

Performance Assessment of Humanitarian Supply Chain using the Gray Approach

(Document Type: Research Paper)

Mohammad Reza Sadeghi Moghadam^{*}

Assistant Professor, Faculty of Management, Tehran University, Tehran, Iran,
rezasadeghi@ut.ac.ir

Hossein Safari

Associate Professor, Faculty of Management, Tehran University, Tehran, Iran,
hsafari@ut.ac.ir

Reza Barani Beyranvand

MA, Faculty of Management, Tehran University, Tehran, Iran,
reza.barani@alumni.ut.ac.ir

Abstract: Iran is a country where the rate of natural disasters is high comparing with other countries. Therefore, humanitarian supply chain management before, during and after disasters is of great importance. Performance assess humanitarian supply chain is one of the important activities in humanitarian supply chain management which specifies the performance and how to improve it.

At the beginning, performance dimensions and indicators of the earthquake supply chain in the country were identified. For this purpose, the output of the master's thesis in Tehran University was used and weights of performance dimensions and indicators by normalization factor loadings were obtained. Then, the selected earthquakes were assessed by gray approach. Two scenarios were used to assess reasonably and appropriately. In the first scenario, Just earthquake information was used, but in the second scenario, after setting the standard in qualitative and quantitative indicators, this information is entered in the calculations in the form of a hypothetical earthquake. Results are based on the second scenario which is more complete than the first one. They are: humanitarian supply chain performances in Dashti and Ahar earthquakes were equal and were better than that in Bashagard.

Keywords: Humanitarian Supply Chain; Performance Assessment; Grey Approach; Scenario.

Introduction: Humanitarian supply chain is a special type of supply chain with unique characteristics which distinguishes it from other market supply chains. Performance of this supply chain has a major role in challenging, controlling, and reducing impacts of disasters (Schulz and Heigh, 2009). Vast losses and casualties in different cities of the world caused by natural disasters have led to extensive applied researches on humanitarian supply chain and rescue logistics management in order to minimize losses encountering a crisis. Among all areas of humanitarian supply chain, performance assessment has a great significance and as matter of fact has been deserted compared to other concepts. Among active organization in humanitarian field, only 45% discussed performance assessment and among them, only 20% are constantly monitoring and also measuring their performance in all activities (Scholten, 2013). Assessing performance of humanitarian supply chain in the past disasters, countries can acquire proper understanding from this supply chain and use

^{*} Corresponding author

information result from this assessment as a feedback to improve supply chain performance in future disasters that inevitably will entangle them. Consequently, this study aims to develop a quantitative approach to assess the performance of humanitarian supply chain in Iran's earthquake disasters.

Materials and Methods: In this paper, we used indicators and performance dimensions of a M.A thesis titled as "assessing performance of humanitarian supply chain through benchmarking from performance assessment models (a case study: some of the last earthquakes in Iran)" carried out in management department of Tehran University (by current authors) in three phases before, during, and after earthquake with 13 performance dimensions and 44 performance indicators. Also we used output (factorial loads) of that study to determine significance and weights of those dimensions and indicators. So that after considering these indicators and dimensions, by normalization, factorial loads of indicators and dimensions are considered as weights and significance. Then, we applied the gray approach and two scenarios to assess performance of three last catastrophic disasters in the country, the first scenario calculates the performance of every earthquake separately, and second one calculates the performance compared to an ideal earthquake which has the best indicators. Pervasive decision making of this approach (Gray approach) is presented in following steps:

- First step: creating decision making matrix
- Second step: normalizing decision making matrix
- Third step: defining reference option
- Fourth step: calculating Minkovsky distance
- Fifth step: calculating gray correspondence coefficient
- Sixth step: calculating gray correspondence score

The reasons to apply Gray approach are uncertainty in qualitative indicators, the ability to simultaneously consider quantitative indicators and uncertain numbers in order to integrate assessment procedure and to achieve a general conclusion. After considering earthquakes happened in the last two decades, with regard to constraint to access information and data of these earthquakes, three earthquakes of Ahar, Heris, and Varzaghan in east Azerbaijan Province (2012), Dashti in Bushehr Province (2013) and BashaGard in Hormozgan Province (2013) were selected because of proportional equivalence of conditions (equal amplitude, number of people influenced, required rescue aids) and availability of data and authorities, to compare these selected earthquakes considering those characteristics.

Results and Discussions: We expected that this study determine the performance of humanitarian supply chain in selected earthquakes in terms of performance dimension, three considered phases, and finally the whole supply chain.

In the first scenario, information of three earthquakes were used in different steps and performance status of three earthquakes was determined based on this information. It can be said that Bashagard earthquake condition is better than the two other earthquakes. Ahar and Dashti earthquakes have small difference. In terms of reaction phase to earthquake, Bashagard earthquake had less performance compared to other two earthquakes. In the phase of after earthquake, magnitude order was Ahar > Bashagard > Dashti; with regard to final results of the first scenario, East Azerbaijan earthquake (0.806) has better conditions than Bushehr earthquake (0.750) and Hormozgan (0.684). Minor differences between these numbers indicate that the performance of three earthquakes was very close and there is no great distinction among them.

A second scenario was considered in order to rationalize the comparison. With regard to results from this scenario, Bashagard earthquake in the phase of before earthquake had better condition and performance of Ahar and Dashti earthquakes were 0.403 and 0.4 respectively, that shows a small difference. In the phase of reaction to earthquake, Dashti, Ahar and Bashagerd earthquakes, respectively, have less distance with standard performance. Performance in the phase of after earthquake for Ahahr, Dashti, and Bashagerd were 0.460, 0.447, and 0.418, respectively. With regard to general results we can conclude that Ahar and Dashti earthquakes with 0.467 show similar

performances and like the previous scenario, Bashagard earthquake (0.437) has the largest distance from standard and has undesirable performance compared to other earthquakes.

Performance scores are remarkable in two scenarios. Performances in the second scenario are less than the first scenario. This is normal, because Gray approach is based on distance from ideal state and in the first state, ideal state is acquired among available earthquakes, but in standard performance scenario, ideal state was defined based on existing standards with larger amounts. Then, normally distance of earthquakes to ideal are larger and lower performances are obtained.

Conclusion: Based on the second scenario which is more complete than first one, performances of humanitarian supply chain in Dashti and Ahar (Heris and Varzaghan) earthquakes are equal and better than that of Bashagard earthquake. In the end, it is noteworthy that this study has provided a framework to assess performance of humanitarian supply chain of the country in earthquakes that did not exist before and it could evaluate three earthquakes as sample earthquakes in the country.

References:

- Schulz, S. F., & Heigh, I. (2009). Logistics performance management in action within a humanitarian organization. *Management Research News*, 32(11), 1038–1049.
- Scholten, K. (2013). Are performance measurement systems sustainable tools ?

مدیریت تولید و عملیات، دوره ۱۰، پیاپی ۱۸، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۸

دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۰۱ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۲/۱۸

صص: ۱۷۵-۱۹۷ (نوع مقاله: پژوهشی)

ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین بشردوستانه با استفاده از رویکرد خاکستری

محمدرضا صادقی مقدم^{۱*}، حسین صفری^۲، رضا بارانی بیرانوند^۳

۱- استادیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، rezasadeghi@ut.ac.ir

۲- دانشیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، hsafari@ut.ac.ir

۳- کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، reza.barani@alumni.ut.ac.ir

چکیده: کشور ایران جزء کشورهای است که نرخ وقوع فجایع طبیعی در آن نسبت به برخی کشورها بیشتر است؛ از این رو مدیریت زنجیره تأمین بشردوستانه در قبل، حین و بعد از حادثه اهمیت زیادی دارد. ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین بشردوستانه یکی از فعالیت‌های مهم در مدیریت این زنجیره است؛ به نحوی که وضعیت عملکرد را مشخص می‌کند و بازخورد مناسبی را برای بهبود عملکرد آن فراهم می‌کند. در مقاله حاضر پس از شناسایی شاخص‌ها و ابعاد عملکردی زنجیره تأمین زلزله‌ای کشور که در پژوهش دیگری انجام شده است، از طریق نرمال‌سازی بارهای عاملی، شاخص‌ها و ابعاد اهمیت آنها مشخص می‌شود. سپس برای ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین بشردوستانه سه زلزله فاجعه‌بار اخیر کشور، از رویکرد خاکستری استفاده می‌شود. برای ارزیابی منطقی و مناسب از دو سناریو در ارزیابی بحث می‌شود. در سناریوی نخست فقط از اطلاعات سه زلزله منتخب استفاده شده است و در سناریوی دوم پس از تعیین استاندارد در تمام شاخص‌ها این اطلاعات به صورت زلزله‌ای فرضی در محاسبات وارد می‌شود. نتایج نیز بر مبنای سناریوی دوم است که سناریوی کامل‌تری نسبت به سناریوی نخست است؛ بدین صورت که عملکرد زنجیره تأمین بشردوستانه در زلزله‌های دشتی و اهر (هریس و ورزقان) برابر و بهتر از زلزله بشاگرد است.

واژه‌های کلیدی: زنجیره تأمین بشردوستانه، ارزیابی عملکرد، رویکرد خاکستری، سناریو

کشور ایران، کشوری است که همه‌ساله فجایع طبیعی گوناگونی همچون زلزله، سیل و خشک‌سالی در آن رخ می‌دهد؛ به‌طوری‌که ایران در رتبه ششم کشورهای در معرض حوادث طبیعی است. در این بین زلزله به دلیل شدت در آثار خرابی و زیادی فراوانی در آمار جان‌باختگان، مصدومان و بی‌خانمان‌ها اهمیت زیادی دارد. کشور ایران به لحاظ قرار گرفتن روی کمربند لرزه‌خیز آلپ-همالیا همه‌ساله پدیده زلزله را با درجات بزرگی متفاوت تجربه می‌کند.

پشت موفقیت هر برنامه کمک و امداد بشردوستانه، فرایندهای لجستیک و زنجیره تأمین قرار دارد. این زنجیره‌های تأمین باید به رویدادهای غیرمنتظره به سرعت پاسخ دهند و برای برآورده کردن نیازهای موقعیت‌های مشخص و مجزا، پیکره‌بندی شوند (الورانتوبا و گری^۱، ۲۰۰۶). زنجیره تأمین بشردوستانه نوع خاصی از زنجیره تأمین با ویژگی‌های منحصر به فرد است که آن را از زنجیره تأمین‌های تجاری متمایز می‌کند. عملکرد این زنجیره تأمین در فاجعه‌ها نقش بسیار مهمی در مواجهه، کنترل و کاهش تأثیرات فاجعه‌ها دارد (شولز و های^۲، ۲۰۰۹). ابعاد وسیع خسارات و تلفات ناشی از بلایای طبیعی در شهرهای گوناگون جهان سبب شده است پژوهش‌های کاربردی گسترده‌ای در زمینه زنجیره تأمین بشردوستانه و مدیریت لجستیک امداد، هنگام مقابله با بحران برای حداقل کردن خسارات ناشی از آن انجام شود. در بین تمام حوزه‌های زنجیره تأمین بشردوستانه، ارزیابی عملکرد اهمیت خاصی دارد و نسبت به دیگر حوزه‌ها کمتر به آن توجه شده است. از بین سازمان‌های فعال در زمینه بشردوستانه تنها ۴۵ درصد به بحث ارزیابی عملکرد پرداخته‌اند و از این بین تنها ۲۰ درصد به‌طور مستمر عملکرد تمام فعالیت‌های خود را ارزیابی می‌کنند (اسکالتن^۳، ۲۰۱۳).

با ارائه سیستم سنجش عملکرد اثربخش، عملیات امدادی بهبود پیدا می‌کند و شفافیت و پاسخگویی در عملیات امدادی افزایش می‌یابد (شولز و های^۲، ۲۰۰۹). کشورها با ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین بشردوستانه خود در فاجعه‌های سپری‌شده، درک مناسبی از این زنجیره تأمین به دست می‌آورند و از اطلاعات حاصل از ارزیابی زنجیره تأمین خود برای بهبود عملکرد زنجیره تأمین‌های فجایع آتی در آینده باز خود به دست می‌آورند.

