علم و جامعه

صدای زنان ریاضی‌دان ایران

میراث ماندگار «مریم میرزاخانی» برای جامعه علمی ایران

حسن ملکی
عضو هیئت علمی گروه ریاضی دانشگاه ملایر

در سحرگاه یک روز زیبای بهار، در بیست‌ودوم اردیبهشت‌ماه، دختری به دنیا آمد که روزی نام ایران را در قله‌های علم جهان طنین‌انداز کرد: «مریم میرزاخانی». در حوالی زادروز او، نمی‌خواهیم فقط از افتخارات او بگوییم؛ می‌خواهیم یادی کنیم از صدها و شاید هزاران مریم دیگری که در سایه ماندند و کمتر دیده شدند؛ زنانی که در پهنه این سرزمین، در دهه‌های سخت و پرچالش علم کشور، دل به ریاضی سپردند، اما نامی از ایشان نماند. چون در جامعه‌ای بودند که ریاضیات، میدان مسابقه‌ای مردانه شمرده می‌شد. برای نمونه می‌توان از زنان بزرگی مانند نسرین افقیدس، دکتر فریده نوبخت و فاطمه هانی نام برد؛ زنانی که با وجود همه سختی‌های محیط دانشگاهی مردسالار، توانستند خود را به‌عنوان یک پژوهشگر جدی در جامعه ریاضی ایران و جهان مطرح کنند.

ریاضی؛ سرزمینی که همیشه مردانه ترسیم شده

برای بسیاری از افراد، ریاضی تصویری خشک، مردانه و نخبه‌محور دارد. کتاب جالب و خواندنی «ریاضی‌دانان نامی» نوشته ریاضی‌دان و نویسنده معروف تاریخ علم و تاریخ ریاضی، «اریک تمپل بل»، در ویرایش اول خود، در ۲۶ فصل حتی یک ریاضی‌دان نامی زن را معرفی نکرده است. اما در ویرایش دوم، معرفی «سوفوس لی» و «امی نوتر»، دو ریاضی‌دان زن بزرگ سده‌های اخیر را در خود گنجانده است. گویی ریاضیات دنیایی مردسالار است. اما واقعیت آن است که ریاضی، بیش از آنکه به مردان یا زنان تعلق داشته باشد، به ذهنی جست‌وجوگر و عاشق علم تعلق دارد. مریم میرزاخانی شاید یک استثنا به نظر برسد، اما حقیقت این است که او نماینده خیل عظیمی از زنانی بود که هرگز فرصت دیده‌شدن نیافته بودند. او مرزها و کلیشه‌های سفت و سخت مردانه ریاضیات را در هم شکست؛ او اولین زن و اولین ایرانی بود که «نشان فیلدز» را گرفت. اولین دختری بود که توانست در المپیاد جهانی ریاضیات نمره کامل بگیرد و اولین زنی شد که توانست عضویت آکادمی علوم آمریکا درآید. بی‌شک مانند مریم درآیی‌مان دختران کشور عزیزمان، ایران فراوان است. همین امروز، اگر در گوشه‌وکنار دانشگاه‌های ایران یا حتی دبیرستان‌های دورافتاده بروید، دخترانی را خواهید دید که دل در گرو حل معماهای ریاضی دارند؛ اما چاده پیش‌رویشان پر از سنگلاخ است؛ کمبود الگو، نبود حمایت، نگرش‌های کلیشه‌ای و غیبت نام‌شان از روایت‌های رسمی.

