

In Defence of the Linear Model: An Essay

Authors: Margherita Balconia, Stefano Brusoni & Luigi Orsenigo

Translators: Kiarash Fartash^{1*} & Teodik Hayrapetian²

1. Assistant Professor, Institute for Science and Technology Studies, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

2. Master Student, Science and Technology Policy-Making, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Received: 24, May 2020

Accepted: 31, Aug. 2020

Abstract

This essay discusses the strength and weaknesses of the so-called linear model (LM) of innovation. It is a reaction to the common approach of criticizing the linear model as being over-simplistic, mechanistic, or simply blatantly wrong. We argue that, while some criticisms are of course well-grounded, many others are instead based on loose interpretations and unwarranted assumptions. In order to separate the wheat from the chaff, this essay first presents a comprehensive description of the linear model and differentiates it from the caricature that many refer to. Second, we discuss the main criticisms put forward and argue that many of them are not at all destructive, but can be easily accepted within a refined version of the LM. Third, we discuss the policy implications often derived (or said to derive) from the LM to argue that the LM itself is distinctively policy-neutral. Other assumptions have to be added to justify alternative policy implications.

Keywords: Linear model, Innovation, Research, Chain-linked Model.

* Corresponding Author: k_fartash@sbu.ac.ir

یادداشتی در دفاع از مدل خطی نوآوری^۲

نویسندگان: مارگاریتا بالکنی، استفانو بروسنی و لوئیجی ارسنیگو
مترجمین: کیارش فرتاش^{۱*} و تئودیک هایراپتیان^۲

۱. استادیار پژوهشکده مطالعات بنیادین علم و فناوری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد سیاست‌گذاری علم و فناوری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۱۰

نوع مقاله: ترجمه

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۳/۰۴

چکیده

این یادداشت به بررسی نقاط قوت و ضعف مدل به اصطلاح خطی نوآوری می‌پردازد و در واقع پاسخی است به رویکرد معمول بیش از حد ساده‌انگارانه، مکانیکی یا به وضوح ساده، که در آن به نحوی غیرمنصفانه مدل خطی مورد انتقاد قرار می‌گیرد. استدلال ما این است که برخی از انتقادات به طور اساسی درست است، اما در مقابل بسیاری دیگر از انتقادات مبنای درستی ندارد و بر پایه فرضیه‌هایی بی‌اساس و غیرقابل توجیه بنیان نهاده شده‌اند. به منظور تفکیک این دو دسته از انتقادات، یادداشت حاضر نخست، توصیفی جامع از مدل خطی ارائه می‌کند و آن را از تصویر کاریکاتورگونه رایج منتسب به آن متمایز می‌سازد. دوم، در مورد انتقادهای اصلی مطرح به مدل خطی نوآوری بحث می‌کند و نشان داده می‌شود که بسیاری از انتقادات به هیچ‌وجه مخرب نیستند، اما می‌توانند به سهولت با نسخه‌ای تصحیح شده از مدل خطی مورد قبول واقع شوند. سوم، مفاهیم سیاستی حاصل (یا گفته شده) از مدل خطی مورد بحث قرار می‌گیرد و استدلال می‌شود که مدل خطی به خودی خود از نظر سیاستی، خنثی است. برای توجیه دلالت‌های سیاستی جایگزین، مفروضات دیگری باید به آن اضافه شوند.

کلیدواژه‌ها: مدل خطی، نوآوری، تحقیق، مدل زنجیره-ارتباط.

1. linear Model (LM)
2. Bashing

* مسئول مکاتبات: k_fartash@sbu.ac.ir

مقدمه

نقاط ضعف مفروض مدل خطی پشتیبانی و اجرا شده‌اند. اما وقتی همه چیز ممکن باشد، واکنشی شکاکانه مشروع و منطقی به نظر می‌رسد.

انتقادات به مدل خطی چنان گسترده است که اشاره به اسامی و ارجاع‌های دقیق در این خصوص را غیرضروری می‌دانیم. در هر صورت، منصفانه است بپذیریم نویسندگان این مقاله خود نیز همواره به نقد مدل خطی نوآوری^۲ پرداخته‌اند [۲]. بنابراین، ما خودمان را مقصر می‌دانیم. ما در واقع معتقدیم که مدل خطی در کل، محدودیت‌های جدی به مانند مفهوم‌سازی صحیح فرایند نوآوری دارد و اینکه پیشرفت‌های قابل ملاحظه‌ای در ۲۵ سال گذشته در ارائه درک عمیق‌تر از چگونگی تولید و سودمندی حاصل از نوآوری ارائه شده است. اما به طور دقیق به این دلیل احساس می‌کنیم می‌توان به درستی ادعا کرد که نقد مدل خطی بیش از حد به بیراهه رفته است و در بعضی موارد، ابزاری برای ایجاد سردرگمی به جای درک بهتر آن بوده است.

در این مقاله، ما به دنبال بررسی دلایل ریشه‌ای تر نارضایتی خود، از انتقادهای غیرعلمی از مدل مورد مناقشه^۳ خطی، و تشریح عمده‌ترین نقاط ضعف این انتقادات هستیم. ما ویژگی‌هایی از مدل خطی که هنوز ممکن است اعتبار تفسیری و هنجاری داشته باشند را روشن و در حالی که تمام محدودیت‌های حاصل از خطی‌سازی بی‌مورد فرایندهای غیرخطی را تصدیق می‌کنیم، همچنین باید به خودمان یادآوری کنیم که یکی از اهداف اساسی پژوهشگران، توسعه مدل‌های مفهومی است که خلاقانه و هوشمندانه واقعیت را ساده می‌کنند.

این مقاله بازسازی‌ای تاریخی از ریشه‌های مدل خطی نیست. تاریخ مدل خطی پیشتر توسط دیگران از جمله گودین^۴ [۳]، ادگرتون^۵ [۴] و هانشل^۶ [۵] بیان شده است. در حالی که ما برای اثبات استدلال‌های خود به این ادبیات تکیه می‌کنیم، اما سهمی در آن نداریم. همچنین این مقاله «تجربی» نیست که در پی اثبات اعتبار مدل خطی باشد.

انگیزه این یادداشت به خاطر افزایش نارضایتی ناشی از روند کنونی مطالعات اقتصادی و اجتماعی علم، فناوری و نوآوری است که نسبت به انتقاد از «مدل خطی» تعمیم یافته است. مطالعه اجمالی در بخش‌های مقدماتی بسیاری از مقاله‌های انتشار یافته، حتی در عنوان معتبرترین مجله‌ها (مقاله‌های کاربردی به جای خود)، نشان می‌دهد که آنها تقریباً همیشه این جمله را دربرمی‌گیرند که: «اکنون به خوبی معلوم شده است که مدل خطی اشتباه است». پیش از این در سال ۱۹۹۶، کریستوفر فریمن ابراز تأسف کرد که «هیچ مدل فرایند نوآورانه‌ای، به اندازه مدل خطی نوآوری، مورد حمله و تاخت‌وتاز قرار نگرفته است». تا آن زمان تقریباً غیرممکن بود کتابی یا مقاله‌ای در خصوص سیاست‌گذاری یا پیش‌بینی فناوریانه مطالعه شود که با چنین بحثی شروع و یا پایان نپذیرد [۱]. این وضعیت بهبودی نیافته است. بنابراین، باید این پرسش پرسیده شود که چرا مدل خطی به طور مداوم مورد انتقاد قرار می‌گیرد، اگر در اشتباه بودن آن شکی نیست.

این احساس ناراحتی و نارضایتی با واقعیتی دشوار در ادبیات انتقادی، برای یافتن تعریفی دقیق از مدل خطی عجین شده است. اصطلاح مدل خطی برای اشاره به معانی و ویژگی‌های مختلف، به روش‌های گوناگونی به کار رفته است و می‌تواند با اهداف کارکردی خاصی متناسب شود. همچنین انتقادات از مدل خطی، معانی و استدلال‌های مختلف و بیشتر مواقع در مقابل ناسازگاری را دربرمی‌گیرد که از خود مدل منتج نشده‌اند، بلکه در رویکردهای دیگری ریشه دارند. بر این اساس، فضاحت و رسوایی مدل خطی در بین دانشگاہیان، جعبه پاندورایی^۱ (جعبه نگون‌بختی) یا مشکلاتی را از نظر دامنه و تنوع سیاستی و مفاهیم مدیریتی باز کرده است، که بر اساس برخی از کاستی‌ها و

1. Pandora's Box

جعبه پاندورا، به روایت افسانه‌های یونانی، جعبه‌ای بود با محتوای تمامی بلاها و شوربختی‌های ناشناخته بشریت از جمله بیماری، مرگ و ... امروزه اصطلاح «جعبه پاندورا» به عنوان ضرب‌المثل در رابطه با مواردی استفاده می‌شود که فلاکتی بی‌علاج به بار آمده باشد.

2. Linear Model Bashing
3. Infamous
4. Godin
5. Edgerton
6. Hounshell

نمی‌کند (به استثنای حمایت عمومی از تحقیقات پایه) و بنابراین نباید بر این اساس سرزنش شود.

این استدلال‌ها در مقاله با ارجاع به سه بعد متمایز مدل خطی توسعه یافته‌اند: بازنمایی شناختی فرایند نوآورانه، شناسایی عوامل (بازیگران) درگیر و پیامدهای هنجاری مدل. بنابراین، بخش بعدی مقاله، تاریخچه مختصری از مدل خطی، شامل شناسایی استدلال‌های اصلی مطرح شده توسط ون‌نیوار بوش^۲ و سایر مؤلفان (فورناس^۳ و مک‌لارن^۴) را ترسیم خواهیم کرد که سهم اساسی در شکل‌گیری مدل خطی داشتند. سپس نقدهای اصلی مطرح شده به مدل خطی را شناسایی می‌کنیم و به مثال‌های مختلف تفاسیر نامربوط منتسب به مشکلات مدل خطی که به غلط به آن وارد شده، خواهیم پرداخت و در مورد پیامدهای مختلف و متناقضی که در مدل خطی بنا شده است به بحث می‌پردازیم. بخش آخر نیز نتیجه‌گیری مقاله است.

ریشه‌های مدل خطی

۱. آیا مدل خطی هرگز وجود داشته است؟

مدل خطی نوآوری اغلب به عنوان نوعی از «مدل عامیانه»^۵ شناخته می‌شود که مؤلفان و معانی آن مبهم‌اند. برای مثال ادگرتون [۴] استدلال کرد که مدل خطی فقط ابزاری بلاغی است که متخصصان دانشگاهی نوآوری برای اجتناب از تعامل انتقادی^۶ با مدل‌های بسیار غنی‌تر نوآوری ایجاد کرده‌اند [۴]. در حالی که بسیاری از تلاش‌های بی‌اعتبار کردن^۷ مدل خطی با چنین دیدگاهی سازگارند، گودین [۳، ۶، ۷، ۸] این ایده را مطرح کرد که مدل خطی مجموعه پیچیده‌ای از سازه‌هایی است که طی زمان، نویسندگان مختلف معرفی کرده‌اند تا فعالیت‌های جوامع حرفه‌ای مختلف را توضیح دهد و مشروع سازد. نخست، طی نیمه اول قرن بیستم، دانشمندان علوم طبیعی با

هنگامی که نمونه‌هایی را ارائه می‌دهیم، این کار را برای روشن ساختن استدلال‌های خود و نه اثبات آنها انجام می‌دهیم. در عوض، این مقاله‌ای است که هدف آن شناسایی و تصحیح درک رایج از مدل خطی است که به نظر می‌رسد برای جامعه کثیری از پژوهشگران و سیاست‌گذاران که سبب پیشرفت قابل توجهی در فهم ما از پویایی علم و فناوری شده‌اند، بی‌پایه، مبهم و به شدت ناعادلانه است. ما موافق‌ایم که رویکرد متداول^۱ خاستگاه‌اش را وامدار حامیان مدل خطی در زمانی است که این مدل در اوج محبوبیت بود. آنها به یقین مسئول ارائه استدلال‌های قاطع و انعطاف‌ناپذیری بودند که مدل بر اساس آن استوار است، به خصوص زمانی که برای انجام امور، تخصیص منابع در معرض خطر بود. به اعتقاد ما، وقت آن رسیده که ادله ارزشمند را از بی‌ارزش جدا کنیم. به طور خاص، در این مقاله به دفاع (جزئی) از مدل خطی بر اساس چهار بلوک ساختاری استدلال می‌کنیم:

۱. مدل خطی، همان‌گونه که معمولاً به آن اشاره می‌شود، نسخه بسیار ساده شده مجموعه‌ای غنی‌تر و دقیق‌تر از گزاره‌هاست، که لزوماً و به طور منطقی با هم مرتبط نیستند. انتقادات در بعضی موارد معطوف به برخی از این گزاره‌ها و در مواردی علیه همه گزاره‌ها می‌باشند. بیشتر انتقادات از مدل خطی به قوت خود باقی مانده است، اگرچه اغلب عام، نامنسجم و شامل استدلال‌هایی ناهمگون یا متناقض‌اند؛
۲. همه انتقادات واقعاً مخرب نیستند و بسیاری از نقدهای استاندارد به مدل خطی ممکن است به راحتی با آن سازگار شوند؛
۳. نقد واقعاً مخرب به مدل خطی مربوط به شناخت ماهیت نظام‌مند، پویا و تعاملی نوآوری است. در عین حال هشدار می‌دهیم که انتقادات به این مدل، در خطر منحرف شدن به سمت مدلی جایگزین (به همان شدت نسخه استاندارد مدل خطی) است که در آن همه چیز به یکدیگر وابسته است، اگر ساختار خاص سیستم به روشنی معین نشده باشد؛

۴. مدل خطی هیچ اشاره‌ای به نسخه هنجاری خاص

2. Vannevar Bush
3. Furnas
4. Maclaurin
5. Folk Model
6. Critical Engagement
7. Rebuttals

1. Common Sense

اشاره است^۷ [۱۱]. سوم، از دهه ۱۹۵۰ اقتصاددانان کاربردی، بیشتر دامنه آن را در ارتباط با موضوع‌های انتشار و به کارگیری گسترش دادند. گودین [۳، ۶] تحلیل می‌کند که چگونه مدل خطی نوآوری (دهه ۱۹۵۰) را اقتصاددانانی (مانند مک‌لارن) که گزارش «علم: مرز بی‌پایان»^۸ ون‌نیوار بوش (۱۹۴۵) را خاستگاه مدل خطی نوآوری می‌دانند استفاده کرده‌اند.

به عقیده گودین، مدل خطی دست کم به دو دلیل، بیشتر از آن چیزی است که در گزارش بوش یافت می‌شود: نخست، این گزارش فقط حاوی بدیهیات مدل است، زیرا توالی مراحل که علم به نوآوری هدایت می‌شود، جز به جز بیان نشده است؛ دوم، فقط نسخه‌ای کلان و کلی از مدل خطی نوآوری را ارائه می‌دهد (یا همان «مدل تجمیعی خطی»^۹، با ادبیات کریستوفر فریمن^{۱۱} [۱]). هدف بوش فقط بر نقشی تأکید داشت که علم در تقویت پیشرفت انسان ایفا می‌کرد، دستیابی به حمایت گسترده و قابل توجه

شناسایی تحقیقات پایه به عنوان منبعی برای تحقیقات کاربردی یا فناورانه، در این امر مشارکت داشتند^۱. این‌گونه آثار پیشتر نیز بسیار تأثیرگذار بودند. دوم، بین دهه ۱۹۲۰ و ۱۹۶۰ صنعتگران و دانشمندان علوم اجتماعی (بیشتر از دانشکده‌های کسب‌وکار) آن را گسترش دادند، به نحوی که شامل فعالیت‌های متمرکز بر توسعه فناورانه نیز می‌شد. طبق گفته گودین [۸] اولین نسخه مدل خطی را موریس هالند^۲ مدیر بخش مهندسی و تحقیقات صنعتی شوروی تحقیقات ملی ایالات متحده، در دهه ۱۹۲۰ پیشنهاد کرد^۳. هالند دیدگاهی را که پیشتر در صنایع آن زمان مطرح بود، همان‌طور نظام‌مند کرد که کتاب میس^۴ [۹]، مدیر آزمایشگاه تحقیقاتی در ایستمن کداک^۵ گواه آن است. سپس در همین راستا، تحلیل کلاسیک فورناس^۶ نیز قابل

۱. از زمان یونانیان باستان تا به امروز، کارهای فکری و عملی همیشه به عنوان دو قطب مخالف دیده می‌شده‌اند. پیشینیان سلسله‌مراتبی از جهان را ایجاد کردند که در آن علم نظری ارزشمندتر از عمل قلمداد می‌شد. این سلسله‌مراتب روی شبکه‌ای از دوگانگی‌ها قرار داشت که به طور عمیقی ریشه در عرف‌های اجتماعی و اندیشه‌های فکری داشتند. سلسله‌مراتب مشابهی در گفتمان دانشمندان وجود داشت: برتری تحقیقات پایه (نظری) نسبت به کاربردی (گودین؛ ۲۰۰۶، ص. ۶۴۱) (۳).

