مکان‌یابی مخازن استراتژیک نفت و گاز با تلفیق تکنیک تصمیم‌گیری گروهی و برنامه‌ریزی خطی

بهرنگ لطیفی[1]، محمدابراهیم طیبی عراقی[2]*، حسین عموزادخلیلی[3]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی صنایع، واحد بین‌الملل خرمشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، خرمشهر، ایران

۲. گروه مهندسی صنایع، واحد بین‌المللی خرمشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، خرمشهر، ایران

۳. استادیار، گروه مهندسی صنایع، واحد ساری، دانشگاه آزاد اسلامی، ساری، ایران

آدرس پست الکترونیک نویسنده مسئول مکاتبات: tayebi_m@ut.ac.ir

مقاله‌ی علمی- کاربردی

صفحه ۸ - ۲۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۲۳

چکیده

امکان ذخیره‌سازیِ کربوهیدرات‌ها برای کشورهای صادرکننده‌ی این محصولات سبب می‌شود که بتوانند علاوه بر حفظ روند تولید، در مذاکرات و چانه‌زنی‌های بین‌المللی نیز دست بالا را داشته باشند. ازآنجایی‌که مخازن روسطحی دارای محدودیت‌های فراوانی بوده و همچنین ازنظر امنیتی قابلیت اطمینان پایینی دارند لذا ضروری است کشورها برای ذخیره‌سازی نفت و گاز به مخازن استراتژیک (زیرسطحی) روی آورند. هدف از این پژوهش اولویت‌بندی مکان‌های موردنظر جهت ساخت مخازن استراتژیک نفت و گاز در ایران می‌باشد. در این پژوهش، شناسایی معیارهای استراتژیک و مهم برای مکان‌یابی مخازن زیرسطحی توسط متخصصینِ باتجربه و با بهره‌گیری از پرسشنامه‌ی آزاد نخستین ابزار در شناسایی معیارهای مطلوب مکان‌یابی بوده است و نتایج توسط گروه خبرگان غربال گردید. مجموعاً ۲۲ معیار برای اولویت‌بندی مکان موردنظر شناسایی شد و خبرگان (مشتمل بر ۱۰ متخصص) ابتدا با بهره‌گیری از روش تحلیل سلسله مراتبی به اولویت‌بندی مکان‌ها پرداخته و پس‌ازآن با اضافه کردنِ محدودیت‌ها به نتایج حاصل از تحلیل سلسله مراتبی، یک مدل برنامه‌ریزی خطی تعریف نمودند که نتایج حاصل از حل آن نشان می‌دهد که مهم‌ترین معیارها در اولویت‌بندی مخازن محدودیت‌های ژئوتکنیک و مباحث مرتبط با هزینه‌ها می‌باشد. همچنین مشخص گردید مناسب‌ترین مکان‌ها برای ساخت مخازن استراتژیک به ترتیب شهرهای گچساران، چابهار، گناوه، پارسیان و جاسک هستند. نتیجه‌ی مطلوب نهایی این پژوهش انتخاب توأمان شهرهای گچساران، چابهار و گناوه برای ذخیره‌سازی استراتژیک مخازن زیرزمینی بوده است.

کلیدواژه‌ها: مکان‌یابی، تصمیم‌گیری چند معیاره، مخازن نفت و گاز

۱. مقدمه

ایران همواره به دلیل دارا بودن منابع فراوان انرژی در معادلات جهانی اثرگذار بوده و ذخایر نفت و گاز کشورمان به‌عنوان اولویتی استراتژیک در ثبات منطقه و حتی ثبات جهانی بازارها مورد تأکید اغلب تحلیل‌گران بوده است. به همین سبب وجود زیرساخت‌های ذخیره‌سازی مدرن، دست ایران را در معادلات جهانی بالاتر برده و قدرت چانه‌زنی و دیپلماسی کشورمان را در بازار افزایش خواهد داد. شیوه‌ها و راهکارهای ذخیره‌سازی نفت خام به‌عنوان استراتژیکی‌ترین محصول صادراتی کشورهای نفت‌خیز متفاوت

و متنوع است و در این میان ذخیره‌سازی زیرزمینی به دلایلی چون کاهش هزینه‌های ساخت و نگهداری، قابلیت اطمینان بالا، اثر ناچیز بر تغییرات اقلیمی و زیست‌محیطی و همچنین ایمنی بالا، ازنظر کارشناسان بسیار مورد تأکید بوده و یکی از روش‌های پرطرفداری است که در جای‌جای جهان مورداستفاده قرارگرفته و در توسعه پایدارِ صنایعی چون نفت و گاز نقش مؤثر و غیرقابل انکاری دارد [۱].