زنان گمنام، قهرمانان بی‌نشان

تاریخ پرپیچ‌وخم و ناشناخته ریاضی کشور سرشار از نام‌زنانی است که بی‌هیاهو، در مسیرهای سخت و ناقط‌فرسا، به ریاضی عشق ورزیده‌اند و در راه ترویج و آموزش ریاضی سخت‌کوشیده‌اند؛ اما نامی از ایشان نمانده است. فرمی که در یک همیشه مانده‌کار کند. برای نوشته این مقاله، جست‌وجویی در فضای اینترنت انجام دادم یکی از جامعی که می‌توان از این زنان الگردار و الهام بخش مطالب زیادی پیدا کرد، وب‌گاه «انجمن ریاضی ایران» است که پس از درگذشت مریم میرزاخانی با تشکیل «کمیته بانوان» در راستای حمایت از مشارکت زنان در آموزش و پژوهش ریاضیات وارد عرصه شد. این کمیته در پهنه این سرزمین، در دهه‌های سخت و پرچالش جایزه‌ای تحت عنوان «جایزه مریم میرزاخانی» تعریف کرد که هرساله به یک ریاضی‌دان زن جوان کشور که در پیشرفت کارهای ارزنده تحقیقاتی انجام داده است اهدا می‌شود. حرکت دیگری که در مسیر کشف و حمایت از استعدادهای گمنام ریاضیات کشور به‌ویژه دختران، به همت خانواده مریم میرزاخانی و جمعی از استادان و دوستداران او آغاز شده است، «بنیاد مریم میرزاخانی» است. یکی دیگر از منابعی که یافتم، وب‌گاه یک استاد و آموزشگر ریاضی کشور به نام «دکتر امیر اصغری» است. در وب‌گاه ایشان، از زنان ریاضی‌دان، آموزگار و مروج ریاضیات زنانی نام برده شده است که سرانوار معرفی و توجه بیشتری هستند. از اینان، داستان‌های زندگی «مریم اردلان»، اولین معلم ریاضی زن و «بتول همایون احتشامی» و «مهیاره معفائی»، اولین دانش‌آموخته‌های کارشناسی ریاضی در جامعه به‌شدت مردسالار ایران در دهه ۱۳۳۰ بسیار جذاب و خواندنی است. «نسرین افقیدس»، اولین عضو هیئت علمی زن گروه ریاضی دانشگاه تهران در دهه ۴۰ تو نمونه‌ای است از زنان ریاضی‌دان گمنام کشورمان که زنان بزرگ زن دیگری که در نوشته‌های امیر اصغری به آن پرداخته شده است. مرحوم «دکتر فریده فیروزبخت»، استاد ریاضیات دانشگاه اصفهان است. ریاضی‌دان بزرگی که یک حدس حل‌نشده رمزآلود و شناخته‌شده درمورد اعداد اول دارد. ابتدا دلهره‌زای خوانده است اما علاقه او به جداوری اعداد اول، او را از دلربودگی جدا و وارد جهان ریاضیات می‌کند. او را می‌توان نماد یک دختر زنده است که بر علاقه‌اش به ریاضیات ایستاد و با تحمل سختی‌ها، یکی از ریاضی‌دانان ایفای نیز شد. از خیل محققان و ریاضیات‌دانان زن که در پروژه «آدم‌ها و ریاضیات» با آنها مصاحبه شده است. نام «دکتر سهیلا فیض‌بخش» با دیار کفت که صدای خاموش بسیاری از دختران شهر قروطی کشت کرد که به او امکان می‌داد تعداد زنان‌دوکتر ما را تا قول مشخصی برای سطح ریاضی محاسبه کند. این فرمول نه‌تنها درک بهتری از این سطوح ارائه می‌داد، بلکه او را قادر ساخت تا یکی از حرف‌های مشهور نظریه رسمان را اثبات کند و بفهمد که انواعی از سطوح هذلولی را می‌توان ساخت.

امامید، همان جایی است که کودک می‌نویسد؛ دوست دارم ریاضی‌دان شوم

این مقاله نمی‌تواند بدون اشاره به کودکی «مریم میرزاخانی» کامل باشد. او در مصاحباهای گفته بود عاشق خواندن بود و هیچ‌گاه فکر نمی‌کرد ریاضی‌دان شود. اما آشنایی با معلمانی الهام‌بخش در مدرسه، مسیری را تغییر داد. او هم مثل ابوریحان، از کودکی به حدمت علم دراآمد. امروز اگر می‌خواهیم «دختری دیگر چون او بدرخشد، باید از همان کودکی بذر بلور را در دلش بکاریم. گفتن نام زنانی که بیش از او راه را گشودند، می‌تواند جرقه‌های روشن در دهن کودکی در یک کلاس ساده باشد؛ جرقه‌ای که به شعله تبدیل شود.

