پژوهش‌های نوین در تصمیم‌گیری
دوره ۹، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۳، صص ۱۶۲-۱۳۰
نوع مقاله: پژوهشی

ارائه رویکرد یکپارچه Z-SWARA-MARCOS بر اساس تجزیه و تحلیل SWOT جهت انتخاب استراتژی‌های واکسیناسیون

علی معمارپور غیاثی [۱]، محمدحسین کریمی گوارشکی [۲*]

[۱] .دانشجوی دکتری، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مدیریت و مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران

[۲] .دانشیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مدیریت و مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۲۵

چکیده

در دوران شیوع بیماری‌های عفونی، واکسن‌ها همواره به عنوان یکی از عناصر حیاتی دفاع از سلامت عمومی به‌شمار می‌روند. هدف این تحقیق ارائه یک رویکرد یکپارچه برای انتخاب استراتژی مناسب برای واکسیناسیون است. رویکرد پیشنهادی در سه فاز ارائه شده است. در فاز اول این رویکرد، با استفاده از روش SWOT و تحلیل نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها، استراتژی‌های مناسب می‌شوند. در فاز دوم، وزن معیارهای ارزیابی استراتژی‌ها با استفاده از روش توسعه‌یافته تجزیه و تحلیل ارزیابی گام به گام اوزان (SWARA) بر اساس تئوری اعداد Z محاسبه می‌شوند. در نظر گرفتن قابلیت اطمینان در کنار عدم قطعیت، از جمله مزایای روش توسعه یافته Z-SWARA است. سپس در فاز سوم و با توجه به خروجی‌های فازهای اول و دوم، استراتژی‌ها با استفاده از روش توسعه‌یافته پیشنهادی سنجش و رتبه‌بندی گزینه‌ها بر اساس راه حل سازشی (MARCOS) بر اساس تئوری اعداد Z (Z-MARCOS) با در نظر گرفتن عدم قطعیت و قابلیت اطمینان اولویت‌بندی می‌شوند. به منظور نشان دادن کارایی رویکرد پیشنهادی این تحقیق، این رویکرد برای انتخاب استراتژی مناسب جهت پیاده‌سازی واکسیناسیون در کشور ایران پیاده‌سازی گردید و بر اساس نتایج، تأمین مرکزی و ایجاد فضای کافی، لزوم ارائه تست Antibody/PCR با هماهنگی میان بخش‌ها و تداوم افزایش تحقیقات جهت کسب دانش مربوط به واکسیناسیون حتی در زمان عقب‌نشینی موج همه‌گیری به عنوان استراتژی برتر جهت پیاده‌سازی واکسیناسیون شناسایی شده اند.

کلیدواژه‌ها: بیماری‌های واگیردار، SWOT ، تئوری اعداد Z، تصمیم گیری چندمعیاره، مارکوس

---

* نویسنده مسئول مقاله E-mail: meibazi@ut.ac.ir

۱- مقدمه و بیان مسئله

همه‌گیری بیماری کروناویروس (COVID-19)، بار بیماری سنگینی را به سراسر جهان تحمیل کرده است. از آنجایی که ایمن‌سازی یکی از موفق‌ترین و مقرون‌به‌صرفه‌ترین مداخلات بهداشتی برای پیشگیری از بیماری‌های عفونی است، واکسن‌های بیماری‌های واگیردار برای پیشگیری و کنترل این نوع بیماری‌ها اهمیت زیادی دارند. کشورهای سراسر جهان در تلاش برای سرعت بخشیدن به تحقیق و توسعه واکسن‌ها هستند و گزارش شده است که تا به امروز بیش از ۱۶۰ واکسن کاندید برای COVID-19 وجود داشته است که حدود ۲۰ مورد در مرحله ارزیابی بالینی قرار دارند [۱-۳].

تجزیه و تحلیل SWOT[۱] رایج‌ترین و قابل اعتمادترین ابزار استراتژیک است. مسائل برنامه‌ریزی استراتژیک به مدیران این امکان را می‌دهد که با تعریف عوامل داخلی و عوامل خارجی برای توسعه یک برنامه خط مشی، وضعیت را ارزیابی کنند [٤]. با این حال، تجزیه و تحلیل SWOT نمی‌تواند به عنوان یک ابزار مستقل کافی برای حل مسئله انتخاب مناسب‌ترین استراتژی جهت پیاده‌سازی واکسیناسیون در نظر گرفته شود. ماهیت پیچیده این فرآیند مستلزم استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره[۲] (MCDM) است که به نظر می‌رسد ابزارهای بسیار قدرتمندی هستند و قادر به مقابله با جنبه‌های مختلفی که این مسئله شامل می‌شود هستند [۵-۷]. روش‌های تصمیم گیری چند معیاره کاربرد فراوانی در حل مسائل مختلف مربوط به ارزیابی و رتبه‌بندی دارند. ابراهیمی و همکاران با استفاده از رویکرد AHP-WASPAS مبتنی بر راف-فازی به حل مساله انتخاب تامین‌کننده پایدار پرداخته اند [۸]. جلالی و همکاران از روش دلفی فازی جهت شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های ارزیابی کارایی بانک‌ها استفاده کردند [۹]. ملکی و همکاران با ترکیب روش تصمیم گیری انتگرال چوکوئت و آنتروپی شانون، به ارزیابی خودروسازان چینی پرداخته اند [۱۰]. صادقی مقدم و همکاران جهت ارزیابی موانع بکارگیری کیفیت ٤.۰ از روش بهترین-بدترین بیزین استفاده کردند [۱۱]. امامت و همکاران از روش بهترین-بدترین آرمانی به منظور تشکیل سبد سهام استفاده کردند [۱۲]. همچنین، روش شناسی مبتنی بر SWOT-MCDM برای تحلیل زنجیره تامین برق در

[۱] Strengths, weaknesses, opportunities and threats
[۲] Multi-criteria decision-making

ایران مورد بررسی قرار گرفته است [۱۳]. در یک مطالعه مشابه، SWOT-Fuzzy TOPSIS همراه با روش AHP برای تدوین یک برنامه استراتژیک برای زنجیره تامین برق در ترکیه استفاده شده است [۱٤]. مشخص شده است که تجزیه و تحلیل SWOT یک ابزار بسیار قابل اعتماد و مهم برای تجزیه و تحلیل هر مشکل تصمیم گیری پیچیده است. تجزیه و تحلیل SWOT به منظور ارزیابی وضعیت فعلی کشور برای اجرای فرایند واکسیناسیون استفاده می‌شود. هدف شناسایی عوامل مساعد (نقاط قوت و فرصت‌ها) و نامطلوب (ضعف‌ها و تهدیدها) برای شناسایی استراتژی‌های مناسب جهت پیاده‌سازی واکسیناسیون است. هدف تجزیه و تحلیل SWOT شناسایی استراتژی‌های برد-برد برای اجرای فرایند واکسیناسیون است.

در اغلب تحقیقاتی که از روش SWOT بهره گرفته‌اند، شناسایی نقاط قدرت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها انجام شده است و یا هدف استنتاج استراتژی‌های قابل اجرا با در نظر گرفتن شرایط موجود است. تعیین این استراتژی‌ها به بهبود عملکرد سازمان‌ها یا دولت‌ها کمک فراوانی می‌کند. انتخاب و اولویت‌بندی اجرای این استراتژی‌ها یکی از چالش‌های مهم تصمیم گیرندگان و مدیران در سازمان‌ها و دولت‌ها می‌باشد. بنابراین جهت دستیابی به تصمیم گیری کارامد و بهینه و جلوگیری از سردرگمی مدیران و تصمیم گیرندگان نیاز است تا استراتژی‌ها اولویت‌بندی شوند و استراتژی‌های بهینه انتخاب شوند. در همین راستا، برای اولویت‌بندی استراتژی‌ها می‌توان از روش‌های تصمیم گیری چند معیاره بهره گرفت. علاوه بر این، به دلیل کنشی و تیمی بودن این روش یکپارچه، تلفیق روش SWOT و روش‌های تصمیم گیری چند معیاره، نظرات خبرگان و تصمیم گیرندگان را اغلب نمی‌توان به صورت قطعی در نظر گرفت، بنابراین جهت دستیابی به نتایج پایدارتر در برابر اظهار نظر افراد مختلف نیاز است تا اولویت‌بندی استراتژی‌ها با توجه به عدم قطعیت موجود در این مسئله انجام شود. همچنین در راستای تعیین اعتبار اولویت‌بندی استراتژی‌ها می‌توان از مفهوم قابلیت اطمینان به همراه عدم قطعیت معیارهای تعیین‌کننده استراتژی برتر بهره گرفت.

هدف این تحقیق ارائه یک رویکرد جدید جهت توسعه تحلیل SWOT می‌باشد. این رویکرد بر اساس روش توسعه‌یافته SWOT مبتنی بر روش‌های Z-SWARA و Z-MARCOS ارائه می‌گردد. به نحوی که پس از شناسایی نقاط قدرت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها و استنتاج

استراتژی‌ها بر اساس روش SWOT در فاز اول، از روش Z-SWARA برای وزن‌دهی عوامل تعیین‌کننده انتخاب استراتژی‌های بهینه در فاز دوم از رویکرد پیشنهادی استفاده می‌شود. در فاز سوم، برای اولین بار با بهره‌گیری از روش تصمیم گیری چند شاخصه توسعه یافته Z-MARCOS سعی بر آن است تا عدم قطعیت در عوامل تعیین‌کننده استراتژی بهینه و همچنین عدم اطمینان موجود در این مقادیر با بهره‌گیری از تئوری اعداد Z در نظر گرفته شوند. همچنین لازم به توضیح است که روش Z-MARCOS دارای مزایایی از جمله حل مسائل تصمیم گیری با داده‌های نامشخص و مبهم است که در این تحقیق برای اولین بار با بهره‌گیری از تئوری اعداد Z، رویکرد یکپارچه ZSWARA-ZMARCOS بر اساس تحلیل SWOT توسعه داده شده است. لازم به ذکر است، اولویت‌بندی استراتژی‌ها بر اساس امتیاز حاصل از رویکرد پیشنهادی به صورتی است که استراتژی دارای امتیاز بالاتر، در اولویت پیاده‌سازی قرار خواهد گرفت. برای بررسی قابلیت رویکرد پیشنهادی، اولویت‌بندی استراتژی‌های اجرای فرایند واکسیناسیون در ایران توسط نتایج حاصل از رویکرد ترکیبی ZSWARA-ZMARCOS انجام شده است. ادامه این مقاله به شرح زیر سازماندهی شده است: در بخش ۲، به مرور برخی از مطالعات انجام‌شده در دو قسمت کاربردهای SWARA و MARCOS پرداخته می‌شود، در بخش ۳، توضیحات تکمیلی مربوط به تحلیل SWOT، مجموعه‌های فازی و تئوری اعداد Z، همچنین Z-SWARA ارائه می‌شود. در بخش ٤، روش توسعه‌یافته (Z- MARCOS (Z-MARCOS معرفی می‌گردد و در بخش ٥، رویکرد پیشنهادی این پژوهش ارائه می‌شود. در بخش ٦، به شرح مطالعه موردی پرداخته می‌شود و در بخش ۷، تحلیل نتایج حاصل از اجرای رویکرد ارائه شده انجام می‌پذیرد. در آخر، نتیجه‌گیری و پیشنهادات جهت توسعه این پژوهش اظهار می‌گردد.

