

Evaluation of Easibility of Threats to Urban Water and Sewage Assets in the Face of Intentional Man-Made Disasters (Case Study: Hamedan City)

Saeed Givchchi ^{ID}*, Ali Vejdani Nozar ^{ID}, Bahram Malekmohammadi ^{ID}

Associate Professor, Department of Disasters Engineering, Education and Environmental Systems, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran

(Received: 04/08/2024, Revised: 12/08/2024, Accepted: 22/09/2024, Published: 26/10/2024)

DOR: 20.1001.1.20086849.1403.15.3.6.7

ABSTRACT

In today's era, intentional man-made disasters with external and internal enemy agency and the threats caused by them, which always target the infrastructures and vital assets of human societies, are one of the most important issues of crisis management and passive defense. The history of this type of disasters in all parts of the world shows; The most important reason and motivation of the enemy in actualizing his threats; Attacking the vital assets of a society is aimed at disrupting security and stability and achieving one's own interests (especially political, cultural and economic interests). In this regard, urban water and sewage infrastructure, with the mission of providing sanitary drinking water, is one of the vital assets of the society and on the other hand, it is attractive to the enemies. One of the most important consequences of the actualization of threats to urban water and sewage assets is the formation of social crisis and popular disturbances. In this research, with the main objective of evaluating the possibility of threats to the water and sewage assets of Hamedan city in the face of intentional man-made disasters, the issue was evaluated using the combined SECA-GIS method. The results show that among the threats' evaluation criteria in this city; The intensity of the threat with a weight of 0.1844, the magnitude of the threat with a weight of 0.1780, and the occurrence history with a weight of 0.1674 have been assigned the first to third priority, respectively. Among the threats of intentional man-made disasters, in general, riots and riots rank first, air and missile attacks rank second, and vandalism ranks third. But looking at the classification of man-made disasters; Air and missile attack (by the external enemy) and riots and disturbances (by the internal enemy) are in the first place in the studied area. And according to the attractiveness of water and sewage infrastructure assets from the enemy's point of view; The city's water treatment plants, with a score of 4.5072, are at a critical level, facing air and missile attacks, which require preventive measures and Passive defense.

Keywords: Feasibility of Threats, Man-Made Disasters, Urban Assets, Water and Sewage, Hamedan.

This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license.

Publisher: Imam Hussein University

© Authors



* Corresponding Author Email: givchchi@ut.ac.ir



پدافند غیرعامل



سال پانزدهم، شماره ۳، پیاپی ۱۴۰۳، (پیاپی ۵۹): صص ۷۱-۸۴

شاپای چاپی: ۶۹۴۹-۲۰۰۸ | شاپای الکترونیکی: ۸۰۳۰-۲۹۸۰

علمی - پژوهشی

ارزیابی امکان‌پذیری تهدید بر دارایی‌های آب و فاضلاب شهری در مواجهه با سوانح انسان‌ساخت عمدی (مطالعه موردی: شهر همدان)

سعید گیوه چی^{۱*}، علی وجدانی نوذر^۲، بهرام ملک محمدی^۳

DOR: 20.1001.1.20086849.1403.15.3.6.7

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۰۱

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۸/۰۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۱۴

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۵/۲۲

چکیده

در عصر کنونی سوانح انسان‌ساخت عمدی با عاملیت دشمن خارجی و داخلی و تهدیدات ناشی از آنها که همواره زیرساخت‌ها و دارایی‌های حیاتی جوامع انسانی را مورد هدف قرار می‌دهد یکی از مهم‌ترین مباحث مدیریت بحران و پدافند غیرعامل است. تاریخچه این نوع سوانح در اقصی نقاط جهان نشان می‌دهد؛ مهم‌ترین دلیل و انگیزه دشمن در بالفعل کردن تهدیدات خود؛ ضربه‌زدن به دارایی‌های حیاتی یک جامعه باهدف ایجاد اختلال در امنیت و پایداری و رسیدن به منافع خود (به‌ویژه منافع سیاسی، فرهنگی و اقتصادی) است. در این راستا زیرساخت آب و فاضلاب شهری با مأموریت تأمین آب شرب بهداشتی یکی از دارایی‌های حیاتی جامعه و از طرفی جذاب برای دشمنان است که ضربه به این دارایی معمولاً پیامدهای جبران‌ناپذیری هم بر خود دارایی و هم بر جوامع انسانی برجا می‌گذارد، از مهم‌ترین پیامدهای ناشی از بالفعل شدن تهدید بر دارایی‌های آب و فاضلاب شهری می‌توان به شکل‌گیری بحران اجتماعی و اغتشاشات مردمی اشاره نمود. در این تحقیق باهدف اصلی ارزیابی امکان‌پذیری تهدید بر دارایی‌های آب و فاضلاب شهر همدان در مواجهه با سوانح انسان‌ساخت عمدی، موضوع با استفاده از روش ترکیبی^۱ SECA-GIS مورد ارزیابی قرار گرفت، نتایج نشان می‌دهد در این شهر از بین معیارهای ارزیابی تهدیدات؛ شدت تهدید با وزن ۰/۱۸۴۴، بزرگی تهدید با وزن ۰/۱۷۸۰ و سابقه وقوع با وزن ۰/۱۶۷۴ به ترتیب اولویت اول تا سوم را به خود اختصاص داده و همچنین از بین تهدیدات سوانح انسان‌ساخت عمدی به‌طور کلی شورش و اغتشاش رتبه اول، حمله هوایی و موشکی رتبه دوم و خرابکاری رتبه سوم را کسب نموده است، لیکن با نگاهی به دسته‌بندی انواع سوانح انسان‌ساخت عمدی، حمله هوایی و موشکی (با عاملیت دشمن خارجی) و شورش و اغتشاشات (با عاملیت دشمن داخلی) در منطقه مورد مطالعه در رتبه اول قرار دارند و برحسب جذابیت دارایی‌های زیرساخت آب و فاضلاب از دید دشمن؛ تصفیه‌خانه‌های آب شهر با کسب امتیاز ۴/۵۰۷۲ در سطح بحرانی در مواجهه با حملات هوایی و موشکی قرار گرفته که نیازمند انجام اقدامات پیشگیرانه و دفاعی است.

کلیدواژه‌ها: امکان‌پذیری تهدید، سوانح انسان‌ساخت، دارایی‌های شهری، آب و فاضلاب، همدان

^۱ دانشیار، گروه مهندسی سوانح، آموزش و سامانه‌های محیط‌زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران (givehchi@ut.ac.ir) - نویسنده مسئول

^۲ دانشجوی دکتری مهندسی سوانح، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران

^۳ دانشیار، گروه مهندسی سوانح، آموزش و سامانه‌های محیط‌زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران



۱- مقدمه

ناظران خاص خود را دارند به طوری که مدیریت تهدیدات طبیعی و انسان ساخت‌های غیرعمدی از مسئولیت‌های حوزه مدیریت بحران و مدیریت تهدیدات انسان ساخت مغرضانه (عمدی)، مربوط به حوزه پدافند غیرعامل است (جدول ۱). البته راهکارها و ملاحظات ناشی از مطالعات پدافند غیرعامل می‌تواند در دیگر حوزه‌های مدیریت تهدید نیز مؤثر باشد [۳].

تهدیدات زیرساخت آب و فاضلاب شهری در مواجهه با سوانح انسان ساخت تعمدی به‌ویژه در شبکه آبرسانی شامل تهدیدات و بحران‌های کمی و کیفی است. تهدیدات کیفی از جمله ترورهای بیولوژیک و حملات شیمیایی هستند که معمولاً به شبکه آبرسانی و دارایی‌های آن اعم از دارایی‌های فیزیکی، انسانی و... خسارت‌های مالی و جانی می‌رساند. اولین راه مقابله با این تهدیدات شناسایی محل‌های هدف این تهدیدات است [۴] که متعاقب آن اقدامات ایمنی مناسبی طراحی و پیاده شود. از جمله تهدیدات کمی هم می‌توان به حملات هوایی و موشکی، خرابکاری، بمب‌گذاری‌ها و... اشاره نمود.

جدول (۱): دسته‌بندی انواع تهدیدات انسان ساخت عمدی [۳]

منشأ تهدید	حوزه تهدید	موضوع تهدید
انسان ساخت (عمدی)	فناوری پایه	سایبری
		بیولوژیک
		پرتوی
		شیمیایی
	تهدیدات نظامی و سخت	هوایی و موشکی
		گرافیتی
		الکترومغناطیسی
		کالبدی
	انسان محور	اقتصادی
		خرابکاری
فرهنگی - اجتماعی		
امنیتی		

۲- بیان مسأله

در راستای ارزیابی امکان‌پذیری تهدید بر دارایی‌های شهری در مواجهه با سوانح، هر چند تحقیقات گسترده‌ای در زمینه ارزیابی خطرپذیری و آسیب‌پذیری شهری در مواجهه با یک مخاطره خاص (بیشتر از نوع مخاطرات طبیعی) وجود دارد؛ لیکن به مطالعاتی که در حوزه مدیریت بحران و پدافند غیرعامل صرفاً به ارزیابی امکان‌پذیری تهدید بر دارایی‌های شهری در مواجهه با سوانح انسان ساخت بپردازد، کمتر توجه شده است؛ لذا می‌توان بیان داشت؛ در راستای مدیریت بحران و پدافند غیرعامل، ارائه الگوی ارزیابی امکان‌پذیری تهدید بر دارایی‌های شهری در

جوامع انسانی از جمله شهرها در عصر کنونی معمولاً در مکان‌هایی برپا و گسترش یافته‌اند که همواره از جانب انواع سوانح اعم از طبیعی و انسان ساخت به دلیل توسعه زیرساخت‌ها و وابستگی و پیچیدگی آنها در معرض تهدید قرار دارند، در این خصوص آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها و دارایی‌های مهم، حساس و حیاتی یک شهر همراه با امکان‌پذیری انواع تهدیدات در زمان وقوع سبب ناکارآمدی سامانه شهری و در نتیجه تشدید نارضایتی عمومی (بحران اجتماعی) و اختلال عملکردی در شرایط اضطرار می‌گردد. با این دیدگاه هر چند تهدیدات و پیامد احتمالی آنها بر دارایی‌های شهری در نگاه اول یک مانع جدی برای توسعه است؛ لیکن می‌توان ادعا داشت؛ اگر قبل از وقوع سوانح با مدنظر قراردادن مدیریت جامع بحران و رویکرد آینده‌پژوهی، ضمن شناخت سوانح محتمل یک شهر؛ امکان‌پذیری تهدیدات بر دارایی‌های آن را ارزیابی و رده‌بندی کنیم، با شناخت تهدیدات و تأثیرات منفی آنها به‌عنوان موانع، پتانسیل و ظرفیت‌های بالقوه ناشی از سوانح را به‌عنوان فرصتی برای رسیدن به توسعه نیز می‌توان شناسایی نمود و متعاقب آن، راهکارهایی در راستای پیشگیری از تهدید، کاهش آسیب‌پذیری و تقلیل پیامد و همچنین بهره‌جویی از فرصت‌های موجود در راستای رسیدن به اهداف توسعه پایدار منطقه‌ای ارائه نمود.

