انجمن ریاضی ایران

خبرنامه

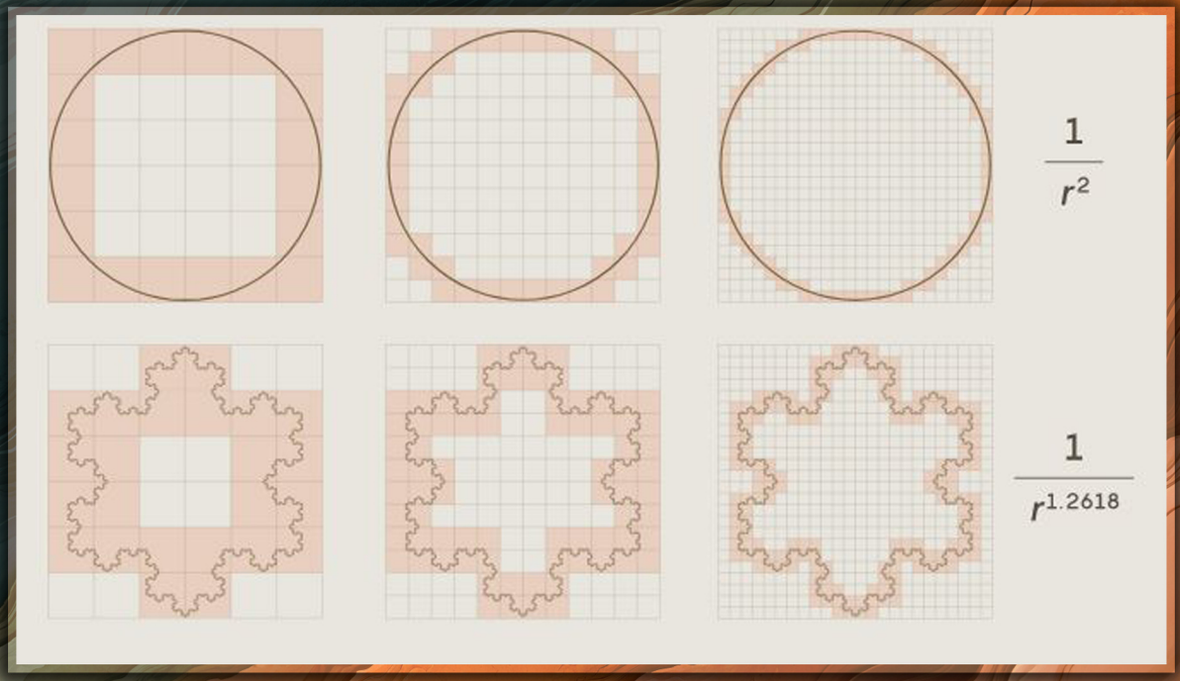
شماره ۲

سال ۴۷

تابستان ۱۴۰۵

شماره پیاپی ۱۸۷

نشریه خبری و گزارشی ریاضیات ایران و جهان



عنوان همایش‌های انجمن	محل برگزاری	زمان برگزاری
پنجاه‌وهفتمین کنفرانس ریاضی ایران	دانشگاه تبریز	۱۴۰۵
چهاردهمین سمینار جبرخطی و کاربردهای آن	دانشگاه فردوسی مشهد	اردیبهشت‌ماه ۱۴۰۶
پنجاه‌وهشتمین کنفرانس ریاضی ایران	دانشگاه یزد	۱۴۰۶
بیست‌وششمین سمینار آنالیز ریاضی و کاربردهای آن	دانشگاه آیت الله بروجردی (ره)	۱۴۰۶
یازدهمین سمینار آنالیز عددی و کاربردهای آن	دانشگاه فردوسی مشهد	تابستان ۱۴۰۵
دوازدهمین سمینار آنالیز عددی و کاربردهای آن	دانشگاه بناب	تابستان ۱۴۰۷

حامیان انجمن ریاضی ایران

مؤسسات و نهادهای زیر با کمک‌ها و پشتیبانی‌های خود از انجمن ریاضی ایران حمایت کرده‌اند. شورای اجرایی انجمن ریاضی ایران از این حمایت‌های ارزشمند صمیمانه سپاسگزار است.

- شهرداری منطقه ۶ تهران: این شهرداری، ساختمان واقع در پارک ورشو تهران را به دبیرخانه انجمن ریاضی ایران تخصیص داده است.
- معاونت محترم علمی و فناوری ریاست جمهوری: این معاونت در تأمین هزینه‌های ممیزی و اجرای پروژه‌ها کمک‌های مؤثری را به انجمن نموده که قابل تقدیر و تشکر است.
- کمیسیون انجمن‌های علمی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری: این کمیسیون هر ساله مبلغی را به‌عنوان کمک بلاعوض به هرکدام از انجمن‌های علمی تحت پوشش خود تخصیص می‌دهد.
- اعضای حقوقی: دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزش عالی و مراکز فرهنگی، آموزشی و پژوهشی زیر در دورهٔ ذکر شده با پرداخت حق عضویت حقوقی، از انجمن ریاضی ایران حمایت کرده‌اند. از رؤسا، مسئولان و نمایندگان انجمن در این مؤسسه‌ها قدردانی می‌شود.

اعضای حقوقی دوره مهرماه ۱۴۰۴ تا مهرماه ۱۴۰۵

دانشگاه‌های: فردوسی مشهد (ویژه)، اصفهان (ویژه)، الزهرا (س) (ویژه)، یزد (ویژه)، گیلان (ویژه)، ولی‌عصر (عج) رفسنجان (ویژه)، صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، حکیم سبزواری، ملایر.

خبرنامه

سال ۴۷، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۵، شماره پیاپی ۱۸۷

خبرنامه، نشریهٔ خبری انجمن ریاضی ایران است که زیر نظر شورای اجرایی انجمن در پایان هر فصل منتشر می‌شود. نقل مطالب با ذکر مأخذ آزاد است.

صاحب امتیاز: انجمن ریاضی ایران

مدیر مسئول: امیدعلی شهنی‌کرم‌زاده (رئیس انجمن ریاضی ایران) karamzadeh@ipm.ir

سردبیر: سعید علیخانی alikhani@yazd.ac.ir

مدیر اجرایی: مهرداد نامداری namdari@scu.ac.ir

ویراستار ارشد: مهدی حسنی mehdi.hassani@znu.ac.ir

هیئت تحریریه:

مهدی حسنی mehdi.hassani@znu.ac.ir
داود خجسته سالکویه khojasteh@guilan.ac.ir
سعید علیخانی alikhani@yazd.ac.ir
حسن ملکی hmaleki@malayeru.ac.ir
مهرداد نامداری namdari@scu.ac.ir
خدیجه ندایی‌اصل nedaiasl@iasbs.ac.ir
محمدقاسم وحیدی اصل m-vahidi@sbu.ac.ir

تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۷/۲۱

طراحی و تنظیم: گندم گنجی (www.freepik.com)

نشانی: تهران - خ استاد شهید نجات‌الهی، داخل پارک ورشو، دبیرخانه انجمن ریاضی ایران، صندوق پستی ۴۱۸-۱۳۱۴۵

تلفن و دورنگار: ۸۸۸۰۸۸۵۵، ۸۸۸۰۷۷۹۵ و ۸۸۸۰۷۷۷۵

نشانی الکترونیک انجمن: iranmath@ims.ir

نشانی سامانهٔ اعضاء: https://imsmembers.ir

نشانی اینترنتی: https://ims.ir, https://nims.ims.ir

نشانی الکترونیک خبرنامه: newsletter@ims.ir

محتوای مقاله‌های خبرنامه بازتاب دیدگاه نویسندگان آن است. این مطالب به‌جز مصوبات شورای اجرایی، لزوماً مورد تأیید انجمن ریاضی ایران نیست.

©Iranian Mathematical Society

فهرست مطالب

سرمقاله ۲

سخن سردبیر، ۲.

نوشته‌ها ۳

هوش مصنوعی یکی از مسائل ریاضی با جایزهٔ یک میلیون دلاری هزاره را حل کرد ، ۳ • کتاب ریاضی و آمار پایه دهم علوم‌انسانی: کاستی‌ها و چند پیشنهاد برای بازنگری ، ۷ • از ذرات نیوتنی تا سیالات: گامی تازه در حل مسئلهٔ ششم هیلبرت ، ۲۱ • بیانیهٔ لایدن دربارهٔ هوش مصنوعی و ریاضیات ، ۲۵ • زیستن تمام‌قد در جهان ریاضیات، هونگ وانگ، مسئلهٔ کاکیا و سومین مدال فیلدز برای زنان ، ۳۲ • توپولوژی فضای گفت‌وگو در جامعهٔ ریاضی ایران: از گسستگی تا همبندی. چرا به یک تالار علمی، بومی و ماندگار برای گفت‌وگو نیاز داریم؟ ، ۳۸ • مدال چرتکه ۲۰۲۶: استادِ «مسئلهٔ فروشندهٔ دوره‌گرد» مسیر خود را می‌یابد ، ۴۱ • یوجی ناکاتسوکاسا برندهٔ جایزهٔ وایتهد شد ، ۴۸ • قضیه چهار رنگ اثباتی نادر و جدید پیدا می‌کند ، ۴۹.

اخبار و یادداشت‌ها ۵۴

انتخاب مجدد آقای دکتر جواد مشرقی به ریاست انجمن ریاضی کانادا ، ۵۴ • به یاد مرحوم دکتر مهدی ریاضی کرمانی ، ۵۵.

اخبار دانشگاه‌ها ۵۷

دانشگاه علم و فناوری مازندران، ۵۷ • دانشگاه یزد، ۵۹ • دانشگاه گیلان، ۶۱.

مصوبات شورای اجرایی ۶۲

سرمقاله

سخن سردبیر

سعید علیخانی *

همکاران گرامی،

در آستانهٔ انتشار شمارهٔ تابستان، در لحظه‌ای ایستاده‌ایم که برای جامعهٔ ریاضی ایران شایسته یادآوری است. در پرتو توجهات کنگرهٔ بین‌المللی ریاضیات ۲۰۲۶، در میان چهار برندهٔ مدال فیلدز، بانگ هونگ به‌عنوان سومین زن در تاریخ این جایزه ایستاده است، و شایان اویس قَرَنی، دانشمند ایرانی‌تبار علوم رایانه، بالاترین نشان حوزه اطلاعات را از آنِ خود کرده است. بر نقشهٔ جهانِ ریاضیات، چهرهٔ ایرانی و حضور زنان همزمان به خط مقدم آمده‌اند.

مدال فیلدز از سال ۱۹۳۶ تاکنون، نزدیک به نود سال، تنها سه زن را در خود دیده است. نخستین، مریم میرزاخانی بود؛ در سال ۲۰۱۴، آن ریاضی‌دان برجستهٔ ایرانی به جهان نشان داد که زنان در بالاترین سطوح آفرینش ریاضی جای دارند. دومین، مارینا ویزوفسکا در ۲۰۲۲. و امسال، بانگ هونگ سومین زن است. سه زن، سه مدال، دوازده سال فاصله. آن شکافی که میرزاخانی زمانی گشود، اکنون به‌آرامی اما بازگشت‌ناپذیر سقف شیشه‌ای ریاضیات را می‌شکند. برای ما جامعهٔ ریاضی ایران، این مسیر حسی ویژه دارد — زیرا آن تاریخ از میان ما آغاز شد.

در همین حال، نام شایان اویس قَرَنی به‌گونه‌ای دیگر در تاریخ ثبت می‌شود. این دانشمند ایرانی‌تبار برای کارهای عمیق و بنیادین خود در «مسئله فروشنده دوره‌گرد»، و پیشرفت‌های نظری در «روش‌های مونت‌کارلوی زنجیرهٔ مارکوف»، نشان چرتکهٔ سال ۲۰۲۶ را دریافت کرده است. ریشه‌های دانشگاهی اویس قَرَنی به سنت المپیاد ریاضی ایران بازمی‌گردد — او خود برندهٔ مدال طلای المپیاد جهانی اطلاعات در سال ۲۰۰۴ بود، سپس در استنفورد دکترا گرفت و اکنون استاد دانشگاه واشینگتن است. کار او مرزهای نظریهٔ الگوریتم، هندسه و نظریهٔ احتمال را درمی‌نوردد؛ همان گونه‌ای از ریاضیات معاصر که در تلاقی رشته‌ها، آفرینشگری را می‌یابد.

نوشته‌های این شماره عمدتاً حول محور این برندگان شکل گرفته است. امیدواریم این خوانش‌ها تنها اطلاعات نباشند، بلکه داوری‌ای نیز منتقل کنند: آفرینش ریاضی مرکز جغرافیایی ندارد، اما هر بار که «حاشیه» می‌شکند، معنای «مرکز» را از نو تعریف می‌کند. سنت ریاضی ایران — از خوارزمی تا خیام، از میرزاخانی تا اویس قَرَنی — همواره بخشی جدایی‌ناپذیر از تاریخ ریاضیات جهان بوده است.

با این شماره، به همه کسانی که مرزها را می‌شکنند درود می‌فرستیم.

---

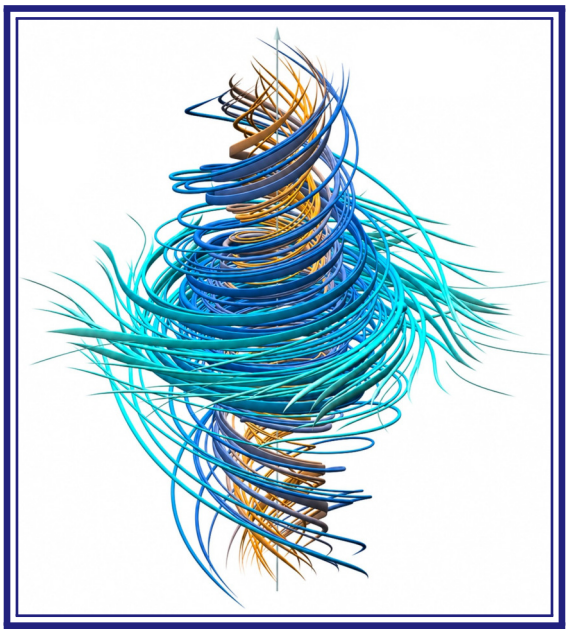
*سردبیر خبرنامه انجمن ریاضی ایران

نوشته‌ها

هوش مصنوعی یکی از مسائل ریاضی با جایزهٔ یک میلیون دلاری هزاره را حل کرد*

کنستانتین کاکائس

مترجم: سعید علیخانی**



راه‌حل OpenAI یک گرداب است که در اینجا به تصویر کشیده شده است، که در آن رنگ زرد نشان‌دهنده سرعت چرخش سریع‌تر و رنگ آبی نشان‌دهنده سرعت چرخش کندتر است.

صبح روز سه‌شنبه، ۸ سپتامبر، ریاضی‌دانان شرکت OpenAI اعلام کردند که گروهی متشکل از ۱۰۰۰۰ عامل هوش مصنوعی خودکار تحت مدیریت آن‌ها—که روی یک مدل پیشرفته و غیرقابل دسترسی برای عموم اجرا می‌شدند—موفق به کشف یک «تکینگی» [۱] در معادلات ناویه-استوکس[۲] در سه بعد شده‌اند. به این ترتیب، یکی از شش مسئله باقی‌مانده از «مسائل جایزهٔ هزاره» (که در سال ۲۰۰۰ توسط مؤسسهٔ ریاضیات کلی مطرح شد و هر کدام یک میلیون دلار جایزه دارد) حل شد. نتیجه کار آن‌ها رسماً در زبان برنامه‌نویسی Lean مورد راستی‌آزمایی قرار گرفته که به ریاضی‌دانان این اطمینان را می‌دهد که پاسخ واقعاً درست است.

اگر این نتیجه در بررسی‌های دقیق‌تر بعدی همچنان پایدار بماند، با فاصله‌ای زیاد، مهم‌ترین اثبات ریاضی است که تا به امروز توسط یک مدل هوش مصنوعی به‌دست آمده؛ اتفاقی که شاید نقطه عطفی بنیادی در نحوهٔ مواجههٔ ریاضی‌دانان با مسائل دشوار باشد.

این مسئله خاص و پیچیده به معادلات دیفرانسیل مربوط می‌شود که روابط بین کمیت‌های متغیر را بیان می‌کنند. آن‌ها بدون شک مهم‌ترین ابزار ریاضی برای توضیح جهان اطراف ما هستند. طبق یک قاعدهٔ کلی، نوشتن آن‌ها آسان و حل کردنشان سخت است.

[1] Singularity [2] Navier-Stokes equations

معادلات ناویه-استوکس، معادلاتی دیفرانسیلی هستند که از قانون دوم حرکت نیوتون برای توصیف رفتار سیالات—از جریان‌های اقیانوسی گرفته تا جریان‌های هوا—استفاده می‌کنند. این معادلات نخستین بار در اواسط قرن نوزدهم نوشته شدند و از آن زمان تاکنون محور اصلی مطالعه مکانیک سیالات بوده‌اند. اما یک سؤال بنیادی درباره این معادلات همواره باقی مانده بود: آیا پاسخ‌های آن‌ها همیشه رفتاری منظم و هموار دارند یا پاسخ‌های آن‌ها می‌توانند در طول زمان به‌گونه‌ای تکامل یابند که بخش بسیار کوچکی از سیال با سرعتی بی‌نهایت شروع به حرکت کند و به اصطلاح یک «تکینگی» ایجاد نماید؟

بیانیهٔ OpenAI درباره کشف این تکینگی دیرین، ۱۲ ساعت پس از بیانیه تریستان باکمستر[3] از دانشگاه نیویورک منتشر شد. باکمستر اعلام کرده بود که همراه با لون آلپوگه از شرکت انتراپیک[4] چند مسئله بسیار مرتبط را با کمک مدل‌های مختلف هوش مصنوعی، از جمله مدل‌های OpenAI حل کرده‌اند.

هر دو تیم مبتنی بر هوش مصنوعی، اتکای شدیدی به کارهای دیگو کوردوبا[5] از مؤسسهٔ علوم ریاضی مادرید و لوئیس مارتینز-زوروآ[6] از دانشگاه کونف[7] داشتند؛ پژوهشگرانی که استراتژی متفاوتی را برای حمله به این مسئله توسعه داده بودند که با روش‌های مورد استفاده اکثر ریاضی‌دانان تفاوت بنیادی داشت.

چارلز ففرمن[8] از دانشگاه پرینستون، که توصیف رسمی مؤسسهٔ کلی از مسئله ناویه-استوکس را نوشته بود، گفت: «از اینکه مسئله حل شد بسیار هیجان‌زده شدم.» او گفت که قهرمانان واقعی این داستان، کوردوبا و مارتینز-زوروآ هستند. همان‌طور که باکمستر در بیانیه اعلام نتائج خود نوشت: «بگذارید آنچه را که در خلوت به همکارانم گفته‌ام علنی کنم: با توجه به مجموعهٔ این تحقیقات، معتقدم لوئیس مارتینز-زوروآ شایستهٔ دریافت مدال فیلدز است.»

یک پدیده منحصربه‌فرد

معادلات ناویه-استوکس بر این فرض استوارند که شما می‌توانید روی یک سیال زوم کنید و مقادیر بی‌نهایت کوچک‌تری از آن را در نظر بگیرید. دنیای واقعی این‌گونه نیست: سیالات در نهایت از مولکول‌ها و اتم‌ها تشکیل شده‌اند و کاملاً هموار نیستند. این بدان معناست که نتایج ریاضی درباره تشکیل تکینگی‌ها کاربرد عملی فوری ندارد. با این حال، این نتایج مهم هستند، زیرا شگفت‌انگیز است که چنین تکینگی‌هایی حتی به صورت ایده‌آل هم ممکن باشند. این موضوع به ما می‌گوید که برعکس ظاهر سادهٔ قانون دوم نیوتون، پیامدهای آن هنگام اعمال بر سیالات به شدت بر خلاف شهود است. به عبارت دیگر: تلاطم (آشفتگی) حتی عجیب‌تر از آن چیزی است که به نظر می‌رسد.

معادلات ناویه-استوکس این حقیقت را در نظر می‌گیرند که سیالات می‌توانند دارای گرانروی (ویسکوزیته) یا اصطکاک باشند. (سیالات با گرانروی بیشتر مثل عسل کندتر حرکت می‌کنند، در حالی که سیالات با گرانروی کمتر مثل آب سریع‌تر جاری می‌شوند.) مجموعه معادلات ساده‌تر و مرتبطی به نام معادلات اویلر، سیالات با گرانروی صفر را توصیف می‌کنند که بدون اصطکاک جاری می‌شوند. این دو مجموعه معادله ارتباط تنگاتنگی با هم دارند و پژوهشگران اغلب به‌طور هم‌زمان روی هر دو کار می‌کنند. اما وارد کردن حتی مقدار بی‌نهایت کوچکی از اصطکاک باعث می‌شود سیال به گونه‌ای کاملاً متفاوت رفتار کند.

راه حل OpenAI یک گرداب است (که در اینجا تصویر شده)، جایی که رنگ زرد نشان‌دهنده سرعت چرخش سریع‌تر و رنگ آبی نشان‌دهنده سرعت کندتر است. کوردوبا گفت: «ده سال پیش، هیچ‌کس باور نداشت که تکینگی برای ناویه-استوکس وجود داشته باشد»—اگرچه بسیاری معتقد بودند که معادلات اویلر تکینگی را می‌پذیرند. این دیدگاه در سال ۲۰۱۳ تغییر کرد؛ زمانی که توماس هو[9] از مؤسسهٔ فناوری کالیفرنیا و گوو لو،[10] که اکنون در دانشگاه هنگ سنگ[11] هنگ‌کنگ است، نتیجه‌ای ساختارشکنانه به دست آوردند که نشان می‌داد معادلات اویلر می‌توانند در یک استوانه (در صورت چرخش نیمه بالایی و پایینی در جهات مخالف) به‌اصطلاح ریاضی‌دانان «منفجر شوند»[12]. کوردوبا به یاد می‌آورد: «آن اولین ادعای کاملاً جدی درباره تکینگی بود.» طی چند سال بعد، مجموعه‌ای از نتایج از جمله مقاله‌ای در سال ۲۰۱۹ باعث شد ریاضی‌دانان به این فکر بیفتند که نه تنها معادلات اویلر، بلکه ناویه-استوکس هم ممکن است دارای تکینگی باشند.

برای رسیدن از آن نقطه به امروز، چند گام فکری طی شده است. اولین گام، مسئله «مرز»[13] است. نسخهٔ جایزهٔ هزاره از این مسئله می‌پرسد که در فضای سه بعدی که همهٔ جهت‌ها تا بی‌نهایت امتداد دارد چه اتفاقی رخ می‌دهد. نتایج قبلی، مانند نتیجهٔ استوانه در سال ۲۰۱۳، وجود نوعی مرز را فرض می‌کردند. این‌ها یافته‌های

[3] Tristan Buckmaster [4] Anthropic [5] Diego Córdoba [6] Luis Martínez-Zoroa [7] CUNEF [8] Charles Fefferman [9] Thomas Hou [10] Guo Luo
[11] Hang Seng University [12] Blow up [13] Boundary [14] Fefferman

میان‌برِ مفیدی هستند، اما طبق گفته ففرمن،[۱۴] حالت بدون مرز از نظر ریاضی جذاب‌تر است، زیرا در مدل‌های دارای مرز، یافتن تکینگی «به شما می‌گوید سیال به دلیل تعامل با مرز می‌تواند تکینگی تشکیل دهد—اما بدون مرز، این خودِ سیال است که رفتارهای دیوانه‌وار انجام می‌دهد.»

گام مهم بعدی شامل مدل‌سازی نیروهایی است که باعث حرکت سیالات می‌شوند. این نیروها می‌توانند چیزی طبیعی مانند کشش جاذبه به سمت پایین باشند، یا یک مداخله مصنوعی مانند پروانه یک موتور. ریاضی‌دانان این نیروها را با تکنیکی به نام «نیرودهی» مدل‌سازی می‌کنند. آن‌ها گاهی تلاش کرده‌اند توابع نیرودهی ناهنجار و ناموزونی را وارد کنند تا سیالات را وادار به رفتارهای عجیب کنند. اما نسخه جایزه هزاره می‌پرسد وقتی تابع نیرودهی از نظر ریاضی رفتار منظمی دارد یا «هموار» است، چه اتفاقی می‌تواند بیفتد.

در نتیجهٔ مربوط به استوانه در سال ۲۰۱۳، «هو» و «لو» از مدل‌های کامپیوتر برای شبیه‌سازی سناریویی استفاده کردند که ممکن بود منجر به انفجار معادلات اویلر شود. آن‌ها سپس ثابت کردند که انفجار با محاسبه محاسباتی تمام خطاهای محتمل رخ می‌دهد. در سال‌های بعد، تکنیک‌های مشابه به روش غالب برای حمله به مسائل اویلر و ناویه-استوکس تبدیل شدند.

اما در رساله دکتری سال ۲۰۲۱، مارتینز-زوروآ[۱۵] تکنیک‌های تحلیلی جدیدی را پایه‌گذاری کرد که اصلاً به کامپیوترها متکی نبودند. این موضوع او و استاد راهنمایش، کوردوبا، را به افرادی متفاوت و استثنایی در این حوزه تبدیل کرد. تا سال ۲۰۲۳، این دو نفر اثبات کرده بودند که نسخه‌ای از معادلات اویلر با یک تابع نیرودهی درهم‌برهم دارای تکینگی است.

کوردوبا شوخی می‌کند: «من از هوش مصنوعی استفاده نمی‌کنم: من لوئیس را دارم.» مارتینز-زوروآ اضافه کرد موضوع این نیست که هیچ‌کدام با هوش مصنوعی مخالف باشند، بلکه «تا همین اواخر، وقتی سعی کردم از آن برای کار خودم استفاده کنم، خیلی با جریان کاری من جور درنمی‌آمد. واضح است که باید خودم را تطبیق دهم.»

به طور کلی، تکنیک این دو نفر بر ایجاد یک دنباله بی‌نهایت از «لایه‌ها» متکی است که هر کدام یک پاسخ غیرتکین برای معادلاتی هستند که مطالعه می‌کنند. (آن‌ها تکنیک‌های مشابهی را برای معادلات اویلر و ناویه-استوکس و همچنین سایر سیستم‌های مرتبط به کار برده‌اند.) آن‌ها سپس این پاسخ‌ها را در آنچه مارتینز-زوروآ «آبشار بی‌نهایت» می‌نامد ترکیب می‌کنند تا پاسخ جدیدی تولید کنند.

آن‌ها نشان دادند که آن پاسخ جدید شامل تکینگی مورد نظر است. با این حال، حتی اگر هر لایهٔ فردی متکی بر یک تابع نیرودهی هموار باشد، ترکیب آن‌ها با یکدیگر می‌تواند باعث شود تابع نیرودهی ویژگی‌های ریاضی نامطلوبی پیدا کند. به همین دلیل پاسخ آن‌ها نتوانست معیارهای جایزهٔ هزاره را برآورده کند. مانع باقی‌مانده این بود که بفهمند چگونه یک آبشار بی‌نهایت مشابه ایجاد کنند که نه تنها منجر به تکینگی شود، بلکه یک تابع نیرودهی هموار نیز تولید کند.

این همان گامی است که به نظر می‌رسد هر دو گروه رقیب هوش مصنوعی در آن موفق شده‌اند.

یک ترکیب هیجان‌انگیز

هم‌زمان با کار کوردوبا و مارتینز-زوروآ روی تکنیک‌هایشان، تحقیقات ریاضی مبتنی بر هوش مصنوعی وارد دورانی پرکار شده است. از ابتدای تابستان، مدل‌های زبانی بزرگ، عمدتاً از OpenAI و Anthropic برای به دست آوردن اثبات نتایج در بسیاری از زمینه‌های ریاضی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. اغلب این نتایج با اثبات‌های رسمی همراه بوده‌اند که برای اثبات قطعیت مطلق یک گزاره، به زبان برنامه‌نویسی Lean متکی هستند. (بخش حیاتی راستی‌آزمایی که هنوز باید توسط انسان‌ها انجام شود این است که تضمین کنند گزاره‌ای که در Lean درست نشان داده می‌شود، از نظر منطقی معادل همان چیزی است که ریاضی‌دانان قصد اثباتش را داشتند.)

در بخش عمده‌ای از تابستان، این رقابت اگر دوستانه نبود، حداقل علناً تلخ و خصمانه به نظر نمی‌رسید. این وضعیت در ۲۴ ساعت گذشته تغییر کرد.

باکمستر درست قبل از نیمه‌شب دوشنبه، ۷ سپتامبر، بیانیه‌ای به اشتراک گذاشت و نتایج همکاری خود با آلپوگه را اعلام کرد. باکمستر در بیانیه خود گفت: «در بیشتر طول سال گذشته پیشرفت کند بود.» اما تا ۲۲ اوت، آن‌ها یک اثبات راستی‌آزمایی‌شده در Lean برای معادلات اویلر داشتند: باکمستر نوشت: «می‌توانم بگویم اولین اثبات تولیدشده توسط LLM که لون برایم فرستاد، افتضاح‌ترین چیزی بود که تا به حال خوانده بودم.»

این دو قصد داشتند روی یک متن فصیح‌تر کار کنند، اما پس از درز خبر پیشرفتشان به OpenAI احساس کردند مجبورند جدول زمانی خود را جلو بیندازند. باکمستر ابراز تأسف کرد که یکی از

[15] Martínez-Zoroa

سه مقاله‌ای که او و آلپوگه منتشر می‌کردند «فقط می‌تواند به عنوان مَلاط بی‌کیفیت هوش مصنوعی (AI slop) توصیف شود. از این بابت متأسفم.»

شرکت OpenAI اعتراف می‌کند که کار آن‌ها روی معادله ناویه-استوکس الهام‌گرفته از شایعاتی بود که طبق آن آلپوگه و باکمستر یکی از مسائل جایزه هزاره را حل کرده بودند. (آن‌ها کاملاً حل نکرده بودند، اگرچه می‌گویند اثبات راستی‌آزمایی‌نشده‌ای از انفجار برای نسخه‌ای تا حدی آسان‌تر از ناویه-استوکس دارند.) با استفاده از یک مدل داخلی جدید، OpenAI از گروه‌هایی از عامل‌های هوش مصنوعی خودکار در اندازه‌های مختلف برای حمله به نسخه‌های مختلف مسائل اویلر و ناویه-استوکس استفاده کرد. این شرکت در یک بیانیه مطبوعاتی نوشت: «نزدیک به ۱۰۰ عامل برای حدود ۵۰ ساعت با هم کار کردند تا ردِ منظم بودنِ اویلر را تولید کنند.» آن‌ها سپس گروه بزرگ‌تری از عامل‌ها—حدود ۱۰۰۰۰ عامل—را برای حمله به ناویه-استوکس به کار گرفتند. پس از ۸۸ ساعت، عامل‌های اجراشده روی مدل داخلی، اثباتی از تکینگی در ناویه-استوکس داشتند و پس از ۱۷ ساعت دیگر، مدل هوش مصنوعی دیگری این نتیجه را رسمی‌سازی کرد. در مجموع، عامل‌ها تقریبا ۵ میلیون پیام برای یکدیگر فرستادند. سباستین بوبک از OpenAI هزینه محاسباتی را چند میلیون دلار برآورد می‌کند.

هنگام انتشار این خبر، جزئیات تعامل بین باکمستر، آلپوگه[۱۶] و OpenAI همچنان مبهم است—طرف‌های مختلف گفتگو نسخه‌های متفاوتی را ارائه می‌دهند. OpenAI حق تقدم نتیجه سه‌بعدی اویلر را به باکمستر و آلپوگه واگذار می‌کند، در حالی که ادعای تقدم در نتیجه ناویه-استوکس را دارد. در بیانیه باکمستر، به نظر می‌رسد او پیشنهاد می‌کند که پژوهشگران OpenAI یا عامل‌های هوش مصنوعی آن‌ها ممکن است به کارهایی که او و آلپوگه با استفاده از مدل‌های OpenAI انجام داده‌اند دسترسی پیدا کرده (و از آن بهره برده) باشند.

مدتی طول می‌کشد تا جدول زمانی اینکه چه کسی چه کاری را چه زمانی انجام داده روشن شود و اهمیت ریاضی اثبات‌های جدید هوش مصنوعی درک شود، حتی اگر آن‌ها قبلاً رسماً راستی‌آزمایی شده باشند. اما در هر صورت، دین علمی به کوردوبا و مارتینز-زوروآ کاملاً روشن است. مارتینز-زوروآ گفت: «من برای تریستان بسیار خوشحالم. قشنگ می‌شد اگر خودمان این کار را انجام می‌دادیم، اما برای او خیلی خوشحالم.»

* Konstantin Kakaes, September 8, 2026, AI Has Solved One of Math's 1 Million Millennium Prize Problems, Quanta Mag.

**دانشگاه یزد

[16] Alpöge

کتاب ریاضی و آمار پایه دهم علوم‌انسانی: کاستی‌ها و چند پیشنهاد برای بازنگری

علی دولتی *

چکیده: *کتاب‌های درسی یکی از عوامل مؤثر بر یادگیری و پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان در نظام‌های آموزشی هستند. محتوا و مهارت‌های مورد نیاز دانش‌آموزان با گذشت زمان و همراه با تحولات جامعه تغییر می‌کند و این تغییرات بر فرایند آموزش - یادگیری اثر می‌گذارند. برای بهبود کارکرد نظام‌های آموزشی، لازم است کتاب‌های درسی همواره بازنگری شوند و اشکالات آن‌ها رفع و نقاط ضعف و کاستی‌هایشان بهبود یابد. این نوشتار با بررسی کتاب ریاضی و آمار پایه دهم متوسطه رشتهٔ علوم‌انسانی، به تحلیل نقاط قوت و ضعف آن می‌پردازد. امید است نتایج این بررسی، بخشی از کاستی‌های وضعیت موجود این کتاب را در اختیار برنامه‌ریزان و مؤلفان محترم قرار دهد.*

مقدمه

ساختار نظام تحصیلی آموزش‌وپرورش در ایران براساس مفاد سند بنیادین تحول (مصوب سال ۱۳۹۰ شورای‌عالی انقلاب‌فرهنگی) شامل ۶ سال دورهٔ ابتدایی و ۶ سال دورهٔ متوسطه است که هر کدام به دو دورهٔ سه‌ساله تقسیم می‌شوند و به نظام ۳-۳-۶ معروف است. باتوجه به ماهیت برنامه‌های درسی، دورهٔ تحصیلی مرکب از ابتدایی و متوسطه اول (پایه‌های اول تا نهم) عمومی و دورهٔ متوسطه دوم، نیمه‌تخصصی است. در دورهٔ متوسطه دوم که با پایهٔ دهم آغاز می‌شود، دانش‌آموزان براساس علاقه و استعداد، وارد یکی از سه‌شاخه اصلی نظری، فنی و حرفه‌ای، و کار و دانش می‌شوند. هر کدام از این سه‌شاخه دارای چندین رشته هستند. شاخهٔ نظری شامل رشته‌های ریاضی - فیزیک، علوم‌تجربی، علوم‌انسانی، معارف اسلامی و هنر است.

در رشتهٔ علوم انسانی، تبیین ضرورت و میزان آموزش ریاضی موردنیاز دورهٔ متوسطه دوم، همواره یکی از چالش‌های برنامه‌ریزی درسی بوده و در میانهٔ دو آفت «حجم سنگین و بی‌ربط» و «کاهش حداقلی ناکافی» قرار دارد. از یک سو، فشار برای کاهش حجم محتوای «سخت» ریاضی به دلیل باور به بی‌ربطی آن به زندگی حرفه‌ای آیندهٔ دانش‌آموزان این شاخه وجود دارد [۶]. ازسوی‌دیگر، در بسیاری از رشته‌های علوم‌انسانی، مدل‌های ریاضی و روش‌های آماری جزء جدایی‌ناپذیر پژوهش و تحلیل هستند [۸، ۹]. فقدان پایهٔ ریاضی و آمار مناسب برای دانش‌آموزان علوم‌انسانی در دورهٔ متوسطه، منجر به سطحی‌سازی آموزش در دانشگاه و تربیت فارغ‌التحصیلانی می‌شود که فاقد توانایی انجام یا نقد پژوهش‌های کمی در حوزهٔ تخصصی خود هستند. با این اوصاف، میزان آموزش ریاضی برای دانش‌آموزان علوم انسانی بایستی از منطق کاربردی بودن و تناسب با شاخهٔ تحصیلی آن‌ها تبعیت کند و انعطاف لازم برای پاسخ به نیازهای تخصصی آن‌ها ایجاد نماید.

با استقرار نظام آموزشی ۳-۳-۶، در جهت اهداف سند برنامهٔ درسی ملی [۴]، از سال تحصیلی ۹۲-۹۱ به‌بعد، تغییرات محتوایی در کتاب‌های درسی دوره‌های ابتدایی و متوسطه اول صورت گرفت. سال تحصیلی ۹۶-۹۵ این تغییرات به کتاب‌های درسی دورهٔ دوم متوسطه رسید. در دورهٔ دوم متوسطه، پایه دهم به دلیل آغازگر نقش نسبتاً تخصصی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این پایه، تصور دانش‌آموز از هر رشته شکل می‌گیرد، انگیزه‌ها تثبیت یا تضعیف می‌شوند و مبانی مفهومی برای پایه‌های یازدهم و دوازدهم پی‌ریزی می‌شود. دانش‌آموز پس از ۹ سال آموزش ریاضیات عمومی، در پایهٔ دهم با ریاضیات نسبتاً تخصصی مواجه می‌شود. کتاب‌درسی ریاضی باید این گذر را مدیریت کند. اگر کتاب نتواند ارتباط معنادار ریاضیات را با دنیای رشته دانش‌آموز نشان دهد، ممکن است بی‌انگیزگی ایجاد کند. مفاهیم پایه دهم، سنگ بنای دروس تخصصی‌تر پایه‌های یازدهم و دوازدهم هستند و هر ضعف در این پایه، به سنوات بعد تسری می‌یابد. برای دانش‌آموزان رشته‌های علوم‌انسانی و معارف اسلامی از سال تحصیلی ۹۶-۹۵ کتاب «ریاضی و آمار (۱)» در برنامهٔ درسی پایه دهم قرار گرفت. چاپ نخست این کتاب شامل ۵ فصل است که سه فصل اول آن مباحث ریاضی (ادامهٔ ریاضی نهم) و دو فصل بعدی مباحث آماری است. چاپ دوم کتاب با تغییرات جزئی در سال ۹۶ و چاپ سوم آن بدون تغییر در سال ۹۷ منتشر شد. چاپ چهارم کتاب، پس از تغییرات عمده‌ای از جمله کاهش تعداد فصل‌های کتاب از ۵ فصل به ۴ فصل (با حذف فصل اول) در سال ۹۸ منتشر شد.

همان‌گونه که در صفحه ۴ کتاب ذکر شده است، از سال ۹۹ تاکنون، این کتاب هر سال بدون تغییر چاپ و در اختیار دانش‌آموزان و معلمان قرار گرفته است [۳].

باگذشت زمان و همراه با تحولات جامعه، محتوا و مهارت‌های موردنیاز دانش‌آموزان نیز تغییر می‌کند و این تغییرات بر فرایند آموزش اثر می‌گذارند. برای بهبود کارکرد نظام‌های آموزشی، لازم است کتاب‌های درسی همواره مورد بررسی قرار بگیرند و کاستی‌های آن‌ها بهبود یابد. در این نوشتار به نقاط قوت و ضعف کتاب ریاضی و آمار پایه دهم انسانی، براساس نسخهٔ چاپ سال ۱۴۰۴ پرداخته می‌شود. پیش‌تر احمدی و همکاران [۱] باتوجه به عناصر ده‌گانه الگوی برنامهٔ درسی ریاضیات زمینه‌محور (منطق، اهداف، محتوا، راهبردهای یاددهی یادگیری، مواد و منابع یادگیری، نقش معلم، گروه‌بندی، زمان، مکان و ارزشیابی) دیدگاه دبیران ریاضی شهر تهران را در مورد ریاضی و آمار پایه دهم انسانی مورد بررسی قرار داده‌اند و نتیجه گرفته‌اند که در کتاب به این عناصر کم‌توجهی شده و نیاز به بازنگری دارد. این نوشتار از جنبه‌های دیگری به بررسی نقاط قوت و ضعف کتاب ریاضی و آمار پایه دهم می‌پردازد و پیشنهادهایی برای بازنگری آن ارائه می‌دهد. با این امید که بخش دیگری از کاستی‌های کتاب در اختیار برنامه‌ریزان و مؤلفان محترم قرار گیرد.

مشخصات کلی کتاب ریاضی و آمار (۱)

کتاب ریاضی و آمار (۱) پایه دهم انسانی، چاپ سال ۱۴۰۴ شامل ۱۲۰ صفحه است که مطالب آن در چهار فصل تنظیم شده است. دو فصل اول آن به مباحث ریاضی و دو فصل بعدی به مباحث آمار اختصاص دارد. حجم کتاب بین دو بخش ریاضی و آمار، تقریباً با سهم برابر تقسیم شده است. مشخصات فصل‌های کتاب به شرح زیر است:

فصل اول: معادله درجه دوم

- معادله و مسائل توصیفی (صفحات ۱۸-۱۰)،
- حل معادلهٔ درجه ۲ و کاربردها (صفحات ۳۲-۱۹)،
- معادله‌های شامل عبارت‌های گویا (صفحات ۳۸-۳۳).

فصل دوم: تابع

- مفهوم تابع (صفحات ۴۹-۳۹)،
- ضابطهٔ جبری تابع (صفحات ۵۵-۵۰)،
- نمودار تابع خطی (صفحات ۶۲-۵۶)،
- نمودار تابع درجهٔ ۲ (صفحات ۷۰-۶۳).

