یادداشتی بر طبیعی بودن روند انتشار مقاله در ریاضیات *

علی‌رضا آل‌هفت‌تن **

چکیده: در این مقاله قصد داریم با الگو قرار دادن نظریهٔ تامس کوهن پیرامون ساختار انقلاب‌های علمی که به‌طور گسترده در میان فیلسوفان علم و مورخان علم پذیرفته شده است، به‌بررسی طبیعی بودن روند کنونی انتشار مقاله در دنیای ریاضیات بپردازیم.

سرآغاز

از سال‌ها پیش همواره سؤالات زیر و همچنین سؤالاتی مشابه در جامعهٔ ریاضی مطرح است:

۱. آیا نوشتن مقالات به شیوهٔ کنونی لازم است؟

۲. آیا این مقالات در پیشرفت ریاضی مؤثر است؟

غالباً دیده می‌شود که پاسخ به این دست از پرسش‌ها وابستگی زیادی به نظرات و تجارب شخصی پاسخ‌دهنده دارد. اینجا باید اشاره کنیم که این مقاله، گزارش یک پژوهش است و بنابراین انتشار آن به‌معنای در دسترس قرار دادن نتایج آن برای نقد و استفاده دیگران است. در این نوشته قصد نداریم به‌طور مستقیم به این چالش‌ها، یعنی، نقد شیوهٔ کنونی انتشار مقاله در ریاضیات یا انتقاد از عدم انسجام نظرات شخصی وارد شویم، بلکه برآنیم به‌شیوه‌ای مشابه با پژوهشگران علوم انسانی ابتدا یک نظریه را مطرح کرده و در چهارچوب آن به‌بحث ادامه دهیم و همچنین با استفاده از این نظریه نشان خواهیم داد که این شیوهٔ جاری، روندی طبیعی است که تا حد زیادی جهت ادامهٔ حیات پویا و قدرتمند دانش ریاضی اجتناب‌ناپذیر می‌نماید. ازاین‌رو، این شیوهٔ انتخاب‌شده که جنس این‌گونه مباحث، اشتراک معناداری با مطالب مطرح‌شده در فلسفهٔ علم و تاریخ علم داشته و نیز نگاه به مسئلهٔ یک جامعه از دید افراد خارج از آن جامعه یا به‌روش ایشان (هرچند که نویسنده عضوی از جامعهٔ ریاضی است) می‌تواند زوایای جدیدی را برای همگان روشن سازد. بنابراین، به شیوهٔ تامس کوهن[1] و الگو گرفتن از روش نظریه‌پردازی او پیرامون انقلاب در یک علم و ساختار یک علم پیش و پس از انقلاب به مسئله پرداخته و نشان خواهیم داد که جهان کنونی ریاضیات در مرحلهٔ پس از انقلاب (که ما آن را زمان آرامش و گسترش) می‌نامیم، قرار داشته و در این وضعیت روند کنونی پژوهش طبیعی است. لازم به‌ذکر است که مایهٔ اولیهٔ این مقاله و سنگ بنای آن مدیون نوشته‌های کوهن و پژوهشگران مطرحی مانند اوست (نگاه کنید به [۱۲-۱]، اما، نویسنده طی مطالعات نسبتاً جامعی که پیرامون این موضوع داشته، دیدگاه خویش را به‌صورت نظام‌مند و قابل نقد به جامعهٔ علمی و به‌ویژه جامعهٔ پرافتخار ریاضی ایران عرضه می‌کند.

بیان نظریه

با مطالعهٔ تاریخ هریک از علوم، دیده می‌شود که اکثر دانشمندان و دانشجویان آن علم در حال حل مسائل پیرامون موضوع آن دانش با استفاده از قواعد پذیرفته‌شده در آن علم هستند، که این قوانین در کنار اصول اولیهٔ علم مذکور، پارادایم آن دانش نامیده می‌شود. در اکثر زمان‌های فعالیت هر شاخه از علم، به‌طور عمده فرد یا گروهی به‌دنبال تغییر در اصول، بیان مطلبی خلاف جریان غالب، ایجاد ساختار نو و مانند این‌ها نیست و ناموَری یک مؤسسه یا استاد و بزرگی یک فرد بستگی کاملی با بررسی و حل مسائل و گاهی حدس‌های مطرح زمان خود دارد. می‌توان گفت که در این دوران، کار علمی را تا حد زیادی به حل معمّا شباهت داشته و گاهی مسائل مورد بررسی به‌هیچ‌وجه برای افراد خارج از آن جامعهٔ علمی، جذاب و کاربردی نیستند، ولی افراد درون جامعه تقریباً به‌راحتی قادر به تمیز دادن موارد مورد بررسی و اختلاف سطح اهمیت و حتی تفاوت میزان جذابیت آن‌ها هستند. به‌عنوان مثال، می‌توان گفت: حل مسائل مطرح در نظام هیئت بطلمیوسی با پیش‌فرض زمین‌مرکزی عالم و پیرامون دایرةالبروج‌ها به‌طور جدی می‌توانست برای یک فرد اعتبار فراوان به‌دست آورد، چنان‌که در فیزیک مدرن انجام پژوهش اصیل و انتشار

