۵

نظریهٔ آدامز در باب رشدِ تصاعدی شناخت

مقدمات

۱. حتماً دلیل قاطع تجربی در تأیید قانون گیبون موجود است؛ ۲. و این دلیل را می‌توان در نگرش هِنری آدامز یافت که می‌گوید در تاریخ معاصر، فعالیت‌های علمی- و طبعاً اطلاعات- رشدی تصاعدی داشته است؛ ۳. جنبه‌های مختلف این پدیده اثبات شده است؛ ۴. به هر صورت، دلایل موجهی نیز اثبات می‌کند که در این قرن، (به جای رشد علمیِ تصاعدی) رشد صرفاً خطی[1] را داشته‌ایم ؛ ۵. بر این اساس به نظر می‌رسد دانش، حجمی از اطلاعات نخواهد بود، بلکه صرفاً لگاریتم اطلاعات است. بنابراین، در پرتو این نکته پیشرفت علم مدرن، به سادگی، قانون بازده‌های لگاریتمی گیبون را اثبات می‌کند (ضمیمهٔ الف، نوشتارگان این حوزه را ارائه می‌دهد).

رشد و پیشرفت علم

در نظرگرفتنِ رابطهٔ اطلاعات/دانش از دیدگاه تاریخی نیز آموزنده خواهد بود. در رویکرد پیشرفت‌گرا[2] دلیل موجهی برای اثبات این فرض وجود دارد که حجم اطلاعات خام، به تناسب افزایش منابع ما برای جمع‌آوری اطلاعات کمابیش بیشتر خواهد شد. بر این اساس از آنجا که این افزایش با گذشت زمان به‌صورت تصاعدی [دارای توان ریاضیاتی] خواهد بود (همچنان‌که در تاریخ معاصر نیز این‌گونه بوده است)، این قاعده به‌دست

1. linear (rather than exponential) rate
2. developmental perspective

می‌آید که:

$$\#I\,(t) \approx c\,t$$

و در نتیجه خواهیم داشت:

$$.d/dt\#\ I\ (t) \approx ct$$

(در اینجا $x \approx y$ برای برخی متغیرهای ثابت c، به این معناست که $x = c\,y$، و برای متغیرهای c و k به این معناست که: $x \propto c\,y + y$). با توجه به قانون بازده‌های لگاریتمی گیبون، این روابط به این معناست که:

$$K[I\,(t)] = \log \#I(t) \approx \log c\,t \approx t$$

و در نتیجه این قاعده را خواهیم داشت که:

$$.K[I\,(t)] = \text{constant}\ dt/d$$

بنابراین طبق این نظریه، از آنجا که رشد تصاعدی در متغیر I، متناسب با یک رشد صرفاً خطی در متغیر K[I] است، میزان رشد علمی در رابطه با دانش در دوران انفجار اطلاعاتِ گذشته[1] واقعاً تداوم داشته و اساساً ثابت باقی مانده است.

اما آیا واقعیت‌های مشاهده‌شده این فرضیه را اثبات می‌کند؟ بحث قبلی دربارهٔ قانون گیبون یعنی $K[I\ ] = \log \#I$ بر اساس قواعدی کلی بود. اما آیا اطلاعات تاریخی دلیلی تجربی برای آن ارائه خواهد کرد؟ حال به بررسی این مسئله می‌پردازیم.

نظریهٔ آدامز

دانش را سرچشمه‌ای عجیب[2] است؛ یکی از معدود منابعی که هرچه آن را مصرف کنیم اصلاً از آن کم نمی‌شود، بلکه درست برعکس با مصرف بیشتر میزان آن بیشتر نیز می‌گردد. این امر، از رشد دانش روندی بالقوه انفجاری می‌سازد؛ تا اواخر قرن نوزدهم میلادی هیچ فردِ بابصیرتی نمی‌توانست سرعت فوق‌العادهٔ پیشرفت علمی را نادیده بگیرد. یکی از اولین

