

رشد علم: مفاهیم، نظریه‌ها و الگوها

حسین مرادی مقدم*

هیئت علمی گروه علم اطلاعات و دانش‌شناسی، دانشگاه سمنان، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۶/۱۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۰۲

چکیده

مسئولان کشور همواره بر رشد علم تأکید داشته‌اند و آن را از ویژگی‌های راهبری علمی دانسته‌اند. این پژوهش با هدف بررسی مفهوم رشد علم و شاخص‌های مربوط به آن انجام شده است. در واقع مفهوم رشد علم، معیارهای سنجش رشد علم، نظریه‌های حوزه رشد علم در قدیم و معاصر، الگوهای رشد علم و چگونگی استفاده از آن در مقاله بررسی شده است. یافته‌ها در دو بخش به مفهوم رشد علم پرداخته است. بخش اول مبانی نظری و بخش دوم مراحل مختلف رشد، الگوی رشد علم پرایس و الگوهای چهارگانه رشد علم است که مورد نقد و بررسی قرار گرفته است.

کلیدواژه‌ها: رشد علم، سنجش رشد علم، نظریه‌ها و الگوهای رشد علم.

* h-moradimoghadam@semnan.ac.ir

مقدمه

رشد علم در ایران از مفاهیمی است که در داخل طرفداران خود را داشته است. بعضی آن را مورد نقد قرار داده‌اند. میان کشورهای خارجی، ایران تنها کشوری بوده که بالاترین نرخ رشد تولید علم در جهان را به خود اختصاص داده است. رشد علم در دو مقوله کمی و کیفی (تعداد استناد) قابل بررسی است. در مقوله کمی رشد علم در ایران نشان‌دهنده بالاترین میزان رشد در جهان است. ایران رتبه ۱۵ دنیا را دارد و در بین ۲۵ کشور اول تولیدکننده علم در دنیا، ایران بالاترین میزان رشد علم را به خود اختصاص داده است؛ اما در مقوله کیفی وضعیت متفاوت است. تعداد استنادها شاخص عمده کیفیت محسوب می‌شود هرچند که باید به سمتی حرکت کرد تا علاوه بر استناد، کاربردی بودن و اثرگذاری واقعی پژوهش‌ها معیار واقعی کیفیت در نظر گرفته شود. در بحث اثربخشی علمی علاوه بر استنادها به عنوان معیار کیفیت پژوهش، تأثیرات اقتصادی و اجتماعی آن پژوهش در سطح ملی و بین‌المللی باید مورد نظر باشد. اثربخشی علمی شامل هر تأثیر، تغییر، سود و منفعتی که یک تحقیق بر اقتصاد جامعه، فرهنگ، سیاست‌گذاری، خدمات بهداشتی، محیط‌زیست و نیز با کیفیت زندگی در ارتباط باشد.

برخی معتقدند که رشد علم در ایران واقعی نیست و شواهد و دلایلی برای آن ذکر می‌کنند. دلایل رشد کاذب علم در ایران به اعتقاد دینانی [۱].

۱. رشد علم، رشد متوازن در همه حوزه‌هاست؛ حال آنکه توزیع مقاله‌های ایرانیان در حوزه‌های متفاوت متوازن نیست؛
۲. رشد علم نه فقط در چند نفر از یک حوزه علمی، بلکه در بیشترین متخصصان هر حوزه بروز می‌کند. در رشته‌هایی که بیشترین مقاله‌ها یا استنادهای ایرانیان منتشر شده است، مقاله‌ها به عده‌ای محدود و ارجاع‌ها به مقاله‌های محدود برمی‌گردد؛
۳. تولید مقاله‌ها برای آی‌اس‌آی^۱ با شارژ مالی (ارقامی

که به عنوان تشویق پرداخت می‌شود) و اجبار آیین‌نامه‌ای (درج نام استاد راهنما و مشاور بالاتر از نام دانشجو در مقاله برای فارغ‌التحصیل شدن) میسر می‌شود؛

۴. برای رسیدن به عمق علم، باید متخصص، تمام فعالیت‌ها و کنکاش‌های ذهنی خود را به موضوع خاصی محدود کند. در این صورت، آثار متخصص موضوع محور است، حال آنکه مقاله‌های یک عضو هیئت علمی ایرانی در حوزه‌های متفاوت و پراکنده منتشر می‌شود که تابعی از تمایل دانشجو است؛
۵. دانشی که تولید می‌شود، در کشوری کارایی دارد که مقاله در مجله آن منتشر می‌شود. به بیانی دیگر، نوشته پاسخگوی نیاز دیگران است و نه نیاز داخلی کشور نویسنده مقاله؛
۶. پیش‌نیاز رشد علم، رشد در حوزه علوم انسانی و اجتماعی است، چیزی که تاکنون در مقاله‌های آی‌اس‌آی منعکس نشده است.

این دلایل و شواهد قابل تأمل است. با این حال، رشد علم و دلایل رشد کاذب علم بیشتر متوجه رشد کمی است تا کیفی. در مفهوم رشد علم نظریه‌ها و الگوهایی وجود دارد که آگاهی از آنها باعث فهم بهتر مقوله رشد علم خواهد شد. در این مقاله سعی شده است به مقوله رشد علم و مفاهیم مرتبط با آن پرداخته شود.

واژه رشد دلالت بر «تغییر وضعیت» یا «افزایش در اندازه» دارد. در مورد علم، مفهوم رشد دلالت بر افزایش برون‌دادهای علمی به ویژه افزایش در متون علمی، افزایش تعداد جوامع علمی یا افزایش تعداد مؤسسه‌های پژوهشی و غیره است. یکی از جنبه‌های مطالعه رشد علمی، میزان کهنگی متون علمی و همبستگی آن با نرخ رشد متون علمی است به منظور پی بردن به همبستگی بین دو میزان (کهنگی متون و نرخ رشد) و تشخیص اینکه کدام یک از این دو می‌تواند با وجود دیگری پیش‌بینی شود، از جنبه‌های مطالعه رشد علمی است [۲]. در این مقاله در دو بخش به مفهوم رشد علم پرداخته شده است. بخش اول مبانی نظری و بخش دوم مراحل مختلف رشد، الگوی رشد علم پرایس و الگوهای چهارگانه رشد علم مورد نقد و بررسی قرار گرفته

1. ISI

است. در بخش اخیر سعی شده است تا تاریخچه حوزه سنجش رشد دانش به همراه الگوی رشد علمی پرایس و مشکلات و چالش‌های آن و نقد این الگو و نیز شاخص‌های رشد دانش ارائه شود. در ادامه به معرفی الگوهای رشد و فرمول‌های هر یک پرداخته شده است.

نظریه‌های رشد و توسعه علم

رشد و توسعه علم در همه جوامع و در همه شرایط زمانی و مکانی یکسان نیست و در همه کشورهای جهان از شرایط برابری برخوردار نبوده است. پرسش اساسی این است که رشد و توسعه علم یا انحطاط و افول آن متأثر از کدام عوامل است؟ دانشمندان تلاش‌های فراوانی انجام داده‌اند تا به این پرسش پاسخ دهند. در این زمینه نظریه‌های اجتماعی رشد علم و توسعه که توسط افرادی همچون ابن خلدون، مرتون، کوهن، مولکی، کل^۱ و باربر^۲ ارائه شده قابل ذکر است.

ابن خلدون علم و جامعه را در ارتباطی متقابل می‌بیند. از نظر او نیروی اندیشه در انسان به طور ذاتی نهفته است، ولی زمینه اجتماعی مناسب لازم است تا اندیشه به حرکت درآید و سبب گسترش دانش‌ها و توسعه علوم شود. او رشد و توسعه علم را وابسته به تحقق پاره‌ای از شرایط و زمینه‌های مساعد می‌داند که از جمله این شرایط می‌توان به امکان فراغت، حفظ آیین تمدن، تقاضای اجتماعی برای خدمات دانشمندان و قدرشناسی و تشویق فرمانروایان از خدمات آنان اشاره کرد. از جمله شرایط دیگر رشد علم و توسعه از نظر ابن خلدون ثبات سیاسی و اقتصادی است که در سایه آن علم رشد و توسعه می‌یابد.

رابرت مرتون، بنیان‌گذار جامعه‌شناسی علم به چرایی رشد و توسعه علم جدید پرداخته است. از نظر او، علم نهادی اجتماعی است و برای اینکه در جامعه‌ای توسعه پیدا کند و نهادینه شود، نیازمند زمینه اجتماعی و فرهنگی مناسبی است. بنابراین تنها در جوامعی که از شرایط اجتماعی و فرهنگی مناسبی برخوردارند، علم به میزان

چشمگیری توسعه می‌یابد. حرکت و رشد علم در جوامع مختلف به بسترسازی عوامل مهم اجتماعی نیاز دارد و مادامی که به این عوامل توجه شود، رشد و توسعه علمی روند صعودی را طی خواهد کرد. عوامل اجتماعی و فرهنگی زمینه‌ساز، شامل طیفی است که از پذیرش اولیه تا حمایت همه جانبه را دربرمی‌گیرد. برخی از این عوامل شامل نظام آموزشی، نظام انگیزش و پاداش، شبکه ارتباطات علمی، نظام ارزشی مناسب و عوامل سیاسی و اقتصادی است. در تحلیل نظریه رشد علم مرتون می‌توان گفت که او در کل، قائل به وجود شرایط اجتماعی مناسب هم در داخل فضای علم و هم در خارج فضای علم برای رشد و توسعه علم است [۵].

