

مروری بر کاربرد زنجیره سرد در شبکه زنجیره تأمین واکسن

احسان ترشیزی

کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، دانشکدگان فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
ehsantorshizi@ut.ac.ir

علی بزرگی امیری

دانشیار، دانشکده مهندسی صنایع، دانشکدگان فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
alibozorgi@ut.ac.ir

فاطمه صبوچی

پسا دکتری، دانشکده مهندسی صنایع، دانشکدگان فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
fatemehsabouhi@guest.ut.ac.ir

چکیده

واکسن‌ها از جمله ابزارهای مهم حوزه سلامت هست که جان بسیاری از انسان‌ها را نجات داده‌اند و بسیاری از بیماری‌ها را ریشه‌کن کردند. اهمیت واکسن و فرآیند واکسیناسیون بر کسی پوشیده نیست، مخصوصاً در جهان امروز که با پدیده ویروس کووید-۱۹ نیز درگیر می‌باشیم. با وجود فاجعه ویروس منحوس کووید-۱۹ و نوع همه‌گیری آن، بسیاری از کشورها به دنبال تولید و تامین واکسن برای کشور خود هستند تا از شیوع این ویروس در جوامع خود جلوگیری کنند. در این زمان، اهمیت زنجیره‌تأمین قابل مشاهده می‌باشد و مسئله زنجیره‌تأمین واکسن و طراحی شبکه آن در معرض توجه قرار می‌گیرد. با وجود یک زنجیره‌تأمین کارآمد و اثربخش، می‌توان واکسن‌ها را در سریع‌ترین زمان ممکن با سطح سرویس مناسب و با باقی‌ماندن خواص و اثربخشی آن‌ها به مراکز واکسیناسیون منتقل کرد. برای طراحی شبکه زنجیره‌تأمین واکسن، مسائل متعددی باید در نظر گرفته شوند مانند حمل‌ونقل، ذخیره‌سازی، زنجیره سرد، مسیریابی، سیستم‌های اطلاعاتی، لجستیک معکوس، مدیریت واکسن، ردیابی و رهگیری. در این تحقیق سعی شده است با مطالعه مراجع غنی در زنجیره‌تأمین واکسن، به یک بخش‌بندی و طبقه‌بندی مناسبی از مسائل ذکر شده دست یافت و با استفاده از ابزارهایی مانند نرم‌افزارهای علم‌سنجی و اکسل به نقاط قوت و ضعف آن‌ها می‌پردازیم. جهت پوشش کاستی‌ها و نقاط ضعف زنجیره‌تأمین واکسن، راهکارها، توصیه‌های تکنیکی و مدیریتی و ابزارهایی پیشنهاد شده است. همچنین برای توسعه زنجیره‌تأمین واکسن و بهبود مسائل آن در آینده، یک جمع‌بندی از شکاف‌های تحقیقاتی شکل گرفته است تا پایه‌ای برای مطالعات آینده در این حوزه باشد.

واژگان کلیدی: واکسن، واکسیناسیون، زنجیره‌تأمین واکسن، برنامه ایمن‌سازی، زنجیره سرد

۱. مقدمه

واکسن یکی از مهم‌ترین حوزه‌ها در بخش سلامت جسمی جامعه می‌باشد و برای مقابله با انواع بیماری‌ها و حفاظت انسان‌ها از ابتلا به آن‌ها، واکسیناسیون صورت می‌گیرد. طی سال‌های اخیر، تعداد بلایای طبیعی در جهان افزایش یافته است و انسان‌های زیادی تحت تاثیر این بلایا قرار گرفته‌اند. در این زمان که میزان بلایا در کل جهان رو به افزایش است، ویروس‌ها نیز با سرعت در حال گسترش هستند و چالش‌های جدید را برای بخش سلامت، محققان، دولت‌ها و سازمان‌های بین‌المللی ایجاد کرده‌اند. همچنین در حدود یک و سال نیم اخیر مسئله همه‌گیری ویروس کووید-۱۹، نیاز به مسئله واکسن و واکسیناسیون عمومی همه انسان‌ها را دربر گرفته است و همه‌ی کشورهای جهان در حال تلاش برای جلوگیری از شیوع بیشتر این ویروس و انجام واکسیناسیون همگانی در کشور خود هستند.

واکسن‌ها باید در طی مراحل زنجیره‌تأمین جریان یابند تا به دست مصرف‌کننده نهایی برسند. این زنجیره شامل همه پرسنل، سیستم‌ها، تجهیزات و فعالیت‌هایی که برای تضمین سلامت تحویل واکسن‌ها از نقطه تولید تا مشتری نهایی لازم است، می‌شود. همچنین، این زنجیره‌تأمین در اکثر کشورهای در حال توسعه به شدت تحت فشار است و این امر باعث شده است تا واکسن‌های جدید به درستی توزیع نشوند و جان بسیاری را به خطر بیندازند. به علاوه، در کشورهای در حال توسعه یا توسعه نیافته نیز به دلیل امکانات و زیرساخت‌های ضعیف (چه از نظر کیفی و چه از نظر کمی) در بخش‌های حمل‌ونقل، زنجیره سرد و ذخیره‌سازی، فرآیندهای توزیع با مشکلات بسیار زیادی مواجه شده‌اند.