فصل سوم: کار با داده‌های آماری

- گردآوری داده‌ها (صفحات۸۴-۷۱)،
- معیارهای گرایش به مرکز (صفحات ۸۸-۸۵)،
- معیارهای پراکندگی (صفحات ۹۸-۸۹).

فصل چهارم: نمایش داده‌ها

- نمودارهای یک‌متغیره (صفحات ۱۰۹-۹۹)،
- نمودارهای چندمتغیره (صفحات ۱۱۷-۱۱۰).

ارزیابی کتاب

ارزیابی کتاب براساس سند برنامه درسی ملی [۴]، استانداردهای شناخته‌شدهٔ برنامه‌ریزی درسی [۵] و معیارهای بین‌المللی برای تدوین کتاب‌های درسی ریاضی دورهٔ متوسطه از جمله چهارچوب مطالعات بین‌المللی ریاضی و علوم (تیمز) [۷] و راهنمای استانداردهای آموزش آمار در سطح مدرسهٔ انجمن آمار امریکا [۵] انجام می‌شود. این معیارها بر سازماندهی محتوا (توالی مطالب آموزشی و تناسب بین مفاهیم)، درک مفهومی و کاربرد در زندگی واقعی، تناسب محتوا با سطح شناختی دانش‌آموزان، توجه به تفاوت‌های فردی و سطوح یادگیری، توسعهٔ تفکر ریاضی و حل مسئله، طراحی فعالیت‌ها و تمرین‌های متنوع، پرورش تفکر انتقادی، طراحی بصری مناسب و تلفیق فناوری تأکید دارند.

نقاط قوت کتاب

کتاب ریاضی و آمار پایهٔ دهم انسانی، نقاط قوت قابل‌توجهی دارد که در ادامه به آن‌ها اشاره می‌شود.

۱. **تلفیق فرهنگ بومی و ریاضیات و آمار**: استفاده از داستان‌های ایرانی مانند حکایت لقمان و مرد پیاده (صفحه ۸۴)، ضرب‌المثل‌های فارسی مانند «مشت نمونه خروار» (صفحه ۷۳)، اشاره به محیط‌های طبیعی ایران مانند جنگل حرا در جزیره قشم (صفحه ۱۱)، صنایع ملی کشور مانند ذوب آهن اصفهان (صفحه ۱۵)، رمزنگاری حروف فارسی (صفحه ۱۶)، صنعت قالی‌بافی (صفحه ۱۸)، صنعت قلمکاری (صفحه ۳۵)

و قبله‌یابی (صفحه ۳۹) نشان‌دهنده تلاش برای بومی‌سازی و ایجاد ارتباط عاطفی با محتواست که حس تعلق و انگیزه یادگیری را تقویت می‌کند.

۲. **توجه به تاریخ ریاضیات**: استفاده از تاریخ ریاضیات در محتوای آموزشی، می‌تواند به ایجاد فرصت تجربه برای بازآفرینی مفاهیم و نظریه‌های ریاضی کمک کند. اشاره به کتاب «جبر و مقابله» خوارزمی در حل معادلات (صفحه ۲۵) و روش غیاث‌الدین جمشید کاشانی در «رسالهٔ محیطیه» برای محاسبهٔ عدد پی (صفحه ۴۲) نشان‌دهنده توجه به تاریخ ریاضی است که موجب غنای فرهنگی و انگیزشی درس می‌شود. البته این توجه کافی نیست و می‌تواند هدفمندتر باشد.

۳. **توجه به کاربردهای ریاضی و آمار در زندگی واقعی**: انتخاب مثال‌های مرتبط با زندگی نوجوانان (مانند سن، قد، وزن، نمرات) و مسائلی مانند رابطهٔ بین زمان و مسافت طی‌شده در دوچرخه‌سواری (صفحه ۳۳)، بررسی وزن ماهی‌ها (صفحه ۷۲)، تحلیل داده‌های ورزشی (صفحه ۱۰۵)، عددهای روی قوطی‌های کنسرو (صفحه ۹۲)، نظرسنجی تلویزیونی (صفحه ۸۰) و بررسی هزینه‌های بیمارستان (صفحه ۸۷) نشان‌دهنده تلاش برای ایجاد ارتباط بین مفاهیم آمار و ریاضی با زندگی واقعی است.

۴. **تلاش برای ایجاد ارتباط بین‌رشته‌ای**: طرح مسائلی در ارتباط با مفاهیم هزینه، درآمد و سود در اقتصاد (صفحات ۲۹-۳۱)، کاربرد ریاضی در رمزنگاری (صفحه ۱۶)، محاسبهٔ شاخص توده بدنی (صفحه ۴۱) و مدل‌سازی رشد جمعیت (صفحه ۶۰)، نشان‌دهندهٔ تلاش برای پیوند ریاضی و آمار با سایر علوم و کاربردی‌سازی مفاهیم انتزاعی است.

۵. **تنوع فعالیت‌ها**: وجود فعالیت‌های کلاسی، تمرین‌ها و نیز ارائهٔ مثال‌های متنوع که فرصت‌هایی را برای تعامل بامحتوا فراهم می‌کند، نشان‌دهندهٔ توجه به آموزش ریاضی و تثبیت یادگیری از طریق حل مسئله است.

۶. **آماده‌سازی برای پژوهش**: در فصل سوم کتاب (کار با داده‌های آماری) با بیان روش‌های گردآوری داده‌ها، نمونه‌گیری و تحلیل، مبنای خوبی برای آشنایی دانش‌آموزان با روش تحقیق فراهم می‌کند که البته نیاز به بهبود دارد. در مطلب خواندنی صفحه ۷۵ کتاب با عنوان «برای به‌انجام‌رساندن یک آمارگیری باید پاسخ سؤال‌های زیر را بدانید»، یک راهنمای پژوهش آماری گام‌به‌گام، شامل ۱۲ سؤال کلیدی داده شده است که باید در فرایند جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها به آن‌ها پاسخ داده شود. این راهنما می‌تواند به دانش‌آموز کمک کند تا یک پروژهٔ آماری را به‌صورت اصولی پیش ببرد و در صورت نیاز در پروژه‌های درسی دیگر مانند دروس جامعه‌شناسی، اقتصاد، روان‌شناسی یا حتی تاریخ، از آن استفاده کند. برای درک بهتر این خواندنی، امکان تعریف یک فعالیت اختیاری برای دانش‌آموزان علاقه‌مند وجود دارد تا یک موضوع ساده و ملموس را انتخاب کنند و با پاسخ‌دادن به این ۱۲ سؤال، پروژه‌ای را انجام دهند. دانش‌آموزان پس از انجام کار، متوجه می‌شوند کدام مرحله اهمیت بیشتری داشته و چگونه می‌توانند پژوهش خود را بهبود دهند.

نقاط ضعف کتاب

بخش‌های یک کتاب‌درسی استاندارد عبارت‌اند: از قسمت مقدماتی (شامل پیشگفتار و مقدمه، فهرست)، قسمت میانی (شامل فصول یا واحدهای یادگیری)، قسمت پایانی (شامل پیوست‌ها، واژه‌نامه، منابع و مآخذ). در بعد محتوا و روش‌های ارائهٔ آن اصول و معیارهای موردتوجه در انتخاب محتوای کتاب‌درسی عبارت‌اند از رابطه محتوا باهدف، توان فراگیران، زمان، سودمندی، ارتباط عمودی، ارتباط افقی و روش‌های یاددهی - یادگیری. در بعد ارزشیابی پیشرفت تحصیلی، کتاب‌درسی باید به‌گونه‌ای تدوین شود که عاری از هرگونه ابهام باشد. کتاب راهنمای تدریس (کتاب معلم) از دیگر اجزاء یک بسته آموزشی استاندارد به شمار می‌رود که هدف آن کمک به معلم در اجرای مطلوب برنامه درسی جهت تحقق اهداف آموزشی است [۵]. در ادامه، باتوجه به این اصول، برخی از کاستی‌های کتاب ریاضی و آمار پایهٔ دهم انسانی فهرست می‌شود.

۱. **اعلام‌نکردن تغییرات کتاب**: بخش «سخنی با معلم» در ابتدای کتاب‌های درسی، نقش مهمی در آگاهی‌رسانی به معلمان دربارهٔ اهداف، ساختار و تغییرات کتاب دارد. به‌روز نبودن این بخش، می‌تواند باعث سردرگمی معلمان (به‌ویژه آن‌هایی که از چاپ‌های پیشین استفاده می‌کنند) شود. این بخش کتاب، بایستی در هر چاپ به‌روزرسانی شود و تغییرات ساختاری و محتوایی، با ذکر تاریخچه بازنگری‌ها، به اطلاع معلمان و دانش‌آموزان رسانده شود. اشاره به تغییرات صورت‌گرفته در هر چاپ کتاب نسبت به چاپ قبلی، نه‌تنها به

معلمان در برنامه‌ریزی بهتر کمک می‌کند، بلکه نشان‌دهنده توجه مؤلفان و ناشر به‌دقت و شفافیت در فرایند تألیف است. این رویکرد به‌صورت استاندارد بایستی در همهٔ کتاب‌های درسی ریاضی اجرا شود.

از چاپ نخست کتاب ریاضی و آمار پایهٔ دهم علوم‌انسانی (سال ۹۵) تا چاپ هشتم آن (سال ۱۴۰۴)، متن «سخنی با معلم»، بدون تغییر باقی‌مانده است. درحالی‌که در این بازهٔ زمانی تغییرات مهمی در کتاب صورت‌گرفته و در این بخش هیچ اشاره‌ای به آن‌ها نشده است. به‌عنوان نمونه، برخی از تغییرات چاپ دوم کتاب (سال ۹۶) به‌صورت زیر بوده است:

- کار در کلاس صفحه ۱۴ در مورد مثلث خیام، به خواندنی اختیاری تغییریافته است.
- در تمرین‌های صفحات ۱۵ و ۱۶ تغییراتی داده شده است.
- پاراگراف اول صفحه ۱۸ تغییر کرده است.
- مطلب حاشیه صفحه ۲۱ کتاب در مورد مضرب مشترک عبارت‌ها، حذف شده است.
- اشتباهات تایپی در عبارت‌های صفحه ۲۲ کتاب تصحیح شده است.
- در صفحه ۲۴، بعضی از قسمت‌های تمرین ۱ حذف شده است.
- صورت‌مسئله صفحه ۳۸ تغییر داده شده و جای شکل‌ها عوض شده است.
- در صورت‌مسئله‌های صفحات ۴۵ و ۴۶ تغییرات کلی داده شده است.

سال ۹۷ کتاب بدون تغییر چاپ شده است، اما در چاپ چهارم (سال ۹۸) تغییرات عمده‌ای در کتاب صورت‌گرفته است. برخی از این تغییرات عبارت‌اند از:

- مطالب فصل اول کتاب به‌طور کامل حذف و تعداد فصل‌های کتاب به چهارفصل کاهش یافته است. با حذف این فصل، ۱۶ صفحه از حجم کتاب نیز کم شده است.
- مباحث تاریخی مانند مطالب مربوط به مثلث خیام (صفحات ۱۴-۱۲) و مطالب مربوط به ابن سینا و اعداد مثلثی و مربعی (صفحه ۱۷) حذف شده‌اند.

۲. **ناهماهنگی و عدم روزآمدی کتاب راهنمای معلم (راهنمای تدریس)**: کتاب راهنمای معلم منتشرشده برای این کتاب (چاپ ۱۴۰۴) که منبع اصلی معلمان برای برنامه‌ریزی آموزشی است، همچنان براساس چاپ اول کتاب (سال ۱۳۹۵) تدوین شده است. این در حالی است که محتوای اصلی کتاب درسی در چاپ‌های متوالی (تا چاپ ۱۴۰۳) اصلاحات و تغییرات مهمی را تجربه کرده است (به‌عنوان مثال، تغییرات ذکرشده در بند قبلی). این ناهماهنگی، علاوه بر کاهش اثربخشی کتاب راهنمای تدریس، باعث سردرگمی معلمان در تطبیق محتوای راهنما با صفحات و مطالب کتاب درسی فعلی دانش‌آموزان می‌شود و بخشی از راهنمایی‌ها، فعالیت‌های پیشنهادی و پاسخ‌های تمریناتی که به ویرایش قدیمی کتاب ارجاع داده‌اند، بی اثر می‌گردند. ضروری است کتاب راهنمای معلم با هماهنگی کامل و دقیق با آخرین ویرایش کتاب درسی به‌روزرسانی و مجدداً منتشر شود.

۳. **طراحی بصری نامناسب**: طراحی بصری مناسب در یک کتاب‌درسی، به درک بهتر دانش‌آموز کمک می‌کند. در بخش‌هایی از کتاب از تصاویر و نمودارهای مناسبی استفاده نشده است. به‌عنوان مثال:

- ارتباط تصویر صفحه ۲۶ با مفهوم بیان‌شده در زیر آن، برای دانش‌آموز مشخص نیست.
- هدف از آوردن یک تصویر بسیار بزرگ از کوه‌های مینیاتوری چابهار در صفحه ۶۲ مشخص نیست.
- صفحهٔ ۲۲ تصویری از یک دوچرخه خاص (با یک چرخ بسیار کوچک و یک چرخ بسیار بزرگ که معمولاً بازیگران سیرک از آن استفاده می‌کنند) آورده شده است. این نوع دوچرخه در تجربهٔ روزانه دانش‌آموز نیست.
- در صفحهٔ ۴۰ کتاب، عکس یک دوچرخه‌سوار دو بار (یک‌بار در بالای صفحه و یک‌بار در حاشیه سمت راست صفحه) آورده شده است.
- محورهای بعضی از نمودارها، برچسب مناسبی ندارند. به‌عنوان‌مثال، صفحه ۳۰ برچسب محور افقی نمودار هم با x و هم با P و برچسب محور عمودی هم با y و هم با N نمایش‌داده‌شده است.
- فونت‌های استفاده شده در نمودارها یکسان نیست.

به‌عنوان‌مثال فونت استفاده‌شده در نمودار صفحه ۷۰ با فونت سایر نمودارها متفاوت است. لازم است در نمودارهای سراسر کتاب از فونت‌های یکسانی استفاده شود.

- در پائین کتاب ۷۰ نقشه‌ای از استان‌های کشور آورده شده که خوانا نیست.

۴. **تفکیک‌نشدن مطالب اجباری و اختیاری**: در بخش‌هایی از کتاب، در کادرهایی مشخص با عنوان «خواندنی» مطالبی آمده که هدف آن‌ها آگاهی‌بخشی عمومی است. در حاشیهٔ برخی از صفحات کتاب (مانند صفحات ۵۸، ۷۷، ۸۱) مطالب خواندنی یا جملاتی آمده که ماهیت فرهنگی - انگیزشی دارند. در حاشیهٔ برخی از صفحات، مطالب درسی تکمیلی نوشته شده که مستقیماً به بسط و تکمیل مفاهیم اصلی درس می‌پردازند و عدم آگاهی از آن‌ها ممکن است به درک ناقص منجر شود. وضعیت اجباری یا اختیاری بودن این مطالب مبهم است و این ابهام می‌تواند باعث سردرگمی دانش‌آموزان در تشخیص اولویت‌های مطالعه و مرور و برای معلمان در تدریس سرفصل‌های مصوب و طراحی سؤالات ارزشیابی یکپارچه، یک چالش باشد. ممکن است برخی از مدارس یا معلمان روی برخی از این مطالب تأکید داشته و برخی دیگر نداشته باشند. چند نمونه از این‌گونه مطالب در ادامه آمده است:

- تمرین‌های حاشیهٔ صفحات ۴۳ و ۵۳؛
- محدودیت‌های سرشماری در حاشیهٔ صفحهٔ ۷۹؛
- تعریف نرخ رشد در حاشیهٔ صفحهٔ ۶۰؛
- تعریف مد در حاشیهٔ صفحهٔ ۸۶؛
- تعریف میانگین موزون در حاشیهٔ صفحهٔ ۸۸؛
- پراکندگی توزیع نرمال در حاشیهٔ صفحهٔ ۹۱؛
- هرم سنی جمعیت در حاشیه صفحهٔ ۱۰۱؛
- بیان شباهت و تفاوت نمودارهای میله‌ای عمودی و افقی در حاشیهٔ صفحهٔ ۱۰۹.

به‌منظور رفع این نقیصه و افزایش کارایی آموزشی کتاب، اجرای راه‌کارهای زیر در بازنگری می‌تواند مفید باشد:

- **ایجاد تمایز بصری واضح**: از کادر، زمینه یا حاشیهٔ رنگی متفاوت مثلاً آبی برای مطالب تکمیلی اجباری و سبز برای مطالب خواندنی اختیاری استفاده شود.
- **افزودن راهنمای شفاف**: درج یک صفحه در ابتدای کتاب با عنوان «راهنمای استفاده از کتاب» که در آن انواع مطالب حاشیه‌ای و دامنهٔ ضرورت مطالعه هر یک را به زبان ساده توضیح دهد.
- **بازبینی جایگاه برخی مطالب مهم**: در مواردی مانند محدودیت‌های سرشماری، میانگین موزون، مد، نرخ رشد که از اهمیت مفهومی بالایی برخوردارند، بهتر است مطالب از حاشیهٔ کتاب به متن اصلی منتقل شوند یا در یک کادر ویژه درون درس قرار داده شوند.
- **هماهنگی با کتاب راهنمای معلم**: رویکرد مورد انتظار نسبت به هر مطلب حاشیه‌ای یا تکمیلی در کتاب راهنمای معلم به‌طور شفاف بیان شود.

۵. **گسستگی مفهومی بین مباحث ریاضی و آمار**: باوجود تلاش مؤلفان برای کاربردی‌سازی مفاهیم، ضعف‌های اساسی در انسجام درونی کتاب مشاهده می‌شود. کتاب ریاضی و آمار پایهٔ دهم علوم‌انسانی نتوانسته است پیوند معناداری بین مباحث ریاضی (فصل‌های ۱ و ۲) و مباحث آماری (فصل‌های ۳ و ۴) برقرار کند. برای دانش‌آموز مشخص نیست که چرا این دو مبحث در یک کتاب گردآوری شده‌اند و چگونه ریاضیات زبان تحلیل آماری است. به‌عنوان نمونه، در صفحه ۶۰ کتاب در مبحث تابع، در یک مثال از الگوی خطی برای پیش‌بینی رشد جمعیت استفاده شده است. این مثال می‌توانست به بخش آمار منتقل بشود تا دانش‌آموز ببیند به‌عنوان کاربردی از تابع خطی چگونه می‌توان از آن در پیش‌بینی جمعیت یک شهر براساس داده‌های سرشماری، استفاده کرد. در بازنگری کتاب لازم است مثال‌هایی از کاربردهای ترکیبی ریاضی و آمار در علوم‌انسانی (اقتصاد، جامعه‌شناسی، روان‌شناسی) افزوده شود. با ایجاد پل مفهومی بین ریاضی و آمار، درک دانش‌آموزان از هر دو حوزه عمق می‌یابد و توانایی آنان در حل مسائل واقعی زندگی با رویکرد کمی تقویت می‌شود.

۶. **توالی نامناسب ارائه مباحث**: سازماندهی خطی و سلسله‌مراتبی مطالب، درک را تسهیل می‌کند. در بخش‌هایی از کتاب ریاضی و آمار پایهٔ دهم انسانی، ارتباط طولی و سلسله‌مراتب ارائهٔ مطالب رعایت نشده است. این موضوع می‌تواند خط سیر یادگیری را مختل کند و باعث سردرگمی دانش‌آموز شود. در بازنگری کتاب بایستی به این موضوع

توجه شود و مطالب مرتبط، پشت‌سرهم و با توالی منطقی ارائه شوند. برخی از مواردی که توالی مطالب در آن‌ها رعایت نشده به‌شرح زیر است:

- ارائه معادلات گویا با نماد تابعی $\frac{P(x)}{Q(x)}$ بلافاصله پس از معادله درجهٔ دوم و پیش از آشنایی دانش‌آموز با نماد و مفهوم تابع، نابه‌جا است. بهتر است این مبحث پس از تسلط دانش‌آموز بر توابع و با تأکید بر دامنه توابع گویا ارائه شود.
- در صفحهٔ ۲۹، پیش از بیان مفهوم تابع، از نمادهای تابع مانند $P(x)$، $C(x)$ و $R(x)$ (سود، هزینه و درآمد) برای کاربرد معادلهٔ درجه‌دو استفاده شده است. بهتر است این مثال به‌عنوان کاربردی از تابع درجهٔ دو به فصل مربوط به تابع منتقل شود.
- در بخش آمار، بحث از مفاهیم پایه‌ای مانند جامعه و نمونه به‌طور ناگهانی به مقیاس‌های اندازه‌گیری منتقل شده و پس از آن به مثال‌های ساده‌تر و در ادامه به مباحث گرایش به مرکز و پراکندگی پرداخته شده است.
- پس از مبحث گردآوری داده‌ها، کتاب بلافاصله به سراغ شاخص‌های مرکزی و پراکندگی رفته و بعد از آن نمودارها ارائه می‌شوند و دانش‌آموز پیش از درک شکل داده‌ها (با نمودار) به محاسبات کمی می‌پردازد.
- استفاده زودهنگام از نماد σ و فرمول انحراف معیار، ممکن است برای برخی دانش‌آموزان ایجاد اضطراب کند. معرفی این نمادها باید تدریجی و پس از درک مفهومی انجام شود.

توالی پیشنهادی برای بخش ریاضی: (۱) معادله درجهٔ اول (مرور)؛ (۲) تابع (معرفی مفهوم تابع با مثال‌های روزمره، تشخیص تابع، نمایش‌های مختلف مانند جدول، نمودار پیکانی، زوج مرتب، نمودار مختصات)؛ (۳) تابع خطی (ضابطه، نمودار، شیب، کاربرد در پیش‌بینی جمعیت، رابطه دما)؛ (۴) معادلهٔ درجهٔ دوم (حل با روش تجزیه و فرمول کلی) و تابع درجهٔ دوم (سهمی، رأس، محور تقارن و کاربرد در مسائل بهینه‌سازی مانند ماکسیمم سود، مساحت)؛ (۵) معادلات گویا با تأکید بر محدودیت‌های دامنه و ارتباط با توابع گویا.

توالی پیشنهادی برای مطالب بخش آمار: (۱) تعریف علم آمار؛ (۲) گردآوری داده‌ها (سرشماری و نمونه‌گیری) و روش‌های گردآوری داده‌ها (مشاهده، مصاحبه، پرسش‌نامه، استفاده از دادگان‌ها)؛ (۲) انواع متغیرها (کیفی/کمی) و شناسایی آن‌ها در داده‌ها؛ (۳) خلاصه‌سازی داده‌ها (جداول فراوانی)؛ (۴) نمایش داده‌ها (نمودارهای پایه برای داده‌های کمی و کیفی)؛ (۵) شاخص‌های مرکزی (میانگین حسابی، معدل یا میانگین وزنی، مد و میانه)؛ (۶) شاخص‌های پراکندگی (دامنهٔ تغییرات، واریانس، انحراف معیار)؛ (۷) شاخص‌های تعیین جایگاه (چارک‌ها، دهک‌ها)؛ (۸) نمودارهای پیشرفته (جعبه‌ای و راداری) به‌صورت اختیاری یا پروژه‌ای؛ (۹) مقدمات احتمال (براساس فراوانی نسبی).

۷. **نبود ارتباط طولی بین مباحث آمار کتاب پایهٔ دهم با برنامه درسی پایه‌های قبل و بعد**: در بخش ریاضی کتاب، ارتباط بین مفاهیم با مباحث دورهٔ متوسطه اول (پایه‌های هفتم، هشتم و نهم) تا حدود زیادی رعایت شده است. اما در ارائهٔ مباحث آمار به این موضوع توجهٔ کافی نشده است. مباحث آمار و احتمال کتاب‌های ریاضی پایه‌های هفتم تا نهم و ریاضی و آمار پایه‌های یازدهم و دوازدهم به‌شرح زیر است:

- ریاضی پایه هفتم: جمع‌آوری و نمایش داده‌ها، نمودارها و تفسیر نتایج، احتمال یا اندازه‌گیری شانس، احتمال و تجربه؛
- ریاضی پایه هشتم: دسته‌بندی داده‌ها، میانگین داده‌ها، احتمال یا اندازه‌گیری شانس، بررسی حالت‌های ممکن؛
- ریاضی پایه نهم: احتمال؛
- ریاضی و آمار پایه یازدهم: شاخص‌های آماری (خطفقر، نرخ تورم) و سری‌های زمانی؛
- ریاضی و آمار پایه دوازدهم: شمارش، احتمال، چرخه آمار در حل مسائل؛

با مقایسهٔ این موارد و مباحث آماری کتاب پایهٔ دهم انسانی (گردآوری داده‌ها، معیارهای گرایش به مرکز، معیارهای پراکندگی، نمودارها و نمایش داده‌ها) می‌توان دید که کتاب در ایجاد یک‌روال منطقی بین این مباحث و آنچه در پایه‌های قبل (دورهٔ متوسطه اول) و پایه‌های بعدی (یازدهم و دوازدهم) مطرح‌شده، موفق نبوده است. یکی از اشکالات اساسی کتاب، مطرح‌نشدن مفاهیم پایه‌ای احتمال در کنار مباحث آمار است. این موضوع باعث می‌شود پیوند بین آمار و احتمال و نقش عدم قطعیت در کارهای آماری در ذهن دانشجو

شکل نگیرد. متأسفانه مباحث آمار و احتمال مطرح‌شده در کتاب‌های ریاضی دورهٔ ابتدایی (پایه‌های اول تا ششم) نیز وضعیت مناسبی ندارد. در پایه‌های مختلف، مباحث آمار و احتمال در کتاب‌های ریاضی عمدتاً تکراری و فاقد انسجام و سلسله‌مراتب منطقی هستند و معمولاً در فصل انتهایی کتاب قرار گرفته‌اند. دلیل این موضوع می‌تواند تألیف جزیره‌ای و نبود هماهنگی لازم بین مؤلفان کتاب‌های ریاضی پایه‌های مختلف باشد. در بازنگری کتاب‌های ریاضی، تشکیل کارگروه مشترکی از مؤلفان کتاب‌های پایه‌های مختلف برای ایجاد سیر منطقی در ارائهٔ مطالب ضروری است. افزودن مبحث احتمال در کنار آمار، برای حفظ پیوند بین این دو در تمام پایه‌ها ضرورت دارد.

۸. **درنظر نگرفتن تفاوت‌های فردی دانش‌آموزان**: تمرین‌های کتاب عمدتاً یکسان طراحی شده‌اند و تنها در صفحهٔ ۳۲ سه تمرین ستاره‌دار با اشاره به «حل اختیاری» مشاهده می‌شود. این رویکرد، تفاوت‌های فردی و سطوح مختلف یادگیری دانش‌آموزان را نادیده می‌گیرد. پیشنهاد می‌شود در بازنگری کتاب، تمرین‌های انتهای هر درس از آسان به دشوار سطح‌بندی شوند:

- **سطح آسان (پایه)**: برای تثبیت مفاهیم اصلی و اطمینان از درک حداقلی؛
- **سطح متوسط**: برای بسط و ترکیب مفاهیم با شرایط متنوع‌تر؛
- **سطح دشوار (چالشی)**: با علامت * برای دانش‌آموزان علاقه‌مند و مستعد؛
- **سطح پیشرفته (پروژه‌ای)**: که نیاز به تحقیق، گردآوری داده یا انجام یک فعالیت و کار عملی دارد.

۹. **کمبود مسائل باهدف پرورش تفکر انتقادی**: در هر دو بخش کتاب (ریاضی و آمار) تمرین‌ها عمدتاً ساختاریافته، الگوریتمی، محاسباتی با پاسخ یکتا و مشخص هستند و نیاز به تحلیل، ارزیابی یا نقد راه‌حل ندارند. دانش‌آموز یاد می‌گیرد که به‌دنبال پاسخ صحیح باشد نه تفکر عمیق. مثال‌ها نیز عمدتاً موفقیت‌آمیز و بدون چالش‌های واقعی طراحی شده‌اند و دانش‌آموز با مسائل باز، پیچیده یا چندوجهی کمتری مواجه می‌شود. درحالی‌که مسائل دنیای واقعی و روزمره به مسائل باز پاسخ با راه‌حل‌های چندگانه مرتبط می‌شوند. در بازنگری کتاب، لازم است به گنجاندن مسائلی که نیاز به تفسیر نتایج، نقد روش، پیش‌بینی پیامدها یا ارائهٔ راه‌حل‌های جایگزین دارند، بیشتر توجه شود. مثلاً در مسئله تولید دوچرخه (صفحه ۲۹) به جز قیمت، چه عوامل دیگری می‌تواند بر تعداد فروش تأثیر بگذارد؟ چگونه می‌توان آن را در مدل ریاضی لحاظ کرد؟

۱۰. **نادیده‌گرفتن نقش فناوری**: در بخش ریاضی، هیچ اشاره‌ای به نرم‌افزارهای ساده و در دسترس ریاضی مانند GeoGebra برای کشف مفاهیم (مثلاً دیدن اثر پارامترها در معادلات خطی و سهمی) نشده است. در بخش آمار نیز به استفاده از نرم‌افزارهای رایگان و قابل‌دسترس برای محاسبات آماری مانند Excel یا Google Sheets برای واردکردن داده‌ها، مرتب‌سازی و رسم نمودارهای پایه‌ای اشاره‌ای نشده است. همچنین می‌توان QR Codeهایی در کتاب قرار داد که به انیمیشن‌های کوتاه آموزشی یا مثال‌های تعاملی لینک داده باشند. در بازنگری کتاب، توجه به این موضوع مهم است.

۱۱. **کمبود مسائل مربوط به موقعیت‌های عملی**: مسائل مربوط به موقعیت‌های عملی (مسائلی که ارائهٔ راه‌حل برای آن‌ها مستلزم انجام فعالیت‌هایی باشد) در کتاب کمتر به‌چشم می‌خورد. در صفحات ۳۱-۲۹ مسائلی در ارتباط با مفاهیم هزینه، درآمد و سود شرکت‌ها طرح شده است. در این مسائل با دادن تابع هزینه و مقدار فروش، از دانش‌آموزان خواسته شده سود شرکت را محاسبه کنند. این مسائل می‌توانستند به‌صورت فعالیتی عملی به‌گونه‌ای طرح شوند که دانش‌آموزان به یک فروشگاه (مثلاً فروشگاه مدرسه) مراجعه کنند و داده‌های مربوط به هزینه و درآمد را جمع‌آوری و سود آن را محاسبه کنند. گرچه در بخش آمار، فعالیت‌هایی برای کار با داده‌های واقعی طراحی‌شده است، اما در مجموع دانش‌آموزان فرصت کمی برای طراحی و اجرای یک پژوهش آماری کامل را دارند. پیشنهاد می‌شود در بازنگری کتاب، از پتانسیل بخش آمار برای قراردادن دانش‌آموز در موقعیت‌های عملی برای طرح سؤال، جمع‌آوری داده و تحلیل و نتیجه‌گیری، استفاده بیشتری شود.

۱۲. **اشاره‌نکردن به خطاهای ریاضی رایج دانش‌آموزان**: کتاب‌های درسی زمانی می‌توانند در یادگیری مؤثر باشند که هم‌زمان با آموزش درست مفاهیم، از خطاهای دانش‌آموزان نیز پیشگیری کنند. کتاب ریاضی و آمار پایهٔ دهم، باوجود

غنای مثال و تمرین، به جز موارد معدودی، به خطاهای رایج دانش‌آموزان و تبیین علت آن‌ها (مانند ساده‌سازی نادرست عبارت‌ها، اشتباه در تغییر علامت هنگام انتقال جملات ازیک‌طرف معادله به‌طرف دیگر، تشخیص نادرست تابع بودن رابطه و غیره) پرداخته نشده است. در بازنگری کتاب، افزودن نظام‌مند موارد زیر می‌تواند مفید باشد:

- افزودن نکات مفهومی برای پیشگیری از خطا بعد از تدریس یک مبحث؛
- افزودن جعبه‌های «هشدار خطای رایج» در حاشیهٔ صفحات کتاب؛
- افزودن تمرین‌های «صحیح یا غلط» و «تشخیص خطا و اصلاح».

۱۳. **استفاده از نمادهای غیراستاندارد**: در متون آماری نمادهای μ و σ برای پارامترهای میانگین و انحراف معیار جامعه و $\bar{x}$ و s برای میانگین و انحراف معیار داده‌ها (نمونه) به‌کار می‌رود. در صفحه ۹۰ کتاب از نماد σ برای تعریف انحراف معیار داده‌ها استفاده شده است.

۱۴. **اشاره‌نکردن به محدودیت‌های مدل‌های ریاضی و آمار**: برای مدل‌سازی ریاضی یک پدیده، ممکن است مدل‌های مختلفی وجود داشته باشد که هرکدام محدودیت‌های خود را دارند. هنگام معرفی یک مدل لازم است به محدودیت‌های استفاده از آن نیز اشاره شود. به‌عنوان مثال، در صفحهٔ ۶۰ کتاب در مورد مدل رشد خطی جمعیت بحث شده است، بدون اینکه به محدودیت‌های آن اشاره‌ای شود. این موضوع، ممکن است به اعتماد دانش‌آموز به پیش‌بینی‌های خطی بینجامد.

۱۵. **کم‌توجهی به معادل‌های مصوب واژه‌های تخصصی**: یکی از عوامل ایجاد سردرگمی در دانش‌آموزان، استفاده از معادل‌های ناسازگار برای اصطلاحات تخصصی در کتاب‌های درسی است. استفاده از واژه‌های مصوب و یکدست در کتاب‌های درسی، به‌ویژه در علوم پایه مانند ریاضی و آمار، نقش مهمی در شکل‌گیری ذهنیت علمی دانش‌آموزان دارد. استفاده از معادل‌های مختلف برای یک واژهٔ تخصصی، باعث می‌شود دانش‌آموز نتواند ارتباط منطقی بین مفاهیم درسی و منابع دیگر برقرار کند. در بازنگری کتاب لازم است اصطلاحات براساس واژه‌های مصوب فرهنگستان زبان و ادب فارسی در حوزهٔ ریاضی و آمار، انتخاب شوند. در کتاب ریاضی و آمار پایهٔ دهم شاهد ناهماهنگی‌هایی در این زمینه هستیم:

- معادل فارسی مصوب برای واژهٔ Estimate «برآورد» است که در صفحهٔ ۷۲ کتاب از اصطلاح «تخمین» استفاده شده است؛
- واژهٔ معادل مصوب برای Histogram «بافت‌نگار» است که در صفحه ۹۱ کتاب از «بافت‌نگاشت» استفاده شده است؛
- در صفحهٔ ۷۴ کتاب واژهٔ «آمارگیری» تعریف شده و در صفحات بعدی به‌جای «جمع‌آوری داده» از آن استفاده شده است. واژهٔ آمارگیری، در زبان روزمره به‌معنی «حضوروغیاب» به‌کار می‌رود و در حوزهٔ آمار رسمی، معادل «پیمایش» (Survey) است که مفهومی فراتر از «گردآوری داده» است. به‌کارگیری نادرست این اصطلاح، بار معنایی دقیق آن را مخدوش می‌کند.

واژهٔ «آمار» معادل با Statistics است که از آن واژه‌هایی مانند «آماره» (Statistic) و «آماردان» (Statistician) مشتق شده است. جایگزین مناسب برای «آمارگیری»، اصطلاح «گردآوری داده‌ها» است. در بازنگری کتاب، ضروری است از معادل‌های مصوب فرهنگستان زبان و ادب فارسی در حوزهٔ ریاضی و آمار استفاده شود و اصطلاحات در همهٔ فصل‌های کتاب و نیز در کتاب‌های دیگر پایه‌ها یکسان‌سازی شوند. واژه‌نامهٔ انگلیسی - فارسی نیز به انتهای کتاب اضافه شود.

۱۶. **آوردن اصطلاحات انگلیسی لابه‌لای متن کتاب**: در بخش‌هایی از کتاب ریاضی و آمار پایهٔ دهم علوم‌انسانی، معادل انگلیسی اصطلاحات به‌طور مستقیم و در پرانتز جلوی معادل فارسی آورده شده است. به‌عنوان‌مثال

- در صفحهٔ ۲۹ کتاب، جلوی اصطلاحات «هزینه، درآمد و سود» ، معادل انگلیسی آن‌ها Cost، Revenue و Profit در پرانتز آورده شده است؛
- صفحه ۳۱ کتاب، در مسئلهٔ تولید چتر جلوی اصطلاح «نقطهٔ سربه‌سر» در پرانتز معادل انگلیسی آن break-even آورده شده است.

این روش در کتاب‌های درسی مرسوم نیست و می‌تواند موجب انحراف توجهٔ دانش‌آموز از مفهوم اصلی شود. کتاب‌درسی باید تاحدامکان از به‌کارگیری واژه‌ها یا عبارت‌های غیرضروری در

متن اصلی پرهیز کند تا تمرکز دانش‌آموز بر مفهوم اصلی حفظ شود. ذکر معادل انگلیسی اصطلاحات در داخل متن (آن هم در پایه دهم) کمکی به درک مطلب نمی‌کند و ممکن است برای دانش‌آموزانی که با زبان انگلیسی آشنایی کمتری دارند، ایجاد سردرگمی کند. در بازنگری کتاب ضروری است موارد مشابه جست‌وجو و معادل انگلیسی در پاورقی همان صفحه یا در واژه‌نامه انتهای کتاب درج شود.

۱۷. **بی‌توجهی به ارجاع به منابع**: رعایت اصول ارجاع‌دهی به منابع، بخشی از آموزش اخلاق علمی و حقوق معنوی پدیدآورندگان است. کتاب‌درسی منبع انتقال دانش و الگویی برای استناددهی است. بی‌توجهی به ذکر منابع، می‌توانند این پیام نادرست را به دانش‌آموز منتقل کند که «استفاده از آثار دیگران بدون اشاره به منبع، مجاز است». ذکر منابع (حتی در کتاب‌درسی) الزامی اخلاقی و فرصتی برای آموزش «ارجاع‌دهی» به دانش‌آموزان است. در کتاب ریاضی و آمار پایه دهم علوم‌انسانی، برای موارد متعددی (از اشعار و حکایات تا داده‌های آماری) منابع اقتباس مطالب ذکرنشده است. به‌عنوان‌مثال:

- در حاشیهٔ برخی صفحات کتاب (مانند صفحات ۱۱ و ۴۰) اشعاری آورده شده که به نام سراینده آن‌ها اشاره‌ای نشده است؛
- منابع مربوط به تاریخچهٔ ذوب‌آهن اصفهان (صفحهٔ ۱۵ کتاب) و صنعت قالی‌بافی (صفحهٔ ۱۸ کتاب) مشخص نشده است.
- مرجع حکایت لقمان و مرد پیاده در صفحهٔ ۸۴ و همچنین مطالب تاریخی مربوط به خوارزمی در صفحهٔ ۲۵ کتاب مشخص نشده است.
- در پاورقی صفحهٔ ۸۱ کتاب اعداد و ارقامی در مورد میزان مصرف آب در کشور آورده شده که منبع آن‌ها مشخص نیست.
- مطلب مربوط به قبله‌یابی در صفحهٔ ۳۹ و مطلب مربوط به طول روز در صفحهٔ ۷۰ مشخص نیست که از چه منبعی اقتباس شده است.

در بازنگری کتاب لازم است فهرستی از کلیهٔ منابع استفاده‌شده در کتاب (اعم از فارسی و لاتین) به‌شکل استاندارد در انتهای کتاب افزوده شود و در متن کتاب به شیوه‌ای استاندارد به آن‌ها ارجاع داده شود. الگوی پیشنهادی برای ارجاع در کتاب‌درسی می‌تواند به‌صورت زیر باشد:

- **اشعار**: نام شاعر، نام کتاب، در صورت امکان شماره صفحه؛
- **حکایات و داستان‌ها**: ذکر منبع اصلی؛
- **داده‌ها یا نتایج بررسی‌های آماری**: نام سازمان یا پژوهشگر، سال انتشار گزارش، نشانی وب (در صورت دسترسی)؛
- **اقتباس‌ها**: ذکر کامل مشخصات منبع (نویسنده، عنوان، صفحه، سال).

۱۸. **اشاره‌نکردن به ملاحظات اخلاقی در بخش آمار**: علم آمار تنها مجموعه‌ای از فرمول‌ها و نمودارها نیست، بلکه ابزاری برای تصمیم‌گیری در شرایط عدم قطعیت است. استفاده نادرست از این ابزار می‌تواند به اشخاص، جامعه و حرفه آمار آسیب بزند. ازاین‌رو، آموزش اخلاق در آمار باید از همان دورهٔ متوسطه آغاز شود. گنجاندن مباحث اخلاقی در آموزش آمار، به ارتقای مهارت‌های فنی دانش‌آموزان کمک می‌کند و آن‌ها را به شهروندانی مسئول و منتقد تبدیل می‌سازد. آموزش آمار بدون توجه به جنبه‌های اخلاقی آن، ناقص و گاه خطرناک است. در کتاب ریاضی و آمار پایه دهم علوم‌انسانی، این موضوع مغفول مانده است. به‌عنوان نمونه:

- در صفحه ۷۶، روش‌های جمع‌آوری داده‌ها بیان شده، اما به‌ضرورت حفظ حریم خصوصی افراد، لزوم کسب رضایت آگاهانه در نظرسنجی‌ها و پنهان‌سازی هویت پاسخ‌دهندگان، هنگام جمع‌آوری داده‌ها اشاره‌ای نشده است؛
- در صفحه ۱۰۳، در مورد نمودارهای گمراه‌کننده به شکل فنی پرداخته شده اما از آن به‌عنوان «نقض اخلاق آماری» یاد نشده است.