با استدلال‌های بالا، ایجاد چارچوبی مناسب همراه با ابزاری مناسب برای ارزیابی عملکرد به بهبود عملکرد زنجیره تأمین زلزله کمک می‌کند. همچنین کاستی‌ها و نقاط قوت را نشان می‌دهد تا نقاط قوت در عملیات‌های بعدی تکرار و تقویت شوند و کاستی‌ها نیز جبران شوند؛ در نتیجه، هدف این پژوهش توسعه رویکردی کمی برای ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین بشردوستانه در فجایع زلزله‌ای ایران است.

در این مقاله از شاخص‌ها و ابعاد عملکردی پایان‌نامه‌ای که در مقطع کارشناسی ارشد با نام «ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین بشردوستانه با الگوبرداری از مدل‌های ارزیابی عملکرد (مطالعه موردی: چند زلزله فاجعه‌بار اخیر ایران)»^۴ انجام‌شده در دانشکده مدیریت دانشگاه تهران (متعلق به پژوهشگران، پژوهش حاضر)، استفاده شده است. همچنین از خروجی (بارهای عاملی) آن پژوهش برای تعیین اهمیت و وزن ابعاد و شاخص‌ها استفاده می‌شود؛ بدین گونه که پس از در نظر گرفتن شاخص‌ها و ابعاد عملکردی آن پژوهش، بارهای عاملی ابعاد و شاخص‌ها با نرمال‌سازی برای وزن در نظر گرفته می‌شوند. سپس با استفاده از رویکرد خاکستری و در قالب دو سناریو عملکرد سه زلزله فاجعه‌بار اخیر کشور ارزیابی شده است. علت استفاده از رویکرد خاکستری، عدم قطعیت در شاخص‌های کیفی پژوهش و توانایی این رویکرد در در نظر گرفتن اعداد قطعی شاخص‌های کمی و اعداد غیرقطعی شاخص‌های کیفی در کنار یکدیگر برای منسجم کردن رویه ارزیابی و رسیدن به نتیجه و ارزیابی کلی است.

مرور ادبیات و پیشینه نظری پژوهش

عملکرد زنجیره تأمین: ارککی لایتین^۵ معتقد است عملکرد بر پایه توانایی اهداف سنجش (سازمان، تیم یا کارکنان)، در تأمین برآمدهایی با خصیصه‌های از پیش تعیین شده و مطابق با اهداف مشخص تعریف‌شدنی است (خاوندکار و همکاران، ۱۳۸۸).

براین اساس از جنبه‌های مختلفی به عملکرد توجه می‌شود؛ نخست آنکه عملکرد بر نتایج و برآمدی واقعی از فعالیت‌های حقیقی انجام گرفته، اشاره دارد؛ برای نمونه عملکرد شرکت می‌تواند بر پایه‌های نتایج مالی^۶ ارزیابی قرار گیرد؛ دوم آنکه عملکرد بر نحوه انجام فعالیت‌ها دلالت دارد؛ یعنی اینکه فعالیت چگونه انجام شده است؛ درنهایت عملکرد مقیاسی برای دستیابی به اهداف است.

باتوجه به مطالب بیان‌شده نتیجه می‌شود عملکرد زنجیره تأمین شاخص عملکرد کلی است که به عملکرد تمامی مراحل زنجیره تأمین وابسته است. عملکرد زنجیره تأمین به وسیله قابلیت سودآوری زنجیره تأمین تعریف‌شدنی است و تنها منبع درآمد آن، مشتری است (چوپرا و مانیدل^۷، ۲۰۰۷). برطبق بیان وان در ورست^۸ (۲۰۰۰)، عملکرد زنجیره تأمین میزانی است که زنجیره تأمین خواسته‌های مصرف‌کنندگان (مشتریان) را باتوجه به شاخص‌های عملکرد مربوط در هر مقطع از زمان و مقدار هزینه کل زنجیره تأمین برآورده می‌کند (وان در ورست، ۲۰۰۰).

ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین: مدیریت زنجیره تأمین، یکی از مباحث مهم برای سازمان‌ها است. پژوهشگران زیادی بیان کرده‌اند که رقابت بین سازمان تبدیل به رقابت میان زنجیره‌های تأمین شده است. ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین به دلایل مختلفی مانند وجود مشارکت‌کنندگان متعدد با اهداف متفاوت و به کار بردن اصطلاحات متنوع از عملکرد، مشکل است. با ایجاد مفاهیم استاندارد، ارزیابی و نظارت بر کل زنجیره و یا قسمتی از آن آسان‌تر شده است. ارزیابی عملکرد بر مبنای داده‌های قابل اعتماد یکی از عواملی است که برای استفاده کامل شرکت از ارزش‌های سرمایه‌گذاری‌اش، ضروری قلمداد شده است (لو، وو، رزبرگ و بارنز^۹، ۲۰۰۹). برخلاف اهمیت ارزیابی عملکرد، با گذشت یک‌دهه از مطرح شدن ارزیابی عملکرد در مدیریت زنجیره تأمین و گسترش جریانی از مقالات مربوط به تئوری و عمل در زنجیره تأمین، توجه کافی به موضوع ارزیابی عملکرد در زنجیره تأمین نشده است (چان و چی^{۱۰}، ۲۰۰۳). ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین درک بهتری از زنجیره تأمین ایجاد می‌کند، همچنین بر رفتار عاملین تأثیر مثبت دارد و عملکرد کلی را بهبود می‌دهد (چن و پولراج^{۱۱}، ۲۰۰۴).

زنجیره تأمین بشردوستانه: این زنجیره تأمین نوع خاصی از زنجیره تأمین است که وظیفه‌اش تأمین نیازهای اساسی برای کمک‌رسانی به مجروحین در مکان مناسب و در سریع‌ترین زمان ممکن است. با وجود نقش عمده زنجیره تأمین امدادی در نجات زندگی بشر در زمان‌های بحرانی، توجه بسیار کمی به آن شده است. ویژگی‌های این زنجیره تأمین به شرح زیر است:

- دارای الگوی تقاضای کاملاً نامعلوم است؛
- معمولاً چندین زنجیره تأمین وجود دارند که به صورت موازی فعالیت می‌کنند؛
- زنجیره‌های تأمین دارای عکس‌العمل سریع (زمان تدارکات تقریباً صفر) هستند؛
- کمبود زنجیره تأمین / سیستم‌های لجستیکی موجود در نواحی بحران‌زده؛

- کافی نبودن زیرساخت‌های موجود در نواحی بحران‌زده؛
- بهینه نبودن استراتژی‌های زنجیره تأمین به علت مناسب نبودن جریان اطلاعات؛
- نبود هماهنگی بین شرکای زنجیره تأمین؛
- وجود زنجیره تأمین چندمحصولی تعاونی؛
- مقدمه چینی عملیاتی با ساختار ضعیف و خاص چندمنظوره؛
- سطوح متغیر تکنولوژی موجود.

در زنجیره تأمین بشردوستانه یا امدادی، تقاضاها شامل اقلام و نیروی انسانی و به صورت تصادفی و غیرقابل پیش‌بینی هستند؛ به طوری که پیش از وقوع تقاضا، محل آن تشخیص داده نمی‌شود. در زنجیره تأمین تجاری یکپارچه، مشتریان و سهامداران وجود دارند؛ در حالی که در زنجیره تأمین بشردوستانه اهداکنندگان و ذی‌نفعان وجود دارند. هیچ‌گونه جریان اطلاعاتی بین ذی‌نفعان و سازمان‌ها در این زنجیره وجود ندارد؛ بلکه اهداکنندگان، سازمان‌های بشردوستانه را از نظر مالی و فیزیکی پشتیبانی می‌کنند. در پایان باید گفت این زنجیره از تغییر رویه فشاری به کششی^{۱۲} استفاده می‌کند (توماس^{۱۳}، ۲۰۰۵).

در جدول ۱ و ۲ پژوهش‌های انجام‌شده در حوزه ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین بشردوستانه آورده شده است.

جدول ۱- پژوهش‌های خارجی در زمینه ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین بشردوستانه

پژوهشگر (سال)	موضوع	مدل/ متغیرهای اصلی	جامعه آماری و نمونه	روش گردآوری و تحلیل داده	یافته‌های پژوهش
(عبیدی، دلیو و کلامپ ^{۱۴} ، ۲۰۱۴)	مدیریت عملکرد زنجیره تأمین بشردوستانه	انواع طبقه‌بندی از چارچوب‌ها و شاخص‌های ارزیابی عملکرد بشردوستانه	مجموعه شاخص‌های به کار گرفته شده برای ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین بشردوستانه	بررسی ادبیات موجود در این زمینه با استفاده از روش‌های ساختاریافته	تعیین شکاف‌ها و چالش‌های موجودین شاخص‌های تعریف شده برای ارزیابی عملکرد و ارزیابی عملکرد بشردوستانه
(شیفلینگ و پیسک ^{۱۵} ، ۲۰۱۴)	ارزیابی عملکرد لجستیک بشردوستانه با رویکرد مشتری محوری	نوع ذی‌نفعان در زنجیره تأمین بشردوستانه	مجموعه ذی‌نفعان درگیر در طول زنجیره تأمین بشردوستانه	بررسی ادبیات پژوهش	توسعه چارچوب سنجش عملکرد با محوریت ذی‌نفعان برای زنجیره تأمین بشردوستانه
(عبیدی، دلیو و کلامپ ^{۱۶} ، ۲۰۱۳)	اندازه‌گیری موفقیت در زنجیره تأمین بشردوستانه	فاکتورهای موفقیت زنجیره تأمین بشردوستانه	آژانس‌های کمک‌رسانی بشردوستانه (HAA)	مصاحبه با متخصصان آژانس‌های کمک‌رسانی بشردوستانه	مشخص کردن فاکتورهای خاص ارزیابی موفقیت در زنجیره تأمین بشردوستانه
(اسکالتن، ۲۰۱۳)	سیستم‌های ارزیابی عملکرد بشردوستانه پایدار	انواع مدل‌های ارزیابی عملکرد	مجموعه مدل‌های ارزیابی عملکرد	بررسی ادبیات مربوط به مدل‌های ارزیابی عملکرد	مدل‌های ارزیابی عملکرد مناسب برای ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین و میزان پایداری و سازگاری آنها با این زنجیره تأمین خاص
(رونگیر، گلاسو، لوراس و گورچ ^{۱۷} ، ۲۰۱۰)	ارائه روشی برای تعریف سیستم ارزیابی عملکرد برای کنترل بحران	شاخص‌های عملکرد (PIS)	در ژاپن زلزله یوگایاکارتا	بررسی ادبیات پژوهش	توسعه ارزیابی عملکرد برای پاسخ به بحران و مدیریت آن

جدول ۲- پژوهش‌های داخلی در زمینه ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین بشردوستانه

سال	پژوهشگر	عنوان	یافته‌های پژوهش
۱۳۸۹	علی بزرگی امیری سیده الهه میری محمدسعید جبل عاملی	ارائه چارچوب ارزیابی عملکرد لجستیک امداد در شرایط بحران	مقایسه اندازه‌گیری عملکرد در زنجیره امداد و زنجیره تأمین تجاری و ارائه شاخص‌های عملکرد برای زنجیره امداد و نیز ارائه چارچوب اندازه‌گیری عملکرد برای زنجیره امداد است.
۱۳۹۳	علی ترابی محسن آقابیلگو امیرحسین میثمی	چارچوب اندازه‌گیری عملکرد زنجیره امداد بشردوستانه با رویکرد ترکیب Fuzzy-DEMATEL و ANP	ایجاد چارچوب ارزیابی عملکرد با مشخص کردن شاخص‌های ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین بشردوستانه در چارچوب مدل SCOR و استفاده از رویکرد ترکیبی از دو روش Fuzzy-DEMATEL و ANP

در ادامه، مدل‌های مهم ارائه‌شده در حوزه ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین بشردوستانه به‌طور کامل‌تری بررسی می‌شود.

