اکوهیدرولوژی

دورهٔ ۷، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۹، ص ۷۶-۵۹

شناسایی و تحلیل عوامل کلیدی و پیشران‌های مؤثر در مدیریت یکپارچهٔ منابع آب بر مبنای رویکرد آینده‌پژوهی (مطالعهٔ موردی: شهرستان تبریز)

محمدباقر بهشتی[1*]، داود بهبودی[1]، نادر زالی[2]، فهیمه احمدزاده دلجوان[3]

۱. استاد، دانشکدهٔ اقتصاد و مدیریت، دانشگاه تبریز

۲. دانشیار، دانشکدهٔ هنر و معماری، دانشگاه گیلان

۳. دانشجوی دکتری، دانشکدهٔ اقتصاد و مدیریت، دانشگاه تبریز

(تاریخ دریافت ۱۳۹۸/۰۵/۱۵؛ تاریخ تصویب ۱۳۹۸/۱۱/۲۰)

چکیده

سیستم منابع آبی تحت تأثیر عوامل متعددی است که این عوامل می‌توانند در یک محیط جغرافیایی خاص یا در فضای گسترده‌تری تأثیرگذار باشند. گاه این تأثیرگذاری به گونه‌ای است که شرایط دستیابی به منابع آب سالم را با مشکلات گسترده‌ای روبه‌رو ساخته و کارایی برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آبی را به چالش کشانده است. هدف از برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب، انطباق هر چه بیشتر تقاضای سیستم‌های اجتماعی- اقتصادی آب با عرضهٔ آب از طریق کنترل و مدیریت اداری و بدون آسیب رساندن به پایداری اکوسیستم است. این امر می‌تواند با شناسایی عوامل کلیدی و اثرگذار چه از سوی عرضهٔ آب و نیز از سوی تقاضای مصرفی بخش‌های مختلف جامعه میسر شود. از این‌رو، در مطالعهٔ حاضر تلاش شده است تا بر مبنای دیدگاه مدیریت یکپارچهٔ منابع آبی، متغیرهای کلیدی و پیشران‌های اثرگذار در آیندهٔ منابع آب شهرستان تبریز در افق ۱۴۲۰ شناسایی شده و در نهایت راهبردهای سیاستی مناسب اعمال شود. بر این اساس، ۴۶ عامل اولیه زیر نظر گروه خبرگان و با استفاده از روش مرور منابع و دلفی شناسایی شد. در ادامه، به منظور تعیین عوامل کلیدی در این سیستم با استفاده از ماتریس تأثیرات متقاطع ۱۵ عامل معرفی شد. یافته‌های نهایی نشان می‌دهد عوامل زیست‌محیطی و اقتصادی بیشترین سهم را به عنوان متغیرهای اصلی در این مجموعه دارند و تأثیر بیشتری بر آیندهٔ منابع آبی خواهند داشت و انتظار می‌رود پیشران سازندهٔ منابع آبی شهرستان از بین مؤلفه‌های زیست‌محیطی و اقتصادی باشد.

کلیدواژگان: عوامل پیشران، مدیریت یکپارچهٔ منابع آبی (IWRM)، ماتریس تأثیرات متقاطع.

* نویسندهٔ مسئول

Email: beheshti@tabrizu.ac.ir

مقدمه

از جملهٔ اصلی‌ترین تعاریف و مفاهیم مورد توجه در اقتصاد، رشد و توسعهٔ اقتصادی است. به طوری که کسب رشد اقتصادی مناسب که محور اصلی آن را تولید ناخالص داخلی (GDP[1]) تشکیل می‌دهد؛ از مهم‌ترین دغدغه‌های عصر حاضر به شمار می رود و به عنوان هستهٔ مرکزی برنامه‌ریزی در جوامع مختلف تلقی می‌شود، چرا که این امر می‌تواند عاملی مؤثر برای بهبود وضعیت معاش، آسایش و مصرف مردم باشد. از این‌رو، سرعت‌بخشی به فرایند رشد اقتصادی همواره مورد توجه جوامع مختلف قرار گرفته است. اما مشکل اینجاست که تمرکز بر این امر و افزایش روزافزون در سطح تولیدات صنعتی و کشاورزی و غیره، زمینه‌ساز بهره‌برداری گسترده از منابع طبیعی، بدون توجه به سطح پایداری این منابع بوده است. از سویی، این منابع به دلیل تجدیدناپذیری و یا گاه به دلیل میزان بازتولید کاهنده در کنار روند فزایندهٔ مصرفی در سمت تقاضا با خطر زوال و نابودی مواجه شده‌اند. در میان نهاده‌های طبیعی و در واقع در صدر آنها، آب به عنوان عاملی بسیار ارزشمند و یک نهادهٔ بحرانی در امر تولید تلقی می‌شود، به طوری که هیچ نوع تولیدی و یا حتی هیچ نوع حیاتی بدون آن قابل تصور نیست.

در سال‌های گذشته، در کنار روند کاهندهٔ عرضهٔ آب و از طرف دیگر، تقاضای مصرفی فزاینده، موجودیت این نهاده باارزش با خطرهای عمده‌ای مواجه بوده، به طوری که به بروز بحران منابع آبی منجر شده است. در صورتی که این خلأ و عدم تعادل به‌وجودآمده بر مبنای راهکارهای مدیریتی مهار نشود، به گسترده شدن و شدت گرفتن بحران آبی و سر گرفتن اختلاف‌ها و تعارض‌ها در سطح محلی، ملی و فراملی خواهد انجامید. بنابراین، بدون اطمینان از وجود منابع آبی قابل اتکا چه بسا جامعه‌ای نخواهد توانست به یک ثبات سیاسی، اقتصادی و اجتماعی مطلوب و تضمین‌شده دست یابد [۱ و ۲]. امروزه، مسئلهٔ آب در کنار روند افزایش جمعیت، تغییرات اقلیمی، جهانی شدن و وابستگی متقابل، از جمله عوامل اصلی مطرح‌شده در تأمین امنیت ملی کشورهایی است که به‌ویژه اقلیمی خشک را مانند کشور ایران تجربه می‌کنند. باید توجه داشت که شرایط سیستم‌های آبی تحت تأثیر عوامل متعددی است که این عوامل می‌توانند بر یک محیط جغرافیایی خاص یا در فضای گسترده‌تری اثرگذار باشند. گاه این اثرگذاری به گونه‌ای است که می‌تواند شرایط دستیابی به منابع آب سالم را با مشکلات عدیده‌ای روبه‌رو سازد. از این‌رو، توجه عمیق‌تر به چالش کمبود منابع آب که در سطح جهانی همواره رو به فزونی بوده [۳]، شناخت دلایل کم‌آبی و لزوم مدیریت منابع آب اهمیت زیادی خواهد داشت و از طرفی، تحقق چنین فرایندی می‌تواند به شناسایی عوامل و پیشران‌های کلیدی در وقوع چالش کم‌آبی و نیز ارائهٔ راهبردهای مدیریتی در تقابل با بحران‌های آبی، اختلاف‌ها و تعارض‌ها در سطح جامعه منجر شود. بنابراین، شناسایی این عوامل از سوی عرضه و تأمین آب و نیز از سوی تقاضای مصرفی بخش‌های مختلف جامعه نظیر بخش کشاورزی، صنعت، شرب و...، چگونگی اثرگذاری و نیز کنترل مطلوب آنها، می‌تواند در مرتفع ساختن مشکلات و بحران کم‌آبی بسیار مهم باشد، که این امر مستلزم بررسی سیستماتیک عوامل تأثیرگذار بر سیستم‌های منابع آبی در ابعاد منابع و مصارف آب و مقیاس‌های زمانی و مکانی آنهاست. از این‌رو، هدف از مطالعهٔ حاضر ارائهٔ یک روش رسمی قابل اجرا در شناسایی عوامل کلیدی مؤثر برای مسائل مربوط به مدیریت یکپارچهٔ منابع آب است و این چارچوب در سطح منطقه‌ای برای منابع آب شهرستان تبریز استفاده و ارزیابی می‌شود. بنابراین، در ادامه با تمرکز بر مسئلهٔ مد نظر، به همراه مروری بر ادبیات موضوع، الگوی تحقیق بررسی شده و روش استفاده‌شده تشریح خواهد شد. در ادامه، بعد از شناسایی عوامل کلیدی در این فرایند، در نهایت راهبردهای مدیریتی لازم ارائه خواهد شد.

پیشینهٔ تحقیق

پایه‌های نظری

آینده و وضعیت آتی حجم مصارف و منابع آبی نامشخص است. بعضی از این عدم‌قطعیت‌ها به علت عوامل کنترل‌نشدنی مانند آب‌وهوا به وجود می‌آید، اما دیگر عوامل تأثیرگذار می‌تواند تحت تأثیر انتخاب‌های جمعی مردم جهان قرار گیرند. این عوامل می‌تواند شامل درآمد و رشد جمعیت، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های آب، تخصیص آب به استفاده‌های مختلف، اصلاح مدیریت آب و تغییرات تکنولوژیکی و غیره باشد. تصمیم‌گیری‌های سیاسی و اقدامات میلیاردها نفر از افراد جهان، عامل اساسی در عرضه و تقاضای

1. Gross Domestic Product

آب در بلندمدت است [۳]. از این‌رو، برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب امری بسیار دشوار است و به نگاهی دقیق‌تر به ابعاد و متغیرهای مختلف در تحقق آیندهٔ پیش رو به منظور تدوین راهبردهای مدیریتی صحیح نیاز دارد. به منظور رسیدگی به این چالش‌ها، بسیاری از مدیران و سیاست‌گذاران آب فعالانه به دنبال راهکارهای مدیریت سمت عرضه و تقاضای آب هستند و امیدوارند تا از مزایای نسبی هر یک از آنها بهره ببرند. پیگیری هم‌زمان هر دو نوع از استراتژی‌های مدیریتی اغلب در ادبیات گسترده‌ای در مورد مدیریت یکپارچه منابع آب (IWRM[1]) صورت گرفته است.

برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب به تصمیم‌گیری‌ها و اقداماتی اشاره دارد که به منظور حل مشکلات مربوط به آب و کسب مزایای بیشتر در استفاده از منابع آبی اتخاذ می‌شوند. مشکلات مربوط به آب می‌تواند ناشی از پر آبی، کم‌آبی یا آب کم‌کیفیت در نتیجهٔ آلودگی باشد. زمانی که هیچ نوع برنامه‌ریزی و مدیریتی دقیق و آینده‌نگر انجام نگیرد، این مشکلات می‌تواند موجب بروز خسارت‌های بزرگ و از بین رفتن ثروت، سلامت و یا حتی زندگی مردم شوند. وظیفهٔ برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب، انجام اقدامات لازم برای رسیدگی به این مشکلات به منظور دوری از خسارت‌ها و کسب مزایای اقتصادی و اجتماعی منابع آبی است. محدودهٔ برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب شامل تأثیر و تکمیل تعامل و ادغام در میان سه زیرسیستم مجزا و پویا شامل زیرسیستم‌های آب‌وهوایی، زیرسیستم اجتماعی-اقتصادی و زیرسیستم نهادی است [۴ و ۵].

مدیریت یکپارچهٔ منابع آب (IWRM)، به طور سیستماتیک به بررسی سه زیرسیستم پرداخته و منابع آب را در ابعاد منابع و مصارف آب و مقیاس‌های زمانی و مکانی آنها [۶]، همچنین به منظور توسعهٔ عادلانه، کارآمد و پایدار آب، زمین و سایر منابع زیست‌محیطی مدیریت می‌کند [۴ و ۵]. در واقع، هدف اساسی برنامه‌ریزی و مدیریت یکپارچهٔ منابع آب، انطباق هر چه بیشتر تقاضای سیستم‌های اجتماعی-اقتصادی آب با عرضه (کمیت و کیفیت) آب از طریق کنترل و مدیریت اداری (مقررات آب / قوانین و زیرساخت) و بدون آسیب رساندن به پایداری اکوسیستم است [۷]. شکل ۱ زیرسیستم‌های وابسته‌ای که باید در این زمینه مورد توجه قرار گیرند را ارائه می‌دهد. تغییرات در سیستم‌های منابع آب[2] (W) به واسطهٔ تغییرات در سه زیرسیستم مرتبط، یعنی سیستم آب‌وهوایی[3] (C)، سیستم اجتماعی-اقتصادی[4] (SE) و سیستم مدیریتی[5] (M)، هدایت می‌شود. متغیرهای مهم اقتصادی و اجتماعی عبارت اند از: رشد جمعیت، توسعهٔ اقتصادی، تغییرات تکنولوژیکی و شیوه‌های استفاده از آب و زمین. برای مثال، تغییرات جمعیت‌شناختی، توسعهٔ اقتصادی، نوآوری‌های تکنولوژیکی و شرایط جغرافیایی به طور مستقیم بر الگوهای مصرفی آب در آینده و تقاضای آب توسط کاربران مختلف تأثیر می‌گذارند [۸]. سیستم آب‌وهوایی تأثیر مستقیمی بر قابلیت دسترسی و عرضهٔ آب از طریق تغییرات دما، بارش و تبخیر دارد. سرانجام، مداخلهٔ مدیریتی مانند استراتژی‌های تخصیص آب، استانداردهای قانونی و مداخله‌های سیاسی، موجب تغییرات نظام اجتماعی و اقتصادی می‌شود و در نتیجه، تأثیر زیادی بر سیستم‌های آبی خواهد گذاشت [۹]. همان‌طور که در شکل ۱ دیده می‌شود، سیستم آب‌وهوایی (C) و سیستم اقتصادی-اجتماعی (SE) دو عامل اصلی تغییر در سیستم‌های منابع آبی (W) هستند. همچنین، مدیریت منابع آب (M) به عنوان عاملی تعدیل‌کننده مطرح است و برای دستیابی به تعادل پایدار بین تقاضای آب (از طریق تأثیر آن در SE، برای مثال از طریق سیاست‌های استفاده از زمین و آب) و عرضهٔ آب (از طریق تأثیر آن بر W، برای مثال از طریق سرمایه‌گذاری‌های زیربنایی برای توزیع آب) استفاده می‌شود.

