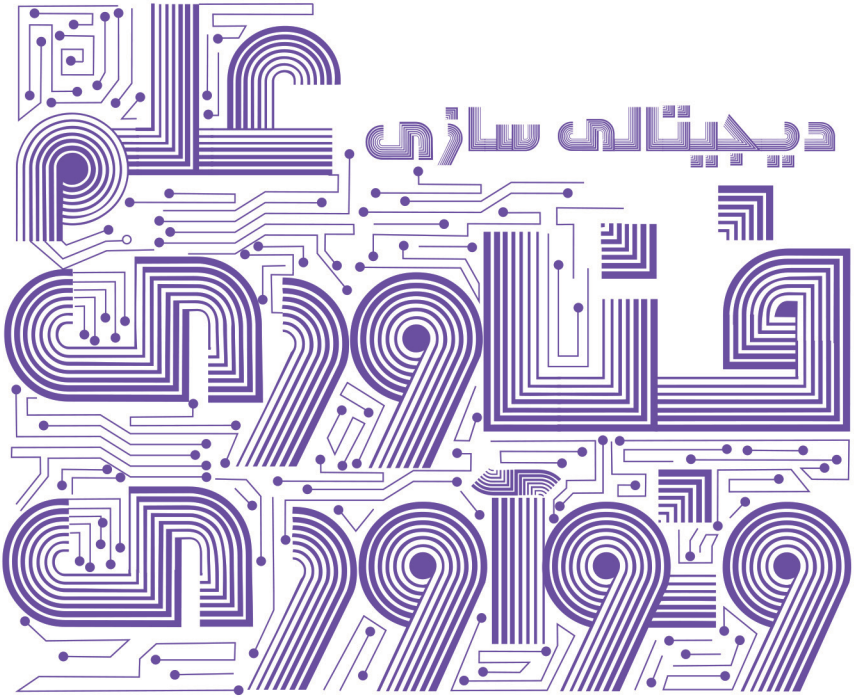


پیشرفت‌ها و سیاست‌های کلیدی

مترجمین: مهدی محمدی، امیرشریفیان، یوسف کاکاوندی

بسمه تعالی

دیجیتالی سازی

دیجیتالی‌سازی علم، فناوری و نوآوری

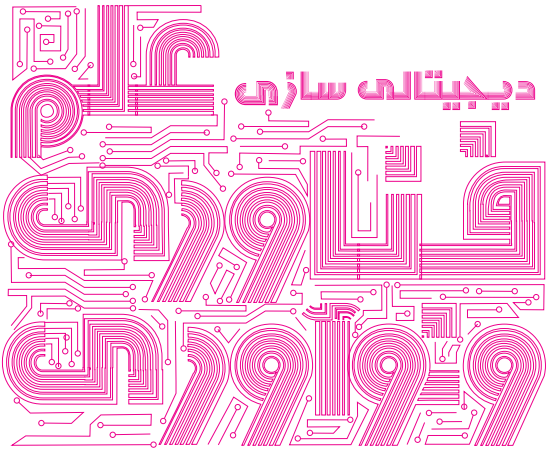
مترجمین: مهدی محمدی، امیرشریفیان، یوسف کاکاوندی
شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۶۹۰۵-۴۹-۷
ناشر: دانش‌بنیان فناور
مدیرهنری: آنه دهقان
نوبت چاپ: اول زمستان ۱۳۹۹
تیراژ: ۵۰۰ جلد
نشانی: تهران خیابان ملاصدرا، خیابان شیخ بهایی شمالی، کوچه لادن، پلاک ۲۰

عنوان و نام پدیدآور: دیجیتالی‌سازی علم، فناوری و نوآوری: پیشرفت‌ها و سیاست‌های کلیدی / [کمیته سیاست‌های علم و فناوری]؛ مترجمین مهدی محمدی، امیر شریفیان، یوسف کاکاوندی؛ [برای] اقتصاد دیجیتال و هوشمندسازی، ستاد فرهنگ‌سازی اقتصاد دانش‌بنیان و توسعه صنایع نرم و خلاق. /مشخصات نشر: تهران: ریاست جمهوری، معاونت علمی و فناوری، مرکز ارتباطات و اطلاع‌رسانی، دانش‌بنیان فناور، ۱۴۰۰ /مشخصات ظاهری: ۳۲۵ ص.: مصور، جدول، نمودار؛ ۵/۱۴ × ۵/۲۱ س‌م. /شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۶۹۰۵-۴۹-۷ /وضعیت فهرست نویسی: فیپا /یادداشت: عنوان اصلی: The digitalization of science, technology and innovation : key developments and policies. /یادداشت: کتابنامه. /موضوع: علوم -- نوآوری /موضوع: -- Science Technological innovations /موضوع: سیاست علمی /موضوع: Science and state /موضوع: نوآوری /موضوع: Technological innovations /موضوع: تکنولوژی و دولت /موضوع: Technology and state /موضوع: محمدی، مهدی، ۱۳۵۸مهر- / شناسه افزوده: کاکاوندی، یوسف، ۱۳۶۴-، مترجم /شناسه افزوده: شریفیان، امیر، ۱۳۶۹ -، مترجم /شناسه افزوده: سازمان همکاری و توسعه اقتصادی. کمیته سیاست‌های علم و فناوری /شناسه افزوده: Organisation for Economic Co-operation and Development. Committee for Scientific and Technological Policy /شناسه افزوده: ایران. ریاست جمهوری. ستاد توسعه فناوری‌های اقتصاد دیجیتال و هوشمندسازی / شناسه افزوده: ایران. ریاست جمهوری. ستاد فرهنگ‌سازی اقتصاد دانش بنیان و توسعه صنایع نرم و خلاق / شناسه افزوده: ایران. ریاست جمهوری. معاونت علمی و فناوری. انتشارات دانش بنیان فناور /شناسه افزوده: Q۱۷۵/۳۲: رده بندی کنگره: ۵۰۰ /رده بندی دیویی: ۷۶۲۶۶۴۹ /شماره کتابشناسی ملی: فیپا / اطلاعات رکورد کتابشناسی:

ستاد توسعه فرهنگ علم، فناوری و اقتصاد دانش بنیان
معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری

سایرتگ
مرکز رصد و تحلیل اقتصاد دیجیتال

ستاد اقتصاد دیجیتال و هوشمندسازی



دیجیتالی سازی علم، فناوری و نوآوری

مترجمین: مهدی محمدی، امیرشریفیان، یوسف کاکاوندی

پیش‌گفتار ۱۵
خلاصه ۱۷
دیجیتالی شدن و علوم ۱۷
درک پتانسیل کشف نشده فناوری دیجیتال در سیاست ۱۸
دیجیالی شدن و نوآوری در بنگاه‌ها ۱۸
توسعه مهارت‌های دیجیتالی ۱۹
تعهد به تحقیقات بخش دولتی ۱۹
ایجاد تخصص در دولت ۲۰
فصل ۱ نگاهی کلی به سیاست‌ها و پیشرفت‌های کلیدی ۲۱
مقدمه ۲۲
چرا دیجیتالی شدن اهمیت دارد؟ ۲۳
زمینه گسترده‌تری که علم، فناوری و نوآوری در آن درحال دیجیتالی شدن هستند ۲۶
سنجش دیجیتالی‌سازی علم و فناوری ۲۸
دیجیتالی شدن، علم و سیاست علم ۳۰
دسترسی به اطلاعات علمی ۳۱
بهبود دسترسی به داده‌های پژوهشی ۳۳
گسترش تعامل با علم ۳۴
هوش مصنوعی برای علم ۳۵
دیجیتالی شدن و نوآوری در شرکت‌ها ۳۹
آیا سیاست نوآوری برای عصر دیجیتال نیازمند تعدیل است؟ ۴۱
دیجیتالی شدن و انقلاب تولیدی بعدی ۴۴
هوش مصنوعی در تولید ۴۴
مواد جدید و فناوری نانو ۴۵
سیستم‌های آموزشی و تحصیلی باید از اطلاعات همه شرکای اجتماعی بهره جویند. ۴۷
تسهیل انتشار فناوری‌ها و ابزار دیجیتال ۵۰
فناوری‌های جدید دیجیتال می‌توانند انتشار را دشوارتر کنند ۵۱

تعهد به تحقیقات بخش دولتی ۵۵
تحقیقات بین رشته‌ای ۵۵
مشارکت‌های تحقیقاتی دولتی - خصوصی ۵۶
پاسخ به پایان قانون مور ۵۷
پیشرفت در توسعه محاسبات، ارتباطات و اطلاعات کوانتومی ۵۷
ایجاد هوش مصنوعی با توانایی بیشتر ۵۸

توسعه ظرفیت‌های ویژه بخشی و فناوری در دولت ۵۹

اطمینان از دسترسی به زیرساخت‌های مکمل ۶۱

ارتقای امنیت دیجیتال ۶۲

بررسی سیستم‌های مالکیت معنوی با توجه به دیجیتالی شدن ۶۳
۱. اطمینان از تعامل متقابل در سیستم‌های DSIP ۶۶
۲. استفاده از سیستم‌های DSIP برای ارزیابی تحقیقات ۶۶
۳. نقش‌های بخش تجاری در DSIP ۶۶
دورنمای سیستم‌های DSIP ۶۷

دیجیتالی شدن در علم و نوآوری: «جنبه‌های تاریک» احتمالی ۶۸
اثرات توزیعی و دیجیتالی شدن علوم، فناوری و نوآوری ۶۸
سیستم‌های پیچیده و اکولوژی ماشینی غیرقابل مدیریت ۷۰
اثرات منفی دیجیتالی شدن بر علم ۷۱
خطرات گسترده‌تر مربوط به فناوری دیجیتال ۷۲

پتانسیل استفاده نشده فناوری دیجیتال برای سیاست علوم، فناوری و نوآوری ۷۳
بازارهای پیش‌بینی برای سیاست علوم فناوری و نوآوری ۷۴
بلاک‌چین برای علم، فناوری و نوآوری ۷۶
استفاده از رسانه‌های اجتماعی برای گسترش نوآوری ۷۹

نتیجه‌گیری ۷۹

فصل ۲ علم، فناوری و نوآوری چگونه دیجیتالی می‌شوند؟ شواهد آماری ۸۷

مقدمه ۸۸

علم در حال دیجیتالی شدن ۹۰
تحقیقات علمی در مورد فناوری‌های دیجیتال ۹۰
تحقیقات علمی و هوش مصنوعی ۹۲

نظام علمی و سهم آن در توسعه مهارت‌های دیجیتال ۱۰۱
توانمندسازی تحقیقات علمی توسط فناوری دیجیتال ۱۰۷
نگاه به آینده: دیدگاه دانشمندان در مورد دیجیتالی شدن و تأثیرات آن ۱۱۷

فناوری و نوآوری در حال دیجیتالی شدن ۱۲۰
تحقیق و توسعه در صنایع ICT و تحقیق و توسعه مبتنی بر ICT ۱۲۰
استفاده از فناوری دیجیتال در کسب و کار و پیوند میان دیجیتالی شدن و نوآوری ۱۲۳

نتیجه‌گیری ۱۲۸
دیجیتالی شدن در همه‌جای علم، فناوری و نوآوری وجود دارد، اما با عمق و چشم‌انداز متفاوت ۱۲۸
دیجیتالی شدن یک «تغییردهنده بازی» برای سنجش و تحلیل STI است. ۱۳۱

فصل ۳ فناوری دیجیتال، تغییر نحوه عملی نمودن علم و تاثیرات آن روی سیاست ۱۴۱

مقدمه ۱۴۲

دسترسی به اطلاعات علمی ۱۴۳

دسترسی بهتر به داده تحقیقاتی ۱۴۸
مدل‌های کسب و کار برای ذخیره‌سازی داده ۱۴۹
موانع اعتمادی و فراملی ۱۵۰
حریم داده و اصول اخلاقی ۱۵۴

مشارکت گسترده‌تر در علم ۱۵۶

ارتقا و هدایت سیستم‌های علم باز در جهان دیجیتال ۱۶۰

نتیجه‌گیری ۱۶۶

فصل ۴ نوآوری دیجیتال: پویایی های بین بخشی و اجراهای سیاستی ۱۷۱

مقدمه ۱۷۲

چگونه تحول دیجیتال شیوه‌های نوآوری شرکت‌ها را تغییر می‌دهد؟ ۱۷۲
داده‌ها ورودی کلیدی برای نوآوری هستند ۱۷۳
چرخه‌های نوآوری شتابدهی می‌شوند ۱۷۵

نوآوری همکارانه‌تر می‌شود ۱۷۶
این همکاری شکل‌های مختلفی دارد، که موارد زیر را در بر می‌گیرد: ۱۷۶

تأثیر تحول دیجیتال بر نوآوری در حوزه‌های مختلف ۱۷۸
فناوری‌های دیجیتال چگونه بخش‌های مختلف را ادغام می‌کنند؟ ۱۷۸
چرا پیامدهای تحول دیجیتال در بخش‌های مختلف متفاوت است؟ ۱۸۲

سیاست‌های نوآوری چگونه باید با عصر دیجیتال تطبیق داده شوند؟ ۱۸۸
سیاست‌های دسترسی به داده‌ها ۱۹۰
سیاست‌های حمایتی برای نوآوری و کارآفرینی ۱۹۲
سیاست‌های تحقیق و آموزش عمومی ۱۹۵
اکوسیستم‌های نوآوری رقابتی، مشارکتی و فراگیر را تقویت کنید ۱۹۶

سازمان‌های واسطه‌ای ۱۹۷
امکانات نمایش و آزمایش برای شرکت‌های کوچک و متوسط ۲۰۰

نتیجه‌گیری ۲۰۴

فصل ۵ هوش مصنوعی، فناوری دیجیتال و تولید پیشرفته ۲۰۹

مقدمه ۲۱۰

فناوری‌های تولید دیجیتال: پیشرفت‌های اخیر و پیامدهای سیاست‌گذاری ۲۱۰
هوش مصنوعی در تولید ۲۱۰
نمونه‌ای از کاربردهای اخیر هوش مصنوعی در تولید، وسعت صنایع و فرآیندهای موجود در این حوزه را نشان می‌دهد: ۲۱۱
هوش مصنوعی : سیاست‌های خاص ۲۱۷
بلاکچین در تولید ۲۲۰
پرینت سه‌بعدی ۲۲۳
مواد جدید و فناوری نانو ۲۲۵

استفاده از این سیاست‌ها در بنگاه‌های کوچک و متوسط مشکلات خاصی دارد ۲۲۸
انتشار فناوری ۲۲۸
می‌توان اقدامات مختلفی را برای کمک به انتشار فناوری برای شرکت‌های کوچک و متوسط انجام داد، از جمله موارد زیر: ۲۳۰
سیاست‌های ارتباطات و داده‌ها ۲۳۳
توسعه مهارت‌های دیجیتال ۲۳۶
مشارکت در فرآیندهای تنظیم استاندارد ۲۳۹
بهبود دسترسی به محاسبات با کارایی بالا (HPC) ۲۴۰
سیستم‌های مالکیت معنوی ۲۴۰

پشتیبانی عمومی از تحقیق و توسعه ۲۴۱

نتیجه‌گیری ۲۴۴

فصل ۶ دیجیتالی شدن در اقتصاد زیستی: همگرایی برای صنایع زیستی ۲۵۱

مقدمه ۲۵۲

همگرایی عظیم ۲۵۳

چرا همگرایی لازم است؟ ۲۵۳

نمای کلی: ادغام بیشتر بیوتکنولوژی با چرخه طراحی مهندسی ۲۵۵

مرحله آزمایش، تنگنای فعلی است ۲۵۶

یک بستر فناوری یکپارچه می‌تواند پتانسیل را آزاد سازد ۲۵۷

تکرارپذیری یک مشکل ادامه‌دار است ۲۵۸

قابلیت اطمینان، پیش‌بینی پذیری و تکرارپذیری ۲۶۰

اتوماسیون می‌تواند به رفع موانع مرحله آزمایش کمک کند ۲۶۱

همگرایی زیست‌فناوری صنعتی و شیمی سبز ۲۶۲

زیست‌شناسی صنعتی با شیمی، فناوری و رایانش اطلاعات همگرا می‌شود ۲۶۳

تحلیل و ذخیره‌سازی داده‌ها به‌عنوان دو تنگنا ۲۶۴

آیا راه‌حل، ذخیره‌سازی DNA است؟ ۲۶۴

بلاک‌چین برای به اشتراک‌گذاری منافع و محافظت از اطلاعات حساس ۲۶۶

پیشگامان در تولیدات زیستی ۲۶۸

بیوفوندری‌ها ۲۶۹

چاپ سه‌بعدی زیستی ۲۷۱

زیست‌شناسی مصنوعی بدون سلول ۲۷۲

مهارت و تحصیلات برای نیروی کار اقتصاد زیستی ۲۷۳

دیجیتالی شدن اقتصاد زیستی جنگل‌داری ۲۷۴

فناوری ماهواره در اقتصاد زیستی جنگل ۲۷۵

نمونه‌هایی از پتانسیل مواد زیستی بعدی ۲۷۷

فناوری‌های پلتفرمی برای پشتیبانی از تحویل مواد زیست‌شناسی مهندسی ۲۸۰

استانداردسازی، تعامل‌پذیری و مالکیت معنوی ۲۸۲

امنیت دیجیتال ۲۸۳

نتیجه‌گیری ۲۸۴

فصل ۷ دیجیتالی شدن علم و سیاست نوآوری ۲۹۱

مقدمه ۲۹۲

سیاست علوم و نوآوری دیجیتال چیست؟ ۲۹۳

مجموعه داده‌هایی از سرمایه‌گذاران دولتی ۲۹۶

سیستم‌های هوشمند ۲۹۸

ارتقاء جامعیت در برنامه ریزی سیاست‌های STI. ۳۰۲

تعامل‌پذیری ۳۰۵

CASRAI ۳۱۱

VIVO ۳۱۲

استفاده از زیرساخت‌های DSIP در ارزیابی تحقیقات ۳۱۲

نقش بازیگران غیردولتی در DSIP ۳۱۵

نتیجه‌گیری ۳۲۰

این سند و همچنین هرگونه داده و نقشه موجود در آن هیچ گونه تعصب و سوگیری نسبت به وضعیت کشورها یا حاکمیت آن‌ها یا نسبت به محدود کردن مرزهای بین المللی و یا نسبت به نام کشور، شهر یا منطقه‌ای خاص اعمال نمی‌کند.

داده‌های آماری برای رژیم صهیونیستی توسط مقامات ذیربط و تحت مسئولیت آن‌ها تهیه شده‌اند. استفاده از چنین داده‌هایی توسط OECD بدون هیچ‌گونه پیش‌داوری نسبت به وضعیت ارتفاعات جولان، بیت المقدس شرقی و شهرک‌های رژیم صهیونیستی در کرانه باختری، و طبق قوانین بین المللی انجام شده‌است.

پیش‌گفتار

کمیته سیاست‌های علم و فناوری OECD (CSTP)[1] نمایندگان کشورهای عضو OECD و تعدادی از اقتصادهای همکار را گرد هم می‌آورد تا جنبه‌های اصلی سیاستهای عمومی مربوط به علوم، فناوری و نوآوری (STI) را بررسی کند. این کمیته با جمع‌آوری داده‌ها و هدایت تحقیقات تجربی OECD و ترویج یادگیری مبتنی بر همتا، برای بهبود درک این سیاست‌ها و در نهایت پیشبرد سیاست‌گذاری تلاش می‌کند.

انقلاب دیجیتالی و بازتاب‌های آن برای سال‌های متمادی برای کار OECD و CSTP مهم بوده است. اخیراً - طی سال‌های ۲۰۱۷ و ۲۰۱۸ - پروژه Going Digital سازمان همکاری و توسعه اقتصادی اثرات اقتصادی و اجتماعی فناوری دیجیتال را به طور جامع بررسی کرد. گزارش نهایی، Going Digital: شکل دادن به سیاست‌ها، بهبود زندگی، نقشه راه را برای سیاست‌گذاری در عصر دیجیتال فراهم می‌کند.

در سال ۲۰۱۵، وزرای کشورهای عضو OECD و اقتصادهای شریک در بیانیه مشترک خود، در نشست وزیران OECD در دائجون (کره جنوبی)، بر این امر تاکید کردند که فناوری‌های دیجیتال در حال ایجاد تحول در علوم، فناوری و نوآوری هستند. وزرا تصریح کردند که پیشرفت سریع فناوری‌های دیجیتال، درحال تغییر روش کار، همکاری و انتشارات دانشمندان، افزایش اهمیت دسترسی به داده‌ها و انتشارات علمی، ایجاد راه‌های جدید برای بخش عمومی جهت مشارکت و دخیل شدن در علم و نوآوری، تسهیل همکاری تحقیقاتی بین کسب و کارها و بخش دولتی، کمک به تحول در نحوه انجام نوآوری و شکل دادن انقلاب تولیدی بعدی است. وزرا از OECD خواستند که بر این تحولات در حال وقوع، نظارت کند.

این کتاب به بررسی تأثیرات دیجیتالی شدن بر STI و پیامدهای مرتبط با آن در رابطه با سیاست می‌پردازد. این کتاب عمدتاً کارهای انجام شده تحت نظارت CSTP در طول سال‌های ۲۰۱۷ و ۲۰۱۸ بهره می‌برد. برخی از مباحث مطرح شده از دسترسی به داده‌های تحقیقاتی با بودجه دولتی گرفته تا سنجش علوم دیجیتال و نوآوری مضامین دیرینه در حوزه کاری CSTP، هستند. مباحث دیگر از جمله نقش هوش مصنوعی در تولید، اینکه چگونه

[1] Committee for Scientific and Technological Policy

فناوری دیجیتال می‌تواند به استفاده از هوش جمعی جامعه علمی کمک کند و پیشرفت‌های اخیر در دیجیتالی شدن زیست فناوری جدیدتر و در حال ظهور هستند.

برخی از جنبه‌های انقلاب دیجیتال هنوز هم نسبتاً جدید هستند، حتی اگر اثرات آن‌ها تا کنون مشاهده شده باشد. بدیهی است که با توجه به ویژگی همه جانبه بودن فناوری دیجیتال، توسعه آینده آن نیز دستاوردهای بسیار گسترده‌ای خواهد داشت. با پیشرفت فناوری دیجیتال و دستاوردهای متعدد آن، CSTP همچنان به عنوان یک کانون بین المللی و منحصر به فرد برای هدایت و تحلیل سیاست‌ها در زمینه STI عمل می‌کند.

این کتاب توسط CSTP در ۱۲ آگوست ۲۰۱۹ با روال کتبی طبقه‌بندی شده و برای انتشار توسط دبیرخانه OECD آماده شده است.

خلاصه

این کتاب به بررسی اثرات دیجیتالی شدن بر علم، فناوری و نواوری و پیامدهای مرتبط با آن در رابطه با سیاست می‌پردازد. امروزه دیجیتالی شدن، مهمترین محور نوآوری در شرکت‌ها، علوم و دولت‌ها است. اگر فناوری‌های دیجیتال به درستی مورد استفاده قرار گیرند، می‌توانند علم را پیش ببرند، استانداردهای زندگی را بهبود بخشند، به محافظت از محیط طبیعی کمک کنند و امر سیاست‌گذاری را بهبود بخشند.

دیجیتالی شدن و علوم

دیجیتالی شدن، درحال ایجاد تغییر در همه بخش‌های علوم، از تعیین برنامه کار گرفته تا آزمایش، به اشتراک‌گذاری دانش و مشارکت عمومی است. برای دستیابی به وعده بودجه‌های تحقیقاتی علوم باز[1] باید هزینه‌های فزاینده مدیریت داده‌ها در بودجه‌ها محاسبه شود. اعتماد و انسجام بیشتر سیاستی بین جوامع تحقیقاتی برای افزایش اشتراک داده‌های تحقیقات عمومی بین کشورها مورد نیاز است. برای ایجاد و فراهم آوردن دسترسی به زیرساخت‌های سایبری در سطح بین المللی، همکاری ضروری است. گسترش دسترسی آزاد نیازمند مقرراتی است که با موارد مد نظر سرمایه‌گذاران تحقیقات همخوانی دارد.

دولت‌ها همچنین باید از فناوری‌های پلتفرمی برای علم، مانند شبکه‌های توسعه و توزیع تحقیقات[2] و ذخیره‌سازی اطلاعات دیجیتالی/ ژنتیکی حمایت کنند. فضا برای بهره‌برداری بهتر از فناوری‌های پیشرفته دیجیتال در علم وجود دارد. هوش مصنوعی(AI) می‌تواند در زمانی که ممکن است بهره‌وری تحقیقات در حال کاهش باشد، بهره‌وری را در علم افزایش دهد. اما در زمینه رایانش سریع، مهارت‌ها و دسترسی به داده‌ها (مانند استانداردسازی برای خوانایی ماشین از مجموعه داده‌های علمی) سیاست‌هایی مورد نیاز است. به کارگیری هوش مصنوعی در علم مسائل سیاسی جدیدی را نیز ایجاد می‌کند: به عنوان مثال، آیا سیستم‌های مالکیت معنوی در شرایطی که اختراع به وسیله ماشین‌ها در حال گسترش است، نیازمند تغییر و تنظیم مجدد هستند؟

---

۱ Open science
۲ Distributed research and development networks

درک پتانسیل کشف نشده فناوری دیجیتال در سیاست

فناوری دیجیتال می‌تواند از طریق روش‌های نوین از سیاست‌گذاری برای علم و نوآوری پشتیبانی کند. تعداد کمی از دولت‌ها فرصت‌های موجود را آزمایش کرده‌اند. مثال‌هایی از این موارد عبارتند از: تخصیص بودجه خود سازمان یافته،[۱] استفاده از هوش جمعی از طریق بازارهای پیش‌بینی دیجیتالی و ترکیب ماشین - انسان، توسعه کاربردهای بلاک‌چین در علم و استفاده از رسانه‌های اجتماعی برای کمک به گسترش نوآوری.

دیجیالی شدن و نوآوری در بنگاه‌ها

با نوآوری کسب و کارها با استفاده از داده‌ها، احتمالاً مسائل جدید مربوط به سیاست به‌وجود می‌آیند. به عنوان مثال، محدود کردن جریان داده‌های بین مرزی می‌تواند هزینه شرکت‌ها را برای انجام کار بالا ببرد، خصوصاً برای شرکت‌های کوچک و متوسط (SME). ممکن است به زودی تصمیماتی درباره سؤالات پاسخ داده نشده در سیاست مورد نیاز باشد: به عنوان مثال، آیا داده‌های منتقل شده در زنجیره‌های ارزش از فروش به شخص ثالث باید محافظت شوند؟

هوش مصنوعی در اکثر فعالیت‌های صنعتی کاربردهایی پیدا می‌کند. اما شرکت‌هایی که دارای حجم زیادی از داده هستند ممکن است مهارت داخلی را برای تجزیه و تحلیل کامل آن نداشته باشند. دولت‌ها می‌توانند با ذی‌نفعان همکاری کنند تا توافق‌نامه‌ها و برنامه‌های مدل داوطلبانه برای به اشتراک‌گذاری داده‌های قابل اعتماد تهیه کنند. برای کاربردهای عمومی‌تر هوش مصنوعی، دولت‌ها همچنین می‌توانند طرح‌های داده باز و اعتماد داده را ترویج کرده و از وجود اطلاعات عمومی در قالب‌های قابل خواندن برای ماشین اطمینان حاصل کنند.

حمایت بخشی مؤثر نیز از طریق نقشه راه یا برنامه‌های بخشی[۲]، که با صنعت و شرکای اجتماعی تهیه شده‌اند، ضروری است. سیاست باید همکاری‌ها را نیز برای نوآوری تسهیل کند، به عنوان مثال، با استفاده از جمع‌سپاری[۳] و چالش‌های باز دیجیتالی.

---

۱ Self-organized funding allocation
۲ Sectoral plans
۳ Crowdsourcing

حتی در بیشتر اقتصادهای توسعه‌یافته، انتشار فناوری‌های دیجیتال پیشرفته نیاز به شتاب بیشتری دارد. نهادهایی برای انتشار فناوری[۱] - مانند مراکز فناوری‌های کاربردی- می‌توانند موثر باشند و باید با دید بلند مدت مدیریت شوند. برای انتشار فناوری در SMEها، دولت‌ها می‌توانند: اطلاعات کلیدی برای SMEها را سیستماتیک کنند، اطلاعات در مورد نرخ بازگشت سرمایه‌گذاری روی فناوری‌های جدید را توسعه دهند، منابع قابل اعتماد برای تخصص‌های خاص مورد نیاز شرکت‌ها فراهم کنند، خدماتی را به شرکت‌ها برای تست انواع تجهیزات و ترکیب‌های جدید از آن‌ها ارائه دهند.

توسعه مهارت‌های دیجیتالی

عناوین شغلی مانند «دانشمند داده صنعتی[۲]» و «دانشمند داده‌شناس زیستی[۳]» جدید بوده و نشان‌دهنده سرعت پیشرفت فناوری است که به کمبود مهارت‌های دیجیتال می‌انجامد. رشته‌های کاملاً جدید تحصیلی مانند برنامه‌های اختصاصی برای صنعت اتومبیل‌سازی خودکار، مورد نیاز هستند. برنامه‌های تحصیلی موجود نیز ممکن است نیاز به تغییر داشته باشند. تعداد بسیار کمی از دانش‌آموزان نقش اساسی منطق را در هوش مصنوعی یاد می‌گیرند. بسیاری از مدارس به سختی تجزیه و تحلیل داده ها را آموزش می‌دهند و آموزش چندرشته‌ای بیشتری لازم است.

سنجش‌های آماری در رابطه با این واقعیت که در بسیاری از کشورها، در برخی از زمینه‌ها، مانند هوش مصنوعی، دانشجویان پسر بسیار بیشتر از دانشجویان دختر هستند، لازم است. فناوری‌های دیجیتال مانند واقعیت مجازی نیز می‌توانند پیشرفت مهارت را تسهیل کنند، همانطور که این امر در صنعت اتفاق می‌افتد.

تعهد به تحقیقات بخش دولتی

تحقیقات بنیادی که با بودجه دولتی حمایت می‌شوند اغلب برای پیشرفت‌های فناوری دیجیتال بسیار مهم هستند. ثابت ماندن - و در مواردی کاهش - اخیر حمایت دولت از تحقیقات در برخی از اقتصادهای بزرگ نگران‌کننده است. پیچیدگی برخی از فناوری‌های دیجیتالی در حال ظهور از

۱ Technology diffusion
۲ Industrial data scientist
۳ Bioinformatics scientist

ظرفیت‌های تحقیقاتی حتی بزرگترین شرکت‌های خصوصی هم فراتر می‌رود. این اتفاق طیفی از مشارکت‌های تحقیقاتی دولتی و خصوصی را ضروری می‌سازد. تحقیقات بین رشته‌ای نیز ضروری است. سیاست‌های مربوط به استخدام، ارتقاء و تصدی و سیستم‌های سرمایه‌گذاری که به رشته‌های سنتی علاقه‌مند هستند، ممکن است مانع تحقیقات بین رشته‌ای شوند. دانشمندانی که در مرز بین رشته‌ها کار می‌کنند باید بدانند که فرصت‌های استخدام دائمی با این کار به خطر نمی‌افتند.

ایجاد تخصص در دولت

بدون اینکه دولت‌ها فناوری‌ها و حوزه‌های مرتبط را کاملاً درک کنند، ممکن است فرصت‌های موجود برای بهره‌مندی از فناوری‌های دیجیتال از دست بروند. نیاز برای قانونمندسازی هوش مصنوعی، نیاز به تخصص در دولت را برجسته می‌کنند، به گونه‌ای که مزایای هرگونه قانون‌گذاری برای این فناوری در حال پیشرفت، بیشتر از معایب آن است. تخصص فنی در دولت به جلوگیری از انتظارات غیرواقعی از فناوری‌های جدید نیز کمک خواهد کرد. هرچه مجموعه وسیعی از سیستم‌های مهم پیچیده‌تر، واسطه‌ای‌تر و پیوسته‌تر شوند، دولت‌ها نیز به درک بهتر سیستم‌های پیچیده نیاز پیدا می‌کنند. از آنجا که برنامه‌های نوآوری به سرعت تکامل پیدا می‌کنند، دولت‌ها نیز باید نسبت به تغییر انعطاف‌پذیر و هوشیار باشند. آن‌ها باید از در دسترس بودن زیرساخت‌های کلیدی نیز اطمینان حاصل کنند. برای مثال، شبکه‌های پهن‌باند - به‌ویژه اتصال فیبر نوری - برای صنعت نسل چهارم ضروری هستند.

در راستای استفاده از سیستم‌های سیاست‌گذاری علوم دیجیتالی و نوآوری[1] (DSIP) برای کمک به تدوین و تحویل سیاست‌های علم و نوآوری، دولت‌ها باید: از تعامل‌پذیری مجموعه داده‌های مرتبط استفاده کنند، از سوء استفاده از سیستم های DSIP در ارزیابی‌های تحقیقات جلوگیری کنند و نقش بازیگران غیر دولتی، به ویژه بخش خصوصی، در سیستم‌های DSIP را مدیریت کنند.

[1] Digital science and innovation policy

فصل ۱ نگاهی کلی به سیاست‌ها و پیشرفت‌های کلیدی

فصل ۱ به‌طور خلاصه مضامین اصلی و تجربیات سیاستی که در بقیه گزارش بررسی شده را بیان می‌کند. این فصل پیش‌زمینه نگرانی‌های گسترده‌تری از سیاست‌های پیش روی کشورهای عضو OECD را فراهم می‌کند. همچنین مباحثی را ارائه می‌دهد که در بخش‌های دیگر این گزارش مورد توجه قرار نگرفته است؛ به ویژه در ارتباط با هوش مصنوعی در علم، استفاده از فناوری دیجیتال برای انتقال مهارت لازم در علم، فناوری، مهندسی و ریاضیات، اهداف احتمالی برای تحقیقات دولتی و بلاک‌چین در علم. همچنین این فصل دربارهٔ کاربردهای بالقوه فناوری دیجیتال برای اتخاذ و اجرای سیاست‌هایی که عمدتاً به اشکال مختلف هوش جمعی[۱] مرتبط است، بحث می‌کند. این فرصت‌ها که اساساً اکنون مورد استفاده قرار نمی‌گیرند مانند سیستم‌های خود سازمان‌یافته برای تخصیص بودجه و بازارهای پیش‌بینی، ممکن است مزایای قابل توجهی برای علم، فناوری و نوآوری داشته باشند. این فرصت‌ها افراد را به مطالعه بیشتر و احتمالاً آزمایش‌های مقدماتی دعوت می‌کنند.

۱ Collective intelligence

مقدمه

در سال ۲۰۱۵، وزرای کشورهای عضو سازمان همکاری و توسعهٔ اقتصادی (OECD[۱]) و شرکای اقتصادی در نشست وزرای کشورهای OECD در دائجون (کره)، تاکید کردند که فناوری‌های دیجیتال در حال متحول ساختن علم، فناوری و نوآوری (STI) هستند. وزرا از OECD خواستند که بر این تحول‌ها نظارت کند.

در طی سال‌های ۲۰۱۷ و ۲۰۱۸، پروژهٔ «دیجیتالی شدن[۲]» وابسته به OECD، به‌طور جامع تأثیرات اقتصادی و اجتماعی فناوری دیجیتال را بررسی کرد (OECD، ۲۰۱۹). گزارش نهایی با عنوان «دیجیتالی شدن: فرم‌دهی به سیاست‌ها، بهبود زندگی"، یک استراتژی برای سیاست‌گذاری در عصر دیجیتال ارائه می‌دهد. این کتاب با تکمیل این گزارش، تأثیرات دیجیتالی شدن بر علم، فناوری و نوآوری[۳] و تاثیرات آن بر سیاست را بررسی می‌کند. همچنین این کتاب عمدتاً از کارهای انجام شده توسط کمیته سیاست‌های علم و فناوری OECD استفاده کرده است.

جدای از این فصل، این کتاب دارای شش فصل دیگر نیز است:

فصل ۲ «چگونه علم، فناوری و نوآوری در حال دیجیتالی شدن هستند؟ شواهد آماری»: شواهد آماری اخیر درباره پیشرفت‌های کلیدی در دیجیتالی شدن STI را ارائه می‌دهد. همچنین اولویت‌های سنجش و اندازه‌گیری در زمان حال و آینده را بررسی می‌کند.

فصل ۳ «فناوری دیجیتال، تغییر در کاربرد علم و پیامدهای مربوط به سیاست»: بر دیجیتالی شدن و علم آزاد (باز) و پیامدهای مربوط به سیاست تمرکز می‌کند.

فصل ٤ «نوآوری دیجیتال: مثال‌های مقطعی و پیامدهای مربوط به سیاست»: بررسی روش‌های مختلفی که فناوری دیجیتال بر نوآوری در بنگاه‌های اقتصادی و اولویت‌های سیاسی نوآوری در عصر دیجیتال اثر می‌گذارد.

۱ Organisation for Economic Co-operation and Development
۲ Going Digital
۳ Science, Technology and Innovation

فصل ۵ «هوش مصنوعی، فناوری دیجیتال و تولید پیشرفته»: دربارهٔ فناوری دیجیتال در تولید پیشرفته بحث می‌کند.

فصل ٦ «دیجیتالی شدن در اقتصاد زیستی: همگرایی برای صنایع زیستی»: کاربردهای رو به رشد فناوری دیجیتال در علم و صنعت زیستی و اولویت‌های اقدام دولت را توضیح می‌دهد.

فصل ۷ «دیجیتالی شدن سیاست علم و نوآوری»: بررسی تحولات در سیستم‌های اطلاعات دیجیتالی که از سیاست STI پشتیبانی می‌کنند؛ و همچنین این موضوع که این سیستم‌ها در آینده چگونه به نظر می‌رسند؛ و این‌که سیاست‌گذاران باید برای به حداکثر رساندن پتانسیل خود چه کاری انجام دهند.

چرا دیجیتالی شدن اهمیت دارد؟

اهمیت دیجیتالی شدن در STI بر کسی پوشیده نیست. امروزه معمول است که آینده STI از طریق اثرات پیش‌بینی شده‌ی دیجیتالی شدن دیده شود. کارلوس مویداس[۱]، عضو هیئت تحقیقات، علوم و نوآوری اتحادیهٔ اروپا، اخیراً اعلام کرد که نهمین برنامه جامع اتحادیهٔ اروپا برای تحقیقات و نوآوری[۲] از آغاز سال ۲۰۲۱ بر دیجیتالی کردن، متمرکز خواهد شد (زوباسکو[۳]، ۲۰۱۷). همچنین دیجیتالی شدن باعث می‌گردد که لحظهٔ کنونی در تاریخ فناوری بی‌نظیر باشد. همانطور که کوین کلی[٤] (مفسر فناوری) اظهار داشت: «این اولین و تنها باری‌ست که سیاره به یک شبکه جهانی متصل می‌گردد» (کلی، ۲۰۱۳). علاوه بر این، تأثیرات دیجیتالی شدن به تازگی شروع شده است. حدود یک قرن طول کشید تا تأثیرات کامل انقلاب‌های پیشین فناوری، که به بخار و برق وابسته بود، آشکار شود. طبق این استانداردها، انقلاب دیجیتال نسل‌های زیادی را پیش رو دارد.

دیجیتالی شدن در همه بخش‌های STI فراگیر است. زیرا اثرات آن هم در مقیاس میکروسکوپی و هم در مقیاس ماکروسکوپی می‌باشد. برای مثال، در سطح میکروسکوپی، محققان اخیراً ۲۰۰ مگابایت فیلم و کتاب را با کیفیت

۱ Carlos Moedas
۲ Ninth EU Framework Programme for Research and Innovation
۳ Zubaşcu
٤ Kevin Kelly

بالا در DNA[1] ذخیره کردند (به فصل ٦ مراجعه کنید). در سطح ماکروسکوپی، فناوری دیجیتالی جدید بدان معنی است که یک ماهواره استاندارد ۱۰ پوندی می‌تواند تصاویر بهتری نسبت به یک ماهواره ۹۰۰ پوندی ۲۰ سال پیش، از هر نقطه روی زمین ثبت کند (متز[2]، ۲۰۱۹)

در هر صورت، این کتاب نشان می‌دهد که اثرات دیجیتالی شدن عمیق‌تر از آن چیزی است که اکثر گزارش‌های رسانه‌ای انعکاس می‌دهند. زمینه‌های تحقیقاتی که به‌طور سنتی با دیجیتالی شدن همراه نیستند و اقتصادهای پیشرفته به آن‌ها وابسته‌اند، از علم مواد تا زیست‌شناسی، به‌طور فزاینده‌ای دیجیتالی می‌شوند. در عین حال، فناوری دیجیتال فرایندهای موجود در علوم مختلف را تغییر داده و دامنهٔ آن‌ها را افزایش می‌دهد.

در STI نیز، سرعت تغییرات ناشی از دیجیتالی شدن چشمگیر است. به احتمال زیاد کسی در سال ۲۰۰۷ پیش‌بینی نمی‌کرد که ۱۰ سال بعد بیش از یک میلیون نفر در شرکت‌ها مشغول برچسب‌گذاری و تفسیر[3] داده‌ها و تصاویر برای سیستم‌های یادگیری ماشین[4] باشند (هوستن[5]، ۲۰۰۷). یک دهه پیش، کم‌تر کسی پیش‌بینی می‌کرد که هوش مصنوعی تا این اندازه در تولید فرضیات علمی، بررسی متون علمی و آزمایش‌های ارکسترینگ[6] انجام شده توسط ربات‌ها پیشرفت می‌کند. به‌طور مشابه تا همین اواخر تعداد کمی از دوست داران فناوری‌های دیجیتال دفتر کل توزیع شده (DLT[7]) را درک می‌کردند. و حتی درک آن‌ها از احتمال ترکیب هوش مصنوعی و DLT ها به شکلی که هر یک دیگری را تقویت کند بسیار کم‌تر بوده است (کورا[8]، ۲۰۱۷)

همچنین دیجیتالی شدن همگرایی بین فناوری‌ها را به‌عنوان یک مولفه بارز نوآوری تسهیل می‌کند. چندین دلیل برای این همگرایی وجود دارد. فناوری‌های دیجیتال به دلیل اساس عددی مشترک دستگاه‌های دیجیتالی مختلف بسیار آسان‌تر از بسیاری از فناوری‌های دیگر می‌توانند با یکدیگر ترکیب شوند. علاوه بر این با پیشرفت دیجیتالی شدن، علم می‌تواند هرچه

---

۱ Deoxyribonucleic acid
۲ Metz
۳ Labelling and annotating
٤ Machine learning
٥ Houston
٦ orchestrating
۷ Distributed Ledger Technology
۸ Corea

بیشتر جهان واقعی را به صورت اطلاعات دیجیتالی نمایش دهد. برای مثال، همانطور در فصل ۵ نشان داده می‌شود، علم مواد به دلیل توانایی رو به رشد در مشاهده، نمایش در مدل‌های کامپیوتری و سپس شبیه‌سازی خواص میکروساختار مواد، به شکل انقلابی‌ای پیشرفت می‌کند.

همگرایی بین دنیای دیجیتالی و واقعی نیز بازتاب‌دهنده درک نسبتاً جدیدی است که می‌گوید زندگی، خود الگوریتمی است (والیانت[۱]، ۲۰۱۳ مینیاتوریزاسیون[۲]) که فناوری دیجیتال را پیش می‌برد و همگرایی را نیز تسهیل می‌کند. برای مثال، کامپیوترهای میلیمتری می‌توانند در دهه آتی رایج شوند (بیلز[۳]، ۲۸ سپتامبر ۲۰۱۸). چنین دستگاه‌هایی می‌توانند با فناوری‌های پزشکی مانند نظارت بر فرآیندهای بیماری از داخل بدن همگرا شوند.

دستاوردهای اخیر ناشی از فناوری‌های دیجیتال در STI، که نشان‌دهندهٔ مشخصهٔ همه منظورهٔ فناوری است، به شدت متنوع هستند. برای مثال در سال ۲۰۱٤، ژاپن اولین دوربین تریلیون فریم بر ثانیه را معرفی کرد، که به دانشمندان راه‌های جدیدی برای کشف پدیده‌های پیچیدهٔ بسیار سریع ارائه می‌دهد. ابررایانه‌ها جهان را به منظور شبیه‌سازی آب و هوای محلی به ده‌ها هزار واحد دیجیتالی تقسیم می‌کنند و دقت پیش‌بینی آب و هوا را بهبود می‌بخشند. در واقع پیش‌بینی آب و هوای هفت روزه در سال ۲۰۱۸ به اندازه یک پیش‌بینی دو روزه در پنجاه سال پیش دقیق است (فیشر[٤]، ۲۰۱۸). شرکت لکس ماشینا[٥] تحلیل داده را با هوش مصنوعی تلفیق می‌کند تا به درخواست ثبت اختراع[٦] کمک کند. امروزه مصرف‌کنندگان با استفاده از ابزارهای دیجیتال و با فاصله گرفتن از هنجارهای قبلی، در بسیاری از صنایع، از روش‌های قابل توجهی برای نوآوری استفاده می‌کنند. علاوه بر این، دیجیتالی شدن، علم را مشارکتی‌تر و شبکه‌ای‌تر نموده است. برای مثال، در سال ۲۰۱۵ محققانی که روی برخورد دهندهٔ بزرگ هادرون کار می‌کردند یک مقاله با ۵۱۵٤ نویسنده منتشر کردند و رکورد تعداد نویسندگان برای یک مقاله را به نام خود ثبت کردند.

۱ Valiant
۲ Miniaturization
۳ Biles
٤ Fischer
٥ Lex Machina
٦ Patent litigation

• زمینه گسترده‌تری که علم، فناوری و نوآوری در آن درحال دیجیتالی شدن هستند

دیجیتالی شدن STI، به‌طور مستقیم با چالش‌های سیاسی کوتاه و بلند مدت زیادی در ارتباط است. برای مثال طی دهه‌های اخیر، رشد بازدهی نیروی کار[1] در بسیاری از کشورهای عضو سازمان همکاری و توسعه اقتصادی (OECD) کاهش یافته است. توسعه و به کارگیری فناوری‌های تولید دیجیتال افزاینده بازدهی به همراه تغییرات سازمانی برای مقابله با این کاهش لازم هستند. افزایش سریع سن جمعیت به این معنی است که بازدهی نیروی کار بیشتر از هر زمانی ضروری است. در کشورهای سازمان همکاری و توسعه اقتصادی برنامه‌ریزی شده‌است تا طی ۳۵ سال آینده نسبت وابستگی[2] دوبرابر شود. فناوری دیجیتال با آسان‌تر کردن تلفیق و بازترکیب ایده‌ها که باعث تسهیل نوآوری می‌شود، به بهره‌وری کمک می‌کند. حتی بعضی شواهد نشان‌می‌دهند نوآوری به‌طور فزاینده‌ای با ترکیب ایده‌ها اتفاق می‌افتد و نه با شکل‌گیری ایده‌های جدید (یون[3] و همکاران، ۲۰۱۵).

تغییر جمعیتی احتمالاً فشار نزولی بلند مدتی، در هزینه‌های عمومی اختیاری، در کشورهای عضو سازمان همکاری و توسعه اقتصادی اعمال می‌کند. نسبت به درآمدهای ملی، این فشار می‌تواند باعث ثابت ماندن یا حتی کاهش سطح حمایت عمومی از علم و نوآوری شود. یک دوره طولانی رشد آهسته نیز اثر مشابهی دارد. چنین سناریوهایی این سوال را ایجاد می‌کنند که آیا فناوری دیجیتال می‌تواند کارآیی سیاست را افزایش دهد و در این صورت به چه میزان؟

یک احتمال مرتبط و نگران‌کننده این است که بهره‌وری علم ممکن است درحال کاهش باشد. بعضی محققین ادعا می‌کنند که بهره‌وری علم درحال کاهش است. آن‌ها به طرق مختلف استدلال می‌کنند که میوه‌های قابل دسترس علم چیده شده‌اند و آزمایشات درحال پرهزینه شدن هستند و کارهای علمی باید به‌طور فزاینده‌ای در مرزهایی پیچیده، بین تعداد روزافزونی از رشته‌ها انجام شود.

دانشمندان با حجم عظیمی از داده‌ها و اطلاعات روبه‌رو هستند. دانشمندان سطح متوسط حدود ۲۵۰ مقاله در طول سال مطالعه می‌کنند،

---

۱ labour productivity growth
۲ Dependency ratio
۳ Youn

فقط در علوم زیستی بیش از ۲۶ میلیون مقالهٔ داوری شده[۱] وجود دارد. علاوه بر این، ممکن است کیفیت کلی تولیدات علمی در حال کاهش باشد. فریدمن[۲] (۲۰۱۵) تخمین زد فقط در ایالات متحده سالانه حدود ۲۸ میلیارد دلار در تحقیقات بالینی تکرار ناپذیر هدر می‌رود.

همه با این موضوع که بهره‌وری تحقیقات در حال افت است موافق نیستند (ورستال[۳]، ۲۰۱۶). با این حال، هرگونه کندی می‌تواند پیامدهای جدی برای رشد داشته باشد. افزایش بودجه برای حفظ اکتشافات در سطوح قبلی و نوآوری و بهره‌وری لازم، به منظور مقابله با تغییرات جمعیتی و محدودیت‌های هزینه‌های عمومی لازم است. هرگونه پیشرفت در بهره‌وری تحقیقاتِ ناشی از فناوری دیجیتال، از علم باز[۴] تا استفاده گسترده‌تر از هوش مصنوعی، می‌تواند اهمیت ساختاری داشته باشد.

در صورت توسعه مؤثر، دیجیتالی شدن می‌تواند به سرعت بخشیدن به توانایی علم و فناوری برای رفع چالش‌های جهانی کمک کند. چالش‌های زیست محیطی که شامل افزایش دمای جو، از بین رفتن تنوع زیستی، تخلیه شدن خاک سطحی و کمبود آب است. چالش‌های سلامت که شامل تهدیدات بیماری‌ها از باکتری‌های مقاوم در برابر داروها گرفته تا ابتلا به همه‌گیری‌های جدید است. چالش‌های جمعیتی که شامل پیامدهای پیری جمعیت و نیاز مبرم به درمان بیماری‌های عصبی است. پیشرفت در علم و فناوری برای برطرف کردن چنین چالش‌هایی، همراه با صرفه اقتصادی، لازم است.

این گزارش علاوه بر معرفی روش‌های زیادی برای تقویت STI به وسیلهٔ دیجیتال سازی، چالش‌های سیاسی ایجاد شده توسط فناوری دیجیتال را نیز مورد بررسی قرار می‌دهد. برای مثال، به دلیل دیجیتالی شدن، انتخاب فناوری حتی برای بنگاه‌های بزرگ ممکن است پیچیده‌تر شود. یکی از سرمایه‌داران برجسته اخیراً نوشت:

بسیاری از دوستانم در شرکت‌های بزرگ به من می‌گویند که 5G چیست؟ این سوال به اندازه سوال «یادگیری ماشین چیست؟» در دفتر مرکزی شرکت‌های بزرگ وجود دارد.

۱ Peer-reviewed paper
۲ Freedman
۳ Worstall
۴ Open science

دیجیتالی شدن همچنین می‌تواند به دلیل توزیع ناهمگون دارایی‌های مکمل، مانند منابع محاسباتی، سرمایه انسانی و دسترسی به داده‌ها، شکاف قابلیت‌ها در علم را بین کشورها بزرگتر کند. همچنین ممکن است مدیریت امن سیستم‌های پیچیده دیجیتالی که زیرساخت‌های اساسی مانند شبکه‌های حمل و نقل و یا بازارهای مالی را پشتیبانی می‌کنند، دشوارتر شود. مسائلی مانند چگونگی مقابله با به اصطلاح «غارتگری[1]» مجلات علمی و چگونگی ناشناس نگه‌داشتن داده‌های تحقیقاتی شخصی، نشان می‌دهد که کاربردهای جدید (و مفید) فناوری دیجیتال می‌تواند نگرانی‌های جدیدی را در حوزهٔ سیاست ایجاد کند.

همچنین دیجیتالی شدن نیاز به تفکری جدید دربارهٔ نهادها و هنجارها را، اعم از عمومی و خصوصی، ایجاد می‌کند. برای مثال، در بخش دولتی، دولت‌ها در شماری از کشورها الزام وجود کمیسیون‌ها برای هوش مصنوعی و روباتیک را مورد بررسی قرار می‌دهند. به‌طور مشابه در بخش خصوصی، همانطور که دستیار صوتی روز به روز واقعی‌تر می‌شود شرکت‌ها باید تصمیم بگیرند که آیا مشتریان باید این حق را داشته باشند که بدانند با ماشین صحبت می‌کنند یا خیر (رنسبوتام[2] ۲۱ می ۲۰۱۸). سرعت بالای توسعه فناوری دیجیتال ممکن مستلزم این باشد که فرایندهای نظارتی دوراندیشانه‌تر باشند.

دیجیتال سازی همچنین چالش‌های بسیار گسترده‌تری را از آنچه در این گزارش است، ایجاد می‌کند. برای مثال، سیاست‌گذاران باید درباره اثرات مخرب اجتماعی و روانشناختی ناشی از نفوذ فناوری دیجیتال به بخش اعظم زندگی روزمره چه کنند؟

سنجش دیجیتالی‌سازی علم و فناوری

فصل ۲ زمینه آماری را برای بقیه کتاب آماده می‌کند. این فصل چالش‌های اندازه‌گیری و گزارش‌های آماری برای بعضی از روندهای کلیدی در دیجیتالی شدن علم و فناوری را بررسی می‌کند. برای این منظور، عمدتاً از کارهایی بهره می‌برد که در زیرگروه کاری کارشناسان ملی شاخص‌های علوم و فناوری OECD انجام شده است.

این فصل چهار بُعد گسترده تحولات دیجیتالی علم را مورد بررسی

۱ predatory
۲ Ransbotham

قرار می‌دهد: ۱) تصویب تسهیل ابزارها و شیوه‌های دیجیتال ۲) دسترسی به خروجی‌های علمی دیجیتالی شده، به خصوص انتشارات، داده و کدهای کامپیوتری ۳) استفاده و توسعهٔ بیشتر روش‌های دیجیتالی پیشرفته به منظور داده محورتر کردن تحقیقات ۴) ارتباط کار داشمندان با هم و چگونگی تأثیر آن بر نحوهٔ پاداش‌گیری دانشمندان.

به‌طور کلی، درحالی که فعالیت دیجیتال در علم فراگیر و گسترده است، فضای قابل توجهی برای بهره‌برداری بهتر از ظرفیت‌های فناوری دیجیتال، به‌ویژه ابزارهای پیشرفته وجود دارد. یافته‌ها در این فصل شامل موارد زیر می‌شوند:

- فناوری دیجیتال اشتراک علم را آسان می‌کند. با این حال، بررسی سازمان همکاری و توسعهٔ اقتصادی نشان می‌دهد که در سال ۲۰۱۶، ۶۰٪ یا ۸۰٪ از متون منتشر شده، فقط از طریق ثبت‌نام اینترنتی یا پرداخت هزینه در اختیار خوانندگان قرار گرفت.
- کمتر از نیمی از پاسخ‌دهنده‌ها در همهٔ زمینه‌های علمی، داده‌ها یا کد خود را برای حمایت از انتشارات خود، به ژورنال یا ناشر تحویل می‌دهند.
- یک سوم تحقیق و توسعه انجام شده و سرمایه‌گذاری شده توسط شرکت‌ها در ایالات متحده در رابطه با نرم‌افزار هستند. پژوهش سازمان همکاری و توسعه اقتصادی نشان می‌دهد شرکت‌هایی که از فناوری دیجیتال پیشرفته استفاده می‌کنند، شانس نوآوری دو برابر دارند. یک رابطه مثبت نیز بین توسعه فناوری‌ها و نوآوری، به‌خصوص نوآوری در تولید وجود دارد.
- از ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۶، حجم سالانه انتشارات مرتبط با هوش مصنوعی به میزان ۱۵۰٪ رشد داشته، در حالی که برای کل انتشارات علمی ۵۰٪ رشد ثبت شده است. در حال حاضر جمهوری خلق چین (از این پس چین نوشته می‌شود) بزرگترین تولیدکنندهٔ علوم مرتبط با هوش مصنوعی در زمینهٔ انتشارات است. این کشور همچنین به سرعت درحال بهبود کیفیت خروجی علمی خود در این زمینه است.
- بودجه دولتی[۱] علوم مرتبط با هوش مصنوعی با موج جدید سیاست‌ها و نیازهای مالی به‌طور چشم‌گیری درحال رشد است. با این حال مقایسه

[۱] Public funding

بین کشورها مشکل است، زیرا هوش مصنوعی در طبقه‌بندی‌های از پیش انجام شدهٔ بودجهٔ تحقیق و توسعه جای نمی‌گیرد. در واقع سیستم‌های داده برای پاسخ به نیازهای مربوط به زمینه‌های موضوعی تحقیقات که توسط بودجه دولتی حمایت می‌شوند کارایی لازم را ندارند. پرداختن به این نقطه ضعف، از اولویت‌های سازمان همکاری و توسعهٔ اقتصادی است (از طریق پروژه آزمایشی Fundstat). سازمان همکاری و توسعهٔ اقتصادی همچنین شروع به نگاشتن روند سرمایه‌گذاری در مطالعات موردی[1] با استفاده از هوش مصنوعی کرده است. در فصل دو این موضوع با دو مثال از ایالات متحده نشان داده شده است.

- در دو مقطع دکتری و کارشناسی ارشد، تعداد مردان فارق التحصیل شده در فناوری اطلاعات و ارتباطات بسیار بیشتر از زنان است. به‌ویژه فارق التحصیلان دکترای فناوری اطلاعات و ارتباطات، احتمالاً متولد خارج از کشور هستند که این امر، موضوع جمعیت را در معرض سیاست‌هایی قرار می‌دهد که الزامات اقامتی و ملیتی را تغییر می‌دهند. برای مثال، ۳۰٪ از دارندگان دکتری فناوری اطلاعات و ارتباطات در ایالات متحده در سال گذشته شغل خود را تغییر داده‌اند که این عدد برای زمینه‌های دیگر ۱۵٪ است.
- داده‌های حاصل از تحقیق سازمان همکاری و توسعهٔ اقتصادی از نویسندگان علمی نشان می‌دهد که دانشمندان جوان بیشتر مستعد این هستند که در همهٔ جنبه‌های رفتار دیجیتال درگیر شوند.

دیجیتالی شدن، علم و سیاست علم

فصل سوم نشان می‌دهد که دیجیتالی شدن در همهٔ بخش‌های علوم، از تعیین برنامهٔ کار، تا آزمایش، به اشتراک‌گذاری دانش و مشارکت عمومی تغییر ایجاد می‌کند. فناوری دیجیتال در حال ایجاد یک مدل جدید از علم باز[2] است؛ اصطلاحی که به تلاش برای بازتر و فراگیرتر شدن فرایندهای علمی اشاره دارد. علم باز سه رکن اصلی دارد: دسترسی آزاد (OA)[3] به انتشارات و

[1] Case study
[2] Open science
[3] Open access

اطلاعات علمی، دسترسی بهتر به داده‌های تحقیقاتی و تعامل گسترده‌تر با ذی‌نفعان. این سه رکن با هم می‌توانند بازدهی و کارایی علوم را افزایش دهند و به تبدیل یافته‌های پژوهشی به نوآوری و منافع اجتماعی-اقتصادی سرعت بخشند. با این حال، رسیدن به علم باز، نیازمند آن است که هر کدام از تنش‌های سیاسی مربوط به این ارکان مدیریت شود.

فریمن دایسون[۱] فیزیک‌دان در کتابش با عنوان « جهان خیالی» بیان می‌کند که طی ۵۰۰ سال گذشته هفت انقلاب مبتنی بر مفهوم[۲] در علم وجود داشته است. این انقلاب‌ها با اسامی کپرنیک، نیوتن، داروین، مکسول، فروید، انیشتین و هایزنبرگ همراه‌اند. تقریباً در بازهٔ زمانی مشابه، حدود ۲۰ انقلاب ابزار محور از تلسکوپ در نجوم گرفته تا پراش پرتو X[۳] در زیست شناسی اتفاق افتاد. امروزه، ICT[۴] ابزاری نوظهور برای خلق تغییرات انقلابی در علم است.

بسیاری از فرآیندها و خروجی‌های علم نیز فناوری دیجیتال را بهبود می‌بخشند. به‌عنوان مثال رصدخانه تداخل‌سنج لیزری امواج-گرانشی[۵] که امواج گرانشی کیهانی را شناسایی کرد، الگوریتم‌های جدیدی را برای تشخیص سیگنال‌های کوچک در داده‌های نویزدار ارائه داد. همچنین فیزیک‌دانانی که به منظور آنالیز داده در مقیاس پتابایت، سیستم محاسباتی متصل به هم برخوردهنده بزرگ هادرون را در صدها سایت طراحی می‌کنند، محاسبات شبکه‌ای[۶] را توسعه می‌دهند.

• دسترسی به اطلاعات علمی

مدل‌های درحال ظهور ارائه دسترسی آزادو سرورهای پیش چاپ[۷]، مجلات بزرگ، مخازن سازمانی[۸] و گردآورنده‌های اطلاعات آنلاین[۹]، دسترسی به اطلاعات علمی را ساده‌تر می‌کنند. با این حال دوره جدید در مقایسه با مجلات تخصصی سنتی که تحقیقات علمی را پس از داوری همتا منتشر

۱ Freeman Dyson
۲ Concept driven revolution
۳ X-ray diffraction
۴ Information and Communication Technology
۵ Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory
۶ Grid computation
۷ Pre-print servers
۸ Institutional repository
۹ Online information aggregators

می‌کردند چالش‌هایی را به همراه دارد. این که روند ویرایش و داوری همتا چگونه کار می‌کند و چگونه سوابق تحصیلی با گذشت زمان حفظ و به روز می شود، شفافیت کم‌تری دارد. نگرانی قابل توجهی در مورد تعداد مجلات آنلاین «شکارچی» وجود دارد که نویسندگان را برای انتشارشان متهم می‌کند. این مجلات کنترل کیفیت مناسبی ندارند و یا اصلاً ندارند. مهم است که مجلات شکارچی به صورت عمومی شناسایی شوند و همچنین در دستورالعمل بودجه یا مشوق‌های دیگر که سهواً باعث تشویق نشر در چنین ژورنال‌هایی می‌شوند تجدید نظر شود.

ابزارهای دیجیتال می‌توانند انتشار مقالات علمی را از چندین راه پشتیبانی کنند. به دلیل تحریک جامعه علمی جهانی که در حال رشد است و همچنین فشار دانشگاهی برای انتشار، حجم مقالات علمی، گسترده و رو به رشد شده‌است. ICT می‌تواند به سازمان‌دهی، اشتراک و تحلیل این حجم رو به رشد از اطلاعات علمی کمک کند. در همین زمان دفترچه‌های آزمایشگاه باز آنلاین[۱] مانند ژوپیتر[۲]، دسترسی به داده‌های آزمایشی اولیه و سایر اطلاعات را فراهم می‌کنند. همچنین محققان از هوش مصنوعی برای بررسی تحقیقات علمی مشکوک و شناسایی داده‌های جعلی استفاده می‌کنند (سانکاران، ۲۰۱۸). استفاده از چنین ابزارهایی بستگی به بکارگیری گسترده استانداردها و شناسه‌های دیجیتال منحصر به فرد دارد، که سیاست می‌تواند این امر را تسهیل کند.

بسیاری از سرمایه‌گذاران علوم، دسترسی آزاد را اجباری می‌کنند، اما مشاغل دانشگاهی و در برخی موارد حمایت مالی نهادها، تا حد زیادی با انتشار مقالات در مجلات با ضریب تأثیر بالا و همچنین با دسترسی پولی تعیین می‌شوند. انگیزه‌ها و تغییرات در سیستم‌های ارزیابی باید با ملزومات سرمایه‌گذاران مطابقت داشته باشند تا رسیدن به دسترسی آزاد سریعتر محقق شود. تمرکز بیشتر بر معیارهای مبتنی بر مقاله و نه بر ضریب تأثیر مجلات، یک راه پیش رو است. همچنین شاخص‌ها و اندازه‌گیری‌های جدید برای تشویق به اشتراک‌گذاری داده‌ها مورد نیاز خواهد بود.

ممکن است یک فرآیند انتشار طبقه‌بندی شده ایجاد شود تا چالش‌های

---

۱ online open lab notebooks
۲ Jupyter

استفاده از ابزارهای دیجیتال را برطرف کند. با انتشار تنها برخی از یافته‌ها در مجلات، اشتراک اطلاعات علمی و اظهار نظر در مورد آن‌ها می‌تواند زودتر اتفاق بیفتد. بعضی زمینه‌های پژوهشی در حال آزمایش داوری همتای پس از انتشار هستند، که به موجب آن جامعه علمی وسیع‌تری می‌توانند در مورد نسخه اصلی بحث کنند. چنین فرآیندی نقاط قوتی دارد: برای مثال، بحث شفاف عمومی بین داوران، برای استدلال سالم انگیزه ایجاد می‌کند. اما می‌تواند نقاط ضعفی نیز داشته باشد، برای مثال، نظرات نادرست داوران می‌تواند فرآیند را با توقف مواجه کند. با این حال، با رعایت نکات مناسب، داوری همتای پس از انتشار می‌تواند باعث افزایش کیفیت و استحکام سوابق علمی شود.

• بهبود دسترسی به داده‌های پژوهشی

برای تقویت دسترسی به داده‌های تحقیق، واکنش‌های سیاسی لازم است. سازمان همکاری و توسعهٔ اقتصادی ابتدا در سال ۲۰۰۶ از دسترسی بیشتر به داده‌های تحقیقاتی با بودجه دولتی حمایت کرد. از آن زمان، ابزارهای مورد استفاده برای فراهم نمودن امکان دسترسی بیشتر، بهبود یافته‌اند و دستورالعمل‌ها و اصولی بدین منظور به‌طور گسترده اتخاذ شده‌اند. با این حال، همانطور که نکته‌های پیش رو بیان می‌کنند، هنوز موانعی دسترسی به داده‌های علمی را محدود می‌کنند:

- هزینه مدیریت داده‌ها در حال افزایش است و بودجه‌های تحقیقاتی را تحت فشار قرار می‌دهد. سرمایه گذاران علوم باید با انبارهای داده به‌عنوان بخشی از زیرساخت‌های تحقیقاتی (که خود به مدل‌های شفاف اقتصادی نیاز دارند) برخورد کنند.
- فقدان انسجام سیاسی و اعتماد بین جوامع مانع از اشتراک داده‌ها بین مرزها می‌شود. اشتراک داده‌های تحقیقاتی عمومی نیازمند چارچوب‌های قانونی و اخلاقی است. سرمایه‌گذاران باید از طریق چنین اتحادیه‌هایی مانند اتحادیه داده‌های پژوهشی[۱] در حمایت از زیرساخت‌های داده همکاری کنند. استانداردها و فرآیندهای جدید از جمله پناهگاه‌های ایمن[۲] برای کار روی داده‌های حساس و همچنین

۱ Research Data Alliance
۲ Safe havens

فناوری جدید زنجیرهٔ بلوکی[1] نیز می‌توانند اعتماد را تقویت کنند.

- علم باید سازوکارهای حاکمیتی و بازنگری خود را برای پاسخ به نگرانی‌های اخلاقی و حریم خصوصی تطبیق بدهد. برای مثال، استفاده از داده‌هایی با موضوع انسانی، نیازمند رضایت آگاهانه و ناشناس‌سازی[2] دارد. با وجود این، ناشناس‌سازی اطلاعات شخصی از هر منبعی درصورتی که ICTها بتوانند آن را به سایر داده‌های شخصی مرتبط سازند غیرممکن است. سازوکارهای شفاف، پاسخگو، خبره و دارای توانمندی مناسب، مانند هیئت‌های بررسی سازمانی و یا کمیته‌های اخلاق تحقیق، باید بر تحقیقات انجام شده با شکل‌های جدید داده‌های شخصی نظارت داشته باشند.
- برای ساخت و فراهم کردن دسترسی به زیرساخت‌های سایبری، برنامه‌ریزی و همکاری‌های استراتژیک ارگان‌ها لازم است. ارگان‌های جهانی مانند اتحادیه داده‌های پژوهشی ذکر شده می‌توانند به گسترش استانداردهای جامعه، راه‌حل‌های فنی و شبکه‌های متخصصان کمک کند.
- مهارت‌های لازم برای جمع‌آوری، سازمان‌دهی و تحلیل داده کمیاب هستند. برای مدیریت و تحلیل داده‌ها، ساختارها و حرفه‌های شغلی مانند «مباشر داده[3]» باید توسعه یابند.

• گسترش تعامل با علم

تعامل با طیف گسترده‌ای از ذی‌نفعان می‌تواند تحقیقات علمی را بیشتر با هم مرتبط کند. دیجیتالی شدن درحال باز کردن علم برای بازیگران اجتماعی شامل گروه‌های بیماران، سازمان‌های غیر دولتی، صنعت، سیاست‌گذاران و غیره است. چنین گشایشی با هدف بهبود کیفیت و ارتباطات علمی و تبدیل آن به عمل اتفاق می‌افتد. تعامل اجتماعی می‌تواند تمام فرآیند تحقیق را از تنظیم دستور کار تا تولید پژوهش و انتشار اطلاعات علمی بهبود بخشد. احتمالاً مهم‌ترین حوزهٔ توسعهٔ تعامل، تعیین اولویت‌های تحقیق است. یک فرآیند فراگیرتر از تعیین برنامه کار اگر خوب طراحی شود می‌تواند تحقیقات را مرتبط‌تر کند و حتی ممکن است سوالات پژوهشی کاملاً جدید ایجاد کند. در سال‌های اخیر شاهد گسترش

---

۱ Blockchain
۲ Anonymisation
۳ Data stewards

«علم شهروندی[1]» بوده‌ایم که به موجب آن تحقیقات علمی هدایت می‌شود یا از طریق پروژه‌های مشارکتی فعال شده با ICT پشتیبانی می‌شود. فناوری اطلاعات و ارتباطات درحال کمک به علم برای استخراج ورودی از شبکه عمومی به منظور برچسب زدن، تولید و طبقه‌بندی دادهٔ خام و ایجاد ارتباط بین مجموعه داده‌ها است. ICT همچنین درحال ایجاد فرصت‌هایی برای شبکه عمومی به منظور مشارکت در شکل‌های نوآورانه اکتشاف است. برای مثال، با انجام یک بازی ویدیویی، بیش از ۲۶۵۰۰۰ نفر به متخصصان مغز و اعصاب برای توسعهٔ هزاران نقشهٔ منحصربه‌فرد نورونی، کدگذاری رنگی بیش از ۱۰ میلیون بخش سلولی و تولید داده درمورد عملکرد نورون کمک کرده‌اند (دانشگاه پرینستون، ۲۰۱۸). این‌که آیا علم شهروندی گسترش یابد یا نه و بهترین راه آن چیست نیازمند پاسخ به تعدادی سوال است. این سوالات شامل چگونگی شکستن پروژه‌های تحقیقاتی پیچیده به وظیفه‌های جزئی موازی است که به درک کل پروژه بستگی ندارند. سرمایه‌گذاری جمعی[2] برای علم نیز در حال گسترش است. به نظر می‌رسد این اتفاق فرصت‌هایی را برای تأمین بودجه در مقیاس کوچک اما معنی‌دار برای محققان جوان با پروژه‌های تحقیقاتی پرخطر فراهم می‌کند.

فناوری دیجیتال می‌تواند با استفاده از ورودی‌های جمعی از روش‌های دیگر برای علم سودمند باشد. برای مثال، تحقیقات اخیر نشان می‌دهد که فناوری دیجیتال می‌تواند با استفاده از بینش جمعی جامعهٔ علمی، به بهبود تخصیص بودجهٔ دولتی تحقیق کمک کند.

• هوش مصنوعی برای علم

هوش مصنوعی می‌تواند زمانی که برخی شواهد نشان می‌دهند که ممکن است بهره‌وری تحقیقات درحال نزول باشد، بهره‌وری را در علم افزایش دهد. هوش مصنوعی درحال استفاده شدن در همهٔ فازهای فرآیندهای علمی است؛ از استخراج خودکار اطلاعات از منابع علمی گرفته تا آزمایش (صنعت داروسازی معمولاً از سیستم عامل‌های خودکار با توان بالا برای طراحی دارو استفاده می کند)، جمع‌آوری داده در مقیاس بزرگ و طراحی تجربی بهینه. هوش مصنوعی رفتار آشوب‌ناک سیستم‌ها را تا افق‌های زمانی دور پیش‌بینی کرده‌است، از عهده مشکلات محاسباتی ژنتیک برآمده، کیفیت تصویربرداری نجومی را بهبود بخشیده و به کشف قوانین سنتزهای شیمیایی

[1] Citizen science
[2] Crowdfunding

کمک کرده است. امروزه هوش مصنوعی به‌طور مکرر موضوع مقالات منتشر شده در معتبرترین ژورنال‌های علمی قرار می‌گیرد.

• پیشران‌های اخیر هوش مصنوعی در علم

هوش مصنوعی به اشکال مختلف به تحقیقات کمک کرده است. در دهه ۱۹۶۰ میلادی پروژهٔ هوش مصنوعی دندرال[۱] به تشخیص ساختارهای شیمیایی کمک کرد. در دهه ۱۹۷۰ یک هوش مصنوعی مهم که با نام ریاضی‌دان خودکار[۲] شناخته می‌شد، به اثبات‌های ریاضی کمک کرد. پیشرفت‌های کلیدی، رشد اخیر هوش مصنوعی و یادگیری ماشین را توضیح می‌دهند. این پیشرفت‌ها شامل پیشرفت‌های گسترده در نرم افزارهای رایانه‌ای و هوش مصنوعی، دسترسی بسیار بیشتر به داده‌ها و دسترسی دانشمندان به کدهای هوش مصنوعی متن باز[۳] است (کینگ و رابرت[۴]، ۲۰۱۸)

کادر ۱٫۱ هوش جمعی برای کمک به تخصیص بودجه علمی

بولن[۵] و همکاران (درسال ۲۰۱۴) و خود بولن (سال۲۰۱۸) یک کلاس جدید از سیستم‌های اختصاص بودجه خودسازمان‌یافته (SOFA)[۶] را برای بررسی موضوعات مرتبط با داوری همتا بررسی کردند. داوری همتا، رویکرد غالب برای ارزیابی ارزش علمی پروپوزال‌ها برای تأیین بودجه تحقیق است. با این حال، نقد داوری همتا رو به افزایش است. یک نگرانی عمده هزینه زمان دانشمندان است. برای مثال، یک مطالعه در استرالیا نشان داد که ۴۰۰ سال از زمان محققان صرف تهیهٔ پروپوزال‌های بدون بودجه برای حمایت از یک صندوق تحقیقات بهداشتی واحد شده است. داوری همتا ایرادات دیگری نیز دارد. تخصص در پنل‌های داوری قابل مبادله نیستند: اگر عضویت در پنل به‌طور تصادفی تغییر کند، بسیاری از درخواست‌های موفق در زمینه اعطای کمک هزینه رد می‌شوند. همچنین برخی از مطالعات نشان می‌دهند که داوری همتا برای اقلیت‌ها، زنان و عقاید غیر متعارف کمتر مطلوب است.

بولن و همکاران، برای کاهش هزینه‌های کلی اداری و بهبود تخصیص بودجه

---

۱ DENDRAL
۲ Automated Mathematician
۳ Open source
۴ King and Roberts
۵ Bollen
۶ Self-Organized Funding Allocation

یک سیستم SOFA پیشنهاد کردند که به این صورت کار می‌کند: آژانس‌های تأمین مالی سالانه مبلغ پایه‌ای بی‌قید و شرط و برابر را به همه دانشمندان واجد شرایط می‌دهد. سپس دانشمندان درصد مشخصی از بودجه خود را به همتایانی که فکر می‌کنند از آن بهترین استفاده را می‌کنند توزیع می‌کنند. بنابراین هرسال همه دانشمندان یک مقدار ثابت از آژانس‌های تأمین بودجه خود و مبلغی را از همتایان خود دریافت می‌کنند. دانشمندان می‌توانند وارد سایت آژانس تأمین بودجه خود شوند و به سادگی نام دانشمندانی را که می‌خواهند به آن‌ها بودجه اهدا کنند انتخاب کنند و مبلغ مربوط به هرکدام را مشخص کنند.

از آن‌جا که بودجهٔ بین دانشمندان در گردش است، نه فقط پنل‌های کوچک بررسی می‌شوند بلکه ترجیحات بودجه‌ای کل جامعه علمی را منعکس می‌کنند. دانشمندان بزرگ و سرشناس که سهم ثابتی از پول دریافتی خود را توزیع می‌کنند، در نهایت تأثیر بیشتری بر نحوهٔ تخصیص بودجه کلی می‌گذارند. در عین حال به دلیل این که همهٔ دانشمندان یک اعتبار سالانه بی‌قید و شرط دریافت می‌کنند، از ثبات و استقلال بیشتری برای اکتشاف برخوردارند. با تکامل درک جمعی از اولویت‌ها و شایستگی‌های علمی، سطح بودجه نیز تنظیم می‌شود. همچنین دانشمندان انگیزه لازم را برای به اشتراک گذاشتن پژوهش خود دارند زیرا در صورتی که همکارانشان را تحت تأثیر قرار دهند، می‌توانند بودجهٔ بیشتری کسب کنند. علاوه بر این تخصیص بودجه به افراد به جای پروژه‌ها می‌تواند آزادی عمل بیشتری برای دانشمندان برای مسیرهای پژوهشی جدید به همراه داشته‌باشد.

توزیع بودجه‌های فردی، ناشناس خواهد بود (برای این‌که از تأثیرات شخصی جلوگیری کند) و همچنین منوط به محدودیت تضاد منافع فردی. برای مثال، دانشمندان ممکن است از اهدای بودجه به خود، افراد تحت مشاوره، همکاران در مؤسسه خود و غیره منع شوند. آژانس‌های تأمین مالی و دولت‌ها با تنظیم پارامترهای توزیع می‌توانند تحقیقات را به سمتی ببرند که اهداف سیاسی‌ای مانند تأمین بودجه برای جوامع کم درآمد را ارتقا بخشند. سیستم‌های تأمین مالی موجود همچنین می‌توانند برای تکمیل داوری همتا و حفظ پاسخگویی اجتماعی به SOFA متصل شوند.

شبیه‌سازی یک SOFA با استفاده از میلیون‌ها سابقه ثبت شده در Web of Science، به یک توزیع بودجه، با بررسی اعتبار و بدون نیاز به تهیه یک درخواست (پروپوزال)، منجر شد. SOFAها شایستگی مطالعه و آزمایشات مقدماتی بیشتری دارند. در سال ۲۰۱۸، پارلمان هلند سازمان تحقیقات علمی هلند را موظف به کشف یك مطالعه آزمایشی کرد.

• هوش مصنوعی می‌تواند برای انجام تحقیقات علمی با سیستم‌های رباتی نیز ترکیب شود.

سیستم‌های اتوماسیون آزمایشگاهی می‌توانند با استفاده از AI تکنیک‌هایی برای اجرای چرخهٔ آزمایش‌های علمی استخراج کنند. برای نمونه، یک سیستم از AI برای تحلیل مدل‌های مولکولی با مشخصات مطلوب استفاده می‌کند. سپس یک ربات پیش‌بینی‌های انجام شده از طریق ترکیب فیزیکی نمونه‌های شیمیایی را آزمایش می‌کند و نتایج را تحلیل می‌کند. این نتایج به ورودی برای بهبود پیش‌بینی‌های سیستم تبدیل می‌شوند (نایت[۱]، ۲۰۱۸). اتوماسیون ایجاد شده توسط AI در علوم، به‌ویژه در رشته‌هایی که به آزمایشات در شرایط سخت نیاز دارند، مانند زیست‌شناسی مولکولی و مهندسی شیمی مزایای بالقوه زیادی دارد (کینگ و رابرتز، ۲۰۱۸):

- اکتشاف سریع‌تر. سیستم‌های خودکار می‌توانند هزاران فرضیه را به صورت موازی تولید کنند و مورد آزمایش قرار دهند.
- آزمایش ارزان‌تر. سیستم‌های AI می‌توانند آزمایشات مقرون به صرفه‌تری انتخاب کنند.

اشتراک بهبودیافتهٔ دانش/اطلاعات و تکرارپذیری علمی. ربات‌ها می‌توانند به‌طور خودکار روش‌ها و نتایج آزمایشی را به همراه فراداده، بدون هزینه اضافی، ثبت کنند (ثبت داده‌ها، فراداده‌ها و روش‌ها توسط انسان تا ۱۵٪ هزینه آزمایش را افزایش می‌دهد).

هنوز در استفاده از هوش مصنوعی و یادگیری ماشین چالش‌هایی وجود دارد. مدل‌های علمی توسعه داده شده به وسیله ML همواره قابل توضیح نیستند. این تا حدودی به این دلیل است که ML چالش‌های کلی تفسیرپذیری را مطرح می‌کند. همچنین دلیل این امر آن است که احتمالاً قوانینی که زیربنای یک مدل به‌دست آمده از AI یا ML هستند، به دانشی بستگی دارد که هنوز دانشمندان به آن دست نیافته‌اند. علاوه بر این، ممکن است برخی قوانین علمی آن‌چنان پیچیده باشند که به‌وسیله یک سیستم AI/ML کشف شوند، اما کارشناسان هنوز برای فهم آن‌ها در تلاش باشند (باتلر[۲] و همکاران، ۲۰۱۸).

هرچه AI نقش مهم‌تری در علم ایفا کند، سیاست‌های ویژه‌ای از اهمیت برخوردار می‌شوند. این‌ها شامل سیاست‌هایی است که بر دسترسی به

۱ Knight,
۲ Butler

رایانش سریع(HPC[1]) (منابع محاسباتی لازم برای زمینه‌های تحقیقاتی برجسته، از جمله هوش مصنوعی، می‌توانند بسیار گران باشند)، مهارت‌ها (که بعدا در این فصل مورد بحث قرار می‌گیرند) و دسترسی به داده‌ها (از جمله استانداردسازی مجموعه داده‌های علمی برای فهم توسط ماشین) تأثیر می‌گذارند. سیاست‌های مربوط به دسترسی به داده‌ها نه تنها برای آموزش سیستم‌های هوش مصنوعی که برای دامنه مشکلات علمی که AI می‌تواند روی آن‌ها کار کند و نیز برای تکرارپذیری هم مهم هستند. بدون دسترسی به داده‌های اولیه (زیربنایی) اعتبار نتیجه‌گیری‌های به دست‌آمده از الگوریتم‌های پیچیده - که بعضی از آن‌ها ممکن است یک مشخصه «جعبه سیاه» را داشته باشند سوال برانگیز خواهد بود. همچنین AI سوال جدید و تاکنون بی‌پاسخی را در علم ایجاد می‌کند: برای مثال، آیا ماشین‌ها باید در استندهای دانشگاهی گنجانده شوند؟ آیا سامانه‌های مالکیت معنوی در دنیایی که ماشین‌ها توانایی اختراع دارند نیاز به اصلاح دارند؟

دیجیتالی شدن و نوآوری در شرکت‌ها

دیجیتالی شدن در حال شکل دادن به نوآوری در اقتصاد، تولید محصولات و خدمات جدید دیجیتال و تقویت قدیمی‌ها با ویژگی‌های دیجیتال است. فصل ۴، چهار روند نوآوری را در عصر دیجیتال توصیف می‌کند: داده‌ها ورودی کلیدی نوآوری هستند، فناوری‌های دیجیتال نوآوری خدماتی را فعال می‌کنند، چرخه‌های نوآوری درحال سرعت گرفتن هستند و فناوری دیجیتال نوآوری را مشارکتی‌تر می‌کند. پاراگراف‌های پیش رو این چهار روند را توضیح می‌دهند.

فرآیندهای نوآوری به‌طور فزاینده‌ای به داده متکی هستند. آن‌ها از داده‌ها برای جستجوی محصول و گسترش خدمات استفاده می‌کنند و از بینش موجود در روند بازار برای درک رفتار رقبا، بهینه‌سازی توسعه، پیشرفت و فرآیندهای توزیع و همچنین تناسب محصولات و خدمات و تقاضاهای مشخص یا نوسانی بهره می‌برند.

انواع متنوع و بزرگ‌تر داده باعث توسعه مدل‌های جدید تجاری شده‌اند. چنین مدل‌هایی شامل اقامتگاه‌های همتا به همتا[2] (مثل Airbnb) و خدمات عندالمطالبه موبایلی می‌شوند. مثال‌های دیگر بسترهایی برای

[1] High-Performance Computing
[2] Peer-to-peer accomodation

تحقیق، مقایسه و رزرو اقامت‌گاه و گزینه‌های حمل و نقل (مثل book.com)، تخفیف فاکتور دیجیتال (مثل Due Course) و همکاری‌های دیجیتال (مورد آخر در شولز[1] و اشنایدر[2] ۲۰۱۹، توضیح داده شده است) هستند. تمام این مدل‌های جدید کسب و کار امکان در دسترس بودن و ظرفیت تحلیل آنی داده (در حجم بالا) را دارند.

فناوری‌های دیجیتال نوآوری خدماتی را نیز تسهیل می‌کنند. مثال‌هایی ازسرویس‌های جدید ایجاد شده توسط فناوری دیجیتال، سرویس‌های پیش‌بینی نیاز به خدمات تعمیر و نگهداری با استفاده از اینترنت اشیاء (IoT)[3] و خدمات تجاری مبتنی بر وب هستند. تولیدکنندگان در کنار کالاهای تولیدی‌شان به‌طور فزاینده‌ای خدماتی را که به وسیلهٔ فناوری دیجیتال ایجاد شده ارائه می‌دهند و ارائه دهندگان خدمات به منظور بهبود فعالیت‌هایشان به‌طور فزاینده‌ای روی فناوری دیجیتال سرمایه‌گذاری می‌کنند. برای مثال، خرده‌فروشان بزرگ برای بهبود مدیریت موجودی خود به‌طور گسترده‌ای در IoT سرمایه‌گذاری می‌کنند. نوآوری‌های دیجیتالی مانند نرم‌افزار طراحی مولد[4] و چاپ سه بعدی با تسریع طراحی، ساخت نمونه‌سازی و آزمایش، چرخه‌های نوآوری را سرعت می‌بخشند. ICT همچنین راه‌اندازی بازار محصولات نسخه بتا را که قابل به‌روزرسانی هستند برای در نظر گرفتن بازخورد مصرف‌کننده فراهم می‌آورد. برای مثال، سیستم FastWork لوازم خانگی GE به سرعت مصرف‌کننده را در توسعهٔ محصولات جدید مانند یخچال‌ها درگیر می‌کند و از نظرات آن‌ها استفاده می‌کند.

فناوری دیجیتال اکوسیستم‌های نوآوری را نیز بازتر و متنوع‌تر می‌کند. شرکت‌ها به سه دلیل به‌طور فزاینده‌ای با مؤسسات تحقیقاتی و شرکت‌های دیگر در تعامل هستند. اول اینکه، آن‌ها با مهارت‌ها و تخصص‌های تکمیلی مواجه می‌شوند و به آن‌ها دسترسی پیدا می‌کنند. دوم اینکه، مشارکت به تقسیم هزینه‌ها و کاهش ریسک‌های سرمایه‌گذاری نامطمئن در نوآوری دیجیتال کمک می‌کند. سوم اینکه، کاهش هزینه‌های ارتباطات، صرف نظر از موقعیت مکانی، امکان تعامل بیشتر را فراهم می‌آورد. یک مثال از مشارکت

---

۱ Scholz
۲ Schneider
۳ Internet of Things
٤ Generative design software

با استفاده از فناوری دیجیتال کنسرسیوم SmartDeviceLink،یک بستر متن‌باز برای توسعهٔ نرم‌افزاری گوشی‌های هوشمند برای خودروهای تولید شده توسط فورد[1] و تویوتا[2] است.

• آیا سیاست نوآوری برای عصر دیجیتال نیازمند تعدیل است؟

نوآوری به‌طور فزاینده‌ای شامل خلق محصولات و فرآیندهای دیجیتالی است. در نتیجه، سیاست‌های نوآوری باید با ویژگی‌های عمومی فناوری دیجیتال هماهنگ باشند. در همین ارتباط، فصل ٤ ملاحظات اساسی را برای طراحی سیاستگذاری ارائه می‌دهد. این ملاحظات شامل دسترسی به داده‌ها برای نوآوری، ارائه پشتیبانی و انگیزهٔ مناسب برای نوآوری و کارآفرینی، اطمینان از این که اکوسیستم‌های نوآوری از رقابت حمایت می‌کنند و حمایت از مشارکت برای نوآوری است. پاراگراف‌های پیش‌رو این شرایط را بیشتر توضیح می‌دهند.

• اطمینان از دسترسی به داده‌ها برای نوآوری

برای حمایت از رقابت و نوآوری، سیاست‌های دسترسی به داده‌ها باید با هدف تضمین بیشترین دسترسی ممکن به داده‌ها و دانش ایجاد شوند (ایجاد انگیزه برای اشتراک و استفاده دوباره). در عین حال، آن‌ها باید محدودیت‌هایی را در مورد حریم خصوصی داده‌ها، اخلاق، حقوق مالکیت معنوی (IPR)[3]، و هزینه‌ها و منافع اقتصادی رعایت کنند (یعنی انگیزه برای تولید داده). برخی از دولت‌ها برای تقویت نوآوری داده‌محور، دسترسی به داده‌های تولید شده در خدمات عمومی مانند حمل و نقل شهری را فراهم می‌کنند. سیاست می‌تواند ایجاد بازار برای داده‌ها را نیز تسهیل کند.

محدود کردن جریان داده‌های فرامرزی می‌تواند زیان‌بار باشد. برای مثال بخش تولید، بیشتر از هر بخش دیگری از اقتصاد داده ایجاد می‌کند و در آینده جریان داده فرامرزی سریع‌تر از رشد تجارت جهانی رشد خواهد کرد (فصل ۵). تحقیقات نشان می‌دهد محدود کردن چنین جریان‌هایی یا گران کردن آن‌ها، برای مثال با مجبور کردن شرکت‌ها به پردازش داده‌های مشتریان به صورت محلی، می‌تواند هزینه‌های شرکت‌ها را افزایش دهد و تجارت را برای آن‌ها

---

۱ Ford
۲ Toyota
۳ intellectual property rights

پیچیده‌تر کند. این مسئله به‌ویژه برای شرکت‌های کوچک و متوسط (SME)[۱] اتفاق می‌افتد.

با نوآوری کسب و کارها با داده‌ها، احتمال به وجود آمدن مسائل جدید در سیاست بیشتر می‌شود. یکی از چنین مسائلی این است که آیا شرکت‌ها باید دارای حق قانونی انتقال داده‌ها باشند یا نه. کمپانی‌هایی مثل زیمنس[۲] و GE درحال رقابت برای برتری در بسترهای آنلاین برای IoT هستند. چنین بسترهایی به انباری از داده‌های مهم تجاری تبدیل می‌شوند. اگر کمپانی‌ها حق انتقال داده‌های غیر شخصی را داشتند، رقابت بین پلتفرم‌ها می‌توانست رشد کند و هزینه‌های تغییر[۳] برای شرکت‌ها می‌توانست کاهش یابد. یکی دیگر از مسائل اولیه مربوط به سیاست به پردازش حسگر داده‌های غیر شخصی مربوط می‌شود. دستگاه‌های شخصی می‌توانند شامل اجزای مختلف تولید شده توسط تولیدکنندگان مختلف باشند، که هرکدام از آن‌ها دارای حسگری هستند که داده‌ها را ضبط، پردازش و منتقل می‌کنند. این مسئله مشکلات قانونی را افزایش می‌دهد. برای مثال، چه اشخاص حقوقی باید حق استفاده از داده‌های تولید شده توسط ماشین را داشته باشند و این موضوع باید تحت چه شرایطی باشد؟ اگر شرکتی ورشکسته شود، چه کسی مالک حقوق داده‌ها است؟ به‌طور گسترده‌تر، آیا برای محافظت از داده‌های منتقل شده در زنجیرهٔ ارزش - مثلاً بین پیمانکار اصلی و فرعی - برای فروش به شخص ثالث یا استفاده توسط او مقررات لازم است؟

• ارائه پشتیبانی حقوقی و انگیزشی برای نوآوری و کارآفرینی

دولت باید انعطاف‌پذیر و هوشیار باشد تا با تکامل سریع برنامه‌های نوآوری خود نیز تغییر کند. یک رویکرد برای دستیابی به سیاست واکنشی، استقرار و نظارت بر آزمایش‌های سیاسی در مقیاس کوچک است که پس از آن می‌توان مقیاس سیاست‌ها را کوچک یا بزرگ کرد. در زمینه تغییرات سریع، رویه‌های درخواست برای ابزارهای پشتیبانی نوآوری نیز باید ساده‌سازی شوند. برای مثال، برنامه گذر تکنولوژی فرانسه[۴] به استارآپ‌های درحال رشد، دسترسی سریع و ساده به خدمات (مثلا در تأمین بودجه، نوآوری و توسعه کسب و کار) ارائه می‌دهد.

---

۱ small and medium-sized enterprises
۲ Siemense
۳ Switching costs
۴ the Pass French Tech programme

سیاست‌ها باید پاسخگوی نوآوری خدمات نیز باشند. اقدامات مرتبط ممکن است شامل پروژه‌هایی برای توسعهٔ خدمات کاملاً جدید با استفاده از فناوری‌های دیجیتال، مانند طرح خدمات دیجیتال و هوشمند[۱] در اتریش، باشد. سایر اقدامات بالقوه شامل سیاست‌هایی برای کمک به تولید شرکت‌های کوچک و متوسط برای توسعهٔ خدمات جدید، مرتبط با محصولاتشان است (مانند کوپن طراحی سرویس برای تولید شرکت‌های کوچک و متوسط در هلند).

• اطمینان از اینکه اکوسیستم‌ها از رقابت پشتیبانی می‌کنند

بازارهایی که در آن‌ها نوآوری دیجیتال مهم است در معرض نوآوری سریع (یک منشا رقابت) و صرفه ناشی از مقیاس[۲] (یک منشا تمرکز مداوم) هستند. مسئولان رقابت و سیاست‌گذاران نوآوری باید با اطمینان از رقابت‌پذیری این بازارها با هم کار کنند. آن‌ها همچنین باید به نقش داده‌ها به‌عنوان منشأ قدرت بازار توجه کنند.

• حمایت از مشارکت برای نوآوری

فناوری دیجیتال برای همکاری شرکت‌ها و مؤسسات به منظور نوآوری، راه‌های جدیدی فراهم می‌کند. این مکانیزم‌های جدید شامل انبوه‌سپاری[۳]، چالش‌های باز و به اصطلاح آزمایشگاه‌های زنده[۴] هستند. مورد آخر شامل فرآیندهای هم‌زمان تحقیق و نوآوری در یک مشارکت دولتی-خصوصی-مردمی[۵] است. مراکز تحقیقاتی و نوآوری جدید، اغلب مشارکت‌های دولتی-خصوصی، با تیم‌های چند رشته‌ای، متشکل از کسب و کارها و محققان عمومی، برای رفع چالش‌های فناوری همکاری می‌کنند. این مراکز اغلب دارای ساختارهای سازمانی نوآورانه هستند. مثال‌های از این مورد Data ٦١ در اتریش و مزارع صنعتی هوشمند[٦] در هلند هستند.

---

۱ Smart and Digital Services Initiative
۲ scale economies
۳ crowdsourcing
٤ living lab
٥ public-private-people partnership
٦ Smart Industry Fieldlab

دیجیتالی شدن و انقلاب تولیدی بعدی

فناوری‌های دیجیتال در قلب تولید پیشرفته قرار دارند (فصل ۵). اصطلاح پرکاربرد «صنعت نسل ٤/٠»[۱] به الگوی جدیدی که در آن تمام مراحل ساخت توسط فناوری دیجیتال کنترل و یا به هم متصل می‌شوند اشاره دارد. این مراحل از طراحی محصول، ساخت و مونتاژ گرفته تا کنترل فرآیند، ادغام زنجیرهٔ تأمین، تحقیقات صنعتی و استفاده از محصول را در بر می‌گیرند. صنایع نسل[۴] می‌توانند بهره‌وری را با شیوه‌های متعددی از کاهش زمان خرابی ماشین با پیش‌بینی نیازهای تعمیر و نگهداری توسط سیستم‌های هوشمند گرفته، تا انجام سریع‌تر، دقیق‌تر و پیوسته‌تر کارها با ربات‌های خودمختار، تعاملی و ارزان افزایش دهند. فناوری‌های تولید دیجیتال مورد نظر، به سرعت در حال پیشرفت هستند. برای مثال، نوآوری‌های اخیر امکان چاپ سه بعدی با مواد جدید مانند شیشه، چاپ رشته‌های DNA و حتی اخیراً چاپ روی ژل‌ها با استفاده از نور را فراهم می‌کند (OECD، ۲۰۱۷؛ کاستلوچی[۲]، ۲۰۱۹)

• هوش مصنوعی در تولید

با ظهور یادگیری عمیق[۳] با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی[٤] - منشأ اصلی پیشرفت‌های جدید در هوش مصنوعی - هوش مصنوعی در بیشتر فعالیت‌های صنعتی کاربرد پیدا می‌کند. این کاربردها از بهینه‌سازی سیستم‌های چند ماشینه گرفته تا بهبود تحقیقات صنعتی را دربر می‌گیرند. فراتر از تولید، هوش مصنوعی از کاربردهایی مانند آزمایش، بازیابی اطلاعات و داده‌ها و مدیریت هزینه‌ها نیز حمایت می‌کند.

چندین نوع سیاست بر توسعه و نفوذ هوش مصنوعی در صنعت تأثیر می‌گذارد. این سیاست‌ها شامل سیاست‌هایی برای آموزش و پرورش، دسترسی به تخصص و مشاوره، پشتیبانی از تحقیقات، سیاست‌هایی درباره امنیت دیجیتال، قوانین مسؤولیت (که به خصوص بر نفوذ تاثیر می‌گذارند) می‌شوند. علاوه بر این، با آن‌که کارآفرینان هوش مصنوعی ممکن است از دانش و منابع مالی برای توسعهٔ آزمون ایده برای یک کسب و کار برخوردار

۱ Industry ٤,٠
۲ Castelvecchi
۳ Deep learning
٤ Artificial neural networks

باشند، گاهی برای ایجاد یک شرکت هوش مصنوعی فاقد تخصص و ابزار سخت افزاری هستند. همانطور که در فصل ۵ توضیح داده می‌شود، دولت‌ها می‌توانند به رفع چنین محدودیت‌هایی کمک کنند.

بدون حجم عظیمی از داده آموزشی[۱]، بسیاری از مدل‌های هوش مصنوعی/ یادگیری ماشین دقیق نیستند. اغلب، داده‌های آموزشی باید به صورت ماهانه یا حتی روزانه تجدید شود. همچنین داده‌ها می‌توانند کمیاب باشند زیرا بسیاری از کاربردهای صنعتی، جدید یا سفارشی هستند. ممکن است در نتیجه تحقیقات راه‌هایی پیدا شود تا سیستم‌های هوش مصنوعی/ یادگیری ماشین کمتر نیازمند داده شوند (و در بعضی موارد داده‌های تولید شده به‌صورت مصنوعی می‌توانند بسیار مفید باشند). با این حال اکنون، داده‌های آموزش باید برای نیازهای دنیای واقعی تولید شده باشند. اما بسیاری از کمپانی‌های صنعتی از قابلیت‌های داخلی برای استخراج ارزش از داده‌های خود برخوردار نیستند و به وضوح تمایلی ندارند که به دیگران اجازه دسترسی به داده‌های خود را بدهند. همان‌طور که در فصل ۵ شرح داده می‌شود، بعضی برنامه‌های دولتی برای ارتباط بین داده‌های کمپانی و تخصص تحلیلی خارج از آن[۲] ایجاد شده‌اند. به‌علاوه، دولت‌ها می‌توانند برای کمک به توسعه و اشتراک داده‌های آموزش، به منظور توسعه برنامه‌ها و توافق‌های مدل داوطلبانه برای اشتراک قابل اعتماد داده‌ها، با ذی‌نفعان همکاری کنند. به‌طور کلی‌تر، دولت‌ها می‌توانند طرح‌های داده-باز و اعتماد داده‌ها را ارتقا بخشند و از وجود داده‌های عمومی در فرمت‌های قابل خواندن برای ماشین اطمینان حاصل کنند. درحالی که معمولاً چنین کارهایی در صنعت دنبال نمی‌شوند، اما می‌توانند برای شرکت‌های صنعتی مفید باشند (برای مثال در تحقیقات یا در پیش‌بینی نیاز که از داده‌های اقتصادی استفاده می‌کند و غیره).

• مواد جدید و فناوری نانو

پیشرفت در ابزارهای علمی مانند میکروسکوپ‌های نیروی اتمی[۳] و پیشرفت در شبیه‌سازی محاسباتی، به دانشمندان این امکان را داده است که مواد را با جزئیات بیشتری از قبل مورد مطالعه قرار دهند. مدل‌سازی قدرتمند

۱ Training data
۲ External analytic expertise
۳ Atomic-force microscopes

رایانه‌ای می‌تواند به ایجاد خواص مورد نظر مانند مقاومت در برابر خوردگی در مواد جدید کمک کند. همچنین می‌تواند نحوهٔ استفاده از مواد در محصولات را نشان دهد.

جوامع حرفه‌ای در تلاش هستند تا زیرساخت‌های مواد- اطلاعات را برای حمایت از کشف مواد به‌کار گیرند. این مورد شامل پایگاه‌های داده رفتار مواد، ارائه‌ی دیجیتالی میکروساختار مواد، روابط پیش‌بینی شده ساختار خواص و همچنین استانداردهای دادهٔ مربوطه می‌شود. هماهنگی سیاست در سطوح ملی و بین المللی می‌تواند باعث افزایش بازدهی و جلوگیری از تکثیر چنین زیرساخت‌هایی شود.

فناوری نانو که تا حد زیادی با مواد جدید مرتبط است، توانایی کار با پدیده‌ها و فرآیندهای فعال در مقیاس ۱ تا ۱۰۰ میلیاردم متر را دارد. پیچیدگی، هزینه و تخصصی بودن ابزارهای مورد نیاز برای تحقیق در فناوری نانو - حتی بعضی از ساختمان‌های تحقیقاتی باید هدفمند باشند - همکاری بین سازمانی را مطلوب می‌کند. برنامه‌های تحقیق و توسعه در زمینه فناوری نانو که با بودجه دولتی حمایت می‌شوند می‌توانند با دانشگاه‌ها و صنعت سایر کشورها نیز همکاری کند. طرح همکاری جهانی[۱] تحت برنامه افق ۲۰۲۰[۲] اتحادیه اروپا نمونه‌ای از این رویکرد است.

توسعه مهارت‌های دیجیتالی

دیجیتالی شدن تقاضا را برای مهارت‌های دیجیتال افزایش می‌دهد. به‌عنوان مثال، پیشرفت‌های سریع در سیستم‌های هوش مصنوعی منجر به کمبود کلی مهارت‌های هوش مصنوعی شده است. مشاغلی مانند «دانشمند داده صنعتی[۳]» و «داده‌شناسان زیستی[۴]» جدید هستند، که این نشان دهنده سرعت تغییر فناوری است که باعث ایجاد کمبود مهارت می‌شود. کمبود متخصصان داده مانع استفاده از علم تجزیه و تحلیل داده‌ها در تجارت می‌شود. برخی از کشورها معلمان برنامه‌نویسی رایانه بسیار کمی نیز دارند. کمبود کارشناسان امنیت سایبری باعث شده است تا حداقل یک دانشگاه

۱ Global Collaboration
۲ European Union's Horizon ۲۰۲۰
۳ Industrial data scientist
۴ Bioinformatics scientists

دانشجویان را برای محافظت از خود در برابر هکرها آموزش دهد (وینیک[۱]، ۲۰۱۸). علاوه بر این، ماهیت همه‌منظوره فناوری دیجیتال بدان معنی است که مهارت‌های مورد نیاز دانشمند خوب نیز در صنعت جذابیت بیشتری پیدا می‌کند و رقابت را نیز برای این استعدادها افزایش می‌دهد (سومرز[۲]، ۲۰۱۸).

تقاضای روزافزون برای مهارت‌های دیجیتال پیامدهایی برای توزیع درآمد و بهره‌وری اقتصادی دارد. برای مثال درمورد توزیع درآمد، فقدان مهارت‌های مربوط به فناوری اطلاعات و ارتباطات در جمعیت بزرگسالان کم مهارت در جایگاه‌های شغلی که نیاز به مهارت متوسط دارند، این گروه جمعیتی را در معرض خطر از دست دادن شغل در اتوماسیون قرار می‌دهد. از نظر بهره‌وری، توانایی سیستم‌های آموزش و پرورش در پاسخ به تغییر تقاضای مهارت بر سرعت پذیرش فناوری تأثیر می‌گذارد.

• سیستم‌های آموزشی و تحصیلی باید از اطلاعات همه شرکای اجتماعی بهره جویند.

در پیش‌بینی مهارت‌ها امکان خطا وجود دارد. تنها چند سال پیش، کمتر کسی می‌توانست پیش‌بینی کند که گوشی‌های هوشمند تولید طیف گسترده‌ای از محصولات و صنایع را، از رایانه‌های نوت بوک و سازمان‌دهندگان شخصی گرفته تا صنایع حاشیه‌ای[۳] که میزان شمارهای موسیقی و ذره‌بین‌های دستی را می‌سازند به سرعت مختل کنند و در برخی موارد به پایان برسانند. از آن‌جا که پیش‌بینی ذاتاً قطعی نیست، نظام‌های آموزشی و تحصیلی باید از اطلاعات مربوط به مهارت‌های مورد نیاز مشاغل، اتحادیه‌های صنفی، مؤسسات آموزشی و فراگیران استفاده کنند. دانش‌آموزان، والدین و کارفرمایان نیز به دسترسی به داده‌هایی که با استفاده از آن‌ها بتوانند درباره عملکرد مؤسسات آموزشی قضاوت کنند، نیاز دارند. منابع موجود در نظام‌های آموزش و پرورش باید به نوبهٔ خود به‌طور مؤثر به دوره‌ها و مؤسساتی که به بهترین وجه با تقاضای مهارت مطابقت دارند، جریان یابند. مثال‌هایی از این مؤسسات که چنین نقش‌هایی را ایفا می‌کنند شورای امنیت شغلی سوئد و SkillsFuture سنگاپور هستند.

• دوره‌های جدید و برنامه‌های درسی که ممکن است مورد نیاز باشند

ممکن است برای همگام ماندن با تغییرات سریع ناشی از دیجیتالی شدن، دوره‌ها و برنامه‌های آموزشی جدید مورد نیاز باشد. با پیشرفت‌های فناوری

۱ Winick,
۲ Somers
۳ Niche industries

دیجیتال، ممکن است به رشته‌های کاملاً جدید آموزشی، مانند برنامه‌های اختصاص داده شده برای صنعت خودروسازی مستقل، نیاز باشد. ممکن است برنامه‌های درسی موجود نیز نیاز به تغییر داشته باشند. برای مثال، مهندسین نرم‌افزار به‌طور مؤثری در حال تبدیل به مهندسین اجتماعی هستند. اگر این مهندسین علوم مدنی و فلسفه را یاد بگیرند، که به ندرت در برنامه‌های درسی علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات تدریس می‌شوند، جامعه می‌تواند از آن‌ها بهره بیشتری ببرد (ساسکایند[۱]، ۲۰۱۸).

در بسیاری از کشورها، منطق در مدارس تدریس نمی‌شود و در دانشگاه‌ها نیز به ندرت در دوره‌هایی غیر از دروس تخصصی، دوره منطق ارائه می‌شود. در نتیجه تعداد بسیار کمی از دانشجویان قوانین اساسی منطق در هوش مصنوعی را فرا می‌گیرند. بسیاری از مدارس به ندرت تحلیل داده را آموزش می‌دهند (کینگ[۲] و رابرت[۳]، ۲۰۱۸). بخش‌های مختلفی از این گزارش بر لزوم آموزش بیشتر چند رشته‌ای تأکید دارد. برای نمونه، اقتصاد زیستی[۴] به‌طور فزاینده‌ای به برنامه‌های تحصیلی که زیست‌شناسی، مهندسی و برنامه‌نویسی را باهم ترکیب کنند، نیاز دارد (فصل ۶). به‌علاوه، در بسیاری از کشورها، در بعضی رشته‌ها از جمله هوش مصنوعی، تعداد دانش‌آموزان مرد بسیار بیشتر از دانش‌آموزان زن است. یک بررسی جدید روی ۲۳ کشور، نشان داد که به‌طور متوسط ۸۸٪ محققان مرد هستند (مانتا و هادسون[۵]، ۲۰۱۸).

