

# بوم‌شناسی و اقتصاد برای پیشگیری از همه‌گیری

Archive of SID

سرمایه‌گذاری برای جلوگیری از جنگل زدایی گرمسیری و محدود سازی تجارت حیات وحش از شیوع زئونوز (بیماری‌های مشترک انسان و حیوان) در آینده محافظت خواهد کرد

ساقی نورایی، حورا بحرالعلوم و سعید امین زاده\*

تهران، پژوهشگاه ملی مهندسی ژنتیک و زیست فناوری، پژوهشکده زیست فناوری صنعت و محیط زیست، گروه مهندسی زیست فرایند

## چکیده

در طول یک قرن به‌طورمعمول سالانه دو ویروس جدید از میزبان طبیعی‌اش به انسان‌ها منتقل شده است. اپیدمی‌های MERS، SARS و H1N1 در سال ۲۰۰۹، HIV و همه‌گیری کروناویروس (کووید-۱۹) در سال ۲۰۱۹ نمونه‌هایی از این ویروس‌ها و شواهدی بر خسارات ناشی از این انتقال حیوانات به انسان‌ها هستند. ویروس‌های مشترک انسان و دام در بیشتر مواقع هنگام برخورد با پریمات زنده، خفاش‌ها و سایر حیوانات وحشی (گوشت آن‌ها) و یا غیرمستقیم از حیوانات مزرعه مانند مرغ و خوک، افراد را آلوده می‌کنند. امروزه خطرات بالاتر از هر زمان دیگری است. در اینجا ما هزینه نظارت و جلوگیری از شیوع بیماری با از دست دادن و پاره پاره شدن بی‌سابقه جنگل‌های نواحی گرمسیری و تجارت در حال رشد حیات وحش را ارزیابی می‌کنیم.

واژگان کلیدی: همه‌گیری، بوم‌شناسی همه‌گیری، اقتصاد و همه‌گیری، ویروس‌های مشترک انسان-حیوان

\* مترجم مسئول، پست الکترونیکی: aminzade@nigeb.ac.ir

جهان می‌شود. در اینجا، ما هزینه نظارت و جلوگیری از شیوع بیماری با از دست دادن و چند قطعه شدن بی‌سابقه جنگل‌های گرمسیری و تجارت در حال رشد حیات وحش را ارزیابی می‌کنیم. در حال حاضر، ما علی‌رغم برنامه‌های بخوبی تحقیق شده که بازده بالای سرمایه‌گذاری در محدود کردن زئونوز و اعطای بسیاری از مزایای دیگر را نشان می‌دهد برای جلوگیری از جنگل‌زدایی و تنظیم تجارت حیات وحش نسبتاً کم‌تر سرمایه‌گذاری می‌کنیم. همان‌طور که تخصیص بودجه عمومی در پاسخ به کووید-۱۹ همچنان در حال افزایش است، تجزیه و تحلیل‌ها نشان می‌دهد که هزینه‌های مربوط به این اقدامات پیشگیرانه به‌طور قابل‌توجهی کمتر از هزینه‌های اقتصادی و مرگ‌ومیر ناشی از پاسخ به این عوامل بیماری‌زا است.

در طول یک قرن به‌طورمعمول سالانه دو ویروس جدید از میزبان طبیعی‌اش به انسان‌ها منتقل شده است (۱). اپیدمی‌های MERS، SARS و H1N1 در سال ۲۰۰۹، HIV و همه‌گیری کروناویروس (کووید-۱۹) در سال ۲۰۱۹ نمونه‌هایی از ابتلا به این ویروس‌ها و شواهدی بر خسارات ناشی از این انتقال از حیوانات به انسان هستند. ویروس‌های مشترک انسان و دام در بیشتر مواقع هنگام برخورد با پریمات زنده، خفاش‌ها و سایر حیوانات وحشی (گوشت آن‌ها) و یا غیرمستقیم از حیوانات مزرعه مانند مرغ و خوک، افراد را آلوده می‌کنند. در این زمان خطرات بالاتر از هر زمان دیگری است (۲، ۳) زیرا ارتباط صمیمی بین انسان و مخازن بیماری‌های حیات وحش به‌طور فزاینده‌ای باعث افزایش سرعت گسترش ویروس‌ها در