بر این اساس، ساختاری جامع از سیستم‌های اثرگذار بر موجودیت منابع آبی شناخته می‌شود، که بررسی جزءبه‌جزء عوامل تأثیرگذار بر هر یک می‌تواند در شناسایی عوامل و پیشران‌های کلیدی در این حوزه کمک زیادی کند. بنابراین، با توجه به الگوی یادشده و از طرفی، در نتیجهٔ بروز شرایط بحرانی و کم‌آبی‌های متعددی که جغرافیای گسترده‌ای از جهان را درگیر خود کرده است، بررسی چالش‌های آتی و خطرات عمده‌ای که می‌تواند ناشی از بحران کم‌آبی در این محدوده باشد، اهمیتی بیش از پیش خواهد داشت. این مسئله سبب شد تا مطالعات گسترده و درخور توجهی در این زمینه انجام شده و مدیریت منابع آب در طیف وسیعی از

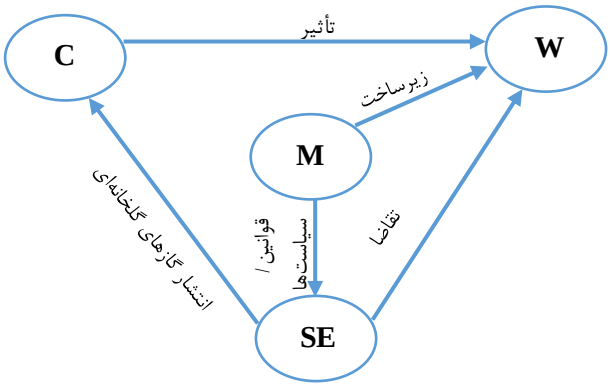
1. Integrated Water Resources Management

2. Water Resource Systems
3. The Climate System
4. The Socio-Economic System
5. The Management System

مقیاس‌ها بررسی شود. از مهم‌ترین مطالعات می‌توان به پروژه‌هایی مانند چشم‌انداز جهانی آب (WWV)[1]، دورنمای جهانی آب (GWO)[2] و آیندهٔ آب‌های جهانی (GWF)[3] اشاره کرد، که در آنها بر مبنای رویکرد سناریونویسی به ارزیابی قابلیت دسترسی و تقاضای آب در مقیاس جهانی و پس از آن در مقیاس‌های قاره‌ای و ملی، در افق زمانی ۲۰۲۵ تمرکز شده است. این مطالعات مرجعی را برای برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب ارائه کرده‌اند؛ که بر مبنای آنها مطالعات تجربی دیگری نیز به همین منظور انجام شده است. در ادامه، به بررسی بخشی از این مطالعات پرداخته می‌شود.

مطالعات تجربی

در این قسمت سعی شده است مجموعه‌ای از مهم‌ترین مطالعات صورت‌گرفته در زمینهٔ مدیریت منابع آب ارائه شود. هر یک از آنها ویژگی‌های منحصربه‌فردی دارد که جمع‌بندی این مطالعات در جدول ۱ درخور توجه است [۴ و ۱۰ـ ۱۶].



شکل ۱. رابطهٔ بین سیستم منابع آبی و زیرسیستم‌های مدیریتی، آب‌وهوایی و اجتماعی و اقتصادی

جدول ۱. خلاصه‌ای از ساختار مطالعات تجربی در زمینهٔ مدیریت منابع آب

نویسندگان	ویژگی‌ها
گالوپین و ریجسبرمن (۲۰۰۰)	بعد جهانی بررسی مدیریت یکپارچهٔ منابع آب از جنبه‌های اقتصادی-اجتماعی، زیست‌محیطی، مدیریتی و نهادی توجه به عدم قطعیت‌های بحرانی
محمود (۲۰۰۸)	بعد منطقه‌ای و محلی مدیریت پایدار منابع آب از جنبه‌های اقتصادی-اجتماعی، زیست‌محیطی و مدیریتی ارائهٔ سناریوهایی با کاربرد منطقه‌ای و محلی
گالوپین (۲۰۱۲)	بعد جهانی بررسی پایداری منابع آبی با بررسی عوامل اقتصادی-اجتماعی، اقلیمی، نهادی و سیاسی تدوین سناریوهایی کیفی با نگاهی دقیق و جزءبه‌جزء بر مبنای ابعاد بحرانی
دانگ (۲۰۱۴)	بعد منطقه‌ای ارائهٔ نوعی چارچوب تصمیم‌گیری یکپارچه به منظور مدیریت پایدار منابع آب از دید کلی ارائهٔ اقدامات و راهبردهای مدیریتی برای پر کردن شکاف کمبود آب
نیکویی و زیبایی (۱۳۹۱)	بعد منطقه‌ای بررسی منافع اقتصادی و زیست‌محیطی آب به منظور بررسی ارزش فعلی منافع آب دیدی جامع بر هر سه بخش شرب، صنعت، کشاورزی در استفادهٔ بهینه آب
محمدجانی و یزدانیان (۱۳۹۳)	بعد ملی بررسی ابعاد مختلف بحران آب ارائهٔ راهبردهای سیاستی و مدیریتی لازم به منظور صیانت از منابع آب تجدیدپذیر نگرشی جامع و کلی نسبت به بحران آب کشور
رضایان قیه‌باشی و رضایان (۱۳۹۵)	بعد ملی شناسایی ابعاد و پیامدهای بحران آبی در ایران و نگرش امنیتی نسبت به بحران آب کشور ارائهٔ راهکارها و اقدامات عملی مناسب برای مدیریت صحیح و مواجههٔ منطقی با بحران آب
کرمی و غفاریان (۱۳۹۶)	بعد محلی تأکید بر چالش‌های امنیتی در رابطه با بحران آب، در سه بعد اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی ارائهٔ پیشنهادهایی به منظور رفع چالش‌ها

1. World Water Vision
2. Global Water Outlook
3. Global Water Futures

با مروری بر مطالعات تجربی ملاحظه می‌شود که به دلیل اهمیت بحران آب و چالش‌های پیش رو، مدیریت منابع آب از ابعاد مختلف و در مواردی به صورت یکپارچه و به منظور پایداری منابع آب بررسی شده است. بررسی دقیق‌تر این مطالعات نشان داد در بیشتر آنها حوزهٔ جهانی و ملی منابع آبی بحث شده و راهبردهایی کلی در این زمینه ارائه شده است. با توجه به اینکه هر منطقه ویژگی‌های منحصربه‌فردی از لحاظ شرایط جغرافیایی، اقتصادی، اجتماعی و غیره دارد، مطالعهٔ جزئی‌تر در سطح منطقه‌ای، شهری و محلی می‌تواند تأثیر زیادی بر تعریف و تعیین عوامل کلیدی و مؤثر در بحث منابع آبی داشته باشد و راهبردهای مدیریتی متفاوتی برای دستیابی به اهداف مد نظر نیاز خواهد بود. از طرفی، توجه به جنبهٔ مدیریت یکپارچهٔ منابع آب و بررسی عوامل مؤثر در هر دو بخش عرضه و تقاضا به طور کلی صورت گرفته است، به گونه‌ای که گاه زیرسیستم‌های اجتماعی، مدیریتی و نهادی که همواره عاملی مهم و تأثیرگذار بر منابع آبی بوده‌اند، کارکرد زیادی در مطالعات نداشته و یا به طور کلی بررسی نشده‌اند. این در حالی است که نگاهی تفکیک‌شده و جزئی‌تر بر اساس زیرسیستم‌های مؤثر در عرصهٔ مدیریت یکپارچهٔ منابع آب، می‌تواند اطلاعات گسترده‌تری را به منظور تدوین راهکارها و راهبردهای مدیریتی به منظور رفع موانع و مقابله با چالش‌های موجود ارائه دهد. از این‌رو در کنار این بررسی‌ها، مطالعهٔ حاضر در نظر دارد به منظور دستیابی به منابع آب پایدار، رویکرد مدیریت یکپارچهٔ منابع آب را در دو جنبهٔ عرضه و تقاضا و در دیدی جامع‌تر به لحاظ پیشران‌های موجود به واسطهٔ تغییرات در هر سه زیرسیستم آب‌وهوایی، اجتماعی-اقتصادی و مدیریتی بررسی کند. از طرفی، مطالعهٔ حاضر نه در سطح ملی، بلکه در سطح منطقه‌ای و جزئی‌تر به مطالعهٔ چالش‌های پیش رو خواهد پرداخت و منطقهٔ بررسی‌شده شهرستان تبریز خواهد بود.

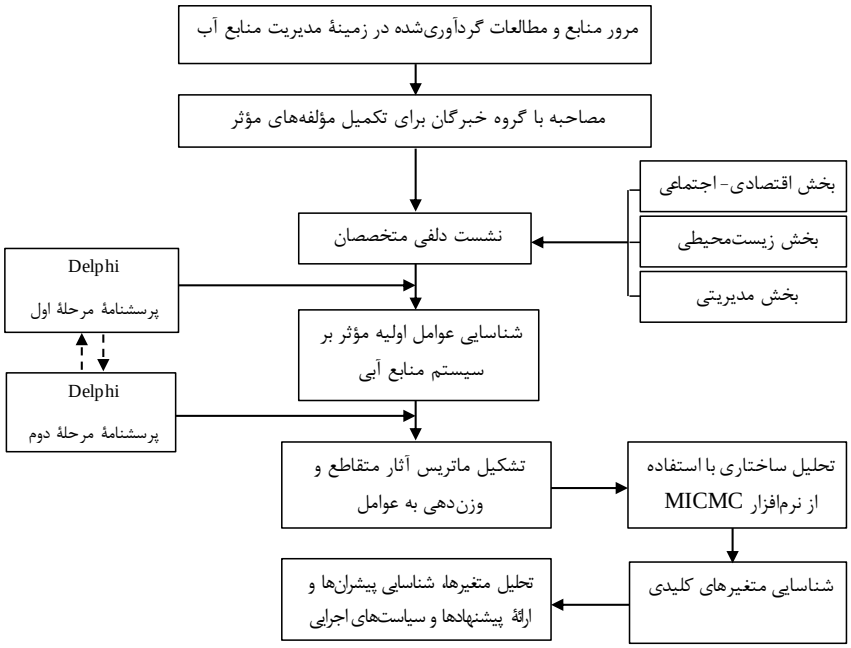
روش کار

مطالعهٔ حاضر به لحاظ هدف از نوع کاربردی، از نظر نوع تحقیق، ترکیبی از روش‌های اسنادی و پیمایشی است و از نظر ماهیت، بر اساس روش‌های جدید علم آینده‌پژوهی، تحلیلی و اکتشافی است؛ که با استفاده از ترکیبی از مدل‌های کمی و کیفی انجام می‌شود. همچنین، قلمروی مطالعهٔ حاضر مربوط به منابع آب شهرستان تبریز است. در مطالعات آینده‌پژوهی افق دید مشخصی مانند افق چشم‌انداز کشور یا افق بالاترین سند در حال اجرای ملی یا منطقه‌ای مبنای کار قرار می‌گیرد[1] و در واقع، اسناد بالادستی در هر جامعه‌ای تعیین‌کنندهٔ طیف زمانی و افق دید آینده‌پژوه است. با توجه به ماهیت موضوع بررسی‌شده که در مورد منابع آبی است و افق دید بلندمدتی را طلب می‌کند، بر مبنای طرح آمایش سرزمین استان آذربایجان شرقی (۱۴۲۰)، که در آن موضوع منابع آبی و پایداری منابع طبیعی از جمله مسائل مهم و مورد توجه بوده است، افق ۱۴۲۰ مبنای مطالعهٔ حاضر قرار خواهد گرفت. در این کار به منظور جمع‌آوری اطلاعات از روش پرسشنامه و تکنیک‌های دلفی استفاده و پرسشنامه‌ها توسط خبرگان و متخصصان آب شهرستان تبریز که به وضعیت موجود منابع آب این منطقه احاطه دارند، در دو مرحله تکمیل می‌شود. همچنین، با توجه به ماهیت پژوهش از روش ماتریس تأثیرات متقاطع برای بررسی میزان تأثیر عوامل بر همدیگر و شناسایی عوامل کلیدی مؤثر در مدیریت یکپارچهٔ منابع آبی شهرستان تبریز استفاده خواهد شد که برای تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار کاربردی MICMAC استفاده می‌شود. در ادامه، مراحل انجام تحقیق در یک مدل مفهومی (شکل ۲) ارائه می‌شود.