• یادگیری مادام‌العمر باید جزئی جدانشدنی از کار باشد

در زمینهٔ تحولات چشمگیر فناوری، یادگیری مادام‌العمر باید یک جزء جدانشدنی از کار باشد. دستیابی به این هدف، مستلزم همکاری بیشتر بین دولت و شرکای اجتماعی به منظور توسعه و یا سرمایه‌گذاری روی برنامه‌های مناسب است. سواد، مهارت‌های عددی و حل مسئلهٔ قوی و گسترده، بسیار مهم هستند، زیرا این مهارت‌های اساسی، پایه و اساس مهارت‌های فنی بعدی را، هرچند که ممکن است مربوط به آینده باشند، فراهم می‌کند. دولت‌ها با همکاری با شرکا می‌توانند به توسعه‌ی کل برنامه‌های آموزشی مانند دوره‌های ضمن خدمت در هوش مصنوعی برای کسانی که مشغول کار

۱ Susskind
۲ King
۳ Robert
۴ Bioeconomy
۵ Mantha and Hudson

هستند کمک کنند و از سیستم‌های مؤثر برای صدور گواهی اطمینان حاصل کنند. فراتر از دانش فنی، آموزش نیروی کار می‌تواند مهارت‌های مهم دیگری مانند توانایی کار در تیم و موضوعات پیچیده اجتماعی را به منظور ایجاد خلاقیت و تمرین استقلال، فراهم کند.

بسیاری از کشورها برای توسعه مهارت‌های فناوری دیجیتال برنامه‌های بلندمدت دارند. فنلاند قصد دارد با استفاده از شهریهٔ آنلاین به همهٔ شهروندانش پایه و اساس هوش مصنوعی را آموزش دهد. همهٔ دانش‌آموزان فنلاندی در آموزش ابتدایی برنامه نویسی را یاد می‌گیرند. استونی از مشارکت دولتی - خصوصی برای تدریس برنامه‌نویسی و رباتیک بهره می‌برد. دولت بریتانیا اخیراً مبلغ ۱۱۵ میلیون پوند (۱۳٤ میلیون یورو) برای ۱۰۰۰ دانشجو برای تکمیل دورهٔ دکترا در رشتهٔ هوش مصنوعی به GBP تعهد کرده است. فناوری دیجیتال روش‌های جدیدی را نیز برای ارائه‌ی مهارت ایجاد می‌کند (بخش ۱/۲).

کادر ۱،۲. استفاده از فناوری دیجیتال برای ارائه‌ی مهارت‌ها

فناوری‌های دیجیتال در حال توسعهٔ مهارت‌ها به روش‌های جدید هستند. برای مثال، در سال ۲۰۱٤، پروفسور آشوک جوئل[۱] و دانشجویان تحصیلات تکمیلی دانشگاه جورجیاتک[۲] یک دستیار آموزشی هوش مصنوعی - جیل واتسون[۳] - ایجاد کردند تا به سؤالات دانشجویان به صورت آنلاین پاسخ دهد. برای ماه‌ها دانشجویان نمی‌دانستند که این پاسخ‌ها از یک انسان نیست. iTalk۲Learn یک پروژهٔ اتحادیهٔ اروپا است که با هدف توسعهٔ یک بستر هوشمند متن‌باز برای تدریس ریاضیات در مدارس ابتدایی ایجاد شده است. محققان در دانشگاه استنفورد درحال توسعهٔ سیستم‌هایی برای آموزش انبوه‌کاران، با استفاده از مواد ماشین‌کاری شده تولید شده توسط سایر انبوه‌کاران هستند. در فرانسه بر مبنای یک تجربه فناوری haptic - که امکان لمس از راه دور را فراهم می‌کند - مدت زمان لازم برای آموزش جراحان را کوتاه کرده و نوید کاربردهای بسیار دیگری را داده‌اند. واقعیت افزوده[٤] (AR)، با داده و حاشیه نویسی[٥] (از جمله دفترچه راهنمای خدمات)،

۱ Ashok Joel
۲ Georgia Tech University
۳ Jill Watson
٤ Augmented Reality
٥ annotation

از بینایی کامپیوتر[۱] برای پوشش هدف‌هایی که در میدان دید کاربر هستند استفاده می‌کند. تسلا[۲] درخواست ثبت اختراع برای «نرم‌افزار واقعیت افزوده برای ساخت و تولید»، تعبیه شده در عینک ایمنی را داده است. با استفاده از واقعیت افزوده، مهارت‌هایی مانند مهارت‌های لازم برای تعمیر خرابی در محیط‌های پیچیده ماشین به‌طور موثری قابل بارگیری می‌شوند.

محیط‌های واقعیت افزوده می‌توانند سرعت و حفظ یادگیری را بهبود بخشند، همان‌طور که این امر در صنعت نیز آغاز شده است. شرکت تولیدهلی‌کوپتر بل[۳] گزارش می‌کند که یک روند معمول شش ساله طراحی هواپیما را با استفاده از واقعیت مجازی به شش ماه کاهش می‌دهد. علاوه بر این، والمارت[۴] ۱۷۰۰۰ هدفون واقعیت مجازی را برای آموزش در فروشگاه‌های خود در آمریکا قرار داده است. همچنین واقعیت مجازی می‌تواند «یادگیری با عمل» را به صورت ایمن و بدون هزینه برای مبتدیان در مناطقی که انجام این کار بسیار خطرناک یا گران است، فراهم کند.

کاهش هزینه‌های واقعیت مجازی و واقعیت افزوده و ادغام واقعیت افزوده با گوشی‌های موبایل می‌تواند موانع موجود در مشارکت عمومی در آموزش، پرورش و تحقیقات را کاهش دهد. برای مثال ایلان ماسک[۵] نوید یک پخش زنده واقعیت مجازی با وضوح عالی از مأموریت آینده ماه اسپیس ایکس[۶] را داده است (کریگ[۷]، ۲۰۱۸).

تسهیل انتشار فناوری‌ها و ابزار دیجیتال

بیشتر کشورها، مناطق و شرکت‌ها در درجه اول، کاربران فناوری هستند تا تولیدکنندهٔ آن. برای آن‌ها انتشار و پذیرش فناوری باید در اولویت باشد. انتشار فناوری به افزایش بهره‌وری نیروی کار کمک می‌کند و ممکن است نابرابری در نرخ رشد، دستمزدها را نیز کاهش دهد. سیاست‌گذاران تمایل دارند اهمیت انتشار فناوری را تصدیق کنند، اما در تخصیص کلی منابع، آن را کم اهمیت جلوه دهند.

۱ computer vision
۲ Tesla
۳ Bell Helicopter
۴ Walmart
۵ Elon Musk
۶ SpaceX
۷ Craig

حتی در پیشرفته‌ترین اقتصادها، انتشار فناوری می‌تواند آهسته یا جزئی باشد. برای مثال، در یک نظرسنجی از ۴۵۰۰ کسب و کار آلمانی در سال ۲۰۱۵ مشخص شد که تنها ٤٪ فرایندهای تولید دیجیتالی و شبکه‌ای را پیاده‌سازی کرده‌اند یا برای انجام این کار برنامه ریزی کرده بودند (فصل ۵). در یک مطالعه جدید، ٦۰ تولیدکننده در ایالات متحده با گردش مالی سالانه بین ۵۰۰ میلیون تا ۱۰ میلیارد دلار بررسی شدند. این مطالعه نشان داد که در شرکت‌ها فقط ۵٪ قسمت‌هایی که فرصت‌های هوش مصنوعی دارند شناسایی شده‌اند و در حال توسعهٔ یک استراتژی برای تهیه داده‌های مورد نیاز هوش مصنوعی هستند، درحالی‌که ٥٦٪ از آن‌ها برنامه‌ای برای چنین کاری نداشتند (اتکینسون و ازل[۱]، ۲۰۱۹).

• فناوری‌های جدید دیجیتال می‌توانند انتشار را دشوارتر کنند

برخی از ویژگی‌های فناوری‌های دیجیتال جدید می‌تواند مانع انتشار شود. با پیچیده‌تر شدن فناوری، کاربران بالقوه اغلب باید از طریق افزایش اطلاعات در مورد فناوری‌های در حال تغییر و دانش مورد نیاز، رشد کنند. پس از انتخاب فناوری، پیاده‌سازی آن نیز می‌تواند مشکل ایجاد کند. حتی مرحله اولیه جمع‌آوری داده‌های حسگر می‌تواند طاقت‌فرسا باشد. برای مثال، یک کارخانه صنعتی معمولی ممکن است شامل ماشین‌آلات قدیمی زیادی از تولیدکنندگان مختلف باشد. این ماشین‌آلات ممکن است دارای سیستم‌های کنترل و اتوماسیون از فروشندگان مختلف باشند که همه با استانداردهای مختلف ارتباطی کار می‌کنند. برای استقرار هوش مصنوعی، به منظور ترکیب داده‌ها از سیستم‌های ثبت سوابق مختلف(برای مثال، معاملات مصرف‌کنندگان و زنجیرهٔ تأمین معمولاً جدا هستند)، شرکت‌ها اغلب باید روی به‌روزرسانی‌های پرهزینهٔ سیستم‌های فناوری اطلاعات سرمایه‌گذاری کنند. همچنین شرکت‌ها با چالش‌های منحصر به فردی از داده‌های مربوط به مالکیت گرفته تا الزامات ویژه انطباق با شرایط جدید روبه‌رو هستند. این شرایط ممکن است نیاز به تحقیق و سفارشی‌سازی بیشتر داشته باشد (اگرافیوتی[۲]، ۲۰۱۸). دشواری‌های موجود در تعیین نرخ بازدهی برخی سرمایه‌گذاری‌ها در هوش مصنوعی نیز می‌تواند مانع اقدام شود. علاوه بر این، ممکن است کارکنان نیاز داشته باشند برای درک نحوه

۱ Atkinson and Ezell
۲ Agrafioti

عملکرد یک سیستم هوش مصنوعی، تا مدتی از کارهای مهم دیگر فاصله بگیرند (برگشتاین[۱]، ۲۰۱۹). به‌علاوه، تخصص مورد نیاز برای همهٔ موارد بالا کمیاب است.

• نهادهای متولی انتشار تکنولوژی اگر درست طراحی شوند می‌توانند مؤثر باشند

همان‌طور که در فصل ۴ و ۵ بحث خواهد شد، سامان‌دهی نهادها و اقتصاد خرد، روند انتشار را تسهیل می‌کنند. این موارد از شرایط حمایتی برای ورود و رشد بنگاه‌های جدید گرفته تا چارچوب‌های اقتصادی و نظارتی برای تخصیص کارآمد منابع را در بر می‌گیرد. علاوه بر ایجاد شرایط چارچوب، مؤسسات مؤثر برای انتشار فناوری نیز اهمیت دارند. مؤسسات انتشار، از مراکز فناوری کاربردی مانند مؤسسات فران‌هافر[۲] در آلمان تا مکانیزم‌های باز فناوری نظیر Bio-Bricks Registry قطعات بیولوژیکی استاندارد را شامل می‌شوند.

ابتکارات جدیدی در انتشار در حال ظهور هستند که اغلب شامل رویکردهای مبتنی بر مشارکت هستند. یک مثال شبکهٔ ملی تولید و نوآوری (NNMI)[۳] ایالات متحده است. NNMI از سازمان‌های غیرانتفاعی خصوصی، به‌عنوان هاب شبکه شرکت‌ها و مؤسسات دانشگاهی برای ایجاد استانداردها و نمونه‌های اولیه در زمینه‌هایی مثل چاپ سه‌بعدی و ساخت دیجیتال، استفاده می‌کند. برخی از ابتکارات با هدف تسهیل آزمایش کاربردهای جدید فناوری دیجیتال، مانند ایجاد بستر آزمایش، سندکادرهای تنظیم مقررات[۴] و امکانات پیشرفته جدید و همچنین ارائه تخصص لازم انجام می‌شود. همان‌گونه که در فصل ۴ شرح داده می‌شود، بستر صنعتی ٤FVG در منطقهٔ ایتالیایی فریولی ونزیا جیولا[۵] یک مثال از مؤسساتی است که دسترسی به آزمایش تجهیزات، نمونه‌سازی ابزار و آزمایشگاه‌های نمایشی را فراهم می‌کند.

دولت‌ها باید برای تحکیم علم و تعادل بین علم و فناوری، از بسترهای فناوری نیز حمایت کنند. این موارد شامل بیوفوندری‌ها[۶]، شبکه‌های توزیع‌شده تحقیق و توسعه، پردازش داده و ذخیرهٔ داده‌های دیجیتالی/ژنتیکی می‌شود. این یک نقش دولتی است، زیرا ریسک‌های سرمایه‌گذاری

۱ Bergstein
۲ Fraunhofer
۳ National Network for Manufacturing Innovation
٤ Regulatory sandboxes
٥ Friuli Venezia Giulia
٦ Biofoundry

مشارکتی برای بخش خصوصی بسیار بالاست. علاوه بر این، ممکن است این سرمایه‌گذاری‌ها برای بخش خصوصی راه مشخصی به بازار نداشته باشند.

• نهادهای متولی انتشار فناوری نیاز به اهداف واقع‌بینانه و افق‌های زمانی دارند

به دو شرط احتمال انتشار مؤثر بیشتر است. اول این که، نهادهای متولی انتشار فناوری باید به منظور ایجاد چشم‌انداز بلندمدت تقویت و حمایت شوند. دوم این که، معیارهای ارزیابی بیشتر از نتایج افزایشی و تولید درآمد باید بر پیشرفت ظرفیت بلند مدت تأکید کنند. معرفی راه‌های جدید برای انتشار فناوری نیازمند آزمایش نیز هست. با این حال، بسیاری از دولت‌ها به‌دنبال نتایج سریع و بدون ریسک هستند (شاپیرا و یوتی[1]، ۲۰۱۷). انتشار در بنگاه‌های کوچک و متوسط (SMEs) شامل چالش‌های خاص خود است. برای مثال همان‌گونه که در فصل ۵ توضیح داده می‌شود، در اروپا ۳۶٪ از شرکت‌هایی که مورد بررسی قرار گرفته‌اند، با ۵۰ تا ۲۴۹ کارمند، درمقایسه با ۷۴٪ از شرکت‌ها که ۱۰۰۰ نفر یا بیشتر کارمند دارند، از ربات‌های صنعتی استفاده می‌کنند. چنین الگوهای ناسازگاری از تکنولوژی بیشتر از دلایل دیگر بیانگر محدودیت دسترسی به مهارت‌های دیجیتال در SMEها هستند. برای مثال تنها حدود ۱۵٪ از SMEهای اروپایی در مقایسه با ۷۵٪ از شرکت‌های بزرگ، متخصصان فناوری اطلاعات و ارتباطات را استخدام می‌کنند (کادر ۱٫۳). همان‌طور که در فصل ۴ بحث می‌شود، برای تقویت به‌کارگیری فناوری توسط SMEها - از جمله کوپن‌های نوآوری و آموزش - ابزارهای سنتی برای رفع چالش‌های خاص عصر دیجیتال دوباره طراحی شده‌اند و اغلب خودشان از ابزارهای دیجیتالی استفاده می‌کنند (برای نمونه، مراکز صلاحیت ۴٫۰ برای SMEها در آلمان).

[1] Shapira and Youtie

کادر ۱،۳. انتشار فناوری دیجیتال در بنگاه‌های کوچک و متوسط: ملاحظات کلیدی

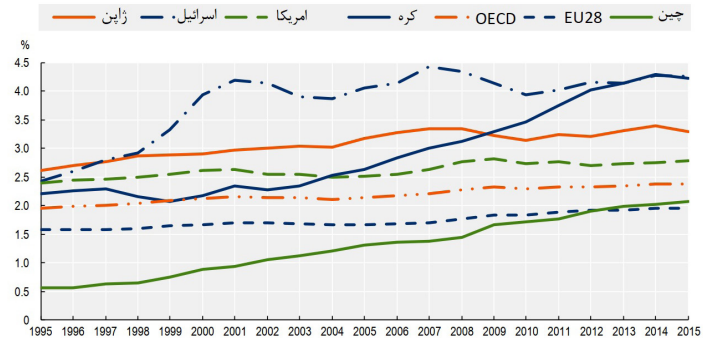
اقدامات زیادی می‌توانند به انتشار فناوری دیجیتال به SMEها کمک کنند از جمله:

- نظام‌مند کردن اطلاعات کلیدی برای SMEها. برای مثال، طرح صنعت نسل ۴ آلمان بیش از ۳۰۰ مورد از کاربردهای فناوری‌های دیجیتال صنعتی به همراه ارتباط با کارشناسان را مستند کرده است (de.www.plattform-i٤٠).
- ارائه اطلاعات در مورد بازگشت سرمایه مورد انتظاردر فناوری‌های جدید و همچنین اطلاعات مربوط به تغییرات سازمانی و فرآیندی.
- تهیه سرنخ‌هایی برای منابع معتبر از تخصص ویژه SME، زیرا مهارت مورد نیاز برای جذب اطلاعات در بسیاری از SMEها کمیاب است. برای مثال، مؤسسه TechDepot سنگاپور در قالب جزئی از برنامه «SMEs Go Digital» خود لیستی از فناوری‌های دیجیتال از پیش تصویب شده و راه حل‌های خدماتی متناسب با SME ها را ارائه می‌دهد. Tooling U-SME، یک سازمان غیر انتفاعی آمریکایی، متعلق به انجمن مهندسان تولید است، که آموزش‌های تولید صنعتی و دوره‌های کارآموزی آنلاین ارائه می‌دهد.
- فراهم کردن امکاناتی برای SMEها که بتوانند به وسیلهٔ آن ترکیبات جدید و متنوعی از تجهیزات را برای کمک به پایین آورن ریسک سرمایه‌گذاری‌های آینده ایجاد کنند.

تعهد به تحقیقات بخش دولتی

فناوری‌های بحث شده در این کتاب به دلیل پیشرفت در دانش و ابزارسازی[۱] علمی رشد کرده‌اند. تحقیقات بنیادی با بودجه دولتی اغلب مهم بوده است. برای مثال، بودجه دولتی دهه‌ها، پیشرفت در هوش مصنوعی از جمله در بازه زمانی که تحقیقات بدون بهره‌وری بوده است، را حمایت کرده است. امروزه، هوش مصنوعی حجم عظیمی از سرمایهٔ بخش خصوصی را به خود جذب می‌کند. در این مورد، وقفه‌های اخیر - و در موارد خاص کاهش‌های اخیر - در حمایت دولت‌ها از تحقیقات در بعضی اقتصادهای کلان به یک نگرانی تبدیل شده است (شکل ۱٫۱).

شکل ۱٫۱. روند عملکرد کل تحقیق و توسعه، کشورهای عضو OECD و اقتصادهای منتخب، ۱۹۹۵-۲۰۱۵



R&D = تحقیق و توسعه، GDP = تولید ناخالص داخلی[۲].

منبع: OECD (2017), OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2017: The Digital Transformation, http://dx.doi.org/10.1787/9789264268821-en.

• تحقیقات بین رشته‌ای[۳]

فصل‌های مختلفی از این کتاب بر اهمیت تحقیقات بین رشته‌ای تأکید می‌کنند. اهمیت درک تعامل بین رشته‌ها نشان‌دهندهٔ لزوم پرداختن به مشکلات پیچیده و مقطعی و این واقعیت که رشته‌ها با گسترش دانش و افزایش پیچیدگی تجهیزات علمی متولد می‌شوند، می‌باشد. همچنین نیاز مکرر به گردآوری فناوری‌های مختلف دیجیتالی را نشان می‌دهد. برای

۱ Instrumentation
۲ Gross Domestic Product
۳ Multidisciplinary

مثال، توسعهٔ ظرفیت‌های فناوری‌های هاپتیک[۱] - به‌ویژه برای استفاده در آموزش و پرورش - نیاز به ترکیب رشته‌های مهندسی برق (ارتباطات، شبکه)، علوم رایانه (هوش مصنوعی، علوم داده) و مهندسی مکانیک (روبات‌های جنبشی[۲]) دارد (داهلر، ۲۰۱۷). سیستم‌های تأمین بودجه، سیاست‌ها در زمینهٔ استخدام، ارتقا و تصدی[۳] که ریشه در نظام‌های سنتی دارند ممکن است مانع پیشرفت تحقیقات بین رشته‌ای شوند. دانشمندان باید اطمینان خاطر داشته باشند که کار کردن در مرز بین رشته‌ها فرصت‌های تصدی را به خطر نمی‌اندازد. مؤسساتی که به وضوح از تحقیقات چند رشته‌ای پشتیبانی می‌کنند، می‌توانند درس‌های مفیدی ارائه دهند. مثال‌هایی از آن می‌تواند همکاری‌های تحقیقات بین رشته‌ای[۴] بریتانیا، شبکه‌های ایجاد شده در آلمان به منظور حمایت از فناوری نانو زیست‌پزشکی و مؤسسات خصوصی از جمله مؤسسه Wyss هاروارد برای مهندسی‌های نشأت گرفته از زیست‌شناسی می‌باشند.

• مشارکت‌های تحقیقاتی دولتی - خصوصی

پیچیدگی برخی از فناوری‌های در حال ظهور بر پایه فناوری دیجیتال، حتی از ظرفیت‌های تحقیقاتی بزرگ‌ترین شرکت‌های خصوصی فراتر می‌رود. این امر طیف گسترده‌ای از مشارکت‌های دولتی - خصوصی را ضروری می‌سازد. برای مثال، علم مواد به مدل‌سازی محاسباتی، مجموعهٔ داده‌های عظیم مشخصات مواد و دستگاه‌های گران‌قیمت تحقیقاتی متکی است. جمع‌آوری همه تجهیزات اساسی تحقیق و توسعهٔ علم مواد در یک کمپانی یا مؤسسه واحد تقریباً غیر ممکن است.

هدف‌های زیادی، برای تحقیق و توسعهٔ دولتی و تلاش‌های تجاری‌سازی به منظور ادامهٔ پیشرفتدر تحولات دیجیتال وجود دارند. این فرصت‌ها از محاسبات کوانتومی[۵] تا ریاضیات جدید برای کلان‌داده‌ها[۶] را شامل می‌شوند. بخش ۱،٤ منتخب کوچکی از این ایده‌ها را ارائه می‌دهد.

---

۱ Haptic technology
۲ Kinaesthetic robots
۳ Tenure
٤ Interdisciplinary Research Collaborations
٥ Quantum computing
٦ Big data

کادر ۱،٤ اهداف تحقیقات دولتی مربوط به علوم، فناوری و نوآوری

• پاسخ به پایان قانون مور[۱]

در بسیاری از دستگاه‌های دیجیتالی سرعت پردازش، ظرفیت حافظه، تراکم و دقت حسگر و حتی تعداد پیکسل‌ها به قانون مور مربوط می‌شوند (قانون ادعا می‌کند که تعداد ترانزیستورهای میکروچیپ تقریباً هر دو سال دو برابر می‌شود). اکنون پدیده‌های در سطح اتمی، کوچک شدن ترانزیستورها در مدارات مجتمع را محدود می‌کنند. برخی متخصصان باور دارند که یک الگوی رایانش جدید لازم است. الگوی رایانشی حاضر مبتنی بر طرح کامپیوتر الکترونیکی ون نیومان[۲] است. این معماری شامل یک کانال برای دستورالعمل‌هایی است که از یک یا تعداد بیشتری واحد مرکزی پردازشی (CPU) که داده را بازیابی و رایانش می‌کند و نتیجه را ذخیره می‌کند، عبور می‌کنند. این معماری که درآن CPUها یک چالش اساسی هستند از سال ۱۹٤۸ تا کنون تغییر نکرده است (دامر[۳]، ۲۰۱۸). امیدها برای پیشرفت‌های چشم‌گیر در رایانش، به پیشرفت‌های قابل ملاحظه در رایانش نوری (استفاده از فوتون بجای الکترون‌ها)، رایانش زیستی (محاسبه با استفاده از بخش‌های DNA و ذخیره اطلاعات در آن‌ها) و رایانش کوانتومی متکی است.

• پیشرفت در توسعه محاسبات، ارتباطات و اطلاعات کوانتومی

فناوری کوانتومی تا همین اواخر عمدتاً یک امکان نظری بوده‌است، اما گوگل، آی بی ام و دیگران اکنون برنامه‌های کاربردی را مورد آزمایش قرار می‌دهند. در سال ۲۰۱۷، بایوژن[٤] با شرکت Accenture کمپانی نرم افزاری کوانتوم 1QBit روی یک برنامه کاربردی کوانتومی برای تسریع رهایش دارو همکاری کرد. فناوری‌های کوانتومی در صورت موفقیت می‌توانند باعث تحول انواع مختلفی از رایانش شوند. این امر می‌تواند پیامدهای استراتژیکی را برای ارتباطات ایمن داشته باشد. رایانش کوانتومی هنوز درگیر چالش‌های تحقیقاتی و فنی زیادی است. برای مثال، بیشتر دستگاه‌های کوانتومی موجود به دمای عملیاتیِ نزدیک به صفر مطلق و همچنین توسعهٔ مواد جدید نیاز دارند. رایانش، ارتباطات و اطلاعات کوانتومی، در حال تبدیل

۱ Moore's law
۲ von Neumann
۳ Damer
٤ Biogen

به اولویت برای تعدادی از دولت‌ها است. چین با ۱۰ میلیارد دلار بودجه، در حال برنامه‌ریزی برای راه‌اندازی یک آزمایشگاه ملی به منظور علوم اطلاعات کوانتومی در سال ۲۰۲۰ است.

۱۰ ایجاد هوش مصنوعی با توانایی بیشتر

بروکز[۱] (۱۵ جولای ۲۰۱۸) مشاهده کرد که هوش مصنوعی هنوز قدرت تشخیص اشیاء در یک کودک دوساله، درک زبان یک کودک ۴ ساله، مهارت دستی یک کودک ۶ ساله یا درک اجتماعی یک کودک ۸ ساله را ندارد. درحالی که شرکت‌ها بسیار بیشتر از دولت‌ها بودجه صرف تحقیق و توسعهٔ هوش مصنوعی می‌کنند، بخش اعظم این تحقیق و توسعه بر کاربردها تمرکز دارد تا پیشرفت‌های علمی. علاوه بر این جردن[۲] (۲۰۱۸) مشاهده کرد که تحقیقات زیاد انجام شده روی هوش مصنوعی شبیه انسان مستقیماً با چالش‌های اساسی در زمینه ایجاد زیرساخت‌های هوشمند ایمن، مانند سیستم‌های پزشکی یا حمل و نقل مرتبط نیستند. بر خلاف سیستم‌های هوش مصنوعی مشابه با انسان، سیستم‌های حساس این‌چنینی باید توانایی سازگاری با «سرویس‌های ابری» را در زمان گرفتن تصمیم‌های به موقع و توزیع شده داشته باشند و همچنین این سیستم‌ها باید از عهدهٔ پدیده‌های پیچیده‌ای که داده‌های انفرادی زیادی در برخی گروه‌ها و داده‌های کم در گروه‌های دیگر دارند، بر بیایند. آن‌ها باید مشکلات به اشتراک‌گذاری داده‌ها در مرزهای اداری و رقابتی را برطرف کنند.

بسیاری از چالش‌ها برای سیاست عمومی حائز اهمیت هستند. این چالش‌ها شامل توضیح‌پذیری هوش مصنوعی[۳] و نیرومندی سیستم‌های هوش مصنوعی(سیستم‌های تشخیص چهره می‌توانند به راحتی فریب داده شوند) و یا این‌که در انجام کارهای پیچیده، ممکن است چقدر دانش پیشین هوش هوش مصنوعی نیاز باشد، است. جردن (۲۰۱۸) تعدادی از سؤالات باز تحقیقاتی، در تحقیقات هوش مصنوعی مقلد انسان را نیز توضیح می‌دهد. این سوالات شامل نیاز به وارد کردن معنا و استدلال به سیستم‌هایی که پردازش زبان طبیعی انجام می دهند و نیاز به استنباط و ارائه علیت هستند.

۱ Brooks
۲ Jordan
۳ Explainability of AI

توسعه ظرفیت‌های ویژه بخشی و فناوری در دولت

فهم فناوری‌های مهم وقتی به سرعت در حال تکامل هستند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. برای مثال، یک مقام پیشرو استدلال می‌کند که توسعهٔ هم‌گرا در چند فناوری، در حال ایجاد «انفجار کامبری[۱]» در تنوع و استفاده از ربات‌ها است (پرات[۲]، ۲۰۱۵). درصورتی‌که دولت‌ها فناوری‌ها و حوزه‌های مرتبط را کاملاً درک نکنند، ممکن است فرصت‌های استراتژیک برای بهره‌مندی از فناوری‌های دیجیتال از بین برود.

فصل ۵ نمونه‌ای از این چالش‌ها را توصیف می‌کند. کارشناسان فنی در این حوزه در ایالات متحده به این نتیجه رسیده‌اند که یک فرصت استراتژیک برای استفاده از چاپ سه بعدی مبتنی بر فلزات[۳] در حمل و نقل هوایی تجاری وجود دارد. با وجود این، چاپ سه بعدی مبتنی بر فلزات به‌عنوان یک فناوری نوظهور (نابالغ)، تحمل سختی و قابلیت اطمینان بالایی که در حمل و نقل هوایی مورد نیاز است برآورده نمی‌کند. سیاست‌گذاری هدفمند می‌تواند با اقدامات مختلفی از تخصیص بودجه و تغییر بانک‌های اطلاعاتی خواص مواد گرفته تا ترتیب دادن توافق‌نامه‌های به اشتراک‌گذاری داده‌های اساسی (DSA)[۴] بین آزمایشگاه‌های دولتی، دانشگاه‌ها و کاربران چاپ سه بعدی مبتنی بر فلزات، این امر را تغییر دهد. درک و اقدام موفق در چنین فرصت‌هایی نیاز به تخصص فنی در این حوزه دارد.

استفاده از مقررات به درک عمیق از فناوری و صنعت نیز نیاز دارد. اثرات مقررات بر نوآوری می‌تواند پیچیده، مبهم و برای مدتی نامشخص باشد که این باعث می‌شود پیش‌بینی دشوار شود. فراخوان‌ها برای قاعده‌مند کردن هوش مصنوعی، نیاز به تخصص در دولت را برجسته می‌کنند، به‌طوری که سود هرگونه قاعده‌مند کردن این فناوری که در حال رشد سریع است، بیشتر از ضرر آن است. توسعهٔ فناوری‌های در حال تغییر سریع مانند هوش مصنوعی نیز ممکن است مستلزم این باشد که فرآیندهای نظارتی، دوراندیشانه و نوآورانه‌تر شوند. همان‌طور که در فصل ٤ توضیح داده شده است، سه حوزهٔ سیاست‌گذاری نیاز به رویکردی زمینه‌ای برای طراحی اهداف جدید دارند:

۱ Cambrian explosion
۲ Pratt
۳ Metals-based ۳D
٤ Data-sharing agreement

- سیاست‌های دسترسی به داده‌ها با توجه به تنوع انواع داده‌ها در بخش‌های مختلف،
- جذب فناوری دیجیتال
- سیاست‌های مربوط به انتشار و سیاست‌های حمایت از توسعهٔ برنامه‌های کاربردی مختص هر بخش از فناوری‌های دیجیتال.

تخصص فنی در دولت کمک خواهد کرد تا از انتظارات غیرواقعی در مورد فناوری‌های جدید به خصوص مواردی که از فشار علم نشأت می‌گیرند (مانند محاسبات کوانتومی) جلوگیری شود. اکتشافات و فناوری‌های جدید غالباً باعث اغراق می‌شوند. برای مثال، بیش از ٦ سال پیش، دوره‌های باز آنلاین بزرگ (MOOC)[1] به‌طور گسترده‌ای برگزار شدند تا نشان دهندهٔ یک تحول دموکراتیک در آموزش بعد از متوسطه باشد. با این حال، تحقیقات اخیر نشان می‌دهد که کمتر از ۱۲٪ دانشجویان MOOC برای سال دوم برمی گردند و بیشتر دانشجویان از خانواده‌های مرفه در کشورهای ثروتمند می آیند (ریچ و روپیرز-والینت[2]، ۲۰۱۹).

به همین ترتیب، بسیاری بیت کوین را به‌عنوان دموکراتیزه‌کننده پول خواندند. در واقع، مقاله‌ای در سال ۲۰۱۳ در مجله WIRED بیت کوین را «متعادل‌کننده بزرگ[3]» خواند (هرناندز[4]، ۲۰۱۳). با این حال، تا سال ۲۰۱۷ فقط ۱۰۰۰ کاربر ٤٠ درصد از بیت کوین را در اختیار داشتند (خریف[5]، ۲۰۱۷). همچنین بحث عمومی دربارهٔ هوش مصنوعی شامل توصیفات متفاوتی از تأثیرات احتمالی آن است. هایپربول مربوط به هوش مصنوعی حتی ممکن است ریشه‌های روانشناختی خاصی داشته باشد: آزمایش ها نشان می‌دهد که افراد به‌طور ناخودآگاه هوش مصنوعی و ربات‌ها را انسان می‌انگارند (فاسل[6] و همکاران، ۲۰۰۸).

حمایت مؤثر از هر بخش، به‌عنوان اولین قدم، نیاز به تقویت ساز و کارهایی برای هوش سیاسی دارد. همانطور که در فصل ٤ بحث می‌شود، این ساز و کارها شامل نقشهٔ راه یا برنامه‌های حوزه‌ای تهیه شده با صنعت و شرکای اجتماعی هستند. یک نمونه از آن برنامه‌های رایجاد رقابت در هر بخش است که توسط مراکز رشد صنعت در استرالیا تهیه شده است. ایجاد یک چشم انداز مشترک با صنعت و شرکای اجتماعی برای آینده، نیز مفید است.

---

۱ Massive open online course
۲ Reich and Ruip rez-Valiente
۳ The great equalizer
٤ Hernandez
٥ Kharif
٦ Fussell

اطمینان از دسترسی به زیرساخت‌های مکمل

انواع خاصی از زیرساخت‌ها در بکارگیری فناوری دیجیتال کمک می‌کنند. این موارد شامل رایانش سریع (HPC)، رایانش ابری و اتصال فیبر نوری است. رایانش سریع برای شرکت‌ها در صنایعی، از ساخت و ساز و داروسازی گرفته تا بخش خودرو و هوافضا به شدت حائز همیت است. در ساخت، استفاده از رایانش سریع فراتر از برنامه‌هایی نظیر طراحی و شبیه‌سازی است تا بتواند کنترل زمان واقعی فرآیندهای تولید پیچیده را ممکن سازد. با این حال، مانند سایر فناوری‌های دیجیتال، استفاده از رایانش سریع پتانسیل پایینی دارد. چند راه ممکن پیشرو وجود دارد. SMEها می‌توانند خدمات رایانش سریع کم هزینه یا آزمایشی به صورت رایگان و محدود دریافت کنند، هنگامی که کتابخانه‌های نرم افزاری آنلاین می‌توانند به انتشار و به کارگیری نرم افزار نوآورانه رایانش سریع در یک زمینه صنعتی گسترده‌تر کمک کنند.

صنعت نسل ۴ نیازمند افزایش اشتراک داده‌ها بین سایت‌های تولیدی و فراتر از مرزهای شرکت است (فصل ۵). برای مثال، BMW قصد دارد به صورت لحظه‌ای از وضعیت تولید تجهیزات در هر شرکتی که قطعات کلیدی برای خودروهایش تولید می‌کند مطلع باشد. به‌طور فزاینده‌ای داده‌های ماشین و تحلیل داده‌ها و حتی نظارت و کنترل سیستم‌ها در فضای ابری انجام خواهد شد. همچنین فضای ابری به پروژه‌های مستقل هوش مصنوعی اجازه شروع و در صورت نیاز افزایش یا کاهش مقیاس را می‌دهد. در واقع دانشمند ارشد هوش مصنوعی گوگل، فی فی لی[1] استدلال می‌کند که رایانش ابری، هوش مصنوعی را مردم‌نهاد (مردمی) می‌کند. رایانش ابری به‌طور فزاینده‌ای به اشتراک و تحلیل داده‌ها نیز کمک می‌کند: برای مثال سرویس وب آمازون در پروژه ۱۰۰۰ ژنوم شرکت می‌کند و با این کار به محققان در دسترسی و تحلیل مقادیر زیادی داده‌های ژنتیکی مبتنی بر فضای ابری کمک می‌کند. با این وجود استفاده از ابر در بین شرکت‌های کوچک و بزرگ و نیز بین کشورهای مختلف بسیار متفاوت است. به‌عنوان مثال تنها ۲۰٪ از تولیدکنندگان اتریشی از رایانش ابری در سال ۲۰۱۶ استفاده کرده‌اند. در مقایسه با اتریش، در فلاند کشوری که بیشترین آمار استفاده از ابر در تولید را در بین کشورهای OECD دارد این نرخ ۶۹٪ بود (OECD، ۲۰۱۸ب).

[1] Fei-Fei Li

شبکه‌های پهن باند - به خصوص شبکه‌های فیبر نوری نیز برای صنعت نسل ۴ ضروری است. در اینجا اولویت‌های سیاست‌گذاری شامل بازبینی قوانین حاکم بر سرعت و پوشش سرویس‌های ارتباطی است. سیاست‌های ایجاد شده برای ارتقای رقابت و سرمایه‌گذاری خصوصی نیز به اندازه مقررات مستقل و مبتنی بر شواهد به گسترش پوشش کمک کرده‌اند. به‌علاوه، فناوری جدید می‌تواند خدمات را در مناطق تحت پوشش گسترش دهد. یک مورد از این‌ها تحویل پهنای باند از طریق «فضای سفید[۱]» - شکاف موجود در طیف رادیویی بین شبکه‌های تلویزیونی زمینی دیجیتال- است.

ارتقای امنیت دیجیتال

فناوری دیجیتال در کنار مزایایی که ایجاد می‌کند، در حال ایجاد ریسک‌های کاملاً جدید نیز هست. برای مثال همان‌گونه که در فصل ۵ بیان می‌شود، با توجه به ورودی‌های جدید ممکن است یک ریسک جدید ایجاد شودکه در آینده نه چندان دور فرآیندهای توسعهٔ مواد بر پایه شبیه‌سازی‌های کامپیوتری بتوانند هک شوند. فصل ۶ اشاره می‌کند که تولیدات زیستی به شدت به داده، IP و تحقیقات وابسته‌اند که همه آن‌ها نیاز به محافظت در مقابل حمله‌های سایبری دارند. کمپانی‌های فعال در اقتصاد زیستی درحال افزایش امنیت سایبری به‌عنوان یک ضرورت استراتژیک هستند، اما سرعت آن از در بکارگیری فناوری‌های دیجیتال کمتر است. افزایش اعتماد به خدمات دیجیتالی نیز برای اشتراک داده و در بعضی از کشورها برای پذیرش خدمات ابری مهم است.

هر چند اندازه‌گیری موارد امنیتی چالش برانگیز است، اما به نظر می‌رسد که حوادث امنیتی دیجیتال از نظر پیچیدگی، میزان تکرار و نفوذ رو به افزایش است. راهکارهای جدید امنیت دیجیتال مانند رمزگذاری هم‌ریختی[۲]، که از طریق آن داده‌ها حتی در زمان رایانش در فضای ابری نیز رمزگذاری شده باقی می‌مانند، در حال ظهور هستند. با وجود این رقابت تکنولوژیکی بین هکرها و اهداف آن‌ها یک رقابت بی وقفه است. طرح‌های آگاهی‌بخشی دولت‌ها مهم هستند. به‌ویژه، شرکت‌های کوچک و متوسط نیازمند ایجاد یا بهبود شیوه‌های مدیریت ریسک امنیت دیجیتال خود هستند.

۱ White space
۲ Homomorphic encryption

فصل ٦ پیشنهاد می‌کند که دولت‌ها می‌توانند شرکت‌ها را به اشتراک‌گذاری به موقع اطلاعات در هنگام تهدیدات امنیتی دیجیتال تشویق کنند. بازیگران بخش دولتی نیز می‌توانند شبیه‌سازی‌های حمله سایبری را اجرا کنند و درس‌های آموخته شده را به اشتراک بگذارند. استانداردهای داوطلبانه، مقررات، برنامه‌های صنعت و شبکه‌های اشتراک‌گذاری اطلاعات می‌توانند توجهات را به پیشرفت‌های امنیتی دیجیتال جلب کنند. علاوه بر این، در مشارکت‌های پژوهشی دولتی - خصوصی، با ارائه‌ی تسهیلات فردی به منظور توسعه و اعتبارسنجی روش‌هایی برای کارکنان یا ارائه‌دهندگان خدمات خارجی، می‌توان برای تقویت امنیت دیجیتال اقدام کرد. سند OECD (۲۰۱۹) شامل توصیه‌های مفصلی درمورد امنیت دیجیتال است. این توصیه‌ها بیشتر بر مدیریت تهدیدات امنیت دیجیتال به جای حذف آن‌ها -در بین اشخاص، شرکت‌ها و دولت‌ها- تمرکز دارند زیرا بعضی درجات ریسک اجتناب ناپذیر هستند.

بررسی سیستم‌های مالکیت معنوی با توجه به دیجیتالی شدن

فناوری‌های جدید دیجیتال در حال ایجاد چالش‌های جدیدی برای سیستم‌های IP هستند. برای مثال، چاپ سه بعدی ممکن است در ارتباط با صلاحیت ثبت اختراع پیچیدگی‌هایی ایجاد کند. برای نمونه اگر چاپ سه بعدی شده بافت انسانی[۱] در مقایسه با بافت طبیعی انسان برتری یابد، ممکن است واجد شرایط برای ثبت اختراع باشد، در صورتی که بافت طبیعی انسان واجد شرایط نیست. اطمینان از وضوح قانونی درباره حق مالکیت معنوی برای چاپ سه بعدی قطعات یدکی نیز مهم است (زمانی که توسط هرکسی غیر از تولیدکننده اصلی قطعه تولید شود).

اساساً، جهانی که در آن ماشین‌ها بتوانند چیزی اختراع کنند به چارچوب‌های جدید ثبت اختراع نیاز دارد. برای مثال، سیستم‌های هوش مصنوعی که به‌طور خودکار -و غیر قابل پیش‌بینی- از بسیاری از منابع عمومی اطلاعات، یاد می‌گیرند می‌توانند موضوع شناسایی موارد نقض عمدی قوانین ثبت اختراع را پیچیده کنند. در مثالی دیگر، ممکن است یک صادرکننده مجوز (صاحب امتیاز) حقوق مالکیت معنوی را برای یک هوش مصنوعی نگه دارد و یا به آن مجوز دهد. دارنده مجوز نیز ممکن است سیستم

[۱] Human tissue

هوش مصنوعی را با استفاده از اطلاعاتی که حق مالکیت معنوی آن را هم دارد راه‌اندازی کند (همان‌طور که بعضی از حوزه‌های قضایی از مالکیت داده‌ها حمایت می‌کنند). این امر می‌تواند باعث پیشرفت سیستم‌های هوش مصنوعی شود. از این رو ممکن است یک تداخل و تناقض در رابطه با مالکیت هوش مصنوعی بهبود یافته، ایجاد شود. قانون مالکیت معنوی فعلی، درباره این موضوع که آیا هوش مصنوعی می‌تواند حقوق مالکیت معنوی را به‌دست آورد یا نه، سکوت کرده است.

همه‌ی فصل‌های موجود در این گزارش انواع مختلفی از استانداردها را معرفی می‌کنند. برای مثال فصل ۵ نشان می‌دهد که صنعت نسل ۴ در حال حاضر بیش از ۱۰۰ طرح استاندارد را شامل می‌شود. در فصل ششم نیز توضیح داده شده است که در اقتصاد زیستی، استانداردهای مربوط به قابلیت همکاری محصول و فرایند به‌طور مستقیم بر مسائل مالکیت معنوی تأثیر می‌گذارند.

کشورها و کمپانی‌هایی که نقش اول را در تنظیم استانداردهای بین المللی ایفا می‌کنند می‌توانند در صورتی که استانداردهای جدید با استانداردهای داخلی و یا ویژگی‌های پایه‌ای تولیدی‌شان هماهنگی داشته باشد از مزایایی بهره ببرند. نقش بخش دولتی باید تشویق صنعت(شرکت‌هایی در اندازه‌های مختلف) باشد تا در مراحل اولیه تنظیم استانداردهای بین المللی (و در بعضی موارد ملی) شرکت کنند. حمایت اختصاصی می‌تواند باعث شود شرکت‌هایی که کمتر مورد توجه قرار گرفته‌اند در فرآیندهای توسعهٔ استانداردها درگیر شوند. بنگاه‌های دولتی مرتبط نیز باید توسعهٔ استانداردها را در سیستم تحقیقات دنبال کنند.

بهینه‌سازی سیستم‌های دیجیتالی به منظور تقویت سیاست‌های علم و نوآوری

فصل ۷ نظام‌های سیاسی علم و نوآوری دیجیتال (DSIP[۱]) را بررسی می‌کند. نظام‌های DSIP از روش‌ها و زیرساخت‌های دیجیتال به منظور کمک به تدوین و تحقق سیاست‌های علم و نوآوری استفاده می‌کنند. آن‌ها برای نظارت بر مداخلات سیاست، توسعه شاخص‌های جدید علم، فناوری و نوآوری (STI)، ارزیابی شکاف‌های بودجه، تقویت آینده‌نگری فناوری و شناسایی متخصصان و سازمان‌های پیشرو مورد استفاده قرار می‌گیرند. اطلاعات به‌طور عمده از

۱ Digital Science and Innovation Policy

بنگاه‌های تأمین بودجه (مثل پایگاه داده‌های جوایز به صورت کمک مالی)، سازمان‌های انجام دهنده تحقیق و توسعه، کتاب‌سنجی و پایگاه داده‌های ثبت پتنت و اینترنت تهیه می‌شوند.

انواع مختلفی از سیستم‌های DSIP وجود دارد. یک نوع آن‌ها، پایگاه‌های داده سرمایه‌گذاران دولتی است که فضای اطلاعات تحقیقاتی فلاندر بلژیک (FRIS)[1] نمونه‌ای از آن است. پرتال FRIS در سال ۲۰۱۱ با هدف شتاب دادن به نوآوری، حمایت از سیاست‌گذاری علم و نوآوری، اشتراک اطلاعات تحقیقاتی که با سرمایه‌گذاری دولتی انجام می‌شوند، با شهروندان و کاهش بار اداری گزارشات تحقیقاتی راه‌اندازی شد.

نوع دوم از زیرساخت DSIP سیستم اطلاعات تحقیقاتی فعلی[2] است. برای مثال مؤسسات آموزش عالی استونی از طریق سیستم اطلاعات تحقیقات استونی[3] (ETIS) اطلاعات تحقیقاتی و تحقیقات اصلی و نمونه را مدیریت می‌کنند. سرمایه‌گذاران دولتی از ETIS برای ارزیابی و پردازش درخواست‌های کمک هزینه استفاده می‌کنند. برآوردها و ارزیابی‌های ملی تحقیقات نیز از ETIS بهره می‌برند.

نوع سوم از زیرساخت DSIP چیزی است که می‌توان آن را «سیستم هوشمند[4]» نامید. برای مثال، سیستم دستیار هوشمند سیاست‌گذاری SciREX ژاپن (SPIAS)[5] به منظور بررسی اثرات اجتماعی-سیاسی تحقیقات از کلان‌داده و فناوری‌های معنایی[6] (که معنا از داده استخراج می‌کنند) استفاده می‌کند. آن‌ها به پردازش داده‌ها در نتایج و تأثیرات تحقیق، بودجه، سازمان‌های اجراکننده تحقیق و توسعه و پروژه‌های تحقیقاتی ژاپن کمک می‌کنند.

فصل ۷ درباره مهم‌ترین چالش پیش‌روی سیستم‌های DSIP بحث می‌کند: اطمینان از تعامل متقابل مجموعه داده‌های متنوع، پیشگیری از سوءاستفاده از سیستم‌های DSIP در ارزیابی‌های تحقیقات و مدیریت نقش بازیگران غیردولتی به‌ویژه بخش خصوصی در توسعه بخش‌های عملیاتی سیستم‌های DSIP. زیربخش پیش رو به‌طور خلاصه این سه موضوع را شرح می‌دهند.

---

۱ Flanders Research Information Space
۲ Current Research Information System
۳ Estonian Research Information System
٤ Intelligent system
٥ SciREX Policymaking Intelligent Assistance System
٦ semantic technologies

۱۰. اطمینان از تعامل متقابل در سیستم‌های DSIP

سیستم‌های DSIP داده‌ها را از چندین منبع بیرون می‌کشند و آن‌ها را به منظور به‌دست آوردن بینش‌های سیاسی به هم متصل می‌کنند که دستیابی به این بینش‌های سیاسی از طریق دیگر غیر ممکن است.. اما اتصال داده‌ها، به‌خصوص از نظر استانداردهای مختلف داده‌ها، بسیار چالش‌برانگیز است. در سال‌های اخیر تلاش‌هایی برای ایجاد استانداردها و واژه‌نامه‌های بین‌المللی به منظور بهبود اشتراک و تعامل متقابل داده‌ها در علم و مدیریت تحقیقات انجام شده است. این تلاش‌ها شامل شناسه‌های منحصر به فرد، دائمی و جامعی است که به هر موجودیت تحقیقاتی یک کد استاندارد شده را اختصاص می‌دهد که در طول زمان بدون تغییر بوده و در همه پایگاه داده‌ها به صورت مشابه استفاده می‌شود. بسیاری از زیرساخت‌های DSIP چنین استانداردهایی را برای پیوند دادن داده‌ها از دانشگاه‌ها، بدنه‌های سرمایه‌گذاری و پایگاه‌های داده انتشارات به‌کار گرفته‌اند و از این طریق ورودی‌های تحقیقات را به خروجی‌های آن ارتباط داده‌اند.

۲۰. استفاده از سیستم‌های DSIP برای ارزیابی تحقیقات

معیارهای زیادی برای تعیین کیفیت، تأثیرگذاری و اعتبار علمی وجود دارند. بیش از نیمی از سیستم‌های DSIP تعیین شده در کار OECD در ارزیابی تحقیقات نقش دارند. ردپای دیجیتالی در حال رشد فعالیت‌های دانشگاهی و تحقیقاتی نشان می‌دهد که در آینده بیشتر ابعاد مرتبط با فعالیت علمی ممکن است به‌صورت دیجیتالی ارائه شود. در این رابطه، جنبش‌های دگرسنجی[۱] معیارهای ایجاد شده از طریق رسانه‌های اجتماعی را به‌عنوان نوعی از معیارهای تأثیر تحقیق در نظر می‌گیرد که از استنادهای دانشگاهی گسترده‌تر و به موقع‌تر است. با این حال، همچون معیارهای سنتی، سؤالاتی در مورد این‌که تا چه حد دگرسنجه‌ها می‌توانند نشانه‌های معتبر از تاثیر تحقیقات فراهم کنند، باقی می‌ماند.

۳۰. نقش‌های بخش تجاری در DSIP

بازیگران غیردولتی به‌عنوان یک نیروی اصلی در سیستم‌های DSIP درحال ظهور هستند. ناشران بزرگ آکادمیک، الزویر[۲] و گروه انتشاراتی هولتزبرینک[۳]، به‌همراه شرکت تحلیلی Clarivate Analytics به‌طور خاص در توسعهٔ

۱ Altmetric
۲ Elsevier
۳ Holtzbrinck Publishing Group

محصولات و خدمت به بسترهایی که از سیستم‌های DSIP تکامل یافته تقلید می‌کنند، فعال هستند. شرکت‌های چندملیتی مانند آلفابت[۱] و مایکروسافت[۲] و شرکت‌های فناوری ملی از جمله بایدو[۳] (چین) و ناور[۴] (کره) نیز بسترهایی به منظور جست‌وجوی خروجی‌های دانشگاهی طراحی کرده‌اند. در آینده این بسترها می‌توانند به عناصر کلیدی در نظام‌های ملی DSIP تبدیل شوند.

بهره‌برداری از این پیشرفت‌های بخش خصوصی در سیستم‌های DSIP دولتی فواید بالقوهٔ بسیاری دارد. راهکارها می‌توانند به سرعت و با هزینهٔ مورد توافق اجرا شوند، از این رو نیاز بخش دولتی به توسعه مهارت‌های درون‌سازمانی را کاهش می‌دهند. کمپانی‌های خصوصی می‌توانند تعامل متقابل را از طریق استانداردها و تولیداتشان را که می‌تواند دامنه و مقیاس داده‌های مورد استفاده در یک سیستم DSIP را گسترش دهد، بهبود بخشند. با این حال، برون‌سپاری فعالیت‌های مدیریت داده‌ها به بخش خصوصی می‌تواند خطراتی به‌همراه داشته باشد. این خطرات می‌تواند شامل از دست دادن کنترل روی توسعه سیستم‌های DSIP آینده، دسترسی تبعیض‌آمیز به داده‌ها و حتی ظهور بسترهای خصوصی باشد که به دلیل اثرات شبکه‌ای سخت با مشکل روبرو می‌شوند.

• دورنمای سیستم‌های DSIP

دولت‌ها باید اکوسیستم‌های DSIP را متناسب با نیازهایشان شکل دهند. این امر نیازمند همکاری‌های بین سازمانی، اشتراک منابع (از جمله تعیین‌کننده‌های استانداردهای دیجیتال) و چارچوب‌های سیاسی منسجم برای اشتراک داده‌ها و استفاده مجدد در بخش دولتی است. از آن‌جا که چندین بنگاه و وزارتخانه دولتی سیاست علم و فناوری را تبیین می‌کنند، سیستم‌های DSIP باید در طراحی مشترک[۵]، خلق مشترک[۶] و حکمرانی مشترک[۷] درگیر شوند. در یک آینده مطلوب، زیرساخت‌های DSIP چند بازیگره در علم، فناوری و نوآوری، ریزداده‌هایی[۸] به روز ارائه می‌کنند. چارچوب‌های سیاسی نگرانی‌های مربوط به حریم خصوصی

۱ Alphabet Inc.
۲ Microsoft Inc.
۳ Baidu Inc.
۴ Naver Inc.
۵ Co-design
۶ Co-creation
۷ Co-governance
۸ Microdata

و امنیت را برطرف می‌کنند و همکاری‌های ملی و بین المللی در استانداردهای فراداده مشکلات تعامل متقابل را برطرف خواهند کرد.

دیجیتالی شدن در علم و نوآوری: «جنبه‌های تاریک» احتمالی

نتیجه این گزارش در این است که اگر به سیاست‌های مکمل توجه کافی شود، دیجیتالی شدن فرصت‌های مثبت بسیاری را برای علم، فناوری و نوآوری فراهم می‌کند. این زیربخش احتمال نتایج ناخوشایند دیجیتالی شدن در علوم فناوری و نوآوری را در نظر می‌گیرد. این نتایج شامل این موارد می‌شود: گسترش شکاف بین توانمندی کشورها و همچنین مناطق داخلی، اثرات منفی بر فرآیندهای علم، پیچیدگی بیش از حد در اکوسیستم‌های ماشینی و ریسک‌هایی که به وجود می‌آیند، به سختی قابل پیش‌بینی هستند و در درجه اول اجتماعی هستند. شواهد در مورد احتمال یا مقیاس این نتایج نامطلوب اندک است. بنابراین این زیربخش نیاز به آگاهی و مطالعه بیشتر دارد. در جایی که منابع فراوان‌اند و ادبیات کافی وجود دارد، نگرانی‌های عمومی دربارهٔ اتوماسیون، مشاغل و نابرابری مورد بحث نیستند.

• اثرات توزیعی و دیجیتالی شدن علوم، فناوری و نوآوری

جنبه‌های دیجیتالی شدن می‌توانند شکاف‌های موجود در قابلیت علوم، فناوری و نوآوری و درآمد بین کشورها و مناطق را بازتر کند. این احتمالات این‌جا مورد توجه قرار گرفته‌اند:

اثر تمرکزگرایی در علوم. علم به‌طور فزاینده‌ای با داده‌ها عجین می‌شود (هی، تانسلی و تول[1]، ۲۰۰۹). کشورهای توسعه یافته دارای یک مزیت مقایسه‌ای در ابزار علمی سرمایه‌بر هستند که داده تولید می‌کند. این که آیا این شرایط می‌تواند جغرافیای وسیع فعالیت علمی را تحت تاثیر قرار دهد یا نه یک سوال باز است. در یک سناریو، محققان کشورهای درحال توسعه ممکن است بدون نوعی سرمایه‌گذاری ثابت که توسط کشورهای توسعه یافته انجام شده است، قادر به دستیابی به اطلاعات و انجام کارهای علمی باشند. در یک سناریوی دیگر، در کشورهای توسعه یافته ممکن است محققان مزایای حضورشان را در خط مقدم علم تقویت کنند. به‌عنوان یک موضوع کم‌اهمیت اما احتمالاً مرتبط، اتوماسیون آزمایشگاهی، با آن‌که امری پرهزینه و دشوار است، اکنون برای بسیاری از حوزه‌های علم و فناوری لازم است. در

[1] Hey, Tansley and Tolle

نتیجه، اتوماسیون آزمایشگاهی در سایت‌های مرکزی بزرگ اقتصادی‌ترین کار است و کمپانی‌ها و دانشگاه‌ها به‌طور فزاینده‌ای روی اتوماسیون آزمایشگاهی خود تمرکز می‌کنند. پیشرفته‌ترین مثال این روند اتوماسیون ابری در علوم زیستی است. نمونه‌های زیستی به یک سایت واحد فرستاده می‌شوند و دانشمندان آزمایش‌هایشان را با استفاده از رابط‌های برنامه کاربردی[۱] طراحی می‌کنند (کینگ و رابرتز[۲]، ۲۰۱۸). تأثیر چنین احتمالات مبتنی بر فضای ابری، بر توزیع یا تمرکز کلی کارهای علمی مشخص نیست.

تأثیرات بر جغرافیای محلی. اقتصاد دیجیتالی همان‌گونه که می‌تواند اثرات اقتصادی و اجتماعی استعداد مهارت‌های اولیه را تقویت کند، نابرابری‌های جغرافیایی در درآمد را نیز تشدید کند (مورتی[۳]، ۲۰۱۲). در دهه‌های اخیر، در بسیاری از کشورهای عضو OECD همگرایی درآمدی در مناطق محلی متوقف و یا معکوس شده است (گانونگ و شواگ[۴]، ۲۰۱۵). در بین سیاست‌های اصلاحی، سرمایه‌گذاری روی مهارت‌ها و فناوری مهم‌ترین موضوع هستند زیرا سرمایه‌گذاری در زیرساخت و حمل و نقل علی‌رغم این‌که سودمنداست،کاهش بازدهی را نیز به دنبال دارد (فیلیپتی و پیراچ[۵]، ۲۰۱۳).

تأثیرات اَبَرایانش. امروزه برخی ابررایانه‌ها به‌طور ویژه برای هوش مصنوعی طراحی شده‌اند. پیش از این، ابررایانه‌ها بیشتر برای مدل‌سازی مورد استفاده قرار می‌گرفتند، مانند مدل‌سازی‌ها در علوم آب و هوایی و هسته‌ای. بسیاری از شرکت‌های فناوری در حال گرایش به سمت ابررایانش هستند (نایت[۶]، ۲۰۱۷). با این حال، تنها ۲۷ کشور در دنیا دارای ابررایانه‌ای هستند که در بین ۵۰۰ ابررایانه قدرتمند قرار می‌گیرد. به‌ویژه، چین در ساخت ابررایانه‌هایی با اجزای تولید داخل، گام‌های اساسی برداشته است. همچنین چین تعداد زیادی ابررایانه به‌همراه داده‌های فراوان برای یادگیری الگوریتم‌های هوش مصنوعی دارد. آیا ممکن است ظرفیت‌های کشورها به‌دلیل افزایش هم‌افزایی بین ابررایانش و هوش مصنوعی متفاوت باشد؟ آیا ارزش مالکیت/ ساخت ابررایانه‌های قدرتمندتر با توجه به استفاده از رایانش مبتنی بر ابر تغییر می‌کند؟

---

۱ Application programming interfaces
۲ King and Roberts
۳ Moretti
۴ Ganong and Shoag
۵ Filippetti and Peyrache
۶ Knight

• سیستم‌های پیچیده و اکولوژی ماشینی غیرقابل مدیریت

دولت‌ها نیازمند درک بیشتر از سیستم‌های پیچیده هستند (نس[۱]، ۲۰۱٤). هرچه مجموعه گسترده‌ای از سیستم‌های مهم، پیچیده‌تر، واسطه‌ای‌تر و به‌وسیله کد به هم پیوسته‌تر شوند خطر و پیامدها آسیب‌پذیری‌ها می‌تواند افزایش یابد. از آن‌جا که کد، تعداد رو به رشدی از سیستم‌های به هم متصل را کنترل می‌کند، خطاها می‌توانند با اثراتی که پرهزینه‌تر از گذشته می‌شوند به‌صورت آبشاری رخ دهند. برای نمونه، اخیراً ایالات متحده به‌خاطر خطاهای نرم‌افزاری نخستین قطعی کشوری و نه منطقه‌ای- ۹۱۱ را تجربه کرد (سومرز[۲]، ۲۰۱۷). سیستم‌های مهم فناوری اطلاعات و ارتباطات به شیوه‌های غیرقابل پیش‌بینی و حتی فوریتی رفتار می‌کنند و توانایی پیش‌بینی شکست در فناوری می‌تواند کاهش یابد (آربسمان[۳]، ۲۰۱٦). یک مورد بسیار شناخته شده، فعل و انفعالات غیر منتظره الگوریتم‌ها بود که منجر به «سقوط ناگهانی اوراق بهادار[٤]» در می ۲۰۱۰ شد، زمانی که بیش از یک تریلیون دلار ارزش در بازارهای جهانی سهام، در عرض چند دقیقه از دست رفت. مثال‌های زیاد دیگری از خطاهای نرم‌افزاری که باعث شکست سیستم شده است وجود دارد. برای مثال در سال ۱۹۹٦ موشک آریان ۵ آژانس فضایی اروپا به دلیل نقص نرم‌افزاری هنگام پرتاب منفجر شد.

هوش مصنوعی و اقدامات دیگر به خودکارسازی و بهبود درستی سنجی نرم‌افزار کمک می‌کنند. با این حال همان‌گونه که مکس تگمارک[۵] فیزیکدان مشاهده می‌کند «وظیفهٔ درستی سنجی با انتقال نرم‌افزار به ربات‌ها و محیط‌های جدید و با جایگزینی نرم‌افزارهای از پیش برنامه‌نویسی شده سنتی با سیستم‌های هوش مصنوعی که به یادگیری ادامه می‌دهند و بدین وسیله رفتارشان را تغییر می‌دهند مشکل‌تر می‌شود...» (تگمارک، ۲۰۱۷).

یک ویژگی بارز فناوری این است که پیچیدگی را عمیق‌تر می‌کند: سیستم‌ها به مرور زمان قطعات را تجمیع می‌کنند و اتصالات بیشتری بین آن‌ها ایجاد می‌شود. فناوری‌هایی که پیچیده‌تر می‌شوند می‌توانند در نهایت به سیستم‌های قدیمی موروثی وابسته شوند. این موضوع به‌ویژه

۱ Nesse
۲ Somers
۳ Arbesman
٤ Flash crash
۵ Max Tegmark

برای کدها صدق می‌کند. برای مثال در ۱ ژانویه ۲۰۰۰ در میان نگرانی‌های Y2K اداره حمل و نقل هوایی فدرال ایالات متحده رایانه‌هایی را که برای کنترل ترافیک هوایی مورد استفاده قرار می‌گرفتند، بررسی کرد. یک نوع دستگاه نیاز به تعمیر داشت، یک IBM ۳۰۸۳ که در دهه ۸۰ میلادی نصب شده بود. در آن زمان فقط دو نفر در IBM با نرم‌افزار دستگاه آشنا بودند و هر دو بازنشسته شده بودند (آربسمان، ۲۰۱۶).

۱۰ اثرات منفی دیجیتالی شدن بر علم

این فصل تا اینجا تعدادی از چالش‌هایی را که دیجیتالی شدن برای علم ایجاد می‌کند - از مجلات علمی آنلاین شکارچی تا ناشناس نگه داشتن اطلاعات پژوهشی شخصی - توصیف کرده است. فصل ۲ - با اعداد و ارقام - گزارش می‌دهد که تعداد قابل توجهی از دانشمندان فکر می‌کنند دیجیتالی شدن تعدادی اثر منفی نیز بر علم می‌گذارد. این اثرات بالقوه شامل رشد تحقیقات بدون فرضیه در علوم داده‌محور و تقسیم تحقیقات، بین کسانی که دارای مهارت‌های پیشرفته دیجیتالی هستند و کسانی که فاقد این مهارت‌ها هستند، می‌شود. دیجیتالی شدن می‌تواند یک فرهنگ شهرت[۱] را نیز در علم ایجاد کند که منجربه انتشار زودهنگام یافته‌های تحقیقاتی می‌شود و اشخاص را در معرض گروه‌های فشار قرار می‌دهد. نگرانی‌های دیگر، استفاده از شاخص‌های در دسترس ولی نامناسب به منظور نظارت و انگیزه‌بخشی به تحقیقات و تمرکز بالقوه روند کاری و داده‌ها در تعداد اندکی از کمپانی‌های تولیدکننده تجهیزات دیجیتالی است.

یکی دیگر از مسائل بالقوه مشکل‌ساز، سوءاستفاده از هوش مصنوعی در علم و جامعه است. طراحی و استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی مؤثر نیاز به تخصص دارد که البته کمیاب است. علاوه بر این الزامات شدیدتر در مورد عملکرد، نیرومندی، پیش‌بینی‌پذیری و امنیت نیاز به تخصص را افزایش می‌دهند. این مسئله به‌خصوص در مورد تکنیک‌های یادگیری عمیق که اکنون در تحقیقات و کاربردهای هوش مصنوعی نقش اساسی دارند صدق می‌کند.

با وجود تنگناهای تخصصی و گاهی انتظارات غیر واقع‌بینانه دربارهٔ آنچه هوش مصنوعی می‌تواند به دست آورد، افراد غیرمتخصص به‌طور فزاینده‌ای هوش مصنوعی را به کار می‌گیرند. چنین سیستم‌هایی از ناکارآمدی در عملکرد،

[۱] Celebrity culture

نیرومندی، پیش‌بینی‌پذیری و امنیت رنج می‌برند، پیامدهایی که حتی کارشناسان هوش مصنوعی می‌توانند برای دستیابی به آن‌ها دچار مشکل شوند (هوس[۱]، ۲۰۱۸). هوس و سایرین پیشنهاد ساخت نسل بعدی سیستم‌های هوش مصنوعی موسوم به هوش مصنوعی خودکار[۲] را به‌عنوان یکی از راه‌های کاهش مشکل پیچیدگی هوش مصنوعی ارائه می‌دهند. این امر می‌تواند به توسعه و به‌کارگیری هوش مصنوعی دقیق و قابل اطمینان، بدون نیاز به تخصص عمیق و بسیار تخصصی هوش مصنوعی کمک کند. هوش مصنوعی خودکار در حال کار روی طراحی الگوریتم و یادگیری ماشین خودکار است و به سرعت در دانشگاه و صنعت درحال توسعه است (هوس، ۲۰۱۲).

• خطرات گسترده‌تر مربوط به فناوری دیجیتال

همانند همه فناوری‌ها، فناوری دیجیتال نیز می‌تواند هم کمک‌کننده و هم آسیب‌رسان باشد. برای مثال هوش مصنوعی می‌تواند با پیش‌بینی محل ایجاد تهدیدها امنیت دیجیتال را افزایش دهد، اما می‌تواند با افزودن هوش به بدافزار، امنیت دیجیتال را کاهش دهد. زیست‌شناسی مصنوعی می‌تواند به درمان بیماری کمک کند، همچنین می‌تواند عوامل بیماری‌زا را بدخیم کند. برخی از خطرات فناوری دیجیتال منعکس‌کننده تعاملات پیچیده با نظام‌های اجتماعی است و به همین ترتیب ممکن است پیش‌بینی آن‌ها غیرممکن باشد.

امروزه، یکی از خطرها، تکه تکه شدن گفتمان عمومی توسط رسانه‌های اجتماعی است. همچنین ممکن است در آینده به خاطر تقلب‌های با کیفیت و وضوح بالای صوتی و تصویری شاهد از بین رفتن اعتماد به اطلاعات معتبر (رسمی) باشیم. علاوه بر این، کاهش سودآوری اقتصادی روزنامه نگاری و سواد نوشتن، که به فناوری دیجیتال نسبت داده می شود، می تواند اثرات اجتماعی و سیاسی ناخواسته‌ای داشته باشد (دلئون[۳]، ۲۰۱۹).

هراری[۴] (۲۰۱۸) حتی بیان می‌کند که آیندهٔ رایانش می‌تواند آیندهٔ دموکراسی را شکل دهد. او اشاره می‌کند که حکمت مطلق به‌طور کلی در اقتصادهای پیشرفته شکست خورده و بخشی از آن به این دلیل است که پردازش

۱ Hoos
۲ Automated AI
۳ de León
۴ Harari

اطلاعات نمی‌توانند به اندازه کافی متمرکز شود. پردازش اطلاعات غیر متمرکز به دموکراسی‌ها یک مزیت بهره‌وری می‌دهد. با این حال اگر هوش مصنوعی اقتصاد دیجیتال را بیش از پیش در بر بگیرد، می‌تواند یک روند متمرکز داشته باشد. هوش مصنوعی نیز زمانی که داده‌ها متمرکز باشند مؤثرتر می‌شود. هراری اظهار می‌کند یافتن راه‌هایی برای حفظ کارآمدتر بودن پردازش داده‌های توزیع شده نسبت به پردازش متمرکز داده‌ها می‌توانند به حفظ دموکراسی کمک کند.

سیاست‌گذاران می‌توانند برای کاهش خطرات در حال ظهور ناشی از ماهیت استفاده دوگانه فناوری، گام‌های بیشتری بردارند. قسمت‌های پیشین در تاریخ علم می‌توانند درس‌های مفیدی به ما بیاموزند. مورد پائول برگ[۱]، برنده جایزه نوبل که به ایجاد DNA نوترکیب کمک کرد یک مثال از این درس‌هاست. برگ با آگاهی از انشعابات کشف خود کنفرانس آسیمولار[۲] را تشکیل داد. این اتفاق منجر به توقف خطرناک‌ترین آزمایشات علمی تا زمان پیشرفت و بهبود علم گردید.

سیاست‌گذارن می‌توانند از چند راه ریسک‌های فناوری را کاهش دهند. آن‌ها می‌توانند بخشی از بودجه‌های تحقیقاتی را به مطالعه پیامدهای گسترده‌تر علوم اختصاص دهند. درگیر کردن افکار عمومی در بحث و مناظره، با دوری از مبالغه دربارهٔ فناوری نیز می‌تواند مفید باشد. به‌علاوه، آن‌ها می‌توانند اطمینان حاصل کنند که توصیه‌های علمی قابل اعتماد هستند. سرمایه‌گذاری بر تحقیقات و نوآوری که ریسک‌ها (از جمله امنیت سایبری) را کاهش دهد نیز می‌تواند کمک‌کننده باشد.

پتانسیل استفاده نشده فناوری دیجیتال برای سیاست علوم، فناوری و نوآوری

در این بخش ایده‌های جدید در مورد اینکه چگونه فناوری دیجیتال از سیاست برای علم و نوآوری پشتیبانی می‌کند بررسی شده‌اند. پیش از این در بخش ۱٫۱ تفکر جدید دربارهٔ هوش جمعی و تخصیص بودجهٔ تحقیق دولتی شرح داده شد. مثال‌های دیگری که در این‌جا مورد بررسی قرار گرفته‌اند بازارهای پیش‌بینی، کاربردهای مختلف بلاک‌چین و استفاده از رسانه‌های اجتماعی برای افزایش مواجهه با نوآوری به صورت انتخابی هستند. برخی

۱ Paul Berg
۲ Asimolar

از این ایده‌ها هنوز توجه زیادی را به خود جلب نکرده‌اند و تعداد کمی از دولت‌ها فرصت‌های موجود را مورد آزمایش قرار داده‌اند.

• بازارهای پیش‌بینی برای سیاست علوم فناوری و نوآوری

بازارهای پیش‌بینی، که شامل شرط‌های معاملاتی در مورد پیش آمدن یا نیامدن نتیجه خاصی هستند، می‌توانند سیاست STI را تحت تاثیر قرار دهند. بازارهای پیش‌بینی در پیش‌بینی نتایج، در زمینه‌هایی مانند مسابقات ورزشی و انتخابات سیاسی از قضاوت متخصصان فراتر رفته‌اند. آن‌ها اطلاعات خصوصی غیرمتمرکز را که در نتیجهٔ تغییر قیمت شرط بعدی در مورد نتیجهٔ مورد نظر ثبت می‌شود، جمع می‌کنند(به روشی مشابه با بازار آتی). بازارهای پیش‌بینی شرکت‌کنندکان را برای یافتن یا ایجاد اطلاعات جدید (که امکان سود کردن از آن وجود دارد) ترغیب می‌کنند. آزمایشات جدید (مراجعه شود به دربر[۱] و همکاران [۲۰۱۹]، مونافو[۲] و همکاران [۲۰۱۵]، دربر و همکاران [۲۰۱۵] و آلمنبرگ[۳]، کیتلیتز[۴] و فیفیر[۵] [۲۰۰۹]) نشان می‌دهد بازارهای پیش‌بینی می‌توانند موارد زیر را انجام دهند:

- ارزیابی نتایج تحقیقات پرهزینه (مثل مؤسسات آموزش عالی) را پیش‌بینی کنند.
- یافته‌های تحقیقاتی را که احتمال تکرارشان پایین است، به سرعت و با هزینه کم شناسایی کنند.
- به تخصیص بهینهٔ منابع محدود برای تکرار کمک کنند.
- به مؤسسات کمک کنند که آن‌ها تعیین کنند که آیا اقدامات استراتژیک برای بهبود کیفیت تحقیقات در حال دستیابی به اهداف خود هستند یا خیر؟
- فرضیه‌های علمی را آزمایش کنند.
- به درک فرآیندهای خاص علمی کمک کنند. برای مثال، می‌توان یک پروژه تحقیقاتی را برای نشان دادن این که فرضیه ها تقویت شده‌اند یا تضعیف، در کنار تاریخچهٔ قیمت‌های آن پروژه بررسی کرد (دربر و همکاران، ۲۰۱۵).

بسترهای دیجیتالی تخصصی به‌کارگیری بازارهای پیش‌بینی را آسان‌تر

۱ Dreber
۲ Munafo
۳ Almenberg
۴ Kittlitz
۵ Pfeiffer

می‌کنند. برای مثال در پلتفرم آگور، هرکسی می‌تواند با تعهد اولیهٔ کم‌تر از یک دلار، یک سوال بپرسد و یک بازار بر اساس نتیجهٔ پیش‌بینی ایجاد کند. به نظر می‌رسد استفاده از بازارهای پیش‌بینی در STI بیش از آن‌که توسط موانع فنی محدود شده باشد به‌وسیله سنت و آداب و رسوم محدود شده است.

• پیش‌بینی با استفاده از ترکیب انسان-ماشین

هوش انسانی (فردی یا جمعی) و هوش ماشین می‌توانند برای پیش‌بینی و تحقیقات با هم ترکیب شوند. مثلاً محققان در دانشگاه استنفورد و کمپانی هوش مصنوعی اونانیموس، واقع در کالیفورنیا، با استفاده از هوش مصنوعی، گروه‌های کوچک رادیولوژیست را در اینترنت به هم متصل کردند و قابلیت آن‌ها را برای تشخیص تصویر اشعه X سینه مورد آزمایش قرار دادند. رادیولوژیست‌ها و الگوریتم‌ها با هم دقیق‌تر از گروه‌های بدون کمک عمل کردند. آن‌ها از رادیولوژیست‌های فردی و ۲۲٪ از جدیدترین هوش‌های مصنوعی به تنهایی دقیق‌تر بودند (روزنبرگ[۱] و همکاران، ۲۰۱۸).

پیش‌بینی دقیق وقتی تغییر تکنولوژیکی اساسی باشد، دشوار است. یکی از پیچیدگی‌ها این است که این امر اغلب قبل از ظهور کاربردهای اصلی نوآوری‌های اساسی به زمان قابل توجهی نیاز دارد. برای مثال بعد از گوتنبرگ، نزدیک به یک قرن پیشرفت‌های فنی و مفهومی برای رسیدن به کتاب‌های مدرن طول کشید (سومر، ۲۰۱۸).

در حقیقت حتی بهترین کارشناسان نیز بارها در پیش‌بینی زمان‌بندی‌های فناوری دچار اشتباه شده‌اند. یک مثال از چنین قضاوت‌های اشتباهی در حوزه دیجیتال، پیشنهاد سال ۱۹۹۵ برای پروژهٔ تحقیقاتی تابستانهٔ دارتموند روی هوش مصنوعی است که یک رویداد تأثیرگذار در تاریخ هوش مصنوعی است. در این پیشنهاد آمده‌است که «... اگر یک گروه از دانشمندان که به دقت انتخاب شده‌اند به مدت یک تابستان روی هوش مصنوعی کار کنند» یک پیشرفت چشمگیر می‌تواند در آن اتفاق بیافتد. با یا بدون استفاده از بازارهای پیش‌بینی، رویکرد انسان-ماشین یا روش‌های دیگر بهره‌گیری از هوش جمعی می‌تواند باعث تقویت آینده‌نگری سیاست شود.

۱ Rosenberg

• بلاک‌چین برای علم، فناوری و نوآوری

یک مفسر برجسته بلاک‌چین را این‌گونه توصیف کرده: «فناوری بلاک‌چین معاملات همتا به همتا[1] را بدون هیچ‌گونه واسطه‌ای مثل بانک یا بدنه دولتی تسهیل می‌کند ...». بلاک‌چین یک سابقهٔ عمومی دائمی از همه معاملات را تأیید می‌کند و نگه می‌دارد. این، به این معنی‌است که در حالی که اطلاعات فردی، امن و محافظت‌شده هستند، تمامی فعالیت‌ها به‌صورت شفاف و غیرقابل فسخ با همکاری جمعی در دفتر دیجیتال ذخیره می‌شوند. (تپسکات[2]، ۲۰۱۵). همان‌گونه که در فصل ۵ بحث می‌شود، در حالی که کاربردهای بلاک‌چین در تولید هنوز ابتدایی هستند، کمپانی‌هایی نظیر مایکروسافت، IBM و دیگران هم‌اکنون خدمات آنلاین بلاک‌چین را ارائه می‌کنند. پیشنهادات استفاده از بلاک‌چین در علم، فناوری و تکنولوژی در حال شکوفایی است. (کادر ۱،۵).

کادر ۱،۵. کاربردهای احتمالی بلاک‌چین در علم و نوآوری

پیشنهادات اخیر برای چگونگی مفید بودن احتمالی بلاک‌چین برای علم، فناوری و نوآوری شامل موارد زیر است:

ایجاد یک رمرارز[3] برای علم. ناشران کارهای علمی می‌توانند با استفاده از یک رمزارز پرداخت خرد را به محض استفاده دیگران از محتوایشان، دریافت کنند. یک رمزارز علم می‌تواند سیستم پاداش را برای فعالیت‌های بعضاً کم‌پاداش مانند پشتیبانی آماری، مبادلهٔ تجهیزات آزمایشگاهی، میزبانی و پردازش داده‌ها و داوری همتا تسهیل کند (ون راسم[4]، ۲۰۱۸). Science Matters ـ یک بستر دسترسی آزاد - به‌زودی یک فرآیند داوری همتای انبوه‌سپاری شده با استفاده از بلاک‌چین اتریوم را راه‌اندازی خواهد کرد. در حالت ایده‌آل، محققان و ناشران به‌سرعت معیارهایی را می‌یابند که می‌توانند به سرعت بخشیدن به انتشارات کمک کند. علاوه بر این، داوران نیز در زمان خود رمزارز متصل به پلتفرم را دریافت می‌کنند (هون[5]، ۲۰۱۹).

ذخیره‌سازی و اشتراک داده‌های تحقیق. پایگاه‌های داده‌ای که

---

۱ peer-to-peer transaction
۲ Tapscott
۳ Cryptocurrency
۴ van Rossum
۵ Heaven

بخش‌های بزرگی از اکوسیستم تحقیقات را دربر می‌گیرند، از نظر فنی امکان پذیر هستند. با وجود این، نیاز به مالکیت و مدیریت متمرکز به‌کارگیری آن‌ها را پیچیده می‌کند. امنیت داده‌ها و آسانی دسترسی تنها دو مورد از نگرانی‌ها هستند. در اصل بلاک‌چین می‌تواند مخازن داده‌های[1] مقیاس‌پذیر، امن و غیر متمرکز را عملی‌تر کند. بلاک‌چین می‌تواند با ردیابی و ضبط مواردی مانند تحلیل آماری، ضمن کاهش خطر کلاهبرداری از داده‌ها، تکثیرپذیری[2] علم را نیز بهبود بخشد. علاوه بر این، معیارها می‌توانند برای فعالیت‌هایی که هنوز به خوبی مشخص نشده‌اند مانند توسعه داده گسترش یابند، زیرا این معیارها به راحتی قابل نسبت دادن هستند (ون راسم، ۲۰۱۸).

ایجاد امکان استفاده از داده‌ها. اشتراک داده‌ها می‌تواند به دلایل مختلفی از جمله مقررات و مسائل سازمانی و فنی دشوار باشد. موانع سازمانی شامل فرآیندهای کاغذبازی اداری است که مانع صدور اجازه برای اشتراک داده‌ها می‌شوند. حتی زمانی که توافق‌نامهٔ اشتراک داده‌ها صادر می‌شود، نگه‌دارندگان داده‌ها همچنان نگران استفاده نابه‌جا از داده‌هایشان یا به اشتراک‌گذاری تصادفی داده‌های مشتری هستند. علاوه بر این در سطح فنی، برخی پایگاه‌های داده برای اشتراک آسان، بسیار بزرگ هستند. برای مثال ۱۰۰ ژنوم انسان می‌تواند ۳۰،۰۰۰،۰۰۰ـ مگابایت حجم اشغال کند. عدم قطعیت در مورد منبع داده‌ها نیز می‌تواند مانع اشتراک یا خرید داده‌ها شود. به‌علاوه، احتمالاً تنظیم‌کنندگان مقررات بیش از پیش به این نیاز دارند که سیستم‌های هوش مصنوعی، نحوه استفاده از داده‌ها را نشان دهند. در این جا تلاش می‌شود تا بلاک‌چین و هوش مصنوعی در یک محیط به هم پیوند داده شوند، که این امر به شرط کنترل و ممیزی قابل تصدیق کامل، مزایای تعامل داده‌ها را به دارندگان داده‌ها می‌دهد. پروتکل اقیانوس[3] که یک بنیاد متن باز غیر انتفاعی است در چنین سیستم‌هایی پیشگام است. در یک مورد خاص، داده‌ها نه به اشتراک گذاشته شده‌اند و نه کپی شده‌اند. در عوض، الگوریتم‌ها به منظور آموزش روی داده‌ها اعمال می‌شوند و تمام کار انجام شده روی داده‌ها، در دفتر کل توزیع شده ثبت می‌شود (چابرا[4]، ۲۰۱۸).

---

۱ Data stores در یک محیط
۲ Reproducibility
۳ Ocean protocol
٤ Chhabra

شفاف‌سازی مالکیت خلاقیت. امروزه خدمات تجاری با ایجاد یک شناسه رمزگذاری شده که توسط بلاک‌چین تأیید شده اختیار مالکیت امن کارهای خلاقانه را ارائه می‌دهند (استانکوویچ[۱]، ۲۰۱۸). آرتیفکت که در سال ۲۰۱۸ راه‌اندازی شد، یک بستر برای انتشار مطالبی است که محققان تشخیص می‌دهند ارزش به اشتراک گذاشتن دارند. این مطالب مواردی از مجموعه داده‌ها تا مشاهدات، فرضیه‌ها و نتایج منفی تحقیقات را که در بلاک‌چین وارد شده‌اند، شامل می‌شود. آرتیفکت با هدف انتشار اطلاعات علمی بیشتر، به‌صورت ایمن و به شیوه‌ای قابل استناد، سریع‌تر از آنچه در مقالات داوری همتا شده اتفاق می‌افتد ایجاد شد (هون[۲]، ۲۰۱۹).

گسترش دسترسی به ابررایانش. گولم[۳] قصد دارد با استفاده از قدرت پردازش کامپیوترهای بیکار و مراکز داده در سراسر دنیا یک ابررایانه جهانی ایجاد کند که برای همه قابل دسترسی باشد. کاربران از یکدیگر زمان پردازش اجاره می‌کنند و برای ردیابی محاسبات و پرداخت‌ها و نیز حفظ امنیت داده‌ها بر بلاک‌چین تکیه می‌کنند (گولم، بدون تاریخ).

چالش‌های فنی و سیاسی مانند قابلیت همکاری باید پیش از استقرار گستردهٔ بلاک‌چین در علم، فناوری و نوآوری برطرف شوند. بدون اجماع بر ساز و کارهای بلاک‌چین و دیگر DLTها[۴]، استفاده از آن‌ها محدود خواهد بود. هایپرلجر IBM به دنبال یک معماری قابل تعامل برای DLTها به‌عنوان یک تلاش در راستای توافق است. محدودیت‌های فنی نیز روی حجم مبادلاتی که شبکه‌های بلاک‌چین می‌توانند پردازش کنند وجود دارد. هرچند چالش مقیاس‌پذیری برای کاربردهای به اصطلاح مجاز بلاک‌چین که شرکت در شبکهٔ کنترل شده است، کم‌تر جدی تلقی می‌شود. شبکه‌های مجاز بلاک‌چین بیشترین احتمال حضور در علم، فناوری و نوآوری را دارند، زیرا عموماً به منظور کمک به یک جامعهٔ حرفه‌ای خاص برای دستیابی به بعضی نتایج مربوط به سیاست مورد استفاده قرار می‌گیرند. جای مکانیزم‌هایی برای اطمینان از صحت اطلاعات در یک رجیستری بلاک‌چین خالی است (با این حال تلاش‌هایی برای اثبات صحت هویت کسانی که اطلاعات را به

۱ Stankovic
۲ Heaven
۳ Golem
۴ Distributed Ledger Technology

بلاک‌چین وارد می‌کنند در حال انجام است). توافق‌نامه نیز فاقد راهی برای فسخ قراردادهای به اصطلاح هوشمند - قراردادی که خود را فسخ می‌کند و به‌وسیله بلاک‌چین ایجاد شده - و چگونگی برخورد با قراردادهای هوشمندی که حاوی خطا یا دستورالعمل غیر قانونی هستند، است. درصورتی که سیستم حتی در زمان‌های ضروری مانع تصحیح شود، طراحی بدون امکان دست‌کاری بلاک‌چین می‌تواند مشکل‌ساز شود (استانکوویچ، ۲۰۱۸).

• استفاده از رسانه‌های اجتماعی برای گسترش نوآوری

تمایل مردم به نوآوری مستلزم یک عنصر تقلیدی است. تحقیقات نشان می‌دهد کودکانی که در مناطقی بزرگ می‌شوند که مخترعان بیشتری دارند، بیشتر احتمال دارد که مخترع شوند. مواجههٔ بیشتر با نوآوری در اقلیت‌ها و فرزندان خانواده‌های کم درآمد می‌تواند نوآوری را افزایش دهد. از بین اقدامات دیگر، رسانه‌های اجتماعی می‌توانند مسیری برای مداخلات هدفمند فراهم کنند (بل[۱] و همکاران، ۲۰۱۹).

نتیجه‌گیری

پیشرفت علمی نمی‌تواند بدیهی تلقی شود. زمینه‌های بسیاری از علم وجود دارند - بنیادی تا بهبود زندگی - که دانش انسان از آن‌ها به‌طور غافل‌گیرکننده‌ای محدود است. برای مثال فرآیندی که ای کولی[۲] (یک باکتری) از شکر برای تولید انرژی استفاده می‌کند یکی از اساسی‌ترین عملکردهای زیستی است و همچنین در صنعت از اهمیت زیادی برخوردار است. اما با وجود این‌که تحقیقات در این مورد برای اولین بار حدود ۷۰ سال پیش منتشر شد، هنوز نحوهٔ عملکرد این فرآیند اثبات نشده است. عدم قطعیت در بسیاری از سؤالات اساسی در علوم آب و هوا نیز وجود دارد. چه نکته‌ای در وارونگی جریان آب‌های سرد و گرم اقیانوس نهفته است؟ چه زمانی تغییرات (از جمله ذوب یخ‌های قسمت غربی قطب جنوب یا توده‌های یخی ایسلند) برگشت‌ناپذیر می‌شوند؟ نقش کمی گیاهان و میکروب‌ها در چرخهٔ کربن چیست؟

پیشرفت در علم، فناوری و نوآوری ضروری است، زیرا علی‌رغم پیشرفت‌های چشمگیر فناوری، سرعت نوآوری در برخی زمینه‌های اساسی کافی نیست.

---

۱ Bell
۲ E. coli

برای مثال، فناوری‌های پیشرو در زمینه تولید انرژی بیشتر، بیش از یک قرن پیش توسعه یافتند یا ایجاد شدند. توربین احتراق در سال ۱۷۹۱، پیل سوختی در سال ۱۸۴۲، توربین برق‌آبی در سال ۱۸۷۸ و سلول خورشیدی فتوولتائیک در سال ۱۸۸۳اختراع شدند. حتی نخستین نیروگاه برق هسته‌ای بیش از ۶۰ سال پیش شروع به کار کرد. البته عملکرد همهٔ این فناوری‌ها بهبود یافته، اما در حقیقت پیشرفت‌های چشمگیر و تحول‌آفرینی اتفاق نیفتاده است (وبر[۱] و همکاران، ۲۰۱۳). در واقع تعدادی از مفسران برجسته در دانشگاه‌ها و صنعت از این نیز فراتر رفته‌اند و (به‌طور قابل بحثی) ادعا می‌کنند که به یک سطح ثابت از نوآوری عمومی رسیده‌ایم.

علاوه بر این، سیاست‌های کارآمد و مؤثر برای STI در کشورهایی که پیر شدن سریع جمعیت احتمالاً اختصاص بودجه عمومی را در دراز مدت محدود می‌کند از اهمیت بیشتری برخوردار است.

به همین دلیل و دلایل دیگری که در این کتاب مورد بررسی قرار خواهد گرفت، استفاده از پتانسیل کامل فناوری دیجیتال در STI حائز اهمیت است.

منابع

Agrafioti, F. (2018), “How to set up an AI R&D lab”, Harvard Business Review, 20 November,
https://hbr.org/2018/11/how-to-set-up-an-ai-rd-lab.
Almenberg, J., K. Kittlitz and T. Pfeiffer (2009), “An experiment on prediction markets in science”,
PLOS One, 30 December, PLOS, San Francisco,
https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0008500.
Arbesman, S. (2016), Overcomplicated: Technology at the Limits of Comprehension, Penguin Random
House, New York.
Atkinson, R.D. and S. Ezell (2019), “The Manufacturing Evolution: How AI will Transform Manufacturing
and the Workforce of the Future”, Information Technology and Innovation Foundation, Washington
DC, https://itif.org/publications/2019/08/06/manufacturing-evolution-how-ai-will-transformmanufacturing-and-workforce.
Bell, A.M. et al. (2019), “Who becomes an inventor in America? The importance of exposure to
innovation”, NBER Working Paper No. 24062, issued in November 2017, revised in January 2019,
National Bureau of Economic Research, Cambridge, Massachusetts, www.nber.org/pa-

۱ Webber

pers/w24062.
Bergstein, B. (2019), “This is why AI has yet to reshape most businesses”, MIT Technology Review,
13 February, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge,
www.technologyreview.com/s/612897/this-is-why-ai-has-yet-to-reshape-most-businesses/.
Biles, S. (28 December 2018), “Tiny computers could transform our lives”, Scientific American Observations
blog, https://blogs.scientificamerican.com/observations/tiny-computers-could-transform-our-lives/.
Bloom, N. et al. (2017), “Are ideas getting harder to find?”, NBER Working Paper No. 23782, September,
National Bureau of Economic Research, Cambridge, Massachusetts,
https://www.nber.org/papers/w23782.
Bollen, J. (2018), “Who would you share your funding with?”, Nature, Vol. 560, Nature Research,
Springer,p.143, www.nature.com/articles/d41586-018-05887-3.
Bollen, J. et al. (2014), “From funding agencies to scientific agency: Collective allocation of science funding
as an alternative to peer review”, EMBO Reports, Vol. 15/1, Wiley Online Library, pp. 131-133,
https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/embr.201338068.
Brooks, R. (15 July 2018), “Steps towards superintelligence IV: Things to work on now”, Robots, AI and other
stuff blog, https://rodneybrooks.com/forai-steps-toward-super-intelligence-iv-things-to-work-on-now/.
Butler, K.T. et al. (2018), “Machine learning for molecular and materials science”, Nature, Vol. 559/7715,
Nature Research, Springer, pp. 547-555, https://doi.org/10.1038/s41586-018-0337-2.
Castelvecchi, D. (2019), “Forget everything you know about 3-D printing – the ‘replicator’ is here”,
Nature, Vol. 566, Nature Research, Springer, p. 17, http://doi.org/10.1038/d41586-018-07798-9.
Chhabra, C.S (2018), “New data and the AI economy”, presentation at the workshop on digital
technology for science and innovation, Oslo, 5-6 November, www.oecd.org/sti/inno/digital-technologyfor-science-and-innovation-emerging-topics.htm.
Corea, F. (2017), “The convergence of AI and blockchain: What’s the deal?”, Medium, 1 December,
https://medium.com/@Francesco_AI/the-convergence-of-ai-and-blockchain-whats-the-deal-
60c618e3accc.
Craig, E. (2018), “An overview of the possibilities and challenges in delivering STEM education using AR and
VR”, presentation at the workshop on digital technology for science and innovation, Oslo, 5-6 November,
www.oecd.org/sti/inno/digital-technology-for-science-and-innovation-emerging-topics.htm.
Damer, B. (2018), “The origin of life and the engine of emergence”, presentation at the workshop on
digital technology for science and innovation, Oslo, 5-6 November, oe.cd/2vU.

de León, C. (2019), “Does it pay to be a writer?”, The New York Times, 5 January, www.nytimes.com/2019/01/05/books/authors-pay-writer.html.
Dohler, M. (2017), “Global reach: Will the tactile Internet globalize your skill set?”, ComSoc Technology News,
23 January, www.comsoc.org/publications/ctn/global-reach-will-tactile-internet-globalize-your-skill-set.
Dreber, A. et al. (2019), “Using prediction markets to predict the outcomes in DARPA’s next generation
social science program”, 11 February, https://osf.io/k6xcq.
Dreber, A. et al. (2015), “Using prediction markets to estimate the reproducibility of scientific research”,
Proceedings of the National Academy of Sciences, 15 December, Vol. 112/50, United States National
Academy of Sciences, Washington, DC, pp. 15343-15347, https://doi.org/10.1073/pnas.1516179112.
Dyson, F.J. (1998), Imagined Worlds, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
Evans, B. (2019), “5G: If you build it, we will fit it”, benevans.com, 16 January, www.benevans.com/benedictevans/2019/1/16/5g-if-you-build-it-we-will-fill-it.
Filippetti, A. and A. Peyrache (2013), “Labour productivity and technology gap in European regions: A
conditional frontier approach”, Regional Studies, Vol. 49/4, 14 June, Regional Studies Association,
Brighton, pp. 532-554, http://dx.doi.org/10.1080/00343404.2013.799768.
Fischer, E. (2018), “How far we’ve come: 70 years of weather technology advances”, CBS Boston,
22 May, https://boston.cbslocal.com/2018/05/22/wbz-weather-eric-fisher-severe-weather-alerts-ibmradar-advancements/.
Freedman, L.P., I.M. Cockburn and T.S. Simcoe (2015), “The economics of reproducibility in preclinical
research”, PLOS Biology, 9 June, PLOS, San Francisco,
https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1002165.
Fussell, S.R. et al. (2008), “How people anthropomorphize robots”, presentation at the international
conference on human robot interaction, 12-15 March, Amsterdam,
https://doi10.1145/1349822.1349842.
Ganong, P. and D. Shoag (2015), “Why has regional income convergence in the US declined?”,
http://scholar.harvard.edu/files/shoag/files/ganongshoagjan2015.pdf.
Golem (n.d.), Golem website, https://golem.network/ (accessed 20 June 2019).
Graves, N., A.G. Barnett and P. Clarke (2011), “Funding grant proposals for scientific research:
Retrospective analysis of scores by members of grant review panel”, The BMJ 2011;
343:d4797, London, https://www.bmj.com/content/343/bmj.d4797.
Harari, Y. (2018), “Why technology favors tyranny”, The Atlantic, October,
www.theatlantic.com/magazine/archive/2018/10/yuval-noah-harari-technology-tyranny/568330/.
Harbert, T. (2013), “Supercharging patent lawyers with AI: How Silicon Valley’s Lex

Machina is blending
AI and data analytics to radically alter patent litigation", IEEE Spectrum, 30 October, Institute of
Electrical and Electronics Engineers, New York, https://spectrum.ieee.org/geeklife/profiles/supercharging-patent-lawyers-with-ai.
Heaven, D. (2019), "Bitcoin for the biological literature", Nature, Vol. 566, Nature Research, Springer,
pp. 141-142, www.nature.com/articles/d41586-019-00447-9.
Herbert, D.L, A.G. Barnett and N. Graves (2013), "Australia's grant system wastes time", Nature,
Vol. 495, 21 March, Nature Research, Springer, pp. 314, www.nature.com/articles/495314d.
Hernandez, D. (2013), "Homeless, Unemployed and Surviving on Bitcoins", WIRED, 20 September,
https://www.wired.com/2013/09/bitcoin-homeless/.
Hey, T., S. Tansley and K. Tolle (2009), "The fourth paradigm: Data-intensive scientific discovery",
Microsoft Research, Redmond, United States.
Hicks, M. (2017), Programmed Inequality: How Britain Discarded Women Technologists and Lost Its
Edge in Computing, MIT Press, Cambridge, United States.
Hoos, H.H. (2018), "Democratisation of AI by automating the creation of AI systems", presentation at
digital technology for science and innovation workshop, Oslo, 5-6 November.
Hoos, H.H. (2012), "Programming by optimization", Communications of the ACM, Vol. 55/2, Association
for Computing Machinery, New York, pp. 70-80.
Hutson, M. (2017), "The future of AI depends on a huge workforce of human teachers", Bloomberg
Businessweek, 7 September, www.bloomberg.com/news/articles/2017-09-07/the-future-of-aidepends-on-a-huge-workforce-of-human-teachers.
Jordan, M. (2018), "Artificial intelligence – The revolution hasn't happened yet", Medium, 19 April,
https://medium.com/@mijordan3/artificial-intelligence-the-revolution-hasnt-happened-yet-
5e1d5812e1e7.
Kelly, K. (2013), "The post-productive economy", The Technium, https://kk.org/thetechnium/the-post-produc/.
Kharif, O. (2017), "The bitcoin whales: 1,000 people who own 40 percent of the market", Bloomberg
Businessweek, 8 December, www.bloomberg.com/news/articles/2017-12-08/the-bitcoin-whales-1-
000-people-who-own-40-percent-of-the-market.
King, R.D. and S. Roberts (2018), "Artificial intelligence and machine learning in science", in OECD
Science, Technology and Innovation Outlook 2018, OECD Publishing, Paris,
https://doi.org/10.1787/sti_in_outlook-2018-10-en.
Knight, W. (2018), "A robot scientist will dream up new materials to advance computing

and fight
pollution", MIT Technology Review, 7 November, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge,
www.technologyreview.com/s/612388/a-robot-scientist-will-dream-up-new-materials-to-advancecomputing-and-fight-pollution/.
Knight, W. (2017), "Google reveals a powerful new AI chip and computer," MIT Technology Review, 17 May,
Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, www.technologyreview.com/s/607879/googlereveals-a-powerful-new-ai-chip-and-supercomputer/.
Mantha, Y. and S. Hudson (2018), "Estimating the gender ratio of AI researchers around the world",
Medium, 17 August, https://medium.com/element-ai-research-lab/estimating-the-gender-ratio-of-airesearchers-around-the-world-81d2b8dbe9c3.
Metz, C. (2019), "'Businesses will not be able to hide': Spy satellites will give edge from above", 24 January,
The New York Times, https://www.nytimes.com/2019/01/24/technology/satellites-artificialintelligence.html.
Moretti, E. (2012), The New Geography of Jobs, Houghton, Mifflin, Harcourt Publishing, New York.
Munafo, M.R. et al. (2015), "Using prediction markets to forecast research evaluations", Royal Society
Open Science, Vol 2/10, Royal Society, London, http://dx.doi.org/10.1098/rsos.150287.
Musib, M. et al. (2017), "Artificial intelligence in research", Science, Vol. 357/6346, 7 July, American
Association for the Advancement of Science, Washington, DC, pp. 28-30,
https://doi.org/10.1126/science.357.6346.28.
Nesse, R. (2014), "The Fragility of Complex Systems", in Brockman, J. (ed.), What Should We Be
Worried About?, Harper Perrenial, New York, London, Toronto, Sydney, New Delhi, Auckland.
OECD (2019), Going Digital: Shaping Policies, Improving Lives, OECD Publishing, Paris,
https://doi.org/10.1787/9789264312012-en.
OECD (2018a), OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2018: Adapting to Technological
and Societal Disruption, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/sti_in_outlook-2018-en.
OECD (2018b), OECD Reviews of Innovation Policy: Austria 2018, OECD Reviews of Innovation Policy,
OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/9789264309470-en.
OECD (2017), OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2017: The Digital Transformation,
OECD Publishing, Paris, http://dx.doi.org/10.1787/9789264268821-en.
OECD (2015), "Daejeon Declaration on Science, Technology, and Innovation Policies for the Global and
Digital Age", webpage, www.oecd.org/sti/daejeon-declaration-2015.htm (accessed 20 June 2019).
Pratt, G.A. (2015), "Is a Cambrian explosion coming for robotics?", Journal of Economic

Perspectives,
Vol. 29/3, Summer, American Economic Association, Pittsburgh, pp. 51-60.
Princeton University (2018), “Researchers crowdsource brain mapping with gamers, discover six new
neuron types”, Medical Express, 17 May, https://medicalxpress.com/news/2018-05-crowdsourcebrain-gamers-neuron.html.
Ransbotham, S. (21 May 2018), “Using AI to create humanlike computers is a shortsighted goal”,
MIT Sloan Management Review blog, https://sloanreview.mit.edu/article/rethink-ai-objectives/.
Reich, J. and J.A. Ruipérez-Valiente (2019), “The MOOC Pivot: What happened to disruptive transformation
of education?”, Science, 11 January, Vol. 363/6423, American Association for the Advancement of Science,
Washington, DC, pp. 130-131, https://science.sciencemag.org/content/363/6423/130.summary.
Rosenberg, L, et al. (2018), “Artificial swarm intelligence employed to amplify diagnostic accuracy in
radiology,” presentation at the annual information technology, electronics and mobile communication
conference, Vancouver, 2-4 November,
www.Artificial_Swarm_Intelligence_employed_to_Amplify_Diagnostic_Accuracy_in_Radiology.
Sankaran, V. (2018), “Meet the people busting scientists who fake images in research papers”, The Next
Web, 6 November, https://thenextweb.com/science/2018/11/06/meet-the-people-busting-scientistswho-fake-images-in-research-papers/.
Scholz, T. and N. Schneider (2019), Ours to Hack and to Own: The Rise of Platform Cooperativism,
A New Vision for the Future of Work and a Fairer Internet, OR Books, New York and London.
Shapira, P. and J. Youtie (2017), “The next production revolution and institutions for technology
diffusion”, in The Next Production Revolution: Implications for Governments and Business, OECD
Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/9789264271036-11-en.
Somers, J. (2018), “The scientific paper is obsolete: Here’s what’s next”, The Atlantic, 5 April,
www.theatlantic.com/science/archive/2018/04/the-scientific-paper-is-obsolete/556676/.
Somers, J. (2017), “The coming software apocalypse”, The Atlantic, 26 September,
www.theatlantic.com/technology/archive/2017/09/saving-the-world-from-code/540393/.
Stankovic, M. (2018), “Using blockchain to facilitate innovation in the creative economy”, presentation at
the digital technology for science and innovation workshop, Oslo, 5-6 November.
Stoet, G. (2016), “Maths anxiety is creating a shortage of young scientists … here’s a solution”, The
Conversation, 1 June, http://theconversation.com/maths-anxiety-is-creating-a-shortage-of-youngscientists-heres-a-solution-58889.
Susskind, J. (2018), Future Politics, Oxford University Press, United Kingdom.

Tapscott, D. (2015), “Blockchain revolution: How the technology behind Bitcoin is changing money,
business and the world”, Don Tapscott, http://dontapscott.com/2015/06/blockchain-revolution-thebrilliant-technology-changing-money-business-and-the-world/ (accessed 20 June 2019).
Tegmark, M. (2017), Life 3.0: Being Human in the Age of Artificial Intelligence, First Vintage Books, New York.
Valiant, L. (2013), Probably Approximately Correct, Basic Books, New York.
van Rossum, J. (2018), “The blockchain and its potential for science and academic publishing”,
presentation at the digital technology for science and innovation workshop, Oslo, 5-6 November.
Webber, M.E., R.D. Duncan and M.S. Gonzalez (2013), “Four technologies and a conundrum: The
glacial pace of energy innovation”, Issues in Science and Technology, Vol. xxix/2, Winter, National
Academy of Sciences, National Academy of Engineering, Institute of Medicine, University of Texas at
Dallas, www.issues.org/29.2/Webber.html.
Winick, E. (2018), “A cyber-skills shortage means students are being recruited to fight off hackers”,
MIT Technology Review, 18 October, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, www.technologyreview.com/s/612309/a-cyber-skills-shortage-means-students-are-being-recruited-tofight-off-hackers/?source=download-metered-content.
Worstall, T. (2016), “Are ideas getting harder to find? Not really, no, unless you measure by ideas already found”, Forbes, 20 December, www.forbes.com/sites/timworstall/2016/12/20/are-ideasgetting-harder-to-find-not-really-no-not-if-you-measure-by-ideas-already-found/#66eaf6334840.
Youn, H. et al. (2015), “Invention as a combinatorial process: Evidence from US patents”, Journal of the
Royal Society Interface, 6 May, Royal Society, London, https://doi.org/10.1098/rsif.2015.0272.
Zubaşcu, F. (2017), “‘Digital revolution’ will underpin next EU research programme, says Commissioner”,
Sciencebusiness.net, 11 December, https://sciencebusiness.net/framework-programmes/news/digitalrevolution-will-underpin-next-eu-research-programme-says (accessed 20 June 2019).

فصل ۲ علم، فناوری و نوآوری چگونه دیجیتالی می‌شوند؟ شواهد آماری

فصل ۲ دیجیتالی شدن علم و نوآوری را بر اساس اندازه‌گیری‌ها و تجزیه و تحلیل‌های آماری که توسط کارگروه ملی کارشناسان ملی شاخص‌های علوم و فناوری OECD ارائه شده است، از جمله مطالب مندرج در گزارش OECD با عنوان سنجش تحول دیجیتال[۱]، مورد بررسی قرار می‌دهد. این فصل، کارویژه‌ی ICT در تحقیقات و رشد تولید علمی و بودجه دولت در تحقیقات مرتبط با هوش مصنوعی را ترسیم می‌کند و همچنین ماهیت چندبُعدی تحول دیجیتالی علم را بررسی می‌کند. این فصل همچنین نشان می‌دهد که چگونه نوآوری در بنگاه‌های اقتصادی می‌تواند با اتخاذ فناوری‌های دیجیتال و شیوه‌های تجاری مرتبط باشد و در نهایت این فصل با خلاصه کردن مراحل بعدی احتمالی جهت دستورکار سنجش متعلق به OECD پایان می‌یابد.

داده‌های آماری برای رژیم صهیونیستی توسط و تحت مسئولیت مقامات ذیربط رژیم صهیونیستی تهیه شده ،بدون هیچ‌گونه تعصبی نسبت به وضعیت ارتفاعات جولان OECD است. استفاده از چنین داده‌هایی توسط .بیت المقدس شرقی و شهرک‌های رژیم صهیونیستی در کرانه باختر طبق قوانین بین‌المللی می‌باشد

۱ Measuring the Digital Transformation

مقدمه

به سختی روزی پایان می‌یابد بدون آنکه رسانه‌های سنتی یا اجتماعی از نقش پیشرفت‌های علمی و تکنولوژیکی دیجیتال‌محور در تغییر زندگی روزمره سخن نگویند. چنان که تشخیص صدا و تصویر رایانه‌ها سطح عملکردی شبیه به انسان به دست آورده است و همچنین اتومبیل‌های خودران به تدریج سطح ایمنی خود را بهبود می بخشند. توجه رسانه‌ها به این موفقیت‌ها و بازتاب آن‌ها، بازتاب عمیق‌تری در میان سیاست‌گذاران مربوط به علم، فناوری و نوآوری ایجاد می‌کند. چگونه ماهیت علم و نوآوری تغییر می‌کند؟ چگونه باید این تغییر مدیریت شود؟

قرار گرفتن عموم مردم در معرض انباشت شواهد گفتاری در مورد تحول دیجیتال علم و نوآوری، نمایی از تغییر را با توجه به نزدیکی آن‌ها به پیشرفت‌های خاص ایجاد می‌کند. اما چقدر این پیشرفت‌های خاص گسترده است؟ کدام روش‌ها کاملاً وارد جریان اصلی شده‌اند؟ کدام شیوه‌ها جوامع نسبتاً کوچک را در خط مقدم نگه می‌دارد؟ آیا جنبه‌های مختلف دیجیتال سازی یکدیگر را خنثی می‌نمایند یا مکمل یکدیگرند؟ آیا بحث بیش از حد بر روی شیوه‌هایی متمرکز است که دیگر در پیش رو قرار نداند و آیا سیگنالهای ناپایدار در مورد جهت تغییر مسیر از دست رفته است؟ آیا بحث بیش از حد بر روی شیوه‌هایی متمرکز است که دیگر در خط مقدم نیستند و آیا علائم نشان دهنده سمت و سوی تغییرات محو شده اند؟

پرداختن به این سؤالات نیاز به یک دید جامع درباره چگونگی «دیجیتالی شدن» علم و نوآوری دارد. انقلاب دیجیتال، مبتنی بر امکانات در حال رشد جهت ایجاد و استفاده از داده‌ها، اطلاعات و دانش و در نهایت حمایت از تصمیم‌گیری در حوزه خط مشی علم و نوآوری است. به همین ترتیب، به داده‌ها و اندازه‌گیری‌هایی نیاز دارد که به کمک آن نقشه‌های تحولات جاری، دلایل و اثرات آن‌ها را ترسیم کند.

