# سیر تحوّلات علم و فنّاوری
# از وحدت به کثرت (رویکردی فرهنگی- تاریخی)
## (صفحات ۱۳۹ تا ۱٦٦)

نوع مقاله: پژوهشی DOR:20.1001.1.17358663.1399.15.4.6.3

اسماعیل کلانتری [۱] * غلامعلی منتظر [۲]

دریافت: ۹۸/۰۹/۲۸ پذیرش: ۹۸/۱۱/۰۷


## چکیده

روند واگرایانهٔ علم و فنّاوری قریب به سه سده قبل از میلاد شروع‌شده و تا اواسط سدهٔ بیستم میلادی ادامه داشته است. تفکیک تدریجیِ علوم از فلسفه و سپس شکل‌گیری رشته‌های دانشگاهی، شواهدی تاریخی بر این مدعاست. پیدایش انقلاب صنعتی و پیامد آن یعنی نظام کارخانه‌ای، نفوذ رویکرد حرفه‌ای‌گری در علم و فنّاوری و وجود تفکّر تحلیلیِ تجزیه-مدار، مهم‌ترین تحولات فرهنگی است که موجب شکل‌گیریِ سیر واگرایانهٔ علم و فنّاوری است. از اواسط سدهٔ بیستم میلادی با ظهور دو جریان «میان‌رشته‌ای‌ها» و «فنّاوری‌های نوپدید»، همگراییِ علم و فنّاوری آغاز شده است. جایگزینی «تفکّر نظام‌مند» به‌جای «تفکّر تحلیلیِ تجزیه‌مدار» و نیز رویکرد «ناحرفه‌ای‌گری» به جای رویکرد «حرفه‌ای‌گری» دو عامل تأثیرگذار بر این تغییر پارادایم است. در این مقاله با رویکردی فرهنگی – تاریخی و استفاده از اسنادِ موجود به دنبال تبیین این ادعا هستیم که روند علم و فنّاوری در طی چند صد سال، سیر واگرایانه داشته و به‌تدریج در اواسط سدهٔ بیستم میلادی شواهدی از همگرایی آن مشاهده‌شده است.


**واژگان کلیدی:** واگراییِ علم و فنّاوری، رشته‌های دانشگاهی، تفکّر تحلیلی تجزیه‌مدار، حرفه‌ای‌گری، ناحرفه‌ای‌گری.

۱. دکترای سیاست‌گذاری علم و فناوری دانشگاه تربیت مدرس. esmaeelkalantari@yahoo.com
۲. استاد فناوری اطلاعات، دانشگاه تربیت مدرس. ( نویسنده مسئول) montazer@modares.ac.ir

## ۱- بیان مسئله

اکنون بسیاری از کشورها، ماهیت راهبردی علم و فنّاوری را به‌عنوان نیروی محرکهٔ قدرتمند تغییر، رشد و توسعهٔ اقتصادی شناخته‌اند. این درک می‌تواند پایه و اساسی برای تقویت توجه به موضوعاتِ علم و فنّاوری در سیاست‌گذاری‌ها باشد. (UNCTAD, 2011) بدین ترتیب کشورها باید علاوه بر حرکت در مسیر علم و فنّاوری، بتوانند مسیر درست را شناسایی و انتخاب کنند. بدین ترتیب پایش تحوّلات تاریخی علم و فنّاوری موضوعی ضروری و مهم در سیاست‌گذاری علم و فنّاوری به شمار می‌رود.

تلاش برای شناسایی روندهای آیندهٔ علم و فنّاوری، حتّی با اتخاذ رویکردی فعال و ساختن چشم‌اندازهای آیندهٔ علم و فنّاوری، از مسئولیت‌های اصلی سیاست‌گذاران علم و فنّاوری در کشور است. برای تحقّق درست این موضوع، گام نخست، شناسایی روندهای گذشته، حال و آیندهٔ علم و فنّاوری است. علم و فنّاوری در گذر زمان و در بستر فرهنگی اجتماعی تاریخی، تغییراتی را پشت سر گذاشته است. یعنی فکرها، ایده‌ها، باورها، هنجارها، ارزش‌ها، هدف‌ها و سبک‌ها دربارهٔ علم و فنّاوری دگرگون‌شده است. (قانعی-راد و همکاران، ۱۳۹۲) اگرچه تا پیش‌ازاین، مطالعات مختلفی دربارهٔ تحولات تاریخی علم و فنّاوری انجام‌شده، لیکن بررسی روند واگرایانه یا همگرایانهٔ تحولات این حوزه، از منظر اندیشمندان مغفول مانده است. به‌بیان‌دیگر، این پرسش که «آیا سیر تحولات علم و فنّاوری به سمت همگرایی حرکت می‌کند یا واگرایی؟» پاسخ داده نشده و بالطبع گردآوری شواهدی برای این موضوع و دلایل این سیر همگرایی یا واگرایی نیز موردتوجه اندیشمندان نبوده است.

در این مقاله، سعی می‌شود با بررسی اسناد و مدارکِ موجود به شناسایی سیر تحوّلات علم و فنّاوری از منظر فرهنگی- تاریخی پرداخته شود. قلمرو زمانی این مقاله، تحوّلاتِ گذشتهٔ علم و فنّاوری تا زمان حال است. برای این منظور ابتدا سیر واگرایانهٔ علم و سیر واگرایانهٔ فنّاوری به تفکیک تا عصر حاضر بررسی شده است. بدین ترتیب در بخش اول مقاله به تشریحِ تاریخیِ این سیر واگرایانه می‌پردازیم. هدف این مقاله، تبیین این ادعاست که سیر تحولات علم و فنّاوری، از ابتدا تا اواسط سدهٔ بیستم میلادی، روندی واگرا را دنبال کرده است. بدین معنی که تحولات علم و تحولات فنّاوری روندی واگرا

را تجربه کرده است[1]. بدین منظور علاوه بر سیر انشقاق علوم از فلسفه، به سیر خلق فنّاوری‌های مختلف در طی سده‌های گوناگون پرداخته و هم‌چنین از پیدایش رشته‌های مختلف دانشگاهی به‌عنوان شواهدی بر این مدعا استفاده کرده است. همچنین در بخش دوم مقاله به‌صورت ویژه، با واکاوی تحوّلات سدهٔ هجدهم، نوزدهم و بیستم میلادی، عللِ تاریخی این سیر واگرایانه تحلیل می‌شود. به‌ویژه دربارهٔ انقلاب صنعتی و نظام کارخانه‌داری، رویکرد حرفه‌ای‌گری[2] در مقابل رویکرد ناحرفه‌ای‌گری[3] و تفکّر تحلیلی[4] در مقابل تفکّر نظام‌مند[5] و نقش آن‌ها در سیر واگرایانهٔ علم و فنّاوری بحث می‌شود.

یکی از ابزارهای سیاست‌گذاری هوشمندانه در علم و فنّاوری، آینده‌پژوهی است. بدین ترتیب آینده‌پژوهی در علم و فنّاوری در سطح ملی و بین‌المللی از ابزارهای پرکاربردِ سیاست‌گذاری هوشمندانه در این حوزه است (Kryukov et al., 2019) و به‌عنوان راه‌حل اثربخشی در این زمینه به کار می‌رود. (Itoh and Kano, 2019) ازآنجاکه بسیاری از ابزارهای آینده‌پژوهی متأثر از تحولات و روندهای گذشته و موجود، به آینده‌نگری و آینده‌نگاری می‌پردازد، لذا شناسایی و تحلیل رویدادهای گذشته در سیر تحولات علم و فنّاوری، درک درستی از تاریخ علم و فنّاوری پیشِ روی سیاست‌گذاران این حوزه قرار می‌دهد و آن‌ها را در تدوین سیاست‌های هوشمندانه و آینده‌نگرانه یاری می‌کند. سیاست‌گذاران و مدیران حوزهٔ علم و فنّاوری با اتخاذ سیاست‌ها و برنامه‌های گوناگون، می‌توانند از یک‌سو همگرایی و وحدت حوزه‌های مختلف علم و فنّاوری و از سوی دیگر واگرایی و کثرت آن‌ها را رقم بزنند. بنابراین آگاهی از رویدادهای گذشته، دلایل و پیامدهای آن‌ها می‌تواند در سیاست‌گذاری‌های حوزهٔ علم و فنّاوری تأثیرگذار باشد.

---

[1] لازم به یادآوری است که هدف این مقاله بررسی واگرایی علم و فنّاوری از یکدیگر نیست. بلکه چنانچه ذکر شد، روند واگرای علم و روند واگرای فنّاوری به صورت مستقل از یکدیگر بررسی می‌شود.

[2] professionalization
[3] deprofessionalization
[4] analytic thinking
[5] systemic thinking

## ۲. ادبیات پژوهش

### ۲-۱- ادبیات تجربی

مطالعات انجام‌شده در حوزهٔ تحولات علم و فنّاوری را می‌توان به سه دسته تقسیم کرد: نخست، مطالعاتی که با رویکرد تحولات جامعه‌شناسانه و تعاملات متقابل علم و فنّاوری از یک‌سو و فرهنگ و جامعه از سوی دیگر انجام‌شده است (Bridgstock et al., 2010; Kumar and Chubin, 2000; Gonzalez, 2005; Kleinman and Moore, 2014؛ زارع، ۱۳۹۰؛ زارعیان، ۱۳۹۷)؛ دوم، مطالعاتی که به بررسی سیر تاریخی تحولات علم و فنّاوری پرداخته‌اند (Durant and Durant, 1935; Huart, 1927؛ آدمیت، ۱۳۹۰؛ فرشاد، ۱۳۹۵)؛ و سوم، مطالعاتی که به مفاهیم فلسفهٔ علم، فلسفهٔ فنّاوری و مکاتب فکری در حوزهٔ علم و فنّاوری پرداخته‌اند. (Chalmers, 1982; Smart, 1968; Russell, 1912; Popper, 1968; Lakatos and Musgrave, 1974) در هر سه دستهٔ مطالعات یادشده، به‌رغم تبیین سیر تحول و تکامل علوم و فنّاوری‌های گوناگون، به تبیین سیر انشقاق علوم و فنّاوری‌ها و تحولاتی که به‌تدریج موجب شاخه‌شاخه شدن آن‌ها شده است، نپرداخته‌اند.