2. Maurice Holland

۳. طی جنگ جهانی اول، آکادمی ملی علوم ایالات متحده، دولت فدرال را متقاعد کرد، به نظرات دانشمندان در تلاش‌های مرتبط با جنگ اهمیت دهد و از آنها استفاده کند. بنابراین شورای تحقیقات ملی در سال ۱۹۱۶، به عنوان نهاد مشاوره به دولت ایجاد شد. خیلی سریع شورا، علاقه و توجه خود را در تحقیقات صنعتی افزایش داد. در واقع، ارتباط نزدیک بین شورای تحقیقات ملی و صنعت به آغاز کار شورا برمی‌گردد. صنعتگران در تلاش‌های تحقیقاتی جنگ جهانی اول، با هماهنگی شورای تحقیقات ملی فرا خوانده شده بودند. پس از جنگ جهانی اول، بیشتر بنگاه‌های بزرگ به ضرورت سرمایه‌گذاری در تحقیقات متقاعد شدند و با هدف هدایت تحقیقات شروع به ساخت آزمایشگاه‌ها کردند. در این زمینه، شورا جزئی از «جنبش» ترغیب سرمایه‌گذاری هرچه بیشتر بنگاه‌ها در تحقیق و توسعه بود (گودین؛ ۲۰۰۸، ص. ۷) (۸).

4. Mees

5. Eastman Kodak

۶. کلیفورد کوک فورناس (Clifford Cook Furnas) (۲۴ اکتبر ۱۹۰۰ - ۲۷ آوریل ۱۹۶۹) نویسنده آمریکایی، ورزشکار المپیک،

دانشمند، متخصص موشک‌های هدایت‌شونده، رئیس دانشگاه، تحصیلات خود را در مهندسی شیمی در دانشگاه پیل دنبال کرد. او به عنوان نهمین رئیس دانشگاه بوفالو در سال ۱۹۵۴ و سپس به عنوان دستیار وزیر دفاع در دوران دولت آیزنهاور خدمت کرد. از مهم‌ترین انتشارات او می‌توان به «اسپوتنیک: چرا ایالات متحده مسابقه را (به شوروی) واگذار کرد؟»، مجله Nature (نیچر) در اکتبر ۱۹۵۷ اشاره کرد (مترجمان).

۷. این کتاب حاصل تلاش ۳۳ پژوهشگر صنعتی بود که توسط کلیفورد فورناس مدیر آزمایشگاه هوانوردی کرنل تدوین و منتشر شد. بخشی از اطلاعات از پرسشنامه‌های اخذ شده از ۱۲۱ آزمایشگاه با ۵ الی ۳۰۰۰ کارمند (به طور میانگین ۱۴۰ نفر به ازای هر آزمایشگاه) گردآوری شده است.

8. Science: The Endless Frontier (A Report to the President on a Program for Postwar Scientific Research, 1945)

۹. ون‌نیوار بوش درباره ارتباطات علی بین علم (یعنی تحقیقات پایه) و پیشرفت‌های اقتصادی-اجتماعی سخن گفت، اما در هیچ کجا استدلال کاملی بر مبنای فرایند متوالی مطرح نمی‌کند که به عناصر شکسته شود و یا مکانیسمی که علم، آن را به مزایای اجتماعی و اقتصادی تبدیل کند (گودین؛ ۲۰۰۶، ص. ۶۴۰) (۳).

10. Aggregate LM (Linear medel)

11. Christopher Freeman

تفسیرهایی کاملاً متفاوت^۷ بودند و مشاهده می‌کند که فقط پس از دهه ۱۹۸۰، این اصطلاح رایج می‌شود. ادگرتون همچنین ادعای تأثیر مدل خطی بر سیاست‌گذاری را رد می‌کند.

هانشل [۵] «تفسیر تکذیبی»^۸ ادگرتون را مورد انتقاد قرار داد؛ او بر این باور بود که مدل خطی را می‌توان به عنوان نظام باور دید، ابتکاری که به سادگی بیان می‌کند دانش جدید به دست آمده از سرمایه‌گذاری در پژوهش‌های بنیادی بدون مرز (نامحدود)^۹، در مقطعی از آینده، نوآوری‌ها و فناوری‌های کاملاً جدیدی را موجب می‌شود. علاوه بر این هانشل، به مانند گودین معتقد است در ایالات متحده، از پایان جنگ جهانی دوم تا اوایل دهه ۷۰ مدل خطی بسیار واقعی و مورد استفاده بود و خدشه‌ای به آن وارد نیست. از آن (مدل خطی) برای تأمین مالی دولت ایالات متحده در تحقیقات علمی و مهندسی دانشگاه‌ها به کار گرفته می‌شد و مدل خطی اساس راهبردهای تحقیق و توسعه شرکت‌هایی نظیر دوپونت^{۱۰} بود که اولین برنامه‌های پژوهشی بنیادی در تاریخ آمریکا را بنا نهاد (دوپونت به طور خاص علاقه‌مند به تحقیقات پایه به منظور تولید نایلون‌های جدید بود).

۲. علم مرز بی پایان - استدلال‌های اصلی آن

به هر حال، مدل خطی به طور معمول با گزارش وننیوار بوش به رئیس‌جمهور ایالات متحده آمریکا با عنوان «علم: مرز بی‌پایان» شناخته می‌شود (فریمن، ستاکز^{۱۱}، کوهن^{۱۲} و هانشل [۱، ۵، ۱۳، ۱۴، ۱۵] فقط برای ذکر نام برخی از

۷. پرایس و باس (۱۹۶۹، ص. ۸۰۲) (۱۱)، با اشاره به اینکه، نوآوری به عنوان فرایندی عقلانی و منظم می‌تواند مورد تجزیه و تحلیل قرار بگیرد، از همان آغاز کشف دانش جدید، حرکت در مراحل مختلف توسعه و در نهایت شکل‌گیری در قالب پایا و نهایی، مدل خطی را نقد کردند. لانگریش و همکاران (۱۹۷۲) (۱۲)، دو مدل خطی نوآوری، بر اساس تمایزشان، یکی بر مبنای فشار فناورانه (discovery-push) و در مقابل، کشش بازار (need-pull) را به نقد و بحث می‌گذارند. رجوع شود به ادگرتون (۲۰۰۴) (۴).

8. Interpretation-by-denial

9. Unfettered

10. DuPont

11. Stokes

12. Cohen

مالی و نهادی، برای تحقیقات پایه بود. نهاد بنیاد ملی علوم، بیش از هر چیز، وامدار تلاش‌های بوش است.

علاوه بر ردیابی خاستگاه فکری مدل خطی در پیشینه‌ای که بوش پرچمدار آن بود، گودین [۳] معتقد است با گذشت زمان، مدل خطی با کمک مراکز آماری که از دسته بندی‌های اصلی معرفی شده برای تعریف قوانین و روش‌شناسی جمع‌آوری داده‌ها استفاده می‌کرد، از لحاظ کاربردی قدرتمند و رایج شد (به طور مثال دستورالعمل فراسکاتی^۱ سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه^۲ که در سال ۱۹۶۳ منتشر شد تا حدود زیادی بر مبنای چنین ادبیاتی بود).

با وجود شرح دقیق گودین در خصوص چگونگی ظهور مدل خطی، پیچیدگی‌ها، مبانی فکری و کاربردهای سیاستی آن، بسیاری از مطالعات سیاست‌های علم و نوآوری، از اصطلاح تهی از محتوای تجربی و پیچیدگی تحلیلی استفاده کرده‌اند. ادگرتون بر این نوع استفاده تأکید داشت، طبق گفته آنها، مدل خطی هرگز در واقع به عنوان مدل مشخصی وجود نداشته است، بلکه فقط به مانند مغالطه مرد پوشالی^۳، به سادگی و بی‌دقتی محکوم بوده است. او به معرفی اولیه پرایس^۴ و باس^۵ [۱۱] و لانگریش^۶ [۱۲] و همکاران باور دارد، که هر دو از منتقدان مدل اما با

1. Frascati Manual

2. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)

۳. مغالطه پهلوان‌پنبه یا مغالطه حمله به مرد پوشالی (Straw man) از

مغالطه‌های مقام نقد است که شخص وقتی با مدعایی مخالف است

و آن را نادرست می‌داند، برای نشان دادن نادرستی آن از راه

غیرمنطقی مغالطه استفاده می‌کند؛ در این مغالطه هیچ‌گاه دلیل و

برهانی ضد مدعای نخستین مطرح نمی‌شود بلکه ناقد، مدعایی را

کنار می‌گذارد که قدرت نقد آن را ندارد؛ مدعایی سست و ضعیف

را که توانایی نقد آن را دارد، به طرف مقابل خود نسبت می‌دهد و

به جای رد کردن مدعای اصلی، به رد کردن این مدعای ضعیف

می‌پردازد. مغالطه پهلوان‌پنبه ترفندی است که از این راه شخص

می‌تواند میزان تأثیرگذاری و مقبولیت شخص مدعی را کاهش

دهد؛ هر چند مدعای نخستین پاسخ داده نمی‌شود.

4. Price

5. Bass

6. Langrish

غیرمنتظره رخ می‌دهد. او ادعا کرد که از قرن بیستم، تحقیقات پایه به وضوح به قلب تپنده پیشرفت فناوریانه بدل شده است، در حالی که در قرن نوزدهم، نبوغ مکانیکی یانکی‌ها (آمریکایی‌ها) توانست پیشرفت چشمگیری در هنرهای فنی به بار آورد [۱۶].

ب) بوش نکته‌ای را در خصوص تمایز آشکار بین تحقیقات پایه و کاربردی بیان کرد: «تحقیقات پایه بدون اندیشه اهداف کاربردی صورت می‌گیرد. آن (تحقیقات پایه) به دانش عمومی و درک طبیعت و قوانین‌اش می‌انجامد. این دانش عمومی، انزاری برای پاسخ‌دادن به تعداد زیادی از مسائل مهم عملی فراهم می‌کند، هرچند ممکن است پاسخ مشخص کاملی به هر یک از آنها ندهد. کارکرد تحقیقات کاربردی این است که پاسخ‌های کامل (تکمیلی) ارائه دهد. دانشمندی که تحقیقات پایه انجام می‌دهد ممکن است به هیچ وجه علاقه‌ای به انجام دادن تحقیقات کاربردی در کارش نداشته باشد، ولی اگر تحقیقات علمی پایه در بلندمدت نادیده گرفته شود، در نهایت پیشرفت توسعه صنعتی سرانجام باز خواهد ایستاد» [۱۶].

ج) برای تداوم تحقیقات علمی پایه، تعلیم تعداد کثیری از دانشمندان و تقویت مراکز تحقیقات پایه ضروری بود، از نظر او دانشکده‌ها، دانشگاه‌ها و نهادهای تحقیقاتی بودند. این نهادها، به گفته بوش، محیطی را فراهم می‌کنند که مساعدترین وضع را برای خلق دانش علمی جدید فراهم می‌کند و کمترین فشار را برای نتایج فوری و ملموس دارند.

«پیشرفت علمی نتیجه جبهه گسترده‌ای از نقش‌آفرینی آزادانه اندیشه‌های بی‌قیدوبند است که به کار درباره موضوع‌های مورد علاقه و انتخاب خود مشغول‌اند و به شیوه‌ای خواهد بود که کنجکاوی آنها را برای کشف ناشناخته‌ها سوق می‌دهد. آزادی پژوهش باید زیر نظر هر گونه برنامه حمایت دولتی از علم، حفظ شود» [۱۶]. در نهادهای اختصاصی تحقیقات پایه «دانشمندان می‌توانند در جوی که به نسبت عاری از فشار نامطلوب، تعصب یا الزام تجاری است، به فعالیت خود بپردازند».

د) بوش پیشنهاد کرد که علم محل توجه خاص دولت است زیرا: «افزایش گشایش مرزهای جدید توسط دولت، از سیاست‌های بنیادی ایالات متحده بوده است. این

نویسندگان). ما با گودین موافق‌ایم که گزارش بوش مرجع درستی برای توضیح مدل خطی نیست. آن سند سیاست‌گذاری هدفش افزایش حمایت از بودجه عمومی تحقیقات پایه بود که هیچ تئوری بالعی (توسعه‌یافته)^۱ بیان نکرد، چه برسد به یک مدل. بنابراین، با توجه به اینکه (سند) «علم: مرز بی‌پایان»، معمولاً از سوی منتقدان به عنوان منبع اصلی مدل خطی ارجاع داده می‌شود، ما بحث خود را از این سند آغاز می‌کنیم. در اینجا تأکید می‌کنیم این مقاله در خصوص تشریح انتقادهای مدل خطی متمرکز است، نه ارائه دانش‌افزایی اصیل در خصوص پیدایش و تاریخچه مدل خطی. بنابراین ما باید بر همان نسخه از مدل خطی تمرکز کنیم که اکثر منتقدان معمولاً به آن رجوع می‌کنند.

در گزارش بوش، پنج استدلال اصلی می‌یابیم که به هم پیوسته، حتی درهم آمیخته‌اند، ولی باید از هم تمیز داده شوند. شناسایی هر یک از این پنج بلوک ساختاری، اولین گام از تلاش ما برای تجزیه و تحلیل مدل خطی است.

الف) بوش ادعا می‌کند پیشرفت علمی به علت نوآوری فناوریانه و توسعه اقتصادی ضروری است. محصولات جدید، صنایع جدید و مشاغل بیشتر، متکی به افزایش مستمر دانش درباره قوانین طبیعت و به کارگیری آن دانش برای اهداف کاربردی است: «ما به پیش‌نمی‌رویم (پیشرفت نمی‌کنیم) ... مگر اینکه محصولات جذاب‌تر و ارزان‌تری ارائه کنیم. محصولات جدید از کجا خواهند آمد؟ چگونه می‌توانیم شیوه‌هایی برای تولید محصولات بهتر با کمترین هزینه پیدا کنیم؟ جواب روشن است. برای گردش چرخ‌های بخش‌های خصوصی و دولتی نیاز به جریان دانش علمی جدید است»^۲ [۱۶].

بوش در ادامه بیان می‌کند این دانش ضروری جدید، فقط از تحقیقات علمی پایه حاصل می‌شود، که سرمایه دانشی جدیدی را می‌آفریند، که از آن باید کاربردهای عملی دانش استخراج شود. بوش دو نمونه خاص را نقل قول کرد، مراقبت‌های بهداشتی و دفاع، و تأکید کرد که اکتشافات در این زمینه‌ها (مانند پنی‌سیلین و رادار) اغلب از منابع دور و

1. Fully blown theory

2. <https://www.nsf.gov/od/lpa/nsf50/vbush1945.htm#ch3.5>

صنایعی شناسایی شوند که در حال حاضر دانش علمی جدید را به کار نمی‌گیرند.

۳. قبل و بعد از «علم: مرز بی‌پایان»

بسیاری از انتقادهای اخیر علیه مدل خطی، مربوط به نکاتی است که در بالا به آنها اشاره شد. پس از این در بخش بعدی، با ارجاع آنها با عنوان مدل خطی قوی، دوباره آنها را به بحث خواهیم گذاشت (به عبارتی دیگر، نسخه‌ای از مدل خطی که از دیدگاه ما بیشتر انتقادهای بی‌پایه و اساس به آن ارجاع می‌شود). با وجود این، می‌خواهیم دوباره تأکید کنیم این نکات، بیان جامعی از استدلال‌هایی نیست که طی زمان پژوهشگران بیشترین سهم در بازنمایی فرایند (مدل) خطی، از تحقیق تا هدایت آن به نوآوری را داشته‌اند [۳]. در این بخش، ما به طور خلاصه دو مورد اصلی دیگر، مطرح شده (مربوط به) مک لارن و فورناس را معرفی می‌کنیم که نسخه‌های تکمیلی مدل خطی بوش را عرضه می‌کنند، به ترتیب به جنبه‌های میزو (سطح بخش/صنعت)^۴ / خرد^۵، و خرد/مدیریتی مدل^۶ می‌پردازند. در بخش‌های بعدی، باید بر استدلال‌های مک لارن و فورناس تمرکز کنیم تا (بتوانیم) به برخی از انتقادهای وارده به مدل خطی پاسخ دهیم.

نخست با (استدلال) مک لارن شروع می‌کنیم، توجه عمده او در درک نقش نوآوری و کارآفرینی در رشد صنایع و اقتصاد بود. به ویژه اینکه، او مطالعه مهمی در خصوص فرایند نوآوری و توسعه صنعت رادیو در دو سطح خرد و میانه انجام داد [۱۷، ۱۸] و «نتیجه مستقیم انقلاب در علم فیزیک و کاربردهای آن در مطالعات برق (الکتروسیسته) را مطرح کرد» [۱۸].