در این راستا هر نشانه، پیشامد یا اتفاقی که منجر به زیان یا صدمه در یک دارایی و سرمایه زیرساختی یا جمعیت مردمی شود، تهدید محسوب می‌گردد [۱]. به عبارتی تهدید به معنی هر نوع شرایط، موقعیت یا رویدادی است که امکان بالقوه آسیب رساندن و خسارت به سرمایه‌ها را داراست. به‌صورت خاص از جانب انسان‌ها؛ به توانایی‌ها و انگیزه هم آورد در انجام دادن اقداماتی که به سرمایه‌های بازار خسارت وارد کند تهدید اطلاق می‌گردد؛ (درواقع تهدید از جانب انسان، تابعی است از نیت، انگیزه، قابلیت و الگوهای عملیاتی شناخته شده به‌منظور ضربه‌زدن و ایجاد خسارت) [۲].

لذا می‌توان گفت؛ هر عاملی که در مقابل امنیت جامعه قرار گرفته و امنیت و ثبات آن را در خطر اندازد به‌عنوان «تهدید» مطرح می‌شود و در این زمینه تهدیدات انسان ساخت تعمدی مجموعه اقداماتی است که توسط دشمنان، افراد و کشورهای معاند انجام می‌شود تا از توسعه در داخل کشور هدف یا در سطح بین‌المللی جلوگیری نماید یا آنها را محدود ساخته و در معرض آسیب قرار دهد و در نتیجه امنیت ملی را تهدید نماید.

در یک دسته‌بندی کلی، تهدیدات در دو گروه طبیعی و انسان ساخت (عمدی و غیرعمدی) تعریف می‌شوند که در ایران به لحاظ قانونی و اجرایی؛ هر یک از این تهدیدات، مسئولان و

با استفاده از الگوی ANP و HAZOP خطرات و تهدیدات پیش رو شهر مذکور را با رویکرد پدافند غیرعامل رده‌بندی نمودند. بر اساس این تحقیق ضمن مشخص شدن اولویت‌های اول و دوم تهدیدات در کلان‌شهر تهران (تروریسم و شورش)؛ همچنین مشخص شده است که پیامدهای ناشی از جنگ، حمله دشمن و اقدامات تروریسمی در محیط‌های شهری فاجعه‌بار خواهد بود. رودباری و همکاران [۹] در راستای مقاله‌ای تحت عنوان "ارزیابی آسیب‌پذیری اجزای سامانه آبرسانی" باهدف برآورد آسیب‌پذیری در سامانه‌های آبرسانی به جهت تقلیل پیامد محتمل، در گام اول با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی ضمن معرفی دارایی‌های این سیستم و تعریف تهدیدات محتمل در گام بعدی با استفاده از پرسش‌نامه‌ای با معیارهای تعیین بحرانیت، تعیین حساسیت و ارزش دارایی‌ها با مدنظر قراردادن طیف لیکرت اجزای اصلی سامانه را امتیازدهی نموده و درنهایت با کاربرد نرم‌افزار SPSS آسیب‌پذیرترین اجزای سیستم آبرسانی را شناسایی و تحلیل نمودند. بخشی شادمهری و همکاران [۱۰] در پژوهش خود با عنوان "تحلیل آسیب‌پذیری عناصر زیرساخت آب شهری در مقابل تهدیدات تروریستی" باهدف تحلیل و ارزیابی آسیب‌پذیری و برآورد میزان پیامدهای مؤثر بر دارایی‌های بخش شریان حیاتی آب شهری در برابر مخاطرات محتمل با نگاهی به روش توصیفی - تحلیلی و استفاده از پرسش‌نامه و نرم‌افزار SPSS، از طریق آزمون X^2 میزان آسیب‌پذیری دارایی‌های انتخابی را برآورد نمودند و از طریق آزمون فریدمن ضمن تعیین مخاطرات اولویت‌دار در ایجاد بیشترین پیامد، مشخص نمودند بیشترین پیامد اقدامات تروریسمی به لوله‌های توزیع آب و مخازن زمینی است و بیوتروریسم پیامد جبران‌ناپذیری به سدها و ایستگاه‌های پمپاژ وارد خواهد نمود و تروریست سایبری هم آسیب جدی در سدها و تصفیه‌خانه‌ها خواهد داشت. فیضی و همکاران [۱۱] در راستای ارزیابی و غربالگری تهدیدات حوزه انسان‌ساخت عمدی در طی پژوهش خود از روش تلفیقی FEMA-RAMCAP و با مدنظر قراردادن معیارهایی همچون شدت خسارت، توانایی دشمن، سابقه تهدید و جذابیت هدف اقدام به ارزیابی و رده‌بندی تهدیدات سدهای بتنی برق‌آبی بامطالعه مورد سد بتنی لیرو نموده‌اند. شیخعلی و همکاران [۱۲] باهدف شناسایی و ارزیابی دارایی‌های شبکه آب و فاضلاب و همچنین تحلیل مؤلفه‌های خطرپذیری (تهدید، آسیب‌پذیری و پیامد) این دارایی‌ها در برابر حملات احتمالی؛ در قالب مقاله‌ای تحت عنوان "مطالعه مدیریت خطرپذیری تأسیسات آب و فاضلاب با روش تلفیقی AHP و RAMCAP" تمامی شبکه آب و فاضلاب کلان‌شهر تهران را از نظر ارزش دارایی‌ها و خطرپذیری موردبررسی قرار داده‌اند، در این تحقیق جهت مطالعه به روش تلفیقی فوق‌الذکر از ماتریس زوجی با اخذ نظرات خبرگان

مواجهه با سوانح انسان‌ساخت به‌عنوان یک مسئله مهم همواره نقش بسزایی در برنامه‌ریزی شهری دارد. با این تفسیر؛ از دیگر مسائل مهم تحقیق پیش رو می‌توان به موارد زیر اشاره داشت:

- ۱- رده‌بندی معیارهای ارزیابی امکان‌پذیری تهدید بر دارایی‌های زیرساخت مورد مطالعه در این تحقیق چگونه است؟
- ۲- رده‌بندی تهدیدات سوانح انسان‌ساخت عمدی در منطقه مورد مطالعه بیانگر چه اولویت‌هایی است؟
- ۳- برحسب ارزیابی امکان‌پذیری تهدیدات انسان‌ساخت؛ رده‌بندی دارایی‌های سامانه مورد مطالعه شهری چگونه است؟

۳- پیشینه تحقیق

جمشیدی [۵] در پژوهشی تحت عنوان "ارائه الگویی سیستماتیک به منظور ارزیابی خطرپذیری دارایی‌ها بامطالعه موردی جزیره لاوان" در راستای ارزیابی ریسک امنیتی ناشی از سوانح انسان‌ساخت، ضمن بررسی تطبیقی الگوها و روش‌های موجود باهدف تغییر نگرش رایج در خصوص شیوه‌های ارزیابی ریسک ناشی از حملات نظامی، تروریستی و خرابکاری؛ با استفاده از الگوی ارزیابی آسیب‌پذیری امنیتی (SVA) و ارائه الگوی سیستماتیک به ارزیابی آسیب‌پذیری و خطرپذیری امنیتی دارایی‌های هدف در جزیره لاوان پرداخته است. کاظمی و گلستانه [۶] در تحقیقی تحت عنوان "مطالعه پدافند غیرعامل در مخازن ذخیره آب و خط انتقال آن" ضمن شناسایی تهدیدات مختلف دارایی‌های مخازن ذخیره آب و خط انتقال آبرسانی در مواجهه با سوانح انسان‌ساخت مغرضانه با استفاده از توزیع پرسش‌نامه، تحلیل آماری و نرم‌افزار اکسل و اکسپرت چویس ضمن امتیازدهی و رده‌بندی، ارزیابی تهدیدات را در شهرهای بزرگ و کوچک مدنظر قرار داده‌اند. مشهدی و امینی ورکی [۷] در تحقیقی با عنوان "تدوین و ارائه الگوی ارزیابی تهدیدات، آسیب‌پذیری و تحلیل خطرپذیری زیرساخت‌های حیاتی با تأکید بر پدافند غیرعامل" بر اساس روش توصیفی - تحلیلی و قیاس تطبیقی الگوها و روش‌های موجود به‌ویژه روش‌های مبتنی بر دستورالعمل‌های معیارهای طراحی ضدتروریسم فم، ضوابط طراحی یکپارچه وزارت دفاع ایالات متحده آمریکا، راهبردهای مبانی امنیت ساختمان و روش مدیریت خطرپذیری رمکپ اقدام به تعریف الگوی بومی در این خصوص نموده است. مدیری و همکاران [۸] در تحقیق خود با عنوان "مدیریت ریسک در بحران‌های انسان‌ساخت با رویکرد پدافند غیرعامل (نمونه موردی: کلان‌شهر تهران)" با استفاده از ترکیب روش‌های توصیفی، تحلیلی و موردی باهدف رده‌بندی و آنالیز تهدیدات، در ابتدا هر یک از خطرات و تهدیدات انسان‌ساز پیش رو در شهر تهران را شناسایی و آنها را بر اساس نظر خبرگان وزن‌دهی نموده و سپس

جانب دشمن به منظور انجام اقدامات خصمانه در مقاله‌ای تحت عنوان "ارزیابی خطرپذیری امنیتی: به‌کارگیری مفاهیم منطق فازی"، الگویی نوینی ارائه داده‌اند که این الگو مشتمل بر دو ایده جدول مؤلفه‌های خطرپذیری امنیتی و منطق فازی است. در این الگو جهت ارزیابی خطرپذیری امنیتی از عوامل مهم خطرپذیری امنیتی مانند مکان، مالکیت، دید، موجودی و غیره استفاده شده است.

کولبا و همکاران [۱۸] در طی پژوهشی تحت عنوان "تحلیل سناریویی فرایندهای مدیریتی در پیشگیری و حذف پیامدهای سوانح انسان‌ساخت" به ارائه فرایند تجزیه و تحلیل خطرات محتمل انسان‌ساخت، شناسایی دارایی‌های حیاتی در معرض خطر، شناخت موقعیت‌های اضطراری و همچنین تدوین و تحلیل سناریو و الگوسازی به منظور حل مشکلات برنامه‌ریزی و مدیریتی در راستای تأمین ایمنی در برابر خطرات پرداخته است.

تودور گایل لوئیس [۱۹] در نسخه سوم کتاب خود تحت عنوان "نقش حفاظت زیرساخت‌های حیاتی در امنیت ملی" پس از تشریح اساس حفاظت از زیرساخت‌ها و دارایی‌های حیاتی، استراتژی‌های خطرپذیری و نظریه‌های فاجعه، به منظور شناخت اهم زیرساخت‌ها و دارایی‌های حیاتی یک جامعه زیستی همچون شهرها؛ ضمن بررسی شناختی و مصداقی دارایی‌هایی همچون ارتباطات و فناوری اطلاعات، آب و تصفیه آب، انرژی، برق، بهداشت و سلامت عمومی، حمل و نقل، زنجیره تأمین مواد غذایی و... در ادامه با نگاهی به پیچیدگی و وابستگی آنها نسبت به هم بنا به توصیه‌های وزارت امنیت داخلی آمریکا در راستای ارزیابی و تجزیه و تحلیل خطرپذیری ناشی از تهدیدات محیطی (اعم از طبیعی و انسان‌ساخت) از یک روش ترکیبی شامل روش رتبه‌بندی ساده تحت عنوان RAMCAP و الگویی تحت عنوان MBRA بهره برده است. هرچند RAMCAP و MBRA از فرمول آشنای "خطرپذیری = تهدید × آسیب‌پذیری × پیامد" برای برآورد خطرپذیری استفاده می‌کنند، اما مبنای کار الگوی تجزیه و تحلیل خطرپذیری (MBRA) توسط درختان خطا برای تخصیص منابع بوده و RAMCAP یک ارزیابی خطرپذیری پشتیبان برای الگوی MBRA و همچنین ابزاری برای تجزیه و تحلیل درخت خطا است. به عبارتی RAMCAP ابزار ارزیابی خطرپذیری توصیه شده برای دارایی‌های مدنظر است.

