

یک نشان فیلدز برای رویکردی ورزشی به ریاضیات

یوردانا سیلوویچ

حسن ملکی**

چکیده

برای هوگو دومینیل-کوپن^۱، تفکر با حرکت عجین شده است. بینش هوگو دربارهٔ ویژگی‌های مرتبط با جریان در شبکه‌های پیچیده، برای او نشان فیلدز را به ارمغان آورد.

ساله، مردی ورزشکار است. او اهل پیاده‌روی، دوچرخه‌سواری، شنا و کوهنوردی است، و اغلب در همین گشت‌وگذارها است که الهام‌های ریاضی او شکل می‌گیرد. علاقهٔ او به طیف گسترده‌ای از فعالیت‌ها نیز مشخصهٔ کار او است، او در تلاشی مستمر، ابزارهایی از زمینه‌های مختلف را برای تغییر درک ریاضی‌دانان از مفهوم انتقال فاز ارائه کرده است.

هوگو دومینیل-کوپن، اکنون نشان فیلدز، بالاترین افتخار در ریاضیات را برای کارهایش در این زمینه دریافت کرده است. او مرز بین ریاضیات و فیزیک را درنور دیده است و مدل‌هایی از سیالات را تحلیل می‌کند که در یک محیط قابل نفوذ جریان دارند، مانند آبی که از تفاله‌های قهوه می‌گذرد. چنین مدل‌هایی که شامل تشکیل خوشه‌های همبند در شبکه‌های تصادفی است، می‌تواند مدلی برای شیوع یک بیماری، روند انتشار شایعه در جامعه یا پیشروی یک آتش‌سوزی در جنگل باشند.

ورنر می‌گوید: «پیش از اینکه هوگو دومینیل-کوپن، پا در این حوزه بگذارد، مطالعهٔ این مدل‌ها که به نظریهٔ نفوذ^۲ شناخته می‌شوند، تا اندکی به بن‌بست دچار شده بود. تا دههٔ ۱۹۹۰ تنها یک نوع نسبتاً ساده از مدل نفوذ به خوبی درک شده بود، اما بیشتر مدل‌ها این‌گونه نبودند. هوگو در دورهٔ کارشناسی‌ارشد، مدل‌های پیچیده‌تری را معرفی کرد که در نهایت منجر به ارائه یک نظریهٔ گسترده‌تر برای مفهوم نفوذ شد. با کارهای او، نظریهٔ نفوذ به کلی متفاوت از گذشته شده است، همه چیز ساده و شفاف‌تر شده است، نتایج قوی‌تر شده‌اند. با کارهای هوگو دومینیل-کوپن، به راستی درک کلی از این نظریهٔ فیزیکی، دگرگون شده است.»

مسابقات برد و باخت

مارتین هیرر

^۵ ریاضی‌دان در کالج سلطنتی لندن که در مراسم اهدای جوایز نشان فیلدز سخنرانی ستایش‌آمیزی در مورد کارهای دومینیل کوپن را ارائه کرد، می‌گوید: «یکی از اولین چیزهایی که در وجود هوگو به چشم می‌آید، اشتیاق و شور و شوق اوست. او همیشه بسیار سرزنده است.» مانولسکو هم با هیرر هم‌رأی است. او می‌گوید: «دومینیل-



یکی از همکاران هوگو می‌گوید: «او خیلی خیلی خوش‌بین و مثبت‌اندیش است. او می‌خواهد روی همه‌چیز تحقیق و مطالعه کند.»

گروه ریاضی دانشگاه ژنو معمولاً ساکت و بی‌سروصداست، مگر زمان‌هایی که هوگو در اتاقش دادوهوار راه بیندازد. اتفاقی که زیاد می‌افتد. یوان مانولسکو^۲ ریاضی‌دان دانشگاه فرایبورگ و هم‌دانشگاهی سابق دومینیل-کوپن، می‌گوید: «ما در گروه ریاضی به عنوان افراد شلوغی شناخته می‌شدیم، زیرا زمانی که در ریاضی غور می‌کردیم و شور مسئله حل کردن ما را می‌گرفت، بسیار هیجان‌زده می‌شدیم.» گاهی اوقات که صدای دادوهوار آن‌ها دربارهٔ مسئله‌های ریاضی بالا می‌گرفت، اساتید گروه به آن‌ها تذکر می‌دادند و آن‌ها مجبور می‌شدند درب دفترشان را ببندند. هوگو به شوخی می‌گوید: «ما مورد تنفر دیگر همکارانمان بودیم.»

