Farshid Danesh[1]
Zahra Nematollahi[2*]
Forough Rahimi [3]

1. Associate Professor, Information Management Department, Islamic World Science and Technology Monitoring & Citation Institute (ISC), Shiraz, Iran. Email: farshiddanesh@isc.ac.
2. Ph.D in Knowledge and Information Science Department of Knowledge and Information Science, Faculty of Education and Psychology, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. Email: Zahra.Neamatollahi@yahoo.com. (Corresponding Author).
3. Assistant Professor, Department of Information Management, Islamic World Science and Technology Monitoring and Citation Institute (ISC), Shiraz, Iran. Email: frahimi@isc.ac.

Scientometrics Research Journal
Scientific Bi-Qualterly Journal of Shahed University/ Article in Press (Not edited)

The Structure of Ego-Centric Citation Networks of Iranian Computer Scientists

Purpose: The present study addresses the gap in evaluating scientific impact beyond mere citation counts by introducing a network-based approach for assessing structural features of citation networks. Emphasis is placed on "Depth" and "Breadth" within Ego-Centric Citation Networks (ECCN). The investigation differentiates articles that foster deep, convergent knowledge clusters, often foundational or paradigm-shifting, from those exerting broad, diffuse influence across interdisciplinary domains. Attention is directed toward highly cited Iranian computer scientists identified via the Essential Science Indicators (ESI), thereby offering insights into citation patterns within a developing scientific context such as Iran. Such an orientation not only underscores the contributions of Iranian researchers to global computer science but also elucidates distinctive structural patterns shaped by national research policies, collaboration strategies, and access to international networks. The principal aim is to analyze the distribution of absolute and relative depth and breadth indices across these networks, thereby facilitating a more nuanced assessment of scientific impact. This methodology resonates with broader scientometric critiques that advocate structural analysis to augment count-based metrics, as citation enumeration alone may obscure distinctions between enduring and transient influence. Ultimately, the framework developed herein guides Iranian science policy by identifying high-impact works that propel innovation, bolster emerging paradigms, and facilitate cross-disciplinary diffusion, thereby supporting resource allocation, faculty promotions, and strategic research planning.

Methodology: The research employs a quantitative-analytical design based on network scientometrics with emphasis on ego-centric network analysis. The sample comprises 219 highly cited articles by 45 leading Iranian computer science researchers, as identified by the ESI. Selection relied on their ranking in the top 1% of citations in the field over a decade. Data were extracted from the Web of Science Core Collection (WOSCC) through web scraping with the MiMFa Scraper tool in Java. Processing was performed using MiMFa RAVAR DataLab in C# for network computations, SPSS V.26 for statistics, and Gephi for visualization. Validity was tested by comparing algorithms to manual checks. Deterministic algorithms and standardized WOSCC data ensured reliability.

Findings: Results show clear patterns in citation networks of highly cited Iranian computer science articles. In depth, Heidari et al.'s (2020) "Slime Mould Algorithm" topped with 1,781 citations, absolute depth of 2,228 (1,315 linkers and 913 secondary confirmers), and relative depth of 1.25. This indicates a dense, convergent network. Next came Maddah-Ali's (2014) "Fundamental Limits of Caching" (absolute depth: 1,340; relative: 1.34) and Sadollah et al.'s (2013) "Mine Blast Algorithm" (absolute: 960; relative: 1.43). Recent articles like Heidari et al.'s (2019) chaotic moth-flame optimizer reached the highest relative depth (1.44) with only 212 citations.

This indicates rapid convergence in specialized groups. Articles from 2018 to 2021 had higher relative depth due to normalization and quick adoption in niche fields. Scatter plots showed a positive correlation between citations and absolute depth. Articles with more than 700 citations had depths exceeding 1,000, underscoring their role in complex knowledge clusters. Visualizations of networks, like Shakarami et al. (2020), revealed deep structures with strong links, stressing machine learning's integrative role. For breadth, Rahmani et al.'s (2021) global stroke burden study led with 2,013 citations, an absolute breadth of 1,257, and a relative breadth of 0.62. This reflects diffuse impact in interdisciplinary health informatics. Hatamlou's (2016) "Multi-Verse Optimizer" followed (absolute: 419; relative: 0.42). GBD-related articles exhibited high relative breadth (0.90–0.98), indicating sparse networks of cross-disciplinary citations. Heidari's (2020) article showed low relative breadth (0.14), confirming convergence. Distribution revealed 20% of articles with relative breadth under 0.2 (dense networks), 45% between 0.2 and 0.5 (semi-dense) and 35% over 0.5 (sparse). More recent and interdisciplinary articles had higher breadth. Scatter plots confirmed a positive correlation between citations and absolute breadth. Outliers are marked as foundational works that draw diverse, independent citations. Visualizations like those of Asghari et al. (2019) on IoT highlighted broad influence in dispersed settings.

Conclusion: The research shows that integrating depth and breadth in ego-centric citation networks creates a robust framework for qualitative impact assessment in computer science. It surpasses traditional metrics by uncovering structural details. Depth signals cohesive paradigm-shaping effects, while breadth highlights widespread innovative spread. Iranian articles display a dual pattern: dense networks in algorithmic advances and sparse ones in interdisciplinary uses. These findings stress the need for Iranian science policies to use such metrics for balanced assessment. This encourages foundational and emerging research. Limitations involve dependence on WOSCC coverage and biases in recent articles. Future work should incorporate other databases, international comparisons, and multi-layer networks to improve generalizability. The method facilitates efficient resource allocation and enhances innovation within Iran's scientific ecosystem.

Keywords: Network depth, Network breadth, Ego-Centric citation network, Scientometrics, Computer science, Highly Cited Papers

پژوهش‌نامه علم‌سنجی
دوفصلنامه علمی ـ پژوهشی دانشگاه شاهد/ زودآیند ویرایش نشده

شبکه های استنادی فردمحور دانشمندان ایرانی حوزه علوم کامپیوت

فرشید دانش[1]
زهرا نعمت الهی[2*]
فروغ رحیمی[3]

1. دانشیار گروه مدیریت اطلاعات، مؤسسه استنادی و پایش علم و فناوری جهان اسلام(ISC) ، شیراز، ایران. رایانامه:farshiddanesh@isc.ac
2. دکترای علم اطلاعات و دانش شناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. (نویسنده مسئول) رایانامه: Zahra.Neamatollahi@yahoo.com
3. استادیار گروه مدیریت اطلاعات، مؤسسه استنادی و پایش علم و فناوری جهان اسلام (ISC)، شیراز، ایران رایانامه:.frahimi@isc.ac

چکیده

هدف: ارزیابی تأثیر علمی مقاله‌ها نیازمند توجه به ساختار درونی شبکه‌های استنادی است. پژوه
حاضر با هدف تحلیل شاخص «عمق و گستردگی شبکه» در مقاله‌های پراستناد دانشمندان ایرانی در حو
علوم کامپیوتر انجام شد.

روش شناسی: پژوهش حاضر از نوع علم‌سنجی است که با رویکرد تحلیل شبکه انجام شد. جامعه آما
شامل ۲۱۹ مقاله پراستناد از ۴۵ پژوهشگر برتر ایرانی است که داده‌های آن از پایگاه ESI و OSCC
استخراج و با ابزار MiMFa RAVAR DataLab پردازش شد. تحلیل‌ها با SPSS و Gephi انج
گردید.

یافته‌ها: مقاله حیدری و همکاران (2020) بیشترین عمق مطلق (شامل ۱۳۱۵ پیونددهنده و ۹۱۳ تأییدکن
ثانوی) و عمق نسبی (1.25) را داراست که بیانگر شبکه‌ای متراکم و همگرا در الگوریتم‌های بهینه‌سا
است. در رتبه‌های بعدی، مقاله های مداح علی (2014) با عمق مطلق ۱۳۴۰ و نسبی ۱.۳۴، و سعدا
(2013) با عمق مطلق ۹۶۰ و نسبی ۱.۴۳ قرار دارند. در مقابل، برخی مقاله های جدیدتر مانند بهینه‌
شعله پروانه آشوبی (2019)، عمق نسبی بالاتر (۱.۴۴) داشته‌اند که حاکی از جذب سریع در جوا
تخصصی است. از سوی دیگر، مقاله رحمانی (2021)، بیشترین گستردگی مطلق (۱۲۵۷) و نسبی (۰.۶۲
نشان داد که بیانگر تأثیر پراکنده میان‌رشته‌ای است؛ توزیع کلی گستردگی نسبی حاکی از ۲۰درصد مقاله
ها با مقادیر زیر ۲.۰ (شبکه‌های متراکم)، ۴۵% در ۲.۰—۵.۰ (نیمه‌متراکم) و ۳۵درصد بالای ۵.۰ (پراکن
است، در حالی که مقاله های مروری و بنیادی معمولاً گستردگی پایین‌تری دارند و آثار میان‌رشته
شبکه‌های پراکنده‌تری ایجاد می‌کنند.

نتیجه‌گیری: برخی مقاله های جدیدتر، با وجود استناد کمتر، عمق نسبی بالاتری داشته‌اند که نشان‌دهـ
جذب سریع آن‌ها در جوامع تخصصی است. ارزیابی کیفی تأثیر علمی در علوم کامپیوتر نیازمند ترکـ
ابعاد «عمق» و «گستردگی» در چارچوب شبکه‌های فردمحور است. این رویکرد، ضمن تمایز میان آ
کاربردی و بنیادی، می‌تواند مبنایی برای سیاست‌گذاری‌های علمی هوشمند و حمایت از نوآوری‌های نوظ
در نظام علم و فناوری ایران باشد.

واژگان کلیدی: عمق شبکه، گستردگی شبکه، شبکه استنادی فردمحور، علم‌سنجی، علوم کامپیوتر، مق
پراستناد

زودآیند ویرایش نشده

مقدمه و بیان مسئله

ارزیابی تأثیر علمی یکی از دغدغه‌های بنیادین در سیاست‌گذاری علمی، ارتقاء اعضای هیئت علمی و تخصیص منابع پژوهشی محسوب می‌شود. در دهه‌های اخیر، شاخص‌های کمی مانند تعداد استناد و اچ‌ایندکس به‌عنوان معیارهای اصلی ارزیابی مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Mingers & Leydesdorff, 2015). با این حال، انتقادهای متعددی به این شاخص‌ها وارد شده است؛ از جمله اینکه تنها به کمیت استنادها توجه شده و کیفیت و ساختار روابط درون شبکه ای استنادی مغفول مانده است(Chakraborty et al., 2021). در واقع، دو مقاله با تعداد استنادهای برابر از نظر نقش و تأثیر رگذاری در اکوسیستم علمی ممکن است متفاوت باشند. از یک سو، مقاله نخست ممکن است در خوشه ای متراکم قرار گرفته و تأثیر عمیقی در یک قلمرو تخصصی داشته باشد و از سوی دیگر، امکان دارد مقاله دوم در شبکه ای پراکنده و میا ن رشت ه ای، اثربخشی گسترده‌تری داشته باشد(Winkler, 2010).

با وجود گسترش استفاده از شاخص‌های کمی در ارزیابی علمی، همچنان شکاف عمیقی بین تصویر ارائه‌شده توسط این شاخص‌ها و واقعیت تأثیرگذاری علمی وجود دارد(Aksnes et al., 2019). یک مقاله ممکن است هزاران استناد داشته باشد، اما اگر این استنادها از منابعی مستقل و بدون ارتباط متقابل باشند، نشان‌دهنده عدم شکل‌گیری جریان فکری منسجم است (Min et al., 2018). در مقابل، مقاله‌ای با استناد کمتر اما با شبکه‌ای متراکم و درهم‌تنیده، ممکن است نقش بنیادین‌تری در شکل‌گیری یک مکتب فکری ایفاء کند(Wang et al., 2017). مسئله اصلی این است که شاخص‌های سنتی قادر به تشخیص این تفاوت ظریف نیستند (Waltman, 2016) و نمی‌توانند پاسخ دهند که آیا استنادها نشان‌دهنده همگرایی فکری هستند یا صرفاً اشاره‌ای سطحی به یک منبع محسوب می‌شوند.

در مواجهه با محدودیت های ذاتی شاخص‌های کمی سنتی در ارزیابی تأثیر علمی که تنها به تعداد استنادها توجه کرده و از ساختار درون‌شبکه‌ای روابط استنادی غافل مانده‌اند (Chakraborty et al., 2021; Waltman, 2016)، رویکرد تحلیل شبکه‌های استنادی فردمحور به‌عنوان چارچوبی جایگزین و مکمل مطرح شده است(Yan & Ding, 2010). در این رویکرد، به‌جای نگاه کل‌محور، تمرکز بر شبکه پیر رامون یک مقاله کانونی (ایگو) است و روابط میان منابع استناددهنده به آن (آلترها) تحلیل می شود(Waltman & VanEck, 2015). از مهم‌ترین شاخص‌های این رویکرد، «عمق و گستردگی شبکه» است که به‌عنوان شاخص‌های کلیدی ساختاری، امکان سنجش تراکم، انسجام و هم‌راستایی فکری درون شبکه استنادی را فراهم می‌آورد. عمق مطلق و نسبی میزان انسجام و پیوستگی درونی شبکه را نشان می‌دهند؛ به‌گونه‌ای که عمق مطلق به تعداد پیوندهای استنادی میان آلترها اشاره دارد و عمق نسبی نسبت این پیوندها به کل روابط ممکن را بیان می‌کند. در مقابل، گستردگی مطلق و نسبی میزان پراکندگی و تنوع شبکه را نشان می‌دهند. گستردگی مطلق تعداد آلترهایی را مشخص می‌کند که با سایر آلترها رابطه ی استنادی ندارند و گستردگی نسبی سهم این دسته از مقاله ها را نسبت به کل آلترها نشان می‌دهد(Bu et al., 2021).

