

شناسایی مدارک علمی دگرگون ساز بر اساس شاخص سیگما: حوزه دانشی مدل‌سازی عامل‌بنیان در علوم اجتماعی

سعید روشنی^{۱*}

جهانیار بامدادصوفی^۲

سروش قاضی نوری^۳

مقصود امیری^۴

چکیده

هدف: هدف این مقاله شناسایی و کشف مدارک علمی است که بطور بالقوه دارای خاصیت دگرگون‌سازی در طول زمان بوده و ساختار یک حوزه علمی (در این پژوهش مدل‌سازی عامل بنیان) را تحت تأثیر قرار می‌دهند. دگرگون‌سازی به خاصیتی از مدارک علمی اشاره دارد که بر اساس آن یک مدرک علاوه بر اینکه شکاف‌های ارتباطی شبکه‌های مختلف را با یک ساختار علمی پر می‌کند بلکه خود مبنای توسعه و گسترش یک حوزه دانشی در شبکه‌های علمی مرتبط با یک ساختار علمی می‌گردد.

روش‌شناسی: روش مورد استفاده در این پژوهش تحلیل هم‌استنادی بوده و از شاخص سیگما به منظور شناسایی مدارک دگرگون‌ساز استفاده شده است. بر این اساس نرخ شکوفایی هر یک از مدارک در طول زمان و مرکزیت بینابینی هر یک از گره‌های موجود در شبکه محاسبه و به منظور سنجش شاخص سیگما مورد بررسی قرار گرفته‌اند. سیگما شاخص جدیدی است که با ترکیب ویژگی‌های دو شاخص مرکزیت بینابینی و شاخص شکوفایی نتایج قابل اعتمادتری را در سنجش مدارک دگرگون‌ساز و تطور یک حوزه دانشی ارائه می‌دهد.

یافته‌ها: نتایج پژوهش نشان می‌دهند که شبکه هم‌استنادی تشکیل شده از ۶۹۹ مقاله استخراج شده از پایگاه وب.آونالچ، دارای ۲۳۳۹ گره است. تعداد مدارکی که بر اساس شاخص سیگما به عنوان مدارک با پتانسیل تغییرات بالقوه مورد شناسایی قرار گرفته‌اند، ۲۳ مدرک شامل کتب و مقاله‌ها از سال‌های ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۷ است. از میان این ۲۳ مدرک، ۸ مدرک به نظریه مبنایی پیچیدگی و مدل‌سازی عامل‌بنیان، تعداد ۴ مدرک مرتبط با حوزه دانشی علوم اجتماعی، تعداد ۶ مدرک مرتبط با حوزه دانشی مدیریت با گرایش‌های مختلف همانند بازاریابی و مالی، تعداد ۳ مدرک مرتبط با اقتصاد، ۱ مدرک روش‌شناسی پژوهش (در این مقاله رویکرد شبیه‌سازی به پژوهش مورد بررسی قرار گرفته است) و ۱ مدرک مرتبط با مطالعات نوآوری است.

نتیجه‌گیری: تحلیل نتایج نشان می‌دهند که نتایج بررسی هر یک از شاخص‌های مرکزیت بینابینی و شکوفایی که برای سنجش مدارک دگرگون‌ساز در یک حوزه علمی توسعه یافته‌اند از یکدیگر پراکندگی شدیدی داشته و استفاده از شاخص سیگما به منظور درک مسیرهای توسعه و تطور یک حوزه دانشی می‌تواند از اثرگذاری بالاتری برخوردار باشد.

واژگان کلیدی: شبکه هم‌استنادی، تغییرات دگرگون‌شونده علمی، شاخص سیگما، نرخ شکوفایی، مرکزیت بینابینی

۱. دانشجوی دکتری مدیریت فناوری، دانشگاه علامه طباطبائی
۲. استادیار و عضو هیات علمی دانشگاه علامه طباطبائی
۳. دانشیار و عضو هیات علمی دانشگاه علامه طباطبائی
۴. استاد و عضو هیات علمی دانشگاه علامه طباطبائی
Email: roshani@atu.ac.ir

دریافت: ۱۳۹۶/۲/۲۷

پذیرش: ۱۳۹۶/۹/۵

مقدمه و بیان مسئله

در طول سال‌های اخیر مطالعه شبکه‌های علمی نه تنها از منظر علم‌سنجی و سنجش ساختارهای علمی اهمیت اساسی یافته است، بلکه سایر حوزه‌های علمی نظیر سیاست‌گذاری علم، جامعه‌شناسی علم، شبکه‌های اجتماعی، فلسفه علم و ... را نیز تحت تأثیر قرار داده است. در میان همه روش‌های توسعه داده شده برای کشف ساختار شبکه‌های علمی، کشف الگوهای تکرار شونده در هر شبکه و شناسایی افراد یا مدارک تأثیرگذار در آن شبکه اهمیت اساسی دارد. روش‌های مختلفی همانند تحلیل هم‌استنادی مدارک علمی و یا تحلیل شبکه‌های هم‌تالیفی تلاش‌های مختلفی برای کشف ساختار دانش علمی و اجتماعات پیرامون آن‌ها هستند. ساختارهای ذهنی یک حوزه علمی خلاصه‌ای از دانش انباشته دانشمندان آن حوزه علمی است که شامل نشر مقاله‌های علمی و سایر اشکال دارایی‌های دانشی است. تغییرات علمی به تغییرات عمیق ساختار یک حوزه اشاره دارد (چن و همکاران^۱، ۲۰۰۹). هدف اساسی از بررسی تغییرات بالقوه در یک ساختار علمی شناسایی شکاف‌ها و نقاط انفصالی است که یک حوزه علمی در گذار زمان با آن مواجه می‌گردد.

بطور سنتی استفاده از روش‌هایی نظیر تحلیل شبکه‌های اجتماعی با استفاده از تحلیل هم‌استنادی و یا تحلیل شبکه هم‌نویسندگی محققان یک ساختار علمی تصویری ایستا از وضعیت آن ساختار با استفاده از شاخص‌های مختلفی نظیر بررسی درجه‌های مرکزیت و سایر شاخص‌ها به محققان ارائه می‌دهد. مشکل اساسی این روش‌ها در کشف الگوهای تکرار شونده و شناسایی تغییرات و تطور یک حوزه دانشی در طول زمان است. تحلیل شبکه‌های اجتماعی می‌تواند تصویری کلان از موقعیت تحقیقات صورت‌گرفته در یک حوزه علمی صورت دهد و چگونگی ارتباط میان حوزه‌های مختلف و همچنین توسعه این حوزه‌ها را در طول زمان شرح دهد. برای مثال تحلیل هم‌استنادی که یکی از تکنیک‌های پرکاربرد برای مصورسازی ادبیات علمی است، تلاش می‌کند تا روابط معنایی میان مدارک مختلف را نشان دهد. بر اساس تعریف دو مدرک هم‌استناد نامیده می‌شوند اگر توسط یک مدرک سوم هم‌زمان مورد استناد قرار بگیرند (اسمال^۲، ۱۹۷۳). نقشه دانشی بر ساخته از تحلیل هم‌استنادی می‌تواند روابط میان جفت مدارک مورد استناد قرار گرفته در یک حوزه علمی را کشف و بر اساس شاخص‌های گوناگون ساختار شبکه شکل گرفته را از منظر ماهیت شبکه با شاخص‌های نظیر درجه مرکزیت، چگالی شبکه، اجتماعات درون شبکه و شاخص‌هایی برای شرح کنشگران درگیر در ایجاد شبکه علمی شرح دهد (بناچیچ^۳، ۱۹۷۳).

بیان مساله

مسئله اساسی در استفاده از شاخص‌هایی که در بالا به آن‌ها اشاره گردید و یا بکارگیری تکنیک‌های مختلف همانند تحلیل هم‌استنادی با چالش‌های مختلفی به‌منظور تشریح مدارک- نویسندگان اثرگذار در تحول یک حوزه علمی مواجه است. سؤال‌های اساسی در بررسی ساختارهای علمی، این مسئله است که کدام یک از مدارک مورد بررسی قابلیت دگرگون‌سازی در طول زمان را دارند، یعنی مدارکی هستند که نه تنها اثر بزرگی بر شکل‌گیری یک حوزه دانشی دارند، بلکه می‌توانند شکاف میان ارتباط بین دو و چند حوزه علمی را پر کنند، و کدام یک از مدارک دارای این نقش در ساختار علمی یک حوزه نیستند؟ در میان حوزه‌های مختلف درگیر در یک ساختار علمی کدام یک دارای پتانسیل دگرگونی و قرارگیری در کانون رشد یک حوزه علمی مرتبط با ساختار علمی هستند و کدام‌ها نیستند؟ خلق دانش در یک ساختار علمی و انتشار آن در یک حوزه علمی دیگر چگونه است؟ کدام مدارک در یک حوزه علمی خاصیت دگرگون‌سازی داشته و نشانگر یک اتفاق انقلابی در یک ساختار علمی هستند؟ چائومی چن^۴ و همکارانش تلاش می‌کنند تا با توسعه نظریه‌ای محاسباتی و ارائه شاخصی به نام