۲- ادبیات پژوهش

۲-۱- SWARA

روش تحلیل نسبت ارزیابی وزن‌دهی تدریجی[۳] (SWARA) در سال ۲۰۱۰ توسط کرسولین و همکاران ارائه شده است [۱۵]. ویژگی اصلی این روش امکان برآورد نظر کارشناسان یا

[۳] Stepwise weight assessment ratio analysis

صاحب‌نظران در مورد نسبت اهمیت معیارها در تعیین فرآیند وزن آن‌ها است. در این روش هر یک از کارشناسان ابتدا معیارها را اولویت‌بندی می‌کنند. با توجه به نظرات کارشناسان مهم‌ترین معیار رتبه یک و کم‌اهمیت‌ترین معیار رتبه آخرها دریافت می‌کند که هدف اولویت‌بندی و ارزیابی معیارها می‌باشد [۱۶ و ۱۷]. محققان در سال‌های اخیر از روش SWARA درزمینه‌های مختلف استفاده کرده‌اند. در روش SWARA به مقایسات زوجی کمتری نسبت به سایر روش‌ها مانند AHP نیاز است. بنابراین، پیاده‌سازی این روش ساده‌تر است. همچنین روش SWARA این امکان را به همه کارشناسان می‌دهد تا به تنهایی اهمیت هر معیار را تعیین کنند [۱۷]. قنای و همکاران برای ارزیابی شاخص‌های پایداری برای سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر خورشیدی، باد، پیل سوختی اسید فسفریک و پیل سوختی اکسید جامد از مدل MCDMادغام‌شده با روش‌های ترکیبی SWARA/ARAS استفاده نموده اند [۱۸]. همچنین برای فرآیندهای وزن‌دهی به عوامل خطر و اولویت‌بندی شکست‌ها بر روی‌داده‌های پنل خورشیدی از روش‌های SWARA و GRA بر اساس تئوری اعداد Z شده است [۱۹]. هاشم خانی زلفانی و همکاران برای وزن‌دهی معیارهای کلی طراحی محصولات برای تولیدکنندگان و صنایع بین‌المللی از روش SWARA بهره گرفته اند [۲۰]. یک رویکرد یکنواخت SWARA-WASPAS جهت انتخاب مکان مناسب جهت دفن پسماند پزشکی ارائه شد [۲۱]. یک رویکرد توسعه‌یافته تصمیم گیری چند معیاره و روش FMEA جهت رتبه‌بندی موانع پیاده‌سازی اقتصاد چرخشی در طراحی سیستم‌های مدیریت پسماند پزشکی ارائه شد [۲۲].

MARCOS -۲-۲

اندازه‌گیری گزینه‌ها و رتبه‌بندی بر اساس راه حل سازش[۴] (MARCOS) یک روش تصمیم گیری چندمعیاره جدید است که توسط استویچ و همکاران [۲۳] معرفی شده است. روش MARCOS با حل طیف گسترده ای از مشکلات مختلف، تصمیم گیری را در ادبیات تسریع می‌بخشد. با تعریف رابطه بین گزینه‌ها و درجات ایده‌آل و ضدایده‌آل به عنوان نقاط مرجع، امتیاز عملکرد گزینه‌ها را تعیین می‌کند و رتبه‌بندی تطبیقی گزینه‌ها را به دست می‌آورد. کارایی بیشتر، سهولت در ساختاردهی و بهینه‌سازی فرآیند تصمیم‌گیری، تعیین دقیق‌تر درجه مطلوبیت نسبت به نقطه مرجع، پایداری و استحکام بیشتر نتایج از نظر تغییر مقیاس‌های

[۴] Measurement of alternatives and ranking according to compromise solution

اندازه‌گیری و عدم مشکل وارونگی رتبه‌بندی [۲۳] برخی از مزایای روش MARCOS در مقایسه با سایر روش‌های تصمیم‌گیری مانند WASPAS، SAW، TOPSOS و غیره می‌باشد. روش MARCOS در زمینه‌های مختلفی مورد استفاده قرار گرفته است. به عنوان مثال، استویچ و برکویچ از روش MARCOS برای ارزیابی سیستم حمل و نقل یک شرکت حمل و نقل بین المللی استفاده کردند. آن‌ها از این روش برای رتبه‌بندی ۲۵ راننده بر اساس پنج معیار استفاده کردند. در نهایت، تحلیل حساسیت بین روش‌های MARCOS و سایر روش‌ها انجام شد که نتایج برتری روش MARCOS و پایایی رتبه‌بندی را نشان می‌دهد [۲٤]. علاوه بر این، روش MARCOS نیز برای ارزیابی خودروهای الکتریکی با باتری استفاده شده است. در این تحقیق ۱۰ خودرو به عنوان جایگزین انتخاب شده و بر اساس مشخصات فنی از قبیل قیمت، باتری، انرژی و بار مجاز رتبه‌بندی شده اند. تحلیل حساسیت نیز برای نشان‌دادن اعتبار و استحکام نتایج انجام شده است [۲۵]. یک رویکرد یکپارچه تصمیم گیری جند معیاره یا استفاده از روش MARCOS مبتنی بر رویکرد FMEA ارائه شد [۲٦]. معمارپور و همکاران از رویکرد ترکیبی شبیه سازی و MARCOS در شرایط عدم قطعیت جهت بهبود عملکرد اورژانس مراکز درمانی در همه‌گیری COVID-19 ارائه کردند [۲۷].

۲-۳- شکاف تحقیقاتی

در بخش مرور ادبیات، برخی از مقالات مرتبط با COVID-19، تکنیک SWOT به عنوان تحلیل استراژیک و همچنین کاربردهای روش‌های SWARA، MARCOS مورد بررسی قرار گرفته است. اگرچه مقالاتی در حوزه COVID-19 و واکسن بیماری‌های واگیردار منتشر شده است [۱]، [۲] و [۵-۷]، اما هیچکدام به‌طور خاص مدل کمی جهت انتخاب استراتژی بهینه انتخاب استراتژی‌های واکسیناسیون ارائه نکرده است. قوشچی و همکاران از یک چارچوب تصمیم‌گیری برای تحلیل و اولویت‌بندی استراتژی‌های مدیریت اطلاعات گمراه‌کننده در مدت شیوع COVID-19 استفاده کردند [۳]. پژوهش حاضر، با ارائه یک رویکرد کیفی-کمی، علاوه‌بر ارائه یک چارچوب تصمیم‌گیری، به تحلیل راهبردی و مدیریتی استراتژی‌های مناسب با استفاده از روش SWOT می‌پردازد. آلپتکین از ترکیب روش‌های SWOT و TOPSIS در فرایند تصمیم‌گیری استراتژیک استفاده کرد [٤]. در نظر گرفتن میزان اهمیت برابر برای معیارهای ارزیابی استراتژی‌ها، از جمله کاستی‌های رویکرد پیشنهادی مطالعه آلپتکین بود.

اغلب در مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره، میزان اهمیت معیارهای ارزیابی یکسان نیست. بنابراین در پژوهش حاضر، از روش توسعه یافته Z-SWARA جهت تعیین وزن معیارها و در نظرگیری اختلاف میان میزان اهمیت آن‌ها، استفاده شده است.

در ادامه بررسی‌ها نشان می‌دهد، اگرچه کاربردهای مختلفی از روش‌های SWARA [۲۲-۱۶] و MARCOS [۲۷-۲٤] در ادبیات مورد استفاده قرار گرفته است، اما در هیچ یک از پژوهش‌ها از رویکرد یکپارچه SWARA-MARCOS برای حل مسئله انتخاب استراتژی واکسیناسیون در شرایط عدم قطعیت استفاده نشده است. بنابرین، پژوهش حاضر به ارائه رویکرد یکپارچه SWARA-MARCOS توسعه‌یافته بر اساس تئوری اعداد Z جهت بهره‌گیری از مزایای آن از جمله در نظر گرفتن قابلیت اطمینان در کنار عدم قطعیت و همچنین روش تجزیه و تحلیل SWOT می‌پردازد.

۳- روش‌شناسی پژوهش

۳-۱- تحلیل SWOT

تحلیل SWOT یک ابزار برنامه‌ریزی استراتژیک مؤثر برای تجزیه و تحلیل سازمان‌های تحت تأثیرات داخلی و خارجی است. تحلیل SWOT از عوامل داخلی و خارجی تشکیل شده است. عوامل داخلی (نقاط قوت و ضعف) برای تحلیل شرایط داخلی یک سازمان استفاده می‌شود. عوامل خارجی (فرصت‌ها و تهدیدها) برای بررسی عواملی در محیط خارج از کنترل سازمانی که بر عملکرد سازمان تأثیر می‌گذارند استفاده می‌شود. اطلاعات بدست آمده را می‌توان برای پیرفت بلند مدت در ماتریس متشکل از ترکیب‌های مختلف ماتریس ادغام کرد. تحلیل SWOT استراتژی‌های صحیح را در چهار گروه نشان می‌دهد:

نقاط قوت و فرصت‌ها (SO) : این استراتژی که به آن استراتژی تهاجمی نیز گفته می‌شود، با استفاده از نقاط قوت موجود از فرصت‌ها استفاده می‌کند.

نقاط قوت و تهدیدها (ST) : این استراتژی که به آن استراتژی رقابتی نیز گفته می‌شود، از قدرت برای کاهش اثرات تهدیدها استفاده می‌کند.

نقاط ضعف و فرصت‌ها (WO) : این استراتژی که به آن استراتژی محافظه‌کارانه نیز گفته می‌شود، برای بهره‌مندی از فرصت‌ها توسط عوامل محیطی خارجی با رفع نقاط ضعف استفاده می‌شود.

پژوهش‌های نوین در تصمیم‌گیری ـــ

نقاط ضـعف و تهدیدها (WT) : این اسـتراتژی که به آن اسـتراتژی تدافعی نیز گفته می‌شـود، برای کاهش تأثیر تهدید با رفع نقاط ضعف استفاده می‌شود.

۳-۲- تئوری مجموعه‌های فازی

اولین بار مفهوم مجموعه‌های فازی توسـط زاده معرفی شـد [۲۸]. یک مجموعه فازی به صـورت یک تابع عضـویت تعریف می‌شـود که عناصـر را به درجه عضـویت در یک بازه معین که معمولا به صـورت بازه [۰-۱] اسـت نشـان می‌دهد. در ادامه تعاریف پایه‌ای برای مجموعه اعداد فازی مورد استفاده در این مطالعه ارائه شده است.

تعریف ۱: یک مجموعه فازی A که در مرجع X تعریف شده است به‌صورت رابطه (۱) نمایش داده می‌شود .

$$A = \{(x, \mu_A))|x \in X\} \qquad (۱)$$

در اینجا $\mu_A(x): X \to [0,1]$ تابع عضـویت از مجموعه A اسـت. مقدار عضـویت $\mu_A(x)$ درجه وابستگی $x \in X$ را در A نشان می‌دهد.