«رادیو، صنعتی است که در آن مهندسان و دانشمندان سرعت نوآوری فناورانه را تحت کنترل خود در آوردند. در نتیجه، تغییرات بنیادی در محصول و کاربردهای آن، هر ده سال از ۱۹۰۰ میلادی روی داده است. معتقدم چنین صنایعی به طور فزاینده به هنجار تبدیل خواهند شد و می‌توانیم انتظار داشته باشیم محصولات موجود ارائه شده

سیاست، دریا را برای شناورهای (نوعی قایق) تندرو^۱ گشود و زمین را برای پیشگامان هموار کرد. اگرچه این مرزها کم و بیش از میان رفته‌اند، اما مرز علم به قوت خود باقی است. همگام با سنت امریکایی، که ایالات متحده را عظمت بخشید، مرزهای جدید توسعه برای همه شهروندان امریکایی در دسترس خواهد بود. علاوه بر این، از آنجا که سلامت، رفاه و امنیت محل توجه خاص دولت هستند، پیشرفت علمی نیز از مصلحت‌های حیاتی دولت است و باید باشد. بدون پیشرفت علمی، سلامت ملی رو به زوال خواهد گذاشت؛ بدون پیشرفت علمی ما نمی‌توانیم برای بهبود استانداردهای سطح زندگیمان و یا افزایش تعداد مشاغل برای شهروندان امیدوار باشیم؛ و بدون پیشرفت علمی ما نمی‌توانیم از آزادی‌های خود در مقابل حکومت‌های استبدادی دفاع کنیم [۱۶].

ه) بوش مدعی بود که مهم‌ترین راه‌هایی که از آن طریق، دولت می‌تواند تحقیقات صنعتی را رواج دهد و جریان دانش علمی جدید را افزایش دهد، حمایت از تحقیقات پایه^۲ و ایجاد انگیزه‌های فراخور صنعت به منظور هدایت تحقیقات و تقویت نظام حق ثبت اختراع^۳ برای از بین بردن عدم قطعیت‌هایی است که به خصوص بر بنگاه‌های کوچک تأثیر می‌گذارد. او همچنین توصیه کرد باید شیوه‌هایی برای افزایش مزایای تحقیقات پایه،

1. Clipper ships

۲. بوش در دفاع از نیاز به حمایت‌های دولت در تحقیقات پایه بیان می‌کند، ملتی که به واسطه دانش علمی بنیادی جدید به دیگران وابسته باشد، بدون توجه به مهارت‌های فنی، در پیشرفت صنعتی کند و در موقعیت رقابتی‌اش در تجارت جهانی ضعیف خواهد بود. ما دیگر نمی‌توانیم بر اروپای ویران شده، به عنوان منبع دانش بنیادی حساب باز کنیم. در گذشته، اغلب بهترین تلاش‌های خود را در راستای به کارگیری چنین دانش‌هایی اختصاص می‌دادیم که خارج از کشور کشف می‌شد. در آینده، باید در کشف این دانش برای خود توجه بیشتری داشته باشیم، به ویژه زمانی که کاربردهای علمی آینده بیش از هر زمانی به چنین دانش بنیادینی وابسته خواهد بود (بخش سوم). ما نمی‌خواهیم درباره این استدلال در اینجا به بحث و گفت‌وگو بپردازیم، از آنجایی که آن را مماس با هسته مدل خطی می‌پنداریم که هدف این مقاله است.

3. Patent system

4. Meso

5. Micro

6. Meso/ micro and micro/ managerial sides the mode

برای محصولات موجود از قبل به وجود آیند که شاید منبع چنین ایده‌هایی فقط یک دانشمند نیست، بلکه نوآور صنعتی هم دخیل است.

مک لارن همچنین طبقه‌بندی از صنایع را بر مبنای نرخ پیشرفت فناورانه (صنایع با پیشرفت بسیار زیاد، زیاد، متوسط و کم) ایجاد کرد که در آن بهبود به این بستگی داشت که آیا تحقیقات و مهندسی به طور عمده متوجه بهبود در محصولات موجود است (نوآوری تدریجی) یا به پیشرفت‌های اساسی و یا خلق محصولات یا فرایندهای به طور کامل جدید معطوف است (نوآوری رادیکال) [۲۱]. زمانی که او این مطلب را نوشت، ۵ سال پس از (انتشار) کتاب تاریخ صنعت رادیو، آشکارا بر این عقیده بود که بسیاری از صنایع مهم «دومین انقلاب صنعتی»^۳، مانند صنعت خودرو، بیشتر به تغییرات در شیوه و روش توجه داشتند تا تحقیقات بنیادین در حوزه حمل و نقل [۲۱].

در خاتمه، مک لارن در توصیف خود از مدل خطی، پیوستگی روشنی از توالی مراحل را می‌افزاید، ولی آشکارا دامنه تفسیری مدل را فقط به صنایع دانش‌بنیان مانند رادیو محدود می‌کند. همچنان موضوع قابل توجه این است که آیا نسخه مدیریتی مدل خطی که در دهه ۱۹۴۰ ارائه شده بود، ممکن است برای توجیه نقد مدل خطی مورد استفاده قرار گیرد. یکی از عاملان تأثیرگذار این ادبیات فورناس است که سهم بنیادین او در مدل خطی، در کتاب کلاسیک مدیریت تحقیق او در سال ۱۹۴۸ منتشر شد^۴ [۱۰]. فورناس نیز از این دیدگاه شروع کرد که تلاقی «علم و اختراع» در قلب انقلاب صنعتی جدید نهان بود، به واسطه جنگ جهانی دوم، عیان شد [۱۰]. به ویژه، او بر نقش فزاینده آزمایشگاه‌های تحقیق و توسعه بنگاه‌ها اعتقاد داشت، هرچند بدون اینکه به طور مستقیم به آن اشاره کند. «بدون نهاد تحقیقاتی رسمی هیچ پیشرفتی در صنعت ایجاد

تقریباً به صورت مستمر در سال‌های آتی با محصولات جدید منسوخ شوند» [۱۸].

در این نوع صنعت، «علم و فناوری» می‌تواند به ۵ مرحله مجزا تقسیم شود: تحقیقات پایه، تحقیقات کاربردی، توسعه مهندسی، مهندسی تولید و مهندسی خدمات [۱۷]، [۱۹]. مک لارن همچنین معتقد به ظهور طبقه‌ای از کارآفرینان علمی بود که در تلاش‌اند از آخرین پیشرفت‌های علوم فیزیک و اجتماعی برای حل مشکلاتشان بهره گیرند [۱۸] 18. به همین ترتیب، او معتقد بود تلاش‌های ویژه‌ای برای کسب اطمینان از برقراری جریان سرمایه در استارت‌آپ‌های فعال در معرفی محصولات جدید، مورد نیاز خواهد بود.

مک لارن در مقاله‌ای در سال ۱۹۵۳ مدلی از نوآوری و انتشار آن را ترسیم کرد که تحقیقات اقتصاد نوآوری را در ۳۰ سال آینده پیش‌بینی می‌کرد. استدلال اصلی او این بود «در مطالعه عوامل تأثیرگذار بر سرمایه‌گذاری در هر اقتصاد پیشرفته، ارزیابی تغییرات این عوامل حائز اهمیت خواهند بود- این عوامل عبارت‌اند از گرایش به توسعه علم محض، اختراع، نوآوری، نوآوری مالی و پذیرش نوآوری [۲۰]». بسیاری از ظرافت‌های مفهومی^۲ معرفی شده در تأیید دیدگاه مک لارن جالب توجه‌اند. با در نظر گرفتن علم محض، دریافتیم که «نمی‌توان فرض کرد علم محض بدون هیچ‌گونه اندیشه رسیدن به اهداف مادی رخ می‌دهد ... اصول بهبود کالاها در فرهنگ ما عنصر بسیار تأثیرگذاری بوده است ... نکته مهم اینکه برخی از دانشمندان تمایل دارند عمیق و گسترده بیندیشند، بدون اینکه به اجبار هرگونه هدف کاربردی در ذهن داشته باشند [۲۰]. علاوه بر این، با توجه به مراحل اختراع و نوآوری، مک لارن پیش‌بینی کرد که علم فقط منبع ایده‌ها برای نوآوری نیست، چنانکه «کاربردهای جدید» ممکن است

3. Second Industrial Revolution

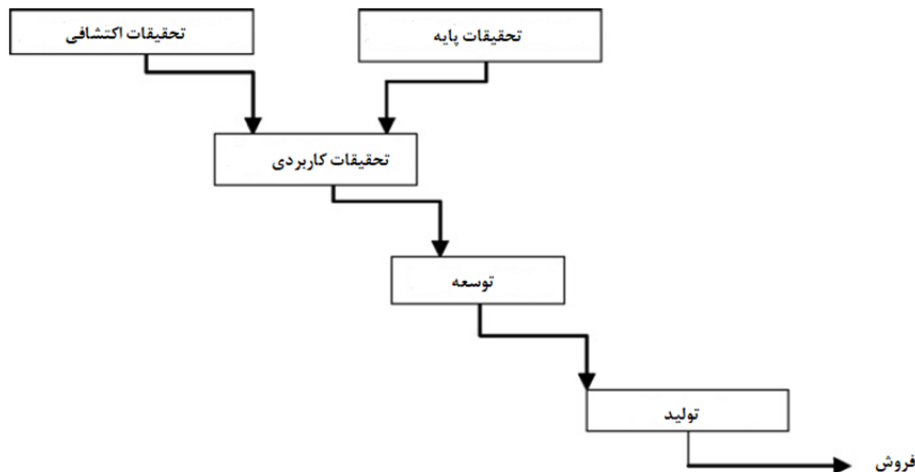
۴. منشأ نسخه مدیریتی مدل خطی، ادبیات مدیریتی دهه ۱۹۲۰ است، همان‌طور که پیشتر گفته شد، در دهه ۱۹۴۰ قبل از فورناس، استیونز (Stevens) [۲۲] نیز سهم داشت. ما در اینجا به فورناس به دلیل رسمیت گسترده کتاب او در تحقیقات مدیریتی رجوع می‌کنیم.

۱. به اعتقاد گودین (۲۰۰۸، ص ۳۴۹) «چنین نظریه‌پردازی یا طرح‌ریزی از فرایند نوآوری فناورانه به عنوان «توالی»، حاصل بیش از یک دهه فعالیت مک لارن در زمینه تحول فناورانه بود. این اظهار مک لارن، در حقیقت اولین مباحثه تمام عیار و اساس نظریه‌ای بود که به عنوان مدل خطی نوآوری تلقی می‌شود» [۶].

2. Conceptual Subtleties

در متون فورناس، همچنین اولین فلوچارت نشان‌دهنده
مراحل را یافتیم که می‌تواند تبدیل مفهوم جدید به واقعی
کاربردی در قالب محصول جدیدی را دربرگیرد (نمودار ۱).

نخواهد شد. سازمان‌های تحقیقاتی در گذشته انحصار منابع
ایده‌ها و پیشرفت‌های جدید را نداشته‌اند و در آینده نیز
نخواهند داشت» [۱۰].



نمودار ۱. نمودار جریان تحقیق تا فروش (بازار) [۱۰]

نظیر شناسایی محدودیت‌های کاربرد مدل خطی نوآوری در
صنایع مختلف، و همچنین توجه به بازخوردها طی مراحل
مختلف فرایند نوآوری. با وجود این، سوابق گسترده و
عمیق این بحث، اکنون کمرنگ شده است. آنچه باقی
مانده است، درک رایجی از مدل خطی نوآوری است که به
قدری محدود است که با سلب استدلال‌های تاریخی و هر
گونه ظرافت و باریک‌بینی، آن را به صورت مدلی
غیرمنعطف و بسیار ساده‌انگارانه از فرایند نوآوری درآورده
است.

۴. مدل خطی قوی^۲

در اینجا سعی بر این است تا مؤلفه‌های اصلی مدل
محدود^۳ یا «مدل خطی قوی نوآوری» را خلاصه کنیم که
محور اصلی ۴۰ ساله انتقادها بوده است. این مؤلفه‌ها،
بلوک‌های سازنده مغالطه پهلوان‌پنبه است که بسیاری از
پژوهشگران نوآوری به منظور پیش بردن ادعایشان در
خصوص مدل‌های جایگزین به کار گرفته‌اند. به طور
مشخص، استدلال‌های مختلفی که برای یکپارچه‌سازی و

او فاز تحقیقات کاربردی را که به طور عمده توسط
نتایج تحقیقات اکتشافی و پایه توسعه می‌یابد، برای آن
دسته از آزمایشگاه‌های صنعتی که در آنها تأکید بر
محصولات و فرایندهای جدید است، مهم‌ترین فاز می‌داند.
توسعه شامل «بهبود، تست و ارزیابی فرایند، ماده یا ابزار
حاصل از تحقیقات کاربردی است» و در معنای وسیع‌تر نیز
«ارزیابی بازار یک محصول در آینده است» [۱۰]. در مرحله
تولید، «محصول تحقیق به بلوغ کامل می‌رسد»^۱. از آنجایی
که تغییرات در مرحله تولید همواره مشکلاتی را ایجاد
می‌کند که آزمایشگاه‌های تحقیقاتی باید با آن روبه‌رو شوند
بازخوردها نیز در نظر گرفته می‌شوند.

همچنین در این نسخه از مدل خطی نوآوری،
استدلال‌ها بر اساس منابع تاریخی و غنی از تفاوت‌های
ظرفی است که در مدل غیرمنعطف و بیش از حد
ساده‌انگارانه فرایند نوآوری که به طور کلی به معنای مدل
خطی نوآوری است، کاملاً محوآند.

به منظور نتیجه‌گیری، برخی از معاصران بوش، تجزیه
و تحلیل‌های دقیق و ظرفی از فرایند نوآوری ارائه دادند،

2. The Linear Model in Strong Form
3. Straitjacket Model

1. The Research Child Grows to Full Maturity

ارائه تصویری فشرده، به عنوان مدل خطی نوآوری شناخته می‌شود را از هم تفکیک می‌کنیم:

تحقیقات پایه ← تحقیق کاربردی ← توسعه ← تولید ← بازاریابی ← انتشار

ب. مدل خطی قدرتمند- بخش دوم: بازیگران و تجویزهای هنجاری

۱. تقسیم کار مشخصی طی توالی بین انواع مختلفی از عوامل وجود دارد که در مراحل گوناگون تخصص دارند. به طور معمول، تحقیقات پایه در دانشگاه‌ها و آزمایشگاه‌های دولتی صورت می‌گیرد، در حالی که تحقیقات کاربردی و توسعه فناورانه توسط بنگاه‌ها، به ویژه شرکت‌های بزرگ انجام می‌شود که توانایی سرمایه‌گذاری‌های پرخرج تحقیق و توسعه را دارند؛
۲. دانشگاه‌ها می‌توانند در تحقیقات کاربردی به طور عمده از طریق هدایت پژوهش و تدریس، که بیانگر رسالت آنهاست، مشارکت کنند. نه تعامل مستقیم با صنعت و نه تشویق بنگاه‌ها برای توسعه نتایج تحقیقات دانشگاهی از طریق برخی از سازوکارهای صدور مجوز که شامل ثبت اختراع نیز می‌شوند، هیچ‌کدام مسائل مربوط به دانشگاه‌ها نیستند. بلکه، دانشکده‌ها، دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی، مکانی ویژه برای تحقیقات پایه‌اند، به طور دقیق به این دلیل که آنها محیطی عاری از پیش‌داوری‌ها و همچنین فشارهای سیاسی و تجاری فراهم می‌کنند؛
۳. توصیه اصلی این است که تحقیقات پایه و به همین ترتیب مجریان آن، به ویژه دانشگاه‌ها، باید توسط دولت تأمین مالی شوند، زیرا بنگاه‌های خصوصی با انگیزه مالی، تمایلی برای سرمایه‌گذاری در چنین فعالیت‌هایی را ندارند. به این معنا که کالای (خروجی) حاصل از تحقیقات پایه، (یا همان) دانش جدید، باید در اختیار حوزه عمومی (دولت) باشد.

انتقادات وارده و تکذیب (جزئی) آنها

واضح است بسیاری از استدلال‌های مختلف که در بالا به آن ارائه شد، قابل نقدند، به خصوص به این علت که طرفداران مدل خطی نوآوری به شکلی صلیبی و

باید توجه داشت که این استدلال‌ها به خصوص از نظر پیامدهای هنجاری به هم مرتبط نیستند و می‌توان اشکال وارد بر مدل خطی نوآوری «ضعیف» را بر اساس ترکیب فقط برخی از آنها تصور کرد. به طور مثال، ممکن است استدلال شود که علم محرک اصلی نوآوری است، اما به ضرورت توالی یا بازخوردهایی آشکار بین علم و فناوری وجود ندارد. به همین ترتیب، نشان دادن فرایند نوآوری، در قالب توالی خطی از تحقیقات پایه تا کاربردی به این معنا نیست که اولی (تحقیقات پایه) باید از طریق عمومی (دولت) تأمین مالی شود (و بر عکس).