کوهن از دانشمندان برجسته‌ای است که با نوشتن اثر مهم خود تحت عنوان ساختار انقلاب‌های علمی تأثیر فراوانی بر دنیای اندیشه و عمل گذاشته است. فرضیه اصلی کوهن این است که پیشرفت فزاینده معرفت علمی نه از باز بودن فکر اهل علم، بلکه به صورتی تناقض آمیز، از بسته بودن فکر ایشان ناشی می‌شود. او چنین استدلال می‌کند که تحقیقات علمی عادی، از پارادایمی پیروی می‌کنند که عبارت است از سلسله فرضیاتی (نظری، روش‌شناختی و تجربی) مرتبط با هم که از جانب کسانی که در یک حوزه معین علمی فعالیت می‌کنند، عموماً پذیرفته شده است. او معتقد است در هر دوره‌ای از مراحل پیشرفت علم، مجموعه‌ای از پارادایم‌ها وجود دارد و دانشمندان به آنها پایبندند و تمام کارهای عملی‌شان بر اساس همان الگوی پذیرفته شده، انجام می‌شود. این کار ادامه دارد تا اینکه نظریه دیگری مطرح شود و اگر این نظریه جدید مقبولیت عمومی پیدا کند و به مرحله‌ای برسد که اکثر دانشمندان تابع نظریه جدید شوند و کارهای علمی خود را بر اساس آن انجام دهند، پارادایم قبلی کنار زده می‌شود و نظریه جدید جایگزین پارادایم قبلی می‌شود. در واقع، این مکانیزم و روند توسعه علم از نظر کوهن به الگوی نظام بسته تعبیر می‌شود.

مولکی یکی دیگر از نظریه‌پردازانی است که نظریه علم او در رویکرد درون‌گرا جای می‌گیرد. ایشان برای رشد و توسعه علم، الگوی رشته‌ای را طراحی کرده است. این الگو

1. J. R. Cole
2. B. Barber

فرانسیس بیکن به اهمیت سرمایه‌گذاری دولتی در امر پژوهش اشاره می‌کند و آن را تنها راه پیشرفت علم و پژوهش و توسعه اقتصادی دانسته است. جیدری معتقد است این دیدگاه هنوز هم در میان سیاست‌گذاران علم و پژوهش وجود دارد و بیان می‌کند تحول در معنای علم به علم کاربردی و دانش قابل عرضه و علم به معنای کسب نتایج اقتصادی و فواید اجتماعی از قرن هفدهم به بعد آغاز شد [۵].

مطالعات تاریخی رشد و افول علم بیانگر این واقعیت است که حرکت علم در جوامع مختلف به عوامل اجتماعی زیادی بستگی دارد. یکی از این عوامل عبارت است از اینکه: نظام انگیزش و پاداش به مثابه یک سیستم کنترل و تشویق، تأمین‌کننده رضایت و امنیت اهل علم عمل می‌کند [۶]. به عبارت دیگر علم را می‌توان با نظام پاداش موجود در علم‌سنجی پیش برد. دانش محصول جامعه است و جامعه با ایجاد نظام پاداش و تنبیه، نیازها و اولویت‌های علمی و پژوهشی خود را به پژوهشگران و دانشمندان القا می‌کند. از آنجا که دانش، محصول جامعه است، علم و پژوهش باید نیازهای جامعه را برآورده کند [۷].

علم به عنوان نهادی اجتماعی در ارتباط متقابل و تنگاتنگ با سایر نهادها، سازمان‌ها و مؤسسه‌های اجتماعی است که از آنها تأثیر و بر آنها تأثیر می‌گذارد. بنابراین برای توسعه و رشد علم لازم است هم نهادهای اجتماعی بیرون از علم (عوامل بیرونی)، مثل نظام‌های اقتصادی، سیاسی، ارزش‌های مذهبی و هم عناصر درون جامعه، مانند امکانات و تجهیزات علمی، مدیریت علمی، ارتباط علمی با یکدیگر همخوانی لازم و کافی داشته باشند تا رشد و توسعه علم محقق شود [۸]. بنابراین با وجود نظریه‌های قوی و متعددی که در حوزه رشد و توسعه علم وجود دارد که نشان از اهمیت این حوزه است، جای بررسی این نظریه‌ها در کشور ما خالی است و لازم است که در این زمینه پژوهش‌هایی انجام پذیرد و پژوهش حاضر و نتایج حاصل از آن می‌تواند در این زمینه مفید واقع شود.

بر این فرض استوار است که اصولاً خلق مسائل و موضوع‌های جدید در علم با تشکیل شبکه‌های اجتماعی مرتبط است و پیشرفت هر شبکه‌ای تا حد قابل توجه به توسعه رشته‌های هم‌جوار وابسته است. او معتقد است ارتباط مداوم بین دانشمندان و پژوهشگران هر حوزه علمی و اطلاع از آخرین دستاوردهای نظری و عملی دارای پیوندی قوی با وضعیت رشد و توسعه علم و مؤثر بر آن است. مفهوم دانشکده نامرئی (دانشمندان و پژوهشگرانی از یک رشته علمی در سراسر دنیا که ارتباط مستمر علمی با هم دارند) بیانگر همین معناست که در الگوی رشته‌ای مولکی بر آن تأکید می‌شود.

نظریه اجتماعی علم کول^۱، برای تبیین عوامل مؤثر بر رشد و توسعه علم دیدگاه ویژه‌ای دارد. از نظر او این عوامل ناظر بر دو گروه عوامل اجتماعی و عوامل ذهنی است. عوامل اجتماعی داخل و خارج فضای علم به همراه تأثیر نفوذ ذهنی در رشد علمی که همان نفوذ اندیشه‌هاست، گونه‌شناسی انواع عوامل را تشکیل می‌دهند. در گروه عوامل اجتماعی، علم تحت تأثیر عوامل اجتماعی داخل فضای علم و عوامل اجتماعی خارج فضای علمی است و در گروه عوامل ذهنی، علم از یک طرف تحت تأثیر اندیشه‌های قبلی، اندیشه‌های نوایغ و نخبگان و بارقه‌های ذهنی آنهاست و از طرف دیگر، علم تحت تأثیر امور ذهنی و اعتقادی مثل مذهب و فلسفه رشد می‌یابد [۵].

باربر^۲، یکی دیگر از صاحب‌نظران نظریه اجتماعی علم، در تبیین عوامل رشد و توسعه علوم، به مجموعه‌ای از عوامل معرفت‌شناختی اشاره می‌کند و از نظریه مارکسیستی (نظریه مارکسیستی علم کارل مارکس که روابط میان تکامل علوم و تکامل مناسبت‌های اقتصادی را مدنظر قرار می‌دهد) انتقاد می‌کند که بر عامل اقتصادی به منزله عامل مسلط تأکید دارد، و عوامل دیگری همچون عوامل فکری، مذهبی و سیاسی را در عرض عوامل اقتصادی فرض می‌کند و همه این عوامل را در کنار یکدیگر بر رشد و تکامل علم مؤثر می‌داند.

1. Cole
2. Barber

اندازه‌گیری رشد دانش علمی

شاخص‌های مختلفی برای اندازه‌گیری رشد علم به کار رفته‌اند. ساده‌ترین این شاخص‌ها از نظر استفاده، شمارش محض تعداد مقاله‌های پژوهشی منتشر شده در همه یا بخشی از متون علمی است. هرچند چنین شاخصی در خوش‌بینانه‌ترین حالت فقط اندازه‌ای را به دست می‌دهد که نسبت اولیه و خام تولید دانش است. این شاخص اندازه‌گیری رشد علم مشکلاتی را نیز به دنبال دارد که در ادامه به برخی از آنها اشاره می‌شود.

محاسبه میزان تولید مقاله‌های علمی به مثابه اندازه دانش تولید شده توسط نویسندگان مقاله‌ها دو فرض را اساس کار خود قرار می‌دهد: نخست؛ کل دانش فراهم آمده توسط این نویسندگان در مقاله‌های آنان وجود دارد، دوم؛ هر یک از مقاله‌ها میزان دانشی برابر و یا معین شده دارد. هیچ یک از این دو فرض مبتنی بر تجربه و آزمون نیست. در فرض اول، دانش نهان همچنان که به صورت مستدل اظهار شده است، به عنوان بخشی جدایی‌ناپذیر از دانش است و طبق این تعریف نمی‌تواند در متون علمی عینی تبیین و گنجانده شود. به هر حال طیفی از عوامل اجتماعی نیز مانع و سد راه رسیدن دانش علمی به مرحله نشر در قالب متون علمی پژوهشی همگانی‌اند. بنابراین، باکس^۱ و نیز الیس^۲ تأثیر راهبردهای حفاظتی و امنیتی سازمان‌ها را بر میزان نشر دانشمندان عرصه صنعت مورد توجه قرار داده‌اند و معتقدند عمده پژوهش‌های مربوط به امور دولتی و حکومتی دارای ارزش امنیتی و دفاعی منتشر نشده باقی مانده و یا بعد از گذر سال‌ها از تحقیق اولیه منتشر شده‌اند. برخی از نتایج پژوهش‌های محض یا در قالبی ناتمام منتشر می‌شود و یا دست کم تا زمانی که مدتی از انجام کار نگذشته باشد، منتشر نمی‌شوند تا پژوهشگران از پیامدهای احساس رقابت همکارانشان در امان باشند.