بدین ترتیب در مطالعات پیشین، از منظر واگرایی و همگراییِ علم و فنّاوری به این سیر تحول و تکامل نگریسته نشده و مطالعهٔ آن‌ها از منظر تقارب یا تباعدِ شاخه‌های علوم و فنّاوری‌ها، واکاوی نشده است. لذا پرسش‌هایی مانند چرایی و چگونگی انشقاق علم از فنّاوری، جدایی علم از فلسفه، چندشاخگی علوم مختلف، شاخه‌شاخه شدن فنّاوری‌ها، تفکیک و تمایز علم و فنّاوری، شکل‌گیری رشته‌ها و گرایش‌های گوناگون دانشگاهی در حوزه‌های علوم و فنّاوری‌ها و سایر پرسش‌هایی ازاین‌دست، چندان موردتوجه اندیشمندان قرار نگرفته است. بالطبع نه‌تنها پاسخ این پرسش‌ها تبیین نشده، دلایل این سیر واگرایانه نیز بررسی نشده است.

بدین ترتیب در این مقاله تلاش می‌شود تا نخست، سیر تحولات واگرایانهٔ علم، فنّاوری و رشته‌های دانشگاهی (به‌عنوان شاخصی از تعدد حوزه‌های علم و فنّاوری) توصیف و تشریح شود. سپس با ارائهٔ شواهدی از سه موضوع انقلاب صنعتی، رویکرد حرفه‌ای‌گری و تفکر تحلیلی تجزیه‌مدار، به دلایل رخ دادن این سیر واگرایانه در علم و فنّاوری پرداخته می‌شود.

**۲-۲- ادبیات نظری**

علم یا معرفت آن چیزی است که به نیازهای معرفتی انسان پاسخ می‌دهد. علم همواره در قالب گزاره‌هایی که گمانه‌زنانه دربارهٔ واقعیت برساخته شده، عرضه می‌شود. هدف نهایی همهٔ تکاپوهای معرفتی، دست‌یابی به تصویری حقیقی از واقعیت است. صدق یا حقیقت عبارت است از انطباق دعاوی معرفتی با واقعیت. دعاوی معرفتی واجد شأن کلیت هستند. کلی بودن دعاوی علمی بدین معنی است که در ظرف و زمینه‌های متنوع واجد اعتبار یکسان هستند. هم‌چنین دعاوی معرفتی عینی هستند یعنی در حیطهٔ عمومی قابل‌دسترس و ارزیابی نقادانه‌اند. هرچند همهٔ دانشمندان از پیشینه‌های زبانی و فرهنگی و ارزشی خاص برخوردارند و به سنت‌ها و تاریخ‌های معیّن تعلق دارند، اما در تکاپو برای ارائهٔ تصویری حقیقی از واقعیت، می‌کوشند تأثیر این قبیل پیش‌زمینه‌های فکری و دیگر انواع پیش-داوری‌ها و تعصب‌ها و گرایش‌های فکری را از گمانه‌ها و حدس‌هایی که برای فراچنگ آوردن جنبه‌های معیّنی از واقعیت که با آن به‌عنوان مسئله درگیرند، بکاهند. علم به نحو انباشتی بسط می‌یابد. تجربه‌ها و راه‌حل‌ها و نظریه‌ها همگی محفوظ می‌مانند و مورداستفادهٔ نسل‌های بعد قرار می‌گیرند. معیار پیشرفت در علم، نزدیک‌تر شدن به روایتی حقیقی‌تر از واقعیت است. (پایا، ۱۳۹۴)

برخلاف علم که به نیازهای معرفتی انسان پاسخ می‌دهد، فنّاوری‌ها در همهٔ انواعش دو کارکرد اصلی دارند: شماری از فنّاوری‌ها به نیازهای غیرمعرفتی انسان پاسخ می‌دهند مانند کفش، خودرو و غذا؛ شماری دیگر از فنّاوری‌ها در تکاپوهای معرفتی کمک‌کار واقع می‌شوند هرچند خود هیچ‌گاه معرفت به شمار نمی‌آیند مانند عینک، کتاب و تلسکوپ. برخی فنّاوری‌ها نیز هر دو کارکرد را به‌صورت توأم دارند مانند تلفن همراه، رادیو و تلویزیون. هدف تکاپوهای فنّاورانه، پاسخگویی به نیازهای کاربران است و بنابراین صبغهٔ عمل‌گرایانه دارند. برخلاف علم، فنّاوری‌ها به ظرف و زمینه‌ها حساس هستند. نمی‌توان فنّاوری‌هایی را که برای یک ظرف و زمینهٔ خاص طراحی‌شده‌اند، بدون دستکاری‌های مناسب در ظرف و زمینه‌های دیگر به کار گرفت. تکاپوهای فنّاورانه به مدد آنچه «مهارت شخصی» یا «معرفت ضمنی» نامیده می‌شود تنها تا حدودی قابل‌انتقال به حیطهٔ عمومی هستند. مهارت‌های فنّاورانه و نیز چم‌وخم‌هایی که در کار ساخت و ابداع دستگاه‌ها و سامانه‌ها به کار گرفته‌شده است، عموماً دارای ویژگی انباشتی نیستند،

بدین معنی که با ظهور فنّاوری‌های تازه‌تر و از دور خارج شدن فنّاوری‌های قدیم‌تر، مهارت‌های به‌کارگیری آن‌ها نیز به نسل‌های بعد منتقل نمی‌شود. در فنّاوری، معیار پیشرفت، موفقیت در حل مسائل عملی است. (پایا، ۱۳۹۴)

با الهام از تعریفی که جونگ و کو (Jeong and Koo, 2016) از همگرایی علم و فنّاوری ارائه کرده‌اند، در این پژوهش منظور از واگرایی علم و فنّاوری، نمایان‌شدن و پررنگ‌شدنِ مرز بین علوم و فنّاوری‌ها و به‌نوعی تفکیک و تمایز آن‌ها از یکدیگر است.

## ۳- روش پژوهش

این پژوهش، از نوع کاربردی مبتنی بر پارادایم تفسیری و بر اساس راهبرد روش‌شناسی پژوهش تاریخی انجام شده است. هدف اصلی در پژوهش تاریخی، تلاش برای کشف آن چیزی است که در گذشته اتفاق افتاده است. (دلاور، ۱۳۸۷) به‌بیان‌دیگر هدف پژوهش تاریخی به کار بردن داده‌های مربوط به واقعیت‌های مرتبط با رویدادهای گذشته و تفسیر آن‌ها است. از این طریق می‌توان به عوامل تأثیرگذار در بروز وقایعی که در گذشته رخ داده، پی برد و رویدادهای زمان حال را بهتر شناخت. (سرمد و همکاران، ۱۳۸۸) اندیشمندان مختلف مراحل مختلفی اما کمابیش مشابهی را برای انجام پژوهش تاریخی بیان کرده‌اند. شکل۱ گام‌های پنج‌گانهٔ روش پژوهش تاریخی که در این پژوهش مورداستفاده قرارگرفته (قراملکی، ۱۳۸۳) و هم‌چنین اقدامات متناظر با هر گام را نشان می‌دهد.

**شکل ۱. گام‌های پژوهش تاریخی (قراملکی، ۱۳۸۳) و اقدامات متناظر با هر گام در این پژوهش**

بدین ترتیب پژوهشگر مبتنی بر گام‌های پنج‌گانهٔ بیان‌شده در روش پژوهش تاریخی، بر اساس شواهد تاریخی و دلایل تحلیلی به دنبال تأیید فرضیهٔ پژوهشی، سیر واگرایانهٔ تحولات علم و فنّاوری، می‌باشد.

## ٤- تحلیل تجربی

### سیر واگرایانهٔ علم

تاریخ علم نشان می‌دهد علم در ابتدا به‌عنوان مجموعه‌ای یکتا در نظر گرفته می‌شد اما به‌تدریج با توسعهٔ گسترهٔ آن، کسب علم در همهٔ حوزه‌ها ناممکن گردید و بنابراین ضرورت تقسیم‌بندی علوم مطرح گردید. (بحرانی، ۱۳۹۲) در این تقسیم‌بندی، علوم به‌تدریج و یک‌به‌یک از فلسفه جدا شد. در گذشته واژهٔ «فلسفه» بر مجموع معرفت‌های نظری و عملی که انسان حاصل کرده، بار می‌شد. این معرفت‌ها اعم از افکار علمی راجع به طبیعت و انسان یا نظریات دربارهٔ واقعیت و اندیشه‌های هنری و اخلاقی است. بعدها

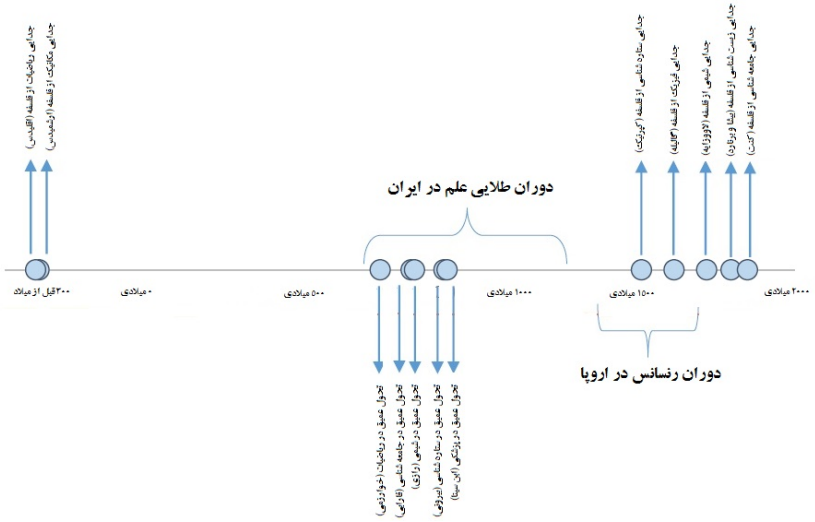
افلاطون و ارسطو، ریاضیات را که در آن‌وقت (همانند زمان حال)، علمی جداگانه محسوب می‌شد، به فلسفه ملحق کردند و فیلسوف را جامع جمیع علوم دانستند. به‌تدریج هر چه بر معرفت انسان افزوده می‌شد، امکان احاطهٔ کامل یک نفر بر همهٔ معرفت‌های بشری کمتر می‌شد. به‌ویژه برای یک نفر محال بود که درعین‌حال هم علم زمان خود را بداند و هم بتواند کمکی به پیشرفت علم کند. بدین ترتیب به‌تدریج علم از صورت وحدت بیرون آمد و تألیفی از علوم مختلف شد. دانشمندان هر کدام رشته‌ای را برگزیدند و دامنهٔ فعالیت علمی خود را به یک رشته محدود ساختند و تفحّص در یک علم را اختیار کردند. (شاله، ۱۳۵۵)