زنان کمنام، قهرمانان بی‌نشان

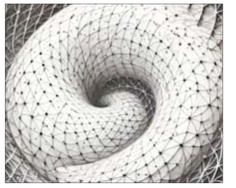
تاریخ پرپیچ‌وخم و ناشناخته ریاضی کشور سرشار از نام‌زنانی است که بی‌هیاهو، در مسیرهای سخت و ناقط‌فرسا، به ریاضی عشق ورزیده‌اند و در راه ترویج و آموزش ریاضی سخت‌کوشیده‌اند؛ اما نامی از ایشان نمانده است. فرمی که در یک همیشه مانده‌کار کند. برای نوشته این مقاله، جست‌وجویی در فضای اینترنت انجام دادم یکی از جامعی که می‌توان از این زنان الگردار و الهام بخش مطالب زیادی پیدا کرد، وب‌گاه «انجمن ریاضی ایران» است که پس از درگذشت مریم میرزاخانی با تشکیل «کمیته بانوان» در راستای حمایت از مشارکت زنان در آموزش و پژوهش ریاضیات وارد عرصه شد. این کمیته در پهنه این سرزمین، در دهه‌های سخت و پرچالش جایزه‌ای تحت عنوان «جایزه مریم میرزاخانی» تعریف کرد که هرساله به یک ریاضی‌دان زن جوان کشور که در پیشرفت کارهای ارزنده تحقیقاتی انجام داده است اهدا می‌شود. حرکت دیگری که در مسیر کشف و حمایت از استعدادهای گمنام ریاضیات کشور به‌ویژه دختران، به همت خانواده مریم میرزاخانی و جمعی از استادان و دوستداران او آغاز شده است، «بنیاد مریم میرزاخانی» است. یکی دیگر از منابعی که یافتم، وب‌گاه یک استاد و آموزشگر ریاضی کشور به نام «دکتر امیر اصغری» است. در وب‌گاه ایشان، از زنان ریاضی‌دان، آموزگار و مروج ریاضیات زنانی نام برده شده است که سرانوار معرفی و توجه بیشتری هستند. از اینان، داستان‌های زندگی «مریم اردلان»، اولین معلم ریاضی زن و «بتول همایون احتشامی» و «مهیاره معفائی»، اولین دانش‌آموخته‌های کارشناسی ریاضی در جامعه به‌شدت مردسالار ایران در دهه ۱۳۳۰ بسیار جذاب و خواندنی است. «نسرین افقیدس»، اولین عضو هیئت علمی زن گروه ریاضی دانشگاه تهران در دهه ۴۰ تو نمونه‌ای است از زنان ریاضی‌دان گمنام کشورمان که زنان بزرگ زن دیگری که در نوشته‌های امیر اصغری به آن پرداخته شده است. مرحوم «دکتر فریده فیروزبخت»، استاد ریاضیات دانشگاه اصفهان است. ریاضی‌دان بزرگی که یک حدس حل‌نشده رمزآلود و شناخته‌شده درمورد اعداد اول دارد. ابتدا دلهره‌زای خوانده است اما علاقه او به جداوری اعداد اول، او را از دلربودگی جدا و وارد جهان ریاضیات می‌کند. او را می‌توان نماد یک دختر زنده است که بر علاقه‌اش به ریاضیات ایستاد و با تحمل سختی‌ها، یکی از ریاضی‌دانان ایفای نیز شد. از خیل محققان و ریاضیات‌دانان زن که در پروژه «آدم‌ها و ریاضیات» با آنها مصاحبه شده است. نام «دکتر سهیلا فیض‌بخش» با دیار کفت که صدای خاموش بسیاری از دختران شهر قروطی کشت کرد که به او امکان می‌داد تعداد زنان‌دوکتر ما را تا قول مشخصی برای سطح ریاضی محاسبه کند. این فرمول نه‌تنها درک بهتری از این سطوح ارائه می‌داد، بلکه او را قادر ساخت تا یکی از حرف‌های مشهور نظریه رسمان را اثبات کند و بفهمد که انواعی از سطوح هذلولی را می‌توان ساخت.

رقص منحنی‌ها در بی‌نهایت

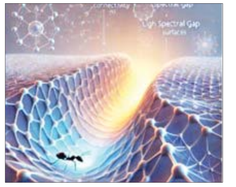
میراث «مریم میرزاخانی» و گامی نو در هندسه هذلولی

ساحل غیبی‌پور، حسن فتاحی

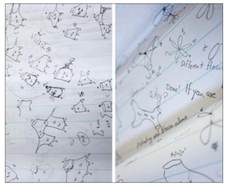
در آسمان بی‌کران دنیای بشری، گاه ستارگانی درخشان زاده می‌شوند که نه‌تنها راه را برای آیندگان روشن می‌کنند، بلکه با نور خود، دیوارهای بلند محدودیت را فرومی‌ریزند. مریم میرزاخانی، بانوی ریاضیات ایران، نامی ماندگار بر تارک ریاضیات جهان است که با کسب مدال فیلدز، نه‌تنها تا همیشه افتخاری برای ایران‌زمین شد، بلکه آینه‌ای تمام‌نما برای رویاهایی شد که در دل دختران این دیار می‌تپد. این مقاله دلیل اصلی نوشتنش مریم میرزاخانی و زادروز او در ۲۲ اردیبهشت است که به ایران تا روزی که خورشید در آسمان می‌درخشد، رنگ و بوی ریاضی داده است. در زادروز او در بسیاری از دیارتمان‌های ریاضی دنیا مراسم بزرگداشت و سخنرانی برگزار می‌شود. امسال در دانشگاهی که او در آمریکا درس می‌داد، برای زادروز او چندین سخنرانی تدارک دیده‌اند و ما هم در هم‌راهی با آنها و کل دنیا که به احترام ریاضی‌دان فقید ایران کلاه از سر برمی‌دارند. این مقاله را در صفحه علم شرق، منتشر می‌کنیم.



