنجی کاربرد دارد (۶). هدف اصلی این روش شناسایی واژگان و اصطلاحاتی است که موضوعات اصلی در حوزه دانش مورد مطالعه را مشخص می‌کنند (۷). نخستین اقدامات در به‌کارگیری واژگان درون‌متنی توسط زیف در سال ۱۹۴۹، به منظور دستیابی به مصادیقی در اصل کمترین کوشش انجام گرفت، در سال ۱۹۷۴ Small و Griffith از تحلیل بسامد وژگان در عناوین مقالات به منظور درک کلی مفهوم مقالات استفاده کردند و در دهه ۱۹۸۰ نخستین تحلیل هم‌واژگانی در فرانسه به‌کار گرفته شد و به عنوان شاخصی در علم‌سنجی معرفی گردید و پس از آن در سال ۱۹۸۳ تحلیل هم‌واژگانی توسط کالون معرفی شد (۸).

پژوهش‌های مختلفی با این تکنیک به بررسی حوزه‌های موضوعی مختلف پرداخته‌اند که برای نمونه می‌توان به امامی، ریاحی‌نیا و سهیلی در حوزه تجهیزات پزشکی و آزمایشگاهی (۹)، عاشوری و خاصه، حوزه طب ورزشی (۱۰)، Yuanliang و Yuan در حوزه ورزش‌های دوران کودکی (۱۱) و خادمی و حیدری در بررسی حوزه مدیریت اطلاعات (۱۲) اشاره کرد. علاوه بر ترسیم نقشه‌های هم‌رخداد واژگان با استفاده از نرم‌افزارهایی همچون VOSviewer، پژوهش‌های مختلفی از تکنیک تحلیل عاملی (مؤلفه‌های اصلی) و خوشه‌بندی برای تحلیل هم‌رخدادی واژگان استفاده کرده‌اند. برای نمونه، حوزه پایداری و تجارت بین‌الملل (۱۳)، حوزه اقتصاد کلان (۱۴)، حوزه فیزیک ایران (۱۵)، حوزه تربیت اخلاقی (۱۶)، حوزه بیولوژی ایران (۱۷).

با توجه به اهمیت حوزه بیومکانیک پژوهش‌های مختلفی در دنیا با رویکرد کتاب‌سنجی و علم‌سنجی به بررسی این حوزه پرداخته‌اند. Huang و همکاران، حوزه‌های نوظهور بیومکانیک تنفسی (respiratory biomechanics) را از ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۳ با رویکرد علم‌سنجی بررسی کرده‌اند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که در ۲۰ سال گذشته روند تولیدات علمی این حوزه افزایشی بوده و مجله فیزیک پزشکی بیشترین مقالات این حوزه را منتشر کرده است. کلیدواژه‌های اصلی "ventilation"، "volume" و "radiotherapy" بودند و هفت خوشه موضوعی شکل گرفته و حوزه اصلی در بیومکانیک تنفسی، حرکت تنفسی مرتبط با تکنیک‌های تصویربرداری شناسایی شده است (۱۸).

اسکندری و همکاران نقشه علمی بیومکانیک مغز را مورد مطالعه قرار داده‌اند. در مطالعه آن‌ها داده‌های وب‌آوساینس در بازه ۴۰ سال اخیر گرفته شده و با نرم‌افزار VOSviewer نقشه تحلیل هم‌رخداد واژگان تحلیل و ترسیم شده است. نتایج این مطالعه نشان داد که پاسخ بافت مغز به نیروهای خارجی یکی از موضوعات مهم پژوهشی بر اساس تحلیل نقشه‌های علمی، بوده است (۱۹). Knudson در چند پژوهش، تحلیل استنادی در مورد مقالات حوزه بیومکانیک ورزشی انجام داده است. در بررسی داده‌های استنادی مربوط به این حوزه در چهار پایگاه استنادی، نتایج پژوهش وی نشان داد که استنادها و میانگین نرخ استنادها در گوگل اسکالر بیشتر از پایگاه‌های دیگر بوده است (۲۰ و ۲۱).

Wei و همکاران با استفاده از داده‌های پایگاه وب‌آوساینس و با کمک نرم‌افزار VOSviewer به تحلیل مدارک حوزه بیومکانیک اندام تحتانی (Biomechanical of lower limbs) پرداختند. کشورهای پرتولید این حوزه مشخص شده و نتایج این پژوهش نشان داد که واژگان coordination،

[Downloaded from cjs.mubabol.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.22088/cjs.10.2.15]

speed و model مهم‌ترین واژگان بوده‌اند که ساختار موضوعی تحقیقات این حوزه را نشان می‌دهد (۲۲). Zhang و همکاران، حوزه بیومکانیک دیسک‌های بین‌مهره‌ای (intervertebral disc) را با رویکرد علم‌سنجی بررسی کرده‌اند. داده‌ها از وب‌آوساینس استخراج شده و با استفاده از تحلیل هم‌استنادی نقشه این حوزه ترسیم و تحلیل شده است. نتایج نشان داد که مهندسی بافت حلقوی فیبروزوس (annulus fibrosus tissue engineering) و محیط میکرومکانیکی (micromechanical environment) به عنوان بزرگترین خوشه‌های موضوعی شناسایی شدند. (۲۳)

Hue و همکاران نیز به بررسی علم‌سنجی بیومکانیک دیسک‌های بین‌مهره‌ای کمر پرداخته‌اند. داده‌ها از وب‌آوساینس استخراج شده و با استفاده از نرم‌افزارهای VOSviewer و SiteSpace به تحلیل و ترسیم نقشه‌های علمی این حوزه تحلیل شده است (۲۴).

بررسی پیشینه‌ها نشان می‌دهد که ترسیم نقشه‌های علمی و ساختار موضوعی و فکری حوزه‌های مختلف با استفاده از تکنیک هم‌رخداد واژگان به کمک گرفتن از رویکرد ترسیم نقشه با نرم‌افزارهایی همچون VOSviewer، تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌بندی انجام شده است و ابعاد مختلف این حوزه نیز با رویکردهای علم‌سنجی مورد بررسی قرار گرفته که نشان‌دهنده اهیمت این حوزه بوده است. از سویی دیگر در ایران پژوهش خاصی که با استفاده از رویکردهای علم‌سنجی به بررسی این حوزه مهم پرداخته باشد، انجام نشده است. لذا با توجه به موارد گفته شده، هدف این پژوهش ترسیم ساختار فکری و موضوعی مدارک بیومکانیک منتشر شده توسط محققان ایرانی است. با مشخص شدن این مسئله و با توجه به نوپا و بین رشته‌ای بودن بیومکانیک، می‌توان به پژوهشگران جهت ورود به این حوزه و سیاستگذاری پژوهشی کمک کند.

مواد و روش‌ها

این پژوهش با رویکرد علم‌سنجی و با استفاده از تکنیک تحلیل هم‌رخدادی واژگان انجام شده است. گردآوری داده‌ها از طریق مجموعه هسته پایگاه وب‌آوساینس (Web of Science Core Collection) که هشت نمایه استنادی را در بر می‌گیرد و یکی از معتبرترین پایگاه‌های استنادی است، انجام شده است. جامعه پژوهش را تمامی مدارک علمی نمایه شده در پایگاه مذکور که موضوع آن بیومکانیک بوده و یکی از نویسندگان آن از ایران باشد، تشکیل شده است. بدین منظور، با توجه به تاریخ در دسترس‌بودن نمایه‌های استنادی از ابتدا تا ۲۰۲۲، از راهبرد جستجوی زیر استفاده شد:

TS= (Biomechanic*) and PY= (1945-2022) and CU= (Iran)

که با این راهبرد جستجو تعداد ۱۳۹۶ مدرک بازیابی شد. به منظور استخراج نتایج توصیفی از بخش تحلیل پایگاه وب‌آوساینس استفاده شد.

تحلیل داده‌ها از چند طریق و با فنون مختلف انجام شد تا بتوان درک کاملی از ساختار موضوعی این حوزه به دست آورد. در مرحله اول به منظور تحیل هم‌رخداد واژگان و ترسیم نقشه علمی شکل گرفته، از نرم‌افزار VOSviewer (۲۵) استفاده شد. از آنجا که ۶۹۰۷ واژه معنی‌دار در مدارک بازیابی‌شده شناسایی شد، به منظور ترسیم نقشه علمی باید آستانه‌ای در نظر گرفته شود تا تعداد گره‌های تشکیل شده قابل تحلیل باشد. بدین منظور آستانه‌ی حداقل ۱۰ رخداد در نظر گرفته شد که با این آستانه تعداد ۲۱۴ واژه به مرحله تحلیل نقشه راه پیدا کردند. از آنجا که برخی از واژگان به شکل مفرد و جمع و یا ترکیبی در مقالات استفاده و بازیابی شده بودند در این مرحله پالایش لازم جهت یکدست‌سازی واژگان نیز انجام گرفت.

