

نوسازی برنامه‌های دکترای آمار

جان له هوکزکی*

ترجمه علی عمیدی

۱ مقدمه

این مقاله، برگزیده‌ای از نظرات مربوط به نوسازی برنامه‌های دکترای آمار، به منظور گنجاندن کارآموزی بیشتر در پژوهش بین رشته‌ای است. قصد من، با ارائه برخی پیشنهادها، مشخص، برانگیختن بحث و مطرح کردن مسائلی است که باید در هر گونه تجدیدنظر اساسی در برنامه‌های تحصیلی آمار مورد تأمل قرار گیرند. من نظرات خود را بر برنامه‌های دوره‌های کارشناسی ارشد و دکترا متمرکز می‌کنم. هر چند برنامه دوره کارشناسی اهمیتی بسیار دارد، ولی بین دانشگاه‌ها از لحاظ نوع دانشجو و زمینه‌های برنامه‌ها آن قدر تفاوت وجود دارد که بحث از آموزش آمار در دوره کارشناسی را در یک چارچوب ساده مشکل می‌کنند. با این حال، اگر آموزش بین رشته‌ای در برنامه تحصیلی دوره‌های بالاتر از کارشناسی منظور شود، طبیعتاً فرصتهایی برای فعالیتهای تحصیلی دانشجوی مستعد دوره کارشناسی فراهم می‌کند، و این کار، هر برنامه آمار دوره کارشناسی را غنی می‌سازد.

۲ محیط دانشگاهی آینده

در بحث از موضوع نوسازی آموزش آمار، به نظر می‌رسد که باید ابتدا توجه کنیم که نمی‌توانیم به این مطلب بدون توجه به جریان‌های مهمی که در چند سال اخیر شکل گرفته‌اند، بپردازیم. این جریانها، اثری عمیق بر دانشگاهها و بخشهای آمار خواهند داشت. بعضی از این جریانها، نظیر جوامع اقتصادی بسیار دشوار، که همه مؤسسات اجباراً در چارچوب آن عمل می‌کنند، (امیدواریم که موقتی

هستند. سایرین، ممکن است دیرپاتر بوده و بتوانند اثری مهم (مثبت یا منفی) بر زمینه کار ما داشته باشند. از جمله این جریانها، عبارت‌اند از (۱) تأکید مجدد بر آموزش دوره کارشناسی. استادیاران جدید باید برای تدریس، دوره‌ای آموزشی بگذرانند و اعضای هیأت علمی فعلی باید توجهی عمده به این جنبه وظیفه خود معطوف دارند.

(۲) بدبینی فزاینده عامه نسبت به «پژوهش دانشگاهی». این مطلب به صورت بخشی از افت آموزش دانشجویان ظاهر می‌شود، و دانشگاهها، به علت افزایش بسیار زیاد شهریه و اتهامات مربوط به وصول هزینه‌های اداری از دانشجویان، مؤسساتی بی‌مسئولیت جلوه می‌کنند. (مقاله جدید پیتردنینگ^۱ (۱۹۹۳)، قویاً در مورد این نکات بحث می‌کند. البته او نوسازی برنامه درسی علم کامپیوتر را مطرح می‌کند، و مقاله او، موارد تشابهی سودمند با طرز تفکر کسانی دارد که به نوسازی برنامه درسی آمار می‌اندیشند).

(۳) عدم حمایت و تأکید شدید ملی بر رقابتی بودن اقتصاد، تقلیل هزینه مراقبتهای بهداشتی، محیط، تولید کارا، و غیره. همه این (و بسیاری دیگر از موضوعات، زمینه‌های مسأله‌ساز بسیار بزرگ بین رشته‌ای هستند که فرصتهایی عمده برای حرفه آمارند.

(۴) توجه روزافزون صنعت به کیفیت. آمار، یکی از نظامهای مهم زیربنایی کنترل کیفیت و اصلاح کیفیت است، بنابراین آمار باید در

* جان له هوکزکی استاد و مدیر گروه آمار دانشگاه کارنگی ملون، پیتسبورگ در ایالت پنسیلوانیای آمریکاست. نوشته حاضر، صورت تجدیدنظر یافته مقاله‌ای است که در کمیته مربوط به سمپوزیوم آمار کاربردی و نظری شورای تحقیقات ملی درباره آموزش آمار دانشگاهی بین رشته‌ای «در جلسات مشترک آماری» در سانفرانسیسکو ارائه شده است. این مقاله «در مجموعه گزارشهای سمپوزیوم» به چاپ رسیده است.

1) Peter J. Denning (1993)

برنامه‌های درسی مهندسی و بازرگانی اهمیتی روزافزون داشته باشد. این موضوع فرصتی مهم و مسئولیتی برای حرفه ماست. (۵) صنعت، نیازی روزافزون به کارکنان کارآموخته فنی دارد که بتوانند سهمهای مؤثری در تیمهای بین رشته‌ای داشته باشند، تیمهایی که باید دارای مهارتهای ارتباطی شفاهی و کتبی قوی باشند.