الف. مدل خطی (به شکل) قدرتمند^۱ - بخش اول: فرایند

۱. تمایز روشنی بین تحقیقات بنیادی (علمی) و کاربردی (فناورانه و صنعتی) می‌تواند قائل شد. اولی معطوف به درک اصول بنیادین علمی است؛ اما دومی متوجه توسعه کاربردهای عملی دانش است؛
۲. تحقیقات علمی بنیادین و یا پیشین، منبع اصلی یا به نسبت منحصربه‌فرد نوآوری فنی (کاربردی) است. در نتیجه، به منظور انجام نوآوری و دستیابی به محصولات جدید قابل ارائه در بازار، شایسته و بایسته است بنگاه‌ها منابع خود را به تحقیق و توسعه اختصاص دهند؛
۳. دانش جدید به دست آمده از تحقیقات پایه، تقریباً به صورت خودکار، به تحقیقات کاربردی، فناوری و نوآوری‌ها، حتی در کوتاه مدت، تسری می‌یابد؛
۴. فرایند نوآورانه می‌تواند به عنوان توالی از مراحل (یا یک خط ارتباطی) که با تحقیقات علمی شروع شده و از طریق توسعه محصول، بازاریابی و به دنبال آن نشر نوآوری ادامه می‌یابد، ارائه و مفهوم‌سازی شود. در این فرایند دریافت بازخورد از مراحل بعدی در توالی به مراحل قبلی وجود ندارد.

1. Strong

همچنین نشان داده شده است که فناوری، غالباً تبیین علمی را پیش‌بینی می‌کند (یکی از بهترین نمونه‌های آن، تعریف قانون دوم ترمودینامیک^۳ در دهه ۱۸۲۰ توسط سادی کارنوت^۴ است که از نیاز به درک محدودیت‌های کارایی موتور بخار منتج شده است) و نه فقط فناوری مستقل از علم جدید است، بلکه ورودی‌های ضروری برای تحقیقات علمی در قالب حل مشکلات، ابزارهای دقیق و غیره را نیز فراهم می‌کند [۲۸، ۳۱، ۳۲]. مثال‌هایی دیگر از عرصه‌هایی مانند علوم واکسن^۵ مطرح شده است، جایی که تولید واکسن مناسب، اغلب بر درک علمی درباره چگونگی کارکرد آن مقدم است. این مثال‌ها جهت‌گیری سیر زمانی متعارف را زیر سؤال می‌برند و نشان می‌دهند که برای علیت^۶ باید در بسیاری موارد باید جهت‌گیری سیر زمانی معکوس شود، به این مفهوم که فناوری و علم کاربردی به درک نتایج به دست آمده از تحقیقات علمی پایه منجر می‌شود. در واقع، در برخی موارد، پیشنهاد می‌شود که مدل خطی نوآوری معکوس (معکوس، ولی کماکان خطی!) ممکن است رضایت تقریبی از چگونگی عملکرد نوآوری را فراهم کند.

اگرچه در این مجموعه اظهارات، استدلال‌های فرعی به طور کامل متفاوتی وجود دارد، بسیاری از این مشاهده‌ها تمایل دارند روشی دیگر را تأیید کنند که در آن به جای نوآوری انقلابی^۷، نوآوری تدریجی^۸ منبع اصلی پیشرفت فناورانه است. این نکته را بارها جامعه‌شناسان و مورخان نوآوری، حتی پیش از اقتصاددانان تأکید کرده‌اند [۳۳].^۹ به عنوان مثالی مهم، کلایین و رزنبرگ [۲۸] در مقاله ساختارشکن، پیشرو و بسیار تأثیرگذار خود، با عنوان «بررسی اجمالی نوآوری»^{۱۰} که اغلب به عنوان جایگزینی

انعطاف‌ناپذیر ادعا کرده‌اند. با وجود این، در حالی که اهمیت مشارکت بسیاری از پژوهشگران، به خاطر تاختن و تخریب معرفت سنتی رایج بر ادبیات نوآوری تا دهه ۱۹۶۰ را نمی‌توان دست کم گرفت، بر این باوریم که در برخی موارد این انتقادات غیرموجه است.

در بررسی مهم‌ترین انتقادات اقامه شده علیه مدل خطی قوی نوآوری، در بسیاری از موارد، ضمن اینکه که شرح می‌دهیم آیا آنها واقعاً مخرب‌اند و یا اینکه می‌توانند در مدل خطی ضعیف نوآوری سازگار شوند (ضعیف به لحاظ برتری ادعاها اما احتمالاً قوی‌تر در زمینه تعمیم‌پذیری آن)، باید دوباره اهمیت و اعتبار آنها را تأیید کنیم. اما همچنین نشان خواهیم داد که در چند مورد مهم دیگر، انتقادات در حقیقت بیش از حد به بیراهه رفته‌اند و تمایل به تعمیم‌های نامربوط دارند.

۱. فرایند: پژوهش و نوآوری

بسیاری از نقدهای وارد بر مدل خطی قوی نوآوری مربوط به تمایز بین تحقیقات پایه (علمی) و کاربردی (فناورانه) و نحوه اطلاع‌رسانی (ارتباط) اولی به دومی (ولی نه به صورت برعکس) مانند گزاره‌های «الف» و «ب» در همین بخش است.

۱. نخست، ادعا شده است که تمایز بین تحقیقات پایه و کاربردی، آشکار و روشن نیست. همکاری‌های علمی تحقیقاتی مهم، مانند رزنبرگ^۱ [۲۳، ۲۴]، رزنبرگ و نلسون^۲ [۲۵]، رزنبرگ و نلسون [۲۶] و ستاکز [۱۴] درک ما را در این خصوص بهبود بخشیده‌اند. اما به نحوی تحریک‌آمیز، پاسخی جنجالی اما مشروع به این نقد می‌تواند به ساده‌سازی بیش از حد مدل خطی نوآوری منجر شود؛ به عبارت دیگر نگاهی یکسان به تحقیقات پایه و کاربردی دارد؛

۲. قابل ملاحظه است که پیشرفت‌های فناورانه اغلب با پژوهش‌های پایه ارتباطی ندارند [۲۸، ۲۹، ۳۰] و در بسیاری از صنایع، علم فقط با تأخیرهای زمانی بسیار طولانی، بر نوآوری‌های فناورانه تأثیر می‌گذارد.

3. Second Law of Thermodynamics

4. Sadi Carnot

5. Vaccinology

6. Causation

7. Revolutionary Innovation

8. Incremental Innovation

۹. ما این منبع را مدیون تذکر داوران هستیم.

10. An Overview of Innovation

1. Rosenberg

2. Nelson

(محدود به مکانی خاص) و اقتضایی^۳ (وابسته به زمینه) باشد. به قطع در مورد اهمیت این نکات موافق ایم. با این حال، نکاتی وجود دارد که می‌تواند و باید قابل بحث باشد.

نخست، مسئله حال حاضر اینکه آیا مدل خطی نوآوری فقط به بخش خیلی محدود از واقعیت دلالت دارد، همان طور که کلاین و رزنبرگ [۲۸] مطرح می‌کنند: «علم جدید گاهی اوقات، نوآوری‌های رادیکال را ممکن می‌سازد. این وقایع نادرند». شایان ذکر است که در قرن بیستم، ظهور اغلب پارادایم‌های فناوریانه جدید، در بیشتر مواقع، به طور مستقیم وابسته و مرتبط با پیشرفت‌های مهم علمی بوده است: صنایع شیمیایی^۴ و فرایندهای کاتالیزوری مستمر، فیزیک حالت جامد و ترانزیستورها، زیست‌شناسی مولکولی و زیست‌فناوری بارزترین نمونه‌ها محسوب می‌شوند. (به عنوان مثال رجوع کنید به [۳۶، ۳۷]). همچنین ادعا می‌شود که در دو یا سه دهه اخیر، نقش علم به عنوان منبع اصلی نوآوری و همچنین به عنوان محرک توسعه صنایع پیشرفته^۵، بیشتر افزایش یافته است. به عنوان مثال بناکرسی^۶ و توما^۷ [۳۸] استدلال کردند که:

«در دهه ۱۹۹۰، این ایده که پیشرفت‌های فناوریانه به طور فزاینده‌ای به پیشرفت‌های علمی وابسته است بارها مطرح می‌شد. از طرف دیگر، پیشینه علم‌سنجی موجب جلب توجه به تعداد و سهم ارجاعات غیر مرتبط با پتنت گردید ... از سوی دیگر، مطالعات موردی صنایع ... نمونه‌های مهمی را ارائه می‌دهد که در آن تعریف کاربردهای صنعتی، تنها با کشف ویژگی‌های فیزیکی جدید طبیعی امکان پذیر بود».

در دیدگاه ما، واضح نیست که نقش علم در برانگیختن نوآوری در سال‌های اخیر به طور کلی اهمیت یافته است یا نه. این موضوع پیچیده و سزاوار پژوهش بیشتر است، بنابراین وارد این بحث نمی‌شویم. اما پیشنهاد می‌کنیم که گرچه عمومیت مدل خطی نوآوری به قطع با شناخت این واقعیت که علم نه همیشه و نه در بیشتر موارد، منشأ

برای مدل خطی نوآوری به آن نگاه می‌شود، به این نکته اشاره می‌کنند:

«تمایل به شناسایی نوآوری‌های فناوریانه به همراه نوآوری‌های عمده/رادیکال به شکل ملموس وجود دارد ... واقعیت این است که اغلب تغییرات فناوریانه، کمتر قابل مشاهده و حتی در بسیاری موارد، تقریباً از نوع نامشهودند. بخش بزرگی از نوآوری‌های فناوریانه که در جوامع صنعتی صورت می‌گیرد، به شکل تغییرات بسیار کوچکی نمود پیدا می‌کند، مانند اصلاحات جزئی در طراحی دستگاهی که آن را قادر می‌سازد تا به برخی از کاربران نهایی بسیار خاص، بهتر خدمت‌رسانی کند یا اینکه آن (خدمت) را آسان‌تر و در نتیجه برای تولید ارزان‌تر کند».

به اعتقاد کلاین و رزنبرگ^۱، نخستین گام بسیاری از فرایندهای تحول فناوریانه در دنیای امروز، به طور معمول طراحی است و نه تحقیق.

«اکثر نوآوری‌ها با دانش موجود در ذهن افرادی صورت می‌گیرد که در سازمان فعالیت می‌کنند و به میزان کمتری در سایر اطلاعاتی است که به راحتی در دسترس آنها قرار دارند. فقط زمانی که منابع اطلاعاتی آنها برای حل مشکل ناکافی است، نیاز به تحقیق برای تکمیل نوآوری مشخص وجود دارد ... تصویری که نوآوری با تحقیق آغاز می‌شود، اغلب مواقع اشتباه است ... اگر این ایده درست بود که علم گام نخست در نوآوری است، هرگز دوچرخه را اختراع نمی‌کردیم [۲۸].»

بر خلاف معرفت رایج، نخستین گام در بیشتر نوآوری‌ها، تحقیق نیست، بلکه یک طرح است [۲۸].

شبیبه اما متفاوت از استدلالی که علم به طور معمول منبع اصلی و نقطه شروع فرایند نوآورانه نیست، تحقیق مهمی (مانند ون هیپل^۲ [۳۴] و بسیاری دیگران) نشان می‌دهد که کاربران محصولات و فرایندها، توسعه‌دهنده بسیاری از نوآوری‌های مهمی‌اند که بعدها تولیدکنندگان می‌سازند و می‌فروشند. دوچرخه کوهستان [۳۵]، موردی است که روشن می‌سازد که منابع نوآوری متعدد و متنوع‌اند و نوع دانش مورد نیاز برای نوآوری ممکن است محلی

3. Sticky
4. Synthetic Chemistry
5. High-tech Industries
6. Bonaccorsi
7. Thoma

1. Kline & Rosenberg
2. Von Hippel

قرار می‌گیرد، بلکه در افزایش بهره‌وری پژوهشی و بنابراین نرخ بازگشت تحقیق و توسعه، از طریق ارائه راه‌حل و تبیین برای مشکلات فنی، همچنین حذف راهبردها و جهت‌گیری‌های نادرست تحقیقاتی اثبات شده از نظر علمی و ارائه فناوری‌های تحقیقاتی جدید بروز می‌یابد [۳۹، ۴۰]. به عبارتی دیگر، موفقیت استراتژی‌های بهره‌بردار در سطح بنگاه، ممکن است به سرمایه‌گذاری‌های سطح کلان در استراتژی‌های اکتشافی بستگی داشته باشد.

همچنین لازم به ذکر است که علم و تحقیقات پایه مفاهیمی‌اند که اغلب به جای یکدیگر استفاده می‌شوند. اما تحقیقات پایه به ضرورت و به طور دقیق با علم همخوانی ندارد، به این معنا که همیشه تبیین مکفی قابل اعتمادی از پدیده معینی ارائه نمی‌دهد: توسعه واکسن (و تا حد قابل ملاحظه‌ای اکثر تحقیقات زیست‌پزشکی) از این نوع مثال‌ها به شمار می‌آیند. فرایند کشف و توسعه واکسن‌های جدید (یا داروها) هنوز هم تا حد زیادی وابسته به آزمون و خطا و آزمایش بدون روشن شدن درک اولیه از چگونگی و چرایی عملکرد واکسن (یا داروها) است. یا برعکس، ترجمه درک علمی پایه از علل آسیب‌ها^۱ در قالب درمانی جدید به صورت خودکار بعید به نظر می‌رسد. خیلی ساده، بدن انسان به حدی پیچیده است که امکان درمان آن از اصول اولیه حاصل شود. با این حال، تحقیقات پایه، حتی اگر از این منظر به طور کامل «علمی» نباشد، مؤلفه‌ای اساسی و اغلب پیش‌شرط برای توسعه محصول بعدی باقی می‌ماند.^۲ برای مثال بسیار استدلال می‌شود که مبارزه علیه سرطان در ایالات متحده در اوایل دهه ۱۹۷۰، با وجود منابع عظیمی که به آن اختصاص یافت، نتیجه‌ای در پی نداشت،

مستقیم و منبع اصلی نوآوری نیست (نکته‌ای که پیشتر نظریه‌پردازان مدل خطی مانند فورناس و مک‌لارن تأیید کرده‌اند) کاهش یافته، علم همچنان به عنوان شرط و مؤلفه مهم پیشرفت فناورانه باقی می‌ماند و اینکه (علم) اساس صنایع دانش‌بنیان است. در هر رشته دارای پیچیدگی، مانند زیست‌فناوری و فیزیک هسته‌ای، پیشرفت، بدون دانش جدید حاصل از تحقیقات پایه، بسیار دشوار خواهد بود. حتی در حوزه‌هایی که اغلب به عنوان زمینه‌هایی که در آن نوآوری به تحقیقات بنیادی نیاز ندارند، همه‌چیز پیچیده‌تر از آن چیزی است که به نظر می‌رسد. مانند واکسنولوژی، جایی که رویکرد به نسبت عملگرایانه موفقیت‌های بزرگی در گذشته به دست آورده است (مانند واکسن ضد تب زرد و فلج اطفال)، حتی اگر درک علمی بیماری، از توانایی ریشه‌کن کردن آن عقب‌مانده باشد. ممکن است به خاطر داشته باشید که از طریق آزمایش‌های زیادی که روی انسان (مانند سربازان وظیفه و طفل یتیمان)، با رضایت بسیار محدود (یا بدون هیچ رضایتی) انجام شده است و تحمیل مخاطرات بر آنها که امروزه به طور کلی بر پایه اخلاقی غیرقابل قبول است، یادگیری صورت گرفته است. بنابراین مبانی علمی دقیق و معتبر برای پیش‌بینی‌های بهتر، کم‌کردن ریسک‌ها و در نتیجه پذیرش آگاهانه پیامدهای احتمالی ضروری است.