در اکثر کشورها، ناکارآمدی در زنجیره‌تأمین واکسن نگرانی‌های زیادی را به همراه دارد؛ زیرا باعث می‌شود تا هزاران یا حتی میلیون‌ها نفر از انسان‌ها به طور کامل ایمن‌سازی نشوند و خطر جدی در ارتباط با بیماری‌های واگیردار، آن‌ها را تهدید نماید. هدف اولیه زنجیره‌تأمین واکسن، رسیدن به نرخ پوشش واکسن در جهان است. چگونگی توزیع واکسن‌ها در میان گروه‌های سنی مختلف و افراد مناطق گوناگون برای کنترل تعداد افراد مبتلا به بیماری‌های واگیردار و جلوگیری از رشد تعداد مبتلایان، مسئله مهمی در بهداشت عمومی جهان به شمار می‌رود. برای توزیع واکسن‌ها در بین همه گروه‌های سنی، باید از استراتژی‌های بهینه استفاده شود. در نتیجه برای حصول دستاوردهای مهم در حوزه زنجیره‌تأمین واکسن به تمامی موارد اشاره شده باید توجه کافی داشت و در جهت کارآمدسازی آن‌ها قدم برداشت.

۲. مسأله تحقیق

مسأله مورد توجه این تحقیق، طراحی شبکه زنجیره‌تأمین واکسن می‌باشد که در حال حاضر در کشور ایران و در سطح جهانی یکی از مهم‌ترین و پردغدغه‌ترین مسائل در ابعاد اجتماعی، بهداشت و درمان، اقتصادی و سیاسی است. در این تحقیق تلاش شده است تا ارکان مختلف زنجیره‌تأمین واکسن مورد بررسی قرار بگیرد و یک کلیت جامع از اهداف، مشخصه‌ها، معیارها، نقاط قوت و ضعف و شکاف‌ها جمع‌آوری شود و پیشنهادهای در راستای تقویت هر یک از آن‌ها مطرح گردد. در این تحقیق، مسائلی از قبیل زنجیره سرد، سیستم‌های اطلاعاتی، ردیابی و رهگیری واکسن‌ها، بررسی ذی‌نفعان زنجیره‌تأمین واکسن، اثربخشی و کارآمدی زنجیره‌تأمین، سیاست‌های کلی و ارکان زنجیره‌تأمین واکسن بررسی شده است.

تمامی موارد ذکر شده از حیاتی‌ترین و کلیدی‌ترین بخش‌ها در زنجیره‌تأمین واکسن از نظر ابعاد اقتصادی، بهداشت و درمان، زیست‌محیطی، اجتماعی، سیاسی، استراتژیک و تکنولوژی می‌باشند که بر پایه جمع‌آوری تعداد کثیری از منابع معتبر مطالعاتی در حوزه زنجیره‌تأمین واکسن و حوزه‌های مرتبط با آن شامل زنجیره‌تأمین دارو و زنجیره‌تأمین خون است تا نتایجی جامع بدست آید و توصیه‌ها و نوآوری‌هایی نوین در راستای کارآمدی هر چه بیشتر امر واکسیناسیون و سلامت انسان‌ها تحقق یابد.

۳. اهداف کلی تحقیق

در این بخش به بیان اهداف کلی تحقیق پرداخته می‌شود که شامل:
(۱) شناسایی و گردآوری انواع مطالعات درباره زنجیره‌تأمین واکسن

۲) جمع‌آوری اهداف، ارکان، ویژگی‌ها، فاکتورها و شاخص‌های مرتبط با زنجیره‌تأمین واکسن و بخش‌بندی و طبقه‌بندی آن‌ها بر پایه شاخص‌های کیفی و کمی.

۳) تجزیه و تحلیل مطالب جمع‌آوری شده درباره زنجیره‌تأمین واکسن و بیان جزئیات، نقاط قوت و ضعف و شکاف‌های مطالعاتی با استفاده از نرم افزارهای علم‌سنجی و اکسل.

۴) جمع‌بندی کامل مطالعات گردآوری شده و بیان پیشنهادات، راهکارها و توصیه‌های تکنیکی و مدیریتی بر پایه استناد به مطالب و آمارهای معتبر منتشر شده از سازمان بهداشت جهانی، یونیسف، شرکت‌های پخش‌کننده واکسن از جمله KPMG، سازمان غذا و دارو ایران، وزارت بهداشت و درمان، سازمان علمی و تحقیقاتی نهاد ریاست جمهوری، مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، سازمان غذا و دارو آمریکا و مطالعات دانشگاه‌های معتبر داخلی و خارجی در حوزه واکسن، واکسیناسیون و زنجیره‌تأمین واکسن.