۳ یک تنگنای عمده

هدف این کنفرانس، معطوف بر نوسازی آموزش آمار، به منظور تشویق گروههای آمار برای گنجاندن کارآموزی مؤثر بین رشته‌ای در برنامه‌هاست. روشن است که افزایش کارآموزی بین رشته‌ای می‌تواند مزیتی عمده برای زمینه کاری ما باشد. آماردانها از طریق کار گروهی بین رشته‌ای، می‌توانند سهمهای عمده‌ای در حل مسائل ملی داشته باشند و قادرند مسائلی را که موارد پژوهش اصلی ما را گسترش خواهند داد شناسایی کنند، و می‌توانند مستمعین ما را در کنفرانسها و پشتوانه‌های مالی ما را افزایش دهند. لذا به نظر می‌رسد که تنها موضوع قابل بحث، یافتن و توسعه راههایی است که آموزش بین رشته‌ای را در برنامه‌های درسی کارشناسی‌ارشد و دکترا گسترش دهد. اما من در تفکر مربوط به چگونگی ترویج کارآموزی بین رشته‌ای، ناچار شدم درباره همه مطالب و مسائلی فکر کنم که دانشجویان ما باید در آنها مهارت یابند تا، خواه در گروههای کاری بین رشته‌ای شرکت کنند یا نه، آماردانهایی کارا باشند. به عنوان دانشجوی دوره تحصیلات تکمیلی ۲۵ سال پیش، همیشه این احساس بیهودگی را دارم که مجبور شدم حجم فوق‌العاده زیادی از مطالب را، خیلی بیشتر از برنامه درسی دوره دکترا، بیاموزم. بیست و پنج سال اخیر گسترشهای گیج‌کننده‌ای را به همراه داشته است که موجب افزایش زیاد مطالبی شده است که دانشجویان ما باید در زمینه آمار و احتمال فراگیرند تا خبره شوند، بدون اینکه از مهارتهای کامپیوتری که باید فراگیرند نام ببریم. آخرین شماره JASA و The Annals of Statistics را از قفسه کتابخانه‌ها بیرون بکشید و فهرست مطالب آن را با دقت نگاه کنید. مجموعه‌ای از مطالبی را خواهید یافت که در ۲۵ سال قبل ناشناخته بودند و اصلاحاتی نظیر Bootstrap، Bayes-Empirical Bayes، Cart و Persuit Projection، ACE، Mars، Gibbs Sampling و غیره در آنها به کار رفته‌اند، بدون اینکه به نوزایی طرح آزمایشها اشاره کنیم که در مسائل آمار صنعتی نو یا در رشد فوق‌العاده آمار زیستی، هم در پیشرفتهای کاربردی و هم در روش شناسی به کار می‌رود. آماردانها، به اندازه‌ای پیش از آنچه در ۲۵ سال پیش مورد بحث بود به مسائل می‌پردازند، مثلاً توجه زیادی به «بازیابی تصاویر» مبذول می‌شود. پیشرفتهای در نظریه احتمال به همان اندازه مهیج (و برای دانشجویان تحصیلات تکمیلی ترساننده) هستند. دانشجویی که مایل است نظریه احتمال را دنبال کند باید مطالبی را درباره حرکت‌های براونی و مارتینگالها و همچنین بسیاری از عناوین دیگر از جمله

میدانهای تصادفی، فرایندهای نقطه‌ای و غیره، فراگیرد. زمینه جالب همه این مطالب آن است که انگیزه بسیاری از این پیشرفتهای کاربردها بوده‌اند. مثلاً مسائل بازیابی تصاویر، قیمت‌گذاری اختیاری در کارهای مالی، تحلیل بقا، مکانیک آماری، مدلبندی پراکندگی کامپیوترها در مقیاس وسیع و شبکه‌های ارتباطی، دستگاههای ساخت انعطاف‌پذیر، و مدلبندی شکست مواد کمک کرده‌اند تا پیشرفتهای نسبتاً عمده‌ای در بسیاری از زمینه‌های مرتبط با نظریه احتمال حاصل شود.

دو نکته را باید متذکر شد:

(۱) مطالعات بین رشته‌ای با طرح سوالهای جدید به گسترش بخشیدن و دقیق ساختن آمار و احتمال منجر می‌شوند و بینشهای نوی را فراهم می‌کنند.

(۲) حجم مطالبی که دانشجوی دوره تحصیلات تکمیلی باید در آنها مهارت یابد روزافزون است.

در حالی که با نظر اول باید برای یافتن مکانیسمهای صوری در کمک به آموزش دانشجویان دوره دکترا، به منظور شرکت مؤثر در مطالعات تیمهای بین رشته‌ای، تحلیلی دقیق انجام دهیم، نباید هرگز فراموش کنیم که حجم روزافزونی از مطالب وجود دارند که انتظار داریم دانشجویان آنها را خوب فرا گیرند تا آماردانانی باسواد و شرکت‌کنندگانی مؤثر در تیمهای نظام بین رشته‌ای باشند. تنها این بحث مطرح نیست که چگونه سطح کارآموزی بین رشته‌ای را ارتقاء دهیم، بلکه یافتن راه انجام آن است که به شناخت و مهارتهای آماردانی که باید مشارکت مؤثر داشته باشد لطمه نزند. علاوه بر مهارتهای محاسبه‌ای قوی که برای آماردان کارا شدن، عاملی اساسی است باید از دانشجویان بخواهیم که این توانایی را کسب کنند که مطالب را فصیح و با اطمینان ارائه دهند، و نه اینکه فقط تذکر دهیم که از مهارتهای ارتباطی نگارشی خوب برخوردار باشند. هیچکس در مقرون به صلاح بودن این مهارتها شک ندارد، اما سوال این است که چگونه چنین ابر آماردانهایی را در یک مدت زمان محدود (حتی نسبتاً کوتاه) باید به وجود آورد. من مایل نیستم که ببینم آموزش دوره دکتری آمار به سوی تخصصی شدن کامل حرکت می‌کند. در سایر علوم، کوچک شدن قلمرو آموزش امری متعارف است، اما به نظر من این مطلب در مورد روح همکاریهای بین رشته‌ای کاملاً برعکس است.

