

گزارشی از نظام آموزشی ریاضیات در آمریکا

در مدرسه و دانشگاه

آرش رستگار

دانشگاه صنعتی شریف

مقدمه و تجربیات شخصی

در ژانویه سال ۲۰۱۴ به عنوان عنصری از هیأت ایرانی که توسط فرهنگستان ریاضیات انتخاب شده بود به دعوت آکادمی علوم آمریکا NAS باز دیدی یک ماهه از چندین شهر دانشگاهی و مدارس و دانشگاه ها و مراکز تحقیقاتی ریاضی و موسسات توسعه ریاضیات و انجمن ریاضی آمریکا داشتم و در گردهمایی سالانه انجمن ریاضی آمریکا شرکت کردم. از سپتامبر ۲۰۱۴ به مدت دو سال در دانشگاه پرینستون اقامت داشتم و از سپتامبر ۲۰۱۶ به مدت دو سال به عنوان عضو موسسه تحقیقاتی مطالعات عالی پرینستون مشغول به تحقیق بودم و سپس در ژوئن ۲۰۱۸ یکسال دیگر به دانشگاه پرینستون برگشتم. در این مدت در مقاطعی کوتاه در کالج های نیوجرسی تدریس می کردم و مدتی هم در یک مدرسه اسلامی نزدیک پرینستون مشغول به کار شدم. به جز تجربه تدریس خصوصی در تمام سطوح دبستان تا دبیرستان و هم در سطح دانشگاهی و کار با دانش آموزان عادی و مستعد و المپیادی و حتی تدریس به دانش آموزانی با بیماری های خاص مانند اتیسم، دیسلکسیا، دیسگرافیا و دیسکلکولیا و به خاطر فرزندانم که ۵ سال در مدارس دولتی و هم در مدارس دانش آموزان خاص به تحصیل پرداختند با نظام آموزش آمریکا از نزدیک آشنایی پیدا کردم و از این رو تصمیم دارم مشاهدات و تجربیات خود را تا آنجا که به خاطر می آورم در غالب مقاله ای در دسترس علاقمندان قرار دهم تا شاید با مقایسه این نظام آموزشی با نظام آموزشی ایران و مطالعه شباهت ها و نقاط افتراق بتوان تحولاتی را در ساختار آموزش ریاضیات مدرسه ای و ساختار آموزش ریاضیات در دانشگاه ها پیشنهاد کرد که به نظام آموزشی ایران خدمت نماید.

لازم می دانم تجربیات خودم را در آموزش ریاضی در ایران را نیز مرور کنم تا خواننده نا آشنا بدانند که در معرض چه مقایسه ای قرار گرفته است. در سال ۱۳۸۰ سرپرست دفتر تألیف کتب درسی ایران شدم و تا دو

سال اولین راهنمایی ریاضیات مدرسه ای گروه ریاضی ایران را از پیش دبستانی تا دبیرستان با همکاری چندین تن از ریاضی دانان و متخصصان آموزش ریاضی و معلمان تدوین کردیم. تاکنون در تألیف چند کتاب ریاضیات دبستان و راهنمایی و دبیرستان همکاری داشته ام. تعداد نسخ چاپ شده از این کتب درسی بالغ بر ۶۰ میلیون می باشد. ده سال سرپرست تیم المپیاد ریاضی ایران و عضو ژوری بین المللی این مسابقات بوده ام. در ضمن در تربیت بیش از چهل ریاضی دان توانای ایرانی شرکت جسته ام که اکثر آن ها از دانش آموزان المپیادیم بوده اند. در بین این دانش آموزان نام مرحوم مریم میرزاخانی که موفق به کسب مدال فیلدز از انجمن بین المللی ریاضی دانان شدند می درخشد. واضع یک نظریه آموزشی ریاضی شناخت شناسانه هستم که در طراحی کتب درسی دبستان هم اکنون به کار رفته است و مقالات فراوانی در فلسفه ریاضی و فلسفه علم نوشته ام که به زبان فارسی و انگلیسی نظریات تئوری پردازانه ام را در آنها توصیف کرده ام.

مؤلف کتبی در آموزش ریاضی، فلسفه ریاضی، فلسفه علم، انسان شناسی و تعلیم و تربیت نیز بوده ام که نشان می دهند فکر ریاضی را از چه دیدگاه هایی می شناسم و آموزش ریاضیات را چگونه تعریف می کنم. هم اکنون به عنوان عضو هیأت علمی دانشکده ریاضی دانشگاه صنعتی شریف مشغول به تدریس و تحقیق می باشم و اغلب از پژوهشگاه علوم فیزیک نظری و ریاضیات IPM بازدید به عمل می آورم.

۰. ریاضیات مدرسه

ریاضیات دبستان در کشور آمریکا از سطح متوسطی برخوردار است. اغلب مدرسه ها کتاب درسی خاصی در سطح دبستان ندارند و از راهنمای برنامه درسی Common Core پیروی می کنند. معلمان همگی حداقل مدرک کارشناسی دارند و دوره آموزشی معلمی را پشت سر گذرانده اند. در بعضی مدارس ابتدایی معلمان ریاضی از سایر معلمان جدا هستند و دانش آموزان با چند معلم سر و کار دارند سطح آموزشی ریاضی ایران در دبستان از لحاظ کیفیت و کمیت آموزش و از لحاظ استاندارد های آموزشی از کشور آمریکا بالاتر است اما سطح معلمان ریاضی بسیار پایین تر از مدارس آمریکا هستند.