هوگو دومینیل-کوپن هنوز هم همان‌گونه است. آن بحث‌های داغ که گاهی ساعت‌ها جلوی تخته سیاه به طول می‌انجامد، جزء جدایی‌ناپذیر ریاضی‌ورزی اوست. هوگو از گفتن ایده‌هایش به دیگران و تشکیل گروه‌هایی برای کار جمعی روی آن ایده‌ها لذت می‌برد. وندلین ورنر^۳، ریاضی‌دان مؤسسه فناوری فدرال زوریخ سوئیس می‌گوید: «روش او برای ریاضی‌ورزی «بسیار ورزشی» است، پر انرژی، پویا و مشارکتی.» همه این‌ها طبیعی است: هوگوی ۳۶

^۱Hugo Duminil-Copin ^۲Ioan Manolescu ^۳Wendelin Werner ^۴percolation theory ^۵Martin Hairer

دانش آموزان دبیرستانی که بسیاری از مدال آوران گذشته فیلدز در آن موفق بوده‌اند - شرکت کرد، شکست بدی خورد. خودش می‌گوید: «من آن‌چنان توانایی شگفت‌انگیزی در حل مسئله ندارم.» به جای این، هوگو در سخت‌کوشی و خلاقیت، سرآمد و بی‌نظیر است: «من هرگز ناامید نمی‌شوم. من همیشه مطمئن هستم که حداقل از کاری که انجام می‌دهم، لذت خواهم برد.»



هوگو دومینیل - کوپن در دفتر کارش

این نگرش درست بعد از دبیرستان نیز به او کمک کرد، زمانی که هوگو در یک «کلاس مقدماتی» ثبت نام کرد، یک برنامه فشرده دوساله که دانش آموزان را برای شرکت در آزمون‌های ورودی سراسری برای دانشگاه‌های تخصصی آماده می‌کرد. مانولسکو که آن دوره هوگو را دیده‌است، می‌گوید: «بیشتر دانش آموزان بسیار تحت فشار و به صورت جدی رقابتی بودند، اما او بسیار آرام بود.» به گفته خود هوگو دومینیل - کوپن، همه اینها از این نشأت می‌گیرد که او دوران کودکی بسیار عادی را سپری کرده است: «فکر می‌کنم برای قدم‌های بعدی بسیار مهم است. در حقیقت، تحقیق و پژوهش برای ذهن فعالیتی بسیار دشوار است، بسیاری از افراد آن قدر که بایدوشاید، برای این کار تمرین نمی‌کنند. برای موفقیت در ریاضیات باید بسیار متعادل باشید. حداقل، من این احساس را دارم.»

جریان

هوگو دومینیل - کوپن در امتحانات ورودی دانشگاه موفق شد و در مدرسه عالی نرمال پاریس،^۶ یکی از برترین دانشگاه‌های فرانسه پذیرفته شد. در آن زمان، او نمی‌دانست باید فیزیک بخواند یا ریاضی: «من می‌خواستم دنیا را بفهمم، اما در عین حال به پاسخ‌های بسیار روشن و مستقل نیاز داشتم.» او فیزیک را به‌خاطر تکیه آن بر شهود و این واقعیت که فیزیک‌دانان می‌توانند جهان را توصیف کنند، دوست

کوپن می‌تواند همه کارهای سخت و ناجور را انجام دهد، حتی حاضر است اثبات‌های قدیمی را بازنویسی کند که مطمئن شود آن‌ها را به درستی فهمیده است تا در نهایت بتواند مسئله‌های حل نشده به بهترین شکل حل کند. هوگو بسیار بسیار خوشبین است. او برای انجام هر کاری مشتاق است.»

این انرژی، اشتیاق و خوش‌بینی نه تنها در بحث و جدل‌های ریاضیاتی پرسروصدا با همکارانش، بلکه در هر کاری که او انجام می‌دهد مشهود است. در هر لحظه که او را می‌بینید یک دم آرام‌وقرار ندارد. در حالی که در دفتر خود صحبت می‌کند، مدام در صندلی خود جابه‌جا می‌شود، سپس می‌ایستد، دستانش را در جیبش می‌کند و قبل از آنکه دوباره روی صندلی بنشیند، برای چند لحظه به درب اتاق تکیه می‌دهد. او در کمتر از دو ساعت دو فنجان قهوه می‌نوشد. خودش می‌گوید: «مصرف قهوه با گذشت زمان بدتر و بدتر شد.»

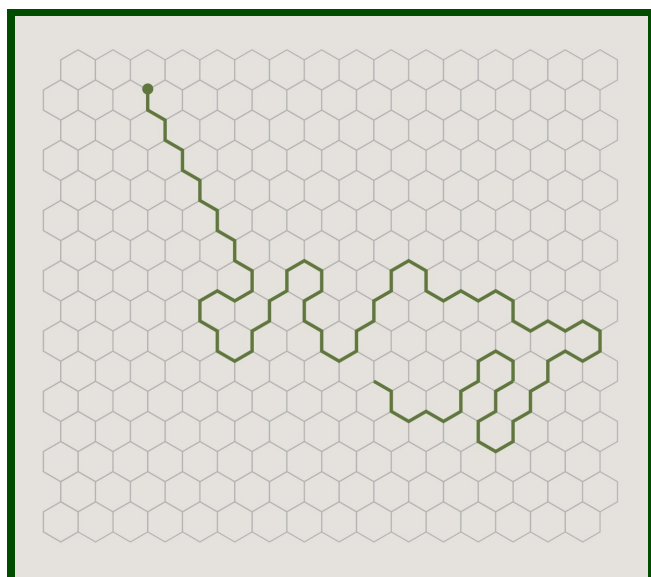
هوگو دومینیل - کوپن از کودکی فعال و پرجنب‌وجوش بوده، جایی در حومه پاریس، بزرگ شده، وقت خود را به نواختن گیتار، معاشرت با دوستان، و کوهنوردی و پیاده‌روی و اسکی با والدین و برادر کوچک‌تر خود سپری کرده است. بیشتر از هر چیزی او به ورزش علاقه داشته است. این علاقه، به هوگو یاد داد تا توان و قدرت خود را روی پدیده‌های فیزیکی متمرکز کند، جزئی از یک تیم باشد و استراتژی‌های مختلف را آزمایش کند. پدرش معلم ورزش مدرسه راهنمایی بود و مادرش قبل از اینکه معلم مدرسه ابتدایی شود، رقص بود. ریاضیات تنها یا حتی اصلی‌ترین علاقه او نبود. او در ریاضیات قوی بود ولی نه آن اندازه که مورد توجه ویژه دیگران قرار گیرد. در دوره دبیرستان او هندبال نیز بازی می‌کرد، خودش می‌گوید: «زمانی که قصد انتخاب رشته تخصصی در دبیرستان را داشتیم، بین انتخاب هندبال و مطالعه ریاضیات مردد بودم. آن زمان، فکر نمی‌کنم در ورزش بدتر از ریاضی بودم.»

