نشریه‌ی علمی شهر ایمن
JOURNAL OF RESILIENT CITY
(JRC)

# ارزیابی آسیب‌شناسی بهره‌برداری از شبکه جمع‌آوری فاضلاب با رویکرد تئوری استخوان ماهی

**امید عباسی[1]؛ سید عظیم حسینی[2]؛ هادی عاقبت بخیر[3]**

۱- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی و مدیریت ساخت، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲- دانشیار، گروه مهندسی عمران، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران (نویسنده مسئول)
۳- دانشجوی دکتری، گروه منابع آب، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

دریافت دست‌نوشته: ۱۴۰۲/۰۴/۱۳؛ پذیرش دست‌نوشته: ۱۴۰۲/۰۴/۱۴

**واژگان کلیدی**

**استخوان ماهی، ریسک، شبکه فاضلاب، ماتریس *SWOT*، راهبرد تدافعی**

**چکیده**

شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب از زیرساخت‌های اولیه هر شهر محسوب می‌شوند. ارزیابی میزان ریسک‌های موجود در شبکه جمع‌آوری فاضلاب باعث می‌شود که در زمان رخداد مخاطرات طبیعی یا انسانی، شبکه با تنش غیرمنتظره مواجه نشود. رویکردهای مختلفی برای ارائه این مفهوم وجود دارد که یکی از این تکنیک‌ها استفاده از روش استخوان ماهی است. لذا هدف از این مطالعه، استفاده ترکیبی از روش‌های تصمیم‌گیری طوفان فکری، *SWOT* و استخوان ماهی جهت تجزیه‌وتحلیل علل اصلی حوادث و ریسک‌های مرتبط با شبکه فاضلاب است. پژوهش حاضر از نوع توصیفی- تحلیلی است که داده‌های توصیفی از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و منابع اسنادی به دست آمدند. پس از برگزاری جلسات طوفان فکری برای شناسایی آسیب‌های وارده بر شبکه فاضلاب، ماتریس *SWOT* تکمیل شد و با استفاده از روش استخوان ماهی تحلیل شد. نتایج روش *SWOT* نشان داد که راهبردهای پیشنهادی می‌باید در وضعیت ضعف از منظر عوامل داخلی با امتیاز ۲/۲ و تهدید از منظر عوامل خارجی با امتیاز ۱/۷۴۵ به‌صورت راهبردهای تدافعی تعریف شود. از طرفی نتایج ریسک‌های بهره‌برداری از شبکه فاضلاب حاکی از بالا بودن اهمیت ریسک‌های فنی با میانگین امتیاز ۷/۸ بوده که بر این اساس راهبردهای تدافعی مبتنی بر شرایط ریسک تعریف شد. این راهبردها از برخورد ضعف‌های درونی با تهدیدهای بیرونی حاصل می‌شوند. برای به حداقل رساندن زیان‌های ناشی از تهدیدها، می‌توان به مهم‌ترین راهبردهای تدافعی پیشنهادی از جمله وجود برنامه جامع بهره‌برداری و نگهداری از شبکه فاضلاب، انجام به‌موقع تعمیرات و ضرورت به‌کارگیری روش‌های نوسازی و جایگزینی اشاره نمود.

## ۱- مقدمه

سیستم جامع فاضلاب شهری شامل شبکه جمع‌آوری، تصفیه‌خانه فاضلاب و آب‌های دریافت کننده فاضلاب می‌باشد. در این سیستم، شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب شهری وظیفه انتقال فاضلاب‌های خانگی از محل‌های تولید به تصفیه‌خانه را بر عهده دارند. با توجه به اینکه احداث شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب نیاز به صرف هزینه‌های کلان داشته و منابع مالی موجود نیز محدود می‌باشند، امکان ایجاد وقفه در چنین پروژه‌هایی به علت ناکافی بودن منابع مالی دور از انتظار نیست. یکی از مهم‌ترین مسائل حوزه مدیریت شهری نیز جمع‌آوری و انتقال فاضلاب به خارج از محدوده شهرها و روستاها است *(Khansefidi, R. & Abrishamchi, A., 2014)*. دفع مواد زائد یکی از حادترین مسائل موجود در جهان می‌باشد. مسئله دفع فاضلاب از محیط‌زیست انسان از زمانی

* نویسنده مسئول: رایانامه: *s.az.h.46@gmail.com*

به وجود آمد که مردم بـه زنـدگی اجتمـاعی روی آوردنـد. بـا پیدایش شهرها و گسترش شبکه‌های آب‌رسانی، انسـان بـرای پاک‌سازی و پاک نگهداری زندگی خویش بـه مسـئله بیـرون رانـدن فاضـلاب از محـیط زنـدگی خـود روی آورد و پـس از پیشرفت در ساخت شبکه‌های آب‌رسانی، ساختن شـبکه‌هـای دفع فاضلاب‌ها نیز مورد توجه قرار گرفـت *(Heiling, 2012)*. قدیمی‌ترین کانال‌های شبکه جمع‌آوری فاضلاب را می‌تـوان در آثار تمدن هندیان باستان مشـاهده نمـود. قـدمت آن بـه حدود ۷۰۰۰ سال پیش برمی‌گردند. جنس کانال‌های فوق از دیواره آجری و یا سفالی بود که نسبت به خورنـدگی مقـاوم بودند. بـا افـزایش جمعیـت شـهرها، میـزان تولیـد و تنـوع فاضلاب نیز به‌شدت افزایش یافت و این مسئله چـالش‌هـایی را در جوامع بشری به وجود آوردند *(Taherighazvini, P. & Jahanibehnamiri, A., 2020)*.

هر نوع حادثه‌ای که بروز آن محتمـل بـوده و منجـر بـه خسارات جانی یا مالی و آسیب به زیرساخت‌های حیاتی یک کشور شود، تهدید یا بحران نامیـده مـی‌شـود. تهدیـد، یـک رخداد با احتمال وقوع پایین و پیامدهای منفی بالا است که ممکن است احتمال رخداد آن قابل محاسبه نباشد. ریسـک یـک تهدیـد، احتمـال وقـوع خسـارت یـا آسـیب اسـت. در شرایطی که وقوع پدیده‌هـای مطلـوب و نـامطلوب محتمـل است، ریسـک، احتمـال وقـوع یـک پدیـده نـامطلوب اسـت *(Asgarian, 2013)*.

عسگریان و همکاران طـی پژوهشـی کـه بـرای ارزیـابی ریسک شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب با رویکرد تصمیم‌گیری فازی بـرای ارزیـابی عملکـرد شـبکه در شـرایط بحرانـی در محدوده تحت پوشش تصفیه‌خانـه فاضـلاب شـهرک قـدس تهـران انجـام دادنـد، بحـران ورود آلاینـده‌هـای شـیمیایی به‌صورت مغرضانه و تغییـرات شـدید در کیفیـت فاضـلاب را بـه‌عنـوان پرمخـاطره‌تـرین بحـران‌هـا شناسـایی کردنـد *(Asgarian, 2013)*.

اکبرزاده بنگر و محمودی طی پژوهشی به اولویت‌بنـدی خطرات بروز حوادث پروژه ساخت فاضلاب شهری تهـران بـا اسـتفاده از روش *TOPSIS* (*Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*) پرداختند که خطر آسیب به تجهیزات زیرزمینـی در اولویـت نخسـت قـرار گرفـت *(Akbarzadeh Bengar, H. & Mahmoudi, B., 2017)*.

مراقی و منیر عباسی طی پژوهشی به شناسایی و تحلیل کیفی ریسک‌های پروژه شبکه فاضلاب شهر تهـران بـا روش *ANP* (*Analytic Network Process*) و مقایسـه آن بـا روش *FUZZY VIKOR* پرداختنـد کـه در هـر دو روش، ریسک تأخیر در پرداخت صورت‌وضعیت‌ها در اولویت نخست قرار گرفت *(Maraghi, F. & Monir Abbasi, A., 2021)*.

هـدف از پـژوهش رودبـاری و همکـاران تحلیـل آسیب‌پذیری شبکه آب‌رسـانی بـا اسـتفاده از تئـوری گـراف می‌باشد که نتایج حاصـله از پـژوهش آنـان، داشـتن ارتبـاط مسـتقیم مرکزیـت و درجـه گـره بـا آسـیب‌پـذیری شـبکه آب‌رسانی و نیز ارتباط معکوس ضریب خوشه‌بندی با میـزان آسیب‌پذیری در شبکه آب‌رسانی می‌باشد *(Roudbari, 2019)*.

