

## نظراتی دربارهٔ ریاضیات دوره کارشناسی\*

یکی از کمیته‌های هیأت ملی علوم ایالات متحده آمریکا ویژه بررسی و ارزیابی برنامه‌های دوره کارشناسی علوم و مهندسی است. مطالبی که در زیر می‌خوانید متن سخنرانی دوتن از استادان صاحب‌نظر ریاضی آمریکا، گلیسون از دانشگاه هاروارد و استین از کالج سینت‌اولاف است که در یکی از جلسات این کمیته در سال ۱۹۸۵ ایراد شده است.

### سخنان اندرو گلیسون

آقای رئیس، اعضای کمیته، مدعوین:

نام من اندرو گلیسون<sup>۱</sup> است. استاد کرسی ریاضی و فلسفه طبیعی هولیس<sup>۲</sup> در دانشگاه هاروارد هستم. همچنین یکی از رؤسای سابق انجمن ریاضی آمریکا می‌باشم، اما امروز در اینجا نماینده کسی جز خودم نیستم. خوشوقت‌م که بتوانم به واشینگتن بیایم و عقایدم را دربارهٔ آموزش ریاضیات بیان کنم، زیرا مدت‌زمانی است از دههٔ ۱۹۶۰ که فعالیت خود را در «گروه بررسی ریاضیات مدرسه»<sup>۳</sup> آغاز کردم تا به‌خالد به‌این موضوع علاقه‌مند هستم. باین حال تنها چیزی که در بیست و پنج سال اخیر آموخته‌ام این است که آموزش مسأله ساده‌ای نیست و برای آن راه حل آسانی وجود ندارد. هرگونه تغییری که در نظر داشته باشید، وقتی تغییر در دستگاهی به‌وسعت و پراکندگی دستگاه آموزشی آمریکا مطرح است، باید به‌قدری سنجیده و قابل انعطاف باشد که بتواند تبدیلهای لازم را حین اجرا تحمل کند.

با کمی نگرانی می‌بینم که در نام کمیته شما واژه‌های «علوم» و «مهندسی» آمده‌اند اما در آن ذکر می‌شود که «ریاضی» نیست. البته متوجه هستم که «علوم» به‌معنایی در نظر گرفته شده است که ریاضی را هم در برمی‌گیرد، و هیأت ملی علوم<sup>۴</sup> و بنیاد ملی علوم<sup>۵</sup> در تاریخ طولانی خود،

1. Andrew M. Gleason

۲. تامس هولیس (Thomas Hollis) در سال ۱۷۲۱ اولین کرسی استادی و شش سال بعد اولین کرسی استادی ریاضی و فلسفه طبیعی را در دانشگاه هاروارد تأسیس کرد.

3. School Mathematics Study Group

4. National Science Board

5. National Science Foundation

ریاضی را به‌عنوان یک علم شناخته‌اند، و بنیادهای آن پشتیبانی کرده است. با وجود این اگر ریاضی و سایر علوم دائماً در یک‌دوره قرار گیرند به‌نظر من این خطر وجود دارد که بنیاد خط‌مشی را اتخاذ کند که ریاضیات از پشتیبانی لازم برخوردار نشود. ریاضی تفاوت زیادی با سایر علوم دارد؛ این اختلاف احتمالاً به اندازه اختلاف بین علوم و مهندسی است. هر پروژه مهندسی تا حدودی به‌علوم پایه و ریاضی وابسته است؛ همچنین هر رشته از علوم پایه تا حدودی به مهندسی و ریاضی بستگی دارد؛ و ریاضی نیز به‌علوم و مهندسی که منبع مسأله و الهام آن هستند، وابسته است. همبستگی کل این دستگاه قابل توجه است؛ نمی‌توانیم بگوییم کجا مهندسی شروع و کجا علم ختم می‌شود و نیز نمی‌توانیم مرز بین ریاضی و سایر علوم را مشخص کنیم، اما از این نمی‌توانیم نتیجه بگیریم که مهندسی، ریاضی، و رشته‌های مختلف علوم همه باید به یک نحو پشتیبانی شوند.

تفاوت اساسی بیسن ریاضی و سایر علوم این است که ریاضی نه‌مانند شیعی یک علم تجربی است و نه مانند نجوم مبتنی بر مشاهده است. با ظهور کامپیوتر، خدشه‌وار شدن این تمایز آغاز شده است. اما از میان رفتن این تمایز، اگر اصولاً از بین برود، در آینده‌ای بس دور خواهد بود. این تمایز برای برنامه‌ریزی آموزشی و برای مسأله کلیتر روشهای مناسب پشتیبانی، حائز بسی اهمیت است.

در هیچ‌جا تفاوت بین ریاضی و علوم دیگر روشتر از دوره آموزش پیش‌دانشگاهی نیست. مسا آموزش ریاضی را در کودکان شروع می‌کنیم و انتظار داریم که در دبستان بچه‌ها معلوماتی به‌دست آورند که پایهٔ تمامی کارهای آینده‌شان در ریاضی باشد. چون معلوم شده است که حساب در حکم پایهٔ دائمی معلومات ریاضی محصل است و چون

کشید تا بچه کودکستانی امروزه درجه دکتری برسد و در ساختار علمی ایالات متحده مؤثر واقع شود. در نظام آموزشی فاصله زمانی بین تصمیم و نتیجه گیری بسیار زیاد است. اگر بخواهیم نظام آموزشی خود را با زمان به پیش ببریم، باید جداً و با عزمی راسخ از تحقیقات بنیادی آموزشی حمایت کنیم؛ ما نمی توانیم یک سال یا حتی دو سال به تحقیق اساسی بپردازیم و سال بعد به آن توجه نکنیم یا با تغییر دولت، سیاست پژوهشی خود را تغییر دهیم.

در این جلسات قبلاً بسیاری از صاحب نظران به ارزش بورسهای پژوهشی کالجها در تشویق دانشجویان به اینکه در زمره دانشمندان آینده قرار گیرند، اشاراتی کرده اند. در یک آزمایشگاه علمی می توان به یک دانشجوی بی تجربه کار کوچکی داد که برای موضوع در دست تحقیق ارزش داشته باشد و به تدریج که دانشجو آموخته می شود کار مهمتری به او محول کرد. بورسهای تحقیقاتی در علوم آزمایشگاهی و مشاهده ای، کمک و مشوق دانشجو در هر سطحی است، از دانشجوی مبتدی گرفته تا شخصی که در دوره فوق دکتری تحقیق می کند. اما در ریاضیات استفاده از دانشجوی مبتدی اساساً امکان ندارد؛ در اکثر پروژه های پژوهشی ریاضی، دانشجوی مبتدی به علت نداشتن معلومات کافی نمی تواند به هیچ وجه مفید واقع شود. در آینده وقتی کامپیوتر از ریاضیات، علمی نسبتاً تجربی بسازد، ممکن است این وضع کمی تغییر کند، اما مدت مدیدی طول خواهد کشید تا این پدیده به صورت یکی از راههای مهم جلب دانشجو به ریاضیات درآید. این یک تفاوت قابل توجه دیگر بین ریاضیات و سایر علوم است.

