

## عوامل ایجاد آلودگی‌های منابع تأمین‌کننده آب شرب شهر تهران مطالعه موردی رودخانه کرج

محسن مرادیان<sup>۱</sup>

مهدی دانشگر<sup>۲</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۱/۲۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۳/۱۴

### چکیده

مقاله حاضر باهدف شناخت عوامل ایجاد آلودگی‌های منابع تأمین‌کننده آب شرب شهر تهران به‌ویژه در رودخانه کرج تهیه شده است. سؤال اصلی آن عبارت است از: عوامل آلوده‌کننده رودخانه کرج کدام‌اند؟ فرضیه نیز عبارت است از: مهم‌ترین عوامل آلوده‌کننده آب شرب شهر تهران در رودخانه کرج به ترتیب اولویت عبارت‌اند از: ضایعات صنعتی (مواد زائد خطرناک)، مواد زائد جامد و عوامل بیولوژیکی. این مقاله از نوع کاربردی و به روش توصیفی اجرا شده است. جامعه نمونه آماری آن به تعداد ۶۹ نفر انتخاب شده است. روش جمع‌آوری اطلاعات به‌صورت پرسش‌نامه و کتابخانه‌ای است. فرضیه به روش استنباط آماری اثبات و داده‌های آماری نیز از طریق نرم‌افزار اکسل و اسپاس مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. نتایج مقاله نشان می‌دهد. هر سه متغیر ضایعات صنعتی، مواد زائد جامد و بیولوژیکی به یک میزان بر آلودگی آب شرب شهر تهران تأثیرگذار خواهند بود و هیچ‌گونه اولویت و برتری ویژه‌ای نسبت به یکدیگر در این زمینه ندارند.

**واژگان کلیدی:** پدافند غیرعامل، عوامل ایجاد آلودگی، ضایعات صنعتی، مواد زائد خطرناک، مواد زائد جامد، عوامل بیولوژیکی

۱. مدرس دانشگاه فارابی (mohsenmoradian@hotmail.com)

۲. دانش آموخته کارشناسی ارشد پدافند غیر عامل دانشکده علوم و فنون فارابی، نویسنده مسئول (mahdidanshgar@yahoo.com)

### مقدمه

آغاز آفرینش و نخستین آفریده یکی از مباحث مهم فلسفی، کلامی و دینی بوده که در مکاتب فلسفی و ادیان دیدگاه‌های گوناگونی در مورد آن مطرح شده است. آنچه در قرآن بدان تصریح شده این است که آب را منشأ پیدایش همه موجودات زنده می‌داند. پیامبر (ص)، در تفسیر آیه ۳۰ سوره انبیاء فرمودند:

همه موجودات، منشأ هستی خود را از آب گرفته‌اند (و من الماء کل شیء حی).

امام باقر (ع) در جواب پرسش جابر بن یزید جعفی در رابطه با آغاز آفرینش جهان می‌فرمایند: نخستین آفریده‌ای که خدا خلق کرد، چیزی است که تمامی اشیاء از آن است و آن آب است. روزگاری نه‌چندان دور، زمانی که خبری از آلودگی‌های زیست‌محیطی نبود، هر جا که چشمه‌ای از دل خاک می‌جوشید، آب آن مورد استفاده شرب قرار می‌گرفت؛ ولی اکنون با توسعه جمعیت و پیشرفت فناوری در کارخانه‌ها و... می‌توان به جرئت گفت که دیگر آب هر چشمه‌ساری قبل از این‌که مورد آزمایش قرار بگیرد، آشامیدنی نیست و باید جوانب احتیاط را در مصرف آن مدنظر قرارداد تا انواع و اقسام بیماری‌های عفونی و انگلی، همچون سیلی بی‌رحم، باعث شکسته شدن سامانه دفاعی بدن نشود. نوع و ترکیب املاح آب می‌تواند در به وجود آوردن بیماری‌ها تأثیرگذار باشد؛ به‌عنوان مثال نیترات بالای آب خطر ابتلا به سرطان را بالا می‌برد؛ بنابراین در مناطقی که نیترات آب آشامیدنی‌شان بیش‌ازحد مجاز است، درصد ابتلای به سرطان در مردم آن منطقه بالا می‌رود. همچنین اگر سدیم آب بالا باشد، آب شور شده و در نارسایی کلیه و فشارخون تأثیرگذار خواهد بود. افزون بر آن وجود پتاسیم در آب شرب نیز می‌تواند افراد را درگیر نارسایی‌های کلیوی کند. به همین جهت در شهرهای بزرگ معمولاً از طریق سازمان‌های نظارتی، آب آشامیدنی آزمایش و نتایج آن اعلام می‌شود. با عنایت به نقش سیاسی، اجتماعی و اقتصادی سد دو قوسی آی<sup>۱</sup> امیرکبیر (کرج) و رودخانه کرج به‌عنوان یکی از منابع راهبردی آب شرب کلان‌شهر تهران، هرگونه تهدید و یا ایجاد آلودگی در آن می‌تواند مشکلات فراوان منطقه‌ای و سراسری را موجب شود.

### بیان مسئله

ضرورت داشتن منابع آب سالم به‌عنوان یکی از پیش‌نیازهای اساسی برای حفظ محیط‌زیست و رشد و توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی است و با توجه به اینکه همواره در جنگ‌های گذشته منابع تأمین‌کننده آب و همچنین تأسیسات مرتبط با آن‌ها، از جمله سدها، شبکه‌ها و

1. Arcdam

خطوط انتقال مورد حمله و تهدید واقع گردیده‌اند و با توجه به محدودیت‌های منابع آبی که به‌ویژه کشورهای با اقلیم خشک و نیمه‌خشک با آن مواجه هستند و تأکید صاحب‌نظران همواره بر این موضوع است که جنگ‌های آینده عمدتاً برای تصاحب منابع تأمین‌کننده آب خواهد بود، استفاده حداکثری از منابع موجود و حفظ کیفیت آن همواره دغدغه اساسی مسئولان کشوری و وزارت نیرو است. با عنایت به اینکه تهران به‌عنوان پایتخت کشور، با جمعیتی بیش از سیزده میلیون نفر و وجود صنایع بزرگ، نیازمند آب فراوان به‌عنوان قطب اصلی صنعت و جمعیت کشور بوده و از این‌رو همواره از ابعاد مختلف کانون توجه قرار داشته است. بنابراین هرگونه تهدید منابع آبی آن تبعات ملی و سراسری را موجب خواهد شد. تهدیدات با امکان وقوع در آینده در این بخش و عدم وجود دانش کافی از چگونگی و نوع تهدید در این خصوص و هم‌چنین تهدید انواع آلودگی‌ها به‌عنوان یک مسئله زیربنایی کشور مطرح است - که تاکنون مطالعات اندکی در این زمینه در کشور انجام شده است - مسئله اصلی این مقاله را در برمی‌گیرد. درواقع دغدغه اصلی این پژوهش ناشناخته بودن عوامل آلوده‌کننده منابع تأمین‌کننده آب شرب شهر تهران و رودخانه کرج و فقدان الگوی تهدید شناسی آن است تا بتواند به‌عنوان یکی از نخستین کارهای پژوهشی کشور در این زمینه نسبت به ارائه الگویی برای تهدیدشناسی منابع تأمین‌کننده آب در کشور مطرح شود. در این تحقیق، ابعاد فنی و اجتماعی در رابطه با بهره‌برداری از تأسیسات و امکانات تأمین‌کننده آب و درجه حساسیت آن‌ها به کلیه تهدیدات اعم از عملیات خرابکارانه، آلودگی‌های زیست‌محیطی و ... که موجب چالش در امنیت و پایداری تأمین آب می‌گردد بررسی خواهد شد. دیگر مسئله این تحقیق خطر هرکدام از تهدیدات است که نامعلوم بوده و تعیین آن‌ها می‌تواند بر تصمیمات اتخاذشده از سوی مسئولان کشور مؤثر واقع گردد.

### اهمیت و ضرورت

از آنجایی که تأمین آب شرب شهرها و روستاها از اولویت‌های خدمات‌رسانی به مردم است، حفظ و پایداری منابع تأمین‌کننده آن از الزامات مدیریتی بوده و همواره مورد تأکید شورای عالی امنیت ملی کشور است. با توجه به این مهم که منابع و سامانه‌های تأمین‌کننده آب شرب اعم از منابع آب سطحی و زیرزمینی همواره در معرض خطر آلودگی هستند؛ می‌باید قبل از وقوع هرگونه حادثه‌ای که سبب ایجاد آلودگی و کاهش کیفیت آن می‌شود به پیشگیری و یا مقابله با حوادث احتمالی خطرناک برای کیفیت منابع آب تأمین‌کننده شرب بخصوص مخازن آب پشت سد‌ها پرداخت. شهر تهران به‌عنوان پایتخت کشور و یکی از کلان‌شهرهای آن که جمعیت زیادی را در خود جای‌داده است و بسیاری از فعالیت‌های توسعه‌ای و حکومتی در آن اجرا می‌شود از