دیموتیر و همکاران، میزان ریسک در تولید آب بهداشتی در تصـفیه‌خانـه‌هـا را بـا توجـه بـه خصوصـیات آب ورودی، مشخصات سیستم و حالات مختلف شکست آن مورد ارزیابی قرار دادند *(Demotier, 2003)*.

جنیدی و همکاران طی پژوهشی به بررسی تهدیـدات و میزان آسیب‌پذیری خطوط انتقال انرژی بـا رویکـرد پدافنـد غیرعامـل پرداختنـد کـه نتـایج پـژوهش آنـان وزن‌دهـی و اولویت‌بندی به شاخص‌های تحلیل تهدیـدات شـامل شـدت اثرگـذاری، احتمـال موفقیـت و احتمـال وقـوع و همچنـین شاخص‌های آسیب‌پذیری شامل آسـیب‌هـای ثانویـه، ضـعف جزء، بازسازی، دسترسی، شناسایی و اثرات هم‌افـزا بـا روش تحلیل سلسله‌مراتبی می‌باشد *(Jonaidi, 2019)*.

با توجه به مرور نتـایج پـژوهش‌هـای گذشـته، بـه نظـر می‌رسد پژوهش‌های مشخصی در مورد شناسایی ریسک‌های بهره‌برداری از شبکه‌های فاضلاب شهری انجام نشـده اسـت. محور اصلی در این پژوهش استفاده از روش طوفـان فکـری، تئوری اسـتخوان مـاهی و مـاتریس آسـیب‌پـذیری *SWOT* (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats*) برای تحلیل ریسک بهره‌برداری از شبکه فاضـلاب اسـت. بـر این اساس با شناسایی جامعه آماری و ارائه جلسـات طوفـان فکری، نمودار استخوان ماهی با جمع‌بندی نظرات ترسـیم و در نهایت با تدوین موقعیت جایگاهی در مـاتریس خطـرات،

راهبردهای عملی جهت بهره‌برداری از شبکه فاضلاب تعریف می‌شود. نتایج این مطالعه می‌تواند برنامه مناسبی را در جهت برنامه‌ریزی و بهره‌برداری از شبکه فاضلاب در اختیار متولیان صنعت آب و فاضلاب کشور قرار دهد.

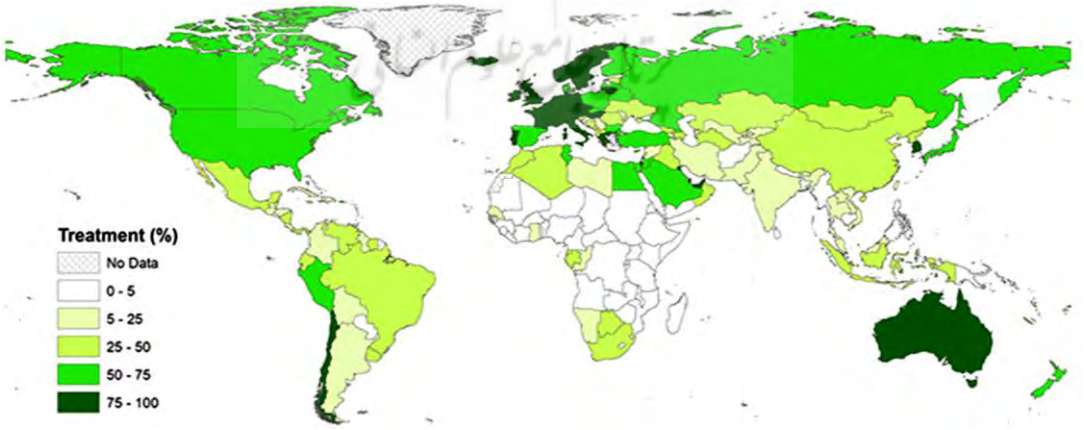
## ۲- مبانی نظری

### ۲-۱- شبکه جمع‌آوری فاضلاب و پراکندگی آن

اسناد مکتوب باستان‌شناسی نشان می‌دهد صنعت جمع‌آوری شبکه فاضلاب قدمت دیرینه هم در داخل ایران و هم در خارج از کشور دارد. در خرابه‌های شهر بابل و نینوا نیز در جزیره کرت کشور یونان آثاری از مجراهای فاضلاب و آبریزگاه‌های همگانی دیده شده است. در شهرهای یونان و روم باستان، آثار فاضلاب‌روهایی به قطر ۲ تا ۳ متر نیز مشاهده شده که ساخت آنها را به ۲۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح نسبت می‌دهند. در اورشلیم آثار کانال‌های هدایت فاضلاب به بیرون شهر و جمع‌آوری آن در دریاچه‌های فاضلاب و حتی استفاده از فاضلاب به‌عنوان کود در کشاورزی دیده شده که تاریخ آن به حدود ۳۰۰۰ سال پیش می‌رسد. در شهر بمبئی کشور هندوستان باقیمانده گنداب‌روهایی مشاهده شده که قدمت آنها به حدود ۱۹۰۰ سال پیش برمی‌گردد. در ایران در شهر سوخته زابل آثار شبکه جمع‌آوری فاضلاب با لوله‌های سفالی کشف شد که باستان‌شناسان سابقه آن را ۳۰۰۰ سال قبل از میلاد می‌دانند (*Taherighazvini, P. & Jahanibehnamiri, A., 2020*)

امروزه در اکثر کشورهای در حال توسعه دنیا، به فاضلاب به‌عنوان یک ماده زائد نمی‌نگرند و علی‌رغم تمام چالش‌های آن، با مدیریت ریسک از آن استفاده بهینه می‌کنند. همان‌طور که در شکل (۱) مشاهده می‌شود نرخ توسعه شبکه فاضلاب بین کشورهای مختلف با درآمد بالا (۷۴ درصد)، درآمد متوسط به بالا (۴۳ درصد)، درآمد متوسط به پائین (۲۶ درصد) و درآمد پائین (۳/۴ درصد) متفاوت است. شرکت‌های آب و فاضلاب شهری به تناسب‌های مختلف، از سال‌ها پیش اقدام به طراحی، اجرا و بهره‌برداری از شبکه فاضلاب شهر با هدف حفظ محیط‌زیست، کاهش مشکلات بهداشتی ناشی از دفع فاضلاب خام در سطح معابر، کنترل و جلوگیری از نفوذ و آلودگی ناشی از دفع فاضلاب خام به سفره‌های آب زیرزمینی و استفاده مجدد از پساب خروجی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب نموده‌اند (*Lahijanian, A. & Mohammadi, Z., 2014*)؛ به‌طوری‌که نباید تنها به ابعاد اقتصادی این پروژه‌ها نگاه شود.

خلأ ناشی از کافی نبودن میزان مشارکت شهروندان در اجرای طرح‌های فاضلاب، از جمله مشکلات پیشروی این طرح‌ها است. مشکلاتی که شرکت‌های آب و فاضلاب و پیمانکاران اجرای شبکه فاضلاب با آن روبه‌رو هستند عدم خرید انشعاب فاضلاب از سوی برخی مشترکین، تخلیه فاضلاب در چاه جذبی و حمل آن به بیرون شهر، تخلیه زباله