زندی روان، داورپناه و فتاحی به نقل از برنر، چک و بویاک طرح‌بندی ترسیم نقشه‌های علمی و ساختار فکری یک حوزه را شامل شباهت و انتصاب می‌دانند که از طریق درجه‌بندی (ماتریس)، بردار، همبستگی، تقلیل ابعاد (از طریق تحلیل عاملی و تحلیل مولفه‌های اصلی و ...)، تحلیل خوشه‌ای و درجه‌بندی انجام می‌شود (۲۶ و ۲۷). از این رو از تحلیل مولفه‌های اصلی که یکی از فنون تحلیل عاملی اکتشافی است استفاده شد. تحلیل عاملی اکتشافی را می‌توان به عنوان یک شیوه ساده و منظم که به دسته‌بندی مقیاس‌ها و متغیرهایی که از لحاظ درون با هم همبسته هستند تعریف کرد. به‌طور سنتی از تحلیل عاملی اکتشافی برای جستجوی ساختار عاملی زیربنایی یک مجموعه از متغیرهای مشاهده شده استفاده می‌شود (۲۸). هدف اصلی روش‌شناسی تحلیل عاملی، مطالعه ساختار موجود در داده‌های چندمتغیره است. با توجه به پیشینه‌هایی که از این روش در تحقیقات علم‌سنجی استفاده کرده‌اند پس از ایجاد ماتریس هم‌رخداد، ماتریس همبستگی استخراج شد. همچنین از چرخش متعامد عامل‌ها (چرخش واریماکس (Varimax)) استفاده شد و سطح معنی‌داری بار عاملی بالاتر از ۰/۴ در نظر گرفته شد. همچنین به منظور کشف خوشه‌های موضوعی شکل‌گرفته، از تحلیل خوشه‌ای استفاده شد. تحلیل خوشه‌ای در واقع نوعی تکنیک دسته‌بندی است که به ایجاد گروه‌های متجانس در مجموعه‌ای از داده‌های پیچیده کمک می‌کند. در خوشه‌بندی، اشیاء بر پایه‌ی میزان شباهت یا فاصله مشخصه‌هایشان به گروه‌های مختلف دسته‌بندی می‌شوند (۲). روش‌های مختلفی برای اجرای تحلیل خوشه‌ای وجود دارد که با توجه به استفاده از این فن در پژوهش‌های پیشین علم‌سنجی از روش خوشه‌بندی سلسله مراتبی به روش وارد (Ward) استفاده شده است. هر دو تکنیک تحلیل عاملی و خوشه‌بندی با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ انجام شده است. سپس با کمک متخصص موضوعی خوشه‌های به دست آمده شناسایی و تحلیل شدند.

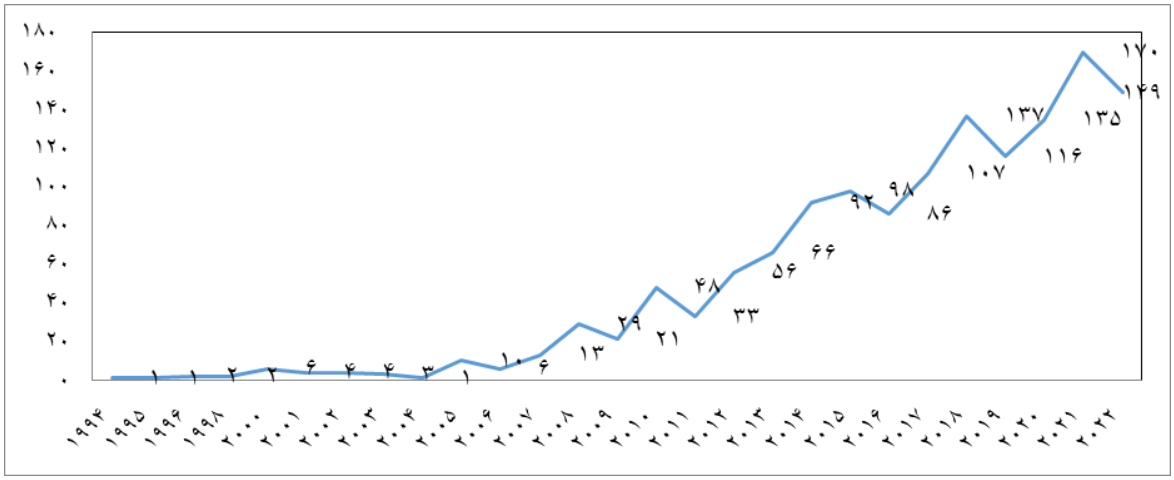
[Downloaded from cjs.mubabol.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.22088/cjs.10.2.15]

یافته‌ها

بررسی داده‌های بازیابی شده نشان داد که در مجموع ۱۳۹۶ مدرک با موضوع بیومکانیک در مجلات علمی نمایه‌شده در پایگاه وب‌آوساینس منتشر شده‌اند که حداقل یکی از نویسندگان از ایران بوده است. این مدارک علمی در ۶۷۷ مجله منتشر شده‌اند که مجله Journal of Biomechanics با انتشار ۴۵ مدرک، بیشترین تعداد این مقالات را چاپ کرده است. بررسی همکاری علمی پژوهشگران ایرانی در موضوع بیومکانیک نشان داد که بیشترین همنویسندگی و همکاری علمی در این موضوع به ترتیب با محققان کشورهای آمریکا، کانادا و انگلیس بوده است.

مطابق با داده‌های نشان داده شده در نمودار ۱، به صورت کلی، رشدی تصاعدی را در انتشار مقالات محققان ایران در حوزه بیومکانیک شاهد هستیم که بیشترین آن مربوط به سال ۲۰۲۱ با ۱۷۰ مدرک می‌باشد.



نمودار ۱. روند رشد تولیدات علمی محققان ایران در حوزه بیومکانیک در پایگاه وب‌آوساینس

به لحاظ تقسیم‌بندی موضوعی که پایگاه وب‌آوساینس ارائه می‌کند، بیشتر مقالات محققان ایرانی در حوزه بیومکانیک با ۳۳۲ مدرک در طبقه موضوعی Biomedical Engineering قرار گرفته است. در جدول ۱، ده طبقه موضوعی که بیشترین مقالات حوزه بیومکانیک محققان ایرانی در آن قرار گرفته‌اند نشان داده شده است.

جدول ۱. طبقه‌بندی موضوعی مقالات محققان ایرانی در حوزه بیومکانیک در پایگاه وب‌آوساینس

رتبه	طبقه‌بندی وب‌آوساینس	تعداد رکورد	درصد از ۱۳۹۶
۱	Engineering Biomedical	۳۳۲	۲۳/۷۸۲
۲	Orthopedics	۱۵۵	۱۱/۱۰۳
۳	Sport Sciences	۱۳۳	۹/۵۲۷
۴	Rehabilitation	۱۱۶	۸/۳۰۹
۵	Surgery	۹۱	۶/۵۱۹
۶	Biophysics	۸۹	۶/۳۷۵
۷	Ophthalmology	۸۱	۵/۸۰۲
۸	Engineering Mechanical	۶۲	۴/۴۴۱
۹	Materials Science Biomaterials	۶۱	۴/۳۷
۱۰	Cell Biology	۵۱	۳/۶۵۳

