فصلنامه مطالعات کمی در مدیریت

دوره ۱۳، شماره دو، تابستان ۱۴۰۱، صص ۳۳-۵۶

بررسی مدیریت یکپارچه تهدید زلزله در فرایند زنجیره تامین آب شرب

سید عباس اسدی[۱]، مژگان زعیم‌دار[۲] و سید علی جوزی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۴/۱۴ ، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۵/۲۹

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی مدیریت یکپارچه تهدید زلزله در فرایند زنجیره تامین آب شرب انجام شده است. برای انجام این پژوهش از روش تلفیقی استفاده شده است. جامعه آماری در فاز کیفی ۱۴ نفر از کارشناسان حوزه آب‌وفاضلاب و در فاز کمی، کارکنان شاغل در شرکت آب منطقه‌ای استان گیلان بودند که از بین آن‌ها، ۲۳۰ نفر به روش غیر احتمالی در دسترس انتخاب شدند. به منظور تحلیل داده‌ها نیز از تحلیل محتوا و روش مدل‌سازی معادلات ساختاری و نرم‌افزار Smart PLS ۳ استفاده شد. یافته‌های به‌دست آمده نشان داد که رابطه مثبت و معناداری میان راه‌کارهای مدیریت یکپارچه شامل مقاوم‌سازی و به‌روزرسانی تاسیسات، منابع رزرو، آیین‌نامه‌های بهسازی، مطالعات و آزمایشات دقیق و به‌کارگیری تجهیزات فنی و انسانی با تهدید زلزله وجود داشته است و استفاده از هر یک از این راه‌کارها می‌تواند منجر به کاهش مخاطرات مرتبط با زمان وقوع زلزله در کلان‌شهر رشت شود.

کلمات کلیدی: آب شرب، زلزله، زنجیره تامین و مدیریت یکپارچه.

[۱]- دانشجوی دکتری مدیریت محیط زیست- مدیریت محیط زیست، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران.

[۲] - نویسنده مسئول، استادیار گروه محیط زیست، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران. آدرس پست الکترونیکی: jzaeimdar@yahoo.com

[۳] - استاد تمام گروه محیط‌زیست، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران.

مقدمه

کشور ایران یکی از مناطق خشک جهان به شمار می‌رود و حجم بارندگی سالیانه در آن بالغ بر ٤٢٩ میلیارد مترمکعب است که از این حجم، سالیانه ۳۰۵ میلیارد مترمکعب (تقریبا ۷۱٪) تبخیر شده و به جو زمین باز می‌گردد. با در نظر گرفتن ۱۲۹ میلیارد آب قابل دسترس و جمعیت کشور، سهم سرانه هر فرد از منابع آب بالغ بر ۱۷۲۰ مترمکعب بوده است که طبق پیش‌بینی‌های صورت گرفته، این عدد تا سال ١٤٠٠ به حدود ۱۳۰۰ مترمکعب کاهش یافته است (شرافتی و شبیری، ١٤٠٠). سازمان بهداشت پان‌آمریکن (PAHO)[۱] میزان خسارت شبکه‌های توزیع آب ناشی از بلایای طبیعی را تحلیل نمود و نشان داد که اگرچه خسارت به تاسیسات آبی بسته به فراوانی و شدت حوادث متفاوت بود، اما گزارش شد که زمین‌لرزه‌ها[۲] تاثیر بخصوصی بر سیستم‌های شبکه آبی داشتند. زمین‌لرزه‌ها باعث از بین رفتن کلی مناطق قابل توجهی از سیستم آب‌رسانی می‌شوند (لی و همکاران[۳]، ۲۰۰۹). با اینکه احتمال وقوع زمین‌لرزه قوی آنچنان زیاد احساس نمی‌شود، اما پس از بروز چنین رویدادی، عملکرد سیستم‌های شبکه آب می‌تواند رو به وخامت بگذارد. بنابراین، لازم است جامعه مهندسی زلزله ارزیابی درستی از خطرهای ناشی از زلزله بر روی شبکه‌های انتقال آب انجام دهند (یو و همکاران[٤]، ۲۰۱۵). در واقع، بلایای طبیعی قابل‌توجهی همچون زلزله، رانش زمین، خشکسالی، سیل و طوفان‌ها در سال‌های اخیر باعث ایجاد اختلالات اجتماعی و خسارات اقتصادی مختلفی شده است (کیم و همکاران[٥]، ۲۰۱۸). به‌طور خاص، این بلایای طبیعی ممکن است به دلیل متمرکز بسیار زیاد زیرساخت‌های اجتماعی در مناطق شهری، تاثیر ویژه‌ای بر سیستم‌های پیچیده زندگی افراد بگذارند (سرچیلو و همکاران[٦]، ۲۰۱۸). علاوه بر این، از آنجا که بخش عمده‌ای از تاسیسات حیاتی در زیر

---

[۱] Pan-American Health Organization
[۲] Earthquake
[۳] Lee et al.
[٤] Yoo et al.
[٥] Kim et al.
[٦] Cerchiello et al.

زمین نصب شده‌اند، تشخیص و ترمیم این خسارات بسیار دشوار بوده و می‌تواند منجر به رکود طولانی مدت آن‌ها شود. بلایای اخیر بر لزوم پیش‌بینی خسارت به تاسیسات حیاتی را مشخص کرده و بر راه‌کارهای بازیابی مشکلات احتمالی تاکید نموده است (یون و همکاران[۱]، ۲۰۱۸).

روند مدیریتی در حوزه‌های مرتبط با عرضه و مصرف آب، منجر به بهره‌برداری زیاد از منابع آب سطحی و زیرزمینی در اغلب حوضه‌های آبی کشور شده است (عمرانیان خراسانی، ۱۳۹٤). در شرایط کنونی، آب شرب کشور از منابع زیرزمینی (چاه) و سطحی که پشت سدها ذخیره شده، تأمین می‌شود. خطوط انتقال آب، بیشتر زیرزمینی بوده و در بعضی مواقع به دلیل شرایط مختلف مثل سنگلاخی بودن، خورنده بودن زمین به صورت سطحی می‌باشد. آب مورد نیاز به تصفیه‌خانه‌ها با مخازن ذخیره آب منتقل شده و پس از تصفیه و کلرزنی به مخازن ذخیره و تنظیم فشار وارد می‌شود. در بعضی مواقع آب مستقیماً وارد شبکه توزیع شده و در مواقعی دیگر آب به مخازن ذخیره منتقل شده و سپس وارد شبکه توزیع می‌شود. در سیستم توزیع نیز ممکن است برای تنظیم فشار وزون‌بندی، از مخازن هوایی یا زمینی که در ارتفاع قرار می‌گیرند، استفاده شود. خطوط انتقال و مخازن ذخیره با وجود اینکه جزو زیرساخت‌های حیاتی و خاص کشور نیز محسوب می‌شوند، در بیشتر شهرها در دیدرس عموم قرار دارند و به راحتی نیز می‌توان به آن‌ها نزدیک و وارد شد (کاظمی بلگه شیری و گلستانه، ۱۳۹۳).

از سوی دیگر، بررسی کلی قوانین و آیین‌نامه‌های مصوب کشور ما مشخص نمود که تا کنون در ٤٦ قانون و ٤۲ آیین‌نامه به طور مستقیم و در ۲۸ قانون و ۱۸ آیین‌نامه به طور غیرمستقیم به موضوع آب و فاضلاب پرداخته شده است. از بین تمامی قوانین وضع شده، ۲۰ قانون پیش از انقلاب به تصویب رسیده بود. از طرفی، از مجموع ٦۰ آیین‌نامه، تنها ۳ مورد مربوط به پیش از انقلاب بود (کیائی و طاهرشمسی، ۱۳۹٦). به عنوان مثال، بر اساس اصل ٤٥ قانون اساسی، آب‌های دریاها و آب‌های جاری در رودها و نهرهای طبیعی و دره‌ها و هر مسیر طبیعی دیگر اعم از سطحی و زیرزمینی و

[۱] Yoon et al.

سیلاب‌ها، فاضلاب‌ها، زه‌آب‌ها، دریاچه‌ها، مرداب‌ها، برکه‌های طبیعی، چشمه‌سارها و آب‌های معدنی و منابع آب زیرزمینی از مشترکات بوده و در اختیار حکومت بود و طبق مصالح عامه از آن‌ها بهره‌برداری می‌گردد. همچنین مسئولیت حفظ و اجاره و نظارت بر بهره‌برداری از آن‌ها به دولت محول می‌گردد (کمالان، ۱۳۸۷).