**شکل ۱- پراکندگی توسعه شبکه فاضلاب بر اساس درآمد سرانه کشورها.**

**منبع: (United Nations University Institute for Water, Environment and Health, 2019).**

و نخالـه‌هـای سـاختمانی در منهـول‌هـا، هـدایت آب بـاران پشت‌بـام‌هـا بـه شـبکه فاضـلاب، سـرقت درب‌هـای چـدنی منهول‌هـا، ایجـاد ترافیـک در محـل اجـرا و احـداث شـبکه فاضلاب، پس‌زدگی فاضلاب ناشی از گرفتگی فاضلاب‌روها به علت ورود اجسام و مواد و تخلیه غیرمجاز فاضلاب به شـبکه توسـط تانکرهـای سـیار مـی‌باشـد (*Babakhani & Ahmadimotlagh, 2008*). وجود این قبیل مشکلات علاوه بر خروج از استانداردهای کیفی پساب، باعث بروز مشـکلاتی از جمله کوتاه شدن عمر مفید شبکه، بالا رفتن هزینـه‌هـای بهره‌برداری از شبکه و عدم تعادل هیـدرولیکی و بیولـوژیکی در تصفیه‌خانـه‌هـای شـهر بـوده اسـت (*Niknam, 2008*)؛ بنابراین مردم نه‌تنها در طراحی و اجرا، بلکـه در نگهـداری و مشارکت در اتصال فاضلاب خانگی به شـبکه شـهری نقـش دارند. طرح‌های فاضلاب برای رسیدن به اهداف خاص ماننـد حفظ بهداشت محیط و محیط‌زیست، جلـوگیری از آلـودگی منابع آبی، توسعه بهداشت عمومی و استفاده مجدد از پساب در کشـاورزی و صـنعت طراحـی و بـه اجـرا درمـی‌آینـد، درحالی‌که بر اساس بررسی‌های انجام شده، به دلیـل ضـعف در طراحی، اجرا و بهره‌برداری از این طرح‌هـا، اهـداف مـورد نظر در بسیاری از موارد محقق نشده و یا نسبت موفقیت این طرح‌ها پایین می‌باشد. از طرفی حجم بالای سـرمایه‌گـذاری در اجرای طرح‌های فاضلاب و هزینه‌هـای فـراوان نگهـداری و بهره‌برداری از تأسیسـات فاضـلاب در کنـار عمـر محـدود این تأسیسات بـه دلیـل ماهیـت فاضـلاب، توجـه بـه ابعـاد گوناگون طـرح‌هـای فاضـلاب در مراحـل مختلـف مطالعـه، اجـرا و بهـره‌بـرداری را امـری ضـروری سـاخته اسـت (*Lahijanian, A. & Mohammadi, Z., 2014*). علاوه بر سطح نازل پروژه‌های جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب از آنجا که کیفیت طراحی، اجرا، بهره‌برداری و مدیریت حاکم بر بخـش فاضلاب در مجموعه بخـش‌هـای دولتـی و خصوصـی، عـدم مشارکت عمومی از طرح‌های فاضـلاب یکـی از مـوارد مهـم می‌باشد، تحقق اهداف مورد نظر از اجرای این طرح‌هـا را بـا چالش مواجه ساخته است (*Riahi Khorram, 2002*). عدم مشارکت عمـومی از اجـرای طـرح‌هـای فاضـلاب بـه دلیـل مشکلات مدیریتی، هزینه‌هـای اجتمـاعی، اقتصـادی و عـدم اطلاع‌رسانی از موارد مهمی هسـتند کـه شـرکت‌هـای آب و فاضلاب با آن روبه‌رو هستند. به نظر مـی‌رسـد بایـد حرکـت اصلاحی در سیاست‌گذاری، بازنگری در شیوه‌های موجود در بخش فاضلاب شامل توجیهات فنی طرح‌ها از بعد اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی، همچنین اجرای روش‌های افزایش مشارکت شهروندان به‌عنـوان یـک عامـل مهـم اجتمـاعی و استفاده‌کننـده خـدمات تـأمین آب شـرب و آب مـورد نیـاز صنعت و دفع بهداشتی فاضلاب به‌وسیله شـرکت‌هـای آب و فاضلاب و رسانه‌های گروهی، ضمن آشنایی شهروندان با این تأسیسات و آگاهی از مزایای اجـرای طـرح‌هـای فاضـلاب و کاهش پیامدهای محیط‌زیستی می‌تواند نقـش مهمـی را در اجـرای طـرح‌هـای عمرانـی آب و فاضـلاب داشـته باشـند (*Babakhani & Ahmadimotlagh, 2008*).

## ۲-۲- تئوری استخوان ماهی

تصـمیم‌گیـری و تفکـر گروهـی ابـزار مناسـبی بـرای کـاهش خطاهای احتمالی در تصمیم‌گیری و ارتقای کارایی سازمان‌ها، استفاده از ابزارهای تصمیم‌گیری علمی ماننـد طوفـان فکـری (*Brian Storming*)، نمودار اسـتخوان مـاهی (*Fishbone*) و روش‌های *AHP* (*Analytical Hierarchy Process*) است. بررسی‌ها (*Askarian, 2022*) حاکی از آن است که در ادبیات تخصصی، روش‌ها و تکنیک‌های زیادی در مـدیریت ظهـور و بروز خطرات وجود دارد که یکـی از آنهـا تکنیـک اسـتخوان ماهی است. جهت تجزیه‌وتحلیل علـل بـروز خطـر و ریسـک آن و پـرداختن بـه جزئیـات و ردیـابی آنهـا در موضـوعات متفاوت از روش استخوان ماهی استفاده می‌شـود. از طرفـی (*Moeng, M.S. & Luvhengo, T.E., 2022*) بیان می‌کنـد در مسائل پیچیده و مستعد بروز حوادث به‌منظور پیشـگیری از مدل استخوان ماهی برای تعیـین عوامـل اصـلی اسـتفاده شـده اسـت. همچنـین (*Yazdani, A.A., & Tavakkoli-Moghaddam, R., 2012*) بـه‌عنـوان رویکـردی مناسـب در تصمیم‌گیری‌های گروهی استفاده از نمودار استخوان ماهی یـا (علـت و معلـول) روابـط علـت و معلـولی بـین پدیـده‌هـای مشکل‌ساز را آشکار می‌نماید و در نهایت با اسـتفاده از تحلیـل فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و تعیین اولویت برای راه‌حـل‌هـای ممکن، تصمیمی کارآمد گرفته و انجام می‌شود.

در این روش، مشـکل بـر روی اسـتخوان اصـلی و علـل

مشکل به‌ترتیب در چهار شاخه اصلی آن نشان داده شده است. اعضای تیم رویکرد خود را برای رفع مشکل ارائه می‌دهند و اولویت اول با مهم‌ترین آنهاست. تئوری استخوان ماهی و نمودار شماتیک آن اولین نمودار علت و معلولی است که توسط پروفسور کائورو ایشیکاوا از دانشگاه توکیو ابداع شد. از جمله کاربردهای این روش به موارد زیر می‌توان اشاره کرد:

- زمانی که علل بروز مشکل واضح نیست این نمودار ابزار مفیدی برای شناسایی علل بالقوه است.
- ابزاری است که با استفاده از آن به‌راحتی می‌توان ارتباط بین عوامل مورد مطالعه در یک فرایند را مشاهده کرد.
- این تکنیک در تسهیل جلسات طوفان فکری، بسیار کاربردی است.

به‌طورکلی مزایای این روش به‌طور خلاصه به شرح ذیل قابل بیان است:

- کمک به درک سریع و هوشمندانه‌تر مسئله؛
- از تکنیک‌های حل مسئله به روش خلاقانه؛
- فراهم نمودن امکان شناسایی اولویت‌بندی منطقی در حل مسئله؛
- بررسی تمامی اجزای مسئله پیش از تصمیم‌گیری؛
- حل مسئله به روش کل‌نگر؛
- درصورتی‌که تیغ‌های ماهی را به‌دقت جدا نکنیم، ممکن است در مرتبه نخست مشکل‌ساز نشود، اما در مراتب بعدی به‌یقین دچار چالش خواهیم شد.

