سومین کنفرانس ملی مهندسی ارزش
۶آذرماه ۱۳۸۷

ارزیابی شاخص‌های پایداری طرح‌های توسعه منابع آب با نگرش مهندسی‌ارزش

محمد کارآموز[۱]- آزاده احمدی[۲]- وحید عسکری‌نژاد[۳]
۱. استاد دانشکده عمران، پردیس فنی، دانشگاه تهران karamouz@ut.ac.ir
۲. دانشجوی دکتری مهندسی آب دانشکده عمران، پردیس فنی، دانشگاه تهران Azadeahmadi@ut.ac.ir
۳. دانشجوی کارشناسی‌ارشدعمران- مهندسی‌آب، دانشکده عمران، دانشگاه تهران Vahid_asn@yahoo.com

چکیده
امروزه، توجه به تأثیر آب بر عوامل سیاسی، فرهنگی، اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی، مدیریت منابع آب را به عاملی مهم در دستیابی به توسعه پایدار تبدیل ساخته است. با توجه به اهمیت توسعه پایدار، کمی‌کردن این مفهوم توسط شاخص‌های کلان مدیریت پایدار منابع آب و با درنظر گرفتن ملاحظات اکوسیستمی، اقتصادی و اجتماعی صورت می‌گیرد. در این مقاله پس از بررسی نقش مدیریت منابع آب در توسعه پایدار، مروری بر رویکردهای موجود در تحلیل کمی پایداری طرح‌های توسعه منابع آب و با نگرش مهندسی ارزش انجام می‌گیرد. شاخص‌های پایداری مشخص و کمی شده‌اند، سپس شاخص ارزش برای هر کدام از آن‌ها در طرح‌های مختلف توسعه منابع آب محاسبه و به منظور ارزیابی طرح‌ها، با هم مقایسه و نتایج آن مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است. در این مقاله اثر هر یک از مؤلفه‌های سیستم برای افزایش پایداری در هزینه‌های کلی دیده شده است. شاخص ارزش که معیاری برای رتبه‌دهی به گزینه‌ها در مهندسی ارزش است، می‌تواند به عنوان معیاری برای انتخاب سناریویی که بیشترین سازگاری را با توسعه پایدار دارد، استفاده شود.

کلمات کلیدی: توسعه پایدار، مهندسی ارزش، شاخص ارزش، شاخص پایداری، مدیریت منابع آب

۱. مقدمه
به دلیل نیازهای روز افزون و کمبود منابع، ارتقای سطح هوشمندی در ابعاد فردی و سازمانی و انعکاس آن در سیستم تصمیم‌گیری، اجتناب‌ناپذیر است. از این رو باید سیستم مدیریتی، جامع و بهم‌پیوسته بوده و ساختارهای فنی، اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی طرح‌ها را در برگیرد. در نتیجه این جامع‌نگری است که پایداری توسعه تضمین خواهد شد. به منظور مدیریت منابع طبیعی به شیوه پایدار، تصمیم‌گیرندگان و سیاست‌گذاران نیاز به اطلاعات دارند. موفقیت طرح‌های توسعه منابع‌آب، که به اعتبار آنها، سرمایه‌گذاریهای دولتی محقق و به همراه سرمایه‌گذاری‌های بخش‌خصوصی، رشد اقتصادی را موجب می‌شوند؛ به معیار برجسته‌ای برای سنجش و قضاوت در مورد عملکرد دولتها تبدیل شده‌اند و بازتابی از کارایی و اثر بخشی شیوه‌های مدیریت در کشور به شمار می‌روند. مهندسی‌ارزش یک تکنیک بسیار کارا و مهم برای شناسایی و حذف هزینه‌های غیرضروری، کوتاه‌سازی زمان اجرا و بهینه‌سازی پروژه‌ها و در یک کلام، تضمین‌کنندهٔ توسعه پایدار در طرح‌ها می‌باشد. توسعه پایدار به عنوان یک دید مدیریتی در بررسی روابط میان فرآیندهای زیست‌محیطی و اقتصادی پذیرفته شده اما مدیران و تصمیم‌گیرندگان هنوز در مسائل کاربردی همچون چگونگی به کارگیری توسعه پایدار و اندازه‌گیری آن با مشکل مواجه هستند. از جمله مهمترین مشکلات مساله اطلاعات است. از طرفی اطلاعات و منابع انها بسیار گسترده و گاه گیج کننده هستند و از طرفی متخصصین اطلاعات خاص مورد نیاز برای تصمیم‌گیری و مدیریت موثر منابع را غالباً بطور شفاف در اختیار تصمیم‌سازان قرار نمی‌دهند. از طرفی مقیاس‌های اندازه‌گیری بخوبی تعریف نشده است. از راه‌های مقابله با این مشکل استفاده از شاخص‌های توسعه پایدار است. شاخص‌ها راه موثر و ساده‌ای را برای مرتبط کردن اطلاعات با مراحل مختلف حرکت به سوی هدف یعنی مدیریت پایدار منابع فراهم می‌کنند. این شاخص‌ها سال‌ها توسط اقتصاددانان برای توصیف روندهای اقتصادی به کار برده شده است. اخیراً تلاش‌هایی با هدف ایجاد

www.SID.ir
Archive of SID

شاخص‌های مناسب اندازه‌گیری توسعه پایدار، انجام شده است. مهندسی ارزش یکی از ابزارهایی است که در پنجاه سال گذشته کارآمدی خود را در حل مسایلی که به دلیل ماهیت‌شان دارای پیچیدگی و ابهاماتی هستند و به راحتی قابل ارزشیابی نیستند، نشان داده است. با استفاده از قابلیت‌های مهندسی ارزش می‌توان جنبه‌های اقتصادی، اجتماعی و جنبه‌های دیگر انجام پروژه‌های عمرانی را وارد فرآیند مقایسه کرد و بهترین گزینه که تمامی این عوامل در آن لحاظ شده باشد را به اجرا درآورد. به تعبیری دیگر، مهندسی ارزش یک روش سیستمی مبتنی بر خلاقیت و کار گروهی و تحلیل کارکردهای یک پروژه، در جهت بالا بردن ارزش آن است که ضمن بالا بردن رضایت افراد تحت تأثیر، پایداری توسعه را نیز تضمین می‌نماید.

Hellstrom et al. (2000) مجموعه‌ای از شاخص‌های پایداری شامل محدودیت‌های سلامت و بهداشت، جنبه‌های فرهنگی و اجتماعی، زیست‌محیطی، اقتصادی و فنی را در ارتباط با سیستم آب شهری تعریف نموده‌اند. برای کاربردی کردن شاخص‌های پایداری تعریف شده، جهت استفاده در مطالعه صورت گرفته در کشور سوئد، این شاخص‌ها خلاصه شده و به پارامترهایی که به آسانی قابل اندازه‌گیری هستند، تبدیل شده‌اند.

Hranova (2002) برای نیل به استفاده پایدار از آب، اشکال مختلف تامین آب و تغییرات روزانه و فصلی آنها و الگوهای واقعی مصرف در انواع مختلف کاربردهای مفید آب را مورد بررسی قرار داده است. به این وسیله میان نیاز و تامین آب رابطه ایجاد کرده و راه‌حل بهینه را بر اساس بخش‌های مختلف تعیین نموده است.

Starkl and Brunner (2004) در مطالعات خود به عنوان نمونه، شیوه تصمیم‌گیری در مدیریت آب شهری استرالیا را مورد بررسی قرار داده است. در این مطالعه پیشنهاد شده است که یک ارزیابی جامع پایداری نباید تنها برمبنای شاخص‌های استاندارد و یا از پیش تعیین شده و یا حتی یک روش خاص ارزیابی صورت گیرد، بلکه باید تصمیم‌گیرندگان را مجبور کند تا فرضیات خود را به شکلی آشکارتر ارائه دهند. در این راستا نیاز به تغییر روند تصمیم‌گیری فعلی می‌باشد تا تصمیم‌گیرندگان بتوانند روند تصمیم‌گیری خود را با شرایط خاص یک پروژه به نحوی که مورد قبول مردم و افرادی که در ارتباط با آن پروژه فعالیت می‌کنند، تغییر دهند.

Shublaq (2005)، ضمن برشمردن مهندسی ارزش به عنوان یک ابزار کارآمد برای مشارکت بخش‌خصوصی در طرح‌های عمرانی عربستان‌سعودی، به منظور به کارگیری قابلیت‌های حرفه مهندسی‌مجدد[1] و فرآیند خصوصی‌سازی در شیرین‌سازی آب دریا، نمودار تحلیل‌کارکردی را به عنوان نمودار تحلیل کارکرد برهم‌نهی‌شده (Superimposed F.A.S.T.[2]) توسعه داده است که در آن کارکردهای مشترک بین نمودارهای اولیه این دو فرآیند به عنوان کارکردهای قابل ارزیابی و توسعه معرفی شده‌اند.

