

## بررسی اثر عوامل خرابی بر عملکرد سامانه‌های آب و فاضلاب شهر مشهد در شرایط بحرانی

جواد علامتیان<sup>۱\*</sup>، میثم صمدی<sup>۲</sup>، ابراهیم علامتیان<sup>۳</sup>، بهرام حدادسرائی<sup>۴</sup>، رامین جلیلیان<sup>۵</sup>

ثمانه توکلی امینیان<sup>۶</sup>، سیده سعیده شرافت<sup>۷</sup>، عمادالدین جندقی<sup>۸</sup>

۱-دانشیار، گروه عمران دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، alamatian@mshdiau.ac.ir

۲-استادیار، گروه عمران دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، samadi@mshdiau.ac.ir

۳-استادیار، گروه عمران موسسه خاوران مشهد، e.alamatian@yahoo.com

۴-مدیر مرکز مدیریت بحران و پدافند غیرعامل شرکت آب و فاضلاب مشهد،

bohran\_abfa\_mashhad@yahoo.com

۵-رئیس گروه خدمات مهندسی شرکت آب و فاضلاب مشهد، r.jalilian@yahoo.com

۶-رئیس گروه تحقیقات شرکت آب و فاضلاب مشهد، tavakoli@yahoo.com

۷-کارشناس تحقیقات شرکت آب و فاضلاب مشهد، sherafat@gmail.com

۸-کارشناسی ارشد عمران، موسسه اقبال لاهوری مشهد، emad.jandaghi@gmail.com

### چکیده

در این مقاله، به‌شناسایی و تعیین تأثیر عوامل خرابی بر سامانه‌های آب و فاضلاب شهر مشهد در شرایط بحرانی پرداخته می‌شود. نخست، مشخصات جغرافیایی منطقه طرح سامانه‌های آب و فاضلاب، فرایندهای تحلیل ریسک و الگوهای پدافند غیرعامل مشخص می‌گردند. سپس، به بررسی و شناخت انواع ریسک‌ها از نظر منشأ خطر در سامانه‌های آب و فاضلاب مشهد پرداخته می‌شود. برپایه ریسک‌های شناسایی شده، چک لیست‌های ارزیابی تهیه می‌گردد. این پرسشنامه‌ها توسط خبرگان شرکت آب و فاضلاب شهر مشهد کامل می‌شوند. از اطلاعات چک لیست‌های تکمیل شده توسط کارشناسان و خبرگان شرکت آب و فاضلاب مشهد برای تحلیل ریسک و اولویت‌بندی خطر در سامانه‌ها استفاده می‌گردد. برای ارزیابی ریسک‌پذیری سامانه‌های آب و فاضلاب، تابع احتمال خسارت پیشنهاد می‌شود. از این تابع برای تعیین ریسک‌ها و اولویت‌بندی خطر در سامانه‌های آب و فاضلاب شهر مشهد بهره‌جویی می‌گردد. برپایه الگوهای بهسازی و کاهش خسارت، پیشنهادهای اجرایی برای بهبود وضعیت و کاهش خطرهای احتمالی ارائه می‌شود. با جمع‌بندی نتایج، پیشنهادات اجرایی برای بهسازی لرزه‌ای و کاهش آسیب‌پذیری سامانه‌های آب و فاضلاب ارائه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: شرایط بحرانی، تحلیل ریسک، سامانه‌های آب و فاضلاب، شهر مشهد.

### ۱- مقدمه

به منظور ارزیابی آسیب‌پذیری نیاز به سیستم و برنامه‌ای است که بتوان از سردرگمی و انحراف در برنامه‌ها جلوگیری نموده و همچنین بتوان با مد نظر قرارداد این برنامه وحدت رویه‌ای در برخورد با تهدیدات و بحرانهای پیش رو داشت. برای ارزیابی آسیب در هر سامانه کلی می‌توان مراحل شامل شناسایی و طبقه‌بندی اجزاء سیستم، شناسایی تهدیدها، تعیین درجه بحران، شناسایی روشهای مقابله با تهدیدها، تعیین سطح آسیب‌پذیری وقایع، تحلیل بحرانها و شدت اثر خسارتها، طبقه‌بندی و اولویت‌بندی ریسکها، پیش‌بینی روشهای اصلاحی، ارزیابی فنی و اقتصادی روشهای پیش‌بینی شده و تهیه طرح تداوم عملکرد را اجرا کرد (Tuhovčák and Ručka 2007; Grigg et al. 2013; Hokstad et al.).