باین حال با مروری بر ادبیات نظری و پیشینه تحقیق مرتبط به‌ویژه بررسی تهدیدات منجر به آلاینده‌های آب آشامیدنی و احصاء پیامدهای آنها در ایران توسط فدایی [۲۰] با بررسی و مطالعه ۸۶ پژوهش و مقاله مرتبط در بازه زمانی ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۳ نشان می‌دهد؛ هرچند گروه‌های مختلفی از تهدیدات نوظهور در آب آشامیدنی ایران یافت شده‌اند، لیکن مطالعات تحقیقاتی فراگیر در مورد ارزیابی امکان‌پذیری تهدید و پیامدهای ناشی از

استفاده شده و به منظور منطقی‌بودن مقایسه زوجی پاسخ‌ها از نرخ ناسازگاری بهره گرفته شده است. امیدوار و همکاران [۱۳] در پژوهشی به منظور ارزیابی خطرپذیری کیفی زیرساخت حیاتی آب با مطالعه موردی سیستم آبرسانی یک شهر در ابتدا با شناسایی تهدیدات محیطی منطقه بر اساس تاریخچه وقوع و همچنین نقطه نظرات خبرگان؛ احتمال وقوع خطر و شدت پیامد آنها را برای منابع آب سطحی، سد و تصفیه‌خانه اصلی آب شرب در منطقه بررسی نموده و سپس با استفاده از روش Risk Matrix با مشخص شدن عدد خطرپذیری؛ رتبه‌بندی هر یک از جفت تهدید - دارایی‌ها را تعیین و در نهایت ضمن تعیین اولویت؛ تخصیص بودجه، اقدامات کنترلی و راهکارهای مدیریت خطرپذیری را تشریح نموده‌اند.

ونلینگ گان و همکاران [۱۴] در پژوهشی تحت عنوان "روش ارزیابی خطرپذیری برای پیامدهای حوادث صنعتی و آسیب‌پذیری انسانی در مناطق شهری" با ارائه یک روش ارزیابی خطرپذیری یکپارچه که پیامدهای حوادث و آسیب‌پذیری جمعیت محلی را در نظر می‌گیرد، مهم‌ترین موارد قابل توجه را بیان نموده و به منظور راستی‌آزمایی این روش را برای یک شهر کوچک در چین اعمال نمودند.

جسیکا بواکیه و همکاران [۱۵] در طی مقاله‌ای تحت عنوان "کدام پیامدها در تحلیل خطرپذیری و ارزیابی سوانح مهم هستند؟" در ابتدا با تشریح ماهیت انواع خطرات و تهدیدات طبیعی و انسان‌ساخت و اشاره به پیامدهای مؤثر آنها در دارایی‌ها و همچنین خسارات اقتصادی و تلفات انسانی؛ موضوع ارزیابی پیامدهای سوانح رخ داده در گذشته و پیش‌بینی پیامدهای سوانح محتمل را بررسی نمودند و بیان داشتند معمولاً محققین ارزیابی خود را بر این نوع پیامدها متمرکز می‌نمایند.

یونگی لی و همکاران [۱۶] در طی مقاله‌ای تحت عنوان "توسعه یک برنامه ارزیابی خطرپذیری برای تروریسم شیمیایی" باهدف ارزیابی خطرپذیری خطرات امنیتی، تهدیدها و آسیب‌پذیری‌های پیش روی دارایی‌ها و همچنین یافتن راهکارهای حفاظتی، ارتقای ایمنی و امنیت؛ اقدام به تعریف و پیاده‌سازی نرم‌افزاری به جهت اجرای یک برنامه پنج‌مرحله‌ای به شرح ذیل در راستای ارزیابی آسیب‌پذیری امنیتی و تحلیل احتمال تروریسم و خرابکاری نموده‌اند:

- شناسایی دارایی؛

- ارزیابی تهدید؛

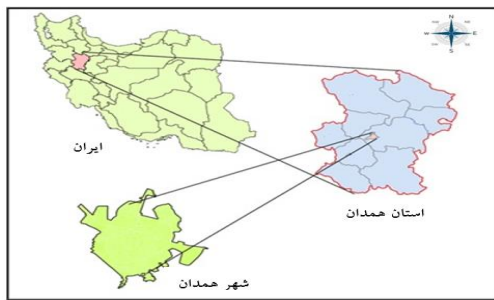
- تجزیه و تحلیل آسیب‌پذیری؛

- ارزیابی خطرپذیری؛

- اقدامات متقابل جدید.

شایلندرا باجپای و همکاران [۱۷] در راستای ارزیابی خطرپذیری امنیتی به‌ویژه با نگاهی به جذابیت صنایع شیمیایی از

ارتفاع این شهر از سطح دریا بین ۱۷۵۰ متر تا ۲۱۰۰ متر در نقاط مختلف آن متفاوت است و یکی از مرتفع‌ترین مناطق کشور محسوب می‌شود (نقشه شکل ۱) [۲۱]. در این شهر دارایی‌های حیاتی مورد مطالعه زیرساخت آب و فاضلاب به‌منظور تأمین آب شرب و همچنین جمع‌آوری فاضلاب شهر بر گرفته از منابع تأمین آب (میزان مصرفی آب شرب شهر در حدود ۱۸۰۰ لیتر بر ثانیه است که از این میزان حدود ۷۲/۵ درصد از طریق آب‌های سطحی با دو سد ذخیره و کمتر از ۲۷/۵ درصد از طریق آب‌های زیرزمینی با ۶۱ حلقه چاه تأمین می‌شود)، چهار باب تصفیه‌خانه آب، ۱۸ مخزن اصلی به‌صورت زمینی و هوایی، ۱۲ ایستگاه پمپاژ آب، در حدود ۲۰۰ کیلومتر خط اصلی انتقال آب، ۹۳ کیلومتر خط فرعی انتقال آب، بالغ بر ۱۰۰۰ کیلومتر شبکه توزیع آب، ۲۶۰ کیلومتر شبکه جمع‌آوری فاضلاب، ۳۷ کیلومتر خط انتقال فاضلاب و یک باب تصفیه‌خانه فاضلاب است (جدول ۳ و نقشه شکل ۲).



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی شهر همدان [۲۱].

جدول (۳): لیست کلی دارایی‌های زیرساخت آب و فاضلاب شهری [۲۲]

نام دارایی	توضیحات در شهر همدان
منابع آب سطحی	تأمین‌کننده ۷۲٫۵ درصد آب شرب از طریق رودخانه‌ها و دو سد
منابع آب زیرزمینی	تأمین‌کننده ۲۷٫۵ درصد آب شرب از طریق ۶۱ حلقه چاه
تصفیه‌خانه‌های آب	چهار باب تصفیه‌خانه آب (اکباتان، بهشتی، الوند و شیخی جان)
مخازن ذخیره آب	دارای ۱۸ مخزن اصلی زمینی و هوایی
ایستگاه‌های پمپاژ آب	دارای ۱۲ ایستگاه پمپاژ آب
خطوط انتقال آب	در حدود ۲۹۳ کیلومتر خط انتقال آب (تجمعی خط اصلی و فرعی)
شبکه توزیع آب	بالغ بر ۱۰۰۰ کیلومتر شبکه توزیع آب
شبکه جمع‌آوری فاضلاب	بالغ بر ۲۶۰ کیلومتر شبکه جمع‌آوری فاضلاب
خطوط انتقال فاضلاب	۳۷ کیلومتر خط انتقال فاضلاب
تصفیه‌خانه فاضلاب	یک باب تصفیه‌خانه فاضلاب

آنها هنوز کافی نیست. جمع‌بندی برخی از مطالعات موجود به تفکیک روش انجام کار و قابلیت ارزیابی و رده‌بندی تهدیدات به شرح جدول (۲) می‌باشد.

جدول (۲): جمع‌بندی پیشینه تحقیق به تفکیک روش انجام کار و قابلیت ارزیابی امکان‌پذیری تهدید

پیشینه تحقیق	منبع	روش انجام کار	قابلیت ارزیابی تهدید
جمشیدی (۱۳۹۱)	داخلی	SVA	ندارد
کاظمی و گلستانه (۱۳۹۳)	داخلی	تحلیل آماری و اکس پرت چویس	دارد
مشهدی و امینی ورکی (۱۳۹۴)	داخلی	FEMA-RAMCAP	دارد
مدیری و همکاران (۱۳۹۵)	داخلی	ANP-HAZOP	دارد
رودباری و همکاران (۱۳۹۶)	داخلی	SPSS و تحلیل آماری	ندارد
بخشی شادمهری و همکاران (۱۳۹۹)	داخلی	SPSS و تحلیل آماری	ندارد
فیضی و همکاران (۱۳۹۹)	داخلی	FEMA-RAMCAP	دارد
شیخعلی و همکاران (۱۳۹۹)	داخلی	AHP-RAMCAP	دارد
امیدوار و وجدانی نوذر (۱۴۰۰)	داخلی	Risk Matrix	ندارد
گان و همکاران (۲۰۲۲)	خارجی	ArcGIS-ALOHA	ندارد
بواکبه و همکاران (۲۰۲۲)	خارجی	تحلیل نظری	ندارد
لی و همکاران (۲۰۱۰)	خارجی	برنامه‌نویسی	دارد
باجبای و همکاران (۲۰۱۰)	خارجی	AHP-SVA	ندارد
کولبا و همکاران (۲۰۱۷)	خارجی	تحلیل سناریو	ندارد
تنودور گایل لوئیس (۲۰۲۰)	خارجی	RAMCAP-MBRA	دارد
فدایی (۲۰۲۳)	خارجی	بررسی تطبیقی	ندارد

۴- روش تحقیق

شهر سرد و کوهستانی همدان با مساحتی در حدود ۷۲ کیلومترمربع و جمعیتی بالغ بر ۵۵۴ هزار و ۴۰۶ نفر به‌عنوان مرکز استان همدان، در غرب کشور ایران واقع شده است. مرکز این شهر در طول جغرافیایی ۴۸ درجه ۵۱ دقیقه و در عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۷۹ دقیقه در دامنه کوه الوند قرار دارد؛

این روش هم معیارهای کیفی و هم کمی را شامل می‌شود که این مورد نیز انعطاف‌پذیری این روش را افزایش می‌دهد [۲۳]. در ادامه گام‌های روش SECA به شرح ذیل است:

۴-۱- تشکیل چارچوب تصمیم

اولین گام در روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه تشکیل چارچوب تصمیم است چارچوب تصمیم یک چارچوب سطری - ستونی است که ستون‌ها، معیارهای تصمیم‌گیری و سطرها، گزینه‌های مسئله است که قصد رتبه‌بندی آن را داریم هر کدام از سول‌های این چارچوب تصمیم ارزیابی هر گزینه نسبت به هر معیار است.

