

نگرشی بر

وضعیت تحقیقات در ایران

رضا منصوری

دانشیار دانشکده فیزیک دانشگاه صنعتی شریف

در این مقاله ابتدا از ضرورت شناخت سازوکار (مکانیزم) پیشرفت علوم و فنون و برنامه ریزی علمی بحث می شود و با مقایسه وضعیت علم و تحقیقات در ایران و کشورهای توسعه یافته از روی شاخص های کمی و برخی نارسائیها و مبانی تحقیق چون نقش وزارت آموزش عالی، مشکلات مربوط به نظام اداری، کمبودهای تحقیقاتی و ... اشاره می شود. و در پایان برای فائق آمدن بر موانع مذکور، چند پیشنهاد ارائه می گردد. در پیوست مقاله نیز شاخص ها به تفصیل مورد بحث قرار می گیرند.

مقدمه :

شرایط کمی و کیفی علوم و فنون در ایران، عوامل متعدد و متنوع اجتماعی و تاریخی، همگی دست به دست هم دادند و کشور ما را در آستانه یک تحول عمیق فرهنگی و علمی قرار داده اند. در این موقعیت لازم است مکانیزم پیشرفت علوم و فنون نوین را شناخت و بر آن مبنا برای کشور برنامه ریزی کرد تا عنان تحولات به دست حوادث و عوامل خارجی نیفتد. کشور ما با تاریخ دیرینه و تحولات فرهنگی غنی مسائل خاصی برای خود دارد که بی توجهی به آنها هر

برنامه ای را با شکست مواجه خواهد کرد. اما متأسفانه درباره این مسائل به ندرت تحقیق شده است. شناخت موقعیت و مختصات کشورمان در نقشه علمی جهان، اولین گامی است که نقش ما را در جهان علمی حاضر مشخص می کند. این مختصات را می توان با داده های آماری عوامل گوناگون پیشرفت علمی بیان کرد. اما هر بحثی در زمینه برنامه ریزی علمی برای کشور، متوقف پاسخ به این پرسش است که چرا به علم نیازمندیم؟ و اگر نیاز به علم قطعی است، که ما بدان معتقدیم، آیا رسیدن به یک سطح معقول، در مقایسه با کشورهای پیشرفته و حفظ پویای پیشرفت علمی و فنی مقدور است؟ همچنین باید روشن ساخت که عقب ماندگی در چیست و پیشرفت کدام است؟ البته علم پدیده تازه ای نیست و بررسی مکانیزمهای تحول آن نیز نیازمند بررسی تاریخی است. ما شاهد دوره هایی از شکوفتبی علوم در کشورمان بوده ایم. چه عواملی باعث افول این شکوفایی شده اند؟ این پرسش بسیار گسترده است و به یک پژوهش تفصیلی نیاز دارد. در عصر جدید تأثیر علوم را

در چند مورد می توان به خوبی مشاهده و مطالعه کرد. همچنین تأثیر علوم و فنون بر تحولات اجتماعی بسیار گسترده است. چندان که نمی توان آن را از نظر دور ساخت.

در این مقاله به برخی از موارد مذکور اشاره می شود. هدف ارائه چارچوبی برای بحثها و تحقیقات گسترده تر است. به علاوه، با برشماری مشکلات و موانع موجود در پیشرفت علمی کشور، پیشنهادهایی برای رفع عقب ماندگی کشورمان ارائه می شود.

(i) علوم در ایران و جهان : مقایسه کمی و کیفی

عوامل متعددی را می توان برای سنجش کمی و کیفی سطح علوم در کشور برشمرد. تعداد دانشجو، تعداد محقق، تعداد مدرس، تعداد کتابخانه ها و کتب موجود در آنها، تعداد نشریات اداری موجود، تعداد مقالات علمی دریافتی (پیش-چاپها) در یک مؤسسه تحقیقاتی یا آموزش عالی، تعداد گردهماییهای علمی در سال، بودجه تحقیقات و توسعه کشور، تعداد مقالات

تحقیقاتی چاپ شده در نشریات معتبر، کیفیت تحقیقات انجام شده و اعتبار کمی و کیفی آنها، اعداد نهادهای تحقیقات و آموزش عالی، تعداد کارگزاران علمی، تعداد موقوفه های علمی، تعداد جایزه های علمی که در کشور اعطا می شود، تعداد نشریات علمی که در کشور چاپ می شود، تعداد تألیف علمی داخل، تعداد ناشران علمی، تعداد صنایع درگیر ساخت ابزار علمی، برخی از این عوامل هستند. داده های مربوط به هر یک از این عوامل را می توان برای ایران و هر یک از کشورهای پیشرفته درآورد و با هم مقایسه کرد. این مقایسه نتایج بسیار آموزنده ای را در بر دارد.

جزئیات این مقایسه در پیوست الف آمده است. جدول زیر جمع بندی این مقایسه است.

می بینیم که سهم کشور ما در هر یک از این عوامل میان 0/5 تا 5 درصد سهم کشورهای پیشرفته است. در این میان

عوامل کمی، همچون تعداد دانشجو، و تعداد کتب به وضوح درصد بالاتری دارند و درصد عوامل کیفی پایین تر است. این جدول برای تخمین سهم سایر عوامل در کشورمان و مقایسه آن با کشورهای پیشرفته معیاری به دست می دهد. مثلاً اگر ندانیم قدرتمان در مورد انتشارات علمی در مقایسه با آلمان چقدر است، بر مبنای جدول می توانیم بگوییم چون عامل کمی مطرح است، پس توان انتشارات علمی ما باید حدود 5 درصد کشور آلمان باشد. مرکز نشر بزرگترین ناشر علمی، در ایران است. این مرکز حدود 500 کارمند دارد. اشپرینگر بزرگترین ناشر علمی در آلمان است. پس می شود حدس زد (بر مبنای 5 درصد) باید این ناشر حدود 10/000 کارمند داشته باشد.

واقعیت این است که تعداد کارمندان ناشر اشپرینگر در آلمان 11594 نفر است.¹ (آمار سال 1989).

عامل	بودجه تحقیق و توسعه	تعداد دانشجو	تعداد محقق	تحقیقات	کیفیت تحقیقات	تعداد کتب	نشریات علمی	پیش چاپ	کنفرانس
درصد	5	10	4	0/5	1/5	5	6	5	6

درس مهمی که از این جدول می‌گیریم این است که در زمینه علوم در تمام عوامل عقب ماندگی داریم و پیشرفت در یک عامل و یا صرفاً توجه به یک عامل، مشکلی را از میان بر نمی‌دارد.

