مقاله پژوهشی

فصلنامه پژوهش های نوین در مهندسی محیط زیست
دوره اول، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۲ ، صفحات ۱۴-۱
شاپا الکترونیکی: ۰۹۳۰-۲۹۸۱

اولویت‌بندی توسعه پایدار زیرساخت‌های راهبردی با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی: مطالعه موردی کشور ایران

بابک نبی‌زاده دکتری مدیریت راهبردی، دانشگاه‌های دفاع ملی، تهران، ایران

سامان سلیمانیان* کارشناس ارشد مهندسی عمران و محیطزیست، دانشگاه خواجه نصیرالدین توسی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۱۰

چکیده مبسوط

مقدمه: اهمیت حرکت جهانی بسوی توسعه پایدار در سال‌های گذشته افزایش یافته است و ضروری است که در هر کشور مفهوم توسعه تحت چهارچوبی که نیازهای حال و آینده آن ملت را فرآهم آورد، بازتعریف شود. از این رو، هدف این پژوهش این است که در یک حیطه مشخص و بر اساس یک الگویی کاربردی سه زیر زیر ساخت راهبردی و حائز اهمیت شبکه سرا سری توزیع برق، شبکه آب‌ر سانی و شبکه توزیع سوخت‌های فسیلی را اولویت‌بندی کند.

مواد و روش‌ها: این پژوهش با کاربرد روش جامع تصمیم‌گیری چند معیاره تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، بر اساس تجربیات بدست آمده در طراحی، اجرا و بهره‌برداری زیرساخت‌های راهبردی و با نظرسنجی از ۱۲ نفر خبره، زیرساخت‌های مورد بررسی را به نسبت چهار معیار اقتصادی، اجتماعی، محیطزیستی و فنی به همراه ۱۰ لایه زیرمعیار هزینه سرمایه‌گذاری و ساخت، هزینه نگهداری، اشتغال زایی، پذیرش و نرخ مشارکت عمومی، آلودگی آب، خاک و هوا، کیفیت نهایی، بازدهی فنی و آموزش نیروی متخصص اولویت‌بندی کرده است.

نتایج و بحث: نتایج نشان داد که در بررسی ابعاد توسعه پایدار، معیار محیط زیستی با وزن ۰/۳۰ بیشترین اولویت را دارد و پس از آن نیز معیار فنی با وزن ۰/۲۴ می‌باشد. معیارهای اجتماعی و اقتصادی نیز به ترتیب با اوزان ۰/۲۲۴ و ۰/۲۲۳ در جایگاه‌های بعدی قرار گرفتند. همچنین شبکه توزیع سوخت با وزن ۰/۰۲۶ بالاترین اهمیت را در توسعه پایدار زیرساخت‌ها داشت. اولویت دوم را شبکه توزیع سراسری برق با وزن ۰/۰۲۵۲ و سومین اولویت را نیز با وزن ۰.۲۵۱/. شبکه آب‌رسانی داشتند. در ادامه بررسی وزن جایگزین‌های اولویت‌بندی زیرساخت های استراتژیک هدف برپایه معیارهای اصلی نشان داد که شبکه آب‌رسانی در معیارهای اقتصادی و محیط زیستی به ترتیب با اوزان ۰/۲۷ و ۰/۳۴ بیشترین اولویت را داشته است. در معیار اجتماعی شبکه سراسری توزیع برق با وزن ۰/۲۶ دارای بالاترین اولویت بوده است و در معیار فنی نیز اولویت را شبکه سوخت با وزن ۰/۳۳ داشت.

نتیجه‌گیری: ایران با وابستگی زیرساخت‌هایش به انرژی‌های فسیلی در گام نخست به برنامه‌ریزی برای توسعه پایدار در فرآیندهای اکتشاف، استخراج، پالایش و شبکه حمل و نقل سوخت‌های فسیلی نیاز دارد. سپس شبکه برق کشور نیازمند تغییرات بنیادین در سیستم برق‌رسانی و همگرایی با تکنولوژی‌های پیشرفته می‌باشد. در گام سوم نیز با توجه به بحران آب، ایران نیازمند تزریق سرمایه و تکنولوژی‌های نوین به زیرساخت‌های خود است تا به راندمان بالاتری دست یابد.

واژه‌های کلیدی: توسعه پایدار، تحلیل سلسله مراتبی، ایران

نویسنده مسئول: سامان سلیمانیان

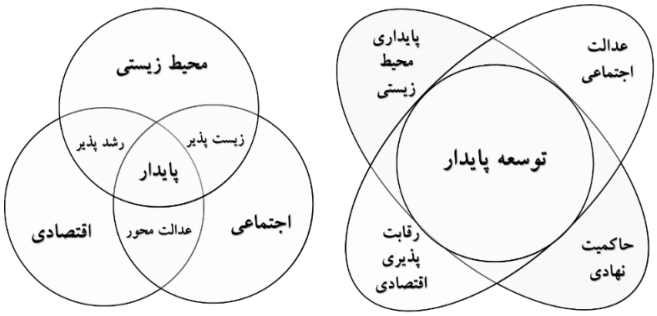
نشانی: تهران، خیابان هشتم نیروهوایی، کوچه ۸/۴۱ پلاک ۳۲، طبقه ۱، کد پستی: ۱۷۴۱۹۸۳۳۳۵. **تلفن:** ۰۹۱۲۷۱۶۷۵۲۱ **پست الکترونیکی:** iran_babi@yahoo.com

استناد: نبی‌زاده بابک، سلیمانیان سامان. اولویت‌بندی توسعه پایدار زیرساخت‌های راهبردی با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی: مطالعه موردی کشور ایران. ۱۴۰۲؛ ۱ (۳): ۱-۱۴.

حقوق نویسندگان محفوظ است. این مقاله با دسترسی آزاد و تحت مجوز مالکیت خلاقانه http://creativecommons.org/licenses/by/4.0 در فصلنامه پژوهش‌های نوین در مهندسی محیط زیست منتشر شده است. هرگونه استفاده غیرتجاری فقط با استناد و ارجاع به اثر اصلی مجاز است.

مقدمه

توسعه پایدار کشورها با توجه به‌گذار از عصر ارتباطات و تکنولوژی اطلاعات و ورود به انقلاب صنعتی چهارم که دوران سامانه‌های سایبری – فیزیکی می‌باشد تبدیل به یک اولویت استراتژیک شده است (شرما و همکاران ۲۰۲۱). سازمان ملل پلتفرم اهداف توسعه پایدار[۱] را در چهارچوب سند ۲۰۳۰ ارائه داده است که اولویت‌هایی همچون به صفر رساندن فقر و گرسنگی، بهبود بهداشت و آموزش و پرورش عمومی، دسترسی آسان به آب و انرژی پاک را دربرمی گیرد (شن و همکاران ۲۰۲۳). کشورهای بسیاری از این هدف گذاری‌ها برای سیاست‌گذاری‌های حاکمیتی خود بهره می‌گیرند و هرچه بیشتر بر ضرورت توسعه پایدار زیرساخت‌های رهبردی کشور افزوده می‌شود. اما این بدان معنی نیست که بایستی الگو های از پیش تعیین شده جهانی را در کشور ایران پیاده کرد. از آنجایی که ایران کشوری بزرگ است و دارای زیرساخت‌های گسترده می‌باشد، توسعه پایدار این بخش‌ها، نیازمند پژوهش‌های داخلی ویژه در ابعاد اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی کشور می‌باشد تا طرح یک برنامه بومی‌سازی شده برای توسعه پایدار ریخته شود (پورویس و همکاران ۲۰۱۹). این ابعاد در یک چهارچوب به گونه‌ای تعریف می‌شوند که هر یک بر دیگری برهم کنش دارند و جدا ازهم نیستند. بررسی پیامدهای زیست محیطی طرح‌های توسعه، فرصتی را برای تصمیم‌گیرندگان فراهم می نماید که ضمن رسیدن اهداف توسعه مورد انتظار بتوانند آثار و پیامدهای زیست‌محیطی طرح‌های توسعه اعم از مثبت و منفی را به موقع پیشبینی و با ارائه یک برنامه مدیریتی مناسب نسبت به رفع جنبه‌های تخریبی و تقویت آثار مثبت اقدام نمایند (شریعت و منوری ۱۹۹۷). در این راستا توزیع پایا و سراسری برق، دسترسی پایدار به آب و بهینه‌سازی شبکه سوخت‌های فسیلی به عنوان اولویت‌های رسیدن به توسعه پایدار که از عناصر حیاتی رشدپذیر، زیست‌پذیر و عدالت محور در توسعه هستند بررسی می‌شوند.