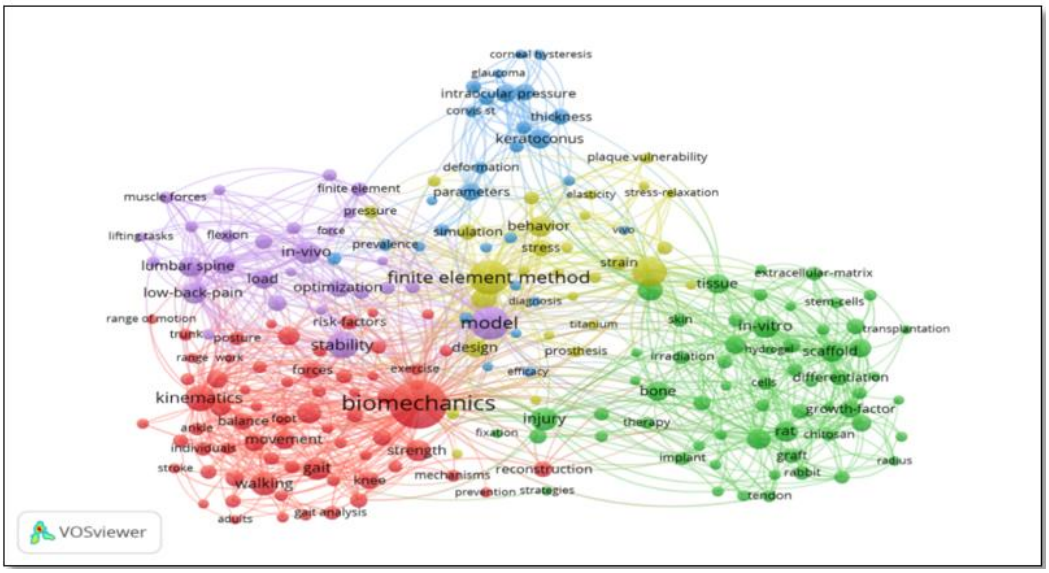
به منظور بررسی ساختاری موضوعی و مفهومی شکل‌گرفته از مقالات علمی حوزه بیومکانیک از تکنیک هم‌رخداد واژگان استفاده شد که نقشه علمی آن در شکل ۱ نشان داده شده است.

در شکل ۱، هر گویی نشان‌دهنده یک واژه می‌باشد و خطوط ارتباط بین واژگان و با توجه به هم‌رخداد آن‌ها در مقالات ایجاد شده است. رنگ‌های موجود نیز نشان‌دهنده خوشه‌های موضوعی است که از این ارتباطات در شبکه هم‌رخدادی ایجاد شده است. بر اساس نتایج بررسی این نقشه، پنج خوشه موضوعی شناسایی شده است که در ادامه به بررسی هر کدام از آن‌ها پرداخته شده است. در بررسی هر خوشه موضوعی، ویژگی وزن (weight) که شامل

[Downloaded from cjs.mubabol.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.22088/cjs.10.2.15]

پیوندها (Links) و مجموع قدرت پیوند (Total link strength) است ارائه شده که برای یک آیتم (گره) معین، ویژگی‌های پیوند و مجموع قدرت پیوند به ترتیب تعداد پیوندهای یک آیتم با سایر آیتم‌ها و میزان و شدت کل پیوندهای یک آیتم با موارد دیگر را نشان می‌دهد. وزن یک آیتم به نوعی، نشان‌دهنده اهمیت آن است. آیتمی که وزن بیشتری دارد نسبت به آیتمی با وزن کمتر اهمیت بیشتری دارد. از دیگر ویژگی‌های نقشه موضوعی به‌دست‌آمده، وزن رخداد (Weight of Occurrences) است که نشان‌دهنده تعداد رخداد واژه مورد نظر در مدارک بازیابی شده است. دیگر ویژگی، نمره میانگین استنادها (Average citations score)، میانگین تعداد استنادهایی است که مدارکی که واژه مورد نظر در آن حضور داشته، دریافت کرده است (۱۳).



شکل ۱. نقشه علمی حوزه بیومکانیک محققان ایران با استفاده از تکنیک هم‌رخدادی واژگان

خوشه ۱ که اطلاعات مفاهیم و واژگان آن در جدول ۲ نشان داده شده است از ۶۷ واژه تشکیل شده است. بررسی این خوشه نشان می‌دهد که به لحاظ موضوعی می‌توان این خوشه را بیومکانیک حرکات بدن (Human motion biomechanics) نامید. Biomechanics، kinematics و Strength به لحاظ بیشترین وزن پیوند در رتبه‌های اول قرار دارند. به عبارت دیگر بیشترین ارتباط را با دیگر واژگان داشته‌اند. به لحاظ قدرت پیوند، واژگان Biomechanics، kinematics و Walking در صدر قرار دارند و به عبارتی پیوندهای ایجاد شده قدرت بیشتری دارند. همین واژگان بیشترین رخداد را نیز داشته‌اند؛ اما به لحاظ استنادهای دریافتی، واژگان ground reaction force، walking و stroke در صدر قرار دارند و به عبارتی این واژگان در مدارکی بوده‌اند که بیشتر مورد استناد قرار گرفته‌اند (جدول ۲).

جدول ۲. واژگان خوشه موضوعی ۱ در نقشه هم‌رخداد واژگان حاصل از تولیدات علمی محققانی ایرانی در حوزه بیومکانیک

Label	Weight of Links	Weight of Total link strength	Weight of Occurrences	Average citations score	Label	Weight of Links	Weight of Total link strength	Weight of Occurrences	Average citations score
biomechanics	۱۹۰	۱۰۲۵	۲۶۹	۱۲/۹۴۸	Alignment	۴۸	۶۸	۱۲	۱۶/۷۵
kinematics	۱۰۷	۴۳۰	۷۸	۹/۴۷۴۴	Impact	۴۸	۶۶	۱۹	۴/۳۱۵۸
Strength	۱۰۴	۲۳۷	۵۳	۸/۳۹۶۲	Ankle	۴۷	۹۳	۱۹	۱۳/۱۵۷۹
Motion	۹۶	۲۰۲	۳۹	۸/۲۰۵۱	Foot	۴۷	۸۲	۱۸	۱۲/۸۸۸۹
performance	۸۲	۱۸۶	۵۱	۷/۰۵۸۸	rehabilitation	۴۷	۶۲	۱۵	۴/۹۳۳۳
Forces	۷۹	۱۶۰	۳۱	۶/۲۵۸۱	Range	۴۶	۷۴	۱۲	۹/۶۶۶۷
Kinetics	۷۹	۱۸۶	۳۶	۱۴/۱۹۴۴	gait analysis	۴۵	۹۰	۲۲	۱۳/۲۷۲۷
Walking	۷۹	۲۶۸	۶۳	۲۳/۷۷۷۸	low back pain	۴۵	۷۷	۱۷	۸
Gait	۷۷	۲۴۸	۵۶	۹/۱۹۶۴	coordination	۴۲	۶۸	۱۷	۱۲/۷۰۵۹
electromyography	۷۴	۱۶۵	۳۴	۵/۹۷۰۶	Dynamics	۴۲	۵۷	۱۴	۱۱

[Downloaded from cjs.mubabol.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.22088/cjs.10.2.15]