---

*تقدیم به دکتر امیدعلی شهنی کرم‌زاده که بدون شک ذهن زیبا و شخصیت دوست داشتی او از شخصیت عظیمش به‌عنوان یک ریاضی‌دان پررنگ‌تر و ماندگارتر است.

[1] Thomas Kuhn

مقاله راجع به ماده یا انرژی تاریک ممکن است منجر به موفقیتی جهانی شود. ولی توجه می‌کنیم که در هر دو مورد، دانشمندان به حل یک چالش درون‌پارادایمی پرداخته و از تغییر پیش‌فرض‌ها یا تخطی از قوانین سخنی در میان نیست و این به‌هیچ روی نقص به‌حساب نیامده و موجب کم‌اهمیت بودن کار ایشان نمی‌شود. تا زمانی که مسائل یک جامعهٔ علمی توسط اصولِ پذیرفته‌شده و قواعد مورد قبول آن جامعه حل و یا توجیه شود، روندی مانند آنچه ذکر شد در جریان است و افراد خود را پایبند به جریان جاری دانسته و حتی تا حد زیادی ملزم به پاسخ به نیازهای خارج از جامعه نیز نیستند، مگر در مواردی مانند کسب مشروعیت بیشتر، تخصیص بودجه و مانند آن. در این دوران، انتقال دانش از نسلی به نسل دیگر به‌طور عادی در جریان است و راه ترقی از یک دانش‌آموز به یک دانشجو و نیز طریقهٔ استادی و دانشمند شدن تا حد زیادی مشخص و دست‌یافتنی است، کتاب‌های مرجع و کتاب‌های آموزشی مورد قبول اکثریت در دسترس بوده و به‌ندرت نیاز به نوشتن این دست از منابع احساس می‌شود. در همین راستا، علم‌ورزان این جامعه عمدتاً نتایج پژوهش‌های اصیل به‌دست آمدهٔ خود را در قالب مقاله یا مجموعه‌ای از مقالات عرضه می‌کنند. این وضعیت تا زمانی ادامه خواهد داشت که چالش جدی و اعوجاجی در علم به‌وجود نیامده است. به‌عبارت دیگر، اتفاقی نظیر ایجاد شدن مسئله‌ای که حل آن با قوانین مورد قبول سازگاری نداشته باشد، مشاهدهٔ نتایج ناسازگار با یکدیگر (در حالی‌که هریک از این نتایج با قواعد علمی سازگار هستند) و مانند آن اتفاق نیفتاده باشد. به‌عنوان مثال، می‌توان به کشف گویا نبودن $\sqrt{2}$ و تأثیر آن در برهم خوردن پارادایم فیثاغورسیان یا اثرگذاری نسبیت خاص بر اذعان به ناتمام بودن قانون بقای ماده اشاره کرد. در چنین مواقعی، عموماً دانشمندان سعی در برطرف کردن اعوجاج یا توجیه آن داشته و تا حد امکان از تغییر جلوگیری می‌کنند. به‌عنوان یک نمونه، تا پیش از کشف اکسیژن (در واقع پذیرش وجود اکسیژن) اعتقاد جهان شیمی بر آن بود که علت سوختن اشیاء وجود فلوژیستین در آن‌ها است و زمانی‌که با آزمایشی مانند حرارت دادن اکسید جیوه توسط لاوازیه[۲] و به‌دست آمدن هوای قابل‌تنفس، وجود فلوژیستین زیر سؤال رفت، جامعهٔ شیمی سعی کرد با توجیه این مطلب تحت این عنوان که گاز به‌دست آمده، هوای فاقد فلوژیستین است به این ابهام پاسخ دهد. معمولاً این روند تا حد زیادی بحران را به‌تعویق انداخته و باعث آرامش در جامعه می‌شود. اما زمانی‌که تعداد این چالش‌ها و اعوجاج‌ها بیشتر شود و دانشمندان از پس حل آن برنیایند، شک و تردید در اصول و قواعد در ذهن دانشمندان و علم‌آموزان (به‌ویژه دانشجویان و دانشمندان جوان) ریشه می‌دواند، چنان‌که در مورد قبل، جامعهٔ شیمی در نهایت مجبور به پذیرش وجود اکسیژن شد. باتوجه به اهمیت ویژهٔ این بخش از نظریه، ذکر چند مثال دیگر لازم به‌نظر می‌رسد.