1. information-exploding past
2. an unusual resource

افرادی که تلاش کرد این پدیده را با استفاده از اصطلاحات دقیق، جزئیات کامل و فرمول‌بندی ریاضی شرح دهد محقق، مورخ و پژوهشگر فرهنگیِ امریکایی، *هنری بروکس آدامز* (۱۸۳۸– ۱۹۱۸)، بوده است (او نوهٔ جان آدامز، معاون جورج واشنگتن، رئیس جمهور امریکا، بود). با توجه به نرخ افزایش ثابتِ دوبرابریِ آثار علمی– به‌طوری که علم، نرخ رشد تصاعدی[1] داشت– آدامز این پدیده را «قانون شتاب[2]» نامید؛ قانونی که رشد و پیشرفت علم را مدیریت می‌کند. او نوشت:

> **لاپلاس احتمالاً** نسبت‌دادنِ میزانی ثابت در رشد علوم ریاضیاتی به دکارت، لایبنیتس، نیوتن و خودش را بازی‌ای بچه‌گانه می‌دانست.... در غیاب نوعی موافقت بین ... اولیای امر، برای رشد نظریهٔ [علمی] می‌توان هر دوره‌ای را متصور شد (تو گویی یک دورهٔ پنجاه یا حتی بیست‌وپنج ساله) ... زیرا مادام که «شتاب» اهمیت داشته باشد، «دورهٔ زمانی» دیگر اهمیت چندانی نخواهد داشت(۱).

به‌طور تقریبی می‌توان گفت *آدامز* علم را طوری در نظر گرفته است که در هر نیم‌قرنِ پیاپی، در حجم و محتوا[3] دو برابر می‌شود، و در نتیجه شرایط رشدِ تصاعدی فراهم می‌گردد. آدامز در این موضع تنها نیست؛ به‌نحوی که پیش‌بینی ایدهٔ او در دستورالعمل حکومتی سال ۱۹۱۰ خطاب به *انجمن بریتانیایی توسعهٔ علوم*[4]، به تحقق یک قاعدهٔ ضمنی منجر شد. در این دستورالعمل، *ویلیام تامسون* (لورد کلوین) بیان داشت:

> *دارایی علمی بر حسب قانون تجمیع منافع*[5]*، رو به انباشتگی دارد*. هر افزایشی در معرفت ما نسبت به ویژگی‌های امور، ابزارهایی طبیعی و نیز ابزارهایی مادی برای کشف و تفسیر طبیعت در اختیار می‌گذارد که به نوبهٔ خود شالوده‌هایی برای تعمیم‌های جدید فراهم می‌آورند(۲).

جدا از این پیش‌بینی‌ها، این تِز که علم تحت شرایطِ تجمیعِ منافع و به همراه یک نرخ رشدِ مداومِ فزاینده (در واقع همان رشد تصاعدی [یا

1. exponential growth-rate
2. "law of acceleration"
3. size and content
4. the British Association for the Advancement of Science
5. compound-interest

نمایی])، توسعه می‌یابد را می‌توان به‌درستی، *تِز آدامز در باب رشد تصاعدی* نامید. این تِز به این ادعا می‌انجامد که *نرخ درصدیِ افزایش سالانهٔ سطوح تلاش‌های علمی و بهره‌وری کمّی آن، در طی زمان ثابت می‌ماند(۳)*. آدامز خود این قانون را «قانون شتاب[1]» نامید، که «همانند هر قانونی در حوزهٔ مکانیسم‌ها، قطعی و ثابت است و نمی‌توان تصور کرد که به‌موازات سکونِ انسان‌ها از عمل بازمی‌ماند»(۴).

