

## برنامه‌ریزی و نظارت دقیق، اساس توسعه انرژی تجدیدپذیر در کشور

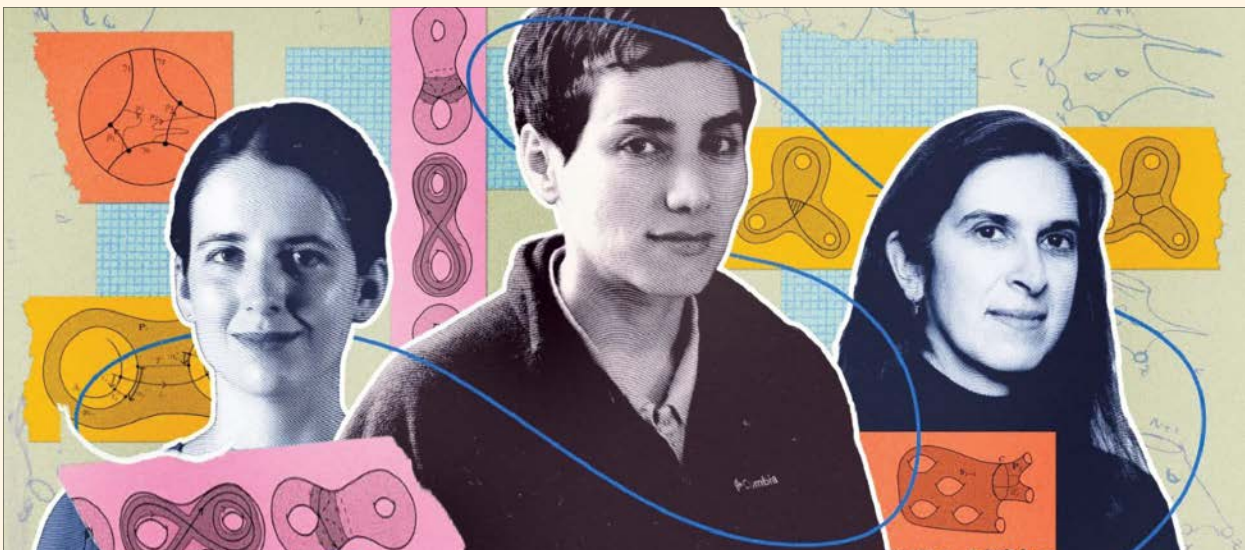
رئیس مرکز راهبردی ستاد‌های توسعه اقتصاد دانش‌بنیان با تأکید بر این‌که برای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور، داشتن یک نقشه راه ضروری است، گفت: «با توجه به این‌که اکثر منابع تجدیدپذیر مانند نیروگاه‌های خورشیدی و بادی از تجهیزات پیچیده‌ای بهره می‌برند، باید استانداردها و نظارت کافی بر واردات این تجهیزات به‌درستی اعمال شود

تا پس از چند سال شاهد به‌وجود آمدن گورستانی از تجهیزات ناکارآمد و کم‌کیفیت در کشور نباشیم.» عبدالحسن بهرامی با بیان این‌که توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور، مستلزم آماده‌سازی و ارتقای زیرساخت‌های کلیدی است، گفت: «از مهم‌ترین چالش‌ها در این زمینه، عدم آمادگی کافی شبکه برق کشور برای ادغام گسترده ظرفیت انرژی‌های

تجدیدپذیر است. این منابع به دلیل نوسانات طبیعی تولید (مانند تغییرات شدت تابش خورشید یا سرعت باد) نیازمند فناوری‌های پیشرفته برای حفظ پایداری شبکه است. برای این منظور، ارتقای شبکه انتقال برق با استفاده از خطوط انتقال فوق فشار (HVDC) برای کاهش تلفات انرژی و تقویت ظرفیت شبکه ضروری است.»