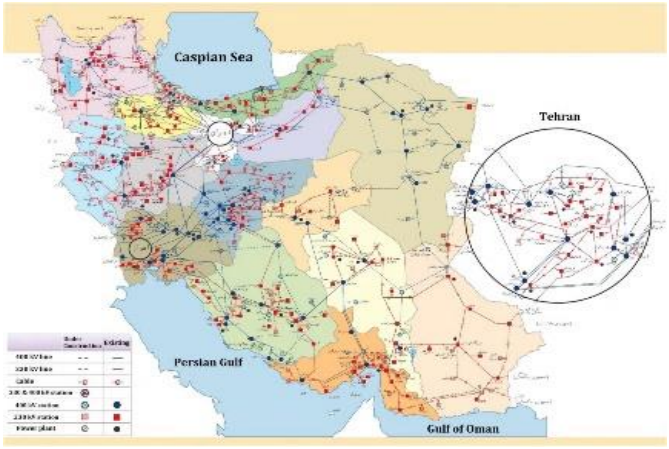
شکل ۱- ابعاد توسعه پایدار (پیندا و همکاران ۲۰۲۱)

شبکه سراسری برق‌رسانی کشور در دو پایه اصلی ۴۰۰ و ۲۳۰ کیلوولت در سرتاسر سرزمین گسترده شده است که از نیروگاه‌ها به پست‌های پخش و سپس به کاربران رسانده می‌شود (مظاهری و همکاران ۲۰۱۳). این شبکه وابستگی بسیاری به سوخت گازی دارد و سهم روش‌های جایگزین چون انرژی هسته‌ای و انرژی های تجدیدپذیر در آن اندک و نشان از بایستگی توسعه پایدار در این سیستم دارد (تکلیف و همکاران ۲۰۱۶).

شبکه سراسری برق به دلیل سامانه متمرکز دارای آسیب‌پذیری و تلفات بالایی است که امنیت و پایایی توزیع برق را در کشور تهدید می‌کند (شاهپری و همکاران ۲۰۱۸). این شبکه به دلیل محدودیت‌های ظرفیت تولید و فرسودگی زیرساخت، در اوج بازه های مصرفی آسیب‌پذیر و از سوی دیگر توان ذخیره‌سازی بار اضافی خود را ندارد که بارها باعث خاموشی برق شهری و تعطیلی صنایع مادر کشور شده است. افزون بر آن اقلیم گرم و خشک ایران و اختلاف دمای شبانه روز مشکل دیگری برای این شبکه می‌باشند (صیادی پور و همکاران ۲۰۱۸).

در راستای توسعه پایدار شبکه‌های برق راهکارهای گوناگونی ارائه داده شده‌اند که از بخش عمده‌ای از آن‌ها همچون اخلاقی و همکاران (۲۰۲۳) و اوسترگارد و همکاران (۲۰۲۰) به نحوه افزودن انرژی‌های تجدیدپذیر به شبکه‌های برق و چالش‌های این زمینه می‌پردازد. همین‌طور بوورا و همکاران (۲۰۲۳) به اهمیت ذخیره‌سازی انرژی الکتریکی تولید شده پرداخته است و ایلماز (۲۰۲۳) درباره اهمیت مدلسازی شبکه‌های توزیع برق هوشمند صحبت کرده است.

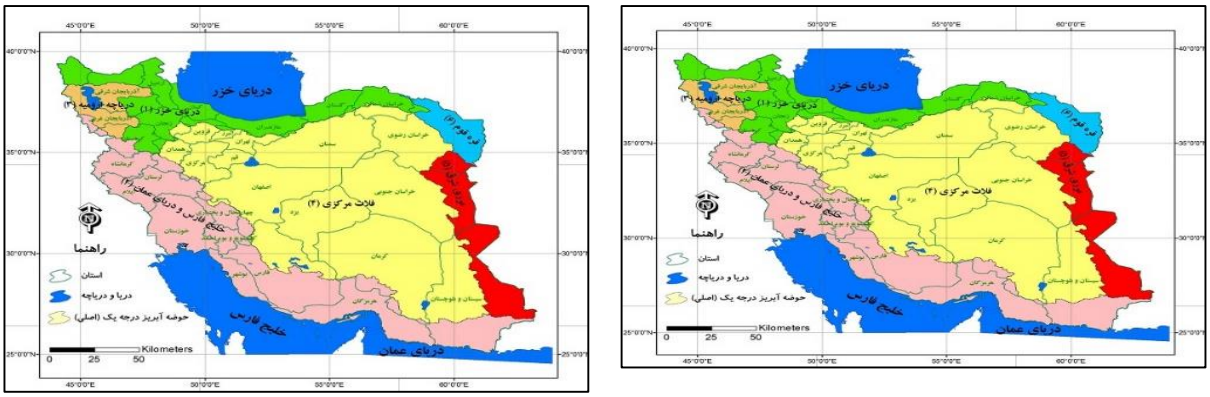
[۱] Sustainable Development Goals (SDGs)



شکل ۲- نقشه شبکه سراسری توزیع برق ایران (محمدی و خراسانی‌زاده ۲۰۱۹)

نیازهای آبی ایران بیشتر از آب‌های سطحی و زیرزمینی برآورد می‌شود که همواره یک چالش تاریخی بوده است. کشور را می توان به چند حوضه آبی تقسیم‌بندی کرد که درون هر کدام آب مورد نیاز توسط شبکه‌های توزیع برای کشاورزی، صنعت و آشامیدن فراهم می‌شود. منابع آبی محدود در ایران نه تنها امنیت آبی را به خطر انداخته است بلکه می‌تواند امنیت ملی را نیز با یک بحران روبه‌رو کند. سیاست‌گذاری و مدیریت اشتباه منابع سطحی و زیرزمینی، فرسودگی زیرساخت‌های توزیع آب، عدم افزودن منابع آب جدید چون شیرین‌سازی آب دریا، توسعه نیافتگی سیستم‌های تصفیه فاضلاب و عدم بازگردانی پساب به سیستم از دسته چالش‌های برآورد آب هستند. همچنین به این ابر چالش‌ها باید برنامه‌های ژئوپولتیک آبی زیانمند کشورهای همسایه را نیز افزود (مرکز پژوهش‌های مجلس ۲۰۲۰).

پیشرفت و رشد اجتماعی، اقتصادی و سیاسی ایران بسته به تأمین پایدار منابع آب است. راه حل بحران آب نیز در داخل همین چهارچوب در دسترس است و نیازمند سیاست‌گذاری و زیرساخت های نوین می‌باشد. در راستای مدیریت منابع آبی پژوهش‌های نوینی انجام گرفته است که نورمورود (۲۰۲۳) بر ایجاد ساختاری نوین در مصرف بهینه آبی تأکید دارد، نوا (۲۰۲۳) به کاربرد هوش مصنوعی در مدیریت شبکه‌های می‌پردازد و سابیل و همکاران (۲۰۲۳) نیز درباره دستیابی به توسعه پایدار با پیوستگی مدیریت آب‌های زیرزمینی و سطحی نوشته است. همچنین باید به اهمیت استنفاده هم‌بست آب–غذا–انرژی در پایداری منابع نیز پرداخت که به صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در آب مورد نیاز کشاورزی می‌انجامد (گو و همکاران ۲۰۲۲).



شکل ۳- نقشه حوضه‌های آبریز درجه یک اصلی و درجه دو فرعی کشور

شبکه توزیع سوخت‌های فسیلی

سوخت‌های فسیلی گاز طبیعی و فرآورده‌های نفتی همچون بنزین دیگر زیرساخت‌های استراتژیک کشور می‌باشند که با خطوط لوله، انتقال دریایی، خشکی و ریلی به مراکزی چون پالایشگاه یا نیروگاه‌های انرژی می‌رسند. ایران کشوری با منابع سرشار سوخت فسیلی می‌باشد که انرژی کشور به آن وابستگی دارد. اما با توجه به گسترش گونه‌های

نوین انرژی هسته‌ای، خورشیدی، بادی، هیدرولیکی، پسماند و انرژی، توسعه پایدار زیرساخت‌های سوخت فسیلی اهمیت دوچندانی پیدا کرده است. زیرا بایستی شبکه انرژی کشور با تکنولوژی‌های نوین در دوران انقلاب صنعتی چهارم همگام شود.