در گذشته برنامه های تابستانی که برای شاگردان با استعداد

دیپلماتی ترتیب داده می شد، مانند برنامه های کالج همپشایر و دانشگاه شیکاگو، به جلب دانشجو به ریاضیات کمک می کرد، سابقاً برنامه های پژوهشی تابستانی خاصی برای دانشجویان دوره کارشناسی طرح ریزی می شد، و برنامه های بازآموزی زیادی برای دبیران سالهای آخر دبیرستان وجود داشت. حمایت از این برنامه ها در ده سال اخیر کاهش یافته است، و من توصیه می کنم که این پشتیبانی بیشتر شود.

در باره کامپیوتر و تأثیر آن در تدریس خیلی صحبت شده است. من کاملاً یقین دارم که کامپیوتر تأثیر عمیقی در آموزش ریاضی خواهد داشت، اما به هیچ وجه مطمئن نیستم که تأثیر آن چه خواهد بود. به عنوان فردی که در حاشیه ناظر طلوع فرهنگ کامپیوتری است، می دانم که اساساً در هر زمینه ای که کامپیوتر وارد شده تأثیری بیش از حد انتظار داشته است. بیست سال پیش در مورد آموزش به کمک کامپیوتر ادعاهای فوق العاده ای می شد. این ادعاها کمتر شده اما آموزش به کمک کامپیوتر از بین نرفته است و بالاخره جای خود را در نظام آموزشی باز خواهد کرد. اکنون برگرافیک کامپیوتری به عنوان یک وسیله آموزشی زیاد تأکید می شود، اما هنوز نمی دانیم برنامه های گرافیکی را چگونه بنویسیم که برای تحقق اهدافمان انعطاف کافی داشته باشد و نه مطمئنیم که این برنامه ها در حد انتظارمان مفید باشد.

ما تازه شروع کرده ایم ببینیم کامپیوتر چگونه می تواند از ریاضیات یک علم تجربی بسازد، و ضمناً آغاز نظام کارآموزی در ریاضیات را هم داریم می بینیم. دلیل این پدیده آن است که یک دانشجوی کارشناسی که در برنامه نویسی ماهر باشد، می تواند سهم بسزایی در یک پروژه ریاضیات تجربی داشته باشد.

پیشنهاد پروفسور استین این است که همه استادان ریاضی باید بتوانند

۱ سخنرانی استین که در همین جلسه ایراد شده، بعد از سخنرانی گلیسون می آید.

تشخیص درستی یا نادرستی مسأله های حساب بسیار آسان است، معمولاً روی این درس تأکید زیادی می شود و در تدریس آن فشار فوق العاده ای به بچه ها وارد می شود به طوری که در طرز تلقی بچه ها از ریاضی غالباً آثار سوء به جا می گذارد. علوم دیگری هم در دبستان تدریس می شوند، اما به صورتی بسیار سطحی تر و نه به منظور برخورد قطعی با موضوع در این مقطع از آموزش. من فکر نمی کنم که هیچ یک از معلمین زیست شناسی دبیرستان یا کالج روی معلومات زیست شناسی که بچه ها در دبستان به دست آورده اند، حساب کند.

همه می گویند که ریاضی باید در ارتباط با کاربردهایش تدریس شود؛ ولی تقریباً همیشه مهارت ریاضی بچه ها از معلوماتشان در زمینه هایی که کاربرد واقعی دارند بسی پیشرفته تر است. مثلاً بچه ها فرمولهای مساحت مثلث و محیط دایره را پیش از آنکه این مفاهیم در زندگی شان معنایی داشته باشد یاد می گیرند. دانشجویان هم گرفتار همین مشکل هستند، تا جایی که مثلاً به خاطر اهمیت زیاد قضیه استوکس در برخی از مباحث فیزیک، گروه فیزیک اصرار می ورزد که در درس حساب دیفرانسیل و انتگرال، این قضیه در اوایل نیمه سال اول سال دوم تدریس شود.

من معتقدم که بالاخره لازم است برنامه آموزشی علوم ریاضی - تکنولوژی کاملاً بررسی شود. اما مسلماً تمام تغییرات رانمی توان یکجا اعمال کرد. من طرفدار گامهای انقلابی در آینده نزدیک نیستم، اما دلیلی نمی بینم باور کنم که برنامه آموزشی حاضر بهترین برنامه است. اگر واقعاً برنامه حاضر بهتر پس باشد، مشکلات فعلی ما به مراتب وخیمتر از آن حدی است که تا به حال به نظر ما رسیده است.

هر کس ریاضی تدریس کرده باشد می داند که در سبک و سرعت یادگیری محصلان تفاوت بسیار زیادی وجود دارد. احتمالاً در هر موضوع دیگری هم تفاوت به همین اندازه است. اما به دلیل آسانی نسبی تشخیص، و به خاطر ارتباط قوی مطالب ریاضی با یکدیگر، این تفاوتها در ریاضی بهتر از اکثر رشته های دیگر دیده می شوند. به هر جهت این تفاوتها در آموزش بسیار اهمیت دارند. برای اینکه محصلان کندهزن از کلاس عقب نمانند با سرعتی بیش از حد به جلو رانده می شوند و نتیجه آن عجز، ترس و تنفر آنهاست، در حالی که محصلان تیزهوش از کندی پیشرفت خسته می شوند و عدم رقابت موجب بی علاقه گویی آنها به درس می شود. نهایتاً نظام آموزشی باید ترتیبی دهد که کودکان بتوانند در موضوعهای مختلف با سرعتهای گوناگون پیشرفت کنند.

بنابر این توصیه می کنم که بنیاد ملی علوم به حمایت خود ادامه دهد و از پژوهش در مسائل واقعاً اساسی آموزش ریاضی - علوم - تکنولوژی پشتیبانی بیشتری به عمل آورد. من بررسی مسائل زیر را پیشنهاد می کنم، بدون آنکه بخواهم بگویم اینها تنها مسائل مهم یا حتی مهمترین آنها هستند:

- \* آیا بهتر نیست کودکان را بیشتر به جنبه های کیفی ریاضی توجه دهیم تا به جنبه های صرفاً کمی آن؟
- \* کودکان (و محصلان بزرگتر) عملاً ریاضی و علوم را چگونه می آموزند؟
- \* آیا مطلوب است که در این زمینه ها یک برنامه واحد داشته باشیم؟
- \* آیا برای وفق دادن برنامه با سبکها و سرعتهای متفاوت یادگیری راهی هست؟

تحقیق درباره این مسائل و بسیاری از مسائل دیگر باید به عنوان تحقیق اساسی شناخته شود، و باید اعتراف کنیم امید نیست که این تحقیق فوراً به نتیجه قطعی برسد. به هر حال بیست سال طول خواهد

نیست، اما امیدوارم که شما بر این فکر صحنه بگذارید. مدت مدیدی است که این فکر به صورت‌های مختلف مطرح بوده است؛ باشد که با پشتیبانی هیأت ملی علوم این فکر وارد مرحلهٔ عمل شود.

