

---

# ده فناوری برتر در مقابله با کروناویروس

---





الذوالحججه الحرامه

## پیش‌گفتار

دبیرخانه پارلمان اروپایی با انتشار یک گزارش تحقیقاتی با عنوان «Ten technologies to fight coronavirus»<sup>۱</sup> به قلم آقای Mihalis Kritikos از دپارتمان آینده‌نگاری علمی (STOA) اداره کل خدمات تحقیقات پارلمانی اروپایی (EPRS)<sup>۲</sup> به تجزیه و تحلیل عمیق علمی در خصوص روند مبارزه با بیماری کوید-۱۹ پرداخته است. نویسنده گزارش معتقد است بیماری کوید-۱۹ به‌عنوان اولین بیماری همه‌گیر بزرگ در قرن ما، فرصتی عالی برای سیاست‌گذاران و قانونگذاران فراهم نموده است تا علیرغم تحت فشار بودن برای مهار هر چه سریعتر بیماری، در مورد باور، صداقت و اثربخشی فناوری‌های نوظهور از منظر حقوقی و اخلاقی تأمل کنند.

در این گزارش با تحلیل دقیق ۱۰ فناوری برتر هوش مصنوعی، بلاک‌چین، فناوری‌های منبع باز، فناوری‌های پزشکی از راه دور، چاپ سه‌بعدی، فناوری‌های ویرایش ژن، فناوری نانو، زیست‌شناسی مصنوعی، پهبادها و رباتها، بر استفاده از برنامه‌های نوآورانه به‌عنوان کمک خوبی در روند مبارزه با این بیماری همه‌گیر برای دولت‌ها تأکید شده است.

نظر به اهمیت چنین گزارشی در بررسی هر چه بیشتر فناوری‌های موثر در مقابله، تشخیص و درمان بحران کروناویروس، متن کامل گزارش مذکور توسط موسسه پویندگان توسعه فناوری و نوآوری ایرانیان ترجمه و تدوین گردیده و در اختیار علاقمندان محترم قرار می‌گیرد.

**موسسه پویندگان توسعه فناوری و نوآوری ایرانیان**

1. Scientific Foresight Unit

2. European Parliamentary Research Service

## فهرست مطالب

۷	چکیده
۸	خلاصه مدیریتی
۱۰	۱. هوش مصنوعی
۱۵	۲. بلاک چین
۲۰	۳. فناوری‌های منبع باز
۲۵	۴. فناوری‌های پزشکی از راه دور
۲۹	۵. چاپ سه بعدی
۳۲	۶. فناوری‌های ویرایش ژن
۳۶	۷. فناوری نانو
۴۰	۸. زیست‌شناسی مصنوعی
۴۴	۹. پهبادها
۴۸	۱۰. ربات‌ها
۵۲	نتیجه‌گیری



## چکیده

با گسترش همه‌گیری ویروس کرونا (کوید-۱۹)، به‌منظور مدیریت و مقابله با این وضعیت و مداوای مؤثر بیماران، کاهش بار کاری مراکز درمانی و ساخت واکسن جدید و موثر، ابتکارها و راه‌حل‌های فناورانه بسیاری در دست طراحی و ساخت قرار گرفته‌اند. مطالعه حاضر میزان اثرگذاری ده فناوری برتر از نظر ارائه راه‌حل‌های نوآورانه در مقابله با همه‌گیری کوید-۱۹ را بررسی می‌کند. همچنین، چالش‌های حقوقی و مقرراتی و ملاحظات اخلاقی اجتماعی در به‌کارگیری این گونه راه‌حل‌های نوآورانه در موقعیت‌های بحران عمومی و بهداشتی همانند وضعیت کنونی همه‌گیری کوید-۱۹ به اجمال بیان می‌شود.

نگاهی کوتاه به جایگاه فناوری در بحران کوید-۱۹ نشان می‌دهد با آنکه اقدامات و راه‌حل‌های فناورانه نمی‌تواند به‌تنهایی جایگزین اقدامات سیاستی باشد، اما نقش آنها در واکنش فوری به بحران به‌شدت رو به افزایش است. کروناویروس اولین همه‌گیری بزرگ در قرن حاضر است که فرصتی مغتنم در اختیار سیاست‌گذاران و قانون‌گذاران می‌گذارد تا در اسرع وقت نگرانی‌های حقوقی/اخلاقی (عدم مغایرت با قانون و اخلاق) درباره فناوری‌های نوظهور را برطرف نمایند و نیز میزان اثرگذاری این فناوری‌ها را مورد بررسی جدی قرار دهند. توجه به این‌گونه ملاحظات در حفظ اعتماد عمومی به مداخلات بهداشتی مبتنی بر فناوری بسیار حائز اهمیت است.

## خلاصه مدیریتی

با افزایش همه‌گیری کروناویروس، تلاش برای جلوگیری از گسترش بیماری، درمان بیماران و کاهش بار کاری مراکز درمانی و نیز ساخت واکسن به کمک راه‌حل‌ها و ابتکارهای نوآورانه روز به روز افزایش می‌یابد. افزایش نیاز به اطلاعات بهتر درباره وضعیت موجود (همه‌گیری کوید-۱۹) در بین جامعه جهانی از مدل‌سازان بیماری‌های مسری گرفته تا مقامات دولتی و سازمان‌های بین‌المللی و نیز مردمی که در قرنطینه هستند یا باید فاصله اجتماعی را رعایت کنند، موجب پیشرفت فناوری‌های نظارتی و اطلاعات دیجیتال با سرعتی بی‌سابقه و با هدف جمع‌آوری داده و شواهد معتبر برای ذینفعان حوزه سلامت عمومی شده‌است. از هوش مصنوعی، ربات‌ها و پهبادها برای ردیابی بیماری و اجرای اقدامات فاصله‌گذاری اجتماعی استفاده می‌شود و همزمان با آنها دانشمندان به‌طور گسترده از فناوری‌های ویرایش ژن، زیست‌شناسی مصنوعی و نانوذرات در حوزه ساخت و تست واکسن، روش‌های درمانی و تشخیصی استفاده می‌کنند. از فناوری‌های بلاک‌چین نیز در ردیابی شیوع بیماری، مدیریت پرداخت‌های بیمه و حمایت از زنجیره‌های عرضه پزشکی استفاده می‌شود. علاوه بر این‌ها، به‌نظر می‌رسد فناوری‌های منبع باز و چاپ سه‌بعدی نیز از این قابلیت برخوردار هستند که در تأمین نیازهای فزاینده سخت‌افزارهای پزشکی (مانند ماسک، دستگاه‌های کمک‌تنفسی و فیلترهای تنفسی) به بیمارستان‌ها و دولت‌ها کمک کنند و عرضه تجهیزات مورد نیاز پزشکی را ارتقا دهند. همگام با دیگر پیشرفت‌ها، فناوری‌های پزشکی از راه دور نیز در ارائه راه‌حل‌های مقرون به صرفه برای کند کردن سرعت انتشار ویروس و افزایش ظرفیت بیمارستان‌ها-از طریق بستری کردن بیماران دارای علائم محدود در خانه و اعزام بیماران با شرایط حاد به مراکز درمانی- موفق عمل کرده‌اند.

مطالعه حاضر با بررسی اجمالی فناوری‌هایی که در حال حاضر به کار گرفته می‌شوند، به معرفی ویژگی‌های اصلی و اهمیت آنها در مقابله با کوید-۱۹ می‌پردازد. **تأکید اصلی این بررسی روی نحوه به‌کارگیری فناوری‌ها در پایش و جلوگیری از انتشار ویروس و نیز ارتقا**



**ظرفیت‌های مراکز درمانی عمومی در تأمین نیازهای رو به افزایش بیماران کوید-۱۹ است.** مطالعه حاضر چالش‌های اصلی مقرراتی و حقوقی و دغدغه‌های اجتماعی اخلاقی درباره به کارگیری این فناوری‌ها در وضعیت‌های بحرانی مانند شیوع کروناویروس را نیز به اجمال بیان می‌کند.

در نگاهی اجمالی به وضعیت کنونی به کارگیری فناوری‌ها جهت مقابله با کوید-۱۹ با چند نکته اساسی در مورد نحوه مداخله این فناوری‌ها در این بحران مواجه می‌شویم. اول، برخلاف بحران‌های بهداشتی گذشته، به نظر می‌رسد بحران جاری جایگاه شهروندان را از سوژه نظارت و تحلیل اپیدمیولوژیک به سوژه تولید داده از طریق خود-ردیابی، به اشتراک‌گذاری داده و جریان دیجیتال داده تغییر داده‌است. با توجه به اینکه اغلب این فناوری‌ها پیش از این در شرایط پزشکی اضطراری استفاده نشده‌اند، به کارگیری گسترده آنها در سطح جهانی سوالاتی را درباره اثرات به کارگیری ابزارهای نظارت عمومی روی آزادی‌های شهروندان و نیز احتمال تداوم شرایط نظارتی شدید حتی پس از بحران کوید-۱۹ مطرح می‌نماید. همان‌طور که می‌دانیم در شرایط همه‌گیری کنونی، به موجب قوانین شرایط اضطراری اتحادیه اروپا بسیاری از حقوق بنیادین انسان‌ها (به‌ویژه در حوزه حریم خصوصی) به طور موقت نقض می‌شود تا امکان استفاده از فناوری‌های نظارتی، ردیابی مکان و جمع‌آوری داده فراهم شود. به‌منظور تسریع ساخت وسیله‌های پزشکی و واکسن نیز روند صدور مجوز تسهیل می‌شود.

اگرچه این مطالعه تأثیر راه‌حل‌های فناورانه در مبارزه با مشکلات ناشی از کروناویروس را پررنگ می‌داند، اما اصلاً در پی تبلیغ فناوری‌سالاری نیست. به عبارت دیگر، با آنکه راه‌حل‌های فناورانه به تنهایی نمی‌توانند چالش‌های اجتماعی را برطرف کنند یا جایگزین سایر اقدامات شوند، اما مطابق نتایج این مطالعه، نقش فناوری‌ها در پاسخ فوری به شرایط بحران رو به افزایش است. درواقع، شیوع کوید-۱۹ به عنوان اولین همه‌گیری بزرگ قرن حاضر، فرصت مناسبی برای قانون‌گذاران و سیاست‌گذاران در توجه به ملاحظات حقوقی، اخلاقی و نیز بررسی میزان اثرگذاری به کارگیری فناوری‌های نوظهور در بحران‌ها فراهم نموده‌است.

## ۱. هوش مصنوعی

تجزیه و تحلیل داده<sup>۱</sup> نحوه مدیریت و ردیابی شیوع بیماری‌ها و در نتیجه نجات جان انسان‌ها را تغییر داده است. در حال حاضر، توجه جامعه جهانی روی همه‌گیری ویروس کرونا جدید که اولین بار در ووهان چین شناسایی شد، متمرکز شده است. با گسترش انتشار این ویروس و افزایش ترس از تعطیلی جهانی، دانشمندان و سازمان‌های بین‌المللی از هوش مصنوعی برای ردیابی شیوع ویروس و در نتیجه، پیش‌بینی مسیر گسترش شیوع استفاده می‌کنند و متعاقب آن واکنش‌های مناسب برای مقابله با شیوع را پیشنهاد می‌نمایند.



در ۳۱ دسامبر ۲۰۱۹ سازمان جهانی بهداشت اولین گزارش از شناسایی مورد مشکوک به کوید-۱۹ در ووهان چین را دریافت کرد. در ۳۰ ژانویه ۲۰۲۰ به دنبال افزایش نگرانی‌ها از پراکندگی و عدم هماهنگی واکنش‌های جهانی به شیوع

کروناویروس، سازمان جهانی بهداشت به موجب مقررات بین‌المللی سلامت (IHR)<sup>۲</sup> شیوع کوید-۱۹ را یک وضعیت اضطراری سلامت عمومی در سطح بین‌المللی (PHEIC)<sup>۳</sup> اعلام نمود. یک هفته پیش از آنکه سازمان‌های بین‌المللی به‌طور رسمی اطلاعات مربوط به شیوع کروناویروس را منتشر کردند، سیستم‌های هوش مصنوعی درباره احتمال گسترش شیوع این ویروس به خارج از چین هشدار داده بودند: استارت‌آپی در حوزه پایش سلامت با استفاده از یادگیری ماشینی و پردازش زبان طبیعی شیوع ویروس را به‌درستی پیش‌بینی کرده بود. در چنین شرایطی با وجود همه عدم قطعیت‌های علمی، ترس، اختلال در امور اجتماعی و سازمانی و بی‌اعتمادی عمومی تصمیم‌گیری سریع ضرورتی حیاتی است. حال این سوال مطرح است که چگونه در چنین شرایطی می‌توان بدون نقض حقوق

1. analytics

2. International Health Regulations

3. Public Health Emergency of International Concern

و ارزش‌های بنیادین انسان‌ها از فناوری‌های هوش مصنوعی برای واکنش به وضعیت اضطراری جهانی استفاده کرد؟

## اثرات و پیشرفت‌های بالقوه

بیشترین کاربرد هوش مصنوعی در بحران کوید-۱۹ در تشخیص ابتلا از طریق شناسایی علائم موجود در سی‌تی‌اسکن قفسه‌سینه بیماران، پایش تغییرات دمای بدن با استفاده از حسگرهای پوشیدنی و نیز ردیابی شیوع بیماری از طریق پلتفرم‌های داده منبع باز بوده‌است. هوش مصنوعی می‌تواند حجم عظیمی از داده‌های متنی غیرنظام‌مند را پردازش نماید و تعداد مبتلایان جدید را بر حسب منطقه و نیز جمعیتی که بیشتر در معرض خطر هستند، پیش‌بینی کند. همچنین، این فناوری می‌تواند راهبردهای کنترل گسترش همه‌گیری را ارزیابی نموده و ارتقا دهد. دیگر کاربردهای هوش مصنوعی عبارتند از: تحویل ملزومات پزشکی بوسیله پهبادها، ضدعفونی کردن اتاق بیماران و بررسی پایگاه‌های داده دارویی معتبر جهت شناسایی داروهایی که ممکن است برای مقابله با کوید-۱۹ مؤثر باشند. در شناسایی مولکول‌های جدیدی که ممکن است به‌عنوان داروی بیماری کوید-۱۹ استفاده شوند، یا تسریع روند پیش‌بینی ساختار ثانویه مولکول RNA<sup>۱</sup> و ویروس‌ها، نیز فناوری‌های هوش مصنوعی به کار گرفته می‌شوند.