با وجود چشم‌پوشی از این نقایص و مشکلات، به منظور تبدیل محاسبه تعداد انتشارات به مثابه سنج

اندازه‌گیری رشد علم باید «میزان» دانش نهفته در یک مقاله پژوهشی را به صورت کمی مشخص ساخت. در کل، فرض مربوط به اینکه هر مقاله‌ای سهم برابری در دانش دارد- با وجود غیرمنطقی بودن این فرض- مطرح می‌شود. مطالعات زیادی به این نکته تأکید کرده‌اند که متون پژوهشی از مقالاتی با ارزش (دانش) برابر تشکیل نشده‌اند. موراویتیک^۳ اصرار دارد که استانداردهای داوری و به ویژه استانداردهای مربوط به ارزش‌گذاری مناسب انتشارات کیفی و ارزشمند از حوزه‌ای به حوزه دیگر متفاوت است [۳].

با وجود مشکلات ذکر شده در مورد استفاده از تعداد مقاله‌های منتشر شده به عنوان سنج اندازه‌گیری رشد علم، این شاخص به عنوان شاخصی بین‌المللی مورد توجه کشورهای مختلف بوده است و سازمان‌ها و نهادهای معتبر علمی دنیا از این شاخص به عنوان معیار اصلی قضاوت درباره میزان رشد کشورها از آن استفاده می‌کنند.

معیار دیگری که برای مطالعات جامعه‌شناختی رشد دانش در درون جامعه علمی بسیار مناسب است، معیاری است که سهم ارزنده موجودیت دانش را عبارت از نقش آن در پیشرفت اثرگذار دانش علمی می‌داند. حال، چگونه می‌توان «پیشرفت اثرگذار» را تعریف کرد. اما اهمیت یک پیشرفت علمی بر این اساس در بستری بیرون از جامعه علمی و دانش آن پایه‌ریزی نمی‌شود، بنابراین، فایده‌مندی یک پیشرفت علمی عاملی در ارزیابی اهمیت و تأثیرگذاری آن نیست. هرچند حین قضاوت در باب کیفیت، توجه به پیامدهای آن برای وضعیت فعلی نظریه ضرورت دارد.

یکی دیگر از شاخص‌های اندازه‌گیری رشد دانش، شاخص کیفیت مقاله‌ها و برون‌دادهای علمی است. تعداد استنادهای داده شده به یک مقاله در حکم سنج کیفیت آن تلقی می‌شود. کول^۴ از سنج کیفیت بهره برد و رابطه بین کمیت و کیفیت مقاله‌ها و برون‌دادهای جمعی از فیزیکدانان دانشگاهی را مورد بررسی قرار داد و از سنج کیفیت به کار رفته در مقاله‌ها برای آزمون این نکته بهره جست که رشد و توسعه دانش علمی به پژوهش‌های نسبتاً

3. Moravesik

4. Cole

1. Cotgrove Box

2. Ellis

کمی از دانشمندانی وابسته است که به ابداع‌ها و نوآوری‌های مهم نایل می‌آیند [۱۰].

در مورد استفاده از استناد برای اندازه‌گیری کیفیت و در نتیجه رشد علم، در اینجا ذکر چند نکته لازم است. نخست؛ آیا استناد شاخص مناسب اثرگذاری است؟ چون دقیقاً نمی‌دانیم که دانشمندان برای چه منظوری به همدیگر استناد می‌کنند. استنادها راهنمای کاملاً دقیق در حصول به الگوهای اثرگذاری دانشی نیستند؛ با این حال، کول معتقد است که استنادها برای برخی اهداف و مقاصد شاخص مناسبی از این اثرگذاری به دست می‌دهند. ولی وقتی به اندازه‌گیری‌های کمی برمی‌گردیم باید بینیم آیا تعداد استنادها به یک مقاله با کیفیت آن رابطه دارد یا خیر؟ به طور کلی می‌توان گفت که تعداد استنادهای دریافت شده نتیجه کیفیت مقاله استناد شده نیست، بلکه به عواملی چون اندازه، آهنگ رشد و میزان بلوغ علمی حوزه‌ای که مقاله در حیطه آن است نیز بستگی دارد. همچنین مجله‌ای که مقاله را منتشر ساخته و شهرت قبلی نویسنده آن در این میان اثرگذار است.

منارد^۱ هم از طریق تحلیل نظری و هم از راه تجربی و عملی نشان داده است که حداکثر استناد به یک مقاله طی دوره زمانی معین به تعداد نویسندگان دیگر در حوزه و آهنگ نشر در آن حوزه بستگی دارد؛ زیرا هر قدر حوزه‌ای بزرگ‌تر باشد و با آهنگ سریع‌تری رشد کند، ارجاع‌های بیشتری خواهد داشت و احتمال دریافت استنادهای بیشتر به یک مقاله نیز زیادتر خواهد شد. علاوه بر این، اگر حوزه‌ای جوان باشد، به تعداد کمی از مقاله‌های قدیمی استناد می‌شود و تمرکز بر استناددهی به مقاله‌های جدید است. پس احتمال استناد دادن به یک مقاله معین به میزان مشخصی، در یک حوزه علمی جوان، بزرگ و رشد سریع بیشتر از استناد به مقاله‌ای هم‌سنگ آن در حوزه‌ای بالغ ولی کوچک و ایستا است. اگر مقاله‌ای به زبانی معین (مثل روسی، ژاپنی و ...) یا در مجله‌های غیر مشهوری منتشر شده باشد به آن استناد کمتری می‌شود و بالاخره اینکه رویت‌پذیری یک نویسنده (یعنی شناخت قبلی هم‌تایان از

این نویسنده و اثرش) بر میزان مقبولیت و در نتیجه میزان استناد آن تأثیر دارد. با توجه به نقاط ضعف و نیز نقایص استناد به عنوان معیار کیفیت که قبلاً اشاره شد، اگر کسی به بررسی رشد کلی علم می‌پردازد، باید از انتشاراتی بهره‌مند شود که فهرست دانشمندان به نام را دارد، نه فهرست مقاله‌های پژوهشی با کیفیت را.

رویکردهای مختلفی مانند: رویکردهای جامعه‌شناختی، معرفت‌شناختی و رویکرد تکامل زیست‌شناختی یا رویکرد توزیع فناوری در مطالعه رشد دانش وجود دارد. این رویکردها فقط تعدادی از رویکردهای موجود است [۸]. در اینجا رویکرد جامعه‌شناختی به دلیل اینکه بر اساس انتشارات و نویسندگان تعیین می‌شود مورد بحث قرار می‌گیرد.

همانطور که پرایس اظهار داشت، رشد تعداد انتشارات و نویسندگان نوظهور تابع منحنی رشد لجستیک است. البته او نتوانست تبیینی منطقی برای این روند رشد به دست دهد. سپس کرون^۲ اظهار داشت که الگوی رشد لجستیک در رشد دانش علمی شاید نتیجه بهره‌برداری هوشمندانه نوع خاصی از جامعه علمی باشد. پرسشی که بر طبق نظریه کرون باید پاسخ گفت آن است که جامعه علمی چگونه بر رشد دانش تأثیر می‌گذارد؟ او معتقد است که نوعی تعامل بین عوامل اجتماعی و شناختی رخ می‌دهد که نقش تعیین‌کننده در رشد دانش دارد در این صورت رشد دانش علمی، به نوعی فرایند توزیعی است که در آن ایده‌ها از یک پژوهشگر به پژوهشگر دیگری منتقل می‌شود، بنابراین رشد لجستیکی دانش علمی را می‌توان نوعی فرایند واگیری تلقی کرد که طی آن مبتلایان اولیه (نویسندگان)، مبتلایان دیگر (نویسندگان دیگر) را تحت تأثیر قرار می‌دهند که این به نوبه خود رشد لجستیکی تعداد انتشارات و نویسندگان نوظهور را تحت تأثیر قرار می‌دهد. الگوی واگیری ارتباطات گافمن بر مبنای نظریه‌های علوم زیستی بنیان نهاده شده است. گافمن ریاضیدان بود و اشاعه اندیشه‌های علمی به منزله فرایندی مشابه با انتقال بیماری‌ها واگیردار را در نظر می‌گرفت. با این تفاوت که اندیشه‌ها موقعیتی مطلوب

1. Menard

2. Crane

علم، بر آن شد تا نوعی نظم و سامان منطقی و ریاضی در اندازه‌گیری علم ایجاد کند. پرایس فیزیکدانی متقدم بود، یکی از یافته‌های اثرگذار و پرچالش او، الگوی رشد علمی است که اندازه علم و زمان را به هم مرتبط می‌کند. این الگو تابع ساده بین یک متغیر (مربوط به اندازه علم) و متغیر دیگر (بازه زمانی معین بر طبق سال) در موضوع یا رشته علمی خاص است. پرایس اظهار می‌کند: تعداد مجله‌ها به صورت نمایی^۱ (رشد فزاینده و با مقدار ثابت) رشد کرده است، نه به صورت خطی. مقدار ثابت مورد نظر در محاسبات نشان‌دهنده دو برابر شدن این رشد طی حدود پانزده سال است [۸].

