Passive Defence
Vol. 15, No. 3, Autumn 2024, Serial No. 59
ISSN: 2980-8030 , E-ISSN: 2008-6849

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

Saeed Givehchi *, Ali Vejdani Nozar , Bahram Malekmohammadi
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: givehchi@ut.ac.ir

پدافند غیرعامل

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

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[1*]، علی وجدانی نوذر[2]، بهرام ملک محمدی[3]

DOR: 20.1001.1.20086849.1403.15.3.6.7

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۰۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۵/۲۲ تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۸/۰۵

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 اقصی‌نقاط 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 SECA-GIS[1] 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 به‌طورکلی 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 موردمطالعه 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 قرارگرفته که نیازمند انجام اقدامات پیشگیرانه و دفاعی است.

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

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

[2] دانشجوی دکتری مهندسی سوانح، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران

[3] دانشیار، گروه مهندسی سوانح، آموزش و سامانه‌های محیط‌زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران

[1] Simultaneous Evaluation of Criteria and Alternatives - Geographic Information System

* این مقاله یک مقاله با دسترسی آزاد است که تحت شرایط و ضوابط مجوز Creative Commons Attribution (CC BY) توزیع شده است.

ناشر: دانشگاه جامع امام حسین (ع) © نویسندگان

۱- مقدمه

جوامع انسانی ازجمله شهرها در عصر کنونی معمولاً در مکان‌هایی برپا و گسترش‌یافته‌اند که همواره از جانب انواع سوانح اعم از طبیعی و انسان‌ساخت به دلیل توسعه زیرساخت‌ها و وابستگی و پیچیدگی آنها در معرض تهدید قرار دارند، دراین‌خصوص آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها و دارایی‌های مهم، حساس و حیاتی یک شهر همراه با امکان‌پذیری انواع تهدیدات در زمان وقوع سبب ناکارآمدی سامانه شهری و درنتیجه تشدید نارضایتی عمومی (بحران اجتماعی) و اختلال عملکردی در شرایط اضطرار می‌گردد. با این دیدگاه هرچند تهدیدات و پیامد احتمالی آنها بر دارایی‌های شهری در نگاه اول یک مانع جدی برای توسعه است؛ لیکن می‌توان اذعان 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 بالقوهٔ آسیب رساندن و خسارت به سرمایه‌ها را داراست. به‌صورت خاص از جانب انسان‌ها؛ به توانایی‌ها و انگیزهٔ هم آورد در انجام‌دادن اقداماتی که به سرمایه‌های باارزش خسارت وارد کند تهدید اطلاق می‌گردد؛ (درواقع تهدید از جانب انسان، تابعی است از نیت، انگیزه، قابلیت و الگوهای عملیاتی شناخته‌شده به‌منظور ضربه‌زدن و ایجاد خسارت) [۲].

لذا می‌توان گفت؛ هر عاملی که در مقابل امنیت جامعه قرارگرفته و امنیت و ثبات آن را درخطر اندازد به‌عنوان «تهدید» مطرح می‌شود و در این زمینه تهدیدات انسان‌ساخت 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 درنتیجه امنیت ملی را تهدید نماید.

در یک دسته‌بندی کلی، تهدیدات در دو گروه طبیعی و انسان‌ساخت (عمدی و غیرعمدی) تعریف می‌شوند که در ایران به لحاظ قانونی و اجرایی؛ هر یک از این تهدیدات، مسئولان و ناظران خاص خود رادارند به‌طوری‌که مدیریت تهدیدات طبیعی و انسان‌ساخت‌های غیرعمدی از مسئولیت‌های حوزه مدیریت بحران و مدیریت تهدیدات انسان‌ساخت 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 انسان‌ساخت تعمدی به‌ویژه در شبکه آبرسانی شامل تهدیدات و بحران‌های کمی و کیفی است. تهدیدات کیفی ازجمله 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. ازجمله تهدیدات کمی هم می‌توان به حملات هوایی و موشکی، خرابکاری، بمب‌گذاری‌ها و... اشاره نمود.