تعریف ۲: عدد فازی مثلثی $\tilde{A}$ به صـورت سـه تایی (l, m, u) تعریف می‌شـود و تابع عضـویت مطابق رابطه (۲) می‌باشد.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & x \in (-\infty, l) \\ \dfrac{x-1}{m-1} & x \in [l, m] \\ \dfrac{u-x}{u-m} & x \in [m, u] \\ 0 & x \in (u, \infty) \end{cases} \qquad (۲)$$

تعریف ۳: فرض کنید $\tilde{A} = (l_1, m_1, u_1)$ و $\tilde{B} = (l_2, m_2, u_2)$ دو عدد فازی مثلثی باشند و γ عددی ثابت و بزرگتر از صـفر اسـت. در این حالت ، اعمال حسـابی روی این اعداد فازی مطابق با استفاده از روابط (۳) الی (۷) انجام می‌شود.

$$\tilde{A} \oplus \tilde{B} = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2) \qquad (۳)$$

$$\tilde{A} \otimes \tilde{B} = (l_1 l_2, m_1 m_2, u_1 u_2) \qquad (٤)$$

$$\tilde{A} - \tilde{B} = (l_1 - u_2, m_1 - m_2, u_1 - l_2) \qquad (٥)$$

$$\tilde{A} \,/\, \tilde{B} == (l_1/u_2, m_1/m_2, u_1/l_2) \quad (٦)$$

$$\gamma\tilde{A} = \gamma(l_1, m_1, u_1) = (\gamma l_1, \gamma m_1, \gamma u_1) \quad (٧)$$

تعریف ٤: فرض کنید $\tilde{A} = (l_1, m_1, u_1)$ و $\tilde{B} = (l_2, m_2, u_2)$ دو عدد فازی مثلثی باشند، فاصله بین $\tilde{A}$ و $\tilde{B}$ به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$d(\tilde{A}, \tilde{B}) = \sqrt{1/3((l_1 - l_2)^2 + (m_1 - m_2)^2 + (u_1 - u_2)^2} \quad (٨)$$

۳-۳- تئوری اعداد Z

اولین بار مفهوم اعداد Z درسال ۲۰۱۱ توسط زاده به عنوان یک نسخه عمومی از نظریه عدم قطعیت پیشنهاد شد که برای محاسبه اعدادی که قابل اعتماد نیستند در نظر گرفته شده است [۲۹]. اعداد Z به صورت یک جفت عدد فازی بصورت Z = (A,B) می‌باشد که مولفه اول A یک زیرمجموعه فازی از دامنه X و مولفه دوم B یک زیرمجموعه فازی از بازه مشخص و نشانگر قابلیت اطمینان مولفه A می‌باشد. برای مثال اگر معیار "اثربخشی در پیشگیری از شیوع" برای استراتژی "استفاده از رسانه‌ها جهت آموزش و افزایش سطح دانش و اطلاعات" به صورت یک عدد Z فرض شود، مولفه اول آن می‌تواند از نوع "پایین" و مولفه دوم آن به صورت "مطمئن نیستم" در نظر گرفته شود. سه‌گانه (X,A,B) به عنوان مقدار ارزیابی Z (Z-VALUATION) شناخته می‌شود و به عنوان یک محدودیت عمومی روی X به صورت معادله (۹) تعریف شده است.

$$Prob\ (X\ is\ A)\ is\ B \quad (٩)$$

این محدودیت عمومی به عنوان یک محدودیت احتمالی شناخته می‌شود که بیانگر یک تابع توزیع احتمالی $R(x)$ می‌باشد. به طور خاص می‌توان آن‌را به صورت معادله (۱۰) نشان داد.

$$R(x): X\ is\ \rightarrow poss\ (X = u) = \mu_A(u) \quad (١٠)$$

در معادله فوق μ_A یک تابع عضویت از A می‌باشد و u یک مقدار کلی از X است. μ_A می‌تواند به عنوان یک محدودیت مرتبط با $R(x)$ در نظر گرفته شود. این به این معنی است که $\mu_A(u)$ چه درجه‌ای از رضایت‌مندی u را پوشش می‌دهد. بنابراین، X یک متغیر تصادفی با توزیع احتمالی $R(x)$ است که نقش یک محدودیت احتمالی بر روی X دارد. محدودیت احتمالی و تابع چگالی احتمال X به شرح معادلات (۱۱) و (۱۲) می‌باشند.

$$R(x): X\ is\ p \quad (١١)$$

$$R(x): X\ is\ p\ \rightarrow (u \leq X\ \leq u + du) = p(u)\ du \qquad (۱۲)$$

در معادله (۱۲)، du نشانگر مشتق جزئی u می‌باشد.

۳-۴- روش Z-SWARA

روش SWARA فازی همانند روش SWARA عمل می‌کند، به این ترتیب که به کمک آن می‌توان وزن معیارها را محاسبه نمود و وزن‌های نهایی حاصل از این روش، فازی خواهند بود. چندین عامل مانند اطلاعات ناملموس، اطلاعات ناقص و اطلاعات غیر قابل دسترس منجر به عدم دقت در تصمیم گیری می‌شوند. بنابراین، روش‌های وزن‌دهی فازی برای مقابله با عدم دقت در ارزیابی اهمیت نسبی شاخص ایجاد شده اند.

گام اول : **مرتب کردن شاخص‌ها (معیارها)**

ابتدا با توجه به هدف مساله، خبرگان معیارهای ارزیابی را به صورت نزولی و با استفاده از متغیرهای زبانی طبقه‌بندی می‌کنند. مقیاس‌های تبدیل متغیرهای زبانی به اعداد Z در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- تبدیل متغیرهای زبانی مربوط به اعداد Z به اعداد فازی مثلثی

متغیرهای زبانی	تابع عضویت			متغیرهای زبانی	تابع عضویت		
	l	m	u		l	m	u
EI,VL	1	1	1	LI,L	0.219	0.274	0.367
EI,M	1	1	1	LI,H	0.335	0.418	0.561
EI,VH	1	1	1	VLI,VL	0.092	0.104	0.126
MOL,L	0.367	0.548	0.822	VLI,M	0.205	0.233	0.283
MOL,H	0.561	0.837	1.255	VLI,VH	0.275	0.313	0.379
LI,VL	0.126	0.158	0.212	MUL,L	0.12	0.137	0.159
LI,M	0.283	0.354	0.474	MUL,H	0.184	0.209	0.243
LI,VH	0.379	0.474	0.636				
VLI,L	0.159	0.181	0.219				
VLI,H	0.243	0.276	0.335				
MUL,VL	0.069	0.079	0.092				
MUL,M	0.155	0.177	0.205				
MUL,VH	0.209	0.237	0.275				

متغیرهای زبانی	تابع عضویت		
	l	m	u
EI,L	1	1	1
EI,H	1	1	1
MOL,VL	0.212	0.316	0.474
MOL,M	0.474	0.707	1.061
MOL,VH	0.636	0.949	1.423

متغیرهای زبانی	تابع عضویت		
	l	m	u

گام دوم : تعیین اهمیت نسبی (S_j)

در این مرحله اهمیت نسبی هرکدام از شاخص‌ها نسبت به شاخص قبلی مشخص می‌گردد که با S_j نشان داده می‌شود. در صورتی که بیش از یک خبره داشته باشیم نظرات خبرگان به عنوان اهمیت نسبی استفاده می‌شود.

گام سوم : محاسبه ضریب $\widetilde{K}_j$

ضریب $\widetilde{K}_j$ تابعی از مقدار اهمیت نسبی هرشاخص می‌باشد که با استفاده از رابطه (۱۳) محاسبه می‌شود.

$$\widetilde{K}_j = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ \widetilde{S}_j + 1 & j > 1 \end{cases} \qquad (۱۳)$$

گام چهارم : محاسبه وزن اولیه هر شاخص ($\tilde{q}_j$)

وزن اولیه هر شاخص با استفاده از رابطه (۱٤) محاسبه می‌شود.

$$\tilde{q}_j = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ \dfrac{\widetilde{K}_{j-1}}{\widetilde{K}_j} & j > 1 \end{cases} \qquad (۱٤)$$

گام پنجم : محاسبه وزن نهایی هر شاخص ($\tilde{w}_j$)

در آخر وزن نهایی $\tilde{w}_j$ شاخص‌ها از طریق رابطه (۱۵) محاسبه می‌شود.

$$\tilde{w}_j = \frac{\tilde{q}_j}{\sum_{k=1}^{n} \tilde{q}_k} \qquad (۱۵)$$

۴- روش Z-MARCOS

MARCOS یک روش تصـمیم‌گیری چندمعیاره جدید است که توسـط زلیکو اسـتویچ معرفی شده است [۲۳]. MARCOS با حل طیف وسیعی از مسائل مختلف تصمیم گیری در مطالعات مورد توجه قرار گرفته است. روش MARCOS با تعریف رابطه بین گزینه‌ها و درجه ایده‌آل و ضـد ایده‌آل به عنوان نقاط مرجع، توابع سـودمندی گزینه‌ها را تعیین می‌کند و یک رتبه‌بندی سـازشـی از گزینه‌ها را بدسـت می‌آورد. راندمان بیشـتر، سـهولت در سـاختار و بهینه‌سـازی فرآیند تصــمیم گیری، تعیین دقیق‌تر درجه مطلوبیت در رابطه با نقطه مرجع، پایداری و اسـتحکام بیشـتر نتایج در شـرایط تغییر مقیاس‌های اندازه‌گیری و عدم وجود مشـکل وارونگی رتبه‌بندی [۲۳] برخی از مزایای روش MARCOS در مقایسـه با سـایر روش‌های تصـمیم گیری مانند SAW,WASPAS,TOPSOS وغیره می‌باشد.