۴ برنامه دانشگاه کارنگی ملون

می‌خواهیم برنامه دکتری دانشگاه کارنگی ملون (CMU)^۱ را برای معرفی ایده‌هایی از چگونگی منظور کردن آموزش بین رشته‌ای در برنامه‌هایمان شرح دهیم تا اشاره‌ای بر قوتها و ضعفهای روشنمان باشد و زمینه‌هایی را آشکار کند که در آنها گردهماییهایی که مایل به گسترش دوره دکتری خود هستند با مشکلاتی مواجه می‌شوند. قبل از ارائه چنین توصیفی دو نکته را باید تذکر دهیم:

1) Carnegie Mellon University

۱.۴ سال اول برنامه کارشناسی ارشد

نیمسال اول

چشم اندازهایی درباره آمار (۱/۲ نیمسال)

محاسبات آماری (۱/۲ نیمسال)

استنباط آماری در سطح متوسط (یک نیمسال)

احتمال در سطح متوسط (یک نیمسال)

رگرسیون (یک نیمسال)

نیمسال دوم

طرح آزمایشها (یک نیمسال)

تحلیل چند متغیره گسسته (۱/۲ نیمسال)

تحلیل چند متغیره پیوسته (۱/۲ نیمسال)

سری زمانی I و II (یک نیمسال)

روشهای بیزی کاربردی (۱/۲ نیمسال)

کارورزی آماری (۱/۲ نیمسال)

تقریباً ۵۰٪ برنامه درسی نظری است و ۵۰٪ بر تمرینهای آماری متمرکز است و دانشجویان باید دو امتحان را بگذرانند. یکی متضمن حل مسائل درباره مطالبی است که بیشتر نظری هستند و در دیگری دانشجویان باید شایستگی خود را در زمینه تحلیل داده‌ها نشان دهند. بعضی از درسهای موضوعهای کاربردی، شامل مسائلی کاربردی هستند که از موضوعهای پژوهشهای اعضای هیأت علمی نشأت می‌گیرند و از دانشجو نمی‌خواهند که گزارشهایی تهیه کنند. بین درسهایی که در بالا فهرست شدند، دو تا را می‌توان به عنوان فعالیت بین رشته‌ای در نظر گرفت: چشم‌اندازهای آماری و کارورزی آماری.

۲.۴ چشم‌اندازهای آماری

درس چشم‌اندازهای مربوط به آمار ۷ هفته به طول می‌انجامد و به عنوان آشنایی مفهومی و آرا‌بخش با دوران زندگی دانشجوی کارشناسی ارشد در گروه آمار، ارائه می‌شود. جلسات آغازی، به عنوان جلسات توجیهی که دانشجویان را با هم، با بخش و با تسهیلات محیط دانشگاهی آشنا می‌کند، برگزار می‌شوند. ما یک جلسه را هم صرف «تمرین تصحیح اوراق» می‌کنیم. این موضوع با تفصیلی بیشتر در بخش کارآموزی تدریس این مقاله مورد بحث قرار می‌گیرد. در این درس، جلساتی هم به طور موازی درباره محاسبات، آشنایی با تسهیلات کامپیوتری گروه آمار، و آشنایی با مجموعه‌ای از بسته‌های آماری استاندارد (SAS، S، Minitab، BMDP، و غیره) تشکیل می‌شوند. هسته اصلی درس، یک سری از سخنرانیهای یک ساعته است که به وسیله اعضای هیأت علمی ارائه می‌شوند. مهم‌تر از همه، اینکه این کلاسها به هر عضو هیأت علمی این فرصت را می‌دهد که دیدگاههایی مشخص خود را درباره آنچه در آمار جالب است معرفی کند. تنها قاعده آن است که هر سخنرانی باید در سطح علمی به حد کافی پایینی باشد که

(۱) به نظر من فعالیتهای بین رشته‌ای واقعی مستلزم آن است که آماردان زبان هر رشته را فرا بگیرد و مسائل اساسی آن رشته را درک کند. این غیر از کارکردن با یک خبره رشته است که مسأله را به زبان آماردان و اغلب به صورت مسأله‌ای برمی‌گرداند که نسبتاً دقیق تعریف شده و برای آماردانهایی که نوعاً از آموزش بالا برخوردارند قابل تشخیص (و شاید قابل حل) است. من بر این باورم که مهمترین مهارتهای آماری در بررسیهای بین رشته‌ای، مستلزم ساختن سوالاتی است که باید مطرح شوند، و بسط روشهای تحقیق در قبال توانایی تهیه شیوه آماری مناسب خاصی است که از نظر دور مانده است. فعالیتهای مهم باید به جای زبان آمار، با درک نظام، موضوعهای آن، و خود روشها، اجرا شوند. به این دلیل است که ممکن است داشتن تجربه آزمایشگاهی برای هر دانشجو کافی باشد یا نباشد. این موضوع، تا اندازه‌ای وابسته به آن است که یک چنین تجربه‌ای، نتیجه کار با یک خبره در طول یک دوره زمانی طولانی باشد که به درک خوب یک زمینه، زبان آن، و مسائل آن منجر شود. مسائلی که به زبان آماری نسبتاً دقیق تعریف شده‌اند برای کارآموزی مؤثر تیمهای بین رشته‌ای به کار نمی‌روند. همچنین به منظور اینکه دانشجویان برای یک تجربه قوی کارآموزی بین رشته‌ای وقت بگذرانند و تلاش کنند، در نظر گرفتن تشویقها و انگیزه‌ها نیز جنبه حیاتی دارد.

