

بررسی و ارزیابی خطر تهدیدهای زیستی^۱ تصفیه‌خانه جلالیه تهران

غلامرضا جلالی فراهانی^۲

احمد آب پرور^۳

تاریخ تأیید: ۱۳۹۴/۰۳/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۱/۲۰

چکیده

با توجه به تغییر رویکرد دشمن از جنگ کلاسیک به سمت جنگ نامنظم و تاثیرمحور و با در نظر گرفتن رزم‌نامه‌های حمله دشمن به زیرساخت‌های آبی با به‌کارگیری تهدیدهای نیمه سخت و نرم می‌توان تهدیدهای زیستی را به‌عنوان تهدید پایه فرض نمود. بر این اساس هدف اصلی در این مقاله ارزیابی آسیب‌پذیری‌های عمده تصفیه‌خانه آب جلالیه تهران در برابر تهدیدهای زیستی در نظر گرفته شده است و بر مبنای آن، میزان و گستردگی خسارتهای تهدید زیستی بر هر یک از اجزای تصفیه‌خانه برآورد و در ادامه نسبت به ارزیابی خطر اقدام شده است. بر اساس تحلیل‌های انجام‌شده آسیب‌پذیرترین بخش تأسیسات به‌ترتیب کانال آب ورودی، زلال‌ساز، مخزن آب صاف و صافی‌های و مؤثرترین تهدیدهای زیستی به‌ترتیب آلودگی کریپتوسپوریديوم^۴ و توکسوپلازما^۵ تشخیص داده شد. روش تحقیق توصیفی-تحلیلی و اکتشافی است و ابزار گردآوری اطلاعات پرسشنامه استفاده از روش کتابخانه‌ای و بررسی‌های میدانی است. همچنین با تلفیق الگوی برآورد آسیب‌پذیری رمکپ^۶ و فاما^۷ اطلاعات پردازش شده‌اند.

واژگان کلیدی: تهدیدهای زیستی، تصفیه‌خانه آب، پدافند غیرعامل، ارزیابی خطر

1. Biological

۲. استادیار مدیریت راهبردی دانشگاه عالی دفاع ملی (Jalal826_f@yahoo.com)

۳. کارشناسی ارشد پدافند غیرعامل گرایش امنیت ملی دانشکده علوم و فنون فارابی نویسنده مسئول (abparvar@tpww.ir)

4. Cryptosporidium

5. Tuxoplasma-

6. RAMCAP: Risk Analysis and Management for Critical Asset Protection

7. FEMA: Federal Emergency Agency

مقدمه

کشور ایران در طول تاریخ به دلیل وجود ویژگی‌های جغرافیایی، اقتصادی، فرهنگی، طبیعی و سیاسی و به ویژه واقع شدن در منطقه راهبردی خاورمیانه همواره در برابر بحران‌های طبیعی و غیرطبیعی زیادی قرار گرفته و خسارتهای مالی و جانی زیادی از این راه به کشور تحمیل شده است. آمارها نشان می‌دهد که کشور ایران از نظر بلایای طبیعی یکی از ۱۰ کشور بلاخیز دنیا است و از طرفی با توجه به موقعیت راهبردی ایران در منطقه می‌توان سرمنشأ همه تهدیدهای داخلی و خارجی برنامه‌ریزی شده علیه نظام مقدس جمهوری اسلامی را آمریکا و اسرائیل دانست. آمریکا و هم‌پیمانان راهبردی آن به عنوان منبع اصلی تهدید علیه جمهوری اسلامی ایران و بخش‌های نظامی و غیرنظامی کشور قلمداد می‌شوند. شهر تهران به عنوان پایتخت ایران یکی از مهم‌ترین مناطق راهبردی محسوب می‌شود که در تیررس تهدیدهای نظامی زیادی قرار دارد.

آب از جمله حساس‌ترین و فراگیرترین نیازهایی به‌شمار می‌آید که به‌طور مستقیم و یا غیرمستقیم اجتماع‌های بشری را به خود وابسته کرده است. امروزه احداث شبکه‌های گسترده تأمین و توزیع آب در شهرها و روستاها، امری رایج و عادی شده است. اهمیت این تأسیسات زمانی احساس می‌شود که امکان ارائه خدمات مناسب فراهم نشود یا خدمات مدتی هرچند کوتاه قطع شود. از دارایی‌های ملی، تنها تأسیسات زیر بنایی آبی کاملاً برای انسان‌ها، گیاهان و حیوانات حیاتی بوده و ثابت می‌کند که یکی از چالش برانگیزترین موارد برای بخش امنیت است.

ازدیرباز تجهیزات آب آشامیدنی شهری و منابع آبی به عنوان هدف سیاسی برای تروریست‌ها، ارتش و دولت‌ها به‌شمار می‌رفته است. علاوه بر قدرت آب برای ویرانی هر چیزی که سر راهش قرار می‌گیرد، جنبه دیگری از قدرت آب که آلوده کردن آن است که می‌تواند دشمن را در زمان کوتاهی به زانو درآورد؛ بنابراین حیاتی بودن آب برای زندگی بدین معناست که تهیه و تأمین

آب هیچ‌وقت جدا از سیاست، کشمکش یا جنگ نیست. تروریست‌ها از منابع و تأسیسات آبی به‌عنوان هدف و ابزاری برای تحمیل اراده به دولت‌ها و اهداف خشونت‌آمیز استفاده می‌کنند. ارتش‌ها نیز در طول فعالیت‌های نظامی همین کار را انجام می‌دهند. دولت‌ها هم به‌نوبه خود از این موارد برای منافع سیاسی و به‌عنوان یک منبع اصلی در درگیری‌ها و اختلاف‌های درزمینه توسعه اقتصادی و اجتماعی استفاده می‌کنند.