ساختار ژئودزیک



در تصویر، مسیرهای پرنور نشان‌دهنده اتصال قوی و پل‌های باریک نشانه ارتباط ضعیف هستند.



میرزاخانی سال‌ها در حال مطالعه اشکال هذلولی بود و از طراحی ایده‌هایش روی کاغذهای بزرگ لذت می‌برد، حتی وقتی این اشکال قابل ترسیم نبودند.

مریم میرزاخانی، فراتر از یک نام

او با قلم جادویی‌اش بر صفحه پیچیده هندسه، دنیایی آفریده که جهان‌بینی را به شگفتی وادداشت و نشان داد که اراده پولادین و ذهن خلاق، مرزهای جنسیت و جغرافیا را در هم می‌شکند. مریم میرزاخانی فراتر از یک ریاضی‌دان، نمساد امید و الهام برای همه ما دختران و فرزندان ایران بود. او همچون ریاضی‌دانان بزرگ ایران مانند موسی خوارزمی، ابوریحان بیرونی، ابوالوفای بوزجانی و غیاث‌الدین جمشید کاشانی با کارهای علمی‌اش بادگاری سترگ برای ما به جا نهاده است. کارهای او در زمینه دینامیک و هندسه سطوح ریمانی، فضاهای منولی و ساختارهای هندسی، نه‌تنها در زمان زیستش انقلابی در این حوزه‌ها ایجاد کرد، بلکه پژوهش‌هایش پس از درگذشت او نیز همچنان مسیرهای جدیدی را برای ریاضی‌دانان نار مار می‌کند. نتایج بدیع او در درک رفتار ژئودزیک‌ها، توپولوژی و ویژگی‌های پیچیده سطوح، به‌عنوان چراغ راهی برای نسل جدید ریاضی‌دانان باقی خواهد ماند. او در راه علم، مشتاق و سخت‌کوش گام برداشت و میراث کاری‌اش پهنای جوان منحلی است در دست نسل جدید تا در مسیر دشوار علم و کشف حقیقت، بی‌هراس گام بردارند. قصه زندگی مریم میرزاخانی برای همه دانش‌آموزان و دانشجویان ایران‌زمین و نیز کل جهان می‌تواند چشمه الهام و الگویی زیبا از عطرآموزی، امید و تلاش در راه دانش باشد. این نوشتار، نه‌تنها ادای دینی است به میراث کارنسگ او، بلکه پنجره‌ای است رو به افق‌های نوینی که از دل پژوهش‌های او سر برآورده‌اند؛ افق‌هایی که همچنان ما را به سوی بی‌نهایت ریاضی فرامی‌خوانند. نوشته‌های که در ادامه می‌آید، ترجمه مقاله‌ای است که اخیرا در مجله کوانتا با عنوان «Years After the Early Death of a Math Genius, Her Ideas Gain New Life» چاپ شده است. در این نوشتار، سعی شده است کار ارزشمند مریم میرزاخانی در هندسه به زبانی ساده روایت شود.