بدین ترتیب اگر چه علوم به‌تدریج از فلسفه تفکیک شدند، لیکن این جدایی به معنیِ استقلال کامل علوم از فلسفه نیست. (مصباح یزدی، ۱۳۹۴) شکل‌گیری ایدهٔ فلسفهٔ علم و نیازمندی علوم به فلسفه دلیل این مدعا است. در فلسفهٔ علم روش‌های پژوهش مورداستفاده در علوم مختلف موردبررسی قرار می‌گیرد. (اکاشا، ۱۳۸۷) نتیجهٔ تخصّص و همت گماشتن به تحقیق در یک‌رشتهٔ معیّن، آن شد که به‌تدریج علوم اختصاصی پیشرفت کردند و یکی پس از دیگری از علم جامع که همان فلسفه است، جدا شدند. چنان‌که در دورهٔ یونان باستان، ریاضیات به‌وسیلهٔ اقلیدس و مکانیک به‌وسیلهٔ ارشمیدس هر دو در سدهٔ سوم قبل از میلاد از فلسفه جدا شد. بعدها در سدهٔ شانزدهم میلادی ستاره‌شناسی به‌وسیلهٔ کپرنیک، در سدهٔ هفدهم فیزیک به‌وسیلهٔ گالیله، در سدهٔ هجدهم شیمی به‌وسیلهٔ لاووازیه، در نیمهٔ اول سدهٔ نوزدهم زیست‌شناسی به‌وسیلهٔ بیشا و کلود برنارد و در نیمهٔ دوم سدهٔ نوزدهم جامعه-شناسی به‌وسیلهٔ اگوست کنت از فلسفه جدا شد. (شاله، ۱۳۵۵)

ازآنجاکه تاریخ علم بیشتر توسط اندیشمندان غربی مستند و منتشرشده، تمرکز اصلی در آن بر رویدادهای پس از انقلاب علمی در اروپا است. انقلاب علمی مفهومی است که مورخان اروپایی برای توصیف ظهور علم مدرن به کار می‌برند. در این دوران ریاضیات، فیزیک، ستاره‌شناسی، زیست‌شناسی و شیمی به‌صورت چشم‌گیری پیشرفت کردند. معمولاً انتشار کتاب «دربارهٔ انقلاب‌های کره‌های آسمانی» توسط کوپرنیک در سال ۱۵۴۳ میلادی را سرآغاز دوران انقلاب علمی در اروپا می‌دانند. (Moody, 1951)

پیش از انقلاب علمی در اروپا، علم در سرزمین‌های دیگر ازجمله ایران تا حدودی رشد و پیشرفت کرده بود. دانشگاه جندی‌شاپور در ایران به مدت ۵۰۰ سال (از سدهٔ سوم

تا هشتم میلادی) دانشمندانی در علوم پزشکی، ریاضیات و ستاره‌شناسی را گرد هم جمع کرده بود. پس از ظهور اسلام و نفوذ آن به ایران، دوران طلایی علم در ایران از سدهٔ اول هجری/ سدهٔ هفتم میلادی آغاز شد و تا سدهٔ هفتم هجری/ سدهٔ سیزدهم میلادی ادامه یافت. در این دوران دانشمندانی مانند سیبویه (سدهٔ دوم هجری/ هشتم میلادی) در زبان‌شناسی، خوارزمی (سدهٔ دوم هجری/ هشتم میلادی) در ریاضیات، ستاره‌شناسی، فلسفه و جغرافیا، فارابی (سدهٔ سوم هجری/ نهم میلادی) در ریاضیات، پزشکی، جامعه‌شناسی، فلسفه، منطق و موسیقی، زکریای رازی (سدهٔ سوم هجری/ نهم میلادی) در پزشکی، شیمی و فلسفه، ابوریحان بیرونی (سدهٔ چهارم هجری/ دهم میلادی) در ریاضیات، ستاره‌شناسی، انسان‌شناسی و تاریخ، ابن‌سینا (سدهٔ چهارم هجری/ دهم میلادی) در پزشکی، ریاضیات، ستاره‌شناسی، فیزیک، شیمی، روان‌شناسی، جغرافیا، زمین‌شناسی، فلسفه و منطق، ابوالوفا بوزجانی (سدهٔ چهارم هجری/ دهم میلادی) در ریاضیات و ستاره‌شناسی، خیام (سدهٔ پنجم هجری/ یازدهم میلادی) در ریاضیات، فلسفه و ستاره‌شناسی، غیاث‌الدین جمشید (سدهٔ هشتم هجری/ چهاردهم میلادی) در ریاضیات و ستاره‌شناسی، در علوم گوناگون تحولات گسترده‌ای را ایجاد کردند. (Mansouri, 2013) شکل۲ تفکیک علوم از فلسفه را در سیر تاریخ نشان می‌دهد.




**شکل ۲. تفکیک علوم از فلسفه در سیر تاریخ (شاله، ۱۳۵۵؛ Mansouri, 2013)**

## سیر واگرایانهٔ فنّاوری

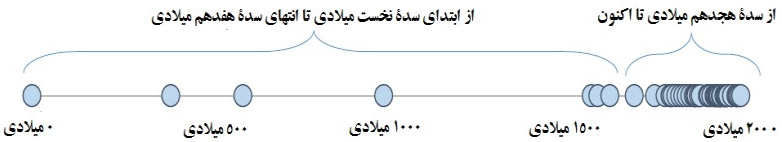
نگرش تاریخی به فنّاوری نشان می‌دهد مشابه رویدادی که در علم رخ داده یعنی سیر از وحدت به کثرت، در فنّاوری هم به وقوع پیوسته است. جدول۱ مهم‌ترین رویدادهای فنّاوری را در دو دورهٔ قبل از میلاد تا انتهای سدهٔ هفدهم میلادی و دورهٔ ابتدای سدهٔ هجدهم میلادی تا اکنون نشان می‌دهد.

**جدول ۱. سیر تاریخیِ مهم‌ترین رویدادهای فنّاوری (Woodford, 2019)**

| تاریخ (میلادی) | مهم‌ترین رویدادهای فنّاوری | رشتهٔ علمیِ مرتبط |
|---|---|---|
| ۵۰ سال ق.م | ابداع چرخ آب عمودی | مهندسی مکانیک |
| ۳۹۵ | ساخت نخستین بتن | مهندسی عمران |
| ٦۰۰ | ابداع آسیاب بادی | مهندسی مکانیک |
| ۱۰۰۰ | ابداع عینک | پزشکی و اپتیک |
| ١٦٠٩ | ساخت تلسکوپ | ستاره‌شناسی و اپتیک |
| ۱۷۱۲ | ابداع موتور بخار | مهندسی مکانیک |
| ۱۸۰۰ | ساخت نخستین باتری | مهندسی شیمی و مهندسی متالورژی |
| ۱۸۱٤ | ساخت نخستین لوکوموتیو بخار | مهندسی مکانیک، مهندسی متالورژی، مهندسی شیمی و مهندسی صنایع |
| دههٔ ۱۸۲۰ و ۱۸۳۰ | ساخت موتور و ژنراتور الکتریکی | مهندسی برق، مهندسی مکانیک، مهندسی متالورژی و مهندسی شیمی |
| دههٔ ۱۸۵۰ | توسعهٔ روش پاستوریزه کردن | پزشکی |
| دههٔ ۱۸۷۰ | ابداع تلفن و دستگاه ضبط صدا | مهندسی برق، مهندسی مکانیک، مهندسی متالورژی و مهندسی صنایع |
| دههٔ ۱۸۸۰ | نخستین نیروگاه تولید برق | مهندسی قدرت، مهندسی برق، مهندسی مکانیک، مهندسی متالورژی و مهندسی صنایع |
| ۱۸۹۵ | استفاده از پرتوی ایکس در تصویربرداری پزشکی | پزشکی، مهندسی پزشکی، مهندسی مکانیک و مهندسی برق |
| دههٔ ۱۹۰۰ | ابداع جاروی برقی، ابداع ماشین لباس‌شویی، ساخت نخستین خودروی مقرون‌به‌صرفه | مهندسی مکانیک، مهندسی برق، مهندسی متالورژی و مهندسی صنایع |