در بحران کنونی، دانشمندان موفق به طراحی مجموعه‌ای از الگوریتم‌های سنجش خطر کوید-۱۹ برای استفاده در مراکز درمانی/بهداشتی شده‌اند. از جمله، مرکز اروپایی کنترل و پیشگیری بیماری، الگوریتمی برای مدیریت افراد در تماس با مبتلایان قطعی یا احتمالی تهیه کرده‌است.

در برخی از کاربردهای هوش مصنوعی می‌توان به کمک تکنیک‌های یادگیری ماشینی اخبار غیرواقعی درباره بیماری را در اطلاعات رسانه‌های اجتماعی رصد کرد، واژه‌های هشداردهنده یا هیجان برانگیز را ردیابی نمود و منابع آنلاین مناسب برای مقابله با پدیده همه‌گیری اطلاعات<sup>۲</sup> در حوزه کوید-۱۹ را شناسایی کرد. در همین راستا، شرکت‌های

1. RNA secondary structure

2. infodemic

فیس‌بوک، توییتر، گوگل و تیک‌تاک با سازمان جهانی بهداشت در بررسی و افشای اطلاعات جعلی درباره کوید-۱۹ همکاری می‌کنند.

در مدیریت اضطراری وضعیت سلامت عمومی گاه پیش می‌آید که به دلیل بحران حقوق حریم خصوصی افراد، آزادی در جابه‌جایی و عدم تبعیض نقض می‌شود؛ مانند حبس خانگی یا انجام معاینات پزشکی بدون رضایت افراد. صرف‌نظر از این مسأله، به‌کارگیری راه‌حل‌های مبتنی بر هوش مصنوعی مانند استفاده از ابزارهای تشخیص چهره برای ردیابی افراد بدون ماسک، سیستم‌های تب‌سنج مبتنی بر هوش مصنوعی و یا پردازش داده‌های جمع‌آوری شده در پلتفرم‌های دیجیتال یا شبکه‌های تلفن همراه جهت ردیابی جابه‌جایی افراد به‌منظور اجرای جدی اقدامات محدودکننده در جلوگیری از گسترش شیوع کروناویروس مؤثر بوده‌است. به‌عنوان مثال؛ باید و غول چینی جستجوی اینترنتی با استفاده از فناوری تشخیص چهره و اشعه مادون قرمز سیستمی برای غربالگری مردم در یکی از ایستگاه‌های راه‌آهن پکن طراحی کرده‌است که می‌تواند در هر دقیقه از ۲۰۰ نفر عکس‌برداری نماید. در مسکو نیز نهادهای دولتی برای شناسایی افراد مشکوک به کوید-۱۹ در بین مسافران با مبدأ چین از فناوری تشخیص چهره خودکار در بررسی فیلم‌های دوربین‌های نظارتی استفاده می‌کنند.

نهادهای دولتی چین از پهبادهای مبتنی بر هوش مصنوعی در نظارت بر اماکن عمومی، تصویربرداری حرارتی و ردیابی افرادی که مقررات قرنطینه را رعایت نمی‌کنند، بهره می‌گیرند. باید توجه داشت که کارایی این راه‌حل‌های مبتنی بر هوش مصنوعی صرفاً منوط به قابلیت‌های فنی آنها نیست، بلکه نحوه نظارت بر اجرا و به‌کارگیری این راه‌حل‌ها مطابق استانداردهای الگوریتمی، قوانین و اصول اخلاقی در ارتقا کارایی آنها بسیار تأثیرگذار است.

### ملاحظات سیاست‌گذاری

در شرایط بحران کنونی کروناویروس، سازمان جهانی بهداشت به‌عنوان نهاد حاکمیتی حوزه سلامت ابزارهای اجرایی خود را محدود کرده و نظام نظارتی خود را مبتنی بر اراده دولت‌ها در گزارش صادقانه به این سازمان اعمال نموده‌است. متأسفانه سطح گزارش‌دهی

کشورها به این سازمان پایین است و در نتیجه، نگرانی‌هایی در مورد ظرفیت کشورهای با درآمد کم یا متوسط - که با کمبود منابع مالی و انسانی مواجه هستند- در انجام تعهدات حوزه منابع انسانی به وجود آمده است. اما به مدد فناوری‌های هوش مصنوعی انحصار دولت‌ها در کنترل اطلاعات تا حد زیادی از بین رفته است و سازمان جهانی بهداشت می‌تواند از منابع غیردولتی اطلاعات لازم - به ویژه در مواردی که این اطلاعات با گزارش‌های دولتی تناقض دارند- را دریافت نماید.

ساخت داروها و واکسن‌های جدید به منظور مقابله با بحران‌های سلامت عمومی می‌تواند همراه با چالش‌های حقوقی و اخلاقی باشد. کمیسیون اروپا و آژانس دارویی اروپا (EMA)<sup>۱</sup> در پاسخ به همه‌گیری کوید-۱۹ روند ارزیابی و تأیید واکسن‌ها را به روش‌های مختلف تسریع کرده‌اند. در همین راستا، کمیسیون اروپا فراخوانی برای پروپوزال‌های ساخت/طراحی روش‌های تشخیصی و درمانی برای بیماری کوید-۱۹ داده است. اتحادیه اروپا نیز طبق بند ۹ «موافقت‌نامه جنبه‌های تجاری حقوق مالکیت فکری» (TRIPS)<sup>۲</sup> به کشورهای عضو که توانایی تولید داروهای مورد نیاز را ندارند، اجازه واردات داروهای ژنریک (عمومی) ارزان‌تر که تحت لیسانس اجباری ساخته شده باشند را داده است.

کاستن محدودیت‌های ناشی از مقررات حقوق مالکیت فکری و نیز فراهم‌نمودن امکان به اشتراک‌گذاری حداکثری نتایج تحقیقات برای پاسخ مؤثر به همه‌گیری ضروری است تا اطلاعات و فناوری‌های جدید به سرعت و با حداقل محدودیت در اختیار عموم قرار گیرد. فناوری‌های هوش مصنوعی از این نظر می‌توانند بسیار مؤثر باشند. اما نظام‌های سلامت همه کشورها ظرفیت لازم برای جستجو پایگاه‌های داده بزرگ و جمع‌آوری داده‌های مناسب برای طراحی الگوریتم‌های هوش مصنوعی را ندارند. علاوه بر این، مسئله حریم خصوصی و چالش‌های اخلاقی مرتبط با آن نیز مطرح است. اگرچه به واسطه شرایط بحران کوید-۱۹ دولت‌ها می‌توانند تا حدی از مفاد میثاق بین‌المللی حقوق مدنی و سیاسی (ICCPR)<sup>۳</sup> تجاوز

1. European Medicines Agency

2. Agreement on Trade-Related Aspects of Intellectual Property Rights

3. International Covenant on Civil and Political Rights

کنند، اما همه اقدامات آنها در طول همه‌گیری باید از نظر اخلاقی قابل توجیه، ضروری و متناسب باشد. به‌طور کلی، اقدامات دولت‌ها در راستای حفظ سلامت عمومی در شرایط همه‌گیری بیماری باید همراه با کمترین صدمه برای آزادی‌های مردم باشد. دستورالعمل‌های سازمان جهانی بهداشت در زمینه مدیریت مسائل اخلاقی در همه‌گیری بیماری‌های عفونی می‌تواند ضمن فراهم کردن امکان نظارت اخلاقی، از برجسب‌زنی (ننگ اجتماعی)<sup>۱</sup> نسبت به افراد مبتلا یا مبتلایان احتمالی نیز جلوگیری کند.

با توجه به اینکه در حال حاضر هیچ چهارچوب جامع و بین‌المللی درباره حقوق بشر در زمان همه‌گیری وجود ندارد، مدیریت خطرات مرتبط با نظارت و پایش شیوع بیماری‌های مسری از جمله چالش‌هایی است که حاکمیت جهانی سلامت با آن‌ها مواجه است. استفاده گسترده از ابزارهای ردیابی و نظارت مبتنی بر هوش مصنوعی در همه‌گیری کنونی و نیز پراکندگی موجود در حاکمیت اخلاقی هوش مصنوعی می‌تواند منجر به افزایش و حتی تثبیت این کاربردها در دوران پسا کرونا شود. اقدام هماهنگ در سنجش خطر جامع و تفسیر دقیق استثنائات حقوق سلامت مانند ماده ۹ مقررات عمومی حفاظت از داده‌ها اتحادیه اروپا (GDPR)<sup>۲</sup> تنها ضامن استفاده مسئولانه از این فناوری‌های تحول‌آفرین در دوران اضطراب سلامت عمومی است. بنابراین، در تدوین مقررات جدید در این حوزه، قانون‌گذاران و سیاست‌گذاران اتحادیه اروپا باید هشیار باشند که استفاده از ابزارهای مبتنی بر هوش مصنوعی به اشکال جدیدی از کنترل و نظارت اجتماعی خودکار که ممکن است قابلیت تداوم در دوران پس از بحران را داشته باشد، منجر نشود.

---

1. Social Stigmatisation

2. General Data Protection Regulation

## ۲. بلاک چین

فناوری بلاک چین از فناوری‌های نوظهوری است که در مدیریت همه‌گیری کوید-۱۹ نقش کلیدی دارد. راه‌حل‌های مبتنی بر بلاک چین می‌توانند در تسهیل فرایندهای تصمیم‌گیری به روشی ارزان، شفاف و قدرتمند بسیار مؤثر باشند و در نتیجه در واکنش سریع به همه‌گیری نقش مفیدی ایفا کنند. در شرایط کنونی همه‌گیری کروناویروس، فناوری‌های بلاک چین از ظرفیت بالایی در تسهیل واکنش جهانی به این بحران در زمینه‌هایی مانند ردیابی شیوع بیماری، مدیریت پرداخت‌های بیمه و تداوم زنجیره عرضه پزشکی برخوردارند.



فناوری‌های بلاک چین می‌توانند با ایجاد دفترکل‌هایی<sup>۱</sup> ایمن که روزانه صدها بار به روزرسانی می‌شوند، شیوع بیماری را در طول زمان رصد کنند. استفاده از فناوری‌های بلاک چین می‌تواند دقت تشخیص و اثرگذاری روش‌های درمانی

را ارتقا بخشد، ایزوله‌سازی موارد مبتلا را تسریع کند، زنجیره‌های عرضه دارو و عرضه تجهیزات پزشکی را ردیابی نماید، داده‌های پزشکی را مدیریت و الگوهای علائم بیماری را شناسایی کند. در شرایط شیوع ویروس که انبوهی از داده‌های جدید به‌طور لحظه‌ای تولید می‌شود، فناوری‌های بلاک چین می‌توانند عدم قطعیت را کاهش دهند و محاسبات دقیق را امکان‌پذیر نمایند و پلتفرم خودکاری برای ثبت و تبادل مستمر اطلاعات بین گروه‌های مختلف ایجاد کنند. علاوه بر کاربرد بلاک چین در ردیابی و پایش داده‌های سلامت، نهادهای حوزه سلامت نیز می‌توانند از سیستم‌های بلاک چین مجاز (مورد تأیید نهادهای ذی‌ربط) برای رفع معضل همکاری‌های تبدلی در حوزه سلامت استفاده کنند، ذخیره داده و به‌اشتراک‌گذاری اطلاعات بین محققان را تسهیل نمایند و جمع‌آوری، ثبت و گزارش داده‌های آزمایشات بالینی را با قابلیت اعتماد بالا امکان‌پذیر سازند.

1. ledgers

در واقع، به کارگیری بلاک چین در صورتی از روش های نظارتی متعارف ارزش افزوده بیشتری خواهد داشت که از ویژگی های رمزنگاری یا رمزگذاری<sup>۱</sup> و فرایند همتا به همتا غیرمتمرکز<sup>۲</sup> این فناوری استفاده حداکثری شود تا امنیت، تطبیق با مقررات، رضایت، حفظ حریم خصوصی و به موقع بودن در بالاترین سطح تضمین شود.

### اثرات و پیشرفت های بالقوه

قابلیت فناوری های بلاک چین در ردیابی مبادلات به کمک داده های رمزگذاری شده در حل بسیاری از مشکلات ناشی از بحران کوید-۱۹ مفید بوده اند که به کمک آنها راه حل های نوآورانه ای برای مقابله با چالش های بحران ارائه شده است.

به عنوان مثال، در حوزه ردیابی هدایا، فناوری بلاک چین به اهداء کنندگان این امکان را می دهد که از محل صرف هدایای خود مطلع شوند. وقتی هدایا به دست افراد مورد نظر رسید، به اهداء کنندگان اطلاع داده می شود و حتی آنها می توانند محل دقیق تخصیص یافتن هدایا مثلاً جهت درمان افراد مبتلا به کروناویروس در ووهان چین را نیز ردیابی کنند. Xiang Hu Bao از پلتفرم های آنلاین شرکت Ant Financial، یک پلتفرم مبتنی بر بلاک چین است که تقاضاهای بیمه بیماران مبتلا به کوید-۱۹ را پردازش می کند. به کمک این پلتفرم ضمن کاهش تماس افراد با هم (همه فرایند امور بیمه به صورت آنلاین انجام می شود)، همه طرفین (بیمه گذار و بیمه شونده) می توانند فرایند امور بیمه را رصد نمایند.

ماهیت فرامرزی کروناویروس و کمبود جهانی ماسک مستلزم همکاری نزدیک تر و هماهنگ تر کشورها جهت تداوم زنجیره عرضه تجهیزات پزشکی است و بلاک چین می تواند در این زمینه بسیار مفید باشد. نوعی پلتفرم بلاک چین طراحی شده است که با توجه به کمبود ماسک و سایر اقلام مورد نیاز به کاربران امکان ردیابی زنجیره عرضه و تقاضای تجهیزات پزشکی را می دهد. این پلتفرم امکان رفع چالش های مدیریت، تخصیص و اهدای منابع کمک های مردمی را نیز فراهم می کند. این ابزار سطح عرضه و تقاضا و لجستیک را با توجه به تجهیزات و مواد مورد نیاز در همه گیری بررسی، ثبت و ردیابی می کند.