این فصل برخی از ویژگی‌ها و روندهای مهم دیجیتالی‌سازی علم و نوآوری را گزارش می‌دهد. بدین منظور، عمدتاً اندازه‌گیری آماری و تجزیه و تحلیل صورت گرفته تحت نظارت کارگروهی متشکل از کارشناسان ملی شاخص‌های علوم و فناوری (OECD NESTI) را بررسی می‌کند؛ از جمله می‌توان به گزارشی با عنوان سنجش تحول دیجیتال: نقشه راه برای آینده (OECD, 2019a) اشاره کرد؛ نشریه‌ای

که دیدگاه آماری و اندازه‌گیری گسترده‌ای از دیجیتالی‌سازی ارائه می‌دهد و با گزارش OECD با موضوع "دیجیتالی شدن: ترسیم خط مشی‌ها، بهبود زندگی[1]" همراهی می‌کند. هم در داخل و هم در خارج از OECD، کار برای اندازه گیری دیجیتالی‌سازی نیز پایه‌ای برای بررسی انتخاب‌ها بر اساس داده‌هایی است که سیاست‌گذاران می‌خواهند از آن‌ها استفاده و بر اساس آن عمل کنند (به بخش ۷ مراجعه کنید). این فصل تعدادی از بازتاب‌ها در مورد شکاف‌های اندازه‌گیری و آنچه می‌توان انجام داد و یا در حال انجام است، ارائه می‌دهد.

با توجه به وسعت تأثیر دیجیتالی‌سازی و شواهد موجود، به یک چشم‌انداز کلی نیاز است. از نظر تاریخی، توسعه علم و فناوری در هم تنیده شده است. نوآوری در ابزارهای اندازه‌گیری وسیله‌ای برای بهبود شناخت علمی از طبیعت فراهم کرده است و این دانش نیز برای نوآوری ضروری به نظر می‌رسد. هر موج توسعه‌ی گسترده‌ی فناوری این سؤال را ایجاد کرده است که چه چیزی آن را واقعاً متمایز و منحصر به فرد می‌کند و چگونه می‌تواند بر علم و نوآوری تأثیر بگذارد (فورمن[2]، ۲۰۱۶). برای موج دیجیتالی‌سازی فعلی، چندین سؤال اساسی در مورد تمایز فناوری دیجیتال جدید مطرح است. چه چیزی آن را در حالی که قبلاً غیرممکن یا بسیار گران بود قابل دسترسی می‌سازد؟ علاوه بر این، ویژگی‌های کلیدی فناوری دیجیتال چگونه خواهد بود؟ علاوه بر این چگونه ویژگی‌های کلیدی فناوری دیجیتال مانند آثار خارجی مختلف، به پیشرفت‌های بعدی که می‌تواند منجر به استفاده بیشتر از آن شود، می‌انجامد؟

فصل ۲ به بررسی چگونگی مشارکت سیستم علمی در توسعه توانایی‌هایی که می‌توانند از تحول دیجیتال پشتیبانی کنند و همچنین چگونگی تأثیرپذیری آن از تغییرات در احتمالات و هزینه‌های مرتبط با فعالیت اقتصادی دیجیتال می‌پردازد (گلدفارب و تاکر[3]، ۲۰۱۷). در علم، مانند چندین زمینه‌ی دیگر، دسترسی بیشتر به اطلاعات حاصل از انقلاب دیجیتال لزوماً منجر به کیفیت بیشتر اطلاعات نمی‌گردد. بنابراین جای تعجب نیست که تلاش چشم‌گیری در علم و نوآوری با هدف بکارگیری فناوری‌های دیجیتال به منظور کمک به سودمندسازی اطلاعات برای تضمین کیفیت معنی‌دار و قابل اعتماد، طبقه‌بندی و پیش‌بینی صورت پذیرد.

---

۱ Going Digital: Shaping Policies, Improving Lives
۲ Furman
۳ Goldfarb and Tucker

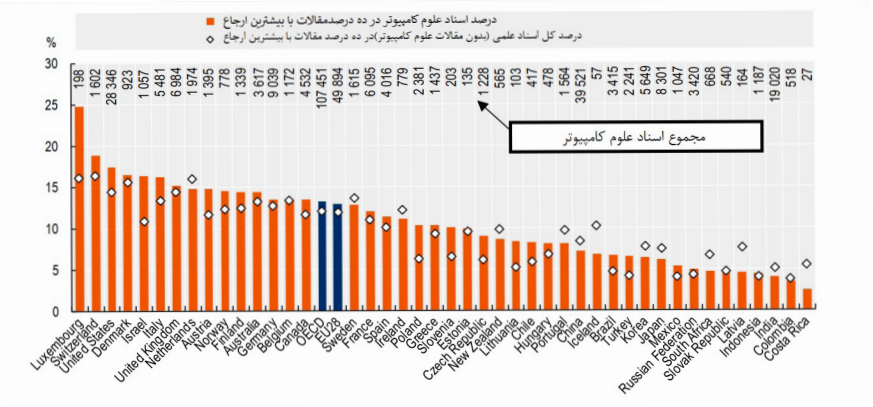
در نتیجه، این فصل فضایی برای بحث در مورد روندها و ویژگی‌های فعالیت تحقیقاتی مربوط به خودکارسازی عملکردهای شناختی شبه انسان[۱] از طریق هوش مصنوعی (AI) اختصاص می‌دهد. هوش مصنوعی هم یک فناوری همه منظوره محسوب می‌شود - یعنی دارای دامنه‌ی وسیعی کاربردها است - و هم یک روش جدید جهت تحقیق و اختراع به شمار می‌آید (آگراوال، گانس و گلدفارب[۲]، ۲۰۱۸؛ کاکبرن، هندرسون و استرن[۳]، ۲۰۱۸؛ کلینگر، ماتئوس-گارسیا و استاتولوپولوس[۴]، ۲۰۱۸). توسعه‌های دیگر، مانند پیشرفت‌های مربوط به توسعه‌ی ساز و کارهای ضد دستکاری[۵] رایانه‌ای جهت اعتمادسازی و تضمین، در اینجا به دلایل فضا و شواهد آماری محدود پوشش داده نمی‌شوند، اما می‌توانند به همان اندازه مهم باشند.

علم در حال دیجیتالی شدن

• تحقیقات علمی در مورد فناوری‌های دیجیتال

پیشرفت در دانش علمی به منظور توسعه‌ی فناوری‌های دیجیتال جدید مهم است. در طول دهه گذشته، جمهوری خلق چین (از این پس «چین») سهم خود را در مجلات علوم رایانه‌ای تقریباً سه برابر کرد. با انجام این کار، از ایالات متحده در تولید اسناد علمی در این زمینه پیشی گرفت. با این وجود، سهم اسناد چین در رده‌های برتر استنادی جهان[۶] (۱۰٪ برتر، که در نوع اسناد و رشته‌ها عادی‌سازی شده است) هنوز نزدیک به ۷٪ است، که بسیار پایین‌تر از ایالات متحده با ۱۷٪ می‌باشد (شکل ۲-۱).

۱ automating human-like
۲ Agrawal, Gans and Goldfarb
۳ Cockburn, Henderson and Stern
۴ Klinger, Mateos-Garcia and Stathoulopoulos
۵ Tamper-proof
۶ World's top sited



۱۰٪ برترین اسناد استناد شده در علوم رایانه‌ای، براساس کشور، ۲۰۱۶
درصد اسناد داخلی (شمارش نسبی) در ۱۰٪ رده‌های برتر استنادی

نکته انتشارات علوم رایانه شامل اسناد قابل استناد (مقاله‌ها، شرح اقدامات کنفرانس و مقالات مروری) است که در مجلات تخصصی در این زمینه ارائه می‌شود. «انتشارات برتر از نظر استناد» ۱۰٪ از مقالات با بیشترین استناد می‌باشند که بر اساس زمینه علمی و نوع مقاله نرمال‌سازی شده‌اند. اگر به جای تکرار یک نشریه، دو یا چند کشور در آن مشارکت داشته باشند، شمارش نسبی چنین نشریاتی را در میان مشارکت‌کنندگان توزیع می‌کند تا همه‌ی نشریات دارای وزن یکسان باشند.

منبع:OECD (2019a)، اندازه گیری تحول دیجیتال: نقشه راه برای آینده
https://doi.org/10.1787/9789264311992-en.

با این حال، سهم چین از مقالات با استناد بالا از سال ۲۰۰۶ بیش از دو برابر شده است، که این باعث می‌شود دومین تولیدکننده نشریات علوم رایانه‌ای با استناد بالا در سراسر جهان باشد. در برخی از کشورها مانند ایتالیا، اسرائیل، لوکزامبورگ و لهستان تحقیقات علمی در زمینه علوم رایانه‌ای نسبت به کل تولیدات علمی در آن کشورها میزان استناد بسیار بالاتری دارد. نزدیک به ۲۰٪ از نشریات علوم رایانه‌ای تهیه شده توسط نویسندگان مستقر در سوئیس در بین ۱۰٪ برترین مقالات با بیشترین استناد جهان قرار دارند. این رقم برای لوکزامبورگ به ۲۵ درصد می‌رسد، اگرچه سطح تولیدات علمی آن بسیار کمتر است.

• تحقیقات علمی و هوش مصنوعی

• تولید علمی

تحقیقات هوش مصنوعی دهه‌هاست که به ماشین‌ها اجازه می‌دهد که عملکردهای شناختی شبیه به انسان داشته باشند. پیشرفت در قدرت محاسباتی، در دسترس بودن داده‌ها و الگوریتم‌ها باعث افزایش توانایی‌های هوش مصنوعی شده است. در بعضی از زمینه‌های محدود، عملکرد آن به‌طور فزاینده‌ای شبیه به عملکرد انسان‌ها است. چنین پیشرفت‌هایی به رایانه‌ها اجازه داده است تا بین اشیاء موجود در تصاویر و فیلم‌ها تمایز قائل شوند و متن را از طریق پردازش زبان طبیعی، با افزایش سطح دقت تفسیر کنند (OECD، ۲۰۱۷). نسخه سال ۲۰۱۷ جدول رتبه‌بندی علوم، فناوری و صنعت OECD شواهد اولیه در مورد رشد سریع اسناد علمی بین سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۱۶ را نشان می دهد که به یادگیری ماشینی - روش کلی پایه‌ی پیشرفت‌های فعلی در هوش مصنوعی داده محور - اطلاق می شود. همانطور که در کادر ۲-۱ مستند شده، علاقه به هوش مصنوعی منجر به چندین تلاش برای سنجش گردیده است.

کادر ۲-۱ سنجش هوش مصنوعی در تحقیقات، فناوری و نوآوری

OECD از طریق تجزیه و تحلیل خط مشی‌ها، گفتگو و تعامل و شناسایی بهترین شیوه‌ها از دولت پشتیبانی می‌کند. تلاش فراوان برای ترسیم تأثیرات اقتصادی و اجتماعی فناوری‌ها و برنامه‌های هوش مصنوعی و پیامدهای سیاست‌گذاری آن‌ها صورت گرفته است که این شامل بهبود سنجش هوش مصنوعی و تأثیرات آن و همچنین روشن کردن موضوعات مهم مرتبط با خط مشی است. این موضوعات شامل پیشرفت‌ها و مهارت‌های بازار کار برای عصر دیجیتال، حریم خصوصی، مسئولیت پذیری در تصمیم گیری‌های مبتنی بر هوش مصنوعی و سوالات امنیتی و ایمنی است که AI تولید می‌کند (OECD، بدون تاریخ).

تجزیه و تحلیل اخیر OECD به جنبه‌های متنوعی مانند نشریات علمی، شرح اقدامات کنفرانس، ثبت اختراع، نرم افزار متن باز و سرمایه‌گذاری‌های بزرگ پرداخته است. یکی از این تحقیقات از داده‌های Crunchbase یک بانک اطلاعاتی تجاری در مورد شرکت‌ها در سراسر جهان استفاده کرده است و نشان داده است که شرکت‌های نوپای هوش مصنوعی حدود ۱۲٪ از

سرمایه‌های خصوصی جهانی را در نیمه اول سال ۲۰۱۸ جذب کرده‌اند که این رقم در سال ۲۰۱۱، حدود ۳٪ بوده است. شرکت‌های نوپای مستقر در ایالات متحده از سال ۲۰۱۱ دو سوم کل سرمایه‌گذاری را را به خود اختصاص داده‌اند (برسچی، لسبی و منون[۱]، ۲۰۱۸؛ OECD, 2018c). چین از سال ۲۰۱۶ شاهد رشد چشمگیر سرمایه‌گذاری در حوزه شرکت‌های نوپای AI بوده است. از فقط ۳٪ در سال ۲۰۱۵، شرکت‌های چینی ۳۶٪ از سرمایه‌گذاری خصوصی جهانی هوش مصنوعی در سال ۲۰۱۷ را جذب کردند. علاوه بر کار سنجش هوش مصنوعی که در جای دیگری در این فصل گزارش شده است، سنجش اخیر هوش مصنوعی در OECD با همکاری مؤسسه نوآوری و رقابت ماکس پلانک آلمان، دارای تحلیل‌هایی است که با استفاده از داده‌های مربوط به اختراعات ثبت شده و تجزیه و تحلیل نرم‌افزار متن باز منتشر شده است. از سال ۲۰۱۴ نرم افزار متن باز AI که در GitHub ثبت شده بود، تقریباً سه برابر سایر بقیه نرم افزارهای متن باز رشد کرد. تعداد موارد ثبت اختراع هوش مصنوعی در IP۵ (یعنی موارد ثبت شده در پنج دفاتر بزرگ مالکیت معنوی [IP]) از نزدیک به ۱۰۰۰ مورد در سال ۲۰۰۱ به ۲۵۰۰ در سال ۲۰۱۴ افزایش یافته است (یاماشیتا[۲] و همکاران، به زودی).

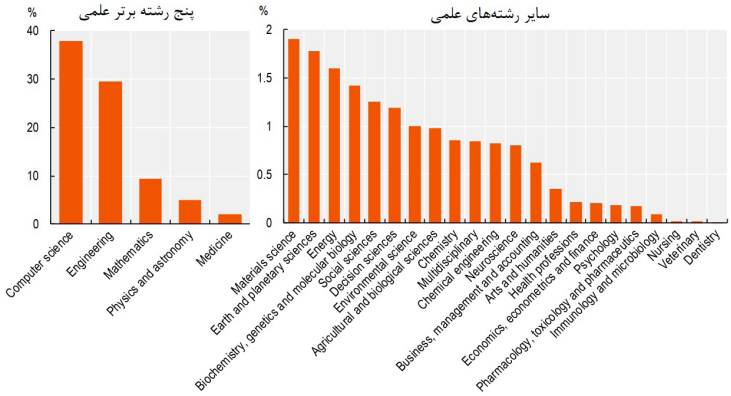
چندین سازمان عمومی و خصوصی، ملی و بین المللی علاقه‌مند به سنجش هوش مصنوعی هستند. نمونه‌های اخیر در این زمینه گزارش‌های الزویر (۲۰۱۸) در مورد نشریات علمی و WIPO (۲۰۱۹) عمدتاً در زمینه ثبت اختراع هستند. بنیاد مرزهای الکترونیکی[۳] که برای حمایت از آزادی‌های مدنی در برابر تهدیدات دیجیتالی فعالیت می‌کند، شروع به سنجش و زمینه‌سازی پیشرفت در هوش مصنوعی کرده است. این سازمان غیرانتفاعی در تلاش است برای جمع‌آوری یک منبع متن باز و آنلاین از مراجع داده در مورد پیشرفت و عملکرد هوش مصنوعی (سیمونیت[۴]، ۲۰۱۷) به منظور محک زدن عملکرد دستگاه با قابلیت AI در مقایسه با انسان‌ها است. شاخص هوش مصنوعی[۵] با حمایت یک مطالعه صد ساله درباره‌ی هوش مصنوعی، در سال ۲۰۱۵ در استانفورد برای بررسی تأثیر هوش مصنوعی بر جامعه

۱ Breschi, Lassébie and Menon
۲ Yamashita
۳ Electronic Frontier Foundation
۴ Simonite
۵ AI Index

ایجاد شد. این ابتکار، سنجش را اولویت‌بندی و از منابع مختلفی استفاده می‌کند (شهام[۱] و همکاران، ۲۰۱۸) که از جمله آن می‌توان به گزارش‌های سازمان و نظرسنجی‌های مدیریت اجرایی[۲] (مانند بوغین[۳] و همکاران، ۲۰۱۸ و مک‌کینزی[۴]، ۲۰۱۸) اشاره کرد.

متن کاوی کلمات کلیدی در نشریات علمی نشان می‌دهد که علوم رایانه‌ای رایج‌ترین حوزه در علوم مرتبط با هوش مصنوعی است. یعنی کمی بیشتر از یک سوم کل اسناد مربوط به هوش مصنوعی که بین سال‌های ۱۹۹۶ و ۲۰۱۶ منتشر شده است (شکل ۲-۲). بیش از یک چهارم کل نشریات علمی مرتبط با هوش مصنوعی و مقالات کنفرانسی در مجلات مهندسی و نزدیک به ۱۰٪ در مجلات ریاضی ظاهر شده‌اند. حدود ۲۵٪ از دانش مربوط به هوش مصنوعی(یا بر پایه‌ی هوش مصنوعی یا کمک به پیشرفت عمومی آن) در طیف گسترده‌ای از سایر رشته‌های علمی یافت می‌شود. این‌ها شامل فیزیک و نجوم، علوم پزشکی و مواد و ... است و نشان دهنده‌ی گسترش همه جانبه‌ی تحقیقات علمی مرتبط با هوش مصنوعی می‌باشد.

شکل ۲-۲ زمینه‌های علمی کمک یا استفاده از هوش مصنوعی، ۱۶-۲۰۰۶
طبقه‌بندی مجلات اسناد علمی مرتبط با AI، به‌عنوان درصد کل اسناد مربوط به AI



یادداشت‌ها AI= هوش مصنوعی. برای اطلاعات بیشتر به کادر۲-۲ مراجعه کنید.

منبع:OECD (2019a)، اندازه گیری تحول دیجیتال: نقشه راه برای آینده
https://doi.org/10.1787/9789264311992-en.

۱ Shoham
۲ Executive management survey
۳ Bughin
٤ McKinsey

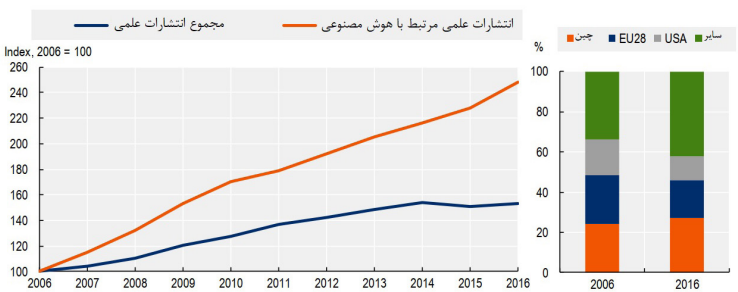
کادر ۲-۲ چگونه ارتباط مطالب مربوط به هوش مصنوعی در انتشارات علمی سنجیده می‌شود و چگونه می‌توان آن را تفسیر کرد؟

اسناد مربوط به NNNAI بر اساس مقالات، مقالات کنفرانسی و مقالات مروری نمایه شده در Scopus با استفاده از فهرستی از کلمات کلیدی برای جستجوی چکیده‌ها، عناوین و کلمات کلیدی ارائه شده توسط نویسنده اسناد علمی مشخص می‌شوند. کلمات کلیدی هوش مصنوعی بر اساس همبستگی زیاد با اصطلاحاتی که اغلب در مجلات طبقه‌بندی شده با تمرکز بر هوش مصنوعی (زیر مجموعه علوم کامپیوتر) استفاده می‌شوند، توسط Elsevier، ناشر و ارائه دهنده اطلاعات کتابشناختی و خدمات مرتبط انتخاب می‌شوند.

در تجزیه و تحلیل OECD، که بر اسناد منتشر شده بین سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۶ تمرکز دارد، فقط اسنادی با دو یا چند کلمه کلیدی انتخاب شده به‌عنوان اسناد AI در نظر گرفته شدند تا خطر برخورد به اسناد غیرمرتبط با هوش مصنوعی کاهش یابد. مرتبط بودن در این زمینه مواردی را شامل می‌شود که در آن سند، یافته‌های مربوط به رویه‌های هوش مصنوعی موجود یا جدید را ارائه دهد. این امر همچنین شامل مواردی است که سند، یافته‌های مبتنی بر کاربرد رویه‌های هوش مصنوعی را گزارش می‌کند.

توانایی تمایز سیستماتیک بین توانمندسازی هوش مصنوعی و ابعاد حاصل از نتایج آن در مجموعه عناوین اسناد، چکیده‌ها و کلمات کلیدی، به پایش مداوم روش تحقیق مورد استفاده و یافته‌ها متکی است. همانطور که در منابع AI یافت می‌شود؛ روش‌های طبقه‌بندی خودکار می‌توانند به‌طور قابل ملاحظه‌ای از طریق منابع داده‌ی غنی‌تر بهبود یابند. این بدان معنی است که تجزیه و تحلیل می‌تواند از طریق دسترسی به کل اسناد و مدارک مورد تجزیه و تحلیل بهبود یابد.

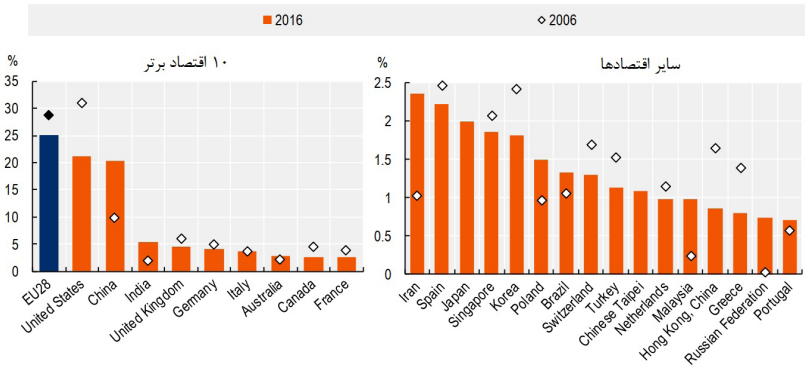
شکل ۲-۳ روند نشریات علمی مرتبط با هوش مصنوعی، ۱۶-۲۰۰۶
فهرست تعداد نشریات



یادداشت‌ها AI = هوش مصنوعی. برای اطلاعات بیشتر به کادر۲-۲ مراجعه کنید.

منبع:(OECD 2019a)، اندازه گیری تحول دیجیتال: نقشه راه برای آینده
https://doi.org/10.1787/9789264311992-en.

شکل ۲-٤ برترین نشریات علمی مرتبط با هوش مصنوعی از نظر استناد، ۲۰۰٦ تا ۲۰۱٦



اقتصادهایی که بیشترین تعداد اسناد مرتبط با هوش مصنوعی را در بین ۱۰ درصد نشریات با بیشترین استناد دارند.

یادداشت‌ها AI = هوش مصنوعی. سهم اقتصادها در برترین نشریات جهانی AI از نظر استناد، بر اساس تعداد کسری است. برای اطلاعات بیشتر به کادر ۲-۲ مراجعه کنید.

منبع: OECD (2019a)، اندازه گیری تحول دیجیتال: نقشه راه برای آینده
https://doi.org/10.1787/9789264311992-en.

نشریات علمی مرتبط با هوش مصنوعی (کادر ۲-۲) در دهه گذشته گسترش چشمگیری را تجربه کرده است. از سال ۲۰۰٦ تا ۲۰۱٦، حجم سالانه نشریات مرتبط با هوش مصنوعی ۱۵۰٪ افزایش یافته است. این رقم برای کل نشریات علمی ۵۰٪ می‌باشد (شکل ۲-۳). اکنون چین از منظر نشریات، بزرگترین تولیدکننده علوم مرتبط با هوش مصنوعی است و به سرعت در حال بهبود کیفیت تولیدات علمی خود در این زمینه است. پیش‌تر در سال ۲۰۰٦، چین بزرگترین تولیدکننده نشریات علمی مرتبط با هوش مصنوعی بود و سهم جهانی خود را تا سال ۲۰۱٦ به ۲۷٪ افزایش داد. در مقابل، سهم نشریات جهانی برآورد شده توسط اتحادیه اروپا و ایالات متحده، در همین دوره کاهش یافته‌اند (به ترتیب به ۱۹٪ و ۱۲٪). همچنین نکته قابل توجه رشد سریع نشریات مرتبط با هوش مصنوعی در هند است که در سال ۲۰۱٦، ۱۱٪ از کل جهان را به خود اختصاص داد. با این حال،

در زمینه‌های دیگر، نشریات علمی مختلف مرتبط با هوش مصنوعی، سطوح مختلفی از آنچه تحت عنوان «تأثیر استنادی[1]» نامیده می‌شود را دارا هستند. از آنجا که در نظر گرفتن همه نشریات به صورت یکسان می‌تواند باعث گمراهی گردد، عمده‌ی تجزیه و تحلیل با تمرکز بر نشریات مرتبط با هوش مصنوعی با بالاترین میزان استناد (۱۰٪ برتر اسناد از نظر استناد در سطح جهان) در رشته‌های مرتبط، صورت گرفته است. همانطور که در شکل ۲-٤ نشان داده شده است، اتحادیه اروپا و ایالات متحده هنوز بزرگترین سهم نشریات مرتبط با هوش مصنوعی با بیشترین میزان استناد را دارا هستند (یعنی آن‌هایی که در میان ۱۰٪ برتر نشریات از نظر استناد در جهان حضور دارند). این در حالی است که از سال ۲۰۰٦ تا ۲۰۱٦ سهم آن‌ها از ۲۹٪ به ۲۵٪ برای اتحادیه اروپا و از ۳۱٪ به ۲۱٪ برای ایالات متحده کاهش یافته است. چین، هند، ایران و مالزی در دهه‌ی گذشته، سهم خود در نشریات برتر از نظر استناد در جهان را بیش دو برابر رسانده‌اند.

• بودجه عمومی تحقیقات علمی درباره هوش مصنوعی

با توجه به پتانسیل تحول‌ساز هوش مصنوعی، ارزش آن را دارد که مقیاس و ماهیت سرمایه‌گذاری دولت و کسب و کارها در آن مورد بررسی قرار گیرد. تعداد زیادی از برنامه‌های سیاستگذاری در کشورها وجود دارد که مقایسه آن‌ها دشوار است. یک گزارش کاخ سفید متعلق به سال ۲۰۱٦ نشان داد که ایالات متحده ۱/۱ میلیارد دلار در «تحقیق و توسعه هوش مصنوعی» در سال ۲۰۱۵ سرمایه‌گذاری کرده است، که این مبلغ در سال ۲۰۱٦ به ۱/۲ میلیارد دلار افزایش یافته است (NSTC، ۲۰۱٦). کمیسیون اروپا تخمین می‌زند از سال ۲۰۱٤ نزدیک به ۱۳٪ از بودجه تحقیق و توسعه خود را به فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) اختصاص داده است (EC، ۲۰۱۸). شورای تحقیقات علوم مهندسی و فیزیک بریتانیا بیش از ٤۰۰ میلیون پوند (۵۲۷ میلیون دلار آمریکا) برای تحقیقات مربوط به علوم داده و هوش مصنوعی از طریق مکانیسم‌های مختلف (BEIS و DCMS، ۲۰۱۸) اختصاص داده است. در دسامبر ۲۰۱۷، وزارت علوم و فناوری اطلاعات و ارتباطات کره اعلام کرد که برای حمایت از «انقلاب صنعتی چهارم» در سال ۲۰۱۸ مبلغ معادل ۱/۵ میلیارد دلار آمریکا به هوش مصنوعی و زمینه‌های مرتبط آن اختصاص خواهد داد (EDaily، ۲۰۱۷). نخست‌وزیر ژاپن؛ شینزو آبه یک شورای استراتژیک برای فناوری‌های مرتبط با هوش مصنوعی در سال ۲۰۱٦ تأسیس کرد تا از یک روش هماهنگ در بین وزارتخانه‌ها و آژانس‌ها برای تحقیقات هوش مصنوعی، از جمله آزمایشگاه‌های جدید هوش مصنوعی و مراکز مکمل تحقیق و توسعه اطمینان حاصل کند.

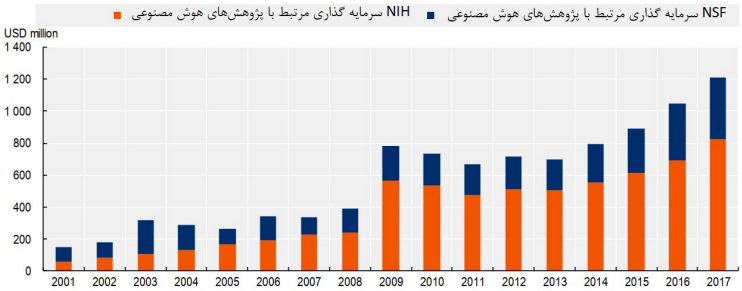
[1] Citation impact

از آنجایی که هوش مصنوعی به‌طور متناسب در طبقه‌بندی‌های از پیش تعیین شده برای بودجه اختصاصی تحقیق و توسعه نمی‌گنجد، برای تولید اطلاعات آماری معتبر و مرتبط، منابع اطلاعاتی مفصلی در سطح خرد مورد نیاز است. سیستم‌های داده و آمارهای موجود فاقد اطلاعات سیستماتیک درباره آنچه محققان با بودجه عمومی بر روی آن کار می‌کنند، در مقابل آنچه منتشر می‌کنند می‌باشد. این موضوع باعث می‌گردد که آن‌ها برای پرداختن به سوالات موضوعی مجهز نباشند. داده‌های مربوط به پروژه‌های حمایت شده توسط دولت (غالباً بر مبنای رقابتی تخصیص داده می شوند)، دیدگاه مفید اما جزئی‌ای را برای زمان‌هایی که تأمین بودجه مبتنی بر پروژه بر سایر ساز و کارهای تخصیص منابع برای بودجه تحقیق علمی تسلط یابد، ارائه می‌دهد. هیچ زیرساخت (سازمان) داده‌ای بین‌المللی‌ای، داده‌های مربوط به آژانس‌های تأمین اعتبار را بر اساس یک معیار صریح و منطقی که آن‌ها را قابل مقایسه کند، جمع‌آوری ننموده است. برخی از تأمین‌کنندگان تجاری، خدمات اطلاعاتی مرتبط بر اساس داده‌های جمع آوری شده از منابع عمومی یا توافق‌نامه‌های اشتراک اطلاعات دوطرفه را اعطا (واگذار) می‌کنند. OECD در صدد است با ارزیابی و امکان‌سنجی یک منبع داده اشتراکی برای تجزیه و تحلیل از طریق پروژه‌ی آزمایشی Fundstat، این شکاف اطلاعاتی را برطرف سازد. همچنین OECD کار جدیدی را برای ترسیم روندهای بودجه تحقیقاتی با استفاده از مطالعات موردی برای اهداف ترویجی و تمرکز روی هوش مصنوعی با توجه به اهمیت سیاسی بالای آن آغاز کرده است.

تا به امروز، مطالعات موردی بر روی دو آژانس مهم ایالات متحده؛ مؤسسه ملی سلامت[1] (NIH)، یکی از سرمایه‌گذاران اصلی تحقیقات زیست‌پزشکی در جهان و بنیاد ملی علوم[2] (NSF)، که شامل چندین حوزه از جمله تحقیقات علوم کامپیوتر غیرنظامی می‌شود، متمرکز شده است (۱). این تحلیل از داده‌های بودجه‌ی سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۷ از پایگاه داده NIH REPORTER (بیش از ۱/۲ میلیون کمک مالی) و سیستم جستجوی جوایز NSF ۲۰۱۸ (بیش از ۲۰۰۰۰ کمک مالی) استفاده می‌کند. طی کمتر از دو دهه، سهم و حجم بودجه مربوط به هوش مصنوعی برای هر دو آژانس به میزان قابل توجهی افزایش یافته است. بودجه مربوط به هوش مصنوعی در سال ۲۰۱۷ (شکل ۲-۵) نزدیک به ۸۲۰ میلیون دلار برای NIH (یعنی ۳/۶٪ از کل بودجه تحقیق و توسعه سلامت NIH) و ۳۸۸ میلیون دلار برای NSF (۷/۳٪ از بودجه تحقیق و توسعه NSF) را نشان می‌دهد.

۱ NIH
۲ NSF

شکل ۲-۵ بودجه برآورد شده‌ی NIH و NSF برای تحقیق و توسعه مربوط به هوش مصنوعی،

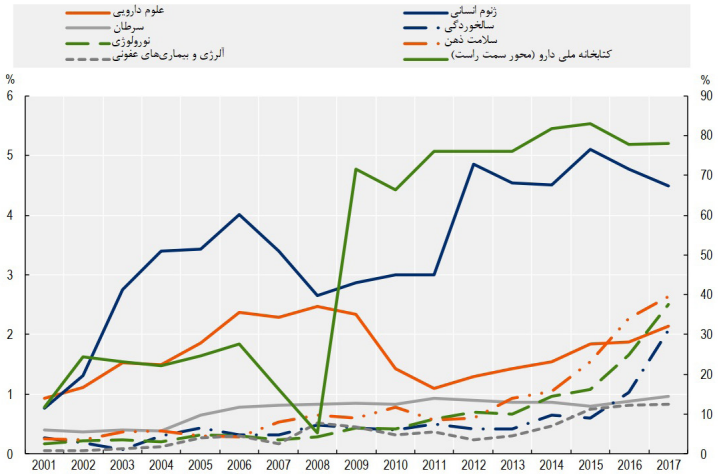


۲۰۰۱-۱۷

یادداشت‌ها AI = هوش مصنوعی؛ NIH = مؤسسات ملی سلامت؛ NSF = بنیاد ملی علوم. این یک شاخص تجربی است.

منبع: محاسبات OECD بر اساس NIH REPORTER (بانک اطلاعاتی) و جستجوی جوایز NSF بانک اطلاعاتی) (دسترسی در 1 دسامبر 2018).

شکل ۲-۶ سهم برآورد شده از بودجه تحقیق و توسعه مرتبط با هوش مصنوعی در مؤسسات NIH «میزان استفاده از هوش مصنوعی[1]» برای مؤسسات منتخب با بیشترین میزان تأمین بودجه هوش مصنوعی



یادداشت‌ها AI = هوش مصنوعی؛ R&D = تحقیق و توسعه؛ NIH = مؤسسات ملی سلامت. این یک شاخص تجربی است. برای وضوح معرفی، به استثنای

[1] AI intensity

کتابخانه ملی پزشکی، اسامی مؤسسات مسئول NIH با مراجعه به مأموریت ها / موضوعاتشان معرفی می‌شوند.

منبع: محاسبات OECD بر اساس NIH REPORTER (جستجوی جوایز) و NSF (بانک اطلاعاتی) (دسترسی در 1 دسامبر 2018 (اطلاعاتی).

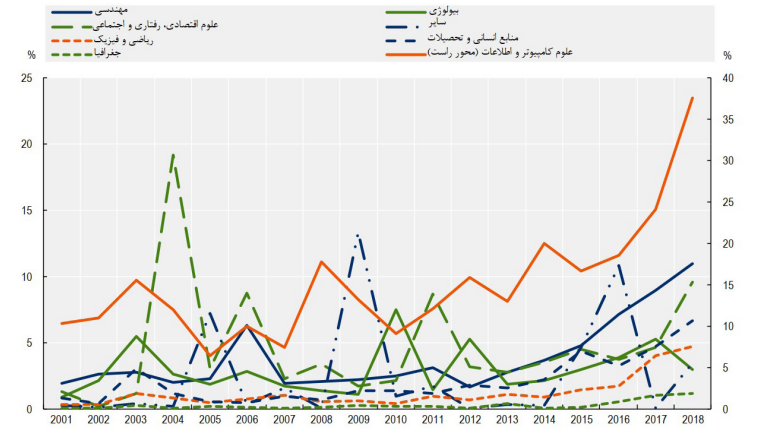
تجزیه و تحلیل داده‌های بودجه NIH-AI، با توجه به جوایز اعطا شده، موسساتی را که استفاده بیشتری از هوش مصنوعی کرده‌اند معرفی می‌کند (شکل ۲-۶). کتابخانه ملی پزشکی (NLM) (محور ثانویه) بیشترین سهم از تحقیقات مرتبط با هوش مصنوعی را در NIH (حدود یک سوم از کل) به خود اختصاص داده است. همچنین این سازمان بیشترین استفاده داخلی از هوش مصنوعی یعنی نزدیک به ۸۰٪ را داراست و پس از آن مؤسسه تحقیقات ملی ژنوم انسان با ۵٪ قرار دارد. از لحاظ مجموع بودجه، پس از NLM مؤسسه ملی سرطان قرار دارد، که استفاده از هوش مصنوعی در آن کمتر از ۱ درصد است. شکل ۲-۷ انجام تحقیق و توسعه مرتبط با هوش مصنوعی را در دبیرخانه‌های NSF با مسئولیت مدیریت بودجه برای حوزه‌های مختلف نشان می‌دهد. سهم تحقیقات مربوط به هوش مصنوعی در سال ۲۰۱۸ در علوم رایانه و اطلاعات بیش از ۳۵٪ است (نمایش داده شده در محور دوم)، که نسبت به سال ۲۰۰۱ که کمتر از ۱۰٪ بوده، افزایش داشته است. پس از آن مهندسی (عمومی) با ۱۱٪ قرار دارد که از حدود ۲٪ در سال ۲۰۱۲ افزایش یافته است.

استفاده از داده‌های مرتبط با بودجه از طریق تجزیه و تحلیل متن راهی امیدوارکننده برای درک تحولات در تحقیقات هوش مصنوعی است. داده‌های بودجه به ایجاد یک تصویر لحظه‌ای و دقیق‌تر کمک می‌کند تا آژانس‌های تأمین مالی، مأموریت‌های آن‌ها و زمینه‌های سنتی را به هم متصل کند. این مزیت می‌تواند یک مکمل مهم برای سنجش AI در حوزه‌های مرتبط باشد. چالش اصلی، کار در جهت تأمین منابع داده جامع با توضیحات متنی با کیفیت است که در مورد ماهیت پروژه‌های تحقیق و توسعه در چندین کشور وجود دارد. این مسئله بیش از این که یک چالش بزرگ مربوط به داده باشد، یک چالش در زمینه هماهنگی است که سیاست‌گذاران می‌توانند در این زمینه به توصیه‌های شورای اطلاعات هوش مصنوعی[1] OECD مراجعه نموده و به حل آن کمک کنند (OECD، ۲۰۱۹b). این سند صراحت خطاب به دولت‌ها بیان می‌کند: «باید سرمایه‌گذاری عمومی بلند مدت و ترغیب سرمایه‌گذاری

[1] OECD Recommendation of the Council on Artificial Intelligence

خصوصی در تحقیق و توسعه را در برنامه قرار داد مانند تلاش‌های بین رشته‌ای، به منظور نوآوری در هوش مصنوعی قابل اعتماد...».شکل ۲-۷ سهم برآورد شده از بودجه تحقیق و توسعه مربوط به هوش مصنوعی در رشته‌های NSF

«میزان استفاده از هوش مصنوعی» برای دبیرخانه‌های منتخب با بیشترین میزان بودجه هوش مصنوعی



یادداشت‌ها AI = هوش مصنوعی؛ R&D = تحقیق و توسعه؛ NSF = بنیاد ملی علوم. این یک شاخص تجربی است.

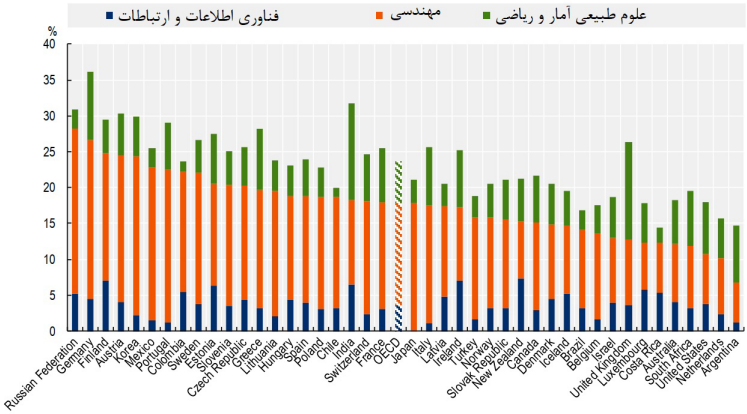
منبع: محاسبات NSF (2018) بر اساس جستجوی جوایز OECD (بانک اطلاعاتی) (دسترسی در 1 دسامبر 2018).

• نظام علمی و سهم آن در توسعه مهارت‌های دیجیتال

هر مروری بر نحوه دیجیتالی‌سازی علم و نوآوری، باید به این موضوع بپردازد که نظام علمی چگونه به پیشرفت مهارت‌ها و توانایی‌های مهم برای فرآیند دیجیتالی شدن در درون خود علم و در سراسر جامعه کمک کرده و در نهایت از آن‌ها استفاده می‌کند. شکل ۲-۸ توزیع فارغ التحصیلان دوره سوم را در رشته‌های علوم طبیعی، مهندسی و فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) در سال ۲۰۱۶ نشان می‌دهد. این نمودار نشان می‌دهد که استونی، فنلاند، هند و ایرلند بیشترین سهم فارغ التحصیلان را در زمینه‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات دارند.

شکل ۲-۸ فارغ التحصیلان دوره سوم در رشته‌های علوم طبیعی، مهندسی و فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT)، ۲۰۱۶

به‌عنوان درصدی از کل فارغ التحصیلان دوره سوم



یادداشت‌ها ICT = فناوری اطلاعات و ارتباطات؛ R&D = تحقیق و توسعه؛ NSF = بنیاد ملی علوم. این یک شاخص تجربی است. داده‌های مربوط به فارغ التحصیلان ICT برای ژاپن در زمینه‌های دیگر درج شده است. هلند فارغ التحصیلان دکترا را مستثنی نمی‌کند. داده ها برای چین به دلیل تفاوت گزارش وجود ندارد. علوم طبیعی و مهندسی حدود ۲۵ درصد فارغ‌التحصیلان آموزش عالی (۶۰ درصد برای دکترا جدید) را تشکیل می‌دهند.

http://en.moe.gov.cn/Resources/Statistics/edu_stat2017/national/index_2.html.

منبع: (OECD، 2018a)، OECD، آموزش با یک نگاه: شاخص‌های، https://doi.org/10.1787/eag-2018-en.

داده‌های منتشر شده از نشریه OECD «آموزش در یک نگاه» تفاوت در تعداد فارغ‌التحصیلان رشته‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات در سطوح مختلف را نشان می‌دهد (جدول ۲-۱). به‌عنوان مثال، کشورهای اروپایی دارای فارغ‌التحصیلان دکترای زیادی نسبت به کشورهایی که دست‌آوردهای کمتری دارند، می‌باشد. برعکس، در کره، ایالات متحده و هند، با توجه به تعداد فارغ التحصیلان در سطح کارشناسی، تعداد نسبتاً کمی از افراد در مقطع دکترا فارغ التحصیل می‌گردند. این ممکن است به دلیل اختلاف در هزینه‌ی فرصت اقامت برای تحصیلات تکمیلی باشد.

مؤسسات آموزش عالی (HEIs) همچنین می‌توانند افراد را برای استفاده

از مهارت‌های پیشرفته ICT در زمینه‌هایی غیر از علوم رایانه‌ای آماده کنند. ابتکاراتی مانند پروژه‌ی برنامه درسی باز[1] می‌توانند زمینه‌ای برای تجزیه و تحلیل محتوای آموزش در مؤسسات آموزش عالی در موضوعات مختلف را فراهم سازد. آن‌ها همچنین می‌توانند بینشی در روند آموزش روش‌های مبتنی بر دیجیتال را فراهم کنند (OSP، بدون تاریخ). محققان از داده‌های این پروژه برای مقایسه آموزش ارائه شده با مهارت درخواست شده و پیشرفت در تحقیقات علمی استفاده کرده‌اند. به‌عنوان مثال، بورنر[2] و همکاران (۲۰۱۸) ویژگی‌های برنامه‌های درسی دانشگاهی، نشریات علمی و تبلیغات شغلی را مقایسه کرده‌اند. آن‌ها نشان می‌دهند که توزیع مهارت‌های آموخته شده در کلاس، سه تا چهار برابر به مهارت‌های توصیف شده در مقالات تحقیقاتی (از نظر شباهت محتوا)، نسبت به مهارت‌های مشخص شده در آگهی‌های شغلی، نزدیک‌تر است. مهارت‌های مربوط به نرم‌افزار خاص و ابزارهای محاسباتی (که غالباً به‌عنوان موارد مربوط به علوم داده معرفی می‌گردد [کارد ۲-۳]) در هر سه دسته یافت می‌شوند. با این حال، آن‌ها در برخی موارد باید بسیار تخصصی باشند (به‌عنوان مثال در بسیاری از دوره‌های آموزشی ارائه نمی‌شوند). در مقابل، تحقیق عمومی، مدیریت، حل مسئله و مهارت‌های مدیریتی برای دوره‌ها و تبلیغات شغلی مهم هستند. به نظر می‌رسد مهارت‌های مربوط به ابزارهای محاسباتی، پیش‌بینی متقابل بین نشریات علمی و الزامات شغلی را نشان می‌دهند، گویی که دوره‌های ارائه شده، نیازهای کارفرمایان را پیش بینی کرده و نسبت به آن‌ها واکنش نشان می‌دهند. این مسئله نوعی وابستگی متقابل را بین علم و صنعت در این زمینه خاص برجسته می کند، که توسط شاخص‌های استاندارد جریان دانش علمی - صنعتی به دست نمی آید.

[1] Open Syllabus Project
[2] Börner

جدول ۲-۱ فارغ التحصیلان ICT در مقاطع مختلف، کشورهای منتخب، ۲۰۱۶

	مقطع کارشناسی	مقطع کارشناسی ارشد	مقطع دکترا
فرانسه	۰۷۳۹	۷۲۸۹	۰۳۶
آلمان	۱۳۹۵۱	۰۸۳۸	۱۲۰۱
کره جنوبی	۷۳۸۷	۸۱۰۱	۴۵۱
بریتانیا	۵۷۲۵۱	۳۳۷۶	۶۳۱۱
ایالات متحده	۶۳۴۹۶	۲۰۰۱۴	۱۵۹۱
هند	۲۶۰۸۳۳	۳۹۶۱۱۲	۷۰۵
روسیه	۷۸۰۱۳	۱۵۲۹۲	۰۶۸۱

یادداشت‌ها ICT = فناوری اطلاعات و ارتباطات. داده‌های مربوط به چین به دلیل عدم وجود داده‌های قابل مقایسه با طبقه‌بندی جدید ISCED-Fields در دسترس نیست.

منبع: (OECD، 2018a)، OECD آموزش با یک نگاه: شاخص‌های، https://doi.org/10.1787/eag-2018-en.

کادر ۲-۳ علوم داده و دانشمندان داده

NIH ایالات متحده «علوم داده» را «حوزه تحقیق میان رشته‌ای که در آن رویکردها، فرآیندها و سیستم‌های کمی و تحلیلی توسعه داده می‌شوند و برای استخراج دانش و بینش از مجموعه‌های داده‌ای بزرگ و یا پیچیده استفاده می‌شوند» تعریف کرده است (NIH، ۲۰۱۸). هال واریان[۱]، اقتصاددان ارشد گوگل این روند را پیش‌بینی کرد؛ هنگامی که در سال ۲۰۰۹ اظهار داشت که «شغل جذاب در ۱۰ سال آینده»، «آمارشناسی» خواهد بود (واریان، ۲۰۱۹). به نظر می‌رسد این پیش‌بینی برای کسانی که به‌عنوان دانشمند داده شناخته می شوند به درستی صدق می‌کند (OECD، ۲۰۱۸b).

اصطلاح «دانشمند داده[۲]» اکنون به‌طور گسترده‌ای در زمینه‌های تجارت و مدیریت استفاده می‌شود که معمولاً با تحقیقات علمی در ارتباط نیستند. این اصطلاح به افراد دارای آموزش رسمی در حوزه‌ای که محل تلاقی علوم کامپیوتر

۱ Hal Varian
۲ Data scientist

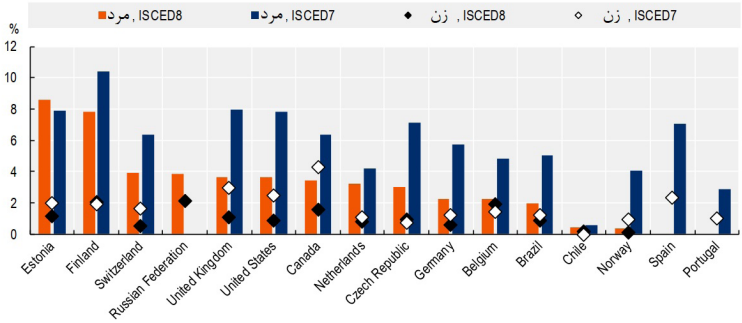
و تصمیم‌گیری، مدل‌سازی، آمار و ریاضیات کاربردی است، اطلاق می‌شود. با این حال، ترکیبی خاص از دانش و مهارت است که در کنار آنچه در کسب و کارهای سنتی دیده می‌شود قرار می‌گیرد. این امر این امکان را به دانشمندان داده می‌دهد تا داده‌ها و اطلاعات وسیع و فزاینده را کنترل و تفسیر کنند. درنهایت، این موضوع، آن‌ها را به تصمیم‌گیری سازمانی پیوند می‌دهد.

آیا دانشگاه‌ها تعداد کافی از افرادی را که بتوانند تحقیقات پیشرفته در مورد ابزارها و سیستم‌های دیجیتال انجام دهند، آموزش می‌دهند؟ شواهد حاصل از داده‌های سال ۲۰۱۷ در مورد شغل دارندگان مدرک دکترا (CDH-light) نشان می‌دهد که دکترای ICT سهم نسبتاً کمی از جمعیت دکترا را تشکیل می‌دهد، به‌طور معمول این مقدار کم‌تر از سهم مشابه در کارشناسی ارشد و یا کارشناسی می‌باشد (شکل ۲-۹). آمارهای موجود نشان می‌دهد که در هر دو مقطع دکترا و کارشناسی ارشد، سهم فارغ التحصیلان ICT در بین مردان بسیار بیشتر از زنان است.

در حالی که تاریخ علوم رایانه دوره‌هایی مانند دهه ۱۹۶۰ به خود دیده است، که زنان بیشتر برنامه‌نویسان رایانه را تشکیل می‌دادند، تحصیلات دکترا در بین زنان بسیار نادر بود. تنها در سال ۱۹۶۵ بود که نخستین دکترای علوم کامپیوتر به یک زن - مری کلر[۱] - در ایالات متحده اعطا شد. در سال ۲۰۰۵، نسبت زنان در بین داوطلبان ورود به دکترا در ایالات متحده زیر ۲۰٪ بوده است؛ مقداری که به میانگین OECD نزدیک است (OECD، ۲۰۱۸a). در اکثر کشورها، سهم پذیرفته‌شدگان زن در مقطع دکترا زیر ۳۰ درصد است که این مقدار نسبت به رشته‌های مهندسی کمتر است. این ارقام مشابه سهم ورودی در مقطع لیسانس یا معادل آن است.

۱ Mary Keller

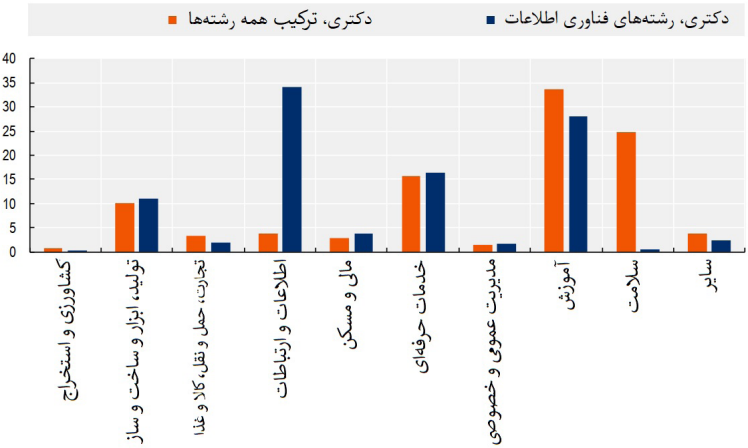
شکل ۲-۹ افراد دارای مدرک کارشناسی ارشد (ISCED۷) و دکترا (ISCED۸) در ICT، ۲۰۱۶
به‌عنوان درصد فارغ التحصیلان در همه رشته‌ها، از نظر جنسیت و سطح دستیابی



یادداشت‌ها ICT = فناوری اطلاعات و ارتباطات.

منبع: محاسبات بانک اطلاعات دارندگان مشاغل با مدرک دکترا OECD (n.d. b)، بر اساس OECD http://oe.cd/cdh.

شکل ۲-۱۰ توزیع دکترای ICT در صنایع
به‌عنوان درصدی از کل دکتراهایی که دارای مدرک ICT یا رشته‌های دیگر هستند



یادداشت‌ها ICT = فناوری اطلاعات و ارتباطات. برآوردها براساس داده‌های بلژیک، برزیل، کانادا، فنلاند، آلمان، هلند، سوئیس و انگلستان.

منبع: محاسبات بانک اطلاعات دارندگان مشاغل با مدرک دکترا OECD (n.d. b)، بر اساس OECD http://oe.cd/cdh.

برخلاف تنوع جنسیتی پایین افراد دارای تحصیلات دکترا در حوزه ICT، این فارغ‌التحصیلان یکی از محتمل‌ترین دارندگان دکترایی هستند که در خارج از کشور، در بین اقتصادهای در نظر گرفته شده در مجموعه‌ی داده‌های CDH ۲۰۱۷، متولد خواهند شد. این نشان می‌دهد که تامین مهارت‌های لازم در این حوزه به‌طور بالقوه بیشتر تحت تاثیر سیاست‌هایی است که شرایط اخذ ویزای سکونت یا تابعیت را تعیین و اعتبار آن‌ها را افزایش می‌دهد. در زمینه‌های دیجیتالی نیز بازتخصیص‌های عمده‌ای وجود دارد. در ایالات متحده تعداد دریافت کنندگان دکترا از دانشگاه‌های داخلی در علوم کامپیوتر ۲۰٪ افزایش یافته است، در حالی که در مهندسی برق، الکترونیک و مخابرات طی یک دهه از سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۷، ۳٪ کاهش یافته است. این ارقام با رشد کلی برای کلیه رشته‌های مهندسی با عدد ۲۷٪ و ۱۳٪ برای کلیه رشته‌ها مقایسه می‌گردد (بنیاد ملی علوم، ۲۰۱۸).

این افراد با توانایی تحقیق بالا در موضوعات مرتبط با فناوری اطلاعات و ارتباطات، عمدتاً در صنعت ICT پیدا می‌شوند و به دنبال آن خدمات حرفه‌ای (که شامل بنگاه‌های تخصصی تحقیق و توسعه) و آموزش عالی نیز می‌باشد، قرار دارند (شکل ۲-۱۰). دارندگان مدارک دکتری فناوری اطلاعات و ارتباطات نیز نسبت به میانگین فارغ‌التحصیلان دکتری، تمایل بیشتری به کار در بخش تجارت دارند. همچنین داده‌های CDH نشان می‌دهد که دارندگان دکترا در زمینه فناوری اطلاعات و ارتباطات به‌طور قابل ملاحظه‌ای نسبت به همتایان خود در رشته‌های دیگر، در بین مشاغل جا به جا می‌شوند. به‌عنوان مثال، در ایالات متحده، ۳۰٪ از دارندگان دکترا ICT در سال گذشته شغل خود را تغییر داده‌اند، که این رقم برای سایر رشته‌ها به صورت میانگین ۱۵٪ می‌باشد.

• توانمندسازی تحقیقات علمی توسط فناوری دیجیتال

همانطور که در فصل‌های ۱ و ۳ بحث شده، دیجیتالی‌سازی شیوه‌ی انجام و انتشار تحقیقات را تغییر می‌دهد. برای بررسی الگوهای ظهور دیجیتالی‌سازی در علم، نظرسنجی بین‌المللی نویسندگان علمی (ISSA) (کادر ۲-۴) تعدادی سؤال از دانشمندان جهانی مطرح کرد. این موارد شامل سؤالاتی از این قبیل بود:

آیا ابزارهای دیجیتال بهره‌وری دانشمندان را افزایش می‌دهد؟

آن‌ها تا چه اندازه به تجزیه و تحلیل کلان‌داده‌ها متکی هستند؟

تا چه اندازه داده‌ها و سورس‌کدهایی را که در مسیر تحقیقاتشان شکل گرفته‌اند، به اشتراک می‌گذارند؟

و تا چه اندازه برای ارتباط با تحقیقات خود به یک هویت دیجیتال متکی هستند؟

نتایج بررسی مقدماتی الگوهای متضاد دیجیتال‌سازی را در حوزه‌های مختلف نشان می‌دهد.

استفاده از ابزارهای دیجیتالی پیشرفته، از جمله کلان‌داده، ویژگی تعیین‌کننده‌ی علوم کامپیوتر است و به دنبال آن تحقیقات چند رشته‌ای، ریاضیات، علوم زمین و مواد و مهندسی قرار دارند (شکل ۲-۱۲). علوم زیستی (به استثنای داروسازی) و علوم فیزیکی (غیر از مهندسی) به نسبت بیشترین تلاش برای استفاده از داده‌ها و / یا کد قابل استفاده توسط دیگران را گزارش می‌دهند. تفاوت‌های سیستماتیک کمتری در استفاده‌ی گزارش شده از ابزارهای بهره‌وری وجود دارد که این امر به نرخ پذیرش عمومی آن‌ها را بالا می‌برد. محققان حوزه‌های مهندسی، استفاده از ابزارهای بهره‌وری نسبتاً کمتری گزارش می‌کنند. جالب است که زمینه‌هایی که استفاده کمتری از ابزارهای پیشرفته دیجیتالی و انتشار داده / کد دارند- بخصوص در حوزه‌های علوم اجتماعی، هنر و علوم انسانی - به احتمال زیاد درگیر فعالیت‌هایی می‌شوند که حضور دیجیتالی و ارتباط خارجی آن‌ها را تقویت می‌کند (به‌عنوان مثال استفاده از رسانه‌های اجتماعی).

کادر ۲-٤ نظرسنجی بین المللی OECD از نویسندگان علمی

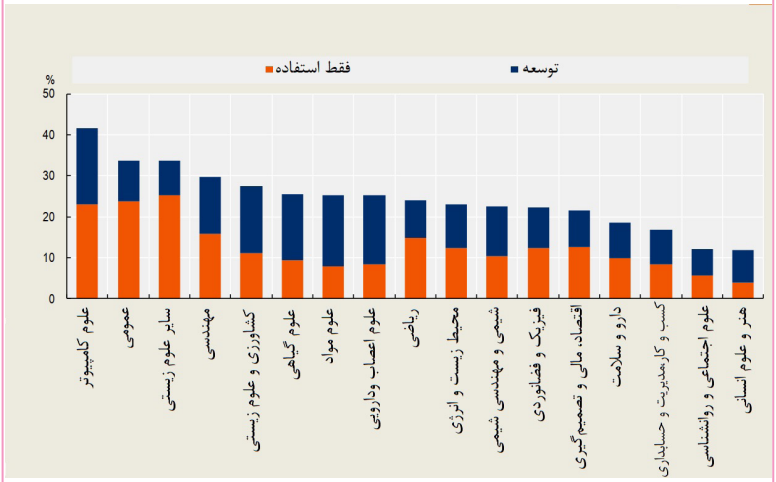
در سه ماهه آخر سال ۲۰۱۸، OECD با گروه بزرگی از نویسندگان اسناد علمی که به‌طور تصادفی انتخاب شده بودند، تماس گرفت. از این گروه خواسته شد به یک نظرسنجی آنلاین با هدف شناسایی الگوها، محرک‌ها و تأثیرات دیجیتالی‌سازی در تحقیقات علمی پاسخ دهند. این نظرسنجی OECD از نزدیک به ۱۲۰۰۰ دانشمند در سراسر جهان، درباره استفاده‌ی آن‌ها از طیف گسترده‌ای از ابزارهای دیجیتال و شیوه‌های مرتبط، علاوه بر سایر اطلاعات مهم جمعیتی و شغلی، اطلاعات غنی‌ای را نیز به دست آورد.

پاسخ به ۳٦ سوال برای شناسایی چهار عامل اصلی «نهفته[۱]» مورد تجزیه

[۱] latent

و تحلیل قرار گرفت. این موارد نشان می‌دهد که دانشمندان احتمالاً چگونه ۱) از ابزارهای بهره‌وری برای انجام کارهای منظم مانند بازیابی اطلاعات و مشارکت با همکاران استفاده می‌کنند؛ ۲) داده‌ها و خروجی‌های کد را در دسترس دیگران قرار می‌دهند؛ ۳) از داده‌های غیر متعارف و روش‌های محاسباتی استفاده و یا آن‌ها را توسعه می‌دهند؛ و ٤) هویت دیجیتالی را گسترش داده و ارتباطات خود را با همسالان و عموم مردم گسترش می‌دهند. تجزیه و تحلیل متغیر نزدیک و مرتبط به عامل سوم، نشان می‌دهد که دیجیتالی‌سازی علم محدود به حوزه‌های علمی تخصصی در علوم کامپیوتر یا مهندسی فناوری اطلاعات نمی‌باشد. نتایج و تجزیه و تحلیل دقیق‌تر این مطالعه در وب‌سایت پروژه به آدرس http://oe.cd/issa موجود است.

شکل ۲-۱۱ استفاده و توسعه کلان‌داده در حوزه‌های علمی، ۲۰۱۸



یادداشت‌ها این یک شاخص تجربی است. «سایر علوم زندگی» شامل: بیوشیمی، ژنتیک، زیست شناسی مولکولی، ایمونولوژی و میکروبیولوژی است. "کلان‌داده" به نویسندگانی مرتبط می‌شود که عنوان کرده‌اند تیم‌هایشان از «داده‌هایی با اندازه، پیچیدگی و ناهمگونی استفاده می‌کنند یا آن‌ها را توسعه می‌دهند که فقط با ابزارها و رویکردهای غیر متعارف قابل دستیابی است. (به‌عنوان مثال Hadoop)». برآوردها وزن‌سنجی می‌شوند و طرح نمونه و همچنین عدم پاسخ را در نظر می‌گیرند.

منبع: محاسبات OECD بر اساس OECD (n.d. b)، بانک اطلاعات دارندگان مشاغل با مدرک دکترا، http://oe.cd/cdh.

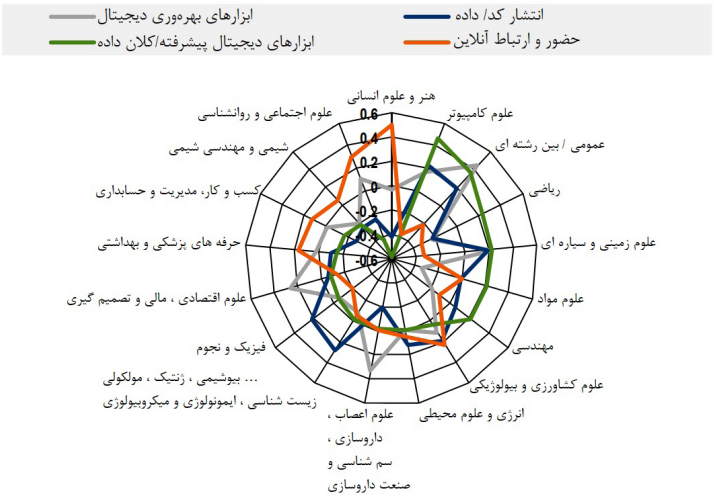
تفاوت در الگوهای دیجیتال‌سازی نیز با ویژگی‌های اشتغال فردی و بخشی مشخص شده است. دانشمندان جوان به احتمال زیاد در هر چهار بُعد رفتار دیجیتالی نقش دارند. این موضوع تأیید می‌کند که الگوهای دیجیتال‌سازی موجود در ICT از نظرسنجی‌هایی که جامعه هدف آن، عموم مردم است، استفاده می‌کند. دانشمندان زن کمتر از همتایان مرد خود در استفاده و توسعه ابزارهای پیشرفته دیجیتالی شرکت دارند. با این حال، آن‌ها حتی پس از در نظر گرفتن تفاوت در رشته و کشور، بیشتر درگیر حضور، هویت و ارتباطات دیجیتال خود می‌شوند. نویسندگان علمی که در بخش کسب و کار فعال هستند نیز نسبت به سایر بخش‌ها از ابزارهای پیشرفته دیجیتالی متصل به کلان‌داده‌ها استفاده می‌کنند و احتمالاً در انتشار اطلاعات / کد و حضور و ارتباط آنلاین فعال نیستند. در مقابل، نویسندگان در بخش آموزش عالی بیشتر مستعد استفاده از ابزارهای بهره‌وری دیجیتال همچنین حضور و ارتباط آنلاین هستند (در حقیقت بیشتر کسانی که در این نظرسنجی حضور داشتند مربوط به حوزه دانشگاهی بودند).

• پارادایم تحقیق[1] و دیجیتالی‌سازی

از آنجا که ابزارهای دیجیتالی می‌توانند چگونگی انجام تحقیقات علمی را تغییر دهند، به پاسخ دهندگان نظرسنجی ISSA اجازه داده شد تا تحقیقات علمی خود را با توجه به استفاده از تئوری، شبیه‌سازی‌ها، فعالیت‌های غیر تجربی و تجربی و ترکیب‌هایی از این دست توصیف کنند. شیوه‌های تحقیق علمی با شیوه‌های دیجیتال به طرق پیچیده‌ای ارتباط دارند. محققانی که مشغول انجام کارهای محاسباتی و مدل‌سازی هستند (۳۷٪ از نمونه)، به احتمال زیاد از ابزارهای دیجیتالی پیشرفته استفاده می‌کنند. با این حال، کمتر احتمال دارد که آن‌ها در فعالیت‌های آنلاین و ارتباطی حضور یابند. ابزارهای دیجیتال نیز همراه با محققانی که درگیر کار آزمایشی هستند (۴۹٪) به احتمال زیاد در انتشار داده‌ها و اقدامات انتشار کد شرکت دارند، به‌عنوان مثال از طریق سیستم عامل‌هایی مانند GitHub این کار را انجام می‌دهند.

[1] Research paradigms

شکل ۲-۱۲ الگوهای دیجیتالی‌سازی در علم (در تمام رشته‌ها)، ۲۰۱۸



یادداشت‌ها این یک شاخص تجربی است. این شکل نمرات میانگین برای چهار عامل نهفته نشان دهنده جنبه‌های مختلف دیجیتالی شدن برای هرکدام از زمینه‌های علمی است. تجزیه و تحلیل براساس پاسخ دانشمندان به ۳۶ سؤال مربوط به شیوه‌های دیجیتالی است. اینها در چهار شاخص مصنوعی ترکیب شده‌اند به صورتی که میانگین کلی صفر و واریانس ایده‌آل داشته باشند نرمالیزه شده‌اند. نحوه خواندن این شکل: بالاترین امتیاز برای علوم کامپیوتر در عاملی که نشان دهنده استفاده از ابزارهای دیجیتال پیشرفته (خط خاکستری) است، نشانگر شدت نسبی بالا در این حوزه است. در مقابل، شدت نسبی کمتر در جنبه دیجیتالی نمایانگر حضور و ارتباط آنلاین (خط نقطه ای) برای دانشمندان این زمینه است.

منبع: محاسبات OECD بر اساس بانک اطلاعات دارندگان مشاغل با مدرک دکترا (OECD، بدون تاریخ). http://oe.cd/cdh.

گزارشگرانی که در زمینه جمع آوری اطلاعات کار می‌کنند (۳۷٪)، به طرز شگفت‌آوری در میان کسانی که احتمالاً داده و کد را منتشر می‌کنند، حضور ندارند. این موضوع نشان‌دهنده اهمیت و دامنه‌ی قابل توجه دیجیتالی‌سازی فعالیت انتشار اطلاعات است. با این وجود در بین این گروه، استفاده از ابزارهای بهره‌وری زیاد است. افراد درگیر در کار تئوریک (٤٦٪) تمایل دارند از اکثر شیوه‌های دیجیتال به‌طور محدود استفاده کنند. استفاده از شیوه‌های دیجیتال در بین

افرادی که به صورت تجربی و غیرتجربی کار می‌کنند (۴۵٪) در علوم اجتماعی متداول است. این امر به‌طور نسبی از نظر انتشار داده / کد (ایجاد چالش برای تکرارپذیری) و ابزارهای پیشرفته دیجیتال محدود شده است.

• علم باز و دیجیتال‌سازی

یکی از تحقیقات مهم و اساسی مربوط به حوزه دیجیتال‌سازی جهت پرداختن به برخی مشکلات ساختاری مشاهده شده در چگونگی تحقیقات، نحوه سازماندهی آن‌ها است. همانطور که در فصل ۳ بحث می‌شود، دیجیتال‌سازی، فرصت‌های متنوعی را برای شیوه‌های علم باز ارائه می‌دهد. به‌عنوان مثال، دیجیتال‌سازی می‌تواند به کاهش هزینه‌های معاملات کمک کند، استفاده‌ی مجدد از داده‌ها را بهبود بخشد، دقت و تکرارپذیری را افزایش دهد و تحقیقات زائد و اضافی را کاهش دهد. همچنین می‌تواند بیماران، مصرف‌کنندگان و دیگران را بهتر درگیر کند؛ شفافیت محقق در به اشتراک‌گذاری اطلاعات در مورد فرآیندها و نتایج را تسهیل کند؛ و ارتباطات بین طیف‌های بیشتری از بازیگران برای تولید رویکردها و راه‌حل‌های خلاقانه‌تر را بهبود بخشد (گلد[1]، ۲۰۱۶). علم باز شامل ابعاد مختلفی از جمله دسترسی بدون محدودیت به مقالات علمی، دسترسی به داده‌های تحقیقات عمومی و تحقیقات مشارکتی است که توسط ابزارهای ارتباطات و فناوری اطلاعات و مشوق‌های مکمل امکان پذیر است. گسترش دسترسی به نشریات علمی، داده و کد در قلب علم باز قرار دارد با این هدف که مزایای احتمالی تا حد امکان گسترش یابد(OECD، ۲۰۱۵b). علاقه به جستجو درمورد استفاده از چنین روش‌هایی در حال رشد می‌باشد (گلد و همکاران، ۲۰۱۸).

• دسترسی آزاد به اسناد

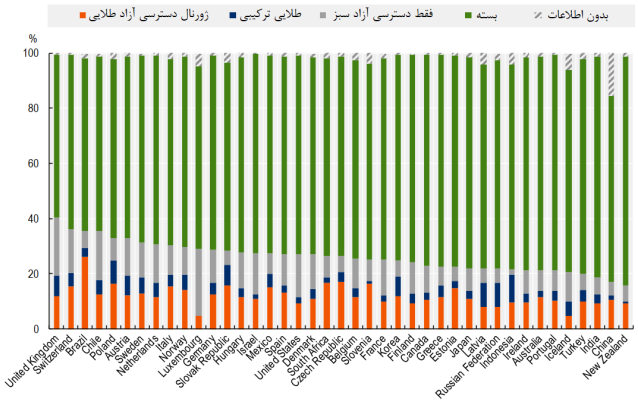
دسترسی به مقالات تحقیقات علمی نقش مهمی در نشر دانش علمی ایفا می‌کند. فناوری دیجیتال به اشتراک‌گذاری دانش علمی کمک می‌کند تا استفاده از آن را برای تحقیق و نوآوری بیشتر ترویج دهد. شاخص‌های دسترسی آزاد (OA) گزارش شده در OECD (۲۰۱۷) نشان می‌دهد که ۶۰٪ تا ۸۰٪ از مطالب منتشر شده در سال ۲۰۱۶، تا یک سال بعد، فقط با اشتراک یا پرداخت هزینه برای خوانندگان در دسترس بوده است (شکل ۲-۱۳). دسترسی آزاد مجله-محور[2] (معمولاً دسترسی «طلایی» خوانده می‌شود)

[1] Gold
[2] Journal-based OA

به‌ویژه در برزیل و همچنین در بسیاری از اقتصادهای دیگر آمریکای لاتین مورد توجه است. دسترسی آزاد مبتنی بر مرکز ذخیره‌سازی[1] (همچنین به‌عنوان دسترسی «سبز» شناخته می‌شود) به‌ویژه برای نویسندگان در انگلستان بسیار مهم است. به نظر می‌رسد حدود ۵٪ از نویسندگان برای در دسترس عموم قرار دادن مقالات خود در مجلات اشتراک سنتی (که به‌عنوان «طلای هیبرید» نیز شناخته می شوند) مبلغی را پرداخت می‌کنند.

شکل ۲-۱۳ دسترسی آزاد به اسناد علمی، ۲۰۱۷

به‌عنوان درصدی از نمونه تصادفی بین ۱۰۰۰۰۰ سند منتشرشده در سال ۲۰۱۶، توسط کشور وابسته



منبع: OECD (2017)، «دسترسی آزاد به اسناد علمی، 2017: به‌عنوان درصدی از نمونه تصادفی 100000 سند منتشر شده در سال 2016»، https://doi.org/10.1787/sti_scoreboard-2017-graph66-en.

برآورد میزان ارجاع‌دهی و استناد به نشریات با دسترسی آزاد نسبت به نشریات بدون دسترسی آزاد، به سیاست‌گذاران کمک می‌کند تا هزینه‌های اجتماعی و مزایای سازوکارهای مختلف برای تأمین اعتبار نشریات علمی را ارزیابی کنند. این کار منجر به تلاش برای سنجش «مزیت استناد دسترسی آزاد» شده است. تجزیه و تحلیل کتابشناختی یافته‌های قبلی یک تصویر آمیخته را تأیید می‌کند (OECD، ۲۰۱۵ب؛ بوسلی و گالیندو رودا[2]، ۲۰۱۶)، زیرا به نظر نمی‌شد همه اشکال دسترسی آزاد یک مزیت استناد به خود اختصاص دهند. به‌طور کلی دسترسی آزاد با میزان استناد بالاتر در بین اسناد تحت پوشش شاخص‌های اصلی قابل مشاهده است. با این حال، این موضوع

۱ Repository-based OA
۲ Boselli and Galindo-Rueda

مربوط به اسناد منتشر شده در مجلات با دسترسی آزاد نیست، که به‌طور متوسط تمایل به جدیدتر بودن دارند و نرخ استناد به آن‌ها پایین‌تر است. دسترسی آزاد مبتنی بر مرکز ذخیره‌سازی (سبز) به‌طور سیستماتیک مزیت استناد را داراست. در بیشتر موارد، نرخ استناد بالاتر به‌طور کلی برای اسناد «طلای هیبرید» یافت می‌شود. این‌ها مقالاتی هستند که در مجلات اشتراکی منتشر شده‌اند که نویسندگان آن‌ها به ناشران مبلغی را پرداخت می‌کنند تا دسترسی آنلاین رایگان از طرف خوانندگان بالقوه را فعال کنند. مطالعه ISSA۱ نشان داد که محققان رغبت مناسبی برای پرداخت هزینه برای انتشار نتیجه کار خود مشروط به پذیرش مقاله داشتند. نتایج حاصل از مطالعات ISSA۱ و ISSA۲ تأیید می‌کند که نویسندگان اسناد در مجلات دسترسی آزاد طلایی تمایل به سودآوری بسیار پایین‌تر دارند، که این امر به اثرات اعتباربخشی و تقویت آنکه از اهداف انتشار در عصر دیجیتال هستند، اشاره دارند (فایف[۱] و همکاران، ۲۰۱۷). شواهد نشان می‌دهد دسترسی آزاد به‌طور فزاینده‌ای در حال تبدیل به یک هنجار است. علاوه بر این، به نظر می‌رسد که مجلات معتبر فعلی از مزیت استناد خود استفاده می‌کنند. این امر به این سوال اساسی منجر می‌شود: کدام مدل دسترسی آزاد در طولانی مدت برای کیفیت علامت‌دهی[۲] غالب خواهد شد؟

۰ دسترسی آزاد به داده و کد

سنجش و درک دسترسی به داده‌ها و کدها نیز برای ترسیم شیوه‌های علوم باز مهم است. مطالعه ISSA۲ فراتر از بررسی وضعیت دسترسی به نشریات است. این مطالعه وضعیت سایر خروجی‌های تحقیقات، به‌ویژه کد و داده‌های گزارش شده توسط نویسندگان را نیز به‌عنوان بخشی از تحقیقات منتشر شده در نظر می‌گیرد. این مطالعه نشان می‌دهد که کمتر از نیمی از پاسخ دهندگان در همه زمینه‌های علمی، داده یا کد را به‌عنوان پشتیبان برای مقاله خود به ژورنال یا ناشر تحویل می‌دهند. به نظر می‌رسد استفاده از مخازن برای بایگانی داده‌ها و انتشار آن‌ها در بین پاسخ‌دهندگان در علوم زیستی متداول است. به نظر می‌رسد اشتراک داده‌های غیررسمی یا کد بین همتایان، اصلی‌ترین راهی است که محققان در همه زمینه‌ها داده‌ها را در دسترس دیگران قرار می‌دهند.

انتشار کد یا داده‌های تحقیق به معنای این نیست که سایر محققان

---

۱ Fyfe
۲ Signalling

می‌توانند به راحتی از آن‌ها استفاده کنند. اگر هزینه‌های دسترسی بالا باشد یا دسترسی باعث ایجاد چالش‌های دیگری شود، ممکن است استفاده از آن دچار اختلال شود. به همین دلیل، بررسی ISSA ۲ در مورد سیاست مالی و هزینه‌ای سوال می‌کند. همچنین در مورد ویژگی‌هایی که جزئی از اصول علم باز هستند مانند قابلیت یافتن، دسترسی، تعامل‌پذیری و قابلیت استفاده مجدد، سؤال می‌شود.

به نظر می‌رسد شیوه اتخاذ مکانیزم‌های استاندارد برای درخواست و تضمین دسترسی به داده‌ها در رشته‌های مختلف، متفاوت است. کمتر از ۳۰٪ از پاسخ دهندگان هنگام به اشتراک‌گذاری داده‌ها یا کدهای خود از چنین مکانیزم‌هایی استفاده کردند. به همین ترتیب، درصد کمی از پاسخ دهندگان (حدود ۱۰٪) اجازه استفاده از داده‌های خود را دادند. به نظر می‌رسد قابلیت استفاده مجدد از داده‌ها به‌طور عمده از طریق توسعه و تهیه فراداده‌های دقیق و جامع به‌ویژه در علوم فیزیکی و مهندسی تضمین می‌شود. مطابقت با استانداردهایی که ترکیب داده‌ها با منابع دیگر را تسهیل می‌کند، در علوم بهداشتی و زیستی رایج‌تر است، در حالی که به نظر می‌رسد در علوم فیزیکی و مهندسی کمتر است.

در همه‌ی رشته‌ها، نویسندگان تمایل دارند چندین مانع برای دستیابی به خروجی‌های علمی را گزارش کنند. این موانع شامل الزامات اشتراک‌گذاری رسمی است که توسط ناشران، سرمایه‌گذاران یا سازمان پاسخ دهنده، سیستم‌های حفاظت از مالکیت معنوی و منابع لازم برای انتشار تنظیم شده است. موضوعات شغلی و انتظارات همتایان پیش از این به‌عنوان محرک‌های دسترسی پیشرفته گزارش شده بودند. حریم خصوصی و ملاحظات اخلاقی باعث محدود کردن دسترسی به خروجی‌های علمی در علوم بهداشتی می‌شوند. هزینه‌های انتشار از نظر زمانی و مالی موانع مهمی محسوب می‌شوند. با این حال، پاسخ‌دهندگان توانایی مدیریت افشا و اشتراک‌گذاری را مهم نمی‌دانند.

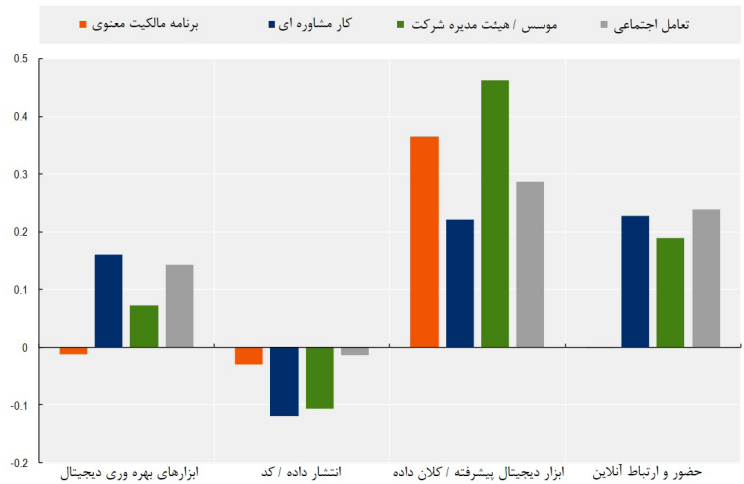
۰ دیجیتالی شدن و تأثیرات گسترده‌تر علم

سؤال مهم دیگر در زمینه سیاست، تعداد دانشمندانی است که در فعالیت‌های غیرآکادمیک فعالیت می‌کنند و الگوهای مختلف صلاحیت دیجیتالی را به نمایش می‌گذارند. داده‌های ISSA ۲۰۱۸ نشان می‌دهد دانشمندانی که برای حفاظت از

مالکیت معنوی درخواست داده یا ثبت نام کرده‌اند، کار مشاوره انجام داده‌اند، شرکت‌های جدیدی را راه اندازی کرده یا به‌عنوان مدیرعامل کار کرده‌اند و مشغول فعالیت‌های مختلف در زمینه دسترسی اجتماعی، از جمله حمایت از کار موزه‌ها و خیرین، تمایل به نشان دادن سطح بالاتری از مهارت در ابزارهای پیشرفته دیجیتالی دارند (شکل ۲-۱۴).

دانشمندانی که شرکت‌هایی را راه اندازی کرده‌اند یا به‌عنوان مدیرعامل کار کرده‌اند - حدود ۲۰٪ نمونه‌ها - بیشترین منفعت را از امکانات داده‌های پیشرفته برده‌اند. این شکاف نزدیک به نیمی از انحراف استاندارد برای این عامل نهفته است. این شکاف همچنین به‌ویژه برای افرادی که در درخواست یا ثبت نام مالکیت معنوی شرکت می‌کنند (در حدود یک پنجم موارد)، و همچنین افرادی که مشغول مشاوره و انجام مشاغل اجتماعی هستند، به‌طور ویژه‌ای بیشتر است.

شکل ۲-۱۴ فعالیت دیجیتالی نویسندگان علمی با مشارکت در فعالیت‌های خارجی، ۲۰۱۸



تفاوت در نمرات شدت دیجیتال[1] بین نویسندگان فعال و غیرفعال در فعالیت‌های خارجی

یادداشت‌ها نحوه مطالعه‌ی این نمودار. دانشمندانی که شرکت‌هایی را تأسیس کرده یا به‌عنوان مدیرعامل کار کرده‌اند، در ابزارهای پیشرفته دیجیتالی صلاحیت نهفته مورد انتظار را دارند که ۰/۴۵ انحراف استاندارد بیشتر از کسانی است که ندارند. در مقابل، صلاحیت مورد انتظار آن‌ها در

[1] Digital intensity

ابزارهای بهره‌وری دیجیتال با تفاوت کمتر از ۰/۱ انحراف معیار، بسیار نزدیک‌تر از سایرین است. به یادداشت‌های شکل ۲-۱۲ مراجعه کنید.

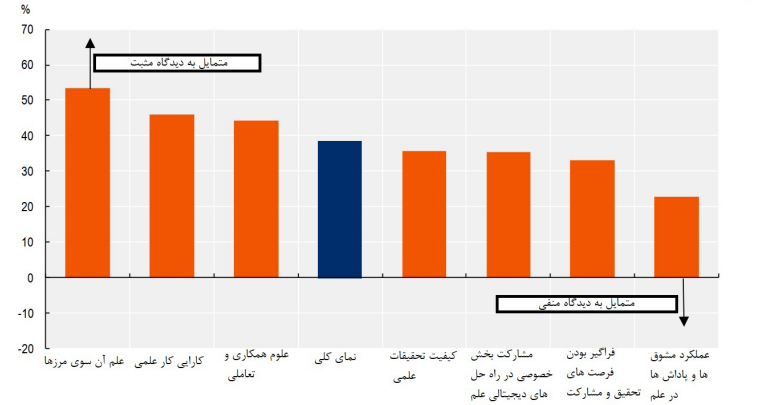
منبع: محاسبات نویسندگان علمی OECD 2018 بر اساس OECD (n.d. b)، بررسی بین‌المللی OECD از http://oe.cd/issa..

همه این موارد به تقاضای زیاد این مهارت‌ها در اقتصاد و جامعه اشاره دارند. مزیت دیجیتال از نظر حضور و ارتباط آنلاین افراد به‌ویژه برای افرادی که مشغول فعالیت در حوزه‌های تبلیغاتی اجتماعی هستند (همچنین کار سیاسی، در نمودار گزارش نشده است) و کارهای مشاوره‌ای مشخص شده است. تفاوت معنی داری برای افراد فعال در حوزه مالکیت معنوی و افراد غیر فعال وجود ندارد.

• نگاه به آینده: دیدگاه دانشمندان در مورد دیجیتالی شدن و تأثیرات آن

نظر خود دانشمندان در مورد تحول دیجیتالی تحقیقات علمی و تأثیرات آن چیست؟ شواهد حاصل از مطالعه ISSA ۲۰۱۸ نشان می‌دهد که دیدگاه دانشمندان به‌طور میانگین در ابعاد مختلف نسبت به این موضوع مثبت است (شکل ۲-۱۵). بسیاری از پاسخ دهندگان احساس می‌کنند که دیجیتالی شدن دارای پتانسیل مناسب برای ارتقاء همکاری به‌ویژه در سراسر مرزها و بهبود کارآیی علم است. با وجود دیدگاه مثبت کلی دانشمندان، آن‌ها نسبت به تأثیر احتمالی دیجیتالی شدن بر روی سیستم انگیزه‌ها و پاداش‌ها، چندان خوش‌بین نیستند. به‌طور خاص، آن‌ها نگران این هستند که براساس «ردپای» دیجیتالی خود، مانند نشریات و استنادات آن‌ها و همچنین میزان دانلود کارهایشان، رتبه‌بندی شوند. آن‌ها همچنین موافقند که دیجیتال‌سازی می‌تواند جوامع علمی و دانشمندان را با مردم (عوام) همراه کند. سرانجام، آن‌ها گهگاهی نقش بخش خصوصی را در ارائه راه‌حل‌های دیجیتال برای کمک به کار خود زیر سوال می‌برند. نویسندگان جوان به‌طور کلی به جز در مورد تأثیرات دیجیتالی شدن بر روی نظام تشویقی، که ممکن است منعکس‌کننده نگرانی‌هایی در مورد شغل‌های آینده آن‌ها باشد، مثبت‌تر از همتایان خود هستند.

شکل ۲-۱۵ نظرات دانشمندان در مورد دیجیتالی شدن علم و تأثیرات احتمالی آن، ۲۰۱۸
تمایلات میانگین نسبت به سناریوهای «مثبت» دیجیتالی شدن، به‌عنوان انحراف درصدی از دیدگاه میانی



یادداشت‌ها این یک شاخص تجربی است. از پاسخ دهندگان نظرسنجی خواسته شد سناریوهای مخالف را در ابعاد مختلف از (۱ = کاملاً موافق با دیدگاه منفی) به (۱۰ = کاملاً موافق با دیدگاه مثبت) ارزیابی کنند. برای تفسیر، نمرات میانگین وزنی در هر بعد و نمای کلی خلاصه (میانگین وزنی در ابعاد) به‌عنوان درصد انحراف از نقطه میانی ارائه می‌شوند. به‌عنوان مثال، به این معنی که با توجه به موضوع «علم در مرزها»، پاسخ دهندگان به‌طور متوسط ۵۰٪ نسبت به دیدگاه خنثی به نتیجه مثبت گرایش دارند. نمرات میانگین وزنی، طراحی نمونه و عدم پاسخ را در نظر می‌گیرند.

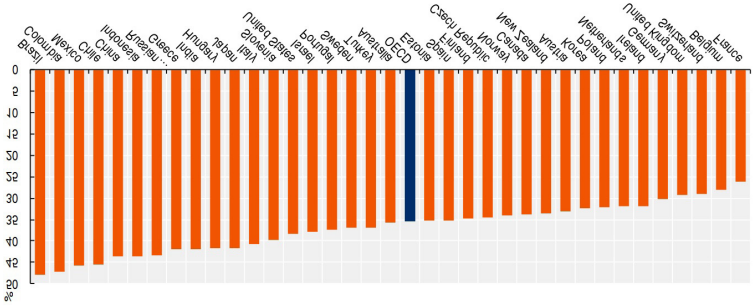
منبع: محاسبات OECD بر اساس نظرسنجی بین‌المللی OECD 2018 از نویسندگان علمی، OECD (n.d. b)، http://oe.cd/issa..

به نظر می‌رسد میانگین سطح تمایل نسبت به تأثیرات دیجیتالی‌سازی در بین کشورها، (شکل ۲-۱۶) به‌طور کلی با نتایج حاصل از نظرسنجی‌های گسترده‌تر درباره‌ی نگرش به علم و فناوری سازگار است (OECD، ۲۰۱۵e). به نظر می‌رسد دانشمندان در اقتصادهای نوظهور و در حال گذار نسبت به تأثیرات دیجیتالی شدن بر علم مثبت‌نگرتر هستند. جایگاه دانشمندان در اقتصادهای اروپایی با بالاترین سطح تحقیق و توسعه محفوظ‌تر است، در حالی که دیدگاه کلی هم مثبت است. این نتایج به معنای این نیست که دانشمندان به‌طور جدی از مشکلات احتمالی دیجیتالی شدن چشم

پوشی می‌کنند. یک گروه اقلیت از پاسخ دهندگان که البته تعدادشان قابل توجه است، دارای نظرات «منفی» در مورد تأثیرات دیجیتالی شدن بر علم هستند. آن‌ها به‌عنوان مثال در مورد ترویج تحقیقات بدون فرضیه در علوم محاسباتی که به شدت داده محور هستند، نگران بودند. برای این پاسخ دهندگان، دیجیتالی شدن نیز می‌تواند اختلاف نظر را در تحقیق بین افراد دارای صلاحیت دیجیتال پیشرفته و افراد فاقد آن صلاحیت برجسته کند. همچنین می‌تواند یک فرهنگ شهرت[1] یعنی انتشار زودرس یافته‌ها و قرار دادن خود در مقابل گروه‌های فشار (لابی‌ها) را در علم ترغیب کند. همچنین دیجیتالی شدن می‌تواند منجر به استفاده از شاخص‌های در دسترس، اما نامناسب برای نظارت و تشویق تحقیقات شود. سرانجام، آن‌ها با این جمله موافقت کردند که دیجیتالی شدن می‌تواند جریان کار و داده را در دست چند شرکت ارائه دهنده ابزارهای دیجیتالی متمرکز کند.

شکل ۲-۱۶ نظرات دانشمندان در مورد دیجیتالی شدن علم، بر اساس کشور، ۲۰۱۸

تمایلات میانگین نسبت به سناریوهای «مثبت» دیجیتالی شدن، به‌عنوان انحراف درصدی از دیدگاه میانی



یادداشت‌ها این یک شاخص تجربی است. مقایسه‌های بین کشوری باید با احتیاط تفسیر شود، زیرا جمعیت نویسندگان علمی مربوطه به‌طور یکنواخت نماینده جامعه علمی آن‌ها نیستند. اقتصادهایی با کمتر از ۷۵ پاسخ، حذف شده‌اند. میانگین نمرات وزن‌دار شده و طراحی نمونه و بدون پاسخ را در نظر می‌گیرد. یادداشت‌های شکل ۲-۱۵ را ببینید.

منبع: محاسبات OECD بر اساس OECD (n.d. b)، از نویسندگان علمی OECD 2018 بررسی بین‌المللی، http://oe.cd/issa..

[1] Celebrity culture

فناوری و نوآوری در حال دیجیتالی شدن

• توسعه فناوری‌های دیجیتال

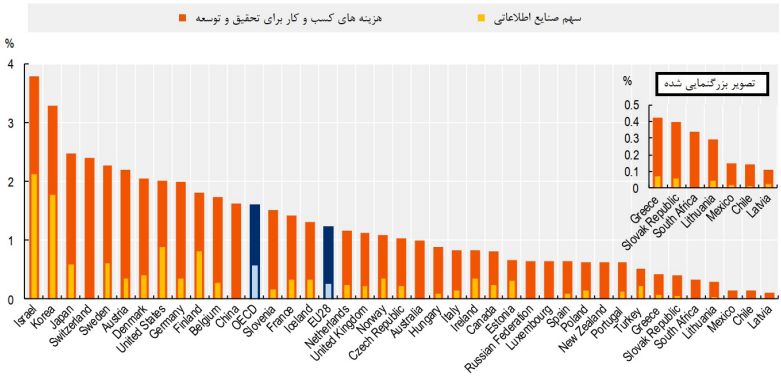
• تحقیق و توسعه در صنایع ICT و تحقیق و توسعه مبتنی بر ICT

تحقیق و توسعه به‌عنوان یک فعالیت تعریف شده به‌صورت دستیابی دانش جدید، برای بوجود آوردن پیشرفت در فناوری‌های دیجیتال دارای اهمیت است. کسب و کارها منبع اصلی تحقیق و توسعه هستند. صنایع اطلاعات در کشورهای با قدرت بالای تحقیق و توسعه عوامل نسبتا قوی‌ای هستند و در برخی موارد تقریباً نیمی از کل تحقیق و توسعه کسب و کارها را به خود اختصاص می دهند (شکل ۲-۱۷). صنایع اطلاعاتی همچنین بیش از ۴۰٪ از تحقیق و توسعه کسب و کارها در استونی، فنلاند، ایرلند، ترکیه و ایالات متحده را تشکیل می‌دهد که این امر ماهیت دانش‌بنیان[۱] این صنایع را تأیید می‌کند.

برآوردهای تحقیق و توسعه کسب و کارها بر اساس صنعت نمی‌تواند به‌طور کامل نقش تحقیق و توسعه را در دیجیتالی شدن بسنجد. این امر در مورد نرم افزار اهمیت خاصی دارد، زیرا بسیاری از بنگاه‌ها برای استفاده داخلی و به‌عنوان پایه‌ای برای ارائه کالاها و خدمات دیگر روی آن سرمایه‌گذاری می‌کنند. با در نظر نگرفتن تحقیق و توسعه نرم‌افزار (کادر ۲-۵) در بخش‌های دیگر، میزان تحقیق و توسعه در صنایع نرم افزاری و اطلاعات باعث کاهش برآورد واقعی کل تحقیق و توسعه لازم برای تولید نرم افزار جدید می‌شود. به‌عنوان مثال، در حالی که منتشرکنندگان نرم افزار در ایالات متحده ۱۰٪ از کل تحقیق و توسعه انجام شده و حمایت شده توسط شرکت‌ها را به خود اختصاص می‌دهند، بیشتر از سه برابر این پول توسط شرکت‌های آمریکایی به تحقیق و توسعه برای تولید محصولات نرم افزاری یا نرم افزار تعبیه شده در پروژه‌ها یا محصولات دیگر اختصاص داده شده است.

۱ knowledge-intensive

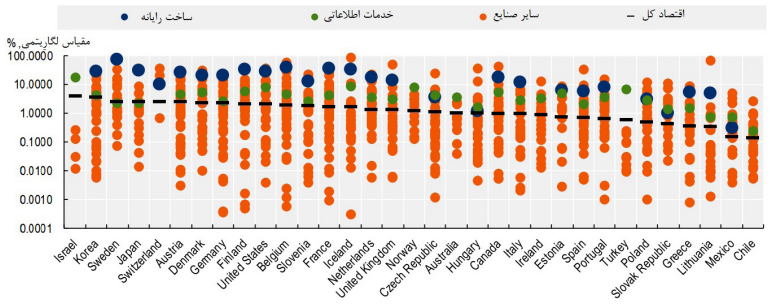
شکل ۲-۱۷ هزینه‌های تحقیق و توسعه کسب و کار، کل و در صنایع اطلاعات، ۲۰۱۶
به‌عنوان درصدی از GDP



یادداشت‌ها R&D = تحقیق و توسعه؛ GDP = تولید ناخالص داخلی.
«صنایع اطلاعات» مطابق با ISIC Rev.۴ تعریف شده‌اند و تولید ICT را تحت عنوان «رایانه، محصولات الکترونیکی و نوری» (بخش ۲۶) و خدمات اطلاعاتی تحت «فعالیت‌های انتشار، شنیداری و دیداری و پخش» (بخش ۵۸ تا ۶۰)، «مخابرات» (بخش ۶۱) و «فناوری اطلاعات و سایر خدمات اطلاعاتی» (بخش ۶۲ تا ۶۳) پوشش می‌دهند.

منبع: OECD (2019a)، انداز مگیری تحول دیجیتال: نقشه راه برای آینده
https://doi.org/10.1787/9789264311992-en

شکل ۲-۱۸ میزان تحقیق و توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات و سایر صنایع، ۲۰۱۶
به‌عنوان درصدی از ارزش افزوده ناخالص در هر صنعت، مقیاس لگاریتمی



یادداشت‌ها R&D = تحقیق و توسعه؛ ICT = فناوری اطلاعات و ارتباطات.

منبع: محاسبات OECD مبتنی بر پایگاه داده OECD ANBERD، http://oe.cd/anberd، STAN، http://oe.cd/stan، و حساب‌های ملی https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=NAAG (دسترسی در دسامبر 2018).

کادر ۲-۵ نرم افزار و تحقیق و توسعه: یک چالش اندازه‌گیری

توسعه نرم‌افزار و تحقیق و توسعه کاملا در هم تنیده‌اند (OECD، ۲۰۱۵الف؛ OECD، ۲۰۱۵ج؛ OECD/Eurostat، ۲۰۱۸). به‌عنوان مثال صنعت نرم‌افزار در اکثر کشورها، بیشترین میزان تحقیق و توسعه را به خود اختصاص میدهد (شکل ۲-۱۸). پس از اصلاح دستورالعمل‌های بین المللی در سال ۱۹۹۳، آمارهای اقتصادی حساب‌های ملی[۱] به شکلی جامع، به روز شد، زیرا خرید نرم افزار و تولید حساب‌های کاربری نرم افزاری، به‌عنوان تشکیل سرمایه[۲] (یعنی سرمایه گذاری حقیقی یا ثابت)، شناخته شد. به روزرسانی‌های بعدی در سیستم‌ها و فعالیت‌های حساب‌های ملی، این شیوه را در بسیاری از کشورها گسترش داد تا جایی که شرکت‌ها خود تولیدکننده نرم‌افزارشان شدند.

آخرین ورژن دستورالعمل‌های بین‌المللی (۲۰۰۸) تحقیق و توسعه را در دسته سرمایه‌گذاری ثابت معرفی کرد. OECD تعریف تحقیق و توسعه و رهنمودهایی برای اندازه‌گیری آن را به‌عنوان پایه‌ای برای جمع آوری داده‌های اولیه، ارائه کرد. در نتیجه حسابداران ملی مجبور بودند با همپوشانی طبیعی بین توسعه نسخه‌های اصلی نرم‌افزار و فعالیت‌های تحقیق و توسعه کنار بیایند. نسخه‌های اصلی نرم‌افزار با حساب شخصی، قبلا به‌عنوان سرمایه‌گذاری در اقدامات حساب ملی در رابطه با حساب شخصی، گنجانده شده بودند. بنابراین آن‌ها در بیشتر موارد از اقدامات جدید تحقیق و توسعه برای جلوگیری از شمارش چندباره در مجموع حساب‌های ملی، حذف شدند. این شیوه، باعث ایجاد سوءتفاهم میان اقدامات حساب ملی و داده‌های منبع اولیه در زمینه برآورد سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه می‌شود که توسط سازمان‌هایی که در کارگروه کارشناسان ملی شاخص‌های علم و فناوری OECD، شرکت می‌کنند، ایجاد میشوند. اگر حساب‌های تحقیق و توسعه در تولید نرم‌افزار باعث افزایش سهم تحقیق و توسعه شوند، این سوءتفاهم می‌تواند به مرور زمان افزایش یابد و کاربران را گیج کند. برخی از کشورها مانند ایالات متحده،

۱ National Accounts
۲ capital formation

با طبقه‌بندی مجدد ایجاد حساب شخصی در نسخه‌های اصلی که مطابق با تعریف R&D به‌عنوان تحقیق و توسعه شناخته میشود، این سوءتفاهم آشکار را برطرف می‌کنند. هنوز مشخص نیست که سایر کشورها، این چالش را چگونه برطرف خواهند کرد.

اهمیت روزافزون نرم‌افزار به‌عنوان یک فعالیت اقتصادی، می‌تواند یک نمونه آزمایشی برای سنجش تحقیق و توسعه باشد. معیارهای ارائه شده در نسخه سال ۲۰۱۵ کتابچه راهنمای (OECD Frascati، ۲۰۱۵c) یک مورد قابل توجه است. این معیارها به سازمان‌ها اجازه میدهند که داده‌ها را برای اهداف آماری یا سایر اهداف اداری (مانند ارائه مشوق‌های مالی تحقیق و توسعه) جمع‌آوری و گزارش کنند تا میان فعالیت‌های اصلی تحقیق و توسعه و فعالیت‌های غیر تحقیق و توسعه، تبعیض قائل شوند. تحقیق و توسعه در حوزه نرم‌افزار شامل توسعه یا بهبود نرم‌افزار است که دانش علمی یا فناوری و هم چنین توسعه تئوری‌ها و الگوریتم‌های جدید را در علوم کامپیوتر گسترش میدهند. در مقابل، فعالیت تحقیق و توسعه در نرم‌افزار، توسعه نرم‌افزاری که قادر به برطرف نمودن چنین الزاماتی از جمله پشتیبانی یا تطبیق سیستم‌های موجود، افزودن عملکردهای کوچکتر به برنامه‌های کاربردی موجود و غیره نیست را حذف میکنند.

• استفاده از فناوری دیجیتال در کسب و کار و پیوند میان دیجیتالی شدن و نوآوری

اگرچه روشی که در آن نوآوری به دیجیتالی شدن پاسخ میگوید و بر آن اثر میگذارد، می‌تواند از طریق تحقیق و توسعه و ثبت اختراع باشد، اما اشتباه است که بخواهیم آن‌ها را یک مفهوم واحد بدانیم. تعریف کتابچهکتابچه راهنمای اسلو (OECD / Eurostat، ۲۰۱۸) از نوآوری به‌عنوان یک محصول یا فرآیندفرآیند جدید یا بهبود یافته (یا ترکیبی از هر دو) یاد می‌کند. این محصول یا فرآیند باید تفاوت زیادی با محصولات و فرآیندهای واحد قبلی داشته باشد، همچنین در دسترس کابران بالقوه باشد یا توسط بخشی مورد استفاده قرارگیرد. نوآوری مستلزم پیاده سازی است: باید از ایده و اختراع فراتر رود. نوآوری حداقل باید برای خود سازمان، جدید باشد. بنابراین، نوآوری یک مفهوم گسترده است که شامل فرآیندهای انتشار نیز است و باعث ایجاد تغییری چشمگیر در نگاه کسی که آن را اتخاذ میکند، میگردد. در این راستا، فرآیندهای مختلف دیجیتالی شدن در اقتصاد در واقع نوآوری کسانی است که آن‌ها را پیاده سازی می‌کنند. داده‌های حاصل از بررسی نوآوری‌ها در کسب

و کار، نشان میدهد که صنعت خدمات اطلاعاتی بیش‌ترین میزان نوآوری گزارش شده را دارا است (برای مثال: ۷۵٪ در مورد فرانسه). این ممکن است تا حدودی منعکس‌کننده نرخ‌های بالاتر فرسودگی باشد که نوآوری‌های بیشتر را می‌طلبد.

نوآوری‌های دیجیتال را میتوان در هر بخش یافت. آن‌ها نوآوری در محصول یا فرآیندفرآیند هستند که از ICT استفاده می‌کنند(خود محصول می‌تواند یک کالا یا خدمت دیجیتالی باشد). آن‌ها همچنین شامل نوآوری‌هایی هستند که توسعه یا اجرای آن‌ها، به میزان قابل توجهی به استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات متکی است. طیف گستردهای از نوآوری‌های فرآیند کسب وکار مستلزم ایجاد تغییرات اساسی در عملکرد فناوری اطلاعات و ارتباطات سازمان و تعامل آن با سایر کارکردهای تجاری و محصولات ارائه شده است.

هدف آخرین نسخه کتابچه راهنمای اسلو این است که اطمینان حاصل کند، این راهنمایی کاملا منعکس‌کننده تغییرات ناشی از دیجیتالی شدن است. به‌عنوان مثال، فعالیت‌های توسعه داده را به همراه نرم‌افزار، به‌عنوان یک فعالیت نوآورانه بالقوه میشناسد. جمع‌آوری داده‌ها توسط شرکت‌ها، می‌تواند مستلزم هزینه‌های مستقیم یا غیرمستقیم باشد. به‌عنوان مثال، یک شرکت ممکن است، کالا یا خدماتی که اطلاعاتی با ارزش برای محصولات تبلیغاتی تولید می‌کنند را به صورت رایگان یا با تخفیف ارائه دهد. این راهنما پیشنهاد می‌کند تا روی سنجش «شایستگی دیجیتال[۱]» تمرکز شود. این ساختار چندوجهی به دنبال انعکاس توانایی شرکت‌ها برای پرداختن به دیجیتالی شدن به معنای گسترده است. شاخص‌های بالقوه که هنوز روش‌هایی هماهنگ در نظرسنجی ها نیست، مربوط است به: سطح ادغام فناوری دیجیتال در داخل و در طول عملکردهای تجاری، دسترسی به توان استفاده از علم تجزیه و تحلیل داده‌ها برای طراحی، توسعه، تجاری‌سازی و بهبودمحصولات، از جمله امکان تهیه اطلاعات در مورد کاربران (بالقوه) محصولات شرکت و نحوه تعامل آن‌ها با محصولات (ریندفلیش[۲] و همکاران، ۲۰۱۷)

۱ Digital competence
۲ Rindfleisch

. دسترسی به شبکه‌ها و استفاده از راه حل ها و معماری‌های مناسب

. قابلیت مدیریت حریم خصوصی و خطرات امنیت سایبری

. اتخاذ مدل‌های تجاری مناسب برای محیط‌ها و پلتفرم‌های دیجیتال

علاوه بر این قابلیت‌های داخلی، کتابچه راهنما توصیه میکند، از بین عوامل خارجی موثر بر نوآوری، اطلاعاتی راجع به میزان استفاده یک شرکت از پلتفرم‌های دیجیتالی گردآوری شود یا از جانب آن‌ها در معرض رقابت قرار داده شود. دیدگاه‌های مصرف‌کننده و اجتماعی، مانند اعتماد نیز، به دیجیتالی شدن مرتبط است. این برنامه سنجش، نیاز به هماهنگی نزدیک با نظرسنجی در مورد استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات در شرکت‌ها دارد. مورد دوم، مسئولیت کمیته سیاست‌های اقتصاد دیجیتالی OECD و کارگروه سنجش و تحلیل اقتصاد دیجیتال است.

