

The Functionalist Account of Basic–Applied Distinction of Research and its Implications for Research Policy

Abutorab Yaghmaie (Shahid Beheshti University),

Email: a_yaghmaie@sbu.ac.ir

ARTICLE INFO

Article History

Received: 2020/01/04

Accepted: 2020/05/21

Key Words:

Basic Research,
Applied Research,
Linear Model of Innovation,
Functionalist Account,
Bell Telephone Laboratories

ABSTRACT

This article aims at suggesting a new account of the distinction between basic and applied research which I call the functionalist account. In nearly all science and technology policy documents, the distinction is drawn in terms of the linear model of innovation which is not historically adequate. Upon the two conceptions of science representation and design plan, this new account discards the priority of basic over applied research which the linear model is based on. Instead, the functionalist account focuses on the social aspects and the context of use in which the final and intermediate outcomes of research are understood. To support this new account, I will next briefly review the development of transistor at Bell Telephone Laboratories in the middle of the twentieth century. Finally, some research and education policy suggestions of this account will be considered.

شرح کارکردگرایانه از تمایز پژوهش پایه و کاربردی و استلزام‌های آن برای سیاست پژوهش

ابوتراب یغمائی (دانشگاه شهید بهشتی؛ a_yaghmaie@sbu.ac.ir)

این مقاله حاصل انجام بخشی از طرح پژوهشی است که توسط صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (Iran National Science Foundation: INSF) با شماره ۹۵۸۳۵۴۰۸ پشتیبانی مالی شده است

چکیده

هدف این مقاله ارائه‌ی طرحی نو از تمایز پژوهش پایه / پژوهش کاربردی است که در اغلب اسناد سیاستی بنابر مدل خطی از نوآوری ترسیم می‌شود. طرح جدید که شرح کارکردگرایانه نام گرفته بر مدل کارکردگرایانه از تمایز علم محض / علم کاربردی و خصوصاً دو مفهوم بازنمایی علمی و نقشه‌طراحی استوار است. شرح کارکردگرایانه تقدم تولید معرفت علمی بر کاربرد را، که با وجود پیشنهاد مدل خطی نمونه‌های ناقص فراوانی در تاریخ دارد، کنار گذاشته و به جای آن بر جنبه اجتماعی، زمینه فهم و کاربرد خروجی پژوهش اصلی و پژوهش‌های میانی تأکید می‌کند. در ادامه مقاله سعی می‌شود با مرور مختصر برنامه پژوهشی نیمه‌رسانا، که در میانه قرن بیستم در آزمایشگاه‌های تلفن بل در جریان بود و به ساخت ترانزیستور انجامید، تأییدی برای شرح کارکردگرایانه فراهم شود. سرانجام، چندین استلزام مدل کارکردگرایانه برای سیاست پژوهش و آموزش برشمرده می‌شود

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۰/۱۴

تاریخ پذیرش: ۹۹/۳/۱

واژگان کلیدی:

پژوهش پایه،
پژوهش کاربردی،
مدل خطی از نوآوری،
شرح کارکردگرایانه،
آزمایشگاه‌های تلفن بل

۱. مقدمه

منابع مالی نهادهای سیاستی ای که طرح‌های پژوهشی در علم و فناوری را حمایت می‌کنند محدود است. از این رو، تصمیم‌گیری در مورد انجام پژوهش یکی از وظایف اصلی این نهادها به شمار می‌رود که با توجه به ورودی و خروجی پیشنهادی صورت می‌پذیرد. با وجود این، ماهیت خروجی این پژوهش‌ها، به گواهی تاریخ علم و فناوری، بسیار متفاوت است. به بیان دقیق‌تر، در حالی که برخی از پژوهش‌های علمی صرفاً معرفت علمی به بار می‌آورند، برخی دیگر مصنوعات فنی تولید می‌کنند.

با توجه به این تنوع ماهوی، سیاست‌گذاران علم و فناوری همواره به دنبال رسم تمایزی بوده‌اند تا از طریق آن سرشت فعالیت‌های علمی را مشخص و بدین وسیله موجه بودن یا نبودن انجام پژوهش‌های علمی را با توجه به ورودی و نوع خروجی مشخص کنند. گزارش‌های سالیانه NSF در دهه ۱۹۵۰ (NSF, 1953, 1957) و اسناد OECD در دهه ۱۹۶۰ (OECD, 1963) از نخستین اسنادی هستند که این تمایز را آشکارا بیان می‌کنند. این افتراق که تاکنون نیز مبنای بیشتر تقسیم‌بندی‌های اسناد سیاستی بوده است چنین بیان می‌شود:

واژه R&D^۱ ناظر بر سه فعالیت است: پژوهش پایه، پژوهش کاربردی و توسعه تجربی ... پژوهش پایه کار تجربی یا نظری‌ای است که اساساً برای کسب معرفت جدید درباره مبانی اصلی پدیده‌ها و امور واقع مشاهده‌پذیر، و بدون توجه به هرگونه کاربرد یا استفاده مشخص انجام می‌شود. پژوهش کاربردی نیز تحقیق اصیلی است که برای کسب معرفت جدید انجام می‌پذیرد. با وجود این، این نوع پژوهش اساساً در راستای هدف عملی مشخصی جهت می‌گیرد. توسعه تجربی کار نظام‌مند برآمده از معرفت موجود و حاصل از پژوهش و/یا تجربه عملی است که در جهت تولید مواد، محصولات یا ابزارآلات جدید و برای نشانیدن فرایندها، سیستم‌ها و خدمات، یا بهبود آنهایی انجام می‌گیرد که پیش‌تر تولید یا نشانده شده‌اند (OECD, 2002, 30).

هرچند نگارندگان اسناد سیاستی جدید می‌کوشند تعریفی نو از انواع پژوهش علمی ارائه کنند،^۲ در بیشتر اسناد سیاستی این

تعریف است که هنوز معنای انواع پژوهش را معلوم می‌کند.^۳ همان‌طور که از تعریف نمایان و به آن نیز اشاره شده است (یغمائی، ۱۳۹۷)، گویی رابطه‌ای خطی میان پژوهش پایه، کاربردی و توسعه تجربی وجود دارد. مطابق این تعریف، ابتدا معرفت علمی تولید می‌شود و پس از آن نوبت به کاربرد و بهره‌تجربی می‌رسد. به‌دیگرسخن، گویی تقدم و تأخری میان انواع پژوهش وجود دارد.

ویتنی،^۴ مؤسس آزمایشگاه جنرال الکتریک، به‌خوبی این تصور را در سال ۱۹۳۴ تقریر می‌نماید: «قدیمی‌ترین اصل در تاریخ بشر این است که اول کشف، بعد استفاده» (نقل قول شده در Godin and Schauz, 2016: 11). با توجه به این ویژگی، تعریف بالا از تمایز مدل خطی از انواع پژوهش خوانده می‌شود (Boon, 2006; Godin, 2006; Schauz, 2014) که اتفاقاً نقدهای جدی‌ای به آن وارد شده است. با توجه به نقدهای یادشده، مقاله پیش رو به دنبال تعریف جدیدی از تمایزی است که میان پژوهش پایه و پژوهش کاربردی وجود دارد. این تعریف براساس مدل کارکردگرایانه از تفکیک علم محض و کاربردی (Yaghmaie, 2017) بنا خواهد شد. همچنین، مطالعه حاضر می‌کوشد استلزام‌های مدل جدید را برای سیاست پژوهش و تا حدودی سیاست آموزش برشمارد.

۲. مدل خطی از تمایز پژوهش پایه و کاربردی

از دیدگاه تاریخی، مدل خطی از تمایز پژوهش پایه/پژوهش کاربردی در مدل خطی از تمایز علم محض/علم کاربردی ریشه دارد. این بخش از مقاله به سیر این پیوند تاریخی می‌پردازد؛ اما پیش از آن به تاریخ شکل‌گیری خود مفهوم پژوهش پرداخته می‌شود؛ زیرا شکل‌گیری این مفهوم اساساً با فهم خطی از آن همراه بوده است.

۱. «پژوهش مبدل» (transformative research) (National Science Board, 2007) مفاهیم جدیدی هستند که برای پوشش مصادیق اخیر از انواع پژوهش پیشنهاد شده‌اند.

۳. به‌عنوان نمونه، بنیاد ملی علم (NSF) در آمریکا تعریف یادشده از انواع پژوهش را مبنا قرار می‌دهد (Nsf, 2015).

4. Willis R. Whitney

1. Research and Development

۲. برای نمونه، «پژوهش انتقالی» (translational research) (Cst, 2010)، «پژوهش مرزی» (frontier research) (Flink and Peter, 2018) و

۱-۲. تاریخ مختصر شکل‌گیری مفهوم پژوهش

علم به مثابه مجموعه‌ای از معارف نظری و تجربی سده‌هاست که موضوع مطالعه فلاسفه و فعالان حوزه علم و فناوری بوده است؛ اما پژوهش علمی به مثابه فعالیتی نهادی که ذی‌نفعان گوناگون (از جمله دانشمندان، دولت‌ها، صنایع و بنگاه‌های تجاری) درگیر آن هستند کمتر بررسی شده است. با وجود این، اسناد سیاستی بیشتر به پژوهش علمی ارجاع می‌دهند، و سیاست‌های علم، فناوری و نوآوری در رابطه با آن تعریف می‌شوند تا علم. شاید یکی از دلایلی که باعث شده مفهوم پژوهش علمی، در مقایسه با مفهوم علم، کمتر تحلیل شود این باشد که گفتمان مربوط به پژوهش علمی عمری در حدود ۱۵۰ سال دارد؛ درحالی‌که علم از یونان باستان مفهومی شناخته‌شده بوده است.

مقاله گودین و شاوز (۲۰۱۶) از جمله معدود مطالعاتی است که با تأکید بر جنبه‌های اجتماعی و فرهنگی، و با استفاده از تحلیل تاریخ گفتمان مربوط، شکل‌گیری مفهوم پژوهش را واکاوی کرده است. مطابق تحلیل آنها، دست‌کم پنج دوره تاریخی را می‌توان در رابطه با شکل‌گیری مفهوم پژوهش و تحول آن تشخیص داد. در آغاز قرن بیستم، مفهوم پژوهش به‌عنوان بخشی از فعالیت علمی وارد گفتمان فعالان حوزه علم و فناوری شد. در این دوره، پژوهش صرفاً در قالب دانشگاهی و آن هم در حوزه‌های محض معنا داشت؛ چنانچه در فهرست منتشرشده جیمز مک‌کین کتل^۱، سردبیر مجله ساینس، تنها نام ۴۰۰۰ پژوهشگری آمده بود که دانشگاهی بودند و در حوزه علوم طبیعی و روان‌شناسی فعالیت داشتند (Godin and Schauz, 2016, p4).

اما پس از آن، یعنی کمی پیش و پس از جنگ جهانی اول، دانشگاه‌ها تنها نهادهای تعریف‌کننده پژوهش نبوده و دولت‌ها و صنایع نیز وارد کارزار هدایت پژوهش شده بودند. به‌عنوان مثال وزارت پژوهش صنعتی و علمی^۲ در بریتانیا (که در سال ۱۹۱۵ تأسیس شد) و دفتر پژوهش ملی^۳ در ایالات متحده و کانادا (که به ترتیب در سال‌های ۱۹۱۶ و ۱۹۱۷ تأسیس شدند) از جمله نهادهای دولتی متولی پژوهش بودند (Godin and Schauz, 2016, p6).