(۱) از معروف‌ترین مثال‌ها می‌توان به نظام هیئت بطلمیوسی اشاره کرد. این نظام علمی صدها سال به‌خوبی نیازهای نجومی را برطرف ساخته و با دقتی جالب‌توجه رویداهای نجومی را پیش‌بینی می‌کرد و می‌توان ادعا کرد که در این زمینه دست‌کمی از پیش‌بینی‌های کپرنیک[۳] و حتی پیش‌بینی‌های نجوم مدرن نداشت. اما برخی عدم تطابق‌های نظریهٔ بطلمیوس[۴] با مشاهدات واقعی باعث شد تلاشی نسبتاً گسترده برای رفع آن‌ها در میان عالمان این نظام صورت گیرد. ایشان مجبور بودند با مشاهدهٔ هر عدم تطابق، تعدیلی در نظریه به‌وجود آورده و تا آن‌جا پیش روند که پیچیدگی به‌قدری افزایش یابد که دیگر چندان مورد قبول تازه واردان به این نظام قرار نگیرد. در این‌جا بود که نظرات جدیدی که کپرنیک، دامنیکو[۵] و آلفونسو[۶] بیان کرده بودند که مبنای زمین‌مرکزی عالم، یعنی اساسی‌ترین اصل نظام بطلمیوسی را نقض می‌کرد، مورد توجه و پس از مدتی مورد قبول قرار گرفت.

(۲) عدم کارکردهایی که گالیله[۷] در نظریهٔ ارسطو راجع به حرکت نشان داد، باعث شد که نظریهٔ او و پس از آن نظریهٔ نیوتن[۸] که تکاملی از مطالعات گالیله در مورد حرکت بود، به‌عنوان اصول مسلم مورد پذیرش قرار بگیرد.

(۳) در اواخر قرن هفدم بود که نظرات نیوتن در مورد حرکت مورد انتقاد قرار گرفت. در این زمان مشاهدات نشان داد که پیش‌فرض‌های موقعیت و حرکت مطلق در این نظریه، کارکرد خاصی نداشته و از این‌رو، یک تلقی نسبیتی در مورد فضا و زمان لازم است و نتیجهٔ این جنبش به‌وجود آمدن فیزیک نسبیتی در اواخر قرن نوزدهم توسط دانشمد جوانی بنام اینشتین[۹] بود.

(۴) آخرین مثال را به پیش‌فرض وجود محیطی بنام اتر مکانیکی برای توجیه موج بودن نور اختصاص می‌دهیم. پس از آنکه مشاهدات متعددی دالّ بر نقص این نظریه و محیط فرضی پدیدار شد، جامعهٔ فیزیک با ارائهٔ تفصیل‌ها و تعمیم‌هایی در مورد آن تا حدی بر مشکلات فائق آمد. اما تعارضاتی که در میان این توجیهات بود زمینهٔ پذیرش نظریهٔ الکترومغناطیسی نور که توسط ماکسول[۱۰] در قرن نوزدهم ارائه شده بود، را فراهم آورد. در این دوران، یعنی دوران گذار از پارادایم قدیم به پارادایم جدید، نام‌آوران جامعهٔ علمی کسانی نیستند که بر

[2]Lavoisier [3]Copernicus [4]Ptolemy [5]Dominico [6]Alphonso [7]Galileo [8]Newton [9]Einstein [10]Maxwell