۴-۲- نرمال‌سازی چارچوب تصمیم

در این بخش برای نرمال‌سازی معیارهای مثبت از رابطه ۱ و برای معیارهای منفی از رابطه ۲ استفاده می‌شود. در این رابطه i معرف سطر و j معرف ستون در چارچوب تصمیم است. همچنین BC شامل معیارهای هستند که جنبه سود (یا معیار مثبت) دارند و NC شامل معیارهایی هستند که جنبه هزینه (یا منفی) دارند.

$$X_{ij}^N = \begin{cases} \frac{X_{ij}}{\max_k X_{kj}} & \text{if } j \in BC, \\ \frac{\min_k X_{kj}}{X_{ij}} & \text{if } j \in NC, \end{cases} \quad (1)$$

$$(2)$$

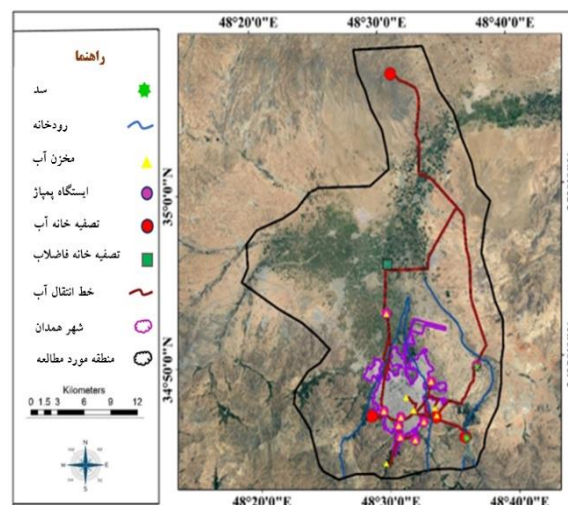
۴-۳- تشکیل الگوی بهینه‌سازی

فرض کنید که $V_j = [X_{ij}^N]_{n \times 1}$ معرف بردار زامین معیار می‌باشد. انحراف معیار هر بردار (σ_j) نشان‌دهنده تغییرات درونی اطلاعات بردار است. برای اخذ اطلاعات بین معیاری در چارچوب تصمیم باید همبستگی بین هر زوج بردار محاسبه شود. که r_{jl} معرف همبستگی بین j و l امین بردار است. در مجموع مقدار (π_j) میزان تضاد بین زامین معیار و دیگر معیارها را نشان می‌دهد که از رابطه ۳ به دست می‌آید.

$$\pi_j = \sum_{l=1}^m (1 - r_{jl}) \quad (3)$$

افزایش تغییرپذیری در بردار یک معیار (σ_j) ، و همچنین افزایش میزان درجه اختلاف میان معیار j و معیارهای دیگر (π_j) ، اهمیت (وزن) معیار را افزایش می‌دهد. براین اساس، مقادیر نرمال شده (σ_j) و (π_j) به‌عنوان نقاط مرجع برای وزن معیارها تعریف می‌شود. این مقادیر را می‌توان به‌صورت رابطه ۴ و ۵ محاسبه کرد:

$$\sigma_j^N = \frac{\sigma_j}{\sum_{l=1}^m \sigma_l} \quad (4)$$



شکل (۲): نقشه محدوده مورد مطالعه و دارایی‌های حیاتی آب و فاضلاب شهر همدان

در این تحقیق جهت ارزیابی امکان‌پذیری تهدید بر دارایی‌های آب و فاضلاب شهر همدان در مواجهه با سوانح انسان‌ساخت عمودی با جمع‌آوری اطلاعات از طریق منابع کتابخانه‌ای و مصاحبه با صاحب‌نظران، در ابتدا نقشه جانمایی دارایی‌های مورد مطالعه توسط نرم‌افزار Google Earth Pro طبق شکل (۲) ترسیم گردید و متعاقب تعریف معیارهای ارزیابی و تهیه پرسشنامه، نقطه نظرات خبرگان جمع‌بندی و وزن دهی معیارها، ارزیابی تهدیدات و رده‌بندی دارایی‌ها با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیار SECA در محیط نرم‌افزار Lingo مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت و در نهایت به‌منظور تهیه نقشه پهنه‌بندی امکان‌پذیری تهدید بر دارایی‌ها از نرم‌افزار ArcGIS استفاده شده است.

ضمناً معیارهایی ارزیابی امکان‌پذیری تهدیدات به‌کاررفته در این تحقیق به شرح ذیل تعریف می‌شود:

- شدت تهدید (M1)

- بزرگی تهدید (M2)

- سابقه وقوع (M3)

- احتمال وقوع (M4)

- زمان تهدید (M5)

- قابلیت پیش‌بینی (M6)

در این راستا تفاوت روش SECA با بقیه روش‌ها این است؛ در روش‌های مشابه جهت رتبه‌بندی گزینه‌ها، وزن معیارها در ابتدا با روش ثانویه دیگری محاسبه شده و سپس به‌عنوان ورودی به این روش‌ها داده می‌شود؛ اما در روش SECA هم‌وزن معیار و هم رتبه‌بندی گزینه‌ها باهم صورت می‌گیرد. این مزیت باعث ایجاد دقت بیشتر و نتایج بهتر در محاسبات می‌شود از طرفی ورودی

$$S_i = \sum_{j=1}^m W_j X_{ij}^N, \quad (14)$$

$$\forall_i \in \{1, 2, \dots, n\}$$

$$\lambda_b = \sum_{j=1}^m (W_j - \sigma_j^N)^2, \quad (15)$$

$$\lambda_c = \sum_{j=1}^m (W_j - \pi_j^N)^2, \quad (16)$$

$$\sum_{j=1}^m W_j = 1, \quad (17)$$

$$W_j \leq 1, \forall_j \in \{1, 2, \dots, m\}, \quad (18)$$

$$W_j \geq \epsilon, \forall_j \in \{1, 2, \dots, m\}, \quad (19)$$

$$\pi_j^N = \frac{\pi_j}{\sum_{i=1}^m \pi_i} \quad (5)$$

باتوجه به توضیحات ارائه شده الگوی بهینه چندهدفه زیر ارائه می‌شود.

$$\text{Max } S_i = \sum_{j=1}^m W_j X_{ij}^N, \quad (6)$$

$$\forall_i \in \{1, 2, \dots, n\}$$

$$\text{Min } \lambda_b = \sum_{j=1}^m (W_j - \sigma_j^N)^2, \quad (7)$$

$$\text{Min } \lambda_c = \sum_{j=1}^m (W_j - \pi_j^N)^2, \quad (8)$$

$$\text{s.t. } \sum_{j=1}^m W_j = 1, \quad (9)$$

$$W_j \leq 1, \forall_j \in \{1, 2, \dots, m\}, \quad (10)$$

$$W_j \geq \epsilon, \forall_j \in \{1, 2, \dots, m\}, \quad (11)$$

تعریف متغیرها در روابط ۱۲ تا ۱۹ در زیر آورده شده است.

$$\lambda_a = \text{حداقل امتیاز هر گزینه}$$

$$\lambda_b = \text{مجموع فاصله وزن هر معیار از انحراف معیار نرمال}$$

$$\lambda_c = \text{مجموع فاصله وزن هر معیار از همبستگی نرمال}$$

$$\beta = \text{ضریب تفریق از هدف کلی}$$

$$W_j = \text{وزن هر معیار}$$

$$X_{ij}^N = \text{درایه نرمال سطر } i \text{ و ستون } j \text{ در چارچوب اولیه}$$

$$S_i = \text{امتیاز هر گزینه}$$

$$m = \text{تعداد معیارها}$$

$$\epsilon = \text{پارامتر مثبت کوچک}$$

$$r_{ji} = \text{همبستگی بین } i \text{ و } j \text{ امین بردار}$$

لازم به ذکر است؛ در این پژوهش برای تحلیل معیارهای مرتبط به ارزیابی امکان‌پذیری تهدید بر دارایی‌های آب و فاضلاب شهری در مواجهه با سوانح انسان‌ساخت عمدی و آماده‌سازی داده‌ها؛ طبق نظرات کارشناسی در راستای اختصاص امتیاز به معیارها (برحسب توصیف کیفی معیار) از طیف ۱ تا ۵ مطابق جدول (۴) استفاده شده به نحوی که پس از تهیه پرسشنامه و توزیع آن در بین خبرگان؛ اطلاعات بر این مبنا از آنها اخذ و نتایج به صورت میانگین حسابی برآورد و در تحلیل SECA مورد استفاده قرار می‌گیرد و همچنین سطوح ارزیابی امکان‌پذیری تهدید (T) بر دارایی‌ها در مواجهه با سوانح انسان‌ساخت عمدی با توجه به اعمال نقطه نظرات خبرگان به شرح ذیل تعریف و در ارزیابی مورد استفاده قرار گرفته است:

- سطح کمتر ($1 \geq T \geq 2$)

- سطح متوسط ($2 > T \geq 3$)

- سطح بیشتر ($3 > T \geq 4$)

- سطح بیشترین (بحرانی) ($4 > T \geq 5$)

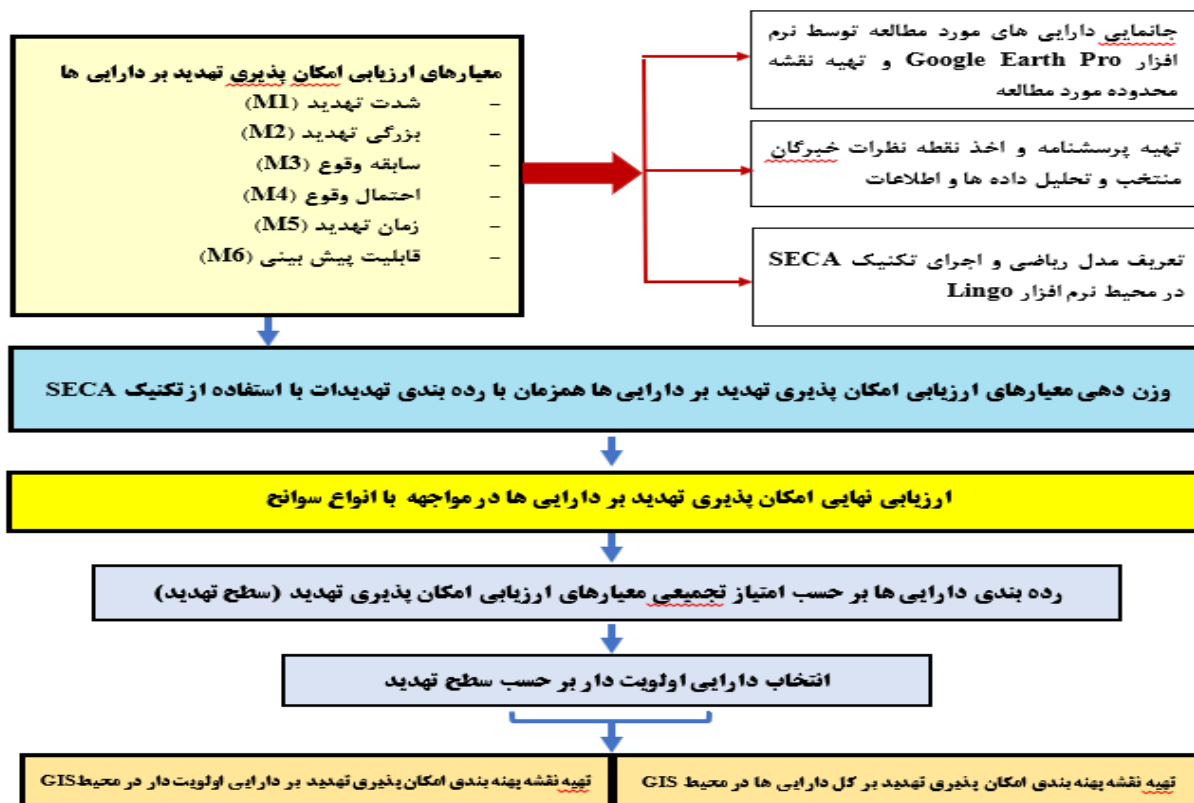
الگوی ۶، عملکرد کلی هر گزینه را افزایش می‌دهد و معادلات ۷ و ۸، انحراف معیارها و همبستگی‌های وزن را از نقاط مرجع برای هر معیار به حداقل می‌رساند. معادله ۹ تضمین می‌کند که مجموع وزن‌ها برابر با ۱ است. معادله ۱۰ و ۱۱ وزن معیارها را برای برخی مقادیر در فاصله ۱ تا ϵ تعیین می‌کنند. لازم به ذکر است که ϵ یک پارامتر مثبت کوچک در نظر گرفته شده به عنوان معیار پایینی برای وزن معیار است. الگوی چند هدفی بالا را می‌توان به الگوی تک هدفه تبدیل کرد با توجه به عملکرد هدف الگو بر اساس رابطه ۱۲ حداقل امتیاز کلی عملکرد گزینه‌ها به حداکثر می‌رسد. از آنجاکه انحراف از نقاط مرجع باید حداقل باشد، آنها از عملکرد هدف با ضریب B تفریق می‌شوند. این ضریب بر اهمیت دستیابی به نقاط مرجع معیارهای وزن تأثیر می‌گذارد. رابطه ۱۳ یک مقدار حداقل از نمره عملکرد کلی هر گزینه (S_i) را مشخص می‌کند. رابطه ۱۴ مجموع ضرب وزن هر معیار را در درایه چارچوب نرمال محاسبه می‌کند. رابطه ۱۵ و ۱۶ مجموع انحراف معیارهای وزن را از نقاط مرجع (انحراف معیار و همبستگی) برای هر معیار را به دست می‌آورد. رابطه ۱۷ مشخص می‌کند که جمع وزن‌ها برابر با ۱ باشد. و روابط ۱۸ و ۱۹ مشخص می‌کند که وزن به دست آمده باید بین صفر و یک باشد یعنی از صفر بیشتر هم باشد.