رضوی طوسی و همکاران (۱۳۸۵) با استفاده از سه روش تصمیم‌گیری چند شاخصه‌ای فازی، الگویی را به منظور اولویت‌بندی پروژه‌های انتقال آب بین‌حوزه‌ای تدوین کردند و ضمن در نظر گرفتن هشت معیار ارزیابی، ده طرح انتقال آب از حوزه کارون بزرگ را با یکدیگر مقایسه نمودند و در نهایت بر روی وزن معیارها تحلیل حساسیت انجام دادند.

Raju and Vasan (2007) با استفاده از رویکرد تئوری مطلوبیت چند معیاره (MAUT)[3]، به ارزیابی و رتبه‌دهی سیستم‌های آبیاری در یکی از ایالتهای هندوستان پرداختند. برای این منظور هفت معیار ارزیابی تعریف کردند و قبل از ارزیابی این سیستم‌ها توسط MAUT، سیستم‌های مورد نظر را با استفاده از شبکه عصبی به چند دسته شامل سیستم‌های آبیاری مشابه دسته‌بندی کردند. همچنین برای اطمینان از میزان صحت نتایج، روی آنها تحلیل حساسیت انجام گرفته است و در نهایت روش به کار رفته برای ارزیابی سیستم‌های مشابه پیشنهاد شده است.

کارآموز و همکاران (۱۳۸۶) به منظور ارزیابی اقتصادی و تعیین سیاست‌های بهره‌برداری انتقال آب بین‌حوزه‌ای، یک مدل

---

[1] **Re-Engineering**
[2] **Function Analysis System Technique**
[3] **Multi Attribute Utility Theory (MAUT)**

Archive of SID
www.SID.ir

بهینه‌سازی با هدف حداکثر نمودن منافع خالص طرح تدوین کردند و در یک مطالعه موردی ضمن دخالت دادن پارامترهای کیفیت آب به عنوان یکی از محدودیت‌های مدل، به بررسی منافع و هزینه‌های ناشی از طرح انتقال آب پرداختند و الگوی به کار رفته را روشی کارآمد برای ارزیابی طرح‌های توسعه منابع آب دانستند.

در این مقاله، به توضیحاتی در مورد توسعه پایدار، شاخص‌های پایداری و همچنین محاسبه و ارزیابی شاخص‌های ارزش پرداخته شده است. طرح انتقال آب از سرشاخه‌های کارون (سولگان) به دشت رفسنجان به عنوان مطالعه موردی این تحقیق انتخاب شده است. در مرحله ابتدایی کار و با توجه به خط سیر مهندسی ارزش، به جمع‌آوری اطلاعات از طرح مبنا[1] پرداخته شد. در گام بعدی معیارهای ارزیابی گزینه‌ها تعیین و وزن‌دهی شدند. سپس با توسعه مدل FAST، کارکردهای مهم، تعیین و برای بالا بردن شاخص ارزش طرح معرفی شدند. نمودار FAST یکی از روش‌های متداول برای توسعه یک مدل کارکردی است. این روش با استفاده از دو سؤال اساسی چگونه (HOW?) و چرا (WHY?) به ایجاد روابط منطقی بین کارکردهای اجزا و کل سیستم می‌پردازد. در این ارتباط به تدوین چهار سناریوی مختلف برای ارزیابی پرداخته شد. عملکرد این سناریوها با استفاده از نرم‌افزار WEAP[2] شبیه‌سازی شده است که در آن داده‌های وارد شده برای یک دوره شبیه‌سازی ۴۰ ساله، با فواصل ماهانه و برای افق ۱۴۳۵ می‌باشند. نرم‌افزارWEAP ابزاری برای شبیه‌سازی سیستم‌های منابع آب می باشد که چهارچوبی جامع؛ انعطاف‌پذیر و کاربردوست برای برنامه‌ریزی و تحلیل سیاست‌ها فراهم کرده است. به منظور بررسی هرچه دقیق‌تر سناریوها از جنبه اقتصادی، مجموع منافع و هزینه‌هایی که در هر یک از سناریوها می‌تواند مورد بررسی قرار گیرد، برآورد شده است. منافع شامل سود کشاورزی در دشت‌های رفسنجان و خوزستان و سود حاصل از تولید انرژی برق‌آبی و هزینه‌ها شامل هزینه تولید محصولات کشاورزی خوزستان و رفسنجان، هزینه‌های ساخت و بهره‌برداری از خط انتقال، هزینه پمپاژ آب زیرزمینی در دشت رفسنجان، هزینه احداث و بهره‌برداری از سیستم آبیاری قطره‌ای، هزینه محیط‌زیستی تخریب آبخوان، هزینه کاهش کیفیت آب کارون ناشی از انتقال آب و هزینه اضافی لایروبی ناشی از انتقال آب در منطقه مبداء می‌باشد. در نهایت سناریوهای مختلف، با توجه به معیارهای تعیین شده مورد ارزیابی قرار گرفتند و گزینه برتر که دارای شاخص ارزش بالاتری بود، معرفی شد.

۲. توسعه پایدار منابع آب و شاخص‌های آن

توسعه پایدار نیازمند یک روش فکری چند بعدی است که وابستگی‌های بین طبیعت، اجتماع و سیستم‌های زیستی را در نظر بگیرد. توسعه پایدار در منابع آب به ترتیب زیر عمل می‌کند:

- شامل سیاست‌ها، برنامه‌ها و فعالیت‌هایی است که برابری و مساوات در دسترسی به آب را بهبود می‌بخشد.
- قبل از اینکه رفتار اکوسیستم به طور پیش‌بینی نشده تغییر کند، حدود و مرزهای مصرف آب را شناسایی کرده و تشخیص می‌دهد.
- شاخص‌هایی در سطوح مختلف تصمیم‌گیری چون جهانی، ملی، منطقه‌ای و محلی را ارزیابی می‌کند.
- مدیران را به چالش فرا می‌خواند تا آینده را در نظر بگیرند و به طور کامل اثرات تصمیم‌های امروز خود را بر روی زندگی و معیشت نسل‌های آینده و همینطور اکوسیستم‌های طبیعی که با آن در ارتباط خواهند بود، را درک کرده و مورد ارزیابی قرار دهند.

توجه به نکات زیر در جهت رسیدن به توسعه پایدار بسیار مهم می‌باشد:

- درک "وضعیت[3]" سیستم زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی و جهت و سرعت تغییرات آنها

[1] **Base Case**
[2] **Water Evaluation and Planning System (WEAP)**
[3] **State**

Archive of SID
www.SID.ir

- فهم روابط متقابل میان اجزا مختلف سیستم‌ها
- بازتاب اثرات مثبت و منفی فعالیت‌های انسان بر روی مردم و اکوسیستم‌ها
- ارزیابی برابری‌ها و اختلافات موجود در شرایط فعلی و نیز میان نسل‌های حال و آیند

شاخص‌های توسعه پایدار برای فراهم کردن یک مبنای ثابت برای تصمیم‌گیری در تمام سطوح و مشارکت انسانی در پایداری طبیعی سیستم‌های تلفیقی زیست‌محیطی و توسعه‌ای ایجاد شده‌اند. براین اساس شاخص‌های پایداری به عنوان ابزارهای پایه برای تسهیل انتخاب‌های عمومی و حمایت از سیاست‌های اجرایی صحیح به کار گرفته شوند. این شاخص‌ها اطلاعاتی در مورد پیامدهای وابسته، تعیین مسائل و دورنمای محتمل توسعه، آنالیز و تفسیر اختلافات و مشارکت‌های ممکن فراهم کرده و در ارزیابی به‌کاربردن سیاست‌ها و اثرات آنها کمک شایانی به تصمیم‌گیرندگان می‌نمایند. شاخص‌ها موجب سازماندهی، ترکیب و استفاده بهتر اطلاعات می‌شوند. اصلی‌ترین هدف از ایجاد شاخص‌ها اندازه‌گیری و کنترل میزان حرکت به سوی پایداری در سیستم‌ها می‌باشد. شاخص‌ها کاربردها و پتانسیل‌های فراوانی برای بهبود مدیریت محیط‌زیست دارند که بعضی از آنها شامل موارد زیرند:

- پایش و ارزیابی شرایط و روند تغییرات موجود در مقیاس‌های ملی، منطقه‌ای و جهانی
- مقایسه وضعیت‌های مختلف
- ارزیابی کارآمدی سیاست‌های اتخاذ شده
- تعیین میزان پیشرفت با استفاده از شاخص‌های محلی
- کنترل تغییرات رفتار و نگرش عمومی
- اطمینان از درک، مشارکت و شفافیت در انتقال اطلاعات میان بخش‌های ذینفع و تاثیرپذیر.
- پیش‌بینی و برنامه‌ریزی برای روند ایجاد تغییرات
- فراهم کردن اطلاعات برای هشدار زودهنگام