توسعه پایدار در شبکه سوختی کشور نیاز به نهادن دیدی استراژیک دارد که طرح یک زنجیره تأمین پایا را از تولید به مصرف را بریزد. شبکه سوختی کشور در محل اکتشاف در سکوهای گاز طبیعی و نفت، خط لوله‌های توزیع و انتقال، عدم بهینه‌سازی مسیرهای حمل و نقل تانکر های جاده پیما، ریلی و دریایی، زیربنای پالایشگاه‌ها و همینطور جایگاه های توزیع سوخت شهری، استاندارد و بازدهی فنی کافی را ندارد؛ که نه تنها به زیان اقتصادی انجامیده بلکه آسیب‌های محیط زیستی و سپس اجتماعی را نیز در پی داشته است (صادقیان و همکاران ۲۰۱۳). توسعه پایدار صنایع سوخت فسیلی نیازمند ارزیابی خطرات، قابلیت اطمینان و انعطاف‌پذیری این صنایع می‌باشد که محمود و همکاران (۲۰۲۳) پژوهشی در این زمینه انجام داده‌اند و دید نوینی در صنایع نفت و گاز با همسان‌سازی شاخص‌های رشد اقتصادی، امنیت انرژی و چالش های اجتماعی و محیط ارائه داده‌اند. همچنین چرپوویتسین و همکاران (۲۰۲۱) توسعه پایدار منابع نفت و گاز را به استخراج و حمل و نقل بر اساس معیارهای محیط‌زیستی، اهمیت به مسئولیت‌های اجتماعی و رشد اقتصادی منطقه دارای ذخایر طبیعی، همچنین نیز به نوآوری فنی و تکنولوژیکی در زمینه فنی مربوط می‌داند.

شکل ۴- نقشه خط لوله سراسری توزیع گاز طبیعی و نفت در کشور

هدف از این مقاله اولویت‌بندی سه زیر ساخت راهبردی شبکه برق‌رسانی سراسری، شبکه آب‌رسانی و شبکه سوخت‌رسانی کشور ایران بر اساس معیارهای اقتصادی، اجتماعی، محیط‌زیستی و فنی در یک چهارچوب و الگوی کاربردی برای توسعه پایدار می باشد. لازم به ذکر است که بعضی مواقع فشارهای سیاسی منطقه باعث انجام پروژه‌های بزرگ عمرانی و زیر ساختی کشور می‌شود، اما فرض می‌کنیم فشارهای سیاسی اثر کمتری دارند و بیشتر معیارهای ذکر شده مطرح هستند. بطور کلی ارزیابی پیامدهای زیست‌محیطی کشور ایران نیازمند روش‌های جامع بهینه برای دستیابی اهداف توسعه پایدار هستند که روش‌های ارائه شده توسط منوری (۲۰۰۱) و مخدوم (۲۰۰۰) پیش‌زمینه مناسب بومی سازی شده برای گسترش تحقیقات در این باره هستند. در این مقاله از روش جامع تحلیل سلسله مراتبی[1] استفاده شده است. این روش پیشتر در ارزیابی توسعه پایدار در پژوهش‌های مشابهی همچون سرینواشین و همکاران (۲۰۲۳)، استوفکوا و همکاران (۲۰۲۲) و پیندا و همکاران (۲۰۲۱) بکار گرفته شده است که بدلیل امکان ارزیابی و اولویت‌بندی چند گزینه مختلف در شرایط متفاوت در این مقاله نیز استفاده می‌شود.

مواد و روش‌ها

در اینجا روشی که در این مقاله بکارگرفته شده است توضیح داده می‌شود.

روش تحلیل سلسله مراتبی

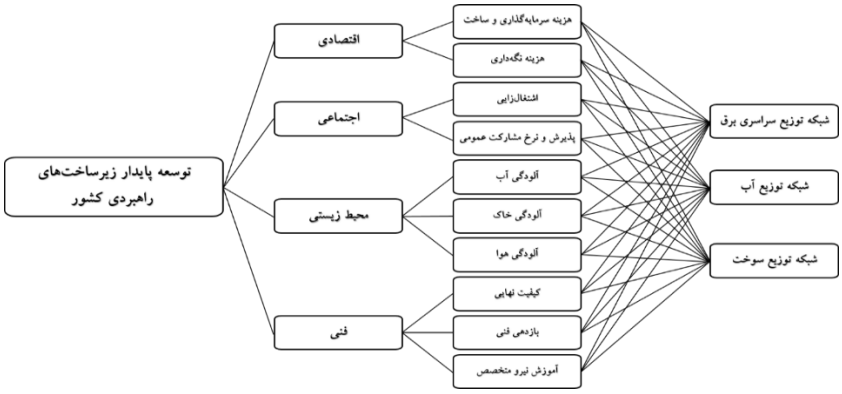
ساعتی (۱۹۸۰) بر پایه پروسه تحلیل مغز انسان درباره مسائل درهم پیچیده که نیاز به تصمیم‌گیری‌های چند معیاره دارد، روش جامع تحلیل سلسله مراتبی را پیشنهاد داد. در این روش بر اساس ماتریس‌های زوجی می‌توان سناریوهای گوناکون را بررسی کرد. چگونگی آن در یک درخت نشان داده شده، به طوری که یک برگ منحصر به فرد بالای هدف را نشان می‌دهد و به سری برگ های معیار و زیرمعیار می‌رسد تا گزینه‌های جایگزین شناسایی شوند (ساعتی ۱۹۸۰). این فرایند شش گام دارد: طرح چالش به

[1] Analytic Hierarchy Process (AHP)

صورت غیرسازمانی، بازنمایی آماج و پیش‌بینی نتایج، طرح معیار ها و گزینه‌های تصمیم‌گیری، ساخت ماتریس‌های مقایسه زوجی، کاربرد روش بردار ویژه و وزن‌دهی عناصر هدف، برآورد سازگاری ماتریس‌های تصمیم‌گیری، گردآوری گزینه‌های وزن‌دهی شده و اولویت‌بندی جایگزین‌ها (لی و همکاران ۲۰۰۸؛ حسین‌علی و علی شیخ ۲۰۰۸).

ساختار سلسله مراتبی

یک ساختار سلسله مراتبی برای بررسی اولویت‌بندی زیرساخت های راهبردی کشور در چهارچوب معیارهای اصلی و زیرمعیارها در نظر گرفته می‌شود (جلالیون و همکاران، ۲۰۱۲). گزینش معیار ها برای تصمیم‌گیری یکی از مهمترین گام‌های روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) است. با بررسی مراجع گوناگون چهار معیار اصلی اقتصادی، اجتماعی، محیط زیستی و فنی برگزیده شدند (خاتمی و گوهریان، ۲۰۲۲). سپس بر اساس تجربیات بدست آمده در طراحی، اجرا و بهره‌برداری زیرساخت‌های راهبردی و نظرات خبرگان، معیاراقتصادی در دو زیر معیار هزینه سرمایه‌گذاری و ساخت و هزینه نگهداری، معیار اجتماعی نیز در دو زیر معیار اشتغال زایی وپذیرش و نرخ مشارکت عمومی مورد بررسی قرار گرفتند. معیار محیط زیستی در سه بعد آلودگی آب، خاک و هوا بررسی و معیار فنی نیز سه زیر معیار کیفیت نهایی، بازدهی فنی و آموزش نیروی متخصص را شامل شد.



شکل ۵- ساختار سلسله مراتبی اولویت‌بندی توسعه پایدار زیرساخت‌های راهبردی کشور

تهیه پرسش‌نامه

در این بخش از درخت سلسله مراتبی تعیین اولویت که بر اساس معیارها و زیرمعیارها ساختاربندی شده است، برای تهیه پرسش نامه استفاده می‌شود که معیارهای بومی‌سازی شده شناسایی مقدماتی اثرات زیست محیطی منوری (۲۰۰۱) نیز در آن لحاظ شده است. این پرسش‌نامه نظر تخصصی ۱۲ تن از خبرگان در حوزه‌های شبکه سراسری توزیع برق، شبکه آب‌رسانی و شبکه توزیع سوخت‌های فسیلی، همچون استاید دانشگاهی مهندسی عمران، محیط‌زیست و علوم استراتژیک را جویا می‌شود.