$$\text{Max } Z = \lambda_a - \beta(\lambda_b + \lambda_c), \quad (12)$$

$$\text{s.t. } \lambda_a \leq S_i, \forall_i \in \{1, 2, \dots, n\}, \quad (13)$$

به کاررفته برحسب تطبیق با تحقیقات و پژوهش‌های موجود که برخی از آن‌ها در این پژوهش نیز مورد بررسی قرار گرفته است؛ به شرح الگوی مشخص در شکل (۳) می‌باشد.

ضمناً از آنجایی که یکی از اهداف پژوهش‌ها ارائه الگویی است که بتواند ضمن برآورد هدف کاربردی، قابل تعمیم به انجام مطالعات مشابه در تمامی مناطق باشد؛ در این تحقیق فرایند ارزیابی



شکل (۳): الگوی ارزیابی امکان‌پذیری تهدید بر دارایی‌های شهری در مواجهه با انواع سوانح

جدول (۴): معیارهای ارزیابی امکان‌پذیری تهدید بر دارایی‌های آب و فاضلاب شهری در مواجهه با سوانح انسان‌ساخت

تأثیر معیارها	معیار	توصیف کیفی معیار	کمیت
خیلی کم	شدت تهدید	صدمات و تلفات زیر ۲۰ درصد است و دامنه تأثیر آن به بیرون گسترش نمی‌یابد.	۱
	بزرگی تهدید	توانایی ایجاد تهدید بسیار کم و ابزار تهدید برای آسیب رساندن به دارایی کارآمد نیست.	
	سابقه وقوع	بسیار محدود و به‌طور خیلی کم در یک قرن گذشته تکرار شده است و یا سابقه ندارد.	
	احتمال وقوع	احتمال وقوع تهدید بسیار کم است.	
	زمان تهدید	با رخداد تهدید، زمان کافی برای پاسخگویی مناسب و کاهش پیامد وجود دارد.	
	قابلیت پیش‌بینی	پیش‌بینی تهدید قبل از وقوع بسیار بالا است.	
کم	شدت تهدید	صدمات و تلفات بین ۲۰ تا ۴۰ درصد است و دامنه تأثیر آن به‌صورت جزئی به بیرون گسترش می‌یابد.	۲
	بزرگی تهدید	توانایی ایجاد تهدید کم و ابزار تهدید برای آسیب رساندن به دارایی کارآمدی کمی دارد.	
	سابقه وقوع	محدود و به‌طور اندک در یک قرن گذشته تکرار شده است.	
	احتمال وقوع	احتمال وقوع تهدید وجود دارد لیکن قابل توجه نیست.	
	زمان تهدید	با رخداد تهدید، زمان لازم برای پاسخ و تقلیل پیامد در صورت آمادگی از قبل وجود دارد.	
	قابلیت پیش‌بینی	پیش‌بینی تهدید قبل از وقوع در صورت داشتن اطلاعات وجود دارد.	
متوسط	شدت تهدید	صدمات و تلفات بین ۴۰ تا ۶۰ درصد است و دامنه تأثیر آن به‌طور قابل توجه به بیرون گسترش می‌یابد.	۳
	بزرگی تهدید	توانایی ایجاد تهدید مناسب و ابزار تهدید برای آسیب رساندن به دارایی کارآمدی قابل توجهی دارد.	
	سابقه وقوع	در برخی از موارد در یک قرن گذشته تکرار شده است.	
	احتمال وقوع	احتمال وقوع تهدید قابل توجه است.	
	زمان تهدید	با رخداد تهدید، زمان لازم برای پاسخ و انجام اقدامات کاهش پیامد در حد متوسط	
	قابلیت پیش‌بینی	پیش‌بینی تهدید قبل از وقوع در صورت داشتن اطلاعات و مهارت در حد متوسط است.	

تأثیر معیارها	معیار	توصیف کیفی معیار	کمیت
زیاد	شدت تهدید	صدمات و تلفات بین ۶۰ تا ۸۰ درصد است و دامنه تأثیر آن به‌طور زیاد به بیرون گسترش می‌یابد.	۴
	بزرگی تهدید	توانایی ایجاد تهدید زیاد و ابزار تهدید برای آسیب رساندن به دارایی کارآمد است	
	سابقه وقوع	در اغلب موارد در یک قرن گذشته تکرار شده است.	
	احتمال وقوع	احتمال وقوع تهدید زیاد است.	
	زمان تهدید	با رخداد تهدید، زمان کافی برای پاسخ و انجام اقدامات کاهش پیامد وجود ندارد.	
	قابلیت پیش‌بینی	پیش‌بینی تهدید قبل از وقوع؛ حتی با داشتن اطلاعات و مهارت نیز سخت است.	
خیلی زیاد	شدت تهدید	صدمات و تلفات بالای ۸۰ درصد است و دامنه تأثیر آن به‌طور وسیع به بیرون گسترش می‌یابد.	۵
	بزرگی تهدید	توانایی ایجاد تهدید بسیار بالا و ابزار تهدید برای آسیب رساندن به دارایی کاملاً کارآمد است.	
	سابقه وقوع	مکرراً در یک قرن گذشته تکرار شده است.	
	احتمال وقوع	احتمال وقوع تهدید بسیار بالا است.	
	زمان تهدید	با رخداد تهدید، زمان لازم برای پاسخ و انجام اقدامات کاهش پیامد بسیار کم است.	
	قابلیت پیش‌بینی	پیش‌بینی تهدید قبل از وقوع؛ در حد صفر است.	

۵- نتایج و بحث

جدول (۶): تهدیدات رایج سوانح انسان‌ساخت عمدی (دشمن داخلی)

کد	تهدیدات	سوانح انسان‌ساخت عمدی
A11	خرابکاری	دشمن داخلی
A12	شورش و اغتشاش	
A13	اعتصاب و اعتراض	

جدول (۷): چارچوب تصمیم

	M1	M2	M3	M4	M5	M6
A1	۳/۶	۳/۷	۳/۰	۳/۸	۳/۸	۳/۳
A2	۳/۵	۴/۱	۳/۴	۴/۷	۴/۴	۴/۵
A3	۱/۷	۲/۷	۱/۱	۳/۷	۳/۵	۳/۷
A4	۱/۸	۴/۰	۱/۰	۲/۶	۳/۸	۳/۰
A5	۱/۶	۴/۰	۱/۰	۲/۷	۳/۸	۳/۰
A6	۲/۹	۲/۶	۲/۷	۲/۴	۲/۷	۲/۷
A7	۳/۲	۳/۵	۳/۰	۲/۶	۳/۰	۲/۸
A8	۲/۳	۳/۶	۱/۹	۳/۰	۳/۷	۲/۸
A9	۲/۴	۳/۷	۱/۸	۳/۲	۳/۷	۲/۹
A10	۱/۰	۳/۸	۱/۰	۴/۷	۴/۸	۴/۴
A11	۴/۱	۳/۴	۳/۶	۳/۸	۳/۷	۳/۸
A12	۴/۱	۲/۵	۴/۱	۳/۶	۳/۳	۳/۴
A13	۳/۴	۱/۹	۳/۸	۱/۹	۲/۰	۲/۲

با نگاهی به لیست کلی دسته‌بندی تهدیدات رایج سوانح انسان‌ساخت عمدی (جدول ۵ و ۶)؛ وزن دهی معیارهای مرتبط در این تحقیق (شدت تهدید، بزرگی تهدید، سابقه وقوع، احتمال وقوع، زمان تهدید و قابلیت پیش‌بینی) و همچنین رده‌بندی تهدیدات مؤثر بر دارایی‌ها در مواجهه با سوانح انسان‌ساخت عمدی از طریق روش SECA و کاربرد نرم‌افزار لینگو انجام می‌شود. بدین منظور در ابتدا چارچوب تصمیم 13×6 (سطر شامل ۱۳ تهدید و ستون شامل ۶ معیار) برحسب نقطه نظرات و اطلاعات جمع‌بندی شده خبرگان تشکیل و سپس با استفاده از روابط مشخص؛ نرمال‌سازی چارچوب، تعیین مقدار π_j ، تعیین مقادیر نرمال z_j و π_j به ترتیب در قالب جداول (۷) تا (۱۰) برآورد می‌گردد.