۳. مدیریت منابع آب با به کارگیری مهندسی ارزش

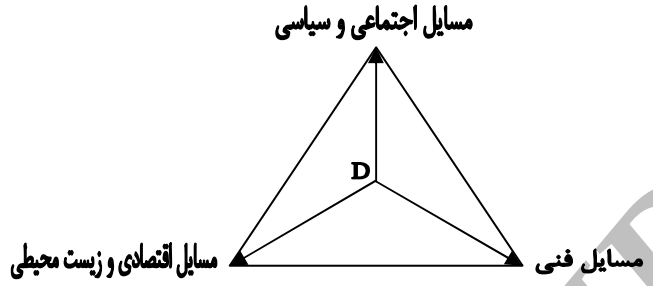
مدیریت جامع به عنوان یکی از ارکان توسعه پایدار در جوامع شناخته شده است که پس از تدوین چشم‌اندازهای کلی، نیازمند تعریف برنامه‌های کوتاه‌مدت برای به اجرا در آوردن این سیاست‌هاست. برنامه‌های اجرایی تضمین‌کنندهٔ توسعه پایدار آنهایی هستند که در تصمیم‌گیری‌های اولیه‌شان، معیارهای اجتماعی و محیط زیستی در کنار ملاحظات فنی و اقتصادی لحاظ شده باشد.

استفاده از شاخص توسعه پایدار ابزاری کارآمد برای اندازه‌گیری میزان دستیابی به اهداف توسعه پایدار است. مهندسی ارزش با استفاده از نظرات ارائه شده تیم، دربارهٔ کارکردهای برگزیده، "شاخص ارزش" را استخراج می‌کند و برای تخصیص یک رتبه به هر یک از گزینه‌ها (طرح مبنا و گزینه‌های جایگزین پیشنهادی) از معیارهای ذکر شده سود می‌جوید. تحلیل هزینه‌ها در طول دوره عمر پروژه، یکی از مؤلفه‌های کلیدی مهندسی ارزش است که پیش از ارزیابی گزینه‌ها صورت می‌گیرد و متضمن دستیابی به پایداری بیشتر است. طولانی بودن دوره بهره‌برداری طرح‌های آبی، خصوصیت احتمالاتی به میزان هزینه‌های آنها داده است و می‌توان آنها را متغیرهایی تصادفی با یک توزیع احتمالاتی خاص دانست.

معیارهای ارزیابی طرح‌های توسعه منابع آب، به منظور دستیابی به اهداف اقتصادی و فنی آنها، جلب نظر تأثیرپذیران و در یک کلام تأمین شرایط توسعه پایدار استخراج می‌شوند. به دلیل اینکه در سال‌های اخیر و در گستره جهانی اغلب، توسعه پایدار به عنوان نقطه ایده‌آل ارزیابی‌ها معرفی شده است، عموماً معیارها و شاخص‌های دیگر نیز به عنوان زیر مجموعه آن تعریف می‌شوند. برنامه‌های اجرایی مبتنی بر پایداری توسعه، برنامه‌هایی هستند که در تصمیم‌گیری‌های اولیه‌شان، معیارهای اجتماعی، سیاسی و محیط‌زیستی در کنار ملاحظات فنی و اقتصادی لحاظ شده باشد. یکی از ارکان توسعه پایدار، مدیریت جامع حوزه‌آبریز است که

www.SID.ir

پس از تدوین چشم‌اندازهای کلی، نیازمند تعریف برنامه‌های کوتاه‌مدت برای به اجرا در آوردن این سیاست‌ها (چشم‌اندازها)است. استفاده از شاخص توسعه پایدار، ابزاری کارآمد برای اندازه‌گیری میزان دستیابی به اهداف توسعه پایدار است.
اگر بتوان اجزای درگیر در یک طرح را رئوس یک مثلث فرض کرد، این سه رأس را می‌توان به صورت شکل ۱ نامگذاری کرد. با افزودن یک رأس برآیند به این مثلث، هرم حاصله دارای رأس D خواهد بود که بیانگر کل هزینه‌های تحمیلی طرح است.



شکل ۱ – مثلث فرضی اجزای پایداری

یک گزینه پایدار، گزینه‌ای است که هر سه جنبه ذکر شده را بهبود بخشد، یعنی به هیچ یک از رئوس مثلث اریب نباشد. در مقایسه با تعریف عمومی بها در مهندسی ارزش، بهای پایداری را می توان به صورت هزینه‌ای از کارکردهای سیستم دانست که نیازهای پایداری را برآورده سازد. ضروری است که اثر هر یک از مؤلفه‌های سیستم برای افزایش پایداری در هزینه‌های کلی دیده شود. توسعه پایدار در گرو تدوین چشم‌اندازهای کلی و تعریف برنامه‌های کوتاه‌مدت برای به اجرا در آوردن این سیاست‌هاست. تصمیم‌گیری‌های مولد این برنامه‌ها وقتی می‌تواند معیارهای اجتماعی و محیط زیستی را در کنار ملاحظات فنی و اقتصادی لحاظ کند که تیم تصمیم‌گیرنده مجموعه‌ای کامل از تخصص‌های در برگیرنده جوانب مختلف طرح باشد و فارغ از ملاحظات سیاسی و منطقه‌ای به تدوین برنامه‌ها بپردازد. مهندسی ارزش با در اختیار گرفتن چنین ابزاری و با ایجاد فضایی برای تفکر پربازده و خلاقیت افراد، راهی برای رسیدن به این هدف است. در ادامه توضیحات مختصری در مورد مهندسی ارزش، شاخص آن و فاز خلاقیت و ارزیابی سناریوهای تولید شده ارائه شده است.

۳-۱. مهندسی ارزش و شاخص ارزش

King (2000)، مهندسی ارزش را اینگونه تعریف کرده است: "مهندسی‌ارزش یک کوشش سازمان‌یافته برای تحلیل عملکرد سیستم‌ها، تجهیزات، خدمات و مؤسسات به منظور رسیدن به عملکرد واقعی با کمترین هزینه در طول عمر پروژه است که سازگار با کیفیت و ایمنی مورد نظر باشد." از مفاهیم پایه‌ای مهندسی ارزش، لازم است به شاخص ارزش، تحلیل کارکرد و دیگر مراحل رسیدن به گزینهٔ نهایی اشاره شود.
موفقیت یک طرح در گرو میزان بهبود کمیت‌هایی است که با شاخص‌های قراردادی تعریف شده است. برای سنجش میزان بالا رفتن ارزش یک پروژه نیز باید شاخص ارزش تعریف کرد و بهبود آن‌را تخمین زد. یکی از معمولترین تعریف‌ها برای "شاخص ارزش"عبارت است از:

$$VI = \frac{Function + Quality}{Cost} \qquad (۱)$$

صورت کسردر این معادله، عبارت از رتبه‌دهی کیفی اعضای تیم ارزش به گزینه‌های مورد بررسی بر اساس کارکرد (*Function*) آنها در برآورد نیازهای طرح و نیز ارزش آنها در بر آوردن نیازهای کیفی (*Quality*) همچون مسایل اجتماعی و محیطزیستی

www.SID.ir
Archive of SID

است. همچنین مخرج کسر عبارت از رتبه‌دهی کمی اعضا به گزینه‌ها بر اساس هزینه‌های کل هر گزینه از ابتدای طراحی تا پایان دوره بهره‌برداری است. با توجه به معادله فوق می‌توان دریافت که به طرق مختلفی می‌توان شاخص ارزش را بهبود بخشید، ازجمله :۱-بالا بردن کارآیی و کیفیت با پرداخت هزینهٔ ثابت، ۲- کاهش هزینه‌ها در حین حفظ کیفیت و کارآیی ۳- بالا بردن قابل توجه کارآیی و کیفیت به ازای افزایش محدود در هزینه‌ها. مهندسی ارزش با استفاده از شاخص ارزش در نهایت گزینه‌ای را پیشنهاد می‌کند که از نظر معیارهای اجتماعی، فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی، بهترین باشد.