شاید هنوز کسانی باشند که این آمار و داده‌ها را نگران‌کننده ندانند و یا ارتباطی میان ارقام و عقب ماندگی در زمینه علوم و تکنولوژی و حتی در تمام زمینه‌های حیات اجتماعی، نبینند. از این جهت بد نیست تعریفی برای عقب ماندگی قبول کنیم و بر مبنای آن اوضاع خود را بسنجیم. شواهد نشان می‌دهند که در میان ملل دنیا بعضی بهتر از دیگران توانسته‌اند از امکانات بالقوه انسانی و طبیعی خود برای رفع مایحتاج و ایجاد رفاه مطلوب خود استفاده کنند و از طرف دیگر طبیعت را تسخیر کنند یا بر بلایای طبیعی تسلط جویند. این کشورها پیشرفته به حساب می‌آیند. پس عقب ماندگی را می‌توان ناتوانی در استفاده از امکانات بالقوه انسانی و طبیعی دانست. البته ناتوانی نسبی است و باید آن را در قیاس با تواناییهای

دیگران سنجید. کشور ما وسعت زیاد، جمعیت زیاد و مستعد، طبیعت متنوع، معاون و ذخایر زیر زمینی فراوان و فرهنگ ریشه دار دارد. اما در عمل نتوانسته ایم یا کمتر توانسته ایم از این امکانات برای رفع تقاضاها، خواسته‌ها و احتیاجات جامعه مان استفاده کنیم. در تولید و تأمین نیازهای اولیه نظیر مواد غذایی، مسکن، بهداشت و ... ناتوان بوده ایم. در تمام زمینه‌های آموزشی (مثل مدرسه، معلم و ...) کمبود داریم. در مقابل بلایای طبیعی از جمله سیل، زلزله، خشکسالی، رشد کویر، بسیار آسیب پذیریم؛ رشد جمعیت $3/8$ درصد داریم یعنی افزایش 5 میلیون نفر در هر سه سال به جمعیتمان، افزایشی بیش از جمعیت کشور اسرائیل و ناتوانی در ایجاد امکانات زندگی درخور برای جمعیت، سیاهه کمبودها و ناتوانی‌ها را می‌توان بسیار گسترش داد. اینها از علائم عقب ماندگی هستند. جدول مذکور این کمبودها را در لباس عدد بیان می‌کند. معیار کشورهایی که توانسته‌اند به نسبت مشکلات خود را حل کنند.

تجربه جنگ تحمیلی و تعرضات نظامی صد سال اخیر نشان داده است که مرزهای جغرافیایی کشور ما آسیب پذیرند. آسیب پذیری مرزهای فرهنگی ما کم اهمیت تر از آسیب پذیری مرزهای جغرافیایی ما نیست. به خصوص پس از انقلاب اسلامی که مرزهای فرهنگی هم مشخص تر و هم با اهمیت تر شده اند. ما در مقابل سلطه فرهنگ غرب نسبتاً بی دفاع هستیم. ابزار کافی برای پرورش فرهنگ بومی خود نداریم. محققان کارآمد به اندازه کافی برای پروردن این فرهنگ، علوم و تکنولوژی جدید نداریم. این هم از نشانه های عقب ماندگی است. نکته قابل تأمل اینکه در میان ملل مختلفی که دورانی از شکوفایی فرهنگی را پشت سر گذاشته اند، کشورهای اسلامی در حل مشکلات اجتماعی و فرهنگی خود به مراتب عقب مانده ترند. در میان کشورهای جهان سوم، هندوستان، کره جنوبی، چین، آرژانتین و برزیل توانسته اند کمبودهای خود را تا حد قابل توجهی جبران کنند. آمار عوامل گوناگون پیشرفت مربوط به این کشورها بیانگر موفق بودن این کشورها

در رفع مطلوب عقب ماندگیشان است. به علاوه، کشورهای نظیر اسپانیا، پرتغال و یونان در اروپا توانسته اند در حدود دو دهه به پیشرفت علمی و تکنولوژیکی قابل توجهی دست یابند. این مثالها مؤید این مطلب است که پیشرفت و رفع کمبودها و موانع ناممکن نیست.

(i) کمبودها و موانع

کمبودها و موانع بسیار متنوعند؛ اما همگی ناشی از بی توجهی و یا شناختن ماهیت علوم و تکنولوژی است. ذیلاً بدون ترتیب اولویتاً اهم موارد را با شرح مختصری نام می بریم:

1) نقش وزارت فرهنگ و آموزش عالی: وزارت فرهنگ و آموزش عالی تقریباً تمام مؤسسات تحقیقی و آموزش عالی را در تمام زمینه های علوم و تکنولوژی، بجز پزشکی، زیر پوشش دارد. نقش این وزارتخانه عموماً کنترل تحقیقات و آموزش عالی بوده است و نه هدایت آن. کنترل یک مؤسسه تحقیقاتی منجر به متحجر شدن و عملاً بی اثر شدن آن می شود. وزارت فرهنگ و آموزش عالی مثلاً با تعیین ریز دروس و

یا تعداد واحد فلان درس نه تنها خدمتی به دانشگاهها نمی کند، که قدرت پویایی و تحرک دانشگاهها را سلب می کند. در عوض، همین وزارتخانه با تعیین نکردن محور تحقیقات مورد لزوم کشور، اساتید و پژوهشگران را در بالاترین نگرانی نگاه می دارد و انگیزه پژوهش را در نیروی جوان از بین می برد.

2) عدم تحرک و انعطاف پذیری در نظام اداری: نظام اداری در دانشگاهها و مراکز تحقیقاتی ما مناسبتی با یک دانشگاه متحرک، پویا و پژوهنده ندارد. کوچکترین فعالیت دانشگاهی مستلزم پر کردن چندین پرسشنامه و اخذ چندین امضا است. مسیر اداری در دانشگاهها تنگنای سبب العبور و گره های ناگشودنی دارد. به نظر می رسد ضوابط مربوط به سیر امور اداری ناشی از نوعی سوء ظن است. این سوء ظن که منجر به وضع قوانین و بخشنامه های گوناگون برای جلوگیری از هر نوع اتلاف و سوء استفاده شده است. دقیقاً با روح حاکم بر اداره مؤسسات تحقیقاتی و آموزش عالی مغایرت دارد. این عدم انعطاف در تمام زمینه ها اعم از آموزش،

پژوهش و مدیریت وجود دارد. اگر بخشی از صنایع کشور احتیاج به دستگاهی داشته باشد، که ساخت و تهیه آن در دانشگاهها امکان پذیر باشد، ضوابط و مدیریت در دانشگاهها عملاً انجام آن را غیر ممکن می سازد. یا اگر محقق احتیاج به وسیله ای داشته باشد که در مرکز یا دانشگاه دیگری موجود است، معمولاً خرید آن وسیله از خارج راحت تر است تا دسترسی به آن در داخل. اختیارات مدرسان و محققان در آموزش، پژوهش و نیز انتخاب درس و دانشجو در مقاطع مختلف بسیار ناچیز است. این وضع با روح تحقیق مغایرت کامل دارد؛ و بیانگر آن است که واضعان قوانین و بخشنامه های دانشگاهی از روح تحقیق کم اطلاع بوده اند. همین باعث می شود نتوانیم از ابزار، سرمایه و استعداد های موجود استفاده معقول بکنیم.