روی سامانه‌های آب و فاضلاب شهر مشهد ارزیابی می‌شوند. (2009; Li 2007; Beuken et al. 2008; Studziński and Pietrucha-Urbanik 2012). در این پژوهش، خطرهای پیش

## ۲- روش تحقیق

ریسک‌های متعدد و مختلفی در سامانه‌ی آب و فاضلاب وجود دارند. منشا پیدایش این ریسک‌ها با یکدیگر متفاوت می‌باشند. این ریسک‌ها از نظر منشا پیدایش در چهار دسته ریسک‌های غیرهوشمند (عوامل طبیعی مانند زلزله و نشست زمین)، ریسک‌های هوشمند (عوامل غیرطبیعی مانند خرابکاری در سامانه‌های آب و فاضلاب)، ریسک‌های ثانویه (مجاورت سامانه‌های آب و فاضلاب با عوامل خطرزا مانند نزدیکی سامانه آب و فاضلاب با انبار نگهداری مواد قابل اشتعال و انفجار، ایستگاه‌های تقلیل فشار گاز، محورهای ترانزیتی و جاده‌های دسترسی عمومی) و ریسک‌های ترکیبی (ترکیب و جمع آثار دو یا چند عامل مانند واقع شدن سامانه‌های آب و فاضلاب در پایین دست زمین شیب‌دار و عدم وجود مسیل‌های هدایت آب سطحی) طبقه بندی می‌شوند.

بر این اساس، می‌توان ریسک‌های سامانه‌های آب و فاضلاب مشهد را تعیین کرد. این ریسک‌ها که از مطالعه مراجع و مصاحبه با کارشناسان خبره به دست آمده‌اند، شامل ریسک‌های مخزن، ریسک‌های خط انتقال، ریسک‌های ایستگاه پمپاژ، ریسک‌های تراکم جمعیتی، ریسک‌های اهمیت منطقه، ریسک موقعیت جغرافیایی زون، ریسک‌های ژئوتکنیکی، ریسک‌های هوشمند، ریسک‌های ثانویه، ریسک‌های اثرات زیست محیطی فاضلاب، ریسک بهره‌برداری و ریسک توپوگرافی زون می‌باشند.

بر پایه خطرهای شناسایی شده در بخش پیش، می‌توان جداولی را تهیه کرد که این اثر هر عامل به صورت جداگانه در آن مشخص گردد. این کار بر پایه سه شاخه اصلی تحلیل ریسک شامل، خطرهای آسیبها و ارزش بهره‌برداری سامانه انجام می‌پذیرد. به سخن دیگر، برای انجام تحلیل ریسک لازم است مطالعه در سه شاخه نوع تهدیدات، شدت آسیبها و اهمیت استراتژیک (ارزش بهره برداری) دنبال گردد. بر این اساس، یک دسته چک لیست برای خط انتقال آب ۵۰۰ فلمن زون B و خط انتقال فاضلاب خین عرب به صورت جدول‌های ۱ تا ۵ تهیه شده است.

