

## آموزش نظری و کاربردی علم آمار<sup>۱</sup>

علیرضا فتوحی<sup>۲</sup>

### چکیده

آمار شاخه‌ای از علوم است که لزوماً تمامی نظریه‌های آن در قالب منطق ریاضی قابل بیان نیست و برخلاف اکثر شاخه‌های ریاضی که ابتدا موضوعی اثبات می‌شود و سپس در صورت امکان به دنبال کاربرد آن می‌روند، در آمار غالباً پدیده‌ای مشاهده می‌شود و سپس برای توضیح و کنترل آن، نظریه‌ی مربوطه بنا می‌گردد. گسترش و شاخ و برگ دادن به نظریه‌های آماری، کاربرد آن را مستدل‌تر کرده، از به انحراف کشیدن نتایج تحقیقات جلوگیری می‌نماید. درک صحیح از آمار کاربردی، نگرانی عده‌ای از دانشمندان آمار را که معتقد هستند به دلیل عدم وجود استدلال‌های ریاضی‌گونه نمی‌توان به نتایج آن اعتماد داشت برطرف می‌سازد. اما آموزش بر پایه‌ی نظریه‌های محض، نیازهای جامعه را برطرف نکرده، ارتباط آن را با علومی که به آمار نیاز دارند تضعیف می‌کند. لذا آموزش آمار کاربردی در دانشگاه‌ها، با توجه به شرایط کنونی جامعه و نکات فوق توصیه شده است.

### ۱ مقدمه

اعتقاد بر این است که آمار و احتمال شاخه‌ای از علم ریاضی است. این اعتقاد و نگرشی که اکثر آمار دانان به علم آمار دارند یک نگرانی را در علم آمار به وجود آورده است. با تأیید این که این نگرانی تحت شرایطی و تا حدودی بجاست، باید دو تفاوت اساسی را بین آمار و سایر شاخه‌های ریاضی نام برد. اول این که، تمام نظریه‌های لازم برای مطالعه‌ی آمار در قالب منطق ریاضی قابل بیان نیستند و دوم این که، آمار علمی است که برخلاف شاخه‌هایی از ریاضیات مانند جبر، به طور اصولی

این مطلب توسط آقای دکتر علیرضا فتوحی در چهارمین کنفرانس آمار ایران در دانشگاه شهید بهشتی ارائه گردید که با توجه به این که یکی از اهداف نشریه‌ی اندیشه‌ی آماری، اشاعه‌ی فرهنگ آمار و تبادل نظر در رابطه با موضوع اساسی آموزش آمار در کشور است، از ایشان درخواست گردید که مقاله‌ی خود را برای چاپ به اندیشه‌ی آماری ارائه دهند تا این مقاله پیشگامی در این مهم باشد. ضمن تشکر از ایشان، از همه‌ی اندیشمندان علم آمار و کسانی که به نوعی به اهمیت علم آمار واقفند تقاضا می‌شود مقالات و نظرات خود را ارسال فرمایند تا از این طریق ضمن مطرح نمودن دیدگاه‌های مختلف، گامی مؤثر در جهت برنامه‌ریزی آموزش هدفدار علم آمار در مقاطع مختلف برداشته شود.