به هر ترتیب، امنیت خاطر شهروندان از دسترسی به آب بهداشتی در مواقع بحران و هنگام بروز بلایای طبیعی مانند زلزله از اهمیت بسزایی برخوردار است. لذا حفظ امنیت تاسیسات آبرسانی و در نظرگرفتن تمهیدات لازم به منظور آمادگی با شرایط بحران از جمله وظایف و رسالت‌های مسئولین و متولیان امر می‌باشد (توکلی امینیان، ۱۳۹۲). از همین رو، وجود تاسیسات و تجهیزات شهری، نقش بسیاری در ارائه خدمات به محله، منطقه، شهر و استان دارد و هر گونه اختلال، تخریب و کاهش یا توقف خدمات مشکلات فراوانی را ایجاد می‌کند (جدی و همکاران، ۱۳۹۲). برای مثال، تصفیه‌خانه‌های آب شهری از جمله تأسیساتی هستند که در صورت مواجه شدن با بحران، می‌توانند عواقب غیرقابل جبرانی را به بار آورند. این امر بدین دلیل است که آب خروجی از تصفیه‌خانه‌های آب شرب، مستقیماً با مردم در ارتباط است و نیازهای اولیه از جمله آشامیدن و بهداشت، متأثر از آن‌ها می‌باشند. با توجه به این ارتقاء و افزایش قابلیت بقاء ومقاومت در برابر تهاجمات، امری ضروری تلقی می‌گردد. به همین منظور اقداماتی برای تأسیسات باید صورت گیرد تا الزامات بیان شده، تأمین شود. اقداماتی مهندسی که برای افزایش قابلیت بقاء در حین بحران و کاهش آسیب پذیری، در زمان‌هایی غیر از وقوع بحران صورت می‌پذیرد و در اصطلاح، مجموعه این اقدامات تحت عنوان پدافند غیرعامل شناخته می‌شود (نیکو و همکاران، ۱۳۹۷).

پیش از وقوع زمین لرزه اصلی معمولاً زلزله‌های نسبتاً خفیف‌تری در منطقه روی می‌دهد که به پیش لرزه معروف‌اند. به لرزش‌های بعدی زمین‌لرزه نیز پس‌لرزه می‌گویند که با شدّت کمتر و با فاصله زمانی گوناگون میان چند دقیقه تا چند ماه رخ می‌دهند. ایران کشوری است که بر روی کمربند زلزله خیر دنیا واقع شده است. وقوع زلزله موجب خسارات مستقیم و غیرمستقیم می‌شود، از جمله این خسارات صدمه به تاسیسات زیرزمینی می‌باشد. زلزله ممکن است در برخی از تاسیسات که انهدام

یا تخریب آن‌ها باعث آلودگی آب‌های زیرزمینی می‌شود، تاثیرات مخربی بر جای بگذارد. تاسیسات آبرسانی و دفع فاضلاب شهری در صورت بروز حادثه، به مثابه یک بمب زیرزمینی عمل کرده و کل راههای ارتباطی و معیشت افراد آن جامعه را فلج می‌کند (بوستانی و همکاران، ۱۳۸۸). آسیب‌پذیری لوله‌کشی‌ها به هنگام زلزله از چند جنبه حائز اهمیت است. در اثر وقوع یک زلزله، قطع جریان در شاه لوله‌های آب به واسطه ی شکستگی‌ها می‌تواند جان بازماندگان زلزله را به خطر بیاندازد. در صورت آسیب دیدن لوله‌ها و شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب بوی تعفن، منطقهٔ آسیب دیده را فرا گرفته و احتمال شیوع بیماری‌های عفونی پس از زلزله وجود دارد (حسنی و محمودآبادی، ۱۳۹۵).

کلان‌شهر رشت در یکی از نواحی لرزه خیز ایران قرار دارد. این شهر بعنوان مرکز استان گیلان تقریباً در مرکز جلگه گیلان، در وسیع‌ترین بخش دلتای رودخانه سفید رود با ارتفاع متوسط ۸ متر از سطح دریاهای آزاد و در ۳۳۰ کیلومتری شمال باختری تهران و در انتهای راه کناره اصلی دریای خزر و در مسیر راه اصلی درجه یک قزوین به بندر انزلی واقع شده است. شواهد تاریخی نشان می‌دهد که این شهر بارها در زلزله تخریب شده است. سابقه لرزه خیزی این شهر به رخدادهای ۱۳٦۷ باز می‌گردد. بزرگترین رخداد موثر زلزله بر این شهر زمین‌لرزه ۱۳٦۹ رودبار بود که بزرگی آن به ۷/٤ رسید. با توجه به اینکه در خرداد ماه سال جاری نیز شاهد وقوع زمین‌لرزه در ناحیه جیرنده شهرستان رودبار بوده‌ایم، لزوم بررسی راه‌کارهای جلوگیری از تهدید زلزله برای زنجیره تامین آب شرب بیش از پیش احساس می‌شود. از همین رو، پژوهش حاضر تلاش نموده است تا به ابعاد مختلف مدیریت یکپارچه تهدید زلزله در فرایند زنجیره تامین آب شرب بپردازد.

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

در سال‌های اخیر وقوع زلزله‌های متعدد در شهرهای گوناگون جهان، پیکره شهرها به ویژه زیرساخت‌های شهری را با خسارت‌های فراوانی مواجه ساخته است. در بسیاری از کشورها، به دلیل برنامه‌ریزی نامناسب، تاب‌آوری کافی در برابر بحران‌هایی همچون زلزله وجود نداشته و در کنار خسارات فراوان جانی و مالی، امکان بهبود عملکردهای شهری و حتی بازگشت به حالت اولیه از بین

رفته است (تاناکا[۱]، ۲۰۱۲). همین مسئله باعث شده که میزان تلفات انسانی و خسارات اقتصادی ناشی از بحران‌های طبیعی همچون زلزله افزایش یافته است که دلیل آن را می‌توان در سرعت روزافزون توسعه شهری و مواجه شدن زیرساخت‌های شهری و شهروندان با خطر ناشی از این بحران‌ها دانست (سوتانتا و همکاران[۲]، ۲۰۱۳).

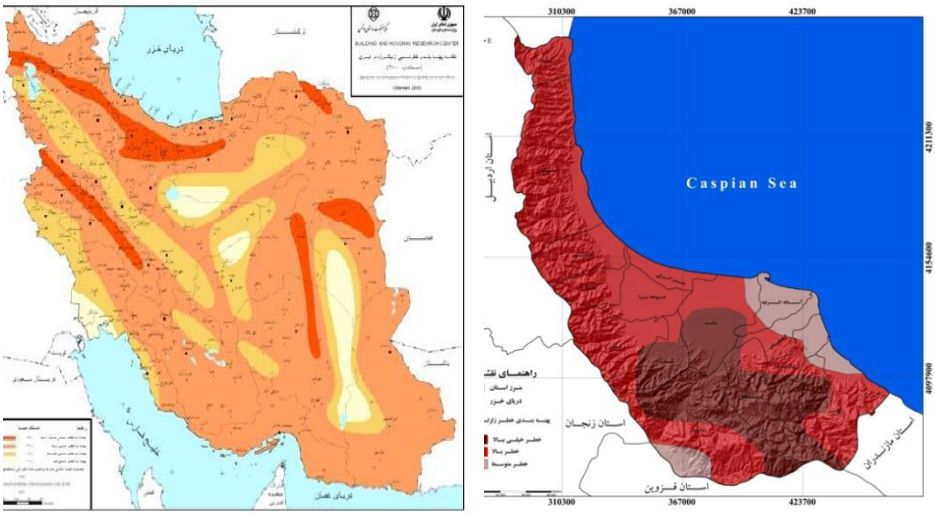
از سوی دیگر، شناسایی میزان آسیب‌پذیری احتمالی زیرساخت‌های آب شهری به یکی از مهم‌ترین نیازهای شهروندان تبدیل شده و اهمیت ویژه‌ای در افزایش تاب‌آوری داشته باشد. عملکرد مناسب سیستم آب‌رسانی از مسائل ضروری در تداوم حیات ساکنان شهری و کاهش میزان خطرپذیری افراد، سیستم‌ها و زیرساخت‌های حیاتی شهر به ویژه شریان‌های اصلی، بحساب می‌آید (علوی و همکاران، ۱۳۹۷). به همین دلیل، با توجه به افزایش آسیب‌پذیری زیرساخت‌های شهری، تاثیر آن‌ها بر جامعه و لزوم توجه به برنامه‌ریزی پیش از وقوع زلزله، افزایش تاب‌آوری جوامع در مقابل زلزله اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده است (الکساندر[۳]، ۲۰۰۷).