●●●

سال‌ها پس از درگذشت نابهنگام نابغه ریاضی دوران، مریم میرزاخانی، ایده‌های درخشان او همچنان در دنیای ریاضیات زنده هستند و جان تازه‌ای می‌دمند. اخیرا، اثباتی جدید در حوزه هندسه و دینامیک سطوح، کارهای مریم میرزاخانی را توسعه داده و تاثیر عمیق او را در این علم بیش‌ازپیش نمایان کرده است. این پیشرفت، بار دیگر جایگاه بی‌بدیل او را به‌عنوان یک پیشگام در دنیای ریاضیات تقویت می‌کند. مریم میرزاخانی در دوران دانشجویی خود، با نبوغ کم‌نظیرش، تحولی شگرف در درک ساختارهای هندسه هذلولی ایجاد کرد. او با تمرکزی بی‌حد و تلاش بی‌وقفه، به پرسش‌های بنیادی در این زمینه پرداخت و مسیرهای تازه‌ای را در مطالعه دینامیک سطوح و توپولوژی بازکرد. اما درحالی‌که هنوز بسیاری از پرسش‌های مورد علاقه‌اش بی‌پاسخ مانده بودند، او نوع شگوفایی علمی خود در ۴۰-سالگی از دنیا رفت. اوایل دهه ۲۰۰۰ میلادی، دانشجویی جوان در دانشگاه هاروارد شروع به کشف دنیایی متفاوت در ریاضیات کرد؛ دنیایی جدید، پر از شکل‌هایی که قوانین معمول هندسه را به چالش می‌کشیدند و رفتارهای غیرمنتظره‌ای داشتند. نام او مریم میرزاخانی بود. کسی که بعدها با تحقیقات درخشان خود، مرزهای دانش بشری را گسترش داد و در نهایت، به اولین زنی تبدیل شد که مدال فیلدز، بالاترین جایزه دنیای ریاضیات، را دریافت کرد. اولین پژوهش‌های مریم میرزاخانی بر سطوح هذلولی متمرکز بود؛ نوعی از فضاهای هندسی که در آن، برخلاف هندسه اقلیدسی، خطوط موازی نه‌تنها در فاصله ثابتی حرکت نمی‌کنند، بلکه با سرعت از هم دور می‌شوند. در این فضاها، سطح در دو جهت مخالف خم شده و ساختارهای پیچیده‌ای شکل می‌گیرد که تجسم آنها دشوار است. این سطوح، که در مباحثی چون نظریه ریسمان، فیزیک کوانتومی و دینامیک سیستم‌ها اهمیت بالایی دارند، همواره یکی از چالش‌برانگیزترین موضوعات در هندسه مدرن بوده‌اند. مریم میرزاخانی با روش‌های نوآورانه خود، تحولی اساسی در مطالعه این هندسه پیچیده ایجاد کرد. او به کمک ابزارهای جدید ریاضی، راهگارهای خلاقانه‌ای برای درک بهتر این سطوح ارائه داد و توانست ارتباطات عمیقی میان توپولوژی، دینامیک و هندسه آنها برقرار کند. اما درحالی‌که در اوج دوران پژوهشی خود قرار داشت و همچنان سؤالات بزرگی در ذهنش بود، در سال ۲۰۱۷، به دلیل ابتلا به سرطان سینه در ۴۰-سالگی درگذشت. پس از درگذشت مریم، پژوهش‌های ارزشمند او همچنان الهام‌بخش ریاضی‌دانان سراسر جهان باقی ماند. اخیرا، دو زن ریاضی‌دان برجسته، تائیس آناتراماس و لورا مانک، در ادامه مسیر پژوهشی و گام‌های بزرگی برداشته‌اند. آنها در مقاله‌ای جدید، با گسترش ایده‌های میرزاخانی، نشان داده‌اند که سطوح هذلولی حتی پیچیده‌تر از آن چیزی هستند که پیش‌تر تصور می‌شد. این کشف، نه‌تنها درک ما را از این ساختارهای شگفت‌انگیز افزایش داده، بلکه راه‌های تازه‌ای را برای مطالعه دینامیک سطوح و رفتارهای غیرمنتظره ژئودزیک‌ها در این فضاها گشوده است. تحقیق جدید آنها، ادامه‌دهنده آثار مریم میرزاخانی است و رؤیای او را برای درک بهتر این دنیای عجیب زنده نگه می‌دارد. مریم میرزاخانی تنها یک ریاضی‌دان نبود؛ او یک متفکر پیشگام بود که با عبور از موانع، راهی تازه در علم گشود. هرچند که زندگی کوتاهش مجال نداد تا به تمامی سؤالاتش پاسخ دهد، پژوهش‌های تائیس آناتراماس و لورا مانک نشان می‌دهد که میراث مریم میرزاخانی، نه‌تنها به‌یادماندنی است، بلکه همچنان الهام‌بخش و تاثیرگذار باقی خواهد ماند. اندیشه‌های یک نابغه، فراتر از زمان و مکان امتداد می‌یابد و مسیر علم را برای آیندگان روشن می‌کند.

هندسه‌ای شکفت‌انگیز و چالش‌برانگیز

الکس رابت، ریاضی‌دان برجسته، سطوح هذلولی را به جورچینی از تکه‌های خمیده تشبیه می‌کند که هرگز در فضای سه‌بعدی به طور کامل بسته نمی‌شوند. این سطوح دارای ویژگی‌های منحصربه‌فردی هستند که آنها را از دیگر انواع فضاهای هندسی متمایز می‌کند. هر بخش از یک سطح هذلولی مانند زین اسب است. فرمی که در یک جهت به سمت بالا و در جهت دیگر به سمت پایین خم می‌شود. این تکه‌های زینی‌شکل را می‌توان در کنار یکدیگر قرار داد. اما همیشه شکاف‌هایی می‌مانند که باقی می‌ماند که مانع از بسته‌شدن کامل سطح در فضای سه‌بعدی می‌شود. همین ساختار غیرعادی باعث می‌شود که مطالعه این سطوح به‌شدت چالش‌برانگیز باشد. برخلاف هندسه اقلیدسی، که در آن بسیاری از ویژگی‌ها به‌سادگی قابل تعریف و اندازه‌گیری هستند، در هندسه هذلولی حتی ساده‌ترین سؤالات درباره ساختار این سطوح هنوز بی‌پاسخ مانده‌اند. این ویژگی‌ها موجب شده‌اند که این سطوح نه‌تنها در ریاضیات محض، بلکه در زمینه‌هایی مانند فیزیک نظری و نظریه پیچیدگی نیز اهمیت ویژه‌ای داشته باشند.