سطح ریاضیات راهنمایی در کشور آمریکا با دوره متوسطه اول قابل مقایسه است. همه معلمان ریاضی در این سطح دارای مدرک کارشناسی در ریاضیات هستند و دوره آموزشی معلمی را هم دیده اند. بسیاری از معلمان در کلاس دستیار دارند و از امکانات آموزشی الکترونیک بسیار بهره می برند. کتاب درسی بسیار مفصل

است به طوری که خریداری آن بسیار گران تمام می شود. از این رو دانش آموزان کتب قدیمی استفاده شده توسط دانش آموزان سال قبل را مورد استفاده قرار می دهند.

سطح ریاضیات دبیرستان بسیار بالاتر از ریاضیات دبیرستانی در ایران است اما هر دانش آموزی مجبور نیست تا بالاترین سطح ریاضی را بیاموزد. حتی کلاس هایی برای آموزش حسابان دانشگاهی و جبر خطی و حسابان چندمتغیره در بسیاری مدارس برگزار می شود. دانش آموزان مستعد در ریاضیات هیچ مشکلی برای تحصیل در ریاضیات ندارند. معلمان ریاضی در سطح دبیرستان اکثرا مدرک کارشناسی ارشد دارند و در بسیاری مدارس تراز اول معلمان مدرک دکترای ریاضی دارند و حقوق خوبی نیز دریافت می کنند که با حقوق دانشگاهی قابل مقایسه است.

ریاضیات دبیرستان در ایران در نظام آموزشی جدید افت قابل توجهی داشته است. به طوری که به سختی حتی به مفهوم مشتق پرداخته می شود. اما در آمریکا همه دانش آموزان مهارت های تجزیه چند جمله ای های درجه ۵ یا ۶ و رسم نمودار توابع پیچیده به کمک مشتق و محاسبه انتگرال های توابع یک متغیره را به خوبی می آموزند. قاعده علامات دکارت را به کار می گیرند و بسیاری از دانش آموزان در هر مدرسه ای حتی حسابان چند متغیره را می آموزند یا اجازه دارند درس خود را در دانشگاهی در نزدیکی مدرسه شان بگذرانند. به علاوه به جنبه های کاربردی ریاضیات در حسابان و هم در حساب احتمالات توجه بسیاری می شود. به طوری که ترجمه اطلاعات یک مسئله از زندگی روزمره به زبان ریاضی بسیار مورد تأکید قرار می گیرد. نقدی هم بر نظام آموزشی دبیرستان وارد است و آن این که با توجه به اینکه کاربرد نرم افزارها و زبان های برنامه نویسی بسیار در این جوامع رایج است اما آن طور که باید هنوز از امکاناتی که تکنولوژی مدرن در اختیار آموزشگران قرار می دهد به طور همه گیر استفاده نمی شود. هستند مدرسی که در آن هر کسی یک تبلت دارد و تمام محتوای درسی روی تبلت سوار شده است. حتی پروژه های هنری را دانش آموزان روی تبلت انجام می دهند اما از این محیط برای یادگیری حسابان با کمک حرکت اشکال هندسی و رسمی تابع در بستر زمان استفاده نمی شود. نرم افزارهای زیادی مانند متلب (matlab) و میپل (maple) وجود دارند که دست معلم را برای آموزش مفاهیم پیچیده حسابان باز می کنند. ولی استفاده از این نرم افزارها و برنامه های آموزشی به هیچ وجه همه گیر نیست و طرفداران فراوانی ندارد.

۱. مسابقات ریاضی

دانش آموزانی در سطوح مختلف در مسابقات فراوانی که از طرف انجمن ریاضی برگزار می شود شرکت می کنند . برای مثال AMC12 , AMC10 , AMC8 در سطح ریاضیات کلاس های به ترتیب هشتم، دهم و دوازدهم برگزار می شود اما هر کسی اجازه دارد بنا بر توانایی هایی خودش در این امتحانات شرکت کند. مثلاً دانش آموزان کلاس های ششم تا هشتم می توانند در AMC8 ثبت نام کنند و دانش آموزان کلاس ششم تا دهم می توانند در AMC10 شرکت کنند و همه می تواند در AMC12 شرکت کنند.

بسیاری از دانش آموزان دوره راهنمایی که در AMC8 نمره می آورند در AMC10 یا در AMC12 شرکت می کنند. پس از این مرتبه از مسابقات دانش آموزان برتر در مسابقات ARML شرکت می کنند. سوالات ARML , AMC تستی هستند اما وقت پاسخگویی به سوالات ARML بیش تر از AMC می باشد. نخبگان ARML در USJMO شرکت می کنند که سوالات آن به سبک سوالات المپیاد ریاضی جهانی است و منتخبان برای شرکت در دوره های تابستانی آمادگی برای المپیاد انتخاب می شود که در نهایت تیم المپیاد ریاضی از بین این دانش آموزان انتخاب می شود. نظام آموزشی این دوره ها از کتاب های هنر حل مسئله پیروی می کند که در سال های اخیر موجب بالا رفتن رتبه بین المللی تیم المپیاد ریاضی کشور آمریکا گردیده است. مسابقات دیگری نیز در سطح کل کشور برگزار می شود از جمله AHSME که مخفف American high school mathemachics examition است . نتایج این مسابقات و رتبه دانش آموزان برای انتخاب دانشگاه ها توسط دانش آموزان اهمیت ویژه ای دارد که دوباره ساختار ارزشیابی ریاضی در مدارس آمریکا سخن خواهیم گفت.