ایران جزء کشورهای زلزله خیز جهان بشمار می‌رود و ۹۰ درصد خاک ایران بر روی نوار زلزله واقع شده است. تصفیه‌خانه‌ها، خطوط انتقال، مخازن ذخیره و شبکه توزیع آب در سیستم آبرسانی به عنوان قسمتی از یک شبکه حیاتی محسوب می‌شوند. این امر سبب می‌شود تا تحلیل و مقاوم‌سازی لرزه‌ای در مناطق با خطر لرزه‌خیزی بالا و همچنین در محل برخورد خطوط لوله با گسل ضرورت یابد (باعزم و ناصری، ۱۳۹٤). از طرفی، زمین لرزه‌های تاریخی ویرانگری در گذر زمان در استان گیلان روی داده که برای مثال می‌توان به زمین لرزه تاریخی لاهیجان با بزرگی برآورد شده ۵/٦ در مقیاس امواج سطحی زمین و پس از آن نیز زمین لرزه مرگبار ۳۱ خرداد ۱۳٦۹ رودبار – منجیل با بزرگی ۷/٤ اشاره کرد. بر اساس استاندارد آئین نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰ – ویرایش دوم آذر ۱۳۷۸) بخش عمده گستره طرح بر پهنه با خطر نسبی زیاد واقع شده و برای آن

---

[۱] Tanaka
[۲] Sutanta et al.
[۳] Alexander

شتاب مبنا g ۰/۳ پیشنهاد می‌گردد که شامل بیشینه شتاب زمین برای دوره‌های بازگشت ٤٧٥ ساله است (۱۰ درصد احتمال وقوع در ۵۰ سال). همچنین با توجه به بند ۵-۳-۲ این آیین نامه در مورد سازه‌های خاص تاکید شده که مقادیر پارامتر شتاب جنبش نیرومند در نظر گرفته شده نباید از دو سوم مقادیر مندرج در این آیین نامه (یعنی g ۰/۲) کمتر باشد مگر آنکه مطالعات خاص لرزه خیزی در ساخت گاه‌های مورد نظر انجام شود و حتی در این صورت نیز مقادیر طیفی نباید از دو سوم مقادیر آیین نامه کمتر باشد. پهنه‌بندی تهدید زلزله در استان گیلان و کشور در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل ۱- پهنه‌بندی تهدید زلزله در استان گیلان و کشور (منبع: صمدی، ۱۳۹٦)

قطع جریان در لوله‌های انتقال آب به علت شکستگی، جان بازماندگان پس از زلزله را به خطر می‌اندازد. یکی از مسائلی که هنگام وقوع زلزله بروز می‌نماید خطر بیماری‌های مسری است. خطر بیماری‌های مسری بعد از بحران متاثر از وجود سطوحی از بیماری‌ها، تغییرات بومی و محل اقامت که حاصل بحران بوجود آمده می‌باشد. قطع امکانات عمومی شامل شریان‌های حیاتی شبکه‌های آب و فاضلاب نیز باعث پخش بیماری‌های موضعی می‌گردد. بعلت آسیب دیدن شریان‌های حیاتی، تعلیق

در خدمات بهداشتی پایه حادث می‌گردد. تاثیر این تاسیسات در مدیریت بحران حائز اهمیت است (تانیمبو و کالونگی[۱]، ۲۰۰۹). بر اساس تجربیات و آمار خرابی لوله‌ها در زلزله‌های گذشته، آسیب‌های مشاهده شده به دسته‌های زیر تقسیم می‌شوند (پریش، ۱۳۹٤):

۱) آسیب در بدنه لوله‌ها: در اثر زلزله سه نوع آسیب در لوله مشخص شده است که عبارتند از ترک خوردگی، گسیختگی بدنه لوله و کمانش موضعی (چین‌خوردگی فشاری). شکست بدنه لوله از جمله آسیب‌هایی می‌باشد که در زلزله نیگاتا به خط لوله آب این شهر وارد شده است.

۲) آسیب در اتصالات: بیشتر خسارات‌های وارده به خط لوله‌ها بر روی محل‌های اتصالات و انشعابات خط لوله نظیر زانویی‌ها، سه راهی‌ها و شیرهای دو خط و بلوک‌های حفاظتی اتصالات می‌باشد. ایجاد تنش‌های موضعی بالا در اتصالات خط لوله با سازه‌های کلیدی خط لوله نظیر مخازن، ساختمان‌ها و پل‌ها، مخصوصاً در زمانی‌که انعطاف‌پذیری کافی جهت تحمل جابجایی نسبی بین لوله و اتصالات نمی‌باشد، خسارت‌های زیادی بر پیکر خط لوله و تاسیسات به وجود می‌آورد. در اتصالات نیز با تغییر سختی لوله یا باز شدن آن خساراتی به وجود می‌آید. این آسیب‌ها عبارتند از ترک خوردگی و شکست اتصالات، بیرون کشیدگی اتصالات، شکست پیچ‌ها در اتصالات لوله‌های فولادی، گسیختگی در محل پیوندگاه‌های T شکل یا چند شاخه‌ای و بیرون کشیدگی اتصالات و به دنبال آن بیرون‌زدگی لوله‌ها از زمین به سبب روانگرایی یا جریان شن و ماسه در لوله‌ها به سبب شکست اتصالات.

علاوه بر موارد فوق موارد دیگری در آسیب‌پذیری خطوط انتقال مطرح هستند که شاید با رفع این موارد بتوان آسیب‌های ناشی از زلزله را نیز کاهش داد (مانی، تابش و ذوالفقاری[۲]، ۲۰۱۳):

- نشت لوله‌ها: نشت و تراوش لوله‌ها باعث خرابی در لوله و ایجاد نشست‌های زیاد در تکیه‌گاه‌های لوله می‌گردد که این امر در هنگام زلزله باعث صدمات بیشتری خواهد شد.

---

[۱] Tanyimboh & Kalungi
[۲] Mani, Tabesh, & Zolfaghari

- کیفیت جوش لوله‌ها: اگر جوشکاری به خوبی انجام نشود، در هنگام زلزله به نقاط بحرانی تبدیل گشته و آسیب‌های جدیدی به خطوط وارد می نماید.
- وضعیت خم‌ها و انشعاب‌ها: با توجه به زلزله‌های گذشته، مشخص شده است که بیشتر صدمات به لوله‌ها در محل خم‌ها رخ داده است. از این رو محل خم لوله‌ها یک ناحیه آسیب‌پذیر است. بنابراین، هر چه تعداد خم‌ها کمتر و زوایای تغییر در خم‌ها ملایم‌تر باشد، آسیب‌پذیری هنگام وقوع زلزله کمتر گردد.
- خوردگی: کهولت و خوردگی باعث تشدید خسارت به خصوص در لوله‌های غیریکپارچه فولادی و چدنی با اتصال رزوه‌ای می‌شوند. لوله‌های قدیمی نسبت به لوله‌های جدید از احتمال خسارت و شکست بیشتری برخوردارند. خوردگی باعث ضعیف شدن لوله به وسیله کاهش ضخامت مواد جداره لوله و افزایش تمرکز تنش می‌شود. نرخ شکست در لوله‌های فولادی رزوه‌ای نسبت به بقیه لوله‌های فولادی بیشتر است. در زلزله سال ۱۹۹۹ شهرچی چی در تایوان ۵۰ درصد لوله‌های فولادی شکسته شده، قبل از زلزله به خاطر خوردگی ضعیف شده بودند.