### سخنان لین آرتور استین<sup>۱</sup>

آقای رئیس، اعضای کمیته، مدعوین؛

خیلی خوشوقتم که هیأت ملی علوم بررسی آموزش دورهٔ کارشناسی را به عهده گرفته است؛ و به‌خصوص خوشحالم که به‌عنوان رئیس جامعهٔ ریاضی آمریکا دعوت شده‌ام که دربارهٔ ریاضیات دانشگاهی اظهار نظر کنم. اکثر اعضای جامعهٔ بیست هزار نفری ما در کالجها و دانشگاهها به تدریس ریاضیات مشغول‌اند؛ و قسمت اعظم آموزش ریاضیات دورهٔ کارشناسی این کشور بر عهدهٔ اعضای جامعهٔ ماست. من همچنین به‌عنوان عضوی از شورای رؤسای انجمنهای علمی، شما را به‌خاطر این بررسی می‌ستایم؛ به‌خصوص به‌این دلیل که از بهار گذشته این شورا به‌اتفاق آرا تصمیم گرفته است از بنیاد ملی علوم مصراً بخواهد که کمک به برنامه‌های دانشگاهی و پیش دانشگاهی آموزش علوم و مهندسی را ادامه دهد. ما علاقهٔ شما را به ریاضیات دانشگاهی و به رابطهٔ آن با آموزش علوم و مهندسی، تحسین می‌کنیم.

من استاد ریاضی کالج سینت اولاف<sup>۲</sup> در نورثفیلد<sup>۳</sup> مینسوتا هستم، سینت اولاف یکی از کالجهای ادبیات و علوم<sup>۴</sup> است که در علوم قوی است و فردريك استار در همین کمیته به‌آن اشاره کرده است. سه هزار دانشجو دارد؛ رشتهٔ اصلی ده درصد از فارغ‌التحصیلان سالانهٔ آن ریاضی است. در دههٔ گذشته با کمک برخی از برنامه‌های علمی بنیاد ملی علوم، کیفیت کار ما و کار بسیاری از کالجهای مشابه بالا رفته است؛ این برنامه‌ها عبارت‌اند از: شرکت دانشجویان دورهٔ کارشناسی در تحقیق، تأمین تجهیزات علمی کمک‌آموزشی، اعطای بورس به استادان رشته‌های علوم، کمک هم‌چنان به آموزش علوم در دورهٔ کارشناسی.

این برنامه‌های بنیاد ملی علوم در زمان خود نتایج خوبی به بار آوردند، و من با تجربهٔ دست اولی که دارم می‌توانم بگویم که این برنامه‌ها به تقویت برنامه‌های ریاضی و علوم مؤسسه‌ای که من در آن کار می‌کنم فوق‌العاده کمک کرده‌اند. اما من امروز دربارهٔ این برنامه‌ها یا دربارهٔ کالجهای ادبیات و علوم صحبت خاصی ندارم بلکه می‌خواهم دربارهٔ نیازهای ریاضی کالجها و دانشگاههای سراسر کشور صحبت کنم.

### ریاضیات

یقین دارم که می‌دانید در حرفه‌های مربوط به علوم و مهندسی، ریاضیات هم نیرویی است که توان پرداختن به آن حرفه‌ها را فراهم می‌آورد و هم در حکم یک صافی است. بدون آموزش خوب در ریاضیات نمی‌توانیم شالودهٔ محکمی برای علوم و مهندسی بریزیم. برنامهٔ کار بنیاد ملی علوم در آموزش علوم و مهندسی - در دوره‌های پیش دانشگاهی و دانشگاهی - باید بر مبنای این واقعیت اساسی تنظیم شود: ریاضی تنها یکی از رشته‌های علوم نیست، بلکه پایهٔ علوم و مهندسی است.

همواره بین ریاضیات و علوم دیگر رابطه‌های نزدیکی وجود داشته است. اما چون کامپیوتر تحلیل ریاضی بسیاری از فرایندهای علمی و مهندسی را ممکن ساخته است، اینک این رابطه‌ها هم نامدتر و هم پر معنی‌تر از زمانهای گذشته هستند. اگر در گذشته تنها علوم نظری

به اندازهٔ کافی از کامپیوتر استفاده کنند. به نظر من این پیشهاد به چندین دلیل جالب است. اول اینکه، استادان ریاضی را وامی‌دارد که دربارهٔ چگونگی استفاده از کامپیوتر در تدریس خود بیندیشند. دوم اینکه، این پیشنهاد مسلماً برنامه‌های آموزشی واقعاً مفیدی را به وجود خواهد آورد. سوم اینکه، وقتی بسیاری از ریاضیدانان به روش تجربی به کار پژوهش بپردازند هم ریاضیات پیشرفت می‌کند و هم فرصت بیشتری برای دانشجویان دورهٔ کارشناسی فراهم می‌شود تا درگیر کار پژوهش شوند. و دلیل آخر اینکه مطمئناً روزی کامپیوتر در دسترس همگان قرار خواهد گرفت، و در این باره گفتمی زیاد است.

پروفسور استین همچنین به کاهش سریع تعداد دانشجویان امریکایی که در دوره‌های بالاتر از کارشناسی در رشتهٔ ریاضی به تحصیل ادامه می‌دهند، اشاره کرده است. من معتقدم یکی از علتهای این کاهش، فقدان نسی کمک به دانشجویان ریاضی در مقایسه با دانشجویان علوم دیگر است. منظورم هم کمک مستقیم مالی از طریق دادن بورس و استخدام موقت برای تحقیق است و هم کمک غیر مستقیم به صورت تشویق و تقویت ارزش اجتماعی ریاضیات. اخیراً روزنامه‌ها کمیود معلم واجد شرایط ریاضی و نتیجه‌های شوم این کمیود را به کرات تذکر داده‌اند. من بر این عقیده‌ام که صرف انتشار همین مطالب، گامی است در جهت احیای ارزش اجتماعی تحصیل ریاضیات، ارزشی که به کلی محو شده بود؛ و گمان می‌کنم هم اینک دانشجویانی که وارد دانشگاه می‌شوند علاقهٔ بیشتری به ریاضیات به‌عنوان یک حرفه نشان می‌دهند. به نظر من تدریس ریاضی در جامعه، تأثیر بسزایی در جلب افراد به حرفه‌های ریاضی و علوم، و نیز به بیشتر حرفه‌های دیگر دارد.