بیان مسئله

آب ازجمله حساس‌ترین و فراگیرترین نیازهایی به‌شمار می‌آید که به‌طور مستقیم و یا غیرمستقیم اجتماع‌های بشری را به خود وابسته کرده است. امروزه احداث شبکه‌های گسترده تأمین و توزیع آب در شهرها و روستاها، امری رایج و عادی شده است. اهمیت این تأسیسات زمانی احساس می‌شود که امکان ارائه خدمات مناسب فراهم نشود یا خدمات مدتی هرچند کوتاه قطع شود تا نقاط آسیب‌پذیر در طرح امنیت ملی پدیدار شود. درواقع تاریخچه بلند مدتی از این ضربه‌ها وجود دارد. تأسیسات آبی می‌تواند به‌طور مستقیم مورد حمله باشد یا آب به وسیله سم‌های رایج یا عوامل بیماری‌زا آلوده شود. آسیب یا ضربه زدن به مردم، بازگردانی آب‌های غیر قابل مصرف یا تصفیه مواد مخرب و تأسیسات مصرفی انجام می‌شود. به‌هرحال امروزه احتمال اهمیت چنین خطرهایی، در مقایسه با دیگر اهداف که ممکن است هدف حملات تروریستی باشد، یا اینکه اثرات این حملات چگونه خواهد بود، زیاد است. از دیرباز تاکنون در سطح ملی برای سامانه‌آبی کشور تهدیدهای مختلفی در حوزه پدافند غیرعامل وجود داشته است که به بعضی از آن‌ها در زیر اشاره می‌شود:

- ورود آلاینده‌های نفتی به سدها و رودخانه‌ها (سد قشلاق، سد زاینده‌رود، رودخانه کرج و

آبگیر بیلقان).

- تخریب حصارها و ورود به محدوده تأسیسات

- تخریب مخازن ذخیره آب

• عکس‌برداری از اماکن ذخیره و توزیع

• ورود آب خام به شبکه توزیع

• انجام عملیات روانی در خصوص آلوده بودن آب آشامیدنی به وسیله رسانه‌های بیگانه

با در نظر گرفتن موارد بالا و لزوم توجه به امنیت تصفیه‌خانه‌ها تهدیدهای احتمالی مورد استفاده دشمن یا دستیاران وی، برای آسیب رساندن به امکانات، تجهیزات یا خدمات موجود در تصفیه‌خانه جلالیه عبارتند از:

- ۱- تهدیدهای حمله با سلاح‌های انفجاری
- ۲- تهدیدهای حمله با سلاح‌های غیرمتعارف
- ۳- تهدیدهای حمله با سلاح‌های تمیز (فناورانه)
- ۴- تهدیدهای حمله سایبری
- ۵- تهدیدهای صنعتی
- ۶- تهدیدهای خرابکاری
- ۷- تهدیدهای تروریستی (زیستی)

اهمیت و ضرورت

بخش‌های مختلف زیرساخت‌های حیاتی کشور تأمین‌کننده کالا و خدماتی است که در تقویت و پیشرفت امنیت ملی و اقتصاد سهیم هستند. علاوه بر آن، قدرت مستمر، قابلیت اعتماد و انعطاف‌پذیری آن‌ها نوعی حس اعتماد عمومی را ایجاد کرده که در نهایت بخش مهمی از هویت ملی و اهداف راهبردی یک کشور را تشکیل می‌دهد. اهمیت این موضوع وقتی مشخص می‌گردد که ما شیر آب را باز می‌کنیم، در انتظار آب آشامیدنی هستیم. این مورد زمانی در زندگی روزمره ما اهمیت خود را نشان می‌دهد که تنها لحظاتی کوتاه و به دلایلی، آب قطع

شود. وقتی این گسیختگی روی داد، آنگاه انتظار توضیح منطقی از سوی مسئولان و فعالیت دوباره آن‌ها را خواهیم داشت. به همین دلیل امنیت تصفیه‌خانه‌های آب آشامیدنی در کشور از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، اهمیت امنیت تصفیه‌خانه آب آشامیدنی جلالیه تهران که در مرکز پایتخت قرار گرفته و دارای مشترکین زیادی در محدوده مرکز شهر است نیز به خوبی پیداست.

از سوی دیگر، منابع حیاتی به‌منزله اهدافی هستند که انهدام و یا آسیب‌رسانی به آن‌ها باعث بروز خسارتهای شدید، تلفات نیروی انسانی و نابودی دارایی و ثروت کشور شده و در اندازه گسترده اعتبار و حیثیت ملی را خدشه‌دار و در یک عملیات روانی تکمیلی، موجب کاهش آستانه تحمل ملی و رویارویی ملت با حکومت و دولت‌ها می‌گردد. در صورتی که این تصفیه‌خانه مورد تهدید دشمن (به‌ویژه تهدیدهای زیستی) قرار گیرد، علاوه بر ازکارافتادن تصفیه‌خانه می‌تواند مشترکین بسیاری را سموم و جان مردم بسیاری را با تهدید جدی مواجه نماید. بنابراین درک میزان آسیب‌پذیری‌ها و همچنین تأثیر تهدیدهای زیستی بر آن، به ما کمک می‌کند پیامدهای این حوادث را بررسی نموده تا بتوانیم اقدامات مقابله با آن را پیش‌بینی و اجرا نماییم.

اهداف و سؤالات

ارزیابی آسیب‌پذیری‌های عمده تصفیه‌خانه آب جلالیه تهران در برابر تهدیدهای زیستی هدف اصلی مقاله است و اهداف فرعی آن عبارت‌اند از:

- تعیین ارزش هر یک از دارایی‌های تصفیه‌خانه جلالیه و شناخت آسیب‌پذیری‌ها و رتبه‌بندی آن‌ها بر اساس میزان تولید خطر است.
- شناخت تهدیدهای زیستی مؤثر بر حوزه تصفیه‌خانه جلالیه.

