تکرارپذیری یافته‌های علمی

راحله شاکری [1*]

چکیده

علم همیشه در تلاش بوده و خواهد بود دانشی را تولید کند که برای بشریت مفید باشد. شفافیت، دسترسی آزاد و تکرارپذیری از ویژگی‌های اساسی علم است. یافته‌های علمی به‌صورت مقاله برای آگاهی و استفاده توسط سایر پژوهشگران جهت پیشبرد علوم، در مجلات منتشر می‌شود. با وجود ارائه‌ی روش‌کار و نتایج در مقاله‌ها، برخی از داده‌های ارائه‌شده به دلیل عوامل مختلفی از جمله گزارش انتخابی، تکرار ناکافی، تحت‌فشار بودن برای چاپ مقاله، عدم نظارت دقیق، تقلب و جعل تکرار نمی‌شوند. محققان، شرکت‌های دارویی و آژانس‌های سرمایه‌گذاری نسبت به این مسئله در سال‌های اخیر ابراز نگرانی کرده‌اند. این نگرانی‌ها موجب شده است که سیاست‌های جدیدی جهت داوری و چاپ مقاله‌ها اتخاذ شود. پیش‌ثبت‌نام تحقیق و روش‌های تحلیلی مورداستفاده، ایجاد پایگاه‌هایی جهت آرشیو داده‌ها و تکرار آزمایش‌ها و آنالیزها به‌طور مستقل توسط سایر مراکز علمی از جمله‌ی راهکارها جهت افزایش تکرارپذیری و اعتبار داده‌ها است. علم باید تکرارپذیر باشد و اگر تکرارپذیر نباشد در حوزه‌ی علم تجربی قرار نمی‌گیرد. افزایش تکرارپذیری داده‌ها به همکاری مراکز تحقیقاتی، پژوهشگران، آژانس‌های سرمایه‌گذاری و ناشران نیاز دارد. کمیته‌ایی به نام TOP (Transparency and Openness Promotion) استانداردهایی را جهت افزایش اعتبار داده‌های علمی تدوین کرده است که رعایت آن‌ها تا حد بسیار زیادی میزان تکرارپذیری را افزایش می‌دهد.

واژگان کلیدی: تکرارپذیری، استرداد، داده‌های علمی، تقلب

* عهده‌دار مکاتبات، استادیار بیوشیمی دانشگاه کردستان، تلفن: (۲۴۹۸) ۳۳۶۶۴۶۰۰، پست الکترونیکی: r.shakeri@uok.ac.ir