(۲) در CMU، هماهنگی قوی بین اعضای هیأت علمی درباره بعضی از جنبه‌های مهم آموزش دوره دکترا وجود دارد. ما تشخیص داده‌ایم که هر دانشجو دارای قوتها و ضعفهای فردی است، اما احساس می‌کنیم که هر دانشجویی که درجه دکترا می‌گیرد باید خبرگی زیاد در احتمال پایه‌ای و نظریه آمار داشته باشد، بتواند از برد وسیع روشهای آمار آگاه شود، در هدایت کاربردهای آماری تجربه داشته باشد و در انجام محاسبات توانا باشد. اعضای هیأت علمی در این نظر متفق‌اند که همه دانشجویان باید روح این نیازها را درک کنند. مابین خودمان این بحثها را نداریم که چون دانشجویی در زمینه‌ای دیگر مستعد است یکی از استانداردهایمان را شست کنیم و یا نادیده بگیریم. تمام این تواناییها نکات ضروری برای کارآ بودن یک آماردان در سطح دکتراست.

دانشجویانی که یک پایه محکم کارشناسی دارند، معمولاً در طول ۴ سال تحصیلی همراه با تابستانها موفق به دریافت دکترا می‌شوند. طرح برنامه دکترا به صورت زیر است:

۴.۴ سال دوم

استنباط آماری پیشرفته (یک سال)

نظریه احتمال پیشرفته (یک سال)

تحلیل داده‌های پیشرفته (یک سال)

درسهای اختیاری (یک سال)

عرضه دو درس اول، در آمار پیشرفته و احتمال پیشرفته در اکثر برنامه‌های دوره دکتری آمار معمول است، جز آنکه شاید درس استنباط ما معمولاً شامل مطالبی درباره پایه‌های آمار و نظریه بیزی است. دانشجویان باید در هر دو مورد امتحان جامع را بگذرانند. درس پیشرفته تحلیل داده‌ها درسی است که دانشجویان در هر تجربه بین رشته‌ای بسیار اساسی با آن مواجه‌اند. این درس دو جزء عمده دارد که در طول سال اجرا می‌شود. یک جزء، بحث انواع مختلف مسائل تحلیل داده‌ها، ابزارها و تکنیک‌هاست. به دانشجویان عنوانهای متنوع (مثلاً، بوت‌استرپ، تبدیلهای از جمله ACE و AVAS، نمونه‌گیری گیس، برآورد چگالی و رگرسیون کاکس) واگذار می‌شود تا مقاله‌های مربوط به آنها (به خصوص مثلاً استفاده از تکنیکها) را بخوانند، ارائه‌ای از مطلب، شامل اثباتهای کامپیوتری (معمولاً متضمن برنامه‌های S) تهیه و مطالب را در کلاس عرضه کنند. جزء دوم و شاید مهمترین جزء عبارت است از اینکه هر دانشجوی اجرای یک طرح عمده را که متضمن مسأله‌ای کاربردی است تقبل کند. نظارت طرح با یک کمیته ۳ نفری است که یکی از آنها غالباً یک عضو هیأت علمی از بخشی غیر آمار CMU یا دانشگاه پیتسبورگ است. عضوی از هیأت علمی که وظیفه ارائه درس را به عهده دارد نیز عضو کمیته است. دانشجویان گزارشی اصلی را می‌نویسند (که امید داریم به انتشار و چاپ تحقیق منجر شود)، و همه دانشجویان سخنرانی ۳۰ دقیقه‌ای برای همه افراد بخش طرحشان ایراد می‌کنند. این سخنرانیها تقریباً در دو روز عصر ماه مه انجام می‌شوند و اعضای هیأت علمی به دلیل سطح بالای تحصیل و نتایج درخشان کار دانشجویان بسیار خرسند می‌شوند. ما بر این باوریم که شرکت در دوره ۶-۸ ماهه، موجبات آشنایی زیاد به فعالیت راستین بین رشته‌ای را فراهم می‌کند و بحث با دیگر دانشجویانی که طرحهای مختلف را به عهده دارند و تجربه‌های متنوعی کسب کرده‌اند، آموزش را گسترش می‌دهد. ما دریافته‌ایم که برنامه‌ریزی کمیته، آموزش را به چند طریق تسهیل می‌کند. اولاً، تعداد طرحهای موجود برای دانشجویان را افزایش می‌دهد. اگر یک عضو هیأت علمی درگیر همه طرحها باشد، این طرحها احتمالاً مربوط به یک نظام نسبتاً محدود است. بدین طریق دانشجویان به طور غیرمستقیم به فعالیتهای دانشجویان دیگر در زمینه‌های غیر وابسته به هم نیز وارد می‌شوند. ثانیاً به وضوح بار این آموزش بین بخشها هم توزیع می‌شود. ثالثاً، به دلیل دخالت تعداد زیاد اعضای هیأت علمی در مشورتها و توصیه‌ها و حضور در جلسات پراکنده ارائه طرحها موجبات تقویت دانشجویانی که درباره جنبه آموزش خود جدی هستند فراهم می‌شود. باید تذکر داد که تقاضاهای دانشجویان درباره ارائه یک درس پیشرفته

