

ریاضیات در صنعت: چیستی، چه زمانی و چگونه؟*

میچل کولبانک

مترجمان: سعید گرمی زرنندی و خدیجه ندایی اصل**

است، تمرین کنند. یک تصور غلط رایج دیگر، این است که اکثر ریاضی‌دانان فکر می‌کنند که مشاغل ریاضی مرتبط با صنعت، فاقد چالش فکری و خلاقانه مطلوب بوده و تنها شامل محاسبات ساده از اعداد هستند. لاگسن، یک نقطه نظر جایگزین دارد: مسائل موجود در صنعت به طیف گسترده‌ای از تخصص‌ها نیاز دارند و ریاضی‌دانان جوان باید بتوانند در قالب کار گروهی با سایر اعضای تیم که در ابزارهای مفهومی کاملاً متفاوت تخصص دارند، ارتباط برقرار کنند. یکی از تفاوت‌های آشکار بین کار دانشگاهی و کار در بخش ت.ص.د، تعداد فرصت‌های باز شغلی^۷ است. در حالی که کلان‌شهرها و نیز بسیاری از مناطق کوچکتر، معمولاً چشم‌انداز رضایت‌بخشی از تعداد فرصت‌های شغلی در صنعت ارائه می‌کنند، ولی یافتن کار دانشگاهی ساده نیست. شاغلین کار دانشگاهی در سال‌های اول، به جای اینکه به دنبال هدف‌گذاری‌های خاص باشند، اغلب باید جو موجود را بپذیرند. علاوه بر این، شغل‌های در رده ت.ص.د دارای ساعات کاری مشخصی هستند، در حالی که زمان لازم برای مسئولیت‌های تدریس، راهنمایی دانشجویان، ارسال پیشنهادیه‌های پژوهانه و هدایت پروژه‌های تحقیقاتی، از ۴۰ ساعت در هفته فراتر می‌رود. با این حال، کار دانشگاهی اغلب «آزادی معنوی» بیشتری را برای ریاضی‌دان به منظور پیگیری کارهای تحقیقاتی خود فراهم می‌کند، در حالی که کارهای در رده ت.ص.د برای پرداختن به مسائل مشخصی ایجاد و تامین اعتبار می‌شوند.

چرخش از کار در صنعت به کار دانشگاهی

اگرچه چرخش از کار در صنعت به کار دانشگاهی ممکن است متداول نباشد، اما قطعاً امکان‌پذیر است. لورا الواین فیکس^۸، دانشیار دانشگاه مشترک‌المنافع ویرجینیا، قبل از بازگشت به دانشگاه و راهنمایی دانشجویانش در رشته ریاضیات کاربردی، سال‌های زیادی را در بخش صنعت گذرانده بود. الواین فیکس می‌گوید: «شغل من به عنوان مهندس کیفیت، چیزی نبود که انتظارش را داشتم. فکر می‌کردم این شغل بیشتر شامل حل مسئله علمی طولانی مدت باشد، اما فهمیدم که هدف در صنعت در درجه اول، رضایت مشتری است.» به دلیل علاقه او به صنعت و همچنین داشتن دکترای در زمینه ریاضیات

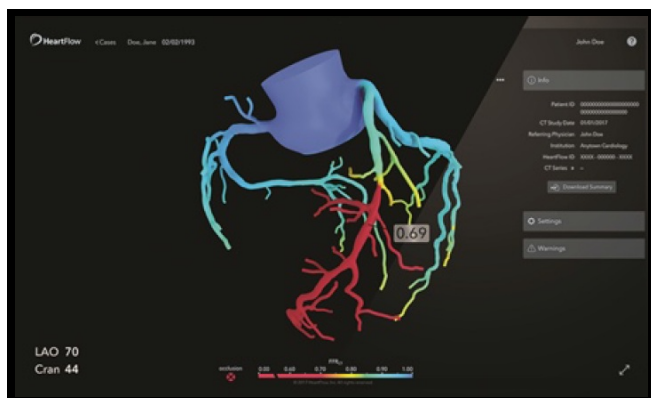
دانشجویان تحصیلات تکمیلی در رشته‌های علوم، تکنولوژی، مهندسی و ریاضیات (ع.ت.م.ر^۱)، به طور معمول پس از فارغ‌التحصیلی با یک تصمیم مهم در مورد انتخاب شغل مواجه می‌شوند: کار دانشگاهی (آکادمیک) یا کار در صنعت؟ متأسفانه در اکثر آگهی‌های استخدامی توسط شرکت‌ها به ندرت به عنوان «ریاضی‌دان» برمی‌خوریم و این امر باعث سختی درک همه‌جانبه از وظایف یک متقاضی دکتری رشته ریاضی کاربردی در موقعیت‌های تحصیلی صنعت-محور می‌شود. با این وجود، در سالیان اخیر بحث‌ها و رهنمودهای فراوانی در مورد اهمیت ریاضی کاربردی در حوزه‌های تجارت، صنعت و دولت (ت.ص.د^۲) صورت گرفته است. علاوه بر این، رونق شاخه «داده‌های با ابعاد بزرگ» موقعیت‌های شغلی متعددی را در سازمان‌های تخصصی در زمینه‌های سلامت و پزشکی، امنیت و تحقیقات دفاعی به وجود آورده است. با توجه به طیف وسیعی از فرصت‌های فعلی، دانشجویان تحصیلات تکمیلی ریاضی کاربردی، باید در مورد بهترین شاخه مطالعاتی مرتبط با هر مسیر شغلی بیاندیشند.