پیشنهاد می‌شود در بازنگری کتاب، به موادی از «شیوه‌نامه اخلاقی برای کارهای آماری» مصوب انجمن آمار ایران [۲] اشاره شود. فعالیت‌ها یا تمرین‌های کاربردی با رویکرد اخلاقی نیز می‌توان به کتاب افزود. به‌عنوان مثال:

- فرض کنید می‌خواهید از هم‌کلاسی‌های خود در مورد معدل آن‌ها نظرسنجی کنید. چه ملاحظات اخلاقی را

باید رعایت کنید؟

- یک تبلیغ رسانه‌ای را بیابید که از نمودار گمراه‌کننده استفاده کرده است. علت گمراه‌کنندگی را شرح دهید.

۱۹. **پیچیدگی‌های غیرضروری**: دانش‌آموزان رشتهٔ علوم‌انسانی، معمولاً باانگیزه و پیشینهٔ متفاوتی نسبت به دانش‌آموزان ریاضی - فیزیک به سراغ درس ریاضی و آمار می‌روند؛ بنابراین، کتاب باید بر مفاهیم پایه، کاربردی‌ترین روش‌ها، و مثال‌های ملموس تمرکز کند و از بیان مباحث نظری پیچیده یا روش‌های چندگانه بدون ضرورت پرهیز نماید. کتاب ریاضی و آمار پایهٔ دهم علوم‌انسانی در برخی از بخش‌ها بیش از حد لازم پیچیده شده است. این موضوع می‌تواند باعث سردرگمی یا افت انگیزهٔ دانش‌آموزان شود. کاهش پیچیدگی‌های غیرضروری باعث افزایش اعتمادبه‌نفس در یادگیری ریاضی و آمار، فرصت بیشتر برای تمرین مفاهیم پایه و کاهش اضطراب و افزایش انگیزهٔ دانش‌آموزش می‌شود. برای معلم نیز امکان تمرکز بر آموزش عمیق‌تر مباحث ضروری و زمان کافی برای انجام فعالیت‌های گروهی و پروژه‌های کاربردی فراهم می‌کند. پیشنهاد می‌شود در بازنگری کتاب، از افزودن مطالب پیچیده بدون توجیه آموزشی پرهیز گردد. برای مباحث، دو سطح «اجباری» (شامل مفاهیم پایه، روش‌های ضروری، مثال‌های ساده) و «اختیاری» (شامل مطالب تکمیلی پیچیده‌تر)، در کادرهایی با عنوان «برای علاقه‌مندان» یا «بیشتر بدانید» درنظر گرفته شود. نمونه‌هایی از این پیچیدگی‌های غیرضروری عبارت‌اند از:

- **سه روش موازی برای حل معادله درجه دوم**: ارائه هم‌زمان روش‌های تجزیه، مربع کامل و فرمول کلی در فصل دوم، بار شناختی زیادی برای دانش‌آموز علوم‌انسانی ایجاد می‌کند و ممکن است در نهایت هیچ یک را به‌درستی نیاموزد. پیشنهاد می‌شود تأکید اصلی بر روش تجزیه (برای معادلات ساده) و فرمول کلی (برای موارد عمومی) باشد و روش مربع کامل تنها به‌عنوان زمینه درک فرمول کلی و با یک یا دو مثال ساده ارائه شود؛
- **برد تابع برای دامنهٔ حقیقی**: مباحثی مانند محاسبهٔ برد تابع برای توابع با دامنهٔ حقیقی مثلاً $f(x)=\sqrt{x+۱}$ که نیاز به آشنایی با نامساوی و رفتار توابع در بینهایت دارد، برای پایهٔ دهم انسانی سنگین است. در این پایه، بهتر است برد فقط برای توابع با دامنه گسسته و متناهی محاسبه شود؛
- **ماکسیمم کردن سود با استفاده از رأس سهمی**: گرچه یک نقطه قوت کاربردی و مرتبط با اقتصاد و مدیریت است، اما باید با مثال‌های ساده و قدم‌به‌قدم مثلاً تابع سود $P(x)=-x^۲+۱۰x-۱۶$ و یافتن رأس، آغاز شود.
- **مقیاس‌های اندازه‌گیری در آمار**: در بخش آمارِ کتاب، ارائهٔ جزئیات مقیاس‌های اندازه‌گیری (اسمی، ترتیبی، فاصله‌ای، نسبتی) و مفاهیمی مانند صفر مطلق در مقیاس نسبتی برای دانش‌آموزان پایهٔ دهم متوسطه علوم‌انسانی می‌تواند سنگین و غیرضروری باشد. در این سطح، بایستی تأکید بر تفاوت متغیرهای کمی و کیفی و شناسایی نوع متغیر در داده‌های واقعی باشد. مقیاس‌های چهارگانه می‌توانند به‌صورت اختیاری یا در کادر «بیشتر بدانید» مطرح شوند؛
- **نمودارهای چندمتغیره**: آموزش نمودار حبابی و راداری در فصل چهارم به‌عنوان مبحث اصلی، به دلیل پیچیدگی بصری و نیاز به درک هم‌زمان سه متغیر ممکن است باعث سردرگمی دانش‌آموز شود. این نمودارها می‌توانند به‌عنوان مطالب تکمیلی یا پروژه‌ای برای دانش‌آموزان علاقه‌مند ارائه شوند. در مطالب اجباری، بهتر است تأکید بر نمودارهای ساده‌تر (میله‌ای، دایره‌ای، جعبه‌ای) باشد؛
- **پراکندگی در توزیع نرمال**: در حاشیهٔ صفحه ۹۱ در مورد توزیع نرمال توضیح داده شده است. باتوجه به اینکه دانش‌آموز با پیش‌نیازهای این مبحث (نحوهٔ رسم بافت‌نگار، منحنی فراوانی و مفهوم فراوانی نسبی) آشنایی ندارد، درک شهودی درصدهای تقریبی داده شده و اینکه از کجا آمده‌اند، دشوار است. بهتر است این مبحث در پایه‌های بالاتر گفته بشود. جمله «خداوند بسیاری از پدیده‌ها را بهنجار آفریده است» ممکن است این تصور نادرست را ایجاد کند که همه پدیده‌ها توزیع نرمال دارند و نیاز به توضیح معلم درباره محدودیت‌های این جمله دارد.

۲۰. **حجم زیاد مطالب حاشیه‌ای**: کتاب ریاضی و آمار پایه دهم علوم‌انسانی، در کنار محتوای اصلی، شامل حجم قابل‌توجهی از مطالب حاشیه‌ای مانند مثال‌های طولانی کاربردی، توضیحات تاریخی، جغرافیایی، فرهنگی و فلسفی است. اگرچه این مطالب ممکن است از جنبه‌های دیگر ارزشمند باشند، اما می‌توانند زمان کلاس را کاهش دهند و تمرکز دانش‌آموزان را از هدف اصلی درس منحرف کنند. کتاب‌درسی ریاضی و آمار باید در درجهٔ اول به آموزش مفاهیم و مهارت‌های ریاضی و آماری بپردازد. مطالب حاشیه‌ای اگر به‌اندازه و در جای مناسب نیایند، می‌توانند به عاملی برای کم‌توجهی به هستهٔ اصلی درس تبدیل شوند. حجم بالای مطالب حاشیه‌ای، از یک سو باعث کاهش زمان تمرین مفاهیم اصلی و فشار بر معلم برای «پوشش‌دادن» تمام مطالب کتاب می‌شود. ازسوی‌دیگر، باعث سردرگمی دانش‌آموز در تشخیص «مطلب اصلی» و «حاشیه» و امکان خستگی زودرس در مواجهه با متن‌های طولانی غیر ریاضی شود. از بعد ارزشیابی نیز ممکن است در آزمون‌ها از مطالب حاشیه‌ای سؤال طرح شود که انحراف از اهداف درس است. در بازنگری کتاب، لازم است به چیدمان و حجم این‌گونه مطالب، دقت بیشتری شود. کاهش حجم مطالب حاشیه‌ای و سازماندهی آن‌ها در قالب‌های اختیاری یا تکمیلی، به معلم و دانش‌آموز کمک می‌کند تا بر اهداف اصلی درس متمرکز شوند. نمونه‌هایی از مطالب حاشیه‌ای با حجم بالا عبارت‌اند از:

- **مثال‌های کاربردی طولانی**: مثال‌هایی مانند محاسبات مفصّل قالی‌بافی یا رمزنگاری اگرچه جذاب و جالب هستند، اما ممکن است زمان زیادی از کلاس را به خود اختصاص دهند درحالی‌که ارتباط مستقیم و ضروری با اهداف اصلی درس (حل معادله) ندارند. بهتر است چنین فعالیت‌هایی به‌عنوان تمرین داوطلبانه یا پروژه ارائه شوند.
- **توضیحات تاریخی و جغرافیایی**: توصیف جنگل حرا در جزیرهٔ قشم و پرنده‌های حواصیل، اگرچه زیبا است، اما ربط مستقیم به حل معادله ندارد. تاریخچه تأسیس کارخانه ذوب‌آهن اصفهان و توضیح درباره صنعت قالب بافی در ایران، طولانی و فراتر از نیاز مسائل و مثال‌های مربوطه مطرح‌شده در درس است.
- **مطالب نجومی و فلسفی**: توضیحات مربوط به انحراف محور زمین و طول روز در خردادماه (صفحه ۷۰) گرچه جالب است؛ اما ارتباط مستقیم آن با نمودار تابع درجه دوم ضعیف است. بحث فلسفی درباره آمار و تصمیم‌گیری (صفحه ۸۳-۸۲) طولانی و ممکن است برای دانش‌آموز پایه دهم سنگین باشد.
- **اشعار و متون ادبی**: اشعار حاشیه برخی صفحات کتاب (مانند صفحات ۱۱ و ۴۰)، اگرچه انگیزشی است، اما در جایگاه حاشیه قرار می‌گیرد.
- **روش هندسی خوارزمی**: روش هندسی خوارزمی برای مربع کامل، ارزش تاریخی دارد، اما برای همه دانش‌آموزان ضروری نیست.
- **مطالب خواندنی فاقد هدف آموزشی**: در خواندنی صفحه ۴۹ کتاب عبارتی به این شرح آمده است: «توابع در علوم مختلف بیشتر به‌عنوان عملگر درنظر گرفته می‌شوند و کاری را بر روی ورودی‌های خود انجام می‌دهند. توابع را همچنین مورداستفاده در علم رایانه برای مدل‌سازی ساختمان داده‌ها و تأثیرات الگوریتم می‌بینیم». به نظر نمی‌رسد این مطلب، اطلاعات مفید مستقیمی به دانش‌آموز پایه دهم علوم‌انسانی بدهد. بیشتر انباشتی از کلیات انتزاعی است، و بهتر است یا حذف شود یا با مثال‌های ساده و مرتبط با علوم‌انسانی جایگزین گردد. دانش‌آموزان این رشته نیاز دارند بدانند توابع چگونه در علوم اجتماعی، اقتصاد، روان‌شناسی کاربرد دارند، نه لزوماً در فیزیک یا رایانه (که بیشتر مرتبط با رشته ریاضی - فیزیک است). اشاره به اینکه «توابع در علوم مختلف به‌عنوان عملگر در نظر گرفته می‌شوند» بدون ارائه مثال یا فعالیت، برای دانش‌آموز بی‌معناست. معرفی کاربردهای پیشرفته (مدل‌سازی داده، الگوریتم) می‌تواند باعث سردرگمی دانش‌آموز پایه دهم علوم‌انسانی شود.

۲۱. **جهت‌گیری اعتقادی و فرهنگی خاص**: در یک کتاب‌درسی ریاضی، استفاده از مثال‌ها و مسائلی که تأکید یک‌جانبه بر دیدگاه اعتقادی و فرهنگی خاصی دارند، می‌تواند به انسجام اجتماعی و عدالت آموزشی لطمه بزند و دانش‌آموزان متعلق به گرایش‌های دینی و فرهنگی دیگر احساس طردشدگی کنند. آموزش‌وپرورش باید زمینه‌ساز همبستگی ملی باشد، نه

تقویت خطوط تقسیم اعتقادی و فرهنگی. پیشنهاد می‌شود در بازنگری کتاب با استفاده از مثال‌های علمی، طبیعی، اقتصادی و فرهنگی مشترک، بهره‌گیری از نمونه‌های متنوع از میراث‌فرهنگی ایران (از ادوار و اقوام مختلف) استفاده شود. انتقال ارزش‌های دینی و فرهنگی خاص به کتاب‌های درسی مختص آن‌ها (مانند دینی یا اجتماعی)، می‌تواند به ایجاد فضای آموزشی که در آن تمام دانش‌آموزان احساس امنیت و احترام کنند و برای تعامل با جهان متنوع علمی - فرهنگی آماده شوند، کمک کند.

۲۲. **کلیشه‌های جنسیتی**: گرچه در مثال تابع در صفحه ۴۵ کتاب، از نام‌های دخترانه (مریم، نرگس، حمیده، سارا) استفاده شده است، اما در دیگر بخش‌های کتاب منحصراً نام‌های پسرانه به چشم می‌خورد: به‌عنوان نمونه نام‌های پسرانه کیان و نیما در صفحهٔ ۱۴، شخصیت علی در فعالیت صفحهٔ ۳۳، نام‌های آرش، تقی، علی در مثال کدوتنبل صفحهٔ ۱۰. حتی تصاویر کتاب نیز عمدتاً مردانه هستند. به‌عنوان مثال در تصویر راهپیمایی صفحهٔ ۷۱، زنان حضور ندارند. در مثال‌های مربوط به کشاورزی، صنعت و مدیریت، زنان غایب هستند. رویکرد نادیده‌گرفتن زنان در مثال‌ها و تمرین‌ها می‌تواند باعث تقویت کلیشه‌های جنسیتی، تأثیر منفی بر خودپنداره ریاضی دختران، ایجاد مانع روانی برای مشارکت کامل آن‌ها در برخی رشته‌ها و القای ناخودآگاه این پیام شود که ریاضیات و علوم فنی حوزه‌ای «مردانه» هستند. این موضوع مغایر باعدالت آموزشی مورد تأکید در سند تحول بنیادین آموزش‌وپرورش است. در بازنگری کتاب لازم است به این موضوع توجه شود.

ضرورت‌های بازنگری

کتاب‌های درسی ریاضی نه صرفاً مجموعهٔ ثابتی از فرمول‌ها و تمرین‌ها، بلکه ابزارهای پویای تربیتی هستند که باید با ضربان تحولات علمی، فرهنگی و اجتماعی هم‌نوا شوند. در یک نظام آموزشی متمرکز، مهم‌ترین ابزار تدریس یعنی کتاب‌درسی، نیازمند بازنگری مستمر است. این بازنگری به‌دلایل زیر یک ضرورت راهبردی برای حفظ ارتباط مدرسه با دنیای واقعی است:

۱. **تحول در دانش ریاضی و روش‌های تدریس**
ریاضیات دانشی پویاست. رویکردهای نوین در آموزش ریاضی مانند آموزش مبتنی بر حل مسئله، تفکر دیداری و مدل‌سازی نیازمند بازتاب در کتاب‌های درسی هستند. محتوای ثابت و یکنواخت نمی‌تواند پاسخگوی سبک‌های مختلف یادگیری باشد.

۲. **انقلاب دیجیتال و سواد اطلاعاتی**
نسل حاضر در دریایی از داده‌ها غوطه‌ور است. کتاب‌های ریاضی باید از آموزش محاسبات خشک فراتر رفته و سواد داده‌ای، تفکر الگوریتمی و نقد اطلاعات کمی را آموزش دهند. مثال‌های کتاب باید از دنیای دیجیتال و کاربردهای فناوری الهام بگیرند.

۳. **تغییرات بازار کار و مهارت‌های موردنیاز**
اقتصاد دانش‌بنیان امروز نیازمند مهارت‌هایی مانند تفکر سیستمی، مدل‌سازی کمی و تحلیل آماری است. ریاضیات مدرسه باید دانش‌آموزان را برای این نیازها آماده کند، نه صرفاً برای پاسخ به سؤالات کنکور.

۴. **تحولات فرهنگی و اجتماعی**
مثال‌ها و مسئله‌های کتاب باید با تجربیات زیستی دانش‌آموزان امروزی هماهنگ باشند. استفاده از زمینه‌های بومی، توجه به مسائل محیط زیستی و پرداختن به چالش‌های اجتماعی می‌تواند ریاضیات را از انتزاع صرف به ابزاری برای درک جهان تبدیل کند.

۵. **پیشرفت در پژوهش‌های علوم تربیتی**
یافته‌های جدید پژوهش‌ها در مورد نحوهٔ یادگیری ریاضیات (مانند اهمیت خطاها در یادگیری، نقش زبان در درک مفاهیم و تأثیر نگرش بر عملکرد) باید در طراحی کتاب‌های درسی لحاظ شوند.

چرخه بازنگری

تغییر کتاب‌های درسی ریاضی پروژه‌ای نیست که یک‌باره به‌پایان برسد، بلکه فرایندی مستمر و پویاست. تغییرات ساختاری کتاب‌های درسی معمولاً در چرخه‌های زمانی مشخصی انجام می‌شود. این بازهٔ زمانی مشخص، امکان اجرای آزمایشی، جمع‌آوری بازخورد و ارزیابی اثرات تغییرات را فراهم می‌آورد. تغییرات شتاب‌زده می‌تواند باعث سردرگمی معلمان و افت کیفیت آموزش شود. تحقق بازنگری اثربخش، نیازمند طراحی یک نظام چند لایه است:

۱. **تغییرات کلان**: بازنگری اساسی در سرفصل‌ها، رویکرد کلی و سازمان درونی فصول، امکان اجرای آزمایشی، جمع‌آوری

بازخورد گسترده و ارزیابی اثرات تغییرات که هر ۱۰-۵ سال انجام می‌شود.

۲. **به‌روزرسانی‌های میانی محتوایی**: به‌روزرسانی آمارها، نمودارها و داده‌های مورد استفاده در مثال‌ها و مسائل، افزودن یا حذف فعالیت‌ها و تمرین‌ها براساس بازخوردهای میدانی، بهبود زبان آموزشی و روان‌سازی متن که هر ۳-۲ سال انجام می‌شود.

۳. **به‌روزرسانی‌های خرد**: اصلاح اشتباهات علمی و ویرایشی، افزودن مثال‌های نوین و مرتبط با اتفاقات روز، به‌روزرسانی لینک‌ها و منابع دیجیتال تکمیلی که به‌طور مستمر و سالانه بایستی انجام شود.

در ماده ۱۰-۱۱ سند برنامهٔ درسی ملی (صفحهٔ ۴۳) نیز به ارزشیابی برنامه‌های درسی پس از گذشت سه سال از اجرای آن‌ها اشاره شده است.

ذی‌نفعان مشارکت‌کننده در بازنگری

در بازنگری کتاب‌های درسی، باهدف ایجاد متنی علمی و فراگیر، ضرورت دارد از نظرات تمامی ذی‌نفعان استفاده شود. در مادهٔ ۱۲-۳ برنامه درسی ملی (صفحهٔ ۴۵) نیز به این موضوع اشاره شده است. موفقیت یک بازنگری در گرو مشارکت واقعی و نظام‌مند همهٔ ذی‌نفعان است. ذی‌نفعان مشارکت‌کننده در بازنگری کتاب‌های ریاضی و آمار عبارت‌اند از:

- **معلمان و دبیران ریاضی**: (برای ارائه بازخورد عملی از اجرای کتاب در کلاس، پیشنهاد مثال‌ها و مسائل کاربردی‌تر، مشارکت در تیم‌های تألیف و بازبینی).
- **متخصصان ریاضی و آمار**: (برای تضمین صحت و روزآمدی علمی محتوا، معرفی رویکردها و کاربردهای نوین).
- **متخصصان برنامه‌ریزی درسی و علوم تربیتی**: (برای همسوسازی محتوا با اهداف سند برنامه درسی، طراحی براساس یافته‌های روان‌شناسی شناختی و یادگیری).
- **جامعه‌شناسان و متخصصان مطالعات فرهنگی**: (برای اطمینان از تناسب محتوا با جامعهٔ چندفرهنگی ایران، حساسیت‌زدایی فرهنگی و توجه به کلیشه‌ها).
- **دانش‌آموزان و خانواده‌ها**: (برای ارائه بازخورد از جذابیت، دشواری و کاربردی‌بودن محتوا، مشارکت در مطالعات میدانی و نظرسنجی‌ها).

سخن پایانی

کتاب «ریاضی و آمار» پایهٔ دهم متوسطه علوم‌انسانی از نظر محتوای فنی نقاط قوتی دارد؛ اما کاستی‌ها و نقاط ضعف فراوانی نیز دارد که به آن‌ها اشاره شد. برای تحقق حداکثر اثربخشی آموزشی و تربیت افرادی که توانایی استدلال منطقی، مدل‌سازی پدیده‌های اجتماعی و اقتصادی و تصمیم‌گیری مبتنی بر داده را داشته باشند، کتاب نیازمند به بازنگری است. بازنگری کتاب‌درسی ریاضی یک‌پایه تحصیلی، پروژه‌ای سلیقه‌ای، شتاب‌زده و یک‌باره نیست، بلکه فرایندی مستمر و پویاست که نیاز به مشارکت مؤثر معلمان ریاضی مجرب همهٔ پایه‌ها، متخصصان برنامه‌ریزی درسی و روان‌شناسی تربیتی، اساتید دانشگاه در رشته‌های ریاضی و آمار دارد. بازنگری و تغییرات مناسب در کتاب ریاضی پایه دهم می‌تواند:

- زمینه‌ساز علاقه‌مندی و موفقیت دانش‌آموز در دو سال پایانی شود.
- تصور ترس از ریاضی و آمار یا بی‌ربطی آن را در ذهن دانش‌آموز علوم‌انسانی را تغییر دهد.
- مهارت‌های تحلیلی و کمّی موردنیاز برای تحصیلات دانشگاهی و زندگی شغلی آینده دانش‌آموزان علوم‌انسانی را پایه‌ریزی کند.

برخی از نقاط قوت و ضعفی که در مورد کتاب ریاضی و آمار پایه دهم علوم انسانی بیان شد، در کتاب‌های ریاضی سایر پایه‌های تحصیلی نیز کم‌وبیش وجود دارد. در فرصت‌های آینده به نقاط قوت و ضعف کتاب‌های «ریاضی و آمار» پایه‌های یازدهم و دوازدهم علوم انسانی خواهیم پرداخت.

قدردانی و تشکر

از آقای دکتر علی دست‌برآورده که نسخهٔ اولیه این نوشتار را مطالعه و نظرات ارزشمندی ارائه دادند، تشکر و قدرانی می‌کنم.

/1/ احمدی، غ، شیخ‌الاسلامی، ه، عصاره، ع، و ریحانی، ا. (۱۳۹۸). ارزشیابی برنامه درسی ریاضی پایه دهم رشته انسانی (با تأکید بر رویکرد زمینه‌محور از دیدگاه دبیران این درس در شهر تهران). نشریه فناوری و آموزش، ۱۳(۳)، ۴۷۱-۴۸۳.

[۲] انجمن آمار ایران (۱۴۰۴). شیوه‌نامه اخلاقی برای کارهای آماری. https://irstat.ir/content/1151/

[۳] سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، پایگاه کتاب‌های درسی. http://www.chap.sch.ir/category

[۴] وزارت آموزش‌وپرورش (۱۳۹۱). سند برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران. https://www.roshd.ir/omoumi/

[۵] ملکی، حسن (۱۳۹۵). برنامه‌ریزی درسی (راهنمای عمل) ، ویراست دوم، انتشارات مدرسه.

[5] American Statistical Association. (2016). Guidelines for Assessment and Instruction in Statistics Education (GAISE) Report.

[6] Boaler, J. (2016). *Mathematical Mindsets: Unleashing Students' Potential Through Creative Math, Inspiring Messages and Innovative Teaching*. Jossey-Bass.

[7] Mullis, I. V. S. , Martin, M. O. , & Loveless, T. (2015). TIMSS 2015 Assessment Frameworks.

[8] Darwiche, A., & Ferris, R. (2021). Data Skills for Social Sciences: Integrating Statistics and Computational Thinking. *Journal of Educational Development*, **12(3)**, 45–58.

[9] Gillman, R. (Ed.). (2004). *Current Practices in Quantitative Literacy*. Mathematical Association of America.

*گروه آمار، دانشکده ریاضی، دانشگاه یزد

از ذرات نیوتنی تا سیالات: گامی تازه در حل مسئلهٔ ششم هیلبرت

خدیجه ندایی اصل * و علی نجفی **

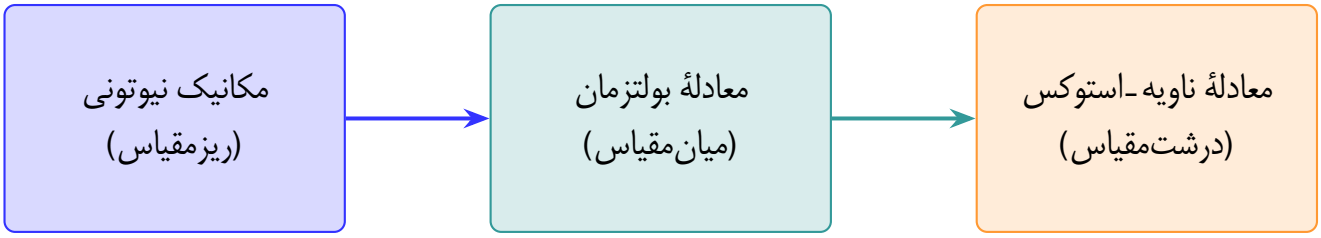
در سال ۲۰۲۶، مدال فیلدز به چهار ریاضی‌دان برجسته اهدا شد: یو دنگ[۱]، جان پردن[۲]، جیکوب تسیمِرمن[۳] و هونگ وانگ[۴]. به‌گفتهٔ اتحادیهٔ بین‌المللی ریاضیات، این انتخاب به پاس «عمق، اصالت و پویایی» کارهای آنان در ریاضیات معاصر انجام شد. در میان برگزیدگان، یو دنگ به‌طور ویژه برای کارهایش در معادلات دیفرانسیل جزئی و نیز استخراج دقیق معادلهٔ بولتزمن از سامانهٔ کره‌های سخت مورد توجه قرار گرفت؛ کاری که از نظر ریاضی و فیزیکی اهمیت زیادی دارد و به مسئلهٔ گذار از دینامیک ریزمقیاس به رفتار درشت‌مقیاس سیالات مربوط می‌شود.

مسئلهٔ ششم هیلبرت و رؤیای ریاضی‌سازی فیزیک

در آغاز قرن بیستم، دیوید هیلبرت آرزوی بزرگی در سر داشت تا شیوهٔ تفکر دقیق‌تر و ریاضی‌محورتری را وارد دنیای فیزیک کند. در آن زمان، فیزیک‌دانان هنوز گرفتار بحث و جدل‌هایی بر سر تعاریف پایه بودند - گرما چیست؟ ساختار مولکول‌ها چگونه است؟ - و هیلبرت امیدوار بود که منطق صوری ریاضیات بتواند در این زمینه راهگشا باشد. در صبح روز ۸ اوت ۱۹۰۰، او فهرستی از ۲۳ مسئلهٔ کلیدی ریاضی را به کنگرهٔ بین‌المللی ریاضی‌دانان ارائه کرد [۷]. از این بین، مسئلهٔ ششم او عبارت بود از ارائهٔ اثبات‌های قطعی و خلل‌ناپذیر برای قوانین فیزیک. او می‌خواست با استفاده از اصول موضوعه، به آن دسته از علوم فیزیکی که ریاضیات در آن‌ها نقش مهمی ایفا می‌کند، پرداخته شود.

هیلبرت نقطهٔ شروعی را ارائه کرد که چگونه می‌توان به روشی ریاضی و دقیق، از حرکت تک‌تک مولکول‌ها در یک گاز، رفتار کلی و کلان آن گاز را استخراج کرد. هوا و سایر گازها از مولکول‌های بسیار زیاد تشکیل شده‌اند (یک مول از یک ماده، حاوی $۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}$ واحد از واحدهای بنیادی آن ماده (اتم، مولکول یا یون) است). در توصیف سامانه‌های فیزیکیِ چندذره‌ای، به‌ویژه گازها، معمولاً سه سطح توصیف از یکدیگر تفکیک می‌شوند: ریزمقیاس[۵]، میان‌مقیاس[۶] و درشت‌مقیاس[۷] [۱۰].

در ریزمقیاس، سامانه بر حسب مکان و سرعت تک‌تک ذرات توصیف می‌شود و دینامیک آن تابع قوانین مکانیک نیوتنی است. در میان‌مقیاس، به‌جای دنبال کردن هویت و مسیر هر ذره، رفتار آماری جمعیت ذرات با تابع توزیع $f(t,x,v)$ توصیف می‌شود؛ معادلهٔ بولتزمان نمونهٔ شاخص این سطح است. در درشت‌مقیاس گاز به‌صورت یک محیط پیوسته درنظر گرفته می‌شود و تنها کمیت‌های میانگین‌گیری‌شده‌ای مانند چگالی، سرعت، فشار و دما مورد توجه قرار می‌گیرند؛ معادلات اویلر و ناویه–استوکس در این سطح قرار دارند. بنابراین گذار از ریزمقیاس به درشت‌مقیاس گذار از توصیف کامل ذره‌ای به توصیف آماری و سپس به توصیف پیوسته و میانگین‌گیری‌شده است.



شکل ۱: **نمودار مقیاس‌های مدل‌سازی جریان (ریزمقیاس، میان‌مقیاس و درشت‌مقیاس)**

[1] Ye Deng [2] John Pardon [3] Jacob Tsimerman [4] Hong Wang [5] Microscopic [6] Mesocopic [7] Macroscopic

وظیفهٔ ریاضی‌دانان این بود که زنجیرهٔ این مدل‌ها را به‌طور دقیق استخراج و اثبات کنند: یعنی حرکت را از مکانیک نیوتنی آغاز کرده، از معادلهٔ بولتزمان عبور داده و در نهایت به معادلات ناویه ـ استوکس برسند. دیدگاه ریزمقیاس، دیدگاهی غنی‌تر از دیدگاه درشت‌مقیاس است. به طور منطقی انتظار داریم معادلات درشت‌مقیاس مانند ناویه ـ استوکس به صورتی از معادلات ریزمقیاس (مثلاً معادلهٔ نیوتن برای تک‌تک ذرات) به‌دست آید. در فیزیک کلاسیک، مسیر بالا یک مسیر استاندارد است که در اغلب کتاب‌های مکانیک آماری توضیح داده شده است [۸].

مانع اصلی: برخوردهای مجدد و محدودیت نتایج لانفورد

در مسیر توصیف‌شده در بخش پیش ناچاریم فرض‌هایی بپذیریم که صحت آن‌ها را با مشاهدات و داده‌های تجربی می‌سنجیم. مثلاً فرض زمان برخورد، یک فرض اساسی در استخراج معادلهٔ بولتزمان است. با پذیرفتن این فرض، معادلات نیوتن ذره‌ای به معادلهٔ ناویه ـ استوکس می‌رسند. لذا فیزیک‌دانان این سه مدلِ متفاوت از رفتار گاز را با یکدیگر سازگار می‌دانند؛ این‌ها صرفاً دریچه‌های متفاوتی برای درک یک پدیدهٔ واحد هستند. اما ریاضی‌دانان می‌خواستند این موضوع را به شکل دقیقِ ریاضی اثبات کنند. آن‌ها باید نشان می‌دادند که مدل نیوتن برای ذرات منفرد، توصیف آماری بولتزمان را پدید می‌آورد و معادلهٔ بولتزمان نیز به نوبهٔ خود به معادلات ناویه–استوکس منجر می‌شود. ریاضی‌دانان در گام دوم موفقیت‌هایی به دست آورده و ثابت کرده بودند که در شرایط مختلف، می‌توان یک مدل درشت‌مقیاس گاز را از مدل میان‌مقیاس آن استخراج کرد. اما نتوانستند گام اول را حل کنند و درنتیجه، این زنجیره منطقی ناقص ماند. اکنون این وضعیت تغییر کرده است. در مجموعه‌ای از مقالات، سه ریاضیدان به نام‌های یو دِنگ، ظاهر هانی[1] و شیائو ما[2]، گام دشوارترِ گذار از ریزمقیاس به میان‌مقیاس را برای گازی در یکی از این شرایط اثبات کردند و برای نخستین بار این زنجیره را کامل نمودند [۵، ۶].

بولتزمان پیش از این نشان داده بود که تا زمانی که یک فرض حیاتی صادق باشد، قوانین حرکت نیوتن به معادله میان‌مقیاس او منجر می‌شوند: اینکه ذرات درون گاز کم و بیش مستقل از یکدیگر حرکت می‌کنند. به‌عبارت دیگر، باید بسیار بعید و نادر باشد که یک جفت مولکول خاص چندین بار با یکدیگر برخورد کنند. در سال ۱۹۷۵، ریاضی‌دان آمریکایی اسکار لنفورد[3] برای نخستین بار موفق شد معادلهٔ بولتزمان را از مکانیک نیوتنی استخراج کند [۹]. با این حال، نتیجهٔ کار او تنها برای زمان‌های بسیار کوتاه مقیاس معتبر بود. با گذشت زمان، ذرات برخوردهای مکرری انجام می‌دادند و اثرات آن‌ها در یکدیگر گره می‌خورد؛ به‌طوری که اثبات اعتبار این روند برای زمان‌های طولانی با روش‌های موجود ناممکن بود. مانع اصلی در این مسیر، «برخوردهای مجدد»[4] بود. برای اینکه معادلهٔ بولتزمان صادق باشد، بیشتر ذرات باید اساساً مستقل از یکدیگر حرکت کنند. اما در زمان‌های طولانی، احتمال اینکه ذرات یکسانی بارها و بارها با هم ملاقات کرده و برخورد کنند، بسیار بالا می‌رود. در این حالت، از نظر تئوری، باید ردیابی شود که کدام ذرات، چه زمانی و با چه ذره‌ای برخورد کرده‌اند و چگونه اثر یک برخورد به برخوردهای دیگر سرایت می‌کند. ریاضی‌دانان برای دهه‌ها نتوانسته بودند این مسئله را حل کنند.

دستاورد دنگ، هانی، و ما: کامل شدن زنجیرهٔ ریزمقیاس تا درشت‌مقیاس

در سال ۲۰۱۹، هانی و تعدادی از همکارانش اثبات کردند [۱] که معادلهٔ شرودینگر در مقیاس‌های زمانی کوتاه به معادلهٔ جنبشی موج همگرا می‌شود. اما در مقیاس‌های زمانی طولانی‌تر، امواج فرصت این را پیدا می‌کنند که به روش‌های بسیار پیچیده‌تری با یکدیگر برهم‌کنش داشته باشند. تا اینکه هانی با کمک ایدهٔ کلیدی دنگ دربارهٔ داده‌های تصادفی، موفق شد محدودیت‌های زمانیِ اثبات همگرایی معادلات شرودینگر را تا نزدیکی مرزهای مدنظر فیزیک‌دانان پیش ببرد [۲]. در سال ۲۰۲۳ دِنگ و هانی تحلیلی از گذار از ریزمقیاس به درشت‌مقیاس در بستر امواج ارائه دادند [۳، ۴]. حدود یک سال پیش از آن که این ریاضی‌دانان مقالهٔ خود را در اینترنت منتشر کنند، دِنگ در یک کنفرانس حضور داشت و در آنجا با یک دانشجوی تحصیلات تکمیلی از دانشگاه پرینستون به نام شیائو ما ملاقات کرد. آن‌ها در نهایت درباره کار دِنگ و هانی و اینکه چگونه می‌توانند آن روش‌ها را با ذرات تطبیق دهند، به گفت‌وگو پرداختند. انجام این کار به آن‌ها اجازه می‌داد تا نتیجه لانفورد را بسط دهند – یعنی نشان دهند که برخوردهای مجدد ذرات حتی در بازه‌های زمانی طولانی‌تر نیز نادر است.

این ایده‌ای بود که دِنگ و هانی از قبل به آن فکر کرده بودند. دِنگ که تحت تأثیر بینش‌های «ما» در این موضوع قرار گرفته بود، از

[1] Zaher Hani [2] Xiao Ma [3] Oscar Lanford [4] Recollision

او دعوت کرد تا برای تبدیل شهودشان به یک اثبات ریاضی به آن‌ها کمک کند. این سه نفر امیدوار بودند روی سناریویی که بسیار مورد مطالعه قرار گرفته تمرکز کنند؛ سناریویی که در آن ریاضی‌دانان پیش از این گام دوم (گذار میان به درشت‌مقیاس) در مسئله ششم هیلبرت را اثبات کرده بودند. در این سناریو، یک گاز رقیق از ذرات کروی درون یک جعبه محبوس شده است. اگر ذره‌ای به یکی از دیواره‌های جعبه برخورد کند، از دیواره مقابل دوباره ظاهر می‌شود (که از آن به شرط مرزی دوره‌ای[5] یاد می‌شود).

اما برای اثبات گام دشوارترِ ریز به میان‌مقیاس در این شرایط - و درنتیجه حل مسئلهٔ ششم هیلبرت - دِنگ، هانی و «ما» باید تکنیک‌های مبتنی بر موج خود را به ذرات منتقل می‌کردند. آن‌ها با گازی کار کردند که ذرات آن به‌طور تصادفی در یک فضای بی‌نهایت توزیع شده است؛ برخلاف ذراتِ گازِ درون جعبه که برای همیشه به برخورد با یکدیگر ادامه می‌دهند، این ذرات در نهایت پراکنده شده و از برخورد باز می‌ایستند. این سه ریاضی‌دان ابتدا باید الگوهای مختلفِ برخوردهایی را که ممکن بود در گازشان رخ دهد، و همچنین احتمال وقوع هر یک از آن الگوها را دسته‌بندی و جدول‌بندی می‌کردند. آن‌ها می‌توانستند سناریوهایی را که دارای نرخِ به‌ویژه بالایی از برخوردهای مجدد بودند، کنار بگذارند. این کار تعداد متناهی، اما همچنان بسیار زیادی از الگوها را برای تحلیل باقی گذاشت - که هر کدام شامل زیرمجموعهٔ خاصی از ذرات بود که با ترتیب مشخصی با هم برخورد می‌کردند. وقتی آن‌ها دقیقاً متوجه می‌شدند که هر الگو شامل چه اتفاقاتی است، می‌توانستند از آن اطلاعات برای تخمین احتمال وقوع آن استفاده کنند.

آن‌ها تکنیک خود را با دقت چنان طراحی کرده بودند که با بررسیِ تنها چند موج در یک زمان، همچنان می‌توانستند تخمین خوبی برای احتمال وقوعِ الگوی موجیِ کامل‌تر و پیچیده‌تر به دست آورند و امیدوار بودند که همین ایده در بستر ذرات نیز کارساز باشد. اما پس از برخورد، رفتار ذرات بسیار متفاوت از امواج است. برای مثال، ذرات برخلاف امواج، پس از برخورد به یکدیگر بازتابیده می‌شوند (پس‌زده می‌شوند) که این موضوع، الگوی نهاییِ برخوردها و احتمال وقوع آن را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. دِنگ، هانی و «ما» باید جزئیات استراتژی خود را از ابتدا بازنگری و اصلاح می‌کردند. در ابتدا، آن‌ها به سراغ ساده‌ترین حالت‌ها رفتند؛ حالت‌هایی که در آن‌ها هر ذره در یک بازهٔ زمانی بسیار کوتاه تنها چند بار برخورد می‌کند و هیچ برخورد مجددی رخ نمی‌دهد. سپس به‌تدریج به سراغ حالت‌های دشوارتر و دشوارتر رفتند — بازه‌های زمانی طولانی‌تر، با برخوردها و برخوردهای مجدد بیشتر.

این کار به همان اندازه که علم بود، هنر نیز بود. آن‌ها باید به درکی از این موضوع می‌رسیدند که چگونه الگوهای بزرگ و پیچیدهٔ برخورد ذرات را به گونه‌ای خرد و تقسیم کنند که محاسباتشان ساده شود، درحالی‌که تخمین‌هایشان همچنان بسیار دقیق باقی بماند. طولی نکشید که آنها نتیجهٔ خود را از حالت فضای بی‌نهایت به حالت محبوس در جعبه بسط دادند. در ماه مارس ۲۰۲۵، مقالهٔ جدیدی [۶] منتشر کردند که اثباتشان را با نتایج پیشین - که معادلهٔ بولتزمان را به معادلات ناویه-استوکس مرتبط می‌کرد - ترکیب می‌کرد. زنجیرهٔ منطقی کامل شده بود: نشان داده بودند که برای یک مدل واقع‌گرایانه از گاز، توصیف ریزمقیاس ذرات منفرد، در نهایت واقعاً به یک توصیف درشت‌مقیاس از رفتارِ مقیاسِ بزرگِ گاز منجر می‌شود. این کار تنها به‌معنای حل یک حالت مهم از مسئلهٔ ششم هیلبرت نبود، بلکه حل دقیق و ریاضیاتیِ یک پارادوکس قدیمی را نیز به همراه داشت. در مقیاس میکروسکوپی، جایی که ذرات مانند توپ‌های بیلیارد رفتار می‌کنند، زمان برگشت‌پذیر است. معادلات نیوتن پیش‌بینی می‌کنند که یک ذره از کجا آمده و به کجا می‌رود. در این مقیاس، آینده تفاوت بنیادینی با گذشته ندارد.