۴. ضرورت و اهمیت انجام تحقیق

با شیوع ویروس جدید و ناشناخته کووید-۱۹، شاهد احتیاج به واکسن مفیدی برای پیشگیری از ابتلاء به این ویروس منحوس هستیم. حتی در روزهای اول شیوع ویروس کووید-۱۹، توجهات عمومی و آکادمیک به توسعه و توزیع واکسن‌ها برای افزایش ایمنی و قوای بدنی جامعه جهانی در برابر این ویروس بودیم. براساس آمارهای منتشر شده، ۴۴۰ هزار نفر بر اثر ویروس کووید-۱۹ جان خود را از دست داده‌اند. این ویروس تنها با جان انسان‌ها کار ندارد و باعث تعطیلی بسیاری از کسب و کارهای مهم و بیکاری تعداد کثیری از افراد شده است و روند زندگی عادی انسان‌ها را مختل کرده است (Golan et al, 2020).

لازم به ذکر است که نیاز به انواع واکسن در مواقع بروز حوادث طبیعی به صورت چشمگیر افزایش می‌یابد و روند واکسیناسیون برای جلوگیری از ابتلاء افراد آسیب دیده به بیماری‌های خطرناک و واگیردار باید سرعت بخشیده شود. برای نمونه، بعد از زمین‌لرزه هائیتی در سال ۲۰۱۰، ۳۰۰ هزار نفر از مردم به وبا مبتلا شدند و بیشتر از ۴۵۰۰ نفر کشته شدند. همچنین، ۱٫۶٪ درصد از ۷۵۵۸۶ نفر از مردم بم در زمین‌لرزه سال ۱۳۸۲ بر اثر بیماری اسهال و عوارض آن درگذشتند (Gamchi et al, 2021). بنابراین با توجه به اهمیت واکسن و واکسیناسیون همگانی مخصوصاً در شرایط فعلی، تنها ساخت و کشف واکسن اهمیت ندارد بلکه تولید یا تأمین انبوه و توزیع این واکسن‌ها به مراکز واکسیناسیون جهت تزریق به انسان‌ها از ضرورت فوق‌العاده‌ای برخوردار است و برای این مسائل، شبکه زنجیره‌تأمین واکسن طراحی شده است.

طراحی شبکه زنجیره‌تأمین واکسن یک مسئله فوق‌استراتژیک هست؛ زیرا، محصول زنجیره‌تأمین بسیار پر اهمیت و جزء کالاهایی با امنیت بالا و ملزم به دسترسی همگانی است و نکته‌ی بعدی این است که این محصول باید در سریع‌ترین زمان ممکن به مصرف‌کننده تحویل داده شود. در زنجیره‌تأمین واکسن با عمده مسائل کلان و خرد روبرو هستیم که باید برای هر کدام از آن‌ها استراتژی مخصوصی داشته و همه‌ی استراتژی‌ها باید در راستای اهداف زنجیره‌تأمین باشند.

از جمله مسائل پر اهمیت در زنجیره‌تأمین واکسن، بحث زنجیره سرد است. واکسن‌ها جزء کالاهای فسادپذیر و حساس به دما محسوب می‌شوند که اگر کنترل دمایی در همه سطوح زنجیره صورت نگیرد، منجر به خراب شدن واکسن‌ها و یا کاهش اثرات آن‌ها بر مصرف‌کننده می‌شود. باید کلیه اقدامات لازم برای کنترل دمای واکسن‌ها در همه اجزاء زنجیره از جمله بخش‌های حمل‌ونقل و ذخیره‌سازی صورت بگیرد تا از بین رفتن این محصول استراتژیک جلوگیری شود. برای اثبات اهمیت این موضوع، طبق آمارهای منتشر شده در سال ۲۰۱۶ در کشور چین به دلیل ایزوله نشدن کافی واکسن‌ها و کنترل ناکافی دمایی، اثربخشی واکسن‌ها حدود ۳۵٫۳٪ کاهش پیدا کرده است که براساس گزارشات، ۱۶٪ آن مربوط به بخش ذخیره‌سازی و مابقی آن برای بخش حمل‌ونقل می‌باشد. همچنین طبق گزارش سازمان بهداشت جهانی، در سال ۲۰۰۸ حدود ۲۰۸ میلیون دز واکسن در ۵ کشور جهان بر اثر فقر زنجیره سرد، از دست رفت. در کشورهای کمتر توسعه یافته حدود ۴۱٪ تجهیزات سرمایشی آن‌ها برای نگهداری از واکسن‌ها ناکارآمد و معیوب هستند (Lin et al, 2020).