قدرت تکنیک مهندسی ارزش در مرحله خلاقیت آشکارتر می‌شود. تیم مطالعه، از تکنیک‌های طوفان فکری[1] برای توسعه گزینه‌های مناسب به منظور جایگزینی طرح پیشنهادی اولیه یا بهبود آن، استفاده می کند. این تکنیک، فهرست جامعی از راه حلها را با پتانسیل بالا (ایده‌های خلاق) تولید می‌کند. در کارگاه ارزش برای بهبود هر یک از کارکردهای دارای هزینه، ریسک یا فرصت بالا، از اعضای تیم، نظرخواهی می‌شود. سپس پیشنهادهای ارائه شده، بدون هیچ محدودیتی ثبت می‌شوند و پس از آن درمرحله ارزیابی، بهترین گزینه‌ها با در نظر گرفتن معیارهایی که در ابتدای تشکیل کارگاه در اختیار اعضای تیم قرار گرفته است، انتخاب می‌شوند. در نهایت، با کشیدن طرح شماتیک، تخمین هزینه، تأیید داده‌های آزمایشی، ایده‌ها دسته‌بندی شده و با کاربرد مدل‌های شبیه‌سازی و بهینه‌سازی، ایده‌های توسعه داده شده، مقایسه می‌شوند. درهنگام تکمیل مطالعات، تیم مهندسی ارزش پیشنهادهای خود را به مدیریت و کارکنان مربوطه ارائه می‌دهد، که باید آن یافته‌ها را ارزیابی کرده و پس از رفع ایرادهای احتمالی، به مرحله اجرا درآورند.

۴. جایگاه مهندسی ارزش در طرح‌های انتقال آب بین‌حوزه‌ای

هر چند انتقال آب بین‌حوزه‌ای بخصوص در کشورهایی چون ایران، به دلیل توزیع غیریکنواخت منابع آبی، یکی از گزینه‌های مورد علاقه مدیران و برنامه‌ریزان بوده است؛ اما این گزینه همواره در برابر ابهامات و مقاومت‌های زیادی قرار گرفته و محل مناقشات سیاسی و اجتماعی بسیاری بوده است. به دلیل اهمیت موضوع و برای جلوگیری از ایجاد بحران‌های جهانی دستیابی به آب، نهادهای بین‌المللی همچون یونسکو اقدام به تدوین معیارهایی برای ارزیابی طرح‌های انتقال بین‌حوزه‌ای نموده اند که در این قسمت به آنها اشاره می‌شود:

- ناحیهٔ مقصد باید، پس از توجه به منابع جایگزین تأمین‌آب و تمامی اقدامات منطقی برای کاهش تقاضای آب، در تأمین نیازهای فعلی و پیش‌بینی شده، کمبود جدی داشته باشد.
- توسعه آتی حوزهٔ مبدأ نباید به سبب کمبود آب، با محدودیت چشمگیر مواجه شود. با این وجود در صورتی که حوزه مقصد، زیان‌های بهره‌وری حوزه مبدأ را جبران کند، اجرای طرح قابل بررسی است.
- ارزیابی جامع پیامدهای محیطزیستی باید حاکی از آن باشد که طرح به شکل اساسی کیفیت محیطزیستی را در حوزهٔ مبدأ یا مقصد تحت تأثیر قرار نمی‌دهد. با این وجود در صورتی که زیان‌های محیطزیستی قابل جبران باشد، اجرای طرح قابل بررسی است.
- ارزیابی‌های جامع پیامدهای اجتماعی- فرهنگی باید با قاطعیت بروز اختلال‌های فرهنگی- اجتماعی ناشی از اجرای طرح را رد کند و یا آنها را با پرداخت خسارت قابل جبران بداند.
- منافع خالص ناشی از طرح باید به صورت عادلانه میان حوزه های مبدأ و مقصد تقسیم شود.

۵. مطالعه موردی

[1] **Brainstorming**

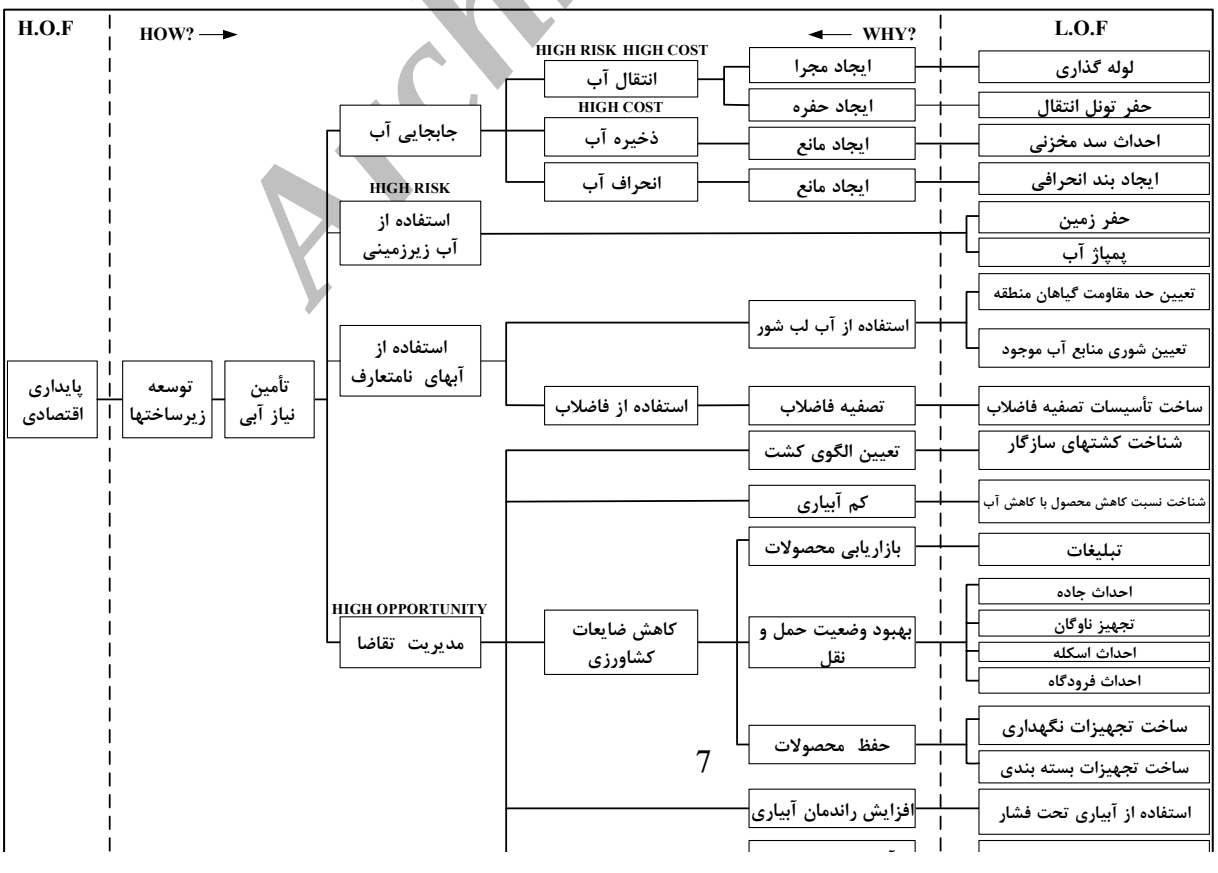
Archive of SID
www.SID.ir

در این قسمت مطالعهٔ مهندسی ارزش در طرح انتقال آب از سرشاخه‌های کارون به رفسنجان به عنوان یک نمونه عملی از تغییر رویکرد مصداق‌گرای "انتقال آب" به رویکرد کارکرد محور "پایداری اقتصادی" بیان می‌شود.

دشت رفسنجان با مساحت ۱۶۰۹۶ کیلومترمربع در طول جغرافیایی ۵۵ درجه تا ۵۷ درجه و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۵۳ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۱۵ دقیقه قرار دارد. به علت محدودیت شدید منابع آب سطحی (شامل رودخانه شور رفسنجان با میانگین آبدهی سالانه ۰/۳۹ میلیون‌مترمکعب و رودخانه گیودری با میانگین آبدهی سالانه ۰/۷۸ میلیون‌مترمکعب)، تقریباً تمامی آب مورد نیاز بخش‌های مختلف کشاورزی، صنعت، شرب و بهداشت از منابع آب‌زیرزمینی تأمین می‌گردد. این امر موجب شده است که سالانه ۲۱۲ میلیون‌مترمکعب برداشت آب، اضافه بر توان سفره، صورت پذیرد. در دشت رفسنجان ۹۷ درصد از ۷۳۰۰۰ هکتار سطح زیرکشت، به باغات پسته اختصاص داردکه آب مصرفی آنها توسط آب زیرزمینی تأمین می‌شود. به دلیل اضافه برداشت، در سالیان اخیر، سرعت کاهش آبدهی چاه‌ها همه‌ساله بیشتر می‌شود و شوری آب به حدود ۲۰ الی ۲۵هزار میکروموس (سه برابر حد بالای شوری آب برای تولید اقتصادی پسته) افزایش یافته است.