ازآنجایی‌که برای مکان‌یابی بهینه در پروژه‌ها می‌بایست تأثیر عوامل مختلف و همچنین اثر معیارهای متفاوت را بر فرآیند انتخاب مکان مناسب سنجید، لذا لازم است که با استفاده از روش‌های مدرن در تصمیم‌گیری چند معیاره و نیز دست‌یابی به عوامل اثرگذار بر پروژه، مدیران و تصمیم گیران را در انتخاب بهترین مکانِ قابل انتخاب کمک کرده و برایشان تصمیم‌سازی نمود. با عنایت به لزوم ساختِ مخازن زیرزمینی جهت ذخیره‌سازی استراتژیک نفت خام در کشورمان، باید اذعان داشت که خلاء پژوهشی جامع در خصوص مکان‌یابی این دست مخازن ضروری به نظر می‌رسید. در طرح‌های توسعه محور، علی‌الخصوص در صنایع نفت و گاز، انطباق طرح‌ها با مبانی توسعه، ضرورتی انکار نشدنی است. منظور از توسعه یا توسعه‌ی پایدار داشتن نگاهی جامع و مانع نسبت به فرآیندهای اقتصادی، محیط زیستی و اجتماعی است و می‌بایست در تعریف هر یک از سیستم‌های اجرایی، اهداف خاص موردنظر را با اختصاص وزن مناسب به هر موضوع موردعنایت قرارداد. هدف غایی در چنین طرح‌ها و پروژه‌هایی آن است که نهایتاً توسعه متوازن حاصل‌شده و ماحصل کار از منظر هزینه‌های اجرا قابل توجیه و از منظر مسئولیت اجتماعی و نظام‌های محیط زیستی از سلامت کافی برخوردار باشد [۲].

داشتن مخازن استراتژیک به استمرار و ثبات در عرضه منجر می‌شود و عدم اطمینان و ریسک در بازارهای انرژی را کاهش می‌دهد. حوادث و عواملی مانند جنگ، اختلاف بر سر حوزه‌های مشترک انرژی، تحریم‌ها، عدم توجیه استخراج در شرایط رکودهای اقتصادی، عدم توجیه فروش با توجه به قیمت پایین جهانی و ... در دهه‌های اخیر به کررات دیده‌شده‌اند و در عمل تولیدکنندگان برای بقا در بازار ملزم شده‌اند که حجم ذخیره‌سازی را افزایش دهند تا قدرت چانه‌زنی‌شان را در بازار بیشتر کنند و عملاً عدم اطمینان در تأمین انرژی را به کمترین میزان ممکن برسانند. به‌جز کشورهای تولیدکننده، کشورهای خریدار نفت و گاز هم به همان دلایل مطروحه‌ی فوق نیازمند ذخیره‌سازی بیشتر در شرایطی ایمن‌تر و با احجامی بیش از نیازشان هستند تا بتوانند وجود انرژی موردنیازشان برای دوره‌های طولانی‌تری را تضمین کنند. از طرفی دیگر، ارائه و فروش نفت در بازارهای بورسی دنیا نیازمند وجود نفت استخراج‌شده و در دسترس و همچنین تناسب نفت خام موجود در انبارهای جهان با حجم معاملات در بازار است. از این منظر نیز ذخیره‌سازی دارای اهمیت ویژه‌ای است. از طرف دیگر کشور ما، حتی در شرایطی که خطر جنگ، تحریم و تهدیدات بین‌المللی از سرش دور باشد، باز هم با چالش بزرگی به نام بازاریابی نفت خام مواجه است. بی‌گمان در صورت عملیاتی شدن و احداث این نوع مخازن در کشور، به‌احتمال قریب به یقین بسیاری از مشکلات مرتبط باعرضه، تقاضا، بازاریابی و فروش نفت خام مرتفع شده و مسلماً احتمال خسارات ناشی از حمله به مخازن روسطحی و زیرساخت‌های ذخیره‌سازی کشور توسط دشمنان به حداقل خواهد رسید.