۵. مفاهیم زنجیره تأمین واکسن و مدیریت آن

دسترسی به واکسن به عنوان حقی برای بشریت، یکی از اصلی‌ترین اهداف سیستم‌های سلامت است. مدیریت دقیق واکسن به طور مستقیم به میزان اهمیت بخش سلامت در یک کشور و همچنین به قابلیت‌ها و زیرساخت‌های آن کشور بستگی دارد. زنجیره تأمین واکسن شامل تمام پرسنل، سیستم‌ها، تجهیزات و فعالیت‌های درگیر در تضمین این‌که واکسن‌ها از نقطه تولید به دست مصرف‌کننده برسند، می‌باشد. سازمان بهداشت جهانی بیان کرد که مدیریت منابع واکسن برای دسترسی همه افراد بسیار پیچیده و دشوار می‌باشد و یکی از مهم‌ترین مسائل مدیریتی در صنایع سلامت است. شرایط سخت دسترسی و تامین واکسن در کشورهای کمتر توسعه‌یافته و توان کم تولیدی باعث بروز همفکری در بین سازمان‌های بین‌المللی شده است. در مدل‌های زنجیره تأمین سنتی مسائلی مانند تجزیه و تحلیل ظرفیت، موقعیت موجودی، تدارکات، تولید، مسیریابی و حالت‌های حمل‌ونقل لحاظ می‌شود. در زنجیره تأمین واکسن علاوه بر موارد ذکر شده، ویژگی‌های دیگری نیز وجود دارد که تجزیه و تحلیل و مدل‌سازی آن‌ها را پیچیده‌تر کرده است که می‌توان به الزامات دمایی در طول حمل‌ونقل و انبارش، عمر محدود واکسن‌ها و حساسیت و فسادپذیری آن‌ها اشاره نمود (Organization, 2014).

زنجیره تأمین ضعیف اغلب موجب اتلاف واکسن در طول توزیع می‌شود. اکثر واکسن‌ها نیاز به یک محیط کنترل شده دمایی (یخچال یا فریزر) دارند. برنامه‌های ایمن‌سازی برای جلوگیری از گسترش عفونت‌ها و بیماری‌های واگیردار نقش اساسی دارند. برای داشتن یک برنامه موفق در تولید و توزیع واکسن‌ها، نیاز به یک زنجیره تأمین کارا و اثربخش است (Organization, 2021). زنجیره تأمین واکسن به عنوان یک زنجیره تأمین ضروری، اشتراکات زیادی با یک زنجیره تأمین تجاری دارد و می‌توان آن را به عنوان همه پرسنل، سیستم‌ها، امکانات، تجهیزات و فعالیت‌هایی برای اطمینان از این‌که تحویل واکسن‌ها از نقطه‌ای که تولید می‌شوند به نقطه‌ای که مورد نیاز هستند، اثربخش باشد (Lim et al, 2019). با توجه به افزایش هزینه واکسن و ظرفیت ذخیره‌سازی بیشتر در هر سطح از زنجیره سرد، سازمان بهداشت جهانی، جهت کاهش اتلاف و هدررفتن واکسن‌ها، بر پیش‌بینی دقیقی از تقاضای واکسن و از ایجاد وقفه‌ها، تمرکز دارد (Zandieh et al, 2018).

۶. اثربخشی و کارایی زنجیره تأمین واکسن

یکی از اهداف اصلی برنامه‌های ملی ایمن‌سازی، تقویت و بهینه‌سازی زنجیره‌های تامین واکسن است؛ بنابراین، واکسن‌ها به دریافت‌کنندگان به صورت موثر، کارآمد و پایدار تحویل داده می‌شوند. برای داشتن یک زنجیره تأمین واکسن موثر و کارآمد، باید به معیارهایی مانند محصول (ارائه محصول صحیح طبق درخواست)، مقدار (ارائه مقادیر صحیح طبق درخواست)، محل (ارسال واکسن‌های مورد نیاز بلافاصله به سازمان درخواست‌کننده)، زمان (تهیه به موقع واکسن مورد نیاز)، کیفیت (تهیه واکسن‌های مورد نیاز در شرایط مناسب مانند دمای صحیح) و هزینه‌ها (تهیه واکسن‌های مورد نیاز با هزینه مناسب خدمات) توجه نمود (Shamsi and Torabi, 2018).

۷. زنجیره سرد در زنجیره تأمین واکسن

زنجیره سرد سیستمی از عناصر مختلف است، یعنی منابع انسانی، مادی، مالی و برخی هنجارها و استانداردها که واکسن‌های با کیفیت را تضمین می‌کند. این شبکه شامل یخچال، سردخانه، فریزر و جعبه‌های سرد برای نگهداری واکسن‌ها در دمای مناسب در حین حمل، ذخیره و توزیع از قسمت تولیدکننده تا محل استفاده می‌باشد.

چندین چالش در مدیریت زنجیره‌های سرد واکسن وجود دارد از جمله، سازماندهی زنجیره سرد مورد نیاز، برآورد ظرفیت ذخیره‌سازی، مدیریت تجهیزات، برنامه‌ریزی و نظارت بر زنجیره سرد. برخلاف داروهای رایج، واکسن‌ها نسبت به دما خیلی حساس هستند. وقتی واکسن‌ها در دمایی خارج از طیف دمایی مناسب خود نگهداری یا حمل می‌شوند، از اثربخشی آن‌ها کاسته می‌شود. بنابراین، برای حفظ کیفیت آن‌ها باید در طیف دمایی مناسب خودشان به طور مداوم از زمانی که تولید می‌شوند تا وقتی که توسط افراد مورد استفاده قرار

بگیرند، نگهداری می‌شوند. کمبود امکانات مناسب برای تنظیم دما برای واکسن‌ها در شرایطی که ذخیره‌سازی و حمل می‌شوند، یکی از فاکتورهای رایج در محدودیت ایمن‌سازی در بسیاری از کشورها می‌باشد (Lin et al, 2020).