با وجود اهمیت این رویکرد، بیشتر پژوهش‌های داخلی شبکه‌های استنادی، شاخص‌های هم‌نویسندگی یا هم استنادی را تحلیل کرده اند (جعفری، ۱۳۹۴؛ حسن‌زاده و همکاران، ۱۳۹۱). تحلیل ساختار درون‌شبکه‌ای، به‌ویژه در علوم کامپیوتر با جزییاتی مانند بررسی روابط میان آلترها (روابط آلتر–آلتر) ، سنجش انسجام شبکه، شناسایی انواع آلترها (پیونددهندگان، تأییدکنندگان ثانوی، گره‌های منفصل) و تحلیل شاخص‌های عمق و گستردگی (مطلق و نسبی) شکاف دانشی است که در این مقاله به آنها پرداخته شده است. نوآوری این پژوهش در چند سطح قابل توضیح است؛ نخست آنکه برخلاف بخش عمده مطالعات داخلی و خارجی که تمرکز آن‌ها بر شبکه‌های هم‌نویسندگی یا تحلیل کل‌محور است، این پژوهش رویکرد شبکه‌های استنادی فردمحور را به‌صورت نظام‌مند و در مقیاسی گسترده برای مقالات پراستناد دانشمندان ایرانی علوم کامپیوتر به‌کار می‌گیرد. دوم اینکه شاخص‌های عمق و

گستردگی (مطلق و نسبی) تاکنون در پژوهش‌های داخلی درباره شبکه‌های استنادی فردمحور به‌کار نرفته‌اند و عمده مطالعات داخلی صرفاً بر شبکه‌های هم‌نویسندگی، هم‌استنادی یا شاخص‌های کمی مرسوم متمرکز بوده‌اند. سوم اینکه این پژوهش با استخراج روابط میان پیونددهندگان، تأییدکنندگان ثانوی و گره‌های منفصل، به‌جای تمرکز بر شمارش استنادها، الگوهای درونی تعاملات شبکه‌ای را آشکار می‌سازد؛ الگوهایی که در پژوهش‌های پیشین داخلی کاملا ً مغفول مانده بودند و در پیشینه های بی ن المللی نیز هنوز به‌صورت گسترده برای تحلیل تولیدات علمی کشورهای در حال‌توسعه به‌کار نرفته‌اند.

اهمیت این پژوهش زمانی آشکارتر می‌شود که به نقش کلیدی مقاله های پراستناد در شکل‌دهی به مسیرهای اصلی توسعه علوم کامپیوتر توجه شود. بسیاری از پیشرفت‌های این قلمرو، از طراحی الگور یتم های فراابتکاری و مدل‌های بهینه سازی تا سیستم های توزیع شده، یادگیری ماشین و معماری‌های محاسباتی بر تعداد معدودی از مقاله های کلیدی استوار است که به‌عنوان «هسته‌های دانش» از آنها یاد می شود. با این حال، تنها تعداد استنادها نشان نمی‌دهد که یک مقاله چگونه و در چه نوع شبکه دانشی اثرگذار بوده است؟ آیا در یک خوشه تخصصی موجب شکل‌گیری یک خط پژوهشی عمیق شده است؟ یا در قلمروهای گوناگون به‌صورت پراکنده و سطحی استناد دریافت کرده است؟ تحلیل شاخص‌های عمق و گستردگی در شبکه‌های استنادی فردمحور این امکان را فراهم می‌کند که کیفیت نفوذ علمی مقاله های پراستناد علوم کامپیوتر به‌طور دقیق‌تری مطالعه شود. این شاخص‌ها همچنین حاکی از آن هستند که کدام مقاله یا مقاله ها توانسته‌اند جریان پژوهشی منسجمی ایجاد کنند و یا صرفاً موجب انتشار پراکنده ایده‌ها در قلمروهای مختلف گردند. چنین اطلاعاتی در جهت شناسایی آثار بنیادین، تشخیص قلمروهایی با نوآوری واقعی، ارزیابی قدرت شکل‌دهی پارادایم ها و پیش‌بینی مسیرهای آینده ی اکوسیستم پژوهشی علوم کامپیوتر اهمیت بسیار بالایی دارد.

اگرچه انتشارات علمی دانشمندان ایرانی در علوم کامپیوتر رشد چشمگیری داشته است، اما هنوز شناختی ساختاری از شبکه‌های استنادی مقاله‌های پراستناد این پژوهشگران مشاهده نشده است؛ به‌و یژه اینکه چنین شبکه‌هایی از نظر عمق (غلظت و جهت‌گیری استنادها به سمت منابع اثربخش تر و پراستنادتر) و گستردگی (تنوع و پراکندگی استنادها در میان واحدهای دانشی و قلمروهای گوناگون) چه الگوهایی را آشکار می‌سازند(Stern & Tol, 2021). فقدان چنین تحلیلی، درک کیفی از تأثیرگذاری علمی این آثار را محدود کرده و ارزیابی عملکرد پژوهشگران را به‌طور نامتناسبی به شاخص‌های کمّی سطحی وابسته ساخته است. این پژوهش با تمرکز بر تحلیل ساختار فردمحور شبکه‌های استنادی مقاله‌های پراستناد علوم کامپیوتر، در پی پاسخ به این مسئله است که الگوهای عمی ق سازی و گسترده‌سازی در استنادهای مقالات پراستناد دانشمندان ایرانی علوم کامپیوتر چگونه شکل گرفته‌اند و چه بینش‌هایی درباره کیفیت و جهت‌گیری پژوهش‌های آن‌ها ارائه می‌دهند؟ یافته‌های این مطالعه م ی‌تواند زمینه را برای توسعه معیارهای کیفی مبتنی بر ساختار استنادی، در سیاست‌گذاری علمی ایران فراهم آورد.

بنابراین پژوهش حاضر به این پرسش اصلی پاسخ می‌دهد که شاخص‌های عمق و گستردگی (مطلق و نسبی) در شبکه‌های استنادی فردمحور مقاله های پراستناد دانشمندان ایرانی علوم کامپیوتر چه الگوهای ساختاری از تأثیر علمی را نشان می‌دهند؟

پرسش های پژوهش

با توجه به اینکه تکرار جامعه پژوهش موجب طولانی شدن پرسش‌ها می‌شود، به جای "شبکه‌های استنادی فردمحور دانشمندان ایرانی علوم کامپیوتر" از عبارت «جامعه پژوهش» استفاده می‌شود.

1. **شاخص های «عمق مطلق» و «عمق نسبی» جامعه پژوهش چگونه توزیع شده است؟**

2. شاخص های «گستردگی مطلق» و «گستردگی نسبی» جامعه پژوهش چگونه توزیع شده ا ست؟

چارچوب نظری

رویکردهای شبکه‌ای در سال‌های اخیر اهمیت روزافزونی یافته‌اند. تحلیل شبکه‌های اجتماعی، که پیش‌تر در جامعه‌شناسی و علوم ارتباطات توسعه یافته بود به علم‌سنجی نیز راه یافت و امکان مطالعه روابط استنادی، هم‌نویسندگی و هم‌استنادی را فراهم ساخت(Bu et al.,2020; McCarty et al., 2019). در این میان، شبکه‌های فردمحور به‌عنوان ابزاری نوین برای تمرکز بر یک گره و روابط مستقیم و غیرمستقیم آن، قابلیت و جایگاه ویژه‌ای در تحلیل جریان دانش و بررسی تأثیر علمی کسب کرده اند. وایت نخستین بار امکان مطالعه روابط علمی بر مبنای شبکه‌های فردمحور را مطرح ساخت (White, 2001) و پس از او، این رویکرد به‌تدریج در تحلیل‌های استنادی گسترش یافت.

تحلیل شبکه‌های فردمحور به‌طور گسترده‌ای در علوم اجتماعی به ویژه انسان‌شناسی، علوم سیاسی، اقتصاد و جامعه‌شناسی و به‌طور فزاینده‌ای در علم ارتباطات، اطلاع‌رسانی، مطالعات بازاریابی و تجاری کاربرد دارد (Pescosolido & Rubin, 2000). در مقایسه با شبکه‌های کل محور، پژوهش های شبکه های فردمحور در گردآوری وتحلیل داده‌ها و همچنین گستردگی دامنه استنتاج[1] انعطاف‌پذیری بیشتری دارند. در نتیجه تحلیل شبکه‌های فردمحور در مقایسه با سایر شبکه ها به مهارت‌های گردآوری و تحلیل متفاوتی نیاز دارد (McCarty et al., 2019).

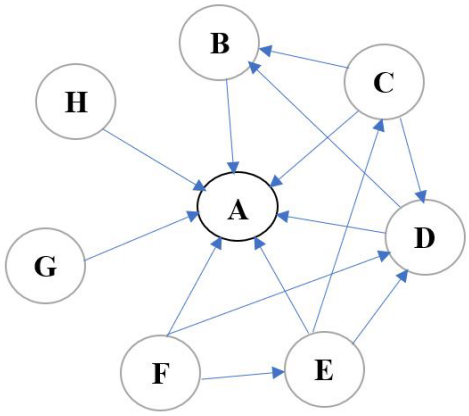
شبکه فردمحور از یک گره مرکزی به نام ایگو به همراه گره‌هایی که مستقیم با ایگو در ارتباط هستند (این گره‌ها آلتر نامیده می‌شوند) و پیوندهای میان ایگو و آلتر و هم‌چنین در صورت وجود پیوند میان آلترها تشکیل شده است (Halgin & Borgatt, 2012). انواع و تعداد متفاوت ارتباط آلترها را ترکیب شبکه گویند که بر رفتارهای اطلاعاتی و جریان اطلاعات و هم‌چنین کسب اطلاعات در رابطه با ویژ گی‌های شبکه تأثیرگذار است(Bu et al., 2021). به‌عبارت‌دیگر نقش انواع آلترها شامل پیونددهندگان، تأییدکنندگان ثانوی و گره¬های منفصل در شبکه‌های استنادی فردمحور نیز در درک ساختار توپولوژیک این شبکه‌ها و همچنین جهت محاسبه شاخص‌های عمق و گستردگی موردبررسی قرار می‌گیرد. برای یک منبع خاص در شبکه‌های استنادی فردمحور، آلترها به سه نوع تقسیم می‌شوند که در ادامه به آنها اشاره شده است.

حالت نخست، برخی از انتشارات استناد دهنده که به منبع کانونی استناد می‌دهند. افزون بر این، توسط سایر انتشارات آن شبکه (انتشاراتی که به منبع کانونی استناد داده‌اند) نیز مورد استناد قرار می گیرند. این نوع از انتشارات استناد دهنده، مانند منبع B «پیونددهنده» نامیده می‌شوند (شکل 1).

حالت دوم، برخی از انتشارات استناد دهنده نه‌تنها به منبع کانونی استناد داده‌اند، بلکه به سایر انتشارات در آن شبکه (انتشاراتی که به منبع کانونی استناد داده‌اند) نیز استناد داده‌اند. به این نوع از انتشارات استناد دهنده مانند منابع C، D، E و F «تأیید کنندگان ثانوی» می‌گویند (شکل 1). پیونددهندگان و تأییدکنندگان ثانوی نمایانگر میزان عمق شبکه‌های استنادی فردمحور هستند. برخی از آلترها مانند منبع E هم‌زمان هم استناد دریافت کرده‌اند و هم به سایر آلترها (یا منابع) استناد داده¬اند. در چنین حالتی این آلتر در دو رده مختلف از طبقه‌بندی جای می‌گیرد. این پدیده که منجر به حضور یک آلتر در بیش از یک طبقه می‌شود را تعدد روابط[2] میان آلترها می گویند. حالت سوم، برخی از انتشارات استناد دهنده فقط به منبع کانونی استناد می‌دهند و در هیچ رابطه استنادی دیگری در آن شبکه حضور ندارند. این نوع از انتشارات استناد دهنده را مانند منبع G و H «گره¬های

[1]. Broader scope of inference
[2]. Relational multiplicity

منفصل» می‌نامند (شکل 1). گره های منفصل نمایانگر شاخص میزان گستردگی شبکه ی استنادی فردمحور است.