پرایس در مورد رشد متون علمی قائل به رشد تصاعدی است. به گفته او علم با مقدار ثابت در دوره‌های زمانی یکسان چند برابر می‌شود. از نظر او رشد متون هر ۱۵ سال یکبار دو برابر می‌شود که این رقم بالاتر از نرخ رشد جمعیت جهان (دو برابری هر ۵۰ سال یکبار) است. جمعیت جهان هر ۵۰ سال یکبار دو برابر می‌شود [۱۱].

روش پیش‌بینی علم به پرایس منسوب است. از نظر او فرایند رشد علم از طریق تابع نمایی^۲ تخمین زده می‌شود. البته نالیموف در این زمینه معتقد است: از لحاظ منطقی مشکل است که درستی رشد مقاله‌های علمی را در همه حوزه‌ها با تابع نمایی ارائه کنیم و منطقی‌تر اینکه حوزه‌های مختلف دانش و نیز کشورهای مختلف با شرایط پایدار رشد را در نظر بگیریم [۱۲].

نظر پرایس ناظر بر رشد نمایی است. منحنی رشد نیز از نظر پرایس S شکل است. بین سال‌های ۱۶۶۰ تا ۱۹۶۰ (یعنی ۳۰۰ سال بررسی)، از زمان پیدایش نخستین مجله‌های علمی شناخته شده صورتجلسه‌های انجمن سلطنتی و مجله دانشوران تا هنگام نگارش کتاب علم کوچک و علم بزرگ، انتشار تعداد مقاله‌های علمی هر ۱۵ سال دو برابر شده است [۱۱]. در کنار تعداد مقاله‌های علمی، پرایس معتقد بود تعداد مجله‌ها نیز رشد نمایی

است، در حالی که از شیوع بیماری‌ها باید دوری کرد. در همه بیماری‌های واگیر عناصر مشترکی وجود دارد یکی از این عناصر، عنصر عامل بیماری است. اندیشه‌ها، مواد واگیر مسری فکری محسوب می‌شود. اندیشه‌ها با ارتباط میان سخنران و شنوندگان یا از راه گفت‌وگو میان استادان راهنما و دانشجویان منتقل می‌شود. این اندیشه‌ها می‌تواند از طریق عاملی به شکل مجله نیز در معرض همگان قرار گیرد عنصر مهم دیگر در همه بیماری‌های واگیر، جمعیتی است که اندیشه‌های همه‌گیر در هر زمان میان آنها پخش می‌شود. هر فردی از افراد جمعیت زمانی احتمال دارد به گروهی از گروه‌های متمایز تعلق داشته باشد. مبتلایان آنانی‌اند که اندیشه‌ها را با خود حمل کرده‌اند. پدیدآورندگان و پژوهشگرانی که اندیشه‌هایی برای انتقال دارند، هم مبتلایند. کسانی که با مواد آلوده تماس می‌گیرند، آسیب‌پذیرند، زیرا احتمال دارد آنها هم دچار بیماری شوند. احتمال دارد آنان مجله‌خوانان دیگر و دیگر پژوهشگرانی در همان زمینه باشند که به همان اندیشه‌ها برسند. برکنارشدگان یا مبتلایان سابق‌اند، یا کسانی که در برابر بیماری ایمنی دارند. احتمال دارد آنان دیگر پژوهشگرانی باشند که بازنشسته شده‌اند یا در گذشته‌اند و دیگر در آن زمینه فعالیت ندارند. سلسله معادله‌های دیفرانسیل پیچیده برای محاسبه تغییر در شمار عوامل مبتلاکننده، افراد مستعد و برکنارشدگان برقرار شده است. این معادله‌ها، ویژگی‌های بیماری واگیر را برحسب رشد آن توضیح می‌دهد. همچنین شرایطی را که در آن بیماری مسری به اوج می‌رسد و متوقف می‌شود نیز مشخص می‌سازد. سرانجام، این معادله‌ها تعداد افراد مستعدی را که فراتر از آن، بیماری می‌تواند شدت گیرد، به دست می‌دهد. از چشم‌اندازی دیگر، بیماری واگیر می‌توانست با حفظ اندازه افراد مستعد به کمتر از تعداد بحرانی مهیار شود [۱۱].

الگوی رشد علمی پرایس: ویژگی‌ها و مشکلات

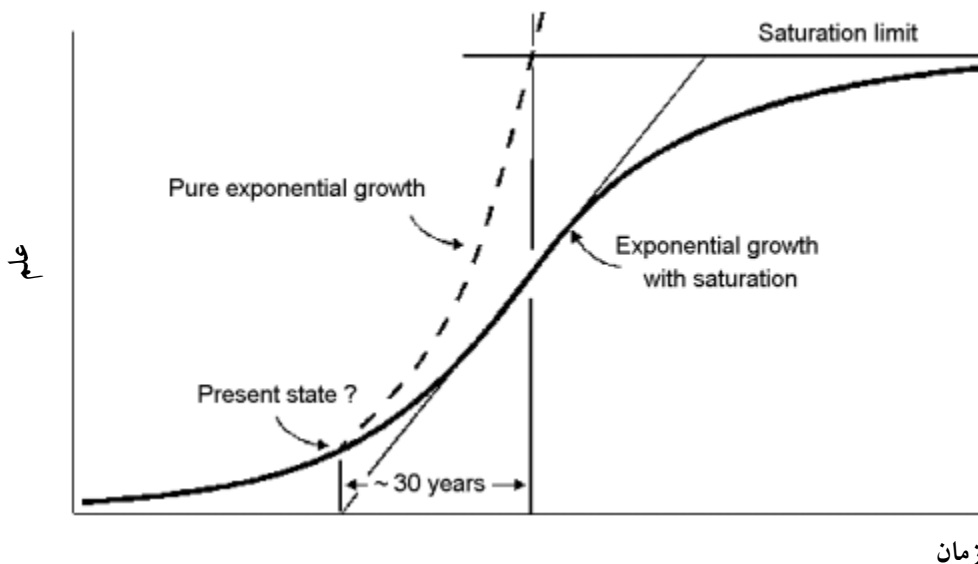
پرایس یکی از طلایه‌داران بزرگ در زمینه تبیین ماهیت بسیار پرتراکم و فزاینده علم است. او تعمیم‌های مهم در مورد علم را در قالب الگوهای کمی ساده خلاصه کرد. او برخلاف رویکردهای تاریخی (کیفی) به مطالعه

1. Exponential
2. Exponential Function

نمودار الگوی رشد علمی پرایس

در نمودار ۱-۲، که پرایس آن را در سال ۱۹۵۶ ارائه کرد، طی سال‌های بعد از آن به وفور در تعداد زیادی از کتاب‌ها، مقاله‌ها و منابع پژوهشی دیگر طرح و ترسیم شد.

داشته‌اند به جای اینکه خطی^۱ باشند و هر ۱۵ سال یک‌بار رشد آنها نیز دو برابر شده است؛ این الگو برای رشد تعداد دانشمندان نیز مصداق دارد.



نمودار ۱-۲. الگو رشد علمی پرایس (۸)

آمده و ایده‌های نو سر برمی‌آورند که منجر به رشد سریع عصری جدید می‌شود، وقتی فرصت‌های این روش‌ها به پایان می‌رسد، روند رشد تا زمان پدید آمدن روندی نو و افزایش روند رشد دوباره منحنی، به تدریج کم و کمتر می‌شود. سپس منحنی رشد به یک منحنی لجستیکی، S شکل تبدیل می‌شود. پرایس در زمان خود معتقد بود ما هنوز به این مرحله نرسیده‌ایم ولی مدت کوتاهی این مرحله فرا می‌رسد (کمتر از یک نسل آدمی). بنابراین، علم در مرحله اشباع متفاوت از وضع عادی آن به نظر می‌رسد.

پرایس به مشابه‌سازی و قیاس اجتماعی و زیست‌شناختی پرداخته است و رشد علمی را با رشد باکتری‌ها و خرگوش‌ها مقایسه کرد. رشد اغلب موجودات زنده به طور مستقیم به تعداد آنها مربوط می‌شود. آنها هر قدر بزرگ‌تر باشند، رشدشان به همان اندازه سریع‌تر است. هدف پرایس یافتن شواهد برای تأیید قانون رشد نمایی علم بر اساس بررسی چند کتاب‌شناسی علم بود. حدود ۳۰ مورد از این تحلیل‌ها که نتایج مشابه داشتند مورد توجه او

پرایس در بررسی رشد دانش سه مرحله مشاهده می‌کند:

۱. مرحله آغازین با مقاطع رشد اندک؛
۲. مرحله رشد نمایی با رشد افزایشی و سریع؛
۳. دوره رشد و توسعه پایدار و ایستا [۸].^۱

پرایس هر سال مقادیر رشد متفاوتی در مقاله‌هایش پیشنهاد می‌دهد. در برخی منابع به میزان ۵ درصد و ۷ درصد اشاره می‌کند. پرایس هرچند فقط در سطح منطقی و نه تجربی، اشاره می‌کند که فرایند رشد هرچند بسیار قدرتمندتر از هر گونه انفجار جمعیت و یا تورم اقتصادی است، نمی‌تواند به صورتی نامحدود ادامه یابد و اگر این رشد به تقریب پابرجا بماند، دیر یا زود به حد اشباع خواهد رسید. چنین الگویی مرسوم به فرضیه اشباع است یعنی فرصت‌های عملی چندی که در مقطعی خاص از زمان پدید

1. Linear

ادعاهای پرایس درباره رشد نمایی علم و تأکید بر میزان ثابت رشد طی دوره‌های طولانی مبهم است. بررسی‌ها نشان داده است که میزان رشد متون حوزه علوم با رشد متون حوزه علوم اجتماعی متفاوت است. نرخ‌های متفاوت میان رشته‌ها و حتی درون رشته نیز مشاهده شده است [۱۲]. پرایس به رشد نمایی به مثابه بیماری علم می‌نگرد که بر رشد ثابت علم تأثیری تأخیرانداز دارد و منجر به پرورش متخصصانی محدودنگر و کم‌انعطاف‌پذیر می‌شود.