جدول ۱. تهدیدهای خط انتقال آب در اثر زلزله برای خط انتقال آب ۵۰۰ فلمن زون B/خط انتقال فاضلاب خین عرب

شدت خطر	B			
	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد
فاصله از گسل				خیلی زیاد
دوره بازگشت زلزله				
عبور خط انتقال از گسل				
زمین لغزش در بستر خط انتقال ناشی از زلزله				
روانگرایی در بستر خط انتقال ناشی از زلزله				
عبور از مسیل و یا نزدیکی به آن				

جدول ۲. آسیب‌های خط انتقال در اثر زلزله برای خط انتقال آب ۵۰۰ فلمن زون B/خط انتقال فاضلاب خین عرب

شدت آسیب / آسیب پذیری					۳ ۴
خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم	خیلی کم	
					سال ساخت (عمر خط انتقال)
					طول خط انتقال
					قطر خط انتقال
					جنس لوله خط انتقال
					فوسدگی خط انتقال
					جنس بستر خط انتقال

جدول ۳. پیامدهای ناشی از خط انتقال در اثر زلزله برای خط انتقال آب ۵۰۰ فلمن زون B/خط انتقال فاضلاب خین عرب

شدت پیامد					۳ ۴
خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم	خیلی کم	
					ایجاد نارضایتی به دلیل قطع آب
					خسارت اقتصادی ناشی از نشت آب در بستر خط انتقال
					خسارت اقتصادی ناشی از نفوذ آب به ابنیه و ساختمانها
					بروز مشکل در مراکز خاص (بیمارستان، آتش‌نشانی و ...)

جدول ۴. تهدیدهای خط انتقال آب ۵۰۰ فلمن زون B/خط انتقال فاضلاب خین عرب در اثر عوامل خطرناک غیرطبیعی (انفجار و ...)

شدت خطر					۳ ۴
خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم	خیلی کم	
					عبور خط انتقال از مجاورت پمپ سوخت و گاز
					عبور خط انتقال از مجاورت ایستگاه تقلیل فشار گاز
					بمب‌گذاری و خرابکاری مستقیم (حمله مستقیم دشمن)
					مجاورت خط انتقال با ساختمانها و مراکز مورد هدف دشمن (حمله غیرمستقیم دشمن)
					عبور خط انتقال از کنار مخازن سوخت
					عبور خط انتقال از مجاورت زاغه مهمات
					عبور خط انتقال از مجاورت انبار مواد شیمیایی
					بارگذاری سطحی بیش از حد بر روی زمین محل خط انتقال
					مجاورت با عملیات عمرانی خط‌ساز زیرسطحی (حفر تونل مترو و دیگر عملیات عمرانی زیر سطحی)

**جدول ۵.** تهدیدهای خط انتقال آب ۵۰۰ فلمن زون B/خط انتقال فاضلاب خین عرب در اثر نشست زمین

شدت خطر					۳ ۴
خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم	خیلی کم	
					عبور خط انتقال از زمینهای سست
					عبور خط انتقال از نواحی با برداشت زیاد آب زیرزمینی

دسته دیگر پرسشنامه‌ها برای مخزن B، مخزن H، ایستگاه پمپاژ امام علی (ع)، ایستگاه پمپاژ طرق، ایستگاه کلرزنی طرق، تصفیه خانه آب طرق و تصفیه خانه فاضلاب خین عرب آماده شده‌اند. این پرسشنامه‌ها در جدولهای ۶ تا ۹ آمده‌اند.

**جدول ۶.** آسیبهای ناشی از زلزله در مخزن B/مخزن H/ایستگاه پمپاژ امام علی (ع)/ایستگاه پمپاژ طرق/ایستگاه کلرزنی طرق/تصفیه خانه آب طرق/تصفیه خانه فاضلاب خین عرب

شدت آسیب / آسیب پذیری					۳ ۴
خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم	خیلی کم	
					سال ساخت سامانه
					حجم / ظرفیت/توان
					فوسودگی سامانه
					جنس پی
					فشار کاری بر روی سامانه (حجم/ظرفیت/توان در گیر)

**جدول ۷.** پیامدهای ناشی از زلزله در مخزن B/مخزن H/ایستگاه پمپاژ امام علی (ع)/ایستگاه پمپاژ طرق/ایستگاه کلرزنی طرق/تصفیه خانه آب طرق/تصفیه خانه فاضلاب خین عرب