علاوه بر این، «مدل خطی ضعیف نوآوری» (با احترام بیشتر نسبت به آنچه در دیدگاه‌های اصلی آن بیان شده است، به عنوان مثال، مک‌لارن و فورناس که در بالا مورد بررسی قرار گرفتند) به این معنا نیست که علم فقط موتور نوآوری است و نه اینکه تحقیقات علمی بلافاصله موجب تغییرات فناورانه می‌شوند. بلکه این مدل، خیلی ساده و بافروتنی بیشتر نشان می‌دهد پیشرفت علمی در بسیاری از موارد، منشأ اصلی نوآوری و تأیید تأخیرهای طولانی‌مدت و شناختی است و کاملاً تأیید می‌کند که پیشرفت‌های علمی، شرط لازم (مانند اختراع دوچرخه) و کافی (مانند بسیاری از مسائل و مشکلاتی که نیازمند راه‌حل‌اند تا محصولی قابل عرضه در بازار شود) برای بروز نوآوری نیستند. همچنین، مدل خطی نوآوری ضعیف بر این نکته تأکید دارد که تأثیر علم بر نوآوری فقط در خلق فرصت‌های جدید متبلور نمی‌شود که (به سرعت) توسط بنگاه‌ها مورد بهره‌برداری

1. Pathology

۲. مناظره اخیر در خصوص راهبردهای توسعه واکسن ایدز (HIV-AIDS) از این منظر قابل مشاهده است. در حالی که بسیاری از پژوهشگران متقاعد شده‌اند که غیرممکن است. یک واکسن را بدون داشتن درک علمی کامل از چگونگی و چرایی کارکرد آن توسعه دهند، اقلیت روبه‌فزونی از رویکرد بیشتر «تجربی» جانبداری می‌کنند و مدعی‌اند که ویروس ایدز پیچیده‌تر و درهم تنیده‌تر از آن است که به طور علمی کاملاً درک شود و گزینه‌های دیگر با وجود اینکه بر مبنای علمی خیلی واضح نیستند باید امتحان شوند.

دوریم، زیرا دانش ما کافی نیست. همین موضوع درباره تحقیقات سرطان صدق می‌کند. این می‌تواند پیام ساده‌ای باشد، اما «انعطاف‌ناپذیری» مدل خطی در واقع یادآور بسیار مفیدی است که هزینه‌های مربوط (با ابعادی وسیع‌تر خواسته‌های مشتری) همه چیز را بازگو نمی‌کنند. پویایی درونی نظام علم و فناوری همچنان نقشی مستقل در توضیح چگونگی امور (فارغ از کشش بازار و تقاضای مشتری) ایفا می‌کند. این بینشی بنیادین است که به طور مستقیم از بحث الهام گرفته از مدل خطی نوآوری به دست آمده و ما نمی‌خواهیم آن را کنار بگذاریم.

۲. محدودیت‌ها و گلوگاه‌ها

جریان دیگری از انتقادات، مربوط به گزاره‌های (۳) و (۴) بخش (الف) از مدل خطی قوی نوآوری، برخاسته از شناختی است که انتقال دانش علمی جدید به فناوری و نوآوری تجاری، شامل موانع و گلوگاه‌ها می‌شود. در حال حاضر به طور گسترده‌ای تأیید شده است که دانش طی مراحل مختلف فرایند نوآورانه و در میان سازمان‌ها و نهادهای مختلف، راحت و بی‌دردسر جریان نمی‌یابد. به همین صورت نیز در مناطق جغرافیایی آزادانه جریان نیافته است. اگرچه در ابتدا باید توجه داشت که چنین شناختی توسط دو استدلال به طور کامل متفاوت پشتیبانی می‌شود. یک تبیین این است که دانش (از جمله دانش علمی)، توسط عناصر غیرقابل تقلیل ضمنی^۲ توصیف می‌شود. بنابراین، انتقال دانش نیازمند تعامل نزدیک، تماس مستقیم تجربه، ارتباط چهره به چهره و غیره است. تبیین دوم متکی بر تفسیری متفاوت از دانش است که به عنوان اطلاعات صرف درک می‌شود و به همین ترتیب دارای ویژگی‌های کالای عمومی است. در این مورد، معرفی مشوق‌ها برای بهره‌برداری خصوصی از این دانش، به طور خاص حقوق مالکیت فکری، برای تبدیل دانش به نوآوری، فرض ضروری است.

استدلال (در هر دو بیان) به مدل خطی نوآوری آسیبی وارد نمی‌کند. مدل به راحتی می‌تواند با موانع موجود در جریان یا بهره‌برداری از دانش سازگار شود و همانطور که

زیرا درک علمی قوی از سرطان، علل و سیر تکامل آن وجود نداشت. پروژه مهتمن به جای حل مشکلات بسیار پیچیده مهندسی (به عنوان مثال در خصوص غنی‌سازی اورانیوم)، شالوده علم پایه عملکرد بمب اتمی را در دهه ۱۹۳۰ بنیان نهاد. از این لحاظ، علم و به طور کلی تحقیقات پایه، می‌تواند و باید به عنوان منبع ضروری دانش لحاظ شود که در اکثر مواقع با وقفه‌های طولانی‌مدت و حتی شاید به طرزی ناخودآگاه، پایه اصلی بسیاری از فعالیت‌های فناورانه است: همه ما از قضیه فیثاغورث^۱ هر روز استفاده می‌کنیم، بدون آنکه از آن آگاهی داشته باشیم.

در نهایت، بحث درباره نقش تحقیقات پایه در فرایند نوآورانه تا حدی با بحث قدیمی درباره «فشار فناوری در مقابل کشش بازار» پیشرفت فناورانه، همپوشانی دارد، اما با آن سازگار نیست. در حالی که شکل قوی مدل خطی نوآوری به قطع می‌تواند پشتیبانی دیدگاه فشار فناوری محض باشد، در مدل ادله کمی برای نشان دادن چنین ارتباط قوی‌ای وجود دارد، دست کم تا آنجایی که مدل خطی نوآوری درک شده، مدعی است که علم، منبع اصلی نوآوری است. این گزاره به این معنا نیست که نیازها و تقاضاها در شکل دادن به پرسش‌های مطرح شده علمی بی‌ربطاند. اینجا فقط می‌توانیم خواننده را دوباره به همکاری‌های اولیه توسط رزنبرگ [۲۳، ۲۴]، دوسی [۴]، رزنبرگ و نلسون [۲۵، ۲۶] و ستاکز [۱۴] ارجاع دهیم. با وجود اختلاف‌های بین آنها، تمامی این همکاری‌ها بر این نکته تأکید دارند که علم، تحقیقات پایه و کاربردی اغلب اوقات به شدت درهم تنیده‌اند و در بسیاری موارد، از کاربردهای عملی الهام گرفته‌اند. اما تأکید بر علم و تحقیقات پایه در فرایند نوآوری، به ما یادآوری می‌کند که علم و فناوری به سیگنال‌ها و علائم اقتصادی واکنش دقیقی نشان نمی‌دهد [۴۱]. این درسی بنیادین است که بر اساس دیدگاهمان می‌تواند از مدل خطی نوآوری منتج شود. علم (و فناوری) از منطقی‌هایی پیروی می‌کنند که مرتبط با نیروهای اقتصادی یا اجتماعی‌اند اما به طور کامل توسط آنها معین نمی‌شوند. بنابراین، برای مثال، با وجود نیاز و سرمایه‌گذاری در تهیه واکسنی برای ایدز، از موفقیت بسیار

2. Irreducible Elements of Tacitness

1. Pythagora's Theorem

فورناس در متن فوق «سازمان‌های تحقیقاتی، انحصاری بر منابع ایده‌ها و پیشرفت‌های جدید در گذشته نداشته‌اند و در آینده نیز نخواهند داشت». مهم‌تر از همه، باید تأکید کرد که نسخه‌های بوش یا مک لارن از مدل خطی نوآوری، به فرایندهای (کم‌بیش) روزمره مانند یادگیری تدریجی و تغییرات در سطح بنگاه اشاره نمی‌کنند، زیرا آنها بر نقش علم، در تقویت توسعه بلندمدت اقتصاد یا صنایع دانش‌بنیان تمرکز می‌کنند؛ و در این سطح از تحلیل، هنگامی که نقش تحقیقات طولانی‌مدت مطرح است، فرایند نوآورانه نمی‌تواند به شکل وقوع همزمان فعالیت‌های کلی نشان داده شود، چه برسد به سازمانی واحد یا در بین موجودیت‌های مختلف. اگر خروجی تحقیقات یک دهه به طول انجامد یا با فعالیت بیشتر، مبدل به محصولات کاربردی قابل فروش شود، بازخوردها از فعالیت‌های پایین‌دستی بر پروژه‌های تحقیقاتی فعلی یا آینده تأثیر می‌گذارند، اما به یقین نمی‌تواند بر تحقیقات انجام شده در دهه قبل تأثیر داشته باشند. در اینجا آنچه موضوعیت دارد این نیست که پژوهش پایه، کاربردی است یا خیر؟ بلکه این امر که کاوش‌ها و پژوهش‌های دور از فشارهای رایج در بازار، برای غلبه و درهم شکستن موانع^۲ پیش‌رو و ارائه محصولات قابل فروش آینده، ضروری است. این وضعیت با شرایطی بسیار متفاوت است که در آن فعالیت‌های نوآورانه بنگاه‌ها، برای ارائه بهبودهای جزئی، در پاسخ به تقاضای مشخص بازار اختصاص می‌یابند و انتقادها به مدل خطی نوآوری به شدت اعمال می‌شود. بنابراین تأکید نکردن بر نقش پژوهش (که در بیشتر موارد صحیح است)، پیش‌فرض مهم دیدگاه و نگرشی است که در آن فعالیت‌ها تعاملی و همزمان است و در پی تحقق بخشیدن به خروجی نوآورانه معین‌اند.

در سطح نظری‌تر (انتزاعی‌تر)، ارزشمند است به یاد داشته باشیم که خطی بودن و (فقدان) تعامل، مفاهیمی متفاوت‌اند. در واقع، استفاده از اصطلاح «خطی» در حقیقت در اینجا گمراه‌کننده است، زیرا ممکن است تفسیرهای بسیار متفاوتی از آن باشد. در یک دیدگاه، خطی بودن، می‌تواند به معنای توالی (بر خلاف به موازات بودن و همزمانی) در بعد زمانی مدنظر باشد. در تفسیر دوم، خطی

شرح خواهیم داد، سیاست‌هایی برای توسعه مناسب نهادهایی که به کاهش یا رفع این تنگناها کمک می‌کنند، می‌تواند (و موجودند که) بر اساس مدل خطی نوآوری حمایت و توجیه شوند. در واقع، می‌توان استدلال کرد که بازنمایی خطی فرایند نوآوری است که پژوهشگران را قادر به شناسایی موانع می‌سازد و به آنها امکان می‌دهد تا موضوع مناظره سیاسی شوند.

۳. بازخوردها، تعامل‌ها و غیرخطی بودن

با این حال و جالب‌تر اینکه این استدلال بیشتر به این مفهوم بدل شده که اغلب پیشرفت فناورانه در ذات تعاملی است. کلاین [۲۷] و کلاین و رزنبرگ [۲۸] این مفهوم را در مدل زنجیره-ارتباط^۱ ترکیب و تدوین کردند. آنها بر اساس اظهارات خود، مبنی بر نقش اساسی و کلیدی طراحی در تحریک نوآوری، توالی فرایند تغییرات فناورانه را با تأکید بر فعالیت‌هایی نقد می‌کنند که به صورت همزمان و یا به همراه بازخوردهایی که پیوسته در میان آنها رخ می‌دهد. بنابراین فرایند نوآورانه را نمی‌توان به صورت دنباله‌ای از مراحل بیان کرد؛ بلکه باید در قالب جریانی موازی از مجموعه‌ای از فعالیت‌های همزمان مورد نیاز برای عرضه محصول (که از طراحی اولیه آغاز می‌شود) در بازار به آن نگریست.

این نقد بسیار قانع‌کننده است، زیرا مفهوم مدل خطی نوآوری را به چالش می‌کشد. این نقد ارتباط چندانی با موضوع‌هایی از قبیل، بررسی نقش تحقیقات پایه در فرایند نوآورانه و به طور کلی منابع نوآوری و تمام فعالیت‌هایی ندارد که در فرایند نوآوری دخیل‌اند. علاوه بر این، به طور قطع این نقدی مخرب بر پیکر نسخه به شدت محدود و تضعیف شده خُرد و رایج مدل خطی نوآوری است: یعنی همان دیدگاه سنتی که می‌پندارد فرایند نوآوری در داخل بنگاه‌ها همیشه با پژوهش آغاز می‌شود، و با توسعه، سپس با تولید، و بعد از آن با بازاریابی در توالی منظم، به عنوان فرایند خطی ساده و روان دنبال می‌شود. ممکن است استدلال شود که این همان چیزی نیست که بنیانگذاران مدل خطی نوآوری مدنظر داشته‌اند: با ارجاع به گفته‌های

2. Brick Walls

1. Chain-linked

نتیجه، از همکاری مشترک نظریه تحلیل سیستم و شبکه به دست آمده است که به طور دقیق بر شناسایی و تشخیص ویژگی‌ها و خصوصیات بنیادی ساختارهای خاص تأکید دارد. همچنین لازم به ذکر است، مدیریت پروژه نیز بر اساس توالی خطی از فعالیت‌ها بنا شده است: در فاز اول، وظایف و فعالیت‌های اصلی که باید انجام شوند، با شناسایی افرادی که با توجه به محدودیت‌های زمانی و مالی، بیشترین احتمال توانایی کسب نتیجه را دارند از طریق مسیرهای جایگزین اجرایی، شناسایی می‌شوند. در فاز بعد، تجزیه و تحلیل مسئله خاصی صورت می‌گیرد، و پس از آن توالی از انطباق و سازگاری وجود دارد. البته، بعید است که پروژه‌ها در عمل چنین رویکرد ساده‌ای را دنبال کنند. نکته اینجاست که خطی‌سازی وظایف، طرحی را در اختیار مدیران پروژه قرار می‌دهد که آنها را قادر می‌سازد تا پیشرفت‌ها و مشکلات را پیگیری و ردیابی کنند. طرح پروژه، قلمروی پوشش همه امور و وقایع (مدیریت پروژه) نیست و قرار هم نیست باشد. اما برای آگاهی از اینکه کارها کی و کجا طبق برنامه خاتمه یافته‌اند، نیاز به طرح و نقشه است.

بنابراین، فرایند خطی‌سازی یا خطی‌سازی جزئی مؤلفه‌های سیستم ممکن است در بسیاری از موارد ابزار تحلیلی مفید یا ضروری باشد، حتی زمانی که دیدگاه سیستمی یا شبکه‌ای از فرایند نوآوری پذیرفته و تأیید شود. این رویکرد، به محقق را قادر می‌سازد (در سطوح مختلف تجمیع) زیرسیستم‌ها و روابطی را شناسایی و مورد تمرکز قرار دهد که دارای اهمیت بوده و بر ویژگی‌های غیرخطی سیستم به عنوان یک کل دلالت دارند. گزینه جایگزین به شکل مدل قدرتمند نوآوری، می‌تواند به همان اندازه «مدل سیستم قدرتمند نوآوری» گمراه‌کننده و غیرقابل کنترل و مدیریت باشد، جایی که در مدل غیرخطی نوآوری، همزمان، همه چیز به هم وابسته هستند. بنابراین، به محض شناخت ماهیت نظام‌مند فرایند نوآورانه، شناسایی، تشریح و تجزیه و تحلیل ساختار خاص سیستم (یا شبکه) مورد مطالعه ضروری است. این رسالتی است که هر دیدگاه نظام‌مندی بر عهده دارد.

بودن، مترادف فقدان بازخوردها (رخ دادن یکی یا هم‌زمان هر دو یا درگذر زمان) در نظر گرفته می‌شود. به معنای متفاوت، خطی بودن به این اشاره دارد که بازخوردها تقویت‌کننده خود نیستند (توان معادله ارتباط‌دهنده فعالیت x با فعالیت y برابر با یک است). با به کارگیری این تفاسیر به جای یکدیگر، ساختارهای بسیار متفاوتی می‌تواند ایجاد شود. در انتهای طیف، ممکن است شکل قدرتمند مدل خطی نوآوری را شناسایی کنیم (توالی از فعالیت‌ها که یکی پس از دیگری رخ می‌دهد و هیچ‌گونه بازخوردی ندارد) و در طیفی (تفسیری) دیگر، سیستم کاملاً به هم پیوسته که در آن تمام فعالیت‌ها به صورت هم‌زمان و طی گذشت زمان، از طریق مکانیسم‌های خودتقویت‌کننده با یکدیگر در تعامل‌اند.