با این حال، در پایان، دومینیل - کوپن تصمیم گرفت دبیرستانی را در پاریس انتخاب کند که برای ریاضیات و علوم طراحی شده بود: «جایی که من در ریاضیات خوب بودم، اما به وضوح افرادی بهتر از من وجود داشتند». او به یاد می‌آورد که در کلاس به عنوان یکی از بدترین دانش آموزان شروع به کار کرد و به تدریج به سطح هم‌کلاسی‌های خود رسید، اما در سال دوم در یک کلاس دیگر قرار گرفت، جایی که دوباره باید از صفر شروع می‌کرد. او می‌گوید: «من فکر می‌کردم، ای دادوبیداد! چه سال طولانی خواهد بود.» اما به زودی، او توانست دوباره پیشرفت کند. با این همه، زمانی که او در امتحان مقدماتی المپیاد بین‌المللی ریاضی - مسابقه‌ای ریاضی برای

^۶École Normale Supérieure

افزایش دهید، سیستم یک مقدار بحرانی را نمایش می‌دهد: کمتر از آن مقدار، عملاً هیچ شانس وجود ندارد که یک مؤلفه همبندی بی‌نهایت طولانی وجود داشته باشد و بنابراین مایع به صورت ساکن در می‌آید. بیشتر از آن مقدار، یک مسیر بی‌نهایت و پیوسته در سیستم وجود خواهد داشت و سیال ما جاری خواهد شد.

ریاضی‌دانان می‌خواهند بدانند که سیستم در نقطه بحرانی، و همچنین قبل و بعد از آن چگونه رفتار می‌کند. تا حدود سال ۲۰۰۸، نظریه نفوذ بیشتر محدود به تعیین جزئیات برای ساده‌ترین مدل نفوذ، به نام مدل نفوذ برنولی بود. این داستان ادامه داشت تا زمانی که هوگو مطالعات خود برای تعمیم درک سایر مدل‌های پدیده نفوذ را ارائه داد و پس از آن همه چیز شروع به تغییر کرد.

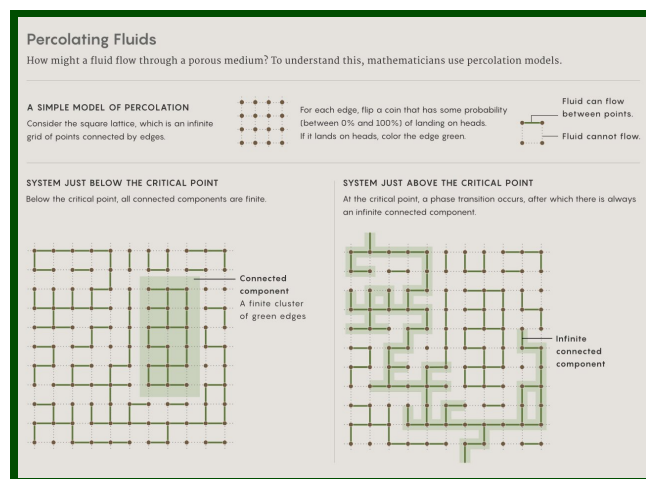


یک مسیر خود-اجتنابی روی شبکه شش ضلعی

برای شنیدن داستان کار او، همه چیز با یک شنا و ایده‌ای شروع شد که کاملاً جواب نداد. او به عنوان دانشجوی دکترا در دانشگاه ژنو، ماه‌ها در تلاش بود تا مسئله‌ای در مورد نفوذ آب را حل کند، اما تلاش او بی‌نتیجه بود. او درگیر این مسئله شده بود و روی حل آن کار می‌کرد، اما نه پشت میز، بلکه او ترجیح می‌دهد حین پیاده‌روی، باغبانی یا تماشای تلویزیون این کار را کند. به موازات این مسئله، ایده دیگری به ذهنش خطور کرد. هرچند به حل سؤالی که او امیدوار بود به آن پاسخ دهد، کمکی نمی‌کرد، اما متوجه شد این دقیقاً همان چیزی است که برای حل یک مسئله در شاخه‌ای دیگر نیاز داشت: ترکیبیات. او می‌گوید: «یک روز در دریا شنا می‌کردم و در ۱۰ دقیقه، مسئله دیگر را کاملاً حل کردم.» دکترای او تقریباً بلافاصله او را به سمت استادی سوق خواهد داد. او و استانیسلاو اسمیرنوف،^۷