جدول ۱- نمونه پرسش‌نامه بکاربرده شده در مقاله

اولویت معیار اقتصادی در شبکه سراسری توزیع برق										
معیار	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	معیار
اجتماعی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	
محیط زیستی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	اقتصادی
فنی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	

ایجاد ماتریس مقایسه‌ای دو به دو با استفاده از روش بردار ویژه

در گام بعدی داده‌های زبانی که از پرسش‌نامه‌های پرشده توسط متخصصین بدست آمده را توسط جدول تبدیل داده‌های زیر، به مقیاس ساعتی تبدیل می‌شود (ساعتی ۱۹۸۰). همچنین مقیاس‌های اهمیت برای اثرات زیست‌محیطی مخدوم (۲۰۰۰) که به صورت هزینه و فایده سودمند و مخرب هستند نیز در تهیه داده‌های زبانی لحاظ شده است.

جدول ۲- مقادیر ترجیحات برای مقایسه زوجی

داده‌های زبانی	مقیاس ساعتی	توضیحات
کاملاً مرجح	۹	ترجیح حداکثر یک گزینه به گزینه‌های دیگر
ترجیح خیلی قوی	۷	ترجیح خیلی قوی یک گزینه به گزینه‌های دیگر
ترجیح قوی	۵	یک گزینه به طور قوی به گزینه‌ی دیگر ترجیح داده می‌شود
کمی مرجح	۳	یک گزینه به طور ملایم به گزینه‌ی دیگر ترجیح داده می‌شود
ترجیح یکسان	۱	دو گزینه ترجیح یکسانی نسبت به هدف دارند
ترجیح میان فاصله‌های بالا	۲،۴،۶،۸	برای بیان ترجیحات بین مقادیر بالا

سپس ماتریس مقایسه زوجی A از داده‌های استخراج شده را تشکیل می‌دهیم:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & an_2 & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (۱)$$

بردار ویژه اصلی ماتریس A به صورت "w" محاسبه می‌شود. اگر $a_{ik} \cdot a_{kj} = a_{ij}$ برای همه‌ی مقادیر i، j و k تأیید نشود پس روش بردار ویژه را انتخاب می‌کنیم (جلالیون و همکاران ۲۰۱۲). اگر ماتریس ناسازگار یا دارای سازگاری ناقص باشد، نمی‌توان از ماتریس مقایسه زوجی برای گرفتن W_i استفاده کرد. برای یک ماتریس مثبت و معکوس می‌توان از تکنیک بردار ویژه استفاده کرد که در آن:

$$e^T = (1.1 \ldots .1) \quad (۲)$$

$$W = \lim_{k\to\infty} \frac{A^k \cdot e}{e^T \cdot A^k \cdot e} \quad (۳)$$

برای رسیدن به همگرایی میان مجموعه پاسخ‌ها در تکرار متوالی این فرآیند، محاسبه باید چندین بار تکرار شود تا در هنگام مواجهه با یک ماتریس ناسازگار تصمیم‌گیری شود. سپس، فرمول زیر برای تبدیل داده های خام به مقادیر مطلق معنی‌دار و وزن نرمال شده $w = (w_1 . w_2 . w_3 . \cdots . w_n)$ اعمال می‌شود:

$$Aw = \lambda_{max} w .\ \lambda_{max} \geq n \quad (۴)$$

$$\lambda_{max} = \frac{\sum ajwj - n}{w1} \quad (۵)$$

$$A = \{a_{ij}\} . a_{ij} = 1/a_{ij} \quad (۶)$$

به طوری که:

A برابر است با ماتریس مقایسه‌ای زوجی

w برابر است با بردار وزن نرمال شده

λ_{max} برابر است با حداکثر مقدار ویژه ماتریس A

a_{ij} برابر است با مقایسه عددی بین مقادیر i و j

بررسی سازگاری تصمیم‌گیری

در مرحله بعد به منظور اعتبارسنجی نتایج تحلیل سلسله مراتبی، برای هر ماتریس مقایسه‌ای زوجی نرخ سازگاری محاسبه می‌شود. تعیین نرخ بررسی ناسازگاری به پژوهشگر بستگی دارد اما ساعتی پیشنهاد می‌دهد

که این نرخ به زیر ۰/۱ برسد (طاهردوست ۲۰۱۷). میزان نرخ سازگاری CR[1] از فرمول زیر بدست می‌آید:

$$CR = CI/RI \quad (۷)$$

شاخص تصادفی که RI می‌باشد از جدول زیر بدست می‌آید:

جدول ۳- روش بدست آوردن نرخ همبستگی

[1]Consistency Rate

ردیف(n)	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
RI	۰	۰	۰/۵۲	۰/۸۹	۱/۱۱	۱/۲۵	۱/۳۵	۱/۴	۱/۴۵	۱/۴۹

و شاخص سازگاری[1] CI نیز از فرمول زیر بدست می‌آید:

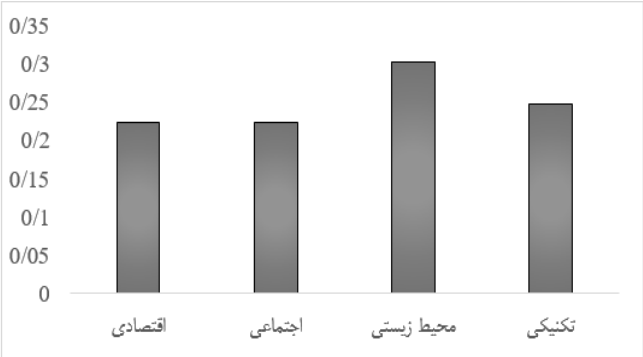
$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (۸)$$

نتایج و بحث

اولویت وزن‌های معیارهای مورد مطالعه از روش توضیح داده شده بالا بدست آمدند و در شکل ۶ ارائه شده‌اند. بایستی اشاره نمود که معیارهای با وزن بالاتر در فرآیند تصمیم‌گیری اهمیت بیشتری دارند. از شکل ۶ می‌توان دریافت که معیار محیط‌زیستی (با اولویت وزن ۰,۳۰) بیشترین وزن را در میان معیارهای اصلی دارد. این نشان می‌دهد که اولویت اصلی پاسخ‌دهندگان برای توسعه پایدار زیرساخت‌های راهبردی کشور مسائل زیست محیطی می‌باشد. زیرا در توسعه پایدار حفظ منابع، محیط زیست و سهم آیندگان از آن مطرح است و توسعه پایدار بدون حفاظت از محیط‌زیست امکان‌پذیر نیست. ایران اکنون از نظر شاخص‌های پایداری و حفاظت از محیط‌زیست در جایگاه درخور جهانی نیست (مهرآرا و همکاران ۲۰۱۶). بنابراین، اهمیت به معیار محیط زیست بایستی بیشترین باشد.

سپس معیار فنی (با اولویت وزن ۰/۲۴) قرار دارد. اولویت توسعه فنی زیرساخت‌های راهبردی نیز ملموس است. در همین راستا سازمان گسترش و نوسازی صنایع ایران[2] با هدف ایجاد زیست‌بوم توسعه صنعتی پایدار، نوآور و پشتیبان کسب و کارهای ارزش آفرین متمرکز بر توانمندسازی و نوسازی صنایع کشور شده است. این سازمان برای دستیابی به نقش محوری در توسعه متوازن صنعتی و نوسازی صنایع کشور، شتاب دهی به توسعه صنایع پیشرفته و پیشران، و رشد سرمایه های انسانی و سازمانی در بنگاه‌های تولیدی و خدماتی می‌کوشد.