OECD تجربیات کشورها در جمع‌آوری داده‌ها به منظور ایجاد انگیزه در جمع‌آوری و تحلیل اطلاعات در محل اتصال بین نوآوری و به‌کارگیری فناوری اطلاعات و ارتباطات را برجسته میسازد. همچنین اهمیت بالقوه داده‌ها برای تحلیل مقایسه‌ای در سطح بین‌المللی را نشان می‌دهد. یک مثال، مطالعه اخیر در مورد الگوهای فناوری پیشرفته و شیوه‌های تجاری (ATBPs)[1] در میان شرکت‌های کانادایی است. این مطالعه در سال ۲۰۱۴ توسط آژانس ملی مطالعات آماری کانادا (STC)[2] انجام شد. مطالعه مشترک STC-OECD (ورگر[3] و همکاران، آماده ارائه) به تنظیم سبد پروژه‌های ATBP به روش تحلیل عاملی کمک کرده است. هفت طبقه اصلی تخصص ATBP به شرح ذیل است:

فناوری‌های نرم‌افزاری لجستیکی؛ روش‌ها و ابزارهای مدیریتی؛ فناوری‌های فرآیند تولید خودکار؛ زمین شناسی و فناوری‌های جغرافیایی؛ فناوری‌های زیست‌محیطی؛ نرم‌افزار و زیر ساخت آن به‌عنوان یک سرویس؛ و فناوری‌های تولید میکرو و افزودنی. داده‌ها حاکی از مکمل بودن قوی شیوه‌های مدیریت و تولید و اتخاذ فناوری‌های لجستیک هستند.

همانگونه که در شکل ۲-۱۹ نشان داده شده (ورگر وهمکاران، آماده ارائه)، میزان استفاده از ATBPها، به‌طورکلی با اندازه بنگاه‌ها ارتباط مستقیم دارد. این

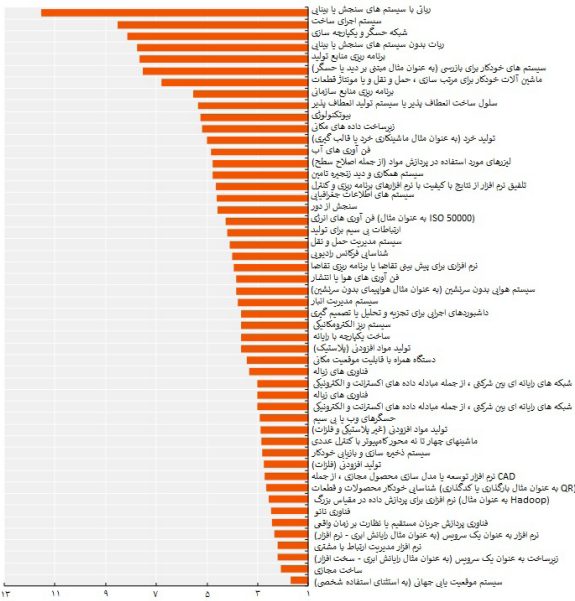
---

۱ Advanced technology and business practices
۲ Statistics Canada
۳ verger

امر به‌ویژه در مورد فناوری‌های فرآیند تولید خودکار، جایی که به نظر میرسد، مقیاس مهم است، صدق می‌کند. با این حال نرم‌افزار و زیرساخت آن به‌عنوان یک سرویس (یعنی محاسبات ابری) یک استثناء قابل توجه است. برخلاف فناوری‌هایی مانند رباتیک، این فناوری به‌طور مشابه، در شرکت‌های کوچک، متوسط (SMEs) و بزرگ، نفوذ کرده است. این یافته اخیر بر یکی از ویژگی‌های بارز اقتصاد دیجیتال، تاکید میکند: "جذابیت چنین فناوری‌هایی برای شرکت‌های کوچک و متوسط و نقش احتمالی آن‌ها در افزایش مقیاس".

مشخص کردن صنایع با استفاده از الگوهای ATBP، سیستم‌های طبقه‌بندی استاندارد برای صنایع را تکمیل میکند. چنین سیستم‌هایی بیشتر از آگاهی از فرآیند استفاده شده برای تولید، از نوع کالا و خدمات ارائه شده مطلع میگردند. همبستگی میان شدت تحقیق و توسعه با فناوری، در صنایع تولیدی زیاد و در بخش خدمات کم است. در اکثر بخش‌های غیرتولیدی، اگرچه سطح فناوری بالایی وجود دارد، میزان تحقیق و توسعه کم است. این یافته‌ها محدودیت‌های استفاده از اقدامات تحقیق و توسعه، برای طبقه‌بندی فناوری در صنعت که شامل خدمات نیز هستند را تایید می‌کنند.

شکل ۲-۱۹ استفاده از فناوری پیشرفته در کانادا: شرکت‌های بزرگ در مقابل SMEها
شانس نسبی استفاده از فناوری پیشرفته برای بنگاه‌های بزرگ در مقابل شرکت‌های کوچک و متوسط

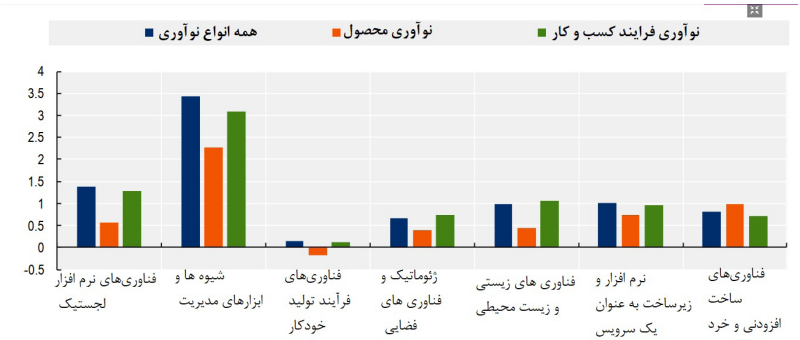


یادداشت‌ها SMEها = شرکت‌های کوچک و متوسط. نحوه خواندن این نمودار: شرکت‌های بزرگ تقریباً ۱۲ برابر بیشتر از SMEها از روبات‌هایی با سیستم‌های سنجش یا دید استفاده می‌کنند.

منبع: ورگر وهمکاران (آماده ارائه)، «بررسی الگوهای فناوری پیشرفته و کاربردهای تجاری و پیوند آن با نوآوری: یک مطالعه موردی تجربی مبتنی بر آمارگیری از فناوری‌های پیشرفته کانادا».

در نهایت، مطالعه موردی کمی STC-OECD نشان داد که نوآوری با استفاده از برخی از شیوه‌های تجاری و فناوری‌های پیشرفته ارتباط زیادی دارد (شکل ۲-۲۰). نتایج رگرسیون نشان می‌دهد که استفاده از فناوری‌های پیشرفته شانس ایجاد نوآوری را دو برابر می‌کند. شانس نوآوری برای کاربران روش‌های تجاری منتخب افزایش یافته است. همچنین نتایج حاکی از ارتباط دو سویه بین فناوری و مدیریت در تبیین نوآوری است. همچنین رابطه مثبتی بین توسعه فناوری‌ها و نوآوری، به‌ویژه برای محصولات وجود دارد که نشانگر مزایای پیشرو بودن است.

شکل ۲-۲۰ پیوند بین نوآوری و اتخاذ فناوری و شیوه‌های تجاری، کانادا، ۲۰۱۴
نسبت لگاریتمی شانس تخمینی گزارش یک نوآوری بین فناوری و / یا کاربران و غیر کاربران روش



یادداشت‌ها نمودار کنترل فعالیت توسعه فناوری، کشور کنترل نهایی مالکیت و اندازه تجارت و صنعت را تخمین می‌زند

منبع: ورگر وهمکاران (آماده ارائه)، «بررسی الگوهای فناوری پیشرفته و کاربردهای تجاری و پیوند آن با نوآوری: یک مطالعه موردی تجربی مبتنی بر آمارگیری از فناوری‌های پیشرفته کانادا».

این تحلیل نشان می‌دهد که جنبه‌های بررسی SAT می‌توانند به‌طور گسترده‌تری اتخاذ شود. این جنبه‌ها با ویرایش و اصلاح‌های مربوطه، می‌توانند به ارزیابی نقش ترکیبی نوآوری، فناوری و مدیریت در عملکرد کسب

و کار کمک کنند. یک چالش اساسی ایجاد توافق است که بر اساس آن فناوری‌ها و شیوه‌ها باید بر روی تحقیقات نوآوری متمرکز باشند. چالش دیگر نحوه اجرای رویکردهایی است که داده‌ها را در سراسر کشورها، صنایع و بر اساس گذشت زمان مقایسه می‌کند (با توجه به تغییر سریع فناوری و منسوخ شدن). در حال حاضر، تقاضای زیادی برای تجزیه و تحلیل ویژه نقش هوش مصنوعی در استراتژی‌ها و فعالیت‌های نوآوری در کسب و کار وجود دارد.

نتیجه‌گیری

• دیجیتالی شدن در همه‌جای علم، فناوری و نوآوری وجود دارد، اما با عمق و چشم‌انداز متفاوت

وزیران کشورهای عضو OECD و شرکای آن‌ها در نشست وزیران OECD در دائجون (کره) در سال ۲۰۱۵ تشخیص دادند که تکامل سریع فناوری‌های دیجیتالی باعث تحول در STI می‌شود (OECD، ۲۰۱۵d). همانطور که گفته شد، این فناوری‌ها روش کار، همکاری و انتشار (مقالات) دانشمندان را تغییر می‌دهند. آن‌ها اهمیت دسترسی به داده‌ها و انتشارات علمی را نیز افزایش می‌دهند و راه‌های جدیدی را برای مشارکت عمومی و مشارکت در علم و نوآوری باز می‌کنند. در عین حال، آن‌ها توسعه همکاری‌های تحقیقاتی بین کسب و کارها و بخش دولتی و همچنین کمک به تحول در نوآوری را تسهیل می کنند.

در همان زمان از OECD خواسته شد تا این تحولات را تحت نظر داشته باشد. همچنین از جامعه بین‌المللی که بر روی داده‌ها و شاخص‌های STI کار می‌کنند، دعوت شد تا گرد هم آیند تا طرز فکر و راه حل‌های جدیدی برای ایجاد شواهد تجربی به منظور هدایت سیاست ارائه دهند. انجمن آسمان آبی[1] OECD (۲۰۱۶) (http://oe.cd/blue-sky) دیجیتالی شدن STI را به‌عنوان یک هدف اولویت سنجش و همچنین به‌عنوان یک عامل اساسی در کارهای آماری و تحلیلی آینده معرفی کرد (OECD، ۲۰۱۸b). این اصل، کار OECD را در زمینه دیجیتالی‌سازی علم و نوآوری در سال ۲۰۱۷-۱۸ هدایت کرد. این فصل خلاصه نتایج اصلی این کار است. این فصل، شواهد انتخاب شده و جدید ناشی از کار اخیر در زمینه سنجش دیجیتالی شدن علم، محرک‌ها و تأثیرات آن را ارائه می‌دهد. شاخص‌های ارائه شده و همچنین سؤالات دیگری را مطرح می‌کند.

[1] Blue Sky Forum

شواهد ارائه شده، تمرکز خود را بر هم‌افزایی‌های احتمالی و تبادل‌هایی که توسط افراد در تصمیم‌گیری‌ها در سیستم علم و نوآوری روبرو شده‌اند، قرار داده است:

- جغرافیای فعالیت علمی در علوم کامپیوتر و هوش مصنوعی، که براساس نشریات اندازه‌گیری می‌شود، به سرعت تغییر کرده است. اقتصادهای در حال ظهور مانند چین، کمیت و کیفیت انتشارات خود را افزایش داده‌اند، این امر به دلیل تأثیر استناد به آن‌ها است.
- تحقیقات در مورد هوش مصنوعی به‌طور فزاینده‌ای در بودجه تحقیق و توسعه سازمان‌های دولتی در مأموریت‌های مختلف و زمینه‌های پژوهشی لحاظ شده است. مثال مطرح شده برای دو آژانس بزرگ سرمایه‌گذاری ایالات متحده باید به زودی به سایر آژانس‌ها و کشورها گسترش یابد. با این حال، این موضوع نیازمند یک تلاش هماهنگ برای حفظ اطلاعات باکیفیت پروژه و در دسترس قرار دادن آن برای اهداف سیاست تحقیقات است.
- کسب و کارهای تحقیقاتی در زمینه علوم کامپیوتر در منطقه OECD طیف گسترده‌ای از فرصت‌ها را در داخل و خارج از دانشگاه‌ها ایجاد می‌کنند، اما در جذب بخش قابل توجهی از زنان موفق نیستند. مشاغل تحقیقاتی در این زمینه بیشتر شامل افراد متولد یا بزرگ شده در خارج از کشور می‌شود و این امر به اهمیت سیاست‌هایی اشاره می‌کند که بر انگیزه استعدادها تأثیر می‌گذارند و تغییرات تقاضای مهارت را در نظر می‌گیرند.
- فعالیت دیجیتالی در علم بسیار گسترده است، اما فضای قابل توجهی برای رشته‌های مختلف وجود دارد تا از پتانسیل دیجیتالی شدن به‌طور کامل استفاده کنند. این امر به‌ویژه در استفاده از ابزارهای پیشرفته‌ای که می‌توانند پارادایم‌های تحقیقاتی ایجاد شده را تغییر دهند صادق است. علاوه بر این، شدت دیجیتالی بالا با بسیاری از فعالیت‌های ماموریت سوم که سیاست‌گذاران مایل به تشویق آن‌ها هستند، از جمله ایجاد استارتاپ‌ها و تعامل اجتماعی همراه است. شواهدی از شکاف نسلی و جنسیتی در جذاب‌ترین حوزه‌های بکارگیری فناوری‌های دیجیتال وجود دارد.
- به نظر می‌رسد دانشمندان، به‌ویژه جوان‌ترها، به‌طور کلی نسبت

به امکاناتی که بخاطر دیجیتالی شدن به عمل آمده است، خوشبین هستند. با این حال، بسیاری از این جوان‌ها در مورد انگیزه‌های شغلی خود، امید بیشتری دارند.

- به نظر می‌رسد که به‌کارگیری فناوری‌های پیشرفته دیجیتال با اتخاذ شیوه‌های تجارت مکمل به شدت مرتبط است. این موضوع با نوآوری گزارش شده بیشتر مرتبط است. همچنین شواهدی وجود دارد که نشان می دهد اندازه شرکت یک عامل تعیین‌کننده قدرتمند در به‌کارگیری فناوری پیشرفته است. با این حال، در بین یک نمونه نماینده از شرکت‌های کانادایی و پس از حسابرسی مشخصات دیگر، به احتمال زیاد شرکت‌های کوچکتر تقریباً به اندازه شرکت‌های بزرگ‌تر از فناوری‌های محاسبات ابری استفاده می‌کنند. تنها موضوع باقیمانده بررسی این است که آیا می توان این یافته را در سایر زمینه ها تکرار کرد یا نه.
- این فصل به سراغ اقدامات پیشرفته‌ای از شایستگی‌های سازمانی در ارتباط با فناوری‌های دیجیتال می‌رود که بر توانایی نوآوری شرکت‌ها در چشم انداز فعلی که پلتفرم‌ها در آن یک نقش اساسی ایفا می‌کنند، تأثیر می‌گذارد. بازنگری حاضر بر بررسی‌های نوآوری برای انطباق با راهنمایی‌های آخرین نسخه منتشر شده کتابچه راهنمای اسلو، فرصتی قابل توجه برای کشورها است که در مورد چگونگی تولید بینش در این زمینه، دوباره بررسی‌هایی انجام دهند.

برای پرداختن به سؤالات خاص مربوط به سیاست، سنجش هدفمندتری مورد نیاز است. این سنجش‌ها شامل این‌که چگونه دیجیتالی شدن می تواند به‌طور بنیادی دامنه فرضیه‌های تولید شده و سرعت آزمایش فرضیه تحقیق رقابتی را گسترش دهد، می‌شود. این امر می‌تواند به نگرانی‌های مربوط به کاهش بهره وری تحقیقات، اعتماد عمومی به علم، عدم تنوع و تعامل جامعه کمک کند. همچنین می تواند سیاست‌گذاری را به گونه‌ای آگاه سازد که از عدم سوءاستفاده احتمالی بین مشوق‌های شغلی و تحقیقات سودمند اجتماعی جلوگیری کند.

سؤالات مربوط به نقش دیجیتالی شدن نیز محرک بسیار ضروری‌ای را برای اندازه گیری ابعاد اصلی علم و نوآوری ارائه می‌دهد که زمانی برای اندازه‌گیری

بسیار پیچیده یا حتی غیر ضروری به نظر می‌رسید. درک این که علم چگونه فناوری و شیوه‌های سازمانی را به‌کار می‌گیرد، در نهایت می‌تواند در توضیح چگونگی تاثیرگذاری گسترده‌تر در جهت تغییر فنی و نوآوری کمک کند.

• دیجیتالی شدن یک «تغییردهنده بازی» برای سنجش و تحلیل STI است.

دیجیتالی شدن نشان دهنده نیروی اصلی برای تغییر در تولید و استفاده از داده‌ها و آمار STI است. سیستم‌های STI به طرز چشمگیری غنی از داده‌ها شده اند: اکنون بازیابی، پردازش و تجزیه و تحلیل اطلاعات مربوط به ورودی‌ها و خروجی‌های نوآوری که فقط در منابع بسیار پراکنده و کاغذی ثبت شده بودند، بسیار آسان‌تر است (OECD، ۲۰۱۸b). هنگامی که محققان و مدیران از ابزارهای دیجیتالی استفاده می‌کنند، ردی از آن‌ها باقی می‌ماند که می‌تواند برای توسعه پایگاه داده‌های جدید مورد استفاده قرارگیرد و از شاخص‌ها و تحلیل‌های آن‌ها استفاده شود. دیجیتالی شدن درخواست ثبت اختراع و فرآیندهای انتشار علمی، منابع داده‌ای غنی و گسترده‌ای را برای تجزیه و تحلیل آماری فراهم کرده است. دیجیتالی شدن به سرعت به انواع دیگر داده‌های اداری و سازمانی مانند معاملات (داده‌های صورتحساب و حقوق و دستمزد)، محتوای وب سایت و استفاده از فراداده‌های رسانه‌های اجتماعی عمومی و تخصصی که در آن بازیگران STI با همتایان و جامعه خود تعامل دارند، گسترش می‌یابد. متخصصان داده، این فراداده‌ها را به‌عنوان «داده‌های غیرراحت[۱]» یعنی داده‌هایی که برای اداره کردن توسط ابزارها و تکنیک‌های معمول، بسیار بزرگ هستند. اما حتی این داده‌های غیرراحت اکنون قابل ردیابی هستند.

مرزبندی بین داده‌های کیفی و کمی، نمونه‌ای بارز از چگونگی آسان‌تر شدن مدیریت کلان‌داده‌ها است. برای مثال، بسیاری از روش‌های گردآوری اطلاعات (به‌عنوان مثال آزمایش کاربر یا مصاحبه) به‌طور سنتی کاملاً کیفی تلقی می‌شدند. با این حال، اکنون آن‌ها می توانند در مقیاس وسیع انجام شوند و نتایج کمی داده شود. به‌عنوان مثال، متن، تصاویر، صدا و فیلم می‌توانند توسط دستگاه‌ها «خوانده» شوند. ابزارهای پردازش زبان طبیعی، پردازش داده‌های متنی را از هزاران پاسخ نظرسنجی یا ارسال رسانه‌های اجتماعی به داده‌های قابل اندازه گیری، تبدیل می‌کنند. این تکنیک‌ها

۱ uncomfortable data

می توانند به برطرف کردن برخی از چالش‌های متداول آماری STI، مانند خستگی بررسی و سیستم‌های طبقه‌بندی نامناسب برای اهداف، که بطور متفاوتی توسط رمزگذارهای انسانی اعمال می شود، کمک کند. در نتیجه، آن‌ها شاخص‌های تطبیق‌پذیر ایجاد می‌کنند.

کاربرد مؤثر این روش‌های جدید در نهایت به سیستم‌های مناسب و با کیفیت بالا متکی است. این سیستم‌ها باید اطلاعات کیفی را به‌طور مداوم جمع‌آوری کرده و از دستکاری احتمالی طرفین علاقه‌مند به استفاده از داده‌ها، جلوگیری کنند. مدیران پایگاه داده‌های اداری به کنترل‌کنندگان مهم کیفیت داده تبدیل می‌شوند، اما ارائه دهندگان اطلاعات هنوز به انگیزه‌های کافی نیاز دارند. کلان‌داده ریسک‌هایی در بهره‌برداری از مجموعه‌داده‌هایی با نقص‌ها و جانب‌داری‌های احتمالی توسط محققان را به همراه دارد. همچنین بر دشواری‌هایی در ارزیابی تکنیک‌ها و تحلیل‌های کلان‌داده، به‌ویژه با استفاده از معیارهای متعارف (مانند ابطال‌پذیری) دلالت دارد و پیچیدگی توضیح این تکنیک‌ها - و ارزش آن‌ها به‌عنوان شواهدی برای ارزیابی سیاست - برای تصمیم‌گیرندگان و عموم را بیان می‌کند. در این محیط جدید، کار به تدریج از مقیاس‌های ثابت تجزیه و تحلیل (مانند ملیت) به سمت دسته‌های متغیر و تعامل با مجموعه‌داده‌های گسترده جدید حرکت می‌کند. این امر به روش دیگری برای جستجوی الگوها، روندها، همبستگی‌ها و روایت‌ها نیاز دارد.

تغییر چشم انداز نظرسنجی‌ها بحث‌های زیادی را در مورد آینده آن‌ها به راه انداخته است. برخی سؤال می‌کنند که آیا انتقال به کلان‌داده پیش‌درآمدی بر افول نظرسنجی‌ها است یا خیر. برخی دیگر، به نقل از مارك تواین، استنباط می‌کنند که گزارش‌های مربوط به از بین رفتن نظرسنجی‌ها بسیار اغراق آمیز است. در واقع نحوه انجام نظرسنجی‌ها تغییر کرده است، زیرا نظرسنجی‌های آنلاین روش‌های غیر دیجیتالی گران‌تر را کنار گذاشته است. بنابراین، نظرسنجی‌ها می‌توانند به سمت حوزه‌هایی باشد که منابع دیگر داده‌ها تاثیر کم‌تری داشته باشند (کالگرگو و یانگ[۱]، ۲۰۱۸؛ جرمین[۲]، ۲۰۱۹).

ابزارهای الکترونیکی (از جمله پلتفرم‌های «خودت انجام بده»[۳]) فرآیند

۱ Callegaro and Yang
۲ Jarmin
۳ do-it-yourself platforms

نظرسنجی را «دموکراتیک» کرده‌اند و آن را آسان‌تر از گذشته می‌کنند. این امر به رشد ناگهانی نظرسنجی‌ها بطور کلی و در زمینه مطالعات STI منجر شده است. با این حال، این نظرسنجی‌ها اغلب نتوانسته‌اند الزامات اصلی کیفیت آمار، از جمله حفظ حریم خصوصی و محرمانه بودن را انجام دهند. رشد سریع نظرسنجی‌ها همچنین نشان دهنده بالا رفتن خستگی پاسخ دهندگان است. این امر منجر به کاهش نرخ پاسخ مورد انتظار به بررسی‌های غیر اجباری (و اجباری، اما اجرای سخت) می‌شود و ممکن است باعث تضعیف اعتماد شود. سیاست‌گذاران STI باید نظرسنجی‌های حمایت شده خود را با یکدیگر هماهنگ کرده و از آن‌ها استفاده کنند.

منابع جدید داده برای STI، مانند سوابق اداری، پایگاه‌های داده تجاری و اینترنت، قدرت تحول‌آفرینی قابل توجهی دارند که ناشی از چند بعدی بودن آن‌ها و امکاناتی برای اتصال انواع مختلفی از موضوعات و اشیاء تحت پوشش است. بازتولید نقاط قوت این منابع داده در نظرسنجی‌ها دشوار است. به‌طور سنتی، نظرسنجی‌ها برای شناسایی بازیگران اصلی و انواع تعاملات از پیش تعریف شده به جای ردیابی این پیوندها طراحی شده‌اند.

راه‌حل‌های دیجیتالی که در ابزارهای نظرسنجی استفاده می‌شوند تا اعتماد و اعتبار را ایجاد کنند، می‌توانند به پتانسیل منابع جدید داده کمک کنند. فناوری‌های دیجیتال به‌عنوان مؤلفه‌های اصلی حرکت به سمت «داده‌های غنی[1]» مشاهده می‌شوند. آن‌ها برای اعتبارسنجی و تقویت کیفیت منابع کلان‌داده‌ها بسیار مهم هستند (کالگرو و یانگ[2]، ۲۰۱۸). به نظر می‌رسد به جای رقابت با منابع جایگزین، نظرسنجی‌ها به‌طور فزاینده‌ای روی اطلاعات مهم و اساسی که نمی‌توان به طرق دیگر به دست آورد متمرکز شده‌اند. آزمایش اخیر نشان می‌دهد که اعتماد و اعتبار مهمترین عوامل تعیین‌کننده موفقیت در تلاش‌های نظرسنجی در عصر دیجیتال خواهد بود.

تجربه مطالعه علمی نویسندگان بین المللی[3] OECD اعتماد متقابل بین جمع‌آوری‌کننده داده و پاسخ دهنده، هنگام انجام نظرسنجی‌ها در عصر دیجیتال را تأیید می‌کند. در نهایت نظرسنجی ISSA به بررسی چگونگی توسعه دانش کاری در مورد موضوعات نوظهوری که با سیاست ارتباط دارند

۱ Rich data
۲ Callegaro and Yang
۳ ISSA

می‌پردازد. این امر می‌تواند به ایجاد یک مبنای بالقوه برای جمع‌آوری داده‌های توزیع شده در کشور کمک کند. همچنین می‌تواند مکانیزمی برای گفتگوهای جاری بین OECD و جامعه علمی جهانی ایجاد کند.

سیاست گذاران STI باید از ایجاد و اتخاذ استانداردهای لازم برای محافظت از تمام داده‌هایی که مایل به استفاده از آن‌ها در جهت شکل دادن به سیاست‌های خود هستند، صرف نظر از منبع، پشتیبانی کنند. علاوه بر این، مدیریت ریسک به بخشی جدایی ناپذیر از علم و سیاست نوآوری در عصر دیجیتال تبدیل خواهد شد. سیاست گذاران باید چگونگی بالا بردن قابلیت اعتماد سیستم‌های دیجیتالی از جمله سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی را مد نظر داشته باشند. در نتیجه، سنجش‌ها باید به‌طور فزاینده‌ای خطرات و عدم اطمینان را ترسیم کند و چگونگی تأثیر عملکرد و سیاست‌های دیجیتالی شدن را تحلیل کنند. این بخش مهمی از تصمیمات مربوط به ارزیابی مزیت‌های گزینه‌های مختلف سیاست‌های علوم و نوآوری در عصر دیجیتال خواهد بود.

همانطور که توسط شورای توصیه‌ای OECD در مورد هوش مصنوعی منعکس شده است، نوآوری دیجیتالی و هوش مصنوعی به‌طور ویژه‌ای از لحاظ کاربردی در سطح ملی و بین المللی وجود دارند (OECD، ۲۰۱۹b). توصیه شورای OECD به صراحت بیان می‌کند که دولت‌ها «باید سرمایه گذاری دولتی بلند مدت را در نظر بگیرند و سرمایه گذاری‌های خصوصی را به منظور شتاب دادن به نوآوری در هوش مصنوعی قابل اعتماد در تحقیق و توسعه، شامل تلاش‌های بین رشته‌ای، تشویق کنند.». این اولویت‌های سیاسی، با تقاضای اغلب آن‌ها برای سنجش و شواهد جدید، کارهای آماری و تحلیل OECD در آینده را در این زمینه هدایت می‌کند.

یادداشت‌ها ۱ در زمینه برنامه‌های دفاعی، آژانس پروژه‌های تحقیقاتی پیشرفته دفاعی[۱] مسئول بخش اعظم بودجه تحقیقاتی مربوط به علوم کامپیوتر در ایالات متحده است. اطلاعات مربوط به پروژه در این مورد به آسانی در دسترس نیست. در حالی که هوش مصنوعی به صورت جداگانه قابل بررسی نیست، برآوردهای بودجه طبقه‌بندی نشده این آژانس برای سال ۲۰۱۹ شامل ۲۱ مورد مربوط به تحقیقات هوش مصنوعی است. بودجه

[۱] Defense Advanced Research Projects Agency

سال ۲۰۱۷ برای تحقیق و توسعه، آزمایش و ارزیابی برای «برنامه علوم تحقیقات دفاعی[۱]» شامل ۱۴۵ میلیون دلار برای ریاضیات و علوم رایانه و ۴۶ میلیون دلار برای علوم سایبری است.

۲ تجزیه و تحلیل OECD در زمینه دسترسی آزاد بر اساس نمونه تصادفی از ۱۰۰۰۰۰ سند تهیه شده از مقالات پژوهشی، مروری و کنفرانسی منتشر شده در سال ۲۰۱۶ است. این اسناد در پایگاه داده Scopus لیست شده و دارای شناسه برنمود دیجیتالی (DOI) میباشد. ارزیابی وضعیت دسترسی آزاد اسناد در ژوئن سال ۲۰۱۷ با استفاده از روال "wrapper" مبتنی بر زبان R برای رابط برنامه کاربردی oaDOI انجام شد. این مورد توسط ImpactStory، وب سایت متن باز تولید شده است که به منظور کمک به محققان در کشف و به اشتراک‌گذاری تأثیر آنلاین تحقیقات خود می‌باشد. API اطلاعات مربوط به توانایی تامین امنیت نسخه‌های قانونی اسناد مربوطه را به صورت رایگان و با مکانیسم‌های مختلف موجود را ارئه می دهد: مجله Gold OA؛ Gold hybrid ؛ Green OA. هنگامی که DOI برای منابع اطلاعات دسترسی قابل حل نیست، نتیجه به‌عنوان «هیچ اطلاعات - وضعیتی موجود نیست» نشان داده می‌شود. این دسته برای چین بیش از ۱۵٪ نشان داده شده است. هنگامی که DOI تعیین شود و بازده نشان دهد که هیچ نسخه قانونی در دسترس نیست، سند با عنوان «بسته» مشخص می شود. این مسئله شامل اسناد تحت تحریم است. برنامه oaDOI و برنامه افزودنی مرورگر «unPaywall» از آن زمان بیشتر اصلاح و توسعه یافته‌اند. آن‌ها اکنون دسته دیگری از انتشارات را مشخص میکنند، یعنی آن‌هایی که بدون مجوز کاملاً مشخص (با عنوان «برنز») می توانند در صفحه ناشر بخوانند. به بسیاری از این اسناد در نسخه‌های قبلی برنامه oaDOI بی توجهی می‌شد و به‌عنوان بسته شناخته می‌شدند. پیووار[۲] و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که درصد انتشارات این گروه در حدود ۱۵٪ برای جدیدترین انتشارات دارای DOI معتبر است. این امر درصد اسناد عملکردی باز را با شواهد موجود در مطالعه ISSA ۲ نزدیکتر می‌کند، که نشان می‌دهد حدود ۶۵٪ از اسناد تحقیقاتی منتشر شده در سال ۲۰۱۷ می‌توانند یک سال بعد به صورت آنلاین به صورت رایگان دسترسی داشته باشند. این تجربه به سودمندی برای هدف‌های تحقیقاتی در سیاست گذاری API ها

۱ Defense Research Sciences Program
۲ Piwowar

با ابرداده‌ها درباره تحقیقات علمی اشاره دارد، اما همچنین یادآور دشواری برای حساسیت نتایج به روش‌های مورد استفاده است.

منابع

Agrawal, A., J. Gans and A. Goldfarb (2018), Prediction Machines: The Simple Economics of Artificial
Intelligence, Harvard Business Review Press, Cambridge, Massachusetts.
BEIS and DCMS (2018), "Artificial intelligence sector seal: A sector deal between government and the
artificial intelligence (AI) sector", Policy Paper, Government of the United Kingdom,
www.gov.uk/government/publications/artificial-intelligence-sector-deal.
Börner, K. et al. (2018), "Skill discrepancies between research, education, and jobs reveal the critical
need to supply soft skills for the data economy", Proceedings of the National Academy of Sciences,
December, Vol. 115/50, United States National Academy of Sciences, Washington, DC, pp. 12630-
12637, https://doi.org/10.1073/pnas.1804247115.
Breschi, S., J. Lassébie and C. Menon (2018), "A portrait of innovative start-ups across countries",
OECD Science, Technology and Industry Working Papers, 2018/02, OECD Publishing, Paris,
http://dx.doi.org/10.1787/f9ff02f4-en.
Boselli, B. and F. Galindo-Rueda (2016), "Drivers and implications of scientific open access publishing:
findings from a pilot OECD International Survey of Scientific Authors", OECD Science, Technology
and Industry Policy Papers, No. 33, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/5jlr2z70k0bx-en.
Bughin, J. et al. (2017), "Artificial intelligence: The next digital frontier?" Discussion Paper, June,
McKinsey Global Institute,
https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Industries/Advanced%20Electronics/Our%20Insights/How%20artificial%20intelligence%20can%20deliver%20real%20value%20to%20companies/MGIArtificial-Intelligence-Discussion-paper.ashx.
Callegaro, M. and Y. Yang (2018), "The role of surveys in the era of 'big data'", in D. Vannette and
J. Krosnick (eds.), The Palgrave Handbook of Survey Research, Palgrave Macmillan, Cham,
Switzerland, https://doi.org/10.1007/978-3-319-54395-6_23.
Cockburn, I., R. Henderson and S. Stern (2018), "The impact of artificial intelligence on innovation",
in A. Agrawal, J. Gans and A. Goldfarb (eds.), The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda,
University of Chicago Press.
EC (2018), Artificial Intelligence for Europe; Communication from the Commission to the European

Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and
the Committee of the Regions; COM (2018) 237 final, European Commission, Brussels.
EDaily (2017), “Big Data, 5G, autonomous car, etc.”,
www.edaily.co.kr/news/read?newsId=01685926616162128&mediaCodeNo=257.
Elsevier (2018), Artificial Intelligence: How Knowledge is Created, Transferred, and Used, Elsevier,
Amsterdam, www.elsevier.com/research-intelligence/resource-library/ai-report.
Furman, J. (2016), “Is this time different? The opportunities and challenges of artificial intelligence,”
presentation at AI now: The social and economic implications of artificial intelligence technologies in
the near term, New York University, 7 July,
https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/page/files/20160707_cea_ai_furman.pdf.
Fyfe, A. et al. (2017), “Untangling academic publishing: A history of the relationship between commercial
interests, academic prestige and the circulation of research”, Briefing Paper, May, University of
St. Andrews, United Kingdom, https://doi.org/10.5281/zenodo.546100.
Gold, E.R. et al. (2018), “An open toolkit for tracking open science partnership implementation and
impact” [version 1; not peer-reviewed], Gates Open Research 2018, 2/54,
https://doi.org/10.21955/gatesopenres.1114891.1.
Gold, E.R. (2016), “Accelerating translational research through open science: The neuro experiment”,
PLOS Biology, Vol. 14/12, e2001259, https://doi.org/10.1371/journal.pbio.2001259.
Goldfarb, A. and C. Tucker (2017), “Digital Economics”, NBER Working Paper No. 23684, National
Bureau of Economic Research, Cambridge, Massachusetts.
Jarmin, R.S. (2019), “Evolving measurement for an evolving economy: Thoughts on 21st century US
economic statistics”, Journal of Economic Perspectives, Vol. 33/1, American Economic Association,
Nashville, pp. 165-184, https://doi.org/10.1257/jep.33.1.165.
Klinger, J., J.C. Mateos-Garcia and K. Stathoulopoulos (2018), “Deep learning, deep change? Mapping
the development of the artificial intelligence general purpose technology”, 17 August, SSRN,
http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3233463.
McKinsey (2018), “AI adoption advances, but foundational barriers remain”, Survey, McKinsey Institute,
www.mckinsey.com/featured-insights/artificial-intelligence/ai-adoption-advances-but-foundationalbarriers-remain.
National Science Foundation (2018), Doctorate Recipients from U.S. Universities: 2017. Special Report
NSF 19-301, National Center for Science and Engineering Statistics. Alexandria, VA,
https://ncses.nsf.gov/pubs/nsf19301/.

NIH (2018), NIH Strategic Plan for Data Science, National Institutes of Health, Bethesda, United States,
https://datascience.nih.gov/sites/default/files/NIH_Strategic_Plan_for_Data_Science_Final_508.pdf.
NSTC (2016), Preparing for the Future of Artificial Intelligence, Executive Office of the President National
Science and Technology Council Committee on Technology, Washington, DC,
https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/whitehouse_files/microsites/ostp/NSTC/prep
aring_for_the_future_of_ai.pdf.
OECD (n.d. a), “Going Digital”, webpage, www.oecd.org/going-digital/ai (accessed 1 June 2019).
OECD (n.d. b), Careers of Doctorate Holders database, 2017 CDH-light data collection, http://oe.cd/cdh.
OECD (n.d. c), OECD International Survey of Scientific Authors 2018, http://oe.cd/issa.
OECD (2019a), Measuring the Digital Transformation: A Roadmap for the Future, OECD Publishing,
Paris, https://doi.org/10.1787/9789264311992-en
OECD (2019b), Recommendation of the Council on Artificial Intelligence, OECD, Paris, https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0449.
OECD (2018a), Education at a Glance: OECD Indicators, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/eag-2018-en.
OECD (2018b), “Blue Sky perspectives towards the next generation of data and indicators on science and
innovation”, in OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2018: Adapting to Technological
and Societal Disruption, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/sti_in_outlook-2018-19-en.
OECD (2018c), “Private equity investment in artificial intelligence”, OECD Going Digital Policy Note,
OECD, Paris, www.oecd.org/going-digital/ai/private-equity-investment-in-artificial-intelligence.pdf.
OECD (2017), “Open access of scientific documents, 2017: As a percentage of a random sample of
100 000 documents published in 2016”, in Science, Technology and Industry Scoreboard 2017: Knowledge economies and the digital transformation, OECD Publishing, Paris,
https://doi.org/10.1787/sti_scoreboard-2017-graph66-en.
OECD (2015a), Data-Driven Innovation: Big Data for Growth and Well-Being, OECD Publishing, Paris,
https://doi.org/10.1787/9789264229358-en.
OECD (2015b), “Making open science a reality”, OECD Science, Technology and Industry Policy Papers,
No. 25, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/5jrs2f963zs1-en.
OECD (2015c), Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and
Experimental Development, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities,
OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/9789264239012-en.

OECD (2015d), “Daejeon Declaration on Science, Technology, and Innovation Policies for the Global
and Digital Age”, webpage, www.oecd.org/sti/daejeon-declaration-2015.htm (accessed 1 June 2019).
OECD (2015e), “Public perceptions of science and technology”, in OECD Science, Technology and
Industry Scoreboard 2015: Innovation for growth and society, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/sti_scoreboard-2015-56-en.
OECD/Eurostat (2018), Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on
Innovation, 4th Edition, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities,
OECD Publishing, Paris/Eurostat, Luxembourg, https://doi.org/10.1787/9789264304604-en.
OSP (n.d.), Open Syllabus Project website, http://opensyllabusproject.org/ (accessed 1 June 2019).
Piwowar et al. (2018), “The state of OA: A large-scale analysis of the prevalence and impact of open
access articles”, PeerJ, 6:e4375, https://doi.org/10.7717/peerj.4375.
Rindfleisch, A et al. (2017), “The digital revolution, 3D printing and innovation as data”, Journal of Product
Innovation Management, Vol. 34/5, Wiley Online Library, pp. 681-690, https://doi.org/10.1111/jpim.12402.
Shoham, Y. et al. (2018), “The AI Index 2018 Annual Report”, AI Index Steering Committee, HumanCentered AI Initiative, December, Stanford University, Stanford, United States.
Simonite, T. (2017), “Do we need a speedometer for artificial intelligence?”, WIRED, 30 August,
www.wired.com/story/do-we-need-a-speedometer-for-artificial-intelligence/.
Varian, H. (2019), “Artificial intelligence, economics, and industrial organization”, in A.K. Agrawal et al.
(eds.), The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda, National Bureau of Economic Research,
Cambridge, United States.
Verger, F. et al. (forthcoming), “Exploring patterns of advanced technology and business practice use and
its link with innovation: An empirical case study based on Statistics Canada’s Survey of Advanced
Technologies”, OECD Science, Technology and Industry Working Papers, OECD Publishing, Paris.
WIPO (2019), WIPO Technology Trends 2019: Artificial Intelligence, World Intellectual Property
Organization, Geneva, www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_1055.pdf.
Yamashita et al. (forthcoming), “Identifying and measuring developments in artificial intelligence”, OECD
Science, Technology and Industry Working Papers, OECD Publishing, Paris

فصل ۳ فناوری دیجیتال، تغییر نحوه عملی نمودن علم و تاثیرات آن روی سیاست

این فصل به این موضوع می‌پردازد که فناوری‌های دیجیتالی که از تحقیقات علمی با بودجه دولتی سر برآورده‌اند، چگونه اکنون در حال تغییر روش انجام تحقیقات و ایجاد پدیده علم باز هستند. این تغییر در هر سه اصل علم باز آشکار است: انتشار اطلاعات علمی، دسترسی به داده‌های تحقیق و همکاری با ذی‌نفعان از خارج تحقیق. ابزارها و تحلیل‌هاییبرای هر یک از این سه زمینه ارائه شده است. سپس موضوع با شرحی بر روی اینکه هر کدام از این تلاش‌ها چه مفهومی برای اداره علم به صورت یک کل دارد، ادامه پیدا می‌کند که این امر شامل هماهنگی[۱] و همکاری[۲] بین المللی است. این فصل بر اساس کار قبلی توسط کارگروه سیاست نوآوری و فناوری OECD و گزارش «تبدیل علم باز به واقعیت» و یافته‌های اخیر انجمن علمی جهانی OECD تدوین شده است.

۱ Co-ordination
۲ Co-operation

مقدمه

فناوری‌های دیجیتال در حال ایجاد تحول در علم هستند. مباحث زیادی در اقتصاد دیجیتال بر روی نقش تعیین‌کننده تعداد کمی از شرکت‌های چند ملیتی تمرکز دارند. در این زمینه درک این واقعیت که علم بخش دولتی در بطن انقلاب دیجیتال قرار دارد و به ایفای نقش مهم خود در شکل دادن به آن ادامه می دهد، آسان است. شبکه گسترده جهانی[1] در ابتدا در آزمایشگاه اروپایی برای فیزیک ذرات در سوئیس برای رفع نیازهای علم فیزیک ذرات توسعه پیدا کرد. کارهای بنیادی بر روی اینترنت، توسط آژانس پروژه‌های تحقیقاتی پیشرفته دفاعی و بنیاد ملی علوم در آزمایشگاه‌های عمومی در ایالات متحده آمریکا انجام گرفت. محققین آکادمیک نقش مهمی را در توسعه نسل بعدی فناوری‌های دیجیتال از محاسبات کوانتوم گرفته تا ذخیره سازی داده‌های زیستی ایفا می‌کنند. در همین حال، علم به شدت توسط فناوری‌های دیجیتال که خودش به وجود آورده است، در حال تغییر است.

دیجیتالی شدن بر روی تمامی مراحل فرآیند علمی از تعیین موضوع و آزمایش گرفته تا اشتراک دانش و همکاری عموی، اثر می‌گذارد. انجام این کار گذار به نظم‌های جدید در علوم باز را تسهیل می‌کند. اثرات تحولی و گاهی اوقات برانداز فناوری دیجیتال در تمامی زمینه‌های علوم آشکار هستند، اما خود را در جوامع مختلف به شکل‌های گوناگونی نشان می‌دهند. زمینه‌های علمی که از گذشته داده محور و مشارکتی بوده‌اند، مثل فضانوردی و فیزیک ذرات، با چالش‌های متفاوتی نسبت به تحقیقات پزشکی و یا علوم اجتماعی که زیاد بر روی داده تمرکز ندارند، مواجه هستند. در عوض، زمینه‌های ذکر شده تاریخچه قوی‌تری در مشارکت اجتماعی داشته‌اند که آن‌ها نیز توسط دیجیتالی شدن در حال تغییر هستند.

علم باز، در گسترده‌ترین مفهوم خود، جهت آزاد کردن هرچه بیشتر فرآیند علمی و مشارکت حداکثری عوامل مربوطه در آن است. این مفهوم دارای سه رکن اصلی است: دسترسی آزاد به منابع و اطلاعات علمی، دسترسی بهبود یافته به داده تحقیقاتی و همکاری گسترده‌تر با ذی‌نفعان داخلی و بیرونی در هر جامعه علمی. تقویت این سه رکن می‌تواند کارآیی و بازده علم را افزایش دهد و تبدیل یافته‌های علمی به ابتکارات و فواید اقتصادی-اجتماعی را

[1] Word wide web

شتاب دهد. رسیدن به این هدف و بهره بردن کامل از علم باز، در حالی که ریسک‌های مربوط به آن را به حداقل رسانده باشیم، نیازمند سیاست‌های جدید و ایجاد توازن دقیق بین تکالیف و مشوق‌ها است. همچنین این کار نیازمند راهبرد بلند مدت در مهارت‌ها و زیرساخت‌های دیجیتال است.

این فصل سه رکن علم باز را در نظر می‌گیرد: دیجیتالی شدن چگونه بر فعالیت‌های شناخته شده اثرگذار است، فرصت‌های و چالش‌هایی که به وجود می آیند و این‌ها چه تاثیری بر سیاست دارند. سپس به بررسی تاثیر این توسعه‌ها در حکمرانی علم به‌عنوان یک کل که همکاری و هماهنگی بین المللی را نیز در بر می‌گیرد، می پردازد. این فصل بر پایه کار قبلی کارگروه سیاست‌های فناوری و نوآوری OECD و گزارش «تبدیل علم باز به یک وقعیت» بنا نهاده شده است. این فصل بعضی از یافته‌های کلیدی کار اخیر انجام شده توسط انجمن علوم جهانی OECD را نیز ارائه می‌دهد. این کار شامل چارچوبی کلی برای علم باز و گزارش سیاست ویژه مربوط به شکل‌های جدیدی از داده و اخلاق، منبع داده، تنظیم زمینه و دسترسی به زیرساخت‌های تحقیقاتی است. این گزارشات با دیدگاه‌هایی از دیگر گروه‌های فعال OEDC که شامل کار گروه‌ها، چکیده‌ها و منابع و دیگر اطلاعات مربوط به آن است، تکمیل می‌شود.

دسترسی به اطلاعات علمی

نتایج تحقیقات علمی به صورت سنتی در یکی از ژورنال‌های تخصصی منتشر می‌شود و در ادامه توسط افراد بازبینی می‌شود. هزینه‌های مدیریت در فرآیند بازبینی و چاپ و توزیع توسط گرفتن هزینه از خوانندگان و یا کتابخانه‌ها جبران می‌شود. در طول زمان، صنعتی سودمند در اطراف انتشارات علمی به وجود آمد و بسیاری از مجامع علمی حرفه ای به درآمد حاصل از انتشار منابع متکی شدند تا بتوانند هزینه‌های انجمن‌های خودشان را تامین کنند. با رشد جوامع علمی، تعداد مجلات علمی به همراه هزینه دسترسی به این مجلات، به شدت افزایش پیدا کرده است. اگرچه درون فضای آکادمیک، تنها موسسات دارای حمایت مالی، که معمولا در کشورهای توسعه یافته قرار دارند، قادر بوده‌اند تا با این افزایش وفق پیدا کنند. با ظهور شبکه جهانی وب و انتشارات آنلاین، هزینه‌های توزیع اطلاعات علمی تقریبا به صفر رسیده است و موقعیت بهتری را برای دسترسی وسیع و

همگانی به اطلاعات علمی به وجود آورده است. مدل‌های انتشاراتی جدید دسترسی آزاد به وجود آمده‌اند (طلایی، سبز، هیبریدی و غیره) و سرورهای پیش-چاپ (مثل arXiv.org در فیزیک یا bioRxiv.org برای زیست شناسی)، مجلات بسیار بزرگ (مثل PLOS One)، منابع موسساتی و گردآورندگان آنلاین اطلاعات علمی (مثل PubMedCentral یا LENS.org) دسترسی به اطلاعات علمی را آسان‌تر و همگانی‌تر کرده‌اند. این انتقال به مدل‌های جدید انتشارات علمی نگرانی‌هایی را درباره کیفیت و پایداری اطلاعات علمی به وجود آورده است. تضمین این موارد جنبه مهمی در ارزش افزوده شده به منتشر کنندگان - به همراه جوامع علمی - را فراهم کرده است. این نقش در مدل‌های سنتی کسب و کار آن‌ها ادغام شده است. در دوران جدید انتشارات، مشخص نیست که چگونه فرآیندهای داوری همتا انجام می‌شود و نتایج علمی چگونه نگهداری و به روز رسانی می‌شود. تخمین‌ها برای هزینه انتشار بسیار متفاوت است. اطلاعات بهتری برای گذار از مدل بازار «که هزینه را خواننده می‌پردازد[1]» به مدل جریان بالا دستی با کیفیت بالا و پایدار، یا پرداخت توسط نویسنده، مورد نیاز است. قابل ذکر است که در این زمینه cOAlition - یک کنسرسیوم تامین بودجه تحقیقات - نبود شفافیت در هزینه‌ها و مخارج انتشارات دسترسی آزاد را به‌عنوان مانعی بر سر راه ارتقا انتشار دسترسی آزاد معرفی کرده است.

با ورود بازیگران جدید به میدان انتشارات علمی، نگرانی زیادی برای رشد مجلات آنلاین شکارچی به وجود آمده است. این ژورنال‌ها از نویسندگان برای منتشر کردن مقالاتشان هزینه دریافت می‌کنند، اما هیچ بازبینی را بر روی نتایج و کنترل کیفیت آن‌ها انجام نمی‌دهند. مجلات آن‌ها نتایج علمی را خدشه‌دار می‌کند و می‌توانند اعتماد به علم را زیر سوال ببرند. مجموعه‌ای از مجلات شکارچی که توسط یک کتابخانه دار (جفری بیل[2]) در سال ۲۰۰۸ جمع آوری شده بود، به یک منبع برای جامعه علمی تبدیل شده است. چون این مجموعه از سال ۲۰۱۷ دیگر به روز رسانی نشده است، غیبت آن باعث تاسف است و تلاش‌هایی برای احیای آن صورت گرفته است. مجلات شکارچی باید به‌طور عمومی شناسایی شوند و محققین از انتشار نتایج علمی در آن‌ها صرف نظر کنند.

---

۱ Reader-pays
۲ Jeffrey Beall

حجم زیادی از مقالات علمی در حال سرازیر شدن به سوی مجلات معتبر و محققین است که تلاش می‌کنند به همراه آن‌ها پیش بروند. رشد مقالات علمی در همراهی با گسترش جوامع علمی جهانی است. همچنین نشان دهنده سامانه‌های انگیزشی آکادمیک و مساله «منتشر کن یا از بین برو[1]» است. دانشمندان به «قله مطالعه[2]» رسیده‌اند و بسیاری از مقالات تحقیقاتی کیفیت مناسبی را ندارند. حتی با کیفیت‌ترین مجلات نیز مشکلاتی را در زمینه تضمین کیفیت دارند و تعداد موارد برگشتی در حال افزایش است. در بعضی زمینه‌های تحقیقاتی، از جمله علوم طبیعی و روانشناسی، بحران اعتماد وجود دارد و بسیاری از یافته‌های منتشر شده قابل تکرار نیستند. موارد زیادی از تناقضات علمی در انتشارات علمی در تمام زمینه‌های علمی به وجود آمده است. انجمن‌های آنلاین مثل رتراکشن واچ[3] به جامعه علمی کمک می‌کنند تا مقالات مورد بحث را شناسایی کنند و کمیته اخلاق انتشارات[4] دستورالعمل‌هایی را برای کمک به داوران برای مواجهه با این گونه موارد فراهم کرده است، اما تعداد این موارد در حال افزایش هستند (برایناردِ و یو[5]، ۲۵ اکتبر ۲۰۱۸).

با وجود اینکه ابزارهای دیجیتال نمی‌توانند دلایل سر ریز شدن اطلاعات و کمبود سختگیری علمی را بیان کنند، اما می‌توانند به مدیریت این مساله کمک کنند. فناوری اطلاعات و ارتباطات می‌تواند به سازماندهی اشتراک و تحلیل حجم‌های زیادی از اطلاعات علمی کمک کند. ابزارها و پلتفرم‌های در حال ظهور محققین را قادر می‌سازند تا به سرعت مقالات مورد علاقه خود را شناسایی و دریافت کنند. مقالات می‌توانندمی‌توانند بر اساس تاریخچه‌های جست و جوی قبلی به‌طور خودکار به محققین «پیشنهاد» شوند. نرم افزار ضد سرقت ادبی، به همراه سامانه‌های ارتباطی داده‌ها مثل کراس‌رف[6]، به داوران و انتشارات کمک می‌کند تا به کنترل کیفیت بپردازند. با این حال، این ابزارها به دلیل استفاده گسترده از استانداردها و سیستم‌های شناسایی دیجیتال منحصر به فرد می‌توانند در سطح سیاست‌گذاری حمایت شود. به‌عنوان مثال، چندین تامین‌کننده مالی تحقیقاتی به ناشران برای استفاده

۱ publish or perish
۲ Peak reading
۳ Retraction Watch
٤ Committee on Publication Ethics
٥ Brainard and You
٦ Crossref

اجباری از شناسه‌های آزاد پژوهشگران و نویسندگان (ORCID)[۱] برای هر محقق پیوسته‌اند.

دیجیتالی شدن امکانات جدیدی را برای داوری همتراز که هسته اصلی فرآیند انتشار علمی است، فراهم می‌کند. در بعضی زمینه‌ها، از جمله فیزیک و نجوم، سنتی وجود دارد که نتایج را برای بازدید و نظردهی آزاد قبل از انتشار رسمی، به سرعت در دسترس قرار می‌دهد. آرشیوهای پیش‌نویس‌ها و داوری همتراز علمی آزادانه در دیگر زمینه‌ها از جمله علوم طبیعی نیز در حال آزمایش است (آزمایشگاه بندر کلد اسپرینگ[۲]، ۲۰۱۸). با نگاه به آینده، این کار می‌تواند به‌عنوان یک فرآیند دقیق برای منتشر کردن تحقیقات، با بررسی بیشتر و نظرات بیشتر در جامعه علمی باشد و تنها بخشی از این نتایج در نهایت به صورت رسمی منتشر خواهند شد. بعضی زمینه‌ها نیز همچنین در حال داوری همتراز پس از انتشار هستند که می‌توانند در نهایت به سختگیری علمی و کیفیت نهایی آن‌ها کمک کند. سایت‌هایی مثل Pubpeer نقش مهمی در قادر ساختن جامعه علمی به گزارش و بحث در مورد نتایج تحقیقات منتشر شده دارد. فناوری‌های مثل بلاک چین احتمالا می‌توانند به تضمین کیفیت داوری همتراز، در حالی‌که به فرآیند سرعت می‌دهند و دیگران را به بازبینی تشویق می‌کند، کمک کند.

همانطور که پیش از این نشان داده شد، مدل اصلی برای ارتباطات بین اطلاعات علمی و داده‌ها به کمک آزاد سازی داوری همتا شده در پایان فرآیند تحقیق است. اگرچه اطلاعات مفیدی که در طی تحقیقات تولید می شوند، شامل نتایج منفی هم هستند که برای تکرارپذیری مهم هستند، اما هیچ وقت منتشر نمی‌شوند. درحالی که از یک طرف محققین با انبوهی از اطلاعات مواجه هستند، از طرف دیگر اطلاعات در دسترس برای ارزیابی موشکافانه و اتکا به چیزی که منتشر شده است، کافی نیست. فناوری‌های دیجیتال می‌توانند به حل این چالش نیز کمک کنند. دفترچه‌های آزمایشگاه باز آنلاین[۳]، می‌توانند دسترسی به داده‌های آزمایشی اولیه و اطلاعات مربوط به مقالات را فراهم کنند و همچنین به تضمین اعتبار سنجی مناسب کمک کنند. به‌عنوان مثال، مقاله تاریخی کشف امواج گرانشی که منجر به جایزه

۱ Open Researcher and Contributor ID
۲ Cold Spring Harbor Laboratory
۳ Online open lab notebooks

نوبل در فیزیک در سال ۲۰۱۷ شد، به‌خاطر دسترسی آزاد به نتایج ثبت شده آزمایشگاهی بود که در دفترچه یاداشت ژوپیتر[۱] بود. مقاله علمی آینده ممکن است بیش از یک اثر نگارشی با خلاصه نتایج باشد. ممکن است این مقاله شامل لینک‌های مستقیم به تمام داده‌های موجود و فرآیند آن باشد که به وسیله آن داده‌ها جمع آوری و تحلیل شده است (شاپیرا[۲]، ۲۰۱۸).

انتشار مقالات علمی در مجلات به‌طور تنگاتنگی به سیستم ارزیابی و پاداش برای علم همراه است. این به این معنی است که تغییرات در عملیات انتشار می‌تواند مستقیما بر مشاغل علمی اثرگذار باشد. این کار در دوره انتقالی فعلی بسیار مهم است، چون بسیاری از سرمایه‌گذاران در حال اجباری کردن انتشار مقالات با دسترسی آزاد هستند، اما ارتقا و استخدام و در بعضی موارد، حمایت‌های مالی موسساتی، بیشتر بر روی مقالات موجود با ضریب تاثیر بالا، که پولی هستند، تعیین می شوند (Science Europe، بدون تاریخ). اگر قرار است گذار به انتشارات با دسترسی آزاد شتاب بگیرد، لازم است تا موارد اجباری به وسیله مشوق‌ها و تغییرات در سیستم‌های فعلی ارزیابی ایجاد شوند. تمرکز بیشتر بر روی معیارهای مقاله به جای ضریب تاثیر مجله، یکی از راه‌های کمک به این مرحله گذار است.

دیجیتالی شدن موقعیت‌هایی را نیز برای ارتباطات علمی و اطلاعاتی به روش‌های مختلف فراهم می‌کند و می‌تواند مکمل و یا جایگزین مقالات مرسوم در مجلات فعلی شود. همه نظام‌های علمی به‌طور یکسان بر روی مقالات علمی به‌عنوان وسیله ای برای اشتراک نتایج متکی نیستند. در بعضی زمینه‌ها در علوم اجتماعی کتاب‌ها خروجی اصلی کار آکادمیک هستند و در علوم محاسباتی کنفرانس‌ها مکانیسم اصلی اشتراک نتایج هستند. در اینجا نیز دیجیتالی شدن می‌تواند دسترسی به این نتایج را افزایش دهد.

استفاده از شبکه‌های اجتماعی مثل فیس‌بوک[۳] و توییتر[۴]، پتانسیل تغییر در تمامی زمینه‌های علمی را دارند. اکنون هم بلاگ‌های علمی (مثل LSE) به منابع اطلاعاتی مهمی تبدیل شده‌اند و در مقالات علمی به آن اشاره می‌شود. اکنون انتشار مقالات علمی مکررا توییت می‌شود. معیارهای

۱ Jupyter notebook
۲ Schapira
۳ Facebook
۴ Twitter

جایگزین یا «متقارن»[1] در حال توسعه هستند تا اثر بخشی مقالات علمی سنتی را با استفاده از ورود آن‌ها به شبکه‌های اجتماعی تضمین کنند. چنین معیارهایی می‌توانند به‌طور واضح اطلاعات جالبی را فراهم کند. اگرچه آزمایشات بیشتری برای آزمودن اینکه چه اثراتی واقعا در حال اندازه گیری هستند و چگونه در ارزیابی و بکارگیری موثر هستند مورد نیاز است.

دسترسی بهتر به داده تحقیقاتی

داده‌ای که در تحقیق استفاده می‌شود و/یا بوسیله تحقیق تولید می‌شود شاهرگ حیاتی شرکت‌های علمی است. برخی از زمینه‌های علم با یک بحران تکرارپذیری[2] روبرو هستند و دسترسی آزاد به داده‌ها [و کدها] که اساس نتایج علمی منتشر شده را فراهم می‌آورد حائز اهمیت است زیرا امکان تأیید نتایج مشابه را فراهم می‌کند. تحلیل‌های ثانویه داده و کاربرد داده‌های مشابه در زمینه‌های تحقیقاتی می‌تواند بینش‌های علمی جدید فراهم کند. دسترسی بیشتر به داده می‌تواند با اجازه دادن به ورود بازیگران جدید به فرآیند علمی، علم را فراگیرتر و تکرارپذیرتر کند. ترکیب داده‌های منابع مختلف برای علم بسیار مهم است تا قادر باشد چالش‌های اجتماعی پیچیده را حل کند. داده‌های تحقیقاتی نیز می‌توانند زیربنای نوآوری و رشد اقتصادی باشد. این مورد مخصوصا زمانی که داده‌ها با الگوریتم‌های ریاضی، مدل‌ها و رایانش سریع همراه شوند، اتفاق می‌افتد.

OECD ابتدا در سال ۲۰۰۶ برای دسترسی بیشتر به داده‌های تحقیقات حمایت شده با بودجه دولتی رایزنی کرد. از آن زمان، منطق و ابزار برای دسترسی بیشتر به‌طور قابل توجهی تقویت شده است. اصول و خط‌مشی‌های OECD برای دسترسی به داده‌های تحقیقاتی حاصل از سرمایه‌گذاری دولتی (OECD، ۲۰۰۷)، ۱۳ اصل کلی دارد که در طول زمان ثابت مانده‌اند. اخیرا با تاکید بیشتر بر علم باز، اهمیت کارهای اصلی قبلی به چهار دسته اصلی مشخص با قابلیت جست و جو، قابلیت دسترسی، تعامل‌پذیری و قابلیت استفاده مجدد (FAIR) تقسیم می‌شود: داده تحقیقاتی باید قابلیت پیدا شدن داشته باشد، در دسترس باشد، تعامل‌پذیر باشند و قابلیت استفاده مجدد داشته باشد. این اصول چهارگانه به‌طور گسترده در کشورها مورد قبول

[1] Altmetrics
[2] Reproducibility crisis

واقع شده است و تمرکز بر روی این است که چگونه می‌توان از آن‌ها در سطح عملیاتی استفاده کرد و مسائل و مشکلاتی مثل استاندارد، امنیت و حفاظت از حریم خصوصی باید حل شوند. سرمایه‌گذاری، زیرساخت و مهارت نیز عوامل محدودکننده هستند. همواره با افزایش حجم داده‌ها، هزینه حفاظت از این داده‌ها نیز افزایش می‌یابد، درحالی‌که بسیاری از داده‌ها ممکن است دیگر ارزش ثانویه نداشته باشند. رویه کلی به سمت آزاد کردن داده در حد ممکن و بسته تا جای مورد نیاز است، که در تضاد با آزاد کردن آن برای همه است.

داده‌های آنلاین و خدمات مربوط به آن بسیاری از زمینه‌های علمی از ژنتیک گرفته تا نجوم را به شدت تغییر داده است. سامانه نظارت جهانی زمین[1] که حجم عظیمی از داده را از فضا، اقیانوس و دستگاه‌های نظارتی خاکی جمع آوری می‌کند، برای جهانی که ما در آن زندگی می‌کنیم بسیار اهمیت دارد. داده‌های شبکه‌های اجتماعی دیدگاه‌های جدیدی را برای رفتار انسانی و حتی گسترش بیماری‌ها فراهم می‌کنند. به هر حال با وجود مقبولیت بالای اصول چهارگانه، تعدادی موانع مشخص از دسترسی به داده جلوگیری می‌کنند. این موارد شامل : الف) هزینه‌ها و مدل‌های کسب و کار برای ذخیره داده‌ها، ب) موانع تبدیلی و اعتمادی، ج) حریم خصوصی و ملاحظات اخلاقی، د) دسترسی به زیرساخت‌های شبکه‌ای و مهارت برای مدیریت و تحلیل داده و ه) مشوق‌ها و پاداش‌ها می‌باشد. سه مانع اول در پاراگراف‌های بعدی و دو مورد آخر در پایان فصل مورد بررسی قرار می‌گیرند.

• مدل‌های کسب و کار برای ذخیره‌سازی داده

مخازن داده‌های تحقیقاتی اصلی‌ترین نقطه توجه اجرای اصول چهارگانه هستند. با این حال با افزایش حجم داده‌ها و نیاز کاربران، هزینه مدیریت داده بودجه‌های تحقیقاتی را در تنگنا قرار می‌دهد. تحلیل اخیر بر روی ۵۰ مخزن داده در حوزه‌های مختلف پژوهش، نکات کلیدی را برای بهبود دوام طولانی مدت این زیرساخت‌های اساسی شناسایی کرده است (OECD، ۲۰۱۷e).

بنابراین مخازن باید به‌عنوان بخش درونی زیرساخت‌ها برای تحقیقات در نظر گرفته شوند و باید مدل‌های کسب و کار مشروحی داشته باشند (شکل ۳-۱). در عوض این کار بر روی اینکه این موارد چگونه تامین مالی می‌شوند، به‌ویژه اینکه حمایت مالی عمومی از آن چقدر است، اثر می‌گذارد.

[1] Global Earth Observation System

بسیاری از داده‌های با ارزش با سرمایه‌گذاری‌های کوتاه مدت شروع می‌شوند اما در ادامه برای دوام خود به مشکل برمی‌خورند. دستورات اجرایی برای دسترسی آزاد باید با مشوق‌ها همسان باشد، که شامل حمایت مالی مناسب است. فرصت‌ها برای بهینه‌سازی هزینه‌ای، از جمله اثر مقیاسی و پیشرفت‌های فناورانه باید به‌طور مداوم پایش شوند. درحالی‌که بخش تجاری، مخزن و خدمات داده‌ای را برای تحقیقات آماده می‌کند، باید هدف بهبود دسترسی در طولانی مدت را نیز در نظر داشته باشد. باید از کارهای یک طرفه که می‌توانند در دراز مدت اثرات منفی داشته باشد جلوگیری کرد.

• موانع اعتمادی و فراملی

شبکه‌های داده بین‌المللی نقش مهمی برای کیفیت داده در مناطق مختلف دارند. اشتراک داده‌های تحقیقاتی در در بین کشورهای مختلف در بسیاری از زمینه‌های علم حیاتی است و در اکثر موارد یک مخزن داده کافی نیست بلکه باید به یک شبکه بین‌المللی از داده متصل باشد. نمونه‌هایی از چنین شبکه‌های چند رشته‌ای شامل سامانه داده جهانی[۱]، شبکه نظارت مجازی بین المللی در نجوم (IVOA)[۲] و شبکه نظارت جهانی اتمسفر کلی بین دانشگاهی[۳] است. این شبکه‌ها می‌توانند نقش مهمی در تضمین کیفیت داده‌ها داشته باشند و عضویت در آن‌ها مشروط به قبول کردن استانداردها و اعتبار سنجی خاصی است (مانند مهر تایید داده‌ها).

این شبکه‌ها برای هر مخزن داده نیاز به مدل‌های کسب و کار با تعریف مناسب و گزاره‌های ارزش دارند. با این حال، چندین چالش دیگر نیز برای ایجاد و نگهداری از این شبکه‌ها وجود دارد. اصلی‌ترین مانع برای اشتراک داده بین مرزها، نبود انسجام سیاسی و اطمینان بین جوامع مختلف است.

۱ World Data System
۲ International Virtual Observatory Alliance
۳ Inter-University Upper Atmosphere Global Observation Network

کل ۳-۱- عناصر اصلی یک مدل تجاری برای یک مخزن داده

منبع: OECD (2017a)، «مدل‌های کسب و کار برای مخازن داده‌های تحقیق پایدار»، https://doi.org/10.1787/302b12bb-en

با وجود مقبولیت فزاینده اصول چهارگانه به‌عنوان یک هدف آرمانی، در سطح عملیاتی اختلافات زیادی بر سر این مسئله وجود دارد که چه داده‌هایی باید برای چه کسی و چگونه در دسترس باشد؛ نبود یک چارچوب قانونی و اخلاقی برای اشتراک داده‌های مختلف وجود دارد. اگرچه هیچ مدلی کامل نیست، تعدادی از مسائل سازمانی باید برای عملکرد مناسب شبکه حل و فصل بشوند. این مسائل از هماهنگ کردن اهداف و نیازهای مختلف مشتری تا مدیریت تغییرات وسیع را در بر می‌گیرد. تضمین جامعیت و احترام به تفاوت فرهنگی و محدودیت‌های ظرفیتی می‌تواند مشکل ساز باشد. حل کردن همه این مشکلات به کافی بودن سرمایه‌گذاری بستگی دارد و باید سرمایه‌گذاران در مباحث مرتبط بین المللی، مثل پیمان داده‌های تحقیقاتی[1]، شرکت کنند تا جهت‌دهی راهبردها و حمایت از زیرساخت‌های داده را بهبود دهند.

[1] Research Data Alliance

اگرچه مسائل فنی نباید کم اهمیت در نظر گرفته بشوند، ایجاد اعتماد احتمالا مهم‌ترین چالش در بهبود دسترسی به داده و به کار گیری اصول چهار گانه است. این موضوع هم از نظر تامین‌کننده داده و هم مصرف‌کننده داده آن اهمیت دارد (بخش ۳-۱). در کار اخیر OECD بر روی اشتراک داده و اطلاعات علمی در طی بحران‌ها، نبود اطمینان به‌عنوان مانع اصلی همکاری بین کشورها بود (OECD، ۲۰۱۸ب). چندین راه حل سیاسی برای نشان دادن مسائل مربوط به اعتماد وجود دارد. بعضی از آن‌ها مربوط به فناوری، مثل بلاکچین، یا پذیرش استانداردها و فرآیند آن، یعنی استفاده از مکان‌های امن برای استفاده از داده‌های حساس، می باشند. اگرچه، اعتماد اساسا یک مسئله جامعه شناختی است و ایجاد اعتماد نیازمند گفت‌وگو و فهم مشترک می باشد.

کادر ۳-۱

تعدادی از دولت‌ها و بنگاه‌های سرمایه‌گذاری تحقیقاتی در حال شروع به اجباری کردن افزایش اشتراک و/یا دسترسی آزاد به داده‌های تحقیقاتی هستند. با این حال، چهار مسئله اصلی مانع اشتراک داده تحقیقاتی توسط محققین است. هر کدام از این موارد در معرض مداخلات سیاسی هستند:

اعتماد. این مانع به نبود اعتماد دو طرفه بین محققین مربوط می‌شود (آیا من به داده اعتماد دارم؟ آیا من به خاطر داده‌ای که دارم از دیگران اعتبار دریافت می‌کنم؟ آیا از داده من به‌طور مناسب استفاده می‌شود؟). در مورد داده‌های شخصی، نیاز به تضمین اعتماد بین افراد و استفاده کنندگان نیز مهم است. در جایی که استفاده کنندگان تجاری دخیل هستند، مسائل اعتمادی بیشتر خود را نشان می‌دهند.

گزینه‌های سیاسی. فرآیند ردیابی داده و اشاره به داده را در جای خود قرار دادن؛ به‌کارگیری سامانه‌های مورد اعتماد مخازن و حمایت از شبکه‌های داده بین المللی؛ تقویت کمیته‌های اخلاقی با استفاده از متخصصین داده و سازماندهی گفت وگوهای عمومی درباره داده‌های شخصی و حریم خصوصی و افزایش انسجام بر روی مسائل کلیدی، مثل مقبولیت، ناشناس ماندن و استفاده‌های تجاری.

اقدامات خوب. مهر تایید داده برای اعتبار مخزن داده؛ تاسیس

موسسه آدا لاولیس[1] در بریتانیا برای تضمین این‌که داده و هوش مصنوعی برای افراد و جامعه گرفته می‌شوند.

مسؤولیت. این مانع به زمان، تخصص و منابع مورد نیاز برای تامین کنندگان برای در دسترس بودن داده آن‌ها و زمان تخصیص یافته توسط کاربران برای کشف داده در دسترس مربوط می‌شود (بنیاد نافیلد[2]).

گزینه‌های سیاسی. توسعه برنامه‌های راهبردی ملی، که شامل برنامه‌های سرمایه‌گذاری بلند مدت، برای تامین دائمی زیرساخت‌های داده تحقیقاتی (خدمات و مخازن داده)؛ برنامه‌های مورد نیاز مدیریت داده و تامین مالی برای اجرای آن‌ها به همراه کمک‌های خیریه؛ تامین منابع مالی تخصیص یافته برای توسعه خدمات داده؛ و شناسایی و نشان دادن خلأهای مهارتی در کارگروه تحقیقاتی است.

اقدامات خوب. نقشه راه پیاده‌سازی راهبردی زیرساخت ابری برای علم باز در اروپا[3]؛ سرویس حمایتی مهارتی داده ملی استرالیا[4] (ANDS، ۲۰۱۸).

انگیزش، اعتبار و جایزه. مشوق‌های کمی برای دانشمندان برای آزاد کردن داده‌های شخصی خودشان وجود دارد. درحالی‌که انتشار نتایج تحقیقاتی برای دانشمندان برای پیشرفت در حرفه آن‌ها مهم است، پاداش کمی برای توسعه و انتشار منابع مفید داده وجود دارد.

گزینه‌های سیاسی. توسعه نشانگرها/معیارهایی برای اشتراک داده و به‌کارگیری آن‌ها در ارزیابی موسسه‌ای و فرآیندهای ارزیابی انفرادی محققین؛ ارتقا استفاده از شناسه‌های دیجیتالی برای هر محقق و برای مجموعه داده‌ها به منظور قادر ساختن آن‌ها به استناد و اعتبارسنجی و توسعه راه‌های جذاب شغلی برای متخصصین داده که برای محافظت بلند مدت از داده تحقیقاتی و خدماتی مهم است.

اقدامات خوب. اقدامات گروه سرمایه‌گذاران تحقیقات باز[5] بر روی مشوق‌ها و اشتراک نتایج تحقیقاتی از طریق ارزیابی تحقیقات (ORFG).

۱ Ada Lovelace Institute
۲ Nuffield Foundation
۳ European Open Science Cloud Strategic Implementation Roadmap
۴ Australian National Data Service Skills support services
۵ Open Research Funders Group

مدیریت و چارچوب‌های قانونی. نبود درک و راهنمایی واضح بر روی مقررات حریم داده می‌تواند از اشتراک داده‌ها توسط محققین جلوگیری کند. همین طور، در نبود خط‌مشی‌های مشخص و تخصص مربوطه، گروه‌های بازبینی نهادی (IRB)[1] ممکن است به‌عنوان مانعی برای اشتراک داده عمل کنند.

گزینه سیاسی. شناسایی و حمایت از کارگزاران مورد اعتماد برای تسهیل دسترسی به داده؛ حمایت از توسعه برنامه‌های مدیریتی داده استاندارد شده و موافقت‌نامه‌های استفاده از داده؛ دخیل کردن گروه‌ها/افراد در مدیریت و نظارت بر ساختارها در جای مناسب؛ تشویق به انجام پروژه‌های علم شهروندی و تضمین اینکه گروه‌های بازبینی نهادی دارای تخصص مناسب در علوم داده هستند از جمله جنبه‌های قانونی آن.

اقدامات خوب. خدمات ملی- خدمات نجات اسکاتلند[2] برای دسترسی امن به داده‌های خدمات بهداشتی (ISD Scotland، ۲۰۱۸)؛ طرح علم اروپا[3] برای توسعه پروتکل‌های مدیریتی در حوزه‌های خاص.

• حریم داده و اصول اخلاقی

اعتماد، به خصوص در زمینه دسترسی به داده شخصی اهمیت دارد. شکل‌های جدیدی از داده شخصی در قالب دیجیتالی از بسیاری از منابع در حال در دسترس قرار گرفتن هستند که شامل تراکنش‌های سوپر مارکت و شبکه‌های اجتماعی می‌شوند. این‌ها ارزش بالقوه بالایی برای تحقیقات دارند، خصوصا زمانی که با داده‌های اجرایی، سوابق بهداشت عمومی یا داده‌های تحقیقات جمعیتی سنتی‌تر همراه شوند. اینگونه ترکیب داده‌ها می‌تواند درک جدید مهمی از رفتار انسانی، اقتصادی و شاخص‌های سلامت و سطح زندگی را فراهم کند (OECD، ۲۰۱۳).

پیشرفت سریع تکنولوژی سوالات اخلاقی را در مورد استفاده از داده‌های شخصی که فراتر از توافق‌نامه‌های قانونی فعلی موجود است به وجود می‌آورد. چندین چارچوب قانونی، به‌ویژه مقررات عمومی حفاظت از داده (GDPR)[4] در اروپا، راهنمایی‌ها و محدودیت‌هایی در خصوص استفاده از داده‌های شخصی

---

۱ institutional Review Boards
۲ National Services Scotland Save Haven
۳ Science Europe
۴ General Data Protection Regulation

فراهم نموده‌اند. با این وجود، فناوری به سرعتی در حال توسعه است که احتمالات جدید برای استفاده از داده در تحقیقات مسائل اخلاقی را پیش می‌کشد که از این چارچوب‌های قانونی فراتر است. بعضی چیزها می‌توانند بدون اینکه از نظر اخلاقی مورد قبول باشد، قانونی باشد. در واقع این موضوع در مقررات عمومی حفاظت از داده (GDPR) برای پیش‌بینی ارزیابی‌های تاثیر حفاظت داده (DPIA)[1] زمانی که این روند، داده را دخیل می‌کند، احتمالا باعث ایجاد یک ریسک بالا برای حقوق و آزادی افراد می‌شود.

افزایش نگرانی در مورد امنیت و حریم داده نیازی اساسی را برای علم ایجاد کرده است تا مکانیسم‌های مدیریتی و بازبینی خود را تنظیم کند (OECD، ۲۰۱۶). نیازمندی‌های قبلی پذیرفته شده برای استفاده از داده‌های انسانی در تحقیقات "رضایت آگاهانه"و"ناشناس ماندن" بودند. با این وجود هر دوی آن‌ها در نتیجه پیشرفت در فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات مورد سوال قرار گرفته‌اند. به‌عنوان مثال، آیا ممکن است که در راستای استفاده با هدف خاصی، از تمام افراد در دسته‌های بسیار بزرگ در شبکه‌های اجتماعی رضایت گرفته شود؟ آیا داده‌های شخصی از یک منبع می‌تواند واقعا ناشناس باشد در حالی‌که اتصال آن به دیگر داده‌های شخصی برای تحقیق مورد نیاز است؟

نقش مهمی برای کمیته‌های اخلاق تحقیقاتی و/یا گروه‌های بازبینی نهادی در حصول اطمینان از نظارت بر این که چه تحقیقاتی روی ساختارهای جدید داده شخصی - یا به زبان GDPR - برای اجرای DPIAها وجود دارد. این ساختارها باید تقویت و حمایت شوند و تخصص مناسب برای ارزیابی تعادل بین حفاظت از حریم شخصی و تضمین صلاح عمومی را داشته باشند. انسجام اجتماعی باید درون و بیرون جامعه علمی به وجود بیاید تا بداند که چه محدودیت‌هایی باید بر روی ساختار جدید داده بوجود بیاید.

پیش بینی همه چیز مشکل است و در طول مسیر اشتباهاتی قطعا رخ خواهد داد. شفافیت و مسئولیت برای ایجاد انسجام در استفاده از قالب‌های جدید بسیار حیاتی است. سیاست‌گذاران نقش مهمی در تضمین مدیریت چارچوب‌ها و حمایت از مشاوره‌ها و فرآیندهای منسجم کردن ساختار دارند. به‌عنوان مثال در بریتانیا، مشاوره‌های عمومی در شناسایی هسته‌های سیاسیتی و عملیاتی درشبکه تحقیقات داده بسیار مهم بوده است (وروولگن[2]، ۲۰۱۷).

---

۱ Data Protection Impact Assessments
۲ Verwulgen

مشارکت گسترده‌تر در علم

مشارکت گسترده‌تر در دانش سومین رکن از علم باز است. دیجیتالی شدن دریچه گشایش فرآیند علم به عوامل اجتماعی مختلف از جمله گروه‌های مورد مطالعه، شهروندان دانشمند، سازمان‌های غیردولتی، صنعت و سیاست‌گذاران است. این تغییر دارای پتانسیل قابل توجهی در بهبود کیفیت و ارتباط تحقیقات علمی و تبدیل آن به عمل دارد. مشارکت اجتماعی می‌تواند در فرآیند تحقیق از تنظیم برنامه کاری تا همکاری در تولید تحقیق و انتشار اطلاعات علمی رخ دهد. بر اساس اهمیت آن، مشارکت اجتماعی شامل مفاهیمی مثل تحقیق مسئولانه و نوآوری و تحقیق بین‌رشته‌ای می‌شود. مشارکت که به دسترسی به اطلاعات علمی و داده متکی است، با استفاده از ابزار دیجیتال در حال تغییر است.

بسیاری از کشورها مشارکت اجتماعی را برای کمک به تضمین رابطه تحقیقی و ارتقا شفافیت و اعتماد در علم، افزایش می‌دهند. اگر علم به دنبال فراهم کردن راه حل برای به چالش کشیدن چالش‌های اجتماعی باشد، پس قطعا نیاز دارد تا از نزدیک با اجتماع در تماس باشد. در این زمینه، دیجیتالی شدن ابزارهای قدرتمند جدیدی برای کمک به مشارکت اجتماعی فراهم می‌کند.

اولین و شاید مهم‌ترین گام در مشارکت اجتماعی، ساختارمند کردن مباحث و اولویت‌بندی آن‌ها برای سرمایه‌گذاری در تحقیقات است. کار اخیر OECD بر روی این موضوع تمرکز داشت که شامل تحلیل دقیق ویژگی‌های کلیدی است و درس‌هایی از اقدامات مختلف برای تنظیم مباحث مختلف فرا گرفته شد (OECD، ۲۰۱۷ج). این اقدامات از مشاوره‌های متمرکز بر شهروندان و گفت و گو با آن‌ها برای مطلع کردن آن‌ها از طریق مباحث ملی و بین المللی تا فرآیندهای طراحی مشترک خاص-گروهی محلی را در بر می‌گیرد.

OECD ده مسئله مهم را برای در نظر گرفتن در طراحی فرآیند تنظیم برنامه کاری باز[۱] شناسایی کرد. این مسائل با بیان واضحی از منطق برای مشاوره؛ انتخاب روش شناسی مناسب و در نظر گرفتن مفهوم منابع و ارزیابی تاثیرات آغاز می‌شوند. اگر این موضوعات به درستی نشان داده شوند، سپس تنظیم برنامه کاری باز می‌تواند تحقیق را ویژه‌تر کند و ممکن است سوالات تحقیقاتی جدیدی نیز به وجود بیاورد. یک نمونه از این مسئله پروژه علمی

۱ Open agenda setting process

بزرگ نیوزلند[1] است؛ یک پویش ملی برای تعریف اولویت‌های تحقیقاتی. شهروندان نیاز خود برای تحقیق بیشتر بر روی مسائل پیشگیری و مراقبت را در مقابل تولید دارو برای افراد مسن‌تر بیان کردند. مجموعه کارهای قابل توجه و روش‌های آزموده شده‌ای برای مشارکت اجتماعی وجود دارد (Engage۲۰۲۰، PARTICIPEDIA،). با افزایش تمایل به تنظیم برنامه کاری باز، این تجارب گذشته می‌توانند درس‌های با ارزشی را ارائه دهند.

زیرساخت‌های تحقیقاتی خدمات اشتراکی متنوعی را به جامعه تحقیقاتی در تمام زمینه‌های علمی ارائه دادند. دیجیتالی شدن تغییر عملیات‌های زیرساخت‌ها با روش‌های مختلف است. مجموعه ای از این زیرساخت‌ها در خط مقدم انقلاب کلان‌داده‌ها قرار دارند که شامل توسعه سخت افزار، نرم افزار و استانداردهای مرتبط است. زیرساخت‌های تحقیقاتی در مرکز بسیاری از این مسائل مربوط به علوم باز قرار دارند؛ از مدیریت داده و اطلاعات گرفته تا امنیت، حفاظت از حریم خصوصی، تحلیل آموزش داده‌ها و همچنین علم شهروندی[2]. در واقع رشد داده و تاکید سیاست بر روی اصول چهارگانه داده پایداری مالی بسیاری از زیرساخت‌ها را به خطر می‌اندازد (OECD، ۲۰۱۷e).

در یک سطح پایین‌تر، مدیران، سرمایه‌گذاران و کاربران احتمالی زیرساخت‌های تحقیقاتی با چالشی ساده و مداوم مواجه هستند: شناسایی اینکه چه زیرساخت‌هایی وجود دارند، چه کاری می‌توانند انجام دهند و چگونه می‌توان به آن‌ها دسترسی داشت. دانشمندان احتمالا با زیرساخت‌های تحقیقاتی اصلی مورد استفاده مرسوم در زمینه کاری خود آشنایی دارند. با این وجود، دسترسی به ابزار و منابع در دیگر زمینه‌های تحقیقاتی به شدت مورد نیاز است. دیگر کاربران زیرساخت‌های احتمالی - شامل شرکت‌ها، بخش دولتی یا شهروندان - به سختی می‌توانند امکانات زیرساختی مرتبط با خودشان را پیدا کنند. بهینه‌سازی استفاده از زیرساخت‌ها در ابتدا به دسترسی سیستماتیک و اطلاعات به روز بستگی دارد. اینجا جایی است که دیجیتالی شدن راه حل ارائه می‌دهد.

کار اخیر منتشر شده (OECD، ۲۰۱۷d) شامل تحلیل جامع هشت طرح بود که از پلتفرم‌های دیجیتالی برای بهینه کردن دسترسی گسترده‌تر و کاربردی‌تر به زیرساخت‌های تحقیقاتی استفاده کند. این پلتفرم‌ها می‌توانند

[1] Great New Zealand Science Project
[2] Citizen science

کاتالوگ‌های دیجیتالی باشند که فراداده‌های استاندارد شده را از منابع موجود در یک زمینه علمی مشخص معرفی می‌کند و یا پلتفرم‌های خدماتی ملی و منطقه‌ای باشند که دسترسی مجازی به منابع آنلاین و تجهیزات را در اختیار قرار می‌دهند.

همکاری بزرگ‌تر بین مرزها و تعاریف، استانداردها و کاربردهای درونی پلتفرم‌های دیجیتال برای فراهم کردن سرویس‌های خدماتی با کیفیت بالا برای کاربران مهم است. کار OECD هفت زمینه نیازمند به توجه را مشخص کرد. مهمترین این موارد، لزوم همکاری بین المللی در مورد تعاریف، استانداردها و کاربرد آن‌ها است. کشورهای مختلف و موسسات راه‌حل‌های ویژه‌ای برای تامین نیازهای تجمیع داده خود را توسعه داده‌اند. با این وجود، برنامه‌های بلند مدت و همکاری با دیگر بازیگران محدود است. به‌عنوان مثال، طرح ترسیم چشم‌انداز زیرساخت تحقیقاتی اروپا[1] به‌طور گسترده‌ای با جامعه مشورت کرد تا مجموعه ای از تعاریف، واژه نامه‌ها و دسته بندی‌های زیرساخت‌ها را با یک مدل داده عظیم توسعه دهد. این موارد به‌طور آزاد برای کاربران در دسترس بوده‌اند، اما برداشت از آن‌ها محدود بوده است.

زیرساخت‌های تحقیقاتی مثل تلسکوپ‌ها، می‌توانند کانونی را برای علوم شهروندی فراهم کنند، این یعنی مشارکت افرادی که محقق حرفه‌ای نیستند در فرآیندهای تحقیقاتی. در زمینه نجوم، افراد عادی به دسته بندی تصاویر آسمان شب که به‌طور آنلاین اشتراک‌گذاری می شوند کمک می‌کنند (Zooniverse). به‌طور گسترده‌تر، بسیاری از زمینه‌ها در حال ارتقای علوم شهروندی به‌عنوان راهی برای نشان دادن مسائل خاص و افزایش اعتماد عمومی به علوم هستند. دیجیتالی شدن به سرعت در حال تغییر مواردی است که در آن که در آن‌ها به کارگیری روش‌های جدیدی برای جمع‌سپاری و دسترسی به منابع فکری استفاده نشده برای حل مشکلات، امکان‌پذیر است(OECD، ۲۰۱۵، دای، شین و اسمیت[2]، ۲۰۱۸).

فراتر از جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها، فناوری اطلاعات و ارتباطات می‌تواند به مشارکت شبکه عمومی در فرم‌های جدید اکتشافات نیز کمک کند. برای نمونه، در سال ۲۰۱۱، بازیگران یک بازی آنلاین چین‌خوردگی پروتئین[3] - به نام

۱ Mapping of European Research Infrastructure Landscape
۲ Dai, Shin and Smith
۳ protein-folding

Foldit- محققین را با کشف ساختار یک پروتئین که در ویروس میمون میسون فایزر[1] وجود دارد، متحیر کردند. این کشف بوسیله نرم‌افزار پیچیده‌ای که اجازه شبیه‌سازی شکل‌های پروتئینی را می‌دهد انجام شد که به افرادی که در زمینه بیوشیمی آموزش ندیده‌اند اجازه می‌دهد تا مهارت‌های شکل شناسی و بهینه سازی را به کار ببرند (دانشگاه واشینگتن[2]، ۲۰۱۲).

در سطح کاربردی‌تر، بسیاری از شرکت‌ها از پلتفرم‌های آنلاین جمع‌سپاری، مثل innoCentive، استفاده می‌کنند تا به حل چالش‌های فناوری کمک کنند و جایزه‌های خاصی را به حل کنندگان مشکلات اختصاص می‌دهند. هکاتون‌ها، که بازیگران علاقمند را به صورت حضوری گرد هم می‌آورد، روشی مرسوم برای نشان‌دادن چالش‌های توسعه نرم افزار است و به‌طور فزاینده در کنار همایش‌های سنتی علمی برگزار می‌شود. دانشمندان داده و کاربران از طریق Kaggle، که توسط گوگل مدیریت می‌شود به صورت آنلاین در کنار هم جمع می‌شوند تا راه حل‌هایی را برای مشکلات معرفی شده توسط تیم‌های تحقیقاتی و شرکت‌های خصوصی ارائه کنند.

باز کردن علم برای مشارکت بازیگران جدید از جامعه شهروندی، مسائل جدیدی را از نظر حفظ کیفیت، و اطمینان از بروز رفتار و اخلاق مناسب به وجود می‌آورد (بونی[3] و همکاران، ۲۰۱۴). مشارکت دادن مخاطبان مناسب و ارتقای مشارکت کارآمد می‌تواند چالشی خاص باشد، مخصوصا زمانی که با مسائلی رو به رو هستیم که دارای ارزش زیادی هستند. از نقطه نظر سیاسی، مشخص کردن این که شیوه‌های علوم شهروندی در چه زمینه‌هایی می‌توانند ارزشمندتر باشند و نیز چگونگی رسیدن به آن نیازمند ملاحظات دقیق است (کادر ۳،۲).

کادر ۳-۲ چالش‌های سیاسی برای علوم شهروندی

علم شهروندی یک رویکرد نسبتاً جدید، متنوع و در حال تکامل برای تحقیقات است. این علم هم چالش‌ها و هم فرصت‌هایی را به همراه خود دارد. لزوم بالا بردن دانسته‌ها درباره موضوعات زیر نسبت به سایر مسائل بیشتر است:

۱ Mason-Pfizer
۲ University of Washington
۳ Bonney

کیفیت خروجی‌های علمی. نگرانی‌هایی درباره این‌که روش‌های معتبر علمی در بعضی از پروژه‌هایی که توسط افراد غیر علمی مدیریت می‌شوند، رعایت نشود و فقدان کنترل کیفیت از طریق داوری هم‌تراز وجود دارد.

نوع پروژه علمی که در آن علم شهروندی ممکن است مورد استفاده قرارگیرد. همه اتحقیق، خود را در اختیار مشارکت شهروندی قرار نمی‌دهد، که می‌تواند به‌طور چشم‌گیری هزینه نهایی پروژه را افزایش یا (کاهش) دهد.

دستیابی همزمان به ناشناس ماندن شرکت‌کننده و فرصت دستیابی به شناخت همتا از طریق انتشار آن.

پیامدهای مالی جمع‌سپاری علم. به‌طور ویژه، آیا ممکن است مشوق‌های مالی برای جذب شرکت‌ها و افراد با توانایی خاص صرف شود؟ اگر خروجی ارزش مالی داشته باشد چه کسی آن را در اختیار خواهد داشت؟

چگونه کارایی علم شهروندی می‌تواند بهبود یابد. به‌عنوان مثال، نرم افزاری ممکن است برای پایش عملکرد شرکت‌کننده در بعضی از وظایف تعیین شده مورد استفاده قرارگیرد که احتمالا از نیاز برای تکرار این عمل توسط دیگر شرکت کنندگان جلوگیری می‌کند.

ارتقا و هدایت سیستم‌های علم باز در جهان دیجیتال

بازیگران زیادی - موسسات و افراد - با نقش‌ها و مسئولیت‌های مختلف در یک پروژه علمی وجود دارند. این بازیگران همچنین دارای انتظارات متفاوت و یا متناقض در علم هستند. به‌عنوان مثال یک رئیس در یک دانشگاه با رتبه بالای تحقیقاتی ممکن است به مقالات با ضریب تاثیر بالا که به موسسه خودش مربوط است علاقمند باشد. در عوض، وزارت‌خانه‌ای که بودجه تحقیقاتی را فراهم می‌کند ممکن است بیشتر به نوآوری‌های موجود در داده‌های آزاد علاقمند باشد. به علاوه در جهان دیجیتال، فاصله و موقعیت نسبت به دسترسی به داده و اطلاعات کمتر اهمیت دارد. این موضوع بر روی اهمیت همکاری تحقیقاتی بین المللی و یا رقابت‌ها تاکید می‌کند و چالش‌های جدیدی را برای حکمرانی علم به صورت یک کل معرفی می‌کند. در حالی‌که دیجیتالی شدن می‌تواند علم را هم همه‌گیر و هم بهره‌ور کند، در انتقال از جهان قدیم به جدید تعدادی از مسائل مهم سیاسی باید مورد بررسی قرار

گیرند، همانطور که در پاراگراف‌های زیر بحث شده است، این‌ها کل علوم را در بر می‌گیرند و در مقیاس‌های مختلف از محلی تا جهانی آشکار می‌شوند.

سیاست‌گذاران می‌توانند نقش مهمی در ارتقاء توسعه و اجرای چارچوب‌ها، تعاریف و استانداردهای مشترک ایفا کنند. با توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات و ایجاد فرصت‌های جدید، معلوم می‌شود که چارچوبهای قانونی رسمی، آیین‌نامه‌های مالکیت معنوی و فرآیندهای تنظیم استاندارد در حال عقب افتادن هستند. بازیگران تجاری و در برخی موارد، جوامع تحقیقاتی ویژه، استانداردهای غیر رسمی[1] را برای فعالیت در دنیای دیجیتال ایجاد می‌کنند. تمامی این‌ها تعیین‌کننده چگونگی استفاده از اطلاعات، داده‌ها و فناوری‌ها هستند. در بهترین حالت، استانداردهایی اتخاذ شده است که تعامل‌پذیری و آزاد بودن را تضمین می‌کنند. به‌عنوان مثال، IVOA استانداردهایی را ایجاد کرد که محققان و شهروندان علاقه‌مند در سراسر جهان را قادر به استفاده از داده‌های نجومی می‌سازد. در موارد دیگر، استانداردها ممکن است منافع خاصی را منعکس کنند و دسترسی و استفاده از داده‌ها و اطلاعات علمی را به شدت محدود کنند. به همین ترتیب، ترتیبات مالکیت و صدور مجوز برای اطلاعات و داده‌های دیجیتال می‌تواند باعث افزایش آزاد بودن یا محدود کردن دسترسی و استفاده مجدد شود. به‌عنوان مثال، در رابطه با متن و داده کاوی، اخیراً چندین کشور آیین‌نامه‌های حق چاپ خود را مورد بازبینی قرار داده‌اند تا محدودیت‌های تحقیقات را کاهش دهند. حفظ یک تعادل بهینه بین محافظت از مالکیت معنوی (که می‌تواند نوآوری را ارتقاء دهد) و آزاد بودن (برای بهبود کارآیی و اثربخشی تحقیقات) یک چالش سیاسی جاری است. جالب است که در بعضی از زمینه‌های تحقیقات پزشکی، فعالان بخش دولتی و خصوصی مشارکت‌های جدیدی در زمینه علم باز را آغاز کرده اند که در آن دسترسی آزاد و به اشتراک‌گذاری داده‌ها، اطلاعات و فناوری‌های پایین دستی عادی است (به‌عنوان مثال SGC، ۲۰۱۹).

اطمینان از حفظ منشا و قابلیت ردیابی داده‌ها و اطلاعات علمی با توجه به تضمین کیفیت، پاسخگویی و اعتبار بخشی مهم است. آثار دیجیتالی افراد، گروه‌های تحقیقاتی، مؤسسات و نتایج علمی آن‌ها در حال تبدیل شدن به یک بخش اساسی از فرآیندهای ارزیابی علمی است (به فصل ۷ مراجعه کنید). این‌ها به استفاده از شناسه‌های دیجیتالی باز (DOI)، از جمله

[1] de facto standard

ORCID برای محققان وابسته هستند. سیاست‌گذاران می‌توانند نقش مهمی در ترویج استفاده روزمره از این قبیل DOIها ایفا کنند.

موافقت‌نامه‌ها و مشوق‌ها ابزار ارزشمندی در جهت ارتقاء علم باز به شرط استفاده دقیق از آن‌ها هستند. موافقت‌نامه‌ها و مشوق‌ها اغلب زمانی که در یک راستا مورد استفاده قرار گیرند و با هم هماهنگی دارند، بیشترین تاثیر را دارند (OECD، ۲۰۱۵). این مورد با راه‌اندازی اخیر برنامه Plan S (Science Europe) نشان داده شده است که هدف آن دسترسی آزاد کامل و سریع به مقالات حاصل از تحقیقات حمایت شده با بودجه دولتی است. همه دریافت‌کنندگان بودجه تحقیقاتی از هر یک از شرکای ائتلاف که Plan S را ارتقا می‌دهند، موظفند مقالات خود را در مجلات سازگار چاپ کنند. در همین زمان، سرمایه‌گذاران در حال کار بر روی مشوق‌های جدیدی برای تحقیقات باز هستند. به‌عنوان مثال، Plan S به بیانیه سان فرانسیسکو در مورد ارزیابی تحقیقات (DORA، بدون تاریخ) اشاره می‌کند، که بیان می‌کند تحقیقات باید بیشتر بر اساس شایستگی خود و نه بر اساس جایی که در آن منتشر می‌شود، ارزیابی شوند. پیشنهادات مربوط به Plan S شامل یک دوره گذار است که طی آن انتظار می‌رود مجلات با آن سازگار شوند. با این حال، واضح است که اگر این تصمیم به‌طور گسترده توسط جامعه دانشگاهی به کار گرفته شود، سیستم‌های پاداش و به رسمیت شناختن برای پژوهش، باید به چاپ و نشر دسترسی آزاد اهمیت دهند.

به‌طور مشابه، برای اشتراک داده‌ها، شاخص‌ها و اقدامات جدید نه تنها برای نظارت بر چگونگی اجرای دستورات افزایش دسترسی، بلکه به تحریک فعالیت‌ها برای اجرای داده‌های اصول چهارگانه، مورد نیاز خواهد بود (علی خان[۱]، ۲۰۱۸). همچنین فعالیت‌های مشارکت اجتماعی نیاز به انگیزه مشابه دارند. این نکته جالب توجه است که آخرین پیشرفت چارچوب برتری تحقیقات[۲] برای ارزیابی مؤسسات آموزش عالی بریتانیا، برخلاف انتشارات مجله تأکید بیشتری بر خروجی‌های علمی دارد (REF ۲۰۲۱، بدون تاریخ).

دیجیتالی شدن به سرعت علوم را متحول می‌کند و این اتفاق مشکلاتی را با توجه به مهارت‌های مورد نیاز نیروی کار علمی فعلی و آینده ایجاد می‌کند. مهارت‌های دیجیتالی به صورت جدی در دستور کار آموزش و پرورش در

۱ Ali-Khan
۲ Research Excellence Framework

همه کشورهای OECD وجود دارد و از دیدگاه اقتصادی، داشتن جمعیتی که به‌طور مناسب آموزش دیده‌اند، یکی از شاخص‌های اصلی بهره‌وری در آینده و رشد محسوب می‌شود. از دیدگاه سیاست تحقیقات، سؤال‌هایی کلیدی مطرح می شوند: چه مهارت‌های دیجیتالی اضافی یا ویژه‌ای برای علوم داده فشرده[۱] مورد نیاز هستند یا خواهند بود؟ چگونه این مهارت‌ها نیاز پیوند خوردن با نیروی کار علمی دارند؟ مهارت‌های لازم چگونه ارائه می شوند و معنی این برای آموزش و تحصیلات علمی چیست؟

«دانشمند داده» یک اصطلاح عمومی است که مهارت‌ها و نقش‌های مختلفی را دربر می‌گیرد (به جدول ۳،۱ و همچنین فصل ۲ مراجعه کنید) و اگرچه نیازهای مختلف از یک زمینه به زمینه دیگر متفاوت است، یک اجماع عمومی وجود دارد که دانشمندان بیشتری در تحقیقات عمومی مورد نیاز است. پیشنهاد شده است برای اینکه سرویس ابری علم باز اروپا[۲] به‌طور موثر کاربرد داشته باشد، لازم است ۵۰۰۰۰۰ متخصص داده در ۵ تا ۱۰ سال آینده آموزش ببینند. دشواری مواجهه با چنین کمبودی توسط عوامل مختلفی بوجود آمده است. دقیقاً مشخص نیست که این نیازها کدامند، در حالی که، در همان زمان، مجموعه‌های از دوره‌های آموزشی و پرورشی جدید برای مهارت‌های دیجیتالی برای علم به وجود می‌آیند. با نگاه از منظر مخالف، مشخص نیست که آیا این دوره‌های آموزشی و پرورشی جدید به‌طور مناسب نیازهای و شکاف‌های واقعی را برطرف می‌کنند یا خیر. علم داده، در شکل‌های مختلف خود (جدول ۳،۱)، اغلب با سیستم‌های اعتبار علمی و پاداش دانشگاهی موجود که به خروجی‌های انتشار وابسته است، مخالف محصولات کد و داده‌ها نیست. ساختارها و حرفه‌های جدید شغلی نیاز به توسعه دارند. به‌عنوان مثال، برای مباشران داده علاوه بر این، یک رقابت جدی از سوی بخش تجاری برای افراد با مهارت دیجیتالی وجود دارد که در زمینه‌های مورد بحث روز مانند هوش مصنوعی، می‌توانند درآمدی بالاتر از آنچه در دانشگاه ارائه می‌شود، کسب کنند. یک رویکرد استراتژیک، که همه این عوامل مختلف را در نظر می‌گیرد، لازم است و این نکته باید در نظر گرفته شود که چگونه بازیگران دولتی و خصوصی می‌توانند با هم همکاری کنند تا سرمایه انسانی را به شیوه‌هایی که از هم بهره می‌برند، توسعه دهند.

---

۱ Data Intensive Science
۲ European Open Science Cloud

جدول ۳-۱. کارکنان حوزه علم داده و نقش‌های آن‌ها

دانشمند داده	یک دانشمند داده، کارشناس علوم داده است. این اصطلاح عمومی است که شامل بسیاری از زمینه‌های تخصصی می‌شود.
تحلیل‌گر داده	کسی است که آمار می‌داند. تحلیل‌گران ممکن است برنامه نویسی را بشناسند یا ممکن است متخصص در اکسل باشند. در هر صورت، آن‌ها می‌توانند مدل‌هایی را بر اساس داده‌های سطح پایین بسازند. از همه مهم‌تر، آن‌ها می دانند که چه سؤالی را می‌توان با داده‌ها پاسخ داد.
مهندس داده	مهندسان داده با استفاده از سطحی نزدیک به داده‌ها، کدی را می‌نویسند که داده‌ها را اداره می‌کند و آن‌ها را جابجا می‌کند. آن‌ها ممکن است پیش‌زمینه یادگیری ماشین هم داشته باشند.
ناظر داده[1]	ناظر داده شخصی است که مسئولیت مدیریت انواع داده از جمله فراداده را دارد. این افراد در مورد مدیریت و حفظ داده‌ها فکر می‌کنند. آن‌ها متخصص بایگانی، کتابخانه‌داری و مأمورین تطابق اطلاعات هستند.
مهندس نرم افزار تحقیق	تعداد فزاینده‌ای از افراد در آکادمی‌ها تخصص در برنامه نویسی را با درک دقیق از تحقیق ترکیب می‌کنند. مهندسان نرم افزار تحقیقاتی ممکن است به‌عنوان محققانی که وقت خود را صرف تهیه نرم افزار می‌کنند شروع کنند تا تحقیقات خود را انجام دهند. آن‌ها همچنین ممکن است دارای پیش‌زمینه مرسوم توسعه نرم افزاری باشند و با چالش استفاده از نرم افزار برای تحقیق بیشتر جذب می‌شوند.

! توجه بسته به زمینه تحقیق برخی از این نقش‌ها ممکن است در یک فرد خاص ترکیب شود. آن‌ها ممکن است نقش‌هایی را پشتیبانی یا ارائه دهنده خدمات یا کاملاً در پروژه‌های تحقیقاتی درج کنند.

منبع: این طبقه‌بندی و تعاریف از کار در حال انجام یک گروه متخصص OECD-GSF در زمینه مهارت‌های دیجیتالی برای Science Intense Science و واژه‌نامه‌های دقیق‌تر برای علم دیجیتال انجام شده است.

نیاز به برنامه ریزی استراتژیک بلند مدت و همکاری موثر در سراسر کشورها و قاره‌ها وجود دارد. بسیاری از کشورها در زیرساخت‌های دیجیتال لازم برای حمایت از علم، سرمایه‌گذاری‌های قابل توجهی را انجام می‌دهند. این‌ها شامل مخازن داده‌ها و همچنین زیرساخت‌های سایبری از قبیل رایانش سریع و رایانش ابری است. آن‌ها همچنین سرمایه‌گذاری‌های زیادی را در فناوری‌های «نسل بعدی» مانند محاسبات کوانتومی انجام می‌دهند. در

[1] Data steward

اروپا، یک طرح مهم برای ادغام این طرح‌های ملی در زیرساخت ابری علم باز اروپا[1] وجود دارد. تحولات مشابه در ایالات متحده و در مقیاس کوچکتر در آفریقا و مناطق دیگر اتفاق می‌افتد. این طرح‌ها شامل ارائه دهندگان خدمات بخش عمومی و تجاری است، به‌عنوان مثال برای ذخیره‌سازی داده‌ها و محاسبات، مهم است که از پایداری و سازگاری طولانی مدت آن‌ها اطمینان حاصل شود و از «قفل شدگی» که می‌تواند هنگام انحصار ایجاد شود جلوگیری شود. نهادهای جهانی، مانند اتحادیه داده‌های تحقیقاتی (RDA)[2]، دانشمندان و سیاستگذاران داده‌ها را برای ایجاد استانداردهای جامعه، رفع مشکلات فنی و شبکه‌های اجتماعی گرد هم می‌آورند نقش مهمی دارند.

اعتماد سازی هم در جامعه علمی و هم بین علم و جامعه مهم‌ترین و دشوارترین چالش برای علم در دنیای دیجیتال است. با توجه به استفاده از داده‌های شخصی در علم، این چالش‌ها کاملاً شناخته شده هستند. راه حل‌ها برای این مشکل در حال تهیه و آزمایش هستند، از جمله سازوکارهای جدید حاکمیت و تعامل با مردم. با این حال، به‌طور کلی یک چالش فراگیر برای علم وجود دارد که به راه حل‌های پیچیده تر چند منظوره نیاز دارد. در حالی که علم باز وعده‌های بزرگی دارد، زمانی که اعتماد به کارشناسان زیر سوال می‌رود و «حقایق جایگزین» تبدیل به موضوع معمول در شبکه‌های اجتماعی و مجامع سیاسی می‌شود، وارد می‌شود. علم باز نه تنها به معنای شفافیت و پاسخگویی بیشتر است بلکه به عبارت دقیق‌تر به مفهوم ایجاد دسترسی و سوال از بازیگران برای کسانی است که قبلا برای این کار محدود شده بود. همانطور که قبلا در مورد مباحث مربوط به تغییرات آب وهوایی یا ایمنی واکسیناسیون مشاهده شده است، گروه‌هایی وجود دارند که داده‌های علمی را به راحتی و با توجه به اهداف خود تحریف یا تفسیر می‌کنند. در فضای باز امروز حفظ یکپارچگی علم اهمیت بسیار بالایی دارد و باید نتایج تحقیقات به واسطه علم محکم و دقیق قابل باز آفرینی باشند. فناوری‌های دیجیتال مانند بلاک‌چین و هوش مصنوعی می‌توانند در این تلاش به‌طور بالقوه موثر باشند (مراجعه به بخش ۱) با این حال پرسنل متخصص و ماهر و نظام انگیزشی و پاداش اهمیت بیشتری خواهند داشت.