برنامهٔ بورس ترومن، برنامهٔ مهمی است که برای تشویق دانشجویان به قبول شغل‌های خدمات عمومی طرح ریزی شده است. این برنامه با برگزاری مسابقه بین دانشجویان سال دوم که مایل‌اند چنین شغل‌هایی را در آینده بپذیرند، دو بورس به هر ایالت اعطا می‌کند. مدت بورس چهار سال است، دو سال برای اتمام دورهٔ کارشناسی و دو سال هم برای تحصیل در دوره‌های بالاتر؛ این امر، بورس ترومن را بسیار جذاب می‌سازد. اما آنچه از جنبه‌های مالی مهمتر است، وجود خود این برنامه است که به دانشجویی می‌گوید خدمات عمومی حرفه‌هایی پس محترم هستند؛ این پیام بدون شک باعث شده است که بسیاری از دانشجویان، خیلی پیش از تعدادی که بورس گرفته‌اند، به خدمات عمومی رو آورند. من توصیه می‌کنم که بنیاد ملی علوم برنامه‌ای نظیر برنامهٔ ترومن برای ریاضیات و علوم تدوین کند.

تسوع دیگری از سیاست کمک به دانشجو که باید دولت مرکزی در پیش بگیرد، اعطای وام «بخشودنی» به دانشجویانی است که شغل علمی را انتخاب می‌کنند. نیروهای مسلح در مقابل چهار سال خدمت بعد از فراغت از تحصیل، تقریباً تمام هزینه‌های دانشجویان دانشکدهٔ افسری را می‌پردازند. در واقع نیروهای مسلح تضمین می‌کنند که به هر دانشجویی با لیاقت مبلغی در حدود چهل هزار دلار بپردازند. با اینکه کمتر از نصف دانشجویانی که به این ترتیب استخدام می‌شوند، بعد از پایان چهار سال تمدد خدمت به کار ادامه می‌دهند، مطمئناً وزارت دفاع این برنامه را با صرفه می‌داند. اگر جداً بخواهیم کیفیت تدریس در مدرسه‌ها بالا برود، به نظر من اعطای وام بخشودنی، از آن نیز با صرفه‌تر است. مثلاً فرض کنید که برای هر سال تدریس در دبیرستان یا در کالج، بجهت دلار از وام دانشجو بخشوده شود - این موجب خواهد شد که برای بسیاری از کسانی که مجبورند به علت سنگینی دیون دوران تحصیل وارد شغلی شوند که درآمدش خیلی بیشتر باشد، تدریس شغل جالبی شود. اجرای چنین برنامه‌ای در حد امکانات بنیاد ملی علوم

1. Lynn Arthur Steen      2. St. Olaf      3. Northfield  
4. liberal arts colleges

است. در هر ترم در حدود سی هزار معلم تقریباً به سه میلیون دانشجو درس ریاضی می‌دهند. علی‌رغم این افزایش تقاضا برای دروس ریاضی، تعداد دانشجویان رشته ریاضی بیش از پنجاه درصد کاهش یافته است و تعداد کسانی که دروس ریاضیات پیشرفته (ریاضیات بعد از حساب دیفرانسیل و انتگرال) را می‌گیرند از بیست درصد دانشجویان دروس ریاضی دوره کارشناسی به پنج درصد کاهش یافته است. در واقع، در حدود سه چهارم تمام واحدهای ریاضی ارائه شده از طرف کالجها و دانشگاهها، مربوط به دروسهایی است که با برنامه دبیرستان تناسب بیشتری دارند. از این بدتر اینکه، هر سال در حدود صد هزار کتاب تمرین در موضوع «حساب برای دانشجویان کالج» به فروش می‌رسد.

دروسهای کمکی، مقدماتی و سرویس، نیرو و وقت مدرس را می‌گیرند. افزایش تعداد ثبت‌نام کنندگان در ریاضیات مقدماتی همراه با کاهش تعداد دانشجویان ریاضی، هم برنامه را نامتعادل کرده و هم روحیه، نیرو، و علاقه مدرس را پایین آورده است. در بسیاری از گروههای ریاضی نتیجه این فرایند، افزایش تعداد مدرسان مستغنی، کسالت آوردن تدریس، و بی‌علاقه شدن دانشجو بوده است.

هر چند سایر نشانه‌های نامناسب بودن وضع را به سختی می‌توان به صورت کمی بیان کرد، اما از اهمیت کمتری برخوردار نیستند. گروههای ریاضی، جز در موارد استثنایی به قدر کافی به سیستمهای محاسباتی مناسب برای استفاده عملی از ریاضیات در دنیای علمی و صنعتی امروز، دسترسی ندارند. در نتیجه، کامپیوتر بر برنامه ریاضیات ساز این لحاظ که چه باید تدریس شود و آنچه تدریس می‌شود چگونگی باید تدریس شود - تأثیر بسیار اندکی داشته است. در این زمان، ریاضیات دوره کارشناسی را باید در ارتباط فعال با کامپیوترهای نیرومند ارائه کرد و برای عملیات نمادی، نمایش گرافیکی، آرایز عددی و شبیه‌سازی از این وسیله باید کمک گرفت.

کامپیوتر ابزار مهمی برای الگوسازیهای علمی و مهندسی است؛ به این دلیل که یا کمک آن می‌توان ریاضیات را به‌طور مؤثر به‌کار گرفت. کامپیوتر به‌عنوان موتور ریاضیات کاربردی، تکنیکهایی قوی برای تقریب‌زدن پدید آورده است، و در نتیجه حوزه الگوهای ریاضی را بسیار وسعت بخشیده است؛ آنچه قبلاً به صورت نظری وجود داشت، اکنون هر روز در هر آزمایشگاهی در جلوی چشمانمان رخ می‌دهد. انقلاب کامپیوتر فقط نقطه نمایان یک انقلاب خیلی عمیقتر در ریاضیات کاربردی است.

دسترسی به کامپیوتر و تقاضا برای کار بردهای جدید ما را وادار می‌کند که دمورد اولویتهای آموزش ریاضی در تمام مقاطع تحصیلی دوباره بیندیشیم. برای اینکه دانشجوی امروز ما بتواند در قرن بیست و یکم وظایفش را خوب انجام دهد، باید برنامه‌های ریاضیات دوره کارشناسی، مباحث زیر را نیز دربر بگیرد؛ اصول اساسی علم کامپیوتر (الگوریتمها، ساختهای داده‌ها، نظریه پیچیدگی)؛ روشهای عددی و تکنیکهای تقریب‌زدن یا دید جدید؛ روشهای آماری قوی مبتنی بر کامپیوتر؛ تکنیکهای گرافیکی برای تحلیل اکتشافی داده‌ها؛ و الگوریتمهای کامپیوتری برای مسائل بهینه‌سازی. مجموعه این موضوعها را امروز بیشتر به‌عنوان «علوم ریاضی» می‌شناسند، ولی غالباً هنوز هم واژه «ریاضیات» را به‌عنوان مترادف مخفف آن به کار می‌برند. حقیقت نهفته در پشت این نام هم ساده است و هم تکان‌دهنده: ریاضیات دوره کارشناسی با آنچه که بیست سال پیش تدریس می‌شد، کاملاً متفاوت است.