واضح است که بر اساس تفسیرهای یاد شده، ساختارهای بسیار متفاوتی می‌توانند شکل بگیرند که به سادگی در دو سر یک طیف به طور کامل متمایز قابل دسته‌بندی نیستند. بنابراین، نخست؛ مدلی ممکن است حلقه‌های بازخورد را نمایش دهد، اما همچنان خطی باقی بماند؛ نظام‌های خطی نوآوری بسیاری هم در تئوری و هم در عمل وجود دارند که می‌توانند رفتاری پیچیده و متفاوت از هم خلق کنند. همچنین مدل خطی نوآوری فقط ترتیبی (بر اساس تفسیر توالی فعالیت‌های آن) ممکن است به سادگی با روابط غیرخطی سازنده‌اش تعریف و با روابط غیرخطی یاد شده سازگار شود: حتی شکل خطی قوی نوآوری نیز می‌تواند با این ساختار سازگار باشد. دوم؛ تأیید و پذیرش ماهیت تعاملی فرایند نوآوری، به این معنا نیست که تمام مؤلفه‌های آن تمام و کمال به هم پیوسته‌اند (و بنابراین باید به صورت موازی گسترش یابند) یا اینکه همه ارتباطات در آن، حاکی از بازخوردهای مثبت و سازوکارهای خودتقویت‌کننده‌اند. علاوه بر اینها، زمانبندی این بازخوردها نیز بسیار حیاتی است. بنابراین، سیستم یا شبکه اغلب می‌تواند تا اندازه‌ای به زیرسیستم‌های (خطی یا غیرخطی) شکسته شود که به صورت خطی به یکدیگر متصل می‌شوند. در واقع، سیستم‌هایی که در آن اجزا به شدت به هم پیوسته و مرتبط‌اند، سیستم‌های بسیار ناپایداری‌اند و بخش‌بندی سیستم از لحاظ ثبات و پایداری، امکان پیش‌بینی و قابلیت مدیریت و کنترل صورت می‌گیرد. این

۴. بازیگران

با توجه به ارزیابی سازمان‌ها و نهادهایی که از تغییرات فناورانه پشتیبانی می‌کنند (گزاره‌های ۱ و ۲ فوق)، بسیاری تأکید کرده‌اند که مدل خطی نوآوری پیچیدگی و ماهیت متنوع آنها را دست کم می‌گیرد. دانشگاه‌ها و بنگاه‌های (بزرگ) فقط بازیگران ذی‌ربط نیستند. بلکه سازمان‌های مختلف قابل توجهی، اعم از عمومی و خصوصی وجود دارند که در تولید نوآوری فناورانه مشارکت دارند و در آن سهم‌مند. ماهیت این عوامل و نحوه تعامل آنها از نظر زمانی و در میان کشورهای مختلف به طور قابل ملاحظه‌ای متفاوت است.

این دیدگاه‌ها، ادبیات وسیع و بسیار ارزشمندی را ایجاد کرده‌اند که به طور گسترده می‌توان با تمامی رویکردهای نظام‌های نوآوری (ملی^۱، منطقه‌ای^۲، بخشی^۳) شناسایی کرد. سایر جریان‌های تحلیل که مخاطبان را در محافل دانشگاهی و به ویژه حوزه‌های سیاسی به خود جلب کرده‌اند، عبارت‌اند از مدل ماریچ سه‌گانه^۴ [۴۳، ۴۲] و رویکردهای جدید تولید دانش (که به عنوان مود-دوم^۵ نیز شناخته می‌شود) [۴۴]. با وجود تفاوت‌های عمیق بین آنها، این دیدگاه‌ها در این ایده مشترک‌اند که بنگاه‌ها در انزوای نوآوری نمی‌کنند، بنابراین نوآوری باید به عنوان فرایندی جمعی در نظر گرفته شود که بنگاه‌های دیگر و همچنین تعدادی از نهادهای غیرسازمانی^۶ مانند دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی، سازمان‌های دولتی و غیره را دربرمی‌گیرد. همچنین ظرفیت نوآوری یک بنگاه، بیشتر توسط طیف گسترده متنوعی از نهادها (از جمله سیستم مالی، قوانین و عرف‌های حاکم بر بازار کار و ...) شکل می‌گیرد.

رفتار و ماهیت خاص این عوامل و حتی مهم‌تر از آن، روابط میان آنها، تأثیری مسلم و به سزایی بر نحوه کار و عملکرد سیستم دارد. بنابراین، به منظور درک فرایند نوآوری، تجزیه و تحلیل صرف رفتار فردی اجزای سیستم

به شیوه تقلیل‌گرایانه^۷ دیگر کافی نیست، بلکه باید از روابط و بازخوردهای بین آنها پرده برداشت. به خصوص هنگامی که تلقی و برداشت این‌گونه است که سیستم‌ها طی گذشت زمان در حال تکامل‌اند، بنابراین شاید در مدل غیرخطی نوآوری، تجزیه و تحلیل پویا و پیچیده، مفید و اغلب ضروری خواهد بود. این بسیار خوب است. شکی نیست که شناخت ماهیت نظام‌مند و تعاملی فرایند نوآورانه، گام رو به جلوی مهمی در درک ماست. با این حال باید توجه داشت که مباحث مفهومی مطرح‌شده توسط این رویکردهای جدید، مدل خطی نوآوری را از بین نمی‌برند. در واقع بیشتر توضیحات ارائه شده در بخش‌های قبلی درباره ماهیت فرایند نوآورانه، از لحاظ عوامل آن، نقطه مقابل مستقیم^۸ می‌یابد.

برای شروع در تخمین و ارزیابی اولیه، گسترش و تسری مدل خطی نوآوری به سازمان‌ها و نهادهای بسیار دیگر، نسبت به دانشگاه‌ها و بنگاه‌های صرف، خیلی دشوار نخواهد بود، به شرطی که این عوامل جدید در توالی فعالیت‌های مفروض در مدل خطی نوآوری، قرار بگیرند. به عنوان مثال، در نظر گرفتن نقش گروه‌های حرفه‌ای و شبکه‌های اجتماعی، در برطرف کردن انواع موانعی بسیار مهم است که می‌تواند طی خطوط ارتباطی رخ دهد. در زیر بلوک‌های اصلی سازنده هر سیستم نوآوری (مانند در سطح بخشی) می‌توان شبکه‌های پیچیده‌ای از روابط اجتماعی را بین دانشمندان منفرد (مصدق آن، رونق سریع حوزه تجزیه و تحلیل کتاب‌شناسی) و گروه‌های حرفه‌ای گسترده‌تر (گواه آن، ادبیات جامعه‌شناختی در خصوص نقش کالج‌های نامرئی^۹، جوامع معرفتی و مانند آن در توسعه علمی) یافت. شبکه‌ها و گروه‌های حرفه‌ای، حلقه‌های بازخورد را قابل

7. Reductionist

8. Direct Counterpart

۹. کالج نامرئی (Invisible College)، به پژوهشگران علمی مرتبط به هم می‌پردازد که در یک مکتب یا پارادایم مشخص یا رشته تحصیلی فعالیت می‌کنند و در برخی از موضوع‌های اصلی زمینه مشترک دارند. کالج نامرئی همچنین اصطلاحی است که برای توصیف جامعه کوچکی از دانشمندان دارای تعامل استفاده می‌شود که غالباً به صورت چهره به چهره یکدیگر را ملاقات و ترغیب و ایده‌های خود را مبادله می‌کنند.

1. National
2. Regional
3. Sectoral
4. Triple Helix
5. Mode II
6. Non-Corporate Entities

۵. آیا مدل خطی نوآوری در واقعیت کار می‌کند و کاربردی است؟

اظهارات قبلی این پرسش را برمی‌انگیزد که آیا مدل خطی نوآوری هنوز هم می‌تواند دست کم در بعضی زیرسیستم‌های خاص و در برخی از فناوری‌ها مفید واقع شود. در واقع، می‌توان انواع بسیار مختلفی از اشکال فرایند نوآورانه را تصور کرد. یکی از گام‌های مهمی که توسط مطالعات نوآوری طی ۲۵ سال گذشته صورت گرفته است، اینکه چیزی با عنوان «علم و فناوری» وجود ندارد، اما علوم و فناوری‌های مختلفی وجود دارند که هر یک با ساختارها و پویایی‌های خاص خود توصیف می‌شوند و این تعمیم‌های بیش از حد ساده‌انگارانه، ممکن است گمراه‌کننده باشند. مفهوم رژیم‌های فناورانه و مفاهیم مرتبط با آن در همین راستا قرار دارند. با این حال، نمی‌خواهیم در آخر این را مطرح کنیم که هیچ‌گونه تعمیمی امکان‌پذیر نیست. در عوض، ایجاد طبقه‌بندی‌ها (مانند پاپویت [۴۶]، البته نباید تلاش‌های پیشین مک‌لارن را فراموش کرد) و شناسایی ساختارهای بنیادین گوناگون محتمل، برای درک بهتر فرایند نوآورانه مهم‌اند.

همان‌طور که کلاین و روزنبرگ [۲۸] اشاره کردند: «هر مدلی که نوآوری را به عنوان فرایند واحدی توصیف کند یا منابع را به علت مفرد نسبت دهد و یا تصویری ساده شده را ارائه دهد، واقعیت را تحریف و بنابراین، فکر و تصمیم‌گیری ما را مختل می‌کند».

با این حال، در برخی از بخش‌های عمیق مبتنی بر علم و دانش، مانند رشته‌های علوم زیستی و علوم مصنوعی، بر خلاف زمینه‌های سنتی‌تر، این ایده که علم جدید، نقطه شروع است و در فرایند یادگیری، پس از سال‌ها به محصولات و کاربردهای جدید قابل فروش در بازار می‌انجامد، ممکن است دست کم برای سطوح انتخابی تجزیه و تحلیل تخمین، مفید و قابل قبول باقی بماند.^۶

مدیریت و موانع را برطرف می‌کنند. البته این امر به این معنا نیست که نمی‌توان و نباید ساختارهای سطح بالاتر (مانند دپارتمان‌های دانشگاه در برابر آزمایشگاه‌های تحقیق و توسعه بخش خصوصی) را به عنوان سیستم‌های خطی نوآوری، مدل‌سازی کرد. همان‌طور که پیشتر استدلال شد، حتی در درون سیستم (غیرخطی)، روابط مهم میان عوامل ممکن است کماکان خطی بماند.

تأکید بر تعامل میان این عوامل، به طور کامل مغایر با مدل خطی نوآوری نیست. در حالی که به طور حتم صحیح است که نوآوری حاصل از تعامل عوامل متعدد است، تقسیم کار در میان این عوامل ادامه دارد و همکاری در مراحل مشخصی در فرایند کشف یا توسعه رخ می‌دهد. زیست‌فناوری یا داروسازی را در نظر بگیرید، شبکه روابط درگیر با ساختاری کاملاً مشخص، به همراه هسته‌ای پایدار از بنگاه‌های بزرگ (بیگ فارما^۱ و تازه‌واردان بزرگ زیست‌فناوری که به شکل عمودی ادغام شده‌اند مانند جنتک^۲ و امگن^۳) توصیف می‌شود که با بنگاه‌های کوچک‌تر به ویژه تخصصی نوپا در تعامل‌اند. شبکه نیز بسیار سلسله‌مراتبی است و هم جهت‌گیری مشخصی را دنبال می‌کند. به این معنا، بنگاه‌های جوان‌تر و کوچک‌تر متمایل‌اند مبتکر و بنیان‌گذار پروژه‌هایی باشند که توسط بنگاه‌های با قدمت بیشتر (بالخ) توسعه می‌یابند [۴۵].

در نهایت اینکه از دیدگاه ما، این جریان انتقادات از مدل خطی نوآوری ممکن است خیلی بیش از حد بر توجه به روابط عوامل نوآوری تمرکز داشته باشد تا به خصوصیات و ویژگی‌های اجزای منفرد^۴ (نودها یا عوامل) سیستم (شبکه). این تمرکز بیش از حد بر روابط در مقایسه با نودها (خود عوامل)، به طور خاص با توجه به پیامدهای هنجاری^۵ بسیار مشهود است که در ادامه به آن خواهیم پرداخت.

۶. نتیجه‌گیری مشابه توسط کوهن و همکاران (Cohen et al, 2002) به دست آمد، که برای مدل خطی نوآوری، نسخه بوش را در نظر داشت.

1. Big Pharma
2. Genentech
3. Amgen
4. Nodes
5. Normative Implications

توسعه دارو قرار بگیرد (اگر هم قرار نگیرد به منظور اهداف نظارتی است). علاوه بر این، با توجه به وقفه طولانی بین تحقیقات پایه و آزمایش‌های بالینی و حتی بیشتر از آن، نظارت پس از بازاریابی، بازخوردها با دشواری همراه است. درست همان‌طور که تأثیر تحقیقات پایه در توسعه محصولات جدید می‌تواند چند سال و حتی چند دهه طول بکشد، عکس آن نیز صادق است: شواهدی از تأثیر محصولات بر تحقیقات پایه با تأخیرهای طولانی زمانی.

مثال دیگر مربوط به صنعت نیمه‌هادی^{۱۰} هاست. در اینجا نمی‌خواهیم بر این واقعیت مسلم تأکید کنیم که این صنعت بستگی به تحقیقات پایه‌ای دارد که به اختراع ترانزیستور^{۱۱} انجامیده است. در عوض، جذاب‌تر است که بنگریم چگونه خط سیر کوچک‌سازی^{۱۲} صورت گرفته توسط پارادایم ترانزیستور، توانسته به ارائه مداوم محصولات جدید در بازار مبدل شود. بنابراین، در هر نود جدید طی خط سیر (به عبارت دیگر هر گونه پیشرفت در کوچک‌سازی)، نقطه شروع فرایند عرضه محصولات جدید تمرکز بر طراحی سیکل‌های جدید، تحقیق کاربردی است. ما تعامل‌های قوی را بین دانشگاه‌ها، مؤسسه‌های تحقیقاتی و صنعت، و بازخوردهای مستمر میان بازیگران می‌یابیم، اما در عین حال سیستم بخشی با توالی خطی ضروری از وظایف و تقسیم کار معین، توصیف می‌شود. اکتشافات پرمخاطره‌تر در «نهادهای علمی» انجام می‌شوند و با بودجه عمومی/ دولتی حمایت می‌شوند. به طور معمول، پژوهشگران دانشگاهی متوجه مسائل بسیار متفاوت و جدیدند، با هدف خلق محصولات جدیدی که در بلندمدت (یک دهه و یا بیشتر) قابل ارائه در بازار باشند. آنها در خصوص جنبه‌های بنیادی روش‌های کاربردی تحقیق می‌کنند و علل ریشه‌ای که عملکرد مصنوعات مادی را معین می‌کنند، مورد بررسی قرار می‌دهند. آزادی چشم‌پوشی از تقاضاهای بازار کوتاه‌مدت، به طور دقیق همان چیزی است که این تحقیق را متمایز می‌کند، حتی اگر دانشمندان دانشگاهی برای جهت‌دهی گسترده در کارشان مجبور باشند به صنعت توجه کنند و آن را در نظر

به عنوان مثال، با نگاهی به تحول اخیر در صنعت زیست‌دارویی^۱، تمامی انتقادهای وارد بر مدل خطی نوآوری که تاکنون مورد بررسی قرار گرفته است، با این نکته اساسی منافاتی ندارد که با وجود برخی از تأخیرهای بسیار طولانی زمانی، پیشرفت علمی و به طور کلی‌تر تحقیقات پایه، منابع اصلی پیشرفت فناورانه در داروسازی و دیگر صنایع مبتنی بر علوم زیستی بوده‌اند. به این‌گونه، تحقیقات پایه در مورد استاتین‌ها^۲ در دهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰، فقط بعد از گذشت حدود ۲۰ سال بعد از شروع آن، به نتایج کاربردی منجر شد [۴۷، ۴۸]. با این حال، این نتایج کاربردی تحقق یافت. نو ترکیب^۳ دی‌ان‌ای^۴، پادتن‌های تک‌تیره^۵ و واکنش زنجیره‌ای پلیمرز^۶، از میان چند نمونه ملموس‌تر، امکان کشف و توسعه داروهای جدید را فراهم می‌کند و در تحقیقات زیست‌پزشکی به ابزاری استاندارد مبدل شده‌اند. بنابراین، در صورت وجود و ایفای نقش، علم فرصت‌های نوآورانه جدید و فنون اکتشافی بهتری را ایجاد می‌کند. علاوه بر این، تحقیقات پایه، هرچند تجربی، بر توسعه داروها مقدم است: فقط در زمانی که مشکل قبلی حل شده باشد، امکان پیشرفت به مرحله بعدی وجود دارد.

مدل کلاسیک: تحقیقات پایه ← هدف ← اصابت (دستیابی به هدف)^۷ ← هدایت^۸ ← اثبات مفهوم ← شرایط آزمایشگاهی / واقعی ← آزمایش در شرایط واقعی / میدانی^۹ و به همین ترتیب ...، بیانگر این واقعیت ساده است.