موقعیت راهبردی ویژه‌ای برخوردار است و همین امر سبب شده تا حساسیت موضوع بالا باشد. آب شرب کلان‌شهر تهران از منابع آب زیرزمینی و سطحی موجود و در دسترس حوضه تأمین‌شده و ایجاد سدهای بزرگ و کوچک در اطراف آن از جمله اقدامات استحصال آب از این حوضه برای تأمین آب شرب موردنیاز جمعیت موجود در تهران به حساب می‌آید. یکی از مهم‌ترین منابع تأمین‌کننده آب شرب شهر تهران سد و رودخانه کرج است؛ لذا مدیریت منابع آب تهران در صورتی با موفقیت انجام خواهد شد که قبل از به خطر افتادن این منابع، از وقوع خطرات جلوگیری به عمل آورد و یا اینکه از شدت آن‌ها کاسته شود و به این ترتیب از تبعات امنیتی، اجتماعی، اقتصادی و سیاسی ناشی از آلودگی‌های آب مخازن سدهای تأمین‌کننده آب موردنیاز تهران به‌ویژه رودخانه کرج کاسته شود. در ضمن در سال‌های اخیر که مدیریت منابع آب کشور همواره با مشکل کم‌آبی روبه‌رو بوده است، لزوم حفاظت کمی و کیفی از منابع آب موجود نیز بیش‌ازپیش نمایان می‌شود. دیگر دغدغه محققان است که در کنار این مسائل وجود نداشتن روش‌های استاندارد برای ارزیابی آسیب‌پذیری اجرایی مرتبط با منابع تأمین‌کننده آب شرب از جمله سدها، خطوط و شبکه‌های آبرسانی، ایستگاه‌های پمپاژ و ... از یک پروژه خاص به پروژه دیگری می‌تواند تا حدودی متفاوت باشد که در این تحقیق مورد مطالعه واقع خواهد شد و این مهم جز با انجام تحقیقاتی نظیر تحقیق حاضر امکان‌پذیر نیست. بنا به دلایل یادشده، می‌بایستی که با استفاده از روش‌های مناسب، افزون بر شناخت و ارزیابی دقیق خطرات احتمالی و حوادث ناشی از آلودگی منابع تأمین‌کننده آب شرب؛ از جمله خطرات و تهدیدات ناشی از بیماری‌های خطرناک قابل‌انتقال از طریق آب، راه‌های اداره کردن آن‌ها و یا راه‌های مقابله با زیان‌های احتمالی ناشی از آلودگی‌ها را شناسایی و برنامه‌ریزی نمود که در جدول زیر برخی از بیماری‌های ناشی از آلودگی‌های شیمیایی اشاره شده که توجه نکردن به آن‌ها پیامدهای بسیار زیادی بر جامعه خواهد داشت و این مهم بدون استفاده از ارزیابی و مدیریت ریسک امکان‌پذیر نیست. عدم انجام این تحقیق و دستیابی به نتایج آن باعث شناسایی نشدن تهدیدات و اثرات مخرب آلودگی آب شرب شهر تهران با توجه به جایگاه سد و رودخانه کرج در تأمین بخش عمده منبع تأمین‌کننده آب شرب شهر تهران خواهد شد. ضمن اینکه نتایج این تحقیق قابل‌استفاده در سایر منابع تأمین‌کننده آب شرب خواهد بود.

#### اهداف، سؤال و فرضیه

**سؤال اصلی:** عوامل آلوده‌کننده رودخانه کرج کدام‌اند؟

**فرضیه:** مهم‌ترین عوامل آلوده‌کننده آب شرب شهر تهران در رودخانه کرج به ترتیب اولویت عبارت‌اند از: ضایعات صنعتی (مواد زائد خطرناک)، مواد زائد جامد، عوامل بیولوژیکی

متغیرهای تحقیق عبارت است از: عوامل آلوده‌کننده آب شرب شهر تهران در رودخانه کرج و آلودگی آب شرب شهر تهران در رودخانه کرج.

#### مفاهیم اصطلاحات و تعاریف

**عوامل آلوده‌کننده:** آلودگی آب عبارت است از افزایش مقدار هر معرف اعم از شیمیایی، فیزیکی یا بیولوژیکی که موجب تغییر خواص و نقش اساسی آن در مصارف ویژه‌اش شود. آب یکی از مهم‌ترین و بنیادی‌ترین عوامل حیات موجودات زنده است. از این نظر جلوگیری از آلودگی آب نیز به همان نسبت مهم و موردتوجه است. عوامل آلوده‌کننده آب بسیار گوناگون‌اند و می‌توانند هم منابع آب‌های زیرزمینی و هم آب‌های سطحی را آلوده سازند.

#### عوامل آلوده‌کننده آب‌های سطحی عبارت‌اند از:

**آلوده‌کننده‌های صنعتی:** بسیاری از ضایعات صنعتی به آبه‌یان آسیب‌های جدی می‌رسانند. این ضایعات برای خنثی شدن، مقدار زیادی از اکسیژن محلول در آب را به مصرف رسانیده و موجب کاهش اکسیژن موردنیاز برای آبه‌یان می‌شود و آن‌ها را تهدید به مرگ می‌کنند. از طرف دیگر بسیاری از خود این ضایعات سمی بوده و موجب مسمومیت آبه‌یان می‌شوند؛ مانند فلزات سنگین، جیوه، سرب، مس و غیره. وارد شدن ترکیبات فسفردار و نیتروژن‌دار در آب موجب رشد جلبک‌هایی می‌شود که ضمن ایجاد بو و مزه غیرطبیعی آب، اکسیژن آب را مصرف کرده و باعث کاهش میزان آن و بروز صدمات به آبه‌یان و تلفات آن‌ها می‌شود.

**فاضلاب خانگی:** کلیه پاک‌کننده‌ها که وارد آب‌های سطحی می‌شوند، ترکیباتی را در آب‌ها وارد می‌کنند که اگر خنثی نشوند و یا توسط میکروارگانیسم‌ها تجزیه و تخریب نشوند به‌صورت سمی مهلک، زیان بسیاری برای آبه‌یان به بار می‌آورند.

**موقعیت جغرافیایی رودخانه کرج:** رودخانه کرج رودخانه‌ای است در البرز مرکزی و شمال باختری تهران در ایران (ویکی‌پدیا، ۱۳۹۳). رودخانه کرج از کوه‌های جنوبی البرز سرچشمه می‌گیرد. این رود از کوهی بنام کلون بستک در بلندی‌های خرسنگ سرچشمه می‌گیرد و پس از طی مسیری رودخانه ولایت‌رود نیز به رود کرج پیوسته و پس از گذر کردن از حاشیه شرقی شهر کرج و سیراب نمودن دشت‌های کرج و شهریار به جاجرود می‌پیوندد. آب رودخانه کرج پس از پیمودن ۲۰ کیلومتر رو به غرب به وارنگه‌رود می‌رسد و به آب دیزین می‌پیوندد. این آب در گچسر با آب علف‌چرهای سمان‌وزک و کندوان در گچسر یکی می‌شود و به سمت جنوب جریان پیدا می‌کند. در سال ۱۳۴۲ بر روی رود کرج سد امیرکبیر که اولین سد چندمنظوره ایران بود ساخته شد. پیش از ساختن این سد در جنوب واریان، آب رودخانه کرج از کرج هم می‌گذشت و پس از آبیاری دهکده‌های سر راه، آب زائد آن به مسئله هم می‌رسید. از اهالی

بومی مسیر این رودخانه که به مازندران رفت و آمد داشتند زبانشان بیشتر به طبری نزدیک بود و مردم ناحیه کوشکه و ارنکه هم به گویشی نزدیک به تاتی شمیران و تهران سخن می‌گفتند. در دهکده‌های مسیر این رودخانه از زمان‌های گذشته، طایفه‌های گوناگون کرد نیز اسکان داده شده‌اند.

**معرفی سد امیرکبیر:** سد امیرکبیر بر روی رودخانه کرج در مختصات جغرافیایی  $35^{\circ} 57' 00''$  عرض جغرافیایی و  $51^{\circ} 05' 00''$  طول جغرافیایی در فاصله ۲۳ کیلومتری کرج و ۲ کیلومتری روستای خوزنکلا واقع شده است. وسعت حوضه آبریز سد امیرکبیر برابر ۷۶۴ کیلومترمربع است. (پایگاه داده‌های شرکت آب منطقه‌ای تهران، ۱۳۹۳، [www.tw.org.ir](http://www.tw.org.ir))

**بررسی میزان حساسیت و آسیب‌پذیری سد:** سدهای بتنی قوسی از جمله سازه‌هایی هستند که با توجه به فاجعه‌آمیز بودن شکست احتمالی آن‌ها، ارزیابی مستمر ایمنی آن‌ها اهمیت فراوان دارد (کاشی، اسماعیل، ارزیابی اقدامات پدافند غیرعامل در حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی کشور، ۱۳۹۱). طراحی بسیاری از سدهای ساخته‌شده در سده اخیر من جمله سد امیرکبیر بر اساس فرضیه‌های ساده‌کننده‌ای بنا گردیده که امروزه با پیشرفت دانش بشری، اعتبار آن‌ها زیر سؤال است. هم‌چنین امکانات سخت‌افزاری و نرم‌افزاری موجود نیز اجازه انجام تحلیل‌های پیچیده عددی با احتساب اندرکنش‌های با محیط‌های آبی و پی به همراه توزیع واقعی زلزله را نمی‌داده است. از این‌رو تحلیل لرزه‌ای سد امیرکبیر نیز مطمئناً با در نظر گرفتن توزیع یکنواخت زلزله صورت گرفته است؛ بنابراین با توجه به مطالب فوق، ایمنی سد حاضر و رفتار آن در مقابل زلزله‌های بزرگ که دارای ماهیت توزیع غیریکنواخت است، غیرقابل‌پیش‌بینی بوده و توصیه می‌گردد که رفتار این سد در برابر بارگذاری لرزه‌ای با در نظر گرفتن توزیع غیریکنواخت زلزله و اندرکنش‌های مخزن و پی موردبررسی قرار گیرد.

**منابع آلاینده شهری و محل‌های دفن زباله و پسماندهای خطرناک:** طی استعلام اخذشده و مصاحبه و بازدید محلی مشخص شد که حوضه مطالعاتی سد کرج فاقد محل دفن بهداشتی زباله خانگی و صنعتی است و محل‌های دفن پسماندهای خانگی و زباله‌های روستایی، به‌صورت غیربهداشتی در حاشیه چند روستا وجود داشته که تنها عملیات پوشاندن با خاک و یا سوزاندن زباله در آن توسط اهالی صورت می‌گیرد. بر اساس محاسبه سرانه تولید زباله در کشور (۵/۰ کیلوگرم به ازای هر نفر)، حجم زباله روزانه تولیدی در حوضه سد کرج می‌باید ۹۵۲۵ کیلوگرم باشد که این بالاترین حد تولید زباله است که در فصول گرم سال که این منطقه بسیار مهاجرپذیر است، تولید می‌شود. اطلاعات دریافت‌شده از سازمان دهرداری‌های شهر کرج نشان

می‌دهد (سال ۱۳۸۸) که متوسط میزان زباله خانگی تولیدشده در این منطقه ۵/۱۹ تن در روز است.