## کاهش جنگل‌زدایی

حاصل می‌شود. جنگل‌زدایی در آمازون ۷۰٪ کاهش یافت؛ با این وجود تولید محصول غالب سویا در این منطقه هنوز در حال افزایش است (۸). مشارکت‌های بین‌المللی، تکمیل‌شده توسط صندوق آمازون، به ارزش حدود ۱ میلیارد دلار، منطقه بندی کاربری اراضی، محدودیت‌های بازار و اعتبار و نظارت‌های علمی بر ماهواره را پشتیبانی می‌کند. برنامه برزیل باعث کاهش قطعه‌قطعه شدن جنگل و حاشیه‌ی جنگل شد؛ و با هزینه‌ای کمتر نسبت به آنچه می‌توانست با رویکردهای قیمت‌گذاری کربن (قیمت‌گذاری کربن، روشی است که در آن به آلودگی‌های ناشی از کربن هزینه اعمال می‌شود تا صنایع آلاینده به کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای ترغیب شوند) حاصل شود (۹).

چندین برآورد از اثربخشی و هزینه استراتژی‌های کاهش جنگل‌زدایی گرمسیری در دسترس است (۸، ۹). با پرداخت مستقیم هزینه سالانه ۶/۹ میلیارد دلار، برای حفاظت از جنگل‌ها و از بین بردن جنگل‌زدایی از نظر اقتصادی می‌توان به کاهش ۴۰ درصدی در مناطقی که بیش‌ترین خطر ابتلا به ویروس رادارند؛ دست یافت [به مطالب تکمیلی (SM) مراجعه کنید]. برنامه‌های متعدد پرداخت برای خدمات اکوسیستم اثرگذاری این روش را نشان می‌دهد. در پایان، اتخاذ الگوی سیاست قبلی برزیل به صورت گسترده می‌تواند همین کاهش را فقط با ۱/۵ میلیارد دلار در سال با حذف یارانه‌هایی که به جنگل‌زدایی، محدود کردن پاک‌سازی زمین خصوصی و حمایت از حقوق ارضی مردم بومی کمک می‌کند به دست آورد. همه‌ی این‌ها نیاز به انگیزه ملی و اراده سیاسی دارند. حمایت گسترده مردمی از سیاست‌های مشابه پیشگیری از جنگل‌زدایی ممکن است در کشورهای دیگر که از بیماری کووید-۱۹ بهبود می‌یابند ظاهر شود.

## تجارت سوداگرانه حیات وحش

تقاضای جهانی برای حیات وحش باعث می‌شود مردم برای جمع‌آوری حیوانات وحشی برای فروش در بازارهای مناطق شهری و روستایی وارد جنگل شوند. در شهرهایی که مردم از گزینه‌های متنوعی برای پروتئین استفاده می‌کنند؛ بوشمیت یک غذای لوکس است که برای نشان دادن وضعیت طبقاتی و گاهی اوقات به دلایل فرهنگی خریداری می‌شود. کووید-۱۹ هزینه‌ی کلانی است که