## ۲-۳- ماتریس *SWOT*

چارچوب آسیب‌شناسی شبکه جمع‌آوری فاضلاب بر اساس ماتریس *SWOT* مخفف چهار کلمه انگلیسی با معادل فارسی قوت، ضعف، فرصت و تهدید است. رویکردها و تکنیک‌های بسیاری را می‌توان برای تحلیل محیط‌های درونی و بیرونی سازمان و موارد استراتژیک و در نتیجه تدوین استراتژی به کار برد. از رایج‌ترین روش‌های ترسیم وضع موجود سازمان‌ها که لازمه هرگونه برنامه‌ریزی برای آینده است استفاده از روش تحلیل *SWOT* یا به تعبیر پیشنهاد کننده اصلی آن روش جدول *SWOT*، برای تعیین و تحلیل قوت‌ها، ضعف‌ها، تهدیدها و فرصت‌های سازمان است. همچنین *(Nadimi, 2001)* بیان می‌کند که برنامه راهبردی در واقع جبران ضعف‌های درونی و مقابله با تهدیدهای بیرونی را از طریق به‌کارگیری قوت‌های درونی و فرصت‌های بیرونی هدف قرار می‌دهد. نتایج پژوهشی که توسط *(Kotler, 1988)* صورت پذیرفت، نشان داد که این جدول یک ابزار حمایت مدیریت برای تصمیم‌گیری است و عموماً برای تحلیل نظام‌مند محیط‌های درونی- بیرونی سازمان به‌منظور رسیدن به رویکردی نظام‌مند و نیز حمایت از موقعیت‌های تصمیم به کار برده می‌شود، و نیز *(Nadimi, 2001)* دلیل انتخاب این مدل را سادگی و انعطاف‌پذیری آن در پاسخگویی به مقیاس‌های مختلف از تصمیم‌گیری‌های فردی تا مثال راهبرد توسعه صنعتی یک کشور بیان می‌کند. شاید همین ویژگی توجیه کننده، گستردگی کاربرد و فراگیر شدن آن باشد. کارایی این مدل توسط وایریش برای تحلیل وضعیت و برنامه‌ریزی راهبردی در مقیاس‌های گوناگونی از مقیاس یک شرکت تولیدی تا مقیاس یک کشور با توفیق به آزمون گذاشته شد. *(Johnson, 1989)* در مطالعه‌ای *SWOT* را به‌عنوان ابزاری که در مراحل اولیه تصمیم‌گیری‌ها استفاده می‌شود معرفی کردند و *(Ali Ahmadi A., 2007)* روش تجزیه‌وتحلیل *SWOT* را مدل تحلیلی مختصر و مفیدی تعریف کرد که به شکل نظام‌یافته هر یک از عوامل قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها را شناسایی کرده و استراتژی‌های متناسب به موقعیت کنونی حرفه مورد بررسی را منعکس می‌سازد. این مدل مبتنی بر رویکرد خط‌مشی هاروارد طراحی گردیده است. نتایج مطالعات *(Srivastava, 2005)* حاکی از آن است که قلمرو جدول *SWOT*، وسیع و گسترده است و در واقع یک چارچوب مفهومی برای تحلیل‌های سیستمی محسوب می‌شود که امکان بررسی عوامل، مقایسه‌ها، تنگناها و تهدیدها، جنبه‌های آسیب‌زننده، فرصت‌ها، تقاضاها و موقعیت‌های محیط بیرونی را همراه با نقاط قوت و ضعف راهبرد به وجود می‌آورد. در این تکنیک امکانات و کمبودها، مسائل و مشکلات کمی و کیفی در سطوح خرد و کلان در یک چارچوب مفهومی، ابتدا در محیط درونی و بیرونی بررسی و سپس به گزاره‌هایی تحت عناوین قوت و ضعف، فرصت و تهدید طبقه‌بندی می‌شوند. نقاط ضعف و قوت

عوامل داخلی هستند که شهر تا حدی بر آنها کنترل و یا تأثیر دارد در مقابل فرصت‌ها و تهدیدها مسائل خارجی هستند که شهر بر آنها کنترلی ندارد. تکنیک *SWOT* به متخصصین این امکان را می‌دهد تا عوامل را به عوامل درونی (قوت‌ها و ضعف‌ها) و عوامل بیرونی (تهدیدها و فرصت‌ها) در رابطه با یک تصمیم مشخص طبقه‌بندی کنند و آنها را به مقایسه فرصت‌ها و تهدیدها با قوت‌ها و ضعف‌ها قادر می‌سازد. پژوهشگر پس از تکمیل داده‌های جدول *SWOT*، در مرحله بعدی یعنی تدوین راهبردها، ابتدا از حاصل تعامل دوبه‌دو میان عوامل چهارگانه قوت، ضعف، فرصت و تهدید در دو ضلع جدول *SWOT*، چهار دسته راهبرد را پیشنهاد می‌دهد. جدول (۱) ماتریس *SWOT* را نمایش می‌دهد.

**جدول ۱- ماتریس SWOT و استراتژی آن.**

| عوامل راهبردی | | محیط داخلی | |
|---|---|---|---|
| | | قوت S | ضعف W |
| محیط خارجی | فرصت O | SO راهبردهای تهاجمی | **WO راهبردهای محافظه‌کارانه** |
| | تهدید T | ST راهبردهای رقابتی | **WT راهبردهای تدافعی** |

گلکار و صفا (۲۰۰۱) راهبردها را این‌چنین تعریف می‌کند:

**راهبردهای تهاجمی (*SO*)**: این راهبردها از برخورد قوت‌های درونی با فرصت‌های بیرونی حاصل می‌شوند و سعی بر استفاده حداکثری از فرصت‌های محیطی با به‌کارگیری نقاط قوت دارند.

**راهبردهای محافظه‌کارانه (*WO*)**: این راهبردها از برخورد ضعف‌های درونی با فرصت‌های بیرونی حاصل می‌شوند و در راستای استفاده از مزیت‌های بالقوه‌ای که در فرصت‌های محیطی نهفته است برای جبران نقاط ضعف موجود تدوین می‌شود.

**راهبردهای رقابتی (*ST*)**: این راهبردها از برخورد قوت‌های درونی با تهدیدهای بیرونی حاصل می‌شوند و سعی بر استفاده از نقاط قوت برای ممانعت از مواجه شدن با تهدیدها را دارد.

**راهبردهای تدافعی (*WT*)**: این راهبردها از برخورد ضعف‌های درونی با تهدیدهای بیرونی حاصل می‌شوند و برای به حداقل رساندن زیان‌های ناشی از تهدیدها و نقاط ضعف است.

علی احمدی (۲۰۰۷) چنین بیان می‌کند که به‌طورکلی مدل *SWOT* در حالت معمولی متشکل از یک جدول دو بعدی است که هر یک از چهار نواحی آن نشانگر یک دسته استراتژی است. نتایج پژوهش *(Golkar, K., & Safa, M., 2001)* حاکی از آن است که هرکدام از راهبردهای چهارگانه فوق به‌صورت کنشگر یا واکنشی در جهت رشد سیستم گام برمی‌دارند. به‌عنوان‌مثال در راهبردهای *WO* اگر از یک فرصت برای نابودی یک ضعف استفاده شود، راهبرد انطباقی کنشگر و درصورتی‌که از ضعف خود برای بهره‌وری بیشتر از فرصت‌ها کاسته شود، راهبرد انطباقی واکنشی اتخاذ شده است. هرچند این روش برای تدوین راهبرد مؤسسات خصوصی برای بقا و رشد در محیط رقابتی تدوین شده است. *(Ali Ahmadi A. , 2007)* در این مورد اشاره می‌کند که تجزیه‌وتحلیل فوق تنها موقعیت استراتژیک را در یک مقطع زمانی مشخص روشن می‌سازد. لذا به‌منظور دنبال کردن روند زمانی، با توجه به این موضوع که شرایط محیطی (داخلی و خارجی) پویا بوده و دائماً در حال تغییر و دگرگونی می‌باشد، لازم است روند تحولات مورد بررسی قرار گرفته و در مقاطع مختلف زمانی، استراتژی‌ها را استخراج نمود. دنبال نمودن این روند کمک می‌کند تا بتوان حالت‌های مختلفی را که در آینده ممکن است رخ دهند را بررسی و پیش‌بینی نمود.