داشت، اما متوجه شد که او به توضیحات قانع نمی‌شود مگر اینکه آن‌ها کاملاً دقیق باشند و بتوانند چستی پدیده‌ها را آشکار کند. او می‌گوید: «پس از یک اثبات ریاضی درست و زیبا، شما احساس تمامیت و بستگی دارید. من در فیزیک چنین چیزی پیدا نکردم.» دومینیل-کوپن در نهایت روی حوزه‌ای از ریاضیات تمرکز کرد که بسیار نزدیک به فیزیک بود و منشأ سؤالات تحقیقاتی آن تقریباً به طور کامل ریشه در فرایندهای فیزیکی داشت، شهود فیزیکی دقیقی که او از همان ابتدا به آن جذب شد. او می‌گوید: «برای من نظریه نفوذ شهودی بود: عشق اول من.»

برای درک ریاضیات پدیده نفوذ، شبکه‌ای بی‌نهایت از نقاط را تصور کنید که با یال‌هایی به هم وصل می‌شوند تا یک صفحه شطرنجی را تشکیل دهند. برای هر یال ممکن، یک سکه وزنی را پرتاب کنید. اگر سکه روی سر فرود آمد، که ممکن است بسته به وزن سکه با احتمال ۱، ۲۰ یا ۸۰ درصد، اینگونه بیاید، یال را سیاه کنید. در غیر این صورت آن را به حال خود رها کنید. در یک پدیده نفوذ واقعی، یک یال سیاه به این معنی است که سیال می‌تواند از طریق آن قسمت در سیستم جریان یابد. ریاضی‌دانان می‌خواهند بفهمند که چگونه خوشه‌هایی از یال‌های سیاه متصل به هم، که مؤلفه‌های همبندی نامیده می‌شوند، می‌توانند بر روی شبکه اصلی شکل بگیرند.



مدل نفوذ یک سیال زیر و بالای یک نقطه بحرانی

زمانی که به آرامی احتمال اتصال هر دو رأس توسط یک یال سیاه را افزایش می‌دهید، یک انتقال فاز رخ می‌دهد. یعنی رفتار کلی سیستم به طور ناگهانی تغییر می‌کند، تقریباً به همان شکلی که وقتی دما به زیر صفر درجه سانتی‌گراد می‌رسد، آب یخ می‌زند. هوگو دومینیل-کوپن می‌گوید: «در واقع، اکثر سیستم‌ها تحت یک انتقال فاز قرار می‌گیرند» در این مورد، اگر به تدریج احتمال فرود سکه روی سر را

⁷Stanislav Smirnov

دوستان و همکاران نزدیک دومینیل - کوپن، او را به سان یک همنورد خوب برای کوهنوردی توصیف می‌کند. او می‌گوید: «هوگو گویی همزاد من است. با گذشت زمان، ما زبان خود را نیز ساختیم. گاهی حتی نیازی به گفتن کلمه‌ای هم نیست. یک لبخند کافی است.» تاسیون در خاطرش هست که یک بار پس از اتمام یک اثبات از فرط هیجان، به آغوش یکدیگر پریدند: «همکاری به ما آموخت که ریاضی چیزی فوق‌العاده صمیمی است. شما در حال به اشتراک گذاشتن روشی هستید که از آن راه تفکر می‌کنید. این صمیمی‌ترین چیزی است که دارید.»



گچ تخته سیاه هاگورومو، مورد علاقه ریاضی دانان در اتاق هوگو

اما این کثرت و غوطه‌ور شدن تمام‌وقت در ریاضیات به‌عنوان یک ورزش مشارکتی، به هوگو دومینیل - کوپن کمک می‌کند تا با اضطراب‌هایش کنار بیاید. او تقریباً در مورد هر کاری که انجام می‌دهد، مردد است. در دوران تحصیلات تکمیلی، بسیار اتفاق می‌افتاد که او پیش روی خود یک اثبات کامل قرار می‌داد و برای ماه‌ها در آن به دیده تردید و شک می‌نگریست. داشتن همکارانی که کار او را بررسی می‌کنند، خیال او را راحت‌تر می‌کند. علیرغم هوش و کاریزمای آشکار او، دومینیل - کوپن می‌گوید: «من چندان اعتماد به نفس ندارم.» به اعتراف خودش، او دوست دارد به همه چیز بیش از حد لازم فکر کند، نه فقط در مورد ریاضی بلکه همه جا. به عنوان مثال، او اخیراً می‌خواست خانه‌ای جدید برای خانواده کوچکش شامل خودش، همسر، فرزند یک ساله‌شان و سگ خانگی‌شان بسازد. کار ساخت خانه که پیش می‌رفت، او درباره همه چیز با کارگران بحث می‌کرد و دائماً از آن‌ها می‌خواست حتی کوچکترین جزئیات را اصلاح کنند. او