متأسفانه در بسیاری از گروههای ریاضی کالجها و دانشگاهها،

به ریاضیات پیشرفته نیاز داشتند، امروز تمام رشته‌هایی که پایه علمی دارند از الگوهای پیچیده ریاضی استفاده می‌کنند. این نکته واقعیت دیگری را مطرح می‌کند که برنامه آموزشی دوره کارشناسی را سخت تحت تأثیر قرار می‌دهد؛ ریاضیات از نظر محتوا، دامنه، و کاربرد به شدت در حال تغییر است؛ نه تنها کاربردهایش متنوعتر می‌شود بلکه برداشته مفاهیم آن نیز افزوده می‌شود.

چند بردسی جدید توجه ما را به پیشروی ناگهانی مرزهای علوم ریاضی کاربردی جلب می‌کنند؛ این پیشروی، نیاز مبرم به افرادی را به‌وجود آورده است که قادر باشند ابزارهای علمی مبتنی بر ریاضیات تولید کنند و آنها را به کار ببرند. در این بردسیها به موضوعهایی نظیر: نظریه ارتباطات، شارش فراصوتی، واکنشهای شیمیایی، پیچیدگی محاسبه، نظریه میدان کوانتومی، آمار محاسباتی، بهینه‌سازی ترکیباتی، تشخیص الگو، مسائل به‌طور، معادلات غیرخطی، و محاسبه سوزنی اشاره می‌شود.

این رشد ریاضی و کاربردهایش ما را وادار می‌کند که در برنامه آموزش ریاضیات به‌طور اساسی تجدید نظر کنیم. با این حال چون آموزش ریاضیات فرایندی متشکل از مراحل متوالی است که از دبستان تا دوره‌های بعد از کارشناسی را دربرمی‌گیرد، تغییر در هر قسمت برنامه، هم در قسمتهای دیگر آموزش ریاضی و هم در دروسهای مراحل بعدی علوم و مهندسی عواقب مهمی به دنبال دارد. نتایج پژوهشهای عالی در برنامه کلیه مقاطع تحصیلی تأثیر می‌گذارند، و در عین حال آموزش ریاضی پژوهش آینده را بنیاد می‌نهد. این رابطه‌های نزدیک بین آموزش و پژوهش موجب به‌وجود آمدن پیوندهای جدید نویدبخشی در جامعه ریاضی کشور ما شده است، پیوندهایی مبتنی بر این عقیده همگانی که ریاضیات از آموزش تا پژوهش، یک کل تفکیک‌ناپذیر است.

### ریاضیات دانشگاهی

در علوم ریاضی، ریاضیات دانشگاهی مرز بین مقوله‌های آموزشی و پژوهشی محسوب می‌شود. وظایف مدرسان ریاضی کالجها و دانشگاهها به شرح زیر است: تدریس دروسهایی به دانشمندان و مهندسان آینده؛ ترتیب دادن برنامه‌هایی برای معلمان آینده دبستانها و دبیرستانها؛ تقویت پایه دسی آنها که می‌خواهند وارد دوره‌های بالاتر از کارشناسی بشوند؛ ارائه دروسهای تقویتی برای دانشجویانی که بدون آمادگی در ریاضی وارد کالج و دانشگاه می‌شوند؛ عرضه دروسهای عمومی ریاضی برای دانشجویانی که رشته اصلی آنها یکی از رشته‌های علمی نیست؛ و ارائه دروسهای سرویس‌گوناگونی از آمار مقدماتی گرفته تا تحقیق در عملیات پیشرفته. علاوه بر این در اغلب کالجها و دانشگاهها، ریاضیدانها بعضی از دروسهای برنامه نویسی کامپیوتری و دروسهای مقدماتی علوم کامپیوتری را نیز تدریس می‌کنند.

کیفیت آینده علوم و تکنولوژی کشور بستگی به توانایی استاذان ریاضی امروز در انجام این وظایف متنوع دارد. ایده‌های سازنده برای نوآوری در برنامه‌های ریاضیات دوره کارشناسی، موجب شتاب گرفتن پیشرفت‌های مهیج در علوم ریاضی می‌شود. آمار مربوط به سالهای اخیر حاکی است که استاذان ریاضی ما تحت فشار سنگین هستند و ناتوانی آنها در رفع نیازهای کشور در ریاضیات دانشگاهی رو به افزایش است.

مثلاً تقاضا برای دروس ریاضی دوره کارشناسی از سال ۱۹۷۵ تاکنون دو برابر شده است، اما در همین مدت تعداد مدرسان ریاضی کالجها و دانشگاههای کشور فقط در حدود پنجاه درصد افزایش یافته

آنها جذب صنعت می‌شوند. بیش از چهل درصد دکترها، و در بعضی گروهها بیش از دوسوم دانشجویان بالاتر از کارشناسی، از کشورهای دیگر هستند. باز همان طور که در یک نسل پیش به دلایل دیگری پیش آمد، ریاضیات ایالات متحده عنقریب به صورت جزئی از مشخصات فرهنگی مهاجرین درمی آید.

در هیچ زمانی نیاز به کارشناس و کارشناس ارشد ریاضی بیش از امروز نبوده است. ما همه می‌دانیم که در سطح کشور به قدر کافی کارشناس ریاضی نداریم که بتوانند ریاضیات دبیرستانی را خوب تدریس کنند؛ اما آنچه ممکن است خیلی واضح نباشد افزایش قابل توجه نیاز بخش صنعت به فارغ التحصیلانی از دوره‌های کارشناسی و کارشناسی ارشد در رشته‌های علوم ریاضی است که به گروههای دست اندرکار مسائل محاسباتی، آماری یا مدیریت پیوندند. نیازمندیهای بخش صنعت به کارمندی که برای کار با الگوهای مجرد، کمی، و نمادی آموزش دیده باشند، موجب تشدید توجه دانشگاهها به این علوم «ذهنی» یا «مصنوعی» (در مقابل علوم طبیعی) می‌شود. ارقام حقوق این افراد، که شاخص غیرمستقیم تقاضاست، تأیید می‌کند که تقاضا برای استخدام این گونه افراد در بخشهای گوناگون بسیار زیاد است.

صرف نظر از آموزش، در صنعت و دفاع نیز احتیاج به نیروی انسانی فوق العاده زیاد است. تنها نصب هر یک از سوپر کامپیوترها، که در اوایل دهه ۱۹۹۰ تعدادشان تقریباً به سالی دوست دستگاه خواهد رسید، حدوداً به دوازده دانشمند که قادر باشند محاسبات علمی را بفهمند و در این زمینه به پژوهش بپردازند نیاز خواهد داشت. گرچه این دانشمندان در بسیاری از موارد دارای مدارکی عالی در علوم، کامپیوتر یا مهندسی خواهند بود، حداقل به همین تعداد فارغ التحصیل دوره کارشناسی رشته ریاضی نیز نیاز خواهد بود.