در این دوره، پژوهش صرفاً در راستای رسیدن به معرفت جدید انجام نمی‌گرفت؛ بلکه برای رسیدن به کاربردی بدیع تعریف می‌شد.

تحول سوم پیرامون دهه‌های ۱۹۲۰ و ۱۹۳۰ صورت پذیرفته و پژوهش سویه‌ای آزمایشگاهی پیدا می‌کند. در این دوره، صنایع واحدهای مجزایی برای انجام پژوهش تأسیس می‌کنند تا مشکلات پیش رو را به نحوی نظام‌مند سامان بخشند و آینده‌ای پر رونق برای خود ترسیم کنند. آزمایشگاه‌های بل^۴، لابراتوار فنی بایر^۵ و لابراتوار توسعه دوپون^۶ از جمله این واحدها بودند که در این دوره فعالیت پژوهشی داشتند (Godin and Schauz, 2016, p16). در این دوره، همان‌طور که پژوهشگران دانشگاهی فعالانی تمام‌وقت به شمار می‌رفتند، پژوهشگران صنعتی نیز تمام وقت خود را در آزمایشگاه‌های صنعتی می‌گذراندند.

سرانجام در دوره چهارم، یعنی پس از جنگ جهانی دوم، این انتظار ایجاد شد که پژوهش نه تنها رفع‌کننده مشکلات اجتماعی بلکه باید پیشران رشد اقتصادی نیز باشد. در این دوره، مفاهیم پژوهش و توسعه به‌عنوان مفاهیم مجزا اما مرتبط جای خود را به مفهوم واحد پژوهش و توسعه^۷ دادند. این مفهوم جدید نه تنها به ماهیت سازمانی پژوهش اشاره داشت، که ابزاری بود در دست سیاست‌گذاران تا از طریق آن سهم پژوهش در رشد اقتصادی را معلوم کنند. این دوره نیز سرانجام به ظهور شعار «پژوهش و توسعه کافی نیست» انجامید (Godin and Schauz, 2016) و آغاز دوره‌ای جدید را رقم زد که در آن پژوهش و توسعه حاشیه‌ای و نوآوری میدان‌دار شد (Godin, 2019).

اما پرسش مهمی که در رابطه با این دوره‌ها به ذهن می‌رسد این است که چه چیزی تحولات در معناشناسی پژوهش را رقم زده است؟ به عبارت دقیق‌تر، چه عاملی باعث شده که معنای پژوهش با گذشت زمان تغییر کند؟ مطابق نظر گودین و شاوز (Godin and Schauz, 2016; Schauz, 2014)، تغییر ارزش‌های بافتاری معنای پژوهش را تغییر داده است. جامعه غربی در اوایل قرن بیستم، که بیشتر به دنبال کشف حقیقت بود،

4. Bell

5. Bayer

6. Du Pont

7. Research and development

1. James McKeen Cattell

2. Department of Scientific and Industrial Research

3. National Research Council

مختلف پژوهش و توسعه است. گویی پژوهش به مثابه یک کل زنجیره‌ای است خطی که در یک سر آن دانشگاه و آزمایشگاه صنعتی با پژوهش پایه و در سر دیگر آن خط تولید صنعتی یا تجاری قرار دارد. چنین برداشتی از پژوهش را می‌توان آشکارا در بیان هربرت هوور،^۱ که بعداً وزیر تجارت ایالات متحده شد، مشاهده کرد: «در زمین علم محض است که ریشه همه تجارت‌ها و صنایع مدرن روئیده است. در واقع، تمدن و جمعیت عظیم ما یک سره بر کشفیات علمی تکیه دارند» (نقل قول شده در Godin and Schauz, 2016, p10)؛ اما پرسش مهم این است: این تلقی از پژوهش با شکل‌گیری خود مفهوم پژوهش علمی زاده شده یا ریشه‌ای تاریخی داشته است؟ در ادامه نشان داده می‌شود که چنین تقسیم‌بندی‌ای ریشه در تمایز علم محض/ علم کاربردی دارد که پیشینه آن به اواسط قرن نوزدهم بازمی‌گردد.

۲-۲. مدل خطی از تمایز علم محض/ علم کاربردی و کارکرد اجتماعی و سیاسی آن

مورخان علم و فناوری تاریخ شکل‌گیری تمایز علم پایه/ علم کاربردی را به نحوی دقیق و مبسوط تحلیل کرده‌اند (Bud, 2012, 2014; Douglas, 2014; Lucier, 2012; Roll-Hansen, 2017; Schauz, 2014). از این‌رو، در این بخش فقط به ذکر نقاط عطف تاریخی بسنده می‌شود؛ اما پیش از آن، مناسب است که نکته‌ای روش‌شناختی آشکار شود. مطابق دیدگاه بسیاری از فعالان مطالعات علم و فناوری،^۲ بسیاری از واژگان مربوط به علم و فناوری در بستر تاریخی، فرهنگی و سیاسی معنا پیدا می‌کنند؛ یعنی استفاده‌کنندگان واژگان آنها را به‌طور عمده مطابق انگیزه‌های اجتماعی، فرهنگی و سیاسی خود معنا می‌کنند. علت این امر هم آن است که مفاهیم متناظر، به‌ویژه در قالب سمبلیک‌شان، کارکردی اجتماعی و سیاسی پیدا می‌کنند. این ویژگی به‌ویژه در مورد تمایز علم محض و کاربردی و بعداً تفکیک پژوهش پایه و پژوهش کاربردی آشکارا دیده می‌شود و نظریه‌پردازهای متعددی له آن شاهد آورده‌اند

پژوهش را فعالیتی می‌دانست که صرفاً معرفت به بار می‌آورد؛ اما با گذشت زمان این ارزش بیش‌وکم رنگ می‌بازد و منافع اقتصادی جای کشف حقیقت را می‌گیرد.

از این‌رو، پژوهش به مثابه فعالیتی معنا می‌شود که فناوری و ارزش اقتصادی را به بار می‌آورد. در این برهه پژوهش دیگر پژوهش پایه فهمیده نمی‌شود؛ بلکه فعالیتی معطوف به توسعه صنعتی و در ادامه امری نوآورانه تلقی می‌شود. با وجود تغییر معنای پژوهش در بستر تاریخی، فعالان حوزه علم و فناوری رابطه‌ای خاص را میان پژوهش پایه از یک‌سو و پژوهش کاربردی و توسعه از سوی دیگر مفروض گرفته‌اند (و تا حدود زیادی هنوز هم مفروض می‌گیرند). برای تشریح بهتر این قالب فکری اجازه دهید ابتدا به چهار ویژگی پرداخته شود که گودین و شاووز (۲۰۱۶، p5) به پژوهش علمی نسبت می‌دهند. مطابق تحلیل آنها، اولاً پژوهش علمی، آنچنان‌که در بستر تاریخی زاده شده است، ماهیتی نهادی یگانه‌ای ندارد؛ یعنی سه نهاد دانشگاه، صنعت و دولت در شکل‌دهی محتوا و حتی معنای آن دخیل بوده‌اند و هستند؛ ثانیاً، پژوهش به نحو سازمانی پیش می‌رود نه انفرادی؛ به‌دیگر سخن، ذی‌نفعان متعدد با علاقه‌های مختلف در انجام یک پژوهش درگیر هستند و آن را به‌انجام می‌رسانند؛ ثالثاً، پژوهش به معنای پژوهش و توسعه است، نه پژوهش صرف؛ و سرانجام اینکه پژوهش تنها بخشی از یک زنجیره است که در پایان به تجاری شدن یک محصول یا یک نوآوری فناورانه می‌انجامد.

مطابق چنین تلقی‌ای از پژوهش، هر یک از بخش‌ها وظیفه خاص خود را در راستای هدفی واحد به انجام می‌رسانند که آن هدف چیزی نیست جز بهره‌آوردن افراد از فناوری حاصل از پژوهش علمی. مطابق تقسیم کاری تقریباً پذیرفته شده، درحالی‌که وظیفه پژوهشگر دانشگاهی، و تا حدی پژوهشگر صنعتی، انجام پژوهش پایه و تولید معرفت است (که می‌تواند مبنای کاربرد قرار گیرد)، وظیفه عمده پژوهشگر صنعتی کاربردی کردن معرفت موجود و تجاری‌سازی محصولات است. دولت‌ها نیز موظف‌اند این ارتباط را از طریق سازوکارهای سیاستی و تأمین منابع مالی تسهیل و عموم مردم را منتفع کنند.

فارغ از جزئیات مربوط، آنچه برای این مقاله اهمیت دارد تقسیم‌بندی خطی میان انواع پژوهش، یا به عبارتی مراحل

1. Herbert Hoover

۲. این نوع نگاه را می‌توان در آثار نویسندگان مجموعه (Kaldewey and Schauz, 2018) آشکارا مشاهده کرد.

به‌دیگر سخن، فناوری تنها در صورتی حاصل می‌شود که پیش از آن معرفت نظری تولید شده باشد. بدین صورت، عالمان محض می‌توانستند فعالیت‌شان را توجیه کنند. بنابراین، تمایز علم محض و کاربردی را نباید به ضرورت به‌عنوان مدلی در نظر گرفت که بازنمای رابطه واقعی علوم است. این تمایز، دست‌کم در برهه‌هایی از تاریخ، همچون نشانه‌ای بوده است در راستای رسیدن به اهداف طبقه‌ای خاص.^۷

اما این تمایز چه زمانی وارد گفتمان عالمان شد؟ اندیشمندان جامع‌الاطراف انگلیسی، ساموئل تیلور کالریج،^۸ در سال ۱۸۱۷ تمایز «علم کاربردی» در برابر «علم محض» را از دنیای آلمانی زبان به دنیای انگلیسی زبان وارد کرد. وی که تحت تأثیر نظام کانت قرار داشت با برداشتی کانتی تمایز را معنا کرد: درحالی که ساختارهای ذهنی علوم محض را شکل می‌دهند، علوم کاربردی حاصل ترکیب این ساختارهای ذهنی با داده‌های تجربی هستند (یغمائی، ۱۳۹۸). در این دوران، در عمل چیزی به‌عنوان علم کاربردی وجود نداشت؛ به این معنا که فناوری‌های موجود نه بر پایه دانش خودبنیاد شکل گرفته و توسعه یافته بودند (همچون ماشین بخار نیوکامن)،^۹ و نه به‌واسطه کاربردی شدن معرفت نظری از پیش موجود.

در این دوران، بیشتر فناوری‌ها براساس مهارت مهندسان، که اساساً فعالیت‌شان پیوندی با معرفت نظری نداشت، قوام یافته بود. نمایشگاه بزرگ لندن^{۱۰} را که در سال ۱۸۵۱ به مدت ۱۵ روز برگزار شد و مجموعه عظیم از فناوری‌ها را از سراسر دنیا نمایش داد می‌توان جلوه چنین تلقی‌ای از فناوری قلمداد کرد؛ اما پیرامون این سال‌ها، برخی از دانشگاه‌های بریتانیا، همچون دانشگاه ادینبورو و گلاسکو، شروع به تأسیس دانشکده‌های مهندسی می‌کنند و آموزش مهندسی را در کنار آموزش ریاضیات و فیزیک پیش می‌گیرند (Bud, 2014).