۱ گروه علوم زیستی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

مقدمه

در سال‌های اخیر داده‌های گزارش‌شده در مقالات، تکرارپذیر نبودند. این مسئله با رشد مقالات، بیشتر مورد توجه قرار گرفت. بسیاری از محققین در دوران دانشجویی، می‌خواستند با تکیه‌بر نتایج علمی منتشر شده در مقالات قبلی به‌سرعت کار تحقیقاتی خود را دنبال کنند، در ابتدا این کار بسیار ساده به نظر می‌آمد؛ اما در ادامه مشاهده می‌کردند که چنین کاری و نتیجه‌ای تکرار نمی‌شود (و یا به‌سادگی قابل تکرار نیست)، به همین دلیل مجبور به تغییر شرایط و یا تغییر فرضیه‌ی خود می‌شدند. مارکوس مونافو[1] زیست‌شناس و روان‌شناس در دانشگاه بریستول[2] انگلیس، می‌گوید زمانی که دانشجو بودم تصور می‌کردم به‌راحتی می‌توانم داده‌های مقالات را تکرار کنم، اما به‌راحتی تکرار نمی‌شد و من در اعتماد به مقالات دچار بحران شدم [۱]. شرکت‌های داروسازی هم نسبت به این مسئله ابراز نگرانی کرده‌اند. به‌عنوان‌مثال محققان شرکت داروسازی بایر[3] در آلمان اعلام کرده‌اند که فقط توانستند یک‌چهارم تحقیقات پیش‌کلینیکی منتشر شده در مقاله‌ها را تکرار کنند. محققان شرکت امژن[4] هم اظهار کرده‌اند که توانستند فقط یافته‌های ۱۱ درصد از تحقیقات پایه‌ای را تکرار کنند [۲]. بسیاری از آژانس‌های سرمایه‌گذاری مانند موسسه‌ی ملی سلامت (NIH[5]) در آمریکا هم نسبت به تکرارناپذیری یافته‌های علمی در مقالات ابراز نگرانی کرده‌اند. فرانسس کالنز[6] (رئیس NIH) بیان کرده است که «سیستم‌های پیچیده برای اطمینان از تکرارپذیری تحقیقات زیست–پزشکی شکست خورده و نیازمند بازسازی است.» به‌عبارت‌دیگر با وجود بازبینیِ حامیان مالی و داوری مقاله توسط مجلات، باز هم اشتباهات و خطاهای جدی منتشر می‌شوند [۳, ۴]. جان یوآنیدس[7] استاد تمام تحقیقات پزشکی در دانشگاه استنفورد در سال ۲۰۰۵ در این زمینه، مقاله‌ای با عنوان «چرا بیشتر یافته‌های علمی نادرست است؟» را منتشر کرد [۵]. با همکاری بین مرکز علم آزاد[8] (یک سازمان صنعتی غیرانتفاعی مستقر در شارلوتسویلِ ویرجینیا که مأموریت آن افزایش دسترسی آزاد، صحت و تکرارپذیری تحقیقات علمی است) و شبکه‌ی تبادل علمی[9] (یک بازار آنلاینِ ارائه‌دهنده‌ی خدمات علمی به محققان) برنامه‌ای به نام پروژه‌ی تکرارپذیری[10] در زیست‌سرطان آغاز شده است که در حال بررسی نگرانی‌های محققان درباره‌ی تکرارپذیری نتایج علمی منتشر شده در مقالات است. این مرکز، تکرارپذیری برخی از یافته‌های کلیدی مندرج در تعدادی از مقاله‌های با شاخص‌های علمی بالا و چاپ‌شده در سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۲ را بررسی می‌کند. عنوان مقاله‌ای که برای تکرار انتخاب می‌شود، ابتدا بر روی وبگاه این مرکز با پیشوند گزارش ثبت‌شده[11] قرار می‌گیرد و در آن آزمایش‌های طراحی‌شده برای تکرار برخی از داده‌های کلیدی مقاله‌ی انتخاب شده، پس از داوری شرح داده می‌شود. پس از انجام کار، نتایج نهایی آزمایش‌های انجام‌شده به‌صورت یک مقاله و با پیشوند مطالعه‌ی تکراری[12] چاپ می‌شود. هدف این مرکز در گام اول جمع‌آوری شواهد برای تکرارپذیری در تحقیقات پیش‌کلینیکی سرطان و در گام دوم شناسایی عواملی که بر روی تکرارپذیری داده‌ها تأثیرگذار هستند می‌باشد (۱). مجله‌ی Nature در سال ۲۰۱۶ نتایج نظرسنجی از ۱۵۷۶ محقق در رشته‌های مختلف را درباره‌ی تکرارپذیری یافته‌های علمی و بحرانی بودن چنین شرایطی منتشر کرد. ۵۲ درصد از پاسخ‌دهندگان تکرارناپذیری را به‌عنوان بحران تأیید کردند و ۳۸ درصد از آنها اعلام کردند که چنین چیزی «تا حدی» بحران است. ۷ درصد از آنها هم «نمی‌دانم» را به‌عنوان پاسخ انتخاب کردند و تنها ۳ درصد، پاسخشان «خیر» بود. شرکت‌کنندگان در این نظرسنجی متشکل از ۷۰۳ زیست-شناس، ۱۰۶ شیمیدان، ۹۵ زمین‌شناس و متخصص محیط‌زیست، ۲۰۳ پزشک و داروساز، ۲۳۶ فیزیکدان و مهندس و ۲۳۳ متخصص از رشته‌های دیگر بودند. در پاسخ به این سؤال که چند درصد از مقالات زمینه‌ی کاری خودشان تکرارپذیر هستند،

[1] Marcus Munafo
[2] Bristol
[3] Bayer
[4] Amgen
[5] National Institutes of Health
[6] Francis Collins
[7] John Ioannidis
[8] Center for Open Science
[9] Science Exchange network
[10] Reproducibility Project
[11] Registered Report
[12] Replication study