شکل 1. نمونه روابط استنادی بین منبع کانونی و منابع استناد دهنده به آن (آلترها) در شبکه استنادی فردمحور

این شاخص¬ها ابزاری تحلیلی قدرتمند برای شناسایی الگوهای پنهان تأثیرگذاری علمی ارائه می‌دهد؛ الگوهایی که در شاخص‌های مبتنی بر شمارش استناد، کاملا ً نادیده گرفته می‌شوند. این شاخص فراتر از محاسبه صرف تعداد منابع استناددهنده عمل کرده و با تمرکز بر ساختار درون‌شبکه‌ای روابط میان آلترها، میزان انسجام، تراکم و هم‌راستایی فکری در اکوسیستم استنادی پیرامون مقاله کانونی را می‌سنجد. به‌عبارت دیگر، شاخص عمق نه‌تنها کمیت استنادها، بلکه کیفیت تعاملات متقابل میان منابع استناددهنده را نیز اندازه‌گیری می‌کند و این امکان را فراهم می‌آورد تا تفاوت میان یک شبکه استنادی منسجم و خوشه‌ای (که نشان‌دهنده جریان فکری همگراست) و مجموعه‌ای از گره‌های پراکنده و غیرمرتبط (که نشان‌دهنده تأثیرگذاری گسترده اما سطحی است) به‌دقت تشخیص داده شود(Yan & Ding, 2010؛ Bu et al, 2021). درصورتی‌که تنها به شمارش تعداد استنادها اکتفاء شود، دو مقاله A و B که تعداد استنادهای برابری دریافت کرده¬اند، تأثیر استنادی برابری دارند. اگرچه مقاله های استناد دهنده به مقاله A به همدیگر نیز استناد داده‌اند درحالی‌که بین مقاله های استناد دهنده به مقاله B هیچ رابطه استنادی وجود ندارد و به نظر غیر مرتبط می‌رسند؛ بنابراین مقاله های A و B سطح تأثیر استنادی برابری دارند اما مقاله A تأثیر عمیق‌تری در قلمرو پژوهشی داشته درحالی که مقاله B تأثیر گسترده‌تری دارد (شکل1).

در راستای تمایز میان تأثیر استنادی این دو مقاله (A و B)، بایستی شاخص‌های عمق و گستردگی محاسبه گردد. به‌عبارت‌دیگر، نقش انواع آلترها شامل پیونددهندگان، تأییدکنندگان ثانوی و گره‌های منفصل در شبکه‌های استنادی فردمحور نیز در درک ساختار توپولوژیک این شبکه‌ها و همچنین جهت محاسبه شاخص‌های عمق و گستردگی بررسی می‌شود. در واقع، گستردگی مطلق و نسبی نشان‌دهنده تعداد و نسبت آن دسته از منابع استناددهنده به منبع کانونی هستند که با سایر منابع استناددهنده هیچ‌گونه رابطه استنادی برقرار نکرده‌اند؛ در مقابل، عمق مطلق و نسبی بیانگر تعداد و نسبت انتشاراتی هستند که ضمن استناد به منبع کانونی، با دیگر منابع استناددهنده نیز رابطه استنادی برقرار کرده یا از آن‌ها استناد دریافت کرده‌اند. این دو شاخص میزان انسجام و پیوستگی درونی شبکه استنادی پیرامون یک منبع کانونی را نشان می‌دهند.

افزون بر این یکی از موضوع های مهم در تحلیل شبکه‌های استنادی فردمحور، نقش خوداستنادی‌ها در شکل‌گیری ساختار شبکه است. خوداستنادی‌ها می‌توانند از دو جهت بر شاخص‌های عمق و گستردگی اثرگذار باشند: نخست، افزایش روابط درون‌شبکه‌ای از طریق استنادهای میان مقاله های

یک نویسنده که ممکن است تعداد پیونددهندگان و تأییدکنندگان ثانوی را به‌صورت مصنوعی افزایش دهد؛ دوم، کاهش گستردگی واقعی شبکه، زیرا بخشی از روابط استنادی به جای آنکه بازتاب دهنده تعاملات مستقل جامعه ی علمی باشد، ناشی از چرخه تولیدات فردی پژوهشگر است. بنابراین، در چارچوب نظری شبکه‌های استنادی، خوداستنادی‌ها به‌عنوان عاملی شناخته می‌شوند که می‌توانند درک واقعی از نفوذ علمی و انسجام شبکه را دچار انحراف کنند.

پیشینه پژوهش

ارزیابی تأثیر علمی مقاله ها و نویسندگان همواره یکی از دغدغه‌های اصلی علم‌سنجی بوده است. مطالعات انجام‌شده در داخل کشور پیرامون شبکه‌های فردمحور اغلب به بررسی شبکه‌های هم‌نویسندگی در قلمروهای گوناگون علمی معطوف بوده است. برای نمونه می توان به پژوهش سهیلی و همکاران (1392(اشاره نمود که با به‌کارگیری رویکرد تحلیل شبکه‌های فردمحور و کل‌محور ، ساختار شبکه‌های هم‌نویسندگی پژوهشگران علم اطلاعات را بررسی کردند. آنها براین باورند که تفاوت در راهبردهای هم‌نویسندگی می‌تواند به‌طور معناداری بر میزان بهره‌وری علمی پژوهشگران مؤثر باشد. در همین راستا، حیاتی و رفیع (۱۳۹۵) کیفیت استنادها در تولیدات علمی رشته‌های مختلف را ارزیابی کردند. آنها همچنین توجه هم‌زمان به شاخص‌های استنادی و انتشاراتی در ارزیابی میزان تأثیر پژوهش‌ها را ضروری دانستند. در ادامه ی پژوهش های پیشین، تاج‌الدینی و همکاران (۱۳۹۸) نیز شبکه‌های فردمحور علوم هسته‌ای را تحلیل کردند. آنها اذعان داشتند که افزایش مرکزیت رتبه و مرکزیت بینابینی پژوهشگران با رشد تعداد استنادهای دریافتی آنان رابطه مستقیم دارد. در همان سال، بافتار استنادهای مقاله های علم اطلاعات و ارائه چارچوب طبقه‌بندی چهارسطحی برای انواع فراگفتارهای استنادی توسط تاجر و همکاران (۱۳۹۸(تحلیل گردید. آنها همچنین بر اهمیت رویکرد کیفی در تحلیل استنادها و بازنگری در شیوه‌های کمی ارزیابی علمی تأکید کردند.

در راستای پیشینه های مرور شده، یمین‌فیروز و همکاران (۱۴۰۰) در یک مطالعه علم‌سنجی درباره تولیدات علمی در مطالعات مذهبی نشان دادند که هرچند روند کمّی انتشارات علمی بین المللی صعودی بوده؛ با این وجود شاخص‌های کیفی زمینه ی مورد مطالعه در سال‌های اخیر کاهش یافته است. در پژوهشی نظام‌مند، نعمت‌الهی و همکاران (۱۴۰۳) با مرور مطالعات موجود در پایگاه‌های وب آو ساینس[1]، اسکاپوس[2] و آی ای تری[3] بیست ویک شاخص مرتبط با شبکه‌های فردمحور را شناسایی و آن‌ها را در سه دسته ی «پیوند ایگو–آلتر،» «وی‌ژگی‌های آلتر» و «پیوندهای آلتر–آلتر» طبقه بندی کردند. آنها بر این باورند که بیشتر شاخص‌های شناسایی‌شده در تحلیل شبکه‌های استنادی فردمحور قابل استفاده هستند. هرچند برخی از شاخص‌های مذکور نظیر مرکزیت نزدیکی و پراکندگی جغرافیایی در شبکه‌های استنادی فردمحور کاربرد محدودی دارند.

در سطح بین المللی از نخستین دهه‌های شکل‌گیری علم سنجی، استناد به‌عنوان مهم‌ترین شاخص کمی برای سنجش تأثیر علمی مطرح شد(Garfield, 1964,1972.(با وجود انتقادهای فراوان نسبت به محدودیت‌های این شاخص، استناد همچنان جایگاه محوری خود را در رتبه‌بندی‌ها، ارزیابی عملکرد پژوهشگران و سیاست‌گذاری‌های علمی حفظ کرده است) Aksnes et al., 2019). با این حال، بسیاری از پژوهش‌ها نشان داده‌اند که تکیه صرف بر شمار استنادها قادر به بازنمایی کامل پیچیدگی‌های تأثیر علمی نیست و ابعاد کیفی و ساختاری آن نادیده گرفته می شود (Bornmann & Haunschild, 2018; Dougherty & Horne, 2022; Thelwall et al., 2023).

1. Web of Science
2. Scopus
3. IEEE

در پاسخ به این چالش، رویکردهای شبکه‌ای در سال‌های اخیر اهمیت روزافزونی یافته‌اند. تحلیل شبکه‌های اجتماعی، که پیش‌تر در جامعه‌شناسی و علوم ارتباطات توسعه یافته بود (Bu et al.,2020; McCarty et al., 2019) به علم‌سنجی نیز راه یافت و امکان مطالعه روابط استنادی، هم‌نویسندگی و هم‌استنادی را فراهم ساخت. در این میان، شبکه‌های فردمحور به‌عنوان ابزاری نوین برای تمرکز بر یک گره و روابط مستقیم و غیرمستقیم آن، قابلیت ویژه‌ای در تحلیل جریان دانش و بررسی تأثیر علمی کسب کرده اند. وایت نخستین بار امکان مطالعه روابط علمی بر مبنای شبکه‌های فردمحور را مطرح ساخت (White, 2001) و پس از او، این رویکرد به‌تدریج در تحلیل‌های استنادی گسترش یافت.

مرور پژوهش‌های اخیر نشان داد که شبکه‌های فردمحور استنادی می‌توانند ابعادی از تأثیر علمی را آشکار سازند که در شمارش ساده پنهان می‌ماند. برای نمونه، وو و همکاران (Wu et al., 2019) و همچنین بو و همکاران (Bu et al, 2021) شاخص‌هایی همچون عمق و گستردگی را معرفی کردند که به توصیف میزان نفوذ یک مقاله در طول زمان و در قلمروهای گوناگون کمک می‌کند (Bu et al., 2021). افزون بر این، مفاهیمی چون وابستگی و عدم وابستگی در شبکه‌های فردمحور به‌عنوان معیارهایی برای ارزیابی میزان اصالت یا تکرارپذیری پژوهش‌ها مطرح شده‌اند (Shibayama & Wang, 2020). چنین شاخص‌هایی قادرند مسیرهای استنادی و الگوهای نفوذ علمی را با دقت بیشتری آشکار سازند (Pan et al., 2018). درادامه پیشینه های مرور شده لیو و روسو (Liu & Rousseau, 2019) با به‌کارگیری یک چارچوب کمّی پویا، شاخص دی[1] را برای سنجش نفوذ و تسلط در شبکه‌های استنادی ایگومحور ارائه می‌دهند. این شاخص، بر اساس تعداد منابع استنادی و استنادهای دریافتی مقاله ی کانونی محاسبه شده و با استفاده از منحنی‌ای مشابه منحنی لورنز[2]، عدم تقارن جریان استناد را اندازه‌گیری می‌کند. به‌طوری که مقدار 0.5 نشان‌دهنده ی تعادل، مقادیر بالاتر از 0.5 نفوذ و تسلط ایگو و مقادیر پایین‌تر وابستگی آن به منابع را نشان می دهد. نتایج حاکی از آن است که این شاخص می‌تواند تحولات زمانی ساختار قدرت در شبکه‌های استنادی را به صورت کمّی پایش کند.

مطالعات مبتنی بر درخت پراکندگی نفوذ نیز گام مهمی در این قلمرو به شمار می‌روند. این رویکرد نشان داد که کیفیت و میزان نوآوری یک پژوهش صرفاً در تعداد استنادها منعکس نمی‌شود، بلکه به الگوهای توزیع و سازمان‌یافتگی استنادها نیز وابسته است (Mohapatra et al., 2019). به‌طور مشابه، چاکرابورتی و همکاران (Chakraborty et al, 2021) نیز نشان داده‌اند که شاخص‌های شبکه‌ای می‌توانند ابعاد متفاوتی از تأثیر مقاله های علمی را آشکار کنند. وانگ و همکاران (Wang et al., 2022) نیز تأکید کرده‌اند که بررسی شبکه‌های فردمحور استنادی می‌تواند درک عمیق‌تری از جریان‌های دانشی و تأثیرهای میان‌رشته‌ای را فراهم آورد.