1. encryption

2. decentralized peer-to-peer



ابزارهای ردیابی مبتنی بر بلاک‌چین از قابلیت ویژه‌ای در ردیابی تعداد مبتلایان، شمار قربانیان و تعداد بهبودیافتگان به صورت فوری (زمان واقعی) و جامع برخوردار هستند، به نحوی که هیچ‌یک از اطلاعات مشترک قابل تغییر یا دستکاری نیستند. شرکت سنگاپوری فعال در حوزه بلاک‌چین Algorand Foundation، اخیراً اپی به نام IReport-Covid طراحی کرده‌است که با استفاده از آن کاربر (دارای علائم یا فاقد علائم بیماری) می‌تواند به صورت گمنام به خودسنجی علائم بیماری کوید-۱۹ بپردازد. در شهر هانگجو نیز برنامه‌ای طراحی شده‌است که روی اپ وی‌چت نصب می‌شود و برای ساکنان ساختمان‌ها کیوارکدهایی تولید می‌کند که اطلاعات شخصی آنها را در سرورهای ابری مبتنی بر بلاک‌چین ذخیره، رمزگذاری و پردازش می‌کند و به این ترتیب، رفت‌وآمد ساکنان را کنترل می‌نماید. در شهر شیان (چین) نیز نوعی سیستم مشاوره و غربالگری آنلاین مبتنی بر بلاک‌چین راه‌اندازی شده‌است.

همچنین، بلاک‌چین می‌تواند سوابق بخش سلامت را با حفظ امنیت مدیریت نماید و بی‌آنکه امنیت داده‌ها و حریم خصوصی بیمار به خطر بیفتد، امکان تعامل بین مراکز درمانی مختلف را فراهم کند. یکی دیگر از راه‌حل‌های مبتنی بر بلاک‌چین، علاوه بر اینکه ردیابی بیماران و موارد مشکوک جدید را برای مراکز درمانی امکان‌پذیر می‌کند، با ادغام همه داده‌های سوابق پزشکی بیماران، امکان تحلیل فوری علائم بیماری و داده‌های تشخیصی را برای پزشکان فراهم می‌نماید.

این کاربردهای بلاک‌چین بیانگر ظرفیت این فناوری در شناسایی و پاسخ به نیازهای پزشکی و شکاف‌های موجود در مدیریت زنجیره عرضه پزشکی است و نیز قابلیت‌های آن در کمک به شهروندان برای تطبیق با شرایط قرنطینه و اجرای مقررات فاصله‌گذاری اجتماعی را به نمایش می‌گذارد.

### ملاحظات سیاست‌گذاری

در شرایطی که جهان به هم‌پیوسته و بدون مرز امروزی با مسأله تعامل و اشتراک منابع در بحران کوید-۱۹ روبروست، فناوری‌های بلاک‌چین می‌توانند در ایجاد یک سیستم جهانی

و قدرتمند هشدار بسیار مؤثر باشند. اما، با توجه به اینکه بلاک چین در گام‌های ابتدایی توسعه است، مسائل حقوقی زیادی در مورد به کارگیری آن مطرح است: چه کسی باید مسئول داده‌ها باشد؟ چه کسی می‌تواند به داده‌ها دسترسی داشته باشد؟ چگونه بیماران و نهادهای دولتی سلامت در پایگاه‌های داده شناسایی می‌شوند؟ چه کسی ناظر بلاک چین است؟ سروورها در کجا خواهند بود و چه نوع محدودیت‌های فیزیکی و دیجیتالی اعمال خواهد شد؟ علاوه بر این مسائل، آسیب‌پذیری سیستم‌های بلاک چین در برابر حملات سایبری (۵۱ درصد) از دیگر محدودیت‌های توسعه این فناوری است که مسأله امنیت داده‌های ذخیره‌شده در بلاک چین را مطرح می‌کند.

از طرف دیگر، با توجه به افزایش نیاز دولت‌ها و شرکت‌های فناوری زیستی (به دلیل بحران کوید-۱۹) به داده‌های حساس مانند اطلاعات پزشکی و موقعیت مکانی که به ترتیب برای ردیابی مسیر شیوع بیماری و تغذیه الگوریتم‌های خود از آنها استفاده می‌کنند، محدودیت‌های حوزه حریم خصوصی به زودی کاهش خواهد یافت. لذا، ممکن است فناوری‌های بلاک چین به دلیل قابلیت آنها در حفظ حریم خصوصی بیماران، شفافیت و ادغام داده در آزمایش‌های بالینی شرکت‌های فناوری زیستی و سیستم‌های دولتی جمع‌آوری داده به کار گرفته شوند.

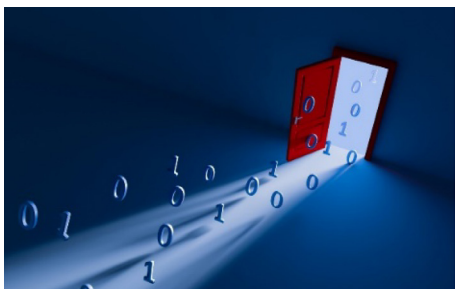
همچنین، قابلیت‌های خاص بلاک چین مانند ثبت و ذخیره غیرقابل تغییر داده‌ها و برقراری ارتباط مستقیم بین ذینفعان، امکان ارزیابی اخلاقی مطالعات بالینی مشترک و چندگانه (با مشارکت چندین کشور) را فراهم می‌کند. این گونه ارزیابی‌های اخلاقی دقیق و قابل اطمینان در تعیین ایمنی و کارایی محصولات/طرح‌های پیشنهادی برای درمان کوید-۱۹ بسیار حیاتی هستند. به عبارت دیگر، فناوری بلاک چین می‌تواند روند ارزیابی اخلاقی پروپوزال‌های مطالعات حوزه کوید-۱۹ را تسریع و تسهیل نماید.

قانون‌گذاران باید علاوه بر مسائل فوق، جنبه‌های حقوقی ذخیره داده‌های بیماران در سیستم‌های بلاک چین و نیز خطر احتمالی استفاده از این داده‌ها در آینده (پس از پایان همه‌گیری) و صرفاً بر اساس رضایت اولیه بیماران را مدنظر قرار دهند. در شرایط کنونی که نهادهای دولتی از شرکت‌ها درخواست می‌کنند اطلاعات خود را جهت ردیابی

ویروس و شناسایی روش‌های درمان و کنترل به اشتراک عمومی یا گروهی بگذارند و یا از روش‌های ردیابی تلفن همراه افراد برای هشدار به آنها در صورت نزدیک شدن یا تماس با مبتلایان استفاده کنند، به کارگیری موفقیت‌آمیز فناوری‌های بلاک‌چین مستلزم تضمین اشتراک‌گذاری داده بدون نقض حریم خصوصی و پایداری عملیات‌های آن است.

### ۳. فناوری‌های منبع باز

در طول شیوع کروناویروس به اشتراک گذاری سریع داده‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است، زیرا شناخت منشأ بیماری و روند گسترش آن و نیز پیشگیری مؤثر و درمان و مراقبت بیماران را تسهیل می‌کند. ظرفیت فناوری‌های اطلاعات در انتشار و اشتراک گذاری کم‌هزینه داده‌ها منجر به ایجاد طیفی از پلتفرم‌های فناوری اطلاعات و ذخیره داده به‌منظور به اشتراک گذاری داده‌ها شده‌است. بسیاری از فعالیت‌های جمع‌آوری داده با هماهنگی و نظارت سازمان‌های بین‌المللی مانند سازمان جهانی بهداشت و مرکز پیشگیری و کنترل بیماری اروپا انجام می‌شوند. علاوه بر این‌ها، طیفی از ابتکارهای داده باز و پروژه‌های منبع باز نیز در دست اجراست که دسترسی به داده‌های تحقیقات و انتشارات علمی و نیز به اشتراک گذاری گزارش‌های رسمی درباره تولید تجهیزات پزشکی حساس مانند دستگاه‌های کمک تنفسی و ماسک را امکان‌پذیر می‌کنند.



بارگذاری اولین ژنوم کروناویروس در یک پایگاه داده باز در ۸ ژانویه ۲۰۲۰ که سریع‌ترین شناسایی یک پاتوژن در طول تاریخ است به دانشمندان در سراسر دنیا این فرصت را داد که روی کشف درمان یا واکسن کوید-۱۹ کار کنند. انتشار عمومی

این داده‌ها اولین و مهم‌ترین ابتکار به اشتراک گذاری داده است که موجب شد دانشمندان بتوانند ویروس زنده را کشت دهند و نحوه انتشار آن را بررسی کنند. پس از آن تاریخ، دانشمندان تاکنون بیش از ۱۸۳ توالی از نسخه‌های مختلف SARS-CoV-2 (کروناویروس) را به صورت داده باز منتشر کرده‌اند به این امید که با همکاری جامعه جهانی به واکسن این ویروس دست یابند. در واقع، مهم‌ترین ابتکارهای پیشگیری و نظارت بر گسترش بیماری کوید-۱۹ در قالب پلتفرم‌های علم باز، داده باز و منبع باز اجرا شده‌اند که ابزارها، اطلاعات و منابع حیاتی را در اختیار تصمیم‌گیرندگان قرار می‌دهند. به‌عنوان نمونه، نهادهای دولتی سلامت، دانشگاه‌ها و آزمایشگاه‌های بالینی با سرعتی بی‌سابقه به انتشار داده‌های ژنوم

نسخه‌های کروناویروس می‌پردازند، سازمان جهانی بهداشت به‌طور روزانه گزارش وضعیت شیوع از نظر موارد جدید ابتلا و مرگ‌ومیر را منتشر می‌کند، بیش از ۳۰ ناشر مهم نیز توافق کرده‌اند همه انتشارات حوزه کوید-۱۹ خود را بلافاصله به صورت باز در دسترس همگانی قرار دهند. ناشران مهمی مانند الزویر، اسپرینگ‌نیچر، کتابخانه آنلاین ویلی، امرالد و انتشارات دانشگاه آکسفورد<sup>۱</sup> یک صفحه منابع باز راه‌اندازی کرده‌اند.

از منظر اشتراک‌گذاری داده، فناوری‌های منبع باز می‌توانند مولد مفاهیم جدیدی باشند مانند قابل دسترس بودن اطلاعات، استانداردهای باز که امکان مشارکت همه ذینفعان را فراهم می‌آورند و نمونه‌های اولیه سریع که می‌تواند منجر به کشف‌های سریع شوند. در همین راستا، در سراسر دنیا ابتکارهای متعددی برای ساخت طرح‌های منبع باز و کم‌هزینه برای انواع محصولات از دستگاه‌های کمک‌تنفسی گرفته تا محافظ صورت و غیره آغاز شده‌است.

### اثرات و پیشرفت‌های بالقوه

در مطالعات حوزه کوید-۱۹، استفاده از ابزارهای تحلیلی منبع باز موجب به‌اشتراک‌گذاری فوری اطلاعات و گسترش افق دید (پایین به بالا) سیاست‌گذاران شده‌است و حتی در رفع کمبود تجهیزات تشخیصی و دستگاه کمک‌تنفسی نیز مؤثر بوده‌است.

آزمایشگاه Just One Giant در واکنش به کمبود اجزاء تست کوید-۱۹، نوعی روش تست منبع باز طراحی کرده‌است که به کمک آن آزمایشگاه‌های مجاز می‌توانند به راحتی کیت‌های تشخیصی کوید-۱۹ را بسازند.

NextStrain یک اپ منبع باز است که تکامل ویروس‌ها و باکتری‌ها را ردیابی می‌کند، همه داده‌ها را از آزمایشگاه‌های سراسر دنیا که روی توالی ژنی SARS-CoV-2 (کروناویروس) کار می‌کنند جمع‌آوری و آنها را در یک محل در قالب درخت ژنی متمرکز می‌کند.

محققان یافته‌های جدید درباره پروفایل ژنی کروناویروس را از طریق انتشارات منبع باز و سایت‌های پیش-پرینت مانند BioRxiv و Chinaxiv به‌اشتراک می‌گذارند.

در حال حاضر ۷ پروژه سخت‌افزاری منبع باز روی روش‌های مقابله با کوید-۱۹ کار می‌کنند: از جمله ارتقا روش‌های تست کوید-۱۹، ساخت سریع دستگاه‌های کمک تنفسی با رویکرد OpenLung، شبیه‌سازی رفتار دینامیک پروتئین‌ها مانند جابه‌جایی پروتئین‌ها و تاشدگی پروتئین‌ها.

بسیاری از دولت‌ها نیز اقدام به ساخت محصولات منبع باز کرده‌اند؛ اخیراً دولت رژیم صهیونیستی اپ منبع باز Shield را منتشر کرده‌است که داده‌های موقعیت جغرافیایی کاربران تلفن همراه را برای تعیین احتمال تماس با مبتلایان کوید-۱۹ جمع‌آوری می‌کند.

سازمان فناوری دولتی سنگاپور نیز تصمیم گرفته‌است پروتکلی که اپ TraceTogether بر اساس آن ساخته شده‌است را به صورت منبع باز منتشر کند.

یک کتابخانه منبع باز درباره انواع فعالیت‌های مهندسی<sup>۱</sup> DIY (خودت انجام بده) در حوزه کوید-۱۹ راه‌اندازی شده‌است، پروژه OpenAir نیز متشکل از گروهی است که به کمک فناوری‌های منبع باز به مقابله با چالش‌های کوید-۱۹ می‌پردازد و پروژه‌های GOFundMe و DIY ventilator و Hachaday نیز با هدف طراحی نوعی دستگاه کمک تنفسی منبع باز راه‌اندازی شده‌اند. از دیگر ابتکارهای مهم این حوزه OpenCovid19 است که روش‌های منبع باز برای تست مردم-محور کوید-۱۹ را طراحی و به اشتراک می‌گذارد.

