بنام خدا

ارتباط صنعت و دانشگاه
و حلقه مفقوده

سید حمید جلالی نائینی
عضو هیأت علمی دانشگاه تربیت مدرس
عضو هیأت مدیره انجمن هوافضای ایران

جلسه کارشناسی مجمع وزیران ادوار
۱۶ بهمن‌ماه ۱۴۰۲

بخشی از این ارائه با عنوان «حلقهٔ مفقوده در ارتباط صنعت و دانشگاه» در «بیست و یکمین کنگرهٔ سراسری همکاری‌های دولت، دانشگاه و صنعت برای توسعه ملی» به عنوان سخنران مدعو در تاریخ ۱۳۹۷/۱۲/۸ در دانشگاه یزد به مدت ۲۵ دقیقه ارائه شد.

مجموعه‌ای با عنوان «برنامه‌ریزی و مدیریت پژوهش (بخش اول تا هفتم)»، اردیبهشت ۱۳۹۹، حاوی ۱۲۰۰ صفحه (در قالب پاورپوینت) از طریق تارنمای دانشکدهٔ مهندسی مکانیک دانشگاه تربیت مدرس و تارنمای انجمن هوافضای ایران قابل اخذ است.

- https://www.ias.ir/fa/news.php?rid=204

فهرست عناوین

- مقدمه
- ارتباط صنعت و دانشگاه (طرح سؤالات و نظرات متضاد)
- تعریف پژوهش و دسته‌بندی آن از لحاظ کاربرد
- پژوهشهای دانشگاهی و مراکز تحقیق و توسعه
- مهندس و محقق - آموزش و تربیت مهندس
- سهم بودجه تحقیق و توسعه و سهم هر نوع پژوهش
- حلقهٔ مفقوده از مشابه‌سازی تا محصول جدید
- جمع‌بندی و پیشنهادات

مقدمه

سؤالات مطرح در جامعهٔ علمی و مدیران کشور:

- وظیفه و جایگاه دانشگاه، صنعت و دولت چیست؟
- نحوهٔ تعامل این سه بخش چگونه باید باشد؟
- چرا ارتباط صنعت و دانشگاه در کشور در حد مطلوب نیست؟
- مسیر صنعتی شدن کشور کدام است؟ نقش یا وظیفهٔ دولت، صنعت و دانشگاه در آن چیست؟
- با توجه به موارد مذکور، سمت و سوی پژوهشها چگونه برنامه‌ریزی شود؟
- پیشنیاز ورود به این مباحث چیست؟ (تاریخچه، دلایل جاماندگی کشور، تعریف و دسته‌بندی پژوهش، سطوح آمادگی فناوری و ...)

ارتباط صنعت و دانشگاه (طرح سؤالات و نظرات متضاد)

- دستهٔ نخست نظرات:
  - آیا وظیفه دانشگاه تنها تولید علم است؟ پژوهشهای دانشگاهی باید معضلات کشور را حل کند.
  - علم لاینفع، به درد نمی‌خورد. تولید مقاله ارزشی ندارد، چون به درد جامعه نمی‌خورد. بگذارید علم را خارجی‌ها تولید کنند و دانشگاه‌ها تنها متمرکز بر حل مشکلات کشور شوند. چه ایرادی دارد اگر سایرین مقاله دهند و بعد در صورت نیاز حداکثر با ۱۲ دلار آن را ابتیاع کرد؟
  - رسالهٔ دکترایی که دستاورد پژوهشی بین‌المللی داشته باشد، به درد مشکل داخل نمی‌خورد. لزومی ندارد رساله‌های دکتری دستاورد پژوهشی بین‌المللی داشته باشد.
  - آیا تمرکز دانشگاه‌ها در چاپ مقالات در نشریات تراز اول و ملاک نمایه اچ برای هیأت علمی در جهت رفع مشکلات کشور است؟

ارتباط صنعت و دانشگاه (طرح سؤالات و نظرات متضاد)

- دستهٔ دوم نظرات:
  - وظیفه دانشگاه تولید علم است و بس.
  - وظیفهٔ دانشگاه تنها آموزش نیروی انسانی و تولید علم است و صنعت باید مشکل خودش را حل کند.
  - آیا دانشگاه باید آنقدر سطح خود را پایین آورد تا مشکل صنعتی که مربوط به چند دههٔ گذشته است، حل کند؟
  - آیا دانشگاه به محلی برای ساخت قطعات یدکی و تعمیر ماشین‌آلات فرسودهٔ صنعت باید تبدیل شود؟
  - آیا به دانشگاه باید به عنوان یک بنگاه تجاری نگاه کرد؟
  - اگر دانشگاه‌های دولتی رایگان نبود و شهریه اخذ می‌شد و محتاج بودجه دولت نبود، دیگر به این گونه مورد انتقاد قرار نمی‌گرفت و ...

سئوالات بینابین مطروحه:

- در چرخهٔ تولید علم، فناوری و تولید ثروت، جایگاه دانشگاه‌ها، پژوهشکده‌ها، شرکتهای دانش‌بنیان، صنایع، شرکتهای طراحی مهندسی و مهندسین مشاور کجاست؟
- دانشگاه با کدام دسته از صنایع/شرکتها می‌تواند ارتباط مؤثر برقرار کند و با کدام دسته نمی‌تواند ارتباط برقرار کند؟
- وظیفهٔ واحدهای «تحقیق و توسعه» (R&D) در صنایع چیست؟

- آیا جواب این ابهامات و سؤالات برای مدیران شفاف بوده و با سایر مدیران مربوطه هماهنگی لازم را دارد یا خیر؟

- عدم هماهنگی احتمالیِ نظرات مدیران و سلسله مراتب نیز سبب عدم اجرای مؤثر سیاستها می‌شود.

- عدم اتفاق نظر مدیران سابق، فعلی و آیندهٔ کشور در خصوص نظرات، ابهامات و سؤالات مذکور سبب می‌شود که سیاستهای متفاوت و بعضاً متضادی را دنبال کنند که برآیند آنها در طول زمان یکدیگر را خنثی نماید.

موضوعی که کمتر به آن توجه می‌شود:

جواب بعضی از این سؤالات بر حسب این که کدام دسته از پژوهش (بنیادی، کاربردی، توسعه‌ای) و کدام مقطع تحصیلی در دانشگاه مورد بحث است و همچنین کدام سطح آمادگی فناوری (TRL) مد نظر است، متفاوت است.

پژوهش و برداشت ناصحیح از آن

- به زبان ساده، تحقیق یا پژوهش به این معناست که جواب سؤالات داده نشده یا مسائل حل نشده، توسط محقق یافته شود و بر خلاف تصور عامیانه، به معنای یافتن جواب سؤالات از طریق جستجو و مطالعهٔ منابع نیست.

- به عبارت دیگر، اگر محققی قبلاً جواب سؤال را گزارش کرده باشد، یافتن آن جواب در منابع و یادگیری (یا بازتولید آن)، دیگر پژوهش محسوب نمی‌شود. بخشی از رویکردهای نادرست ناشی از عدم توجه به این موضوع است.

دسته‌بندی پژوهش از لحاظ کاربرد

- پژوهشهای بنیادی: پژوهشهایی که در جهت گسترش مرزهای دانش بدون در نظر گرفتن استفاده عملی خاصی برای آن انجام می‌گیرد.
- پژوهشهای کاربردی: به منظور کسب دانش علمی و فنی جدید که برای کاربرد ویژه‌ای در نظر گرفته شود.
- پژوهشهای توسعه‌ای: به تحقیقات پایه و کاربردی استوار بوده (مبتنی بر دانش موجود حاصل از تحقیقات یا تجربیات) و نتایج آن برای بهبود آنچه که موجود است و همچنین برای بهبود دادن به وسایل تولید، سیستمها و روشها مورد استفاده قرار می‌گیرد (تحقیق در صنایع مونتاژ، مشابه‌سازی، مهندسی معکوس، بهبود تولید یا روش تولید از جهات مختلف، ایجاد فناوری).

برگرفته از کتاب «روش تحقیق در علوم مهندسی» نگارش دکتر لیاقت و مهندس بیطرفان، ۱۳۷۷.

تعاریف و مثالها از مرجع دیگر

- پژوهش بنیادی به حل مسائل بنیادی نظیر توجیه پدیده‌های طبیعی، ریاضیات محض، مفاهیم زمان و مکان و فرمول‌بندی آنها می‌پردازد.
- در پژوهش کاربردی، هدف یافتن پاسخ برای یک مسئله مشخص در ارتباط با صنعت، جامعه یا کسب و کار است.
- پژوهش کاربردی به پاسخِ مسائل مطرح در جامعه و صنعت می‌پردازد نظیر این که آیا امکان تولید پلاستیکهای سازگار با محیط وجود دارد.
- پژوهش توسعه‌ای به جنبهٔ تولیدی و تجاری شدن پژوهشهای کاربردی می‌پردازد که بطور کامل شناخته‌شده و فرمول‌بندی شده است.