سردبیر

دکتر علیرضا فتوحی، گروه آمار دانشکده علوم ریاضی دانشگاه فردوسی مشهد

## ۲ آمار محض

علم ریاضی، یکی از بنیادی ترین شاخه های علوم است که بنیان گذاران، بنای آن را بر استدلال های دقیق منطقی گذاشته اند. هر نتیجه گیری در این علم باید دلیلی منطقی داشته باشد و باید برای هر گونه پیشرفت به سوی نتیجه گیری، گامهای لازم را به صورت گزاره های منطقی بیان و استدلال کرد. آمار و احتمال که بنا به نیاز و مشاهده ی پدیده هایی، مورد توجه قرار گرفت، جای خود را در علوم ریاضی باز کرده و طبیعت علم ریاضی، آماردانان را به سمتی هدایت کرد که نظریه ریاضی گونه آمار و احتمال را بنا نهاد، آن را گسترش دهند و در نهایت آنچه به عنوان آمار و احتمال نظری مطرح است، ساخته و پرداخته شود. مباحثی که در آمار و احتمال نظری بحث می شوند به قدری ریاضی گونه است که می توان آن را مانند شاخه های دیگر ریاضی (مثل آنالیز ریاضی) دانست. شدت ریاضی گونه بودن آمار و احتمالات در آمار نظری به قدری است که گاهی از ریاضی تفکیک شدنی نیست و مدرسین نظریه احتمال (به طور مثال) به راحتی و با کیفیت عالی می توانند دروس آنالیز ریاضی و آنالیز حقیقی را تدریس نمایند که وجود برخی از استادان در حال حاضر دلیل بر این ادعا است. اما به دلیل نیاز و مشاهده این که در سایر علوم مثل پزشکی، زیست شناسی، اجتماعی، اقتصاد و ... آمار را گاهی با روشهایی غلط به کار می برند، بیشتر آمار کاربردی جایگاهی پیدا کرده است. نظریه ی آمار محض به دو صورت بیان می گردد: صورت اول گسترش و شاخ و برگ دادن همان نظریه ی ریاضی گونه است که آمار از ریاضی به ارث برده است. به عنوان مثال ممکن است در استنباط آماری، تابع زیان جدیدی تعریف کنیم: قضایایی را ثابت کنیم و ویژگیهای برآوردگری را با این تابع زیان بررسی کنیم. حال، کاربرد داشتن یا نداشتن این نظریه در خارج از فرمولهای ریاضی، مسأله ی دیگری است! ممکن است برای این تابع زیان، موردی را نتوان ساسایی کرد: مثل جبر که در آن گاهی مسائلی دیده می شود که یک گروه شامل عناصری خاص معرفی می شود و

کاربردی است و مستقیماً در عمل به کار می رود. در جبر بیشتر بر اساس تعریف و یا یک اصل، قضیه ای اثبات یا فرضیاتی کم و زیاد می گردد تا قضایای جدیدی به دست آید. ولی در آمار غالباً پدیده ای مشاهده می شود و برای توضیح و کنترل آن نظریه ی مربوط بیان گردیده، گسترش می یابد. مثلاً فیشر برای تحلیل داده های مربوط به ستاره شناسی اولین بار مدل های خطی را مطرح کرد و این نظریه همچنان در حال گسترش است. مثال دیگر فرایند پوآسون است. مشاهده پدیده هایی که دارای خواص خاصی هستند، توجه پوآسون را برای طرح فرایند پوآسون جلب کرد و اکنون یکی از نظریه های مهم آمار و احتمال است. یکی از دلایل گسترش این نظریه، نیاز در تحلیل فرایندهایی مانند فرآیند زاد و مرگ است که در جهان دیده می شود. شناخت مفهوم نظریه و کاربرد در آمار، درک صحیحی را از آمار کاربردی به دنبال خواهد داشت و از نگرانی مذکور می کاهد و بر این اساس می توان با توجه به شرایط موجود، نظام آموزشی آمار را در دانشگاهها تنظیم کرد. وجود نظریه های قوی در کتب و مقالات و آمادگی خوب مدرسین جهت تدریس آنها، کارارایه آمار نظری در دانشگاهها را آسان ساخته است. ولی آموزش بر پایه ی نظریه محض نه تنها نیازهای جامعه را برآورده نمی کند، بلکه با دوری جستن از آمار کاربردی، ارتباط این علم با سایر علوم که به کاربرد آمار نیازمند هستند تضعیف می شود. از طرف دیگر، درک و اجرای صحیح آموزش آمار کاربردی، اگرچه امر آموزش را کمی مشکل تر می سازد ولی بیشتر مورد علاقه دانشجویان بوده. نیازهای جامعه را برآورده می کند و ارتباط آمار را با سایر علوم بیشتر و نزدیکتر می سازد.

در بخش دوم این مقاله درباره ی مفهوم نظریه در آمار بحث خواهد شد. در بخش سوم، آموزش آمار نظری و آمار کاربردی بررسی می گردد. در بخش چهارم آموزش و نیاز جامعه بررسی می شود و سرانجام در بخش پنجم از مباحث مذکور نتیجه گیری خواهد شد.