اخیراً شرکت DeepMind نیز یافته‌های خود درباره پروتئین‌های SARS-CoV-2 را در اختیار جامعه محققان جهانی قرار داده‌است. علی‌بابا نیز به منظور کمک به نهادهای ذی‌ربط در پیشگیری و آمادگی برای موارد ابتلای جدید پلتفرم منبع باز برای ردیابی شیوع کوید-۱۹ طراحی کرده‌است.

پایگاه‌های داده منبع باز graph مانند Neo4j و Nebula Graph از نظر دسترسی به نمودارهای مورد نیاز برای مدل‌سازی مسیرها و پیش‌بینی شیوع کوید-۱۹ بسیار ارزشمند هستند. پلتفرم CHIME که اخیراً منبع باز شده‌است به بیمارستان‌ها این فرصت را می‌دهد که با وارد کردن اطلاعات مربوط به تجهیزات و پرسنل در این سامانه فرضیات موجود درباره

1. Do it yourself

رفتار و شیوع کوید-۱۹ را اصلاح کنند.

توسعه این گونه پروژه‌های سخت‌افزاری، اپ‌ها و منابع باز دال بر ظرفیت‌های فناوری‌های منبع باز و ساختارهای داده اشتراکی پایین-به-بالا در مقابله با مشکلات ناشی از شیوع کوید-۱۹ است. این ابتکارها ضمن فراهم نمودن امکان برخورداری از آزادی‌های دیجیتال برای شهروندان بدون حضور واسطه‌ها، به آنها فرصت مشارکت در اکوسیستم رو به رشد داده‌ها را نیز می‌دهد (همه می‌توانند مصرف‌کننده و تولیدکننده داده باشند).

### ملاحظات سیاست‌گذاری

با آنکه روند به‌اشتراک‌گذاری داده و تولید فناوری‌های منبع باز رشد فزاینده‌ای دارد، ولی اغلب این فناوری‌ها و ابتکارها از مسیرهای اصلی فناوری‌هایی که در راستای رفع چالش‌های کوید-۱۹ هستند، فاصله دارند و هماهنگی چندانی نیز با هم ندارند. علاوه بر این، همه داده‌ها و فناوری‌های منبع باز از کیفیت یکسانی برخوردار نیستند.

مسئله حریم خصوصی، امنیت و مالکیت داده‌ها نیز در این فضای منبع باز مطرح هست که هنوز چهارچوب حقوقی و اخلاقی خاصی برای آنها تعریف نشده‌است. با آنکه برخی از ابتکارهای سازمان جهانی بهداشت (مانند «چهارچوب آمادگی برای همه‌گیری آنفولانزا») و دستورالعمل‌های اخیر در مورد «اصول اخلاقی» برای به‌اشتراک‌گذاری به‌موقع داده‌های توالی ژنی پاتوژن‌ها در زمان شیوع بیماری‌های عفونی) دستورالعمل‌هایی را به‌عنوان راهنما در این زمینه در اختیار ذی‌نفعان قرار می‌دهند، ولی از نظر حقوقی لازم‌الاجرا نیستند و نمی‌توانند جایگزین توافقات منطقه‌ای و بین‌المللی دولت‌ها در زمینه اشتراک‌گذاری داده و فناوری باشند. در سطح اتحادیه اروپا نیز مطابق گزارش «گروه عالی کارشناسی اشتراک‌گذاری داده بین کسب و کارها و دولت»، بسیاری از ظرفیت‌های اطلاعاتی بخش خصوصی در مقابله با چالش‌های اجتماعی مورد استفاده بخش دولتی قرار نمی‌گیرد. همچنین، طبق مطالعه اخیر EU-FOSSA (جامعه ممیزی نرم‌افزارهای آزاد و باز اتحادیه

اروپا)<sup>۱</sup> دینفعان عرصه منبع باز خواستار حمایت اتحادیه اروپا در ارتقا جنبه‌های خاصی از کدهایشان به منظور افزایش امنیت نرم‌افزارها و ثبات کدگذاری‌ها هستند. بسیاری از سازمان‌ها از اتحادیه اروپا درخواست می‌کنند شرایطی فراهم نمایند که همه اقدامات فنی که در جهت مقابله با شیوع کروناویروس هستند، ضمن شفافیت تحت نظارت دولت‌ها قرار گیرند و اپ‌هایی که در راستای منافع عمومی هستند به صورت منبع باز/داده اشتراکی ارائه شوند. لذا، به شدت ضرورت دارد که ضمن ایجاد فضای ایمن برای فعالیت‌های منبع باز، با ارائه حمایت‌های مالی و حقوقی به ذی‌نفعان این حوزه زمینه توسعه بیشتر و ارتقا کارایی این فعالیت‌ها فراهم گردد.

---

1. EU-Free and Open Source Software Auditing Community



## ۴. فناوری‌های پزشکی از راه دور

همه‌گیری کوید-۱۹ ارائه خدمات بهداشتی را با چالش‌های بسیاری مواجه کرده‌است. در سراسر جهان دولت‌ها در تلاشند که با اجرای طرح‌های فاصله‌گذاری اجتماعی و تشویق مردم به ماندن در خانه زنجیره انتقال را شکسته و بار کاری مراکز درمانی را کاهش دهند. بنابراین، فناوری‌های جایگزینی که بتوانند به حفظ قرنطینه کمک کنند و ارتباط بیمار و پزشک را بدون حضور در مراکز درمانی فراهم نمایند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. با توجه به میزان بالای سرایت کوید-۱۹ به‌ویژه در بیمارستان‌ها، استفاده از فناوری‌های پزشکی از راه دور می‌تواند ضمن کاهش احتمال انتقال، از بار کاری کارکنان مراکز درمانی نیز بکاهد.



فناوری‌های پزشکی از راه دور امکان معاینه بیمار و تشخیص بیماری توسط پزشک از طریق ابزارهای صوتی/تصویری و به صورت در لحظه را فراهم می‌کنند. ارتباط ویدئویی از طریق کامپیوتر، تبلت، تلفن هوشمند، چت‌بات و الگوریتم‌های خودکار نمونه‌ای

از این فناوری‌هاست. ارائه خدمات پزشکی از طریق ویدئو کنفرانس مزیت‌های مهمی دارد؛ به عنوان نمونه، ۱. بیمارستان صرفاً به مبتلایان قطعی خدمات می‌دهد، ۲. میزان انتقال ویروس کاهش می‌یابد، ۳. با توجه به اینکه این خدمات به‌طور شبانه‌روزی در دسترس هستند، میزان خدمات‌دهی نیز افزایش می‌یابد.

در حال حاضر در بسیاری از کشورها، مراکز درمانی و نهادهای حوزه سلامت از روش‌های سنجش آنلاین علائم بیماری استفاده می‌کنند تا افراد را از نظر احتمال ابتلا به کوید-۱۹ غربالگری کنند. به کمک این فناوری‌ها افرادی که در مناطقی با دسترسی محدود به پزشکان متخصص هستند، می‌توانند از مشاوره‌های پزشکان متخصص بهره‌مند شوند.

## اثرات و پیشرفت‌های بالقوه

دولت ایالات متحده در راستای کاهش فشار کاری مراکز درمانی اعلام کرده‌است همه شهروندان می‌توانند به‌صورت رایگان از خدمات مشاوره تلفنی یا ویدیویی با پزشکان در وب‌سایت رسمی بیمه سلامت فدرال (Medicare.gov) برخوردار شوند. مرکز کنترل و پیشگیری بیماری ایالات متحده نیز امکان خودسنجی علائم کوید-۱۹ را از طریق یک بات آنلاین به نام کلارا (Clara) فراهم نموده‌است. در همین راستا ۱۸ ایالت علاوه بر واشنگتن دی‌سی مقررات افزایش استفاده از خدمات پزشکی آنلاین را به‌منظور حمایت از کارکنان درمان و بیماران در معرض خطر لازم‌الاجرا کرده‌اند.

بسیاری از شرکت‌های خدمات پزشکی آنلاین در ایالات متحده و بریتانیا شاهد افزایش تقاضا (۵۰ درصد) برای استفاده از سیستم‌های خودسنجی آنلاین در زمینه علائم کوید-۱۹ بوده‌اند.

استارت‌آپ‌هایی مانند General Atlantic-backed Doctolib و شرکت بیمه Axa-supported Qare در فرانسه، شرکت سوئدی Kry International's unit Livi، شرکت بریتانیایی Push Doctor و شرکت آلمانی Compugroup Medical به ارائه خدمات پزشک مجازی می‌پردازند و از سود مالی متنابهی تیز بهره‌مند می‌شوند. غول‌های حوزه خدمات پزشکی آنلاین مانند Amwell و Teladoc به تبلیغ خدمات کوید-۱۹ می‌پردازند. با استقبال عمومی از این خدمات، در اواخر فوریه ارزش سهام Teladoc رشد چشمگیری داشته‌است. Doctolib از استارت‌آپ‌های مهم فرانسه که به ارائه خدمات معاینه و تشخیص آنلاین در زمینه کوید-۱۹ می‌پردازد، افزایش ۴۰ درصدی در میزان تقاضا را در اواخر مارس ۲۰۲۰ گزارش نمود. مرکز پزشکی شبا (Sheba) بزرگ‌ترین بیمارستان رژیم صهیونیستی نیز در ماه گذشته به‌منظور کنترل شیوع کوید-۱۹ یک برنامه آنلاین سنجش علائم راه‌اندازی کرده‌است.

با این حال، به‌کارگیری فناوری‌های پزشکی از راه دور در سطح وسیع با مشکلات و موانعی روبروست. از جمله، ظرفیت فناورانه و دسترسی به سیستم‌ها، ظرفیت نظام‌های دولتی

سلامت در به کارگیری این فناوری‌ها و لزوم آموزش گسترده کارکنان (که البته فشار کاری آنها در شرایط بحران به خودی خود بالاست) جهت ارائه خدمات آنلاین.

## ملاحظات سیاست‌گذاری

به کارگیری و نحوه اجرای سیستم‌های پزشکی از راه دور مستلزم توجه به مسائل حقوقی، مقرراتی و پیمانکاری است. در اتحادیه اروپا خدمات پزشکی از راه دور در دو دسته «خدمات پزشکی» و «خدمات اطلاعات و مخابرات» قرار می‌گیرد و هنوز اتحادیه اروپا با شکاف‌های حقوقی در حوزه‌هایی مانند مسئولیت‌ها و استانداردهای خدمات پزشکی از راه دور مواجه است. با توجه به اینکه مسئولیت تهیه و ارائه این خدمات بر عهده کشورهای عضو اتحادیه اروپاست، اختلافاتی از نظر نحوه اجرا مانند بیمه و بازپرداخت خسارت و غیره بین کشورهای مختلف وجود دارد. لذا، لازم است اتحادیه اروپا چهارچوب مشترکی برای ارائه خدمات پزشکی از راه دور تدوین نماید. این چهارچوب باید بر اساس استانداردهای باز و بین‌المللی باشد تا امکان تعامل بین سیستم‌های مختلف خدمات پزشکی از راه دور وجود داشته باشد و همه بیماران به‌ویژه افرادی که در مناطق دورافتاده هستند یا کسانی که از نظر مالی و اجتماعی امکان دسترسی به خدمات پزشکی را ندارند، نیز از این خدمات بهره‌مند شوند. همچنین، لازم است پهنای باند مورد نیاز برای این خدمات تأمین شود و ضعف‌های موجود در خدمات اینترنت که با افزایش استفاده از خدمات پزشکی از راه دور دچار مشکلات ارتباطی می‌شود (به دلیل افزایش ترافیک) برطرف گردد.

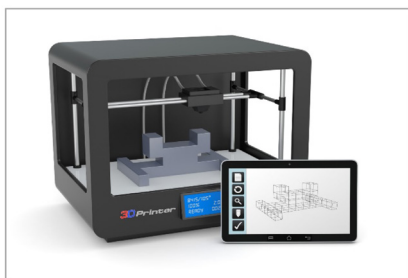
علاوه بر اینها، استفاده از خدمات پزشکی از راه دور همراه با برخی دغدغه‌های اخلاقی از نظر حریم خصوصی، قابل اعتماد بودن، مقرون‌به‌صرفه بودن و غیرانسانی‌سازی فرایند درمان است. اگرچه این‌گونه مسائل فنی، مقرراتی و اخلاقی همچنان باقی است، ولی در دوره کنونی بحران کوید-۱۹ لازم است قانون‌گذاران و سیاست‌گذاران اندکی از محدودیت‌های مقرراتی حوزه مسائل فنی و مقرراتی را کاهش دهند و حتی به‌صورت موقت بسیاری از خدمات این بخش به‌صورت رایگان ارائه شود. لازم است همه ویژگی‌های حریم خصوصی و رمزگذاری فناوری‌های پزشکی از راه دور برای کاربران قابل دسترسی باشد تا بتوانند بدون نگرانی از افشای اطلاعات پزشکی مهم از این فناوری‌ها استفاده کنند. به‌عنوان مثال،

ایالات متحده اخیراً استفاده از اپ‌هایی مانند Apple Face Time، ویدئوچت Facebook Messenger و Google Hangout یا Skype را برای ارائه خدمات پزشکی از راه دور مجاز نموده‌است، به نحوی که فعالیت آنها منافی قوانین بیمه و مسئولیت پزشکی نخواهد بود.

با وجود نقش قابل توجه خدمات پزشکی از راه دور در کاهش بار کاری مراکز درمانی در بحران کوید-۱۹، اما نباید فراموش کرد که این خدمات صرفاً می‌توانند به عنوان وسیله‌ای برای غربالگری و نظارت جهت تکمیل آزمایشات تشخیصی مراکز درمانی مورد استفاده قرار گیرند و هرگز نباید جایگزین معاینه و درمان حضوری شوند. سیاست‌گذاران باید با توجه به همه موارد فوق سعی کنند با برداشتن موانع مقرراتی و حقوقی زمینه را برای گسترش این خدمات در طول دوره همه‌گیری کوید-۱۹ فراهم کنند تا همگان از این خدمات برخوردار شوند.

## ۵. چاپ سه بعدی

با توجه به خطر کمبود تجهیزات پزشکی در مقابله با کوید-۱۹ (ماسک، دستگاه کمک تنفسی، فیلترهای تنفسی و غیره)، دولت‌ها در سراسر جهان اقدامات جدی جهت تولید و تهیه تجهیزات پزشکی مورد نیاز انجام می‌دهند. فناوری چاپ سه بعدی به عنوان یک فناوری تولید دیجیتال یکی از گزینه‌هایی است که در این شرایط بحران می‌تواند با تأمین نیازهای تجهیزات پزشکی بخشی از کمبودها را مرتفع سازد.