¹ Chen et al., 2009

² Small, 1973

³ Bonacich, 1987

⁴ Chaomi Chen

سیگما، اکتشافات علمی دگرگون‌ساز^۱ که نشان‌دهنده تغییرات علمی انقلابی و زیربنایی در یک ساختار علمی است را شرح دهند. به عقیده این محققان، اکتشافات دگرگون‌ساز زمانی پدیدار می‌شوند که یک اتصال نو بین دو یا تعدادی بیشتر از واحدهای ناهمگون از دانش علمی برقرار گردد. این واحدهای ناهمگون از دانش علمی شامل نظریات غیر متصل در حوزه‌های علمی مختلف و یا مدارک علمی‌ای است که تصور نمی‌گردد به بدنه اصلی ساختار شبکه علمی یک حوزه متصل باشند (چن و همکاران^۲، ۲۰۰۹). مبتنی بر این نظریه، در این پژوهش تلاش شده است تا مدل‌سازی عامل بنیان مورد بررسی قرار گیرد. یک مدل عامل بنیان یکی از انواع مدل‌های محاسباتی برای شبیه‌سازی کنش‌ها و تعاملات عوامل (شامل افراد یا موجودیت‌های جمعی همانند گروه‌ها، سازمان‌ها و ...) درون یک سیستم است که با هدف ارزیابی اثرات هر عامل بر سیستم، هر عامل بر سایر عوامل و سنجش عملکرد کلی سیستم طراحی می‌گردد. روش‌شناسی عامل بنیان، عناصری همانند نظریه بازی^۳، سیستم‌های پیچیده^۴، ظهوریافتگی^۵، علوم اجتماعی محاسباتی^۶، سیستم‌های چند عاملی^۷ و روش‌های مونت کارلو^۸ را با یکدیگر ترکیب می‌کند (گرم و ریلزبک^۹، ۲۰۰۵). مدل‌های عامل بنیان از دسته مدل‌های مقیاس کوچک هستند که عملیات و تعاملات میان عوامل مختلف درون سیستم را بطور همزمان بررسی و شبیه‌سازی می‌کنند و هدف آن‌ها پیش‌بینی پدیده‌های پیچیده درون سیستمی است. در مدل‌سازی عامل بنیان یک سیستم به‌عنوان مجموعه‌ای از موجودیت‌های تصمیم‌گیرنده که مستقل هستند و به آن‌ها عامل گفته می‌شود، مدل‌سازی می‌گردند. هر عامل درون سیستم موقعیتش را ارزیابی کرده و مبتنی بر قواعد محلی^{۱۰} حاکم بر عملکردش به تصمیم‌گیری می‌پردازد (نیازی و حسین^{۱۱}، ۲۰۱۱). مزیت اصلی مدل‌های عامل بنیان در مقایسه با سایر رویکردها عبارتند از: تبیین و توصیف پدیده‌های نوظهور، ارائه یک توصیف طبیعی از سیستم و انعطاف‌پذیری (آذر و صادقی، ۱۳۹۱). مدل‌سازی عامل بنیان به مدل‌سازان اجازه می‌دهد که قواعد رفتاری و وضعیت را که افراد در آن قرار می‌گیرند را مشخص کرده و در نهایت با اجرای مدل‌سازی و یا شبیه‌سازی، رفتار افراد و گروه‌ها را در خروجی مدل مشاهده نمایند. همچنین مدل‌سازی عامل بنیان می‌تواند از ایجاد مدل‌های قطعی و تصادفی سلسله مراتبی پشتیبانی کند، جایی که نتایج در سطوح بالاتر بر روی کنش‌ها و واکنش‌های سطوح پایین‌تر به‌سادگی قابل چشم‌پوشی نیست. از دیگر ویژگی‌های مدل‌سازی عامل بنیان این است که از ایجاد و مطالعه سیستم‌های جامع با سطوح چندگانه که سطوح بالاتر و پایین‌تر به‌طور همزمان یکدیگر را تحت تأثیر قرار می‌دهند پشتیبانی می‌کند (نیازی و حسین، ۲۰۱۱).

دلیل انتخاب رویکرد مدل‌سازی عامل بنیان در این پژوهش از دو منظر بوده است: نخست اینکه این حوزه علمی و کاربردهای آن در علوم اجتماعی به‌شدت نوظهور بوده و نرخ تولیدات علمی آن در حوزه‌های مرتبط به علوم اجتماعی به‌زحمت به دو دهه می‌رسد و دوم اینکه این حوزه علمی به‌شدت میان رشته‌ای بوده و ریشه آن در مطالعات علوم پیچیدگی، علوم کامپیوتر و زیست‌شناسی است و به‌سرعت به سایر حوزه‌های نظری همانند اقتصاد و مدیریت کشیده شده است. با این اعتبار می‌توان گفت هدف این مقاله شناسایی مدارک علمی دگرگون‌ساز است که اتصال میان دو حوزه علمی را بر عهده داشته و نقش اساسی در توسعه نظری حوزه‌های علمی به هم متصل و مرتبط با یک ساختار علمی را بر عهده دارند.

¹ Transformative discovery

² Chen et al., 2009

³ Game Theory

⁴ Complex systems

⁵ Emergent Property

⁶ Computational social Science

⁷ Multy Agent Systems

⁸ Monte Carlo Methods

⁹ Grimm and Railsback, 2005

¹⁰ Local Rules

¹¹ Niazi & Hussain, 2011

سوالات پژوهش

۱. وضعیت مدارک منتشر شده در حوزه دانشی مدل‌سازی عامل بنیان مبتنی بر شاخص مرکزیت بینابینی چگونه است؟
۲. وضعیت مدارک منتشر شده در حوزه دانشی مدل‌سازی عامل بنیان مبتنی بر شاخص شکوفایی چگونه است؟
۳. در حوزه دانشی مدل‌سازی عامل بنیان کدام مدارک دارای نقش دگرگون‌سازی بوده و پاشنه‌های توسعه این حوزه نظری کدام مدارک هستند؟

پیشینه پژوهش

تحلیل شبکه اجتماعی بر این فرض استوار است که روابط میان کنشگران اجتماعی می‌تواند از طریق یک گراف تشریح شود. گره‌های گراف نشان‌دهنده کنشگران جامعه و یال‌های گراف متصل‌کننده جفت گره‌ها و در نتیجه نشان‌دهنده تعاملات اجتماعی آن‌ها است. این گونه نمایش‌های بصری پژوهشگران را قادر می‌سازد تا بتوانند نظریه گراف را به کار ببندند، زیرا بدون استفاده از این نظریه، تحلیل این گونه ارتباطات خصوصاً در مواردی که تعداد داده‌ها زیاد باشد، بسیار دشوار است (شارما و اورس^۱، ۲۰۰۸). مبتنی بر هدف این پژوهش که تحلیل شبکه‌های هم‌استنادی را مبنای کشف مدارک دگرگون‌ساز ساختار علمی قرار داده است، می‌توان مطالعات بسیاری را در حوزه علم‌سنجی شناسایی نمود که در تلاش بوده‌اند تا ساختار یک حوزه علمی را بر اساس میزان هم‌استنادی مدارک گوناگون علمی و با استفاده از شاخص‌هایی نظیر مرکزیت درجه^۲، مرکزیت بینابینی^۳، چگالی گراف^۴، طول کوتاه‌ترین مسیر^۵، ضریب خوشه‌بندی^۶، پراکندگی شبکه^۷ و ... شرح دهند. اگرچه در مطالعات صورت گرفته در ایران و با بررسی محققان این مقاله پژوهشی پیدا نگردید که پژوهش‌های دگرگون‌ساز را بر مبنای شاخص سیگما برای مطالعه ساختارهای علمی استفاده کرده باشند، اما مطالعات بسیاری وجود دارند که تلاش کرده‌اند تا با استفاده از روش تحلیل هم‌استنادی به مطالعه ساختار حوزه‌های علمی بپردازند (برای مثال، شکفته و حریری، ۱۳۹۱، سالمی و همکاران، ۱۳۹۳). چن و همکاران برای شرح نظریه خود به منظور شناسایی پژوهش‌های دگرگون‌ساز از دو شاخص اصلی یعنی ویژگی‌های ساختاری شبکه‌های علمی که با شاخص مرکزیت بینابینی مورد سنجش قرار می‌گیرد و همچنین ویژگی زمانی مدارک که توسط شاخص شکوفایی ارجاعات مورد سنجش قرار می‌گیرد استفاده می‌کنند. به عقیده این محققان هر دو این شاخص‌ها می‌توانند به‌عنوان شاخص‌هایی مستقل برای شناسایی مدارک دگرگون‌ساز مورد استفاده قرار بگیرند (چن و همکاران، ۲۰۰۹). اگر یک حوزه دانشی به‌عنوان یک شبکه نشان داده شود، آنگاه برخی از گره‌های درون این شبکه می‌توانند به‌عنوان پلی ارتباطی بین دو یا چند شبکه از هم منفصل عمل کنند (فریمن^۸، ۱۹۷۷). این گره‌های ارتباطی دهنده که با شاخص مرکزیت بینابینی مورد سنجش قرار می‌گیرند نشان می‌دهند که اگر هر گره در درون یک شبکه دارای مقدار بالایی از این شاخص باشد می‌تواند به‌عنوان یک مدرک دگرگون‌ساز در نظر گرفته شود. از سوئی دیگر در طول زمان مدارک مختلف علمی از منظر تعداد ارجاعات دچار صعود و یا افول می‌گردند. این ویژگی که به ساختار زمانی شبکه‌های علمی اشاره دارد نشان می‌دهد که برخی از مدارک علمی در یک دوره زمانی شکوفا شده و با تعداد زیادی ارجاع در یک بازه زمانی مواجه می‌شوند (کلینزبرگ، ۲۰۰۲). کشف شکوفایی، دسته‌ای از الگوریتم‌ها هستند که تلاش می‌کنند تا تغییرات یک متغیر را در یک