نرم‌افزار MICMAC برای انجام محاسبات پیچیدهٔ ماتریس متقاطع طراحی شده است. در این نرم‌افزار ابتدا متغیرها و مؤلفه‌های مهم در منطقهٔ مد نظر را شناسایی کرده و سپس آنها را در ماتریس تحلیل آثار وارد می‌کند و در نهایت، میزان ارتباط میان این متغیرها با منطقهٔ مربوطه توسط گروه خبرگان تشخیص داده می‌شود [۱۷].

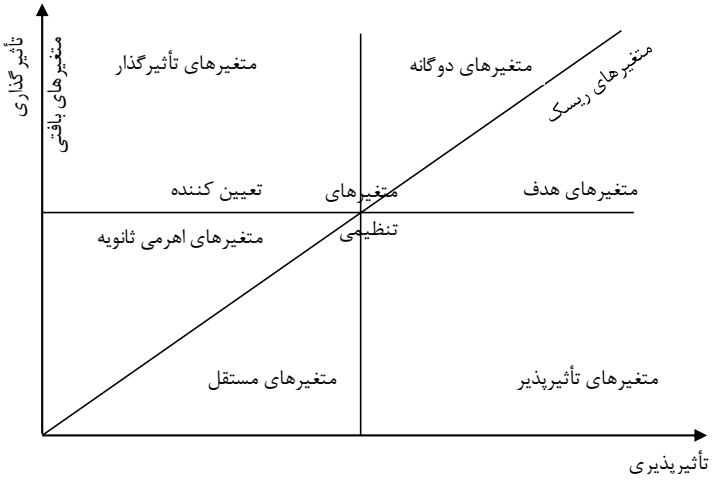
در این ماتریس میزان ارتباط، با اعداد بین صفر تا سه سنجیده می‌شود. عدد «صفر» به منزلهٔ «بدون تأثیر»، عدد «یک» به منزلهٔ «تأثیر ضعیف»، عدد «دو» به منزلهٔ «تأثیر متوسط» و در نهایت عدد «۳» به منزلهٔ «تأثیر زیاد» خواهد بود. بنابراین، اگر تعداد متغیرهای شناسایی‌شده n باشد، یک ماتریس $n \times n$ به دست خواهد آمد که در آن تأثیر متغیرها بر یکدیگر مشخص شده است [۱۸].

۱. در صورت نبود سند بالادستی، افق ۲۰ ساله در نظر گرفته می‌شود.

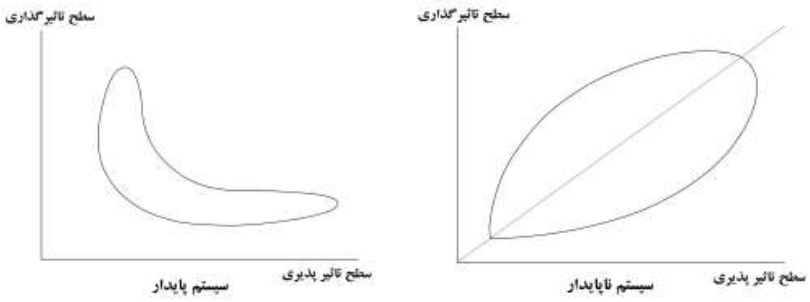


شکل ۲. مراحل انجام تحقیق

با یک روش بسیار ساده، می‌توان دریافت که تأثیر مستقیم متغیرها با در نظر گرفتن تعداد گروه‌های ارتباطی در ماتریس تشکیل شده، قابل سنجش است. متغیری که فقط بر تعداد محدودی متغیر دیگر اثر مستقیم دارد، بر قسمت محدودی از سیستم نیز اثرگذار خواهد بود. به همین ترتیب، تأثیرپذیری مستقیم یک متغیر را نیز می‌توان با در نظر گرفتن ستون مربوط به آن در ماتریس، بررسی کرد. بنابراین، به صورت منظم مجموع عددهای هر سطر، نشان‌دهندهٔ تأثیرگذاری متغیر مربوطه و مجموع عددهای هر ستون، نشان‌دهندهٔ تأثیرپذیری متغیر مربوطه است. پس کلیهٔ متغیرها و محیط دربرگیرندهٔ آنها را می‌توان با نمایش آنها در یک شکل مفهومی یا یک محور مختصات (تأثیرگذاری - تأثیرپذیری) نمایش داد [۱۸]. البته ماتریس یادشده، ارتباطات مستقیم و درجهٔ اول میان متغیرها را نمایش می‌دهد. اگر بررسی ارتباطات درجهٔ دوم، سوم و غیره مد نظر باشد، می‌توان ماتریس را به‌ترتیب به توان دو، سه و غیره رساند و نتایج ارتباطات درجه‌های دیگر متغیرها را نیز نمایش داد [۱۹].



شکل ۳. تأثیرگذاری و تأثیرپذیری



شکل ۴. پایداری یا ناپایداری سیستم

همچنین، چگونگی پراکنش متغیرها در این شکل نشان می‌دهد سیستم در چه وضعیتی است. آیا سیستم پایدار است یا ناپایدار؟ این تحلیل و فهم اولیه از وضعیت سیستم بر چگونگی تحلیل متغیرها تأثیرگذار است [۱۸].

پراکنش متغیرها در سیستم‌های پایدار به صورت L انگلیسی است، یعنی برخی متغیرها دارای تأثیرگذاری زیاد، برخی دیگر دارای تأثیرپذیری زیادی است و در مقابل، برخی دیگر تأثیرگذاری و تأثیرپذیری بسیار کمی دارند. در سیستم پایدار جایگاه و نقش هر یک از عوامل به‌وضوح درخور توجه است، به طوری که در این نوع سیستم فقط سه نوع از متغیرها شامل متغیرهای تأثیرگذار، تأثیرپذیر و مستقل وجود خواهند داشت. در مقابل، سیستم‌های ناپایدار وضعیت پیچیده‌تری دارند. در این سیستم، متغیرها حول محور قطری صفحه پراکنده هستند و متغیرها در بیشتر مواقع حالت بینابینی از تأثیرگذاری و تأثیرپذیری را نشان می‌دهند که ارزیابی و شناسایی عوامل کلیدی را بسیار مشکل می‌کند. با این وجود، در این سیستم راه‌هایی ارائه شده است که می‌تواند راهنمای گزینش و شناسایی عوامل کلیدی باشد [۱۸ و ۱۹].

یافته‌ها

عوامل مؤثر بر مدیریت یکپارچهٔ منابع آبی

همان‌طور که پیش‌تر نیز گفته شد، هدف اساسی برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب انطباق هر چه بیشتر تقاضای سیستم‌های اجتماعی-اقتصادی آب با عرضه (کمیت و کیفیت) آب از طریق کنترل و مدیریت اداری (مقررات آب / قوانین و زیرساخت) و بدون آسیب رساندن به پایداری اکوسیستم است. بر این اساس و بر مبنای سه زیرسیستم معرفی‌شده در ابتدای این بخش خوشه‌های مهمی از اصلی‌ترین متغیرها و به بیانی نیروهای پیشران بالقوه مشخص شده است. این خوشه‌ها شامل متغیرهای به‌کاررفته و مرتبط توسط مهم‌ترین مطالعات انجام‌شده در بررسی چشم‌انداز جهانی آب[1] نظیر گالوپین و ریجسبرمان[2] (۲۰۰۰)، کاسگرو وریجسبرمان[3] (۲۰۰۰)، رزگرانت[4] و همکاران (۲۰۰۲)، فلورک و آلکامو[5] (۲۰۰۴)، آلکامو وگالوپین[6] (۲۰۰۹)، گالوپین (۲۰۱۲) و... می‌شود [۳، ۱۰، و ۲۰ـ۲۲]. اعتقاد بر این است که این خوشه‌ها شامل روندهای کلیدی، فرایندها یا تحولاتی هستند که آیندهٔ سیستم آب و موجودیت منابع آبی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (سایر نیروهای مهم که تأثیر چندانی بر سیستم‌های آب ندارند، در اینجا گفته نشده‌اند). به منظور تطبیق هر چه بیشتر خوشه‌بندی‌ها و نیز متغیرهای مورد توجه در این مطالعات با ساختار موجود در جغرافیای مد نظر (شهرستان تبریز)، پرسشنامه‌ای به منظور تأیید نظر خبرگان از ساختار و متغیرهای یادشده ترتیب داده شد. این پرسشنامه‌ها توسط خبرگان و متخصصان حوزهٔ آب شهرستان تبریز که به وضعیت موجود منابع آبی این منطقه احاطه دارند، تکمیل شد. تکنیک انتخاب گروه خبرگان با استفاده از روش گلوله برفی بوده است[7]. با استفاده از این روش فهرستی از مدیران با کارکرد مؤثر در فرایند تصمیم‌گیری و تصمیم‌سازی منابع و مصارف آب و نیز فعالان و محققان در این حوزه (مشتمل بر متخصصان در شرکت آب منطقه‌ای

1. World Water Vision (WWAP)
2. Gallopín and Rijsberman
3. Cosgrove and Rijsberman
4. Rosegrant
5. Flörke and Alcamo
6. Alcamo and Gallopín

۷. فرایند انتخاب نمونهٔ مد نظر از طریق روش نمونه‌گیری گلوله برفی انجام گرفته شده است. در این روش اعضای آیندهٔ نمونه از طریق اعضای سابق نمونه انتخاب می‌شوند و نمونه مانند یک گلوله برفی بزرگ و بزرگ‌تر می‌شود. این نمونه‌گیری با داشتن تعداد اولیه‌ای از افراد شروع می‌شود. سپس، از آنها خواسته می‌شود تا کسانی را که فکر می‌کنند برای این تحقیق مناسب هستند، به برنامهٔ تحقیقاتی معرفی کنند. این عمل تا جایی انجام می‌گیرد که اطلاعات مد نظر اشباع شود.

استان آذربایجان شرقی، شرکت آبفای شهری و روستایی استان آذربایجان شرقی، سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان شرقی، سازمان حفاظت از محیط زیست استان آذربایجان شرقی، اتاق گفتمان آب استان آذربایجان شرقی و نیز استادان دانشگاه تبریز) شناسایی شد که دانش فنی و تجربی زیاد این افراد بر انتخاب آنان تأثیر داشته است. در نهایت طبق تأیید، اصلاحات و نظر گروه خبرگان موضوع منابع آب شهرستان تبریز متأثر از عوامل زیر شناخته شد که در سه زیرسیستم عوامل اقتصادی- اجتماعی، عوامل زیست‌محیطی و عوامل مدیریتی، همچنین در ۸ خوشه و بر مبنای ۴۶ شاخص تقسیم‌بندی شد. طبقه‌بندی و شاخص‌های یادشده در جدول ۲ درخور توجه است:

جدول ۲. شاخص‌ها و عوامل اولیهٔ مؤثر بر منابع آبی شهرستان تبریز

زیرسیستم	خوشهٔ اصلی	ردیف	اسامی متغیرها
عوامل اجتماعی و اقتصادی	جمعیتی	۱	رشد جمعیت
		۲	رشد شهرنشینی (مهاجرت از روستا به شهر)
		۳	مهاجرت معکوس و تغییر در بافت سنتی روستاها
	اجتماعی و فرهنگی	۴	ارزش‌ها و هنجارها
		۵	فقر و نابرابری
		۶	بروز اختلاف‌های منطقه‌ای و محلی در تخصیص آب
		۷	سواد آب
		۸	تشکل‌های مردم‌نهاد یا NGOs
	اقتصادی	۹	درآمد سرانه
		۱۰	تقاضا برای کالاها بویژه تقاضا برای مواد غذایی (در پی آن، تقاضا برای آب، انرژی و سایر منابع طبیعی)
		۱۱	قیمت نسبی آب
		۱۲	تجارت جهانی (شامل صادرات و واردات نهادها و محصولات، بویژه مواردی با سطح بالایی از آب مجازی)
		۱۳	حجم تولیدات صنعتی
		۱۴	حجم تولیدات کشاورزی، دام، طیور و آبزیان در واحد سطح
		۱۵	توسعهٔ صنایع آب‌بر و انرژی‌بر
		۱۶	بهره‌وری اقتصادی آب
		۱۷	سرمایه‌گذاری در بخش تأمین، مصارف و زیرساخت‌های آبی
		۱۸	سهم اشتغال در زیربخش‌های مختلف اقتصادی (کشاورزی، صنعت و خدمات)
	فناوری	۱۹	نوآوری و گسترش فناوری‌های بهره‌برداری از آب
محیط زیست	شرایط جغرافیایی	۲۰	توان اکولوژیک
		۲۱	سطح زیر کشت
		۲۲	الگوی کشت (آبی و دیم)
		۲۳	پوشش گیاهی طبیعی
		۲۴	حقابه‌های حوضهٔ آبریز
		۲۵	رد پای اکولوژیک
		۲۶	فرسایش و تخریب خاک‌های کشاورزی (شور شدن، عدم حاصل‌خیزی و...)
		۲۷	تطابق ترکیب محصولات کشاورزی/دامی با ظرفیت‌های اکولوژیکی
	تغییرات آب‌وهوایی	۲۸	تأثیر تغییرات دما
		۲۹	تأثیر تغییرات بارش
		۳۰	تأثیر تغییرات اقلیمی و افزایش تناوب در رویدادهای شدید آب‌وهوایی مانند خشکسالی و ترسالی
		۳۱	انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده‌ها
		۳۲	تغییرات در ذخایر و برداشت آب‌های سطحی و زیرزمینی
		۳۳	کیفیت آب
		۳۴	دستکاری اقلیمی
عوامل مدیریتی	اقدامات مدیریتی	۳۵	هماهنگی مدیریت منابع آب (بین و درون سطوح ملی، منطقه‌ای و محلی)
		۳۶	بازتخصیص آب
		۳۷	تنظیم آیین‌نامه‌ها، توافقنامه‌ها، قوانین و مقررات به‌روز در چگونگی توزیع، برداشت و مصارف آبی
		۳۸	ایجاد مکانیزم‌هایی برای مشارکت تمامی ذی‌نفعان و ذی‌مدخلان در زمینهٔ مدیریت منابع آب
		۳۹	تقویت همکاری‌های محلی، منطقه‌ای، ملی و بین‌المللی
		۴۰	معافیت‌ها و جرائم (سیاست‌های تشویقی و تنبیهی نظیر یارانه‌ها و مالیات‌ها)
	حکمرانی آب	۴۱	استانداردهایی در چگونگی تسهیم آب در حوضه‌های آبریز (کنترل مقدار آب مصرف‌شده توسط کاربران از سیستم آب طبیعی در مدت زمان مشخص)
		۴۲	کنترل مستمر تخلیهٔ مواد زائد در جریان آب (تعیین سطح بهینه‌ای از کمیت، کیفیت، زمان‌بندی و محل تخلیهٔ مواد)
		۴۳	استانداردهای تکنولوژیکی (استفاده از فناوری‌های خاص برای کاهش مصرف آب یا حجم ضایعات و زباله‌ها)
		۴۴	بازار آب
		۴۵	تأمین اعتبارات منلسب و منابع مالی پایدار برای تعمیر و نگهداری زیرساخت‌ها و اجرای پروژه‌های زیرساختی، آبخیزداری و...
		۴۶	مقابله با فساد یا انحراف

عوامل کلیدی در سیستم مدیریت یکپارچهٔ منابع آبی

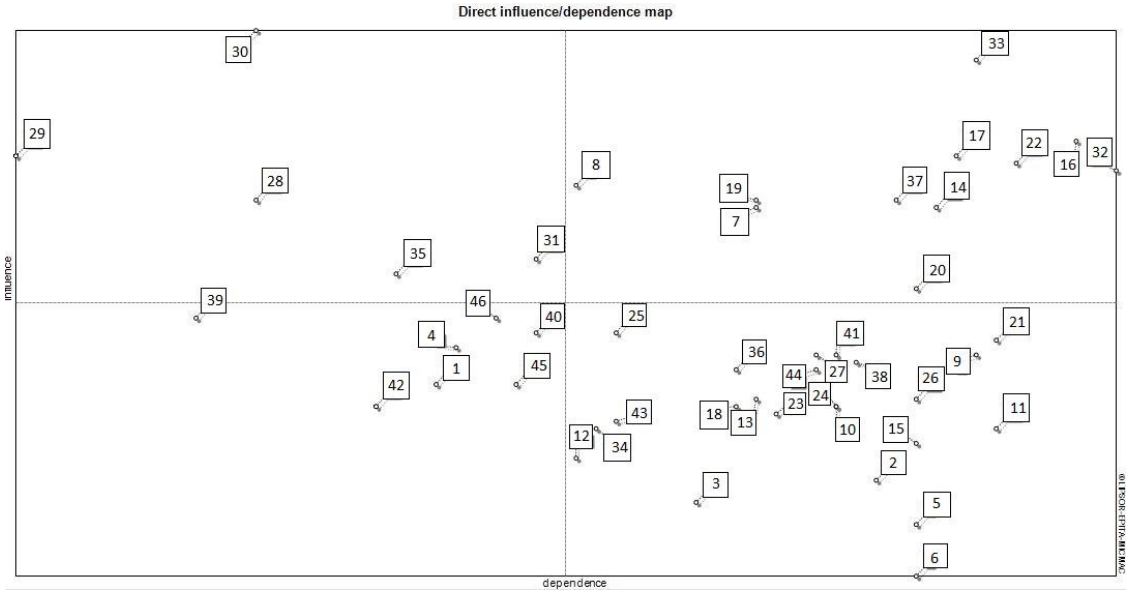
وضعیت کلی سیستم

در قسمت قبل عوامل مؤثر شناخته‌شده بر موجودیت منابع آبی و به بیانی، در مدیریت یکپارچهٔ منابع آب شهرستان تبریز در ۴۶ متغیر معرفی شد که این عوامل در نرم‌افزار میک‌مک برای استخراج عوامل کلیدی تأثیرگذار در این حوزه تحلیل شدند. ابعاد ماتریس ۴۶×۴۶ است که بر مبنای سه زیرسیستم و ۸ شاخه تنظیم شده است. درجهٔ پرشدگی ماتریس ۸۷/۰۰۴ درصد بوده و بیانگر آن است که عوامل انتخاب‌شده تأثیر بسیار زیاد و پراکنده‌ای بر همدیگر داشته‌اند و از این‌رو، سیستم موجود وضعیت ناپایداری داشته است. از مجموع ۱۸۴۱ رابطهٔ قابل ارزیابی در این ماتریس، ۲۷۵ رابطهٔ عدد صفر بوده است، به این معنا که عوامل بر همدیگر تأثیر نداشته یا از همدیگر تأثیر نپذیرفته‌اند، که این تعداد حدود ۱۳ درصد کل حجم ماتریس را به خود اختصاص داده است. از طرفی، سیستم موجود بر اساس شاخص‌های آماری با ۲ بار تکرار و چرخش داده‌ای از ثبات و بهینه‌شدگی ۱۰۰ درصد برخوردار بوده که بیان‌کنندهٔ روایی زیاد پرسشنامه و پاسخ‌های آن است.

بررسی وضعیت پراکنش متغیرهای مد نظر در سیستم مدیریت یکپارچهٔ منابع آبی شهرستان تبریز بیان‌کنندهٔ وضعیت بسیار ناپایدار آن است. به طوری که به‌جز تعداد معدودی از متغیرها که در گروه عوامل بسیار تأثیرگذار و کلیدی و گروهی نیز در زمرهٔ متغیرهای بسیار تأثیرپذیر و نتیجه مطرح بوده‌اند، باقی متغیرها در اطراف محور قطری صفحه پراکنده بوده و آثار دوگانه‌ای را از خود نشان می‌دهند، هر چند که شدت و ضعف این آثار از هم متفاوت است (شکل ۵). بر این اساس، با توجه به ناپایداری سیستم در صفحهٔ پراکندگی عوامل تأثیرگذار- تأثیرپذیر شهرستان تبریز، متشکل از پنج نوع متغیر شامل، متغیرهای تأثیرگذار یا تعیین‌کننده، متغیرهای دووجهی، متغیرهای تأثیرپذیر یا نتیجه، متغیرهای مستقل و متغیرهای تنظیمی قابل شناسایی و بررسی خواهد بود. علاوه بر نوع متغیرهای اشاره‌شده، همان‌طور که گفته شد در تحلیل میک‌مک دو نوع آثار متغیرها بر هم شناسایی می‌شوند. این آثار شامل مستقیم و غیرمستقیم متغیرها بر همدیگر می‌شود، که در ادامه به‌تفضیل تشریح خواهد شد.

جدول ۳. تحلیل اولیهٔ داده‌های ماتریس و تأثیرات متقاطع

شاخص	ابعاد ماتریس	تعداد تکرار	تعداد صفر	تعداد یک	تعداد دو	تعداد سه	جمع	درجهٔ پرشدگی
مقدار	۴۶	۲	۲۷۵	۱۰۲۱	۶۶۹	۱۵۱	۱۸۴۱	٪ ۸۷/۰۰۴



شکل ۵. نقشهٔ پراکندگی متغیرها و جایگاه آنها در محور تأثیرگذاری-تأثیرپذیری (بر اساس تأثیرات مستقیم و شمارهٔ متغیر)

تأثیرات مستقیم متغیرها بر همدیگر

آثار مستقیم متغیرها بر سیستم منابع آبی شهرستان تبریز در ۵ گروه عمده شناسایی شده‌اند، که در ادامه به تفکیک بررسی خواهند شد.

الف) متغیرهای تأثیرگذار یا تعیین‌کننده: این متغیرها در صفحهٔ پراکندگی در قسمت شمال غربی صفحهٔ پراکندگی درخور توجه خواهند بود. با توجه به ناپایداری سیستم مد نظر، وجود چنین متغیرهایی کمتر قابل تصور است. با این‌حال، تعداد محدودی از متغیرها در سیستم مدیریت یکپارچهٔ منابع آبی به عنوان متغیرهای تأثیرگذار شناخته شده‌اند و می‌توان از آنها به عنوان مهم‌ترین بازیگران تأثیرگذار بر روند عملکرد سیستم مد نظر یاد کرد. این متغیرها عبارت‌اند از:

- تأثیر تغییرات دما، تأثیر تغییرات بارش، تأثیر تغییرات اقلیمی

ب) متغیرهای دووجهی (هدف و ریسک): متغیرهای دووجهی قادرند تأثیرگذاری و نیز تأثیرپذیری زیادی از خود نشان دهند. طبیعت این گونه متغیرها با ناپایداری آمیخته است، زیرا هر عمل و تغییری روی آنها، واکنش و تغییر بر سایر شاخص‌ها را به دنبال خواهد داشت. در این سیستم از مجموع ۴۶ متغیر شناخته‌شده، ۱۱ متغیر در این گروه جای دارند، که بیشتر شامل متغیرهای درج‌شده در خوشهٔ شرایط جغرافیایی و تغییرات آب‌وهوایی می‌شوند. این متغیرها خود به دو دستهٔ متغیرهای ریسک و هدف تقسیم‌بندی می‌شوند:

متغیرهای ریسک در ناحیهٔ شمال شرقی صفحهٔ پراکندگی و اطراف خط قطری قرار دارند. این متغیرها به دلیل ماهیت ناپایدارشان، می‌توانند به نقطهٔ انفصال سیستم تبدیل شوند. بنابراین، ظرفیت بسیار زیادی برای تبدیل شدن به بازیگران کلیدی سیستم دارند. در این سیستم متغیرهای ریسک زیرمجموعه‌ای از عوامل اشاره‌شده در زیرسیستم عوامل اقتصادی-اجتماعی و عوامل زیست‌محیطی هستند و عبارت‌اند از:

- کیفیت آب، نوآوری و گسترش فناوری‌های بهره‌برداری از آب، سواد آب، تشکل‌های مردم‌نهاد یا NGOs

متغیرهای هدف در زیر خط قطری ناحیهٔ شمال شرقی صفحهٔ پراکندگی قرار دارند. بنابراین، بیش از آنکه تأثیرگذار باشند، تأثیرپذیرند و می‌توان آنها را با قطعیت قابل قبولی، به عنوان نتایج تکامل سیستم شناسایی کرد. برنامه‌ریزی و اعمال تغییرات روی این متغیرها، می‌تواند به تغییرات و تکامل سیستم در جهت مد نظر و نیز دستیابی به اهداف مفروض منجر شود. متغیرهای این گروه عبارت‌اند از:

- حجم تولیدات کشاورزی، دام، طیور و آبزیان، بهره‌وری اقتصادی آب، سرمایه‌گذاری در بخش تأمین، مصارف و زیرساخت‌های آبی، توان اکولوژیک، الگوی کشت، تغییرات در ذخایر و برداشت آب‌های سطحی و زیرزمینی، تنظیم آیین‌نامه‌ها، توافقنامه‌ها، قوانین و مقررات به‌روز در چگونگی توزیع، برداشت و مصارف آبی

ج) متغیرهای تأثیرپذیر یا نتیجه: متغیرهای تأثیرپذیر در قسمت جنوب شرقی صفحهٔ پراکندگی قرار دارند. این متغیرها تأثیرگذاری کم و تأثیرپذیری بیشتری دارند و می‌توانند به عنوان متغیرهای خروجی از سیستم معرفی شوند، به طوری که می‌توان گفت عموماً نتیجهٔ برنامه‌ریزی، سیاست‌گذاری و سایر تصمیم‌گیری‌ها هستند. در سیستم مد نظر ۱۸ متغیر در این گروه جای دارند که عبارت‌اند از:

- میزان رشد شهرنشینی، مهاجرت معکوس، فقر و نابرابری، بروز اختلاف‌های منطقه‌ای و محلی در تخصیص آب، درآمد سرانه، تقاضا برای کالاها به‌ویژه برای مواد غذایی، قیمت نسبی آب، تجارت جهانی، حجم تولیدات صنعتی، توسعهٔ صنایع آب‌بر و انرژی‌بر، سطح زیر کشت، پوشش گیاهی طبیعی، تطابق ترکیب محصولات کشاورزی/دامی با ظرفیت‌های اکولوژیکی، حقابه‌های حوضهٔ آبریز، فرسایش و تخریب خاک‌های کشاورزی، ایجاد مکانیزم‌هایی برای مشارکت تمامی ذی‌نفعان و ذی‌مدخلان در زمینهٔ مدیریت منابع آبی، استانداردهایی در چگونگی تسهیم آب در حوضه‌های آبریز، بازار آب

د) متغیرهای مستقل: این متغیرها دارای تأثیرگذاری و تأثیرپذیری کمی هستند و در قسمت جنوب غربی صفحهٔ پراکندگی قرار دارند. با وجود ناپایداری سیستم مد نظر، فقط یک متغیر با این ساختار قابل یادآوری است. البته، این متغیر به طور کامل مستقل از سیستم و گسسته نیست، اما می‌توان آن را در دسته متغیرهای اهرمی ثانویه جای داد. این متغیر عبارت است از:

- تقویت همکاری‌های محلی، منطقه‌ای، ملی و بین‌المللی

ه) متغیرهای تنظیمی: این متغیرها در نزدیکی مرکز ثقل صفحهٔ پراکندگی قرار دارند و در واقع حالت تنظیمی دارند. به طوری که در نتیجهٔ سیاست‌های اتخاذی در خصوص اهداف مد نظر در سیستم موجود این متغیرها قابل ارتقا به متغیرهای تأثیرگذار، متغیرهای تعیین‌کننده و یا متغیرهای ریسک و هدف خواهند بود. درمجموع، ۱۱ متغیر از عوامل یادشده در این گروه جای دارند، که عبارت‌اند از:

- رشد جمعیت، ارزش‌ها و هنجارها، سهم اشتغال در بخش‌های مختلف، انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده‌ها، رد پای اکولوژیک، دستکاری اقلیمی، هماهنگی مدیریت منابع آب در سطح ملی، منطقه‌ای و محلی، معافیت‌ها و جرائم، تأمین اعتبارات مناسب و منابع مالی پایدار برای تعمیر و نگهداری زیرساخت‌ها و اجرای پروژه‌های زیرساختی، آبخیزداری و...، مقابله با فساد یا انحراف، کنترل مستمر تخلیهٔ مواد زائد در جریان آب، استانداردهای تکنولوژیکی، باز تخصیص آب

تأثیرات غیرمستقیم متغیرها بر همدیگر

در این روش به منظور سنجش تأثیرات غیرمستقیم میان متغیرهای مد نظر، روابط هر یک از متغیرها به توان ۲، ۳، ۴، ۵، ... رسانده می‌شود. طبق نتایج به‌دست‌آمده، بر مبنای آثار غیرمستقیم نیز سیستم مد نظر ساختاری ناپایدار داشته و متغیرهای موجود هر چند با جابه‌جایی اندک، در همان طبقه‌بندی یادشده جای دارند. به طوری که می‌توان گفت به‌جز چند شاخص محدود که تأثیرات غیر مستقیم تقریباً زیادی از خود نشان داده و رده‌بندی عوامل کلیدی را تحت تأثیر قرار داده‌اند، جابه‌جایی کمی در رتبه‌بندی تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم متغیرها دیده می‌شود، به طوری که تغییری در نوع و طبیعت متغیرها ایجاد نشده است.

عوامل تأثیرگذار و تأثیرپذیر

عوامل تأثیرگذار

بین ۴۶ عامل مؤثر شناسایی‌شده بر آیندهٔ منابع آبی شهرستان تبریز، ۱۶ عامل با تأثیرگذاری زیاد تعیین شد. این عوامل اغلب در ناحیهٔ اول شکل ۵ و به بیانی، جزء متغیرهای دووجهی بوده‌اند. همان‌طور که گفته شد این متغیرها به دلیل تأثیرگذاری و همچنین تأثیرپذیری بیشتری که دارند، قابل دستکاری و کنترل هستند و بر پویایی و تغییر سیستم بسیار تأثیر خواهند گذاشت. در این مجموعه فقط ۵ متغیر در ناحیهٔ دوم قرار دارند که ۳ مورد از آنها بین متغیرهای تأثیرگذار و ۲ عامل دیگر از جمله متغیرهای تنظیمی هستند. همچنین، نکتهٔ درخور توجه در متغیرهای اشاره‌شده یکسان بودن این عوامل در هر دو آثار مستقیم و غیرمستقیم است، به طوری که فقط چند جابه‌جایی جزئی در رتبهٔ متغیرها دیده می‌شود، که این امر بیانگر روایی، دقت محاسبات و قابل اطمینان بودن آنهاست.

جدول ۴. عوامل کلیدی تأثیرگذار (مستقیم و غیر مستقیم) و انتخاب نهایی

رتبه	عوامل کلیدی (تأثیرات مستقیم)	عوامل کلیدی (تأثیرات غیرمستقیم)
۱	تأثیر تغییرات اقلیمی	تغییرات اقلیمی
۲	کیفیت آب	کیفیت آب
۳	بهره‌وری اقتصادی آب	تأثیر تغییرات بارش
۴	سرمایه‌گذاری در بخش تأمین، مصارف و زیرساخت‌های آبی	بهره‌وری‌اقتصادی آب
۵	تأثیر تغییرات بارش	سرمایه‌گذاری در بخش تأمین، مصارف و زیرساخت‌های آبی
۶	الگوی کشت	تغییرات در ذخایر و برداشت آب‌های سطحی و زیرزمینی
۷	تغییرات در ذخایر و برداشت آب‌های سطحی و زیرزمینی	الگوی کشت
۸	تشکل‌های مردم‌نهاد یا NGOs	تأثیر تغییرات دما
۹	نوآوری و گسترش فناوری‌های بهره‌برداری از آب	تشکل‌های مردم‌نهاد یا NGOs
۱۰	تأثیر تغییرات دما	نوآوری و گسترش فناوری‌های بهره‌برداری از آب
۱۱	تنظیم آیین‌نامه‌ها، توافقنامه‌ها، قوانین و مقررات به‌روز	سواد آب
۱۲	سواد آب	حجم تولیدات کشاورزی، دام، طیور و آبزیان در واحد سطح
۱۳	حجم تولیدات کشاورزی، دام، طیور و آبزیان در واحد سطح	تنظیم آیین‌نامه‌ها، توافقنامه‌ها، قوانین و مقررات به‌روز
۱۴	انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده‌ها	انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده‌ها
۱۵	هماهنگی در مدیریت منابع آب	هماهنگی در مدیریت منابع آب
۱۶	توان اکولوژیک	توان اکولوژیک

عوامل تأثیرپذیر

از بین ۴۶ متغیر اولیه، ۱۶ متغیر نیز به عنوان عوامل تأثیرپذیر شناخته شدند. بررسی تأثیرپذیری این متغیرها بیانگر آن است که تقریباً تمامی متغیرها با آثار مستقیم در آثار غیرمستقیم و فقط با تفاوت جزئی در رتبه تکرار شده‌اند، که این امر مصداقی بر روایی و دقت محاسبات انجام شده است.

همان‌طور که پیش‌تر نیز گفته شد، سیستم مد نظر به دلیل پراکندگی متغیرها حول قطر اصلی با یک حالت ناپایداری مواجه است. این امر منجر خواهد شد تا برخی متغیرها آثار دوگانه‌ای داشته باشند، به طوری که علاوه بر تأثیرگذاری زیاد دارای تأثیرپذیری زیادی نیز هستند. از ۱۶ عامل کلیدی اثرگذار ۸ متغیر به صورت مشترک در عوامل تأثیرپذیر نیز گفته شده است که شامل متغیرهای «تغییرات در ذخایر و برداشت آب‌های زیرزمینی»، «بهره‌وری اقتصادی آب»، «الگوی کشت»، «توان اکولوژیک»، «حجم تولیدات کشاورزی، دام، طیور و آبزیان در واحد سطح»، « سرمایه‌گذاری در بخش تأمین، مصارف و زیرساخت‌های آبی»، «کیفیت آب»، « تنظیم آیین‌نامه‌ها، توافقنامه‌ها، قوانین و مقررات به‌روز در چگونگی توزیع، برداشت و مصارف آبی» هستند. بنابراین، لزوم توجه جدی به این شاخص‌ها در کنترل سیستم ضروری است. اما دقت نظر در نوع عوامل انتخابی بیانگر اهمیت و تأثیرگذاری بیشتر متغیرهای زیست‌محیطی و نیز اقتصادی به عنوان عوامل کلیدی و استراتژیک در سیستم مد نظر است، که اهمیت این زیرسیستم‌ها را در ساختار حاضر بیش از پیش روشن می‌سازد.

جدول ۵. عوامل کلیدی تأثیرپذیر (مستقیم و غیر مستقیم) و انتخاب نهایی

رتبه	عوامل کلیدی (تأثیر مستقیم)	عوامل کلیدی (تأثیر غیرمستقیم)
۱	تغییرات در ذخایر و برداشت آب‌های سطحی و زیرزمینی	بهره‌وری اقتصادی آب
۲	بهره‌وری اقتصادی آب	تغییرات در ذخایر و برداشت آب‌های سطحی و زیرزمینی
۳	الگوی کشت	الگوی کشت
۴	قیمت آب	درآمد سرانه
۵	سطح کشت	قیمت آب
۶	درآمد سرانه	حجم تولیدات کشاورزی، دام، طیور و آبزیان در واحد سطح
۷	کیفیت آب	سطح کشت
۸	سرمایه‌گذاری در بخش تأمین، مصارف و زیرساخت‌های آبی	توان اکولوژیک
۹	حجم تولیدات کشاورزی، دام، طیور و آبزیان در واحد سطح	سرمایه‌گذاری در بخش تأمین، مصارف و زیرساخت‌های آبی
۱۰	فقر و نابرابری	کیفیت آب
۱۱	بروز اختلاف‌های منطقه‌ای و محلی در تخصیص آب	توسعهٔ صنایع آب‌بر و انرژی‌بر
۱۲	توسعهٔ صنایع آب‌بر و انرژی‌بر	بروز اختلاف‌های منطقه‌ای و محلی در تخصیص آب
۱۳	توان اکولوژیک	فقر و نابرابری
۱۴	فرسایش و تخریب خاک‌های کشاورزی	فرسایش و تخریب خاک‌های کشاورزی
۱۵	تنظیم آیین‌نامه‌ها، توافقنامه‌ها، قوانین و مقررات به‌روز	رشد شهرنشینی
۱۶	رشد شهرنشینی	تنظیم آیین‌نامه‌ها، توافقنامه‌ها، قوانین و مقررات به‌روز

تطبیق عوامل کلیدی با اهداف بنیادین توسعهٔ استان و انتخاب عوامل نهایی

پژوهش حاضر بر مبنای رویکرد آینده‌پژوهی سعی در شناسایی عوامل کلیدی و مؤثر و نیز انطباق آنان با ابعاد و محورهای سند آمایش استان آذربایجان شرقی دارد. تحت این رویکرد شناخت کاملی از محیط سیستم، چالش‌های پیش روی محیط برنامه‌ریزی و عوامل کلیدی در سیستم مدیریت یکپارچهٔ منابع آبی حاصل خواهد شد که امکان بررسی‌های بیشتر و ارائهٔ راهبردهای لازم فراهم خواهد آمد. بر این اساس، با توجه به اهداف بنیادین توسعهٔ اقتصادی که در سند آمایش استان آذربایجان شرقی بحث شده است، راهبردهای بخش آب به عنوان یکی از بخش‌های کلیدی در فرایند توسعه بررسی شد. با توجه به رویکرد به کار گرفته‌شده در مطالعهٔ حاضر اهداف و راهبردهای سند یادشده با عوامل کلیدی مطرح‌شده مقایسه می‌شود تا مشابهت‌ها و تفاوت‌های آنها مشخص شود و بر این اساس، عوامل کلیدی جامعی در مدیریت یکپارچهٔ منابع آب شهرستان تبریز به کار گرفته شود. به این منظور، در جدول ۶ راهبردهای مورد توجه سند آمایش در بخش آب دسته‌بندی شده و در مقابل متغیرهای کلیدی در مطالعهٔ حاضر درج شده است، تا ارتباط ساختاری بین آنها بررسی شود.