۲. ارزشیابی ریاضی

در سطح دبستان ارزشیابی ریاضی به صورت چک لیست و مهارتی است . معلم بررسی می کند که لیستی از مهارت های ریاضی توسط دانش آموز آموخته شده است. امتحان یا آزمونی در مدرسه برگزار نمی شود به جز آزمونی سرتاسری که به طور آنلاین در تمام استان برای مقایسه کار کرد راندمان مدارس برگزار می شود. در سطح راهنمایی ارزشیابی هایی متنوعی انجام می شود و سر آخر نمره ای نهایی به دانش آموز اعلام می شود که در دسترسی اولیاء دانش آموز قرار می گیرد. یعنی معلوم نیست چه کسی شاگرد اول است یا شاگرد آخر و بالاترین نمره و پایین ترین نمره چه نمره ای است. اما توزیع نمرات برای مدرسه بسیار مهم است و اگر توزیع

نمرات یک کلاس مطابق خواسته مدرسه نباشد معلم را مورد استنتاج قرار می دهند. این طور فرض می کنند که ارزشیابی استاندارد نبوده است به خصوص در مدارس غیر انتفاعی این نکته بسیار مهم تلقی می شود که امتحان بیش از اندازه سخت نباشد. این مسئله در عمل سطح علمی این مدارس را پایین می آورد. چرا که معلمان سعی می کنند چنان سوالات را طراحی می کنند که مطمئن باشند دانش آموزانی در کلاس درشان قادر به پاسخگویی خواهند بود. حتی ناچارند به نوعی قبل از امتحان اطمینان حاصل کنند که نوع سوالات مطرح شده برای دانش آموزان حل شده است و لذا از سوالات ابتکاری و خلاقانه در امتحانات ابدأ خبری نیست. البته دانش آموزان در مورد این که دروس ریاضیات را در چه سالی بردارند و امتحان بدهند آزادی هایی دارند و برای مثال یک دانش آموز می تواند اولین درس ریاضی دبیرستان را در سال دوم شرکت کند. به جز آزمون های مدرسه، آزمون هایی سرتاسری در استان برگزار می شود تا مطمئن شوند سطح علمی مدارس از کمیته استاندارد لازم برخوردار است. به جز این امتحان سرتاسری آزمون های مستقل SAT , ACT توسط شرکت های خصوصی مستقل برگزار می شود که اطلاعات و نتایج امتحانات دانش آموزان به دانشگاه های دانش آموز برای شرکت در آن ها درخواست داده می شود فرستاده می شود و نقش مهمی در فرآیند قبول دانش آموزان در سطح دانشگاه ها خواهد داشت.

امتحان سراسری SAT , ACT هر سه ماه یکبار در سطح ملی برگزار می شود و نتایج آن تا دو سال معتبر است و دانش آموز می توان این امتحانات را در سال سوم یا چهارم دبیرستان یعنی هر موقعی در دو سال آخر تحصیل که آمادگی داشته باشد بگذراند. این از فشار و استرس امتحان بسیار می کاهد چرا که دانش آموز می تواند چند بار در این آزمون های شرکت کند و بهترین نتیجه را به دانشگاه ها گزارش دهد.

برای قبولی در دانشگاه ها توصیه نامه های معلمان و پروژه های دانش آموزی و معدل نمرات سال های آخر تحصیل نقش مهمی در پذیرش دانش آموزان ایفا می کنند. دانش آموزانی که نمرات پایینی در درس های ریاضی اخذ کرده اند گاهی پس از قبولی در دانشگاه ناچارند این دروس را مجدداً بگذرانند و نمره آن ها به حد نصاب برسد. در بسیاری دانشگاه های خصوصی و مدارس خصوصی مرکز برگزاری امتحانات به طور مستقل عمل می کند و دانش آموزان هر گاه آمادگی داشته باشند برای شرکت در هر امتحان داوطلب می شوند. برخی دانش آموزان نیازهای خاصی دارند مثلاً کند خوان یا کند نویس هستند یا دستشان شکسته و نمی توانند بنویسند که در این صورت در مرکز برگزاری امتحانات شرایط خاصی برای ایشان در نظر گرفته می شود. مثلاً

وقت بیشتری برای امتحان دادن در اختیار دانش آموزان قرار می دهند یا کسی را در اختیار دانش آموز می گذرانند تا به جای او بنویسد و یا اگر دانش آموزی قرار باشد با جزوه باز امتحان دهد برای او مراقب می گذرانند و مانند آن.