Ref: C.R. Kothari, Research Methodology Methods and Techniques, New Age International Publishers, 2004.

سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه و سهم هر نوع پژوهش (آمریکا)

	Funding Share	Industry	Federal Govt	Academia	Non-Profit
Basic Research	16%	22%	7%	56%	15%
Applied Research	20%	61%	10%	21%	8%
Development	64%	87%	8%	3%	2%

- در آمریکا سهم تحقیقات پایه ۱۶٪، سهم تحقیقات کاربردی ۲۰٪ و سهم تحقیقات توسعه‌ای ۶۴٪ است.
- سهم دانشگاهها در آمریکا حدود ۱۴/۳٪ از کل R&D،
- سهم دانشگاهها: ۵۶٪ از تحقیقات پایه در آمریکا،
- سهم تحقیقات توسعه‌ای در آمریکا ۶۴٪ است که ۸۷٪ آن توسط صنایع و ۳٪ آن توسط دانشگاههاست.

Ref: The 2017/2018 Global R&D Funding Forecast
(Source: National Science Foundation)

Different Priorities Among Research Leaders

	Basic Research	Applied Research	Developmental Research
USA	19.5%	19.5%	61%
EU30	18%	23%	59%
China	5%	13%	82%
South Korea	16%	20%	64%
Russia	14%	33%	53%
India	26%	36%	38%

اعداد جدول فوق از روی نمودارهای کیکی استخراج شده و محتملاً حدود یک درجه خطا دارد.

China places more emphasis on development, less on basic research

Ref: The 2014 Global R&D Funding Forecast

چین در بین ده کشور نوآور قرار ندارد.

	Top Innovators 2019	
Rank	Country	GII 2019 Score
1	Switzerland	67.24
2	Sweden	63.65
3	USA	61.73
4	Netherlands	61.44
5	UK	61.30
6	Finland	59.83
7	Denmark	58.44
8	Singapore	58.37
9	Germany	58.19
10	Israel	57.43
14	China	54.82
61	Iran	34.43

تعداد جوایز نوبل به تفکیک کشور

1	USA	368	11	Italy	20	21	Hungary	9
2	UK	132	12	Netherlands	20	22	China	9
3	Germany	107	13	Denmark	14	23	Spain	8
4	France	62	14	Norway	13	24	Ireland	7
5	Sweden	30	15	Israel	12	25	Czech Rep	5
6	Switzerland	26	16	Australia	12	26	Argentina	5
7	Japan	26	17	Poland	12	27	Finland	4
8	Canada	23	18	Belgium	10	28	Romania	4
9	Russia	23	19	South Africa	10	29	Egypt	4
10	Austria	21	20	India	10	30	New Zealand	3

On WorldAtlas.com

updated on **March 7, 2018.**

By Jessica Dillinger

Academic Spending on R&D (Source: Bestcolleges.com)

		Total R&D	Science	Engineering
		millions USD		
1	Johns Hopkins Univ.	$2,106.2	$1,233.4	$859.6
2	Univ. of Michigan, Ann Arbor	$1,322.7	$1,026.6	$221.1
3	Univ. of Wisconsin, Madison	$1.169.8	$916.8	$113.7
4	Univ. of Washington	$1,109.0	$961.2	$104.2
5	UC-San Diego	$1,073.8	$939.2	$126.1
6	UC-San Francisco	$1,032.7	$1,032.7	$0.0
7	Duke Univ.	$1,009.9	$946.2	$58.6
8	UC-Los Angeles	$1,003.4	$898.9	$70.8
9	Stanford Univ.	$903.2	$722.4	$131.4
10	Columbia Univ.	$889.5	$788.6	$59.2
11	Univ. North Carolina, CH	$966.8	$934.2	$5.0
12	Univ. of Pittsburgh	$884.8	$860.8	$4.0
13	Univ. of Pennsylvania	$847.1	$767.4	$45.8
14	Univ. of Minnesota, Twin Cities	$826.2	$715.8	$91.0
15	MIT	$824.1	$405.2	$365.2

Ref: The 2018 Global R&D Funding Forecast

		Total R&D	Science	Engineering
		millions USD		
15	MIT	$824.1	$405.2	$365.2
16	Cornell Univ.	$802.4	$711.9	$87.9
17	Harvard Univ.	$799.4	$706.0	$48.0
18	Pennsylvania State Univ.	$797.7	$485.1	$298.8
19	Ohio State Univ.	$766.5	$570.7	$149.3
20	UC-Berkeley	$730.3	$524.5	$172.4
21	UC-Davis	$713.3	$621.9	$83.1
22	Washington Univ., St. Louis	$706.4	$668.9	$20.1
23	Univ. of Florida	$697.0	$562.1	$87.9
24	Texas A&M Univ.	$693.4	$413.9	$256.1
25	Georgia Inst. of Technology	$688.9	$201.1	$482.8

Source: Bestcolleges.com

Ref: The 2018 Global R&D Funding Forecast

سطوح آمادگی فناوری Tech Readiness Level (TRL)

- سطوح پایینی (مطالعات علمی تئوری و تجربی پایه و کاربردی)،
  - سطوح ۱ تا ۳ در حوزهٔ «قوانین پایه، پژوهشهای کاربردی و کاربرد فناوری، آغاز تحقیق توسعهٔ فعال شامل مطالعات آزمایشگاهی»
- سطوح میانی (ساخت و تست نمونه در محیط آزمایشگاهی)
  - سطوح ۴ تا ۶ در حوزهٔ «پیاده‌سازی آزمایشگاهی تا تست نمونهٔ اولیه در محیط مرتبط»
- سطوح فوقانی (ساخت و تست محصول در شرایط واقعی)
  - سطوح ۷ تا ۹ در حوزهٔ «ساخت نمونه‌ای واقعی (نزدیک به عملیاتی) و تست در محیط عملیاتی تا ساخت سیستمی عملیاتی و اثبات عملکرد در مأموریتهای واقعی با تکمیل و رفع نواقص آن»

- مفهوم «سطح آمادگی فناوری» برای درک مشترک میان دانشگاهیان و درک مشترک در سازمانها و صنایع و همچنین درک مشترک بین دانشگاه و صنعت بسیار مفید و آموزنده است.
- این سطوح مسیری از پژوهشهای پایه، پژوهشهای کاربردی، توسعهٔ فناوری، نمایش فناوری، توسعهٔ سامانه و تست و اجرای عملیات را در بر می‌گیرد.
- تمرکز اصلی حوزهٔ فعالیتهای دانشگاه، مراکز تحقیق و توسعه (R&D) و صنعت از تبیین و تشریح «سطوح آمادگی فناوری» قابل استنتاج است. لذا منجر به توقعات منطقی از هر یک خواهد شد.

پیشنهاد:

- تبیین پژوهشهای بنیادی، کاربردی و توسعه‌ای در سازمانها، وزارتخانه‌ها و دانشگاه و صنعت و همچنین استاندارد آموزشی مقاطع تحصیلی دانشگاهی برای داشتن ادبیات مشترک و انتظارات صحیح،
- دورهٔ یک روزهٔ (صبح و بعد از ظهر) آشنایی با TRL بطور سالانه در دانشکده‌های فنی-مهندسی برگزار شود. بخش بعد از ظهر آن، به «مطالعهٔ موردی» اختصاص یابد، که در هر سال مورد متفاوتی ارائه شود.

این جمله که «دانشگاه باید مشکل/معضل صنعت را حل کند»، بسیار کلی، ابهام‌آمیز، گمراه کننده و به نوعی فرافکنی است.

موارد ذیل، بطور نمونه، در حوزهٔ فنی-مهندسی قابل بحث، اصلاح و نتیجه‌گیری است:

- «پژوهشهای دانشگاهی در راستای نیاز بخش تحقیق و توسعهٔ صنعت باشد.»
- «پژوهشهای دانشگاهی شیوه‌ها و فناوریهای نوینی که صنعت حتی نمی‌شناسد و لذا احساس نیازی به آن ندارد، کشف و معرفی کند.»
- «پژوهشهای دانشگاهی مشکلات آتی نامحسوس را شناسایی، معرفی و برای آن راه حل ارائه کند.»

- ارتباط صنعت و دانشگاه: آری یا خیر؟ (طرح سؤال) (۱۵ دقیقه)
- ابهام در گزارهٔ دانشگاه باید مشکل صنعت را حل کند! (۱۵ دقیقه)
- واکاوی گزارهٔ پژوهش دانشگاهی در راستای نیاز مراکز تحقیق و توسعهٔ صنعت باشد. (۱۵ دقیقه)
- تفاوت جایگاه پژوهشهای بنیادی، کاربردی و توسعه‌ای و مقاطع تحصیلی در ارتباط صنعت و دانشگاه (۱۶ دقیقه)

- www.ias.ir
- www.aparat.com/shjalali

ارتباط صنعت و دانشگاه

- تربیت نیروی انسانی متخصص
  - آموزش و تربیت مهندس (مقطع کارشناسی دانشکده‌های فنی و مهندسی)
  - آموزش و تربیت محقق مستقل (مقطع دکترای تخصصی دانشکده های فنی و مهندسی)
- جهت‌دهی پژوهشهای دانشگاهی در راستای نیاز مراکز تحقیق و توسعهٔ صنعت،

در مبحث ارتباط صنعت و دانشگاه اغلب بین این دو موضوع خلط مبحث میشود. هر دو بخش بسیار مهم است، اما باید تفاوت آن را متوجه بود.