گام ۱: اولین گام در تمامی تکنیک‌های تصــمیم گیری چندمعیاره که هدفشــان رتبه‌بندی می‌باشـد، تشـکیل ماتریس تصـمیم اسـت. در تکنیک MARCOS با اسـتفاده از n معیار به ارزیابی m گزینه پرداخته می‌شـود و به هرگزینه براسـاس هرمعیار امتیاز داده می‌شـود. A_i نشـانگر گزینه‌ها و C_j نشـانگر معیارهای مدنظر اسـت. بنابراین ابتدا ماتریس تصـمیم گیری رابطه (۱٦) با درایه‌های اعداد Z تشکیل می‌شود.

$$X = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ A_1 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ A_2 & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_m & x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{matrix} \qquad (۱٦)$$

به عنوان مثال :

$$x_{11} = (VH, VL)$$

گام ۲: در این گام اعداد Z با توجه به ماتریس تصمیم گیری در گام اول درایه‌های ماتریس با استفاده از جدول (۲) به اعداد فازی مثلثی تبدیل شده و یک ماتریس تصمیم گیری با درایه‌های اعداد فازی مثلثی بدست می‌آید.

$$C_1 \qquad C_2 \qquad \dots \qquad C_n$$

(۱۷)

$$\tilde{X} = \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \dots \\ A_m \end{matrix} \begin{bmatrix} (x_{11}^l, x_{11}^m, x_{11}^u) & (x_{12}^l, x_{12}^m, x_{12}^u) \dots & (x_{1n}^l, x_{1n}^m, x_{1n}^u) \\ (x_{21}^l, x_{21}^m, x_{21}^u) & (x_{22}^l, x_{22}^m, x_{22}^u) \dots & (x_{2n}^l, x_{2n}^m, x_{2n}^u) \\ \dots & \dots \quad \dots & \dots \\ (x_{m1}^l, x_{m1}^m, x_{m1}^u) & (x_{m2}^l, x_{m2}^m, x_{m2}^u) \dots & (x_{mn}^l, x_{mn}^m, x_{mn}^u) \end{bmatrix}$$

جدول 2- تبدیل متغیرهای زبانی مربوط به اعداد Z به اعداد فازی مثلثی

متغیرهای زبانی	تابع عضویت			متغیرهای زبانی	تابع عضویت		
	l	m	u		l	m	u
VH,VH	8.54	9.49	9.49	VH,H	7.53	8.37	8.37
VH,M	6.36	7.07	7.07	VH,L	4.93	5.48	5.48
VH,VL	2.85	3.16	3.16	H,VH	6.64	8.54	9.49
H,H	5.86	7.53	8.37	H,M	4.95	6.36	7.07
H,L	3.84	4.93	5.48	H,VL	2.21	2.85	3.16
MH,VH	4.74	6.64	8.54	MH,H	4.18	5.86	7.53
MH,M	3.54	4.95	6.36	MH,L	2.74	3.84	4.93
MH,VL	1.58	2.21	2.85	M,VH	2.85	4.74	6.64
M,H	2.51	4.28	5.86	M,M	2.12	3.54	4.95
M,L	1.64	2.74	3.83	M,VL	0.95	1.58	2.21
ML,VH	0.95	2.85	4.74	ML,H	0.84	2.51	4.18
ML,M	0.71	2.12	3.54	ML,L	0.55	1.64	2.74
ML,VL	0.32	0.95	1.58	L,VH	0	0.95	2.85
L,H	0	0.84	2.51	L,M	0	0.71	2.12
L,L	0	0.55	1.64	L,VL	0	0.32	0.95
VL,VH	0	0	0.95	VL,H	0	0	0.84
VL,M	0	0	0.71	VL,L	0	0	0.55
VL,VL	0	0	0.32				

گام ۳: در این بخش براساس روابط (۱۹) و(۱۸) مقادیر ایده‌آل A_{id} و ضد ایده‌آل A_{ai} تعیین می‌شوند.

$$A_{ai} = \min_{1\le i\le m} x_{ij}\,, \quad j\epsilon B^{max}, \quad \max_{1\le i\le m} x_{ij}\,, \quad j\epsilon C^{min} \qquad (۱۸)$$

پژوهش‌های نوین در تصمیم‌گیری ـــ

$$A_{id} = \max_{1\le i\le m} x_{ij}\,, \quad j\epsilon B^{max}, \quad \min_{1\le i\le m} x_{ij}\,, \quad j\epsilon C^{min} \tag{۱۹}$$

عبارت B به معنای معیارهایی می‌باشد که جنبه سود دارند و عبارت C به معنی معیارهایی که جنبه هزینه دارند.

گام ٤: در این مرحله نرمال‌سازی ماتریس تصمیم گیری صورت می‌گیرد. با استفاده از رابطه (۲۱) نرمال‌سازی برای معیارهای از نوع سود صورت می‌گیرد و با استفاده از رابطه (۲۰) نرمال‌سازی برای معیارهای از نوع هزینه صورت می‌گیرد.

$$n_{ij} = \frac{x_{id}}{x_{ij}} \; if \quad j\epsilon C \tag{۲۰}$$

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_{id}} \; if \quad j\epsilon B \tag{۲۱}$$

گام ٥: ماتریس نرمال‌شده با استفاده از رابطه (۲۲) در وزن معیارها ضرب می‌شود تا ماتریس نرمال وزن‌دار شده تشکیل شود.

$$v_{ij} = n_{ij} * w_j \tag{۲۲}$$

گام ٦: در این گام درجه مطلوبیت ایده‌آل K_i^+ و ضد ایده‌آل K_i^- گزینه‌ها با استفاده از روابط (٢٤) و (۲۳) محاسبه می‌شود.

$$K_i^- = \frac{S_i}{S_{ai}} \tag{۲۳}$$

$$K_i^+ = \frac{S_i}{S_{id}} \tag{٢٤}$$

در رابطه بالا S_i جمع مقادیر هر سطر در ماتریس وزن‌دار شده می‌باشد که از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$S_i = \sum_{i=1}^{n} v_{ij} \tag{۲۵}$$

گام ۷: در نهایت، عملکرد مطلوب هر گزینه با استفاده از معادله (٢٦) محاسبه می‌شود.

$$f(k_i) = \frac{K_i^+ + K_i^-}{1 + \frac{1 - f(K_i^+)}{f(K_i^+)} + \frac{1 - f(K_i^-)}{f(K_i^-)}} \tag{٢٦}$$

در رابطه بالا $f(K_i^-)$ عملکرد مطلوبیت ضد ایده‌آل و $f(K_i^+)$ عملکرد مطلوبیت ایده‌آل برای هرگزینه می‌باشد که از رابطه‌های (۲۷) و (۲۸) محاسبه می‌شود. سپس براساس اعداد بدست آمده از $f(k_i)$ هر گزینه، رتبه‌بندی به صورت نزولی انجام می‌شود.

$$f(K_i^-) = \frac{K_i^+}{K_i^+ + K_i^-} \quad (۲۷)$$

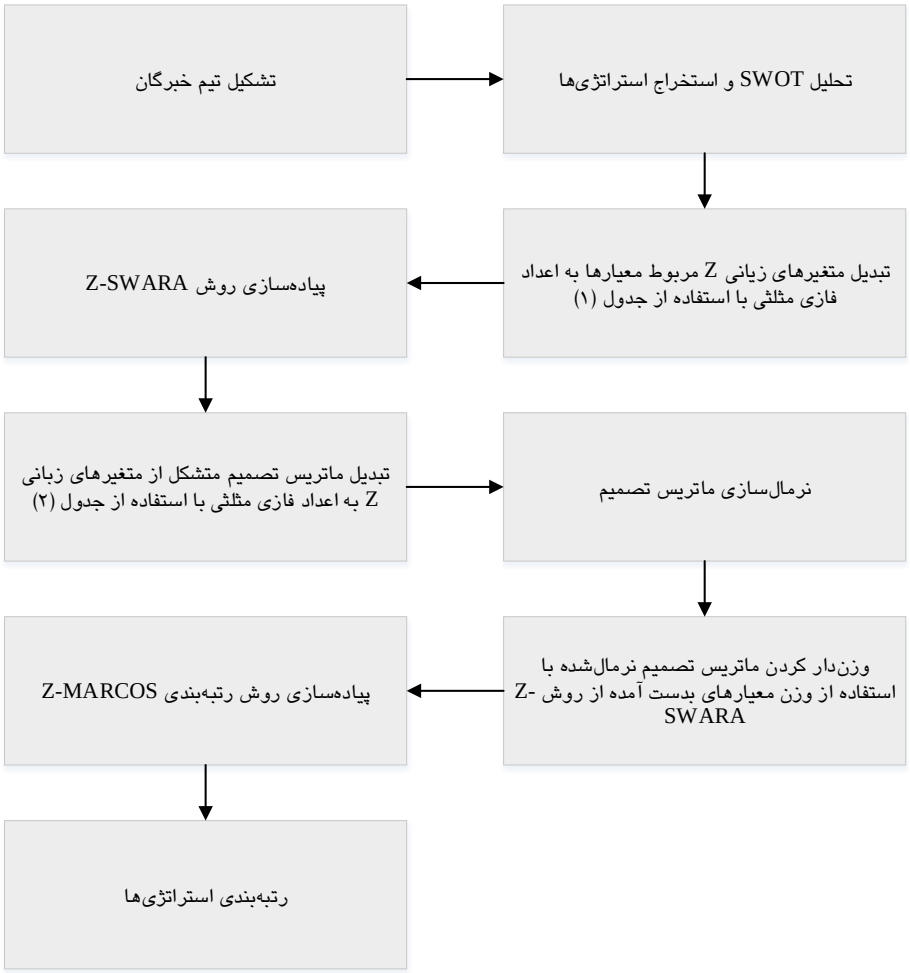
$$f(K_i^+) = \frac{K_i^-}{K_i^+ + K_i^-} \quad (۲۸)$$

۵- رویکرد پیشنهادی

در این بخش، رویکرد پیشنهادی این تحقیق با بهره‌گیری از روش‌های SWOT، Z-SWARA و Z-MARCOS برای ارزیابی و اولویت‌بندی استراتژی‌ها ارائه می‌گردد. رویکرد پیشنهادی در سه فاز ارائه می‌گردد. در فاز اول این رویکرد ضمن شناسایی نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها توسط تیم تحلیل SWOT، استراتژی‌های منتخب (تهاجمی، محافظه‌کارانه، رقابتی و تدافعی) توسط تیم خبره متشکل از ۱۱ متخصص در زمینه‌های مختلف نظیر بهداشت عمومی و اپیدمیولوژی، مدیریت استراتژیک، داده‌کاوی، لجستیک و زنجیره تامین، ارتباطات و روابط عمومی و مالی دارای حداقل ۷-۱۰ سال تجربه، با استفاده از تکنیک طوفان فکری تعیین می‌شوند.

در فاز دوم، در راستای در نظر گرفتن اختلاف میان میزان اهمیت معیارهای ارزیابی استراتژی‌های مستخرج از فاز اول رویکرد پیشنهادی، از روش توسعه‌یافته Z-SWARA استفاده می‌گردد. در این روش، ابتدا هر یک از کارشناسان قبل از هر چیز، معیارها را بر اساس میزان اهمیت، اولویت‌بندی می‌کنند. مهم‌ترین معیار در رتبه یک و کم اهمیت‌ترین معیار در رتبه آخر قرار می‌گیرد. در گام بعد، کارشناسان اهمیت نسبی هر معیار نسبت به معیارهای قبلی را با استفاده از متغیرهای زبانی Z (متشکل از مولفه‌های عدم قطعیت فازی و قابلیت اطمینان) مشخص می‌کنند. سپس، این متغیرها با استفاده از جدول (۱) به اعداد فازی مثلثی تبدیل می‌شوند. این روش بر خلاف روش SWARA مرسوم و Fuzzy SWARA، علاوه‌بر عدم قطعیت، توانایی در نظر گرفتن قابلیت اطمینان را نیز دارد. در ادامه و پس از تبدیل ماتریس تعیین وزن معیارها به اعداد فازی مثلثی، مراحل روش Z-SWARA با توجه به این مقادیر اجرا گردیده و وزن بهینه شاخص‌ها تعیین می‌گردد.