در بسیاری از دانشگاه ها از کد اخلاقی برای جلوگیری از تقلب استفاده می شود . به آن معنی که دانش آموزان به شرف خود قسم می خورند که از موارد اخلاقی که از قبل مشخص و تعیین شده است پیروی کنند و اگر دانش آموزی قسم خود را بشکند و تقلب بکند یک کمیته از خود دانش آموزان به وضعیت او رسیدگی خواهد کرد و او را تنبیه خواهند کرد. این تنبیهات به طوری طراحی شده اند که عملاً دانش آموزان از تقلب خودداری می کنند.

۳. ورود به دانشگاه

از روش های بسیار متنوعی می توان وارد دانشگاه ها و کالج ها شد. بعضی برای آموختن حرفه ای خاص و یا گذراندن دوره ای تخصصی به کالج می روند و مدرک می گیرند. معمولاً مدرک کارشناسی در دانشگاه های بزرگ ارائه می شود که امکان ادامه تحصیل در سطح کارشناسی ارشد نیز برای آن ها وجود دارد. بعضی دانشگاه ها تنها در بعضی رشته های خاص دانشجویی می گیرند. برای مثال دانشگاه پرینستون در رشته های پزشکی و حقوق دانشجویی نمی گیرد. اما بسیاری از کسانی که می خواهند در رشته پزشکی ادامه تحصیل دهند در دانشگاه یک مدرک کارشناسی می گیرند که دوره پیش پزشکی ایشان محسوب می شود. این طرفندی بسیار کار آمد است تا پزشکانی با تخصص های متنوعی نیز آشنایی داشته باشند. برای مثال بسیاری از پزشکان در رشته های بهداشت، زیست شناسی، مهندسی برق، مهندسی مکانیک، مهندسی دستگاه های پزشکی، شیمی و رشته های مربوط به پزشکی تحصیل می کنند تا بعد برای دوره های پزشکی آماده شوند و بتوانند تحقیقات بین رشته ای پزشکی را به انجام برسانند. مطالعات ریاضی در بسیاری از رشته های مختلف پیش نیاز دروس مربوطه هستند. دروس ریاضیات یک متغیره و چند متغیره و جبر خطی و معادلات دیفرانسیل و پاره ای دیگر از دروس سرویس برای دانشجویان دوره کارشناسی ارائه می شود تا به فراخور نیازهای علمی و پیش نیازهای دروس تخصصی خود در این دروس شرکت کنند. البته مطالعات دانش جویان در سطح کارشناسی به هیچ وجه به دروس تخصصی محدود نمی شود. بلکه دانش آموزان برای زندگی شهروندی و یک سطح فرهنگی دانشگاهی دروسی می گذرانند و مطالعاتی می کنند. هر دانش آموز برای هر درس از این نوع هر هفته دو یا سه کتاب را

باید مطالعه کند و خلاصه سازی کند. دروسی درباره اقتصاد، زبان های خارجه و زبان های باستانی و تاریخ، روان شناسی، جامعه شناسی و ادبیات و مانند آن کامل کننده پختگی فرهنگی دانشجویان خواهد بود که البته در ثبت نام در این دروس آزادی و اختیار دارند و مجبور به گذراندن درس خاصی نیستند.

بسیاری از کسانی که معلم دبستان هستند در رشته تعلیم و تربیت مدرک کارشناسی گرفته اند. مدرک کارشناسی تعلیم و تربیت و آمادگی معلمان مدرکی است که در بسیاری از کالج ها به عنوان مدرک کاربردی قابل تحصیل است. بسیاری از کسانی که می خواهند شغل خود را عوض کنند و به کار جدیدی مشغول شوند در دوره های مدارک کاربردی کالج ها شرکت می کنند. این افراد لزوماً در سنین جوانی نیستند. بسیاری از دانشجویان کالج ها میانسال و یا حتی گاهی کهنسال هستند. بسیاری در عین کار، در کلاس های کالج شرکت می کنند تا حقوق بیشتری دریافت کنند یا شغل خود را عوض کنند. بر خلاف دانشگاه های بزرگ بیشتر دانشجویان کالج ها از مردم همان منطقه هستند که با کمک وام های دولتی و غیر دولتی هزینه کالج خود را می پردازند. هزینه دانشگاه های دولتی و غیر دولتی در آمریکا هر دو بسیار بالاست و از حد توانایی بسیاری خانواده ها بالاتر است. این است که برخی دانشگاه های درجه یک بر حسب توانایی مالی خانواده دانشجویان از ایشان شهریه می گیرند. به علاوه دانشجویان معمولاً برای جبران هزینه های تحصیل به کارهای دانشجویی در دانشگاه مشغولند. پدر و مادرهایی که برای هزینه دانشگاه فرزندشان سرمایه گذاری می کنند و دور نگرتر هستند برای هر فرزندی یک خانه خریداری می کنند و سال ها اقساط آن را می پردازند تا هنگام تحصیلات دانشگاهی ایشان این منزل را بفروشند و هزینه تحصیل فرزندشان را فراهم کنند. اصولاً تحصیل در دانشگاه مختص طبقه متوسط به بالاست که معمولاً خود پدر و مادر تحصیلات دانشگاهی داشته اند. دانش جویانی که پدر و مادر آن ها به کالج یا دانشگاه نرفته اند دانشجویان نسل اول نامیده می شوند و از سطح علمی پایینی برخوردارند و در کالج های به خصوصی تحصیل می کنند.

