شناسایی روابط علی و معلولی چالش‌های سامانه‌های آب و فاضلاب کشور

نرگس‌خاتون دولت‌آبادی[۱]، علی عبدالهی نسب[۲،*]، آرش تقی‌پور زارعی[۳]، علی‌محمد سلطانی[۴]

۱- پژوهشگر، پژوهشکده مطالعات فناوری ریاست جمهوری، تهران، ایران، nk.dowlatabadi@gmail.com

۲- دبیر کمیته آب، پژوهشکده مطالعات فناوری ریاست جمهوری، تهران، ایران، abdollahinasab@tsi.ir

۳- پژوهشگر، پژوهشکده مطالعات فناوری ریاست جمهوری، تهران، ایران، arash.taghipourz@gmail.com

۴- عضو هیئت علمی، پژوهشکده مطالعات فناوری ریاست جمهوری، تهران، ایران، soltani@tsi.ir

چکیده

در دهه‌های اخیر، وضعیت منابع آب موجود در دنیا به خصوص منطقه خاورمیانه به سطح بحرانی رسیده است. برنامه‌ریزی در جهت استفاده از منابع آب با توجه به مفاهیم توسعه پایدار و تاب‌آوری سیستم‌های منابع آب از جمله مفاهیمی است که در حال حاضر برای گذر از این بحران مورد توجه قرار گرفته است. تاب‌آوری در واقع توانایی یک سیستم در تحمل تنش‌های وارده به آن و کارا ماندن و همچنین بازگشت به سطح کارایی مورد نظر است. از این رو، ارزیابی تاب‌آوری سامانه‌های آب و فاضلاب، می‌تواند به ارائه راه‌کارهای مناسب در پیش‌بینی پاسخ سیستم به تنش‌های وارده به آن و کارا ماندن در آینده کمک نماید. گام اول در جهت ارزیابی تاب‌آوری، شناسایی وضعیت کنونی سیستم و چالش‌های آن می‌باشد. بر این اساس، پژوهش کاربردی و توصیفی-تحلیلی حاضر، با هدف الویت‌بندی چالش‌ها و تدوین روابط علی و معلولی مابین آن‌ها در نظام مدیریت و بهره‌برداری سامانه‌های آب و فاضلاب کشور به منظور تدوین راهبردهای تاب‌آوری آن درپژوهش‌های آینده صورت گرفته است. روش مورد استفاده در این پژوهش برای اولویت‌بندی و شناسایی روابط علی و معلولی چالش‌ها، روش DEMATEL می‌باشد. براساس نتایج این مطالعه، سه عامل عدم توجه کافی به مفهوم توسعه پایدار در سیاست‌گذاری‌ها، عدم وجود یا ضعف در نظارت بر اجرای صحیح قوانین و مقررات مرتبط با مدیریت منابع آب کشور و همچنین عدم وجود طرح جامع آمایش سرزمینی در توسعه شهرها تأثیرگذارترین چالش‌ها در حوزه آب و فاضلاب کشور می‌باشد. همچنین آلودگی منابع آب و اضافه برداشت از منابع آب زیرزمینی اثرپذیرترین عامل‌ها می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: تاب‌آوری، توسعه‌پایدار، مدیریت و بهره‌برداری سامانه‌های آب و فاضلاب، سیستم‌های منابع آب

۱- مقدمه

امروزه صنعت آب برای فراهم‌نمودن نیازهای شرب و صنعت، از اهمیت خاصی برخوردار است. در اکثر نقاط دنیا، منابع آب به علت توسعه جوامع بشری و افزایش تقاضا از یک طرف و تغییر اقلیم از طرف دیگر، پاسخگوی نیاز آن مناطق نیست. این مسئله بویژه در مناطق گرم و خشک همچون خاورمیانه و از جمله کشور ایران صدق می‌کند. در این شرایط، مهم ترین چالش دهه‌های اخیر کشور، کمبود آب در بخش‌های کشاورزی، شرب و صنعت بوده است (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۱۳۸۵). همچنین، تأمین آب شهری و آلودگی آب یک مشکل بین‌المللی بوده که نیاز به ارزیابی مداوم و کنترل شبکه

توزیع آب دارد. یکی از اهداف دولت‌مردان در قرن اخیر، تامین منابع آب شهری و روستایی و همچنین توسعه شبکه فاضلاب در شهرهای در حال توسعه به صورت پایدار است.

مدیریت و بهره‌برداری پایدار منابع آب، نیازمند سیاست‌گذاری و تدوین راهبردهایی است که زیربنای توسعه پایدار باشند (آل‌محمد و همکاران، ۱۳۹۵). توسعه پایدار، اشاره به الگویی دارد که در تلاشی است که بتواند نیازهای انسان را در چارچوب توان محیط پاسخ دهد (Edenhofer, 2012). از سویی دیگر، توسعه پایدار منابع آب به شکل گسترده‌ای با نظریه‌های نوین، به ویژه نظریه تاب‌آوری مفاهیم مشترکی دارند (Gibbs, 2009; Brand, 2009). مفهوم تاب‌آوری، برای مطالعه نظام بوم‌شناختی توسط Holling در ۱۹۷۰ معرفی شد (Pickett et al, 2004). در واقع تاب‌آوری بر مبنای مفهوم پایداری در شرایط اختلال، پویایی و عدم قطعیت سیستم می‌باشد. در حوزه منابع آب، منابع تاب‌آور آب، با کاهش پیامدهای اختلال‌های طبیعی و انسانی ایجاد شده در سیستم و همچنین با در نظر گرفتن کیفیت محیط‌زیست توان پاسخ‌گویی به نیازهای انسان در طولانی مدت را دارند (Pahl- Wost et al, 2005). در حوزه آب و فاضلاب، هرگونه قطع و توقف در سرویس‌دهی، خواه ناشی از بحران‌های طبیعی و یا سوء مدیریت‌ها، می‌تواند تاثیرات بهداشتی زیاد و گسترده‌ای را در سطح جوامع داشته باشد. در راستای ارزیابی تاب‌آوری سیستم‌های آب و فاضلاب در کشور، صالحی و همکاران (۱۳۹۰)، در مطالعه‌ای به تعیین و پیشنهاد ابعاد تاب‌آوری براساس مدل شبکه علیت در شهرها پرداختند. علاوه بر این، دهقان دهنوی و همکاران (۱۳۹۸)، در مطالعه‌ای در حوزه یزد -اردکان، به تدوین چارچوب ارزیابی تاب‌آوری آب براساس عملکردهای هر منطقه تاکید نموده‌اند.