استاد راهنمایش، یک شبکه شش ضلعی را در نظر گرفتند، نموداری از یال‌ها و رئوس که شبیه لانه زنبور عسل است. آن‌ها می‌خواستند در این شبکه، تعداد مسیرهای خود - پرهیز^۸ را بشمارند، مسیرهای که هرگز دو بار از یک راس رد نمی‌شوند. این دو ریاضی‌دان در نهایت ثابت کردند که $(\sqrt{2} + \sqrt{3})^N$ مسیر وجود دارد، که در آن N تعداد یال‌های مسیر است. آن‌ها نتیجه خود را در نشریه آنالز ممتکس^۹ منتشر کردند که یکی از بهترین نشریه در این زمینه شناخته می‌شود. ورنر می‌گوید: «با این کار و دیگر کارهای هوگو مشخص شد که او یک دانشجوی معمولی نیست.» در شب دفاعیه دوره دکتری او در سال ۲۰۱۲، به او یک سمت هیئت علمی در دانشگاه ژنو پیشنهاد شد. هوگو دومینیل - کوپن اکنون در یک فرصت مطالعاتی در مؤسسه مطالعات علمی پیشرفته در فرانسه به‌سر می‌برد. او در سن ۲۹ سالگی، در سال ۲۰۱۴ استاد تمام شد.

شک کنترل شده

دومینیل - کوپن علیرغم موفقیت‌هایی که کسب کرده، نسبت به سلسله مراتب دانشگاهی علاقه خاصی ندارد. هم‌دانشگاهی‌های سابق او به عنوان دانشجو، دوره پسادکتر را نزد او سپری می‌کنند، با این حال آن‌ها می‌گویند که او همیشه مانند گذشته دوستانه رفتار می‌کند. اگر به صفحه شخصی او سری بزنید، خواهید دید از میان ده‌ها مقاله فهرست شده، تنها در دو مقاله، او به تنهایی نویسنده است. به همین دلیل است که او همچنان آرزو می‌کند که جوایز بیشتری، از جمله نشان فیلدز، مخصوص فعالیت‌های مشترک باشد. هوگو می‌گوید: «وقتی ایده‌ای را با کسی به اشتراک می‌گذارم، برایم بسیار لذت بخش‌تر است. من حتی نمی‌توانم تعداد دفعاتی را بشمارم که به دفتر یکی از دانشجویهای فوق دکتر یا یکی از همکارانم رفته‌ام تا ایده‌ای خام را برایشان توضیح دهم که در واقع به‌طور کلی از ابتدا اشتباه بوده است.» در واقع، او تمایل دارد در مورد همه چیز، نه فقط ریاضیات، با دوستان و همکارانش گفتگو کند. این به او کمک می‌کند برای معنا بخشیدن به چیزها، پردازش کند.

مانولسکو که یکی از دوستان نزدیک و همکاران اوست، می‌گوید: «او دائماً این کار را انجام می‌داد. برای مثال، من با هوگو در حال انجام کاری هستم. کار را به مدت پنج ساعت انجام می‌دهیم، سپس از دفترش بیرون می‌روم در حالی که تا سر حد مرگ، خسته هستم. او یک قهوه می‌خورد و بعد یک نفر دیگر را می‌بینید و درباره موضوعی کاملاً متفاوت صحبت می‌کند.»

وینسنت تاسیون،^{۱۰} ریاضی‌دان دانشگاه زوریخ و یکی دیگر از

⁸self-avoiding walk problem ⁹Annals of Mathematics ¹⁰Vincent Tassion

تشخیص تیزی

او درک ریاضی ما از نظریهٔ نفوذ را دگرگون کرده است، از منظر یک فیزیک‌دان، اما بسیاری از چیزهایی که او ثابت کرده است برای سال‌ها، اگر نه دهه‌ها، به دلیل مشاهدات تجربی نفوذ در سناریوهای زندگی واقعی شناخته شده بوده است. ورنر می‌گوید: «همه می‌دانند که پاسخ چه خواهد بود، اما هیچ کس نمی‌داند چگونه آن را ثابت کند.» کار هوگو دومینیل - کوپن در مورد نظریهٔ نفوذ را می‌توان به سه بخش تقسیم کرد: شناسایی نقطهٔ بحرانی که در آن انتقال فاز رخ می‌دهد. توصیف آنچه در سیستم در بالا و پایین آن نقطه اتفاق می‌افتد؛ و درک آنچه واقعاً در آن نقطه اتفاق می‌افتد.

بسیاری از این موارد قبلاً برای مدل نفوذ برنولی شناخته شده بود، مدل ساده‌ای که در آن وجود یا عدم وجود یال سیاه از طریق پرتاب سکه مستقل تعیین می‌شود. اما برای اکثر مدل‌های نفوذ، این گونه نیست. در عوض، وجود یک یال سیاه در یک قسمت از شبکه بر وجود یال‌های سیاه در جای دیگر تأثیر می‌گذارد. به دلیل این وابستگی‌های دور برد، درک چنین مدل‌های نفوذی بسیار دشوارتر است.