معیارهای اجتماعی (۰/۲۲۴) و اقتصادی (۰/۲۲۳) در رتبه‌های بعدی هستند. توسعه پایدار را می‌توان یک مسأله اجتماعی نامید. زیرا این مسأله در چهارچوب نظام ارزشی عمومی تعریف شده است و جامعه در پیش برد آن دخالت مستقیم دارد. (سبزه‌ای و کولیوند ۲۰۱۷) بنابراین نیاز به آموزش و آگاهی در این زمینه وجود دارد. همچنین بی‌شک بدون ارزیابی ساختاری اقتصاد ایران، دستیابی به هرگونه پیشرفت و توسعه دور از دسترس خواهد بود. از نظر مفهومی، در توسعه پایدار بایستی تأمین مستمر نیازها و رضایتمندی افراد، همراه با افزایش کیفیت زندگی انسان اصل باشد که اهمیت معیار اقتصادی را نشان می‌دهد (فنی و همکاران ۲۰۱۵).

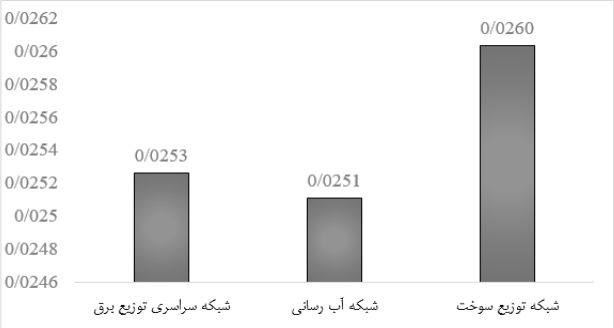


شکل ۶- اولویت‌بندی وزن معیارهای اصلی در تعیین هدف نهایی

وزن اولویت جایگزین‌ها و اهداف اصلی توسعه زیرساخت‌های راهبردی با مطالعه و بررسی تمامی معیارهای اصلی و زیرمعیارها در شکل ۷ آمده است.

[1] Consistency Index

[2] www.idro.ir



شکل ۷- اولویت‌بندی وزن زیرساخت‌های استراتژیک هدف

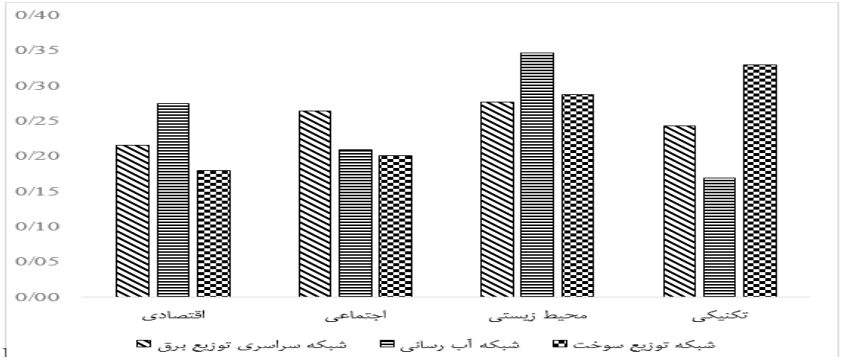
مشاهده می‌شود که شبکه توزیع سوخ‌های فسیلی (با وزن ۰/۰۲۶) بالاترین اولویت را نسبت به سایر گزینه‌ها در توسعه پایدار زیرساخت‌ها دارد. مفهوم توسعه پایدار توسط صنعت نفت و گاز به عنوان یک زیرساخت مهم اقتصاد که نقش بسزایی بر توسعه اقتصادی جامعه و کیفیت محیط‌زیست ایفا می‌کند، آغاز شد (چرپوویتسین و همکاران۲۰۲۱). در سال‌های گذشته صنایع نفت و گاز با چالش‌های پیچیده‌ای روبرو بوده‌اند و با توجه به تقاضای روزافزون انرژی در جهان نیاز به سرمایه‌گذاری در این بخش‌ها وجود دارد. از سوی دیگر با توجه به رقابتی‌تر شدن فعالیت‌ها در این بخش‌ها، صنایع مربوط باید هزینه کل تولید منابع هیدروکربنی را کاهش دهند و در عین حال به قوانین زیست محیطی و مسئولیت‌های اجتماعی آن پایبند باشند. اجرای توسعه پایدار در این بخش‌ها مستلزم تغییر در افکار و سیاست‌های شرکت های فرآوری نفت و گاز است (مجرد و همکاران ۲۰۱۸). بنابراین، با توجه به زیرساخت‌های حیاتی سوخت‌های فسیلی در ایران، توسعه پایدار این شبکه اولویت نخست را دارد.

سپس شبکه توزیع سراسری برق (با وزن ۰/۰۲۵۳) در اولویت دوم پس از شبکه سوخت‌های فسیلی مانند نفت، گاز و بنزین قرار گرفته است (شیری و همکاران ۲۰۲۲). اشاره دارد که با توجه به قابلیت بالای توسعه پایدار مبتنی بر نقش شرکت‌های صنعت برق، ادبیات علمی قابل اتکا در این حوزه مشاهده نمی‌شود. از طرفی دیگر به غیر از توسعه اقتصادی، جنبه‌های اجتماعی و زیست محیطی از جنبه‌های بسیار مهم در صنعت برق می‌باشند. بحث توسعه پایدار صنعت برق بحثی جدید در حوزه‌های دانشگاهی و پژوهشی است، نسبت به صنایع نفت و گاز کمتر به آن توجه شده و نیازمند ارائه یک مدل بومی در این حوزه می‌باشد. صنعت برق ایران در دستیابی به توسعه پایدار دارای امکانات و زیرساخت تکنولوژیک بوده و همچنین عوامل اقتصادی و تمایل به رشد و توسعه اقتصادی و کاهش هزینه‌ها و درآمد حاصل از صرفه‌جویی، بستر لازم را برای اجرای راهبردهای پایدار فراهم می‌آورد.

توسعه شبکه آب‌رسانی (با وزن ۰/۰۲۵۱) در جایگاه بعدی است که لازمه آن مدیریت منابع آب می‌باشد. در این زمینه نه تنها بایستی آگاهی عمومی را در مورد چالش‌هایی که جهان در رابطه با آب با آن روبرو است افزایش دهیم، بلکه باید نحوه درک مسأله آب را نیز تغییر داد. پایداری منابع آب افزون بر یک مشکل علمی، مهندسی یا اقتصادی بودن، بر اساس ارزش‌ها، اخلاق و سهم برابر فرهنگ‌های گوناگون پایه‌گذاری می‌شود. هرگونه تلاش برای تعریف پایداری باید با استفاده از مدیریت تطبیقی تا حد امکان باز و انعطاف‌پذیر باقی بماند (فلینت ۲۰۰۴). بنابراین، توسعه شبکه آب‌رسانی بیشتر نیازمند آموزش می‌باشد و در جایگاه سوم قرار گرفته است.

در شکل ۸ وزن جایگزین‌های اولویت‌بندی زیرساخت‌های استراتژیک هدف برپایه معیارهای اصلی با توجه منحصر به فرد هر معیار مورد مطالعه قرار گرفتند. شبکه آب‌رسانی در معیارهای اقتصادی و محیط زیستی به ترتیب با اوزان ۰/۲۷ و ۰/۳۴ بیشترین اولویت را داشت. این نتایج با پژوهش بیگلری و پاکزاد (۲۰۱۴) مطابقت دارد که نقش آب در تأمین و نهاده اصلی بخش کشاورزی، صنعت، آب مورد نیاز شرب و بهداشت غیر قابل انکار است. همچنین آب به عنوان یکی از اصلی‌ترین اجزای تشکیل دهنده محیط زیست است که از دو منظر زیست بوم و آلاینده‌های تهدیدکننده سلامت مورد توجه می‌باشد. در معیار اجتماعی شبکه سراسری توزیع برق با وزن ۰/۲۶ دارای بالاترین اولویت بود. گسترش شبکه برق در جوامع در حال توسعه تأثیر بسیاری بر بهبود وضعیت اجتماعی این جوامع، اشتغال‌زایی و بالابردن کیفیت مادی زندگی دارد (مزور ۲۰۱۱). این موضوع زمانی اهمیت دوچندان پیدا می‌کند که توسعه پایدار شبکه سراسری برق یک نیاز اساسی در دوران انقلاب صنعتی چهارم می‌باشد. در معیار فنی نیز اولویت با شبکه سوخت با وزن ۰/۳۳ می‌باشد. بر اساس پژوهش محمود و همکاران (۲۰۲۳) تحقیق و توسعه بنیادی در مورد راه‌های کاربرد تکنولوژی‌های نوین برای بهینه‌سازی تکنیکی و فنی صنایع نفت و گاز درحالیکه منابع انسانی و اثرات

منفی زیست محیطی را به حداقل می‌رساند، ضروری است. در نتیجه و با توجه به اهمیت صنایع سوخت‌های فسیلی در ایران، اولویت با توسعه فنی این بخش می‌باشد.