چاپ سه بعدی نوعی تکنیک تولید افزایشی است که محصول را با چاپ لایه لایه مواد روی هم تولید می‌کند. از جمله مزیت‌های این روش تولید کم هزینه قطعاتی است که در تعداد کم مورد نیاز هستند، چون تنها با یک دستگاه چاپ تولید انجام می‌شود و طرح‌های مورد نیاز برای تولید (فایل‌های طراحی مبتنی بر کامپیوتر CAD)<sup>۱</sup> به راحتی قابل تکثیر هستند.

### اثرات و پیشرفت‌های بالقوه

تولیدکنندگان همه تلاش خود را می‌کنند تا تجهیزات مورد نیاز را در بحران کوید-۱۹ تأمین کنند، از قطعات دستگاه کمک تنفسی و فیلترهای تنفسی گرفته تا کیت‌های تشخیصی و گیره‌های فلزی ماسک. تولیدکنندگان چاپ سه بعدی انواع مختلفی از ابزارک‌های کاربردی مانند دستگیره‌های پلاستیکی برای باز کردن در با آرنج به منظور کاهش انتقال ویروس را نیز تولید می‌کنند. به منظور گسترش تولید محصولات چاپ سه بعدی لازم است سازمان‌هایی که فایل‌های طراحی انحصاری تجهیزات پزشکی را در اختیار دارند آنها را به صورت منبع باز ارائه کنند تا امکان تولید محصولات برای همه در هر جایی فراهم شود. در همین راستا، شرکت گوگل پلتفرمی را تحت عنوان Public Google Sheet راه‌اندازی نموده‌است تا همه سازندگان حوزه چاپ سه بعدی (از سراسر جهان) را برای تولید قطعاتی

1. Computer-Aided Design

مانند دریچه اکسیژن تجمیع نماید. شرکت Ultimaker نیز شبکه جهانی چاپ سه‌بعدی و طراحان خود را در خدمت تولید تجهیزات مورد نیاز بیمارستان‌ها قرار داده‌است.

گروهی از داوطلبان ایتالیایی با استفاده از چاپگر سه‌بعدی اقدام به تولید نسخه‌های غیررسمی از نوعی دریچه دارای پتنت نموده‌اند که بیمارستان‌های ایتالیا با کمبود آن مواجه شده‌اند.

دانشگاه پلی‌تکنیک هنگ‌کنگ نیز به کمک چاپ سه‌بعدی سپرهای محافظ صورت تولید کرده‌است.

شرکتی در نیویورک چاپگرهای سه‌بعدی خود را به تولید سپر محافظ صورت برای کارکنان آزمایشگاه‌های تشخیص کوید-۱۹ اختصاص داده‌است. یکی از بیمارستان‌های نیویورک نیز روزانه بین ۲ تا ۳ هزار سوآپ بینی برای استفاده در نمونه‌برداری کروناویروس به روش چاپ سه‌بعدی تولید می‌کند.

در چین بیش از ۵ هزار عینک محافظ به روش چاپ سه‌بعدی طراحی و تولید شده‌است و در اختیار کارکنان مراکز درمانی قرار گرفته‌است. همچنین، شرکت معماری چاپ سه‌بعدی اتاق‌های قرنطینه به روش چاپ سه‌بعدی تولید کرده‌است و برای بیمارستان مرکزی استان هوبی ارسال نموده‌است.

اخیراً به کمک نوعی خدمات چاپ سه‌بعدی منبع باز (در اصل در بلژیک طراحی شده‌است) وسیله در بازکنی تولید شده‌است که به وسیله آن بدون نیاز به دست می‌توان در را باز کرد، با توجه به منبع باز بودن طرح می‌توان در همه جا این وسیله را از طریق چاپ سه‌بعدی تولید نمود.

### ملاحظات سیاست‌گذاری

با توجه به جدید بودن فناوری چاپ سه‌بعدی هنوز در اتحادیه اروپا بسیاری از مسائل حقوقی آن مشخص نیست و شکاف‌های مقرراتی و حقوقی در جنبه‌های مختلفی مانند قرارداد، حق مالکیت فکری، حفاظت از داده، پتنت، نشان‌های تجاری سه‌بعدی و غیره وجود دارد.

در شرایط بحران کوید-۱۹ که کمبود تجهیزات پزشکی منجر به عرضه سیلی از

محصولات و فناوری‌ها توسط تولیدکنندگان چاپ سه‌بعدی شده‌است، نهادهای نظارتی باید به‌طور جدی به کیفیت و لزوم انجام تست‌های ضروری برای تأیید تجهیزات پزشکی که به صورت چاپ سه‌بعدی تولید می‌شوند، توجه کنند. نظر به اینکه اغلب این محصولات در بازه زمانی کوتاهی تولید می‌شوند تضمین ایمنی و کیفیت آنها مطابق استانداردهای موجود بسیار حائز اهمیت است.

البته با توجه به شرایط اضطراری ناشی از شیوع کوید-۱۹، بسیاری از تولیدکنندگان و حتی کشورهای عضو اتحادیه اروپا خواستار تعلیق موقتی برخی از مفاد «آیین‌نامه وسایل پزشکی» هستند. در همین راستا، از ۱۶ مارس ۲۰۲۰ کمیسیون اروپا توصیه‌نامه ۲۰۲۰/۴۰۳ در مورد سنجش تطبیق (با مقررات) و رویه‌های نظارت بر بازار را اجرا می‌کند. طبق این توصیه‌نامه کشورهای عضو می‌توانند برخی رویه‌های سنجش تطبیق را مطابق ماده ۱۱ آیین‌نامه وسایل پزشکی و ماده ۵۹ مقررات وسایل پزشکی با اغماض اجرا کنند. سازمان خدمات و منابع سلامت (HRSA)<sup>۱</sup> ایالات متحده نیز به منظور کاهش موانع مقرراتی در دوره بحران کوید-۱۹ قانون کاهش تشریفات اداری را اجرا می‌کند. به‌طور کلی، اتحادیه اروپا و ایالات متحده با اعمال استثنائاتی در اجرای قوانین حوزه خدمات پزشکی و تولید تجهیزات پزشکی به حمایت از تولیدکنندگان جهت تولید سریع و تأمین تجهیزات مورد نیاز مراکز درمانی می‌پردازند.

لازم به ذکر است، کمیسیون اروپا باید ضمن جلوگیری از دانلود غیرقانونی فایل‌ها و منابع و تولید کالاهای غیرقانونی، به‌منظور افزایش دسترسی به تولیدات چاپ سه‌بعدی مورد نیاز مراکز درمانی به تشویق فرهنگ منبع باز بپردازد. در عین حال، با توجه به افزایش تقاضای جهانی برای ساخت ماسک، لباس محافظ و ماسک اکسیژن به کمک فناوری چاپ سه‌بعدی، تولیدکنندگان نیز با تأکید بر ارائه طرح‌ها به‌صورت منبع باز و تجمع نیرو باید تلاش کنند سطح تولید خود را به‌حد اکثر برسانند.

## ۶. فناوری‌های ویرایش ژن

با توجه به سرعت بالای انتشار کروناویروس، دولت‌ها، سازمان‌ها، دانشگاه‌ها و شرکت‌های داروسازی همگی سخت در تلاشند تا درمان یا واکسن این بیماری را کشف کنند. در حال حاضر هیچ داروی تاییدشده‌ای برای درمان بیماری کوید-۱۹ وجود ندارد، اگرچه برخی داروهای ضدویروسی در حال آزمایش هستند. اکنون این سوال مطرح است که آیا فناوری‌های ویرایش ژن قادر به یافتن راهی برای تشخیص یا درمان به‌موقع این ویروس کشنده هستند؟



تنها دو هفته پس از اعلام رسمی شیوع کروناویروس به سازمان جهانی بهداشت، دانشمندان توانستند توالی ژنی کامل این ویروس را شناسایی کنند. افشای این کد ژنی می‌تواند در شناسایی منشاء و نحوه شیوع این ویروس و نیز احتمال دستیابی به

داروهای مؤثر در درمان آن تأثیرگذار باشد. در حال حاضر، حداقل ۲۰ مطالعه برای کشف واکسن کوید-۱۹ در حال انجام است و مطالعه‌ای در سیاتل به مرحله اول آزمایش بالینی رسیده‌است. در این آزمایش ۴۵ شرکت‌کننده دوزهای مختلفی از واکسن را طی ۶ هفته دریافت می‌کنند و ۲۸ روز بعد دوز دوم واکسن را دریافت می‌کنند.

در مقابله با کروناویروس زمان از اهمیت حیاتی برخوردار است، لذا دستیابی به هر گونه پیشرفت در این زمینه از طریق به‌کارگیری فناوری‌های ویرایش ژن به‌ویژه روش کریسپر مبتنی بر پروتئین ۹ (CRISPR)<sup>۱</sup> در یافتن درمان مناسب برای کوید-۱۹ بسیار حائز اهمیت است.

### اثرات و پیشرفت‌های بالقوه

تاکنون محققان از روش کریسپر در درمان دیستروفی (ضعف) عضلانی و آلزایمر در موش‌ها، مقابله با باکتری‌های مقاوم به دارو و پرورش گوجه‌فرنگی‌های خوش‌طعم‌تر

1. Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats-Cas9



استفاده کرده‌اند. اگرچه در حال حاضر آزمایشات بالینی متعددی با استفاده از این رویکرد برای درمان بیماری‌های ژنتیکی انسانی در حال انجام است، اما هنوز باید تحقیقات وسیع‌تری جهت ارتقا کارایی و دقت این فناوری در درمان بیماری‌ها انجام شود. با وجود نتایج امیدبخش آزمایشات بالینی ویرایش ژنی به روش کریسپر، محققان معتقدند هنوز نمی‌توان گفت این روش در درمان کوید-۱۹ مؤثر خواهد بود یا خیر. دانشمندان به‌منظور درمان برخی بیماری‌ها از روش کریسپر در خنثی‌سازی یا اصلاح مشکلات ژنی سلول‌ها استفاده می‌کنند. به‌عنوان مثال، پزشکان مؤسسه Casy Eye در دانشگاه بهداشت و علوم اورگان<sup>۱</sup> ایالت پورتلند برای اولین بار از روش ویرایش ژن کریسپر روی بیماران استفاده کرده‌اند.

فناوری‌های ویرایش ژن ماهیتی تجربی دارند و هنوز تمام کارکردهای آنها شناخته‌شده نیست. از جمله قابلیت‌های آنها در مبارزه با عفونت‌های باکتریایی مقاوم و ویروس‌های با جهش بالاست. این فناوری‌ها می‌توانند در شناخت بهتر تعاملات بین میزبان و پاتوژن و نیز ارتقا روش‌های تشخیص و حتی درمان بیماری‌های عفونی مفید باشند. در واقع، موفقیت‌هایی در زمینه تشخیص و درمان بیماری‌های عفونی و عفونت‌های ویروسی مزمن از طریق روش کریسپر گزارش شده‌است. به‌عنوان نمونه، اخیراً فناوری‌های مبتنی بر کریسپر فرصت‌های بی‌سابقه‌ای برای به‌روزرسانی روش‌های پایش اپیدمیولوژیک و تشخیص مولکولی از طریق ساخت ابزارهای تشخیص سریع مانند کیت‌های تشخیص ویروس در نمونه‌های انسانی فراهم کرده‌اند. با توجه به اینکه شیوع کوید-۱۹ موجب سرعت‌بخشیدن به تحقیقات در حوزه فناوری کریسپر شده‌است، انتظار می‌رود به‌زودی شاهد اولین کاربردهای روش‌های تشخیص مبتنی بر کریسپر باشیم.

شرکت Momoth Biosciences که یکی از دانشمندان کاشف فناوری کریسپر از بنیانگذاران آن است، با همکاری دانشگاه کالیفرنیا در حال ارزیابی نوعی تست برای تشخیص کروناویروس هستند. این تست با استفاده از فناوری کریسپر ماده ژنی ویروس را ظرف ۳۰ دقیقه شناسایی می‌کند. در حال حاضر، در ایالات متحده نمونه‌های بیماران به مرکز کنترل و پیشگیری بیماری جهت انجام تست تشخیص ارسال می‌شوند و اعلام نتیجه

1. Oregon Health and Science University

آزمایش حدود شش ساعت یا بیشتر طول می کشد.

نوعی روش مبتنی بر CRISPER-Cas13 (کریسپر پروتئین ۱۳) به نام PAC-MAN<sup>1</sup> برای خنثی سازی ویروس ها ابداع شده است که می تواند به طور مؤثر توالی های SARS-CoV-2 و ژنوم ویروس آنفلوآنزای نوع A زنده را در سلول های اپیتلیال (بافت پوششی) ریه انسان خنثی سازد. دانشمندان معتقدند روش PAC-MAN قابلیت استفاده برای انواع گونه های ویروس های مولد همه گیری را دارد. علاوه بر این ها، محققان مرکز ژنوم نیویورک<sup>2</sup> نیز نوع جدیدی از فناوری غربال کریسپر طراحی کرده اند که ویژه RNA است و برای ویروس های RNA (مانند کرونا) قابل استفاده خواهد بود. این ابزار جدید مبتنی بر فناوری کریسپر با استفاده از آنزیم CRISPR-Cas-13 ساخته شده است و می تواند mRNA را بدون آسیب زدن به ژنوم اصلی شناسایی نماید.

### ملاحظات سیاست گذاری

اگرچه دانشمندان در شرف یافتن راهی برای ایمن تر نمودن فناوری ویرایش ژن هستند، اما یکی از مهم ترین موانع برای تبدیل CRISPER/Cas9 به ابزاری توانمند در پزشکی، عوارض جانبی و یا نتایج پیش بینی نشده و ناخواسته احتمالی آن است. نگرانی هایی درباره قدرت و محدودیت های احتمالی فناوری کریسپر وجود دارد از جمله: احتمال کارایی ضعیف ویرایش هدفمند و احتمال ویرایش ناقص یا انتقال ژن های ویرایشی به نسل های بعد که ممکن است روی آنها تأثیرات نامطلوبی بگذارد. البته هنوز هیچ یک از درمان های مبتنی بر کریسپر وارد مرحله بالینی قطعی نشده اند و فقط تعداد محدودی از آنها در مرحله آزمایشات بالینی اولیه هستند.