منتقدان پرایس معتقدند مشکلات ناشی از درک نادرست الگوی پرایس از آنجا ناشی می‌شود که: ویژگی نمایی بودن تولید علمی را ناشی از انفجار اطلاعات می‌داند؛ در حالی که رشد، پدیده‌ای در واقع آنی و دفعی نیست بلکه نتیجه فرایند طولانی مدت و توسعه مدار طی سه قرن گذشته مورد بررسی پژوهش‌های پرایس بوده است.

مراحل مختلف رشد علم

در مورد مراحل رشد علم تعبیرات و نظرات متفاوتی بیان شده است. از جمله تامس کوهن به مراحل رشد علمی و نیز در کتاب ساختار انقلاب‌های علمی به مراحل مختلف جامعه علمی اشاره می‌کند. او مراحل پیش علم، علم نرمال، بحران، انقلاب علمی را برمی‌شمارد [۱۷]. چهار مرحله تحول علمی شامل مرحله ظهور^۱، علم نرمال^۲، بحران^۳ و انقلاب^۴ که در نمودار ۲-۲، نشان داده شده است، نمونه‌ای از مراحل مختلف رشد علمی در جامع علمی محسوب می‌شود که کوهن به آن اشاره دارد.

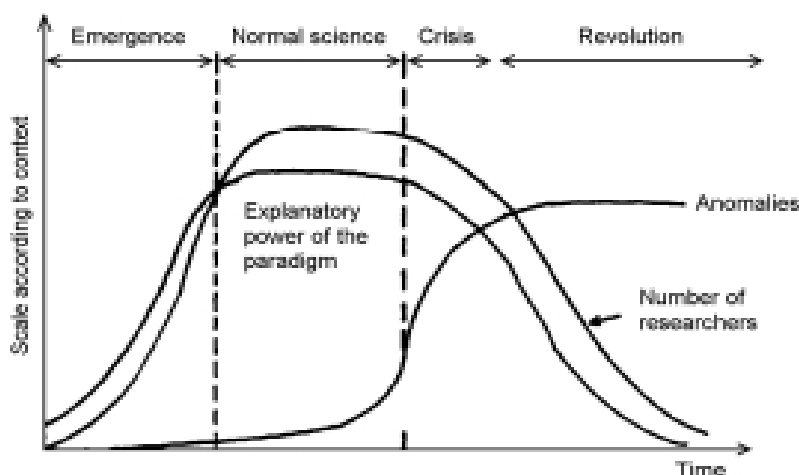
قرار گرفت. او در سال ۱۹۷۸ چنین اظهار می‌کند: «این نکته منطقی می‌نماید که متون در هر حوزه علمی طبیعی و در حال رشد به صورت نمایی افزایش می‌یابند و در طیفی همگن، از حدود ۱۰ تا ۱۵ سال دو برابر می‌شود» [۸]. این امر به زودی از سوی نالیمواف روسی تأیید شد که در نظراتش بسیار سرسخت بود. او اظهار داشت که انتشارات با رشد نمایی هر ۱۰ تا ۱۵ سال دو برابر می‌شود.

نقد الگوی رشد علمی پرایس و پاسخ به آنها:

برخی از انتقادهای عمده‌ای که به این الگو شده است عبارت‌اند از:

۱. بی‌کفایتی روش‌شناختی: در واقع روش آماری مبتنی بر محاسبات ریاضی در سطح انبوه و تجمعی که در این الگو وجود دارد ناکارآمد است به دلیل اینکه سوگیری کمی باعث حذف مشخصه‌های کیفی می‌شود و توجه صرف به کمی‌نگری در این الگو باعث غفلت از جنبه‌های کیفی می‌شود. آیا واقعاً همه تولیدات علمی حاوی ایده‌های نو و جدیدند یا نه؟ مشکل به نظر می‌رسد. از سوی دیگر تولیدات علمی تولید شده در کشورهای توسعه‌نیافته به علت فقدان پوشش آنها در پایگاه اطلاعاتی آ‌اس‌آی با مشکلات زیادی مواجه‌اند. بنابراین چنین بررسی‌هایی سنجش واقعی رشد علمی آن کشورها نخواهد بود [۱۳].
۲. حذف کیفیت پژوهش: این الگو کیفیت پژوهش و میزان دانش را در نظر نمی‌گیرد؛ زیرا مقاله‌ها از هم متمایز دانسته نمی‌شوند و در آن تمامی مقاله‌ها، همگن و یکسان تلقی می‌شوند. بنابراین، هر فرد و فرآورده علمی به صورت سرانه است و مقدار واحدی برابر یک دارد تا روند محاسبه آسان شود. در نتیجه، مقاله‌ها خلاقانه و حاوی ایده‌ها و افکار نو معادل مقاله‌های تکراری کم‌اهمیت‌اند. از نظر پرایس، مقاله‌ها از نظر ارزش و اهمیت بسیار متفاوت‌اند و مقاله‌های بسیار مهم فقط نسبت کوچکی از همه مقاله‌ها محسوب می‌شوند [۸].

1. Emergence
2. Normal Science
3. Crisis
4. Revolution



نمودار ۲-۲. مراحل چهارگانه تحول علمی کوهن [۱۴]

در نمودار ۲-۲، چهار مرحله تحول علمی را شاهدیم که شامل مرحله ظهور، علم نرمال، بحران و انقلاب است. همانطور که پیشتر ذکر شد تامس کوهن مراحل پیش علم، علم نرمال، بحران و انقلاب علمی را برمی‌شمارد. از نظر کوهن مرحله علم نرمال تحت سیطره پارادایم‌هاست. هر جامعه علمی زیر سلطه و سیطره مجموعه بسیار وسیعی از مفروضات مفهومی و روش‌شناختی است. این مفروضات در قالب نمونه‌های استاندارد ریخته شده و از طریق همین نمونه‌های استاندارد نظریه‌های رایج در هر رشته فراگرفته می‌شود. برخی از نمونه‌هایی که در فعالیت‌های علمی جاری پذیرفته شده‌اند الگوهایی را فراهم می‌آورند که باعث پدید آمدن سنت‌های خاص و منسجم پژوهش علمی می‌شوند. یک پارادایم مشترک، جامعه‌ای علمی پدید می‌آورد، یعنی گروهی حرفه‌ای که مفروضات، نشریه‌ها، مجاری ارتباطی و علایق مشترک دارند [۷]. تغییر پارادایم به بحران و در نهایت به انقلاب علمی منجر می‌شود. بسیاری از پژوهشگران از جمله تلمین^۱، هولتون^۲ و مولکی^۳ بر مفهوم پارادایم مد نظر کوهن انتقاد کرده‌اند، زیرا بر طبق این مفهوم در حقیقت پدیده‌های شناختی دو وجه دارند که محرک رشد علمی‌اند:

۱. پارادایم به عنوان روشی برای بررسی یک دیدگاه

یا الگو؛

۲. پارادایم به عنوان نوع خاصی از ابزار شیوه حل مسئله.

پژوهشگران برای ردگیری پارادایم‌ها از نظر الگوی توسعه تخصص‌های علمی تلاش‌های زیادی انجام داده‌اند. برخی از اینان سه و برخی چهار مرحله رشد را در چرخه‌های زندگی پارادایمی تخصص‌های علمی مطرح کرده‌اند:

گافمن^۴: سه مرحله را شرح می‌دهد: ۱- مرحله اول اطلاعات ناکافی و بی‌نظم و ترتیب؛ ۲- اطلاعات ناکافی اما منظم و مرتب شده؛ ۳- اطلاعات کافی و مرتب شده [۱۴].

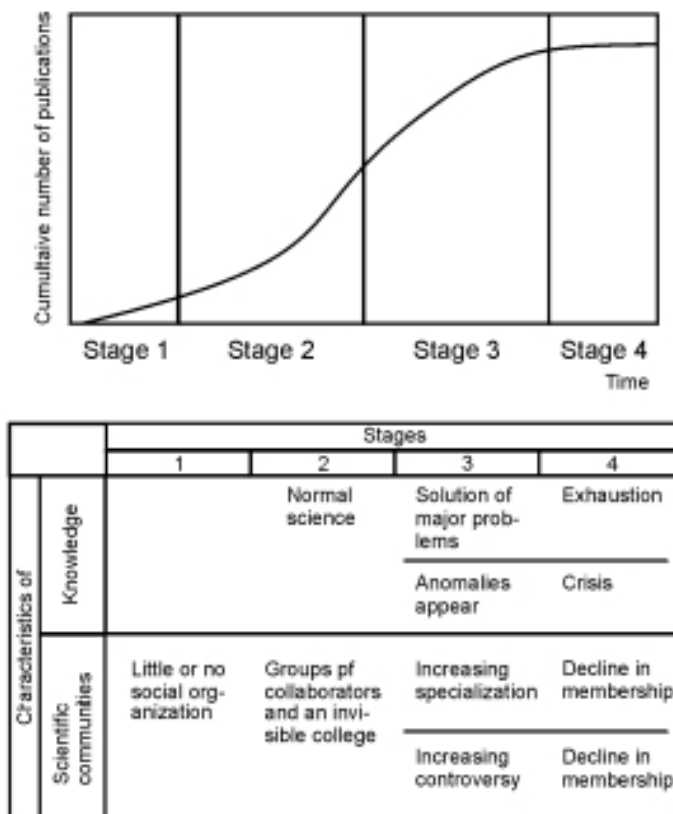
کرین^۵ مراحل مختلف توسعه علمی را در چهار مرحله رشد علمی به هم می‌پیوندد.