3) کمبود نهادهای تحقیقاتی: ما از نظر تعداد نهادهای تحقیقاتی بسیار فقیر هستیم. نهادهای تحقیقاتی کشورمان را می توان به راحتی برشمرد. در صورتی که به عنوان مثال، در کشور اتریش با 7

میلیون جمعیت (حدوداً برابر جمعیت شهر تهران) 853 مؤسسه تحقیقاتی و دانشگاه (آمار سال 1989) وجود دارد.

4) کمبود سرمایه گذاری: در کشور ما سرمایه گذاری در امور علمی تاچیز است. بخش خصوصی عملاً در تحقیق و توسعه سرمایه گذاری نمی کند. دولت تنها 0/1% تا 0/2% از درآمد ناخالص ملی را صرف تحقیق و توسعه می کند. قرار است این رقم در برنامه پنج ساله دولت افزایش یابد. اما هنوز در مقایسه با 2 الی 3 درصد درآمد ناخالص ملی، که کشورهای پیشرفته و برخی کشورهای جهان سوم صرف تحقیق و توسعه می کنند، بسیار کم خواهد بود. از یک طرف، همان طور که قبلاً گفته شد، تعداد نهادهای تحقیقاتی ما اندک است و از طرف دیگر، سهم هرکدام در بودجه تحقیقاتیشان بسیار ناچیز است. مثلاً دانشگاه صنعتی شریف با بیش از 5 هزار دانشجو و چند صد دانشجوی کارشناسی ارشد و حدود 20 دانشجوی دکترا، با 10 دانشکده و 5 مرکز تحقیقاتی باید به یک بودجه تحقیقاتی حدود 15 میلیون تومانی قناعت کند. با توجه به

تعداد 150 مدرس می بینیم که سهم هر یک از هیئات علمی در سال حدود 100/000 تومان برای تحقیقات است. پرواضح است که به این ترتیب هیچ کار تحقیقاتی جدی و پر هزینه نمی توان انجام داد.

کمبود نهادهای حامی تحقیقات، بنیادهای علمی اعم از دولتی یا خصوصی، موقوفه های علمی همگی ناشی از کمبود سرمایه گذاری در تحقیق و توسعه است. همین باعث می شود از استعدادهای جوان نتوان به نحو درخور حمایت کرد یا امکان حفظ آنها را در نظام آموزش عالی کشور ایجاد کرد. نتیجه دفع این استعدادهای ایران و جذب آنها توسط کشورهای استعدادهایی است که متوجه اهمیت علوم و تکنولوژی هستند. توجه کنید که در آمریکا تنها 22000 موقوفه علمی وجود دارد که هر یک به نحوی از علوم و تکنولوژی و استعدادهای حمایت می کنند.

5) مدیریت نادرست علمی: تمایز مهمی میان مدیریت یک نهاد علمی یا پژوهشی با یک نهاد اقتصادی یا تجاری وجود دارد. برون داد یک سازمان علمی را

تنها در دراز مدت می توان سنجید. بازدهی یک نهاد اقتصادی را می توان در کوتاه مدت، ماهانه یا سالانه، برآورد کرد و نسبت به سودمندی آن تصمیم مقتضی گرفت. ورشکستگی یک نظام اقتصادی یا تجاری خیلی سریع روشن می شود. اما ورشکستگی یک نظام علمی، یک دانشکده، دانشگاه یا پژوهشکده به این سرعت و سهولت قابل تشخیص نیست. همین امر می تواند این تصور را ایجاد کند که در مدیریت یک نهاد علمی نباید ضابطه خاصی را در نظر گرفت. البته هنگامی که توجه کنیم که سازمانهای فرهنگی و علمی در دراز مدت تا چه اندازه در سرنوشت کشور تعیین کننده اند، عمق این سوء تفاهم مشخص می شود.

ما عموماً، با ضعف مدیریت علمی روبه رو هستیم. در این وضع ضعیف نیز استفاده معقول از امکانات مدیریتی خود نکرده ایم. رئیس یک دانشگاه می تواند به عوض برنامه ریزی برای گسترش کمی و کیفی دانشگاه، با بررسی اوضاع و مشکلات مدرسان و پژوهشگران بیشتر وقت و انرژی خود را صرف حل مسائل خدمه اداری دانشگاه

بکند، یا رویس یک کتابخانه دانشگاهی می تواند به جای گسترش فضا و خدمات کتابداری، اهم فعالیت خود را صرف کم نشدن تعداد کتابها و مجلات بکند؛ این قبیل مشاهدات فراوانند. نارسایی در مدیریت مراکز علمی را می توان در نارضایتی مدرسان و پژوهشگران مشاهده کرد. متأسفانه چون این امکان داده شده است که نارضایتی های ناشی از ناتوانی در مدیریت به حساب عدم توافقات سیاسی - عقیدتی گذاشته شود، برخی از مدیران یا حامیان آنها می کوشند بر ضعف مدیریت پوشش سیاسی بگذارند. نهایتاً این جامعه است که باید ضرر این ناتوانی ها را پس بدهد.

(6) انزوای علمی: ارتباط، به خصوص ارتباطهای بین المللی، نقش عمده ای در زنده نگهداشتن تحقیقات دارد. قطع ارتباط باعث خشکاندن ریشه تحقیقات می شود. ارتباطهای علمی در کشور ما بسیار ضعیف است. چه از نظر دریافت کتب و نشریات، چه از حیث دعوت از محققان خارج از کشور و چه از نظر شرکت در مجالس بین المللی. این انزوای علمی باعث رکود تحقیقات می شود و یا

در زمینه هایی که امکانات بالقوه ای وجود دارد مانع از پا گرفتن تحقیقات می گردد.

(7) کم بها دادن به نسل جوان و تلف کردن استعدادها: تحقیقات علمی بدون به کارگیری نسل جوان پایدار نیست. نسل جوان با انرژی زیاد و با توانایی و امکان تمرکز بیشتر تحت حمایت یک پژوهشگر با سابقه می تواند نقش بسیار بارزی در انجام تحقیقات داشته باشد؛ همان گونه که تجربه جوامع پیشرفته نشان می دهد. قطع آموزش عالی در سطح کارشناسی یا کارشناسی ارشد به منزله به هدر دادن این ذخیره عظیم است. جوان با استعداد یا برای ادامه تحصیل به خارج می رود، که در صورت موفقیت احتمال بازگشتن او به ایران کم تر از $\frac{1}{2}$ است، و به علاوه ثمره تحقیقاتش نصیب دیگران می شود.