حاشیه‌ی جنگل‌های گرمسیری محل اصلی ایجاد ویروس‌های جدید انسانی است. حاشیه‌ها زمانی ایجاد می‌شوند که انسان‌ها برای تولید چوب و کشاورزی جاده درست می‌کنند یا جنگل‌ها را تخریب می‌کنند. در صورت از بین رفتن بیش از ۲۵٪ از پوشش اصلی جنگل، انسان‌ها و دام‌هایشان احتمالاً با حیوانات وحشی در تماس قرار می‌گیرند (۴) و چنین تماس‌هایی خطر انتقال بیماری را تعیین می‌کند. انتقال پاتوژن به میزان تماس، فراوانی انسان‌ها و دام‌های حساس و میزان زیاد میزبان‌های وحشی آلوده بستگی دارد. نرخ تماس با محیط (طول حاشیه‌ی جنگل) بین جنگل و غیر جنگل متفاوت است. جنگل‌زدایی تمایل به ایجاد وضعیت شطرنجی دارد، در نتیجه ما حداکثر محیط را در سطح ۵۰٪ در حال تبدیل جنگل می‌بینیم. پس‌از آن، فراوانی حیوانات خانگی و انسان به سرعت از حیوانات وحشی فراتر می‌رود؛ بنابراین اگرچه انتظار داریم میزان انتقال آن کاهش یابد، اما میزان هر شیوع در نتیجه بیشتر است (۴). چندپارگی زیستگاه این مسئله را پیچیده می‌کند زیرا باعث افزایش محیط آن مکان می‌شود. راه‌سازی، استخراج معادن و اردوگاه‌های ورود به سیستم، گسترش مراکز شهری و سکونت‌گاه‌ها، مهاجرت و جنگ و پرورش دام و گیاهان باعث افزایش شیوع ویروس شده است. شکار، حمل‌ونقل، کشاورزی و تجارت حیات وحش برای غذا، حیوانات خانگی و داروهای سنتی مسیرهای انتقال حیوان به انسان را تشکیل می‌دهند و از نزدیک جنگل‌زدایی را ردیابی می‌کنند. به‌عنوان مثال، خفاش‌ها مخازن احتمالی ابولا، Nipah، SARS و ویروس کووید-۱۹ هستند. خفاش‌های میوه‌ای (*Pteropodidae* در دنیای قدیم، جنس *Artibeus* در دنیای جدید) هنگامی که زیستگاه‌های جنگلی آن‌ها مختل شود؛ بیشتر در نزدیکی سکونتگاه‌های انسان تغذیه می‌کنند. این عامل اصلی در ظهور ویروسی در آفریقای غربی، مالزی، بنگلادش و استرالیا بوده است (۵-۷).

ارتباط واضح بین جنگل‌زدایی و ظهور ویروس حاکی از آن است که تلاش عمده برای حفظ پوشش سالم جنگل بازده زیادی دارد؛ حتی اگر تنها سود آن کاهش رویدادهای ظهور ویروس باشد. بزرگ‌ترین نمونه در راستای کاهش مستقیم جنگل‌زدایی از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۲ از برزیل

می‌تواند به عنوان بخشی از یک مرز پاسخ مؤثر به پیشگیری از همه‌گیری در آینده تقویت شوند. بودجه سالانه یک WEN، به میزبانی انجمن ملل جنوب شرقی آسیا، ۳۰۰۰۰ دلار است (به SM نگاه کنید). بودجه سالانه CITES فقط ۶ میلیون دلار است. دبیرخانه این سازمان اخیراً اظهار داشته است که بیماری‌های انسان و حیوانات خارج از وظیفه CITES است. کمک به جلوگیری از شیوع بعدی ممکن است شامل افزایش بودجه WEN ها برای پاسخ‌های منطقه‌ای و درعین‌حال توسعه پروتکل‌های هماهنگ جهانی برای افزایش ظرفیت WEN ها در غربالگری بهداشت حیات وحش باشد. اگرچه هیچ آژانس جهانی برای نظارت بر تجارت حیات وحش وجود ندارد، ما با در نظر گرفتن بودجه عملیاتی سالانه سازمان جهانی بهداشت حیوانات (OIE) که وظیفه ارزیابی خطر بیماری را دارد هزینه‌های چنین تلاشی در تجارت حیوانات بدون انجام آزمایش را تخمین زدیم. سپس هزینه‌های نظارت گسترده بر بیماری در حیات وحش را افزایش و حجم جهانی تجارت حیات وحش را کاهش دادیم (به SM نگاه کنید).

محدود کردن دسترسی به حیات وحش برای غذا و سایر مصارف باید در مورد افراد بومی و سایر افراد در جوامع دوردست باشد که حیات وحش پروتئین ضروری برای آن‌ها را فراهم می‌کند. در برخی از نقاط جهان، اتکا بر حیات وحش مهاجر مثل گوزن شمالی و ماهی قزل‌آلا انگیزه نظارت بر وسعت زیادی از زیستگاه است. اگرچه باید از حق رژیم‌های سنتی حمایت شود، مردم می‌توانند در معرض خطر رژیم‌های حیات وحش (استفاده از حیوانات وحشی) قرار بگیرند. این‌ها موارد مربوط به امنیت غذایی است که دولت‌ها و آژانس‌های توسعه باید با آن روبرو شوند. در صورت لزوم، باید شامل آموزش و آگاهی در مورد دست زدن به حیوانات، بهداشت و انتقال بیماری‌ها و همچنین مدیریت پایدار حیات وحش و حمایت از توسعه غذاهای جایگزین در سطح روستاها باشند. شکار قانونی و بازاریابی حیات وحش که نیازهای اساسی غذایی را به‌طور پایدار برآورده می‌کند می‌تواند برای کاهش خطر بیماری‌های همه‌گیر تنظیم شوند. با گذشت زمان، اقدامات حساس فرهنگی می‌توانند دسترسی

