

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.

ABSTRACT

Article Type:

Research Paper

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 and 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

Received:

23 Sept. 2023

Revised:

16 Jan. 2024

Accepted:

27 Jan. 2024

Pub. Online:

7 Feb. 2024

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

*Corresponding Author: Seyyed Arash Haghpanah

Address: School of Mechanical Engineering, Shiraz University, Shiraz, Iran.

E-mail: haghpanah@shirazu.ac.ir

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: 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. مقاله پژوهشی	مواد و روش‌ها: پژوهش حاضر با رویکرد علم‌سنجی و به کارگیری 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. به منظور 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 به جز عدم شناسایی بیومکانیک حرکات بدن، مابقی خوشه‌های شناسایی شده در نقشه علمی نیز بازایی شدند و در تحلیل عاملی نیز ۶ عامل شناسایی شد که به جز عامل دیابت سایر عوامل در خوشه‌های موضوعی پدیدار شده بودند. دریافت: ۱۴۰۲/۷/۱ ویرایش: ۱۴۰۲/۱۰/۲۶ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۷ انتشار: ۱۴۰۲/۱۱/۱۸
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): ۱۵-۲۹.



© The Author(s)

Publisher: Babol University of Medical Sciences

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 واژگان در عناوین مقالات به منظور درک کلی مفهوم مقالات استفاده کردند و در دهه ۱۹۸۰ نخستین تحلیل هم‌واژگانی در فرانسه به کار 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)، Yuan و Yuanliang در حوزه ورزش‌های دوران کودکی (۱۱) و خادمی و حیدری در بررسی حوزه مدیریت اطلاعات (۱۲) اشاره کرد. علاوه بر ترسیم نقشه‌های هم‌رخدادی 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 هم‌رخدادی 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،

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 وب‌آساینس 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 وب‌آساینس 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 اهمیت 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 وب‌آساینس (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 دسترس بودن نمایه‌های استنادی از ابتدا تا ۲۰۲۲، از راهبرد جستجوی زیر استفاده شد:

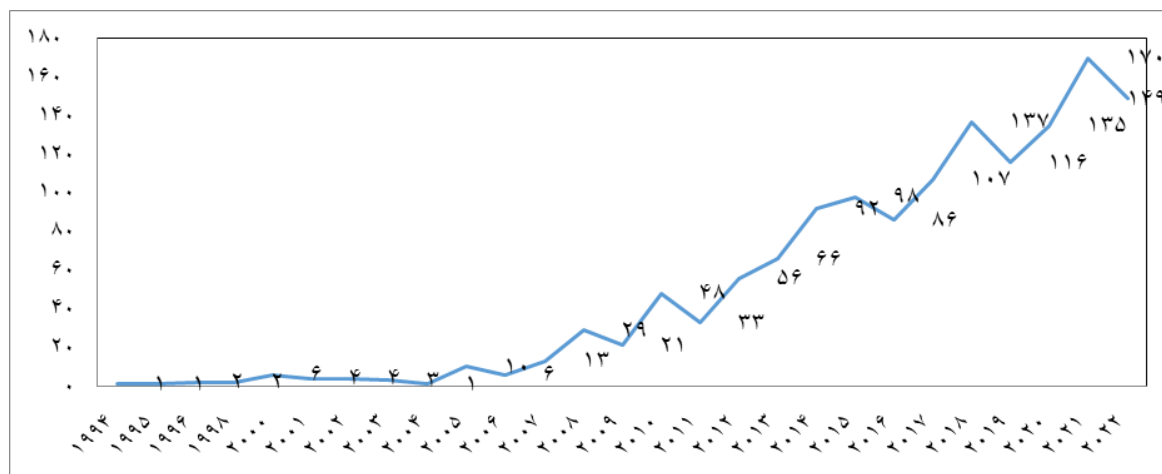
TS= (Biomechanic*) and PY= (1945-2022) and CU= (Iran)

که با این راهبرد جستجو تعداد ۱۳۹۶ مدرک بازیابی شد. به منظور استخراج نتایج توصیفی از بخش تحلیل پایگاه وب‌آساینس 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 تحلیل هم‌رخداد واژگان و ترسیم نقشه علمی شکل گرفته، از نرم‌افزار VOSviewer (۲۵) استفاده شد. از آنجا که ۶۹۰۷ واژه معنی‌دار در مدارک بازیابی شده 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.