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

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

۲- بیان مسأله

در راستای ارزیابی امکان‌پذیری تهدید بر دارایی‌های شهری در مواجهه با سوانح، هرچند تحقیقات گسترده‌ای درزمینهٔ 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 انسان‌ساخت 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

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 موردمطالعه در این تحقیق چگونه است؟

۲- رده‌بندی تهدیدات سوانح انسان‌ساخت عمدی در منطقه موردمطالعه بیانگر چه اولویت‌هایی است؟

۳- برحسب ارزیابی امکان‌پذیری تهدیدات انسان‌ساخت؛ رده‌بندی دارایی‌های سامانه موردمطالعه شهری چگونه است؟

۳- پیشینه تحقیق

جمشیدی [۵] در پژوهشی تحت عنوان "ارائه الگویی سیستماتیک به‌منظور 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، آسیب پذیری و تحلیل خطرپذیری زیرساخت های 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 فما، ضوابط طراحی یکپارچه وزارت دفاع ایالات‌متحده آمریکا، راهبردهای مبانی امنیت ساختمان و روش مدیریت خطرپذیری رمکپ اقدام به تعریف الگوی بومی دراین‌خصوص 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 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 مشخص‌شدن اولویت‌های اول و دوم تهدیدات در کلان‌شهر تهران (تروریسم و شورش)؛ همچنین مشخص‌شده 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 نمودن 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 ازنظر ارزش دارایی‌ها و خطرپذیری موردبررسی قرار داده‌اند، در این تحقیق جهت مطالعه به روش تلفیقی فوق‌الذکر از ماتریس زوجی با اخذ نظرات خبرگان

استفاده‌شده و به‌منظور منطقی‌بودن مقایسه زوجی پاسخ‌ها از نرخ ناسازگاری بهره گرفته‌شده است. امیدوار و همکاران [۱۳] در پژوهشی به‌منظور ارزیابی خطرپذیری کیفی زیرساخت حیاتی آب بامطالعه 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 درنهایت 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 قابل‌توجه را بیان نموده و به‌منظور 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 رخداده درگذشته 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؛
- تجزیه‌وتحلیل آسیب‌پذیری؛
- ارزیابی خطرپذیری؛
- اقدامات متقابل جدید.

شایلندرا باجپای و همکاران [۱۷] در راستای ارزیابی خطرپذیری امنیتی به‌ویژه با نگاهی به جذابیت صنایع شیمیایی از جانب دشمن به‌منظور 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 استفاده‌شده است.

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

تئودور 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، به‌منظور 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، حمل‌ونقل، 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 تجزیه‌وتحلیل 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 تجزیه‌وتحلیل خطرپذیری (MBRA) توسط درختان خطا برای تخصیص منابع بوده و RAMCAP یک ارزیابی خطرپذیری پشتیبان برای الگوی MBRA و همچنین ابزاری برای تجزیه‌وتحلیل درخت خطا است. به عبارتی RAMCAP ابزار ارزیابی خطرپذیری توصیه‌شده برای دارایی‌های مدنظر است.

بااین‌حال 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

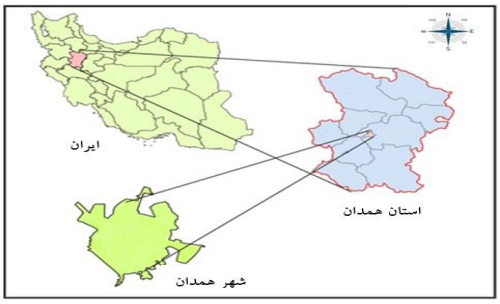
آنها هنوز کافی نیست. جمع‌بندی برخی از مطالعات موجود به تفکیک روش انجام کار و قابلیت ارزیابی و رده‌بندی تهدیدات به شرح جدول (۲) می‌باشد.

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
بواکیه و همکاران (۲۰۲۲)	خارجی	تحلیل نظری	ندارد
لی و همکاران (۲۰۱۰)	خارجی	برنامه‌نویسی	دارد
باجپای و همکاران (۲۰۱۰)	خارجی	AHP-SVA	ندارد
کولبا و همکاران (۲۰۱۷)	خارجی	تحلیل سناریو	ندارد
تئودور گایل لوئیس (۲۰۲۰)	خارجی	RAMCAP-MBRA	دارد
فدایی (۲۰۲۳)	خارجی	بررسی تطبیقی	ندارد

