دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی فضای جغرافیایی

سال بیست‌ویکم، شماره‌ی ۷۶
زمستان ۱۴۰۰، صفحات ۱۹۵-۱۸۱

DOI:10.52547/GeoSpa.21.4.181

مهری نیک رنجبر [۱]
*فرزام بابایی سمیرمی [۲]
سیدعلی جوزی [۳]
افشین دانه‌کار [٤]
رضا ارجمندی [٥]

به‌کارگیری روش دلفی به منظور غربالگری عوامل مؤثر در تاب‌آوری منابع آب در حوزه‌های آبخیز

تاریخ دریافت: ۱٤۰۰/۰٤/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱٤۰۰/۰۹/۰۹

چکیده

امروزه به دلیل وجود تنش آبی ناشی از کاهش بارندگی و بروز خشکسالی در کشور از یک‌سو و رشد مصرف بی‌رویه از منابع محدود آبی از سوی دیگر، تدوین و توسعه راهکارهایی در جهت بهبود برنامه‌ریزی، مدیریت، پایداری منابع آبی و اصلاح الگوی مصرف در کشور، امری ضروری به‌شمار می‌رود. یکی از کاربردی‌ترین روش‌ها در این خصوص، تعیین و تخمین میزان اثرگذاری عوامل مؤثر در تاب‌آوری منابع آبی کشور می‌باشد. پس از بررسی پژوهش‌های مرتبط، نتیجه حاصله آن شد که بیش‌ترین تحقیقات انجام گرفته در این خصوص، در جهت شناخت معیارهای مؤثر در ارزیابی، برنامه‌ریزی و پایداری سیستم‌های منابع آبی بوده و تاکنون پژوهش مجزایی در خصوص شناسایی معیارها و زیرمعیارهای مؤثر در تاب‌آوری منابع آبی ایران انجام نشده است؛ لیکن با اتکا به نتایج حاصل از مقالات و مراجع معتبر، مشخص شد دستیابی به موثرترین عوامل در تعیین تاب‌آوری منابع آب، با استفاده از به‌کارگیری روش دلفی (به دلیل اعتبار علمی و قابلیت استفاده در سطوح مختلف) امکان‌پذیر است. بر این اساس مطالعه پیش‌رو، با هدف شناسایی، غربالگری و اولویت‌بندی معیارها و زیرمعیارهای تاب‌آوری

۱- دانشجوی دکتری گروه مدیریت محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.
*۲- گروه مدیریت محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران. (نویسنده مسئول).
E-mail:farzam.babaei@gmail.com
۳- گروه محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران.
٤- گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
٥- گروه مدیریت محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.76.9.7]

با استفاده از روش دلفی نگارش شده است. مطابق با اولین گام روش دلفی، در ابتدا لیستی از معیارها و زیرمعیارها به کمک مرور پیشینه پژوهش انتخاب شد و سپس توسط گروهی ٢٤ نفره از متخصصان محیط‌زیست و منابع آب (موسوم به خبرگان)، طی دو مرحله مورد سنجش قرار گرفت. نتیجه حاصل از این ارزیابی، تعیین ۳ گروه معیار اکولوژیک، اجتماعی-فرهنگی و اقتصادی به‌عنوان معیارهای اصلی و استخراج ۹ معیار و ۱۸ زیرمعیار می‌باشد. نتیجه آن شد که پس از انجام اولویت‌بندی زیرمعیارها براساس دو فاکتور درجه و درصد اهمیت، به‌ترتیب زیرمعیارهای آب سطحی (چشمه و رودخانه) و بارش با ضریب اهمیت ٢/٦٢ و ٢/٢٨ به‌عنوان مهم‌ترین و زیرمعیارهای نفوذپذیری (زه‌کشی) و دما به‌ترتیب ضریب اهمیت ١/٢٣ و ١/٣١ به‌عنوان کم‌اهمیت‌ترین زیرمعیارها مشخص شدند. همچنین با نرمال‌سازی ضرایب به‌دست آمده برای هر یک از زیرمعیارها، فرمولی خطی جهت تخمین تاب‌آوری منابع آب ارائه گردید.

کلید واژه‌ها: تاب‌آوری منابع آب، معیارهای زیست‌محیطی، روش دلفی، ضریب اهمیت، درصد اهمیت، درجه اهمیت.

مقدمه

با وجود این‌که بخش عمده زمین را آب پوشانیده، بخش کمی از آن برای بشر قابل استفاده است و در نتیجه این محدودیت، برای دستیابی به توسعه پایدار منابع آب می‌بایست برنامه‌ریزی‌های اساسی صورت پذیرد. کمبود منابع آب، آثاری بین‌المللی دارد، به طوری‌که حدود یک سوم جمعیت جهان، با کمبود جدی منابع آب سالم و کافی روبه‌رو هستند (World Bank, 2006). آب به‌عنوان پایه و اساس زندگی، محور توسعه جوامع در ابعاد اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و محیط‌زیستی به‌شمار می‌رود؛ بنابراین طبیعی است که تأمین آب سالم و کافی با وجود بحران کمبود آب، همواره به‌عنوان یکی از مهم‌ترین معضلات جامعه جهانی هزاره سوم، گریبان‌گیر کشورهای کمربند خشک جهان و منطقه خاورمیانه (Brown, 2003) از جمله کشور ما باشد. امروزه بسیاری از کشورها با بازنگری در نحوه بهره‌برداری از منابع آب، اقداماتی فراگیر در حفظ این عنصر حیاتی برداشته‌اند، ولی اوضاع در کشورهای در حال توسعه هنوز وخیم است و بحران منابع آب، یکی از مهم‌ترین معضلات جامعه جهانی به‌شمار می‌رود (Poorasghar Sangachin, 2008: 24). ایران ما نیز از این قاعده مستثنی نبوده و در اثر ارزیابی‌های نامناسب، از الگوهایی بهره گرفته که با ویژگی‌های بوم‌شناختی-اجتماعی کشورمان هم‌خوانی ندارد (Azimi Blourian, 2010). در نتیجه این امر منجر به عدم کارایی مدیریت و بهره‌برداری از منابع آب گردیده و بدیهی است عدم تاب‌آوری منابع آب را نیز به دنبال دارد (Mousavi et al., 2021: 104). مفاهیم جدیدی همچون تاب‌آوری، در دهه‌های اخیر به‌شدت با محیط‌زیست پیوند یافته تا مردم جهان به ساختن محیط‌زیستی بهتر ترغیب شوند (Albrecht, 1986). توسعه پایدار منابع آب از این قاعده مستثنی نبوده و به‌طور عمیقی با نظریاتی نوین، به‌ویژه تاب‌آوری گره خورده