با نگاهی به پیشینه های مرور شده می توان دریافت که هرچند در ایران پژوهش‌های متعددی در زمینه شبکه‌های فردمحور انجام شده است، تمرکز عمده آن‌ها بر تحلیل شبکه‌های هم‌نویسندگی بوده و بررسی شبکه‌های استنادی فردمحور و شاخص‌های تحلیلی مرتبط با آن هنوز در مراحل ابتدایی توسعه قرار دارد. با وجود این پیشرفت‌ها، بررسی پیشینه ها حاکی از آن است که بخش قابل توجهی از پژوهش های موجود یا بر تحلیل کلان شبکه‌های استنادی متمرکز بوده‌اند یا صرفاً به سنجش کمی استنادها پرداخته‌اند. مطالعاتی که از شاخص‌ها و ویژگی‌های شبکه‌های فردمحور برای ارزیابی کیفی اثربخشی علمی بهره گرفته باشند، هنوز محدود هستند. از این رو، پرداختن به شاخص‌های مبتنی بر شبکه‌های فردمحور می‌تواند ابعاد تازه‌ای از سنجش تأثیر علمی را آشکار سازد و شکاف موجود در ادبیات علم‌سنجی را پوشش دهد. به‌ویژه در علوم کامپیوتر که به دلیل ماهیت

1. D- measure
2 . Lorenz curve

میان‌رشته‌ای، رشد سریع انتشارات و نقش پررنگ هم‌تألیفی و هم‌استنادی یکی از پویاترین قلمروهای علمی محسوب می‌شود، تحلیل شبکه‌های فردمحور استنادی می‌تواند ابزاری کارآمد برای شناسایی مسیرهای نفوذ دانش، درک پویایی‌های پژوهشی و ارزیابی کیفی تأثیر مقاله ها باشد.
مرور پیشینه¬ها در سطح ملی هم چنین حاکی از آن است که اگرچه رویکرد تحلیل شبکه‌های علمی در قلمروهایی مانند هم‌نویسندگی، هم‌استنادی و تحلیل کل‌محور توسعه یافته است، اما تاکنون کاربرد شبکه‌های استنادی فردمحور و شاخص‌های مشتق از آن‌ها به‌ویژه شاخص‌های عمق و گستردگی (مطلق و نسبی) مشاهده نشده است. بخش عمده انتشارات در سطح ملی به روابط هم‌تألیفی یا استنادهای مستقیم پرداخته و ساختار درونی شبکه استنادی پیرامون یک مقاله کانونی را تحلیل نکرده‌اند. در سطح بین‌المللی نیز اگرچه مفاهیم عمق و گستردگی در برخی از پژوهش ها مطرح شده‌اند، با این وجود، عمده این مطالعات بر تحلیل ساختار استنادی مقاله های منفرد یا نمونه‌های موضوعی محدود متمرکز بوده و بر گروه‌هایی مشخص از نویسندگان یا قلمروهای موضوعی تخصصی تمرکز اندکی داشته‌اند. از این منظر، پژوهش حاضر دارای وجه تمایز مشخصی نسبت به آثار پیشین است؛ زیرا برای نخستین بار شاخص‌های عمق و گستردگی را در قالب شبکه‌های استنادی فردمحور، بر مجموعه‌ای گسترده از مقاله های پراستناد دانشمندان ایرانی علوم کامپیوتر اعمال می‌کند. این رویکرد امکان شناسایی الگوهای ساختاری نهان در اثربخشی علمی را فراهم می‌سازد؛ الگوهایی که در پژوهش‌های پیشین داخلی و بخش قابل‌توجهی از مطالعات خارجی به دلیل محدودیت روش و مقیاس، مورد توجه قرار نگرفته بودند. ازاین‌رو، مقاله حاضر با تمرکز بر این قلمرو، در راستای پرکردن شکاف دانشی موجود و ارائه ی تصویری دقیق‌تر از الگوهای استنادی در علوم کامپیوتر گام برداشته است.

روش¬شناسی پژوهش

این پژوهش از نوع کاربردی است که با شاخص های علم‌سنجی و با رویکرد تحلیلی انجام شده است. جامعه آماری پژوهش شامل تمامی مقاله های پراستناد دانشمندان ایرانی علوم کامپیوتر است که در پایگاه استنادی WOSCC نمایه شده‌اند. افرادی به‌عنوان جامعه پژوهش وارد مطالعه شدند که سه شرط اصلی را داشته باشند. نخست آنکه دارای وابستگی سازمانی ایرانی باشند. دوم، بر اساس داده‌های پایگاه WOSCC در شمار پژوهشگران پراستناد علوم رایانه قرار گیرند و سوم، حداقل یک مقاله پراستناد منتشر کرده باشند. منظور از مقاله پراستناد، آثاری است که مطابق تعریف پایگاه کلاریویت در فهرست Highly Cited Papers قرار می‌گیرند. به بیان دیگر، در مرحله استخراج ابتدا پژوهشگران ایرانی پراستناد در علوم کامپیوتر شناسایی شدند و سپس مقاله های پراستناد آنان برای تحلیل در این پژوهش استخراج گردید. در این پژوهش از روش سرشماری استفاده شده است. در مجموع ۲۱۹ مقاله از ۴۵ پژوهشگر پراستناد که در فهرست ESI[1] قرار داشتند، انتخاب شدند. معیار اصلی انتخاب پژوهشگران پراستناد، داشتن مقاله پراستناد[2] بود. به بیان دیگر، قرارگیری مقاله های دانشمندان ایرانی علوم کامپیوتر در بالاترین ۱درصد استنادهای موضوعی خود در یک دوره ۱۰ ساله منتهی به نوامبر 2024 (براساس پایگاه ESI(معیار انتخاب مقاله های فرد برای ورود به جامعه آماری پژوهش حاضر بود. به بیان دیگر بازه زمانی 10 ساله مقالات پراستناد بازیابی از نوامبر 2015 تا نوامبر 2024 بوده است. شده شایان ذکر است که داده های این پژوهش از 5 دسامبر 2024 برابر با 15 آذرماه 1403 به مدت یک ماه گردآوری گردید.
داده‌ها با استفاده از وب‌اسکریپینگ[3] و ابزار میمفا اسکریپر[4] بر پایه زبان جاوا[5] ازWOSCC استخراج

1. Essential Science Indicator (ESI)
2 Highly Cited Paper (HCP)
3 Web scraping

شد و شامل اطلاعات کامل هر مقاله کانونی، منابع استناددهنده به آن و منابع استنادشده توسط آلترها بود. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار میمفا راور دیتالب[3] و زبان برنامه‌نویسی سی شارپ[4] تحلیل شد. برای هر شبکه فردمحور، شاخص‌های پیونددهندگان، تأییدکنندگان ثانوی و گره‌های منفصل محاسبه گردید (Perry et al., 2018).

ساختار شبکه‌های استنادی از طریق کد نویسی در نرم‌افزار میمفا راور دیتالب با استفاده از زبان برنامه‌نویسی سی شارپ کشف و بررسی شد. لازم به ذکر است که بایستی بین شاخص‌های نسبی و مطلق تمایز قائل شد. شاخص‌های مطلق با سطح اثربخشی استنادی یک مدرک مقیاس بندی می شوند، در حالی که شاخص‌های نسبی با سطح اثربخشی استنادی نرمال‌سازی می‌شوند. فرمول گستردگی مطلق و نسبی در واقع تعداد و نسبت منابعی هستند که هیچ رابطه استنادی با سایر منابع استناددهنده به منبع کانونی ندارند. عمق مطلق و نسبی نیز تعداد و تناسب انتشارات استناد دهنده به منبع کانونی است که به سایر انتشارات استناد دهنده به منبع کانونی نیز استناد داده و یا از سایر منابع استناد دریافت کرده‌اند. تحلیل‌های آماری با نرم افزار اس پی اس اس نسخه 26[5] و دیداری سازی[6] شبکه‌ها با نرم افزار گفی[7] انجام شد.

یافته های پژوهش

در این قسمت از پژوهش ابتدا جداول مرتبط با 30 مقاله پراستناد برتر از نظر شاخص¬های عمق و گستردگی در شبکه‌های استنادی فردمحور دانشمندان ایرانی علوم کامپیوتر ارائه شده است. در ادامه یافته ها به ترتیب گزارش گردید.

پاسخ به پرسش اول پژوهش. شاخص «عمق مطلق» و «عمق نسبی» در جامعه پژوهش چگونه توزیع شده است؟

جدول1. شاخص عمق مطلق و نسبی در شبکه‌های استنادی فردمحور دانشمندان ایرانی علوم کامپیوتر

ردیف	پژوهشگر	عنوان مقاله (سال انتشار)	تعداد استناد ها	تعداد پیوندها	پیونددهندگان	تأییدکنندگان ثانوی	عمق مطلق	عمق نسبی
1	Heidari, Ali Asghar	Slime mould algorithm: A new method for stochastic optimization (2020)	1781	10730	1315	913	2228	1.25
2	Mohammad Ali Maddah-Ali	Fundamental Limits of Caching (2014)	1000	5941	787	553	1340	1.34
3	Ali Sadollah, Ardeshir Bahreininejad & Hadi Eskandar	Mine blast algorithm: A new population-based algorithm for solving constrained engineering optimization problems (2013)	673	5692	581	379	960	1.43
4	Heidari, Ali	Hunger Games Search:	697	3762	557	306	863	1.24

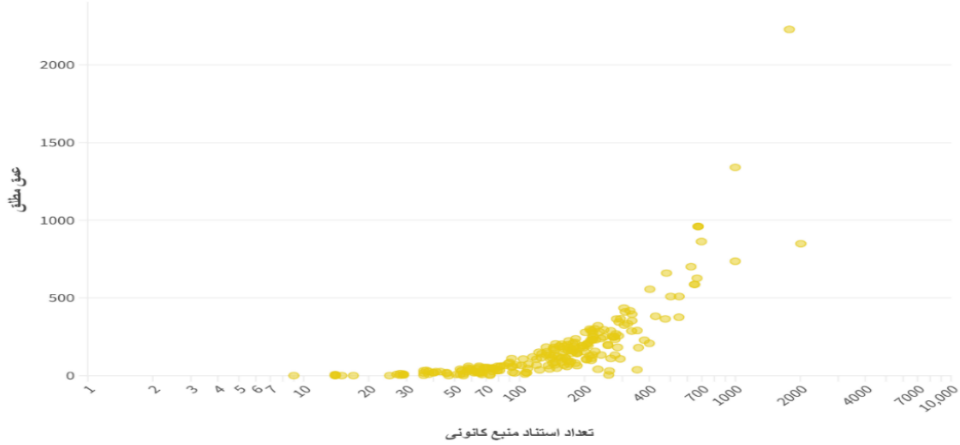
1 MiMFa Scraper
2 Java
3 MiMFa RAVAR DataLab
4 C#
5 SPSS V.26
6 Visualization
7 Gephi

ردیف	پژوهشگر	عنوان مقاله (سال انتشار)	تعداد استناد ها	تعداد پیوندها	پیونددهندگان	تأییدکنندگان ثانوی	عمق مطلق	عمق نسبی
	Asghar	Visions, conception, implementation, deep analysis, perspectives, and towards performance shifts(2021)						
5	Amir Masoud Rahmani	Global, regional, and national burden of stroke and its risk factors, 1990-2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019 (2021)	2013	2823	517	332	849	0.42
6	Hatamlou, Abdolreza	Multi-Verse Optimizer: a nature-inspired algorithm for global optimization (2016)	1000	2345	402	334	736	0.74
7	Heidari, Ali Asghar	RUN beyond the metaphor: An efficient optimization algorithm based on Runge Kutta method(2021)	624	2770	416	285	701	1.12
8	Heidari, Ali Asghar	An efficient binary Salp Swarm Algorithm with crossover scheme for feature selection problems(2018)	480	2674	392	268	660	1.38
9	Abdollahzadeh, Benyamin	African vultures optimization algorithm: A new nature-inspired metaheuristic algorithm for global optimization problems (2021)	665	1941	356	271	627	0.94
10	Khishe, Mohammad; Mosavi, M. R	Chimp optimization algorithm (2020)	648	1796	343	244	587	0.91

مقاله‌ی حیدری (Heidari, 2020 با عنوان " Slime mould algorithm: A new method for stochastic optimization" با 1781 استناد در صدر فهرست مقاله های پراستناد علوم کامپیوتر قرار دارد. این مقاله بالاترین میزان عمق مطلق (2228 را نیز داراست که حاصل 1315 پیونددهنده و 913 تأییدکننده ثانوی در شبکه است(جدول 1). همچنین با نسبت‌گیری عمق مطلق به تعداد استناد، شاخص عمق نسبی این شبکه برابر 1.25 محاسبه شده است؛ به این معنی که به‌طور میانگین، به ازای هر منبع آلتر، بیش از یک رابطه استنادی درون‌گروهی شکل گرفته است. این مقاله همچنین با 10730 پیوند، بالاترین تراکم شبکه را نیز داراست که نشان‌دهنده سطح بالای درهم‌تنیدگی و پویایی درونی شبکه استنادی آن است.