۴- روش تحقیق

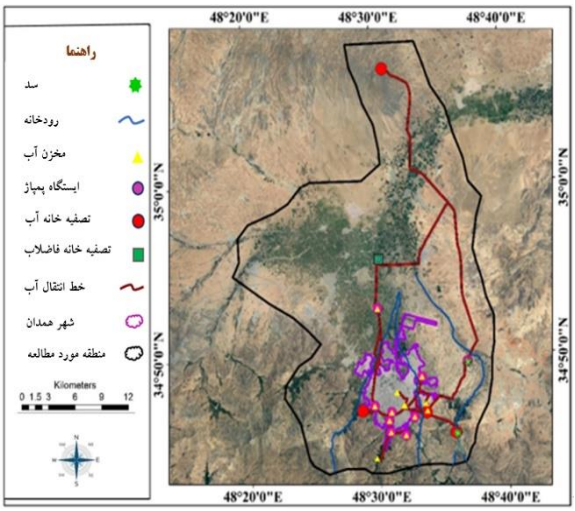
شهر سرد و کوهستانی همدان با مساحتی در حدود ۷۲ کیلومترمربع و جمعیتی بالغبر ۵۵۴ هزار و ۴۰۶ نفر به‌عنوان مرکز استان همدان، در غرب کشور ایران واقع‌شده است، مرکز این شهر در طول جغرافیایی ۴۸ درجه ۵۱ دقیقه و در عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۷۹ دقیقه در دامنه کوه الوند قرار دارد؛ ارتفاع این شهر از سطح دریا بین ۱۷۵۰ 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 موردمطالعه زیرساخت آب و فاضلاب به‌منظور تأمین آب شرب و همچنین جمع‌آوری فاضلاب شهر برگرفته از منابع تأمین آب (میزان مصرفی آب شرب شهر در حدود ۱۸۰۰ لیتر بر ثانیه است که از این میزان حدود ۷۲/۵درصد 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، بالغبر 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 زمین و هوایی
ایستگاه‌های پمپاژ آب	دارای ۱۲ ایستگاه پمپاژ آب
خطوط انتقال آب	در حدود ۲۹۳ کیلومتر خط انتقال آب (تجمیعی خط اصلی و فرعی)
شبکه توزیع آب	بالغبر ۱۰۰۰ کیلومتر شبکه توزیع آب
شبکه جمع‌آوری فاضلاب	بالغبر ۲۶۰ کیلومتر شبکه جمع‌آوری فاضلاب
خطوط انتقال فاضلاب	۳۷ کیلومتر خط انتقال فاضلاب
تصفیه‌خانه فاضلاب	یک باب تصفیه‌خانه فاضلاب



شکل (۲): نقشه محدوده موردمطالعه 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 عمدی با جمع‌آوری اطلاعات از طریق منابع کتابخانه‌ای و مصاحبه با صاحب‌نظران، در ابتدا نقشه جانمایی دارایی‌های موردمطالعه 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 تصمیم-گیری چند معیارِ SECA در محیط نرم‌افزار Lingo موردبررسی و تحلیل قرار گرفت و درنهایت به‌منظور تهیه نقشه پهنه‌بندی امکان‌پذیری تهدید بر دارایی‌ها از نرم‌افزار ArcGIS استفاده‌شده 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 محاسبه‌شده و سپس به‌عنوان ورودی به این روش‌ها داده می‌شود؛ اما درروش 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 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 راداریم هرکدام از سلول‌های 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.

$$X_{ij}^{N} = \begin{cases} \dfrac{X_{ij}}{\max_k X_{kj}} & \text{if} \quad j \in BC, \quad (۱) \\ \dfrac{\min_k X_{kj}}{X_{ij}} & \text{if} \quad j \in NC, \quad (۲) \end{cases}$$

۴-۳- تشکیل الگوی بهینه‌سازی

فرض کنید که $V_j = [X_{ij}^{N}]_{n\times 1}$ معرف بردار j امین 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. درمجموع مقدار (π_j) میزان تضاد بین j امین معیار و دیگر معیارها را نشان می‌دهد که از رابطه ۳ به دست می‌آید.