| | | |
|---|---|---|
| ۱۹۰۳ | ساخت نخستین هواپیمای موتوری | مهندسی مکانیک، مهندسی برق، مهندسی متالورژی، مهندسی هوافضا و مهندسی صنایع |
| دهۀ ۱۹۲۰ | ابداع تلویزیون | مهندسی برق، مهندسی مخابرات و مهندسی صنایع |
| ۱۹٤۲ | ساخت نخستین راکتور هسته‌ای | مهندسی هسته‌ای، مهندسی مکانیک، مهندسی برق، مهندسی متالورژی، مهندسی شیمی و مهندسی صنایع |
| ۱۹۵۲ | ساخت نخستین قلب مکانیکی | پزشکی، مهندسی پزشکی، مهندسی مکانیک، مهندسی متالورژی، مهندسی برق و مهندسی صنایع |
| ۱۹۵۸ | توسعۀ مدار یکپارچه | مهندسی الکترونیک، مهندسی رایانه و مهندسی متالورژی |
| ۱۹۵۹ | توسعۀ طراحی نخستین رایانه | مهندسی رایانه، مهندسی الکترونیک و مهندسی صنایع |
| ۱۹٦۷ | نخستین پیوند قلب | پزشکی |
| ۱۹۷۱ | ساخت نخستین ریزپردازنده | مهندسی رایانه، مهندسی الکترونیک، مهندسی متالورژی و مهندسی صنایع |
| ۱۹۷۳ | توسعۀ نخستین تلفن همراه | مهندسی رایانه، مهندسی الکترونیک، مهندسی مخابرات و مهندسی صنایع |
| ۱۹۷٦ | ساخت نخستین رایانۀ شخصی | مهندسی رایانه، مهندسی الکترونیک، مهندسی مخابرات، مهندسی متالورژی و مهندسی صنایع |
| ۱۹۷۸ | نخستین دستگاه تصویربرداری‌ام.آر.آی | پزشکی، مهندسی پزشکی، مهندسی مخابرات، مهندسی برق، مهندسی هسته‌ای، مهندسی مکانیک، مهندسی رایانه، مهندسی متالورژی و مهندسی صنایع |
| ۱۹۸۹ | ابداع اینترنت | مهندسی مخابرات، مهندسی رایانه، مهندسی الکترونیک و مهندسی صنایع |
| ۲۰۰۱ | توسعۀ مواد خودترمیم‌شونده | مهندسی مواد و متالورژی، فنّاوری نانو، فنّاوری زیستی، پزشکی |
| ۲۰۰٦ | ساخت کبد مصنوعی | پزشکی، مهندسی پزشکی، مهندسی مکانیک، مهندسی مواد و متالورژی و مهندسی صنایع |
| ۲۰۱۵ | ابررایانه‌هایی با قدرت ۳۰ برابر مغز انسان | مهندسی الکترونیک، فنّاوری نانو، مهندسی متالورژی، مهندسی رایانه و مهندسی صنایع |

شکل ۳ پراکندگیِ زمانی مهم‌ترین رویدادهای فنّاوری را پس از میلاد مسیح نشان می‌دهد




**شکل ۳. پراکندگی زمانی مهم‌ترین رویدادهای فنّاوری پس از میلاد مسیح (Woodford, 2019)**

جدول ۱ و شکل ۳ از دو منظر سیر واگرایانهٔ فنّاوری را نشان می‌دهد: نخست تعدّد رویدادهای فنّاوری که در سیر تاریخی به‌شدت افزایش می‌یابد و دوم تنوع رویدادهای فنّاوری که حول موضوعات گسترده‌تری شکل می‌گیرد. افزایش تعدّد رویدادهای فنّاوری بدین معنی است که با گذار از چند میلیون سال قبل از میلاد تا اواخر سدهٔ هفدهم، رویدادهای فنّاوری معدودی به وقوع پیوسته، درحالی‌که در سه سدهٔ اخیر تعداد رویدادهای فنّاوری رشد چشمگیری داشته است. گستردگی تنوع رویدادهای فنّاوری نیز بدین معنی است که به‌رغم تمرکز رویدادهای فنّاوری حول کشاورزی، مکانیک، عمران، پزشکی و اپتیک در دورهٔ زمانیِ قبل از میلاد تا انتهای سدهٔ هفدهم میلادی، رویدادهای فنّاوری در سه سدهٔ اخیر (از ابتدای سدهٔ هجدهم تا اکنون) علاوه بر کشاورزی، مکانیک، عمران، پزشکی و اپتیک حول معدن، شیمی، برق، مخابرات، الکترونیک، هوافضا، رایانه، صنایع، مهندسی پزشکی، فنّاوری نانو، فنّاوری زیستی و مهندسی هسته‌ای شکل‌گرفته است. علاوه بر این، بیشتر رویدادهای فنّاوری در دورهٔ زمانیِ قبل از میلاد تا انتهای سدهٔ هفدهم میلادی حول یک فنّاوری متمرکزشده، درحالی‌که بیشتر رویدادهای فنّاوری در سه سدهٔ اخیر حول چندین فنّاوریِ متفاوت شکل‌گرفته است. بدین ترتیب سیر واگرایانهٔ فنّاوری به‌وضوح قابل‌مشاهده است.

در ادامهٔ مقاله به ارائهٔ شاهد دیگری بر سیر واگرایانهٔ علم و فنّاوری می‌پردازیم. اگرچه نخستین دانشگاه‌ها در اروپا در سده‌های یازدهم و دوازدهم میلادی شکل گرفتند، لیکن آموزش در این دانشگاه‌ها در رشته‌های معدودی انجام می‌شد. در بخش بعدی مقاله، توسعهٔ کمّی رشته‌های دانشگاهی را که در اواخر سدهٔ هجدهم و سده‌های نوزدهم

و بیستم میلادی رخ داده، به‌عنوان شاهدی دیگر بر سیر واگرایانهٔ علم و فنّاوری، به اجمال بررسی خواهیم کرد.

**توسعهٔ کمّی رشته‌های دانشگاهی**

«دیسیپلین[1]» که در فارسی به «رشته» ترجمه‌شده است، ساختاری سازمان‌دهنده و نظامی دارای کلّیت مفهومی درون سازمان دانشگاه و آموزش عالی نوین است. (فاضلی، ۱۳۹۲) در فرهنگ انگلیسی آکسفورد، رشته به‌عنوان «شاخه‌ای از دانش که معمولاً در نظام آموزش عالی مطالعه می‌شود» تعریف شده است. (Oxford, 2019) رشته، حوزه‌ای مطالعاتی و شاخه‌ای از دانش است که از نظر ماهیت و روش‌شناسی از بقیه متمایز می‌شود. (Yadav and Lakshmi, 1995)

از اواخر سدهٔ هجدهم میلادی، ایدهٔ پیدایش رشته‌های متعدّد دانشگاهی مطرح شد. کانت نخستین فردی بود که این ایده را مطرح و دنبال کرد. او این موضوع را که فلسفه، مادر همهٔ علوم یا درختی است که علوم متفاوت شاخ و برگ آن محسوب می‌شوند، نپذیرفت و به‌جای آن، این موضوع را مطرح کرد که هر شاخهٔ علم باید دارای نظام علمی مستقلی باشد. بدین ترتیب از اواخر سدهٔ هجدهم و اوایل سدهٔ نوزدهم میلادی شاخه‌های جدید علم رشد و نموّ یافتند. (فاضلی، ۱۳۹۲؛ Stichweh, 2001)

با توسعهٔ کمّی رشته‌های دانشگاهی از سدهٔ نوزدهم میلادی، ضرورت تقسیم‌بندی آن‌ها نمایان شد. بدین منظور رشته‌های دانشگاهی را به پنج شاخهٔ گوناگون تقسیم می‌کنند (Cookson, 2009): علوم انسانی، علوم اجتماعی، علوم طبیعی، علوم صوری، علوم کاربردی و حرفه‌ای. در سدهٔ نوزدهم و بیستم میلادی بسیاری از رشته‌های دانشگاهی در دانشگاه‌های جهان شکل گرفتند. (Stichweh, 2001) جدول۲ تاریخ تأسیس تعدادی از مهم‌ترین رشته‌های دانشگاهی را نشان می‌دهد.

[1] discipline

**جدول ۲. تاریخ شکل‌گیری تعدادی از مهم‌ترین رشته‌های دانشگاهی در جهان (Mandler, 2006; Bordeaux, 2019; Legge et al., 2006; The Columbia Encyclipedia, 2007; Griggs, 1997; Nebeker, 1994; Zandin and Maynard, 2001; ABET, 2015)**

| ردیف | رشتهٔ دانشگاهی | نخستین سال تشکیل رشته | نخستین دانشگاه پذیرندهٔ رشته | منبع |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | روان‌شناسی | ۱۸۷۹ | دانشگاه لایپزیگ | Mandler (2006) |
| ۲ | جامعه‌شناسی | ۱۸۹۵ | دانشگاه بوردیو | Bordeaux (2019) |
| ۳ | مدیریت | ۱۹۲۱ | مدرسهٔ کسب‌وکار هاروارد | Legge et al. (2006) |
| ٤ | مهندسی مکانیک | ۱۸۱۷ | آکادمی نظامی ایالات‌متحده | The Columbia Encyclopedia (2007) |
| ٥ | مهندسی عمران | ۱۸۳٥ | دانشگاه نورویچ | Griggs (1997) |
| ٦ | مهندسی برق | ۱۸۸۲ | دانشگاه صنعتی دارمستاد و مؤسسهٔ فنّاوری ماساچوست | Nebeker (1994) |
| ۷ | مهندسی صنایع | ۱۹۰۹ | دانشگاه ایالتی پنسیلوانیا | Zandin and Maynard (2001) |
| ۸ | مهندسی رایانه | ۱۹۷۲ | دانشگاه کیس وسترن رزرو | ABET (2015) |

به همان ترتیب که متناسب با نیازهای جدید در عرصهٔ جامعه، رشته‌های دانشگاهی در دانشگاه‌های مختلف جهان شکل گرفتند، به‌تدریج کمّ و کیفِ هر رشتهٔ دانشگاهی آن‌قدر گسترده شد که ضرورت شکل‌گیری گرایش‌های جدیدی در هر رشته آشکار شد. بدین ترتیب در هر رشتهٔ دانشگاهی، گرایش‌های جدیدی شکل گرفت. به‌عنوان‌مثال به‌تدریج و در طی سدهٔ بیستم میلادی در رشتهٔ مهندسی برق چهار گرایش اصلیِ مهندسی مخابرات، مهندسی الکترونیک، مهندسی قدرت و مهندسی کنترل از یکدیگر تفکیک شدند. البته اکنون هر یک از این گرایش‌ها خود به چندین گرایش جزئی‌تر تفکیک می‌شوند. برای نمونه سه گرایش اصلی مهندسی مخابرات عبارت است از: سیستم‌های مخابراتی، میدان و موج و شبکه.