۷. مطابق این برداشت، تمایز علم محض و علم کاربردی تماماً وابسته به بافتار یا به عبارتی بساخته‌ای اجتماعی است. یغمائی (۱۳۹۸) استدلال کرده است که چنین تلقی برون‌گرایانه‌ای از تاریخ تمایز کفایت لازم را ندارد و باید با تلقی درون‌گرایانه وحدت یابد. وی مدلی برای این وحدت پیشنهاد کرده است. مقاله پیش رو، مستقل از این ملاحظات است.

8. Samuel Taylor Coleridge

9. Newcomen

10. Great Exhibition

(Kaldewey and Schauz, 2018; Pielke, 2012;) (Schauz, 2014).

اساساً فهم خطی از علوم، به این معنا که ابتدا معرفت نظری حاصل می‌شود و سپس معرفت کاربردی و فناوری تولید می‌شود، هر چند بدیهی می‌نماید، شاهد تاریخی چندانی ندارد؛^۱ اما این بدان معنا نیست که فهم فعالان حوزه علم و فناوری از علوم فهم خطی نبوده است (و نیست). اتفاقاً آنها با چنین فهمی گفتمان مربوط را شکل داده و اهداف خود را پیش برده‌اند. اما این اهداف چه بوده و چگونه مدل خطی در راستای رسیدن به آن عمل کرده است؟ چرا فعالان حوزه علم و فناوری تصویری از رابطه علوم را ترویج داده‌اند که در واقعیت تاریخی ریشه نداشته است؟

درحقیقت، با مطالعه تاریخ اجتماعی تمایز این تلقی تقویت می‌شود که تصویر یادشده از رابطه علوم کارکرد اجتماعی، اقتصادی و سیاسی داشته است. برای نمونه، پس از انقلاب صنعتی، این باور عمومی شکل می‌گیرد که فناوری نقشی انکارناپذیر در بهبود وضعیت اجتماعی دارد. از سویی، فناوری‌های دوره انقلاب، همچون ماشین بخار جیمز وات^۲ و ماشین بخار لوکوموتیو جرج استیونسن،^۳ مستقل از دانش نظری تولید شده بودند. از این رو، این شائبه ایجاد می‌شود که دانش نظری گویی سودی ندارد؛ زیرا فناوری‌ها مستقل از علوم به وجود می‌آیند و توسعه می‌یابند. پس چرا دولت‌ها، به‌ویژه در دانشگاه‌ها، باید از بودجه عمومی برای دانشمندانی هزینه کنند که کنجکاوی‌شان سود عملی ندارد؟

در پاسخ به این گمان، که موقعیت دانشمندان را متزلزل می‌کرد، دانشمندانی همچون تی. اچ. هاکسلی،^۴ تیندال^۵ و پاستور^۶ (Yaghmaie, 2017, p135) چنین تبلیغ می‌کردند که فناوری محصول به‌کار بستن معرفت نظری یا علم محض است.

۱. مک کلین و دُرن (McClellan and Dorn, 2015) بر این قرائت از تاریخ رابطه علم و فناوری تأکید کرده‌اند. بیشتر مورخان فناوری تاریخ فناوری را مستقل از تاریخ علم قلمداد می‌کنند؛ زیرا فناوری‌های مخترع را حاصل به‌کارگیری معرفت نظری نمی‌دانند. به‌عنوان نمونه، (Karns Alexander, 2012) را ببینید.

2. James Watt

3. George Stephenson

4. T. H. Huxley

5. Tyndall

6. Pasteur

بیستم پژوهش علمی به‌عنوان فعالیت سودمند در صنایع رایج می‌شود، تا کمی پس از جنگ جهانی دوم رابطه‌ای نظام‌مند که برگرفته از سیاست باشد میان پژوهش پایه و پژوهش کاربردی محقق نمی‌شود. در واقع در گزارش ونور بوش (۱۹۴۵)، علم: مرز بی‌پایان، بود که خطی بودن رابطه علوم، که پیشینه‌ای در حدود هشتاد سال داشت، به پژوهش تسری پیدا می‌کند و این بار پژوهش کاربردی از پس پژوهش پایه تعریف می‌شود.

اما تمایز میان انواع پژوهش پیش از آنکه وارد ادبیات سیاست علم و فناوری شود در میان عالمان نیز رواج پیدا کرده بود. یکی از نخستین تقسیم‌بندی‌ها در مورد پژوهش از آن جولیان هاکسلی^۳ است. هاکسلی پس از آنکه تمایز دوگانه محض در برابر کاربردی را کافی نمی‌داند، تقسیم‌بندی چهارگانه خود را معرفی می‌کند. مطابق این تقسیم‌بندی، پژوهش به چهار گروه پیش‌زمینه‌ای^۴، پایه، موقت^۵ و توسعه‌ای تقسیم می‌شود.

پژوهش پیش‌زمینه‌ای بدون هیچ چشم‌انداز عملی تعریف می‌شود (مانند فیزیک اتمی و جنین‌شناسی تجربی)؛ در حالی که پژوهش پایه در عین بنیادی بودن هدف عملی بعیدی را نشانه می‌رود (مانند هواشناسی). این دو در کنار هم علم محض را شکل می‌دهند. پژوهش موقت همان پژوهش کاربردی (مانند حشره‌شناسی به منظور دفع مالاریا) و پژوهش توسعه‌ای پژوهشی است که تبدیل یافته‌های آزمایشگاهی به محصول در مقیاس تجاری را هدف قرار می‌دهد (Huxley, 1934, p253).

همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، یکی از انگیزه‌های فعالان حوزه علم و فناوری از به‌کارگیری مفهوم پژوهش و توسعه این بود که میزان سرمایه‌گذاری در حوزه پژوهش و تجاری‌سازی حاصل از آن را اندازه‌گیری کنند. هرچند هاکسلی نیز با هدفی مشابه تقسیم‌بندی یادشده را معرفی می‌کند، با کارهای رابرت آنتونی^۶ از مدرسه کسب‌وکار هاروارد و سپس در گزارش فراسکاتی OECD بود که مدل‌های اندازه‌گیری پژوهش و توسعه به خدمت گرفته شدند (pGodin and Schauz, 2016, 19).

مطابق مطالعه آنتونی که به سال ۱۹۵۱ و ۱۹۵۲ باز می‌گردد،

نکته‌ای که در این باره وجود دارد این است که در این دوره علوم مهندسی بر پایه شناخت ماشین‌ها و ادوات فنی موجود، و نه براساس کاربردی شدن علوم محض صورت پذیرفتند. از این رو، این دوره را باید دوره استقلال علوم کاربردی از علوم محض قلمداد کرد. روش رانکین^۱، استاد مهندسی دانشگاه گلاسکو، به نحوی بارز چنین استقلالی را نشان می‌دهد. وی که می‌دانست حرفه استادی در مهندسی نباید جایگاه شغلی عالمان محض را تهدید کند، یادآوری می‌کند که حوزه‌های عمل و نظر جدا از هم هستند، همان‌طور که تاکنون بوده‌اند؛ اما می‌توان شیوه‌ای جدید پی گرفت.

مطابق این روش، وظیفه دانشجو در علوم مهندسی مطالعه نظری ماشین‌های موجود برای افزایش بهره‌وری‌شان است. این نوع مطالعه هرچند دانشی نظام‌مند محسوب می‌شود، مستقل از علم محض و بر بنیادهای خودش جلو می‌رود (Channell, 1982)؛ اما اگر علوم مهندسی خودبنیاد شکل می‌گیرند، پیش می‌روند، فناوری جدید تولید می‌کنند و فناوری‌های پیشین را بهبود می‌بخشند، پس چه نیازی به علم محض است؟ چرا حکومت‌ها باید در آموزش و پژوهش علوم محض هزینه کنند؟

مطابق خوانشی بافتارمحور از تمایز (Bud, 2018; Gooday, 2012; Schauz, 2014)، برخی از دانشمندان که چنین گمانه‌ای را در فضای سیاسی و عمومی حس می‌کنند بر آن می‌شوند تا از جایگاه علوم محض، و شاید قبل از هر چیز از شأن اجتماعی خود، دفاع کنند. هاکسلی (Gooday, 2012) و تیندال (Bud, 2018) از جمله مهم‌ترین دانشمندانی بودند که از دهه ۱۸۷۰ به بعد چنین خط فکری‌ای را دنبال کرده و علم کاربردی بدون علوم محض را پوچ و خطرناک جلوه دادند. در واقع آنها مروج مدل خطی از علوم بودند.

مطابق این مدل، دستاوردهای فنی با تکیه بر علوم کاربردی، که خود بر علم محض تکیه دارند، حاصل می‌شوند. در این میان، افرادی هم همچون ویلیامسون^۲ بودند که علوم محض را نه فقط به‌خاطر دستاوردهای فنی که به جهت شأن آموزشی و تربیتی می‌ستودند. مطابق این نظر، علوم محض تقدم آموزشی و تربیتی بر علوم کاربردی دارد (Bud, 2018, p41). اگرچه با آغاز قرن

3. Julian Huxley

4. Background

5. Ad hoc

6. Robert Anthony

1. W. J. M. Rankine

2. Alexander Williamson

چگونگی استحصال آهن از زغال سنگ، ماشین بخار جیمز وات و ماشین بخار متراکم استیونسن، خیلی پیش‌تر از آن به وجود آمده بودند که دانش نظری مربوط تولید شده باشد (McClellan and Dorn, 2015, Ch. 14). این ویژگی صرفاً به فناوری‌های پیشین اختصاص ندارد و فناوری‌های جدید نیز ممکن است که چنین ویژگی‌ای را از خود بروز دهد. به‌عنوان مثال، یغمائی (۱۳۹۷) نشان داده است که پژوهش در حوزه نانو ماهیت خطی ندارد؛ زیرا در بسیاری از موارد نانو ساختارها بر معرفت مربوط تقدم وجودی دارند.