¹ Sharma and Urs, 2008

² Degree centrality

³ Betweenness Centrality

⁴ Graph Density

⁵ Minimum shortest Path

⁶ Clustering co-efficient

⁷ Network Heterogeneity

⁸ freeman, 1977

بازه زمانی پیدا کنند. بر این اساس مقاله‌هایی که در طول دوره‌های زمانی مختلف دارای نرخ شکوفایی بالایی هستند می‌توانند به‌عنوان مدارک دگرگون‌ساز ساختارهای علمی مورد بررسی قرار بگیرند (چن، ۲۰۰۶). بر این اساس چن و همکاران تلاش می‌کنند تا با ترکیب این دو شاخص با یکدیگر شاخص جدیدی را ارائه نمایند که بر اساس آن بتوان مدارک علمی دگرگون‌ساز را در یک ساختار علمی شناسایی نمایند. این محققان در مقاله خود با عنوان " بسوی نظریه تبیینی و محاسباتی اکتشاف علمی " تلاش می‌کنند تا با معرفی شاخص سیگما به بررسی سه حوزه علمی که به آن‌ها جایزه نوبل اختصاص یافته است، یعنی زخم معده، هدف‌گیری ژن و نظریه ریسمان^۱ در فیزیک شاخص سیگما را به‌منظور شناسایی اکتشافات دگرگون‌ساز مورد ارزیابی قرار دهند (چن و همکاران، ۲۰۰۹). تونتا و دوزیول در مقاله خود تلاش می‌کنند تا تطور پژوهش‌های مرتبط با انتشار الکترونیکی را با استفاده از تحلیل شبکه‌های هم‌استنادی و شاخص سیگما مورد بررسی قرار دهند. این محققان با بررسی ۴۹۳ مقاله در طول سال‌های ۱۹۷۹ تا ۲۰۰۹ مبادرت به ترسیم شبکه هم‌استنادی مقاله‌ها و بررسی تغییرات اساسی این حوزه دانشی در طول زمان کرده‌اند (تونتا و دازیول^۲، ۲۰۱۰). سوردو و همکاران در مقاله خود تلاش می‌کنند تا تحلیلی از عناوین و گروه‌های پژوهشی مشارکت‌کننده در یک کنفرانس را در طول ۱۵ سال ارائه دهند. این محققان تلاش می‌کنند تا تغییرات مکانی محققان مختلف را در طول زمان نشان داده و تطور شبکه هم‌نویسندگی را در بازه زمانی ۱۵ ساله مورد بررسی قرار دهند. از سوئی دیگر این محققان تطور و تغییرات عنوان مقاله‌ها را با استفاده از شاخص سیگما مورد بررسی قرار داده و شکافت و ادغام الگوهای شکل‌دهنده شبکه‌های اجتماعی را در طول زمان شرح دهند (سوردو و همکاران^۳، ۲۰۱۵).

بررسی پیشینه نظری در این حوزه نشان می‌دهد که در ایران هیچ مطالعه‌ای بر روی شناسایی مدارک دگرگون‌ساز و تطور یک حوزه دانشی صورت نگرفته است و این درحالیست که این روش یکی از روش‌های اساسی برای فهم چگونگی تطور یک حوزه دانشی در گذار زمان است. همچنین مدل‌سازی عامل‌بنیان به عنوان یکی از روش‌شناسی‌های اساسی در فهم سیستم‌های پیچیده نیز در ایران مغفول مانده و توجه اندکی به توسعه نظری آن در گذار زمان شده است.

روش شناسی پژوهش

این پژوهش از نوع کاربردی علم‌سنجی است که در آن از روش تحلیل هم‌استنادی برای تحلیل داده‌ها استفاده شده است. این تکنیک، برای شناسایی جریان‌های دانشی در یک حوزه علمی به کار گرفته می‌شود (گریفیث و وایت^۴، ۱۹۸۶). این تکنیک، بطور عمده برای شناسایی مسیرهای توسعه یک حوزه علمی مورد استفاده قرار می‌گیرد و می‌تواند الگوهای پنهان اثرگذار بر رشد یک حوزه دانشی و همچنین الگوهای انتشار دانش را در اجتماعات علمی محققان توسعه دهنده یک حوزه دانشی را نشان دهد (نرور، راشید و ناتاراجان^۵، ۲۰۰۸). از آنجایی که الگوهای ذکر شده از تعداد بسیار زیادی مقاله‌هایی استخراج می‌شوند که به سایر مقاله‌های آن حوزه علمی ارجاع داده‌اند، می‌توان دلیل استفاده از این تکنیک را در این موضوع تفسیر نمود که تحلیل هم‌استنادی می‌تواند شبکه اجتماعی بر ساخته از مشارکت اعضای یک حوزه علمی را تشریح و تفسیر نماید. در تحلیل هم‌استنادی، فراوانی هر دو مدرک که توسط یک مدرک دیگر مورد استناد قرار می‌گیرد محاسبه شده و دو مدرک که با یکدیگر و توسط مدرک سوم مورد استناد قرار گرفته است، اصطلاحاً هم-استناد نامیده می‌شود. در این تکنیک، هرچه فراوانی تکرار دو مدرک با یکدیگر در مدارک استنادکننده بالاتر باشد، آن دو مدرک به احتمال بالایی به یکدیگر مرتبط

¹ peptic ulcer and gene targeting and String theory

² Tonta and Duzyol, 2010

³ sordo et al., 2015

⁴ White and Griffith, 1986

⁵ Nerur, Rasheed and Natarajan, 2008

هستند(اسمال، ۱۹۷۳). در این پژوهش تحلیل هم استنادی بر اساس چارچوب نظری چن صورت پذیرفته است(چن و هکاران، ۲۰۰۹). بر اساس نظر چن، می توان با بررسی ارجاعات مقاله هایی که هم به سرعت مورد استناد قرار می گیرند و هم دارای مرکزیت بینابینی بالایی در شبکه هم-استنادی^۱ هستند، تغییرات بالقوه دانش علمی را کشف نمود. بر این اساس، فرض می شود که هر مقاله نشانگر یک مفهوم است و یک رویداد هم استنادی نشانگر ارتباط دو مفهوم در بنیاد دانشی^۲ یک حوزه علمی است. هنگامی که یک مقاله جدید ظهور پیدا می کند که توسط دو خوشه مفهومی مجزای دیگر به شدت مورد استناد قرار گرفته است، می توان نتیجه گرفت که آن حوزه علمی مفهوم جدیدی را مورد پذیرش قرار داده است(چن و هکاران، ۲۰۰۹).

از آنجایی که هدف اصلی این پژوهش به کارگیری شاخص سیگما برای شناسایی تألیفات دگرگون ساز در مقاله های حوزه مدل سازی عامل بنیان در علوم اجتماعی است، لذا گام های زیر به منظور احصاء و گردآوری مدارک جهت تحلیل و بررسی طی شده اند:

گام ۱) جستجو: در این گام با استفاده از پایگاه اطلاعات وب.آو. ساینس مبادرت به جستجوی عبارت "مدل سازی عامل-بنیان"^۳ و "شبیه سازی عامل بنیان"^۴ گردید. عبارت جستجو به تاپیک مقاله ها(عنوان، چکیده و کلیدواژه ها) محدود گردید. بازه زمانی جستجو از ابتدای زمانی پایگاه مقاله ها تا ۱ مارس سال ۲۰۱۷ محدود گردید. از سوئی دیگر جستجو به مقاله های حوزه کسب و کار(مدیریت)، اقتصاد و علوم اجتماعی محدود گردید که در این بازه زمانی و در این حوزه های دانشی، تعداد ۶۹۹ مقاله پژوهشی و علمی بازیابی گردید.^۵ قالب استخراج فایل متنی و محتوای استخراج، همه سوابق و استنادات به مقاله ها بود.