اما در سطوح میان‌مقیاس و درشت‌مقیاس هیچ بازگشتی در زمان وجود ندارد چرا که با حرکت رو به جلو در زمان، انسان پیر می‌شود؛ گرما خودبه‌خود از جسم سرد به جسم گرم منتقل نمی‌شود؛ یک قطره جوهر در یک لیوان آب پخش می‌شود و مایع را تیره می‌کند، اما خودبه‌خود به شکل کوچک و گردِ اولیهٔ خود بازنمی‌گردد. نه معادلهٔ بولتزمان و نه معادلات ناویه–استوکس، هیچ‌کدام از نظر زمانی برگشت‌پذیر نیستند؛ اگر سعی کنید زمان را به عقب برگردانید، نتایج نامعقول و بی‌معنی خواهند بود. برای هم‌عصران بولتزمان، این موضوع گیج‌کننده بود. چگونه می‌شد یک معادلهٔ برگشت‌ناپذیرِ زمانی را از یک سیستم دارای برگشت‌پذیری زمانی استخراج کرد؟ اما بولتزمان استدلال می‌کرد که هیچ پارادوکسی در کار نیست: حتی اگر تک‌تک ذرات را بتوان به روشی برگشت‌پذیرِ زمانی مدل‌سازی کرد، تقریباً همهٔ الگوهای برخورد در نهایت به پراکنده شدنِ گاز ختم می‌شوند. برای مثال، احتمال اینکه یک گاز به‌طور ناگهانی منقبض و متراکم شود،آنقدر ناچیز است که برآوردی از زمان وقوع آن نیاز به عمر عالم دارد. لانفورد پیش‌تر این شهود را از نظر ریاضیاتی برای بازه زمانیِ بسیار کوتاه خود تأیید کرده بود. اکنون نتیجهٔ دنگ، هانی،

[5] Periodic Boundary Condition

و «ما» این موضوع را برای شرایط واقع‌گرایانه‌تری تأیید می‌کند.

در ادامه، ریاضی‌دانان - که هنوز در حال بررسی دقیقِ جزئیات این اثبات جدید هستند – می‌خواهند بررسی کنند که آیا تکنیک‌های مشابه ممکن است در زمینه‌های دیگر و حتی واقع‌گرایانه‌تر نیز مفید باشند یا خیر. این موارد می‌تواند شامل گازهایی باشد که از ذراتی با اشکال متفاوت تشکیل شده‌اند، یا ذراتی که به روش‌های پیچیده‌تری با یکدیگر برهم‌کنش دارند.

اثبات ریاضیِ این زنجیره، علاوه بر اهمیت ساختاری، تبیینی دقیق برای یک پارادوکس قدیمی فیزیک یعنی «پارادوکس برگشت‌پذیری زمانی» ارائه می‌دهد. در مقیاس مقیاس‌کوچک، معادلات حرکت نیوتن نسبت به معکوس شدن زمان متقارن و برگشت‌پذیرند. اما در سطوح میان‌مقیاس و درشت‌مقیاس فرایندهایی مانند پخش شدن جوهر در آب یا انتقال گرما برگشت‌ناپذیرند و آنتروپی سیستم طبق قانون دوم ترمودینامیک افزایش می‌یابد. دستاورد ریاضی جدید به‌طور صلب نشان می‌دهد که چگونه یک رفتار برگشت‌ناپذیرِ درشت‌مقیاس به‌طور طبیعی از یک سیستمِ در مبنا برگشت‌پذیرِ نیوتنی در زمان‌های طولانی استخراج می‌شود.

با این حال، در تحلیل فیزیکی این اثبات، باید به دامنهٔ اعتبار و محدودیت‌های آن توجه داشت [۶]:

۱ مفهوم زمان برخورد در برابر زمان آزاد میانگین: در فیزیک آماری، زمان برخورد مدت‌زمانی است که دو مولکول در فاز برخورد و تحت تأثیر نیروی متقابل یکدیگر قرار دارند. زمان آزاد میانگین ، میانگین زمان بین دو برخورد پیاپی برای یک مولکول است. در اکثر گازهای رقیق واقعی، فرض اساسیِ سازگار با تجربه این است که زمان برخورد بسیار کوچک‌تر از زمان آزاد میانگین باشد.

۲ محدودیت مدل ذرات سخت[۶]: اثبات ریاضی دنگ، هانی و ما به‌طور خاص برای مدل «کره‌های سخت» انجام شده است. از نظر فیزیکی، زمان برخورد برای کره‌های سخت صفر فرض می‌شود؛ بنابراین، فرض فیزیکیِ رقیق بودن گاز به‌طور بسیار قوی در این سیستم برقرار است.

۳ عدم تعمیم مستقیم به پتانسیل‌های واقعی: در گازهای واقعی، مولکول‌ها نقاط مادی با برخورد آنی نیستند، بلکه از طریق پتانسیل‌های نرم‌تر و دوربردتر (مانند پتانسیل لنارد-جونز) با یکدیگر برهم‌کنش دارند. در این حالت، زمان برخورد غیرصفر است و دینامیک سیستم پیچیدگی‌های بیشتری دارد. از این رو، هرچند دستاورد اخیر گامی بزرگ در فیزیک ریاضی است، اما اثبات آن برای حالت‌های عمومی‌تر با پتانسیل‌های فیزیکی واقعی همچنان به‌عنوان یک مسئله باز پژوهشی مطرح است.

[1] Tristan Buckmaster, Pierre Germain, Zaher Hani, and Jalal Shatah. Onset of the wave turbulence description of the longtime behavior of the nonlinear Schrödinger equation. *Inventiones mathematicae*, 225(3):787–855, 2021.

[2] Yu Deng and Zaher Hani. On the derivation of the wave kinetic equation for NLS. In *Forum of Mathematics, Pi*, volume 9, page e6. Cambridge University Press, 2021.

[3] Yu Deng and Zaher Hani. Full derivation of the wave kinetic equation. *Inventiones mathematicae*, 233(2):543–724, 2023.

4] Yu Deng and Zaher Hani. Long time justification of wave turbulence theory. *arXiv preprint arXiv:2311.10082*, 2023.

[5] Yu Deng, Zaher Hani, and Xiao Ma. Long time derivation of the Boltzmann equation from hard sphere dynamics. *arXiv preprint arXiv:2408.07818*, 2024.

[6] Yu Deng, Zaher Hani, and Xiao Ma. Hilbert's sixth problem: derivation of fluid equations via Boltzmann's kinetic theory. *arXiv preprint arXiv:2503.01800*, 2025.

[7] David Hilbert. Mathematical problems. *Bull. Amer. Math. Soc.*, pages 437—479, 1902.

[8] Mehran Kardar. *Statistical physics of particles*. Cambridge University Press, 2007.

[9] Oscar E Lanford III. Time evolution of large classical systems. In *Dynamical Systems, Theory and Applications: Battelle Seattle 1974 Rencontres*, pages 1–111. Springer, 2005.

[10] Laure Saint-Raymond. *Hydrodynamic limits of the Boltzmann equation*. Number 1971. Springer Science & Business Media, 2009.

* دانشکده ریاضی، انشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان

**دانشکده فیزیک، دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان

[6] Hard Spheres

بیانیهٔ لایدن دربارهٔ هوش مصنوعی و ریاضیات

ترجمه و مقدمه: حسن ملکی *

نسخهٔ رسمی: Leiden Declaration on Artificial Intelligence and Mathematics

شناسهٔ دیجیتال: doi:10.5281/zenodo.20302944

مقدمهٔ مترجم

بیانیهٔ لایدن را باید یکی از نخستین کوشش‌های منسجم جامعهٔ جهانی ریاضیات برای اندیشیدن جمعی به نسبت میان هوش مصنوعی و آیندهٔ پژوهش ریاضی دانست. اهمیت این متن در آن است که نه از موضع انکار فناوری سخن می‌گوید و نه شیفتگی بی‌چون‌وچرا در برابر آن را می‌پذیرد؛ بلکه می‌کوشد امکان‌های تازه را در کنار مسئولیت‌های تازه بنشاند. بیانیه از دل گفت‌وگوی ریاضی‌دانان، دانشمندان رایانه، فیلسوفان، مورخان علم، پژوهشگران علوم اجتماعی و سیاست‌گذاران پدید آمده و از این حیث، سندی صرفاً فنی یا صنفی نیست. تأیید رسمی آن از سوی اتحادیهٔ بین‌المللی ریاضی، جایگاه این متن را از یک اعلام موضع محدود فراتر برده و آن را به موضوعی درخور توجه برای همهٔ نهادهای علمی و آموزشی بدل کرده است. هستهٔ اصلی بیانیه این پرسش است که با ورود سامانه‌های مولد، اثبات‌یارها و ابزارهای خودکار به پژوهش، چگونه می‌توان درستی، شفافیت، انتساب، داوری مستقل و اعتبار معرفتی ریاضیات را پاس داشت. متن، به‌درستی یادآوری می‌کند که ریاضیات فقط انباشتی از قضایا و پاسخ‌ها نیست؛ فهم، داوری، تشخیص مسئلهٔ مهم و پرورش اجتماع انسانی ریاضی‌دانان نیز بخشی از ماهیت آن است. از سوی دیگر، این بیانیه خطرهای واقعیِ مقاله‌های ظاهراً قانع‌کننده اما نادرست، ارجاع‌های ناقص، بهره‌برداری بی‌اجازه از آثار علمی، تبلیغات اغراق‌آمیز و وابستگی نامتقارن دانشگاه به شرکت‌های فناوری را جدی می‌گیرد. شایان ذکر است که مخاطب آن تنها پژوهشگر منفرد نیست؛ انجمن‌های علمی، ناشران، نهادهای تأمین مالی، دولت‌ها و شرکت‌های هوش مصنوعی نیز هر یک مسئولیتی مشخص بر عهده دارند. برای جامعهٔ ریاضی ایران، انتشار و گفت‌وگو دربارهٔ این سند می‌تواند سرآغاز تدوین سیاست‌های روشن در زمینهٔ استفاده از هوش مصنوعی در تألیف، داوری، آموزش، پژوهش و انتشار آثار ریاضی باشد. ترجمهٔ حاضر با وفاداری به ساختار، معنا و لحن نسخهٔ رسمی فراهم شده است تا زمینه‌ای برای بحثی سنجیده، نقادانه و در عین حال آینده‌نگر در میان ریاضی‌دانان ایرانی فراهم آورد. لازم به ذکر است در فرایند ترجمهٔ این بیانیه، مترجم از ابزارهای هوش مصنوعی به‌عنوان دستیار زبانی بهره گرفته است؛ بااین‌همه، انتخاب معادل‌ها، بازبینی نهایی و مسئولیت کامل متن بر عهدهٔ مترجم است.

متن بیانیه

دیباچه

تحولات فناورانه بارها شیوهٔ عمل در ریاضیات را دگرگون کرده‌اند. فناوری‌های تازهٔ هوش مصنوعی، از جمله روش‌های نمادین و عصبی برای تولید و صورت‌بندی صوری ریاضیات، چه‌بسا از هم‌اکنون فصل مهمی را در این تاریخ طولانی آغاز کرده باشند.

هوش مصنوعی در میان پژوهشگران واکنش‌های بسیار متفاوتی برانگیخته است: شور و اشتیاق نسبت به ظرفیت آن برای دست‌یابی به کشف‌های تازه؛ بیم و احساس ناتوانی در برابر شتاب تحولات؛ بی‌اعتنایی به این دگرگونی‌های سریع؛ و نگرانی از پیامدهای آن، هم برای ریاضیات و هم برای جامعه در معنای گسترده‌تر.

ریاضی‌دانان می‌توانند دربارهٔ اینکه آیا هوش مصنوعی را در پژوهش خود به کار گیرند و، در صورت استفاده، چگونه آن را به کار بندند، تصمیم بگیرند. با این حال، آنان مسئولیت دارند که تداوم شکوفایی این رشته را نیز تضمین کنند. این بیانیه از ریاضی‌دانان می‌خواهد که این مسئولیت را به‌جا آورند و توصیه‌هایی را برای افراد، مؤسسات، دولت‌ها و صنعت ارائه می‌کند.

هرچند دیدگاه اصلی ما معطوف به پژوهش ریاضی است، بخش بزرگی از آنچه می‌گوییم به دیگر جنبه‌های ریاضیات نیز مربوط می‌شود؛ از جمله فعالیت در قلمرو گسترده‌تر علوم ریاضی،

آموزش، راهنمایی و پرورش پژوهشگران، انتشار علمی، تأمین مالی، سیاست‌گذاری علم و کاربرد ریاضیات در جهان پیرامون.

این بیانیه با احساس همبستگی نسبت به دیگر کوشش‌های پژوهشی و حرفه‌های خلاقی تدوین شده است که، چه در دانشگاه و چه بیرون از آن، با چالش‌هایی مشابه روبه‌رو هستند. بیانیهٔ حاضر مکمل دیگر فراخوان‌های عملی، از جمله «آیین‌نامهٔ اخلاقی اوپسالا برای دانشمندان»، «بیانیهٔ سان‌فرانسیسکو دربارهٔ ارزیابی پژوهش»، «توصیه‌نامهٔ یونسکو دربارهٔ علم باز» و «آیین‌نامهٔ اخلاقی همگانی بریتانیا برای دانشمندان» است.

کمیتهٔ انتشارات اتحادیهٔ بین‌المللی ریاضی، انجمن ریاضیات صنعتی و کاربردی و انجمن ریاضی آمریکا نیز مطالب مرتبطی در این زمینه منتشر کرده‌اند.

دربارهٔ ارزش‌های ما

توصیه‌های ما بر ارزش‌هایی استوار است که آن‌ها را از ویژگی‌های بنیادین پژوهش ریاضی می‌دانیم و همگی در حفظ آن‌ها منفعت و مسئولیتی مشترک داریم. از جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. انگیزه‌های پرداختن به پژوهش ریاضی بسیار متنوع‌اند؛ از کنجکاوی فکری گرفته تا خواستِ حل مسائل عملی و اجتماعی. با این همه، فعالیت اثبات در بخش بزرگی از ریاضیات جایگاهی بنیادی دارد. اثبات‌های ریاضی بالاترین درجهٔ اطمینان را به نتیجه‌های خود می‌بخشند و، هم‌زمان، روشن می‌کنند که چرا آن نتیجه‌ها درست‌اند. این ویژگی‌های اثبات، پشتوانهٔ سلامت و درست‌کاری علمی در ریاضیات‌اند.

۲. نتیجه‌های ریاضی به پدیدآورندگان معینی انتساب می‌یابند؛ کسانی که اعتبار کشف را دریافت می‌کنند و مسئولیت درستی آن را نیز بر عهده می‌گیرند. این اصول، مبنای معیارهای شایسته‌سالارانه‌ای هستند که در پژوهش ریاضی در پی تحقق آن‌ها هستیم.

۳. استدلال‌های ریاضی شفاف و در معرض بررسی مستقل دانسته می‌شوند. ممکن است این استدلال‌ها بسیار طولانی یا دشوار باشند، اما در اصل نباید برای فهم آن‌ها به دانشی انحصاری یا تجهیزات اختصاصی نیاز باشد.

۴. ریاضی‌دانان نسبت به ارزیابی درست آثار ریاضی، بر پایهٔ معیارهای مشترکی چون عمق، دشواری و اهمیت، دغدغه‌ای مشترک دارند.

۵. ریاضیات تنها مجموعه‌ای از نتایج تولید نمی‌کند؛ بلکه در میان اجتماعات ریاضی‌دانانی که این نتایج را شکل داده‌اند، فهم، وضوح و قدرت داوری نیز پدید می‌آورد؛ اجتماعاتی که غالباً در بستر پژوهش‌هایی با جهت‌گیری مستقل و خودآیین پرورش یافته‌اند. این دانش تخصصی هم برای استفادهٔ مؤثر از ریاضیات ضروری است و هم برای آن‌که بتوان پرسش‌های پژوهشی تازه و مهم را همچنان صورت‌بندی کرد.

یکی از سرچشمه‌های دیرپای قدرت این رشته، استقلال آن در تعیین جهت پژوهش و انتخاب روش‌های پیگیری مسائل بوده است. این ویژگی‌های ریاضیات به‌عنوان یک موضوع علمی، با فهم ریاضیات به‌مثابه کنشی انسانی و با توجه به جایگاه آن در جهان نیز سازگارند. ما، هم در مقام ریاضی‌دان و هم به‌عنوان ساکنان جهانی مشترک، وظیفه داریم از دیگر انسان‌ها و محیط‌زیست خود مراقبت کنیم.

تهدیدهای بالقوه

تحولات اخیر هوش مصنوعی هر یک از این ارزش‌ها را تهدید می‌کنند؛ تهدیدهایی که در بسیاری از موارد، دانشجویان و ریاضی‌دانان آغازِ مسیر حرفه‌ای را به‌طور نامتناسب تحت تأثیر قرار می‌دهند و، از همین رو، آیندهٔ بلندمدت این رشته را نیز در معرض خطر می‌گذارند.

۱. روش‌های خودکار کنونی می‌توانند استدلال‌هایی ظاهراً پذیرفتنی اما نامطمئن، و حتی نادرست، تولید کنند؛ استدلال‌هایی که تشخیص آن‌ها از اثبات‌های صحیح ریاضی دشوار است. این مسئله تنها به استدلال‌های غیرصوری محدود نمی‌شود و صورت‌بندی‌های صوری را نیز دربرمی‌گیرد؛ زیرا در آنجا دشواری اصلی در ترجمه میان بازنمایی رایانه‌ای مفاهیم و شیوهٔ ارائهٔ انسانی آن‌ها نهفته است.

این تحولات پرشتاب، نظام کنونی داوری ما را زیر فشاری فزاینده قرار می‌دهند و توانایی ما را برای اجرای معیارهای سنتیِ درستی، شفافیت و وارسی مستقل اثبات به مخاطره می‌اندازند.

۲. فناوری‌هایی که به‌گونه‌ای گسترده از میراث مشترک و منتشرشدهٔ ریاضیات بهره می‌گیرند، نظام سنتی انتساب را تضعیف می‌کنند. مدل‌هایی که با آثار منتشرشدهٔ آموزش

دیده‌اند، غالباً خروجی‌هایی عرضه می‌کنند که به آثار انسانیِ مبنای ترکیب و تولید آن‌ها ارجاعی شایسته نمی‌دهند. افزون بر این، بسیاری از مدل‌های کنونی بر داده‌هایی ساخته شده‌اند که از راه بهره‌برداری نظام‌مند از مجوزها و ترتیبات دسترسی‌ای به دست آمده‌اند که اساساً با درنظرگرفتن هوش مصنوعی تدوین نشده بودند؛ یا حتی در برخی موارد، با نقض آشکار حمایت‌های حقوق مؤلف گردآوری شده‌اند.

۳. فناوری‌هایی که شیوهٔ عمل در ریاضیات را تغییر می‌دهند، ممکن است نظام انگیزشی کنونی را نیز برهم زنند. چه‌بسا استفاده از هوش مصنوعی، و در نتیجه نوع مسائلی که این فناوری قادر به پرداختن به آن‌هاست، به خودی خود به امتیاز و انگیزه‌ای مستقل تبدیل شود و سازوکارهای استخدام، تأمین مالی و به‌رسمیت‌شناختن دستاوردها را مختل کند.

این وضعیت به زیان پژوهشگرانی است که به این فناوری‌ها یا فرایندهای تصمیم‌گیری مرتبط با آن‌ها دسترسی ندارند، یا مایل نیستند از ابزارهایی استفاده کنند که در اختیار سازمان‌هایی با ارزش‌های ناسازگار با ارزش‌های خودشان قرار دارند.

۴. اگر نتایج از طریق مجراهای غیررسمی، مانند بیانیه‌های خبری یا نوشته‌های وبلاگی، منتشر شوند و مقالهٔ پژوهشی یا اطلاعات لازم برای ارزیابی علمی در دسترس نباشد، ارزیابی درست به خطر می‌افتد. چنین رویه‌ای می‌کوشد نتایج تازه را بر اساس ضرب‌آهنگ بازار و پیش از آن‌که فرایندهای پذیرفته‌شدهٔ ارزیابی جمعی در ریاضیات مجال تحقق یابند، در معرض تبلیغ عمومی قرار دهد.

در بسیاری از موارد، این امر به ساده‌سازی‌های گمراه‌کننده در گزارش نتایج می‌انجامد؛ برای مثال، نقش ابزارهای خودکار بیش از اندازه برجسته می‌شود و سهم پیشین انسان‌هایی که اساس امکان‌پذیری آن ابزارها را فراهم کرده‌اند، کم‌ارزش جلوه می‌کند. چنین ساده‌سازی‌هایی ممکن است افکار عمومی را به‌گونه‌ای جهت دهند که نه‌تنها تصور جامعه از ریاضیات را مخدوش کند، بلکه برخی وظایف خاص ریاضی را نیز به‌شکلی گمراه‌کننده به‌عنوان معیاری برای سنجش توانایی عمومی استدلال در محصولات تجاری به کار گیرد.

۵. این تحولات، استقلال ریاضیات را تهدید می‌کنند. حضور فزایندهٔ شرکت‌های فناوری در پژوهش ریاضی این خطر را پدید می‌آورد که مسائل پژوهشی نه بر پایهٔ داوری تخصصی دربارهٔ اهمیت عمیق آن‌ها، بلکه به سبب سازگاری‌شان با ریاضیات خودکار در اولویت قرار گیرند. حتی ممکن است در فرایند خودکارسازی، فهم گسترده‌تر ما از حوزه برای همیشه از میان برود.

در شرایطی که بودجهٔ دانشگاه‌ها زیر فشار است، این بازآرایی، انگیزه‌های حرفه‌ای را نیز به‌گونه‌ای تغییر می‌دهد که پژوهشگران را به همکاری با شرکت‌های فناوری در چارچوب مناسباتی نامتقارن سوق می‌دهد. اگر این روندها مهار نشوند، پیامد آن‌ها از تهدید استقلال پژوهشگران فراتر خواهد رفت و دامنه و عمق خودِ پژوهش ریاضی را نیز دگرگون خواهد کرد.

همهٔ این چالش‌ها در زمانی پدید آمده‌اند که پیامدهای سرمایه‌گذاری کلان در هوش مصنوعی، از منظر جنگ، نظارت فراگیر، اخلال سیاسی و آسیب‌های زیست‌محیطی، به‌طور گسترده محل بحث‌اند. این پیامدها نگرانی‌های اخلاقی بسیار جدی برمی‌انگیزند. اگر اقدامی نکنیم، با این خطر روبه‌رو خواهیم شد که ناخواسته در حمایت از فناوری‌هایی سهیم شویم که بسیار فراتر از شیوهٔ عمل در ریاضیات، جامعه و جهان ما را تهدید می‌کنند.

ازاین‌رو، احساس می‌کنیم جامعهٔ ریاضی به پاسخی سنجیده و فوری نیاز دارد. آنچه در ادامه می‌آید، توصیف کوتاهی از توصیه‌های عملی است. ما انجمن‌ها و سازمان‌های حرفه‌ای را تشویق می‌کنیم که از این بیانیه حمایت کنند و متناسب با ارزش‌ها، اولویت‌ها و سازوکارهای حکمرانی خود، بندهایی بر آن بیفزایند.

توصیه‌هایی برای ریاضی‌دانان

استفاده از ابزارها را آشکارا اعلام کنید.

استفاده از ابزارهای خودکار، از جمله مدل‌های زبانی بزرگ، سامانه‌های یادگیری ماشین، دستیارهای اثبات و دیگر نرم‌افزارهای ریاضی را به‌صورت شفاف اعلام کنید.

در مقاله‌های خود بخشی با عنوان «بیانیهٔ استفاده از ابزارها و منابع محاسباتی» بگنجانید. بسیاری از مجلات، ناشران و سازمان‌های حرفه‌ای از هم‌اکنون دستورالعمل‌هایی در این زمینه تدوین کرده‌اند. هرچند صورت دقیق چنین بخشی ناگزیر در طول زمان تحول خواهد یافت، نویسندگان را تشویق می‌کنیم که به روح منعکس‌شده در «توصیه‌نامهٔ یونسکو دربارهٔ علم باز» و اصول FAIR وفادار بمانند. هنگام داوری نیز دستورالعمل‌های ناشر را رعایت کنید.

اگر استفاده از هوش مصنوعی مجاز است، با شفافیت توضیح دهید که آن را چگونه به کار برده‌اید و مسئولیت هر داوری یا توصیه مهمی را که ارائه می‌کنید، شخصاً بر عهده بگیرید.

نیازهای فرایند داوری را جدی بگیرید.

استفاده از هوش مصنوعی در آماده‌سازی مقاله‌ها ممکن است مطالبی وارد متن کند که کار داوری را دشوارتر سازد. با اعلام استفاده از ابزارها، ارائهٔ ارجاع‌های دقیق و کامل به نتایج پیشین و فراهم‌کردن اثبات‌های صوری در موارد ممکن و مناسب، بررسی کار خود را برای همکاران آسان‌تر کنید.

به اصول علم باز پایبند باشید.

جنبش بین‌المللی علم باز می‌کوشد پژوهش علمی را برای همگان شفاف و دسترس‌پذیر سازد. با وابستگی روزافزون پژوهش ریاضی به داده و نرم‌افزار، به اصول علم باز پایبند بمانید. در این زمینه، «توصیه‌نامهٔ یونسکو دربارهٔ علم باز» نیز شایان توجه است.

مسئولیت درستی را حفظ کنید.

هرگاه در پژوهش ریاضیِ منتشرشده از روش‌های خودکار استفاده می‌شود، مسئولیت درستی و کفایت استدلال‌ها و نتایج، و نیز کامل‌بودن و دقت ارجاع‌ها به آثار پیشین مرتبط، منحصراً بر عهدهٔ نویسندگان انسانی باقی می‌ماند.

انسانی‌بودن پدیدآوری اثر را تصریح کنید.

اعتبار و مسئولیت همچنان به انسان‌های عضو جامعهٔ ریاضی تعلق دارند و نباید به سامانه‌های خودکار واگذار شوند. هوش مصنوعی ممکن است کار جمعی انسان‌ها در پسِ یک نتیجه را پنهان کند، اما جایگزین آن نمی‌شود.

برای انتساب درست، فعالانه کوشش کنید.

محدودیت‌های شناخته‌شدهٔ ابزارهای خودکار در انتساب درست ایده‌ها، وظیفه‌ای متناسب بر دوش نویسندگان می‌گذارد: باید فعالانه در پی یافتن و اعتباردادن به سرچشمه‌هایی باشند که نتیجهٔ تازه را امکان‌پذیر کرده‌اند. هرگاه انتسابی رضایت‌بخش ممکن نباشد، این موضوع را به‌صراحت در اثر منتشرشده بیان کنید.

در گفت‌وگوی عمومی مشارکت کنید.

ریاضی‌دانان مسئولیت دارند از روزنامه‌نگاری علمی جدی حمایت کنند و با حضور در گفت‌وگوی عمومی، روش‌ها و نتایج یاری‌گرفته از هوش مصنوعی را توضیح دهند و در زمینهٔ مناسب قرار دهند. این مسئولیت به‌ویژه دربارهٔ کارهای مربوط به حوزهٔ تخصصی خود ما اهمیت دارد؛ زیرا برای ارزیابی ادعاهای مربوط به عمق، دشواری و اهمیت نتایج، دانش تخصصی ضروری است.

همچنین ریاضی‌دانان را تشویق می‌کنیم که فرصت‌های همکاری با پژوهشگران و صاحبان حرفه‌های خلاقی را که با چالش‌هایی مشابه روبه‌رو هستند، جست‌وجو کنند و از آنان حمایت به عمل آورند.

دربارهٔ فناوری‌های نوظهور آگاه بمانید.

متناسب با علایق و حوزهٔ پژوهشی خود، از توانایی ابزارهای رایانه‌یار ریاضی آگاه بمانید. چنین شناختی برای تصمیم‌گیری دربارهٔ چگونگی سازگارشدن رشتهٔ ما با فناوری‌های تازه، و نیز برای مشارکت در حکمرانی و گفت‌وگوی عمومی، اهمیت دارد.

از مشارکت‌کنندگان تازه استقبال کنید.

تلاقی رو به گسترش هوش مصنوعی و ریاضیات، همچنان پژوهشگرانی از رشته‌های دیگر را به این حوزه جذب می‌کند. ما از گسترش جامعهٔ خود و از تنوع مهارت‌ها و دیدگاه‌هایی که این مشارکت‌کنندگان به همراه می‌آورند استقبال می‌کنیم. جامعهٔ ریاضی را تشویق می‌کنیم که فعالانه با جامعهٔ گسترده‌تر وارد تعامل شود، معیارها و شیوه‌های خود را به‌صورت صریح و دسترس‌پذیر توضیح دهد و مسیرهایی برای مشارکت معنادار فراهم سازد. در مقابل، از کسانی که وارد حوزهٔ ما می‌شوند می‌خواهیم با احترام به ارزش‌های آن گام بردارند و، هم‌زمان، به ما در سازگارکردن و پرورش این ارزش‌ها یاری رسانند.

ابزارهای مورد استفاده را با دقت انتخاب کنید.

برخی ابزارهای خودکار و توسعه‌دهندگان آن‌ها با مفاد این بیانیه هم‌سو خواهند بود و برخی دیگر نه. هنگام تصمیم‌گیری دربارهٔ این‌که کدام ابزار را به کار گیرید، یا اساساً از ابزاری استفاده کنید یا نه، این نکته را در نظر داشته باشید. همچنین بیندیشید که آیا سامانه‌های غیرانحصاری، کم‌مصرف یا کوچک‌مقیاس برای کار شما کافی‌اند.

اگر پاسخ منفی است، بررسی کنید که آیا حفظ ارزش‌های بیان‌شده در این بیانیه ارزش آن را دارد که دست‌یابی به نتیجه با تأخیر همراه شود.

پیامدهای اخلاقی کار خود را بسنجید و متناسب با آن عمل کنید.

ریاضیات به پیدایش فناوری‌هایی انجامیده است که زندگی روزمرهٔ بسیاری از مردم را به‌طور چشمگیری بهبود بخشیده‌اند؛ با این حال، در توسعهٔ فناوری‌های مورد استفاده در جنگ، سرکوب، نظارت فراگیر و تضعیف دموکراسی نیز کاربرد داشته است. تا آنجا که در توان دارید، پیامدهای اخلاقی پژوهش خود را ارزیابی کنید و، در صورت لزوم، از کار زیان‌بار کناره بگیرید. تنها وارد همکاری‌های بیرونی‌ای شوید که ارزش‌های بیان‌شده در این بیانیه را محترم می‌شمارند.

توصیه‌هایی برای سازمان‌های ریاضی و نهادهای غیرانتفاعیِ تأمین مالی پژوهش

تخصص ایجاد کنید و راهبردی بیندیشید.

سازمان‌های حرفه‌ای باید تحولات فنی را به‌دقت دنبال کنند و در ارائهٔ توصیه‌های آگاهانه به اعضای خود و جامعهٔ گسترده‌تر، رویکردی فعال داشته باشند. این سازمان‌ها باید برای هدایت سیاست‌گذاری در نشر دانشگاهی، نهادهای تأمین مالی و دولت با یکدیگر همکاری کنند. همچنین لازم است از پیش آمادگی داشته باشند تا هرگاه ادعای دست‌یابی به نتیجه‌ای بزرگ در ریاضیات از راه‌های نامتعارف مطرح شد، نقشی مؤثر ایفا کنند.

در سیاست‌گذاری برای انتشار و داوری پیشگام باشید.

سازمان‌های حرفه‌ای ریاضی باید در تدوین دستورالعمل‌های مربوط به استفاده از روش‌های خودکار در انتشار و داوری نقشی پیشرو بر عهده گیرند. این دستورالعمل‌ها می‌توانند، برای مثال، اعلام استفاده از ابزارها و منابع محاسباتی، انتساب، قواعد مربوط به نویسندگی و آیین‌نامه‌های رفتاری سازگار با ارزش‌های ریاضیات را دربرگیرند. چنین سیاست‌هایی باید تکمیل‌کننده و پشتیبان دستورالعمل‌هایی باشند که ناشران و مجلات در حال تدوین آن‌ها هستند.

معیارهای دقت و استحکام را حفظ کنید.

در هنگام تدوین سیاست‌ها، باید اصرار شود که نتایج حاصل از روش‌های خودکار با معیارهایی سنجیده شوند که خطرهای ویژهٔ این روش‌ها را در نظر می‌گیرند. این معیارها ممکن است شامل الزام به ارائهٔ توضیح انسانی از استدلال‌های مرکزیِ حاصل از ابزارهای خودکار، درخواست وارسی صوری در موارد مناسب، تطبیق متقابل نتایج نظری و محاسباتی، یا ارزیابی بیرونی پیش از ارسال مقاله باشند.

از حقوق پدیدآورندگان حمایت کنید.

ریاضیات خودکار چالش‌های تازه‌ای برای حقوق پدیدآورندگان ایجاد می‌کند و انجمن‌ها باید در تدوین نمونه‌قراردادهای مجوزدهی برای حفاظت از این حقوق پیش‌قدم شوند. به‌طور مشخص، هیچ اثری نباید بدون رضایت صاحب آن به‌عنوان دادهٔ آموزشی به کار رود و قراردادهای نشر باید به نویسندگان اجازه دهند استفاده از آثارشان را برای چنین مقاصدی نپذیرند.

بر انتشار در مجراهای علمی مناسب پافشاری کنید.

اصرار کنید که نتایج ریاضی همچنان در مجراهای دارای داوری همتا، مانند مجلات، مجموعه‌مقالات و کتاب‌ها، منتشر شوند. سازوکارهای غیررسمی، از جمله بیانیه‌های خبری و نوشته‌های وبلاگی، می‌توانند نقشی پشتیبان و ارزشمند داشته باشند، اما جایگزین داوری همتا یا بررسی جمعی جامعهٔ علمی نیستند.

از آزمایشگاه‌های پژوهشی عمومی حمایت کنید.

از ایجاد آزمایشگاه‌های پژوهشی دانشگاهی، ملی یا بین‌المللی برای مطالعهٔ ریاضیات خودکار حمایت کنید؛ آزمایشگاه‌هایی که از نظر اداری و مالی از صنعت مستقل باشند. همچنین از به‌کارگیری فناوری‌های کم‌نیازتر از حیث منابع که برای پژوهشگران منفرد دسترس‌پذیرند، پشتیبانی کنید.

چارچوب‌هایی برای همکاری فراهم آورید.

ریاضی‌دانان و سازمان‌های دانشگاهی در همکاری با صنعت، غالباً با نابرابری در قدرت چانه‌زنی و نیز دسترسی نامتقارن به حمایت‌های حرفه‌ای، مانند منابع حقوقی یا مشاورهٔ مالکیت فکری، روبه‌رو هستند. با فراهم‌کردن دسترسی به نمایندگی و مشاورهٔ حقوقی، و با تسهیل تدوین آیین‌نامه‌های حرفه‌ای، از پژوهشگران در چنین همکاری‌هایی حمایت کنید.

تأمین مالی را با ارزش‌ها هم‌سو کنید.

هم‌سویی با ارزش‌های این بیانیه باید در ارزیابی و تأمین مالی پروژه‌هایی که متضمن همکاری میان دانشگاهیان و شرکای صنعتی‌اند، مورد توجه قرار گیرد.

توصیه‌هایی برای سیاست‌گذاران دولتی و دیگر نهادهای سیاست‌گذار

از حقوق پدیدآورندگان حمایت کنید.

حمایت‌های قانونی از پدیدآورندگان را، در راستای این بیانیه، تقویت کنید.

فریب هیاهوی تبلیغاتی را نخورید.

در حال حاضر، صنعت فناوری انگیزهٔ تجاری نیرومندی برای بزرگ‌نمایی توانایی محصولات خود دارد. در تصمیم‌گیری‌های سیاستی، به‌جای تکیه بر بیانیه‌های خبری یا گزارش‌های عمومی دربارهٔ نتایج ریاضی، با متخصصان، از جمله ریاضی‌دانان، مشورت کنید.

صنعت هوش مصنوعی را تنظیم‌گری کنید.

تحولات اخیر همچنان نشان می‌دهند که تنظیم‌گری صنعت فناوری از منظر منافع عمومی ضرورتی جدی است؛ برای مثال، در ارتباط با مشارکت در برنامه‌های نظامی و نظارت فراگیر، توسعهٔ فناوری‌های ترویج‌کنندهٔ اطلاعات نادرست و تضعیف‌کنندهٔ دموکراسی، و نیز هزینه‌های زیست‌محیطی. ما نیز هم‌صدا با دیگران خواهان افزایش چشمگیر نظارت عمومی هستیم.

در زیرساخت محاسباتی عمومی سرمایه‌گذاری کنید.

رویدادهای کنونی نیاز به جایگزین‌های عمومی برای فناوری‌های انحصاری را آشکار ساخته‌اند؛ از خدمات پایه برای همکاری برخط گرفته تا خوشه‌های رایانشی مورد نیاز در مدل‌سازی ریاضی و کاربردهای یادگیری ماشین. ما از تأمین مالی زیرساخت‌های عمومی در سطوح دانشگاهی، ملی و بین‌المللی حمایت می‌کنیم.

توصیه‌هایی خطاب به صنعت تجاری هوش مصنوعی

جامعهٔ ریاضی در سیاست‌گذاری دانشگاهی و عمومی جایگاهی به‌رسمیت‌شناخته‌شده دارد، اما در تصمیم‌گیری‌های شرکتی که نقشی فزاینده در رشتهٔ ما ایفا می‌کنند، از جایگاهی مشابه برخوردار نیست. با این حال، تحولات اخیر، آثار و فعالیت‌های ریاضی را از چند جهت به کوشش‌های صنعتی هوش مصنوعی پیوند زده‌اند. یکی از این جهت‌ها، استفاده از ریاضیات برای تبلیغ توانایی سامانه‌های تجاری هوش مصنوعی در ارتباطات عمومی و کارزارهای روابط عمومی است.

جهت دیگر آن است که توسعه‌دهندگان هوش مصنوعی، به‌طور فزاینده، از انتشارات ریاضی و کتابخانه‌های صوری ریاضیات به‌عنوان منابع دادهٔ آموزشی استفاده کرده‌اند؛ نه‌فقط برای مدل‌های تخصصی ریاضی، بلکه برای سامانه‌های هوش مصنوعی با کاربرد عمومی.

آنچه در حال حاضر ریاضیات را برای توسعهٔ هوش مصنوعی عمومی جذاب می‌کند، این است که درستی اثبات‌های صوری را می‌توان بدون نیاز به نظارت انسانی به‌طور خودکار بررسی کرد. بدین ترتیب، می‌توان شمار بسیار زیادی مسئله، چه ساختهٔ انسان و چه تولیدشده به‌وسیلهٔ رایانه، ایجاد و وارسی کرد و منبعی عملاً نامحدود از بازخورد برای آموزش مدل‌های هوش مصنوعی فراهم آورد.

توجیه این راهبرد غالباً بر فرض دیگری نیز استوار است: این‌که توانایی‌هایی که از رهگذر اثبات قضیه‌های ریاضی به دست می‌آیند، به استدلال عمومی در حوزه‌های گسترده‌تر نیز تعمیم خواهند یافت. برخی از مدل‌های عمومیِ حاصل، برای کاربردهایی تجاری می‌شوند که نگرانی‌های اخلاقی بسیار جدی برمی‌انگیزند؛ از جمله همان مواردی که پیش‌تر نام بردیم: جنگ، سرکوب، نظارت فراگیر و تضعیف دموکراسی.

ما اذعان داریم که صنعت، مشاغل پردرآمد، پاداش‌های مالی، منابع محاسباتی و فرصت‌های فکری جذابی عرضه کرده است که برای برخی ریاضی‌دانان مطلوب بوده‌اند. این امر در دوره‌ای رخ داده است که آموزش عالی با کمبود بودجه و اشتغال دانشگاهی با ناامنی و بی‌ثباتی روبه‌رو بوده است.

همچنین می‌پذیریم که بسیاری از ریاضی‌دانان انتظار نداشتند کارشان با پیامدهای اجتماعی و اخلاقیِ چنین گسترده‌ای درهم‌تنیده شود، یا در سامانه‌هایی به کار رود که اهداف آن‌ها ممکن است برای ایشان عمیقاً نگران‌کننده باشد.

ما از همکاری‌های میان ریاضی‌دانان و صنعت می‌خواهیم دست‌کم به معیارهایی پایبند باشند که از همکاران خود انتظار داریم و در سراسر این بیانیه توضیح داده شده‌اند. چنین همکاری‌هایی باید آزادی وجدان کارکنان و مشارکت‌کنندگان را برای سخن‌گفتن آشکار

دربارهٔ سیاست‌ها و اولویت‌های شرکتی محترم بشمارند.

اعضای گروه کاری تدوین بیانیه

- Jarod Alper، دانشگاه واشینگتن
- Michael Barany، دانشگاه ادینبرو
- Alain Chavarri Villarello، دانشگاه آزاد آمستردام
- Sander Dahmen، دانشگاه آزاد آمستردام
- Walter Dean، دانشگاه وارویک
- Karthik Ganapathy، دانشگاه کالیفرنیا، سن‌دیگو
- Michael Harris، دانشگاه کلمبیا
- David Holmes، دانشگاه لایدن
- Mateja Jamnik، دانشگاه کمبریج
- Steven Kelk، دانشگاه ماستریخت
- Bryna Kra، دانشگاه نورث‌وسترن
- Ursula Martin، دانشگاه آکسفورد
- Bartosz Naskręcki، دانشگاه آدام میتسکیه‌ویچ و دانشگاه فناوری ورشو
- Rodrigo Ochigame، دانشگاه لایدن
- Jim Portegies، دانشگاه فناوری آیندهوون
- Johannes Schmitt، مؤسسهٔ فناوری فدرال زوریخ

دربارهٔ شکل‌گیری بیانیه

در سپتامبر ۲۰۲۵، مرکز لورنتس در دانشگاه لایدن هلند میزبان همایشی با عنوان «مکانیزه‌سازی و پژوهش ریاضی» بود. حدود شصت شرکت‌کننده از ده کشور، شامل ریاضی‌دانان، دانشمندان رایانه، فیلسوفان، مورخان و پژوهشگران علوم اجتماعی و نیز افرادی با تجربهٔ فعالیت در صنعت و دولت، در این گردهمایی حضور داشتند.