تنها تعدادی از محققان در رشته‌های فیزیک و مهندسی معتقد بودند که ۱۰۰ درصد مقالات زمینه‌ی کاری آنها قابل تکرار است. هیچ‌کدام از پزشکان و داروسازان شرکت‌کننده در این نظرسنجی، معتقد به تکرارپذیری ۱۰۰ درصد نتایج مقالات منتشر شده در زمینه‌ی کاری خود نبودند. البته تکرارپذیری فقط به معنای تکرار داده‌های دیگران نیست؛ بلکه در بسیاری موارد، محققان قادر به تکرار داده‌های خود هم نمی‌باشند. مجلات تمایلی برای چاپ داده‌های تکراری، نتایج منفی و حتی داده‌هایی که نتایج مقالات دیگران را نقض می‌کنند ندارند. به‌طور معمول برخی مجلات برای چاپ مقالاتی که به تکرارناپذیری داده‌های یک مقاله اشاره می‌کنند، از محققان خواسته‌اند که مقایسه‌ای بین داده‌های خود و مقاله‌ی اولیه انجام دهند [۱]. در سال ۲۰۰۸ در مجله‌ی Nature مقاله‌ای با عنوان «STAB1[1] با بازبرنامه‌نویسی بیان ژن، رشد و متاستاز تومور سینه را افزایش می‌دهد.» چاپ شد [۶]؛ اما خانم الیزابت ایورنز[2] نتوانست نتایج این مقاله را تکرار کند. خوشبختانه ایشان توانست عدم تکرار نتایج این مقاله را به‌صورت مقاله‌ایی با عنوان «نقش STAB1 در بیماری‌زایی سرطان سینه»[3] در سال ۲۰۱۰ در مجله‌ی Journal of National Cancer Institute چاپ کند [۷]. در سال‌های اخیر تعداد مقالاتی که به بحث درباره‌ی تکرارپذیری داده‌های علمی پرداخته‌اند، افزایش یافته است. مجله‌ی PNAS در سال ۲۰۱۸ به جستجوی تعداد مقالاتی که در پایگاه وبگاه علوم با عبارت‌های "Scientific crisis"، "reproducibility crisis"، "science in crisis"، "science in crisis"، "replication crisis" و "replicability crisis" در عنوان، چکیده و یا کلمات کلیدی بودند پرداخت. نتایج نشان داد که در سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۶ روند کاملاً صعودی است. البته در سال‌های ۱۹۷۵ تا ۲۰۰۰ هم مدارکی که حاوی عبارت‌های بالا باشند وجود داشت که بیانگر مواجهه‌ی محققان با مسئله‌ی تکرارپذیری است؛ اما در سال‌های اخیر با رشد قابل‌توجه در تعداد مقالات، تکرارپذیری بیشتر موردتوجه قرار گرفته و به‌عنوان بحران در بسیاری از رکوردها مطرح شده است [۸]. بنابراین با گذشت چندین دهه از چاپ مقاله‌های علمی، تعداد قابل‌توجهی از نتیجه‌های ارائه‌شده در مقاله‌ها به‌راحتی تکرار نمی‌شوند و به نظر می‌رسد جامعه‌ی علمی می‌باید راهکاری برای کاهش خطا و افزایش تکرارپذیری داده‌های علمی اتخاذ کند.

عوامل دخیل در تکرارناپذیری داده‌ها

تکرارناپذیری داده‌های علمی ممکن است به دلایل مختلف باشد [۱]:

- **گزارش انتخابی**[4]: در برخی موارد مشاهده می‌شود که محقق بخشی از نتایج یک مطالعه را که با یکدیگر همسو هستند منتشر می‌کند و از انتشار نتایج نقض‌کننده‌ی فرضیه امتناع می‌کند.
- **تحت‌فشار بودن برای دستیابی به نتیجه و چاپ مقاله**: آمارها نشان داده است که بین ضریب تأثیر[5] یک مجله و کسری از مقاله‌های مسترد شده[6] همسویی مثبتی وجود دارد. افراد برای چاپ مقاله در مجلات با ضریب تأثیر بالا تحت‌فشار قرار می‌گیرند. به‌عنوان‌مثال پرداخت حقوق به نویسندگان در چین بر اساس نوع مجله است. این حقوق‌ها از ۱۰۰۰ دلار برای چاپ در مجله‌ی PLOS One تا ۵۰۰۰۰ دلار در مجلات Nature و Science است. آیا امکان ندارد که چنین مبالغ هنگفتی بر روی رفتار علمی افراد تأثیر بگذارد؟ چنین پرداخت‌هایی منحصر به چین نیست و در آمریکا و انگلیس هم وجود دارد. هم‌چنین مبنای ارزیابی و مقایسه‌ی قدرت پژوهشی دانشگاه‌ها در انگلیس، مقالات چاپ‌شده در مجلات با ضریب تأثیر بالاتر از ۵ است. در برخی کشورها مانند آلمان بودجه‌ی دانشکده‌ها بر اساس فرمولی است که ضریب تأثیر مجلات را در نظر می‌گیرد. در سراسر جهان، چاپ مقاله در مجله‌های Nature و Science تغییرات زیادی در زندگی کاری فرد مانند ارتقای شغلی و گرفتن جایزه ایجاد می‌کنند [۴].
- **عدم نظارت دقیق مجری طرح تحقیقاتی بر مراحل انجام کار**: یکی دیگر از عوامل، عدم نظارت دقیق و آموزش افراد برای چگونگی پژوهش است. بسیاری از اساتید، فرصت کافی

[1] STAB1 reprogrammed gene expression to promote breast tumor growth and metastasis
[2] Elizabeth Irons
[3] The role of SATB1 in breast cancer pathogenesis
[4] Selective Reporting
[5] Impact Factor
[6] Retracted Papers

برای نظارت دقیق بر نتایج پژوهشی دانشجویان خود ندارند. به‌طور معمول دانشجویان پس از فارغ‌التحصیلی بدون کسب آگاهی از چگونگی نظارت بر فعالیت‌های پژوهشی، در یک موسسه یا دانشگاه فعالیت خود را آغاز می‌کنند که در نهایت ممکن است به نتایج نادرست منجر شود.