گروه بعدی نقدها ماهیت فلسفی دارند و می‌کوشند با توجه به ویژگی‌های ماهوی فناوری و علم استقلال آنها را نشان دهند. به‌عنوان نمونه، برخی نشان داده‌اند که معرفت فناورانه اساساً متمایز و مستقل از معرفت علمی است (Boon, 2006; Niiniluoto, 1993; Ropohl, 1997). از این‌رو، اولی نمی‌تواند محصول به کار گرفتن دومی باشد. در نقدی تأثیرگذار و مشهور، نانسی کارت‌رایت^۱ (۱۹۷۶، ۱۹۸۳) بر این نکته تأکید می‌کند که قوانین علم محض جهانی را بازنمایی می‌کنند که ایدئال شده و از جهان واقعی متمایز است. به‌عنوان نمونه، معادلات دینامیک نیوتن برای ذرات تنها زمانی کفایت تجربی دارند که اشیاء مورد نظر جرم داشته ولی حجم نداشته باشند یا معادلات الکترومغناطیس ماکسول تنها در صورتی تبیین‌گر و پیش‌بینی‌کننده خوبی هستند که مواد به لحاظ الکترومغناطیسی همگن فرض شده باشند. در نمونه‌ای مشابه، هنگام توصیف کوانتومی مواد از ماهیت گرانشی آنها چشم‌پوشی می‌کنیم؛ زیرا هنوز نظریه‌ای پذیرفته شده از گرانش کوانتومی در اختیار نداریم. البته همواره می‌توان شرایط اولیه را تغییر داد و جهان ایدئال را به جهان واقعی نزدیک کرد؛ اما نکته اینجاست که هرچه بیشتر بخواهیم این فاصله را کم کنیم، باید قوانین بیشتری را لحاظ کنیم یا به اصطلاح نظریه‌ای وحدت‌یافته از ماده و فضا-زمان را به کار بگیریم، که البته چنین چیزی (دست‌کم فعلاً) موجود نیست. بنابراین، این تصور که علوم محض به ما قوانین را می‌دهند، سپس ما آنها را با توجه به شرایط اولیه مورد نظر حل و موقعیتی عملی را توصیف می‌کنیم تصوری خام است و از واقعیت آنچه در علوم و

۸ درصد پژوهش انجام شده در صنعت پایه (بدون توجه به محصول)، ۴۲ درصد کاربردی (در راستای تولید جدید) و ۵۰ درصد توسعه‌ای (در راستای بهبود محصول) بودند (Godin and Schauz, 2016, p19). پس از آن، NSF مدل‌های اندازه‌گیری را به دیگر بخش‌ها، یعنی دولت، دانشگاه و بخش غیرانتفاعی، بسط داده و گزارش‌های سالیانه‌اش را منتشر می‌کند. با تمام اینها، در مورد نسبت معنایی میان پژوهش از یک سو و توسعه از سوی دیگر توافقی وجود ندارد؛ درحالی‌که برخی، براساس فهم خطی از پژوهش، توسعه را در ادامه پژوهش می‌فهمند، برخی بر کلیت مفهوم پژوهش و توسعه تأکید می‌کنند.

جدای از این بحث‌ها، آنچه اینجا اهمیت دارد نسبت خطی‌ای است که میان پژوهش و توسعه (اگر آنها را مجزا بفهمیم) یا میان مراحل مختلف پژوهش و توسعه (اگر آنها را به‌مثابه یک کل در نظر بگیریم) وجود دارد. مطابق این نسبت، ابتدا معرفت علمی تولید و سپس از درون آن (و به‌طور عمده به نحوی نامعلوم) محصول تجاری شده زاده می‌شود. در بخش بعدی به انتقادهایی پرداخته می‌شود که به این تلقی از مفهوم پژوهش وارد است.

۲-۲. نقدهای وارد بر مدل خطی

نقدهای وارد بر مدل خطی همگون نیستند و از چشم‌اندازهای متفاوتی طرح شده‌اند. یکی از مهم‌ترین‌ها نقدها به عدم کفایت تاریخی مدل اشاره می‌کند و نشان می‌دهد که بیشتر فناوری‌ها مستقل از دانش نظری به وجود آمده‌اند. به‌عنوان مثال، ریل و تاکر (Rihl and Tucker, 2002) نشان می‌دهند که در یونان باستان فناوری استحصال نقره از سنگ‌های معدنی در حد گسترده وجود داشته، درحالی‌که معرفت نظری آن قرن‌ها پس از آن شکل گرفته است.

همچنین، مک‌کلین و دُرن (McClellan and Dorn, 2015) در طرحی کلی نشان می‌دهند که اساساً در طول تاریخ علم و فناوری، فناوری مستقل از معرفت نظری تحول یافته است. به‌عنوان نمونه‌ای از مهم‌ترین دوره‌های تاریخی، که معمولاً ادعا می‌شود در آن دوران دستاوردهای فناورانه به طفیلی معرفت علمی به وجود آمده‌اند، دوره انقلاب صنعتی است. مک‌کلین و دُرن نشان می‌دهند که بسیاری از فناوری‌های دوره انقلاب، همچون

1. Nancy Cartwright

که برسند؟ فیلسوفان علم در دهه‌های اخیر به تفصیل راجع به این وسیله به ما اطلاع داده‌اند. مطابق فهم قاطبه آنها، دانشمندان از طریق بازنمایی‌های علمی^۱ به این اهداف نائل می‌شوند.^۲ بازنمایی‌های علمی، از نظریه‌های به‌غایت مجرد و صوری گرفته تا نمودارها و جداول و شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای، همگی ابزارهایی‌اند که امکان رسیدن به اهداف شناختی را فراهم می‌کنند. اینکه بازنمایی‌های علمی چرا امکان شناخت را فراهم می‌کنند و اینکه ماهیت واحدی دارند یا خیر استلزامی فوری برای مدل کارکردگرایانه ندارد؛ زیرا همه نظریه‌های پاسخگو به این پرسش‌ها در این نکته توافق دارند که دانشمندان برای رسیدن به اهداف شناختی به دنبال بازنمایی‌های علمی هستند.

همان‌طور که دیده می‌شود، دو کارکرد را در دو سطح متفاوت می‌توان به علوم محض نسبت داد: کارکرد سطح اول علوم محض رسیدن به بازنمایی علمی است؛ درحالی‌که کارکرد سطح دوم آنها رسیدن به اهداف شناختی است؛ زیرا هدف از بازنمایی علمی شناخت جهان است. با توجه به این موضوع، علم P محض است تنها اگر کارکرد آن، که توسط عاملان فعال در آن محقق می‌شود، تولید بازنمایی علمی باشد. از سوی دیگر، کارکرد بازنمایی علمی نیز رسیدن به اهداف شناختی همچون تبیین و پیش‌بینی ویژگی‌های عالم است (Yaghmaie, 2017, p139).

توصیف کارکردگرایانه از علوم کاربردی نیز قالبی مشابه دارد (Yaghmaie, 2017, p140). مطابق این شرح، دانشمندان علوم کاربردی در راستای رسیدن به هدفی عملی گام برمی‌دارند. برای نمونه، مهندسان عمران برای حل مشکل ترافیک سنگین نحوه خاصی از نظام عبور و مرور شهری را پیشنهاد می‌کنند، یا متخصصان محیط زیست برای حفظ منابع آب شیوه خاصی از مصرف آب‌های زیرزمینی را تجویز می‌کنند. در واقع، هدف آنها حل مشکلات عملی، همچون سنگینی ترافیک و کمبود آب، است؛ اما پرسش اینجاست که آنها از چه طریقی به این اهداف می‌رسند؟ یغمائی به پیروی از بسیاری از نظریه‌پردازان علم و فناوری که علوم کاربردی را به طراحی گره زده‌اند، طراحی را جزء قوام‌بخش

مهندسی رخ می‌دهد به‌دور. هدف این مقاله نقد مدل خطی نیست؛ زیرا در ادبیات به تفصیل به آن پرداخته شده است. بنابراین، با یادآوری نقدهای مربوط شرح‌مان از مدل خطی را پایان داده و به مدل کارکردگرایانه از علوم می‌پردازیم. پس از آن، این مدل را در مورد انواع پژوهش، که هدف اصلی این مقاله است، بازسازی می‌کنیم.

۳. مدل کارکردگرایانه از علم محض / علم کاربردی

یغمائی (Yaghmaie, 2017) به‌تازگی مدلی را برای فهم تمایز علوم محض و کاربردی پیشنهاد کرده است. این مدل را می‌توان کارکردگرایانه نامید؛ زیرا سرشت علوم را براساس کارکردشان تعیین می‌کند. انگیزه وی برای پیشنهاد مدل تبیین دو واقعیت است: واقعیت نخست این است که علوم از یکدیگر تمایزپذیر هستند؛ به عبارتی، درحالی‌که در یک‌سوی دامنه معارف علمی همچون فیزیک ذرات بدون هیچ کاربردی قرار دارند، در سوی دیگر علمی همچون مهندسی هستند که تا حدود زیادی کاربردی‌اند؛ واقعیت دوم این است که رابطه میان علوم رابطه‌ای سازنده است؛ یعنی درحالی‌که تولیدات علوم کاربردی (همچون مصنوعات فنی) در توسعه و پیشرفت علوم محض مفید هستند، تولیدات علوم محض (همچون نظریه‌ها و مدل‌ها) در ایجاد و توسعه علوم کاربردی ثمربخش هستند. بنابراین، برای فهم تمایز علوم باید دو واقعیت به‌ظاهر متعارض تبیین شود: باوجود آنکه علوم از یکدیگر تمایزپذیرند، رابطه‌ای سازنده با یکدیگر دارند.

یغمائی برای ساخت مدل خود به سراغ غایت فعالیت علمی محض می‌رود (Yaghmaie, 2017, p138). مطابق پیشنهاد وی، هدف دانشمندان علوم محض از فعالیت علمی، از نظریه‌پردازی گرفته تا انجام آزمایش، شناخت جهان است. همان‌طور که فیزیکدان حوزه گرانش کوانتومی به دنبال یافتن نظریه‌ای کوانتومی از میدان گرانشی است، زیست‌شناسی تکاملی با آزمایش بر موجودات زنده به دنبال کشف پیوستگی ژنتیکی است. هر دوی آنها، باوجود اختلاف‌های عمیق روش شناختی، گویی هدف واحدی را دنبال می‌کنند: رسیدن به فهم، تبیین، پیش‌بینی و دیگر اهداف شناختی از جهان.

اما آنها از چه طریقی به این اهداف می‌رسند یا ممکن است

1. Scientific representations

۲. شرح مربوط به بازنمایی علمی بسیار مفصل و جزئی هستند. برای آشنایی با این شرح (Frigg and Nguyen, 2016) را ببینید.

واقعیت دیگری که باید تبیین شود رابطه سازنده میان علوم کاربردی و علوم محض است. مطابق با شرح کارکردگرایانه، علوم کاربردی در پیشبرد اهداف شناختی مؤثرند؛ زیرا مصنوع‌های فنی بازنمایی‌های علمی بهتری برای ما فراهم می‌آورند. به‌عنوان مثال، شبیه‌سازی بال به‌مثابه یک مصنوع فنی به دانشمندان این امکان را می‌دهد تا از طریق رسیدن به حل عددی معادلات دینامیکی حاکم رفتار بال را در شرایط مختلف به نحو بهتری تبیین و پیش‌بینی کنند. از سوی دیگر، مهندسان از بازنمایی‌های علمی بهره می‌برند تا به نحو مؤثرتری مشکلات پیش رو را حل کنند.