در سال ۲۰۱۸، انجمن سایام^۳، کتابی با عنوان «راهنمای شغل‌های ت.ص.د، شغل‌هایی در زمینه‌های تجارت (کسب و کار)، صنعت و دولت برای فارغ‌التحصیلان و محققان رشته‌های ریاضی، آمار و تحقیق در عملیات» منتشر کرد که به درک دانشجویان و ریاضی‌دانان از بازار کار در حال رشد در زمینه صنعت کمک می‌کند. نویسندگان این کتاب، ریچل لوی^۴، ریچارد لاگسن^۵ و فادیل سانتوزا^۶، بر این امر توافق دارند که امروزه بیشترین عناوین شغلی مرتبط با دانشجویان رشته ریاضی شامل عناوینی مانند «تحلیلگر داده»، «تحلیلگر» و «مهندسی نرم‌افزار» است، هر چند برخی عناوین کمی-محور نیز فراوان است. بنابراین، عاقلانه است که دانشجویان رشته ریاضی، فراتر از یک ریاضی‌دان، خود را به بازار کار عرضه کنند. به عقیده ریچل لووی «یک تصور غلط، این است که اگر شما خود را به عنوان یک ریاضی‌دان معرفی کنید، مردم (کارفرماها) به صورت خودکار متوجه می‌شوند که شما چه می‌دانید و چه تخصصی دارید.» افراد جویای کار باید نحوه توضیح مسائل مورد علاقه‌شان را به همراه ارائه راه‌حل‌هایی که بر اساس رویکرد یک کارفرمای احتمالی

¹Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) ²Business, Industry and Government (BIG) ³SIAM ⁴Rachel Levy ⁵Richard Laugesen ⁶Fadil Santosa ⁷open positions ⁸Laura Ellwein Fix

رشته‌های مدل‌سازی محاسباتی، هوش مصنوعی و حوزه سلامت فعال است (شکل ۱ را ببینید). تیلور پس از اخذ مدارک کارشناسی و کارشناسی ارشد و قبل از شروع به تحصیل در مقطع دکتری در رشته مهندسی مکانیک دانشگاه استنفورد، چندین سال در بخش صنعت کار کرده بود. رساله دکتری او بر ادغام دینامیک سیالات محاسباتی (سی‌اف‌دی)^{۱۲} و ماهیت تصویربرداری پزشکی جهت پیش‌بینی جریان و فشار خون با توجه به هندسه‌های وابسته به بیمار تمرکز داشت. پس از اینکه به‌عنوان استاد در دانشگاه استنفورد مشغول به فعالیت شد، این شانس را داشت که ایده‌هایش را از طریق فعالیت در حوزه سلامت به عموم مردم انتقال دهد. او می‌گوید: «ابتدا به بخش دانشگاهی رفتم، زیرا در آنجا فرصت کار به‌مدت طولانی بر روی یک مسئله مشکل وجود دارد، امری که اکثر بخش‌های صنعت هنوز آماده آن نیستند» و ادامه می‌دهد: «بعد از آن تصمیم گرفتم که شرکت هارت‌فلو را راه‌اندازی کنم، زیرا در جایگاهی بودم که می‌توانستم ایده‌های دوره دکتری‌ام را در مقیاس بزرگتری دنبال کنم».