**گردآوری و تجزیه و تحلیل داده‌های کیفی منابع آب:** در آخرین مطالعات انجام شده در مورد کیفیت آب در حوضه سد کرج، از گزارش طرح ساماندهی رودخانه کرج که توسط شرکت سازآب‌پردازان تهیه شده استفاده گردید. در این طرح تعداد ۱۸ ایستگاه جهت بررسی کیفیت آب مورد استفاده قرار گرفته است که نتایج نشان می‌دهد بازه‌های بالادست رودخانه کرج در بین سایر بازه‌ها، بیشترین میزان کدورت آب را دارند. به‌ویژه در فصل بهار که جریان‌ها عمدتاً سیلابی هستند؛ مانند بازه‌های آسارا و پل خواب که بالاترین میزان کدورت در فصل بهار در ایستگاه پل خواب و پس‌از آن در ایستگاه‌های آسارا و خروجی بیلقان مشاهده شده است (دانشگر، مهدی، تهدید شناسی سدهای در حال بهره‌برداری با رویکرد پدافند غیرعامل، ۱۳۹۱). هم‌چنین نتایج اندازه‌گیری اکسیژن محلول در آب در ایستگاه‌های مورد سنجش، نشان داد که رودخانه کرج از توان خود پالایی در ماه‌های مختلف سال برخوردار بوده است. میزان پارامترهای ثبت شده بی‌اودی‌فایو<sup>۱</sup> و سی‌اودی<sup>۲</sup> نیز در حد بسیار جزئی و بسیار پایین‌تر از استاندارد به ثبت رسیده بود.

**کیفیت آب سد کرج:** بر اساس اطلاعات ارائه شده توسط شرکت آب و فاضلاب تهران از رودخانه و دریاچه سد کرج مقادیر پارامترهای اندازه‌گیری شده و مقادیر مجاز آن‌ها در آب شرب رودخانه و دریاچه سد کرج ارزیابی شده است. مقایسه نتایج نمونه‌برداری‌های فیزیکی و شیمیایی آب رودخانه و دریاچه سد کرج با استانداردهای آب شرب نشان می‌دهد که دریاچه سد کرج از لحاظ کلیه پارامترهایی که دارای استاندارد مجاز شرب هستند، از حد مجاز کمتر بوده و محدودیتی از لحاظ شرب ندارد.

**عملکرد سد در پاسخ به نیاز کشاورزی و شرب:** نیاز کشاورزی اراضی آبخور رودخانه کرج که از محل بند بیلقان تأمین می‌شود، بر اساس اطلاعات ارائه شده در گزارش طرح ساماندهی آب‌های سطحی جنوب تهران، مهندسین مشاور یکم، سال ۱۳۸۸ حدود ۹۷ میلیون مترمکعب در سال ۱۳۸۶ بوده است که شامل اراضی زراعی و باغات است (گزارش مهندسین مشاور یکم، سال ۱۳۸۸). طبق اطلاعات دریافتی از واحد بهره‌برداری و نگهداری سد کرج، ظرفیت کانال آب‌بر کشاورزی در محل بند بیلقان ۷ مترمکعب بر ثانیه است که در شش‌ماهه اول سال به‌طور میانگین حدود

1.BOD5  
2.COD

۵ مترمکعب بر ثانیه و در شش ماهه دوم به طور میانگین حدود ۲ مترمکعب بر ثانیه یا کمتر به آن تخصیص می‌یابد.

طبق آمار ارائه شده در گزارش «طرح ساماندهی آب‌های سطحی جنوب تهران - گزارش سنتز، مهندسین مشاور یکم، سال ۱۳۸۸» میزان تأمین آب شرب تهران از منابع مختلف بر اساس مصارف سال ۱۳۸۶ در جدول ۲-۲ ارائه شده است. کل مصرف شرب تهران ۹۹۴ میلیون مترمکعب بوده است که رشدی معادل ۰/۹ درصد در سال دارد. حداکثر نیاز در ماه‌های خرداد تا شهریور و معادل ماهانه ۷۰ میلیون مترمکعب است. با توجه به این که سال ۱۳۸۶ سال نسبتاً پرآبی بوده است، حدود ۲۵٪ نیاز از آب زیرزمینی تأمین شده است؛ اما در سال‌های خشک، درصد تأمین از آب زیرزمینی افزایش می‌یابد و تا حدود ۶۵٪ نیز می‌رسد. در بین منابع آب سطحی، بخش عمده آب شرب تهران به وسیله سد و رودخانه کرج تأمین می‌شود.

آب رها شده از سد کرج به علاوه آب انتقالی از سد طالقان در حال حاضر از محل بند بیلقان برای تأمین نیاز شرب غرب و شمال غرب تهران انتقال می‌یابد. ظرفیت کانال آب شرب تهران دربند بیلقان حداکثر ۱۲ مترمکعب بر ثانیه است. در حال حاضر میزان آب انتقالی از سد طالقان به سد بیلقان تقریباً ۵ مترمکعب بر ثانیه است و مازاد نیاز شرب، از آب رها شده از سد کرج تأمین می‌شود. به طور کلی حدود ۳۵٪ نیاز شرب تهران از محل بند بیلقان انتقال می‌یابد. قبل از بهره‌برداری از سد طالقان کل این مقدار توسط سد کرج تأمین می‌شد؛ اما در حال حاضر نزدیک نیمی از آن توسط سد طالقان، تأمین می‌گردد. گفتنی است در آمار جدول که مربوط به سال ۱۳۸۶ است، سهم سد طالقان در تأمین نیاز شرب تهران مربوط به دومین سال بهره‌برداری است و هنوز به مقدار کنونی آن (به طور میانگین حدود ۹۲ میلیون مترمکعب در سال) نرسیده است.

بر اساس اطلاعات ارائه شده در سایت شرکت آب منطقه‌ای تهران، طرح جدید انتقال آب مستقیم از سد تنظیمی کرج با تونلی به قطر حدوداً ۳/۹ متر و طول حدوداً ۳۰ کیلومتر و ظرفیت حداکثر ۱۶ مترمکعب بر ثانیه در حال اجرا است. این تونل آب را مستقیماً از سد تنظیمی کرج به تصفیه‌خانه ششم تهران در منطقه کن که با ظرفیت کل ۱۵ مترمکعب در ثانیه در دست احداث است، انتقال خواهد داد (مهندسین مشاور یکم، سال ۱۳۸۸).

جدول ۲-۲- مصارف آب شهری تهران از منابع مختلف در سال ۱۳۸۶ (میلیون مترمکعب)

| ماه | نام سد    | کرج   | لتیان | لار   | ماملو | طالقان | آب زیرزمینی |
|-----|-----------|-------|-------|-------|-------|--------|-------------|
|     | مهر       | ۲۵.۷  | ۲۳.۳  | ۷.۱۱  | ۰.۰   | ۴.۳    | ۴.۲۵        |
|     | آبان      | ۲۵.۴  | ۲۰    | ۷.۱۱  | ۰.۰   | ۴.۳    | ۰.۴۳        |
|     | آذر       | ۲۳.۶  | ۲۱.۵  | ۰.۱   | ۰.۰   | ۴.۳    | ۱.۱۷        |
|     | دی        | ۲۴.۹  | ۱.۲۵  | ۰.۱   | ۰.۰   | ۴.۳    | ۸.۱۴        |
|     | بهمن      | ۲۷.۸  | ۰.۲۰  | ۰.۷   | ۰.۰   | ۴.۳    | ۴.۱۸        |
|     | اسفند     | ۲۵.۷  | ۸.۲۱  | ۹.۶   | ۰.۰   | ۳.۳۶.۳ | ۸.۲۶        |
|     | فروردین   | ۲۷.۱  | ۴.۲۰  | ۱.۷   | ۰.۰   | ۶.۳    | ۰.۰         |
|     | اردیبهشت  | ۳۰.۸  | ۴.۲۴  | ۴.۷   | ۰.۰   | ۶.۳    | ۶.۳۱        |
|     | خرداد     | ۲۷.۳  | ۲.۲۵  | ۱.۱۲  | ۰.۰   | ۶.۳    | ۹.۹         |
|     | تیر       | ۲۷.۶  | ۰.۲۶  | ۱.۱۲  | ۰.۰   | ۶.۳    | ۶.۲۰        |
|     | مرداد     | ۲۷.۶  | ۷.۲۵  | ۱.۱۲  | ۰.۰   | ۶.۳    | ۰.۳۰        |
|     | شهریور    | ۲۶.۸  | ۷.۲۵  | ۱.۱۲  | ۰.۰   | ۶.۳    | ۹.۱۷        |
|     | مجموع MOM | ۳۱۶.۷ | ۰.۲۷۸ | ۰.۱۱۱ | ۰.۰   | ۹.۴۱   | ۵.۲۴۶       |

وضعیت فعلی رودخانه کرج از منظر پدافند غیرعامل: یکی از ابزار تصمیم سازی برای تصمیم گیری مدیران، انتخاب گزینه مناسب از میان گزینه های متصور موجود است که باید برای انتخاب آن شاخص هایی را تعیین و مطرح کرد. گاهی اوقات لازم است برای اولویت بندی نیز گزینه ها را بر اساس شاخص های تعریف شده سنجید و مرتب نمود برای این کار با توجه به امتیازهای داده شده و مقایسه باهم و نیز با توجه به امتیاز شاخص ها نسبت به هم امتیازی داده می شود که نشان می دهد کدام گزینه از جایگاه بهتری برخوردار است (دانشگر، مهدی، تهدید شناسی سدهای در حال بهره برداری با رویکرد پدافند غیرعامل، ۱۳۹۱).

انواع تهدیدها و طبقه بندی آنها: تهدیدها بر دو نوع کلی طبیعی و غیرطبیعی است. تهدیدهای طبیعی شامل سیل، زلزله، طوفان، زمین لرزه، آتش فشان و ... است، تهدیدهای غیرطبیعی شامل تهدیدهای عمومی و تخصصی است که هم جنبه عمدی دارد هم سهوی؛ مانند حملات به وسیله جنگ افزارهای نظامی، بیولوژیکی و تروریستی و هم تهدیدهای سهوی مانند خطاهای انسانی ناشی از برخی فعالیت ها که در فرایندهای کاری زندگی روزمره ممکن است بر روند کار تأثیر بگذارد، مهم ترین تهدیدهایی که ممکن است مورد نظر قرار گیرد،

تهدیدهای ناشی از آلودگی منابع آب بخصوص منابع آب شرب به جهت حساسیت و اهمیت موضوع است.