# گسترش فرمول مریم میرزاخانی

سال‌ها پس از مرگ زود هنگام یک نابغه ریاضی، ایده‌های او جان تازه‌ای می‌یابد



به جای این‌که از هم فاصله بگیرند، از یکدیگر دور می‌شوند و در هر نقطه، سطح در دو جهت متضاد مانند یک زین منحنی می‌شود. اگرچه می‌توانیم سطح یک کره یا دونات را به تصویر بکشیم اما سطوح هذلولی دارای چنان ویژگی‌های هندسی عجیبی هستند که تجسم آنها غیرممکن است. درک سطوح هذلولی بسیار مهم است، زیرا چنین سطوحی در همه جا وجود دارند؛ در ریاضیات و حتی نظریه ریسمان (String theory).

این کار که هنوز مورد بررسی مشابه قرار نگرفته، نشان می‌دهد که سطوح هذلولی حتی عجیب‌تر از چیزی است که کسی تصورش را کرده بود. این اثبات همچنین روی میراث عظیم ریاضی میرزاخانی بنا شده و رویای او را برای روشن کردن این جهان از اشکال غیرقابل‌تصور، دوباره شعله‌ور می‌کند.

### آغاز بگیری ایده‌های میرزاخانی

در سال ۲۰۱۸، تنها یک سال پس از مرگ میرزاخانی، مونک تحصیلات تکمیلی خود را با آناتارامان آغاز کرد. اولین قدم او این بود که همه چیز را که ممکن بود، در مورد کارهای میرزاخانی روی سطوح هذلولی یاد بگیرد.

مونک: «مشخص بود که اگر بتوانید تخمین کافی و دقیق از تعداد ژئودزیک‌های بسته روی یک سطح به دست آورید، (آن مسیرهای حلقه‌ای که میرزاخانی با دقت زیاد مطالعه کرده بود) می‌توانید شکاف طیفی سطح را محاسبه کنید.» مونک و آناتارامان باید نشان دهند که تقریباً تمام سطوح هذلولی دارای شکاف طیفی ۱/۴ هستند؛ یعنی با افزایش تعداد سوراخ‌های سطح، احتمال انتخاب سطحی با شکاف طیفی بهینه به صددصد نزدیک می‌شود. این دو پژوهشگر با فرمول شمارش ژئودزیک‌ها که میرزاخانی در دوره دکترای خود به آن دست یافت، شروع کردند. مشکل این بود که این فرمول تعداد ژئودزیک‌ها را دست‌کم می‌گیرد و بیشتر (اما نه

همه) آنها را به حساب می‌آورد. یعنی ژئودزیک‌های پیچیده‌تری را که قبل از بازگشت به نقطه شروع خود، مانند شکل هشت (انگلیسی) که دو سوراخ را احاطه کرده است، از هم عبور می‌کنند، از دست می‌دهند.

اما مونک و آناتارامان با استفاده از فرمول محدود میرزاخانی راهی برای اثبات یک شکاف طیفی نسبتاً بزرگ یافتند. آناتارامان گفت: «به نظر تقریباً یک معجزه بود. این هنوز برای من کاملاً رموز است که این فرمول این قدر خوب کار می‌کند.» آناتارامان که سابقه همکاری و دوستی نزدیک با میرزاخانی را داشت، ناگهان ایمیلی را که چند سال قبل از میرزاخانی دریافت کرده بود، به یاد آورد که در آن یک سری سؤالات در مورد رابطه بین شکاف طیفی و شمارش ژئودزیک مطرح می‌کرد. آناتارامان گفت: «در آن زمان من واقعاً نمی‌دانستم چرا مریم این همه سؤال را می‌پرسد اما اکنون از خود می‌پرسم که آیا میرزاخانی ممکن است برای اتخاذ رویکردی مشابه برنامه‌ریزی کرده باشد؟»

مونک بخشی از زمان خود را در مقطع کارشناسی ارشد صرف یافتن راهی برای گسترش فرمول میرزاخانی به ژئودزیک‌های پیچیده‌تر کرد. در حین انجام این کار، او همچنین توضیحات مفصل و طولانی درباره مفاهیم کلیدی نوشت که میرزاخانی در مقالات اصلی خود به‌طور کامل توضیح نداده بود. او گفت: «من احساس می‌کنم برخی از ایده‌های او