از آن پس، شرکت هارت‌فلو ابزار جدیدی برای تشخیص و مدیریت بیماری عروق کرونری^{۱۳} فراهم کرده است که همگی آن‌ها از کار اولیه تیلور در زمینه قلبی عروقی^{۱۴}، سی‌اف‌دی و زمینه در حال رشد یادگیری ماشین^{۱۵} نشأت گرفته‌اند. تیلور، به دانشجویان دکتری پیشنهاد می‌کند: «از رساله دکتری خود به‌عنوان نقطه شروع جهت شغل آینده خود استفاده کنید. از خودتان سه چیز پرسید: عاشق انجام چه چیزی هستید؟ در چه زمینه‌ای خوب هستید؟ و جهان اکنون به چه چیزی نیاز دارد؟ پاسخ به این سه مورد را بدانید و همیشه منعطف باشید. چیزی که پس از آن شروع به انجام‌دادن می‌کنید، رتبه شما را در طول سالیان تغییر خواهد داد.»



شکل ۲: تحلیل شرکت هارت‌فلو در ارتباط با مدل سه بعدی، پزشکان را قادر می‌سازد تا بطور دقیقی بیماری عروق کرونری را تشخیص و مدیریت کنند. مجوز عکس از شرکت هارت‌فلو اخذ شده است.

زیستی، الواین فیکس در حین تحصیل در مقطع تحصیلات تکمیلی، دوره کارآموزی را در یک شرکت بزرگ دارویی گذراند. این دوره اگرچه تجربه‌ای جذاب و سرگرم‌کننده بود، اما در نهایت قبل از یافتن یک شغل علمی مطمئن (دائمی) در ریاضی، یک دوره پسادکتری در مهندسی زیستی را در دانشگاه مارکت^۹ گذراند. او می‌گوید: «استخراج مبانی ریاضی برای پدیده‌های علمی در حالی که قادر به انجام فعالیت‌های گسترده و آموزش جوانان حرفه‌ای هستیم، تمایل مرا برای (داشتن) کار دانشگاهی تقویت کرد.» الواین فیکس، قردان آزادی عمل در پرداختن به اهداف تحقیقاتی خود است. وی همچنین خواهان تغییر میزان انعطاف‌پذیری صنعت در برابر دانشگاه است. به الواین فیکس در کار صنعتی‌اش، جدول زمانی مختصری برای اتمام پروژه‌ها داده شد که در آن فقط یک دوره کوتاه به حل مسئله اختصاص داشت. با این حال، شغل علمی به او این اجازه را می‌دهد که یک برنامه نیمه-انعطاف‌پذیر داشته باشد و زمان مناسب را برای پرداختن به ایده‌های جدید در زمینه فیزیولوژی ریاضی صرف کند و در عین حال به امورات مربوط به تحقیق، تدریس و امور اجرایی با حفظ تعادل بین زندگی و کار بپردازد. تغییر از صنعت به دانشگاه برای الواین فیکس مفید بود، زیرا بینش او در مورد هر دو بازار کار به او کمک می‌کند تا بهتر دانشجویان مقطع کارشناسی و تحصیلات تکمیلی را در مورد اهداف شغلی خود راهنمایی کند.



شکل ۱: چارلز تیلور، مؤسس و مدیر بخش تکنولوژی شرکت هارت‌فلو در حال آنالیز یک مدل سه بعدی. مجوز عکس از شرکت هارت‌فلو اخذ شده است.

چرخش از کار دانشگاهی به کار در صنعت

برعکس روند بالا، چرخش از کارهای دانشگاهی به کار در صنعت، بیشتر متداول است. یکی از افراد در این زمینه چارلز تیلور^{۱۰} است، که کرسی استادی خود را در دانشگاه استنفورد رها و شرکت هارت‌فلو^{۱۱} را تأسیس کرد. این شرکت تحقیقاتی، در زمینه‌ای مشترک مابین

⁹Marquette University ¹⁰Charles Taylor ¹¹HeartFlow ¹²CFD: Computational Fluid Dynamics ¹³Coronary artery disease ¹⁴Cardiovascular ¹⁵Machine Learning

من کدام را انتخاب کنم؟

الوین فیکس، دانشجویان و فارغ‌التحصیلان مقطع دکتری ریاضی را به استفاده از فرصت کنفرانس‌ها (شامل گردهمایی‌های مجازی در ایام همه‌گیری کوید ۱۹) به‌منظور آشنایی بیشتر با فرصت‌های شغلی در دانشگاه و صنعت، ترغیب می‌کند. او در این باره می‌گوید: «برای تماس با افرادی که در کنفرانس‌ها آشنا می‌شوید، تعلل نکنید». محققان و استادان به‌طور معمول انتظار ایمیلی از طرف افرادی که در کنفرانس با آن‌ها در ارتباط بوده‌اند، را دارند، بنابراین مطمئن شوید که با افراد تاثیرگذار در زمینه خودتان تماس بگیرید. او همچنان با افرادی که قبلاً در کنفرانس‌ها آشنا شده در تماس است و آن‌ها او را از فرصت‌های شغلی صنعت-محور مناسب برای دانشجویان مطلع می‌سازند: «بسیاری از فرصت‌های شغلی از طرف افرادی معرفی می‌شوند که در دوره دکتری با آن‌ها آشنا شده بودم». برخی کنفرانس‌ها، میزبان نمایشگاه‌های آشنایی با شغل‌ها می‌باشند که مسیر بسیار مناسبی است تا دانشجویان با موقعیت‌های شغلی در شرکت‌های مختلف بخش صنعت آشنا شوند. به‌عنوان مثال، می‌توان به کنفرانس علم محاسباتی و مهندسی انجمن سایام در سال ۲۰۲۱،^{۲۶}