۱. مرحله اول؛ زمانی که پارادایم تازه ظهور می‌کند، هیچ سازمان اجتماعی توسعه‌یافته‌ای وجود ندارد؛
۲. مرحله دوم؛ زمانی که علم نرمال در اوج شکوفایی است دانشکده‌های نامرتبی شکل می‌گیرند؛
۳. مرحله سوم؛ به خاطر حل شدن مسائل عمده و به وجود آمدن بی‌قاعدگی‌ها و اختلال‌ها، تنش‌های درونی و اجتماعی ظاهر می‌شوند؛

1. Toulmin
2. Holton
3. Mulkey

4. Goffman
5. Crane

۴. مرحله چهارم؛ تعداد مشارکت‌کنندگان به خاطر از بین رفتن پارادایم‌ها کم می‌شود. در نمودار ۲-۳، مراحل چهارگانه رشد علمی از نظر کرین آورده شده است.



نمودار ۲-۳. مراحل چهارگانه رشد علمی از نظر کرین [۱۴]

یا همان پارادایم جدید که شکل می‌گیرد و این چرخه ادامه پیدا می‌کند. به هر حال تمامی این الگوها در تلاش‌اند تا کل چرخه و حیات علمی از مرحله تولد تا مرگ را تحت پوشش قرار دهند.

معرفی برخی از مشهورترین الگوهای رشد علم

وینکلر معتقد است رشد علم در متون علم‌سنجی معمولاً با الگویی تبیین می‌شود که مبتنی بر رشد تجمعی انتشارات است. در هر الگو، تعداد تجمعی انتشارات در سالی معین به تعداد انتشارات در سال آغازین، آهنگ رشد و طول مدت زمان سپری شده بستگی دارد [۴].

دانشمندان و پژوهشگران بسیاری تلاش کردند از میان انواع مختلف الگوهای رشد یک الگو را برای محاسبه رشد انتشارات (و نیز مؤلفان) در حوزه‌های موضوعی مختلف مناسب‌سازی کنند.

همانطور که بیان شد در مدل پرایس از مراحل: آغازین، مرحله رشد نمایی و در نهایت مرحله رشد و توسعه پایدار صحبت شده است که این مرحله ادامه می‌یابد تا به مرحله اشباع برسد. در این مرحله است که به دلیل فقدان کارایی پارادایم قبلی، پارادایم جدید شکل می‌گیرد اما مدت‌زمانی طول می‌کشد تا پارادایم جدید شکل بگیرد و مورد قبول عموم قرار گیرد. سپس مرحله رشد نمایی و رشد و توسعه پایدار رسیده و بعد از اشباع، دوباره پارادایم جدید شکل بگیرد. طبق الگوی S شکل پرایس، این چرخه تکرار می‌شود.

مراحل رشد علم مورد نظر کوهن شامل مرحله ظهور، نرمال، بحران و انقلاب با الگوی رشد علم پرایس و کرین از این نظر سنخیت دارد. زیرا در هر سه، مراحل ابتدایی، رشد و توسعه و نهایت بحران را داریم و سپس مرحله جدید

الگوی رشد نمایی^۱

- ۲. α : مقدار ثابتی که بیانگر آهنگ مستمر رشد است؛
- ۳. ϵ : عدد نپر که معادل $2/71$ است؛
- ۴. β : مقدار ثابت؛
- ۵. t : زمان.

طبق این فرمول تعداد کل انتشارات بر اساس برآوردی برسد و بتواند مقدار ثابت از طریق روش تکرار عددی (روش تکرار عددی نیوتن و راوسن) به کمک نرم افزار R به دست آورد. به این ترتیب که نرم افزار از مقدار اولیه شروع می کند و این کار را ادامه می دهد تا به بهترین مقدار برآوردی برسد که می تواند مدل مناسب را شناسایی و آن را گزارش کند. هر کدام از برآوردهایی که از خطاهای کمتری برخوردار باشد به عنوان مدل مناسب انتخاب و پیش بینی بر اساس آن مدل صورت می گیرد.

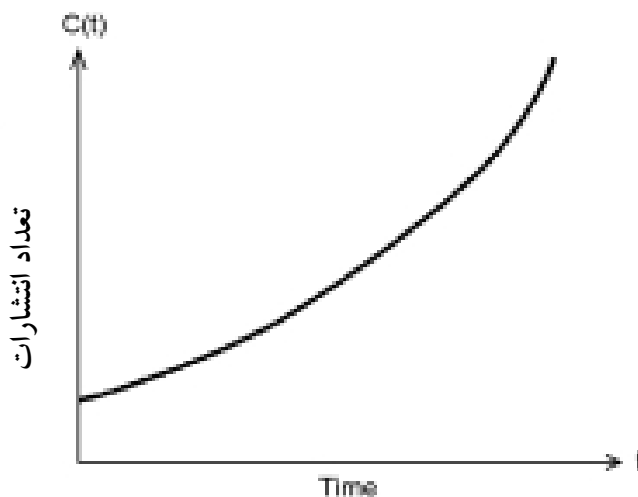
البته در فرمول های ریاضی الگوهای مختلف رشد از جمله الگوی نمایی و الگوی لجستیکی و غیره به جای حرف y در برخی متون از حرف C یا p هم استفاده شده است. مثلاً گوپتا و کارسیداپا [۱۴] در نشان دادن فرمول های ریاضی الگوهای مختلف از حرف C و وینکلر [۴] از حرف P یا در تحلیل سری های زمانی از y استفاده کرده اند.

یکی از الگوهای معروف رشد، الگوی رشد پرایس است که به الگوی رشد نمایی معروف است. او در مقاله ای که در سال ۱۹۷۱ منتشر کرد، به طور تجربی الگوی رشد خود را با استفاده از داده های حاصل از پایان نامه دکترای خود کامل کرد. ایده های اصلی پرایس به زودی مورد توجه عموم (دانشمندان) قرار گرفت و مطالعات کاربردی زیادی انجام گرفت تا کاربرد الگوی او را در داده ها به صورت تجربی بررسی کنند. به عبارت دیگر مطالعات روش شناسی انجام گرفت تا ضمن بررسی این الگو، مشکلات آن و راه حل های مناسب ارائه شود. از نظر پرایس، این نکته منطقی است که متون در هر حوزه علمی طبیعی و در حال رشد به صورت نمایی افزایش می یابد.

تابع نمایی در هنگام ارائه گرافیکی محدب شکل فرض می شود. الگوی نمایی رشد بر آن است که بعد از دوران آغازین، افزایش سریع رشد اتفاق می افتد [۴]. الگوی نمایی به صورت ریاضی از طریق تابع زیر تعریف می شود:

$$y(t) = \alpha \cdot e^{\beta \cdot \text{time}} + \epsilon$$

- ۱. y_t : مشخص کننده تعداد انتشارات نمایه شده در پایگاه در زمان t ؛



نمودار الگوی رشد نمایی

1. Exponential Growth Model

◇ **الگوی لجستیکی**^۱: این الگو آهنگ رشد اولیه کندی را نشان می‌دهد که متعاقب آن، رشدی سریع رخ می‌دهد؛ به طوری که افزایش خطی در انتشارات دیده می‌شود. میزان رشد در آن سوی خط انحنا (خمیدگی) کمتر می‌شود و به خاطر کندی انطباق، به مقدار حداکثر خود می‌رسد [۴]. این الگو فرض می‌کند که نرخ رشد با میزان کنونی و رشد آتی آن متناسب است. یعنی رشد آینده را می‌توان از روی رشد کنونی پیش‌بینی کرد. منحنی تجمعی این الگو S شکل متقارن است و در مقایسه با الگوی رشد نمایی، برای این رشد، محدوده بالایی وجود دارد (دوره اشباع که طولانی است). در آغاز کار، رشد آن کند است و بعد از آن رشد سریع و سپس یک دوره اشباع وجود دارد. پرایس هر چند فقط در سطح منطقی و نه تجربی، اشاره می‌کند که فرایند رشد هرچند بسیار قدرتمندتر از هرگونه انفجار جمعیت و یا تورم اقتصادی است، نمی‌تواند به صورتی نامحدود ادامه یابد و اگر این رشد به تقریب پابرجا بماند، دیر یا زود به حد اشباع خواهد رسید. چنین الگویی مرسوم به فرضیه اشباع است. که عبارت است از فرصت‌های عملی چندی که در مقطعی خاص از زمان پدید آمده و ایده‌های نو سر برمی‌آورند که منجر به رشد سریع عنصری جدید می‌شود، وقتی فرصت‌های این روش‌ها به پایان می‌رسد، روند رشد تا زمان پدید آمدن روندی نو و افزایش روند رشد دوباره منحنی، به تدریج کم و کمتر می‌شود. سپس منحنی رشد به منحنی لجستیکی S شکل تبدیل می‌شود. پرایس در زمان خود معتقد بود ما هنوز به این مرحله نرسیده‌ایم ولی مدت کوتاهی این مرحله فرا می‌رسد (کمتر از یک نسل آدمی). بنابراین، علم در مرحله اشباع متفاوت از وضع عادی آن به نظر می‌رسد.