شدت پیامد					۳ ۴
خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم	خیلی کم	
					نزدیکی به مراکز جمعیتی منطقه
					ایجاد نارضایتی به دلیل قطع آب
					خسارت زیست محیطی ناشی از تخریب مخزن
					بروز مشکل در مراکز خاص (بیمارستان، آتش نشانی و ...)
					خسارت به تاسیسات شهری
					آب گرفتگی ساختمانها و مراکز جمعیتی مجاور پایین دست
					آسیبهای بهداشتی و زیست محیطی به پایین دست
					میزان تشدید سیل در زمان سیلاب
					خسارت به اتصالات لوله‌ها و خط انتقال
					افزایش استهلاک سامانه

باید دانست این سامانه‌ها در یک نقطه جغرافیایی مشخص بنا شده‌اند. از این رو، تهدیدهای ناشی زلزله برای این سامانه‌ها توسط پژوهشگران تعیین شده است. این تهدیدها شامل فاصله از گسل و دوره بازگشت زلزله می‌باشد. برای

انجام این کار، با توجه به موقعیت مکانی سامانه و فاصله آن با گسلهای دشت مشهد، درجه تهدید زلزله برای آن سامانه مشخص گردید. بنابراین، یکسری از جدولها بر اساس اطلاعات و موقعیت جغرافیایی سامانه و واقع شدن آن در کانونهای خطر و عوامل مشابه آن، توسط پژوهشگر کامل شده‌اند. به عنوان نمونه، از روی موقعیت جغرافیایی سامانه و نزدیکی آن به گسلهای فعال می‌توان شدت تهدید زلزله را برای آن سامانه تعیین کرد.

باقیمانده جدولها، بر پایه اطلاعات و دانش خبرگان و کارشناسان صاحب صلاحیت شرکت آب و فاضلاب کامل می‌گردند. ذکر این نکته ضروری است که تحلیل ریسک در این مرحله تنها بر اساس نظرهای کارشناسان خبره شرکت آب و فاضلاب مشهد انجام شده است و محقق هیچگونه دخل و تصرفی در نتایج نداشته است. به عبارت دیگر، همه پرسش‌هایی که ریسک سامانه‌ها بر اساس آن‌ها حساب شده‌اند، به جز تهدیدهای مربوط به زلزله، توسط کارشناسان خبره شرکت آب و فاضلاب مشهد پاسخ داده شده‌اند.

**جدول ۸.** تهدیدهای ناشی از اثر سیل در مخزن B/ مخزن H/ ایستگاه پمپاژ امام علی(ع)/ ایستگاه پمپاژ طرق/ ایستگاه کلرزی طریق/ تصفیه خانه آب طرق/ تصفیه خانه فاضلاب خین‌عرب

شدت خطر					۳ ۴
خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم	خیلی کم	
					نزدیکی به مسیله‌ها
					شیب زمین در مجاورت مخزن

**جدول ۹.** تهدیدهای ناشی از اثر عوامل خطر ساز غیرطبیعی (انفجار و ...) در مخزن B/ مخزن H/ ایستگاه پمپاژ امام علی(ع)/ ایستگاه پمپاژ طرق/ ایستگاه کلرزی طریق/ تصفیه خانه آب طرق/ تصفیه خانه فاضلاب خین‌عرب

شدت خطر					۳ ۴
خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم	خیلی کم	
					انفجار پمپ سوخت و گاز مجاور
					مجاورت با ایستگاه تقلیل فشار گاز
					بمب‌گذاری مستقیم (حمله مستقیم دشمن)
					مجاورت با ساختمانها و مراکز مورد هدف دشمن(حمله غیرمستقیم دشمن)
					انفجار مخازن سوخت مجاور
					انفجار زاغه مهمات مجاور
					انفجار انبار مواد شیمیایی مجاور
					مجاورت با محورهای ترانزیت مواد خطرناک
					مجاورت با عملیات عمرانی خطر ساز زیر سطحی و روسطحی

شایان توجه است، سامانه‌های انتخاب شده در این پژوهش اجزایی منفرد از چند سامانه هستند که به‌طور جداگانه گزینش شده‌اند و ارتباط جدی با یکدیگر ندارند. همچنین، این سامانه‌ها در کل سطح شهر مشهد پراکنده شده‌اند. باید دانست، این سامانه‌ها در نوار جنوبی و حاشیه شمالی شهر مشهد قرار دارند. دلیل این موضوع این است که گسل‌های شهر مشهد، در حاشیه شمالی و نوار جنوبی شهر مشهد واقع شده‌اند. بنابراین، سامانه‌هایی در این پژوهش بررسی گردیده‌اند که ریسک زلزله و عوامل خطرزای دیگر زیاد می‌باشد.