با توجه به اهمیت توجه به تهدید زلزله در فرایند آبرسانی، مطالعات مختلفی در این رابطه صورت گرفته است. برای مثال، محمدی (۱۳۹۹) به بررسی آسیب شناسی لرزه‌ای شبکه خطوط لوله آب و ارائه راه‌کارهای تاب آورانه جهت تاب‌آور سازی شبکه خطوط آب و فاضلاب در برابر زلزله پرداخت. نتایج حاصل از این مطالعه، وجود راه‌کارهایی موثر در ارتقاء سطح تاب‌آوری خطوط لوله آبرسانی در برابر زلزله را تایید نمود و ثابت کرد که می‌توان با ارتقاء عواملی همچون جنس لوله‌ها، ضخامت لوله‌ها و جنس اتصالات و همچنین به‌کارگیری روش‌هایی همچون مهاربندی لوله سطح تاب‌آوری خط لوله را افزایش داد. در زمینه مدل‌های ارائه شده برای لوله‌های مدفون، کندی[۱] با در نظر گرفتن فشار پاسیو خاک به صورت یکنواخت و استفاده از تئوری افت بزرگ روش جدیدی برای لوله‌های

[۱] Candi

مدفون ارائه داد. در این روش فرض شد که خطوط لوله به شکل یک کابل نرم رفتار می‌کند که با توجه به سازگاری تغییر شکل لولح به صورت یک منحنی با انحنا ثابت تغییر شکل می‌دهد (آمادوچی و همکاران[۱]، ۲۰۲۲). فرض دیگر کندی این بود که نقاط دور از محدوده انحنادار به صورت مماسی به خطوط لوله تغییر شکل نیافته لوله متصل می‌شوند که مشابه رفتار یک تیر روی بستر الاستیک است (سادلدین، هو و هنی[۲]، ۲۰۱۵). وایت و چیوک[۳] (۲۰۰۸) آزمایشات متعددی در موضوع مقاومت خاک در برابر حرکت افقی لوله‌ها انجام داد. نتایج آزمایشات آن‌ها نشانگر این نکته بود که مقاومت پاسیو خاک حول محیط لوله یکنواخت نیست و بسیار بیشتر از فشار استاتیکی زمین می‌باشد. آن‌ها همچنین نشان داد که رابطه بین فشار خاک و تغییر مکان غیرخطی است و در مقادیر بیشتر فشار زمین، افزایش بیشتری از تغییر مکان دیده می‌شود.

مدل تحلیل ریسک به منظور مدیریت ایمنی در تصفیه‌خانه‌های آب توسط نیکو و همکاران (۱۳۹۷) نشان داد که زلزله با ۱۳/۷٪، بیشترین درصد ریسک را به عنوان یک عامل تهدیدکننده سیستم تصفیه‌خانه سلمان فارسی در پی دارد. از طرفی، شاهین‌نیا و همکاران (۱۳۹۷) در بررسی‌های خود به موضوع امنیت شبکه توزیع آب شرب بر اساس ملاحظات پدافند غیرعامل (مطالعه موردی شهر اصفهان) پرداختند که در آن تهدیدات (طبیعی و مصنوعی) اصلی که این قسمت را تهدید می‌کنند شناسایی و بررسی شده و راه‌کارهایی جهت کاهش اثر این تهدیدات بر روی شبکه آبرسانی ارائه شد. پژوهش حبیبی (۱۳۹۵) اظهار داشت که بسیاری از مخازن بتنی ذخیر آب به ویژه آب آشامیدنی به دلیل شرایط اجرایی و بهره‌برداری و یا عدم آگاهی از ضوابط طراحی، بدون لحاظ نمودن معیارهای یادشده اجرا شده است که باید مورد بازنگری جدی قرار گیرد. کلوا و همکارن[۴] (۲۰۱۸) اظهار داشتند که تغییرات آب و هوا به طور فزاینده‌ای در زمینه برنامه‌ریزی سیستم‌های آب اهمیت دارد و ابزار

---

[۱] Amaducci et al.
[۲] Saadeldin, Hu, & Henni
[۳] White & Cheuk
[۴] Koleva et al.

لازم برای ارائه بهترین گزینه سرمایه‌گذاری با توجه به قابلیت اطمینان زیرساخت از دیدگاه فنی و محیط زیستی لازم است.

روش‌شناسی پژوهش

برای انجام پژوهش حاضر از روش تلفیقی (کیفی و کمی) استفاده شد. این پژوهش از نظر هدف کاربردی و به لحاظ جمع‌آوری داده‌ها جزء مطالعات پیمایشی بود که اطلاعات آن با تکیه بر مطالعات پیشین و یافته‌ها کتابخانه‌ای و همچنین انجام مصاحبه‌های نیمه‌ساختار یافته و طراحی پرسش‌نامه انجام گرفت. برای این منظور، ابتدا با بهره‌گیری از سوالات مصاحبه نیمه‌ساختار یافته، راه‌کارهای پیشنهادی از سوی خبرگان و کارشناسان حوزه آب و فاضلاب مطرح گردید و با تکیه بر روی تحلیل محتوا مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت، عوامل استخراج شده از این نظرات در قالب متغیرهای اصلی تحقیق شناسایی شده و ارتباط آن‌ها با تهدید زلزله مورد سنجش قرار گرفت. راه‌کارهای پیشنهادی و عوامل استخراج شده مرتبط با مدیریت زلزله توسط کارشناسان و خبرگان شرکت‌کننده در فاز کیفی پژوهش حاضر در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱- خلاصه راه‌کارهای پیشنهادی و عوامل استخراج شده مرتبط با مدیریت زلزله

راه‌کارهای پیشنهادی ارائه شده	عامل استخراج شده
- استفاده از آیین‌نامه‌های مربوط جهت بهسازی - امکان تامین آب از دو منبع یا دو ایستگاه پمپاژ	آیین‌نامه‌های بهسازی
- بهسازی سالانه چشمه‌ها جهت بهبود برداشت آب - استفاده از لوله‌هایی با مقاومت بالای چاه‌ها در برابر زلزله‌هایی با ریشتر کوچک و متوسط - ماشین‌های حمل آب جهت توزیع در مواقع ضروری	به‌کارگیری تجهیزات فنی و انسانی

ماخذ: یافته‌های تحقیق

ادامه جدول ۱- خلاصه راه‌کارهای پیشنهادی و عوامل استخراج شده مرتبط با مدیریت زلزله

راه‌کارهای پیشنهادی ارائه شده	عامل استخراج شده
- در ساخت سدها مطالعه کافی جهت استحکام ساختگاه و رعایت آیین‌نامه‌های زلزله برای ساخت بدنه سدها - محل اجرای پروژه به لحاظ قرارگیری بر روی گسل‌ها و لرزه‌خیزی بررسی شود - انجام مطالعات ژئوتکنیک و آزمایش مکانیک خاک - انجام مطالعات زمین شناسی و بررسی محل گسل ها در مسیر پیشنهادی ساخت خط انتقال، استفاده از لوله‌های مقاوم در برابر زلزله در خطوط انتقال	مطالعات و آزمایشات دقیق
- مقاوم‌سازی تاسیسات برقی و مکانیک مورد نیاز - نصب شیرهای قطع سریع جریان در محل خروج مخازن	مقاوم‌سازی و به‌روزرسانی تاسیسات
- وجود پمپ‌های رزور - وجود دیزل ژنراتور در محل‌های تامین آب	منابع رزرو

ماخذ: یافته‌های تحقیق

در ادامه نیز، با طراحی پرسش‌نامه محقق ساخته، ارتباط بین راه‌کارهای شناسایی شده با تهدید زلزله مورد سنجش قرار گرفت. به منظور بررسی روایی پرسش‌نامه، از روایی محتوا و نظر اساتید راهنما و مشاور و برای بررسی پایایی نیز از ابزار آلفای کرونباخ استفاده گردید که اعداد به‌دست آمده بالاتر از ۰/۷ بود و پرسش‌نامه مورد تایید قرار گرفت.