سنت قبلی مانده و در حال حل مسائل با استفاده از اصول و قوانین مورد حمله هستند، بلکه بزرگان جهانِ علم دانشمندانی هستند که طرحی نو درانداخته و در حال ساختن ساختاری نو بر پایه‌های جدید هستند. در این زمان، برای شرح و بسط کامل‌تر نظریهٔ جدید، انتشار مقالات، کافی به‌نظر نرسیده و جامعه مجبور به نوشتن کتاب‌های مرجع جدید و همچنین کتاب‌های آموزشی براساس اصول و قوانین جدید است. پس از آن است که دوباره زمان آرامش و گسترش فرا رسیده و تا وقتی اعوجاج، تضاد، کمبود، نقص یا تناقضی رفع نشدنی در نظریهٔ جدید به‌وجود نیامده، مانند روال قبل، دانشمندان به حل مسائل مطرح در آن پرداخته و جریان غالب علم به‌دنبال هیچ تغییر بنیادی نیست. در پایان لازم به‌ذکر است که با مشاهدهٔ تاریخ علم، مدت زمان این نوع تغییر پارادایم که کوهن آن را انقلاب علمی می‌نامد، در هر دانشی متفاوت است. به‌عنوان مثال، انقلاب در دانشی مانند الکترونیک و کامپیوتر ممکن است در هر دهه یک بار رخ دهد، اما این تغییر پارادایم در دانشی مانند فیزیک، شاید در طول یک قرن نیز رخ ندهد. همچنین دانش‌هایی مانند فلسفه، ادبیات و هنر، به‌ندرت دارای یک پارادایم موردقبول اکثریت بوده و معمولاً در هر دوره چند نظریه که هریک مورد قبول بخشی از دانشمندان این علوم است، وجود دارد. همچنین این فرایند می‌تواند دلیلی باشد بر لزوم اهمیت دادن به نظریه‌های حاشیه‌ای[11]، یعنی، ایده‌ها و افکاری که از نظریه‌های رایج و جریان اصلی علم فاصله زیادی دارند و باید مورد توجه قرار گیرند؛ زیرا بعضی از آن‌ها دیر یا زود ممکن است بر جریان علم تأثیرگذار باشند.