مدل بیمن و بالیسک^{۱۷} مدل سنجش عملکرد زنجیره امداد بشردوستانه که بیمن و بالیسک (۲۰۰۸) ارائه داده است، با استفاده از چارچوب مدل سه‌بخشی سنجش‌های منبع، سنجش‌های خروجی و سنجش‌های انعطاف‌پذیری توسعه یافته است. آنها در نهایت مجموعه‌ای از سنجش‌های عملکردی را در هر یک از سه دسته شناسایی کردند. این سنجش‌ها در جدول ۳ آمده است (بیمن و بالیسک، ۲۰۱۰).

جدول ۳- سنجش‌های عملکردی مدل بیمن و بالیسک

منبع	خروجی	انعطاف‌پذیری
• هزینه کل (منابع) • هزینه‌های سربار • هزینه کل توزیع (شامل حمل و نقل و هزینه مدیریت کالا) • سرمایه‌گذاری در انبار و ضایعات • هزینه‌های سفارش‌گذاری و راه‌اندازی • هزینه‌های نگهداری موجودی • هزینه عرضه کالا • تعداد کارکنان امدادی به‌ازاء هر نفر دریافت‌کننده کمک • تعداد ساعات خلق ارزش افزوده (ساعات مستقیم صرف‌شده برای توزیع کمک به‌ازاء کل ساعت نیروی انسانی) • هزینه صرف شده به‌ازاء هر نفر دریافت‌کننده کمک • کمک‌های ریالی دریافت‌شده به‌ازاء دوره زمانی مشخص	• کل مقدار عرضه‌های امدادی (تحویل داده‌شده به آسیب‌دیدگان) • کل مقدار عرضه امدادی برای هر نوع کالا • کل مقدار امداد عرضه‌شده برای هر منطقه • کل امداد عرضه‌شده به هر نفر • نرخ دستیابی به هدف تکمیل شد سفارش • احتمال کمبود موجودی • تعداد سفارش‌های برگشتی • تعداد دفعات کمبود موجودی در انبار • متوسط زمان پاسخگویی به تقاضا • حداقل زمان پاسخگویی (حداقل زمان بین زمان وقوع حادثه و زمان رسیدن کالاهای امدادی به منطقه)	• تعداد واحد کالاهایی که سازمان بلافاصله از تأمین‌کننده رده‌اول خود دریافت می‌کند. • حداقل زمان پاسخگویی • ترکیب انواع مختلف عرضه که زنجیره تأمین بتواند در بازه زمانی مشخص تأمین کند.

مدل نقشه مأموریت مرجع: یکی از چارچوب‌های رایج سنجش عملکرد در حوزه سازمان‌های تجاری، کارت امتیازی متوازن^{۱۸} است. این چارچوب شامل چهار دیدگاه مالی، مشتری، داخلی و دیدگاه یادگیری و رشد است. لئو^{۱۹} (۲۰۱۰) نقشه مأموریت مرجع برای مدیریت زنجیره تأمین بشردوستانه را ارائه کرده است. شاخص‌هایی که در هریک از چهار دیدگاه کارت امتیازی متوازن درخصوص زنجیره امداد بشردوستانه در این مدل مطرح است در شکل ۱ آمده است.

نقشه مأموریت مرجع	روابط مشتری			تصویر
	برای خیرین: تضمین فرآیندهای اثربخش و کارا ارائه اطلاعات لازم و بازخورد	برای واسطه‌ها: فراهم کردن خدمات مرتبط در زمان و مکان لازم ارائه اطلاعات و بازخور مناسب	برای قربانیان حادثه: فراهم کردن خدمات مرتبط در زمان و مکان لازم	یک شریک قابل اعتماد و صادق بودن فراهم کردن کمک‌های امدادی مستمر و پایدار
اجزای محصول و خدمات	کیفیت بالا در دسترس بودن مقدار کافی تحویل با سرعت بالا تحویل قابل اعتماد			
مدیریت عملیات	مدیریت خیرین هدف‌گذاری، کسب و بازیابی خیرین ارائه بازخورد به خیرین	مدیریت شریک شراکت با دولت بومی و هدف‌گذاری، کسب و بازیابی سایر شرکا	نوآوری شناسایی، توسعه مدیریت محصولات و خدمات	قانون و اجتماع اطمینان از انطباق با قوانین عجبین شدن اجتماعی، محیطی و فرهنگی
سرمایه انسانی	سرمایه اطلاعاتی توسعه، بهره‌برداری و سرمایه‌گذاری روی تکنولوژی ارتباطات و اطلاعات زنجیره تأمین	سرمایه سازمانی غنی‌سازی رهبری بومی، تسریع کار تیمی به‌طور داخلی و با شرکا		
بودجه‌بندی	مدیریت تأمین مالی تضمین جریان پایدار و به‌هنگام کمک‌های نقدی و غیرنقدی	مدیریت هزینه تضمین استفاده کارا از منابع مالی به‌طور شفاف		

شکل ۱- نقشه مأموریت مرجع برای مدیریت زنجیره تأمین بشردوستانه (دِ لئو، ۲۰۱۰)

مدل سانتارلی و همکاران^{۲۰}: سانتارلی و همکارانش (۲۰۱۳) پنج دسته اصلی زمان پاسخگویی، قابلیت اعتماد/انعطاف‌پذیری، همکاری/استاندارسازی، رضایت ذینفعان و اعطاکنندگان و عملکرد هزینه به‌همراه شاخص‌های کلیدی عملکرد^{۲۱} را برای سنجش عملکرد زنجیره تأمین بشردوستانه ارائه کرده است. این سنجش‌ها در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴- سنجه‌های مدل (سانتارلی و همکاران، ۲۰۱۳)

زمان پاسخگویی	قابلیت اعتماد/انعطاف‌پذیری	همکاری/ استانداردسازی	عملکرد هزینه
- زمان پروژه - متوسط زمان پاسخگویی - قابلیت اعتماد زمان تحویل^{۲۲} - زمان خرید تا تحویل کالا^{۲۳} - وجود انبار سازمان	- انعطاف در حجم - انعطاف ترکیبی - درصد کالاهای از پیش تعبیه شده^{۲۴}	- تعداد کارمندان امدادی - درصد افرادی که در توزیع کمک‌ها درگیرند - مقدار دلار خرج‌شده - تعداد افرادی که به آنها کمک شده است - سطح رضایت	- نسبت هزینه کالاهای به کل هزینه‌های انجام‌شده - هزینه‌های حمل‌ونقل - نسبت هزینه‌های انبارداری به کل هزینه‌های امدادسانی - درصد بازگشت سفارش - درصد کالاهای خریداری‌شده ولی توزیع‌نشده به کل کالاهای خریداری‌شده

پژوهش‌های انجام‌شده در حوزه ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین بشردوستانه محدود است و بیشتر پژوهش‌های موجود به بحث شناسایی مؤلفه‌های عملکردی و به بیان کلیتی در این موضوع تمرکز داشته‌اند و از ارزیابی عملکرد این زنجیره تأمین با دیدی کمی غافل بوده‌اند. بدین ترتیب لازم است ساختار و چارچوبی مناسب تدوین شود تا زمینه ارزیابی این زنجیره در عمل فراهم شود؛ به همین دلیل این پژوهش درصدد است این کمبود را جبران کند. در جدول ۵ مشخص شده است پژوهش‌های گذشته روی کدام محورها تمرکز داشته‌اند و هدف پژوهش حاضر چیست.

جدول ۵- روند پژوهش‌های انجام‌شده در حوزه ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین بشردوستانه

شماره	پژوهشگر	عنوان	هدف	یافته‌ها
۱	شیفلینگ و پیسک	ارزیابی عملکرد لجستیک بشردوستانه با رویکرد مشتری‌محوری	سنجش عملکرد زنجیره تأمین بشردوستانه با محوریت ذی‌نفعان	توسعه چارچوب سنجش عملکرد با محوریت ذی‌نفعان برای زنجیره تأمین بشردوستانه
۲	اسکالتن	سیستم‌های ارزیابی عملکرد بشردوستانه پایدار	تطابق بین مدل‌های ارزیابی عملکرد و زنجیره تأمین بشردوستانه	مدل‌های ارزیابی عملکرد مناسب برای ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین و میزان پایداری و سازگاری آنها با این زنجیره تأمین خاص
۳	رونگیر، گلاسو، لوراس و گورچ	ارائه روشی برای تعریف سیستم ارزیابی عملکرد برای کنترل بحران	ارائه سیستمی برای ارزیابی عملکرد اقدامات پاسخ به بحران	توسعه ارزیابی عملکرد برای پاسخ به بحران و مدیریت آن
۴	علی بزرگی امیری، سیده الهه میری، محمدسعیدجیل عاملی	ارائه چارچوب ارزیابی عملکرد لجستیک امداد در شرایط بحران	شناسایی چارچوب ارزیابی عملکرد لجستیک امداد	مقایسه اندازه‌گیری عملکرد در زنجیره امداد و زنجیره تأمین تجاری، همچنین ارائه شاخص‌های عملکرد برای زنجیره امداد و ارائه چارچوب اندازه‌گیری عملکرد برای زنجیره امداد است.
۵	علی ترابی محسن آقابیکلو امیرحسین میثمی	چارچوب اندازه‌گیری عملکرد زنجیره امداد بشردوستانه با رویکرد ترکیب ANP و Fuzzy-DEMATEL	تدوین چارچوب ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین بشردوستانه در قالب مدل SCOR	ایجاد چارچوب ارزیابی عملکرد با مشخص کردن شاخص‌های ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین بشردوستانه در چارچوب مدل SCOR و استفاده از رویکردی ترکیبی از دو روش Fuzzy-DEMATEL و ANP
۶	محمدرضا صادقی مقدم حسین صفری رضا بارانی بیرانوند	ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین بشردوستانه با استفاده از رویکرد خاکستری	ایجاد و بسط مدلی کمی برای ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین بشردوستانه نوع خاص زلزله‌ای در کشور و استفاده عملی از آن برای ارزیابی عملکرد چند زلزله منتخب	نتایج این پژوهش در این مرحله هنوز مشخص نشده است.

باتوجه به اطلاعات به دست آمده، هنوز پژوهشی انجام نشده است که با این رویکرد عملکرد زنجیره تأمین بشردوستانه و آن هم نوع خاص زلزله‌ای را ارزیابی کند. به طور کلی پژوهش‌های انجام شده در حوزه زنجیره تأمین بشردوستانه نیز بسیار محدود بوده و بیشتر حالت توصیفی داشته است. یکی از نوآوری‌های این پژوهش ارائه چارچوب ارزیابی متناسب با شرایط و ساختار کشور ایران است. نوآوری دیگر این پژوهش ترکیب مدل مفهومی ارائه شده با رویکرد کمی ارزیابی است که به پیاده‌سازی و کاربردی کردن مدل بسط داده شده کمک می‌کند. حوزه زنجیره تأمین بشردوستانه حوزه‌ای تقریباً جدید است و پژوهشگران محدودی در این زمینه پژوهش انجام داده‌اند؛ جستجوهای کتابخانه‌ای در کشور نیز این موضوع را تأیید می‌کند.

روش شناسی

در یک دسته‌بندی کامل، پژوهش‌های علمی براساس هدف پژوهش به سه دسته بنیادی، کاربردی و پژوهش و توسعه تقسیم می‌شوند (سرمد و همکاران، ۱۳۹۳: ۷۹). باتوجه به ماهیت مسئله بررسی شده در این پژوهش، روش این پژوهش به لحاظ هدف، کاربردی است. هدف پژوهش‌های کاربردی توسعه دانش کاربردی در زمینه‌ای خاص است. همان‌طور که گفته شد یکی از اهداف این پژوهش، برخورداری از یافته‌ها برای مشخص کردن وضعیت در زنجیره تأمین بشردوستانه کشور است.