اما یکی از ویژگی های سیستم‌های پایدار، تاب آوری آن سیستم در برابر چالش‌های درونی آن سیستم است. براین اساس ارزیابی تاب‌آوری زیرساخت‌های شهری، به ویژه سیستم آب‌رسانی اهمیت بسیاری در مدیریت منابع آب شهری دارد، که مستلزم شناسایی چالش‌ها و طراحی راه‌کارهای پایدار در مقابل شوک‌ها است. در حوزه آب و فاضلاب، مطالعاتی در زمینه شناسایی چالش‌های این حوزه و ارائه راه‌کارهای پایدار برای رفع این چالش‌ها انجام شده است. به عنوان مثال، محبی و همکاران (۱۳۸۷) با استفاده از روش دلفی، مشکلات موجود در توزیع آب در روستاها را در ۵ گروه شامل مشکلات منبع تأمین آب، منابع تأمین مالی- پرسنلی، تاسیسات، فرهنگی و برون سازمانی تعیین نمودند. مرادی و همکاران (۱۳۹۵) با بررسی شرایط مدیریت شهری آب و فاضلاب در کشور رومانی به عنوان یک مطالعه موردی، بیان نمودند که مدیریت یکپارچه آب شهری فرایندی منعطف و تطبیقی است که اجازه می‌دهد با توجه به تغییرات مداوم شرایط توزیع آب در شهرها، بتوان به تغییرات پاسخ مناسب داد. همچنین آنان بیان نمودند که ترکیب رویکردهای فرهنگی، اقتصادی و اجتماعی با مدیریت یکپارچه اقتصادی آب شهری می‌تواند به عنوان فرآیندی پایدار در مدیریت آب شهری باشد. علاوه بر این، مهدی‌زاده و همکاران (۱۳۹۶) در مطالعه‌ای به بررسی چالش‌های ساختاری مدیریت بحران در شرکت آب و فاضلاب مشهد پرداختند، نتایج آن‌ها به صورت تعیین دسته‌بندی و الویت بحران‌های پیش‌رو شرکت آب و فاضلاب مشهد در هفت گروه (بحران‌های مادی، منابع انسانی و مدیریتی، مختل‌کننده حسن شهرت، اقتصادی، اطلاعاتی، طبیعی و میکروبی- بیوتروریستی) منتشر شد. حیدری (۱۳۹۷) در مطالعه‌ای برای بررسی بهره‌برداری پایدار از منابع آب و فاضلاب تهران، بیان کرده است که یکی از راه‌کارهای مهم در بهبود شرایط و دستیابی به پایداری در مدیریت آب و فاضلاب شهر تهران، برنامه‌ریزی برروی پساب و رواناب سطحی شهر تهران می‌باشد. تاکنون در مطالعات، تعیین چالش‌های حوزه آب و فاضلاب در شهرهای مختلف مورد توجه بوده است، در حالی که شناسایی روابط علی و معلولی چالش‌های کلی سامانه‌ی آب و فاضلاب کشور کمتر مورد توجه بوده است.

بنابراین در پژوهش حاضر تلاش شده است تا پس از شناسایی چالش‌های حوزه آب و فاضلاب، روابط علی-معلولی این چالش‌ها شناسایی شود. از آن‌جا که یکی از روش‌های پرکاربرد برای تعیین اثرگذاری عوامل مختلف در یک مسئله، روش

آزمایشگاه ارزیابی و آزمون تصمیم‌گیری (DEMATEL[1]) می‌باشد، این روش در این پژوهش مورد توجه قرار گرفته است. به طور کلی، روش DEMATEL به عنوان یک روش مناسب برای استخراج روابط و وابستگی‌های متقابل و همچنین شدت وابستگی متقابل بین اجزای پیچیده یک سیستم، شناسایی شده است (Xia et al, 2015- Tsai and Chou, 2009). از این رو محققان تا کنون از این روش برای ارزیابی سیستم‌های مختلف و تحلیل مشکلات در زمینه‌هایی مانند مشکلات ایمنی و تصمیم‌گیری گروهی (wu and lee, 2007)، مدیریت دانش (Wu, 2012)، اجرای نرم‌افزار (Wu et al, 2011)، تحلیل رفتار پایدار (Govindan et al, 2015) و موارد دیگر استفاده نموده‌اند. به طور کلی، براساس این روش، متخصصان قادر خواهند بود که با تسلط بیشتری به بیان نظرات خود در رابطه با اثرات (جهت و شدت اثرات) در میان عوامل مورد بحث بپردازند (صادقی و سعیدی اقدام، ۱۳۹۳).

به طور کلی، بحران کمبود آب در کشور علاوه بر تحت تأثیر قرار گرفتن از عواملی همچون کمبود توان اکولوژیکی منطقه، خشکسالی‌های اخیر و تغییرات اقلیمی، تحت تأثیربرنامه‌ریزی‌های توسعه صنعت و کشاورزی بدون در نظر گرفتن مفاهیم توسعه پایدار، تاب‌آوری سیستم و سوء مدیریت سیستم‌های منابع آب قرار گرفته است. در این راستا، هدف پژوهش حاضر، شناسایی چالش‌ها و نارسایی‌های فرا روی نظام مدیریت و بهره‌برداری منابع آب در شهرها به‌همراه شناسایی روابط علی- معلولی آن‌ها به‌منظور تدوین راهبردهای تاب‌آوری آن درپژوهش‌های آینده است.

۲- مواد و روش

در این مطالعه بنا بر ضرورت در تعیین چالش‌های حوزه آب و فاضلاب کشور به صورت ترکیبی از شیوه‌های مطالعات کتابخانه‌ای، مصاحبه، برگزاری جلسات و سایر ابزار گردآوری اطلاعات همچون پرسش‌نامه استفاده شده است. همچنین، در این مطالعه تعیین روابط علی و معلولی مابین چالش‌های تعیین شده و اولویت‌بندی آن‌ها با استفاده از تکنیک DEMATEL انجام شده است.