زندگی 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. به طور 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 شکل گرفته، 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.

یافته‌ها

بررسی داده‌های بازایی 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 شکل گرفته 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

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 kinematics، Biomechanics 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 استانداردهای دریافتی، واژگان walking، ground reaction force و stroke در صدر قرار دارند و به عبارتی این واژگان در مدارکی بوده‌اند که بیشتر مورد استناد قرار گرفته‌اند (جدول ۲).

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	19.0	1.25	259	12/948	Alignment	48	68	12	16/75
kinematics	1.7	43.0	78	9/4744	Impact	48	66	19	4/3158
Strength	1.4	237	53	8/3962	Ankle	47	93	19	13/1579
Motion	96	20.2	39	8/2.51	Foot	47	82	18	12/8889
performance	82	186	51	7/.588	rehabilitation	47	62	15	4/9333
Forces	79	16.0	31	6/2581	Range	46	74	12	9/6667
Kinetics	79	186	36	14/1944	gait analysis	45	9.0	22	13/2727
Walking	79	268	63	23/7778	low back pain	45	77	17	8
Gait	77	248	56	9/1964	coordination	42	68	17	12/7.59
electromyography	74	165	34	5/97.6	Dynamics	42	57	14	11

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

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 repair injury 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	Average citations score	Weight of Occurrences	Weight of Total link strength	Weight of Links	Label	Average citations score	Weight of Occurrences	Weight of Total link strength	Weight of Links
Injury	۱۸/۳۷۵	۱۶	۷۷	۴۲	chitosan	۱۰/۱۹۶۷	۶۱	۲۸۸	۱۱۷
biomechanical properties	۱۸/۸۸۳۴	۱۷	۹۹	۴۲	tendon	۱۱/۹	۵۰	۲۰۶	۸۵
in-vitro	۱۵/۹۵۴۵	۲۲	۹۲	۴۱	irradiation	۱۸/۴۲۱۱	۵۷	۲۴۱	۸۵
Repair	۱۶/۱۲۵	۲۴	۹۷	۴۱	rabbit	۱۴/۷۱۴۳	۴۹	۲۵۷	۷۹
tissue	۱۵/۸	۱۵	۵۶	۳۹	angiogenesis	۱۴/۹۳۳۳	۴۵	۲۰۵	۷۹
bone	۲۰/۵۸۳۳	۱۲	۹۲	۳۹	healing	۱۱/۷۲۰۹	۴۳	۱۵۹	۷۸

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

خوشه ۳ در نقشه هم‌رخداد واژگان از ۲۹ واژه تشکیل شده است. واژگان age, parameters, thickness به لحاظ تعداد پیوند, parameters, intraocular pressure و keratoconus به لحاظ وزن پیوند, keratoconus, parameters, intraocular pressure و thickness به لحاظ تعداد رخداد و follow-up, vivo, 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 ۴. واژگان خوشه موضوعی ۳ در نقشه هم‌رخداد واژگان حاصل از تولیدات علمی محققانی ایرانی در حوزه بیومکانیک