- مقایسه نظام آموزش پزشکی در خصوص آموزش حرفه‌ای در بیمارستانها ناظر بر همان بخش اول است. مثال دیگر آن، آموزش خلبانی است.
- به عبارت دیگر، صنعت انتظار دارد که مهندسی را که در بدو فارغ التحصیلی استخدام میکند، تجربه و تخصص یک مهندس خود با پنج شش سال سابقه را داشته باشد.
- صنعت هم در این خصوص وظیفه دارد. یک فارغ التحصیل مهندسی مکانیک از ابتدا معلوم نیست که در چه بخشی مشغول به کار می‌شود (خودروسازی، قالب‌سازی، نیروگاه، سازه‌های اسکلت فلزی، طراحی ماشین ابزار، ...).

بطور خلاصه:

- وجه غالب در مقطع کارشناسی در دانشکده‌های فنی و مهندسی، آموزش مهندسی بر پایهٔ علوم و فناوری موجود و کاربردی است.

- بخش تحصیلات تکمیلی برای پژوهش و آموزشِ پژوهش
  - البته مقطع کارشناسی ارشدِ آموزش محور برای تکمیل آموزشِ مهندسی و مهارتهای مرتبط است،
  - و متد با پایان‌نامه در کارشناسی ارشد (پژوهش محور) پیش مرحلهٔ دورهٔ دکتری تلقی می‌شود.

آموزش و تربیت مهندس

- متأسفانه آموزش کیفی مهندس در مقطع کارشناسی دانشکده‌های فنی و مهندسی کشور به علل مختلف تضعیف شده است.
- دانشگاه‌های ما بیشتر به سمت تربیت محقق رفته‌اند.
- از تربیت محقق، مهندس خارج نمی‌شود.
- تفاوت مهندس با محقق (راهنمای کوتاه انجمن هوافضا)
- یکی از مشکلات صنعت ما، بکارگیری محقق به جای مهندس است.
- شما از یک محقق، انتظار کار مهندسی دارید و از پس آن بر نمی‌آید. اما اگر یک کار تحقیقی به او بدهید، علی‌القاعده از پس آن بر می‌آید.

- تفکیک و دانستن وظایف کاریِ کارگر ماهر، تکنسین و مهندس (که بر اساس آن آموزش دیده‌اند)، مهم است.
- اگرچه آموزش مهندس در دانشگاه‌ها تضعیف شده است، اما اغلب مشاهده می‌شود، که این موضوع به دلیل انتظاری ناموجه بیان می‌شود.
- در اغلب صنایع کشور، درصد موفقیت هنرستانی‌ها و فوق دیپلمه هایی که در ادامه، مهندسی خوانده‌اند، بسیار بیشتر است.
- حرفهای گمراه کننده‌ای در این بحث مهارت‌آموزی و بحث دانشگاه های کارآفرین مطرح می‌شود. نظیر این تصور که اگر برای یک دانشجوی کارشناسی ارشد، دوره‌های جوشکاری بگذارند و بعد برود جوشکار شود و جوشکار خوبی هم بشود، این دانشگاه شده است کارآفرین!

پژوهشهای دانشگاهی و مراکز تحقیق و توسعه

- دانشگاه با کارخانجات (خطوط تولید) زبان مشترکی ندارند (در بخش پژوهش). دانشگاه با بخش تحقیق و توسعهٔ صنعت طرف است.
- اگر صنعت «بخش تحقیق و توسعه» نداشته باشد، چگونه پژوهشهای مورد نیاز خود را به دانشگاه اعلام کند و بعد تحویل بگیرد.
- بخش تحقیق و توسعه صنعت باید توانایی فنیِ خرد کردن پروژه، برونسپاری اجزاء و تحویلگیری و جمع کردن مجموعه را داشته باشد (صنعتی که مأموریت آن طراحی و ساخت است) و برای آن بخش از کار که جنبهٔ آکادمیک دارد، از توان دانشگاه بهره برد.
- در نهایت بخش تحقیق و توسعهٔ صنعت باید آن را به محصول نهایی تبدیل کند. اگر صنعت «بخش تحقیق و توسعهٔ فعالی» نداشته باشد، نتایج پژوهشهای دانشگاهی نیز ابتر می‌ماند.

- تفکیک «بخش تحقیق و توسعه» از صنعت، مرگ صنعت را بدنبال خواهد داشت.

- همکاری پژوهشی با صنایعی که یک محصول خارجی را تحت لیسانس تولید می‌کنند، بسیار متفاوت با صنایعی است که خود محصولی را طراحی و تولید می‌کنند.

راهنمای کوتاه انجمن هوافضا با عنوان آدرس اشتباه در ارتباط صنعت و دانشگاه

- باید توجه داشت که مراکز تحقیق و توسعهٔ صنایع به دنبال تحقیقات ارزانتر به دانشگاه‌ها رجوع می‌کنند؛ چرا که بخش عمدهٔ هزینهٔ دانشگاه‌ها در جهان توسط دولتها، شهریه و موقوفات پرداخت می‌شود.

- دانشگاه‌ها نباید در اخذ پروژه، رقیب بخش خصوصی باشند؛ بلکه بخش خصوصی باید آن بخش از تحقیقات مورد نیاز خود را که جنبهٔ آکادمیک بیشتری دارد و دانشگاه با هزینهٔ کمتری می‌تواند آنرا انجام دهد، به دانشگاه‌ها واگذار کنند.

- شرکتهای دانش‌بنیان پتانسیل ارتباط مستقیم با دانشگاه‌ها را دارند؛ در صورتی که کارخانجات (خطوط تولید بدون واحد تحقیق و توسعه) این توانایی را ندارند.
- به همین دلیل تأسیس این شرکتها در کنار دانشگاه‌ها سبب تقویت این ارتباط می‌شود.
- نکتهٔ مهم که باید درک شود اینست که ما از استثنائات صحبت نمی‌کنیم. بله ممکن است «کارخانه‌ای فاقد بخش تحقیق و توسعه» با دانشگاهی ارتباط مستقیم برقرار کند (البته با فرض این که تقاضای او جنبهٔ پژوهشی داشته باشد).
- با استناد به استثنائات نمی‌توان چرخهٔ علم تا ثروت را برنامه‌ریزی و مدیریت کرد.

- تا زمانی که فارغ التحصیلان دکتری در شرکتهای دانش‌بنیان در حوزۀ تخصصی خود جذب نشده و به پژوهش خود ادامه ندهند، این شرکتها به معنای واقعی در دنیای امروزی دانش‌بنیان نیستند.

واقعیتهای مسیر

- زمانی که تولید محصولی در کشوری سوددهی مناسب (در مقایسه با سایر فعالیتها) نداشته باشد، تولید آن رونق نمی‌گیرد. تا تولید آن رونق نگیرد، پولی برای تحقیق و توسعه نخواهد داشت (بخش خصوصی).
- متأسفانه در اغلب موارد، در زمانی که تولید در حوزه‌ای خاص نیز سوددهی دارد، صنعت به فکر تحقیق و توسعه نیست و پولی بابت تحقیق و توسعه هزینه نمی‌شود.
- تا زمانی که پژوهشهای توسعه‌ای در صنعتی رونق نگیرد، پژوهشهای کاربردیِ مرتبط در دانشگاه‌ها برای آنها بلا استفاده خواهد بود.

- این موضوع صحیح است که «اگر به پژوهشهای پایه توجه نشود، فناوری و صنعتِ آن کشور در آینده عقب می‌افتد (بطور نمونه انگلستان در اوایل قرن بیستم)»، اما اگر در کشوری پژوهشهای توسعه ای نباشد، نتیجهٔ همه پژوهشهای پایه و کاربردی در آن کشور (حداقل در حوزهٔ صنعت) عقیم می‌ماند.

- نسبت صحیحی در زمینهٔ پژوهشهای پایه، کاربردی و توسعه‌ای در کشور وجود ندارد و این نسبت باید تصحیح شود.