سؤال اصلی مقاله این است که آسیب‌پذیری‌های عمده تصفیه‌خانه آب جلالیه تهران در برابر تهدیدهای زیستی کدام است؟
و سؤال‌های فرعی آن عبارت‌اند از:

- ارزش هر یک از دارایی‌های تصفیه‌خانه جلالیه چقدر هست؟
- رتبه‌بندی آسیب‌پذیری‌ها بر اساس میزان تولید خطر کدام است؟
- تهدیدهای زیستی مؤثر بر حوزه تصفیه‌خانه جلالیه چگونه است؟

پیشینه

تهدیدهای عمدی در قالب حمله‌های تروریستی یا خرابکارانه و حمله‌های نظامی (جنگ‌ها) که با طرح و برنامه قبلی اجرا می‌شوند قابل تعریف می‌باشند. بررسی تهدیدهای عمدی به‌عنوان عاملی که بر تأسیسات آب اثرگذار باشند، کمتر انجام شده‌است. از حمله‌های انجام شده به سامانه‌های آبی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- مردم آتن در ۶۰۰ سال قبل از میلاد منبع آب شهر «کی‌را»^۱ را با سم گرفته شده از گیاه «حریق»^۲ از خانواده آلاله آلوده کردند. یونانی‌ها در ۳۰۰ سال قبل از میلاد چاه‌های آب دشمن را با لاشه حیوانات تلف شده از بیماری انباشتند.
- در نوامبر سال ۱۹۸۶ بر اثر ریزش موادی شامل جیوه و انواع مواد آلی سمی مانند آفت‌کش‌ها در رودخانه راین، تمام آبزیان از شهر بال سوئیس تا ساحل هلند کشته شدند.
- در سال ۱۹۸۳ حدود ۱۲۰ میلیون لیتر مواد آلوده‌کننده در آب‌های ایالات متحده آمریکا تخلیه شده است.



7. Kirrha
2. Hellbore

- فاجعه آلودگی آب با جیوه رودخانه میناماتا در ژاپن با ترکیبات ارگانومرکوری که به‌عنوان کاتالیزور در کارخانه پلاستیک‌سازی استفاده می‌شود نیز نمونه دیگری است که طی آن مردم اطراف رودخانه به مرض اسرارآمیزی مبتلا شدند که ناشی از وجود جیوه فراوان در بدن آن‌ها بود و هزاران نوزاد عقب‌افتاده و مرگ تعدادی از مردم نتیجه آلودگی آب با پساب این کارخانه بود.
- حدود سال‌های ۱۹۴۰ در شهرهای اوهایو و یوآ آمریکا بیماری متمو گلوبی نما^۱ که در اثر کم بودن مقادیر نیترات و نیتريت در آب‌های شهری رخ داد که موجب خفگی موضعی می‌شد. بدین‌صورت در محیط معده اطفال که خاصیت اسیدی آن کم است نیترات‌ها با هموگلوبین‌های خون ترکیب شده و تولید متهوگلوبین‌مین می‌نمود؛ درحالی‌که وظیفه اصلی هموگلوبین‌ها، ترکیب با اکسیژن هوا در شش‌ها و تولید اکسی هموگلوبین و تغذیه این اکسیژن به خون است. با تشکیل متهوگلوبین، طفل به تدریج دچار کمبود هموگلوبین شده که سرانجام پس از طی مراحل منجر به خفگی کامل می‌گردد.
- ارتش آلمان در سال ۱۹۴۵ در شمال غربی بوه میا^۲ منابع آب آشامیدنی مردم را آلوده به فاضلاب می‌نماید پرداخته‌اند.
- حمله به سامانه تأمین آب سفارتخانه ایالات‌متحده آمریکا در ایتالیا (Dreazen, 2003).
- حمله آمریکا علیه تأسیسات آبی عراق.
- حمله اسرائیل علیه زیرساخت‌های آبی جنوب لبنان.
- آلودگی منابع آبی شهرهای سوریه و عراق توسط گروهک تروریستی داعش
- همچنین در سال‌های اخیر با غرق شدن تانکرهای بزرگ نفتی اقیانوس‌پیما یا به گل نشستن آن‌ها آسیب‌هایی به حیات دریایی وارد آمده است.

- از مطالعات کتابخانه‌ای و بررسی پایان‌نامه‌های دانشجویی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:
- تهدیدهای عمده سامانه‌های آب‌رسانی را طیف گسترده‌ای از تهدیدها از اقدامات بیوتروریستی (در قالب آلوده سازی آب با عوامل سی بی آر ان^۱) تا تهدیدهای سخت موشکی علیه تأسیسات آب‌رسانی دربر می‌گیرد. از جمله مهم‌ترین نقاط قوت سامانه آب آشامیدنی تهران به وجود ۴۰۰ حلقه چاه در نقاط مختلف شهر که وظیفه تأمین حدود یک‌سوم از نیاز آب را به عهده دارد می‌توان اشاره کرد و از جمله نقاط ضعف آن، نبود سامانه تشخیص و هشدار زودهنگام آلودگی‌های زیستی آب را می‌توان برشمرد. مهم‌ترین نیاز مرتبط با شبکه آب‌رسانی برای عبور از دوره بحرانی درواقع، تأمین آب سالم و کافی در نقاط توزیع آب در گستره شهر است. این پژوهش در راستای آب‌رسانی اضطراری اقدامات و پیشنهادهای خوبی را ارائه نموده ولی سناریو و برآوردی از تهدیدها و الگوسازی اثر تهدیدهای برآورد شده روی دارایی‌های مهم ارائه نکرده است که نهایتاً به آسیب‌پذیری و ارزیابی خطر توجه نشده است (مظفری، ۱۳۹۰).
 - به نظر پژوهشگر در حال حاضر اقدامات پدافند غیرعامل مانند ایمنی تأسیسات، آموزش و مانور در سدهای کشور صورت پذیرفته است و پژوهشگر بررسی خوبی روی مستند کردن اقدامات صورت گرفته در حوزه پدافند غیرعامل سدها انجام داده است و نتیجه گرفته که کاهش امکان وقوع خطرات برای تأسیسات آب‌رسانی موجود با استفاده از روش‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری، لازم است، ولی در بسیاری از موارد تحلیل آسیب‌پذیری انجام نشده است و از روش‌های علمی تحلیل خطر استفاده نشده است (آقامحمدکاشی، ۱۳۹۰).
 - پژوهش آقای قاضی زاده با پیش‌فرض «افزایش ایمنی و حفاظت از تأسیسات با توجه به اصول پدافند غیرعامل» شکل گرفته است. موارد بررسی شده نشان می‌دهد تهدیدها به‌طور مجزا بررسی شده اند و به اثر طیف تهدیدها روی سامانه توجه نشده است و تحلیل خطر را در سه

مرحله شناسایی زیرساخت، ارزیابی تهدید و تحلیل آسیب‌پذیری انجام داده‌اند (قاضی‌زاده، ۱۳۸۷).