در فاز سوم بر اساس خروجی‌های فاز اول و دوم، اولویت‌بندی استراتژی‌های استخراج‌شده با توجه به اهمیت‌های متفاوت شاخص‌ها، با استفاده از روش Z-MARCOS انجام می‌گیرد. در این روش پس از تعیین ماتریس تصمیم که درایه‌های آن متشکل از مولفه‌های فازی و قایلیت اطمینان (اعداد Z) هستند، این مقادیر با استفاده از جدول (۲) به اعداد فازی مثلثی تبدیل می‌شوند. سپس با استفاده از وزن‌های نهایی بدست آمده بر اساس روش Z-SWARA برای هر معیار و نرمال‌سازی ماتریس تصمیم بر اساس روش Z-MARCOS، ماتریس تصمیم وزن‌دار می‌شود. در ادامه، با پیاده‌سازی گام‌های بعدی رویکرد توسعه یافته بر اساس روش Z-MARCOS، استراتژی‌ها (گزینه‌ها) بر اساس امتیاز عملکرد که تابعی از عملکرد مطلوبیت ضد ایده‌آل و ایده‌آل برای هرگزینه می‌باشد، رتبه‌بندی می‌شوند. روند اجرایی رویکرد پیشنهادی در شکل (۱) نیز نمایش داده شده است.



شکل ۱- رویکرد پیشنهادی تحقیق جهت اولویت‌بندی استراتژی‌ها

۶- مطالعه موردی

در راستای بررسی قابلیت رویکرد پیشنهادی در این تحقیق، سعی بر آن است که اولویت‌بندی استراتژی‌های واکسیناسیون در کشور ایران با استفاده از این رویکرد صورت پذیرد. در این تحقیق با استفاده از تحلیل SWOT نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدهای اجرای واکسیناسیون مشخص شد و در ادامه، به طور خلاصه تشریح می‌گردد:

۶-۱- نقاط قوت (Strengths):

۱. نهاد تصمیم گیری متمرکز (ستاد ملی مبارزه با کرونا)

ستاد ملی مقابله با کرونا از روزهای نخست شیوع بیماری COVID-19 در ایران فعالیت خود را آغاز کرد. در این ستاد دستگاه‌های دولتی و نیروهای مسلح عضویت دارند و شبانه روز تحولات مربوط به کرونا را پیگیری و برای مهار آن در کشور تصمیم گیری می‌کنند.

۲. آموزش

دولت جلسات آموزشی آبشاری را در سطوح مختلف برای پزشکان، تزریق‌کنندگان واکسن، کنترل‌کنندگان زنجیره سرد و اپراتورهای واردکننده داده‌ها برای اجرای زودهنگام واکسیناسیون آغاز کرد.

۳. بسیج اجتماعی

مشارکت و همکاری مردم با کارکنان درمان مهم‌ترین راهکار غلبه بر کرونا است. مشارکت بسیج و دانشجویان سرعت پیاده‌سازی واکسیناسیون را افزایش داد.

٤. تولید بومی و مشارکت بخش دولتی و خصوصی

چند مورد از واکسن‌های تزریق‌شده در روند اجرای واکسیناسیون به صورت بومی تولید می‌شوند و هزینه‌های مربوط به حمل‌ونقل و تهیه را کاهش می‌دهند. واکسن‌ها با همکاری دولت و بخش خصوصی تولید می‌شوند.

۵. استراتژی برای آمادگی چند جانبه

مراحل مختلف عرضه واکسن به طور همزمان برنامه‌ریزی و اجرا شد که شامل شناسایی و تقویت نقاط زنجیره سرد، توسعه سامانه سلامت برای مدیریت روند واکسیناسیون، شناسایی نیروی کار، آموزش و تدارکات بود.

۶-۲- نقاط ضعف (Weakness):

۱. شکاف دانش

در حالی که دولت در حال تصمیم گیری در مورد عرضه واکسن بود، آزمایشات هنوز در جریان بود. سازندگان واکسن به دنبال مجوز استفاده اضطراری از دولت ایران با اطلاعات محدود در مورد اثربخشی بودند. گزارش شده است که واکسن‌های COVID-19 در برابر عفونت علامت‌دار، بیماری شدید و بستری شدن در بیمارستان بدون هیچ شواهدی در مورد

اثربخشی در برابر عفونت بدون علامت مؤثر هستند که برای قطع زنجیره بیماری‌ها ضروری است.

۲. محدودیت‌های فضا

یک محل واکسیناسیون ایده‌آل به حداقل سه اتاق مجزا با امکانات دستشویی، شستشوی دست و آب آشامیدنی نیاز دارد. محدودیت فضا و زیرساخت در سیستم بهداشت و درمان روستایی کشور چالش‌هایی را به همراه خواهد داشت.

۳. سایر خدمات

دولت ایران تمام هزینه واکسیناسیون COVID-19 را تقبل خواهد کرد و این موضوع منجر به انحراف بودجه از مراقبت‌های بهداشتی غیر از COVID-19 و سایر بخش‌ها به برنامه واکسیناسیون COVID-19 می‌شود.

٤. اعضای تیم ناکافی

یک تیم پنج نفره برای هر محل واکسیناسیون پیشنهاد شده است تا ۱۰۰ ذینفع را واکسینه کند، که ناکافی به نظر می‌رسد. طولانی بودن جلسات نیز برای اعضای تیم خسته‌کننده خواهد بود و احتمال خطا را افزایش می‌دهد.

٥. شکاف عرضه و تقاضا

نقاط زنجیره سرد در کشور ما از نظر جمعیت به طور نابرابر توزیع شده اند و اختلاف زیادی بین مناطق شهری و روستایی وجود دارد. اینکه آیا تولیدکنندگان قادر خواهند بود این تقاضا را در مدت کوتاهی برآورده کنند یا خیر، جای سوال دارد.

٦. لازم نبودن تست Antibody/PCR

آزمایش تست Antibody/PCR برای واکسینه‌شدن لازم نیست. این احتمال وجود دارد که موارد بدون علامت یا خفیف COVID-19 وارد محل واکسیناسیون شوند و خطر عفونت را به همراه داشته باشند.

۶-۳- فرصت‌ها (Opportunities):

۱. هماهنگی بین بخش‌ها

تعداد قابل توجهی وزارت‌خانه و اداره در اجرای روان و اجرای برنامه واکسیناسیون دخیل هستند [۱]. این همگرایی بین بخشی فرصت مهمی است که می‌توان از آن برای برنامه ایمن‌سازی موفق استفاده کرد و نقش آن‌ها را می‌توان بیشتر مورد بررسی قرار داد.

۲. نقش رسانه‌ها

زمانی که شخصیت‌های سیاسی، افراد مشهور و افراد تأثیرگذار واکسن COVID-19 را تزریق کردند، رسانه‌ها آن را به صورت زنده در کانال‌های خود پخش کردند. این می‌تواند به کاهش ترس‌های مرتبط با واکسن در میان جمعیت ایران کمک کند.

۳. اشتیاق واکسن

اشتیاق واکسن در میان مردم می‌تواند نیروی محرکه‌ای برای موفقیت عظیم واکسیناسیون باشد. با توجه به اینکه سیاستمداران خواستار تزریق واکسن برای خود در مرحله اول هستند، شهروندان ممکن است از ایمنی و کارآیی واکسن اطمینان حاصل کنند و در صورت ثبت نام برای واکسینه شدن آماده شوند.

٤. تامین مرکزی

واکسن توسط دولت مرکزی برای تمام شهرها تامین خواهد شد و تمام هزینه‌های مرحله یک واکسیناسیون توسط دولت تامین خواهد شد. این امر به هماهنگی و توزیع عادلانه‌تر کمک خواهد کرد. در صورت لزوم، دولت‌ها قادر خواهند بود از بودجه خود برای سایر فعالیت‌های حمایتی استفاده کنند و هزینه واکسیناسیون را در مراحل بعدی، در صورت نیاز، به شیوه‌ای کارآمد تقبل کنند.

۶-۴- تهدیدها (Threats):

۱. دلهره

تقریباً تمام واکسن‌های بالقوه برای مقابله با COVID-19 در کمتر از یک سال ساخته شده‌اند. واکسن‌های COVID-19 جدید هستند عوارض جانبی کمی مانند آلرژی توسط گیرندگان واکسن در مرحله آزمایشی گزارش شد که به طور گسترده از طریق کانال‌های اجتماعی و رسانه‌های جمعی پخش شد و به تردید واکسن در بین ذینفعان بالقوه افزود.

۲. تنوع ویروس

از زمان شناسایی COVID-19، انواع جدید و توسعه یافته ای از این ویروس گزارش شده است.

۳. عقب‌نشینی موج همه گیری

بسیاری شهرهای ایران در بازه ای از زمان شاهد کاهش موارد جدید روزانه بوده اند که می‌تواند منجر به کاهش نیاز احساس شده به واکسن به دلیل کاهش خطر درک‌شده شود و در نتیجه تردید واکسن را در بین ذی‌نفعان افزایش دهد.

٤. فساد اداری

اشتیاق واکسن می‌تواند توسط ارائه دهندگان واکسن تقلبی برای به دام انداختن افرادی که در مرحله اول واکسیناسیون قرار ندارند مورد سوء استفاده قرار گیرد، در نتیجه ذینفعان را گمراه می‌کند.

٥. شایعات و اطلاعات نادرست

در حالی که کشور خود را برای بزرگترین واکسیناسیون در تاریخ ایمن‌سازی آماده می‌کند، یک مورد وجود دارد، آن هم خطر انتشار همزمان اطلاعات نادرست و شایعات مانند عوارض ناشی از واکسن که به مانعی برای موفقیت برنامه در این زمینه تبدیل شود.

در پژوهش حاضر، از تحلیل SWOT در مراحل مختلف برنامه‌ریزی استراتژیک استفاده می‌شود. تحلیل SWOT استراتژی‌های صحیح را در چهار گروه از جمله SO (تهاجمی)، WO (محافظه‌کارانه)، ST (رقابتی) و WT (تدافعی) نشان می‌دهد (جدول ۳). هدف این پژوهش انتخاب استراتژی مناسب جهت پیاده‌سازی واکسیناسیون با استفاده از معیارهای بدست آمده از نظرات خبرگان (جدول ٤) است.