مسیرها همچنین الگوهای بهتری برای واقعیت هستند. مسیرهای یال سیاه می‌توانند همبستگی یا کانال‌های ارتباطی بین بخش‌های مختلف یک سیستم طبیعی مانند آهن‌ربا را نشان دهند. در واقع، هوگو اغلب از مدل‌های وابستهٔ نفوذ برای به‌دست آوردن بینش در مورد مدل ایزینگ^{۱۱} استفاده می‌کند، که برای مطالعهٔ رفتار فرومغناطیس‌ها و سیستم‌های مرتبط استفاده می‌شود.

با این حال، قبل از اینکه هوگو بتواند این کار را انجام دهد، باید آن مدل‌های نفوذ وابسته را درک می‌کرد. یکی از اولین موفقیت‌های او در شناسایی نقطهٔ بحرانی - نقاط مرزی و آستانه‌ای احتمالی که در آن انتقال فاز رخ می‌دهد - برای گروه بزرگی از مدل‌های نفوذ وابسته در دو بعد بود. فرمولی که او و ریاضی‌دان وینسنت بفارا^{۱۲} به‌دست آوردند نیز جواب معروفی را برای مدل نفوذ برنولی به‌دست آورد. دومینیل - کوپن می‌گوید: «این به نوعی آغاز داستان بود.»

هوگو دومینیل - کوپن سپس می‌خواست رفتار سیستم را در بالا و پایین نقطهٔ بحرانی درک کند. در زیر آن، مؤلفه‌های همبندی روی شبکه، همگی متناهی هستند. اما سؤال این است که چه قدر کوچک هستند؟ دومینیل - کوپن به‌همراه تاسیون و آران رثوفی^{۱۳} ثابت کردند که آن‌ها خیلی کوچک هستند. با بزرگ‌تر شدن اندازهٔ مورد نظر برای یک مؤلفهٔ همبندی، یعنی مجموعه‌ای بزرگ اما متناهی از یال‌های سیاه مرتبط به هم، احتمال یافتن آن به سرعت کاهش می‌یابد. یعنی با در نظر گرفتن رئوس دورتر و دورتر از یکدیگر، احتمال اینکه

می‌گوید: «من کاملاً وسواس داشتم. خانه می‌توانست نیمی از زیبایی الان خود را داشته باشد، ولی در حال حاضر بی‌نهایت زیباست.»

نوشتن یک اثبات ریاضی برای او این گونه است: به‌طور مداوم پیشرفت می‌کند و در مورد جزئیات وسواس دارد. توجه وسواسی به جزئیات مزایای خود را به همراه دارد. خانهٔ جدید این خانواده در شیب کوه ساخته شده است و به آن‌ها منظره‌ای از کل شهر ژنو از جمله دریاچه و فواره معروف شهر را هدیه می‌دهد. دفتر او در آنجا بزرگ و فراخ است. کف اتاق با یک طراحی حساب‌شده با کاشی‌های شش‌ضلعی پوشیده شده است که هم کار دکترای هوگو و هم یک فرایند مهم در نظریهٔ نفوذ را به ذهن تداعی می‌کند. او می‌گوید: «من دوست دارم کارها به روش درست انجام شوند تا پس از اتمام، کار واقعاً کامل و بدون نقص باشد. برای نمونه، برای این خانه، دیگر مجبور نخواهم شد جابه‌جا شوم.» جالب اینکه زبانی که او استفاده می‌کند، نحوهٔ توصیف کار ریاضی او را نشان می‌دهد: اثبات‌هایی که درست انجام می‌شوند، به او احساس کامل شدن می‌دهند.

هوگو در فضای باز بیرون نشسته است، جایی که می‌تواند بنشیند و تفکر کند. او می‌گوید: «من این مکان را دوست دارم، زیرا آدمی را برای تفکر در چیزها دعوت می‌کند. وقتی به قله‌های آلپ و دریاچه‌ای که در فاصله‌ای پائین‌تر گسترش می‌یابد، می‌نگرید، کوه‌هایی می‌بینید که میلیون‌ها سال آنجا بوده‌اند. آن‌ها میلیون‌ها سال دیگر آنجا خواهند بود. این چیزی است که به شما اطمینان می‌دهد که چه قدر کوچک هستید.»

علیرغم رفتار راحتش، او می‌گوید که باید احساس کند که کنترل اوضاع را در دست دارد. در ساخت خانه که او تخصصی در آن نداشت و تربیت بچه، این موضوع خودش را نشان داده است. حتی پوشش مطبوعاتی و رسانه‌ای که بی‌شک برای او پس از دریافت نشان فیلدز رخ می‌دهد، او را اندکی مضطرب و ناراحت می‌کند. این چیز دیگری است که او نمی‌تواند کنترل کند. زندگی در کوهستان کمک می‌کند تا همه چیز قابل تحمل‌تر به نظر برسد. ریاضیات برای هوگو دومینیل - کوپن نیز همین‌طور است، او از ریاضیات به‌عنوان مکانیزم درمانی استفاده می‌کند. در ریاضیات، او می‌تواند کنترل بیشتری اعمال کند: «من بر کاری که انجام می‌دهم تسلط دارم.» علاوه بر این، ریاضیاتی که او انجام می‌دهد به قدری از حوزهٔ زندگی روزمره حذف شده است که چیزی بسیار اطمینان‌بخش است، زیرا بسیار محض است. کثرت موضوعات تحقیقاتی نیز به او اجازه می‌دهد تا همه چیز را فراموش کند.