در سال ۱۸۳۸ ورهلست^۲، رشد نمایی علم که پرایس به آن معتقد بود را تغییر داد و الگوی لجستیکی را پیشنهاد داد. او بیان کرد که تمام مسیرهای رشد، شکل لجستیکی دارد، اگرچه گاهی اوقات ممکن است با یک کجی همراه باشد. سلول‌ها، ساقه‌های گیاه و انسان‌ها از بدو تولد تا دوره بزرگسالی از نوعی منحنی لجستیکی پیروی می‌کنند. اگر فراهم کردن مواد مغذی محدود شود، رشد دچار اختلال می‌شود. رشد علم نیز در ابتدا سریع فرض می‌شود اما به دلیل محدودیت‌های انسانی و مالی ممکن است در روند رشد اختلال ایجاد شود [۱۴].

زمان حیات یک نظام علمی را می‌توان به صورت زیر تعیین کرد:

۱. دوران آغازین با افزایش تدریجی؛
۲. دوران رشد نمایی و سریع؛
۳. دوران پایانی با رشدی رو به افول و کاهنده که همین منجر به تابع لجستیکی که یک نوع منحنی S شکل متقارن^۳ به دست می‌دهد [۴].

الگوی لجستیک از طریق فرمول تابع و نمودار زیر ارائه می‌شود:

$$y(t) = \frac{\phi_1}{1 + e^{-\frac{\phi_2 - t}{\phi_3}}} + \epsilon$$

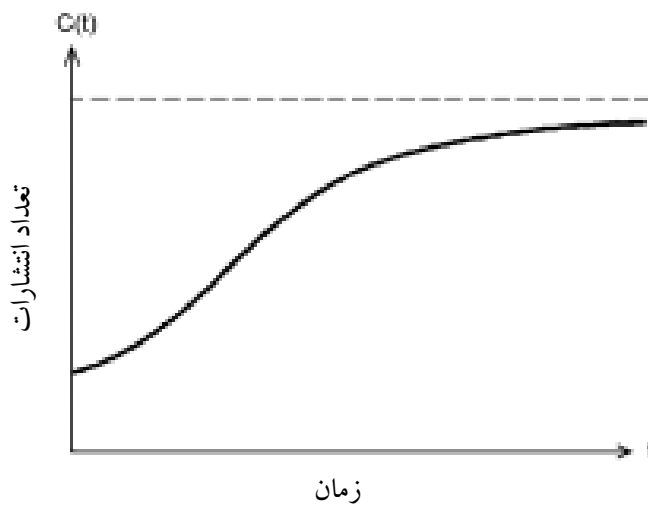
الگوی لجستیک: در این فرمول:

۱. y_t : مشخص کننده تعداد انتشارات نمایه شده در پایگاه در زمان t ؛
۲. ϕ_1 و ϕ_2 و ϕ_3 ، مقدار ثابتی است که همانند الگوی نمایی از طریق نرم‌افزار R و به کمک روش تکرار عددی به دست می‌آید؛
۳. ϵ عدد نپر؛
۴. t زمان است.

1. Logistic Growth Model

2. Verhulst

۳. این تابع به شکل سیگموئیدی (S شکل متقارن) است.



نمودار الگوی لجستیکی

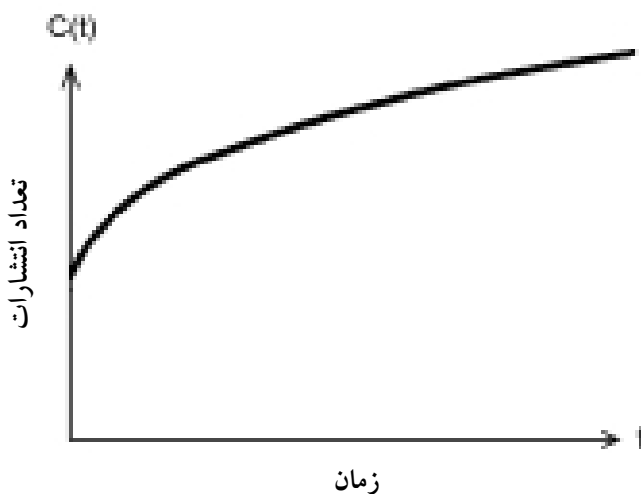
اساس، سه نوع منحنی بسته به ارزش‌های تخصیص یافته به y شکل می‌گیرد.
 ۴. y : مقدار رشد است که اگر منفی باشد منحنی کاهشی و مقعر شکل خواهد بود و اگر مقدار رشد ثابت و یکنواخت باشد منحنی رشد به صورت خطی خواهد بود و در نهایت اگر مقدار رشد مثبت باشد منحنی محدب شکل خواهد بود. شکل‌های مختلف منحنی عبارت‌اند از:
 $0 < y < 1$. در این صورت منحنی مقعر است.

◇ الگوی توانی^۱: الگوی توانی از نظر تابع و نیز شکل نمودار تقریباً شبیه الگوی نمایی است. این الگو با معادله زیر نشان داده می‌شود:

$$y(t) = \text{Intercept} + \alpha * \text{time}^2 + \epsilon$$

در این فرمول:

۱. α : مقدار ثابت است که از روش تکرار عددی به دست می‌آید؛
۲. Intercept نیز عرض از مبدأ در منحنی رشد محسوب می‌شود.
۳. پارامتر y شکل منحنی را تعیین می‌کند. بر این

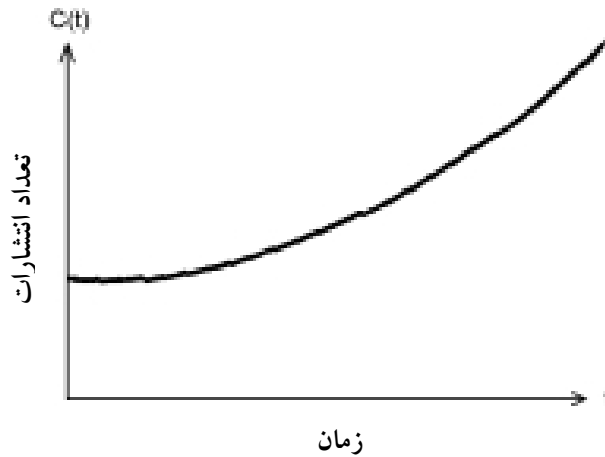


1. Power Growth Model

در این صورت منحنی خطی است. $Y=1$



در این صورت منحنی محدب است. $y>1$



◇ **الگوی گمپرتز:** الگوی گمپرتز از نظر شکل نمودار شبیه به الگوی لجستیکی است با این تفاوت که در الگوی لجستیکی شکل نمودار S شکل متقارن است اما در الگوی گمپرتز متقارن نیست. همانطور که بیان شد منحنی رشد آن S شکل است اما نقطه انحنای آن متقارن نیست. از این الگو برای نشان دادن دوره‌های کاهش استفاده می‌شود که این کاهش بر حسب درصد تنزل بیان می‌شود؛ یا دوره‌های افزایشی که بر حسب افزایش رشد بیان می‌شود که این نسبت

ثابت بر حسب مقادیر لگاریتم y بیان می‌شود
[۱۴].

تابع گمپرتز به صورت فرمول زیر ارائه می‌شود:

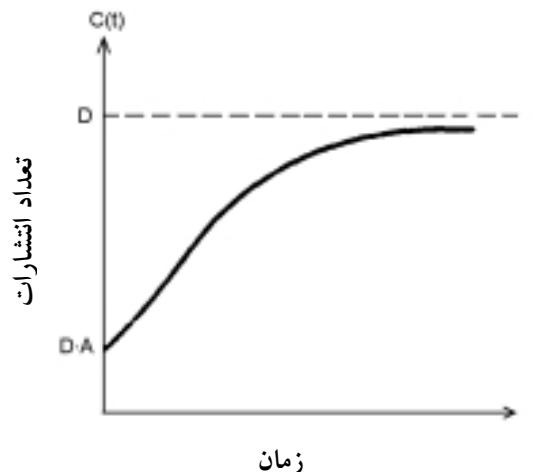
الگوی گمپرتز: $y(t) = b_1 \cdot e^{b_2 \cdot \text{time}^{b_3}} + \epsilon$ در این فرمول:

۱. مقدار ثابت است که به روش تکرار عددی به دست می‌آید.