با توجه به این عدم قطعیت های موجود این سوال مطرح می شود که چگونه می توان درمان های مبتنی بر ویرایش ژنتیک را تأیید کرد-حتی در شرایط کنونی بحران کوید-۱۹ که از شدت مقررات تأیید کاسته شده است-وقتی هنوز امکان آزمایش بالینی روی انسان وجود ندارد؟ و در صورت تأیید، اگر عوارض جانبی زیان باری در زمان استفاده از این

1. Prophylactic Antiviral CRISPR in huMAN cells  
2. New York Genome Center

فناوری‌ها در شرایط اضطراری مانند شیوع کنونی کروناویروس بروز کند، چه کسی مسئول آن خواهد بود؟

نگرانی دیگری که در مورد آسان‌گیری در مقررات تأیید این گونه فناوری‌ها وجود دارد، این است که ممکن است در آینده از آنها به‌عنوان سلاح بیولوژیک استفاده شود. به‌عنوان مثال، فناوری کریسپر قابلیت تبدیل پاتوژن‌های موجود به پاتوژن‌های خطرناک یا تبدیل میکروارگانیسم‌های غیرپاتوژن به پاتوژن و حتی سنتز یک پاتوژن جدید (از نظر تئوریک) را دارد.

با توجه به همه آنچه گفته شد و نیز با توجه به شتاب جهانی در توسعه روش‌های ویرایش ژن و روش‌های تشخیص کروناویروس به کمک فناوری کریسپر، لازم است سیاست‌گذاران در تدوین مقررات تأیید روش‌های درمانی/تشخیصی جدید ضمن توجه به مسائل اخلاقی همه‌جنبه‌های ایمنی و کارایی این روش‌ها و نیز مزیت داشتن آنها بر دیگر روش‌های ضد ویروس و تشخیصی را مد نظر قرار دهند.

## ۷. فناوری نانو

کروناویروس به سرعت در سراسر جهان در حال انتشار است و هنوز هیچ روش خاصی برای از بین بردن و مقابله قطعی با آن یافت نشده است. تنها اقداماتی که در جهت کنترل این ویروس می توان انجام داد شامل قرنطینه، فاصله گذاری و استفاده از درمان های ضد عفونت برای مداوای مبتلایان است. انتظار می رود محصولات مبتنی بر فناوری نانو در کنترل، تشخیص و درمان کوید-۱۹ مؤثر باشند، چنانچه نوعی واکسن تجربی مبتنی بر فناوری نانو توانسته است به مرحله آزمایش بالینی برسد. اما آیا می توان گفت فناوری نانو به بلوغ کافی برای اثر گذاری در فرایندی مانند همه گیری کوید-۱۹ رسیده است؟



فناوری نانو علمی بین رشته ای است که از نانوذرات و تجهیزات برای اهداف مختلف مانند تشخیص، تحویل دارو و تولید مواد درمانی جدید استفاده می کند. به عنوان مثال، در امور تشخیصی و زیست پزشکی از نانوذرات طلا و نقره برای شناسایی ذرات

ویروسی استفاده می شود. مطالعات نشان داده اند می توان از فناوری نانو در درمان عفونت های ویروسی نیز استفاده نمود. نانوذرات می توانند به صورت سامانه حامل داروهای ضد ویروس عمل کنند، آنها می توانند با چسبیدن به ویروس آن را منفعل نموده و از وارد شدن آن به غشای سلول میزبان جلوگیری کنند. همچنین، می توان ذرات نانو را به گونه ای طراحی نمود که دارای خاصیت ضد ویروس باشند.

### اثرات و پیشرفت های بالقوه

در حال حاضر از نانوداروها در تحویل دارو به سلول های هدف استفاده می شود. نوعی واکسن مبتنی بر RNA که متشکل از رشته های RNA پیام رسان (mRNA) است از نانوذرات لیپیدی برای حمل مولکول RNA و تحویل آن به هدف استفاده می کند. اگرچه هنوز هیچ واکسن مبتنی بر mRNA مجوز دریافت نکرده است، اما در ایالات متحده یک شرکت فناوری

زیستی با تخصص در حوزه درمان‌های مبتنی بر RNA پیام‌رسان، اخیراً اعلام کرده‌است واکسن مبتنی بر mRNA پیشنهادی این شرکت برای کوید-۱۹ وارد مرحله اول آزمایش بالینی شده‌است. شرکت Novavax نیز اخیراً اعلام کرده‌است ساخت واکسن کوید-۱۹ را با استفاده از فناوری انحصاری نانوذرات خود آغاز کرده‌است.

گروهی از دانشمندان مؤسسه طراحی پروتئین<sup>۱</sup> دانشگاه واشنگتن از طریق مدل‌های محاسباتی برای پیش‌بینی و طراحی پروتئین‌های خودآرا (self-assembling) در حال تولید نانوذراتی هستند که می‌توانند واکسن مؤثرتری برای کوید-۱۹ باشند.

گروهی از محققان دانشگاه لیل فرانسه و دانشگاه رور-بوخوم آلمان<sup>۲</sup> نیز اخیراً اعلام کرده‌اند با افزودن نانوذرات طلا و نقاط کوانتومی کربن (CQDs)<sup>۳</sup> به کشت سلولی قبل و بعد از آلوده شدن به کروناویروس توانسته‌اند به میزان قابل توجهی انتشار ویروس را کاهش دهند.

شرکت Sona Nanotech به کمک فناوری نانومیله انحصاری خود نوعی تست غربالگری جریان-جانبی (lateral-flow) طراحی کرده‌است که می‌تواند کروناویروس را ظرف کمتر از ۱۵ دقیقه شناسایی کند.

کمیسیون اروپا و وزارت علم و نوآوری اسپانیا نیز اخیراً اعلام کرده‌اند قصد دارند بودجه مطالعه‌ای به نام CONVAT را برای ساخت تست کوید-۱۹ بر اساس نانوزیست حسگرها<sup>۴</sup> تأمین کنند. پروژه CONVAT به کمک فناوری نانو و حسگرهای زیستی نوری وسیله جدیدی برای تست کوید-۱۹ می‌سازد که می‌تواند به صورت مستقیم ویروس را در نمونه بیمار بدون نیاز به تجهیزات آزمایشگاه‌های بزرگ ظرف کمتر از ۳۰ دقیقه شناسایی کند. این مطالعه قصد دارد با توسعه کاربرد وسیله ابداعی خود، قابلیت‌های آن در تشخیص کروناویروس نمونه‌های انسانی را به ردیابی انواع نسخه‌های کروناویروس در بدن حیواناتی مانند خفاش (میزبان اولیه احتمالی کوید-۱۹) نیز تعمیم دهد. به این ترتیب، به کمک این

1. Institute for Protein Design

2. University of Lille and Ruhr-University Bochum

3. Carbon Quantum Dots

4. nanobiosensors

فناوری می‌توان احتمال همه‌گیری‌های جدید در اثر نسخه‌های دیگر کروناویروس را نیز پیش‌بینی نمود.

محققان دانشگاه علم و فناوری هنگ‌کنگ نیز توانسته‌اند نوعی پوشش ضد میکروب پلیمری چندسطحی (MAP-1)<sup>۱</sup> طراحی کنند که در کشتن ویروس، باکتری و حتی هاگ‌های بسیار سخت مؤثر است و می‌تواند پوشش ضد میکروبی مقاومی برای اماکن عمومی ایجاد کند. ماده ضد عفونی‌کننده مشابهی نیز در سیستم حمل و نقل عمومی شهر پراگ جمهوری چک استفاده می‌شود که مبتنی بر نانوپلیمرهاست و می‌تواند به مدت ۲۱ روز سطوح را از هر گونه میکروب اعم از ویروس، باکتری، مخمر، کپک و غیره پاک نگه دارد. همچنین شرکتی در هنگ‌کنگ اخیراً ماسک ضد ویروسی و ضد باکتری مبتنی بر فناوری نانوالماس را ثبت اختراع نموده‌است که می‌تواند در مقابله با همه‌گیری کوید-۱۹ کمک‌کننده باشد. این فناوری حتی می‌تواند در تولید تجهیزاتی مانند ماسک‌های جراحی و ماسک‌های مبتنی بر نانوفناوری N95 که بیمارستان‌ها به شدت با کمبود آنها مواجه هستند، نیز کاربرد داشته باشد.

### ملاحظات سیاست‌گذاری

با توجه به این که ذرات نانو به واسطه اندازه‌شان قابلیت رسوخ در هر جایی را دارند، نگرانی‌هایی درباره اثرات جانبی و مسمومیت‌های احتمالی ناشی از نفوذ این ذرات به بخش‌های غیرهدف وجود دارد. تاکنون، اتحادیه اروپا قوانین مجزایی برای نانوداروها وضع نکرده‌است و تنها مقررات موجود در این زمینه «مقررات تجهیزات پزشکی» است که صرفاً برخی از جنبه‌های نانوداروها را پوشش می‌دهد. مطابق این مقررات که از ماه می ۲۰۲۰ به طور کامل لازم‌الاجرا می‌شوند، نانوداروها باید دارای برچسب اطلاعات (مواد تشکیل‌دهنده) باشند و ایمنی آنها تأیید شده باشد.

همچنین مطابق مقررات، نانوذراتی که در قالب دارو یا تجهیزات پزشکی وارد بدن می‌شوند و احتمال انتشار آنها در بدن وجود دارد، باید تا حد امکان خطرات احتمالی آنها

1. Multilevel antimicrobial polymer

کاهش داده شود. تجهیزات مبتنی بر نانوذرات در کلاس بالاترین خطر یعنی کلاس III قرار می‌گیرند که به معنی انجام ارزیابی‌های به شدت سخت گیرانه برای دریافت مجوز است. تنها وجه مشترک نانوذرات و نانوداروها اندازه آنهاست که در تعریف آنها ذکر می‌شود. ماهیت انواع مختلف نانوذرات، خواص و خطرات احتمالی آنها هنوز به طور کامل شناخته نشده است. با توجه به اینکه ماهیت فناوری‌های نانو هنوز به درستی تعریف نشده است و روش‌های سنجش خطرات و ارزیابی کیفی این فناوری‌ها هنوز به طور کامل توسعه نیافته و روش استاندارد و واحدی در این زمینه وجود ندارد، نگرانی‌هایی در مورد استفاده از این فناوری‌ها در شرایط بحران (که معیارهای کنترل کیفیت و خطر تا حدی تعدیل می‌شود) وجود دارد. لذا، ضرورت دارد اتحادیه اروپا با تجمع قوا برای تکمیل استانداردها و پروتکل‌های ساخت و ارزیابی کیفی و خطر فناوری‌های نانو زمینه را جهت استفاده گسترده این محصولات فراهم نماید.

اگرچه هنوز راهی طولانی تا دستیابی به تعریفی مشترک در سطح اتحادیه اروپا برای فناوری‌های نانو و نانوداروها و نیز استانداردها و چهارچوب‌های حقوقی و مقرراتی مشترک در زمینه ساخت و ارزیابی آنها وجود دارد، اما امید است توافق اخیر بین کمیسیون اروپا، کمیته استاندارد اروپایی (CEN)<sup>۱</sup> و کمیته اروپایی استانداردسازی الکتروتکنیک (CENELEC)<sup>۲</sup> موجب تسریع اعطای شماری از استانداردهای اروپایی به ابزار خاص پزشکی و تجهیزات حفاظتی شخصی شود و در نتیجه، منجر به افزایش تولید محصولات فناوری نانو گردد.

1. the European Committee for Standardisation

2. the European Committee for Electrotechnical Standardisation

## ۸. زیست‌شناسی مصنوعی

دانشمندان علم زیست‌شناسی مصنوعی (مبتنی بر آزمایشگاه) با رویکردی چندرشته‌ای متشکل از زیست‌شناسی، مهندسی، ژنتیک، شیمی و علوم کامپیوتر سعی در تغییر ژنوتیپ ویروس‌ها دارند. تلاش‌های این رشته می‌تواند به پیشرفت‌های متنوعی در حوزه‌های مختلف از ساخت دارو و واکسن گرفته تا مهار آفت‌های مهاجم بیانجامد. در واکنش به همه‌گیری کوید-۱۹ رشته زیست‌شناسی مصنوعی می‌کوشد روند ساخت واکسن را به کمک ابزارهای پیشرفته خود تسریع کند. این تلاشها نشان‌دهنده پتانسیل زیست‌شناسی مصنوعی برای طراحی، ساخت و تست راه‌حل‌هایی برای مقابله با چالش‌هایی مانند بحران پیش‌بینی‌نشده کوید-۱۹ است.



معمولاً دانشمندان ویروس را از بدن شخص بیمار استخراج می‌کنند و در آزمایشگاه کشت می‌دهند. ولی در زمانی که شیوع بیماری در منطقه‌ای دور رخ می‌دهد، این روش استخراج و کشت ممکن است ماه‌ها به طول بیانجامد. در چنین شرایطی، محققان

از روش سنتز (ساخت مصنوعی) ویروس استفاده می‌کنند تا در وقت صرفه‌جویی نمایند. ویروس مصنوعی جایگزین ویروس واقعی می‌شود. به این روش دانشمندان می‌توانند کلون DNA (ویروس مصنوعی) را با افزودن یا برداشتن ژن (ها) دستکاری کنند و درباره سوالاتی مانند نحوه راه یافتن ویروس به سلول انسانی و یا روش شیوع آن مطالعه کنند. از جمله مزایای این روش بالا بردن سرعت تحقیقات دانشمندان است. همچنین، به کمک این روش، دانشمندان می‌توانند میلیون‌ها توالی پروتئینی مختلف را با مدل‌های کامپیوتری بررسی کنند و بهترین نمونه‌ای که می‌تواند به صورت نانوذرات عمل کند را شناسایی نمایند. به عبارت دیگر، به کمک سنتز ویروس، دانشمندان می‌توانند ترکیب و شکل بهینه پروتئین‌ها را بیانند. به تازگی نوع جدیدی از واکسن که قابل نگهداری در هوای گرم است و نیازی به یخچال ندارد به کمک سنتز پروتئین ساخته شده است که می‌تواند در طراحی، ساخت و ذخیره



واکسن انقلابی به پا کند.