سهم بودجهٔ تحقیق و توسعهٔ کشورها در جهان

	2015	2016	2017
US	27.9%	27.8%	27.7%
China	19.4%	20.1%	20.8%
Japan	8.5%	8.6%	8.4%
Germany	5.8%	5.6%	5.4%
South Korea	3.9%	4.0%	4.1%
India	3.5%	3.6%	3.8%
Russia	3.0%	2.9%	2.8%
Asia (24)	41.3%	42.3%	42.9%
Europe (34)	21.6%	21.2%	20.8%

Ref: The 2017/2018 Global R&D Funding Forecast

هزینه‌های تحقیق و توسعه در ۲۰۱۵

	R&D as % GDP	Gross Expenditures on R&D, PPP
US	2.77%	$496.84 billion
China	1.92%	$372.81 billion
Japan	3.41%	$164.59 billion
Germany	2.92%	$112.16 billion
South Korea	4.04%	$74.70 billion
India	0.85%	$67.70 billion
France	2.26%	$59.82 billion
Russia	1.50%	$55.77 billion
25) Iran	0.90%	$12.34 billion

Ref: The 2017 Global R&D Funding Forecast

Purchasing Power Parity (PPP)

Industrial R&D Spenders – ICT

	2016	2017	2018
Amazon	$16.085	$19.217	$22.398
Alphabet/Google	$13.948	$16.111	$18.154
Intel	$12.740	$13.493	$14.187
Microsoft	$12.500	$12.942	$13.384
Apple	$10.495	$12.365	$14.235
Total Top 5	$65.768	$74.128	$82.358

Billions USD

Ref: The 2018 Global R&D Funding Forecast (source: R&D Magazine survey 2017)

Industrial R&D Spenders – Aerospace/Defence

	2016	2017	2018
Boeing	$4.627	$4.961	$5.347
BAE Systems	$1.693	$1.670	$1.607
Lockheed Martin	$0.988	$1.074	$1.167
Raytheon	$0.755	$0.867	$0.967
Northrop Grumman	$0.705	$0.796	$0.861
Total Top 5	$8.768	$9.368	$9.949

Billions USD

Ref: The 2018 Global R&D Funding Forecast (source: R&D Magazine survey 2017)

Industrial R&D Spenders – Automotive

	2016	2017	2018
Volkswagen	$12.144	$11.572	$10.915
Toyota	$9.666	$10.018	$10.370
General Motors	$8.100	$8.344	$8.620
Ford Motor Co.	$7.300	$7.521	$7.754
Honda Motors Co.	$6.642	$6.988	$7.333
Total Top 5	$43.852	$44.443	$44.992

Billions USD

Ref: The 2018 Global R&D Funding Forecast (source: R&D Magazine survey 2017)

شناسایی گلوگاه‌های علمی-فناوری پروژه‌ها

- شناسایی گلوگاه‌های پروژه‌ها از قبل، و برنامه‌ریزی برای عبور از آن بسیار مهم است.

- چندگلوگاه علمی-فناوری در هوافضا، بطور نمونه:
  - اثر نامطلوب رادوم در هدایت و کنترل،
  - کنترل در زوایای حملهٔ بالا،
  - چند مرحله‌ای کردن یک موشک ماهواره‌بر،
  - بوسترهای دورچین (جانبی) در موشک ماهواره‌بر،
  - فناوری ریخته‌گری سوخت جامد در محفظهٔ بوستر از قطر معینی بزرگتر، تغییر می‌کند.

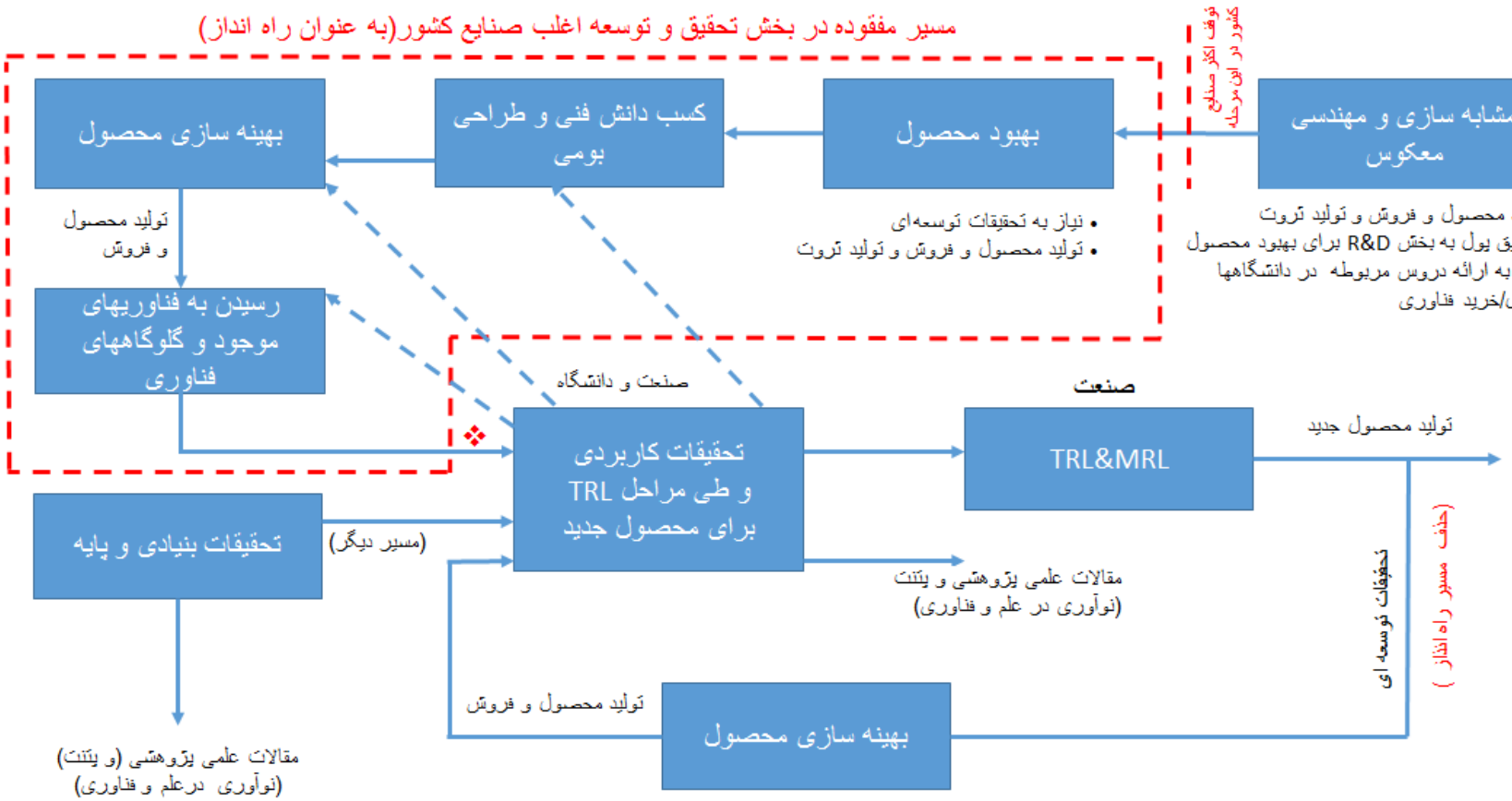
- اگر از ابتدا این گلوگاه‌ها را بدانیم، زودتر پژوهشهای کاربردی و حتی توسعه‌ای را شروع کرده تا در زمانی که به آن گلوگاه رسیدیم، وقفه‌ای طولانی در انجام پروژه صورت نگیرد (شناسایی، برنامه‌ریزی، تأمین اعتبار اضافی، تحقیقات مرتبط تا ساخت).

- این گلوگاه‌ها می‌تواند از قبل به مراکز علمی و فناوری اعلام و از تحقیقات کاربردی و توسعه‌ای بر روی آنها حمایت مالی شود.