اشاره کرد. نمایندگان این شرکت‌ها می‌توانند به سؤالات مختلفی از قبیل تعادل بین کار و زندگی، پیشرفت شغلی و مزایای شغل مربوطه پاسخ دهند.

تیلر، موقعیت یک استادیار تازه‌وارد به دانشگاه را با داشتن یک شرکت استارت‌آپ مقایسه می‌کند. وی می‌گوید: «به‌عنوان یک استادیار، شما مسئولیت‌های جدید زیادی دارید که باید بپذیرید، همه اینها در حالی است که باید تلاش کنید تا منابع مالی لازم برای ادامه تحقیقات خودتان را نیز فراهم کنید». از نظر او، این امر در مورد مؤسسات تحقیقاتی، بیشتر صدق می‌کند. فرصت‌های شغلی صنعت‌محور، کمی متفاوت هستند. وی می‌افزاید: «به‌راحتی می‌توان در همان نقش، گیر افتاد، بنابراین داشتن شغل در شرکتی که می‌دانید قابلیت رشد دارد، بسیار مهم است». از آنجاکه موقعیت‌های شغلی در بخش‌های دانشگاهی، صنعتی یا دولتی مزایا و معایب خاص خود را دارند، فارغ‌التحصیلان جدید باید اهداف خود را در داخل و خارج از حرفه مورد نظر ارزیابی کنند.

لازم به ذکر است که مراجع و منابع بسیاری برای دانشجویان تحصیلات تکمیلی فعلی که در حال تصمیم‌گیری بین فرصت‌های شغلی در صنعت و دانشگاه هستند، در دسترس است. به‌همین جهت راهنمای مشاغل «ت.ص.د» و شبکه ریاضی «ت.ص.د»^{۲۷}، علاوه بر منابع مربوط به مشاغل «ت.ص.د»، در مورد فرصت‌های خارج از

انتخاب شغل از میان دانشگاه و صنعت، سرانجام به ترجیحات شخصی، زمینه تحقیقاتی و سبک زندگی هر فرد وابسته است. به‌دلیل پیچیدگی تصمیم‌گیری در این مورد، انجمن سایام، گام‌های متعددی جهت آموزش دانشجویان تحصیلات تکمیلی در مورد تفاوت‌های ظریف رسته شغل‌های ت.ص.د برداشته است. به‌عنوان مثال، استادان و دانشجویان علوم ریاضی می‌توانند از برنامه سخنران بازدیدکننده^{۱۶} این انجمن استفاده کنند که فهرستی از ریاضی‌دانان و دانشمندان محاسباتی در هر دو زمینه دانشگاهی و صنعت را فراهم کرده است. این افراد آماده هستند تا درباره تجربه‌هایشان با دانشجویان و علاقه‌مندان صحبت کنند. همچنین موسسه ابتکارات تندئور^{۱۷}، تاسیس شده توسط فیلپ و کلاریه-لیسه تندئور^{۱۸} در سال ۲۰۱۸، مخزنی از مسائل برنامه‌نویسی مرتبط با فرصت‌های کارآموزی و شغلی مرتبط با ت.ص.د را همراه با شبکه ریاضی بزرگ^{۱۹}، فراهم کرده است.