۲- ۱- روش آزمایشگاه تصمیم‌گیری آزمون و خطا (DEMATEL)

روش DEMATEL توسط Fontela and Gabus در ۱۹۷۲ ارائه شده است. این روش برای تحلیل تصمیم‌گیری تنها براساس معیارها کاربرد دارد (Majumder & Saha, 2018). علاوه بر این این روش، یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه است (MADM[2]) که می‌تواند به عنوان ابزاری مناسب برای تصمیم‌گیری با تعیین روابط مستقیم و غیرمستقیم، به تصمیم‌گیران کمک نماید (Gölcük and Baykasoğlu, 2016; Zhang et al, 2017). این روش می‌تواند کلیه روابط علی و معلولی بین چندین متغیر یا ویژگی و همچنین سطح تاثیرگذاری یک ویژگی یا یک متغیر بر کل سیستم را توضیح دهد و از سویی دیگر قادر به یافتن روابط متقابل بین عناصر و میزان روابط درونی بین عوامل در یک سیستم پیچیده می‌باشد (Chen et al, 2011- Lin, 2013). ابتدا براساس اجماع خبرگان عوامل مؤثر بر سیستم شناسایی و سپس با استفاده از پرسش‌نامه و نظرات کارشناسان، روابط ریاضی براساس روش DEMATEL استخراج می‌شود. به‌کارگیری روش DEMATEL شامل چندین مرحله است که در ادامه شرح داده خواهد شد.

الف) تعیین مقیاس اندازه‌گیری و استخراج روابط مستقیم براساس نظرات کارشناسان

ورودی روش DEMATEL، براساس قضاوت متخصصین می‌باشد. مقایسه زوجی روابط مستقیم و غیر مستقیم عوامل بر یکدیگر در شش سطح تعیین می‌شود. شش سطح ۰، ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ پیشنهاد می‌شود، که به ترتیب نشان‌دهنده "بدون تاثیر"، "تاثیر بسیار کم"، "تاثیر کم"، "تاثیر متوسط"، "تأثیر زیاد" و "تاثیر بسیار شدید" می‌باشد. با استفاده از این مقیاس اندازه‌گیری و نظرات کارشناسان، ماتریس روابط مستقیم استخراج خواهد شد. ماتریس روابط مستقیم به صورت $D = [d_{ij}]_{n*m}, i,j = (1,2,3,\dots .K)$ نشان داده می‌شود که در آن dij نشان‌دهنده رابطه مستقیم بین دو عامل Fi و Fj می‌باشد.

ب) استخراج ماتریس متوسط M، برای اجماع نظر تمامی کارشناسان؛ ماتریس متوسط (M) از معادله ۱ بدست می‌آید.

$$M_{ij} = \frac{1}{K}\sum_{n=1}^{K}(x_{ij}^{n}) \qquad (1)$$

که در آن n، تعداد ذینفعان، Xij، درجه تأثیر عامل i بر عامل j و K، تعداد کارشناسان می‌باشد.

پ) محاسبه ماتریس روابط مستقیم نرمال شده (N)؛ با نرمال کردن ماتریس روابط مستقیم، اعداد در بازه [0,1] قرار می‌گیرند. برای نرمال نمودن ماتریس روابط مستقیم از معادله ۲ استفاده می‌شود (Sharma et al; 2018):

$$N = M \times S \qquad (2)$$

که در آن مقدار S از معادله ۳ محاسبه می‌شود.

$$S = \min\left[\frac{1}{\max\sum_{i=1}^{n}|x_{ij}|}, \frac{1}{\max\sum_{j=1}^{m}|x_{ij}|}\right] \qquad (3)$$

ت) محاسبه ماتریس روابط کلی[3]، ماتریس رابطه کل، که شامل روابط مستقیم و غیر مستقیم بین عوامل می‌باشد، می‌تواند از معادله ۴ مشتق شود (Sharma et al; 2018).

$$T = \lim_{H\to\infty}(N + N^2 + \cdots + N^H) = N(I-N)^{-1} \qquad (4)$$

که در آن I ماتریس یکه می‌باشد.

ث) محاسبه اهمیت هر عامل: روابط نهایی براساس مجموع ستون‌ها و ردیف‌های ماتریس، محاسبه می‌شود. اگر ri برابر مجموع ردیف i در ماتریس T باشد، ri برابر اثرات مستقیم و غیرمستقیم توسط فاکتور i به سایر عوامل می‌باشد، که تعیین‌کننده وزن اثرگذاری هر یک از عامل‌ها در سیستم می‌باشد. همچنین اگر cj مجموع ستون j در ماتریس T را مشخص کند، سپس cj اثرات مستقیم و غیرمستقیم توسط عامل j بر عوامل دیگر را نشان می‌دهد. مجموع $(ri + cj)$ به عنوان "اهمیت هر یک از عوامل" شناخته شده است و اثرات کل داده شده و دریافت شده توسط عامل i بر سیستم را نشان می‌دهد. پارامتر $(ri - cj)$ به عنوان "رابطه" شناخته می‌شود، که نشان‌دهنده اثر خالصی است که عامل i در سیستم دارد. اگر $(ri - cj)$ مثبت باشد، عامل i عامل مهم و اثرگذار در کل سیستم است. عامل i یک عامل گیرنده است اگر $(ri - cj)$ منفی باشد.

۲-۲- چالش‌های شناسایی شده

با توجه به پیچیدگی سیستم‌های منابع آب به دلیل تعاملات مداوم انسان و طبیعت، تعریف مشخصی از تاب‌آوری در این سیستم‌ها می‌تواند به پیش‌بینی پاسخ آن‌ها به شوک‌های خارجی در آینده و نیز تبیین ارتباط توسعه پایدار و سیستم‌های منابع آب کمک کند. چالش‌های حوزه آب و فاضلاب از مسائل طبیعی همچون تغییر اقلیم و همچنین تعاملات انسان‌ها با سیستم در این حوزه منشا می‌گیرد. بنابراین ابتدا حدود ۱۰۰ چالش در ۵ گروه (اقلیمی هیدرولوژیک، سیاست‌گذاری، مدیریتی، اقتصادی و اجتماعی_ فرهنگی) با بررسی منابع معتبر و جلسات متعدد با خبرگان حوزه مدیریت منابع آب استخراج

شد. با توجه به اهمیت تبیین مدیریت منابع آب و بهبود عملکرد در این زمینه، مطالعه حاضر به جنبه تعاملات انسانی در حوزه مدیریت منابع آب شهری (آب و فاضلاب) که از چالش‌های با ماهیت مدیریتی و سیاست‌گذاری منشاء می‌گیرند، پرداخته است. در نهایت، ۲۲ چالش در زمینه مدیریت حوزه آب و فاضلاب و تامین آب شهرها و روستاها در کشور در این مطالعه پس از برگزاری جلسات و اجماع خبرگان که در جدول ۱ ارائه شده است، شناسایی شده است. در جهت اولویت‌بندی و شناسایی روابط علی و معلولی پرسش‌نامه‌هایی براساس مقایسه زوجی مابین چالش‌های شناسایی شده در اختیار ۵ کارشناس قرار گرفت. لازم به ذکر است که کارشناسان انتخاب شده از خبرگان حوزه مدیریت آب در کشور بوده‌اند.