ژئودزیک‌ها و پیچیدگی مسیرهای بسته

برای بررسی یک سطح هذلولی، ریاضی‌دان‌ها مسیرهای بسته‌ای به نام ژئودزیک‌ها را مطالعه می‌کنند. ژئودزیک‌ها، کوتاه‌ترین مسیرهای ممکن روی یک سطح برای بازگشت به نقطه شروع هستند. در هندسه مسطح، این مسیرها به سادگی می‌توانند دایره‌هایی روی کره یا خطوط مستقیم روی صفحه باشند. اما در سطوح هذلولی، این مسیرها رفتاری بسیار پیچیده‌تر دارند. هرچه یک سطح سوراخ‌تر و پیچیده‌تر می‌شود، مسیرهای ژئودزیک نیز پیچ‌وخم‌تر و متنوع‌تر خواهند بود. به همین دلیل، مطالعه این مسیرها نه‌تنها به درک بهتر شکل کلی سطح کمک می‌کند، بلکه اطلاعات مهمی درباره نحوه اتصال بخش‌های مختلف سطح به یکدیگر ارائه می‌دهد.

بررسی میزان اتصال سطح و حرکت تصادفی

علاوه بر ژئودزیک‌ها، یکی دیگر از روش‌های مطالعه این سطوح، بررسی میزان اتصال آنها است. ریاضی‌دانان این ویژگی را با تحلیل حرکت تصادفی روی سطوح بررسی می‌کنند. این حرکت‌ها نشان می‌دهند که جهت طور کلی می‌گذارد که نقطه متحرک روی سطح، از یک بخش به بخش دیگر برسد. در سطوحی با اتصال ضعیف، این زمان بسیار طولانی است؛ زیرا بخش‌های مختلف سطح به‌سادگی به هم مرتبط نیستند. در مقابل، در سطوح با اتصال قوی، این زمان کوتاه‌تر است و حرکت میان بخش‌های مختلف سریع‌تر انجام می‌شود. این ویژگی نقش مهمی در مدل‌سازی مسیرهای دینامیکی در پیچیده‌ترین شبکه‌ها ایفا می‌کند.

اهمیت پژوهش‌های جدید

همین پیچیدگی‌ها باعث شده‌اند که پژوهش‌های جدید درمورد سطوح هذلولی اهمیتی دوچندان داشته باشند. یکی از کارهای اخیر تائیس آناتراماس و لورا مانک، با الهام از تحقیقات مریم میرزاخانی، نشان داده‌اند که ساختارهای این سطوح حتی پیچیده‌تر از آن چیزی هستند که پیش‌تر تصور می‌شد. این پژوهش‌ها نه‌تنها درک ما از این سطوح را گسترش داده‌اند، بلکه مسیرهای تازه‌ای را برای مطالعه دینامیک هندسی و توپولوژی این فضاهای عجیب و شگفت‌انگیز باز کرده‌اند. مطالعه سطوح هذلولی همچنان یکی از چالش‌های بزرگ ریاضیات مدرن است. اما تلاش‌های پیوسته دانشمندان نشان می‌دهد که هرگام در این مسیر افق‌های جدیدی را برای فهم بهتر ساختارهای بنیادی فضا و هندسه می‌گشاید.

مریم میرزاخانی و راز‌های هندسه هذلولی

مریم میرزاخانی مجذوب منحنی‌های چرخشی بود. هر زمان که با همکارانش صحبت می‌کرد، با هیجان از آنها سخن می‌گفت، انگار که درباره شخصیت‌های یک داستان حرف می‌زند. کاسرا رفی، استاد دانشگاه توئنته، به یاد می‌آورد که او همیشه دو پرسش اساسی را مطرح می‌کرد: «چند منحنی وجود دارد؟ و آنها کجا قرار دارند؟». در دوران دکتری، مریم قروطی کشف کرد که به او امکان می‌داد تعداد ژئودزیک‌ها را تا قول مشخصی برای هر سطح هذلولی محاسبه کند. این فرمول نه‌تنها درک بهتری از این سطوح ارائه می‌داد، بلکه او را قادر ساخت تا یکی از حرف‌های مشهور نظریه ریسمان را اثبات کند و بفهمد که انواعی از سطوح هذلولی را می‌توان ساخت.

پس از دریافت مدرک دکتری، میرزاخانی در زمینه هندسه، توپولوژی و سیستم‌های دینامیکی پیشرفت‌های بزرگی رقم زد. بااین‌حال، علاقه‌اش به موضوع رسمان به دکتری همچنان پابرجا بود. ازاین‌رو، او به بررسی تصادفی سطوح هذلولی و ویژگی‌های آنها روی آورد. همکارانش می‌گویند که ابزارهای لازم برای این کار را در اختیار داشت و به همین دلیل، این مسیر پژوهشی برایش طبیعی و بدیعی بود. اما پیش از آنکه بتواند به طور کامل این مسیر را ادامه دهد، زندگی کوتاهش به پایان رسید. مانک، درباره او می‌گوید: «او در حال تهیه ابزارهای جدید بود، اما متأسفانه فرصتی برای استفاده از آنها پیدا نکرد».