سه مسئله حیاتی برای زنجیره سرد در زنجیره تامین واکسن عبارتند از:

۱. نبود سیستمی برای کنترل دمای واکسن‌های حساس به حرارت

۲. نبود تجهیزات مناسب برای ذخیره‌سازی و حمل‌ونقل واکسن

۳. تعداد ناکافی از کارکنان آموزش دیده با کفایت برای مدیریت کردن واکسن‌ها

برای کنترل دما در انبارها از تجهیزات با سنسورهای حساس به دما برای ذخیره‌سازی محصولات استفاده می‌شود و وسایل نقلیه یخچال‌دار برای توزیع محصولات استفاده می‌شوند. ذخیره سرد، عمر مفید و کیفیت محصولات را افزایش می‌دهد. طراحی صحیح و برنامه‌ریزی دقیق برای واکسن‌ها خیلی اهمیت دارد. چون تاخیر در هر سطحی از زنجیره باعث کاهش کیفیت و از دست رفتن بخش مهمی از واکسن‌ها می‌شود و عمدتاً، هزینه‌ها مثل فروش از دست‌رفته و نارضایتی مصرف‌کنندگان افزایش خواهند یافت (Chandra and Kumar, 2019).

عناصر زنجیره سرد عبارتند از:

• سردخانه‌ها

تسهیلات برای نگهداری کالاهایی است که منتظرند جابه‌جا شوند. زمان نگهداری باید حداقل شود. تنها دلیل آن هم این است که محصولات تازه بمانند. اما کاهش هزینه‌های نگهداری مثل انرژی، تجهیزات و فضا و دیگر دلایل برای کاهش زمان نگهداری هستند.

• سیستم‌های خنک‌کننده

سیستم‌هایی برای نگهداری واکسن در دمای صحیح در همه جنبه‌های زنجیره‌تأمین، شامل فرآیندهای ذخیره‌سازی و حمل‌ونقل است.

• حمل‌ونقل سرد

تضمین باقی ماندن پایداری محصولات در دماهای مختلف و رطوبت در سطوح مختلف در زنجیره است. طراحی راه‌حل‌هایی برای حمل و نقل متنوع محصولات حساس به دما از محل ذخیره‌سازی به نقطه مصرف، دستاوردی در حمل و نقل سرد می‌باشد.

• فرآیند سرد

به منظور نگهداری کیفیت محصولاتی مثل واکسن‌ها که در معرض شرایطی خارج از پارامترهای ایمنی هستند، این فرآیندها باید استفاده شوند تا در انطباق با دمای مخصوص و شرایط بهداشتی قرار بگیرند.

• توزیع سرد

بیشتر مرتبط با جعبه‌ها و پالت‌هایی است برای توزیع واکسن‌ها که دارای سیستم سرمایشی هستند.

• کنترل دما در زنجیره سرد

جمع‌آوری داده از دستگاه‌های کنترل دما به صورت منظم ثبت و تحلیل می‌شود. با این کنترل کردن می‌توان محصولات را در دمای صحیح ذخیره و حمل کرد (Lin et al, 2020).

ساختار زنجیره سرد یک نوع یا هر دو نوع زیر را دارا می‌باشد:

▪ زنجیره سرد فعال

از یخچال‌ها یا فریزرهای تراکمی یا جذبی استفاده می‌کنند تا سرما تولید کنند.

▪ زنجیره سرد منفعل

شامل سیستم‌ها یا کانتینرهای حمل‌ونقل برای حفظ دما هست.

بسته به نوعشان، زنجیره‌های سرد توسط این عناصر ساخته می‌شوند:

❖ سردخانه‌های واقع در مناطق تولیدی

- ❖ وسایل نقلیه یخچال دار
- ❖ سردخانه‌های همه منظوره
- ❖ سردخانه‌های تجاری
- ❖ سردخانه‌های کالاهای مصرفی
- ❖ وسایل نقلیه یخچال دار شهری
- ❖ واحدهای سردخانه عمومی و خصوصی

همچنین، در توزیع واکسن، دمای نگهداری واکسن باید برای طول دورانی که فرآیند نقل و انتقال صورت می‌گیرد، ثابت شود؛ زیرا واکسن‌ها در ارتباط مستقیم با سلامت عمومی هستند، کنترل سختگیرانه در همه‌ی مراحل زنجیره ضروری می‌باشد. اگر این واکسن‌ها بدون در نظر گرفتن دمای متناسب خود به دست فرد مورد نیاز برسند، اثرات و خواص خود را از دست می‌دهند و یا حتی می‌توانند برای فرد تزریق شده خطرناک باشند (Jarrett et al, 2020). کلیه توضیحات فوق در جهت نشان دادن اهمیت زنجیره و لجستیک سرد می‌باشند.