### ۳- نتایج و بحث

در بخش پیشین، انواع تهدیدها، آسیبهای ناشی از این تهدیدها و پیامدهای احتمالی آنها برای سامانه های آب و فاضلاب شهر مشهد طبقه بندی شدند. نتیجه چنین فرایندی، ارائه چندین چک لیست برای تهدیدها، آسیبها و پیامدهای ناشی از آنها می باشد.

برای انجام تحلیل ریسک، نخست باید یک تابع احتمال خسارت پیشنهاد گردد. تابع احتمال خسارت مناسب باید بتواند اثر هر سه عامل اصلی در تحلیل ریسک شامل تهدید، آسیب و پیامد را به روش مناسب در نظر بگیرد. از این رو، تابع احتمال خسارت هر سامانه آب و فاضلاب به صورت زیر پیشنهاد می گردد:

$$R = T \times D \times O \quad (1)$$

در رابطه (۱)، کمیتهای  $T$ ،  $D$  و  $O$  به ترتیب، شدت خطر (ریسک)، شدت آسیب و شدت پیامد را نشان می دهند. این عوامل از جدولهای تکمیل شده قسمت قبل به دست می آیند. همچنین، کمیت  $R$ ، کمیت ریسک و خطرپذیری سامانه را مشخص می کند.

باید دانست، کمیتهای  $T$ ،  $D$  و  $O$  که از چک لیستهای کامل شده قسمت قبل به دست می آیند، مقدارهایی بین ۱ تا ۵ را خواهند داشت. به عنوان نمونه، عددهای ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ به ترتیب، شدت خطر خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد را برای کمیت  $T$  نشان می دهند. به سخن دیگر، با افزایش شدت خطر، مقدار عددی کمیت  $T$  در تابع ریسک ( $R$ ) افزایش می یابد و سبب می شود ریسک پذیری آن سامانه افزایش یابد. به گونه مشابه، با کاهش شدت خطر مقدار عددی کمیت  $T$  در تابع ریسک ( $R$ ) کم می شود و سبب کاهش خطرپذیری آن سامانه خواهد شد. از سوی دیگر، حدود تغییرات کمیت ریسک هر سامانه ( $R$ ) به صورت زیر است:

$$1 \leq R \leq 125 \quad (2)$$

در اینجا، بیشترین و کمترین مقدار کمیت ریسک به ترتیب، ۱۲۵ و ۱ می باشد. به سخن دیگر، ریسک سامانه های مختلف بین این دو مقدار عددی به دست می آیند.

در تابع احتمال خسارت پیشنهادی اثر عوامل مختلف مانند موقعیت جغرافیایی، منبع ریسک و خطر، مجاورت با عوامل خطرناک، اهمیت استراتژیک سامانه، اثر عبور از عمر مفید سامانه و ریسکهای ناشی آن، درجه خسارت محتمل و آثار جانبی خسارت وجود دارد. همچنین، در تابع احتمال خسارت پیشنهادی اثر سه عامل خطر، آسیب و پیامد همزمان و با وزن یکسان وارد می شوند. این موضوع سبب می گردد، تحلیل ریسک با دقت مناسب و به سادگی انجام پذیرد.