جدول ۱- چالش‌های شناسایی شده در حوزه آب و فاضلاب کشور

	چالش‌ها
F_1	روند رو به رشد تقاضای آب
F_2	عدم توجه مردم به محدودبودن منابع طبیعی و اسراف
F_3	ضعف در امر آموزش و فرهنگ‌سازی در بحث توسعه پایدار
F_4	فقدان یا محدودیت استفاده از تصفیه خانه برای فاضلاب صنعتی و شهری
F_5	آلایندگی بالای پساب خروجی از فعالیت‌های صنعتی و شهری
F_6	عدم پایش دائمی کیفیت پساب تصفیه خانه ها و اعمال قانون در صورت نیاز
F_7	فرسودگی شبکه انتقال آب
F_8	ضعف در بازچرخانی و استفاده از پساب شهری و صنعتی
F_9	عدم تفکیک آب شرب و بهداشتی
F_{10}	هدررفت بالای آب (واقعی و ظاهری)
F_{11}	قیمت گذاری غیر واقعی آب
F_{12}	عدم وجود یا ضعف در نظارت بر اجرای صحیح قوانین و مقررات مرتبط با مدیریت منابع آب کشور
F_{13}	عدم وجود طرح جامع آمایش سرزمینی
F_{14}	ضعف سامانه‌های منسجم تولید، جمع‌آوری، پردازش و انتشار آمار و اطلاعات مربوط به منابع و مصارف آب
F_{15}	آلودگی منابع آبی
F_{16}	عدم توجه کافی به مفهوم توسعه پایدار در سیاست‌گذاری‌ها
F_{17}	تعدد پروژه‌های نیمه تمام در بخش آب و طولانی شدن دوره ساخت
F_{18}	فقدان مشارکت ذی‌نفعان در تصمیم سازی و اجرای برنامه‌ها
F_{19}	عدم وجود ساختار و سازوکارهای مناسب برای مدیریت توامان عرضه و تقاضا
F_{20}	اضافه برداشت از منابع زیرزمینی
F_{21}	عدم استفاده از پساب در آبیاری فضای سبز
F_{22}	عدم سرمایه گذاری در بخش آب متناسب با نیاز کشور

۳- نتایج و بحث

۳-۱- مقایسه زوجی چالش‌های سامانه‌های آب و فاضلاب کشور

همان‌گونه که اشاره شد، براساس اجماع کارشناسان ۲۲ چالش اصلی سامانه‌های آب و فاضلاب کشور انتخاب شد. در نتیجه پرسش‌نامه‌های دریافت شده از ۵ کارشناس ، ماتریس روابط مستقیم بین ۲۲ چالش انتخاب شده، براساس میانگین محاسبه و در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- ماتریس روابط مستقیم چالش‌های سامانه‌های آب و فاضلاب کشور

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16	F17	F18	F19	F20	F21	F22
F1	۰	۰	۰	۰/۵	۰/۷۵	۰/۳	۰/۳	۰	۰	۵	۰	۰	۰	۰/۵	۳/۷۵	۰/۲۵	۱/۵	۰	۰	۴/۵	۰	۰
F2	۱	۰	۰	۰	۲	۰	۰	۰	۱/۵	۱/۳	۰	۰	۰	۰	۲/۵	۱/۲۵	۰	۱/۷۵	۰/۵	۲/۷۵	۰/۲۵	۰
F3	۱	۳/۷۵	۰	۱/۸	۱/۲۵	۰	۰	۱	۱/۷۵	۱/۳	۰/۵	۰	۰	۰	۲/۷۵	۱/۷۵	۰	۱/۷۵	۰/۵	۳	۱	۰
F4	۰	۰	۰	۰	۴	۰	۰	۵	۰/۵	۰	۰/۲۵	۰	۰	۰	۴	۰	۰	۰	۰/۲۵	۲	۳/۵	۰
F5	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۴/۲۵	۰	۰	۰	۰	۰/۵	۱/۲۵	۰
F6	۰	۰	۰	۰	۴/۵	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱/۲۵	۳/۲۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
F7	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۴/۵	۰	۰	۰	۰/۵	۰	۰	۰	۰	۰/۲۵	۱/۷۵	۰	۰
F8	۱	۰	۰	۰	۰/۷۵	۰	۰	۰	۰/۵	۰	۰	۰	۰	۰	۲/۷۵	۰	۰	۰	۰/۲۵	۱/۵	۳/۵	۰
F9	۰	۰/۲۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۵	۰	۰	۰	۰/۵	۰	۰	۰	۰/۵	۱/۵	۰	۰
F10	۰/۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۲۵	۲	۰/۵	۰/۵
F11	۱/۵	۳/۲۵	۰	۲/۳	۰/۲۵	۱	۳/۵	۴	۳	۳/۴	۰	۰/۵	۰	۲/۵	۱	۰/۲۵	۱	۰/۵	۱/۷۵	۲/۲۵	۲	۳/۲۵
F12	۱	۱	۱	۲/۵	۳/۵	۴/۵	۰/۳	۳	۱	۲/۸	۱/۲۵	۰	۱/۲۵	۳/۲۵	۳/۵	۱	۲	۱/۵	۱/۵	۳/۵	۱/۲۵	۱/۵
F13	۳/۵	۰/۲۵	۰/۵	۲	۰/۲۵	۰/۵	۰	۰	۰	۰	۰/۲۵	۱/۷۵	۰	۲/۲۵	۱	۰/۷۵	۳	۱/۲۵	۳	۱/۵	۱	۲/۵
F14	۱/۵	۱	۰/۷۵	۱	۱/۲۵	۲	۰/۵	۱	۰	۲/۳	۰/۷۵	۰/۷۵	۱	۰	۱	۰/۷۵	۰/۷۵	۱/۵	۲	۲	۱/۲۵	۱
F15	۰	۰	۰	۰	۰/۵	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰/۷۵	۰/۲۵	۰
F16	۳/۲۵	۱/۷۵	۴/۲۵	۳	۳	۳/۵	۰/۵	۳	۱/۲۵	۱/۸	۳/۷۵	۳/۷۵	۴/۷۵	۲/۷۵	۱/۷۵	۰	۰/۵	۳/۲۵	۳/۲۵	۱	۱/۲۵	۴
F17	۰/۵	۰/۲۵	۰	۳/۵	۱	۱	۲	۳	۰/۲۵	۰/۸	۰/۲۵	۰/۲۵	۰	۲	۲	۰	۰	۰/۵	۰	۰/۵	۰/۷۵	۰/۲۵
F18	۲/۵	۱/۷۵	۱/۵	۲	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۱	۱	۱/۵	۱/۲۵	۰/۷۵	۰/۵	۰/۲۵	۱	۰/۲۵	۱	۰	۲/۷۵	۱	۰/۵	۰/۵
F19	۲	۱/۲۵	۱/۲۵	۲/۵	۱/۲۵	۰/۸	۰/۳	۲	۱/۲۵	۱/۸	۲/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۱	۰/۲۵	۰/۷۵	۲/۵	۰	۲	۲/۲۵	۰/۵
F20	۱/۵	۰	۰	۰	۰/۲۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۲۵	۰	۰/۲۵	۰
F21	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۲۵	۰	۰	۰	۰	۱/۷۵	۰	۰
F22	۱/۵	۰/۲۵	۰/۷۵	۳/۳	۱/۷۵	۱/۸	۳/۸	۴	۲/۲۵	۳/۳	۰/۲۵	۰	۰	۳/۲۵	۱/۲۵	۰	۳/۵	۰/۵	۰/۵	۱/۷۵	۱	۰