Label	Weight of Links	Weight of Total link strength	Weight of Occurrences	Average citations score	Label	Weight of Links	Weight of Total link strength	Weight of Occurrences	Average citations score
movement	۷۴	۱۵۷	۳۹	۹/۳۰۷۷	prevention	۴۲	۶۲	۱۳	۱۶/۴۶۱۵
Reliability	۷۴	۱۷۶	۳۷	۹/۶۷۵۷	Height	۴۱	۶۱	۱۱	۵/۵۴۵۵
Joint	۷۱	۱۲۳	۲۲	۵/۵۹۰۹	muscle activation	۴۱	۶۷	۱۲	۱۶/۵۸۳۳
Knee	۷۰	۱۵۸	۳۷	۱۱/۴۰۵۴	Anterior	۴۰	۵۱	۱۱	۱۷/۱۸۱۸
Balance	۶۷	۱۴۱	۳۲	۱۰/۹۶۸۸	Injuries	۴۰	۵۹	۱۷	۷
reconstruction	۶۷	۱۲۴	۲۸	۱۴/۹۲۸۶	motor control	۴۰	۶۲	۱۷	۴/۱۷۶۵
Risk	۶۵	۱۲۱	۳۰	۶/۲۶۶۷	Position	۴۰	۵۷	۱۳	۷/۳۰۷۷
risk-factors	۶۵	۱۰۰	۲۷	۱۹/۹۶۳	progression	۴۰	۵۰	۱۲	۶/۵۸۳۳
Mechanics	۶۲	۱۰۳	۲۶	۷/۵	range of motion	۴۰	۶۱	۱۱	۱۱
ground reaction force	۶۱	۱۳۸	۲۹	۳۰/۷۲۴۱	patellofemoral pain	۳۵	۷۸	۲۰	۱۴/۸
Patterns	۵۹	۱۱۵	۲۳	۹/۱۳۰۴	Speed	۳۵	۴۷	۱۱	۷/۱۸۱۸
Trunk	۵۹	۱۰۱	۱۶	۹/۶۲۵	Variability	۳۵	۵۸	۱۴	۵/۵۷۱۴
Pain	۵۸	۹۱	۲۳	۷/۰۸۷	Adults	۳۴	۵۰	۱۱	۱۱/۷۲۷۳
individuals	۵۶	۱۱۷	۲۳	۹/۹۵۶۵	asymmetry	۳۴	۴۸	۱۲	۵/۱۶۶۷
Hip	۵۵	۱۰۸	۲۱	۳/۸۰۹۵	Instability	۳۴	۳۸	۱۰	۱۱/۲
mechanisms	۵۵	۸۳	۱۷	۳/۲۹۴۱	Running	۳۴	۶۱	۱۳	۱۴/۳۰۷۷
Posture	۵۴	۱۰۴	۲۴	۱۰/۹۵۸۳	Power	۳۳	۴۸	۱۲	۱۰/۱۶۶۷
anterior cruciate ligament	۵۳	۱۱۹	۲۷	۴/۳۳۳۳	Head	۲۹	۳۶	۱۰	۲۱/۲
Activation	۵۲	۷۹	۱۶	۷/۱۲۵	Work	۲۹	۳۷	۱۰	۷/۸
Fatigue	۵۲	۶۸	۱۶	۴/۰۶۲۵	neuromuscular control	۲۸	۵۳	۱۱	۱۵/۱۸۱۸
biomechanical phenomena	۵۱	۶۳	۱۲	۸/۰۸۳۳	Stroke	۲۷	۴۶	۱۲	۲۲
postural control	۵۰	۸۳	۱۹	۳/۹۴۷۴	locomotion	۲۳	۳۳	۱۲	۴/۷۵
Exercise	۴۹	۶۴	۱۶	۵/۸۱۲۵	human walking	۲۲	۴۳	۱۲	۹/۲۵
lower-extremity	۴۹	۹۰	۲۰	۱۷/۹					

خوشه ۲، از ۶۱ واژه تشکیل شده است. در این خوشه، واژگان injury، biomechanical properties و in-vitro بیشترین پیوند را با دیگر واژگان داشته‌اند؛ اما به لحاظ قدرت پیوند، واژگان injury، repair و scaffold بیشترین نمره را به خود اختصاص داده‌اند. به لحاظ تعداد رخداد در مقالات، واژگان injury، in-vitro و biomechanical properties در صدر قرار دارند. در این خوشه از جنبه مورد استناد قرار گرفتن، واژگان cartilage، cross-linking و hydrogel در مدارکی بوده‌اند که بیشترین استناد را دریافت کرده‌اند. با توجه به واژگان این خوشه و همچنین نمرات آن واژگان می‌توان این خوشه را بیومکانیک بافت و ارتوپدی (Tissue biomechanics and orthopedics) نامید. واژگان خوشه ۲ به همراه نمرات و وزن‌های حاصل‌شده در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳. واژگان خوشه موضوعی ۲ در نقشه هم‌رخداد واژگان حاصل از تولیدات علمی محققانی ایرانی در حوزه بیومکانیک

Label	Weight of Links	Weight of Total link strength	Weight of Occurrences	Average citations score	Label	Weight of Links	Weight of Total link strength	Weight of Occurrences	Average citations score
Injury	۱۱۷	۲۸۸	۶۱	۱۰/۱۹۶۷	chitosan	۴۲	۷۷	۱۶	۱۸/۳۷۵
biomechanical properties	۸۵	۲۰۶	۵۰	۱۱/۹	tendon	۴۲	۹۹	۱۷	۱۸/۸۸۲۴
in-vitro	۸۵	۲۴۱	۵۷	۱۸/۴۲۱۱	irradiation	۴۱	۹۲	۲۲	۱۵/۹۵۴۵
Repair	۷۹	۲۵۷	۴۹	۱۴/۷۱۴۳	rabbit	۴۱	۹۷	۲۴	۱۶/۱۲۵
tissue	۷۹	۲۰۵	۴۵	۱۴/۹۳۳۳	angiogenesis	۳۹	۵۶	۱۵	۱۵/۸
bone	۷۸	۱۵۹	۴۳	۱۱/۷۲۰۹	healing	۳۹	۹۲	۱۲	۲۰/۵۸۳۳

[Downloaded from cjs.mubabol.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.22088/cjs.10.2.15]

Label	Weight of Links	Weight of Total link strength	Weight of Occurrences	Average citations score	Label	Weight of Links	Weight of Total link strength	Weight of Occurrences	Average citations score
osteoarthritis	۷۷	۱۲۴	۲۷	۱۸/۴۰۷۴	hydrogel	۳۹	۵۷	۱۱	۲۷/۶۳۶۴
collagen	۷۶	۱۸۹	۳۵	۱۶/۵۴۲۹	defects	۳۸	۶۶	۱۳	۲۰/۶۹۲۳
scaffold	۷۳	۲۴۵	۴۹	۲۳/۶۷۳۵	strategies	۳۷	۴۹	۱۱	۱۳/۰۹۰۹
cartilage	۶۴	۱۱۰	۲۰	۳۶/۶	wound healing	۳۷	۸۴	۲۷	۱۵/۵۱۸۵
growth-factor	۶۴	۱۷۵	۳۴	۱۵/۲۶۴۷	diabetes mellitus	۳۶	۴۸	۱۰	۱۱/۹
tissue engineering	۶۳	۲۰۰	۴۰	۲۳/۳۷۵	fabrication	۳۶	۵۴	۱۰	۱۷/۷
rat	۶۰	۲۱۵	۴۹	۱۸/۰۲۰۴	morphology	۳۶	۴۶	۱۰	۱۵/۱
regeneration	۶۰	۱۶۲	۳۱	۱۶/۸۰۶۵	stem-cells	۳۶	۶۸	۱۵	۱۸/۵۳۳۳
skin	۵۶	۱۱۱	۲۴	۲۲/۰۸۳۳	stromal cells	۳۴	۴۸	۱۱	۱۷/۷۲۷۳
differentiation	۵۴	۱۳۱	۳۰	۱۶/۴	nanofibers	۳۳	۵۰	۱۰	۱۳/۳
biomechanical evaluation	۵۳	۷۱	۲۱	۱۰/۱۹۰۵	fracture	۳۲	۴۳	۱۵	۸/۲۶۶۷
expression	۵۳	۹۵	۲۵	۱۱/۵۲	ultrastructure	۳۱	۸۱	۱۴	۲۲/۹۲۸۶
proliferation	۵۳	۹۱	۲۰	۱۳/۶۵	adhesion	۳۰	۴۰	۱۱	۱۵/۵۴۵۵
extracellular-matrix	۵۲	۱۰۹	۲۲	۲۷/۲۲۷۳	bone healing	۳۰	۹۲	۱۹	۲۰/۴۲۱۱
articular-cartilage	۴۸	۷۷	۱۷	۲۳/۴۷۰۶	platelet-rich plasma	۳۰	۵۹	۱۲	۱۸/۱۶۶۷
implant	۴۸	۱۰۲	۲۰	۱۰/۸۵	decellularization	۲۹	۵۸	۱۴	۱۵
hydroxyapatite	۴۷	۱۲۰	۲۵	۱۷/۷۲	histopathology	۲۸	۶۸	۱۳	۲۶
mesenchymal stem-cells	۴۷	۱۲۱	۲۹	۲۳/۸۶۲۱	low-level laser therapy	۲۷	۶۴	۱۳	۱۵/۵۳۸۵
cells	۴۶	۷۹	۱۹	۱۶/۲۶۳۲	nanoparticles	۲۷	۳۸	۱۰	۱۵/۵
graft	۴۶	۱۱۵	۲۷	۱۴/۲۲۲۲	transplantation	۲۷	۵۳	۱۰	۱۴/۸
growth	۴۶	۷۸	۲۱	۱۳/۸۰۹۵	gelatin	۲۶	۴۷	۱۰	۱۹/۹
matrix	۴۶	۷۷	۱۶	۱۰/۸۷۵	radius	۲۶	۶۸	۱۱	۲۲/۲۷۲۷
therapy	۴۶	۶۵	۱۶	۱۳/۳۱۲۵	osteoporosis	۲۵	۴۶	۱۳	۱۳/۱۵۳۸
cross-linking	۴۳	۸۸	۱۸	۳۰/۵۵۵۶	fixation	۲۱	۳۰	۱۱	۴
biomaterials	۴۲	۷۶	۱۴	۲۴/۵					

خوشه ۳ در نقشه هم‌رخداد واژگان از ۲۹ واژه تشکیل شده است. واژگان parameters، age و thickness به لحاظ تعداد پیوند، parameters، intraocular pressure و keratoconus به لحاظ وزن پیوند، keratoconus، parameters و intraocular pressure به لحاظ تعداد رخداد و vivo، follow-up و surface به لحاظ استناد در صدر قرار دارند. واژگان این خوشه به همراه نمرات و وزن‌های آن‌ها در شبکه هم‌رخداد، در جدول ۴ نشان داده شده است. با بررسی واژگان این خوشه می‌توان بیان داشت که این خوشه موضوعی به بیومکانیک قرنیه (Corneal biomechanics) پرداخته است.