از سوی دیگر، در هر یک از کمیتهای  $T$ ،  $D$  و  $O$  عوامل مختلفی مانند موقعیت جغرافیایی، منبع ریسک و خطر، مجاورت با عوامل خطرناک، اهمیت استراتژیک سامانه، اثر عبور از عمر مفید سامانه و ریسکهای ناشی آن، درجه خسارت، آسیب محتمل، آثار جانبی و پیامدهای محتمل ناشی از آسیبهای ایجاد شده، در نظر گرفته شده است. بنابراین، تابع احتمال خسارت پیشنهادی خلاصه نتایج و اثر همه عاملهای درج شده در جدولها را ارائه می دهد. باید دانست، با تابع پیشنهادی امکان مقایسه ریسک و خطرپذیری سامانه های مختلف آب و فاضلاب وجود دارد. اهمیت این نکته زمانی آشکار می گردد که دریافت در این طرح سامانه های مختلفی مانند مخازن، ایستگاه پمپاژ، تصفیه خانه آب، تصفیه خانه

فاضلاب، خط انتقال و ایستگاه کلرزنی در نظر گرفته شده است. ماهیت ساختاری، سازه‌ای، کاربردی و عملکردی این یامانه‌ها با یکدیگر تفاوت بنیادی دارد.

با وجود تفاوت‌های ساختاری، می‌توان ریسک و خطرپذیری سامانه‌های مختلف را با یک معیار کمی یکسان با یکدیگر سنجید و پرخطرترین سامانه را مشخص کرد. چنین فرایندی در حالت محدودیت منابع برای بهسازی سامانه‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. زیرا، می‌توان منابع محدود را صرف بهسازی سامانه دارای بالاترین درجه ریسک نمود. با استفاده از تابع ریسک پیشنهادی، می‌توان خطرپذیری هر یک از سامانه‌های آب و فاضلاب موجود در طرح را تعیین کرد و رتبه آنها را از نظر خطرهای بررسی شده مشخص نمود. در نتیجه، اولویت‌های ریسک‌پذیری سامانه‌ها به صورت جدول ۱۱ به دست می‌آیند. این کار براساس، نتایج چک لیست‌های تکمیل شده توسط کارشناسان و خبرگان شرکت آب و فاضلاب مشهد انجام می‌پذیرد.

جدول ۱۰. اولویت ریسک‌پذیری سامانه‌های آب و فاضلاب موجود در پژوهش بر اساس تابع پیشنهادی

سامانه آب و فاضلاب	تعداد پرسشنامه‌ها	کمیت ریسک	اولویت ریسک‌پذیری
خط انتقال فاضلاب پرکند	۱	۵۳/۶۵	۱
خط انتقال آب فلمن ۵۰۰ زون B	۱	۴۰/۷۶	۲
مخزن H	۳	۳۱/۰۷	۳
تصفیه‌خانه آب و برق	۱	۲۹/۰۸	۴
ایستگاه پمپاژ امام علی (ع)	۱	۲۳/۲۶	۵
مخزن B	۴	۲۳/۰۴	۶
انبار سیلندرهای کلر پرکند	۲	۲۲/۵۲	۷
تصفیه‌خانه فاضلاب خین عرب	۱	۱۸/۳۱	۸
ایستگاه کلرزنی طرق	۴	۱۴/۴۴	۹
ایستگاه پمپاژ طرق	۲	۱۲/۰۵	۱۰
تصفیه‌خانه طرق	۲	۹/۱۷	۱۱

همانگونه که از نتایج جدول ۱۰ مشخص می‌شود، کارشناسان خطوط انتقال را ریسک‌پذیرترین بخش سامانه‌های آب و فاضلاب شهر مشهد می‌دانند. در این راستا، خط انتقال فاضلاب پرکند ریسک‌پذیرترین بخش سامانه می‌باشد. پس از آن، خط انتقال آب فلمن ۵۰۰ مخزن B است. مخزن H، تصفیه‌خانه آب و برق و ایستگاه پمپاژ امام علی (ع) به ترتیب، در رده‌های سوم، چهارم و پنجم سامانه‌های ریسک‌پذیر قرار دارند.