گام ۲) تحلیل: برای تحلیل مدارک استخراج شده از پایگاه اطلاعات، از زبان اسکریپت نویسی پایتون و کتابخانه تخته(پیرسون و همکاران،^۶ ۲۰۱۶)^۷ استفاده شده است. بر این اساس نخست داده های استخراج شده بر اساس زمان تقسیم گردیدند. در این پژوهش، همه اطلاعات در بازه زمانی ۲ ساله تقسیم بندی شده اند. در مرحله دوم مبادرت به تحلیل هم استنادی مقاله ها گردید. در این مرحله مبتنی بر اطلاعات گردآوری شده، مبادرت به ایجاد گراف هم استنادی گردید. در مرحله بعدی، تلاش شد تا سنجه شکوفایی^۸ مورد بررسی قرارگیرد. سنجه شکوفایی در یک تابع فرآوانی معین، نوسان قابل توجه آماری در یک بازه زمانی کوتاه از یک دوره طولانی را نشان می دهد. مدل شکوفایی کلینبرگ، رویکردی عمومی برای کشف رکود و یا شکوفایی یک فعالیت در جریانی از داده ها است(کلینبرگ، ۲۰۰۷). چن این مدل را برای ارجاعات مقاله ها مورد استفاده قرار داده است(چن و هکاران، ۲۰۰۹). در تحلیل های استنادی بروز یکباره ارجاعات مشخصی که تعداد استنادهایشان در یک بازه زمانی افزایش یافته است، نتایج ارزشمندی را بدست می دهد. در این گام الگوریتم کلینبرگ برای شناسایی نرخ شکوفایی مقاله ها مورد استفاده قرار گرفته است. ایده اصلی مدل کلینبرگ این است که فرآوانی قابل مشاهده ارجاعاتی که به یک منبع داده می شود، محصول یک سطح یا موقعیت غیر قابل مشاهده از علاقمندی هاست که منبع مورد ارجاع را در بر می گیرد(چن و هکاران، ۲۰۰۹). بر اساس این مدل می توان نرخ شکوفایی یا و یا رکود یک منبع علمی را مبتنی بر ارجاعاتی که به آن منبع در طول زمان داده می شود محاسبه نمود. در این پژوهش، ارزش هر شکوفایی نرمال شده و عددی بین ۰ تا ۱ را به خود

¹ high betweenness-centrality in a co-citation network

² Knowledge base

³ Agent Based Modeling

⁴ Agent based Simulation

^۵ این بازیابی صرفاً به مقالات پژوهشی (Articles) محدود شده و شامل مرورها، کتابها و مقالات کنفرانسی و ... نمی باشد.

⁶ Peirson et., 2016

⁷ tethne

⁸ Burstness

اختصاص داده است. با این اعتبار، شکوفایی با ارزش ۱ به معنای بالاترین حالت ممکن و صفر به معنای پایین سطح ممکن برای شکوفایی یک منبع است. نرخ شکوفایی استنادی نشانگر مدارکی است که موجب تحول یک حوزه شده‌اند و یا در یک دوره زمانی مورد توجه بیشتری قرار گرفته‌اند، که با مقدار بالای سیگما مورد سنجش قرار می‌گیرد. پس از محاسبه نرخ شکوفایی مقاله‌های مورد بررسی مبادرت به سنجش شاخص مرکزیت بینابینی^۱ گردید. این شاخص سنجش برای کشف اهمیت ساختاری یک گره در درون یک شبکه است. مرکزیت بینابینی بیان کننده تعداد دفعاتی است که آن گره در کوتاه‌ترین مسیر میان هر دو گره دیگر در شبکه قرار می‌گیرد. گره‌های دارای بینیت بالا نقش مهمی در اتصال شبکه ایفا می‌کنند. این گره‌ها که از جایگاهی مرکزی در شبکه برخوردار هستند، در گردش اطلاعات در درون شبکه نقشی مهم را بازی می‌کنند (روشنی و همکاران، ۲۰۱۴). بر این اساس مرکزیت بینابینی عبارت است از (فریمن، ۱۹۷۷):

$$g(v) = \sum_{s \neq v \neq t} \frac{p_{st}(v)}{p_{st}}$$

که در آن g مرکزیت بینابینی برای گره v بوده و p_{st} عبارتست از کوتاه‌ترین مسیری که از میان جفت گره s و t می‌گذرد. در مرحله بعدی، مبادرت به محاسبه سنجش سیگما گردید. سیگما سنجش‌ای است که توسط چن مطرح گردید و نشاندهنده تازگی علمی است. چن برای محاسبه این سنجش فرمول زیر را پیشنهاد می‌کند (چن و همکاران، ۲۰۰۹):

$$\sum(v) = (g(v) + 1)^{Burstness(v)}$$

که در آن $\sum(v)$ نشانگر سنجش سیگما برای گره v و $g(v)$ نشانگر مرکزیت بینابینی و $Burstness$ عبارتست از نرخ شکوفایی هر گره v . در نهایت خروجی هم‌استنادی در قالب فایل (XGMML) استخراج شده و برای بصری سازی آماده گردید.

گام ۳) استخراج اطلاعات و مصورسازی: در این گام گراف هم‌استنادی میان نویسندگان مقاله‌های مدل‌سازی عامل‌بنیان مبتنی بر سنجش سیگما استخراج و در نرم افزار سایتواسکیپ^۲ که یک نرم‌افزار قدرتمند برای بصری سازی شبکه‌های پیچیده است وارد گردید. با استفاده از این نرم افزار شبکه هم‌استنادی حوزه مورد مطالعه در طول زمان مورد بررسی و نتایج آن ارائه گردید.

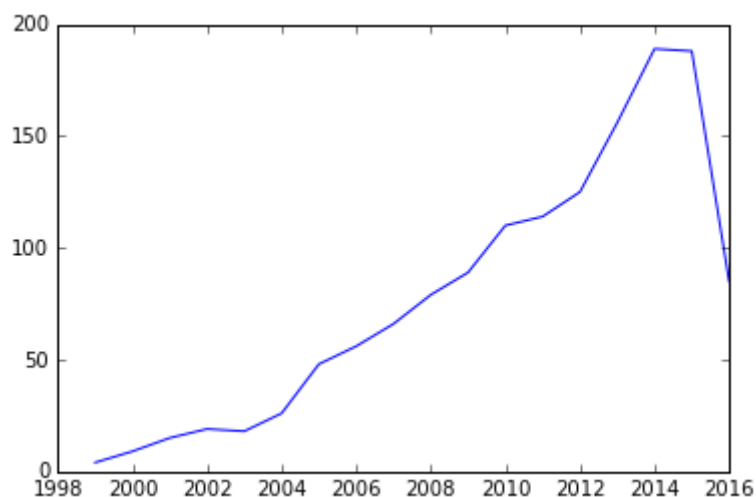
یافته‌های پژوهش

بررسی الگوی توزیع مقاله‌های منتشر شده در حوزه مدل‌سازی عامل‌بنیان با تفکیک زمانی ۲ سال نشان می‌دهد که در فاصله میان سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۵ تعداد مقاله‌ها منتشر شده در این حوزه با نرخ بسیار زیادی رشد داشته است. نمودار زیر روند رشد مقاله‌های این حوزه را نشان می‌دهد.

¹ Betweenness Centrality

² the eXtensible Graph Markup and Modeling Language

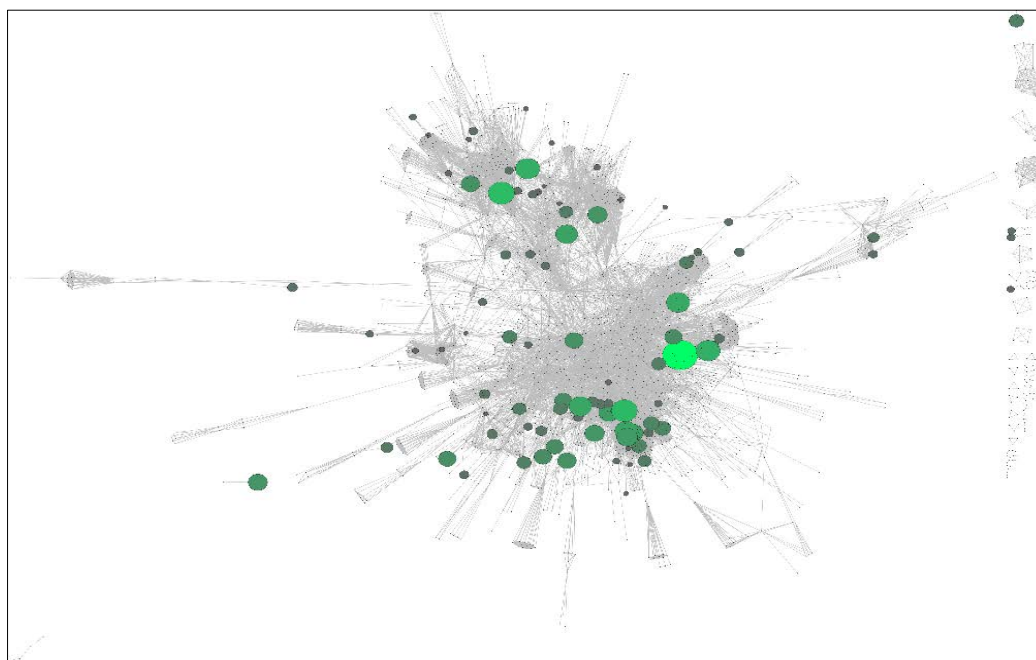
³ Cytoscape



نمودار ۱: روند مقاله‌های منتشر شده در حوزه مدل‌سازی عامل بنیان در مدارک حوزه کسب‌وکار، اقتصاد و علوم اجتماعی

همانطور که در نمودار ۱ مشخص است در فاصله این روند در دو مقطع زمانی با جهش مواجه شده است. نخستین جهش در بازه زمانی ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۰ و دومین جهش در سال‌های ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۴ است که نشان از شکل‌گیری یک شبکه اجتماعی قدرتمند پیرامون این مفهوم و ظهور مفاهیم جدید و مرتبط است.