## ۳- روش‌شناسی پژوهش

### ۳-۱- روش تحقیق

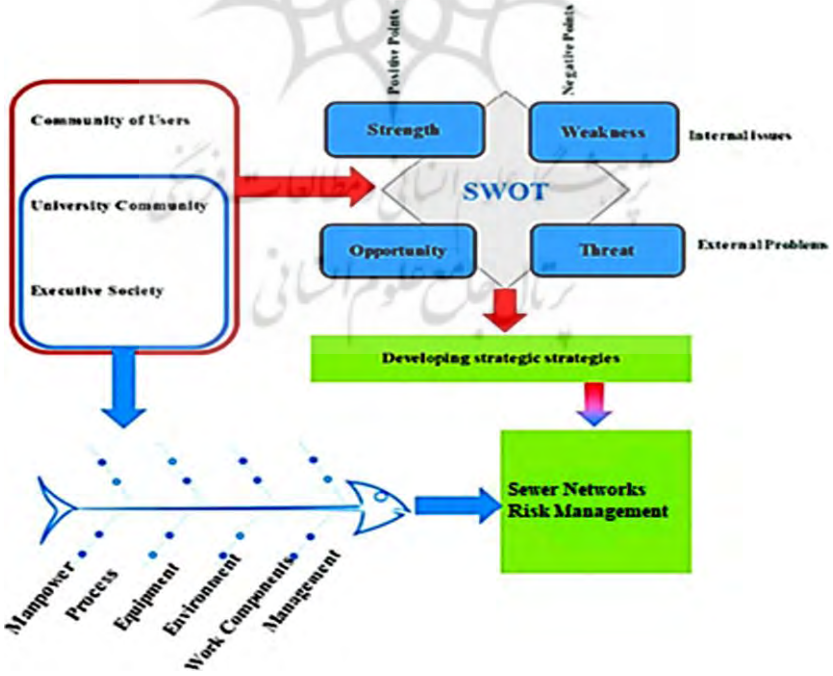
به‌منظور شناسایی و بررسی ابعاد و جنبه‌های متفاوت مسئله شبکه جمع‌آوری فاضلاب با رویکرد بهره‌برداری پایدار می‌توان از رویکرد آسیب‌شناسی استفاده کرد. پژوهش حاضر از نوع توصیفی- تحلیلی است که داده‌های توصیفی از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و منابع اسنادی به دست آمده است، همچنین به‌منظور دست‌یابی به نتایج مناسب از دیدگاه‌های

مختلف، نسبت به برگزاری جلسات متعدد طوفان فکری با حضور خبرگان اقدام گردید. بر اساس نتایج به دست آمده، از ماتریس *SWOT* استفاده شد تا ارزیابی از نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدیدهای موجود در بهره‌برداری طبقه‌بندی گردد. سپس به‌منظور اولویت‌بندی ریسک‌های مرتبط با شبکه جمع‌آوری فاضلاب شهری، پرسشنامه‌ای مبتنی بر مصاحبه‌های انجام گرفته تنظیم و در اختیار عده بیشتری از متخصصین این حوزه قرار گرفت. در نهایت نتایج به دست آمده با استفاده از روش تئوری استخوان ماهی ارائه شد. شکل (۲) فلوچارت مراحل پژوهش نمایش داده شده است.

### ۳-۲- انتخاب جامعه آماری

*Moorhead, G., & Griffin, R., (2008)* طوفان فکری را یکی از تکنیک‌های تعیین رویکردهای مناسب بر اساس تفکر گروهی تعریف می‌کند که به‌تدریج در دهه ۱۹۵۰ مورد استفاده قرار گرفت. این روش هر نظریه‌ای را تأیید می‌کند، حتی اگر مخاطره‌آمیز باشد. کیفیت ایده‌ها در مراحل بعدی ارزیابی می‌شود و هیچ انتقادی جایز نیست. اعضا حاضر می‌شوند و نظرات خود را بیان می‌کنند. نظرات در مورد برخی به اعضا نشان داده می‌شود. *(Ali Ahmadi A., 2007)* طوفان فکری را به‌عنوان روشی معرفی می‌کند که اعضا را وادار به ارائه نظرات خود در مدت‌زمان کوتاه می‌کند و بر موانع بین واحدها و سلسله‌مراتب سازمان مسلط می‌شود. تعداد اعضای جامعه آماری پژوهش حاضر ۸۰ نفر می‌باشد که با توجه به محدودیت‌ها و کمبود زمان، تعداد اعضای نمونه جامعه آماری بر اساس جدول مورگان برابر با ۶۶ نفر می‌باشد. از آنجا که همکاری و هماهنگی‌های سازمان‌ها جهت بررسی وضعیت شبکه جمع‌آوری فاضلاب شهرها در سطح کشور ضروری است، جهت تکمیل پرسشنامه‌ها، ذی‌نفعان، ذی‌مدخلان و بهره‌برداران شبکه جمع‌آوری فاضلاب شناسایی شده و پرسشنامه‌ها توسط ایشان تکمیل گردید.

- وزارت نیرو شامل شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
- سازمان نظام‌مهندسی و ساختمان استان تهران
- تشکل‌ها و سازمان‌های مردم‌نهاد در حوزه حفاظت از آب و محیط‌زیست
- متخصصین مرتبط با آب و کشاورزی
- سازمان حفاظت محیط‌زیست کشور




**شکل ۲- فلوچارت مراحل پژوهش (منبع: نگارندگان).**

### ۳-۳- روایی و پایایی پرسشنامه

با توجه به پرسشنامه ارائه شده بین اعضای نمونه جامعه آماری جهت اولویت‌بندی ریسک‌های شناسایی شده از روش طوفان فکری، روایی پرسشنامه با نظرات گروهی از کارشناسان صنعت آب و فاضلاب تأیید و پایایی نیز بر اساس روش آلفای کرونباخ توسط نرم‌افزار *SPSS* برابر با ۰/۸۵ به دست آمد و از آنجا که این عدد بزرگ‌تر از ۰/۷ است اعتبار و پایایی پرسشنامه مورد تأیید است.

## ۴- نتایج و بحث

### ۴-۱- تجزیه‌وتحلیل معرفی ریسک‌های مرتبط با شبکه جمع‌آوری فاضلاب

تجزیه‌وتحلیل و ارائه راهبرد بر اساس مدل *SWOT* انجام گرفت. این مدل، تحلیل سیستماتیکی را برای شناسایی عوامل و انتخاب استراتژی ارائه می‌دهد که بهترین تطابق میان آنها را ایجاد می‌نماید. این ماتریس حاصل بررسی استراتژیک عوامل داخلی (نقاط قوت و ضعف) و عوامل خارجی (فرصت و تهدید) می‌باشد. ضریب اهمیت (ستون سوم جدول) از تقسیم نمودن میزان اهمیت هر عامل بر مجموع کل نمرات نقاط ماتریس به دست آمده است. این ضریب بین صفر تا یک متغیر است. در ستون چهارم رتبه هر عامل بین یک تا چهار متغیر بوده که نمره یک مشخص کننده ضعف اساسی عامل مورد بحث، نمره دو مشخص کننده ضعف کم عامل مورد نظر، نمره سه مشخص کننده نقطه قوت عامل مورد بحث و نمره چهار نشان‌دهنده نقطه قوت بسیار بالای عامل مورد بحث است. نمره نهایی نیز حاصل جمع نمرات به دست آمده از ستون پنجم است. این عدد نمی‌تواند از چهار بیشتر و از یک کمتر باشد. در جدول (۲) تحلیل ماتریس عوامل داخلی و در جدول (۳) تحلیل ماتریس عوامل خارجی بیان شده است.

همان‌گونه که در جدول (۲) قابل مشاهده است نقاط قوت در پنج عامل اساسی قابل تقسیم است که از مهم‌ترین آنها می‌توان به تأثیرگذاری و تأثیرپذیری شبکه جمع‌آوری فاضلاب بر زندگی اجتماعی مردم، حفظ سلامت و بهداشت مردم، جلوگیری از آلودگی آب‌های زیرزمینی، حفظ محیط‌زیست و تعادل بخشی منابع آبی به‌وسیله بازچرخانی فاضلاب اشاره کرد. در بیان سه دسته از نقاط ضعف شبکه جمع‌آوری فاضلاب می‌توان به کاهش تغذیه آب‌های زیرزمینی، نفوذ بوی نامطلوب به داخل ساختمان‌ها در صورت عدم اجرای اصولی و هزینه‌های مستمر نگهداری در سیستم‌های غیر ثقلی اشاره نمود. همان‌گونه که مشخص است، نمره نهایی وضعیت بهره‌برداری از شبکه جمع‌آوری فاضلاب ۲/۲ محاسبه شده است و چون این مقدار کمتر از ۲/۵ است، وضعیت بهره‌برداری از شبکه جمع‌آوری فاضلاب بر محور عوامل داخلی در منطقه نقاط ضعف *(W)* قرار می‌گیرد.

همان‌گونه که در جدول (۳) می‌توان مشاهده نمود، فرصت‌های بهره‌برداری از شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب در چهار دسته اساسی قابل توجه است که از شاخص‌ترین آنها می‌توان به تولید انرژی از گازهای فاضلاب، فروش کود و پساب، تولید برق و اشتغال‌زایی اشاره کرد.