روش‌های پژوهش از نظر نحوه گردآوری داده‌ها به سه دسته توصیفی^{۲۵}، پیش‌بین^{۲۶} و اکتشافی^{۲۷} تقسیم می‌شوند. پژوهش حاضر از نوع توصیفی و تحلیلی هست. روش‌های توصیفی خود به چند دسته تقسیم می‌شوند که بیشتر نویسندگان، سه دسته اصلی برای آن بر شمرده‌اند. این سه دسته عبارتند از: روش مشاهده‌ای^{۲۸}، روش مورد کاوی^{۲۹} یا مطالعه موردی و پیمایشی یا میدانی^{۳۰} (هاشمی، ۱۳۹۲: ۱۱۷). این پژوهش در دسته دوم یعنی مطالعه موردی قرار می‌گیرد.

جامعه آماری این پژوهش شامل مدیران و امدادگران شاغل در سازمان‌های درگیر در زنجیره تأمین بشردوستانه در کشور است؛ مانند جمعیت هلال احمر، سازمان پیشگیری و مدیریت بحران، آژانس‌های کمک‌رسانی، خیرین و سازمان‌های مردم‌نهاد^{۳۱} که در زلزله‌های در حال بررسی حضور داشته‌اند. برای پیدا کردن آنها در سازمان‌های نام‌برده از روش گلوله‌برفی استفاده شده است؛ به این طریق که برای تکمیل فرم‌های ارزیابی عملکرد هر زلزله بعد از مراجعه به هر خبره، خبره بعدی با نظر ایشان و بر مبنای توانایی و تجربه خبره در زلزله‌های منتخب انتخاب می‌شود. نحوه ارزیابی شاخص‌های عملکردی باتوجه به نظر خبرگان و اساتید دانشگاه و اطلاعات کمی موجود درباره زلزله‌ها مشخص شده است (برخی شاخص‌ها کمی و برخی به صورت کیفی). تعداد افرادی که فرم‌های ارزیابی عملکردی (شاخص‌های کیفی) را برای هر زلزله پر کردند حداقل ۴ بودند. آنها فرم‌های ارزیابی را به صورت گروهی با تبادل نظر و رسیدن به توافق پر کرده‌اند. داده‌های مربوط به شاخص‌های کمی نیز از آرشیو اطلاعات زلزله‌های کشور در سازمان امداد و نجات استخراج شده است.

رویکرد خاکستری ارزیابی عملکرد: در حالت کلی فرض کنید $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$ مجموعه گسسته گزینه‌ها $Q = \{Q_1, Q_2, \dots, Q_k, Q_{k+1}, \dots, Q_n\}$ مجموعه n تایی از شاخص‌هایی مستقل باشد؛ این شاخص‌ها شامل k شاخص کیفی و $(n-k)$ شاخص کمی است. به این ترتیب روش تصمیم‌گیری جامع این پژوهش در قالب گام‌های زیر ارائه می‌شود.

گام نخست - تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری

برای ارزیابی هریک از گزینه‌ها از نظر شاخص‌های کمی $(Q_{k+1}, Q_{k+2}, \dots, Q_n)$ از اعداد قطعی استفاده می‌شود که در مجموعه اعداد حقیقی بیان می‌شود و آن را با R_{ij} نمایش می‌دهند. درخصوص شاخص‌های کیفی یا شاخص‌هایی که اندازه‌گیری آنها در شرایط عدم قطعیت مطرح می‌شود از اعداد خاکستری $\otimes G_{ij}$ استفاده شده است. به این ترتیب ماتریس تصمیم‌گیری که هم‌زمان دارای درایه‌های قطعی و خاکستری است با استفاده از رابطه ۱ تشکیل می‌شود.

$$(1) \quad \begin{array}{c} \xleftarrow{\text{شاخص‌های غیرقطعی}} \quad \xleftarrow{\text{شاخص‌های قطعی}} \\ D = \left[\begin{array}{cccc|cccc} \otimes G_{11} & \otimes G_{12} & \dots & \otimes G_{1k} & R_{1,k+1} & R_{1,k+2} & \dots & R_{1n} \\ \otimes G_{21} & \otimes G_{22} & \dots & \otimes G_{2k} & R_{2,k+1} & R_{2,k+2} & \dots & R_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \otimes G_{m1} & \otimes G_{m2} & \dots & \otimes G_{mk} & R_{m,k+1} & R_{m,k+2} & \dots & R_{mn} \end{array} \right] \begin{array}{c} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{array} \end{array}$$

گام دوم - نرمال‌سازی ماتریس تصمیم‌گیری

باتوجه به یکسان نبودن جنس و ماهیت شاخص‌ها پس از تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری، باید نسبت به بی‌بعدسازی آنها اقدام شود تا امکان ارزیابی و مقایسه از منظر همه شاخص‌ها فراهم شود. ارائه روشی جامع مستلزم ارائه روابطی است که بتواند مقادیر ماتریس را با در نظر گرفتن انواع مختلف شاخص‌های مربوطه اعم از مثبت و منفی، بهینه، کمی و کیفی بی‌بعد کند؛ به این منظور با استفاده از روابط مندرج در جدول ۶، ماتریس تصمیم‌گیری نرمال‌شده با استفاده از رابطه ۲ محاسبه می‌شود. در جدول ۶، رابطه ۲ از مقاله کو، یانگ و هوانگ^{۳۲} (۲۰۰۸)، روابط ۳ و ۵ از کتاب تی زنگ و هوانگ^{۳۳} (۲۰۱۱) و روابط ۴ و ۶ از مقاله لی، یاماگوچی و ناگای^{۳۴} (۲۰۰۷) و استخراج شده‌اند.

$$(2) \quad D = \left[\begin{array}{cccc|cccc} \otimes G_{11}^* & \otimes G_{12}^* & \dots & \otimes G_{1k}^* & R_{1,k+1}^* & R_{1,k+2}^* & \dots & R_{1n}^* \\ \otimes G_{21}^* & \otimes G_{22}^* & \dots & \otimes G_{2k}^* & R_{2,k+1}^* & R_{2,k+2}^* & \dots & R_{2n}^* \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \otimes G_{m1}^* & \otimes G_{m2}^* & \dots & \otimes G_{mk}^* & R_{m,k+1}^* & R_{m,k+2}^* & \dots & R_{mn}^* \end{array} \right]$$

جدول ۶- فرمول‌های نرمال‌سازی

شاخص مثبت	کمی	$R_{ij}^* = \frac{R_{ij}}{R_j^{\max}}, R_j^{\max} = \max_{1 \leq i \leq m} \{R_{ij}\}, k+1 \leq j \leq n$	(۳)
	کیفی	$\otimes G_{ij}^* = \left[\frac{\underline{G}_{ij}}{G_j^{\max}}, \frac{\bar{G}_{ij}}{G_j^{\max}} \right], G_j^{\max} = \max_{1 \leq i \leq m} \{\bar{G}_{ij}\}, j = 1, 2, \dots, k$	(۴)
شاخص منفی	کمی	$R_{ij}^* = \frac{R_j^{\min}}{R_{ij}}, R_j^{\min} = \min_{1 \leq i \leq m} \{R_{ij}\}, k+1 \leq j \leq n$	(۵)
	کیفی	$\otimes G_{ij}^* = \left[\frac{G_j^{\min}}{\bar{G}_{ij}}, \frac{G_j^{\min}}{\underline{G}_{ij}} \right], G_j^{\min} = \min_{1 \leq i \leq m} \{\underline{G}_{ij}\}, j = 1, 2, \dots, k$	(۶)

در جدول ۶ $\underline{G}_{ij}$ حد پایین اعداد خاکستری و $\bar{G}_{ij}$ حد بالا اعداد خاکستری است. $(\otimes G_{ij} = [\underline{G}_{ij}, \bar{G}_{ij}])$

گام سوم- تعریف گزینه مرجع

دنباله مرجع که درحقیقت گزینه ایدئال مفروض است با استفاده از رابطه ۷ تعریف می‌شود (گل محمدی و ملت‌پرست^{۳۵}، ۲۰۱۲) تا مبنایی برای ارزیابی و مقایسه دنباله متناظر با هریک از گزینه‌ها فراهم شود.

$$A_0 = \{[\max_{1 \leq i \leq m} G_{i1}^*, \max_{1 \leq i \leq m} \bar{G}_{i1}^*], \dots, [\max_{1 \leq i \leq m} G_{ik}^*, \max_{1 \leq i \leq m} \bar{G}_{ik}^*], \max_{1 \leq i \leq m} R_{i,k+1}^*, \dots, \max_{1 \leq i \leq m} R_{in}^*\} \quad (۷)$$

گام چهارم- محاسبه فاصله مینکفسکی

فاصله مینکفسکی^{۳۶} بین دو عدد $\otimes G_1$ و $\otimes G_2$ به صورت رابطه ۸ تعریف می‌شود (مالیج، دنگ، لیو و مای^{۳۷}، ۲۰۰۶).

$$D_{G_1 G_2} = \frac{1}{\sqrt[p]{2}} [(\underline{G}_1 - \underline{G}_2)^p + (\bar{G}_1 - \bar{G}_2)^p]^{\frac{1}{p}} \quad (۸)$$

با استفاده از رابطه مینکفسکی در صورتی که $\otimes G_1$ و $\otimes G_2$ دو عدد قطعی عضو مجموعه اعداد حقیقی باشند (یعنی $\underline{G}_1 = \bar{G}_1$ و $\underline{G}_2 = \bar{G}_2$) رابطه ۹ برقرار است.

$$D_{G_1 G_2} = \frac{1}{\sqrt[p]{2}} [2(\underline{G}_1 - \underline{G}_2)^p]^{\frac{1}{p}} = \left(\frac{1}{\sqrt[p]{2}}\right)(2^{\frac{1}{p}})[(\underline{G}_1 - \underline{G}_2)^p]^{\frac{1}{p}} = \left(\frac{\sqrt[p]{2}}{\sqrt[p]{2}}\right)|\underline{G}_1 - \underline{G}_2| = |\underline{G}_1 - \underline{G}_2| \quad (۹)$$

گام پنجم - محاسبه ضریب رابطه‌ای خاکستری

ضریب نسبی خاکستری^{۳۸} که با $\xi_{oi(j)}$ نمایش داده می‌شود بین گزینه A_i و گزینه مرجع با در نظر گرفتن معیار λ_m با استفاده از رابطه ۱۰ محاسبه می‌شود (کو و همکاران^{۳۹}، ۲۰۰۸).

$$\xi_{oi(j)} = \frac{\min_i \min_j \{d_{oi(j)}\} + \rho \max_i \max_j \{d_{oi(j)}\}}{d_{oi(j)} + \rho \max_i \max_j \{d_{oi(j)}\}} \quad 1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n \quad (10)$$

در این رابطه عبارت $d_{oi(j)}$ فاصله یا اختلاف بین گزینه A_i و گزینه مرجع با در نظر گرفتن معیار λ_m است که در این مقاله از تعریف فاصله مینکفسکی روابط ۸ و ۹ محاسبه می‌شود. $\rho \in [0, 1]$ ضریب تفکیک است که معمولاً ۰/۵ در نظر گرفته می‌شود (چانگ و لین^{۴۰}، ۱۹۹۹؛ لین، لو و لویس^{۴۱}، ۲۰۰۷؛ لی و همکاران^{۴۲}، ۲۰۰۷).