- آیا صنایع کشور برنامه‌ای برای شناسایی گلوگاه‌ها دارند؟

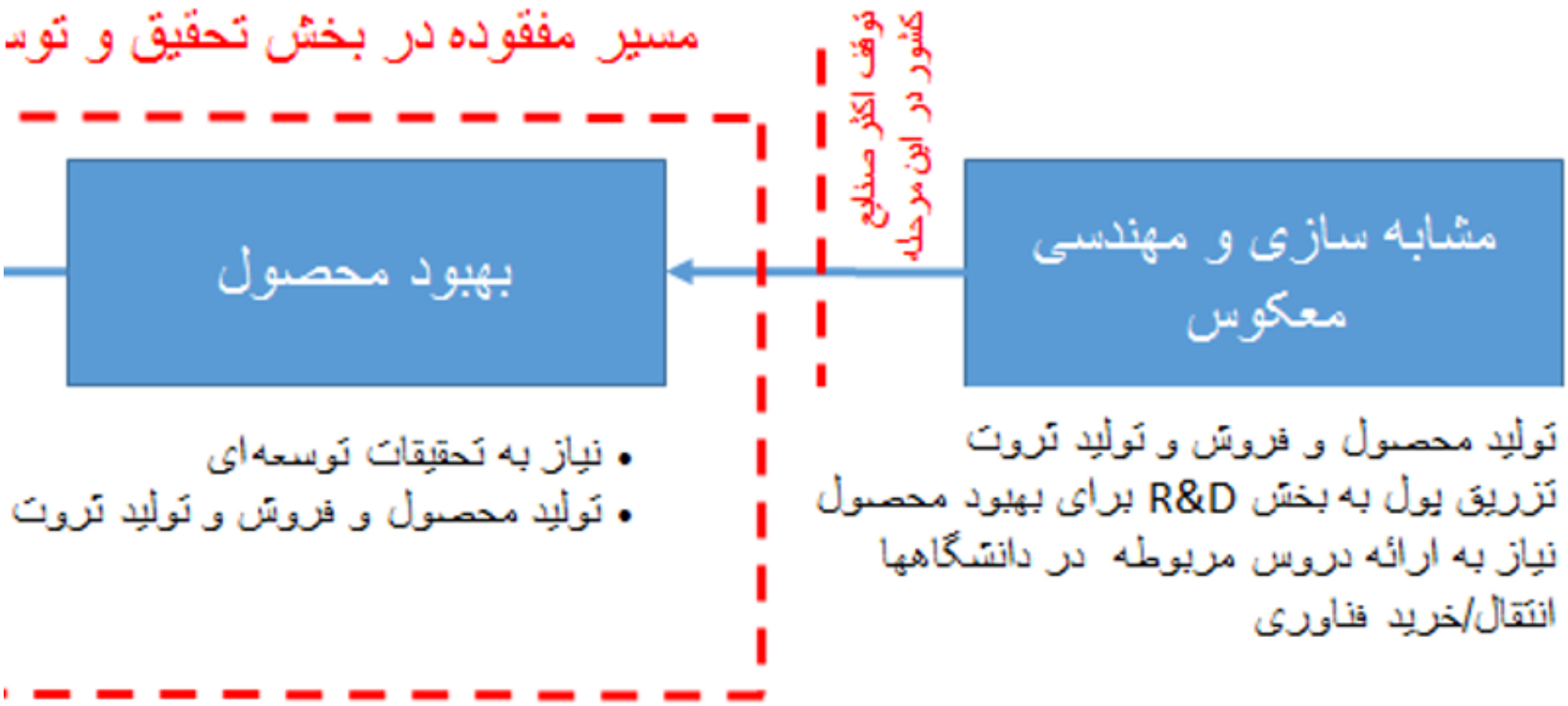
حلقهٔ مفقوده از مشابه‌سازی تا محصول جدید

- برای صنعتی شدنِ کشور باید چند مسیر بطور موازی طی شود. یکی از این مسیرها، «مسیر مشابه‌سازی و مهندسی معکوس تا تولید محصول جدید» است، که بخشی از این مسیر در اغلب صنایع کشور وجود ندارد.
- از خصوصیات ویژهٔ این مسیر اینست که از ابتدا تولید بصورت مشابه‌سازی صورت می‌گیرد و (در صورت صرفهٔ اقتصادی) می‌تواند تولید ثروت نماید. در مراحل بعدی نیز می‌تواند محصول به بازار ارائه نماید.
- عدم وجود این حلقهٔ مفقوده (به عنوان راه‌انداز) سبب می‌شود که تحقیقات کاربردی در دانشکده‌های فنی و مهندسی با ورودی آزاد (بدون دریافت ورودی از بخش تحقیق و توسعهٔ صنعت) باشد.
- مسیر ساده‌شدهٔ فوق و حلقهٔ مفقوده در اسلاید بعد آمده است.

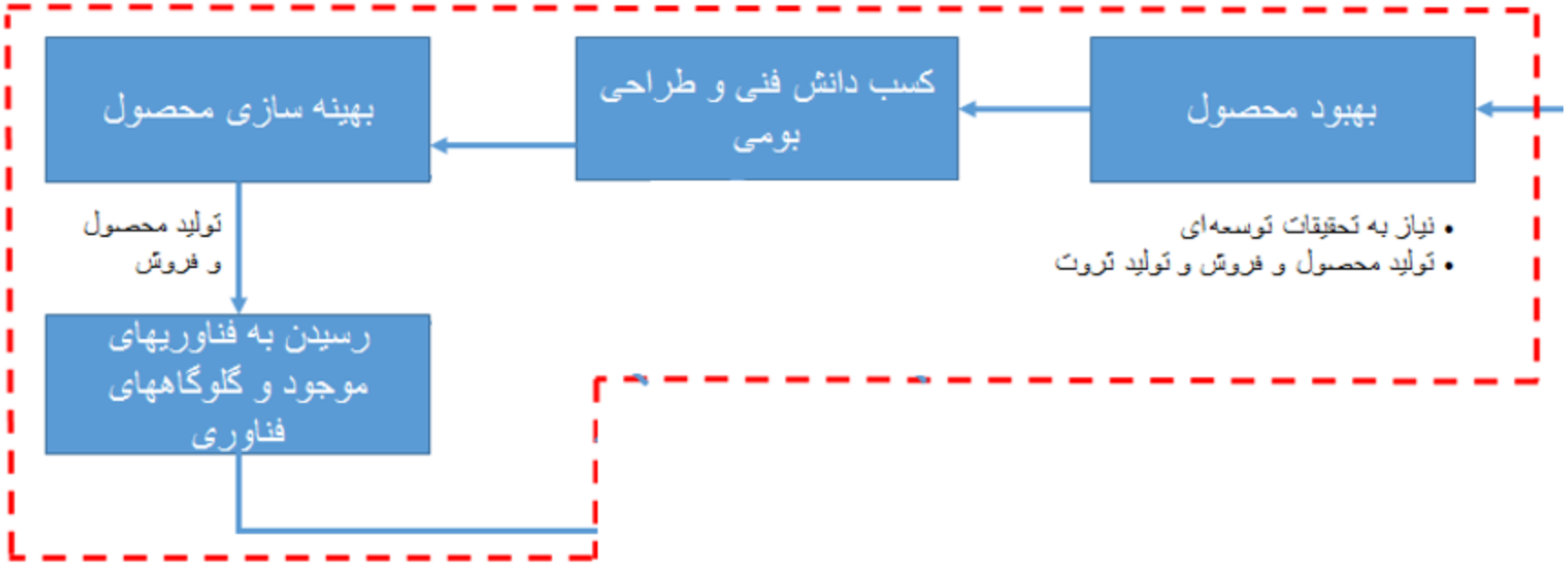


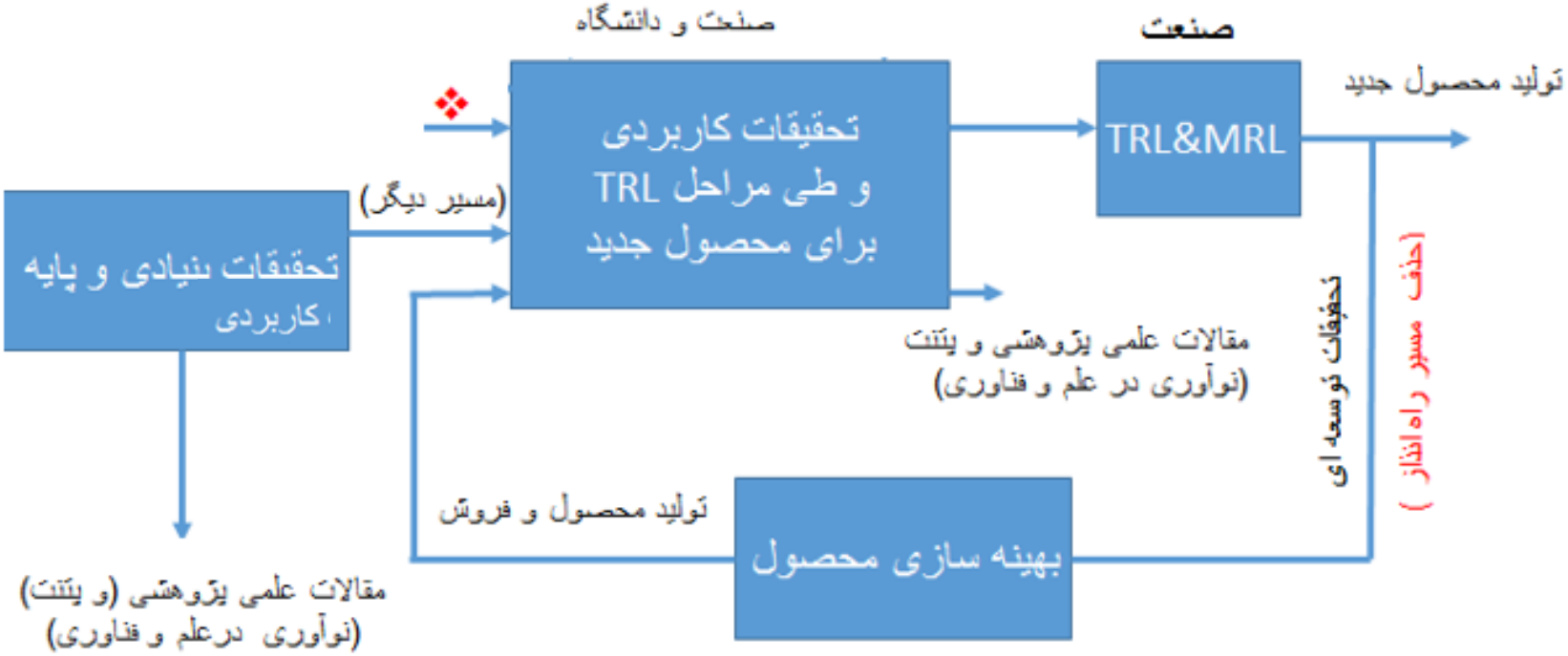
❖ اغلب فعالیتهای دانشکده های فنی و مهندسی کشور با ورودی آزاد (و بدون ورودی از طریق مسیر مفقوده) است.