---

۱ European Open Science Cloud
۲ Research Data Alliance

نتیجه‌گیری

با استفاده از الگوی علم باز و دیجیتالی شدن، روند قدیمی شیوه‌های انتشار فعالیت‌های علمی در نهادها دچار اختلال می‌شود. کار اخیر OECD و سازمان‌های بسیار دیگری نشان داده است که دیجیتال سازی که منشا آن تحقیقات عمومی است، تاثیر زیادی بر چگونگی انجام آن تحقیق دارد. این موضوع در کنار فرصت‌های زیادی که ایجاد می‌کند، چالش‌های خود را نیز به همراه دارد.

بازیگران مختلف، با هر تغییر برانداز، در بعضی از حوزه‌های نوظهور مقاومت می‌کنند. ناشران تجاری طی دهه‌های مختلف به خوبی در خدمت جامعه علمی بوده‌اند. آن‌ها به وضوح تمایلی به تغییر مدل‌های کسب و کار خود ندارند. دانشمندان مشاغل حول «مالکیت» مجموعه داده‌ها را ایجاد کرده اند و تمایلی به اشتراک‌گذاری ندارند. دانشگاه‌ها عادت دارند به جای خروجی داده‌ها یا مشارکت شهروندان، با توجه به تعداد و یا کیفیت انتشاراتشان مورد ارزیابی قرار گیرند. فرآیندهای داوری همتراز، ارزیابی و ارتقاء به‌طور مشابه بر روی برتری تحقیقات آکادمیک متمرکز شده‌اند. مسیرهای شغلی برای محققان در رشته‌های علمی رسمی طراحی شده است. آن‌ها با فرصت‌های جدید بین‌رشته‌ای دنیای دیجیتال و یا نیاز به جذب دانشمندان بسیار ماهر در نقش‌های پشتیبان تحقیقاتی سازگار نیستند. تامین‌کنندگان بودجه تحقیقاتی عادت دارند که بودجه موسسات تحقیقاتی را در مقیاس بزرگ و در طولانی مدت تامین کنند. با این حال، مکانیسم‌های آن‌ها با تعداد زیادی از خدمات و منابع داده توزیع شده که تحقیقات به‌طور فزاینده‌ای به آن‌ها وابسته هستند، سازگار نیست.

به‌طور کلی سیستم‌های علمی باید به سرعت به‌کار گرفته شوند و این به ناچار مستلزم ترکیب چیزهای کاملاً جدید، تعدیل بیشتر آنچه در حال حاضر وجود دارد و تجدید آنچه نمی‌تواند سازگار باشد، است. البته علم به‌طور مستمر تکامل می‌یابد و بنابراین این سناریو نمی‌تواند بی عیب باشد. با این حال، میزان و عمق تأثیرات دیجیتالی شدن بر روی علم و سرعت تغییرات، احتمالاً فراتر از آن است که سیستم‌های علمی از زمان جنگ جهانی دوم تجربه کرده‌اند. برنامه‌ریزی استراتژیک، انعطاف پذیری و تدوین دقیق و اجرای سیاست‌ها لازم است انجام شود تا اطمینان حاصل شود که ما آینده‌ای بهتر از گذشته را می‌سازیم. همچنین فرصتی وجود دارد که می‌تواند برخی از مشکلات نوظهور در

علم را برطرف و تصحیح کند، از جمله عدم تکرارپذیری، عدم تنوع در دانشگاه و دقت در شغل‌های تحقیقاتی. این انتقال در یک لحظه مهم اتفاق می‌افتد که باید در مورد مواردی که دانش اطمینان دارد، اعتماد کنیم. دستیابی به این هدف نیاز به چشم انداز، اقدام سیاسی و تعهد مشترک از طرفهای ذی‌نفع با علاقه به شرکت علمی دارد. باید هم از بالا به پایین (سیاست محور) و هم از پایین به بالا (با محوریت جامعه) باشد.

زمینه‌های مختلف علمی و سازمان‌ها و کشورها مختلف در مراحل مختلف سازگاری با علوم باز در جهان دیجیتال قرار دارند. این امر فرصت‌های مهمی برای یادگیری متقابل، تبادل شیوه‌های خوب و همکاری فراهم می‌کند. سیاست‌گذاران علمی برای ایجاد پشتیبانی از تحول مثبت علم در عصر دیجیتال، باید راه حل‌های موجود در جامعه خود را با مشارکت سایر بازیگران ذیربط (در صورت لزوم) انجام دهند.

یادداشت‌ها در سال ۲۰۱۶، بیش از ۱٫۲ میلیون مقاله جدید فقط در علوم زیست پزشکی منتشر شد، که تعداد کل مقالات زیست پزشکی داوری همتراز شده را به بیش از ۲۶ میلیون مورد رساند. با این حال، یک دانشمند متوسط فقط در حدود ۲۵۰ مقاله در سال می خواند (نوردن[۱]، ۵ فوریه ۲۰۱۴). با برخی شاخص‌ها، کیفیت ادبیات علمی رو به زوال است. برخی از مطالعات اخیر نشان داده‌اند که بیشتر مقالات زیست پزشکی تکرارپذیر نیستند (بگلی و الیس[۲]، ۲۰۱۲).

منابع

Ali-Khan, S.E. et al. (2018), “Defining success in open science [version 2; referees: 2 approved]”, MNI
Open Research, Vol. 2/2, https://doi.org/10.12688/mniopenres.12780.2.
ANDS (2018), ANDS/Working with Data – SKILLS, Australian National Data Service, www.ands.org.au/working-with-data/skills (accessed 27 May 2019).
Begley, C.G and L.M. Ellis (2012), “Raise standards for preclinical cancer research”, Nature, Vol. 483,
Nature Research, Springer, pp. 531-533, www.nature.com/nature/journal/v483/n7391/full/483531a.html.
Blockchain for Peer Review (n.d.), “Towards a fairer and more transparent peer review process”,
webpage, www.blockchainpeerreview.org/ (accessed 27 May 2019).
Bonney, R. et al. (2014), “Next steps for citizen science”, Science, Vol. 343/6178, American Association for

۱ Noorden,
۲ Begley and Ellis

the Advancement of Science, Washington, DC, pp. 1436-1437, http://dx.doi.org/10.1126/science.1251554.
Brainard, G. and J. You (25 October 2018), “What a massive database of retracted papers reveals about
science publishing’s ‘death penalty’”, Science News blog, www.sciencemag.org/news/2018/10/whatmassive-database-retracted-papers-reveals-about-science-publishing-s-death-penalty.
CASRAI (n.d.), Research Data Domain website, https://dictionary.casrai.org/Category:Research_Data_Domain
(accessed 27 May 2019).
Cold Spring Harbor Laboratory (n.d.), BioRxiv: The Preprint Server for Biology website, www.biorxiv.org/
(accessed 27 May 2019).
Dai, Q., E. Shin and C. Smith (2018), “Open and inclusive collaboration in science: A framework”, OECD
Science, Technology and Industry Working Papers, No. 2018/07, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/2dbff737-en.
Data Seal of Approval (n.d.), Data Seal of Approval website, www.datasealofapproval.org/en/ (accessed
27 May 2019).
DORA (n.d.), Improving How Research is Assessed website, https://sfdora.org/ (accessed 27 May 2019).
Engage2020 (n.d.), Action Catalogue website, http://actioncatalogue.eu/ (accessed 27 May 2019).
HealthMap (n.d.), HealthMap website, www.healthmap.org/en/ (accessed 27 May 2019).
IRIS.AI (n.d.), “Research discovery with artificial intelligence”, https://iris.ai/ (accessed 27 May 2019).
ISD Scotland (2018), Use of the NSS National Safe Haven, www.isdscotland.org/Products-andServices/EDRIS/Use-of-the-National-Safe-Haven/ (accessed 27 May 2019).
LSE (n.d.), “LSE blogs expert analysis and debate from LSE website”, webpage, http://blogs.lse.ac.uk/
(accessed 27 May 2019).
Noorden, R.V. (5 February 2014), “Scientists may be reaching a peak in reading habits”, Nature News
blog, www.nature.com/news/scientists-may-be-reaching-a-peak-in-reading-habits-1.14658.
Nuffield Foundation (n.d.), “The Ada Lovelace Institute”, webpage, www.nuffieldfoundation.org/adalovelace-institute (accessed 27 May 2019).
OECD (2018a), “Enhanced access to publicly funded data for STI”, in Science, Technology and
Innovation Outlook 2018, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/sti_in_outlook-2018-en.
OECD (2018b), Scientific Advice During Crises: Facilitating Transnational Co-operation and Exchange of
Information, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/9789264304413-en.
OECD (2017a), “Business models for sustainable research data repositories”, OECD Science, Technology
and Industry Policy Papers, No. 47, OECD Publishing, Paris, https://doi.

org/10.1787/302b12bb-en.
OECD (2017b), “Co-ordination and support of international research data networks”, OECD Science,
Technology and Industry Policy Papers, No. 51, OECD Publishing, Paris,
https://doi.org/10.1787/e92fa89e-en.
OECD (2017c), “Open research agenda setting”, OECD Science, Technology and Industry Policy
Papers, No. 50, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/74edb6a8-en.
OECD (2017d), “Digital platforms for facilitating access to research infrastructures”, OECD Science,
Technology and Industry Policy Papers, No. 49, OECD Publishing, Paris,
https://doi.org/10.1787/8288d208-en.
OECD (2017e), “Strengthening the effectiveness and sustainability of international research infrastructures”,
OECD Science, Technology and Industry Policy Papers, No. 48, OECD Publishing, Paris,
https://doi.org/10.1787/fa11a0e0-en.
OECD (2017f), OECD Digital Economy Outlook 2017, OECD Publishing, Paris,
https://doi.org/10.1787/9789264276284-en.
OECD (2016), “Research ethics and new forms of data for social and economic research”, OECD Science,
Technology and Industry Policy Papers, No. 34, OECD Publishing, Paris,
https://doi.org/10.1787/5jln7vnpxs32-en.
OECD (2015), “Making open science a reality”, OECD Science, Technology and Industry Policy Papers,
No. 25, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/5jrs2f963zs1-en.
OECD (2013), “New data for understanding the human condition: International perspectives”, OECD,
Paris, www.oecd.org/sti/inno/new-data-for-understanding-the-human-condition.pdf.
OECD (2007), OECD Principles and Guidelines for Access to Research Data from Public Funding,
OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/9789264034020-en-fr.
ORFG (n.d.), Open Research Funders Group website, www.orfg.org/ (accessed 27 May 2019).
PARTICIPEDIA (n.d.), PARTICIPEDIA website, https://participedia.net/ (accessed 27 May 2019).
Pubpeer Foundation (n.d.), Pubpeer – The Online Journal Club website, https://pubpeer.com/static/about
(accessed 27 May 2019).
RDA (n.d.), Research Data Alliance website, www.rd-alliance.org/ (accessed 27 May 2019).
REF2021 (n.d.), Research Excellence Framework website, www.ref.ac.uk/ (accessed 27 May 2019).
Schapira, M. (2018), “Open lab notebooks to increase impact and accelerate discovery”, 26 January,
Springer Nature, Data Dialogues, https://researchdata.springernature.com/users/81403-matthieuschapira/posts/29655-open-lab-notebooks-to-increase-impact-and-accelerate-discovery.
Science Europe (n.d. a), “Science Europe Data Glossary Main Page”, webpage,

http://sedataglossary.shoutwiki.com/wiki/Main_Page (accessed 27 May 2019).
Science Europe (n.d. b), “Why plan S: Open access is fundamental to the scientific enterprise,”
webpage, www.coalition-s.org/why-plan-s/ (accessed 27 May 2019).
Science Europe (2018), “Practical guide to the international alignment of research data management”,
https://www.scienceeurope.org/our-resources/practical-guide-to-the-international-alignment-ofresearch-data-management/.
SGC (n.d.), Structural Genomics Consortium website, www.thesgc.org/ (accessed 27 May 2019).
University of Washington (2012), “Gamers succeed where scientists fail: Molecular structure of retrovirus
enzyme solved, doors open to new AIDS drug design”, ScienceDaily, 19 September,
www.sciencedaily.com/releases/2011/09/110918144955.htm.
Verwulgen, I. (2017), “The ADRN and the public’s voice: Making administrative data available for
research while gaining public trust”, International Journal of Population Data Science, Vol. 1/1, p. 155,
Swansea University, United Kingdom, https://doi.org/10.23889/ijpds.v1i1.174.
Weebly.com (n.d.), Beall’s List of Predatory Journals and Publishers website,
https://beallslist.weebly.com/ (accessed 27 May 2019).
Zooniverse (n.d.), Zooniverse website, www.zooniverse.org/ (accessed 27 May 2019).

فصل ۴ نوآوری دیجیتال: پویایی های بین بخشی و اجراهای سیاستی

فصل چهار با تمرکز بر بخش‌های مواد غذایی، اتومبیل و حمل و نقل و خرده فروشی، به بررسی تأثیرات تحول دیجیتال بر نوآوری به صورت کلی و همچنین به صورت ویژه در هر بخش می‌پردازد. با توجه به چنین تأثیراتی، این فصل ارزیابی می کند که چگونه سیاست‌های نوآوری باید تنظیم شوند تا بطور مؤثر اکوسیستم‌های نوآورانه و فراگیر نوآوری را ارتقا بخشند. نمونه‌هایی از رویکردهای سیاست نوآوری جدید که در کشورهای مختلف اجرا می‌شود نیز در این فصل ارائه شده است. در این فصل همچنین یافته‌های کلیدی سازمان همکاری و توسعه اقتصادی در زمینه نوآوری و سیاست‌گذاری و بویژه پروژه‌های نوآوری دیجیتالی آورده شده‌است. این در حالی است که با توجه به تأثیرات تحول دیجیتال بر نوآوری در بخش‌های مختلف، جزئیات مورد نیاز در سیاست نوآوری در عصر دیجیتال با توجه به ویژگی‌های خاص هر بخش بررسی شده‌است.

مقدمه

تحول دیجیتال یک پدیده‌ی چند وجهی است که نوآوری را در تمام زمینه‌های اقتصادی تحت تاثیر قرار داده است. فناوری‌های دیجیتال جدید، مانند هوش مصنوعی، امکان ایجاد محصولات و سرویس‌های دیجیتالی کاملاً جدید و همچنین بهبود محصولات قدیمی را فراهم کرده است. فرآیندهای تولید نیز با رابط‌های جدید انسان-ماشین دست‌خوش تغییر شده‌اند (فصل ۵ را مشاهده کنید). همچنین در فرآیند نوآوری، فرصت‌های جدیدی از حوزهٔ تحقیقات(مانند استفاده از آنالیز کلان‌داده ویا آزمایش‌های بزرگ مقیاس در حوزهٔ کامپیوتر) تا توسعه (مانند تکنیک‌های جدید شبیه‌سازی و نمونه‌سازی) و یا تجاری سازی (مانند پلتفرم‌های ارائهٔ بازار[۱])، در حال ظهور هستند.

علی‌رغم تغییرات چشم‌گیر، تأثیر تحول دیجیتال بر نوآوری در بخش‌های خاصی به شدت ناشناخته است. از آن‌جایی که صنایع در بخش فرآیندها و محصولات، ساختار آن‌ها و فرآیند نوآوریشان متفاوت هستند، تاثیر دیجیتالی شدن روی نوآوری شد نیز متفاوت خواهد بود. برای مثال محصول نهایی در بخش‌های اولیه مانند تهیه غذا و یا استخراج از منابع به‌وضوح بدون تغییر خواهد ماند. در مقابل، رسانه، موسیقی، صنعت بازی و صنایعی از این دست، محصولات و سرویس‌های خود را دیجیتالی خواهند کرد. یک نمونهٔ دیگر، پیاده‌سازی گستردهٔ ربات‌ها در صنایع خودروسازی است، درحالی‌که اتوماسیون تنها در لایه‌های ابتدایی صنایعی مانند کشاورزی و یا خورده‌فروشی ایفای نقش خواهد کرد. با وجود این، شواهد سیستماتیک بسیار کمی در ارتباط با اثرات متفاوت تحول دیجیتال بر نوآوری برای هر بخش وجود دارد. به دلیل تفاوت ترکیب صنایع در کشورهای مختلف، درک این تفاوت‌ها برای سیاست‌گذاری و حمایت از سیستم‌های نوآوری حائز اهمیت است.

چگونه تحول دیجیتال شیوه‌های نوآوری شرکت‌ها را تغییر می‌دهد؟

این بخش به بررسی چگونگی تغییر طبیعت نوآوری کسب و کار به‌وسیلهٔ تحول دیجیتال می‌پردازد. فناوری‌های دیجیتال باعث کاهش هزینه‌های مربوط به پردازش اطلاعات و افزایش «سیالیت[۲]» محصولات نوآورانه شده است.

۱ Marketplace platforms
۲ Fluidity

دانش دیجیتالی شده[1] (برای مثال دانشی که به فرم داده باشد) و اطلاعات می‌توانند بدون در نظر گرفتن موقعیت مکانی با هر تعداد بازیگر به صورت پشت سر هم به اشتراک گذاشته شوند و یا دستکاری شوند. به‌عنوان یک نتیجه از تغییر در هزینه‌ها و سیالیت، چهار روند روی شیوه‌های نوآوری در تمام بخش‌های اقتصاد در عصر دیجیتال تأثیر می‌گذارد (شکل ٤/١).

• داده‌ها ورودی کلیدی برای نوآوری هستند

در فرآیند نوآوری، داده‌ها به شکل فزاینده‌ای درحال استفاده هستند و به وسیلهٔ آن‌ها جنبه‌های جدیدی از محصولات و توسعهٔ سرویس‌ها کشف می‌شود. داده‌ها کمک می‌کنند بینش‌های مهمی در ارتباط با روند بازار، نیازهای مشتریان و رفتار رقبا به‌دست بیاید. آن‌ها همچنین فرآیند توسعه، تولید و توزیع را بهینه می‌کنند و متناسب با ارائه محصول و خدمات خاص و همچنین با تغییر در تقاضا، خود را تنظیم می‌کنند. ظهور محصولات هوشمند و متصل به هم که نتیجهٔ تجمیع قابلیت‌های حسگری، اتصال و ارتباط در محصولات است به شکل چشم‌گیری باعث تولید داده‌های جدید می‌شود.

داده‌ها اجازهٔ توسعه سرویس‌ها و مدل‌های کسب و کار کاملاً جدید را داده‌اند. این امکان با ظرفیت دسترسی به داده‌های زمان واقعی به‌وجود آمده است. برای مثال سرویس‌های کشاورزی هوشمند، سرویس‌های مشتری به مشتری اجاره ملک (مانند Airbnb)، سرویس‌های حمل‌ونقل اینترنتی (مانند اوبر) و پلتفرم‌های جستجو، مقایسه و اجارهٔ کتاب و یا اجارهٔ هتل از این دست هستند. داده‌های تجاری به شکل چشم‌گیری برای بهینه‌سازی فرآیندها و همچنین حلقه‌های توزیع استفاده می‌شوند.

بخش‌های تولیدی با استفاده از داده‌های زمان واقعی و داده‌های کارگاهی می‌توانند روابط و الگوهای بین فرآیندهایی که به شکل مستقل درجریان‌اند کشف کنند. این امر به تولیدکنندگان این امکان را می‌دهد تا با کاهش ضایعات، صرفه‌جویی در مصرف انرژی، افزایش انعطاف‌پذیری و استفاده بهتر از دارایی، داده‌ها را بهینه‌سازی کنند (OECD، ۲۰۱۷). برای مثال، UPS، یک شرکت لجستیک چندملیتی، از یک سیستم مدیریت ناوگان تقویت شده با استفاده از فناوری تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده می‌کند. پردازش این داده‌ها امکان را برای بهینه‌سازی مسیر، افزایش بهره‌وری، انعطاف‌پذیری

[1] Digitised knowledge

فرآیندهای تحویل کالا به مشتری و کاهش مصرف سوخت فراهم می‌کند. از استفاده‌های دیگر داده‌ها، پیش‌بینی نیاز سیستم‌های تولید است که به‌طور قابل توجهی هزینه‌های نگهداری را در مقایسه با تعمیر و نگهداری و تعمیر غیرمترقبه کاهش می‌دهد. در کشاورزی، داده‌های حاصل از تعدد حسگرها می‌تواند به کشاورزان کمك کند تا استفاده از آب و سایر ورودی‌ها را برای بهینه کردن بازده تغییر دهند.

شکل ٤-١ مشخصه های نوآوری در عصر دیجیتال

فناوری‌های دیجیتال فرصت‌هایی را برای ایجاد سرویس‌های دیجیتال با قابلیت‌های جدید به‌وجود می‌آورد. که از جمله آن‌ها می‌توان به خدمات تعمیر و نگهداری پیش‌بینی شده، استفاده از اینترنت اشیا با به کارگیری حسگرها و محرک‌های متصل به سیستم‌های نرم افزاری و همچنین خدمات نوظهوری همچون سرویس‌های حمل‌ونقل بر اساس تقاضا (مانند اوبر) و مشاغل مبتنی بر وب و تجارت‌های مبتنی بر اینترنت اشاره کرد. علاوه بر آن فناوری‌های دیجیتال جدید باعث گسترش اقتصاد اشتراکی و افزایش امکان سفارشی‌سازی شده است. برای مثال، مدل‌های اجاره به‌عنوان

خدمات[1] می‌توانند جایگزین فروش تجهیزات شوند و در ارتباط با موضوع سفارشی‌سازی، تولید کنندگان می‌توانند نرم افزارها و داده‌ها را برای سازگاری محصولات با نیازهای خاص مشتریان توسعه دهند.

چنین تغییراتی به از بین رفتن مرزهای بین تولید و نوآوری خدمات کمک می‌کند. به این شکل که از یک سو، شرکت‌های تولیدی به‌طور فزاینده‌ای خدمات جدیدی را برای تکمیل کالاها ارائه می‌دهند - فرآیندی که به‌عنوان «سرویس‌دهی[2]» تولید شناخته می‌شود. برای مثال، جان دیر[3]، سازنده ماشین آلات کشاورزی، برای مدیریت مزرعه یک پلتفرم نرم‌افزاری توسعه داده است که بر اساس داده‌های جمع‌آوری شده توسط حسگرها یک سری خدمات پشتیبانی ارائه می‌دهد. از سوی دیگر، ارائه دهندهٔ سرویس‌ها برای بهبود فعالیت‌های خود روی فناوری دیجیتال سرمایه‌گذاری می‌کنند. برای مثال عمده‌فروش‌ها روی جمع‌آوری داده و تحلیل آن‌ها (تا بتوانند درخواست‌ها را شخصی‌سازی کنند و نیازهای مشتریان را پیش‌بینی کنند)، واقعیت مجازی (برای توسعه اتاق‌های دیجیتال نمایش محصولاتشان) و اینترنت اشیا (برای مدیریت خدمات نوآورانه) سرمایه‌گذاری می‌کنند.

• چرخه‌های نوآوری شتابدهی می‌شوند

نوآوری‌های دیجیتال(مانند پرینت سه‌بعدی و توانایی‌های شبیه‌سازی‌های پیچیده) چرخه‌های سریع و جدید نوآوری را به‌وجود آورده است که در مقایسه با سایر روش‌ها، باعث شتاب‌دهی فرآیند طراحی محصول، نمونه‌سازی و تست می‌شود. مهندسین و طراحان در صنایع تولیدی از «دو قلوهای دیجیتال[4]» (واقعیت افزوده سه‌بعدی فرآیند تولید و یا یک محصول) به‌مقدار زیادی استفاده می‌کنند تا بتوانند فرآیند طراحی را بهتر درک کنند. همچنین فناوری‌های جدید نسخه‌های تست بازار (بتا) را به نحوی شبیه‌سازی می‌کنند که این نسخه‌ها بتوانند بازخورد کاربران را هم به توسعه‌دهندگان انتقال دهند. این یک شیوهٔ متداول راه‌اندازی و ارائهٔ نرم‌افزار است. بسیاری از شرکت‌ها از متدهای «استارتاپ‌های ناب[5]» استفاده می‌کنند که در واقع شامل تولید حداقل محصول قابل ارائه به بازار است. وقتی که محصول ارائه

---

۱ Renting-as-a-service
۲ Servitization
۳ John Deere
٤ Digital Twins
٥ lean startup

شد، تولیدکنندگان بازخوردهای کاربران را جمع‌آوری می‌کنند و در فرآیند بعدی توسعهٔ آن‌ها را بهبود می‌دهند. برای مثال شرکت تولید لوازم خانگی جنرال الکتریک با استفاده از همین روش کاربران را در فرآیند توسعهٔ محصولات جدید مانند یخچال‌ها دخیل می‌کند.

نوآوری همکارانه‌تر می‌شود

اکوسیستم‌های نوآوری بازتر و متنوع‌تر می‌شوند. بنگاه‌ها به سه دلیل با مؤسسات تحقیقاتی و بنگاه‌های دیگر در تعامل هستند. اولاً، آن‌ها به مجموعه‌ای از تخصص‌ها و مهارت‌های غنی تکمیل‌کنندهٔ توانایی‌های خود دسترسی پیدا کرده و می‌توانند از آن‌ها استفاده کنند (برای مثال تجزیه و تحلیل داده‌ها). دوم، چنین همکاری‌هایی امکان تقسیم هزینه‌ها و خطرات سرمایه‌گذاری‌های نامشخص در روند نوآوری دیجیتال را فراهم می‌کند. سوم، کاهش هزینه‌های ارتباطات، امکان تعامل بیشتر بازیگران نوآور را صرف نظر از موقعیت مکانی آن‌ها فراهم می‌کند(برای مثال، مؤسسات تحقیقاتی عمومی و دیگر بنگاه‌ها).

• این همکاری شکل‌های مختلفی دارد، که موارد زیر را در بر می‌گیرد:

اشتراک داده‌ها: ماهیت غیر رقابتی داده‌ها به سازمان‌های مختلف فارغ از این که در کجا قرار دارند، این امکان را می‌دهد که از بانک‌های اطلاعاتی به‌طور هم‌زمان استفاده کنند. این امر شرکت‌ها را ترغیب می‌کند تا داده‌های خود را برای اهداف تحقیق و نوآوری، با دانشگاه‌ها و سازمان‌های تحقیقاتی یا شرکای تجاری قابل اعتماد به اشتراک بگذارند. چلنج‌ها و هکاتون[1]ها ابزارهای رایج دیگری برای کمک به ایده‌های خارجی برای تقویت نوآوری مبتنی بر داده‌ها هستند.

مشارکت: مشارکت با شرکت‌های بزرگ فناوری، استارتاپ‌های حوزهٔ دیجیتال و مؤسسات تحقیقات عمومی در عصر دیجیتال به امری رایج تبدیل شده‌است. هدف آن‌ها تلاش و همکاری برای ایجاد ارزش مشترک، گسترش پتانسیل بازار و ترکیب نقاط قوت است. با انجام این کار، آن‌ها می‌توانند مهارت‌هایشان را جمع‌آوری کنند و شکاف‌های رقابتی را کمتر کنند. همکاری‌ها با استارتاپ‌های دیجیتال، به‌ویژه، در سال‌های اخیر رونق گرفته است.

۱ کلمه‌ای مرکب از هک و ماراتون، رویدادی که در آن برنامه نویس‌ها و سایر دست‌اندرکاران تولید یک نرم‌افزار به منظور تولید یک نرم‌افزار گرد هم جمع می‌شوند

این همکاری‌ها تحت عنوان «شتاب‌دهنده‌های دیجیتال» مطرح می‌شوند و انعطاف لازم برای تولید محصولات دیجیتال جدید را دارند(لوند، مانیکا و رابینسون، ۲۰۱۶).

پلتفرم‌ها: پلتفرم‌های صنعتی، محصولات، خدمات یا فناوری‌هایی هستند که توسط یک یا چند شرکت ایجاد شده‌اند. این پلتفرم‌ها زیربنایی را فراهم می‌آورد که گروه‌های مختلف بتوانند با توسعه محصولات، خدمات یا فناوری‌های مکمل با استفاده از ابزارهای دیجیتالی، نوآوری کنند (گاور و کوسمانو، ۲۰۱۴). بنابراین پلتفرم‌ها می‌توانند به‌عنوان یک استاندارد مؤثر در صنعت ایفای نقش کنند. پلتفرم‌ها فرآیندهای توسعه را کارآمدتر و کم هزینه‌تر می کنند و زمان رسیدن محصولات جدید به بازار را کاهش می‌دهند. برای نمونه، کنسرسیوم TheSmartDeviceLink، یک پلتفرم متن‌باز برای توسعهٔ برنامهٔ تلفن هوشمند برای وسایل نقلیه است که توسط شرکت فوردانـد تویوتا[1] ایجاد شده‌است. شرکت‌ها همچنین از پلتفرم‌های برون‌سپاری شده برای استفاده از ایده‌های خارج از سازمان (چه از عامه مردم یا مجموعه ای از متخصصان معتبر) استفاده می‌کنند. هدف شرکت‌ها از انجام این کار، حل یک مشکل یا چالش خاص، مانند تولید یک محصول جدید یا ایده‌های طراحی است. ابتکاراتی از این دست غالباً از طریق پلتفرم‌های واسطه مانند InnoCitive انجام می‌شود.

مالکیت: مالکیت بنگاه‌های نوآورانه (به‌ویژه استارت‌آپ‌ها) توسط شرکت‌های بزرگ‌تر نیز راهی برای نوآوری جمعی و همکاری با سایرین است. استارت‌آپ‌ها در شناخت و آزمایش بازارهای جدید و مدل‌های تجاری ایفای نقش می‌کنند. در صورت موفقیت در این امر، توسط شرکت‌های بزرگ‌تر با دسترسی به کانال‌های سرمایه‌گذاری و بازاریابی می‌توانند به مقیاس‌دهی یک محصول موفق کمک کنند.

[1] Fordand Toyota

تأثیر تحول دیجیتال بر نوآوری در حوزه‌های مختلف

• فناوری‌های دیجیتال چگونه بخش‌های مختلف را ادغام می‌کنند؟

فناوری‌های دیجیتال در حال تغییر حوزه‌های مختلف و ادغام آن‌ها با همدیگر هستند. در این بخش تغییرات در حوزه‌های کشاورزی، خودروسازی و خرده‌فروشی که نمونه‌هایی از لایه‌های اول، دوم و سوم هستند به شکلی کلی‌تر مورد بررسی قرار می‌گیرد.

• بخش کشاورزی:

در بخش کشاورزی، ماشین آلات هوشمند و دیجیتالی (مبتنی بر اینترنت اشیا) متصل به هم امکان توسعهٔ «کشاورزی دقیق» را فراهم می‌کنند. این موضوع اجازه می‌دهد تا کشاورزان بتوانند به صورت سیستماتیک عملیات کشاورزی را بهبود بخشند. چنین سیستم‌هایی می‌توانند با استفاده از یک سری مواد به‌عنوان ورودی (برای مثال آب، کودهای شیمیایی، سموم دفع آفات)، گیاهان را برای رشد در یک حالت بهینه تغذیه کنند. تراکتورها و سایر ماشین‌آلات کشاورزی مجهز به تعداد زیادی حسگر هستند که اطلاعات مربوط به محصولات زراعی را ضبط می‌کنند (برای مثال شرایط خاک، آبیاری، کیفیت هوا، وجود آفات). هواپیماهای بدون سرنشین مجهز به حسگر نیز به‌طور فزاینده‌ای برای پیمایش زمین‌های زراعی و سم‌پاشی استفاده می‌شوند. داده‌های ضبط شده توسط حسگرهای جای‌گذاری شده، پهپادها و ماهواره‌ها امکان نظارت بهتر بر سلامت محصول، ارزیابی کیفیت خاک و بهینه‌سازی استفاده از ورودی را فراهم می‌کنند، که درنهایت منجر به بهره‌وری خواهد شد.

معرفی ربات‌ها یکی دیگر از موضوعات به روز در کشاورزی است. برداشت میوه، درو و شیردوشی نمونه‌هایی از کارهایی است که روند تکراری دارند و می‌توان آن‌ها را توسط ربات‌ها انجام داد. علاوه بر آن ربات‌ها داده‌هایی تولید می‌کنند که می‌توان از این داده‌ها استفاده‌های مختلفی کرد. برای مثال، شرکت صنعتی لِلی[1]، ربات‌های شیردوشی تولید می‌کند، این شرکت داده‌هایی را از ربات‌ها جمع‌آوری می‌کند تا با استفاده از این داده‌ها، دربارهٔ موارد مربوط به خوراک، سلامتی حیوانات و کیفیت شیر گاوهای متفاوت اطلاعات کسب کند (للی، ۲۰۱۶). اگرچه ربات‌های زراعی به‌طور کلی در

[1] Lely industry

مراحل اولیهٔ توسعه قرار دارند، اما انتظار می‌رود که استفاده از آن‌ها کارآیی را افزایش داده و شیوه‌های کشاورزی خودکار و دقیق‌تری را فراهم کند.

تولیدکنندگان سرشناس ماشین‌آلات کشاورزی و تأمین‌کنندگان مواد ورودی، مانند جان دیر[۱]، از داده‌هایی که از طریق اینترنت اشیا، از ربات‌های موجود در برنامهٔ کنترل هوشمند مزرعه جمع‌آوری می‌شود استفاده می‌کنند. آن‌ها این داده‌ها را با داده‌های دیگری مثل هواشناسی یا داده‌های به‌دست آمده از بازارها برای توسعهٔ خدمات «مزرعه هوشمند» ترکیب می‌کنند. توسعه‌دهندگان با استفاده از تحلیل کلان‌داده و هوش مصنوعی برای تصمیم‌گیری به کشاورزان کمک می‌کنند (ولفرت و همکاران، ۲۰۱۷). این سیستم‌ها می‌توانند به کشاورزان کمک کنند که تصمیم بگیرند با توجه به شرایط خاک و قیمت بازار چه موقع کاشت یا برداشت محصول را انجام دهند و چه نوع محصولی را انتخاب کنند. همچنین به‌طور خودکار دستور کار ربات‌های کشاورزی را ارسال می‌کنند تا کار مشخصی را انجام دهند. کشاورزی هوشمند در حال حاضر عمدتاً محدود به تولیدکنندگان بزرگ است. تولیدکنندگان کوچک به دلیل هزینه‌های سرمایه‌گذاری و یادگیری نحوهٔ استفاده از آن‌ها و تطبیق فرآیندهای تولید، کمتر از فناوری‌های کشاورزی هوشمند استفاده می‌کنند.

در حال حاضر در زنجیرهٔ تأمین محصولات کشاورزی برای ردیابی منشاء و محل نگهداری محصولات و همچنین شرایط حمل و نقل آن‌ها، از اینترنت اشیا استفاده می‌شود. به این ترتیب، شفافیت در زنجیرهٔ ارزش بهبود پیدا می‌کند. همچنین انتظار می‌رود که بلاک‌چین و سایر فناوری‌های مبتنی بر توزیع داده[۲] فرصت‌هایی را برای افزایش قابلیت ردیابی محصولات غذایی از لحظهٔ برداشت در زمین کشاورزی تا نقطهٔ فروش فراهم کنند. شرکت‌های بزرگ موادغذایی با کمپانی IBM همکاری می‌کنند تا با به کارگیری بلاک‌چین، زنجیرهٔ تأمین مواد غذایی را شفاف‌تر کنند و قابلیت پیگیری را در فرآیند پرداخت افزایش دهند (ترپولی و اشمیت‌هوبار[۳]، ۲۰۱۸).

۱ John Deer
۲ DLT
۳ Tripoli and Schmidhuber

• بخش خودرو

در بخش خودرو، پیشرفت‌های سریع در فناوری دیجیتال، این صنعت را کاملاً دچار تحول کرده است. این تغییرات شامل نوآوری‌های مربوط به وسایل نقلیه (برای مثال اتصال اتومبیل‌ها به هم و خودروهای بی‌راننده)، نوآوری در تولید (با کارخانه‌های هوشمند یا برنامه‌های کاربردی نسل چهارم صنعت) و مدل‌های جدید کسب و کار(با ارائهٔ خدمات پس از فروش و گسترش شیوه‌های ارائهٔ خدمات در صورت نیاز متحرک) است.

فناوری دیجیتال باعث مطرح شدن موضوع اتومبیل‌های متصل به هم شد که با استفاده از شرایط فیزیکی، داده تولید می‌کنند، داده‌ها را دریافت و پردازش می‌کنند و به سایر اتومبیل‌ها و دستگاه‌ها متصل می‌شوند. اتومبیل‌های متصل به هم باعث افزایش ایمنی و راحتی راننده می‌شوند. خدمات جدیدی شامل تماس اضطراری خودکار پس از تصادف و هشدارهای مربوط به مخاطرات جاده‌ای که در لحظه عمل می‌کند، تشخیص تعمیر خودرو و همچنین سیستم‌های پارکینگ شبکه‌ای باعث صرفه‌جویی در وقت است. علاوه بر این، سیستم‌های ناوبری با در نظر گرفتن شرایط ترافیک در زمان واقعی، برنامه‌ریزی مسیر را بهینه می‌کنند.

توسعه‌های به وجود آمده در حوزهٔ خودروهای بدون راننده، مرهون پیشرفت‌های حوزه‌های رباتیک، هوش مصنوعی، یادگیری ماشین و ارتباطات است. ۵ سطح اتوماسیون در این حوزه، از سیستم دستیار راننده تا خودروی بدون راننده وجود دارد. برای تمام خودروهای جدید سیستم دستیار راننده تعبیه شده‌است. این سیستم‌ها بخش‌هایی از کنترل حرکت خودرو را به عهده می‌گیرد و به راننده در انجام کارهایی مانند پارک کردن و کنترل سرعت که حاشیهٔ اطمینان در انجام آن‌ها بالاتر است کمک می‌کنند - اما راننده هنوز مسئولیت کلی رانندگی را بر عهده دارد. از نظر فنی، فناوری رانندگی اتوماتیک در محیط‌های کنترل شده کاملاً رشد کرده است. (VDA، ۲۰۱۵). در اتوماسیون کامل رانندگی، خودروها مستقل رانندگی می‌کنند و بدون دخالت راننده نسبت به محیط خود واکنش نشان می‌دهند. چنین سیستم‌هایی در پروژه‌های تست مورد آزمایش قرار می‌گیرند (PSC / CAR، ۲۰۱۷)، اما نظرات در مورد دستیابی به استقلال کامل، در شرایط غیرآزمایشگاهی کاملاً متفاوت است.

صنعت خودرو در توسعهٔ «کارخانه‌های هوشمند» پیشرو است. در این کارخانه‌ها بسیاری از کاربری‌های مربوط به صنایع نسل چهارم ازجمله

رباتیک متصل به اینترنت، تجزیه و تحلیل داده‌ها و رایانش ابری و محاسبات با کارآیی بالا در حال پیاده‌سازی است. برای مثال، هیروتک[1]، تولیدکنندهٔ قطعات خودرو در ژاپن، از تجزیه و تحلیل داده‌ها به وسیلهٔ یادگیری ماشین، برای پیش‌بینی و جلوگیری از خرابی استفاده می‌کند. این پیش‌بینی به‌طور چشم‌گیری باعث کاهش هزینه‌های به وجود آمده ناشی از خرابی‌ها و از کار افتادگی‌های غیرمترقبه می‌شود (هیولت پاکارد، ۲۰۱۷). BMW همچنین در نظر دارد وضعیت واقعی و در لحظهٔ کلیهٔ ماشین‌های مهمی که وظیفهٔ تولید قطعات را از سمت تولیدکنندگان دارند، با استفاده از اینترنت اشیا پایش کند. کرن و وولف (۲۰۱۹) نمونه‌های دیگری از سرمایه‌گذاری توسط خودروسازان و تأمین‌کنندگان خودرو را برای تقویت بهره‌وری و خودکارسازی فرآیندهای تولید و زنجیرهٔ تأمین ارائه می‌دهند.

شرکت‌های حوزهٔ صنایع خودرو، سرویس‌های جدیدی را نیز که با محصولاتشان مرتبط است ارائه می‌دهند. محورهای سه حوزه تمرکز در این رابطه عبارتند از: خدمات جدید پس از فروش (برای مثال تعمیر و نگهداری پیش‌بینانه)، توسعهٔ راه‌کارهایی برای مالیکت ماشین (مثل سرویس‌های اشتراک خودرو) و بسط و توسعهٔ سرویس‌های تقاضا محور (مانند ایجاد برندهای شخصی برای ماشین‌ها).

• بخش خرده‌فروشی

در زمینهٔ خرده‌فروشی، نوآوری‌های دیجیتالی با هدف بهبود تجربهٔ مصرف‌کننده (هم در خرید فیزیکی و هم به صورت آنلاین) و بهینه‌سازی فرآیندها (برای نمونه لجستیک و مدیریت انبار) انجام می‌شوند. بیشترین سرمایه‌گذاری روی جمع‌آوری داده‌ها (برای نمونه خرید و مرور داده‌ها) و قابلیت تجزیه و تحلیل داده‌ها متمرکز است. این داده‌ها با توجه به نیازهای مصرف‌کننده و ترجیحات آن‌ها برای سفارشی کردن تجربهٔ خرید به کار می‌آیند، برای مثال با ارسال تبلیغات و پیشنهادات شخصی، می‌توان این کار را انجام داد. مثلاً فروشگاه Sephora با استفاده از فناوری Beacon و با توجه به سابقه خرید مشتریان، هنگام نزدیک شدن آن‌ها به کالاهایی که احتمال خرید بیشتری برایشان وجود دارد، روی تلفن‌های همراه آن‌ها سیگنالی ارسال می‌کند.

نوآوری در فروشگاه‌های فیزیکی نیز در حال گسترش است. مثلاً اتاق‌های

[1] Hirote

پرو هوشمند ممکن است لباس‌های خاصی را به خریداران توصیه کنند. آینه‌های دیجیتالی می‌توانند به مشتریان این امکان را بدهند که از بین موارد مختلف، چندین لباس را مقایسه کنند. و سیستم‌های پرداخت خودکار به مشتریان این امکان را می‌دهند تا از ایستادن در صف‌های طولانی راحت شوند. برای مثال فروشگاه AmazonGo اخیراً یک فروشگاه بدون صندوقدار در شهر سیاتل تأسیس کرده است. با استقرار حسگرها، دوربین‌ها و سایر فناوری‌های دیجیتال، فروشگاه امکان پرداخت خودکار محصولاتی را که مشتریان از قفسه خارج می‌کنند بدون نیاز به اسکن بارکد فراهم می‌آورد. نوآوری‌ها در خرده‌فروشی‌های آنلاین شامل برنامه‌هایی برای طراحی یا شخصی‌سازی محصولات (مثلاً کفش) از طریق تجسم‌های سه بعدی است. سفارش مجدد محصولات به صورت خودکار نیز ممکن است رایج شود. برای مثال، سرویس Amazon Dash Replenishment این امکان را می‌دهد که دستگاه‌های متصل (برای مثال ماشین‌های ظرف‌شویی، قهوه‌سازها) در هنگام کمبود نیازهایشان (برای مثال پودر ماشین و یا دانه‌های قهوه)، آن‌ها را دوباره سفارش بدهند. با این حال، همهٔ نوآوری‌های از این دست در حاشیه باقی می‌مانند و عمدتاً توسط خرده‌فروشان بزرگ اجرا می‌شوند.

بخش خرده‌فروشی برای مدیریت بهتر موجودی‌ها (مثلاً در انبارها) و بهینه‌سازی سایر فرآیندها از اینترنت اشیا و رباتیک استفاده می‌کند. هوش مصنوعی همچنین ابزار منعطفی برای تقویت پیش‌بینی و بهبود مدیریت سهام، است. برای مثال، Otto، یک خرده فروش آنلاین آلمانی، از داده‌های مصرف‌کننده و الگوریتم یادگیری عمیق برای پیش‌بینی آن‌چه مشتریان یک هفته قبل از سفارش خریداری می‌کنند، استفاده می‌کند. این الگوریتم که از دقت ۹۰ درصدی برخوردار است، باعث شده که اتوسیستم جدید مدیریت سهام را معرفی کند که به‌طور خودکار محصولاتی را از فروشنده‌های ثالث خریداری می‌کند.

• چرا پیامدهای تحول دیجیتال در بخش‌های مختلف متفاوت است؟

پیامدهای تحول دیجیتال در حوزه‌های مختلف به دلایل مختلفی که می‌توان آن‌ها را در سه دسته کلی قرار داد متفاوت است.

• فرصت‌هایی برای نوآوری با استفاده از فناوری‌های دیجیتال

تحولات فناوری در آینده نامشخص است. با این حال با توجه به متغیرهای

مهم در ماهیت محصولات و فرآیندهای یک بخش، برخی از بخش‌ها به واسطهٔ فناوری‌های دیجیتالی خاص (مثلاً اینترنت اشیا، هوش مصنوعی، هواپیماهای بدون سرنشین، واقعیت افزوده، چاپ سه بعدی) ممکن است به شکل‌های مختلفی تأثیر بپذیرند. به‌طور مشابه، احتمالاً تغییر و تحول اشکال مختلفی به خود می‌گیرد و با سرعت‌های مختلف صورت می‌پذیرد. بسته به ویژگی‌های آن بخش، فناوری‌های دیجیتال فرصت‌های متفاوتی را برای موارد زیر ارائه می دهند:

- درحالی‌که برخی از صنایع طی دهه‌های گذشته محصولات خود را به‌طور کامل دیجیتالی کرده‌اند (مثلاً صنایع رسانه، موسیقی و بازی)، برخی دیگر مانند مواد غذایی و کالاهای مصرفی عمدتاً به صورت فیزیکی باقی مانده‌اند. بسیاری از صنایع، ترکیبی از اجزای دیجیتالی و فیزیکی را در محصولات نهایی خود به کاربر ارائه می‌دهند، اما به این صورت که بخش دیجیتال اغلب اهمیت بیشتری دارد. در صنعت خودرو، وسایل نقلیه به‌طور چشم‌گیری ویژگی‌های دیجیتال را با هم ادغام می‌کنند. برای مثال، سیستم‌های سرگرمی پیشرفته و سایر قابلیت‌هایی که توسط تجزیه و تحلیل داده‌ها و ارتباط آن‌ها با هم در محصولات قرار گرفته، به یک فاکتور کلیدی در تصمیم‌گیری خریداران برای استفاده از محصول تبدیل شده‌است.
- دیجیتالی کردن فرآیندهای کسب و کار: میزان تأثیرگذاری دیجیتالی کردن در بخش‌های مختلف فرآیندهای کسب و کار ممکن است متفاوت باشد. این امر به ماهیت فعالیت‌ها و ویژگی‌های تولید بستگی دارد (برای مثال این‌که آیا این بخش در صورت داشتن زنجیره‌های طولانی عرضه، دارای فرآیند مونتاژ محصولات به صورت فیزیکی است یا خیر). به‌شکل ویژه، فناوری‌های دیجیتال فرصت‌هایی را برای دیجیتالی شدن (و اتوماسیون) فرآیندهای تولید، اتصال زنجیره‌های تأمین و همچنین برای بهبود تعامل با مصرف کنندهٔ نهایی، به وجود می‌آورد.

- مدل‌های کسب و کار
- مدل‌های کسب و کار طی سال‌های اخیر بازارها یا بخش‌های جدیدی از بازار توسط فناوری‌های دیجیتالی اغلب در مجاورت بخش‌های سنتی فعال شده‌اند. تجارت الکترونیکی، خدمات اشتراک‌گذاری ماشین و خدمات فینتک (اقتصاد-فناوری) نمونه‌های شناخته‌شده‌ای از این موضوع هستند. درحالی که در عصر حاضر مدل‌های جدید تجاری در سراسر اقتصاد در حال ظهور هستند، مقیاس و پتانسیل این نمونه‌ها نیز در بخش‌های مختلف متفاوت است. در بعضی موارد، این مدل‌های کسب و کار ممکن است جای مدل‌های سنتی (مانند آژانس‌های مسافرتی) را بگیرند. در موارد دیگر، این دو مدل ممکن است محصول یا خدمات ارائه شده را هم‌زمان داشته باشند و آن‌ها را گسترش دهند (مانند فروشگاه‌های آنلاین و فروشگاه‌های صنعتی که توامان حضور دارند).

• نیاز به داده و چالش‌های مسیر نوآوری

داده‌ها به ورودی اصلی برای نوآوری تبدیل شده‌اند (جدول ٤). با این حال، تفاوت در دسترسی به داده‌ها در بخش‌های مختلف موجب به وجود آمدن تفاوت‌های میان حوزه‌ای می‌شوند. برای مثال، در برخی از بخش‌ها، داده‌های مورد نیاز برای نوآوری نسبت به سایر موارد حساس‌تر هستند (مانند داده‌های بیماران برای نوآوری‌های حوزه بهداشت). همچنین کمبود یا نبود داده‌ها نیز از دیگر چالش‌ها می‌باشد (برای مثال داده‌های مربوط به حوزهٔ کشاورزی برای توسعهٔ خدمات کشاورزی هوشمند، با توجه به کمبود فناوری دیجیتال در کشاورزی). ماهیت حریم خصوصی داده‌ها و چالش‌های ایمنی نیز در بخش‌های مختلف متفاوت است. محافظت از داده‌های تولید شده توسط اتومبیل‌های متصل به هم و سیستم‌های حمل‌ونقل برای جلوگیری از حملات سایبری که می‌توانند ایمنی جاده‌ها را در معرض خطر قرار دهند، بسیار مهم است. در عین حال، سوءاستفاده و درز کردن اطلاعات شخصی در بخش خرده‌فروشی می‌تواند مشکل‌ساز باشد. همچنین ممکن است برخی از بخش‌ها از منظر دیجیتالی نسبت به سایر بخش‌ها جذاب‌تر باشد و باعث ایجاد ظرفیت‌های بیشتری شود. شرایط مالکیت داده نیز ممکن است مانعی برای نوآوری در برخی بخش‌ها باشد. این امر به‌ویژه در بخش‌هایی مانند کشاورزی که داده‌ها توسط برخی بازیگران ضبط می‌شود اما توسط دیگران مورد سوءاستفاده قرار می‌گیرد مشهودتر است.

دسترسی نابرابر به داده‌ها در شرکت‌های مختلف یک حوزه می‌تواند زمینه‌های نابرابری را در همان حوزه ایجاد کند. این به نوبه خود، باعث افزایش تمرکز بازار در یک بخش خاص می‌شود. برای مثال آمازون و گوگل در مقایسه با سایر خرده‌فروشان از ظرفیت بالاتری برای دسترسی به مقادیر زیادی از داده‌های مصرف‌کننده برخوردار هستند.

جدول ٤٫١ برخی از تفاوت‌ها در بخش‌های کشاورزی، مواد غذایی و اتومبیل و خرده فروشی را در رابطه با نوع داده‌های مورد نیاز برای اهداف نوآوری و فرصت‌ها و چالش‌های مربوط به انواع داده‌های مهم ارائه می‌دهد.

	داده‌های مورد نیاز	چالش‌های اساسی
کشاورزی (کشاورزی دقیق)	داده‌های جمع‌آوری شده از مزارع متعدد (به‌دست آمده از حسگرهای محیطی یا پهپادهای ارسال شده به مزرعه) داده‌های ماهواره‌ای (اطلاعات جغرافیایی، اطلاعات هواشناسی، ماهواره‌ای تصاویر روی محصولات)	سطح پایین اطلاعات فناورانه و هزینه بالای پیاده‌سازی اشتراک اطلاعات (مقاومت مزرعه‌داران) کیفیت داده‌ها و تجمیع پیاده‌سازی تحلیل دادهٔ قابل اعتماد
صنایع خودروسازی (خودروهای مرتبط)	داده‌های رفتاری رانندگان، وضعیت و موقعیت خودرو تاریخچه عملکرد خودرو (برای پیش‌بینی تعمیر و نگهداری) اطلاعات جغرافیایی، وضعیت لحظه‌ای ترافیک	مهارت‌های به‌دست‌آوری اطلاعات تجمیع داده‌ها امنیت داده‌ها (برحسب قراردادهای مبتنی بر مصرف) امنیت جاده‌ها (ریسک حملات سایبری)
خرده‌فروشی (شخصی‌سازی تجربه مشتری)	اطلاعات مشتری و تراکنش‌ها اطلاعات شخصی مشتری در فضای مجازی و وب‌سایت‌ها	مهارت‌های به‌دست‌آوری اطلاعات تجمیع داده‌ها برقراری امنیت داده‌ها (خطر لو رفتن داده‌های مربوط به قیمت‌گذاری)

• روندهای جذب و انتشار فناوری دیجیتال

پذیرش فناوری دیجیتال در بخش‌های مختلف ناهمگن است (کلاوینو[1] و همکاران.، ۲۰۱۸). برای مثال، برآوردهای انجام گرفته در صنعت نشان می‌دهد که بخش‌هایی مانند خدمات خودرو و خدمات مالی، در مقایسه با بخش‌هایی مانند گردشگری و ساخت‌وساز، بیشتر توانایی پذیرش فناوری‌هایی مانند هوش مصنوعی دارند (بوگهین[2] و همکاران، ۲۰۱۷). عوامل اصلی مؤثر بر پذیرش فناوری‌های دیجیتال عبارتند از:

توانایی‌های استفاده از فناوری‌های جدید:

توانایی پذیرش فناوری‌های دیجیتال در بخش‌های مختلف متفاوت است. برای مثال، بخش‌هایی مانند کشاورزی و ساخت‌وساز، که نسبتاً سهم بالایی از کارگران کم‌مهارت را دارند، به‌میزان کمتری از فناوری دیجیتال بهره می‌برند. ظرفیت‌های مورد نیاز برای استفاده از فناوری دیجیتال شامل مهارت در سطح فردی (مانند مهارت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات، تخصص در حوزهٔ داده‌ها یا دانش مرتبط با آن) و در سطح سازمانی است. حالت دوم شامل ظرفیت تنظیم دقیق ساختارهای سازمانی، تنظیم فرآیندها، تعریف مجدد استراتژی‌ها و وظایف و همچنین مدیریت ریسک‌های نوظهور است. به این ترتیب، ظرفیت مدیران و درک آن‌ها از پویایی تحول دیجیتال بسیار مهم است.

فشارهای ناشی از رقابت در بازار

ظهور بازیکنان جدید در بازار (یعنی استارت‌آپ‌های دیجیتال یا بنگاه‌های فنی که وارد بازارهای موجود می‌شوند یا فعالیت‌های جدیدی را در مجاورت بخش‌های سنتی ایجاد می‌کنند) بازیگران این بخش‌ها را به نوآوری وا می‌دارد. با این حال، به نظر می‌رسد چنین فشارهایی در برخی بخش‌ها نسبت به سایر بخش‌ها بسیار مهم‌تر است. برای مثال، در صنعت خودرو، ورود شرکت‌هایی مانند Alphabet (سرمایه‌گذاری در توسعهٔ اتومبیل‌های خودران) و Zipcar (ارائهٔ خدمات اشتراک خودرو) درحال فشار آوردن بر شرکت‌های دیگر برای به کارگیری نوآوری‌های دیجیتال است.

برخی از بخش‌ها به شکل ویژه‌ای تحت تأثیر ظهور پلتفرم‌های جدید قرار

[1] Clavino
[2] Bughin

دارند. برای مثال، ظهور پلتفرم‌های دیجیتالی به‌طور قابل توجهی شکل صنعت گردشگری را تغییر می‌دهد. مثلاً سایت Booking.com، به گردشگران اجازه می‌دهد گزینه‌های اسکان و حمل و نقل را جستجو، مقایسه و رزرو کنند. به‌عنوان یک نمونه دیگر، پلتفرم‌های اقتصاد اشتراکی مانند Airbnb خدمات اسکان را به سادگی در اختیار کاربران قرار می‌دهد.

ویژگی‌های خاص ساختاری و ویژگی‌های هر بخش:

خصوصیات هر بخش نیز بر سرعت پذیرش فناوری دیجیتال در آن بخش تأثیر می‌گذارد. فناوری‌های دیجیتالی، به‌ویژه در فعالیت‌های مختلفی از بازیگران این بخش‌ها نفوذ می‌کند. این موضوع از شرکت‌های کوچک و متوسط گرفته تا شرکت‌های بزرگ، استارتاپ‌ها و مؤسسات تحقیقاتی را شامل می‌شود. بنگاه‌های بزرگ معمولاً اولین سازندگان فناوری‌های جدید هستند. این امر عمدتاً به دلیل دسترسی آن‌ها به منابع مورد نیاز برای سرمایه‌گذاری در فناوری‌های جدید و حضور بیشتر کارگران با تخصص فنی مربوطه است. با این حال، شرکت‌های بزرگ همچنان ممکن است از موانع ساختارهای سلسله مراتبی و چارچوب‌های سفت و سخت و سیستم‌های سنتی قبلی که می‌توانند مانع تحول در آن‌ها شوند، رنج بکشند (راجرز، ۲۰۰۳؛ کرامر و زو، ۲۰۰۶).

شرکت‌هایی که در زنجیره‌های ارزش جهانی قرار دارند ممکن است بیشتر در معرض فناوری‌های دیجیتالی قرار گرفته و انگیزهٔ بالاتری برای استفاده از آن‌ها داشته باشند. ممکن است تأمین‌کنندگان این شرکت‌ها با سرعت بیشتری نسبت به درخواست‌های تولیدکنندگان بالادستی برای اتخاذ شیوه‌های جدید و دریافت پشتیبانی از اجرای آن‌ها اقدام کنند. برای مثال، تویوتا از تأمین‌کنندگان خود در اجرای سیستم‌های تولید جدید پشتیبانی می‌کند (کرناند وولف[۱]، ۲۰۱۹). همچنین انتشار فناوری دیجیتال به دسترسی به زیرساخت‌های مهم مانند اتصال به اینترنت با پهنای باند زیاد متکی است. این موضوع ممکن است برای بخش‌ها و بنگاه‌های مستقر در مناطق دورافتاده یا روستایی بیشتر یک چالش باشد. بنگاه‌های کشاورزی یک نمونه از این بنگاه‌ها هستند.

۱ Kernand Wolff

تغییر در نیازهای مشتریان

تغییر در نیازها و تقاضای مصرف‌کننده نیز محرک تحول دیجیتال بخش‌های مختلف است. برای مثال، در زمینهٔ حمل‌ونقل، نسل‌های جوان (به‌ویژه در مناطق شهری) به‌جای مالکیت خودرو، ترجیح بیشتری برای طرح‌های استفاده از خودرو در صورت نیاز نشان می‌دهند. در خرده‌فروشی‌ها، مصرف‌کنندگان اولویت بیشتری برای ترکیبی از خریدهای فیزیکی و آنلاین به همراه تحویل سریع محصولات خریداری شده به صورت آنلاین قائل هستند.

سطح مقاومت نسبت به تغییر

مقاومت در برابر تغییر نیز بسته به عوامل مختلف ممکن است در بخش‌ها متفاوت باشد. اول، مقاومت ممکن است با آگاهی از فرصت‌های ارائه شده توسط فناوری‌های دیجیتال مرتبط باشد. همچنین می‌توانند به چالش‌های درک شده و واقعی برای ذی‌نفعان خاص از جذب فناوری‌های دیجیتال، ازجمله جابجایی‌های شغلی یا الزامات بازآموزی، بستگی داشته باشد. و سرانجام، این می‌تواند به ظرفیت‌های جذب و وضعیت توسعهٔ برنامه‌های کاربردی فناوری دیجیتال در هر بخش وابسته باشد. همچنین سطح پایین پذیرش فناوری ممکن است مقاومت مصرف‌کنندگان در برابر تغییر را منعکس کند، که در محصولات مختلف متفاوت است. برای مثال، پذیرش تجارت الکترونیکی در ابتدا کند بود، درحالی‌که نرخ کاربران خدمات حمل‌ونقل سیار به‌شدت در سراسر کشور آمریکا (برای مثال) متفاوت است. به همین ترتیب، ممکن است مقاومت بیشتری نسبت به پذیرش ربات‌ها برای خدمات مراقبت شخصی نسبت به خدمات حمل‌ونقل جدید وجود داشته باشد.

سیاست‌های نوآوری چگونه باید با عصر دیجیتال تطبیق داده شوند؟

سیاست مؤثر برای نوآوری در عصر دیجیتال، دولت‌ها را ملزم به اتخاذ سیاست‌هایی می‌کند که به وضعیت در حال تغییرِ ایجاد شده توسط تحول دیجیتال پاسخ بدهد. سیاست‌های ترکیبی جدید باید شامل پنج هدف اصلی (جدول ۴،۲) باشد: اطمینان از دسترسی به داده‌ها برای نوآوری، ارائهٔ پشتیبانی و انگیزه برای نوآوری و کارآفرینی، ایجاد یک سیستم تحقیقاتی عمومی قوی و داشتن نیروی کار ماهر، پرورش اکوسیستم‌های نوآوری مشارکتی، رقابتی و فراگیر و تعیین سیاست‌های ملی که با شرایط جهانی و نگرانی‌های شهروندان مرتبط است.

تحول دیجیتال نیازمند تغییراتی است که بر همهٔ سیاست‌های نوآوری تأثیر می‌گذارد، اما در درجات مختلف! برخی از حوزه‌های سیاست‌گذاری باید اهداف یا محتوای خود را با نوآوری دیجیتال تطبیق دهند، درحالی که اهداف اصلی خود را حفظ می‌کنند. برای مثال، سیاست‌های حمایت از کارآفرینی، پذیرش فناوری دیجیتال توسط شرکت‌های کوچک و بزرگ و توسعهٔ فناوری‌های عمومی از این دست‌اند. برخی حوزه‌های دیگر نیاز به تغییر بیشتری دارند، ازجمله بازاندیشی در منطق سیاست: مثالی از آن می‌تواند سیاست تحقیق عمومی (حرکت به سمت علم آزاد) باشد.

دسترسی به داده‌ها در کلیهٔ حوزه‌های مربوط به نوآوری، مانند پشتیبانی از نوآوری در کسب و کار، تحقیقات عمومی و سیاست رقابت، به یک موضوع مهم جدید تبدیل شده است. داده‌ها به خودی خود به یک حوزهٔ سیاست تبدیل شده‌اند و در معرض موضوعاتی از قبیل محرمانه بودن و حفظ حریم خصوصی قرار گرفته‌اند که به‌طور مستقیم بر نوآوری تأثیر می‌گذارند.

سیاست‌گذاران باید چندین چالش جدید را برطرف کنند. این چالش‌ها شامل تضمین بیشتر پاسخ‌گو بودن، چابکی سیاست‌ها و تعیین سیاست‌های ملی با توجه به تحولات در بازارهای جهانی هستند. آن‌ها باید اطلاعات و گفتگوهایی را ترتیب دهند تا شهروندان از واقعیت‌های فناوری‌های جدید آگاهی یافته و بتوانند در اخذ تصمیمات مربوط به اختصاص بودجه به فناوری‌هایی که به ظاهر مضر هستن، شرکت کنند. سرانجام، آن‌ها باید اطمینان حاصل کنند که دولت می‌تواند به مهارت‌های پیشرفته (مثلاً در زمینه هوش مصنوعی) و داده‌های مورد نیاز برای طراحی مقررات و خط مشی‌های مناسب، دسترسی پیدا کند و این اطمینان را ایجاد کند که فناوری‌های جدید به منافع عمومی آسیب نمی‌رسانند.

در حوزه‌های سیاست که در آن بخش‌های مختلف دارای چالش‌ها و نیازهای متفاوتی هستند، اتخاذ یک رویکرد متناسب با آن بخش ضروری است. این موضوع به‌ویژه در مورد سیاست‌های دستیابی به داده‌ها، جذب فناوری دیجیتال و سیاست‌های انتشار و پشتیبانی از توسعهٔ کاربرد فناوری دیجیتال بسیار مهم است. برای مثال، چالش‌های کشاورزی اغلب مربوط به اشتراک‌گذاری داده‌ها و ادغام آن‌ها است، در حالی که در خرده‌فروشی اطمینان از حفظ حریم خصوصی داده‌ها یک نگرانی در حال افزایش است.

جدول ۴.۲

حوزه سیاست	تغییرات لازم
دسترسی به داده‌ها	دسترسی به داده‌ها برای کارآفرینان با در نظر گرفتن تنوع داده‌ها و حفظ حقوق آن‌ها توسعه بازار برای دسترسی به داده‌ها را بررسی کنید
نوآوری در کسب و کار و کارآفرینی	اطمینان حاصل کنید که سیاست ها، پاسخگو و چالاک هستند راه‌اندازی سیستم مالکیت معنوی پشتیبانی از توسعه فناوری‌های دیجیتال عمومی (چند منظوره)
تحیقات عمومی، تعلیم و تربیت	ترویج علم و دانش با دسترسی آزاد سرمایه‌گذاری روی زیرساخت‌های مرتبط با داده تسهیل رابطه بین دانشگاه و صنعت اطمینان حاصل کنید که دانش‌های مورد نیاز در صنعت پرورش داده می‌شوند از تعلیم و تربیت در حوزه‌های مدیریتی حمایت کنید
رقابت، همکاری و تعامل	قوانین و سیاست‌ها را بر اساس رقابت‌های حوزهٔ دیجیتال بازنویسی کنید از پذیرش فناوری‌های دیجیتال بخصوص در شرکت‌های کوچک و متوسط حمایت کنید از تعامل اجتماعی و بومی در حوزه دیجیتال حمایت کنید
اصول مقطعی	سیاست‌های بین‌المللی در حوزه‌های جهانی اتخاذ کنید با شهروندان در حوزه نگرانی‌های مربوط به فناوری همراه شوید در صورت نیاز سیاست‌های درون‌حوزه‌ای اتخاذ کنید.

نوآوری همچنین تحت تأثیر بسیاری از سیاست‌هایی است که آن را به شکل صریح یا در درجهٔ اول هدف قرار نمی‌دهند. این سیاست‌ها شامل سیاست‌های آموزش، مالیات، بهداشت، محیط زیست، حمل و نقل و رقابت است. سیاست رقابت مخصوصاً برای نوآوری بسیار مهم است، زیرا تنها یک محیط رقابتی مناسب است که شرکت‌ها را به سمت نوآوری و تقویت رشد مبتنی بر نوآوری تحریک می‌کند.

• سیاست‌های دسترسی به داده‌ها

از آن‌جا که داده‌ها ورودی اصلی فرآیند نوآوری هستند، دسترسی به داده‌ها - ابزارهایی که جمع‌آوری داده‌ها را میسر می‌کنند و به تفسیر داده‌ها کمک می‌کنند -، افرادی را که در نوآوری دیجیتال شرکت می‌کنند و روش‌های

مشارکت آن‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین، یک برنامهٔ سیاست‌گذاری خاص پیرامون دسترسی به داده‌ها باید تدوین شود (OECD، ۲۰۱۵a). هدف اصلی سیاست‌های دسترسی به داده‌ها باید ایجاد تعادل بین دو مولفه باشد. از یک طرف، سیاست‌ها باید دسترسی به داده‌ها و دانش (ایجاد انگیزه اشتراک و استفادهٔ مجدد) را برای دستیابی به رقابت و نوآوری فراهم کنند. از طرف دیگر، باید محدودیت‌هایی را در مورد حریم خصوصی داده‌ها، ملاحظات اخلاقی، هزینه‌های اقتصادی و مزایا (یعنی انگیزه‌هایی برای تولید داده) و حقوق مالکیت معنوی (IPR) رعایت کنند.

سیاست‌ها باید تنوع داده‌ها را درنظر بگیرند که دلالت بر اختلاف آن‌ها از نظر دسترسی و سایر چالش‌های مرتبط با تولید و بهره‌برداری از آن‌ها دارد. دسترسی به داده‌های تحقیقات عمومی، امکان باز تولید و آزمایش به منظور اعتبار سنجی پژوهش‌های علمی و همچنین استفاده مجدد از آن‌ها در تحقیقات بعدی را فراهم می‌کند (OECD، ۲۰۱۵b؛ دای، شین و اسمیت، ۲۰۱۸). برخی دولت‌ها برای تقویت نوآوری مبتنی بر داده، دسترسی آزاد به داده‌های تولیدشده توسط خدمات عمومی (مثلاً نظارت دقیق، حمل‌ونقل شهری و غیره) برقرار می‌کنند. برای مثال، پورتال داده‌های باز انگلستان (data.gov.uk) داده‌هایی را از دولت مرکزی، مقامات محلی و سایر نهادهای دولتی منتشر می‌کند. این شرکت داده‌هایی را در زمینه‌های مختلف ایجاد می‌کند تا فرصت‌های جدیدی برای سازمان‌ها، ساخت کالاها و خدمات دیجیتال نوآورانه ایجاد کند. از نمونه‌های دیگر می‌توان به پورتال داده‌های باز کانادا (open.canada.ca)، فرانسه (data.gouv.fr)، ژاپن (data.go.jp) و ایالات متحده (data.gov) اشاره کرد.

همچنین باید شرایط مناسبی ایجاد شود تا زمینه ظهور بازارهای داده فراهم شود. خرید و فروش داده‌ها ممکن است نوآوری را تسهیل کرده و همچنین باعث قیمتگذاری روی تولید داده و صلاحیت استفاده از آن‌ها در آینده شود - از این رو تولید داده‌های بیشتر تسهیل می‌شود. بازارهای داده همچنین ورود را برای مبتدیانی که نیازمند اطلاعات هستند و برای بخشی از مدل مدل کسب و کار خود به داده‌هایی نیاز دارند، تسهیل می‌کند.

با این حال چالش‌هایی اساسی برای توسعهٔ بازارهای خرید و فروش داده وجود دارد. برای مثال، داده‌ها اغلب با یک شرایط و محتوای خاص سازگار

می‌شوند و خارج از این محتوا، ممکن است ارزش چندانی نداشته باشند، از این رو قابلیت انتقال آن‌ها را محدود می‌کنند. سایر چالش‌های کلیدی مربوط به مناسب بودن داده‌ها، مشکلات در ارزیابی ارزش واقعی بازار و کیفیت داده‌ها و همچنین نگرانی‌های مربوط به حریم خصوصی و ایمنی مؤثر بر داده‌های شخصی است.

• سیاست‌های حمایتی برای نوآوری و کارآفرینی

• اطمینان حاصل کنید که سیاست‌ها پیش‌بینی‌کننده، پاسخ‌گو و چالاک باشند

ابزارهای سیاست‌گذاری لازم برای عصر دیجیتال باید پیش‌بینی‌کننده، پاسخ‌گو و چالاک باشند. حوزهٔ نوآوری به سرعت در حال تغییر است و امکان پیش‌بینی آن در برخی زمینه‌ها دشوار است. بنابراین، دولت‌ها باید در حالی که قوانین مربوط به میزان دخالت (محتاطانه) را هنگام استفاده از ابزارهای خاص سیاست‌گذاری حفظ می‌کنند، نسبت به تغییرات انعطاف‌پذیرتر و هوشیارتر باشند.

رویکردهایی که برای حصول اطمینان از کارآیی سیاست‌های اعمال شده اتخاذ می‌شود شامل استقرار و نظارت این سیاست‌هاست که شامل اعمال آن‌ها در مقیاس کوچک است. این آزمایشات می‌توانند به ارزیابی ارتباط و کارآیی این سیاست‌ها در شرایط عدم اطمینان کمک کنند، که براساس آن می‌توان مقیاس آن‌ها را به راحتی زیاد، کم و یا در همان سطح رها کرد.

در زمینهٔ تغییرات سریع، ساده‌سازی رویه‌های مربوط به پیاده‌سازی برای ابزارهای پشتیبانی نوآوری بسیار مهم است. برای مثال، برنامهٔ Pass French Tech رشد سریع استارتاپ‌ها را تسهیل می‌کند و سرویس‌هایی را برای گسترش آن‌ها ارائه می‌دهد. این خدمات شامل سرویس‌هایی در زمینه‌هایی مانند تأمین مالی، دسترسی به بازارهای جدید، نوآوری و توسعهٔ کسب‌وکار می‌باشد(FrenchTech، فاقد تاریخ).

استفاده از ابزارهای دیجیتالی برای طراحی سیاست نوآوری و پایش اهدافی که سیاست‌ها در نظر دارند، گزینهٔ دیگری برای عملکرد سریع‌تر و مؤثرتر در تصمیم‌گیری است. برای مثال، تجزیه و تحلیل معنایی اطلاعات می‌تواند با بررسی مقادیر زیادی از اطلاعات متنی (مانند اسناد مربوط به سیاست‌های نوآوری، ثبت اختراعات، مقالات علمی) روندهای سیاست را شناسایی کرده و روند فناوری را پیش‌بینی کند (OECD، ۲۰۱۸). درحالی‌که این موضوع

هنوز هم به شکل تجربی می‌باشد، تحلیل معنایی داده‌ها نقاط قوت را در زمینه‌های تحقیقی خاص بر اساس اطلاعات متنی موجود در نشریات آن حوزه‌ها به‌دست آورده است. اطلاعات به‌دست آمده همچنین توسط آژانس‌های سرمایه‌گذاری در حوزهٔ نوآوری و تحقیقات برای ایجاد ارتباطات بهتر بین دریافت‌کنندگان خدمات پشتیبانی، بر اساس اطلاعات مربوط به فعالیت‌های تحقیقاتی خود، استفاده می‌شود.

ابزارهایی که فقط یک فناوری خاص را هدف قرار نمی‌دهند نیز می‌توانند انعطاف‌پذیری را افزایش دهند. برنامه‌های مأموریت محور که یک هدف را تعیین می‌کنند، اما ابزاری برای دستیابی به آن هدف نیستند، می‌توانند به این موضوع کمک کنند. چنین برنامه‌هایی ممکن است استقلال و چابکی بیشتری برای انتخاب راه‌های مناسب فناوری به منظور دستیابی به هدف اعلام شده توسط سیاست فراهم کنند. اشکالات ابزارهای بدون هدف خاص باید در مقابل مزیت انعطاف‌پذیری بیشتر آن‌ها مد نظر گرفته شود.

برخی محیط‌های خاص، ازجمله ادارات دولتی که الزامات خاصی مانند امنیت داده‌ها در آن‌ها مطرح است، هیچ انتخابی برای استفادهٔ فناوری باقی نمی‌گذارند. در این موارد، طراحی مؤسسات دولتی متصل به تحولات فناوری در بخش خصوصی می تواند راهکار بسیار مفیدی باشد. این مؤسسات دولت‌ها را از آخرین تحولات فناوری و همچنین مزایای احتمالی و تأثیرات مضر آن‌ها مطلع می‌کنند. Data 61 در استرالیا و Digital Catapult در انگلستان نمونه‌هایی از این مؤسسات هستند.

• از نوآوری خدمات پشتیبانی کنید تا از پتانسیل فناوری‌های دیجیتال بهره ببرید

بسیاری از سیاست‌های نوآوری برای نوآوری در بخش تولید در نظر گرفته شده‌است. این سیاست‌ها ویژگی‌های خاصی، مانند فشرده بودن فرآیند تحقیق و توسعه دارند و اغلب منجر به ثبت اختراع می‌شوند. در شرایطی که خدمات به کانون اصلی نوآوری تبدیل می‌شوند، ابتکارات در سیاست‌های طراحی شده باید اطمینان حاصل کنند که نوآوری خدمات در نظر گرفته شده‌است. ابتکاراتی که نیازهای نوظهور در نوآوری خدمات را در بر می‌گیرند، ممکن است شامل پشتیبانی از پروژه‌ها باشد. این ابتکارات می‌توانند خدمات کاملاً جدیدی را با استفاده از فناوری‌های دیجیتالی توسعه دهند، مانند خدمات هوشمند و دیجیتال در اتریش(FFG, n.d). این

موضوع همچنین می‌تواند از تولید شرکت‌های کوچک و بزرگ برای توسعهٔ خدمات مرتبط با محصولاتشان پشتیبانی کند. نمونه‌ای از این نوع خدمات، کوپن‌های خدمات تولیدی برای شرکت‌های کوچک و متوسط در هلند می‌باشد (RVO، ۲۰۱۸).

• از سیستم‌های مالکیت معنوی استفاده کنید

دیجیتال‌سازی در حال تغییر سیستم مالکیت معنوی است که برای اختراعات ملموس و تجسم یافته در محصولات و فرآیندهای فیزیکی طراحی شده‌است. با دیجیتالی شدن، سیستم مالکیت معنوی با سؤالات جدیدی رو به رو می‌شود که نیاز به پاسخ‌گویی آن‌ها از طریق سیاست‌های نوشته‌شده وجود دارد. این سؤالات شامل چگونگی ایجاد انگیزه برای تولید داده‌ها در زمینهٔ سیستم‌های دادهٔ باز است. سایر سؤالات مربوط به مالکیت اختراعات قابل ثبت در کشور توسط هوش مصنوعی و خطر جعل اجزای نامشهود محصولات است.

فناوری‌های دیجیتال جدید همچنین ممکن است به اجرای موضوع حقوق مالکیت معنوی کمک کنند. درنهایت می‌توان، با استفاده از فناوری بلاک‌چین، بحث مالکیت معنوی را روی طیف وسیعی از کالاهای غیرفیزیکی (مانند عکس، موسیقی، فیلم) و حتی برخی کالاهای ملموس و فیزیکی (مانند موارد چاپ شدهٔ سه‌بعدی با شناسه‌های دیجیتال منحصر به فرد) اجرا کرد. این موضوع ممکن است به ایجاد یک سیستم آسان‌تر برای اجرای مالکیت معنوی کمک کند.

• حمایت از توسعه فناوری‌های دیجیتال عمومی برای پاسخ‌گویی به چالش‌های اجتماعی

سیاست ها باید اطمینان حاصل کنند که فناوری‌های دیجیتال چند منظوره برای ارائهٔ خدمات تجاری و همچنین اهداف اجتماعی و محیطی توسعه‌یافته در نظر گرفته شده‌اند. تحقیقات عمومی غالباً به پیشرفت‌هایی در این زمینه‌ها دست پیدا می‌کنند و از طرفی تعداد رو به افزایشی از سازمان‌های غیرانتفاعی و بنگاه‌های خصوصی نیز اهداف مشابهی را دنبال می‌کنند. نمونه‌های زیادی از کاربردهای هوش مصنوعی وجود دارد که با چالش‌های اجتماعی و زیست محیطی روبه‌رو هستند. برای مثال، تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های یادگیری عمیق، کشتی‌های ماهیگیری غیرقانونی را شناسایی کرده و آن‌ها را مسبب ایجاد تغییرات در صخره‌های مرجانی اعلام کرده است. حسگرهای صوتی می‌توانند ورود به سیستم به شکل غیرقانونی

را تشخیص دهند و اعلام کنند. فناوری تشخیص چهره، تحلیل شبکه‌های اجتماعی و پردازش زبان طبیعی نیز می‌توانند قربانیان سوءاستفاده جنسی در اینترنت را شناسایی کنند (چوی و همکاران، ۲۰۱۸).

تعامل و بحث و گفت‌وگوی بیشتر با مردم نیز برای نشان دادن ویژگی‌های این فناوری‌ها و برطرف کردن مناسب نگرانی‌های عمومی (برای مثال حفاظت از حریم خصوصی، توسعهٔ برنامه‌های کاربردی برای منافع عمومی) لازم است. عدم تعامل با جامعه خطر بروز عواقبی برای آینده را ایجاد می‌کند. این موضوع می‌تواند تأثیرات منفی بر توسعه و استقرار فناوری‌های مهم برجای بگذارد.

• سیاست‌های تحقیق و آموزش عمومی

• تشویق به دیجیتالی کردن نتایج تحقیقات عمومی

تقویت مهارت‌های محققان در حوزه‌های دیجیتال تضمین می‌کند که ابزارهای دیجیتالی جدید در فرآیندهای تحقیقات عمومی به کار برده شوند. مثلاً برای این کار، فعالیت‌های خاص آموزشی و ظرفیت‌ساز خاصی که می‌توانند به اجرای این موضوع کمک کنند، می‌تواند اجرا شود. این تاکتیک یک هدف اصلی از استراتژی دیجیتالی‌سازی برای بخش آموزش عالی در نروژ (بین سال‌های ۲۱۰۷ تا ۲۰۲۱) (دولت نروژ، ۲۰۱۸) است.

چنین اقداماتی باید با سرمایه‌گذاری در ابزارهای دیجیتالی و زیرساخت‌هایی که برای تحقیقات مهم هستند (مثلاً قالب‌های اشتراک‌گذاری داده‌ها و امکانات رایانه‌ای برای هوش مصنوعی) همراه باشد. برای مثال، ژاپن سالانه بیش از ۱۲۰ میلیون دلار برای ساخت زیرساخت محاسباتی با توان بالا سرمایه‌گذاری می‌کند. این امر در دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی عمومی برای اهداف تحقیق و توسعه در طیف وسیعی از زمینه‌ها قابل دسترسی خواهد بود.

تشویق تحقیقات بین‌رشته‌ای (مانند پروژه‌های تحقیقاتی بین‌شرکتی) و مشارکت در همکاری با سایر مؤسسات تحقیقاتی و صنعتی نیز در زمینهٔ نوآوری دیجیتال یک اولویت بزرگ است. به‌طور خاص، برنامه‌های علوم داده فرصت‌های جدیدی را در رشته‌های دانشگاهی فراهم می‌کنند. با توجه به مشارکت بین صنعت و علم، فضاهای فیزیکی برای همکاری بیشتر در نوآوری مهم هستند. با این حال، پلتفرم‌های دیجیتال می‌توانند فضای فیزیکی را تکمیل کنند و انواع جدیدی از همکاری را در مرزهای جغرافیایی امکان‌پذیر سازند.

• مهارت‌های دیجیتالی شامل تحلیل داده‌ها به‌وجود بیاورید

مسئولان آموزش و پژوهش نقش اساسی در ایجاد مهارت‌های دیجیتالی مورد نیاز در اقتصاد دارند. مسئولان حوزهٔ نوآوری باید برای دستیابی به اهدف مختلف با آن‌ها همکاری کنند. اول، آن‌ها به شناسایی مهارت‌های جدید مورد نیاز در زمینهٔ تحول دیجیتال کمک می‌کنند. دوم، آن‌ها باید ورودی‌هایی را برای برنامه‌های آموزش در دانشگاه‌ها و کارآموزی‌ها فراهم کنند تا کمبودهای مهم مهارتی را که اغلب به برنامه‌های درسی بین‌رشته‌ای نیاز دارند، از بین ببرند (مثلاً در حوزهٔ داده‌ها). مقامات باید نوآوری و همچنین آموزش را برای شرکت‌های کوچک و بزرگ در بخش‌های سنتی تسهیل کنند تا آن‌ها نیز بتوانند از پتانسیل فناوری‌های دیجیتال استفاده کنند.

• اکوسیستم‌های نوآوری رقابتی، مشارکتی و فراگیر را تقویت کنید

• اطمینان حاصل کنید که اکوسیستم نوآوری، رقابتی باقی می‌ماند

گفت‌وگو بین مقامات درگیر در رقابت و آژانس‌های مسئول سیاست نوآوری، باید حول محور سؤالات اساسی باشد. این موارد شامل استفاده از داده‌ها به‌عنوان منبع قدرت بازار و رقابت‌پذیری بازارهایی است که در آن نوآوری دیجیتال یک ویژگی مهم است. چنین بازارهایی در معرض نوآوری سریع (منبع رقابت‌پذیری) و انواع مختلفی از اقتصادهای مقیاس[1] (منبع تمرکز مداوم) قرار دارد (گوئلک و پائونوف[2]، ۲۰۱۸). سیاست‌های جدید باید ضمن اطمینان از دسترسی مساوی به بازارها و منابع، اهمیت و شیوع اقتصادهای مقیاس را تشخیص دهند. از آن‌جا که رقابت در بازارهای دیجیتالی جهانی است، ممکن است همکاری بیشتری در حوزه‌های قضایی نیز لازم باشد (OECD، ۲۰۱۹).

آیا ابزارها و مقررات سیاست نوآوری (مثلاً پشتیبانی از تحقیق و توسعه، حقوق مالکیت معنوی) تأثیر نامتقارن بر بازیگران بازار دارند؟ سیاست‌گذاران باید این سؤال را در نظر بگیرند. اگرچه به صورت تئوری چنین ابزارهایی به‌طور کلی برای همه قابل دسترس هستند، اما ممکن است در عمل این‌گونه نباشد. برای مثال، بنگاه‌ها ممکن است از توانایی دفاع از حقوق مالکیت معنوی خود در دادگاه‌ها، همکاری مؤثر با آزمایشگاه‌های عمومی یا دسترسی به خریدهای عمومی برخوردار نباشند.

---

۱ Scale economies

۲ Guellec and Paunov

۰ از همکاری برای نوآوری حمایت کنید

در زمینهٔ دیجیتالی، سیاست‌های نوآوری باید به حمایت از اکوسیستم‌های نوآورانه مشارکتی ادامه دهند. رویکردهای جدید سیاست‌گذاری برای تقویت نوآوری مشارکتی شامل استفاده از امکان برون‌سپاری کارها و تولید کارگاه‌های زنده‌ای است که گروه‌های مختلف بتوانند در آن‌ها فعالیت کنند. این رویکردها می‌توانند در یافتن راه حل‌های نوآورانه برای فشار بر چالش‌ها و تقویت همکاری بین بازیگران مختلف کمک کنند.

سازمان‌های واسطه‌ای، مانند مؤسسات Fraunhofer در آلمان و مراکز Catapult Center در انگلستان، در اکوسیستم‌های نوآوری به ایفاکننده نقش اصلی تبدیل شده‌اند. این مؤسسات، خدماتی مانند معرفی شرکت‌هایی مطابق با نیاز شرکت‌های دیگر، به آن‌ها را ارائه می‌دهد. مراکز تحقیقاتی و نوآوری جدید، اغلب با مالکیت خصوصی-دولتی ایجاد شده‌اند. این مراکز فضاهایی را برای تیم‌های چند رشته‌ای از محققان عمومی و مشاغل فراهم می‌کند تا در مورد چالش‌های خاص فناوری همکاری کنند. این مؤسسات غالباً بر پایهٔ ساختار سازمانی نوآورانه خود فعالیت می‌کنند. نمونه‌های این مؤسسات شامل ٦١ Data در استرالیا و Fieldlabs در کشور هلند است (Box ٤٫١).

کادر ۴.۱: رویکردهای تقویت همکاری برای نوآوری در عصر دیجیتال

سازمان‌های واسطه‌ای

سازمان‌های واسطه‌ای بازیگران مختلفی را در اکوسیستم‌های نوآوری (مبتکران، بنگاه‌های بزرگ، شرکت‌های کوچک و متوسط، سرمایه‌گذاران و غیره) به یکدیگر متصل می‌کنند و شرایط را برای تطبیق و همکاری آن‌ها را برای تحقیق و نوآوری تسهیل می کنند. Catapult Centresin انگلستان شبکه‌ای از ده مرکز فیزیکی مستقل و غیرانتفاعی است که کسب و کارها را با انجمن‌های تحقیقاتی و دانشگاهی انگلستان مرتبط می‌کند. هر یک از این مراکز بر یک حوزهٔ فناوری استراتژیک تمرکز دارند که در آن‌ها کشور انگلستان از پتانسیل بالایی برای رشد برخوردار است. این مراکز، فضایی را با امکانات خاص و تخصص‌هایی فراهم می‌کنند تا کسب و کارها و محققان بتوانند مشکلات کلیدی مطرح را در آن جا حل کنند و محصولات و خدمات جدید را در مقیاس تجاری توسعه دهند. آن‌ها همچنین از دسترسی بنگاه‌ها به بازارهای خارجی پشتیبانی می‌کنند، شغل‌هایی را با ارزش بالا ایجاد و حفظ می‌کنند و سرمایه‌گذاری‌های داخلی را از مشاغل جهانی فناوری جذب می‌کنند.

مراکز همکاری تحقیق و نوآوری

چندین کشور، شبکه‌ای از مراکز تحقیقاتی ایجاد کرده‌اند. تیم‌های چند رشته‌ای از محققان و مشاغل عمومی در این مراکز دربارهٔ چالش‌های خاص فناوری همکاری می‌کنند. این مراکز فضاهایی برای همکاری به وجود می‌آورند و غالباً از ساختارهای سازمانی نوآورانه خود استفاده می‌کنند.

مرکز Data ٦١، بزرگ‌ترین مرکز تحقیق و توسعهٔ دیجیتال استرالیاست، هدف این مرکز این است که استرالیا را به اولین کشور در بحث نوآوری‌های مبتنی بر داده تبدیل کند. برای این منظور، این مرکز تحقیقات بنیادی و کاربردی جدید در جهان را دنبال می‌کند و در اکوسیستم‌های نوآوری ازجمله دانشگاه‌ها، دولت و صنعت، با دیگر بازیگران همکاری می‌کند. برای افزایش چابکی و جذب استعدادهای دیجیتال، Data ٦١ رویکرد «فرهنگ استارتاپ[1]» یا «کشش بازار» را اتخاذ کرده‌است. ساختارهای سازمانی از لحاظ فرم مسطح‌تر هستند (مثلاً با مدیریت میانی کمتر و استقلال بالاتر کارکنان). در این مؤسسات، پیشگامان حوزهٔ پژوهش ضمن دنبال‌کردن اهداف استراتژیک سازمان، به آزمایش ایده‌های جدید با وجود پذیرفتن ریسک آن ترغیب می‌شوند. یک «مدل چالش» نیز تیم‌های چند رشته‌ای را حمایت می‌کند تا در مقیاس وسیع چالش‌های اجتماعی و تجاری را برطرف کنند.

صنایع هوشمند Fieldlabsin در کشور هلند برای ایجاد فضاهای فیزیکی یا دیجیتالی برای شرکت‌های عضو و مؤسسات تحقیقاتیِ مشارکت‌های دولتی و خصوصی فعالیت می‌کند. این شرکت‌ها با هم، راه حل‌های جدید فناوری هوشمند در صنعت هوشمند را در زمینه‌های مختلفِ توسعه، آزمایش و پیاده سازی می‌کنند. این راه‌حل‌ها شامل حوزه‌های اتوماسیون، تولید بی نقص[2]، تولید انعطاف پذیر، ایجاد ارزش بر اساس داده‌های بزرگ، چاپ سه‌بعدی و رباتیک است. این مؤسسات که ساختارهای مسطح دارند و از رویکرد مبتنی بر پروژه پیروی می‌کنند، معمولاً شامل کاربران راه‌حل‌های این‌چنینی، (تأمین‌کنندگان بالقوه) و مؤسسات دانش‌بنیان می‌باشند. این شرکت‌ها در فرآیند تحقیقات مشترک، اعتبارسنجی مفاهیم، نمونه‌سازی اولیه و آزمایش فعال هستند.

---

۱ Start-up culture
۲ Zero-defect manufacturing

جمع‌سپاری، آزمایشگاه‌های زنده[1] و چالش‌های باز

کشورهای مختلف در حال استفاده از توان جمع سپاری، چالش‌های باز و آزمایشگاه‌های زنده برای پیش‌برد نوآوری هستند. دولت آمریکا مؤسسه Citizenscience.gov را برای افزایش استفاده از برون‌سپاری برای مشارکت مردم در رفع نیازهای اجتماعی و تسریع در نوآوری طراحی کرد. بستر نوآوری چالش‌های اجتماعی (SocialChallenges.eu)، نوآوران اجتماعی و کارآفرینان را ترغیب می‌کند تا راه‌حل‌های ابتکاری را برای چالش‌های اجتماعی و زیست‌محیطی‌ای که مقامات دولتی، بنگاه‌های خصوصی یا سازمان‌های غیردولتی قصد دارند آن‌ها را حل کنند ارسال کنند. پیت استوپس که توسط Digital Catapult (انگلستان) سازماندهی شده‌است، با گرد هم آوردن شرکت‌های بزرگ، شرکت‌های کوچک و متوسط، مبتدیان و دانشگاهیان را برای حل چالش‌های خاص فناوری و نوآوری باز تشویق می‌کند.

آزمایشگاه‌های زنده، مناطقی محلی برای آزمایش در محیط‌های شهری هستند که در آن ذی‌نفعان با هم همکاری کرده و راه‌حل‌های جدیدی با قابلیت فناوری ارائه می‌دهند. برای مثال، Antwerp (بلژیک) از طریق نصب یک شبکهٔ متراکم از حسگرهای هوشمند و دروازه‌های بی‌سیم در ساختمان‌ها، خیابان‌ها و اشیاء، در حال توسعهٔ «شهر هوشمند» است و شرکت‌ها می‌توانند از داده‌های جمع‌آوری شده برای ساختن برنامه‌های ابتکاری مورد نظر خود استفاده کنند.

• حمایت از تصویب فناوری دیجیتال توسط همهٔ بنگاه‌ها، به‌ویژه شرکت‌های کوچک و متوسط

بنگاه‌ها (به‌ویژه شرکت‌های کوچک و متوسط) برای انطباق با تحول دیجیتال با چالش‌های مهمی روبه‌رو هستند. چنین سطحی از سازگاری به چیزی بیش از خرید رایانه و نرم‌افزارهای جدید نیاز دارد: و آن تغییر فرآیندهای تجاری و اغلب مدل‌های کسب و کار است. این امر غالباً مبتنی بر قابلیت‌های استراتژیک جدید، مهارت‌های جدید، سرمایه‌گذاری در فناوری‌های جدید و تجدید ساختار اساسی است که همه این موارد می‌تواند احتمال ریسک داشته باشند. عدم موفقیت بسیاری از شرکت‌های کوچک و متوسط که دیجیتالی نمی‌شوند، به‌معنای از دست دادن صنعت و دانش

[1] Living labs

خاص بازار است که سرمایهٔ غیرمستقیم بی‌نظیری است. بنابراین این یک تمایل عمومی است که از انطباق‌پذیری شرکت‌های کوچک و متوسط به صورت انتخابی حمایت شود. در واقع بنگاه‌هایی که توان رقابتی کمی دارند از مخاطرات موجود در فرآیندهای رقابتی در امان نیستند.

سیاست نوآورانه برای تقویت همکاری در آزمایش برنامه‌های جدید فناوری دیجیتال برای مثال بر ایجاد بسترهای تست و فضاهای نظارتی تمرکز دارد. ابتکارات نوآورانه همچنین پیشرفت زودهنگام فناوری‌های پیشرفته دیجیتال را تقویت می‌کند. برای این منظور، پیشرفت‌ها به نوآوران کمک می‌کند تا از امکانات و تخصص‌های پیشرفته (مثلاً در زمینه‌های هوش مصنوعی یا ابر رایانه) استفاده کنند. شرکت‌های کوچک و متوسط هم در حال بازنگری در استفاده از ابزارهای سنتی برای تقویت فناوری‌های دیجیتال با روش‌هایی مانند کمپین‌های آگاهی‌رسانی، کوپن‌های نوآوری[1]، کمک‌های فنی و آموزش هستند. این شرکت‌ها این ابزارها را به چالش‌های خاص عصر دیجیتال سوق می‌دهند و اغلب خودشان از ابزارهای دیجیتالی استفاده می‌کنند (Box ۴٫۲).

کادر ۴.۲ نمایش و آزمایش فناوری‌های جدید

• امکانات نمایش و آزمایش برای شرکت‌های کوچک و متوسط

برخی کشورها برای افزایش استفاده از فناوری‌های دیجیتال، امکانات جدیدی را برای نمایش و آزمایش فناوری‌های دیجیتال ایجاد کرده‌اند. برای مثال، مراکز صلاحیت SME ۰,۴ در آلمان امکان دسترسی شرکت‌های کوچک و متوسط را به فناوری‌های صنایع نسل چهارم و کاربردهای خاص آن (مانند چاپگرهای سه‌بعدی، حسگرها) فراهم می‌کند. نمایش این فناوری‌ها اغلب در دانشگاه‌ها اتفاق می‌افتد و امکان شبیه‌سازی فرآیندهای تجاری و تولید را در محیطی مشابه با دنیای واقعی را فراهم می‌کنند.

• آزمایش با برنامه‌های کاربردی فناوری جدید

همچنین کشورهایی در حال کشف رویکردهای نوین برای تقویت آزمایش فناوری‌های جدید دیجیتال و برنامه‌های کاربردی در محیطی نزدیک به دنیای واقعی هستند:

بسترهای آزمایش، محیط‌هایی را فراهم می‌کنند که فناوری‌های جدید را

[1] Innovation vouchers

می‌توان در شرایط کنترل شده اما نزدیک به شرایط واقعی آزمایش کرد. چنین محیط‌هایی برای آزمایش تحقیقات و نوآوری در مسائل خاص مانند آزمایش خودروهای بدون راننده بسیار حیاتی است و به تسریع پذیرش فناوری‌های دیجیتال جدید کمک می‌کند. فنلاند در حال ایجاد تعدادی بسترآزمایشی برای توسعهٔ راه‌حل‌های حوزهٔ حمل و نقل، از جمله زیرساخت‌های رانندگی خودکار، حمل و نقل به‌عنوان یک سرویس و زیرساخت‌های ترافیک هوشمند است. در انگلستان، سرویس ملی بهداشت[1] از طریق همکاری با صنعت، یک بسترآزمایشی به توسعه‌دهندگان ارائه داده‌است. این امر به آزمایش نوآوری‌هایی مانند ترکیب دستگاه‌های دیجیتال جدید مثل حسگرها، مانیتورها و وسایل پوشیدنی با تجزیه و تحلیل داده‌ها می‌پردازد. این بستر همچنین آزمایش رویکردهای جدید در ارائهٔ خدمات را که توسط فناوری‌های دیجیتال تسهیل شده‌است، ممکن می‌سازد. سپس نوآوری‌های موفق در دسترس NHS و سازمان‌های مراقبت در سراسر کشور قرار می‌گیرد.

محیط نظارت محدود، برای شرکت‌ها یک فضا با شکل محدودی از قوانین نظارتی یا انعطاف‌پذیر جهت آزمایش محصولات جدید یا مدل‌های کسب و کار با کاهش الزامات نظارتی فراهم می‌کند. درعین‌حال، این محیط برخی از اقدامات حفاظتی مانند اطمینان از حمایت مناسب از مصرف‌کننده را برای توسعه‌دهندگان حفظ می‌کند. محیط نظارت محدود به شناسایی و پاسخ بهتر به نقض‌های نظارتی و افزایش انعطاف‌پذیری نظارتی کمک می‌کند. آن‌ها به‌ویژه در صنایع با نظارت بالا، مانند خدمات مالی، حمل و نقل، انرژی و بهداشت، بسیار مهم هستند. سازمان مسائل مالی انگلیس با راه‌اندازی صندوق‌پستی نظارتی Fintech که نوآوری‌های مربوط به فناوری مالی را تشویق می‌کند، این رویکرد راطراحی کرده است. محیط با نظارت محدود یک محیط کنترل شده برای مشاغل فراهم می‌کند تا محصولات و خدمات نوآورانه را بدون این‌که عواقب نظارتی پروژه‌های آزمایشی را متحمل شوند آزمایش کنند.

۱۰ از فراگیری اجتماعی و بومی حمایت کنید

سیاست‌های نوآوری در افزایش مشارکت افراد محروم در فعالیت‌های نوآوری دیجیتال نقش دارند. این سیاست‌ها، چالش‌های فراگیر بودن اجتماعی را در عصر دیجیتال به روش‌های مختلفی برطرف می‌کنند. هدف بعضی از این سیاست‌ها ایجاد ظرفیت‌هایی مانند مهارت‌های دیجیتالی و آموزش کارآفرینی می‌باشد. برخی دیگر، موانع کارآفرینی را که گروه‌های

[1] National Health Services

محروم با آن روبه‌رو هستند، برطرف می‌کنند. برای مثال، آن‌ها دسترسی به امور مالی را از طریق اعتبار خرد یا تأمین مالی سهام تسهیل می‌کنند و یا پشتیبانی مناسب برای توسعهٔ تجارت و ترویج ورود کارآفرینان در شبکه‌های تجاری و پژوهشی را فراهم می‌کنند.

به نظر می‌رسد در حوزهٔ تحول دیجیتال تمرکز بیشتر فعالیت‌های نوآوری در نقاط مهم نوآوری (اغلب مناطق شهری) می‌باشد. این موضوع لزوم وجود سیاست‌هایی که به مسئلهٔ فراگیری محیطی نوآوری اشاره دارند را نشان می‌دهد. «سیاست‌های مبتنی بر تعالی»، حتی اگر اطلاعی از محیط اجرای طرح نداشته باشد، تمایل به متمرکز بودن از نظر جغرافیایی دارند. این موضوع به‌طور غیرمستقیم شکاف بین مناطق پیشرو و عقب‌مانده را افزایش می‌دهد. بنابراین، سیاست‌های مبتنی بر تعالی باید با سیاست‌هایی که از فراگیری جغرافیایی و تنوع جغرافیایی حمایت می‌کنند، ادغام شوند. این سیاست‌ها باید بر تقویت نوآوری در سطح محلی/ منطقه‌ای و ایجاد نقاط قوت منطقه‌ای خاص و دارایی‌های مقایسه‌ای متمرکز شوند (مانند رویکرد تخصصی سازی هوشمند در اتحادیه اروپا).

اصول سیاست مقطعی

• سیاست‌های ملی را با توجه به تحولات بازارهای جهانی تنظیم کنید

دیجیتال سازی باعث تسهیل گردش دانش، در سراسر مرزهای ملی می‌شود و توانایی دولت را در محدود کردن منافع سیاست‌ها برای کشور خود کاهش می‌دهد. این یک چالش برای سیاست‌گذاران ملی است. شهروندان آن‌ها (و مالیات دهندگان) چگونه می‌توانند از سیاست‌های ملی بهره‌مند شوند؟ به‌علاوه، آن‌ها چگونه می‌توانند اطمینان حاصل کنند که بیشتر مزایا (مثلاً درآمد حاصل از تولید، بهره‌وری حاصل از اشتغال یا شغل ایجاد شده) به خارج از کشور منتقل نمی‌شود؟ یک سؤال مرتبط، اشتراک‌گذاری منافع حاصل از استفاده از داده‌های ملی (مثلاً از سیستم بهداشت عمومی) توسط شرکت‌های چندملیتی خارجی است. برای به اشتراک گذاشتن مزایای ناشی از جریان بین‌المللی داده‌ها و دانش مربوط به سیاست‌های ملی در بین کشورها، راه‌حل‌های همکاری لازم است.

• برای توجه به نگرانی‌های عمومی نسبت به فناوری با شهروندان همراه شوید

تحول دیجیتال توجه بسیاری از رسانه‌ها و عموم مردم را به خود جلب

کرده‌است. در برخی موارد، مردم از درز کردن اطلاعات شخصی خود می‌ترسند. دولت و سایر بازیگران باید در مورد این فناوری‌ها با ذی‌نفعان همراه شوند و نگرانی‌ها را با روش‌هایی مانند حفاظت از حریم خصوصی داده‌ها بهبود بخشند. مشورت با عموم در طول تدوین استراتژی‌های تحول دیجیتال و سایر سیاست‌های مرتبط می‌تواند به این موضوع کمک کند. بدون چنین ملاحظات عمومی، خطر بروز واکنش عموم در آینده وجود دارد. این امر می‌تواند تأثیر بالقوهٔ منفی بر توسعه و استقرار این فناوری‌ها و مزایای مرتبط با آن‌ها داشته باشد.

• در صورت لزوم، یک رویکرد مبتنی بر بخش برای سیاست‌گذاری اتخاذ کنید
• سه حوزهٔ سیاست‌گذاری، هنگام طراحی ابتکارات جدید نیاز به رویکرد متفاوت بخشی دارند، زیرا چالش‌ها و نیازهای بخش‌های مختلف در این زمینه‌ها با یکدیگر متفاوت است:

سیاست‌های دسترسی به داده‌ها: با توجه به تفاوت در دسترسی و سایر چالش‌های مرتبط با تولید داده، بهره‌برداری و مالکیت، سیاست‌های دسترسی به داده‌ها باید تنوع انواع داده‌های مورد نیاز برای نوآوری در بخش‌های مختلف را در نظر بگیرد. برای مثال، کشاورزی دقیق به داده‌های ماهواره‌ای وابسته است. در مقابل، بخش خرده‌فروشی برای شخصی‌سازی خدمات از داده‌های خرید مصرف‌کننده و رسانه‌های اجتماعی استفاده می‌کند. در کشاورزی، چالش‌ها اغلب به اشتراک‌گذاری داده‌ها و ادغام آن‌ها مربوط می‌شود، در حالی که در خرده‌فروشی اطمینان از حفظ حریم خصوصی داده‌ها یک نگرانی در حال افزایش است.

سیاست‌های جذب و انتشار فناوری دیجیتال باید متناسب با نیازهای خاص بخش و یا نوع بازیگر (به‌ویژه در شرکت‌های کوچک و متوسط) تنظیم شود. این سیاست‌ها می‌تواند شامل آگاهی، آموزش، نمایش و آزمایش فناوری‌های جدید و عملکرد نهادهای واسطه باشد. انتشار نوآوری در بعضی از بخش‌ها به دلیل ساختارهای مختلف تولید، چالش برانگیزتر از سایر بخش‌ها است. مثلاً، بسیاری از بنگاه‌های کوچک در یک بخش ممکن است از لحاظ جغرافیایی پراکنده شوند یا چند شرکت بزرگ‌تر ممکن است از لحاظ جغرافیایی نزدیک باشند. سایر چالش‌ها شامل موضوعاتی مانند در دسترس بودن ظرفیت‌های دیجیتال است.

برای توسعهٔ برنامه‌های کاربردی مربوط به بخش از فناوری‌های دیجیتال، سیاست‌هایی باید پشتیبانی شود که با توجه به شرایط بازار مانع توسعهٔ

راه‌حل‌های تحت نظارت بخش خصوصی نشوند. این امر تضمین می‌کند که چنین فناوری‌هایی مزایایی را در کل اقتصاد ایجاد می‌کنند. شکاف بین فرصت‌های آیندهٔ فناوری دیجیتال و برنامه‌های کاربردی فعلی در بخش‌ها با یکدیگر متفاوت است. این امر پذیرش فناوری‌های دیجیتالی را برای شرکت‌هایی که در بخش‌های خاصی فعالیت می‌کنند، که هنوز برای آن‌ها برنامه‌های خاصی وجود ندارد، تضعیف می‌کند (مثلاً در زمینه هوش مصنوعی). تحقیقات عمومی می‌تواند از ایجاد برنامه‌های بیشتر پشتیبانی کند و به اتخاذ تصمیمات درست در سراسر اقتصاد، که در آن مشاغل خصوصی انگیزه‌ای برای تولید ندارند، کمک کند.

نتیجه‌گیری

فصل ٤ در مورد تأثیر تحول دیجیتال بر فرآیندهای نوآوری و نتایج آن صحبت می‌کند. این فصل روندهای کلی اقتصاد و عوامل پویایی در بخش‌های ویژه را نشان می‌دهد. با توجه به چنین تأثیراتی، ارزیابی می‌کند که پشتیبانی سیاست از نوآوری باید با چه عواملی سازگار شود و نمونه‌هایی از رویکردهای نوین را به سیاست نوآوری ارائه می‌دهد.

این فصل ویژگی‌های چهار جریان فراگیر برای نوآوری را در عصر دیجیتال نشان می‌دهد. اول، داده‌ها که به ورودی‌های اصلی برای نوآوری تبدیل می‌شوند. دوم، فعالیت‌های نوآوری که به‌طور فزاینده‌ای بر توسعهٔ خدمات جدید ناشی از بکارگیری فناوری‌های دیجیتال متمرکز می‌شوند. سوم، نشان می‌دهد که چرخه‌های نوآوری درحال شتاب هستند. برای مثال می‌توان شبیه‌سازی مجازی، چاپ سه‌بعدی و سایر فناوری‌های دیجیتال که فرصتی برای آزمایش و تولید نسخه‌های بیشتر در فرآیندهای نوآوری به‌وجودآورده‌اند در نظر گرفت. چهارم این‌که، با توجه به پیچیدگی فزاینده و نیازهای بین‌رشته‌ای نوآوری دیجیتال، نوآوری بیشتر در قالب همکاری‌ها شکل می‌گیرد.

توسعهٔ مؤثر نوآوری در عصر دیجیتال مستلزم آن است که دولت‌ها سیاست‌هایی را اتخاذ کنند که به شرایط در حال تغییر ایجاد شده توسط تحول دیجیتال پاسخ دهند. تغییراتی که از طریق دیجیتال‌سازی به وجود می‌آید، کل طیف سیاست نوآوری را تحت تأثیر قرار می‌دهد، اما در سطوح سیاست‌های مختلف تا حدودی متفاوت است. دسترسی به داده‌ها در کلیه

حوزه‌های مربوط به نوآوری، مانند پشتیبانی از نوآوری، تحقیقات عمومی و رقابت، به یک موضوع مهم جدید تبدیل شده‌است. این نیز به خودی خود به یک حوزهٔ سیاست بدل شده‌است، برای مثال موضوع محرمانه بودن و حفظ حریم خصوصی که به‌طور مستقیم بر نوآوری تأثیر می‌گذارد.

چالش‌های جدید برای سیاست‌گذاری که باید مورد توجه قرارگیرد شامل تضمین پاسخ‌گویی بیشتر و چابکی سیاست‌ها است. تنظیم سیاست‌های ملی با توجه به بازارهای جهانی و مشارکت با شهروندان در فناوری‌های جدید از این جمله است. به‌طور یکسان، سیاست‌گذاران باید اطمینان حاصل کنند که دولت می‌تواند به مهارت‌های پیشرفته مثلاً در زمینه هوش مصنوعی و داده‌های مورد نیاز برای طراحی مقررات و سیاست‌های مناسب دست یابند. سرانجام، آن‌ها باید اطمینان حاصل کنند که فناوری‌ها و کاربردهای جدید به منافع عمومی آسیب نمی‌رساند. یک رویکرد بخشی نیز در برخی زمینه‌های سیاست مورد نیاز است.