بازخوردها نیز از تحقیقات بالینی تا پیش از بالینی اخذ شده است که منبع بدیهی و بنیادی الهام‌بخش برای تلاش‌های آینده است. با این حال، توالی شناختی و سازمانی تا حد زیادی حفظ شده است، تحقیقات پایه و پیش‌بالینی باید قبل از آزمایش‌های بالینی و فازهای بعدی

1. Biopharmaceutical

۲. Statins: گروهی از داروها، که به منظور کاهش سطح چربی، از جمله تری‌گلیسیرید و کلسترول در خون عمل می‌کنند.

3. Recombinant Deoxyribonucleic Acid

4. DNA

5. Monoclonal Antibodies

6. Polymerase Chain Reaction

7. Hit

8. Lead

9. In Vivo Experimentation

10. Semiconductor

11. Transistor

12. Miniaturization

ابعاد هنجاری

به طور خاص از لحاظ هنجاری (یعنی گزاره ۳ در فوق) مدل خطی نوآوری در سالیان اخیر مورد انتقاد قرار گرفته است. همچنین از انتقادات به مدل خطی نوآوری، به عنوان مبنایی برای مکتب سیاستی جدیدی استفاده شده که به تازگی به طور گسترده پذیرفته شده است. این مکتب در نسخه‌های مختلفی ارائه شده و از استدلال‌ها و نقل قول‌های مختلف، به عنوان رویکردهای پس‌زمینه‌ای مفهومی به همان اندازه متفاوت، مانند مود- دوم، مارپیچ سه‌گانه^۳ (دولت، صنعت و دانشگاه) و نظام‌های نوآوری استفاده می‌کند، اما در اصل بر مبنای سه مؤلفه اصلی است که جملگی تکذیب‌کننده مدل خطی نوآوری محسوب می‌شوند.

در ترکیب مؤثر (تلفیق افراطی و رادیکال) یکی از مؤلفه‌ها به مسئله حمایت دولتی از تحقیقات پایه اشاره دارد. نمونه رادیکال آن، کتاب ترنس کیلی^۴ [۵۰] حمایت از بخش خصوصی به جای سرمایه‌گذاری در بخش دولتی را می‌توان در نظر گرفت. در نسخه خفیف‌تر، که گاهی با عنوان «مأموریت سوم»^۵ یاد می‌شود، جریان ثانویه، نقش سنتی دانشگاه‌ها در جامعه و اقتصاد را به چالش می‌کشد و مدعی است که دانشگاه‌ها باید مشارکت مستقیم بیشتری در نوآوری صنعتی و رشد اقتصادی (محلی) از طریق فعالیت بیشتر در تحقیقات کاربردی (به ویژه تحقیقات با حمایت صنایع) و مهم‌تر از همه در تجاری‌سازی اکتشافات حاصل از آزمایشگاه‌هایشان داشته باشند. دیدگاه سوم پیشنهاد می‌کند که تحقیقات علمی به طور فزاینده‌ای چندرشته‌ای شده است و انواع مختلفی از نهادها، فنون و روش‌ها را دربرمی‌گیرد [۴۴]. بنابراین، دانشگاه‌ها دیگر نهادهایی خاص در تحقیقات علمی نیستند، بلکه فقط عاملی در شبکه‌ای مترکم و پیوسته در حال تغییر از روابط، در میان سایر عوامل اند. نتیجه اینکه تعامل‌های نزدیک‌تر و انعطاف‌پذیرتر با بنگاه‌ها باید تقویت شود و نهادهایی درخور برای تسهیل این مبادله‌ها ایجاد شود [۴۲، ۴۳]. به طور

گیرند [۴۹]. نتایج و خروجی پژوهش ارائه شده توسط دانشگاه‌ها، بیشتر توسط تحقیقات کاربردی‌تر، خاص و در راستای بازار که معمولاً در صنایع، تحت فشار نیازهای مشتریان صورت می‌گیرد، توسعه یافته‌اند [۲۵].

به طور کلی، این نکته حائز اهمیت است که محدودیت‌های ذاتی تا اندازه‌ای است که فرایند نوآورانه می‌تواند و باید تعاملی‌تر باشد. بخش‌بندی مشکل و تجزیه آن، همچنان استراتژی پایه حل مسئله است که توسط دانشمندان و مهندسان مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین رجوع به کارهای اولیه بسیار آشنای هربرت سایمون^۱ خالی از لطف نخواهد بود. علاوه بر این، نباید این واقعیت را دست کم گرفت که بخش‌بندی (و خطی‌سازی) لازمه کنترل، نظارت و تعیین مسئولیت قانونی است. پشتیبانی از ارتباطات بهتر در داخل و بین مراحل توسعه، یک بحث است، اما در شرایط عملی و واقعی، وجود مدیر پروژه‌ای که مسئولیت تیم پروژه را تقبل کند، بحث دیگری است. همچنین، بنگاه‌ها درگیر تعداد زیادی از فرایندهایی‌اند که به موازات هم انجام می‌شوند. بازخوردهای بسیار ارزشمندی می‌تواند از پروژه بالغ و خاتمه‌یافته به پروژه‌ای که به تازگی شروع شده، سرریز^۲ شود. بنابراین، می‌توان حلقه‌های بازخورد و تعامل را داشت و ارائه خطی کلی از سرتاسر فرایند را حفظ کرد.

در نتیجه، در هسته و مرکزیت این بخش‌ها، الگوهای خطی قابل مشاهده‌اند و می‌توانند به طور مفیدی مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند. پر واضح است که این الگوهای خطی برای بیان این موضوع به طور کامل و جامع کافی نیستند. آنها در کنار سایر اجزای غیرخطی فرایند نوآورانه قرار دارند. ما بر این باوریم که در تأیید مجدد ارزش توصیفی مدل خطی نوآوری؛ تکمیل و نه جایگزینی تصویری از فرایند تغییر فناورانه را خواهیم که کلاین و رزنبرگ و نسخه‌های مختلف رویکرد «سیستم‌های نوآوری» ارائه کرده‌اند.

3. Triple Helix
4. Terence Kealy
5. The Third Mission

1. Herbert Simon
2. Spill Over

منفعت عمومی است. اما جالب‌تر از همه، به بیان بوش، علم به دلیل فراتر بودن از انگیزه‌های اقتصادی محض، موضوع خاص دولت است. از این منظر، استدلال بوش به بحث نلسون در خصوص محدودیت‌های چارچوب «شکست بازار» به دلیل توجیه مداخله‌های دولتی در حوزه‌هایی نظیر آموزش، سلامت، دفاع و غیره شبیه است [۵۱].

همچنین این اظهارنظر نیز صادق است که، رویکرد جایگزین، مانند «دیدگاه سیستمی» مفهوم سیاستی بدون ابهام را در این خصوص ارائه نمی‌دهد.^۲

همچنین طیف دوم انتقادات (مأموریت سوم) ارتباط چندانی با مدل خطی نوآوری ندارد. در واقع می‌توان استدلال کرد که پیشنهادهای مربوط به مشارکت بیشتر دانشگاه‌ها در مواجهه با نیازهای اقتصادی و اجتماعی، تجاری‌سازی تحقیقات آنها و غیره، می‌تواند به طور مستقیم از مدل خطی نوآوری شکل ضعیف کسب شود که موانع و اشکال‌های موجود در جریان دانش را طی توالی خطی شناسایی می‌کند: نخست تحقیقات پایه صورت می‌گیرد، همان‌طور که در مدل خطی قوی نوآوری پیش‌بینی شده است، به سهولت تسری نمی‌یابد، زیرا موانع شناختی و یا نهادی در مسیر خطی به وجود می‌آیند. از دیدگاه ما، به طور دقیق این مورد، از استدلال‌هایی است که معمولاً برای حمایت از قانون بای-دال^۳ در آمریکا و انتقال آن به سایر کشورها مطرح می‌شود: این ایده که استقرار قوانین حمایت از مالکیت فکری^۴ بر خروجی تحقیقات پایه و به دنبال آن انگیزه‌های لازم را برای توسعه و تجاری‌سازی فراهم می‌کند، به این ایده بستگی دارد که تحقیقات پایه با توجه به انگیزه‌های مناسب و درخور، به طور مستقیم به نوآوری منجر می‌شود. یک بار دیگر، پیش‌نویس‌ها یا استدلال‌های مخالف مربوط به لزوم تقویت روابط دانشگاه و صنعت، مبتنی بر ملاحظه‌ها و مفروضات مربوط به چنین مدل خطی نوآوری نیست، بلکه بر پایه ماهیت دانش (اطلاعات به مثابه منفعت عمومی در مقابل دانش ضمنی) یا انگیزه‌هایی است که بنگاه‌ها را به سرمایه‌گذاری در تبدیل

کلی، این دیدگاه، پیشنهاد می‌کند اهمیت موضوع از «سیاست‌گذاری علم» (به این معنا که چقدر باید به تحقیقات علمی بودجه تعلق بگیرد؟ چه رشته‌هایی باید مورد حمایت قرار گیرند؟ از چه مکانیسم‌هایی برای تأمین اعتبار باید استفاده شود و غیره؟) به اصطلاح «سیاست‌گذاری نوآوری» جایی تغییر یابد که توجه به طور عمده معطوف به ایجاد و تقویت پیوندها و روابط بین عوامل مرتبط در سیستم است. به طور خاص، نقش واسطه‌ها، مانند عوامل انتقال فناوری، سرمایه‌گذاری‌های خطرپذیر و یا ارتقای روابط نزدیک بین دانشگاه‌ها و صنعت، به کانون اصلی تحلیل‌ها و سیاست‌گذاری‌ها مبدل می‌شود.

این سه استدلال به روش‌های مختلف با هم ترکیب می‌شوند و دستورالعمل‌های گوناگونی را نتیجه می‌دهند. در این مقاله، در خصوص مباحث شایستگی‌ها و ضعف‌های این مکتب ورود نمی‌کنیم. اما به سادگی قابل مشاهده است که این ادله به یقین با نسخه‌های هنجاری که به طور سنتی به عنوان مفاهیم مدل خطی نوآوری در نظر گرفته می‌شوند، در تضادند و ارتباط چندانی با مدل خطی نوآوری به عنوان بازنمایی از فرایند نوآورانه ندارند. همان‌طور که در بالا استدلال شد، مدل خطی نوآوری در مجموع با این ایده سازگار است که موانع فرایند انتقال دانش ممکن است وجود داشته باشد و از طریق ایجاد نهادهایی، به طور مثال، دفاتر انتقال فناوری یا تعریف بهتر راهبردهای مالکیت فکری موانع باید حذف شوند. به طور کلی‌تر، پیشنهاد می‌شود که مدل خطی نوآوری به این ترتیب، نه دلالت‌های سیاستی بدیهی و بدون واسطه و نه دیگر رویکردهای جایگزین، مانند نبود مفروضات تکمیلی در مورد ماهیت دانش، اطلاعات و فرایند نوآورانه و یا فقدان دانش دقیق در مورد نقاط ضعفی که در سیستم باید اصلاح شوند را برنمی‌تابد.

برای شروع، استدلال بوش در حمایت از تحقیقات پایه با بودجه دولتی به نظر می‌رسد بر اساس این ایده کاملاً مبهم است که علم بازده اجتماعی بیش از بازده‌های خصوصی فراهم می‌کند، و به نوعی پیش‌بینی‌کننده موضوع رساله «ارو-نلسون»^۱ است که پژوهش دارای ویژگی‌های

۲. برای جزئیات بحث به دوسی و همکاران [۵۲] مراجعه کنید.

3. Bayh-Dole Act

4. IPR: Intellectual Property Rights

1. Arrow-Nelson

اکتشافات دانشگاهی به محصولات قابل فروش جدید سوق می‌دهند.^۱

طیف سوم انتقادات به مدل خطی نوآوری، رویکرد مود-دوم^۲، که می‌تواند ابطال جدی^۳ مدل خطی در نظر گرفته شود، از آنجایی که مفهوم خطی را مطرح و از انتقادهایی بر ماهیت تعاملی فرایند نوآوری تشکیل شده است.

در این مرحله، نمی‌توانیم استدلال‌های قبلی خود را درباره ماهیت تعاملی نوآوری از لحاظ نسخه‌های سیاستی تغییر دهیم. نخست، همان‌طور که دیوید و همکاران^۴ [۵۵] مطرح کرده‌اند، دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی عمومی، عوامل بنیادی در تحقیقات علمی باقی خواهند ماند. مشاهده اینکه چگونه سیستم تحقیقاتی می‌تواند به درستی عمل کند، در حالی که هیچ پایه رشته‌ای شناخته‌شده‌ای برای آن وجود ندارد و واحدهای تحقیقاتی مجموعه‌هایی موقتی و پیوسته در حال تغییری از افراد مختلف‌اند، امر دشواری خواهد بود. اگرچه تحقیقات چندرشته‌ای و مسئله‌محور به قطع حیاتی است، هیچ سیستم تحقیقاتی نمی‌تواند بدون وجود سازمان‌های مبتنی بر رشته‌های پایه فعالیت کند، همان‌طور که دیوید و همکاران [۵۵] به طرز تحریک‌آمیزی بیان کرده‌اند، چه کسی کل مخارج را پرداخت خواهد کرد؟ علاوه بر این، به یقین شواهدی وجود دارد که «تحقیقات پایه» بیشتر توسط نهادهایی غیر از دانشگاه‌ها انجام می‌شود و اینکه نگاه‌ها به طور فزاینده‌ای مشتاقانه به دنبال (و ارتباط با) بهترین منابع دانش علمی

جدیدند^۵، این مشاهده‌ها (مفروضات) نسخه هنجاری اصلی الگوی خطی نوآوری را نقض نمی‌کنند، اینکه به عنوان مثال دولت باید تأمین مالی تحقیقات پایه را برعهده گیرد (که این امر با وجود مکاتب سیاست‌گذاری جدید همچنان انجام می‌شود). در هر صورت، آنها ممکن است به عنوان نسخه بازبینی شده و به روز شده مدل خطی نوآوری تفسیر شوند و علاوه بر این، دانشگاه‌ها دیگر یگانه مکان‌های تحقیقات علمی نیستند و روش‌های مختلفی برای برانگیختن فرایند پژوهش وجود دارد.

دوم، در حالی که تأکید بر تعامل‌ها، گام مهمی در طراحی سیاست‌های نوآوری محسوب می‌شود، این تأکید بیش از حد خواهد بود اگر منجر به نادیده گرفتن اهمیت ویژگی‌های بازیگران شود. به عنوان مثال ممکن است گمراه‌کننده باشد که عملکرد نامطلوب ایتالیا در زیست‌فناوری، به طور عمده به روابط ضعیف بین دانشگاه‌ها و صنعت یا نبود انگیزه و ساختارهای سازمانی برای تشویق شرکت‌های زایشی دانشگاهی^۶، نسبت داده شود. در حالی که ممکن است این تبیین‌ها بخشی از ماجرا باشند، متمایل‌اند این واقعیت ساده را کم‌رنگ‌تر کنند که تحقیقات علمی پایه در دانشگاه‌ها با کمبود بودجه مواجه است، با اصول فئودالی^۷ قانون‌گذاری و تنظیم می‌شود و علم خوب (سودمند) خیلی کمی تولید می‌کند. بنابراین، ضعف بیشتر از آنکه مرتبط با روابط بین عوامل باشد، در خود عوامل نهفته است.^۸

سوم، ممکن است طراحی، پیاده‌سازی و ارزیابی سیاست‌های نوآوری در سیستمی کاملاً به هم پیوسته، بسیار دشوار باشد. در برخی موارد، ارائه ساده‌شده از فرایند نوآوری که سیستم پیچیده تعامل‌ها را به زیرسیستم‌های به هم پیوسته (خطی) تجزیه می‌کند، نه فقط ضروری، بلکه مطلوب نیز است. به عنوان مثال، در حوزه سیاست‌گذاری، این دیدگاه را کاراکستاس^۹ [۵۶] تشریح کرده است؛ او

۱. علاوه بر این، با توجه به علایقی که نسل‌های سیاست‌گذاری جدید عنوان کرده‌اند (رجوع شود به مازولنی (Mazzoleni) و نلسون [۵۳]، و ویژه‌نامه Research Policy در خصوص موضوع‌های حقوق مالکیت فکری مؤثر بر تحقیقات علمی، معرفی شده توسط دیوید و هال (David and Hall) [۵۴]، ما همچنین معتقدیم که مدل خطی نوآوری در واقع پایه و اساس ادعاهای حفاظت از اخلاق علم باز (Open Science Ethos) بوده است. مدل خطی نوآوری (و به ویژه استدلال‌های فرعی موجود در دیدگاه بوش در خصوص لزوم حفاظت از تحقیقات پایه عاری از مداخله‌های سیاسی و تجاری) تضعیف نشده، بلکه تقویت نیز شده است.

2. The mode II Approach
3. Extreme Confutation
4. David et al.

۵. درباره این موضوع به ادبیات گسترده اخیر در خصوص، سرمایه‌گذاری‌های بین‌المللی «افزایش‌داری» (asset augmenting international investments) مراجعه کنید.