هدف غایی این طرح، توسعه پایدار دشت رفسنجان از طریق تأمین آب مورد نیاز ۱۱۰۰۰۰ هکتار از اراضی زراعی (باغات پسته) این منطقه و به تبع آن رونق اقتصادی، رضایت‌اجتماعی و نیز احیا سفره‌های آب زیرزمینی این دشت می‌باشد. به عنوان یک گزینه پیشنهادی، طرح انتقال سالانه ۲۵۰ میلیون‌مترمکعب آب از سرشاخه‌های کارون (رودخانه سولکان) به دشت رفسنجان از سوی کارفرما پیشنهاد شده و مطالعات اولیه آن نیز در اواخر دهه ۷۰ صورت گرفته است، اما به دلایل مختلف هنوز به مرحله اجرا در نیامده است. هدف مطالعهٔ تیم مهندسی ارزش، شناسایی و بررسی عوامل و کارکردهایی است که بیشترین پتانسیل ارتقای ارزش را دارند. در فرآیند تحلیل، تیم مطالعه ارزش، با تمرکز بر این کارکردها، سعی در بالا بردن ارزش کل طرح دارد تا بتواند گزینه‌ای را پیشنهاد کند که هیچ‌یک از تأثیرپذیران آن احساس نارضایتی نداشته باشد.

با توجه به شکل شماره ۳، برای اطمینان از صحت ارتباط ایجاد شده بین کارکردهای مرتبط به هم در طرح‌ها، بررسی این نکته لازم است که هر کارکرد سمت راست باید در پاسخ به پرسش "چرا؟" به کارکرد سمت چپ خود متصل شده باشد. در نهایت اگر کارکردهای جدیدی در پاسخ به هر یک از پرسش‌های "چگونه؟" و "چرا؟" مطرح شود، باید در جای صحیح خود قرار گیرد. این شکل، نمودار تحلیل کارکرد طرح انتقال آب از سولگان به رفسنجان می‌باشد.



Archive of SID
www.SID.ir

شکل ۳- مسیر اصلی تحلیل کارکردهای طرح توسعه پایدار منطقهٔ رفسنجان

۶. ارزیابی گزینه‌های پیشنهادی

از ترکیب ایده‌های مختلف و سازگار با هم سناریوهای مختلفی تولید شد و پس از بحث و بررسی و اصلاح برخی از اجزای آنها ، چهار سناریو برای بررسی در فاز توسعه انتخاب شدند.

مؤلفه‌های اصلی تشکیل‌دهنده وجوه تمایز این سناریوها عبارتند از:

- مدیریت مصرف آب

از آنجا که یکی از مؤلفه‌های اصلی فیزیکی اعمال مدیریت تقاضا افزایش راندمان آبیاری به عنوان عامل مؤثر در حفظ منابع ارزشمند آبی است، این کارکرد به منظور بررسی در سناریوها مد نظر قرار گرفت و سناریوهای حائز شرایط افزایش راندمان آبیاری با شناسه M (نشانگر کلمه Modern) مشخص شدند.

در مقابل برای سناریوهای آبیاری با روش‌های سنتی (Traditional) شناسه T درنظر گرفته شد. شناسه مدیریت مصرف آب (شناسه‌های M و T) اولین حرف نام هر سناریو را تشکیل می‌دهد.

- منبع تأمین آب

مؤلفه تأمین آب در سنایوها به سه شکل وارد شده است. اولین حالت، شرایط فعلی تأمین آب دشت رفسنجان (برداشت سالانه بالغ بر ۷۵۰ میلیون متر مکعب از آب زیرزمینی) است که شناسه مربوط به آن G تعیین شده است (Groundwater Discharge).

حالت دوم، محدود شدن برداشت از منابع آب زیرزمینی درحد توان سفره است و از حرف L به عنوان شناسه مربوط به آن استفاده شده است (Limited Discharge).

در نهایت و به عنوان سومین حالت تأمین نیاز آبی دشت رفسنجان، گزینه تلفیق انتقال آب از سولگان و برداشت از آب زیرزمینی به صورت محدود (سالانه ۵۰۰ میلیون متر مکعب) مورد بررسی قرار گرفته است و شناسه مربوط به این مؤلفه، حرف C انتخاب شده است (Compilation). شناسه منبع تأمین آب (شناسه‌هایG، L وC) دومین حرف نام هر سناریو را تشکیل می‌دهند.

- سطح زیر کشت

با توجه به وجود زمین‌های حاصلخیزی که در دشت رفسنجان به دلیل کمبود منابع آب از به زیر کشت رفتن باز مانده‌اند و همچنین ارزش افزوده قابل توجه کشت پسته، موضوع افزایش سطح زیر کشت تا سقف ۱۱۰۰۰۰ هکتار (مطابق آنچه در گزارش‌های مربوط به طرح انتقال ذکر شده است) نیز به عنوان یکی از عوامل دخیل در ارزیابی سناریوها در نظر گرفته شده است.

از حرف F (Fixed) به عنوان شناسه معرف حفظ سطح زیر کشت به میزان فعلی کمک گرفته شده است و از حرف E (Extended) به عنوان شناسه معرف افزایش سطح زیر کشت تا سقف ۱۱۰۰۰۰ هکتار.

شناسه سطح زیر کشت (شناسه‌های F و E) سومین حرف نام هر سناریو را تشکیل می‌دهد. مشخصات سناریوهای منتخب به

Archive of SID
www.SID.ir

همراه نام اختصاری آنها در جدول ۱ ذکر شده است.

جدول ۱: مشخصات سناریوهای منتخب به همراه نام اختصاری آنها

ردیف	روش آبیاری	منبع تأمین آب رفسنجان	سطح زیرکشت	نام سناریو	ملاحظات
۱	آبیاری سنتی با راندمان ۳۶/۵ درصد	برداشت سالانه ۷۵۰میلیون متر مکعب از آب زیرزمینی	۷۳۰۰۰ هکتار	TGF	وضعیت فعلی
۲	آبیاری قطره‌ای با راندمان ۶۰ درصد	برداشت سالانه ۵۰۰ میلیون متر مکعب از آب زیرزمینی	۷۳۰۰۰ هکتار	MLF	پیشنهادی
۳	آبیاری قطره‌ای با راندمان ۶۰ درصد	برداشت سالانه ۵۰۰ و ۲۲۶ میلیون متر مکعب آب به ترتیب از آب زیرزمینی و انتقال از سولگان	۱۱۰۰۰۰هکتار	MCE	پیشنهادی
۴	آبیاری سنتی با راندمان ۳۶/۵ درصد	برداشت سالانه ۵۰۰ و ۲۲۶ میلیون متر مکعب آب به ترتیب از آب زیرزمینی و انتقال از سولگان	۷۳۰۰۰ هکتار	TCF	طرح مبنا

از میان سناریوهای منتخب، سناریوهای TGF وTCF به ترتیب به وضعیت منابع و مصارف دشت رفسنجان در شرایط کنونی و شرایط طرح انتقال (طرح مبنا) اشاره دارند. برای شبیه‌سازی سیستم تحت سناریوهای مختلف مدیریتی از نرم‌افزار WEAP استفاده شده است.

WEAP قادر است مسائل مربوط به مصارف از قبیل الگوهای مصرف آب، بازده اقتصادی، راهبردهای استفاده مجدد از آب، هزینه‌ها و الگوهای تخصیص آب و هم چنین مسائل مربوط به منابع از قبیل جریان رودخانه، منابع آب زیرزمینی، مخازن و خطوط انتقال آب را شبیه‌سازی کند. این مدل شیءگرا بر اساس اصل مقدماتی موازنه آب عمل می‌کند و می‌توان آن را در سامانه‌های شهری، کشاورزی، در یک حوزه‌آبریز یا در چندین سامانه حوزه رودخانه‌ای مورد استفاده قرار داد. WEAP قادر به شبیه‌سازی طیف وسیعی از مؤلفه‌های طبیعی و ساخته شده این سیستم‌ها از قبیل رواناب، دبی پایه، تغذیه طبیعی آب‌های زیرزمینی، تحلیل نیازها، ذخیره آب، حقابه‌ها و اولویت‌های تخصیص، بهره‌برداری از مخزن، تولید برقابی، روندیابی آلودگی و کیفیت آب، ارزیابی‌های آسیب‌پذیری و نیازهای اکوسیستم است. همچنین با داشتن زیر برنامه تحلیل اقتصادی، به کاربر اجازه می‌دهد که مقایسه‌های سود و هزینه را برای طرح‌ها نمایش دهد. ساختار اطلاعات و میزان جزئیات را می‌توان به سادگی و با توجه به نیازهای موجود، به شکل دلخواه معرفی نمود تا بتوان نیازها و داده‌های مورد نیاز برای تحلیل سیستم را وارد مدل کرد. به منظور بررسی اثرات سناریوهای مختلف بر کیفیت آب، پارامتر TDS در رودخانه کارون از پایین‌دست گتوند تا اهواز با استفاده از مدل QUAL2K شبیه‌سازی شده است.