برای درک حقیقت مطلب، باید بدانید که در ایالات متحده در سال تنها ده هزار نفر در ریاضی مدرک کارشناسی می‌گیرند و تنها ده درصد این عده برای اخذ درجه دکتری در رشته‌های مختلف ادامه تحصیل می‌دهند. [پس تنها] برای تأمین نیازهای محاسبات علمی، صرف نظر از نیاز دبیرستانها و دانشگاهها به تدریس، تعداد دانشجویان دوره کارشناسی ریاضی در ایالات متحده باید دو برابر شود. و همه می‌دانیم که کل افرادی که در سن دانشگاه رفتن هستند، تا یک دهه دیگر همچنان کاهش خواهد یافت.

اما افزون‌تعداد دانشجویان رشته‌های علوم ریاضی دوره کارشناسی به خودی خود پاسخگوی نیازهای جامعه به نیروی انسانی نیست. پایین آوردن سطح کیفی پذیرش دانشجویان دوره کارشناسی ریاضی به هیچوجه مفید نخواهد بود. به جای آن، برای جلب بهترین مغزهای جوان به ریاضیات دوره کارشناسی به یک بسیج همگانی نیازمندیم تا نه تنها بر تعداد کاندیداهای دوره دکتری ریاضی بیفزاییم، بلکه تمام رشته‌هایی از علوم و مهندسی را که بر مبنای آموزش قوی ریاضیات دوره کارشناسی استوارند، تقویت کنیم. ادعا می‌کنم که تنها راه مؤثر برای انجام این امر، این است که مطمئن شویم در سراسر کشور در هر کالجی، کوچک یا بزرگ، مدرسان ریاضی واجد شرایطی وجود دارند که در حرفه خود فعال، با تحولات رشته خود همگام، از پیشرفتهای جدید ریاضیات کاربردی آگاه، و با بسیاری از مسائل مشکلی که در پیش روی ماست، آشنا هستند.

### استراتژیهای نوسازی

خلاصه اینکه، ملت ما در مورد ریاضیات دوره کارشناسی برای رشته‌های مختلف، با مسائلی جدی روبروست. اعضای هیأت علمی گروههای

درسهای ریاضی هم از جنبه طرزنگرش و هم از نظر محتوا کهنه هستند - به این دلیل اصلی که مدرسان فرصت کافی نداشته‌اند معلومات خود را بالا ببرند. برنامه درسی ریاضیات دانشگاهی وقتی پویاست که در هر ده سال نیمی از آن تغییر کند. مثلاً، درسهای منطق ریاضی، ریاضیات گسسته، تحقیق در عملیات، نظریه محاسبه، و ترکیبیات که ده سال پیش به ندرت تدریس می‌شدند، امروز عموماً در هر گروه خوب علوم ریاضی تدریس می‌شوند. دایر کردن این درسا - و درسهای بعدی برای دهه آینده - بخشی مهم از وظایف مدرسان کالج و دانشگاه است، اما توجه کافی به آن نمی‌شود.

### ریاضیات برای دانشجویان علوم انسانی

ارائه درسهای ریاضی مناسب برای دانشجویان علوم انسانی، مسأله مهمی است که به آن توجه کافی نشده است. دانشجویان علوم انسانی و هنر، ناخودآگاه از ریاضیات وحشت دارند، از آن اجتناب می‌کنند و در نتیجه آن را درست نمی‌فهمند. در بسیاری از موارد این دانشجویان مجبور می‌شوند درسهای دبیرستانی را، که تنها به منظور به دست آوردن مهارت در محاسبه تدریس می‌شوند، دوباره بگیرند، حال آنکه در این زمان کامپیوتر محاسبات را به مراتب بهتر انجام می‌دهد. ناآشنایی با ریاضیات، سبب ناآشنایی با علوم و تکنولوژی می‌شود، و در نتیجه دو فرهنگ باز هم از یکدیگر فاصله می‌گیرند.

در جامعه‌ای که نظامهای پیچیدهای بر آن حکمفرماست، ما باید خیلی بر کوشش خود بیفزاییم تا رهبران آینده جامعه - دانشجویان امروز - را آگاه کنیم که ریاضیات جادوگری نیست و حتی آنهایی که آموزش علمی پیشرفته‌ای ندیده‌اند، لازم است روش پرسیدن سؤال مناسب و به دست آوردن پاسخ صحیح را بدانند. ما در دنیای «غوغای اندیشه‌ها» زندگی می‌کنیم که ابزارهای ریاضیات کار بسته از قبیل آدمکهای مصنوعی، الگوهای اقتصادی، بازیهای جنگی، و سیستمهای ماهر، آن را به وجود آورده‌اند، و با این حال دنیایی است دچار مسائل اخلاقی ناشی از فرضیات نهانی و تأثیرات جنسی ناخواسته. در بعضی از سیستمها، نظم بی‌نظمی به وجود می‌آورد؛ در حالی که در سیستمهای دیگری عکس آن درست است. سیستمهای پیچیده، چه در زیست‌شناسی یا اقتصاد، وجه در مهندسی یا پزشکی، پراز پارادوکس، بی‌تکلیفی، و عدم قطعیت هستند. به موازات آنکه کامپیوتر شروع به تسخیر عرصه‌های قبلی محاسبات - کرده است، ما باید انسانها - دانشجویانمان - را طوری پرورش دهیم که برای پذیرش ابهام و درک عدم قطعیتی که در الگوهای علمی و ریاضی زندگانی روزمره ما فراوانند، آمادگی داشته باشند. این نیز وظیفه مهم دیگری است که بر سایر وظیفه‌های بسیار سنگین مدرسان افزوده می‌شود.

### بازار کار ریاضیات

کسادی بازار کار ریاضیات در دهه ۱۹۷۰ سبب شد بسیاری از دانشجویان به شغل تدریس ریاضیات روی نیاورند؛ اینک جاذبه صنعت و علم کامپیوتر این نقش را ایفا می‌کند. در نتیجه متوسط سن مدرسان ریاضی، به سمت بالا متمایل است: بیش از سه چهارم مدرسان ریاضی کشور در سالهای قبل از ظهور کامپیوتر تسربیت شده‌اند. با وجود افزایش نیاز کالجا و دانشگاهها به استخدام مدرسان ریاضی، دانشجویانی که برای احراز این مقام در پی اخذ درجه دکتری هستند، بسیار نادرند. در حال حاضر، تعداد دکترهای ریاضی تبعه ایالات متحده که می‌توان آنها را در گروههای ریاضی کالجا و دانشگاهها استخدام کرد در حدود دوران قبل از اسپوتنیک است (زیر چهارصد نفر در سال گذشته) و یک سوم

تربیت معلم ایجاد کنند. آنچه بیش از همه اهمیت دارد این است که هیأت علمی محیطی بوجود آورد که در آن دانشجو بتواند باریاضیات به صورت یک نظام فکری زنده و پویا و رو برو شود.

### لزوم اقدام بنیاد ملی علوم

ریاضیات دانشگاه و کالج به دو دلیل ساده به کمک بنیاد ملی علوم نیاز دارد. نخست اینکه، ریاضیات یک سرمایه مهم ملی است که دیگر به میزانی که بتواند جویا بگویی نیازهای آینده ملت ما باشد، نوسازی نمی شود. دوم اینکه، بدون حمایت جدی بنیاد ملی علوم، نوسازی لازم احتمالاً به وقوع نخواهد پیوست.