جامعه آماری پژوهش حاضر شامل دو گروه از افراد بودند. در فاز کیفی، تعدادی از اساتید مدیریت محیط زیست و کارشناسان حوزه آب به روش گلوله برفی انتخاب شدند و پس از انجام مصاحبه ۱٤، محقق به اشباع نظری رسید و مصاحبه را متوقف کرد. در ادامه، برای بررسی راه‌کارهای شناسایی شده، کارکنان شاغل در شرکت آب منطقه‌ای استان گیلان و کلان‌شهر رشت به تعداد ٦۰۰ نفر انتخاب

شدند. برای محاسبه نمونه از بین افراد فوق، از روش کوکران محدود استفاده شد که نتیجه آن به شرح زیر است:

$$n = \frac{N \times z_{\frac{\alpha}{2}}^{2} \times \sigma^{2}}{\varepsilon^{2}(N-1) + z_{\frac{\alpha}{2}}^{2} \times \sigma^{2}} = \frac{۶۰۰ \times (۱.۹۶)^{2} \times (۰.۴۸۴)^{2}}{(۰.۰۵)^{2}(۶۰۰-۱) + (۱.۹۶)^{2} \times (۰.۴۸۴)^{2}} = ۲۲۵$$ (فرمول ۱)

در فرمول فوق، N تعداد کارکنان شرکت، $z_{\frac{\alpha}{2}}$ مقدار آماره هم ارز مقدار سطح زیر منحنی نرمال استاندارد برابر با ۱/۹۶، σ واریانس متغیر وابسته که پس از توزیع ۳۰ پرسش‌نامه اولیه در بین افراد جامعه محاسبه گردید و مقدار خطای مجاز که برابر با ۰/۰۵ بود. در نهایت، با در نظر گرفتن خطای توزیع پرسش‌نامه، ۲۳۰ پاسخ صحیح به روش غیر احتمالی در دسترس از افراد مذکور دریافت گردید و بالاتر از مقدار حجم نمونه بود و به حد کفایت رسید. در نهایت، داده‌های جمع‌آوری شده از طریق روش مدل‌سازی معادلات ساختاری (SEM)[۱] و رویکرد حداقل مربعات جزئی نرم‌افزار Smart PLS ۳ تحلیل شدند.

نتایج و بحث

در فاز اول پژوهش، مصاحبه‌های نیمه‌ساختار یافته در خصوص استراتژی‌ها و راه‌کارهای پیشنهادی مرتبط با مدیریت زلزله در فرایند زنجیره تامین آب شرب کلان‌شهر رشد بین کارشناسان و خبرگان توزیع گردید و مطالب بیان شده از سوی افراد به روش تحلیل محتوا مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور، ۱۲ کارشنان مرد و ۲ کارشناس زن با تحصیلات کارشناسی ارشد و دکتری و سابقه بالای ۱۰ سال شغلی و مطالعاتی در مصاحبه‌ها شرکت نمودند. در ادامه، عوامل شناسایی شده به روش تحلیل محتوا استخراج شدند و به منظور نشان دادن تاثیر آن‌ها بر مدیریت تهدید زلزله، فرضیه‌هایی پیشنهاد گردید که به شرح زیر است:

- فرضیه ۱: مقاوم‌سازی و به‌روزرسانی تاسیسات تاثیر معناداری بر تهدید زلزله در فرآیند آبرسانی دارد.
- فرضیه ۲: توجه به منابع رزرو تاثیر معناداری بر تهدید زلزله در فرآیند آبرسانی دارد.

[۱] Semi-Structured Model

- فرضیه ۳: توجه به آیین‌نامه‌های بهسازی تاثیر معناداری بر تهدید زلزله در فرآیند آبرسانی دارد.
- فرضیه ٤: مطالعات و آزمایشات دقیق تاثیر معناداری بر تهدید زلزله در فرآیند آبرسانی دارد.
- فرضیه ٥: به‌کارگیری تجهیزات فنی و انسانی تاثیر معناداری بر تهدید زلزله در فرآیند آبرسانی دارد.

در فاز دوم یعنی فاز کمی، تلاش شد تا ضمن تقسیم‌بندی درست راه‌کارها، ارتباط بین راه‌کارهای ارائه شده با تهدیدات زیست‌محیطی زلزله مشخص شود. برای این منظور، ابتدا پرسش‌نامه متناسب با راه‌کارهای شناسایی شده، طراحی و در اختیار کارکنان قرار گرفت که شامل دو بخش سوالات جمعیت‌شناختی و سوالات اصلی پرسش‌نامه بود. نتایج آمار توصیفی افراد شرکت‌کننده در فاز کمی در جدول (۲) نشان داده شده است.

جدول ۲- آمار توصیفی خصوصیات جمعیت‌شناختی افراد در فاز کمی

گروه	دسته‌بندی	فراوانی	درصد
جنسیت	مرد	۱۹۳	۸۳/۹
	زن	۳۷	۱٦/۱
سن	۲۵ تا ۳۵ سال	۱۷	۷/٤
	۳٦ تا ٤٥ سال	۷۷	۳۳/٥
	٤٦ سال به بالا	۱۳٦	٥۹/۱
مدرک تحصیلی	کارشناسی	٥٥	۲۳/۹
	کارشناسی ارشد	۱٦۱	۷۰
	دکتری	۱٤	٦/۱
سابقه کار و فعالیت در حوزه آب و فاضلاب	زیر ۵ سال	۱۱	٤/۸
	٦ تا ۱۰ سال	۱۳	٥/۷
	۱۱ تا ۲۰ سال	۷۲	۳۱/۳
	۲۱ سال به بالا	۱۳٤	٥۸/۳
کل		۲۳۰	۱۰۰

ماخذ: یافته‌های تحقیق

در ادامه، هر یک از تهدیدات مذکور به صورت مجزا و در قالب مدل معادلات ساختاری مورد تحلیل قرار گرفت و با توجه به غیرنرمال بودن داده‌ها، از روش حداقل مربعات جزئی برای این کار استفاده شد. بنابراین، ابتدا پیش‌شرط‌های برازش نیکویی مدل و برازش مدل ساختاری مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت، مدل نهایی ترسیم گردید. در جداول (۳) و (٤) خلاصه‌ای از آزمون‌های مرتبط با بررسی برازش مدل‌های اندازه‌گیری نشان داده شده است که همه مورد تایید قرار گرفتند.

جدول ۳- نتایج آلفای کرونباخ، پایایی ترکیبی و میانگین واریانس استخراج شده

متغیر	آلفای کرونباخ	پایایی ترکیبی	میانگین واریانس استخراج شده (AVE)
آیین‌نامه‌های بهسازی	۰/۷۲۷	۰/۸۲٦	۰/٥٤٥
به‌کارگیری **تجهیزات فنی و انسانی**	۰/۷٦۹	۰/۸٦٦	۰/٦۸۳
تهدید زلزله	۰/۸۱۷	۰/۸۷۹	۰/٦٤٦
مطالعات و آزمایشات دقیق	۰/۹۰۳	۰/۹۲۲	۰/٥۹۸
مقاوم‌سازی و به‌روزرسانی تاسیسات	۰/۸۰۲	۰/۸۳۳	۰/٦٤٤
منابع رزرو	۰/۸٥۲	۰/۸۸٤	۰/٥۹۱

ماخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ٤- نتایج ماتریس سنجش روایی واگرا

ردیف		۱	۲	۳	٤	٥	٦
۱	آیین‌نامه‌های بهسازی	۰/۷۳۸					
۲	به‌کارگیری تجهیزات فنی و انسانی	۰/۷۲۲	۰/۸۲٦				
۳	تهدید زلزله	۰/٤٦٤	۰/۳٥٤	۰/۸۰٤			
٤	مطالعات و آزمایشات دقیق	۰/۷٦۲	۰/۷۰۰	۰/٤۸۰	۰/۷۷۳		
٥	مقاوم‌سازی و به‌روزرسانی تاسیسات	۰/٦۱٥	۰/٦٥۰	۰/٥۰۳	۰/٦٤۱	۰/۸۰۲	
٦	منابع رزرو	۰/٦٦۳	۰/۷۳۳	۰/۳۷٥	۰/٦٥۱	۰/٦۷٥	۰/۷٦۹

ماخذ: یافته‌های تحقیق

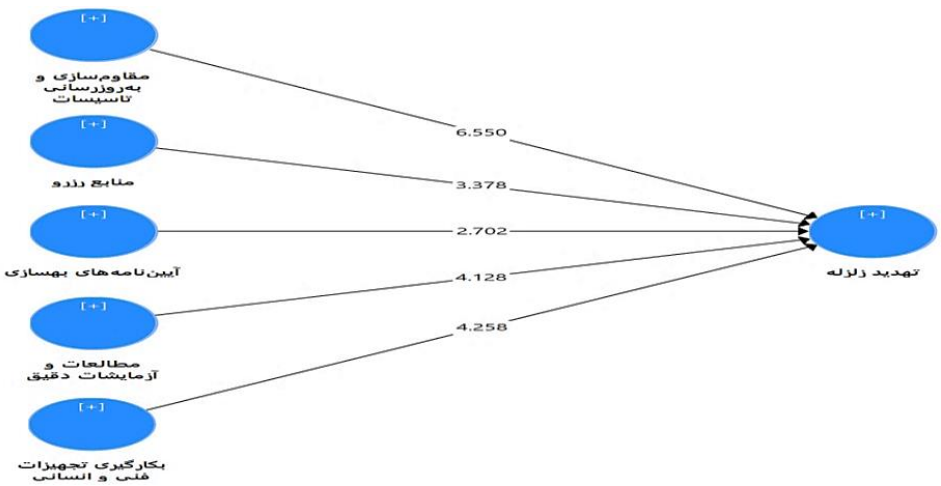
پس از تایید پیش‌شرط‌های برازش مدل‌های اندازه‌گیری، نوبت به بررسی برازش بخش ساختاری رسید. برای این منظور، از دو معیار ضریب تعیین و GOF استفاده شد که نتایج آن‌ها به شرح زیر است.