این فصل اولین گام برای درک ویژگی‌های متغیر نوآوری در عصر دیجیتال است. اولویت مهم برای تحقیق در این زمینه، جمع‌آوری اطلاعات در مورد نرخ جذب پیشرفته‌ترین فناوری‌های دیجیتال در تمام کشور، در سطح شرکت‌هاست. چنین داده‌هایی باید روند مداوم فناوری در شرکت‌ها را در نظر گرفته و ثبت کنند. آن‌ها اجازه می‌دهند روند اتخاذ سیاست‌ها در بخش‌های مختلف و انواع شرکت‌ها و مکان‌ها اندازه‌گیری شود. این به نوبهٔ خود، به شناسایی بهتر عوامل خاص در کنترل نوآوری دیجیتال کمک می‌کند.

منابع

Amazon (n.d.), “Amazon Go”, webpage, www.amazon.com/b?node=16008589011 (accessed
16 April 2018).
Bughin, J. et al. (2017), “Artificial intelligence: The next digital frontier?” Discussion Paper, June,
McKinsey Global Institute,
https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Industries/Advanced%20Electronics/Our%20Insights/How%20artificial%20intelligence%20can%20deliver%20real%20value%20to%20companies/MGIArtificial-Intelligence-Discussion-paper.ashx.
Calvino, F. et al. (2018), “A taxonomy of digital intensive sectors”, OECD Science, Technology and
Industry Working Papers, No. 2018/14, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/f404736a-en.

Chui, M., et al. (2018), “Notes from the AI frontier: Applying AI for social good”, Discussion Paper,
December, McKinsey Global Institute.
Dai, Q., E. Shin and C. Smith (2018), “Open and inclusive collaboration in science: A framework”, OECD
Science, Technology and Industry Working Papers, No. 2018/07, OECD Publishing, Paris, https://dx.doi.org/10.1787/2dbff737-en.
Ezell, S. (2018), “Why manufacturing digitalization matters and how countries are supporting it”, Information
Technology and Innovation Foundation, Washington, DC, www2.itif.org/2018-manufacturingdigitalization.pdf (accessed 21 January 2019).
FFG (n.d.), “Service innovations – Funding, guidelines”, webpage,
https://www.ffg.at/en/programme/service-innovations (accessed 26 June 2019).
French Tech (n.d.), “Pass French Tech”, webpage, www.lafrenchtech.com/en-action/pass-french-tech
(accessed 25 May 2018).
Gawer, A. and M. Cusumano (2014), “Industry platforms and ecosystem innovation”, Journal of Product
Innovation Management, Vol. 31/3, Product Development and Management Association, St. Paul,
United States, pp. 417-433, http://dx.doi.org/10.1111/jpim.12105.
General Electric (2017), What is FastWorks?, GE Reports Canada, www.ge.com/reports/tag/fastworks/
(accessed 25 April 2018).
Government of Australia (2017), Industry Growth Centres Initiative: Sector Competitiveness Plans
Overview, September, Department of Industry, Innovation and Science,
www.industry.gov.au/sites/g/files/net3906/f/May%202018/document/pdf/industry_growth_centres_initi
ative_-_sector_competitiveness_plans_overview.pdf.
Government of Norway (2018), “Digitalisation Strategy for the Higher Education Sector 2017-2021”,
webpage, www.regjeringen.no/en/dokumenter/digitalisation-strategy-for-the-higher-education-sector-
2017-2021/id2571085/sec5 (accessed 29 May 2018).
Guellec, D. and C. Paunov (2018), “Innovation policies in the digital age”, OECD Science, Technology
and Industry Policy Papers, No. 59, OECD Publishing, Paris, https://dx.doi.org/10.1787/eadd1094-en.
Hewlett-Packard (2017), “Hirotec: From smart manufacturing, to smart factory – to smart enterprise”,
webpage, https://www.ptc.com (accessed 23 April 2018)
HPCI (n.d.), High Performance Computer Infrastructure website, www.hpci-office.jp/folders/english
(accessed 20 April 2019).
IMEC (n.d.), “City of things”, webpage, www.imec-int.com/en/cityofthings (accessed 20 April 2019).

Kern, J. and P. Wolff (2019), “The digital transformation of the automotive supply chain – an empirical
analysis with evidence from Germany and China: Case study contribution to the OECD TIP Digital
and Open Innovation project”, OECD, Paris,
www.innovationpolicyplatform.org/www.innovationpolicyplatform.org/system/files/imce/AutomotiveSup
plyChain_GermanyChina_TIPDigitalCaseStudy2019_1/index.pdf.
Lely (2016), “Sensor technology helps farmers with even more precision and relevant information”,
17 June, www.lely.com/au/news/2016/06/17/sensor-technology/.
Lund, S., J. Manyika and K. Robinson (2016), “Managing talent in a digital age”, McKinsey Quarterly,
March, McKinsey & Company, www.mckinsey.com/industries/high-tech/our-insights/managing-talentin-a-digital-age.
OECD (2019), Digital Innovation: Seizing Policy Opportunities, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/a298dc87-en.
OECD (2018), “CSTP-TIP workshop: Semantic analysis for innovation policy – Summary”, OECD, Paris,
www.innovationpolicyplatform.org/www.innovationpolicyplatform.org/system/files/imce/OECD%20TIP
_SemanticAnalysis_summary_FINAL_0/index.pdf (accessed 13 November 2018).
OECD (2017), The Next Production Revolution: Implications for Governments and Business, OECD
Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/9789264271036-en.
OECD (2015a), Data-Driven Innovation: Big Data for Growth and Well-Being, OECD Publishing, Paris,
https://dx.doi.org/10.1787/9789264229358-en.
OECD (2015b), The Innovation Imperative: Contributing to Productivity, Growth and Well-Being, OECD
Publishing, Paris, https://dx.doi.org/10.1787/9789264239814-en.
Pandolph, S. (2017), “Sephora leads the way in personalization”, Business Insider France, 22 September,
www.businessinsider.fr/us/sephora-leads-the-way-in-personalization-2017-9.
Paunov, C. and S. Planes-Satorra (2019), “How are digital technologies changing innovation? Evidence
from the agriculture, automotive and retail sectors”, OECD Science, Technology and Industry Policy
Papers, No. 74, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/67bbcafe-en.
Planes-Satorra, S. and C. Paunov (2017), “Inclusive innovation policies: Lessons from international case
studies”, OECD Science, Technology and Industry Working Papers, No. 2017/2, OECD Publishing,
Paris, https://dx.doi.org/10.1787/a09a3a5d-en.
PSC/CAR (2017), Planning for Connected and Automated Vehicles, prepared by Public Sector
Consultants and Center for Automotive Research for Greater Ann Arbor Region, www.cargroup.org

(accessed 29 October 2018).
Rogers, E. (2003), Diffusion of Innovations, 5th Edition, The Free Press, New York.
RVO (2018), “Service Design-Vouchers”, webpage (in Dutch), Netherlands Enterprise Agency,
www.rvo.nl/subsidies-regelingen/service-design-vouchers (accessed 23 October 2018).
The Economist/Capgemini (n.d.), “At a crossroads: Supply chains and digital transformation”, webpage,
https://learnmore.economist.com/story/capgemini-supply-chains-and-digital-transformation (accessed
17 April 2018).
Tripoli, M. and J. Schmidhuber (2018), “Emerging opportunities for the application of blockchain in the
agri-food industry agriculture”, Issue Paper, Food and Agriculture Organization of the United Nations
and International Centre for Trade and Sustainable Development, Rome and Geneva,
www.fao.org/3/ca1335en/CA1335EN.pdf
VDA (2015), “Automation: From driver assistance systems to automated driving”, webpage,
www.vda.de/en/topics/innovation-and-technology/automated-driving/automated-driving.html
(accessed 29 October 2018).
Winickoff, D. (2017), “Public acceptance and emerging production technologies”, in The Next Production
Revolution: Implications for Governments and Business, OECD Publishing, Paris,
https://doi.org/10.1787/9789264271036-en.
Wolfert, S. et al. (2017), “Big data in smart farming – A review”, Agricultural Systems, Vol. 153, Elsevier,
Amsterdam, pp. 69-80, http://dx.doi.org/10.1016/J.AGSY.2017.01.023.
Zhu, K., K. Kraemer and S. Xu (2006), “The process of innovation assimilation by firms in different
countries: A technology diffusion perspective on e-business”, Management Science, Vol. 52/10,
InformsPubsOnLine, pp. 1557-1576, http://dx.doi.org/10.1287/mnsc.1050.0487.

فصل ۵ هوش مصنوعی، فناوری دیجیتال و تولید پیشرفته

فصل ۵ مجموعه‌ای از سیاست‌ها را برای امکان استفاده از فناوری دیجیتال در فرآیند تولید به شکل پیشرفته بررسی می‌کند. بخش اول به فناوری‌ها، کاربردهای آن‌ها و پیامدهای خاص سیاست‌ها، مانند هوش مصنوعی، بلاک‌چین و چاپ سه بعدی، و همچنین مواد جدید و فناوری نانو (که توسعه آن‌ها مستلزم فرآیندهای پیچیده دیجیتال است) می‌پردازد. بخش دوم به موضوعات سیاست‌گذاری بین حوزه‌ای مربوط به فناوری و تولید دیجیتال می‌پردازد. این موضوعات در واقع مربوط به انتشار فناوری، ارتباطات و داده‌ها، فرآیندهای تنظیم استاندارد، مهارت‌های دیجیتال، دسترسی و آگاهی از رایانش سریع، سیستم‌های مالکیت معنوی و پشتیبانی دولتی از تحقیق و توسعه است. در کنار تحقیقات عمومی، توجه ویژه‌ای به تحقیقات روی محاسبات و هوش مصنوعی و همچنین ساز و کارهای نهادی مورد نیاز برای تقویت تأثیر تحقیقات عمومی می‌شود.

مقدمه

فناوری‌های دیجیتالی جدید برای بالا بردن سطح زندگی و مقابله با روند نزولی رشد بهره‌وری نیروی کار در بسیاری از کشورهای عضو سازمان همکاری و توسعه اقتصادی که در دهه‌های اخیر رخ داده است، ضروری هستند. پیر شدن سریع جمعیت - نسبت وابستگی سنی (نسبت افراد بالای ۶۰ سال به افراد بین ۳۰ تا ۶۰ سال) در این کشورها طی ۳۵ سال آینده دو برابر خواهد شد - بنابراین افزایش فوری بهره‌وری نیروی کار ضروری است. فناوری‌های دیجیتال از بسیاری جهات می‌توانند بهره‌وری را افزایش دهند. به‌عنوان مثال، با توجه به این که سیستم‌های هوشمند می‌توانند نیازهای نگهداری را پیش‌بینی کنند، خرابی دستگاه‌ها کمتر خواهد شد. همچنین می توان با استقرار ربات‌ها در موقعیت‌های خاص بطور فزاینده و مستقل، تعاملی و ارزان، کار را سریع‌تر، دقیق‌تر و مداوم‌تر انجام داد.

فناوری‌های تولید دیجیتال: پیشرفت‌های اخیر و پیامدهای سیاست‌گذاری

• هوش مصنوعی در تولید

فرهنگ لغت انگلیسی آکسفورد هوش مصنوعی (AI) را به صورت «تئوری و توسعه سیستم‌های رایانه‌ای که قادر به انجام کارهایی هستند که به‌طور عادی نیاز به هوش انسانی دارند» تعریف می‌کند. سیستم‌های خبره[۱] - شکلی از هوش مصنوعی که بر اساس دانش تخصصی از پیش برنامه‌ریزی شده - هستند که نزدیک به چهار دهه در فرآیندهای صنعتی مورد استفاده قرار گرفته‌اند (زویبن وفاکس[۲]، ۱۹۹۴). توسعه یادگیری عمیق با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی منبع اصلی پیشرفت‌های اخیر در این حوزه بوده است. در نتیجه، هوش مصنوعی را می توان در اکثر فعالیت‌های صنعتی استفاده کرد - از بهینه‌سازی سیستم‌های چند دستگاهی تا تقویت تحقیقات صنعتی (کادر ۵/۱). علاوه بر این، استفاده از هوش مصنوعی در تولید توسط فرایندهای یادگیری ماشین به صورت خودکار انجام می‌شود که می‌تواند به مشاغل مختلف، دانشمندان و سایر افراد کمک کند تا این فناوری را با سرعت بیشتری به کار گیرند. با توجه به هوش مصنوعی که از تکنیک‌های یادگیری عمیق و شبکه‌های عصبی مصنوعی استفاده می‌کند، بیشترین پتانسیل تجاری آن برای تولید پیشرفته در زنجیره‌های تأمین، تدارکات و بهینه سازی

۱ Expert systems
۲ Zweben and Fox

فرآیند پیش‌بینی شده است (چوی[1] و همکاران، ۲۰۱۸). تحقیقات انجام شده همچنین حاکی از آن است که بخش حمل و نقل و لجستیک، خودرو و فناوری بنگاه‌هابیشترین سهم را از لحاظ تعداد بنگاه‌های زودپذیرنده هوش مصنوعی[2] دارند(کوپر[3] و همکاران، ۲۰۱۸).

کادر ۵-۱ : کاربردهای اخیر هوش‌مصنوعی در تولید

• نمونه‌ای از کاربردهای اخیر هوش مصنوعی در تولید، وسعت صنایع و فرآیندهای موجود در این حوزه را نشان می‌دهد:

به گفته لئو بارلا، رئیس جهانی معماری سازمانی در آسترازنو[4]، در داروسازی، تا سال ۲۰۲۷ هوش‌مصنوعی به «ابزار اصلی کشف دارو» تبدیل خواهد شد. هوش مصنوعی در مراحل بالینی کشف داروها کاربردهای زیادی دارد. از شناسایی ترکیب‌های مختلف و مدیریت داده‌های ژنومی گرفته تا تجزیه و تحلیل داده‌های ایمنی می‌توان از هوش مصنوعی استفاده کرد (شبکه هوشمند اتوماسیون هوش مصنوعی، ۲۰۱۸).

در صنعت هوافضا،شرکت ایرباس هوش مصنوعی را برای ساخت هواپیماهای جدید A۳۵۰ مستقر کرد تا با استفاده از آن بتواند مشکلات تولید را شناسایی کند. ممکن است یک کارگر با مشکلی روبرو شود که قبلاً دیده نشده است، اما هوش مصنوعی، با تجزیه و تحلیل انبوهی از اطلاعات متنی، ممکن است یک مشکل مشابه را از دیگر شیفت‌ها یا فرآیندهای موجود تشخیص دهد. از آنجا که هوش مصنوعی بلافاصله راه حل مشکلات تولید را توصیه می‌کرد، زمان مورد نیاز برای رفع اختلالات تا یک سوم کاهش یافت (رنسبوتهام[5] و همکاران،۲۰۱۷)

در نیمه‌هادی‌ها، یک سیستم هوش‌مصنوعی می‌تواند مدارهایی را برای تراشه‌های رایانه‌ای، به صورت اتم به اتم مونتاژ کند (چن[6]، ۲۰۱۸)؛ شرکت Landing.ai ابزارهای بینایی‌ماشین را برای شناسایی نقص در محصولات تولید شده - به‌ویژه اجزای الکترونیکی - در مقیاس‌هایی که برای چشم غیر مسلح غیر قابل تشخیص هستند توسعه داده است.

---

۱ Chui
۲ Early AI-adopting firms
۳ Küpper
۴ AstraZeneca
۵ Ransbotham
۶ Chen

در صنعت نفت، ربات‌های دوربین‌دار جنرال الکتریک، به دنبال شکاف‌های میکروسکوپی بررسی داخلی خطوط لوله نفت را انجام می‌دهند. اگر این تصاویر در کنار هم قرار بگیرند، این تصاویر هر سال هزاران کیلومتر مربع را پوشش می‌دهد. هوش مصنوعی این تصاویر را بازبینی می‌کند و هنگام شناسایی شکستگی‌های احتمالی، به اپراتورهای انسانی هشدار می‌دهد (چامپاین[1]، ۲۰۱۸).

در حوزه معدن، هوش مصنوعی برای کشف توده‌های معدنی و در استفاده بهینه از مواد منفجره در دهانه معادن(و حتی در نظر گرفتن هزینه تکه تکه کردن مواد غیر قابل انفجار) نیز کاربرد دارد. همچنین در زمینه دریل‌های خودکار، چیدمان سنگ‌های معدن، لودرها و کامیون‌های حمل بار نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. در جولای ۲۰۱۷، شرکت BHP استفاده از کامیون‌های کاملا خودکار را در معادن غرب استرالیا آغاز کرد(واکر، ۲۰۱۷).

در صنعت ساخت و ساز، نرم‌افزارهای تولیدی از هوش‌مصنوعی استفاده می‌کنند تا تاثیر هرگونه تغییر در طرح را بررسی کنند. این نرم‌افزارها پیشنهادهایی در مورد فرم‌ها و طرح‌بندی‌های بهینه ساختمان و همچنین مسیریابی لوله‌کشی و سیم‌کشی برقی ارائه می‌کند. علاوه بر این، می‌تواندمی‌تواند اطلاعات برنامه‌ریزی را به هر یک از اجزای ساختمان پیوند دهد.

هوش مصنوعی در بحث کاوش در داده‌های تجربی می‌تواند زمان مورد نیاز را از چندین سال تا چندین روز کاهش بدهد (چن، ۲۰۱۷).

هوش مصنوعی به ربات ها این امکان را می‌دهد تا دستورالعمل‌های تشخیص گفتار را از اپراتورهای انسانی دریافت نماید که اینها شامل دستورات از پیش تعیین شده در برنامه اصلی ربات، وجود ندارد (دورفمن[2]،۲۰۱۸).

سرانجام، هوش مصنوعی حجم غیرقابل کنترل اطلاعات اینترنت اشیاء (IoT) را قابل کنترل می‌کند. به‌عنوان مثال، شرکت جنرال الکتریک با استفاده از داده‌های مربوط به ماشین‌های در حال کار در کارخانه، یک کارخانه مجازی را کنترل می‌کند و از آن برای شبیه‌سازی و بهبود فرآیندهای تولید حتی بسیار بهینه‌تر استفاده می‌کند. برای بوجود آوردن امکان پیش‌بینی نگهداری و تعمیر، هوش مصنوعی می‌تواند داده‌های صوتی، تصویری و حسگر و حتی

۱ Champain
۲ Dorfman

متن مربوط به سوابق تعمیر و نگهداری را پردازش کند. این موضوع می‌تواند تا حد زیادی از عملکرد روش‌های سنتی تعمیر و نگهداری پیشی بگیرد.

سرانجام، هوش مصنوعی می‌تواند به حجم غیرقابل کنترلی از اطلاعات بدست آمده از اینترنت اشیاء (IoT) را کنترل کند. به‌عنوان مثال، شرکت جنرال الکتریک یک کارخانه مجازی را که داده‌های خود را به‌طور دائم از دستگاه‌های موجود بدست می‌آورد، برای شبیه‌سازی و بهبود فرآیندهای تولید راه‌اندازی کرده است. برای استفاده از نتایج بدست آمده برای پیش‌بینی تعمیر و نگهداری، هوش مصنوعی می‌تواند داده‌های صوتی، تصویری و حسگری و حتی متون مربوط به سوابق تعمیر نگهداری را پردازش کند. این موضوع می‌تواند تا حد زیادی نسبت به عملکرد روش‌های سنتی تعمیر و نگهداری پیشی بگیرد.

فراتر از کاربردهای مستقیم هوش مصنوعی در تولید، استفاده از آن در لجستیک امکان مدیریت ناوگان حمل‌ونقل به صورت لحظه‌ای را با این مزیت که مصرف سوخت و سایر هزینه‌ها را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد، فراهم می‌کند. هوش مصنوعی همچنین می‌تواند باعث کاهش مصرف انرژی در مراکز داده شود (سوردلیک[1] ۲۰۱۸). بعلاوه، هوش مصنوعی می‌تواند به امنیت دیجیتال کمک کند. برای مثال، نرم افزار Pivotal با استفاده از سیستم هوش مصنوعی تشخیص می‌دهد که یک متن آیا ممکن است بخشی از رمز عبور باشد و با استفاده از آن به جلوگیری از انتشار آنلاین رمزهای عبور کمک می‌کند. در همین حال، Lex Machina در حال ترکیب هوش مصنوعی و تجزیه و تحلیل داده‌ها برای تغییر اساسی در درخواست حق ثبت اختراع است (هاربرت[2]، ۲۰۱۳). بسیاری از استارتاپ‌های حوزه اجتماعی وظایفی مانند برنامه ریزی جلسات (X.ai)، تحلیل داده‌های کسب و کار و بازیابی اطلاعات (butter.ai) و مدیریت هزینه (Birdly) را به صورت خودکار انجام می‌دهند. سرانجام، هوش مصنوعی به منظور تقویت آموزش نیروی کار و کمک‌های شناختی با سایر فناوری‌ها - از جمله واقعیت افزوده و واقعیت مجازی - ترکیب می‌شود.

هوش مصنوعی همچنین می‌تواند صنایع جدیدی را مبتنی بر

۱ Sverdlik
۲ Harbert

پیشرفت‌های علمی در زمینه AI، ایجاد کند، همانگونه که کشف ساختار اسید دئوکسیریبونوکلئیک (DNA) در دهه ۱۹۵۰ به یک انقلاب در بیوتکنولوژی صنعتی و ایجاد ارزش اقتصادی گسترده منجر شد - بازار جهانی فناوری DNA چیزی حدود ۵۰۰ بیلیون دلار تخمین زده می‌شود.

• استفاده از هوش مصنوعی در تولید : چالش‌های اصلی

تا به امروز، علی‌رغم پتانسیل‌های بالای هوش مصنوعی، استفاده از آن در بخش تولید به‌طور کامل میسر نشده است. با یک تخمین، حتی در بین بنگاه‌هایی که با هوش مصنوعی آشنا هستند، تنها حدود ۲۰٪ از آن‌ها از یک یا چند فناوری مرتبط با هوش مصنوعی در حوزه‌های اصلی تجارت یا در مقیاس‌های کوچکتر استفاده می‌کنندمی‌کنند (بوگهین[۱] و همکاران، ۲۰۱۷). در یک بررسی جدید از ۶۰ تولیدکننده آمریکایی با گردش مالی سالانه بین ۵۰۰ میلیون دلار و ۱۰ میلیارد دلار هنوز شواهد قابل توجه‌تری از استفاده محدود از هوش مصنوعی به دست آورده شده است که نشان می‌دهد:

«فقط ۵٪ از پاسخ دهندگان جاهایی از شرکتشان را که را که در آن هوش مصنوعی می‌توانند مورد استفاده قرارگیرد و به یکاستراتژی شفاف برای تهیه اطلاعات AI نیاز دارد، معرفی کرده‌اند، در حالی که ۵۶٪ در حال حاضر هیچ برنامه ای برای انجام این کار ندارند.» اتکینسون و ایزل (۲۰۱۹).

چالش‌های استفاده از هوش مصنوعی در تولید مربوط به کاربرد آن در سیستم‌های خاص و جمع‌آوری و توسعه داده‌های مورد نیاز برای آموزش مدل‌های هوش‌مصنوعی با کیفیت بالا است. سیستم‌های پیشرفته هوش مصنوعی معمولاً از انواع مختلفی از داده‌ها از جمله صدا، متن و فیلم استفاده می‌کنند. در بسیاری از کاربردها، داده‌های آموزش[۲] باید بصورت ماهانه یا حتی روزانه بروزرسانی شوند (چوی و همکاران، ۲۰۱۸). علاوه بر این، بسیاری از برنامه‌های صنعتی که هنوز هم کمی جدید و پر کاربرد هستند دسترسی به داده‌ها را محدود می‌کنند. در مقابل، بخش‌هایی مانند امور مالی و بازاریابی از هوش مصنوعی برای زمان طولانی استفاده کرده‌اند (Faggella، ۲۰۱۸). بدون حجم زیادی از داده‌های آموزش، بسیاری از مدل‌های هوش مصنوعی ناکارآمد هستند. یک الگوریتم تحت نظارت یادگیری عمیق ممکن

۱ Bughin

۲ داده‌هایی هستند که برای آموزش یک شبکه هوش‌مصنوعی استفاده می‌شوند

است به ۵۰۰۰ نمونه برچسب داده شده برای هر مورد و بالای ۱۰ میلیون نمونه دارای برچسب برای مطابقت با عملکرد انسان نیاز داشته باشد (Goodfellow، Bengio and Courville، ۲۰۱۶)

در آینده، پیشرفت‌های تحقیقاتی ممکن است سیستم‌های هوش مصنوعی را ارتقا ببخشد. به‌عنوان مثال، یک شبکه هوش مصنوعی ممکن است بتواند با استفاده از نمونه‌های کمتری فرآیند یادگیری را انجام دهد (Simonite، ۲۰۱۶). در سال ۲۰۱۷، برنامه رایانه‌ای AlphaGo Zero توانست تنها با استفاده از قوانین بازی، بدون استفاده از داده‌های خارجی، بازی Go را انجام دهد. در بازی‌های دارای قوانین خاص، مانند شطرنج و Go می‌توان از داده‌های شبیه‌سازی استفاده کرد، اما برای صنعت، باید داده‌های آموزش از دستگاه‌های پردازشی و دنیای واقعی تهیه شوند.

دانشمندان داده معمولاً کیفیت داده را به‌عنوان مانع اصلی برای اجرای موفقیت آمیز یک سیستم مبتنی بر هوش مصنوعی ذکر می‌کنند. داده‌های صنعتی ممکن است به اشتباه قالب بندی شده، یا ناقص، متناقض و یا فاقد فراداده باشند. قبل از شروع به کار سیستم‌های هوش مصنوعی ۸۰ درصد از وقت خود را صرف غربال کردن، شکل دادن و یا برچسب زدن داده‌ها می‌کنند. کل این روند به افراد ماهر احتیاج دارد و ممکن است هیچ اولویت خاصی در این فرآیند وجود نداشته باشد. ممکن است داده‌ها از پایگاه‌های داده در بخش‌های مختلف یک شرکت گرفته شده و تجمیع شوند. به‌عنوان مثال، داده‌های مربوط به مشتری ممکن است به‌طور جداگانه از طریق داده‌های زنجیره تامین بدست بیایند. اتصال پایگاه‌های داده همچنین می‌تواند به سرمایه‌گذاری مکمل در حوزه ICT نیاز داشته باشد. علاوه بر این، برخی از فرآیندها نیز ممکن است به سادگی فاقد حجم مورد نیاز داده برای فعالیت باشند.

علاوه بر این چالش، تولیدکنندگان ممکن است الزامات دقیقی برای سیستم‌های هوش مصنوعی بیشتری نسبت به سایر بخش‌ها داشته باشند. به‌عنوان مثال، درجه‌های خطای قابل قبول در عملکرد بازاریابی مبتنی بر هوش مصنوعی در زمینه خرده فروشی غیر قابل قبول باشد. در نتیجه، تعیین نرخ بازگشت سرمایه‌گذاری(ROI[1])، در مقایسه با سرمایه‌گذاری‌های

[1] Rate of Interest

استانداردتر در ICT، ممکن است دشوار باشد. بطور کلی، شرکت‌های کوچک و متوسط از ریسک‌پذیری کمتری نسبت به بنگاه‌های بزرگتر برخوردار هستند، بنابراین عدم اطمینان در مورد ROI یک مانع خاص برای استفاده از هوش‌مصنوعی در این بخش خواهد بود.

ملاحظات گفته شده در بالا اهمیت داشتن مهارت‌های مربوطه برای بنگاه‌هایی را که در تلاش برای استفاده از هوش مصنوعی هستند نشان می‌دهد. با این حال، مهارت‌های هوش مصنوعی در حال حاضر کمیابند. حتی شرکت‌های پیشرفته فناوری در دره سیلیکون به دلیل رقابت شدید بر سر استعدادهای مرتبط با هوش مصنوعی، نرخ پایین مربوط به مهارت‌های هوش‌مصنوعی را در بخشه‌ای تحقیقاتی خود گزارش می‌دهند. حقوق بالایی که به محققان توانمند هوش مصنوعی پرداخت می‌شود نشان دهنده تقاضا برای چنین مهارت‌هایی است: OpenAI، یک شرکت غیرانتفاعی، به پژوهشگر ارشد خود بیش از ۹٫۹ میلیون دلار در سال ۲۰۱۶ پرداخت. تحقیقات نشان می‌دهد که بیش از ۵۰ درصد از نیروهای فعال در حوزه هوش مصنوعی تنها در سه کشور از قاره اروپا قراردارند: انگلستان، فرانسه و آلمان (نمودار اقتصادی اقتصادی Linkedin، ۲۰۱۹). علاوه بر این، پروژه‌های هوش مصنوعی غالباً به تیم‌های چند رشته‌ای با ترکیبی از مهارت‌های مختلف نیاز دارند، که پیدا کردن آن‌ها نیز به نوبه خود می‌تواند چالش برانگیز باشد. و از آنجا که بسیاری از فارغ التحصیلان با استعداد در علوم داده و یادگیری ماشین به کار بر روی برنامه‌های جدید هوش مصنوعی و یا در مرز تحقیق، جلب شده است، حفظ استعداد در شرکت‌های صنعتی می‌تواند یک مشکل دیگر باشد. با توجه به طولانی بودن فرآیند آموزش متخصصین هوش مصنوعی، کمبود مهارت در آینده نزدیک دور از انتظار نیست (برگرت[۱]، ۲۰۱۹).

یکی از چالش‌های پیش‌رو برای شرکت‌ها، انتخاب متخصصینی است که بتوانند به آن‌ها برای پیش‌برد اهدافشان کمک کنند. برای بسیاری از شرکت‌ها، روی آوردن به دانشگاه‌ها یا سازمان‌های تحقیقاتی عمومی ممکن است انتخاب اول نباشد. عدم اطمینان در مورد مطابقت نیازهای تجاری، مالکیت معنوی، بازه‌های زمانی عملیاتی یا سایر نگرانی ها می‌تواند این مسیر را برای برخی از شرکت‌ها دشوار کند. البته ممکن است برخی شرکت‌ها

[۱] Bergeret

از شرکت‌های ارائه‌دهنده خدمات مراجعه کنند، اما برای شرکت‌های متوسط و کوچک این خدمات می‌توانند بسیار پر هزینه باشند و ممکن است نگرانی‌هایی را در مورد وابستگی به شرکت ارائه دهنده خدمات ایجاد کند. برخی از شرکت‌های صنعتی متوسط و بزرگتر تصمیم گرفته‌اند تا واحدهای مستقل هوش‌مصنوعی خود را ایجاد کنند، اما این مسیر به‌طور کلی محدود به شرکت‌هایی با منابع مالی قابل توجه است.

• هوش مصنوعی : سیاست‌های خاص

شاید دو حوزه مهم که دولت‌ها می‌توانند در جذب هوش مصنوعی به آن‌ها کمک کنند، توسعه مهارت‌ها و تخصیص بودجه برای آن‌ها و همچنین اصلاح شیوه‌های عملیاتی مؤسسات برای انتشار فناوری‌های حوزه هوش مصنوعی باشد. این زیر بخش بر موضوعات مربوط به داده‌های آموزش و اقدامات متناسب برای رفع محدودیت‌هامحدودیت‌های سخت‌افزاری متمرکز است. زیرمجموعه‌های بعدی به قوانینی برای مالکیت معنوی اشاره دارد. بسیاری از سیاست‌های دیگر - که در اینجا مورد توجه قرار نمی‌گیرند - مربوط به پیامدهای (هنوز نامشخص) هوش مصنوعی هستند. این سیاست‌ها شامل سیاست‌هاسیاست‌هایی در حوزه رقابت است: شامل سیاست‌های اقتصادی و اجتماعی که میزان نابرابری موجود در این حوزه را کاهش می‌دهد و اقداماتی که بر افزایش درک عمومی از هوش مصنوعی تأثیر می‌گذارد. سیاست‌هایی که در حوزه هوش مصنوعی به خوبی طراحی شوند احتمالاً بازدهی بالایی دارند چرا که هوش‌مصنوعی می‌تواند به‌طور گسترده‌ای در بخش تولید اعمال شود و فرآیند نوآوری را تسریع کند(ککبورن، هندرسون و استرن[1]، ۲۰۱۸).

• دولت‌ها می‌توانند اقداماتی انجام دهند تا بنگاه‌ها بتوانند از داده‌های خود ارزش تولید کنند

بسیاری از شرکت‌ها داده‌های ارزشمندی را در اختیار دارند، اما از آن‌ها به‌طور مؤثر استفاده نمی‌کنند. شاید به این دلیل که، آن‌ها ممکن است از زیرساخت‌های استراتژیک، مهارت و دانش داخلی برخوردار نباشند. این حتی در بنگاه‌هایی که منابع مالی بزرگی دارند نیز می‌تواند اتفاق بیفتد. به‌عنوان مثال، تنها کمتر از ۱٪ از داده‌های تولید شده در تجهیزات نفتی در موارد تحقیقاتی استفاده می‌شود (The Economist، ۲۰۱۷).

[1] Cockburn، Henderson and Stern

با این حال، منابع غیر صنعتی - از جمله بسیاری از استارتاپ‌های حوزه هوش مصنوعی، دانشگاه‌ها و یا سایر موسسات مرتبط - می‌توانند از اطلاعات موجود در بنگاه‌های صنعتی ارزش ایجاد کنند. برای کمک به رفع این عدم تطابق، دولت‌ها می‌توانند به‌عنوان کاتالیزور برای به اشتراک‌گذاری داده‌ها عمل کنند. از جمله اقدامات دیگر، می‌توانند با ذینفعان مربوطه همکاری کنند تا توافق‌نامه‌های مدل داوطلبانه برای به اشتراک‌گذاری داده‌های قابل اعتماد و کاربردی را تهیه کنند. به‌عنوان مثال، بخش حمل و نقل USD قراردادی تحت عنوان «اصول راهنما در مبادله داده‌ها برای تسریع استقرار ایمن وسایل نقلیه خودکار» را تهیه کرده است.

• سازمان‌های دولتی می‌توانند تاییدیه‌های اشتراک داده را برای اهداف هوش مصنوعی وضع کنند

آژانس‌های دولتی می‌توانند برای اهداف هوش مصنوعی، با استفاده از توافق‌نامه‌های به اشتراک‌گذاری داده‌ها در امور مختلف با بنگاه‌ها همکاری کنند. در بعضی موارد، تحت این شرایط همه افرادی که داده‌هایی در دسترس دارند از به اشتراک‌گذاری آن‌ها سود می‌برند. با این حال، صاحبان داده‌های شخصی و فردی اغلب تمایلی به اشتراک‌گذاری داده‌ها به صورت یک جانبه ندارند - برای مثال ممکن است برای یک شرکت از اهمیت استراتژیک برخوردار باشد. به‌عنوان مثال، از ژانویه سال ۲۰۱۸ تعداد ۳۵۹ دستگاه دکل دریایی در دریای شمال و خلیج مکزیک با هدف پیش بینی (مبتنی بر هوش مصنوعی) تصادفات احتمالی پرهزینه در سکوهای نفتی، عملیاتی شدند. خروجی این دکل‌های دریایی در صورتی که صاحبان داده مقداری از داده‌های خود را به اشتراک بگذارند بهبود می‌یابد. به همین منظور انجمن نفت و گاز نروژ از همه اعضا خواسته است تا پایان سال ۲۰۱۸ یک استراتژی برای تنظیم قواعد اشتراک‌گذاری داده‌ها داشته باشند. در چنین مواردی، اقدامات دولتی می‌تواند موثر باشد. مثال دیگر که توافق‌نامه‌های اشتراک داده ممکن است مفید باشند مربوط به داده‌های موجود در زنجیره‌های تأمین است.

فعالیت نوآوری Open Pit Stop، یک نمونه موفق از کاربرد توافق‌نامه‌های به اشتراک‌گذاری داده‌هاست، که در آن مالکان داده و متخصصین تحلیل داده‌ها به خوبی با یکدیگر همکاری می‌کنند. Pit Stop توانسته مشاغل بزرگ، محققان دانشگاهی و افراد جدیدی را در زمینه داده‌های چالش برانگیز و حل مسائل مرتبط با آن و همچنین فناوری‌های دیجیتالی را در کنار همدیگر

جمع کند. این مشارکت سودمند است. محققان پژوهشکده با استفاده از مجموعه داده‌های صنعت روی مشکلات دنیای واقعی کار می‌کنند و از سویی نیز صاحبان مشاغل مشکلات خود را حل کرده و ارزش واقعی داده‌های خود را بهتر درک می‌کنند.

• دولت‌ها می‌توانند استفاده از داده‌های آزاد را ترویج دهند

استفاده از داده‌های آزاد در بسیاری از کشورها که داده‌های اداری و تحقیقاتی متنوعی دارند، موضوع مهمی است. برای تسهیل استفاده کاربردی از این داده‌ها، داده‌های عمومی منتشر شده باید به شکلی باشند که برای ماشین قابل درک باشد. علاوه بر این، در شرایط خاص، قوانین حق چاپ[1] می‌توانند استفاده از متن‌کاوی و داده‌کاوی را امکان پذیر کند. این قوانین باید به شکلی باشند که اجازه ندهند استفاده از هوش‌مصنوعی جایگزین کارکردهای اصلی شود و یا منافع مشروع صاحبان حق چاپ را نقض کند. دولت‌ها همچنین می‌توانند شرایط استفاده از اشتراک‌گذاری داده‌های دیجیتال را بهبود دهند. در واقع به این شکل که داده‌های عمومی و خصوصی برای منافع عمومی به اشتراک گذاشته می‌شوند. داده‌های آزاد معمولاً دسترسی به داده‌های اداری و سایر مواردی را که مستقیماً با هوش مصنوعی در شرکت‌های صنعتی ارتباط ندارند فراهم می‌کند. با این وجود، برخی از داده‌ها از جمله داده‌های ملی، منطقه‌ای یا سایر اطلاعات اقتصادی مربوط به پیش‌بینی‌های درخواستی می‌توانند برای بنگاه‌ها دارای ارزش باشند.

• فناوری به خودی خود ممکن است بتواند راه حل‌های جدیدی برای استفاده بهتر از داده‌ها در حوزه هوش مصنوعی ارائه دهد

دولت‌ها باید امکان استفاده از خود فناوری هوش مصنوعی در حوزه داده‌های آزاد را در نظر بگیرند. به اشتراک‌گذاری داده‌ها یک سری چالش‌های اساسی دارد. برای مثال دارندگان داده در سازمان‌های بزرگ ممکن است قبل از دریافت مجوز انتشار اطلاعات با موانع داخلی مهمی روبرو شوند. حتی در صورتی که دارندگان داده توافق نامه‌های به اشتراک‌گذاری داده داشته باشند سوء استفاده از داده‌ها ممکن است باعث نگرانی آن‌ها شود. علاوه بر این، برخی از مجموعه داده‌ها ممکن است برای به اشتراک گذاشتن به صورت عملی بسیار بزرگ و حجیم باشند. به‌عنوان مثال، حجم داده‌ها در ۱۰۰ ژنوم انسان می‌توانند از ۳۰ ترابایت (۳۰ میلیون میلیون مگابایت) تجاوز کند.

[1] Copyright

اگرچه چالش‌های فوق در مورد برخی داده‌ها می‌تواند مانع اشتراک یا خرید آن‌ها شود، اما رویکردهایی برای رفع این نگرانی و ایجاد انگیزه در تبادل امن داده‌ها نیز ایجاد شده است. به‌عنوان مثال، پروتکل Ocean، که توسط بنیاد غیرانتقاعی Ocean ایجاد شده، با استفاده از بلاکچین و هوش‌مصنوعی امنیت داده‌ها و جلوگیری از کپی شدن آن‌ها را تضمین می‌کند. در عوض، الگوریتم‌های لازم برای اهداف آموزشی به اشتراک گذاشته می‌شوند و کلیه فرآیند در دفترچه‌های کل ذخیره می‌شود. پروتکل Ocean در حال ایجاد یک بازار مرجع منبع باز برای داده‌ها است که کاربران می‌توانند متناسب با نیازهای خود و نیازهای بازار از آن استفاده کنند.

• دولت‌ها همچنین می‌توانند به رفع محدودیت‌های سخت افزاری برای برنامه‌های هوش‌مصنوعی کمک کنند

کارآفرینان هوش مصنوعی ممکن است از دانش و منابع مالی مورد نیاز برای کار روی یک ایده تجاری برخوردار باشند. با این وجود، این کارآفرینان ممکن است تخصص و منابع سخت‌افزاری لازم مرتبط با پروژه خود را در دسترس نداشته باشند. برای کمک به رفع چنین مواردی، شرکت Digital Catapult برنامه Garage Intelligence Garage را اجرا می‌کند. این شرکت با شرکای صنعتی مانند شرکت Nvidia که یک تولیدکننده GPU می‌باشد و شرکت تولید پردازنده هوشمند Graphcore و همچنین ارائه‌دهندگان خدمات ابری آمازون و Google Cloud Platform همکاری می‌کند. این شرکت‌ها با همکاری همدیگر، به استارتاپ‌ها کمک می‌کنند تا به توان محاسباتی و تخصص فنی لازم دسترسی داشته باشند. سیاست‌های مربوط به محدودیت‌های سخت افزاری در استارتاپ‌ها ممکن است به‌طور مستقیم بر شرکت‌های صنعتی تأثیر نگذارد، اما می‌توانند بطور مثبت اکوسیستم وسیع‌تری را که در آن شرکت‌های صنعتی فعالیت دارند، شکل دهند.

• بلاکچین در تولید

بلاکچین - با استفاده از فناوری توزیع‌شده دفتر کل - کاربردهای بالقوه‌ای در بخش تولید خواهد داشت (کادر ۵.۲). با این وجود بلاکچین هنوز یک فناوری نابالغ است و بسیاری از کاربردهای آن تنها در مراحل اولیه اثبات مفهوم هستند. تکامل آینده بلاکچین نقاط مبهم بسیار زیادی دارد که از جمله آن می‌توان به نبود استانداردهای کافی برای قابلیت همکاری بین سیستم‌ها اشاره کرد. با این حال، مشابه مدل‌های «نرم افزار به‌عنوان خدمات»، شرکت‌هایی مانند

مایکروسافت، SAP، اوراکل، هیولت پاکارد، آمازون و IBM در حال حاضر خدمات «بلاکچین به‌عنوان یک سرویس» را ارائه می‌دهند.

پیاده‌سازی بلاکچین در تولید چندین چالش اساسی دارد: بلاکچین باعث تغییرات اساسی در فرآیندهای کسب و کار می‌شود، بخصوص در یک زنجیره تامین که توافق‌نامه‌ها و تعامل بین بازیگران پر رنگ‌تر است. هنگامی که بسیاری از رایانه‌ها درگیر فرآیندهای محاسباتی دیگر هستند، سرعت معاملات نیز ممکن است کندتر از برخی روش‌های کنونی‌باشد (با این حال، پروتکل‌های سریعی که در لایه‌های بالایی بلاکچین کارکنند در دست تهیه هستند). بلاکچین در شرایطی که از بین بردن واسطه‌گری، امنیت، اطمینان از منبع و ایجاد زنجیره‌های امن در اولویت قرار دارد مناسب ترین گزینه است. چالش دیگری که وجود دارد این است که توسعه بلاکچین ممکن است به صورت پراکنده دنبال شود. بنابراین، مقیاس‌پذیری هر پلتفرم که مبتنی بر بلاکچین است - از جمله در زنجیره‌های تأمین یا خدمات مالی - به این بستگی دارد که آیا سیستم مربوطه می‌تواند با سیستم‌های دیگر کار کند یا نه.

• بلاکچین: سیاست‌های ممکن

سند باکس سیاست‌گذاری و تنظیم مقررات به دولت‌ها کمک می‌کنند تا فناوری‌های جدید و پیامدهای نظارتی مربوط به آن را بهتر بشناسند. در عین حال، این بسترها صنعت را قادر می‌سازند تا فناوری جدید و مدل‌های کسب و کار را در یک محیط واقعی آزمایش کنند. سند باکس حوزه بلاکچین بیشتر روی فین‌تک تمرکز دارند. این بسترها در کشورهایی مانند استرالیا، کانادا، اندونزی، ژاپن، مالزی، سوئیس، تایلند و انگلستان در ابعاد مختلف توسعه یافته‌اند (Figueiredo do Nascimento، Roque Mendes Polvora and Sousa Lourenco، ۲۰۱۸). با نفوذ بلاکچین به دیگر حوزه‌ها در صنعت و بخش‌های غیرمالی، استفاده از سندکادرها گسترش خواهد یافت.

کادر ۵.۲ بلاکچین: پتانسیل‌های کاربردی در تولید

• با توجه به ویژگی‌های منحصر به فرد بلاکچین مانند ذخیره تمامی تراکنش‌ها به صورت غیر متمرکز، بلاکچین می‌تواند جنبه‌های مهم تولید را هنگام ترکیب با سایر فناوری‌ها تغییر دهد. نمونه‌هایی در زیر ذکر شده است:

کاربرد اصلی بلاکچین ردیابی و پایش در زنجیره‌های تامین است. یکی از پیامدهای استفاده از بلاکچین جلوگیری از استفاده از محصولات تقلبی

است. تنها در صنعت خودرو، شرکت‌ها سالانه ده‌ها میلیارد دلار برای قطعات تقلبی از دست می‌دهند.

بلاکچین می‌تواند عناصر سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع شرکت[۱] را جایگزین کند. نرم‌افزار سوئدی IFS نشان داده است که چگونه بلاکچین می‌تواند با سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمان در صنعت حمل و نقل هوایی ادغام شود. هواپیماهای تجاری میلیون ها قطعه دارند. هر قسمت باید ردیابی شود و سابقه‌ای از کلیه کارهای انجام گرفته روی آن‌ها نگهداری شود. بلاکچین می‌تواند به حل چنین مسائلی کمک کند(میرین[۲]، ۲۰۱۷). بلاکچین به‌عنوان واسطی که امکان رمزگذاری انتها به انتهای کل مراحل طراحی، انتقال و چاپ فایل‌های سه بعدی (۳D) با کمک رایانه (CAD) را ایجاد کند، در حال آزمایش است. هدف این است که هر قسمت چاپ شده دارای یک هویت دیجیتالی و حافظه منحصر به فرد باشد (Figueiredo do Nascimento، Roque Mendes Polvora and Sousa Lourenco، ۲۰۱۸). در صورت موفقیت، این فناوری می تواند نوآوری با استفاده از پرینت سه بعدی را افزایش دهد، از حقوق مالکیت معنوی محافظت کرده و به کشف تقلب کمک کند.

با ذخیره کردن هویت دیجیتالی هر بخش تولید شده، بلاکچین می‌تواند اطلاعات مرتبط با گارانتی تجهیزات، مجوزها و استانداردها در تولید، نصب و و تعمیر و نگهداری را فراهم کند.

بلاکچین می‌تواند استفاده کارآمد از دارایی‌های صنعتی را ممکن سازد. به‌عنوان مثال، یک رکورد قابل اعتماد از تاریخچه استفاده برای هر ماشین و یا هر قطعه‌ای از تجهیزات، به توسعه بازار ثانویه برای چنین دارایی کمک می‌کند.

بلاکچین می‌تواند به کسب درآمد از IoT، تأیید اعتبار مبادله داده مبتنی بر ماشین[۳] و اجرای برنامه‌های پرداخت خرد بپردازد. علاوه بر این، ثبت اطلاعات با ارزش مربوط به مبادلات ماشین به ماشین[۴] می‌تواند منجر به «همبستگی داده‌ها[۵]» شود. این امر می‌تواند برای وام‌دهندگان و سرمایه‌گذاران امنیتی ایجاد کند تا زنجیره‌های تأمین را تأمین کنند و به تأمین کنندگان کوچکتر در

۱ enterprise resource-planning systems
۲ Mearian
۳ Machine-based data exchanges
۴ Machine-to-machine exchanges
۵ Data collateralisation

غلبه بر کمبود سرمایه در گردش کمک کنند (میرین، ۲۰۱۷). با ارائه داده‌های قابل تأیید دقیق در فرآیندهای تولید و توزیع، بلاکچین همچنین می‌تواند تجزیه و تحلیل پیش بینانه را نیز افزایش دهد.

بلاکچین می‌تواند زنجیره‌های تأمین را از طریق اجرای «قراردادهای هوشمند» که بر اساس تعهدات از قبل توافق شده به‌طور خودکار تأیید می‌شوند، هوشمند کند. به‌عنوان مثال، مرسک در حال کار با IBM برای آزمایش رویکرد مبتنی بر بلاکچین برای تمام اسنادی است که در حمل و نقل کلان استفاده می‌شود. همراه با تحولات مداوم در اینترنت اشیا، چنین قراردادهای هوشمندی ممکن است در نهایت منجر به استقلال کامل معاملات برای بسیاری از ماشین آلات شود (Vujinovic، ۲۰۱۸).

• پرینت سه‌بعدی

به دلیل افت قیمت چاپگر و مواد اولیه، چاپ با کیفیت بالاتر و نوآوری در روش‌ها، چاپ سه بعدی به سرعت در حال گسترش است. به‌عنوان مثال، چاپ سه بعدی با مواد جدید مانند شیشه، سلول‌های بیولوژیکی و حتی مایعات امکان‌پذیر است. پرینت‌های بازویی ربات اجازه می‌دهند تا اشیائی که حتی از خود چاپگر بزرگتر باشند، چاپ شوند و راه را برای ساخت و ساز اتوماتیک باز می‌کند. امکان کار با فراصوت بدون نیاز به استفاده از دست اجازه چاپ قطعات الکترونیکی حساس به الکتریسیته ساکن را می‌دهد. چاپگرهای سه بعدی هیبریدی تولید مواد را با ماشین‌کاری و فرز کنترل می‌کنند. تحقیقات همچنین در زمینه چاپ سه بعدی با موادی که برای تغییر شکل بعد از چاپ برنامه‌ریزی شده‌اند نیز در جریان است. از چاپ سه بعدی برای ساخت نمونه‌های اولیه، مدل‌ها و ابزارها استفاده می‌شود. در حال حاضر، چاپ سه بعدی با فناوری‌های سنتی تولید انبوه، مانند قالب تزریق پلاستیک، از نظر به صرفه بودن قابل رقابت نیست. استفاده گسترده‌تر از چاپ سه بعدی بستگی به نحوه تکامل فناوری از نظر زمان چاپ، هزینه، کیفیت، اندازه و انتخاب مواد دارد (OECD، ۲۰۱۷a). انتظار می‌رود هزینه‌های انتقال از فناوری‌های تولید انبوه سنتی به چاپ سه بعدی با افزایش حجم تولید در سال‌های آینده کاهش یابد.

• پرینت سه‌بعدی: سیاست‌های خاص

در سال ۲۰۱۷ سازمان همکاری و توسعه اقتصادی سیاست‌هایی را برای

تقویت تأثیر چاپ سه بعدی بر پایداری محیط زیست بررسی کرد. اولویت این سیاست‌ها تشویق فرآیندهای چاپی با انرژی کم (به‌عنوان مثال استفاده از فرآیندهای شیمیایی به جای ذوب شدن مواد و جابجایی اتوماتیک هنگام خاموش بودن چاپگرها به حالتهای کم مصرف است). اولویت دیگر استفاده و توسعه مواد کم اثر با خصوصیات مفید در پایان عمر (مانند مواد بیولوژیکی قابل کمپوست) است. مکانیسم‌های این سیاست‌ها برای دستیابی به این اولویت‌ها عبارتند از:

پرداخت کمک هزینه یا سرمایه‌گذاری برای تجاری‌سازی تحقیقات در این حوزه

ایجاد یک سیستم صدور گواهینامه داوطلبانه برای برچسب زدن به چاپگرهای سه بعدی با درجه‌های مختلف پایداری در چندین ویژگی که می‌تواند به برنامه‌های خرید ترجیحی توسط دولت‌ها و سایر نهادهای بزرگ نیز مرتبط باشد.

اطمینان از شفافیت حقوقی پیرامون حقوق مالکیت معنوی برای چاپ سه بعدی قطعات یدکی لوازمی که دیگر تولید نمی‌شوند نیز می‌تواند از نظر زیست محیطی سودمند باشد. به‌عنوان مثال، یک ماشین لباسشویی که دیگر تولید نمی‌شود ممکن است دور ریخته شود چرا که یک قطعه از آن خراب است. تولید قطعه یدکی با پرینتر سه بعدی می‌تواند ماشین‌لباسشویی را در حال کار نگه دارد. با این حال، بیشتر نقشه‌های CAD مربوط به این قطعات اختصاصی هستند. یکی از راه‌حل‌ها، ایجاد انگیزه برای شخص ثالث برای چاپ قطعات جایگزین برای محصولات است که حق امتیاز آن به تولیدکنندگان اصلی کالا پرداخت می‌شود.

• دولت می‌تواند به توسعه دانش مورد نیاز برای چاپ سه بعدی در تولید کمک کند

بونین-روکا و همکاران[1] (۲۰۱۶) بسیاری از کاربردهای بالقوه را برای ساخت مواد افزودنی مبتنی بر فلزات[2] (MAM) در حمل و نقل هوایی تجاری را بررسی کرده‌اند. با این حال، این فناوری در حال حاضر نسبتاً نابالغ است. فرآیندهای ساخت در لبه‌های فناوری هنوز به صورت استاندارد طرح‌ریزی نشده‌اند و حمل و نقل هوایی نیاز به استانداردهای با کیفیت و ایمنی بالا دارد. دولت‌ها می‌توانند به پیشرفت دانش لازم در این حیطه کمک کند.

۱ Bonnin-Roca
۲ Metals-based additive manufacturing

به‌طور خاص، بخش دولتی می‌تواند از علوم پایه پشتیبانی کند، به‌ویژه با تأمین بودجه و نگهداری پایگاه‌های داده در مورد خصوصیات مواد. این می‌تواند توافق نامه‌های اشتراک داده[1](DSA) را در میان کاربران فناوری MAM، آزمایشگاه‌های دولتی و دانشگاه‌ها رواج دهد. می‌تواند از توسعه استانداردهای تولید و آزمایش مستقل پشتیبانی کند و همچنین با ایجاد یک پلتفرم مستندکننده تجربیات اولیه کاربران، به تعداد مزایای استفاده از فناوری جدید کمک کند.

بونین-روکا و همکاران. (۲۰۱۶) چنین سیاستی را برای ایالات متحده که در سطح جهانی در حوزه سیستم‌های صنعتی نصب شده سه بعدی و تولیدات حوزه هوا و فضا پیشرو است. پیشنهاد می‌کنند. با این حال، همین ایده‌ها می‌تواند توسط کشورها و صنایع دیگر نیز به کار برده شود. این ایده‌ها همچنین نشان می‌دهد که چگونه می‌توان فرصت‌های سیاست‌گذاری را از طریق درک خاص فناوری‌های نوظهور و کاربردهای احتمالی آن‌ها تشخیص داد. در واقع، دولت‌ها باید در توسعه تخصص در فناوری‌های نوظهور در ساختارهای عمومی مربوطه تلاش کنند. انجام این کار همچنین به پیش‌بینی نیازهای احتمالی برای تنظیم مقررات مربوط به فناوری‌ها کمک خواهد کرد.

• مواد جدید و فناوری نانو

به دلیل پیشرفت در ابزارهای علمی مانند میکروسکوپ‌های اتمی و تحولات در شبیه‌سازیشبیه‌سازی‌های محاسباتی، دانشمندان در حال مطالعه مطالب با جزئیات بیشتر از گذشته هستند. امروزه، موادی با خصوصیات کاملاً جدید در حال ظهور هستند. به‌عنوان مثال مواد جامدی با چگالی قابل مقایسه با چگالی هوا ایجاد شده‌اند. کامپوزیت‌ها می‌توانند بسیار قوی و در عین حال سبک باشند. بعضی از مواد می‌توانند شکل قبلی خود را به خاطر بیاورند، خود را ترمیم کنند یا خود را در اجزای سازنده یک قطعه قرار دهند، همچنین موادی هستند که می‌توانند به نور و صدا واکنش نشان دهند(مجله اکونومیست، ۲۰۱۸).

دوران سعی و خطا در توسعه مواد نیز در حال پایان است. مدل‌سازی و شبیه‌سازی قدرتمند رایانه‌ها و ساختار و ویژگی‌های مواد می‌توانند نحوه

[1] Data sharing aggreement

استفاده آن‌ها را در محصولات از قبل نشان دهد. می‌توان خواصی مانند رسانایی و مقاومت در برابر خوردگی را عمداً در مواد جدید ایجاد کرد. تولید بهتر منجر به توسعه سریع‌تر مواد به صورت بهبود یافته، قرار دادن سریع‌تر آن‌ها در محصولات مورد نظر و رسیدن به فرآیندهای بهبود یافته و محصولات بهتر می‌شود. در آینده ای نه چندان دور، مهندسین نه تنها محصولات را طراحی می‌کنند، بلکه موادی را که آن محصول از آن ساخته می‌شوند را طراحی می‌کنند(ترسکو[1] ۲۰۰۸). علاوه بر این، شرکت‌های بزرگ از نظر توسعه مواد به‌طور چشمگیری در حال رقابتند. به‌عنوان مثال، تولیدکننده موتورهای اتومبیل با طراحی‌های نوین در صورتی که مواد بکار رفته در موتور را خود طراحی کنند، می‌توانند از مزیت رقابتی بلند مدت‌تری بهره ببرند.

فناوری نانو توانایی کار با پدیده ها و فرآیندهای رخ داده در مقیاس ۱ تا ۱۰۰ نانومتر (نانومتر) را دارد (یک ورق استاندارد کاغذ تقریبا ۱۰۰۰۰۰ نانومتر ضخامت دارد). کنترل مواد روی مقیاس نانو - کار با کوچکترین واحدهای کاربردی آن‌ها - یک فناوری کلی با کاربردهای مختلف در تولید است (فردریکس[2] ۲۰۱۷). نانومواد پیشرفته به‌طور فزاینده‌ای در ساخت محصولات با تکنولوژی بالا استفاده می‌شود.

• مواد جدید و فناوری نانو: سیاست‌های خاص

هیچ شرکت یا سازمانی قادر نخواهد بود تمام فناوری‌های مرتبط با نوآوری مواد را در اختیار داشته باشد. بر این اساس، الگوی سرمایه‌گذاری عمومی و خصوصی به‌ویژه برای ایجاد زیرساخت‌های سایبری-فیزیکی و آموزش نیروی کار آینده در این حیطه ضروری است، (مک داول[3]، ۲۰۱۷).

البته فناوری نانو موضوعات جدیدی را در حوزه سیاست‌های مربوط به آن بوجود آورده است. یک سری از این چالش‌ها موضوعات سنتی در حوزه سیاست‌های مرتبط با تکنولوژی است. خطرات امنیتی جدید دیجیتالی ممکن است در این ارتباط بوجود بیاید. به‌عنوان مثال، یک «خط لوله» با کمک محاسباتی مبتنی بر شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای قابل هک شدن است. پیشرفت در مواد نانو همچنین نیاز به سیاستگذاری مؤثر در زمینه‌هایی که اغلب با علم و صنعت مرتبط است، دارد. این سیاست‌ها می‌توانند اشتراک

۱ Teresko
۲ Friedrichs
۳ McDawel

یا تبادل ابزارهای مدل‌سازی و داده‌های تجربی و شبیه‌سازی ساختار مواد را تسهیل کنند.

جوامع حرفه‌ای در حال ایجاد زیرساخت‌های اطلاعاتی هستند تا بتوانند پشتیبانی لازم را برای تصمیم گیری‌های مربوط به فرآیندهای اکتشاف مواد جدید ارائه دهند (رابینسون و مک ماهون[1]، ۲۰۱۶). این زیرساخت‌ها شامل پایگاه داده‌های رفتار مواد، نمایش دیجیتالی ریزساختار مواد و روابط پیش‌بینی شده در ساختار و استانداردهای مرتبط با آن‌ها است. برای هماهنگی و تلفیق عناصر زیرساخت‌های سایبری- فیزیکی در طیف وسیعی از کشورهای اروپایی، آمریکای شمالی و آسیا، لازم است سیاست بین المللی اتخاذ شود. تبادل منابعی که از طریق خدمات وب با هزینه بسیار کم قابل دسترسی هستند، بسیار پرهزینه (و غیر ضروری) است. فرهنگ به اشتراک‌گذاری داده‌ها - به‌ویژه داده‌هایی که مرتبط با رقابت نیستند - می‌تواند اثر بخش باشد (مک داول، ۲۰۱۷)

برای تحقیق در حوزه فناوری‌های نانو ابزارهای پیشرفته و گران قیمت مورد نیاز است. تجهیزات پیشرفته‌ای که چندین میلیون یورو هزینه دارند و اغلب به مکان‌های مستقل نیاز دارند. این موضوع تقریباً غیرممکن است که بتوان یک زیرساخت همه جانبه تحقیق و توسعه برای فناوری نانو (R&D) را در یک مؤسسه یا حتی یک منطقه واحد جمع آوری کرد. در نتیجه، فناوری نانو برای دستیابی به پتانسیل کامل خود نیاز به همکاری‌های بین سازمانی و / یا بین المللی دارد (فریدریش، ۲۰۱۷). برنامه‌های تحقیق و توسعه با بودجه عمومی باید اجازه بدهند صنایع و دانشگاه‌های سایر کشورها در فرآیند تحقیق و توسعه شرکت داشته باشند. آن‌ها همچنین باید قابلیت همکاری‌های با انعطاف بالا بین مناسب‌ترین شرکا را بوجود بیاورند. همکاری جهانی تحت برنامه افق ۲۰۲۰ اتحادیه اروپا نمونه‌ای از این رویکرد است.

برای نوآوری و تجاری‌سازی در شرکت‌های کوچک پشتیبانی لازم است. تحقیق و توسعه فناوری نانو بیشتر به سه دلیل توسط شرکت‌های بزرگتر انجام می‌شود. اول، آن‌ها دارای انبوهی از امکانات تحقیق و توسعه و تولید هستند. دوم، آن‌ها می‌توانند تجهیزات گران قیمت را بدست آورند و از آن‌ها بهره برداری کنند. سوم اینکه، آن‌ها بهتر می‌توانند به دانش خارجی

[1] Robinson and McMahon

دسترسی پیدا کرده و از آن‌ها استفاده کنند. سیاست‌گذاران می‌توانند با افزایش حجم کمک‌هزینه‌های تحقیقاتی برای شرکت‌های متوسط و کوچک، دسترسی به تجهیزات را برای آن‌ها بهبود بخشند. اعطای یارانه برای دریافت خدمات و یا رایگان کردن آن‌ها، یا انصراف از هزینه خدمات؛ اعطای اعتبار برای استفاده از تجهیزات از این جمله است.

عدم‌قطعیت‌های قانونی در رابطه با ارزیابی ریسک و تأیید محصولات دارای فناوری نانو نیز باید به شکل مناسبی از طریق همکاری‌های بین المللی مورد بررسی قرارگیرد. این ابهامات می‌تواند مانع پیشرفت فرآیند تجاری‌سازی محصولات حوزه فناوری نانو شود. سیاست‌های اتخاذ شده باید از دستورالعمل‌های شفاف و به موقع برای ارزیابی ریسک محصولاتی که با فناوری نانو تولید شده‌اند پشتیبانی کنند. در عین حال، باید در راستای ایجاد هماهنگی بین‌المللی در دستورالعمل‌ها و اجرای آن‌ها تلاش کنند.

استفاده از این سیاست‌ها در بنگاه‌های کوچک و متوسط مشکلات خاصی دارد

مسئله مهم برای مؤسسات مرتبط با انتشار این است که بنگاه‌های کوچك تمایل دارند از فناوری‌های کلیدی کمتر از بنگاه‌های بزرگتر استفاده کنند. به‌عنوان مثال، در اروپا، حدود ۳۶ درصد از شرکت‌های دارای اندازه متوسط با تعداد کارمندان بین ۵۰ تا ۲۴۹ نفر از ربات‌های صنعتی استفاده می‌کنند، در مقابل ۷۴٪ از شرکت‌هایی که دارای ۱۰۰۰ یا بیشتر کارمند هستند از این ربات‌ها استفاده می‌کنند. (فرانهافر[1] ۲۰۱۵). این الگوی نادرست استفاده از فناوری مستقیماً منعکس‌کننده مهارت در استفاده از آن‌هاست. به‌عنوان مثال، تنها حدود ۱۵٪ از شرکت‌های کوچک و متوسط اروپایی از متخصصان فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) استفاده می‌کنند و در مقابل این عدد برای شرکت‌های بزرگ حدود ۷۵ درصد است.

• انتشار فناوری

اکثر کشورها، حوزه‌ها و شرکت‌ها در ابتدا کاربران فناوری هستند تا ایجادکننده فناوری. برای آن‌ها انتشار و جذب فناوری باید در اولویت باشد. حتی در اقتصادهای پیشرفته، انتشار می‌تواند به صورت کند و جزیی اتفاق بیفتد. برای مثال، پیمایشی شامل ۴۵۰۰ کسب و کار در سال ۲۰۱۵ به این نتیجه رسید که تنها ٤٪ از آن‌ها فرآیندهای تولید دیجیتال‌شده و شبکه‌ای

[1] Fraunhofer

را پیاده‌سازی کرده‌اند یا می‌خواهند آن را انجام دهند (ZEW -IKT, ۲۰۱۵). نتیجه‌ی پیمایشی دیگر از تولیدکننده‌های کوچک و متوسط در آمریکا در سال ۲۰۱۷ نشان می‌داد که ۷۷٪ آن‌ها هیچ برنامه‌ای برای استفاده از IoT ندارند (Sikinch).

سیاست‌های که در راستای توسعه گستره انتشار دانش است نه تنها کمکی به رشد بهره‌وری نیروی کار نمی‌کنند بلکه ممکن است باعث ایجاد عدم توازن در نرخ رشد دستمزد شود. سیاست‌گذاران تمایل دارند که در سطوح بالا اهمیت زیادی برای انتشار تکنولوژی ایجاد کنند. با این حال، ممکن است این سیاست‌ها با اختصاص منابع و توجه بیش از حد، همراه باشد (Shapira and Youtie, ۲۰۱۷).

ویژگی‌های ذاتی فناوری‌های دیجیتال جدید ممکن است انتشار تکنولوژی را دشوارتر سازد. کاربران بالقوه فناوری باید حجم زیادی از اطلاعات را همراه با تغییرات سریع فناوری‌ها، مهارت‌ها و دیگر ورودی‌های مورد نیاز بررسی و ارزیابی کنند. حتی اگر مرحله اول جمع‌آوری داده (داده‌ها جمع‌شده محیطی) انجام شده باشد. برای مثال یک کارخانه صنعتی ممکن است دارای ماشین‌های مختلف از سازندگان متفاوت باشد. این کارخانه‌ها می‌توانند سیستم‌های کنترل و اتوماسیون مختلفی داشته باشند که تحت استانداردهای ارتباطی متفاوت کار می‌کنند. به همین شورت جاهیی که فناوری‌های تولید دیجیتال قبلی وجود داشته‌اند، فناوری مانند بلاک‌چین با چالش‌های بیشتری برای بازطراحی مدل کسب و کار مواجه خواهد بود.

• انتشار در EMSها سختی‌های خاصی به دنبال دارد

یک موضوع مهم برای نهادهای مربوط به انتشار تکنولوژی اینست که شرکت‌های کوچک به نسبت شرکت‌های بزرگ کمتر از فناوری‌های کلیدی استفاده می‌کنند. برای مثال در اروپا، ۳۶٪ از شرکت‌های دارای ۵۰ تا ۲۴۹ نیروی کار، از ربات‌های صنعتی استفاده می‌کنند، از طرف دیگر این رقم برای شرکت‌هایی با بیش از ۱۰۰۰ نفر نیروی کار، ۷۴٪ می‌باشد (Fraunhofer, ۲۰۱۵). تنها ۱۶٪ از شرکت‌های کوچک و متوسط داده‌های مربوط به زنجیره تامین الکترونیکی را به اشتراک می‌گذارند که این عدد برای شرکت‌های بزرگ ۲۹٪ است. یک عدم توازن در مورد وجود مهارت‌ها در شرکت‌ها نیز مشاهده می‌شود. برای مثال، فقط ۱۵٪ از SMEهای اروپایی متخصص فناوری

اطلاعات و ارتباطات استخدام می‌کنند، که در مقایسه با ۷۵٪ در شرکت‌های بزرگ عدد کمتری است (EC, ۲۰۱۷) (کادر ۵،۳).

کادر ۵،۳. استفاده از فناوری برای شرکت‌های کوچک و متوسط: برخی ملاحظات اساسی

• می‌توان اقدامات مختلفی را برای کمک به انتشار فناوری برای شرکت‌های کوچک و متوسط انجام داد، از جمله موارد زیر:

سیستماتیک کردن اطلاعات کلیدی برای شرکت‌های کوچک و متوسط ضروری است. شماری از کشورها ابزارهایی را برای کمک به شرکت‌های کوچک و متوسط برای تحول فناورانه ساخته اند. در حوزه صنعت نسل چهارم در کشور آلمان بیش از ۳۰۰ مورد از کاربردهای فناوری‌های دیجیتال صنعتی ثبت شده است. تماس با کارشناسان نیز در راستای این موضوع میسر شده است(de.www.plattform-i۴۰) همچنین کمیسیون Mayfield ۲۰۱۷ پادشاهی انگلستان ابزاری برای ارزیابی آنلاین شرکت‌ها ایجاد کرده است که به شرکت‌ها این امکان را می‌دهد خود را با بهترین شرایط مد نظر مقایسه کنند و در راستای رسیدن به حد مطلوب راهنمایی‌هایی را اخذ کنند. به‌ویژه اطلاعات در مورد بازگشت سرمایه (ROI) در فناوری‌های جدید و همچنین اطلاعات مربوط به تغییرات اساسی سازمانی و فرآیند ضروری است. یک نظرسنجی بین المللی از ۴۳۰ متخصص که در بخش‌های صنعت کار می‌کنند با این سوال انجام شد که چه چیزی می‌تواند به آن‌ها در اجرای استراتژی کسب و کار در سازمان خود کمک می‌کند. بیش از نیمی (۵۶٪) اطلاعات بیشتری در رابطه با نرخ بازگشت سرمایه خواستند (شبکه هوشمند اتوماسیون هوش مصنوعی، ۲۰۱۸). اما تفکر و افشای دقیق این اطلاعات لازم است. Ezell (۲۰۱۸) خاطرنشان کرد که محاسبه ROI در هنگام گسترش مرزهای فناوری دشوار است. تعیین ROI برای برخی از پروژه‌های هوش مصنوعی ممکن است دشوار باشد، زیرا دسته‌بندی داده‌ها - که شامل نیازمند مهارت است - برای نتایج اکثر سرمایه‌گذاری‌های AI مهم است. تصمیمات مربوط به سرمایه‌گذاری ممکن است نیاز به ملاحظات استراتژیک مانند نیاز به ماندگاری در زنجیره‌های تأمین در آینده داشته باشد. از آنجا که مهارت جذب اطلاعات در بسیاری از SME ها کمیاب است، صرفاً ارائه اطلاعات در مورد فناوری کافی نیست. ارائه راهنمایی‌هایی برای دستیابی به منابع قابل اعتماد از تخصص

خاص، می‌توانند به شرکت‌های کوچک و متوسط کمک کنند. به‌عنوان مثال، به‌عنوان بخشی از برنامه‌های دیجیتال TechDepot ،Go سنگاپور لیستی از فناوری‌های دیجیتال از پیش تصویب شده و راه‌حل‌های خدمات مناسب برای SME ها را ارائه می‌دهد. توسعه مهارت‌های هدفمند نیز مفید است. به‌عنوان مثال، ابزار U-SME - یک سازمان غیرانتفاعی آمریکایی متعلق به انجمن مهندسان تولید - آموزش آنلاین تولید صنعتی و کارآموزی را فراهم می‌کند. بسترهای آزمایشی[1] همچنین می‌توانند برای آزمایش انواع و ترکیبات جدید دیجیتال و سایر تجهیزات توسط SMEها استفاده شوند. از این طریق، آن‌ها می‌توانند ریسک سرمایه‌گذاری‌های آتی را کاهش دهند.

• انتشار تکنولوژی نیاز به شرایطی برای حمایت از رشد استارتاپ‌ها و تخصیص کارآمد منابع اقتصادی دارد

با ارائه حمایت‌هایی در مراحل ورشکستگی و یا فشارهای شدید قراردادی، دولت‌ها می‌توانند از ایجاد کسب و کارها حمایت کنند. افزایش ورود و رشد شرکت‌های جدید برای انتشار تکنولوژی مهم است. تحقیقات سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، نقش شرکت‌های جدید و جوان را در ایجاد اشتغال خالص و نوآوری بنیادی برجسته کرده است. بر خلاف سیستم‌های سنتی، شرکت‌های نوپا غالباً اشکال سازمانی را معرفی می‌کنند که فناوری‌های جدید به آن نیاز دارند. به‌عنوان مثال دینام برقی برای اولین بار در اواسط دهه ۱۸۹۰ در طول انقلاب صنعتی دوم تجاری شد. اما فرآیندی که کارخانه‌های مناسب برای تولید مهیا شوند و روند بهره‌وری شروع شود تقریباً چهار دهه به طول انجامید.

تجزیه و تحلیل اخیر سازمان همکاری و توسعه اقتصادی از فرآیندهای خرد اقتصادی، اهمیت تولید پیشرفته با توجه به چارچوب‌های اقتصادی و مقرراتی تسهیل‌گر را برجسته می‌کند. این شرایط شامل بازارهای رقابتی و بازارهای انعطاف پذیر در حوزه نیروی‌کار است. کم هزینه بودن شروع و یا اتمام یک کسب و کار نیز موضوع مهمی است.. علاوه بر این سرمایه‌گذاری و تجارت مستقیم خارجی ابزاری برای انتشار فناوری و انگیزه‌ای برای پذیرش فناوری‌های جدید را فراهم می‌کند. چنین شرایطی تخصیص منابع به صورت کارآمد را تسهیل می‌کند. تخصیص کافی منابع به شرکت‌های فعال و نوپا

[1] Test beds

کمک می‌کند تا از فناوری‌های جدید راحت‌تر استفاده کنند و رشد کنند. اندروز، کریسکوولو و گال (۲۰۱۶) تخمین می‌زنند که بازارهای آزادتر، بویژه در خدمات، می‌توانند از نیمی از اختلاف بهره‌وری چند عاملی بین شرکت‌های «متوسط» و «کوچک» جلوگیری کنند و انتشار مدل‌های سازمانی جدید را تسریع کنند. عوامل دیگری می‌تواند به فرآیند انتشار کمک کند. این موارد شامل آزاد بودن استفاده از نیروی کار ماهر بین المللی و قدرت تبادل دانش در اقتصادهای ملی است. چنین مبادله‌ای اساس تعامل بین مؤسسات علمی و بنگاه‌ها است.

• مؤسسات فعال در انتشار تکنولوژی نیز در صورت طراحی مناسب می‌توانند مؤثر باشند

علاوه بر ایجاد شرایط و چارچوب‌های مناسب، وجود نهادهای تاثیرگذار برای انتشار فناوری نیز مهم هستند. سیستم‌های نوآوری به‌طور معمول شامل چندین منبع انتشار فناوری مانند دانشگاه‌ها و جوامع حرفه ای هستند. شاپیرا و یوتی (۲۰۱۷) یک بررسی از موسسات انتشار نوآوری را ارائه می‌دهند. طیف این موسسات از مراکز فناوری کاربردی (به‌عنوان مثال مؤسسات Fraunhofer در آلمان) تا مکانیسم‌های مربوط به تولید فناوری (به‌عنوان مثال ثبت Bio-Bricks قطعات بیولوژیکی استاندارد) را شامل می‌شود. برخی از نهادهای درگیر در این حوزه، با توجه به شرایط خاصشان تمایل کمتری به دریافت اولویت‌های مرتبط به اقدامات استاندارد در حمایت از نوآوری دارند. اما اگر سیاست‌ها به خوبی وضع شوند، می‌توانند در این راستا مؤثر باشند. به‌عنوان مثال، اخیراً تخمین زده می‌شود که در حوزه مشارکت در ساخت در کشور ایالات متحده به ازای هر یک دلار سرمایه‌گذاری فدرال، ۱۴.۵ دلار بازگردانده خواهد شد.

در ارتباط با انتشار تکنولوژی روش‌های جدیدی در حال ظهور است که برخی از آن‌ها هنوز هم تجربی هستند. به‌عنوان مثال، در کنار مراکز ایجاد فناوری کاربردی مانند موسسات Fraunhofer، رویکردهای مبتنی بر مشارکت بین موسسات در حال افزایش است. یکی از نمونه‌های این مراکز شبکه ملی ایالات متحده برای نوآوری در ساخت است. این شبکه از سازمان‌های غیر انتفاعی خصوصی به‌عنوان هاب در شبکه شرکت‌ها و سازمان‌های دانشگاهی برای ایجاد استانداردها و نمونه‌های اولیه در حوزه‌هایی مانند چاپ سه بعدی و ساخت و طراحی دیجیتال استفاده می‌کند.

• مؤسسات انتشار فناوری به اهداف و افق زمان واقعی نیاز دارند

ارتقاء توانایی موسسات تولیدی برای جذب فناوری‌های جدید تولید زمان‌بر است. انتشار فناوری مؤثرتر احتمالاً زمانی وجود دارد که مؤسسات مسئول برای انتشار فناوری توانمند شوند. به‌طور مثال، معیارهای ارزیابی باید بیش‌تر به توانایی‌های بلندمدت تمرکز داشته باشند تا اینکه تمرکزشان روی درآمدهای مقطعی باشد.

معرفی راه‌های جدید برای انتشار فناوری، نیازمند آزمایش است. با این حال بسیاری از دولت‌ها می‌خواهند نتایج حاصله سریع و بی خطر باشند. سیاست‌گذاری درست به شواهد حاصل از ارزیابی با دقت بالاتر و آمادگی برای آزمایش طرح ها و شیوه‌های سازمانی نیاز دارد. نگرانی‌های موجود درباره مسئولیت‌پذیری دولت‌ها در شرایط سخت اقتصادی در بسیاری از کشورها می‌تواند به معنای این باشد که موسسات انتشار نوآوری تمایلی به تغییر و افزایش ریسک ندارند و ظهور مؤسسات جدید برای نسل‌های بعدی برای انتشار فناوری را کند می‌کند (شاپیرا و یوتی، ۲۰۱۷).

• سیاست‌های ارتباطات و داده‌ها

شبکه‌های باند پهن برای صنعت نسل ۴٫۰ ضروری هستند. آن‌ها هزینه دسترسی به اطلاعات را کاهش داده و وسیله‌ای برای به اشتراک‌گذاری داده‌ها و دانش را گسترش می‌دهند. از این طریق، این شبکه ها می‌توانند کالاها، خدمات و مدل‌های جدید کسب و کار را توسعه داده و شرایط تحقیقات را تسهیل کنند. اولویت‌های سیاستگذاری در این زمینه شامل دسترسی بیشتر به شبکه‌های باند پهن با سرعت بالا، از جمله در مناطق روستایی و دورافتاده، و بازنگری قوانین حاکم بر سرعت و پوشش خدمات ارتباطی است (OECD، ۲۰۱۷b). کابل فیبر نوری برای صنعت ۴٫۰ از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

سیاست‌های مربوط به ترویج رقابت بین بنگاه‌ها و سرمایه‌گذاری‌های خصوصی و مانند سیاست‌های مستقل و مبتنی بر قواعد موجود، به گسترش پوشش دسترسی به شبکه‌های پهن‌باند کمک کرده است. وقتی شرایط موجود در بازار نتوانند تمام اهداف مد نظر سیاست‌گذاری‌ها را برآورده کنند، دولت‌ها می‌توانند با یک سری ابزارهایی که در دسترس دارند اقدام کنند. این ابزارها می‌تواند شامل مناقصه‌های رقابتی عمومی برای استقرار زیرساخت‌ها، تعهدات قانونی برای اپراتورها و اعطای یارانه برای شبکه‌های باند پهن ملی و شهری باشد.

اقدامات دیگر شامل تقویت ملزومات دسترسی آزاد و انجام خلاقیست برای کاهش هزینه‌های پیاده‌سازی این فناوری‌ها است. تحولات حوزه فناوری نیز به احتمال زیاد فرصت‌هایی را برای ارائه خدمات در مناطقی که تحت پوشش شبکه هستند بوجود می‌آورد. به‌عنوان مثال، شبکه باند پهن می‌تواند از فرکانس‌های موجود بین فرکانس‌های مورد استفاده در انتقال تصویر و صدا و فرکانس‌های دیجیتال استفاده کند.

کادر ۵.۴. اهمیت کابل فیبر نوری برای نسل چهارم صنعت

اتصال فیبر نوری برای صنعت نسل ٤٫٠ دارای اهمیت است و از مزیت‌های بی شماری نسبت به اینترنت مبتنی بر کابل‌های مس برخوردار است. کابل فیبر نوری سرعت بالاتری تا ۱۰۰ گیگابایت بر ثانیه را در اختیار کاربر قرار می‌دهند. استفاده از این کابل‌ها دسترسی سریع‌تر به اطلاعات ارائه دهندگان سرویس‌های ابری، همراه با قابلیت اطمینان بیشتر، قدرت سیگنال و پهنای باند بالاتر را فراهم می‌کند. تأخیر پایین در ارتباطات مبتنی بر فیبرنوری برای بسیاری از ماشین‌های مبتنی بر کنترل دیجیتال، برای ارتباطات در بین کارمندان و انتقال داده‌های حساس یک مزیت خواهد بود. این موضوع امنیت ارتباطات را بهبود می‌بخشد چرا که سیگنال در صورت وجود خطا در کابل فیبر نوری از بین می‌رود و به گیرنده نمی‌رسد. به‌عنوان مثال، این کابل‌ها در مقابل تداخل و نویز مقاومند.

افزایش اعتماد به استفاده از خدمات دیجیتال برای به اشتراک‌گذاری داده‌ها و استفاده از شبکه باند پهن بسیار مهم است. تکنولوژی نسل ۴.۰ هم به نوبه خود ریسک‌هایی دارد که این ریسک‌ها می‌توانند تاثیر مزایای بدست آمده از فناوری‌های دیجیتال را کاهش دهند. در حالی که بدست‌آوردن آمار دقیق چالش برانگیز است، به نظر می‌رسد که آمار رخدادهای امنیتی دیجیتال از نظر پیچیدگی، تعداد تکرار و نفوذ رو به افزایش است (OECD، ۲۰۱۷b). در سال ۲۰۱٤، هکرها با وارد شدن به رایانه‌های اداری یک کارخانه فلزی آلمان، توانستند مکانیسم‌های خاموش کردن در کوره انفجار آسیاب فلزی را دستکاری کنند (Long، ۲۰۱۸).

چنین حوادثی بر اعتبار و رقابت بین شرکت‌ها تأثیر می‌گذارد. این حوادث همچنین هزینه‌های قابل توجهی را بر کل فضای اقتصاد تحمیل می‌کنند، علاوه بر آن پذیرش ICT نرخ بیکاری را افزایش می‌دهد. به این منظور راه

حل‌های جدید امنیتی دیجیتال در حال توسعه هستند. به‌عنوان مثال، در رمزگذاری هومومورفیک، داده‌ها همیشه و حتی موقعی که در فضای ابری در حال پردازش هستند رمزگذاری می‌شوند. اما مسابقه فناورانه بین هکرها و اهداف آن‌ها ادامه‌دار است. شرکت‌های کوچک و متوسط به‌طور خاص نیاز به بهبود شیوه‌های مدیریت ریسک امنیت دیجیتالی خود دارند.

• از محدود کردن جریان داده‌های مرزی[1] باید جلوگیری کرد

تحقیقات نشان می‌دهد که محدود کردن جریان داده می‌تواند منجر به از دست رفتن فرصت‌های کسب و کار و سرمایه‌گذاری و تحمیل هزینه‌های بالاتر در حوزه فناوری اطلاعات و خدمات فناوری اطلاعات و بهره‌وری اقتصادی پایین‌تر و کاهش رشد ناخالص داخلی شود (کوری، ۲۰۱۷). تولید داده‌ها در بخش تولید نرخ بیشتری نسبت به هر بخش دیگر از اقتصاد دارد. انتظار می‌رود جریان داده‌های بین مرزی با سرعت بیشتری نسبت به تجارت جهانی رشد کند. محدود کردن چنین جریاناتی یا گران کردن آن‌ها، به‌عنوان مثال با وادار کردن شرکت‌ها به پردازش داده‌های مشتری بصورت محلی، می‌تواند موجب افزایش هزینه‌های شرکت‌ها و افزایش پیچیدگی در انجام کارها به‌ویژه برای شرکت‌های کوچک و متوسط شود.

• یک مسئله سیاست آتی: حقوق قانونی بنگاه‌ها برای جابجایی داده ؟

در آوریل ۲۰۱۶، آیین نامه حفاظت از داده‌های عمومی اتحادیه اروپا حق جابجایی داده‌های شخصی را تعیین کرد. تعدادی از شرکت‌ها، مانند زیمنس و جنرال الکتریک، برای پیشگامی در حوزه سیستم عامل‌های آنلاین حوزه اینترنت اشیا در تلاشند. با پیشرفت دیجیتال‌سازی، این سیستم عامل‌ها به صورت فزاینده‌ای به پایگاه‌های مهم اطلاعات تجاری تبدیل می‌شوند. اگر شرکت‌ها از حق جابجایی داده‌های غیر شخصی برخوردار شوند رقابت بین سیستم عامل‌ها می‌تواند رشد یابد و هزینه‌های مربوط به تعویض شرکت‌ها کاهش یابد.

• مسائل آتی: ایجاد چارچوبی برای داده‌های سنسوری غیر شخصی

محافظت از داده‌های تولید شده توسط ماشین‌ها به احتمال زیاد با پیشرفت‌های صنعت ۴٫۰ تغییر خواهد کرد. این امر به این دلیل است که سنسورها در همه جا مورد استفاده قرار می گیرند، با توانایی بیشتری، به‌طور

[1] Cross-border data

فزاینده‌ای با محاسبه جاسازی شده در سنسور عمل خواهند کرد و برای بدست آوردن حجم زیادی از داده‌های دستگاه‌های مهم مورد استفاده قرار می‌گیرند. دستگاه‌ها ممکن است حاوی چندین قطعه از سازندگان مختلف باشند، که هر یک از آن‌ها مجهز به سنسورهایی هستند که داده‌ها را ضبط، محاسبه و انتقال می‌دهند. این پیشرفت‌ها یک سری سؤالات قانونی و نظارتی را مطرح می‌کنند. به‌عنوان مثال، آیا مقررات ویژه‌ای برای محافظت از داده‌های زنجیره ارزش در مقابل اشخاص ثالث مورد نیاز است؟ کدام اشخاص حقوقی باید تحت چه شرایطی حق مالکیت داده‌های تولید شده توسط ماشین را داشته باشند؟ و، حق مالکیت داده‌های ارزشمند در موارد از بین رفتن کسب و کار برای کیست؟

• افزایش اعتماد به رایانش ابری

رایانش ابری فناوری دیگری است که ممکن است وضع سیاست برای آن لازم باشد. استفاده از رایانش ابری می‌تواند باعث افزایش بهره‌وری برای شرکت‌ها شود. رایانش ابری همچنین پروژه‌های مستقل هوش مصنوعی را قادر می‌سازد تا بتوانند در مقیاس‌های کوچک و بزرگ پیاده‌سازی شوند. در واقع، مدیرارشد واحد هوش مصنوعی Google، فی-فی لی، اخیراً ادعا کرد که رایانش ابری، هوش مصنوعی را برای عموم قابل دسترس می‌کند.

دولت‌ها می‌توانند برای افزایش اعتماد به رایانش ابری و تسهیل شرایط برای پذیرفتن آن‌ها اقدام کنند. استفاده از رایانش ابری در ساخت و ساز در کشورهای OECD بسیار متفاوت است. برای مثال در فنلاند ۶۹٪ از تولیدکنندگان در مقایسه با حدود ۱۵٪ در آلمان از رایانش ابری استفاده می کنند.

• توسعه مهارت‌های دیجیتال

فناوری‌های دیجیتال نیاز به مهارت‌های جدیدی را ایجاد می‌کنند. عناوین شغلی مانند «دانشمند داده‌های صنعتی» و «دانشمندان بیوانفورماتیک» که اخیراً بوجود آمده منعکس‌کننده تغییرات فناوری در تقاضای مهارت‌های جدید است. برای استفاده از فناوری‌های جدید دیجیتال به مهارت‌های خاصی احتیاج است. نبود مهارت‌های تحلیلی عمومی و مهارت‌های پیشرفته مانع استفاده از فناوری‌های جدید است. به‌عنوان مثال، بررسی‌ها نشان می‌دهد که کمبود متخصصان داده ماهر مانع اصلی استفاده از تجزیه و تحلیل داده‌ها در کسب و کار است (OECD، ۲۰۱۷b).

نگرانی در مورد اختلالات احتمالی بازار کار در اثر تغییرات ناشی از فناوری دیجیتال بسیار گسترده است. اطلاعات مربوط به برنامه OECD برای ارزیابی بین المللی نشان می‌دهد مهارت‌های ICT در قشر افراد حاضر در مشاغل نیمه ماهر کم است. این بدان معنی است که این گروه جمعیتی در معرض خطر از دست دادن شغل بواسطه اتوماسیون قرار دارند.

پیش بینی نیاز به مهارت‌های کاری سخت است. چند سال پیش، کمتر کسی پیش بینی می‌کرد که تلفن‌های همراه هوشمند چگونه ممکن است مشاغلی که می‌توان بخشی از آن را توسط این دستگاه‌ها قابل کنترل باشد را تحت خطر بگذارند.

از آنجا که پیش بینی ممکن است دقیق نباشند، دولت‌ها باید سیستم‌هایی را ایجاد کنند که اطلاعات جامع موجود را در مورد نیازهای جدید در حیطه مهارت‌ها به دست آورند. در همین راستا افراد مختلفی می‌توانند از داده‌های بدست آمده استفاده کنند، دانش آموزان، والدین و کارفرمایان باید به اطلاعاتی دسترسی داشته باشند که بتوانند در مورد نحوه عملکرد مؤسسات آموزشی و ارزیابی مسیرهای شغلی فارغ التحصیلان برنامه‌های مختلف، به آن‌ها توصیه‌هایی ارائه کنند.. به نوبه خود، سیستم‌های آموزشی باید به گونه ای سازماندهی شوند تا نیازهای بازار و مهارت‌ها به صورت مناسبی تامین شوند. مؤسساتی مانند شورای امنیت شغلی سوئد یا آژانس Skills Future Singapore چنین نقش‌هایی را ایفا می‌کنند (اتکینسون، ۲۰۱۸). علاوه بر آن دولت‌ها نیز با ایجاد زیرساخت‌های مناسب باید در این امر کمک کنند.

• نحوه یادگیری بسیار مهم است

سیاست‌های بهبود مهارت‌ها برای صنعت۴٫۰ به‌طور معمول شامل تقویت دانش در حوزه فناوری اطلاعات و ارتباطات در برنامه‌های درسی مدارس است. این دانش با استفاده از نرم‌افزارهای اصلی بهره‌وری مانند برنامه‌های پردازش متن، تا دوره‌های مربوط به رمزگذاری و حتی امنیت دیجیتال متغیر است. به‌عنوان مثال، دانشجویان باید بتوانند مؤلفه‌ای را در مهندسی مکانیک انتخاب کنند و این را با علم داده، ترکیب کنند.

بسیاری از دولت‌ها برنامه‌های آینده خود را برای تطبیق اولویت‌های آموزش فناوری اطلاعات و ارتباطات با نیازهای مهارت مورد انتظار در صنعت اجرا می‌کنند. به‌عنوان مثال، در بلژیک، دولت در مورد تأثیر تحول دیجیتال

بر مشاغل و مهارت‌های مختلف در زمینه‌های مختلف، مطالعات آینده‌نگری انجام می‌دهد. سپس از نتایج برای انتخاب دوره‌های آموزشی تدارک دیده شده شده برای مشاغل نوظهور و آینده استفاده می‌کند (OECD، ۲۰۱۷b).

• یادگیری مداوم باید جزء لاینفک کار باشد

پیشبرد اتوماسیون و ظهور فناوری‌های جدید همچنین بدان معنی است که یادگیری مداوم باید جزء لاینفک کار باشد. هر ساله، نیروهای کار با آموزش‌های اولیه فقط درصد کمی از شرایط کار را به کارجویان نشان می‌دهد که به نوبه خود هزینه‌های زیادی را برای سازگاری با فناوری‌های جدید به کارفرمایان تحمیل می‌کند. اثرات مخرب در بخش تولید اهمیت مهارت‌های عمومی و گسترده مانند سواد عمومی، دانش محاسباتی و توانایی حل مسئله را برجسته می‌کند. این مهارت‌ها پایه و اساس کسب مهارت‌های فنی بعدی است. دولت‌ها با همکاری شرکای اجتماعی می‌توانند به پیشرفت برنامه‌های جدید آموزشی مانند برای کسانی که در حال حاضر کار هستند کمک کند.

• فناوری دیجیتال در حال ایجاد فرصت‌هایی برای توسعه مهارت‌ها به روش‌های جدید است.

به‌عنوان مثال، در سال ۲۰۱٤، پروفسور آشوک جوئل، و دانشجویان تحصیلات تکمیلی، در دانشگاه فناوری جورجیا، یک دستیار آموزش هوش مصنوعی - جیل واتسون - ایجاد کردند تا به سوالات دانشجویان به صورت آنلاین پاسخ دهد. ماه‌ها دانش‌آموزان از غیرانسانی بودن پاسخ ها بی‌اطلاع بودند (Korn، ۲۰۱٦). iTalk۲Learn یک پروژه اتحادیه اروپا برای توسعه یک پلتفرم تدریس خصوصی ریاضیات منبع باز برای مدارس ابتدایی است. محققان دانشگاه استنفورد در حال توسعه سیستم‌هایی برای آموزش کارگران با استفاده از مواد ساخته شده توسط ماشین تولید شده توسط سایر کارگران جمعیت هستند. و Upskill (www.upskill.io) فناوری پوشیدنی را برای اتصال کارگران به اطلاعات، تجهیزات، فرآیندها و افراد مورد نیاز جهت کار موثرتر فراهم می‌کند.

از جمله سایر مزایای بالقوه، در جهانی که یادگیری مادام العمر ضروری خواهد بود، اینست که هوش مصنوعی می‌تواند به زبان آموزان کمک کند تا از ویژگی‌های یادگیری بهتر بهره ببرند.

• مشارکت در فرآیندهای تنظیم استاندارد

تولید پیشرفته تحت تعداد زیادی از استانداردهای فنی کار می‌کند. به‌عنوان مثال، صنعت نیمه هادی از بیش از ۱۰۰۰ استاندارد استفاده می‌کند (Tassey، ۲۰۱٤). تدوین استاندارد مربوط به صنعت ٤٫۰ در حال انجام است. در بسیاری از زمینه ها این موارد از ارتباط ماشین به ماشین و انتقال داده تا 5G (استاندارد جهانی که تا سال ۲۰۱۹ انتظار می‌رود)، رباتیک و شناسه‌های دیجیتال برای اشیا است. بیش از ۱۰۰ طرح استاندارد امروزه برای اینترنت اشیا و صنعت ٤٫۰ وجود دارد (Ezell، ۲۰۱۸).

برای کشورها و شرکت‌هایی که در تعیین استانداردهای بین المللی نقش اصلی را دارند، اگر استانداردهای جدید با استانداردهای ملی خود و یا ویژگی‌های پایه تولیدی آن‌ها همسو شود، می‌توانند از مزایایی برخوردار شوند. نقش بخش دولتی باید تشویق صنعت، از جمله بنگاه‌های اقتصادی در اندازه‌های مختلف، برای شرکت در مراحل اولیه در تعیین استانداردهای بین المللی (و در بعضی موارد ملی) باشد. پشتیبانی اختصاصی می‌تواند شامل گروه‌هایی از شرکت‌ها باشد که در فرآیندهای تدوین استانداردها شرکت نمایند.

تدوین استانداردهای هوش مصنوعی - به‌ویژه استانداردهای فنی - تاکنون در مرحله بسیار ابتدایی است. اکثر استراتژی‌های ملی هوش مصنوعی به توسعه استانداردهای اخلاقی هوش مصنوعی اشاره دارد. اما این بعد نظارت بر استانداردها، پیرامون اخلاق و حاکمیت شرکتی، به استانداردهای فنی نیز نیاز دارد (اصطلاحی مانند «شفافیت الگوریتمی» هنوز تعریف فنی ندارد). زمان تعیین استاندارد - خیلی زود یا خیلی دیر - همیشه موضوعی است که هنگام ارزیابی چگونگی تأثیر استانداردها بر نوآوری مطرح می‌شود. در گذشته، اغلب فقط چند بازیکن اصلی برای استانداردها مذاکره می‌کردند. اما اکنون تعداد زیادی از توسعه‌دهندگان مشغول کار بر روی پروژه‌های متن باز هستند که راه‌حل‌های استاندارد نیز پیدا خواهند کرد. در بعضی از زمینه‌های هوش مصنوعی، تعریف استاندارد برای اولین بار ممکن است کمتر از فناوری‌های قبلی باشد.

• بهبود دسترسی به محاسبات با کارایی بالا[1] (HPC)

محاسبات با کارایی بالا برای بنگاه‌های صنعتی از ساخت و ساز و داروسازی گرفته تا بخش خودرو و هوافضا به‌طور فزاینده‌ای اهمیت دارد. به‌عنوان مثال ایرباس صاحب ۳ تا از ۵۰۰ رایانه‌های ابری سریع جهان است. دو سوم شرکت‌های مستقر در ایالات متحده که از محاسبات با کارایی بالا استفاده می‌کنند می‌گویند: «افزایش عملکرد مدل‌های محاسباتی موضوع رقابتی برای بقا است» (شورای رقابت در ایالات متحده، ۲۰۱۴). نحوه استفاده HPC در حوزه ساخت و ساز نیز در حال گسترش است و عملکرد آن فراتر از برنامه‌هایی مانند طراحی و شبیه‌سازی است بلکه شامل کنترل زمان واقعی فرآیندهای تولید پیچیده است. نرخ بازگشت مالی در استفاده از HPC بالاست. برآوردی نشان می‌دهد که با هر یورو ۱ سرمایه‌گذاری شده، به‌طور متوسط ۶۹ یورو سود حاصل می‌شود (EC، ۲۰۱۶).

کادر ۵،۵. استفاده از رایانش سریع در صنعت: اقدامات سیاستی احتمالی

- آگاهی از موارد استفاده صنعتی، با برآورد هزینه‌ها و مزایای آن‌ها.

- کتابخانه‌ها یا نرم‌افزارهای آنلاین ایجاد کنید تا به انتشار نرم‌افزارهای نوآورانه HPC برای یک پایگاه صنعتی بزرگ‌تر کمک کنید.

- ایجاد آکادمی‌های صنعتی جدید برای تولید نرم‌افزارها و سخت‌افزارهای مرتبط با HPC

- اضافه کردن واحدهای HPC در برنامه‌های درسی علوم و مهندسی دانشگاه‌ها.

حتی ممکن است به کشورهای در حال توسعه توصیه شود که شبکه ای از کامپیوترهای با کارایی بالا داشته باشند. در ابتدای کار، یک اقتصاد کم درآمد ممکن است چند کاربرد پیچیده صنعتی برای HPC درنظر داشته باشد. با این حال، کامپیوترهای با کارایی بالا می‌توانند کاربردهای اولیه را در پژوهش و علوم پیدا کنند و بعداً از آن‌ها در صنعت استفاده کند. ابر رایانه مبتنی بر ابر نمی‌تواند تمام نیازهای یک ابر رایانه محلی را تامین کند.

• سیستم‌های مالکیت معنوی

فناوری‌های دیجیتال چالش‌های جدیدی را برای سیستم‌های IP ایجاد

[1] High performance computing

می‌کنند. به‌عنوان مثال، چاپ سه بعدی ممکن است در ارتباط با صلاحیت ثبت اختراع مسائلی ایجاد کند. به‌عنوان مثال، اگر بافت انسانی پرینت شده ۳ بعدی روی بافت طبیعی انسان بهبود یابد، ممکن است واجد شرایط ثبت اختراع باشد، حتی اگر به‌طور طبیعی بافت انسانی مشابه آن وجود نداشته باشد. اساساً، چارچوب‌های جدیدی برای ثبت اختراع ممکن است در شرایطی که ماشین‌ها بدون نیاز به انسان می‌توانند اختراع کنند، مورد نیاز باشند).

هوش مصنوعی می‌تواند چالش‌های پیچیده جدید زیادی را برای سیستم‌های IP ایجاد کند، از آن جمله که این سیستم‌ها موارد نقض قوانین ثبت اختراع را شناسایی می‌کنند. یک چالش مهم در سیاست تعادل بین نیازهای سیستم‌های IP است. از یک طرف، IP برای تحریک استفاده از انواع خاصی از نوآوری توسط بنگاه‌ها ضروری است. از طرف دیگر، این موضوع نباید مانع از انتشار فناوری‌هایی مانند هوش مصنوعی و چاپ سه بعدی شد.

• پشتیبانی عمومی از تحقیق و توسعه

پیچیدگی بسیاری از فناوری‌های جدید حوزه تولید حتی از ظرفیت‌های تحقیقاتی بزرگترین شرکت‌ها نیز بیشتر است. در چنین مواردی ممکن است همکاری‌های تحقیقاتی دولتی و خصوصی به کار بیاید. میکروالکترونیک ویا مواد جدید و فناوری نانو از مواردی هستند که به دلیل پیشرفت‌های حوزه دانش و ابزار دقیق بوجود آمده اند. انجام تحقیقات اساسی با بودجه کافی عمومی در این راستا مهم است. به‌عنوان مثال، برای چندین دهه، از بودجه عمومی برای پیشرفت در هوش مصنوعی، از آن‌ها در دوره‌های تحقیقاتی غیرمولد، استفاده می‌شده، تا جایی که امروز هوش مصنوعی توانسته سرمایه‌گذاری‌های عظیم خصوصی را به خود جذب کند(شورای تحقیقات ملی، ۱۹۹۹). کاهش اخیر حمایت‌های عمومی از فعالیت‌های تحقیقاتی در برخی از اقتصادهای مهم یک نگرانی است.

• یک چالش تحقیقاتی گسترده مربوط به محاسبات است

سرعت پردازش، ظرفیت حافظه، تعدد حسگر و دقت بسیاری از دستگاه‌های دیجیتال به قانون مور مرتبط است. این قانون ادعا می‌کند که تعداد ترانزیستورهای موجود در یک میکروچیپ هر دو سال یکبار دو برابر می‌شود.

بسیاری از کارشناسان معتقدند در آینده‌ای نه چندان دور نهایتا محدودیتی برای کوچک کردن اندازه ترانزیستورها بوجود خواهد آمد. در عین حال،

کاربردهای فناوری‌های دیجیتال در سراسر اقتصاد به افزایش قدرت محاسباتی متکی هستند. به‌عنوان مثال، قدرت محاسباتی مورد نیاز برای بزرگترین آزمایش‌های هوش مصنوعی هر سه و نیم ماه دو برابر می‌شود (OpenAI، ۱۶ مه ۲۰۱۸). با یک تخمین، این روند می‌تواند حداکثر سه و نیم تا ده سال پایدار باشد.

بنابراین، بخش اعظمی از مسئله محاسبات به دستیابی به عملکرد محاسبات خبره (که نیازمند انرژی زیادی هستند) بستگی دارد. بسیاری امیدوارند که پیشرفت‌های چشمگیر در محاسبات از پیشرفت‌های تحقیقاتی در محاسبات نوری (استفاده از فوتون به جای الکترون)، محاسبات بیولوژیکی (استفاده از DNA برای ذخیره داده‌ها و محاسبه) و / یا محاسبات کوانتومی ناشی شود.

• نیاز به تحقیقات بیشتر و احتمالاً متفاوت‌تر در حوزه هوش مصنوعی

بودجه تحقیقات عمومی تخصیص یافته برای پیشرفت هوش مصنوعی از همان ابتدای مطرح شدن، مهم بوده است. شورای تحقیقات ملی (۱۹۹۹) نشان می‌دهد که در حالی که مفهوم هوش مصنوعی از خصوصی سرچشمه گرفته است - با همکاری نزدیک با دانشگاه‌ها - رشد آن عمدتا ناشی از چندین دهه سرمایه‌گذاری عمومی است. مراکز جهانی تحقیقات هوش مصنوعی (به‌عنوان مثال استنفورد، کارنگی ملون و انستیتوی فناوری ماساچوست) به دلیل حمایت دولتی، که اغلب با بودجه وزارت دفاع آمریکا مرتبط است، پدید آمدند. با این حال، موفقیت‌های اخیر در هوش مصنوعی باعث رشد بخش خصوصی تحقیق و توسعه برای کاربردهای هوش مصنوعی شده است. به‌عنوان مثال، گزارش درآمدها نشان می‌دهد که گوگل، آمازون، اپل، فیس بوک و مایکروسافت در سال ۲۰۱۷ مبلغ ۶۰ میلیارد دلار برای تحقیق و توسعه در این بخش هزینه کردند. برای مقایسه، کل بودجه تحقیق و توسعه دولت فدرال ایالات متحده برای تولید صنعتی و فناوری غیر دفاعی در سال ۲۰۱۷ حدود ۷۶۰ میلیون دلار بود (OECD، ۲۰۱۹).

بسیاری از تاجرین، افراد دولتی و یا عموم مردم معتقدند که هوش مصنوعی در نقطه انفجاری قرار دارد و آماده دستیابی به پیشرفتهای اساسی است. با این حال، برخی از کارشناسان بر مقیاس و دشواری‌های چالش‌های تحقیقاتی برجسته تأکید دارند. برخی از پیشرفتهای تحقیقاتی هوش مصنوعی می‌تواند برای جامعه، اقتصاد و سیاست‌های عمومی از اهمیت ویژه ای برخوردار

باشد. با این حال، اهداف تحقیق شرکت‌ها و جامعه ممکن است کاملاً همسو نباشد. جردن خاطرنشان می‌کند که تحقیقات درباره هوش مصنوعی به‌طور عمده با چالش‌های اساسی در ساخت زیرساخت‌های هوشمند ایمن مانند سیستم‌های پزشکی یا حمل و نقل مرتبط نیست. وی مشاهده می‌کند که برخلاف هوش مصنوعی انسانی، چنین سیستم‌های حساس باید توانایی مقابله با موضوعاتی مانند ذیل را داشته باشند:

«... منابع دانش توزیع شده که به سرعت در حال تغییر هستند احتمالاً در سطح جهانی ناسازگار هستند. چنین سیستم‌هایی باید در تصمیم گیری‌های به موقع و توزیع شده با با مسائل فضای ابری مقابله کنند و باید با پدیده‌های دشوار مقابله کنند که به موجب آن داده‌های زیادی در مورد برخی افراد وجود دارد و اطلاعات کمی در مورد بیشتر افراد وجود دارد. این منابع باید مشکلات اشتراک‌گذاری داده‌ها را در سطوح اداری و رقابتی حل کنند». (جردن، ۲۰۱۸)

سایر چالش‌های برجسته تحقیقاتی درحوزه سیاست‌های عمومی مربوط به توضیح هوش مصنوعی است. یکپارچه‌سازی سیستم‌های هوش مصنوعی (سیستم‌های پردازش تصویر را به راحتی می‌توان گمراه کرد)؛ تعیین میزان دانش قبلی یک شبکه هوش مصنوعی برای انجام کارهای دشوار(مارکوس، ۲۰۱۸)؛ اضافه کردن استدلال انتزاعی و مرتبه بالاتر به سیستم‌های هوش مصنوعی. جردن همچنین نشان داد که باید میزان عدم قطعیت در خروجی یک شبکه را به صورت دقیق محاسبه کرد. در واقع باید گفت هیچ مبنای موثقی برای قضاوت در مورد اینکه آیا موفقیت تجاری در مرحله تحقیقات رخ می‌دهد یا نه وجود ندارد. در واقع، پیش‌بینی‌های گذشته در مورد زمان‌بندی در توسعه هوش مصنوعی بسیار نادرست بوده‌اند.

• تحقیقات و صنعت می‌توانند به شکل بهتری به یکدیگر مرتبط شوند

مؤسسات و برنامه‌های تحقیقاتی دولتی باید در مورد ترکیب شرکا و امکانات مناسب برای مقابله با چالش‌های رشته‌ای و بین رشته‌ای آزاد باشند. سرمایه‌گذاری در مراکز تحقیقاتی کاربردی و مراکز تولید آزمایشی برای اینکه نوآوری‌های آزمایشگاه را به مرحله تولید برساند، ضروری است. در این راستا امکانات کافی و بسترهای آزمایش برای ارزیابی بحثی ضروری است. این بسترها باید محیط‌های تحقیقاتی اختصاصی با ترکیب مناسب فناوری‌های مختلف را قادر سازند تا تکنسین‌ها برای اجرا بتوانند از آن‌ها استفاده کنند.