جدول ٤. واژگان خوشه موضوعی ۳ در نقشه هم‌رخداد واژگان حاصل از تولیدات علمی محققانی ایرانی در حوزه بیومکانیک

Label	Weight of Links	Weight of Total link strength	Weight of Occurrences	Average citations score	Label	Weight of Links	Weight of Total link strength	Weight of Occurrences	Average citations score
parameters	۸۰	۱۵۹	۳۶	۹/۲۵	replacement	۳۲	۴۴	۱۱	۹
age	۶۰	۸۰	۱۶	۴/۲۵	vivo	۳۱	۴۰	۱۱	۱۹/۹۰۹۱
thickness	۵۵	۱۴۰	۲۹	۹/۳۴۴۸	follow-up	۳۰	۳۶	۱۴	۱۵/۵۷۱۴
management	۵۴	۶۲	۱۸	۸	corneal biomechanics	۲۹	۸۵	۲۰	۷/۳۵
prevalence	۴۸	۶۳	۱۸	۷/۶۱۱۱	hysteresis	۲۹	۹۲	۲۰	۶/۷
keratoconus	۴۷	۱۴۲	۴۳	۱۱/۵۸۱۴	corvis st	۲۸	۶۷	۱۴	۱۰/۲۱۴۳
responses	۴۷	۶۲	۱۲	۴/۱۶۶۷	outcomes	۲۷	۳۳	۱۲	۴/۲۵

[Downloaded from cjs.mubabol.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.22088/cjs.10.2.15]

Label	Weight of Links	Weight of Total link strength	Weight of Occurrences	Average citations score	Label	Weight of Links	Weight of Total link strength	Weight of Occurrences	Average citations score
diagnosis	۴۳	۴۸	۱۳	۱۳/۷۶۹۲	surface	۲۶	۲۹	۱۰	۱۴/۸
deformation	۴۱	۶۲	۱۶	۷	efficacy	۲۵	۳۳	۱۲	۱۱/۰۸۳۳
intraocular pressure	۳۸	۱۴۶	۳۵	۸/۳۷۱۴	disease	۲۴	۳۰	۱۱	۶/۴۵۴۵
children	۳۷	۶۰	۱۸	۳	glaucoma	۲۴	۴۴	۱۰	۳/۴
cornea	۳۷	۸۱	۱۶	۸/۳۱۲۵	riboflavin	۱۸	۴۱	۱۳	۱۴/۴۶۱۵
resistance	۳۵	۴۶	۱۲	۱۲/۹۱۶۷	corneal hysteresis	۱۷	۴۷	۱۲	۹
ocular response analyzer	۳۴	۱۳۴	۳۱	۱۲/۱۹۳۵	corneal resistance factor	۱۷	۴۶	۱۱	۱۰/۶۳۶۴
eyes	۳۲	۸۰	۲۰	۱۱/۳					

خوشه ۴، که اطلاعات واژگان آن در جدول ۵ ارائه شده است، از ۲۹ واژه تشکیل شده است. بررسی داده‌ها نشان می‌دهد که واژگان finite element method، mechanical properties و stiffness بیشترین پیوند را با دیگر واژگان داشته‌اند؛ اما به لحاظ قدرت، behavior جای stiffness را گرفته و در کنار دو واژه دیگر اشاره‌شده، بیشترین قدرت پیوند و وزن رخداد را داشته‌اند. همچنین بیشترین نمره متوسط استناد مربوط به واژگان plaque vulnerability، healthy و stress-relaxation است. واژگان این خوشه و نمرات و امتیازهای آن‌ها در جدول ۵ ارائه شده است که با بررسی آن‌ها می‌توان این خوشه موضوعی را بیومکانیک محاسباتی (Computational Biomechanics) نامید.

جدول ۵. واژگان خوشه موضوعی ٤ در نقشه هم‌رخداد واژگان حاصل از تولیدات علمی محققانی ایرانی در حوزه بیومکانیک

Label	Weight of Links	Weight of Total link strength	Weight of Occurrences	Average citations score	Label	Weight of Links	Weight of Total link strength	Weight of Occurrences	Average citations score
finite element method	۱۲۴	۴۸۱	۱۳۵	۱۱/۷۷۰۴	biomechanical analysis	۳۱	۴۴	۱۴	۱۴/۳۵۷۱
mechanical properties	۱۱۶	۳۸۲	۹۷	۱۹/۳۴۰۲	elastic properties	۲۸	۴۹	۱۱	۱۰/۲۷۲۷
stiffness	۱۰۳	۲۰۰	۵۱	۱۱/۲۱۵۷	fluid-structure interaction	۲۸	۴۵	۱۳	۶/۷۶۹۲
behavior	۹۴	۲۱۵	۴۷	۱۵/۱۲۷۷	plaque vulnerability	۲۸	۸۰	۱۴	۴۲/۲۱۴۳
design	۸۳	۱۴۲	۴۳	۹/۰۲۳۳	mechanical-behavior	۲۷	۳۶	۱۰	۱۷/۴
strain	۶۶	۱۱۶	۲۵	۱۲	stress-relaxation	۲۷	۶۱	۱۱	۲۱/۶۳۶۴
stress	۶۲	۱۲۰	۳۳	۱۶/۹۳۹۴	titanium	۲۷	۳۷	۱۲	۵
healthy	۶۰	۱۱۴	۲۰	۲۴/۴۵	dental implants	۲۶	۳۵	۱۰	۷/۹
pressure	۶۰	۹۴	۲۱	۱۴/۵۷۱۴	elasticity	۲۵	۳۶	۱۳	۷/۲۳۰۸
simulation	۵۱	۱۰۰	۲۸	۵/۱۴۲۹	biomechanical behavior	۲۴	۳۶	۱۴	۷/۹۲۸۶
prosthesis	۴۷	۶۱	۱۵	۸/۲۶۶۷	diameter	۲۴	۳۳	۱۱	۶/۰۹۰۹
viscoelastic properties	۴۶	۸۳	۱۹	۲۰/۰۵۲۶	shoulder	۲۰	۲۵	۱۰	۷
ligaments	۴۴	۷۷	۱۴	۲۰/۱۴۲۹	flow	۱۹	۳۳	۱۳	۴/۲۳۰۸
polyvinyl-alcohol sponge	۳۲	۷۱	۱۱	۱۴/۶۳۶۴	internal-fixation	۱۵	۲۷	۱۰	۱۳
shear-stress	۳۲	۴۱	۱۱	۶					

در نهایت آخرین خوشه موضوعی تشکیل‌شده از هم‌رخداد واژگان حوزه بیومکانیک مربوط به محققان ایرانی از ۲۸ واژه تشکیل شده که در جدول ۶ نشان داده شده است. بررسی وزن پیوند و قدرت پیوند و وزن رخداد نشان می‌دهد که در این خوشه واژگان model، stability و in-vivo در هر سه شاخص در صدر قرار دارند؛ اما در نمره متوسط استناد واژگان lifting tasks، intradiscal pressure و muscle forces در مدارکی حضور داشته‌اند که دارای بیشترین استناد بوده‌اند. با بررسی واژگان این خوشه می‌توان آن را خوشه موضوعی بیومکانیک شغل و ستون فقرات (Biomechanics of occupation and spine) نامید.