آسیب‌پذیری: تأمین آب شرب شهرها و روستاها از اولویتهای خدمات‌رسانی به مردم است، بنابراین حفظ و پایداری منابع تأمین‌کننده آن از الزامات مدیریتی بوده و همواره مورد تأکید شورای عالی امنیت ملی کشور است. با توجه به این مهم که منابع و سامانه‌های تأمین‌کننده آب شرب اعم از منابع آب سطحی و زیرزمینی همواره در معرض خطر آلودگی هستند؛ می‌باید قبل از وقوع هرگونه حادثه‌ای که سبب ایجاد آلودگی و کاهش کیفیت آن می‌شود به پیشگیری و یا مقابله با حوادث احتمالی خطرناک برای کیفیت منابع آب تأمین‌کننده شرب بخصوص مخازن آب پشت سدها پرداخت.

شهر تهران به‌عنوان پایتخت کشور و یکی از کلان‌شهرهای آن که جمعیت زیادی را در خود جای داده است و بسیاری از فعالیت‌های توسعه‌ای و حکومتی در آن اجرا می‌شود، از موقعیت راهبردی بالایی برخوردار است و همین امر سبب شده تا حساسیت موضوع بالا باشد.

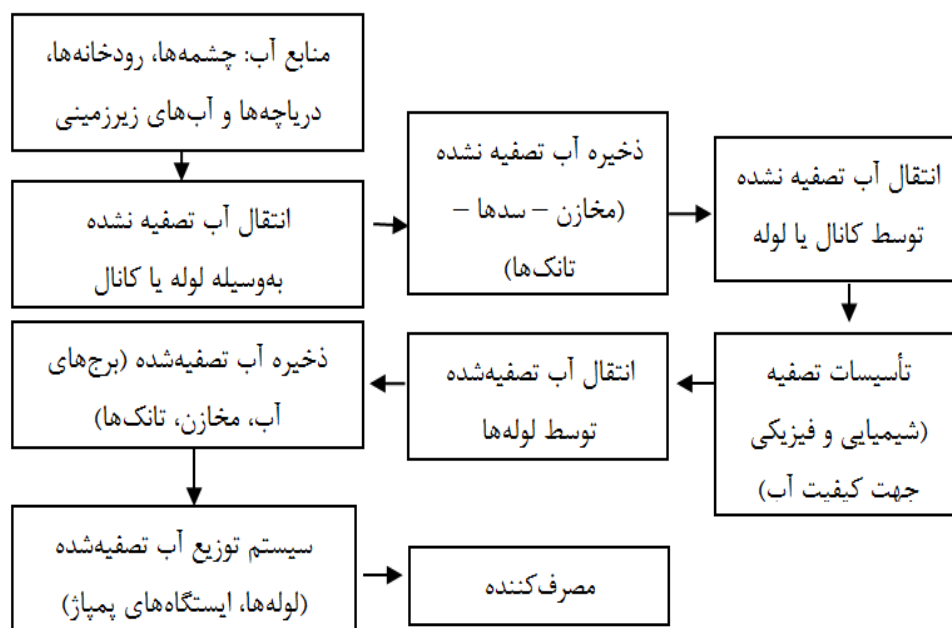
آب شرب کلان‌شهر تهران از منابع آب زیرزمینی و سطحی موجود و در دسترس حوضه تأمین‌شده و ایجاد سدهای بزرگ و کوچک در اطراف آن از جمله اقدامات استحصال آب از این حوضه برای تأمین آب شرب موردنیاز جمعیت موجود در تهران به حساب می‌آید. یکی از مهم‌ترین منابع تأمین‌کننده آب شرب شهر تهران سد و رودخانه کرج است لذا مدیریت منابع آب تهران در صورتی با موفقیت انجام خواهد شد که قبل از به خطر افتادن این منابع، از وقوع خطرات جلوگیری به عمل آورد و یا اینکه از شدت آن‌ها بکاهد و به‌این‌ترتیب از تبعات امنیتی، اجتماعی، اقتصادی و سیاسی ناشی از آلودگی‌های آب مخازن سدهای تأمین‌کننده آب موردنیاز تهران به‌ویژه رودخانه کرج کاسته شود. ضمناً در سال‌های اخیر که مدیریت منابع آب کشور همواره با مشکل کم‌آبی روبه‌رو است، این محدودیت، لزوم حفاظت کمی و کیفی از منابع آب موجود را نیز بیش‌ازپیش نمایان می‌سازد.

بنا به دلایل فوق، می‌بایستی با استفاده از روش‌های مناسب، افزون بر شناخت و ارزیابی دقیق خطرات احتمالی و حوادث ناشی از آلودگی منابع تأمین‌کننده آب شرب، راه‌های اداره کردن آن‌ها و یا راه‌های مقابله با زیان‌های احتمالی ناشی از آلودگی‌ها را شناسایی و برنامه‌ریزی نمود و این مهم مگر با استفاده از ارزیابی و مدیریت ریسک امکان‌پذیر نیست.

اگرچه تعیین مقادیر موردنیاز برای مواد آلوده کننده آب شرب یک شهر بزرگ خیلی مشکل است ولی اگر دشمن با حملات فیزیکی نتواند آسیب برساند از عملیات خرابکارانه برای آلوده کردن آب استفاده می کند و معمولاً بخش هایی آسیب پذیرترند که به خوبی حفاظت نمی شوند. سامانه های تأمین آب و نقاط آسیب پذیر در شکل زیر مشاهده می شود.

#### سامانه های تأمین کننده آب و نقاط احتمال آسیب پذیر برای حملات احتمالی

(دانشگر، مهدی، تهدید شناسی سدهای در حال بهره برداری با رویکرد پدافند غیرعامل، ۱۳۹۱)



با توجه به اینکه آلوده کردن حجم زیاد آب طی عملیات خرابکارانه قبل از تصفیه خانه ممکن است کمتر موردتوجه قرار گیرد؛ اما همواره به جهت سهولت و دسترسی و توجه کمتر برای حفاظت از این نقاط همواره تهدید جدی محسوب می شود.

#### نقاط محتمل برای آلوده سازی آب در اقدامات تروریستی

نقاط محتمل برای آلوده سازی آب در اقدامات تروریستی را می توان به صورت زیر تقسیم بندی

نمود (دانشگر، مهدی، تهدید شناسی سدهای در حال بهره برداری با رویکرد پدافند غیرعامل، ۱۳۹۱)

**بالادست یک سامانه عمومی یا نقطه جمع آوری:** سامانه های آب رسانی شامل رودخانه ها، مخازن ذخیره، چاه ها و سدها است که ممکن است به عنوان نقاط آلودگی عمدی آب موردنظر باشد.

نقطه دسترسی به آبگیر<sup>۱</sup> سامانه آبرسانی عمومی یا در تصفیه‌خانه: بیشتر سامانه‌های آبرسانی به‌گونه‌ای طراحی می‌شوند که آب را از ذخایر آب منبع در نقطه آبگیر مرکزی دریافت می‌کند که در پی آن آب در سایر تأسیسات و تجهیزات تصفیه و سالم‌سازی قرار می‌گیرد. هم نقاط آبگیر و هم تصفیه‌خانه‌های آب ممکن است مورد هدف فعالیت‌های خرابکارانه و آلوده‌سازی عامدانه آب باشد.

نقاط انتخابی در سیستم توزیع آب و پس از تصفیه: آب تصفیه‌شده برای مصرف‌کننده‌ها یا کاربران نهایی از طریق لوله‌های انتقال به آن‌ها یا جاهای دیگر توزیع می‌شود. همچنین بخش‌های انتهایی یک سامانه توزیع آب یا لوله اصلی، از نقاط احتمالی برای آلوده‌سازی آب هستند که ممکن است یک بخش فرعی، محل خاص، مدرسه یا بیمارستان را در صورتی که مورد هدف افراد خرابکار باشد تحت تأثیر قرار دهد.

**تهدیدات تروریستی:** تهدیدات تروریستی از طریق بروز تهدیدات شیمیایی، بیولوژیکی و ... می‌توانند باعث ایجاد بحران گردند (توکلی حمیدرضا، صراف‌پور رضا «آب، غذا و بیوتروریسم، دانشگاه علوم پزشکی بقیه‌ا...»، ۱۳۸۳) در بخش آب می‌توان به آلودگی‌های میکروبی و بیولوژیکی زیرا اشاره کرد. **سلاح‌های بیولوژیکی:** حمله بیولوژیکی، بیمار کردن انسان از طریق آلوده کردن مواد غذایی و آب‌وهوا است. شناخت عوامل بیولوژیک توسط حواس پنج‌گانه ممکن نیست. سلاح‌های بیولوژیک بسیار خطرناک بوده و از نظر وسعت و محدوده عمل با هیچ سلاحی قابل‌مقایسه نیست. به‌ویژه آنکه بسیاری از عوامل بیولوژیک می‌توانند به مدت زیادی در آب زنده و فعال بمانند و تکثیر شوند.

آلوده نمودن آب دریاچه سد یا رودخانه با عوامل بیولوژیک و توکسین‌های مختلف به علت سهولت دسترسی به رودخانه و مخزن سد به راحتی امکان‌پذیر است.

**عملیات روانی:** بروز شایعات، خرید عوامل انسانی و مواردی از این دست افزون بر اثرات فیزیکی، اثرات روانی بر مردم خواهند داشت. این نوع تهدیدات که در زمره تهدیدات نرم‌افزاری قرار می‌گیرند، می‌توانند در سطوح مختلف برنامه‌ریزی‌شده و تبعات زیادی را بر مردم وارد آورند که موجب گسترش نارضایتی و بی‌اعتمادی خواهد شد؛ شایعاتی نظیر اطمینان نداشتن به کیفیت مناسب آب و احتمال ایجاد و بروز بیماری‌های مهلک ناشی از آلودگی آب با استفاده از نمونه‌های موردی در سطح جامعه و تشدید موضوع در میان مردم.