نظریه نیستیم. مثلاً نمی شود ثابت کرد که چه توزیعی برای توزیع پیشین در استنباط بیز درست است. یکی از دلایلی که محققین شاخه های دیگر علوم تمام تحلیل خود را با محاسبه یک آماره توصیفی و یا حداکثر با محاسبه ی میانگین توان دوم خطا، با آن خلاصه می کنند، سختگیری بیش از حد آمار نظری مبتنی بر مستند کردن نتایج به وسیله روابط منطقی ریاضی است. این درک ناصحیح از نظریه ی آمار، محققین سایر علوم را مأیوس کرده است، لذا از ترس این که درگیر مسائل سخت ریاضی شوند، مبادرت به تجزیه و تحلیل غیر کارشناسی می کنند، که طبیعتاً نتایج این گونه تجزیه و تحلیلها به احتمال زیاد از واقعیت فاصله خواهد داشت.

### ۳ آموزش آمار

آمار از نظر آموزشی می تواند به سه دسته تقسیم بندی گردد:

- (۱) آمار نظری
- (۲) آمار کاربردی
- (۳) کاربرد آمار در ...

در قسمت اول یعنی آمار نظری، همه مطالب بر اساس منطق ریاضی بیان می گردد. در این نظام آموزشی، مدرس هیچ چیز را خارج از قالب ریاضی بیان نکرده و از اظهار نظر شخصی به جز ارزیابی راه های مختلف منطقی برای رسیدن به نتیجه ای واحد خودداری می کند. در این نوع آموزش برای هر گزاره ای که از طرف مدرس بیان می گردد کلمه چرا در ذهن دانشجو ظاهر می شود که از طرف مدرس باید به آن پاسخ منطقی داده شود. نمونه ی این نوع آموزش، تدریس درس احتمال و کاربرد آن در بین دروس کارشناسی آمار است. این نوع آموزش هیچ گونه خطری را متوجه علم و دانش نمی کند و نگرانی به وجود نمی آورد. البته وجود نیاز یا عدم نیاز به چنین آموزشی، مسائل آموزشی است که بررسی خواهد شد.

مطالب بسیاری در این مورد اثبات می شود در حالی که ممکن است هیچ نمود خارجی هم نداشته باشد. بر این گونه نظریه پردازی ابرادی نمی توان وارد کرد، زیرا که این روند ریاضی محض است. صورت دوم آن است که نیاز و یا پدیده ای را مشاهده کرده ایم و برای حل و یا کنترل آن می خواهیم آن را قانونمند کرده، مورد تجزیه و تحلیل قرار دهیم. مثلاً نوعی صف مشاهده می شود که برای آن یا نظریه لازم در تاریخچه ی آمار وجود دارد و یا این که آماردان باید برای کنترل آن، نظریه لازم را بوجود آورد. مثال دیگر این که نیاز به تحلیل داده های دوتایی، شمارشی و طول عمر، باعث ارایه نظریه مدل های خطی تعمیم یافته ( $GLMs$ ) در مقابل مدل های خطی ( $LMS$ ) گردید. بنابراین، آنچه که آمار نظری و آمار کاربردی را از هم تفکیک می کند (با محک نظریه) این است که در آمار نظری مطالبی که بیان و اثبات می گردند، ممکن است در زمان طرح و حتی بعد از آن هم مورد استفاده قرار نگیرد در حالی که در آمار کاربردی برای پاسخ به مسأله ای که در عمل با آن مواجه هستیم نیازمند نظریه ای هستیم که یا در تاریخچه آمار وجود دارد و یا باید آن را بسازیم.