[Downloaded from cjs.mubabol.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.22088/cjs.10.2.15]

جدول ٦. واژگان خوشه موضوعی ٥ در نقشه هم‌رخداد واژگان حاصل از تولیدات علمی محققانی ایرانی در حوزه بیومکانیک

Label	Weight of Links	Weight of Total link strength	Occurrences	Weight of	Average citations score	Label	Weight of Links	Weight of Total link strength	Occurrences	Weight of	Average citations score
model	۱۶۹	۵۶۷	۱۲۴	۱۲/۰۵۶۵	compression	۴۷	۹۰	۱۸	۱۵/۲۷۷۸		
stability	۱۱۷	۳۶۳	۸۰	۱۱/۰۵	intervertebral disc	۴۶	۹۰	۱۸	۹		
in-vivo	۱۰۹	۳۰۸	۵۶	۱۸/۹۱۰۷	rotation	۴۶	۶۸	۱۳	۱۳/۳۸۴۶		
optimization	۷۹	۱۶۱	۳۸	۸/۸۹۴۷	prediction	۴۵	۷۲	۱۶	۱۱/۸۱۲۵		
low-back-pain	۷۸	۲۳۸	۵۰	۱۸/۱	musculoskeletal model	۴۰	۸۵	۱۴	۱۲/۲۸۵۷		
lumbar spine	۷۷	۲۸۶	۴۸	۱۵/۸۷۵	spinal loads	۳۸	۸۷	۱۴	۱۷/۸۵۷۱		
load	۷۴	۲۱۳	۳۸	۸/۹۲۱۱	muscle forces	۳۷	۱۱۳	۱۷	۲۳		
spine	۶۹	۱۹۳	۴۱	۹/۱۲۲	intradiscal pressure	۳۴	۸۴	۱۳	۲۳/۳۰۷۷		
muscle	۶۶	۱۱۵	۲۸	۷/۸۹۲۹	lifting tasks	۳۱	۶۸	۱۰	۳۵/۳		
validation	۶۶	۱۱۵	۲۱	۸/۱۹۰۵	degeneration	۳۰	۴۸	۱۰	۹		
flexion	۵۹	۱۲۶	۱۹	۱۲/۲۱۰۵	force	۳۰	۳۴	۱۱	۱۰/۹۰۹۱		
biomechanical model	۵۸	۱۱۷	۲۶	۱۴/۳۸۴۶	anatomy	۲۳	۳۴	۱۱	۹/۱۸۱۸		
finite element	۵۶	۱۱۲	۲۲	۱۶/۰۹۰۹	cervical spine	۲۲	۳۱	۱۰	۶/۵		
system	۵۰	۷۶	۲۴	۱۲/۷۰۸۳	vibration	۹	۱۲	۱۲	۲۰/۳۳۳۳		

به منظور بررسی عمیق‌تر هم‌رخداد واژگان حوزه بیومکانیک از تحلیل مولفه‌های اصلی که یکی از روش‌های تحلیل عاملی است استفاده شد. این روش از رویکردهای معمول در مطالعات کتاب‌سنجی و علم‌سنجی به منظور بررسی ساختارهای فکری یک حوزه است. بر اساس خروجی به‌دست‌آمده از نرم‌افزار SPSS پس از تحلیل مولفه‌های اصلی بر اساس هم‌رخداد واژگان حوزه بیومکانیک، ۶ مولفه یا عامل اصلی شناسایی شد. به دلیل طولانی بودن جدول خروجی تحلیل مولفه‌های اصلی، خلاصه آن در جدول ۷ ارائه شده است.

جدول ۷. تحلیل عاملی از هم‌رخداد واژگان حاصل از تولیدات علمی حوزه بیومکانیک ایران در پایگاه WoS

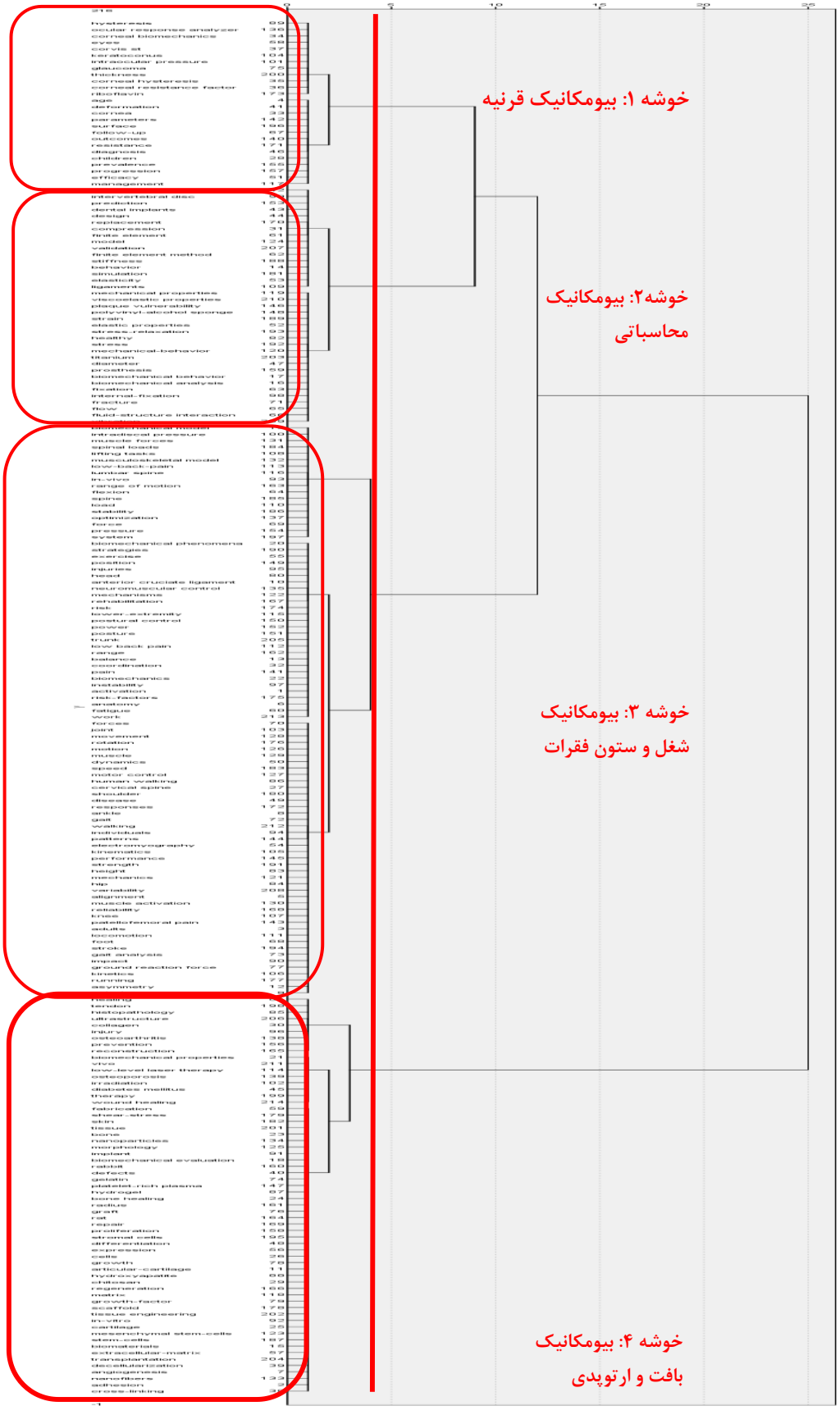
متغیر	عامل ۱: بیومکانیک حرکات بدن	عامل ۲: بیومکانیک بافت و ارتوپدی	عامل ۳: بیومکانیک محاسباتی	عامل ٤: بیومکانیک شغل و ستون فقرات	عامل ٥: بیومکانیک قرنیه	عامل ٦: بیومکانیک دیابت
تعداد واژگان	۸۰	۵۲	۳۳	۲۰	۲۲	۶
درصد واریانس تبیین شده	۳۳/۷۱	۱۸/۱۴	۱۳/۲۶	۱۱/۴۷	۸/۸۵	۲/۸۶

بررسی عامل ۱ نشان می‌دهد که بیشتر واژگان این حوزه مانند واژگان خوشه یک در نقشه هم‌رخداد واژگان به موضوع بیومکانیک حرکات بدن مرتبط است. بررسی عامل ۲ نیز نشان‌دهنده‌ی آن است که مطابق موضوعی بین واژگان این عامل و واژگان خوشه ۲ در نقشه هم‌رخداد وجود دارد و به موضوع بیومکانیک بافت و ارتوپدی پرداخته است. عامل ۳ به بیومکانیک محاسباتی پرداخته است که با خوشه ۴ نقشه مشابهت موضوعی دارد. بررسی واژگان عامل ۴ نشان می‌دهد که بیشتر واژگان به موضوع بیومکانیک ستون فقرات مرتبط است که مشابه موضوع خوشه ۵ است. با بررسی واژگان عامل ۵ می‌توان نام بیومکانیک قرنیه را برای آن انتخاب کرد که مشابه موضوع اختصاص‌یافته به خوشه ۳ در نقشه هم‌رخداد است؛ اما عامل ۶ که به حوزه بیومکانیک دیابت می‌پردازد تنها عامل متفاوتی است که در نقشه هم‌رخداد واژگان به دست نیامده بود؛ اما با این تکنیک شناسایی شد.