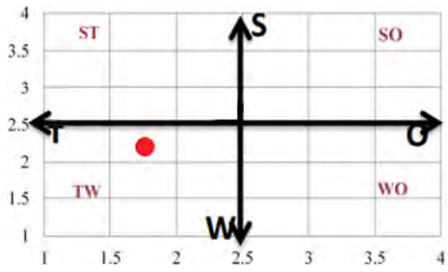
**جدول ۲- نقاط ضعف و قوت در بهره‌برداری از شبکه جمع‌آوری فاضلاب.**

| نوع شاخص | شاخص‌ها | ضریب اهمیت | رتبه شاخص | امتیاز نهایی |
|---|---|---|---|---|
| قوت‌ها | تأثیرگذاری شبکه جمع‌آوری فاضلاب بر زندگی اجتماعی مردم | ۰,۱۰۰ | ۲,۴ | **۰,۲۴** |
| | حفظ سلامت و بهداشت مردم | ۰,۰۹۱ | ۳,۲ | **۰,۲۹** |
| | جلوگیری از آلودگی آب‌های زیرزمینی | ۰,۰۹۰ | ۲,۹ | **۰,۲۶** |
| | حفظ محیط‌زیست | ۰,۰۹۲ | ۳,۶ | **۰,۳۳** |
| | تعادل بخشی منابع آبی به‌وسیله بازچرخانی فاضلاب | ۰,۰۹۰ | ۳,۱ | **۰,۲۸** |
| ضعف‌ها | کاهش تغذیه آب‌های زیرزمینی | ۰,۰۹۱ | ۳,۴ | **۰,۳۱** |
| | نفوذ بوی نامطلوب به داخل ساختمان‌ها در صورت عدم اجرای اصولی | ۰,۰۸۹ | ۲,۸ | **۰,۲۵** |
| | هزینه‌های مستمر نگهداری در سیستم‌های غیر ثقلی | ۰,۱۰۴ | ۲,۳ | **۰,۲۴** |
| امتیاز نهایی | | | | **۲,۲** |

جدول ۳- فرصت‌ها و تهدیدها در بهره‌برداری از شبکه جمع‌آوری فاضلاب

| نوع شاخص | شاخص‌ها | ضریب اهمیت | رتبه شاخص | امتیاز نهایی |
|---|---|---|---|---|
| فرصت‌ها | تولید انرژی از گازهای فاضلاب | ۰,۰۶۶ | ۳,۱ | **۰,۲۰۵** |
| | فروش کود و پساب | ۰,۰۶۶ | ۳,۴ | **۰,۲۲۵** |
| | تولید برق | ۰,۰۶۴ | ۲,۹ | **۰,۱۸۷** |
| | اشتغال‌زایی | ۰,۰۶۶ | ۳,۴ | **۰,۲۲۵** |
| تهدیدها | اتصال آب باران بام‌ها و فضاهای ساختمان‌ها به فاضلاب‌روها به‌صورت غیر مجاز | ۰,۰۶۶ | ۳,۷ | **۰,۲۴۶** |
| | فرونشست زمین به علت کاهش سطح آب‌های زیرزمینی | ۰,۰۶۵ | ۳,۳ | **۰,۲۱۶** |
| | تخلیه نخاله‌های ساختمانی به داخل فاضلاب‌روها | ۰,۰۶۶ | ۳,۴ | **۰,۲۲۶** |
| | نفوذ ریشه درختان و گیاهان به داخل فاضلاب‌روها از محل اتصالات و ترک‌ها | ۰,۰۶۵ | ۳,۳ | **۰,۲۱۵** |
| امتیاز نهایی | | | | **۱,۷۴۵** |

همچنین تهدیداتی که مرتبط به شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب است در چهار دسته تقسیم‌بندی شد که شامل اتصال آب باران بام‌ها و فضاهای ساختمان‌ها به شبکه به‌صورت غیرمجاز، فرونشست زمین به علت کاهش سطح آب‌های زیرزمینی، تخلیه نخاله‌های ساختمانی به داخل شبکه فاضلاب و نفوذ ریشه درختان به داخل فاضلاب‌روها از محل اتصالات و ترک‌ها می‌باشند. با توجه به نتایج، در این ارزیابی نمره نهایی عوامل خارجی مؤثر بر نظام بهره‌برداری از شبکه جمع‌آوری فاضلاب ۱/۷۴۵ است و چون این مقدار کمتر از ۲/۵ است، وضعیت بهره‌برداری از شبکه جمع‌آوری فاضلاب بر محور عوامل خارجی در منطقه تهدید *(T)* قرار می‌گیرد. بر این اساس نتایج نهایی بررسی ماتریس عوامل داخلی و خارجی نشان می‌دهد که جایگاه نظام بهره‌برداری از شبکه جمع‌آوری فاضلاب بر روی ماتریس *SWOT*، در منطقه *TW* (منطقه ضعف و تهدید) قرار می‌گیرد (شکل ۳)؛ بنابراین با توجه به تئوری روش تحلیل *SWOT*، از بین راهبردهای تعریف شده در



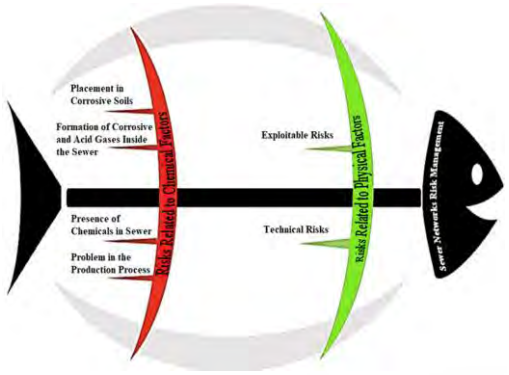

**شکل ۳- ماتریس نهایی تحلیل SWOT.**

این ماتریس، راهبرد تدافعی برای تغییر وضعیت فعلی نظام بهره‌برداری از شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب انتخاب می‌شود.

## ۴-۲- تحلیل ریسک با روش استخوان ماهی

به‌منظور تحلیل ریسک به روش استخوان ماهی در ابتدا همان‌گونه که در جدول (۴) قابل مشاهده است، پتانسیل‌های ایجاد کننده ریسک که با روش طوفان فکری و مطالعات کتابخانه‌ای و اسنادی شناسایی شده بود، در قالب پرسشنامه‌ای با طیف لیکرت (امتیاز بین صفر تا ۱۰) در اختیار ۶۶ نفر از خبرگان دانشگاهی و اجرایی قرار گرفت. سپس با توجه به نتایج حاصل از پرسشنامه‌ها رتبه‌بندی و اولویت هر یک از شاخص‌ها تعیین شده و در نهایت نمودار استخوان ماهی جهت تبیین ریسک‌های مرتبط با شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب همان‌گونه که در شکل (۳) قابل مشاهده است، ترسیم شد. همان‌گونه که در جدول (۴) قابل مشاهده است، ریسک‌های مرتبط با شبکه فاضلاب در سه دسته و ۱۹ زیر شاخص طبقه‌بندی شده و با توجه به نظر خبرگان با توزیع پرسشنامه بین ۶۶ نفر از متخصصین (جامعه دانشگاهی با تخصص مرتبط) و مجریان آگاه امتیازدهی و رتبه‌بندی بر اساس شاخص ۱۰ قرار گرفت. بر این اساس، عیوب و ریسک‌های فنی با رتبه نخست با میانگین اهمیت ۷/۸ شامل اتصالات معیوب بین قطعات لوله، شیب کارگذاری نامناسب، اتصال انشعابات یا لوله‌های فرعی به بدنه لوله به شکل غیر

استاندارد، بسترسازی نامناسب، وجود نقص در پوشش داخلی لوله، فروریزش و آسیب‌های وارده به سطح داخلی فاضلاب‌روها شامل زبری، قلوه‌کن شدن، خوردگی آرماتورها و غیره؛ ریسک‌های بهره‌برداری در رتبه دوم از جمله عدم شست‌وشوی به‌موقع فاضلاب‌روها، عدم انجام تعمیرات به‌موقع، ورود مستقیم آب‌های سطحی به داخل شبکه فاضلاب، نفوذ ریشه درختان و گیاهان به داخل فاضلاب‌روها از محل اتصالات و ترک‌ها، ورود آب زیرزمینی به داخل فاضلاب‌رو از طریق یک اتصال معیوب، تراوش تمام یا قسمتی از جریان فاضلاب از طریق یک اتصال معیوب، رسوبات موجود در فاضلاب‌روها و نفوذ خاک به داخل لوله از محل اتصالات معیوب با میانگین امتیاز ۷ و ریسک‌های شیمیایی/بیولوژیکی با رتبه سوم شامل تشکیل گازهای خورنده و اسیدی در داخل فاضلاب‌روها، وجود مواد شیمیایی در فاضلاب، وجود مشکل در فرآیند تولید لوله و قرارگیری در خاک‌های خورنده با میانگین امتیاز ۶/۸۵ طبقه‌بندی شدند. نکته دارای اهمیت این است که خطرات مرتبط با تمامی ریسک‌های شناسایی شده بیش از ۵۰ درصد و حدوداً بالغ بر ۷۰ درصد بوده و لذا توجه به آنها بسیار ضروری است. بر این اساس ریسک‌های شبکه فاضلاب در قالب منحنی استخوان ماهی به‌صورت شکل (۴) ارائه شد.