6. Academic spin-offs

7. Feudal

۸. برای مورد مشابه، رجوع شود به دوسی و همکاران [۵۲].

9. Caracostas

نوآوری را تشکیل می‌دهند، یعنی شکل قدرتمند مدل خطی نوآوری نشانه رفته‌اند و از مدل خطی نوآوری به عنوان مغالطه پهلوان پنبه (مرد پوشالی) استفاده می‌کنند.

دوم اینکه، بسیاری از انتقادها به مدل خطی نوآوری (در هر شکلی از آن) بی‌مورد است. مدل خطی از جنبه‌های بسیاری سرزنش شده است که غالباً ارتباط بسیار کمی با این مدل دارند ولی می‌توانند در نسخه «ضعیف» اندکی اصلاح و منعطف شده از مدل خطی نوآوری به خوبی جای گیرند و با آن سازگار شوند.

سوم، مخرب‌ترین نقد به مدل خطی نوآوری، به خود مفهوم خطی بودن، یعنی هسته مدل برمی‌گردد. این دیدگاه که تئوری جامعی از فرایند تحقیق و نوآوری باید نقشی اساسی را در این موضوع شناخت داشته باشد که پیشرفت فناوری اغلب از طریق تعامل‌های میان عوامل متمایز و بخش‌های مجزای دانش حاصل می‌شود و نشان‌دهنده گام مهم رو به جلو در مفهوم‌سازی این فرایند است. با این حال، ممکن است مدل خطی نوآوری در برخی موارد به عنوان زیرسیستم خطی در سیستم گسترده‌تری تجزیه‌پذیر تعریف و تفسیر شود و هنگامی که روشن شود چنین ساده‌سازی ناصحیح است، در این صورت باید توصیفی دقیق از تعامل‌ها و بازخوردهای غیرخطی توسط تحلیلگر ارائه شود. در غیر این صورت، رد کامل و بی‌درنگ مدل خطی نوآوری بر اساس مفهوم ماهیت تعاملی فرایند نوآورانه می‌تواند به تعابیری منجر شود که در آن همه امور و عوامل به هم وابسته است و به طور همزمان رخ می‌دهد. برای اجتناب از چنین نتیجه‌ای، منتقدان باید محتاط باشند تا با دقت و وسواس کافی، هم ماهیت فرایند نوآوری و هم ویژگی‌های تعامل‌های مربوط را در هر زمینه مشخص؛ معین کنند. این امر دشوار و چالشی، اما برای هر نظریه‌ای که بر مبنای مفاهیم تعامل‌ها، سیستم‌ها و غیرخطی بودن بنا شده باشد، نیازی مبرم و ضروری است.

چهارم، همان‌طور که استدلال شد، برگشت‌ناپذیری زمان را باید جدی گرفت: این واقعیت که فرایندهای اکتشاف و نوآوری در صنایع متمرکز بر پژوهش، طی دوره زمانی طولانی (یا بسیار طولانی) توسعه می‌یابد، توالی زمانی برای تعامل‌ها و بازخوردها را تعیین می‌کند.

تأکید می‌کند که ساده بودن محض مدل خطی نوآوری، باعث جذاب‌شدن آن برای تصمیم‌گیرندگان (مدیران و سیاست‌گذاران) در مذاکره یا حمایت از تغییرات در تخصیص بودجه دولتی برای فعالیت‌های تحقیق و توسعه شده است. البته مدل خطی قوی نوآوری به طور مسلم تجزیه بیش از حد ساده شده است؛ اما مدل خطی نوآوری همچنان به عنوان یکی از مؤلفه‌های ضروری در عرصه سیاست‌گذاری باقی می‌ماند.

نتیجه‌گیری

در این مقاله/بند/ استدلال کردیم که تفسیر استاندارد مدل خطی نوآوری (شکل قوی مدل خطی نوآوری) نسبت به مجموعه‌هایی از ایده‌های غنی‌تر و ظریف‌تر منصفانه نبوده است که طی مدتی طولانی توسعه یافته‌اند و به طور مفصل در سطح کلان^۱ (توسط ون‌نیوار بوش)، در سطح میانه^۲ یا صنایع (توسط مک لارن) و در سطح خرد^۳ (توسط فورناس) بیان شده‌اند. در حالی که، این ایده که تحقیقات پایه، کلیدی‌ترین عامل نوآوری طی توالی خطی از مراحل و در تمامی نسخه‌ها مشترک است، مدل خطی نوآوری در عمل، از تلفیقی از مفاهیم و مفروضات مختلف تشکیل شده است.

سپس سعی کردیم نقدهای اصلی را که به طور معمول به مدل خطی نوآوری وارد است را شناسایی کنیم. نقدها به اجزای مختلف مدل اعمال شده‌اند:

- ◇ نقش تحقیقات پایه در قیاس با سایر منابع نوآوری؛
- ◇ ترتیبی (پیوسته بودن و توالی داشتن) بودن فرایند؛
- ◇ نبود اصطکاک و موانع در جریان دانش؛
- ◇ فقدان تعامل‌ها میان فعالیت‌های درگیر در فرایند نوآورانه؛
- ◇ این فرض که تعامل‌های بین مراحل متوالی فرایند نوآورانه، سازوکارهای خودتقویت‌کننده ندارند.

بر این اساس، استدلال می‌کنیم که بیشتر این انتقادها به سمت ارائه بیش از حد ساده مفروضاتی که مدل خطی

1. Macro-level
2. Meso-level
3. Micro-level

بماند، به کار گرفته و مفید واقع شود. همچنین (مدل خطی نوآوری) می‌تواند به عنوان یک جزء و مکملی از نظریه‌های جامع‌تر و گسترده‌تری که ماهیت پویا و تعاملی فرایند نوآورانه را به وضوح شناسایی می‌کنند، در نظر گرفته شود. همان‌طور که کریستوفر فریمن پیشنهاد کرد «عناصر مورد تمسخر و شکست‌خورده مدل خطی نوآوری ممکن است باعث نجات مدل‌های بعدی نوآوری (از نقدهای وارد به آنها) شود» [۱۱].

یادداشت:

مقاله حاضر ترجمه‌ای است از اثر زیر:

Balconi, M., Brusoni, S. & Orsenigo, L. In defence of the linear model: An essay. Research policy, 2010, 39 (1), 1-13.

مارگاریتا بالکنی (Margherita Balconi)

Dipartimento di Economia Politica e Metodi Quantitativi, University of Pavia, Via San Felice 5, I27100 Pavia, Italy

استفانو بروسونی (Stefano Brusoni)

KITeS, Bocconi University, Via Guglielmo Roentgen 1, I20136 Milan, Italy

لوییجی ارسنیگو (Luigi Orsenigo)

DIMI, University of Brescia, Via Branze, 38, I25123 Brescia, Italy

پنجم، آن‌گونه که استدلال شد، مدل خطی نوآوری به مفاهیم سیاستی مشخصی اشاره ندارد و بنابراین نباید بر اساس معیارهای هنجاری نقد شود. اما ادله سیاستی که توسط بوش مطرح شد، باید بر اساس بسیاری از مفروضات دیگر در خصوص ماهیت دانش باشند که الزاماً جزئی از مدل خطی نوآوری نیستند. در واقع مدل خطی نوآوری می‌تواند برای پشتیبانی از سیاست‌گذاری‌های بسیار متفاوت، به همان اندازه به کار گرفته شود که سایر مدل‌های رقیب به عنوان مبنایی برای نتیجه‌گیری‌های کاملاً متفاوت استفاده می‌شوند. همچنین اگر ادعای هنجاری محوری مدل خطی نوآوری این است که تحقیقات پایه آزاد برای اهداف اقتصادی و اجتماعی ضروری است، کاملاً با آن موافق‌ایم و این نتیجه‌گیری را عامل مهمی در حمایت از مدل خطی نوآوری در نظر می‌گیریم.

در مجموع، می‌توان نتیجه گرفت که بسیاری از اتهام‌ها و انتقادهای متداول وارده به مدل خطی نوآوری درست نیست. بنابراین باید از نکوهش آن، به هر دلیل ممکن خودداری نماییم. علاوه بر این، مدل خطی نوآوری به قطع تئوری کلی و جامع در خصوص نوآوری نیست، اما ممکن است دست کم در برخی از حوزه‌های تحلیل (مانند صنایع دانش‌بنیان) و شاید حوزه‌های سیاست‌گذاری، همچنان باقی

References

منابع

- [1] Freeman C. The greening of technology and models of innovation. Technological forecasting and social change. 1996 Sep 1; 53 (1): 27-39.
- [2] Smelser NJ, Swedberg R. The Handbook of Economic Sociology.
- [3] Godin B. The linear model of innovation: The historical construction of an analytical framework. Science, Technology, & Human Values. 2006 Nov; 31 (6): 639-67.
- [4] Edgerton D. The Linear Model. Did not exist. Reflections on the history and historiography of science and research in industry in the twentieth century. In The science-industry nexus. History, policy, implications, eds. Karl Grandin, Nina Wormbs, and Sven Widmalm. 2004: 31-57.
- [5] Hounshell, D. In: Grandin, K., Worms, N., Widmalm, S. (Eds.), Industrial Research, Commentary. Science History Publications, Sagamore Beach, 2004; 59-65.
- [6] Godin B. In the shadow of Schumpeter: W. Rupert Maclaurin and the study of technological innovation. Minerva. 2008 Sep 1; 46 (3): 343-60.
- [7] Godin B. Innovation: the history of a category, project on the intellectual history of innovation. Montreal: INRS.

- [8] Godin B. The linear model of innovation: Maurice Holland and the research cycle. *Social Science Information*. 2011 Sep; 50 (3-4): 569-81.
- [9] Mees CE. The organization of industrial scientific research. McGraw-Hill Book Company, Incorporated; 1920.
- [10] Industrial Research Institute (New York. Research in industry: Its organization and management. D. Van Nostrand Company; 1948.
- [11] Price WJ, Bass LW. Scientific research and the innovative process. *Science*. 1969 May 16;164 (3881): 802-6.
- [12] Langsh J. *Wealth from Knowledge: A Study of Innovation in Industry*.
- [13] Stokes D. Completing the Bush model: Pasteur's Quadrant. In: *Science the Endless Frontier: Learning from the Past, Designing for the Future*. Highlights from the Conference Series, 1995; 23-35, www.cspo.org/ourlibrary/documents/bushconfhighlights.pdf.
- [14] Stokes DE. Pasteur's Quadrant: Basic Science and Technological Innovation.
- [15] Cohen WM, Nelson RR, Walsh JP. Links and impacts: the influence of public research on industrial R&D. *Management science*. 2002 Jan; 48 (1): 1-23.
- [16] Bush, V., 1945. *Science: The Endless Frontier*. A Report to the President. United States Government Printing Office, July, Washington DC. Found at: www.nsf.gov/about/history/vbush_1945.htm (last accessed: May 16, 2008 – 9.50 am).
- [17] Maclaurin WR, Harman RJ. *Invention & innovation in the radio industry*. Macmillan; 1949.
- [18] Maclaurin WR. The process of technological innovation: The launching of a new scientific industry. *The American Economic Review*. 1950 Mar 1; 40 (1): 90-112.
- [19] Maclaurin WR. Federal support for scientific research. *Harvard Business Review*. 1947 Mar 1; 25 (3): 385-96.
- [20] Maclaurin WR. The sequence from invention to innovation and its relation to economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*. 1953 Feb 1; 67 (1): 97-111.
- [21] Maclaurin WR. Technological progress in some American industries. *The American Economic Review*. 1954 May 1; 44 (2): 178-89.
- [22] Stevens R. A report on industrial research as a National Resource: Introduction. National Research Council, *Research: A National Resource (II): Industrial Research*, Washington: National Resources Planning Board. 1941: 5-16.
- [23] Rosenberg N. Perspectives on technology. CUP Archive; 1976 Jul 30.
- [24] Rosenberg N, Nathan R. *Inside the black box: technology and economics*. Cambridge University Press; 1982.
- [25] Rosenberg N, Nelson RR. American universities and technical advance in industry. *Research policy*. 1994 May 1; 23 (3): 323-48.
- [26] Nelson RR, Rosenberg N. *Science, technological advance and economic growth. The dynamic firm*, Oxford University Press, Oxford. 1998: 45-59.
- [27] Kline SJ. Innovation is not a linear process. *Research management*. 1985 Jul 1; 28 (4): 36-45.
- [28] Kline SJ. An Overview of Innovation. Landau R., Rosenberg N., Eds. *The Positive Sum Strategy*. Washington, DC: National Academy of Sciences. 1986.
- [29] Mansfield E. Academic research and industrial innovation. *Research policy*. 1991 Feb 1; 20 (1): 1-2.
- [30] Klevorick AK, Levin R, Nelson R, Winter S. On the sources and significance of inter-industry differences in technological opportunities. *Research Policy*, 24 (2).

- [31] Pavitt K, Sussex Univ., Brighton (United Kingdom). Science Policy Research Unit; ESRC Centre on Science, Technology, Energy and Environment Policy (STEEP), Brighton (United Kingdom); Academic research, technical change and government policy.
- [32] Sequeira K, Martin B. The links between university physics and industry, science policy. Report to the Institute of Physics Research Unit, University of Sussex. 1996.
- [33] Gilfillan SC. The Sociology of Invention: An Essay in the Social Causes of Technic Invention and Some of its Social Results (Chicago: Follet).
- [34] Hippel E. VON (1988), The Sources of Innovation. New York. 1988.
- [35] Lühje C, Herstatt C, Von Hippel E. User-innovators and “local” information: The case of mountain biking. Research policy. 2005 Aug 1; 34 (6): 951-65.
- [36] Nelson R. The link between science and invention: The case of the transistor. In The rate and direction of inventive activity: Economic and social factors 1962 Jan 1 (549-584). Princeton University Press.
- [37] Dosi G. Sources, procedures, and microeconomic effects of innovation. Journal of economic literature. 1988 Sep 1: 1120-71.
- [38] Bonaccorsi A, Thoma G. Institutional complementarity and inventive performance in nano science and technology. Research policy. 2007 Jul 1; 36 (6): 813-31.
- [39] Nelson RR. The simple economics of basic scientific research. Journal of political economy. 1959 Jun 1; 67 (3): 297-306.
- [40] Mowery DC, Rosenberg N. Paths of Innovation: Technological Change in 20th-Century America.
- [41] Dosi G. Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. Research policy. 1982 Jun 1; 11 (3): 147-62.
- [42] Etzkowitz H, Leydesdorff L. Introduction to special issue on science policy dimensions of the Triple Helix of university-industry-government relations.
- [43] Etzkowitz H, Leydesdorff L. The future location of research and technology transfer. The Journal of Technology Transfer. 1999 Aug 1; 24 (2-3): 111-23.
- [44] Gibbons M, editor. The new production of knowledge: The dynamics of science and research in contemporary societies. Sage; 1994 Sep 9.
- [45] Orsenigo L, Pammolli F, Riccaboni M. Technological change and network dynamics: lessons from the pharmaceutical industry. Research policy. 2001 Mar 1; 30 (3): 485-508.
- [46] Pavitt K. Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. Technology, Management and Systems of Innovation. 1984: 15-45.
- [47] Galambos L. Innovation and industry evolution: a comment. In knowledge accumulation and industry evolution. The case of pharmabiotech. Edited by Mazzucato, M. and Dosi, G.
- [48] Grabowski H, Vernon J. The determinants of pharmaceutical research and development expenditures. Journal of Evolutionary Economics. 2000 Jan 1; 10 (1-2): 201-15.
- [49] Balconi M, Laboranti A. University–industry interactions in applied research: The case of microelectronics. Research Policy. 2006 Dec 1; 35 (10): 1616-30.
- [50] Kealey T, Nelson RR. The economic laws of scientific research. London: Macmillan; 1996 Jan.
- [51] Nelson RR. The market economy, and the scientific commons. Research policy. 2004 Apr 1; 33 (3): 455-71.
- [52] Dosi G, Llerena P, Labini MS. The relationships between science, technologies and their industrial exploitation: An illustration through the myths and realities of the so-called ‘European Paradox’. Research policy. 2006 Dec 1; 35 (10): 1450-64.
- [53] Mazzoleni R, Nelson RR. The benefits and costs of strong patent protection: a contribution to the current debate. Research policy. 1998 Jul 1; 27 (3): 273-84.

- [54] David PA, Hall BH. Property and the Pursuit of Knowledge: IPR Issues Affecting Scientific Research. *Research Policy*. 2006 Jan 1; 35 (6).
- [55] David P, Foray D. W. Steinmueller, The research network and the new economics of science: from metaphors to organisational behaviour.
- [56] Caracostas P. The policy-shaper's anxiety at the innovation kick: how far do innovation theories really help in the world of policy? *Perspectives on innovation*. Cambridge, Cambridge University Press. 2007: 464-89.