1. Water intake

### محدوده های دفاع

**محدوده دفاعی درجه ۱:** دریاچه سد مخزن سد به عنوان محدوده دفاعی درجه ۱ در نظر گرفته شده است.

**محدوده دفاعی درجه ۲:** با توجه به اینکه تهدیدات موردنظر در محیط آبی انتشار می یابد و در محیط رودخانه بالادست هر سد امکان وقوع هریک از تهدیدات وجود دارد، این موضوع مهم است که چه میزان بالاتر از دریاچه مخزن، مورد مطالعه زیست محیطی قرار گرفته است و رودخانه بالادست دریاچه تا مخزن سد به چه میزان خود پالا بوده و آلودگی بالادست را به دریاچه منتقل می کند.

لذا با توجه به حدود مطالعات پدافند غیرعامل سد و استفاده نکردن از مدل های رایانه ای برای میزان انتشار مواد آلوده در بالادست، کوچک ترین واحد هیدرولوژیکی بالادست دریاچه که حوضه درجه ۷ وزارت نیرو است، به عنوان محدوده دفاعی درجه ۲ در نظر گرفته می شود. گفتنی است در مواردی که سد مورد مطالعه به همراه یک سد دیگر در بالادست خود داخل حوضه درجه ۷ واقع شده باشد، محدوده دفاعی درجه ۲، محدود به حوضه آبریز بین ۲ سد خواهد بود.

**محدوده دفاعی درجه ۳:** دامنه تأثیر آلودگی آب پشت سد مورد مطالعه در محدوده دفاعی ۳ بیشتر از محدوده دفاعی درجه ۲ است. در این محدوده دفاعی تفاوت درجه ۲ و ۳ در این است که در محدوده دفاعی درجه ۲ تنها حوضه درجه ۷ بالادست سد مورد مطالعه، مدنظر است؛ لذا اگر در همین حوضه، سدی بالادست سد مورد مطالعه موجود باشد، محدوده دفاعی درجه ۲ مابین این دو سد بسته می شود؛ ولی در محدوده دفاعی درجه ۳، حتماً حوضه آبریز بین دو سد مورد مطالعه و بالادست آن موردنظر است. لذا اگر سد بالادست، سد مورد مطالعه در دومین حوضه آبریز بالادست واقع شود، حوضه آبریز بین دو سد محدوده دفاعی درجه ۳ است ولیکن اگر سد بالادست سد مورد مطالعه در دومین حوضه آبریز درجه ۷ بالادست واقع نشده باشد، دومین حوضه آبریز بالادست به عنوان محدوده دفاعی درجه ۳ است.

بنابراین می توان نتیجه گیری کرد که در مواقعی که دو سد مورد مطالعه و بالادستی آن در یک حوضه آبریز درجه ۷ واقع شود، محدوده دفاعی ۲ و ۳ بر هم منطبق می شود. اگر سدی در حوضه درجه ۷ بالادست سد مورد مطالعه نباشد، اولین حوضه بالادست محدوده دفاعی درجه ۲ و دومین حوضه درجه ۷ بالادست محدوده دفاعی درجه ۳ نام گذاری می شود.

با توجه به رویکرد اشاره شده در قسمت قبل، محدوده دفاعی شماره یک سد کرج که شامل دریاچه سد است، حدود ۲/۳ کیلومترمربع و محدوده دفاعی شماره ۲ محدوده به حوضه درجه ۷ بالادست سد کرج است. مساحت این محدوده حدود ۱۹۴ کیلومترمربع است. محدوده دفاعی شماره ۳ محدود به دومین حوضه درجه ۷ بالادست سد کرج است. مساحت این محدوده حدود ۴۴۳ کیلومترمربع است. کل محدوده‌های دفاعی سد کرج در استان تهران واقع شده است. در شکل ۲-۶ محدوده‌های دفاعی سه‌گانه مذکور نشان داده شده است.

### راه‌ها و خطوط ارتباطی

راه‌ها و خطوط ارتباطی به‌عنوان یک عامل برای تهدیدات انسان‌ساخت است. تهدیدات سهوی و عمدی شامل خرابکاری‌هایی از قبیل سقوط عمدی و غیرعمدی کامیون‌های عبوری از جاده مشرف به دریاچه که مواد دارای پتانسیل آلودگی از قبیل نفت و دیگر مواد خطرناک را حمل می‌کند دارای اهمیت است. بنابراین شناسایی راه‌ها و خطوط ارتباطی نزدیک به آبراهه‌های محدوده دفاعی از لحاظ عبور و مرور وسایل نقلیه و امکانات موجود و مؤثر در دسترسی آسان شخص تروریست و خرابکار به آبراهه امری ضروری به نظر می‌رسد (گزارش زمین‌شناسی مهندسی طرح و واپایش پایداری سد امیرکبیر، مهندسین مشاور مهتاب قدس ۱۳۶۸).

در محدوده دفاعی ۲ و ۳ و در نزدیکی آبراهه و مخزن سد کرج جاده آسفalte وجود دارد که به علت رفت‌وآمد دائم وسایل نقلیه سبک و سنگین به‌عنوان یک تهدید از منظر زیست‌محیطی و احتمال وقوع خرابکاری محسوب می‌شود. بر اساس موقعیت سد کرج که در مجاورت جاده کرج - چالوس قرار دارد و یکی از جاده‌های پررفت‌وآمد وسایل نقلیه است و همچنین از آنجاکه در این جاده تنها وسایل نقلیه سنگین حامل‌های سوختی نیز رفت‌وآمد می‌کنند، احتمال بروز آلودگی در مخزن در اثر واژگونی در مخزن سد کرج محتمل به نظر می‌رسد.

این خطر همواره تهدید برای ایمنی مخزن محسوب می‌شود. در سد کرج ایستگاه‌های پایش و واپایش آلودگی به‌صورت آزمایش سریع در حال حاضر مهیا نیست. در نتیجه تهدید بروز آلودگی در مخزن سد و رودخانه کرج می‌تواند به‌عنوان بحران خارج از واپایش در زمان بحران مطرح گردد.

### روش تحقیق، جامعه آماری، حجم نمونه و روش نمونه‌گیری

روش انجام تحقیق در این پایان‌نامه توصیفی و علمی بوده و از حیث هدف کاربردی است. جامعه آماری این تحقیق متخصصان صاحب‌نظر در زمینه سد، بهره‌برداری از سد، مهندسی رودخانه، واپایش کیفی و ایمنی از میان مدیران و کارشناسان ستادی و عملیاتی وزارت نیرو و یا افراد شاغل در شرکت‌های مشاور فعال یا پیمانکار بخش خصوصی با موضوعات کاری مرتبط با

سد و تأسیسات مرتبط و پدافند غیرعامل هستند؛ بنابراین بر این اساس ۶۹ نفر انتخاب گردیدند، تلاش گردید که این کارشناسان هم مرد و زن را شامل و دست کم دارای مدرک کارشناسی و بیش از ۱۰ سال سابقه کاری مرتبط باشند.

با توجه به اینکه نمونه حاصل منطبق بر جامعه آماری است، روش نمونه گیری تمام شمار است.

| مدیران اجرایی | کارشناسان فنی | مهندسين مشاور | متخصصين دانشگاهی | جمع کل |
|---------------|---------------|---------------|------------------|--------|
| ۳۰            | ۲۵            | ۹             | ۵                | ۶۹     |

گردآوری داده ها به صورت کتابخانه ای و میدانی انجام گرفته است. از آنجایی که اطلاعات مربوط به عوامل آلوده کننده در سد و رودخانه کرج به صورت مکتوب در کتابخانه ها و آرشیو تخصصی حوزه صنعت آب یا اطلاعات اینترنتی موجود است و همچنین اطلاعات میدانی اعم از استفاده از تجربیات کارشناسان مسئول، بازدیدهای تخصصی صورت گرفته است، امکان گردآوری اطلاعات برای این تحقیق صرفاً با دو روش فوق میسر بوده است، به صورت پرسش نامه و امکانات کتابخانه ای انجام گرفته است. به دلیل اینکه اطلاعات این تحقیق بر اساس روش های کتابخانه ای و میدانی حاصل شده است، روش تحلیل به کاررفته از نوع توصیفی است. از آنجایی که در راستای طرح های مربوط به مقابله با آلودگی منابع تأمین کننده آب تحقیقات بسیار زیادی در ایران و دنیا انجام گرفته است بعضاً به مباحث مربوط به پدافند غیرعامل نیز توجه شده است در این تحقیق با مراجعه به کتابخانه ها و بهره گرفتن از اسناد و تحقیقات موجود، پیشینه این موضوع در داخل و خارج مورد بررسی قرار گرفت و با مرور موضوع سعی شده است با توجه به اهمیت راهبردی منابع آب بخصوص منابع آب تأمین کننده برای شرب در شهر تهران از محل رودخانه و سد کرج راهکارهای عملی برای پیشگیری و مقابله با عوامل آلوده کننده ارائه نموده است. سپس با استفاده از مطالب جمع آوری شده و نظر به نوع موضوع تحقیق، روش پرسش نامه ای جهت کسب نظرات کارشناسان متخصص این حوزه به عنوان ابزار گردآوری انتخاب شد.

### چگونگی تهیه پرسش نامه و روایی و پایایی آن

پرسش نامه ای که تنظیم شده به تأیید چند نفر از اساتید و صاحب نظران رسیده و کلیه سؤالات با استفاده از نرم افزار اسپاس مورد بررسی و تأیید قرار گرفته است و با طرح ۱۶ سؤال فنی و توزیع آن بین ۶۹ نفر از کارشناسان و متخصصان امر اقدام به جمع آوری اطلاعات شد و با توجه به تعداد نفرات که کمتر از صد نفر است از روش تمام شمار استفاده شده و پاسخ ها جمع آوری و اطلاعات به دست آمده در قالب اکسل آماده و برای تحلیل توصیفی با استفاده از نرم افزار تحلیل داده ها اسپاس نتایج حاصل به صورت جداول آماری تهیه شد.