مقاله«Fundamental Limits of Caching» اثر مداح علی (Maddah-Ali, 2014)، در رتبه دوم از نظر شاخص عمق مطلق قرار دارد و به‌عنوان یکی از آثار برجسته در علوم کامپیوتر شناخته می‌شود. این اثر با کسب ۱۰۰۰ استناد، عمق مطلق ۱۳۴۰، ۷۸۷ پیونددهنده و ۵۵۳ تأییدکننده ثانوی، شاخص عمق

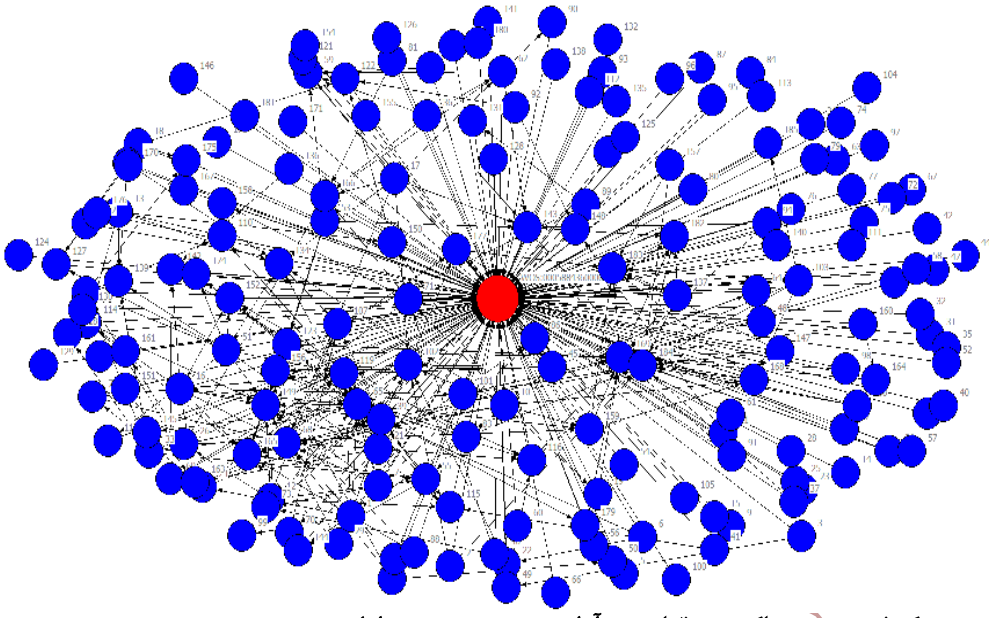
نسبی ۳۴.۱ را به دست آورده است. بررسی داده های مندرج در جدول 1 حاکی از آن است که مقاله های منتشرشده در سال‌های اخیر، به‌ویژه از 2018 تا 2021، به‌طور میانگین از مقادیر بالا تری در شاخص عمق نسبی برخوردارند. این امر عمدتاً به فرآیند نرمال‌سازی داده‌ها بازمی‌گردد؛ زیرا مقاله های جدیدتر با وجود فرصت کمتر برای دریافت استناد، معمولاً شبکه‌های استنادی درونی منسجم‌تری شکل می‌دهند که پس از نرمال‌سازی، منجر به افزایش مقدار شاخص عمق نسبی آن‌ها می‌شود.



نمودار 1. شاخص عمق مطلق در انتشارات علمی پراستناد دانشمندان ایرانی علوم کامپیوتر

الگوی نقاط در نمودار پراکندگی 1 نشان می‌دهد که با افزایش تعداد استنادهای مقاله ایگو، مقدار عمق مطلق نیز در بیشتر موارد افزایش می‌یابد. این روند بیانگر یک الگوی رشد هم‌سو در داده‌ها است. این یافته بیانگر آن است که مقاله های پراستناد، فراتر از دریافت استنادهای مستقیم، در بافت‌های استنادی متراکم‌تری قرار گرفته‌اند که در آن، استناددهندگان نه‌تنها به مقاله کانونی، بلکه به یکدیگر نیز استناد داده¬اند. یافته¬ها هم¬چنین بیانگر این است که اغلب مقاله های با تعداد استناد کمتر از 200، عمق مطلق پایینی دارند (کمتر از 300 استناد(و در بخش پایین‌چپ نمودار متمرکز شده‌اند. این الگو نشان‌دهنده شبکه‌های استنادی با ساختار ساده و کم‌تراکم است که در آن، روابط متقابل میان آلترها محدود است. در مقابل، با افزایش تعداد استناد (بالاتر از 200 استناد(، پراکندگی داده‌ها گسترش یافته و تنوع ساختاری شبکه‌ها آشکار می‌شود. نکته قابل توجه، حضور مقاله هایی با تعداد استناد متوسط (200–400 استناد(و عمق مطلق بالا (400–600 استناد(است. این یافته حاکی از آن است که برخی آثار، علیرغم عدم دستیابی به بالاترین سطوح استناد، به دلیل ماهیت موضوعی یا رویکرد پژوهشی خود، در شبکه‌های استنادی عمیق‌تر و متراکم‌تری جای گرفته‌اند. مقاله هایی با بیش از 700 استناد، عمق مطلقی فراتر از 1000 و در یک مورد، نزدیک به 2200 را ثبت کرده‌اند. این الگو حاکی از نقش محوری و بنیادین این آثار در شکل‌گیری ساختارهای دانش متراکم و پیچیده در علوم کامپیوتر ایران است؛ چرا که نه‌تنها مورد استناد قرار گرفته‌اند، بلکه زمینه‌ساز ایجاد روابط چندلا یه میان انتشارات استناددهنده به آن‌ها بوده‌اند (نمودار 1.(

زودآیند ویرایش نشده



نقشه 1. شبکه‌فردمحور شاکرمی، قبایی آرانی و شهیدی نژاد (Shakarami, Ghobaei-Arani &Shahidinejad, 2020 با عنوان "A survey on the computation offloading approaches in mobile edge computing: A machine learning-based perspective" به عنوان یک شبکه عمیق

مطابق نقشه 1 مقاله شاکرمی، قبایی ارانی و شهیدی نژاد (2020)به عنوان گره مرکزی در شبکه‌فردمحور علوم کامپیوتر، نقش کانونی ایفاء می‌کند. مرور نظامند، جامع و دقیق در مکانیسم‌های مبتنی بر یادگیری ماشین، نشان‌دهنده ی پرداختن این مقاله به یک شکاف دانشی مهم و پاسخ به نیازی مبرم در پیشینه های علمی است. این ماهیت کلیدی، مسئله‌محور مقاله و ارائه چالش های پژوهشی آینده، پتانسیل بالایی برای جذب استنادهای متعدد و قرار گرفتن در مرکز یک شبکه استنادی عمیق و پربار را فراهم آورده است. 185 استناد به عنوان "تعداد استناد منبع کانونی،" مؤید پذیرش گسترده این مقاله است. همچنین، وجود 224 پیوند میان آلترها، 421 پیونددهنده و 64 تأییدکننده ثانوی، همگی شواهدی قوی بر پیچیدگی و عمق ساختار استنادی پیرامون این مقاله محوری در علوم کامپیوتر هستند. این ارقام نه تنها نفوذ مستقیم مقاله را نشان می‌دهند، بلکه بازتاب دهنده ی روابط استنادی پیچیده میان سایر مقاله هایی است که به آن استناد داده یا با آن در ارتباطند و تأکید می‌کند که این مقاله در اکوسیستم استنادی فعال و متراکم جای گرفته است (نقشه 1.).

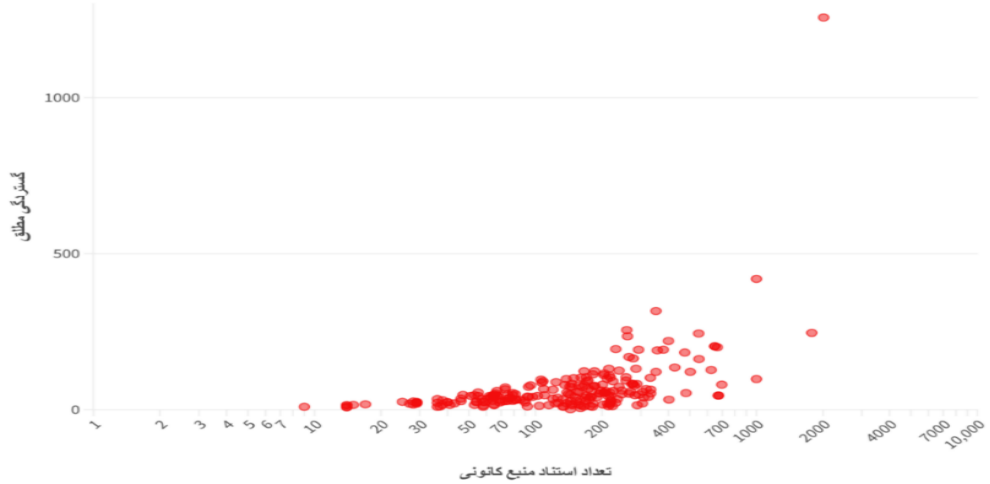
پاسخ به پرسش دوم پژوهش. شاخص» گستردگی مطلق« و »گستردگی نسبی« در جامعه پژوهش چگونه توزیع شده است؟

جدول2. شاخص گستردگی مطلق و نسبی در شبکه‌های استنادی فردمحور مقاله های پراستناد دانشمندان ایرانی علوم کامپیوتر

ردیف	پژوهشگر	عنوان منبع کانونی (سال انتشار)	تعداد استناد	گستردگی مطلق	گستردگی نسبی
1	Amir Masoud Rahmani	Global, regional, and national burden of stroke and its risk factors, 1990-2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019 (2021)	2013	1257	0.62
2	Hatamlou,	Multi-Verse Optimizer: a nature-inspired	1000	419	0.42

ردیف	پژوهشگر	عنوان منبع کانونی (سال انتشار)	تعداد استناد	گستردگی مطلق	گستردگی نسبی
	Abdolreza	algorithm for global optimization (2016)			
3	Amir Masoud Rahmani	Global mortality associated with 33 bacterial pathogens in 2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019 (2022)	351	316	0.9
4	Amir Masoud Rahmani	Cancer Incidence, Mortality, Years of Life Lost, Years Lived With Disability, and Disability-Adjusted Life Years for 29 Cancer Groups From 2010 to 2019 A Systematic Analysis for the Global Burden of Disease Study 2019 (2022)	259	255	0.98
5	Heidari, Ali Asghar	Slime mould algorithm: A new method for stochastic optimization (2020)	1781	246	0.14
6	Nadimi-Shahraki, Mohammad H.	An improved grey wolf optimizer for solving engineering problems (2021)	548	244	0.45
7	Amir Masoud Rahmani	The global burden of cancer attributable to risk factors, 2010-19: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019 (2022)	261	235	0.9
8	Basiri, Mohammad Ehsan	ABCDM: An Attention-based Bidirectional CNN-RNN Deep Model for sentiment analysis (2021)	205	220	0.55
9	Khishe, Mohammad	An advanced ACO algorithm for feature subset selection (2015)	648	203	0.31
10	Mosavi, M. R	Chimp optimization algorithm (2020)	648	203	0.31

بررسی اعداد و ارقام مندرج در جدول 2 حاکی از آن است که در میان مقاله های پراستناد دانشمندان ایرانی علوم کامپیوتر، مقاله «Global, regional, and national burden of stroke and its risk factors, 1990–2019» به قلم رحمانی (Rahmani,2021) با ۲۰۱۳ استناد، گستردگی مطلق ۱۲۵۷ و گستردگی نسبی ۰.۶۲، بیشترین تعداد استناد را به خود اختصاص داده است. این مقدار گستردگی نسبی نشان می‌دهد که بخش قابل‌توجهی از آلترهای این شبکه با یکدیگر رابطه استنادی برقرار نکرده‌اند و تنها وجه اشتراک آن‌ها، استناد به مقاله ی ایگو است. در رتبه دوم، مقاله«Multi - inspired algorithm for global optimization»-Verse Optimizer: a nature اثر حاتم لو (Hatamlou,2016) با ۱۰۰۰ استناد، گستردگی مطلق ۴۱۹ و گستردگی نسبی ۰.۴۲ قرار دارد که نشان‌دهنده ساختاری نیمه‌متراکم است؛ یعنی بخشی از آلترها با یکدیگر در تعامل استنادی هستند، در حالی که بخش دیگری تنها به مقاله اصلی استناد کرده‌اند. نگاهی کلی به اعداد و ارقام مندرج در خصوص پراکندگی شاخص گستردگی نسبی در جدول 2 حاکی از آن است که حدود 20 درصد مقاله های دارای گستردگی نسبی کمتر از 0.2، 45 درصد در بازه 0.2 تا 0.5 ، 25 درصد در محدوده 0.5 تا 0.8 و 10 درصد نیز دارای گستردگی نسبی بالاتر از 0.8 بوده‌اند. این توزیع بیانگر آن است که بخش عمده‌ای از مقاله های پراستناد علوم کامپیوتر از شبکه‌های استنادی با انسجام نسبتاً مطلوب برخوردار بوده و تنها در مقاله های جدیدتر و میان‌رشته‌ای، پراکندگی درونی شبکه افزایش یافته است.