این وقایع تاریخی بود که آدامز را به این ایده سوق داد. زیرا [به نظر وی] صرف‌نظر از اینکه علم [در هر شاخه‌ای] معرّف نوشتارگان علمی باشد یا تلاش نیروی انسانی یا اطلاعات، رشد آن به‌صورت تصاعدی بوده است. در تاریخِ اخیر، این فعالیت به زبان زیر نمایش داده شده است(۵) و (البته که این قاعده محصول تز آدامز است):

$$S \propto e^{t}\text{، یا به بیان دیگر: } \log S \propto t$$

ابعاد این پدیده

هنری آدامز «قانون شتاب» خود را در حالی مطرح کرد که بر اساس بصیرتی آکنده از اطلاعات نسبت به وضع تاریخی امور، گویی از آینده خبر داشت. تنها قطعاتی پراکنده و اندک از اطلاعاتِ آماری لازم بود تا او واقعیت تاریخی مربوط به این پدیده را (که در آن روزگار برایش فراهم بود)، اثبات کند. با وجود این، امروزه این وضعیت به‌طور کامل اثبات شده است. تلاش‌های فزاینده برای گردآوری اطلاعات توسط آماردانان، جامعه‌شناسان، مورخان علم و نیز مجریان امور علمی، اثبات این پدیده (که آدامز به آن وقوف یافته بود) را به‌نحو کامل به عهده گرفته است(۶). اجازه دهید برخی از ابعاد این پدیده واکاوی شود.

۱. نیروی انسانی

در سال ۱۸۷۵، *انجمن امریکایی پیشرفت علم*[2]، ۸۰۷ عضو داشت. از آن

1. a law of acceleration
2. American Association for the Advancement of Science

زمان به بعد اعضای آن به‌نحو فزاینده‌ای به حدود ده‌ها هزار نفر رسیده است. وقتی فهرست «مردان علم امریکا[1]» در سال ۱۹۰۳ منتشر شد، معرف رشدی تصاعدی در تاریخ علم بود. در بیشتر لحظات قرن حاضر، تعداد دانشمندان معروف در ایالات متحده رشدی تصاعدی، حدود شش درصد در سال، داشته است؛ به‌نحوی که تقریباً هر دوازده‌سال نرخ علم دو برابر شده است(۷). این وضعیت در بریتانیای کبیر دارای رشد چهار درصدی، و نرخ دو برابریِ هجده‌ساله بوده است(۸). یک نکتهٔ شگفت‌انگیز که اغلب و البته بجا بیان می‌شود این است که بیش از هشتاد درصدِ دانشمندانِ معروف قرن حاضر (حتی دارای تخصص‌های قدیمی، مانند ریاضیات، فیزیک و پزشکی)، همچنان زنده و فعال هستند.

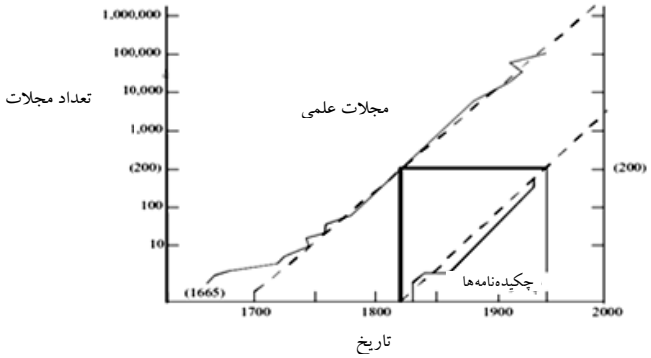
۲. نوشتارگان و اطلاعات

می‌توان اندکی هرمنوتیکی نگاه کرد: معرفتِ علمی، هماهنگ، به‌هم‌پیوسته و نظام‌مند[2] است. این معرفت مستظهر به ارائهٔ اطلاعاتی در این باب است که اشتراکات و پیوندهای امور کدام است. اکنون یک مجموعهٔ منظم از مؤلفه‌های n را در نظر بگیرید. اصل بر این است که آن مؤلفه‌ها بر اساس $n\times(n-1)$ پیوندهایی با هم داشته باشند. اما اگر در این‌مجموعه، مؤلفهٔ جدیدی ظهور کند، وضعیت چه می‌شود؟ در سایهٔ آن مؤلفهٔ جدید، پیوستگی‌ها به‌صورت $n\times(n+1)$ درخواهد آمد. در نتیجه تغییر از n به $n+1$ که ناشی از اضافه‌شدنِ عنصری جدید به وضعیت پیشین بود، نظام شناختی ما را به‌واسطهٔ $n۲$ افزایش می‌دهد. ملاحظه می‌شود که یک گام پیشرفت، افزایشی را در حجم اطلاعات، متناسب با اندازه و مجموعهٔ دانشی که از پیش در اختیار داشتیم، باعث می‌شود. به بیان دیگر، ما شاهد رشد تصاعدی هستیم.