تکنولوژی احداث مخازن زیرسطحی در جهان نسبتاً روشی جدید در ذخیره‌سازی سوخت‌های پایه کربنی است و همان‌گونه که پیش‌تر نیز اشاره شد، تنها کشورهای ژاپن، کره جنوبی، سوئد، نروژ، عربستان چنین مخازنی را ساخته و از آن بهره‌برده‌اند. کنکاش و بررسی جامع انجام‌شده پیرامون مطالعات گذشته در این حوزه نشان دهنده‌ی آن است که تا زمان آغاز این پژوهش، تحقیقی باهدف مشخص نمودنِ مهم‌ترین و اصلی‌ترین معیارهای مکان‌یابی برای احداث مخازن زیرسطحی انجام‌نشده است. البته پژوهش‌هایی مشابه برای مکان‌یابی در حوزه‌هایی نظیر احداث ساختمان‌هایی با کاربری خاص، احداث فرودگاه، پتروشیمی، پالایشگاه و ... انجام‌شده و معیارهای انتخاب در آن‌ها عمدتاً بر پایه‌ی ملاک‌های سه‌گانه‌ی زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی بوده است و بدیهی است در پروژه‌هایی این‌چنین اهداف فنی، دست‌کم با اهداف زیست‌محیطی در تعارض بوده و بر همین مبنا معیارهای شناسایی‌شده نیز با یکدیگر در تضاد خواهند بود لذا شرایط به‌گونه‌ای است که برای استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره ضرورت وجود دارد و با در نظر گرفتن این تناقضات، این متد می‌تواند یکی از بهترین روش‌های حلِ مسئله‌ی مطرح‌شده باشد. [۳]

۲. پیشینه تحقیق

در خصوص پیشینه‌ی پژوهش می‌توان گفت پژوهش‌های انجام‌شده عمدتاً بر دو محور استوارند: الف) پژوهش‌های مرتبط با ذخیره‌سازی و مکان‌یابی مخازن نفت و گاز ب) پژوهش‌های مرتبط با روش‌های برنامه‌ریزی و مدل‌سازی مکان‌یابی که به تفکیک آورده شده‌اند:

۲-۱. پژوهش‌های مرتبط با ذخیره‌سازی و مکان‌یابی مخازن نفت و گاز:

بر همین اساس، در پژوهش رابرتز و همکاران (۲۰۱۳)، با موضوع شناساییِ مناسب‌ترین مکان‌ها برای ذخایر دریایی، در ابتدای پژوهش و پیش از بررسی مؤلفه‌های مالی و اجتماعی، ارزیابی اولیه مکان‌ها بر اساس معیارهای زیست‌محیطی انجام‌شده است. مؤلفه‌های محیط زیستی که در این پژوهش مدنظر بوده‌اند عبارتند از تنوع زیستی موجود و مشکلاتی که می‌تواند به این تنوع زیست‌محیطی آسیب برساند، تهدیدات انسانی مانند کشتیرانی، ماهیگیری و ...، میزان ذخیره‌ی موردنظر و اثرش بر محیط‌زیست و بررسی گونه‌های درخطر انقراض در منطقه‌ی موردمطالعه. پژوهشگران پس از این مرحله چهار مؤلفه‌ی دیگر را نیز بررسی کرده و به پژوهششان افزودند که عبارتند از مؤلفه‌های مالی و اقتصادی، مؤلفه‌های اجتماعی، مؤلفه‌های علمی و نهایتاً امکان‌پذیری اجرای طرح. [۴]

در پژوهشی دیگر که همین پژوهشگران به‌منظور تکمیل مطالعات پژوهش نخست صورت داده‌اند، هفت مکان پیشنهادشده برای ذخیره‌سازی در دریا از منظر ۱۲ معیار محیط زیستی بررسی‌شده است. هدف پژوهشگران در این مرحله شناسایی مناطقی بود که حداقل ضرورت‌های زیست‌محیطی را دارا بوده تا پس از آن بتوانند در مناطق تائید شده از حیث زیست‌محیطی سایر مؤلفه‌ها را بررسی و انتخاب نهایی را انجام دهند. [۵]