گروه دانشجویان تحصیلات تکمیلی آن را بفهمند. تقریباً نیمی از سخنرانیها در زمینه‌هایی مشخص از آمار (مثلاً طرح آزمایشها، نمودارهای آماری یا تصمیم‌گیری) هستند، و نیم دیگر کاربردی (مثلاً امتحانهای کلینیکی، آمار و حقوق، سرشماری، سهام و قیمت‌گذاری سهام، و دیرینه‌شناسی گیاهی بیزی) هستند. احساس می‌کنیم که این آشناییها، مثالهایی مهم فراهم می‌کنند که نقطه نظرات گسترده زمینه آمار و نقش آن را در انواع بسیار مختلف مسائل در قالب مثالها ارائه می‌دهند.

۳.۴ کارورزی آماری

در درس با عنوان کارورزی آماری، دانشجویان به وسیله کار با کاربردهای واقعی، تجربه به دست می‌آورند. در بخش اول درس، پژوهشگران نظامهای مختلف، مسائلی را ارائه می‌دهند. برای آشکار شدن نقش ممکن آماردان در این تلاشها، دانشجویان کلاس به بحث می‌نشینند و سپس هر زوجی از آنها مسأله‌ای را برای پیگیری انتخاب می‌کنند. این زوج، داده‌ها را از پژوهشگر به دست می‌آورند و به فرمولبندی مسأله و پالایش تحلیل، ضمن دیدار دوره‌ای با پژوهشگر، ادامه می‌دهند. زوج مزبور برای تشریح اهداف طرح، به کلاس هم متعاقباً گزارش می‌دهند. اواخر دوره درس، این زوج گزارشی به صورت پیش‌نویس تهیه می‌کنند که هم برای مربیان و هم برای پژوهشگران نوشته شده و خلاصه کار خود را در کلاس بیان می‌کنند. بعد از بازخور و پالایش، دانشجویان گزارشی شفاهی به منظور تأکید نهادن بر جنبه‌های اساسی مسأله و نتایج کار خود عرضه می‌کنند و بالاخره گزارش نهایی را تسلیم می‌نمایند.

پروژه‌ها از منابعی مختلف گرفته می‌شوند. مثلاً یک زوج باید با تحلیلگری در دفتر طرح CMU، برای بسط بینش درباره نرخ حذف دروس دوره کارشناسی کار کند یا درباره اینکه چرا داوطلبان سال اول تحصیل در CMU تصمیم می‌گیرند به دانشگاههایی غیر از CMU بروند. (بخشهای آمار باید به خوبی تشخیص دهند که می‌توانند به حل مسائلی که دانشگاه با آنها مواجه است کمک کنند. بسیاری از مسائل نظیر پیش‌بینی درآمدهای پژوهشی، ثبت نامهای دانشجویی، نرخهای حذف دروس و غیره، مثالهایی جالب برای طرحها هستند. بخشهای آمار صرفاً در موضعی هستند که چنین کمکهایی را عرضه می‌کنند و سهم موفقیت‌آمیزی در حل مسائل دانشگاهی مهمی دارند که موجب می‌شوند مدیران، تجربه دست‌اولی درباره اهمیت آمار به دست آورند.) طرحهای بالقوه با ارزش و شرکت‌کنندگان شائق به موضوع طرحها وجود دارند، زیرا اعضای هیأت علمی ما همکاران بسیار پیشگامی، همراه با پژوهشگران دیگر CMU یا پژوهشگران در دانشگاه پیتسبورگ دارد. این درس، مطالبی شامل نحوه نوشتن گزارش و اسلوبهای ارائه نیز هست، و دانشجویان باید گزارشهای رسمی تهیه کنند. لذا درس کارورزی آماری، با آموزش اسلوبهای پژوهشی بین رشته‌ای شروع می‌شود. اما درس، بسیار کوتاه است و مسائل مربوط به طرح، خیلی مختصرند و لذا این درس برای ارائه آموزش در پژوهش بین رشته‌ای خیلی سطحی است.

علمی و دانشجویان، در دوره زمانی کوتاه، برای مطالعه عنوانی خاص نظیر آمار فضایی، نمونه‌گیری گیبس، یا نمودارهای پویا تشکیل می‌شود. برگزاری چنین سمیناری به وسیله بیل ادی^۲ درباره تشدید مغناطیسی، احتمالاً به انجام طرح پژوهشی آماری عمده منجر می‌شود. وقتی کسی به عنوان دانشجوی دوره تحصیلات تکمیلی، تعداد زیادی از دروس با عناوین پیشرفته سنتی را می‌گیرد من همیشه از فقدان درسهای پیشرفته سنتی لازم نظیر تحلیل ناپارامتری و دنباله‌ای، احساس ناراحتی می‌کنم. با این حال، بر این باورم که دانشجویان ما در خودآموزی بسیار توانا می‌شوند که بیش از همه می‌تواند یکی از مهمترین مهارتهایی باشد که یک آماردان دکترا باید دارا باشد.