## فرایند اجرای تحقیق

در عصر ما بیش از هر عصری اعداد محرک و راهنمای انسان‌ها هستند. اغلب با شنیدن یا دیدن عددی که به نوعی با ما ارتباط دارد اندیشه می‌کنیم. احساساتی می‌شویم، تغییر عقیده می‌دهیم، چاره‌جویی می‌کنیم و سرانجام به کار می‌پردازیم. داده‌ها، یعنی اطلاعاتی که به زبان اعداد ترجمه شده‌اند، اغلب دستخوش عوامل شانس هستند و در صورتی می‌توانند روشنگر واقعیت‌ها گردند که اولاً طبق قواعدی خاص تهیه و تنظیم گردند و ثانیاً قوانین شانس که بر آن‌ها حاکم هستند، مشخص شوند و ثالثاً طبق اصولی با اطمینان کافی تجزیه و تحلیل گردند.

### تجزیه و تحلیل توصیفی و استنباطی

مقایسه میانگین متغیرهای  $X_{11}$  الی  $X_{22}$  بین گروه‌های مختلف مدرک تحصیلی از آنجاکه مدرک تحصیلی اعضاء نمونه در پنج رده (بیشتر از دو رده) تفکیک شده است جهت انجام آزمون برابری میانگین نظرات اعضاء این پنج رده در رابطه با متغیرهای فرضیه اصلی و فرعی، لازم است از آنالیز واریانس یک‌طرفه<sup>۱</sup> استفاده کرد. به بیان دیگر برای آزمون میزان اثر مدرک تحصیلی افراد بر عوامل آلوده‌کننده آب (فرضیه اصلی)، تهدیدات عمدی و غیرعمدی و میزان آسیب‌پذیری (فرضیه‌های فرعی)، از آزمون آنالیز واریانس استفاده شده است. فرم آماری فرضیه‌های یادشده به این شرح است:

$$\begin{cases} H_0: \text{میانگین نظر افراد با مدارک تحصیلی مختلف در مورد متغیر } X_{ij} \text{ یکسان است} \\ H_1: \text{not } H_0 \end{cases} \quad i = 1, 2; j = 1, 2, 3$$

با توجه به سطوح بامعنایی مربوط به هر آزمون، که همگی از مقدار خطای مفروض (یعنی ۰.۰۵) بزرگ‌ترند فرضیه صفر در هر آزمون در سطح خطای ۵ درصد پذیرفته می‌شود؛ بنابراین با اطمینان ۹۵ درصد، نظر افراد با مدارک تحصیلی مختلف در رابطه با متغیرهای دسته‌بندی شده  $X_{11}$  الی  $X_{22}$  با یکدیگر اختلافی ندارد (افراد با مدارک تحصیلی مختلف نظر یکسانی راجع به متغیرهای مذکور دارند)

### بررسی تأثیر سن و سابقه خدمت بر متغیرهای $X_{11}$ الی $X_{22}$

یکی از مفاهیم مهم در علم آمار، همبستگی<sup>۲</sup> متغیرها با یکدیگر است. بدین معنی که وقتی تعداد متغیرها از یک متغیر پیشگو بیشتر باشد، همواره محقق به دنبال یافتن ارتباط یا ارتباط

1. One way ONOVA  
2. Correlation

نداشتن این متغیرها با یکدیگر است. روش های واپایش و بررسی همبستگی بین دو متغیر به نوع متغیرها بستگی دارد. به بیان دیگر، با توجه به اینکه متغیرهای مورد بحث از نوع پیوسته هستند (در اینجا منظور سن و سابقه خدمت) لازم است برای بررسی وجود ارتباط بین آنها از آزمون های همبستگی استفاده نمود. یکی از رایج ترین آزمون های واپایش همبستگی بین متغیرها، محاسبه ضریب همبستگی پیرسون<sup>۱</sup> است. گفتنی است که ضریب همبستگی پیرسون را که عموماً با نماد  $\rho_{x,y}$  نمایش می دهند مقداری حقیقی بین ۱ و -۱ است. توجه کنید که ضریب همبستگی پیرسون نشان دهنده شدت همبستگی (همبستگی کامل مربوط به مقادیر +، 1 و عدم همبستگی مربوط به مقدار صفر است) و همچنین نمایانگر جهت آن (اعداد منفی نشان دهنده همبستگی معکوس و اعداد مثبت نشان دهنده همبستگی مستقیم) است.

در این بخش به دنبال یافتن نوع رابطه، در صورت وجود، بین سن و سابقه خدمت با متغیرهای فرضیه اصلی و فرعی هستیم. توجه کنید که تعداد آزمون های مورد نیاز در این بخش تعداد ۵ آزمون برای بررسی تأثیر سن بر متغیرهای دسته بندی شده و تعداد ۵ آزمون نیز برای بررسی تأثیر سابقه خدمت بر متغیرهای مذکور است. فرم آماری آزمون های مذکور به شرح ذیل است:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{سن اعضاء نمونه در نظر آنها در مورد متغیرهای } X_{ij} \text{ تأثیر ندارد: } H_0 \\ H_1: \text{not } H_0 \end{array} \right| i = 1, 2; j = 1, 2, 3$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{سابقه خدمت اعضاء نمونه در نظر آنها در مورد متغیرهای } X_{ij} \text{ تأثیر ندارد: } H_0 \\ H_1: \text{not } H_0 \end{array} \right| i = 1, 2; j = 1, 2, 3$$

خلاصه نتایج به دست آمده از انجام آزمون های یاد شده در جدول زیر آمده است.

خلاصه نتایج توصیفی و استنباطی مربوط به ارتباط سن و سابقه خدمت با متغیرهای فرضیه اصلی و فرعی

|       |                    | $X_{11}$ | $X_{12}$ | $X_{13}$ | $X_{21}$ | $X_{22}$ |
|-------|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| سن    | مقدار ضریب همبستگی | ۰.۰۳     | ۰.۱۷     | ۰.۲۱     | ۰.۱۷     | ۰.۰۷     |
|       | Sig                | ۰.۸۴     | ۰.۱۷     | ۰.۰۸     | ۰.۱۶     | ۰.۵۸     |
|       | N                  | ۶۹       | ۶۹       | ۶۹       | ۶۹       | ۶۹       |
| سنوات | مقدار ضریب همبستگی | -۰.۰۵    | ۰.۱۷     | ۰.۲۰     | ۰.۱۷     | ۰.۰۱     |
|       | Sig                | ۰.۶۷     | ۰.۱۷     | ۰.۱      | ۰.۱۵     | ۰.۹۳     |
|       | N                  | ۶۹       | ۶۹       | ۶۹       | ۶۹       | ۶۹       |

با توجه به سطوح بامعنایی مربوط به هر آزمون، که همگی از مقدار خطای مفروض (یعنی ۰.۰۵) بزرگتر و به لحاظ آماری معنی‌دار هستند فرضیه صفر در هر آزمون در سطح خطای ۵ درصد پذیرفته می‌شود؛ بنابراین با اطمینان ۹۵ درصد، می‌توان چنین گفت که سن و سابقه خدمت افراد بر متغیرهای پوشش‌دهنده فرضیه‌های اصلی و فرعی تأثیرگذار نیست. دقت نمایید که ضریب همبستگی که با علامت ستاره مشخص شده است در سطح ۱۰ درصد معنی‌دار است

#### یافته‌های حاصل

(بررسی فرضیه اصلی): میزان تأثیر متغیرهای  $X_{11}$ ،  $X_{12}$  و  $X_{13}$  بر آلودگی آب شرب شهر تهران خلاصه نتایج مربوط به مقایسه میانگین و انحراف معیار متغیرهای مذکور در جدول زیر آمده است.

خلاصه نتایج توصیفی مربوط به متغیرهای  $X_{11}$ ،  $X_{12}$  و  $X_{13}$

| متغیرهای دسته‌بندی شده | N  | میانگین | انحراف معیار |
|------------------------|----|---------|--------------|
| $X_{11}$               | ۶۹ | ۳.۵۴    | ۰.۸۷         |
| $X_{12}$               | ۶۹ | ۳.۴۶    | ۰.۸۴         |
| $X_{13}$               | ۶۹ | ۳.۵۶    | ۰.۶۶         |

به‌منظور مقایسه میزان تأثیرپذیری و آلودگی آب شرب شهر تهران از ضایعات صنعتی مواد زائد خطرناک (متغیر  $X_{11}$ )، مواد زائد جامد (متغیر  $X_{12}$ ) و بیولوژیکی (متغیر) و سپس اولویت‌بندی آن‌ها از آزمون  $t$  تفاضلی (زوجی) استفاده می‌شود که سه مقایسه دودویی خواهد بود. به‌عبارت‌دیگر در این بخش به‌طور هم‌زمان از سه آزمون زوجی به‌صورت زیر استفاده می‌کنیم:

- آزمون یا مقایسه میزان تأثیر متغیر  $X_{11}$  با  $X_{12}$  (زوج اول) بر آلودگی آب.
- آزمون یا مقایسه میزان تأثیر متغیر  $X_{11}$  با  $X_{13}$  (زوج دوم) بر آلودگی آب.
- آزمون یا مقایسه میزان تأثیر متغیر  $X_{12}$  با  $X_{13}$  (زوج سوم) بر آلودگی آب.

فرم کلی آزمون‌های فوق به‌صورت زیر است:

$$\begin{cases} H_0: \text{متوسط میزان تأثیر متغیرهای } X_{11} \text{ و } X_{12} \text{ بر آلودگی آب یکسان است} \\ H_1: \text{not } H_0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} H_0: \text{متوسط میزان تأثیر متغیرهای } X_{11} \text{ و } X_{13} \text{ بر آلودگی آب یکسان است} \\ H_1: \text{not } H_0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} H_0: \text{متوسط میزان تأثیر متغیرهای } X_{12} \text{ و } X_{13} \text{ بر آلودگی آب یکسان است} \\ H_1: \text{not } H_0 \end{cases}$$

خلاصه نتایج مربوط به ۳ آزمون زوجی فوق در جدول زیر آمده است.