در هشت ماه پس از این همایش، گروه کاری کوچک‌تری با دریافت بازخورد گسترده از جامعهٔ ریاضی، متن حاضر را تدوین کرد. این بیانیه بازتاب‌دهندهٔ وضعیت فناوری‌های هوش مصنوعی و شیوهٔ عمل در ریاضیات تا ماه مه ۲۰۲۶ است. هماهنگی گروه کاری بر عهدهٔ Jim Portegies بوده است.

یادداشت منبع

این ترجمه بر پایهٔ نسخهٔ رسمی منتشرشده در ۲ ژوئن ۲۰۲۶ در پایگاه بیانیهٔ لایدن و نسخهٔ ثبت‌شده در زنودو با شناسهٔ دیجیتال 10.5281/zenodo.20302944 تهیه شده است. اتحادیهٔ بین‌المللی ریاضی نیز در همان تاریخ حمایت رسمی خود را از این بیانیه اعلام کرده است.

متن اصلی: leidendeclaration.ai

نسخهٔ پایدار: doi.org/10.5281/zenodo.20302944

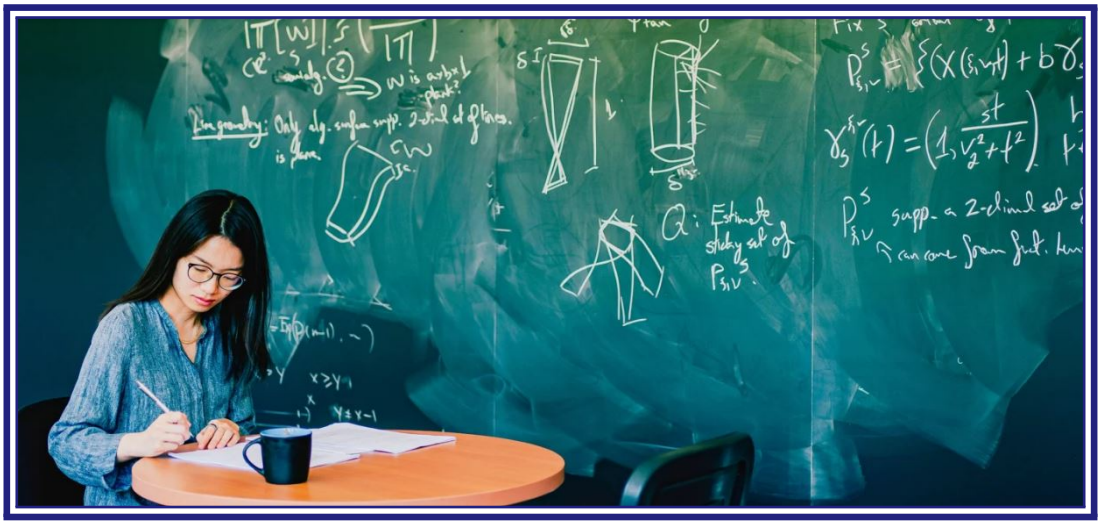
---

* دانشگاه ملایر

زیستن تمام‌قد در جهان ریاضیات
هونگ وانگ، مسئلهٔ کاکیا و سومین مدال فیلدز برای زنان

ترجمه و اقتباس: حسن ملکی*

بر پایهٔ گزارشی از ناتالی وولچوور در مجلهٔ کوانتا



هونگ وانگ در مؤسسهٔ IHES در فرانسه، هنگام کار روی مقاله‌ای تازه.

مقدمهٔ مترجم

گاهی یک زندگی علمی را می‌توان با نام چند قضیه و فهرستی از جایزه‌ها خلاصه کرد؛ اما این شیوه، درست همان چیزی را از دست می‌دهد که دانش را انسانی می‌کند: تردید، سماجت، انتخاب، ترس از اشتباه. لحظات طاقت‌فرسایی که در آن‌ها ذهن، پیش از آنکه چیزی را روی کاغذ بنویسد، بارها از نو آغاز می‌کند. گزارش ناتالی وولچوور[۱] دربارهٔ هونگ وانگ، تنها شرح یک برندهٔ مدال فیلدز یا یک اثبات تاریخی نیست؛ داستان کسی است که برای رسیدن به یقین، ناچار شد با شکل‌های عجیب، مخلوقات ریاضی خارق العاده، مقیاس‌های تودرتو و بیش از همه، با تردیدهای خودش زندگی کند. بخش جذاب این روایت آنجاست که یک پرسش هندسیِ ظاهراً ساده دربارهٔ حرکت سوزن روی کاغذ، میان آنالیز هارمونیک، نظریهٔ اندازهٔ هندسی و معادلات دیفرانسیل پلی می‌سازد. در اینجا ریاضیات مجموعه‌ای از فصل‌های جدا از هم نیست؛ زبانی است که شاخه‌های دورافتاده را به گفت‌وگو وامی‌دارد. کوشش من در این بازنویسی آن بوده است که هم مسیر زندگی وانگ روشن بماند و هم هستهٔ ریاضی مسئلهٔ کاکیا برای خواننده‌ای غیرمتخصص، اما جدی و کنجکاو، قابل لمس شود. در فرایند آماده‌سازی این نسخه، برای سنجش روانی برخی جمله‌ها، یک‌دست‌کردن واژگان و کنترل زبانی، از هوش مصنوعی به‌عنوان دستیار زبانی استفاده شده است. با این حال، انتخاب معادل‌ها، بازسازی نثر فارسی، سازمان‌دهی روایت و مسئولیت همهٔ خطاهای احتمالی بر عهدهٔ مترجم است.

مدالی که پس از یک اثبات صدوبیست‌وهفت‌صفحه‌ای، به دست آمد.

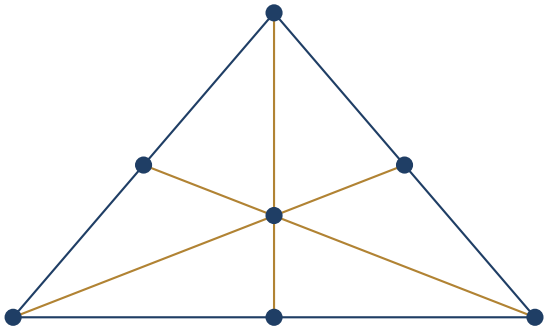
در فوریهٔ ۲۰۲۵، هونگ وانگ و جاشوا زال، اثباتی ۱۲۷صفحه‌ای را منتشر کردند که مسئله‌ای دیرپا را در سه‌بعد حل می‌کرد: حدس

[۱] ناتالی وولچوور، روزنامه‌نگار و نویسندهٔ علم در مجلهٔ معروف علمی کوانتا است. او بیش از یک دهه دربارهٔ فیزیک و ریاضیات نوشته و در سال ۲۰۲۲ جایزهٔ پولیتزر در گزارش‌گری توضیحی را دریافت کرده است. ویژگی برجستهٔ کار او، آمیختن دقت علمی با روایت انسانی است.

مجموعه‌های کاکیا. این مسئله در محل تلاقی چند قلمرو مهم ریاضیات قرار دارد و سال‌ها در برابر روش‌های شناخته‌شده مقاومت کرده بود. این اثبات، سرآغازِ زنجیره‌ای از جایزه‌ها برای وانگ بود: در سال ۲۰۲۵، جایزه‌های سالم، استروفسکی و طلای ریاضی کنگرهٔ ریاضیدانان چینی را از آنِ خود کرد؛ در نیمهٔ نخست ۲۰۲۶، مدال آنتونیو آمبروزتی، جایزهٔ سادوسکی، جایزهٔ پژوهشی کلی و جایزهٔ افق‌های جدید ریاضیات به او رسید؛ و سرانجام در ژوئیهٔ ۲۰۲۶، مدال فیلدز، والاترین نشان ریاضیات، که به ریاضی‌دانان زیر چهل‌سال اعطا می‌شود، به او تعلق گرفت. وانگِ ۳۵ ساله، استاد ریاضیات در دانشگاه نیویورک و مؤسسهٔ مطالعات علمی پیشرفتهٔ فرانسه (IHES)، سومین زن در تاریخ ۹۰ سالهٔ این جایزه است که به این افتخار دست یافته است. اثبات تازهٔ او، نه فقط به‌سبب طول و پیچیدگی، بلکه به‌دلیل پیوندزدن مجموعه‌ای بزرگ از ایده‌ها و فنون، به‌سرعت به رخدادی تعیین‌کننده در آنالیز و هندسه بدل شد. مقالهٔ اصلی وانگ و زال ثابت می‌کند هر مجموعهٔ کاکیا در فضای سه‌بعدی، هم بُعد مینکوفسکی و هم بُعد هاسدورف برابر با سه دارد؛ یعنی هرچند ممکن است حجم آن صفر باشد، از دید بُعدی نمی‌تواند چیزی کمتر از یک جسم سه‌بعدی باشد. در حال حاظر، وانگ استاد کرسی سیلور در مؤسسهٔ کورانت دانشگاه نیویورک و استاد دائمی مؤسسهٔ مطالعات علمی پیشرفتهٔ فرانسه، IHES، است. مدال فیلدزی که به نام او ثبت شد، تنها پاداش یک نتیجه نبود؛ اعتراف جامعهٔ ریاضی به مسیری بود که تحلیل هارمونیک، نظریهٔ اندازهٔ هندسی و هندسهٔ برخورد را دگرگون کرده بود. بااین‌همه، روایت وانگ از لحظهٔ اثبات، شبیه تصویرهای رایج از پیروزی نبود. او بیش از آنکه از نادرستی استدلال بترسد، نگران بود که نوشته روشن نباشد؛ اینکه ایده‌ای درست، زیر سنگینی بیان نامناسب پنهان شود. ماه‌ها متن را بررسی کردند و نسخه را برای چند همکار فرستادند. هنگامی که خطایی پیدا نشد و منطق اثبات به‌تدریج برای جامعه روشن شد، وانگ نیز به یقینی رسید که برایش از هیجان جایزه مهم‌تر بود: اکنون می‌شد با اطمینان گفت لوله‌هایی که در همهٔ جهت‌ها قرار گرفته‌اند، نمی‌توانند در فضای سه‌بعدی بیش از اندازه روی هم فشرده شوند.

کودکی در گویلین: هفت درخت در شش ردیف

وانگ در دههٔ ۱۹۹۰ در گویلین، شهری در جنوب چین، بزرگ شد؛ شهری شناخته‌شده با تپه‌های سبز و رودخانه‌ای که از میان آن می‌گذرد. پدر و مادرش هر دو معلم بودند، اما او از کودکی زیر فشار یک برنامهٔ سخت و از پیش نوشته‌شده قرار نداشت. کتاب می‌خواند، تلویزیون تماشا می‌کرد و تنیس روی میز و بدمینتون بازی می‌کرد. ریاضیات نیز در آغاز یکی از همین سرگرمی‌ها بود؛ با این تفاوت که هر کتاب تازه‌ای که به دستش می‌رسید، تمرین‌هایش را پیش از آغاز ترم تمام می‌کرد. یکی از معماهای کودکی‌اش می‌پرسید: هفت درخت را چگونه بکاریم تا بیشترین تعداد ردیف سه‌درختی به دست آید؟ پاسخ، آرایش مثلث متساوی‌الاضلاع است: سه درخت روی رأس‌ها، سه درخت در وسط ضلع‌ها و یکی در مرکز. در این حالت، شش خطِ سه‌نقطه‌ای شکل می‌گیرد. مسئله‌ای کوچک بود، اما درون‌مایه‌اش بعدها به قلب پژوهش وانگ بدل شد: هندسهٔ برخورد؛ اینکه نقطه‌ها، خط‌ها و شکل‌ها چگونه یکدیگر را قطع می‌کنند و چه اندازه می‌توانند روی هم بیفتند.



شکل ۲: آرایش هفت درخت در قالب یک مثلث متساوی‌الاضلاع. سه ضلع و سه میانه، شش ردیفِ سه‌درختی می‌سازند.

وانگ بعدها می‌گفت ریاضیات را به‌سبب ماندگاری‌اش دوست دارد. روایت تاریخ تغییر می‌کند؛ زبان‌ها از استثنا پر هستند؛ اما قضیه‌ای که درست اثبات شده باشد، با تغییر سلیقه یا زمان از حقیقت نمی‌افتد. این میل به قطعیت، در سراسر زندگی علمی او باقی ماند؛ گاهی نیروی محرک شد و گاهی سرچشمهٔ اضطراب برای او.

راهی که سر راست نبود.

ورود او به ریاضیات دانشگاهی یک خط صاف و بی‌مانع نبود. در سال ۲۰۰۷ نتوانست بالاترین نمرهٔ لازم برای تنها سهمیهٔ رشتهٔ ریاضی دانشگاه پکن از استان خود را به دست آورد و ابتدا در علوم زمین پذیرفته شد. همان‌جا استادی در ژئوفیزیک به او نشان داد که ریاضیات چگونه می‌تواند از امواج لرزه‌ای برای دیدن ساختار درون زمین استفاده کند. وانگ سرانجام توانست رشته‌اش را تغییر دهد. در آغاز، به‌نوعی از روی مخالفت با داوری پدرش، به جبر متمایل شد؛ پدر گفته بود آنالیز آسان‌تر است. اما مسیر بعدی نشان داد ذهن او با آنالیز، اندازه، تقریب و ساختارهای پیوسته سازگاری بیشتری دارد.

در سال ۲۰۱۱ به مدرسهٔ پلی‌تکنیک فرانسه رفت. درس‌ها به زبان فرانسوی بود، زبانی که در آغاز نمی‌دانست. از هم‌کلاسی‌ها می‌شنید، پرسش می‌کرد و آرام‌آرام زبان و ریاضیات را هم‌زمان پیش می‌برد. در دوره‌ای کوتاه، از ریاضیات فاصله گرفت و به معماری روی آورد. کار در یک دفتر معماری پاریسی فشار کمتری داشت، اما هدف برایش روشن نبود. ریاضیات، برخلاف آن تجربه، مسئله‌هایی داشت که می‌شد دقیقاً فهمید چه چیزی حل شده و چه چیزی هنوز باقی است. بازگشت او به ریاضیات با یک تصمیم ساده اما دشوار همراه بود: دیگر نمی‌خواست مدام بپرسد آیا به‌اندازهٔ کافی خوب است؛ می‌خواست بهتر بفهمد.



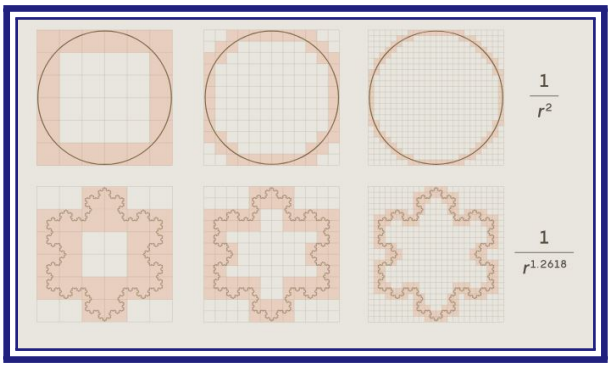
انحرافِ گذرا به سمت معماری، در دوران تحصیل در فرانسه، دیری نپایید. اهدافِ ملموسِ ریاضیات، وانگ را دوباره به سوی تحلیل کشاند.

مسئلهٔ کاکیا: سوزنی که همهٔ جهت‌ها را می‌بیند.

ریشهٔ مسئله به پرسشی از سوئیچی کاکیا در سال ۱۹۱۷ بازمی‌گردد: سوزنی با طول ثابت را در چه ناحیه‌ای می‌توان چرخاند تا همهٔ جهت‌ها را بگیرد و مساحت ناحیه تا حد ممکن کم باشد؟ اگر سوزن را فقط حول مرکز بچرخانیم، دایره‌ای جارو می‌شود. با جابه‌جاکردن سوزن هنگام چرخش، می‌توان مساحت را کاهش داد. چند سال بعد، آبرام بِسیکوویچ نتیجه‌ای شگفت‌انگیز به دست آورد: در نسخهٔ انتزاعی مسئله، مجموعه‌ای از پاره‌خط‌ها که در همهٔ جهت‌ها قرار دارند، می‌تواند مساحت صفر داشته باشد. این جمله در نگاه نخست ناممکن به نظر می‌رسد. چگونه مجموعه‌ای که خطی در هر جهت دارد، هیچ مساحتی ندارد؟ پاسخ در این است که مساحت، تنها یکی از شیوه‌های سنجش بزرگی مجموعه است. پاره‌خط‌ها را می‌توان با جابه‌جایی‌های هوشمندانه، بارها روی هم انداخت؛ اما این هم‌پوشانی به معنای فروکاستن همهٔ آن‌ها به یک خط نیست. جهت‌ها همچنان متنوع‌اند. از همین‌جا پرسش واقعی پیدا می‌شود: چنین مجموعه‌ای چندبُعدی است؟

بُعد را چگونه اندازه می‌گیریم؟

یکی از راه‌های عملی، پوشاندن شکل با جعبه‌های کوچکِ هم‌اندازه است. اگر پهنای هر جعبه را با r نشان دهیم، برای پوشاندن یک پاره‌خط تقریباً به $1/r$ جعبه نیاز داریم؛ برای یک ناحیهٔ دوبعدی تقریباً به $1/r^2$ و برای یک جسم سه‌بعدی به $1/r^3$. توانِ r، نشانه‌ای از بُعد است. در فراکتال‌ها این توان می‌تواند عددی غیرصحیح باشد؛ زیرا با بزرگ‌نمایی، ساختار تازه‌ای آشکار می‌شود. حدس کاکیا می‌گوید اگر مجموعه‌ای در فضای nبعدی، پاره‌خطی در هر جهت داشته باشد، بُعدش باید دقیقاً n باشد؛ حتی اگر اندازهٔ معمول آن، مانند مساحت یا حجم، صفر باشد. حالت دوبعدی در دههٔ ۱۹۷۰ حل شده بود. مسئلهٔ سه‌بعدی، با وجود دهه‌ها کوشش، باز ماند.



بُعد فرکتالی

چرا یک مسئلهٔ هندسی به امواج مربوط می‌شود؟

اهمیت کاکیا فقط در عجیب‌بودن مجموعه‌هایش نیست. این مسئله با تبدیل فوریه و تحلیل هارمونیک پیوند عمیق دارد. تبدیل فوریه به ما اجازه می‌دهد یک سیگنال را به موج‌های ساده‌تر با بسامدها و جهت‌های گوناگون تجزیه کنیم. پرسش اساسی این است که موج‌هایی که طول موج یکسان، اما جهت‌های متفاوت دارند، هنگام برهم‌نهی تا چه حد می‌توانند در یک ناحیه متمرکز شوند. هر موج را می‌توان به‌صورت مفهومی درون یک لولهٔ باریک تصور کرد. اگر لوله‌های جهت‌دار بتوانند بیش از اندازه روی هم بیفتند، انرژی سیگنال نیز می‌تواند به‌شدت متمرکز شود. حدس‌های محدودیت فوریه و هموارسازی موضعی می‌گویند چنین تمرکزی محدود است. به همین دلیل، پیشرفت در کاکیا، هم‌زمان چند مسئلهٔ مرکزی در آنالیز را بیان می‌کند. پاره‌خط در هندسه، لولهٔ باریک در مدل مقیاسی، و موج جهت‌دار در تحلیل فوریه، سه زبان برای دیدن یک پدیده‌اند: اشیایی با جهت‌های متفاوت تا چه اندازه می‌توانند در یک ناحیه روی هم جمع

شوند؟ هر پاسخ دقیق، هم هندسهٔ مجموعه را محدود می‌کند و هم امکان تمرکز سیگنال را.



«مسائلِ کاکیا» که وانگ بر آن‌ها متمرکز است، به آنالیز هارمونیک، نظریهٔ اندازهٔ هندسی و معادلات دیفرانسیل با مشتقات جزئی پیوند خورده‌اند و همچنین به نظریهٔ اعداد، ترکیبیات و حوزه‌های دیگر راه باز کرده‌اند.

از کارآموزی در ام‌آی‌تی تا مسائل بزرگ آنالیز

در سال ۲۰۱۳، وانگ در یک دورهٔ پژوهشی در مؤسسهٔ فناوری ماساچوست، سخنرانی لری گات را شنید. گات دربارهٔ مسئلهٔ فاصله‌های متمایز اردوش و راه‌حل خود با نِتس کاتز سخن می‌گفت. وضوح توضیح او باعث شد وانگ احساس کند می‌تواند بخشی از اثبات را واقعاً بفهمد. این احساس، شاید بیش از هر تشویق رسمی، او را به پژوهش نزدیک کرد. سال بعد وارد دورهٔ دکتری ام‌آی‌تی شد و گات را به‌عنوان استاد راهنما برگزید. خیلی زود در مسائل هندسهٔ برخورد، فالکونر، محدودیت فوریه و هموارسازی موضعی پیشرفت کرد. توانایی او تنها در فراگیری سریع یک ابزار نبود؛ روش‌ها را از حوزه‌ای به حوزهٔ دیگر منتقل می‌کرد و در جایگاهی به کار می‌گرفت که سازندگان اولیهٔ آن ابزارها نیز لزوماً پیش‌بینی نکرده بودند. در سال ۲۰۱۹، همراه با گات و روی‌شیانگ ژانگ، حالت دوبعدی حدس هموارسازی موضعی را حل کرد. سپس در مؤسسهٔ مطالعات پیشرفتهٔ پرینستون دورهٔ پسادکتری را گذراند، در دانشگاه کالیفرنیا در لس‌آنجلس به عضویت هیئت علمی درآمد و در سال ۲۰۲۳ و تنها یک ماه پس از پیوستن به دانشگاه نیویورک، همراه کوین رن، حدس مجموعهٔ فورستنبرگ در بُعد دو را اثبات کرد؛ نتیجه‌ای دیگر در همان منظومهٔ مسائل مربوط به جهت، برخورد و بُعد.

مجموعه‌های چسبناک و دشمن اصلی

وانگ در دوران همه‌گیری، توجهش را به حالت سه‌بعدی کاکیا معطوف کرد. مسئله سابقه‌ای طولانی از تلاش‌های ناکام داشت و حتی چند بار ادعای اثبات آن مطرح و سپس رد شده بود. او نوشته‌ای از ترنس تائو دربارهٔ راهبردی قدیمی از تائو و کاتز خواند و با جاشوا زال تماس گرفت. آن دو تصمیم گرفتند ببینند آیا می‌توان این مسیر را تا پایان برد. منطق کلی، برهان خلف بود. فرض می‌کنیم مجموعه‌ای کاکیا در سه‌بعد وجود دارد که بُعدش کمتر از سه است. چنین مثال فرضی باید به‌قدری فشرده و منظم باشد که بتوان لوله‌ها را با کارایی بسیار بالا در کنار هم قرار داد. سپس می‌کوشیم نشان دهیم همین نظمِ بیش از حد، با قضیه‌هایی در جمع‌وترکیب و هندسه ناسازگار است.



هونگ وانگ : «تصمیم گرفتم دیگر نگران این نباشم که خوب هستم یا نه، فقط روی بهتر فهمیدن کار کنم.»

بخش نخست اثبات به مجموعه‌های «چسبناک» مربوط بود. در چنین مجموعه‌هایی، پاره‌خط‌ها یا لوله‌هایی با جهت‌های نزدیک، تمایل دارند در فضا کنار هم بمانند. این چسبندگی باعث می‌شود بتوان لوله‌ها را در مقیاس‌های درشت‌تر به صورت دسته‌ها یا صفحات باریک دید. وانگ و زال ابتدا ثابت کردند همین مجموعه‌های ظاهراً خطرناک نیز سه‌بعدی‌اند. اما آیا هر ضدنمونهٔ احتمالی ناگزیر چسبناک است؟ این پرسش دشوارتر بود. آن‌ها یک مجموعهٔ فرضی با بُعد $x-3$ را بررسی کردند و تعداد لوله‌هایی را که از ناحیه‌ای کروی در یک مقیاس میانی می‌گذشتند سنجیدند که اگر این تعداد از یک کران مشخص بیشتر بود، مجموعه که پیش‌تر سه‌بعدی‌بودن آن ثابت شده بود، چسبناک محسوب می‌شد، و اگر کمتر از آن کران مشخص بود، مجموعه غیرچسبناک و در آن صورت تحلیل نشان می‌داد که بُعد آن از مقدار فرض‌شده $x-3$ بیشتر است. به این ترتیب، هر دو حالت ممکن به تناقض می‌رسید. این استدلال را می‌شد برای مقدارهای کوچک‌تر و کوچک‌ترِ x تکرار کرد تا هیچ فاصله‌ای میان بُعد مجموعه و عدد سه باقی نماند. وانگ می‌گفت منطق اثبات را در

ذهنش به‌صورت تبدیل لوله‌ها به تخته‌ها و سپس ورقه‌هایی می‌دید که سرانجام کل حجم را پُر می‌کنند. رسیدن به این تصویر یک چیز بود؛ نوشتن آن به شکلی که صدها جزئیات فنی و استقرایی بی‌نقص کنار هم بنشینند، یک سال دیگر زمان برد.

موفقیت، تردید را یک‌باره خاموش نمی‌کند

تصویر بیرونی زندگی وانگ، زنجیره‌ای از موفقیت‌های سریع است: نتایج بزرگ، کرسی دانشگاهی، جایزه‌های معتبر و سپس مدال فیلدز. اما تجربهٔ درونی او با این خط رو به بالا هم‌خوان نبود. هر نتیجه را تا حدی به بخت نسبت می‌داد و همچنان خود را کسی می‌دید که باید بیش از دیگران کار کند تا هم‌سطح آنان باشد. این بخش از روایت اهمیت ویژه‌ای دارد. در فرهنگ عمومی، نابغه معمولاً کسی است که بی‌تردید و بی‌درنگ راه درست را می‌بیند. اما در پژوهش واقعی، قدرت علمی اغلب با حساسیت شدید نسبت به خطا همراه است. تردید، اگر فلج‌کننده نشود، می‌تواند سازوکاری برای کنترل کیفیت باشد. وانگ اثبات خود را یک سال دیرتر اعلام نکرد چون چیزی نمی‌دانست؛ چون به‌خوبی می‌دانست در مسئله‌ای با این سابقه، کوچک‌ترین ابهام چه وزنی دارد. او با انضباطی کم‌نظیر کار می‌کند و بسیاری از سرگرمی‌های وقت‌گیر را کنار گذاشته است. بااین‌حال، دوستی، یوگا و پیاده‌روی‌های صبحگاهی را حفظ کرده است. این‌ها برایش نه زینت زندگی، بلکه راهی برای تحمل فشار پژوهش‌اند.



پیاده‌روی‌های صبگاهی به وانگ کمک می‌کند با فشار و خودتردیدیِ همراه پژوهش ریاضی کنار بیاید.

پس از جام مقدس چه می‌ماند؟

حل حالت سه‌بعدی کاکیا، فضای یک شاخه را تغییر داد. مسئله‌ای که برای نسل‌ها هدفی مرکزی بود، اکنون در سه‌بعد بسته شده است؛ اما این پایان کار نیست. حدس در ابعاد بالاتر باز است. مسائل محدودیت فوریه و هموارسازی موضعی در سه‌بعد نیز همچنان مقاومت می‌کنند. از سوی دیگر، ابزارهای ساخته‌شده در اثبات وانگ و زال، خود می‌توانند به مسائل تازه راه پیدا کنند. یکی از ویژگی‌های نتایج بزرگ همین است: پاسخ، پرسش‌ها را کم نمی‌کند؛ شکل آن‌ها را تغییر می‌دهد. پیش از اثبات، مسئله این بود که آیا هر مجموعهٔ کاکیا در سه‌بعد بُعد کامل دارد. پس از اثبات، پرسش‌ها به این سمت می‌روند که چه بخش‌هایی از روش به چهار بعد منتقل می‌شوند، کدام موانع تازه پدید می‌آیند و آیا می‌توان نظریه‌ای عمومی برای همهٔ ابعاد ساخت. برای وانگ، چالش دیگری نیز وجود دارد: چگونه می‌توان در جهان ریاضیات تمام‌قد زیست، بی‌آنکه همهٔ فضای زندگی را فقط ریاضیات اشغال کند؟ عنوان گزارش وولچوور نیز از همین تنش نیرو می‌گیرد. وانگ از استادش لری گات می‌بیند که هنوز برای مطالعهٔ غیردرسی وقت پیدا می‌کند و آرزو دارد دوباره حس کودکی را تجربه کند؛ زمانی که گویی برای خواندن، فرصت بی‌پایانی وجود داشت.



هونگ وانگ پیش از مدال فیلدز نیز در چین چهره‌ای شناخته‌شده بود؛ جایزه، دامنهٔ توجه عمومی و فشارهای همراه آن را افزایش می‌دهد.

چند درس از زندگی و کار هونگ وانگ

نخستین درس، اهمیت فهم روشن است. وانگ بارها نشان داده که برای او حل مسئله با نوشتن آخرین سطر پایان نمی‌یابد. برهان باید بتواند از ذهن سازنده‌اش بیرون بیاید و در ذهن ریاضی‌دان دیگری دوباره ساخته شود. این وسواس در بیان، بخشی از خودِ ریاضیات است، نه کاری ویرایشی پس از پایان آن. دومین درس، ارزش جابه‌جایی میان حوزه‌هاست. او ابزارهای نظریهٔ اندازهٔ هندسی، آنالیز چندمقیاسی، هندسهٔ برخورد و جمع‌وترکیب را در مسئله‌ای گرد آورد که با هیچ ابزار منفردی تسلیم نمی‌شد. پژوهش خلاق اغلب نه از

اختراع چیزی کاملاً بی‌سابقه، بلکه از دیدنِ جای تازه‌ای برای یک ایدهٔ شناخته‌شده آغاز می‌شود. سومین درس، نقش تردید است. اعتمادبه‌نفس در علم به معنای نبود شک نیست؛ توانایی ادامه‌دادن با وجود شک است. وانگ سال‌ها با این احساس کار کرده که شاید به‌اندازهٔ کافی خوب نباشد، اما تصمیم گرفته بود سنجهٔ اصلی را از «خوب‌بودن» به «بهتر فهمیدن» منتقل کند. شاید همین تغییر کوچک، یکی از ریشه‌های بزرگ‌ترین نتیجهٔ او بوده باشد. و سرانجام، مسئلهٔ تعادل است. جامعهٔ علمی معمولاً از تمرکز و فداکاری تمجید می‌کند، اما موفقیت بزرگ می‌تواند همان زمان و خلوتی را که برای پژوهش لازم بوده، از پژوهشگر بگیرد. دعوت‌ها، سفرها، مصاحبه‌ها و جایزه‌ها، همگی نشانهٔ اعتبارند؛ بااین‌همه، ریاضیات در سکوتی شکل می‌گیرد که شهرت به‌آسانی آن را برهم می‌زند. آیندهٔ وانگ فقط در حل مسئلهٔ بعدی خلاصه نمی‌شود؛ در یافتن شیوه‌ای برای حفاظت از این سکوت نیز هست.

سخن پایانی

روایت هونگ وانگ، از آن دست روایت‌هایی است که واژهٔ «نابغه» را هم تأیید می‌کند و هم به پرسش می‌گیرد. بی‌تردید استعداد او استثنایی است؛ اما آنچه در متن پررنگ‌تر دیده می‌شود، شیوهٔ زیستن با استعداد است: صبر در برابر نفهمیدن، فروتنی در برابر مسئله، شجاعت عبور از مرز رشته‌ها و سخت‌گیری در برابر نوشتهٔ خود. مسئلهٔ کاکیا می‌پرسد مجموعه‌ای از خط‌ها که در همهٔ جهت‌ها کشیده شده‌اند، واقعاً چه اندازه فضا اشغال می‌کند. زندگی وانگ نیز در سطحی انسانی، پرسشی نزدیک را پیش می‌کشد: انسانی که ذهنش در همهٔ جهت‌های ریاضیات امتداد یافته، چگونه برای دوستی، آرامش، خواندن و خودِ زندگی نیز فضا نگه می‌دارد؟ اثبات سه‌بعدی کاکیا اکنون قطعی است. پاسخ پرسش دوم، مانند بسیاری از مهم‌ترین مسائل زندگی، هنوز در حال ساخته‌شدن است.

[1] Natalie Wolchover, “Living Fully in the Math World Means Threading the Needle,” *Quanta Magazine*, 23 July 2026.

[2] Hong Wang and Joshua Zahl, “Volume estimates for unions of convex sets, and the Kakeya set conjecture in three dimensions,” arXiv:2502.17655, 2025, 127 pages.

[3] International Mathematical Union, “Fields Medals 2026” and “Fields Medal: Statutes and Laureates,” 2026.

[4] NYU Courant Institute, “Hong Wang Wins the Fields Medal,” 23 July 2026.

[5] Institut des Hautes Études Scientifiques, “Hong Wang, mathematician,” profile and research biography, 2026.

[6] S. Kakeya, historical formulation of the needle problem, 1917; A. S. Besicovitch, constructions of plane sets containing a unit segment in every direction. For a modern overview, see standard surveys in harmonic analysis and geometric measure theory.

* دانشگاه ملایر

توپولوژی فضای گفت‌وگو در جامعهٔ ریاضی ایران: از گسستگی تا همبندی
چرا به یک تالار علمی، بومی و ماندگار برای گفت‌وگو نیاز داریم؟

حسن ملکی *

چکیده: *جامعهٔ ریاضی ایران از نظر نیروی انسانی، سابقهٔ علمی و تنوع دانشگاهی ظرفیت قابل توجهی دارد؛ اما میان این ظرفیت و امکان گفت‌وگوی پیوسته و ماندگار فاصله‌ای محسوس دیده می‌شود. خبرنامه، همایش‌ها، شاخه‌های علمی و کانال‌های اطلاع‌رسانی انجمن ریاضی ایران هریک کارکرد مهمی دارند، ولی هنوز بستری عمومی و موضوع‌محور نداریم که استاد، پژوهشگر و دانشجو بتوانند در فاصلهٔ میان دو همایش یا دو شمارهٔ خبرنامه، بحثی را آغاز کنند، ادامه دهند و بعدتر به آن بازگردند. اگر این مسئله را با زبان خود ریاضیات بیان کنیم، «توپولوژی فضای گفت‌وگو» در جامعهٔ ریاضی ما تا حدی شبیه فضایی با نقاط ارزشمند فراوان و مسیرهای ارتباطی کم است؛ استعاره‌ای نزدیک به یک فضای کلاً ناهمبند یا Totally Disconnected. مسئله کمبود افراد توانمند نیست، بلکه کمبود پیوندهای پایدار میان آن‌هاست. این یادداشت با مرور چند تجربهٔ موفق خارجی و یک نمونهٔ روز، یعنی بحث هوش مصنوعی و آیندهٔ ریاضیات، پیشنهاد می‌کند انجمن ریاضی ایران ایجاد یک تالار گفت‌وگوی بومی، علمی و ماندگار را به‌صورت آزمایشی بررسی کند.*

یک مثال زنده: هوش مصنوعی و پرسش دربارهٔ «آیندهٔ ریاضیات»

بحث‌های سال ۲۰۲۶ دربارهٔ هوش مصنوعی نمونهٔ روشنی از نیاز به فضای گفت‌وگوست. «بیانیهٔ لایدن دربارهٔ هوش مصنوعی و ریاضیات» در ۲ ژوئن ۲۰۲۶ منتشر شد و اتحادیهٔ بین‌المللی ریاضی نیز از آن حمایت کرد. بیانیه پرسش‌هایی عملی را پیش می‌کشد: اعتمادپذیری نتایج تولیدشده با هوش مصنوعی، انتساب و ارجاع، فشار احتمالی بر داوری، نابرابری در دسترسی به ابزارهای تجاری، و نقش خود جامعهٔ ریاضی در تعیین جهت پژوهش [۱]، [۲]. اهمیت این رخداد فقط متن بیانیه نیست؛ بحث و نقدی است که پیرامون آن شکل گرفته است. ترنس تائو در مقالهٔ Mathematics in the Age of AI، بر پایهٔ سخنرانی عمومی خود در کنگرهٔ بین‌المللی ریاضی ۲۰۲۶، می‌پرسد اگر ابزارهای هوش مصنوعی بتوانند بخشی از وظایف پژوهشی سطح بالا را انجام دهند، اهداف و ارزش‌های پژوهش ریاضی چه خواهند بود [۳]. تیموتی گاورز نیز در یادداشت What Sort of Maths Are LLMs Good At? به این می‌پردازد که مدل‌های زبانی در چه نوع مسائل ریاضی موفق‌ترند و سبک جست‌وجوی آن‌ها چه تفاوتی با شیوه‌های انسانی یافتن برهان دارد [۴]. ارزش چنین مباحثی در رسیدن سریع به یک پاسخ واحد نیست؛ در برخورد دیدگاه‌ها و اصلاح تدریجی مواضع است. در ایران نیز کانال‌هایی مانند Mathematical Musings نمونه‌هایی از این بحث‌ها را به مخاطب فارسی‌زبان معرفی می‌کنند [۵]. این کار مفید است، اما کانال پیام‌رسان حافظهٔ مناسبی برای یک بحث چندماهه و موضوع‌محور نیست. مطلب در جریان زمانی پیام‌ها پایین می‌رود و امکان دنبال کردن منظم استدلال‌ها محدود می‌شود. آنچه کم داریم جایی است که بحث بتواند زیر یک موضوع مشخص ادامه یابد و حاصل آن برای مراجعهٔ بعدی باقی بماند.

چرا همان فضاهای خارجی کافی نیستند؟

حضور ریاضی‌دانان ایرانی در MathOverflow، وبلاگ‌ها و مجامع بین‌المللی ضروری و ارزشمند است؛ تالار بومی قرار نیست جای آن‌ها را بگیرد. با این حال، بخش مهمی از مسائل ما ذاتاً محلی است: ساختار دورهٔ دکتری، وضعیت جذب فارغ‌التحصیلان، تغییر استقبال از گرایش‌ها، برنامهٔ درسی، ارزیابی پژوهش، تجربهٔ همایش‌ها، دسترسی به منابع و ارتباط میان دانشگاه‌ها. این پرسش‌ها باید در خود جامعهٔ علمی ایران صورت‌بندی شوند. در ساختار فعلی پژوهش ریاضی ایران، بسیاری از جریان‌های علمی پیرامون استادان، گروه‌ها و حلقه‌های پژوهشی مشخص شکل گرفته‌اند. بنابراین شاید یکی از واقع‌بینانه‌ترین کارکردهای چنین تالاری نه هدایت پژوهش از بالا یا تعیین اولویت‌های ملی، بلکه ایجاد امکان تماس بیشتر میان همین حلقه‌های نسبتاً مستقل باشد. ممکن است یک گروه فعال در جبر، سیستم‌های دینامیکی یا بهینه‌سازی سال‌ها فعالیت کند، بدون آنکه دانشجویان یا پژوهشگران دانشگاه دیگری تصویر روشنی از مسائل، سمینارها یا جهت پژوهشی آن گروه داشته باشند. از سوی دیگر، حتی

MathOverflow صریحاً «تالار بحث» نیست و برای پرسش‌های نسبتاً دقیق و پاسخ‌پذیر طراحی شده است [۶]. پرسش‌هایی مانند «آیا دورهٔ دکتری ریاضی در ایران بیش از حد مقاله‌محور شده است؟» یا «با ورود هوش مصنوعی، درس‌های پایه چه تغییری باید بکنند؟» از جنس مأموریت آن نیستند. فضای فارسی‌زبان همچنین می‌تواند آستانهٔ ورود پژوهشگران جوان را پایین بیاورد و امکان ارتباط آنان با استادان و دانشجویان دانشگاه‌های دیگر را افزایش دهد، بدون آنکه مشارکت بین‌المللی را کم‌رنگ کند.

پیشنهاد: «تالار گفت‌وگوی ریاضی ایران»، نه یک شبکهٔ اجتماعی دیگر

پیشنهاد عملی ساده است: انجمن ریاضی ایران یک تالار گفت‌وگوی رسمی با مدیریت علمی و تحریریه‌ای کوچک و نسبتاً مستقل راه‌اندازی کند. هدف، ساختن اپلیکیشن پرهزینه یا رقابت با لینکدین و پیام‌رسان‌ها نیست. ابزارهای متن‌باز و آزموده‌شده‌ای مانند Discourse برای گفت‌وگوی موضوعی، آرشیو، جست‌وجو و مدیریت اجتماع ساخته شده‌اند و می‌توان آن‌ها را روی زیرساخت مستقل میزبانی کرد [۱۵]. در آغاز چند بخش کافی است: پژوهش و مسائل باز؛ مقاله‌های قابل بحث؛ آموزش و تحصیلات تکمیلی؛ مسائل جامعهٔ ریاضی ایران؛ همکاری پژوهشی؛ و «این هفته در ریاضیات». برای نمونه، بحث‌ها می‌توانند از این جنس باشند:

- آیا استفاده از هوش مصنوعی در اثبات و نگارش مقاله نیازمند قواعد حرفه‌ای تازه‌ای است؟
- کدام مقاله‌های تازه در یک حوزه ارزش خواندن و بحث جمعی دارند و چرا؟
- آیا دروس کارشناسی ریاضی با ظهور ابزارهای هوش مصنوعی باید بازنگری شوند؟
- چه مسائل پژوهشی دسترس‌پذیری برای دانشجویان ارشد مناسب‌اند و چه کسانی در ایران روی آن‌ها کار می‌کنند؟

خبرنامهٔ انجمن می‌تواند مکمل تالار باشد: مقاله‌ای منتشر شود و در پایان آن پیوند «ادامهٔ گفت‌وگو» قرار گیرد؛ سپس گزیده‌ای از بحث‌های مهم در شماره‌های بعدی خبرنامه بازتاب یابد. خواندن تالار می‌تواند برای عموم آزاد باشد و مشارکت با هویت مشخص و قواعد روشن انجام شود، بی‌آنکه فضا به باشگاهی بسته برای استادان دانشگاه تبدیل شود. نقش هیئت تحریریه نیز تولید محتوای روابط عمومی نیست، بلکه طرح سؤال خوب، دعوت از افراد مناسب و مراقبت از کیفیت گفت‌وگوست. نشست‌های آنلاین کوتاه نیز می‌توانند از بحث‌های تالار آغاز شوند و پس از جلسه در همان رشتهٔ گفت‌وگو ادامه یابند.