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

Average citations score	Weight of Occurrences	Weight of Total link strength	Weight of Links	Label	Average citations score	Weight of Occurrences	Weight of Total link strength	Weight of Links	Label
۱۴/۸	۱۰	۲۹	۲۶	surface	۱۳/۷۶۹۲	۱۳	۴۸	۴۳	diagnosis
۱۱/۰۸۳۳	۱۲	۲۳	۲۵	efficacy	۷	۱۶	۶۲	۴۱	deformation
۶/۴۵۴۵	۱۱	۳۰	۲۴	disease	۸/۳۷۱۴	۳۵	۱۴۶	۳۸	intraocular pressure
۳/۴	۱۰	۴۴	۲۴	glaucoma	۳	۱۸	۶۰	۳۷	children
۱۴/۴۶۱۵	۱۳	۴۱	۱۸	riboflavin	۸/۳۱۲۵	۱۶	۸۱	۳۷	cornea
۹	۱۲	۴۷	۱۷	corneal hysteresis	۱۲/۹۱۶۷	۱۲	۴۶	۳۵	resistance
۱۰/۶۳۶۴	۱۱	۴۶	۱۷	corneal resistance factor	۱۲/۱۹۳۵	۳۱	۱۳۴	۳۴	ocular response analyzer
					۱۱/۳	۲۰	۸۰	۳۲	eyes

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 healthy، plaque vulnerability 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 ۴ در نقشه هم‌رخداد واژگان حاصل از تولیدات علمی محققانی ایرانی در حوزه بیومکانیک

Average citations score	Weight of Occurrences	Weight of Total link strength	Weight of Links	Label	Average citations score	Weight of Occurrences	Weight of Total link strength	Weight of Links	Label
۱۴/۳۵۷۱	۱۴	۴۴	۳۱	biomechanical analysis	۱۱/۷۷۰۴	۱۳۵	۴۸۱	۱۲۴	finite element method
۱۰/۲۷۳۷	۱۱	۴۹	۲۸	elastic properties	۱۹/۳۴۰۲	۹۷	۳۸۲	۱۱۶	mechanical properties
۶/۷۶۹۲	۱۳	۴۵	۲۸	fluid-structure interaction	۱۱/۲۱۵۷	۵۱	۲۰۰	۱۰۳	stiffness
۴۲/۲۱۴۳	۱۴	۸۰	۲۸	plaque vulnerability	۱۵/۱۲۷۷	۴۷	۲۱۵	۹۴	behavior
۱۷/۴	۱۰	۳۶	۲۷	mechanical-behavior	۹/۰۲۳۳	۴۳	۱۴۲	۸۳	design
۲۱/۶۳۶۴	۱۱	۶۱	۳۷	stress-relaxation	۱۲	۲۵	۱۱۶	۶۶	strain
۵	۱۲	۳۷	۳۷	titanium	۱۶/۹۳۹۴	۳۳	۱۲۰	۶۲	stress
۷/۹	۱۰	۳۵	۲۶	dental implants	۲۴/۴۵	۲۰	۱۱۴	۶۰	healthy
۷/۲۳۰۸	۱۳	۳۶	۲۵	elasticity	۱۴/۵۷۱۴	۲۱	۹۴	۶۰	pressure
۷/۹۲۸۶	۱۴	۳۶	۲۴	biomechanical behavior	۵/۱۴۲۹	۲۸	۱۰۰	۵۱	simulation
۶/۰۹۰۹	۱۱	۳۳	۲۴	diameter	۸/۲۶۶۷	۱۵	۶۱	۴۷	prosthesis
۷	۱۰	۲۵	۲۰	shoulder	۲۰/۰۵۳۶	۱۹	۸۳	۴۶	viscoelastic properties
۴/۲۳۰۸	۱۳	۳۳	۱۹	flow	۲۰/۱۴۲۹	۱۴	۷۷	۴۴	ligaments
۱۳	۱۰	۲۷	۱۵	internal-fixation	۱۴/۳۳۶۴	۱۱	۷۱	۳۲	polyvinyl-alcohol sponge
					۶	۱۱	۴۱	۳۲	shear-stress

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.