۳-۲- روابط علی و معلولی چالش‌های سامانه‌های آب و فاضلاب کشور

براساس مدل پژوهش، گام اصلی در تعیین روابط علی و معلولی، محاسبه روابط درونی بین چالش‌ها می‌باشد. به این ترتیب، ماتریس روابط معیارهای اصلی براساس روش‌شناسی تکنیک DEMATEL، محاسبه و در جدول ۳ ارائه شده است. ماتریس حاصله از این روش هم روابط علی و معلولی بین عوامل را تعیین می‌کند و هم اثرپذیری و اثرگذاری متغییرها را نمایش می‌دهد. براساس نتایج:

در این جدول شاخص R جمع عناصر هر سطر بوده و نشان‌دهنده میزان اثرگذاری آن چالش بر روی سایر چالش‌ها می‌باشد. بر این اساس، چالش عدم توجه کافی به مفهوم توسعه پایدار در سیاست‌گذاری‌ها از بیشترین تأثیرگذاری برخوردار است. همچنین چالش‌های عدم وجود یا ضعف در نظارت بر اجرای صحیح قوانین و مقررات مرتبط با مدیریت منابع آب کشور، عدم وجود طرح جامع آمایش سرزمینی و قیمت گذاری غیر واقعی آب به ترتیب در رتبه‌های دوم، سوم و چهارم قرار دارند که در نظام علی معلولی مشخص شد هر سه این چالش‌ها، معلول چالش عدم توجه کافی به مفهوم توسعه پایدار در سیاست‌گذاری‌ها است.

شاخص C که جمع عناصر هر ستون می‌باشد نشان‌دهنده میزان تأثیرپذیری هر چالش از سایر چالش‌ها می‌باشد. بر مبنای نتایج حاصله، چالش آلودگی منابع آبی، در سامانه‌های آب و فاضلاب بیشترین اثرپذیری را از سایر چالش‌های موجود دارد. علاوه بر این، اضافه برداشت از آب‌های زیرزمینی، هدر رفت بالای آب (واقعی و ظاهری) و ضعف در بازچرخانی و استفاده از پساب های شهری و صنعتی به ترتیب در رتبه‌های دوم، سوم و چهارم چالش‌های اثرپذیر قرار می‌گیرد.

بردار افقی (R+C)، میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری عامل مورد مورد نظر در سیستم را بیان می‌کند. به بیان دیگر، هر چه مقدار این شاخص بالاتر باشد، تعامل آن چالش با سایر چالش‌ها بیشتر است. به این ترتیب در این مطالعه بیشترین تعامل به ترتیب مربوط به چهار عامل عدم توجه کافی به مفهوم توسعه پایدار در سیاست‌گذاری‌ها، عدم وجود یا ضعف در نظارت بر اجرای صحیح قوانین و مقررات مرتبط با مدیریت منابع آب کشور، آلودگی منابع آب و اضافه برداشت از آب‌های زیرزمینی می‌باشد. همچنین، بردار عمودی (R-C)، قدرت تأثیرگذاری هر عامل را نشان می‌دهد، به طور کلی چنان‌چه این عامل مثبت باشد، متغیر یک متغیر علی محسوب می‌شود. اگر منفی باشد، متغیر در سیستم معلول محسوب خواهد شد. براساس نتایج، عامل عدم توجه کافی به مفهوم توسعه پایدار در سیاست‌گذاری‌ها مهم‌ترین متغیر علی در سیستم مورد بررسی می‌باشد. بنابراین در میان چالش‌های حوزه آب و فاضلاب کشور ۱۰ چالشی که بیشترین تأثیر را بر ایجاد چالش‌های دیگر دارند و به نوعی علت ایجاد سایر چالش می‌باشند به ترتیب شامل موارد زیر هستند:

۱. عدم توجه کافی به مفهوم توسعه پایدار در سیاست‌گذاری‌ها
۲. عدم وجود یا ضعف در نظارت بر اجرای صحیح قوانین و مقررات مرتبط با مدیریت منابع آب کشور
۳. عدم وجود طرح جامع آمایش سرزمینی
۴. قیمت گذاری غیر واقعی آب
۵. عدم وجود ساختار و سازوکارهای مناسب برای مدیریت توأمان عرضه و تقاضا
۶. عدم سرمایه گذاری در بخش آب متناسب با نیاز کشور
۷. ضعف در امر آموزش و فرهنگ‌سازی در بحث توسعه پایدار
۸. ضعف سامانه‌های منسجم تولید، جمع‌آوری، پردازش و انتشار آمار و اطلاعات مربوط به منابع و مصارف آب