۵ کارآموزی در تدریس

ارتباط از طریق نوشتار و گفتار یکی از جنبه‌های نهایی کارآموزی دوره تحصیلات تکمیلی است که تذکر آن با ارزش است. این مطلب در روز دوم درس چشم‌اندازهای آماری با تمرین تصحیح ورقه آغاز می‌شود و با کارآموزی رسمی بیشتر و آگاهی بخش تا پایان سال اول، ادامه می‌یابد. چندتائی از دانشجویان به عنوان مربیان بازگو برای یک درس اساسی دوره کارشناسی که در سال اول برای تعداد زیادی از دانشجویان ارائه می‌شود گماشته می‌شوند. تجربه‌های آموزشی واقعی در طول تابستان که در آن تابستان درسا به وسیله دانشجویان دوره تحصیلات تکمیلی داده می‌شوند، به دست می‌آیند. CMU یک مرکز آموزشی بسیار فعالی دارد، و استفاده از دانشجویان دوره تحصیلات تکمیلی بسیار دقیق کنترل می‌شود. همه دانشجویان غیرانگلیسی زبان باید به وسیله مرکز ESL^۳ تأیید شوند. دانشجویان باید دوره کارآموزی در تدریس را ببینند و بگذرانند. این دوره شامل تسلط بر مطالب درسی، تهیه طرح درس، مهارتهای مربوط به تدریس (از جمله مشاهده نوارهای ویدیویی از دانشجویان خوب دوره تحصیلات تکمیلی آمار و سخنرانیهای اعضای هیأت علمی)، نحوه برانگیختن دانشجویان، نحوه تصحیح اوراق و ارزیابی دانشجویان. کار مربیان، مشاهده و گاهی به صورت ویدئو ضبط شده و به وسیله کارکنان مرکز آموزش به صورت محرمانه نقد می‌شود.

تمرین تصحیح اوراق که در بالا به آن اشاره شد ابزاری است که ما به کار می‌بریم و سعی می‌کنیم تمرینهای تصحیح یکنواخت‌تر اوراق را در درسهای دوره کارشناسی اجرا کنیم و دانشجویان دوره تحصیلات تکمیلی را درباره تدریس به تفکر واداریم. به دانشجویان دوره تحصیلات تکمیلی یک نسخه از امتحانی ساختگی که یک دانشجوی ساختگی از یک درس آمار استاندارد دوره کارشناسی تهیه کرده است همراه با کلیه حل آنها داده می‌شود. هر دانشجوی شرکت کننده در تمرین، شخصاً کل اوراق امتحانی را مطابق مقیاسی که از قبل مشخص شده است تصحیح می‌کند. در کلاس بعد، نتایج با هم مقایسه می‌شوند. شگفت‌آور است که در نمره‌هایی که به هر سؤال تخصیص داده شده‌اند در کل نمره‌های امتحان تغییرپذیری زیادی به

تحلیل داده‌ها اساساً در سالهای گذشته رو به افزایش بوده است، اما در تقاضاهای موافق با ارائه درس نظریه پیشرفته آمار و درسهای پیشرفته احتمال تقلیل اندکی به چشم می‌خورد. ما در حال اعمال تعدیلهایی در برنامه درسی سال دوم هستیم که حافظ روح آموزش دانشجویانمان در نظریه، کاربردها، محاسبات، و پژوهش بین رشته‌ای باشد، ولی در عین حال تقاضاهای زیادی را که بر دانشجویان تحمیل می‌کنیم کاهش دهد.

۵.۴ سالهای ۳ و ۴

برنامه سالهای سوم و چهارم دکترا متمرکز بر تحقیق مربوط به رساله است. دانشجویان استاد راهنمایی انتخاب می‌کنند و مطالعه و تحقیق را در تابستان بعد از سال دوم شروع می‌کنند. نتیجه این کار ارائه طرح پیشنهادی رساله در طول تابستان یا اوایل پاییز سال سوم است. سرانجام، امید بر آن است که دانشجویان در تابستان سال چهارم از رساله‌هایشان دفاع کنند. دانشجویان در طرحهای پژوهشی بخش نیز درگیرند. چون اعضای هیأت علمی، طرحهای پژوهشی بین رشته‌ای بسیاری دارند، به صورتی اجتناب‌ناپذیر تجربه‌های پژوهشی بین رشته‌ای اضافی متنوعی برای دانشجویان فراهم می‌آیند.