جدول ۶. تطبیق راهبردهای بخش آب در اهداف بنیادین توسعهٔ استان با عوامل کلیدی

ردیف	راهبردهای بخش آب در اهداف بنیادین توسعهٔ استان	عوامل کلیدی
۱	اولویت سرمایه‌گذاری در بهره‌وری آب در منطقهٔ ارومیه و دشت تبریز به‌ویژه در خصوص سیستم‌های تصفیه و بازچرخانی آب	- بهره‌وری اقتصادی آب (بند ۳) - سرمایه‌گذاری در بخش تأمین، مصارف و زیرساخت‌های آبی (بند ۴)
۲	حفاظت از آبخوان‌ها و منابع آب زیرزمینی با عملیات آبخوان‌داری و گسترش فعالیت‌های کشاورزی و عدم بارگذاری‌های خطی و پیوسته در جبههٔ ورودی منابع آب زیرزمینی به دشت‌ها	- تغییرات در ذخایر و برداشت آب‌های سطحی و زیرزمینی (بند ۷) - کیفیت آب (بند ۲) - حجم فعالیت‌های کشاورزی، دام، طیور و آبزیان در واحد سطح (بند ۱۳) - توان اکولوژیک (بند ۱۶)
۳	مکانیزاسیون کشاورزی با اولویت رانِدمان آبیاری و اجرای سیستم‌های آبیاری بارانی و قطره‌ای	- الگوی کشت (بند ۶) - نوآوری و گسترش فناوری‌های بهره‌برداری از آب (بند ۹)
۴	تولید آب از منابع آبی جدید مانند جذب رطوبت هوا از دامنه‌های شمالی سهند و تولید آب در حوضه‌های قرنقوچای و آغمیون‌چای	- به سبب حوزهٔ مطالعه‌شده بررسی نشده است.
۵	حفاظت یکپارچه‌ای حوضه‌های آبخیز و مدیریت بهینهٔ مصرف با کاهش سهم و سرانهٔ بخش کشاورزی	- هماهنگی مدیریت منابع آب (بند ۱۵)
۶	افزایش سهم و حجم آب در بخش‌های صنعت و شرب از منابع آب زیرزمینی	- تنظیم آیین‌نامه‌ها، توافقنامه‌ها، قوانین و مقررات به‌روز در چگونگی توزیع، برداشت و مصارف آبی (بند ۱۱)

جمع‌بندی تعیین عوامل کلیدی

بر اساس اولولیت‌ها و طبقه‌بندی صورت‌گرفته به طور تقریبی تمامی راهبردهای مندرج در سند آمایش توسط متغیرهای کلیدی حاصله تحت پوشش قرار گرفته شده است. حتی می‌توان گفت که برخی از این عوامل کلیدی در سند یادشده مغفول واقع شده‌اند، که از جمله تأثیرگذارترین عوامل می‌توان به تأثیر مهم‌ترین متغیرهای بخش زیست‌محیطی نظیر تغییرات اقلیمی، تأثیر تغییرات بارش، تأثیر تغییرات دما، انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده‌ها و همین‌طور متغیر سواد آب و تشکل‌های مردم‌نهاد به عنوان متغیرهای اقتصادی- اجتماعی بسیار مهم در این حوزه اشاره کرد. بر این اساس، باید با توجه به اولویت‌های مد نظر، میان عوامل کلیدی مطرح‌شده در مطالعهٔ حاضر و راهبردهای اهداف بنیادین توسعهٔ استان اجماع کامل برقرار شود. از این‌رو، ضرورت داشتن یا نداشتن وجود هر یک از ۶ عامل کلیدی مطرح‌شده بررسی می‌شود تا متغیرهایی جامع و یکپارچه در این حوزه معرفی شود:

- **سواد آب**

این متغیر از زیرمجموعه متغیرهای اجتماعی و فرهنگی در زیرسیستم عوامل اقتصادی و اجتماعی است؛ که مشتمل بر آموزش و فرهنگ‌سازی در ارتباط با آگاهی در مورد مصرف بیش از حد، اتلاف و ناپایداری الگوهای فعلی مصرف منابع آبی، اطلاع‌رسانی و شفاف‌سازی و به‌ویژه افزایش آگاهی‌ها از کمبود آب و آموزش‌های علمی برخورد با آن در بهره‌برداری، مدیریت و حفاظت از آب است. آموزش و گسترش سطح سواد جامعه در این حیطه به مرور زمان می‌تواند به هنجارها و قواعد نانوشته‌ای تبدیل شود و در نهایت، آرمان‌ها و استانداردهای نهفته‌ای را در دل جامعه به وجود آورد. این امر می‌تواند در کنار بهره‌برداری و مدیریت صحیح منابع آبی به نوعی به خودمراقبتی افراد از منابع آبی بینجامد. بنابراین، نمی‌توان از چنین متغیری با تأثیر بسیار زیاد بر آیندهٔ منابع آبی به عنوان یک متغیر کلیدی چشم‌پوشی کرد.

- **تشکل‌های مردم‌نهاد یا NGOs[1]**

این متغیر به عنوان یک عامل اجتماعی و فرهنگی بسیار مهم در سیستم مدیریت یکپارچهٔ منابع آبی لحاظ شده است. سازمان‌های مردم‌نهاد برای رسیدن به اهداف گوناگونی فعالیت می‌کنند و معمولاً به منظور پیشبرد اهداف سیاسی یا اجتماعی اعضا در حرکت هستند. برای مثال، می‌توان به بهبود وضعیت محیط زیست، بالا بردن سطح رفاه اقشار محروم و آسیب‌پذیر یا مطرح ساختن یک برنامهٔ مشترک و دسته‌جمعی اشاره کرد. این تشکل‌ها کارکرد بسیار مهمی را به‌عنوان واسطه بین فردفرد مردم و قوای حاکم ایفا می‌کنند و از این‌رو، قادر خواهند بود تا به منظور دستیابی به اهداف بنیادین توسعهٔ پایدار کارآمد باشند.

- **تأثیر تغییرات اقلیمی**

این متغیر از زیرمجموعهٔ متغیرهای مطرح‌شده در عوامل تغییرات آب‌وهوایی است. تغییرات اقلیمی به مفهوم هر

1. Non Government Organization

تغییر مشخص در الگوهای مورد انتظار برای وضعیت میانگین آب‌وهوایی است، که در طولانی‌مدت در یک منطقهٔ خاص یا برای کل اقلیم جهانی رخ می‌دهد. تغییرات اقلیمی به نوسانات درون محیط زمین، فرایندهای طبیعی موجود در اطراف آن و تأثیر فعالیت بشر بر آن بستگی دارد. بی‌شک، بیشتر تغییرات اقلیمی پیش از تاریخ صرفاً حاصل عوامل طبیعی نظیر نوسان خورشیدی، تغییرات گردشی، فوران آتشفشان و غیره بوده است. اما می‌توان بیان کرد در عصر حاضر فعالیت‌های بشری به واسطهٔ تغییرات محیطی بر شرایط اقلیمی فوق‌العاده اثرگذار بوده‌اند. از جمله عوامل تأثیرگذار بر اقلیم و به بیانی، بر تغییرات آب‌وهوایی و دمایی می‌توان به عواملی نظیر افزایش سطح انتشار گازهای گلخانه‌ای بر اثر احتراق سوخت‌های فسیلی، استفاده از زمین، استهلاک ازن و تخریب جنگل‌ها اشاره کرد. چنین تغییراتی بر اساس آثار مستقیم و غیرمستقیم خود قادر خواهد بود تا بر میزان بارش‌ها، جریان رواناب‌ها، خشک‌سالی‌ها و غیره در دوره‌های آتی تأثیرگذار است و به عنوان عاملی کلیدی در سیستم مطالعه‌شده مطرح شوند. اما در کنار آن، متغیر دیگری به عنوان تأثیر تغییرات دمایی به عنوان یک عامل کلیدی دیگر مطرح شده است. از آنجا که تغییرات اقلیمی اغلب می‌تواند آثار خود را در قالب تغییرات دمایی بر محیط نشان دهد، بر این اساس از این متغیر چشم پوشی می‌کند و در ادامه با متغیر تغییرات اقلیمی ادغام خواهد شد.

- **انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده‌ها**

این متغیر از زیرمجموعهٔ عوامل تغییرات آب‌وهوایی اتخاذ شده است. همواره آثار آلاینده‌ها چه به صورت انتشار گازهای گلخانه‌ای در جوّ زمین و چه به صورت نفوذ فاضلاب و پساب در خاک‌ها و رواناب‌ها نتایج مخربی بر محیط زیست و منابع طبیعی و از همه مهم‌تر، منابع آبی داشته است. به طوری که کنترل میزان انتشار آلاینده‌ها و به‌کارگیری تمهیداتی جدی به این منظور، همواره اهمیت زیادی دارد. از این‌رو، این عامل به عنوان متغیری کلیدی در ادامهٔ بحث استفاده خواهد شد.

- **تأثیر تغییرات بارش**

میزان بارش از زیرمجموعه عوامل تغییرات آب‌وهوایی، همواره از جمله عواملی با اثرگذاری زیاد در موجودیت منابع آبی شناخته شده است. این متغیر بیشتر تحت تأثیر عوامل محیطی است و به جز دستکاری‌هایی مانند بارورسازی ابرها و غیره تقریباً قابل دستکاری و سیاست‌گذاری نیست؛ اما از آن آنجا که نقش عمده‌ای را در آیندهٔ منابع آبی ایفا می‌کند، توجه به آن در این سیستم می‌تواند مهم باشد. بنابراین، این متغیر به عنوان عاملی کلیدی در مطالعهٔ حاضر استفاده خواهد شد.

عوامل کلیدی و پیشران‌های مؤثر در آیندهٔ آبی و توسعه‌ای شهرستان تبریز

بخش عمده‌ای از استان آذربایجان شرقی (حدود ۴۷ درصد)، در محدودهٔ حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه واقع شده است. به طوری که شهرستان‌های تبریز، اسکو، آذرشهر، مراغه، بناب، ملکان، هریس، سراب، بستان‌آباد، عجب‌شیر و شبستر در محدودهٔ این حوضه قرار دارند. در بین شهرستان‌های یادشده تبریز از نظر مساحت در رتبهٔ ششم قرار داشته و طبق آمار منتشرشده در سالنامهٔ آماری (۱۳۹۵)، از نظر جمعیت با ۱۷۷۳۰۳۳ نفر، بالاترین سطح جمعیتی را داشته است. مقایسهٔ آماری از لحاظ تراکم جمعیتی بیانگر تفاوت بسیار زیاد و معنادار تبریز با سایر شهرستان‌های موجود در این حوزه است. به طوری که تبریز با تراکم جمعیتی ۰/۸۲ (هزار نفر/کیلومترمربع) در رتبهٔ نخست و بناب با ۰/۱۷ (هزار نفر/کیلومترمربع) در رتبهٔ بعدی جای دارد. چنین سطح بالای جمعیت و تراکم جمعیتی بیانگر تمرکز زیاد فعالیت‌های اقتصادی و فراهم‌تر بودن شرایط اشتغال و معیشت در این شهرستان نسبت به سایر نواحی است؛ که می‌تواند نشان‌دهندهٔ تحقق روندی نامتوازن در فرایند توسعهٔ منطقه‌ای و نبود توجه کافی به پتانسیل‌های اقتصادی سایر شهرستان‌ها باشد. چنین شرایطی به طور حتم بیانگر نیازهای مصرفی و تولیدی زیاد و متمرکز در بخش‌های مختلف اقتصادی این حوزه خواهد بود؛ که در نتیجه، نیاز شدید و روزافزون به منابع پایدار آبی به منظور تأمین معیشت جامعهٔ هدف و تحقق فرایند توسعهٔ پایدار را طلب خواهد کرد.

طبق اطلاعات مندرج در دفتر مطالعات پایهٔ منابع آب (۱۳۹۶)، بخش اعظمی از کل آب به‌دست‌آمده در محدودهٔ شهرستان تبریز، در بخش کشاورزی و به منظور تأمین نیازهای گفته‌شده مصرف می‌شود. به طوری که سطح

بالایی از حجم آب انهار در بخش کشاورزی و از مجموع آب‌های زیرزمینی شامل چاه عمیق و نیمه‌عمیق، قنات و چشمه؛ ۶۴ درصد در بخش کشاورزی، ۲۹ درصد در بخش شرب و ۷ درصد در بخش صنعت استفاده می‌شود. این آمار بیانگر اهمیت زیاد فعالیت‌های کشاورزی در تأمین معاش و هزینه‌های زندگی افراد و بیانگر حجم و سطح زیر کشت زیاد این نوع تولیدات است. طبق آمارنامهٔ کشاورزی (۱۳۹۶)، نگاهی به نوع و الگوی محصولات کشت‌شده بیان‌کنندهٔ سهم زیاد کشت آبی نسبت به دیم و تولید محصولاتی است که علاوه بر کمبود آب و شرایط بحرانی در این عرصه محصولاتی آب‌بر نظیر گوجه‌فرنگی، پیاز، گندم و غیره بوده که شاخص رد پای آب در آنها رقمی درخور توجه است. توجه نسبی به توان اکولوژیکی منطقه در الگوهای کاربردی کشت، عدم تمرکز بر مؤلفه‌های غیرطبیعی نظیر نیاز بازار و مزیت نسبی در تولید محصولات و الگوهای مد نظر، در مقابل فراهم نبودن زیرساخت‌های فنی، مالی و دانشی کافی در تولید محصولات جایگزین و متناسب با شرایط اقلیمی برای کشاورزان و مناسبات قانونی ناقص در تحقق الگوی کشت متناسب، به بروز بهره‌وری و عملکرد ناقص و استفادهٔ غیر بهینه از منابع آبی در این بخش منجر شده و حتی سطح تولید، درآمد و اشتغال ناقص و ناپایداری را رقم زده است.