**شکل ۴- شماتیکی از بیان ریسک‌های مرتبط با شبکه فاضلاب با استفاده از نظریه استخوان ماهی.**

**جدول ۴- اولویت‌بندی پتانسیل‌های ایجاد کننده ریسک در شبکه‌های فاضلاب بر اساس نظرات خبرگان**

| شاخص | زیرشاخص | میانگین امتیاز | اولویت |
|---|---|---|---|
| ریسک‌های فنی | اتصالات معیوب بین قطعات لوله | ۹ | ۱ |
| | شیب کارگذاری نامناسب | ۸,۲ | |
| | اتصال انشعابات یا لوله‌های فرعی به بدنه لوله به شکل غیر استاندارد | ۸,۲ | |
| | بسترسازی نامناسب | ۸ | |
| | وجود نقص در پوشش داخلی لوله | ۷,۶ | |
| | فروریزش | ۶,۸ | |
| | آسیب‌های وارده به سطح داخلی فاضلاب‌روها شامل زبری، قلوه‌کن شدن، خوردگی آرماتورها و غیره | ۶,۴ | |
| ریسک‌های بهره‌برداری | عدم شست و شوی به‌موقع فاضلاب‌روها | ۷ | ۲ |
| | عدم انجام تعمیرات به‌موقع | ۸,۵ | |
| | ورود مستقیم آب‌های سطحی به داخل شبکه فاضلاب | ۵,۵ | |
| | نفوذ ریشه درختان و گیاهان به داخل فاضلاب‌روها از محل اتصالات و ترک‌ها | ۶,۸ | |
| | ورود آب زیرزمینی به داخل فاضلاب‌رو از طریق یک اتصال معیوب | ۶ | |
| | تراوش تمام یا قسمتی از جریان فاضلاب از طریق یک اتصال معیوب | ۸,۳ | |
| | رسوبات موجود در فاضلاب‌روها | ۷,۵ | |
| | نفوذ خاک به داخل لوله از محل اتصالات معیوب | ۶,۴ | |
| ریسک‌های شیمیایی/ بیولوژیکی | تشکیل گازهای خورنده و اسیدی در داخل فاضلاب‌روها | ۷ | ۳ |
| | وجود مواد شیمیایی در فاضلاب | ۶,۸ | |
| | وجود مشکل در فرآیند تولید لوله | ۷,۲ | |
| | قرارگیری در خاک‌های خورنده | ۶,۴ | |

### ۴-۳- تدوین راهبردهای کاهش ریسک بهره‌برداری از شبکه فاضلاب

با توجه به نتایج حاصل از تحلیل *SWOT* و انتخاب راهبردهای تدافعی، این راهبردها از برخورد ضعف‌های درونی با تهدیدهای بیرونی حاصل می‌شوند و برای به حداقل رساندن زیان‌های ناشی از تهدیدها و نقاط ضعف است. حال‌آنکه همان‌گونه که اشاره شد از مهم‌ترین نقاط ضعف می‌توان به کاهش تغذیه آب‌های زیرزمینی، نفوذ بوی نامطلوب به داخل ساختمان‌ها در صورت عدم اجرای اصولی و هزینه‌های مستمر نگهداری در سیستم‌های غیر ثقلی اشاره کرد و از جمله تهدیدات مرتبط به شبکه فاضلاب می‌توان به اتصال آب باران بام‌ها و فضاهای ساختمان‌ها به شبکه به‌صورت غیرمجاز، فرونشست زمین به علت کاهش سطح آب‌های زیرزمینی، تخلیه نخاله‌های ساختمانی به داخل شبکه فاضلاب و نفوذ ریشه درختان به داخل فاضلاب‌روها از محل اتصالات و ترک‌ها نام برد. لذا از مهم‌ترین راهبردهای تدافعی پیشنهادی می‌توان به وجود برنامه جامع بهره‌برداری و نگهداری از شبکه فاضلاب و انجام به‌موقع تعمیرات، ضرورت به‌کارگیری روش‌های نوسازی و جایگزینی اشاره نمود و در نهایت با ترکیب نتایج حاصل از روش استخوان ماهی، راهبردهای ذیل جهت کاهش ریسک‌های مرتبط با شبکه فاضلاب شناسایی و ارائه گردید.

- تهیه پلان خطوط شبکه فاضلاب شهری همراه با موقعیت آدم‌روها با استفاده از سامانه‌های *GIS* (*Geographic Information System*) به‌عنوان پایگاه اطلاعات توصیفی و مکانی دارای ارتباط منطقی.
- شست‌وشو و ویدئومتری تمام فاضلاب‌روها پیش از تحویل‌گیری کار از پیمانکار.
- برگزاری دوره‌های مداوم آموزشی و ارتقاء مهارت کارگران اجرایی.
- شناسایی آدم‌روهای معیوب در شبکه و برنامه‌ریزی برای بهسازی آنها به‌منظور کنترل نشتاب و آب‌های نفوذی به شبکه‌های فاضلاب.
- تعویض دریچه‌های سوراخ‌دار برای جلوگیری از ورود آب باران به داخل آدم‌روها.
- نظارت مستمر ناظران تأسیسات مکانیکی سازمان نظام‌مهندسی ساختمان به‌منظور جلوگیری از اتصال آب باران بام‌ها به شبکه فاضلاب شهری.

## ۵- نتیجه‌گیری

با بزرگ شدن شهرها و افزایش جمعیت آنها از یک‌سو و گسترش صنایع و کارخانه‌ها از سوی دیگر، مسئله آلودگی محیط‌زیست روزبه‌روز اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. با گسترش زندگی ماشینی و عدم توجه افراد به منافع همگان، هرروز انواع بیشتری از آلودگی محیط‌زیست، آدمیان و حیوانات را ناسالم‌تر و زندگی آنها را در معرض خطری جدی‌تر قرار می‌دهد. همچنان که اشاره شد وجود فاضلاب‌ها یکی از عوامل آلودگی محیط‌زیست است، بنابراین بایستی آنها را جمع‌آوری و از شهرها خارج کرد. نخست آنها را پالایش و تصفیه نمود و سپس به گردش آب در طبیعت برگردانید. سیستم‌های فاضلاب می‌تواند یک خطر بالقوه برای محیط‌زیست، کاربران سیستم و محیط اطراف آنها باشد. آنالیز این سیستم‌ها باید شامل ارزیابی قابلیت اطمینان عملکردی سیستم و همچنین ایمنی آنها باشد. خرابی‌های روزافزون، اغلب با پیامدهای فاجعه‌بار و شرایط خارجی بهره‌برداری چنین رویکردی را در ارزیابی و مدیریت این سیستم‌ها تحمیل می‌کند. این مطالعه به ارزیابی و شناسایی مشکلات و ریسک‌های بهره‌برداری از شبکه فاضلاب پرداخته است. بر این اساس با استفاده از روش *SWOT*، مجموعه‌ای از نقاط ضعف و قوت به‌عنوان عوامل داخلی بهره‌برداری و فرصت و تهدید به‌عنوان عوامل خارجی مورد تحلیل قرار گرفته است. در نهایت، نتایج ماتریس ارائه شده نشان داد که عوامل داخلی در وضعیت ضعف با امتیاز ۲/۴ قرار داشته و با توجه به امتیاز ۱/۷۴۵ برای عوامل خارجی، راهبردهای تدافعی می‌باید مدنظر قرار گیرد. از طرفی نیز ریسک‌های بهره‌برداری از فاضلاب با رویکرد استخوان ماهی تحلیل شد که نتایج نشان داد که ریسک‌های فنی به‌عنوان مهم‌ترین ریسک با میانگین امتیاز ۷/۸ و ریسک‌های شیمیایی/ بیولوژیکی با امتیاز ۶/۸۵ کم‌ترین میزان ریسک را شامل می‌شود. بر اساس نتایج دو روش *SWOT* و استخوان ماهی، راهبردهای تدافعی برای به حداقل رساندن زیان‌های ناشی از تهدیدها و نقاط ضعف ارائه شدند که از مهم‌ترین راهبردهای

تدافعی پیشنهادی می‌توان به وجود برنامه جامع بهره‌برداری و نگهداری از شبکه فاضلاب، انجام به‌موقع تعمیرات و ضرورت به‌کارگیری روش‌های نوسازی و جایگزینی اشاره نمود.