شبیه‌سازیWEAP، نمودارهایی که اطلاعات متناظر با هر زیر معیار را به دست می‌دادند، انتخاب شدند. سپس با استفاده از نتایج حاصل از اجرای مدل شبیه‌سازی و توابع مطلوبیت مربوط به هر یک از معیارها که بر اساس گزارش‌ها، استانداردها و شرایط

Archive of SID
www.SID.ir

منطقه‌ای تدوین شده‌اند، چهار سناریو مورد ارزیابی قرار گرفته و در محیط نرم‌افزار Expert Choice رتبه‌دهی شدند.

۶-۱. تعیین معیارهای رتبه‌دهی به گزینه ها

معیارهایی که برای ارزیابی سناریوها درنظر گرفته خواهند شد، در فاز اطلاعات مهندسی ارزش مشخص و وزن‌دهی می‌گردند. با توجه به ویژگی‌های طرح‌های انتقال بین حوزه‌ای و برای جلوگیری از ایجاد اختلاف‌های منطقه‌ای ناشی از آنها، نهادهای بین‌المللی اقدام به تدوین معیارهایی برای ارزیابی طرح‌های انتقال بین‌حوزه‌ای نموده‌اند که می‌توانند در دقیق‌تر و جامع‌تر شدن معیارهای ارزیابی مؤثر باشند. در این قسمت به معیارهای تدوین شده توسط یونسکو اشاره می‌شود:

- ناحیهٔ مقصد باید، پس از توجه به منابع جایگزین تأمین‌آب و تمامی اقدامات منطقی برای کاهش تقاضای آب، در تأمین نیازهای فعلی و پیش‌بینی شده، کمبود جدی داشته باشد.
- توسعه آتی حوزهٔ مبدأ نباید به سبب کمبود آب، با محدودیت چشمگیر مواجه شود. با این وجود در صورتی که حوزه مقصد، زیان‌های بهره‌وری حوزه مبدأ را جبران کند، اجرای طرح قابل بررسی است.
- ارزیابی جامع پیامدهای محیط‌زیستی باید حاکی از آن باشد که طرح به شکل اساسی کیفیت محیط‌زیستی را در حوزهٔ مبدأ یا مقصد تحت تأثیر قرار نمی‌دهد. با این وجود در صورتی که زیان‌های محیط‌زیستی قابل جبران باشد، اجرای طرح قابل بررسی است.
- ارزیابی‌های جامع پیامدهای اجتماعی- فرهنگی باید با قاطعیت بروز اختلال‌های فرهنگی و اجتماعی ناشی از اجرای طرح را رد کند و یا آنها را با پرداخت خسارت قابل جبران بداند.
- منافع خالص ناشی از طرح باید به صورت عادلانه میان حوزه های مبدأ و مقصد تقسیم شود.

جدول ۲: معیارهای ارزیابی گزینه‌ها و وزن نهایی هر یک از آنها

معیار اصلی	معیار فرعی	وزن نهایی هر زیرمعیار
مسایل اجتماعی(۰/۴۰۰)	عدم تفاهم	**۰/۲۰۰**
	اشتغال‌زایی	**۰/۲۰۰**
مسایل فنی(۰/۱۲۰)	تامین نیازهای آبی	**۰/۰۳۷**
	راندمان آبیاری	**۰/۰۱۷**
	امکان پذیری فنی	**۰/۰۵۵**
	زمان صرف شده	**۰/۰۱۱**
مسایل اقتصادی(۰/۲۰۸)	منافع حاصل شده	**۰/۲۰۸**
مسایل زیست محیطی(۰/۲۷۲)	حفظ منابع آب سطحی و زیرزمینی	**۰/۱۳۶**
	اثرات بر محیط زیست	**۰/۱۳۶**
جمع ضرایب		**۱/۰۰۰**

در این تحقیق با هدف در نظر گرفتن معیارهای ذکر شده، ابتدا چهار معیار ۱) مسایل اجتماعی ۲) مسایل فنی ۳) مسایل اقتصادی و ۴) مسایل محیط‌زیستی به عنوان معیارهای اصلی تعیین شدند و سپس با توجه به اهداف ارزیابی، زیر معیارهایی به عنوان معیارهای فرعی هر یک از آنها مشخص گردیدند و در جدول شماره ۲ ارائه شده‌اند. همان‌طور که مشاهده می‌شود،

www.SID.ir
Archive of SID

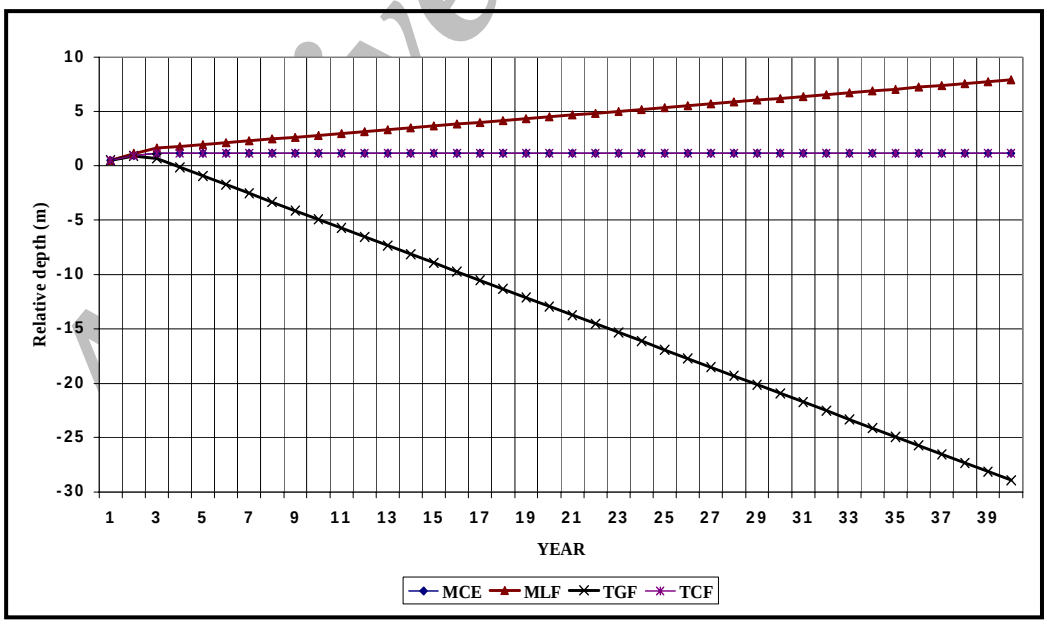
مسائل اجتماعی

۶-۲. بررسی مسایل محیطزیستی

در سال‌های اخیر به دلیل شناخته شدن اثرات منفی اجرای پروژه‌ها و طرح‌های توسعه بر محیطزیست مجاور آنها و وضوح ناپایدار بودن توسعه در صورت عدم توجه به این امر، ارزیابی طرح‌ها از این منظر اهمیت درخور توجهی یافته است. در این تحقیق اثرات سناریوها بر منابع آب سطحی و زیرزمینی و مسایل کیفیت آب، به عنوان شاخصی از اثرات محیطزیستی طرح‌ها مورد بررسی قرار گرفته است و نتایج درجدول شماره ۳ ارائه شده‌اند. همچنین، شکل شماره ۴ وضعیت آب زیزمینی دشت رفسنجان را در سناریوهای مختلف نشان می‌دهد. در میان گزینه‌های مورد بررسی، سناریویی که در آن سطح زیر کشت ثابت و معادل ۷۳۰۰۰ هکتار بوده و سیستم آبیاری قطره‌ای استفاده می‌شود، همچنین برداشت از آب زیرزمینی در حد مجاز می‌باشد، از لحاظ محیط زیستی دارای بالاترین امتیاز و سناریویی که در آن وضعیت فعلی را بازگو می‌کند، کمترین امتیاز را دارد.

جدول ۳: نتایج حاصل از ارزیابی سناریوها از نظر حفظ مسایل محیطزیستی

معیار	سناریو			
	MCE	MLF	TCF	TGF
حفظ منابع آب سطحی و زیرزمینی	۰/۲۲۵	۰/۴۹۰	۰/۲۲۵	۰/۰۶۱
اثر بر مسایل کیفیت آب	۰/۲۵۶	۰/۵۰۲	۰/۱۳۸	۰/۱۰۴
مسایل محیطزیستی	۰/۲۵۰	۰/۴۷۶	۰/۱۹۰	۰/۰۸۴
رتبه سناریو	۲	۱	۳	۴



شکل ۴ : وضعیت تراز آب زیرزمینی دشت رفسنجان در طول سالهای بهره‌برداری

۶-۳. بررسی عملکرد فنی سناریوها:

www.SID.ir

عوامل تحت بررسی به دو بخش زیر تقسیم شده است.