• آقای آزاد در پژوهش خود از میان دارایی‌ها برحسب اولویت به «کانال آب ورودی، واحد زلال‌ساز، واحد صاف‌سازی و مخزن آب» اشاره نموده است و با در نظر گرفتن تهدیدهای مؤثر به «سر جنگی عامل زیستی برای کانال آب ورودی اولویت اول»، «بمب‌های هدایت‌شونده برای زلال‌ساز اولویت اول»، «سر جنگی عامل زیستی برای صاف ساز اولویت اول» و «سر جنگی عامل زیستی برای مخزن آب اولویت اول» برحسب اولویت اشاره نموده است که به‌عنوان یک پژوهشگر غیرمتخصص، این پژوهش از جامعیت خوبی برخوردار بوده و توانسته پیشنهادهاى خوبی را نیز ارائه دهد؛ اما پژوهشگر بسته‌ای از تهدیدها شامل اقدامات تروریستی، جنگ نرم (عملیات روانی) و اقدامات سایبری را بررسی نکرده است و یا صرفاً با دید یک فرد بیرونی نسبت به تجزیه و تحلیل سامانه آب‌رسانی اقدام نموده است. در این حالت برخی ویژگی‌های فنی که بر راهکارهای پدافند غیرعامل مؤثر است حذف‌شده‌اند (آزاد، ۱۳۹۰).

• در پژوهش عواملی مانند تهدیدهای گرافیتی و الکترومغناطیسی به‌عنوان تهدید مبنا در نظر گرفته‌شده و انواع ترانسفورماتور قدرت، اتاق تجهیزات اسکادا و اتوترانسفورماتور قدرت دارای رده‌بندی حیاتی تشخیص داده‌شده‌اند. به‌هرحال پژوهشگر اعتقاد دارد با توجه به رویکرد جدید استکبار در مقابله با کشورهای هدف، انتخاب بسته‌ای از تهدیدها در انجام ارزیابی مؤثرتر است تا اینکه تهدیدهای موردبررسی فقط در محدوده فنی خاصی در نظر گرفته شوند (غلامی کلاردی، ۱۳۹۰).

• شرکت آب و فاضلاب نیز نسبت به تهیه گزارش‌های آسیب‌پذیری این تصفیه‌خانه به وسیله مشاور متخصص اقدام نموده است. نتیجه این گزارش که با بررسی تهدیدهای احتمالی بر تصفیه‌خانه و تعیین فقط یک نوع تهدید (بمب ۵۰۰ پوندی یا همان موشک کروز) به‌عنوان

تهدید مبنا و اثر آن بر اجزای مختلف تصفیه‌خانه شکل گرفته، درنهایت موجب ارائه راهکارهایی برای مقابله با تهدیدات شده است (مهندسین مشاور مهتاب قدس، ۱۳۸۸).

در همین راستا، تهیه این مقاله با نگاه متفاوت و نو به جهت طبقه‌بندی طیف تهدیدهای زیستی در حوزه آب آشامیدنی و شناخت آسیب‌پذیری‌های ناشی از آن و ارزیابی خطر آن اقدام نموده است و برای رعایت ملاحظات پدافند غیرعامل با رویکرد ویژه به حوادث ناشی از بروز جنگ‌های زیستی و حمله‌های بیو تروریستی، به‌منظور ایجاد امکانات تشخیص آلودگی ازجمله: ایجاد آزمایشگاه مرجع، ایجاد سامانه‌های شناسایی آلودگی، ایجاد نظام پدافند زیستی از یک سوء و به برای کاستن آسیب‌پذیری نیروی انسانی، بناها و تجهیزات (حیاتی و حساس و مهم) و استمرار فعالیت‌ها و خدمات زیر بنایی و تأمین نیازهای حیاتی و تداوم اداره کشور در شرایط بحرانی ناشی از جنگ زیستی از سوی دیگر، پیگیری شده است.

مواد و روش‌ها

با عنایت به آنچه گفته شد به نظر می‌رسد تهدیدهای زیستی آسیب‌پذیری‌های خاصی در فرایندهای تصفیه آب تصفیه‌خانه جلالیه به وجود می‌آورد. آسیب‌پذیری تصفیه‌خانه جلالیه در برابر تهدیدهای زیستی به ترتیب عبارت است از ویروس‌ها، باکتری‌ها و سموم. اجزای آسیب‌پذیر تصفیه‌خانه مخزن آب صاف، صافی‌ها، زلال‌سازها و کانال آب خام آسیب‌پذیر در نظر گرفته شده‌اند.

در این مقاله متغیر مستقل تهدیدات زیستی و متغیرهای وابسته آسیب‌پذیری تصفیه‌خانه در نظر گرفته شده است روش تحقیق توصیفی - تحلیلی و اکتشافی است و با تلفیق الگوی برآورد آسیب‌پذیری رمکپ^۱ و فاما-۴۵۲^۲ اطلاعات پردازش شده‌اند. به‌منظور ایجاد همگرایی در نظرها جمع‌آوری شده، از الگوی تحلیل فرآیند سلسله مراتبی^۲ و تحلیل واریانس^۱ استفاده شده است که شاخص‌های آن با میانگین هندسی متمرکز گردیده است.