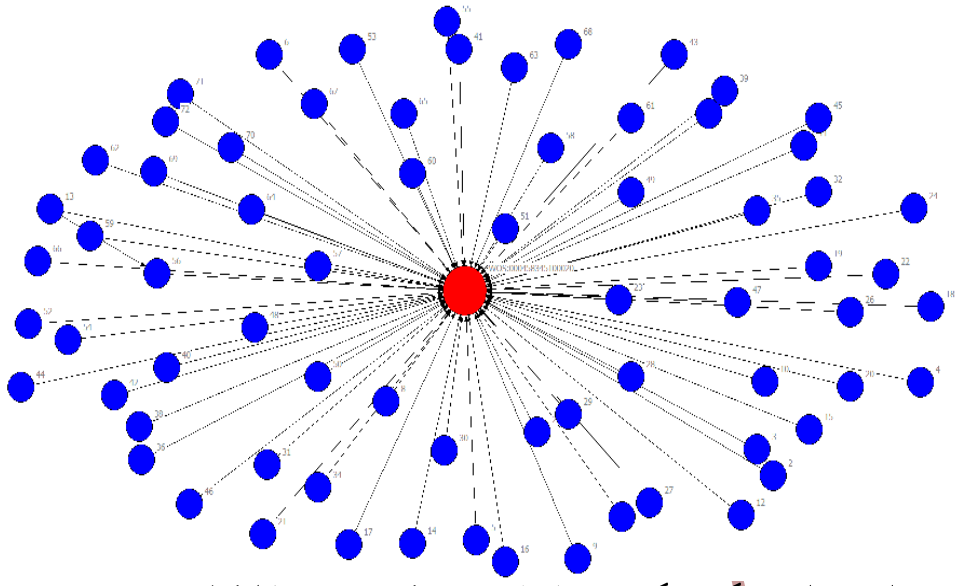


نمودار 2. شاخص گستردگی مطلق در مقاله های پراستناد دانشمندان ایرانی علوم کامپیوتر

نمودار پراکندگی ارائه شده، به تبیین رابطه میان "تعداد استناد منبع کانونی" (در محور افقی با مقیاس لگاریتمی از 1 تا 10000) و "گستردگی مطلق" (در محور عمودی با مقادیر از 0 تا بیش از 1000) در بستر مقاله های پراستناد دانشمندان ایرانی در علوم کامپیوتر می‌پردازد (نمودار 2.(بررسی داده های مندرج در این نمودار وجود یک همبستگی مثبت میان "تعداد استناد منبع کانونی" و "گستردگی مطلق" را آشکار می‌سازد. این همبستگی دلالت بر آن دارد که با افزایش تعداد استنادهای یک مقاله (به معنای افزایش مقاله هایی که به آن استناد می‌کنند)، تعداد منابع استناددهنده‌ای که خودشان هیچ ارتباط استنادی با یکدیگر ندارند نیز تمایل به افزایش می‌یابد. این پدیده نشان‌دهنده توانایی مقاله های پر استناد در جذب استنادها از منابع متنوع‌تر و مستقل‌تری است که لزوماً در یک "خوشه استنادی" متمرکز نیستند(نمودار 2.(

بررسی داده های نمودار 2 حاکی از وجود تراکم عمده نقاط داده در بخش پایینی و سمت چپ نمودار مذکور است که نشان‌دهنده مقاله هایی با "تعداد استناد منبع کانونی" نسبتاً پایین (کمتر از حدود 100 استناد) و "گستردگی مطلق" محدود (معمولاً زیر 200 استناد) است. نقاطی در نمودار مشاهده می‌شوند که با "تعداد استناد منبع کانونی" متوسط (مثلاً بین 100 تا 400 استناد(، دارای "گستردگی مطلق" نسبتاً بالایی (مثلاً بین 200 تا 400 استناد(هستند. در نهایت، در بخش راست نمودار، ظهور نقاطی با "تعداد استناد منبع کانونی" بسیار بالا (بالاتر از 700 استناد(چشمگیر است. این مقاله ها نه تنها از استنادهای بسیار بالایی برخوردارند، بلکه اغلب دارای "گستردگی مطلق" بالا یی نیز هستند که گاهی به بیش از 1000 استناد می‌رسد. نقطه اوج برجسته در این بخش از نمودار2، مقاله‌ای با "تعداد استناد منبع کانونی" در حدود 2000 تا 3000 استناد و "گستردگی مطلق" نزدیک به 1300 را نشان می‌دهد. این نقطه، نمایانگر یک اثر بنیادین یا بسیار تأثیرگذار است که توانسته است از طیف گسترده‌ای از منابع مستقل، استناد دریافت کند، که به نوبه خود نشان‌دهنده نفوذ گسترده و غیرمتمرکز آن در قلمرو علوم کامپیوتر در ایران است (نمودار 2.(

زودآیند ویرایش نشده



نقشه 2. نمایش شاخص گستردگی در شبکه‌فردمحور اصغری و همکاران) Asghari etal.,2019)

نقشه 2 نمایش شاخص گستردگی در شبکه‌فردمحور " Internet of things application: a systematic review" را به تصویر می‌کشد که توسط اصغری و همکاران منتشر شده است) Asghari etal., 2019.(این نقشه، به طور خاص برای به تصویر کشیدن و تأکید بر شاخص گستردگی مطلق این شبکه در علوم کامپیوتر ترسیم شده است. گستردگی 45 در این شبکه (نقشه 2(به مفهوم تعداد منابعی اشاره دارد که به مقاله مرکزی استناد داده اند، اما خودشان هیچ رابطه استنادی با سایر منابع استناددهنده به منبع کانونی ندارند. این ویژگی به وضوح بر پراکندگی و عدم تمرکز در دایره ی استناددهندگان به این اثر دلالت دارد و تأثیرگذاری گسترده و غیرمتمرکز مقاله در میان قلمروهای مختلف را برجسته می‌سازد. محتوای مقاله، که بر کاربردهای اینترنت اشیاء متمرکز است، تبیین‌کننده ماهیت گستردگی بالای این شبکه است. اینترنت اشیاء به دلیل ماهیت بین‌رشته‌ای و کاربردهای وسیع در ابعاد محاسباتی، نظارتی و محیطی، نقش حیاتی در خدمات و تسهیلات ایفاء می‌کند. ماهیت" مرور سیستماتیک" این مقاله که به جمع‌آوری، تحلیل و خلاصه‌سازی پیشینه های موجود در زمینه چ الش‌ها و راهکارهای مدیریت منابع، ارتباطات و امنیت در شبکه‌های اینترنت اشیاء پرداخته، آن را به یک مرجع کلیدی تبدیل کرده است.

بحث و نتیجه گیری

این پژوهش با هدف تحلیل ساختار شبکه‌های استنادی فردمحور در بروندادهای علمی دانشمندان پراستناد ایرانی علوم کامپیوتر انجام شد. یافته‌های حاصل، ابعاد کیفی تأثیرگذاری علمی را فراتر از معیارهای کمّی سنتی مانند شمار استنادها آشکار ساخت و نقش شاخص‌های «عمق» و «گستردگی« مطلق و نسبی را در شناسایی ساختارهای استنادی عمیق، منسجم و پویا برجسته کرد. این نتایج، ضمن همسویی با نظریه‌های رایج در علم‌سنجی، شواهد تجربی جدیدی از یک بستر جغرافیایی و موضوعی خاص) دانشمندان پراستناد ایرانی علوم کامپیوتر) ارائه می‌دهد که می‌تواند مبنایی برای سیاست‌گذاری‌های علمی و فناورانه در سطوح ملی و بین‌المللی فراهم آورد.

تحلیل شاخص‌های «عمق مطلق» و «عمق نسبی» نشان داد که برخی مقاله ها نه‌تنها از نظر کمّی، بلکه از حیث ساختاری و کیفی نیز نقشی محوری در جهت‌دهی جریان‌های پژوهشی ایفاء می‌کنند. به‌ویژه مقاله حیدری و همکاران) Heidari et al, 2020) با بالاترین میزان عمق مطلق و تراکم شبکه‌ای چشمگیر به‌منزله‌ی یک «پارادایم بنیادی» عمل کرده و یک «مکتب فکری» منسجم در الگوریتم‌های بهینه‌سازی هوشمند پدید آورده است. این انسجام درون‌شبکه‌ای، علاوه بر بازتاب نفوذ

گسترده علمی، بر پایداری و تأثیر بلندمدت آن در قلمرو علوم کامپیوتر نیز دلالت دارد.
شاخص «عمق نسبی» نیز امکان شناسایی آثار نوظهور با پتانسیل نوآورانه را فراهم ساخت. برای مثال، مقاله حیدری و همکاران (Heidari et al., 2019) با عنوان» An Efficient Chaotic Mutative Moth-Flame-Inspired Optimizer for Global Optimization Tasks» با تنها ۲۱۲ استناد، عمق نسبی ۴۴.۱ را کسب کرده است؛ رقمی که تراکم بالای روابط استنادی متقابل میان آثار را نشان می‌دهد. این الگو، همسو با تحلیل‌های آکسنز و همکاران (Aksnes et al., 2019) و والتمن و وان اک (Waltman & Van Eck, 2015) اهمیت نرمال‌سازی ساختاری را در ارزیابی تأثیرگذاری علمی تأیید می‌کند. در تحلیل شاخص‌های «گستردگی مطلق» و «گستردگی نسبی»، دو الگوی متمایز در شبکه‌های استنادی فردمحور شناسایی شد. نخست، الگوی شبکه‌های متراکم و همگرا در مقاله‌های بنیادین الگوریتم‌های فراابتکاری، نظیر «Slime Mould Algorithm» اثر حیدری و همکاران (Heidari et al., 2020) با ۱۷۸۱ استناد و گستردگی نسبی ۱۴.۰ یا مقاله «Fundamental Limits of Caching» اثر مداح علی (Maddah-Ali, 2014) با عمق نسبی ۳۴.۱ که بیانگر انسجام فکری بالا و تمرکز دانشی پیرامون آثار محوری است. این الگو با نتایج (Waltman & Van Eck, 2015) و (Glänzel & Schubert, 2005) هم‌راستا است. دوم، الگوی شبکه‌های پراکنده در مقاله‌های میان‌رشته‌ای و بین‌المللی، مانند مطالعات «Global Burden of Disease (GBD)»، نظیر مقاله رحمانی (Rahmani, 2021) با گستردگی نسبی ۶۲.۰، که با یافته‌های (Leydesdorff, 2007) در خصوص ماهیت پراکندگی در شبکه‌های میان‌رشته‌ای همخوانی دارد. در مجموع، این دو الگو، یعنی شبکه‌های متراکم (عمق بالا، گستردگی پایین) در مقابل شبکه‌های پراکنده (عمق پایین، گستردگی بالا)، الگویی دووجهی از اکوسیستم پژوهشی علوم کامپیوتر در ایران را ترسیم می‌کنند.
این یافته‌ها ضمن تأیید مفاهیم بین‌المللی چون مقاله های بنیادین (Bornmann et al., 2010)، درخت پراکندگی نفوذ (Mohapatra et al., 2019) و چارچوب عمق و گستردگی (Stern & Tol, 2021)شواهد تجربی آن‌ها را در بستر پژوهش‌های ایرانی علوم کامپیوتر مستندسازی کند. همچنین، پویایی‌های مرتبط با افزایش عمق نسبی در آثار جدیدتر، با نظریه «تغییر پارادایم» کوهن و مفهوم «اثرات متیو» قابل تبیین است؛ هرچند در این زمینه، نرمال‌سازی ساختاری نقشی محوری‌تر ایفاء می‌کند. مقایسه با سایر مطالعات نیز بینش‌های معناداری فراهم ساخت. در قیاس با پژوهش سهیلی و عصاره (1392) در علم اطلاعات و دانش‌شناسی، شاخص‌های عمق در علوم کامپیوتر به‌طور میانگین بالاتر بود؛ تفاوتی که احتمالاً از ماهیت تخصصی‌تر و چرخه نوآوری سریع‌تر علوم کامپیوتر ناشی می‌شود (Bu et al., 2021; Yang et al., 2024) . در مقابل، یافته‌های پژوهش جعفری (1394) در فناوری هسته‌ای نشان داد که میزان «عمق نسبی» به‌مراتب پایین‌تر است؛ وضعیتی که آهوجا (Ahuja, 2000) آن را نتیجه ضعف انسجام دانشی در جوامع علمی کوچک و میان‌رشته‌ای می‌داند. این نتایج مؤید آن است که ساختار شبکه‌های استنادی، علاوه بر قلمرو موضوعی، به ویژگی‌های ساختاری جامعه علمی مانند اندازه، تمرکز موضوعی و سطح بین‌المللی‌شدن نیز وابسته است.
زمان انتشار نیز در تبیین ساختار عمق و گستردگی اهمیت دارد. در سال‌های اولیه پس از انتشار یک مقاله، شبکه استنادی پیرامون آن معمولاً در مرحله «تشکیل» است و روابط آلتر–آلتر هنوز فرصت خلق گسترده نیافته‌اند؛ در نتیجه، مقاله‌های جدید ممکن است عمق نسبی بیشتری صرفاً به دلیل سرعت هم‌گرایی اولیه نشان دهند، در حالی که گستردگی آن‌ها در این مرحله کم است. برعکس، آثار قدیمی‌تر با طی‌کردن چرخه تکامل شبکه، معمولاً ساختارهای بالغ‌تری از پیونددهندگان، تأییدکنندگان ثانوی و گره‌های منفصل ایجاد می‌کنند. مقایسه شبکه‌های مقاله‌های جدیدتر با آثار قدیمی‌تر نشان می دهد که مقاله‌های تازه‌منتشر شده، به دلیل محدودیت زمانی در شکل‌گیری روابط آلتر–آلتر، معمولاً گستردگی مطلق پایین‌تری دارند. در مقابل، عمق نسبی این آثار ممکن است به دلیل تمرکز مقطعی جامعه علمی بر روی یک موضوع نوظهور، بالاتر ثبت شود. بنابراین، بخشی از تفاوت میان مقاله‌های