بدین ترتیب شکل‌گیری رشته‌های متعدّد دانشگاهی در سدهٔ نوزدهم و بیستم

میلادی، شاهدی تاریخی است که جریان واگرایی را در علم و فنّاوری تأیید می‌کند. به‌بیان‌دیگر، حوزه‌های علم و فنّاوری تا پیش از شکل‌گیری مفهوم رشته در دانشگاه‌ها تا حدودی از یکدیگر تفکیک‌شده بودند؛ لیکن پس از طرح مفهوم رشته‌های دانشگاهی، مرزهای تفکیک بیش‌ازپیش نمایان شد.

آنچه بیان شد روایتی تاریخی از تحوّلات علم و فنّاوری از ابتدا تاکنون بود. برای این منظور نخست، سیر واگرایانهٔ علم و فنّاوری به تفکیک بیان شد. سپس با شرح روایتی از شکل‌گیری رشته‌های دانشگاهی در سده‌های نوزدهم و بیستم میلادی، گسترش این سیر واگرایانه بیش‌ازپیش نمایان شد. در ادامه با نگاهی تحلیلی، مهم‌ترین رویدادهای تأثیرگذار بر این واگرایی تبیین می‌شود. بدین منظور نخست، به تحلیل انقلاب صنعتی و پیامد آن یعنی نظام کارخانه‌ای و تأثیرات آن‌ها بر واگراییِ علم و فنّاوری می‌پردازیم. سپس با طرح مفهوم حرفه‌ای‌گری و پیامد آن یعنی تقسیم‌کار و مفهوم تفکر تحلیلی و پیامد آن یعنی تجزیهٔ پدیده‌ها برای درک و شناخت آن‌ها، تأثیرات این دو مفهوم و پیامدهایشان را بر واگرایی علم و فنّاوری ملاحظه خواهیم کرد.

**انقلاب صنعتی**

مهم‌ترین ویژگی انقلاب صنعتی، تغییر فرایند از اقتصاد کشاورزی به تولید ماشینی و صنعتی است. این انقلاب در سدهٔ هجدهم در انگلستان شروع شد و به سایر نقاط جهان گسترش یافت. (Britannica, 2019) در فرهنگ آکسفورد، توسعهٔ سریع صنعت که در اواخر سدهٔ هجدهم میلادی و سدهٔ نوزدهم میلادی در انگلستان رخ‌داده، انقلاب صنعتی نامیده می‌شود. ویژگی متمایز این دوره به‌کارگیری قدرت بخار، رشد کارخانه‌ها و تولید انبوه کالاهای تولیدی است. (Oxford, 2019)

تغییرات فنّاورانهٔ متأثر از انقلاب صنعتی، موجب افزایش استفاده از منابع طبیعی و تولید انبوه کالاهای تولیدی شد. جریان اندیشهٔ علمی انگلیسی، که در اصل شاخه‌ای از انقلاب صنعتی بود، از آموزش‌های فرانسیس بیکن[1] (۱۵۶۱- ۱۶۲۶ م.) آغاز گردید و نبوغ بویل[2] (۱۶۲۷- ۱۶۹۱ م.) و نیوتن[3] (۱۶۴۳- ۱۷۲۷ م.) موجب گسترش آن شد. البته

[1] Francis Bacon
[2] Boyle
[3] Newton

نیوتن به‌عنوان یک فیلسوف و دانشمند توجهِ چندانی به این نکته نداشت که اندیشه‌های او دارای سودمندی فوری باشد، اما باور متداول سدهٔ هجدهم مبنی بر امکان رسیدن به پیشرفت صنعتی از راه مشاهده و تجربه عمدتاً از افکار او ناشی می‌شود. در این دوره، فلسفهٔ طبیعی راه خود را از فلسفهٔ ماورای طبیعی جدا می‌کرد و اصل «تقسیم‌کار» موجب جدایی نظام‌های علمی فیزیک، شیمی، پزشکی، زمین‌شناسی و مانند آن از یکدیگر می‌شد. البته علوم هنوز آن‌قدر تخصصی نشده بود که راه خود را از زبان، اندیشه و عمل مردم عادی و عامی جدا کند. جیمز هوتن[1] (۱۷۲۶- ۱۷۹۷ م.)، زمین‌دار بزرگ اسکاتلندی، به‌منظور مطالعهٔ شیوه‌های جدید مزرعه‌داری و کشاورزی، به ساختمان خاک علاقه‌مند شد. اکتشافات متعدد او در این زمینه، که وی را به‌صورت مشهورترین زمین‌شناس دوران درآورد، تا حدی مرهون کار حفارانی است که برای کانال‌کشی انگلستان، زمین‌ها را می‌کندند و صخره‌ها را منفجر می‌کردند. فیزیک‌دان‌ها و شیمی‌دان‌هایی مانند فرانکلین[2] (۱۷۰۶- ۱۷۹۰ م.)، بلک[3] (۱۷۲۸- ۱۷۹۹ م.)، پریستلی[4] (۱۷۳۳- ۱۸۰۴ م.)، دالتون[5] (۱۷۶۶- ۱۸۴۴ م.) و دیوی[6] (۱۷۷۸- ۱۸۲۹ م.) با چهره‌های پیشروی صنعت انگلستان در تماس مستمر بودند. تردد میان کارگاه و آزمایشگاه زیاد بود و مردانی چون جیمز وات[7] (۱۷۳۶- ۱۸۱۹ م.)، جوسیا وجوود[8] (۱۷۳۰- ۱۷۹۵ م.)، ویلیامز رینودلز[9] (۱۷۵۸- ۱۸۰۳ م.) و جیمز کِر[10] (۱۷۳۵- ۱۸۲۰ م.) یک پایشان در کارگاه و پای دیگرشان در آزمایشگاه بود. نام مهندسان، آهن‌کاران، شیمیدان‌های صنعتی و ابزارسازان موجود در فهرست اعضای انجمن سلطنتی، ارتباط نزدیک علم و عمل را در آن دوره نشان می‌دهد. (اشتون، ۱۳۸۴)

مخترعان، طراحان، صنعت‌گران و کارفرمایان، که در عصر تحولاتِ پرشتاب، جدا کردن آن‌ها از یکدیگر آسان نیست، از تمام طبقات اجتماعی و از همهٔ نقاط جهان بودند.

---

[1] James Hutton
[2] Franklin
[3] Black
[4] Priestley
[5] Dalton
[6] Davy
[7] James Watt
[8] Josiah Wedgwood
[9] William Reynolds
[10] James Keir

اشرافی مانند کوک آو هولکم[1] (۱۷۵۴- ۱۸۴۲ م.) در سدهٔ هجدهم میلادی، در زمینهٔ کشاورزی مبتکر و پیشگام یک رشته پیشرفت‌ها و اصلاحات بودند. افراد دیگر مانند دوک آو بریجواتر[2] (۱۷۳۶- ۱۸۰۳ م.) و ارل گاور[3] (۱۶۹۴- ۱۷۵۴ م.) شکل‌های جدید حمل‌ونقل را ایجاد کردند و برخی نیز در صنایع شیمیایی و معدنی به ابداع و نوآوری پرداختند. روحانیونی مانند ادموند کارترایت[4] (۱۷۴۳- ۱۸۲۳ م.) و جوزف داوسن[5] (۱۷۱۳- ۱۷۸۴ م.) درصدد یافتن راه‌های کارآمدتر پارچه‌بافی و ذوب‌آهن برآمدند. پزشکانی مانند جان روباک[6] (۱۷۱۸- ۱۷۹۴ م.) و جیمز کِر پژوهش‌های شیمیایی را دنبال کردند. در دورهٔ انقلاب صنعتی، نفوذ فلسفهٔ خردگرا آن‌قدر شدید بود که پژوهشگران از موضوع‌های انسانی به علوم طبیعی روی آوردند. عده‌ای نیز از علوم طبیعی به فنّاوری تمایل پیدا کردند. وکلای دادگستری، کارکنان دستگاه‌های دولتی و افرادی دیگر دورنمای پیشرفت را در صنعت به‌مراتب امیدوارانه‌تر از شغل خود یافتند. (اشتون، ۱۳۸۴)

بدین ترتیب پیدایش نظام کارخانه‌ای در دورهٔ انقلاب صنعتی به یکی از مهم‌ترین عوامل واگرایی علم و فنّاوری تبدیل شد. منظور از نظام کارخانه‌داری، نظام تولیدی است که در سدهٔ هجدهم میلادی و در جریان انقلاب صنعتی، مبتنی بر حرفه‌ای‌گرایی و تقسیم‌کار و متمرکز بر صنایع بزرگ‌مقیاس به وجود آمد. نظام کارخانه‌ای جایگزین نظام تولیدی شد که در آن کارگران با استفاده از ابزارهای دستی و ماشین‌های ساده در خانه‌ها یا کارگاه‌های مجاور خانه‌هایشان به تولید کالاها مشغول بودند. به‌کارگیری نیروی آب و پس‌ازآن موتور بخار برای ماشینی‌کردن فرایندهایی مانند ریسندگی نخ و بافندگی پارچه در سدهٔ هجدهم میلادی در انگلستان، آغاز نظام کارخانه‌ای است. (Britannica, 2019) با ابداع جریان الکتریکی، توسعهٔ راه‌ها و حمل‌ونقل، کشف نفت و ابداع فرایند تولید انبوه که از اواسط سدهٔ نوزدهم تا اوایل سدهٔ بیستم میلادی محقق شد، نظام کارخانه‌ای به‌تدریج به سایر صنایع نیز نفوذ کرد. (Morison, 1966)

---

[1] Coke of Holkham
[2] Duke of Bridgewater
[3] Earl Gawer
[4] Edmund Cartwright
[5] Joseph Dawson
[6] John Roebuck