یا مجبور است در ایراتن بماند و احتمالاً ریشه اش خشک شود و ثمر ندهد. از طرفی دیگر، محققان جوانی که به ایران باز می گردند، با خلای در شبکه تحقیقاتی روبرو می گردند و کمتر موفق

می شوند فعالیت متناسب و پر ثمری داشته باشند.

(8) نا آگاهی عمومی از ذریب بودن علوم: علوم در میان عامه مردم ما مفهوم گنگی دارد. اگر از مردم در مورد عالم سؤال شود، معمولاً در ذهن آنها شخصیتهایی مانند ابن سینا، رازی، ابوریحان، یا حداکثر انیشتاین تداعی می شود. این خود نشان می دهد که ذهن عامه مردم ما از علوم و عالم، خصیصه های قدیمی را تداعی می کند. دود چراغ خوردن، با روزی یک خرما ته چاه زندگی کردن و به رصد پرداختن، پیوسته مطالعه کردن و ... چگونگی فعالیت در یک مؤسسه تحقیقاتی نوین به کلی دور از ذهن است.

همچنین ربط علوم به زندگی روزمره و اهمیت آن برای پیشرفت، مشخص نیست. در این زمینه دانشمندان کشورمان نیز در شصت سال گذشته، فرصتی برای کوشش شایان ذکر نداشتند. دانشمندان علوم طبیعی، علوم سیاسی، یا اجتماعی کمتر دردی از دردهای این اجتماع را درمان کرده اند. ترویج علوم در هیچ سطح و زمینه ای

انجام نشده است. همین وضعیت مانع از این است که سیاستمداران بتوانند توجه درخوری به علوم بکنند و بودجه کافی در اختیار نهادهای علمی بگذارند.

9) عدم تأمین رفاه مدرس و پژوهشگر: بدی وضع رفاه مدرسان و محققان به حدی روشن است که احتیاج به توضیح ندارد. پرواضح است استادی که نگران نان روز است، فراغت تحقیق و تدریس مناسب ندارد.

a. پیشنهادها

1) نقش وزارت فرهنگ و آموزش عالی: وزارت فرهنگ و آموزش عالی باید آینده نگر باشد و برنامه ریز و نه کنترل کننده. آینده مطلوب علوم و تکنولوژی در کشور باید چگونه باشد؟ اولویت های پژوهشی، با توجه به امکانات کشور کدامند؟ در پنج سال یا بیست سال آینده باید چند دانشجو در کشور داشته باشیم؟ چند استاد؟ چند مؤسسه آموزش عالی و چند مؤسسه پژوهشی؟ چند تکنسین کارآمد؟ چه درصدی از درآمد ناخالص ملی باید صذف تحقیق و توسعه در کشور بشود؟ نسبت دانش آموزان در

دبیرستانها در رشته های علوم و ادبی به رشته های فنی چقدر باید بشود؟ وزارت فرهنگ و آموزش عالی باید همراه با حل معضلات آموزشی و پژوهشی دانشگاهها به این سؤالاها بپردازد. اینکه در فلان درس چه مطالبی باید تدریس شود نباید از وظایف وزارت فرغنگ و آموزش عالی باشد. بطور کلی این وزارتخانه نباید خود را با امور مشغول کند که دانشگاهیان خود، در چارچوب دانشگاهها می توانند انجام دهند. بلکه باید مشکلات و گره های جاری دانشگاهها را دریابد و در حل آنها کمک کند.

2) توجه به کمیت: تعداد دانشجو، دانشگاه، استاد، مرکز پژوهشی، کتابؤ نشریه ادواری، آزمایشگاه و ... همه در حدود 5% معیار کشورهای پیشرفته است. باید در جهت افزایش این کمیت ها قدم برداشت. اما قطعاً اگر این کار با برنامه ریزی پیش برود، نتیجه بسیار مطلوب تری خواهد داد. در این رشد کمی باید توزیع متعادل جغرافیایی در نظر گرفته شود. به علاوه تنها پول گره گشا نخواهد بود. بلکه حتی افزایش کمی هم

احتیاج به سیاست اجرایی ظریفی دارد. تنها آهنگ رشد کمی که درصدی از کمیت موجود باشد (رشد زاد و ولد) می تواند حلال این مسئله باشد. (نگاه کنید به پیوست ب)

3) توجه به کیفیت: ایجاد «جزیره های کیفیت»: کیفیت معیاری نیست که معمولاً سیاستمداران بتوانند با آن نظر عامه را جلب بکنند. از این جهت همیشه بیم آن می رود که کیفیت فدای کمیت گردد. این خطر برای کشورهای درحال رشدی مانند کشور ما که در فشار و توسعه کمی هستند، بیشتر است و همین باعث می شود اختلاف میان ما و کشورهای پیشرفته بشتر بشود. راه جلوگیری از این عقب ماندگی در توجه به کیفیت است. البته این تصویری غیر عملی است اگر که خواهیم کیفیت مطلوب را به تمام مراکز دانشگاهی و پژوهشی گسترش بدهیم. کشورهای اروپایی که در این امر کمابیش موفق بوده اند، در زمانی توجه به کیفیت داشتند که کمیت اصلاً مطرح نبود (توجه به گسترش مراکز علمی اروپا از جمله پلی تکنیک پاریس یا مؤسسات مشابه در آلمان از این حیث آموزنده

است). اما ما در زمانی زندگی می کنیم که جمعیت کشورمان بیش از 50 میلیون نفر است. با رشد جمعیت 3/8% تا خواهیم اولین برنامه دراز مدت را به اجرا بگذاریم، جمعیتمان به 100 میلیون رسیده است. هر سه سال به اندازه جمعیت اسرائیل به کشورمان افزوده می شود. یعنی اگر کشور پیشرفته ای می بودیم، می بایستی تنها سالی 400 نفر دکترای فیزیک علاوه بر آن تعدادی که به دلیل عقب ماندگی برای جبران لازم است، تربیت کنیم. اینها برای ابعاد آموزشی کشور ما ارقامی نجومی است. پس چه کنیم؟ عدم توجه به کمیت عاقلانه نیست. بی توجهی به کیفیت هم فاجعه بار است. علاج در این است که توجه به کیفیت را تنها به برخی از مراکز معطوف کنیم. «جزیره هایی از کیفیت» به وجود بیاوریم. در وضع کنونی ممکن است این مراکز حدود 5 تا 10 درصد از کل مراکز دانشگاهی و پژوهشی ما باشد. اما در همین چند درصد، مرکز باید تمام امکانات لازم را برای انجام تحقیقات در عالی ترین سطح ممکن فراهم بیاوریم. هرکجا محقق یا گروه محققانی سراغ داریم که