جلالی نائینی ۹۷/۱۰/۲

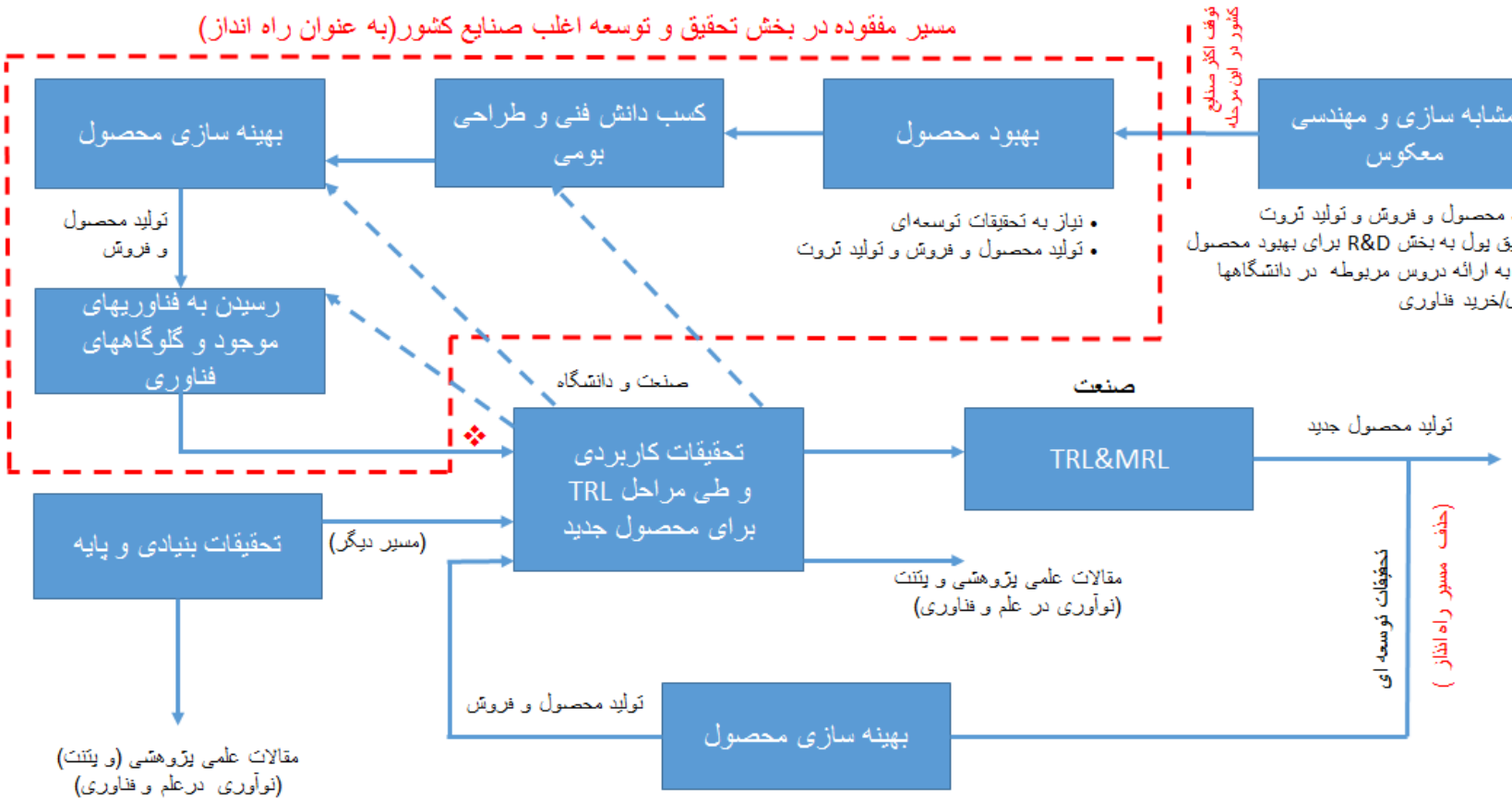

مسیر مفقوده در بخش تحقیق و توس
توقف اکثر صنایع کشور در این مرحله
مشابه سازی و مهندسی معکوس
بهبود محصول
• تولید محصول و فروش و تولید ثروت
• تزریق پول به بخش R&D برای بهبود محصول
• نیاز به ارائه دروس مربوطه در دانشگاهها
• انتقال/خرید فناوری
• نیاز به تحقیقات توسعه‌ای
• تولید محصول و فروش و تولید ثروت

مسیر مفقوده در بخش تحقیق و توسعه اغلب صنایع کشور(به عنوان راه انداز)





❖ اغلب فعالیتهای دانشکده های فنی و مهندسی کشور با ورودی آزاد (و بدون ورودی از طریق مسیر مفقوده) است.



❖ اغلب فعالیتهای دانشکده های فنی و مهندسی کشور با ورودی آزاد (و بدون ورودی از طریق مسیر مفقوده) است.

- اغلب مدیران دانشگاهی می‌خواهند از طریق مسیر تحقیقات پایه به تحقیقات کاربردی برسند. سپس بررسی کنند که از میان این تحقیقات، کدامیک قابلیت تبدیل به تولید محصول و ایجاد ثروت را دارد.
- اغلب استادان دانشگاهیِ فارغ‌التحصیل از دانشگاههای غرب، توجهی به این مسیر مفقوده (راه‌انداز) ندارند. دلیل آن این است که آمریکا یا اروپای غربی، لیدر بوده و مشابه‌سازی و مهندسی معکوس نمی‌کند و مسیر راه‌انداز در آنها وجود ندارد تا این استادان مشاهده کنند و لذا در صورت معرفی این مسیر نیز اغلب اعتقادی به آن ندارند.
- ژاپن در چهل‌پنجاه سال گذشته این مسیر راه‌انداز را طی کرده و با رسیدن به سطح جهانی، مسیر راه‌انداز حذف شده است.
- چین نیز این مسیر راه‌انداز را با شدت و قوت شروع کرده و بسرعت به مرزهای فناوری نزدیک می‌شود. پس از آن، در چین نیز مانند ژاپن، مسیر راه‌انداز حذف می‌شود.

- باید توجه داشت مسیر مذکور برای وقتی است که
  - نیاز بازار وجود دارد؛
  - محصولات آن در بازار وجود دارد؛ نظیر خودرو، هواپیما، لوازم برقی خانگی،
  - و مشابه‌سازی آن (تا زمان معینی) صرفهٔ اقتصادی دارد، یا به دلایل دیگری نظیر تحریم یا امنیت ملی (دفاعی، اقتصادی، نظارتی و ...) تصمیم به اجرای مسیر «مشابه‌سازی» یا «کسب دانش طراحی و ساخت» گرفته می‌شود.

- متأسفانه اکثراً به مسیر راه‌انداز مذکور توجهی ندارند. اما برنامه‌ریزی و مدیریت آنست که:
  - چگونه و با چه حمایتی و در طی چه مدتی، صنایع از مرحلهٔ مشابه سازی به سمت بهینه‌سازی و کسب دانش فنی و مرزهای فناوری، هدایت شوند،
  - واحدهای تحقیق و توسعه در آنها فعال شوند،
  - در هر مرحله سوددهی داشته و بخشی از سود به بخش تحقیق و توسعه تزریق شود.
  - پس از مدت زمان برنامه‌ریزی شده (بدون حمایت) خودگردان شوند.

مسیر دیگر

مسیر دیگر بجای «مشابه‌سازی و مهندسی معکوس در داخل» و کسب دانش فنی از طریق آن:

- طراحی و ساخت زیر نظر یک شرکت معتبر دارای دانش فنی است؛ بطوری که طراحی زیر نظر کارشناسان شرکت اصلی باشد و کارشناسان دو مجموعه با هم ارتباط فنی داشته باشند. این مسیر اگر درست انجام شود (از قرارداد گرفته تا ادامهٔ صحیح آن) در هزینه‌ها و زمان انجام پروژه کاهش قابل ملاحظه‌ای می‌دهد و کارشناسان آموزش دیده تحویل می شود. بطور نمونه، این مسیر در پروژهٔ ماهواره مصباح در کشور شروع شد؛ اما متأسفانه ادامهٔ آن (به روش فوق‌الذکر) بخاطر تحریمها متوقف ماند.