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.76.9.7]

است (Gibbs, 2009)؛ چرا که ظرفیت منابع تاب‌آور آب، در اثر پیامدهای ناشی از اختلال‌ها، حمایت از کیفیت محیط‌زیست و تأمین نیازهای انسان، در طولانی‌مدت دچار روندی کاهشی خواهد شد (Pahl-Wostl and Möltgen, 2005: 5). در این راستا، شناسایی و تعیین معیارها و زیرمعیارهای مؤثر در تاب‌آوری منابع آبی کشور، علاوه بر این‌که زمینه لازم برای مدیریت پایدار و حفاظت از منابع آبی کشور را فراهم می‌سازد، گامی مهم در مدل‌سازی و تعیین الگوی تاب‌آوری منابع آب به روش علمی، به‌شمار می‌رود.

پیشینه پژوهش

بر این اساس مقالات موضوعی مرتبط در سال‌های گذشته مورد مطالعه و بررسی قرار گرفتند: Hall et al (2019)، در پژوهشی نشان دادند که می‌توان از تاب‌آوری برای هدایت برنامه‌ریزی استراتژیک سیستم‌های منابع آب در مقیاس ملی و ارزیابی عملکرد این سیستم‌ها در شرایط متغیر استفاده کرد. آن‌ها در مطالعاتشان از ابزارهای شبیه‌سازی (شرایط اقلیمی و خشکسالی، هیدرولوژی آب‌های سطحی و زیرزمینی، مصارف آب، سود و هزینه مداخلات برای دستیابی به تاب‌آوری) برای آزمایش تاب‌آوری سیستم منابع آب انگلیس، تحت تغییر فشارهای آب‌وهوایی و جمعیتی استفاده کردند. Keys et al (2019)، امنیت آب را کلیدی برای تاب‌آوری جهانی جامعه بشری عنوان کردند. آن‌ها معتقد بودند در حالی که بیش‌ترین تمرکز در بخش مدیریت آب، بر جریان قابل مشاهده آب در رودخانه‌ها و استفاده آن (کشاورزی، سکونتگاه‌های شهری و توسعه صنعتی) است، مکانیزم نامرئی آب (تبخیر، تعرق و بارش) از طریق تعیین پوشش گیاهی و تغییر کاربری اراضی، بر تاب‌آوری منابع آب مؤثر است. Falkenmark et al (2019)، در پژوهشی نقش آب را برای تاب‌آوری زمین و توسعه پایدار ضروری می‌دانند و معتقدند تاب‌آوری آب دیگر فقط مربوط به آب نیست و به تغییر آب‌وهوا، مصرف آب و موارد دیگر ارتباط دارد. آن‌ها معتقدند برای مدیریت آب باید پیامدهای گسترده بین فعل و انفعالات آب سبز (تبخیر، تعرق، رطوبت خاک) و آبی (آب‌های سطحی و زیرزمینی) را در نظر گرفت. Li et al (2017) طی پژوهشی با هدف استفاده از یک چارچوب ارزیابی سیستماتیک تحت برنامه ارزیابی منابع آب در برابر تغییرات آب و هوایی، مدل‌های مولد آب‌وهوا (براساس تفاوت دما و نسبت بارندگی)، مدل هیدرولوژیکی (محاسبه رواناب مستقیم و مدل آبخیزداری) و سیستم منابع آب را ادغام کردند. Marteleira et al (2017) به‌منظور محاسبه تاب‌آوری منابع آب و درک اجتماعی از کمبود آب در فیلیپین، ابتدا مطالعه‌ای بر روی خانوار (اطلاعات مربوط به خانوار، دانش و آگاهی در مورد تغییرات و خطرات آب‌وهوا) انجام دادند و در مرحله بعد یک مدل‌سازی هیدرولوژیکی (داده‌های مربوط به نقشه خاک، بارش، دما، رطوبت نسبی، سرعت باد و سری تشعشعات خورشیدی) انجام دادند و از رابطه به‌دست آمده، تاب‌آوری را محاسبه نمودند. Liu et al (2016) ارزیابی تاب‌آوری منابع آب براساس مدل AAF-PPC را انجام دادند. آن‌ها معتقد هستند با توجه به مفهوم و ویژگی‌های تاب‌آوری سیستم منابع آب، مکانیسم ارزیابی شاخص تاب‌آوری، باید با توجه به انتخاب ۱۲ شاخص انجام پذیرد، برخی از آن‌ها عبارتند از: بارش، پوشش جنگل، تراکم جمعیت، متوسط منبع سرانه آب، متوسط سرانه تولید ناخالص داخلی. Amarasinghe (2014) در رساله دکتری خود با عنوان "تاب‌آوری سیستم‌های تأمین آب در مواجهه با

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.76.9.7]