جدول ۳- استراتژی‌های مستخرج از تحلیل SWOT

SO	A1	استفاده از رسانه‌ها جهت آموزش و افزایش سطح دانش و اطلاعات
	A2	بسیج اجتماعی جهت افزایش اشتیاق و مشارکت جمعی
	A3	تأمین مرکزی و استفاده از تولید بومی
	A4	استفاده از نهاد تصمیم گیری متمرکز جهت هماهنگی میان بخش‌ها
WO	A5	ایجاد اشتیاق با مدیریت شکاف عرضه و تقاضا
	A6	لزوم ارائه تست Antibody/PCR با هماهنگی میان بخش‌ها

تأمین مرکزی جهت رفع شکاف عرضه و تقاضا	A7	
هماهنگی میان بخش‌ها جهت ارائه سایر خدمات	A8	
تأمین مرکزی و ایجاد فضای کافی	A9	
تداوم افزایش تحقیقات جهت کسب دانش مربوط به واکسیناسیون حتی در زمان عقب‌نشینی موج همه گیری	A10	ST
کاهش دلهره و ترس با آموزش و آشنایی با انواع ویروس	A11	
بسیج اجتماعی جهت مقابله با فساد اداری	A12	
افزایش دانش و آشنایی با انواع ویروس جهت کاهش دلهره و ترس	A13	WT
مدیریت عرضه و تقاضا جهت جلوگیری از فساد اداری	A14	
مدیریت اطلاعات جهت مقابله با شایعات	A15	

جدول ۴- فهرست معیارها جهت اولویت‌بندی استراتژی برتر

کل هزینه برآوردشده	C1
سهولت اجرا	C2
مقبولیت بالا برای شهروندان	C3
اثربخشی در پیشگیری از شیوع	C4
غیر قابل جایگزینی با اقدامات دیگر	C5

۷- تجزیه‌وتحلیل نتایج

۷-۱- تحلیل نتایج

در این بخش، نتایج حاصل از پیاده‌سازی رویکرد پیشنهادی تحقیق در ارزیابی استراتژی‌های واکسیناسیون در کشور ایران ارائه گردیده و مورد بررسی قرار می‌گیرد. مطابق فاز اول این رویکرد، ابتدا مقادیر شاخص‌ها به ازای هر استراتژی توسط تیم تحلیل SWOT تعیین می‌گردد. با توجه به وجود عدم قطعیت در این فاکتورها، از تئوری اعداد Z بهره گرفته می‌شود. در این تئوری، علاوه بر در نظر گرفتن عدم قطعیت شاخص‌ها به صورت فازی، قابلیت اطمینان آن‌ها نیز در نظر گرفته می‌شود. مقادیر اعداد Z شاخص‌ها به ازای استراتژی‌ها در جدول (۵) ارائه شده است.

جدول ٥- مقادیر شاخص‌ها به ازای استراتژی‌ها در قالب اعداد Z

	C1	C2	C3	C4	C5
A1	H,H	M,H	ML,M	M,L	ML,M
A2	H,L	M,L	ML,VL	ML,VH	ML,VL
A3	MH,VH	ML,VH	H,VL	ML,M	H,VL
A4	MH,M	ML,M	MH,H	ML,VL	MH,H
A5	MH,VL	ML,VL	MH,L	H,VL	MH,L
A6	M,H	H,VL	MH,L	MH,H	M,H
A7	M,L	MH,H	MH,VL	MH,L	M,L
A8	ML,VH	MH,L	M,H	H,VL	ML,VH
A9	ML,M	M,VH	M,L	MH,H	ML,M
A10	ML,VL	M,H	ML,VH	MH,L	ML,VL
A11	H,VL	M,L	ML,M	M,VH	H,VL
A12	MH,H	ML,VH	ML,VL	M,M	ML,VH
A13	MH,L	ML,M	M,H	MH,VL	H,VL
A14	M,VH	ML,VL	M,L	M,H	MH,H
A15	M,M	H,VL	ML,VH	M,L	MH,L

از اولویت‌بندی معیارها بر اساس اهمیت با استفاده از متغیرهای کلامی Z، این متغیرها با استفاده از جدول (١) به اعداد فازی مثلثی تبدیل می‌گردد

در ادامه و بر اساس فاز دوم رویکرد پیشنهادی، وزن شاخص‌ها با استفاده از روش Z-SWARA تعیین می‌گردد. برای این کار، ابتدا تیم خبرگان اولویت‌بندی معیارها را با بر اساس اهمیت با استفاده از متغیرهای کلامی به صورت جدول (٦) تعیین نموده اند.

جدول ۶- اولویت‌بندی معیارها بر اساس میزان اهمیت بر اساس نظر خبرگان

C4	
C1	MOL,H
C2	LI,VH
C3	MUL,VH
C5	VLI,M

حال با استفاده از جدول (۱)، متغیرهای کلامی ارائه شده در جدول (٦) به اعداد فازی مثلثی تبدیل می‌شوند. سپس مراحل بعدی روش Z-SWARA با توجه به این اعداد فازی مثلثی مورد اجرا قرار می‌گیرد.

جدول ۷- وزن هر معیار در شرایط فازی

	S_j			K_j			q_j			W_j		
	l	**m**	**u**	**l**	**m**	**u**	**l**	**m**	**u**	**l**	**m**	**u**
C4				1	1	1	1	1	1	0.356	0.407	0.478
C1	0.56	0.84	1.26	1.561	1.837	2.255	0.443	0.544	0.641	0.158	0.222	0.306
C2	0.38	0.47	0.64	1.379	1.474	1.636	0.271	0.369	0.465	0.097	0.150	0.222
C3	0.21	0.24	0.28	1.209	1.237	1.275	0.213	0.299	0.384	0.076	0.122	0.184
C5	0.21	0.23	0.28	1.205	1.233	1.283	0.166	0.242	0.319	0.059	0.099	0.152

با توجه به جدول (۷) مشاهده می‌شود که وزن شاخص‌ها در قالب اعداد فازی مثلثی به صورت $C_4 = (0.356,0.407,0.478)$، $C_1 = (0.158,0.222,0.306)$، $C_2 = (0.097,0.150,0.222)$، $C_3 = (0.076,0.122,0.184)$ و $C_5 = (0.059,0.099,0.152)$ می‌باشد.

در فاز سوم رویکرد پیشنهادی و بر اساس نتایج فازهای اول و دوم، اولویت‌بندی حالات خرابی با استفاده از روش توسعه‌یافته Z-MARCOS انجام می‌گیرد. در ابتدا، ماتریس تصمیم گیری روش Z-MARCOS در قالب درایه‌های اعداد Z (با در نظر گرفتن عدم قطعیت و قابلیت اطمینان) تشکیل می‌شود. به نحوی که سطرهای این ماتریس نشانگر گزینه‌های مورد ارزیابی یا همان استراتژی و ستون‌های این ماتریس نشانگر معیارهای ارزیابی می‌باشد. در ادامه، ماتریس تصمیم گیری مذکور با استفاده از تبدیلات ارائه شده در جدول (۲)، به صورت یک ماتریس تصمیم گیری در قالب اعداد فازی مثلثی تبدیل می‌شود که در جدول (۸) ارائه شده است.

جدول ۸- ماتریس تصمیم گیری در قالب اعداد فازی مثلثی

	C1			C2			C3			C4			C5		
	l	**m**	**u**	**l**	**m**	**u**	**l**	**m**	**u**	**l**	**m**	**u**	**l**	**m**	**u**
A1	5.86	7.53	8.37	2.51	4.28	5.86	0.71	2.12	3.54	1.64	2.74	3.83	0.71	2.12	3.54
A2	3.84	4.93	5.48	1.64	2.74	3.83	0.32	0.95	1.58	0.95	2.85	4.74	0.32	0.95	1.58
A3	4.74	6.64	8.54	0.95	2.85	4.74	2.21	2.85	3.16	0.71	2.12	3.54	2.21	2.85	3.16

	C1			C2			C3			C4			C5		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
A4	3.54	4.95	6.36	0.71	2.12	3.54	4.18	5.86	7.53	0.32	0.95	1.58	4.18	5.86	7.53
A5	1.58	2.21	2.85	0.32	0.95	1.58	2.74	3.84	4.93	2.21	2.85	3.16	2.74	3.84	4.93
A6	2.51	4.28	5.86	2.21	2.85	3.16	2.74	3.84	4.93	4.18	5.86	7.53	2.51	4.28	5.86
A7	1.64	2.74	3.83	4.18	5.86	7.53	1.58	2.21	2.85	2.74	3.84	4.93	1.64	2.74	3.83
A8	0.95	2.85	4.74	2.74	3.84	4.93	2.51	4.28	5.86	2.21	2.85	3.16	0.95	2.85	4.74
A9	0.71	2.12	3.54	2.85	4.74	6.64	1.64	2.74	3.83	4.18	5.86	7.53	0.71	2.12	3.54
A10	0.32	0.95	1.58	2.51	4.28	5.86	0.95	2.85	4.74	2.74	3.84	4.93	0.32	0.95	1.58
A11	2.21	2.85	3.16	1.64	2.74	3.83	0.71	2.12	3.54	2.85	4.74	6.64	2.21	2.85	3.16
A12	4.18	5.86	7.53	0.95	2.85	4.74	0.32	0.95	1.58	2.12	3.54	4.95	0.95	2.85	4.74
A13	2.74	3.84	4.93	0.71	2.12	3.54	2.51	4.28	5.86	1.58	2.21	2.85	2.21	2.85	3.16
A14	2.85	4.74	6.64	0.32	0.95	1.58	1.64	2.74	3.83	2.51	4.28	5.86	4.18	5.86	7.53
A15	2.12	3.54	4.95	2.21	2.85	3.16	0.95	2.85	4.74	1.64	2.74	3.83	2.74	3.84	4.93

حال پس از ماتریس ارائه‌شده در جدول (۸)، ماتریس نرمال‌شده وزن‌دار با در نظر گرفتن وزن‌های شاخص‌ها به دست می‌آید (جدول ۹ مشاهده شود).

جدول ۹- ماتریس تصمیم گیری نرمال شده وزن‌دار

	C1			C2			C3			C4			C5		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
AAI	0.006	0.009	0.017	0.004	0.019	0.047	0.003	0.015	0.039	0.015	0.051	0.100	0.003	0.012	0.032
A1	0.006	0.009	0.017	0.032	0.086	0.173	0.007	0.034	0.086	0.078	0.148	0.243	0.006	0.028	0.072
A2	0.009	0.014	0.026	0.021	0.055	0.113	0.003	0.015	0.039	0.045	0.154	0.301	0.003	0.012	0.032
A3	0.006	0.011	0.021	0.012	0.057	0.140	0.022	0.046	0.077	0.034	0.115	0.225	0.017	0.037	0.064
A4	0.008	0.014	0.028	0.009	0.042	0.104	0.042	0.095	0.184	0.015	0.051	0.100	0.033	0.077	0.152
A5	0.018	0.032	0.062	0.004	0.019	0.047	0.028	0.062	0.120	0.105	0.154	0.201	0.021	0.050	0.100
A6	0.009	0.017	0.039	0.028	0.057	0.093	0.028	0.062	0.120	0.198	0.317	0.478	0.020	0.056	0.119
A7	0.013	0.026	0.060	0.054	0.117	0.222	0.016	0.036	0.069	0.130	0.208	0.313	0.013	0.036	0.077
A8	0.011	0.025	0.103	0.035	0.077	0.145	0.025	0.069	0.143	0.105	0.154	0.201	0.007	0.037	0.096
A9	0.014	0.033	0.138	0.037	0.095	0.196	0.016	0.044	0.093	0.198	0.317	0.478	0.006	0.028	0.072
A10	0.032	0.075	0.306	0.032	0.086	0.173	0.010	0.046	0.116	0.130	0.208	0.313	0.003	0.012	0.032
A11	0.016	0.025	0.044	0.021	0.055	0.113	0.007	0.034	0.086	0.135	0.256	0.421	0.017	0.037	0.064

	C1			C2			C3			C4			C5		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
A12	0.007	0.012	0.023	0.012	0.057	0.140	0.003	0.015	0.039	0.100	0.192	0.314	0.007	0.037	0.096
A13	0.010	0.018	0.036	0.009	0.042	0.104	0.025	0.069	0.143	0.075	0.120	0.181	0.017	0.037	0.064
A14	0.008	0.015	0.034	0.004	0.019	0.047	0.016	0.044	0.093	0.119	0.232	0.372	0.033	0.077	0.152
A15	0.010	0.020	0.046	0.028	0.057	0.093	0.010	0.046	0.116	0.078	0.148	0.243	0.021	0.050	0.100
AID	0.032	0.075	0.306	0.054	0.117	0.222	0.042	0.095	0.184	0.198	0.317	0.478	0.033	0.077	0.152

در این بخش روش Z-MARCOS با توجه به جدول (۷) اجرا گردیده و نتایج آن با در نظر گرفتن عدم قطعیت در شاخص‌ها و قابلیت اطمینان در استراتژی‌ها ارائه می‌شوند. نتایج رویکرد Z-MARCOS در جدول (۱۰) ارائه شده است.