مهندس هوافضا از شبیه‌سازی‌ای بهره می‌برد که قوانین آیرودینامیک در آن استفاده شده است. استفاده از این قوانین به وی این امکان را می‌دهد تا رفتار بال را در شرایط واقعی یا شبیه به آن بشناسد و از طریق آن بال پایداری بسازد. بنابراین، همان‌طور که طراحی به دانشمند علوم محض کمک می‌کند تا به بازنمایی علمی بهتری برسد، بازنمایی علمی به دانشمند علوم کاربردی یاری می‌رساند تا طراحی بهتر و در نتیجه مصنوع فنی مؤثرتری داشته باشد. هدف شرح کارکردگرایانه رسم خط تمایز میان انواع علوم است، نه انواع پژوهش. همان‌طور که در بخش دوم مقاله بحث شد، پژوهش علمی ماهیت نهادی دارد که ذی‌نفعان متعددی را درگیر می‌کند. از این رو، هر شرح باکفایتی از انواع پژوهش باید این ویژگی را لحاظ کند. در بخش بعدی سعی می‌شود بر پایه شرح کارکردگرایانه از علوم سرشت انواع پژوهش تعیین شود. سرانجام خواهیم دید که چگونه زمینه پژوهش نقشی تأثیرگذار در سرشت پژوهش دارد. این امر نشان می‌دهد چرا انواعی از پژوهش در یک بافتار جغرافیایی، تاریخی و اقتصادی خاص کاربردی و در بافتار دیگر پایه محسوب می‌شوند. همچنین، شرح یادشده نشان می‌دهد که چگونه پژوهشی کاربردی می‌تواند دستاوردهای معرفتی و چگونه پژوهشی پایه می‌تواند نتایج کاربردی داشته باشد.

۴. مدل کارکردگرایانه از پژوهش پایه / پژوهش کاربردی

در تعیین سرشت پژوهش پایه و کاربردی و سپس رسم خط تمایز میان آنها باید به چند نکته توجه کرد: نخست اینکه به نسبت میان

این علوم می‌پندارد (Farrell and Hooker, 2012; Niiniluoto, 1993; Simon, 1968). در واقع، متخصصان علوم کاربردی، به معنای جدید کلمه، پیش از ساخت مصنوع فنی طرح ساخت آن را پی می‌ریزند تا از طریق آن مصنوع فنی ساخته و در نهایت نیاز عملی رفع شود. این پرسش که طراحی چیست و در چه رابطه‌ای با مصنوع فنی، کاربر، طراح و سازنده قرار می‌گیرد هر چند بسیار مهم است و نظریه‌پردازهای متعددی راجع آن بحث کرده‌اند ارتباطی با شرح کارکردگرایانه از علوم ندارد.

مطابق این توصیف، علم A کاربردی است تنها اگر کارکرد آن، که توسط عاملان فعال در آن محقق می‌شود، تولید طراحی باشد. همچنین، کارکرد طراحی نیز رسیدن به اهداف عملی است. بنابراین، همچون شرح کارکردگرایانه از علم محض، علم کاربردی نیز با دو کارکرد در دو سطح متفاوت گره می‌خورد. کارکرد سطح اول رسیدن به طراحی و کارکرد سطح دوم حل مشکل عملی است (Yaghmaie, 2017, p141).

باتوجه شروع پیش‌گفته از سرشت علم محض / علم کاربردی، واقعیت تمایز میان آنها را به راحتی می‌توان تبیین کرد (Ibid, p141-44). درحقیقت، علوم مفترق‌اند چون کارکردهای متمایزی دارند. علوم محض در پی یافتن بازنمایی علمی برای رسیدن به اهداف شناختی هستند؛ درحالی‌که علوم کاربردی در جستجوی ساخت نقشه طراحی برای حل مشکلات عملی هستند. از سویی، یک مدل، همچون شبیه‌سازی رایانه‌ای از عملکرد بال هواپیما، می‌تواند هم به‌عنوان بازنمایی علمی استفاده شود و هم به‌عنوان طراحی.

به‌عنوان نمونه، درحالی‌که مهندس هوافضا برای پی بردن شرایط پایداری بال از شبیه‌سازی بهره می‌برد تا از آن در هواپیمای در حال ساخت استفاده کند، پژوهشگر آیرودینامیک از همان مدل بهره می‌گیرد تا معادله دینامیکی حاکم بر آن را به روش عددی حل کند. اولی سرانجام هدفی عملی را دنبال می‌کند، درحالی‌که دومی صرفاً برای رسیدن به حقیقت، یا دیگر اهداف شناختی همچون تبیین پدیده‌ها، به شبیه‌سازی توسل می‌جوید. بنابراین، زمینه استفاده از مدل است که در بازنمایی علمی یا طراحی بودن آن نقشی حیاتی دارد.

زمینه C بازنمایی علمی باشد. در این صورت، پژوهش را با BR و خروجی پژوهش را با SR نمایش می‌دهیم.

پژوهش کاربردی: پژوهش R کاربردی است، تنها اگر براساس طرح پژوهشی مورد توافق عاملان اجرایی (شامل دانشمندان، مهندسان، دانشجویان و تمامی کسانی که در تولید خروجی پژوهش نقش معرفتی دارند) و عاملان کارفرما (شامل رؤسای شرکت‌ها، مدیران دانشگاهی و صنعتی و کلیه افرادی که در تولید خروجی پژوهش نقش غیر معرفتی دارند)، خروجی پژوهش با توجه به زمینه C طراحی باشد. در این صورت، پژوهش با AR و خروجی پژوهش با DR نمایش داده می‌شود.

اما در مورد این تعاریف چند نکته اهمیت دارد که در ادامه به آنها پرداخته می‌شود:

الف. همان‌طورکه پیش‌تر نیز اشاره شد، این امکان وجود دارد که با تغییر زمینه سرشت خروجی پژوهش تغییر و بنابراین ماهیت پژوهش تغییر کند. درواقع، این ویژگی از آنجا نشئت می‌گیرد که یک مدل علمی بسته به زمینه می‌تواند بازنمایی علمی یا طراحی قلمداد شود. بنابراین، ذکر زمینه برای تعیین ماهیت پژوهش ضروری است؛

ب. هرچند انگیزه عاملان درگیر در برنامه پژوهشی در برنامه‌ریزی و اجرای آن نقش علمی دارد، در تعیین سرشت آن نقشی ندارد. به‌عنوان نمونه، ممکن است کارفرما به قصد رسیدن احتمالی به یک مصنوع فنی قراردادی را تنظیم کند؛ اما پژوهشگران صرفاً به دنبال بازنمایی علمی باشند. در این صورت، هرچند قصد کارفرما کاربرد است، اما ماهیت پژوهش پایه است. در قضیه ساخت نخستین ترانزیستور، که در بخش بعدی می‌آید، این نکته را بازخواهیم یافت؛

ج. پژوهش علمی فعالیتی پیچیده است، به این معنا که ممکن است برای رسیدن به SR یا DR، فعالیت‌های میانی بسیاری صورت پذیرند. هر یک از این فعالیت‌های میانی، که از این پس نامشان را خردپژوهش می‌گذاریم، خروجی خاص خود را دارند که بنابر کارکرد و زمینه ممکن است SR یا DR باشند. به‌عنوان نمونه، مهندس طراح هواپیما ممکن است در میانه مسیر پژوهش به معادلاتی برسد که صرفاً نوع میان‌کنش مثلاً بال

تمایز علم محض / کاربردی و افتراق پژوهش پایه / کاربردی باز می‌گردد. همان‌طورکه در تعریف اسناد سیاستی از انواع پژوهش آمد، پژوهش پایه اساساً به دنبال کاربرد تعریف نمی‌شود و فقط اهداف معرفتی یا شناختی را نشانه می‌رود. بنابراین، هر شرحی از انواع پژوهش باید این ویژگی را نمایان کند؛

دومین نکته به ماهیت نهادی پژوهش بازمی‌گردد. همان‌طورکه در بررسی تاریخ شکل‌گیری مفهوم پژوهش روشن شد، اساساً پژوهش به نیازهای عاملانی گره خورده است که اهداف متفاوتی دنبال می‌کنند. به‌عنوان نمونه، پژوهشگران حوزه‌های پایه برای انجام پژوهشی که خروجی احتمالی‌اش صرفاً بازنمایی جهان است، و نه حل مشکل عملی، پیشنهادی پژوهشی ارائه می‌دهند و مبلغی را به‌عنوان انجام پژوهش درخواست می‌کنند. نهاد مربوط نیز پس از ارزیابی طرح پژوهشی با پیشنهاد طرح موافقت یا مخالفت می‌کند و در صورت موافقت طرح به مرحله اجرا می‌رسد. این روند در مورد انجام پژوهش‌های کاربردی نیز برقرار است. در حقیقت، نکته مهم توافقی است که از طریق قرارداد میان مجریان و کارفرمایان منعقد می‌شود؛

نکته سوم به نقش زمینه انجام پژوهش بازمی‌گردد. در قسمت پیشین به این موضوع اشاره شد که ویژگی‌های درونی یا ذاتی بازنمایی علمی یا طراحی بودن مدل را تماماً تعیین نمی‌کنند. درواقع، زمینه استفاده از مدل آن را بازنمایی علمی یا نقشه طراحی می‌سازد. این موضوع نیز باید در شرح کارکردگرایانه از انواع پژوهش تصریح شود.

۴-۱. سرشت پژوهش پایه / پژوهش کاربردی

باتوجه به سه ویژگی یادشده می‌توان به توصیف کارکردگرایانه از پژوهش پایه و کاربردی پرداخت.

پژوهش پایه: پژوهش R پایه است، تنها اگر براساس پیشنهاد پژوهشی مورد توافق عاملان اجرایی (شامل دانشمندان، دانشجویان و تمامی کسانی که در تولید خروجی پژوهش نقش معرفتی دارند) و عاملان کارفرما (شامل رؤسای شرکت‌ها، مدیران دانشگاهی و صنعتی و تمامی افرادی که در تولید خروجی پژوهش نقش غیر معرفتی دارند)، خروجی پژوهش با توجه به

کاربردی تا حدود زیادی یقین دارند، خروجی پژوهش پایه با عدم قطعیت همراه است. دلیل این موضوع آن است که خروجی پژوهش کاربردی نقشه طراحی است و نقشه طراحی شامل کارکرد اصلی، کارکردهای جزئی و مکانیسمی است که این کارکردها را به هم مربوط می‌کند. بنابراین، بدون دانستن آنها طراحی و در نتیجه آن پژوهش کاربردی معنای چندانی ندارد؛ اما پژوهش پایه با خروجی‌ای که بازنمایی علمی است، شناخته می‌شود که معلوم نیست چه ویژگی‌هایی دارد. همین موضوع باعث می‌شود که بسیاری از پژوهش‌ها به واسطه عدم قطعیت در مورد خروجی‌شان در ابتدای کار پایه تعریف شوند؛ اما با حاصل شدن یقین در مورد نتایج کاربردی‌شان به پروژه‌های کاربردی تبدیل شوند.