وضعیت مدارک منتشر شده در حوزه دانشی مدل‌سازی عامل بنیان مبتنی بر شاخص مرکزیت بینابینی چگونه است؟ بر اساس روش‌شناسی پژوهش در گام نخست مبادرت به ترسیم و تحلیل شبکه هم‌استنادی مقاله‌های مورد بررسی به منظور سنجش شاخص مرکزیت بینابینی و همچنین نرخ شکوفایی گردید. شکل زیر شبکه هم‌استنادی مقاله‌های مورد بررسی را نشان می‌دهد.



شکل ۱: شبکه هم‌استنادی مدارک منتشر شده در حوزه مدل‌سازی عامل بنیان

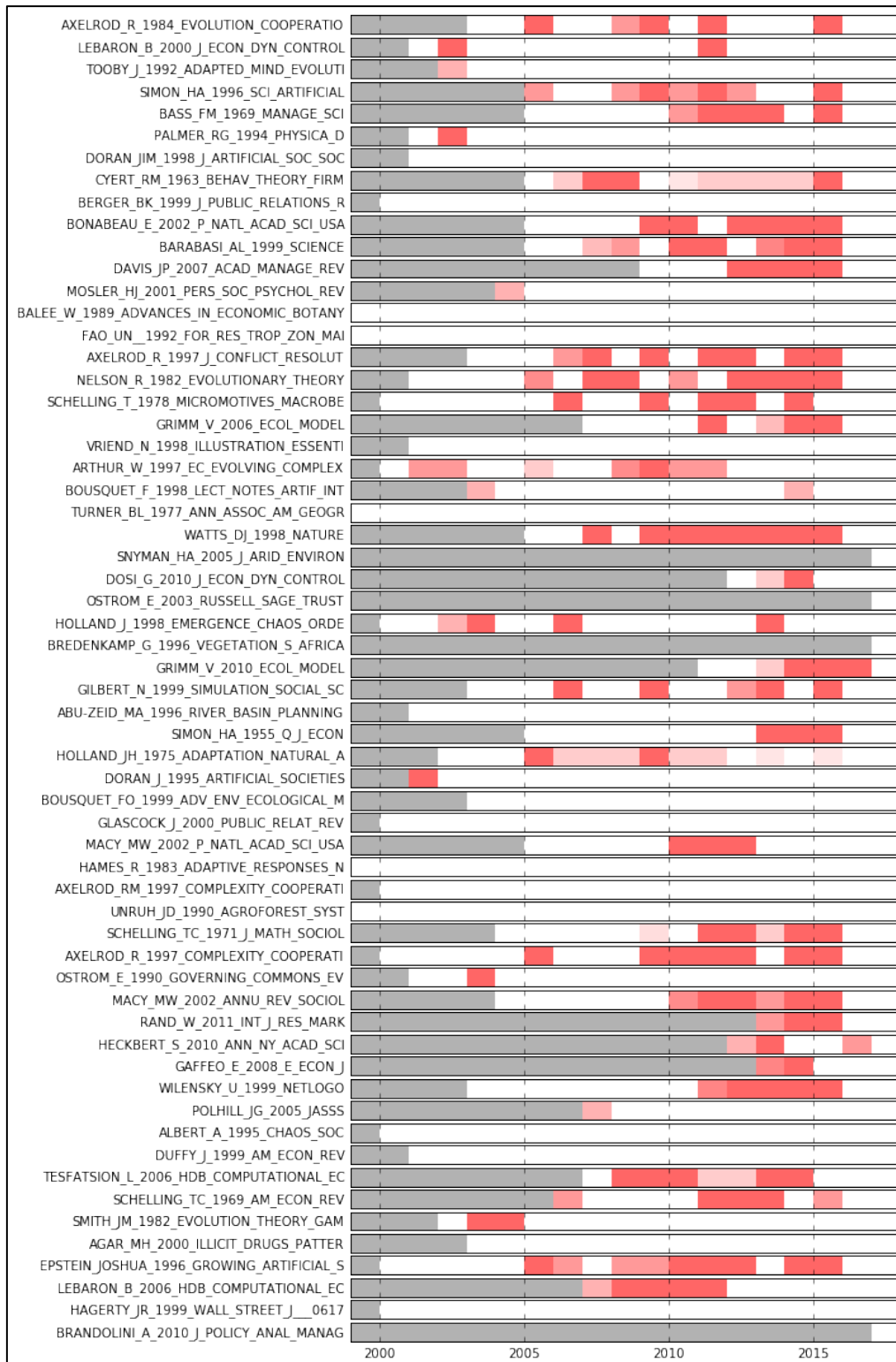
در نمودار هم‌استنادی فوق اندازه گره‌ها بر اساس تعداد هم‌استنادی هر مقاله مشخص شده است. در این شبکه تعداد ۲۳۳۹ گره و ۱۴۵۴۶ یال وجود دارد. میانگین درجه شبکه ۱۲,۴۳۷۸ و چگالی شبکه فوق ۰,۱۶ است. چگالی شبکه از تقسیم تعداد

گره‌ها بر تعداد یال‌های بدست آمده و این مقدار نشان می‌دهد که شبکه فوق از تراکم نسبتاً خوبی برخوردار است. تعداد کل استنادات به ۶۹۹ مقاله برابر با ۲۳۶۸۵ عدد است. بر اساس تشکیل شبکه هم‌استنادی مقاله‌های مورد بررسی مبادرت به سنجش شاخص مرکزیت بینابینی گردید. اندازه گره‌های موجود در شکل ۱، بر اساس شاخص مرکزیت بینابینی نشان داده شده است. این شاخص توسط نرم‌افزار سایتو اسکوپ برای همه گره‌های موجود در شبکه محاسبه و جهت سنجش سیگما ذخیره گردید. نتایج حاصل از محاسبه شاخص مرکزیت بینابینی در شبکه هم‌استنادی مورد بررسی برای ۱۰ مدرک با بالاترین مقدار مرکزیت بینابینی در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: مرکزیت بینابینی هم‌استنادی مدارک منتشر شده در حوزه مدل‌سازی عامل بنیان

مرکزیت بینابینی	نام مدرک	ردیف	مرکزیت بینابینی	نام مدرک	ردیف
۰.۹۳۳۳۳۳۳۳	Exploration and exploitation in organizational learning	۲	۰.۹۸۸۸۸۸۸۸	The complexity of cooperation: Agent-based models of competition and collaboration	۱
۰.۵۵۱۹۳۲۳۷	Growing artificial societies: social science from the bottom up	۴	۰.۵۶۳۶۲۶۳۶	Heterogeneous beliefs and routes to chaos in a simple asset pricing mode	۳
۰.۵۰۹۰۹۰۹۱	Volatility clustering in financial markets: a microsimulation of interacting agents	۶	۰.۵۱۴۲۸۵۷۱	Schumpeter meeting Keynes: A policy-friendly model of endogenous growth and business cycles	۵
۰.۳۳۳۳۳۳۳۳	Developing theory through simulation methods	۸	۰.۳۶۸۳۵۷۴۹	Dynamic models of segregation	۷
۰.۳۲۷۲۷۲۷۳	A rational route to randomness	۱۰	۰.۳۳۱۵۲۱۷۴	Micromotives and macrobehavior	۹

۲- وضعیت مدارک منتشر شده در حوزه دانشی مدل‌سازی عامل بنیان مبتنی بر شاخص شکوفایی چگونه است؟ همانطور که در بخش روش‌شناسی پژوهش بیان گردید به‌منظور سنجش شاخص سیگما مبادرت به بررسی نرخ شکوفایی مقاله‌های مورد بررسی گردید. شکل زیر سنجۀ شکوفایی را برای مدارک مورد بررسی نشان می‌دهد.