به منظور بررسی بیشتر و با تکنیکی دیگر از خوشه‌بندی سلسله مراتبی نیز جهت استخراج خوشه‌های موضوعی از مقالات بیومکانیک ایران بر اساس هم‌رخداد واژگانی، استفاده است که به صورت نمودار دندروگرام در شکل ۳ نشان داده شده است. به منظور مشخص شدن بهتر خوشه‌ها، هرکدام از خوشه‌های این نمودار تفکیک شده و در شکل‌های بعد نشان داده شده است.

[Downloaded from cjs.mubabol.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.22088/cjs.10.2.15]



شکل ۳. تحلیل خوشه‌بندی از هم‌رخداد واژگان حوزه بیومکانیک ایران در پایگاه WoS

[Downloaded from cjs.mubabol.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.22088/cjs.10.2.15]

بحث و نتیجه‌گیری

حوزه بیومکانیک یک حوزه بین‌رشته‌ای است که هم‌افزایی متخصصان مکانیک با حوزه‌های مختلف علوم پزشکی را شامل می‌شود و یکی از زمینه‌های تحقیقاتی بسیار کاربردی است. در ایران این رشته نوپا بوده و در تعدادی از دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی مورد آموزش و پژوهش قرار می‌گیرد. از این رو نیاز بود تا ابعاد ساختار موضوعی شکل‌گرفته از تحقیقات این حوزه شناسایی شود.

روند رشد تولیدات در این زمینه افزایشی بوده است و سال ۲۰۰۸ شروع اوج‌گیری این تحقیقات بوده و پس از این سال، روند صعودی به خود گرفته است. بررسی سایر مطالعات علم‌سنجی در مورد تولیدات علمی محققان ایران در رشته‌های مختلف (۱۴، ۱۷ و ۱۸) در پایگاه WoS همگی روند افزایشی را نشان می‌دهد.

با توجه به نتایج به‌دست آمده از بررسی نقشه علمی این حوزه، خوشه یک، مطالعات بیومکانیکی دینامیک حرکات بدن، بیشترین پژوهش در حوزه بیومکانیک را در ایران شامل می‌شود که مدل‌سازی حرکات بدن و به صورت خاص راه رفتن را در بر دارد. این مطالعات هم شامل پژوهش‌های آزمایشگاهی و داده‌برداری‌های تجربی سینماتیک و سینتیک بدن در حین انجام حرکات است و هم مدل‌سازی‌های نرم‌افزاری را شامل می‌شود.

در خوشه دو تمرکز پژوهش‌ها بر مدل‌سازی ساختار بافت‌های بدن و آسیب‌های وارده به آن‌ها می‌باشد، همچنین مکانیزم‌های نوسازی بافت‌های بدن شامل بافت‌های نرم و استخوان و سلول‌های بنیادی در این حوزه قرار می‌گیرد.

با توجه به پیشرفت‌های زیاد چشم‌پزشکی در ایران و همچنین نوآوری‌های موجود در جراحی‌های اصلاحی چشم مانند قوز قرنیه، مطالعات بیومکانیکی در این حوزه چشمگیر است و یک خوشه مجزا را به خود اختصاص داده است. مدل‌سازی‌های بیومکانیکی چشم به عنوان ابزاری برای پیش‌بینی عملکرد جراحی به متخصص جراح کمک می‌کند.

مطالعه بافت‌های بدن و بررسی خواص الاستیک و ویسکوالاستیک این بافت‌ها در خوشه ۴ قرار می‌گیرد. بافت‌های زنده دارای ویژگی‌های منحصر بفردی هستند که در مواد رایج مهندسی این خواص رفتاری دیده نمی‌شود. این ویژگی‌ها باعث شده است که مطالعات محاسباتی بر روی بافت‌های زنده به یکی از شاخه‌های تحقیقاتی محققان در حوزه بیومکانیک تبدیل شود.

آسیب‌های وارده به سیستم اسکلتی عضلانی در محیط‌های کاری شامل کارگاه‌ها و محیط‌های صنعتی بسیار شایع است. عمده این آسیب‌ها به ناحیه کمر و ستون فقرات فرد به دلیل انجام نامناسب حرکات وارد می‌شود. مدل‌سازی بیومکانیکی در حوزه شغلی به عنوان ابزاری جهت مطالعه آسیب‌های وارده به بدن در حین انجام کار و بهینه‌سازی نحوه صحیح این حرکات می‌باشد.

تحلیل عاملی نیز موضوعات یکسانی را با نقشه علم مشخص ساخت؛ اما عامل یا حوزه موضوعی بیومکانیک دیابت نیز با این تحلیل شناسایی شد. همچنین بررسی تحلیل خوشه‌بندی نیز ۴ خوشه موضوعی را شناسایی کرد که همگی با نقشه علمی مطابقت داشتند؛ اما در نقشه علم ۵ خوشه موضوعی شناسایی شد که در تحلیل خوشه‌ای، بیومکانیک دینامیک حرکات بدن به دست نیامد و احتمالا در خوشه‌های موضوعی دیگر ادغام شده است.

بررسی پیشنه‌های پژوهش که با رویکرد علم‌سنجی به بررسی حوزه بیومکانیک پرداخته‌اند نشان داد که هرکدام جنبه‌ای از این حوزه را جداگانه مورد بررسی قرارداده‌اند که نشان از ابعاد مختلف این حوزه پژوهشی و همچنین اهمیت آن است. "ventilation"، "volume" و "radiotherapy" کلیدواژه‌های اصلی پژوهش Huang و همکاران (۱۸) در بررسی حوزه‌های نوظهور بیومکانیک تنفسی بوده‌اند و هفت خوشه موضوعی شکل گرفته و حوزه اصلی در بیومکانیک تنفسی، حرکت تنفسی مرتبط با تکنیک‌های تصویربرداری شناسایی شده است که هیچ‌کدام از این واژگان و موضوعات استخراج شده هم‌راستا با نتایج پژوهش حاضر نمی‌باشد. دلیل این امر می‌توان آن باشد که پژوهش حاضر تولیدات حوزه بیومکانیک محققان ایران را بررسی کرده است؛ اما پژوهش هوانگ و همکاران تنها به بررسی حوزه بیومکانیک تنفسی پرداخته‌است. با این وجود حوزه بیومکانیک تنفسی در خوشه‌های حوزه بیومکانیک ایران، جایگاهی نداشته است و نشان می‌دهد که چندان مورد توجه پژوهشگران بیومکانیک ایران نبوده است.

نتایج پژوهش اسکندری و همکاران (۱۹) که حوزه بیومکانیک مغز را بررسی کرده‌اند، نشان‌دهنده آن بود که پاسخ بافت مغز به نیروهای خارجی از مهم‌ترین خوشه‌های موضوعی بازیابی‌شده در نقشه هم‌رخداد واژگان است که این نتایج نیز با نتایج پژوهش حاضر همسو نیست و مانند مقایسه قبل دلیل آن بررسی یک زیرحوزه بیومکانیک توسط اسکندری و همکاران بوده است، هرچند حوزه بیومکانیک مغز در نقشه تولیدات علمی حوزه بیومکانیک محققان ایرانی قرار نگرفته است و می‌تواند نشان‌دهنده‌ی آن باشد که محققان ایرانی حوزه بیومکانیک به این حوزه بیومکانیک توجه چندانی نداشته‌اند.

از واژگان اصلی که در پژوهش Wei و همکاران (۲۲) که حوزه بیومکانیک اندام تحتانی را بررسی کرده‌اند، model بوده است که همسو با واژگان خوشه ۵ پژوهش حاضر است. دلیل این امر می‌توان از آنجا ناشی شده باشد که خوشه ۵ پژوهش حاضر به ستون فقرات پرداخته است و پژوهش وی و همکاران به بررسی علم‌سنجی بیومکانیک اندام تحتانی و ارتباط ستون فقرات به اندام تحتانی، ارتباطات تولیدات علمی و نزدیکی موضوعی خوشه بازیابی‌شده را موجب شده است.