در طول این دو سال، درسهای پیشرفته‌ای هم می‌گیرند. در حالی که ما جدول وسیعی از انتخابها را ارائه می‌دهیم، خواننده سریعاً تشخیص خواهد داد که اینها نمی‌توانند برای اطمینان از اینکه دانشجو در همه زمینه‌های عمده آمار و احتمال متبحر شود کافی باشند. مطالب بسیار زیادی وجود دارند که در دو سال باقی مانده گنجانیده شوند و هنوز برای اینکه دانشجو مهارتهای پژوهشی و نمره‌های پژوهشی خود را همراه با رساله‌ای خوب بسط دهد وقت دارد. ما در متقاعد کردن دانشجویان برای گرفتن درسهای پیشرفته‌ای از نوع سنتی عناوین استاندارد نظیر آمار ناپارامتری، تحلیل چند متغیره، تحلیل دنباله‌ای و غیره ضعیف هستیم. در عوض گرایش به ارائه درسهایی داریم که لازم است دانشجو مقاله‌هایی را احتمالاً در زمینه‌ای مورد نظر مطالعه کند. ما کار نسبتاً خوبی درباره بحث مربوط به پایه‌های آمار انجام می‌دهیم، و تدی سیدنفلد^۱ درسی درباره مطالعه مقاله‌های یکی از آماردانانهای بزرگ ارائه می‌دهد که همه دانشجویان از آن استقبال می‌کنند. این درس هر سال متفاوت است و کار کلاس از جمله، متمرکز می‌شود بر کار فیشر، والد، و سوچ. سال گذشته، درسی تحت عنوان «کهنه اما شیرین»^۴ ارائه شد و دو عضو هیأت علمی و دانشجویان دوره تحصیلات تکمیلی، تعدادی از مقاله‌های برجسته و راهنما در آمار را مطالعه کردند. ما کارگاههایی نیز در زمینه‌هایی خاص (مثلاً آمار بیزی، آمار زیستی، و آمار صنعتی) داریم که در آنها، مسائل پژوهشی در جوی غیر رسمی مورد بحث قرار می‌گیرند، از جمله سخنرانیهای غیر از بخش خودمان داریم که مسائل را عرضه می‌کنند. این فعالیت اخیر خصوصاً در آمار زیستی متداول است که پژوهشگران دانشکده پزشکی دانشگاه پیتسبورگ مسائلی را مقدم بر سخنرانی‌یی درباره مطالب پایه‌ای پزشکی مربوطه ارائه می‌دهند. جدیداً، «گروه کار» متشکل از اعضای هیأت

1) Teddy Seidenfeld 2) Oldies but goodies 3) Bill Eddy

4) English as a Second Language

(۲) نیل به یک توافق کامل بین اعضای هیأت علمی درباره اهمیت کارآموزی بین رشته‌ای، به قسمی که دانشجو تأکید بر این مطلب را از همه اعضا دریافت کند، موضوعی حیاتی است. رسیدن به این توافق ساده نیست. بخش ما در طول زمان مراحل را طی کرده و به این نقطه رسیده است که کارآموزی بین رشته‌ای، در کل آموزش ما، مؤلفه‌ای مهم است. اما، بخشهایی که برای آنها این مورد مطرح نیست ممکن است در برقراری مکانیسمهایی برای چنین آموزشی، تهیه انگیزه‌هایی برای اعضای هیأت علمی که منجر به گسترش می‌شوند و برای مصالحه درباره اینکه کدام درس جاری باید حذف شود تا راه برای آموزش جدید گشوده شود دچار مشکل شوند. یک عضو هیأت علمی، اگر درس تخصصی او را از حالت واحد اجباری به حالت واحد آزاد تبدیل کند احساس خواهد کرد که مورد تهدید قرار گرفته است.

(۳) بر این باورم که مسئولیت کارآموزی بین رشته‌ای باید بین اعضای هیأت علمی تقسیم شود و تنها در دست گروه کوچکی که به کاربردها علاقه‌مند نباشد. این، در بیشتر بخشها سخت‌ترین کاری است که باید صورت بگیرد و مستلزم راهنمایی اعضای هیأت علمی ارشد است. به علاوه، اگر اعضای هیأت علمی موافق با تأکید بر این فعالیت باشند باید در نظر داشت که برخی از آنان ممکن است تجربه‌ای در کار بین رشته‌ای نداشته باشند. پس، این مهارتها را باید بعضی از اعضای هیأت علمی همراه با همه دانشجویان تحصیلات تکمیلی فراگیرند.

(۴) در اکثر بخشها باید سیستم پاداش دادن به فعالیتهای بین رشته‌ای، از نظر ترفیع و روندهای افزایش حقوق و ارزیابی‌های عملکرد سالیانه تغییر کند. به صورت سنتی، این موضوع، برای بخشهایی که همکاریهای نزدیک با بخشهای ریاضی دارند (یا به وسیله این بخشها اداره می‌شوند) مشکلترین کار است. حتی در بخشهای مستقل آمار، تحقق تغییرات به صورتی که همکاریهای بین رشته‌ای به اندازه مقاله‌ها در مجلات نظریه‌ای اصلی مهم تلقی می‌شوند، زمان لازم دارد و مستلزم رهبری این نوع فرهنگ در بخش است. بخشها به تهیه استانداردهایی برای ارزیابی مقاله‌های با چند مؤلف و مقالات مربوط به عناوین با ماهیت واقعی که در مجله‌های غیرآماري انتشار می‌یابند نیاز دارند.

(۵) دسترسی به تسهیلات کامپیوتری و نرم‌افزارهای آماری و توانایی اعضای هیأت علمی در محاسبات مؤثر در دروسهای کاربردی جنبه حیاتی دارند. برای بعضی از بخشها نداشتن تسهیلات لازم یا متخصص کامپیوتری اشکالاتی را موجب می‌شود.