برخی از چالش‌های تحقیق و توسعه ساخت ممکن است نیاز به تخصص مهندسان ساخت و محققان صنعتی و همچنین طراحان، تأمین کنندگان تجهیزات، تکنسین‌های فروشگاه و کاربران داشته باشد (O'Sullivan و López-Gómez، ۲۰۱۷).

نتیجه‌گیری

فناوری‌های جدید دیجیتال برای انقلاب بعدی تولید مهم هستند. تحقق پتانسیل کامل این انقلاب نیازمند سیاست‌گذاری مؤثر در زمینه‌های گسترده، از جمله در مهارت‌ها، انتشار فناوری، داده‌ها، زیرساخت‌های دیجیتال، مشارکت‌های تحقیقاتی، استانداردها و مالکیت معنوی است. به‌طور معمول، زمینه‌های متنوع این چنینی در سیاست به ساختارها و فرآیندهای دولتی ارتباط چندانی ندارند. دولت‌ها همچنین باید افق‌های طولانی مدتی را مانند پیگیری برنامه‌های تحقیقاتی با بازپرداخت‌های احتمالی بلند مدت اتخاذ کنند. نهادهای عمومی همچنین باید درک خاصی از بسیاری از فناوری‌های پیشرفته دیجیتال در حال پیشرفت داشته باشند. یکی از مقامات پیشرو استدلال می‌کند که تحولات همگرا در برخی فناوری‌ها در حال تولید یک «انفجار کامبری» در تنوع و استفاده از ربات ها است (پرات، ۲۰۱۵). استفاده از صنعت نسل ۴ برای بنگاه‌ها، بویژه شرکت‌های کوچک، چالش‌هایی را ایجاد می‌کند. همچنین توانایی دولت‌ها برای عمل بر مبنای پیش بینی و دانش فنی در حوزه‌های مختلف سیاست را به چالش می‌کشد.

منابع

AI Intelligent Automation Network (2018), "AI 2020 : The global state of intelligent enterprise", webpage,
https://www.aiia.net/events-intelligentautomation-chicago/downloads/ai-2020-the-global-state-ofintelligent-enterprise (accessed 9 July 2019).

Andrews, D., C. Criscuolo and P.N. Gal (2016), "The global productivity slowdown, technology
divergence and public policy", Hutchins Center Working Paper # 24, September.
https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2016/09/wp24_andrews-et-al_final.pdf.

Atkinson, R.D. and Ezell, S. (2019), "The manufacturing evolution: how AI will transform manufacturing
and the workforce of the future", Information Technology and Innovation Foundation, Washington,
DC: https://itif.org/publications/2019/08/06/manufacturing-evolution-how-ai-will-transformmanufacturing-and-workforce.

Atkinson, R.D. (2018), "How to reform worker-training and adjustment policies for an

era of technological
change", Information Technology and Innovation Foundation, Washington, DC:
http://www2.itif.org/2018-innovation-employment-workforce-policies.pdf.
Atkinson, R.D. and M. Mayo (2010), "Refueling the U.S. innovation economy: Fresh approaches to science,
technology, engineering and mathematics (STEM) Education", Information Technology and Innovation
Foundation, Washington, DC: https://www.itif.org/files/2010-refueling-innovation-economy.pdf.
Azhar, A. (2018), "Exponential view: Dept. of quantum computing", The Exponential View, 15 July,
www.exponentialview.co/evarchive/#174.
Bergeret, B. (2019), "AI and Europe's medium-sized firms: How to overcome an Achilles heel", OECD
Observer, http://oecdobserver.org/news/fullstory.php/aid/6259/AI_and_Europe_92s_mediumsized_firms:_How_to_overcome_an_Achilles_heel.html.
Bonnin-Roca, J. et al. (2016), "Policy needed for additive manufacturing", Nature Materials, Vol. 15,
Nature Research, Springer, pp. 815-818, https://doi.org/10.1038/nmat4658.
Bughin, J. et al. (2017), "Artificial intelligence: The next digital frontier?" Discussion Paper, June,
McKinsey Global Institute,
https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Industries/Advanced%20Electronics/Our%20Insights/H
ow%20artificial%20intelligence%20can%20deliver%20real%20value%20to%20companies/MGIArtificial-Intelligence-Discussion-paper.ashx.
Carey, R. (10 July 2018), "Interpreting AI compute trends", AI blog, https://aiimpacts.org/interpreting-aicompute-trends/.
Champain, V. (2018), "Comment l'intelligence artificielle augmentée va changer l'industrie", La Tribune,
Paris, 27 March, www.latribune.fr/opinions/tribunes/comment-l-intelligence-artificielle-augmentee-vachanger-l-industrie-772791.html.
Chen, S. (2018), "Scientists are using AI to painstakingly assemble single atoms", Science, American
Association for the Advancement of Science, Washington, DC, 23 May,
www.wired.com/story/scientists-are-using-ai-to-painstakingly-assemble-single-atoms/.
Chen, S. (2017), "The AI company that helps Boeing cook new metals for jets", Science, American
Association for the Advancement of Science, Washington, DC, 12 June, www.wired.com/story/the-aicompany-that-helps-boeing-cook-new-metals-for-jets/.
Chui, M. et al. (2018), "Notes from the AI frontier: Insights from hundreds of use cases", Discussion
Paper, April, McKinsey & Company, New York, April, www.mckinsey.com/featured-insights/artificialintelligence/notes-from-the-ai-frontier-applications-and-value-of-deep-learning.
Cockburn, I., R. Henderson and S. Stern (2018), "The impact of artificial intelligence on innovation", in A.
Agrawal, J. Gans and A. Goldfarb (eds.), The Economics of Artificial Intelligence: An

Agenda, University
of Chicago Press.
Cory, N. (2017), “Cross-border data flows: Where are the barriers and what do they cost ?”, Information
Technology and Innovation Foundation, Washington, DC, https://itif.org/publications/2017/05/01/crossborder-data-flows-where-are-barriers-and-what-do-they-cost.
David, P.A. (1990), “The Dynamo and the computer: An historical perspective on the modern productivity
paradox”, American Economic Review, Volume 80, Issue 2, pp.355-361.
Digital Catapult (2018), “Machines for machine intelligence: Providing the tools and expertise to turn
potential into reality”, Machine Intelligence Garage, Research Report 2018, London, www.migarage.ai.
Dorfman, P. (2018), “3 Advances changing the future of artificial intelligence in manufacturing”, Autodesk
Newsletter, 3 January, www.autodesk.com/redshift/future-of-artificial-intelligence/.
EC (2017), “Europe’s digital progress report 2017”, https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/europes-digital-progress-report-2017.
EC (2016), “Implementation of the Action Plan for the European High-Performance Computing Strategy”,
Commission Staff Working Document, SWD(2016)106, European Commission, Brussels, https://eurlex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52016SC0106.
Ezell, S. (2018), “Why Manufacturing Digitalization Matters and How Countries Are Supporting It”,
Information Technology and Innovation Foundation, Washington, DC, www2.itif.org/2018-
manufacturing-digitalization.pdf (accessed 21 January 2019).
Ezell, S.J. and R.D. Atkinson (2016), “The vital importance of high-performance computing to US
competitiveness”, Information Technology and Innovation Foundation, Washington, DC, www2.itif.org/2016-high-performance-computing.pdf.
Faggella, D. (2018), “Industrial AI applications – How time series and sensor data improve processes”,
31 May, Techemergence, San Francisco, www.techemergence.com/industrial-ai-applications-timeseries-sensor-data-improve-processes/.
FCA (2017), “Regulatory sandbox lessons learned report”, Financial Conduct Authority, London,
www.fca.org.uk/publication/research-and-data/regulatory-sandbox-lessons-learned-report.pdf.
Figueiredo do Nascimento, S., A. Roque Mendes Polvora and J. Sousa Lourenco (2018), “#Blockchain4EU: Blockchain for industrial transformations”, Publications Office of the European
Union, Luxembourg, https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-researchreports/blockchain4eu-blockchain-industrial-transformations.
Fraunhofer (2015), “Analysis of the impact of robotic systems on employment in the European Union”,
https://ec.europa.eu/digital-single-market/news/fresh-look-use-robots-shows-positive-effect-automation.

Friedrichs, S. (2017), “Tapping nanotechnology’s potential to shape the next production revolution”, in
The Next Production Revolution: Implications for Governments and Business, OECD Publishing,
Paris, https://doi.org/10.1787/9789264271036-8-en.
Gambetta, J.M., J.M. Chow and M. Teffen (2017), “Building logical qubits in a superconducting quantum
computing system”, npj Quantum Information, Vol. 3/2, Nature Publishing Group and University of
New South Wales, London and Sydney, https://doi.org/10.1038/s41534-016-0004-0.
Giles, M. (2018a), “Google wants to make programming quantum computers easier”, MIT Technology Review,
18 July, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, www.technologyreview.com/s/611673/googlewants-to-make-programming-quantum-computers-easier/.
Giles, M. (2018b), “The world’s first quantum software superstore – or so it hopes – is here”, MIT Technology Review, 17 May, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge,
www.technologyreview.com/s/611139/the-worlds-first-quantum-software-superstore-or-so-it-hopes-is-here/.
Goodfellow, I., Y. Bengio and A. Courville (2016), Deep Learning, MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
Harbert, T. (2013), “Supercharging patent lawyers with AI: How Silicon Valley’s Lex Machina is blending
AI and data analytics to radically alter patent litigation”, IEEE Spectrum, 30 October, Institute of
Electrical and Electronics Engineers, New York, https://spectrum.ieee.org/geeklife/profiles/supercharging-patent-lawyers-with-ai.
Hardjano, T., A. Lipton and A.S. Pentland (2018), “Towards a design philosophy for interoperable
blockchain systems”, 7 July, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge,
https://hardjono.mit.edu/sites/default/files/documents/hardjono-lipton-pentland-p2pfisy-2018.pdf.
House of Lords (2018), “AI in the UK: Ready, willing and able?”, Select Committee on Artificial
Intelligence – Report of Session 2017-19, HL Paper No. 100, Authority of the House of Lords,
London, https://publications.parliament.uk/pa/ld201719/ldselect/ldai/100/100.pdf.
IBM (n.d.), “Quantum”, webpage, www.research.ibm.com/quantum (accessed 9 July 2019).
Investopedia (n.d.), “Moore’s Law”, webpage, www.investopedia.com/terms/m/mooreslaw.asp (accessed
10 May 2019).
Jordan, M. (2018), “Artificial intelligence – The revolution hasn’t happened yet”, Medium, 19 April, San
Francisco, https://medium.com/@mijordan3/artificial-intelligence-the-revolution-hasnt-happened-yet-
5e1d5812e1e7.
Korn, M. (2016), “Imagine discovering that your teaching assistant really is a robot”, The Wall Street

Journal, 6 May, https://www.wsj.com/articles/if-your-teacher-sounds-like-a-robot-you-might-be-on-tosomething-1462546621.
Küpper, D. et al. (2018), “AI in the factory of the future: The ghost in the machine”, 18 April, Boston
Consulting Group, www.bcg.com/publications/2018/artificial-intelligence-factory-future.aspx.
Letzer, R. (2018), “Chinese researchers achieve stunning quantum entanglement record”, Scientific
American, 17 July, Springer Nature, www.scientificamerican.com/article/chinese-researchers-achievestunning-quantum-entanglement-record/.
Linkedin Economic Graph (2019),“Talent in the European Labour Market”, Linkedin Economic Graph,
November, https://economicgraph.linkedin.com/content/dam/me/economicgraph/en-us/referencecards/research/2019/AI-Talent-in-the-European-Labour-Market.pdf.
Long, L. (2018), “The most pressing challenge modern manufacturers face? Cybersecurity”, Engineering.com,
30 April, https://www.engineering.com/AdvancedManufacturing/ArticleID/16856/The-Most-PressingChallenge-Modern-Manufacturers-Face-Cybersecurity.aspx.
Marcus, G. (2018), “Innateness, AlphaZero and artificial intelligence”, arxiv.org, Cornell University,
Ithaca, United States, https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1801/1801.05667.pdf.
McDowell, D.L. (2017), “Revolutionising product design and performance with materials innovation”, in
The Next Production Revolution: Implications for Governments and Business, OECD Publishing,
Paris, https://doi.org/10.1787/9789264271036-10-en.
Mearian, L. (2017), “Blockchain integration turns ERP into a collaboration platform”, Computerworld,
9 June, IDG, Framingham, United States, www.computerworld.com/article/3199977/enterpriseapplications/blockchain-integration-turns-erp-into-a-collaboration-platform.html.
Mont Blanc (n.d.), “Mont Blanc project”, webpage, http://montblanc-project.eu/ (accessed 9 July 2019).
National Research Council (1999), Funding a Revolution: Government Support for Computing Research,
The National Academies Press, Washington, DC, https://doi.org/10.17226/6323.
Ocean Protocol (n.d.), Ocean Protocol website, www.oceanprotocol.com (accessed 9 July 2019).
OECD (2019), OECD Main Science and Technology Indicators (database), http://oe.cd/msti (accessed
10 July 2019).
OECD (2018a), Going Digital in a Multilateral World, Interim Report of the OECD Going Digital Project,
Meeting of the OECD Council at Ministerial Level, Paris, 30-31 May 2018, OECD, Paris, www.oecd.org/going-digital/C-MIN-2018-6-EN.pdf.
OECD (2018b), “Bridging the rural digital divide”, OECD Digital Economy Papers, No. 265, OECD
Publishing, Paris, http://dx.doi.org/10.1787/852bd3b9-en.
OECD (2017a), The Next Production Revolution: Implications for Governments and

Business, OECD
Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/9789264271036-en.
OECD (2017b), OECD Digital Economy Outlook 2017, OECD Publishing, Paris,
http://dx.doi.org/10.1787/9789264276284-en.
OpenAI (16 May 2018), “AI and compute”, OpenAI blog, San Francisco, https://blog.openai.com/ai-and-compute/.
O’Sullivan, E. and C.López-Gómez (2017), “An international review of emerging manufacturing R&D priorities
and policies for the next production revolution”, in The Next Production Revolution: Implications for
Governments and Business, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/9789264271036-14-en.
Pratt, G.A. (2015), “Is a Cambrian explosion coming for robotics?”, Journal of Economic Perspectives,
Volume 29/3, American Economic Association, Pittsburgh, pp. 51-60, https://doi.org/10.1257/jep.29.3.51.
Ransbotham, S. et al. (2017), “Reshaping business with artificial intelligence: Closing the gap between
ambition and action”, MIT Sloan Management Review, Massachusetts Institute of Technology,
Cambridge, https://sloanreview.mit.edu/projects/reshaping-business-with-artificial-intelligence/.
Robinson, L. and K. McMahon (2016), “TMS launches materials data infrastructure study,” JOM,
Vol. 68/8, Springer, New York, pp. 2014-2016, https://doi.org/10.1007/s11837-016-2011-1.
Schleicher, A. (2018), “How Japan’s schools are creating a new generation of innovators”, 13 March,
http://oecdeducationtoday.blogspot.com/2018/03/japan-kosen-school-innovation-technology.html.
Shapira, P and J. Youtie (2017), “The next production revolution and institutions for technology diffusion”,
in The Next Production Revolution: Implications for Governments and Business, OECD Publishing,
Paris, https://doi.org/10.1787/9789264271036-11-en.
Sikich (2017), “2017 manufacturing report”, www.sikich.com/wp-content/uploads/2017/09/SKCHManufacturing-Report-2017-08-17.pdf.
Simonite, T. (2016), “Algorithms that learn with less data could expand AI’s power”, MIT Technology
Review, 24 May, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge,
www.technologyreview.com/s/601551/algorithms-that-learn-with-less-data-could-expand-ais-power/.
Sverdlik, Y. (2018), “Google is switching to a self-driving data center management system”, 2 August,
Data Center Knowledge, www.datacenterknowledge.com/google-alphabet/google-switching-selfdriving-data-center-management-system.
Tassey, G. (2014), “Competing in advanced manufacturing: The need for improved growth models and
policies”, Journal of Economic Perspectives, Vol. 28, No.1, pp 27-48.

Teresko, J. (2008), “Designing the next materials revolution”, IndustryWeek, 8 October, Informa,
Cleveland, www.industryweek.com/none/designing-next-materials-revolution.
The Economist (2017), “Oil struggles to enter the digital age”, The Economist, 6 April, London,
www.economist.com/business/2017/04/06/oil-struggles-to-enter-the-digital-age.
The Economist (2015), “Material difference”, Technology Quarterly, 12 May, The Economist, London,
www.economist.com/technology-quarterly/2015-12-05/new-materials-for-manufacturing.
US Council on Competitiveness (2014), “The Exascale effect: The benefits of supercomputing for US
industry”, US Council on Competitiveness, Washington, DC,
www.compete.org/storage/images/uploads/File/PDF%20Files/Solve_Report_Final.pdf.
Vujinovic, M. (2018), “Manufacturing and blockchain: Prime time has yet to come”, CoinDesk, 24 May,
www.coindesk.com/manufacturing-blockchain-prime-time-yet-come/.
Walker, J. (2017), “AI in mining: Mineral exploration, autonomous drills, and more”, Techemergence,
3 December, www.techemergence.com/ai-in-mining-mineral-exploration-autonomous-drills/
Williams, M. (2013), “Counterfeit parts are costing the industry billions”, Automotive Logistics, 1 January,
Ultima Media, London, https://automotivelogistics.media/intelligence/16979.
Wissner-Gross, A. (2016), “Datasets over algorithms”, Edge.org, Edge Foundation, Seattle, www.edge.org/response-detail/26587.
Yanisky-Ravid, S. and X.Liu (2017), “When artificial intelligence systems produce inventions: The 3A era
and an alternative model for patent law”, 39 Cardozo Law Review, 2215-2263 (2018), https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2931828.
Zeng, W. (22 February 2018), “Forest 1.3: Upgraded developer tools, improved stability, and faster
execution”, Rigetti Computing blog, https://medium.com/rigetti/forest-1-3-upgraded-developer-toolsimproved-stability-and-faster-execution-561b8b44c875.
ZEW-IKT (2015), “Industrie 4.0: Digitale (R)Evolution der Wirtschaft” [Industry 4.0: Digital (r)evolution of
the economy], ZEW, Mannheim, http://ftp.zew.de/pub/zew-docs/div/IKTRep/IKT_Report_2015.pdf.
Zweben, M. and M.S. Fox (1994), Intelligent Scheduling, Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco.

فصل ۶ دیجیتالی شدن در اقتصاد زیستی: همگرایی برای صنایع زیستی

فصل ششم به دیجیتالی شدن و صنایع زیستی[۱] می‌پردازد که در حال شروع تأثیرگذاری در بخش‌های مواد شیمیایی کرده‌اند. به‌عنوان نتیجه توالی ژنوم نسل بعدی، زیست‌شناسی و بیوتکنولوژی از لحاظ داده‌ای غنی شده‌اند. توسعه فرآیندهای زیستی اغلب در مرحله بیولوژیکی به مشکل خورده است- در قسمت بازدهی جداسازی محصول و کاتالیست زیستی. رشته جدید زیست‌شناسی مصنوعی[۲] یا زیست‌شناسی مهندسی[۳] در دورانی از کنترل دقیق‌تر روی ساخت بخش‌های DNA، ژن‌ها و تمام مراحل تا تولید سویه‌ها[۴] در حال ایجاد است. زیست‌شناسی مهندسی نیاز به دیجیتالی شدن دارد و بالعکس. با این حال، اقتصاد زیستی گسترده‌تر از زیست فناوری است. روش‌های بسیار دیگری وجود دارد که همگرایی فناوری‌ها و دیجیتالی شدن می‌تواند دراقتصاد زیستی قابل استفاده باشد.

۱ Bio-based industries
۲ Synthetic biology
۳ Engineering biology
۴ Strain

مقدمه

در اصل، اقتصاد زیستی درباره استفاده از خوراک‌های تجدیدپذیر برای تولید کالاها و خدمات روزمره است. مفهوم اقتصاد زیستی بعد از مرزهای تعیین شده در سند OECD (۲۰۰۹) با عنوان "اقتصاد زیستی تا سال ۲۰۳۰: طراحی یک دستور کار سیاستی" گسترش یافته است. اکنون اقتصاد زیستی شامل طیف گسترده‌ای از بخش‌ها و فعالیت‌ها از جمله مواد شیمیایی، مواد غذایی، کشاورزی، لبنیات، جنگل‌داری، خمیر کاغذ و کاغذ، مدیریت پسماند و موارد دیگر می‌باشد. اقتصاد زیستی تنها با زیست‌فناوری در ارتباط نیست. اکنون به‌عنوان ابزار جدید تولیدی دیده می‌شود که به تدریج جایگزین تولیدات مبتنی بر فسیل خواهد شد و با مفهوم اقتصاد مدور سازگار خواهد بود (فلیپ و وینیکاف[۱]، ۲۰۱۸).

زیست‌شناسی مصنوعی یک زمینه بین رشته‌ای است که به طراحی و ساخت بخش‌ها و سیستم‌های زیستی کمک می‌کند. این رشته باید به یک رشته مهندسی تبدیل شود تا بتواند در تولید پیشرفته آینده برای خود جایگاه داشته باشد. اگر زیست‌شناسی مصنوعی در حوزه علم پیش رود، بسیاری از تأثیرات احتمالی مرتبط با تولید موفق حاصل خواهند شد.

می‌توان به آینده زیست‌شناسی مصنوعی خوش‌بین بود. زیست‌سناسی از یک رشته با کمبود داده به یک رشته غنی از داده تبدیل شده، که این امر آن را برای تحلیل‌های محاسباتی بسیار بیشتری مناسب می‌کند. و هرکجا که الگوریتم وجود داشته باشد، احتمال خودکارسازی هم هست. خودکارسازی، چرخه‌های سریع‌تر «طراحی-ساخت-آزمایش» را به ارمغان می‌آورد که در رفع دو چالش بلندمدت زیست‌فناوری به نام‌های فقدان تکثیرپذیری[۲] و قابلیت اطمینان کمک شایانی می‌کند.

تمام چرخه تجاری اقتصاد زیستی برای دیجیتالی شدن آماده است. این موارد شامل استخراج و تهیه مواد و همچنین حمل و نقل و توزیع کالاهای واسطه است. همچنین شامل خرده فروشی محصولات نهایی به مصرف کنندگان است که همانطور که در یک اقتصاد مدور پیش بینی شده است شامل، استفاده مجدد، تعمیر و بازیافت محصولات و مواد می‌شود.

۱ Philp and Winickoff
۲ Reproducibility

نیاز به نوع دیگری از نیروی کار با مهارت‌های چندگانه و بین رشته‌ای در دل آینده اقتصاد زیستی وجود دارد. متخصصان در آینده صنایع زیستی باید از بین چندین ویژگی کلیدی دیگر بیشتر با مهارت‌های دیجیتال مانند برنامه‌نویسی و علوم داده آشنا باشند. این فصل نشان می‌دهد که هنوز باید کارهای زیادی، حتی در زمینه آموزش نیروی کار «بیومکاترونیک آماده بکار[۱]» برای هدایت این بخش تولیدی دوردست اما هنوز دست یافتنی، انجام شود.

همگرایی عظیم

در این بخش نمونه‌هایی از چگونگی همکاری دیجیتالی شدن و زیست‌فناوری با یکدیگر ارائه شده است. این دو باهم می‌توانند راهکارهایی برای اهداف اصلی اقتصاد زیستی که هرکدام به تنهایی نمی‌توانند آن‌ها را برطرف کنند ارائه دهند. این می‌تواند نوعی همگرایی تلقی شود که OECD آن را به‌عنوان جمع‌آوری فناوری‌های مختلف برای حل مشکلاتی که با یک فناوری به تنهایی حل نمی‌شوند تعریف می‌کند.

ترکیب تحولات دیجیتالی و بیولوژیکی می‌تواند تا حد زیادی باعث تغییر در طراحی و اداره فرآیندهای تولید و محصولات آن‌ها شود. کارگاه آموزشی اجلاس جهانی زیست‌شناسی سال ۲۰۱۸ در برلین با عنوان «همگرایی عظیم: دیجیتالی شدن، زیست‌شناسی و آینده تولید» برگزار شد. این کارگاه این مسئله را که چگونه «ارزش افزوده بیو-هوشمند[۲]» می‌تواند در آینده تولید، تحول‌آفرین باشد.

در حالی که این شکل از همگرایی معمولاً به‌عنوان یک امکان برای آینده در نظر گرفته می‌شود، نوعی همگرایی با توجه خاص به اقتصاد زیستی در حال حاضر کار وجود دارد. این همگرایی، ترکیب زیست‌فناوری صنعتی با شیمی سبز است (فلیپ، ریچی و آلن[۳]، ۲۰۱۳). در این فصل به برخی از جنبه‌های این همگرایی پرداخته شده و نمونه‌هایی از آن ارائه شده است.

• چرا همگرایی لازم است؟

این بخش نیاز به همگرایی را بررسی می‌کند. در کادر ۱-۶ چالش‌ها و سیاست‌های لازم برای ورود زیست‌شناسی مصنوعی یا مهندسی به تولید

۱ Biomechatronics-ready
۲ Bio-intelligent value adding
۳ Philp, Ritchie and Allan

پیشرفته خلاصه شده است. همگرایی برای بقای کسب و کار درحال تبدیل به یک ضرورت است. شان وارد[1] مدیر ارشد فناوری کمپانی سینتاس در بریتانیا گفته: « همان‌گونه کار کردن با دنیای فیزیکی به‌طور فزاینده‌ای دیجیتالی می‌شود، همه شرکت‌های موجود به این نتیجه می‌رسند که یا یک کسب و کار فناوری[2] هستند یا مرده‌اند. و این همان چیزی است که در زیست‌شناسی درحال رخ دادن است: در حال تبدیل به کسب و کار فناوری است» (کواگلیا، ۲۰ فوریه ۲۰۱۷).

در طول تاریخ زیست‌شناسی، انجام آزمایش به دلیل کمبود اطلاعات (داده) دشوار بوده است. این وضعیت در این قرن به طرز چشم‌گیری تغییر کرده است زیرا پیشرفت‌های تکنولوژی در اندازه‌گیری‌های با ظرفیت بالا در آزمایشات زیست‌شناسی را غنی از داده کرده است. این امر نیاز به ابزارهایی برای تسهیل در تحلیل و تفسیر داده‌های بیولوژیکی ایجاد کرده است (فونگ[3]، ۲۰۱۴). در عصر غنی از داده، طراحی پیش‌نگرانه و ارزیابی سریع در هسته اصلی هر رویکرد زیست‌شناسی مهندسی (مصنوعی) قرار دارد. این موارد کار پیوند مواد جدید را از طریق اتوماسیون آزمایشگاهی، مشخصه‌یابی با ظرفیت بالا و پردازش پس از تولید انجام می‌دهند.

در نخستین سال‌های تولیدات زیستی، ۵۰ تا ۳۰۰ نفرسال[4] و میلیون‌ها دلار هزینه لازم بود تا کالای مهندسی شده متابولیکی به بازار عرضه شود (هونگ و نیلسن[5]، ۲۰۱۲؛ کارلسون[6]، ۲۰۱۸). حتی اخیرا به‌طور متوسط بیش از ۷ سال برای تولید یک محصول زیستی زمان لازم بود (II Bioeconomista، ۱۰ ژوئن ۲۰۱۵). اولین موفقیت‌های تجاری چنین محصولاتی بدون مزیت کامل غنی بودن از داده حاصل شد. اگر متعاقباً انتظار سیلی از تولید مواد شیمیایی زیستی توسط میکروارگانیسم‌های مهندسی متابولیک شده را داشته باشیم، آن سیلاب هنوز فرانرسیده است. موفقیت‌های تجاری بعدی اندک بوده است (برای مثال ون دین[7]، ۲۰۱۳). با این وجود پیشرفت‌هایی حاصل شده است. به‌عنوان مثال تولید در مقیاس تجاری BDO-۱,۴ (یک ترکیب آلی) در

۱ Sean Ward
۲ Technology business
۳ Fong
۴ Person years
۵ Hong and Nielsen
۶ Carlson
۷ Van Dien

کم‌تر از ۵ سال پس از تولید اولین مقدار قابل تشخیص BDO در یک سویه‌ی ای کولای[۱] مهندسی شده انجام شد (برگارد و همکاران[۲]، ۲۰۱۶).

کادر ۶-۱. مفاهیمی برای متحد ساختن جوامع تولیدی و کشف مواد برای استفاده از فرصت‌های جدید در زیست‌شناسی مصنوعی

• مفاهیم متحدکننده عبارتند از:

فناوری‌های پلتفرم برای پشتیبانی از رساندن مواد بیولوژیکی مصنوعی / نیروی کار کاملاً آموزش دیده بین‌رشته‌ای / توسعه همکاری دانشگاهی / صنعتی / دولتی که می‌تواند این فناوری‌ها را پیاده‌سازی و و در آن نوآوری کند / استانداردسازی و هم‌کنش پذیری بخش‌های بیولوژیکی برای مواد جدید / مدیریت و تولید پایدار مواد / یک زبان و چشم‌انداز مشترک که زیست‌شناسی مصنوعی را در زمره سایر رشته‌ها، به‌ویژه علم مواد، شیمی، علوم کامپیوتر و مهندسی قرار می‌دهد.

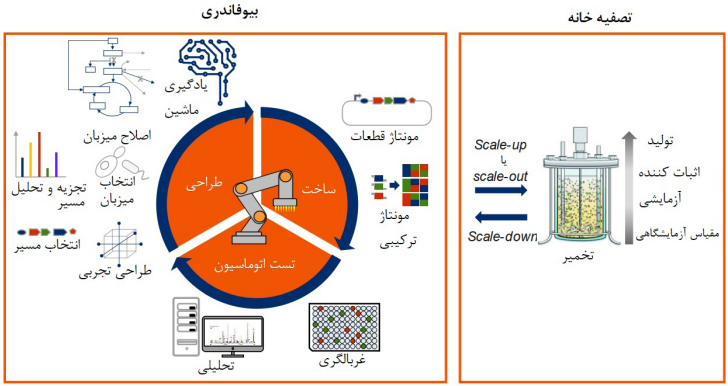
نمای کلی: ادغام بیشتر بیوتکنولوژی با چرخه طراحی مهندسی

در سطح پایه، بخش عظیمی از بیوتکنولوژی هنوز نمی‌تواند برخی از معیارهای خاص مهندسی را رعایت کند. تفاوت‌های اساسی بین روش علمی (بررسی درستی یک فرضیه از طریق آزمایش) و طراحی مهندسی (طراحی راه حل برای یک مشکل و آزمایش نتیجه) باید مورد توجه قرارگیرد. مفاهیمی همچون قابلیت همکاری، جداسازی طراحی از ساخت، استانداردسازی بخش‌ها و سیستم‌ها، که همه در رشته‌های مهندسی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند، عمدتاً در بیوتکنولوژی غایب بوده‌اند (OECD، ۲۰۱۴). بنابراین، می‌توان نقاط ضعف را در سطح چرخه مهندسی انتظار داشت که به صورت کلی در شکل ۶،۱ به تصویر کشیده شده است.

انواع مختلفی از چرخه مهندسی وجود دارد، اما شکل ۶،۱ عناصر اصلی، مراحل طراحی اولیه، ساخت و آزمایش یک بخش/ سیستم / دستگاه را نشان می‌دهد. هیچ‌کس انتظار یک طراحی بهینه را در اولین تلاش ندارد. بنابراین، هر زمان که لازم باشد برای رسیدن به مشخصات مهندسی فرآیند تکرار می‌شود.

۱ E. coli
۲ Burgard

شکل ٦،١. چرخه طراحی مهندسی



منبع: Source: Kitney et al. (2019), "Enabling the advanced bioeconomy through public policy supporting biofoundries and engineering biology", https://www.cell.com/trends/biotechnology/pdf/S0167-7799(19)30076-9.pdf.

• مرحله آزمایش، تنگنای فعلی است

در چرخه طراحی مهندسی، مرحله آزمایش تنگنای اولیه است؛ چالشی که تنها با زیست‌شناسی و اتوماسیون فرآیندفرآیندهای تکرارشونده حل می‌شود. ارزیابی فنوتیپ[1] یک ارگانیسم - خصوصیات فیزیکی قابل مشاهده آن - یک مرحله محدودکننده مهم در مهندسی متابولیک است (وانگ[2]، ٢٠١٤). هنگام ساخت سویه‌های تولیدی برای سوخت‌های زیستی یا مواد شیمیایی بیولوژیکی، میزان موفقیت در طراحی بر اساس مقدار محصول تولید شده سنجیده می‌شود. این کار ممکن است به جداسازی هرکدام از سویه‌ها و تعیین خلوص مواد شیمیایی مطلوب برای هرکدام از محصولات نیاز داشته باشد. در این صورت، فرآیند اختلاط (وارد کردن جریان‌های ورودی به یک جریان) در طراحی و ساخت، شکست خورده است. در حقیقت، این امر باعث جداسازی جریان‌ها (تقسیم یک جریان به چند جریان) می‌شود (راجرز و چرچ[3]، ٢٠١٦).

اینجاست که یک تنگنای مهم باقی می‌ماند؛ مقیاس ساختارهایی که می‌توانند مورد آزمایش قرارگیرد تا طراحی و ساخته شوند، کم‌تر و کوچک‌تر است. توان عملیاتی محدود به صدها هزار ارزیابی طراحی در روز است. بهبود این

١ Phenotype
٢ Wang
٣ Rogers and Church

توان عملیاتی با اتوماسیون مکانیکی یا الکترونیکی محدود خواهد بود، زیرا مقیاس پیشرفت‌های مورد نیاز بسیار بزرگ است. پیشرفت‌های مورد نیاز باید از خود زیست‌شناسی نشات بگیرند (راجررزو همکاران، ۲۰۱۵؛ زیائو و همکاران، ۲۰۱۶)، اما به شدت با اتوماسیون فرآیندهای تکرار شونده پیوند خورده‌اند.

• یک بستر فناوری یکپارچه می‌تواند پتانسیل را آزاد سازد

تلفیق طراحی مهندسی با بیوتکنولوژی می‌تواند پتانسیل تجاری را گسترش دهد، خصوصاً هنگامی که با دیجیتالی شدن و اتوماسیون ترکیب شود.

کمپانی آمریکایی ژنوماتیکا[۱]، در تولید مواد شیمیایی بیولوژیکی از سویه‌های مهندسی متابولیک شده، پیشرو است. در نظر این شرکت، نکته کلیدی در رفع تنگناها: «یک پلتفرم فناوری یکپارچه دربرگیرنده مدل‌سازی متابولیک، مسیر با توان عملیاتی بالا و ساخت سویه، نظارت کمی در مقیاس کوچک و زیست‌شناسی سیستم‌ها، که همگی با تخمیر و مهندسی فرآیند ارتباط دارند» است (برگارد و همکاران، ۲۰۱۶).

این مسئله با نظر لی و کیم در توافق است (۲۰۱۵). آن‌ها معتقدند که یکی از دلایلی که این روند بسیار چالش برانگیز است «این است که محققان غالباً هنگام تولید سویه‌های میکروبی با فعالیت‌های جدید، در خصوص مد نظر قرار دادن یک فرآیند زیستی کاملاً یکپارچه صنعتی، ناموفق عمل می‌کنند». آن‌ها از این مسئله به‌عنوان «چارچوب مهندسی متابولیک سیستم‌ها[۲]» یاد می‌کنند.

ادغام فناوری‌ها، به‌ویژه به منظور ایجاد قابلیت تکرارهای متعدد در طراحی و ساخت سویه‌ها، معمولاً می‌توانند از دیجیتالی شدن و اتوماسیون بهره ببرد. تلفیق یادگیری مصنوعی و هوش مصنوعی (AI) نیاز به مداخله پرزحمت و وقت گیر انسان را بین تکرارها برطرف می‌کند. به‌عنوان مثال، تعداد بالای مطالعات مهندسی متابولیک می‌توانند یک بانک اطلاعاتی ارزشمند را فراهم کند. این منبع می‌تواند در پاسخ به شرایط ژنتیکی و تخمیری، اطلاعات مربوط به تیتر (غلظت)، بازدهی و بهره‌وری را ضبط کند. این داده‌ها، به نوبه خود، می‌توانند به مدل‌های یادگیری ماشین وارد شوند، که به‌طور فزاینده دخالت انسان در چرخه طراحی-ساخت-آزمون را حذف می‌کنند. باید روزی برسد که نتایج حاصل از یک دور تکرار «آزمون» اطلاعات دور بعدی «طراحی» را بدون دخالت انسان فراهم کند.

---

۱ Genomatica

۲ Systems metabolic engineering framework

کشف تسریع شده مواد بیولوژیکی طبیعی (به بخش ۳٫۹ در پروژه Earth BioGenome مراجعه کنید) برای کشف تنوع مواد و دسترسی به خواص مواد جدید که اکنون وجود ندارند، لازم است. توسعه بیشتر توالی اسید دئوکسیریبونوکلئیک (DNA) نسل بعد و سنتز DNA برای چنین تلاش‌هایی حیاتی است. برنامه‌های تحقیقاتی می‌توانند از این فناوری‌های جدید استفاده کنند تا به قدرت بالقوه کتابخانه‌های گسترده مواد زیستی (طبیعی و مصنوعی) به منظور خلق مواد و کامپوزیت‌های آینده دسترسی ایجاد کنند.

حدادی[1] و همکاران (۲۰۱۶) از طریق کتابخانه‌های مواد زیستی، از ابزارهای محاسباتی برای ساخت یک بانک اطلاعاتی از کلیه واکنش‌های بیوشیمیایی نظری بر اساس اصول و ترکیبات شناخته شده بیوشیمیایی استفاده کردند. این پایگاه داده پروژه‌هایی مانند Earth BioGenome را تکمیل می‌کند و باعث امکان‌پذیر شدن بررسی بسیاری از «ناشناخته‌ها» می‌شود. این پایگاه داده شامل بیش از ۱۳۰۰۰۰ واکنش آنزیمی فرضی است که دو یا چند متابولیت را از طریق واکنش‌های آنزیمی جدید به هم متصل می‌کند. این واکنش‌ها تا کنون در ارگانیسم‌های زنده دیده نشده‌اند. کاربران می‌توانند از طریق بانک اطلاعاتی تمام مسیرهای ممکن را از هر ترکیب اولیه‌ای به هر محصولی جستجو کنند.

• تکرارپذیری یک مشکل ادامه‌دار است

ماهیت مسئله تکرارپذیری این است که ابزارهای طراحی برای تحقیق و توسعه (R&D) مبتنی بر فرآیند، کافی نیستند. علوم طبیعی و توسعه محصولات شیمیایی و مواد غذایی به‌طور روزافزونی به زنجیره تأمین جهانی مردم، ابزارها، سازمان‌ها، دانش و داده تبدیل شده است. این زنجیره تامین باید هدایت شود تا درحالی که هزینه‌های بالا و فشارهای قانونی را پیش روی خود می‌بینند سبد پیچیده‌ای از محصولات را فراهم کند. بنابراین یکپارچه‌سازی نرم افزار باید فراتر از ادغام در آزمایشگاه باشد: ادغام در کل کسب و کار بهترین راه برای کاهش خطاها است.

یک بررسی جدید، تکثیرپذیری را به‌عنوان موضوعی برای طراحی که مد نظر اکثر پاسخ دهندگان بود معرفی کرد. این تحقیق در مورد تکرارپذیری علمی پاسخ‌های ۱۵۷۶ محقق را که از این تعداد ۷۰۳ نفرشان زیست شناس بودند، دریافت کرد. بیش از نیمی به تکرار ناکافی در آزمایشگاه، نظارت

[1] Hadadi

ضعیف یا قدرت آماری پایین اشاره کردند. فیزیکدانان و شیمی‌دانان بیشترین اطمینان را به تکرارپذیری مقالات علمی خود داشتند. هنگامی که از پاسخ دهندگان درباره بهترین راه برای رفع مشکل تکرارپذیری پرسیده شد، نزدیک به ۹۰٪ - بیش از ۱۰۰۰ نفر - «طراحی آزمایش قوی تر»، «آمار بهتر» و «راهنمایی بهتر» را انتخاب کردند (بیکر[۱]، ۲۰۱۶).

در اوایل تاریخ زیست‌شناسی مصنوعی، کواک[۲] (۲۰۱۰) تکرارپذیری را به‌عنوان یک چالش برجسته کرد و همچنان این مسئله به قوت خود باقی است (هایدن[۳]، ۲۰۱۵؛ بیل[٤] و همکاران، ۲۰۱٦). این چالش باید برای تولیدات زیستی برطرف شود تا بتوانند به یک بستر تولیدی معتبر برای آینده تبدیل شوند.

بسیاری از محققان زبان‌های محاسباتی کاملاً جدیدی را برای زیست‌فناوری روی آورده‌اند. آن‌ها معتقدند که متغیرهای زبان‌های طبیعی مانند انگلیسی بسیار مبهم و دوپهلو هستند و نمی‌توانند از عهده سیستم‌های پیچیده زیست‌شناسی و زیست‌فناوری برآیند. آنتا[٥] شاید نخستین تلاش شایسته برای ایجاد یک زبان برنامه‌نویسی برای محاسبات عمومی در زیست‌شناسی باشد (سادوفسکی، گرنت و فل[٦]، ۲۰۱٦). این زبان مبتنی بر زبان برنامه‌نویسی Go گوگل است، ولی دارای ویژگی‌هایی برای حوزه‌های خاصمانند برنامه‌ریزی راه‌اندازی سیال[۷] است. ادعا می‌شود آنتا آزمایش‌هایی با سطح کاملاً جدیدی از پیچیدگی را امکان پذیر می‌کند. این زبان با امکان کشف اثر متقابل بین عوامل مختلف آزمایشی، امکان تغییر روند مرسوم در آزمایشات علمی که به صورت تغییر یک عامل در هر زمان است را فراهم می‌سازد.

خالق آنتا، سینتاس از لندن[۸]، چالش تکرارپذیری را با مثال بیان می‌کند. سینتاس برای ایجاد یک بستر تولید میکروبی برای درمان‌های زیستی[۹] با مرک[۱۰] همکاری کرد. آن‌ها اثر متقابل بین ۲۷ عامل را برای ادغام ساخت سویه با توسعه فرآیند مورد بررسی قرار دادند. انجام این کار با روش آزمایش بسیار

۱ Baker
۲ Kwok
۳ Hayden
٤ Beal
٥ Antha
٦ Sadowski, Grant and Fell
۷ Liquid handling planning
۸ Synthace of London
۹ bio-therapeutics
۱۰ Merck

پیچیده و زمان‌بر خواهد بود. حتی بررسی یک میلیارد آزمایش در ثانیه، برای بررسی هر جایگشت از این ۲۷ عامل ژنتیکی و فرآیندی، در بازه‌های زمانی غیرممکن را نتیجه می‌دهد. سیستم با استفاده از روش چندعامله، در این فضا پیش رفت و اثرات متقابل عوامل کلیدی را در کسری از زمان نشان داد.

• قابلیت اطمینان، پیش‌بینی پذیری و تکرارپذیری

قابلیت اطمینان و پیش‌بینی پذیری دو جنبه دیگر مؤثر بر تکرارپذیری هستند. چالش طراحی یک شبکه ژن کاملاً قابل پیش‌بینی، مانع از تحقق تاثیر کامل اقتصادی زیست‌شناسی مهندسی می‌شود. بسیاری از حوزه‌های مهندسی با چالش‌های مشابهی روبرو شده‌اند و آن‌ها را برطرف کرده‌اند. کلید حل این وضعیت خودکارسازی چرخه مهندسی زیستی طراحی-ساخت-آزمون است.

افزایش مقیاس پایدار و قابل پیش‌بینی نیز برای موفقیت در تولید بیولوژیکی لازم است. افزایش مقیاس چالش‌های جدید و متفاوتی را در مقایسه با مقیاس آزمایشگاهی معرفی می‌کند. به‌عنوان مثال، یک سویه تولید میکروبی برای عملکرد در یک فرآیند تخمیر در مقیاس صنعتی باید پایدار باشد: آنچه در آزمایشگاه کار می‌کند، احتمال دارد که در یک دستگاه تخمیر ۱۰۰۰۰ لیتری شکست بخورد.

فقط چند نمونه از زیست‌شناسی مصنوعی به صورت آگاهانه استفاده کرده‌اند تا پایداری در تولیدات زیستی را افزایش دهند. برای این منظور، آژانس پروژه‌های تحقیقاتی پیشرفته دفاعی ایالات متحده (DARPA)[۱] یک برنامه تحقیقاتی در مورد مقاومت بیولوژیکی در تنظیمات پیچیده (BRICS)[۲] دارد. BRICS درک اساسی و فناوری‌های مؤلفه‌ای مورد نیاز برای انتقال سیستم‌های زیست‌شناسی مهندسی از محیط‌های آزمایشگاهی کاملاً تعریف شده به محیط‌های پیچیده‌تر را دنبال می‌کند. در این محیط جدید، آن‌ها می‌توانند به پتانسیل‌های زیست پزشکی، صنعتی و استراتژیک بیشتری دست یابند.

۱ Defense Advanced Research Projects Agency
۲ Biological Robustness in Complex Settings

۱۰ اتوماسیون می‌تواند به رفع موانع مرحله آزمایش کمک کند

اتوماسیون در زیست‌شناسی مصنوعی نوید حذف تنگناها در مرحله آزمایش را می‌دهد، اما برای تسهیل در تبادل داده به استانداردهای مهندسی احتیاج دارد. ارزیابی جدید با توان بالا و روش‌های اندازه‌گیری جدید برای غلبه بر تنگنای فاز آزمایش مورد نیاز هستند. این موارد معمولاً شامل روش‌های تصویربرداری زیستی و گردش‌های کاری انفورماتیک هستند که بطور کلی خودکار هستند. آن‌ها برای دستیابی و مدیریت داده‌های کیفی و کمی به نرم افزار پیشرفته‌ای وابسته‌اند.

به کارگیری اتوماسیون در زیست‌شناسی مصنوعی به‌عنوان اتوماسیون طراحی زیستی (BDA)[۱] نامیده شده است (دنسمور[۲]، ۲۰۱۲). این روش مبتنی بر حل بخش‌های کوچک از یک مسئله بزرگ به صورت یک بخش در هر زمان است. پس از آن که بخش‌های ضروری مسئله تعریف و حل شدند، راه‌حل‌ها برای مسئله فرعی می‌توانند بصورت خودکار به هم متصل شوند و برای حل مسئله بزرگ‌تر مورد استفاده قرار گیرند (اپلتون و همکاران، ۲۰۱۷). این فرآیند می‌تواند به طرز بحث برانگیزی تفکیک و استفاده مجدد را افزایش دهد و سیستم‌های بسیار بزرگی از نظر اندازه و پیچیدگی ایجاد کند.

یکی از بزرگترین چالش‌های تحقق BDA عدم وجود استانداردهای مهندسی و مستندات لازم برای مهندسی مکرر این سیستم‌ها است. در تمام مراحل چرخه طراحی فرصت ذخیره و تبادل داده‌ها در مورد طرح‌های ژنتیکی وجود دارد. استانداردها این تبادل داده‌ها را تسهیل می‌کنند. دو مورد از رایج‌ترین استانداردهای موجود در زیست‌شناسی مصنوعی برای این اهداف عبارتند از: زبان باز زیست‌شناسی مصنوعی[۳] و زبان نشانه‌گذاری زیست‌شناسی سیستم[۴]، که مورد دومی توسط بیش از ۲۵۰ نرم افزار مختلف پشتیبانی می‌شود. سایر استانداردها توسط اپلتون و همکاران (۲۰۱۷) بررسی شدند، همچنین آن‌ها نیازهای آینده را که بسیاری از آن‌ها نیازمند روش‌های متن باز برای توسعه نرم‌افزاری هستند، توصیف کردند.

به‌طور مشابه، بیشتر کمپانی‌های تحقیقاتی دارویی از روش‌های نظارت با توان بالا[۵] استفاده می‌کنند. این کار امکان انجام آزمایش‌های همزمان صدها

---

۱ Bio-Design automation
۲ Densmore
۳ Synthetic Biology Open Language
۴ Systems Biology Markup Language
۵ HT screening methods

هزار ترکیب در برابر یک مدل خاص از بیماری را فراهم می‌کند. اتوماسیون با روبات برای دستیابی به سطحی از توان عملیاتی که برای انسان امکان پذیر نیست ضروری است. اکنون نسل جدیدی از اتوماسیون از عهده عملکردهای پیچیده‌تری بر می‌آید. این نسل از اتوماسیون که به‌عنوان اتوماسیون هوشمند شناخته می‌شود، بر اساس سیستم‌های اتوماسیون فرآیند روباتیک که نرم افزار اتوماسیون فرآیند و هوش مصنوعی را ترکیب می‌کنند، کار می‌کند (KPMG، ۲۰۱۸).

تولید در اقتصاد مدرن به این دلیل جواب می‌دهد که نرم افزار طراحی و آزمایش می‌تواند از طریق چندین لایه رابط برنامه‌نویسی برنامه با سخت افزار تولید سازگارند. این امر به الزام زیست‌فناوری برای داشتن زبان(های) برنامه‌نویسی و نرم‌افزار سطح بالای مربوط به خود برای تبدیل چرخه مهندسی طراحی، آزمایش و یادگیری اشاره دارد.

• همگرایی زیست‌فناوری صنعتی و شیمی سبز

این بخش همگرایی زیست‌فناوری صنعتی و شیمی سبز را بررسی می‌کند. برای له فوور[۱] و اسکراتون[۲] (۲۰۱۸)،

- «تلفیق زیست‌شناسی مصنوعی و شیمی سنتزی (تلفیقی) و کنکاش ارتباطات بالقوه با بسترهای تولید معاصر مانند تولید افزودنی (چاپ سه بعدی)، دوران جدیدی را در اکتشاف مواد پیشرفته جدید تعریف می‌کند ...»

دیجیتالی شدن می‌تواند همگرایی زیست‌فناوری صنعتی و شیمی سبز را سرعت بخشد. شیمی سبز شامل طراحی فرآیندهای شیمیایی بی‌خطر از منظر محیط زیستی است. به همین ترتیب، یکی از مهم‌ترین و کاربردی‌ترین ابزارها برای ادغام اصول توسعه اقتصادی پایدار در شیمی و صنایع شیمیایی است (ماکاروا و همکاران، ۲۰۱۷). زیست‌فناوری صنعتی تا حد زیادی درباره استفاده از زیست‌فناوری به منظور تولید انواع مختلف مواد شیمیایی است. بنابراین، اهداف سیاست‌گذاری زیست‌فناوری صنعتی و شیمی سبز نیز به همین صورت، مشابه است. هردوی آن‌ها علوم یا فناوری‌های «مرطوب۳» هستند و هر زمینه می‌تواند به دیگری کمک کند. این خصوصیات مشترک

۱ Le Feuvre
۲ Scrutton
۳ Wet

یک تحول طبیعی به سمت همگرایی ایجاد می‌کنند. برای سرعت بخشیدن به این تحول به چیزی بیش از شانس لازم است؛ روش‌های روشنی وجود دارد که از طریق آن‌ها دیجیتالی شدن می‌تواند توسعه محصول را تسریع کند.

شیمی می‌تواند به غلبه بر یک چالش فنی کلیدی که تولید معادل‌های زیستی در حجم بالا را محدود می‌کند، کمک کند. سه شاخص، اغلب در فرآیندهای زیستی نسبت به فرآیندهای پتروشیمیایی ضغیف‌ترند: تیتر، بازدهی و بهره‌وری. این شاخص‌ها معمولا برای مقیاس‌پذیری بسیار پایین هستند، زیرا بیشتر فرآیندهای میکروبی با فرآیندهای صنعتی سازگار نیستند (هاردر، بتن‌براک و کلام[۱]، ۲۰۱۶؛ میتی[۲] و همکاران، ۲۰۱۶). شیمی می‌تواند این شاخص‌ها را بهبود بخشد. در مورد اتانول، تیتر و بازدهی حاصل از تخمیر کافی است. این مورد برای بسیاری از مواد شیمیایی دیگر صادق نیست.

بعضی از مواد شیمیایی زیستی به بهترین شکل به وسیله یک فرآیند کاملا شیمیایی از زیست‌توده تولید می‌شوند. در نهایت، نتیجه مطلوب یکسان است. مواد شیمیایی و دیگر مواد ناپایدار سرانجام با معادل‌های زیستی پایدار و تجدیدپذیر جایگزین می‌شوند. این مسئله صرفاً در مورد استفاده از ابزارهای شیمیایی برای کمک به زیست‌شناسی یا ابزارهای زیست‌شناسی برای کمک به شیمی نیست، بلکه یک تعامل واقعی برای کسب نتیجه بهتر است.

• زیست‌شناسی صنعتی با شیمی، فناوری و رایانش اطلاعات همگرا می‌شود

فضای زیادی برای دیجیتالی شدن، به منظور افزایش مزیت‌های تولیدی ترکیب زیست‌فناوری صنعتی و شیمی سبز وجود دارد. برای مثال، گربا‌د[۳] و همکاران (۲۰۱۷) طراحی مولکولی به کمک رایانه (CAMD)[۴] برای مولکول‌های کالایی زیستی[۵] پیشنهاد کردند. آن‌ها اتصال ابزارهای CAMD با ابزارهای سنتز آلی رایانه‌ای را برای دو هدف مورد بحث قرار دادند. نخست، آن‌ها می‌توانند مولکول‌های تقویت شده زیستی را پیشنهاد کنند، که می‌توانند با استفاده از طریق روش‌های سازگار با محیط زیست سنتز شوند. دوم، آن‌ها می‌توانند پایداری این مواد را تحلیل کنند.

---

۱ Harder, Bettenbrock and Klamt
۲ Maiti
۳ Gerbaud
٤ Computer-Aided Molecular Design
٥ Bio-based commodity molecules

تحلیل و ذخیره‌سازی داده‌ها به‌عنوان دو تنگنا

غلبه بر چالش‌های مرحله آزمون و همگرایی، تنگنا را به سمت تجزیه و تحلیل و ذخیره‌سازی داده‌ها سوق می‌دهد. این بخش استفاده از DNA برای جلوگیری از مشکل ذخیره‌سازی و اینکه چگونه سیاست‌گذارن می‌توانند از این فرآیند حمایت کنند، را بررسی می‌کند.

یک چرخه طراحی-ساخت-آزمون کاملاً تسهیم شده که فنوتیپ را به توالی DNA پیوند می‌دهد، ارزیابی میلیون‌ها طراحی در هر چرخه را امکان‌پذیر می‌کند. با این حال، این کار حجم بی‌سابقه‌ای از داده را نیز ایجاد می‌کند. در عوض، ممکن است تنگنای تولید را به سمت ذخیره‌سازی داده ببرد.

در عصر یادگیری ماشین داده‌ها باید در نهایت اطلاعات مورد نیاز برای تلاش بعدی طراحی را در غیاب انسان فراهم کنند (راجرز و چرچ[۱]، ۲۰۱۶). به‌عنوان مثال، AutoBioCAD امکان طراحی «مدارهای» ژنتیکی را برای باکتری ایکولای[۲] تقریبا بدون گرفتن ورودی از کاربر انسانی ایجاد می‌کند (رودریگو و جارامیلو[۳]، ۲۰۱۳). بنابراین، الگوریتم‌هایی نیاز هستند که یادگیری ماشین را برای جمع‌بندی داده‌ها از مجموعه داده‌های مختلف، بکار گیرند. هدف این کار پیوند دادن ژن‌ها، پروتئین‌ها و مسیرها بدون دانش اولیه است (ووتزل و کوچان[۴]، ۲۰۱۶).

• آیا راه‌حل، ذخیره‌سازی DNA است؟

یک بحران در ذخیره‌سازی داده‌ها در دو دهه آینده در شرف وقوع است، زیرا روش‌های ذخیره‌سازی مبتنی بر سیلیکون تلاش می‌کنند تا با تقاضا پیش بروند. احتمالا ذخیره‌سازی بلندمدت سریع‌ترین بخش در حال رشد در بازار داده است. در سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶ مجموع داده داده‌های تولید شده نسبت به تمام سال‌های پیشین بیشتر بوده است (سرویس[۵]، ۲۰۱۷). در سال ۲۰۴۰، اگر همه داده‌ها برای دسترسی سریع ذخیره شوند، بایگانی به اندازه ۱۰ تا ۱۰۰ برابر میزان مورد انتظار سیلیکون میکروچیپ مصرف خواهد کرد (ژیرنوف[۶] و همکاران، ۲۰۱۶). بدون تغییر بنیادی، ممکن است از دست دادن داده اجتناب ناپذیر باشد.

۱ Rogers and Church
۲ E. Coli
۳ Rodrigo and Jaramillo
۴ Wurtzel and Kutchan
۵ Service
۶ Zhirnov

DNA می‌تواند به‌عنوان یک محیط ذخیره‌سازی راهی برای جلوگیری از بحران ذخیره‌سازی ارائه کند. ذخیره‌سازی اطلاعات دیجیتالی در DNA بعید به نظر می‌رسد، اما تبدیل اطلاعات دیجیتالی به اطلاعات ژنتیکی هم اکنون امکان‌پذیر است. در سال ۲۰۱۶، محققان مایکروسافت و دانشگاه واشنگتن رکورد ذخیره‌سازی داده‌های دیجیتال در DNA را شکستند. آن‌ها موفق شدند با استفاده از DNA تهیه شده توسط Twist Bioscience، ۲۰۰ مگابایت اطلاعات (شامل فیلم با کیفیت بالا، چندین کتاب و مقاله و همچنین یک پایگاه داده) را ذخیره و بازیابی کنند (اگونیک[۱]، ۲۰۱۶). آن‌ها در سال ۲۰۱۸ رکورد خود را دو برابر کردند و به ۴۰۰ مگابایت داده روی DNA رساندند. پیشرفت‌های آن‌ها می‌تواند راه را برای ذخیره‌سازی در مقیاس اگزابایت هموار کند (تونگ[۲]، ۲۰۱۸).

به‌عنوان مثالی از احتمالات ذخیره‌سازی DNA، شیپمن[۳] و همکاران (۲۰۱۷) اطلاعات واقعی (تصویر) را رمزگذاری کردند و روش تحویل، محتوای نوکلئوتیدی توالی و روش بازسازی را بهینه کردند. آن‌ها از یک جمعیت باکتری استفاده کردند.

پتانسیل ذخیره‌سازی DNA بسیار بیشتر از محیط‌های دیگر است. یک تخمین نشان می‌دهد که تمام داده‌های جهان می‌توانند در ۱ کیلوگرم DNA ذخیره شوند (اکستانس[۴]، ۲۰۱۶). یک تخمین دیگر پیشنهاد می‌کند که می‌توان ۲۱۵ پتابایت (PB) (۲۱۵ میلیون گیگابایت) تقریبا تمام اطلاعات موجود در اینترنت را در ۱ گرم DNA ذخیره کرد (سرویس، ۲۰۱۷).

دخیره‌سازی DNA به‌عنوان یک محیط برای ذخیره‌سازی بسیار گران است، زیرا این فناوری تازه در مرحله شکل‌گیری است. در حالی که هزینه تعیین توالی DNA بسیار کم شده، سنتز DNA (نوشتن)، با وجود کاهش هزینه‌ها، هنوز هم برای بهره‌برداری گسترده بسیار گران است. این هزینه‌ها چندین برابر بیشتر از هزینه‌های تعیین توالی است. به‌طور کلی آن‌چه برای تجاری‌سازی ذخیره‌سازی DNA باید انجام شود عبارت است از:

توسعه الگوریتم‌های بهتری به منظور ترجمه اطلاعات دیجیتالی به اطلاعات بیولوژیکی و بازیابی سریع، دقیق و مقرون به صرفه اطلاعات.

۱ Ogunnaike
۲ Tung
۳ Shipman
۴ Extance

ایجاد و پیش‌برد شاخه‌های جدید در علم شیمی برای امکان‌پذیر کردن سنتز ارزان DNA.
بکارگیری بیشتر اتوماسیون در جریان تولید برای کاهش هزینه.

سیاست عمومی می‌تواند به دستیابی به همه این اهداف، به‌ویژه در مورد یارانه تحقیقات، پشتیبانی از بنگاه‌های اقتصادی کوچک و متوسط و شرکت‌های زایشی[۱] و سیاست‌هایی برای حمایت از انتقال فناوری کمک کند. به خصوص، حمایت از اتوماسیون از طریق سرمایه‌های عمومی حائز اهمیت است. کاهش هزینه‌های مبادلاتی با شناسایی مشارکت‌های مثمر ثمر عمومی - خصوصی، پیشرفت را نیز تسریع می‌کند: مشارکت پیشرو بین مایکروسافت و دانشگاه واشنگتن می‌تواند یک الگو باشد. برنامه‌های تحقیقاتی که همکاری صنعت - دانشگاه را هدف قرار می‌دهند، راهی برای ایجاد چنین مشارکت‌هایی هستند.

بلاک‌چین برای به اشتراک‌گذاری منافع و محافظت از اطلاعات حساس

بلاک‌چین، که از یک فناوری پایگاه داده توزیع شده بسیار امن استفاده می‌کند، بسیاری از مزایا را برای انواع مختلف پروژه‌های علوم زندگی و شرکت‌ها ارائه می‌دهد. بلاک‌چین «یک دفترچه توزیع کل باز است که می‌تواند معاملات بین دو طرف را به صورت کارآمد و به روشی قابل تصدیق و دائم ثبت کند» (یانسیتی و لاخانی[۲]، ۲۰۱۷). این فناوری با سطح رمزگذاری و امنیت بالایی که دارد، در قلب بیت کوین و سایر ارزهای مجازی قرار دارد.

پروژه EBP (BioGenome Earth) با هدف ترتیب‌دهی (یا توالی) کلیه گیاهان، حیوانات و ارگانیسم‌های تک سلولی روی زمین (گونه‌های یوکاریوتی) طی ده سال برای کمک به باز کردن پتانسیل اقتصادی گسترده تنوع زیستی کار می‌کند (EBP، بدون تاریخ). به‌عنوان یک مانع برای چنین پروژه جاه طلبانه‌ای، اشتراک داده‌ها باید دو هدف را متعادل کند. از یک سو، باید یک منبع دائمی و با دسترسی آزادانه برای کشف‌های علمی آینده را تضمین کند. از سوی دیگر، باید دستورالعمل‌های دسترسی اشتراک سود مربوط به پروتکل ناگویا[۳] را رعایت کند (لوین[۴] و همکاران، ۲۰۱۸).

۱ spin-out
۲ Iansiti and Lakhani
۳ Nagoya Protocol
۴ Lewin

پروژه EBP با هدف برطرف کردن چالش ذخیره‌سازی داده‌ها ایجاد شده است. پروژه تکمیل شده حدود ۲۰۰ پتابایت داده تولید خواهد کرد. این امر نیازمند معماری، الگوریتم‌ها و نرم افزارهای جدید برای بهبود کیفیت، کارایی و مقرون به صرفه بودن و همچنین تجزیه و تحلیل داده‌ها، تجسم و به اشتراک‌گذاری کلان‌داده‌ها می‌باشد. انتظار می‌رود این پروژه این ابزارها را برای اشتراک عادلانه داده‌ها، ابزارهای تحلیلی و منابع داده‌کاوی بهبود بخشد.

بلاک‌چین همچنین می‌تواند از قابلیت ردیابی برای اشتراک سود و جلوگیری از زیست‌دزدی[۱] پشتیبانی کند. با ثبت مالکیت معنوی دارایی‌های زیستی و زیست تقلیدی[۲] روی بلاک‌چین، بانک‌های کد می‌توانند منشا، حقوق و تعهدات مربوط به دارایی‌های طبیعت را ثبت کنند. این امر می‌تواند به ردیابی منشا و کاربرد آن‌ها کمک کند (مجمع جهانی اقتصاد[۳]، ۲۰۱۸).

بلاک‌چین می‌تواند در مقابله با چالش‌های کاملاً متفاوت در صنعت بهداشت و داروسازی، به خصوص در مورد اطلاعات حساس بیماران کمک‌کننده باشد. این شاخه از صنعت خدمات زندگی در حال تولید مقادیر روزافزونی از داده‌ها و مبادلات حساس است. برخی پیشنهاد داده‌اند که بلاک‌چین در برخورد با این داده‌های درحال رشد ضروری خواهد بود (KPMG، ۲۰۱۸). بلاک‌چین برای مدیریت زمینه‌هایی مانند زنجیره تامین، حریم خصوصی، پردازش معاملات، قراردادها و مجوزها و همچنین سوابق پزشکی حساس مناسب است.

امنیت دیجیتال

تمامی علوم طبیعی چه عمومی و چه خصوصی، در مقابل حملات سایبری آسیب‌پذیر هستند. صنایع زیستی که به تولید مواد شیمیایی کمک می‌کند نگرانی‌های مشابهی با صنایع شیمیایی در زمینه امنیت سایبری دارند. تولید زیستی به شدت به داده و مالکیت معنوی و تحقیقات وابسته است، که همه این موارد در شرکت‌ها برای استفاده از مزایای مالی سرمایه‌گذاری‌های خود نیاز به محافظت دارند.

بخش سلامت و داروسازی علوم طبیعی با این مسائل و مسائل خاص

۱ Bio-piracy
۲ Biomimetic
۳ World Economic Forum

دیگری مانند حریم خصوصی بیمار روبرو است. اخیرا یک بررسی نشان داد که شرکت‌ها درحال ارتقای امنیت سایبری بصورت یک ضرورت استراتژیک هستند. با این حال، سرعت این حمایت از تمایل آن‌ها برای بکارگیری فناوری‌های دیجیتال برای پیشبرد نوآوری عقب مانده است (KPMG، ۲۰۱۸). روش‌های زیادی برای اجرای یک حمله سایبری به یک کمپانی تولید محصولات زیستی وجود دارد.

سازمان‌های مختلف زیادی در امنیت تولید محصولات زیستی دخیل هستند. آن‌ها از تأمین‌کنندگان مواد اولیه و مشتریان گرفته تا متخصصان فناوری اطلاعات (IT) موسسات حقوقی و دفاتر مالکیت معنوی را شامل می‌شوند. قدرت امنیت سایبری تنها به اندازه ضعیف‌ترین پیوند در سیستم کلی محافظت است.

رایانش ابری

کمپانی‌های علوم طبیعی فعال در زمینه سلامت و داروسازی به‌طور روزافزونی از رایانش ابری به منظور بهبود فرآیندهای پیچیده با هدف کاهش هزینه‌های تجاری استفاده می‌کنند. به‌عنوان مثال، مدل‌های قیمت‌گذاری مبتنی بر کاربر زمینه را برای کاهش سرمایه‌گذاری ثابت و هزینه‌های عملیاتی فراهم می‌کنند (KPMG، ۲۰۱۸). راهکارهای مبتنی بر فضای ابری می‌توانند با رعایت الزامات امنیتی و مقرراتی، داده‌ها را برای آزمایشات بالینی در دسترس قرار دهند. علاوه بر این، ابر تحلیل داده‌های پیچیده از اینترنت اشیاء و دستگاه‌های بلادرنگ[۱] را نیز ممکن می‌کند. به همین دلایل فناوری ابری یکی از اولویت‌های اصلی در افزایش کارآیی داخلی است.

پیشگامان در تولیدات زیستی

در این بخش به بررسی سه مورد از استراتژی‌های بسیار متفاوت و متقاطع آینده تولید زیستی می‌پردازیم: بیوفوندری[۲]، چاپ سه بعدی زیستی و زیست‌شناسی مصنوعی بدون سلول. آینده مورد انتظار این سه مورد به ترتیب شرح داده شده‌اند. نخست، انتظار می‌رود بیوفوندری به‌عنوان ابزار تکرار «طراحی،ساخت،آزمون» به‌طور چشمگیری زمان و هزینه لازم برای رسیدن از ایده به محصول را کاهش دهند. دوم، چاپ سه‌بعدی زیستی می‌تواند

۱ real-time device
۲ Biofoundry

پیچیدگی یک واحد زیستی (مانند یک سلول، بافت یا شکل پیشرفته‌تری از اندام‌های زیستی مثل یک ارگان) را تصویر کند. برای تضمین سطح بالای دقت مورد نیاز، پیوند عمیق کدهای دیجیتالی و ژنتیکی لازم است. سوم، زیست‌شناسی مصنوعی بدون سلول بخش اعظمی از کنترل در سطح دیجیتال را برای ایجاد فرآیندهای تولید زیستی بدون سلول ارائه می‌کند.

بیوفوندری‌ها

این زیر بخش بر نیاز به ایجاد بیوفوندری‌ها در سازمان‌های تحقیقاتی عمومی متمرکز است. بیوفوندری‌ها می‌توانند ابزارها، فناوری‌ها و تجزیه و تحلیل کلی فرآیند را در یک بستر ادغام کنند تا مهندسی زیستی کارآمدتری ایجاد شود. بیوفوندری‌ها می‌توانند از طریق کاهش زمان چرخه و افزایش ظرفیت، به دستیابی به اهداف پایداری کمک کنند.

یک بیوفوندری میکروب‌های تولیدی مرتبط با صنعت، ابزارهای پیشرفته برای مهندسی زیستی و تحلیل داده و فرآیندهای بزرگ مقیاس و پایدار را برای تولید زیستی پیوسته، توسعه می‌دهد. در یک بیوفوندری سنتی، علم و مهندسی تخمیر ممکن است در مقیاس بزرگ صنعتی غالب باشد. در عوض، بیوفوندری‌ها به ندرت از نظر تولید محصولات سویه و مهندسی زیستی مورد بحث قرار می‌گیرند. همچنین بیوفوندری ممکن است به‌عنوان یک تشکیلات بسیار کوچک‌تر برای فرآیندهای تکراری با توان عملیاتی بالا دیده شود. این فرآیندها به وسیله ربات‌ها و اتوماسیون پیش از افزایش مقیاس در یک تشکیلات بزرگ‌تر مانند کارخانه تولید بیودارو یا یک پالایشگاه زیستی هدایت می‌شوند. در نهایت، ساده‌سازی هردو در یک جریان کاری صنعتی می‌تواند امکان‌پذیر باشد.

کادر ۲-۶. مثال‌هایی از بیوفوندری‌های عمومی

فوندری ژنوم ادینبورگ (EFG .EFG)[۱] ادعا می‌کند که تنها تشکیلات کاملا خودکار طراحی، مونتاژ و آزمایش DNA در بریتانیا است. EGF میزبان CUBA، مجموعه‌ای از برنامه‌های عمومی رایگان برای کمک به کارهای مختلف طراحی و ساخت DNA است. همچنین دارای چارچوب‌های گرافیکی و کتابخانه‌های محاسباتی برای طراحی و ساخت DNA است. این فوندری در حال ایجاد EMMA-DB، یک بستر شبکه‌ای جدید برای مدیریت بخش‌های ژنتیکی برای همگذاری استاندارد EMMA و طراحی سازه‌های جدید از این بخش‌ها است (EGF، بدون تاریخ).

بیوفوندری دانشگاه ملی سنگاپور. هدف این بیوفوندری سوق دادن علوم پایه به سمت کاربردهای بالینی ترجمه‌ای و زیست‌فناوری صنعتی می‌باشد. این فوندری به یک سیستم رباتیک مجهز است که با ابزارهای تحلیلی با توان بالا در ارتباط است. این امر بیوفوندری را قادر می‌سازد تا به‌طور سیستماتیک (باز)طراحی، ساخت، آزمایش و یادگیری برای ایجاد یک بستر تولید خودکار کارآمد را انجام دهد. بیوفوندری سنگاپور قصد دارد به قطب مرکزی برای تحقیقات زیست‌شناسی مصنوعی در آسیا تبدیل شود.

فوندری MIT-Broad. این فوندری در مواجهه با عدم قطعیت‌ها در مورد فناوری وظیفه داشت ارگانیسم‌هایی را برای تولید ده مولکول در سه ماه بدون تولید کند بدون اینکه کارکنان بیوفوندری از قبل این مولکول‌ها را بشناسند. این فوندری مولکول مورد نظر یا یک مولکول بسیار نزدیک به آن را برای شش مورد از ده مورد تولید کرد و به سمت تولید بقیه پیش رفته است (کاسینی. همکاران، ۲۰۱۸، فوندری MIT-Broad، بدون تاریخ).

از طرف دیگر، ویژگی بارز کلاسیک مهندسی را می‌توان امکان طراحی در یک بیوفوندری و تولید محصول در یک کارخانه جداگانه در یک مکان متفاوت، حتی در یک کشور دیگر، برشمرد. به جای اینکه کمپانی‌ها آزمایشگاه خود را داشته باشند و آن را اداره کنند، در آینده بیوفوندری‌ها می‌توانند این کار را برایشان انجام دهند (اکونومیست[۲]، ۲۰۱۸). نخستین بیوفوندری‌ها از هم‌اکنون راه‌اندازی شده‌اند.

۱ Edinburgh Genome Foundry
۲ The Economist

مک‌کلیمونت و فریمونت[1] (۲۰۱۷) استدلال می‌کنند که فناوری‌های حاضر یا جدید اتوماسیون می‌توانند تحقیقات تکرارپذیر را امکان‌پذیر کنند. برای این‌که این اتفاق بیافتد، فناوری‌ها باید هم در گروه تحقیقاتی جداگانه و هم در فوندری‌های متمرکز DNA وجود داشته باشند که با استفاده از برنامه‌های مبتنی بر ابر قابل دسترسی هستند. آن‌ها پیش‌بینی می‌کنند که آزمایشگاه‌های فردی با سلول‌های کاری اتوماسیون داخلی و ارزان قیمت می‌توانند از طریق ابر به بیوفوندری‌ها دسترسی پیدا کنند تا گردش کار آزمایشگاهی پیچیده‌تری را پیش ببرند. برخی شرکت‌های فناوری برای فعال کردن این روند وجود دارند. محققان و سازمان‌های شخصی می‌توانند طرح‌های آزمایشی را برای فوندری‌ها ارسال کرده تا داده‌های خروجی را به محققان بازگردانند.

مک‌کلیمونت و فریمونت ادعا می‌کنند که این استراتژی محقق / سازمان غیر متمرکز و بیوفوندری متمرکز که از طریق ابر به شرکت‌های فناوری متصل است، دارای پتانسیل فوق العاده‌ای است. آن‌ها معتقدند که باید «بخش فزاینده‌ای از زیست‌شناسی مولکولی، سلولی و مصنوعی را به یک دوره کاملاً کمی و تکرارپذیر تبدیل کرد».

• چاپ سه‌بعدی زیستی

در چاپ سه‌بعدی زیستی قرارگیری دقیق لایه به لایه مواد زیستی، بیوشیمیایی و سلول‌های زنده برای ساخت ساختار سه‌بعدی مورد استفاده قرار می‌گیرد (مورفی و آتالا[2]، ۲۰۱۴). بخش زیادی از منابع بر چاپ بافت‌ها و اندام‌ها تمرکز دارد. در حال حاضر، کار بر روی چاپ سه‌بعدی باکتری‌ها برای اهداف مختلف تولید زیستی آغاز شده است، اگرچه این زمینه هنوز در مراحل ابتدایی خود است. کارهای انجام شده قبلی در زمینه تولید انواع اسکلت‌های سویه بر تولید حداقل سلول‌هایی که به‌عنوان اسکلت عمل می‌کنند، متمرکز بوده است که سایر کاربردها متعاقباً به آن اضافه می‌شوند (کیم و همکاران، ۲۰۱۶).

از سوی دیگر، کایل[3] (۲۰۱۸) در مورد چاپ سه بعدی برای کاربردهای مختلف در حوزه‌های گسترده‌ای شامل زیست‌درمانی، بیوسنسورهای زیست

۱ McClymont and Freemont
۲ Murphy and Atala
۳ Kyle

محیطی، فیلترهای آلودگی نفتی و پانسمان‌های زخم بحث کرده است. یک چشم انداز ویژه جالب توجه، استفاده از باکتری‌ها برای تولید مواد با استفاده از فناوری چاپ سه بعدی است. چالش‌های بسیاری در این راه وجود دارد. جدا از حجم وسیع کار فنی، آینده این زمینه باید بسیاری از مسائل و مشکلات را پشت سر بگذارد تا چاپ سه‌بعدی باکتری‌ها بتواند به «مرز بعدی در تولید بیولوژیک» تبدیل شود (کایل، ۲۰۱۸). این مسائل و مشکلات شامل قابلیت استفاده مجدد، مقیاس‌پذیری، زمان چاپ سریعتر و تأثیرات زیست محیطی سیستم‌های چاپ سه‌بعدی باکتریایی می‌شود.

• زیست‌شناسی مصنوعی بدون سلول

در حال حاضر، مناسب‌ترین کاربرد زیست‌شناسی مصنوعی بدون سلول به مهندسی متابولیک برای تولید سوخت، مواد شیمیایی و مواد مربوط می‌شود. به‌طور طبیعی، این امر در مورد سایر فرآیندهای تولیدی و محصولات زیستی نیز صدق می‌کند. به‌طور مستقیم درمورد حضور خود سلول، مشکلات زیادی هنگام استفاده از میکروب‌ها به‌عنوان کارخانه‌های شیمیایی زنده بوجود می‌آید. حتی در یک باکتری ساده، متابولیسم سلولی پیچیده و کنترل آن سخت است. اگر محصول مورد نظر در سلول جمع شود، غالبا براس سلول سمی خواهد بود.

از سوی دیگر، سیستم‌های بدون سلول مزایای مهم زیادی ارائه می‌کنند. این مزایا شامل نرخ سنتز سریع، کنترل مستقیم واکنش و تحمل در مقابل مواد اولیه یا محصولات سمی هستند. همچنین سیستم‌های بدون سلول بر مشکلات ذکر شده افزایش مقیاس غلبه می‌کنند، زیرا آن‌ها ذاتا از نظر صنعتی مقیاس‌پذیرند (زاوادا[۱] و همکاران، ۲۰۱۱). «ناکارآمدی» فرآیند تخمیر (بازدهی، تیتر و بهره‌وری) در غیاب سلول قابل غلبه است. بنابراین، سیستم‌های بدون سلول امکان بهتری برای تولید ماده مطلوب با بازدهی حداکثر برای بهبود فرآیندهای تولید زیستی فراهم می‌کنند (لو[۲]، ۲۰۱۷).

زیست‌شناسی مصنوعی بدون سلول در کاربردهای زیست محیطی برای جامعه سیاست‌گذاران و ارزیابی‌کنندگان ریسک مزایای ویژه‌ای به همراه دارد. به‌عنوان مثال، در زیست‌درمانی، امکان استقرار شبکه‌های ژنی و مسیرهای

۱ Zawada
۲ Lu

متابولیکی بدون خطر تکثیر بدون محدودیت و گسترش سویه‌های جدید میکروبی فراهم می‌شود (کریگ[۱]، ۲۰۱۷). بنابراین، این امر نیاز به ارزیابی خطر ارگانیسم‌های اصلاح شده ژنتیکی را دور می‌زند (OECD، ۲۰۱۵). با این وجود، هرگونه خطر بالقوه ناشی از زیست‌شناسی مصنوعی بدون سلول هنوز نیاز به ارزیابی ریسک علمی دارد.

قابل پیش‌بینی است که بسیاری از چالش‌های فنی پیچیده باقی بمانند. زیست‌شناسی مصنوعی بدون سلول برای گسترش کاربردها، نیازمند ادغام با فناوری‌های دیگر مانند چاپ سه‌بعدی و هوش مصنوعی است. بنابراین، نیاز به همگرایی بیشتر با شیمی و فناوری‌های اطلاعات مشهود است.

مهارت و تحصیلات برای نیروی کار اقتصاد زیستی

در این بخش نیاز به آموزش بیشتر بین رشته‌ای و چند رشته‌ای که فارغ التحصیلان را به عمق و وسعت کافی برای هدایت نیروی کار اقتصاد زیستی مجهز می‌کند، بررسی می‌شود. دلبک و فیلیپ[۲] (۲۰۱۸) به بررسی شکاف‌های مهارتی و آموزشی از نیروی کار تولید تا تحقیق و توسعه پرداختند. آن‌ها نتیجه گرفتند که آموزش عالی برای یک انقلاب در تولید که شامل محصولات زیستی نیز می‌شود آماده نیست. زمان برای رفع این چالش‌ها محدود است: کشور هلند به تنهایی به زودی به حدود ۱۰۰۰۰ کارشناس اقتصاد زیستی نیاز خواهد داشت (لانگولد، میسترز و بروئر[۳]، ۲۰۱۷).

ضرورت آموزش‌های بین رشته‌ای و چند رشته‌ای بسیار بیشتر است. این آموزش باید زمینه‌های زیست‌شناسی و مهندسی را با عمق کافی با هم ترکیب کند تا از اهمیت آن‌ها کاسته نشود. در عین حال، این فارغ التحصیلان برای اینکه واقعاً پیشگامان حل مسائل زیست‌شناسی مهندسی باشند، به وسعت کافی در اطلاعاتشان نیاز دارند.

پس‌نگری: مکاترونیک برای شکل دادن به آموزش زیست شناس مهندسی آینده مورد بازنگری قرار گرفته است.

مکاترونیک، که در حال حاضر برای اقتصاد مدرن جهانی محوری است، می‌تواند درس‌هایی برای آموزش زیست شناسان مهندسی آینده ارائه دهد.

۱ Karig
۲ Delebecque and Philp
۳ Langeveld, Meesters and Breure

یک ترجمه استاندارد فرانسوی NF E ۰۱۰-۰۱ (نورم فرانکیس، ۲۰۰۸) مکاترونیک را به‌عنوان «یک رویکرد با هدف ادغام هم‌افزای مکانیک، الکترونیک، نظریه کنترل و علوم کامپیوتر در طراحی و تولید محصول به منظور بهبود و/یا بهینه‌سازی کاربردش» تعریف می‌کند.

از نظر تاریخی، ظهور مهندسی مکاترونیک به ترکیب اصول مکانیک، الکترونیک و رایانش بستگی داشت تا بتواند سیستم‌های ساده‌تر، اقتصادی‌تر و قابل اطمینان‌تر ایجاد کند. برای بهینه‌سازی برنامه درسی مقطع کارشناسی، سرفصل‌های آموزشی طی چند دهه اصلاح شد. این امر به مهندسان مکاترونیک کمک کرد تا بتوانند ساخت و تولید متحول شده‌ای داشته باشند. چنین آموزشی ترکیب و کار بین رشته‌هایی چون مهندسی مکانیک، الکترونیک، کامپیوتر و کنترل را ایجاب می‌کند.

تجربه مطالعات مکاترونیک می‌تواند اطلاعات مورد نیاز برای رویکرد آموزش نیروی کار برای اقتصاد زیستی را تامین کند. ادغام رشته‌های مختلف منجر به تربیت مهندسین مکاترونیکی شده است که هم می‌توانند مشکلات طراحی و هم مشکلات ساخت و تولید را حل کنند. این دقیقاً ترکیب مورد نیاز زیست‌شناسی مهندسی است.

انتقال از جهت گیری مبتنی بر تحقیق به تولید مستلزم تغییر در الگوی آموزش زیست‌فناوری است (دلبک و فیلیپ، ۲۰۱۸). دانشگاه ها باید فارق التحصیلان مدرسه را که زمینه ریاضی قوی‌تری دارند جذب زیست‌فناوری کنند. دانش‌جویانی که فارق التحصیل می‌شوند باید در محاسبات و مهندسی DNA توانایی یکسانی داشته باشند.

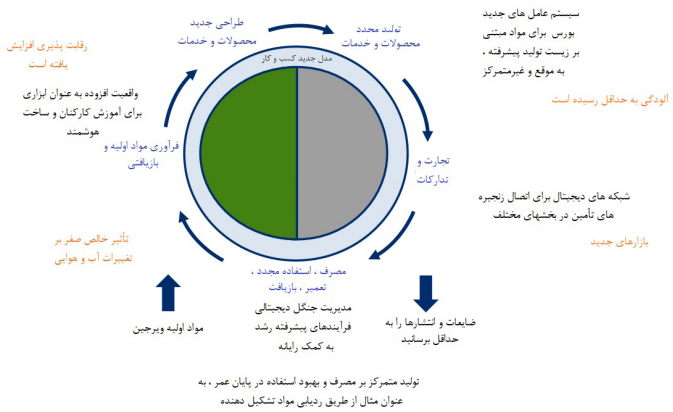
دیجیتالی شدن اقتصاد زیستی جنگل‌داری

دیجیتالی شدن می‌تواند برای افزودن ارزش به اقتصاد زیستی، راهکارهای جنگل‌داری ارائه کند. بسیاری از کشورهایی که صنعت جنگل‌داری قابل توجهی دارند، دارای تعداد زیادی صاحب جنگل و تعداد کمی جنگل هستند. اروپا به تنهایی حدود ۱۶ میلیون صاحب جنگل دارد (هتماکی[۱]، ۲۰۱٤). این عدد را با صنعت نفت مقایسه کنید که بیش از ۸۰٪ نفت خام کشف شده در ۱۳ کشور عضو اوپک قرار دارد.۳ انتظار می‌رود که پالایشگاه‌های زیستی

۱ Hetemäki

جنگلی، در مقایسه با پالایشگاه‌های نفت، تاسیسات کوچک تا متوسط با تولید محلی و شاید مصرف محلی باشند؛ نمونه‌ای کلاسیک از تولید توزیع شده (سرای[1]، ۲۰۱۶). یک اکوسیستم اقتصاد زیستی جنگلی محلی و زنجیره ارزش می‌تواند صدها هزار صاحب جنگل، کارآفرین و شرکت‌های متخصص در خدمات جنگلی، برداشت، حمل و نقل و لجستیک و تولید محصولات جنگلی یا انرژی را در بر بگیرد. مدیریت این پیچیدگی به ابزارهای فناوری اطلاعات مانند نرم‌افزارها، وب‌سایت‌ها، پلتفرم‌های مصرف‌کننده و پایگاه‌های داده نیاز دارد. مصرف‌کنندگان از ابزارهای مختلف فناوری اطلاعات استفاده می‌کنند تا هم تقاضا را افزایش دهند و هم تأثیر خود را در کل زنجیره ارزش گسترش دهند (میسترا[2]، ۲۰۱۷). با توجه به اقتصاد زیستی جنگل‌داری دایره‌ای، شکل ۲-۶ یک تصویر کلی از اینکه چگونه راهکارهای دیجیتالی می‌توانند به اقتصاد زیستی ارزش اضافه کنند را نشان می‌دهد.

شکل ۲-۶. دیجیتالی شدن و اقتصاد زیستی دایره‌ای



منبع: "Adapted from MISTRA (2017), "Bioeconomy and digitalisation".

• فناوری ماهواره در اقتصاد زیستی جنگل

فناوری ماهواره می‌تواند برای اقتصاد زیستی جنگلی یک ابزار مهم باشد؛ هم برای نظارت بر تنوع زیستی و هم برای مبارزه با قطع غیرقانونی درختان.

۱ Srai
۲ MISTRA

سیستم‌های کشوری نظارت بر جنگل نیازمند دریافت اطلاعات مقرون به صرفه و کنترل کیفیت شده در سه رکن اقتصاد زیستی (اجتماعی، اقتصادی و محیط زیستی) هستند. اخیرا، تغییرات اقلیمی تبدیل به محرکی برای نظارت بر جنگل‌ها، به خصوص در مورد تخریب جنگل‌ها و جنگل‌زدایی شده است (آنسر[۱]، ۲۰۰۹؛ میچل، روزنگویست و مورا[۲]، ۲۰۱۷). کاهش اثر تغییرات آب و هوا از طریق مدیریت جنگل با ذخیره کربن در اکوسیستم جنگلی احتمالاً به ابزاری اقتصادی و مالی برای جنگلداری تبدیل خواهد شد (هولگرمن و مارکلاند[۳]، ۲۰۰۷). بدون آمارگیری دقیق، درک از دست رفتن تنوع زیستی و کاهش ظرفیت تجزیه کربن[۴] حاصل از جنگل‌زدایی و تخریب جنگل‌ها بسیار دشوارتر می‌شود.

نظارت بر جنگل کار ساده‌ای نیست. در گذشته، جنگل‌بانان از نقشه‌های میدانی و هوایی برای جمع‌آوری اطلاعات پوششی و از تصاویر هوایی برای تحلیل ذخایر جنگل استفاده می‌کردند. همه آن روش‌های کند، پرزحمت و پر هزینه بودند.

نظارت ماهواره‌ای احتمالا تنها روش امکان‌پذیر آینده در زمینه نظارت بر جنگل‌ها است (لینچ[۵] و همکاران، ۲۰۱۳). در یک پیشرفت جالب، یک کمپانی فنلاندی نرم‌افزار بینایی ماشین را با فناوری مسافت یابی و ردیابی به وسیله سیگنال‌های نوری ادغام می‌کند (آربونات[۶]، بدون تاریخ). پرتوهای لیزری می‌توانند از یک ارتفاع تقریبا ۲ کیلومتری، داده‌های نقطه‌ای سه‌بعدی را برای یک هدف به اندازه یک درخت تولید کنند. با دانستن قطر تاج درخت می‌توان حجم آن را پیش‌بینی کرد (MEAE، ۲۰۱۷).

ایجاد چنین نوآوری در حوزه جنگل‌داری، مدیریت پایدار جنگل‌داری را پشتیبانی می‌کند (کروتر[۷] و همکاران، ۲۰۱۵). همچنین می‌توان از این فناوری برای ارزیابی ذخایر کربن در جنگل‌های گرمسیری استفاده کرد. این فناوری می‌تواند مقدار کربن دی‌اکسید (CO_2) حذف شده از جو را محاسبه کند و

۱ Asner
۲ Mitchell, Rosenqvist and Mora
۳ Holmgren and Marklund
۴ Carbon sequestration
۵ Lynch
۶ Arbonaut
۷ Crowther

یک کشور را طبق توافق پاریس بخاطر به‌دام انداختن کربن به‌وسیله جنگل مستحق دریافت وجه کند.

مسئله مهم دیگر در اقتصاد زیستی درحال رشد جنگلی، قطع غیر قانونی درختان است. این اتفاق در حال حاضر سالانه ده‌ها میلیارد دلار برای کشورها هزینه ایجاد می‌کند و حدود ۱۲٪ از کل انتشار CO_2 ناشی از اعمال بشر در سطح جهان را شامل می‌شود (لینج و همکاران، ۲۰۱۳). قطع غیر قانونی درختان با جنگ‌سالاری، تصاحب زمین‌ها و جنایات خشونت‌آمیز در ارتباط است (نوور[۱]، ۲۰۱۶). البته این مغایر مقررات کشوری نیز هست.

یک سیستم هشدار مبتنی بر ماهواره می‌تواند به‌عنوان یک سلاح قدرتمند در مبارزه با جنگل‌زدایی از طریق قطع درختان غیرقانونی مورد استفاده قرارگیرد. کمتر از هشت ساعت پس از اینکه سیستم تشخیص می‌دهد درختان در حال قطع شدن هستند، سیستم می‌تواند ایمیل‌هایی ارسال کند تا هشدار دهد که یک منطقه در معرض خطر است. این پاسخ سریع می‌تواند مدیران محیط زیستی را قادر سازد تا قطع‌کنندگان غیر قانونی درختان را پیش از این‌که به توده‌های بزرگی از جنگل هسیب برسانند، دستگیر کنند (پاپکین[۲]، ۲۰۱۶). روش‌های سنتی نظارت بر جنگل‌ها برای این‌که در برابر قطع غیرقانونی مفید باشند بسیار کند هستند، زیرا سرعت در این امر ضروری است.

نمونه‌هایی از پتانسیل مواد زیستی بعدی

نمونه‌های بسیاری می‌توانند پتانسیل مواد زیستی را نشان دهند. سه مورد انتخاب شده همگی ارزش اقتصادی و اجتماعی بالایی دارند، اما از نظر همگرایی زیست‌شناسی مهندسی و فناوری اطلاعات یا شیمی متفاوت‌اند.

۱ Nuwer
۲ Popkin

(کادر ۳-۶). کادر ۶-۳. مواد زیستی منتخب با ارزش اقتصادی و اجتماعی بالا

مهارکننده‌های آنزیم تبدیل آنژیوتانسین[۱]

کاپتوپریل[۲] نخستین مهارکننده آنزیم تبدیل آنژیوتانسین (ACE) بود. اثرات این مهارکننده بر مکانیزم‌های فشار خون شبیه به پپتایدهای کشف شده در چال مار[۳] برزیلی موسوم به بوتروپ جاراکا[۴] است (لادیک[۵] و همکاران، ۲۰۱۷). چال مار از مولکول‌های ACE استفاده می‌کند تا طعمه خود را از طریق افت سریع فشار خون تضعیف کند. این کشف نوید تغییرات اساسی را در روش درمان فشار خون بالا و نارسایی قلبی داد.

مهارکننده‌های ACE باعث نجات جان میلیون‌ها نفر شده‌اند. انتظار می‌رود بازار ACE که در سال ۲۰۱۵، ۱۱٫۷ میلیارد دلار ارزش داشت، تا سال ۲۰۲٤ به ۱۲٫٤٥ میلیارد دلار برسد. جستجو برای مهارکننده‌های ACE جدید به دلیل شیوع فشار خون بالا با افزایش سن جمعیت انسان‌ها ادامه دارد.

بعید به نظر می‌رسد که سود زیادی به ریشه ژنتیکی کشف اولیه بازگردد. هدف پروتکل ناگویا توزیع یکنواخت‌تر ارزش حاصل از اکتشافات ژنتیکی است. دسترسی و اتاق به اشتراک گذارنده مزایا (Cleans-House ABS)[٦] یک ابزار کلیدی برای نظارت بر استفاده از منابع ژنتیکی در طول زنجیره ارزش، از جمله از طریق مجوز شناخته شده و مورد قبول بین المللی است. فناوری بلاک‌چین به انجام این کار کمک می‌کند. این فناوری می‌تواند معاملات بین دو طرف را به‌طور اثربخش، قابل بازبینی و دائمی ثبت کند و به این ترتیب قابلیت ردیابی ایمن را فراهم کند. بلاک‌چین می‌تواند امنیت داده‌ها را نیز در آزمایشات بالینی فراهم کند.

گرافن[۷] و شیمی سبز

گرافن یک ماده کلیدی برای آینده است. این ماده هدایت الکتریکی بهتری نسبت به مس دارد و درنهایت راه خود را به بازار الکترونیک باز می‌کند. رسانایی الکتریکی و انعطاف‌پذیری مکانیکی به این معنی است که گرافن

۱ Angiotensin converting enzyme inhibitor
۲ Captopril
۳ pit viper
٤ Bothrops jararaca
٥ Mladic
٦ The Access and Benefit-sharing Clearing-House
۷ Graphene

کاربردهای بالقوه زیادی دارد. این کاربردها از دستگاه‌های ذخیره انرژی تا چراغ‌ها و نمایشگرها، پنل‌های خورشیدی، تایرها، قاب‌های دوچرخه و موارد مربوط به مد را شامل می‌شوند (مرتنز[۱]، ۲۰۱۸). به‌عنوان مثال، باتری‌های قابل تغییر شکل با قابلیت‌های انعطاف پذیری، قابلیت تا شدن و / یا کشش برای دستگاه‌های الکترونیکی پوشیدنی و قابل حمل ایده‌آل هستند (یه[۲] و همکاران، ۲۰۱۸). گرافن می‌تواند ماده منتخب برای باتری‌های قابل چاپ سه‌بعدی باشد. تخمین ارزش بازار گرافن پیچیده است زیرا هنوز نمی‌توان طیف وسیع کاربردهای آن را به‌طور کامل بررسی کرد. این کاربردها به دلیل هزینه‌های زیاد عمدتاً به برنامه‌های تحقیقاتی محدود می‌شود.

قیمت در سال ۲۰۱۵ حدود ۵۰۰ دلار به ازای هر گرم آن بود.

محافظ سربازان ساخته شده از ابریشم عنکبوت را آزمایش کرده است. یک نوع ایکولای از ابریشم عنکبوتی می‌تواند جایگزین کولار در کیسه‌های هوا شود، زیرا هم قوی و هم انعطاف‌پذیر است. در سال ۲۰۱۷، آدیداس[۳] از یک کفش ساخته شده از ابریشم عنکبوت با استفاده از الیاف بیوفولاد[۴] از AMSilk رونمایی کرد. گزارش شده این کفش‌ها که با نام Adidas Futurecraft Biofabric خوانده شدند، دارای زیست تخریب‌پذیر هستند و در کم‌تر از ۳۶ شاعت در حضور یک آنزیم تخریب می‌شوند. زیست‌شناسان به دلیل تنوع زیاد ابریشم و پروتئین‌های موجود در سنتز ابریشم عنکبوت به مطالعه آن جذب می‌شوند. حتی پس از ده‌ها سال تحقیق در مورد ابریشم عنکبوت گوی بافنده[۵]، دانش بشر در مورد تمام پروتئین‌های موجود در یک گونه گوی بافنده ناقص است و لازم به ذکر است که ده‌ها هزار گونه عنکبوت وجود دارد. به علاوه، طبیعت می‌تواند یک فرآیند تولید را معرفی کند: ژن‌هایی وجود دارند که پروتئین‌هایی را رمزگذاری می‌کنند که ابریشم مایع را به نخ ابریشمی جامد تبدیل می‌کنند. ژنوم‌شناسی[۶] جدیدترین ابزار برای پرده برداری از این پیچیدگی است.

زیست‌شناسان مهندسی به ابریشم عنکبوتی علاقه مند هستند، زیرا تعداد

۱ Mertens
۲ Ye
۳ Adidas
۴ Biosteel
۵ orb-weaver spider
۶ Genomics

زیادی ژن و پروتئین برای مطالعات تراریخته[1] وجود دارد. این امر بیان‌کننده امکان ایجاد ابریشم عنکبوتی متناسب با مواد و کاربردهای مختلف است. با این وجود، کار کردن با عنکبوت‌ها به‌عنوان کارخانه غیرعملی است. بیان ژن‌های ابریشم عنکبوتی در میکروارگانیسم‌ها با فرآیندهای تخمیر بعدی بسیار جذاب تر است. مسائل زیاد کشف نشده‌ای باقی می‌ماند. تنوع گسترده عنکبوت‌ها و ابریشم آن‌ها به استفاده از ابزارهای دیجیتالی برای سازماندهی دانش و همچنین تجزیه و تحلیل "انتخاب و مخلوط کردن" برای کاربردهای جدید مصرف‌کننده کمک می‌کند. بیان در میکروارگانیسم‌ها بسیار پیچیده است. برای کاهش چشمگیر زمان چرخه طراحی، ساخت و آزمون، استفاده از طراحی، نظارت و اتوماسیون به روش‌های دیجیتالی مورد نیاز خواهد بود.

پیامدهای سیاست

مواد زیست‌شناسی مهندسی با توجه به فناوری‌های پلتفرم برای حمایت از تحویل مواد، استانداردسازی، قابلیت همکاری و فناوری اطلاعات، پایداری و بخش دیجیتال برای سیاست‌گذاران پیامدهایی دارند. این بخش هرکدام از این پیامدها را شرح می‌دهد.

• فناوری‌های پلتفرمی برای پشتیبانی از تحویل مواد زیست‌شناسی مهندسی

یارانه تحقیق و توسعه باید بر روی دستیابی به تکرارپذیری فرآیندهای تولید محصولات زیستی متمرکز شود: طراحی پیش از رقابت برنامه‌های تحقیق و توسعه (برای ملاحظات در مقیاس آزمایشگاهی) و برنامه‌های اشتراکی بازار نزدیک می‌توانند اطمینان حاصل کنند که طرح‌های تحقیقاتی تنها در صورت موفقیت در بهبود تکرارپذیری موفق هستند. باید درمورد مسائل تحقیقاتی بازار نزدیک که کم‌تر مورد توجه قرار گرفته‌اند تحقیق شود. این مسائل شامل این موارد می‌شوند: پایداری در طراحی (مانند DARPA's BRICS)، تیتر، بازدهی و بهره‌وری، متغیرهای فرآیند زیستی مانند اثر تغییرپذیری محیط (مانند منابع مختلف ملاس)، گرادیان‌های داخلی مانند اکسیژن و واکنش‌های اکسایش / کاهش و تحمل تنش برشی که می‌تواند باعث تخریب سلول شود. با توجه به پیچیدگی‌های زیست شناسی، ترکیب ابزارهای دیجیتالی و بیولوژیکی بهترین روش برای کاهش زمان اکتشاف است.

[1] transgenic study

انواع فناوری‌های پلتفرمی: دولت‌ها باید از فناوری‌های بستر مورد نیاز (مانند بیوفوندری‌ها، شبکه‌های توزیع شده تحقیق و توسعه، پلتفرم‌های دیجیتالی سازماندهی داده و ذخیره داده‌های دیجیتالی / ژنتیکی) حمایت کنند. دلیل این مورد این است که ریسک‌های سرمایه‌گذاری برای بخش خصوصی بسیار بالاست و ممکن است الزامات مورد نیاز برای اقدام بخش خصوصی (به‌عنوان مثال یک مسیر مشخص به بازار) فراهم نباشد. این مورد فراتر از یارانه تحقیق و توسعه است. شکل‌های نوآورانه‌ای از همکاری دولتی - خصوصی ضروری هستند. این امر هر دو بازیگران دولتی و خصوصی را قادر می‌سازد تا دسترسی عادلانه به تجهیزات، خدمات و داده‌ها داشته باشند (به پیشنهادات زیر در مورد مالکیت معنوی و مجوزها مراجعه کنید).

همکاری‌های دانشگاهی / صنعتی / دولتی که می‌توانند این فناوری‌ها را پیاده‌سازی و نوآوری کنند: پیاده‌سازی‌ای که هم بازیگران دولتی و هم خصوصی را درگیر می‌کند می‌تواند شامل برنامه‌های اقدام ملی و نقشه راه باشد. به‌عنوان مثال، در بریتانیا، یک «شورای رهبری» تشکیل شده تا اطمینان حاصل شود که مهلت‌ها و نقاط عطف برای اجرای اقدامات اجرایی برآورده می‌شوند. این شورا به راحتی می‌تواند در سطح وزرا گزارش کند تا بتواند تمرکز و دیدگاه سیاسی مناسب را حفظ کند.

یک نیروی کار کاملا آموزش دیده بین رشته‌ای: برای مدت طولانی، علوم طبیعی به رشته‌هایی مانند میکروبیولوژی، بیوشیمی و زیست‌شناسی مولکولی تقسیم می‌شده است. تمرکز بیشتر بر روی حل مسئله با استفاده از مهارت‌های ارتباطی و بین رشته‌ای، از آموزش فارغ التحصیلان زیست شناسی‌ای که به دنبال شغل در بخش ساخت و تولید هستند، مناسب‌تر است (دلبک و فلیپ، ۲۰۱۸). در یک مسئله مرتبط، سیاست‌گذاران باید تعیین یک زبان و دید مشترک، اعم از محاسباتی و گفتاری را در اولویت قرار دهند. باید زیست‌شناسی مهندسی را با سایر رشته‌ها، به‌ویژه علم مواد، مهندسی اتوماسیون، شیمی، علوم و مهندسی کامپیوتر پیوند داد. هم شیمی و هم زیست‌شناسی از سطوح بالاتر دیجیتالی شدن بهره‌مند می‌شوند و هم افزایی بسیار مهم زیست‌شناسی مهندسی با شیمی سبز باید مورد توجه ویژه قرارگیرد.

• استانداردسازی، تعامل‌پذیری و مالکیت معنوی

استانداردسازی، تعامل‌پذیری و مالکیت معنوی: می‌توان سیاست‌های استانداردسازی و تعامل‌پذیری را در طول تاریخ صنعت میکروپروسسور[۱] و اخیرا در فناوری اطلاعات و ارتباطات دید. مباحث مربوط به زیست‌شناسی مهندسی مشابه است، اما زمینه مدرن برخی اختلافات را برجسته می‌کند. به‌طور خاص، سیاست‌گذاران باید برای برآوردن خواسته‌های جامعه علمی و لزوم محافظت کافی برای ایجاد انگیزه در سرمایه گذاری خصوصی، بحث مداوم در مورد دسترسی آزاد در مقابل حفاظت از مالکیت معنوی را با دقت بررسی کنند.

مباحث حقوقی به‌طور جدایی ناپذیری با استانداردهایی ارتباط دارند که تعامل‌پذیری محصول و فرآیند را امکان‌پذیر می‌کنند. ممکن است قوانینی مورد نیاز باشد که مجوزها با یا بدون حق امتیاز آزاد از حقوقی برخوردار باشند و براساس شرایطی که «عادلانه، منطقی و غیر تبعیض آمیز» هستند، یک سیستم در بخش فناوری اطلاعات و ارتباطات بطور گسترده مورد استفاده قرارگیرد (کونترراس، رای و تورانس[۲]، ۲۰۱۵). اگر اختراعات بر اساس استانداردها به دست آیند، چه قوانینی، شرایطی را که می‌توانند در اختیار جامعه قرار گیرند، تعیین می‌کنند. بهترین نتایج برای زیست‌شناسی مهندسی به احتمال زیاد با در نظر گرفتن همزمان استانداردهای فنی و مسائل مربوط به مالکیت معنوی با توجه به درس‌هایی که می‌توان از بخش فناوری اطلاعات و ارتباطات آموخت، حاصل خواهد شد.

استفاده از توافق‌های انتقال مواد (MTA)[۳] را می‌توان به‌عنوان مثالی از دشواری‌های بالقوه نام برد. MTAها مبنای چارچوب‌های قانونی‌ای هستند که متخصصان زیست‌فناوری در آن‌ها شروط و ضوابط اشتراک مواد زیستی را تعریف می‌کنند. با این حال، مقررات قانونی MTA پیش از به کار گیری گسترده اینترنت، زیست‌شناسی مهندسی، توالی ژنوم و سنتز ژن استفاده می‌شدند. به همین ترتیب، این توافق‌ها می‌توانند محدودیت‌هایی را در توزیع مجدد و استفاده تجاری از مواد زیستی اعمال کنند. علاوه بر این، آن‌ها با تغییر در اهداف اجتماعی علوم هماهنگ نیستند.

---

۱ microprocessor
۲ Contreras, Rai and Torrance
۳ Materials Transfer Agreement

برای حل این مشکل، کال[1] و همکاران (۲۰۱۸) یک مدل جدید پیشنهاد کردند: توافق انتقال مواد باز (OMTA)[2]. این مدل محدودیت‌ها را کاهش می‌دهد و از به کارگیری گسترده در سیستم‌های اجرایی خودکار و نیمه خودکار پشتیبانی می‌کند. بسترهای دیجیتال مزایای متنوعی دارند. ادغام OMTA در بسترهای الکترونیکی می‌تواند گزینه‌های محدودکننده کم‌تری را برای به اشتراک گذاشتن مواد زیستی در حد مناسب فعال کند. دفاتر انتقال فناوری همچنان می‌توانند چنین انتقال‌هایی را بررسی و تایید کنند، اما ارتباطات الکترونیکی می‌تواند جایگزین کاغذبازی و مذاکرات حضوری شوند. چنین زیرساخت‌های الکترونیکی می‌توانند ردیابی منشا را نیز که ارائه دهند، که می‌تواند برای پایداری مورد توجه قرارگیرد.

پایداری

تولید و مدیریت پایدار مواد: نقش‌هایی برای فناوری دیجیتال در سنجش پایداری وجود دارد. استانداردهای پایداری باید به‌طور کلی در اقتصاد زیستی و به‌طور خاص در زیست‌شناسی مهندسی و تولیدات زیستی مورد توجه جدی قرار گیرند. مباحثی از قبیل حفظ منشا مواد اولیه با استفاده از فناوری بلاک‌چین قابل بررسی است. پروتکل‌های خودکار و دیجیتالی شده برای ارزیابی پایداری می‌توانند بار مالی را بر شرکت‌های کوچک که باید پایداری محصولات و فرآیندهای خود را ثابت کنند، کاهش دهد. به‌عنوان مثال، می‌توان کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای مربوط به محصولات و صرفه‌جویی انرژی فسیلی اولیه فرآیندهای تولید را با هزینه‌های همتایان فسیلی مقایسه کرد.

• امنیت دیجیتال

امنیت دیجیتال: امنیت دیجیتال: ارائه خدمات شخصی، چه به صورت عمومی و چه خصوصی، می‌توانند در راستای توسعه روش‌ها و پروتکل‌های لازم برای کارکنان نهاد ارائه دهنده خدمت یا ارائه دهندگان خدمات غیر به کار گرفته شوند (مارچ و همکاران، ۲۰۱۸). این امر کاربرد ویژه‌ای در مشارکت‌های دولتی - خصوصی دارد، زیرا سازمان‌های تحقیقاتی دولتی تعاملی و در عین حال«قابل نفوذ[3]» هستند.

---

۱ Kahl
۲ Open Materials Transfer Agreement
۳ Leaky

دولت‌ها می‌توانند با ارائه برخی محافظت‌ها در مقابل نهادهای قانونی، افشای عمومی و نگرانی‌های ضد انحصار و همچنین حفظ حریم خصوصی و آزادی‌های مدنی، اشتراک اطلاعات به موقع در هنگام تهدید سایبری را تشویق کنند. جرایم سایبری باید با جدیت تحت پیگرد قانونی قرار گیرند. مجرمان باید در مقابل آسیب به سیستم عامل‌ها، سرقت IP و اسرار تجاری یا به دست آوردن غیرقانونی اطلاعات شخصی برای منافع مالی مسئول شناخته شوند.