از طرفی چنانچه نخست مسأله ای مطرح بوده و قرار باشد نظریه مناسبی برای آن ساخته شود، در خیلی از موارد ارایه مدل های آماری و احتمالی در آغاز نمی تواند به صورتی ریاضی گونه مطرح و اثبات گردد. در این گونه موارد پس از پیشنهاد، می توان مدل را توسط محک های مناسب ارزیابی کرد و چه بسا مدل های متفاوتی مناسب باشند ولی از همه ی آنها یکی برای هدف مورد نظر، مناسب تر باشد که این با آن منطق ریاضی گونه سازگاری ندارد. به عنوان مثال، احتمال اشتغال یک فرد به کار در زمان  $T$  به طول دوره بیکاری قبلی وی بستگی دارد، اما این وابستگی به صورتی ریاضی وار قابل اثبات نیست. ولی این بستگی در تاریخچه آمار همیشه مطرح بوده و در مدل های به کاررفته در نظر گرفته می شود. بنابراین در آمار، نظریه فقط به صورت ریاضی محض نباید مطرح باشد، بلکه ریاضی محض، قسمتی از نظریه ی علم آمار را تشکیل می دهد. حتی در آمار نظری نیز همیشه قادر به اثبات ریاضی گونه ی یک

عواقب ناشی از بکارگیری نادرست روشهای آماری را گوش زد کرد و آموزش دیدگان را ترغیب کرد، که در کارهای تحقیقاتی از مشاورین مسلط به آمار استفاده کنند. (حتی در برخی از کنفرانسهای داخلی هم شاهد عدم تفکیک درست این گروهها هستیم.)

اگر فرض بر این باشد که همه دانشگاهها سرفصلهای مصوب شورای عالی برنامه ریزی را اجرا کنند، در مقاطع کارشناسی و کارشناسی ارشد آمار بیشتر به جنبه‌ی محض تأکید شده و آمار نظری محض تدریس می‌گردد (منظور رشته‌هایی مثل آمار زیستی که کاربرد آمار را در علم زیست شناسی دنبال می‌کنند نیست). بینابینی بعضی از دروس در مقطع کارشناسی آمار منجر به این شده است که تفاوت قابل توجهی بین تدریس دو مدرس باشد و باعث ناهمگنی در امر آموزش و سنجش گردد.

#### ۴ آموزش و نیاز جامعه

شاید این مایوس کننده باشد که بگوییم جامعه شناخت کاملی از آمار ندارد تا بتواند نیازهای خود را نمایان کند. برخی از عواملی که باعث شده است تا علم آمار آن چنان که در جاهای دیگر شناخته شده است، در جامعه‌ی ما شناخته نشود، از این دیدگاه به قرار زیر است.

(۱) عدم اقدام فراگیر آمار دانان کشور برای شناساندن علم آمار و توانایی‌های آن.

(۲) عدم اعتقاد مسؤولین در به کارگیری آمار، به واسطه‌ی عدم شناخت آنان از این علم.

(۳) مسلط نبودن فارغ التحصیلان آمار در به کارگیری آن به واسطه‌ی تکیه‌ی بیش از حد بر نظریه آمار در امر آموزش.

(۴) ضعف علمی اکثر دانشجویان پذیرفته شده در این رشته و عدم علاقه آنان به آمار با توجه به دورنمایی که برای خود پس از فراغت از تحصیل می‌بینند.