از سویی، طبق آمار منتشرشده از سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی (۱۳۹۷)، میزان بارش‌های تحقق‌یافته در شهرستان تبریز در بیشتر سال‌ها روندی نزولی داشته است. کاهش حجم بارش‌ها در محدودهٔ شهرستان تبریز به کاهش ذخایر آبی منجر شده و از طرفی، تمرکز بر فعالیت‌های کشاورزی و بهره‌برداری بیش از حد از منابع آب سطحی و به‌ویژه زیرزمینی، گسترش تعداد چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق و در نتیجه، کاهش سطح این ذخایر و میزان آبدهی آنها را به همراه داشته است. تداوم چنین شرایطی به دلیل خسارت‌هایی که می‌تواند در بستر دشت‌ها ایجاد کند و موجب نشست آنان شود، جبران‌ناپذیر و فاجعه‌بار است و حتی وضعیت معیشتی و زیست‌محیطی این منطقه را می‌تواند با مشکلات عدیده‌ای مواجه سازد. به طوری که با کاهش آبدهی و خشک شدن رودها و انهار در بعدی گسترده‌تر و تحت تأثیر قرار گرفتن دریاچهٔ ارومیه هوای معتدل منطقه به احتمال زیاد تبدیل به هوای گرمسیری با بادهای نمکی شده و حتی اقلیم و محیط زیست منطقه را تغییر خواهد داد. این امر می‌تواند به انتشار آلاینده‌ها و مواد سمی استفاده‌شده در فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی در هوا، بروز بیماری‌های تنفسی، حتی بارش باران نمک در بسیاری از استان‌های همجوار و در نتیجه زیست‌ناپذیر کردن منطقه و آوارگی میلیون‌ها نفر در آینده‌ای نه چندان دور منجر شود. این خطرها و تهدیدها در واقع بیانگر آینده‌های محتمل و امکان‌پذیری است، که روشنگر نیاز بر هماهنگی و انجام اقداماتی جدی و آینده‌نگرانه چه از سوی ارگان‌های مدیریتی مرتبط و چه از سوی نهادهای مردمی برای جلوگیری از هر گونه وقایع زیستی و پیامدهای منفی اجتماعی و اقتصادی و در نهایت، پایداری هر چه بیشتر منابع آبی به منظور دستیابی به توسعهٔ پایدار است.

بحث و نتیجه‌گیری

در مطالعهٔ حاضر هدف یافتن عوامل کلیدی تأثیرگذار در آیندهٔ منابع آبی شهرستان تبریز است. این امر بنا بر رویکرد آینده‌پژوهی به منظور برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری صحیح و منطقی انجام گرفت. در این رویکرد سعی شد تا با دقت عوامل کلیدی مؤثر بر موجودیت منابع آبی در افق دید ۱۴۲۰ و طبق ساختار مدیریت یکپارچهٔ منابع آبی (IWRM)، از میان عوامل متعدد انتخاب و نسبت به تطبیق این عوامل با ابعاد و محورهای سند آمایش سرزمین استان آذربایجان شرقی اقدام شود.

بر این اساس، ۴۶ عامل اولیه طبق مطالعات معتبر در این حوزه و نیز زیر نظر گروه خبرگان و با استفاده از روش دلفی شناسایی شد. در ادامه، با استفاده از ماتریس آثار متقاطع ۱۶ عامل به عنوان متغیرهای کلیدی در این سیستم معرفی و در نهایت، این عوامل با راهبردهای مدیریتی مد نظر در بخش آب سند آمایش استان آذربایجان شرقی مقایسه شد. طبق تحلیل‌های اولیه ملاحظه شد، عوامل مندرج بر مبنای مطالعات صورت‌گرفته به همراه نظر کارشناسان منابع آبی، راهبردهای مطرح در سند آمایش را تحت پوشش قرار داده و علاوه بر آن، مواردی در مطالعهٔ حاضر بررسی شده که در سند آمایش استان لحاظ نشده است؛ که از جمله مهم‌ترین عوامل می‌توان به سواد آب، تشکل‌های مردم‌نهاد، تغییرات

اقلیمی، میزان بارش و انتشار آلاینده‌ها به عنوان عواملی که در آیندهٔ منابع آبی اثرگذار بوده و باید در این رویکرد و تدوین استراتژی‌ها لحاظ شود، اشاره کرد. بر این اساس، در جدول ۷ طبق بررسی و نیز ادغام متغیرها ۱۵ متغیر به عنوان عوامل کلیدی و مؤثر بر آیندهٔ منابع آبی شهرستان تبریز شناخته شده است که از مجموع آنان ۷ متغیر به عنوان عوامل زیست‌محیطی، ۶ متغیر به عنوان عوامل اقتصادی–اجتماعی و ۲ متغیر به عنوان عوامل مدیریتی در سیستم مدیریت یکپارچهٔ منابع آبی مؤثر واقع شده‌اند.

همان‌طور که گفته شد، هدف از برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب انطباق هر چه بیشتر تقاضای سیستم‌های اجتماعی- اقتصادی آب با عرضهٔ آب از طریق کنترل و مدیریت اداری و بدون آسیب رساندن به پایداری اکوسیستم است، به طوری که بتوان به یک ساختار یکپارچه و با حفظ تعادل پایدار در این حوزه دست یافت. به این منظور، عواملی که می‌توانستند به عنوان متغیرها و پیشران‌های کلیدی ایفای نقش کنند شناسایی شد، تا با اعمال سیاست‌ها و راهبردهای اجرایی صحیح بتوان به این مهم نائل شد. از این‌رو، در ادامه سیاست‌های اجرایی مناسب با در نظر گرفتن عوامل کلیدی و پیشران‌های مؤثر بر آینده منابع آبی شهرستان تبریز ارائه و پیشنهاد می‌شود:

جدول ۷. لیست نهایی عوامل کلیدی، پیشران‌های مؤثر و سیاست‌های اجرایی

عوامل کلیدی	پیشران‌های مؤثر	سیاست اجرایی
تأثیر تغییرات اقلیمی	- انتشار گازهای گلخانه‌ای بر اثر احتراق سوخت‌های فسیلی - استهلاک ازن - جنگل‌زدایی - کاربری‌های زمین و تناسبات آن با توان اکولوژیک - شبکه‌های آب‌رسانی موجود (سدها، سیستم‌های آبیاری و ...) - گونه‌های بیگانه و ناسازگار در نتیجهٔ تغییر زیستگاه - کیفیت و کمیت توزیع آب در فضا و زمان	کنترل افزایش سطح انتشار آلاینده‌ها و نیز گازهای گلخانه‌ای بر اثر احتراق سوخت‌های فسیلی با استفاده از انرژهای پاک و به‌صرفه؛ وضع استانداردهای قانونی و اقدامات اجرایی مناسب به منظور جلوگیری از قطع بی‌رویهٔ درختان و تخریب جنگل‌ها و اختصاص بودجهٔ کافی از طریق نهادهای دولتی به منظور احیای جنگل‌ها و مراتع؛ جلوگیری از سدسازی‌های نابجا و غیراقتصادی به منظور حفظ چرخهٔ اکولوژیک؛ تمرکز بر پتانسیل‌ها و توان اکولوژیک منطقه در برنامه‌ریزی همسو با هسته‌های کلیدی توسعه
کیفیت آب	- زراعت شیمیایی و تخلیهٔ زهاب کشاورزی - پساب‌های صنعتی و فاضلاب‌های شهری و روستایی - چگونگی دفن زباله‌ها و آثار شیرابه‌ها - کاربرد تکنولوژی‌های نوین در امر تصفیه	رعایت حد استاندارد تخلیه و پخش فاضلاب یا هر نوع آلوده‌کننده از منابع متفرقه به آب‌های پذیرنده به همراه ایجاد الزامات قانونی و با استفاده از تکنولوژی‌های نوین و سیستم‌های بازچرخانی به منظور بازیابی و استفادهٔ بهینه و اقتصادی از منابع آب؛ جلوگیری از برداشت بی‌رویه، آلودگی و شوری منابع آب زیرزمینی از طریق تشکیل بازار آب و خرید حق برداشت
بهره‌وری اقتصادی آب	- حجم پرت آب در فرایندهای تولیدی - زیرساخت‌های علمی، فنی و مالی - رغبت و گرایش در استفاده از تکنولوژی‌های نوین و هوشمندسازی تولید به‌ویژه در بخش کشاورزی	هوشمندسازی فرایند تولیدی در استفاده از تکنولوژی‌های نوین، به‌خصوص در زمینهٔ سیستم‌های آبیاری در کشاورزی (استفاده از سنسورهای هوشمند و دقیق، آب‌پاشی با پهپاد، سیستم هوشمند آبیاری فضای سبز و غیره)، تدوین تقویم آبیاری (زمان و مقدار آبیاری)، تسطیح مناسب اراضی، تراکم کاشت و کوددهی در کشاورزی به منظور بهبود بازدهی و عملکرد محصولات تولیدی
سرمایه‌گذاری در بخش تأمین، مصارف و زیرساخت‌های آبی	- بودجه‌بندی و شرایط قانونی و امنیتی موجود در زمینهٔ سرمایه‌گذاری در بخش تأمین، مصارف و زیرساخت‌های طبیعی و غیرطبیعی آب - معافیت‌های مالیاتی - اعطای وام‌هایی با شرایط مناسب در نرخ سود و زمان بازپرداخت - جذب سرمایه‌های داخلی و خارجی در امر توسعه و بهبود زیرساخت‌ها	گسترش سرمایه‌گذاری‌ها در زمینهٔ ذخیره‌سازی بهینه و مناسب مخازن، کنترل ظرفیت برداشت و پمپاژ صحیح و متعادل از آب‌های زیرزمینی از طریق تجهیزات کاراتر نظیر کنتورها، افزایش راندمان انتقال آب و لایروبی‌های مناسب، بازیافت آب از طریق سیستم‌های بازچرخانی و غیره. سرمایه‌گذاری و اختصاص بودجه در احیای زیرساخت‌های طبیعی (جنگل‌ها، مراتع، رودخانه‌ها، تالاب‌ها) به منظور تأمین منابع آبی، غنی‌سازی خاک، بهبود کیفیت آب‌وهوا، کاهش انتشار کربن، حفاظت از زیستگاه‌های طبیعی و بهبود شرایط اشتغال و کسب درآمد در روستاها و عدم تمرکز در زندگی شهری و غیره
تأثیر تغییرات بارش	- تغییر در سطح دما، تبخیر و رطوبت - سلامت اکوسیستم و سطح انتشار آلاینده‌ها - زیرساخت‌های طبیعی و غیرطبیعی موجود - تراز آب‌های سطحی و زیرزمینی و کمیت و کیفیت آب	این متغیر به عنوان عاملی محیطی مطرح بوده که تأثیرگذاری بسیار زیادی را در سیستم مد نظر داشته و به‌جز دستکاری‌هایی نظیر بارورسازی ابرها چندان قابل سیاست‌گذاری نیست.
الگوی کشت	- سطح کشت آبی یا دیم - سطح تقاضای جامعه و نیاز بازار - مزیت نسبی محصولات تولیدی - الزامات قانونی در نوع محصولات صادراتی و وارداتی با توجه به سطح آب مجازی - دانش فنی و بودجهٔ مکفی به منظور اصلاح الگوی کشت	تغییر الگوی کشت و کاشت محصولات متناسب با هیدرواقلیم؛ بررسی مزیت نسبی محصولات تولیدی بر مبنای شرایط بازارهای داخلی و خارجی؛ ممنوعیت کشت محصولات آب‌بر و در کنار آن، معرفی محصولات جایگزین و متناسب با شرایط اقلیمی برای کشاورزان؛ فراهم کردن زیرساخت‌های فنی، مالی و دانشی کافی توسط ارگان‌های دولتی و با همکاری نهادهای مردمی و دانشگاهی