$$\pi_j = \sum_{l=1}^{m}(1 - r_{jl}) \quad (۳)$$

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. براین‌اساس، 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:

$$\sigma_j^{N} = \frac{\sigma_j}{\sum_{l=1}^{m}\sigma_l} \quad (۴)$$

$$\pi_j^N=\frac{\pi_j}{\sum_{l=1}^{m}\pi_l} \quad (۵)$$

باتوجه‌به توضیحات ارائه‌شده الگوی بهینه چندهدفه زیر ارائه می‌شود.

$$\text{Max } S_i=\sum_{j=1}^{m} W_j X_{ij}^N, \quad \forall_i \in \{1,2,\dots n\} \quad (۶)$$

$$\text{Min } \lambda_b=\sum_{j=1}^{m}(W_j-\sigma_j^N)^2 \quad (۷)$$

$$\text{Min } \lambda_c=\sum_{j=1}^{m}(W_j-\pi_j^N)^2 \quad (۸)$$

$$\text{s.t. } \sum_{j=1}^{m} W_j = 1 \quad (۹)$$

$$W_j \le 1 \ , \forall_j \in \{1,2,\dots,m\} \quad (۱۰)$$

$$W_j \ge \ , \forall_j \in \{1,2,\dots,m\} \quad (۱۱)$$

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 εتعیین می‌کنند. لازم به ذکر است که ε یک پارامتر مثبت کوچک در نظر گرفته‌شده به‌عنوان معیار پایینی برای وزن معیار است. الگوی چند هدفِ 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. ازآنجاکه 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 (Si) 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 به‌دست‌آمده باید بین صفر و یک باشد یعنی از صفر بیشتر هم باشد.

$$\text{Max } Z = \lambda_a - \beta(\lambda_b + \lambda_c), \quad (۱۲)$$

$$\text{s.t. } \lambda_a \le S_i \ , \ \forall_i \in \{1,2,\dots n\} \quad (۱۳)$$

$$S_i=\sum_{j=1}^{m} W_j X_{ij}^N \ , \quad \forall_i \in \{1,2,\dots n\} \quad (۱۴)$$

$$\lambda_b=\sum_{j=1}^{m}(W_j-\sigma_j^N)^2, \quad (۱۵)$$

$$\lambda_c=\sum_{j=1}^{m}(W_j-\pi_j^N)^2 \quad (۱۶)$$

$$\sum_{j=1}^{m} W_j = 1 \quad (۱۷)$$

$$W_j \le 1 \ , \forall_j \in \{1,2,\dots,m\} \quad (۱۸)$$

$$W_j \ge \ , \forall_j \in \{1,2,\dots,m\} \quad (۱۹)$$

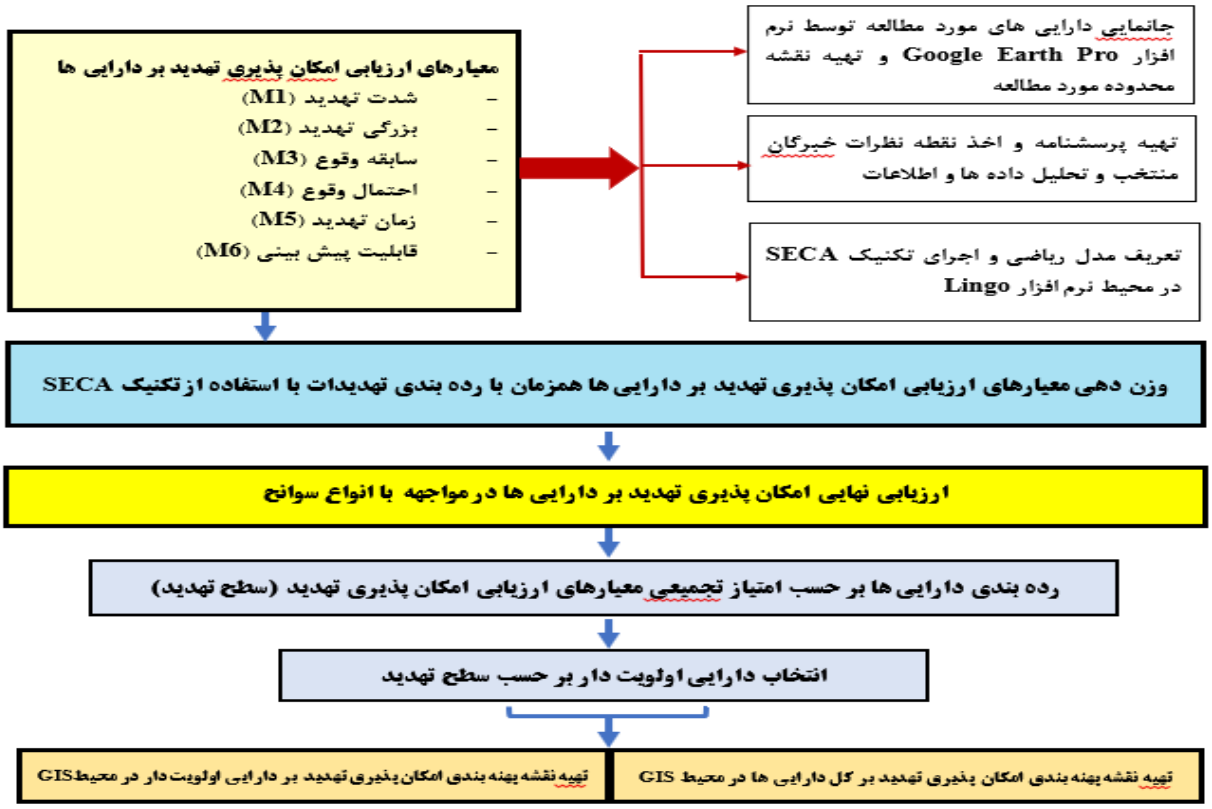
تعریف متغیرها در روابط ۱۲ تا ۱۹ در زیر آورده شده است.