1. RAMCAP: Risk Analysis and Management for Critical Asset Protection
2. AHP: Analytical Hierarchy Process

روش گردآوری اطلاعات استفاده از منابع کتابخانه‌ای، بررسی میدانی و مصاحبه با اهل فن و نخبگان است. ابزار گردآوری اطلاعات از پرسشنامه و استفاده از روش کتابخانه‌ای و بررسی‌های میدانی است.

محدوده مکانی پژوهش تصفیه‌خانه شماره یک (جلالیه) شهر تهران است که در بازه سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۳ مورد بررسی قرار گرفته است.

جامعه آماری شامل افرادی بوده که دارای حداقل مدرک کارشناسی مرتبط، ۱۰ سال تجربه و آشنا با موضوع پدافند غیرعامل، آب و تصفیه‌خانه‌ها و همچنین شناخت تخصصی تهدیدهای حوزه زیستی بوده است. بر این اساس حجم جامعه حدود ۳۰ نفر برآورد شد که با در نظر گرفتن اینکه کارشناسانی که هم در حوزه شناخت تهدیدهای زیستی و هم در حوزه تصفیه آب شناخت داشته باشند تعداد زیادی نیستند، از روش تمام شماری استفاده گردید. همچنین برای اطمینان روایی و پایایی، از روایی صوری و اعتبار آن نیز با روش آلفای کرون باخ محاسبه شده است.

تحلیل داده‌ها

در جدولهای محاسباتی ارزیابی خطر، سه مؤلفه دارایی، تهدید و آسیب‌پذیری، عددگذاری شده و طبق معادله ۱، عدد اصلی خطر به دست می‌آید.

$$\text{خطر} = \text{آسیب‌پذیری} * \text{تهدید} * \text{ارزش دارایی} \quad (۱)$$

برای این منظور از سه گام زیر استفاده شده است.

الف) گام اول در تحلیل خطر، تعیین ارزش دارایی‌های اجزاء است. با توجه به اینکه در این تحقیق، هدف ارزیابی آسیب‌پذیری تصفیه‌خانه در برابر تهدیدهای زیستی است، از این‌رو با توجه به اینکه تأثیر این تهدیدها روی منابع انسانی است، برای تعیین ارزش دارایی‌ها، شاخص‌ها بایستی به گونه‌ای مشخص گردد که تأثیر روی منابع انسانی را مشخص نماید بنابراین با توجه

به اینکه کارکرد تصفیه‌خانه تأمین آب سالم برای مصرف انسان است برای ارزش‌گذاری دارایی‌ها ملاک‌ها با رویکرد میزان اثر آن دارایی در سامانه تصفیه آب و تأمین آب سالم در نظر گرفته می‌شود. شاخص‌های در نظر گرفته شده برای این منظور به صورت زیر هستند.

• ارزش سرمایه‌ای و اقتصادی

• ارزش عملکردی واحد و میزان تأثیر آن در فرآیند تصفیه و کیفیت آب

• امکان جایگزینی، ترمیم و بازیابی واحد در اثر آلوده شدن

ب) گام دوم در تحلیل خطر، تعیین ارزش هر یک از تهدیدها است. برای بررسی تهدیدها لازم است تا ضمن تعیین شاخص‌هایی برای مقایسه، وزن دهی این تهدیدهای زیستی نیز در نظر گرفته شود.

ج) گام سوم در تحلیل خطر، تعیین میزان آسیب‌پذیری هر یک از این دارایی‌ها با توجه به اثر تهدیدها بر روی آن‌ها است که به همین منظور از تعیین شاخص‌های مرتبط با آسیب‌پذیری استفاده شده است.

پس از انجام گام‌های بالا و تکمیل جدول‌های محاسباتی ارزیابی خطر، همه‌ی خطرهای بدست آمده بر اساس امتیاز، از مقدار بیشتر به کم‌تر مرتب شده تا بر این اساس اولویت‌بندی خطر هر یک از دارایی‌ها با توجه به اثرگذاری تهدیدها و میزان آسیب‌پذیری مشخص گردد.

آسیب‌پذیری: آسیب‌پذیری‌های دارایی‌های تصفیه‌خانه آب در پنج گروه: امکان دسترسی، قابلیت شناسایی، امکان تخلیه، امکان مداومت در زمان تخلیه و پوشش زیاد در نظر گرفته شده است.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

گام اول) ارزش‌گذاری دارایی‌ها: شاخص «ارزش سرمایه‌ای و اقتصادی» با شاخص‌های جدول زیر محاسبه شده‌اند:

جدول ۱: شاخص ارزش اقتصادی دارایی

ردیف	شاخص و معیار ارزش اقتصادی	نمره
۱	بر آورد ارزش اقتصادی بیش از ۵۰۰ میلیارد ریال	۹-۱۰
۲	بر آورد ارزش اقتصادی بین ۱۰۰ الی ۵۰۰ میلیارد ریال	۷-۸
۳	برآورد ارزش اقتصادی بین ۱۰ الی ۱۰۰ میلیارد ریال	۵-۶
۴	برآورد ارزش اقتصادی بین ۵ الی ۱۰ میلیارد ریال	۳-۴
۵	برآورد ارزش اقتصادی زیر ۵ میلیارد ریال	۱-۲

معیار «ارزش عملکردی» با شاخص‌هایی مطابق جدول زیر محاسبه شده‌اند:

جدول ۲: شاخص ارزش عملکردی و میزان تأثیر آن در فرآیند تصفیه و کیفیت آب

ردیف	شاخص ارزش عملکردی و میزان تأثیر آن در فرآیند تصفیه و کیفیت آب	نمره
۱	توقف سریع تولیدات، خدمات و آبرسانی و از بین رفتن کیفیت آب خروجی	۹-۱۰
۲	توقف تدریجی تولیدات، خدمات و محصولات خروجی و یا کاهش حدوداً ۶۰ درصدی تولیدات، خدمات و یا سامانه به‌طور جدی و در کوتاه‌مدت دچار اختلال شود.	۷-۸
۳	توقف تدریجی تولیدات، خدمات و محصولات خروجی و یا کاهش حدوداً ۳۰ درصدی تولیدات، خدمات و یا سامانه تا حدی زیاد و در میان‌مدت دچار اختلال می‌شود.	۵-۶
۴	توقف تدریجی تولیدات، خدمات و محصولات خروجی و یا کاهش حدوداً ۱۰ درصدی تولیدات، خدمات و یا سامانه تا حدی در بلندمدت دچار اختلال می‌شود.	۳-۴
۵	تأثیر قابل‌توجهی در تولیدات، خدمات ندارد؛ و یا سامانه دچار اختلال نمی‌شود.	۱-۲