۴. آموزش ریاضیات در سطح کارشناسی

در سال های ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۹ در دانشگاه پرینستون حضور دانستم و با دانشجویان کارشناسی و دکترای دانشگاه و اساتیدشان تماس داشتم و دوستی های خوبی هم برقرار کردم که تجربیاتم را در دو بخش جداگانه که یکی مربوط به دوره کارشناسی و دیگری مربوط به دوره دکتراست در میان می گذارم. دروس کارشناسی به دو دسته دروس اجباری و دروس اختیاری تقسیم می شوند. تعدادی از نسخه های اصلی کتب مرجع در

دفتر دانشکده موجود است که برای دانشجویان در دروس اجباری در اختیار ایشان قرار می گیرد و در پایان ترم پس گرفته می شود تا در ترم بعد دانشجویان از همین کتب استفاده کنند. هر درسی یک دانشجوی همکار دارد که در سطح دکترا تحصیل می کند و وظیفه دارد اوراق امتحانی و تمرینات دانشجویان را برای استاد درس تصحیح نماید.

تمامی دروس توسط اساتیدی که دکترا دارند ارائه می شود. دروس اختیاری در دو سطح کارشناسی و دکترا ارائه می شوند. دانشجویان کارشناسی موظف هستند در پایان دوره کارشناسی یک تز کارشناسی با یکی از اساتید بنویسند که حجم آن معمولاً کمتر از تز فوق لیسانس در ایران است ولی سطح آن بالاتر است و حتی گاهی تحقیقات نابی را در بر می گیرد. دانشجویان آزادی دارند در دروس دکتری نیز شرکت کنند ولی معمولاً سطح دروس کارشناسی به اندازه کافی بالا هست و این دروس ارائه شده به اندازه کافی متنوع هستند که دانشجویان به ندرت علاقه پیدا می کنند در دروس دکتری شرکت کنند. در دانشکده مراسمی برگزار می شود که دانشجویان سال بالایی و دانشجویان سال پایینی ارتباط برقرار کنند و به وسیله این ارتباط کسب تجربه کنند و این ارتباطات نقش مهمی در حفظ استانداردهای بالای آموزش در دانشکده ریاضی را ایفا می کنند.

روش تدریس در درس های سرویس با روش تدریس در درس های کارشناسی متفاوت است. در دروس سرویس چندین مثال گفته می شود و به اثبات ها تاکید نمی شود. ولی تمرینات بسیاری برای دانش آموزان حل می شود. می شود گفت ارائه دروس سرویس امتحان محور است. یعنی استاد درس را چنان ارائه می کند که دانش آموزان برای امتحان آماده شوند. در حالی که در دروس کارشناسی روش تدریس متفاوت است مطالب با طمأنینه با ارائه مثال های مهم و با تأکید بسیار بر اثبات ارائه می شود. ولی حل تمرین به عهده خود دانشجویان گذاشته می شود و استاد برای دانشجویان مسئله حل نمی کند. اما در توصیف عمیق مفاهیم کوتاهی نمی کند و از دانشجویان نیز انتظار دارد محتوا را در سطح بالایی درک کنند و امتحان نیز در سطح بالایی از دانشجویان پاسخ می طلبد. در سطح دکترا دروس بسیار خلاصه و سریع ارائه می شوند و جزئیات به عهده شنوندگان است و حتی استاد منبعی برای مطالعه ارائه نمی کند. و اکثر درس هایی که ارائه می شود آن قدر جدید و نو هستند که منبعی برای آن ها وجود ندارد.

شرکت کنندگان در کلاس های دکترا اکثراً محققان جوان هستند و تک و توکی دانشجویانی شرکت می کنند که می توانند درس را آن طور که باید درک کنند. البته در سال های اخیر دروس سطح پایین تری که

دانشجویان دکتری را برای تحقیق آماده می کند نیز ارائه می شود. دروس دکترا امتحان ندارند و معمولاً دانشجویان در یک امتحان شفاهی بسیار دشوار مجوز پیدا می کنند دوره تحقیقاتی خود را شروع کنند. در بعضی دانشگاه ها نیز امتحان کتبی گرفته می شود که در چند درس پایه سوالاتی از دانشجویان پرسیده می شود و باید مسائلی را در دروس عمومی مانند جبر و آنالیز حقیقی و آنالیز مختلط حل نمایند. دانشگاه هایی هم هستند که در دروس عمومی و اختصاصی به امتحان کتبی بسنده می کنند .

۵. آموزش ریاضیات در سطح دکتری

در اینجا بیشتر به روش راهنمایی دانشجویان دکترا توسط استاد راهنما خواهیم پرداخت. مسلماً این مسئله بسیار شخصی است و هر استادی راهکارهای ویژه خود را دارد. اما شاید بتوان استانداردهایی را بر شمرد که به طور عمومی درست باشند و حداقل هایی را برای بهبود سطح آموزش ریاضیات در ایران در سطح دکتری ارائه دهند.