خلاصه نتایج استنباطی مربوط به مقایسه میانگین متغیرهای  $x_{11}$ ،  $x_{12}$  و  $x_{13}$  با یکدیگر

| Sig  | درجه آزادی | مقدار آماره آزمون $T$ زوجی | انحراف معیار | اختلاف میانگین |                                      |
|------|------------|----------------------------|--------------|----------------|--------------------------------------|
| ۰.۲۷ | ۶۸         | ۱.۱۱                       | ۰.۵۸         | ۰.۰۸           | زوج اول: مقایسه $x_{11}$ با $x_{12}$ |
| ۰.۸۹ | ۶۸         | -۰.۱۳                      | ۰.۹۶         | -۰.۰۲          | زوج دوم: مقایسه $x_{11}$ با $x_{13}$ |
| ۰.۳۷ | ۶۸         | -۰.۹                       | ۰.۸۵         | -۰.۰۹          | زوج سوم: مقایسه $x_{12}$ با $x_{13}$ |

سطوح بامعنایی مربوط به هر آزمون، که همگی از مقدار خطای مفروض (یعنی ۰.۰۵) بزرگ‌ترند و فرضیه صفر هر سه آزمون در سطح خطای ۵ درصد پذیرفته می‌شود؛ بنابراین با اطمینان ۹۵ درصد، می‌توان چنین اظهارنظر نمود که به‌طور متوسط هر سه متغیر (ضایعات صنعتی، مواد زائد جامد، بیولوژیکی) به یک‌میزان بر آلودگی آب شرب شهر تهران تأثیرگذار خواهند بود و هیچ‌گونه اولویت و برتری خاصی نسبت به یکدیگر در این خصوص ندارند

بررسی فرضیه‌های فرعی

الف - (فرضیه فرعی اول): مقایسه متوسط متغیر  $x_{21}$  با مقدار ۳

در این بخش به دنبال یافتن این حقیقت هستیم که آیا میزان تهدیدات عمدی و غیرعمدی آلوده‌کننده منابع تأمین آب شرب شهر تهران زیاد است. به عبارت دیگر هدف از انجام این فرضیه اظهارنظر راجع به مقیاس تهدیدات عمدی و غیرعمدی آلوده‌کننده آب شرب شهر تهران است. برای این منظور میانگین متغیر  $x_{21}$  را با مقدار متوسط ۳ (میانگین پاسخ‌های افراد به سؤالات این فرضیه) و با کمک آزمون  $t$  تک نمونه‌ای مقایسه می‌نماییم. فرم کلی آزمون آماری مورد استفاده در این بخش به صورت زیر است:

$$\begin{cases} H_0: \text{میانگین متغیر } x_{21} \text{ با عدد 3 برابر است} \\ H_1: \text{not } H_0 \end{cases}$$

خلاصه نتایج مربوط به آزمون آماری فوق در جدول زیر آمده است.

خلاصه نتایج توصیفی و استنباطی مربوط به مقایسه میانگین متغیر  $x_{21}$  با مقدار ۳

| Sig  | درجه آزادی | مقدار آماره آزمون $t$ تک نمونه‌ای | انحراف معیار | میانگین | N  | متغیر دسته‌بندی شده |
|------|------------|-----------------------------------|--------------|---------|----|---------------------|
| ۰.۰۰ | ۶۸         | ۶.۹۴                              | ۰.۵۹         | ۳.۴۹    | ۶۹ | $x_{21}$            |

با توجه به مقدار بامعنایی مربوط به آزمون، که از مقدار خطای مفروض (یعنی ۰.۰۵) کوچکتر است و فرضیه صفر این آزمون در سطح خطای ۵ درصد رد می‌شود؛ بنابراین با اطمینان ۹۵ درصد، می‌توان چنین اظهارنظر نمود که میانگین متغیر  $X_{21}$  (تهدیدات عمدی و غیرعمدی آلوده‌کننده آب شرب شهر تهران) با مقدار متوسط ۳ برابر نیست. البته از آنجایی که میانگین میزان تهدیدات عمدی و غیرعمدی آلوده‌کننده منابع تأمین آب شرب شهر تهران برابر ۳.۴۹ است، میزان تهدیدات زیاد (بیشتر از متوسط) است.

#### ب- (فرضیه فرعی دوم): مقایسه متوسط متغیر $X_{22}$ با مقدار ۳

این بخش به دنبال یافتن این حقیقت هستیم که آیا میزان آسیب‌پذیری شهر تهران در مقابل عوامل آلوده‌کننده آب شرب شهر متوسط است. به عبارت دیگر هدف از انجام این فرضیه اظهارنظر راجع به شدت آسیب‌پذیری شهر تهران از عوامل آلوده‌کننده آب است. برای این منظور و مشابه بخش قبل، میانگین متغیر  $X_{22}$  را با مقدار متوسط سه و با کمک آزمون  $t$  تک نمونه‌ای مقایسه می‌نماییم. فرم کلی آزمون آماری مورد استفاده در اینجا به صورت زیر است:

$$\begin{cases} H_0: \text{میانگین متغیر } X_{22} \text{ با عدد 3 برابر است} \\ H_1: \text{not } H_0 \end{cases}$$

خلاصه نتایج مربوط به آزمون آماری فوق در جدول زیر آمده است.

خلاصه نتایج توصیفی و استنباطی مربوط به مقایسه میانگین متغیر  $X_{22}$  با مقدار ۳

| متغیر<br>دسته‌بندی شده | N  | میانگین | انحراف<br>معیار | مقدار آماره آزمون $t$<br>تک نمونه‌ای | درجه<br>آزادی | Sig  |
|------------------------|----|---------|-----------------|--------------------------------------|---------------|------|
| $X_{22}$               | ۶۹ | ۳.۴۵    | ۰.۷۸            | ۴.۷۹                                 | ۶۸            | ۰.۰۰ |

با توجه به مقدار بامعنایی مربوط به آزمون، که از مقدار خطای مفروض (یعنی ۰.۰۵) کوچکتر است و فرضیه صفر این آزمون نیز در سطح خطای ۵ درصد رد می‌شود؛ بنابراین با اطمینان ۹۵ درصد، می‌توان چنین اظهارنظر نمود که میانگین متغیر  $X_{22}$  (آسیب‌پذیری شهر تهران در مقابل عوامل آلوده‌کننده آب شرب شهر) با مقدار متوسط ۳ برابر نیست. البته از آنجایی که میانگین میزان آسیب‌پذیری شهر تهران در مقابل عوامل آلوده‌کننده آب شرب شهر برابر ۳.۴۵ است، بنابراین میزان آسیب‌پذیری زیاد (بیشتر از متوسط) است.

## پیشنهادهای

- بررسی روش های سازه ای و غیرسازه ای کاهش پتانسیل بروز حوادث آلودگی منابع آب
- اقدامات آموزشی برای ساکنین حوضه و هم چنین کاربران فعالیت های مستقر در حوضه.
- تدوین قوانین و مقررات، استانداردها و دیگر مصوبات مورد نیاز.
- واپایش و تنظیم استقرار کاربری های مختلف در حاشیه، حریم و سطح حوضه آبریز منابع آب متناسب با حساسیت های منابع آب و احتمال حوادث آلودگی.
- تدوین و بازنگری برنامه ها و دستورالعمل های مدیریتی.
- تدوین برنامه های کلان مدیریت حوضه آبخیز با در نظر گرفتن حساسیت های منابع آب منطقه و به ویژه مخازن سدهای آب شرب.
- استقرار گشت ها و واپایش های سیار در سطح حوضه های سدها به منظور نظارت بر نحوه عملکرد فعالیت های مختلف انسانی در سطح حوضه هم چنین نحوه اجرای قوانین و مقررات.
- انجام مطالعات حریم و بستر رودخانه های منتهی به مخزن سد (از نظر پهنه های سیل گیر).
- انجام مطالعات و تعیین حریم کیفی منابع آب حوضه.
- ایجاد هماهنگی با دیگر ارگان های ذی ربط در قالب یک برنامه مدیریت یکپارچه.

### بررسی راهکارهای مهندسی و مدیریتی پاک سازی آلاینده ها در سیستم مورد مطالعه

اگر آلودگی فرضی هریک از سدهای تأمین کننده آب شرب تهران، به موقع شناسایی و از انتقال آن به تصفیه خانه مرتبط جلوگیری شود، باز هم تصفیه خانه امکان تداوم بهره برداری نخواهد داشت، زیرا هر تصفیه خانه دارای خط انتقال مستقل خود است و امکان انتقال آب خام از مسیر سایر منابع آبی فراهم نخواهد بود. به عنوان نمونه، چنانچه حادثه آلودگی در مخزن سد لتیان باعث قطع انتقال آب از این سد به تصفیه خانه های شماره ۳ و ۴ تهران پارس گردد، این تصفیه خانه ها از سرویس دهی خارج خواهند شد و بالطبع ظرفیت تأمین آب تصفیه شده کاهش خواهد یافت. این در حالی است که با وجود توانایی بهره برداری از تصفیه خانه های ۳ و ۴، نمی توان از سایر سدهای تهران، آبی به این تصفیه خانه ها منتقل نمود. این مشکل خود از دو بخش تشکیل شده است که عبارت اند از: فقدان شبکه توزیع آب خام بین تصفیه خانه های آب آشامیدنی تهران و هم چنین نداشتن ظرفیت انتقال آب اضافی از سدها به تهران.