شاخص «نبود امکان جایگزینی و ترمیم» با شاخص‌های جدول زیر محاسبه شده‌اند:

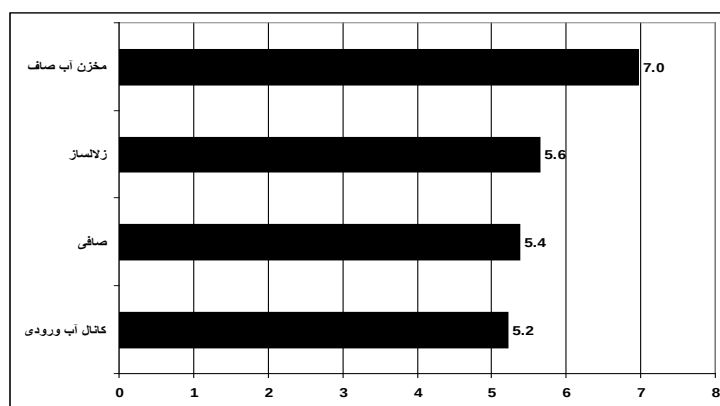
جدول ۳: مؤلفه‌های قابلیت جایگزینی، ترمیم و بازیابی واحد در اثر آلوده شدن

ردیف	قابلیت جایگزینی و ترمیم	نمره
۱	امکان جایگزینی، ترمیم و بازیابی واحد در اثر آلوده شدن وجود ندارد (تحریم، تعطیلی شرکت سازنده، هزینه بسیار بالا و ...)	۹-۱۰

۷-۸	امکان جایگزینی، ترمیم و بازیابی واحد در اثر آلوده شدن به زمان بسیار زیادی نیاز دارد.	۲
۵-۶	امکان جایگزینی، ترمیم و بازیابی واحد در اثر آلوده شدن به زمان زیادی نیاز دارد.	۳
۳-۴	امکان جایگزینی، ترمیم و بازیابی واحد در اثر آلوده شدن به زمان کمی نیاز دارد.	۴
۱-۲	امکان جایگزینی، ترمیم و بازیابی واحد در اثر آلوده شدن به زمان به سرعت قابل انجام است.	۵

با توجه به نتایج به دست آمده از پرسشنامه، اولویت دارایی‌ها به شرح نمودار ۱ است:

نمودار ۱- اولویت دارایی

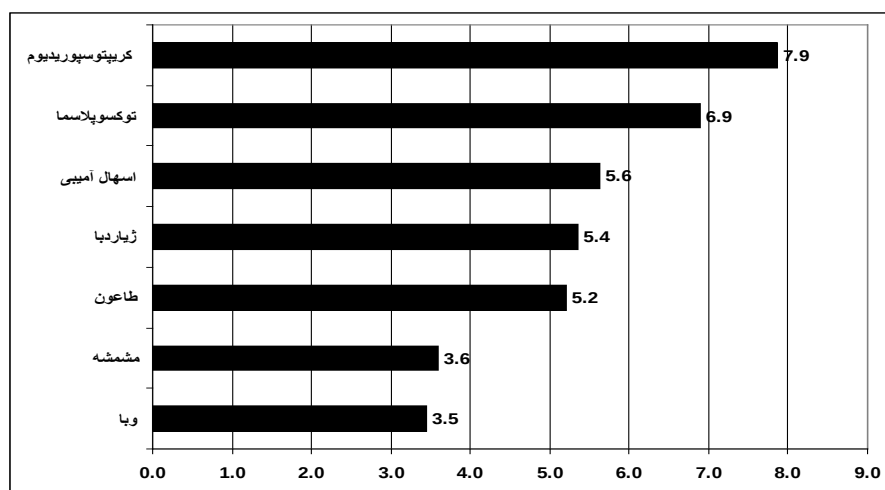


گام دوم) اولویت‌بندی تهدیدها: تهدیدهای در نظر گرفته شده برای حمله های زیستی با چهار شاخص زیر تعیین شده‌اند:

- پایداری نسبی در آب
- کلر مورد نیاز برای خنثی سازی تهدید و گندزدایی آب
- میزان شدت سرایت بیماری
- زمان تأثیر (که مدت زمانی است که برای شروع فعالیت یا بروز عوارض در آب لازم است)

با توجه به طیف تهدیدهای زیستی آب آشامیدنی و بر اساس نتایج حاصله، طیف تهدیدهای زیستی برابرنمودار ۲ طبقه‌بندی و اولویت‌گذاری شده است.