از MathOverflow تا Zulip: مسئله فقط ساختن یک سایت نیست.

تجربه‌های خارجی در این نوشته نه به‌عنوان الگوهایی قابل انتقال بدون تغییر، بلکه به‌عنوان شواهدی از امکان شکل‌گیری انواع مختلف ارتباط علمی آنلاین مطرح شده‌اند. ساختار متمرکز آموزش عالی، فرهنگ دانشگاهی، نحوهٔ سیاست‌گذاری و الگوهای پژوهشی در ایران اقتضا می‌کند که هر طرح بومی با احتیاط و در مقیاسی کوچک آزموده شود. تجربه‌های موفق خارجی نشان می‌دهند که هیچ قالب واحدی برای «جامعهٔ آنلاین ریاضی» وجود ندارد؛ هر فضا برای نیازی مشخص شکل گرفته است. MathOverflow در سپتامبر ۲۰۰۹ به دست گروهی از دانشجویان تحصیلات تکمیلی برکلی راه افتاد تا ریاضی‌دانان پرسش‌های پژوهشی دقیق را از یکدیگر بپرسند. در مقابل، Mathematics Stack Exchange که در ۲۰۱۰ شکل گرفت، پرسش‌های ریاضی در طیف گسترده‌تری از سطوح را پوشش داد [۶]، [۷]، [۸]. کارایی این دو دقیقاً به روشن بودن مأموریت‌شان وابسته است. Polymath الگوی دیگری بود. تیموتی گاورز در ژانویهٔ ۲۰۰۹ ایدهٔ پژوهش جمعی و باز روی یک مسئلهٔ دشوار را مطرح کرد و نخستین پروژه در فوریه آغاز شد. در این مدل، وبلاگ محل گفت‌وگو و ارائهٔ ایده‌های خام بود و ویکی نقش حافظهٔ منظم‌تر پروژه را داشت [۱۰]، [۹]. اندکی پیش‌تر، nLab در ۲۰۰۸ به‌عنوان ویکی مشارکتی در حوزه‌هایی مانند نظریهٔ رده‌ها، توپولوژی و فیزیک ریاضی شکل گرفته بود و nForum در کنار آن فضایی برای بحث دربارهٔ مطالب و ایده‌های در حال شکل‌گیری فراهم کرد [۱۱]، [۱۲]. در هر دو تجربه، گفت‌وگو و ثبت ماندگار دانش یکدیگر را تکمیل می‌کنند. جامعهٔ Lean نمونهٔ دیگری از نیاز به سازمان‌دهی گفت‌وگوی روزمره است. این جامعه پس از تجربهٔ mailing list و Gitter، در فوریهٔ ۲۰۱۸ به Zulip مهاجرت کرد؛ محیطی که سرعت پیام‌رسان را با موضوع‌بندی منظم ترکیب می‌کند [۱۳]. جامعهٔ Category Theory نیز از همین ساختار برای بحث‌های علمی و حتی ادامهٔ گفت‌وگوهای سمینار استفاده کرده است [۱۳]. در سوی اجتماعی‌تر، Mathstodon از ۲۰۱۷ فضایی مبتنی بر Mastodon برای ارتباط غیررسمی‌تر علاقه‌مندان ریاضیات و معرفی ایده‌ها و مطالب فراهم کرده است

[۱۴]. این نمونه‌ها مکمل یکدیگرند: MathOverflow بر پرسش پژوهشی، Polymath بر همکاری جمعی، nForum بر گفت‌وگوی ماندگار، Zulip بر تعامل روزمرهٔ موضوع‌بندی‌شده و Mathstodon بر ارتباط اجتماعی تأکید دارند. بنابراین مسئلهٔ ما انتخاب میان Discourse، Zulip یا نرم‌افزار دیگری نیست. پرسش اصلی این است که جامعهٔ ریاضی ایران چه نوع گفت‌وگویی را از دست می‌دهد. می‌توان از تجربهٔ این فضاها آموخت، اما صورت نهایی باید با زبان، مسائل و ساختار دانشگاهی ایران سازگار باشد. مشارکت جهانی و داشتن یک فضای بومی دو انتخاب رقیب نیستند. راه‌اندازی سایت احتمالاً ساده‌ترین بخش کار است. خطر اصلی، خالی ماندن تالار پس از شور اولیه، غلبهٔ چند صدای محدود، شخصی شدن اختلاف‌های علمی و دشوار شدن مدیریت محتواست. ازاین‌رو بهتر است طرح با یک دورهٔ آزمایشی سه‌ماهه و گروه کوچکی از اعضای مؤسس از دانشگاه‌ها، نسل‌ها و گرایش‌های مختلف آغاز شود. موفقیت نیز با تعداد ثبت‌نام سنجیده نشود؛ مهم‌تر آن است که آیا گفت‌وگوهای جدی و بین‌دانشگاهی شکل می‌گیرند، پژوهشگران جوان خارج از حلقهٔ دانشگاه خود پاسخ می‌گیرند و بحث‌ها پس از چند ماه همچنان قابل جست‌وجو و استفاده‌اند. جامعهٔ ریاضی ایران به کمبود «نقطه» دچار نیست؛ نقطه‌های ممتاز و افراد اهل بحث فراوان‌اند. مسئله، ساختن مسیرهای بیشتر میان آن‌هاست. شاید هدف این پیشنهاد را بتوان چنین خلاصه کرد: **کمی همبندتر کردن توپولوژی فضای گفت‌وگو در جامعهٔ ریاضی ایران.** نه برای آنکه همه هم‌نظر شوند، بلکه برای آنکه اختلاف نظرها، تجربه‌ها، ایده‌ها و پرسش‌های پراکنده فرصت برخورد و صورت‌بندی پیدا کنند. ریاضیات با مسئله زنده است؛ جامعهٔ ریاضی نیز برای زنده ماندن به گفت‌وگو نیاز دارد.

[1] J. Alper et al., “Leiden Declaration on Artificial Intelligence and Mathematics,” 2 June 2026, DOI: 10.5281/zenodo.20302944.

*[2]*International Mathematical Union, “Editorial: The IMU Endorses the Leiden Declaration on Artificial Intelligence and Mathematics,” *IMU News*, no. 137, May 2026. mathunion.org.

*[3]*T. Tao, “Mathematics in the Age of AI,” arXiv:2608.16753, 17 August 2026. arxiv.org/abs/2608.16753.

*[4]*T. Gowers, “What Sort of Maths Are LLMs Good At?” *Gowers's Weblog*, 12 August 2026. gowers.wordpress.com.

*[5]*Mathematical Musings, Telegram channel, t.me/MathematicalMusings, accessed 29 August 2026.

*[6]*MathOverflow, “What Topics Can I Ask About Here?” *Help Center*. mathoverflow.net/help/on-topic, accessed 29 August 2026.

*[7]*MathOverflow Meta, “History of MathOverflow.” meta.mathoverflow.net, accessed 29 August 2026.

*[8]*Mathematics Meta Stack Exchange, “History of Math.StackExchange.” math.meta.stackexchange.com, accessed 29 August 2026.

*[9]*The Polymath Blog, “About.” polymathprojects.org, accessed 29 August 2026.

*[10]*G. Kalai, “Ten Years of Polymath,” *The Polymath Blog*, 3 February 2019. polymathprojects.org.

*[11]*nLab, “About: History.” ncatlab.org, accessed 29 August 2026.

*[12]*nLab Meta, “Welcome to the nForum.” ncatlab.org/nlabmeta, accessed 29 August 2026.

*[13]*Zulip, “Case Study: Lean Theorem Prover Community.” community.zulip.com, accessed 29 August 2026.

*[13]*ResearchSeminars.org, “Zulip Category Theory Seminar.” researchseminars.org, accessed 29 August 2026.

*[14]*C. Lawson-Perfect, “We Want Your Best #proofinatoot on mathstodon.xyz,” *The Aperiodical*, 8 May 2017. aperiodical.com.

*[15]*Discourse, “Features” and “Open Source.”discourse.org, accessed 29 August 2026.

* دانشگاه ملایر

مدال چرتکه ۲۰۲۶
استادِ «مسئلهٔ فروشندهٔ دوره‌گرد» مسیر خود را می‌یابد*

بن بروبیکر

مترجم: امیرحسین علیخانی**



برای شایان اویس قَرَن، پیشرفت در حل مسائل دشوار اغلب از دلِ مسیرهای غیرمنتظره به دست می‌آید.

شایان اویس قَرَن به‌دلیل بهره‌گیری از ابزارهایی از شاخه‌های گوناگون ریاضیات برای افزایش توانمندی الگوریتم‌ها، موفق به دریافت مدال چرتکه شده است.

در علوم کامپیوتر، کلیدِ گره‌گشای مسائل دشوار، یافتن ابزارهای مناسب است. بیشتر پژوهشگران به‌طور طبیعی به سوی ابزارهایی گرایش پیدا می‌کنند که با مسائلی که قصد حلشان را دارند سازگار است و برخی حتی تمام دوران حرفه‌ای خود را صرف تسلط بر چند روشِ رایج می‌کنند. اما شایان اویس قَرَن، دانشمند علوم کامپیوتر در دانشگاه واشینگتن در سیاتل، هرگز به روش‌های مرسوم قانع نبوده است. هر زمان که بیش از حد به یک رویکرد پایبند بماند، احساس بی‌قراری می‌کند. «دیگر چیز تازه‌ای یاد نمی‌گیرم؛ فقط در همان جایی که هستم، متوقف می‌شوم.» این بی‌قراریِ او تنها به دنیای اندیشه محدود نمی‌شود؛ از نظر جسمی نیز به‌سختی می‌تواند آرام و بی‌حرکت بماند. کافی است با او دربارهٔ پژوهش‌هایش صحبت کنید؛ هرچه گفت‌وگو پیش برود، پرشورتر می‌شود و پیوسته از یک حالتِ نامتعارفِ نشستن به حالتی دیگر تغییر وضعیت می‌دهد؛ یک لحظه چهارزانو روی صندلی نشسته، لحظه‌ای بعد زانوهایش را در آغوش گرفته و سپس به پهلو می‌چرخد و پاهایش را روی دستهٔ صندلی می‌اندازد. شاید بی‌دلیل نباشد که اویس قَرَن بیش از هر چیز به‌خاطر پژوهش‌هایش دربارهٔ مسئلهٔ فروشندهٔ دوره‌گرد شهرت دارد؛ یکی از دشوارترین مسائلِ شناخته‌شده در علوم کامپیوتر که به یافتن بهترین مسیر برای جابه‌جایی میان مکان‌های مختلف می‌پردازد. او همچنین در حوزه‌ای که در نگاه نخست هیچ ارتباطی با این مسئله ندارد، دستاوردهای مهمی داشته است: یافتن بهترین روش برای نمونه‌گیری تصادفی از میان مجموعه‌های بزرگِ اشیای ریاضی. اویس قَرَن به پاس این دستاوردها و پژوهش‌های برجستهٔ دیگر، موفق به دریافت مدال چرتکه از اتحادیهٔ بین‌المللی ریاضیات شده است؛ جایزه‌ای که هر چهار سال یک‌بار به یک دانشمند علوم نظری کامپیوترِ زیر چهل سال اهدا می‌شود. کمیتهٔ داوران، بهره‌گیری او از ابزارهای نوآورانه‌ای را که از شاخه‌های گوناگون و ظاهراً نامرتبطِ ریاضیات سرچشمه می‌گیرند، دلیل اصلی این انتخاب دانست؛ ابزارهایی که در نگاه نخست ارتباطی با علوم کامپیوتر ندارند. گویی یک نجارِ خلاق کشف کرده باشد که برای انجام بعضی کارها، گوشیِ پزشکی از اره کارآمدتر است. «بسیاری از پژوهشگران بزرگ و درخشان دقیقاً همین کار را انجام می‌دهند». این را آنا کارلین، همکار پژوهشی اویس قَرَن در دانشگاه واشینگتن، می‌گوید. «آن‌ها میان چیزهایی ارتباط برقرار می‌کنند که در ظاهر هیچ ارتباطی با یکدیگر ندارند».



اویس قَرَن به انرژی و اشتیاقش شهرت دارد. آنا کارلین، همکار او، می‌گوید: «همکاری با او واقعاً لذت‌بخش است. او عمیقاً باور دارد که همیشه می‌توان به پیشرفت دست یافت.»

پژوهشگرانی که میان حوزه‌های متفاوت ارتباط برقرار می‌کنند،

اغلب وسعت دانش خود را به بهای درگیر شدن عمیق با یک موضوعِ خاص به دست می‌آورند. اما اویس قَرَن از این قاعده مستثناست. با وجود تمام انرژی و بی‌قراری‌اش، این شکیبایی را دارد که سال‌ها روی مسائل دشوار متمرکز بماند و با دقت، تک‌تک جزئیات فنیِ یک برهانِ طولانی و پیچیده را بررسی کند. جاناتان لیک، ریاضی‌دان دانشگاه واترلو و از همکاران پژوهشی اویس قَرَن، می‌گوید: «شایان تقریباً از پسِ هر کاری برمی‌آید. راستش را بخواهید، خودم هم نمی‌دانم چطور این کار را می‌کند.» خوش‌بینیِ بی‌قرار حوزهٔ تخصصی شایان اویس قَرَن، علوم نظری کامپیوتر، بر مطالعهٔ الگوریتم‌ها متمرکز است؛ فرایندهای ریاضی‌ای که رایانه‌ها برای انجام وظایف مشخص از آن‌ها استفاده می‌کنند. برخی پژوهشگران می‌کوشند مرزهای توانِ محاسبات را مشخص کنند و نشان دهند کدام مسائل حتی برای هوشمندانه‌ترین الگوریتم‌ها نیز بیش از حد دشوارند. گروهی دیگر تلاش می‌کنند مرزهای توانایی الگوریتم‌ها را گسترش دهند. اویس قَرَن، که ذاتاً فردی خوش‌بین است، بی‌تردید در دستهٔ دوم قرار می‌گیرد. او می‌گوید: «من در سوی مثبتِ ماجرا ایستاده‌ام. دوست دارم بگویم که انجامِ کارها ممکن است». اویس قَرَن اندامی باریک و چابک دارد، با موهای مشکیِ ژولیده و لبخندی که انگار هیچ‌گاه از چهره‌اش محو نمی‌شود. اشتیاق او به پژوهش‌هایش کاملاً مشهود است و حتی به دیگران نیز منتقل می‌شود. آنا کارلین می‌گوید: «همکاری با او واقعاً لذت‌بخش است. او عمیقاً باور دارد که همیشه می‌توان به پیشرفت دست یافت». «شایان اویس قَرَن هرگز به روش‌های مرسوم قانع نبوده است. هرگاه بیش از حد به یک رویکرد پایبند بماند، بی‌قرار می‌شود». رویدادهای اخیرِ خارج از دنیای ریاضیات، خوش‌بینیِ همیشگیِ اویس قَرَن را به چالش کشیده‌اند. هم‌وطنان ایرانیِ او در سال‌های گذشته با مجموعه‌ای از تحریم‌های اقتصادیِ تنبیهی که از سوی ایالات متحده، اتحادیهٔ اروپا و سازمان ملل متحد اعمال شده، روبه‌رو بوده‌اند؛ و نیز حملات هواییِ ایالات متحده و رژیم غاصب صهیونیستی را از سر گذرانده‌اند؛ حملاتی که از جمله اهداف آن‌ها، دانشگاه صنعتی شریف در تهران ــ برجسته‌ترین دانشگاه علوم و مهندسیِ ایران و دانشگاه محل تحصیل اویس قَرَن ــ بوده است. «وقتی می‌بینم بسیاری از دوستان قدیمی و اعضای خانواده‌ام در رنج هستند، واقعاً کار کردن سخت می‌شود». اویس قَرَن در سال ۱۹۸۶، در شهر تاریخی اصفهان و در یکی دیگر از دوره‌های دشوار تاریخ ایران ــ یعنی جنگ هشت‌ساله با عراق ــ به دنیا آمد. پدرش مهندس عمران بود و مادرش، فاطمه خویی، دبیر زیست‌شناسیِ دورهٔ راهنمایی بود؛ زنی که در سال‌های جوانی، با وجود علاقهٔ فراوان، ناچار شد آرزوی تحصیل در رشتهٔ ریاضیات را کنار بگذارد. اویس قَرَن می‌گوید: «آن زمان که مادرم بزرگ می‌شد، فرهنگ حاکم این بود که دخترها نباید وارد رشتهٔ ریاضی شوند. او چنین فرصتی نداشت». در عوض، خویی فرزندانش را تشویق می‌کرد که در درس و تحصیل بهترین باشند. شایان کوچک‌ترین فرزند خانواده‌ای پنج‌نفره بود. او در حالی بزرگ شد که خواهران و برادرانش ــ که بین شش تا سیزده سال از او بزرگ‌تر بودند ــ مشغول تحصیل در رشته‌های ریاضی، علوم و پزشکی بودند. شایان در کودکی پسری خجالتی بود، اما روحیه‌ای رقابت‌جو داشت و مشتاق بود ثابت کند که می‌تواند هم‌پای خواهران و برادرانِ بااستعدادش پیش برود. خویی، در حالی که دخترش شادی سخنانش را از فارسی ترجمه می‌کرد، گفت: «او همیشه خودش را با بچه‌های بزرگ‌تر مقایسه می‌کرد».



اویس قَرَن ذاتاً فردی خوش‌بین است. او می‌گوید: «من در سوی مثبتِ ماجرا ایستاده‌ام. دوست دارم بگویم که کارها شدنی‌اند».

شایان رابطه‌ای بسیار صمیمی با برادرش شهاب داشت. شهاب در رشتهٔ علوم کامپیوتر تحصیل کرده بود و در اواخر دههٔ ۱۹۹۰ در المپیاد جهانی انفورماتیک، رقابتی بین‌المللی در زمینهٔ ریاضیات و برنامه‌نویسی، شرکت کرده بود. وقتی شایان وارد دورهٔ راهنمایی شد، شهاب کتابی از معماهای ریاضی به او هدیه داد و شایان همان لحظه شیفتهٔ آن شد. شهاب بعدها به یاد آورد: «آن کتاب جرقه‌ای

در ذهنش روشن کرد و او را واداشت تا خیلی عمیق‌تر کاوش کند».
شایان نیز بعدها در همین المپیاد شرکت کرد و در سال ۲۰۰۴ موفق به کسب مدال طلا شد اگرچه آنچه در آغاز شایان اویس قَرَن را به علوم کامپیوتر جذب کرد، جنبهٔ ریاضیِ این رشته بود، اما او در مقطع کارشناسی، مهندسی کامپیوتر را در دانشگاه صنعتی شریف انتخاب کرد؛ زیرا تصور می‌کرد این رشته آیندهٔ شغلی باثبات‌تری برایش فراهم خواهد کرد.

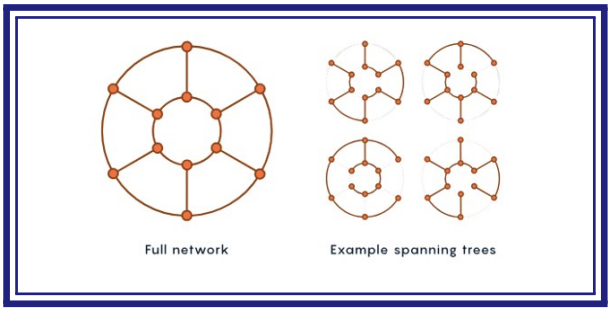


شایان اویس قَرَن در دفتر کارش در دانشگاه واشینگتن.

در سال نخست دانشگاه، او با فرناز رونقی، یکی از دانشجویان مهندسی، آشنا شد. علاقهٔ مشترکشان به کوه‌پیمایی و گفت‌وگوهای طولانی دربارهٔ فلسفه و دین، آن دو را به یکدیگر نزدیک کرد. آن‌ها در پایان دورهٔ کارشناسی ازدواج کردند و اندکی بعد، با تصمیمی مهم دربارهٔ آیندهٔ خود روبه‌رو شدند. اویس قَرَن، که در صنعت گرافیک کامپیوتری مشغول به‌کار شده بود، تمایل داشت در ایران بماند. اما رونقی می‌خواست تحصیلاتش را در خارج از کشور ادامه دهد و او را نیز متقاعد کرد که برای ادامهٔ تحصیل در مقطع تحصیلات تکمیلی درخواست بدهد. در نهایت، تنها آشنایی با طعم پژوهش کافی بود تا عشق اویس قَرَن به ریاضیات دوباره زنده شود. مسیرها و مسیرهای انحرافی دوران تحصیلات تکمیلی نخستین باری بود که اویس قَرَن با مسئلهٔ فروشندهٔ دوره‌گرد روبه‌رو شد؛ مسئله‌ای مشهور و پیچیده که طی ده سال بعد، بارها به آن بازگشت و با آن دست‌وپنجه نرم کرد. این مسئله می‌پرسد: اگر نقشه‌ای از شهرها داشته باشیم که با شبکه‌ای از جاده‌ها به یکدیگر متصل شده‌اند، کوتاه‌ترین مسیرِ رفت‌وبرگشتی که از تمام شهرها عبور کند، کدام است؟ پژوهشگران بر این باورند که هیچ الگوریتمی وجود ندارد که بتواند برای همهٔ نقشه‌های ممکن، پاسخ دقیق این مسئله را در زمانی کوتاه پیدا کند. ازاین‌رو، هدف آن‌ها طراحی الگوریتم‌هایی است که همواره مسیرهای رفت‌وبرگشتیِ نسبتاً کوتاه را پیدا کنند؛ مسیرهایی که هرچند دقیقاً بهترین پاسخ نیستند، اما تقریب‌های مناسبی از مسیر ایده‌ال به‌شمار می‌آیند.

در سال ۱۹۷۶، نیکوس کریستوفیدس[1]، ریاضی‌دان، الگوریتمی ساده ارائه کرد که تقریبی شگفت‌انگیز از پاسخ این مسئله به دست می‌دهد: این الگوریتم همواره مسیری رفت‌وبرگشتی پیدا می‌کند که حداکثر ۵۰ درصد از کوتاه‌ترین مسیر ممکن طولانی‌تر است (تقریباً هم‌زمان، آناتولی سردیوکوف نیز در اتحاد جماهیر شوروی، مستقل از کریستوفیدس، به همین ایده دست یافت). از آن زمان تاکنون، پژوهشگران بی‌وقفه کوشیده‌اند الگوریتمی طراحی کنند که به‌طور تضمین‌شده به پاسخ دقیق نزدیک‌تر شود، اما موفق نشده‌اند.
در نخستین سال تحصیلات تکمیلی، اویس قَرَن به همراه استاد راهنمایش، امین صابری، و چند پژوهشگر دیگر، الگوریتمی برای نسخهٔ نامتقارن مسئلهٔ فروشندهٔ دوره‌گرد طراحی کرد؛ نسخه‌ای که در آن نقشه می‌تواند شامل جاده‌های یک‌طرفه نیز باشد. این موفقیت، اویس قَرَن، صابری و دانشمند علوم کامپیوتر موهیت سینگ[2] را بر آن داشت تا نشان دهند روشی مشابه می‌تواند در نسخهٔ اصلی و متقارن این مسئله نیز از رکورد کریستوفیدس فراتر برود. اویس قَرَن که آن زمان تنها دانشجوی سال دوم تحصیلات تکمیلی بود، خیلی زود هدایت این پروژه را بر عهده گرفت. صابری عادت داشت در جلسات، دربارهٔ ایده‌های دانشجویانش بازخورد بدهد؛ اما در گفت‌وگوهایش با اویس قَرَن، اغلب این خودش بود که بازخورد دریافت می‌کرد. صابری می‌گوید: «او با همان لحن همیشگیِ شاد و مؤدبانه‌اش، در همان ده دقیقهٔ اول جلسه توضیح می‌داد که چرا روشی که من پیشنهاد کرده‌ام، احتمالاً نتیجه نخواهد داد. بعد، پانزده دقیقهٔ بعدی را صرف بحث دربارهٔ روشی می‌کردیم که از نظر او راه درست بود».
پژوهشگرانی که روی مسئلهٔ فروشندهٔ دوره‌گرد کار می‌کنند، برای نمایش ریاضیِ نقشه‌ها از ساختارهایی به نام گراف استفاده می‌کنند؛ شبکه‌هایی که در آن رأس‌ها نمایندهٔ شهرها هستند و یال‌ها ــ یعنی پیوندهای میان رأس‌ها ــ نمایندهٔ جاده‌ها. نخستین گام در بسیاری از الگوریتم‌ها، از جمله الگوریتم کریستوفیدس، یافتن نوع خاصی از مسیر در گراف است که درخت فراگیر[3] نام دارد؛ ساختاری که همهٔ رأس‌ها را به هم متصل می‌کند، اما هیچ چرخهٔ بسته‌ای ندارد. هر گراف می‌تواند درخت‌های فراگیر گوناگونی داشته باشد.

[1] Nicos Christofides [2] Mohit Singh [3] Spanning Tree



پس از یافتن یک درخت فراگیر، می‌توان با افزودن چند یال یا بازگشت از بن‌بست‌ها، آن را به یک مسیر رفت‌وبرگشتی تبدیل کرد. یکی از پرسش‌های اساسی در طراحی الگوریتم‌های مسئلهٔ فروشندهٔ دوره‌گرد این است که از میان درخت‌های فراگیر متعدد، کدام‌یک باید به‌عنوان نقطهٔ شروع انتخاب شود؟ الگوریتم کریستوفیدس درختی را برمی‌گزیند که مجموع طول یال‌هایش کمترین مقدار ممکن را داشته باشد. این انتخاب معمولاً نقطهٔ شروع مناسبی است. اما در برخی گراف‌ها، کوتاه‌ترین درخت فراگیر شاخه‌های بن‌بستِ زیادی دارد؛ در نتیجه، فرایند تبدیل آن به یک مسیر رفت‌وبرگشتی ممکن است در عمل باعث شود طول مسیر به‌مراتب بیشتر شود. اویس قَرَن و همکارانش امیدوار بودند با بهره‌گیری از تصادفی‌سازی برای انتخاب یک درخت پوشای مناسب، از به‌وجود آمدن این مسیرهای بیش‌ازحد طولانی جلوگیری کنند و سپس آن درخت را به یک مسیر رفت‌وبرگشتی تبدیل کنند. تصادفی‌سازی، عنصر کلیدیِ الگوریتم آن‌ها برای نسخهٔ نامتقارن مسئلهٔ فروشندهٔ دوره‌گرد بود و آن‌ها خیلی زود دریافتند چگونه می‌توان همان ایده را برای نسخهٔ متقارن نیز به کار گرفت. آن‌ها تصور می‌کردند این رویکرد می‌تواند عملکردی بهتر از الگوریتم کریستوفیدس داشته باشد. از نظر شهودی، اگر درخت پوشا را به‌صورت تصادفی انتخاب کنید، دیگر در موقعیت‌هایی که کوتاه‌ترین درخت پوشا انتخاب مناسبی از آب درنمی‌آید، گرفتار نخواهید شد. هرچه تصادفی‌سازی بیشتر باشد، بهتر است. اما تبدیل این شهود به یک برهانِ ریاضیِ دقیق کار آسانی نبود. آن‌ها به روشی نیاز داشتند تا عبارت‌های ریاضی‌ای را که احتمال انتخاب هر یک از درخت‌های پوشای ممکن را مشخص می‌کنند، تحلیل کنند. حتی یک گراف نسبتاً کوچک نیز می‌تواند میلیاردها درخت پوشای متفاوت داشته باشد و استدلال دربارهٔ مسئله‌ای با این همه حالتِ ممکن، بسیار دشوار است. کلید حل مسئله این بود که آن عبارت‌های ریاضی را به فرمول‌هایی به نام چندجمله‌ای تبدیل کنند؛ فرمول‌هایی که در آن‌ها متغیرها با یکدیگر ضرب و جمع می‌شوند. بازنویسی مسئله در این قالبِ نامعمول ــ به‌طوری‌که برای هر درخت پوشای ممکن، یک جمله به فرمول افزوده می‌شد ــ به اویس قَرَن امکان داد تا آن را با مجموعه‌ای تازه از ابزارهای ریاضی تحلیل کند. او می‌گوید: «بعد، نتیجه‌ای را که به دست آورده‌اید، دوباره به زبانِ مسئلهٔ اصلی برمی‌گردانید. این مثل یک مسیر انحرافی است». مجهز به این ابزارهای جدید، اویس قَرَن و همکارانش ثابت کردند که الگوریتم تازهٔ آن‌ها، در یک حالتِ مهم و خاص از مسئلهٔ فروشندهٔ دوره‌گرد، عملکردی بهتر از الگوریتم کلاسیک کریستوفیدس دارد. بااین‌حال، آن‌ها گمان می‌کردند داستان به همین‌جا ختم نمی‌شود؛ بلکه این الگوریتم، در واقع، در کلی‌ترین حالت نیز برتر است. البته اثبات این موضوع، به چند مسیر انحرافی دیگر نیاز داشت. آجر به آجر پژوهش‌های اولیهٔ اویس قَرَن دربارهٔ مسئلهٔ فروشندهٔ دوره‌گرد، نخستین نمونه از الگویی بود که بعدها بارها در طول دوران حرفه‌ای او تکرار شد. او هیچ تردیدی به خود راه نمی‌دهد که به سراغ منابع و پژوهش‌های حوزه‌هایی برود که برایش ناآشنا هستند؛ از نظریهٔ احتمال و فیزیک آماری گرفته تا شاخه‌های انتزاعیِ ریاضیات، مانند هندسهٔ جبری. سپس ابزارها و ایده‌های تازه‌ای را از دل آن‌ها برمی‌گزیند و در پژوهش‌های خود به کار می‌گیرد. «این دقیقاً همان کاری است که بسیاری از پژوهشگران بزرگ و درخشان انجام می‌دهند. آن‌ها میان چیزهایی ارتباط برقرار می‌کنند که در نگاه اول کاملاً بی‌ارتباط به نظر می‌رسند». رونقی می‌گوید: «او همیشه دوست داشت صدها مقاله بخواند. ظرفیتش برای یاد گرفتن مفاهیم جدید، انگار هیچ حد و مرزی ندارد». با این حال، اگر از زبان خود اویس قَرَن بشنوید، پژوهش بیش از هر چیز با دشواری همراه است. او می‌گوید: «پژوهش پر از فراز و نشیب است؛ البته بیشتر نشیب تا فراز. مدام از خودت می‌پرسی: "آیا اصلاً می‌توانم به ایده‌ای برسم که شکست نخورد؟"» برخلاف آنچه در روایت‌های عامه‌پسند از پژوهش‌های ریاضی به تصویر کشیده می‌شود، او به‌ندرت لحظه‌های ناگهانیِ «یافتم!» را تجربه می‌کند. از نگاه او، ساختن یک برهان بیشتر شبیه ساختن خانه، آجر به آجر است. راه‌های زیادی برای کنار هم قرار دادن این قطعه‌ها وجود دارد و تنها زمانی که تقریباً همهٔ بنا کامل شده باشد، می‌توان مطمئن شد که از نظر ساختاری استحکام کافی دارد. او می‌گوید: «آجرها را یکی‌یکی روی هم می‌گذاری، اما هیچ‌وقت مطمئن نیستی که آیا آن‌ها را به روش درست روی هم چیده‌ای یا نه». اویس قَرَن اغلب هنگام فکر کردن به مسائل ریاضی، انجام دادن فعالیتی دیگر را مفید می‌داند. در دوران تحصیلات تکمیلی، سرگرمی محبوبش نوع دیگری از روی هم چیدن آجرها بود: او پشت میزش آن‌قدر تتریس بازی می‌کرد که یکی از

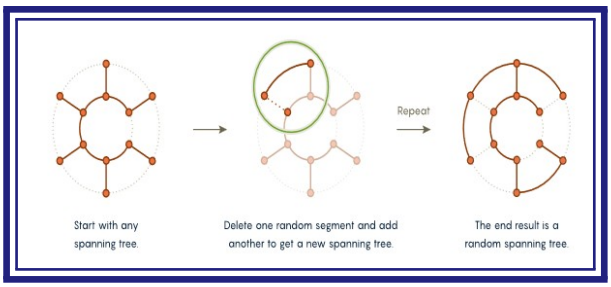
استادانی که دفتر کارش در همان نزدیکی بود، یک روز از او پرسید: «پس تو اصلاً کی کار می‌کنی؟» یک‌بار، راه‌حل مسئله‌ای که مدت‌ها ذهنش را درگیر کرده بود، در خواب به سراغش آمد؛ اما وقتی از خواب بیدار شد، دفترچه‌ای همراهش نبود تا پیش از آنکه ایده از ذهنش محو شود، آن را یادداشت کند. مدتی بعد، هر شب هنگام به خواب رفتن، ذهنش را روی مسائل ریاضی متمرکز می‌کرد؛ به این امید که دوباره در خواب به کشفی ناگهانی برسد، اما این روش هیچ نتیجه‌ای نداد. او با خنده می‌گوید: «آخرش فقط با سردرد از خواب بیدار می‌شدم». اویس قَرَن می‌گوید بهترین ایده‌هایش اغلب زمانی به ذهنش می‌رسند که در دل طبیعت باشد.



در دوران تحصیلات تکمیلی، اویس قَرَن بیشتر به‌تنهایی پژوهش می‌کرد و هر از گاهی با استادان راهنما و مشاورانش دیدار می‌کرد تا دربارهٔ ایده‌ها تبادل نظر کنند. از آن زمان به بعد، او همکاری‌های نزدیک را ترجیح داده است. این همکاری‌ها معمولاً با ساعت‌ها هم‌فکری و تبادل نظر همراه‌اند. در سال ۲۰۱۳، او همکاری‌ای را با نیما اناری آغاز کرد؛ همکاری‌ای که بعدها به شراکتی علمی، طولانی‌مدت و پربار تبدیل شد. اناری نیز از اعضای پیشین تیم المپیاد انفورماتیک ایران بود و زمانی که اویس قَرَن برای گذراندن دورهٔ پسادکتری به دانشگاه کالیفرنیا، برکلی رفت، او دانشجوی تحصیلات تکمیلی همان دانشگاه بود. اویس قَرَن و اناری با همکاری یکدیگر، از روش‌های مبتنی بر چندجمله‌ای‌ها برای پیشبرد پژوهش‌ها دربارهٔ نسخهٔ نامتقارن مسئلهٔ فروشندهٔ دوره‌گرد استفاده کردند و همچنین یکی از پرسش‌های قدیمی و حل‌نشدهٔ نظریهٔ گراف را پاسخ دادند. سپس توجه آن‌ها به یکی از پرسش‌های بنیادی دربارهٔ الگوریتم‌هایی جلب شد که از تصادفی‌سازی بهره می‌برند. این الگوریتم‌ها فرض می‌کنند که می‌توان به‌سادگی یک عضو را به‌طور تصادفی از میان مجموعه‌ای از اشیای ریاضی انتخاب کرد؛ کاری که آماردانان آن را نمونه‌برداری[۴] می‌نامند. اما پرسش اینجاست که اصلاً چنین نمونهٔ تصادفی‌ای را چگونه به دست می‌آوریم؟ واکنش زنجیره‌ای مسئلهٔ نمونه‌برداری در دنیای واقعی بسیار رایج است. بازی‌های ورق نمونه‌ای کلاسیک از آن هستند: پیش از پخش کردن کارت‌ها، باید دستهٔ ورق در ترتیبی کاملاً تصادفی قرار گرفته باشد. وقتی برای تصادفی کردن ترتیب کارت‌ها، بارها دستهٔ ورق را بر می‌زنید، در واقع نوعی الگوریتم نمونه‌برداری را اجرا می‌کنید که زنجیرهٔ مارکوف[۵] نام دارد. هر الگوریتم زنجیرهٔ مارکوف با یک عضو از میان مجموعه‌ای بزرگ از اشیای ریاضی آغاز می‌شود؛ برای مثال، یکی از تمام ترتیب‌های ممکن یک دستهٔ ورق، یا یکی از تمام درخت‌های پوشای ممکن یک گراف. سپس الگوریتم، در هر مرحله، با وارد کردن مقدار اندکی تصادفی‌سازی، آن شیء را اندکی تغییر می‌دهد. برای مثال، در مورد درخت‌های پوشا، در هر مرحله یک یال به‌طور تصادفی حذف می‌شود و یال دیگری به آن افزوده می‌شود تا درخت پوشای جدیدی به دست آید. این فرایند بارها تکرار می‌شود تا درخت پوشای حاصل، دیگر هیچ اثری از درخت اولیه نداشته باشد. خروجیِ آخرین مرحله، همان نمونهٔ تصادفی مورد نظر است. با این حال، اگر بخواهیم مطمئن باشیم که نمونه واقعاً تصادفی است، باید بدانیم این فرایند را چند بار باید تکرار کنیم؛ یا به بیان دیگر، زنجیرهٔ مارکوف چه مدت باید اجرا شود. به این کمیت زمان اختلاط[۶] گفته می‌شود و مقدار آن به ساختار ریاضیِ اشیایی که از آن‌ها نمونه‌برداری می‌شود، بستگی دارد. در سال ۱۹۸۹، میلنا میهایل[۷] (که در آوریل ۲۰۲۶ درگذشت) و اومش وازیرانی[۸]، دو دانشمند علوم کامپیوتر، حدس مهمی دربارهٔ نمونه‌برداری از اشیای ریاضیِ مرتبط با درخت‌های پوشا، یعنی پایه‌های ماتروید[۹]، مطرح کردند؛ مسئله‌ای که کاربردهای فراوانی در علوم کامپیوتر و بسیاری از حوزه‌های دیگر دارد. آن‌ها پیشنهاد کردند که یک زنجیرهٔ مارکوفِ ساده می‌تواند این نمونه‌برداری را انجام دهد، اما نمی‌دانستند چگونه ثابت کنند که زمان اختلاط این زنجیره به اندازهٔ کافی کوتاه است. سال‌ها پژوهشگران بسیاری کوشیدند این حدس را اثبات کنند، اما همگی ناکام ماندند. دنیل اشپیلمن،[۱۰] دانشمند علوم کامپیوتر دانشگاه ییل که خود در دههٔ ۱۹۹۰ با این مسئله دست‌وپنجه نرم کرده بود، می‌گوید: «هر روشی که تا آن زمان امتحان شده بود، به نتیجه نمی‌رسید. ما به ریاضیات تازه‌ای نیاز داشتیم». اویس قَرَن و اناری در سال ۲۰۱۸ به همراه همکاران جدیدشان، همان ریاضیات تازه را ارائه کردند. آن‌ها با همکاری ریاضی‌دان سینتیا وینزنت[۱۱]، همان‌گونه که اویس قَرَن پیش‌تر در پژوهش‌هایش دربارهٔ مسئلهٔ فروشندهٔ دوره‌گرد انجام داده

[4]Sampling [5]Markov Chain [6]Mixing Time [7]Milena Mihail [8]Umesh Vazirani [9]Matroid Bases [10]Daniel Spielman [11]Cynthia Vinzant

بود، مسئلهٔ نمونه‌برداری از پایه‌های ماتروید را به

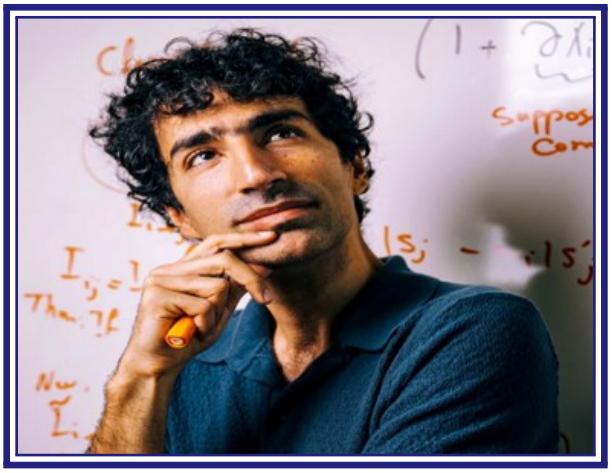


زبان چندجمله‌ای‌ها ترجمه کردند و ویژگیِ کلیدیِ مشترک میان آن چندجمله‌ای‌ها را شناسایی کردند. این دستاورد، به‌خودیِ خود، پیشرفتی مهم در ریاضیات محض به شمار می‌رفت و در عین حال، ابزار تازه و ارزشمندی نیز در اختیار آن‌ها قرار داد. سپس این گروه، با پیوستن کویی‌کویی لیو[۱۲]، دانشجوی اویس قَرَن، از همین ویژگیِ کلیدی در کنار چند ابزار دیگر که در ظاهر هیچ ارتباطی با آن نداشتند، استفاده کردند و سرانجام، سی سال پس از مطرح شدن این حدس، آن را به اثبات رساندند. وازیرانی می‌گوید: «این نتیجه واقعاً خیره‌کننده بود. انگار تکه‌ای از جادو بود».



اویس قَرَن (سمت راست) در سال ۲۰۰۵، در کنار خواهران و برادرانش: (از چپ) شهاب، شهرام، شیدا و شادی.