شکل ۸- اولویت‌بندی زیرساخت‌های استراتژیک هدف برپایه معیارهای اصلی

جدول ۴- وزن کل معیارها، زیرمعیارها و جایگزین‌های هدف: معیارهای اقتصادی و اجتماعی

وزن نهایی	اولویت‌ها	وزن زیرمعیار	زیرمعیار	وزن	معیار
۰/۰۲۲۱۳۲۳۵۴	شبکه سراسری توزیع برق	۰/۰۹۳۸۶۱	هزینه سرمایه‌گذاری و ساخت	۰/۲۲۳۸۶۱	اقتصادی
۰/۰۲۴۹۷۸۶۶۷	شبکه آب رسانی				
۰/۰۱۵۹۲۹۴۴۴	شبکه توزیع سوخت				
۰/۰۱۹۳۸۱۵۴۲	شبکه سراسری توزیع برق	۰/۰۷۲۵۸۳	هزینه نگهداری		
۰/۰۳۴۲۳۷۵۱۴	شبکه آب رسانی				
۰/۰۱۴۶۰۱۵	شبکه توزیع سوخت				
۰/۰۵۸۸۱۷۶۴۶	شبکه سراسری توزیع برق	۰/۱۷۹۰۸۳	اشتغال زایی	۰/۲۲۴۹۱۷	اجتماعی
۰/۰۳۵۲۱۶۹۰۳	شبکه آب رسانی				
۰/۰۲۹۴۵۸۷۰۸	شبکه توزیع سوخت				
۰/۰۲۰۶۳۳۵۲۱	شبکه سراسری توزیع برق	۰/۱۰۳۹۴۴	پذیرش و نرخ مشارکت عمومی		
۰/۰۲۷۵۵۵۷۴۳	شبکه آب رسانی				
۰/۰۲۰۵۴۴۰۱۴	شبکه توزیع سوخت				

جدول ۵- وزن کل معیارها، زیرمعیارها و جایگزین‌های هدف: معیارهای محیط زیستی و فنی

وزن نهایی	اولویت‌ها	وزن زیرمعیار	زیرمعیار	وزن	معیار
۰/۰۳۱۱۶۶۸۱۹	شبکه سراسری توزیع برق	۰/۱۲۱۴۱۷	آلودگی آب	۰/۳۰۳۸۰۶	محیط زیستی
۰/۰۴۷۶۶۱۱۶	شبکه آب رسانی				
۰/۰۳۲۸۷۵۰۱۴	شبکه توزیع سوخت				
۰/۰۱۹۸۳۹۷۲۲	شبکه سراسری توزیع برق	۰/۰۸۴۳۳۳	آلودگی خاک		
۰/۰۳۴۲۳۷۵۱۴	شبکه آب رسانی				
۰/۰۲۳۷۷۷۵۰	شبکه توزیع سوخت				
۰/۰۱۷۷۴۰۴۰۳	شبکه سراسری توزیع برق	۰,۰۸۵۳۰۶	آلودگی هوا		
۰/۰۲۵۰۲۸۶۰۴	شبکه آب رسانی				
۰/۰۳۴۴۵۹۹۳۱	شبکه توزیع سوخت				
۰/۰۲۴۹۶۱۹۴۴	شبکه سراسری توزیع برق	۰/۰۹۳۱۱۱	کیفیت نهایی	۰/۲۴۷۵۸۳	فنی
۰/۰۱۲۴۹۱۹۱۷	شبکه آب رسانی				

وزن نهایی	اولویت‌ها	وزن زیرمعیار	زیرمعیار	وزن	معیار
۰/۰۳۳۹۷۷۸۴۷	شبکه توزیع سوخت				
۰/۰۲۱۳۵۲۵۰	شبکه سراسری توزیع برق	۰/۰۹۲۵۲۸	بازدهی فنی		
۰/۰۱۶۱۲۵۴۱۷	شبکه آب رسانی				
۰/۰۳۱۱۹۶۸۴۰	شبکه توزیع سوخت				
۰/۰۱۶۶۰۷۵۰	شبکه سراسری توزیع برق	۰/۰۷۳۷۲۲	آموزش نیرو متخصص		
۰/۰۱۳۲۳۸۳۳۳	شبکه آب رسانی				
۰/۰۲۴۶۴۳۵۷۶	شبکه توزیع سوخت				

در جداول ۴ و ۵ وزن‌های اولویت‌ها به تفکیک معیارهای اصلی و زیرمعیارها آورده شده است. در معیار اقتصادی، هزینه سرمایه گذاری و ساخت بالاترین وزن را دارد که اولویت آن با شبکه آب رسانی می‌باشد. همینطور در معیار محیط زیستی که آلودگی آب بیشترین وزن را دارد شبکه آب‌رسانی باز در اولویت است. بر اساس بررسی ابراهیمی (۲۰۱۵) در مقایسه طرح‌های توسعه‌ای اجراشده منابع آب هزینه سرمایه‌گذاری طرح‌های جدید نسبت به طرح‌های اجرا شده قبل به قیمت ثابت افزایش قابل ملاحظه دارد. بنابراین مهم است که در شبکه آب‌رسانی که در بسیاری از مناطق کهنه شده و با آلودگی آب نیز ارتباط مستقیم دارد به طور جدی سرمایه گذاری شود. بنابراین بایستی تأکید کرد که طبق جداول ۴ و ۵ ارجحیت با معیار محیط‌زیستی و برطرف کردن آلودگی آب برای شبکه آب‌رسانی می‌باشد.

در معیار اجتماعی، اشتغال زایی بالاترین وزن را دارد که اولویت آن با شبکه توزیع سراسری برق می‌باشد. با اجرایی شدن سیستم های انرژی نوین همچون انرژی‌های تجدیدپذیر ماهیت شبکه سراسری برق نیز ناخودآگاه دگرگون خواهد شد. بدین ترتیب شبکه‌های برق و انرژی که به سوی توسعه پایدار حرکت می‌کنند با توجه به اهمیت زیرساختی که در تمام صنایع دارند مهمترین اولویت در اشتغال زایی می‌باشند (رام و همکاران ۲۰۲۰).

در معیار فنی یا فنی به عنوان دومین معیار مهم، کیفیت نهایی وزن بالاتری دارد و اولویت آن با شبکه توزیع سوخت می‌باشد. بالابردن کارایی پالایشگاه‌های نفت و گاز و بهبود کیفیت شبکه های انتقال سوخت فسیلی مهمترین اولویت فنی در میان دیگر زیرساخت‌هاست. این نتایج با یاقته‌های ژنگ و همکاران (۲۰۲۲) در رابطه با اهمیت رشد فنی صنایع نفت و گاز چین در رابطه با توسعه پایدار مطابقت دارد که می‌تواند برای کشور ایران نیز یک الگو باشد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با توجه به حرکت جهانی سوی توسعه پایدار و تغییرات مهم انقلاب صنعتی چهارم، این نیاز مبرم در کشور در حال توسعه ایران وجود دارد تا مبحث توسعه پایدار مورد بررسی‌های بیشتری قرار گیرد. برنامه‌ریزی برای توسعه پایدار، بویژه توسعه پایدار زیرساخت های اساسی و راهبردی کشور حائز اهمیت است و نیازمند الگو های بومی‌سازی شده می‌باشد. این مقاله کوشیده است تا سه زیرساخت حیاتی ایران یعنی شبکه سراسری توزیع برق، شبکه آب رسانی و شبکه توزیع سوخت‌های فسیلی (نفت و گاز) را مورد بررسی قرار داده و برای چهارچوب‌ریزی توسعه پایدار این بخش ها را اولویت‌بندی کند. در این مقاله از روش کلاسیک تصمیم گیری چند معیاره تحلیل سلسله مراتبی استفاده شد تا یک دید فراگیر از مسأله در اختیار بگذارد. در این روش چهار معیار اصلی اقتصادی، اجتماعی، محیط زیستی و فنی و ده زیرمعیار مرتبط با آن‌ها از طریق مطالعه کامل ادبیات تحقیقات پیشین انجام گرفت و سپس از طریق نظرسنجی‌های پرشده توسط خبرگان پایگاه داده ها تکمیل شد.