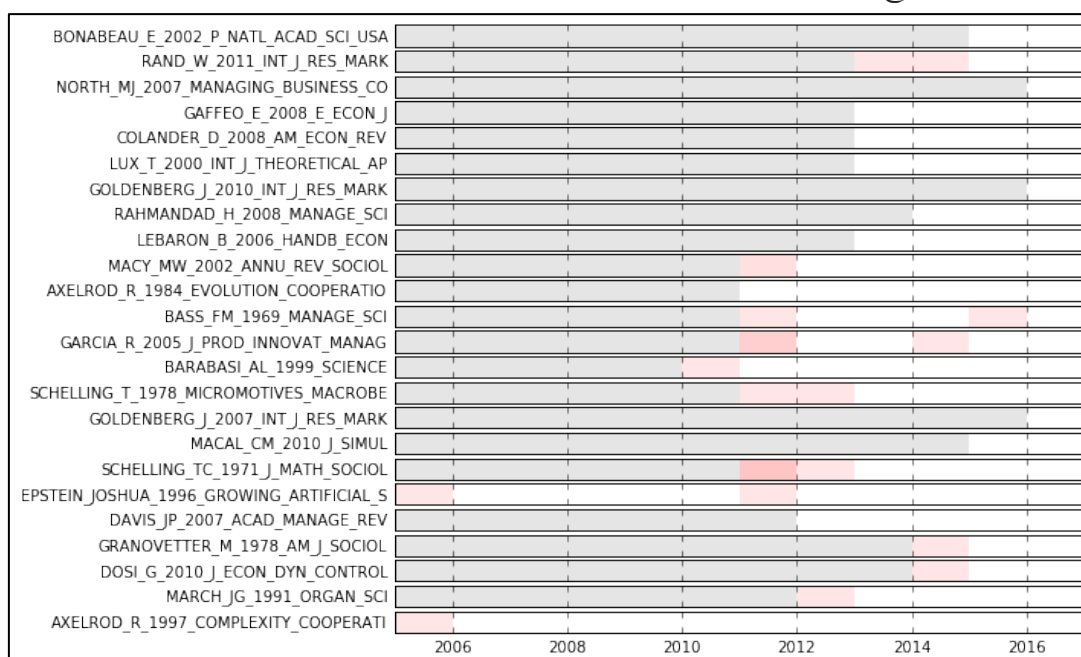
شکل ۲: سنجش نرخ شکوفایی مستندات منتشر شده در حوزه مدل‌سازی عامل بنیان

بر اساس شکل ۳ که در مقاطع زمانی ۵ سال تقسیم‌بندی شده است، طیف رنگی سفید تا قرمز نشان‌دهنده شکوفایی مدارک مختلف در سال‌های مختلف است. دوره زمانی که با رنگ خاکستری نشان داده شده است بیانگر عدم وجود شکوفایی تا آن دوره مشخص است. سفید حد پایین ارجاع در یک مقطع زمانی و قرمز بالاترین میزان ارجاع را نشان می‌دهد. شدت شکوفایی در دامنه رنگی سفید تا قرمز نشان داده شده است. مدارکی که در یک دوره زمانی به رنگ قرمز درآمده‌اند، نشان از

این مسئله دارند که در یک مقطع زمانی مشخص تعداد استنادات به این مدارک افزایش پیدا کرده است. نرخ شکوفایی ارائه شده در جدول بالا نشان می‌دهد که تعداد ۶۰ مدرک از میان ۲۳۳۹ مستند موجود در شبکه هم‌استنادی دارای بالاترین نرخ شکوفایی هستند.

۳ - در حوزه دانشی مدل‌سازی عامل بنیان کدام مدارک دارای نقش دگرگون‌سازی بوده و پاشنه‌های توسعه این حوزه نظری کدام مدارک هستند؟

پس از محاسبه نرخ شکوفایی مدارک موجود در شبکه هم‌استنادی مبادرت به محاسبه شاخص سیگما برای همه مدارک مورد بررسی گردید. شکل ۴ نتایج حاصل از این بررسی را نشان می‌دهد:



شکل ۳: سنجش شاخص سیگما برای مدارک منتشر شده در حوزه مدل‌سازی عامل بنیان

همانند نتایج حاصل از بررسی سنجش شکوفایی طیف رنگی سفید تا قرمز نشان‌دهنده بالاترین مقدار شاخص سیگما برای ۲۳ مدرک از میان کل مدارک استخراج شده است. این رنگ‌ها در دوره‌های زمانی مختلف نشان می‌دهند که این مدارک در یک بازه زمانی چه مقدار سیگما بدست آورده است. سیگما نشان می‌دهد که کدام مدرک بیشترین میزان اثرگذاری را بر یک حوزه علمی خواهد گذاشت. با استفاده از این شاخص می‌توان توضیح داد که در یک حوزه علمی کدام مدارک همزمان دارای بیشترین نرخ شکوفایی مرکزیت بینابینی بوده‌اند. جدول ۲ اطلاعات دقیق مستندات ارائه شده بر اساس شاخص سیگما را نشان می‌دهد

جدول ۲: اطلاعات مدارک برتر بر اساس شاخص سیگما در حوزه مدل‌سازی عامل بنیان

رتبه	نویسنده	نام مدرک	حوزه دانشی	نوع مدرک	ناشر/ژورنال	سال انتشار	سیگما	مرکزیت بینابینی		شکوفایی تعداد ارجاع*
								رتبه	ارزش	
۱	Epstein, J. M., & Axtell, R.	Growing artificial societies: social science from the bottom up	علوم اجتماعی	کتاب	Brookings Institution Press	۱۹۹۶	0.554928	۰.۵۵۱۹۳۲۳۷	۳	۷۰
۲	Davis, J. P., Eisenhardt, K. M., & Bingham	Developing theory through simulation methods	روش‌شناسی پژوهش	مقاله	Academy of Management Review	۲۰۰۷	0.09690262	۰.۳۳۳۳۳۳۳۳	۸	۲۳
۳	Schelling, T. C.	Dynamic models of segregation	علوم اجتماعی	مقاله	Journal of mathematical sociology	۱۹۷۱	0.06693834	۰.۳۶۸۳۵۷۴۹	۷	۳۷
۴	Lux, T., & Marchesi, M	Volatility clustering in financial markets: a microsimulation of interacting agents	مدیریت-مالی	مقاله	International journal of theoretical and applied finance	۲۰۰۰	0.066513993	۰.۵۰۹۰۹۰۹۱	۶	۱۵
۵	Garcia, R	Uses of agent-based modeling in innovation/new product development research	مطالعات نوآوری	مقاله	Journal of Product Innovation Management	۲۰۰۵	0.048347758	۰.۳۴۵۳۸۸۸۲	۱۵	۱۹
۶	LeBaron, B	Agent-based computational finance	مدیریت-مالی	کتاب	Handbook of computational economics	۲۰۰۶	0.036212073	۰.۱۸۱۸۱۸۱۸	۱۹	۲۱
۷	Axelrod, R. M	The complexity of cooperation: Agent-based models of competition and collaboration	نظریه مبنایی پیچیدگی	کتاب	Princeton University Press	۱۹۹۷	0.026089553	۰.۹۸۸۸۸۸۸۸	۱	۴۳
۸	Rand, W., & Rust, R. T.	Agent-based modeling in marketing: Guidelines for rigor	مدیریت-بازاریابی	مقاله	International Journal of Research in Marketing	۲۰۱۱	0.024385646	۰.۲۴۳۸۵۶۴۶۱۸۳	۱۶	۶۸
۹	Goldenberg, J., Libai, B., & Muller, E	The chilling effects of network externalities	نظریه مبنایی پیچیدگی	مقاله	International Journal of Research in Marketing	۲۰۱۰	0.024385646	۰.۲۴۳۸۵۶۴۶۱۸۳۵	۳۴	۱۳
۱۰	Gaffeo, E., Gatti, D. D., Desiderio, S., & Gallegati, M.	Adaptive microfoundations for emergent macroeconomics	اقتصاد	مقاله	Eastern Economic Journal	۲۰۰۸	0.024295441	۰.۱۴۵۴۵۴۵۵	۲۳	۹
۱۱	Macal, C. M., & North, M. J	Tutorial on agent-based modelling and simulation	نظریه مبنایی پیچیدگی	مقاله	Journal of simulation	۲۰۱۰	0.024127106	۰.۲۸۹۸۵۵۰۷	۱۲	۱۷
۱۲	Bonabeau, E	Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems	علوم اجتماعی	مقاله	Proceedings of the National Academy of Sciences	۲۰۰۲	0.022823318	۰.۲۲۸۲۶۰۸۷	۱۷	۴۷
۱۳	Colander, D., Howitt, P., Kirman, A., Leijonhufvud, A., & Mehrling, P	Beyond DSGE models: toward an empirically based macroeconomics	اقتصاد	مقاله	The American Economic Review	۲۰۰۸	0.02275983	۰.۱۴۵۴۵۴۵۵	۲۴	۱۸
۱۴	Axelrod, R	The Evolution of Cooperation	نظریه مبنایی پیچیدگی	کتاب	Basic books	۱۹۸۴	0.020907	۰.۳۱۴۰۰۹۷	۳۷	۲۴
۱۵	North, M. J., & Macal, C. M.	Managing business complexity: discovering strategic solutions with agent-based modeling and simulation	مدیریت-کسب و کار	کتاب	Oxford University Press	۲۰۰۷	0.020317257	۰.۲۰۳۱۷۲۵۷۰۱۴	۳۹	۲۵