اعمال نظریه در ریاضیات

با مطالعهٔ تاریخِ دانش وزین ریاضی، آشنایی با نوع نگاه ریاضی‌دانان به این علم و همچنین جنس مسائل ریاضی و شیوهٔ حل آن‌ها، درمی‌یابیم که در این جامعه، بسامد تحولات نسبتاً اندک و سرعت تغییرات بسیار بطئی است. یونان باستان را باید سرآغاز این حرکت دانست، زیرا اگرچه قدیمی‌ترین آثار ریاضی به‌دست‌آمدهٔ مربوط به تمدن‌های خاورمیانهٔ کنونی، مانند تمدن‌های عیلام، میان‌رودان (بین‌النهرین)، سومر و بابل است و لوحه‌های گلی و سفالی به‌دست‌آمده از این تمدن‌ها نشان می‌دهد که ایشان برای انجام امور روزمره و جاری نظیر دادوستد، مالیات‌ستانی، ساخت بناهایی عظیم، تقسیمات لشکری، پیش‌بینی‌های دقیق ستاره شناسی، تقسیمات ارضی و ...، لاجرم از ریاضیاتی پیشرفته برخوردار بوده‌اند و نیز شواهد تاریخی حاکی از آن است که دیگر تمدن‌های باستانی اثرگذار در ریاضی مانند تمدن‌های مصر، هند، چین، ایران و یونان، که هرکدام به نوبهٔ خود اثری بزرگ و جاودان بر این دانش برجای گذاشته‌اند، تا حدود زیادی وام‌دار تمدن‌های خاورمیانه هستند، اما در میان تمدن‌های اخیر به دو دلیلِ عمده، یونان جایگاه ویژه‌ای دارد. از طرفی با توجه به این موضوع که تمدن یونان پس از همهٔ آن‌ها شروع به بالیدن کرد، از مجموعهٔ تمدن‌های پیشین خود بیشترین بهره را برده و عمدهٔ دانسته‌های مهم آن‌ها را گردآوری کرد. از طرف دیگر، یونانی‌ها نخستین مردمانی بودند که ریاضی را به‌صورت اصل‌موضوعی بیان کرده و برای گزاره‌های ریاضی اثبات‌هایی تقریباً قابل‌قبول ارائه کردند که آثار این شیوه به‌شکل تکامل‌یافته تا به امروز ادامه دارد. اما در این پارادایم که توسط بزرگانی چون تالس و فیثاغورس (فیثاغورسیان) در حال نشو و نما بود و به‌عنوان تفکر غالب شناخته می‌شد، نقص، کاستی و اعوجاجاتی دیده شد. مواردی مانند نقض گویا بودن همهٔ اعداد که یکی از شاگردان مکتب فیثاغورس آن را نمایان کرد و نیز پارادوکس‌های آشیل (که به خرگوش و لاک‌پشت نیز مشهور است) و تیر که توسط زنون[12] بیان شدند، از این جمله‌اند. مشکل از این‌جا آغاز شد، زیرا که هر کدام از موارد مذکور براساس اصول اولیه و قواعد پذیرفته‌شدهٔ درون پارادایمی به‌دست آمد. پس از آن بود که ریاضی‌دانانی مانند اودوکسوس[13] و ارشمیدس با اصلاح اصول، قوانین و روش‌ها جان تازه‌ای به ریاضیات یونان بخشیده و نخستین بارقه‌های روش‌های کنونی محاسبهٔ طول قوس، مساحت زیر نمودار و حجم یک جسم توسط مفهوم انتگرال در این زمان درخشیدن گرفت. شایان ذکر است که شیوه‌های استدلال و حل مسئلهٔ ارشمیدس و کتاب اصول اقلیدس و کتاب حساب دیوفانتوس[14] را می‌توان محصولات شاخص این انقلاب در ریاضی دانست. این شاخص‌های ارزشمند، سبب شد تا زمان آرامش و گسترش در ریاضی فرا رسیده و تا صدها سال ادامه یابد. چه اینکه مهم‌ترین سبب بزرگی ریاضی‌دانانی بعدی مانند هرون، نیکوماخوس، بطلمیوس، پاپوس[15] هیپاتیا[16] و تئون[17] به‌سبب غور در مسائل پس از این جنبش یعنی زمان آرامش و گسترش است. عملاً این دوران تا قبل از ظهور خوارزمی به‌طور یکنواخت ادامه داشت و کتاب «الجبر و المقابلهٔ» و «الجمع و التفریق» خوارزمی که اولی اثری زرین در دانش جبر است و دومی نقطهٔ عطفی در عددنویسی جهان به‌شمار می‌آید، را می‌توان اصلاحی در اندازهٔ یک انقلاب (و نه یک تغییر پارادایم) به‌شمار

[11] Fringe theory [12] Xenon [13] Eudoxus [14] Diophantus [15] Pappus [16] Hypatia [17] Theon