λ_a = حداقل امتیاز هر گزینه
λ_b = مجموع فاصله وزن هر معیار از انحراف معیار نرمال
λ_c = مجموع فاصله وزن هر معیار از همبستگی نرمال
β = ضریب تفریق از هدف کلی
W_j = وزن هر معیار
X_{ij}^N = درایه نرمال سطر i و ستون j در چارچوب اولیه
S_i = امتیاز هر گزینه
m= تعداد معیارها
ε= پارامتر مثبت کوچک
r_{jl} = همبستگی بین j و l 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) استفاده‌شده به‌نحوی‌که پس از تهیه پرسشنامه و توزیع آن در بین خبرگان؛ اطلاعات بر این مبنا از آنها اخذ و نتایج به‌صورت میانگین حسابی برآورد و در تحلیل SECA مورداستفاده 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 مورداستفاده قرارگرفته است:

- سطح کمتر (۲≥T≥۱)
- سطح متوسط (۳≥T>۲)
- سطح بیشتر (۴≥T>۳)
- سطح بیشترین (بحرانی) (۵≥T>۴)

ضمناً ازآنجایی‌که یکی از اهداف پژوهش‌ها ارائه الگویی است که بتواند ضمن برآورد هدف کاربردی، قابل‌تعمیم به انجام مطالعات مشابه در تمامی مناطق باشد؛ در این تحقیق فرایند ارزیابی به‌کاررفته برحسب تطبیق با تحقیقات و پژوهش‌های موجود که برخی از آن‌ها در این پژوهش نیز موردبررسی قرارگرفته است؛ به شرح الگوی مشخص در شکل(۳) می‌باشد.



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 قابل‌توجه 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 قابل‌توجه به بیرون گسترش می‌یابد.	۳
	بزرگی تهدید	توانایی ایجاد تهدید مناسب و ابزار تهدید برای آسیب رساندن به دارایی کارآمدی قابل‌توجهی دارد.	
	سابقه وقوع	در برخی از موارد در یک قرن گذشته تکرار شده است.	
	احتمال وقوع	احتمال وقوع تهدید قابل‌توجه 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

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 ۶×۱۳ (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 πj ، تعیین مقادیر نرمال σj و πj به ترتیب در قالب جداول (۷) تا (۱۰) برآورد می‌گردد.