تأمل در این مباحث ما را بدان‌جا رهنمون می‌کند که به‌موازات اضافه‌شدنِ عناصر بیشتر در دامنهٔ افق‌های شناختی‌مان، میزان اطلاعاتِ خامِ

1. American Men of Science
2. coordinated, interconnected, and systematized

به‌دست‌آمده نیز به‌نحو تصاعدی رشد می‌کند. لذا جای تعجب نیست که دقیقاً همین اتفاق در حوزهٔ منابع مرجع در حوزهٔ نشریات تخصصی، مجلات علمی، کتابخانه‌ها و نیز در قلمرو اطلاعات مربوط به موتورهای جستجوی الکترونیکی هم روی داده است.



تصویر ۵-۱: تعداد مجلات علمی و چکیده‌نامه‌های تأسیس‌شده، چونان تابعی از زمان. منبع:

Derek J. Solla Price, *Science since Babylon* (New Haven: Yale University Press, 1961).

اکنون با عطف توجه به نوشتارگان حوزهٔ علم (همان‌گونه که تصویر ۵-۱. نشان می‌دهد)، کاملاً اثبات شده است که تعداد کتاب‌ها، مجلات، و مقالات مجلات در دروهٔ اخیر به‌نحو تصاعدی افزایش داشته است(۹)، به‌نحوی که در دو قرن اخیر، اطلاعات علمی رشدی حدود پنج درصد در سال داشته است. نتیجه، رشدی تصاعدی بوده است که تقریباً هر پانزده‌سال یک‌بار حجم اطلاعات دوبرابر شده است. در سال ۱۹۶۰ حدود ۳۰۰۰۰۰ عنوان کتاب مختلف در جهان منتشر شده است و طی دو دهه (از ۱۹۵۵ تا ۱۹۷۵) در اروپا تعداد عناوین کتاب‌های منشرشده، دوبرابر شد؛ یعنی از حدود ۱۳۰۰۰۰ به بیش از ۲۷۰۰۰۰ رسید(۱۰)؛ نکته در اینجاست که از این میان، بیشترین بخش مربوط به کتاب‌های علمی بوده است، به‌نحوی که با نگاهی اجمالی می‌توان دریافت که دریای نوشتارگان حوزهٔ علم، خروشان

بوده است. به‌تحقیق می‌توان تخمین زد که حدود ده میلیون مقالهٔ علمی منتشر شده است و نیز حدود ۳۰۰۰۰ مجلهٔ علمی هر سال حدود ۶۰۰۰۰۰ مقاله را منتشر کرده‌اند.

۳. امکانات و هزینه‌ها

هزینه‌های پژوهش و توسعه در ایالات متحده بعد از جنگ دوم جهانی به‌نحو تصاعدی افزایش یافته و سالانه حدود ده درصد افزایش داشته است. در اواسط دههٔ ۱۹۶۰، بودجه‌ای که امریکا برای پژوهش‌های علمی اختصاص داد، بیش از تمام بودجهٔ ماقبل حادثهٔ *پِرل هاربِر* بود.