- **عدم تکرار نتایج به اندازه‌ی کافی**
- **طراحی آزمایش‌های اشتباه و تجزیه و تحلیل نادرست**
- **در دسترس نبودن داده‌های خامِ نتایج منتشر شده در مقالات برای داوران (عدم شفافیت[1])**
- **عدم و یا کمبود نظارت استاد راهنما بر دانشجو**
- **عدم و یا کمبود وقت‌گذاری دانشجو برای حضور مستقیم در پژوهش**
- **جعل و کلاه‌برداری**
- **داوری غیردقیق**

شاید یکی از علت‌های آن در این دهه ارتباط علم با پول است؟! شرکت‌های داروسازی و نشریات با دسترسی آزاد به دنبال درآمد و پول هستند، وقتی به علم این‌طور نگاه شود نتیجه تکرارناپذیری حاصل می‌شود.

عواقب

اگر یافته‌های علمی تکرارپذیر نباشند، پیامد آن بسیار ترسناک خواهد بود. از یک‌طرف محققان زمان خود را هدر می‌دهند و پول خود را روی نتایج و تحقیقات اشتباه دیگران سرمایه‌گذاری می‌کنند و از سوی دیگر، مردم و سیاستمداران حمایت و سرمایه‌گذاری کمتری روی تحقیقات علمی می‌کنند. استرداد[2] یا سلب اعتبار هم از دیگر عواقب است [۹]. استرداد، اعتبار یک محقق و یا مجله را زیر سؤال می‌برد. میزان استناد به محققان دارای مقاله‌ی مسترد شده کاهش می‌یابد. در برخی موارد نویسندگان یک مقاله به علت عدم تکرارپذیری نتایج خودشان و گاهی پی بردن به اشتباهات سهوی، درخواست استرداد مقاله‌ی خود را دارند. بنجامین فرانکلین[3] از جمله‌ی افرادی است که به دلیل نقض‌کردن نتایج خود با انجام پژوهش‌های بیشتر، در سال ۱۷۵۶ میلادی از Royal Society درخواست استرداد مقاله‌ی چاپ‌شده‌ی خود را کرد (۲). در ۱۰ سال گذشته تعداد مقاله‌های مسترد شده افزایش یافته است، ۶۰ درصد استردادها به دلیل کلاه‌برداری بوده است [۹]. یواکیم بولت[4] (متخصص بیهوشی) از جمله محققانی است که به دلیل انتشار داده‌های جعلی و عدم رعایت اصول اخلاق علمی در تحقیقات خود، تعداد بسیار زیادی مقاله‌ی مسترد شده دارد. بولت از یک روش اثبات نشده‌ی علمی برای بیهوشی بیماران استفاده کرده بود. دو روزنامه‌نگار به نام‌های آیون اورانسکی[5] و آدام مارکس[6]، وب‌گاهی به نام Retraction watch (۳) ایجاد کرده‌اند که به بررسی تعداد مقالات علمی مسترد شده و تهیه‌ی فهرستی از آن‌ها می‌پردازد [۹].

سردبیر ارشد مجله‌ی Science اعلام کرده است که در سال ۲۰۱۷ سه مقاله‌ی چاپ‌شده در این مجله را مسترد کرده است. در یکی از این موارد، نویسندگان از ارسال داده‌ها برای مجله امتناع کردند و تحقیقات بیشتر نشان داد که یکی از نویسندگان داده‌ها را جعل کرده است. در مورد دوم، تعدادی از نویسندگان مقاله به دلیل تکرار نشدن نتایج خود، درخواست استرداد مقاله را کردند. به دلیل اینکه همه‌ی نویسندگان این مقاله با چنین تصمیمی موافق نبودند، تصمیم گرفتند آزمایش‌های بیشتری برای حل کردن این مسئله انجام دهند. این آزمایش‌ها نتایج اولیه را تأیید نکرد و سردبیران تصمیم به استرداد مقاله گرفتند. در سومین مورد هم نویسندگان درخواست استرداد مقاله را کردند، زیرا شکل‌های دستکاری‌شده داشت[۱۰].