آموزش آمار کاربردی بسته به مقاطع تحصیلی مختلف می‌تواند سازماندهی شود. بطور کلی در آموزش آمار کاربردی سه جهت اصلی باید تعقیب گردد. اول، آموزش نظریه‌های موجود در حد لازم برای بکارگیری آنها در عمل و تحلیل و نقد نتایج حاصل، دوم، آموزش پیدا کردن و ساختن نظریه لازم برای تحلیل مسأله مورد نظر و سوم، بالا بردن توان دانشجو در نقد و ارزیابی نتایج و ارایه‌ی طریق به کاربران است. در این نوع آموزش آن طوری که در آموزش آمار نظری وارد جزئیات و اثباتهای ریاضی گونه می‌شویم عمل نکرده، بلکه پس از بیان و اثبات موارد اصلی به جای پرداختن به اثبات جزئیات کار، توان و قدرت دانشجو در بکارگیری آنها را افزایش می‌دهیم. در این گونه آموزش، مدرس و دانشجو باید نظر خود را در مواردی بیان کنند که هیچ گونه محک ریاضی گونه‌ای برای یک نتیجه‌گیری محض وجود ندارد. مثلاً برای بررسی فرض نرمال بودن یا نبودن توزیع خطا (یا ثابت بودن واریانس) در یک رگرسیون خطی ساده، با استفاده از نمودار نرمال، میزان انحراف نمودار از خط  $\chi^2 = \lambda$  در خیلی از موارد مفید و بحث انگیز است. برای آموزش کاربرد آمار در زمینه‌ای خاص، برخلاف دو نوع آموزش قبلی اصلاً نیازی به بیان اثباتها و استدلالهای ریاضی گونه نیست. بلکه فقط روشهای مستند آماری معرفی می‌گردند. در این گونه آموزش، افرادی تربیت می‌گردند که داده‌ها را آن طور که مورد نظر است جمع آوری و تنظیم کرده، روشی خاص را برای تحلیل آن بکار برند. نگرانی که بعضاً ابراز می‌دارند، باید در این گونه آموزش و بهره‌برداری باشد، نه در آموزش و بهره‌برداری از آمار کاربردی. این گونه آموزش این خطر را در بر دارد که آموزش دیده خود به تنهایی و بدون مشورت مبادرت به انجام و اظهار نظر نماید و عدم تسلط این گروه از آموزش دیدگان به نظریه‌ی لازم، به احتمال زیاد باعث انحراف از واقعیت شده و در خیلی از موارد هم این خطاها هیچ وقت مشهود نمی‌گردد. محققینی که در سایر علوم مثل پزشکی، اقتصاد، علوم تربیتی، کشاورزی و غیره مبادرت به ارایه طریق و تجزیه و تحلیل آماری می‌کنند جزء این گروه از افراد هستند. در آموزش کاربرد آمار، باید طی نمونه‌هایی،

مؤثر باشد. برای تبدیل سیستم آموزشی جاری به نظامی که مورد نظر نویسنده است پیشنهاد می گردد که :

(۱) مطالبی که به صورت تکراری در درسهای مختلف آمده است حذف گردند. دروسی که هدف معینی را تعقیب نمی کنند حذف گردند (مثل روشهای پیشرفته آماری) و به جای آنها مطالب و دروسی ارایه گردند که جدید بوده، هدف معینی را تعقیب می کنند.

(۲) دروسی در زمینه آمار کاربردی اضافه شود و بر جنبه های کاربردی دروسی نظیر نمونه گیری، طرح آزمایشها، چند متغیره پیوسته و گسسته، رگرسیون و تحلیل داده ها و ... افزوده شود.

(۳) رایانه و نرم افزارهای آماری از لوازم اولیه آموزشی این رشته تعیین گردند و مدرسین و دانشجویان، با به کارگیری آنها گامی مؤثر در راستای اهداف مذکور بردارند.

(۴) پروژه های آماری (ترجیحاً به صورت گروهی) در برنامه ها گنجانده شوند و اجرای آنها به صورتی کاملاً عملی باشد و از جایگزین کردن آن با کار دیگری مثل ترجمه خودداری شود.

(۵) در شروع و در جریان آموزش، یک سلسله سخنرانی توسط اعضاء هیئت علمی و دانشجویان تحصیلات تکمیلی، جهت بیان مثالهایی ملموس و حقیقی از تحقیقاتی که در آنها آمار نقش مهمی را داشته است تشکیل گردد تا دانشجویان از ابتدا به نقش مهم آمار آگاه شده و با دیدن کاربردهای آن با علاقه مندی به فراگیری آمار بپردازند.

(۶) کمیته های علمی دانشجویی تشکیل گردد تا با تحقیقات ساده، انگیزه ی تحقیق در آنها قوت یابد و از طریق آشنا کردن آنها با مراکزی که آمار را به کار می برند، امکان جذب آنان پس از فراغت از تحصیل فراهم آید.

(۷) کمیته های علمی متشکل از مدرسین در جهت بالا بردن سطح علمی و بکنواختی ارزیابی تشکیل گردد.