اکنون جوامع برای چنین برخوردهایی با گونه‌های وحشی پرداخت می‌کنند.

بازارهای حیات وحش و تجارت قانونی و غیرقانونی حیوانات وحشی، حیوانات وحشی زنده و مرده باعث تماس شکارچیان، بازرگانان، مصرف‌کنندگان و همه کسانی که در این تجارت مشارکت دارند با این حیوانات می‌شود. تجارت از تقاضای جهانی مصرف‌کننده پیروی می‌کند. ایالات متحده یکی از بزرگ‌ترین واردکنندگان جهانی حیوانات وحشی از جمله برای صنعت عظیم حیوانات خانگی است (۱۰). شرایط ترانزیت، عدم غربالگری بهداشت هنگام واردات و انبارهایی که حیوانات را قبل و بعد از واردات ذخیره می‌کنند، مشابه بازارهای حیوانات زنده همگی منجر به شیوع بیماری‌ها می‌شوند.

برخی کشورها دارای صنایع کشاورزی حیات وحش هستند که قصد دارند ضمن تأمین تقاضای بازار برای پروتئین و درخواست سنت‌های فرهنگی، از شکار بی‌رویه گونه‌های وحشی جلوگیری کنند. در چین، کشاورزی حیات وحش یک صنعت ۲۰ میلیارد دلاری است که حدود ۱۵ میلیون نفر را به کار می‌گیرد (۱۱). با اعلامیه فوریه ۲۰۲۰ توسط کمیته دائمی کنگره ملی مردم در مورد ممنوعیت مصرف حیات وحش برای غذا و تجارت مرتبط با آن در چین، بحث‌های مداوم در مورد حذف تدریجی این صنعت وجود دارد. توجه آن این است که خطرانی زیادی دارند از جمله اینکه ظهور بیماری و قوانین بهداشتی و ایمنی مربوط به پرورش حیوانات وحشی اغلب کافی نیستند. قوانین ممنوعیت تجارت ملی و بین‌المللی گونه‌های مخزن بیماری‌های پرخطر و ادامه اجرای آن‌ها، اقدامات ضروری و محتاطانه برای جلوگیری از بیماری مشترک انسان و حیوانات است. طبق مقررات باید پریمات‌ها، خفاش‌ها، پنگولین‌ها و جوندگان از بازار خارج شوند.

کنوانسیون‌های بین‌المللی مانند کنوانسیون تجارت بین‌المللی گونه‌های در معرض خطر جانوری و گیاهی (CITES)<sup>۱</sup> تنها با بخشی از مشکل مقابله می‌کنند. آن‌ها، شبکه‌های منطقه‌ای و آژانس‌های ملی نظارت بر تجارت حیات وحش و اجرای مقررات به‌شدت کمبود بودجه دارند. شبکه‌های اجرای حیات وحش منطقه‌ای (WENs)<sup>۲</sup>

<sup>1</sup> Convention on International Trade in Endangered Species

<sup>2</sup> Wildlife Enforcement Network

ویروس Nipah، افزایش امنیت زیستی در مزارع دامداری برای کاهش ارتباط حیات وحش-دام با انسان، ارتقا شستشوی دست و استفاده از تجهیزات محافظتی شخصی در تماس نزدیک با حیوانات وحش است. بستن غارهای خفاش پرخطر، احتمال انتقال ویروس را در روابط بین انسان و حیوانات وحشی کاهش می‌دهد.