۱) راندمان آبیاری، امکان‌پذیری فنی و زمان مورد نیاز برای اجرای هر سناریو: این عوامل معیارهایی هستند که برای هرسناریو رتبه‌دهی شدند. در این میان امکان‌پذیری فنی شامل ریسک احتمالی اجرای سناریو می‌باشد و برای ارزیابی سناریوها از منظر راندمان آبیاری از تابع مطلوبیت مربوط به آن استفاده شده است.

۲) توانایی تأمین نیازهای آبی منطقه: این عامل به عنوان یکی ازمعیارهای قابل توجه در ارزیابی عملکرد طرح‌های توسعه منابع آب و به عنوان تأییدکننده قابلیت طرح در تأمین اهداف مورد توجه می‌باشد که در این تحقیق به میزان عدم تأمین نیازها و ذخیره مخازن مرتبط شده است.

در شکل ۵ تابع مطلوبیت پوشش نیازها و یا راندمان آبیاری مشاهده می‌شود که مقدمه‌ای برای محاسبه امتیازهای معیارها می‌باشد. نتایج رتبه‌دهی سناریوهای مختلف از نقطه نظر فنی در جدول ۵ ارائه شده است. گزینه‌های MLF (سناریویی که در آن سطح زیر کشت ثابت و معادل ۷۳۰۰۰ هکتار بوده و سیستم آبیاری قطره‌ای استفاده می‌شود، همچنین برداشت از آب زیرزمینی در حد مجاز می‌باشد) و TCF (سناریویی که در آن سطح زیر کشت ثابت و معادل ۷۳۰۰۰ هکتار بوده و طرح انتقال اجرایی می‌شود و آبیاری به شکل سنتی صورت می‌گیرد) به ترتیب بهترین و بدترین آنها از نظر مسائل فنی می‌باشد. زیرا با استناد به جدول ۴ مشاهده می‌شود که به‌ترتیب بالاترین و پایین‌ترین امتیاز را به خود اختصاص داده‌اند.

شکل ۵: تابع مطلوبیت پوشش نیازها و یا راندمان آبیاری

جدول ۴: رتبه‌دهی سناریوها از نظر مسایل فنی

معیار	سناریوها			
	MCE	MLF	TCF	TGF
راندمان آبیاری	۰/۴۲۱	۰/۴۲۱	۰/۰۹۶	۰/۰۶۲
امکان‌پذیری	۰/۲۲۷	۰/۴۲۴	۰/۲۲۷	۰/۱۲۲
زمان صرف شده	۰/۱۳۵	۰/۲۲۴	۰/۱۷۰	۰/۴۷۲
پوشش نیازها	۰/۱۲۷	۰/۴۷۷	۰/۰۸۵	۰/۳۱۱
مسایل فنی	۰/۲۲۰	۰/۴۲۱	۰/۱۶۲	۰/۱۹۷
رتبه سناریوها از نظر مسایل فنی	۲	۱	۴	۳

۶-۴. بررسی اثرات اجتماعی

عوامل اجتماعیِ دارای ارتباط و اثر متقابل با طرح‌های توسعه منابع آب را می‌توان به دو دسته کلی عوامل تأثیرگذار و تأثیرپذیر تقسیم کرد که هر یک از این دو گروه نیز خود شامل یک‌سری اثرات مثبت و منفی می‌باشند.

www.SID.ir

در این مطالعه دو معیار اشتغال‌زایی و تفاهم از میان معیارهای اجتماعی مرتبط با طرح‌های توسعه مورد نظر برای ارزیابی سناریوها انتخاب شده است. نتایج ارزیابی آن در جدول ۵ آورده شده است و امتیاز محاسبه شده برای هر سناریو نشان می‌دهد سناریوهای MCE (طرح پیشنهادی) و TCF(طرح مبنا) به‌ترتیب بهترین و بدترین گزینه‌ها از نظر مسائل اجتماعی هستند.

جدول ۵: مراحل ارزیابی سناریوها از نظر مسایل اجتماعی

معیار - زیرمعیار	سناریوها			
	MCE	MLF	TCF	TGF
اشتغال‌زایی	۰/۶۰۳	۰/۱۱۱	۰/۲۳۴	۰/۰۵۱
ایجاد تفاهم	۰/۱۳۶	۰/۴۸۳	۰/۰۶۶	۰/۳۱۵
مسایل اجتماعی	۰/۳۴۴	۰/۳۱۸	۰/۱۴۱	۰/۱۹۷
رتبه سناریوها از نظر مسایل اجتماعی	۱	۲	۴	۳

۶-۵. تعیین شاخص ارزش

در تعیین شاخص ارزش برای توسعه پایدار از اجرای طرح‌های توسعه منابع آب و گزینه‌های مختلف مدیریتی در منطقه، سناریوهای مختلف تعریف و مورد بررسی قرار گرفت. عملکرد سیستم در اثر اجرای هر یک از سناریوها با استفاده از مدل شبیه‌سازی WEAP انجام شده است. در ارزیابی هر یک از سناریوها، سودها و هزینه‌های مرتبط با آن برآورد شده است. اغلب، کارکرد یک طرح با توجه به نسبت سود به هزینه آن برآورد می‌شود. اما در این قسمت سعی شده است علاوه بر معیار اقتصادی از معیارها و زیرمعیارهای دیگر در جهت ارزیابی توسعه پایدار استفاده شود و تفکر ارزشی جایگزین تفکر هزینه‌ای شود. به این منظور هر یک از سناریوها با توجه به معیارها و زیر معیارهای زیست محیطی، فنی و اجتماعی امتیازدهی شده‌اند که نتایج آن در بخش‌های قبل ارائه شده است. با در نظر گرفتن وزن نسبی هر یک از معیارهای فوق و امتیازهای مرتبط ، میانگین وزنی آنها گرفته شده است. این امتیاز محاسبه شده برای هر سناریو می‌تواند مرتبط با هزینه‌های غیر ملموس اجرای طرح باشد. به طور خلاصه منافع شامل سود کشاورزی در دشت‌های رفسنجان و خوزستان و سود حاصل از تولید انرژی برق‌آبی و هزینه‌ها شامل هزینه تولید محصولات کشاورزی خوزستان و رفسنجان، هزینه‌های ساخت و بهره‌برداری از خط انتقال، هزینه پمپاژ آب زیرزمینی در دشت رفسنجان، هزینه احداث و بهره‌برداری از سیستم آبیاری قطره‌ای، هزینه محیط‌زیستی تخریب آبخوان، هزینه کاهش کیفیت آب کارون ناشی از انتقال آب و هزینه اضافی لایروبی ناشی از انتقال آب در منطقه مبداء می‌باشد.

در تعیین شاخص ارزش، منافع ملموس و غیرملموس هر سناریو و هزینه هر یک از آنها در نظر گرفته شده است. شاخص ارزش از تقسیم میانگین وزنی معیارهای زیست محیطی، فنی و اجتماعی و سود به هزینه هر سناریو محاسبه شده است. سود و هزینه در این رابطه، سود و هزینه نرمال شده (تقسیم بر حداکثر مقدار آنها) می‌باشد. در جدول ۶ منافع، هزینه‌های ملموس و امتیازدهی هر سناریو با توجه به معیارهای مختلف ارائه شده است. در این جدول همچنین شاخص ارزش محاسبه شده اورده شده است و سناریویی که دارای شاخص ارزش بالاتری است، به عنوان سناریوی پیشنهادی مورد توجه قرار گرفته است. از بین گزینه‌ها، سناریو با بیشترین شاخص ارزش بهترین گزینه می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود سناریوی MLF (سناریویی که در آن سطح زیر کشت ثابت و معادل ۷۳۰۰۰ هکتار بوده و سیستم آبیاری قطره‌ای استفاده می‌شود، همچنین برداشت از آب زیرزمینی در حد مجاز می‌باشد) با شاخص ارزش معادل ۲/۹۶ رتبه نخست را به‌خود اختصاص داده است.