۴۱	۹	۰.۳۳۱۵۲۱۷۴	0.017321779	۱۹۷۸	WW Norton & Company	کتاب	نظریه مبنایی پیچیدگی	Micromotives and macrobehavior	Schelling, T. M.	۱۶
۵۰	۲۷	۰.۱۰۹۲۹۹۵۲	0.015349	۲۰۰۲	Annual review of sociology	مقاله	علوم اجتماعی	From factors to actors: Computational sociology and agent-based modeling	Macy, M. W., & Willer, R.	۱۷
۵۷	۳۶	۰.۰۳۸۸۳۴۲	0.014850847	۲۰۰۷	International Journal of Research in Marketing	مقاله	مدیریت - بازاریابی	The NPV of bad news	Goldenberg, J., Libai, B., Moldovan, S., & Muller, E.	۱۸
۳۲	۲	۰.۹۳۳۳۳۳۳۳	0.013606	۱۹۹۱	Organization science	مقاله	مدیریت-نظریه سازمان	Exploration and exploitation in organizational learning	March, J. G.	۱۹
۶۶	۵	۰.۵۱۴۲۸۵۷۱	0.00689496716	۲۰۱۰	Journal of Economic Dynamics and Control	مقاله	اقتصاد	Schumpeter meeting Keynes: A policy-friendly model of endogenous growth and business cycles	Dosi, G., Fagiolo, G., & Roventini, A.	۲۰
۱۴	۳۲	۰.۰۵۷۱۴۲۸۶	0.002756089	۲۰۰۸	Management Science	مقاله	نظریه مبنایی پیچیدگی	Heterogeneity and network structure in the dynamics of diffusion: Comparing agent-based and differential equation models	Rahmandad, H., & Sterman, J.	۲۱
۳۶	۳۳	۰.۰۵۷۱۴۲۸۶	0.001378677	۱۹۹۹	science	مقاله	نظریه مبنایی پیچیدگی	Emergence of scaling in random networks	Barabási, A. L., & Albert, R.	۲۲
۱۷	۲۹	۰.۰۸۳۳۳۳۳۳	0.00103383	۱۹۷۸	American journal of sociology	مقاله	نظریه مبنایی پیچیدگی	Threshold models of collective behavior	Granovetter, M.	۲۳

*تعداد ارجاعات مدارک بر اساس خروجی پایگاه وب.آو. نالچ در مدارک استخراج شده و مورد تحلیل قرار گرفته ارائه شده است. این تعداد عددی است که در ابتدای استخراج مدارک از استنادات به ۶۹۹ مقاله از پایگاه استخراج شده و مورد هم‌استنادی قرار گرفته است. اگرچه این تعداد در دوره‌های زمانی مختلف گسترده شده‌اند، اما در جدول فوق مجموع همه ارجاعات در طول دوره مورد بررسی ارائه شده است.

شناسایی مدارک علمی دگرگون ساز بر اساس شاخص سیگما: حوزه دانشی مدل سازی عامل بنیان در علوم اجتماعی

از میان ۲۳ مدرک بالا که بر اساس شاخص سیگما و مبتنی بر شبکه تحلیل هم‌استنادی استخراج گردیده‌اند تعداد ۶ مدرک کتاب و مابقی آن‌ها مقاله‌ها هستند. نتایج فوق مدارکی را نشان می‌دهند که دارای ویژگی دگرگون‌ساز هستند و نقش اساسی در انتشار دانش در شبکه‌های دانشی متصل به یک ساختار علمی بازی می‌کنند. همانطور که از جدول ۲ برمی‌آید مدارکی که مبتنی بر شاخص سیگما دارای پتانسیل دگرگون‌ساز در ارتباط با مقاله-های مورد بررسی در این پژوهش هستند از حوزه‌های نظری مختلفی نشأت می‌گیرند. مبتنی بر این نتایج از میان ۲۳ مدرک کشف شده تعداد ۸ مدرک به نظریه مبنایی پیچیدگی و مدل‌سازی عامل-بنیان (مطالعات نظری مختلفی که به ساختار اصلی دانش علمی متصل بوده و بسط دهنده مفاهیم پایه‌ای مدل‌سازی عامل بنیان و نظریه پیچیدگی هستند)، تعداد ۴ مدرک مرتبط با حوزه دانشی علوم اجتماعی، تعداد ۶ مدرک مرتبط با حوزه دانشی مدیریت با گرایش‌های مختلف همانند بازاریابی و مالی، تعداد ۳ مدرک مرتبط با اقتصاد، ۱ مدرک روش‌شناسی پژوهش (در این مقاله رویکرد شبیه‌سازی به پژوهش مورد بررسی قرار گرفته است) و ۱ مدرک مرتبط با مطالعات نوآوری است. این نتایج نشان می‌دهند که این مدارک دارای بیشترین پتانسیل برای تبدیل شدن به کانون پژوهش‌های مختلف در ساختارهای علمی مرتبط با موضوع خود هستند و نقش ارتباط دهنده میان یک یا چند حوزه علمی با ساختار دانشی را بازی می‌کنند.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف این پژوهش شناسایی مدارک علمی مختلف در حوزه نظری مدل‌سازی عامل بنیان در حوزه‌های مختلف علمی همانند مدیریت، کسب و کار، علوم اجتماعی و اقتصاد، مبتنی بر کشف مدارک دارای خاصیت دگرگون ساز در ساختار-های علمی است. در این پژوهش تلاش گردید تا با تحلیل ۶۹۹ مقاله استخراج شده از پایگاه وب.آونالچ در حوزه مدل‌سازی عامل بنیان و با استفاده از تحلیل هم‌استنادی و با استفاده از شاخص سیگما مهم‌ترین مدارک علمی که دارای خاصیت دگرگون ساز هستند استخراج و شناسایی گردد. بر این اساس نخست تلاش گردید تا شبکه هم‌استنادی مقاله‌های استخراج شده ترسیم و مبتنی بر این شبکه دو شاخص مرکزیت بینابینی و شکوفایی مقاله‌ها محاسبه گردد. به عقیده چن (Chen et al., 2009) اگرچه هر دو این شاخص‌ها توانایی شناسایی مدارک علمی دگرگون ساز را دارند، اما به عقیده وی تحلیل و شناسایی این مدارک و نام‌دهی به خوشه‌های علمی برآمده از یک ساختار علمی میان رشته‌ای به شدت دشوار است. به عقیده وی برخی از این مدارک که با هر یک از دو شاخص فوق شناسایی می‌گردند می‌توانند پتانسیل تبدیل شدن به یک مدرک علمی دگرگون ساز را داشته باشند اما الزاماً این مدارک در نقش پرکننده شکاف‌های میان شبکه‌ای در یک ساختار علمی نیستند. بر این اساس وی تلاش می‌کند تا با ترکیب این دو شاخص، سنجه جدیدی را به نام سیگما ارائه دهد که ویژگی‌های هر دو شاخص مذکور را داشته باشد. وی اعتقاد دارد که برخی از مدارک که دارای بالاترین میزان سیگما هستند می‌توانند به‌عنوان مدارک علمی دگرگون کننده یک ساختار علمی در نظر گرفته شوند که نه تنها نقش ارتباطی میان شبکه‌های مختلف ساختار علمی را بازی می‌کنند بلکه می‌توانند به‌عنوان مدارک علمی کانونی در توسعه یک حوزه علمی باشند (چن و همکاران، ۲۰۰۹).