در نتایج حاصل زیرساخت‌های استراتژیک کشور به ترتیب شبکه توزیع سوخت، شبکه توزیع سراسری برق و شبکه آب‌رسانی اولویت‌بندی شدند. این نتایج اهمیت شبکه توزیع سوخت برای آینده کشور را با توجه به داشتن منابع سرشار نفت، گاز و وابستگی بسیار به انرژی‌های فسیلی، نیاز مبرم به برنامه‌ریزی برای توسعه پایدار در فرایندهای اکتشاف، استخراج، پالایش و شبکه انتقال سوخت‌های فسیلی را نشان می‌دهد. همینطور این نتایج درباره معیارهای اصلی مورد بررسی قرار گرفته می‌گویند که محیط زیست بیشترین اهمیت را در چهارچوب توسعه پایدار دارد. زیرا با توجه به شرایط نامناسب محیط زیستی کنونی کشور و روند توسعه آسیب‌زا به زیست بوم، اگر محیط زیست در توسعه پایدار در اولویت نباشد، باقی معیارهای اقتصادی، اجتماعی و فنی نیز رشد پیدا نخواهند کرد.

سرانجام پیشنهاد داده می‌شود تا در آینده این پژوهش در زمینه توسعه پایدار ادامه یابد تا به یک برنامه‌ریزی جامعه و الگوی مناسب برای پیاده‌سازی و اعمال این مدل از توسعه پر کشور ایران

بیانجامد. پیشنهاد می‌شود که در تحقیقات آینده گستره زیرساخت های راهبردی افزایش پیدا کند و صنایع مهم دیگر همچون کشاورزی، حمل و نقل، بهداشت و درمان، مخابرات، صنایع دارای تکنولوژی پیشرفته[1] صنایع نظامی و دولت الکترونیک را نیز مورد بررسی قرار دهد. همچنین استفاده از روش‌های پیشرفته‌تر که عدم قطعیت‌ها را بررسی می‌کنند همچون روش‌های فازی و نوتروسوفیک می‌تواند نتایج جامع و بهتری برای سیاستگذاری در زمینه توسعه پایدار ارائه دهد.

References

1. Akhlaghi M, Moravej Z, Bagheri A. Flexible and sustainable scheduling of electric power grids: A dynamic line and transformer rating based approach under uncertainty condition. *SEGAN*. 2023 Dec 1;36:101150. https://doi.org/10.1016/j.segan.2023.101150
2. Bigleri, H, Pakzad, A. A. Water, economy and development: the economic importance of the water sector and its role in sustainable development programs. 2014. Available from: https://sid.ir/paper/870953/fa [In Persian]
3. Bovera F, Spiller M, Zatti M, Rancilio G, Merlo M. Development, validation, and testing of advanced mathematical models for the optimization of BESS operation. *SEGAN*. 2023 Dec 1;36:101152. https://doi.org/10.1016/j.segan.2023.101152
4. Cherepovitsyn A, Rutenko E, Solovyova V. Sustainable development of oil and gas resources: A system of environmental, socio-economic, and innovation indicators. *JMSE*. 2021 Nov 22;9(11):1307. https://doi.org/10.3390/jmse9111307
5. Ebrahimi, A. Presenting the economic criteria for improving productivity in the water industry. 2015. Available from: https://sid.ir/paper/815692/fa.
6. Fani Mohammad Ali, Hadian Ibrahim, Samadi Ali Hossein. Evaluating the structure of Iran's economy with a sustainable development approach. *RISStudies*. [Internet]. 2015;19(1 (series 71)):7-42. Available from: https://sid.ir/paper/92736/fa [In Persian] https://dorl.net/dor/20.1001.1.17350727.1395.19.71.1.8
7. Flint RW. The sustainable development of water resources. Water resources update. 2004 Jan; 127:48-59.
8. Guo S, Zhang F, Engel BA, Wang Y, Guo P, Li Y. A distributed robust optimization model based on water-food-energy nexus for irrigated agricultural sustainable development. *J. Hydrol.* 2022 Mar 1;606:127394. http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.127394
9. Hosseinali F, Alesheikh AA. Weighting spatial information in GIS for copper mining exploration. *Am. J. Appl. Sci.* 2008;5(9):1187-98. https://doi.org/10.3844/ajassp.2008.1187.1198
10. Jalaliyoon N, Abu Bakar N, Taherdoost H. Accomplishment of critical success factor in organization; using analytic hierarchy process. *IJARM*. 2012 Nov 1;1(1). https://www.researchgate.net/publication/282653985_Accomplishment_of_Critical_Success_Factor_in_Organization_Using_Analytic_Hierarchy_Process
11. Khatami F, Goharian E. Beyond Profitable Shifts to Green Energies, towards Energy Sustainability. *Sustainability*. 2022 Apr 10;14(8):4506. https://doi.org/10.3390/su14084506
12. Lee AH, Chen WC, Chang CJ. A fuzzy AHP and BSC approach for evaluating performance of IT department in the manufacturing industry in Taiwan. *Expert Syst. Appl.* 2008 Jan 1;34(1):96-107. http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2006.08.022
13. Londoño-Pineda A, Cano JA, Gómez-Montoya R. Application of AHP for the weighting of sustainable development indicators at the subnational level. *Economies*. 2021 Nov 4;9(4):169. https://doi.org/10.3390/economies9040169
14. Mahmood Y, Afrin T, Huang Y, Yodo N. Sustainable Development for Oil and Gas Infrastructure from Risk, Reliability, and Resilience Perspectives. *Sustainability*. 2023 Mar 10;15(6):4953. https://doi.org/10.3390/su15064953
15. Makhdoom, Majid. Environmental assessment and planning with geographic information systems. First Edition. Tehran. *UTP*; 2000.
16. Mazhari SM, Monsef H, Lesani H, Fereidunian A. A multi-objective PMU placement method considering measurement redundancy and observability value under contingencies. *IEEE Trans. Power Syst.* 2013 Feb 1;28(3):2136-46.