لورا مانک و ادامه راه مریم میرزاخانی

لورا مانک هرگز تصور نمی‌کرد روزی ادامه‌دهنده راه مریم میرزاخانی باشد. در واقع، تا اوایل ۲۰۰۰-سالگی حتی قصد نداشت وارد دنیای پژوهش‌های ریاضی شود. از کودکی تصمیم داشت معلم شود و از سی‌حومه‌گلی در کلاس‌های ریاضی، به همکلاسی‌هایش درس می‌داد. خودش درباره آن دوران می‌گوید: «در مدرسه کاملا نارضی بودم. خودم را با نقش دستیار معلم سرگرم می‌کردم». بااین‌حال، در دوران تحصیلات تکمیلی، مانک مسیر متفاوتی را در پیش گرفت. او روی گسترش نظریه‌های ریاضی‌ای کار کرده است که مریم میرزاخانی پیش از درگذشتش فرصت تکمیل آنها را نیافت. مانک حس می‌کند که از طریق ابزارهای ریاضی، پیوندی نامرئی با میرزاخانی دارد. او مقطع کارشناسی ارشد را در دانشگاه پاریس-ساکلی گذراند، جایی که از مریم ۱۰ دانشجو، فقط سه زن حضور داشتند. تدریجا به پژوهش‌های ممکن روی یک سطح برای بازگشت به نقطه شروع هستند. در هندسه مسطح، این مسیرها به سادگی می‌توانند دایره‌هایی روی کره یا خطوط مستقیم روی صفحه باشند. اما در سطوح هذلولی، این مسیرها رفتاری بسیار پیچیده‌تر دارند. هرچه یک سطح سوراخ‌تر و پیچیده‌تر می‌شود، مسیرهای ژئودزیک نیز پیچ‌وخم‌تر و متنوع‌تر خواهند بود. به همین دلیل، مطالعه این مسیرها نه‌تنها به درک بهتر شکل کلی سطح کمک می‌کند، بلکه اطلاعات مهمی درباره نحوه اتصال بخش‌های مختلف سطح به یکدیگر ارائه می‌دهد.

بررسی میزان اتصال سطح و حرکت تصادفی

علاوه بر ژئودزیک‌ها، یکی دیگر از روش‌های مطالعه این سطوح، بررسی میزان اتصال آنها است. ریاضی‌دانان این ویژگی را با تحلیل حرکت تصادفی روی سطوح بررسی می‌کنند. این حرکت‌ها نشان می‌دهند که جهت طور کلی می‌گذارد که نقطه متحرک روی سطح، از یک بخش به بخش دیگر برسد. در سطوحی با اتصال ضعیف، این زمان بسیار طولانی است؛ زیرا بخش‌های مختلف سطح به‌سادگی به هم مرتبط نیستند. در مقابل، در سطوح با اتصال قوی، این زمان کوتاه‌تر است و حرکت میان بخش‌های مختلف سریع‌تر انجام می‌شود. این ویژگی نقش مهمی در مدل‌سازی مسیرهای دینامیکی در پیچیده‌ترین شبکه‌ها ایفا می‌کند.

اهمیت پژوهش‌های جدید

همین پیچیدگی‌ها باعث شده‌اند که پژوهش‌های جدید درمورد سطوح هذلولی اهمیتی دوچندان داشته باشند. یکی از کارهای اخیر تائیس آناتراماس و لورا مانک، با الهام از تحقیقات مریم میرزاخانی، نشان داده‌اند که ساختارهای این سطوح حتی پیچیده‌تر از آن چیزی هستند که پیش‌تر تصور می‌شد. این پژوهش‌ها نه‌تنها درک ما از این سطوح را گسترش داده‌اند، بلکه مسیرهای تازه‌ای را برای مطالعه دینامیک هندسی و توپولوژی این فضاهای عجیب و شگفت‌انگیز باز کرده‌اند. مطالعه سطوح هذلولی همچنان یکی از چالش‌های بزرگ ریاضیات مدرن است. اما تلاش‌های پیوسته دانشمندان نشان می‌دهد که هرگام در این مسیر افق‌های جدیدی را برای فهم بهتر ساختارهای بنیادی فضا و هندسه می‌گشاید.