فقط روی میز گذاشته شد تا کسی آنها را برای جامعه توضیح دهد؛ زیرا او فرصتی برای انجام آن نداشت.» تا سال ۲۰۲۱، مونک توانست متوجه شود که چگونه می‌تواند انواع ژئودزیک‌هایی را که قبلاً غیرقابل‌دسترس بوده‌اند، شمارش کند. او و آناتارامان می‌دانستند که با چند کار اضافی، احتمالاً می‌توانند از فرمول جدید خود برای برآورد بهتر شکاف طیفی استفاده کنند. اما به جای انتشار یک نتیجه جزئی، آنها مصمم به رسیدن به هدف کامل ۱/۴ بودند.

یک نوع خاص از ژئودزیک وجود داشت که مدام سر راه آنها قرار می‌گرفت. آنها به‌طور مداوم محاسبات را تکرار می‌کردند اما خروجی کوچک‌تر از ۱/۴ بود.

مونک گفت که وضعیت ناامیدکننده به نظر می‌رسید. ناراحتی او زمانی عمیق‌تر شد که دو تیم مستقل مقالاتی را به فاصله چند ماه منتشر کردند که در آن شکاف طیفی ۳/۱۶ را ثابت کردند. این خبر آناتارامان را ناراحت نکرد. او فقط به رسیدن به ۱/۴ اهمیت می‌داد. او گفت: «وقتی شروع به کار روی چیزی می‌کنم، به نوعی عاشق یک هدف دور می‌شوم.» ویژگی مشترکی که ظاهراً او با میرزاخانی داشت.

الکس رایت در تیمی بود که به نتیجه ۳/۱۶ دست یافت، دیدگاه او را درک می‌کرد. او گفت: «برای یک دانشجوی فارغ‌التحصیل، غیرمعمول است که روی مشکلی به این اندازه بلندپروازانه کار کند و به نظر نمی‌رسید که کسی راهی برای رسیدن به ۱/۴ بیابد.»

### دستیابی به موفقیت

در اوایل سال ۲۰۲۳، این دو ریاضیدان مقاله‌ای نوشتند که آنچه را که تاکنون انجام داده‌اند، ترسیم کرد. در آن، آنها کورد شکاف طیفی ۲/۹ را ثابت کردند. سال بعدش، آنها روش‌های فریدمن را تطبیق دادند و برنامه‌ای برای نحوه استفاده از آن برای رسیدن به ۱/۴ نوشتند. ماه گذشته آنها سرانجام اثبات را تکمیل کردند که نشان می‌دهد که یک سطح هذلولی که به‌طور تصادفی انتخاب شده احتمالاً حداکثر شکاف طیفی را دارد. این نتیجه به ریاضیدانان بیشتر از آنچه که تاکنون می‌دانسته‌اند، در مورد سطوح هذلولی می‌گوید. محققان دیگر اکنون امیدوارند از تکنیک‌های این ریاضیدانان برای پاسخ به سؤالات اصلی دیگر از جمله یکی در مورد سطوح مهم در نظریه اعداد و دینامیک استفاده کنند.

مونک مفتخر است که توانسته میراث میرزاخانی را گسترش دهد و ریاضیدانان از دیدن این‌که این میراث در آینده چه چیزی به ارمغان خواهد آورد، هیجان‌زده هستند. رایت گفت: «متأسفم که میرزاخانی نمی‌تواند آن را ببیند.» زوریچ نیز در تایید رایت گفت: «قرار بود او آنجا باشد تا از این موضوع قدردانی کند. من شک ندارم که میرزاخانی بسیار خوشحال است.»