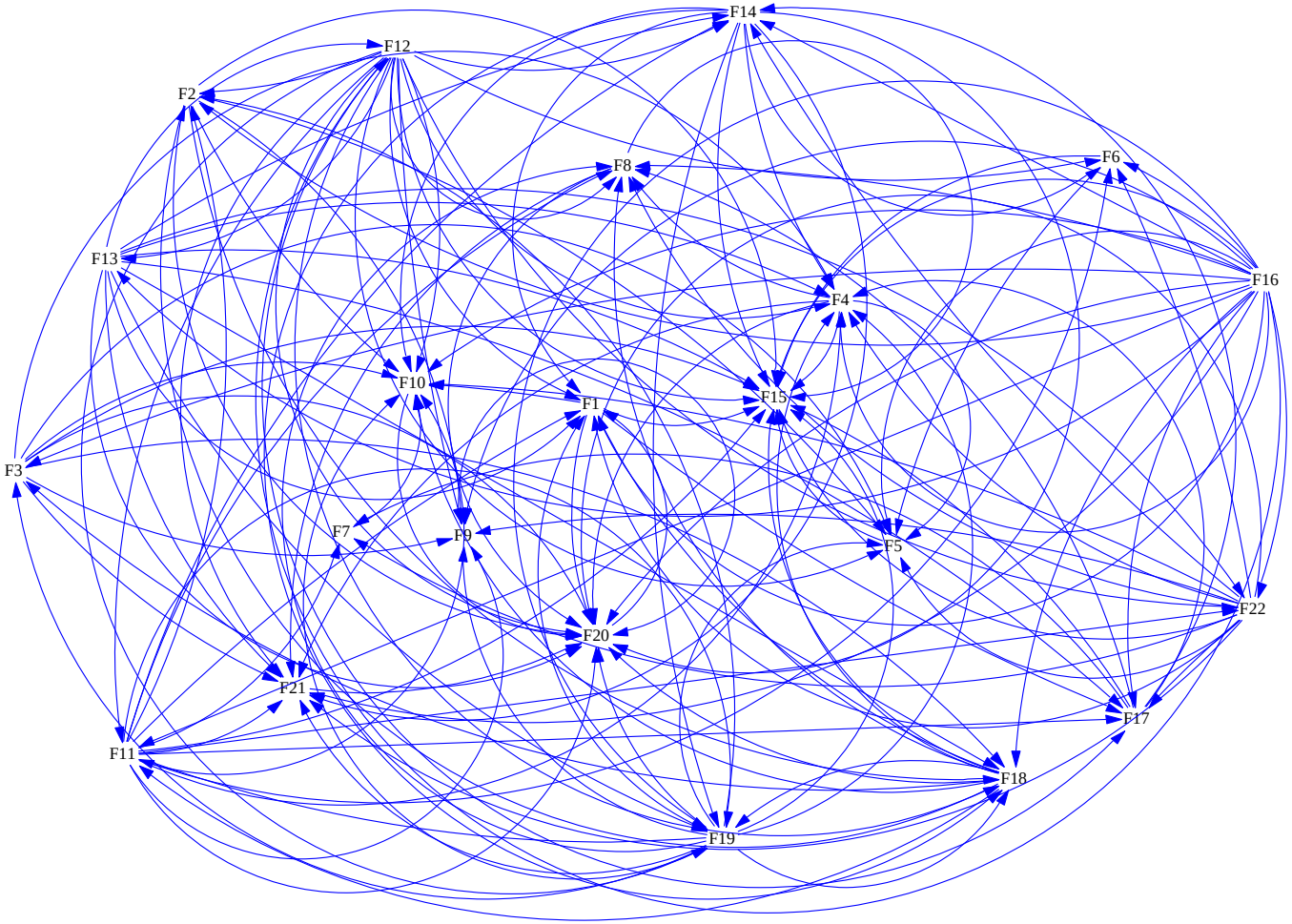
۹. فقدان مشارکت ذی‌نفعان در تصمیم‌سازی و اجرای برنامه‌ها
۱۰. تعدد پروژه‌های نیمه تمام در بخش آب و طولانی شدن دوره ساخت

جدول ۳- الگوی روابط علی و معلولی چالش‌های سامانه‌های آب و فاضلاب کشور

چالش‌ها	شاخص اثرگذاری (R)	شاخص اثرپذیری (C)	(R+C)	(R-C)
روند رو به رشد تقاضای آب	۰/۰۵	۰/۱۶	۰/۲۱	-۰/۱۱
عدم توجه مردم به محدودبودن منابع طبیعی و اسراف	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۱۶	۰/۰۰
ضعف در امر آموزش و فرهنگ‌سازی در بحث توسعه پایدار	۰/۱۴	۰/۰۵	۰/۱۹	۰/۰۹
فقدان یا محدودیت استفاده از تصفیه خانه برای فاضلاب صنعتی و شهری	۰/۰۵	۰/۱۳	۰/۱۸	-۰/۰۸
آلایندگی بالای پساب خروجی از فعالیت‌های صنعتی و شهری	۰/۰۱	۰/۱۸	۰/۱۹	-۰/۱۷
عدم پایش دائمی کیفیت پساب تصفیه خانه ها و اعمال قانون در صورت نیاز	۰/۰۳	۰/۰۸	۰/۱۱	-۰/۰۵
فرسودگی شبکه انتقال آب	۰/۰۲	۰/۰۷	۰/۰۹	-۰/۰۵
ضعف در بازچرخانی و استفاده از پساب شهری و صنعتی	۰/۰۲	۰/۱۸	۰/۲۰	-۰/۱۶
عدم تفکیک آب شرب و بهداشتی	۰/۰۲	۰/۰۸	۰/۱۰	-۰/۰۶
هدررفت بالای آب (واقعی و ظاهری)	۰/۰۲	۰/۱۹	۰/۲۱	-۰/۱۷
قیمت گذاری غیر واقعی آب	۰/۲۲	۰/۰۶	۰/۲۸	۰/۱۶
عدم وجود یا ضعف در نظارت بر اجرای صحیح قوانین و مقررات مرتبط با مدیریت منابع آب کشور	۰/۲۷	۰/۰۴	۰/۳۱	۰/۲۳
عدم وجود طرح جامع آمایش سرزمینی	۰/۲۵	۰/۰۴	۰/۲۹	۰/۲۱
ضعف سامانه‌های منسجم تولید، جمع‌آوری، پردازش و انتشار آمار و اطلاعات مربوط به منابع و مصارف آب	۰/۱۸	۰/۰۹	۰/۲۷	۰/۰۹
آلودگی منابع آبی	۰/۰۲	۰/۲۹	۰/۳۱	-۰/۲۷
عدم توجه کافی به مفهوم توسعه پایدار در سیاست‌گذاری‌ها	۰/۵۱	۰/۰۴	۰/۵۵	۰/۴۷
تعدد پروژه‌های نیمه تمام در بخش آب و طولانی شدن دوره ساخت	۰/۱۰	۰/۰۸	۰/۱۸	۰/۰۲
فقدان مشارکت ذی‌نفعان در تصمیم سازی و اجرای برنامه‌ها	۰/۱۷	۰/۰۹	۰/۲۷	۰/۰۸
عدم وجود ساختار و سازوکارهای مناسب برای مدیریت توامان عرضه و تقاضا	۰/۲۰	۰/۱۰	۰/۳۰	۰/۱۰
اضافه برداشت از منابع زیرزمینی	۰/۰۱	۰/۲۸	۰/۲۹	۰/۲۷
عدم استفاده از پساب در آبیاری فضای سبز	۰/۰۱	۰/۱۸	۰/۱۹	-۰/۱۷
عدم سرمایه گذاری در بخش آب متناسب با نیاز کشور	۰/۱۷	۰/۰۷	۰/۲۴	۰/۱۰