جدول ۵- ضریب تعیین و معیار GOF مدل تحقیق

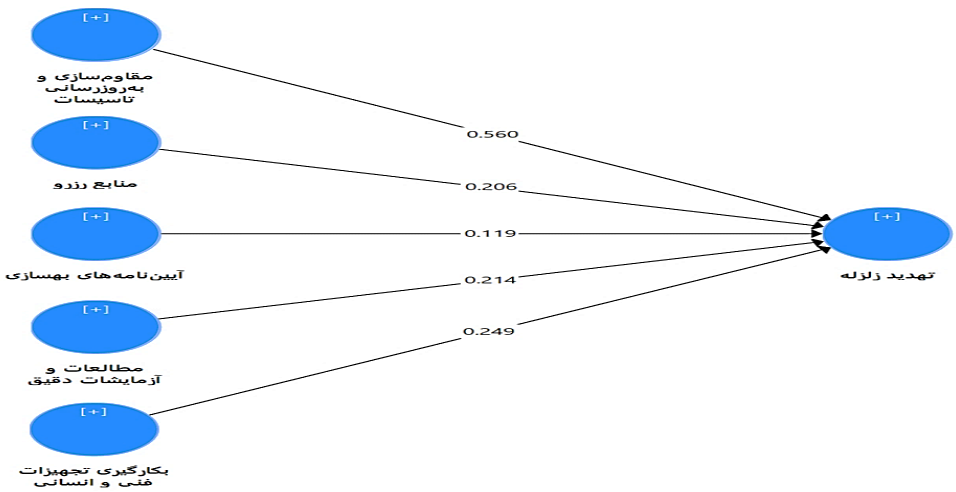
ضریب تعیین محقق شده			معیار GOF		
متغیر درون‌زا	ضریب تعیین	ضریب تعیین تعدیل‌شده	فرمول	نتیجه نهایی	دسته‌بندی
تهدید زلزله	۰/۳۱۶	۰/۳۰۱	$GOF = \sqrt{۰.۵۴۵ * ۰.۳۱۶}$	۰/۴۱۵	قوی

ماخذ: یافته‌های تحقیق

با توجه به بالاتر بودن عدد به‌دست آمده برای هر دو معیار ضریب تعیین و GOF نسبت به مقادیر ملاک در نظر گرفته برای این آزمون‌ها، مدل ساختاری مورد تایید قرار گرفت و در نهایت، رابطه بین متغیرها در قالب دو مدل معناداری و استاندارد در شکل (۲) و (۳) ارائه گردید.



شکل ۲- آزمون مدل تهدید زلزله و راه‌کارهای مرتبط با آن در حالت ضرایب معناداری



شکل ۳- آزمون مدل تهدید زلزله و راه‌کارهای مرتبط با آن در حالت ضرایب استاندارد

همان‌طور که ملاحظه گردید، چگونگی ارتباط بین متغیرها در شکل (۲) و حالت معناداری مشخص گردید. از طرفی، ضریب مسیر ارتباط بین متغیرها نیز در شکل (۳) و ضرایب استاندارد مشخص شد. خلاصه‌ای از نتایج مذکور در جدول (٦) نشان داده شده است.

جدول ٦- نتایج آزمون فرضیه‌های مدل تهدید زلزله و راه‌کارهای مرتبط با آن

فرضیه	آماره t	ضریب استاندارد	P (sig)	نتیجه آزمون
مقاوم‌سازی و به‌روزرسانی تاسیسات ← تهدید زلزله	٦/٥٥٠	۰/٥٦۰	P<۰/۰٥	تایید
منابع رزرو ← تهدید زلزله	۳/۳۷۸	۰/۲۰٦	P<۰/۰٥	تایید
آیین‌نامه‌های بهسازی ← تهدید زلزله	۲/۷۰۲	۰/۱۱۹	P<۰/۰٥	تایید
مطالعات و آزمایشات دقیق ← تهدید زلزله	٤/۱۲۸	۰/۲۱٤	P<۰/۰٥	تایید
به‌کارگیری تجهیزات فنی و انسانی ← تهدید زلزله	٤/۲٥۸	۰/۲٤۹	P<۰/۰٥	تایید

ماخذ: یافته‌های تحقیق

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

آب آشامیدنی جزء سرمایه‌ها و زیرساخت‌های کلیدی هر کشوری است و در مقابل تهدیدات زیست‌محیطی مثل زلزله آسیب‌پذیر است. دسترسی به آب آشامیدنی سالم، یکی از نیازهای حیاتی جوامع است. بخشی از مدیریت آبرسانی، تامین امنیت آبرسانی و شبکه توزیع آب است که همچون دستگاه گردش خون در بدن، امکان ادامه فعالیت و حیات را در جامعه میسر می‌سازند. برای مثال، سد سفیدرود یکی از چهار سد بزرگ بتنی است که زلزله باعث تخریب آن در نواحی بدنه و تاج سد و... شده است، اصولاً به دلیل قرارگیری ایران بر روی کمربند لرزه خیز آلپ – هیمالیا در طراحی و احداث سدها باید جدا از مقوله بحث‌های دفاعی – امنیتی مقوله استفاده از دانش مهندسی زلزله نیز لحاظ شود، زیرا بیشتر سدهای ایران، در مناطق زلزله خیز کشور احداث گردیده و یا در دست احداث هستند. باید در نظر داشت که ایمنی و پایداری سدها در مقابل زلزله از موارد مهم طراحی سدها می‌باشد و مهندسان معیارهای طراحی را در راستای مقابله با اثرات آن به کار می‌گیرند. و بر همین اساس هر سدی که خوب ساخته شود، در زلزله‌ای با شتاب ۰٫۲ g و یا بیشتر مقاومت خوبی از خود نشان می‌دهد.

پژوهش حاضر با هدف بررسی مدیریت یکپارچه تهدید زلزله در فرایند زنجیره تامین آب شرب کلان‌شهر رشت انجام گرفت. نتایج حاصل از تحلیل محتوا در بخش کیفی، نشان‌دهنده برخی از مسائل و راه‌کارهای مرتبط با مدیریت تهدید زلزله بود که این موارد در قالب عواملی دسته‌بندی شدند و برای آن‌ها سوالات پرسش‌نامه طراحی گردید و در نهایت، پس از توزیع بین کارکنان شرکت آب و فاضلاب استان گیلان، تاثیر هر یک از این عوامل بر روی تهدید زلزله مورد سنجش قرار گرفت. بر اساس نتایج به‌دست آمده، مشخص گردید که مقاوم‌سازی و به‌روز رسانی تاسیسات با ضریب معناداری ٦/٥٥٠ و ضریب مسیر ۰/٥٦۰، رابطه مثبت و معناداری با تهدید زلزله دارد و فرضیه اول مورد تایید است. نتایج این فرضیه همراستا با مطالعات باعزم و ناصری (۱۳۹٤)، دهقانی و همکاران (۱۳۸۵)، رحمانی و همکاران (۲۰۱۵)، تانیمبو و کالونگی (۲۰۰۹) همراستا بوده است. در تشریح این فرضیه می‌توان گفت که توجه به مسائلی نظیر مقاوم‌سازی تاسیسات برقی و مکانیک، نصب شیرهای

قطع سریع جریان در محل خروج مخازن، وجود پمپ‌های رزور، وجود دیزل ژنراتور در محل‌های تامین آب، استفاده از لوله‌ها و اتصالات چدنی ضد زلزله، به کار بردن اتصالات انعطاف‌پذیر یا آکاردئونی، نصب شیرهای کنترل جریان و فشار، سرپوشیده نمودن باکس کالورت انتقال آب خام به تصفیه‌خانه، وجود جریان میان بر جهت ورود و خروج آب و استفاده از لوله‌های چدن داکتیل می‌توانند باعث مقاوم‌سازی و به‌روز رسانی تاسیسات در مقابل تهدید زلزله شوند.