راهکارهای عملی جهت افزایش تکرارپذیری

افزایش تکرارپذیری داده‌ها به همکاری مراکز تحقیقاتی، پژوهشگران، آژانس‌های سرمایه‌گذاری و ناشران نیاز دارد. هم‌چنین شفافیت داده‌ها باید افزایش یابد. کمیته‌ایی به نام TOP[7]

---

[1] Transparency
[2] Retraction
[3] Benjamin Franklin
[4] Joachim Boldt
[5] Ivan Oransky
[6] Adam Marcus
[7] Transparency and Openness Promotion (TOP) Committee :
این کمیته در نوامبر ۲۰۱۴ در مرکز علم آزاد شهر شارلوتسویل ویرجینیا تشکیل جلسه داد تا سیاست و روند چاپ مقاله توسط مجلات را بررسی نماید. این کمیته متشکل از کارشناسان علوم اجتماعی و رفتاری، نمایندگان آژانس‌های سرمایه‌گذاری علمی و سردبیران مجلات بود.

استانداردهایی را جهت افزایش اعتبار داده‌های علمی تدوین کرده است که رعایت آن‌ها تا حد بسیار زیادی میزان تکرارپذیری را افزایش می‌دهد (جدول-۱) [۱۱]. نشریه Science و انتشارات Elsevier از جمله‌ی امضاکنندگان TOP هستند (۴). برخی از راهکارهای عملی جهت افزایش تکرارپذیری داده‌های علمی عبارت‌اند از:

۱- ایجاد مراکزی برای تکرار مستقل داده‌ها و تأیید تکرارپذیری: شبکه‌ی تبادل علمی، مرکزی است که توسط خانم الیزابت ایورنز جهت تکرار مستقل نتایج کلیدی آزمایشگاهی در مقالات تأسیس شده است. بیش از ۸۰۰ آزمایشگاه از مؤسسات علمی معتبر عضو این شبکه هستند. معرف‌ها و روش‌کارها به شبکه‌ی مبادله‌ی علمی ارسال می‌شوند؛ در چنین شبکه‌ای این نتایج، با دریافت هزینه‌ای توسط کارشناسان آزمایشگاهی متخصص که عضو یکی از این مؤسسات علمی معتبر (عضو شبکه‌ی تبادل علمی) هستند، تکرار و تأیید می‌شوند (۵). برخی از طرح‌های اصلی شبکه‌ی مبادله‌ی علمی عبارت‌اند از:

– ستاد تکرارپذیری Reproducibility Initiative : این طرح از طریق شبکه‌ی تبادل علمی و مشارکت[1] PLOS، Figshare و Mendeley به پژوهشگران جهت تکرار داده‌هایشان خدمات ارائه می‌دهد. PLOS یک ناشر علمی غیرانتفاعی با دسترسی آزاد (۶) ، Figshare مخزنی برای آرشیو داده‌ها (۷) و Mendeley یک نرم‌افزار تحت وب برای مدیریت و به اشتراک‌گذاری مقالات و داده‌های پژوهشی است (۸).

– طرح تکرارپذیری در زیست‌شناسی سرطان Reproducibility Project: Cancer Biology: این طرح با همکاری شبکه‌ی تبادل علمی و مرکز علم آزاد به تکرارپذیری ۵۰ مقاله‌ی با شاخص علمی بالا در فاصله‌ی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۲ پرداخته است (۹).

– خدمات مستقل اعتباری Independent Validation Service: پایگاهی با امکانات آزمایشگاهی مختلف مانند مدل‌های حیوانی و رده‌های سلولی برای انجام و تکرار مستقل آزمایش‌ها است.

– MF/PCF Reproducibility :[2] این طرح با همکاری شبکه‌ی تبادل علمی، مرکز علم آزاد، بنیاد سرطان پروستات و بنیاد موومبر[3]به بررسی تکرارپذیری یافته‌های تحقیقاتی مرتبط با سرطان پروستات می‌پردازد (۱۰).

۲- ثبت اولیه‌ی طرح تحقیقاتی در وب‌گاه مجلات: از سال ۲۰۱۷، مجلات BMC مانند BMC Biology، BMC Ecology و BMC Medicine شروع به پذیرش Registered Reports کرده‌اند (۱۱). در این رویکرد، ابتدا نویسندگان قبل از آغاز کار تحقیقاتی، روش کار و هدف پروژه‌ی خود را به‌صورت مقاله‌ایی با بخش‌های مقدمه و روش‌کار جهت داوری در وب‌گاه مجله بارگذاری می‌کنند. طرح اولیه توسط مجله داوری می‌شود و در صورت تأیید، برای آن یک IPA[4] صادر می‌شود. صدور IPA، به معنای انتشار این مقاله پس از اتمام موفقیت‌آمیز پژوهش است. پس از اتمام آزمایشات، نویسندگان باید فرم نهایی مقاله را که دارای بخش‌های نتایج و بحث است، برای داوری مجدد در وب‌گاه مجله بارگذاری کنند. داورها در این مرحله به روش‌های آزمایشگاهی درج‌شده در گزارش اولیه مراجعه می‌کنند تا بدانند آیا نتیجه‌ها بر پایه‌ی همین روش‌ها است یا نه. در صورت درستی مراحل کار و اطمینان از صحت داده‌ها، مقاله مورد تأیید نهایی قرار خواهد گرفت و چاپ می‌شود.