### مکتب

### مریم میرزاخانی

### پیشگام قلمروهای ریاضی بیگانه

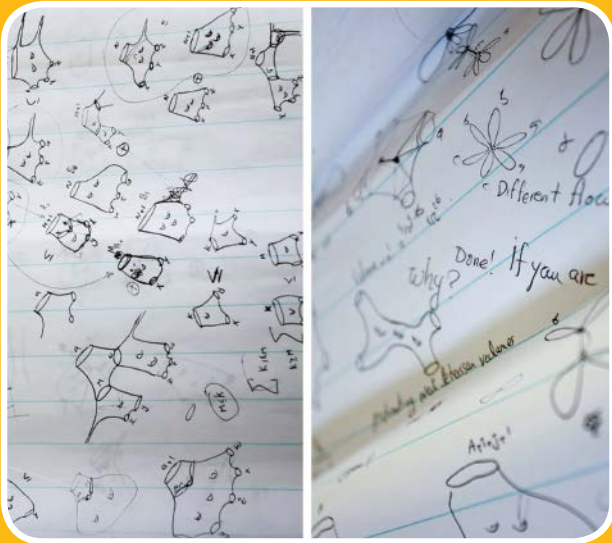
مریم میرزاخانی که در کودکی کتابخوانی مشتاق بود، امیدوار بود روزی برای خودش کتاب بنویسد. اما او در ریاضیات نیز عالی بود و در نهایت دو مدال طلا را در المپیاد بین‌المللی ریاضی که یک مسابقه معتبر برای دانش‌آموزان دبیرستانی بود، به‌دست آورد. در سال ۱۹۹۹ پس از فارغ‌التحصیلی از دانشگاه صنعتی شریف، برای تحصیلات تکمیلی به هاروارد رفت. در آنجا او عاشق هندسه هذلولی شد. او که یک پژوهشگر مشتاق بود، از چالش تلاش برای درک اشکالی که بنا به تعریف، قابل ترسیم نبودند، لذت می‌برد.

الکس رایت، ریاضیدان دانشگاه میشیگان و همکار سابق میرزاخانی در مقطع فوق‌دکترا، می‌گوید: «سطح هذلولی کمی شبیه یک بازل است که می‌توانید آن را به‌صورت موضعی کنار هم قرار دهید اما در واقع هرگز نمی‌توانید در جهان ما آن را تمام کنید. این به این دلیل است که هر قطعه از بازل به شکل یک زین منحنی است. شما می‌توانید چند قطعه را با هم بچسبانید اما هرگز نه به‌گونه‌ای که سطح را به‌طور کامل ببندید؛ حداقل نه در فضای صاف یا سه‌بعدی ما. این امر باعث می‌شود که بررسی سطوح هذلولی به‌ویژه دشوار باشد. حتی سؤالات اساسی در مورد آنها همچنان باز است.»

ریاضیدانان برای به‌دست آوردن دسته روی سطح هذلولی، حلقه‌های بسته‌ای را که روی آن وجود دارد، مطالعه می‌کنند. این حلقه‌ها که ژئودزیک نامیده می‌شوند، در اشکال مختلف هستند. برای یک شکل معین، آنها با بازگشت به شروع خود، کوتاه‌ترین مسیر ممکن را از یک نقطه به نقطه دیگر برمی‌دارند. هرچه سطح سوراخ‌های بیشتری داشته باشد، ژئودزیک آن متنوع‌تر و پیچیده‌تر می‌شود. با مطالعه تعداد ژئودزیک‌های متمایز با طول معین روی یک سطح، ریاضیدانان می‌توانند درک کنند که سطح به‌طور کلی چگونه به نظر می‌رسد.

کسری رفیع از دانشگاه تورنتو گفت: «میرزاخانی شیفته این منحنی‌های دورزده‌شد. در بحث با همکاران، او دائماً آنها را مطرح می‌کرد. او اغلب با هیجان از ژئودزیک‌ها و اشیای مرتبط صحبت می‌کرد. انگار که آنها شخصیت‌های یک داستان هستند. بادم هست وقتی سخنرانی می‌کرد، همیشه این دو پرسش را مطرح می‌کرد: چند منحنی وجود دارد و آنها کجا هستند؟»

میرزاخانی زمانی که هنوز در مقطع کارشناسی ارشد بود، فرمولی ایجاد کرد که به او اجازه می‌داد تا برای هر سطح هذلولی، تعداد ژئودزیک‌ها را تا یک طول معین تخمین بزند. این فرمول نه فقط به او اجازه داد تا سطوح فردی را توصیف کند، همچنین او را قادر ساخت تا فرضیه معروفی را در نظریه ریسمان اثبات کند و به او بینشی در مورد انواع سطوح هذلولی داد که امکان ساخت آنها وجود دارد. میرزاخانی پس از پایان تحصیلات تکمیلی خود به پیشرفت‌های چشمگیری در هندسه، توپولوژی و سیستم‌های دینامیکی ادامه داد اما او هرگز موضوع پایان‌نامه دکترای خود را فراموش نکرد.