۴-۲. برنامه پژوهشی ساخت ترانزیستور؛ پژوهشی کاربردی یا پایه؟ این باور که پروژه ساخت ترانزیستور، یکی از مهم‌ترین ادوات الکترونیکی که ساخت آن در سال ۱۹۴۸ اعلام شد، پروژه‌ای کاربردی بوده تا پایه به نظر باور معقولی است؛ زیرا محصول نهایی آن مصنوع فنی‌ای بوده که بسیاری از مشکلات موجود را، همچون فضای زیاد اشغال‌شده توسط لامپ‌های خلاً یا تقویت جریان در بسامدهای بالا، حل کرده است. این باور زمانی تقویت می‌شود که به مکان ساخت آن دقت کنیم: شرکتی تجاری یعنی آزمایشگاه‌های تلفن بل،^۳ و نه دانشگاه؛ اما خوانشی که صرفاً محصول پروژه پژوهشی را بنگرد و بدون ملاحظه زمینه حکم به پایه یا کاربردی بودن آن بدهد به نظر ساده‌انگارانه خواهد بود، به‌ویژه اینکه شرح کارکردگرایانه از انواع پژوهش بر این پیچیدگی تأکید می‌کند. در این بخش نشان خواهیم داد که تاریخ ساخت ترانزیستور شاهدهی است بر این پیچیدگی و مؤیدی بر شرح کارکردگرایانه.

آزمایشگاه‌های تلفن بل (از این پس بل) پیش از آنکه پا به عرصه پژوهش در حوزه نیمه‌رسانا بگذارد، پژوهش‌های پایه را هدایت و حمایت کرده است. به‌عنوان مثال، کلیتون دیویسون^۴ و لستر گرمر^۵ فیزیکدان که در بل مشغول بودند توانستند در سال

با جریان هوا را بازنمایی کنند. در این صورت، اگرچه پژوهش ماهیت کاربردی دارد، اما این خردپژوهش خود پایه است. بنابراین، به هر پژوهش پایه (کاربردی) می‌توان دو دنباله از خردپژوهش‌ها نسبت داد: دنباله خردپژوهش‌های پایه،^۱ $\{MBR_i\}$ و دنباله خردپژوهش‌های کاربردی،^۲ $\{MAR_j\}$.

هر اگرچه سرشت پژوهش به‌واسطه خروجی و زمینه‌اش معین می‌شود، اهمیت خردپژوهش‌های میانی می‌تواند آنچنان مهم باشد که پژوهش به‌واسطه آنها شناخته شود. برای آشکارشدن موضوع پژوهش AR را با خروجی DR و زمینه C در نظر بگیرید که توسط عامل A انجام می‌شود. عامل A برای رسیدن به DR خردپژوهش‌های پایه $MBR_1, MBR_2, \dots, MBR_n$ و خردپژوهش‌های کاربردی $MAR_1, MAR_2, \dots, MAR_m$ را انجام می‌دهد. ممکن است از میان خردپژوهش‌های پایه، MBR_i با توجه به زمینه C_i چنان وجود داشته باشد که اهمیت آن حتی از خود DR بیشتر باشد. در مورد پژوهش پایه نیز نکته‌ای مشابه برقرار است؛

و. همان‌طور که پیش‌تر نیز اشاره شد، زمینه پذیرش، فهم، کاربرد، تعبیر و... خروجی پژوهش در تعیین سرشت آن نقش‌آفرین است. همین ویژگی باعث می‌شود که اثرگذاری پژوهش سخت پیش‌بینی شود. به‌عنوان نمونه، پژوهش BR را با خروجی SR در زمینه C در نظر بگیرید. ممکن است زمینه C چنان وجود داشته باشد که خروجی پژوهش DR فهمیده شود، نه SR. از طرفی ممکن است که DR در حل مشکلات عملی بسیار تأثیرگذار باشد. در این صورت، اگرچه پژوهش به قصد تولید بازنمایی از جهان تولید شده، اما به‌عنوان پژوهشی کاربردی پذیرفته می‌شود. این ویژگی باعث می‌شود که سیاست‌گذاری پژوهش امری دشوار جلوه نماید؛ زیرا سرشت خروجی آن به شدت زمینه‌مند است. تاریخ پژوهش در حوزه مواد نیمه‌رسانا که در نهایت به ساخت ترانزیستور انجامید این ویژگی را به نحوی عالی نمایش می‌دهد. در بخش بعدی این موضوع را به تفصیل بررسی خواهیم کرد؛

ز. درحالی‌که افراد در مورد چیستی خروجی پژوهش

3. Bell Telephone Laboratories

4. Clinton Davison

5. Lester Germer

1. Micro Basic Research

2. Micro Applied Research

تقویت‌کنندگی داشته باشند، کاربردهای بسیاری خواهند داشت. در واقع این انگیزه مدیران بل و برخی از دانشمندان بود که در گروه شاکلی کار می‌کردند (Nelson, 1962, p560). اما در میان راه پروژه به نحوی پیش رفت که از دل آن دو نوع تقویت‌کننده، از نوعی که ناشناخته بود، ساخته شد: تقویت‌کننده یا ترانزیستور اتصال نقطه‌ای^۴ و ترانزیستور پیوندی^۵ که هر دو به نحوی دوقطبی، یعنی با تکیه بر حامل‌های اکثریت و اقلیت، جریان را تقویت می‌کردند. برای درک بهتر تاریخ ساخت این ادوات، اجازه دهید کمی دقیق‌تر و با ترتیبی زمانی به آنچه در پروژه نیمه‌رسانا در بل اتفاق افتاد نگاه کنیم.

پروژه با هدف فهم دقیق‌تر عملکرد نیمه‌رسانایی در یک‌سوسازی جریان و تقویت‌کنندگی احتمالی جریان آغاز شد. نوع تقویت‌کنندگی‌ای که براساس نظریه نواری ویلسون (۱۹۳۹) پیش‌بینی می‌شد از نوع اثر میدان^۶ یا تقویت‌کنندگی تک‌قطبی^۷ بود؛ یعنی تقویت‌کنندگی ناشی از جریان حامل‌های اکثریت (که بسته به نوع نیمه‌رسانا و ناخالصی دوطرفه می‌توانستند حفره‌ها یا الکترون‌ها باشند). از این‌رو، تلاش شد ادواتی طراحی و آزمایش‌هایی چیده شوند که این خصلت را بروز می‌دهند. اما همگی به شکست انجامیدند.

سپس، باردین (۱۹۴۷) نظریه حالت‌های سطحی^۸ خود را برای تبیین این ناکامی‌ها صورت‌بندی می‌کند. برای آزمون نظریه حالت‌های سطحی، و به صورت کاملاً اتفاقی، باردین و براتن متوجه می‌شوند که بلوری از ژرمانیوم می‌تواند جریان را تقویت کند؛ اما این جریان از نوع اثر میدان نبود و تبیین دیگری نیاز داشت. در ادامه، این کشف اتفاقی به ساخت ترانزیستور اتصال نقطه‌ای منجر شد که در آن نیمه‌رساناهای مختلف، یکی با بار اکثریت الکترون و بار اقلیت حفره (اصطلاحاً نوع n) و دیگری با بار اکثریت حفره و بار اقلیت الکترون (اصطلاحاً نوع p)، به هم متصل بودند، و در آن افزون بر حامل‌های اکثریت، حامل‌های اقلیت نیز در تقویت جریان اثرگذار بودند و این چیزی بود که تا

۱۹۲۷ با مشاهده پدیده پراش الکترون خصلت موجی ذره را، که پیش‌بینی نظریه کوانتومی بود، تأیید کنند (Gertner, 2012, p37). در سال ۱۹۳۷ و به پاس این کشف، جایزه نوبل در فیزیک به دیویسون اهدا شد؛ اما در رابطه با نیمه‌رساناها، بل تا پیش از شروع جنگ جهانی دوم برنامه‌های پژوهشی زیادی را در حال انجام داشت.

در آن زمان دانشمندان با خاصیت نیمه‌رسانایی برخی از عناصر، همچون سیلیکون و ژرمانیوم، آشنا بودند و می‌دانستند که این عناصر یک‌سوکندنده جریان الکتریکی هستند. از طرفی لامپ‌های خلأ نیز یک‌سوکندنده‌هایی بودند که جریان را تقویت می‌کردند. بنابراین، حدس زده می‌شد که نیمه‌رساناها نیز تقویت‌کننده‌های بالقوه خواهند بود. در این زمان فیزیکدانانی همچون ویلیام شاکلی^۱، که در فیزیک حالت جامد تخصص داشت، بر روی این پروژه کار می‌کردند؛ اما مشکل اینجا بود که فهم نظری کاملی از ماهیت نیمه‌رسانایی وجود نداشت. با آغاز جنگ، سیاست شرکت در راستای بهبود و ساخت ادواتی که خصوصاً کارکرد نظامی داشتند تعریف شد، نه پژوهش‌های پایه که در راستای رسیدن به معرفت علمی بودند. از این‌رو، پروژه تحقیقاتی نیمه‌رسانا نیز تعطیل شد (Gertner, 2012, p78).

اما با پایان جنگ این امکان فراهم شد که پروژه نیمه‌رسانا دوباره آغاز شود. در نتیجه، گروهی از فیزیکدانان حالت جامد، شامل والتر براتن^۲ و جان باردین^۳ با هدایت شاکلی گرد هم آمدند و گروه پژوهشی نیمه‌رسانا را در ذیل گروه تحقیقاتی حالت جامد با بودجه‌ای نیم‌میلیون دلاری تشکیل دادند (Nelson, 1962, p561). هدف پروژه به‌وضوح هدفی شناختی بود؛ یعنی دستیابی به مدلی کوانتومی از خاصیت نیمه‌رسانایی، فهم نظری از خاصیت یک‌سوکندنده‌ای نیمه‌رساناها و تقویت‌کنندگی احتمالی آنها، چراکه تا آن زمان خصلت اخیر مشاهده نشده بود.

بنابراین، برنامه پژوهشی برنامه‌ای پایه بود، نه کاربردی، و به‌ویژه اینکه هیچ طراحی یا ابزار فنی‌ای به‌عنوان محصول پروژه در کار نبود. تنها حدس زده می‌شد که اگر نیمه‌رساناها خاصیت

4. Point contact transistor
5. Junction transistor
6. Field effect
7. Unipolar
8. Surface states

1. William Shockley
2. Walter Brattain
3. John Bardeen

نظریه شاکلی بود. این پژوهش پایه در دل خود طراحی ترانزیستور پیوندی را داشت که در نهایت به خردپژوهش کاربردی دیگر، یعنی طراحی و ساخت این نوع ترانزیستور، انجامید.

همان‌طور که تاریخ برنامه تحقیقاتی نشان و شرح کارکردی توضیح می‌دهد، در میان راه یک پژوهش ممکن است پژوهش‌هایی صورت بگیرند که ماهیت‌شان با پژوهش اصلی کاملاً متفاوت باشد، و اتفاقاً تأثیرگذاری آنها به نحوی باشد که ماهیت برنامه پژوهشی با آنها شناخته شود، نه برنامه تحقیقاتی اصلی. به همین دلیل شاید برنامه پژوهشی نیمه‌رسانا در بل به مثابه برنامه‌ای کاربردی به نظر آید، نه برنامه‌ای پایه. درحقیقت، تأثیرگذاری ترانزیستور در کاربرد آن قدر زیاد بوده است که گویا هدف برنامه ساخت آن بوده است، نه فهم ماهیت نیمه‌رسانایی و ویژگی‌های ناشی از آن. این خصلت پژوهش تبعات سیاستی مهمی دارد که در فصل بعدی سعی می‌شود به اختصار به آنها پرداخته شود؛ اما پیش از آن مفید است که نسبت برنامه پژوهشی نیمه‌رسانا در بل با مدل خطی بررسی شود.

همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، براساس مدل خطی از نوآوری ابتدا معرفت علمی حاصل، سپس معرفت یادشده به کار گرفته و از پس آن طراحی‌ای نوآورانه پیشنهاد و در نهایت مصنوع فنی بدیعی ساخته می‌شود. اگر شخصی جزئیات تاریخی ساخت ترانزیستور پیوندی در بل را نداند احتمالاً آن را مؤیدی برای مدل خطی برمی‌شمارد. مطابق این تصویر، فیزیکدانان در بل ابتدا به نظریه نیمه‌رسانایی، متبلور در کتاب شاکلی، دست یافتند و بعد براساس آن ترانزیستور پیوندی طراحی و ساخته شد.

اما این تصویر برداشتی ساده‌انگارانه از رخدادهایی است که شرح آن گذشت. در رد این تصویر کافی است این نکته را یادآوری کرد که ترانزیستور اتصال نقطه‌ای بدون هیچ فهم نظری‌ای از عملکرد حامل‌های اقلیت ساخته شد. در واقع، نه تنها عملکرد آن ناشناخته بود، بلکه پدیده تقویت‌کنندگی دوقطبی اساساً پیش‌بینی نشده بود. بنابراین، هیچ‌یک از اجزای معرفت یا بازنمایی علمی، یعنی منبع بازنمایی و هدف بازنمایی، وجود نداشت. به صورت کاملاً اتفاقی بود که پدیده تقویت‌کنندگی دوقطبی در بلور ژرمانیوم مشاهده، سپس ابزاری یعنی ترانزیستور اتصال نقطه‌ای ساخته و در نهایت بازنمایی علمی نسبتاً کاملی از آن حاصل شد.

آن زمان ناشناخته بود. پدیده‌ای که تقویت‌کنندگی دوقطبی^۱ نام گرفت.

در ادامه، و برای فهم دقیق‌تر چگونگی رفتار حامل‌های اکثریت و اقلیت در نیمه‌رساناها و تقویت‌کنندگی دوقطبی، شاکلی کتاب الکترون‌ها و حفره‌ها در نیمه‌رساناها (Shockley, 1950) را می‌نویسد که اگرچه ماهیتی کاملاً نظری داشت، در عمل طراحی ترانزیستور پیوندی را، که شامل دو نیمه‌رسانا از یک نوع و نیمه‌رسانای دیگر از نوع مخالف بود، در برداشت. در نهایت، این نوع ترانزیستور در سال ۱۹۵۱ به نحو اعتمادپذیری ساخته می‌شود تا مؤیدی باشد بر نظریه‌ای که بعداً، یعنی در سال ۱۹۵۶، سه فیزیکدان مشغول در بل، شاکلی و باردین و براتن، برای آن جایزه نوبل در فیزیک را گرفتند.

حال اجازه دهید پروژه نیمه‌رسانا در بل را با چشم‌انداز شرح کارکردگرایانه توضیح دهیم. برنامه تحقیقاتی نیمه‌رسانا در بل برنامه‌ای پایه بود؛ زیرا با هدف فهم یا رسیدن به بازنمایی علمی آغاز شد که قصدش تبیین خاصیت یک‌سوکنندگی و پیش‌بینی تقویت‌کنندگی تک‌قطبی بود. این نکته مهم در بررسی تاریخی-سیاستی ریچارد نلسون چنین دیده شده است: «برنامه تحقیقاتی در مراحل اولیه‌اش به دلیل چشم‌اندازی برای اختراع ابزاری خاص موجه نبود. درحقیقت، گزارش‌های ابتدایی از پروژه حتی به تقویت‌کننده‌ها نیز اشاره‌ای نمی‌کنند. به جای آن، هدف پروژه که در گزارش‌های ابتدایی گزارش شده است افزایش معرفت درباره نیمه‌رساناها بود» (Nelson, 1962, p567).

در میان راه، تقویت‌کنندگی مورد انتظار مشاهده نشد و برای تبیین آن خردپژوهشی پایه انجام شد که محصول آن نظریه حالت‌های سطحی باردین بود. پس از آن و برای آزمون نظریه باردین، پدیده‌ای مشاهده شد که انتظارش نمی‌رفت: تقویت‌کنندگی دوقطبی. در پی این مشاهده بود که ترانزیستور اتصال نقطه‌ای طراحی و ساخته شد. عملکرد این ترانزیستور افزون بر حامل‌های اکثریت بر حامل‌های اقلیت تکیه داشت؛ اما در این زمان فهمی از عملکرد زیربنایی این نوع ترانزیستور وجود نداشت. در ادامه و برای فهمی نظری و کامل از چگونگی کارکرد حامل‌های اقلیت در نیمه‌رساناها، خردپژوهش پایه دیگری انجام شد که حاصل‌اش

1. Bipolar

امکان حمایت مالی پیدا می‌کنند که نه تولید علم که حل مشکلی عملی را نشانه می‌روند؛ اما شرح کارکردگرایانه به ما یادآوری می‌کند که افزون بر خروجی نهایی پژوهش خردپژوهش‌های مرتبط نیز می‌توانند اهمیت فراوانی داشته باشند. چه بسا پژوهش‌هایی، همچون برنامه تحقیقاتی نیمه‌رسانا در بل، که خروجی‌های میانی‌شان از خروجی اصلی‌شان اهمیت بیشتری پیدا کرده‌اند.

بنابراین، سیاست‌گذاران علم و فناوری همواره باید به این نکته توجه داشته باشند که با عدم حمایت از پژوهش‌های پایه امکان حل بالقوه بسیاری از مشکلات عملی را از دست می‌دهند. این ویژگی پژوهش که شواهد تاریخی دارد و شرح کارکردگرایانه آن را تبیین می‌کند تبعاتی برای سیاست آموزش نیز دارد. تولید معرفت اساساً یکی از مهم‌ترین کارکردهای مؤسسه‌های آموزش علم، همچون دانشگاه، بوده است؛ اما همان‌طور که در مورد برنامه تحقیقاتی نیمه‌رسانا در بل دیده شد، مسیر پژوهش می‌تواند چنان طی شود که دستاوردهای آموزشی بی‌نظیری فراهم آورد. نظریه نواری از نیمه‌رسانایی در برنامه‌های پژوهشی تکمیل شد که متولیش صنعتی در ارتباطات بود، نه دانشگاه، هرچند افراد مشغول در برنامه تحقیقاتی ضمن فعالیت در صنعت ارتباط نزدیکی با دانشگاه داشتند. با توجه به این، سیاست‌گذاران علم و فناوری باید به این نکته توجه داشته باشند که بسیاری از نظریه‌های علمی از میان پژوهش‌های پایه زاده می‌شوند.

نکته دوم به چگونگی تعیین سرشت یک پژوهش بازمی‌گردد. همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، اساساً زمینه فهم و به‌کارگیری بازنمایی است که آن را بازنمایی علمی یا نقشه طراحی می‌سازد. به‌عنوان مثال، نظریه شاکلی از نیمه‌رسانایی را در نظر بگیرید که صورتی انتزاعی داشته است. هرچند این نظریه در محیطی همچون دانشگاه به مثابه بازنمایی‌ای علمی از عملکرد بارهای اقلیت فهمیده می‌شود، در محیطی همچون بل، با سابقه برنامه تحقیقاتی در نیمه‌رسانایی، در عمل به مثابه نقشه طراحی ترانزیستور پیوندی به کار گرفته می‌شود.

بنابراین، سیاست‌گذاران علم و فناوری همواره باید به این نکته توجه داشته باشند که آیا زمینه مناسب برای کاربردی بودن یا پایه بودن یک خروجی پژوهش وجود دارد یا خیر. چه بسا

به‌دیگرسخن، ابتدا مصنوع فنی ساخته و از پی آن نظریه تولید شد. این همان الگویی است که بارها و بارها در تاریخ علم تکرار شده است. از سوی دیگر، ترانزیستور پیوندی نتیجه مستقیم نظریه‌ای بود که شاکلی صورت‌بندی کرده بود. به‌دیگرسخن، در مورد ترانزیستور پیوندی حصول نظریه بر حصول ابزار فنی تقدم داشته است. این الگو نیز در تاریخ علم سابقه دارد. اما نکته مهم این است که بدون ترانزیستور اتصال نقطه‌ای، که به صورت کاملاً اتفاقی ساخته شد، احتمالاً نظریه نیمه‌رسانای شاکلی صورت‌بندی و ترانزیستور پیوندی از این مسیر طراحی و ساخته نمی‌شدند و این نکته‌ای است که تصویر خطی از این مجموعه رخدادهای تاریخی نادیده می‌گیرد.

۵. مدل کارکردگرایانه و چشم‌اندازهای آن برای سیاست پژوهش و آموزش

در بخش‌های پیشین به این اشاره شد که بیشتر اسناد معتبر در رابطه با سیاست علم و فناوری، همچون گزارش فراسکاتی OECD و گزارش‌های سالانه NSF، انواع پژوهش را مبتنی بر مدل خطی تقسیم‌بندی می‌کنند. همچنین، به این اشاره شد که مدل یادشده کفایت لازم را ندارد؛ زیرا برای نمونه، بسیاری از مصادیق پژوهش، که ماهیت متمایزی دارند، مطابق آن دسته‌بندی نمی‌شوند.

از سوی دیگر، شرح کارکردگرایانه با کنار گذاشتن تقدم و تأخر در پژوهش، و ارائه پیشنهادی بدیل، سعی دارد این کمبود را جبران کند. گزارشی از برنامه پژوهشی نیمه‌رسانا در بل، که در میانه قرن بیستم جریان داشت و سرانجام به ساخت ترانزیستور منجر شد، شاهدی تاریخی بود در رد مدل خطی و تأییدی بر مدل کارکردگرایانه؛ اما این شرح، در صورت داشتن کفایت لازم، تبعات سیاستی مهمی نیز دارد. سیاست‌گذاران علم و فناوری بنابر شرایط بومی و نیازهای عمومی سیاست‌هایی را مطابق با ظرفیت‌های علمی و فناوری ملی وضع می‌کنند.

به‌عنوان نمونه، در موقعیت‌هایی که رسیدن فوری به ادوات فناوریانه اهمیت دارد، همچون زمان جنگ، معمولاً سیاست‌ها به سمت پژوهش‌های کاربردی‌ای هدایت می‌شود که چشم‌اندازشان بیش و کم معین و روشن است. در این نوع مواقع، پژوهش‌هایی

۶. نتیجه‌گیری

در این مقاله سعی شد شرحی نواز تمایز میان انواع پژوهش ارائه شود. همچنین، تلاش شد نشان داده شود که این شرح، نسبت به مدل خطی از نوآوری، مطابقت بیشتری با واقعیت‌های تاریخی دارد. شرح یادشده را که مبتنی بر مدل کارکردگرایانه از تمایز علم محض/ علم کاربردی صورت‌بندی شد می‌توان شرح کارکردگرایانه از انواع پژوهش نامید. در این مقاله سعی شد ابتدا به تاریخ تمایز میان انواع علوم، مدل خطی از آن و ارتباط آن با شکل‌گیری مفهوم پژوهش پرداخته شود.