می‌توان به مبی و امین^۱ [۱۵] اشاره کرد. آنها در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که هم تعداد مجله‌ها و هم تعداد مقاله‌ها، هر ۱۵ سال یک‌بار دو برابر شده است. ویکری نیز در پژوهشی که انجام داد به جای تمرکز بر عناوین نشریه‌ها بر تعداد مقاله‌های آنها متمرکز شد و به این نتیجه رسید که رشد انتشارات مقاله‌های چاپ شده سال‌های ۱۹۷۰-۱۸۰۰ با نرخ متوسط رشد سالیانه ۳/۵ درصد نشان‌دهنده دو برابر شدن تعداد انتشارات در هر ۲۰ سال است. الگوی رشد پرایس موافقان و مخالفان نیز داشته است. ویکری معتقد است خطای پرایس این بود که میزان رشد را بیش از حد واقعی برآورد کرده است [۱۲]. بررسی این الگو در ایران هم بررسی شد و تأیید نشد [۱۶]. البته پژوهش‌هایی هم بوده که الگوی رشد پرایس را تأیید کرده‌اند. اما عمده‌ترین انتقادهای این الگو بیشتر بر مواردی از جمله انتزاعی بودن الگو و در نظر نگرفتن عوامل اجتماعی، اقتصادی و سیاسی حاکم بر جوامع علمی اشاره دارد. در کنار اینها نادیده گرفتن تنوع انگاره‌ها در رشته‌های مختلف و ملیت‌های مختلف و محاسبه نرخ رشد باعث شد تا الگوی پرایس در همه رشته‌ها همیشه ثابت نباشد، مثلاً بررسی‌ها نشان می‌دهد که میزان رشد متون علوم پایه با رشد متون علوم اجتماعی و انسانی متفاوت است و نرخ رشد متفاوت میان رشته‌ها و حتی درون رشته‌ها مشاهده شده است [۱۲].

رشد علم هم مانند هر پدیده دیگری؛ مراحل تولد، رشد، بلوغ و پیری دارد. از مراحل رشد علمی با نام‌های مختلفی یاد شده است از جمله برخی همچون کوهن چهار مرحله تحول علمی را شامل مرحله ظهور، علم نرمال، بحران، و انقلاب یاد کرده‌اند. پرایس معتقد بود رشد علم به صورت S شکل است و مراحل ابتدایی، بلوغ و دوران رکود دارد.

در مورد الگوی رشد علم، برخی علم را به صورت نمایی و خطی می‌دانند که از نقطه‌ای شروع می‌شود و به صورت فزاینده رشد می‌کند و از آن به عنوان الگوی نمایی یاد می‌شود. برخی دیگر از الگوی رشد توانی بحث کرده‌اند. الگوی توانی از نظر تابع و نیز شکل نمودار تقریباً شبیه الگوی نمایی است. الگوهای یاد شده با توجه به منحنی



نتیجه‌گیری

رشد علم از شاخص‌های توسعه علمی در هر کشور محسوب می‌شود و یکی از عوامل اصلی برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری علمی آن کشور است. اینکه رشد علم چگونه ایجاد می‌شود و شاخص‌های اساسی آن کدام‌اند و در عین حال چالش‌های رشد کمی و نبود تناسب آن با رشد کیفی کدام‌اند برای برنامه‌ریزی علمی لازم است. شاخص‌های مختلفی برای اندازه‌گیری رشد علم به کار رفته‌اند. ساده‌ترین این شاخص‌ها از نظر استفاده، شمارش محض تعداد مقاله‌های پژوهشی منتشر شده در مجله‌های علمی محسوب می‌شود. اما اینکه هر مقاله از وزن یکسانی برخوردار است یا نه و اینکه تفاوت رشته‌ها و حوزه‌های موضوعی و برابر دانستن میزان وزن مقاله‌های این حوزه‌ها یکی از چالش‌های این حوزه محسوب می‌شود. با وجود مشکلات ذکر شده در مورد استفاده از تعداد مقاله‌های منتشر شده به عنوان سنجش اندازه‌گیری رشد علم، این شاخص به عنوان شاخصی بین‌المللی مورد توجه کشورهای مختلف بوده است و سازمان‌ها و نهادهای معتبر علمی دنیا از این شاخص به عنوان معیار اصلی قضاوت درباره میزان رشد کشورها از آن استفاده می‌کنند.

یکی از الگوهای رشد علم الگوی رشد علمی پرایس است. درباره الگوی پرایس مینی بر رشد دو برابری علم هر ۱۵ سال یک‌بار، اظهارنظرهایی شده است که از جمله

1. Mabe, & Amin

رکود یا دوره پیری هم خواهد داشت. ایران در سال‌های اخیر، بالاترین نرخ رشد تولید علم در بین ۲۵ کشور تولیدکننده اول علم دنیا را به خود اختصاص داده است. اما به نظر می‌رسد طبق الگوهای رشد بعد از این مرحله که ممکن است طولانی‌مدت هم باشد مرحله ثبات و سپس مرحله رکود در تولیدات علمی ایجاد خواهد شد.

رشد علم که تابعی از تعداد انتشارات (منحنی طولی) و زمان (منحنی عرضی) شکل گرفته‌اند و تحلیل و تفسیر می‌شوند. حوزه‌های موضوعی مختلف، کشورهای مختلف، مؤسسه‌های آموزشی و پژوهشی مختلف بر اساس فراز و نشیب و روند تولید علم خود از الگوهای مختلفی برخوردارند. الگوی رشد علم ایران در سال‌های پس از انقلاب اسلامی از الگوی لجستیکی پیروی کرده (۱۶) که هنوز در مرحله رشد است؛ اما این رشد به دنبال خود دوره

References

منابع

- [۱] دیانی، م. ح. «شواهد کاذب در بازنمود رشد علم ایران». کتابداری و اطلاع‌رسانی. ۱۳۸۹؛ ۱۳ (۴): ۵-۸.
- [2] Seetaram, G. Ravichandra Rao, I. K. "Growth of food science and technology literature: A comparison of CFTRI India and the world". *Scientometrics*. 1995; 44 (1): 59-79.
- [3] Gilbert, G. N. "Measuring the growth of science: A review of indicators of scientific growth". *Scientometrics*. 1978; 1 (1).
- [4] Vinkler, p. "The evaluation of research by scientometric indicators". Oxford: Chandos Pub. 2010.
- [۵] جان عزیزاده چوب‌بستی، ح. «تحلیلی بر نظریه‌های اجتماعی توسعه علم و تکنولوژی». ره‌یافت. ۱۳۷۸؛ شماره ۲۱. ۳۵-۴۶.
- [۶] حیدری، غ. «پیش‌فرض‌های معرفت‌شناختی علم‌سنجی». کتابداری و اطلاع‌رسانی. ۱۳۸۹؛ ۱۴ (۱): ۷۱-۹۶.
- [۷] داورپناه، م. ر. *ارتباط علمی: نیاز اطلاعاتی و رفتار اطلاع‌یابی*. تهران: دبیزش، ۱۳۸۶.
- [8] Fernandez-cano, A., Torralbo M. & Vallejo, M. "Reconsidering Price's model of scientific growth: An overview". *Scientometrics*. 2004; 61 (3): 301-321.
- [9] Garfield, E. *From the science of science to scientometrics: visualizing the history with Hist cite software*. Present at: ISSI International conference, Madrid, 2007; June 25.
- [10] Gilbert, G. N. "Measuring the growth of science: A rearview of indicators of scientific growth". *Scientometrics*. 1978; 1 (1).
- [۱۱] پائو، م. لی. *مفاهیم ذخیره و بازیابی اطلاعات؛ ترجمه اسدالله آزاد و رحمت‌الله فتاحی*. مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۷۹.
- [12] Furner, j. "Little book, big book: before and after litter science, big science". *Journal of librarianship & information science*. 2003; 35 (2): part I.
- [13] Fernandez cano, A. & Bueno, A. "Multivariate evaluation of Spanish education research journals". *Scientometrics*. 2000; 55 (1): 87-102.
- [14] Gupta, B.M. & karsidapa, C. R. "Modeling the growth of literature in the area of theoretical population genetics". *Scientometrics*. 2000; 49 (2): 321-355.
- [15] Mabe M., & Amin, M. "Growth dynamics of scholarly and Scientific journals". *Scientometrics*. 2001; 51 (1): 147-162.

- [۱۶] مرادی مقدم، ح. داورپناه، م. ر. دیانی، م. ح. «بررسی الگوی رشد علم ایران در حوزه علوم طی سال‌های ۱۹۸۰-۲۰۱۰». پژوهشنامه کتابداری و اطلاع‌رسانی. ۱۳۹۴؛ ۵ (۱): ۲۸-۴۹.
- [۱۷] کوهن، ت. ساختار انقلاب‌های علمی. ترجمه احمد آرام. تهران: سروش، ۱۳۶۹.

Scientific Growth: Concepts, Theories and Patterns

Hosein Moradi Moghadam*

Associate Professor in Information Science and Knowledge Management, Semnan University, Iran

Received: 22, Apr. 2018

Accepted: 01, Sep. 2018

Abstract

The growth of science has been always one of the issues that have been emphasized by the country's authorities and is considered as one of the scientific strategies features of the country. This research was conducted with the aim of examining the concept of the growth of science and its related indicators. In fact, the concept of the science growth and the criteria which it is evaluated by, the old and contemporary theories on science growth and the known patterns for science growth and also how they could be utilized are discussed in the present paper. The findings of this article deliberated the concept of science growth in two parts. First, the theoretical basis and in the second part, the different stages of growth, Price's model of scientific growth and Quadruple Patterns of Science Growth have been reviewed.

Keywords: Scientific Growth, Measuring the Scientific Growth, Theories and Patterns of Scientific Growth.

* h-moradimoghadam@semnan.ac.ir