چالش‌های ناشی از تغییرات آب‌وهوایی و رشد جمعیت" به بررسی قابلیت تاب‌آوری سیستم‌های تأمین آب با تغییرات اقلیمی و تأثیرات رشد جمعیت پرداخت. Sood & Ritter (2011)، طی تحقیقی با عنوان "توسعه یک چارچوب برای سنجش پایداری آبخیز با استفاده از مدل کیفی هیدرولوژیکی/ آب" بیان کردند پایداری حوزه با تعریف شاخص‌های اجتماعی، زیست‌محیطی و تنوع زیستی تعریف و تعیین می‌شود. شاخص‌ها در این مطالعه، جنبه هیدرولوژیکی (جمعیت، نرخ رشد جمعیت، مصرف آب خانگی، کشاورزی، دامدای و مرغداری و مصارف آب زیستی، تغییرات آب‌وهوایی و ...) را به‌خوبی پوشش می‌دهند. Saeedi and Darabi (2015) طی پژوهشی اصول پایداری اکولوژیک را در خصوص تاب‌آوری محیط‌های خشک، در مواجهه با کم‌آبی استخراج کردند و پارامترهای آب سطحی و زیرزمینی، زه‌کشی، شیب، جهت و ارتفاع و ... را مورد بررسی قرار دادند. Karamouz and Mohamadpour (2017) پژوهشی با عنوان تحلیل پایداری تأمین و تقاضا مبتنی بر بیلان آب، حرکت به‌سوی تدوین یک شاخص ترکیبی در حوضه آبریز اهرچای انجام دادند. Behboodian and Kerachian (2020) به‌منظور ارزیابی پایداری سناریوهای عرضه و تقاضای آب در حوضه‌های آبریز، از یک مدل تخصیص آب استفاده کردند و سه شاخص معروف اعتمادپذیری، برگشت‌پذیری (تاب‌آوری) و آسیب‌پذیری را برای استان‌های آذربایجان‌شرقی، آذربایجان‌غربی و کردستان و علاوه بر آن‌ها در مورد دریاچه ارومیه مورد ارزیابی قرار دادند. در این پژوهش هدف آن است که با تهیه لیستی مدون از فاکتورهای مؤثر در تاب‌آوری منابع آب و غربالگری آن‌ها، الگویی کمی (به‌صورت یک مدل ریاضیاتی خطی چندمتغییره) در خصوص تخمین تاب‌آوری منابع آب حوزه‌های آبخیز کشور، تدوین گردد.

مواد و روش‌ها

غربالگری معیارها و زیرمعیارهای مؤثر در تاب‌آوری منابع آب و اولویت‌بندی آن‌ها، هدف اصلی این پژوهش است. لیکن از آنجا که هنوز معیارهای مُدوّنی در خصوص تاب‌آوری منابع آبی وجود ندارد، اولین گام، شناسایی معیارهای مؤثر در این خصوص می‌باشد. بدین منظور مقالات موضوعی مرتبط در سال‌های گذشته مورد مطالعه و بررسی قرار گرفتند و در نهایت لیستی از مهم‌ترین معیارها مشتمل بر ۳ گروه معیار، ۱۱ معیار و ۲۸ زیرمعیار به شرح جدول (۱) استخراج گردید. پس از انتخاب رایج‌ترین معیارها و زیرمعیارهای مؤثر، به‌منظور تعیین و تخمین اهمیت زیرمعیارها، از روش دلفی استفاده شد. این روش این امکان را به کاربر می‌دهد تا با یکپارچه‌سازی قضاوت‌ها و نظرات خبرگان، زمینه را جهت تصمیم‌گیری و طرح‌ریزی در مورد پارامترهای مسئله فراهم سازد (Danehkar et al., 2011: 56). اولین پرسشنامه دلفی با هدف انتخاب اولیه مؤثرترین معیارها و به‌صورت باز، طراحی و میان خبرگان توزیع گردید. منظور از باز بودن پرسشنامه آن بود که پس از جمع‌بندی پاسخ‌های دور اول، برای هر یک از خبرگان این امکان فراهم شود تا با اطلاع از آرای سایر افراد، نظرات خویش را اصلاح نماید. جهت تکمیل پرسشنامه اول، ۲٤ نفر از کارشناسان و متخصصان دانشگاهی و حرفه‌ای که حداقل ۵ سال سابقه کاری مرتبط داشتند، به‌عنوان اعضای خبرگان انتخاب شدند. نکته مهم آن است که اعتبار روش دلفی، بیش از آن‌که به تعداد شرکت‌کنندگان در تحقیق مرتبط باشد،

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.76.9.7]

به اعتبار علمی خبرگان و متخصصان مرتبط با موضوع پژوهش وابسته است (Haddadinia and Danehkar, 2012: 23). لازم به ذکر است در دور اول، از خبرگان خواسته شد تا علاوه بر اعمال نظر در مورد متغیرهای مندرج در پرسشنامه، متغیرهای تکمیلی را که در جدول وجود ندارد، بنا به تجربه خویش پیشنهاد نمایند تا در دور دوم نظرسنجی، به پرسشنامه دوم اضافه شود (Petrosian et al., 2013: 17).

جدول ۱- معیارها و زیرمعیارهای موثر در تاب‌آوری منابع آب

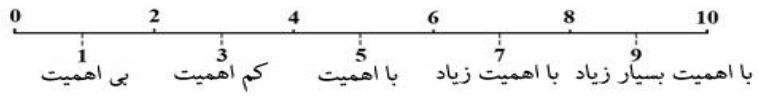
Table 1- Criteria and sub-criteria effective in resilience of water resources

ردیف	گروه معیار	معیار	زیرمعیار
۱	اکولوژیک	اقلیم	دما
			بارش
			تبخیر
			رطوبت نسبی
			سرعت باد
			سری تابش خورشیدی
		هیدرولوژی	آب سطحی (چشمه و رودخانه)
			آب زیرزمینی (چاه و قنات)
		زیستی	تراکم پوشش گیاهی
		خاکشناسی	نفوذپذیری (زه کشی)
		فیزیوگرافی	شیب
			جهت جغرافیایی
			ارتفاع از سطح دریا
۲	اجتماعی- فرهنگی	دموگرافی	جمعیت
			نرخ رشد جمعیت
			سطح سواد و آگاهی
		مداخلات انسانی و مدیریتی	تهدیدات انسانی
			اقدامات تروریسمی
			شکست در بخش خدمات
		فرهنگ مصرف و درک اجتماعی	شکست در بخش خدمات
			درک اجتماعی از کمبود آب
۳	اقتصادی	کاربری اراضی و نوع مصارف آب	خانگی
			کشاورزی
			صنعتی
			دامداری و مرغداری
			اکولوژیکی (حقابه زیست‌محیطی)
		بهداشت و سلامت عمومی	بهداشت و سلامت عمومی
		هزینه	تعرفه آب
			سرانه تولید ناخالص داخلی

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.76.9.7]