جدول ۱۰- اولویت‌بندی استراتژی‌ها بر اساس رویکرد Z-MARCOS

	f(K+)			f(K-)			fK+	fK-	K+	K-	f(K_i)	RANK
	l	m	u	l	m	u						
A1	0.057	0.294	1.973	0.010	0.046	0.171	0.534	0.061	0.590	5.157	0.333	10
A2	0.036	0.242	1.703	0.006	0.038	0.147	0.451	0.051	0.493	4.354	0.233	15
A3	0.040	0.256	1.758	0.007	0.040	0.152	0.470	0.054	0.517	4.540	0.255	14
A4	0.047	0.269	1.899	0.008	0.043	0.164	0.504	0.057	0.552	4.864	0.293	12
A5	0.078	0.306	1.768	0.014	0.048	0.153	0.512	0.060	0.579	4.938	0.313	11
A6	0.125	0.490	2.837	0.022	0.077	0.246	0.820	0.096	0.929	7.916	0.833	2
A7	0.100	0.407	2.478	0.017	0.064	0.215	0.701	0.082	0.787	6.764	0.595	4
A8	0.081	0.349	2.299	0.014	0.055	0.199	0.629	0.072	0.698	6.073	0.470	7
A9	0.120	0.498	3.264	0.021	0.079	0.283	0.896	0.103	0.995	8.648	0.982	1
A10	0.091	0.411	3.139	0.016	0.065	0.272	0.812	0.091	0.881	7.839	0.779	3
A11	0.087	0.393	2.436	0.015	0.062	0.211	0.682	0.079	0.763	6.585	0.560	5
A12	0.057	0.302	2.044	0.010	0.048	0.177	0.551	0.063	0.608	5.323	0.355	9
A13	0.060	0.276	1.764	0.011	0.044	0.153	0.488	0.056	0.544	4.713	0.280	13
A14	0.080	0.372	2.335	0.014	0.059	0.202	0.650	0.075	0.726	6.279	0.507	6
A15	0.065	0.310	1.998	0.011	0.049	0.173	0.550	0.063	0.612	5.311	0.357	8

با توجه به جدول (۱۰) مشاهده می‌شود که بر اساس رویکرد Z-MARCOS استراتژی‌های A9 (تأمین مرکزی و ایجاد فضای کافی)، A6 (لزوم ارائه تست Antibody/PCR با هماهنگی میان بخش‌ها)، A10 (تداوم افزایش تحقیقات جهت کسب دانش مربوط به واکسیناسیون حتی در زمان عقب‌نشینی موج همه‌گیری) به ترتیب با دارا بودن امتیاز ۰.۹۸۲، ۰.۸۳۳ و ۰.۷۷۹ در

اولویت‌های اول الی سوم قرار گرفته اند. به بیان دیگر این استراتژی‌ها به عنوان استراتژی‌های برتر در نظر گرفته شده و قابلیت اجرا و پیاده‌سازی دارند. با توجه به این رویکرد مشاهده می‌شود که استراتژی A2 (بسیج اجتماعی جهت افزایش اشتیاق و مشارکت جمعی) با امتیاز 0.233 در اولویت آخر قرار گرفته و با توجه به محدودیت‌ها، در حال حاضر در اولویت اجرا نمی‌باشد.

۷-۲- تحلیل حساسیت

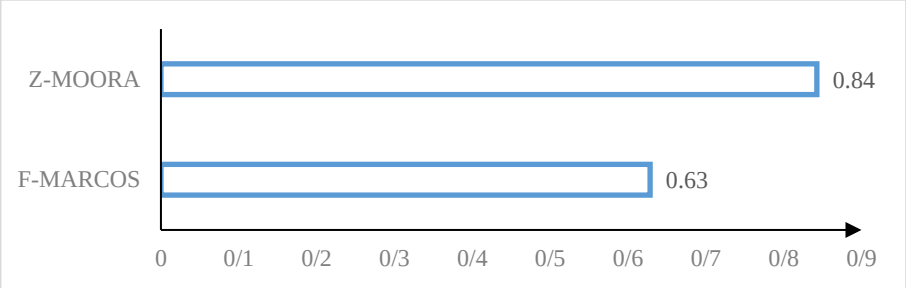
در این بخش به منظور نشان دادن اعتبار و کارایی روش پیشنهادی و صحت خروجی‌های بدست آمده، این روش با روش‌های Z-MOORA (روش توسعه‌یافته MOORA بر اساس تئوری اعداد Z) و F-MARCOS (روش توسعه‌یافته MARCOS در محیط فازی) مقایسه می‌شود. همانطورکه در جدول (۱۱) مشخص است، مشاهده می‌شود در روش F-MARCOS، A8 (هماهنگی میان بخش‌ها جهت ارائه سایر خدمات) با امتیاز ۰.۹۹ در اولویت اول و A6 (لزوم ارائه تست Antibody/PCR با هماهنگی میان بخش‌ها) با امتیاز ۰.۷٤ و A9 (تأمین مرکزی و ایجاد فضای کافی) با امتیاز ۰.۷٤ دراولویت دوم و سوم قرار گرفته اند و به عنوان استراتژی مناسب انتخاب شده اند. از سوی دیگر، A2 (بسیج اجتماعی جهت افزایش اشتیاق و مشارکت جمعی) با امتیاز ۰.۲۰ در اولویت آخر اجرا خواهد بود.

در روش Z-MOORA نیز A6 (لزوم ارائه تست Antibody/PCR با هماهنگی میان بخش‌ها)، A9 (تأمین مرکزی و ایجاد فضای کافی) و A7 (تأمین مرکزی جهت رفع شکاف عرضه و تقاضا) به ترتیب با امتیازهای ۰.٤۹، ۰.٤٦ و ۰.۳۸ در اولویت‌های اول تا سوم قرار گرفته اند و A2 (بسیج اجتماعی جهت افزایش اشتیاق و مشارکت جمعی) با امتیاز ۰.۲۳ در اولویت آخر اجرا قرار خواهد گرفت. به طور کلی با بررسی همزمان اولویت‌بندی انجام شده توسط هر سه روش در جدول (۱۱) می‌توان به این نکته پی برد که مجموعه استراتژی‌های مناسب مساله تقریبا یکسان می‌باشد بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت روش پیشنهادی قابل اطمینان و معتبر است.

جدول ۱۱- مقایسه نتایج رتبه‌بندی بر اساس روش پیشنهادی و دیگر روش‌ها

	F-MARCOS		Z-MOORA		Z-MARCOS	
	Score	**Rank**	**Score**	**Rank**	**Score**	**Rank**
A1	0.312812	12	0.303154	8	0.333469	10
A2	0.205543	15	0.235093	15	0.233283	15
A3	0.358018	11	0.256911	14	0.255211	14
A4	0.301839	13	0.267909	10	0.293038	12
A5	0.734198	4	0.259774	13	0.313160	11
A6	0.741521	2	0.489588	1	0.833318	2
A7	0.731119	5	0.383843	3	0.594982	4
A8	0.994934	1	0.315544	6	0.469558	7
A9	0.739471	3	0.457335	2	0.982398	1
A10	0.677775	6	0.262861	11	0.779144	3
A11	0.408183	10	0.372681	4	0.560300	5
A12	0.280303	14	0.306250	7	0.355264	9
A13	0.567698	7	0.262027	12	0.279613	13
A14	0.421790	9	0.370129	5	0.506627	6
A15	0.540494	8	0.293008	9	0.356831	8

همچنین برای نشان دادن کارایی روش پیشنهادی نسبت به سایر روش‌های موجود، درجه همبستگی روش Z-MARCOS با روش‌های Z-MOORA و F-MARCOS با استفاده از آزمون همبستگی اسپیرمن مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد (شکل ۲). نتایج آزمون همبستگی، ضریب ۰.۸٤۲۸٦ را میان نتایج رتبه‌بندی میان روش‌های Z-MARCOS و Z-MOORA نشان می‌دهد. همبستگی بالای نتایج روش پیشنهادی با روش Z-MOORA به عنوان یک روش قابل اطمینان [۳۰]، اثربخشی و کارا بودن روش پیشنهادی را نتیجه می‌دهد. همچنین، بهره‌وری بالا، ساختار ساده و بهینه‌سازی فرآیند تصمیم گیری از مزایای روش MARCOS است. از طرفی ضریب همبستگی ۰.٦۲۸٥۷ میان روش‌های Z-MARCOS و F-MARCOS نشان‌دهنده اهمیت در نظر گرفتن قابلیت اطمینان در کنار عدم قطعیت است که این ویژگی تئوری اعداد Z (محیط توسعه‌یافته فازی) باعث نزدیکی نتایج به واقعیت می‌شود. نتایج آزمون همبستگی، کارایی روش پیشنهادی را نشان می‌دهد.



شکل ۲- همبستگی میان نتایج روش پیشنهادی و دیگر روش‌ها

۸- نتیجه‌گیری

در مواجهه با فاجعه جهانی بیماری همه‌گیر COVID-19، واکسن‌های مؤثر به‌سرعت ایجاد شدند، به تولید انبوه رسیدند، آزمایش شدند، مجوز گرفتند و به بازار آمدند و تأثیر بسیار مثبتی داشتند. اکنون برای پیاده‌سازی فرایند واکسیناسیون، نیاز به به کار گیری استراتژی مناسب است. پرداختن به نقاط ضعف، بررسی تهدیدها، شناسایی فرصت‌ها و تقویت بنیان نقاط قوت به اجرای موفقیت‌آمیز این برنامه کمک می‌کند و اعتماد شهروندان و جهان را نسبت به توانایی ایران برای مبارزه با همه‌گیری ایجاد می‌کند. تحلیل SWOT یک تحلیل ساده، قابل فهم و در عین حال قدرتمند جهت شناسایی نقاط ضعف و تهدیدها در کنار نقاط قوت و فرصت‌ها است. با وجود گستره وسیع کاربرد این روش در زمینه‌های گوناگون، محدودیت‌های این روش از جمله عدم توانایی این روش در اولویت‌بندی استراتژی‌ها منجر شده است برخی محققان به دنبال توسعه این روش مرسوم باشند. بنابراین در این تحقیق، یک رویکرد توسعه یافته از SWOT با استفاده از روش‌های Z-SWARA و Z-MARCOS ارائه شده است. از روش Z-SWARA جهت وزن‌دهی معیارهای تعیین‌کننده استراتژی مناسب جهت پیاده‌سازی واکسیناسیون استفاده شده است. همچنین، استفاده از روش Z-MARCOS (توسعه یافته روشFuzzy MARCOS بر اساس تئوری اعداد Z) این امکان را در اختیار تصمیم گیرنده قرار می‌دهد که علاوه بر در نظر گرفتن عدم قطعیت در معیارهای انتخاب استراتژی مناسب، قابلیت اطمینان در اولویت‌بندی استراتژی‌ها را نیز به واسطه تئوری اعداد Z در امر تصمیم گیری دخیل نماید. جهت نشان دادن کارایی روش پیشنهادی، نتایج حاصل با برخی روش‌های مرسوم مقایسه شده است.