نتایج این پژوهش نشان می‌دهند که از میان ۲۳۳۹ مدرک استخراج شده از تحلیل شبکه هم‌استنادی تنها ۲۳ مدرک دارای مقدار سیگما به‌عنوان شاخص سنجش خاصیت دگرگون‌کنندگی و ارتباط دهنده میان حوزه‌های مورد بررسی هستند. اگرچه این مدارک خود اساس ایجاد پل ارتباطی میان شبکه‌های مختلف دانشی با ساختار اصلی دانش علمی (مدل‌سازی عامل بنیان) هستند، اما در هر یک از شبکه‌های دانشی مرتبط به خود دارای نقش اساسی و کانونی

هستند. بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۲ می‌توان ادعا نمود که شاخص سیگما اعتبار کافی برای کشف مدارک مختلف در شبکه‌های مرتبط با یک ساختار علمی را داراست. این درحالیست که نتایج حاصل از شاخص مرکزیت بینابینی و شاخص شکوفایی به‌طور مجزا از یکدیگر پراکنده بوده و هر یک بطور مجزا مدارک علمی را نشان می‌دهند که به‌تنهایی می‌توانند به‌عنوان مدارک دگرگون ساز علمی تلقی شوند. نتایج حاصل از جدول ۲ نشان می‌دهند که مدارک کشف شده بر اساس دو شاخص مرکزیت بینابینی و شکوفایی با نتایج سیگما به‌طور گسترده‌ای تفاوت داشته و مدارکی که این شاخص‌ها بر آن تأکید می‌کنند از یکدیگر پراکنده بوده و نمی‌توانند به‌دقت شرح دهند که مدارک دگرگون ساز در یک ساختار علمی کدامند. برای مثال مدرکی که بر اساس شاخص مرکزیت بینابینی به‌عنوان مدارک دگرگون ساز نخست طرح می‌شود از نظر شاخص شکوفایی رتبه ۲۳ را داراست و مدرکی که از نظر شاخص شکوفایی رتبه نخست را داراست از منظر شاخص مرکزیت بینابینی در رتبه سوم قرار دارد. همه مدارکی که با شاخص سیگما به‌عنوان مدارک دگرگون‌ساز شناسایی شده‌اند نه تنها از ارجاع بالایی در طول زمان برخوردارند بلکه مدارک مبنایی در توسعه و به‌کارگیری رویکرد مدل‌سازی عامل‌بنیان در حوزه‌های مختلف علوم اجتماعی هستند. در این میان ۸ مدرک که با عنوان نظریه مبنایی پیچیدگی شناسایی شده‌اند مبنایی نظری و پایه‌های اصلی این رویکرد و نظریه پیچیدگی را توسعه داده و در بیشتر مدارک استخراج شده مورد استناد قرار گرفته‌اند.

اگرچه نتایج حاصل از این دو شاخص با نتایج حاصل از شاخص سیگما در مواردی همپوشانی دارد، اما قابلیت سیگما در ترکیب این دو سنجه و ارائه یک نتیجه‌گیری نهایی برای شناسایی مدارک پرنفوذ در شبکه‌های علمی مرتبط با یک ساختار می‌باشد. به بیان دیگر سیگما با ترکیب مرکزیت بینابینی و نرخ شکوفایی مدارک علمی نقائص هر یک از دو شاخص مذکور را برطرف کرده و الگوریتم توانمندتری را برای سنجش مدارک علمی دگرگون ساز ارائه می‌دهد.

پیشنهادات

- ۱- پیشنهاد می‌گردد که شاخص سیگما به‌عنوان شاخص جایگزین برای سنجش مدارک دگرگون‌ساز به جای سنجه مرکزیت بینابینی و یا نرخ شکوفایی مورد استفاده قرار گیرد.
- ۲- با توجه به بررسی‌های صورت گرفته در حوزه مدل‌سازی عامل بنیان به نظر می‌رسد ضروری است هر پژوهشی در این عرصه به مدارک اصلی و مسیرهای توسعه که در این پژوهش به آن‌ها اشاره گردیده است توجه نمایند. بررسی‌های این پژوهش نشان می‌دهند که حوزه مدل‌سازی عامل بنیان در علوم اجتماعی وابستگی شدیدی به مدارک دگرگون‌ساز دارد که بخش اساسی‌ای از آن‌ها در جریان‌ها و رشته‌های مطالعاتی مختلفی قرار گرفته است که فهم یکپارچه‌ای از این روش‌شناسی به‌عنوان بهترین روش فهم سیستم‌های پیچیده در انسجام نظری مطالعات مختلف در این عرصه کارساز خواهد بود.

منابع

آذر، عادل، صادقی، آرش. (۱۳۹۱). مدل سازی، عامل بنیان، رویکردی نوین در مدل سازی مسائل پیچیده اخلاقی، فصلنامه اخلاق در علوم و فناوری، دوره ۷، شماره ۱.
شکفته مریم، حریری نجلا (۱۳۹۲)، ترسیم و تحلیل نقشه علمی پزشکی ایران با استفاده از روش هم استنادی موضوعی و معیارهای تحلیل شبکه اجتماعی. فصلنامه مدیریت سلامت، ۱۶(۵۱).

- Axelrod, R. M. (1984). The evolution of cooperation. Basic books.
- Axelrod, R. M. (1997). The complexity of cooperation: Agent-based models of competition and collaboration. Princeton University Press.
- Barabási, A. L., & Albert, R. (1999). Emergence of scaling in random networks. *science*, 286(5439), 509-512.
- Bonabeau, E. (2002). Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(suppl 3), 7280-7287.
- Bonacich, P. (1987). Power and centrality: A family of measures. *American Journal of Sociology*, 92, 1170-1182.
- Brock, W. A., & Hommes, C. H. (1997). A rational route to randomness. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1059-1095.
- Brock, W. A., & Hommes, C. H. (1998). Heterogeneous beliefs and routes to chaos in a simple asset pricing model. *Journal of Economic dynamics and Control*, 22(8), 1235-1274.
- Chen, C., Chen, Y., Horowitz, M., Hou, H., Liu, Z., & Pellegrino, D. (2009). Towards an explanatory and computational theory of scientific discovery. *Journal of Informetrics*, 3(3), 191-209.
- Colander, D., Howitt, P., Kirman, A., Leijonhufvud, A., & Mehrling, P. (2008). Beyond DSGE models: toward an empirically based macroeconomics. *The American Economic Review*, 98(2), 236-240.
- Davis, J. P., Eisenhardt, K. M., & Bingham, C. B. (2007). Developing theory through simulation methods. *Academy of Management Review*, 32(2), 480-499.
- Davis, J. P., Eisenhardt, K. M., & Bingham, C. B. (2007). Developing theory through simulation methods. *Academy of Management Review*, 32(2), 480-499.
- Dosi, G., Fagiolo, G., & Roventini, A. (2010). Schumpeter meeting Keynes: A policy-friendly model of endogenous growth and business cycles. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 34(9), 1748-1767.
- Epstein, J. M., & Axtell, R. (1996). Growing artificial societies: social science from the bottom up. Brookings Institution Press.
- Freeman, L. C. (1977). A set of measures of centrality based on betweenness. *Sociometry*, 35-41.
- Gaffeo, E., Gatti, D. D., Desiderio, S., & Gallegati, M. (2008). Adaptive microfoundations for emergent macroeconomics. *Eastern Economic Journal*, 34(4), 441-463.
- Garcia, R. (2005). Uses of agent based modeling in innovation research. *Journal of Product Innovation Management*, 22(5), 380-398.
- Granovetter, M. (1978). Threshold models of collective behavior. *American journal of sociology*, 1420-1443.
- Kleinberg, J. (2003). Bursty and hierarchical structure in streams. *Data Mining and Knowledge Discovery*, 7(4), 373-397.
- LeBaron, B. (2006). Agent-based computational finance. *Handbook of computational economics*, 2, 1187-1233.
- Lux, T., & Marchesi, M. (2000). Volatility clustering in financial markets: a microsimulation of interacting agents. *International journal of theoretical and applied finance*, 3(04), 675-702.

- Macal, C. M., & North, M. J. (2010). Tutorial on agent-based modelling and simulation. *Journal of simulation*, 4(3), 151-162.
- Macy, M. W., & Willer, R. (2002). From factors to actors: Computational sociology and agent-based modeling. *Annual review of sociology*, 143-166.
- Peirson, B. R. Erick., et al. (2016). Tethne v0.7. <http://diging.github.io/tethne/>
- Rahmandad, H., & Sterman, J. (2008). Heterogeneity and network structure in the dynamics of diffusion: Comparing agent-based and differential equation models. *Management Science*, 54(5), 998-1014.
- Rand, W., & Rust, R. T. (2011). Agent-based modeling in marketing: Guidelines for rigor. *International Journal of Research in Marketing*, 28(3), 181-193.
- ROSHANI, S., GHAZINOORI, S., & TABATABAEIAN, S. H. (2014). A CO-AUTHORSHIP NETWORK ANALYSIS OF IRANIAN RESEARCHERS IN TECHNOLOGY POLICY AND MANAGEMEN.
- Schelling, T. C. (1971). Dynamic models of segregation†. *Journal of mathematical*
- Schelling, T. C. (1978). *Micromotives and macrobehavior*. WW Norton & Company.
- Sharma, M. and Urs, S.R., 2008, "Network dynamics of scholarship: a social network analysis of digital library community", *Proceedings of the 2nd PhD workshop on Information and knowledge management*, pp. 101-104, ACM Digital library (Association for Computing Machinery).
- Small, H. (1973). Co-citation in the sciences between two documents. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 24(4), 265-269. *sociology*, 1(2), 143-186.
- Sordo, M., Ogihara, M., & Wuchty, S. (2015, October). Analysis of the evolution of research groups and topics in the ISMIR conference. In *Proceedings of the 16th ISMIR Conference* (Vol. 205).
- Tonta, Y., & Düzyol, G. (2010). Mapping the structure and evolution of electronic publishing as a research field using co-citation analysis.

pcitation in the scienc