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

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

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

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

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

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 (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	۰/۵۳۸	۱/۰۸۲	۳/۲۱۰
M4	۱/۰۱۵	۱/۴۶۱	۱/۰۲۴	۰/۰۰۰	۱/۷۵۱	۰/۰۴۳	۵/۲۹۴
M5	۰/۶۵۷	۰/۱۲۲	۰/۵۳۸	۱/۷۵۱	۰/۰۰۰	۱/۷۳۲	۴/۸۰۰
M6	۱/۰۸۲	۱/۴۵۶	۱/۰۸۲	۰/۰۴۳	۱/۷۳۲	۰/۰۰۰	۵/۳۹۶

جدول (۱۰): مقادیر π_j و σj نرمال

	σj **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

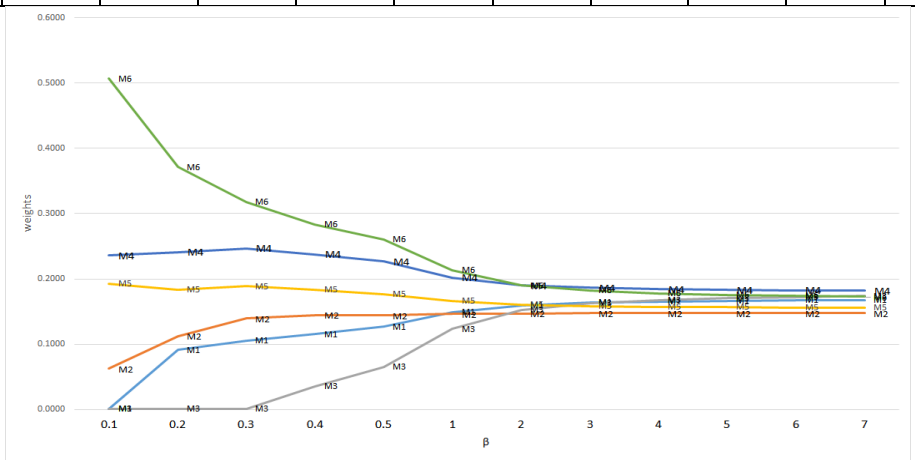
در ادامه با استفاده از الگوی بهینه‌سازی که در روابط ۱۲ تا ۱۹ مشخص‌شده است یک الگوی بهینه‌سازی غیرخطی تشکیل و توسط نرم‌افزار Lingo حل می‌گردد در این الگو به ازای مقادیر β از ۰/۱ تا ۷ الگو اجراشده و در هر بار اجرا وزن معیارها و امتیاز هر یک از تهدیدات سوانح انسان‌ساخت عمدی برآورد می‌شود. برآوردها به ازای مقادیر مختلف β وزن معیارها و امتیاز تهدیدات به ترتیب در جداول (۱۱) و (۱۲) نمایش داده‌شده و همچنین به‌صورت نمودار در شکل‌های (۴) و (۵) نیز مشخص است.

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

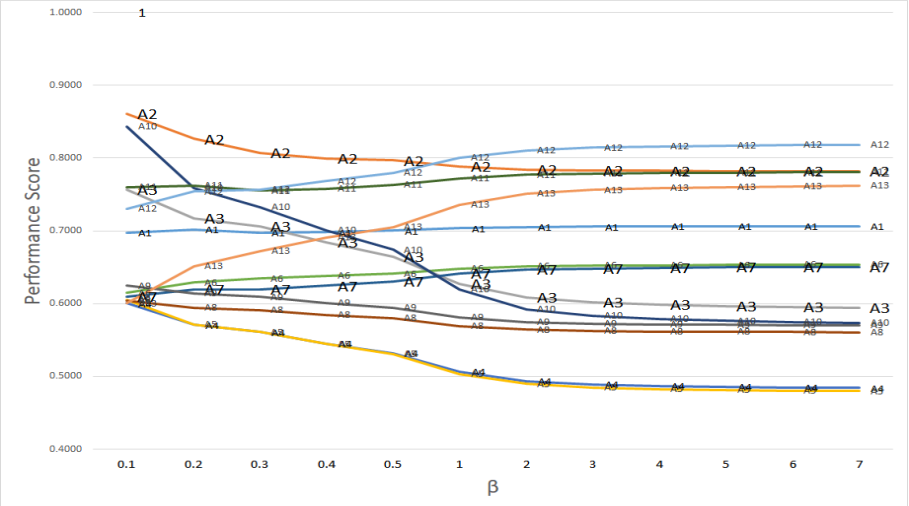
	β											
	۰/۱	۰/۲	۰/۳	۰/۴	۰/۵	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
M1	۰/۰۰۱۰	۰/۰۹۱۰	۰/۱۰۵۸	۰/۱۱۵۲	۰/۱۲۶۷	۰/۱۴۸۷	۰/۱۵۹۹	۰/۱۶۳۶	۰,۱۶۵۵	۰/۱۶۶۶	۰/۱۶۷۳	۰/۱۶۷۹
M2	۰/۰۶۲۶	۰/۱۱۲۶	۰/۱۳۹۵	۰/۱۴۴۹	۰/۱۴۳۹	۰/۱۴۶۵	۰/۱۴۷۱	۰/۱۴۷۳	۰,۱۴۷۴	۰/۱۴۷۴	۰/۱۴۷۴	۰/۱۴۷۵
M3	۰/۰۰۱۰	۰/۰۰۱۰	۰/۰۰۱۰	۰/۰۳۵۱	۰/۰۶۵۷	۰/۱۲۳۳	۰/۱۵۲۷	۰/۱۶۲۵	۰,۱۶۷۴	۰/۱۷۰۴	۰/۱۷۲۴	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 انسان ساخت 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	۰/۸۲۶۳	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	۰/۶۲۷۱	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	۰/۶۷۳۸	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 انسان ساخت عمدی به ازای مقادیر مختلف β