نمودار ۲- اولویت تهدید

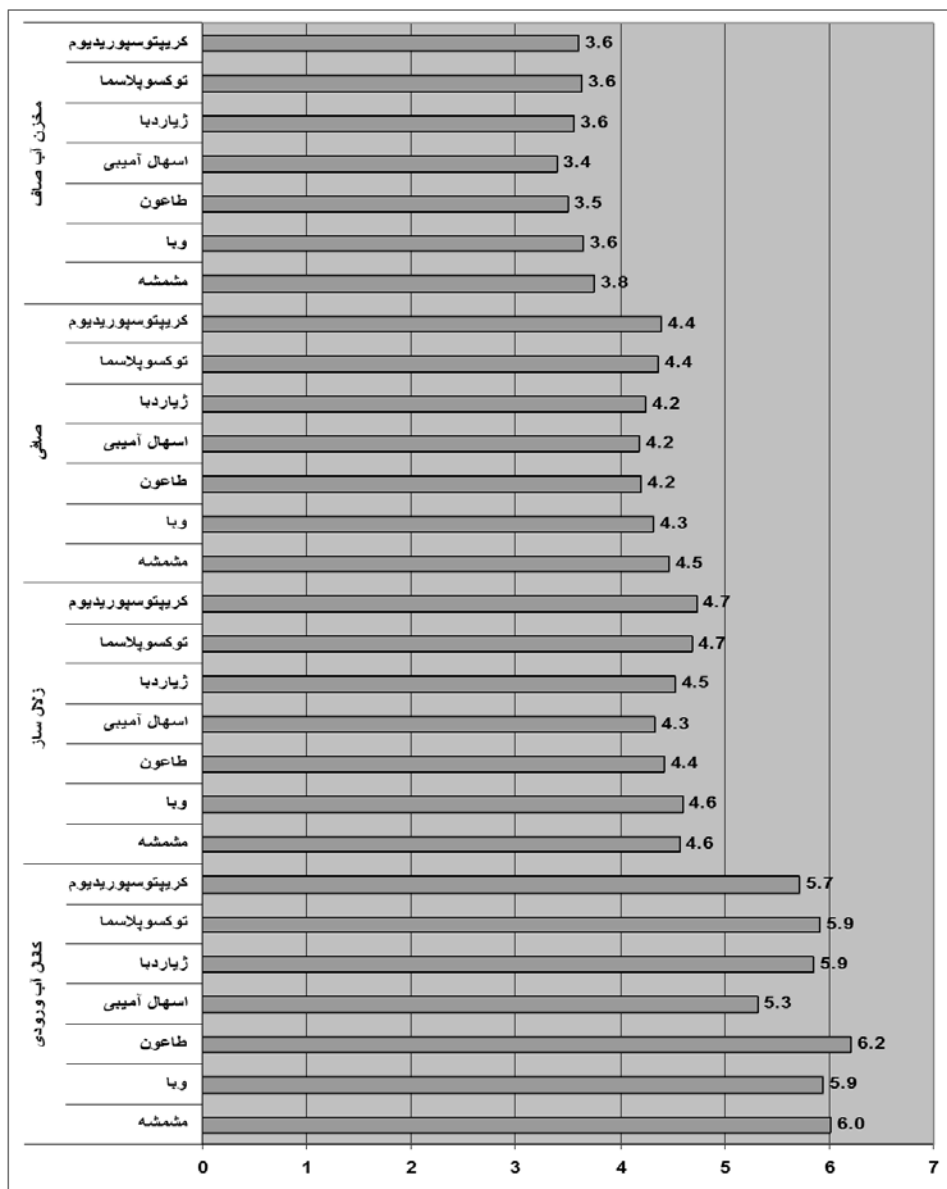


گام سوم: ارزیابی آسیب‌پذیری: برای تعیین میزان آسیب‌پذیری تهدیدات لازم است شاخص‌های مناسب در نظر گرفته شود. برای این منظور شاخص‌های مدنظر به‌صورت زیر در نظر گرفته شده است.

- امکان دسترسی
- قابلیت کشف و شناسایی
- امکان تخلیه عامل با حجم زیاد
- امکان مداومت در تخلیه
- پوشش زیاد

بر این اساس آسیب‌پذیری هر یک از دارایی‌ها با توجه به تهدید اولویت‌بندی شده به شرح شکل ۳ است:

نمودار ۳- محاسبه آسیب پذیری



(منبع : یافته های تحقیق)

نتیجه گیری و پیشنهادها

با گسترش جنگ های نا منظم در سال های اخیر برای تضعیف اراده مردمی و حرکت به سمت براندازی با استفاده از شیوه های تروریسم دولتی و گروه های معاند بابه کارگیری تهدیدهای نوین

به‌ویژه تهدیدات زیستی که از ویژگی‌هایی همچون پیشینه قبلی، گستردگی اثر، تنوع، امکان تهیه، تولید و اعمال آن به‌خصوص در حوزه آب آشامیدنی به‌عنوان یکی از نیازهای اساسی مردم و اهمیت تأسیسات آبی به‌عنوان یکی از زیرساخت‌های حیاتی و حساس که می‌تواند در زمان وقوع، اثرات بسیار بالا و نگران‌کننده‌ای بر سلامتی مردم و درنهایت ایجاد و توسعه عملیات روانی برای جداسازی مردم از حاکمیت و نشان دادن ناتوانی دولت در تأمین نیازهای حیاتی و اولیه مردم ایجاد کند قلمداد می‌شود، توجه به این تهدیدها از جایگاهی ویژه برخوردار بوده که بر اساس پژوهش حاضر نتایج زیر به دست آمده است:

برابر نمودار ۱، مخزن آب صاف دارای بالاترین اولویت در بین سایر دارایی‌ها و برابر نمودار ۲، تهدید کریپتوسپوری‌دیوم از اولویت بالاتری برخوردار است بر این اساس و برابر نمودار ۳، آسیب‌پذیری کانال آب ورودی در اثر تهدید عامل طاعون دارای بالاترین وزن است. درنهایت با توجه به رابطه یک، میزان خطر دارایی‌های اولویت‌بندی شده تصفیه‌خانه جلالیه تهران بر اساس اثر طیف تهدیدهای زیستی و آسیب‌پذیری‌های حاصله، به شرح جدول ذیل اولویت‌بندی می‌گردد:

دارایی	تهدید	عدد ریسک	رتبه کل
کانال آب ورودی	کریپتوسپوری‌دیوم	۲۳۴	۱
کانال آب ورودی	توکسوپلازما	۲۱۲	۲
زالال ساز	کریپتوسپوری‌دیوم	۲۱۰	۳
مخزن آب صاف	کریپتوسپوری‌دیوم	۱۹۷	۴
صافی	کریپتوسپوری‌دیوم	۱۸۵	۵

در جدول بالا و بر اساس مقدار خطر به دست آمده، خطر کانال آب ورودی نسبت به تهدید کریپتوسپوری دیوم و توکسوپلاسما دارای بالاترین وزن بوده و پس از آن به ترتیب زلال ساز، مخزن آب صاف و صافی‌ها دارای بالاترین مقدار خطر می‌باشند.