توانایی و آمادگی انجام تحقیقات ناب را دارند، بلاواسطه امکانات مطلوب را جهت انجام تحقیقات در اختیار آنها بگذاریم و به آنها حداکثر آزادی عمل در انجام تحقیقات، تهیه وسایل و استخدام همکار بدهیم. بگذاریم مراکزی ایجاد شود که بطور خود جوش رشد می کنند. آنها را با کنترل های بیجا محدود نکنیم و فعالیت محققان را نخشکانیم. در این فکر باشیم مشکلاتی را که بر سر راه آنها پیش می آید، برطرف کنیم. اگر احتیاج به ارتباطات بین المللی دارند، این ارتباطات را به طور دوجانبه تسهیل کنیم. اگر تحقیقات کاربردی انجام می شود و در مراحل احتیاج به سرمایه گذاریهای کلان است، بخش خصوصی و وزارتخانه های ذینفع را مطلع کنیم و ارتباط لازم جهت جریان مالی را برقرار سازیم.

تنها از این طریق است که مراکز تحقیقاتی بطور خودجوش رشد خواهند کرد. وجود این نوع مراکز عامل بسیار مهمی در جذب متخصصان کاردان خارج از کشور نیز خواهد بود.

خواهی نخواهی، کیفیت این مراکز بر روی مراکز دیگر تأثیر خواهد گذاشت و

دراز مدت می توان امید داشت که کیفیت در آموزش و پژوهش به حد مطلوبی گسترش یابد.

نکته مهم در ایجاد این نوع مراکز تحقیقاتی، مدیریت و استقلال آن است. اگر یک مرکز تحقیقاتی بخواید مؤثر باشد باید بودجه کافی داشته باشد و بتواند آن را مستقلاً مصرف کند. کادر پژوهشی چنین مرکزی باید حقوق کافی داشته باشند تا احتیاج به مشغله جنبی نداشته باشند. بدیهی است ارتباطات بین المللی لازمه فعالیت پژوهشی در سطوح عالی است. در این صورت چنین مرکزی می تواند کمک بسیار مؤثری در تربیت دانشجویان دکترا بکند.

4) دانشگاهها: دانشگاهها باید حداکثر استقلال را در برنامه ریزی آموزشی و پژوهشی داشته باشند. چارچوب اصلی و حداقل ها را وزارت فرهنگ و آموزش عالی تعیین می کند. اما به غیر از آن باید به دانشگاهها به صورت یک نهاد پویا و جاندار نگاه کرد که رشد می کند و چگونگی رشدش را خودش تعیین می نماید. وزارتخانه تنها باید تغذیه دانشگاه را به عهده داشته باشد. به خصوص در

شرایط عقب ماندگی که ما در آن گرفتاریم. برای رشد، چاره ای جز دادن استقلال و امکان رشد به دانشگاهها نیست.

همچنین دانشگاهها باید توجه کنند که میان کارکنان اداری و علمی تناسب معقول برقرار باشد. افزایش نامعقول کارکنان اداری، الزاماً به افزایش دستگاہ اداری و حاکمیت آن بر معیارهای علمی در دانشگاه می انجامد.

اساتید دانشگاه باید به تناسب کیفیت و تواناییهایشان اختیارات مالی، اداری و آموزشی داشته باشند. بودجه های پژوهشی باید در اختیار پژوهشگران باشد؛ که البته گزارش صرف مخارج را به دانشگاه خواهد داد. نیازهای تحقیقاتی اساتید به کتابخانه، وسایل آزمایشگاهی، امکانات ارتباطات بین المللی دوجانبه باید برآورده شود.

(5) دانشجویان: دانشجو باید حداکثر آزادی در انتخاب رشته و درس را داشته باشد. دانشجو باید بتواند در هر مقطع تحصیلی، بعد از توافق استاد و دانشکده یا گروه تغییر رشته یا گرایش بدهد. تصمیم در این گونه موارد به عهده استاد

و گروه یا دانشکده باشد. سطوح بالاتر اداری هیچ نقشی در این موارد ندارد و تنها باعث ممانعت از رشد خواهند شد. همچنین دانشجو باید امکان تحصیل پیوسته کارشناسی ارشد و دکترا را داشته باشد. تصمیم در این گونه موارد نیز باید به عهده استاد و گروه یا دانشکده باشد. به علاوه امکان مسافرتهاى خارج از کشور برای دانشجویان ارشد، در سطوح کارشناسی ارشد و دکترا، لازم است. باید کوشید این گونه امکانات را به وجود آورد. امکانات نباید به صورت موردی، بلکه باید به صورت نهادی درآید.

(6) سرمایه گذاری علمی: درصد درآمد ناخالص ملی که صرف تحقیق و توسعه کشور می شود، باید هرچه سریعتر افزایش یابد و به حدود 2 تا 3 درصد برسد و در همان زمان نیز باید امکانات جذب این بودجه را فراهم آورد.

پیوست الف:

آمار عوامل کمی کیفی مربوط به آموزش عالی و تحقیقات در ایران و مقایسه آن با کشورهای جهان

جمعیت، برحسب تعداد در میلیون به دست می دهد. از جدول 2 در می یابیم که تعداد دانشجویان در یک کشور پیشرفته 9 (یا 10 در مرتبه بزرگی) برابر کشور ما است.

جدول 1

کشور	ایران	اتریش
تعداد جمعیت	50.000.000	7.000.000
متولدین	1.944,149	150.000
فارغ التحصیلان دیپلمه	171.454	30.000
دانشجو	160.000	180.000

جدول 2

کشور	ایران	اتریش
تعداد در میلیون		
متولدین		21000
فارغ التحصیلان دیپلمه	3429	4300
دانشجو	3200	26000

1-2- تعداد فیزیک دانان و ریاضیدانان: تعیین فیزیک دانان و ریاضی دانان، حتی اگر تعریف مناسبی در دست داشته باشیم، کار ساده ای نیست. اما چون منظور ما بررسی آماری است و به مرتبه بزرگی توجه داریم، می توان این تعداد را تعیین کرد. مثلاً

1. مقایسه کمی: امار مربوط به علوم و تحقیقات در کشورهای پیشرفته دنیا، در مقایسه با کشورهای در توسعه، نسبتاً یکسان است. اختلافی که میان کشورهای پیشرفته مشاهده می شود هیچگاه در مرتبه بزرگی نیست. از این جهت برای مقایسه آمار متناظر کشورمان با کشورهای پیشرفته کافی است یکی از این کشورها را به عنوان مرجع انتخاب کنیم. نسبتهایی که از این طریق به دست می آیند، در واقع، نسبت آماری کشورهای پیشرفته، به عنوان یک مرجع است.