(۶) آموزش بین رشته‌ای مؤثر، مستلزم دسترسی به مسائل جالب و خیرگانی در زمینه مطالبی است که حاضرند از وقت خود مایه بگذارند. در بخشهایی که بسیاری از این همکاریها وجود ندارند، زمان و تلاش بسیار زیادی لازم است. به علاوه، مایه‌گذاری فوق‌العاده از وقت،

چشم می‌خورد. نمره‌های کلی امتحان از B تا D هستند، تفاوتها تنها ناشی از تغییرات مربوط به طرز اجرای نمره دادن است. این تغییرپذیری معلول این است که دانشجویان مختلف، در ارزیابی جوابها از جمله در ارزیابی نمره‌های جزئی که به پاسخهایی که جزئی از آنها صحیح است الگوهای مختلف دارند که به بی‌نظمیهای منجر می‌شوند. تغییرپذیری با تفاوتهای فرهنگی و تربیتی و با تجربه‌های آموزشی بسیار متنوع دوره کارشناسی این دانشجویان جدید دوره تحصیلات تکمیلی تشدید می‌شود. ما تشخیص داده‌ایم که باید این تغییرپذیری فاحش را تقلیل دهیم و باید آن را بی‌درنگ انجام دهیم، زیرا تقریباً همه این دانشجویان باید به سرعت اوراق را تصحیح کنند.

هر یک از دانشجویان دکترای ما در زمان فارغ‌التحصیل شدن، علاوه بر مهارتی که در تدریس کسب کرده‌اند، سخنرانیهای زیادی در کلاس عرضه کرده‌اند و حداقل سه سخنرانی عمده، از جمله طرح تحلیل پیشرفته داده‌ها، طرح رساله، و دفاع از رساله برای بخش ارائه داده‌اند، که در هر یک از آنها تمام اعضای هیأت علمی و دانشجویان حضور دارند. گرچه جو جلسات، جوی رو در رو نیست ولی عموماً دانشجویان در اولین سخنرانیها اضطراب زیادی دارند. اما پس از اختتام دوره تکمیلی، بسیاری از دانشجویان در کنفرانسه‌ها، در جلسات کاری، یا در کارهای مدیریتی شرکت می‌کنند و این تجربه‌ها بسیار مهم‌اند. ما دانشجویان را به حضور در کنفرانسه‌های آمار و معرفی پژوهشان تشجیع می‌کنیم. همه این موارد کاملاً موفقیت آمیز بوده‌اند و ما از تواناییهای دانشجویانمان در این زمینه احساس غرور می‌نماییم.

۶ پیشنهادها و هشدارها

تعدادی پیشنهاد، موضوع، و مسأله را باید قبل از برنامه‌های دکترای آمار در نظر گرفت که از جمله، کارآموزی مهم در فعالیت بین رشته‌ای در زمانی است که هنوز کارآموزی وسیع و عمیقی در زمینه آمار صورت نگرفته است. مثلاً

(۱) ابتدا باید تشخیص داد که دانشجویان دوره تحصیلات تکمیلی ما اغلب با بحثهای سختی برای دستیابی به دکترای مواجه‌اند. و باید احساس کرد که آنها مهارتی در زمینه کار خود دارند. چون این بحثها بسیار مفصل‌اند، دانشجویان اغلب به اعضای هیأت علمی برای دریافت نشانه‌هایی از آنچه مهم‌اند، از آنچه واقعاً به حساب می‌آیند و از آنچه واقعاً مورد نیاز است چشم می‌دوزند. اگر بخش درباره تضمین اینکه دانشجویان دوره تحصیلات تکمیلی باید در پژوهش بین رشته کارآموزی کنند، جدی است، این پیام باید به روشنی و پیوسته به هر دانشجو، به صورت شفاهی و کتبی ابلاغ شود. دانشجویان به سرعت درک خواهند کرد که آیا واقعاً مهم است که اعضای هیأت علمی شرکت کامل یا جزئی داشته باشند یا مهم است که دانشجویانی که کم کارند تعهد اصلاح خود را بکنند یا با وجود ضعف ظاهری درسی را بگذارند یا نه.

(۸) باید سعی کنیم مقالات بررسی، هم در زمینه نظری و هم با عناوین کاربردی را برای مجله‌هایمان جلب کنیم.

(۹) باید مکانیسم متمرکزی را برای دانشجویان دوره تحصیلات تکمیلی که تابستانها در صنعت، کارهای دولتی و پزشکی شرکت می‌کنند خلق کنیم تا کارآموزی و فعالیتهای بین رشته‌ای آنها را تشدید و تقویت نماید.

از طرف اعضای هیأت علمی برای جلب اطمینان و رضایت این همکاران ضروری است تا مایل به شرکت باشند.

(۷) بخشهای آمار باید درباره تشکیل سری سمینارهای خود برای گنجاندن سخنرانان خارجی که چشم‌اندازهای وسیعتری از عناوین و سرفصلها را، به جای سخنرانیهای ژرف، عرضه می‌کنند و گنجاندن سخنرانانی درباره مطالب بین رشته‌ای، خصوصاً در تجوکارگاهی، از نو بیندیشند.

مراجع

- [1] Denning, P. J. (1993), "Designing New Principles to Sustain Research in our Universities," *Communications of the ACM*, 36, 99-104.

اصل این مقاله با عنوان **Modernizing Statistics Ph.D Programs** **John Lehoczky** نوشته

به نقل از مجموعه گزارشهای

National Research Council's Committee on Applied and Theoretical Statistics on Modern Interdisciplinary University Statistics Education

در شماره ۱، دوره ۴۹، فوریه ۱۹۹۵ مجله **The American Statistician** به چاپ رسیده است.