هزینه اقدامات برای جلوگیری از انتقال بیماری از حیوانات به انسان متفاوت است. برای مثال پیش‌بینی USAID برای ۱۰ سال ۲۰۰ میلیون دلار است. این هزینه در مقایسه با ۱/۲ میلیارد دلار برای پروژه جهانی ویروس، یک پروژه ۱۰ ساله با هدف شناسایی ۷۰ درصد ویروس‌های ناشناخته در حیات وحش در جهان، قرار می‌گیرد.

پس از سرایت ویروس از حیوان به انسان، فرصت مهم بعدی برای جلوگیری از شیوع بزرگ‌تر آن است (۲). موارد اولیه HIV / AIDS، سندرم ریوی ویروس هانتاویروس، ویروس Nipah، SARS و COVID-19 قبل از شناسایی پاتوژن، برای هفته‌ها، ماه‌ها یا سال‌ها (برای مثال در مورد HIV) قابل‌شناسایی نبودند. اکنون تأخیر در شناسایی کاهش یافته است؛ با این حال وضعیت در قسمت‌های مختلف جهان متفاوت است. در کشورهای کم‌درآمد، شیوع بزرگ با مرگ‌ومیر قابل توجه اغلب تشخیص داده نمی‌شود، به ویژه هنگامی که علائم از سایر بیماری‌های شناخته‌شده تقلید می‌کند. پروژه‌های آزمایشی در کلینیک‌های بسیاری از مناطق روستایی در حال انجام است تا علت موارد با علائم مشابه را شناسایی کند (نظارت سندرومیک). برنامه‌های شناسایی و کنترل شیوع در مراحل اولیه خود با کاهش عوارض و مرگ‌ومیر منجر به صرفه جویی قابل توجهی می‌شوند. یک اولویت شناسایی شاخص‌های کاهش خطر همراه با اجرای برنامه‌های آزمایشی و محاسبه هزینه‌ها، صرفه‌جویی در هزینه‌ها و مزایای گسترش آن‌هاست.

#### سرایت ویروس از حیوانات کشاورزی (دام‌ها) به انسان

دام‌ها مخازن حیاتی و پیوند دهنده بیماری‌های خطرناک‌اند. آنفلوآنزای H5N1 به علت رابط انسان و حیات وحش (زنجیره انتقال؛ پرندگان وحشی ← طیور ← انسان) به انسان منتقل شد. همان‌طور که H1N1 به انسان منتقل شد (پرنده ← خوک ← انسان)، بسیاری از شیوع‌های مرتبط با

بومیان به رژیم‌های غذایی سالم را تضمین کرده و خطرات همه‌گیری را کاهش دهند.

#### شناسایی و کنترل زودهنگام

گزارش کمتری از قرار گرفتن در معرض بیماری‌های مشترک انسان و حیوانات وجود دارد. تصحیح این امر فرصت‌های عمده‌ای را برای پیشگیری فراهم می‌کند. ویروس Nipah در سال ۱۹۹۸ کشف شد؛ منشأ آن خفاش‌های میوه‌ای بود و باعث شیوع گسترده بیماری تنفسی در خوک‌ها و انسفالیت کشنده در مالزی شد (۶). نظارت‌های محافظتی در بیمارستان‌های بنگلادش سالانه چندین مورد از این‌گونه بیماری‌ها که منشأ آنان حیوانات وحشی هستند را نشان داده‌اند که میزان مرگ‌ومیر در اثر آن‌ها به‌طور متوسط ۷۰٪ می‌باشد.

به‌طور مشابه، SARS و COVID-19 به ترتیب باعث شیوع بیماری تنفسی در گوانگدونگ و ووهان، چین شدند. بررسی‌های سرولوژیکی مردم مناطق روستایی استان ووهان نشان داد که ۳٪ آنتی بادی برای گونه‌های ویروس مشابه مخزن اصلی خود، خفاش‌های نعل اسبی داشتند (Rhinolophus spp.) (۱۲).