ادامهٔ جدول ۷. لیست نهایی عوامل کلیدی، پیشران‌های مؤثر و سیاست‌های اجرایی

عوامل کلیدی	پیشران‌های مؤثر	سیاست اجرایی
تغییرات در ذخایر و برداشت آب‌های سطحی و زیرزمینی	- سطح و حجم بارش‌ها و جریان رواناب‌ها - سطح تغذیهٔ آب‌های زیرزمینی - رعایت حقابه‌ها و الزامات قانونی متناسب - کیفیت حیات اکولوژیک منطقه - سرمایه‌گذاری‌های زیرساختی متناسب	کنترل سطح برداشت از آب‌های زیرزمینی و رعایت حقابه‌ها از طریق وضع استانداردها و الزامات قانونی (صدور هر گونه مجوز بهره‌برداری از حوضه) و نیز استفاده از روش‌هایی نظیر نصب کنتورهای هوشمند؛ حمایت فنی و مالی جهاد کشاورزی از طرح‌های کشاورزی متناسب و سازگار با شرایط کم‌آبی منطقه به منظور تأمین نیازهای مصرفی و توسعه‌ای؛ اجرای طرح‌های به منظور افزایش نفوذپذیری خاک (نظیر جایگزینی سنگ‌فرش به جای آسفالت، کاشت درختان متناسب با اقلیم و غیره)؛ تغذیهٔ آب‌های زیرزمینی به صورت طبیعی (از طریق چرخهٔ آب) و هم از طریق فرایندهای انسانی-محیطی (تغذیهٔ مصنوعی آب‌های زیرزمینی یا به بیانی، انتقال رواناب سطحی به تالاب‌هایی مصنوعی با نفوذپذیری زیاد از طریق روش‌هایی نظیر حفر چاه جذب، پخش پساب روی زمین، هدایت رواناب یا سیلاب به داخل کانال‌های پخش و غیره)
تشکل‌های مردم‌نهاد یا NGOs	- سطح آگاهی و دانش عمومی در اجتماع - حمایت‌های قانونی و ساختارمند از سمن‌ها - تسهیلات و بودجهٔ مورد نیاز در راستای فعالیت سمن‌ها	استفاده از سرمایه‌های انسانی و دخالت آنان در حوزهٔ تصمیم‌گیری و سهیم کردن آنان در حفظ منابع آب، از طریق همکاری و حمایت مالی سازمان‌های مربوطه (شرکت آبفا و آب منطقه‌ای و غیره) با سمن‌ها در قالب آموزش و تغییر رفتارهای مصرفی قشرهای مختلف جامعهٔ هدف به منظور آرمان‌ها و اهداف بلندمدت این سازمان‌ها و حفظ پایداری منابع آب و تحقق فرایند توسعه
نوآوری و گسترش فناوری‌های بهره‌برداری از آب	- تبادل اطلاعات و تکنولوژی - زیرساخت‌های مالی - شرکت‌های دانش بنیان و پارک‌های علم و فناوری - ارتباطات دانشگاه و صنایع و تشکیل شبکهٔ متخصصان (نظیر کلینیک صنعت)	تکنولوژی‌های نوین در تولید محصولات با کارایی زیاد در مصرف آب (تحت تأثیر سیستم‌های آبیاری جدید، روش‌های نوین زراعتی، فنی (مانند استفاده از خنک‌کننده‌های نوین در تولید برق نیروگاه‌ها) و حتی مدیریتی و سازمانی؛ نوآوری و گسترش فناوری در کنترل آلودگی و تصفیهٔ فاضلاب‌ها (نظیر سیستم بازچرخانی آب)؛ فراهم کردن بستر مناسب در تبادل بین‌المللی اطلاعات و تکنولوژی
تنظیم آیین‌نامه‌ها، توافقنامه‌ها، قوانین و مقررات به‌روز در چگونگی توزیع، برداشت و مصارف آبی	- استانداردها و الزامات قانونی متناسب در سهم‌بندی و تنظیم حقابه‌ها - قانون مالیات سبز و کنترل انتشار آلاینده‌ها - یارانه‌ها یا معافیت‌های مالیاتی (نظیر یارانهٔ کشاورزی) - قوانین کارا، تسهیل‌گر و جامع برای سرمایه‌گذاری‌های زیرساختی (داخلی و خارجی)	اعمال سیاست‌های تشویقی و تنبیهی نظیر یارانه‌ها و مالیات‌های متناسب با نوع کاربری و اعمال استانداردهایی در چگونگی تسهیم آب در حوضه‌های آبریز، به منظور رعایت حقابه‌های حوضهٔ آبریز و کنترل مقدار آب مصرف‌شده توسط کاربران از سیستم آب طبیعی در مدت زمان مشخص؛ کنترل مستمر تخلیهٔ مواد زائد در جریان آب و تعیین سطح بهینه‌ای از کمیت، کیفیت، زمان‌بندی و محل تخلیهٔ مواد از طریق استانداردهای قانونی؛ تعیین حدود و استانداردهای تکنولوژیکی و الزامات استفاده از فناوری‌های خاص برای کاهش مصرف آب یا حجم ضایعات و زباله‌ها
سواد آب	- کارکرد نظام آموزشی - عملکرد و سطح فعالیت سمن‌ها - کانال‌های اطلاع‌رسانی و شفافیت موجود در اجتماع - سیستم‌های مؤثر اطلاعات آب - تبادل و ارتباطات علمی بین دانشگاه‌ها و سازمان‌های مربوطه (آبفا، آب منطقه‌ای، جهاد کشاورزی، سازمان محیط زیست)	افزایش سرمایهٔ اجتماعی در جامعهٔ هدف از طریق آموزش و فرهنگ‌سازی‌های مرتبط به منظور مقابله با پدیدهٔ اسراف و اتلاف منابع آبی و ناپایداری الگوهای ضد توسعه و فعلی مصرف با کمک نظام آموزشی و همکاری سمن‌ها؛ اطلاع‌رسانی و شفاف‌سازی و به‌ویژه افزایش آگاهی‌ها از کمبود آب به وسیلهٔ سازمان‌های مربوطه و آموزش‌های علمی برخورد با آن در بهره‌برداری، مدیریت و حفاظت از آب با همکاری نظام علمی کشور
حجم تولیدات کشاورزی، دام، طیور و آبزیان در واحد سطح	- تقاضا و نیازهای مصرفی جامعه - حجم و کیفیت آب در دسترس - میزان انتشار آلاینده‌ها - سلامت اکوسیستم و کیفیت خاک‌های کشاورزی - یارانه‌های کشاورزی - مدیریت ظرفیت‌های اکولوژیکی با تقاضای بازارهای هدف - زیرساخت‌های فنی، مالی و علمی متناسب	تولید محصولات کشاورزی و دامی متناسب با توان اکولوژیک و ویژگی‌های طبیعی و اقلیمی محیط؛ منع یا کاهش تولید محصولاتی با میزان زیاد شاخص رد پای آب (صیفی‌جاتی همچون هندوانه) و واردات این نوع محصولات، در مقابل خودکفایی و صادرات محصولاتی با حجم آب‌بری کمتر؛ مدیریت قوی‌تر جهاد کشاورزی در تعیین نوع محصولات تولیدی، الگوی کشت متناسب، حذف واسطه‌های بدون کارایی و اشاعه و تسهیل استفاده از تکنولوژی‌های نوین به منظور افزایش عملکرد و بهره‌وری محصولات کشاورزی
انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده‌ها	- استفاده از سوخت‌های فسیلی یا انرژی‌های پاک - نهاده‌های کشاورزی (کود و سم) - فاضلاب‌های خانگی و صنعتی - سهم تکنولوژی‌های نوین در فرایند تولید و تصفیه	ملزم کردن صنایع به استفاده از فیلترها و سیستم‌های تصفیه (به‌ویژه تصفیهٔ فاضلاب‌ها) به منظور کاهش سطح آلایندگی آب، خاک و هوا و برای بازیابی و استفادهٔ مجدد و بهینه از آب؛ استفاده از سوخت‌های پاک‌تر به منظور کاهش اثر گازهای گلخانه‌ای و گرم شدن زمین
هماهنگی در مدیریت منابع آب	- همسویی مدیریت منابع آب با برنامه‌ریزی توسعه ملی - تنظیم برنامه‌های مدیریتی در سطح کلان و حوضه‌ای - تعامل سازنده بین سازمان‌های مردم‌نهاد و سازمان‌های مدیریتی مرتبط به منظور رفع چالش‌های منابع آب	گسترش همکاری‌های مدیریتی در سطوح محلی و بین سازمان‌های آبفا، آب منطقه‌ای، جهاد کشاورزی و نیز شهرداری، بودجه‌بندی منطقی در تحقق وظایف هر یک و تدوین اصول و استانداردهای قانونی منطبق با برقراری تعادل پایدار منابع آبی؛ گسترش همکاری‌ها در سطح حوزه‌ای و یا حتی ملی و فراملی به منظور توجه هر چه بیشتر در حفظ تعادل اکولوژیک منطقه
توان اکولوژیک	- پتانسیل‌ها و توان‌های محیطی موجود در منطقه - چگونگی بهره‌برداری از منابع و میزان هدررفت آنها - کاربری اراضی	بررسی توان اکولوژیکی منطقه با استفاده از شناسایی منابع، تجزیه و تحلیل آنها و در نهایت ارزیابی و طبقه‌بندی سرزمین؛ طبقه‌بندی فعالیت‌های تولیدی، خدماتی و گردشگری و غیره مطابق با طرح آمایش سرزمین استان و ویژگی‌های اکولوژیک منطقه و در نتیجه، کاربری‌های اصولی و منطقی بر مبنای بازدهی و کارایی هر چه بیشتر منابع اقتصادی

منابع

[1]. Burek P, Satoh Y, Fischer G, Kahil MT, Scherzer A, Tramberend S, et al. Water Futures and Solution: Fast Track Initiative (Final Report). IIASA Working Paper. Laxenburg, Austria, International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA); 2016.

[2]. Wada Y, Flörke M, Hanasaki N, Eisner S, Fischer G, Tramberend S, et al. Modelling global water use for the 21st century: The Water Futures and Solutions (WFaS) initiative and its approaches. Geoscientific Model Development. 2016; 9:175–222.

[3]. Rosegrant MW, Cai X, Cline SA. World Water and Food to 2025: Dealing with Scarcity. Washington DC, International Food Policy Research Institute (IFPRI); 2002.

[4]. Dong C. Probabilistic scenario-based decision making for water resources planning and management. PhD.thesis. Hohai University. Nanjing, China; 2014.

[5]. Loucks DP, Van Beek E, Stedinger JR, Dijkman JP, Villars MT. Water Resources Systems Planning and Management: An Introduction to Methods, Models and Applications. Paris: UNESCO; 2005.

[6]. Savenije HHG, Van der Zaag P. Integrated water resources management: Concepts and issues. Physics and Chemistry of the Earth. Parts A/B/C. 2008; 33(5):290-297.

[7]. GWP. Main Article Focuses on IWRM Concepts. GWP Newsflow 2/00; 2000.

[8]. McCarthy JJ, Canziani OF, Leary NA, Dokken DJ, White KS. Climate change: impacts, adaptation, and vulnerability, in: Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge; 2001.

[9]. Dong C, Schoups G, van de Giesen N. Scenario development for water resource planning and management: a review, Technological Forecasting and Social Change. 2013; 80(4):749-761.

[10]. Gallopín GC, Rijsberman F. Three global water scenarios. International Journal of Water. 2000; 1(1):16–40.

[11]. Mahmoud M. Scenario development for water resources decision-making. PhD. Thesis. The University of Arizona; 2008.

[12]. Gallopín GC. Five stylized scenarios Global water futures 2050; 2012.

[13]. Nikooie A, Zibaei M. Water Resources Management and Food Security in Zayandeh Rud Basin: An Integrated River Basin Analysis. Journal of Agricultural Economics and Development. 2012; 26(3):183-196. [Persian]

[14]. Mohamadjani E, yazdanian N. The Analysis of Water Crisis Conjecture in IRAN and the Exigent Measures for ITS Management. TREND (TREND OF ECONOMIC RESEARCH). 2014; 21(66): 117-144. [Persian]

[15]. Rezayan A, Rezayan AH. Future studies of water crisis in Iran based on processing scenario. Iranian Journal of Eco Hydrology. 2016; 3(1):1-17. [Persian]

[16]. Karami T, ghafariyan bahraman M. Future Studies on Water Crisis and Security Challenges Case study: Rafsanjan city. Danesh-E-Entezami. 2016; 8(21): 49-79. [Persian]

[17]. Kippenberger T. Talking about scenarios. The Antidote. 1999; 4(4):7-8.

[18]. Zali N. Regional Development Foresight with Emphasis on Scenario-base Planning Approach, Case Study: (East Azarbaijan Province). Department of Geography and urban planning. University of Tabriz; 2010. [Persian]

[19]. Godet M. From anticipation to action. UNESCO publishing. Paris; 1991.

[20]. Cosgrove WJ, Rijsberman FR. World Water Vision: Making Water everybody's Business, For the World Water Council. Marseille, France / London. World Water Council / Earthscan; 2000.

[21]. Flörke M, Alcamo J. European Outlook on Water Use. Center for Environmental Systems Research. University of Kassel; 2004.

[22]. Alcamo J, Gallopín G. Building a 2nd generation of world water scenarios: water in a changing world, in: The United Nations World Water Development Report 3. United Nations World Water Assessment Programme (WWAP). Paris; 2009.