جدول (۵): تهدیدات رایج سوانح انسان‌ساخت عمدی (دشمن خارجی)

کد	تهدیدات	سوانح انسان‌ساخت عمدی
A1	تروریستی (بمب‌گذاری و...)	دشمن خارجی
A2	حمله هوایی و موشکی	
A3	حمله زمینی	
A4	حمله الکترومغناطیسی	
A5	حمله گرافیتی	
A6	حمله اقتصادی	
A7	حمله سایبری	
A8	حمله بیولوژیکی	
A9	حمله شیمیایی و آلوده‌سازی	
A10	حمله هسته‌ای	

جدول (۹): مقادیر π_j

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	π_j
M1	۰/۰۰۰	۰/۶۷۱	۰/۰۳۹	۱/۰۱۵	۰/۶۵۷	۱/۰۸۲	۳/۴۶۵
M2	۰/۶۷۱	۰/۰۰۰	۰/۵۲۷	۱/۴۶۱	۰/۱۲۲	۱/۴۵۶	۴/۲۳۷
M3	۰/۰۳۹	۰/۵۲۷	۰/۰۰۰	۱/۰۲۴	۰/۵۲۸	۱/۰۸۲	۳/۲۱۰
M4	۱/۰۱۵	۱/۴۶۱	۱/۰۲۴	۰/۰۰۰	۱/۷۵۱	۰/۰۴۳	۵/۲۹۴
M5	۰/۶۵۷	۰/۱۲۲	۰/۵۲۸	۱/۷۵۱	۰/۰۰۰	۱/۷۳۲	۴/۸۰۰
M6	۱/۰۸۲	۱/۴۵۶	۱/۰۸۲	۰/۰۴۳	۱/۷۳۲	۰/۰۰۰	۵/۳۹۶

جدول (۸): چارچوب نرمال

	M1	M2	M3	M4	M5	M6
A1	۰/۸۷۸	۰/۵۱۴	۰/۷۳۲	۰/۸۰۹	۰/۵۲۶	۰/۷۳۳
A2	۰/۸۵۴	۰/۴۶۳	۰/۸۲۹	۱/۰۰۰	۰/۴۵۵	۱/۰۰۰
A3	۰/۴۱۵	۰/۷۰۴	۰/۲۶۸	۰/۷۸۷	۰/۵۷۱	۰/۸۲۲
A4	۰/۴۳۹	۰/۴۷۵	۰/۲۴۴	۰/۵۵۳	۰/۵۲۶	۰/۶۶۷
A5	۰/۳۹۰	۰/۴۷۵	۰/۲۴۴	۰/۵۷۴	۰/۵۲۶	۰/۶۶۷
A6	۰/۷۰۷	۰/۷۳۱	۰/۶۵۹	۰/۵۱۱	۰/۷۴۱	۰/۶۰۰
A7	۰/۷۸۰	۰/۵۴۳	۰/۷۳۲	۰/۵۵۳	۰/۶۶۷	۰/۶۲۲
A8	۰/۵۶۱	۰/۵۲۸	۰/۴۶۳	۰/۶۳۸	۰/۵۴۱	۰/۶۲۲
A9	۰/۵۸۵	۰/۵۱۴	۰/۴۳۹	۰/۶۸۱	۰/۵۴۱	۰/۶۴۴
A10	۰/۲۴۴	۰/۵۰۰	۰/۲۴۴	۱/۰۰۰	۰/۴۱۷	۰/۹۷۸
A11	۱/۰۰۰	۰/۵۵۹	۰/۸۷۸	۰/۸۰۹	۰/۵۴۱	۰/۸۴۴
A12	۱/۰۰۰	۰/۷۶۰	۱/۰۰۰	۰/۷۶۶	۰/۶۰۶	۰/۷۵۶
A13	۰/۸۲۹	۱/۰۰۰	۰/۹۲۷	۰/۴۰۴	۱/۰۰۰	۰/۴۸۹

جدول (۱۰): مقادیر π_j و z_j نرمال

	z_j نرمال	π_j نرمال
M1	۰/۲۱۰۹	۰/۱۳۱۲
M2	۰/۱۳۴۸	۰/۱۶۰۵
M3	۰/۲۴۲۷	۰/۱۲۱۶
M4	۰/۱۵۶۴	۰/۲۰۰۵
M5	۰/۱۲۷۰	۰/۱۸۱۸
M6	۰/۱۲۸۲	۰/۲۰۴۴

هر یک از تهدیدات سوانح انسان ساخت عمدی برآورد می‌شود. برآوردها به ازای مقادیر مختلف β وزن معیارها و امتیاز تهدیدات به ترتیب در جداول (۱۱) و (۱۲) نمایش داده شده و همچنین به صورت نمودار در شکل‌های (۴) و (۵) نیز مشخص است.

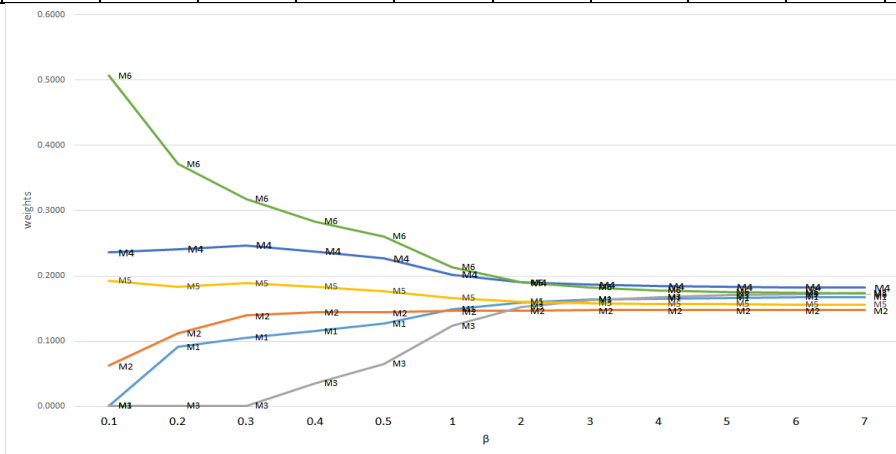
در ادامه با استفاده از الگوی بهینه‌سازی که در روابط ۱۲ تا ۱۹ مشخص شده است یک الگوی بهینه‌سازی غیرخطی تشکیل و توسط نرم‌افزار Lingo حل می‌گردد در این الگو به ازای مقادیر β از ۰/۱ تا ۷ الگو اجرا شده و در هر بار اجرا وزن معیارها و امتیاز

جدول (۱۱): وزن معیارها به ازای مقادیر مختلف β

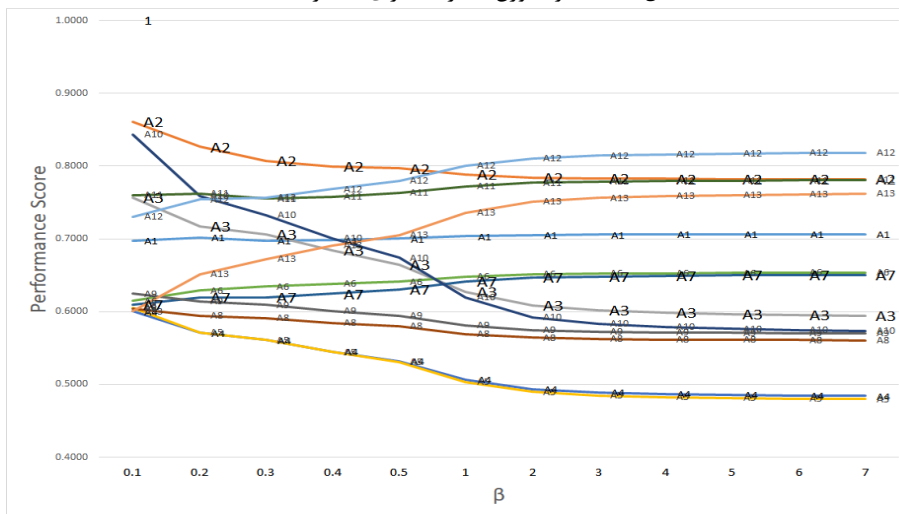
	β											
	۰/۱	۰/۲	۰/۳	۰/۴	۰/۵	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
M1	۰/۰۰۱۰	۰/۰۹۱۰	۰/۱۰۵۸	۰/۱۱۵۲	۰/۱۲۶۷	۰/۱۴۸۷	۰/۱۵۹۹	۰/۱۶۳۶	۰/۱۶۵۵	۰/۱۶۶۶	۰/۱۶۷۳	۰/۱۶۷۹
M2	۰/۰۶۲۶	۰/۱۱۲۶	۰/۱۳۹۵	۰/۱۴۴۹	۰/۱۴۳۹	۰/۱۴۶۵	۰/۱۴۷۱	۰/۱۴۷۳	۰/۱۴۷۴	۰/۱۴۷۴	۰/۱۴۷۴	۰/۱۴۷۵
M3	۰/۰۰۱۰	۰/۰۰۱۰	۰/۰۰۱۰	۰/۰۳۵۱	۰/۰۶۵۷	۰/۱۲۳۳	۰/۱۵۲۷	۰/۱۶۲۵	۰/۱۶۷۴	۰/۱۷۰۴	۰/۱۷۲۴	۰/۱۷۳۷
M4	۰/۲۳۶۰	۰/۲۴۰۹	۰/۲۴۶۹	۰/۲۳۷۶	۰/۲۲۶۸	۰/۲۰۲۲	۰/۱۹۰۳	۰/۱۸۶۳	۰/۱۸۴۴	۰/۱۸۳۲	۰/۱۸۲۴	۰/۱۸۱۸
M5	۰/۱۹۲۹	۰/۱۸۳۱	۰/۱۸۸۷	۰/۱۸۳۶	۰/۱۷۶۷	۰/۱۶۶۰	۰/۱۶۰۲	۰/۱۵۸۳	۰/۱۵۷۳	۰/۱۵۶۷	۰/۱۵۶۳	۰/۱۵۶۱
M6	۰/۵۰۶۶	۰/۳۷۱۳	۰/۳۱۸۱	۰/۲۸۳۶	۰/۲۶۰۱	۰/۲۱۳۲	۰/۱۸۹۸	۰/۱۸۱۹	۰/۱۷۸۰	۰/۱۷۵۷	۰/۱۷۴۱	۰/۱۷۳۰