گام ششم - محاسبه امتیاز رابطه‌ای خاکستری

امتیاز رابطه‌ای خاکستری بین گزینه A_i و مرجع از رابطه ۱۱ به دست می‌آید.

$$\gamma_{oi} = \sum_{j=1}^n w_j * \xi_{oi(j)} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (11)$$

در این رابطه، w_j وزن معیارها است؛ به گونه‌ای که $w_j > 0$ $\sum_{j=1}^n w_j = 1$

امتیاز رابطه خاکستری در حقیقت بیان‌کننده تشابه میان هریک از گزینه‌ها با گزینه مرجع (ایدئال) است (فونگ^{۴۳}، ۲۰۰۳). بدیهی است هرچقدر امتیاز رابطه‌ای خاکستری محاسبه‌شده برای گزینه λ_m مقدار بیشتری داشته باشد آن گزینه مطلوب‌تر است.

تحلیل داده‌ها

پژوهشگران پژوهش حاضر در پایان‌نامه عنوان‌شده ابتدا شاخص‌ها و ابعاد عملکردی زنجیره تأمین بشردوستانه خاص کشور ایران را با توجه به ادبیات پژوهش، نظر خبرگان و اساتید دانشگاه استخراج کرده‌اند. سپس روابط بین آنها در قالب چارچوبی مشخص فرض شده است و در ادامه با استفاده از تحلیل عاملی تأییدی چارچوب و مدل مفهومی این پژوهش برآزش شده است. بارهای عاملی، پارامتری است که در راستی اجرای تحلیل عاملی تأییدی و برآزش مدل مفهومی در این پایان‌نامه به دست آمده است. در این مقاله از شاخص‌ها و ابعاد عملکردی تأییدشده این پایان‌نامه استفاده شده است و بارهای عاملی به دست آمده را با نرمال‌سازی به وزن این ابعاد و شاخص‌ها تبدیل کرده است تا در ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین بشردوستانه استفاده شود. در جدول ۷ این ابعاد و شاخص‌های عملکردی همراه با بارهای عاملی، همچنین محاسبه اهمیت آنها آورده شده است و برای سهولت در انجام سایر محاسبات کدگذاری شده‌اند.

جدول ۷- ابعاد و شاخص‌های عملکردی به همراه درجه اهمیت

فاز	ابعاد (شماره بُعد)	شاخص	بارهای عاملی	وزن
آموزش و توانمندسازی	آموزش (۱)	آموزش در خانواده‌ها و مدارس (۱)	۰/۹۹۷	۰/۵۹۷
		برگزاری دوره‌های آموزشی پاسخگویی و واکنش به زلزله (۲)	۰/۶۷۶	۰/۴۰۳
	ذخیره‌سازی تدارکات و کمک‌های اولیه (۲)	ذخیره‌سازی پوشاک، لوازم بهداشتی و پزشکی (۱)	۰/۸۸۹	۰/۳۴۴
		ذخیره‌سازی مواد خوراکی (۲)	۰/۷۸۵	۰/۳۰۴
		ذخیره‌سازی آب سالم (۳)	۰/۹۰۹	۰/۳۵۲
	همه‌انگهی (۳)	مشارکت و ارتباط بین سازمان‌ها و نهادهای درگیر در فاجعه زلزله (۱)	۰/۷۸۶	۰/۴۴۵
		برنامه‌ریزی و تخصیص وظایف در بین سازمان‌ها و نهادهای مشارکت‌کننده در زلزله (۲)	۰/۹۸۲	۰/۵۵۵
	مقاوم‌سازی (۴)	مقاوم‌سازی تأسیسات شهری و پایانه‌های حمل‌ونقل، پل‌ها، تونل‌ها و خطوط ریلی (۱)	۰/۸۳۶	۰/۳۱۹
		مقاوم‌سازی نیروگاه‌ها، پالایشگاه‌ها و خطوط انتقال برق، نفت، گاز و شریان‌های آب و فاضلاب (۲)	۰/۷۹۹	۰/۳۰۵
		مقاوم‌سازی ساختمان‌های مسکونی، اداری، آموزشی و درمانی (۳)	۰/۹۸۶	۰/۳۷۶
	انجام اقدامات فضایی - کالبدی (۵)	داشتن رتبه‌بندی از آسیب‌پذیری در برابر زلزله برای هر منطقه بر مبنای ارزیابی اثر مکان (۱)	۰/۸۲۶	۰/۲۶۵
		برنامه‌ریزی فضایی به وسیله ابزارهای GIS و GI برای فراهم کردن تصمیم‌گیری با کیفیت زیاد (۲)	۰/۶۲۲	۰/۲۰۰
		تعبیه فضاهای باز مناسب در نقاط مختلف شهر و تنظیم مکان استقرار قرارگاه مرکزی مدیریت بحران (۳)	۰/۸۱۷	۰/۲۶۲
		تهیه نقاط ایمن در شهر (یا حومه) و تعبیه شبکه ارتباطی سریع برای دسترسی به آنها در مواقع خطر (۴)	۰/۸۵۱	۰/۲۷۳
تخلیه و پناه‌دادن	تخلیه با پناه‌دادن (۶)	اسکان اضطراری (۱)	۰/۸۱۸	۰/۳۴۷
		جستجو و نجات مفقودین (۲)	۰/۷۸۳	۰/۳۳۲
		آواربرداری مسیرهای امدادرسانی و جمع‌آوری و انتقال قربانیان (۳)	۰/۷۵۳	۰/۳۱۹
تأمین و خدمات	تهیه آب، غذا و خدمات پزشکی (۷)	تهیه آب آشامیدنی با کیفیت و کافی (۱)	۰/۸۱۱	۰/۲۱۱
		تهیه غذا با کیفیت و کافی (۲)	۰/۷۰۵	۰/۱۸۳
		تهیه ملزومات پزشکی (۳)	۰/۸۳۴	۰/۲۱۷
		درمان جراحات و آسیب‌دیدگی‌ها (۴)	۰/۶۹۲	۰/۱۸۰
		خدمات روان‌پزشکی (۵)	۰/۷۹۳	۰/۲۰۶
	لجستیک و امداد (۸)	رسیدن کمک امدادی در حداقل زمان ممکن (۱)	۰/۹۱۱	۰/۲۷۰
		توان زیاد سازمان در تغییر حجم محموله‌های امدادی باتوجه به اندازه زلزله (۲)	۰/۴۵۷	۰/۱۳۷
		استفاده از فناوری‌های مدرن لجستیک و امداد (ست‌نجات، روبات، سگ‌های نجات و...) (۳)	۰/۵۱۶	۰/۱۵۴
		امنیت کمک‌های امداد در مدت حمل و توزیع در محل فاجعه زلزله (۴)	۰/۷۳۱	۰/۲۱۹
		مدیریت کمک‌های نقدی و غیرنقدی و توزیع عادلانه آنها متناسب با گروه هدف (۵)	۰/۷۱۸	۰/۲۱۵

ادامه جدول ۷- ابعاد و شاخص‌های عملکردی به همراه درجه اهمیت

فاز	ابعاد (شماره بُعد)	شاخص	بارهای عاملی	وزن
پیش از زلزله	بهبود نظام مدیریت اطلاعات و ارتباطات زلزله (۹)	وجود سیستم فرماندهی حادثه و مدیریت بحران برای توانمندی عملیات‌های نجات و تسریع کمک به آسیب‌دیدگان (۱)	۰/۸۴۹	۰/۲۶۳
		تخصیص بهینه نیروهای نجات برای گسترش توان امداد رسانی (۲)	۰/۶۴۷	۰/۲۰۱
		بهبود پاسخ اضطراری با ابزارهای GIS در صورت وجود و در دسترس بودن سناریوهای پاسخ اضطراری (۳)	۰/۴۳۳	۰/۱۳۴
		اعلام اخبار کافی و درست به مردم و تلاش برای مدیریت احساسات مردم (۴)	۰/۷۱۹	۰/۲۲۳
		اطلاع‌رسانی به اشخاص و سازمان‌های ذی‌ربط (۵)	۰/۵۷۰	۰/۱۷۷
	ارزیابی و پایش (۱۰)	ارزیابی شدت زلزله برای انجام پیش‌بینی‌های دقیق برای پاسخگویی مناسب (۱)	۰/۸۲۸	۰/۴۸۴
		ارزیابی و پایش مستمر برای بهبود مستمر در فرآیندها و اقدامات مختلف (۲)	۰/۸۸۲	۰/۵۱۵
	بازسازی و تعمیر ساختمان‌ها و زیرساخت‌ها (۱۱)	آواربرداری ساختمان‌های تخریب‌شده و معابر (۱)	۰/۷۸۳	۰/۲۱۰
		طراحی مناسب و مقاوم در برابر زلزله و استفاده از مصالح با کیفیت (۲)	۰/۹۳۱	۰/۲۵۰
		تعمیر و بازسازی ساختمان مسکونی و منازل آسیب‌دیده با همکاری و هماهنگی صاحبان آنها (۳)	۰/۷۲۳	۰/۱۹۴
		تعمیر و بازسازی زیرساخت‌های حیاتی مثل آب، برق، گاز و فاضلاب (۴)	۰/۷۰۷	۰/۱۹۰
		تعمیر زیرساخت‌های پشتیبانی، ارتباطی و اجتماعی (ایستگاه‌های آتش‌نشانی، انواع راه‌های جاده‌ای و ریلی، خطوط مخابراتی، مراکز بهداشت، مراکز انتظامی، مدارس و...) (۵)	۰/۵۷۵	۰/۱۵۴
بعد از زلزله	رسیدگی به امور بازماندگان (۱۲)	مدیریت روحی و روانی جامعه پس از زلزله به دلیل تأثیر آن روی سایر بخش‌های اجتماع (۱)	۰/۸۹۵	۰/۳۳۶
		کمک به بازماندگان برای ایجاد مشاغل و شروع دوباره کسب‌وکارها (۲)	۰/۸۷۴	۰/۳۲۸
		احیا دوباره شرایط اقتصادی و ارتقا سطح زندگی مردم (۳)	۰/۸۹۲	۰/۳۳۵
	هزینه (۱۳)	هزینه کل منابع مصرف‌شده در زلزله (۱)	۰/۹۵۶	۰/۵۱۲
		هزینه کل خسارات جبران‌شده (۲)	۰/۹۱۱	۰/۴۸۷

در جدول ۷ اطلاعات مربوط به شاخص‌ها آورده شده است. در ادامه نیز در جدول ۸ اطلاعات مربوط به ابعاد عملکردی نشان داده شده است که همان بارهای عاملی آنها است.

جدول ۸- بارهای عاملی ابعاد عملکردی

فاز	بعد	بار عاملی	وزن
قبل از زلزله	۱	۰/۸۸۱	۰/۲۲۲
	۲	۰/۷۷۵	۰/۱۹۶
	۳	۰/۷۵۱	۰/۱۸۹
	۴	۰/۷۷۳	۰/۱۹۵
	۵	۰/۷۷۳	۰/۱۹۵
پاسخ به زلزله	۶	۰/۴۹۸	۰/۱۵۴
	۷	۰/۹۵۴	۰/۲۹۵
	۸	۰/۵۸۲	۰/۱۸۰
	۹	۰/۶۸۲	۰/۲۱۰
	۱۰	۰/۵۱۷	۰/۱۵۹
بعد از زلزله	۱۱	۰/۹۲۴	۰/۳۹۱
	۱۲	۰/۹۲۳	۰/۳۹۱
	۱۳	۰/۵۱۱	۰/۲۱۶

ارزیابی عملکرد زلزله‌های منتخب: پس از بررسی زلزله‌های اتفاق افتاده در دو دهه اخیر باتوجه به محدودیت دسترسی به اطلاعات و داده‌های زلزله‌ها، سه زلزله اهر، هریس و ورزقان در استان‌های آذربایجان شرقی (۱۳۹۱)، دشتی در استان بوشهر (۱۳۹۲) و بشاگرد استان هرمزگان (۱۳۹۲) به دلیل برابری نسبی در شرایط آنها (برابری تقریبی در بزرگی زلزله، تعداد افراد متأثر از زلزله، حجم کمک‌های امدادی لازم...) و همچنین امکان دسترسی به داده‌های آنها و افراد مسئول در این زلزله‌ها انتخاب شدند تا با وجود ویژگی‌های ذکر شده بین زلزله‌های منتخب مقایسه انجام شود؛ زیرا در غیر این صورت انجام مقایسه بین زلزله‌های با شرایط متفاوت از جمله بزرگی زلزله، حجم فاجعه، تعداد کشته‌شدگان، مصدومان و تعداد آسیب‌دیدگان، کار معقولی به نظر نمی‌رسد.