۸. مرور ادبیات

آینا و همکاران (Aina et al, 2017) یک مطالعه‌ی جامع بر روی تحویل واکسن در کانو نیجریه انجام داده‌اند و اهداف آن شامل تحویل مستقیم واکسن از تسهیلات به مناطق مختلف براساس شاخص‌هایی مانند زنجیره سرد، سیاست توزیع و ... و همچنین تحلیل داده‌ها براساس نتایج قابل قبولی برای بهبود سیستم توزیع واکسن می‌باشد. جارت و همکاران (Jarrett et al, 2020) نقشه راه تقویت زنجیره‌تأمین واکسن را در کشورهای نوظهور براساس چشم‌اندازهای تولیدی بررسی کرده‌اند. آن‌ها سطوح مهمی از زنجیره‌تأمین واکسن شامل زنجیره سرد، تست ثبات در برابر گرما، تاثیرات محیطی، توزیع‌های زیرمنطقه‌ای و ... را لحاظ کرده‌اند. للیود و همکاران (Lloyd and Cheyne, 2017) زنجیره سرد واکسن را با نگاه کلی به آینده بررسی کرده‌اند. آن‌ها بر روی سیستم‌های کنترل دما، تجهیزات مناسب برای ذخیره‌سازی و انتقال واکسن‌ها و آموزش کارکنان برای مدیریت کردن واکسن‌ها بحث کردند و راهکارهایی برای مطالعات آینده ارائه داده‌اند.

رشید (Rashid, 2020) در رساله خود به شناسایی محدودیت‌ها در زنجیره‌تأمین واکسن اشاره می‌کند که مربوط به نمونه مطالعاتی درباره صلیب سرخ هست. در این رساله به پیاده‌سازی تئوری محدودیت‌ها مربوط به لجستیک اعم از تجاری و بشردوستانه به مسائلی همچون زنجیره سرد، فسادپذیری، فرآیندهای ذخیره‌سازی و حمل و نقل می‌پردازد. سازمان بهداشت جهانی (Organization, 2014) در سال ۲۰۱۴ در یک گزارش جامع بر ضرورت و اهمیت زنجیره سرد و استراتژی‌های تأمین تأکید کرد و ابزارهایی نیز برای سنجش آن‌ها پیشنهاد کرده است. آزادی و همکاران (Azadi et al, 2020) یک شبکه توزیع واکسن برای کودکان را طراحی کرده‌اند. آنها توسعه برنامه ایمن‌سازی (EVI) را در شاخص‌های زنجیره سرد، توزیع و حمل و نقل در نظر گرفته‌اند. لین و همکاران (Lin et al, 2020) یک مقاله مروری درباره تصمیم‌گیری در حمل و نقل زنجیره سرد نوشتند و به جزئیات زنجیره سرد در نقل و انتقالات داخل زنجیره‌تأمین پرداختند.

۹. روش انجام تحقیق

برای انجام تحقیق جامع، در ابتدا، با مطالعه مسائل حال حاضر پیرامون واکسن و واکنش‌های آن در ایران و جهان، کلید واژه‌های پژوهشی تشخیص داده شدند و موضوعات کلیدی مورد نظر در میان منابع معتبر مطالعاتی زنجیره‌تأمین واکسن و حوزه‌های مرتبط با آن مثل زنجیره‌تأمین سلامت، زنجیره‌تأمین دارو، زنجیره‌تأمین خون و زنجیره‌تأمین تجهیزات پزشکی مورد بررسی قرار گرفتند. کلمات کلیدی تحقیق در منابع اطلاعاتی علمی موجود و معتبر همچون Google Scholar، Scopus، Web of Science بدون استفاده از فیلتر تاریخی و برای تمام سالها مورد جستجو قرار گرفت.

کلید واژه‌ها پر کاربرد و پرتکرار در مراجع گردآوری شده براساس جدول (۱) می‌باشند. همچنین در یک نگاه کلی تر کلید واژه‌های اصلی در ۳ بخش دسته‌بندی شده‌اند. بخش قرمز در حوزه زنجیره‌تامین، بخش سبز در حوزه عملیات واکسیناسیون و بخش آبی در حوزه بیماری‌ها و اصول درمانی می‌باشند که در جدول (۲) نشان داده شده است. حال برای اینکه این دسته‌بندی جامع باشد، می‌توانیم از نرم افزارهای علم‌سنجی برای مصورسازی این دسته‌بندی استفاده نمود. در شکل (۱) این مصورسازی نشان داده شده است که به وسیله نرم افزار علم‌سنجی Vos Viewer ساخته شده است.