از خوشه‌های بازیابی‌شده در پژوهش حاضر، ستون فقرات بوده است. بررسی پیشینه‌ها نیز نشان داد که چندین پژوهش مانند Zhang و همکاران (۲۳) و Hue همکاران (۲۴) نیز به بررسی علم‌سنجی بیومکانیک دیسک‌های بین مهره‌ای که مرتبط با ستون فقرات است، پرداخته‌اند و بازیابی خوشه

[Downloaded from cjs.mubabol.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.22088/cjs.10.2.15]

موضوعی ستون فقرات در نقشه تولیدات بیومکانیک محققان ایرانی نشان‌دهنده‌ی همسو بودن انتخاب موضوعات مهم و در مرز دانش توسط محققان ایرانی حوزه بیومکانیک است.

اگر بخواهیم جمع‌بندی کلی از موضوعات مورد مطالعه در حیطه بیومکانیک داشته باشیم، حوزه‌هایی که بیشتر مرتبط با آسیب‌های وارده به بدن در حین فعالیت‌های شغلی، حرکات روزمره یا تصادفات که منجر به شکستگی و آسیب‌های ارتوپدی می‌شود، جذابیت و اهمیت بیشتری برای پژوهشگران داشته است. در ضمن با توجه به کمبود امکانات آزمایشگاهی و گران بودن این تجهیزات، حجم قابل توجهی از پژوهش‌ها مبتنی بر روش‌های محاسباتی بوده است. با توجه به اهمیت استفاده از داده‌های تجربی و آزمایشگاهی در راستی‌آزمایی روش‌های محاسباتی مطالعه‌شده در حوزه بیومکانیک، نیاز است که سرمایه‌گذاری در راستای راه‌اندازی و تجهیز آزمایشگاه‌های آموزشی و پژوهشی بیومکانیک صورت پذیرد.

ملاحظات اخلاقی: در این پژوهش، مسائل اخلاقی به‌طور کامل رعایت شده است.

تضاد منافع: نویسندگان تصریح می‌نمایند هیچ‌گونه تضاد منافعی در خصوص پژوهش حاضر وجود ندارد.

[Downloaded from cjs.mubabol.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.22088/cjs.10.2.15]

References

1. Hatze H. The meaning of the term" biomechanics". Journal of Biomechanics. 1974; 7(2): 189-90.
2. Soheili F, Tavakolizadeh Ravari M, Hazeri A, Dousthosseini N. Drawing a map of science. Tehran: Payame Noor, 2019. [In Persian]
3. Kostoff RN. Co-Word Analysis. In Evaluating R&D Impacts: Methods and Practice. Boston: Springer, 1993; p. 63-78.
4. Freeman LC. The Development of Social Network Analysis: A Study in the Sociology of Science. Empirical Press, 2004.
5. Ghazizadeh H, Soheili F, Khasseh AA. Mapping Knowledge Structure of Quran and Hadith Studies in Iran: A Co-Word Analysis. Scientometrics Research Journal. 2018; 4(2): 101-22. Available at: https://rsci.shahed.ac.ir/article_615_en.html?lang=en [In Persian]
6. King J. A review of bibliometric and other science indicators and their role in research evaluation. Journal of Information Science. 1987; 13(5): 261-76.
7. Makkizadeh F, Ebrahimi V. Scientific Mapping of Risk Management Field in ISC. Emergency Management. 2018; 6(2): 105-17. Available at: https://www.joem.ir/article_31153_en.html?lang=fa [In Persian]
8. Ahmadi H, Osareh F. Co-word Analysis Concept, Definition and Application. Librarianship and Information Organization Studies. 2017; 28(1): 125-45. Available at: https://nastinfo.nlai.ir/article_1132.html?lang=en [In Persian]
9. Emami M, Riahinia N, Soheili F. Mapping the scientific structure of medical and laboratory equipment with using the co-occurrence analysis. Scientometrics Research Journal. 2020; 6(1): 41-56. Available at: https://rsci.shahed.ac.ir/article_696_en.html?lang=fa [In Persian]
10. Ashoury H, Khasseh AA. A Scientometric Analysis of Iranian Research on Sports Medicine in Islamic World Science Citation Center. Journal of Research in Rehabilitation Sciences. 2020; 16(1): 70-9. Available at: https://jrrs.mui.ac.ir/article_17195.html [In Persian]
11. Yuanliang Z, Yuan X. Research status and evolutionary trends on early childhood sports in China: a perspective of co-word analysis. Early Child Development and Care. 2023; 193(6): 824-40.
12. Khademi R, Heidari G. Mapping the intellectual structure of Information Management using Co-words during 1986 to 2012. Sciences and Techniques of Information Management. 2016; 2(2): 59-93. Available at: https://stim.qom.ac.ir/article_717.html?lang=en [In Persian]
13. Jiménez-Almazán M, Uribe-Toril J, Ruiz-Real JL. International trade and sustainability: bibliometric and cluster analysis. Sustainability. 2020; 12(17): 6816.
14. Julian K, Rigby J. Telling the whole story: finding structures in bibliometric information using PCA. 2017.
15. Osareh F, Khademi R. Visualizing the Intellectual Structure of Iranian Physicists in Scisearch during 1990-2009: An Author Co-Citation Analysis (ACA). International Journal of Information Science and Management (IJISM). 2012; 10(2): 57-69.

[Downloaded from cjs.mubabol.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.22088/cjs.10.2.15]

16. Soheili F, Khasseh AA, Rostami M, Zarean MJ. Thematic Map of Moral Education Studies Indexed in Web of Science 2000_2018. Scientometrics Research Journal. 2023; 9(1): 169-88. Available at: https://rsci.shahed.ac.ir/article_4099.html?lang=en [In Persian]
17. Soheili F, Osareh F, Khademi R. The Scientific Structure of Biology in Iran during 1990 – 2008: A Co-citations Analysis. Journal of Studies in Library and Information Science. 2013; 5(5): 83-102. Available at: https://slis.scu.ac.ir/?_action=articleInfo&article=11101&lang=en [In Persian]
18. Huang X, Zheng J, Ma Y, Hou M, Wang X. Analysis of emerging trends and hot spots in respiratory biomechanics from 2003 to 2022 based on CiteSpace. Frontiers in Physiology. 2023; 14:1190155.
19. Eskandari F, Shafieian M, Aghdam MM, Laksari K. A knowledge map analysis of brain biomechanics: Current evidence and future directions. Clinical Biomechanics. 2020; 75: 105000.
20. Knudson D. Citation metrics of excellence in sports biomechanics research. Sports Biomechanics. 2019; 18(3): 289-96.
21. Knudson DV. Citations to Biomechanics Articles from Four Databases. Proceedings of the 40th Conference of the International Society of Biomechanics in Sports. 2022.
22. Wei X, Chen Q, Yang S, Huang R. Visual analysis of Biomechanical of lower limbs in 2001–2020 based on VOSviewer. In 2021 International Conference on Health Big Data and Smart Sports (HBDSS). 2021, Guilin, China.
23. Zhang D, Feng M, Liu W, Yu J, Wei X, Yang K, et al. From Mechanobiology to Mechanical Repair Strategies: A Bibliometric Analysis of Biomechanical Studies of Intervertebral Discs. Journal of Pain Research. 2022; 15: 2105-22.
24. Hou Z, Wang W, Su S, Chen Y, Chen L, Lu Y, et al. Bibliometric and Visualization Analysis of Biomechanical Research on Lumbar Intervertebral Disc. Journal of Pain Research. 2023; 16: 3441-62.
25. Van Eck N, Waltman L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. Scientometrics. 2010; 84(2): 523-38.
26. Zandi Ravan N, Davarpanah M, Fattahi R. Review of Science Map Visualization and its Methodology. Scientometrics Research Journal. 2016; 2(1): 57-76. Available at: https://rsci.shahed.ac.ir/article_469_en.html [In Persian]
27. Börner K, Chen C, Boyack KW. Visualizing knowledge domains. Annual Review of Information Science and Technology. 2003; 37(1): 179-255.
28. Habibpour Gatabi K, Safari Shali R. Comprehensive manual for using SPSS in survey researches. Tehran: Louyeh, 2014. [In Persian]

[Downloaded from cjs.mubabol.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.22088/cjs.10.2.15]