مریم میرزاخانی و راز‌های هندسه هذلولی

مریم میرزاخانی مجذوب منحنی‌های چرخشی بود. هر زمان که با همکارانش صحبت می‌کرد، با هیجان از آنها سخن می‌گفت، انگار که درباره شخصیت‌های یک داستان حرف می‌زند. کاسرا رفی، استاد دانشگاه توئنته، به یاد می‌آورد که او همیشه دو پرسش اساسی را مطرح می‌کرد: «چند منحنی وجود دارد؟ و آنها کجا قرار دارند؟». در دوران دکتری، مریم قروطی کشف کرد که به او امکان می‌داد تعداد ژئودزیک‌ها را تا قول مشخصی برای هر سطح هذلولی محاسبه کند. این فرمول نه‌تنها درک بهتری از این سطوح ارائه می‌داد، بلکه او را قادر ساخت تا یکی از حرف‌های مشهور نظریه ریسمان را اثبات کند و بفهمد که انواعی از سطوح هذلولی را می‌توان ساخت.

لورا مانک، که به دنبال راهی برای ادامه کار مریم میرزاخانی در هندسه هذلولی بود، از اشکال پیچیده الهام گرفت

وقتی مریم از اشکال پیچیده‌ای ریاضی‌دان‌ها از توضیح می‌داد، شاخه‌ها و اجتماعی می‌شد و انگار داشتند شخصیت‌های یک داستان نوشته می‌کرد

مریم زادی در کودکی در ایران، ابتدا رؤیای خود را مخفی نگه می‌داشت و به دنبال راه‌هایی برای ادامه تحصیل بود

تائیس آناتراماس، از دوستی موسیقی تا المپیادی، انعطاف‌پذیر در هندسه هذلولی

جویل فریدمن ثابت کرد که مسیرها گرانه‌ها ویژگی‌های کلیدی خاصی دارند و ریاضی‌دانان از آن برای طبقه‌بندی هندسه هذلولی استفاده کردند

میرزاخانی سال‌ها در دنیای سطوح هذلولی، با اشکال پیچیده و انتزاعی سروکار داشت. او ایده‌هایش را با رسم شکل روی کاغذهای بزرگ دنبال می‌کرد، هرچند این اشکال، به طور دقیق قابل ترسیم نبودند.

پس از دریافت مدرک دکتری، میرزاخانی در زمینه هندسه، توپولوژی و سیستم‌های دینامیکی پیشرفت‌های بزرگی رقم زد. بااین‌حال، علاقه‌اش به موضوع رسمانه دکتری همچنان پابرجا بود. ازاین‌رو، او به بررسی تصادفی سطوح هذلولی و ویژگی‌های آنها روی آورد. همکارانش می‌گویند که ابزارهای لازم برای این کار را در اختیار داشت و به همین دلیل، این مسیر پژوهشی برایش طبیعی و بدیعی بود. اما پیش از آنکه بتواند به طور کامل این مسیر را ادامه دهد، زندگی کوتاهش به پایان رسید. مانک، درباره او می‌گوید: «او در حال تهیه ابزارهای جدید بود، اما متأسفانه فرصتی برای استفاده از آنها پیدا نکرد».

لورا مانک و ادامه راه مریم میرزاخانی

لورا مانک هرگز تصور نمی‌کرد روزی ادامه‌دهنده راه مریم میرزاخانی باشد. در واقع، تا اوایل ۲۰۰۰-سالگی حتی قصد نداشت وارد دنیای پژوهش‌های ریاضی شود. از کودکی تصمیم داشت معلم شود و از سی‌حومه‌گلی در کلاس‌های ریاضی، به همکلاسی‌هایش درس می‌داد. خودش درباره آن دوران می‌گوید: «در مدرسه کاملا نارضی بودم. خودم را با نقش دستیار معلم سرگرم می‌کردم». بااین‌حال، در دوران تحصیلات تکمیلی، مانک مسیر متفاوتی را در پیش گرفت. او روی گسترش نظریه‌های ریاضی‌ای کار کرده است که مریم میرزاخانی پیش از درگذشتش فرصت تکمیل آنها را نیافت. مانک حس می‌کند که از طریق ابزارهای ریاضی، پیوندی نامرئی با میرزاخانی دارد. او مقطع کارشناسی ارشد را در دانشگاه پاریس-ساکلی گذراند، جایی که از مریم ۱۰ دانشجو، فقط سه زن حضور داشتند. تدریجا به پژوهش‌های ممکن روی یک سطح برای بازگشت به نقطه شروع هستند. در هندسه مسطح، این مسیرها به سادگی می‌توانند دایره‌هایی روی کره یا خطوط مستقیم روی صفحه باشند. اما در سطوح هذلولی، این مسیرها رفتاری بسیار پیچیده‌تر دارند. هرچه یک سطح سوراخ‌تر و پیچیده‌تر می‌شود، مسیرهای ژئودزیک نیز پیچ‌وخم‌تر و متن