جدول ۶. واژگان خوشه موضوعی ۵ در نقشه هم‌رخداد واژگان حاصل از تولیدات علمی محققانی ایرانی در حوزه بیومکانیک

Label	Average citations score	Weight of Occurrences	Weight of Total link strength	Weight of Links	Label	Average citations score	Weight of Occurrences	Weight of Total link strength	Weight of Links
model	۱۵/۲۷۷۸	۱۸	۹۰	۴۷	compression	۱۲/۰۵۶۵	۱۲۴	۵۶۷	۱۶۹
stability	۹	۱۸	۹۰	۴۶	intervertebral disc	۱۱/۰۵	۸۰	۳۶۳	۱۱۷
in-vivo	۱۳/۲۸۴۶	۱۳	۶۸	۴۶	rotation	۱۸/۹۱۰۷	۵۶	۳۰۸	۱۰۹
optimization	۱۱/۸۱۲۵	۱۶	۷۲	۴۵	prediction	۸/۸۹۴۷	۳۸	۱۶۱	۷۹
low-back-pain	۱۲/۲۸۵۷	۱۴	۸۵	۴۰	musculoskeletal model	۱۸/۱	۵۰	۲۳۸	۷۸
lumbar spine	۱۷/۸۵۷۱	۱۴	۸۷	۳۸	spinal loads	۱۵/۸۷۵	۴۸	۲۸۶	۷۷
load	۲۳	۱۷	۱۱۳	۳۷	muscle forces	۸/۹۲۱۱	۳۸	۲۱۳	۷۴
spine	۲۳/۳۰۷۷	۱۳	۸۴	۳۴	intradiscal pressure	۹/۱۲۲	۴۱	۱۹۳	۶۹
muscle	۳۵/۳	۱۰	۶۸	۳۱	lifting tasks	۷/۸۹۳۹	۲۸	۱۱۵	۶۶
validation	۹	۱۰	۴۸	۳۰	degeneration	۸/۱۹۰۵	۲۱	۱۱۵	۶۶
flexion	۱۰/۹۰۹۱	۱۱	۳۴	۳۰	force	۱۲/۲۱۰۵	۱۹	۱۲۶	۵۹
biomechanical model	۹/۱۸۱۸	۱۱	۳۴	۲۳	anatomy	۱۴/۳۸۴۶	۲۶	۱۱۷	۵۸
finite element	۶/۵	۱۰	۳۱	۲۲	cervical spine	۱۶/۰۹۰۹	۲۲	۱۱۲	۵۶
system	۲۰/۳۳۳۳	۱۲	۱۲	۹	vibration	۱۲/۷۰۸۳	۲۴	۷۶	۵۰