این وضعیت البته فقط برای امریکا نیست. در صد سال گذشته در سراسر جهان، گسترش امکانات علمی[1] به‌نحو شگفت‌انگیزی رشد یافته است؛ در اوایل دههٔ ۱۸۷۰ تنها یازده آزمایشگاه فیزیک در *بریتیش آیلز* بود، اما در اواسط دههٔ ۱۹۳۰ این تعداد به بیش از ۳۰۰ واحد رسید و امروزه به چندین هزار افزایش یافته است(۱۱). البته حجم فعالیت‌های این آزمایشگاه‌ها نیز افزایشِ بسیار داشته است. هزینه‌های فوق‌العاده‌ای که صرف منابع جهت تجهیزات تحقیقاتی برای علوم معاصر شده است نیز آشکار است. حتی سازمان‌های بزرگ هم با رشد فوق‌العادهٔ هزینه‌های پژوهش مشکل دارند(۱۲). رصدخانه‌های رادیوتلسکوپی، فیزیکِ درجهٔ حرارت پایین، مراکز درمانی پژوهشی، و دانش زمین‌شناسی قمری، همه و همه مخارج و هزینه‌های بسیار سنگینی دارند که مستلزم حمایت‌های مالی دولت‌ها- و گاهی نیز نیازمند مشارکت آنها- هستند؛ از این‌رو، علم به یک وظیفهٔ بسیار پرهزینه[2] مبدل شده است. *آلوین وینبرگ* (که بعدها مدیر *آزمایشگاه ملی آوک ریدج* شد) در یک گزارشِ پیشگویانه نوشت:

> وقتی تاریخ به قرن بیستم می‌نگرد، درخواهد یافت که جوهر و بن‌مایهٔ اصلی این قرن، علم و تکنولوژی بوده است. گویی تاریخِ این دوره چیزی بیش از

1. proliferation of scientific facilities
2. a vastly expensive undertaking

یک بنای یادبود برای علم نیست: راکت‌های بسیار بزرگ، شتاب‌دهنده‌های پرانرژی، رآکتورهای تحقیقاتی با سیلان‌های بالا؛ اینها همه نمادهایی از این دوره خواهد بود...(۱۳).

گسترش فعالیت‌های علمی، و نیز افزایش هزینه‌های آن در قرن بیستم، یکی از پدیده‌های بارز این دوره تلقی شده است.

گسترش خطی دانش

اکنون نوبت آن است که از *فعالیت‌های* علمی به *پیشرفت‌های* علمی[1] نظری افکنده شود. تصویری که پیشِ روی ماست، پیشرفت چندانی را نشان نمی‌دهد. دلیلی قاطع وجود دارد که سطح واقعی ابتکارات علمی در میان چند نسل گذشته نسبتاً ثابت مانده است. این وضعیتِ تخالف (یعنی به‌رغم پیشرفت‌های گسترده در فعالیت‌های علمی، محصولات و یافته‌های آن ثابت مانده است)، ملاحظات مهمی را پیشِ روی ما می‌نهد.

از قرن هفدهم به بعد، تعداد دانشمندان و آثار علمی هر پنجاه‌سال ده برابر شده است. بر این اساس ممکن است کسی بگوید که مجموع دانش علمی در دوران اخیر، طی هر نیم‌قرن یک واحد افزایش داشته است(۱۴). یکی از نشانه‌های این رشدِ ثابت در علمِ کیفیت‌مند[2]، ثبات نسبی در افتخارات این عرصه است (شامل مدال‌ها، جایزه‌ها، درجه‌های افتخاری، عضویت در آکادمی‌های علمی و از این دست). حتی در برخی موارد (مثلاً در جوایز نوبل برای علوم طبیعی)، این رشد، وضعیتی با نرخ ثابت داشته است. اما اگر این‌گونه می‌بود، یعنی اگر حجم فعالیت‌های علمی سطح بالا به‌نحو فوق‌العاده رشد می‌داشت، لازم می‌آمد فشارهای زیادی برای توسیع چنین جوایز افتخارآمیزی اعمال شود و در نتیجه از نظام کنونی جایزه‌دهی انتقادهای اساسی بشود؛ این در حالی است که نشانه‌هایی از این دست وجود ندارد.

شاخص دیگری که به رشد خطی محض در پیشرفت علمی دلالت دارد،

1. from scientific effort to scientific progress
2. high-quality science

به ارجاعاتی[1] مربوط می‌شود که به یافته‌های خاصی داده شده است: ارجاع نه به «نوشتارگان» به معنای کلان آن، بلکه به دستنامه‌های مختصر[2]، تک‌نگاشت‌ها، و رساله‌هایی که می‌کوشند تصویری شفاف از وضعیت هر رشتهٔ علمی[3] را به مخاطب ارائه دهند. ارجاع به چنین آثاری صرفاً رشد خطی داشته است.