1-1. تعداد دانشجو: جدول 1، برای مقایسه بهتر، تعداد جمعیت، فارغ التحصیلان دیپلمه و دانشجو را برای سال 1988/1367 نشان می دهد. تعداد مدرس یا استاد دانشگاه، به خاطر تعاریف کاملاً متفاوتی که در کشور ما و کشورهای پیشرفته وجود دارد، گویا نیست. اما آمار مربوط به تعداد محققان (بخش 1-2) قدری این نسبتها را نیز روشن می کند.

جدول 2، تعداد دیپلمه ها و دانشجویان همان سال را با احتساب

می‌توان، طبق تعریف، فیزیک دان را کسی منظور کرد که حداقل دارای مدرک کارشناسی ارشد (فوق لیسانس) فیزیک باشد. در این صورت، بر مبنای آمار انجمن فیزیک ایران، حدود 500 نفر فیزیک دان در ایران وجود دارد. بر مبنای آمار انجمن فیزیک اروپا، تعداد فیزیک دانان آلمان فدرال 37200 نفر است. به این ترتیب، با احتساب جمعیت، نسبت تعداد فیزیک دانان کشورمان به کشور آلمان برابر 1/6% است. پس به ازای هر 1000 نفر فیزیک دان در یک کشور پیشرفته، ما تنها 16 فیزیک دان داریم (جدول 3).

آمار ریاضی دانان کشورمان احتمالاً از همین مرتبه بزرگی است. اما اگر تعریف را کیفی تر بکنیم، این نسبت کمتر خواهد شد. کتاب راهنمای ریاضی دانهای دنیا، طبق یک تعریف کلی، از ریاضی دانان بر پایه کارهای تحقیقاتیشان نام می برد.

جدول 3- تعداد فیزیک دانها در دو کشور ایران و آلمان

کشور	ایران	آلمان
فیزیکدان	500	37200
تعداد کل	10	620
تعداد در میلیون		

جدول 4 آمار استخراج زده از این کتاب را برای مقایسه موارد چند کشور نشان می دهد. از این جدول در می یابیم که اسرائیل $\frac{72}{0/4} = 180$ برابر ما و آلمان فدرال $\frac{26}{0/4} = 65$ برابر ما ریاضی دان دارد.

به این ترتیب با این تعریف کیفی تر، می بینیم که تعداد ریایی دانهای کشور ما تنها حدود 1% تعداد مطلوب یک کشور پیشرفته است (و اگر اسرائیل را مرجع بگیریم، این نسبت به رقم وحشتناک 0/6% می رسد). به علاوه، نیجریه حدود 3 برابر و کره جنوبی 7 برابر ما ریاضی دان دارند!

جدول 4- تعداد ریاضی دانها بر حسب تعریف راهنمای ریاضی دانهای دنیا

کشور	آلمان	اسرائیل	کره جنوبی	نیجریه	ایران
ریاضی دان	1550	290	120	110	21
تعداد در کل	26	72	3	1/1	0/4
تعداد در میلیون					

نشان می دهد. می بینیم که امارات متحده

جدول 5. سهم تحقیقات کشورهای مختلف در

سالهای 1984/1363 تا 1988/1367

کشور	سال	84	85	86	87	88
آرژانتین	26	28/2	47	36/8	30	88
آفریقای جنوبی	38	44	51	50	48	87
آلمان	364	438	535	440	436	86
آمریکا	380	2698	2737	2776	2800	85
اتیوپی		0/8	1	1/1	1/5	84
اردن	1/2	1/4	<2	<2	2/5	83
اسپانیا	62/5	78/5	90	97	107	82
اسرائیل	69	82/5	85	84	84	81
الجزایر	2/5	2/5	2/8	2/8	2/7	80
اندونزی	2	2/8	8	2/2	2/5	79
اوگاندا	0/3	-	0/6	0/6	0/6	78
ایران	1/8	<2	2/5	2/2	2	77
برزیل	33/5	38	43	43/7	39/5	76
بنگلادش	1/5	1/8	2	2	1/6	75
پاپوآگینه آ	1/2	1/8	1/2	1/4	1/5	74
پاکستان	2/5	2/5	3/5	4/3	4	73
ترکیه	5/8	7	8	8/5	10/2	72
تانزانیا	1/3	1/6	1/7	1/5	1/7	71
تایوان	8	11/3	13	<16	20	70
چین	37	43	44	49	61	69
زیمبابوه	1	-	-	-	3	68
ژاپن	423	505	526	538	577	67
سنگاپور	3	4	4	4/6	5/1	66
سودان	2	2/2	1/8	1/8	2/2	65
سوریه	0/2	0/4	0/6	0/6	-	64
سوئیس	80/5	96	97	94	90	63
عراق	2/5	<3	3/8	3	-	62
عربستان سعودی	5/5	7/5	9	10/1	10/4	61
فیلیپین	2/3	2/5	0/3	1/4	2/8	60
کره جنوبی	6/2	9	10	12/5	14	59
کنیا	4/2	<5	4/8	4/5	5/5	58
کویت	2/8	3/5	4/4	5	6/2	57
مالزی	3	3	3/4	3/8	4	56
مراکش	2/2	2/5	2/8	2/2	3/2	55
مصر	15	15	16/5	16/5	17	54
مکزیک	17	19/5	22	21	24	53
نیجریه	9/6	11/5	12/5	11/5	12	52
هند	118	117	112	107	108	51
هنگ کنگ	5	6/5	7/8	9	8/8	50
یونان	14/8	16/5	20	22	21/8	49

2. مقایسه کیفی: کیفیت علوم را در

یک کشور می توان از روی تحقیقات انجام شده در آن کشور سنجید. یک عامل در سنجش کیفیت علوم تعداد مقالات پژوهشی است که در مجلات علمی چاپ می شوند. عامل دیگر برای سنجش کیفیت پژوهشهای انجام شده، شمار دفعاتی است که یک کار پژوهشی مورد ارجاع و استناد پژوهشگران دیگر دنیا قرار می گیرد. ذیلاً به آمار مربوط به این دو عامل می پردازیم:

2-1- تعداد مقالات پژوهشی. تعداد مقالاتی را که از هر کشور در تمام زمینه های علمی (به جز علوم انسانی) در سال در نشریات علمی معتبر دنیا چاپ می شود، می توان در نشریه ادواری Serence Citation Index (SCI) یافت. جدول 5 این تعداد را برحسب تعداد ستونهای چاپ شده در این نشریه، برای کشورهای مختلف نشان می دهد. در این مقایسه، چند کشور پیشرفته، چند کشور جهان سوم و چند کشور اسلامی انتخاب شده اند. جدول 6، تعداد مقالات پژوهشی هر کشور را نسبت به ایران به ترتیب نزولی،

عربی در سال 1986/1365، 10 برابر ما، عربستان سعودی 18 برابر ما، و نیجریه 6 برابر ما تحقیقات علمی داشته اند. مقام کشور ما در میان کشورهای اسلامی از اتیوپی و یکی دو کشور دیگر بهتر است. اسرائیل به تنهایی نسبت به جمعیت خود، 500 برابر ما تحقیقات داشته است؛ و بدون در نظر گرفتن نسبت جمعیت و به طور مطلق 40 برابر ایران تحقیقات کرده است. اگر رقم متعادل 200 را برای کشورهای پیشرفته در نظر بگیریم، آنگاه سهم کشورمان در تحقیقات 0/5 درصد کشورهای مختلف توجه کنید.

2-2 کیفیت پژوهش- پس از آشنایی با آمار مربوط به تعداد مقالات بهتر است بدانیم پژوهشهایی که در کشورمان انجام می شوند چه منزلتی در سطح جهانی دارند. معمولاً هرچه پژوهشی پراهمیت تر باشد توجه تعداد بیشتری از محققان را جلب می کند. این توجه را می توان از روی تعداد دفعاتی که به مقاله پژوهشی یک پژوهشگر استناد یا ارجاع می شود سنجید. سیاهه این ارجاعات به مقالات هر پژوهشگر را می توان در SCI یافت. در این زمینه 21 ریاضی

جدول 6. سهم تحقیقات کشورها نسبت به ایران با احتساب جمعیت به ترتیب نزولی (برای سال 1986/1365)

کشور	تعداد تحقیقات نسبت به ایران
اسرائیل	500
دانمارک	350
انگلستان	250
آلمان غربی	183
اتریش	170
آرژانتین	30
هندوستان	3/5
عربستان	18
امارات متحده عربی	10
تونس	8
مصر	7
نیجریه	6
ترکیه	4/5
عراق	4/5
الجزایر	3
سوریه	2
پاکستان	2
ایران	1
بنگلادش	0/5
اتیوپی	0/5
اندونزی	0/3

دانی را که راهنمای ریاضد دانهای دنیا نام می برد. انتخاب کرده ایم. بیست نفر هم از فیزیکدانهای مقیم ایران با شناخت قبلی انتخاب شده اند. ارجاعات به این افراد را برای سالهای 1984/1361 تا 1987/1366 در نظر گرفته ایم حدود یک چهارم از کل این پژوهشگران مورد

ارجاعات به شکل نمودار ستونی در نمودارهای 1 و 2 آورده ایم. منظور از تعداد ارجاعات، تعداد میانگین ارجاعات در سالهای 84 تا 87 است برای مقایسه ذکر می کنیم که در میان فیزیکدانهای ایرانی مقیم خارج از کشور حداکثر این میانگین حدود 100 و بالاترین رقم برای فیزیکدانان دنیا حدود 1200 ارجاع در سال است.

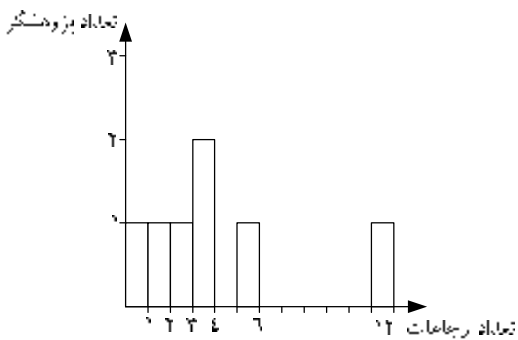
3- کتابخانه و فعالیتهای علمی: عوامل متعددی بیانگر وجود یک جو علمی و فعال بودن پژوهشگران است از آن جمله است: کتابخانه، تعداد کتب تخصصی، تعداد نشریات ادواری تخصصی، تعداد مقالات علمی دریافتی به صورت پیش چاپ²، ارتباطات الکترونیکی (سیستم مخابرات کامپیوتری مانند بیت - نت)، ابزار و آلات آزمایشگاهی، ارتباطات بین المللی، سخنرانیهای تخصصی (سمینارهای هفتگی)، کنفرانسها و گردهمایی های سالیانه، کلاسها و برنامه های آموزشی در سطوح تخصصی مختلف، اعطای جوایز علمی، تعداد نشریات علمی محلی.

پیوست برای مقایسه آمار تعداد مقالات تحقیقاتی کشورهای جهان سوم در سال 1973/1352 در اینجا آورده می شود در این سال ایران از نظر تعداد مقالات در مرتبه 9 در میان کشورهای جهان سوم قرار داشته است و عراق در مرتبه 29.

کشور	تعداد مقالات
1	کنیا
2	پاکستان
3	زیمباوه
4	غنا
5	جامائیکا
6	فیلیپین
7	پرو
8	تانزانیا
9	سريلانكا
10	سودان
11	اوروگوئه
12	الجزاير
13	كلمبيا
14	عراق
15	اتیوپی
16	هندوستان
17	آرژانتین
18	برزیل
19	مصر
20	ونزوئلا
21	شیلی
22	مکزیک
23	نیجریه
24	ایران
25	ترکیه
26	مالزی
27	لبنان
28	سنگاپور
29	تایلند
30	اوگاندا

آمار تعداد مقالات کشورهای جهان سوم در سال 1973/1352 (تنها کشورهایی که بیش از 50 مقاله داشته اند در این جدول ضبط شده است).

قبل از انقلاب، حدود 160 نشریه ادواری، مشترک بوده است که شماره های گذشته آنها نیز تا حد زیادی تامین شده بودند. در حال حاضر، به زحمت ده مجله علمی به طور مرتب در این کتابخانه دریافت می شوند. نابسامانی فعلی را موقتی میگیریم و فرض می کنیم



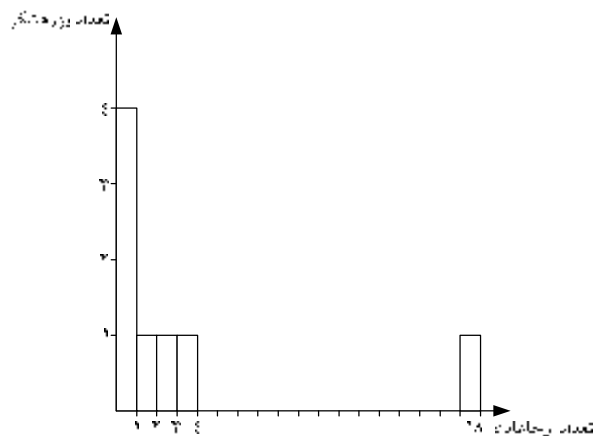
نمودار 2- میانگین تعداد ارجاعات به فیزیکدانهای ایران در سالهای 1984 تا 1987.