[1] High-Tech

http://dx.doi.org/10.1109/TPWRS.2012.2234147

17. Mazur A. Does increasing energy or electricity consumption improve quality of life in industrial nations?. *Energy Policy*. 2011 May 1;39(5):2568-72. http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2011.02.024
18. Mehara, E, Madanlojoybari, S, Zare Zaidi, A. Examining the role of environmental protection in sustainable development. Network [Internet]. 2016;3(10 (consecutive 29)):85-95. Available from: https://sid.ir/paper/521249/fa9 [In Persian]
19. Mohammadi K, Khorasanizadeh H. The potential and deployment viability of concentrated solar power (CSP) in Iran. *Energy Strategy Rev*. 2019 Apr 1;24:358-69. https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.04.008
20. Mojarad AA, Atashbari V, Tantau A. Challenges for sustainable development strategies in oil and gas industries. *Proc. Int. Conf. Bus. Excell*. 2018 (Vol. 12, No. 1, pp. 626-638). https://doi.org/10.2478/picbe-2018-0056
21. Monavari, Massoud. Guide to environmental impact assessment of irrigation and drainage projects. First Edition. Tehran. Farzaneh Book Publications; 2001.
22. Nova K. AI-Enabled Water Management Systems: An Analysis of System Components and Interdependencies for Water Conservation. *ERST* [Internet]. 2023 Jun. 9 [cited 2023 Oct. 16];7(1):105-24. Available from: https://studies.eigenpub.com/index.php/erst/article/view/12
23. Østergaard PA, Duic N, Noorollahi Y, Mikulcic H, Kalogirou S. Sustainable development using renewable energy technology. *Renew. Energy*. 2020 Feb 1;146:2430-7.
https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.08.094
24. Purvis B, Mao Y, Robinson D. Three pillars of sustainability: in search of conceptual origins. *Sustain. Sci.* 2019 May 7;14:681-95. https://doi.org/10.1007/s11625-018-0627-5
25. Ram M, Aghahosseini A, Breyer C. Job creation during the global energy transition towards 100% renewable power system by 2050. *Technol Forecast Soc Change*. 2020 Feb 1;151:119682. DOI: 10.1016/j.techfore.2019.06.008
26. Saaty, T. L. The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation. First Edition. New York. Mcgraw-Hill; 1980.
27. Sabale R, Venkatesh B, Jose M. Sustainable water resource management through conjunctive use of groundwater and surface water: A review. *Innov. Infrastruct. Solut.* 2023 Jan;8(1):17.
http://dx.doi.org/10.1007/s41062-022-00992-9
28. Sabzehie MT, Kolivand S. The Social Problem of Water with Sustainable Development Perspective: A Sociological Analysis. *Social Sciences*. 2017 Aug 23;24(77):404-33. https://dorl.net/dor/20.1001.1.17351162.1396.24.77.9.2
29. Sadeghian, A, Sohba, M, "Investigating the environmental effects of refineries and presenting solutions to reduce the effects," *International Oil, Gas, Petrochemical and Power Plant Conference*. 2013, [Online]. Available: https://sid.ir/paper/815031/fa [In Persian]
30. Sayydipour S., Ghaffarpour R., Ranjbar A.M.. A Review On Vulnerability Analysis Of Electric Grid: Approaches, Models, And Solution Methods. *(Journal Of Advanced Defence Science And Technology) Journal Of Passive Defence Science And Technology* [Internet]. 2018;9(1):11-28. Available from: https://sid.ir/paper/167557/en [In Persian] https://dorl.net/dor/20.1001.1.26762935.1397.9.1.2.7
31. Shahpari A. R., Khansari M., Moeini A.. Prediction Of Vulnerability In Iran's Power Grid By Link Analysis. *(Journal Of Advanced Defence Science And Technology) Journal Of Passive Defence Science And Technology* [Internet]. 2019;9(4):461-466. Available from: https://sid.ir/paper/167319/en [In Persian] https://dorl.net/dor/20.1001.1.26762935.1397.9.4.8.9
32. Shariat, Mahmoud. Monavari, Massoud. An introduction to environmental impact assessment. First Edition. Tehran. *Publications of the Environmental Protection Organization*; 1997.
33. Sharma R, Jabbour CJ, Lopes de Sousa Jabbour AB. Sustainable manufacturing and industry 4.0: what we know and what we don't. *J. Enterp. Inf.* 2021 Jan 28;34(1):230-66. http://dx.doi.org/10.1108/JEIM-01-2020-0024
34. Shen S, Venaik S, Liesch P. A novel model linking UN SDGs with international experience and firm performance. *Int Bus Rev INT BUS REV*. 2023 Aug 3:102170.
https://doi.org/10.1016/j.ibusrev.2023.102170
35. Shiri E, Nejadirani F, Beikzad J, Rahimi G. Designing a Sustainable Development Model Based on the Role of Electricity Industry. *IUESA*. 2022; 10 (39) :141-156 http://iueam.ir/article-1-1902-en.html
36. Sreenivasan A, Suresh M, Nedungadi P. Mapping analytical hierarchy process research to sustainable development goals: Bibliometric and social network analysis. *Heliyon*. 2023 Aug 1;9(8).
https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19077
37. Stofkova J, Krejnus M, Stofkova KR, Malega P, Binasova V. Use of the analytic hierarchy process and selected methods in the managerial decision-making process in the context of sustainable development. *Sustainability*. 2022

Sep 14;14(18):11546. https://doi.org/10.3390/su141811546

38. Taherdoost H. Decision making using the analytic hierarchy process (AHP); A step by step approach. *Int. J. Econ. Manag.* 2017;2. https://ssrn.com/abstract=3224206

39. Taklif, A., Mohammadi, T., Bakhtiar, M. Development of Renewable Energy and it's Role on the Future of Power Sector in Iran. *J. Econ. Dev.* 2016; 7(25): 147-161.
https://dorl.net/dor/20.1001.1.22285954.1395.7.25.20.4

40. Tursunov Behruz Normurod o`g`li. Proper Use of Water in the Current Global Conditions. *WOSS.* [Internet]. 2023 Oct. 11 [cited 2023 Oct. 16];1(7):16-20. Available from: https://webofjournals.com/index.php/12/article/view/202

41. Water crisis in the Middle East. Tehran, Iran: Islamic Council Research Center. 2020. [Internet]. Available from: https://sid.ir/paper/796506/fa. [In Persian]

42. Yilmaz B. A scenario framework for electricity grid using Generative Adversarial Networks. *SEGAN.* 2023 Dec 1;36:101157. https://doi.org/10.1016/j.segan.2023.101157

43. Zheng X, Junfeng SH, Gang CA, Nengyu YA, Mingyue CU, Deli JI, He LI. Progress and prospects of oil and gas production engineering technology in China. *Pet. Explor. Dev.* 2022 Jun 1;49(3):644-59. https://doi.org/10.1016/S1876-3804(22)60054-5

Research Article

Journal of New Researches in Environmental Engineering
Volume 1, Issue 3, Autumn 2023, Pages 1-14
ISSN (Online): 2981-0930

Prioritizing The Sustainable Development Of Strategic Infrastructures Using The Analytic Hierarchy Process: A Case Study Of Iran

Babak Nabizadeh* PhD in Strategic Management, National Defense University, Tehran, Iran.
Saman Solaimanian Master's in Civil and Environmental Engineering, KNTU, Tehran, Iran.

Received: 18 Oct 2023

Accepted: 6 Dec 2023

Keywords: Sustainable Development, AHP, Analytic Hierarchy Process, Iran.

Extended Abstract

Introduction: The importance of the global movement towards sustainable development has increased in the recent years, and it is necessary to redefine the concept of development in every country under a framework which responds to the current and future needs of that nation. Therefore, the aim of this research is to prioritize three strategic infrastructures of the national electricity distribution network, water supply network and fossil fuel distribution network within a specific practical framework.

Materials and Methods: This research used the comprehensive multi-criteria decision-making method of the analytical hierarchy process which is based on the experiences gained in the design, implementation and operation of strategic infrastructures with a survey from 12 experts. Mentioned infrastructures have prioritized according to four economic, social, environmental and technical criteria along with 10 sub-criteria layers of investment and construction cost, maintenance cost, job creation, acceptance and public participation rate, water, soil and air pollution, final quality, technical efficiency and training of expert staff.

Results and Discussion: The results showed that in examining the dimensions of sustainable development, the environmental criterion with a weight of 0.30 has the highest priority, followed by the technical criterion with a weight of 0.24. Social and economic criteria were ranked next with weights of 0.224 and 0.223 respectively. Also, the fuel distribution network with a weight of 0.026 had the highest importance in the sustainable development of infrastructure. The second priority was the nationwide electricity distribution network with a weight of 0.0252, and the third priority was the water supply network with a weight of 0.0251. Further, the weight of the alternatives for prioritizing the strategic target infrastructures based on the main criteria showed that the water supply network had the highest priority in economic and environmental criteria with weights of 0.27 and 0.34 respectively. In the social criterion, the nationwide electricity distribution network has the highest priority with a weight of 0.26, and in the technical criterion, the fuel network has the highest priority with a weight of 0.33.

Conclusion: Iran with high dependency on fossil energy in its infrastructure demands planning for sustainable development in the processes of exploration, extraction, refining and transportation network of fossil fuels. Then the electricity network of the country requires fundamental changes in the electricity supply system and convergence with innovative technologies. In the third step, because of the water crisis, Iran needs to introduce novel technologies into its infrastructure to achieve higher efficiency.

Corresponding author: Babak Nabizadeh
Address: 1st Floor, No 32, 41 St, 8th Niroo Havayi St, Tehran, Iran, 1741983335. **Tel:** +989127167521
Email: iran_babi@yahoo.com
Citation: Nabizadeh B, olaimanian S. Prioritizing The Sustainable Development Of Strategic Infrastructures Using The Analytic Hierarchy Process: A Case Study Of Iran. Journal of New Researches in Environmental Engineering. 2023; 1(3): 1-14.
© 2023, This article published in Journal of New Researches in Environmental Engineering (JNREE) as an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0). Non-commercial use, distribution and reproduction of this article is permitted in any medium, provided the original work is properly cited.