یافته‌های مرتبط با فرضیه دوم نشان داد که منابع رزرو می‌توانند تاثیر بسزایی در کاهش خطرات ناشی از وقوع زلزله داشته باشد (P>۱/۹۶). نتایج این فرضیه با یافته‌های شاهین‌نیا و همکاران (۱۳۹۷) و حبیبی (۱۳۹۵) همراستا بوده است. در توضیح این فرضیه می‌توان گفت که به منظور کاهش تهدیدات زلزله، امکان‌سنجی تامین آب از دو منبع یا دو ایستگاه پمپاژ، تامین ماشین‌های حمل آب جهت توزیع در مواقع ضروری، وجود موتور و پمپ پشتیبان باید در دستور کار ناظران و مدیران ذیربط قرار گیرد. از طرفی، با ساخت تصفیه‌خانه‌های کوچک غیر متمرکز در مکان‌های مختلف و همچنین پیش بینی و اجرای خط دوم به موازات خط اول می‌توان از خطرات احتمالی جلوگیری کرد. استفاده از مخازن ثابت و سیار (مثل مخزن ۳۰۰۰۰ مترمکعبی لاکان) و طراحی و اجرای خطوط جدید در مسیر تصفیه‌خانه به سمت مخزن سراوان و از تصفیه‌خانه تا مخزن تازه‌آباد نیز از جمله اقداماتی که باید در اولویت اصلی بهسازی و بهبود منابع تامین آب شرب کلان‌شهر رشت در نظر گرفته شود.

بررسی نتایج مربوط به فرضیه‌های سوم و چهارم پژوهش نشان داد که بکارگیری آیین‌نامه‌های بهسازی در کنار انجام مطالعات و آزمایشات دقیق می‌توان نقش پیشگیرانه در وقوع آسیب‌های بیشتر به تاسیسات آبرسانی در زمان زلزله شوند. نتایج این فرضیه‌ها با پژوهش پلنگی جمال و همکاران (۱۳۹۸)، صمدنژاد و همکاران (۱۳۹۰)، ارشدی و همکاران (۱۳۹۰)، وخشوری و نهال پروری (۱۳۹۰) و لی و همکاران (۲۰۲۰) همسو بوده است. در تشریح فرضیه سوم می‌توان اظهار داشت که استفاده از آیین‌نامه‌های مربوط جهت بهسازی سالانه چشمه‌ها جهت بهبود برداشت آب، استفاده حداکثری از شیب طبیعی زمین برای کاهش نیاز به پمپاژ و استفاده از آیین‌نامه‌های زلزله در ساخت سازه‌ها و تدارکات لازم می‌توانند به کاهش تهدیدات زلزله در فرایند آبرسانی نقش داشته باشند. در

توضیح فرضیه چهارم نیز می‌توان گفت که انجام آزمایشات ژئوتکنیک پیش از اجرای تصفیه‌خانه‌ها، انجام مطالعات زمین‌شناسی و بررسی محل گسل‌ها در مسیر پیشنهادی ساخت خط انتقال، شناسایی نقاط شکست احتمالی خطوط و استفاده از نرم‌افزارهایی که تاریخچه زمان زلزله و اثرات هیدرودینامیک زلزله را بر بدنه مخازن محاسبه می‌نمایند، همگی باید مورد بررسی قرار گیرند و بر اساس نتایج حاصل از آن‌ها، اقدام به طراحی فونداسیون سازه‌ها، انتخاب محل اجرای پروژه و چگونگی استحکام بدنه سدها با استفاده از ابزارهای ویدئومتری شود.

در نهایت، یافته‌های فرضیه پنجم مشخص نمود که بکارگیری تجهیزات فنی و انسانی تاثیر مثبت و معناداری بر مدیریت تهدید زلزله دارند (P>۱/۹۶). نتایج این فرضیه با مطالعات آمادوچی و همکاران (۲۰۲۲) و کلوا و همکارن (۲۰۱۸) همسو بوده است. در تشریح این فرضیه می‌توان به نقش پررنگ آماده بودن تجهیزات در زمان وقوع حادثه، وجود نیروی کار جهت راه‌اندازی مجدد و نشت‌یابی مستمر مخازن توسط نیروهای فنی ماهر که همه این مسائل در کنار هم می‌توان به کاهش تهدیدات فرایند آبرسانی در زمان وقوع زلزله کمک کند.

با توجه به نتایج به‌دست آمده، به نظر می‌رسد که استفاده از شیرهای مقاوم و حساس به زلزله در مسیر آبرسانی و قطع خودکار جریان از اهمیت زیادی برخوردار است. از سوی دیگر، استفاده از اتصالات انعطاف‌پذیر در مقابل زلزله در مجاورت شیرهای کنترلی و همچنین استفاده از لوله‌هایی با قابلیت چرخش از محل اتصال به لوله دیگر باید توسط کارشناسان مورد توجه قرار گیرد. انجام آزمایشات ژئوتکنیک پیش از اجرای مخازن تامین آب شرب و تصفیه‌خانه‌های آب باید به صورت کاملاً اصولی و با تکیه بر نیروهای متخصص و خبره صورت گیرد تا احتمال بروز هر گونه خطا به صفر برسد. از طرفی، بهره‌گیری از امکاناتی نظیر شیرهای قطع سریع جریان، دامپینگ منجر به مقاوم‌سازی ایستگاه‌های پمپاژ آب در برابر زلزله می گردد. یکی دیگر از راه‌کارهای کلیدی به منظور کاهش تهدید زلزله مربوط به افزایش عمق و افزایش قطر لوله‌ها بوده است.

منابع

-Alavi, Se. M., Massoud, M., Karimi, A. (۲۰۱۸). Assessing the resilience of urban water network infrastructure against earthquakes (case study: Tehran Region ۲). *Human Geography Research, 50*(٤), ۹۷۷-۹۹۱. (Persian)
-Alexander, D. (۲۰۰۷). Making research on geological hazards relevant to stakeholders' needs. *Quaternary international, 171*, ۱۸٦-۱۹۲.
-Amaducci, F., Misuri, A., Salzano, E., & Cozzani, V. (۲۰۲۲). Assessment of Failure Frequencies of Pipelines in Natech Events Triggered by Earthquakes. *Chemical Engineering Transactions, 91*, ٤٥١-٤٥٦.
-Arshadi, M. R., Etemadi, M., & Izadinia, M. (۲۰۱۱). Dynamic analysis of stress in a bent pipeline model. *National Conference on Crisis Management, Earthquake and Vulnerability of Vital Places and Arteries*, Tehran. (Persian)
-Baazm, Z., & Naseri, M. (۲۰۱٥). Analysis of water supply pipelines under loading caused by earthquake wave propagation with ABAQUS finite element software (case study: Birjand city water supply system). *Second International Conference and the Third National Conference on the Application of New Technologies in Engineering Sciences*, Mashhad. (Persian)
-Bostani, A., Golmaie, S. H., & Ansari, H. (۲۰۰۹). Bed and pipe modeling in urban water distribution network by finite element method with Ensys and Plaxis. *Second National Water Conference*, Behbahan Azad University. (Persian)
-Cerchiello, V., Ceresa, P., Monteiro, R., & Komendantova, N. (۲۰۱۸). Assessment of social vulnerability to seismic hazard in Nablus, Palestine. International journal of disaster risk reduction, ۲۸, ٤۹۱-٥۰٦.
-Dehghani, F., Baqerpasand, M., Jahanshahi, A., & Dolue, B. (۲۰۰٦). Reinforcement of water supply facilities of reservoir dams. *First International Conference on Seismic Retrofitting*, Tehran. (Persian)
-Habibi, H. (۲۰۱٦). Necessity of modification of existing water storage ground concrete reservoirs based on passive defense criteria. *Iran Congress of Water and Sewerage Science and Engineering*, University of Tehran, Tehran. (Persian)
-Hasani, S. M., & Mahmoodabadi, M. (۲۰۱٦). Investigating the behavior of piping facilities due to earthquakes. *International Institute of Seismology and Earthquake Engineering, 19*(۱), ٥٥-٦۱. (Persian)
-Jedi Qashlaq Ilkhchi, S., Esfandiari Darabad, F., & Jedi Qeshlaq Ilkhchi, M. (۲۰۱۳). The importance and necessity of passive defense and analysis of its application in cities. *Sixth Congress of Iran Geopolitical Association Passive Defense, Mashhad, Iran Geopolitical Association*, Ferdowsi University of Mashhad. (Persian)
-Kamalan, S. M. (۲۰۰۸). *Iran, laws and regulations (law on fair distribution of water)*. Tehran: Kamalan. (Persian)
-Kazemi Balgeh Shiri, M. J., & Golestaneh, M. (۲۰۱٤). A study of passive protection in water storage tanks and transmission lines, *Journal of Passive Protection, 20*, ٥۰-٤۱. (Persian)
-Kim, J., Deshmukh, A., & Hastak, M. (۲۰۱۸). A framework for assessing the resilience of a disaster debris management system. *International Journal of Disaster Risk Reduction, 28*, ٦۷٤-٦۸۷.