تسهیلات برای تهیه نصف تعداد مجلات گذشته، یعنی 80 عنوان، در بهترین شرایط تامین می شود. آنگاه این تعداد را مقایسه می کنیم با 1200 عنوان نشریه علمی ادواری که کتابخانه دانشکده فیزیک دانشگاه وین دریافت می کند. به این ترتیب رقم 6 درصد برای تعداد نشریات علمی ادواری کشورمان در مقایسه با کشورهای پیشرفته به دست می آید. توجه کنید این مورد کمال

ذیلاً به بررسی آماری برخی از این عوامل می پردازیم:

3-1 کتاب: در اینجا نیز یک مقایسه موردی منظور

ما را برمی آورد. دانشگاه صنعتی شریف را که سنت خوبی در جمع آوری کتب تخصصی دارد. به عنوان نمونه،



نمودار 1- میانگین تعداد ارجاعات به ریاضی دانهای ایران در سالهای 1984 تا 1987.

انتخاب می کنیم. کتابخانه دانشکده فیزیک این دانشگاه به زحمت 6000 جلد کتاب دارد. در مقابل، کتابخانه دانشکده فیزیک وین (اتریش) بیش از 130/000 جلد کتاب دارد. به این ترتیب، تعداد کتابهای تخصصی خودمان را می توانیم 5درصد تعداد متناظر یک کشور پیشرفته به حساب آوریم.

3-2 نشریات ادواری: کتابخانه دانشکده فیزیک دانشگاه صنعتی شریف

مطلوب وضع فعلی است نه واقعیت موجود.

3-3 پیش - چاپها: دانشکده فیزیک دانشگاه صنعتی به زحمت ده مقاله به صورت پیش چاپ در هفته دریافت می کند. درحالی که انستیتوی فیزیک نظری دانشکده فیزیک وین، که حدوداً یک پنجم کل دانشکده فیزیک دانشگاه وین است حدوداً هفته ای 120 پیش چاپ دریافت می کند. مرکز بین المللی فیزی نظری در تریست (ICTP) هفته ای 160 و مرکز (CERN) هفته ای 200 پیش چاپ دریافت می کنند. به این ترتیب نسبت پیش چاپهای دریافتی در کشورمان به کشورهای پیشرفته کمتر از 5 درصد است.

3-4 سمینارهای هفتگی و کنفرانسها: در مراکز علمی فعال هر گروه از یک شاخه تخصصی حداقل یک یا دو سخنرانی هفتگی در زمینه کارهای پژوهشی خود برگزار می کنند. چون این فعالیت در کشورمان تازه جوانه می زند آمار نسبی معقولی نمی توان در این زمینه داد.

کنفرانسهای علمی سابقه بیشتری دارند اما به خاطر جنبه صنفی آنها کاری از پیش نبرده اند. تعداد گردهمایی های علمی در هریک از رشته های علوم پایه به زحمت به 3 گردهمایی در سال می رسد. اما به طور مثال طبق اطلاعیه های انجمن فیزیک آلمان سالانه حدود 60 گردهمایی در زمینه فیزیک در آلمان فدرال برگزار می شود. با احتساب ضریب $\frac{5}{6}$ جمعیت، برای نسبت تعداد گردهمایی های علمی رقم 6 درصد به دست می آید.

4. نتیجه گیری: بررسی عوامل گوناگون کمی و کیفی مؤثر در علوم و تحقیقات در کشورمان نشان می دهد که نسبت وضعیت علوم در کشورمان به کشورهای پیشرفته رقمی است میان 0/5 درصد تا 10 درصد. که اگر عامل تعداد دانشجو را کنار بگذاریم برای عوامل کمی و کیفی مؤثر در امر تحقیقات به ترتیب حدوداً ارقام 5 و 1 درصد را به دست می آوریم. جدول اول درصد عوامل مختلف را نشان می دهد. به این جدول بودجه ای را که صرف تحقیقات

در کشورمان می شود نیز منظور کرده ایم. حدود 0/1 درصد از درآمد ناخالص ملی کشورمان صرف تحقیقات می شود. این رقم برای کشورهای پیشرفته حدود 2 درصد است. به این ترتیب نسبت 5 درصدی را به دست می آوریم. این نسبت 5 درصد بودجه بی ارتباط با 5 درصد مربوط به عوامل کمی نیست.

پیوست 2 رشد زاد و ولد: اگر رشد ما در علوم به طور خطی باشد جبران عقب ماندگی ماعلاً غیرممکن می شود مثلاً اگر در هر سال 20 نفر دکترای فیزیک تربیت بکنیم، پس از سی سال 600 نفر تربیت می شوند که رقم بسیار ناچیزی است. به علاوه پس از سی سال سالی، 20 نفر بازنشسته

خواهند شد. یعنی پس از این مدت تعادل برقرار می شود و دیگر به تعداد اضافه نخواهد شد. چاره این است که همواره درصدی از تعداد موجود را تربیت کنیم. فرض کنیم n فیزیکدان داریم و می خواهیم این تعداد را به N برسانیم می کوشیم هر سال $\frac{1}{a}$ ام تعداد موجود را تربیت کنیم. پس از X سال این تعداد به تعداد مطلوب N برسد. داریم:

$$N = n(1 + \frac{1}{a})^x \quad \text{یا} \quad X = \frac{\log \frac{N}{n}}{\log(1 + \frac{1}{a})}$$

جدول زیر تعداد سالهای لازم، X ، را برای مقادیر مختلف $\frac{N}{n}$ و نیز آهنگ رشد $\frac{1}{a}$ به دست می دهد.

1 - Dre/ert - No 32-4 . August 1980
2. Preprint

$\frac{1}{a} \approx 5\%$	$\frac{1}{a} \approx 10\%$	$\frac{1}{a} \approx 20\%$	$\frac{1}{a}$ / $\frac{N}{n}$
33	17	9	$\frac{1000}{200} = 5$
62	32	16	$\frac{10000}{500} = 20$
85	43	22	$\frac{3000}{500} = 60$

تعداد سالهای لازم برای رسیدن تعداد متخصصان از n به N با آهنگ رشد $\frac{1}{a}$