در بررسی تاریخی موضوع این نکته را دریافتیم که مدل‌هایی همچون مدل خطی لزوماً به قصد بازنمایی مصادیق موجود پیشنهاد نمی‌شوند؛ بلکه کارکردی سیاسی، اجتماعی و اقتصادی را برآورده می‌کنند. پس از ارائه تاریخ مختصر شکل‌گیری مفهوم پژوهش، مدل کارکردگرایانه از آن معرفی شد که بر مبنای بازنمایی علمی و نقشه‌طراحی، زمینه فهم آنها، و همچنین خردپژوهش‌های میانی بنا می‌شود. یکی از تبعات این شرح این بود که زمینه فهم و کاربرد خروجی پژوهش علمی در تعیین سرشت آن نقشی بی‌بدیل دارد.

همچنین، خروجی خردپژوهش‌های میانی می‌تواند تأثیر اجتماعی و اقتصادی بسیار بیشتری از خروجی پژوهش‌های داشته باشد. بنابراین، تنظیم اهداف سیاستی تنها با خروجی‌های اصلی یک پژوهش کنشی معقول به نظر نمی‌آید. در ادامه سعی شد این نتیجه‌گیری از شرح کارکردگرایانه با برنامه پژوهشی نیمه‌رسانا، که در نیمه قرن بیستم در بل جریان داشت، ارزیابی شود. در نتیجه این ارزیابی تجربی، و همان‌طور که شرح کارکردگرایانه پیشنهاد می‌کند، معلوم شد که برنامه پژوهشی می‌تواند در راستای رسیدن به بازنمایی علمی هدایت و حمایت شود؛ اما به تغییرات شگفت‌انگیز فناورانه‌ای منجر شود که احتمال‌شان نمی‌رفت.

پژوهش‌هایی که برای حل مشکلی عملی طراحی و حمایت می‌شوند، اما به دلیل نبود زمینه لازم در مقام پژوهشی پایه باقی می‌مانند؛ زیرا زمینه بهره‌مندی عملی از آنها فراهم نشده است. نلسون در شرح خود از تاریخ ساخت ترانزیستور این نکته را یادآوری می‌کند که سایر مؤسسه‌های پژوهشی-آموزشی، همچون دانشگاه، و سایر صنایع خردتر نیز می‌توانستند به ساخت این ابزار نائل شوند (Nelson, 1962, p579)؛ اما امتیاز ویژه بل محیط مناسب آن برای تولید معرفت، آزمایش و ساخت ترانزیستور بوده است.

به‌عنوان نمونه، یک زمینه موجود در بل و ناموجود در دانشگاه اتصال نزدیک میان بخش‌های پژوهش و توسعه در بل بوده است. براساس روایت نلسون، مهندسان ساخت در بل به مجرد شکل‌گیری نظریه و نقشه طراحی ترانزیستور پیوندی توسط شاکلی از پی ساخت و تولید انبوه آن برآمدند؛ زمینه‌ای که در دانشگاهی همچون پردو^۱ که در آن افرادی همچون کارل لارک-هورویتز^۲ در پی تقویت‌کنندگی حاصل از نیمه‌رسانایی بودند، فراهم نبود (Nelson, 1962, p580).

در پایان اینکه تاریخ فناوری به ما نشان داده است که تغییرات شگفت‌انگیز در فناوری معمولاً با عدم یقین و قطعیت همراه بوده و پیش‌بینی‌ای در مورد آنها وجود نداشته است. تقویت‌کنندگی دوقطبی، که به تغییر شگفت‌انگیز حاصل از ساخت ترانزیستور انجامید، اساساً با انگیزه ساخت آن آغاز نشد؛ بلکه با انگیزه پی بردن به چگونگی تقویت‌کنندگی تک‌قطبی حاصل از خاصیت نیمه‌رسانایی شکل گرفت. پس می‌توان نتیجه گرفت پژوهش کاربردی‌ای که برای حل مشکلی معلوم هدایت و حمایت شود احتمالاً نمی‌تواند به انقلاب شگفت‌انگیزی در آن حوزه معلوم بینجامد؛ زیرا اگر چنین باشد، عدم قطعیت و یقین مرتبط با انقلاب‌های فناورانه وجود نخواهد داشت. از این‌رو بسیاری از این نوع تغییرات، همچون تغییر حاصل از ساخت ترانزیستور، از بطن پژوهش‌های پایه زاده می‌شوند، نه کاربردی. بنابراین، مناسب است که سیاست‌گذاران به این موضوع توجه داشته باشند که اگر به دنبال تغییر شگفت‌انگیز نوآورانه هستند باید تأکیدشان بر پژوهش‌های پایه باشد، تا کاربردی.

1. Purdue

2. Karl Lark-Horovitz

منابع

12. Cartwright, N (1983), *How the laws of physics lie*, (Oxford: Oxford University Press).
13. Channell, David F (1982), "The harmony of theory and practice: The engineering science of WJM Rankine", *Technology and Culture*, 23 (1), 39-52.
14. Clarke, Sabine (2010), "Pure science with a practical aim: The meanings of fundamental research in Britain, circa 1916–1950", *Isis*, 101 (2), 285-311.
15. CST (2010), "A Vision for UK Research", in The Council for Science and Technology (ed.), (London: The Council for Science and Technology).
16. Douglas, Heather (2014), "Pure science and the problem of progress", *Studies In History and Philosophy of Science Part A*, 46, 55-63.
17. Farrell, Robert and Hooker, Cliff (2012), "The Simon–Kroes model of technical artifacts and the distinction between science and design", *Design studies*, 33 (5), 480-95.
18. Flink, Tim and Peter, Tobias, (2018), "Excellence and Frontier Research as Travelling Concepts in Science Policymaking", *Minerva*, 56 (4), 431-52.
19. Frigg, R. and Nguyen, J. (2016), "Scientific Representation", in Edward N. Zalta (ed.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Winter 2016 Edition edn.).
20. Gertner, Jon (2012), *The idea factory: Bell Labs and the great age of American innovation*, (Penguin).
21. Godin, Benoît (2006), "The linear model of innovation: The historical construction of an analytical framework", *Science, Technology, & Human Values*, 31 (6), 639-67.
22. Godin, Benoît (2019), "Innovation and the marginalization of research", *Handbook on Science and Public Policy* (Edward Elgar Publishing).
۱. یغمائی، ابوتراب (۱۳۹۷)، «ارزیابی فلسفی مدل خطی از تمایز علم محض-علم کاربردی مطالعه‌ای موردی در علم نانو»، فلسفه علم، ۸ (۱)، ص ۱۳۹-۱۵۶.
۲. یغمائی، ابوتراب (۱۳۹۸)، «چرا دوگانگی میان برون‌گرایی و درون‌گرایی نباید منحل شود تحلیلی از تاریخ تمایز علم محض/علم کاربردی»، مجله تاریخ علم، ۱۴ (۱)، ص ۱۳۳-۱۵۱.
3. Alexander, Jennifer Karns (2012), "Thinking again about science in technology", *Isis*, 103 (3), 518-26.
4. Bardeen, John (1947), "Surface states and rectification at a metal semi-conductor contact", *Physical Review*, 71 (10), 717.
5. Board, National Science (2007), *Enhancing support of transformative research at the National Science Foundation*, (National Science Foundation).
6. Boon, Mieke (2006), "How science is applied in technology", *International Studies in the Philosophy of Science*, 20 (01), 27-47.
7. Bud, Robert (2012), "Applied Science": A Phrase in Search of a Meaning', *Isis*, 103 (3), 537-45.
8. Bud, Robert (2014), "Applied science" in nineteenth-century Britain: public discourse and the creation of meaning, 1817–1876', *History and Technology*, 30 (1-2), 3-36.
9. Bud, Robert (2018), "Categorizing Science in Nineteenth and Early Twentieth-Century Britain", *Basic and Applied Research: The Language of Science Policy in the Twentieth Century*, 4, 35.
10. Bush, Vannevar (1945), *Science: the Endless Frontier*, (Charter Document for the US National Science Foundation; Washington, DC: US Government Printing Office).
11. Cartwright, N (1976), "How do we apply science?", *PSA 1974* (Springer), 713-19.

36. Pielke, Roger (2012), "Basic research as a political symbol", *Minerva*, 50 (3), 339-61.
37. Rihll, Tracey E and Tucker, John V (2002), "Practice makes perfect: knowledge of materials in classical Athens", *Science and Mathematics in Ancient Greek Culture*, 274-305.
38. Roll-Hansen, Nils (2017), "A Historical Perspective on the Distinction Between Basic and Applied Science", *Journal for General Philosophy of Science*.
39. Ropohl, Günter (1997), "Knowledge types in technology", *International Journal of technology and design education*, 7 (1-2), 65-72.
40. Schauz, Désirée (2014), "What is Basic Research? Insights from Historical Semantics", *Minerva*, 52 (3), 273-328.
41. Shockley, W. (1950), *Electrons and holes in semiconductors: with applications to transistor electronics*, (Van Nostrand).
42. Simon, Herbert A (1968), *The sciences of the artificial*, (MIT press).
43. Wilson, A.H. (1939), *Semi-conductors & Metals: An Introduction to the Electron Theory of Metals*, (The University Press).
44. Yaghmaie, Aboutorab (2017), "How to Characterise Pure and Applied Science", *INTERNATIONAL STUDIES IN THE PHILOSOPHY OF SCIENCE*, 31 (2), 133-49.
23. Godin, Benoît and Schauz, Désirée (2016), "The changing identity of research: A cultural and conceptual history", *History of science*, 54 (3), 276-306.
24. Gooday, Graeme (2012), "Vague and artificial": the historically elusive distinction between pure and applied science', *Isis*, 103 (3), 546-54.
25. Huxley, Julian S. (1934), *Scientific Research and Social Needs*, (London: Watts and Co).
26. Kaldewey, David and Schauz, Désirée (2018), *Basic and Applied Research: The Language of Science Policy in the Twentieth Century*, (4: Berghahn Books).
27. Lucier, Paul (2012), "The origins of pure and applied science in gilded age America", *Isis*, 103 (3), 527-36.
28. McClellan, J.E. and Dorn, H. (2015), *Science and Technology in World History: An Introduction*, (Johns Hopkins University Press).
29. Nelson, Richard (1962), "The link between science and invention: The case of the transistor", *The rate and direction of inventive activity: Economic and social factors* (Princeton University Press), 549-84.
30. Niiniluoto, Ilkka (1993), "The aim and structure of applied research", *Erkenntnis*, 38 (1), 1-21.
31. NSF (1953), "Federal Funds for Science", in U.S. National Science Foundation (ed.).
32. NSF (1957), "Federal Funds for Science", in U.S. National Science Foundation (ed.).
33. NSF (2015), "Definitions of research and development: An annotated compilation of official sources".
34. OECD (1963), "The Measurement of Scientific and Technical Activities".
35. OECD (2002), "Frascati Manual: PROPOSED STANDARD PRACTICE FOR SURVEYS ON RESEARCH AND EXPERIMENTAL DEVELOPMENT".