جدول (۱۲): امتیاز تهدیدات سوانح انسان‌ساخت عمدی به ازای مقادیر مختلف β

	β											
	۰/۱	۰/۲	۰/۳	۰/۴	۰/۵	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
A1	۰/۶۹۷۵	۰/۷۰۱۹	۰/۶۹۷۵	۰/۶۹۸۰	۰/۷۰۰۵	۰/۷۰۳۴	۰/۷۰۵۱	۰/۷۰۵۷	۰/۷۰۶۰	۰/۷۰۶۲	۰/۷۰۶۳	۰/۷۰۶۴
A2	۰/۸۶۱۰	۰/۸۲۶۲	۰/۸۰۶۶	۰/۷۹۹۳	۰/۷۹۶۷	۰/۷۸۸۰	۰/۷۸۴۲	۰/۷۸۳۰	۰/۷۸۲۳	۰/۷۸۲۰	۰/۷۸۱۸	۰/۷۸۱۵
A3	۰/۷۵۷۰	۰/۷۱۶۷	۰/۷۰۵۹	۰/۶۸۴۲	۰/۶۶۴۷	۰/۶۳۷۱	۰/۶۰۸۱	۰/۶۰۱۷	۰/۵۹۸۶	۰/۵۹۶۷	۰/۵۹۵۴	۰/۵۹۴۵
A4	۰/۶۰۰۲	۰/۵۷۰۹	۰/۵۶۰۹	۰/۵۴۵۱	۰/۵۳۱۹	۰/۵۰۶۳	۰/۴۹۳۴	۰/۴۸۹۱	۰/۴۸۶۹	۰/۴۸۵۷	۰/۴۸۴۸	۰/۴۸۴۲
A5	۰/۶۰۵۱	۰/۵۷۱۵	۰/۵۶۰۹	۰/۵۴۴۴	۰/۵۳۰۵	۰/۵۰۳۳	۰/۴۸۹۶	۰/۴۸۵۰	۰/۴۸۲۷	۰/۴۸۱۳	۰/۴۸۰۴	۰/۴۷۹۸
A6	۰/۶۱۴۶	۰/۶۲۸۹	۰/۶۳۴۳	۰/۶۳۸۱	۰/۶۴۱۰	۰/۶۴۷۸	۰/۶۵۱۰	۰/۶۵۲۱	۰/۶۵۲۷	۰/۶۵۳۰	۰/۶۵۳۲	۰/۶۵۳۴
A7	۰/۶۰۹۷	۰/۶۱۹۲	۰/۶۱۹۳	۰/۶۲۴۵	۰/۶۳۰۲	۰/۶۴۱۰	۰/۶۴۶۵	۰/۶۴۸۴	۰/۶۴۹۳	۰/۶۴۹۸	۰/۶۵۰۲	۰/۶۵۰۵
A8	۰/۶۰۴۱	۰/۵۹۴۷	۰/۵۹۰۹	۰/۵۸۴۷	۰/۵۷۹۶	۰/۵۶۹۳	۰/۵۶۴۲	۰/۵۶۲۵	۰/۵۶۱۶	۰/۵۶۱۱	۰/۵۶۰۸	۰/۵۶۰۵
A9	۰/۶۲۴۵	۰/۶۱۳۸	۰/۶۰۹۱	۰/۶۰۱۱	۰/۵۹۴۵	۰/۵۸۱۳	۰/۵۷۴۷	۰/۵۷۲۵	۰/۵۷۱۴	۰/۵۷۰۷	۰/۵۷۰۳	۰/۵۷۰۰
A10	۰/۸۴۳۶	۰/۷۵۹۲	۰/۷۳۲۵	۰/۷۰۰۷	۰/۶۳۳۸	۰/۶۱۹۶	۰/۵۹۲۵	۰/۵۸۳۵	۰/۵۷۹۰	۰/۵۷۶۳	۰/۵۷۴۵	۰/۵۷۳۲
A11	۰/۷۵۹۷	۰/۷۶۲۲	۰/۷۵۵۰	۰/۷۵۷۹	۰/۷۶۳۵	۰/۷۷۲۳	۰/۷۷۷۰	۰/۷۷۸۶	۰/۷۷۹۴	۰/۷۷۹۹	۰/۷۸۰۲	۰/۷۸۰۴
A12	۰/۷۳۰۲	۰/۷۵۳۸	۰/۷۵۶۸	۰/۷۶۸۱	۰/۷۷۹۳	۰/۸۰۰۱	۰/۸۱۰۷	۰/۸۱۴۳	۰/۸۱۶۱	۰/۸۱۷۱	۰/۸۱۷۹	۰/۸۱۸۳
A13	۰/۶۰۰۲	۰/۶۵۱۰	۰/۶۷۲۱	۰/۶۹۱۲	۰/۷۰۵۴	۰/۷۳۶۱	۰/۷۵۱۱	۰/۷۵۶۱	۰/۷۵۸۶	۰/۷۶۰۱	۰/۷۶۱۱	۰/۷۶۱۸



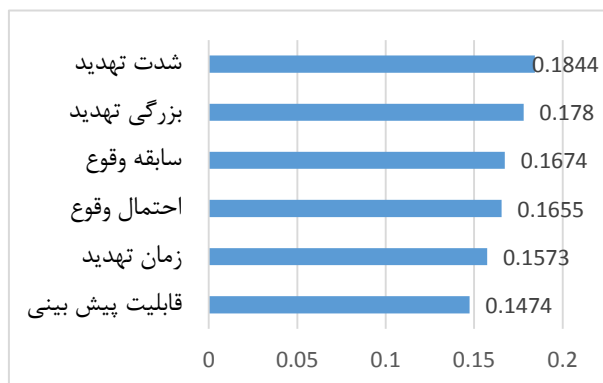
شکل (۴): تغییرات وزن معیارها به ازای مقادیر مختلف β



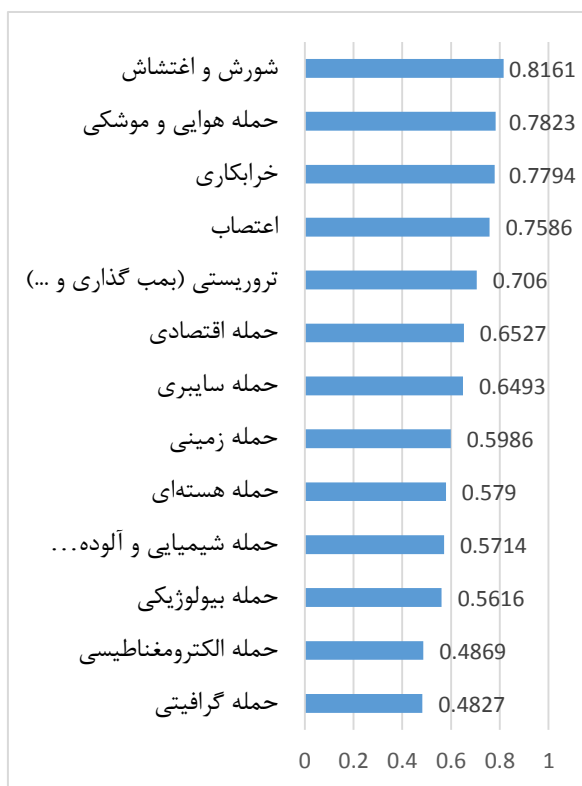
شکل (۵): تغییرات امتیاز تهدیدات سوانح انسان‌ساخت عمدی به ازای مقادیر مختلف β

جدول (۱۵): رده‌بندی تهدیدات سوانح انسان‌ساخت عمدی برحسب امتیاز اکتسابی (دشمن داخلی)

رتبه گروه	رتبه کل	امتیاز	کد	تهدیدات انسان‌ساخت	گروه
۲	۳	۰/۷۷۹۴	A11	خرابکاری	دشمن داخلی
۱	۱	۰/۸۱۶۱	A12	شورش و اغتشاش	
۳	۴	۰/۷۵۸۶	A13	اعتصاب و اعتراض	



شکل (۶): رده‌بندی معیارهای ارزیابی تهدیدات سوانح انسان‌ساخت عمدی برحسب وزن اکتسابی



شکل (۷): رده‌بندی تهدیدات سوانح انسان‌ساخت عمدی برحسب امتیاز اکتسابی

همان‌طور که هم جداول و هم نمودارها نشان می‌دهد از مقادیر $\beta > 5$ نمودارها همگرا شده‌اند و تغییرات زیادی ندارند پس می‌توان $\beta = 5$ را مقدار همگرا شده در نظر گرفت که وزن معیارها و امتیاز تهدیدات در این مقدار برای مسأله ثابت می‌باشد. پس در مقدار $\beta = 5$ وزن نهایی معیارها و همچنین امتیازات نهایی تهدیدات برآورد و نتایج به ترتیب در جداول ۱۳، ۱۴ و ۱۵ و به‌صورت نموداری در شکل‌های ۶ و ۷ نشان داده شده است. بر این اساس در بین معیارهای ارزیابی تهدیدات، شدت تهدید با وزن $0/1844$ ، بزرگی تهدید با وزن $0/178$ و سابقه وقوع با وزن $0/1674$ به ترتیب در اولویت اول تا سوم قرار دارد. در بین تهدیدات سوانح انسان‌ساخت عمدی به‌طور کلی شورش و اغتشاش رتبه اول، حمله هوایی و موشکی رتبه دوم و خرابکاری رتبه سوم را کسب کرده است، لیکن با نگاهی به دسته‌بندی انواع سوانح انسان‌ساخت عمدی با مدنظر قرار دادن دشمن خارجی و داخلی، نتایج نشان می‌دهد؛ حمله هوایی و موشکی در بین تهدیدات سوانح انسان‌ساخت عمدی با دشمن خارجی و شورش و اغتشاشات در بین تهدیدات ناشی از سوانح انسان‌ساخت عمدی با دشمن داخلی رتبه اول را به خود اختصاص داده است.

جدول (۱۳): رده‌بندی معیارهای ارزیابی تهدیدات سوانح انسان‌ساخت عمدی برحسب وزن اکتسابی (دشمن خارجی)

رتبه	وزن نهایی	کد معیار	نام معیار
۴	۰/۱۶۵۵	M1	احتمال وقوع
۶	۰/۱۴۷۴	M2	قابلیت پیش‌بینی
۳	۰/۱۶۷۴	M3	سابقه وقوع
۱	۰/۱۸۴۴	M4	شدت تهدید
۵	۰/۱۵۷۳	M5	زمان تهدید
۲	۰/۱۷۸۰	M6	بزرگی تهدید

جدول (۱۴): رده‌بندی تهدیدات سوانح انسان‌ساخت عمدی برحسب امتیاز اکتسابی

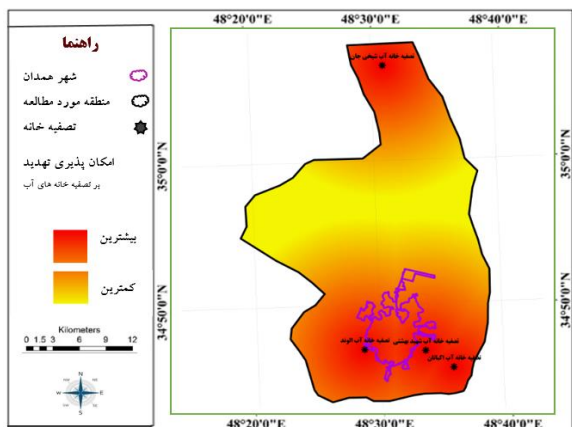
رتبه گروه	رتبه کل	امتیاز	کد	تهدیدات انسان‌ساخت	گروه
۲	۵	۰/۷۰۶۰	A1	تروریستی (بمب‌گذاری)	دشمن خارجی
۱	۲	۰/۷۸۲۳	A2	حمله هوایی و موشکی	
۵	۸	۰/۵۹۸۶	A3	حمله زمینی	
۹	۱۲	۰/۴۸۶۹	A4	حمله الکترومغناطیسی	
۱۰	۱۳	۰/۴۸۲۷	A5	حمله گرافیتی	
۳	۶	۰/۶۵۲۷	A6	حمله اقتصادی	
۴	۷	۰/۶۴۹۳	A7	حمله سایبری	
۸	۱۱	۰/۵۶۱۶	A8	حمله بیولوژیکی	
۷	۱۰	۰/۵۷۱۴	A9	حمله شیمیایی	
۶	۹	۰/۵۷۹۰	A10	حمله هسته‌ای	

قرار گرفته است که نیازمند انجام اقدامات پیشگیرانه، امنیتی و دفاعی است. شهر همدان دارای چهار باب تصفیه‌خانه آب شامل: تصفیه اکباتان با ظرفیت ۴۰۰ لیتر بر ثانیه، تصفیه‌خانه شهید بهشتی با ظرفیت ۱۰۰۰ لیتر بر ثانیه، تصفیه‌خانه الوند با ظرفیت ۳۰۰ لیتر بر ثانیه و تصفیه‌خانه شیخی جان با ظرفیت ۳۵۰۰ لیتر بر ثانیه جمعاً با ظرفیت کل ۵۲۰۰ لیتر بر ثانیه است [۲۲]. نقشه پهنه‌بندی امکان‌پذیری تهدید حمله هوایی و موشکی بر تصفیه‌خانه‌های آب و فاضلاب شهری همدان طبق شکل (۹) مشخص شده است.