[1] Public Library of Science

[2] Movember Foundation-PCF Scientific Reproducibility Initiative

[3] Movember Foundation :

بنیادی است که در پیشبرد ارتقای سطح آگاهی مردان در خصوص سرطان فعالیت می‌کند. موامبر، به معنای نوامبر بدون اصلاح، رویدادی ماهانه است که مردان در ماه نوامبر میلادی سبیل خود را نمی‌زنند تا توجه همگان را به سلامت مردان جلب کنند.

[4] In principle acceptance

جدول-۱) استانداردهای کمیته‌ی TOP در سه سطح. میزان سخت‌گیری هر استاندارد از سطح یک تا ۳ افزایش می‌یابد. سطح صفر به‌منزله‌ی عدم رعایت چنین استانداردی است [۱].

استاندارد	سطح صفر	سطح یک	سطح دو	سطح سه
استانداردهای استنادی[1]	مجله استناد به داده، کد و مواد را ترغیب می‌کند و یا اعلام نمی‌کند.	مجله استناد به داده‌ها را با قواعد و مثال‌های واضح در دستورالعمل‌های نویسندگان بیان می‌کند.	مقاله استناد به داده‌ها و مواد را مطابق با دستورالعمل‌های مجله به کار می‌بندند.	مقاله تا زمانی که استناد به داده‌ها و مواد مطابق دستورالعمل‌های مجله نباشد چاپ نمی‌شود.
شفافیت داده‌ها[2]	ترغیب کردن یا نکردن مجله در به اشتراک گذاشتن داده‌ها	مقاله در دسترس بودن داده‌ها و مکان آن‌ها را اعلام می‌کند.	داده‌ها باید در یک پایگاه مطمئن آرشیو شوند. استثناءها باید در ارسال مقاله شناسایی شوند.	داده‌ها باید در یک پایگاه مطمئن آرشیو شوند و آنالیزهای گزارش-شده قبل از چاپ مقاله به‌صورت مستقل تکرار خواهند شد.
شفافیت روش-های (دستورالعمل-های) تحلیل[3]	ترغیب کردن یا نکردن مجله جهت به اشتراک گذاشتن دستورالعمل	مقاله در دسترس بودن دستورالعمل و مکان آن را اعلام می‌کند.	دستورالعمل باید در یک پایگاه مطمئن آرشیو شود. استثناءها باید در ارسال مقاله شناسایی شوند.	دستورالعمل باید در یک پایگاه مطمئن آرشیو شود و آنالیزهای گزارش‌شده قبل از چاپ مقاله به‌صورت مستقل تکرار خواهند شد.
شفافیت مواد مورداستفاده در تحقیق[4]	ترغیب کردن یا نکردن مجله جهت به اشتراک گذاشتن مواد	مقاله در دسترس بودن مواد و مکان آن را اعلام می‌کند.	مواد باید به یک پایگاه قابل‌اعتماد ارسال شوند. استثناءها باید در ارسال مقاله شناسایی شوند.	مواد باید به یک پایگاه قابل‌اعتماد ارسال شوند و آنالیزهای گزارش-شده قبل از چاپ مقاله به‌صورت مستقل تکرار خواهند شد.
شفافیت در طرح و تحلیل[5]	ترغیب کردن یا نکردن مجله جهت شفاف بودن در طرح و تحلیل‌ها	مجله به تفصیل استانداردهای مربوط به شفاف بودن طرح را بیان می‌کند.	مجله از استانداردهای شفافیت در طرح برای داوری و چاپ مقاله تبعیت می‌کند.	مجله ملزم به تبعیت از استانداردهای مربوط به شفافیت در طرح برای داوری و چاپ مقاله است.
پیش‌ثبت‌نام مطالعات[6]	مجله توضیحی نمی-دهد.	مجله ثبت اولیه‌ی مقاله را ترغیب می‌کند و در صورت ثبت اولیه، لینک آن را در مقاله قرار می‌دهد.	مجله پیش‌ثبت‌نام را ترغیب می‌کند و لینک و علامت تأیید پیش‌نام را در مقاله قرار می-دهد.	مجله به پیش‌ثبت‌نام مطالعه نیاز دارد و قرار دادن لینک و علامتِ تأیید جزو ملزومات است.
پیش‌ثبت‌نام شیوه‌های تحلیل[7]	مجله چیزی بیان نمی‌کند.	مجله پیش‌آنالیز را ترغیب می‌کند و در صورت وجود آنالیزهای ثبت‌شده، لینک آن را در مقاله قرار می‌دهد.	مجله پیش‌آزمایش را ترغیب می‌کند و قرار دادن لینک و تأییدیه‌ی آنالیزهای ثبت‌شده را در مقاله قرار می‌دهد.	مجله به پیش‌ثبت‌نام مطالعه همراه با شیوه‌های آنالیز نیاز دارد و قرار دادن لینک و علامت تأیید جزو ملزومات است.
تکرار[8]	مجله از ارسال مطالعات تکراری ممانعت می‌کند و یا چیزی بیان نمی‌کند.	مجله ترغیب به ارسال مطالعات تکراری (تکمیلی) می‌کند.	مجله ترغیب به ارسال مطالعات تکراری (تکمیلی) می‌کند و داوری نتایج به‌صورت کور است.	مجله برای مطالعات تکراری بخشی اختیاری به نام گزارش‌های ثبت‌شده قرار می‌دهد تا قبل از مشاهده‌ی همه‌ی نتایج، داوری پیر ریویو[9] صورت گیرد.