برای تعیین کمیت و کاهش خطر سرایت عوامل بیماری‌زا از حیوان به انسان نیاز به کشف ویروس در حیات وحش و آزمایش جمعیت‌های انسانی و حیوانی در مناطق با خطر ظهور بالای بیماری است. به‌عنوان مثال، برنامه Wellcome Trust VIZIONS حیوانات وحشی، انسان و دام را از نظر عوامل بیماری‌زا شناخته‌شده در مناطق روستایی ویتنام آزمایش کرده است. پروژه آژانس توسعه بین‌المللی ایالات متحده USAID PREDICT تجزیه و تحلیل سرایت ویروس‌ها از حیوان به انسان را در افراد دارای تماس زیاد با حیات وحش در ۳۱ کشور انجام داده است. PREDICT شامل برنامه‌های آموزش جامعه برای افزایش آگاهی از خطر بیماری‌های مشترک انسان و حیوانات و کاهش تماس با حیات وحش است. این کار به منظور جلوگیری از انتقال بیماری از حیوانات وحشی به انسان از طریق شناسایی رفتارهای پرخطر و از نظرسنجی‌های سرولوژی برای بررسی الگوهای فصلی خطر استفاده شد. مداخلات شامل استفاده از گیاه بامبو برای کاهش آلودگی شیر نخل به

۱۱۸ Mt	میزان Co2 کاهش یافته سالانه در اثر کاهش ۵۰ درصدی جنگل زدایی
\$۴/۳۱ B	فواید جانبی که از کاهش Co2 ایجاد می‌گردد
\$۱۷/۷-\$۲۶/۹ B	هزینه‌های کلی حفظ شده در اثر کاهش میزان تولید کربن

\$۵/۶ T	آسیب‌های حاصل از COVID-19 تولید ناخالصی که جهان در اثر COVID-19 از دست داده است
یا \$۵/۳۴ M \$۱۰/۰ M	میزان آماری (V) مرگ‌ومیر پیش‌بینی شده در اثر covid-19
590,643 [473,209, 1,019,078]	پیش‌بینی کل مرگ‌ومیر حاصل از COVID-19 در جهان (QD) تا ۲۸ ژوئیه ۲۰۲۰، صدک ۵۰ با میزان خطای ۹۵٪
	ارزش مرگ‌ومیر در جهان از COVID-19 $V \times QD =$
\$۲/۵ T	کمترین
\$۵/۹ T	متوسط
\$۱۰/۲ T	بیش‌ترین

	آسیب‌های کلی بیماری (D)
\$۸/۱ T	کمترین
\$۱۱/۵ T	متوسط
\$۱۵/۸ T	بیش‌ترین

تغییر یکنواخت در احتمال سالانه همه‌گیری،  $C = \Delta P \times D$  را برآورده می‌کند که در آن،  $P_0 =$  احتمال معیار همه‌گیری،  $P_1 =$  احتمال همه‌گیری با تلاش‌های پیشگیری در محل،  $\Delta P = P_1 - P_0$  و  $100\% \Delta P = (\Delta P / P_0) \times$  اگر  $P_0 = 0/01$ ،  $C = \$30/7$  و  $D = \$11/5$  (سناریوی به احتمال زیاد، نادیده گرفتن مزایای جانبی کاهش CO2)، اگر  $P_1 = 26/7\%$ ، کاهش باید و به  $P_1 = 0/0733$  برسد، پیشگیری منجر به سود خالص می‌شود. استفاده از سایر مقادیر C، D و P منجر به  $\Delta P$  از  $11/8\%$  تا  $75/7\%$  می‌شود؛ تنها یک سناریو دارای  $\Delta P$  بیش از  $50\%$  است. به مطالب تکمیلی مراجعه کنید.

کاهش جنگل زدایی دارای مزایای جانبی حدود ۴ میلیارد دلار در سال شامل مزایای اجتماعی ناشی از کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای است. بنابراین هزینه‌های خالص پیشگیری از ۱۸ تا ۲۷ میلیارد دلار در سال است. در مقایسه، کووید-۱۹ هزینه بالقوه بسیار زیاد یک بیماری

دام به اوج ظهور همه‌گیری رسیده‌اند. مانند ویروس Nipah (انتقال از خفاش میوه‌ای ← خوک ← انسان) و کرونا ویروس سندرم اسهال حاد خوکی (خفاش ← خوک) (۱۴). این مسیرهای انتقالی به خوبی شناخته شده و در مرکز بسته‌های پیشگیری از همه‌گیری پیشنهاد شده توسط کنگره ایالات متحده (H.R. 3771) است. برنامه‌های بهداشتی دامپزشکی به خوبی مورد بررسی قرار گرفته است مانند برنامه مداخله امنیت زیستی مزرعه بانک جهانی *One World One Health* که برای کاهش خطر آنفلوآنزای H5N1 طراحی شده است.