پس از تکمیل دور اول پرسشنامه، از آنجا که در روش دلفی، فرآیند مشخصی برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و ارزیابی سطح اجماع وجود ندارد (Holey et al., 2007: 57)، رایج‌ترین تعریف برای اجماع، درصد توافق به‌شمار می‌رود؛ بنابراین در ادامه روند این پژوهش نیز شاخص‌هایی که آرایی بزرگ‌تر از ۵۰٪ توافق خبرگان محترم را کسب کرده بودند (Esmaeilpoorarabi et al., 2018: 476)، به‌عنوان شاخص‌های تأثیرگذار در تاب‌آوری تشخیص داده شده و مابقی در غربالگری اولیه حذف گردیدند؛ علاوه بر این زیرمعیارهای پیشنهادی خبرگان نیز به پرسشنامه دوم اضافه شد. براساس کارهای مشابه، پرسشنامه دور دوم فقط برای خبرگانی که در دور اول شرکت کرده بودند ارسال شد. در این دور، ساختار پرسشنامه، مشابه دور اول بود، با این تفاوت که نمره دهی برای هر معیار و زیرمعیار، براساس مقیاس پنج‌درجه‌ای لیکرت (شکل ۱) انجام شد. در این نوع نمره‌دهی درجه ۱ برای نظر بی‌اهمیت معرف دامنه ۰ تا ۲، درجه ۳ برای نظر کم‌اهمیت معرف دامنه ۲ تا ٤، درجه ۵ برای نظر با اهمیت معرف دامنه ٤ تا ٦، درجه ۷ برای نظر اهمیت زیاد معرف دامنه ٦ تا ۸ و درجه ۹ برای نظر اهمیت بسیار زیاد معرف دامنه ۸ تا ۱۰ می‌باشد.



شکل ۱: دامنه لیکرت به‌منظور تعیین سطح اهمیت معیارها و زیرمعیارها (Mafi-Gholami et al., 2015: 82)

Figure 1: Likert domain to determine the level of importance of criteria and sub-criteria

در دور دوم، از میان ٢٤ پرسشنامه توزیع شده، ۲۲ نفر از خبرگان محترم همکاری و آرای خویش را ارسال نمودند (حدود ۹۲٪) که این میزان پاسخ‌دهی (کاهش در تعداد شرکت‌کنندگان)، با توجه به مطالعات قبلی دلفی، نتیجه‌ای قابل قبول می‌باشد (Chiang & Lei, 2016؛ Esmaeilpoorarabi et al., 2018: 476؛ Jozi et al., 2013: 582). جهت جمع‌بندی آرای پرسش‌شوندگان در این دور، از یک روش تجمیعی نظرات استفاده شد. در این روش، ابتدا برای هر یک از زیرمعیارها، دو مشخصه "درجه اهمیت (D)" و "درصد اهمیت (P)" براساس روابط (۱) محاسبه شد (Petrosian et al., 2012: 20؛ Kabiri Hendi et al., 2012: 63؛ Haddadinia and Danehkar, 2012: 25، Mousavi et al., 2015: 93؛ Mafi-Gholami et al., 2015: 83؛ Hasanzadeh & Danehkar, 2013: 139, Sepehr et al., 2017: 92):

روابط (۱)

$$Y_i = \frac{x_i}{\sum x_i}$$:وزن تعدیل شده

$$Z_I = y_i . n_i$$:امتیاز وزن‌دار

$$N = \sum n_i$$:تعداد پرسش شوندگان

$$D = \frac{\sum(x_i \times n_i)}{N}$$:درجه اهمیت معیار

$$P = \frac{\sum z_i}{N} \times 100$$:درصد اهمیت معیار

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.76.9.7]

که در آن x_i وزن اولیه (در اینجا ۱، ۳، ۵، ۷ و ۹) و n_i تعداد افرادی است که به هر درجه اهمیت امتیاز داده‌اند.

در ادامه به‌منظور غربالگری، کلیه زیرمعیارها در نموداری دوبعدی موسوم به "نمودار اهمیت" که محور افقی آن را درصد اهمیت و محور عمودی آن را درجه اهمیت تشکیل می‌دهند، رسم شد. براساس معیار پذیرش، زیرمعیارهایی که حداقل نصف درجه و نصف درصد بالاترین ارزش عددی به‌دست آمده در میان کلیه زیرمعیارها را کسب کردند، به‌عنوان زیرمعیار مؤثر در تاب‌آوری انتخاب و مابقی حذف شدند. لازم به ذکر است با توجه به اجماع نظرات خبرگان از طریق توزیع پرسشنامه در دو دور (که امری مرسوم به شمار می‌رود) دیگر نیازی به انجام فرآیند دلفی در دورهای بعدی نبود (Meijering et al., 2018؛ Sweya & Wilkinson, 2020).

جهت اولویت‌بندی زیرمعیارها از شاخص دیگری به نام "ضریب اهمیت" استفاده شد (Haddadinia and Hasanzadeh & 2013: 139 ،Petrosian et al., 2012: 20 ؛Kabiri Hendi et al., ؛Danehkar, 2012: 25 Mousavi et al., 2013: 93؛ Mafi-Gholami et al., 2015: 83؛ Danehkar). ضریب اهمیت از حاصل‌ضرب درجه و درصد اهمیت هر زیرمعیار محاسبه می‌شود. هر زیرمعیاری که دارای ضریب اهمیت بالاتری باشد، در اولویت‌بندی رتبه بالاتری را کسب می‌کند. در ادامه جهت بررسی قابلیت اطمینان و پایایی پرسشنامه دوم، آلفای کرونباخ، اندازه‌گیری شد. هرقدر شاخص آلفای کرونباخ به ۱ نزدیک‌تر باشد، همبستگی درونی بین سؤالات بیش‌تر و در نتیجه پرسش‌ها همگن‌تر خواهند بود. طبق مراجع معتبر، مقادیر بالاتر از ۰/۷ به معنای ارتباط شدید رتبه‌بندی و تأیید روش کار خواهد بود (Esmaeilpoorarabi et al., 2018: 477).

یافته‌ها و بحث

پس از تجمیع نظرات خبرگان در خصوص پرسشنامه اول، از میان ۲۸ زیرمعیار اولیه، ۱۸ مورد با کسب آرای بالای ۵۰ درصد، به‌عنوان گزینه‌های مؤثر تعیین و ۱۰ مورد نیز در دور اول حذف شدند. زیرمعیارهای حذف شده عبارتند از: رطوبت نسبی، سرعت باد و سری تابش خورشیدی مربوط به معیار هواشناسی، جهت جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا مربوط به معیار فیزیوگرافی، تهدیدات انسانی، اقدامات تروریسمی و شکست در بخش خدمات مربوط به معیار مداخلات انسانی و مدیریتی، دامداری و مرغداری مربوط به معیار کاربری اراضی و نوع مصارف آب و همچنین سرانه تولید ناخالص داخلی مربوط به معیار هزینه. لازم به ذکر است با توجه به این‌که کلیه زیرمعیارهای مربوط به معیار مداخلات انسانی و مدیریتی حذف شدند، معیار یاد شده نیز از پرسشنامه دوم حذف گردید.