۲-۲. پژوهش‌های مرتبط با روش‌های برنامه‌ریزی و مدل‌سازی مکان‌یابی:

مسئله مکان‌یابی در پژوهش‌های مرتبط با انرژی بسیار پرکاربرد است و یکی از ارکان اصلی این نوع پژوهش‌ها را تشکیل می‌دهد. برای مثال در پژوهشی که در سال ۲۰۱۶ توسط کایا و کاهران انجام شد انتخاب مناسب‌ترین انرژی تجدید پذیر برای استفاده در کشور ترکیه (مطالعه موردی شهر استانبول) مورد سؤال قرار گرفت و پژوهشگران در این تحقیق از روش ویکور- اِی اِچ پی[1] استفاده نمودند. در این روش از ترکیب ماتریس‌های مقایسه‌ای و منطق فازی برای اولویت‌بندی مؤلفه‌های مورد انتظار استفاده‌شده و نتایج حاصل با تکیه‌بر چهار گروه اصلی از اولویت‌های اقتصادی، زیست‌محیطی، جامعه‌شناختی و فنی و مهندسی انرژی مطلوب‌تر برای استفاده در این شهر را شناسایی و اولویت‌بندی کرده است. [۶]

رحمان و ترینگ در سال ۲۰۱۱ در پژوهشی باهدف کنترل موقعیت‌های آلوده به نفت در دریا، پژوهشی با استفاده از روش آنالیز تصمیم‌گیری چند معیاره فازی[2] انجام داده و هشت معیار انتخابی برای ارزیابی گزینه‌های پیشنهادی ارائه داده و به دلیل عدم قطعیت‌های موجود در موقعیت پژوهشی همچنین نظرات متفاوت و گاهاً متناقض ذینفعان ترجیح دادند تا از ریاضیات فازی برای اولویت‌بندی نتایج پژوهششان استفاده کنند. در ادامه پژوهشگران برای ارزیابی کارکرد روش به‌دست‌آمده در پژوهش، مطالعه‌ای موردی در مناطق آلوده‌ی نفتیِ غرب کانادا ترتیب داده و نتایج را ضمیمه‌ی پژوهش نموده‌اند. [۷]

در پژوهش کاوارولو و سیرائولو (۲۰۱۵)، در خصوص سیاست‌گذاری در حوزه‌ی انرژی و ارزش‌گذاری انرژی‌های تجدید پذیر ازجمله باد نیز از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده‌شده است. در این پژوهش، معیارها به سه زیرگروهِ فنی[3]، زیست‌محیطی و مالی دسته‌بندی‌شده و نتایج پژوهش بر همین مبنا مشخص گردیده‌اند. [۸]

تعیین مؤلفه‌های توسعه در مباحث انتخاب و استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر نیز در پژوهش دیگری در سال ۲۰۰۹ توسط وانگ و همکاران مورد ارزیابی قرارگرفته است. در این پژوهش کارکرد روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره به‌طور مفصل مورد بررسی و ارزیابی قرارگرفته و نتایج این تحقیق درنهایت بر پایه‌ی چهار زیرمعیار فنی، مالی، اجتماعی و زیست‌محیطی تقسیم و دسته‌بندی شده‌اند. [۹]

در پژوهش انجام‌شده توسط الشارح و همکاران در سال ۲۰۱۵ پژوهشگران به دنبال شناسایی مؤلفه‌ها و ملاک‌های پایداری، برای ایجاد سهولت در تصمیم‌گیری‌های صنعتی بوده و برابر نتایج به‌دست‌آمده از تحقیقاتشان، اثر کیفی بر آب و هوا، شرایط امحاء زباله‌ها، کم کردن آلودگی‌های صوتی، مقابله با گرمایش زمین، اثر طرح بر حفاظت از لایه‌ی ازن، بهره‌وری تصمیمات، رشد همه‌جانبه‌ی اقتصادی و نهایتاً ایمنی و رضایت شغلی را به‌عنوان ملاک‌های اصلی اولویت‌بندی نموده‌اند. [۱۰]

در پژوهش دیگری که سوماتی و همکاران در سال ۲۰۰۸ انجام داده‌اند تلاش شده است تا مناسب‌ترین محل برای دفن ض‌ایعات صنعتی شناسایی شود، در این پژوهش معیارهایی

۱. ویکور یکی از روش‌های MADM و شبیه به تاپسیس است و در این پژوهش محققین این روش را با AHP ترکیب کرده‌اند.