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 داده‌شده است. بر این اساس در 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 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 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)

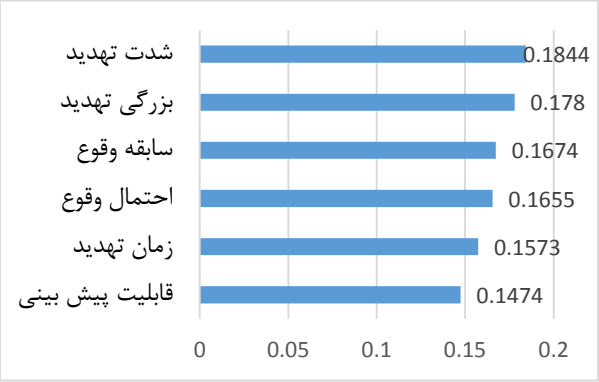
نام معیار	کد معیار	وزن نهایی	رتبه
احتمال وقوع	M1	۰/۱۶۵۵	۴
قابلیت پیش‌بینی	M2	۰/۱۴۷۴	۶
سابقه وقوع	M3	۰/۱۶۷۴	۳
شدت تهدید	M4	۰/۱۸۴۴	۱
زمان تهدید	M5	۰/۱۵۷۳	۵
بزرگی تهدید	M6	۰/۱۷۸۰	۲

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

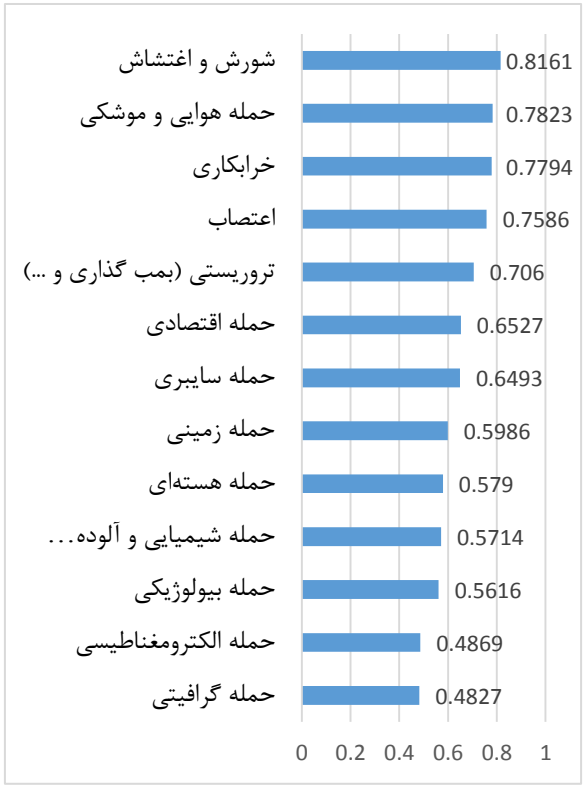
گروه	تهدیدات انسان‌ساخت	کد	امتیاز	رتبه کل	رتبه گروه
دشمن خارجی	تروریستی (بمب‌گذاری)	A1	۰/۷۰۶۰	۵	۲
	حمله هوایی و موشکی	A2	۰/۷۸۲۳	۲	۱
	حمله زمینی	A3	۰/۵۹۸۶	۸	۵
	حمله الکترومغناطیسی	A4	۰/۴۸۶۹	۱۲	۹
	حمله گرافیتی	A5	۰/۴۸۲۷	۱۳	۱۰
	حمله اقتصادی	A6	۰/۶۵۲۷	۶	۳
	حمله سایبری	A7	۰/۶۴۹۳	۷	۴
	حمله بیولوژیکی	A8	۰/۵۶۱۶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