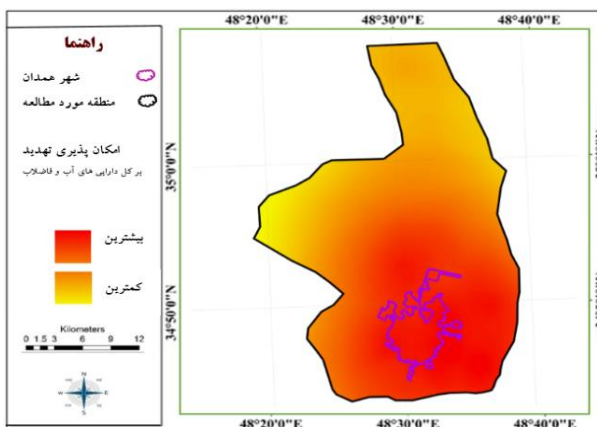
در نهایت با مشخص شدن تهدید اولویت‌دار سوانح انسان‌ساخت عمدی با دشمن خارجی در منطقه مورد مطالعه (حمله هوایی و موشکی)؛ ارزیابی امکان‌پذیری این تهدید بر دارایی‌های آب و فاضلاب شهر همدان، با مدنظر قراردادن ضرایب وزنی معیارهای ارزیابی و اخذ نقطه‌نظرات مجدد از خبرگان به شرح جدول شماره ۱۶ برآورد و با پیاده‌سازی آن در محیط GIS نقشه پهنه‌بندی امکان‌پذیری تهدید حمله هوایی و موشکی بر دارایی‌های آب و فاضلاب شهری همدان طبق شکل (۸) مشخص شده است. نتیجه نشان می‌دهد؛ تصفیه‌خانه‌های آب شهر با کسب امتیاز ۴/۵۰۷۲ در رتبه اول و برحسب تعریف سطوح تهدید در سطح بحرانی

جدول (۱۶): ارزیابی امکان‌پذیری تهدید حمله هوایی و موشکی بر دارایی‌های آب و فاضلاب شهر همدان

رده‌بندی دارایی‌ها (رتبه)	شاخص‌های ارزیابی امکان‌پذیری تهدید							دارایی‌ها	مخاطره - تهدید
	سطح تهدید	قابلیت پیش‌بینی	زمان تهدید	احتمال وقوع	سابقه وقوع	بزرگی تهدید	شدت تهدید		
	امتیاز نهایی	۰/۱۴۷۴	۰/۱۵۷۳	۰/۱۶۵۵	۰/۱۶۷۴	۰/۱۷۸۰	۰/۱۸۴۴		
۳	۳/۸۳۲۶	۴	۴	۴	۳	۴	۴	منابع آب سطحی	انسان‌ساخت عمدی - حمله هوایی و موشکی
۶	۲/۴۳۲۱	۵	۳	۲	۱	۲	۲	منابع آب زیرزمینی	
۱	۴/۵۰۷۲	۴	۵	۵	۴	۴	۵	تصفیه‌خانه‌های آب	
۴	۳/۸۱۱۹	۴	۵	۴	۳	۳	۴	مخازن ذخیره آب	
۲	۳/۹۷۹۳	۴	۵	۴	۴	۳	۴	ایستگاه‌های پمپاژ آب	
۷	۲/۴۱۹۶	۵	۳	۳	۱	۱	۲	خطوط انتقال آب	
۸	۱/۹۳۱۳	۵	۲	۱	۱	۱	۲	شبکه توزیع آب	
۸	۱/۹۳۱۳	۵	۲	۱	۱	۱	۲	شبکه جمع‌آوری فاضلاب	
۱۰	۱/۹۳۱۳	۵	۲	۱	۱	۱	۲	خطوط انتقال فاضلاب	
۵	۳/۱۶۴۴	۴	۳	۳	۲	۳	۴	تصفیه‌خانه فاضلاب	



شکل (۹): نقشه پهنه بندی امکان‌پذیری تهدید حمله هوایی و موشکی بر تصفیه‌خانه‌های آب شهر همدان



شکل (۸): نقشه پهنه بندی امکان‌پذیری تهدید حمله هوایی و موشکی بر دارایی‌های آب و فاضلاب شهر همدان

https://www.jecm.ir/article_51142.html?lang=en

[10] F. Bakhshy, S. H. Zarghani and O. A. Kharazmi, "Analysis of Vulnerable Elements of the Cities Water Infrastructure against Terrorist Threats," *Geopolitical Quarterly*, vol. 16 pp. 32-57, 2020. (In Persian)

DOR: dor 20.1001.1.17354331.1399.16.58.2.0

[11] E. Feyzi, M. Naghavi, and H. Fakhraei, "Risk Assessment of Hydroelectric Concrete Dams Using Combined FEMA and RAMCAP Method with Passive Defense Approach, Case Study: Leero Concrete Dam," *Passive Defence*, vol. 11 pp. 83-94, 2020. (In Persian)

doi: 20.1001.1.20086849.1399.11.2.8.9

[12] M. Sheykhal, Gh. Asdollah Fardi, and S. Sh. Emamzadeh, "THE STUDY OF RISK MANAGEMENT OF WATER AND WASTEWATER FACILITIES USING COMBINED METHOD AHP AND RAMCAP," *Sharif Journal*, vol. 36 pp. 81-91, 2020. (In Persian)

DOI:10.24200/j30.2019.52458.2473

[13] B. Omidvar, and A. Vajdani Nozar, "Qualitative risk assessment of water infrastructure, Case study: Potable water system of a city," 12th ICCE Conference paper, 2021. (In Persian)

[14] W. Guan, Q. Liu, and C. Dong, "Risk assessment method for industrial accident consequences and human vulnerability in urban areas," *JLPPI*, vol. 76, 104745, 2022.

DOI:10.1016/j.jlp.2022.104745

[15] J. Boakye, C. Murphy, P. Gardoni, and R. Kumar, "Which consequences matter in risk analysis and disaster assessment?," *IJDRR*, vol 71, 102740, 2022.

DOI:10.1016/j.ijdr.2021.102740

[16] Y. Lee, J. Kim, J. Kim, J. Kim, and I. Moon, "Development of a risk assessment program for chemical terrorism," *KJCE*, vol. 27 pp. 399-408, 2010.

DOI:10.2478/s11814-010-0094-x

[17] Sh. Bajpai, A. Sachdeva, and J. P. Gupta, "Security risk assessment: Applying the concepts of fuzzy logic," *Hazardous Materials*, vol. 173 pp. 258-264, 2010.

DOI:10.1016/j.jhazmat.2009.08.078

[18] V. Kulba, N. Bakhtadze, O. Zaikin, A. Shelkov, and I. Chernov, "Scenario analysis of management processes in the prevention and the elimination of consequences of man-made disasters," *PCS*, vol. 112, pp. 2066-2075, 2017.

DOI:10.1016/j.procs.2017.08.247

[19] T. Lewis, "Critical Infrastructure Protection in Homeland Security (Third Edition)," Set by SPi Global, Pondicherry, India, Printed in the United States of America. ISBN: 978-1-119-61453-1, 2020.

<https://www.amazon.com/Critical-Infrastructure-Protection-Homeland-Security/dp/1119614538>.

[20] A. Fadaei, "Study of Contaminants in Iranian Drinking Water and their Health Outcomes: A Review," *Pollution*, vol 9, pp. 1450-1474, 2023.

DOI:10.22059/POLL.2023.356999.1839

[21] NCC, National Cartographic Center, "Hamedan province map and spatial information atlas. Iran," <https://en.ncc.gov.ir/>, 2021. (In Persian)

[22] BREC, Behsaz Ravesh Engineering Company, "Hamedan water and sewage emergency situation operational plan," Water and sewage company, Hamedan province, 2024. (In Persian)

[23] M. Keshavarz Ghorabae, M. Amiri, E. K. Zavadskas, Z. Turskis, and J. Antucheviciene, "Simultaneous Evaluation of Criteria and Alternatives (SECA) for Multi-Criteria Decision-Making," *INFORMATICA*, vol. 29, pp. 265-280, 2018.

DOI:10.15388/Informatica.2018.167

۶- نتیجه گیری

در این مطالعه امکان‌پذیری تهدید بر دارایی‌های آب و فاضلاب شهر همدان به‌عنوان یکی از مهم‌ترین شهرهای منطقه غرب ایران در مواجهه با سوانح انسان‌ساخت عمدی مورد ارزیابی قرار گرفت، نتایج نشان می‌دهد در این شهر از بین معیارهای ارزیابی تهدیدات، شدت تهدید با وزن ۰/۱۸۴۴، بزرگی تهدید با وزن ۰/۱۷۸۰ و سابقه وقوع با وزن ۰/۱۶۷۴ به ترتیب در اولویت اول تا سوم قرار دارد. در بین تهدیدات سوانح انسان‌ساخت عمدی نیز به‌طورکلی شورش و اغتشاش رتبه اول، حمله هوایی و موشکی رتبه دوم و خرابکاری رتبه سوم را کسب کرده است، لیکن با نگاهی به دسته‌بندی انواع سوانح انسان‌ساخت عمدی با مدنظر قراردادن دشمن خارجی و داخلی؛ حمله هوایی و موشکی در بین تهدیدات سوانح انسان‌ساخت عمدی با دشمن خارجی و شورش و اغتشاشات در بین تهدیدات ناشی از سوانح انسان‌ساخت عمدی با دشمن داخلی رتبه اول را به خود اختصاص داده‌اند.

۷- مراجع

- [1] Sh. Alamdari and H. Mashhadi, "Infrastructure vulnerability assessment methods and crisis management (crisis management preparedness system, threat assessment methods, scenario writing process)," Publisher Boostan Hamid, Tehran, Iran, ISBN: 978-600-6412-20-7, 2012. (In Persian)
- [2] S. Givehchi, "Methodology for identification, ranking and evaluation of threats and Hazards in the field of infrastructures," Univ. of Tehran, Scientific Association of HSE Management and Engineering of Iran, 2018. (In Persian)
- [3] Seraj, "The comprehensive plan of passive defense of Hamedan city," Univ. of Imam Hossein Comprehensive, Passive Defense Science and Technology Center, 2020. (In Persian)
- [4] A. H. Abdollahzadeh, and S. Shahriar, "Location of Risk Zones in Water Network Systems Quality Crisis With GIS, AHP Approach Case Study: Water Network of Tehran," *Passive Defence*, vol. 9 pp. 1-15, 2019. (In Persian)
- DOR: 20.1001.1.20086849.1397.9.4.1.2
- [5] A. Jamshidi, "Providing a systematic model to assess the risk of assets," Masters. Thesis, Tehran Univ., Tehran, 2011. (In Persian)
- [6] M. J. Kazemi Balge Shiri, and M. Golestaneh, "Passive Defense Study of Water Reservoirs and its Transmission Line," *Passive Defence*, vol. 4 pp. 41-50, 2015. (In Persian)
- https://pd.ihu.ac.ir/article_200648.html
- [7] H. Mashhadi, and S. A. Varaki, "Develop and present a model for threat assessments, vulnerability and risk analysis of critical infrastructure with a focus on passive defense," *Emergency Management*, vol. 4 pp. 69-85, 2015. (In Persian)
- https://www.joem.ir/article_14796.html
- [8] M. Modiri, M. Ahadnezhad and A. Hoseini, "Risk management in Human made crises with passive defense approach (Case study: Tehran)," *Urban Planning and Research*, vol. 7 pp. 163-182, 2017. (In Persian)
- DOR: dor 20.1001.1.22285229.1395.7.27.10.3
- [9] S. Roudbari, M. Nekooie and R. Hoseini, "Evaluation of the vulnerability of components of the water supply system," *JECM*, vol. 2 pp. 32-36, 2017. (In Persian)