به بهبود توسعه داروها نیز کمک کند؛ از جمله مهارکننده‌هایی که پروتئین‌ها را هدف قرار می‌دهند، مانند NS5A و ویروس هپاتیت C و ممکن است برای درمان بیماری‌های التهابی، پرولیفراسیون و تنظیم‌کننده ایمنی استفاده شود.

میسل‌ها را می‌توان برای توسعه فناوری‌های انرژی پاک با کمک به تقسیم آب به هیدروژن و اکسیژن نیز مورد استفاده قرار داد. هاندا گفت: «این فرآیند که به عنوان الکتروکاتالیز شناخته می‌شود، همچنین نقش کلیدی در تولید انرژی پاک بازی می‌کند. با همین رویکرد، هیدروژن (در محل تولید شده از آب) می‌تواند به‌طور بالقوه به‌عنوان یک سوخت پاک استفاده شود. به علاوه ما می‌توانیم از هیدروژن برای تجزیه مواد شیمیایی مضر PFAS استفاده کنیم و آنها را به هیدروکربن‌های مفید تبدیل کنیم و در عین حال اکسیژن را در هوا آزاد کنیم.» با تمرکز بر پایداری و کارایی، این ابزار شیمیایی جدید می‌تواند اثرات زیست‌محیطی فرآیندهای شیمیایی سنتی را کاهش دهد و راه‌حل‌های پایداری برای تولید و ذخیره انرژی پاک ارائه دهد.

### ذره بین

## ابداع محلول صابونی مهندسی شده

### روشی جدید در الکتروشیمی می‌تواند هزینه‌های دارو را کاهش و پایداری را افزایش دهد

می‌پردازد که در اثر عبور جریان الکتریکی انجام می‌شد، یا انجام یافتن آنها سبب ایجاد جریان الکتریکی می‌شود. الکتروشیمی سنتی بر حلال‌ها و الکترولیت‌های سمی متکی است. در جست‌وجوی جایگزین‌های غیرسمی، دانشیار ساچین هاندا و دانشجوی فارغ‌التحصیل کارنجیت کاور با همکاری شرکت داروسازی نوارتیس، مواد سازگار با محیط‌زیست به نام میسل‌ها را تولید کرده‌اند. میسل‌ها ساختارهای مولکولی کوچکی هستند که از اسیدهای آمینه طبیعی و روغن نارگیل ساخته شده‌اند.

این سازه‌های توپی شکل دو طرف دارند؛ یکی که با آب مخلوط می‌شود و دیگری که آن را دفع می‌کند. به عبارتی یک بخش آب‌دوست و بخش دیگر آب‌گریز است. طراحی منحصر به‌فرد آنها به محققان این امکان را می‌دهد تا با ترکیب

گروهی از محققان در دانشگاه میسوری یک ابزار شیمیایی نوآورانه و سازگار با محیط‌زیست ایجاد

کرده‌اند که از قدرت آب و الکتریسیته، محلول صابونی مهندسی شده را تولید کرده که از آن برای ایجاد واکنش‌ها به روشی کاملاً جدید استفاده می‌کند. این روش موفقیت‌آمیز الکتروشیمی می‌تواند هزینه‌های ساخت داروها را کاهش دهد و از فناوری انرژی پاک، از جمله تلاش‌ها برای حذف پروپولی‌فلوروآلکیل (PFAS) (که به عنوان «مواد شیمیایی ابدی» نیز شناخته می‌شود) از آب حمایت کند. این مطالعه در مجله Angewandte Chemie International Edition منتشر شده است.

الکتروشیمی یکی از زیرشاخه‌های دانش شیمی است که به بررسی واکنش‌های شیمیایی