از منظر واکنش به همه‌گیری کوید-۱۹، زیست‌شناسی مصنوعی را گام «آتی» در پیشبرد ساخت واکسن می‌دانند زیرا از آن می‌توان به‌عنوان ابزار طراحی برای ساخت واکسن‌هایی با کارایی بهتر استفاده نمود.

### اثرات و پیشرفت‌های بالقوه

بنیاد بیل و ملیندا گیتس<sup>۱</sup> و مؤسسات ملی سلامت (کشورهای مختلف) در پاسخ به بحران کوید-۱۹ روی فناوری نوظهور زیست‌شناسی مصنوعی با هدف ساخت واکسن کوید-۱۹ سرمایه‌گذاری می‌کنند. واکنسی که به روش زیست‌شناسی مصنوعی ساخته می‌شود، ضمن اینکه می‌تواند در حجم میلیاردی تولید شود، بدون نیاز به نگهداری در یخچال نیز کارایی خود را حفظ می‌کند.

شرکت آمریکایی Ginkgo Bioworks در حوزه مهندسی ژنتیک ۲۵ میلیون دلار از منابع خود را در اختیار گروه‌های تحقیقاتی بخش خصوصی و دولتی قرار می‌دهد تا روی روش‌های پیشگیری و درمان کوید-۱۹ مطالعه انجام دهند.

تعدادی از شرکت‌های حوزه زیست‌شناسی مصنوعی نیز قصد ساخت واکسن‌های تجربی را دارند که حاوی رشته‌های RNA و DNA کدگذاری شده برای مولکول‌های پروتئین روی ویروس هستند. یکی از این واکسن‌ها INO-4800 نام دارد که اخیراً وارد مرحله اول آزمایش انسانی شده‌است و مبتنی بر رویکرد واکسن DNA است یعنی ژن‌های مصنوعی را به سلول بیمار تحویل می‌دهد.

محققان شرکت Distributed Bio با همکاری سازمان جهانی بهداشت و ارتش ایالات متحده، روی ساخت نسخه‌هایی از بیماری کوید-۱۹ با استفاده از شبه-زره کامل ویروس (ویریون)<sup>۲</sup> کار می‌کنند که خطر قابل توجهی ندارد و می‌توان از آن برای کشف سریع آنتی‌بادی‌های ویروس استفاده نمود. در همین راستا، شرکت GenScript نوعی تست

1. Bill and Melinda Gates Foundation

2. virion

پیشرفته SARS-CoV-2 را به صورت رایگان در اختیار محققان قرار می‌دهد که می‌تواند میزان عامل عفونت‌زا را در جریان خون بسنجد.

از سال ۲۰۱۸، شرکت AbCellera تحت برنامه پلتفرم پیشگیری از همه‌گیری<sup>۱</sup> DARPA در حال ساخت نوعی پلتفرم فناوری جهت واکنش به همه‌گیری‌هاست که می‌تواند ظرف ۶۰ روز پس از استخراج پاتوژن روش‌های مقابله پزشکی با آن را طراحی کند.

اخیراً مرکز واکسن و اندریلیت<sup>۲</sup> موفق به ساخت نوعی جعبه ابزار (toolkit) جامع جهت شناسایی و استخراج آنتی‌بادی بیماران بهبودیافته شده‌است.

آزمایشگاهی در کمبریج نیز موفق شده‌است با استفاده از زیست‌شناسی مصنوعی محلی در ژنوم کروناویروس را شناسایی کند که ممکن است در ساخت واکسن ویروس در مدت‌زمان کوتاهی مؤثر باشد.

شرکت Twist Bioscience اعلام کرده‌است قادر به انجام آزمایشات کنترل کیفیت بر مبنای RNA ویروس SARS-CoV-2 مصنوعی<sup>۳</sup> برای تست‌های تشخیصی است که در مرحله ساخت و تأیید هستند.

دانشمندان سوئسی نیز به کمک مخمر، نوعی ژنوم منتشر شده و DNA سفارشی کروناویروس را ظرف یک هفته در آزمایشگاه بازسازی کرده‌اند. این ویروس مصنوعی می‌تواند در ساخت دارو، واکسن و تست‌های تشخیصی کوید-۱۹ به کار گرفته شود.

## ملاحظات سیاست‌گذاری

با وجود مزیت‌های بالقوه زیست‌شناسی مصنوعی، عدم قطعیت‌های بسیاری از نظر حقوقی، علمی و اخلاقی در این زمینه وجود دارد. از جمله، نگرانی‌هایی در مورد اثرات بالقوه ساخت حیات، ژنوم یا سلول مصنوعی روی محیط زیست، تنوع زیستی و انسان. همچنین،

۱. DARPA Pandemic Prevention Platform (P3) Program (آژانس پروژه‌های پژوهشی پیشرفته دفاعی یا Defense Advanced Research Projects، مؤسسه پژوهشی زیر نظر وزارت دفاع آمریکا).

۲. Vanderbilt Vaccine Center

۳. synthetic SARS-CoV-2 RNA controls

خطر احتمال ورود ارگانسیم‌های مصنوعی به حیات وحش و ایجاد اختلال در محیط زیست از ملاحظات است که قانون‌گذاران باید در مواجهه با فناوری‌های زیست‌شناسی مصنوعی مورد توجه قرار دهند. نوعی واکنس که به روش زیست‌شناسی مصنوعی تولید شده است بدون طی کردن مرحله آزمایش روی حیوانات، وارد مرحله آزمایش بالینی روی انسان شده است. این مسأله از جمله مواردی است که نگرانی جامعه جهانی را درباره عوارض احتمالی فناوری زیست‌شناسی مصنوعی برانگیخته است.

مسائل حقوق مالکیت فکری نیز در فناوری زیست‌شناسی مصنوعی محل تردید است، زیرا دقیقاً مشخص نیست به چه چیزی پتنت تعلق می‌گیرد و چه چیز را می‌توان ابداع نامید. همچنین، کاربرد دوگانه این فناوری برای اهداف مفید و مضر از دیگر مسائل چالش‌برانگیز در فناوری زیست‌شناسی مصنوعی است.

اگرچه قوانین بین‌المللی و اتحادیه اروپا بخش‌های زیادی از فناوری زیست‌شناسی مصنوعی را پوشش می‌دهند، اما استفاده مسئولانه از این فناوری در شرایط همه‌گیری بیش از آنکه منوط به چهارچوب حقوقی فناوری محور باشد، وابسته به مقررات ویژه بخش‌های صنعتی است. لذا، وجود نظام‌های نظارتی دقیق و هماهنگ که همه خطرات زیستی و شیمیایی این فناوری‌ها را رصد کنند، کاملاً ضروری است. حاکمیت فناوری زیست‌شناسی مصنوعی نیز باید روی حوزه‌های مقرراتی که موجب کاهش خطرات می‌شود، متمرکز شود، از جمله کنترل صادرات، نظارت بر تحقیقات قبل از انتشار عمومی و تأیید آزمایشات پیشنهادی از نظر کاربرد دوگانه داشتن و مضر بودن.

نظر به آنچه گفته شد، به کارگیری ایمن فناوری‌های زیست‌شناسی مصنوعی مرهون استانداردهای روش‌های سنجش خطر و به‌روزرسانی مقررات نظارتی و کنترلی همگام با پیشرفت‌هایی است که در این حوزه رخ می‌دهد. همچنین، با توجه به همه‌عدم قطعیت‌های موجود در زمینه خطرات احتمالی زیست‌شناسی مصنوعی مانند فقدان داده کافی درباره خطرات و اثرات ناشی از تولید ارگانسیم‌ها به روش مهندسی ژنتیک و کمبود چهارچوب‌های مقرراتی لازم، فرایند انجام آزمایش‌های بالینی برای تأیید واکنس‌های سنتزی باید با دقت بالا طراحی شود و از هر گونه روش میانبر در این زمینه اجتناب گردد.

## ۹. پهبادها

از پهبادها به روش‌های مختلف برای مقابله با ویروس کرونا جدید استفاده می‌شود: از ضدعفونی معابر عمومی و ساختمان‌ها گرفته تا تحویل دارو به مناطق قرنطینه. به عنوان نمونه، دولت چین با به کارگیری وسیع پهبادها موفق به اجرای بزرگ‌ترین طرح قرنطینه دنیا شده است. اما تغییرات و اصلاحاتی که توسط دولت‌ها و شرکت‌های تولیدی در پهبادها جهت استفاده آنها در اهداف مختلف داده شده، موجب ایجاد نگرانی‌هایی در مورد احتمال تداوم استفاده از پهبادها در دوران پسا کرونا برای نظارت‌های شدید بر مردم شده است.



با اوج گرفتن شیوع بیماری کوید-۱۹، نرم‌افزارهای پهبادها را بازنویسی می‌کنند تا از کارکردهای متنوعی برخوردار شوند؛ از جمله برای گشت‌های نظارتی به جای هلیکوپتر، جایگزین روش‌های متعارف ضدعفونی، نظارت بر اجرای مقررات و

برای حمل و نقل. استفاده از پهبادها در کنار دیگر فناوری‌های نظارت هوایی به اجرای بهتر مقررات قرنطینه و فاصله‌گذاری اجتماعی در دوران شیوع کروناویروس کمک بسیاری می‌کند. این فناوری‌ها ضمن کاهش میزان ارتباطات چهره‌به‌چهره، از فشار کاری نیروی انسانی (در بخش درمان و نظارت) نیز می‌کاهند. با توجه به افزایش کاربردهای پهبادها در حوزه‌های حفاظت، نقشه‌برداری و تحویل اقلام (غذایی/دارویی و غیره)، به نظر می‌رسد دولت‌ها باید در راهبردهای مقابله با بیماری کوید-۱۹ استفاده از این فناوری را نیز به طور جدی مدنظر قرار دهند.

## اثرات و پیشرفت‌های بالقوه

مهم‌ترین مزیت پهبادها در مقابله با کوید-۱۹، غیر از قابلیت‌های آنها در انجام مؤثر وظایف فنی، توانایی آنها در کاهش میزان انتقال ویروس از طریق کاهش حضور افراد در محل‌های آلوده است. این قابلیت پهبادها در دور نگه داشتن کارکنان درمانی از مناطق

پرخطر و فراهم نمودن امکان شناسایی افراد مبتلا بدون داشتن تماس مستقیم با آنها بسیار حائز اهمیت است. تحویل اقلام مصرفی و دارویی توسط پهبادها امکان تأمین نیازهای مناطق دورافتاده و تحت قرنطینه را بدون تماس انسانی فراهم نموده است.

شرکت Antwork از زیرمجموعه‌های شرکت سازنده پهبادهای صنعتی Terra Drone در زمان اوج گیری شیوع کوید-۱۹ در چین، پهبادهایش را به صورت آزمایشی برای تحویل نمونه‌های پزشکی و مواد مورد نیاز مناطق قرنطینه به کار گرفت. علاوه بر این، دولت چین با تغییر کاربری پهبادهای سم‌پاشی مزارع از آنها برای ضدعفونی اماکن عمومی استفاده می‌کند. در کره جنوبی نیز در برخی مناطق پرخطر از پهبادها برای ضدعفونی استفاده می‌شود. استفاده از پهبادها برای تشویق مردم به ماندن در خانه و شناسایی افرادی که در اماکن عمومی از ماسک استفاده نمی‌کنند (به کمک دوربین‌های با قدرت زوم ۴۰ برابر) در چین از اهمیت حیاتی برخوردار شده است.

در کشورهای اسپانیا، بلژیک، فرانسه، بریتانیا، لیتوانی، یونان و ایالت کالیفرنیا نیز در زمان طرح تعطیلی عمومی، نیروهای پلیس از پهبادهای مجهز به حسگرهای حرارتی، دوربین‌های دید در شب، لنزهای با زوم بالا و بلندگو برای اجرای مقررات قرنطینه و فاصله‌گذاری اجتماعی استفاده می‌کنند. سازمان هوانوردی غیرنظامی ایتالیا (ENAC)<sup>۱</sup> اخیراً مجوز استفاده از پهبادها برای نظارت بر جابه‌جایی مردم در زمان شیوع کروناویروس توسط نیروی پلیس را صادر کرده است.

با گسترش شیوع کروناویروس، کاربردهای تخصصی‌تری برای پهبادها تعریف شده است مانند سنجش تب، ضربان قلب، نرخ تنفس و شناسایی افراد دارای علائم عطسه و/یا سرفه در اماکن عمومی. محققان دانشگاه استرالیای جنوبی موفق به طراحی پهبادی برای این گونه کاربردهای تخصصی شده‌اند.

## ملاحظات سیاست‌گذاری

صرف‌نظر از مزیت‌های پهبادها در مدیریت شیوع کوید-۱۹، نگرانی‌های بسیاری در مورد به‌کارگیری این فناوری وجود دارد. از جمله، نوع داده‌هایی که پهبادها جمع‌آوری می‌کنند، روش‌های پردازش داده در پهبادها و نیز روش‌های کسب رضایت آگاهانه مردم جهت استفاده از داده‌های آنها یا نظارت بر آنها توسط پهبادها. استفاده از پهبادها و دیگر وسیله‌های نظارتی در زمان بحران می‌تواند موجب افزایش شناسایی افراد شود، حریم خصوصی افراد را نقض نماید و برای برخی از گروه‌های اجتماعی تبعیض و داغ‌ننگ اجتماعی در پی داشته باشد. البته استفاده از این فناوری‌ها در زمان شیوع همه‌گیری نسبتاً قابل توجیه است و نهادهای ذی‌ربط موانع حقوقی و مقرراتی که استفاده از این فناوری‌ها را محدود می‌کند، تا حدی تعدیل می‌نمایند. اما آنچه مایه نگرانی است، احتمال تداوم عملیات‌های کنترل و نظارت پهبادها در دوران پساکرونا است.