دولت‌ها می‌توانند همکاری و ایجاد آگاهی امنیت دیجیتال را تشویق کنند. یک مثال می‌تواند تشویق بازیگران بخش دولتی به اجرای شبیه‌سازی‌های حملات سایبری و اشتراک درس‌های آموخته شده باشد. تلاش‌ها برای تقویت امنیت سایبری باید از طریق، به‌عنوان مثال، استانداردهای داوطلبانه، مقررات، برنامه‌های صنعت و چارچوب‌های تبادل اطلاعات شناخته شوند.

نتیجه‌گیری

در این فصل سعی شده است تا نیازهای مرتبط با دیجیتالی‌سازی مورد توجه سیاست‌گذاران قرارگیرد. این کار با آموزش آغاز می‌شود. در کوتاه مدت، لازم است زیست‌شناسی مهندسی به موفقیت‌هایی دست یابد. برای سیاست‌گذار دولتی، چیزی بهتر از داستان‌های موفقیتی که نشان دهد پول مالیات‌دهندگان عاقلانه خرج می‌شود، وجود ندارد. اما سیاست همچنین باید به بخش خصوصی اطمینان دهد که دولت‌ها می‌دانند که عصر تولید زیستی فرا رسیده است

با توجه به مبانی پیش‌بینی شده در دهه‌های گذشته، زیست‌شناسی در این دهه بصورت کاملا ناگهانی خود را در دوره‌ای غنی از داده‌ها می یابد. بدون شک این روند ادامه می‌یابد و پیامدهایی در زیست‌فناوری و زیست‌شناسی مهندسی نوظهور خواهد داشت. در واقع صدها استارت‌آپ در زمینه زیست‌شناسی مهندسی (مصنوعی) در حال دریافت سرمایه هستند. با این وجود، زیست‌شناسی مهندسی برای اینکه به‌عنوان یک رشته ساخت و تولیدی واجد شرایط باشد، نیاز به رشد زیادی در تدقیق از طریق روش‌های کمی دارد. برخی راه‌کارها می‌توانند از خود زیست‌شناسی حاصل شوند، اما مانند بسیاری از تولیدات مدرن، هماهنگی بیشتر با اتوماسیون نیز مورد نیاز است.

یادداشت‌ها

۱ ارزیابی روندهای تعیین توالی DNA و هزینه های سنتز در Bioeconomy Dashboard در دسترس هستند:

www.bioeconomycapital.com/bioeconomy-dashboard/.

۲ پروتکل ناگویا در مورد دسترسی به منابع ژنتیکی و به اشتراک‌گذاری عادلانه و منصفانه مزایای ناشی از استفاده آن‌ها از کنوانسیون تنوع زیستی، یک توافق نامه بین المللی است که با هدف به اشتراک‌گذاری مزایای ناشی از استفاده از منابع ژنتیکی به روشی منصفانه و عادلانه انجام می‌شود.

۳ به داده‌های فراهم شده توسط سازمان صادرات نفتی کشورها مراجعه کنید:

www.opec.org/opec_web/en/data_graphs/330. htm

منابع

Appleton, E. et al. (2017), “Design automation in synthetic biology”, Cold Spring Harbor Perspectives in
Biology 9, Cold Spring Laboratory Press, United States, https://doi.org/10.1101/cshperspect.a023978.

Arbonaut (n.d.), Arbonaut website, www.arbonaut.com/en (accessed 17 June 2019).

Asner, G.P. (2009), “Tropical forest carbon assessment: Integrating satellite and airborne mapping
approaches”, Environmental Research Letters, Vol. 4/3, IOP Publishing, Bristol, https://doi.org/10.1088/1748-9326/4/3/034009.

Babb, P.L. et al. (2017), “The Nephila clavipes genome highlights the diversity of spider silk genes and
their complex expression”, Nature Genetics, Vol. 49, Nature Research, Springer, pp. 895-903.

Baker, M. (2016), “Is there a reproducibility crisis?”, Nature¸ Nature Research, Springer, Vol. 533,
pp. 452-454.

Beal, J. et al. (2016), “Reproducibility of fluorescent expression from engineered biological constructs in
E. coli”, PLOS One, Vol. 11/3, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States
of America, e0150182, https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150182.

Burgard, A. et al. (2016), “Development of a commercial scale process for production of 1,4-butanediol
from sugar”, Current Opinion in Biotechnology, Vol. 42, Elsevier, Amsterdam, pp. 118-125.

Carlson, R. (2018), “Building the bioeconomy”, presentation at the second global bioeconomy summit,
Berlin, 19-20 April, https://gbs2018.com/fileadmin/gbs2018/Downloads/GBS_2018_ConferenceBrochure_web.pdf.

Casini, A. et al. (2018), “A pressure test to make 10 molecules in 90 days: External evaluation of
methods to engineer biology”, Journal of the American Chemical Society, Vol. 140/12, American

Chemical Society, Washington, DC, pp. 4302-4316.
Contreras, J.L., A.K. Rai and A.W. Torrance (2015), “Intellectual property issues and synthetic biology
standards”, Nature Biotechnology, Vol. 33, Nature Research, Springer, pp. 24-25.
Crowther, T.W. et al. (2015), “Mapping tree density at a global scale”, Nature, Vol. 525, Nature Research, Springer, pp. 201-205.
Delebecque, C.J. and J. Philp (2018), “Education and training for industrial biotechnology and
engineering biology”, Engineering Biology, Vol. 3/1, Institution of Engineering and Technology,
Stevenage, United Kingdom, pp. 6-11, https://doi.org/10.1049/iet-enb.2018.0001.
Densmore, D. (2012), “Bio-design automation: Nobody said it would be easy”, ACS Synthetic Biology,
Vol. 1/8, American Chemical Society, Washington, DC, pp. 296-296.
EBP (n.d.), Earth Biogenome Project website, www.earthbiogenome.org/ (accessed 17 June 2019).
EGF (n.d.), Edinburgh Genome Foundry website, www.genomefoundry.org/ (accessed 17 June 2019).
Extance, A. (2016), “How DNA could store all the world’s data”, Nature, Vol. 537, Nature Research,
Springer, pp. 22-24.
Fong, S.S. (2014), “Computational approaches to metabolic engineering utilizing systems biology and
synthetic biology”, Computational and Structural Biotechnology Journal, Vol. 11/18, Elsevier, Amsterdam, pp. 28-34.
Gerbaud, V. et al. (2017), “Computer-aided framework for designing bio-based commodity molecules with
enhanced properties”, Chemical Engineering Science, Vol. 159, Elsevier, Amsterdam, pp. 177-193.
Hadadi, N. et al. (2016), “ATLAS of biochemistry: A repository of all possible biochemical reactions for
synthetic biology and metabolic engineering studies”, ACS Synthetic Biology, Vol. 5/10, American
Chemical Society, Washington, DC, pp. 1155-1166, https://doi.org/10.1021/acssynbio.6b00054
Harder, B-J., K. Bettenbrock and S. Klamt (2016), “Model-based metabolic engineering enables high
yield itaconic acid production by Escherichia coli”, Metabolic Engineering, Vol. 38, Elsevier,
Amsterdam, pp. 29-37.
Hayden, E.C. (2015), “Synthetic biology called to order. Meeting launches effort to develop standards for
fast-moving field”, Nature, Vol. 520, Nature Research, Springer, pp. 141-142.
Hetemäki, L. (ed.) (2014), Future of the European Forest-based Sector, European Forest Institute,
Barcelona.
Holmgren, P. and L.-G. Marklund (2007), “National forest monitoring systems – purposes, options and

status” in P.H. Freer-Smith, M.S.J. Broadmeadow and J.M. Lynch (eds.), Forestry & Climate Change,
CAB International, Wallingford, United Kingdom.
Hong, K.K. and J. Nielsen (2012), “Metabolic engineering of Saccharomyces cerevisiae: A key cell
factory platform for future biorefineries”, Cellular and Molecular Life Sciences Vol. 69/16, SpringerScience and Business Media, pp. 2671-2690.
Iansiti, M. and K.R. Lakhani (2017), “The truth about blockchain”, Harvard Business Review, JanuaryFebruary, pp. 118-127.
Il Bioeconomista (10 June 2015), “Synbio start-ups need an average of 7.4 years to launch first chemical
product”, Bioeconomy News, Politics and Business blog,
http://ilbioeconomista.com/2015/06/10/synbio-start-ups-need-an-average-of-7-4-years-to-launch-firstchemical-product/.
Kahl, L. et al. (2018), “Opening options for material transfer”, Nature Biotechnology, Vol. 36, Nature
Research, Springer, pp. 923-927.
Karig, D.K. (2017), “Cell-free synthetic biology for environmental sensing and remediation”, Current
Opinion in Biotechnology, Vol. 45, Elsevier, Amsterdam, pp. 69-75.
Kim, J. et al. (2016), “Properties of alternative microbial hosts used in synthetic biology: Towards the design
of a modular chassis”, Essays in Biochemistry, Vol. 60/4, Biochemical Society, London, pp. 303-313.
Kitney, R. et al. (2019), “Enabling the advanced bioeconomy through public policy supporting biofoundries
and engineering biology”, Trends in Biotechnology, September, Vol. 37, Issue 9, pp. 917-920,
https://www.sciencedirect.com/journal/trends-in-biotechnology/vol/37/issue/9.
KPMG (2018), “Digitalization in life sciences”, KPMG International, No. 135128-G, KPMG, Zug, Switzerland.
Kwok, R. (2010), “Five hard truths for synthetic biology”, Nature, Vol. 463, Nature Research, Springer,
pp. 288-290.
Kyle, S. (2018), “3D printing of bacteria: The next frontier in biofabrication”, Trends in Biotechnology,
Vol. 36/4, Elsevier, Amsterdam, pp. 340-341.
Langeveld, J.W.A., K.P.H. Meesters and M.S. Breure (2016), “The bio-based economy and the bioeconomy
in the Netherlands”, Biomass Research Report, Vol. 1601/59015257, Biomass Research, Wageningen.
Lee, S.Y. and H.U. Kim (2015), “Systems strategies for developing industrial microbial strains”, Nature
Biotechnology, Vol. 33, Nature Research, Springer, pp. 1061-1072.
Le Feuvre, R.A. and N.S. Scrutton (2018), “A living foundry for synthetic biological materials: A synthetic
biology roadmap to new advanced materials”, Synthetic and Systems Biotechnology, Vol. 3/2, ScienceDirect, pp. 105-112.

Lewin, H.A. et al. (2018), “Earth BioGenome Project: Sequencing life for the future of life”, PNAS,
Vol. 115/7, National Academy of Sciences, Washington, DC, pp. 4325-4333.
Liu, F., Y. Chen and J. Gao (2017), “Preparation and characterization of biobased graphene from kraft
lignin”, BioResources, Vol. 12/3, North Carolina State University, Raleigh, pp. 6545-6557.
Lu, Y. (2017), “Cell-free synthetic biology: Engineering in an open world”, Synthetic and Systems
Biotechnology, Vol. 2/1, ScienceDirect, pp. 23-27.
Lynch, J. et al. (2013), “Choose satellites to monitor deforestation”, Nature, Vol. 496, Nature Research,
Springer, pp. 293-294.
Maiti, S. et al. (2016), “Agro-industrial wastes as feedstock for sustainable bio-production of butanol by
Clostridium beijerinckii”, Food and Bioproducts Processing, Vol. 98, Elsevier, Amsterdam, pp. 217-226.
Makarova, A.S. et al. (2017), “Green chemistry for the optimum technology of biological conversion of
vegetable waste”, Sustainable Production and Consumption, Vol. 10, Elsevier, Amsterdam, pp. 66-73.
McClymont, D.W. and P.S. Freemont (2017), “With all due respect to Maholo, lab automation isn’t
anthropomorphic”, Nature Biotechnology, Vol. 35, Nature Research, Springer, pp. 312-314.
Mertens, R. (2018), The Graphene Handbook, Lulu.com.
MEAE (2017), “Wood-based bioeconomy solving global challenges”, Ministry of Economic Affairs and
Employment of Finland, Helsinki.
MISTRA (2017), “Bioeconomy and digitalisation”, The Swedish Foundation for Strategic Environmental
Research, Stockholm.
MIT-Broad Foundry (n.d.), MIT-Broad Foundry website, http://web.mit.edu/foundry/ (accessed 17 June 2019).
Mitchell, A.L., A. Rosenqvist and B. Mora (2017), “Current remote sensing approaches to monitoring
forest degradation in support of countries measurement, reporting and verification (MRV) systems for
REDD+”, Carbon Balance and Management, Vol. 12/9, Springer Nature,
https://doi.org/10.1186/s13021-017-0078-9.
Mladic, M. et al. (2017), “Rapid screening and identification of ACE inhibitors in snake venoms using atline nanofractionation LC-MS”, Analytical and Bioanalytical Chemistry, Vol. 409/25, Springer Journal,
pp. 5987-5997.
Murch, R.S. et al. (2018), “Cyberbiosecurity: An emerging new discipline to help safeguard the
bioeconomy”, Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, Vol. 6/39, Frontiers, Lausanne,
https://doi.org/10.3389/fbioe.2018.00039.

Murphy, S.V. and A. Atala (2014), “3D bioprinting of tissues and organs”, Nature Biotechnology, Vol. 32,
Nature Research, Springer, pp. 773-785.
Norme Française (2008), “Mécatronique.Vocabulaire”, NF E 01-010.
Nuwer, R. (2016), “Illegal logging has become more violent than ever”, National Geographic, 3 February.
OECD (2015), Biosafety and the Environmental Uses of Micro-Organisms: Conference Proceedings,
Harmonisation of Regulatory Oversight in Biotechnology, OECD Publishing, Paris,
https://doi.org/10.1787/9789264213562-en.
OECD (2014), Emerging Policy Issues in Synthetic Biology, OECD Publishing, Paris,
https://doi.org/10.1787/9789264208421-en.
OECD (2009), The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda, OECD Publishing, Paris,
https://doi.org/10.1787/9789264056886-en.
Ogunnaike, T. (2016), “Can DNA hard drives solve our looming data storage crisis”, Singularity Hub,
21 October, https://singularityhub.com/2016/10/21/can-dna-hard-drives-solve-our-looming-datastorage-crisis/#sm.001skz7or17zxe3wv9f13vv6jcy8k.
Philp, J.C., R.J. Ritchie and J.E.M. Allan (2013), “Biobased chemicals: The convergence of green chemistry
with industrial biotechnology”, Trends in Biotechnology, Vol. 31/4, Elsevier, Amsterdam, pp. 219-222.
Philp, J. and D.E. Winickoff (2018), “Realising the circular bioeconomy”, OECD Science, Technology and
Industry Policy Papers, No. 60, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/31bb2345-en.
Popkin, G. (2016), “Satellite alerts track deforestation in real time”, Nature, Vol. 530, Nature Research,
Springer, pp. 392-393.
Quaglia, D. (20 February 2017), “Antha: A platform for engineering biology”, PLOS Synbio Community
blog, https://blogs.plos.org/synbio/2017/02/20/antha-a-platform-for-engineering-biology
Rodrigo, G. and A. Jaramillo (2013), “AutoBioCAD: Full biodesign automation of genetic circuits”, ACS
Synthetic Biology, Vol. 2/5, American Chemical Society, Washington, DC, pp. 230-236.
Rogers, J.K. and G.M. Church (2016), “Multiplexed engineering in biology”, Trends in Biotechnology,
Vol. 34/3, Elsevier, Amsterdam, pp. 198-206.
Rogers, J.K. et al. (2015), “Synthetic biosensors for precise gene control and real-time monitoring of
metabolites”, Nucleic Acids Research, Vol. 43/15, Oxford University Press, pp. 7648-7660.
Sadowski, M.I., C. Grant and T.S. Fell (2016), “Harnessing QbD, programming languages, and automation
for reproducible biology”, Trends in Biotechnology, Vol. 34/3, Elsevier, Amsterdam, pp. 214-227.
Seo, D.H. et al. (2017). “Single-step ambient-air synthesis of graphene from renewable precursors as
electrochemical genosensor”, Nature Communications, Vol. 8/14217, Nature Research,

Springer,
https://doi.org/10.1038/ncomms14217.
Service, R.F. (2017), “DNA could store all of the world›s data in one room”, Science, 2 March, https://doi.org/10.1126/science.aal0852.
Shipman, S.L. et al. (2017), “CRISPR-Cas encoding of a digital movie into the genomes of a population
of living bacteria”, Nature, Vol. 547, Nature Research, Springer, pp. 345-349.
Srai, J.S. et al. (2016), “Distributed manufacturing: Scope, challenges and opportunities”, International
Journal of Production Research, Vol. 54/23, Taylor & Francis Online, pp. 6917-6935.
The Economist (2018), “Robotic labs for high-speed genetic research are on the rise. The design of
synthetic lifeforms could become a new industry”, The Economist, 1 March.
Tung, L. (2018), “Microsoft›s DNA storage breakthrough could pave way for exabyte drives”, ZD Net, 21 February,
www.zdnet.com/article/microsofts-dna-storage-breakthrough-could-pave-way-for-exabyte-drives/.
Van Dien, S. (2013), “From the first drop to the first truckload: Commercialization of microbial processes for
renewable chemicals”, Current Opinion in Biotechnology, Vol. 24/6, Elsevier, Amsterdam, pp. 1061-1068.
Wang, B.L. (2014), “Microfluidic high-throughput culturing of single cells for selection based on
extracellular metabolite production or consumption”, Nature Biotechnology, Vol. 32/5, Nature Research, Springer, pp. 473-478.
World Economic Forum (2018), “Harnessing the fourth industrial revolution for life on land”, World
Economic Forum, Geneva.
Wurtzel, E.T. and T.M. Kutchan (2016), “Plant metabolism, the diverse chemistry set of the future”, Science,
Vol. 353/6305, American Association for the Advancement of Science, Washington, DC, pp. 1232-1236.
Xiao, Y. et al. (2016), “Exploiting nongenetic cell-to-cell variation for enhanced biosynthesis”, Nature
Chemical Biology, Vol. 12, pp. 339-344.
Ye, M. et al. (2018), “Graphene platforms for smart energy generation and storage”, Joule, Vol. 2/2,
Elsevier, Amsterdam, pp. 245-268.
Zawada, J.F. et al. (2011), “Microscale to manufacturing scale-up of cell-free cytokine production: A new
approach for shortening protein production development timelines”, Biotechnology and Bioengineering,
Vol. 108/7, Wiley Online Library, pp. 1570-1578.
Zhirnov, V. et al. (2016), “Nucleic acid memory”, Nature Materials, Vol. 15, Nature Research, Springer,

pp. 366-370.

فصل ۷ دیجیتالی شدن علم و سیاست نوآوری

این فصل بر اساس پروژه کمیته سیاست‌های علمی و فناوری OECD و پژوهش آن در مورد سیاست‌های علوم و نوآوری دیجیتال[۱] (DSIP) و چالش‌های پیش روی آن است. طرح‌های DSIP به جذب یا پیاده‌سازی از طریق مدیریت رویه‌ها و زیرساخت‌های جدید یا قبلی با تکیه بر استفاده گسترده از فناوری‌های دیجیتال و منابع داده برای پشتیبانی از تدوین و تحویل سیاست‌های علم و نوآوری اشاره دارد. این فصل به طور ویژه به سه موضوع می‌پردازد. نخست، لزوم اطمینان از تعامل‌پذیری که در آن مجموعه داده‌هایی را بررسی می‌کند که امکان اتصال و تحلیلشان به منظور کمک به سیاست‌گذاری وجود دارد. دوم، به جلوگیری از سوءاستفاده‌های احتمالی از سیستم‌های DSIP در شیوه‌های ارزیابی تحقیق می‌پردازد. سوم، مدیریت نقش بازیگران غیردولتی، بویژه بخش خصوصی، در توسعه و بهره برداری از مؤلفه‌ها و خدمات زیربنایی DSIP را مورد بررسی قرار می‌دهد.

۱ Digital Science and Innovation Policy

مقدمه

از آن‌جا که تحقیقات و نوآوری‌های علمی به طور فزاینده‌ای یک «رد پای» دیجیتالی برجای می‌گذارند، مجموعه داده‌ها روز به روز بزرگ‌تر و پیچیده‌تر می‌شوند و با سرعت بالاتری در دسترس قرار می‌گیرند. در عین حال، پیشرفت‌های فناوری - مثلا در یادگیری ماشین (ML) و پردازش زبان طبیعی - فرصت‌های تحلیلی جدیدی را ایجاد می‌کنند. سیاست علم، فناوری و نوآوری (STI) می‌تواند از این پویایی‌ها بهره ببرد (بخش ۱-۷). این سیاست‌ها می‌توانند از قدرت دیجیتالی شدن برای پیوند و تجزیه و تحلیل مجموعه داده‌هایی که حوزه‌های مختلف فعالیت و تأثیرگذاری سیاست را پوشش می‌دهند، استفاده کنند. برای مثال، در حال حاضر پیشگامان استفاده از فناوری‌های معنایی[۱] برای پیوند مجموعه داده‌ها، هوش مصنوعی به منظور پشتیبانی از تحلیل کلان‌داده‌ها و با تجسم تعاملی[۲] و سیستم‌های اطلاعاتی برای ترویج استفاده از داده‌ها در فرایند سیاست را مورد آزمایش قرار می‌دهند.

کادر ۱-۷. یک مرور کوتاه بر پروژه سیاست علوم و فناوری دیجیتال OECD

طی سال‌های ۲۰۱۷ و ۲۰۱۸، OECD نقشه چشم انداز اقدامات مبتکرانه در زمینه سیاست‌های علوم و نوآوری دیجیتال (DSIP) را در کشورهای OECD و اقتصادهای همکار[۳] ترسیم کرد. پروژه سیاست علوم و فناوری دیجیتال OECD با هدف کمک به سیاست‌گذاران و محققان برای ارزیابی پتانسیل تحول‌آمیز و مشکلات بالقوه استفاده از ابزارها و منابع دیجیتالی در سیاست‌گذاری علوم و نوآوری ایجاد شد. این پروژه همچنین در صدد تسهیل یادگیری بین کشورهایی است که در حال برنامه‌ریزی، توسعه یا استفاده از سیستم‌های DSIP هستند. این پروژه با نظارت کمیته علمی و فناوری OECD (CSTP)[۴] و کارگروه متخصصان ملی شاخص‌های علوم و فناوری اجرا شد.

این پروژه شامل بررسی طرح‌های DSIP است که شواهد زیادی را که در این فصل استفاده می‌شود ارائه می‌دهد. این بررسی سه عنصر داشت:

۱ Semantic technologies
۲ Interactive visualisation
۳ Partner economics
۴ Committee for Scientific and Technological Policy

- نمایندگان CSTP، ٦١ طرح DSIP را در کشورهای خود در یک سطح پایه‌ای شناسایی و مشخص کردند.
- از میان این ٦١ اقدام، ٣٩ مدیر اجرایی DSIP پرسشنامه‌ای را تکمیل کردند که جزئیات بیشتری در مورد مشخصات سیستم‌های آن‌ها، از جمله داده‌هایی که استفاده می‌کنند، روش اتصال داده‌ها و چالش‌های اصلی که با آن‌ها روبرو می‌شوند، ارائه می‌داد.
- دبیرخانه OECD برای درک بهتر ریشه‌ها و پویایی‌های سیستم‌های خود، ٢٠ مصاحبه را در ادامه با مدیران اجرایی DSIP انجام داد.

دبیرخانه OECD مصاحبه‌های بیشتری را با رهبران سازمان‌های غیرانتفاعی مانند سازمان شناسه باز پژوهشگر و مشارکت‌گر (OpenCID) و یا فرم اطلاعات مشترک تحقیقات اروپایی انجام داد. همچنین با مدیران ارشد ارائه دهندگان راه حل‌های DSIP سازمانی، از جمله مایکروسافت و الزویر ملاقات کرد. همچنین این پروژه یک مطالعه موردی در مورد DSIP نروژ را در بر می‌گیرد که در بخش ٤-٧ توضیح داده خواهد شد.

سیاست علوم و نوآوری دیجیتال چیست؟

شکل ٧،١ یک نمای مفهومی از اقدامات مبتکرانه DSIP و مؤلفه‌های اصلی آن را نشان می‌دهد. همه این عناصر به شیوه‌های خاص در سطح ملی تعامل دارند و تاریخچه و مجموعه‌های نهادی هر کشور را منعکس می‌کنند. عناصر اصلی منابع داده‌های ورودی مختلفی را دربر می‌گیرند. این عناصر به چرخه داده‌ای تجهیز شده به استانداردهای تعامل‌پذیری، از جمله شناسه‌های منحصر به فرد، پایدار و فراگیر (UPPI)[١] وارد می‌شوند. سیستم‌های DSIP می‌توانند تعدادی تابع را اجرا کنند و اغلب توسط ترکیبی از کاربران استفاده می‌شوند. در بخش ٢-٧ چند نمونه از طرح‌های DSIP از سراسر جهان بیان شده است.

١ Unique, Persistent and Pervasive Identifiers

عملکردها و بیانیه مأموریت

افزایش اثرات بودجه عمومی تحقیقات بنیادین را بر روی فعالیت‌های اقتصادی ـ اجتماعی، بهبود جریان کاری و کاهش بوروکراسی، بهبود ارزیابی و پایش سیاست علم، فناوری و نوآوری، بهبود تصمیم‌گیری مبتنی بر شواهد، حمایت از پیش‌بینی هوشمند

کاربران DSIP

آژانس‌های دولتی، بودجه عمومی، مؤسسات تحصیلات تکمیلی، مؤسسات تحقیقاتی، شرکت‌ها، جامعه مدنی، محققین

منابع داده

پایگاه داده‌های دولتی
دپارتمان‌های دولتی، نهادهای مالیاتی، دفاتر آمار ملی، بودجه‌های عمومی، مراکز داده ملی، دفاتر ثبت اختراع

شرکت‌ها و سازمان‌های غیرانتفاعی
پایگاه داده‌های بیبلوگرافیک/نوآوری

دانشگاه‌ها وPRI ها
سیستم‌های اطلاعات تحقیقات موجود، منابع نهادی، سیستم‌های منابع انسانی

وب
سازمان‌های تحقیق و توسعه، شبکه های اجتماعی، پایگاه داده‌های تحقیقاتی و نوآوری، دانش‌بنیان، سایت‌های مشاغل

DSIP: سیاست‌های علوم و نوآوری دیجیتال، STI: علوم، فناوری و نوآوری، HEI: موسسات آموزش عالی، PRI: نهادهای تحقیقاتی دولتی، API: رابط برنامه کاربردی، UPPI: شناسه‌های منحصر به فرد، پایدار و فراگیر، HR: منابع انسانی، R&D: تحقیق و توسعه.

داده‌ها عمدتاً از ترکیبی از منابع داده‌های دولتی[۱] در آژانس‌های سرمایه‌گذاری (مانند پایگاه داده‌های گرنت‌های اعطایی) و سازمان‌هایی که تحقیق، توسعه و نوآوری (RD&I)[۲] را اجرا می‌کنند گرفته شده‌اند. این موارد شامل سیستم‌های فعلی اطلاعات تحقیق[۳] (CRIS) در دانشگاه‌ها، کتاب‌سنجی‌ها و مجموعه داده‌های ثبت اختراع می‌شود. برخی از سیستم‌های DSIP از دل همین مجموعه داده‌ها بیرون آمده‌اند. این سیستم‌ها از طریق ادغام با پلتفرم‌های خارجی یا توسعه خدمات مکمل، به زیرساخت‌هایی تبدیل شده‌اند که می‌توانند تجزیه و تحلیل داده‌های جامع را در مورد فعالیت‌های تحقیق و نوآوری ارائه دهند. بقیه سیستم‌ها از پایه به وجود آمده‌اند. چندین سیستم DSIP برای ایجاد یک تصویر از بروز و تأثیر فعالیت‌های علمی و نوآوری، داده‌ها را از وب استخراج می‌کنند. منابع وب شامل وب‌سایت‌های شرکت‌ها و رسانه‌های اجتماعی می‌شود ولی محدود به این‌ها نیست.

زیرساخت‌های DSIP می‌توانند دامنه، تنوع، قابلیت تایید، ارتباط پذیری، انعطاف پذیری و به موقع بودن تحلیل سیاست‌ها را افزایش دهند. آن‌ها می‌توانند منجر به توسعه شاخص‌های جدید STI (باوؤر و سوردم[۴]، ۲۰۱۶)، ارزیابی شکاف‌های نوآوری (کونگ[۵] و همکاران، ۲۰۱۷)، تقویت بینش فناوری (کایسر و بلیند[۶]، ۲۰۱۷) و شناسایی کارشناسان و سازمان‌های پیشرو (شاپیرا و یوتی[۷]، ۲۰۰۶؛ جانسون، فرنهولز و فوسکی[۸]، ۲۰۱۶؛ گیبسون[۹] و همکاران، ۲۰۱۸) شوند. علاوه بر این، در برخی از کشورها، محققان و سیاست‌گذاران شروع به آزمایش با پردازش زبان طبیعی و یادگیری ماشین کرده‌اند. آن‌ها از این ابزار به

۱ Administrative Data
۲ Research, Development and Innovation
۳ Current Research Information Systems
۴ Bauer and Suerdem
۵ Kong
۶ Kayser and Blind
۷ Shapira and Youtie
۸ Johnson, Fernholz and Fosci
۹ Gibson

منظور پایش موضوعات تحقیقاتی و فناوری‌ها (ولفرام[۱]، ۲۰۱۶؛ متئوس گارسیا[۲]، ۶ آوریل ۲۰۱۷) و پشتیبانی از تصمیمات و سرمایه‌گذاری‌های تحقیق، توسعه و نوآوری (RD&I) استفاده می‌کنند (یون و کیم[۳]، ۲۰۱۲؛ پارک[۴]، ۲۰۱۳). در کادر ۳-۷ محدوده اهداف تعیین شده برای اقدامات DSIP تشریح شده است.

کادر ۲-۷. مثال‌هایی از سیستم‌های DSIP که توسط مطالعه OECD پوشش داده شده

مجموعه داده‌هایی از سرمایه‌گذاران دولتی

در بلژیک، وزارت اقتصاد، علم و صنعت فلاندرزی[۵] با همکاری ارائه‌دهندگان داده و فعالان حوزه فناوری اطلاعات، فضای اطلاعات تحقیقاتی فلاندرز[۶] (FRIS) را در سال ۲۰۱۱ توسعه داد. این فضا با هدف سرعت بخشیدن به نوآوری، پشتیبانی از سیاست‌گذاری علوم و سیاست‌های نوآوری، به اشتراک گذاری اطلاعات در مورد تحقیقات با بودجه عمومی با شهروندان و کاهش بار اداری گزارش تحقیقات ایجاد شده است. FRIS تنها پنجره در تحقیقات به زبان فلاندرزی است. بنگاه‌های دولتی می‌توانند از این فضا به روش‌های مختلفی استفاده کنند. نخست ابزاری برای بهبود آگاهی از برنامه‌های بودجه تحقیقات است. دوم، یک منبع برای تجزیه و تحلیل های عمیق از روندهای علمی و فناوری و توسعه شاخص‌های آماری در STI است.

در برزیل، شورای ملی توسعه علمی و فناوری[۷]، پلت فرم لاتس[۸] را با حمایت وزارت علوم و فناوری، وزارت آموزش و پرورش و نهاد دولتی «هماهنگی برای پیشرفت پرسنل سطح بالا»، تأسیس کرد. این پلتفرم از طراحی و تدوین سیاست، مدیریت برنامه‌های بودجه تحقیق و برنامه‌ریزی استراتژیک پشتیبانی می‌کند. این پلتفرم بر پایه یکپارچه‌سازی انواع منابع دیجیتال نهادهای دولتی برزیل و موسسات آموزش عالی (HEI) است. پلتفرم لاتس گذشته از تصویرسازی مجموعه داده‌های STI برزیلی، طراحی راه‌حل‌های

۱ Wolfram
۲ Mateos-Garcia
۳ Yoon and Kim
۴ Park
۵ Flanders
۶ Flanders Research Information Space
۷ National Council for Scientific and Technological Development
۸ Lattes Platform

تحلیلی تکمیلی را برای برآوردن بهتر نیازها و انتظارات سیاست گذاران علوم و نوآوری امکان پذیر می‌کند.

در لهستان، وزارت علوم و آموزش عالی سیستم POL-on را با استفاده از پشتیبانی مالی اتحادیه اروپا و کمک های فنی سه شرکت خصوصی راه‌اندازی کرد. POL-on یک سیستم اطلاعاتی یکپارچه برای آموزش عالی است. این سیستم از وظایف وزارت علوم و آموزش عالی و همچنین سایر وزارتخانه‌ها و موسسات علوم و آموزش عالی پشتیبانی می‌کند. وظیفه اصلی آن ایجاد مجموعه داده‌های موسسات علمی، دانشگاه‌ها و علوم لهستانی است. اطلاعات جمع‌آوری شده از طریق سیستم، از روند تصمیم‌گیری وزارت علوم و آموزش عالی در مورد دانشگاه‌ها و واحدهای تحقیقاتی لهستان پشتیبانی می‌کند. بخش‌های خاصی از مجموعه داده‌های جمع‌آوری شده توسط سیستم در دسترس عموم قرار گرفته‌اند.

در آرژانتین، وزارت علوم، فناوری و نوآوری تولیدی از SICYTAR [1] برای ارزیابی و شناسایی طرح‌های سیاست STI، تیم‌های پروژه و محققان فردی استفاده می‌کند. این سیستم چندین پایگاه داده را مانند رزومه شغلی محققان، پروژه‌های تحقیق و توسعه تامین بودجه شده، اطلاعات درمورد نهادهای دولتی و خصوصی اجراکننده تحقیق و توسعه در آرژانتین و اطلاعات تجهیزات تحقیقاتی بزرگ جمع‌آوری می‌کند.

سیستم‌های اطلاعات تحقیقات فعلی

در استونی، تعدادی از ذی‌نفعان، سیستم اطلاعات تحقیقاتی استونی (ETIS) [2] را راه‌اندازی کردند. این ذی‌نفعان وزارت آموزش و تحقیقات، بنیاد علوم استونی، شورای صلاحیت علمی، سازمان‌های عمومی است که تحقیق، توسعه و نوآوری انجام می‌دهند و بنیاد ارشمیدس هستند. ETIS براساس همکاری چندجانبه، به عنوان یک سیستم دیجیتالی ملی در مقیاس بزرگ عمل می‌کند که تلاش‌های مدیریت داده را متحد می‌کند. موسسات آموزش عالی از ETIS به عنوان یک سیستم داخلی برای مدیریت اطلاعات تحقیق و به عنوان ابزاری برای نمایش تحقیقات خود استفاده می‌کنند. سرمایه‌گذاران عمومی از این سیستم برای ارزیابی و پردازش درخواست‌های کمک هزینه

۱ Sistema de Información de Ciencia y Tecnología Argentino
۲ Estonian Research Information System

استفاده می‌کنند. همچنین ETIS با ارائه داده در مورد شاخص‌های STI، مانند درآمد تحقیق و توسعه به ازای هر کارمند تحقیق و آموزش و درصد زنان در بین دانشمندان، در ارزیابی‌ها و سنجش‌های تحقیقات کشوری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در هلند، سیستم ملی اطلاعاتی تحقیقات و همکاری‌های دانشگاهی (NARCIS)[1] داده‌ها را از چندین منبع جمع‌آوری می‌کند. این منابع پایگاه‌های داده سرمایه‌گذاران، CRISها، بانک‌های سازمانی موسسات پژوهشی و اینترنت را شامل می‌شوند. داده‌های مربوط به خروجی تحقیقات، پروژه‌ها، بودجه، منابع انسانی و اسناد سیاسی که توسط NARCIS تهیه شده است سیاست‌گذاران را در مورد تحقیقات در هلند آگاه می‌سازد و بر امکان دسترسی به داده‌ها نظارت دارد. همچنین سرمایه‌گذاران از این سیستم برای شناسایی شکاف‌های تحقیقاتی استفاده می‌کنند تا برنامه‌ریزی برای منابع را بهبود بخشند. همچنین NARCIS به عنوان یک راهنمای مهم تحقیقاتی، به محققان، روزنامه‌نگاران و به جوامع داخلی و بین المللی اطلاعاتی در مورد وضعیت و خروجی‌های علوم هلندی ارائه می‌دهد.

در نروژ، ابزار گزارش تحقیق کریستین[2] اطلاعاتی را از مؤسسات تحقیقاتی، مراکز داده‌های پژوهشی و کمیته‌های اخلاقی نروژ جمع‌آوری می‌کند. کریستین به عنوان منبعی برای الگوی تأمین بودجه مبتنی بر عملکرد وزارت تحقیقات و آموزش عمل می‌کند. این ابزار به کاربران زیادی شامل دولت، صنعت، دانشگاه‌ها و جامعه مدنی، اطلاعات موثقی را در مورد وضعیت فعلی تحقیقات نروژی ارائه می‌دهد.

سیستم‌های هوشمند

در ژاپن، نهاد ملی فارغ التحصیلان، برای مطالعات سیاسی، سیستم دستیار هوشمند سیاست‌گذاری (SPIAS SciREX)[3] را به منظور تقویت سیاست‌گذاران کشوری STI با آگاهی از شواهد طراحی کرد. SPIAS از کلان‌داده‌ها و فناوری‌های معنایی برای پردازش داده‌ها بر روی نتایج و تأثیرات تحقیقات، سرمایه‌گذاری، سازمان‌های اجراکننده تحقیق و توسعه و

۱ National Academic Research and Collaborations Information System
۲ Cristin
۳ SciREX Policymaking Intelligent Assistance System

پروژه‌های تحقیقاتی، با هدف ترسیم تأثیرات اجتماعی و اقتصادی تحقیقات استفاده می‌کند. SPIAS برای تحلیل عملکرد دانشمندان برجسته ژاپنی قبل و بعد از دریافت کمک‌های مالی از آژانس علوم و فناوری ژاپن مورد استفاده قرار گرفته است. همچنین از آن برای ارزیابی تأثیر تحقیقات پزشکی ترمیمی[1] در ژاپن و نقشه‌برداری از فناوری‌های نوظهور استفاده شده است.

در اسپانیا، Corpus Viewer که توسط دبیرخانه دولتی جامعه اطلاعات و دستور کار دیجیتال ایجاد شده، حجم زیادی از اطلاعات متنی را با استفاده از تکنیک‌های پردازش زبان طبیعی، پردازش و تحلیل می‌کند. سیاست‌گذاران از این نتایج برای نظارت و ارزیابی برنامه‌های عمومی و تدوین طرح‌های ابتکاری سیاست علوم و نوآوری استفاده می‌کنند. این سیستم محدود به مقامات دولتی است.

کادر ۳-۷. گستره اهداف عملی اقدامات DSIP

بهینه‌سازی جریان‌های کاری اداری. ابزارهای دیجیتالی می‌توانند به ساده‌سازی رویه‌های اداری سنگین کمک کرده و دستاوردهای قابل توجهی را در نهادها ارائه دهند. این ابزارها می‌توانند افرادی را هم که از خدمات نهادهای عمومی استفاده می‌کنند، ازجمله محققان یا سازمان‌هایی که متقاضی استفاده از کمک‌های مالی تحقیق هستند (یا در مورد آن گزارش می‌دهند)، بهره‌مند سازند. به عنوان مثال، این افراد می‌توانند از شناسه‌های تعامل‌پذیری[2] برای پیوند پروفایل تحقیقاتی خود با درخواست‌های کمک مالی استفاده کنند. ETIS (کادر ۲-۷) به عنوان دروازه دیجیتالی سیستم تحقیقاتی استونی، ابزارهایی را برای ارسال درخواست‌های کمک هزینه و گزارش تحقیق باهم تلفیق می‌کند (دربر می‌گیرد) و بدین ترتیب جریان کار اداری را در سازمان‌های تحقیقاتی استونی ساده می‌کند.

طراحی و تدوین بهبود یافته سیاست. دیجیتالی شدن فرصت‌های جدیدی را برای تحلیل دقیق‌تر و به موقع داده‌ها برای پشتیبانی از سیاست STI فراهم می‌کند. این امر باید تخصیص بودجه تحقیق و نوآوری را بهبود بخشد. علاوه بر این، سیستم‌های DSIP اغلب داده‌های جمع‌آوری شده توسط بنگاه‌های مختلف را به هم متصل می‌کنند. آن‌ها از این طریق، انتخاب‌های بیشتری

۱ Regenerative medicine
۲ Interoperability identifiers

برای مشکلات و مداخلات سیاسی فراهم می‌کنند و امکاناتی را برای طراحی سیاست بین بنگاهی یکپارچه‌تر در سطح سیستم‌های تحقیق یا نوآوری ارائه می‌دهند. به عنوان مثالی از کشورها: وزارت‌خانه‌های آموزش، فرهنگ، ورزش، علوم و فناوری ژاپن و نهاد ملی سیاست علوم و فناوری داده‌ها، زیرساخت‌های اطلاعاتی و SciREX را برای بهبود تدوین و طراحی سیاست‌های STI راه‌اندازی کرده‌اند. این سیستم مجموعه داده‌هایی را برای پشتیبانی از مطالعات سیاست STI فراهم می‌کند. این سیستم بهبود پاسخ‌گویی و شفافیت سرمایه‌گذاری‌های عمومی در تحقیق و توسعه و تقویت چارچوب‌های روش‌شناختی مورد استفاده در ارزیابی سیاست‌ها را در نظر دارد.

پشتیبانی از مدیریت و نظارت بر عملکرد. سیستم‌های DSIP امکان جمع آوری و ترکیب داده‌های بلادرنگ خروجی سیاست را ارائه می‌دهند. به عنوان مثال، در کلمبیا، پلتفرم فناوری SCIENTI[1] شاخص‌ها و معیارهای STI ایجاد شده است که از نظارت و ارزیابی تحقیقاتی که دولت روی آن‌ها سرمایه‌گذاری کرد، پشتیبانی می‌کند. سیستم‌های DSIP می‌توانند اتخاذ سیاست در کوتاه مدت و به نحو قدرتمندتری را امکان‌پذیر کنند. آن‌ها می‌توانند پیش‌زمینه‌های مربوط به فرآیند سیاست‌گذاری برای پاسخگویی و یادگیری را در درازمدت و بلند مدت بهبود بخشند، به طوری که ارزیابی به یک فرآیند باز و پیوسته تبدیل شود. سیاست‌گذاران و نهادهای مجری سیاست می‌توانند شرایطی را در نظر بگیرند که استفاده از سایر منابع داده دیجیتالی مانند سنجش خروجی‌ها و تاثیرات تحقیقات را امکان‌پذیر و معنادار کنند (پریم[2] و همکاران، ۲۰۲۰؛ سوگیموتو و لاریویه[3]، ۲۰۱۶). آن‌ها می توانند به منظور تکمیل و تقویت رویکردهای موجود برای ارزیابی تحقیقات، به روش‌های دیگر جمع‌آوری داده (مانند web scraping) نیز تکیه کنند.

هوش پیش‌گرایانه[4]. فناوری‌هایی مانند تحلیل کلان‌داده می‌توانند به شناسایی الگوهای داده‌هایی که می‌توانند برای سیاست مفید باشند، کمک کنند؛ به عنوان مثال در حوزه‌های تحقیقاتی نوظهور، فناوری‌ها، صنایع و مشکلات سیاسی. فناوری‌های دیجیتال می‌توانند از پیش‌بینی کوتاه مدت

۱ SCIENTI Technological Platform
۲ Priem
۳ Sugimoto and Larivière
۴ Anticipatory intelligence

موضوعات سیاست پشتیبانی کنند و در سیاست‌گذاری استراتژیک تاثیرگذار باشند (چوی[۱] و همکاران، ۲۰۱۱؛ ژانگ[۲] و همکاران، ۲۰۱۶؛ پنگ[۳] و همکاران، ۲۰۱۷؛ یو و ون[۴]، ۲۰۱۸). به عنوان مثال، سیستم‌های DSIP می‌توانند تقاضای نیروی کار را در زمینه‌های خاص STI شناسایی کرده و ناسازگاری‌های احتمالی در طرف عرضه بازار کار را برطرف کنند. به عنوان مثال، در فدراسیون روسیه، انستیتوی مطالعات آماری و اقتصاد دانش دانشکده اقتصاد دانشگاه ملی تحقیقات[۵]، سیستم iFORA را برای پشتیبانی از مطالعات پیش بینی توسعه داده است. iFORA که بر اساس تکنیک‌های پیشرفته محاسباتی عمل می‌کند، حجم زیادی از داده‌های اداری و داده‌های وب را تجزیه و تحلیل می‌کند تا پیش‌زمینه‌هایی در مورد پیشرفت‌های STI، نشانه‌های ضعیفی از تغییر، مراکز برتری[۶] و فناوری‌های نوظهور را ارائه دهد.

اکتشاف اطلاعات عمومی. سیستم‌های DSIP اغلب داده‌ها را در گستره وسیعی از ورودی‌ها، خروجی‌ها و فعالیت‌ها در بر می‌گیرند. سیاست‌گذاران و سرمایه‌گذاران می‌توانند از این داده‌ها برای شناسایی متخصصان برجسته در یک زمینه معین (مانند شناسایی داوران پروروزال‌های پروژه) و همچنین مراکز برتری استفاده کنند (گو[۷] و همکاران، ۲۰۱۲، ساتلی[۸] و همکاران، ۲۰۱۶). این نوع اطلاعات همچنین به محققان و کارآفرینان کمک می‌کند تا شرکای جدیدی را برای همکاری و تجاری‌سازی شناسایی کنند. به عنوان مثال، وزارت تجارت، نوآوری و اشتغال نیوزلند سیستم اطلاعات تحقیقاتی نیوزلند (NZRIS)[۹] را توسعه داده است. این سیستم با هدف بالا بردن کیفیت داده‌های تحقیق، توسعه و نوآوری و بهبود اکتشاف اطلاعات در مورد موضوعات مرتبط با تحقیق و نوآوری ایجاد شده است. NZRIS اطلاعاتی درباره میزان سرمایه‌گذاری‌های عمومی در زمینه‌های مختلف تحقیقاتی، شبکه‌های همکاری تحقیقات و پژوهشگران و سازمان‌های پیشرو ارائه

۱ Choi
۲ Zhang
۳ Peng
۴ Yoo and Won
۵ Institute for Statistical Studies and Economics of Knowledge of the National Research University
۶ Centres of excellence
۷ Guo
۸ Sateli
۹ New Zealand Research Information System

می‌دهد. هدف این سیستم از این کار، سرعت بخشیدن به تجاری‌سازی تحقیقات و تقویت همکاری نزدیک بین دانشگاه و صنعت است.

• ارتقاء جامعیت در برنامه ریزی سیاست‌های STI.

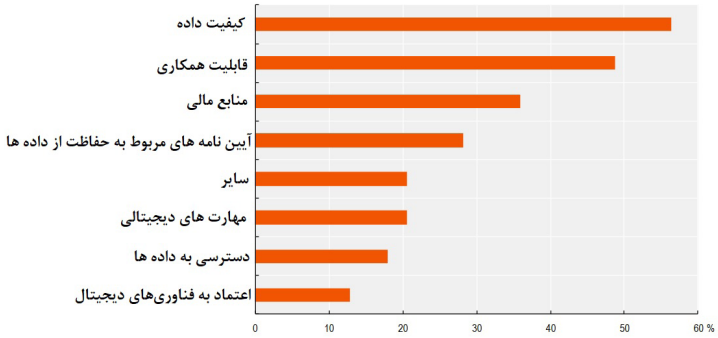
سیستم‌های DSIP می‌توانند با ارائه اطلاعات دقیق درباره گزینه‌های سیاسی به یک روش قابل دسترسی، مانند تصویرسازی داده‌های تعاملی، در بحث و گفتگو با ذی‌نفعان مشارکت کنند. افزایش شفافیت ارائه شده توسط سیستم‌های DSIP می‌تواند شهروندان را با ارائه دانش در مورد ماهیت و تأثیرات تحقیقات و نوآوری در حال پیشرفت به آن‌ها، توانمند سازد. بنابراین، DSIP می‌تواند در ایجاد اعتماد و تأمین بودجه پایدار بلند مدت برای تحقیق و نوآوری تاثیرگذار باشد. به عنوان مثال، کاستاریکا به منظور کمک به شهروندان در درک بهتر قابلیت‌های علمی ملی و تأثیر تحقیقاتی که توسط دولت حمایت مالی می‌شوند، پلتفرم هیپاتیا[1] را ایجاد کرده است. هیپاتیا یک پلتفرم یکپارچه است که روی انواع پایگاه‌ها اطلاعاتی اداری کاستاریکا ایجاد شده است. هدف هیپاتیا به عنوان «یک محل برای ارائه چند سرویس»[2] برای اطلاعات تحقیقاتی در کاستاریکا، بهبود شفافیت و پاسخگویی در تحقیقات حمایت شده با بودجه عمومی است.

منبع: براساس OECD (forthcoming a)، سیاست علوم دیجیتالی و سیاست نوآوری و مدیریت.

تحقق پتانسیل DSIP مستلزم فائق آمدن بر چندین مانع احتمالی است. مدیران DSIP در پاسخ به پرسشنامه OECD، کیفیت داده‌ها، تعامل‌پذیری، سرمایه‌گذاری پایدار و مقررات حفاظت از داده را بزرگترین چالش‌های پیش روی طرح‌هایشان معرفی کردند (شکل ۲-۷). چالش‌های دیگری که کم‌تر ذکر شدند، دسترسی به داده‌ها، در دسترس بودن مهارت‌های دیجیتالی و اعتماد به فناوری‌های دیجیتال بودند. سیاست‌گذارانی که مایل به ارتقاء DSIP هستند با چالش‌های سیستماتیک دیگری روبرو هستند. این چالش‌ها شامل نظارت بر تلاش‌های پراکنده DSIP و طرح‌های متعدد (که اغلب از هماهنگی ضعیفی برخوردارند) (به بخش ٤-٧ جایی که مطالعه موردی روی اکوسیستم DSIP نروژ خلاصه شده مراجعه کنید)، اطمینان از استفاده مسئولانه از داده‌های تولید شده برای اهداف دیگر و ایجاد تعادل بین مزایا و ریسک‌های مربوط به مشارکت بخش خصوصی در تهیه داده‌ها، مؤلفه‌ها و خدمات DSIP هستند.

۱ Hipatia
۲ one-stop shop

شکل۲-۷. چالش‌های اصلی پیش روی اقدامات DSIP



یادداشت‌ها DSIP = سیاست علوم و نوآوری دیجیتال. پاسخ‌دهندگان به پرسش‌نامه می‌توانستند بیش از یک چالش پیش‌روی طرح‌های DSIP خود انتخاب کنند.

منبع: نظرسنجی OECD از مدیران 39 سیستم DSIP در کشورهای عضو OECD و اقتصادهای مشترک‌المنافع.

کادر ۷-۴. مطالعه موردی OECD روی چشم‌انداز DSIP نروژ

وزارت آموزش و تحقیقات نروژ از دبیرخانه OECD خواست که یک مطالعه موردی روی چشم‌انداز DSIP نروژ انجام دهد. این مطالعه در چارچوب پروژه DSIP سازمان همکاری و توسعه اقتصادی صورت گرفت. پروژه یک بررسی گسترده روی تحقیقات پیشین درباره موضوعات سیاست و روندهای فناوری را در بر می‌گرفت. نویسندگان اسناد و گزارشات سیاسی مربوط به چشم‌انداز DSIP نروژ را نیز بررسی کردند. علاوه بر این، آن‌ها در یک ماموریت یک هفته‌ای به نروژ در آوریل سال ۲۰۱۸ با ذی‌نفعان اصلی مصاحبه کردند. مصاحبه شوندگان شامل ارائه‌دهندگان داده، قانون‌گذاران، مدیران و توسعه‌دهندگان زیرساخت‌های دیجیتال و کاربران آن‌ها بودند.

این مطالعه موردی، چشم انداز DSIP نروژ، از جمله طرح‌ها و بازیگران اصلی، اهداف دنبال شده و نتایج آن‌ها، سطح منابع اختصاص داده شده و چشم انداز توسعه آینده را توصیف می‌کند. این مطالعه نشان می‌دهد که نروژ توانایی‌های قابل توجهی در حفظ، دسترسی و استفاده از مجموعه داده‌های اداری جامع ایجاد کرده است که می‌تواند راه‌حل‌های تحلیلی مورد استفاده در سیستم‌های DSIP را تقویت کند.

چشم انداز DSIP در نروژ تعدادی زیرساخت دیجیتالی را دربر می‌گیرد که جمع‌آوری، حفظ و دسترسی به داده‌های مربوط به فعالیت‌های تحقیقاتی و نوآوری را فراهم می‌کنند. این زیرساخت‌ها عبارتند از: یک زیرساخت دیجیتالی برای اشتراک مجموعه داده‌ها بین نهادهای دولتی نروژ، پایگاه داده‌های شورای تحقیقات نروژ و نوآوری نروژ که شامل داده‌های مربوط به ورودی‌ها و خروجی‌های تحقیقاتی است و همچنین برنامه نظارت بر تحقیقات و نوآوری با نام Health&Care ۲۱ که هدف آن تسهیل تصمیم‌گیری درباره تحقیقات در حوزه مراقبت پزشکی است.

یکی از عناصر اصلی چشم انداز DSIP نروژ، کرستین[۱] (با نام CRIS ملی نروژ) است. کریستین قابلیت تعامل با چندین سیستم دیجیتالی خارجی که توسط نهادهای دولتی نروژ اداره می‌شوند را دارد و به طور موثری به عنوان قطب اطلاعات اصلی تحقیقات نروژ عمل می‌کند. کریستین شواهدی و مدارکی را فراهم می‌کند که دولت نروژ ارزیابی‌های خود را از عملکرد تحقیقات بر اساس آن‌ها انجام می‌دهد. به غیر از نهادهای دولتی، کلیه مؤسسات آموزش عالی، بیمارستان‌های تحقیقاتی و مؤسسات تحقیقاتی که بودجه دولتی دریافت می‌کنند برای حمایت از تحقیقات و برنامه‌ریزی استراتژیک از این سیستم استفاده می‌کنند.

یک ویژگی بارز نروژ، وفاق اجتماعی مبتنی بر اعتماد آن است. افراد و سازمان‌ها به منظور بهبود کیفیت سیاست‌گذاری و ایجاد ارزش بیشتر برای شهروندان، حاضرند اطلاعات خود را با دولت به اشتراک بگذارند. سطوح بالای اعتماد، پاسخ‌گویی و شفافیت در دولت نروژ، همراه با فرهنگ تصمیم‌گیری مبتنی بر اتفاق آراء، یک محیط عالی برای توسعه طرح‌های DSIP ایجاد می‌کند.

با این وجود، تلاش‌ها حول DSIP پراکندگی قابل توجهی دارند. به عنوان مثال، چندین وزارتخانه و نهاد نروژی در حال آزمایش الگوریتم‌های یادگیری ماشین هستند. آن‌ها می‌خواهند برای حمایت از توسعه شاخص‌های آماری دانش عملی را از مجموعه داده‌های پراکنده (تکه‌تکه)[۲] استخراج کنند. این وزارت‌خانه‌ها و نهادهای دولتی می‌توانند به نوبه خود به هدایت طرح‌های

۱ Cristin
۲ Fragmented datasets

سیاست علم و نوآوری به روشی مؤثرتر و کارآمدتر کمک کنند. در بعضی موارد، این آزمایشات - اغلب در همکاری با ارائه‌دهندگان خارجی - از قبل به طراحی نسخه‌های اولیه راه‌حل‌های DSIP کمک کرده‌اند. با این وجود، چنین تلاش‌هایی می‌توانند از یک رویکرد نظام‌مندتر بهره ببرند، که شامل هماهنگی بیشتری در دولت می‌شود.

منبع: OECD (forthcoming b)، «مطالعه موردی سیاست علوم و نوآوری نروژ و چشم‌انداز حاکمیت»

تعامل‌پذیری

فعالیت‌های تحقیقاتی و نوآوری، به خاطرماهیتشان، سطح فراگیری بالایی دارند و توسط تعداد زیادی از ذی‌نفعان شکل می‌گیرند. در نتیجه، داده‌های مربوط به بروز و تأثیرات تحقیقات و نوآوری در انواع مختلفی از پایگاه‌های داده دولتی و خصوصی و وب پراکنده شده‌اند. جمع‌آوری این مجموعه داده‌ها از منابع خارجی نیازمند توسعه قالب‌های (فرمت) رایج داده و سایر توانمندسازهای ارتباطی دارد که شامل رابط‌های برنامه کاربری (API)[۱]، هستی‌شناسی‌ها[۲]، پروتکل‌ها و UPPIها[۳] است.

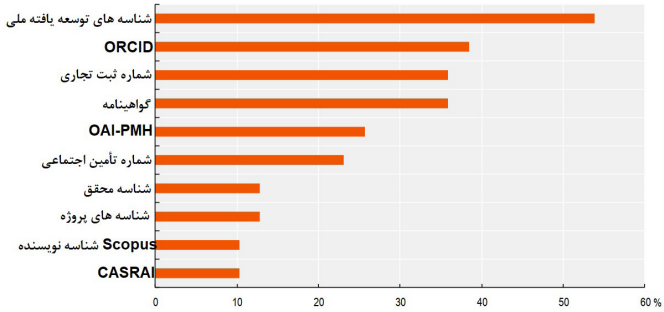
یک سیستم یکپارچه و دارای تعامل منجر به کاهش قابل توجهی در بار گزارش و انطباق می‌شود و موجب صرفه‌جویی در زمان و هزینه برای تحقیق و نوآوری می‌شود. تعامل‌پذیری علاوه بر کاهش بار اداری، امکان تطبیق سریعتر، ارزان‌تر و دقیق‌تر داده‌ها را فراهم می‌آورد. این امر به نوبه خود، تحلیل‌های موجود را کم‌هزینه‌تر و قوی‌تر می‌کند و تحلیل‌های جدید را آسان می‌کند. تعامل‌پذیری می‌تواند بینش‌های به موقع و دقیق‌تری ایجاد کند و این امر امکان طراحی پاسخگوتر و مناسب‌تر را فراهم می‌کند. علاوه بر این، ظهور تدریجی شناسه‌های شناخته شده بین المللی، دنبال کردن تأثیر فعالیت‌های تحقیقاتی و نوآوری در مرز بین حوزه‌های مختلف و ترسیم همکاری‌های بین‌المللی را آسان‌تر می‌کند.

تعامل‌پذیری انواع مختلفی از سوال‌ها ایجاد می‌کند. در سطح فنی، سیاست‌گذاران باید بپرسند که چه نوع سیستم دیجیتالی برای این‌که داده‌های موجود و جدید تعامل‌پذیر باشند، قابل استفاده است. در سطح معنایی، آن‌ها باید به مشکلات مربوط به زبان و فراداده بپردازند.

۱ Application Programming Interface
۲ Ontology
۳ Unique, Persistent and Pervasive Identifier

سیاست‌گذاران باید با توجه به حکمرانی، در مورد این‌که چطور ذی‌نفعان می‌توانند برای توافق روی یک سیستم تعامل‌پذیری همسو شوند، تامل کنند. یک موضوع خاص مربوط به نقش و تاثیرگذاری استانداردهای داده است، به ویژه در یک اکوسیستم مختلط که شامل سیستم‌های قبلی و سیستم‌های جدید است. در این رابطه، برخی از سیستم‌های DSIP از شناسه‌های (ID) ملی - مانند ثبت کسب و کارها و شماره‌های تامین اجتماعی - و همچنین شناسه‌های مختص هر کشور برای محققان استفاده می‌کنند (شکل ۳-۷).

شکل ۳-۷. استفاده از توانمندسازها در سیستم‌های DSIP



یادداشت‌ها DSIP = سیاست علوم و نوآوری دیجیتال[۱]؛ ORCID = شناسه آزاد پژوهشگران و نویسندگان؛ CERIF = قالب‌های اطلاعات تحقیقاتی مشترک اروپایی[۲]؛ CASRAI = استانداردهای پیشبرد کنسرسیوم در اطلاعات مدیریت تحقیقات[۳]. پاسخ‌دهندگان می‌توانستند بیش از یک نوع از توانمندسازهای تعامل‌پذیری استفاده شده در طرح‌های DSIP آن‌ها را انتخاب کنند.

منبع: نظرسنجی OECD از مدیران ۳۹ سیستم DSIP در کشورهای عضو DSIP و دیگر اقتصادهای همکار.

۱ Open Researcher and Contributor ID
۲ Common European Research Information Format
۳ Consortia Advancing Standards in Research Administration Information

جدول ۱-۷. مثال‌هایی از توانمندسازها در سیستم‌های DSIP و سیستم‌های مرتبط

نوع	مثال
IPPUها برای بازیگران ITS	شناسه آزاد پژوهشگران و نویسندگان (DICRO) شناسه برنمود دیجیتالی (IOD)[۱] پایگاه داده جهانی شناسه تحقیق (DIRG)[۲] استاندارد بین‌المللی شناسه نام (INSI) [۳] شناسه حلقه طلایی [۴]
شناسه نویسنده تولید شده توسط ناشران/ فهرست‌نویسان	شناسه پژوهش‌گر شناسه نویسنده اسکوپوس
استانداردهای مدیریت داده در مورد ITS	قالب‌های اطلاعات تحقیقاتی مشترک اروپایی (FIREC) استانداردهای پیشبرد کنسرسیوم در اطلاعات مدیریت تحقیقات (IARSAC) هستی‌شناسی OVIV
ساز و کارها	پروتکل مقدماتی آرشیوهای باز جهت برداشت فراداده (HMP-IAO) [۵]

در سال‌های اخیر تلاش شده است تا استانداردهای بین المللی و واژگان برای بهبود تعامل‌پذیری بین‌المللی زیرساخت‌های DSIP ایجاد شود (جدول ۱-۷). این تلاش‌ها شامل UPPIها هستند که یک کد استاندارد شده را برای هر نهاد تحقیقاتی منحصر به فرد اختصاص می‌دهند، با گذشت زمان پایدارند و در مجموعه داده‌های مختلف فراگیر هستند. در بخش ۵-۷ مشخصه‌های مطلوب برای UPPIهای موفق بیان شده است. برخی از UPPI ها به عنوان بخشی جدایی ناپذیر یا پشتیبانی از محصولات تجاری مانند پایگاه داده‌های انتشار / استناد، سیستم‌های اطلاعات تحقیقاتی، خدمات مدیریت زنجیره تأمین و غیره وجود دارند. برخی دیگر فقط به منظور تهیه سیستم شناسایی برای بکارگیری و استفاده گسترده از آن‌ها وجود دارند. یک نمونه شناسه آزاد پژوهشگران و نویسندگان (ORCID) است که هدف از آن رفع ابهام نام در تحقیقات علمی با ایجاد شناسه‌های منحصر به فرد برای

۱ Digital object identifier
۲ Global Research Identifier Database
۳ International Standard Name Identifier
٤ Ringgold ID
٥ Open Archives Initiative Protocol for Metadata Harvesting

محققان است. این سیستم ها یک فهرست ساده از UPPIها و اطلاعات اولیه هویت مرتبط (مثل نام و وابستگی سازمانی برای افراد، نام و مکان سازمان‌ها) ارائه می‌دهند. علاوه بر این، آن‌ها اغلب شامل طیف گسترده‌ای از اطلاعات مضاعف یا امکان ارتباط با دیگر منابع هستند. برای مثال، سوابق ORCID این امکان را می‌دهد تا جزئیات مربوط به آموزش، اشتغال، سرمایه‌گذاری و کارهای تحقیقاتی به صورت دستی اضافه شود یا از طریق پیوندهایی به سیستم‌های دیگر از جمله Scopus و AcademicherID وارد شود.

کادر ۵-۷. مشخصات مطلوب برای UPPIها

مک موری[۱]، وینفری[۲] و هاندل[۳] (۶ جولای ۲۰۱۷) مشخصات مطلوب زیادی را برای شناساگرها پیشنهاد کردند. این مشخصات در اینجا برای کاربرد خاص (شناسایی افراد و سازمان‌ها) بیان شده‌اند:

- تعریف شده. شناسه‌ها باید از یک الگوی رسمی (بیان منظم) پیروی کنند که مجموعه کل شناسه‌های قابل تعیین را نیز تشخیص دهد. این کار، اعتبار سنجی و استفاده را تسهیل می‌کند (از جمله توسط دستگاه‌ها).
- پایدار، پایا. شناسه باید در طول زمان، هرجا که ممکن است، ثابت بماند و هرگز نباید حذف شود؛ با این کار از مشکل دریافت سوابق جلوگیری می‌شود. در این راستا، استفاده از جزئیات یا اطلاعات غیر ضروری برای تغییر قالب انتخاب شده شناسه (مثلا با استفاده از یک کد الفبایی-عددی[۴] تصادفی با طول و ساختار ثابت) توصیه نمی‌شود.
- بدون ابهام. برای جلوگیری از تداخل بین شناسه‌های مختلف، شناسه نباید به بیش از یک هویت محلی مربوط باشد. قالب شناسه باید به گونه ای انتخاب شود که به دور از ابهام باشد. به عنوان مثال، اگر از شناسه الفبایی-عددی استفاده می‌شود، باید از بین عدد صفر یا حرف «o» یکی استفاده شود، زیرا این دو به راحتی توسط کاربران اشتباه گرفته می‌شوند.

۱ McMurry
۲ Winfree
۳ Haendel
۴ alphanumeric code

- منحصر به فرد. در حالت ایده‌آل یک هویت نباید با بیش از یک شناسه متناظر باشد (و شناسه‌ها هرگز نباید برای یک هویت دیگر «بازیابی» شوند).
- مستندسازی شده بر اساس نسخه‌های متفاوت. جایی که تغییرات مهمی رخ می‌دهد، باید به وضوح ثبت شود و در صورت لزوم شناسه‌های جدید صادر شوند.
- سهولت استفاه در وب[1]. برای آسان‌تر کردن استفاده از شناسه‌ها، جستجوی آن‌ها و غیره، شناسه باید از استفاده از فرمت‌های تبادل (مانند XML) مانند «:»، «/»، و «.» و کاراکترهایی که عملکردهای خاص html انجام می‌دهند، اجتناب کند.
- قابل حل در وب[2]. شناسه باید بتواند در کنار یک آدرس وب قرارگیرد و آدرسی را تشکیل دهد که در آن داده‌ها یا اطلاعات مربوط به هویت قابل دسترسی باشد. در عمل، این بدان معنی است که شناسه باید از یک الگوی شناسایی منبع واحد (URI) (به عنوان مثال http://orcid.org/) و یک شناسه محلی مربوط به سوابق خاص (به عنوان مثال ۰۰۰۰-۰۰۰۲-۲۰۴۰-۱۴۶۴) تشکیل شود. هنگامی که URI و شناسه محلی با هم مورد استفاده قرار می‌گیرند، یک آدرس وب جامع و کلی (مثلاً http://orcid.org/۰۰۰۰-۰۰۰۲-۲۰۴۰-۱۴۶۴) ایجاد می‌کنند. این امر اجازه می‌دهد تا شناسه به راحتی بررسی شود تا اطمینان حاصل شود که مربوط به یک سابقه واقعی است و اینکه این سابقه مربوط به یک هویت صحیح است.
- اختصاص رایگان[3]. شناسه باید به طور ایده‌آل بدون هیچ‌گونه هزینه‌ای اختصاص یابد. این امر بار بکارگیری را کاهش می‌دهد.
- استفاده و دسترسی آزاد (OA). فراداده متناسب با شناسه (به عنوان مثال نام هویتی که به آن مربوط می‌شود) باید این امکان را داشته باشد که به طور شفاف ارجاع داده و عمل شود (به عنوان مثال در یک فهرست عمومی یا جستجو). این امر یکپارچه‌سازی را بر اساس فواید عملی امکان‌پذیر می‌کند.

۱ Web-friendly
۲ Web-resolvable
۳ Free to assign

- مستندسازی شده. طرح شناسه، عملکرد آن و ... باید صریحا مستندسازی شده باشد. این امر کاربر را قادر می‌سازد تا سیستم را بفهمد و به استفاده مداوم از آن ترغیب شود. سیاست‌های مستندسازی مربوط به حل اختلاف و حفظ حریم خصوصی نیز عوامل مهمی هستند.

منبع: مک موری، وینفری و هاندل (۶ جولای 2017)، «شناسه های بد، نقطه ضعف شاهراه اطلاعات هستند: درس‌هایی برای محققان»، http://blogs.plos.org/biologue/2017/07/06/bad-identifiers-potholes-of-information-superhighway/.

هر چقدر یک سیستم UPPI بیشتر توسط کاربران استفاده شود، ممکن است یک «اثر شبکه‌ای»[1] به وجود آید که به موجب آن اضافه شدن هر کاربر ارزش سیستم را برای همه کاربران افزایش می‌دهد. سرانجام، سیستم UPPI ممکن است به روشی کاملاً مورد انتظار تبدیل شود که هویت‌ها بتوانند بدون ابهام یکدیگر را شناسایی کنند. این امر باعث ایجاد انگیزه‌های قوی برای کسانی که هنوز ثبت نام نکرده‌اند می‌شود تا به سیستم بپیوندند.

در چارچوب طرح‌های دولت دیجیتال، چند کشور شروع به بسط و توسعه APIها در کل گستره وب‌سایت‌ها و پایگاه‌های داده دولتی کرده‌اند که موجب بهبود استفاده مجدد از داده‌ها را می‌شود. بهبود دسترسی مجموعه داده‌های اداری به داده‌ها تأثیرات مثبتی بر عملکرد و قابلیت اطمینان نتایج تحلیل‌های ارائه شده توسط سیستم‌های DSIP دارد.

جدای از نهادهای دولتی و دیگر سرمایه‌گذاران عمومی، سازمان‌های اجراکننده تحقیق، توسعه و نوآوری بخش قابل توجهی از داده‌های تحقیقات و نوآوری را ذخیره می‌کنند. قالب اطلاعات تحقیقاتی مشترک اروپایی[2] (CERIF) و قالب‌های فراداده توسط استانداردهای پیشبرد کنسرسیوم در اطلاعات مدیریت تحقیقات (CASRAI) برای برآورده کردن نیازهای مراکز آموزش عالی در مدیریت داده‌ها طراحی شدند. برخی از سیستم‌های DSIP از آن‌ها برای جمع‌آوری داده‌های سازماندهی شده از موسسات تحقیقاتی استفاده می‌کنند و مستقیماً از آن‌ها در تجزیه و تحلیل استفاده می‌کنند (بخش ۶-۷).

۱ Network effect
۲ Common European Research Information Format

کادر ۶-۷. استانداردهای مدیریت برای داده‌های حوزه STICERIF

CERIF استانداردی است که از سال ۲۰۰۲ توسط سازمان غیرانتفاعی بین المللی EuroCRIS حمایت می‌شود. این استاندارد با تهیه مدل‌های داده (هویت‌ها، مشخصات و روابط)، مدل‌های تبادل، مدل‌های فراداده و اصطلاحات واژگان کنترل شده، یک مدیریت یکنواخت و تبادل اطلاعات تحقیق را تضمین می‌کند. CERIF اطلاعات مرتبط با انتشارات، پروژه‌ها، سازمان‌ها، تجهیزات، رویدادها، افراد، زبان، امکانات، ثبت اختراعات، محصولات و خدمات را شامل می‌شود (جورج[1] و همکاران، ۲۰۱۲). یک ویژگی مهم CERIF فراهم کردن اتصال بین استانداردهای مختلف فراداده با ایجاد امکان تبدیل یک استاندارد به استاندارد دیگر است.

CASRAI

CASRAI یک سازمان بین المللی غیرانتفاعی است که در سال ۲۰۰۶ تأسیس شد. این سازمان برای ایجاد توافق‌های استاندارد به منظور کارآمدتر کردن تبادل اطلاعات تحقیقاتی به ذی‌نفعان اصلی در سازمان‌دهی داده‌ها کمک می‌کند. توافق‌نامه‌ها شامل استانداردهایی برای مدیریت چرخه کامل داده‌ها هستند. اجرای استانداردهای CASRAI می‌تواند به سازمان‌ها در جهت بهبود کیفیت داده‌ها، تعامل‌پذیری و قابلیت دسترسی کمک کند. آن‌ها این کار را با فیلتر کردن اطلاعات (توافق‌نامه‌های مربوط به فرمت قالب‌های گزارش) و تفکیک آن (توافق‌نامه‌های مربوط به واژه‌نامه‌های مشترک) انجام می‌دهند. CASRAI عمدتا در اروپا، ایالات متحده و کانادا مورد استفاده قرار می‌گیرد. بقیه دنیا تمایل دارند از استانداردهای دیگر استفاده کنند. حتی هنوز هم تعداد زیادی از ابزارهای دیجیتالی به طریقی از استانداردهای CASRAI استفاده می‌کنند. به عنوان مثال، ORCID از قالب‌ها و واژه‌نامه‌های گزارش خروجی تحقیقات CASRAI استفاده می‌کند و Snowball Metrics از توافق‌نامه‌های اطلاعات استاندارد CASRAI استفاده می‌کند (CASRAI، ۲۰۱۶).

۱ Jörg

VIVO

هستی‌شناسی‌های معنایی نیز می‌توانند به رفع مشکل تعامل‌پذیری در زیرساخت‌های DSIP کمک کنند. هدف پروژه VIVO که در سال ۲۰۰۳ توسط دانشگاه کرنل[۱] راه‌اندازی شد، توسعه یک نرم‌افزار متن باز و یک هستی‌شناسی برای اطلاعات تحقیقاتی است که امکان جستجوی یکسان و جامع را برای شرکای تحقیقاتی فراهم می‌آورد. هستی‌شناسی VIVO اطلاعاتی درباره سازمان‌ها، محققان، فعالیت‌ها و روابط آن‌ها را دربر می‌گیرد. این هستی‌شناسی پیوندهایی را بین بخش‌های مختلف داده‌ها ایجاد می‌کند تا یک دیدگاه پایدار و جامع در مورد تحقیقات را فراهم کند و همچنین استفاده مجدد مؤثرتر از داده‌ها را امکان‌پذیر می‌کند. مشابه VIVO، طرح‌های دیگر مانند وب معنایی برای جوامع تحقیقاتی و فناوری‌های دانش پیشرفته نیز هستی‌شناسی‌هایی را برای تحقیقات علمی ارائه می‌دهند.

استفاده از زیرساخت‌های DSIP در ارزیابی تحقیقات

در سال‌های اخیر، سرمایه‌گذاران تحقیقات، مؤسسات تحقیقاتی و محققان با فشارهای فزاینده‌ای برای نشان دادن ارزش و تأثیر تحقیقات روبرو شده‌اند. مباحث مربوط به بودجه به طور ضمنی یا صریح ارزش هزینه تمام شده‌ای را که صرف علم شده در مقابل سایر حوزه‌های سیاست، مقایسه می‌کنند. همه حوزه‌های سیاست سعی در ایجاد بهترین حالت ممکن دارند و ارزیابی مبتنی بر داده به یک مؤلفه اصلی در مباحث مربوط به سیاست و استراتژی مبتنی بر شواهد تبدیل شده است. ارزیابی‌های داده محور به عنوان یک نوع خاص از ارزیابی مبتنی بر شواهد، به پیچیدگی سیستم‌های تحقیقات و نوآوری و نیاز به تصمیمات کارآمدتر و سریعتر پاسخ می‌دهند. آن‌ها از فرصتی که با ردیابی دیجیتالی بسیاری از فعالیت‌های پژوهشی علمی و همچنین افزایش ظرفیت‌های پردازش داده فراهم می‌شود، استفاده می‌کنند.

با این حال، ریسک‌های قابل توجهی وجود دارد که روش‌های ارزیابی داده‌محور قادر به تحقق اهداف مورد نظر خود نیستند. یک ریسک اساسی سیستم‌های داده محور، از دست دادن کنترل روی عامل‌های ارزیابی است. به عنوان مثال، تصمیم‌گیری‌ها براساس داده‌های موجود با روشی کمی و ظاهراً کم حجم انجام می‌شود. ارزیابی پایگاه‌های داده می‌تواند تنها تا زمانی که

۱ Cornell University

داده‌های موجود شامل همه بخش‌های مربوط به پدیده‌های مورد نظر باشد، یک چشم‌انداز معتبر ارائه دهد. دو اقدام می‌تواند این نگرانی را برطرف کند. در گام اول، سیاست‌گذاران نیاز به درک عمیق از آنچه که انواع مختلف بازیگران علمی انجام می‌دهند، دارند و این که تا چه حد داده‌های موجود این فعالیت‌ها و نتایج آن‌ها را دربر می‌گیرند. در گام دوم، آن‌ها باید به این سوال پاسخ دهند که چقدر می‌توان چنین داده‌هایی را برای ارزیابی مورد استفاده قرا داد. این امر به دسترسی و تعامل‌پذیری آن‌ها با سایر منابع داده بستگی دارد.

سطح تجزیه و تحلیلی که در آن تأثیرات بررسی می‌شوند بسیار مهم است. یکی از بزرگترین مزایای دیجیتالی شدن، قابلیت فنی کار با پایگاه‌های داده بزرگ و پیوند در سطوح بسیار تخصصی است به گونه‌ای که اطلاعات الزاما در فرآیند جمع‌آوری از بین نمی‌روند. با این وجود، این دیدگاه خرد تا حدودی به از دست دادن دیدگاه کلان از نظر نتیجه‌گیری کلی که در چنین داده‌هایی می‌توان برداشت کرد، منجر شده است. یک مثال برجسته از قطع ارتباط بین تولیدکنندگان و کاربران داده مربوط به تردید بین استفاده از داده‌ها برای ارزیابی ویژگی‌های عملکرد هر محقق، موسسات آن‌ها و کشور یا منطقه وسیع‌تر به عنواع یک مجموعه است، همانطور که در شکل ٤-٧ نشان داده شده است. به عنوان مثال، در حالی که ضریب تاثیر مجله[1] به دلیل نیاز به آگاهی از تصمیمات کتاب‌داران درباره این‌که چه عناوینی برای خرید و ذخیره ایجاد شود، با گذشت زمان تبدیل به یک معیار برای ارزیابی کیفیت محققان و نتایج تحقیقات آن‌ها شد. علی‌رغم بحث گسترده آکادمیک درباره محدودیت‌های مربوط به معیارهای مبتنی بر مجله (موید[2] و همکاران، ۲۰۱۲)، این معیارها همچنان به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند. چنین سوءاستفاده‌هایی از داده‌ها باعث شده است تا تلاش‌های هماهنگی برای ایجاد یک سیستم باز، سالم و پایدار برای سنجش کلیه فعالیت‌هایی که به بهره‌وری دانشگاهی کمک می‌کند، انجام شود.

۱ Journal Impact Factor
۲ Moed

شکل ۷٫٤. مبادلات بین سطوح خرد و کلان تحلیل داده‌ها و شاخص‌ها

زیرساخت‌های DSIP می‌توانند سوءاستفاده‌های موجود از داده‌ها را تقویت کنند، که این امر می‌تواند انگیزه‌ها و رفتار محققان و سازمان‌های تحقیقاتی مجزا را تحریف کند (هیکس[۱] و همکاران، ۲۰۱۵ ؛ ادواردز و سیدارتا[۲]، ۲۰۱۷). اما DSIP همچنین این نوید را می‌دهد که روزی اکثر، اگر نگوییم همه، ابعاد مربوط به فعالیت تحقیقاتی و تعاملات می‌تواند به صورت دیجیتالی ارائه شود. این را می‌توان به عنوان «وعده میزان‌سنجی[۳] » توصیف کرد. برخی معتقدند ظهور منابع جدید داده مبتنی بر وب، به ویژه آن‌هایی که در پلتفرم‌های رسانه‌های اجتماعی آنلاین ایجاد می‌شوند، می توانند بینش زمان سنجی را در ابعاد مرتبط و تاکنون ناشناخته ارائه دهند (پریم[٤] و همکاران، ۲۰۱۰).

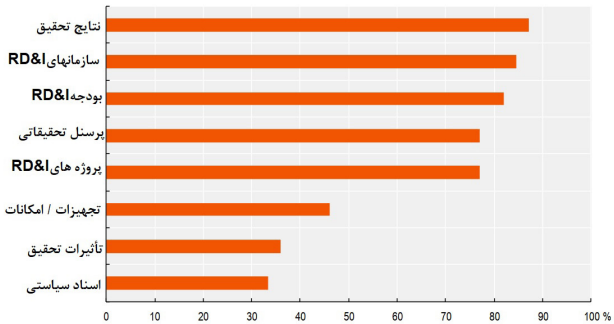
استدلال شده است که میزان‌سنج‌ها می توانند ارزیابی محصولات مهم و غیر سنتی علمی مانند مجموعه داده‌ها و نرم‌افزارها، که در شاخص‌های استنادی کم‌تر نمایان شده و اغلب برای ارزیابی استفاده می‌شوند را پشتیبانی کنند. میزان‌سنج‌ها می‌توانند تأثیراتی نیز بر مخاطبان زیادی در خارج از حوزه نشر، مانند پزشکان یا عموم مردم بگذارد. میزان‌سنج‌ها، استفاده از معیارهای تولید شده از پلتفرم‌های رسانه‌های اجتماعی را به عنوان منبع شواهد مربوط به تأثیر تحقیقات گسترده‌تر و به موقع‌تر از استنادها، ترویج می‌کنند. میزان‌سنج‌ها همچنین به عنوان بخشی از زیرساخت‌های مورد نیاز برای تسهیل علم باز و همچنین به عنوان کمکی به فیلترکردن حجم اطلاعات که به سرعت هم در حال رشد است، در خارج یا در حاشیه مکانیسم‌های داوری همترازپیشرفت کرده‌اند.

۱ Hicks
۲ Edwards and Siddhartha
۳ Promise of altmetrics
٤ Priem

با این وجود، همچون معیارهای سنتی بیشتر، مانند شمارش استناد، سؤالاتی درمورد میزان و اندازه‌گیری میزان‌سنج‌ها به عنوان سیگنالهای تأثیر تحقیقات باقی مانده است.

بیش از نیمی از سیستم‌های DSIP مورد بررسی نقش مهمی در ارزیابی تحقیقات ایفا می‌کنند. تقریبا ۹۰٪ از آن‌ها اطلاعات مربوط به نتایج تحقیقات را جمع‌آوری می‌کنند و بیش از یک سوم آن‌ها اطلاعات مربوط به تأثیرات تحقیقات را جمع می‌کنند (شکل ۷،۵). برخی از آن‌ها مانند سیستم کریستین در نروژ، پلتفرم Lattes در برزیل و سیستم METIS در هلند منابع اولیه داده‌ها برای ارزیابی تحقیقات ملی هستند. تعداد کمی از آن‌ها در ارزیابی‌های تحقیقاتی خود از میزان‌سنج‌ها استفاده می کنند.

شکل ۵-۷. انواع اطلاعات به دست آمده از سیستم‌های DSIP



یادداشت‌ها DSIP = سیاست علوم و فناوری دیجیتال؛ RD&I = تحقیق، توسعه و نوآوری. پاسخ‌دهندگان پرسش‌نامه می‌توانستند بیش از یک نوع اطلاعات بدست آمده از طرح‌های DSIP خود را انتخاب کنند.

منبع: نظرسنجی OECD از مدیران 39 سیستم DSIP در کشورهای OECD و اقتصادهای مشترک‌المنافع.

نقش بازیگران غیردولتی در DSIP

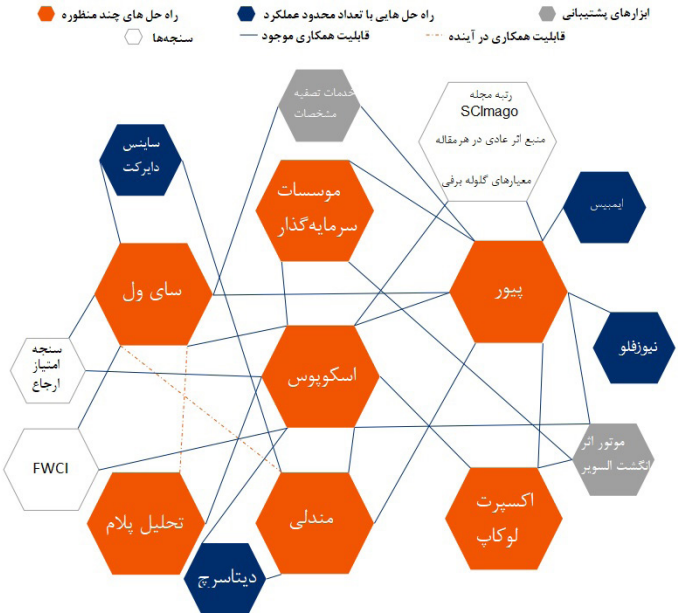
بازیگران غیردولتی، در حال ظهور به عنوان یکی از اصلی‌ترین نیروها در دیجیتالی شدن سیاست علم و نوآوری هستند. راهکارهای مطرح شده توسط شرکت‌های تجاری و سازمان‌های غیرانتفاعی می‌توانند با هزینه‌ای توافق شده و در بازه زمانی مورد نیاز، ظرفیت‌های لازم در مدیریت و تحلیل داده‌ها را برای دولت فراهم کنند. بخش خصوصی تأثیرات متفاوتی بر توسعه طرح‌های

DSIP می‌گذارد. سیستم‌های DSIP به طور بالقوه می‌توانند از محصولات و خدمات دیجیتال طراحی شده توسط بخش خصوصی به عنوان واحدهای سازنده استفاده کنند. در اصل، این سیستم‌ها می‌توانند عملکردها را گسترش داده و ارزش سیستم‌های DSIP را برای ذی‌نفعانشان افزایش دهند. بخش خصوصی معماری‌های فناوری را طراحی می‌کند، ابزارهای دیجیتالی را برای مدیریت داده‌ها ایجاد می‌کند و در رابطه با راه‌اندازی و حفظ زیرساخت‌های دیجیتال خدمات مشاوره‌ای ارائه می دهد. با این حال، همکاری بین بخش‌های دولتی و خصوصی دارای چند بعد است. این همکاری‌ها محدود به خرید راهکارهای خارج از دسترس[1] نیست. بلکه همکاری چشمگیری نیز در تهیه راهکارهای جدید وجود دارد. به عنوان مثال، مدیران سیستم DSIP فضای تحقیقاتی فلاندرز[2] با IBM همکاری می‌کنند تا یک ابزار وب اسکرپینگ ایجاد کنند که اطلاعات مربوط به فعالیت‌های پژوهشی پراکنده در وب را بازیابی کند.

ناشران بزرگ آکادمیک، گروه انتشاراتی الزویر و هولتزبرینک[3] به همراه شرکت علوم تحلیلی Clarivate Analytics به‌طور ویژه فعال هستند. آن‌ها در حال ایجاد و پیوند ترکیبی از محصولات و خدمات به بسترهایی هستند که بسیاری از ویژگی‌های سیستم‌های DSIP تکامل‌یافته را داراست (شکل ۷٫۶ نمونه الزویر را نشان می دهد). چندین محصول تولید شده توسط این بنگاه‌های اقتصادی، از جمله پایگاه‌های داده کتابشناختی، شناسه‌های منحصر به فرد و CRIS سازمانی (بخش ۷٫۲)، اغلب اجزای اصلی سیستم‌های DSIP دولت‌ها را تشکیل می‌دهند.

۱ off-the-shelf solutions
۲ Flanders Research Space
۳ Holtzbrinck

شکل ٦-٧. تعامل‌پذیری در مجموعه برنامه‌ها و پروژه‌های محصولات دیجیتالی داخلی الزویر



Source: OECD (forthcoming a), Digital Science and Innovation Policy and Governance.

علاوه بر این، غول‌های فناوری دیجیتال مانند آلفابت[1] و مایکروسافت[2] و شرکت‌های ملی فناوری مانند بایدو[3] (جمهوری خلق چین) و ناور[4] (کره) همه بسترهای لازم را برای جستجوی خروجی‌های آکادمیک طراحی کرده‌اند. تأثیر این کمپانی‌ها در دیجیتالی شدن سیاست علم و نوآوری محدود است. با این حال، این بسترها با توجه به پوشش اطلاعاتیشان در زمینه نتایج تحقیقات، می‌توانند به عناصر اصلی در سیستم‌های ملی DSIP تبدیل شوند. به عنوان مثال، رابط برنامه کاربردی (API) دانش آکادمیک[5]، تولید شده در گراف دانشگاهی مایکروسافت[6]، امکان بازیابی اطلاعات در زمینه انتشارات، ارجاعات، نویسندگان، موسسات، زمینه‌های اطلاعاتی، ژورنال‌ها

١ Alphabet
٢ Microsoft
٣ Baidu
٤ Naver
٥ Academic Knowledge API
٦ Microsoft Academic Graph

و کنفرانس‌ها (API، بدون تاریخ؛ Microsoft، بدون تاریخ) را میسر می‌سازد. توسعه‌دهندگان سیستم‌های DSIP می‌توانند از این داده‌ها برای تجزیه و تحلیل بیشتر استفاده کنند، که این امر می‌تواند بین آن‌ها و سایر پایگاه‌های داده تجاری اطلاعات کتابشناختی مطرح (مانند Scopus)، رقابت ایجاد کند. موتورهای جستجوی علمی (Google Scholar، Microsift Academic، Baidu Scholar، Naver Academic) می‌توانند اطلاعات مربوط به نشریات تحقیقات و ارجاعات را جمع‌آوری کنند. این امر به طور بالقوه می‌تواند از ارزیابی‌های پژوهشی و معیارسنجی بین‌المللی مشارکت‌کنندگان در پژوهش، از جمله رتبه‌های دانشگاهی پشتیبانی کند (دارایو و بوناکورسی[۱]، ۲۰۱۷؛ کوشا، تلوال و عبدولی[۲]، ۲۰۱۸).

گروه دیگری از شرکت‌های فعال در حوزه DSIP ارائه‌دهندگان ابزارهای مدیریت تحقیق برای سرمایه‌گذاران دولتی و سازمان‌های تحقیقاتی هستند. این ابزارها پایگاه شواهد و مدارکی برای ارزیابی تحقیقات ملی فراهم می‌کنند و از تصمیم‌گیری‌هایی در خصوص تخصیص بودجه دولتی پشتیبانی می‌کنند. برخی از این شرکت‌ها برای پشتیبانی از سیاست‌گذاری مبتنی بر شواهد علم و نوآوری[۳]، در پروژه‌های مشاوره‌ای مشارکت دارند. Science-Metrix، یک زیرمجموعه از شرکت مدیریت اطلاعات تحقیقاتی کانادا (Science۱)، موردی از این دست است. این شرکت در سال ۲۰۱۸ مأمور شد که روش‌ها و شاخص‌های فعالیت‌های تحقیقاتی و نوآوری برای بنیاد ملی علوم ایالات متحده[٤] تهیه کند (کوت و همکاران، ۲۰۱۸).

بهره بردن از این تحولات بخش خصوصی برای استفاده در سیستم‌های DSIP دولتی فواید بالقوه بسیاری دارد. راه‌حل‌ها می‌توانند به سرعت و با یک هزینه مورد توافق به کار گرفته شوند، از این رو با نیاز بخش دولتی به توسعه پیشاپیش مهارت‌های داخلی لازم، کمرنگ می‌شود. شرکت‌های خصوصی می‌توانند از طریق استانداردها و محصولات خود، تعامل‌پذیری را نیز ارتقاء بخشند، که این امر می‌تواند دامنه و مقیاس داده‌ها را در یک سیستم DSIP گسترش دهد. اما ریسک‌هایی نیز وجود دارند. برای مثال، برون سپاری

۱ Daraio and Bonaccorsi
۲ Kousha, Thelwall and Abdoli
۳ Evidence-based policy making
٤ US National Science Foundation

فعالیت‌های مدیریت داده به بخش خصوصی ممکن است باعث از دست رفتن کنترل روی توسعه آینده سیستم‌های DSIP شود. علاوه بر این، وابستگی به محصولات و خدمات انحصاری ممکن است منجر به دسترسی تبعیض‌آمیز به داده‌ها شود، حتی اگر این موارد مربوط به فعالیت‌های تحقیقاتی‌ای باشند که بخش دولتی روی آن سرمایه‌گذاری کرده است. سرانجام، اتخاذ استانداردهای تجاری توسط بخش دولتی برای اندازه‌گیری‌ها ممکن است منجر به ظهور پلتفرم‌های خصوصی شود که دارای اثرات شبکه‌ای هستند و رقابت با آن‌ها مشکل است.

همانطور که در بالا در بحث درباره توانمندسازهای تعامل‌پذیری گفته شد، موسسات خیریه و سازمان‌های غیرانتفاعی نیز در DSIP مشارکت می‌کنند. این سازمان‌ها همچنین می‌توانند به طور مستقیم روی راه حل‌های DSIP سرمایه‌گذاری و آن‌ها را طراحی کنند. برای مثال، بنیاد آلفرد پی اسلون[۱] به لحاظ مالی از پروژه‌هایی با موضوع جمع‌آوری شواهد سیستماتیک درباره تأثیر تحقیقات حمایت شده توسط دولت (به عنوان مثال ETOILE، UMETRICS)، به منظور فراهم کردن دسترسی آزاد و اشتراک نتایج تحقیقات (به عنوان مثال FORCE۱۱، arXiv.org، Impactstory) و برای کمک به تفکیک داده‌ها (بهبود استنادها، توسعه شناسه‌های منحصر به فرد) حمایت می‌کند. در مثالی دیگر، یک سازمان اجتماعی غیرانتفاعی مستقر در استرالیا به نام کامبیا[۲]، با همکاری دانشگاه صنعتی کوئینزلند[۳]، لنز[۴]، یک پلتفرم باز برای «نقشه‌برداری نوآوری»[۵] را راه‌اندازی کرده است. این پلتفرم داده‌های پایگاه‌های داده چندین دفتر ثبت اختراع ملی و بین المللی و مجموعه داده‌های علمی از جمله Crossref، PubMed و Microsoft Academic را جمع‌آوری می‌کند تا دسترسی آزاد را برای اطلاعات ثبت اختراع تفکیک شده و پیوند یافته ارائه دهد (لنز، بدون تاریخ). تعدادی از ابزارها و خدمات تکمیلی، هوش عملی را ارائه می‌دهند که تصمیم‌گیرندگان می توانند از استفاده کنند. به عنوان مثال، سیاست‌گذاران می‌توانند از Lenz PatCite برای شناسایی، تفکیک و ارتباط مقالات علمی ذکر شده در سند ثبت اختراع استفاده کنند (Lens PatCite، بدون تاریخ).

۱ Alfred P. Sloan Foundation
۲ Cambia
۳ Queensland University of Technology
۴ Lens
۵ innovation cartography

با توجه به قیمت گذاری آزاد و سطح بالای عملکرد، راه‌حل‌های دیجیتالی طراحی شده توسط سازمان‌های غیرانتفاعی، توسط سازمان‌های دولتی و همچنین بنگاه‌های تجاری به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در واقع، در بسیاری موارد، راه‌حل‌های دیجیتالی به عنوان عناصر مهم راه حل‌های DSIP تجاری عمل می‌کنند و عملکرد آن‌ها را بهبود داده و باعث تقویت تعامل‌پذیریشان می‌شوند. مدیران چندین سیستم DSIP مورد بررسی، بیشتر نرم‌افزارهای باز و راه‌حل‌های دیجیتالی رایگان را انتخاب کردند تا از پایداری مالی عملکرد خود اطمینان حاصل کنند و ریسک‌های ناشی از وابستگی به فروشنده را کاهش دهند.

نتیجه‌گیری

تحول دیجیتال سیاست STI و شواهد آماری آن هنوز در مراحل اولیه خود است. این بدان معنی است که سیاست‌گذاران STI می‌توانند یک موضع فعال در شکل دادن به اکوسیستم‌های DSIP را متناسب با نیازهای خود اتخاذ کنند. این امر مستلزم همکاری استراتژیک، از طریق هماهنگی چشمگیر بین سازمانی و به اشتراک گذاری منابع (مانند شناسه‌های دیجیتال استاندارد) و یک چارچوب سیاست‌گذاری منسجم برای اشتراک و استفاده مجدد از داده‌ها در بخش دولتی است. از آن‌جا که چندین وزارتخانه و نهاد دولتی سیاست علم و نوآوری را تدوین می‌کنند، اکوسیستم‌های DSIP باید بر اساس اصول طراحی، ایجاد و سازمان‌دهی مشترک پایه گذاری شوند (OECD، ۲۰۱۸).

این فصل برخی از چالش‌های پیش روی DSIP را برجسته کرده است. علی رغم گسترش اخیر شناسه‌ها، استانداردها و پروتکل‌ها، تعامل‌پذیری همچنان یک مانع اساسی است. این امکان وجود دارد که سیاست‌گذاران بتوانند از نظر جمعیت هدف، اطلاعات ثبت شده، سازگاری با سیستم‌های آماری و به ویژه پذیرش توسط هر دوی نهادها و کاربران بالقوه، بر توسعه سیستم‌های بین المللی UPPI تأثیر بگذارند. به طور خاص، تلاش‌های بین المللی در رابطه با مستندسازی داده‌ها و تدوین استانداردهای فراداده می‌توانند برای بهبود تعامل‌پذیری داده‌ها تلفیق شوند.

سیستم‌های DSIP می‌توانند به گسترش شواهد آماری که در آن تحقیق توسط مثلاً ترکیبی از میزان‌سنج‌ها ارزیابی می‌شود، کمک کنند. آن‌ها

همچنین می‌توانند گروه گسترده‌ای از ذی‌نفعان را برای مشارکت فعال‌تر در تدوین و ارائه سیاست علم و نوآوری توانمند سازند. با این وجود، این خطر نیز وجود دارد که این سیستم‌ها سوءاستفاده از داده‌های موجود را تقویت کنند. سیستم‌های DSIP باید طرح‌های اخیر را که بهترین شیوه‌ها را در استفاده مسؤولانه از داده‌ها ترویج می کنند، حمایت و تأیید کند. این موارد شامل بیانیه سان فرانسیسکو در مورد ارزیابی تحقیقات[۱] (ASCB، بدون تاریخ) و بیانیه لیدن[۲] هستند.

در نهایت، دولت‌ها می‌توانند در زمینه توسعه و بهره‌برداری از سیستم‌های DSIP با بخش خصوصی و غیرانتفاعی همکاری کنند. با این وجود، آن‌ها باید اطمینان حاصل کنند که داده‌های عمومی در خارج از «باغ‌های محصور»[۳] باقی مانده (بی استفاده نمانده) و دسترسی دیگران و استفاده مجدد از آن برای دیگران آزاد است. آن‌ها همچنین باید از وابستگی به فروشنده جلوگیری کنند و سیستم‌های باز و چابک[۴] را به‌کار گیرند. در یک محیط که به سرعت تغییر می‌کند، این امر باعث می شود دولت‌ها از انعطاف‌پذیری بیشتری برای به‌کارگیری فناوری‌های جدید و درج منابع اطلاعاتی استفاده نشده در سیستم‌های DSIP خود برخوردار شوند.

منابع

API (n.d.), “Academic knowledge”, webpage, https://docs.microsoft.com/en-us/azure/cognitive-services/academic-knowledge/home (accessed 16 July 2018).

ASCB (n.d.), “San Francisco Declaration on Research Assessment”, webpage, www.ascb.org/dora
(accessed 18 August 2016).

Bauer, M.W. and A. Suerdem (2016), “Relating ‘science culture’ and innovation”, presentation at the
OECD Blue Sky Forum on Science and Innovation Indicators, Ghent, 19-21 September.

CASRAI (2016), “CASRAI Impacts – 10-year anniversary, Building bridges for research information
users”, CASRAI.

Choi, S. et al. (2011), “SAO network analysis of patents for technology trends identification: A case study of polymer electrolyte membrane technology in proton exchange membrane fuel cells”, Scientometrics,
Vol. 88/3, Springer International Publishing, Cham, Switzerland, pp. 863-883,

۱ San Francisco Declaration on Research Assessment
۲ Leiden Manifesto
۳ walled gardens
۴ agile

https://doi.org/10.1007/s11192-011-0420-z.
Côté, G. et al. (2018), Bibliometrics and Patent Indicators for the Science and Engineering Indicators
2018 – Technical Documentation, Science-Matrix, Montreal.
Daraio, C. and A. Bonaccorsi (2017), “Beyond university rankings? Generating new indicators on
universities by linking data in open platforms”, Journal of the Association for Information Science and
Technology, Vol. 68/2, Wiley Online Library, pp. 508-529.
Edwards, M. and R. Siddhartha (2017), “Academic research in the 21st century: Maintaining scientific
integrity in a climate of perverse incentives and hypercompetition”, Environmental Engineering
Science, Vol. 34/1, Mary Ann Liebert Inc., pp. 51-61,
http://online.liebertpub.com/doi/pdf/10.1089/ees.2016.0223.
Gibson, E. et al. (2018), “Technology foresight: A bibliometric analysis to identify leading and emerging
methods”, Foresight and STI Governance, Vol. 12/1, National Research University Higher School of
Economics, Moscow, pp. 6-24.
Guo, Y. et al. (2012), “Text mining of information resources to inform forecasting innovation pathways”,
Technology Analysis & Strategic Management, Vol. 24/8, Routledge, London, pp. 843-861,
https://doi.org/10.1080/09537325.2012.715491.
Hicks, D. et al. (2015), “Bibliometrics: The Leiden manifesto for research metrics”, Nature, Vol. 520/7548,
Nature Research, Springer, pp. 429-431, www.nature.com/news/bibliometrics-the-leiden-manifesto-for-research-metrics-1.17351.
Jeffery, K. and A. Asserson (2016), “Position paper: Why CERIF?”, presentation at smart descriptions
and smarter vocabularies workshop, Amsterdam, 30 November-1 December,
www.w3.org/2016/11/sdsvoc/SDSVoc16_paper_15.
Johnson, R., O. Fernholz and M. Fosci (2016), “Text and data mining in higher education and public
research. An analysis of case studies from the United Kingdom and France”, Association des directeurs et personnels de direction des bibliothèques universitaires et de la documentation, Paris,
https://adbu.fr/competplug/uploads/2016/12/TDM-in-Public-Research-Final-Report-11-Dec-16.pdf.
Jörg, B. et al. (2012), “CERIF 1.3 full data model (FDM): Introduction and specification”, 28 January,
EuroCRIS, www.eurocris.org/Uploads/Web%20pages/CERIF-1.3/Specifications/CERIF1.3_FDM.pdf.
Kayser, V. and K. Blind (2017), “Extending the knowledge base of foresight: The contribution of text
mining”, Technological Forecasting and Social Change, Vol. 116C, Elsevier, Amsterdam, pp. 208-215.
Kong, D. et al. (2017), “Using the data mining method to assess the innovation gap: A case of industrial

robotics in a catching-up country", Technological Forecasting and Social Change, Vol. 119, Elsevier,
Amsterdam, pp. 80-97.
Kousha, K., M. Thelwall and M. Abdoli (2018), "Can Microsoft Academic assess the early citation impact
of in-press articles? A multi-discipline exploratory analysis, Journal of Informetrics, Vol. 12/2, arXiv:1802.07677, Cornell University, pp. 287-298.
Lens (n.d.), "About the Lens", webpage, https://about.lens.org/ (accessed 31 August 2018).
Lens PatCite (n.d.), "Lens PatCite" webpage, www.lens.org/lens/patcite (accessed 31 August 2018).
Mateos-Garcia, J. (6 April 2017), "We are building a formidable system for measuring science – but what
about innovation?", Nesta blog, www.nesta.org.uk/blog/we-are-building-a-formidable-system-for-measuring-science-but-what-about-innovation/.
McMurry, J., L. Winfree and M. Haendel (6 July 2017), "Bad identifiers are the potholes of the information
superhighway: Take-home lessons for researchers", PLOS Biologue Community blog, http://blogs.plos.org/biologue/2017/07/06/bad-identifiers-potholes-of-information-superhighway/.
Microsoft (n.d.), "Microsoft Academic Graph", webpage, www.microsoft.com/ (accessed 16 July 2018).
Moed, H.F. et al. (2012), "Citation-based metrics are appropriate tools in journal assessment provided
that they are accurate and used in an informed way", Scientometrics, Vol. 92/2, Springer, pp. 367-376.
OECD (forthcoming a), Digital Science and Innovation Policy and Governance, OECD Publishing, Paris.
OECD (forthcoming b), "OECD case study of Norway's digital science and innovation policy and
governance landscape", OECD Science, Technology and Innovation Policy Papers, OECD
Publishing, Paris.
OECD (2018), OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2018: Adapting to Technological and
Societal Disruption, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/sti_in_outlook-2018-en.
Park, H., J. Yoon and K. Kim (2013), "Using function-based patent analysis to identify potential
application areas of technology for technology transfer", Expert Systems with Applications, Vol. 40/13,
Elsevier, Amsterdam, pp. 5260-5265.
Peng, H. et al. (2017), "Forecasting potential sensor applications of triboelectric nanogenerators through
tech mining", Nano Energy, Vol. 35, pp. 358-369, Elsevier, Amsterdam,
https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2017.04.006.
Priem, J. et al. (2010), "Altmetrics: A Manifesto", webpage, http://altmetrics.org/manifesto (accessed

5 February 2017).
Sateli, B. et al. (2016), “Semantic user profiles: Learning scholars’ competences by analyzing their
publications”, in A. González-Beltrán, F. Osborne and S. Peroni (eds.), Semantics, Analytics,
Visualization. Enhancing Scholarly Data, SAVE-SD 2016, Lecture Notes in Computer Science,
Vol. 9792, Springer, Cham, Switzerland, https://doi.org/10.1007/978-3-319-53637-8_12.
Shapira, P. and J. Youtie (2006), “Measures for knowledge-based economic development: Introducing
data mining techniques to economic developers in the state of Georgia and the US South”,
Technological Forecasting and Social Change, Vol. 73/8, Elsevier, Amsterdam, pp. 950-965.
Sugimoto, C. and V. Larivière (2016), “Social media indicators as indicators of broader impact”,
presentation at the OECD Blue Sky Forum on Science and Innovation Indicators, Ghent,
18 September, www.slideshare.net/innovationoecd/sugimoto-social-media-metrics-as-indicators-of-broader-impact.
Wolfram, D. (2016), “Bibliometrics, information retrieval and natural language processing: Natural
synergies to support digital library research”, in Proceedings of the Joint Workshop on
Bibliometric-enhanced Information Retrieval and Natural Language Processing for Digital Libraries, ACL
Anthology, www.aclweb.org/anthology/.
Yoo, S.H. and D. Won (2018), “Simulation of weak signals of nanotechnology innovation in complex
system”, Sustainability, Vol. 10/2/, MDPI, Basel, pp. 486, https://doi.org/10.3390/su10020486.
Yoon, J. and K. Kim (2012), “Detecting signals of new technological opportunities using semantic patent
analysis and outlier detection”, Scientometrics, Vol. 90/2, Springer, pp. 445-461.
Yoon, J., H. Park and K. Kim (2013), “Identifying technological competition trends for R&D planning using
dynamic patent maps: SAO-based content analysis”, Scientometrics, Vol. 94/1, Springer, pp. 313-331.
Zhang, Y. et al. (2016), “Technology roadmapping for competitive technical intelligence”, Technological
Forecasting and Social Change, Vol. 110, Elsevier, Amsterdam, pp. 175-186,
https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.11.029.

این کتاب به بررسی تأثیرات دیجیتالی شدن بر STI و پیامدهای مرتبط با آن در رابطه با سیاست می‌پردازد و در ادامه کارهای انجام شده تحت نظارت CSTP در طول سال‌های 2017 و 2018 است. برخی از مباحث مطرح شده مضامین دیرینه در حوزه کاری CSTP است، از دسترسی به داده‌های تحقیقاتی با بودجه دولتی گرفته تا سنجش علوم دیجیتال و نوآوری. مباحث دیگر مطرح‌شده جدیدتر و مفاهیم در حال ظهور هستند، از جمله نقش هوش مصنوعی در تولید و اینکه چگونه فناوری دیجیتال می‌تواند به استفاده از هوش جمعی در جامعه‌ی علمی و پیشرفت‌های اخیر در دیجیتالی شدن حوزه‌های زیست فناوری کمک‌کند.

برخی از جنبه‌های انقلاب دیجیتال هنوز هم نسبتاً جدید هستند، حتی اگر اثرات آن‌ها از قبل مشاهده شده باشد. بدیهی است که با توجه به ویژگی چند جانبه بودن فناوری دیجیتال، توسعه‌ی آینده آن نیز دستاوردهای بسیار گسترده‌ای خواهدداشت. با پیشرفت فناوری‌های دیجیتال و دستاوردهای متعدد آن، CSTP همچنان به عنوان یک کانون بین المللی و منحصربه‌فرد برای هدایت و تحلیل سیاست‌ها در زمینه STI عمل می‌کند.

این کتاب توسط CSTP در 12 آگوست 2019 و به منظور انتشار توسط دبیرخانه OECD آماده شده‌است.

ستاد توسعه فرهنگ علم فناوری و اقتصاد دانش بنیان
معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری

ستاد اقتصاد هوشمند، سیاری و دیجیتال

سایتک
مرکز رصد و توزیع اقتصاد دیجیتال