در نهایت با اضافه شدن ۲ زیرمعیار پیشنهادی از طرف خبرگان، تحت عنوان فرهنگ مصرف و سرمایه‌گذاری در زمینه حفظ منابع آب، پرسشنامه دوم متشکل از ۳ معیار اصلی، ۱۰ معیار و ۲۰ زیرمعیار تدوین شد و در اختیار خبرگان قرار گرفت. پس از تجمیع نظرات خبرگان در دور دوم، درجه، درصد و ضریب اهمیت هر زیرمعیار، براساس روابط ذکر شده در بخش روش کار، محاسبه شد. این نتایج در جدول (۲) قابل مشاهده است. بر اساس داده‌های جدول (۲)، بزرگ‌ترین درجه و درصد اهمیت به‌ترتیب برابر با ۸/۰۹۰ و ۰/۳۲٤ محاسبه شدند که هر دو

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.76.9.7]

مربوط به زیرمعیار آب‌های سطحی می‌باشند. این دو عدد در نمودار اهمیت به‌عنوان شاخص در پذیرش یا حذف زیرمعیارها به‌کار گرفته خواهند شد؛ بدین‌صورت که ابتدا نصف ارزش عددی هر یک، محاسبه می‌شود. این مقادیر برای محور درجه اهمیت برابر با ٤/٠٤٥ و برای محور درصد اهمیت برابر با ۰/۱٦۲ می‌باشد. براساس تعاریف در صورتی‌که درجه یا درصد هر زیرمعیاری از این دو عدد کم‌تر باشد، آن زیرمعیار حذف خواهد شد.

جدول ۲- تعیین درجه و درصد اهمیت زیرمعیارهای تاب‌آوری براساس روش دلفی

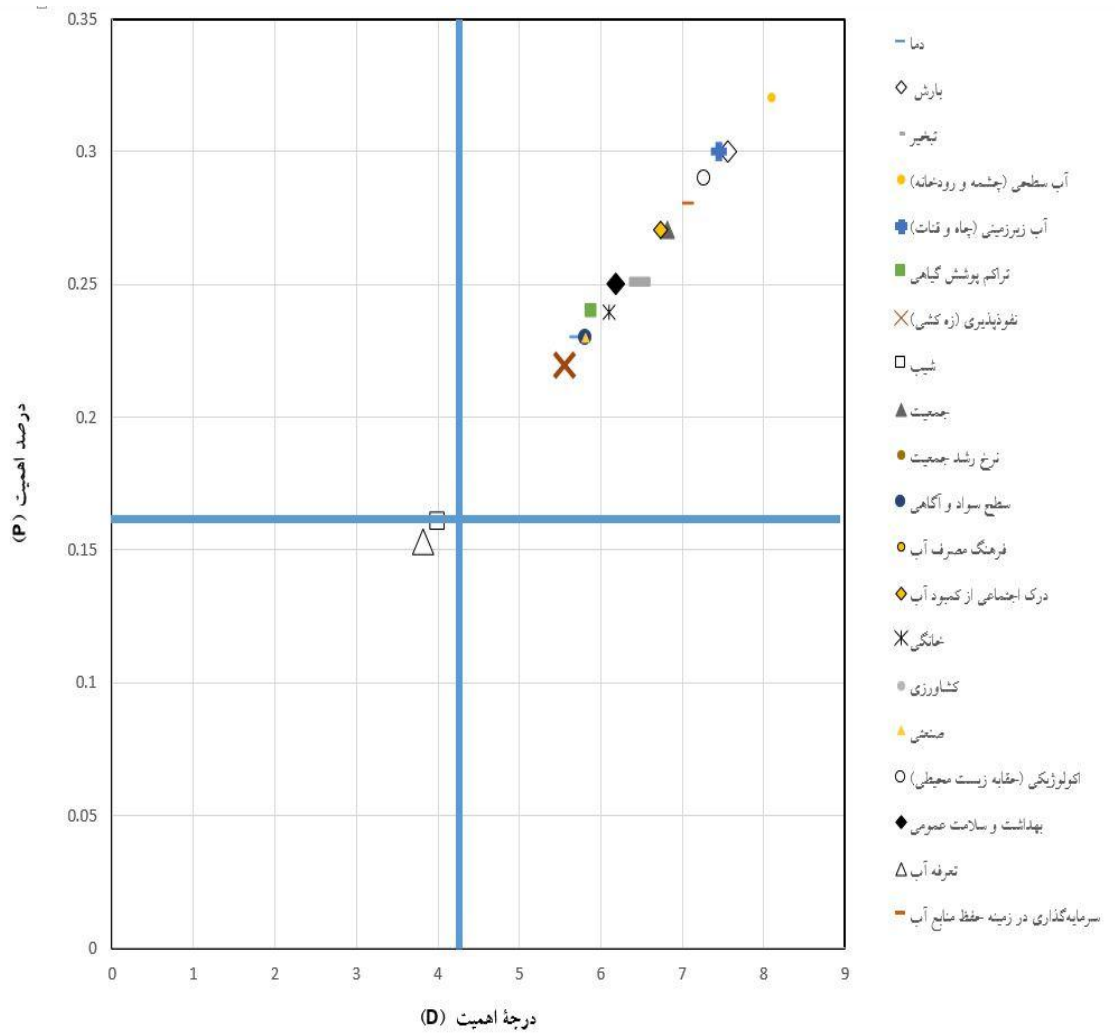
Table 2 - Determining the degree and percentage of importance of resilience sub-criteria based on Delphi method