www.SID.ir
Archive of SID

جدول ۶: منافع، هزینه‌ها و شاخصهای ارزش برای سناریوهای مختلف

شاخص‌های پایداری	سناریو / منافع (B) / ضرایب	MCE	MLF	TCF	TGF
		120185/12	112046/9	۱۰۹۱۵۰/۰۱	111365/26
B/Bmax	۰/۲۰۸	1	0/93	۰/۹۱	0/93
اشتغال‌زایی	۰/۴	۰/۶۰۳	۰/۱۱۱	۰/۲۳۴	۰/۰۵۱
ایجاد تفاهم	۰/۴	۰/۱۳۶	۰/۴۸۳	۰/۰۶۶	۰/۳۱۵
راندمان آبیاری	۰/۱۲	۰/۴۲۱	۰/۴۲۱	۰/۰۹۶	۰/۰۶۲
امکان‌پذیری	۰/۱۲	۰/۲۲۷	۰/۴۲۴	۰/۲۲۷	۰/۱۲۲
زمان صرف شده	۰/۱۲	۰/۱۳۵	۰/۲۲۴	۰/۱۷۰	۰/۴۷۲
پوشش نیازها	۰/۱۲	۰/۱۲۷	۰/۴۷۷	۰/۰۸۵	۰/۳۱۱
حفظ منابع آب سطحی- زیرزمینی	۰/۲۷۲	۰/۲۲۵	۰/۴۹۰	۰/۲۲۵	۰/۰۶۱
اثر بر مسایل کیفیت آب	۰/۲۷۲	۰/۲۵۶	۰/۵۰۲	۰/۱۳۸	۰/۱۰۴
ملاحضات اقتصادی	هزینه‌ها (C)	17766/07	5214/57	12074/89	13948/71
	C/Cmax	1	0/29	0/68	0/79
شاخص ارزش		۰/۷۴۱	۲/۹۶۰	۰/۷۰۲	۰/۶۳۰
رتبه هر سناریو		۲	۱	۳	۴

Archive of SID

۷. نتیجه‌گیری

بررسی‌ها نشان دهنده این است که امروزه در نظر گرفتن تفکر توسعه پایدار در تصمیم‌گیری‌ها اجتناب ناپذیر می‌باشد. اما به نظر می‌رسد شاخص‌های تعریف شده هرچند تا حد زیادی افراد را در هدایت به سوی توسعه پایدار یاری می‌دهند اما هنوز کامل نبوده و در بسیاری موراد با نقص مواجه هستند و یا منجر به پاسخ‌های متناقضی می‌شوند که نشان دهنده نیاز به تفکر بیشتر در مورد این شاخص‌ها می‌باشد. در سیستم‌های مختلف خصوصاً سیستم‌های آبی اندرکنش‌های بسیار زیادی میان اجزا مختلف سیستم وجود دارد. برای توسعه پایدار باید این اثرات مختلف را لحاظ کرده و سیاست‌ها را بر اساس آنها تدوین نمود. برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری برای طرح‌های مدیریت منابع آب و از جمله طرح‌های انتقال‌آب، باید تحت معیارهای ملی و منطقه‌ای ارزیابی شود. وجود به‌هم‌پیوستگی و ارتباط میان جنبه‌های فنی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی در طرح‌های منابع آب حکم می‌کند که با

www.SID.ir

جامع‌نگری به آنها پرداخته شود.

یکی از تکنیک‌هایی که می‌تواند رویکرد جامع‌نگرانه را بر تصمیم‌گیری‌ها اعمال کند، مهندسی ارزش است که با استفاده از یک تیم خلاق و چندتخصصه و تعریف معیارهایی برای رتبه‌دهی به هر یک از گزینه‌ها، می‌تواند جنبه‌های مختلف را در انتخاب گزینه نهایی دخیل کند در صورتی که گزینه‌های غیرمتعارف را مطرح و بررسی نماید. تحلیل کارکرد یکی از ابزارهای قدرتمند مهندسی ارزش است که توجه تصمیم‌گیران را از مصداق‌های حل مسأله به شناخت اهداف آن معطوف می‌کند و از این طریق، راه را برای رسیدن به راهکارهایی کارآمد و سازگار با توسعه پایدار، هموار می‌سازد.

در این مقاله، کاربرد مهندسی ارزش در طرح‌های توسعه منابع آب یک منطقه نشان داده شده است. ابتدا با توجه به هدف غایی طرح که توسعه پایدار در منطقه می‌باشد، کارکردهای طرح تحلیل شده‌اند و از بین آنها کارکردهای با اهمیت مشخص شده‌اند. سپس سعی شده است از این کارکردها در فاز خلاقیت و در تعریف سناریوهای مختلف استفاده شود. پس از شبیه‌سازی سیستم با توجه به سناریوهای مختلف، در مرحله ارزیابی بهترین گزینه‌ها با در نظر گرفتن شاخص ارزش (که معیار رتبه‌دهی به گزینه‌ها است)، انتخاب شده‌اند. در تعیین شاخص ارزش تلاش بر این بوده است که از فکر کردن به ارزش به جای سود و هزینه ملموس استفاده شود. شاخص ارزش برای هر سناریو با توجه به شاخص‌های مختلف زیست محیطی، فنی، اجتماعی و اقتصادی به عنوان نیازهای کیفی و هزینه‌های هر سناریو محاسبه شده است. با توجه به تحلیل‌های صورت گرفته بهترین گزینه با بیشترین شاخص پایداری تعریف شده، به عنوان گزینه برتر در جهت نیل به توسعه پایدار در منطقه پیشنهاد شده است.

۸. منابع

کارآموز، م.، مجاهدی، س.ع.، احمدی، آ.، "ارزیابی اقتصادی و تعیین سیاست‌های بهره‌برداری انتقال آب بین حوزه‌ای"، *فصلنامه تحقیقات منابع آب ایران*، شماره هفتم، ۱۳۸۶.

کارآموز، م.، الیاسی، ع.، احمدی، آ.، "بررسی قابلیت‌های استفاده از مهندسی ارزش در طرح‌های توسعه منابع آب"، *چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران*، تهران، اردیبهشت، ۱۳۸۷.

کارآموز،م.، الیاسی، ا.، احمدی‌نیا،ص.، "تحلیل اقتصادی تأثیر سیاست‌های مدیریت تقاضا در طرح‌های توسعه منابع آب: مطالعه موردی"، مجله مهندسی عمران دانشگاه آزاد اسلامی / سال اول/ پیش شماره یک/۱۳۸۷.

رضوی طوسی، ل.، محمد ولی سامانی، ج. و کوره‌پزان دزفولی، ا.، (۱۳۸۵)، "اولویت‌بندی پروژه‌های انتقال آب بین حوزه‌ای با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه‌ای گروهی فازی "، دومین کنفرانس مدیریت منابع آب، دانشگاه صنعتی اصفهان، بهمن ۱۳۸۵.

Ahmad, S., Simonovic, S. P., (2000) “System dynamics modeling of reservoir operation for flood management”, *Journal of comput. Civil Eng., Vol. 14, No. 3, pp. 190-198.*

Bryant, John W., (1998) “Value methodology standard”, *Value World, Published by SAVE International.*

Simonovic, S. P., (2000), “Tools for water management: one view of the future”, *Water Int., Vol. 25, No. 1, pp. 76-88.*

Chaudhari, Gaurav, (2007) "Cost-Time Profiling as a Tool in Value Engineering", *Value World, Published by SAVE International.*

Hellstrom, D., Jeppsson, U., Karrman, E., (2000), "A framework for systems analysis of sustainable urban water management", *Elsevier science Ltd, Environmental impact assessment review*, 20, 311-321.

Archive of SID

www.SID.ir

Hranova, R.K., (2002), "Variations of potable water supply in high-density urban areas, Zimbabwe", *3rd WaterNet/Warfsa symposium water demand management for sustainable development*, Dar es Salaam, 30-31 October 2002.

Karamouz, M., Elyasi, A., Ahmadinia, S. "Application of a DSS- Based Model for Improvement in Water Demand Management: A Case Study", An International Perspective on Environmental and Water Resources, January 5-7, 2009, Bangkok, Thailand

Karamouz, M., Elyasi, A., Ahmadi, A., "An Algorithm for Evaluation of Water Resources Development Projects Using Value Engineering", *ASCE World Environmental& Water Resources Congress*, Honolulu, Hawaii, USA, May 13-16, 2008.

King, T., (2000) "Value Engineering –Theory and Practice in Industry", *Lawrence D. Miles, Value Foundation, Washington, D.C.*

Morgan, Gary J., (2005) "Guidance for conducting value engineering studies for water and waste projects", *united states department of agriculture, rural utilities service, Bulletin 1780-33.*

Raju, K.S. and Vasan, A. (2007), "Multi attribute utility theory for irrigation system evaluation", Water Resource Management (2007) 21:717–728

Strakl, M., Brunner, N., (2004), "Feasibility versus sustainability in urban water management", *Journal of Environmental Management, Elsevier*, 71, 245–260.

Shublaq, Emad W., (2005) "Introducing Superimposed F.A.S.T in Privatization Decision Making", *SAVE International 2005 Annual Conference Technical Presentation Abstracts.*

Woodhead, Roy, (2007) "Concepts of value in value management: The relationship between Function and Value" SAVE International Annual Conference, 2007

Archive of SID

www.SID.ir