آورد و ریاضی‌دانان بزرگ دیگر در جهان اسلام نظیر بوزجانی[۱۸]، بیرونی، خیام، خواجه نصیر[۱۹] و کاشانی[۲۰] نیز با وجود نوآوری‌های قابل‌تحسین، همگی در همان پارادایم جهان باستان حرکت کرده‌اند. به‌طور کلی تقریباً تا پیش از شروع نظریهٔ مجموعه‌ها همهٔ تغییرات در ریاضی از این جنس بوده‌اند و هر کدام را می‌توان حداکثر به‌عنوان یک اصلاح اساسی و نه یک انقلاب درنظر گرفت. اما مجموع آن‌ها طی چند قرن با سرعتی بسیار آهسته موجبات تغییر اساسی دانش سترگ ریاضی را فراهم آورد. در همین راستا می‌توان از کارهای دکارت[۲۱] فرما و پاسکال در هندسهٔ تحلیلی، نظریهٔ اعداد و حساب احتمالات نام برد. همچنین کشف شکوهمند حساب دیفرانسیل و انتگرال توسط دو ستارهٔ جهان علم، یعنی نیوتن و لایب‌نیتس[۲۲] اگرچه دستاوردی افتخارآمیز برای جهان ریاضی بود، اما تغییر پارادایمی را سبب نشد. ناموری برنولی‌ها، اویلر (به‌عنوان پرکارترین ریاضی‌دان) و لاگرانژ نیز به‌علت نوآوری در همان جهان تعریف‌شده از اصول و قوانین بود. انفجار دانش ریاضی تا اواخر قرن نوزدهم با کارهای ستارگان درخشانی همچون گاوسِ افسانه‌ای، کُشی و آبل نیز، علی‌رغم افزایش دقت در اثبات‌ها و البته دستاوردهای کم‌نظیر، اثری چندان در تغییر الگو نداشت. در این میان، کارهای لباچفسکی[۲۳] و ریمان در هندسه را می‌توان یکی از اصلاحات اساسی به‌شمار آورد. ایشان باعث شدند که نگاه جامعهٔ ریاضی به دستگاه اصل موضوعی، تحولی بنیادین یابد که البته اثری عظیم در جهان خارج از ریاضیات (به‌ویژه دانشی چون فلسفه) برجای گذاشت. البته باید توجه کنیم که کشف چهارگان‌ها توسط همیلتون و کارهای بول به‌ترتیب اثری مشابه در جبر و منطق داشتند. در این زمان، یک ریاضی‌دان جوان به‌نام کانتور[۲۴] که با مشاهدهٔ آثار دیگران و کشف برخی کاستی‌ها مقالاتی جسورانه نوشت که اصول تقریباً ۲۵۰۰ سالهٔ حاکم بر ریاضی (و به عقیدهٔ برخی عقل بشر) را به چالش می‌کشید. گزاره‌ای مانند اینکه مجموعه‌ای وجود دارد که با زیرمجموعهٔ سرهٔ خود هم‌ارز است، چنان بدیع بود که اعتراض شدید مخالفان او یعنی بزرگانی مانند کرونکر[۲۵] و حتی مقامات مذهبی را موجب شد. استفاده از مفهوم بی‌نهایت توسط کانتور از حدود ۵۰۰ سال قبل از میلاد این چنین مورد استعمال قرار نگرفته بود. در این زمان بود که نظریهٔ انقلابی مجموعه‌ها به‌تدریج در کارهای کانتور نمایان شد و به‌سرعت مورد توجه ریاضی‌دانان عمدتاً جوانی مانند ددکیند[۲۶]، وایرشتراس[۲۷]، پوانکاره[۲۸] و هیلبرت قرار گرفت. کشی و وایراشتراس دیدگاه بی‌نهایت کوچک‌ها را با ورود تعریف اپسیلون-دلتا در حد دقیق کردند. همچنین کارهای آنالیزدانان اواخر قرن نوزدهم با ارائه خم فضاپُرکن پئانو[۲۹] یا تابع پیوسته‌ای که هیچ‌جا مشتق‌پذیر نیست (تابع وایراشتراس)، موجب تکوین درک ریاضی‌دانان از مفهوم تابع و پیوستگی شد. هرچند که این نظریه در ابتدا موجبات فراهم آمدن دهها پارادوکس از جمله پارادوکس کانتور، پارادوکس راسل و پارادوکس ریچارد را فراهم آورد، اما به‌سبب توانمندی این ابزار، ریاضی‌دانانی نظیر زرملو[۳۰]، فرانکل[۳۱]، زورن[۳۲]، گودل[۳۳] و ... با رفع نقایص موجود، این انقلاب را به‌ثمر رساندند. ورود فلسفه‌های منطق‌گرایی توسط فرگه[۳۴] و راسل[۳۵] و نیز شهودگرایی توسط براور نگرش ریاضی‌دانان به بنیان‌های ریاضی را دگرگون کرد. چنان‌که امروزه اگر فردی در جامعهٔ ریاضی اصول و قوانین نظریهٔ مجموعه‌ها را نپذیرد، تقریباً قادر به سخن گفتن با افراد این جامعه نخواهد بود. بنابراین، ریاضیات مدرن از اواخر قرن نوزدهم وارد دوران تغییر پارادایم شده و این روند تا اواسط قرن بیستم ادامه داشت و سخن هیلبرت که گفت هیچ‌کس نمی‌تواند ما را از بهشتی که کانتور ساخته بیرون کند، ناظر به این مطلب است. پس از آن، زمان آرامش و گسترش در ریاضیات فرا رسید و برخلاف ریاضی‌دانانی نظیر کانتور که عمدهٔ نام‌آوری ایشان نه‌به‌سبب نوآوری درون پارادایمی بلکه به‌علت شروع یک پارادایم تازه است، اعتبار یک دانشمند در این جامعه با حل مسائل و نوشتن مقالاتی براساس اصول و قواعد جدید به‌دست می‌آید. در این زمان، حیات علمی جامعه به‌طور قابل‌توجه مشروط به گسترش این پارادایم بوده که عمدهٔ آن وابسته به افزایش کمی مقالات و تعدد مجلات است. علی‌رغم ارزش فراوان این جنبش در زمان آرامش و گسترش، می‌توان آن را با حل معما به‌عنوان یک سرگرمی مقایسه کرد. این روند به‌طور عمده در تاریخ هر علم طبیعی بوده و نمی‌توان بر آن خرده گرفت و به‌قول کلیم کاشانی:

موجیم که آسودگی ما عدم ماست
ما زنده به آنیم که آرام نگیریم.