اولاً دانش جو آزاد است استاد راهنمای خود را در هر رشته ای که دوست دارد پس از پایان امتحان جامع انتخاب کند. این طور نیست که دانشجو برای یک شاخه از پیش تعیین شده و یا برای کار با یک استاد از پیش تعیین شده پذیرفته شود. هر چند که چنین مثال هایی هم وجود دارند که کسی از اول می داند با چه کسی می خواهد کار کند و از کمک و حمایت او برای قبولی در دوره دکترا و بورس گرفتن بهره می برد. استاد از طرف دیگر در هر ترم دو درس می دهد که یک درس حتما درس دکتری و مخصوص رشته تحقیقاتی خود اوست و برای دانشجویان دکتریش ارائه می شود و نام درس مثل کرسی استاد همیشه ثابت است. مگر اینکه استاد برای فرصت مطالعاتی در یک ترم یا در یک سال تحصیلی غایب باشد که در این صورت نیز اغلب اساتید دانشجویان خود را با خود به فرصت مطالعاتی می برند. دانشجویان دکتری نیز اگر بورسیه ای از خارج از دانشگاه نداشته باشند موظف هستند به عنوان دستیار برای یک درس در هر ترم تحصیلی نقش ایفا کنند. دانشجویان دکتر سال های بالاتر گاهی اجازه پیدا می کنند که در دروس سرویس تدریس کلاسی را به عهده بگیرند. سالانه به بهترین معلم دانشجو یک جایزه اهدا می شود که هم مبلغی برای تشویق اوست و هم در رزومه کاری او برای پیدا کردن شغل در آینده مفید خواهد بود.

دانشجویان هر روزه در ساعت ۳:۱۵ بعد از ظهر در مراسم چای و قهوه که در اتاق نشیمن عمومی common room برگزار می شود پذیرایی می شوند و این فرصتی است که دانشجویان دکترا با هم دوست

شوند یا با استاد راهنمای خود قرار بگذارند و سوالاتی بپرسند. روزهای دوشنبه و چهارشنبه سنت چای دانشکده جدی تر برگزار می شود. بیسکویت و میوه هم در پذیرایی سرو می شود. چندین بار در طول ترم به بهانه های مختلف جشن می گیرند و پذیرایی ساعت چای تبدیل به یک گردهم آیی عمومی برای دانشکده می شود. این سنت ساعت چای باقیمانده از سال هایی است که موسسه تحقیقات عالی پرینستون در دانشکده ریاضی حضور داشت و پس از انتقال آن ها به ساختمان جدیدشان دانشکده ریاضی این سنت را حفظ کردند و هر روز بعد از ظهر چند سخنرانی تحقیقی برگزار می شود که معمولاً بعد از ساعت چای برگزار می شوند. هر شاخه ای دو روز را برای سخنرانی های آن رشته اختصاص می دهد و برای دعوت سخنرانان از دانشگاه بودجه می گیرند. سخنرانی عمومی دانشکده یک روز در هفته در یک سالن بزرگ برگزار می شود و ظهر آن روز با پذیرایی نهار سخنران، دانشجویان دکترا را برای فهم مقدمات سخنرانی بعد از ظهرش آماده می نماید. دانشجویان دکترا نیز گرد هم آیی هایی دارند که در آن برای تحقیق و سخنرانی دور هم جمع می شوند و به خرج دانشکده برای ایشان پیتزا تهیه می شود. پس از سخنرانی های مهم در بعضی رشته ها سخنران همراه با اساتید مربوط به آن رشته و بعضی دانشجویان دکترا در یکی از رستوران های شهر و به صرف شام دعوت می شوند تا درباره مباحث مطرح شده در سخنرانی تبادل نظر کنند. خرج این شام به عهده دانشکده است و دانشجویان برای آن چیزی پرداخت نمی کنند. بعد از ظهر آخرین روز هفته نیز یک گردهم آیی عمومی اساتید و دانشجویان دکتری برگزار می شود تا ایشان با هم بهتر آشنا شوند و پذیرایی این گرد هم آیی نیز توسط دانشکده حمایت می شود.

۶. موسسات تحقیقات ریاضی

در سال های ۲۰۱۶ تا ۲۰۱۸ در موسسه مطالعات عالی پرینستون IAS مشغول به تحقیق بودم که جو تحقیقاتی در آن بسیار عالی تر از دانشگاه پرینستون و دانشگاه هاروارد و دانشگاه استنفورد و دانشگاه های تراز اول مشابه بود. در مورد تجربیات در این موسسه مقاله ای نوشته ام که گزارشی کوتاه از این دوره را ارائه داده ام. در خبر نامه IPM چاپ شده است. اما سعی می کنم از برخی مشخصات این موسسه که به تحقیقات ریاضی مربوط می شوند در اینجا یاد کنم. به جز جنگل و فضای سبز و دریاچه زیبایی که در کنار موسسه وجود دارند و برای قدم زدن و تفکر بسیار مناسب می نماید، کتابخانه ای بسیار غنی با کتب قدیمی و جدید برای رشته های ریاضی و فیزیک با سقف بسیار بلند همراه با یک سالن مطالعه و یک مخزن مجلات که تقریباً