رد	شاخص	درجه اهمیت (D)	درصد اهمیت (P)	ضریب اهمیت (F)
۱	دما	۵/۷۳	۰/۲۳	۱/۳۱
۲	بارش	۷/۵۵	۰/۳۰	۲/۲۸
۳	تبخیر	٦/۳٦	۰/۲۵	۱/٦۲
٤	آب سطحی (چشمه و رودخانه)	۸/۰۹	۰/۳۲	۲/٦۲
۵	آب زیرزمینی (چاه و قنات)	۷/٤۵	۰/۳۰	۲/۲۲
٦	تراکم پوشش گیاهی	۵/۹۱	۰/۲٤	۱/٤۰
۷	نفوذپذیری (زه کشی)	۵/۵۵	۰/۲۲	۱/۲۳
۸	شیب	٤/۰۰	۰/۱٦	۰/٦٤
۹	جمعیت	٦/۸۲	۰/۲۷	۱/۸٦
۱۰	نرخ رشد جمعیت	٦/۱۸	۰/۲۵	۱/۵۳
۱۱	سطح سواد و آگاهی	۵/۸۲	۰/۲۳	۱/۳۵
۱۲	فرهنگ مصرف آب	٦/۷۳	۰/۲۷	۱/۸۱
۱۳	درک اجتماعی از کمبود آب	٦/۷۳	۰/۲۷	۱/۸۱
۱٤	خانگی	٦/۰۹	۰/۲٤	۱/٤۸
۱۵	کشاورزی	۷/۲۷	۰/۲۹	۲/۱۲
۱٦	صنعتی	۵/۸۲	۰/۲۳	۱/۳۵
۱۷	اکولوژیکی (حقابه زیست‌محیطی)	۷/۲۷	۰/۲۹	۲/۱۲
۱۸	بهداشت و سلامت عمومی	٦/۱۸	۰/۲۵	۱/۵۳
۱۹	تعرفه آب	۳/۸۲	۰/۱۵	۰/۵۸
۲۰	سرمایه‌گذاری در زمینه حفظ منابع آب	۷/۰۹	۰/۲۸	۲/۰۱

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.76.9.7]

شکل (۲) معرف نمودار اهمیت زیرمعیارهای مؤثر در تاب‌آوری منابع آب می‌باشد. با توجه به شکل (۲)، درجه و درصد اهمیت زیرمعیارهای شیب (مربوط به معیار فیزیوگرافی) و تعرفه آب (مربوط به معیار هزینه)، دارای مقادیری کمتر از نصف حداکثر ارزش عددی به‌دست آمده هستند (در قسمت پایینی سمت چپ نمودار اهمیت قرار گرفته‌اند)؛ بنابراین در این مرحله این دو زیرمعیار حذف شده و ۱۸ زیرمعیار باقی‌مانده به‌عنوان زیرمعیارهای مؤثر در تاب‌آوری منابع آب، انتخاب گردیدند. شایان ذکر است با توجه به آن‌که معیارها به‌عنوان پارامترهایی وابسته به زیرمعیارهایشان مورد سنجش قرار می‌گیرند، در صورتی‌که تمامی زیرمعیارهای یک معیار پس از غربالگری حذف شده باشند، آن معیار نیز حذف خواهد شد؛ بر این اساس در اینجا با توجه به آن‌که زیرمعیار شیب تنها پارامتر مستقل معیار فیزیوگرافی به‌شمار می‌رفت، با حذف شدن زیرمعیار شیب، این معیار (فیزیوگرافی) نیز به‌طور کامل حذف خواهد شد.

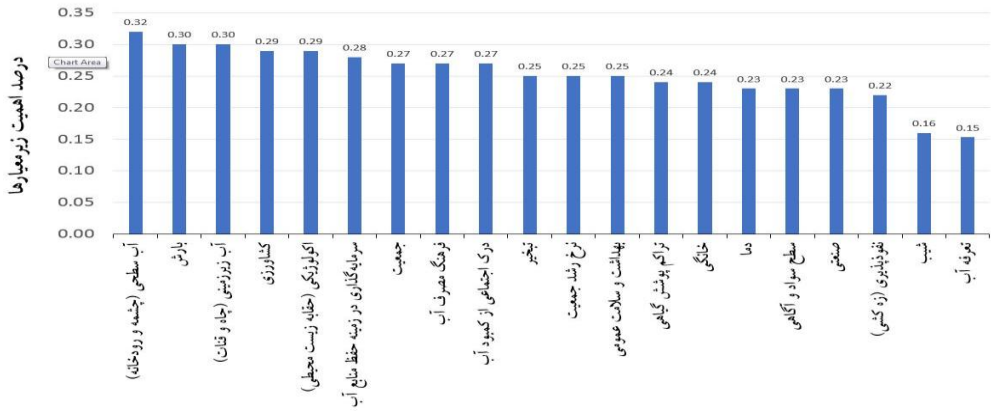


شکل ۲: نمودار اهمیت زیرمعیارهای تاب‌آوری براساس روش دلفی

Figure 2: Graph of the importance of resilience sub-criteria based on the Delphi method

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.76.9.7]



شکل ۳: تعیین اهمیت زیرمعیارهای تاب‌آوری براساس درصد اهمیت آن

Figure 3: Graph of the importance of resilience sub-criteria based on the Delphi method

جهت سنجش میزان اهمیت زیرمعیارها می‌توان به‌طور مجزا، از درصد اهمیت به‌دست آمده برای هر یک از زیرمعیارها نیز استفاده کرد؛ بدین‌صورت که هر زیرمعیاری که نسبت به دیگر زیرمعیارها دارای فراوانی بیش‌تری باشد (خبرگان نظرات همسوی بیش‌تری در مورد آن داده‌اند)، از اهمیت بیش‌تری برخوردار است. لازم به ذکر است در صورتی‌که درصد اهمیت دو زیرمعیار یکسان باشد، زیرمعیاری که دارای درجه اهمیت بیش‌تری باشد، به‌عنوان زیرمعیار مؤثرتر انتخاب می‌گردد. این فراوانی نسبی و اهمیت، در شکل (۳) دیده می‌شود. در نهایت با توجه ضریب اهمیت محاسبه شده برای هر یک از زیرمعیارها (مطابق با جدول ۲)، اولویت‌بندی ۱۸ زیرمعیار مؤثر باقی‌مانده در تاب‌آوری، مطابق با جدول (۳) تعیین شد.