۳-۳- نمودار علی و معلولی چالش‌های سامانه‌های آب و فاضلاب کشور

برای تعیین نمودار علی و معلولی سیستم، باید ارزش آستانه محاسبه شود. به این گونه، می‌توان از روابط جزئی صرفه‌نظر نمود و شبکه روابط علی و معلولی قابل اعتمادی را ترسیم نمود. در این راستا، تنها روابطی در نمودار علی و معلولی ترسیم می‌شوند که مقادیر آن‌ها در ماتریس روابط کل از مقدار آستانه بیشتر باشد. برای محاسبه مقدار آستانه، از میانگین درایه‌های ماتریس روابط کل استفاده می‌شود. در مطالعه حاضر، میانگین درایه‌های ماتریس کل، ۰/۰۲ می‌باشد. بر این اساس تمامی مقادیری که کم‌تر از این مقدار بوده، روابط جزئی می‌باشند و برابر با صفر در نظر گرفته می‌شوند. براین اساس، شکل ۱ روابط کلی علی و معلولی بین چالش‌های سامانه‌های آب و فاضلاب کشور را نشان می‌دهد.



شکل ۱- شبکه علی و معلولی سامانه‌های آب و فاضلاب کشور

۴- نتیجه‌گیری

به طور کلی، برنامه‌ریزی توسعه پایدار و ارزیابی تاب‌آوری منابع آب با توجه به تنش‌های فعلی تامین آب برای حفظ و توسعه هر منطقه حائز اهمیت است. از سویی دیگر، برای انجام پروژه ارزیابی تاب‌آوری سیستم‌های منابع آب گام اول توصیف سیستم مورد مطالعه و شناسایی چالش‌های اصلی سیستم می‌باشد. بنابراین شناسایی، اولویت‌بندی و تدوین روابط علی و معلولی چالش‌ها برای ارزیابی هر سیستمی ضروری به نظر می‌رسد. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که در بین چالش‌های سامانه‌های آب و فاضلاب در تأمین آب شهرها، عدم توجه به مفهوم توسعه پایدار در سیاست‌گذاری‌ها، عدم وجود یا ضعف در نظارت بر اجرای صحیح قوانین و مقررات مرتبط با مدیریت منابع آب کشور و همچنین عدم وجود طرح جامع آمایش سرزمینی در توسعه شهرها بیشترین تأثیر را در ایجاد چالش‌های دیگر در این حوزه داشته است. به عنوان مثال، نادیده گرفتن مفهوم توسعه پایدار در سیاست‌گذاری و مدیریت منابع آب و به عبارت دیگر عدم توجه به تأمین پایدار منابع آب در فرایند توسعه شهرها، در طولانی مدت سبب اضافه‌برداشت از منابع آب زیرزمینی و آلودگی منابع آب شده است که خود می‌تواند به لحاظ بهداشتی و سلامت ساکنان شهرها و کمبود منابع تأثیر زیادی بر مولفه‌های اجتماعی- اقتصادی در آینده داشته باشد. بنابراین، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی، به ارزیابی تاب‌آوری سامانه‌های آب و فاضلاب در برابر این چالش‌ها و ارائه راه‌کارهایی در جهت تعادل بخشی به سامانه‌های آب و فاضلاب پرداخته شود.

۹- پی‌نوشت‌ها

1. The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory
2. Multi- Attribute Decision Making
3. Total Relation Matrix

۱۰- مراجع

آل‌محمد، س.، ملک‌محمدی، ب.، یاوری، ا.، و یزدان‌پناه، م.، (۱۳۹۵)، "تحلیلی بر تاب‌آوری منابع آب در فرایند حکمرانی سرزمین فلات ایران"، فصل‌نامه راهبرد، ۲۵(۸۱)، ۱۷۶-۱۴۵

حیدری، ع.، (۱۳۹۷)، "بهره‌برداری پایدار از منابع آب و فاضلاب شهری تهران"، دومین کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران، دانشگاه صنعتی اصفهان

دهقان دهنوی، ا.، خیرالدین، ر.، و شکوهی بیدهندی، م.، (۱۳۹۸)، "ارزیابی تاب‌آوری آب شهرستان یزد با توجه به تحولات توسعه فضایی، صنعتی و کشاورزی"، ششمین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم، تهران

صادقی، ا.، و سعیدی اقدام، م.، (۱۳۹۳)، "شناسایی و رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر توسعه‌نیافتگی اقتصاد ایران از دیدگاه خبرگان با استفاده از روش تلفیقی تصمیم‌گیری آزمون و خطا و فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی"، فصل‌نامه سیاست‌گذاری پیشرفت اقتصادی دانشگاه الزهرا (س)، ۲(۵)، ۱۵۶-۱۱۷