همان طوری که در بخش قبل توضیح داده شد، هریک از سدهای آب شرب تهران با یک یا دو خط انتقال نسبتاً طولانی، آب خام را به تصفیه‌خانه‌های پنج‌گانه تهران منتقل می‌کنند که بالطبع ظرفیت این خطوط محدود و در حد پتانسیل تصفیه‌خانه مربوطه است و در شرایط بروز پدیده آلودگی احتمالی هریک از سدها (حتی در صورت پر بودن مخازن سایر سدها)، امکان انتقال آب خام به تهران و تصفیه‌خانه‌های از خط خارج‌شده میسر نخواهد بود؛ بنابراین مهم‌ترین راهکاری که می‌تواند در شرایط بروز پدیده آلودگی احتمالی هریک از سدها باعث حفظ ظرفیت تصفیه و توزیع آب شرب تهران شود، تأمین شبکه‌های جایگزین انتقال آب از سدهای مورد مطالعه به تصفیه‌خانه‌ها است. در این راستا با توجه به موقعیت سدهای مورد مطالعه، پیشنهاد می‌گردد که یک خط انتقال آب اضطراری از محل آبگیر بیلقان به‌طور مشترک به سمت تصفیه‌خانه‌های جلالیه به کن احداث گردد. در این حالت در صورت بروز آلودگی در هریک از دو سد کرج یا طالقان و توقف انتقال آب به هریک از تصفیه‌خانه‌های یادشده امکان انتقال آب از مسیر خط اضطراری فراهم خواهد بود. هم‌چنین، در شرایط بحرانی آلودگی یکی از سدهای کرج یا طالقان، امکان استفاده از کل ظرفیت تصفیه‌خانه‌های جلالیه و کن فراهم خواهد شد. با توجه به این که میزان پتانسیل ریسک آلودگی سد کرج، زیاد و سدهای لتیان و طالقان نیز متوسط رو به زیاد است و سهم هریک از این سدها نیز در تأمین نیاز شرب تهران قابل توجه است، نتایج اجرای این دو خط انتقال اضطراری تا حد زیادی از آسیب‌پذیری شهر تهران نسبت به آلودگی این سدها می‌کاهد. از نظر ظرفیت منابع آب جایگزین در فصول زمستان و بهار به دلیل کم بودن سهم آب‌های زیرزمینی در تأمین نیاز شرب تهران، ظرفیت خالی قابل توجهی برای جبران کمبود آب ناشی از احتمال آلودگی هر یک از سدهای شرب تهران وجود دارد. یک اقدام پیشگیرانه مدیریتی، طرح "مقابله اضطراری منابع جایگزین آب شرب تهران" به مرحله اجرا درآید تا کم و کیف انجام آن مشخص شود. در همین راستا ضروری است تا آب‌های زیرزمینی تهران برحسب پتانسیل آلودگی و کیفیت آن‌ها پهنه‌بندی و درجه‌بندی شوند تا در مواقع اضطراری، برداشت آب موردنیاز فقط از مناطقی با منابع بهداشتی و باکیفیت صورت گیرد. در این ارتباط، فقط سد کرج با سهم ۳۲ درصدی، سهم بیشتری در تأمین آب شرب تهران دارد که در صورت بروز آلودگی، با افزایش مصرف آب‌های زیرزمینی نیز نمی‌توان کسری آب را به‌طور کامل جبران نمود. از سوی دیگر با توجه به حداکثر بودن سهم تأمین آب‌های زیرزمینی در فصول تابستان و تا حدودی پائیز، بروز حوادث آلودگی در هریک از سدهای شرب تهران می‌تواند مشکل جدی ایجاد کند؛ بنابراین در این شرایط و در کوتاه‌مدت،

کاهش مصرف و سهمیه بندی (جیره بندی آب) می تواند تنها راهکارهای عملی باشند. بدیهی است که در هریک از شرایط بروز آلودگی در منابع آب شرب تهران، باید توجه ویژه ای نیز به موضوع تأمین آب توسط آب های بسته بندی شده نیز گردد؛ زیرا در شرایط بروز آلودگی و پخش اخبار آن در سطح جامعه، به طور قطع از نظر روانی بخش عمده ای از جامعه حتی در مناطقی که تحت پوشش منبع آبی آلوده شده نیز نباشند، به میزان بیشتری به سمت استفاده از آب های بسته بندی شده روی خواهند آورد؛ بنابراین باید با بررسی دقیق ظرفیت های تولید آب بسته بندی به ویژه در مناطق حاشیه تهران، طرح مشخصی برای فراخوان و اختصاص آب های تولیدی این مراکز به شهر تهران وجود داشته باشد. در طول مسیر، ساخت دیواره های حائل به ویژه در قسمت های حادثه خیز جاده شامل پیچ های تند و سرازیری های شدید به عنوان یک راهکار سازه ای پیشنهاد می گردد؛ اما نکته قابل توجهی که در این رابطه وجود دارد، وضعیت شیب جاده و حاشیه دیواره ها به سمت مخزن سد و رودخانه است. در حال حاضر باینکه جهت جلوگیری از سقوط خودروها به داخل سد و رودخانه بخش هایی از مسیر دیواره سازی شده ولی در صورت بروز حادثه و ریزش مواد آلاینده در سطح جاده این مواد مطابق شیب زمین جریبان پیدا نموده و نهایتاً به سمت مخزن و رودخانه جاری می شوند که به هر حال این موضوع نیز می تواند به آلودگی بینجامد. برای رفع این مشکل به ویژه در بخش های مجاور مخزن سد پیشنهاد می گردد کانال های جمع آوری روان آب های سطحی در حاشیه جاده ایجاد گردد و جریان این کانال ها به مخازنی هدایت شود. شرایط این مخازن باید کاملاً قابل واپایش باشد. محدودیت سرعت در مسیریایی که رودخانه با جاده مجاورت دارد از دیگر اقدامات غیر سازه ای است که می تواند در کاهش حوادث و آلودگی های احتمالی ناشی از آن مؤثر باشد. البته در حال حاضر بخش هایی از مسیر به دلیل مسائل ترافیکی دارای محدودیت های سرعت است؛ ولی ضروری است که این مسئله با توجه به وضعیت مجاورت مسیر جاده با رودخانه و دریاچه سد مورد بازنگری قرار گیرد و در کنار این موضوع باید حتماً میزان حضور و نظارت پلیس راه نیز در محدوده های آسیب پذیر و حساس افزایش یابد. از دیگر راهکارهایی که برای کاهش احتمال بروز حوادث آلودگی ناشی سوانح جاده ای می توان توصیه نمود، نصب دوربین های واپایش سرعت و ترافیک است. نصب تابلوهای هشداردهنده خطرات مسیر و هم چنین تابلوهایی که پیام های مختصری در خصوص اهمیت و حساسیت منبع آبی مورد نظر دارند، در طول مسیر می تواند افزون بر کاهش پتانسیل حوادث، توجه بیشتر خودروهای عبوری در خصوص رعایت مقررات را در پی داشته باشد. از دیگر اقداماتی که جهت کاهش پتانسیل بروز حوادث منجر به

آلودگی در این مسیر می‌توان نام برد، شناسایی و حذف نقاط حادثه‌خیز جاده است. در کلیه راه‌ها معمولاً نقاط حساس و پرحادثه‌ای وجود دارند که می‌توان آن‌ها را از طریق اقدامات اصلاحی راه و ترابری مانند حذف یا کاهش پیچ، اصلاح شیب و سایر اقدامات اصلاحی حذف نمود که از این طریق نیز پتانسیل بروز حوادث آلودگی کاهش خواهد یافت. البته لازم به توضیح است که توسعه ظرفیت راه در این محدوده به دلیل پیامدهایی که در قالب افزایش میزان رفت‌وآمد و همچنین اثرات جانبی فعالیت‌های ساخت‌وساز به دنبال خواهد داشت، توصیه نمی‌گردد؛ ولی لازم است که نسبت به فعالیت‌های ایمن‌سازی راه اقدام کرد.

## منابع

۱. دانشگر، مهدی (۱۳۹۱)؛ پایان‌نامه کارشناسی ارشد «تهدید شناسی سدهای در حال بهره‌برداری با رویکرد پدافند غیرعامل».
۲. گزارش هیدرولوژی طرح جامع جمع‌آوری آب‌های سطحی تهران مهندسین مشاور یکم ۱۳۸۸
۳. گزارش زمین‌شناسی مهندسی طرح و واپایش پایداری سد امیرکبیر، مهندسین مشاور مهتاب قدس ۱۳۶۸
۴. گزارش برآورد جمعیت شهرستان‌های کشور مرکز آمار ایران ۱۳۹۱
۵. قانون برنامه پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران، سازمان مدیریت برنامه‌ریزی کشور ۱۳۸۹
۶. گزارش مطالعات هیدرولوژی طرح پایداری سدهای کشور (سد بتنی قوسی امیرکبیر) - مهندسین مشاور مهتاب قدس
۷. آقامحمد کاشی، اسماعیل (۱۳۹۱)؛ *پایان‌نامه کارشناسی ارشد «ارزیابی اقدامات پدافند غیرعامل در حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی کشور (مطالعه موردی سدها)»*.
۸. امین‌نژاد، موسی (۱۳۸۸)؛ *«پدافند غیرعامل در سدهای مخزنی و پارامترهای مؤثر در مکان‌یابی و جانمایی سد و تأسیسات وابسته»* چهارمین کنفرانس بین‌المللی پایداری ملی.
۹. میرزادگان، سید جلال (۱۳۹۰)؛ *«چگونگی بهره‌برداری و نگهداری سدها»* وزارت نیرو، گزارش وضعیت توسعه منابع آب و سدهای در حال بهره‌برداری،
۱۰. مدیریت ریسک سوانح آلودگی در سدهای آب شرب» مهندسین مشاور آساراب، ۱۳۹۱
۱۱. توکلی، حمیدرضا، صراف‌پور، رضا (۱۳۸۳)؛ *«آب، غذا و بیوتروریسم»* دانشگاه علوم پزشکی بقیه‌الله...
۱۲. برقی، حمید، قنبری، یوسف (۱۳۸۹)؛ *«بحران منابع آب، چالش اساسی جهان اسلام»* چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام، ICIWG2010.
۱۳. خاوری، رضوان، قرشی، منوچهر، آرمین، مهران، خسرو تهرانی، خسرو (۱۳۸۷)؛ *«نشانه‌های زمین ریختی زمین‌ساخت فعال حوضه رودخانه کرج در دامنه جنوبی البرز مرکزی شمال ایران»*
۱۴. مطلبی‌پور، مهدی (۱۳۸۹)؛ دانشگاه صنعتی بابل، *«بهینه‌سازی مهندسی رودخانه با رویکرد تمهیدات پدافند غیرعامل»*
۱۵. پایگاه داده‌های شرکت مدیریت منابع آب ایران <http://www.wrm.ir>
۱۶. پایگاه داده‌های شرکت آب منطقه‌ای تهران <http://www.tw.org.ir>
۱۷. پایگاه داده‌های علوم زمین ایران <http://www.nedir.ir>