با توجه به این واقعیت که تصمیم‌گیری بخشی غیر قابل انکار از دنیای واقعی است، ارائه رویکردهای کارآمد بسیار حیاتی است. با پیاده‌سازی رویکرد پیشنهادی برای ارزیابی استراتژی‌های پیاده‌سازی واکسیناسیون با در نظر گرفتن قابلیت اطمینان به واقعیت نزدیک‌تر است. بر اساس نتایج بدست آمده، استراتژی‌های تأمین مرکزی و ایجاد فضای کافی، لزوم ارائه تست Antibody/PCR با هماهنگی میان بخش‌ها و تداوم افزایش تحقیقات جهت کسب دانش مربوط به واکسیناسیون حتی در زمان عقب‌نشینی موج همه‌گیری به عنوان استراتژی‌های مناسب جهت اجرای فرایند واکسیناسیون انتخاب شده اند. ایجاد مراکز واکسیناسیون در مکان‌هایی که به راحتی دسترس پذیرند، برای تضمین توضیع گسترده واکسن حیاتی است. این مراکز باید ظرفیت کافی برای افراد در انتظار با حفظ تدابیر فاصله‌گذاری اجتماعی داشته باشند. تصمیم‌گیرنده می‌تواند برای اجرای استراتژی‌های برتر، برنامه‌ریزی و توسط بخش‌های مربوطه اقدام نماید. در آینده، ما تحقیقات خود را در راستای توسعه روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره نظیر PIPRECIA، BWM، FUCOM و ... جهت تعیین اختلاف میزان اهمیت میان معیارها و روش‌های جهت اولویت‌بندی گزینه‌ها از جمله CoCoSo، MAIRCA، WASPASو ... در محیط‌های عدم قطعیت نظیر فازی فیثاغورثی و q-rung و فازی کروی گسترش خواهیم داد. فارغ از مسئله استفاده شده در این تحقیق، مدل پیشنهادی در سناریوهای مختلف انتخاب و شناسایی استراتژی بهینه اجرا خواهد شد.

۹- منابع

[۱] Lurie, N., et al., *Developing Covid-19 vaccines at pandemic speed.* New England Journal of Medicine, 2020. **382**(21): p. 1969-1973. DOI: 10.1056/NEJMp2005630

[۲] Yang, Y., et al., *The deadly coronaviruses: The 2003 SARS pandemic and the 2020 novel coronavirus epidemic in China.* Journal of autoimmunity, 2020. **109**: p. 102434. https://doi.org/10.1016/j.jaut.2020.102434

[۳] Jafarzadeh Ghoushchi, S., S.R. Bonab, and A.M. Ghiaci, *A decision-making framework for COVID-19 infodemic management strategies evaluation in spherical fuzzy environment.* Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 2023: p. 1-14. https://doi.org/10.1007/s00477-022-02355-3

[٤] Alptekin, N., *Integration of SWOT analysis and TOPSIS method in strategic decision making process.* The Macrotheme Review, 2013. **2**(7): p. 1-8.

[٥] Yaqub, O., et al., *Attitudes to vaccination: a critical review.* Social science & medicine, 2014. **112**: p. 1-11. https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2014.04.018

[٦] Eastwood, K., et al., *Acceptance of pandemic (H1N1) 2009 influenza vaccination by the Australian public.* Medical Journal of Australia, 2010. **192**(1): p. 33-36. https://doi.org/10.5694/j.1326-5377.2010.tb03399.x

[٧] Maurer, J., et al., *Does receipt of seasonal influenza vaccine predict intention to receive novel H1N1 vaccine: evidence from a nationally representative survey of US adults.* Vaccine, 2009. **27**(42): p. 5732-5734. https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2009.07.080

[٨] ebrahimi, s., k. chalaki, and h. sultanpanah, *Multi-criteria decision making for sustainable supplier selection using the hybrid fuzzy-rough approach (Case study: Kurdistan gas company).* Modern Research in Decision Making, 2022. **7**(4): p. 20-49. ٢٠.1001.1.24766291.1401.7.4.2.9. [in Persian]

[٩] Jalali, S., A.A. Anvary Rostamy, and J. Seifoddini, *Identification and Prioritization of Banks' Efficiency Evaluation Indicators Using Factor Analysis and Fuzzy Delphi Method*. Vol. 27. 2023: Tarbiat Modares University. 1-28. [in Persian]

[١٠] Maleki, N., et al., *Evaluating Chinese Automobile Manufacturers to Select Business Partner Using Choquet Integral & Shannon Entropy*. Vol. 27. 2024: Tarbiat Modares University. 1-25. [in Persian]

[١١] Sadeghi Moghadam, M.R., A. Sadeghpoor Firoozabad, and i. ghasemian sahebi, *Evaluation of Barriers to Applying Quality 4.0 in Shahr-e Ketab Institute Using Bayesian Best-Worst Method.* Modern Research in Decision Making, 2023. **8**(3): p. 1-22. [in Persian]

[١٢] Emamat, M.S.M.M., et al., *A hybrid approach of linear goal programming-based best-worst and multi-attribute sorting methods to form a stock portfolio.* Modern Research in Decision Making, 2022. **7**(2): p.٢٥٣-٢١٩ . 20.1001.1.24766291.1401.7.2.9.2. [in Persian]

[١٣] Zare, K., J. Mehri-Tekmeh, and S. Karimi, *A SWOT framework for analyzing the electricity supply chain using an integrated AHP methodology combined with fuzzy-*

TOPSIS. International strategic management review, 2015. **3**(1-2): p. 66-80. https://doi.org/10.1016/j.ism.2015.07.001

[۱٤] Bas ,E., *The integrated framework for analysis of electricity supply chain using an integrated SWOT-fuzzy TOPSIS methodology combined with AHP: The case of Turkey.* International journal of electrical power & energy systems, 2013. **44**(1): p. 897-907. https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2012.08.045

[۱۵] Keršuliene, V., E.K. Zavadskas, and Z. Turskis, *Selection of rational dispute resolution method by applying new step-wise weight assessment ratio analysis (SWARA).* Journal of business economics and management, 2010. **11**(2): p. 243-258. https://doi.org/10.3846/jbem.2010.12

[۱٦] Alinezhad, A. and J. Khalili, *SWARA method*, in *New Methods and Applications in Multiple Attribute Decision Making (MADM)*. 2019, Springer. p. 99-102. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15009-9

[۱۷] Ghoushchi, S.J., et al., *Evaluation of wind turbine failure modes using the developed SWARA-CoCoSo methods based on the spherical fuzzy environment.* IEEE Access, 2022. **10**: p. 86750-86764. DOI: 10.1109/ACCESS.2022.3199359

[۱۸] Ghenai, C., M. Albawab, and M. Bettayeb, *Sustainability indicators for renewable energy systems using multi-criteria decision-making model and extended SWARA/ARAS hybrid method.* Renewable Energy, 2020. **146**: p. 580-597. https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.06.157

[۱۹] Jafarzadeh Ghoushchi, S., et al., *Integrated decision-making approach based on SWARA and GRA methods for the prioritization of failures in solar panel systems under Z-information.* Symmetry, 2020. **12**(2): p. 310. https://doi.org/10.3390/sym12020310

[۲۰] Zolfani, S.H., E.K. Zavadskas, and Z. Turskis, *Design of products with both International and Local perspectives based on Yin-Yang balance theory and SWARA method.* Economic research-Ekonomska istraživanja, 2013. **26**(2): p. 153-166. https://doi.org/10.1080/1331677X.2013.11517613

[۲۱] Ghoushchi, S.J., et al ,*Landfill Site Selection for Medical Waste Using an Integrated SWARA-WASPAS Framework Based on Spherical Fuzzy Set.* Sustainability, 2021. **13**(24): p. 13950. https://doi.org/10.3390/su132413950

[۲۲] Jafarzadeh Ghoushchi, S., et al., *Barriers to circular economy implementation in designing of sustainable medical waste management systems using a new extended decision-making and FMEA models.* Environmental Science and Pollution Research, 2022: p. 1-19. https://doi.org/10.1007/s11356-022-19018-z

[۲۳] Stević, Ž., et al., *Sustainable supplier selection in healthcare industries using a new MCDM method: Measurement of alternatives and ranking according to COmpromise solution (MARCOS).* Computers & Industrial Engineering, 2020. **140**: p. 106231. https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106231

[۲٤] Stević, Ž. and N. Brković, *A novel integrated FUCOM-MARCOS model for evaluation of human resources in a transport company*. Logistics, 2020. **4**(1): p. 4. https://doi.org/10.3390/logistics4010004

[۲٥] Ecer, F., *A consolidated MCDM framework for performance assessment of battery electric vehicles based on ranking strategies.* Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2021. **143**: p. 110916. https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110916

[۲٦] Jafarzadeh Ghoushchi, S., et al., *Road safety assessment and risks prioritization using an integrated SWARA and MARCOS approach under spherical fuzzy environment.* Neural Computing and Applications, 2022: p. 1-19. https://doi.org/10.1007/s00521-022-07929-4

[۲۷] Memarpour Ghiaci, A., H. Garg, and S. Jafarzadeh Ghoushchi, *Improving emergency departments during COVID-19 pandemic: a simulation and MCDM approach with MARCOS methodology in an uncertain environment.* Computational and Applied Mathematics, 2022. **41**(8): p. 1-23. https://doi.org/10.1007/s40314-022-02080-1

[۲۸] Lotfi, Z., *Fuzzy sets.* Information and control, 1965. **8**(3): p. 338-353. https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X

[۲۹] Zadeh, L.A., *A note on Z-numbers.* Information sciences, 2011. **181**(14): p. 2923-2932. https://doi.org/10.1016/j.ins.2011.02.022

[۳۰] Ghoushchi, S.J., S. Yousefi, and M. Khazaeili, *An extended FMEA approach based on the Z-MOORA and fuzzy BWM for prioritization of failures.* Applied Soft Computing, 2019. **81**: p. 105505. https://doi.org/10.1016/j.asoc.2019.105505