- شیوهٔ انتقال فناوری از همهٔ کشورها و حتی شرکتها یکسان نیست و نباید در این خصوص قضاوت یکسانی داشت. باید شرکتها و کشورها را از این لحاظ شناخت و دسته‌بندی کرد.
- مفاد قراردادهای منعقده برای انتقال فناوری بسیار مهم است. تیم مذاکره کننده باید بسیار مجرب باشد، که قراردادی هوشمندانه منعقد کند.
- دانش و تجربهٔ تیمِ داخلیِ درگیر در زمینهٔ انتقال فناوری بسیار حائز اهمیت است.
- داشتن آلترناتیوهای دیگر برای انتقال فناوری در زمان عقدِ مفاد قرارداد و همچنین نحوهٔ عمل آن شرکت صاحب فناوری، مهم است.

- مسلماً در بسیاری از حوزه‌ها امکان اقدام از این طریق میسر نمی‌باشد.

- در موارد متعددی، موقعی که شرکتهای خارجی حاضر به انجام چنین قراردادهایی بوده‌اند، ما مردد بوده و معطل کردیم و آن وقت که ما بدنبال آن بوده‌ایم، آنها (بعلت تحریم یا قرارداد یا شرکت دیگر و ...) امتناع کرده‌اند.

حرکت در مرزهای دانش و فناوری یا حرکت در راستای نیاز بخش تحقیق و توسعهٔ صنعت

- با چه سیاستی می‌توان هم در مرزهای دانش حرکت کرد و هم در راستای نیاز بخش تحقیق و توسعهٔ صنعت؟
- اگر سیاست تنها حرکت در مرزهای دانش باشد و شرط در راستای نیاز پژوهشیِ بخش تحقیق و توسعهٔ صنعت نباشد:
  - دانشگاه عملاً خود را جدا از صنعت و جامعه می کند؛
  - شانس اشتغال فارغ التحصیلان در تخصص خود، کاهش می یابد؛
  - پروژه‌هایی که استادان از خارج از دانشگاه می‌آورند که در مرزهای دانش نباشد، سبب می‌شود تا بتوانند تعداد کمتری مقالهٔ کیفی دهند. پس در خلاف جهت سیاست مذکور است. در غیر اینصورت عملاً توقع می‌رود که استاد دو شغله باشد یعنی دو کار کاملاً متفاوت انجام دهد. در صورتی که مقاله باید از پروژه استخراج شود.

- برنامه‌ریزی و مدیریت پژوهش در کشور ما این است که چگونه ضمن حرکت در مرزهای دانش و فناوری، در راستای نیاز پژوهشیِ بخش تحقیق و توسعهٔ صنعت نیز حرکت کرد.

- در بعضی از حوزه‌ها این کار میسر است؛

- اما در بعضی از حوزه‌ها بسیار دشوار است و بدون برنامه‌ریزی در سطح ملی توسط نهادهای سیاسی-علمی-اجرایی-تقنینی امکانپذیر نیست.

برنامه‌ریزی پژوهش با توجه به شرایط کشور

طرح سؤال: اگر مقالهٔ Q1 از پروژه‌ای استخراج شود، بسیار ارزشمند است. اگر نشود، بطور نمونه اولویت با کدام است؟

- مقالهٔ Q1 که مورد نیاز بخش R&D صنعت نباشد،
- مقالهٔ Q2 ، Q3 یا Q4 که مورد نیاز بخش R&D صنعت باشد،
- ترکیب وزنی موارد فوق‌الذکر.

یک بعد مغفول از برنامه‌ریزی پژوهش با توجه به شرایط کشور:

با چه برنامه‌ریزی و حمایتی، پژوهشی دانشگاهی که مورد نیاز بخش R&D صنعت است و در نشریات Qj قابل چاپ است، بطور نمونه ظرف سه سال، به پژوهشی مورد نیاز بخش R&D صنعت که در نشریات Qj-1 قابل چاپ است، ارتقا یابد (در مراحل اولیه، حتی بدون عقد قرارداد با صنعت).

[ارائه بخش اول، ۹۶/۱۱/۲۹]

خطر روزمرگی

- در شرایط تحریم ناچاراً بیشتر توان خود را صرف ساخت قطعات تحریمی می‌کنیم. قطعات نیروگاهی، صنعت نفت و گاز، خودرو و ...
- بطور نمونه، اگر قطعات یدکی پمپهای انتقال سوخت به نیروگاه‌های برق را نمی توانستیم به موقع تولید کنیم، برق کشور قطع می‌شد.
- روزمرگی (ناشی از ندانم‌کاری، تعارض منافع، تحریم و ...) ما را از تدوین و اجرای سیاستهای کلان از لحاظ فناوری، بهداشت، زلزله و بلایای طبیعی، فرهنگ و وحدت ملی باز می‌دارد. تحت این شرایط (و تمرکز برای رفع مشکلات روزانه) براحتی نمی‌توان با سرعت مطلوب به سمت فناوریهای نوین رفت و برای آن برنامه‌ریزی و سرمایه‌گذاری کرد.

در صورت افزایش ناگهانی بودجه نفتی، چه هزینه‌کردهایی تورم‌زا نیست؟

- سرمایه‌گذاری بر روی گلوگاه‌های فناوری در کشور،
- خرید فناوری برای افزایش خلوص مواد اولیه؛ فرض کنید در کشور فلان اسید با خلوص ۹۹/۵٪ تولید می‌شود، اما برای افزایش دامنهٔ کاربرد آن نیاز به خلوص ۹۹/۹٪ و حتی بالاتر باشد (بطور نمونه در تولید دارو).
- خرید زمین اطراف دانشگاه‌های تراز اول کشور که با محدودیت فضا مواجه هستند نظیر شریف، پلی تکنیک، تربیت مدرس،
- خرید باغهای داخل و اطراف شهر و همچنین خرید زمینهای مسکونی در داخل شهر برای ایجاد فضای سبز، پاکسازی مناطق مسکونی بر روی گسلها، خرید زمینهای حریم مسیلها و رودخانه‌ها و حریم دریاچه‌ها،
- وام به کشاورزان برای پیاده‌سازی روشهای نوین آبیاری،
- و طرحهای آبخیزداری و ذخیره‌سازی آب سیلابها.

[جلالی نائینی، شهریورماه ۹۸]

- فهرست اینگونه موارد باید از قبل توسط متخصصین تدوین شده باشد. به علاوه، پیشنهادهای انجام آن نیز مدون شده و تصویب مراحل اولیه اخذ شده باشد تا درحداقل زمان منجربه عقد قرارداد شود.

- در غیر اینصورت، ممکن است بخش عمده‌ای از درآمد نفتی مذکور صرف موارد غیرضروری و تورم‌زا شود که نه تنها مفید نیست بلکه آثار مخربی نیز بویژه برای تولید داخل دارد.

[جلالی نائینی، شهریورماه ۹۸]

جمع‌بندی و پیشنهادات

- نیاز به ترویج مباحث ارتباط صنعت و دانشگاه و پیشنیازهای آن نظیر سطوح آمادگی فناوری و چرخهٔ تولید علم تا ثروت، بویژه توسط معاونین پژوهشی در سطح دانشگاه‌ها و همچنین متخصصان صنعت،
- با تبیین موضوعات فوق‌الذکر، از کثرت و حِدّت اختلاف نظرها به شدت کاسته شده و پیشنیاز «همگرایی فکری» فراهم می آید.

بطور نمونه:

- The Global R&D Funding Forecast
- The Global Competitiveness Report
- Global Innovation Index
- World Economic Forum

با مطالعه و ارائه این گزارشات در سالهای متوالی، سیر تغییرات و اصلاحات کشورها قابل رصد است.

- تا زمانی که تولید محصولی در کشوری سوددهی مناسب (در مقایسه با سایر فعالیتها) نداشته باشد، تولید آن رونق نمی‌گیرد. تا تولید آن رونق نگیرد، پولی برای تحقیق و توسعه نخواهد داشت (بخش خصوصی).
- تا زمانی که پژوهشهای توسعه‌ای در صنعت رونق نگیرد، پژوهشهای کاربردیِ مرتبط در دانشگاهها برای آنها بلا استفاده خواهد بود.
- نسبت صحیحی در زمینهٔ پژوهشهای پایه، کاربردی و توسعه‌ای در کشور وجود ندارد و این نسبت باید تصحیح شود.
- پروژه‌های ساخت -> طراحی و ساخت -> کسب دانش فنی و طراحی و ساخت (اغلب بازی با کلمات است)

- این صحیح است که «اگر به پژوهشهای پایه توجه نشود، فناوری و صنعتِ آن کشور در آینده عقب می‌افتد»، اما اگر در کشوری پژوهشهای توسعه‌ای نباشد، نتیجهٔ همهٔ پژوهشهای پایه و کاربردی در آن کشور عقیم می‌ماند.