این تمایز برای درک یک فرایند معین ضروری است. برای مثال، انتقال فاز از یخ به آب، ناپیوسته است. در نتیجه، در صفر درجه، انرژی بیشتری باید برای مدتی به سیستم اضافه شود تا اینکه تبدیل واقعاً رخ دهد. این ناپیوستگی همچنین به توضیح سایر خصوصیات مانند تغییرات ناگهانی در حجم کمک می‌کند.

برای مدل نفوذ برنولی، انتقال پیوسته است اما برای مدل‌های نفوذ وابسته، آزمایش‌های فیزیکی و شهودی نشان می‌دهد که نفوذ، گاهی پیوسته و گاهی ناپیوسته است. هوگو دومینیل - کوپن به دنبال این بود که این دو را از هم جدا کند. او و همکارانش ابتدا نشان دادند که برای دسته‌ای از مدل‌های نفوذ وابسته در بُعد دو، انتقال فاز همیشه در یک فضای معین متناظر به پارامتر دیگر مرتبط با مدل، پیوسته است. یک سال و نیم بعد، او و مجموعه دیگری از ریاضی‌دانان ثابت کردند که همان دسته از مدل‌ها دارای یک انتقال فاز ناپیوسته در یک فضای مکمل هستند.

با استفاده از این درک گسترده‌تر از مدل‌های نفوذ وابسته، از آنچه قبل، در و بعد از نقاط بحرانی آن‌ها اتفاق می‌افتد، دومینیل کوپن توانست نظریه خود را به مدل‌های دیگری مانند مدل ایزینگ بسط داد. ورنر می‌گوید: «اساساً نیمی از سؤالات حل نشده اصلی در نظریه نفوذ توسط هوگو حل شده است.»

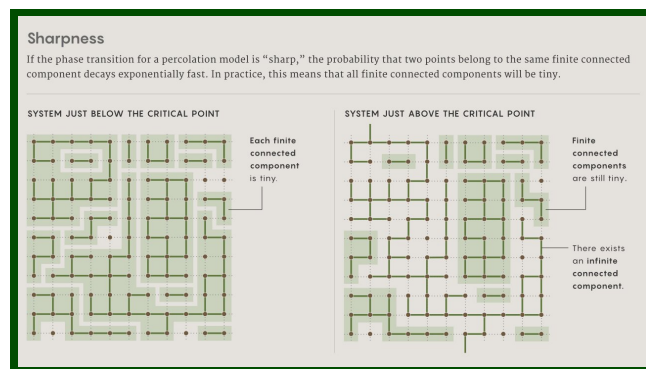
کار کردن بی‌عیب و نقص

برای هوگو دومینیل - کوپن، تحقیقات تنها قسمت کوچکی از کاری است که او به عنوان یک ریاضی‌دان انجام می‌دهد. ورنر می‌گوید: «او از احساس وظیفه خود نسبت به جامعه بسیار آگاه است. او شهروند بسیار بسیار مسئولیت‌پذیری است.» او به دقت به این فکر می‌کند که رفتارش چگونه بر دیگران تأثیر می‌گذارد، چگونه صحبت می‌کند، چگونه یاد می‌دهد و چگونه می‌نویسد. تاسیون می‌گوید: «در همکاری‌های تحقیقاتی، او بسیار سخاوتمند است. او به شما پرو بال می‌دهد. هوگو این توانایی را دارد که به شما احساس باهوشی بدهد. این خیلی انگیزه‌دهنده است.»

از نظر دومینیل - کوپن، کار نوشتن یک مقاله واضح که به شکل خوبی، قابل فهم و زیبا باشد، یک موضوع بسیار مهم است: چرا که ممکن است ریاضی‌دانانی وقت خود را صرف خواندن آن نمایند و یا کسانی بخواهند کار تحقیقاتی خود را بر نتایج آن استوار کنند. در نتیجه او ممکن است زمان زیادی صرف کند تا یک اثبات را تصحیح کند و یا آن را به اجزای مختلفی تقسیم کند و برای زیباتر شدن اثبات، قسمت‌های به درد نخور و گیج‌کننده را کنار بگذارد. کاری که او در

دو رأس در یک مؤلفه همبندی باشند به صورت تصاعدی کاهش می‌یابد. به طور مشابه، بالاتر از نقطه بحرانی، مؤلفه‌های همبندی متناهی که در کنار مؤلفه‌های نامتناهی وجود دارند نیز بسیار کوچک هستند. این ویژگی «تیزی» نامیده می‌شود و هوگو دومینیل - کوپن و همکارانش آن را برای دسته‌ای از مدل‌های نفوذ وابسته در همه ابعاد با استفاده از ابزارهایی از تجزیه و تحلیل و علوم رایانه اثبات کردند. این مقاله نیز در مجله آنالز به چاپ رسید و هوگو درباره آن می‌گوید: «برای تعمیم نظریه نفوذ، این کار حکم یکی از سنگ بنهایی بود که من برای مدت طولانی دنبال آن بودم.» چرا که بسیاری از شواهد دیگر مربوط به رفتار مدل‌های نفوذ وابسته در بالا و پایین نقطه بحرانی، این ویژگی را به عنوان یک حدس فرض می‌کردند. در نتیجه، هنگامی که هوگو اثبات خود را درباره آن نشان داد، نتایج دیگری که چشم‌انداز روشنی در مورد کمیت‌ها و ویژگی‌های خاصی مانند شکل مؤلفه همبندی نمایان می‌کنند، بلافاصله به دست آمدند.