برای ارزیابی سه زلزله انتخاب شده، شاخص‌ها بررسی و در قالب دو گروه کمی و کیفی دسته‌بندی شده‌اند. برای این منظور بعد از چندبار مراجعه به خبرگان و سازمان‌های متولی در این زنجیره و اطلاع از میزان و نوع اطلاعات موجود درباره زلزله‌ها، با همکاری اساتید و خبرگان تعدادی از شاخص‌ها در قالب مقادیر کمی و برخی دیگر به صورت کیفی در نظر گرفته شده است. در ادامه داده‌های مربوط به شاخص‌های کمی جمع‌آوری و نسبت‌ها محاسبه شده است. برای شاخص‌های کیفی با در نظر گرفتن اعداد خاکستری فرمی تنظیم و بین خبرگانی توزیع شد که زلزله‌های مدنظر را تجربه کرده بودند و مسئولیتی را در جریان آن زلزله بر عهده داشتند. برای کسب نظرهای خبرگان در فرم‌های مربوطه از طیف ۷ تایی و تبدیل این نظرها با اعداد خاکستری مطابق جدول ۹ استفاده شد. تمام شاخص‌های کیفی جنبه مثبت داشتند. نحوه محاسبه شاخص‌های کمی مطابق جدول ۱۰ است. هزینه‌های جدول ۱۰ بر حسب تومان هستند.

جدول ۹- اعداد خاکستری طیف لیکرت

مقیاس		خیلی ضعیف		ضعیف		تقریباً ضعیف		متوسط		تقریباً خوب		خوب		خیلی خوب	
		۱		۲		۳		۴		۵		۶		۷	
		VP		P		MP		F		MG		G		VG	
		۱	۰	۱	۳	۳	۴	۴	۶	۶	۷	۷	۹	۹	۱۰

جدول ۱۰- نحوه محاسبه شاخص‌های کمی

شاخص (تعدد- شاخص)	نحوه محاسبه نسبت
۱-۶	جمعیت منطقه تقسیم بر تعداد چادر توزیع شده (تعداد افرادی که به آنها یک چادر داده شده - شاخص منفی)
۲-۶	تعداد نجات‌یافتگان تقسیم بر تعداد کل مفقودین (شاخص مثبت)
۳-۶	تعداد نجات‌یافتگان تقسیم بر امدادگر (تعداد افرادی که یک امدادگر به آنها رسیدگی کرده است - شاخص منفی)
۱-۷	حجم آب توزیع شده تقسیم بر جمعیت منطقه (مقدار آب توزیع شده به هر نفر - شاخص مثبت)
۲-۷	حجم کالری (۱۵۰۰ ضرب در تعداد بسته‌های غذایی توزیع شده) توزیع شده تقسیم بر تعداد افراد آسیب‌دیده (مقدار کالری دریافتی هر نفر - شاخص مثبت)
۵-۷	افراد آسیب‌دیده تقسیم بر تعداد افراد مشاوره‌دیده (شاخص مثبت)
۱-۸	فاصله زمانی بین وقوع حادثه تا رسیدن نخستین گروه امدادی (شاخص منفی)
۱-۱۱	تعداد منازل بالای ۳۰ درصد تخریب شده تقسیم بر کل منازل تخریب شده (با این فرض که خانه با تخریب بالای ۳۰ درصد نیاز به آواربرداری دارند - شاخص مثبت)
۱-۱۳	هزینه کل منابع مصرفی تقسیم بر تعداد افراد آسیب‌دیده (هزینه منابع مصرفی برای هر نفر - شاخص مثبت)
۲-۱۳	هزینه کل خسارات جبران‌شده تقسیم بر تعداد خانه‌های خسارت‌دیده (میزان هزینه جبران‌شده برای هر باب خانه - شاخص مثبت)

ایدهال		زلزله بشاگرد		زلزله اهر		زلزله دشتی		شاخص	بُعد
۱/۰۰۰	۰/۳۳۳	۱/۰۰۰	۰/۳۳۳	۰/۳۳۳	۰/۰۰۰	۰/۳۳۳	۰/۰۰۰	۱-۱	آموزش
۱/۰۰۰	۰/۳۳۳	۱/۰۰۰	۰/۳۳۳	۱/۰۰۰	۰/۳۳۳	۰/۳۳۳	۰/۰۰۰	۲-۱	
۱/۰۰۰	۰/۳۳۳	۱/۰۰۰	۰/۳۳۳	۱/۰۰۰	۰/۳۳۳	۱/۰۰۰	۰/۳۳۳	۱-۲	ذخیره‌سازی تدارکات و کمک‌های اولیه
۱/۰۰۰	۰/۳۳۳	۱/۰۰۰	۰/۳۳۳	۱/۰۰۰	۰/۳۳۳	۰/۳۳۳	۰/۰۰۰	۲-۲	
۱/۰۰۰	۰/۳۳۳	۱/۰۰۰	۰/۳۳۳	۱/۰۰۰	۰/۳۳۳	۰/۳۳۳	۰/۰۰۰	۳-۲	
۱/۰۰۰	۰/۶۶۷	۱/۰۰۰	۰/۶۶۷	۱/۰۰۰	۰/۶۶۷	۱/۰۰۰	۰/۶۶۷	۱-۳	هماهنگی
۱/۰۰۰	۰/۶۶۷	۱/۰۰۰	۰/۶۶۷	۰/۶۶۷	۰/۵۰۰	۱/۰۰۰	۰/۶۶۷	۲-۳	
۱/۰۰۰	۰/۷۵۰	۱/۰۰۰	۰/۷۵۰	۰/۲۵۰	۰/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۷۵۰	۱-۴	مقاوم‌سازی
۱/۰۰۰	۰/۸۵۷	۱/۰۰۰	۰/۸۵۷	۱/۰۰۰	۰/۸۵۷	۱/۰۰۰	۰/۸۵۷	۲-۴	
۱/۰۰۰	۰/۸۵۷	۱/۰۰۰	۰/۸۵۷	۱/۰۰۰	۰/۸۵۷	۰/۸۵۷	۰/۵۷۱	۳-۴	
۱/۰۰۰	۰/۶۶۷	۰/۱۶۷	۰/۰۰۰	۰/۵۰۰	۰/۱۶۷	۱/۰۰۰	۰/۶۶۷	۱-۵	انجام اقدامات فضای- کالبدی
۱/۰۰۰	۰/۳۳۳	۱/۰۰۰	۰/۳۳۳	۱/۰۰۰	۰/۳۳۳	۱/۰۰۰	۰/۳۳۳	۲-۵	
۱/۰۰۰	۰/۷۵۰	۱/۰۰۰	۰/۷۵۰	۱/۰۰۰	۰/۷۵۰	۱/۰۰۰	۰/۷۵۰	۳-۵	
۱/۰۰۰	۰/۷۵۰	۰/۷۵۰	۰/۲۵۰	۱/۰۰۰	۰/۷۵۰	۱/۰۰۰	۰/۷۵۰	۴-۵	

مرحله سوم: محاسبه فاصله مینکفسکی: در این مرحله فاصله مینکفسکی هر زلزله در هر شاخص نسبت به حالت ایدئال در آن شاخص با استفاده از فرمول های ۸ و ۹ محاسبه می شود. جدول ۱۳ فواصل مینکفسکی را برای فاز قبل از زلزله نشان می دهد.

جدول ۱۳- فواصل مینکفسکی برای شاخص های فاز قبل از زلزله

بُعد	شاخص	زلزله دشتی	زلزله اهر	زلزله بشاگرد
آموزش	۱-۱	۰/۵۲۷	۰/۵۲۷	۰/۰۰۰
	۲-۱	۰/۵۲۷	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
ذخیره سازی تدارکات و کمک های اولیه	۱-۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	۲-۲	۰/۵۲۷	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	۳-۲	۰/۵۲۷	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
هماهنگی	۱-۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	۲-۳	۰/۰۰۰	۰/۲۶۴	۰/۰۰۰
مقاوم سازی	۱-۴	۰/۰۰۰	۰/۷۵۰	۰/۰۰۰
	۲-۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	۳-۴	۰/۲۲۶	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
انجام اقدامات فضای-کالبدی	۱-۵	۰/۰۰۰	۰/۵۰۰	۰/۷۵۵
	۲-۵	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	۳-۵	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	۴-۵	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۳۹۵

مرحله چهارم: محاسبه ضریب خاکستری: در مرحله چهارم برای تک تک زلزله ها در تمام شاخص ها باتوجه به فرمول ۱۰ و با در نظر گرفتن فواصل مینکفسکی محاسبه شده در مرحله قبل ضریب خاکستری به دست می آید. جدول ۱۴ ضریب خاکستری را برای فاز قبل از زلزله نشان می دهد. در هر جدول وزن شاخص که از طریق نرمال سازی بارهای عاملی شاخص های هر بُعد به دست آمده است، در مقابل هر شاخص مشاهده می شود.

جدول ۱۴- ضرایب خاکستری شاخص های فاز قبل از زلزله

بُعد	شاخص	وزن شاخص	زلزله دشتی	زلزله اهر	زلزله بشاگرد
آموزش	۱-۱	۰/۵۹۷	۰/۳۳۳	۰/۳۳۳	۱/۰۰۰
	۲-۱	۰/۴۰۳	۰/۳۳۳	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
ذخیره سازی تدارکات و کمک های اولیه	۱-۲	۰/۳۴۴	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
	۲-۲	۰/۳۰۴	۰/۳۳۳	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
	۳-۲	۰/۳۵۲	۰/۳۳۳	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
هماهنگی	۱-۳	۰/۴۴۵	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
	۲-۳	۰/۵۵۵	۱/۰۰۰	۰/۳۳۳	۱/۰۰۰
مقاوم سازی	۱-۴	۰/۳۱۹	۱/۰۰۰	۰/۳۳۳	۱/۰۰۰
	۲-۴	۰/۳۰۵	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
	۳-۴	۰/۳۷۶	۰/۶۲۴	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
انجام اقدامات فضای-کالبدی	۱-۵	۰/۲۶۵	۱/۰۰۰	۰/۴۳۰	۰/۳۳۳
	۲-۵	۰/۲۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
	۳-۵	۰/۲۶۲	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
	۴-۵	۰/۲۷۳	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۴۸۸

مرحله پنجم: تعیین وضعیت عملکرد ابعاد: در این مرحله عملکرد زلزله در هر بُعد با ضرب ضرایب خاکستری شاخص‌های آن بُعد در وزن‌های آنها مشخص می‌شود. بدین منظور اعداد ستون وزن شاخص‌ها در جداول مرحله قبل در ضریب خاکستری آنها ضرب و حاصل جمع می‌شود تا نمره عملکرد زلزله در آن بُعد به دست آید. نتیجه کلی برای تمام ابعاد در سه فاز قبل، حین و بعد آورده شده است (جدول ۱۵). در هر بُعد زلزله‌ای که نمره آن به یک نزدیک‌تر باشد عملکرد بهتری دارد؛ یعنی به حالت ایدئال نزدیک‌تر بوده است. بدین ترتیب زلزله‌ها در هر بُعد رتبه‌بندی می‌شود. این عملیات در دو جدول پیاپی برای هر فاز آورده شده است؛ البته در کنار هر بُعد وزن‌های آنها قرار داده شده است. این وزن‌ها از نرمال‌سازی بارهای عاملی آنها در جدول شماره ۸ آمده است.