### نتیجه‌گیری

اقداماتی که ما ترسیم کرده‌ایم می‌تواند به جلوگیری از همه‌گیری‌های مشترک بین انسان و دام در آینده، قبل از شروع آن‌ها، کمک کند. نظارت به‌تنهایی باعث صرفه‌جویی قابل توجهی در هزینه‌ها می‌شود؛ حتی در زمینه شیوع همه‌گیری بسیار شدیدتر از کووید-۱۹ (۱۴). هزینه‌های تخمینی ناخالص عملیاتی پیشنهادی ما در کل ۲۲ تا ۳۱ میلیارد دلار در سال است (جدول را ببینید).

خلاصه‌ای از هزینه‌های پیشگیری، مزایا و احتمال شکست

ارزش	موارد
\$۲۵۰-\$۷۵۰ M	هزینه‌های اقدامات پیشگیرانه بودجه سالانه برای نظارت بر تجارت حیات وحش (CITES +)
\$۱۲۰-\$۳۴۰ M	هزینه سالانه برنامه‌ها برای کاهش سرریز (spillovers)
\$۲۱۷-\$۲۷۹ M	هزینه سالانه برنامه‌ها برای شناسایی و کنترل زودهنگام
\$۴۷۶-\$۸۵۲ M	هزینه سالانه برنامه‌های کاهش سرریز از طریق دام
\$۱/۵۳-\$۹/۵۹ B	هزینه سالانه کاهش نصف جنگل زدایی
\$۱۹/۴ B	هزینه سالانه پایان تجارت گوشت وحشی در چین
\$۲۲/۰-\$۳۱/۲ B	هزینه‌های پیشگیری در کل (C)
\$۳۶/۵/tonne	فواید جانبی پیشگیری هزینه اجتماعی کربن

باوجود ارزشمندی محاسبات ما در دشوار دانستن پیشگیری، اما اینها محاسبات محافظه‌کارانه‌اند. مطالعات آینده می‌تواند عدم اطمینان در هزینه‌ها و کارایی این استراتژی‌ها را کاهش دهند و مقرون به صرفه‌ترین اقدامات را مشخص کنند. تجزیه و تحلیل کامل هزینه و فایده در مورد پیشگیری از بیماری همه‌گیر می‌تواند جریان هزینه‌های پیشگیری را با گذشت زمان ردیابی کند؛ امکان ایجاد وابستگی بین دوره‌ای را فراهم کند و از همه‌گیری‌های جلوگیری شده به عنوان محصولات توزیع حوادث بیماری که همه آن‌ها به شدت کووید-۱۹ نیستند جلوگیری به عمل آورد. یافته‌های ما روشن می‌سازد که این تلاش تحقیقاتی تضمین شده است؛ زیرا منافع خالص توقف همه‌گیری‌ها قبل از شروع آن می‌تواند بسیار زیاد باشد.

می‌دانیم که با ظهور جهانی بیماری همه‌گیر کووید-۱۹، اولویت‌های اقتصادی ممکن است برای مقابله با تقاضاهای ناگهانی بیکاری، بیماری‌های مزمن، ورشکستگی و مشکلات مالی شدید مؤسسات عمومی تغییر یابد. با این وجود، شواهد قابل‌توجهی وجود دارد که میزان ظهور بیماری‌های جدید (۲ و ۳) و تأثیرات اقتصادی آن‌ها نیز در حال افزایش است. به تعویق انداختن یک استراتژی جهانی برای کاهش خطر ابتلا به بیماری همه‌گیر منجر به ادامه هزینه‌های فزاینده می‌شود. با توجه به سیل بیماری‌های نوظهور پرهزینه در ۲۰ سال گذشته، ما اصرار داریم که محرک‌ها و سایر بودجه‌های بهبودی شامل استراتژی‌هایی است که برای کاهش خطر همه‌گیری ارائه کرده‌ایم. جامعه باید تلاش کند تا از برخی تأثیرات همه‌گیرهای آینده جلوگیری کند.