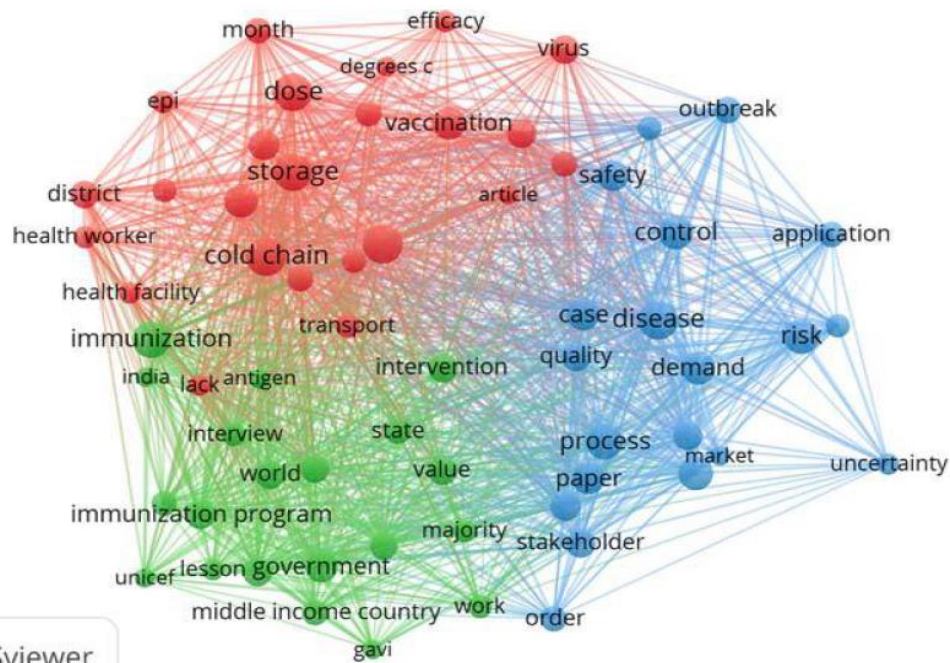
در این شکل رابطه‌های بین کلید واژه‌ها مشخص است؛ یعنی هر دو واژه‌ای که با هم در یک منبع به عنوان کلید واژه بکار رفته‌اند با یک یال به همدیگر متصل شده‌اند. در شکل (۱) مشخص است که گره‌ای که اندازه بزرگتری دارد، در تعداد مراجع بیشتری به کار رفته است و اگر تعداد یال‌های زیادی به آن وصل شده باشد به این معنی است که با تعداد بیشتری از واژه‌های دیگر به کار می‌رود.

جدول (۱). پرکاربردترین کلید واژه‌ها در ادبیات زنجیره‌تامین واکسن

کلید واژه‌ها	تعداد کاربرد در مراجع تحقیق
زنجیره سرد (Cold Chain)	۴۳
بیماری (Disease)	۴۰
ذخیره‌سازی (Storage)	۳۷
دوز (Dose)	۳۶
محصول (Product)	۳۰
سود (Benefit)	۳۰
ریسک (Risk)	۲۹
تقاضا (Demand)	۲۷
واکسیناسیون (Vaccination)	۲۷

جدول (۲). دسته‌بندی کلید واژه‌های اصلی

بخش ۱ (قرمز)	بخش ۲ (سبز)	بخش ۳ (آبی)
زنجیره سرد (Cold Chain)	ایمن‌سازی (Immunization)	بیماری (Disease)
ذخیره‌سازی (Storage)	برنامه ایمن‌سازی (Immunization Program)	فرآیند (Process)
دز (Dose)	دولت (Government)	ریسک (Risk)
دسترسی (Availability)	سازمان بهداشت جهانی (WHO)	محصول (Product)
اتلاف (Wastage)	کشورها با درآمد متوسط (Middle Income Country)	تقاضا (Demand)



شکل (۱). گراف کلید واژه‌ها در مراجع تحقیق

در ادامه، با کلیت جامعی از منابع معتبر، شروع به بخش‌بندی و طبقه‌بندی اهداف و ارکان کلیدی موضوع تحقیق پرداخته و در نهایت شروع به بخش‌بندی نموده و سپس، شروع به پیدا کردن شاخص‌ها، معیارها، فاکتورها و مشخصه‌های کلیدی نموده تا کلیت جامع همراه با جزئیات ارائه گردد. سپس با توجه به جمع‌بندی‌های حاصل شده از منابع، شروع به تحلیل و بررسی جزئی کرده و براساس بررسی‌ها، به پیدا کردن شکاف‌های مطالعاتی در حوزه تحقیق ادامه داده و نقاط قوت و ضعف مطالعات پیشین را در هر یک از بخش‌بندی‌ها پیدا نموده است. این تحلیل‌ها براساس شاخص‌های کیفی و کمی اتفاق افتاده است و از ابزارهای مختلفی هم‌چون نرم‌افزارهای علم‌سنجی شامل Publish or Perish، Vos Viewer، Pajek و همچنین از اکسل ۲۰۱۶ برای تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده، استفاده شده است.

۱۰. بحث و نتیجه‌گیری

در بخش‌های پیشین، به مرور مسائل مختلف و مهم زنجیره‌تامین واکسن پرداخته شد و سپس به ادبیات مطالعاتی، زنجیره سرد در زنجیره‌تامین واکسن توجه شد. براساس جمع‌بندی صورت گرفته، متوجه شدیم که هیچ یک از مراجع به صورت کامل و جامع به بحث زنجیره سرد در زنجیره‌تامین واکسن نپرداخته است، در صورتی که وجود زنجیره سرد برای کارآمدی و اثربخشی زنجیره‌تامین واکسن ضروری می‌باشد و مطالعه را در نزدیک‌ترین حد خود نسبت به واقعیت قرار می‌دهد.