جدول ۱۵- عملکرد زنجیره تأمین زلزله‌ها در ابعاد عملکردی

بُعد	وزن بعد	زلزله دشتی	زلزله اهر	زلزله بشاگرد
۱	۰/۲۲۳	۱/۰۰۰	۰/۶۰۲	۰/۳۳۳
۲	۰/۱۹۶	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۵۶۳
۳	۰/۱۹۰	۱/۰۰۰	۰/۶۳۰	۱/۰۰۰
۴	۰/۱۹۶	۱/۰۰۰	۰/۷۸۷	۰/۸۵۹
۵	۰/۱۹۶	۰/۶۸۴	۰/۸۴۹	۱/۰۰۰
۶	۰/۵۹۸	۰/۷۰۲	۰/۸۰۹	۰/۱۵۴
۷	۰/۵۵۵	۰/۸۳۷	۰/۸۰۹	۰/۲۹۵
۸	۰/۵۸۱	۱/۰۰۰	۰/۷۱۵	۰/۱۸۰
۹	۰/۶۳۴	۰/۹۱۰	۰/۶۸۹	۰/۲۱۱
۱۰	۰/۴۵۷	۰/۵۸۹	۱/۰۰۰	۰/۱۶۰
۱۱	۰/۷۱۲	۰/۸۰۱	۰/۷۱۵	۰/۳۹۲
۱۲	۰/۳۵۶	۱/۰۰۰	۰/۵۵۸	۰/۳۹۱
۱۳	۰/۵۹۵	۰/۵۵۷	۱/۰۰۰	۰/۲۱۷

مرحله ششم: تعیین وضعیت عملکرد فازها و کل زنجیره: برای تعیین وضعیت عملکرد هر زلزله در هر فاز، نمره بُعد فاز در وزن آن ضرب و اعداد حاصله جمع می‌شود تا نمره همه زلزله‌ها در آن فاز مشخص شود. در هر فاز، زلزله‌ای که نمره آن به یک نزدیک‌تر باشد عملکرد بهتری داشته است؛ یعنی به حالت ایدئال نزدیک‌تر بوده است. جدول ۱۶ وضعیت سه زلزله را در هر فاز مشخص می‌کند.

جدول ۱۶- عملکرد زنجیره تأمین زلزله‌ها در فازها

فاز	وزن فاز	زلزله دشتی	زلزله اهر	زلزله بشاگرد
قبل از زلزله	۰/۳۳۳	۰/۷۳۸	۰/۷۷۰	۰/۹۳۸
پاسخ به زلزله	۰/۳۳۳	۰/۷۹۷	۰/۸۲۱	۰/۵۶۷
بعد از زلزله	۰/۳۳۳	۰/۷۱۵	۰/۸۲۶	۰/۵۴۷

وضعیت عملکرد در کل زنجیره تأمین زلزله با ضرب نمره زلزله در هر فاز در وزن آن فاز (وزن همه فازها یکسان در نظر گرفته شده است) به دست می‌آید. بدین منظور اعداد ستون دوم جدول ۱۶ که وزن‌ها هستند در سه ستون بعدی ضرب و حاصل برای هر زلزله جمع می‌شود. در این مرحله نیز مانند مراحل قبل هر زلزله‌ای که نمره آن به یک نزدیک تر باشد وضعیت عملکرد زنجیره تأمین بهتری دارد یا به حالت ایدئال نزدیک تر است. پس از انجام تمام مراحل ارزیابی عملکرد سرانجام وضعیت عملکرد زنجیره تأمین سه زلزله منتخب مشخص شد.

جدول ۱۷- عملکرد زنجیره تأمین زلزله‌ها

عملکرد کل زنجیره تأمین	زلزله دشتی	زلزله اهر	زلزله بشاگرد
۰/۷۵	۰/۸۰۶	۰/۶۸۴	

سناریوی عملکرد استاندارد: در سناریوی قبل حالت ایدئال از بین داده‌های زلزله‌ها به دست می‌آمد و مقایسه بین زلزله‌ها سخت بود، برای رفع این نقیصه سناریوی دیگری برای سناریوی عملکرد استاندارد در نظر گرفته شد. تفاوت این سناریو با سناریوی قبل بدین صورت است که زلزله فرضی وارد فرآیند ارزیابی عملکرد می‌شود، به نحوی که این زلزله در تمام شاخص‌های ارزیابی عملکرد در بهترین حالت ممکن است. براین اساس درباره شاخص‌های کیفی در زلزله مفروض انتهای طیف ارزیابی (همان وضعیت خیلی خوب) در نظر گرفته می‌شود و درباره شاخص‌های کمی استانداردهایی برای این شاخص‌ها تعیین می‌شود. بعضی از این استانداردها با استفاده از متن کتاب پروژه اسفیر مشخص و برخی دیگر با استفاده از نظر خبرگان تعیین شده است. جدول ۱۸ استانداردهای شاخص‌های کمی را نشان می‌دهد. مراحل در این حالت مانند حالت قبل است؛ با این تفاوت که این مراحل با چهار زلزله صورت می‌گیرد؛ البته زلزله چهارم فرضی است و وجود خارجی ندارد.

جدول ۱۸- استاندارد شاخص‌های کمی

شاخص	استاندارد
۱-۶	ظرفیت چادرهای توزیع شده در ایران ۴ نفره است (به ازاء هر ۴ نفر یک چادر).
۲-۶	عدد یک استاندارد تعیین شده (تمام مفقودین نجات پیدا کنند).
۳-۶	با نظرخواهی از امدادگران مهار در حوزه امداد عدد ۴ انتخاب شد (تعداد افرادی که یک امدادگر به آن‌ها رسیدگی می‌کند).
۱-۷	۱۵ لیتر برای هر نفر (پروژه اسفیر، ۱۳۹۳: ۱۴۷).
۲-۷	۲۵۰۰ کالری برای هر نفر (پروژه اسفیر، ۱۳۹۳: ۱۶۹).
۵-۷	استاندارد این شاخص با توجه به نسبت آن که تقسیم تعداد افراد آسیب دیده بر افراد مشاوره گرفته شده است عدد یک انتخاب شد (همه افراد آسیب دیده مشاوره گرفته‌اند).
۱-۸	نیم ساعت اول بعد از وقوع زلزله (پروژه اسفیر، ۱۳۹۳: ۱۰۲).
۱-۱۱	این نسبت یک در نظر گرفته شده است؛ یعنی تمام ساختمان‌ها بالای ۳۰ درصد تخریب شده‌اند و نیاز به آواربرداری دارند.
۱-۱۳	مقدار منابع مصرفی به صورت استاندارد در قیمت این اقلام به آمار قیمت‌های سال ۱۳۹۱ ضرب می‌شود تا استاندارد میزان هزینه مصرفی برای هر نفر مشخص شود.
۲-۱۳	متوسط هزینه مصرفی برای هر خانه با توجه به نظر کارشناس عمران (متوسط هزینه بازسازی و تعمیر خانه‌های ۱۰ تا ۳۰ تخریب شده همراه با هزینه بازسازی و تعمیر ۳۰ تا ۱۰۰ درصد تخریب)

همان‌طورکه گفته شد در این سناریو روند محاسبات مانند سناریوی قبل است با این تفاوت که زلزله فرضی چهارم با عملکرد استاندارد نیز در محاسبات در نظر گرفته می‌شود؛ به همین دلیل در این سناریو فقط نتایج حاصل از ارزیابی عملکرد ابعاد، فازهای زلزله و کل زلزله آورده می‌شود. همان‌طورکه در جدول ۱۹ مشاهده می‌شود و انتظار می‌رفت در ستون عملکرد استاندارد اعداد همگی یک هستند.

جدول ۱۹- عملکرد زنجیره تأمین زلزله‌ها در ابعاد عملکردی

بُعد	وزن بُعد	زلزله دشتی	زلزله اهر	زلزله بشاگرد	عملکرد استاندارد
۱	۰/۲۲۳	۰/۳۳۳	۰/۳۵۰	۰/۳۷۴	۱/۰۰۰
۲	۰/۱۹۶	۰/۳۴۷	۰/۳۷۴	۰/۳۷۴	۱/۰۰۰
۳	۰/۱۹۰	۰/۳۹۹	۰/۳۶۲	۰/۳۹۹	۱/۰۰۰
۴	۰/۱۹۶	۰/۵۰۷	۰/۵۱۵	۰/۵۴۵	۱/۰۰۰
۵	۰/۱۹۶	۰/۴۳۶	۰/۴۰۳	۰/۳۸۷	۱/۰۰۰
۶	۰/۱۵۴	۰/۵۹۵	۰/۵۱۲	۰/۵۴۶	۱/۰۰۰
۷	۰/۲۹۵	۰/۵۴۳	۰/۵۴۷	۰/۴۵۳	۱/۰۰۰
۸	۰/۱۸۰	۰/۵۲۳	۰/۵۷۳	۰/۵۵۳	۱/۰۰۰
۹	۰/۲۱۱	۰/۴۸۳	۰/۵۵۶	۰/۴۵۸	۱/۰۰۰
۱۰	۰/۱۶۰	۰/۶۵۵	۰/۵۰۰	۰/۴۱۴	۱/۰۰۰
۱۱	۰/۳۹۲	۰/۴۸۸	۰/۵۲۱	۰/۴۵۶	۱/۰۰۰
۱۲	۰/۳۹۱	۰/۳۶۵	۰/۳۹۳	۰/۳۴۷	۱/۰۰۰
۱۳	۰/۲۱۷	۰/۵۲۰	۰/۴۷۲	۰/۴۷۸	۱/۰۰۰

همان‌طورکه در جدول ۲۰ مشاهده می‌شود، تعیین وضعیت عملکرد فازها و در کل زنجیره

جدول ۲۰- عملکرد زنجیره تأمین زلزله‌ها در فازها

فاز	وزن فاز	زلزله دشتی	زلزله اهر	زلزله بشاگرد	عملکرد استاندارد
قبل از زلزله	۰/۳۳۳	۰/۴۰۳	۰/۴۰۰	۰/۴۱۳	۱/۰۰۰
پاسخ به زلزله	۰/۳۳۳	۰/۵۵۲	۰/۵۴۲	۰/۴۸۰	۱/۰۰۰
بعد از زلزله	۰/۳۳۳	۰/۴۴۷	۰/۴۶۰	۰/۴۱۸	۱/۰۰۰

در فاز قبل زلزله بشاگرد وضعیت بهتری دارد و زلزله‌های دشتی و اهر به ترتیب وضعیت عملکردی ۰/۴۰۳ و ۰/۴ داشته‌اند که نشان‌دهنده فاصله کم آنها از یکدیگر است. در فاز پاسخ به زلزله، زلزله دشتی، اهر و بشاگرد به ترتیب کمترین فاصله را با عملکرد استاندارد دارند. در فاز بعد از زلزله، عملکرد در زلزله اهر ۰/۴۶۰، زلزله دشتی ۰/۴۴۷ و زلزله بشاگرد ۰/۴۱۸ است.

جدول ۲۱- عملکرد زنجیره تأمین زلزله‌ها

عملکرد کل زنجیره تأمین	زلزله دشتی	زلزله اهر	زلزله بشاگرد	عملکرد استاندارد
۱	۰/۴۶۷	۰/۴۶۷	۰/۴۳۷	۱

همان‌طور که در جدول ۲۱ مشاهده می‌شود، انتظار می‌رفت عملکرد زلزله فرضی استاندارد ۱ باشد. زلزله اهر و دشتی با عدد ۰/۴۶۷ وضعیت عملکردی مشابهی را نشان می‌دهند و مانند سناریوی قبل، زلزله بشاگرد با ۰/۴۳۷ بیشترین فاصله را با حالت استاندارد دارد و عملکرد نامطلوب‌تری نسبت به دو زلزله دیگر دارد.