جدول ۳- تعیین اولویت زیرمعیارهای تاب‌آوری منابع آب

Table 3- Prioritize sub-criteria for water resources resilience

اولویت	زیرمعیار
۱	آب سطحی (چشمه و رودخانه)
۲	بارش
۳	آب زیرزمینی (چاه و قنات)
٤	کشاورزی/اکولوژیکی (حقابه زیست محیطی)
٥	سرمایه‌گذاری در زمینه حفظ منابع آب
٦	جمعیت
۷	فرهنگ مصرف آب/درک اجتماعی از کمبود آب
۸	تبخیر
۹	نرخ رشد جمعیت/بهداشت و سلامت عمومی
۱۰	خانگی
۱۱	تراکم پوشش گیاهی
۱۲	سطح سواد و آگاهی/صنعتی
۱۳	دما
١٤	نفوذپذیری (زه کشی)

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.76.9.7]

شایان ذکر است علیرغم نظرات متفاوت خبرگان در اهمیت زیرمعیارها، پس از تجمیع نظرات و محاسبه ضرایب اهمیت، برخی از زیرمعیارها دارای ضرایب یکسانی با یکدیگر شدند؛ بنابراین اولویت آن‌ها نیز برابر در نظر گرفته شد.

در ادامه با استفاده نرمال‌سازی ضرایب اهمیت محاسبه شده، یک رابطه ریاضی خطی براساس روش دلفی، جهت تخمین اولیه تاب‌آوری به‌صورت رابطه شماره (۲) تعریف شد:

رابطه (۲)

$$\begin{aligned} RE = {} & 0.041TE + 0.072RF + 0.051EV + 0.083SW + 0.070GW + 0.044VD \\ & + 0.039PB + 0.059PO + 0.048PG + 0.043EL + 0.057CC \\ & + 0.057SU + 0.047HM \\ & +0.067AG + 0.043IN + 0.067EW + 0.048HE + 0.064IC \end{aligned}$$

که در آن: TE معرف دما، RF معرف بارش، EV معرف تبخیر، SW معرف آب سطحی، GW معرف آب زیرزمینی، VD معرف تراکم پوشش گیاهی، PB معرف نفوذپذیری، PO معرف جمعیت، PG معرف نرخ رشد جمعیت، EL معرف سطح سواد و آگاهی، CC معرف فرهنگ مصرف آب، SU معرف درک اجتماعی، HM معرف خانگی، AG معرف خانگی، IN معرف صنعتی، EW معرف حقابه، HE معرف بهداشت و سلامت و IC معرف سرمایه‌گذاری در حفظ منابع آب می‌باشند.

ناگفته نماند علاوه بر موارد انجام شده فوق، جهت بررسی قابلیت اطمینان و پایایی پرسشنامه دوم، پس از انجام محاسبات مربوط به آلفای کرونباخ زیرمعیارها، عدد اندازه‌گیری شده برابر با ۰/۸٤ تعیین شد که نشان از تأیید کار انجام شده می‌باشد.

نتیجه‌گیری

همان‌طور که در پیشینه پژوهش ذکر شد تاکنون پژوهش مدونی در خصوص تعیین معیارها و زیرمعیارهای تاب‌آوری منابع آبی، در سطح کشور انجام نشده است؛ لیکن در اولین گام این پژوهش، پس از بررسی و مطالعه نمونه کارهای مشابه، لیستی اولیه متشکل از ۲۸ زیرمعیار تهیه گردید. زیرمعیارهای شناسایی شده در سطح بالاتر در قالب ۱۱ معیار و خود معیارها در سطح کلان‌تر در ۳ گروه معیارهای اصلی تفکیک شدند. در گام دوم به کمک یک گروه ٢٤ نفره از خبرگان و با استفاده از روش دلفی، زیرمعیارهای شناسایی شده در دو دور، مورد ارزیابی و وزن‌دهی قرار گرفتند. در پایان پس از جمع‌آوری و یکپارچه‌سازی نظرات، عوامل مؤثر در تاب‌آوری در قالب ۳ معیار اصلی، ۹ معیار و ۱۸ زیرمعیار نهایی شد و سهم تخمینی هر یک از زیرمعیارها در تعیین تاب‌آوری در قالب یک رابطه ریاضیاتی خطی ارائه گردید. لازم به ذکر است با توجه به آن‌که معیارهای اصلی و معیارهای دسته‌بندی شده به نوعی پارامترهایی وابسته نسبت به زیرمعیارها محسوب می‌شدند، در پژوهش پیش رو، وزن‌دهی نهایی و ارائه رابطه ریاضیاتی خطی پایانی، تنها براساس وزن‌دهی زیرمعیارها (برگرفته از روش دلفی) صورت پذیرفته است؛

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.76.9.7]

بنابراین پیشنهاد می‌شود جهت دستیابی به وزن و ضرایب واقعی‌تر عوامل یاد شده در تاب‌آوری منابع آب، از سایر روش‌های مشابه همانند FAHP یا ANP استفاده و نتایج حاصله با یافته‌های این مطالعه مقایسه گردد.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.76.9.7]