اثبات سرنوشت‌ساز این گروه، انقلابی در پژوهش دربارهٔ الگوریتم‌های نمونه‌برداری به راه انداخت. اویس قَرَن، اناری و لیو بعدها چهارچوبی کلی‌تر برای شناسایی مواردی ارائه کردند که در آن‌ها زنجیره‌های مارکوف به‌سرعت به تعادل می‌رسند؛ از جمله مدل‌های ریاضیِ برخی مواد که سال‌هاست توجه فیزیک‌دانان را به خود جلب کرده‌اند. دنیل اشپیلمن می‌گوید: «بعد از آن، انگار همه، همراه با استاد راهنمایشان، وارد این حوزه شدند. این اتفاق واقعاً شیوهٔ کار این رشته را دگرگون کرد». بازگشت به نقطهٔ آغاز در اواخر سال ۲۰۱۸، درست زمانی که انقلابِ نمونه‌برداری تازه در حال شکل‌گیری بود، اویس قَرَن از همان روحیهٔ بی‌قرار همیشگی‌اش، به دنبال چالشی تازه می‌گشت. او تصمیم گرفت بار دیگر به مسئلهٔ فروشندهٔ دوره‌گرد بازگردد؛ همان مسئله‌ای که حدود یک دهه پیش، سفر علمی‌اش از آنجا آغاز شده بود. او در این سال‌ها، در مسیر پژوهش‌هایش، ابزارهای ریاضی فراوانی آموخته بود. اکنون امیدوار بود با استفاده از همان ابزارها ثابت کند الگوریتمی که در دوران دانشجویی در طراحی آن نقش داشت، در کلی‌ترین حالتِ مسئله نیز از الگوریتم کریستوفیدس[۱۳] بهتر عمل می‌کند. دیوید ویلیامسون[۱۴]، از پژوهشگران باسابقهٔ مسئلهٔ فروشندهٔ دوره‌گرد در دانشگاه کرنل، می‌گوید: «در او نوعی جسارتِ کم‌نظیر وجود دارد؛ اینکه با خودش بگوید: می‌خواهم سراغ مسئله‌ای بروم که همهٔ دیگران در حل آن ناکام مانده‌اند».



اویس قَرَن، که پژوهش‌هایش بر گسترش مرزهای توانایی الگوریتم‌ها متمرکز است، می‌گوید: «من در سوی مثبتِ ماجرا ایستاده‌ام. دوست دارم بگویم که کارها شدنی‌اند». اویس قَرَن کار روی این مسئله را با کارلین و نیتن کلاین[۱۵]، دانشجوی جدید تحصیلات تکمیلی، آغاز کرد. آن‌ها روش‌های تازه‌ای برای تحلیل گراف‌های پیچیده‌ای ابداع کردند که نواحی مختلف آن‌ها هم‌پوشانی زیادی داشت، در حالی که الگوریتم باید هر یک از آن نواحی را به‌صورت جداگانه بررسی می‌کرد. آن‌ها با ترکیب این روش‌های جدید و روش‌های مبتنی بر چندجمله‌ایِ اویس قَرَن، در بهار سال ۲۰۱۹ یکی دیگر از حالت‌های مهم و خاص این مسئله را حل کردند و سرانجام، در دسامبر همان سال، موفق شدند کلی‌ترین حالت آن را نیز حل کنند؛ دستاوردی که رکورد الگوریتم کریستوفیدس را، که

[12] Kuikui Liu [13] Christofides' algorithm [14] David Williamson [15] Karlin and Nathan Klein

بیش از ۴۰ سال پابرجا مانده بود، شکست. با این حال، هفت ماه دیگر صرف شد تا همهٔ جزئیات برهان را بارها بازبینی کنند و مقاله‌ای ۹۰ صفحه‌ای و فشرده را که نتایج پژوهش‌شان را شرح می‌داد، به نگارش درآورند. امین صابری، کسی که نخستین بار اویس قَرَن را با مسئلهٔ فروشندهٔ دوره‌گرد آشنا کرده بود، از دستاورد شاگرد سابقش شگفت‌زده شد. او می‌گوید: «برای من، این دستاورد شبیه این بود که برادران رایت را ببینی که با زحمت هواپیمایی ابتدایی می‌سازند و بعد، تنها ده سال بعد، با چیزی در حد یک بوئینگ ۷۴۷ روبه‌رو شوی». مطالب مرتبط: ۱. دانشمندان علوم کامپیوتر رکورد مسئلهٔ فروشندهٔ دوره‌گرد را شکستند. ۲. «غیرخودی‌ها» مسئله‌ای ریاضی را که ۵۰ سال بی‌پاسخ مانده بود، حل کردند. ۳. هفت بار بر زدنِ کامل، دستهٔ ورق را تصادفی می‌کند؛ اما اگر بر زدن‌ها ناقص باشند، چند بار کافی است؟ ۴. هفت بار بر زدنِ کامل، دستهٔ ورق را تصادفی می‌کند؛ اما اگر بر زدن‌ها ناقص باشند، چند بار کافی است؟ از زمانی که اویس قَرَن در سال ۲۰۱۵ به دانشگاه واشینگتن پیوست، به همراه همسرش فرناز رونقی زندگی خود را در شهر سیاتل سامان داده است. رونقی که در دوران تحصیلات تکمیلی شرکت نوپایی را بنیان گذاشته بود، اکنون مدیر ارشد فناوری (CTO) همان شرکت است. اویس قَرَن در گوشه‌وکنار خانه دفترچه‌های یادداشت گذاشته است تا اگر در ساعت‌های غیرمنتظره ایده‌ای به ذهنش رسید، بتواند فوراً آن را ثبت کند. با این حال، او به‌مرور یاد گرفته است که کار را کنار بگذارد؛ به‌ویژه زمانی که با پسر ده‌ساله‌شان، فراز، وقت می‌گذراند. رونقی می‌گوید: «شایان توانایی واقعاً شگفت‌انگیزی در بازی کردن دارد. ذهنش می‌تواند مثل ذهن یک کودک، از بازی لذت ببرد و همه‌چیز را بیش از حد جدی نگیرد». با این حال، حتی زمانی که اویس قَرَن مشغول کار نیست، روحیهٔ رقابت‌جویی که از کودکی در او شکل گرفته بود، گاهی خود را نشان می‌دهد. وقتی همه‌گیری کووید-۱۹ آغاز شد، او به آشپزی علاقه‌مند شد و این سرگرمی را نیز با همان کمال‌گرایی دنبال کرد که در دیگر جنبه‌های زندگی و پژوهشش دیده می‌شود؛ به‌ویژه زمانی که میزبان مهمانان است. خواهرش شادی با خنده می‌گوید: «بچه‌های من باور دارند که او بهترین آشپز دنیاست. من هم به او می‌گویم: "داداش، یه کم آروم‌تر! لازم نیست توی همه‌چیز بهترین باشی."

* Ben Brubaker (2026). A Master of the Traveling Salesperson Problem Finds His Own Path, Quanta Math.

* دانشکده مهندسی کامپیوتر دانشگاه یزد

یوجی ناکاتسوکاسا برندهٔ جایزهٔ وایتهد شد*

داود خجسته سالکویه**



پروفسور یوجی ناکاتسوکاسا، از دانشگاه آکسفورد، به‌خاطر مشارکت‌های قابل توجه و گسترده‌اش در آنالیز عددی، به‌ویژه در جبر خطی عددی و نظریهٔ تقریب، جایزهٔ وایتهد[1] انجمن ریاضی لندن در سال ۲۰۲۶ را دریافت کرد. جایزهٔ وایتهد سالانه توسط انجمن ریاضی لندن به چندین ریاضی‌دان شاغل در بریتانیا که در مراحل اولیهٔ حرفهٔ خود هستند، اهدا می‌شود. این جایزه به یاد جی. اچ. سی. وایتهد، پیشگام نظریهٔ هموتوپی، نامگذاری شده است. به‌طور خاص، افرادی که برای این جایزه درنظر گرفته می‌شوند باید در اول ژانویهٔ سال اعطای جایزه ساکن بریتانیا باشند یا در بریتانیا تحصیل کرده باشند. همچنین، داوطلبان باید کمتر از ۱۵ سال سابقه کار در سطح پسادکترا داشته باشند و هیچ جایزه دیگری از انجمن دریافت نکرده باشند.

جبر خطی عددی، الگوریتم‌هایی را برای حل مسائل ماتریسی و برداری که زیربنای علوم و مهندسی هستند، توسعه می‌دهد. با ظهور کاربردهای جدید در مقیاس بزرگ و پیچیده، نیاز به روش‌های بهبودیافته افزایش می‌یابد. زمینه‌های مدرن مانند علوم داده، یادگیری عمیق و محاسبات کوانتومی این نیازها را تشدید کرده‌اند. پروفسور ناکاتسوکاسا با مشارکت‌های الهام گرفته از هر سه حوزه، این حوزه را پیش برده است.

مشارکت‌های ناکاتسوکاسا به‌سرعت مورد توجه قرار گرفت: تحقیقات او در دورهٔ دکترا در سال ۲۰۱۴ به‌عنوان یک رسالهٔ برجسته در جبر خطی عددی، جایزه هاوس‌هولدر[2] را دریافت کرد. کار اولیه او با استفاده از تقریب‌های زولوتارف[3] برای محاسبهٔ تابع علامت ماتریس و تجزیهٔ قطبی، استعداد او را در به‌کارگیری بینش‌های نظریهٔ تقریب در طراحی الگوریتم‌های ماتریسی نشان داده است. این استعداد، پربارترین کاربرد خود را در الگوریتم «آنتولاس-اندرسون تطبیقی»[4] (با همکاری ست[5] و ترفتن[6]، ۲۰۱۸) نشان داده است. این کار مهم، روشی را برای محاسبهٔ تقریب‌های گویا از طریق ترکیبی از انتخاب نقطهٔ درون‌یابی حریصانه و تقریب کمترین توان‌های دوم پیشنهاد می‌دهد. این روش که هم از نظر سادگی و هم از نظر اثربخشی، زیبا است، کاربرد گسترده‌ای در ریاضیات محاسباتی داشته است. این روش به‌عنوان یکی از دستاوردهای برجسته در آنالیز عددی در دههٔ گذشته شناخته می‌شود.

ناکاتسوکاسا، یک متفکر الگوریتمی غریزی، سهم عمیقی در بسیاری از مسائل متعارف در جبر خطی عددی داشته است. او تصادفی بودن را به‌عنوان ابزاری برای یادگیری در مورد ماتریس‌های بزرگ مقیاس به‌کار گرفته است، که در آن می‌توان خواص اساسی یک ماتریس را از طریق عملکرد آن بر روی بردارهای تصادفی کشف کرد. بخش عمده‌ای از کار ناکاتسوکاسا به‌دنبال ساخت مبنایی است که در آن بتوان یک راه حل تقریبی خوب برای یک مسئله جبر خطی را به‌طور پایدار نمایش داد، تا حد امکان کارآمد باشد. پایه‌های متعامد، استاندارد هستند، اما هزینه دارند. در یک نسخهٔ جدید از الگوریتم GMRES، او به‌همراه تراپ[7] در مقاله‌ای در سال ۲۰۲۴ نشان می‌دهد که گاهی کنار گذاشتن الزام تعامد می‌تواند محاسبات را تسریع و در عین حال دقت را حفظ کند. این مقاله در حال حاضر روشی جدید برای پیش‌بینی الگوریتم‌های زیرفضای کرایلف آغاز کرده است.

کار پیشگامانه ناکاتسوکاسا در جبر خطی عددی، از طریق الگوریتم‌های بدیعی که خلاقیت، نبوغ و کاربردپذیری را نشان می‌دهند، انرژی هیجان‌انگیزی را به این حوزه وارد کرده است.

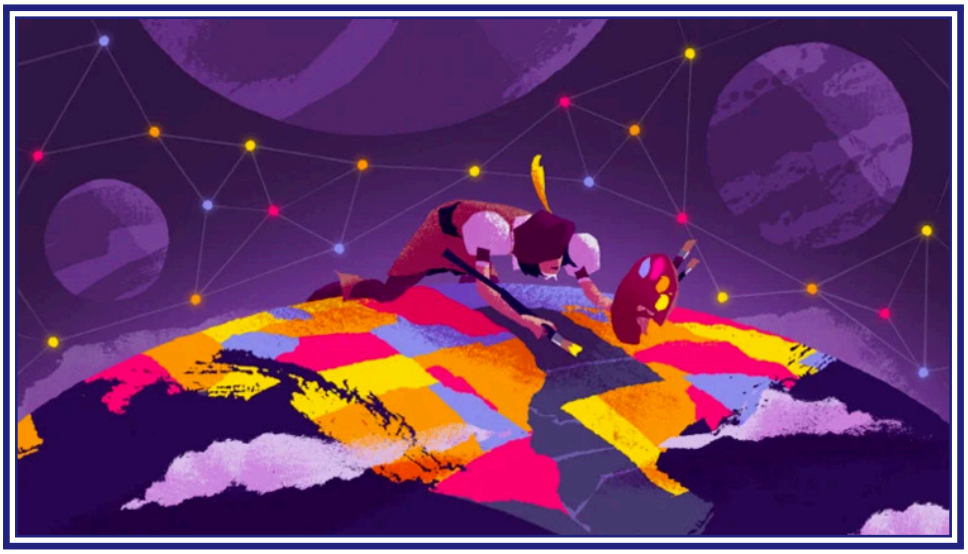
* (2026). Professor Yuji Nakatsukasa awarded Whitehead Prize, Available at https://www.chch.ox.ac.uk/news/professor-yuji-nakatsukasa-awarded-whitehead-prize

*دانشگاه گیلان

[1] Whitehead Prize [2] Householder Prize [3] Zolotarev [4] Adaptive Antoulas-Anderson [5] Seté [6] Trefethen [7] Tropp

قضیه چهار رنگ اثباتی نادر و جدید پیدا می‌کند*

مترجم: مریم صفازاده**



قضیهٔ چهار رنگ به‌راحتی قابل بیان است: با داشتن یک نقشهٔ به‌هم پیوسته، آیا ممکن است هر منطقه را با یکی از چهار رنگ، رنگ‌آمیزی کرد به‌طوری که هیچ مناطق همسایه‌ای رنگ یکسان نداشته باشند؟

با بازنگری در مسئله معروف که در دههٔ ۱۹۷۰ با کمک کامپیوترها به‌طور جنجالی حل شد، ریاضی‌دان‌ها بینش‌های جدید و مهمی دربارهٔ ماهیت گراف‌ها به‌دست آورده‌اند.

برخی از مسائل ریاضی حتی بعد از حل شدن هم، ذهن پژوهشگران را درگیر می‌کنند. یک مسئله اثبات می‌شود و حتی جشن گرفته می‌شود و با این‌حال نارضایتی باقی می‌ماند. شاید بحث خیلی پیچیده است ـ جست‌وجو برای مقالهٔ یک صفحه‌ای ادامه دارد ـ یا شاید نتوان بینش نظری عمیق‌تری دربارهٔ اینکه چرا چیزی درست است، ارائه داد. هر دلیلی که داشته باشد، ریاضی‌دان‌ها بارها و بارها به‌موردی برمی‌گردند که مدت‌هاست بسته محسوب می‌شود.

یکی از معروف‌ترین مسئله‌ها، قضیه چهار رنگ است. مسئله‌ای که طرز فکر ریاضی‌دان‌ها دربارهٔ رشته‌شان را تغییر داد. این مسئله به‌راحتی قابل بیان و حتی قابل دیدن است: با داشتن یک نقشه پیوسته، آیا ممکن است هر منطقه را با یکی از چهار رنگ، رنگ‌آمیزی کرد به‌طوری که مناطق همسایه رنگ یکسان نداشته باشند؟

در اواسط قرن نوزدهم، این موضوع برای نقشه‌نگاران چندان اهمیت نداشت، کسانی که بیش از چهار رنگ در اختیار داشتند و دلیل خاصی نمی‌دیدند که پالت رنگی خود را محدود کنند. اما برای ریاضی‌دان‌ها چه آماتور و چه حرفه‌ای، این معمای ذهنی به‌سرعت به یک وسواس تبدیل شد. نخست اثبات که در سال ۱۸۷۹ ارائه شد، ۱۱ سال باقی ماند تا اینکه ثابت شد نادرست است. جواب‌های اشتباه بیشتری از طرف وکلا، پزشکان و حتی نظریه‌پردازان معروف گراف دنبال شد. کارستن توماسن[1]، یک نظریه‌پرداز گراف در دانشگاه فنی دانمارک گفت: اینجا مسئله‌ای داریم که حتی یک کودک هم می‌تواند آن را بفهمد. فکر می‌کنم به‌همین دلیل چالش بزرگی بوده است.

در نهایت این قضیه تقریباً یک قرن بعد ثابت شد، اما با روش‌های کامپیوتری که در آن زمان رسواآمیز محسوب می‌شدند و باعث شد ریاضی‌دان‌ها درباره اثبات آن به شک بیفتند. این وضعیت تا سال ۱۹۹۷ یعنی زمانی که استفاده از کامپیوتر رایج شد، موضوع بحث

[1] Carsten Thomassen [2] Mikkel Thorup

باقی ماند و یک اثبات ساده‌تر با کمک کامپیوتر پیدا شد. با این‌حال طبق گفتهٔ میکل توراپ[۲] دانشمند کامپیوتر در دانشگاه کپنهاک مسئله چهار رنگ تا به امروز هم رایج است. او و توماسن خودشان را جزو افراد درگیر این مسئله حساب می‌کنند و معتقدند برای چنین بیانیه ساده‌ای، باید دلیل ساده‌تری وجود داشته باشد که چرا اساساً درست است یا دست‌کم یک راه حل کارآمدتر برای نشان دادن آن وجود داشته باشد.

پس از تقریباً یک دهه کار، توراپ، توماسن و چهار همکار دیگرشان در دانمارک، کانادا و ژاپن یک اثبات کامپیوتری دیگر برای قضیه ارائه کرده‌اند.



از چپ: کارستن توماسن، کن ایچی کاوارابایاشی[۵]، میکل توراپ و بویان موهار بخشی[۶] از تیمی هستند که اخیراً قضیهٔ چهار رنگ را دوباره ثابت کردند و در این روند روشی کارآمدتر برای رنگ‌آمیزی نقشه‌ها و گراف‌ها نیز کشف کردند.

با همکاری میکل توراپ

این اثبات که در مارس ۲۰۲۶ به‌صورت برخط منتشر شد و در نوامبر در کنفرانس سالانهٔ بنیاد علوم کامپیوتر ارائه خواهد شد، از جهاتی حتی پیچیده‌تر از نمونه‌های قبلی‌اش است. جورج گونتیر[۷] دانشمند کامپیوتر در اینریا در پاریس گفت: به‌نظر می‌رسد آن‌ها در واقع در اجرای اثبات خود، از کامپیوتر و برق به‌طور آزادانه‌ای استفاده کرده‌اند، اما در فرایند ساختن استدلال‌شان، پژوهشگران راهی بسیار مؤثرتر برای رنگ آمیزی نقشه‌ها ارائه کردند و با انجام این کار، بینش‌های جدیدی دربارهٔ ویژگی‌های ساختاری گراف‌های مهمی در ریاضی به‌نام گراف‌های مسطح به‌دست آوردند که زمینه را برای پیشرفت در بسیاری از مسائل سرسخت دیگر نظریهٔ گراف فراهم می‌کند. با توجه به سابقه مسئله با شروع‌های ناموفق و امیدهای ازدست‌رفته گونتیر گفت: واقعاً هیجان‌انگیز است که برای یک‌بار یک نتیجهٔ واقعی ببینیم.

بحث کامپیوتری

در سال ۱۸۵۲ ریاضی‌دان فرانسیس گوتری[۸] در حال رنگ آمیزی نقشهٔ شهرستان‌های انگلیس بود که متوجه شد فقط به چهار رنگ نیاز دارد. او با خود فکر کرد، آیا این همیشه درست بوده است؟ او از برادرش فردریک که او هم ریاضی‌دان بود این سؤال را پرسید، کسی که استاد راهنمایش آگوستوس دمورگان[۹] نیز به این سؤال علاقه‌مند شد و تصمیم گرفت آن را به مخاطبان بیشتری ارائه کند.

در سال ۱۸۷۹ زمانی که یک ریاضی‌دان به نام آلفرد بری کمپ[۱۰] ادعا کرد که راه حلی پیدا کرده است، یک بیانیهٔ مطبوعاتی این دستاورد را در نشریهٔ نیچر اعلام کرد. کمپ با فرض کردن خلاف آنچه می‌خواست اثبات کند، شروع کرد: اینکه یک نقشه وجود دارد که نمی‌توان آن را فقط با چهار رنگ، رنگ‌آمیزی کرد. سپس او تلاش کرد نشان دهد که این فرض نهایتاً به تناقض می‌رسد، به این معنا که چنین نقشه‌ای نمی‌تواند وجود داشته باشد. در این صورت همه نقشه‌ها باید قابل رنگ‌آمیزی با چهار رنگ باشند.

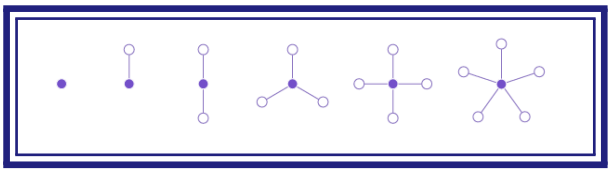
ابتدا گفت: تصور کنید نقشه‌ای که طبق فرض شما نمی‌توان با چهار رنگ، رنگ‌آمیزی کرد، تا حد ممکن مینیمال است: اگر بخواهی هر کشوری را از آن حذف کنی، نقشه باقی‌مانده را می‌توان با چهار رنگ، رنگ آمیزی کرد. سپس جغرافیا و جزئیات اضافه را کنار بگذارید و نقشه‌تان را به گراف مسطح تبدیل کنید. هر کشور را به‌صورت یک نقطه (یا رأس) نشان دهید و اگر آن کشورها مرز مشترک دارند بین دو نقطه یک خط (یا یال) بکشید. مسئله رنگ‌آمیزی نقشهٔ شما حالا به یک مسئله رنگ آمیزی گراف تبدیل شده است و این مسئله به ابزارهای نظریهٔ گراف دسترسی پیدا می‌کند.



به‌خصوص در قرن هجدهم ریاضی‌دان سوئیسی، لئونارد اویلر، کشف کرد که گراف‌های مسطح ویژگی‌های مفید زیادی دارند، ازجمله تضمین اینکه هر گراف از این نوع دست‌کم یک رأس دارد که پنج یا کمتر همسایه دارد. این یعنی گراف مورد نظر باید دست‌کم

[7]Georges Gonthier [8]Francis Guthrie [9]Augustus De Morgan [10]Alfred Bray Kempe

یکی از این شش پیکربندی را داشته باشد، چیزی که کمپ آن را مجموعه اجتناب ناپذیر نامید:

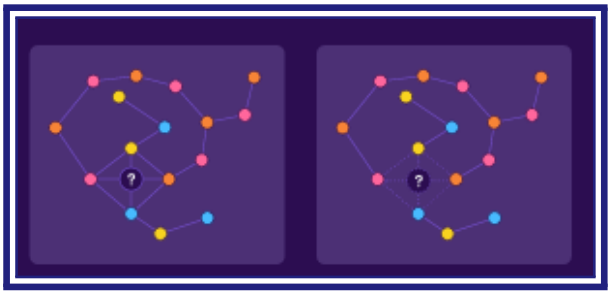


و چون گراف شما مینیمال است، اگر هرکدام از این پیکربندی‌ها را از آن حذف کنید، گرافی باقی می‌ماند که می‌توانید با چهار رنگ دوباره آن را رنگ‌آمیزی کنید.

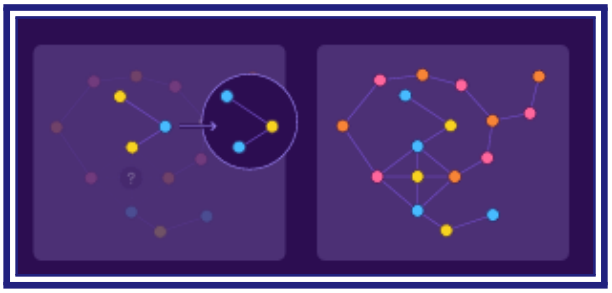
حرکت هوشمندانهٔ کمپ این بود که نشان دهد فرقی ندارد کدام یک از این پیکربندی‌ها حذف شود، همیشه می‌توانید راهی پیدا کنید تا رنگ‌های گراف را طوری جابه‌جا کنید که وقتی رأس حذف‌شده را دوباره اضافه می‌کنید، بتوانید همهٔ رأس‌ها را رنگ آمیزی کنید بدون آنکه به رنگ پنجم نیاز باشد.

اثبات مسئله چهار رنگ چگونه است؟

قضیهٔ چهار رنگ گراف‌های مسطح را درگیر می‌کند. رأس‌ها توسط یال‌هایی که با هم هیچ تداخلی ندارند به‌هم متصل می‌شوند (یال‌هایی که تنها در رأس‌ها یکدیگر را قطع کنند). برای اثبات آن باید نشان دهید که همیشه راهی وجود دارد که هر رأس را به‌گونه‌ای با یکی از چهار رنگ، رنگ کنید که هیچ دو رأس مجاوری همرنگ نباشند. در قسمتی کلیدی از اثبات، بخش‌های مشخصی از گراف را حذف می‌کنید، بخش‌های دیگر را دوباره رنگ می‌کنید و سپس بخش‌های حذف‌شده را دوباره اضافه می‌کنید. به این صورت ثابت می‌شود.



شکل سمت چپ: ابتدا با گرافی شروع کنید که به‌نظر می‌رسد با ۵ رنگ، رنگ‌آمیزی می‌شود. شکل سمت راست: یک رأس و یال‌های متصل به آن را حذف کنید.

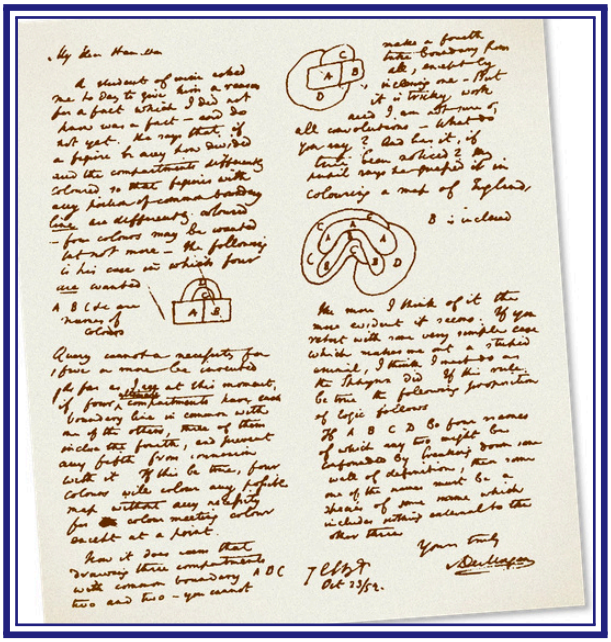


شکل سمت چپ: رنگ برخی از رأس‌های باقی مانده را عوض کنید. شکل سمت راست: رأس و یال‌های حذف‌شده را اضافه کنید.

با نشان دادن اینکه هرکدام از این پیکربندی‌ها به این روش کاهش‌پذیر است، شما ثابت کردید که گراف مینیمال در نهایت قابل رنگ‌آمیزی با چهار رنگ است، پس فرض اولیه‌تان اشتباه بوده و قضیه چهار رنگ حتماً درست است. متأسفانه ۱۱ سال بعد از اینکه کمپ اثبات آن را اعلام کرد، ریاضی‌دان پرسی جان هی وود[11] یک ایراد ظریف در روش تعویض رنگ او پیدا کرد: وقتی رأسی که حذف می‌کنید پنج همسایه داشته باشد، روش کمپ ممکن است باعث شود رنگ‌های یکسان کنار هم قرار بگیرند. هیوود ابتدا از گزارش دادن خطا خودداری کرد تا حدی به این دلیل که رویکرد کمپ خیلی شیک بود و درواقع با وجود اشتباه کمپ، روش تعویض رنگ او که امروزه به نام زنجیره کمپ شناخته می‌شود همچنان در مرکز راه‌حل‌های آینده برای این مسئله باقی خواهد ماند. توماسن گفت: جالب نیست که اشتباه تو آن‌قدر جذاب است که به اسم تو نامگذاری شده است؟ در نهایت هیچ‌کس نتوانست نشان دهد که آخرین پیکربندی در مجموعه اجتناب‌ناپذیر کمپ کاهش‌پذیر است. این نتیجه حاصل شد که در عوض یک اثبات درست به شناسایی یک مجموعهٔ بسیار بزرگ‌تر و پیچیده‌تر از ۸۹۰۰ پیکربندی نیاز دارد و باید نشان داد که همهٔ آن‌ها کاهش‌پذیر هستند. این کار با دست غیرممکن بود و به کامپیوتر نیاز داشت.

در سال ۱۹۷۶ ریاضی‌دان‌ها کنت اپل و ولفگانگ هاکن[12] راه زیبایی پیدا کردند تا ابتدا تعداد احتمالات را به ۱۹۳۶ پیکربندی کاهش دهند و بعد به ۱۴۸۲ برسانند. سپس از ابر رایانه‌های دانشگاه ایلینوی استفاده کردند تا هرکدام را به‌درستی بررسی کنند. درنهایت آن‌ها اعلام کردند که قضیهٔ چهار رنگ حل شد.

[11] Percy John Heawood [12] Wolfgang Haken



ریاضی‌دان بریتانیایی آگوستوس دمورگان تلاش کرد علاقهٔ گسترده‌تری به مسئله چهار رنگ ایجاد کند. او در نامه‌ای در سال ۱۸۵۲ به ریاضی‌دان و فیزیک‌دان پرکار ویلیام همیلتون نوشت: امروز یکی از دانشجویانم از من خواست دلیلی برای حقیقتی که نمی‌دانستم واقعیت است و هنوز هم نمی‌دانم به او بدهم.

مالکیت عمومی

آن‌ها با مخاطبی مشکوک روبرو شدند. آن زمان کامپیوترها ترسناک و از نظر فنی ناشناخته بودند. اپل و هاکن از حافظه مرکزی استفاده می‌کردند و اطلاعات را روی وسایل مغناطیسی ذخیره می‌کردند که به‌صورت دستی به شبکه‌ای از سیم‌ها بافته شده بود. دربارهٔ اینکه چطور می‌توان به این اثبات اعتماد کرد همه نوع بحث و جدلی وجود داشت. الن گتنر ریاضی‌دان دانشگاه کلرادو، دنور، گفت: چه می‌شود اگر موجی از الکتریسیته بیاید و شما آن پیکربندی خاص که می‌توانست اثبات را باطل کند، از دست بدهید؟ با این‌حال اکثر مردم سرانجام پذیرفتند که چهار رنگ کافی است. همان‌طور که بعداً دانشگاه ایلینوی روی تمبرهای پستی شان اعلام کرد. در سال ۱۹۹۷ یک تیم از ریاضی‌دان‌ها با ساده کردن روش اپل و هاکن با استفاده از یک کامپیوتر برای شناسایی و بررسی فقط ۶۳۳ پیکربندی موضوع را خاتمه دادند. این بار جامعهٔ ریاضی بلافاصله نتیجه را پذیرفت اما داستان هنوز به پایان نرسیده بود.

جست‌وجو در ناحیهٔ نامشخص

آخرین فصل این موضوع در سال ۲۰۱۵ در یکی از سواحل دانمارک شروع شد. کن ایچی کاوارابایاشی نظریه‌پرداز گراف در مؤسسه ملی انفورماتیک ژاپن در یک کنفرانس با توراپ همکار دیرینه‌اش حضور داشت. این دو نفر اخیراً با هم یک مقاله مهم منتشر کرده بودند (که باعث شد بعدها جایزهٔ معتبر فولکرسان[13] را دریافت کنند، جایزه‌ای که دهه‌ها قبل هم به اپل و هاکن برای کارشان روی مسئله چهار رنگ داده شده بود). حالا آن‌ها روی شن سفید نیبرگ[14] ایستاده بودند و فکر می‌کردند قدم بعدی چیست. کاوارابایاشی به‌یاد می‌آورد که این فکر از ذهنش گذشت: «ما واقعاً نمی‌توانیم روی یک پروژه کوچک کار کنیم.»

قضیهٔ چهار رنگ در طول دوران کاری‌شان تأثیر بزرگی داشته است. تا حدی آن‌ها را ترغیب کرد تا در وهلهٔ اول به نظریه‌پردازان گراف تبدیل شوند. با این حال آن‌ها از یک جنبهٔ نتیجهٔ ۱۹۹۷ ناراضی بودند: آن نتیجه به ریاضی‌دان‌ها یک روش برای رنگ‌آمیزی هر گراف با چهار رنگ داده بود، اما آن روش ناکارآمد بود. برای یک گراف با n رأس فرایند رنگ‌آمیزی به n^2 مرحله نیاز دارد. مشکل این بود که اگر یک گراف بزرگ به شما داده می‌شد و قصد رنگ‌آمیزی آن را داشتید، باید در آن به دنبال پیکربندی می‌گشتید که آن را حذف کنید، سپس پیکربندی دیگری می‌یافتید و آن را نیز حذف می‌کردید و این روند ادامه داشت تا اینکه گراف به چیزی کاهش پیدا می‌کرد که به‌طور واضح با چهار رنگ قابل رنگ‌آمیزی باشد. کاوارابایاشی و توراپ که خیلی زود با توماسن و بویان موهار از دانشگاه سایمون فرایزر همراه شدند، می‌خواستند یک مجموعه ناگزیر از پیکربندی‌ها را شناسایی کنند که بتوان به‌صورت موازی کاهش داد و نه یکی‌یکی. آن‌ها برای این‌کار باید ضمانت کنند که می‌توانند هر پیکربندی را بدون دخالت در رنگ آمیزی‌های سایر پیکربندی‌هایی که همزمان در حال کاهش هستند، کاهش دهند. این به آن‌ها راه سریع‌تری برای رنگ‌آمیزی مجدد یک گراف تنها با چهار رنگ می‌دهد. چطور می‌توان این پیکربندی‌های تداخل‌ناپذیر را پیدا کرد؟ با جست‌وجوی گسترده.

در اثبات‌های قضیهٔ چهار رنگ در سال‌های ۱۹۷۶ و ۱۹۹۷، ریاضی‌دان‌ها فقط روی مناطقی تمرکز کردند که شامل خوشه‌هایی از رئوس با اتصالات کم بودند. کاوارابایاشی، موهار، توماسن و توراپ به‌جای آن توجه خود را به مناطق به‌اصطلاح صاف گراف

[13] Fulkerson Prize [14] Nyborg

معطوف کردند، جایی‌که هر رأس به شش رأس دیگر متصل است و یک چیدمان مثلثی از یال‌ها ایجاد می‌کند. این مناطق نوعی ناحیهٔ مشخص گرافیکی تشکیل می‌دهند: تشخیص پیکربندی‌های خوب در آنجا سخت‌تر است، زیرا نواحی صاف ساختاری که معمولاً برای اثبات کاهش‌پذیری یک پیکربندی استفاده می‌شود را ندارند، اما محققان متوجه شدند که نواحی صاف هم خیلی رایج‌تر هستند و برای اینکه بتوانند همزمان خیلی از پیکربندی‌ها را کم و دوباره رنگ کنند بدون اینکه با هم تداخل داشته باشند، به گزینه‌های زیادی برای انتخاب نیاز داشتند.



آتسویوکی میاشیتا (چپ) و یوتا اینوئه به جست‌وجوی ساختارهای مهم در مناطقی از گراف‌ها که معمولاً نادیده گرفته می‌شوند، کمک کردند.

به‌لطف یوتا اینوئه

جست‌وجو برای پیکربندی‌ها در این نواحی نیاز به دو ذهن دیگر داشت، دانشجویان تحصیلات تکمیلی کاوارایاشی، به‌نام‌های یوتا اینوئه[15] و آتسویوکی میاشیتا[16] و ماه‌ها زمان برای پردازش رایانه‌ای. توراپ گفت: ما خیلی ساده‌لوح بودیم. هیچ تصوری نداشتیم از اینکه این‌قدر طول می‌کشد. اما در نهایت آن‌ها به یک مجموعه جدید و اجتناب‌ناپذیر رسیدند. این مجموعه عظیم بود و شامل ۸۲۰۲ پیکربندی می‌شد، اما همان‌طور که آن‌ها امیدوار بودند، امکان کاهش بسیاری از آن پیکربندی‌ها به‌طور همزمان در یک گراف مشخص وجود داشت و کاری که قبلاً چندین مرحله طول می‌کشید را به‌تنها چند مرحله تبدیل می‌کرد.

یک‌بار دیگر قضیهٔ چهار رنگ اثبات شده بود و اثبات جدید، الگوریتم رنگ‌آمیزی بسیار مؤثرتری ارائه داد: برای یک گراف با n رأس، به $n(\log n)$ مرحله نیاز داشت که پیشرفتی چشمگیر نسبت به n^2 بود.

افق‌های نو

مثل تلاش ناموفق کمپ بیش از یک قرن پیش، بیشترین ارزش اثبات جدید، کمتر به نتیجهٔ اصلی آن مربوط می‌شود و بیشتر به بینش‌های جدیدی که دربارهٔ ماهیت گراف‌ها ارائه می‌دهد مربوط است. با استفاده از یک مفهوم متفاوت از کاهش‌پذیری و بهره‌گیری از بخش‌های نادیده گرفته‌شدهٔ گراف، این‌کار ساختار ناشناخته‌ای را در این بخش مهم ریاضی آشکار کرده و به ریاضی‌دان‌ها ابزارهای جدیدی برای درک آن‌ها داده است. گتنر گفت: وقتی ماشین‌آلات را می‌سازید، متوجه می‌شوید چه نوع مشکلاتی را می‌توانید حل کنید. برای مثال نظریه‌پردازان گراف فقط به گراف‌های مسطح علاقه‌مند نیستند، بلکه به گراف‌هایی که روی انواع سطوح قرار می‌گیرند هم علاقه دارند، مثل تورس که شبیه به دونات است. این گراف‌ها برخی ویژگی‌های گراف‌های مسطح که در کار جدید کشف شده است را دارند و امکان اثبات قضایای رنگ‌آمیزی درباره آن‌ها را نیز فراهم می‌کند. محققانی که جدیدترین نتایج درباره قضیهٔ چهار رنگ را کشف کردند، حالا از تکنیک‌هایشان برای پرداختن به این سؤالات استفاده می‌کنند، البته هنوز موانعی وجود دارد اما توماسن گفت فکر می‌کنم مسیر درستی در پیش گرفته‌ایم.

در همین حال مسئله چهار رنگ همچنان پابرجاست. در حالی که توماسن از عملکرد اخیرش راضی است، هنوز همان سؤالی را دارد که علاقه‌مندان و حرفه‌ای های سرسخت برای ۱۵۰ سال است که دارند: آیا توضیح ساده‌تری است که چرا قضیه چهار رنگ برای هر گراف مسطح کافی است؟ آن توضیح افسانه‌ای تک صفحه‌ای، آن تز تئوریک که باعث شود همه بگویند "آها"؟ توماسن گفت: آنچه من می‌خواهم اثباتی بدون استفاده از کامپیوتر است و من هرگز از فکر کردن به آن دست نخواهم کشید.

* Gregory Barber (2026). The Four-Color Theorem Gets a Rare New Proof, Quanta Math.

*دانشگاه یزد

[15] Yuta Inoue [16] Atsuyuki Miyashita

اخبار و یادداشت‌ها

انتخاب مجدد آقای دکتر جواد مشرقی به ریاست انجمن ریاضی کانادا

حسن دقیق *

انجمن ریاضی کانادا ضمن تشکر از دکتر ایلیا بیندر رئیس انجمن ریاضی کانادا به خاطر خدماتش در دوره ریاست، به دکتر جواد مشرقی به عنوان رئیس جدید این انجمن خوش آمد گفت. دکتر مشرقی قبلاً نیز از سال ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۲ ریاست این انجمن را به عهده داشت. دکتر مشرقی استاد ریاضی در دپارتمان ریاضی و آمار دانشگاه لاوال در کبک کانادا است. او مؤلف کتب و مقالات بسیار زیاد در موضوعات متنوعی شامل آنالیز تابعی، نظریهٔ توابع تحلیلی، آنالیز ماتریس‌ها، بهینه‌سازی و پردازش سیگنال‌هاست. دکتر مشرقی دارای سوابق طولانی خدمت در انجمن ریاضی کاناداست، که شامل بیش از دو دهه مشارکت در رهبری‌های داوطلبانه است. در طی این سال‌ها او در مناصب مختلف از جمله، رئیس، نایب رئیس و عضو هیئت مدیره انجمن بوده است. او همچنین به عنوان رئیس یا عضو کمیته‌های مهمی خدمت کرده است، از جمله کمیتهٔ انتشارات، کمیته انتخاب برندگان جوایز برگزیده و به عنوان دبیر کنفرانس‌ها و سمینارها و از جمله به عنوان سردبیر بولتن انجمن ریاضی کانادا مشارکت داشته است. مشرقی در دورهٔ قبل ریاست بر انجمن ریاضی کانادا، به‌ویژه در چالش بی‌سابقه کووید ۱۹ کرونا موفق شد خیلی سریع فعالیت‌ها و کنفرانس‌ها را به صورت مجازی ادامه دهد. دورهٔ ریاست او همچنین با ابتکارات کمیته‌ها و پیشرفت‌های قابل توجه در جهت پروژه‌هایی مانند راه‌اندازی «خانه ریاضیات کانادا» و توسعهٔ انتشارات انجمن و مجلات دسترسی آزاد همراه بود. انجمن ریاضی کانادا مراتب تشکر عمیق خود را از آقای دکتر ایلیا بیندر ابراز می‌دارد و مشتاقانه منتظر آغاز دوره جدید دکتر جواد مشرقی است.