-Koleva, M. N., Calderón, A. J., Zhang, D., Styan, C. A., & Papageorgiou, L. G. (۲۰۱۸). Integration of environmental aspects in modelling and optimisation of water supply chains. *Science of the Total Environment, 636*, ۳۱٤-۳۳۸.
-Lee, D. H., Kim, B. H., Lee, H., & Kong, J. S. (۲۰۰۹). Seismic behavior of a buried gas pipeline under earthquake excitations. Engineering structures, ۳۱(٥), ۱۰۱۱-۱۰۲۳.
-Lee, S., Choi, M., Lee, H. S., & Park, M. (۲۰۲۰). Bayesian network-based seismic damage estimation for power and potable water supply systems. *Reliability Engineering & System Safety, 197*, ۱۰٦۷۹٦.
-Mani, A., Tabesh, M., & Zolfaghari, M. R. (۲۰۱۳). Hydraulic performance of post-earthquake water distribution networks based on head driven simulation method. Water Science and Technology: Water Supply, ۱۳(٥), ۱۲۸۱-۱۲۸۸.
-Mohammadi, P. (۲۰۲۰). Investigating the seismic pathology of the water pipeline network and providing resilient solutions to make the water and sewage network resilient against earthquakes. *Sixth International Conference on Civil Engineering, Architecture and Urban Planning*, Tehran. (Persian)
-Niko, M., Karachian, R., & Khorram Shokooh, N. (۲۰۱۸). A risk analysis model for safety management in water treatment plants (case study: Salman Farsi water treatment plant). *Iran Water Resources Research, 14*(۲), ۱۸٦-۱۹۷. (Persian)
-Omranian Khorasani, H. (۲۰۱٥). Good governance and water management. *Journal of Water and Sustainable Development, 3*, ۹٥-۹٤. (Persian)
-PAHO (Pan American Health Organization) (۲۰۰۲). *Emergencies and disasters in drinking water supply and sewage systems: Guidelines for effective response*, ۱۰٤ Regional office of the World Health Organization (WHO), Washington, DC.
-Palangi Jamal, A., Gholami Sefidkohi, M. A., & Bahmanyar, M. A. (۲۰۱۹). A column study of the effect of modified zeolite with different surfactant concentrations on phosphorus removal and its simulation with synthetic models and ANFIS. *Iran Water and Soil Research, 50*(۲), ٤۳٥-٤۲٥. (Persian)
-Parish, Y. (۲۰۱٥). Investigating the effect of earthquake on urban water distribution networks. *International Research Conference in Science and Technology*. (Persian)
-Rahmani, F., Behzadian Moghadam, K., & Ardeshir, A. (۲۰۱٥). Rehabilitation of a water distribution system using sequential multiobjective optimization models. *Journal of Water Resources Planning and Management, 142*(٥).
-Saadeldin, R., Hu, Y., & Henni, A. (۲۰۱٥). Numerical analysis of buried pipes under field geo-environmental conditions. *International Journal of Geo-Engineering, 6*(۱), ۱-۲۲.
-Samadi, L. (۲۰۱۷). *Principles of exploratory seismology*, first edition, academic jihad of Kharazmi unit. (Persian)
-Samadnejad, A., Gholipour, H., Zahoori Khosroshahi, M. B., & Lotfi, B. (۲۰۱۱). Vulnerability of water supply systems and arteries based on HAZUS-SR۲. *National Conference on Crisis Management, Earthquake and Vulnerability of Vital Places and Arteries*, Tehran. (Persian)
-Shahinnia, E., Zarif Sanyaei, H., & Heydari, A. (۲۰۱۸). Security of drinking water distribution network based on passive defense considerations (case study of Isfahan city). *International Conference on Security, Progress and Sustainable Development of Border Areas, Territorial Areas and Metropolises, Solutions and Challenges Focusing on Passive Defense and Crisis Management*, Tehran: Imam Ali Officer University. (Persian)

-Sherafati, A., & Shabiri, Sh. (۲۰۲۱). Evaluation of CHIRPS precipitation data in analyzing the trend of precipitation characteristics in different climatic regions of Iran. *Climatology Research Journal, 48*, ۱۱۱-۱۲۱. (Persian)
-Sutanta, H., Rajabifard, A., & Bishop, I. D. (۲۰۱۳). Disaster risk reduction using acceptable risk measures for spatial planning. *Journal of Environmental Planning and Management, 56*(٦), ۷٦۱-۷۸٥.
-Tanaka, Y. (۲۰۱۲). Disaster policy and education changes over ۱٥ years in Japan. *Journal of Comparative Policy Analysis: Research and Practice, 14*(۳), ۲٤٥-۲٥۳.
-Tanyimboh, T. T., & Kalungi, P. (۲۰۰۹). Multicriteria assessment of optimal design, rehabilitation and upgrading schemes for water distribution networks. *Civil Engineering and Environmental Systems, 26*(۲), ۱۱۷-۱٤۰.
-Tavakoli Aminian, S. (۲۰۱۳). Empowerment of passive defense in increasing the security of water supply to the residents of the ۹th district of Mashhad city. *First National Conference on Drainage in Sustainable Agriculture*, Tarbiat Modares University. (Persian)
-Vakhshuri, B., & Nahalparvari, V. (۲۰۱۱). The effect of seismic wave propagation and faulting on the vulnerability of water transmission lines based on materials, connections and performance levels. *National Conference on Crisis Management, Earthquake and Vulnerability of Vital Places and Arteries*, Tehran. (Persian)
-White, D. J., & Cheuk, C. Y. (۲۰۰۸). Modelling the soil resistance on seabed pipelines during large cycles of lateral movement. *Marine structures, 21*(۱), ٥۹-۷۹.
-Yoo, D. G., Jung, D., Kang, D., Kim, J. H., & Lansey, K. (۲۰۱٥). Seismic hazard assessment model for urban water supply networks. *Journal of Water Resources Planning and Management, 142*(۲).
-Yoon, S., Lee, Y. J., & Jung, H. J. (۲۰۱۸). A comprehensive framework for seismic risk assessment of urban water transmission networks. *International journal of disaster risk reduction, 31*, ۹۸۳-۹۹٤.

Investigating the Integrated Management of Earthquake Threat in the Drinking Water Supply Chain Process

Seyed Abbas Asadi[۱], Mozhgan Zaeimdar[۲*], Seyed Ali Jozi[۳]

Abstract

The current research was conducted with the aim of investigating the integrated management of earthquake threat in the drinking water supply chain process. A combined method was used to conduct this research. The statistical population in the qualitative phase was ۱٤ experts in the field of water and wastewater, and in the quantitative phase, the employees working in the regional water company of Guilan province, from whom, ۲۳۰ people were selected by non-probability method. In order to analyze the data, content analysis and structural equation modeling method and Smart PLS ۳ software were used. The findings showed that there was a positive and significant relationship between integrated management solutions including retrofitting and updating of facilities, reserve resources, improvement regulations, detailed studies and tests, and the use of technical and human equipment with the threat of earthquakes, and the use of each of these solutions It can lead to the reduction of risks related to the time of earthquake in Rasht metropolis.

Keyword: Drinking water, Earthquake, Supply Chain, Integrated Management.

[۱] PhD Student in Environmental Management- Environmental Management, Faculty of Marine Science and Technology, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran, Iran.

[۲] Corresponding Author, Assistant Professor, Department of Environment, Faculty of Marine science and Technology , North Tehran Branch, Islamic Azad University ,Tehran, Iran.
jzaeimdar@yahoo.com

[۳] Full Professor, Department of Environment, Faculty of Marine science and Technology , North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.