- در تعامل دولت، صنعت و دانشگاه، بعضی وقتها مشکل در موضوعات ساده است؛ اما در مفاهیم نو، برنامه‌های پیچیده یا مدلهای جدید، سردرگم می‌شویم. بعضاً بدنبال نتایجِ مقالات جدیدِ منتشر شده برای راه حل تعامل دولت، صنعت و دانشگاه می‌گردیم.

- نتیجه‌گیری صحیح از داده‌ها و دانسته‌ها و استفاده از آنها در برنامه ریزی و مدیریت پژوهش، نیاز به تفکر چندبعدی و درک همه جانبه دارد.

- به دلیل اینکه چین دارد تعداد دانشجویان خود را افزایش می‌دهد، ظرفیت پذیرش دانشجویان کشور را افزایش دهیم!
- یا به دلیل اینکه سهم بودجهٔ دولتی آمریکا در تحقیق و توسعه در سالهای اخیر کاهش یافته است، برنامه‌ریزی علمی آن است که سهم بودجه دولتی کشور در تحقیق و توسعه کاهش یابد!
- یا به دلیل اینکه شرکت پیشرو و متمول IBM پژوهشهای بنیادی و پایه نیز انجام می‌دهد، شرکتهای خصوصی در کشور هم، پژوهشهای پایه انجام دهند!

پیشنهادات (ادامه)

- اتحادیهٔ صنایع مربوطه برای حمایت از آموزش مهندس در دانشگاهها،
- گردهمایی سالانهٔ مدیران مراکز تحقیق و توسعه برای تبادل تجربیات و درسهای موفقیتها و ناکامی‌ها و انتشار کتابچهٔ آن،
- احداث ساختمانهای چند طبقه از مراکز تحقیق و توسعه صنایع در دانشگاهها،
  - در دانشگاه کینگستون در شهر کاونتری انگستان، شرکت بنز و فولکس واگن ساختمانهایی ساخته و بخشی از واحد تحقیق و توسعهٔ خود را برای ارتباط مؤثرتر با دانشجویان و اساتید در آن مستقر کرده‌اند. (توجه: دو شرکت آلمانی در کاونتری انگلستان)

نقل از دکتر غلامحسین لیاقت

- پیشنهاد مدلی برای تأسیس واحدهای تحقیق و توسعه در بنگاه‌های کوچک و متوسط با توجه به شرایط کشور

- گسترش یا تأسیس مدارس ویژه نظیر مدارس رباتیک، ریزپرنده‌ها، پیکوماهواره، نرم‌افزارهای آنتی ویروس رایانه‌ای، هوش مصنوعی

- توسعهٔ فناورانهٔ روستاها (فعال‌سازی بخش هنرستانی و فوق دیپلم):
  - طراحی و ساخت روستاهای مدرن در کشور می‌تواند علاوه بر اینکه از مهاجرت روستائیان جلوگیری کند، بلکه رفاه این قشر تولید کننده را نیز در برخواهد داشت. بعلاوه سبب مهاجرت معکوس نیز خواهد شد.
  - ایجاد امکانات و فناوریهای مدرن، خانه‌هایی با مصرف انرژی صفر، سیستمهای اتوماتیک و ماشین‌آلات مدرن، کنترل کامپیوتری، آبیاری مدرن، استفاده از انرژی خورشیدی و باد، کشت گلخانه‌ای، محیط سالم، ذخیره‌سازی آب باران، ایجاد امکانات و زمینهای ورزشی،
  - تأسیس گرایشی در هنرستانهای فنی-حرفه‌ای برای توسعهٔ فناورانهٔ روستاها و ایجاد اشتغال مفید برای آنان،
  - مسابقه در زمینهٔ طراحی روستاهای مدرن با جوایز درخور اهمیت آن،
  - طرح رئیس جمهور چین برای اشتغال جوانان شهری و توانمندسازی روستاها با اردوهای جهادی،

برنامه‌ریزی و حرکت بطور همزمان و موازی در چهار زمینه:

- ترویج مباحث ارتباط دولت، صنعت و دانشگاه از مفاهیم پایه تا گزارشات سالانهٔ جهانی،
- احداث ساختمانهای چند طبقه برای مراکز تحقیق و توسعه صنایع در دانشگاهها،
- حمایت از تأسیس واحدهای تحقیق و توسعه در صنعت،
- حمایت و رفع مشکلات تولید کننده (سرمایهٔ در گردش، بازاریابی، تبلیغات، بسته‌بندی، دیپلماسی اقتصادی، ...)

با سپاس از توجه صاحبنظران گرامی

دانشگاه تربیت مدرس

سیدحمید جلالی نائینی

دانشیار دانشکده مهندسی مکانیک

هوافضا (۱۳۸۸ – تاکنون)

shjalalinaini@modares.ac.ir

۸۲۸۸۳۹۳۶

۸۲۸۸۴۹۰۹

www.aparat.com/shjalali

آپارات | جلالی نائینی

پیوست

حمایت مالی صنعت از تدوین و برگزاری دروس تخصصی-کاربردی در مقطع کارشناسی‌ارشد و دکتری در دانشگاه‌ها

بطور نمونه:

- هدایت هواپیماهای بدون سرنشین
- پرواز آرایشمند ریزپرنده ها
- روشهای هدایت ماهواره‌بر
- کنترل وضعیت ماهواره با پیشرانه‌های دو وضعیتی روشن-خاموش

(دروس «هدایت» و «دینامیک و کنترل فضاپیما» به شاخه‌های تخصصی تقسیم شده‌است.)

نکتهٔ حائز اهمیت این است که انتخاب این دروس باید بگونه‌ای باشد که مورد نیاز صنعت بوده و جنبهٔ آکادمیک آن نیز متعالی باشد.

- آموزشگاه و بیمارستان جندی شاپور که سارتن آن را به نام دانشگاه خوانده است هم در دورهٔ ساسانی و هم پس از آن دوران تا قرن سوم و چهارم هجری همچنان مرکز پزشکی و علوم وابسته به آن در ایران و اسلام بود، و جندی شاپوریان تا چند قرن همچنان سیطرهٔ علمی خود را در عالم اسلام حفظ کردند. نخستین کتابهای طبی که به زبان عربی برگردانده شد بوسیلهٔ همین جندی شاپوریان بود.
- بیمارستان رشید: نخستین بیمارستانی که در اسلام برای درمان بیماران تأسیس شد و سرمشق بیمارستانهای اسلامی گردید، همین بیمارستانی بود که در زمان هارون الرشید در بغداد بوجود آمد.
- این بیمارستان بوسیلهٔ یکی از پزشکان بیمارستان جندی شاپور و به تقلید از همان بیمارستان تأسیس یافت. روش کار هم در آنجا همان بود که در بیمارستان جندی شاپور بود.

«بیمارستانها برای دو منظور طراحی و ساخته شده بود؛ یکی برای مواظبت از بیماران و دیگر برای فراهم آوردن زمینهٔ مناسب برای آموزش نظری و عملی دانش طب. بناهای ویژه‌ای برای این امر ساخته شد و بودجه‌های قابل ملاحظه‌ای بصورت وقف، برای آن تعیین و مقرر گردید ... در هر بیمارستانی یک داروخانه زیر نظر یک داروساز وجود داشت ... پزشک برای انجام آزمایشات خود، در بیمارستان از آزادی کامل برخوردار بود و می‌توانست از راه‌های درمانی جدید دفاع کند. وی نتایج حاصله از آزمایشات خود را در گزارشهای ویژه‌ای یادداشت می‌کرد که بعداً توسط اعضای بیمارستان مورد بررسی قرار می‌گرفت ... پزشکان طی دوره‌هایی به شاگردان خود آموزش می‌دادند و بعد از تکمیل دورهٔ آموزش و کار عملی، از دانشجویان امتحانی بعمل می‌آوردند که براساس آن به ایشان اجازه داده می‌شد طبابت کنند. تعدادی از بیمارستانها دارای کتابخانه بودند ...» [دوره عباسی]

در فصل نهم امور مربوط به بیمارستان، داروخانه و مخزن ادویه ربع رشیدی آمده است:

- «... و باید آن طبیب قادر باشد بر درس طب گفتن و دو متعلّم را همواره درس گوید و مدت پنج سال ملازمت نمایند و زیادت از پنج سال اجازت نیست که در آن دارالشفاء ملازم مدرس علم طب باشند. بعد از پنج سال بیرون روند تا دیگران که به موجب مذکور استعداد داشته باشند ملازم شوند ...»

(طبق مقررات، پزشکی که در دارالشفا به طبابت اشتغال داشته، بایستی قادر به تدریس طب بوده و پیوسته مطابق برنامه، دو دانشجوی پزشکی داشته باشد؛ بگونه‌ای که این دانشجویان پس از پنج سال فارغ‌التحصیل شوند و دانشجوی جدید گرفته شود.)