نشانهٔ دیگری که دال بر رشد خطیِ محضِ دانش در کنار رشد تصاعدی اطلاعات است، از مطالعهٔ استنادها[4] به دست می‌آید. نوشتارگان علم در دورهٔ مدرن رشدی تصاعدی داشته، به‌نحوی که هر پانزده سال حدوداً دو برابر شده است. با وجود این، سهمِ اهمیتی که این نوشتارگان داشته، به‌نحوی که قابلیت استناد در آثار بعدی را داشته باشند، به‌شدت پایین بوده است(۱۵). به‌طور معین، آثار منتشره در یک سال خاص که حداقل یک‌بار به‌طور مداوم به آنها استناد شده باشد، رو به کاهش بوده است. بر این اساس تعداد استنادهای ثابت در مدت یک سال معین، ثابت بوده است. به دیگر سخن، درحالی‌که گسترش نوشتارگانِ علم تصاعدی بوده است، نرخ مجموع آثار حائز اهمیت (بر اساس شاخص استناد مداوم)، در طی زمان ثابت مانده است(۱۶). پس شاخص استناد نیز نشان می‌دهد که علم، به‌مثابه بدنه‌ای از دانش، تنها به‌صورت خطی افزایش داشته است(۱۷).

نهایتاً اینکه جای تعجب نیست که به‌رغم رشد بسیار شدید اطلاعات، روند رشدِ شناختیِ اصیل ثابت مانده است، چراکه یک اثرِ واقعاً مهم و ماندگار در برخی از قلمروهای تحقیق، اثری است که به‌صورت X درصد در نوشتارگان آن حوزه مورد استناد قرار گرفته باشد؛ و در این صورت، میزان اهمیت آن اثر در طی زمان به‌صورت رشد تصاعدی خواهد بود؛ به این دلیل ساده که کیفیت پژوهش در اینجا به نسبتِ خودِ نوشتارگان رشد یافته است.

اکنون و بر این اساس مطالعه در باب وضعیت استناد در نوشتارگان علم

1. references 2. synoptic handbooks
3. a rounded picture of "the state of the discipline 4.. citations

حاکی از این است که رابطه‌ای خطی بین #L و #prom وجود دارد، به‌نحوی که قاعدهٔ زیر(۱۸) به‌دست می‌آید:

$$\log \#L \approx \log \# \, prom(L)$$

و این، یعنی:

$$\log(k \times \#L) = \log prom(k \times \#L).$$

در این صورت خواهیم داشت:

$$\log(k \times \#L) = \log k + \log \#L \propto \log \#L \approx \log \# \, prom(L).$$

به بیان دیگر، به‌موازات گسترش فزاینده و چندبرابرِ L، شاهد رشد فزایندهٔ $prom(L)$ نیز هستیم. یک ملاحظهٔ جدی در اینجا این است که وقتی علم به‌عنوان محصول یک فعالیت خطیر، به‌صورت تصاعدی رشد می‌کند، رشد آن به‌عنوان رشتهٔ فکری[1] صرفاً به‌صورت ثابت و خطی خواهد بود.