## ۶- قدردانی

از تمامی متخصصین و افرادی که در این پژوهش ما را یاری کردند، به‌ویژه آقای دکتر امیر برومند از شرکت آب و فاضلاب استان تهران صمیمانه سپاسگزاری می‌شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

## ۷- مراجع


[1] Akbarzadeh Bengar, H. & Mahmoudi, B. (2017). Prioritize the risks of the municipal sewage construction project. The 1st International Conference on Recent Progresses in Civil Engineering. Amol, Mazandaran, Iran: Shomal University (in Persian).

[2] Ali Ahmadi, A. (2007). A comprehensive review of strategic management (5th ed.). Tolid-e-Danesh (In Persian).

[3] Ali Ahmadi, A.F. (2018). A comprehensive approach to strategic management. Tehran: Knowledge Production (in Persian).

[4] Asgarian, M.T. (2013). Risk Assessment of Wastewater Collection Performance Using the Fuzzy Decision-making Approach. Water & Wastewater, 26(4), 74-87 (In Persian).

[5] Askarian, A.M. (2022). Evaluation of the Pause of Production and the Parameters affecting it in the Gas Refinery Using Fishbone and SCAT Combined Method. OHHP, 5(4), 319-334. Retrieved from http: ohhp.ssu.ac.ir.article-1-308-en.html (in Persian).

[6] Babakhani, M., & Ahmadimotlagh, A.A. (2008). Methods of Calculating Social Costs in the Implementation and Restoration of Urban Sewer Networks. The Second National Conference of Water and Sewer with the Exploitation Approach. Tehran: University of Water and Electrical Industry (Shahid Abbaspour) (in Persian).

[7] Demotier, S. S. (2003). A new approach to assess risk in water treatment using the belief function framework. IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, pp. 1792-1797.

[8] Golkar, K., & Safa, M. (2001). Adaptation of SWOT technique in urban design. 41, 44-65 (in Persian).

[9] Heiling, G. (2012). World Urbanization Prospects: The 2011 Revision. Department of Economic and Social Affairs (DESA), Population Division. New York: Population Estimates and Projections Section.

[10] Johnson, G.S. (1989). Exploring management strategic. Ontario: Prentice- Hall.

[11] Jonaidi, M.M. (2019). Investigating the Threats and Vulnerability of Energy Transmission Lines with a Passive Defense Approach. Journal of Resilient City, 1(4), 16-29 (In Persian).

[12] Khansefidi, R. & Abrishamchi, A. (2014). Introduction of Uses and Comparison of Conventional and Unconventional Sewer Collection Networks in Small Communities. Environmental Research Journal, 171-188 (In Persian).

[13] Kotler, P. (1988). Marketing Management: Analysis, Planning, Implementation, and Control (6th ed.). Prentice-Hall International Edition.

[14] Lahijanian, A. & Mohammadi, Z. (2014). Examining Training Methods in the Implementation and Operation of the Sewer Network. Human and Environment, 14(1), 71-83 (in Persian).

[15] Maraghi, F. & Monir Abbasi, A. (2021). Identification and Qualitative Risks Analysis of Project Tehran Sewerage Network by ANP Method and Comparison with FUZZY VIKOR Method. Journal of Water and Wastewater, 32(4), 34-46 (in Persian).

[16] Moeng, M.S., & Luvhengo, T.E. (2022). Analysis of Surgical Mortalities Using the Fishbone Model

for Quality Improvement in Surgical Disciplines. World J. Surg., 46, 1006-1014. doi:doi.org.10.1007.s00268-021-06414-8.

[17] Moorhead, G., & Griffin, R. (2008). Organizational behavior (13th ed.). (T.B. Memarzadeh, Trans.) Morvarid.

[18] Nadimi, H. (2001). Strategic planning of architecture schools, why and how? Safa Magazine, 41(12), 126-141.

[19] Niknam, A. (2008). Challenges of Sustainable Management of Wastewater in 21st Century. The THird Iran Water Resource Management Conference. Tabriz: Iranian Water Resources Science and Engineering Association, Tabriz University (in Persian).

[20] Riahi Khorram, M. (2002). New Steps in the Fundamental Investigations of Comrehensive Urban Sewer Plans (First ed.). Hamedan: Student Publishing (in Persian).

[21] Roudbari, S.N. (2019). Vulnerability Analysis of Water Supply Network by Graph Theory Method. Journal of Resilient City, 2(1), 105-123 (in Persian).

[22] Srivastava, P.K. (2005). Stakeholder- based SWOT analysis for successful municipal solid waste management in Lucknow. Waste Management, 25(5), 531-537 (in Persian).

[23] Taherighazvini, P. & Jahanibehnamiri, A. (2020). Water Reclamation and Reuse (First ed.). Tehran: Avaye Ghalam (in Persian).

[24] Tchobanoglous, G., Stensel, D., Tsuchihashi, R., Burton, F., Abuorf, M., & Bowden, G.A. (2014). Wastewater Engineering (Fifth ed.). (T. Mousavian, Trans.) Atran.

[25] Tehran Province Water and Wastewater Company (2019). Technical Report of Wastewater Company. Tehran: Energy Ministry (in Persian).

[26] United Nations University Institute for Water, E.A. (2019). Wastewater production, collection, treatment, and reuse status by countries and economies. Retrieved from https://inweh.unu.edu/: https://inweh.unu.edu/wastewater-treatment-status-by-countries-and-economies.

[27] Yazdani, A.A., & Tavakkoli-Moghaddam, R. (2012). Integration of the fish bone diagram, brainstorming, and AHP method for problem solving and decision making-a case study. Int J Adv Manuf Technol, 63, 651-657. doi: doi.org.10.1007.s00170-012-3916-7 (in Persian).

نشریه علمی شهر ایمن
JOURNAL OF RESILIENT CITY
(JRC)

# Evaluation of the Pathology of the Operation of the Sewer Collection Network with the Fishbone Theory Approach

**Omid Abbasi[1], Seyed Azim Hosseini[2], Hadi Aqebat Bekheir[3]**

1. Ph.D. Student, Department of Construction Engineering and Management, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2. Associate Professor, Department of Civil Engineering, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran (Corresponding Author)
3. Ph.D. Student, Department of Water Resources, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

## Abstract:

Sewer collection network is considered as the basic infrastructure of every city. Evaluating the amount of risk in the sewer collection network ensures that the network does not face unexpected stress during the occurrence of natural or human hazards. There are different approaches to present this concept, one of these techniques is using the fishbone method. Therefore, the purpose of this study is to use a combination of brainstorming decision-making methods, SWOT, and fishbone to analyze the main causes of accidents and risks associated with the sewer network. The current research is a descriptive-analytical type, and the descriptive data is obtained through library studies and documentary sources. After holding brainstorming sessions to identify the damage to the sewer network, the SWOT matrix is completed and analyzed using the fishbone method. The results of the SWOT method show that proposed strategies should be defined as defensive strategies in a situation of weakness from the perspective of internal factors with a score of 2.2 and threat from the perspective of external factors with a score of 1.745. On the other hand, the results of the risks of operating the sewer network indicate the high importance of technical risks with an average score of 7.8, based on which defensive strategies are defined based on risk conditions. These strategies are derived from internal weaknesses and external threats. In order to minimize the losses caused by threats, we can mention the most important defensive strategies proposed, including the existence of a comprehensive plan for the operation and maintenance of the sewer network, timely repairs and the necessity of using renovation and replacement methods.

**Key Words: Fishbone, Sewer Network, Risk, SWOT Matrix, Defensive Strategy.**

* Corresponding author: ***m.sharifi@qom.ac.ir***