دیگران در این جلسات استماع نظرها، گفته اند که نیازهای اساسی آموزش علوم و مهندسی، حمایت از هیأت علمی، و تأمین امکانات و وسایل است. در مورد ریاضیات دانشگاهی من نظر متفاوتی دارم: آنچه لازم است، کمک به هیأت علمی، هیأت علمی، و هیأت علمی است. برای آموزش دانشگاهی هیچ چیز مهمتر از داشتن یک هیأت علمی نیست که از نظر ذهنی زنده و فعال باشد؛ آجر، سیمان یا سیلیسیم بهر مقدار که باشد، جای انرژی، پنداره، یا اراده هیأت علمی را نمی گیرد.

پیشرفت سریع رشته ریاضی و افزایش دائمی بازتدریس، به اکثر اعضای هیأت علمی مجال آن را نمی دهد که کیفیت کار خود را در آموزش بالا ببرند. اما نداشتن وقت تنها علت نیست؛ علت دیگر فقدان انگیزه درونی است. اگر تأکید گذشته بنیاد ملی علوم بر بورسیه های تحقیقی همچنان ادامه یابد، این تمایل طبیعی رؤسای دانشکده ها و کمیته های رسمی کردن اعضای هیأت علمی تقویت می شود که به عنوان محک ارزش افراد دانشگاهی، بر تحقیقات چاپ شده بیش از هر چیز دیگر تأکید کنند. اگر بخواهیم آموزش دوره کارشناسی بهتر شود باید معیار سیستم پاداش دانشگاهی را چنان تعیین کنیم که تعادل بیشتری بین تحقیق و آموزش برقرار شود.

تحقیق به خاطر ذات تحقیق، مستقیماً به پیشرفت بنیاد ملی دانش منجر می شود. اما صحبت من درباره بورسیه های در خدمت آموزش است. درباره پای بین دو وظیفه اساسی نظام آموزشی ماست که غیر مستقیم ما را به سوی تحقیقات آینده می برد. به ویژه در ریاضیات ما نیاز است بر نامه هایی از بنیاد ملی علوم هستیم که این پلها را بسازند.

### پیشنادهای عملی

نخست پیشنهاد می کنم که اعطای بورسیه های بنیاد ملی علوم به هیأت علمی بر اساس نظام رقابت باشد؛ از این بورسیه ها به تعداد کافی اعطا شود تا متقاضیان زیادی را جلب کند، و برای منظرهای متنوعی در نظر گرفته شود تا موجب پیشبرد اهداف متعددی گردد، از قبیل: بر نامه ریزی، پروژه های دانشجویی، مسافرت های علمی، کمک به تحقیق، نیازهای کامپیوتری، این بورسیه ها باید اختصاصاً به پروژه هایی تعلق گیرد که هدفشان بهبود آموزش دوره کارشناسی است؛ شکی نیست که این بورسیه ها در سراسر کشور تأثیر عمده ای بر کیفیت کار هیأت علمی ریاضیات دانشگاه خواهد داشت.

صرف درخواست بورس، آغاز خوبی است برای اجرای یک برنامه صحیح در جهت ارتقای کیفیت کار هیأت علمی؛ در موارد بسیاری می توان بورسیه های محلی اعطا کرد، حتی اگر درخواست کننده چندان واجد شرایط نباشد. پرداخت های ثابت، آنهایی را که سخت نیازمند حمایت هستند، اعضای جوانتر هیأت علمی مؤسسات کوچکتر یاری خواهد کرد. با اسناد کردن بورسیه های مالی و تعیین جزئیات

ریاضی ما تا حدود زیادی از همگامی با تأثیرات عظیم کامپیوتر عقب مانده اند، و رابطه آنها، به سبب نداشتن وقت مطالعه برای توسعه معلومات تخصصی، با مرزهای سریعاً پیشرونده حوزه تخصصشان قطع شده است. در نتیجه برنامه های را تدریس می کنند که بیشتر درسهایش یا بیش از حد ابتدایی هستند و یا زیاده قدیمی شده اند. گرچه این توصیف، اغلب دانشگاههای پژوهشی و کالجهای خوب ادبیات و علوم را شامل نمی شود، اما معتقدم که ارزیابی منصفانه ای است از وضع ریاضیات در اکثریت قابل توجه کالجهای دو و چهار ساله کشور، که در آنها بخش عظیمی از دانشجویان ما آموزش می بینند.

برای اینکه ریاضیات دوره کارشناسی دوباره جان بگیرد، لازم است در کالجها و دانشگاههای سراسر کشور برنامه هایی اجرا شوند که با مرزهای پیشرفته ریاضیات محض و همچنین کاربردها ارتباطی نزدیک داشته باشند. در هر مؤسسه ای - نه تنها در هر کلی یا هاروارد، سینت اولاف یا هر کالج خوب دیگری - لازم است دانشجویان ببینند که ریاضیات یک نظام فکری فعال و در حال رشد است و در آن مسائل حل نشده مشکلی وجود دارند که شایان بذل توجه جدی هستند. این هم مربوط به دانشمندان و مهندسان آینده است و هم به ریاضیدانان آینده؛ هم مربوط به کلا و پرشکان است و هم به مسئولین آموزش و وزرا. لازم است تحصیل کرده ها بدانند که ریاضیات پویاست و کاربردهایش واقعاً اهمیت دارند. به تمام آن دلایلی که از قدیم تدریس خوب را بر مطالعه

کافی و تحقیق استوار کرده است، ضروری است که اعضای هیأت علمی دوره کارشناسی در حرفة خود همواره فعال بمانند. اگر بخواهیم واقع بین باشیم باید اعتراف کنیم که تنها معدودی از افراد ممتاز به راستی مرزهای پژوهش ریاضی را پیش می برند - و امکان استفاده از حداکثرهای معمول بنیاد ملی علوم و سایر سازمانها را دارند. از بررسیهای اخیر نتیجه شده است که در حدود دهم درصد اعضای تمام وقت گروه های ریاضی کالجها با جدیت به تحقیقات قابل انتشار، قابل رقابت، و درجه اول مشغول اند. دادن بورس ریاضی به اکثریت قابل توجه هم لازم تر است و هم بیشتر مناسب دارد، زیرا انگیزه ای است برای اندیشیدن، مشوقی است برای خوب درس دادن، عاملی است برای جلب دانشجویان حرفة ریاضی، و هم وسیله ای است برای گنجایندن پیشرفتهای جدید در برنامه دوره کارشناسی.