جدید و قدیمی در شاخص‌های عمق و گستردگی ناشی از چرخه زمانی بلوغ شبکه است.
به‌طور کلی، تحلیل شبکه‌های استنادی فردمحور پژوهشگران ایرانی علوم کامپیوتر نشان داد که ارزیابی اثربخشی علمی، صرفاً با تکیه بر شاخص‌های کمّی سنتی، ناکافی و گمراه‌کننده است. شاخص‌های «عمق» و «گستردگی» امکان شناسایی آثار محوری با نقش ساختاری را فراهم می‌کنند؛ آثاری که نه‌تنها پراستناد هستند بلکه در شکل‌دهی به شبکه دانش نیز تأثیرگذارند. همچنین، پویایی این شاخص‌ها نشان داد که مقاله های قدیمی‌تر به‌سوی شبکه‌های متراکم و منسجم گرایش دارند، در ح الی که آثار جدیدتر با گستردگی نسبی بالاتر، نشانگر فاز اولیه‌ی پذیرش و انتشار ایده‌های نو هستند.
در نتیجه، این پژوهش تأکید می‌کند که ارزیابی کیفی تأثیر علمی در علوم کامپیوتر، نیازمند تلفیق ابعاد «عمق» و «گستردگی» در چارچوب شبکه‌های استنادی فردمحور است. این رویکرد نه‌تنها امکان تمایز میان آثار صرفاً پراستناد و آثار بنیادین را فراهم می‌کند، بلکه ابزاری تحلیلی برای سیاست‌گذاری پژوهشی، شناسایی رهبران فکری و حمایت هدفمند از نوآوری‌های نوظهور در مراحل اولیه ارائه می‌دهد.
در نهایت، با تلفیق دیدگاه‌های بین‌المللی و ویژگی‌های بومی اکوسیستم علمی ایران، این پژوهش گامی مؤثر در جهت ارزیابی چندبعدی و ساختاری تأثیرگذاری علمی در علوم کامپیوتر برداشته است. پیشنهاد می‌شود در آینده، این چارچوب به سایر قلمروهای علمی و کشورهای در حال توسعه تعمیم یابد تا درک جامع‌تری از پویایی‌های ساختاری شبکه‌های استنادی در بسترهای فرهنگی و علمی گوناگون حاصل شود.
مقایسه تحلیلی میان یافته‌های حاصل از شاخص‌های ساختاری عمق و گستردگی با نتایج شاخص‌های سنتی «تعداد استنادها» و «شاخص هرش» نشان می‌دهد که اگرچه این دو رویکرد در شناسایی سطح کلی اثرگذاری هم‌گرایی دارند، اما در تبیین کیفیت و ماهیت این تأثیرگذاری تفاوت‌های بنیادینی وجود دارد. شاخص هرش به‌عنوان یکی از پرکاربردترین معیارهای ارزیابی، با وجود محبوبیت، از کاستی‌های ساختاری آشکاری رنج می‌برد که نتایج این پژوهش بر آن‌ها صحه می‌گذارد؛ نقطه ضعف اساسی این شاخص آن است که با ترکیب تعداد تولیدات و استنادها در یک عدد، ماهیت کیفی و توپولوژیک روابط علمی را مسطح می‌کند و نمی‌تواند تفاوتی میان «تأثیر متمرکز و عمیق» که نشان‌دهنده شکل‌دهی به یک مکتب فکری است و «تأثیر پراکنده و سطحی» که ناشی از استنادهای میان‌رشته‌ای گذرا می‌باشد، قائل شود (Bornmann & Haunschild, 2018; Thelwall et al., 2023). در واقع، در حالی که پژوهش‌های مبتنی بر شمارش استنادها (Garfield, 1964, 1972) و شاخص هرش صرفاً بر بعد کمّی نفوذ علمی تمرکز دارند و اغلب نمی‌توانند تفاوتی میان مقالاتی با تعداد استناد برابر قائل شوند؛ به‌طوری‌که یک مقاله با استنادهای متمرکز و عمیق هم‌رده با مقاله‌ای با استنادهای پراکنده و میان‌رشته‌ای ارزیابی می‌شود (Aksnes et al., 2019)، نتایج این پژوهش با بهره‌گیری از شاخص‌های عمق و گستردگی، کاستی‌های ناشی از نادیده گرفتن توپولوژی شبکه استنادی را برطرف می‌سازد. بر این اساس، شاخص هرش بر پایه فرض ساده‌سازی‌کننده‌ای بنا شده که تمام استنادها وزن و نقش یکسانی در شبکه دانش دارند، در حالی که یافته‌های حاصل از شاخص‌های «عمق» و «گستردگی» در این مقاله نشان می دهد که ساختار شبکه استنادی تعیین‌کننده است؛ به‌گونه‌ای که مقالاتی با عمق نسبی بالا (مانند آثار بنیادین در الگوریتم های بهینه سازی) نقشی هسته‌ای و پایدار ایفاء می‌کنند که در شاخص هرش تنها به‌عنوان یک عدد در مجموع استنادهای نویسنده منعکس می‌شود و هویت مستقل خود را از دست می دهد. بنابراین، در حالی که نتایج مبتنی بر شاخص هرش و تعداد استناد صرفاً سطح کلی اثرگذاری را گزارش می‌دهند و از تفکیک «مکاتب فکری منسجم» (عمق بالا) از «نفوذ پراکنده» (گستردگی بالا) ناتوان‌اند، رویکرد شبکه‌ای این مقاله آشکار ساخت که تأثیرگذاری واقعی فراتر از یک عدد کمّی است و محصول نوع اتصال و ساختار روابط در شبکه علمی می‌باشد؛ امری که شاخص‌های سنتی نظیر هرش قادر به بازتاب آن نیستند.

پیشنهادهای اجرایی پژوهش

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که ساختار شبکه‌های استنادی مقاله های پراستناد علوم کامپیوتر دارای سه الگوی متمایز است: مقاله های با عمق بالا و گستردگی پایین، مقاله های با گستردگی بالا و عمق کمتر و مقاله های جدید با عمق نسبی بالا و استنادهای محدود. بر این اساس، پیشنهادهای اجرایی زیر که کاملا ً مبتنی بر نتایج پژوهش و منطبق با ویژگی‌های حوزه علوم کامپیوتر هستند، ارائه می‌شود:

1. به‌کارگیری مقاله های دارای عمق بالا و گستردگی پایین برای هدایت تحقیقات هسته‌ای علوم کامپیوتر: این گروه از مقاله ها شبکه‌ای منسجم و متمرکز ایجاد کرده‌اند و درنتیجه می‌توانند به‌عنوان آثار «بنیادین» در زیرشاخه‌های تخصصی همچون یادگیری ماشین، الگوریتم‌ها و معماری‌های محاسباتی مورد استفاده قرار گیرند. پیشنهاد می‌شود در تدوین دروس تخصصی، تعیین حوزه‌های کلیدی تحقیقاتی، هدایت پایان‌نامه‌ها و پروژه‌های تحصیلا ت تکمیلی از این مقاله ها بهره گرفته شود.
2. تقویت همکاری‌های میان‌رشته‌ای بر پایه مقاله های دارای گستردگی بالا: مقاله های این گروه از حوزه‌های مختلف علوم کامپیوتر و حتی رشته‌های مرتبط استناد دریافت کرده‌اند و بیانگر نقش میان‌رشته‌ای هستند. پیشنهاد می‌شود طرح‌های مشترک میان حوزه‌هایی مانند شبکه، هوش مصنوعی، محاسبات تکاملی و مهندسی نرم‌افزار شکل گیرد و از این مقاله ها برای شناسایی موضوعات پیونددهنده جهت توسعه پژوهش‌های میان‌رشته‌ای استفاده شود.
3. حمایت از حوزه‌های نوظهور بر اساس الگوی عمق نسبی بالا در مقاله های جدید: نتایج نشان داد برخی مقاله های جدید (۲۰۱۸ تا ۲۰۲۱) اگرچه استنادهای کمتری دارند، اما شبکه‌های عمیقی در حال شکل‌گیری دارند. این الگو نشان می‌دهد موضوعات مربوط به آن‌ها در مرحله رشد سریع قرار دارند. بنابراین پیشنهاد می‌شود این حوزه‌ها به‌عنوان «مناطق نوآورانه« شناسایی شوند و مورد توجه در سیاست‌گذاری آینده پژوهشی قرار گیرند.

پیشنهاد برای پژوهش های آتی

1. از آنجایی که جامعه پژوهش حاضر از نظر جغرافیایی محدود به ایران است و سایر کشورها در این مقاله مورد مطالعه قرار نگرفته اند، پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی، ساختار شبکه‌های استنادی فردمحور مقاله های پراستناد پژوهشگران بین‌المللی علوم کامپیوتر با استفاده از شاخص‌های گوناگون از جمله «عمق» و «گستردگی» تحلیل گردد و یافته‌های بدست آمده با نتایج به پژوهش حاضر مقایسه شود و الگوهای مشترک یا متمایز در سطح جهانی شناسایی گردند.
2. با توجه به اینکه در این مقاله به شاخص های عمق و گستردگی پرداخته شده و پدیده خوداستنادی مورد بررسی قرار نگرفته است، پیشنهاد می‌شود در پژوهشی مستقل پدیده خوداستنادی در شبکه‌های فردمحور به‌صورت جامع مورد مطالعه قرار گیرد. با توجه به اینکه خوداستنادی می‌تواند بر شاخص‌های علم‌سنجی و ساختار ارتباطات علمی پژوهشگران تأثیرگذار باشد، تحلیل آن در بستر شبکه‌های فردمحور منجر به درک عمیق‌تر ازچگونگی شکل‌گیری و پویایی این شبکه¬ها خواهد شد.
3. پیشنهاد می‌شود عوامل مؤثر بر شکل‌گیری شاخص‌های «عمق» و «گستردگی« از جمله کیفیت محتوایی) مانند نوآوری و روش‌شناسی،(دسترسی آزاد، اعتبار نشریه، سال انتشار و استراتژ ی‌های همکاری پژوهشی مورد بررسی قرار گیرد تا درک علی این شاخص‌ها تقویت شده و زمینه برای مدل‌سازی پیش‌بینی‌کننده تأثیرگذاری ساختاری فراهم آید.

4. با توجه به اینکه در این مقاله قلمرو موضوعی علوم کامپیوتر بررسی شده بود، پیشنهاد می‌شود مطالعه شاخص‌های «عمق» و «گستردگی» سایر قلمروهای موضوعی ESI انجام شود و الگوهای شبکه‌ای در این قلمروها با یافته‌های این مقاله مقایسه شود تا ویژگی‌های قلمروهای موضوعی و تعمیم‌پذیری این شاخص‌ها ارزیابی گردد.

5. در این مقاله صرفاً مقاله های پراستناد تحلیل و بررسی گردید. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده، مقاله های داغ[1] یا مقاله های برتر [2] به‌عنوان جامعه پژوهش انتخاب شوند و با استفاده از شاخص‌های «عمق» و «گستردگی»، تفاوت‌های ساختاری بین تأثیرگذاری کوتاه‌مدت و بلندمدت مورد تحلیل قرار گیرد.

6. پیشنهاد می‌شود سطح تحلیل فراتر از آلترهای مستقیم گسترش یابد از طریق استخراج استنادهای آلترها و ایجاد شبکه‌های چندلایه و فیلترهای موضوعی یا کیفی) مانند هم‌موضوع بودن، سال انتشار یا ضریب تأثیر مجله(در انتخاب آلترها اعمال شود تا دقت و تفسیرپذیری شاخص‌های «عمق» و «گستردگی» افزایش یابد.

7. پیشنهاد می‌شود مطالعات مشابه در پایگاه‌های استنادی دیگری مانند اوپن آلکس[3] و اسکاپوس[4] انجام شود و مقادیر شاخص‌های «عمق» و «گستردگی» در این پایگاه‌ها با یافته‌های مجموعه هسته وبگاه علم مقایسه گردد تا پایداری، قابلیت تعمیم و وابستگی این شاخص‌ها به پوشش داده‌های هر پایگاه ارزیابی شود.

8. پیشنهاد می‌شود پویایی شاخص‌های «عمق» و «گستردگی» در طول زمان به‌ویژه در بازه‌های 3، 5 و 10 ساله پس از انتشار مورد رصد قرار گیرد تا الگوها شناسایی شده و نقش این شاخص‌ها در شناسایی آثار بنیادین و نوآورانه روشن‌تر گردد.

9. پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آتی اثر سن علمی، تعداد سال‌های فعالیت پژوهشی و فاصله زمانی میان مقاله های نویسندگان را بر ساختار شبکه‌های فردمحور تحلیل کنند.

تقدیر و تشکر

مقاله حاضر مستخرج از طرح پژوهشی با عنوان "ساختار چندبعدی شبکه‌های استنادی انتشارات پژوهشگران پراستناد ایرانی علوم رایانه" است. نویسندگان مقاله حاضر از معاونت پژوهشی مؤسسه استنادي و پايش علم و فناوري جهان اسلام (ISC) قدردانی می کنند.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که در خصوص انتشار این مقاله، تضاد منافع وجود ندارد. علاوه بر این، موضوعات اخلاقی، از جمله سرقت ادبی، رضایت آگاهانه، سوءرفتار، جعل داده‌ها، انتشار و ارسال مجدد و مکرر، همچنین سیاست مجله در قبال استفاده از هوش مصنوعی توسط نویسندگان، رعایت شده است.