کامل است، در اختیار محققین ریاضی قرار داشت. در ساعت ۳ هر روز کاری ساعت چای با ارائه میوه و شیرینی جات و چای و قهوه همه محققان رشته های مختلف را در کنار هم جمع می کرد و ایشان را با افراد دیگر که پشت صحنه ذهنی بسیار متفاوتی با ریاضیدانان داشتند آشنا می کرد. در بسیاری روزها قبل و بعد از ساعت چای سخنرانی ریاضیدانانی برگزار می شد که معمولاً توسط متخصصی فیلم برداری می شد و در سایت IAS به نمایش گذاشته می شد. چندین بار در سال کنفرانس های تحقیقی یک روزه و دو یا سه بار در سال کنفرانس های تحقیقی سه روزه یا یک هفته ای برگزار می شد و افرادی از خارج از موسسه در این کنفرانس ها به عنوان مهمان شرکت می کردند و پذیرایی می شدند. شب ها این میهمانان در هتل های نزدیک موسسه اقامت می کردند و از سرویس رفت و آمد موسسه برای آمدن به موسسه و بازگشت به هتل استفاده می کردند. موسسه مطالعات عالی یک بخش ریاضی مجزا نیز داشت که دارای اتاق نشیمن عمومی مخصوص به خود بود و به جز صندلی های راحتی شطرنج و بازی های مختلف فکری و دستورزانه و مجلات عمومی برای مطالعه قرار داشت که در کنار بالکنی با منظره ای چشم نواز به ریاضی دانان آرامش می داد. اکثر اساتید اتاق های تک نفره داشتند و اتاق های اساتید اصلی موسسه شاید دو یا سه برابر دفاتر معمولی بود. تا جایی که می دانم بخش ریاضی رئیس نداشت و تصمیمات را با رای گیری به صورت ایمیلی اتخاذ می کردند. برای بسیاری از این تصمیمات محدودیت بودجه وجود داشت و به دلیل کمبود بودجه بسیاری از کارهایی که مورد نظر اعضای بخشی ریاضی بود به صورت عملی تحقق پیدا نمی کرد. موسسه، ارتباط خود را با محققینی که هر ساله بخش ریاضی را ملاقات می کردند حفظ می کرد. چند هفته اول هر سال به ارائه تحقیقات بازدید کنندگان سالانه موسسه می گذشت تا جمع محققان از کارهای تحقیقاتی یکدیگر اطلاع پیدا کنند و هم رشته های خود را بهتر بشناسند. هر سال اکثر بازدید کنندگان مربوط به یک تیم تحقیقاتی خاص بودند که به یکی از اساتید دائمی موسسه مربوط می شد و کنفرانس های مربوطه نیز و در کنار آن سخنرانان مدعو اکثراً به همین تم تحقیقاتی خاص تمرکز داشتند. یک روز در هفته روز نظریه اعداد بود که اساتید دانشکده ریاضی دانشگاه پرینستون و نظریه اعداد دان های موسسه و دانشجویان دکترای این رشته در کنار هم جمع می شدند و برنامه مطالعاتی داشتند. مثلاً مقالات جدید را با هم مطالعه می کردند و برای یکدیگر سخنرانی می کردند. بعضی سمینارهای IAS نیز با دانشکده ریاضی دانشگاه پرینستون به طور مشترک حمایت می شد و یک هفته در میان در یکی از

این مراکز برگزار می شد. یک شب در هفته نیز یک گرد هم آیی دوستانی صمیمی در همراه با یک سخنرانی کوتاه غیر رسمی به صرف پنیر و آب انگور برگزار می شد که گاهی به رشته ریاضیات اختصاص داشت.

۷. بازار کار و تکنولوژی اطلاعات

خشن ترین قسمت کار یک ریاضیدان همین بازار کار است. برای به دست آوردن یک شغل خوب در رشته تحقیقاتی یک محقق، یک رزومه قوی، یک استاد راهنمای حامی، دوستان قوی و پر نفوذ و قرار داشتن در آغاز مراحل تحقیقات در سنین ۳۰ سالگی و پشتکار فراوان و شانس و اقبال نقش مهمی را ایفا می کنند. بدون هر کدام از این مولفه ها پیدا کردن کار دائم برای هر محقق می تواند بسیار دشوار باشد. بسیاری از ریاضیدانان توانمند مجبور می شوند چندین سال به کارهای موقت و کم درآمد در دانشگاه های دور افتاده قناعت کنند و یا در موسسات تحقیقاتی در اینجا و آنجا به تحقیقی بپردازند. گروهی از محققان دانشگاه های بزرگ را رها می کنند و به کالج ها و دانشگاه های کوچک و غیر معتبر هجرت می کنند. بسیاری نیز در مدارس خاص مشغول تدریس ریاضی می شوند. اکثر قریب به اتفاق فارغ التحصیلان ریاضیات به ناچار و گاهی هم از روی علاقه به امید حقوق بالا به بازار کار خارج از دانشگاه های جذب می شوند. کار برای موسسات تحقیقاتی وابسته به شرکت های بزرگ که نیاز به ریاضیات داده های بزرگ دارد برای بسیاری جذاب و پر درآمد است. اما همه نمی تواند در چنین شغل هایی جذب شوند و بسیاری در شرکت های کوچکتر و اغلب برای مدت کوتاهی جذب می شوند. و ناچارند هر چند سال یکبار شغل خود را عوض کنند. آشنایی با کد گذاری و نرم افزار نویسی یک باید عمومی برای شغل هایی است که ریاضی دانان در خارج از دانشگاه ها به آن مشغول می شوند. البته انقلاب اطلاعاتی و محاسبات کامپیوترهای سریع برای بسیاری از ریاضی دانانی که در دانشگاه ها نیز مشغول به تحقیق هستند جذاب است. بسیاری همکارانی استخدام می کنند که ریاضیات آن ها را به کامپیوتر ارائه دهد و مثال های محاسباتی استخراج نماید. بسیاری نیز تنها به حل مسائلی همت می گمارند که کامپیوتر از حل آن ها ناتوان مانده است.