*دانشگاه کاشان



به یاد مرحوم دکتر مهدی ریاضی کرمانی

مهدی رجبعلی‌پور *

خودم تا همین دیروز، ۱۵ شهریور ۱۴۰۵، هنوز شک داشتم که آیا واقعاً ایشان درگذشته‌اند یا نه؛ چرا که نحوه دریافت خبر برایم چندان واضح و منطقی نبود. به هر حال، مطمئن نبودم؛ اما اکنون مطمئن هستم که آقای دکتر مهدی ریاضی کرمانی دار فانی را وداع گفته‌اند، با ما خداحافظی کرده و از میان ما رفته‌اند.



این‌طور که من پرس‌وجو کردم، ایشان مشکل ریه داشتند و در اواخر عمر نیز ناراحتی‌هایی داشتند. شاید یکی از دلایل درگذشت‌شان همین مشکل ریه بوده باشد. او در اردیبهشت‌ماه سال ۱۳۲۳ در تهران متولد شده بود و پس از اخذ دیپلم ریاضی از دبیرستان فیروز بهرام، در سال ۱۳۴۰ وارد رشته ریاضی و آمار دانشگاه تهران شد. همزمان، در سال ۱۳۴۱ به دانشگاه ملی رفت و پس از اخذ مدرک فوق‌لیسانس معماری و شهرسازی از آن دانشگاه، و همچنین گذراندن دوران سربازی با درجهٔ ستوان دومی، در سمت استادی ریاضی و مهندسی، در سال ۱۳۵۰ برای ادامه تحصیل به آمریکا رفت. او پس از دو ترم مطالعه، در سال ۱۳۵۱ موفق شد در رشته عمران، گرایش برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، از دانشگاه تنسی آمریکا و در سال ۱۳۶۶ در همان رشته و همان دانشگاه، مدرک کارشناسی ارشد و دکترای خود را اخذ کند. ریاضی کرمانی پس از بازگشت به ایران، طی سال‌های ۱۳۵۶ تا ۱۳۶۰ به‌عنوان رئیس هیئت‌مدیره و مدیرعامل سازمان ترافیک تهران مشغول به فعالیت شد. در سال ۱۳۵۸ به‌عنوان معاون شهردار انتخاب و در سال ۱۳۶۱ مهندسین مشاور بنیاد ترافیک ایران را تأسیس کرد. او به‌عنوان پدر علم ترافیک ایران چهره‌ای شناخته‌شده بود. ریاضی از دههٔ ۷۰ ریاست کانون فارغ‌التحصیلان معمار دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی را برعهده داشت.

یک خاطره کلی که من از ایشان در آن زمان داشتم، این بود که بسیار آدم خنده‌رویی بودند؛ با همه خوش‌برخورد بودند و با تواضع و فروتنی دوستی می‌کردند. با اینکه پدرشان استاد ما بود، رابطه ایشان با پدرشان نیز بسیار دوستانه، صمیمی و مهربانانه بود. من تا سال ۱۳۶۸، از ایشان خبری نداشتم. تا اینکه پدر ایشان، آقای دکتر عباس ریاضی کرمانی، در اسفندماه ۱۳۶۷ فوت کردند.

عباس ریاضی کرمانی شخص مشهوری بودند. تقویم‌های ایران همه توسط ایشان استخراج می‌شد و نام مرحوم دکتر عباس ریاضی کرمانی روی تقویم‌ها دیده می‌شد. من آن موقع در دانشگاه کرمان بودم و به همکاران در دانشگاه عرض کردم که یکی از استادان دانشگاه تهران، که در نجوم مشهور هستند، به نام دکتر عباس ریاضی، اهل کرمان هستند. بنابراین، پیشنهاد کردم که ما یک مجلس ختمی در کرمان برای ایشان برگزار کنیم. مسجد کوچکی بود در دانشگاه، مکعبی‌شکل و به شکل خانه کعبه ساخته بودند. ما در آنجا مجلس ختم برگزار کردیم. یکی از همکاران، به نام آقای مهدی بحرینی، که مربی زبان انگلیسی بود و در مجلس شرکت کرده بود، بعد از اتمام مجلس به من نزدیک شد و گفت: «تو می‌دونی من پسرعموی مهدی ریاضی هستم؟» و او باعث شد که من با دکتر مهدی ریاضی کرمانی صحبت تلفنی داشته باشم و ایشان گفت: «من یک مقداری پول دارم و می‌خواهم در انجمن ریاضی، کاری یا جایزه یا هدیه‌ای به اسم پدرم اختصاص بدهم تا نام پدرم زنده بماند.» من گفتم: «خب، ما انجمن ریاضی ایران را داریم. خیلی خوب است که شما این پول یا بودجه‌ای

را که دارید در اختیار انجمن ریاضی ایران بگذارید و هدف جایزه هم این باشد که به بهترین مقاله‌ای که در بولتن انجمن ریاضی ایران چاپ می‌شود، هر سال این جایزه اعطا بشود.» خیلی خوشحال شد و استقبال کرد.

ما اولین دوره را برگزار کردیم و سه تا سکه طلای بهار آزادی را به این جایزه اختصاص دادیم. همین‌طور در سال‌های بعد، بهترین مقاله‌ای را که انتخاب می‌کردیم، سه تا سکه به نویسندگان آن مقاله می‌دادیم. معمولاً یک مقاله انتخاب می‌شد و این جایزه به آن تعلق می‌گرفت. یک لوح هم ایشان خودش می‌رفت و زحمت می‌کشید و آن لوح را می‌نوشت. من خودم عضو اولین هیئت امنای جایزه عباس ریاضی کرمانی شدم. همان‌طور که می‌دانید، هر سه سال یک‌بار، این هیئت عوض می‌شد و انجمن ریاضی ایران افراد جدیدی را به‌عنوان هیئت امنای جایزه و کمیته مربوط به جایزه عباس ریاضی کرمانی تعیین می‌کرد. بعد از آن، من خودم شخصاً با مهدی ریاضی رابطه بسیار نزدیکی داشتم. مرتب، هر وقت تهران می‌رفتم، سری به ایشان می‌زدم و احوالشان را جویا می‌شدم. گاهی هم هر سال، آخر پنجشنبه، آخرین پنجشنبه سال، ناهار را با ایشان و بقیه فارغ‌التحصیلان سال ۱۳۴۵ لیسانس ریاضی دانشگاه تهران، در یکی از رستوران‌ها ــ که این اواخر جای ثابت آن چلوکبابی حاتم، فکر کنم در میدان سئول بود ــ دور هم جمع می‌شدیم. دیگر این سال‌ها، یکی دو سال آخر که جنگ و بمباران بود و هواپیمایی نبود و رفت‌وآمد ما از کرمان به تهران خیلی تق‌ولق شده بود، جلسات تشکیل نشد.

یادم می‌آید یکی از دوستان ما یک سال پیش فوت کرد و دکتر مهدی ریاضی در گروه تسلیتی نداد، در حالی که همه ما تسلیت گفته بودیم. من خیلی ناراحت شدم و گفتم خدای نکرده اتفاقی برایش افتاده باشد. به ایشان تلفن زدم و هرچه تلفن کردم، گوشی را برنداشت. دیگر در گروه یادداشت گذاشتم و گفتم: «برای همه اعضای گروه، خبری از دکتر مهدی ریاضی دارید؟ اگر کسی خبری دارد به ما بدهد، یا تلفنی از دوستانش خبری بگیرید.» یکی از دوستان زحمت را کشید و بالاخره پیدایش کرد و به ایشان گفت که «رجبعلی‌پور خیلی ناراحت و نگران توست.» ایشان هم بلافاصله به من زنگ زد. یادم هست به شوخی گفت: «رجب، مرا رجب صدایم می‌زد. رجب، بادمجون بم آفت نداره! نگران من نباش، من به این سادگی نمی‌میرم.» این حدود یک سال پیش بود. خب، ما بلوف زیاد می‌زنیم، دست خودمان نیست!

حالا همان یک سال هم که زنده بود، بالاخره ما خدا را شکر می‌کنیم که بیشتر با هم صحبت کردیم و با هم رابطه داشتیم. به هر حال، دوستی بود که واقعاً این‌قدر شاد بود، این‌قدر خندان بود که باور نمی‌کردیم مردنی باشد. حیف شد، از دستش دادیم.

آدم خیلی توانمندی بود و در عین حالی که رئیس انجمن معماران بود ــ انجمن معماران شهر، که دقیقاً حالا جلوی چشمم نیست که بتوانم نامش را بیان کنم ــ در عین حال با گروه ریاضی، با انجمن و با فارغ‌التحصیلان ریاضی در تماس بود و من هم سعی می‌کردم با ایشان در ارتباط باشم. ایشان همیشه به فکر کار علمی و خدمت علمی بود. امیدوارم که ایشان وصیت‌هایی کرده باشند، راجع به تداوم جایزه‌ای که به اسم پدرشان تأسیس کرده بودند. مخصوصاً امیدوارم که در این مورد یک وضعیتی را مشخص کرده باشند و این جایزه همچنان ادامه پیدا کند.

خداحافظی می‌کنم با دوستان عزیزم از راه دور. خودم را در کنار قبر ایشان احساس می‌کنم، در حالی که برایشان فاتحه می‌خوانند. به برادر ایشان، حسین‌آقا، و خانواده، مخصوصاً که از دوستان من هستند، و سایر بازماندگان این عزیز بزرگوار تسلیت عرض می‌کنم.

---

* دانشگاه شهید باهنر کرمان

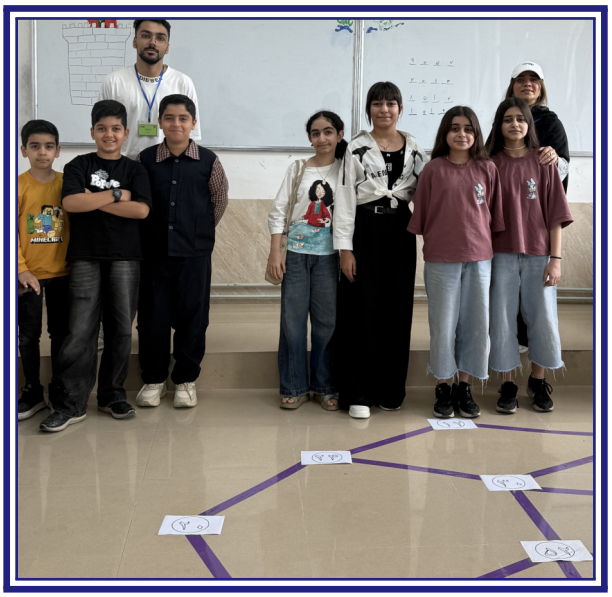
اخبار دانشگاه‌ها

اخبار دانشگاه علم و فناوری مازندران



کارگاه فارسی مقطع پنجم و ششم

کمی پس از پایان فضای جنگ و برقراری اندکی آرامش در کشور بود که به فکر ایجاد فضایی همدلانه و آموزشی با بازی‌های ریاضی برای دانش‌آموزان ابتدایی افتادیم. مطابق معمول، دانشجویان مشتاق اعلام آمادگی و همراهی کردند. حدود ۶۰ دانش‌آموز ابتدایی از پایه اول تا ششم برای شرکت در این رویداد ثبت‌نام کردند. این رویداد شامل سه کارگاه ریاضی و سه کارگاه فارسی برای سه ردهٔ سنی در دانشکدهٔ علوم دانشگاه علم و فناوری مازندران در شهرستان بهشهر برگزار شد. رده اول را دانش‌آموزان پایه اول و دوم ابتدایی، رده دوم را دانش‌آموزان پایه سوم و چهارم ابتدایی و در نهایت رده سوم را دانش‌آموزان پایه پنجم و ششم ابتدایی تشکیل می‌دادند. شرکت‌کنندگان به ۱۲ تیم ۴ تا ۵ نفره تقسیم شدند و در هر سانس رویداد، در یکی از کارگاه‌های فارسی یا ریاضی مربوط به ردهٔ سنی خود به انجام بازی پرداختند. در هر سانس بازی و در هر کارگاه، ۲ تیم در کنار یکدیگر و با همراهی دو مربی مستقر در اتاق کارگاه، با بازی آن کارگاه آشنا شده و فعالیت مربوط به آن را انجام دادند. در هر کارگاه ریاضی، بازی‌هایی از پیش توسط تیم ریاضی طراحی شده بود. برخی از این بازی‌ها از سایت‌های مراکز معتبر بین‌المللی برداشت و بومی‌سازی شده بود، در حالی که برخی بازی‌های دیگر از دروس دوره کارشناسی رشته ریاضیات و کاربردها و علوم کامپیوتر الهام گرفته و توسط دانشجویان تیم ریاضی و اینجانب به شکل بازی‌های مناسب طراحی شده بود. دروس گراف، بهینه‌سازی، ترکیبیات و نظریه بازی‌ها از دروسی بودند که بیشترین بازی‌ها از مواد درسی آن‌ها اتخاذ شده بود. همچنین بازی‌های کارگاه‌های فارسی نیز با مشاوره تخصصی حوزه ادبیات و نشر و دو کارشناس ارشد زبان‌شناسی طراحی شده بود. این رویداد با استقبال فراوان دانش‌آموزان و خانواده‌های بهشهری روبه‌رو شد و فرصتی فراهم کرد تا کودکان پس از تحمل روزهای سخت دوری از مدرسه، در کنار هم‌سالان خود به شادی و یادگیری بپردازند.



کارگاه ریاضی، بازی فرار از جزیره

همچنین شایان ذکر است که تیم ریاضی در شهریور ۱۴۰۵ رویداد چهارم خود را نیز در باغ علم نوجوان و باغ علم کودک مستقر در باغ کتاب تهران برای دانش‌آموزان ابتدایی برگزار کرد. این رویداد شامل ۵ کارگاه با محوریت ترکیبیات، مسیریابی شبکه، منطق، هندسه فضایی و بهینه‌سازی بود که همانند یک اتاق فرار ریاضی، با هدف رمزگشایی از جمله‌ای نمادین نوشته‌شده بر دیوار یکی از کارگاه‌ها طراحی شده بود.

ماریا افشاری‌راد (نمایندهٔ انجمن)
دانشگاه علم و فناوری مازندران



کارگاه ترکیبیات، بازی آخری مال من



کارگاه بهینه‌سازی، بازی نگهبان گنج



نقشه کارگاه‌ها در باغ علم نوجوان، باغ کتاب تهران



تیم ریاضی، دانشکده علوم دانشگاه علم و فناوری مازندران، بهشهر

اخبار دانشکده علوم ریاضی دانشگاه یزد

۱. انتصاب رییس جدید دانشکده علوم ریاضی دانشگاه یزد



با ابلاغ رئیس دانشگاه یزد و بر اساس شیوه‌نامه نظرسنجی انتخاب رؤسای دانشکده‌ها، دکتر عیسی محمودی، عضو هیأت علمی گروه آمار دانشکده علوم ریاضی به عنوان رییس دانشکده علوم ریاضی منصوب شد. همچنین، رئیس دانشگاه یزد دکتر سیدحیدر میرفخرالدینی، با نگارش نامه‌ای از تلاش‌های ارزشمند دکتر سعید علیخانی در مدت دو دوره متوالی تصدی این مسئولیت قدردانی کرد.

۲. دکتر قاسم بریدلقمانی «استاد نمونه کشور» شد



دکتر قاسم بریدلقمانی، استاد رشته ریاضی کاربردی دانشگاه یزد، در سی‌وسومین آیین نکوداشت اعضای هیأت علمی نمونه کشوری، به پاس سال‌ها تلاش علمی و آموزشی، به‌عنوان «استاد نمونه کشور» در سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ برگزیده و تجلیل شد. این عنوان که نماد عالی‌ترین سطح ارزیابی عملکرد آموزشی و پژوهشی در نظام آموزش عالی کشور است، طی مراسمی با حضور وزیر علوم، تحقیقات و فناوری، مدیران ارشد این وزارتخانه و جمعی از نخبگان دانشگاهی کشور به این استاد فرهیخته اعطا شد. کسب این مقام شایسته را به دکتر قاسم برید لقمانی، جامعه دانشگاهی استان یزد و خانواده بزرگ آموزش عالی کشور تبریک عرض نموده و توفیقات روزافزون وی را در مسیر اعتلای علم و دانش ایران اسلامی آرزومندیم.

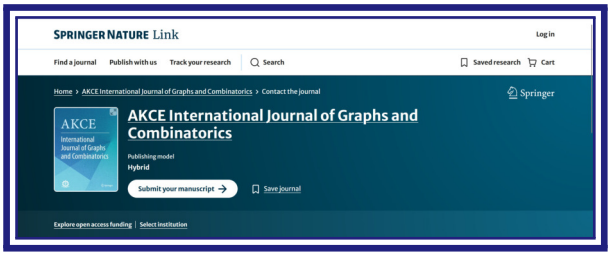
۳. ارتقای مرتبه به استادیِ دکتر سیدابوالفضل شاهزاده فاضلی، عضو هیأت علمی گروه علوم کامپیوتر دانشکده علوم ریاضی داتشگاه یزد:

در نهمین جلسه از دوره دهم هیأت ممیزه دانشگاه یزد که روز چهارشنبه ۳۱ تیرماه ۱۴۰۵ برگزار شد، درخواست ارتقای مرتبه به استادی آقای دکتر سیدابوالفضل شاهزاده فاضلی بررسی و با ارتقای مرتبه ایشان موافقت شد.



۴. انتخاب آقای دکتر سعید علیخانی به عنوان یکی از اعضای هیئت تحریریهٔ یک نشریه معتبر بین‌المللی

آقای دکتر سعید علیخانی، استاد دانشکده علوم ریاضی که متخصص گراف و ترکیبیات هستند، به‌عنوان عضو هیئت تحریریهٔ نشریهٔ معتبر و شناخته شده با عنوان AKCE International Journal of Graphs and Combinatorics انتخاب شده اند. این نشریه سال‌ها در انتشارات Taylor and Francis منتشر می‌شده است که از آگوست ۲۰۲۶ به اشپرینگر منتقل شده است. این موفقیت ارزشمند را به این استاد گرامی و همکاران ارجمند تبریک عرض کرده و سلامتی و توفیق ایشان را از درگاه ایزد منان خواستاریم. برای اطلاعات بیشتر به این لینک مراجعه فرمایید.



۵. دکتر علی دست‌برآورده عضو هیئت‌مدیره دوره هجدهم انجمن آمار ایران شد

دکتر علی دست‌برآورده، عضو هیئت علمی گروه آمار دانشکده علوم ریاضی دانشگاه یزد، در پی برگزاری انتخابات هیئت‌مدیره انجمن آمار ایران و تأیید نتایج در مجمع عمومی این انجمن، به‌عنوان عضو اصلی هیئت‌مدیره دوره هجدهم انجمن آمار ایران انتخاب شد. براساس این انتخاب، دکتر دست‌برآورده به مدت دو سال در هیئت‌مدیره انجمن آمار ایران فعالیت خواهد کرد. شایان ذکر است دکتر دست‌برآورده پیش از این نیز در دوره هفدهم هیئت‌مدیره انجمن آمار ایران حضور داشته است.



۶. درخشش دانشجویان دانشکده علوم ریاضی در آزمون کارشناسی ارشد

سه دانشجوی گروه علوم کامپیوتر دانشکده علوم ریاضی دانشگاه یزد با درخشش در آزمون کارشناسی ارشد، موفق به کسب رتبه‌های برتر شدند؛ محمدعلی کریم‌الدینی رتبه ۵ علوم کامپیوتر، آرامش حسنی رتبه ۷ مدیریت صنعتی و محمد عبداللهی رتبه ۲۹ مهندسی کامپیوتر را به دست آوردند. محمد عبداللهی همچنین در جمع برگزیدگان مرحله اول المپیاد علمی مهندسی کامپیوتر قرار گرفت تا موفقیتی دیگر برای دانشگاه یزد در رقابت‌های علمی ملی رقم بخورد.

۷. سخنرانی آقای دکتر علیخانی با عنوان «ساعتی با نظریه احاطه گرها در نظریه گراف»

ساعت ۶ بعدازظهر پنج شنبه ۱۹ شهریور ۱۴۰۵ کارگاه آنلاین با عنوان «ساعتی با نظریه احاطه‌گرها در نظریه گراف» به دعوت مؤلفین کتب درسی و استادان دانشگاه شهید رجایی تهران برگزار شد. سخنران این کارگاه، آقای دکتر سعید علیخانی بودند که از مقدمات این نظریه شروع و به مباحث پیشرفته اشاره کردند. مباحثی همچون، یافتن کرانها برای عدد احاطه گر، تعداد مجموعه‌های احاطه‌گر گراف و بحث چندجمله‌ای احاطه گر، انواع احاطه گرها، عدد دوماتیک و عدد ائتلاف مورد بررسی قرار گرفتند. همچنین در پایان به چند مسئله باز در این نظریه اشاره شد. این برنامه با هدف آشنایی بیشتر استادان، پژوهشگران، دانشجویان و علاقه‌مندان با یکی از موضوعات مهم و پرکاربرد در نظریه گراف و ایجاد زمینه‌ای برای آشنایی با پژوهش‌های نوین این حوزه برگزار شد.



مهدی دهقانی سانیج (نمایندهٔ انجمن)
دانشگاه یزد

اخبار دانشکده گیلان

۱. نشریه مدلسازی ریاضی دانشگاه گیلان "Journal of Mathematical Modeling" که به صورت فصلنامه و به زبان انگلیسی منتشر می‌شود، موفق به ارتقاء ضریب تأثیر در پایگاه استنادی JCR شد. بر اساس آخرین گزارش منتشر شده توسط مؤسسه Clarivate Analysis، ضریب تأثیر (Impact Factor) نشریه مدلسازی ریاضی دانشگاه گیلان "Journal of Mathematical Modeling" که پیش از این در پایگاه‌های Scopus و WoS نمایه شده است، در پایگاه معتبر استنادی JCR از (۰/۸) در سال ۲۰۲۴ به (۱/۰) در سال ۲۰۲۵ ارتقاء یافته و چارک کیفی نشریه نیز در آن پایگاه Q3 است.

۲. دکتر منصور هاشمی براگوری از اعضای هیئت علمی گروه ریاضی محض دانشکده ریاضی به مرتبه استادی ارتقا یافتند.

۳. دکتر صادق اسکندری از اعضای هیئت علمی گروه علوم کامپیوتر دانشکده ریاضی به مرتبه دانشیاری ارتقا یافتند.

۴. ۴- دکتر رضا زارعی از اعضای هیئت علمی گروه آمار دانشکده ریاضی به مرتبه دانشیاری ارتقا یافتند.

مرضیه شمس یوسفی (نمایندهٔ انجمن)
دانشگاه گیلان

دعوت به ارسال خبر

خبرنامه انجمن ریاضی ایران از کلیه اعضای انجمن (به ویژه نمایندگان محترم انجمن در دانشگاه‌ها) صمیمانه دعوت می‌کند که با ارسال اخبار (ترجیحاً الکترونیکی)، مقالات، جملات کوتاه (ترجمه یا تألیف)، گزارش همایش‌ها، نکات خواندنی، دیدگاه‌ها، آگهی‌ها و ... به نشانی newsletter@ims.ir (همراه با نشانی کامل و تلفن تماس) به اعتلای اطلاعات جامعه ریاضی کشور کمک کنند. اخبار و مقالات ارسالی پس از تصویب، همراه با نام نویسنده در خبرنامه درج خواهد شد.

مصوبات شورای اجرایی

اهم مصوبات و تصمیمات هشتمین نشست
دورهٔ مهر ۱۴۰۳- شهریور ۱۴۰۶

{ ۹ تیر ماه ۱۴۰۵ }

- موضوع امکان سنجی برگزاری مسابقات ریاضی دانشجویی با حضور آقای دکتر نجفی دبیر اجرایی ۴۸امین مسابقه و آقای دکتر احمدی دبیر کمیته علمی مسابقات ریاضی مطرح و با توجه به شرایط مورد بحث و گفتگو قرار گرفت. یکی از تاریخ‌های پیشنهادی دانشگاه فردوسی مشهد هفته آخر مهرماه ۱۴۰۵ بود که مورد موافقت قرار گرفت. مقرر شد نامه و فراخوان ها در اولین فرصت به دانشگاه‌ها ارسال شود.
- با توجه به اینکه بولتن در رده Q1 در سایت JCR قرار گرفته است، مقرر شد از سردبیر و اعضای هیئت تحریریه بولتن و ادیتور بخش‌های آن با نظر سردبیر، تقدیر شود و از آقای دکتر گازر سردبیر بولتن نیز در کنفرانس ریاضی تقدیر گردد.
- موضوع نامه تقاضای همکاری مجله Journal of Applied and Computational Mechanics با حضور آقای دکتر صدیقی سردبیر مجله طرح موضوع شد.
- تغییر تاریخ سمینار آنالیز عددی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۴۰۵ به اطلاع شورا رسید.
- مقرر شد جلسه مشترکی با آقای دکتر طالبی رییس اتحادیه انجمن‌های علوم ریاضی برگزار گردد.

اهم مصوبات و تصمیمات هشتمین نشست
دورهٔ مهر ۱۴۰۳- شهریور ۱۴۰۶

{ ۳۰ تیر ماه ۱۴۰۵ }

- موضوع اتحادیه و نامه ارسالی مطرح و مصوب شد در جلسه بعد شورای اجرایی از آقای طالبی جهت گفتگو در این خصوص دعوت شود.
- در خصوص برگزاری مجمع عمومی، مقرر شد مجمع در اواخر آبان برگزار شود. چنانچه امکان برگزاری مجمع بصورت حضوری، مجازی نبود مجمع به صورت مجازی برگزار می‌شود. همچنین مجمع بصورت ترکیبی با همایش هم‌اندیشی یا همایش نمایندگان برگزار خواهد شد. در مورد نرم افزار برگزاری مجمع قرار شد آقای دکتر ایرانمنش مساعدت نمایند.
- شورای اجرایی بر عضویت کلیه دست اندرکاران و همکاران بخش‌های مختلف انجمن تاکید کردند.
- مصوب شد کلیه سخنرانان کنفرانس‌ها و سمینارهای انجمن عضو انجمن ریاضی ایران باشند. در مورد راهکارهای اجرایی آن در جلسه بعد گفتگو خواهد شد.
- مقرر شد در نامه‌های موافقت با کلیه همایش‌های انجمن تصریح شود که ضروری است، دبیر همایش و کمیته اجرایی عضو انجمن باشند.
- تاریخ احتمالی مسابقات ریاضی از ۲۷ تا ۳۰ مهرماه خواهد بود.
-
-

•
•
•

اهم مصوبات و تصمیمات نهمین نشست
دورهٔ مهر ۱۴۰۳- شهریور ۱۴۰۶

{ ۲ شهریور ماه ۱۴۰۵ }

- خانم صادقی گزارشی از وضعیت ساختمان انجمن ریاضی واقع در پارک ورشو ارائه نمودند. با توجه به ناامنی فیزیکی وضعیت ساختمان، متاسفانه هنوز دسترسی به دفتر انجمن مقدور نشده است همچنین به اهمیت پیگیری محلی مناسب برای انجمن به شورای اجرایی یادآوری شد. در این خصوص مقرر شد: آقای دکتر کرم زاده با آقای دکتر زراسوند در خصوص حل این معضل گفتگو نمایند. همچنین از آقای دکتر ایرانمنش درخواست شد ایشان هم در خصوص حل مسئله جستجویی نمایند.
- در خصوص تامین منابع مالی و بودجه انجمن نیز مقرر شد خانم دکتر ملک با خیر محترمی که پیش تر دیداری داشتیم راه ارتباط موثری پیدا کنند.
- با توجه به دعوتنامه رسیده از اتحادیه موضوع اساسنامه اتحادیه انجمن‌های علوم ریاضی مجددا مطرح و مورد بحث قرار گرفت.
- موضوع برگزاری مجمع عمومی بصورت مجازی یا ترکیبی از حضوری و مجازی مورد بحث قرار گرفت و قرار شد در این خصوص امکان سنجی شود.
- با حضور آقای دکتر نجفی دبیر اجرایی و آقای دکتر احمدی دبیر کمیته علمی ۴۸امین مسابقه ریاضی، چالش‌های برگزاری این مسابقه در اواخر مهرماه مورد بحث و بررسی قرار گرفت.
- مقرر شد یادآوری ثبت نام مسابقات توسط دبیرخانه به دانشگاه‌ها ارسال گردد.

اهم مصوبات و تصمیمات دهمین نشست
دورهٔ مهر ۱۴۰۳- شهریور ۱۴۰۶

{ ۳ شهریور ماه ۱۴۰۵ }

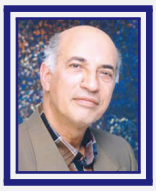
- موضوع عملکرد انجمن در سال ۱۴۰۳ مطرح و از شورای پیشین و همچنین از دبیرخانه انجمن بویژه سرکارخانم بیات قدردانی و تشکر شد. خانم صادقی پیشنهاد دادند کارگروه نقاط قوت و ضعف، برای عملکرد در سال های ۱۴۰۴ و ۱۴۰۵ تشکیل شود.
- با حضور آقای دکتر طالبی ریاست اتحادیه انجمنهای علوم ریاضی (که انجمن ریاضی ایران طی نامه‌ای عدم عضویت خود را در این اتحادیه اعلام کرده بود) در خصوص اساسنامه و اصلاح بندهایی از اساسنامه اتحادیه که بطور شفاف انجمن ریاضی ایران اعلام نظر کرده بود، بحث و گفتگو شد. انجمن ریاضی ایران راهکار حل این مسئله را بطور روشن به اطلاع اتحادیه رساند. اعضای شورای اجرایی انجمن ریاضی ایران امید دارند این مسئله با حفظ جایگاه ۵۵ ساله انجمن ریاضی ایران حل و فصل شود.

اهم مصوبات و تصمیمات دهمین نشست
دورهٔ مهر ۱۴۰۳ - شهریور ۱۴۰۶

{ ۲۴ شهریور ماه ۱۴۰۵ }

- موضوع برگزاری مجمع عمومی و انتخاب کارگروه آن مورد بحث قرار گرفت و اعضای کارگروه عبارتند از: خانم‌ها دکتر: فرشته ملک، اشرف دانشخواه، مرضیه شمس یوسفی، آقایان دکتر: کرم‌زاده، علیخانی و فرشید عبدالهی (مسئول کارگروه) و خانم صادقی، قرار شد ادامه هماهنگی و تبادل نظر در گروه تلگرامی انجام شود.
- تعیین حق عضویت حقیقی و حقوقی سال جاری مورد بحث قرار گرفت. و مصوب شد، حق عضویت حقیقی اعضای هیئت علمی به ۹۰۰ هزار تومان تغییر یابد. برای حق عضویت حقوقی عادی مبلغ ۱۴ میلیون تومان و حق عضویت حقوقی ویژه مبلغ ۱۸ میلیون تومان مصوب گردید.
- انجمن ریاضی ایران با حمایت معنوی از مراسم زنده یاد ابولقاسم قربانی موافقت نموده و قرار شد از آقای دکتر ممقانی، رییس هیئت امنای جایزه قربانی و اعضای هیئت امنا برای شرکت در این مراسم که در تاریخ ۲۸ آبان ماه در دانشگاه شهید بهشتی برگزار خواهد شد شرکت نمایند.
- گزارش ارسالی از آقای دکتر موسوی دبیر ۵۷ امین کنفرانس ریاضی ایران از آمار موضوعی مقالات به اطلاع اعضای شورا رسید.
- ارسال گزارش اعضای شورای اجرایی جهت تکمیل گزارش سالیانه عملکرد توسط خانم صادقی یادآوری شد.
- موضوع درخواست تفاهم‌نامه دانشگاه اصفهان در خصوص مجله ریاضی و جامعه مطرح شد و مورد بحث و بررسی قرار گرفت. قرار شد کارگروهی برای تعیین شرایط و ضوابط حمایت معنوی از مجلات ریاضی و تدوین آیین‌نامه و چارچوبی برای بررسی این مورد بخصوص و موارد مشابه به شرح زیر انتخاب شدند: آقایان دکتر: عباس سالمی، فرشید عبدالهی، مهرداد نامداری و سعید علیخانی.

جوایز فعال انجمن ریاضی ایران



جایزهٔ
انجمن ریاضی ایران برای خدمات برجسته - بنیانگذار مهدی بهزاد:
به تأثیرگذاری عمیق و ماندگاری در اعتلای ریاضیات کشور



جایزهٔ
مهدی رجبعلی‌پور:
به برترین مقاله در زمینه جبرخطی و کاربردهای آن.



جایزهٔ
عباس ریاضی کرمانی:
به برترین مقالات ارائه شده در کنفرانس‌های ریاضی ایران.



جایزهٔ
محمدهادی شفیعیها:
به برترین ویراستار ریاضی.



جایزهٔ
تقی فاطمی:
به برترین مدرس ریاضی



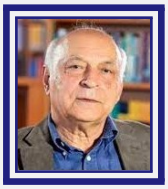
جایزهٔ
ابوالقاسم قربانی:
به مقالات برتر در زمینهٔ تاریخ ریاضیات



جایزهٔ
غلامحسین مصاحب:
به نویسندگان آثار برجسته ریاضی به زبان فارسی



جایزهٔ
مریم میرزاخانی:
به کارهای پژوهشی ارزنده بانوان ریاضی‌دان کشور



جایزهٔ
سیاوش شهشهانی:
بهترین مقالهٔ سال بولتن انجمن ریاضی ایران



جایزهٔ
منوچهر وصال:
به مقالات برتر ارائه شده در سمینارهای سالانهٔ آنالیز ریاضی



جایزهٔ
محسن هشترودی:
به مقالات برتر ارائه شده در سمینارهای دوسالانهٔ هندسه و توپولوژی

کتب و نشریات ادواری

بولتن (به زبان انگلیسی، ۶ شماره در سال)، خبرنامه (فصل‌نامه، ۴ شماره در سال)، فرهنگ و اندیشه ریاضی (دوفصل‌نامه، ۲ شماره در سال)، ژورنال (به زبان انگلیسی، ۲ شماره در سال).

کتب و نشریات غیر ادواری

راهنمای اعضا (دوره‌ای)، گزارش همایش ماهانه (جلد ۱، فارسی)، واژه‌نامه ریاضی و آمار، گزارش همایش ماهانه (جلد ۲، انگلیسی)، گزیده‌ای از مقالات ریاضی، انفجار ریاضیات (انتشار الکترونیکی: CD و web site)، مسأله‌های مسابقات ریاضی دانشجویی کشور ۱۳۵۲-۱۳۸۵.

مزایای عضویت در انجمن ریاضی ایران

- در پیشرفت و عمومی‌سازی ریاضیات کشور سهیم می‌شوید.
- در تقویت ارکان و نقش ملی انجمن ریاضی ایران مشارکت خواهید داشت.
- از تخفیف ثبت‌نام در تمام همایش‌های تحت پوشش انجمن برخوردار خواهید شد.
- امکان تخفیف عضویت در برخی از انجمن‌های بین‌المللی و انجمن‌های مرتبط با ریاضیات را به دست می‌آورید.
- در هم‌فکری و همراهی‌های گستردهٔ بزرگ جامعه ریاضیات کشور حضور می‌یابید.
- با رویدادها و تحولات مهم ریاضیات ایران و جهان پیوند می‌یابید.
- نشریات ادواری انجمن را دریافت می‌کنید.

اعضای محترم انجمن ریاضی ایران

بدین‌وسیله از علاقمندان دعوت می‌شود برای ثبت نام یا تمدید عضویت حقیقی در انجمن ریاضی ایران به نشانی اینترنتی http://imsmembers.ir مراجعه فرمایند.

ضمناً خواهشمند است حق عضویت‌های دوره مهر ۱۴۰۴ - مهر ۱۴۰۵ به شرح جدول زیر از طریق یکی از شماره حساب‌های انجمن ریاضی ایران اقدام به پرداخت نمایید.

- شماره حساب ۲۹۶۲۵۲۸۲۴ بانک تجارت شعبه کریم‌خان زند غربی کد ۰۰۳۷
- (کد شبا: IR 060180000000000296252824)
- شماره کارت ۵۸۵۹۸۳۷۰۰۰۰۵۶۸۴۲ بانک تجارت

دبیرخانه انجمن ریاضی ایران پذیرای پیشنهادات اعضای محترم در این راستا می‌باشد.

حق عضویت برای دوره مهر ۱۴۰۴

عضویت‌ها	یک ساله	دو ساله	سه ساله	توضیحات
هیأت علمی (پیوسته)	۶,۰۰۰,۰۰۰	۱۲,۰۰۰,۰۰۰	۱۸,۰۰۰,۰۰۰	حق عضویت برای اعضای هیأت علمی دانشگاه‌هایی که عضو حقوقی ویژه همان دوره می‌باشند، شامل ۵۰% تخفیف می‌گردد.
پیوسته	۳,۵۰۰,۰۰۰	۷,۰۰۰,۰۰۰		
وابسته	۲,۵۰۰,۰۰۰	۵,۰۰۰,۰۰۰		
فارغ‌التحصیلان دکتری				دانشجویان دکتری با اعلام فارغ‌التحصیلی حداکثر تا یکسال پس از اتمام دوره دکتری با تأیید نماینده به طور رایگان عضو انجمن خواهند بود.

- اعضای انجمن آمار ایران، انجمن ریاضی آمریکا، انجمن ریاضی فرانسه، اتحادیه انجمن‌های علمی و معلمان ریاضی ایران، انجمن ایرانی تحقیق در عملیات، انجمن شورای خانه‌های ریاضیات ایران، انجمن رمز ایران، انجمن سیستم‌های فازی، دانشجویان، دانش‌آموزان و معلمین سطوح مختلف آموزش و پرورش می‌توانند با ضمیمه کپی کارت عضویت (برای اعضای انجمن‌ها)، کارت دانشجویی یا دانش‌آموزی معتبر (با تاریخ) و کارت آموزش و پرورش از تخفیف برای **دوره مهر ۱۴۰۴- مهر ۱۴۰۵** برخوردار شوند.
- اعضای پیوسته باید حداقل درجه کارشناسی ارشد در یکی از شاخه‌های علوم ریاضی، طبق فهرست مورد قبول اتحادیه جهانی ریاضیات یا آخرین رده بندی موضوعی ریاضی داشته باشند. کسانی که نتوانند عضو پیوسته باشند در صورت تمایل می توانند عضو وابسته انجمن شوند.

تهران، خیابان استاد نجات‌اللهی، نبش خ ورشو، داخل پارک ورشو
تهران، صندوق پستی ۱۳۱۴۵-۴۱۸
تلفن و نمابر: ۸۸۸۰۸۸۵۵، ۸۸۸۰۷۷۹۵، ۸۸۸۰۷۷۷۵
نشانی الترونیک: iranmath@ims.ir
منزلگاه: http://www.ims.ir

انجمن ریاضی ایران

تأسیس ۱۳۵۰، شماره ۱۲۵۸

عضویت حقوقی در انجمن ریاضی ایران

انجمن ریاضی ایران انجمنی صرفاً علمی است که با هدف بسط و توسعه دانش ریاضی در ایران تشکیل شده و در تاریخ ۱۳۵۰/۹/۲۵ تحت شماره ۱۲۵۸ به ثبت رسیده است. این انجمن زیر نظر کمیسیون انجمن‌های علمی وابسته به وزارت علوم، تحقیقات و فنّاوری فعالیت می‌کند و دخل و خرج سالانه خود را با جزئیات به معاونت پژوهشی این وزارتخانه گزارش می‌دهد. انجمن ریاضی ایران که در حدود نیم قرن فعالیت خود مصدر خدمات فراوانی بوده است با شادمانی از بین وزارتخانه‌ها، دانشگاه‌ها، سازمان‌ها و ارگان‌های علمی و فرهنگی تعدادی را به عضویت حقوقی می‌پذیرد. شرط عضویت دوره یک ساله که از **اول مهرماه ۱۴۰۴** آغاز می‌شود تکمیل فرم زیر و واریز حداقل عضویت حقوقی **مبلغ صد میلیون ریال** (عضویت حقوقی عادی) یا **صد و پنجاه میلیون ریال** (عضویت حقوقی ویژه) به شماره حساب ۲۹۶۲۵۲۸۲۴ بانک تجارت شعبه کریم‌خان زند غربی کد ۰۰۳۷ (کد شبا: IR 060180000000000296252824) به نام انجمن ریاضی ایران است. در قبال این لطف، انجمن در دوره مربوط نام و آرم آن مؤسسه یا دانشگاه را با تقدیر در زمره حامیان انجمن ریاضی ایران در خبرنامه و سایت ذکر می‌کند.

طبق مصوبه شورای اجرایی، چنانچه موسسه‌ای عضو حقوقی دوره پیشین (مهر ۱۴۰۳ - مهر ۱۴۰۴) بوده باشد، از تخفیف ۲۰ درصدی برخوردار خواهد شد.

لازم به ذکر است طبق مصوبه شورای اجرایی مورخ ۱۴۰۲/۶/۱، حق عضویت اعضای انجمن در دانشگاه‌هایی که « عضو حقوقی ویژه » انجمن می‌باشند شامل ۵۰ درصد تخفیف می‌گردد.

فرم عضویت حقوقی درانجمن ریاضی ایران

نام دانشگاه/مؤسسه: .....

نشانی پستی: .....

..... کد پستی: .....

تلفن و کد آن: ..... دورنگار و کد آن: .....

پست الکترونیک: .....

ضمناً فیش پرداختی به حساب جاری ..... به نام انجمن ریاضی ایران به مبلغ ..... ریال پیوست است.

نام و نام خانوادگی مسئول: ..... سمت: .....

تلفن همراه: .....

تاریخ: .....

امضای مسئول

Newsletter of the Iranian Mathematical Society
Vol. 47, No. 2, Summer 2026



www.ims.ir