در مقابل، تاسیسات طرق شامل ایستگاه کلرزنی، ایستگاه پمپاژ و تصفیه‌خانه آب طرق در زمره کم‌خطرترین سامانه‌های آب و فاضلاب مشهد می‌باشند. شایان توجه است، این دسته بندی براساس نظرهای کارشناسان شرکت و جمع بندی این اطلاعات چک لیست‌های تکمیل شده توسط آنها به دست آمده است. هرچه تعداد این چک لیست‌ها بیشتر گردد، قابلیت اطمینان به نتایج نیز افزایش می‌یابد. برای ارزیابی ریسک کل سامانه لازم است تأثیر هر یک از اجزاء بر عملکرد مجموعه مشخص گردد. این کار نیازمند بررسی و مطالعه بیشتر می‌باشد. انجام چنین فرایندی هدف پژوهش‌های آینده خواهد بود.

از سوی دیگر، یکی از موانعی که در انجام چنین مطالعاتی وجود دارد این است که باید از نظر خبرگان برای تکمیل پرسشنامه استفاده شود. در بسیاری از موارد، تعداد خبرگانی که با اطلاعات کافی و اشراف بر موضوع می‌توانند

پرسشنامه را تکمیل کنند بسیار اندک است. در این شرایط تعداد کم پرسشنامه‌ها می‌تواند نتایج نهایی را تحت تاثیر قرار دهد. در این تحقیق، به دلیل کم بودن خبرگان، تعداد پرسشنامه‌ها اندک است. بنابراین، عدم قطعیت‌هایی در نتایج به دست آمده وجود دارند. از سوی دیگر، به دلیل کم بودن تعداد پرسشنامه‌ها، نمی‌توان کار آماری بر روی پرسشنامه‌ها انجام داد.

#### ۴- نتیجه گیری

در این طرح، یک فرایند نظام‌مند برای تحلیل ریسک و تعیین خطرپذیری سامانه‌های آب و فاضلاب شهر مشهد ارائه گردید. برای این انجام این کار، نخست عوامل پدیدآورنده خطر و ریسک در سامانه‌های آب و فاضلاب شناسایی و طبقه‌بندی شدند. نتیجه این فرایند، دستیابی به جدولهای تهدیدات، شدت آسیبها و اهمیت استراتژیک سامانه‌ها می‌باشد. از سوی دیگر، یک تابع برای تعیین احتمال خسارت سامانه‌ها پیشنهاد گردید. با استفاده از این تابع و نیز داده‌های به دست آمده از تکمیل جدولها توسط خبرگان و کارشناسان شرکت آب و فاضلاب مشهد، فرایند تحلیل ریسک انجام پذیرفت. بر این اساس، طبقه‌بندی سامانه‌های آب و فاضلاب مشهد از نظر ریسک آنها ارائه گردید. در این راستا، خط انتقال فاضلاب پرکند ریسک‌پذیرترین بخش سامانه می‌باشد. پس از آن، خط انتقال آب فلمن ۵۰۰ مخزن B است. مخزن H، تصفیه خانه آب و برق و ایستگاه پمپاژ امام علی (ع) به ترتیب، در رده های سوم، چهارم و پنجم سامانه های ریسک پذیر قرار دارند. در مقابل، تاسیسات طرق شامل ایستگاه کلرزنی، ایستگاه پمپاژ و تصفیه خانه آب طرق در زمره کم خطرترین سامانه های آب و فاضلاب مشهد می باشند.

برای کاهش ریسکها می‌توان شیوه‌هایی مانند محدود کردن دسترسی عمومی به تأسیسات، حفاظت فیزیکی کارآمد و نصب سیستم امنیتی مناسب، حفاظت خط انتقال در برابر خوردگی، محدود کردن جریان سیال در مجاورت اتاقکهای بازدید سازه سقف مخزن، ایجاد زهکش مناسب برای سقف و دیواره‌های مخزن و حذف تابلوهای معرفی تاسیسات، محافظت در برابر سقوط مصالح از دیوارهای مجاور، مهاربندی مناسب دیوارهای مجاور در برابر جاشدگی مصالح و اجزا آنها، نصب میراگر، ایزولاسیون فضاهای نگهداری و استفاده از گاز کلر، کاهش وابستگی تأسیسات به انرژی برق و ترمیم خوردگی‌های بتن را به کار برد.