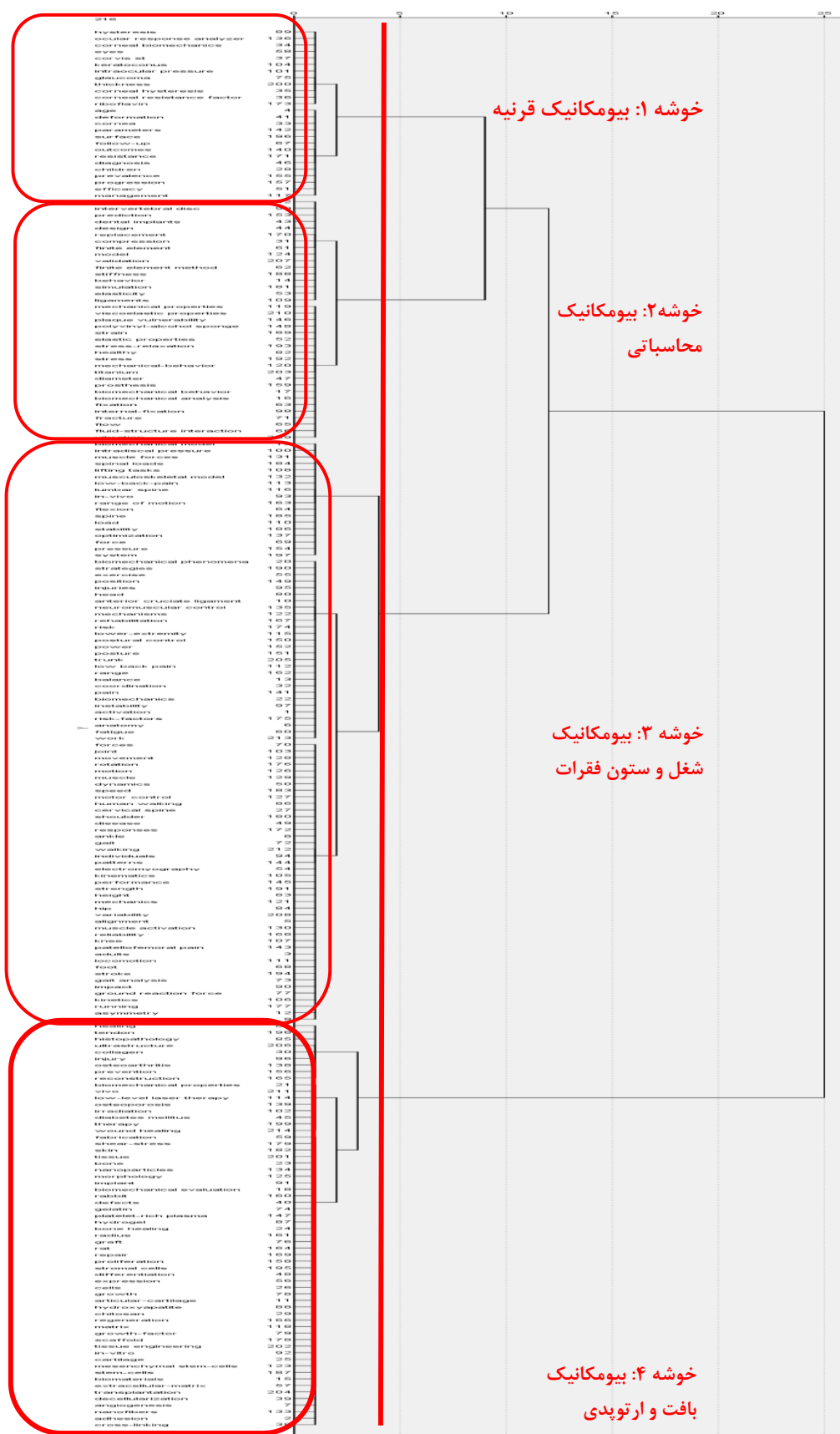
به منظور بررسی عمیق‌تر هم‌رخداد واژگان حوزه بیومکانیک از تحلیل مولفه‌های اصلی که یکی از روش‌های تحلیل عاملی است استفاده شد. این روش از رویکردهای معمول در مطالعات کتاب‌سنجی و علم‌سنجی به منظور بررسی ساختارهای فکری یک حوزه است. بر اساس خروجی به‌دست‌آمده از نرم‌افزار SPSS پس از تحلیل مولفه‌های اصلی بر اساس 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 ۴: بیومکانیک شغل و ستون فقرات	عامل ۵: بیومکانیک قرنیه	عامل ۶: 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 نشان‌دهنده 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 سلسله‌مراتبی 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.



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

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 شکل گرفته از تحقیقات این حوزه شناسایی شود.

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 احتمالاً در خوشه‌های موضوعی دیگر ادغام شده است.

بررسی پیشینه‌های پژوهش که با رویکرد علم‌سنجی به بررسی حوزه بیومکانیک پرداخته‌اند نشان داد که هرکدام جنبه‌ای از این حوزه را جداگانه مورد بررسی قرار داده‌اند 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 بازایی‌شده 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 نشان‌دهنده 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 بازایی‌شده را موجب شده است.

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

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 منافی در خصوص پژوهش حاضر وجود ندارد.

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.

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]