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

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



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

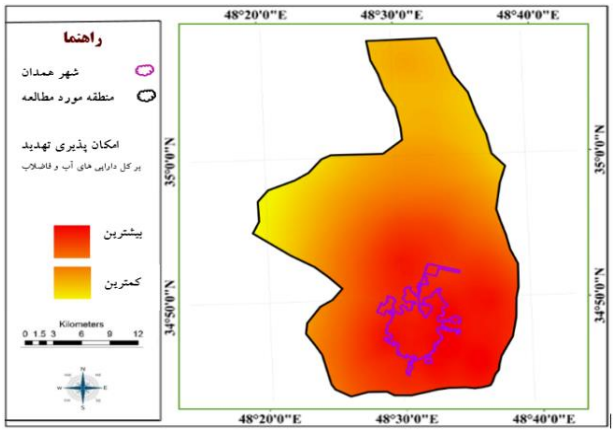


شکل (۷): رده‌بندی تهدیدات سوانح انسان‌ساخت عمدی برحسب امتیاز اکتسابی

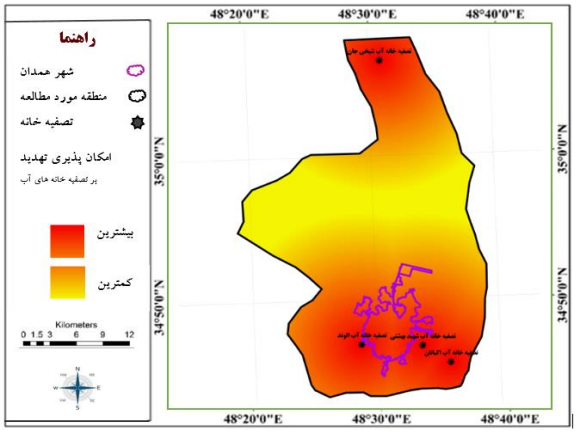
درنهایت با مشخص شدن تهدید اولویت‌دار سوانح انسان‌ساخت عمدی با دشمن خارجی در منطقه موردمطالعه (حمله هوایی و موشکی)؛ ارزیابی امکان‌پذیری این تهدید بر دارایی‌های آب و فاضلاب شهر همدان، با مدنظر قراردادن ضرایب وزنی معیارهای ارزیابی و اخذ نقطه‌نظرات مجدد از خبرگان به شرح جدول شماره ۱۶ برآورد و با پیاده‌سازی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

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

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



شکل (۸): نقشه پهنه بندی امکان پذیری تهدید حمله هوایی و موشکی بر دارایی های آب و فاضلاب شهر همدان



شکل (۹): نقشه پهنه بندی امکان پذیری تهدید حمله هوایی و موشکی بر تصفیه خانه های آب شهر همدان

۶- نتیجه‌گیری

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: 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)
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)
dor: 20.1001.1.20086849.1399.11.2.8.9

[12] M. Sheykhali, Gh. Asdollah Fardi, and S. Sh. Emamzadeh, "TH E STUDY OF RISK MANAGEMENT OF WATER AND W ASTEWATER FACILITIES USING COMBINED METHOD AH P AND RAMCAP," Sharif Journal, vol. 36 pp. 81-91, 2020. (In Persian)
Doi: https://doi.org/10.24200/j30.2019.52458.2473

[13] B. Omidvar, and A. Vejdani 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: https://doi.org/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: https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.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: https://doi.org/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: https://doi.org/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: https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.08.247

[19] T. Lews, "Critica 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: https://doi.org/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 Ghorabaee, 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: https://doi.org/10.15388/Informatica.2018.167