#### ۵- مراجع

- Beuken, R., Reinoso, M., Sturm, S., Kiefer, J., Bondelind M., Åström J., Lindhe, A., Losén L., Pettersson T., Machenbach, I., Melin E., Thorsen, T., Eikebrokk, B., Hokstad, P., Røstum, J., Niewersch, C., Kirchner, D., Kozisek, F., Weyessa Gari D., Swartz, C., Menaia, J. (2008). "Identification and description of hazards for water supply systems." *Techneau*.
- Hokstad, P., Røstum, J., Sklet, S., Rosén, L., Pettersson T.J.R., Linde, A., Sturm, S., Beuken, R., Kirchner, D., Niewersch, C. (2009). "Methods for risk analysis of drinking water systems from source to tap - Guidance report on Risk Analysis." *Techneau*
- Grigg, N.S., Fontane, D.G., Van Zyl, J. (2013). "Water Distribution System Risk Tool for Investment Planning." *Water Research Foundation*.
- Li, H. (2007). "Hierarchical Risk Assessment of Water Supply Systems." Submitted for the Degree of Doctor of Philosophy from Loughborough University.
- Tuhovčák, L., Ručka, J. (2007). "Hazard identification and risk analysis of water supply systems." *LESAM 2007-2nd Leading Edge Conference on Strategic Asset Management Lisbon, Portugal . 17 – 19 October*.
- Studziński, A., Pietrucha-Urbanik, K. (2012). "Risk Indicators of Water Network Operation." *Chemical Engineering Transactions*, Vol. 26, No. 12, pp. 56-64.



## **Recognition and determining the effects of damaging parameters on the water and waste water systems in critical conditions**

**Javad Alamatian<sup>1\*</sup>, Maysam Samadi<sup>2</sup>, Ebrahim Alamatian<sup>3</sup>, Bahram Haddad Saraiee<sup>4</sup>, Ramin Jalilian<sup>5</sup>, Samaneh Tavakoli Aminian<sup>6</sup>, Seyedeh Saeedeh Sherafat<sup>7</sup>, Emadidin Jandaghi<sup>8</sup>**

**1- Associate Prof., Islamic Azad Univ. of Mashhad, alamatian@mshdiau.ac.ir**

**2- Assistant Prof., Islamic Azad Univ. of Mashhad, samadi@mshdiau.ac.ir**

**3- Assistant Prof., Khavaran Institute of Higher Edu., e.alamatian@yahoo.com**

**4, 5, 6, 7- Manager, Water and Waste Water Company of Mashhad**

**8- MSc., Eghbal Lahoori Institute of Higher Edu., emad.jandaghi@gmail.com**

### **Abstract**

In this research, the effects of damaging parameters on the water and wastewater systems are evaluated in Mashhad city. First, basic geographic characteristics of water and wastewater systems in Mashhad city and risk analysis procedures are reviewed. For this purpose, all characteristics of water and wastewater systems of Mashhad city, their locations and are risk analysis' methods are established. This goal is achieved by performing library studies, field visit and consulting with passive defense adviser of ABFA company. Then, we try to identify and category the existing risks based on their foundations. Results of this study lead to some checklists, which are scoured by the experts of ABFA company of Mashhad. By evaluating the results obtained from these checklists, the risks of water and wastewater systems are categorized. Based on this study, the wastewater transfer line of Parkand is the most risky system. The second level of risk belongs to the 500-Felman transfer line of tank B. The tank H, the Ab o Bargh refinery and the Imam Ali pump station are in the third, fourth and fifth paleces, respectively. In contary, the chlorination and pump stations and refinery of Torogh have the lowest risk. At the end of this research, some executive solutions are suggested for decreasing the effects of existing risks based on field visit.

**Keywords: Water and Wastewater System, Damaging Parameters, Critical Conditions, Risk Analysis, Mashhad City.**