این مقاله ترجمه‌ای است از:

**Ecology and economics for pandemic prevention, SCIENCE, 24 JULY 2020 • VOL 369 ISSUE 6502**

همه‌گیر را به ما نشان داده است. جهان ممکن است در سال ۲۰۲۰ حداقل ۵ تریلیون دلار از تولید ناخالص داخلی از دست بدهد (به SM نگاه کنید). با این حال این هزینه‌ها افزایش شمار بیماری‌ها، مرگ‌ومیر ناشی از دلایل دیگر برای مثال به دلیل اختلال در سیستم‌های پزشکی و از بین رفتن فعالیت‌های منقطع جامعه به دلیل فاصله اجتماعی را شامل نمی‌شود.

برای توجیه هزینه‌های پیشگیری، می‌توان به این موضوع اشاره کرد که ارزش یک سال این راهکارهای پیشگیرانه باعث کاهش احتمال رخدادی مشابه مانند کووید-۱۹ در سال آینده حدود ۲۷٪ کمتر از احتمال پایه در محتمل‌ترین سناریو می‌شود و در این سناریو حتی مزایای جانبی آن نادید گرفته شده است. ما هشت سناریوی جایگزین را با پیش‌فرض‌های مختلفی که از بالاترین و کمترین مقادیر هزینه‌های پیشگیری و خسارات همه‌گیر گرفته شده بررسی کردیم با این فرض که همه‌گیری‌های شدید هر ۱۰۰ سال یک‌بار یا هر ۲۰۰ سال یک‌بار اتفاق می‌افتد. در همه سناریوها، به جز در یک مورد پیشگیری فقط موارد موردنیاز در یک بیماری همه‌گیر را به کمتر از نصف کاهش می‌دهد؛ در یک مورد کاهش درصد احتمال شکست تا ۱۲٪ کمتر است (به SM نگاه کنید). برآورد می‌کنیم که ارزش فعلی هزینه‌های پیشگیری برای ۱۰ سال فقط حدود ۲٪ از هزینه‌های بیماری همه‌گیر کووید-۱۹ باشد.

ما چیزی بیشتر از طرح از مؤلفه‌های کلیدی مجموعه اقتصادی ممکن برای استراتژی‌های پیشگیری از بیماری همه‌گیر ارائه نکرده‌ایم. محدودیت در دسترس بودن اطلاعات، توانایی ما در انجام یک تحلیل جامع‌تر را محدود می‌کند. در عوض، ما اطلاعات به راحتی در دسترس را جمع‌آوری می‌کنیم تا ارزیابی کنیم که چقدر احتمال دارد سرمایه‌گذاری در هزینه‌های پیشگیری از بیماری همه‌گیر منافع خالص مثبتی را برای جهان به همراه داشته باشد.

## منابع

1. M. Woolhouse, F. Scott, Z. Hudson, R. Howey, M. Chase Topping, Philos. Trans. R. Soc. B 367, 2864 (2012).
2. J. O. Lloyd-Smith et al. Science 326, 1362 (2009).
3. K. E. Jones et al., Nature 451, 990 (2008).
4. C. L. Faust et al., Ecol. Lett. 21, 471 (2018).
5. J. Olivero et al., Sci. Rep. 7, 14291 (2017).
6. J. R. C. Pulliam et al., J. R. Soc. Interface 9, 89 (2012).
7. R. K. Plowright et al., Proc. R. Soc. B 278, 3703 (2011).
8. D. Nepstad et al., Science 344, 1118 (2014).
9. J. Busch, J. Engelmann, Environ. Res. Lett. 13, 015001 (2017).
10. K. F. Smith et al., Science 324, 594 (2009).

11. Report on Sustainable Development Strategy of China's Wildlife Farming Industry (Consulting Research Project of Chinese Academy of Engineering, 2017)[in Chinese].

12. N. Wang et al., Virol. Sin. 33, 104 (2018).

13. B. Nikolay et al., N. Engl. J. Med. 380, 1804 (2019).

14. E. H. Chan et al., Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 107, 21701 (2010).