یکی دیگر از شکاف‌های جدی در این مسائل، عدم وجود مرجعی است که به صورت همزمان به مسائل زنجیره سرد، مدیریت توزیع و مدیریت موجودی پرداخته باشد در صورتی که این مسائل از نظر تکنیکی و مدیریتی ارتباط غیرقابل چشم‌پوشی با یکدیگر دارند و اگر مشکلی در یکی از آن‌ها به وجود آید، اثرات آن بر دیگر بخش‌ها نمایان خواهد بود. با مطالعه مراجع مشخص می‌شود حتی تعداد مطالعات مربوط به مدیریت توزیع و ذخیره‌سازی واکسن به صورت همزمان بسیار اندک می‌باشد که بسیار قابل توجه هست. زیرا این دو بخش از یکدیگر جدایی‌ناپذیر هستند و ارتباط مستقیم با هم دارند و پوشش هر دو آن‌ها به خوبی تضمین‌کننده تحویل مناسب و به موقع به مصرف‌کننده می‌باشد. در نتیجه می‌توان با رویکردی جدید به مسئله زنجیره‌تامین واکسن پرداخت تا این شکاف‌های تحقیقاتی برطرف شود و یک شبکه زنجیره‌تامین واکسن پویا و کارا به همراه در نظر گرفتن ایمنی، سلامتی و خواسته‌های ذی‌نفعان طراحی کرد.

منابع

- Aina, M., Igbokwe, U., Jegede, L., Fagge, R., Thompson, A., & Mahmoud, N. (2017). Preliminary results from direct-to-facility vaccine deliveries in Kano, Nigeria. *Vaccine*, 35(17), 2175-2182 .
- Azadi, Z., Eksioğlu, S. D., & Geismar, H. N. (2020). Optimization of Distribution Network Configuration for Pediatric Vaccines using Chance Constraint Programming. *arXiv preprint arXiv:2006.05488* .
- Chandra, D., & Kumar, D. (2019). Prioritizing the vaccine supply chain issues of developing countries using an integrated ISM-fuzzy ANP framework. *Journal of Modelling in Management* .
- Gamchi, N. S., Torabi, S. A., & Jolai, F. (2021). A novel vehicle routing problem for vaccine distribution using SIR epidemic model. *OR Spectrum*, 43(1), 155-188 .
- Golan, M. S., Trump, B. D., Cegan, J. C., & Linkov, I. (2020). The Vaccine Supply Chain: A Call for Resilience Analytics to Support COVID-19 Vaccine Production and Distribution. *arXiv preprint arXiv:2011.14231* .
- Jarrett, S., Yang, L., & Pagliusi, S. (2020). Roadmap for strengthening the vaccine supply chain in emerging countries: Manufacturers' perspectives. *Vaccine: X*, 5, 100068 .
- Lim, J., Norman, B. A., & Rajgopal, J. (2019). Redesign of vaccine distribution networks. *International Transactions in Operational Research* .
- Lin, Q., Zhao, Q., & Lev, B. (2020). Cold chain transportation decision in the vaccine supply chain. *European Journal of Operational Research*, 283(1), 182-195 .
- Lloyd, J., & Cheyne, J. (2017). The origins of the vaccine cold chain and a glimpse of the future. *Vaccine*, 35(17), 2115-2120 .
- Organization, W. H. (2014). Immunization supply chain and logistics: a neglected but essential system for national immunization programmes: a call-to-action for national programmes and the global community by the WHO Immunization Practices Advisory Committee, Geneva, Switzerland, March 2014. Retrieved from
- Organization, W. H. (2021). COVID-19 vaccination: supply and logistics guidance: interim guidance, 12 February 2021. Retrieved from
- Pishvae, M. S., Razmi, J., & Torabi, S. A. (۲۰۱۴). An accelerated Benders decomposition algorithm for sustainable supply chain network design under uncertainty: A case study of medical needle and syringe supply chain. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 67, 14-38 .
- Rashid, M. (2020). Identify constraints of vaccine supply chain: A Case study of Finnish Red Cross .

پنجمین کنفرانس بین المللی مطالعات بین رشته‌ای در مدیریت و مهندسی

۱۴ تیر ۱۴۰۱ | محل برگزاری: دانشگاه تهران

5th International Conference on Interdisciplinary Studies in
Management & Engineering (ICISME-2022)

5 July 2022 | University of Tehran

 OxfordCert
U n i v e r s a l

Shamsi, N., & Torabi, S. A. (2018). Vaccine supply management. In Operations Research Applications in Health Care Management (pp. 267-294): Springer.

Zandieh, M., Janatyan, N., Alem-Tabriz, A., & Rabieh, M. (2018). Designing sustainable distribution network in pharmaceutical supply chain: A case study. International journal of supply and operations management, 5(2), 122-133 .