البته، شاید طبیعی‌ترین سؤالی که باید پرسید این است که در خود نقطه بحرانی، یعنی لحظه دقیق انتقال فاز، چه اتفاقی رخ می‌دهد؟ تاسیون می‌گوید: «برای ریاضی‌دانان، حل این سؤال چالش‌برانگیزترین و مرموزترین قسمت این نظریه است که در بسیاری از مسائل حل نشده آمده است.» وقتی مؤلفه همبندی نامتناهی دیده می‌شود، ممکن است به تدریج چگالی آن افزایش یابد و ذره‌ذره به کل فضا حمله کند. در این حالت، مدل نفوذ در نقطه بحرانی «پیوسته» گفته می‌شود. اما گاهی اوقات، این چگالی ممکن است به طور ناگهانی به روشی «ناپیوسته» پرش کند و مؤلفه نامتناهی در کل سیستم نفوذ کند، به طوری که سیال نه تنها مسیری را پیدا می‌کند، بلکه می‌تواند به محض وقوع انتقال فاز، عملاً در همه جا جریان یابد.



مفهوم تیزبودن در یک مدل نفوذ

حالا که نشان فیلدز به او اعطا شده، احساس می‌کند که وظیفه دیگری نیز به او سپرده شده است: اینکه به عنوان نوعی سفیر عمل کند و به درستی نشان دهد که تحقیق و پژوهش در ریاضیات چگونه است و چرا اهمیت دارد؟ او می‌گوید: «شما چاره‌ای ندارید جز خلق این نوع مثال». با این حال، در پایان او همیشه به ریاضی‌ورزی باز می‌گردد. هوگو امیدوار است که فصل جدیدی در مورد مدل‌های نفوذ وابسته در بعد دو بنویسد و نشان دهد که این مدل‌ها تقارن‌های خاصی را در نقطه بحرانی خود نشان می‌دهند، به عبارت بهتر آن‌ها به صورت هم‌بسته‌ای پایا هستند. اگر هوگو و همکارانش بتوانند ثابت کنند که این تقارن‌ها وجود دارد، ریاضی‌دانان قادر خواهند بود انبوهی از اطلاعات دیگر را در مورد مدل‌ها استخراج کنند. هوگو می‌گوید: «در اصل شما باید همه چیز را به صورت اساسی در مورد یک مدل بدانید. بنابراین برای من، این آخرین مرحله در بعد دوم است.»

در مقاله‌ای که در اواخر سال ۲۰۲۰ منتشر شد، هوگو و نویسندگان همکارش گام بزرگی را در جهت نشان دادن پایایی همسو برداشتند. اما هوگو فکر می‌کند که در اوایل سال جاری، آن‌ها ممکن است به پیشرفت مورد نیاز خود دست پیدا کنند. او گفت: «معلوم نیست که برای کسب یک نتیجه جدید به اندازه کافی قوی باشم. اما به شدت هیجان زده‌ام و مشتاقانه منتظرم تا زمانی را برای تفکر عمیق‌تر در مورد آن داشته باشم. این مسئله‌ای بسیار دوست‌داشتنی برای من است.»

**دانشگاه ملایر

عمل انجام داده است: یک اثبات شناخته شده در نظریه نفوذ را به شکلی ساده‌سازی و بازنویسی کرد تا نحوه درک دانشجویان جدید در مورد بخش مهم و کلیدی این نظریه را تغییر دهد. هیرر می‌گوید: «هوگو واقعاً به توضیح درست پدیده‌ها اهمیت می‌دهد، نه اینکه اولین کسی باشد که آن‌ها را اثبات می‌کند. «خود هوگو دومینیل-کوپن می‌گوید: «شما مسئولیت دارید.» این میزان از احساس مسئولیت در هوگو در مورد تدریس، شرکت در کمیته‌های مختلف، انجام کارهای تحریریه و نوشتن توصیه‌نامه نیز صدق می‌کند. گاهی اوقات، هوگو این نوع وظایف را به گونه‌ای برنامه‌ریزی می‌کند که خود او متضرر می‌شود، حتی اگر از قبل برای کاری برنامه‌ای ریخته باشد، فعالیت‌هایی که افراد دیگر را درگیر می‌کند در اولویت قرار می‌گیرند.



من چندان اعتماد به نفس ندارم، اما همیشه مطمئن هستم که حداقل از کاری که انجام می‌دهم لذت خواهم برد.