یکی از محدودیت‌های بخش دانشگاهی، تعداد کم فرصت‌های شغلی است. لوی می‌گوید: «فرصت‌های شغلی رسمی در طول زمان تقریباً ثابت مانده است، درحالی که تعداد انواع دیگر فرصت‌های شغلی افزایش زیادی داشته‌اند». درحالی که این نکته بیشتر در مورد سال‌های عادی صدق می‌کند، همه‌گیری کوید ۲۰۱۹ شرایط را پیچیده‌تر کرده است. در حقیقت در مقاله‌ای که اخیراً در مجله ساینس^{۲۱} چاپ شده است، گزارش شده که به‌دلیل این همه‌گیری، تعداد موقعیت‌های شغلی در زمینه ع.ت.م. در کشور آمریکا، در قیاس با سال‌های قبل از آن حدود ۷۰ درصد کاهش داشته است [۱]. تیلور، پیشنهاد می‌کند که افرادی که به‌تازگی مدرک دکتری ریاضی کاربردی گرفته‌اند، بهتر است فرصت‌های شغلی احتمالی دانشگاهی را در دانشکده‌هایی به‌جز دانشکده ریاضی نیز در نظر بگیرند. می‌گوید: «فارغ‌التحصیلان میان‌رشته‌ای، می‌توانند جهت موقعیت‌های شغلی دانشگاهی در دانشکده‌های مختلف صلاحیت داشته باشند». به‌عنوان مثال، متخصصان شاخه کمی‌سازی نایقینی^{۲۲}، می‌توانند شغل‌های مناسبی در دانشکده‌های مهندسی مکانیک بیابند و یا افرادی که در ریاضی-زیست تبحر دارند، گزینه‌های مناسبی جهت استخدام در دانشکده‌های آمار-زیست یا علوم زیستی^{۲۳}، هستند. منطقی مشابه برای سایر بخش‌های صنعت نیز برقرار است، مثلاً دانشمندان علوم داده^{۲۴} می‌توانند نقش‌های مختلفی را بسته به اینکه در یک آزمایشگاه ملی یا یک شرکت مرتبط با رسانه‌های اجتماعی^{۲۵} استخدام شده‌اند، بپذیرند.

¹⁶SIAM's Visiting Lecturer Program ¹⁷Tondeur Initiatives ¹⁸Philippe and Claire-Lise Tondeur ¹⁹BIG Math Network ²⁰COVID 19 Pandemic ²¹Science ²²Uncertainty quantification ²³Biostatistics or biology departments ²⁴Data scientist ²⁵Social media ²⁶The 2021 SIAM Conference on Computational Science and Engineering ²⁷BIG Jobs Guide and BIG Math Network

حوزه دانشگاه، اطلاعاتی را فراهم آورده است. اطلاعات بیشتر در این مورد از طریق صفحه منابع شغلی سایام^{۲۸} قابل دسترس است.

[1] K. Langin, [Amid pandemic, U.S. faculty job openings plummet. *shape Science*](#), October 6, 2020.

* Mitchel Colebank, [Mathematics in Industry: What, When, and How?](#), SIAM News, April 1, 2021.

درباره نویسنده

میچل کولبانک^{۲۹}، دانشجوی دکتری دوره تحصیلات تکمیلی در رشته ریاضیات زیستی و در دانشگاه ایالتی کارولینای شمالی است. وی پس از دریافت دکترای خود در بهار امسال، یک موقعیت تحقیقاتی پسادکتری را در گروه مهندسی زیست پزشکی در دانشگاه

**دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان



چگونه یک فیل را در یخچال قرار دهیم؟*

مترجم: محمد صالح مصلحیان**

نظریه مجموعه دان: راه اول) این بسیار ساده است، یخچال = {فیل}.
راه دوم) فیل و فضای داخلی یخچال هر دو دارای عدد اصلی c هستند.
هندسه دان: اصل زیر را بپذیرید: یک فیل را می توان در درون یخچال قرار داد.

آنالیز مختلط دان: یخچال را در مبدأ و فیل را خارج از دایره واحد قرار دهید. سپس تصویر تحت انعکاس را به دست آورید.

آنالیز عددی دان: فقط تنه فیل را در یخچال قرار دهید و بقیه را به جمله خط ارجاع دهید.

آمار دان: دم آن را به عنوان نمونه در یخچال قرار دهید و بگویید «انجام شد».

آنالیز دان: از آن مشتق بگیرید و در یخچال قرار دهید، سپس از آن انتگرال بگیرید.

نظریه اعداد دان: ابتدا تجزیه کنید و بعد ضرب کنید.

جبر دان: در مرحله اول نشان دهید که همه قسمت های آن را می توان در یخچال قرار داد و در مرحله دوم نشان دهید که یخچال تحت عمل جمع بسته است.

توپولوژی دان: راه اول) فیل با یک فیل کوچکتر که می توان در یخچال قرار داد، همسانریخت است.

راه دوم) فیل فشرده است، بنابراین می توان آن را در یک تعداد متناهی یخچال قرار داد.

جبر خطی دان: فقط پایه اش را در یخچال بگذارید و سپس آن را به طور خطی در یخچال گسترش دهید.

** دانشگاه فردوسی مشهد