تحقیق در ریاضیات شبیه به تحقیق در علوم تجربی نیست. در حالی که تحقیق در دوره کارشناسی در اکثر پروژه های آزمایشگاهی شیمی، زیست شناسی، یا فیزیک می تواند موفق باشد، تحقیق در ریاضیات به قدری از برنامه درسی دوره کارشناسی دور شده است که از بورسیه های پژوهشی معمول بنیاد ملی علوم بهره مستقیم بسیار اندکی عاید دوره کارشناسی می شود. بررسی انتشارات ریاضی، برهان قاطعی بر این مدعا است؛ به ندرت می توان مقاله ای در ریاضی یافت که یکی از نویسندگان دانشجوی باشد. خواه از دوره کارشناسی، خواه از دوره های بالاتر. استثناهای کمی در ریاضیات کار بردی، در آمار، و در زمینه های جدید ریاضیات ترکیبیاتی وجود دارند. اما قاعده کلی این است که دانشجویان دوره کارشناسی نه قدرند به صورتی فعال در تحقیق استادان خود شرکت کنند، و نه آن را می فهمند. برنامه های حمایت از ریاضیات دانشگاهی باید این تفاوت اساسی را در نظر داشته باشد.

کلید جان تازه بخشیدن به ریاضیات دانشگاهی، وجود یک هیأت علمی است که از نظر ذهنی زنده باشد. این برای بعضی به معنای تحقیق کردن و برای بعضی دیگر به معنای مسأله حل کردن است. عده ای هم ممکن است به نوسازی برنامه بپردازند، پیشرفتهای جنبی را به رشته های جدیدی تبدیل کنند، به معرفی روشهای کامپیوتری بپردازند، یا مؤسسه های

کنند که آموزش دورهٔ کارشناسی با پژوهش متفاوت است. رابطهٔ بین پژوهش و تدریس در ریاضی، نظیر رابطهٔ بین این دو در علوم دیگر نیست؛ نقش ریاضی به عنوان شاوود علوم و مهندسی نظیر ندارد؛ و اهمیت مطلق آموزش ریاضی (در دانشگاه و قبل از آن)، به آن مقامی ممتاز می‌دهد. به این دلایل، لازم است که بنیاد از اشخاصی که در ریاضیات دورهٔ کارشناسی تجربهٔ زیادی دارند، پیوسته نظر خواهی کند. نهمهات در تحقیق، قضات صحیح در مسائل را تضمین می‌کند، نه تجربه در علوم آزمايشگاهی را هتعی خوبی برای تشخیص نیازهای علوم ریاضی است. بنا بر این چهارمین و ضرورترین توصیه‌ام این است: اطمینان حاصل کنید که بررسی کنندگان طرحهای بنیاد ملی علوم، اعضای کمیته‌های مشورتی و کارمندان اداری، طوری انتخاب شوند که بتوانند نظری صائب و منصفانه بدهند، و در بین آنها تعداد مناسبی از افراد با تجربه در ریاضیات دورهٔ کارشناسی وجود داشته باشند.

**نتیجه**

جامعهٔ ریاضی خود این ضرورت را دریافته است که باید با اقدامی هماهنگ توجه انظار را به واقعیات اساسی ریاضی و آموزش ریاضی جلب کرد: ریاضیات در علوم نقش بنیادی دارد، در حال تغییر سریع است، و از دوستان تا بالاترین سطح ساختاری یکپارچه دارد. متناسفانه جدایی تاریخی آموزش از پژوهش هنوز در نحوهٔ تخصیص کمکهای مسالی بنیاد و همچنین در روش رسمی کردن و ارتقای هیأت علمی دانشگاهها ادامه دارد. ایمن تقسیم بندی، در زمانی که سازمانهای مختلف ریاضی با شدت می‌کوشند که شکاف بین پژوهش و آموزش علوم ریاضی را پر کنند، هم يك اشتباه تاریخی است و هم يك مانع. بزرگترین خدمتی که بنیاد ملی علوم می‌تواند برای ریاضیات دورهٔ کارشناسی انجام دهد، این است که بدرقع این جدایی کمک کند.

ترجمهٔ منوچهر وصال

• "NSB: Issues in undergraduate mathematics", *Notices of the American Mathematical Society*, (2) 33 (1986) 239-246.

فرایند انتخاب (شاید با انعقاد قراردادهای خاص با انجمنهای علمی)، بنیاد می‌تواند افراد زیادی را مورد حمایت قرار دهد و بدین وسیله سبب شود تعداد زیادی از افسراد میادرت به درخواست بورس کنند. ایده‌آل این است که بورسهای زیادی اعطا شوند. حتی به گروههایی کمچین بورسهایی را بیاد ندارند. محلهایی که این بورسها بیشترین تأثیر را بدجای می‌گذارند.

راه دیگری هست که تأثیرش روی استادان کشور در ارائهٔ برنامهٔ آموزشی جدید و جذاب، فوری و فوق‌العاده است: روی میز همهٔ مدرسان ریاضی کالجها و دانشگاهها يك پایانهٔ کامپیوتری قدرتمند بگذارید. استادان ریاضی کالجها آن قدر وارد هستند که خود طرز استفاده از آن را بیاموزند و از آن پس به طریقی دیگر و با تأثیر بیشتری بیشتر آن را به دانشجویمان درض دهند. من این را نه به عنوان يك برنامهٔ تکمیل تجهیزات آموزشی، بلکه به عنوان راهی ابتکاری که اثری حیاتی و فوری بر تعالی هیأت علمی دارد، پیشنهاد می‌کنم. در يك برنامهٔ درازمدت، هر مؤسسه باید همان طور که امروز میز و ماشین تحریر فراهم می‌کند، کامپیوتر در اختیار استادان خود بگذارد. اما فعلاً بنیاد می‌تواند با يك حرکت دلیرانه، بدون بررسی سختگیرانه و بدون قبول تعهد دائمی، توان آموزشی همهٔ استادان ریاضی این کشور را افزایش دهد.

سوم، برای افزودن قدرت منابع محدود بنیاد ملی علوم، دسترسی به استادان زیادی که هیچگاه با سازمانهای دولتی کاری ندارند به نظر عاقلانه می‌رسد که از تجارب سازمانهای حرفه‌ای موجود (نظیر انجمن ریاضی امریکا و غیره) که گر ده‌ها میهن، انتشارات، و فعالیت‌های خدمت‌امی آنان هم اینک از تشکیلات وسیع و مؤثری برخوردار است، استفاده شود. برنامهٔ کنونی دورهٔ کارشناسی ریاضی که تقریباً در تمام مؤسسات اجرامی شود، نتیجهٔ کوششی است که بسا حمایت بنیاد ملی علوم، در دوران بعد از اسپوتنیک، برای استفاده از نفوذ انجمنهای حرفه‌ای در تنظیم يك برنامهٔ جدید به عمل آمده است. حالا هم برای اینکه مدرسان سراسر کشور را درگیر کاری کنیم که با کمترین هزینهٔ بیشترین سود عاید شود، لازم است به‌عملی مشابه دست بزنیم.

بالاخره برای اینکه هر يك از این پیشنهادها عملاً مؤثر باشند، بنیاد باید تصدیق کند که ریاضی با علوم دیگر تفاوت دارد، و توجه