فرجام سخن

در اینجا می‌توان به یک نتیجهٔ بس مهم دست یافت که می‌تواند به‌عنوان جمع‌بندی بحث تلقی شود. وضعیتی که آدامز آن را به تصویر می‌کشد، بر رشد تصاعدی [یا نمایی] اطلاعات علمی در دوران اخیر دلالت دارد. از سوی دیگر نگاهی عمیق‌تر به ادراک و فهم علمی در قالب دانش (دانش به‌مثابه داشتنِ فهم عمیق)، بر رشد ثابت در همان دوره دلالت دارد. از ترکیب همین دو وضعیت است که مسئله روشن می‌شود. اگر رشدی تصاعدی در اطلاعات داشته باشیم، تنها می‌توان به رشدی خطی در دانش دست یافت. در واقع به این قاعده دست می‌یابیم که: $K = \log \#I$؛ و این همان چیزی است که قانون گیبون نیز بر آن تصریح داشت. این بدان معناست که به‌موازات رشد تصاعدیِ اطلاعاتِ یک قلمرو (وضعیتی که قانون آدامز به آن اشاره داشت)، آن دسته از یافته‌های بسیار ارجمندی که معرف رشد دانش هستند صرفاً به‌صورت خطی افزایش خواهند داشت. بنابراین، همچنان‌که دیدیم، دلیل مناسبی برای این تلقی وجود دارد که

1. intellectual discipline

داده‌های موجود، قانون گیبون دربارهٔ رابطه بین اطلاعات و دانش را تأیید می‌کند(۱۹).

پیوست کتاب‌شناختی

اولین کسی که تز آدامز را به‌صورت جدی و در قالب داده‌های آماری به خدمت گرفت، اف. کی. ریچمِیر بود که در بررسی خود در باب نوشتارگان حوزهٔ فیزیک به این نتیجه رسید که «فیزیک، از آغاز و طی هر نسلی، به‌صورت هندسی رشد داشته است»(۲۰). از اینجا بود که این ایده شایع شد که:

> مقیاس زمانیِ پیشرفتِ انسان قطعاً خطی نیست. پیشرفت تکنیکی به‌موازات زمان رشدی بسیار سریع دارد، و احتمالاً بهترین مقیاسِ گاه‌شمارانه[1] برای تاریخ علم و تکنولوژی، مقیاسی است که واحدهایش با لگاریتم فاصله‌شان تا زمانِ حاضر تناسب دارد(۲۱).

با وجود این، استناد به قانون *آدامز* را می‌توان عموماً از اوایل دههٔ ۱۹۵۰ مشاهده کرد. از حیث بروندادها (منظور مقالات علمی است)، می‌توان اثر *دِرِک پرایس* را نمونه‌ای بی‌نظیر و عالی در این زمینه دانست؛ عنوان مقالهٔ او «معیارهای کمّی توسعهٔ علم[2]» است که در سال ۱۹۵۱ منتشر شد. او بیان کرد که نوشتارگان علم در طول هر دوازده سال به‌صورت مضاعف رشد می‌کند. از حیث دروندادها، مهمترین اثر به پژوهش *ریموند اچ. اِویل* از *مؤسسهٔ ملی علم* مرتبط است. برای مطالعهٔ بیشتر دربارهٔ او، بنگرید به: *ریموند اویل*، *نقش پژوهش در رشد اقتصادی*، ۱۹۵۵. رشد تصاعدی علم (در قالب آثار، یافته‌ها و متخصصان)، یک بار دیگر در مباحث اساسی *پیِر آوجِر* مطرح شد. او در سال ۱۹۶۰ و در پژوهشی که از سوی یونسکو در باب «روندهای جاری در تحقیقات علمی» منتشر شد، به این مسئله پرداخت.

در مجموع، *دِرِک پرایس* بیشترین تلاش را در زمینهٔ تألیف و ترسیم این

1. chronological
2. Quantitative Measures of the Development of Science

وضعیت انجام داده است. از همین رو، این فصل بر اساس مباحث او پیش رفت. مقالهٔ بنیادی او در این زمینه، در سال ۱۹۵۴ و با عنوان «منحنی تصاعدی علم[1]» منتشر شد. کتاب‌های وی با عنوان «علم و بِبیلون» (۱۹۵۶) و «علم کوچک، علم بزرگ» (۱۹۶۳) نیز به اثبات همین مسئله پرداخته است. در این خصوص بنگرید به: بِنتلی گِلاس، *زمان‌مند و بی‌زمان* (نیویورک، انتشارات پوتنام، ۱۹۷۰، و رِشِر، *پیشرفت علمی* (آکسفورد، انتشارات بلک‌ول، ۱۹۷۸).

1. The Exponential Curve of Science