بحث و نتایج

همان‌طور که در ابتدا عنوان شد هدف این پژوهش تعیین وضعیت عملکرد زنجیره تأمین بشردوستانه در زلزله‌های منتخب در حوزه ابعاد عملکردی، سه فاز مدنظر و در نهایت کل زنجیره تأمین بود که این نتایج در قالب جدول‌های ۱۵، ۱۶، ۱۷ مشخص شدند.

در سناریوی نخست از اطلاعات سه زلزله در طول گام‌های روش استفاده شد و براین اساس وضعیت عملکردی سه زلزله منتخب مشخص شد. باتوجه به جدول ۱۶ مشاهده می‌شود که در فاز قبل از زلزله وضعیت زلزله بشاگرد نسبت به دو زلزله دیگر مناسب‌تر است. وضعیت زلزله‌های اهر و دشتی فاصله کمی از هم دارند. در فاز پاسخ به زلزله، برعکس فاز قبل، زلزله بشاگرد وضعیت عملکرد ضعیف‌تری نسبت به دو زلزله دیگر دارد. در فاز بعد از زلزله، عملکرد سه زلزله به ترتیب اهر، بشاگرد و دشتی است. همچنین باتوجه به جدول شماره ۱۷ که نتایج کلی و نهایی سناریوی نخست را نشان می‌دهد، مشاهده می‌شود که از بین این سه زلزله، زلزله آذربایجان شرقی با عدد ۰/۸۰۶ وضعیت بهتری را نسبت به دو زلزله دیگر دارد، سپس زلزله استان بوشهر با عدد ۰/۷۵۰ و بعد از آن زلزله استان هرمزگان با عدد ۰/۶۸۴ زلزله به ترتیب وضعیت‌های بهتری دارند. البته تفاوت کم میان اعداد نشان می‌دهد عملکرد این زلزله‌ها بسیار به هم نزدیک است و تمایز زیاد از لحاظ عملکرد بین آنها وجود ندارد.

برای منطقی‌تر کردن مقایسه بین عملکرد این سه زلزله سناریو دومی در نظر گرفته شد. نتایج این سناریو نیز در جدول‌های ۱۹، ۲۰ و ۲۱ بیان شد. باتوجه به جدول شماره ۲۰ مشاهده می‌شود در فاز قبل از زلزله، بشاگرد وضعیت بهتری دارد و زلزله‌های دشتی و اهر به ترتیب وضعیت عملکردی ۰/۴۰۳ و ۰/۴ داشته‌اند که نشان‌دهنده فاصله کم آنها از یکدیگر است. در فاز پاسخ به زلزله، زلزله دشتی، اهر و بشاگرد به ترتیب کمترین فاصله را با عملکرد استاندارد دارند. در فاز بعد از زلزله، عملکرد در زلزله اهر ۰/۴۶۰، زلزله دشتی ۰/۴۴۷ و زلزله بشاگرد ۰/۴۱۸ بوده است. در جدول شماره ۲۱ که نتایج کلی نشان داده شده است، مشاهده می‌شود زلزله اهر و دشتی با عدد ۰/۴۶۷ وضعیت عملکردی مشابهی را نشان می‌دهند و مانند سناریوی قبل، زلزله بشاگرد با ۰/۴۳۷ بیشترین فاصله را با حالت استاندارد دارد و عملکردش نسبت به دو زلزله دیگر نامطلوب‌تر است.

نکته درخور توجه نمرات عملکرد در دو سناریو است. عملکردها در سناریوی دوم نسبت به سناریوی نخست دارای مقادیر کمتری هستند. البته این طبیعی است؛ چون در رویکرد خاکستری مبنا بر اساس فاصله تا حالت ایدئال است و در حالت نخست، حالت ایدئال از بین زلزله‌های موجود به دست می‌آید، ولی در سناریوی عملکرد استاندارد، حالت ایدئال با مقادیر بیشتر و براساس استانداردهای موجود تعریف شد؛ پس طبیعی است در این حالت فاصله زلزله‌ها تا حالت ایدئال بیشتر باشد و مقادیر عملکردی کمتر حاصل شود. پس از مشخص شدن نتایج به صورت کمی برای اعتبارسنجی، باتوجه به نبود اطلاعات و داده‌هایی درباره وضعیت عملکرد زنجیره تأمین

زلزله‌های مدنظر، نتایج به خبرگانی ارائه شد که در فرآیند پژوهش شرکت داشتند و نسبت به جزئیات پژوهش آگاه بودند. در این راستا نظرات آنها بررسی شد. بیشتر این کارشناسان نتایج را تأیید کردند و اذعان داشتند که نتایج نشان‌دهنده واقعیت است.

این پژوهش چارچوب و راهکاری برای ارزیابی عملکرد زنجیره‌های تأمین بشردوستانه نوع زلزله‌ای کشور ایجاد کرد. نبود این نوع چارچوب در پژوهش‌ها دیده می‌شد. در نهایت این چارچوب برای سه زلزله در کشور به صورت عملی پیاده‌سازی شد.

References

- De Leeuw, S. (2010). "Towards a reference mission map for performance measurement in humanitarian supply chains". *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 336 AICT, 181–188.
- Fung, C. P. (2003). "Manufacturing process optimization for wear property of fiber-reinforced polybutylene terephthalate composites with grey relational analysis". *Wear*, 254(3–4), 298–306.
- Scholten, K. (2013). "Are performance measurement systems sustainable tools? 3rd International HumLogWorkshop "Sustainability in Humanitarian Logistics" September 23, Essen.
- Thomas, A. (2005). "Humanitarian Logistics: Enabling Disaster Response". *Fritz Institute*, 1–17. Retrieved from <http://www.fritzinstitute.org/pdfs/whitepaper/enablingdisasterresponse.pdf>.
- Van der Vorst, J. G. . (2000). Effective food supply chain; Generating, modeling and evaluating supply chain scenarios, 42. <http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/66572>.
- Beamon, B. M., & Balcik, B. (2008). "Performance measurement in humanitarian relief chains". *International Journal of Public Sector Management*, 21, 4–25.
- Chan, F. T. S., & Qi, H. J. (2003). "An innovative performance measurement method for supply chain management". *Supply Chain Management: An International Journal*, 8(3), 209–223..
- Chang, T. C., & Lin, S. J. (1999). "Grey relation analysis of carbon dioxide emissions from industrial production and energy uses in Taiwan". *Journal of Environmental Management*, 56(4), 247–257.
- Chen, I. J., & Paulraj, a. (2004). "Understanding supply chain management: critical research and a theoretical framework". *International Journal of Production Research*, 42(1), 131–163.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2007). "supply chain management: strategy, planing and operation". (5th ed.) Pearson Education.
- Golmohammadi, D., & Mellat-Parast, M. (2012). "Developing a grey-based decision-making model for supplier selection". *International Journal of Production Economics*, 137(2), 191–200.
- Hashemi, S. (2012). "Evaluation of suppliers and allocation of orders in a sustainable supply chain (Case study: Iranian gas engineering and development company)". *Faculty of management of tehran university*.
- International refugee consortium. (2011). "Sphere Project: Humanitrian charter and minimum standards in humanitarian response". *Chalesh*

- Khavandkar, J., & Khavandkar, E., & Motaghi, A. (2007). "Intellectual capital, Management, Developmment and Measurement Models". *Iranian center of indstrial education and research*.
- Oloruntoba, R., & Gray, R. (2006). "Humanitarian aid: an agile supply chain?" *Supply Chain Management: An International Journal*, 11, 115–120.
- Sarmad, Z., & Bazargan, A., & Hejazi, E. (2014). "Research method in behavioral science(26th)". *Aga Publications*.
- Schifffling, S., & Piecyk, M. (2014). "Performance measurement in humanitarian logistics: a customer-oriented approach". *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, 4, 198–221.
- Schulz, S. F., & Heigh, I. (2009). "Logistics performance management in action within a humanitarian organization". *Management Research News*, 32(11), 1038–1049.
- Tzeng, G.-H., & Huang, J.-J. (2011). *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*(1st Ed), Taylor and Francis Group, A Chapman & Hall Book. Boca Raton.
- Abidi, H., de Leeuw, S., & Klumpp, M. (2014). "Humanitarian supply chain performance management: a systematic literature review". *Supply Chain Management: An International Journal*, 19, 592–608. <https://doi.org/10.1108/SCM-09-2013-0349>
- Abidi, H., Leeuw, S. De, & Klumpp, M. (2013). "Measuring Success in Humanitarian Supply Chains". *International Journal of Business and Management Invention*, 2(ild), 31–39.
- Kuo, Y., Yang, T., & Huang, G. W. (2008). "The use of grey relational analysis in solving multiple attribute decision-making problems". *Computers and Industrial Engineering*, 55(1), 80–93. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2007.12.002>
- Li, G.-D., Yamaguchi, D., & Nagai, M. (2007). "A grey-based decision-making approach to the supplier selection problem". *Mathematical and Computer Modelling*, 46(3–4), 573–581.
- Lin, S. J., Lu, I. J., & Lewis, C. (2007). "Grey relation performance correlations among economics, energy use and carbon dioxide emission in Taiwan". *Energy Policy*, 35(3), 1948–1955.
- Luo, X., Wu, C., Rosenberg, D., & Barnes, D. (2009). "Supplier selection in agile supply chains: An information-processing model and an illustration". *Journal of Purchasing and Supply Management*, 15(4), 249–262. <https://doi.org/10.1016/j.pursup.2009.05.004>
- Mulej, M., Dang, Y., Liu, S., & Mi, C. (2006). "Multi-attribute grey incidence decision model for interval number". *Kybernetes*, 35(7/8), 1265–1272.
- Rongier, C., Galasso, F., Lauras, M., & Gourc, D. (2010). "A Method to Define a Performance Indicator System for the Control of a Crisis". In *8th International Conference of Modeling and Simulation - MOSIM'10* (pp. 1–10).
- Santarelli, G., Abidi, H., Regattieri, A., & Klumpp, M. (2013). "A performance measurement system for the evaluation of humanitarian supply chains, POMS, 24th. Annual Conference of the Production and Operations Management.
- Balcik, B., Beamon, B. M., Krejci, C. C., Muramatsu, K. M., & Ramirez, M. (2010). "Coordination in humanitarian relief chains: Practices, challenges and opportunities". *International Journal of Production Economics*, 126(1), 22–34. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.09.008>

¹ . Oloruntoba and Gray

² . Schulz and Heigh

³ . Scholten

⁴ - دانشجوی رضا بارانی بیرانوند، استاد راهنما دکتر حسین صفری و استاد مشاور دکتر محمدرضا صادقی مقدم

⁵ . Laitinen, Eekki.k

⁶ . Financial Results

⁷ . Chopra and Meindl

⁸ . Van der Vorst

⁹ . Luo, Wu, Rosenberg and Barnes

¹⁰ . Chan and Qi

¹¹ . Chen and Paulraj

¹² . Push to pull

¹³ . Thomas

¹⁴ . Abidi, de Leeuw and Klumpp

¹⁵ . Schiffing and Piecyk

¹⁶ . Rongier, Galasso, Lauras and Gourc

¹⁷ . Beamon and Balcik

¹⁸ . BSC

¹⁹ . Leeuw

²⁰ . Santarelli et al

²¹ . KPIs

²² . Delivery date reliability

²³ . Goods-to-delivery time

²⁴ . Percentage of prepositioned goods

²⁵ . Descriptive

²⁶ . Explorative

²⁷ . Observational method

²⁸ . Case study

²⁹ . Predictive

³⁰ . Survey research

³¹ . Non Governmental Organizations

³² . Kuo, Yang and Huang

³³ . Tzeng and Huang

³⁴ . Li, Yamaguchi and Nagai

³⁵ . Golmohammadi and Mellat-Parast

³⁶ . Minkowski distance

³⁷ . Mulej, Dang, Liu and Mi

³⁸ . Grey relational coefficient

³⁹ . Kuo et. al

⁴⁰ . Chang and Lin

⁴¹ . Lin, Lu and Lewis

⁴² . Li et al

⁴³ . Fung