۸. ریاضی دانان موفق

چند مثال از آنچه ریاضی دانانی که موفق می نامم در ذهن دارم و سعی می کنم آن ها را توصیف کنم. ریاضی دانانی که در ثبات شغلی در یک دانشگاه متوسط به بالا برخوردارند و در شاخه تحقیقاتی خود شناخته شده هستند و یک یا چند مقاله در بهترین مجلات علمی در شاخه تحقیقاتی خود یا در شاخه های عمومی

چاپ کرده اند و محتوای ریاضیات موضوع تحقیقی خود را به خوبی شخم زده اند و به زیر و بم آن آشنا هستند. به طور منظم در کنفرانس های بین المللی و منطقه ای در رشته خود شرکت می کنند و بنابراین از NSF یا دانشگاه محل کار خود حق تحقیق لازم برای این پروژه های تحقیقاتی را دریافت می کنند. تدریس قابل قبولی دارند وقت آزاد کافی برای این که به تحقیقات ریاضی خود بپردازند دارند. با همه محققان مهم رشته تحقیقاتی خود به طور منظم در ارتباط هستند و از کارهایی که ایشان در دستور کار دارند مطلعند. و گمان من این است که برای رسیدن به چنین دستاوردهایی حداقل رسیدن به سنین میان سالی برای اکثر افراد لازم است. کسانی که در سنین زیر ۳۵ به جنین ثباتی رسیده اند شانس آن را دارند که به جرگه پیشروان تحقیق ریاضی بپیوندند. اما رسیدن به همین سطح نیز چیز کمی نیست. و ریاضی دانانی که در این سطح قرار دارند فراوان نیستند و برای یک ریاضی دان ایرانی که در ایران تحقیق می کند و حتی اکثر ریاضی دانان ایرانی که در خارج مشغول به تحقیقات ریاضی هستند رسیدن به این سطح بسیار قابل قبول است و به آسانی نیز حاصل نمی شود. آنچه در دانشگاه های آمریکا دیدم این است که جو برای تربیت ریاضی دانان موفق آماده است. اما در دانشگاه ها و مراکز تحقیقاتی ایران چنین آمادگی ای مشاهده نمی شود که مایه تأسف است. مسلماً در چنین شرایطی که در دانشگاه های ایران فراهم است مستعدترین محققان امیدی ندارند که به جرگه پیشروان بین المللی تحقیق در ریاضیات بپیوندند.

۹. پیشروان تحقیق ریاضی در سطح بین المللی

در اینجا تصمیم بر این است که یک سطح توانایی بالا را مورد هدف قرار دهم و پرسپکتیوی برای آنچه باید بتوانیم در دانشگاه ها و موسسات تحقیقاتی ایران تربیت کنیم ارائه دهم و نقشه ای برای آینده در افکنم و طرحی برای تلاش در مهیا شدن برای آینده در اندازم.

یک ریاضی دان پیشرو نه تنها نیازمند بودجه برای مسافرت کردن و اجازه برای فرصت مطالعاتی هر پنج سال یکبار است، بلکه نیازمند بودجه برای برگزاری کنفرانس در ایران و در سطح بین المللی و حتی برگزاری کنفرانس در کشورهای پیشرفته در ریاضیات برای توسعه و ترویج ریاضیات خود و برای حمایت شاگردانش و ریاضی دانانی که در شاخه تحقیقاتی او زیر نظر او به تحقیق می پردازند می باشد. نکته این است که چنین ریاضی دانانی لازم نیست ساکن ایران باشند اما باید حاضر باشد هر چند سال یکبار برای مدت طولانی در ایران زندگی کنند و دانشجویان دکترای خود را در ایران از راه دور رهبری و راهنمایی کند و اگر در ایران زندگی

نمی کنند به عدد انگشتان دو دست در دانشگاه خود دانشجویانی ایرانی تربیت کرده باشد و در همینحد محققان ایرانی را زیر سایه خود حمایت کنند و گروهی از ریاضی دانان جوان را در سطح بین المللی به شاخه خود جذب کند. ایده آل این است تا چنین شرایطی در ایران فراهم شود تا ریاضی دانان موفق ایرانی بتوانند با رقابت بین خود، حداقل ده پیشرو در تحقیق ریاضیات در سطح بین المللی به کشورمان هدیه بدهند. سقف مورد هدف من این است که روزی IPM ۱۰ ریاضیدان پیشرو در سطح بین المللی داشته باشد که در ۱۰ رشته متفاوت تحقیق می کنند و سایر بازدیدکنندگان IPM بازدید کنندگان یک ساله یا کوتاه مدت باشند. صاحب شدن ۱۰ ریاضیدان پیشرو که در کنار هم در ایران زندگی می کنند ثروتی عظیم برای تمدن ما خواهد بود.