References

- Albrecht, J., (1986), "Development context and purpose of planning", ***Journal of School of Architecture, University of Illinois***, 3 (2): 51-70.
- Amarasinghe, P., (2014), "Resilience of water supply systems in meeting the challenges posed by climate change and population growth", phd Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirments of the Degree of Doctor of Philosophy, Science and Engineering Faculty, Queensland University of Technology.
- Azimi Blourian, A., (2010), "***The concept of land use planning in development planning, origin , evolution and experience of Iran***", Tehran: Rasa pub. [In Persian].
- Behboodian, M., Kerachian, R., (2020), "Sustainability assessment of basin-wide water supply and demand scenarios using intelligent decision system (IDS) Model", ***Iran-Water Resources Research***, 15 (4): 314-327. [In Persian].
- Brown, L. R., (2003), "***Plan B: rescuing a planet under stress and a civilization in trouble***", WW Norton & Company, New yourk.
- Chiang, Y. C., Lei, H. Y., (2016), "Using expert decision-making to establish indicators of urban friendliness for walking environments", ***International Journal of Health Geographics***, 15: 40: 1-12.
- Danehkar, A., Asadolahi, Z., Alizadeh Shabani, A., Javanshir, A., (2011), "Nature based tourism management planning of Choghakhor wetland by spatial multi criteria evaluation (SMCE)", ***Journal of Natural Environmental, Iranian Journal of Natural Resources***, 65: 1: 53-66. [In Persian].
- Esmaeilpoorarabia, N., Yigitcanlara, T., Guaraldab, M., Kamruzzaman, MD., (2018), "Evaluating place quality in innovation districts: A Delphic hierarchy process approach", ***Land Use Policy***, 76: 471-486.
- Falkenmark, M., Erlandsson, L. W., Rockstrom, J., (2019), "Understanding of water resilience in the Anthropocene", ***Journal of Hydrology***, 3: 147-160.
- Gibbs, M. T., (2009), "Resilience: What is it and what does it mean for marine policymakers", ***Marine Policy***, 33 (2): 322-331.
- Haddadinia, S., Danehkar, A., (2012), "Prioritization of ecotourism criteria in desert and semi-desert ecosystems by Delphi method", ***Journal of Geography and Urban-Regional Planning***, 2 (3) 3: 17-30. [In Persian].
- Hall. W. J., Borgomeo, E., Bruce, A., Di Mauro, M., Mortazavi naeini, M., (2019), "Resilience of water resource systems:lessons from England", ***Water security***, 8: 43-58.
- Hasanzadeh, M., Danehkar, A., Azizi, M., (2013), "The application of analytical network process to environmental prioritizing criteria for coastal oil jetties site selection in Persian Gulf coasts (Iran)", ***Ocean & coastal management***, 73: 136-144.
- Holey, E. A., Feeley, J. L., Dixon, J., Whittaker, V. J., (2007), "An exploration of the use of simple statistics to measure consensus and stability in Delphi studies", ***BMC Medical Research Methodology***, 7: 52-62.
- Jozi, S. A., Sohrabi Balsini, M., Jamshidi, A., (2013), "Investigating the promotion possibility of no-hunting areas to the protected areas", ***J. Indian Soc. Remote Sens***, 41: 577-585.
- Kabiri Hendi, M., Danehkar, A., Khorasani, N., (2012), "The application of Delphi method in classification and prioritization of criteria for the selection of protected areas: an integrated approach", ***Town And Country Planning***, 6 (4): 55-77. [In Persian].

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.76.9.7]

- Karamouz, M., Mohamadpour, P., (2017), "Water balance based sustainability analysis of supply and demand, towards developing a hybrid index (Case study: Aharchay watershed)", ***Iran - Water Resources Research***, 12 (4): 1-11. [In Persian].
- Keys, P. W., Porkka, M., Erlandsson, L. W., Fetzer, I., Gleeson, T., Gordon, L. J., (2019), "Invisible water security: Moisture recycling and water resilience", ***Water Security***, 8: 151-170.
- Li, M. H., Tseng, K. J., Tung, C. P., Shih, D. S., Liu, T. M., (2017), "Assessing water resources vulnerability and resilience of southern Taiwan to climate change", ***Terrestrial Atmospheric and Oceanic Sciences***, 28 (1): 67-81.
- Liu, D., Zhao, D., Liang, X., Wu, Q., (2016), "Research on evaluating water resource resilience based on projection pursuit classification model", ***Applied Water Science***, 6: 97-105.
- Lukuba, N. S., Wilkinson, S., (2020), "A tool for measuring environmental resilience to floods in Tanzania water supply systems", ***Ecological Indicators***, 112: 106-125.
- Mafi-Gholami, D., Feghhi, J., Danehkar, A., Yarali, N., (2015), "Classification and prioritization of negative factors affecting on mangrove forests using Delphi method (Case study: Mangrove forests of Hormozgan province of Iran)", ***Advances in Bioresearch***, 6 (3): 78-92.
- Meijering, J. V., Tobi, H., Kern, K., (2018), "Defining and measuring urban sustainability in Europe: A Delphi study on identifying its most relevant components", ***Ecological Indicators***, 90: 38-46.
- Mousavi, S. H., Danehkar, A., Shokri, M. R., Poorbagher, H., Azhdari, D., (2015), "Site selection for artificial reefs using a new combine multi-criteria decision-making (MCDM) tools for coral reefs in the Kish Island e Persian Gulf", ***Ocean & Coastal Management***, 111: 92-102.
- Mousavi, S. K., Tabesh, M. R., Lahijanian, A., Jozi, S. A., Mirfakhraei, S. H., (2021), "Develop and select a strategy to improve the resilience of water resources in Yazd Ardakan plain", ***Geografical Space***, 73 (21): 103-120. [In Persian].
- Pahl-Wost, C., Möltgen, J., (2005), "***New methods for adaptive water management under uncertainty–The NeWater project***", EWRA Conference: 7-8 September 2005, Menton-France.
- Petrosian, A. H., Danehkar, A., Ashrafi, S., Feghhi, J., (2013), "Application of Delphi method for prioritization of mangrove afforestation site selection criteria (Case study: Grey mangroves on North part of Persian Gulf, Iran)", ***Environment and Development Journal***, 7 (4): 37-44. [In Persian].
- Poorasghar Sangachin, F., (2008), "look at the situation of water resources in Iran and the world", ***Vice President for Strategic Planning and Oversight***, 7: 21-25. [In Persian].
- Rita, M., Coelho, P. S., Roxo, M. J., (2017), "Water resources resilience and social perception of water scarcity in Tacloban, Philippines", International Conference on Sustainable Development (ICSD), Columbia University, New York, USA, 18-1 9 May 2017.
- Saeedi, I., Darabi, H., (2015), "Designing an academic landscape with a resilience approach in water crisis conditions (Case study: Malayer University)"***, Journal of Environmental Science***, 40 (4): 1051-1066. [In Persian].
- Sepehr, M., Fatemi, S. M. R., Danehkar, A., Mashinchian Moradi, A., (2017), "***A***pplication of Delphi method in site selection of desalination plants", ***Global J. Environ. Sci. Manage***, 3 (1): 89-102.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.76.9.7]

- Sood, A., Ritter, W. F., (2011), "Developing a framework to measure watershed sustainability by using hydrological/water quality model", ***Water Resource and Protection***, 3: 788-804.
- World Bank, (2006), "***World development indicators***", New yourk: World Bank.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.76.9.7]