محبی، م. ر.، یونسیان، م.، ندافی، ک.، و نبی‌زاده، ر.، (۱۳۸۷)، " بررسی مشکلات موجود در توزیع آب به روستاها- یک مطالعه به روش دلفی"، مجله تخصصی اپیدمیولوژی ایران، (۲)۴، ۵۶- ۵۱

مرادی، ا.، پوری رحیم، ع. ا.، و محمودزاده، ا.، (۱۳۹۵)، " چالش‌های مدیریت یکپارچه آب و فاضلاب شهری: نمونه موردی رومانی"، فصل‌نامه علمی تخصصی مهندسی و مدیریت ساخت، ۱(۱)، ۴۲- ۳۸

مهدی‌زاده، م.، حدادسرایی، ب.، توکلی، ث.، و قنبری، ف.، (۱۳۹۶)، "چالش‌های ساختاری مدیریت بحران در شرکگت آب و فاضلاب مشهد"، فصل‌نامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران، ۷(۲)، ۱۲۸- ۱۱۷

Chen, F. H., Hsu, T. S., & Tzeng, G. H. (2011). A balanced scorecard approach to establish a performance evaluation and relationship model for hot spring hotels based on a hybrid MCDM model combining DEMATEL and ANP. *International Journal of Hospitality Management*, *30*(4), 908-932.

Edenhofer, O. (2012), Climate Change, Justice and Sustainability, Linking Climate and Development Policy, Springer Science & Business Media.

Gibbs, M. T. (2009), "Resilience: What is it and what does it mean for marine policymakers?", Marine Policy, Vol.33, No.2: 322-331.

Gölcük, İ., & Baykasoğlu, A. (2016). An analysis of DEMATEL approaches for criteria interaction handling within ANP. *Expert Systems with Applications*, *46*, 346-366.

Govindan, K., Khodaverdi, R., & Vafadarnikjoo, A. (2015). Intuitionistic fuzzy based DEMATEL method for developing green practices and performances in a green supply chain.*Expert Systems with Applications*, *42*(20), 7207-7220.

Lin, R. J. (2013). Using fuzzy DEMATEL to evaluate the green supply chain management practices. Journal of Cleaner Production, 40, 32-39.

Majumder, P., & Saha, A. K. (2018). Efficiency Assignment of Hydropower Plants by DEMATEL-MAPPAC Approach. Water Conservation Science and Engineering, 1-7.

Pahl-Wostl, C., Möltgen, J., Sendzimir, J., & Kabat, P. (2005, September). New methods for adaptive water management under uncertainty–The NeWater project. In Paper accepted for the EWRA Conference.

Pickett, S. T., Cadenasso, M. L., & Grove, J. M. (2004). Resilient cities: meaning, models, and metaphor for integrating the ecological, socio-economic, and planning realms. Landscape and urban planning, 69(4), 369-384.

Sharma, Y. K., Mangla, S. K., Patil, P. P., & Uniyal, S. (2018). Sustainable Food Supply Chain Management Implementation Using DEMATEL Approach. In Advances in Health and Environment Safety (pp. 115-125). Springer, Singapore.

Tsai, W. H., & Chou, W. C. (2009). Selecting management systems for sustainable development in SMEs: A novel hybrid model based on DEMATEL, ANP, and ZOGP. Expert systems with applications, 36(2), 1444-1458.

Wu, W. W. (2012). Segmenting critical factors for successful knowledge management implementation using the fuzzy DEMATEL method. Applied Soft Computing, 12(1), 527-535.

Wu, W. W., & Lee, Y. T. (2007). Developing global managers' competencies using the fuzzy DEMATEL method. Expert systems with applications, 32(2), 499-507.

Wu, W. W., Lan, L. W., & Lee, Y. T. (2011). Exploring decisive factors affecting an organization's SaaS adoption: A case study. International Journal of Information Management,31(6), 556-563.

Xia, X., Govindan, K., & Zhu, Q. (2015). Analyzing internal barriers for automotive parts remanufacturers in China using grey-DEMATEL approach. Journal of Cleaner Production, 87, 811-825.

Zhan, Y., Liu, J., & Ma, X. (2017). The evaluation on the suppliers of prefabricated housing components based on DEMATEL method, In Proceedings of the 20th International Symposium on Advancement of Construction Management and Real Estate (pp. 653–662). Singapore: Springer.

Identifying the causal relations of the challenges of the country's water and wastewater systems

Nargeskhatoon Dowlatabadi[1], Ali Abdollahi-Nasab[2,*], Arash Taghipour Zarei[3], Ali Mohammad Soltani[4]

1- Researcher, Technology Studies Institute, Tehran, Iran,
nk.dowlatabadi@gmail.com

2- Head of water committee, Technology Studies Institute, Tehran, Iran,
abdollahinasab@tsi.ir

3- Researcher, Technology Studies Institute, Tehran, Iran,
arash.taghipourz@gmail.com

4- Deputy of Research, Technology Studies Institute, Tehran, Iran,
soltani@tsi.ir

Abstract

In recent decades, the state of water resources in the world has reached a critical level, especially in the Middle East. The concepts of sustainable development and resilience of water resources systems are currently considered to planning the use of water resources and to overcome this crisis. Resilience is the ability of a system to withstand disturbance and reorganize as well as return to the desired level of performance. Therefore, the assessment of resilience of water and wastewater systems can lead to find possible solutions to predict the response to disturbance and reorganize in the future. The first step is identifying the system, status quo and its challenges to assess resilience. In present applied and descriptive-analytical research, has been done prioritization of challenges and identification of causal relationships among them in the country's water and wastewater management. The prioritizing and formulating causal relations among challenges can be used to formulate the adaptation strategies in the future research. The DEMATEL method is applied to prioritize and identify the causal relationships of challenges, in this study. According to the results, the most important challenges in in the field of water and the wastewater of the country are ignoring the concept of sustainable development in policy making, the lack or weakness in monitoring the implementation of laws related to water resources management and the lack of comprehensive land management plan in urban development, respectively. In addition, the most passive factors are pollution of water resources and extraction from groundwater resources.

Key words: Resilience**,** sustainable development**,** water and wastewater systems**,** water resources systems