## رویکرد حرفه‌ای‌گری[1] در مقابل رویکرد ناحرفه‌ای‌گری[2]

رویکرد حرفه‌ای‌گری و تقسیم‌کار، رویکردی غالب به‌ویژه پس از سدهٔ هجدهم میلادی بوده است. وجود رویکرد حرفه‌ای‌گری در علم به‌تدریج موجب شاخه‌شاخه شدن علم و فنّاوری و روند واگرایانهٔ آن شده است. (Krishnan, 2009) اگرچه این رویکرد در میان اندیشمندان ایرانی- اسلامی سبقهٔ قدیم‌تری دارد، لیکن در دنیای غرب در سدهٔ هجدهم میلادی به‌تدریج رشد و نموّ یافت. فارابی در سدهٔ چهارم هجری قمری (سدهٔ دهم میلادی) بیان می‌کند انسان‌ها بر سرشت و طبیعتی خلق‌شده‌اند که محتاج به امور بسیاری هستند. انجام این امور از عهدهٔ یک شخص به‌تنهایی خارج است، بنابراین برای انجام آن به گروهی نیاز است که هر یک مسئولیت انجام أمری را بر عهده گیرد. (فارابی، ۱۳۶۱) ابن‌سینا در سدهٔ پنجم هجری قمری (سدهٔ یازدهم میلادی) باور دارد که خرد و عقل، آدمی را وامی‌دارد در یک جامعه، هر انسانی موظف به انجام کار معیّن و به دنبال تولید مشخص برود تا در این صورت همهٔ افراد بتوانند همهٔ نیازهای ضروری خود را تأمین کنند. (توانایان فرد، ۱۳۹۰) خواجه‌نصیرالدین طوسی نیز در سدهٔ هفتم هجری قمری (سدهٔ سیزدهم میلادی) معتقد بود انسان به‌تنهایی نمی‌تواند همه و یا بخش عمده‌ای از نیازهای خود را تأمین کند و بدون کمک افراد دیگر در جامعه تولید کند. هم‌چنین او تقسیم‌کار را به استعدادهای متفاوت افراد وابسته می‌داند. (توانایان فرد، ۱۳۹۰؛ الهامی، ۱۳۷۴) در غرب آدام اسمیت[3] در سدهٔ هجدهم میلادی در کتاب «ثروت ملل[4]» تقسیم‌کار را أمری ضروری بیان می‌کند که نتیجهٔ میلِ مشخصِ طبیعتِ انسان است که نمی‌خواهد گسترهٔ وسیع کار را به‌تنهایی بر عهده بگیرد. او برای تأیید ادعای خود حرفهٔ «سنجاق-سازی» را به هجده حرفهٔ تخصّصی تقسیم می‌کند و نشان می‌دهد که بدین ترتیب میزان تولید به‌مراتب افزایش می‌یابد. (اسمیت، ۱۳۵۷) امیل دورکیم[5] در سدهٔ نوزدهم میلادی در کتاب «دربارهٔ تقسیم‌کار اجتماعی[6]» بیان می‌کند که تقسیم‌کار علاوه بر پیامدهای اقتصادی دارای پیامدهای اجتماعی و اخلاقی نیز هست. او مدعی است که پیامدهای

---

[1] professionalization
[2] deprofessionalization
[3] Adam Smith
[4] The Wealth of Nations
[5] Emile Durkheim
[6] The Division of Labour in Society

اقتصادی تقسیم‌کار در مقایسه با پیامدهای اخلاقی آن ناچیز است و نقش واقعی تقسیم‌کار، ایجاد حس همبستگی میان دو یا چند نفر است. (دورکیم، ۱۳۸۴) بدین ترتیب همان‌گونه که ملاحظه می‌شود رویکرد غالب تا اواسط سدهٔ بیستم میلادی، حرفه‌ای‌گری و تقسیم‌کار است.

در اواسط سدهٔ بیستم میلادی با ظهور رویکرد ناحرفه‌ای‌گری در مقابل رویکرد حرفه‌ای‌گری، این روندِ واگرا به روندی همگرا تغییر یافت. (Krishnan, 2009) در این دوره به‌منظور درک پیچیدگی‌های ذاتی طبیعت و جامعه، پاسخگویی به نیازهای معرفتی بشر، ضرورت رفع نیازها و مسائل اجتماع و نیاز به ایجاد بینش‌های انقلابی و خلّاق در علوم، به‌تدریج علوم و فنّاوری‌های میان‌رشته‌ای گسترش یافتند. (Stein, 2008) حوزه‌های میان‌رشته‌ای نخستین جریان جدی در همگرایی علم و فنّاوری است. خاستگاه مطالعات میان‌رشته‌ای صرف‌نظر از مجادلات نظری و فلسفی علمی و معرفت‌شناسی، در واقعیات عینی هم‌ریشه دارد. اولاً مواجههٔ دانشمندان با تعدادی از واقعیات عینی، الهام‌بخش ایشان برای توجه به چنین مطالعاتی بوده است. ثانیاً ناکامی آنان در حل معضلات پیچیده، به‌ناچار آنان را به‌سوی تعاملات رشته‌ای سوق داده است. (برزگر، ۱۳۸۷) هم‌چنین در اوایل سدهٔ بیست و یکم علوم و فنّاوری‌های نوپدید شامل پنج حوزهٔ فنّاوری نانو، فنّاوری زیستی، فنّاوری اطلاعات، فنّاوری شناختی و فنّاوری اجتماعی (NSF, 2002) دومین جریان همگرایی را در علم و فنّاوری تشکیل داد.

تقریباً هم‌زمان با این دو جریان، در اواخر سدهٔ بیستم، جامعه‌شناسان، کاهش تمایل به حرفه‌ای‌گری و افزایش تمایل به ناحرفه‌ای‌گری را در جوامع مشاهده کردند. (Krishnan, 2009) حرفه‌ای‌گری موجب کاهش تعامل بین دانشمندان و اندیشمندان حوزه‌های گوناگون علم و فنّاوری می‌شود. در همان حال که دانشجویان و متخصّصان، بیشتر در تخصّص خود مهارت می‌یابند، کمتر می‌توانند ارتباطات مؤثری با دانشجویان و متخصّصان دیگر حوزه‌ها برقرار کنند و بدین ترتیب فقدان افراد دارای مهارت و تفکّر جامع‌نگر موجب ناتوانی در حل مشکلات اساسی جامعه می‌شود. (فولر، ۱۳۸۵) لذا آن‌گونه که ملاحظه می‌شود حضور پررنگ رویکرد حرفه‌ای‌گری و تقسیم‌کار در جوامع نیز موجب سیر واگرایانهٔ علم و فنّاوری گردید.

**تفکّر تحلیلی (تجزیه‌مدار) در مقابل تفکّر نظام‌مند**

از نظر فلسفی می‌توان حاکم بودن تفکّر تحلیلی[1] تا اواسط سدهٔ بیستم میلادی را موجب شکل‌گیری جریان واگرایانهٔ علم و فنّاوری دانست. پس از ظهور تفکّر نظام‌مند[2] در اواسط سدهٔ بیستم میلادی، به‌تدریج جریان‌های همگرایانهٔ علم و فنّاوری به‌ویژه دو جریان میان‌رشته‌ای[3] و علوم و فنّاوری‌های نوپدید[4] شکل گرفت.

در بررسی تاریخی شیوه‌های نگرش به پدیده‌ها و روش‌شناسی علم می‌توان به دو رویکرد اصلی اشاره کرد: نخست تفکّر تحلیلی که در نظریات فلاسفهٔ یونان و برخی کشورهای شرقی ریشه داشته و تا اوایل سدهٔ بیستم شیوهٔ تفکّر غالب بود (گلابی، ۱۳۶۹) و دوم تفکّر نظام‌مند که ظهور آن را می‌توان از زمان جنگ جهانی دوم به بعد مشاهده کرد. (شفریتز و بوریک، ۱۳۹۰)

در تفکّر تحلیلی، هر پدیده به اجزای مختلفِ خود تقسیم و به‌صورت جداگانه بررسی می‌شود و این شیوه تنها روش مطلوب برای درک و شناخت پدیده‌ها دانسته می‌شود. (گلابی، ۱۳۶۹) بدین ترتیب که ابتدا پدیده‌ای که قرار است موردبررسی قرار گیرد به اجزایش تقسیم می‌شود و سپس تلاش می‌شود تا رفتار هر جزء آن به‌صورت مجزا شناسایی شود. سرانجام درک حاصل از این اجزا تجمیع می‌شود تا درکی از کل موضوع حاصل شود. (رنجبری و مشرفی، ۱۳۸۱) تفکّر تحلیلی به‌رغم کاستی‌هایش، در گسترش دامنهٔ علوم در جامعهٔ بشری نقش مثبتی ایفا کرده است، لیکن ضعف اصلی تفکّر تحلیلی، ناتوانی تحلیل پدیده‌های پیچیدهٔ جوامع انسانی است. بنابراین ضرورت اتخاذ شیوهٔ جدیدی از تفکّر آشکار شد. (گلابی، ۱۳۶۹)

در تفکّر نظام‌مند، به‌کل پدیده نگریسته می‌شود. توجه به کل یا کل‌گرایی به‌جای توجه به اجزای یک پدیده، ویژگی اصلی تفکّر نظام‌مند است. (هیچینز، ۱۳۷۶؛ فرشاد، ۱۳۶۲) تفکّر نظام‌مند با پرداختن به جوانب یک مفهوم در یک یا چند رشته، موجب وضوح پیچیدگی‌های آن مفهوم می‌شود. در تفکّر نظام‌مند، ماهیت روابط اجزای یک پدیده بررسی می‌شود، هر مورد بر حسب شرایط محیطی بیان می‌شود، کل فراتر از

---

[1] analytic thinking
[2] systemic thinking
[3] interdisciplinary
[4] convergent science and technologies (NBICS)

مجموع اجزای آن دانسته می‌شود، روشِ تحلیل امور دارای نظم و قاعده است، هر مورد با توجه به ارتباط آن با هدف سنجیده می‌شود، در بررسی هر مورد به آیندهٔ آن توجه می‌شود و بازگشت‌ناپذیری زمان، رعایت مکان و ارتباط مستمر با محیط موردتوجه قرار می‌گیرد. (خسروپناه و یزدانی‌فر، ۱۳۹۵)

چنین به نظر می‌رسد که تفکّر تحلیلی با غلبه بر شیوهٔ اندیشیدن دانشمندان، به‌تدریج روند واگرایانه را در علم و فنّاوری موجب شد. بدین ترتیب که نخست در طی چندین سده علومی مانند ریاضیات، مکانیک، فیزیک، شیمی و جامعه‌شناسی از فلسفه جدا گردید و سپس با شکل‌گیری ایدهٔ رشته‌های دانشگاهی در سدهٔ نوزدهم میلادی ده‌ها و صدها رشتهٔ دانشگاهی که هر کدام نمایندهٔ یک حوزهٔ علمی و فنّاورانه هستند، از یکدیگر تفکیک شدند و بدین طریق واگراییِ گسترده‌ای در علم و فنّاوری ایجاد شد. این روند تا اواسط سدهٔ بیستم میلادی و ظهور تفکّر نظام‌مند ادامه یافت. با پدید آمدن تفکّر نظام‌مند، دو جریانِ همگرایی در علم و فنّاوری رخ نمود. نخست در دههٔ ۱۹۴۰ میلادی جریان میان‌رشته‌ای (Klein, 1996) و دوم در اواخر سدهٔ بیستم میلادی جریان علوم و فنّاوری‌های نوپدید (NSF, 2002) شکل گرفت. این دو جریان، سرآغازی برای همگرایی علم و فنّاوری شدند.

## ۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله با بررسی فرهنگی- تاریخی تحوّلات علم و فنّاوری در جوامع تلاش شد نشان داده شود که سیر تحوّلات علم و فنّاوری از قریب به سه سده قبل از میلاد تا اواسط سدهٔ بیستم میلادی، روندی واگرایانه دارد. این روند واگرایانه به‌ویژه پس از سدهٔ هجدهم میلادی، سرعت و شدت بیش‌تری می‌یابد. سه عامل اساسی را می‌توان در این سیر واگرا مؤثر دانست: نخست، پیدایش انقلاب صنعتی در اروپا و به‌ویژه انگلستان است که با ظهور نظام کارخانه‌ای موجب تفکیک شاخه‌های علمی و فنّاورانه شد، دوم، رویکرد تخصّص-گرایی و تقسیم‌کار است که انسان را متمایل به جزئی کردن و تخصّصی کردنِ کارها می‌داند و سوم، تفکّر تحلیلی تجزیه‌مدار است که معرفت نسبت به پدیده‌ها را مستلزم معرفت نسبت به اجزای آن و معرفتِ کلّی را برابر با مجموع معرفتِ اجزا می‌داند. وجود این سه عامل به‌تدریج موجب تفکیک علوم از یکدیگر شد. به‌ویژه در سدهٔ نوزدهم و بیستم

میلادی با ظهور مفهوم رشته‌های دانشگاهی منجر به شاخه‌شاخه شدن علم و فنّاوری شد.

در اواسط سدهٔ بیستم، ظهور جریان میان‌رشته‌ای به‌منظور پاسخ به کاستی‌های معرفتی و مسائل اجتماعی و هم‌چنین در اوایل سدهٔ بیست و یکم آغاز جریان علوم و فنّاوری‌های نوپدید با هدف همگرایی پنج حوزهٔ فنّاوری نانو، فنّاوری زیستی، فنّاوری اطلاعات، علوم شناختی و فنّاوری اجتماعی، دو جریانی است که نشانه‌های همگرایی علم و فنّاوری را می‌نماید. هم‌زمان با این تحوّلات، تغییر تفکّر تحلیلی تجزیه‌مدار به تفکّر نظام‌مند و نیز جایگزینی رویکرد تخصّص‌گرایی و تقسیم‌کار با رویکرد کلّی‌گرایی، پیامدهای تأثیرگذار بر همگرایی علم و فنّاوری داشته است.

چنین به نظر می‌رسد تلاش به‌منظور افزایش معرفت علمی و فنّاورانه، اندیشمندان و دانشمندان را به سمت تقسیم‌کار و حرفه‌ای‌گری متمایل کرد. اگرچه تحولات اقتصادی و اجتماعی به‌ویژه انقلاب صنعتی نیز در این میان تأثیرگذار بوده است. پیامد این رویدادها، واگرایی علم و فنّاوری و پررنگ شدن مرز بین علوم و فنّاوری‌های مختلف شد. این واگرایی آن‌قدر گسترده شد که اندیشمندان و دانشمندان را در رسیدن به هدفشان که همانا کسب معرفت علمی و فنّاورانه بود، ناکام گذاشت. بنابراین به‌تدریج رویکردهای همگرا مانند میان‌رشته‌ای‌ها و علوم و فنّاوری‌های نوپدید، برای رفع این نقیصه ظهور کردند. بدین ترتیب بر اساس آنچه در این پژوهش تبیین شد، می‌توان تفاوت‌های سیر واگرایانه و همگرایانهٔ علم و فنّاوری را مطابق جدول ۳ بیان کرد.

**جدول ۳. تفاوت‌های سیر واگرایانه و همگرایانهٔ علم و فنّاوری**

| ردیف | شاخص | همگرایی علم و فنّاوری | واگرایی علم و فنّاوری | منبع |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | **تعریف** | ناپدید شدن و کم‌رنگ شدن مرز بین علوم و فنّاوری‌ها و به‌نوعی ترکیب آن‌ها با یکدیگر | نمایان شدن و پررنگ شدن مرز بین علوم و فنّاوری‌ها و به‌نوعی تفکیک و تمایز آن‌ها از یکدیگر | Jeong and Koo (2016) |
| ۲ | **مزایا** | - بهینه‌سازی فعالیت‌های علوم و فنّاوری‌ها از طریق جلب همکاری‌های تخصصی<br>- عبور از مرزهای تک‌رشته‌ای و تخصصی<br>- غلبه بر محدودیت‌های جزم- | - هنجارهای تخصصی نهادینه- شده در هر رشته<br>- ساختارهای مشخص دانشگاهی<br>- سازوکارهای شناسایی و اعتباریابی در هر رشته | Perz et al. (2010) |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | اندیشی و جزءگرایی<br>– نیل به کلیت و یکپارچگی و رفع مسائل متنوع و یکپارچه<br>– گسترش کران دانش بشر و تعمیم آن | | |
| ۳ | **معایب** | – ابهامات روش‌شناختی<br>– در خطر افتادن ضوابط خلق معرفت علمی و فنّاورانهٔ موجه<br>– آسیب‌پذیر شدن اعتبار علمی فعالیت | – پهنهٔ ناکافی برای هدف‌گیری و حل مسائل متنوع موجود<br>– توازی فعالیت‌های معرفتی در شاخه‌های گوناگون علوم و فنّاوری‌ها<br>– مشکل ترکیب علوم و فنّاوری‌ها. | Perz et al. (2010) |
| ٤ | **مبانی فلسفی تفکر** | تفکر نظام‌مند | تفکر تحلیلی (تجزیه‌مدار) | یافته‌های این پژوهش |
| ٥ | **علل پیدایش** | تلاش برای حل مسائل پیچیده که با رویکرد واگرا قابل‌حل نبود. | – توسعهٔ گسترهٔ علوم و فنّاوری‌ها و ضرورت تقسیم وظایف<br>– انقلاب صنعتی و پیدایش نظام کارخانه‌ای. | یافته‌های این پژوهش |
| ٦ | **رویکرد** | رویکرد ناحرفه‌ای‌گری | رویکرد حرفه‌ای‌گری | یافته‌های این پژوهش |
| ۷ | **پیامدها** | – میان رشته‌ای‌ها<br>– علوم و فنّاوری‌های نوپدید. | – تفکیک و شاخه‌شاخه شدن علوم و فنّاوری‌ها به‌ویژه رشته‌های دانشگاهی | یافته‌های این پژوهش |
| ۸ | **بازهٔ زمانی غالب** | از اواسط سدهٔ بیستم میلادی تاکنون | از ابتدا تا اواسط سدهٔ بیستم میلادی | یافته‌های این پژوهش |

**بدین ترتیب این پژوهش دو پیام، یکی برای پژوهشگران و دیگری برای سیاست‌گذاران، به دنبال دارد: نخست اینکه پژوهشگران علم و فنّاوری با انجام پژوهش‌های**

میدانی باید مرز نسبتاً مشخصی را به‌عنوان حدِّ مطلوب واگرایی و همگرایی تعریف کنند. بدین معنی که معرفت علمی و معرفت فنّاورانه تا چه میزان می‌توانند جزئی شوند، بدون اینکه در فهم کلیت ناکام بمانند؟ طبعاً پاسخ به این پرسش مستلزم پژوهش‌های مختلف در بافتارهای گوناگون است. دوم اینکه سیاست‌گذاران و مدیران علم و فنّاوری باید در سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌های مربوطه، با توجه به مطالب پیش‌گفته، حد تعادل را در تفکیک و ترکیب حوزه‌های گوناگون علمی و فنّاورانه در نظر بگیرند. این موضوع در گسترش نوع دانشگاه‌ها (عمومی یا تخصصی)، تأسیس رشته‌های دانشگاهی (گسترش تک‌رشته‌ای‌ها یا میان رشته‌ای‌ها)، مجلات و مقالات پژوهشی (تک‌رشته‌ای‌ها یا میان رشته‌ای‌ها)، طرح‌ها و همکاری‌های پژوهشی (تیم‌های چند رشته‌ای یا تک‌رشته‌ای) و سایر برنامه‌ریزی‌ها دلالت‌های قابل‌توجهی دارد.