[1] Citation standards
[2] Data transparency
[3] Analytic methods (code) transparency
[4] Research materials transparency
[5] Design and analysis transparency
[6] Preregistration of studies
[7] Preregistration of analysis plans
[8] Replication
[9] Peer review

۳- آرشیوداده‌ها: تحقیقات قابل بازیافت و تکرارپذیر به نگهداری دقیق داده‌ها و فایل‌های مرتبط مانند روش‌های آماری و نتایج خروجی نیاز دارد. نرم‌افزارهای تحت‌وب Dataverse[۱] (۱۲) و Mendeley (۱۳) از شناخته‌شده‌ترین و مهم‌ترین مکان‌ها برای ثبت و آرشیو داده‌ها هستند[۱۲]. Clinical Trials.gov (https://clinicaltrials.gov/) هم یک پایگاه داده برای مطالعات بالینی خصوصی و دولتی در سراسر جهان برای ثبت کارآزمایی‌های بالینی است. آرشیو داده‌ها در این پایگاه‌ها سبب افزایش اعتبار و صحت پژوهش، دسترسی آسان داوران به داده‌ها، امکان اشتراک داده‌ها با سایر محققان و پیشگیری از سرقت آن‌ها می‌شود. آرشیو داده‌های خام در چنین پایگاه‌هایی امکان آنالیز مجدد داده‌ها توسط داوران و حتی تصحیح اشتباهات و خطاهای احتمالی را فراهم می‌کند.

مجله‌ی PLOS ONE در وب‌گاه خود اعلام کرده است نه‌تنها مطالعات با نتایج منفی را پذیرش می‌کند، بلکه تأکید آن، صرف‌نظر از نوآوری تحقیق، بر چاپ یافته‌های علمی معنادار و تکرارپذیر است (۱۴).

نتیجه‌گیری

با وجود این که بسیاری افراد معتقد به وجود بحران تکرارپذیری در علم هستند، گروهی دیگر به چنین بحرانی اعتقاد ندارند؛ زیرا بر این باورند که چنین مشکلاتی از ابتدای کار علمی وجود داشته و محدودیت‌های انسانی در زمینه‌های مختلف علمی به همراه کار کردن در مرزهای دانش، تکرار نشدن و بروز خطا را اجتناب‌ناپذیر می‌نماید. علم همیشه در تلاش بوده و خواهد بود با وجود محدودیت‌های اخلاقی و شناختیِ افراد انسانی، دانشی را تولید کند که برای همه‌ی بشریت مفید باشد. این بحران، جدید نیست؛ فقط دو چیز به این مسئله تازگی می‌بخشد:

- بررسی تکرارپذیری و اعتبار یافته‌های علمیِ منتشر شده با نرم‌افزارهای مختلف: در گذشته نه‌تنها تعداد مقالات علمی کم بود، بلکه سرعت دسترسی عموم به آخرین یافته‌های علمی هم بسیار کند بود. رشد مقالات علمی و دسترسی آسان و سریع به آن‌ها سبب نمایش بیشتر داده‌های تکرارناپذیر شده است.
- پیشرفت ابزارهای تحقیقات علمی: یافته‌های علمی امروزه با ابزارها و روش‌های قدرتمندتری بررسی می‌شوند که پی بردن به اشتباهات و نواقص علمی را تسریع می‌کنند.

تقدیر و تشکر

از استاد گران‌قدر جناب آقای پروفسور علی‌اکبر موسوی موحدی به‌واسطه‌ی ارائه‌ی نظرات ارزشمند کمال تشکر را دارم. از جناب آقای مهندس مهدی شاکری (دانشجوی دکترای مهندسی برق) که در نگارش این مقاله از نظرات ایشان بهره بردم سپاسگزارم. از حمایت دانشگاه کردستان هم تشکر می‌نمایم.