(۵) عدم ارتباط تحصیلات تکمیلی رشته آمار با صنعت، کشاورزی، اقتصاد، پزشکی، و ... و تمرکز آموزش بر نظریه ی محض.

(۶) مساعد نبودن زمینه ی به کارگیری آمار در برخی از مسائل جامعه مانند اقتصاد، کنترل کیفیت و مسائل اجتماعی.

(۷) عدم ارتباط تنگاتنگ گروههای آموزشی آمار در دانشگاهها با رشته هایی که آمار را در تحقیقات به کار می برند.

آموزش آمار نظری محض نه تنها نیازهای جامعه را، در صورت رفع موانع ذکرشده، برآورده نمی کند بلکه ما را از این واقعیت که آمار، علمی کاربردی است دور می سازد. آموزش ریاضی نظری محض به این دلیل که به کارشناسان کارآمد برای تدریس در دوره های راهنمایی و دبیرستانی نیاز است، لازم به نظر می آید. ولی آموزش آمار نظری محض هیچ کاربردی در این جهت ندارد. لذا آموزش تعداد زیادی کارشناس و کارشناس ارشد در آمار نظری محض جز اینکه هزینه ای مصرف گردد و عده ای از جوانان برای مدتی مشغول باشند چیز دیگری را در بر ندارد.

در مقابل، آموزش آمار کاربردی، با تعریفی که قبلاً از آن آمد، فارغ التحصیلانی را به بازار کار تحویل می دهد که توانایی به کارگیری روشهای آماری را (با دیدگاه خوب به نظریه ی آن) داشته و می توانند جذب بخش های خصوصی و دولتی شوند. علاوه بر این، از بین این فارغ التحصیلان می توان افراد علاقه مند و مستعد را، جهت تربیت مدرسین و محققین آمار نظری در مقطع تحصیلات تکمیلی (دکتری) انتخاب و تربیت کرد. آنچه که اکنون به عنوان بخشی از مواد آموزشی آمار تدریس می شود خیلی دور از این نظر نیست. با کمی تغییر در آن و توجه مدرسین به راحتی می توان روشی را برای آموزش انتخاب کرد که؛ اولاً جواب گوی انتظارات جامعه از یک فارغ التحصیل آمار باشد، ثانیاً خود دانشجو، هم در جریان آموزش و هم بعد از فارغ التحصیلی احساس مفید بودن کرده و در نتیجه در به ثمر رساندن سرمایه گذاریهای انجام شده عاملی

## ۵ نتیجه‌گیری

نظریه آمار، فقط ریاضی محض نیست. در آمار کاربردی بر دو جنبه، ریاضی محض و نظریه‌ای (که در قالب ریاضی محض بیان نمی‌گردد) باید تأکید شود. آموزش آمار نظری محض در مقاطع کارشناسی و کارشناسی ارشد برای کشور مفید و مقرون به صرفه نبوده و نیاز جامعه را به کارشناس و کارشناس ارشد آمار برطرف نمی‌کند. در مقابل، با تغییرات پیشنهادی در برنامه‌ی آموزشی دانشگاهها و با سعی در رفع عوامل مؤثر در عدم شناخت جامعه از علم آمار و تدریس آمار کاربردی در مقاطع ذکرشده، نه تنها نیازهای جامعه را برطرف می‌کند بلکه دانشجویان با علاقه‌مندی و جدیت بیشتری به فراگیری و به‌کارگیری آن خواهند پرداخت.

(۸) از طریق برگزاری سمینارها و آموزش‌های کوتاه مدت در سطح علمی دانشجویان، آنان را با استادان دیگر دانشگاهها آشنا ساخته تا علاوه بر تنوع و تبادل افکار و روشها، با جنبه‌های دیگر آمار کاربردی آشنا شوند.

(۹) زمینه‌ی ارتباط دانشجویان آمار با رشته‌هایی که آمار را به‌کار می‌گیرند، فراهم آید.

(۱۰) مطالعه‌ی نظام‌های آموزشی آمار کاربردی کشورهای پیشرفته و به‌کارگیری تجربه‌های آنان در تدوین و تدریس مطالب نیز بسیار ضروری است.