تکمله‌ای بر بحث

برای کامل‌تر شدن این نظر ذکر چند نکته ضروی به‌نظر می‌آید.
(۱) طبیعی بودن را نمی‌توان به‌طور کامل با درست‌بودن منطبق دانست.
(۲) ارزش کارهای انجام‌شده یکسان نبوده و میزان اهمیت آن‌ها

[18] Al-Buzjani [19] Nasir Al-Din Al-Tusi [20] Al-Kashi [21] Descartes [22] Leibniz [23] Lobachevsky [24] Cantor [25] Kronecker [26] Dedekind
[27] Weierstrass [28] Poincare [29] Peano [30] Zermelo [31] Frankel [32] Zorn [33] Godel [34] Frege [35] Russell

معمولاً توسط جامعهٔ علمی و متخصصین امر مورد قضاوت‌های نسبتاً قابل قبول قرار می‌گیرد.

(۳) نویسنده به‌هیچ‌روی قصد ورود به بحث از زاویهٔ فلسفهٔ علم به‌طور عام و فلسفهٔ ریاضی به‌طور خاص را نداشته که این مقال خود نیازی به چند مقالهٔ مجزا خواهد داشت.

(۴) ممکن است براساس این نظریه، برخی از صاحب‌نظران مبنای شروع انقلاب را دوران دیگری از ریاضی درنظر بگیرند که ضمن احترام به نظرات ایشان، باید اشاره کرد که خللی به ادعای مطرح‌شده راجع به طبیعی بودن روند انتشار مقاله براساس این نظریه وارد نخواهد شد.

(۵) هرچند براساس این نظریه و تجربهٔ تاریخی، افزایش کمی محتوای علمی از ضروریات پس از انقلاب و تغییر پارادایم است، اما این به معنی بی‌اهمیت بودن و حتی کم‌اهمیت بودن کیفیت مطالب علمی ارائه شده نیست.

تشکر و قدردانی

بر خود لازم می‌دانم از داور محترم جهت مطالعه دقیق این مقاله و نظرات ارزشمند ایشان که به بهبود مقاله کمک شایانی کرد، کمال تشکر را داشته باشم.

[1] G. Anand, E.C. Larson, J.T. Mahoney, *Thomas Kuhn on paradigms*, Production and Oerations Management 29(7) (2020), 1650–1657.

[2] P.F. Anderson, *Marketing, scientific progress, and scientific method*, Journal of Marketing 47(4) 1983, 18–31.

[3] C.B. Boyer, U.C. Merzbach, *A History of Mathematics*, John Wiley & Sons, 2011.

[4] F. Cajori, *A history of mathematics*, American Mathematical Society, 1991.

[5] T.S. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*, University of Chicago Press, 1970.

[6] R.N. Giere, *Scientific Perspectivism*, University of Chicago Press, 2019.

[7] C.A. Hooker, *A Realistic Theory of Science*, Suny Press, 1987.

[8] S.D. Hunt, *Positivism and paradigm dominance in consumer research: toward critical pluralism and rapprochement*, Journal of Consumer Research, 18(1) (1991), 32–44.

[9] I. Lakatos, *History of science and its rational reconstructions*, In PSA: Proceedings of the biennial meeting of the philosophy of science association (Vol. 1970, pp. 91-136), Cambridge University Press., 1970.

[10] M. Ruse, *The Darwinian Revolution*, Cambridge University Press, 2019.

[11] W. Stegmüller, W. Wohlhueter, *The Structure and Dynamics of Theories*, Springer, 1976.

[۱۲] م. صال‌مصلحیان، فلسفه ریاضی. انتشارات واژگان خرد، ۱۳۸۴.

**گروه ریاضی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول، ایران