## منابع


- آدمیت، فریدون (۱۳۹۰)، تاریخ فکر: از سومر تا یونان و روم، تهران، روشنگران و مطالعات زنان.
- اسمیت، آدام (۱۳۵۷)، ثروت ملل، ترجمهٔ سیروس ابراهیم‌زاده، تهران، انتشارات پیام.
- اشتون، توماس ساوتکلیف (۱۳۸۴)، انقلاب صنعتی، ترجمهٔ احمد تدین، تهران، شرکت انتشارات علمی و فرهنگی.
- اکاشا، سمیر (۱۳۸۷)، فلسفهٔ علم، ترجمهٔ هومن پناهنده، تهران، انتشارات فرهنگ معاصر.
- الهامی، داود (۱۳۷۴)، تقسیم کار، درس‌هایی از مکتب اسلامی، ۳۵(۱۰): ۳۵-۴۲.
- بحرانی، مرتضی (۱۳۹۲)، رشته، میان رشته و تقسیم‌بندی علوم، مطالعات میان-رشته‌ای در علوم انسانی، ۵ (۲): ۳۷- ۵۹.
- برزگر، ابراهیم (۱۳۸۷)، تاریخچه، چیستی و فلسفهٔ پیدایی علوم میان‌رشته‌ای، مطالعات میان‌رشته‌ای در علوم انسانی، ۱(۱): ۳۷- ۵۶.
- پایا، علی (۱۳۹۴)، فقیه به‌منزلهٔ یک مهندس: یک ارزیابی نقّادانه از جایگاه معرفت‌شناسانهٔ فقه، مطالعات معرفتی در دانشگاه اسلامی، ۱۹(۲)، ۶۳: ۱۷۳- ۱۹۸.
- توانایان فرد، حسن (۱۳۹۰)، تاریخ اندیشه‌های اقتصادی در جهان اسلام، تهران، مؤلف.
- ثقه‌الاسلامی، علیرضا (۱۳۸۹)، آیا تاریخ مهندسی به فلسفهٔ مهندسی نیاز دارد؟، پژوهش‌های فلسفی، ۱۷، ۱۲۳- ۹۷.
- خسروپناه، عبدالحسین، یزدانی‌فر، صالحه (۱۳۹۵)، نظام مدیریتی فقه و فرآیند سیاست‌گذاری و طرح‌ریزی، فرهنگ، ۳۶: ۷-۴۱.
- دلاور، علی (۱۳۸۷)، روش تحقیق در روان‌شناسی و علوم تربیتی، تهران، نشر ویرایش.
- دورکیم، امیل (۱۳۸۴)، تقسیم کار، ترجمهٔ باقر پرهام، تهران، نشر مرکز.
- رنجبری، بهراد، مشرفی، رسام (۱۳۸۱)، تفکّر سیستمی و سیستم‌های متفکّر، ماهنامهٔ تدبیر، ۱۳۰.
- زارع، مهدی (۱۳۹۰)، علم، فنّاوری و جامعه: مقدمه‌ای بر ارتباط علمی، تهران،

میرماه.

- زارعیان، عباس (۱۳۹۷)، علم، فنّاوری و جامعه: رویکرد جامعه‌شناختی، تهران، آموزشی تألیفی ارشدان.

- سرمد، زهره، بازرگان، عباس، حجازی، الهه (۱۳۸۸)، روش‌های تحقیق در علوم رفتاری، تهران، مؤسسهٔ نشر آگه.

- شاله، اف (۱۳۵۵)، شناخت روش علوم یا فلسفهٔ علمی، ترجمه‌ی یحیی مهدوی، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.

- شفریتز، جی. ام.، بوریک، پی. سی (۱۳۹۰)، سیاست‌گذاری عمومی در ایالات‌متحده امریکا، ترجمهٔ حمیدرضا ملک محمدی، تهران، انتشارات دانشگاه امام صادق (ع).

- فارابی، ابونصر (۱۳۶۱)، اندیشه‌های اهل مدینهٔ فاضله، ترجمهٔ سید جعفر سجادی، تهران، انتشارات طهوری.

- فاضلی، نعمت‌الله (۱۳۹۲)، رشته‌های دانشگاهی: کارکردها، کژکارکردها و تحولات، مطالعات میان‌رشته‌ای در علوم انسانی، ۶(۱): ۱-۳۰.

- فرشاد، مهدی (۱۳۹۵)، تاریخ علم در ایران، تهران، میرماه.

- فرشاد، مهدی (۱۳۶۲)، نگرش سیستمی، تهران، انتشارات امیرکبیر.

- فولر، آر.بی.ام (۱۳۸۵)، پیامدهای تخصّص‌گرایی و تقسیم‌کار، سیاحت غرب، ۳۳، ۴۵-۴۹.

- قانعی‌راد، محمدامین، ملکی، امیر، محمدی، زهرا (۱۳۹۲)، تحول فرهنگی در علم: از علم دانشگاهی تا علم پسادانشگاهی، تحقیقات فرهنگی ایران، ۶(۴)، ۳۱-۵۹.

- قراملکی، احد فرامرز (۱۳۸۳)، اصول و فنون پژوهش در گسترهٔ دین‌پژوهی، قم، انتشارات مرکز مدیریت حوزهٔ علمیهٔ قم.

- گلابی، سیاوش (۱۳۶۹)، توسعهٔ منابع انسانی ایران، جامعه‌شناسی توسعهٔ ایران، تهران، فردوس.

- مصباح یزدی، محمدتقی (۱۳۹۴)، آموزش فلسفه، جلد اول، قم، انتشارات مؤسسهٔ آموزشی و پژوهشی امام خمینی (قدس سرّه).

- هیچینز، د.کی (۱۳۷۶)، کاربرد اندیشهٔ سیستمی، ترجمهٔ رشید اصلانی، تهران،

انتشارات مرکز آموزش مدیریت دولتی.
-ABET, (2015). Online available at: http://main.abet.org/aps/accreditedprogramsearch.aspx.
Bordeaux, (2019). Online available at: http://www.bordeaux.fr/.
-Bridgstock, M., Burch, D., Forge, J., Laurent, J., Lowe, I. (2010). Science, technology and society: An introduction, Cambrige: Cambridge University Press.
-Britannica. (2019). Online Encyclopedia.
-Chalmers, A.F. (1982). What is this thing called science? An assessment of the nature and status of science and its methods, 2nd ed.
-Cookson, M. (2009). Academic Disciplines and Fields of Study.
-Durant, W., Durant, A. (1935). The story of civilization, USA: Simon & Schuster.
-Gonzalez, W.J. (2005). Science, technology and society: A philosophical perspective, Netbiblo.
-Griggs, E.F.Jr. (1997). Amos Eaton was Right!, Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice, 123 (1): 30-34.
-Huart, C. (1927). Ancient Persia and Iranian civilization, London.
-Itoh, S., Kano, S. (2019). Technology forecasting for medical devices guidance formulation: A case study in Japan. Theraoeutic innovation & regulatory science. 53(4): 481-489.
-Jeong, D-h., Koo, Y. (2016). Analysis of trend and convergence for science and technology using the VOSviewer, International Journal of Contents, 12(3): 54-58.
-Klein, J.T. (1996). Crossing boundaries: Knowledge, disciplinarities, and interdisciplinarities, Charlottesville: University Press of Virginia.
-Kleinman, D.L., Moore, K. (2014). Routledge handbook of science, technolog and society, Abingdon: Routledge.
-Krishnan, A. (2009). What are Academic Disciplines? Some observations on the Disciplinarity vs. Interdisciplinirarity debate, ESRC Centre for Research Methods, University of Southampton.
-Kryukov, V.A., Suslov, V.I., Baranov, A.O., Blam, Yu.Sh., Zabolotskii, A.A., Kravchenko, N.A., Sokolov, A.V., Suslov, N.I., Untura, G.A., Churashev, V.N. (2019). Russia 2030: Science and technology foresight: Revisiting the draft. Studies on Russian economic development. 30: 261-267.
-Kumar, D.D., Chubin, D.E. (2000). Science, technology and society: Education a sourcebook on research and practice.
-Lakatos, I. Musgrave, A. (1974). Criticism and the growth of knowledge, Cambridge: Cambridge university press.
-Legge, D., Stanton, P., Smyth, A. (2006). Learning management (and managing your own learning), In Harris, Mary G. Managing Health Services: Concepts and Practice. Marrickville, NSW: Elsevier Australia.

-Mandler, G. (2006). A History of Modern Experimental Psychology: From James and Wundt to Cognitive Science, MIT Press.

-Mansouri, R. (2013). The history of science in Iran from a physicist`s perspective, in Science and Innovation in Iran: Development, Progress and Challenges, Soofi, A.S., Ghazinoory, S., (eds), Springer.

-Moody, E.A. (1951). Galileo and Avempace: The Dynamics of the Leaning Tower Experiment (I), Journal of the History of Ideas, 12 (2): 163– 193.

-Morison, E.E. (1966). Men, Machines and Modern Times. Cambridga: The MIT Press.

-Nebeker, F. (1994). The evolution of Electrical Engineering: A Personal Perspective, IEEE Press.

-NSF. (2002). DOC-sponsored report, Converging Technologies for Improving Human Performance Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science, Edited by Mihail C. Roco and William Sims Bainbridge, National Science Foundation.

-Oxford. (2019). Online Encyclopedia.

-Popper, K.R. (1968). The logic of scientific discovery, London: Hutchinson.

-Russell, B. (1912). Problems of philosophy, Oxford: Oxford university press.

-Smart, J.J.C. (1968). Between science and philosophy, New York: Random house.

-Stein, Z. (2008). Exercising Quality Control in Interdisciplinary Education: Toward an Epistemologically Responsible Approach, Journal of Philosophy of Education, 42(3-4): 401- 414.

Stichweh, R. (2001). History of Scientific Disciplines. In N.J. Smelser & P.B. Baltes (eds.). International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences. Oxford: Elsevier Science: 13727-13731.

The Columbia Encyclopedia. (2007). Sixth Edition, Engineering.

UNCTAD. (2011). A Framework for Science, Technology and Innovation Policy Reviews: Helping Countries Leverage Knowledge and Innovation for Development.

Woodford, C. (2019). Technology timeline.

Yadav, M.S., Lakshmi, T.K.S. (1995). Education: its disciplinary identity, Journal of Indian Education: 1-21.

Zandin, K., Maynard, H. (2001). Maynard`s Industrial Engineering Handbook, 5th edition, McGraw-Hill Standard Handbooks.