همچنین بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش و به جهت مدیریت ریسک این تصفیه‌خانه در اثر تهدیدات زیستی، پیشنهادهای زیر ارائه می‌گردد:

الف) راه کار دوری از خطر

- تهیه ضوابط فنی طراحی و ساخت تصفیه‌خانه بر پایه ملاحظات پدافند غیرعامل.
- ایجاد تعهد و مسئولیت برای طراحی تصفیه‌خانه‌های جدید بر پایه استفاده از کربن فعال.
- طرح‌ریزی برای واکنش در برابر تهدید قبل از تبدیل شدن آن به یک حادثه جدی.
- ارزیابی امکان پذیر بودن تهدید.
- پیاده‌سازی اقدامات واکنشی مناسب بر اساس اطلاعات در دسترس و موقعیت‌های بعدی.
- طرح‌ریزی برای واکنش به تهدیدهای آلودگی.

ب) راه کار انتقال خطر

- رعایت حریم محل تصفیه‌خانه از محدوده طرح جامع شهر (با در نظر گرفتن ملاحظات حفاظتی و حراستی).
- ساخت تصفیه‌خانه جایگزین با رعایت اصول پدافند غیرعامل.
- کاهش ظرفیت آب تصفیه‌شده برای استفاده از ظرفیت تصفیه‌خانه‌های دیگر.
- مکان‌یابی و ساخت تصفیه‌خانه‌هایی با مقیاس کوچک‌تر و توجه به اصل پراکندگی و تفرقه.

ج) راه کار کاهش خطر

- شناخت و بررسی سامانه از لحاظ ساخت و بهره‌برداری شامل بررسی ارزیابی‌های آسیب‌پذیری انجام‌شده و بررسی ملاحظات.

- به‌روز رسانی طرح‌های واکنش اضطراری برای مقابله با آلودگی‌های احتمالی متناسب با آلاینده هدف.
- ایجاد ساختار مدیریت حادثه.
- ایجاد راهبردهای مدیریت اطلاعات.
- ایجاد ساختارهای ارتباطی و اطلاع‌رسانی.
- آموزش و تمرین سناریوهای مختلف پذیرش خطر.
- بالا بردن امنیت فیزیکی.
- ایجاد سامانه‌های هشداردهنده و پایش برخط
- اجرای برنامه پایش مرجع.
- اجرای آموزش عمومی برای جامعه و آموزش
- تخصصی برای کاربران.
- خرید تجهیزات مقابله با آلودگی آب.
- ایجاد محدودیت در دسترسی به نقاط حیاتی، حساس و مهم.
- تهیه دستورالعمل برای کارکنان مراکز تأمین و توزیع آب جهت توجیه تأمین و چگونگی برخورد با موارد مشکوک.
- ایجاد محدودیت در دسترسی به اماکن حساس و آسیب‌پذیر موجود.
- محدودیت دسترسی به سامانه‌های رایانه‌ای و پایش آب و به کارگیری راه کارهای پیشگیرانه برای مقابله با حملات سایبری.
- احراز صلاحیت‌های لازم برای کارکنان شاغل در فرآیند تصفیه‌خانه‌ها.
- برنامه‌ریزی برای بهبود شرایط تأمینی بخش‌های آسیب‌پذیر فرآیند تصفیه‌خانه‌ها.

د) راه کار پذیرش خطر

- جدا سازی نمونه ها.
- تداوم اقدامات مربوط به توصیف محدوده تحت پوشش.
- اقدامات مربوط به سلامت و بهداشت مردم.
- ارزیابی تمام اطلاعات در دسترس در رابطه با حادثه آلودگی.
- بازنگری اقدامات انجام گرفته در مورد سلامت مردم جامعه.
- پیشبرد طرح های بازسازی و بازیابی.
- توصیف مناطق آلوده شده.
- طراحی روش و فناوری تصفیه و بازیابی.
- پیشبرد راهبرد لازم برای دفع آلاینده های باقیمانده در سامانه
- پیشبرد طرح نمونه برداری و جدا سازی برای تأیید اقدامات اصلاحی در نظر گرفته شده.
- پیشبرد طرح های ارتباطی بین سازمانی و ارتباط با مردم.
- اجرای طرح های اصلاحی و بازیابی.
- ثبت اطلاعات و سوابق آلودگی های رخ داده در سامانه.
- مشخص نمودن و اولویت بندی آسیب پذیری های منابع آب در برابر تهدیدها.
- تدوین الگوی سنجش آسیب پذیری منابع آب.

منابع

۱. آزاد، ح (۱۳۹۰)، ارزیابی آسیب‌پذیری ناشی از حمله هوایی به تصفیه‌خانه جلالیه از نگاه فرآیندی، *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*. تهران: دانشگاه مالک اشتر.
۲. آقامحمد کاشی، ا (۱۳۹۰)، ارزیابی اقدامات پدافند غیرعامل در حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی کشور (مطالعه موردی سدها)، *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*. تهران: دانشکده علوم و فنون فارابی.
۳. شرکت مهندسين مشاور مه‌اب قدس (۱۳۹۱)، *مطالعات پدافند غیرعامل تصفیه‌خانه جلالیه تهران*، طرح مطالعاتی تهران: مؤلف.
۴. قاضی‌زاده، ع (۱۳۸۷)، تبیین مبانی مهندسی پدافند غیرعامل در تأسیسات آب‌رسانی شهری، *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*. تهران: دانشگاه صنعت آب و برق.
۵. غلامی کلاکردی، ع (۱۳۹۰)، ارزیابی آسیب‌پذیری پست‌های برق ۴۰۰ کیلو ولت در مقابل تهدیدات نوین، *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*. تهران: دانشگاه مالک اشتر.
۶. مظفری، ع (۱۳۹۰)، مدیریت آب شرب اضطراری (مطالعه موردی شهر تهران)، *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*. تهران: دانشگاه مالک اشتر.