وب‌سایت‌های بازدید شده در این مقاله

(1) .https://elifesciences.org/collections/9b1e83d1/reproducibility-project-cancer-biology
(2) https://books.google.co.uk/books?id=EkJFAAAcAAJ&pg=PA682&lpg=PA682&dq=wilson+philosophical+transactions+retraction&source=bl&ots=59UghkTGlg&sig=7JmrDPmEAEadzJJA5UT9sQBF4x4&hl=en&sa=X&ei=Kvg-T5ulNYKg8QPNx4yYCA#v=onepage&q&f=false
(3) https://retractionwatch.com/
(4) .https://www.elsevier.com/connect/elsevier-supports-top-guidelines-in-ongoing-efforts-to-ensure-research-quality-and-transparency
(5) .https://validation.scienceexchange.com/#/about
(6) .https://www.plos.org/
(7) .https://figshare.com/
(8) .https://www.mendeley.com/?interaction_required=true
(9) .https://cos.io/
(10) .https://validation.scienceexchange.com/#/prostate-cancer

[۱] داده‌های خام بسیاری از نمودارها و اشکال مندرج در مقالات در این نرم‌افزار بایگانی می‌شود و در دسترس قرار می‌گیرد. IQSS (The Institute for Quantitative Social Science) با همکاری کتابخانه و سازمان فناوری اطلاعات دانشگاه هاروارد، با ایجاد Harvard Dataverse، امکان ذخیره و بایگانی داده‌های همه‌ی پژوهشگران را فراهم کرده است. Harvard Dataverse به‌صورت آزاد برای عموم در دسترس است. برخی از دانشگاه‌ها و سازمان‌های علمی در سراسر جهان، با نصب Dataverse، داده‌های محققان را آرشیو و بایگانی می‌کنند.

[۲] یکی از متداول‌ترین نرم‌افزارها برای ارجاع در مقالات است که امکان بایگانی و آرشیو داده‌ها را فراهم کرده است.

(11) .https://bmcbiol.biomedcentral.com/submission-guidelines/preparing-your-manuscript
(12) .https://dataverse.harvard.edu/
(13) .https://data.mendeley.com/datasets?query=*&page=0&type=IMAGE
(14) .https://journals.plos.org/plosone/s/journal-information

منابع و مؤاخذ

[1] Baker, M. (2016). 1,500 scientists lift the lid on reproducibility. Nature News, 533(7604), 452.

[2] Begley, C. G., Ellis, L. M. (2012). Drug development: Raise standards for preclinical cancer research. Nature, 483(7391), 531.

[3] Collins, F. S., Tabak, L. A. (2014). NIH plans to enhance reproducibility. Nature, 505(7485), 612-613.

[4] Eisner, D. A. (2018). Reproducibility of science: Fraud, impact factors and carelessness. Journal of molecular and cellular cardiology, 114, 364-368.

[5] Ioannidis, J. P. (2005). Why most published research findings are false. PLoS medicine, 2(8), e124.

[6] Han, H. J., Russo, J., Kohwi, Y., Kohwi-Shigematsu, T. (2008). SATB1 reprogrammes gene expression to promote breast tumour growth and metastasis. Nature, 452(7184), 187.

[7] Iorns, E., Hnatyszyn, H. J., Seo, P., Clarke, J., Ward, T., Lippman, M. (2010). The role of SATB1 in breast cancer pathogenesis. Journal of the National Cancer Institute, 102(16), 1284-1296.

[8] Fanelli, D. (2018). Opinion: Is science really facing a reproducibility crisis, and do we need it to? Proceedings of the National Academy of Sciences, 115(11), 2628-2631.

[9] Brainard, J., & You, J. (2018). What a massive database of retracted papers reveals about science publishing's 'death penalty'. Science, 25.

[10] Berg, J. (2018). Progress on reproducibility. Science, Vol. 359(6371), p. 9.

[11] Nosek, B. A., Alter, G., Banks, G. C., Borsboom, D., Bowman, S. D., Breckler, S. J., Buck, S., Chambers, C. D., Chin, G., Christensen. G., Contestabile, M., Dafoe, A., Eich, E., Freese, J., Glennerster, R., Goroff, D., Green, D. P., Hesse, B., Humphreys, M., Ishiyama, J., Karlan, D., Kraut, A., Lupia, A., Mabry, P., Madon, T., Malhotra, N., Mayo-Wilson, E., McNutt, M., Miguel, E., Levy Paluck, E., Simonsohn, U., Soderberg, C., Spellman, B. A., Turitto, J., VandenBos, G., Vazire, S., Wagenmakers, E. J., Wilson, R., Yarkoni, T. (2015). Promoting an open research culture. Science, 348(6242), 1422-1425.

[12] Leeper, T. J. (2014). Archiving Reproducible Research with R and Dataverse. R Journal, 6(1).