همچنین، مسأله تغییر کاربری دادن پهبادهای کشاورزی برای اهداف مقابله با کوید-۱۹، این نگرانی را در پی دارد که کاربرد دوگانه این گونه پهبادها در آینده موجب استفاده‌های غیرقانونی از این وسیله‌ها شود (مانند پردازش غیرقانونی اطلاعات یا در اختیار گرفتن کنترل پهبادها (های‌جک) و انجام کارهای مجرمانه با آنها).

با توجه به اینکه در حال حاضر اروپا به مرکز اصلی شیوع کوید-۱۹ تبدیل شده است، تقاضا برای استفاده از پهبادها در نظارت و اجرای مقررات فاصله‌گذاری اجتماعی رو به افزایش است و احتمال برداشته شدن موانع مقرراتی با توجه به شرایط بحران بسیار زیاد است. مطابق مقررات عمومی حفاظت از داده‌ها اتحادیه اروپا در شرایطی که سلامت عمومی مردم در خطر باشد، دولت‌ها مجاز به جمع‌آوری و استفاده از داده‌های شخصی در جهت پیشگیری از صدمه به سلامت عمومی هستند. اما اخیراً هیئت حفاظت از داده اروپا (EDPB)<sup>۱</sup> در این زمینه تذکری داده است مبنی بر اینکه استفاده از داده‌های شخصی باید حتی‌الامکان به صورت گمنام انجام شود و در مورد داده‌های مکانی نیز مطابق آیین‌نامه

1. European Data Protection Board

حریم خصوصی الکترونیک (ePrivacy) فقط اپراتورها حق دارند از این داده‌ها به صورت گمنام استفاده نمایند و در صورت نیاز به افشای اطلاعات باید با اجازه اشخاص انجام شود. با این حال، چون مطابق مقررات استفاده از اطلاعات شخصی در جهت حفظ منافع عمومی در حوزه سلامت مجاز است، دولت‌ها باید تلاش کنند اطلاعاتی که در زمان شیوع کوید-۱۹ جمع‌آوری می‌شود در پایان بحران به صورت کامل حفاظت شده و از سوءاستفاده‌های احتمالی مصون بماند.

## ۱۰. ربات‌ها

از همان ابتدای شیوع کوید-۱۹ در چین تا همه‌گیری آن در جهان از ربات‌ها جهت محدود نمودن شیوع ویروس استفاده شده‌است. ربات‌ها برای ارائه خدمات به افراد در قرنطینه و نیز اجرای مقررات فاصله‌گذاری اجتماعی به کار گرفته می‌شوند. شرایط همه‌گیری کوید-۱۹ روند تأیید راه‌حل‌های رباتیک را تسریع نموده و سازندگان ربات‌ها توانسته‌اند به سرعت و متناسب با نیازهای شرایط کنونی واکنش نشان دهند.



ربات‌ها در سراسر جهان در مقابله با همه‌گیری کروناویروس در حال گسترش هستند. از ربات‌های ضد عفونی کننده که کل بیمارستان‌ها، اماکن عمومی و خصوصی را ضد عفونی می‌کنند، تا

ربات‌هایی که زباله‌های خطرناک را جابه‌جا می‌کنند، یا ربات‌هایی که غذا و دارو تحویل می‌دهند و ربات‌هایی که دمای بدن بیماران را می‌سنجند، همگی در کنترل شیوع کوید-۱۹ بدون تماس افراد با هم و در نتیجه قطع زنجیره انتقال بسیار تأثیرگذار بوده‌اند.

### اثرات و پیشرفت‌های بالقوه

ربات‌ها علاوه بر انجام مسئولیت‌های ناخوشایند، خطرناک و مستلزم آلودگی، با کاهش تماس انسانی امنیت بیشتری را برای کارکنان بیمارستان‌های ویژه بیماران کوید-۱۹ فراهم کرده‌اند. صدها ربات ضد عفونی کننده مبتنی بر اشعه مافوق بنفش به صورت خودکار به ضد عفونی اماکن مختلف از جمله بیمارستان‌ها، بخش‌های ایزوله، بخش‌های مراقبت‌های ویژه و اتاق‌های عمل می‌پردازند. این ربات‌ها با تابش اشعه مافوق بنفش همه پاتوژن‌های محیط را از بین می‌برند. شرکت CloudMind، ۶ نوع ربات که در زمینه امنیت، بازرسی، ضد عفونی و تحویل خدمات ارائه می‌کنند را به بیمارستان‌های چین هدیه کرده‌است. در اوایل مارس در شهر ووهان یک بخش بیمارستانی ویژه بیماران کوید-۱۹ ایجاد شد که بسیاری از خدمات آن توسط ربات‌ها ارائه می‌شد مانند سنجش تب بیماران، تحویل دارو



و ضدعفونی نمودن تجهیزات و فضاها. این طرح آزمایشی به منظور کاستن از فشار کاری کارکنان بیمارستان اجرا شد. در شهر شژن نیز در یکی از بیمارستان‌های ویژه بیماران کوید-۱۹ از ربات‌ها برای انجام اموری مانند سنجش تب بیماران و ملاقات‌کننده‌ها و ارائه خدمات ویدئو کنفرانس برای پزشکان و بیماران استفاده می‌شود. در فرودگاه‌های بین‌المللی لس آنجلس، سان‌فرانسیسکو و جان‌اف‌کندی از رباتی به نام GermFalcon برای ضدعفونی هواپیماها استفاده می‌شود.

هنگ‌کنگ، چین و کره جنوبی در آسایشگاه‌های خود از ربات ساخت رژیم صهیونیستی به نام Temi استفاده می‌کنند که ارتباط بین بیماران و ملاقات‌کننده‌ها را از طریق ویدئو کنفرانس برقرار می‌کند. از این ربات در بیمارستان‌ها، فرودگاه‌ها و محیط‌های کاری نیز استفاده می‌شود.

نوعی ربات انسان‌نما به نام CouldGinger با اجرای حرکات موزون ضمن سرگرم کردن بیماران به آنها اطلاعات مفیدی نیز ارائه می‌کند. دیگر خدمات این ربات خودکار عبارتند از سنجش حرارت، توزیع وسایل بهداشتی بین اتاق‌ها، یادآوری شست‌وشوی دست‌ها به افراد و تذکر برنامه غذایی به بیماران و اجرای آهنگ‌های مختلف به تقاضای بیماران.

در بلژیک نیز که ملاقات حضوری در آسایشگاه‌های سالمندان ممنوع شده است، به کمک ربات‌ها امکان دیدار خویشاوندان با سالمندان آنها از طریق تماس ویدیویی فراهم شده است.

در برخی شهرهای چین پلیس از ربات‌ها برای نظارت و گشت‌زنی در ایستگاه‌های عوارضی، کنترل استفاده از ماسک و سنجش تب با دستگاه‌های مبتنی بر اشعه فروسرخ استفاده می‌کند. در شانگهای نیز ربات‌ها ضمن گشت‌زنی در خیابان‌ها و اطلاع‌رسانی درباره روش‌های پیشگیری از کوید-۱۹ به کنترل ماسک و نیز توزیع ماده ضدعفونی‌کننده بین مردم می‌پردازند.

همچنین، در چین خیابان‌ها با استفاده از خودروهای جارو کشی بدون سرنشین تمیز می‌شوند و ربات‌های تحویل مانند Little Peanut مواد غذایی مسافران قرنطینه را تحویل می‌دهند. برخی از آزمایشگاه‌های داروسازی چین نیز از فناوری‌های رباتیک در انجام

آزمایشات مختلف تأیید دارو استفاده می کنند.

در ایالات متحده در معاینه و درمان اولین بیمار تأیید شده کوید-۱۹ از نوعی ربات استفاده شد. این ربات مجهز به دوربین، میکروفن و گوشی طبی بود که ضمن برقراری ارتباط بیمار و کادر درمان، ضربان قلب و تنفس او را نیز می سنجد.

اخیراً اسپانیا اعلام کرده است قصد دارد با به کارگیری ربات ها، ۸۰ هزار تست تشخیص کوید-۱۹ در روز انجام دهد. این اقدام ضمن افزایش ظرفیت تست از تماس مستقیم کارکنان درمانی با بیماران احتمالی نیز جلوگیری می کند.

### ملاحظات سیاست گذاری

با وجود مزایای متعدد فناوری های رباتیک در مقابله با شیوع کوید-۱۹، استفاده فزاینده از این فناوری ها ضمن ایجاد برخی مسائل حقوقی، خطرات اجتماعی و اخلاقی خاصی را نیز در پی دارد. این گونه خطرات و چالش ها اغلب ناشی از نوع ربات هایی است که به کار گرفته می شوند. به کارگیری ربات های ضد عفونی کننده و ربات های تحویل دارو و وسایل پزشکی، ربات های تب سنج و ربات های جمع آوری زباله موجب بروز نگرانی هایی در مورد اثرات آنها بر سلامت و ایمنی مردم شده است زیرا بسیاری از ربات ها از تابش اشعه فرابنفش استفاده می کنند. البته چهارچوب های مقرراتی مانند آیین نامه ماشین آلات ۴۲/۲۰۰۶، آیین نامه عمومی ایمنی محصول ۹۵/۲۰۰۱ و استانداردهای اختیاری مانند ISO 14971، TS 15066:2016 و IEC 60601 و غیره الزامات حداقلی را در به کارگیری این گونه ربات ها اعمال می کنند.

همچنین، استفاده از ربات ها برای ارائه خدمات به بیماران عفونی مسأله احتمال حذف نیروی کار انسانی را مطرح می کند. علاوه بر این، استفاده از ربات های خودکار برای ارائه خدمات تست و مراقبت به بیماران یا سالمندان در دوره شیوع کوید-۱۹ باید همراه با ملاحظات حفظ حریم خصوصی، شأن انسانی و اختیار بیماران باشد، به ویژه با توجه به افزایش احتمال آسیب پذیری و وابستگی این افراد به دلیل تنهایی ناشی از قرنطینه و فاصله گذاری اجتماعی باید مراقب وابستگی فنی و احساسی آنها به ربات ها بود. نگرانی های

زیادی نیز در مورد عدم توانایی ربات‌ها در تأمین نیازهای عاطفی بیماران در قرنطینه -مانند نیاز به همدردی، همراهی و ارتباط انسانی- ابراز می‌شود.

بنابراین، با آنکه ربات‌ها می‌توانند خدمات مراقبتی زیادی ارائه کنند اما در مورد اینکه بتوانند به‌طور کامل جایگزین نیروی کار انسانی شوند، تردیدهای بسیاری مطرح است. اگرچه ضرورت استفاده از ربات‌ها در طول دوره همه‌گیری در بخش‌های مراقبت ویژه قابل توجه است، اما هزینه استفاده از آنها بسیار بالاست و بسیاری از کشورها زیرساخت‌های لازم برای استفاده از این فناوری را ندارند و همین امر می‌تواند نابرابری کشورها را در مقابله با کوید-۱۹ افزایش دهد.

به‌طور کلی، با توجه به نقش انکارناپذیر ربات‌ها در ارتقا اقدامات مقابله با کوید-۱۹، در به‌کارگیری ربات‌ها در سطح وسیع باید توجه داشت که تمام حرکات آنها قابل پیش‌بینی باشد و ارزش‌های شفافیت، پاسخ‌گویی، قابلیت ردیابی و ارزیابی را دارا باشند. با توجه به اینکه هنوز چهارچوب حقوقی ویژه رباتیک در اتحادیه اروپا وجود ندارد، لزوم تدوین طرح حاکمیت اخلاقی رباتیک صرف‌نظر از اینکه کاربردهای ربات‌ها مبتنی بر هوش مصنوعی است یا خیر، به‌شدت احساس می‌شود. این طرح باید تضمین کند همه تصمیمات حوزه رباتیک از جمله تصمیمات مربوط به نوع داده‌هایی که استفاده می‌شود به‌صورت شفاف به اطلاع مردم برسد و اینکه فعالیت‌های ربات‌ها بر اساس اصول خودکار بودن کنترل شده، حریم خصوصی، قابل فهم بودن، برگشت‌پذیر بودن و خنثی بودن باشد. البته رعایت همه جنبه‌های اخلاقی در به‌کارگیری ربات‌ها در شرایط اضطراری شیوع کوید-۱۹ احتمالاً امکان‌پذیر نیست، ولی استفاده از واسطه انسانی در به‌کارگیری ربات‌ها باید به‌طور جدی مد نظر قرار گیرد تا حداکثر نظارت و کنترل روی ربات‌ها اعمال شود.

## نتیجه‌گیری

با گسترش همه‌گیری بیماری کوید-۹۱، شمار ابتکارها و راه‌حل‌های فناورانه نیز چندین برابر شده و هدف همه آنها تعیین منشأ شیوع بیماری، درمان مؤثر بیماران، کاهش بار کاری کارکنان مراکز درمانی و ساخت واکسن جدید بوده‌است. این گزارش به بررسی نقش ده فناوری نوآورانه در مقابله با بیماری کوید-۹۱ پرداخته و همچنین نگاهی به چالش‌های حقوقی و مقرراتی و مسائل اخلاقی اجتماعی ناشی از به‌کارگیری این فناوری‌ها در شرایط اضطرار سلامت عمومی داشته‌است. با آنکه فناوری به‌تنهایی نمی‌تواند جایگزین اقدامات سیاست‌گذاری دولت‌ها شود، اما نقش حیاتی آن در پاسخ به شرایط بحران رو به افزایش است. بیماری کوید-۹۱ به‌عنوان اولین همه‌گیری بزرگ قرن ۱۲ فرصت مغتنمی برای قانون‌گذاران و سیاست‌گذاران محسوب می‌شود تا به‌کارگیری فناوری‌های نوظهور را در زمان بحران از نظر تطبیق با موازین اخلاقی، وجاهت حقوقی و میزان کارایی مورد بررسی قرار دهند. برقراری توازن بین این مسائل در حفظ اعتماد عمومی به مداخلات دولت‌ها در سلامت عمومی کمک شایانی می‌کند.

## منبع:

Kritikos, Mihalis. Ten Technologies to Fight Coronavirus. EPRS: European Parliamentary Research Service. Scientific Foresight Unit (STOA). April 2020.





موسسه پویندگان توسعه فناوری و نوآوری ایران