[1]. Hot Papers
[2]. Top Papers
[3]. Open Alex
[4] Scopus

فهرست منابع

تاج‌الدینی، ا.، سهیلی، ف.، و سادات موسوی، ع. (1398). سنجه‌های مرکزیت در شبکه‌های هم نویسندگی: هم‌افزایی یا هم زدایی در عملکرد پژوهشی پژوهشگران. *فصلنامه پردازش و مدیریت اطلاعات*.*34*(3)، 1452-1433.
JIPM010.2019.044/10.35050/https://doi.org

تاجر، پ.، فخر احمد، م.، جوکار، ع.، خرمایی، ع.، ستوده، ه. (1398). بافتارهای استناد مقاله‌های علم اطلاعات. *مطالعات ملی کتابداری و سازمان‌دهی اطلاعات*،*30*(3)، 44-24.
nastinfo.2019.1939.1741./10.30484/https://doi.org

حسن‌زاده، م. ، خدادوست، ر.، زندیان، ف. (1391). بررسی شاخص‌های هم تألیفی، مرکزیت بینیت و چاله‌های ساختاری دانشمندان نانو فناوری ایران نمایه شده در نمایه استنادی علوم (1991 تا 2011). *پردازش و مدیریت اطلاعات*، *28*(1)، 249-223.
https://jipm.irandoc.ac.ir/article_699192.html

جعفری، ح. (1394). *تحلیل استنادی و ترسیم نقشه تولیدات علمی دانشمندان حوزه فیزیک هسته‌ای ایران در پایگاه استنادی علوم از ابتدا تا سال 2013* [پایان‌نامه کارشناسی ارشد منتشر نشده]. دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی دانشگاه علامه طباطبایی.
https://elmnet.ir/doc/10933738-94951

سهیلی، ف. عصاره، ف. فرج پهلو، ع. ح. (1392). تحلیل ساختار شبکه‌های اجتماعی هم‌نویسندگی پژوهشگران علم اطلاعات. *فصلنامه پردازش و مدیریت اطلاعات*، *29*(1)، 210-191.
https://doi.org/10.35050/JIPM010.2013.008

سهیلی، ف.، عصاره، ف. (1392). مفاهیم مرکزیت و تراکم در شبکه‌های علمی و اجتماعی. *مطالعات ملی کتابداری و سازماندهی اطلاعات*، *24*(3)، 108-92.
https://nastinfo.nlai.ir/article_64.html

نعمت الهی، ز.، خادمی زاده، ش.، دانش، ف.، و قضاوی، ر. (1403). شاخص‌های شبکه‌های ایگومحور: مرور نظام‌مند. *مطالعات کتابداری و سازماندهی اطلاعات*، *35*(1)، 74-39.
nastinfo.2023.3479.2239/10.30484/https://doi.org

یمین فیروز، م.، طهماسبی، خ.، امیری، س.، و یداله پور، م. (1400). تحلیل استناد، خوداستنادی و شاخص اچ در مطالعات مذهبی جهان: یک مطالعه علم سنجی. *قرآن و طب*، *6*(2)، 40-32.
https://www.sid.ir/paper/1012540/fa

Ahuja, G. (2000). Collaboration networks, structural holes, and innovation: A longitudinal study. *Administrative Science Quarterly*, *45*(3), 425–455.https://doi.org/10.2307/2667105

Aksnes, D. W., Langfeldt, L., & Wouters, P. (2019). Citations, citation indicators, and research quality: An overview of basic concepts and theories. *SAGE Open*, *9*(1), 1-17. https://doi.org/10.1177/2158244019829575

Asghari, P., Rahmani, A. M., & Javadi, H. H. S. (2018). Internet of things applications: A systematic review. *Computer Networks*, *148*, 241–261. https://doi.org/10.1016/j.comnet.2018.12.008

Bornmann, L., Mutz, R., & Daniel, H. (2010). A reliability-generalization study of journal peer reviews: A multilevel meta-analysis of inter-rater reliability and its determinants. *PLoS ONE*, *5*(12), e14331. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0014331

Bornmann, L., & Haunschild, R. (2018). Do altmetrics correlate with the quality of papers? A large-scale empirical study based on F1000Prime data. *PLoS ONE*, *13*(5), e0197133. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197133

Bu, Y., Lu, W., Wu, Y., Chen, H., & Huang, Y. (2020). How wide is the citation impact of scientific publications? A cross-discipline and large-scale analysis. *Information Processing & Management*, *58*(1), 102429. https://doi.org/10.1016/j.ipm.2020.102429

Bu, Y., Waltman, L., & Huang, Y. (2021). A multidimensional framework for characterizing the citation impact of scientific publications. *Quantitative Science Studies*, *2*(1), 155–183. https://doi.org/10.1162/qss_a_00109.

Chakraborty, T., Joshi, A., Paul, P. S., & Bhatia, S. (2021). Wider, or deeper! on predicting future of scientific articles by influence dispersion tree. In *Springer eBooks* (pp. 151–176). https://doi.org/10.1007/978-3-030-86668-6_7

Garfield, E. (1964). "Science Citation Index"—A new dimension in indexing. *Science*, *144*(3619), 649–654. https://doi.org/10.1126/science.144.3619.649

Garfield, E. (1972). Citation analysis as a tool in journal evaluation. *Science*, *178*(4060), 471–479. https://doi.org/10.1126/science.178.4060.471

Glänzel, W., & Schubert, A. (2004). Analysing scientific networks through co-authorship. In H. F. Moed, W. Glänzel, & U. Schmoch (Eds.), *Handbook of Quantitative Science and Technology Research* (pp. 257–276). Springer. https://doi.org/10.1007/1-4020-2755-9_12

Borgatti, S. P., & Halgin, D. S. (2012). An introduction to personal network analysis and tie churn statistics using E-NET. *Connection Science*, *32*(1), 37-48. https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A9%3A12858553/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Agcd%3A88017711&crl=c&link_origin=scholar.google.com

Dougherty, M. R., & Horne, Z. (2022). Citation counts and journal impact factors do not capture some indicators of research quality in the behavioural and brain sciences. *Royal Society Open Science*, *9*(8), 220334. https://doi.org/10.1098/rsos.220334

Hassanzadeh, M., Khodadoust, R., & Zandian, F. (2012). An analysis of co-authorship indicators, betweenness centrality, and structural holes of Iranian nanotechnology scientists indexed in the Science Citation Index (1991–2011). *Information Processing and Management Quarterly, 28*(1), 223–249. https://jipm.irandoc.ac.ir/article_699192.html **[In Persian]**.

Jafari, H. (2015). *Citation Analysis and Mapping of the Scientific Output of Iranian Nuclear Physicists in the Science Citation Index from the Beginning to ,2013* [Unpublished master's dissertation]. Allameh Tabataba'i University Faculty of Psychology and Educational Sciences, Tehran, Iran. https://elmnet.ir/doc/10933738-94951 **[In Persian]**.

Leydesdorff, L. (2007). Betweenness centrality as an indicator of the interdisciplinarity of scientific journals. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, *58*(9), 1303–1319. https://doi.org/10.1002/asi.20614

Liu, Y., & Rousseau, R. (2019). Ego citation networks considered as domination networks. *Journal of Scientometric Research*, 8(1), 1–8. https://doi.org/10.5530/jscires.8.1.1

McCarty, C., Lubbers, M. J., Vacca, R., & Molina, J. L. (2019). *Conducting personal network research: A Practical Guide.* The Guilford Press. https://psycnet.apa.org/record/2019-08290-000

Min, C., Ding, Y., Li, J., Bu, Y., Pei, L., & Sun, J. (2018). Innovation or imitation: The diffusion of citations. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, *69*(10), 1271–1282. https://doi.org/10.1002/asi.24047

Mingers, J., & Leydesdorff, L. (2015). A review of theory and practice in scientometrics. *European Journal of Operational Research*, *246*(1), 1–19. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.04.002

Mohapatra, D., Maiti, A., Bhatia, S., & Chakraborty, T. (2019). Go wide, go deep: Quantifying the impact of scientific papers through influence dispersion trees. In *The ACM/IEEE-CS Joint Conference on Digital Libraries (JCDL)* (pp. 305–314). https://doi.org/10.1109/jcdl.2019.00051

- Neamatollahi, Z., Khademizadeh, S., Danesh, F., & Ghazavi, R. (2024). Ego centric network indicators: A systematic review. *Library and Information ,Organization Studies* 74.– 39,*35*(1) https://doi.org/10.30484/nastinfo.2023.3479.2239 **[In Persian].**

Pan, X., Yan, E., Cui, M., & Hua, W. (2018). Examining the usage, citation, and diffusion patterns of bibliometric mapping software: A comparative study of three tools. *Journal of Informetrics*, *12*(2), 481–493. https://doi.org/10.1016/j.joi.2018.03.005.

Perry, B. L., Pescosolido, B. A., & Borgatti, S. P. (2018). *Ego-Centric Network Analysis: Foundations, Methods, and Models* (Series: Structural Analysis in the Social Sciences). Cambridge University Press.
https://www.cambridge.org/gb/universitypress/subjects/sociology/research-methods-sociology-and-criminology/egocentric-network-analysis-foundations-methods-and-models?format=HB&isbn=9781107131439

Pescosolido, B. A., & Rubin, B. A. (2000). The web of group affiliations revisited: Social life, postmodernism, and sociology. *American Sociological Review*, *65*(1), 52–76. https://doi.org/10.1177/000312240006500104

Shakarami, A., Ghobaei-Arani, M., & Shahidinejad, A. (2020). A survey on the computation offloading approaches in mobile edge computing: A machine learning-based perspective. *Computer Networks*, 182(1), 107496. https://doi.org/10.1016/j.comnet.2020.107496.

Shibayama, S., & Wang, J. (2020). Measuring originality in science. *Research* 103918.,*Policy, 49*(4) https://doi.org/10.1016/j.respol.2020.103918

Soheili, F., Osareh, F. & Farajpahloo, A.H. (2014). Social network analyses of *Information Processing and* information science researchers co-authorship. 191-210., 29(1),*Management Quarterly* https://doi.org/10.35050/JIPM010.2013.008 **[In Persian].**

Soheili, F., & Osareh, F. (2013). Concepts of centrality and density in scientific and social networks. *National Studies on Librarianship and Information* 108.– 92,*Organization, 24*(3) https://nastinfo.nlai.ir/article_64.html **[In**

Persian].

Stern, D. I., & Tol, R. S. J. (2021). Depth and breadth relevance in citation metrics. *Economic Inquiry*, *59*(3), 961–977. https://doi.org/10.1111/ecin.12994

-Tajeddini, U., Sohili, F., & Sadat Mousavi, A. (2019). Centrality metrics in co authorship networks: Synergy or antagonism in researchers' scientific performance. ,*Information Processing and Management Quarterly* ,*34*(3) 1452.–1433 https://doi.org/10.22054/pimj.2019.41503.1710 . **[In Persian].**

Tajer, P., Fakhr Ahmad, S. M., Joukar, A., Khorramayi, A., & Setoudeh, H. (2019). Citation contexts in library and information science articles. *National Studies ,on Librarianship and Information Organization* 44.– 24,*30*(3) doi.org/10.30484/nastinfo.2019.219085.1558//:https **[In Persian].**

Thelwall, M., Kousha, K., Stuart, E., Makita, M., Abdoli, M., Wilson, P., & Levitt, J. (2023). In which fields are citations indicators of research quality?. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, *74*(8), 941-953. https://doi.org/10.1002/asi.24767.

Vinkler, P. (2010). Indicators are the essence of scientometrics and bibliometrics. *Scientometrics*, *85*(3), 861–866. https://doi.org/10.1007/s11192-010-0159-y.

Waltman, L. (2016). A review of the literature on citation impact indicators. *Journal of Informetrics*, *10*(2), 365–391. https://doi.org/10.1016/j.joi.2016.02.007

Waltman, L., & Van Eck, N. J. (2015). Field-normalized citation impact indicators and the choice of an appropriate counting method. *Journal of Informetrics*, *9*(4), 872–894. https://doi.org/10.1016/j.joi.2015.08.001

Wang, J., Veugelers, R., & Stephan, P. (2017). Bias against novelty in science: A cautionary tale for users of bibliometric indicators. *Research Policy*, *46*(8), 1416–1436. https://doi.org/10.1016/j.respol.2017.06.006

Wang, T., Li, Z., & Zhang, J. (2022). Ego-centric visual analysis of dynamic citation network. *Journal of Visualization*, *25*(6), 1343–1360. https://doi.org/10.1007/s12650-022-00862-7

:White, H. D. (2001). Author-centered bibliometrics through CAMEOs Characterizations automatically made and edited online. ,*Scientometrics* 637.– 607,*51*(3) https://doi.org/10.1023/A:1019607522125

Wu, L., Wang, D., & Evans, J. A. (2019). Large teams develop and small teams disrupt science and technology. *Nature*, *566*(7744), 378–382. https://doi.org/10.1038/s41586-019-0941-9.

Yaminfirooz, M., Tahmasebi, S., Amiri, K., Yadollahpour, M. (2021). Citation analysis, self-citation, and h-Index in world religious studies: A scientometric study. 32-40., 6(1),*Journal of Quran and Medicine* https://www.sid.ir/paper/1012540/fa **[In Persian].**

Yan, E., & Ding, Y. (2010). Discovering author impact: A pagerank perspective. *Information Processing & Management*, *47*(1), 125–134.

https://doi.org/10.1016/j.ipm.2010.05.002
Yang, J., Wu, L., & Lyu, L. (2024). Research on scientific knowledge evolution patterns based on ego-centered fine-granularity citation network. *Information Processing & Management*, *61*(4), 103766. https://doi.org/10.1016/j.ipm.2024.103766 .

tific Publishing. https://doi.org/10.1142/8102

زودآیند ویرایش نشده