2. Fuzzy Multi Criteria Decision Analysis

3. Technical

مانند سهولت دسترسی به منابع آبی[1]، عمق و کیفیت منابع آبی زیرزمینی[2]، شاخصه‌های زمین بر مبنای اصول و مبانی علم زمین‌شناسی[3] و همچنین کاربری زمین[4] به‌عنوان مؤلفه‌های اثرگذار بر این پژوهش شناسایی و اولویت‌بندی شده‌اند. [۱۱]

پژوهش وحیدنیا و همکاران در سال ۲۰۰۹ در خصوص مکان‌یابی در بخش خدمات شهری انجام‌شده است و هدف از آن گزینش مناسب‌ترین مکان برای احداث بیمارستان است. این پژوهش با ترکیبی از روش تصمیم‌گیری سلسله مراتبی فازی[5] و روش جی آی اِس[6] انجام‌شده است. [۱۲]

یکی از مهم‌ترین مباحث مکان‌یابی در حوزه‌ی محیط‌زیست مکان‌یابی محل مناسب برای دفن زباله‌های شهری و صنعتی است. فرانتیز در سال ۲۰۱۳ در پژوهشی تلاش نموده است تا روشی برای مکان‌یابی سایت برای دفع زباله‌های شهری ارائه‌نماید. در این پژوهش مؤلفه‌های نسبتاً زیادی که عمدتاً بر معیارهای زیست‌محیطی متمرکز هستند به‌عنوان معیارهای اصلی انتخاب در نظر گرفته‌شده است. پژوهشگر در این پروژه ویژگی موجود در محل‌های موردنظر را به اعدادی کمی بدل کرده و نهایتاً مکان‌های پیشنهادی را با یک مکان ایده‌آل مقایسه کرده و نتیجه را گزارش داده است. مطالعه موردی این تحقیق شهر آتن در کشور یونان بوده است. [۱۳]

پژوهش مشابه‌ای نیز در ایران و در سال ۲۰۱۱ توسط حافظی و حاجی‌زاده باهدف مکان‌یابی سایت مناسب برای دفن زباله‌های پرخطر شهری و بیمارستانی در استان خراسان رضوی انجام‌شده است. در این پژوهش نه مکانِ از پیش تعیین‌شده بر اساس پانزده معیار بررسی‌شده و در پایان چهار منطقه از میان نه مکان معرفی‌شده به‌عنوان مناسب‌ترین محل‌ها شناسایی شده اند. [۱۴]

زامورانو و همکاران در سال ۲۰۱۸ پژوهشی برای مکان‌یابی سایتِ دفن زباله‌های جامد شهری در کشور اسپانیا انجام دادند و در آن از تکنیک GIS استفاده کردند. در این پژوهش نیز ۵ معیار زیست‌محیطی انتخاب شده و با کمک روش سلسله مراتبی و ترکیب آن با وزن دهی فازی پژوهششان را به سرانجام رساندند. در پایان نقشه‌ای جامع تهیه کرده و به مناطق بررسی‌شده امتیاز دادند. [۱۵]

مکان‌یابی انبارهای لجستیک کالا به دلیل اثر آن‌ها بر ارزش‌افزوده و هزینه‌ی تمام شده‌ی کالاها، همچنین تأثیر آن بر افزایش رضایت‌مندی مشتریان و بهبود عملکرد زنجیره‌ی تأمین، در زمره‌ی مکان‌یابی‌های مهم صنعتی محسوب می‌شود. کورپلا و تومینِن (۲۰۰۶) پژوهشی را با این موضوع و با در نظر گرفتنِ مؤلفه‌های کمی و کیفی انجام داده و برای رسیدن به پاسخ از دوازده زیرمعیار منتخب استفاده کرده‌اند. آن‌ها وزن دهی مکان‌ها را با کمک روش AHP انجام داده و درنهایت سه گزینه‌ی مورد بررسی‌شان را بر همین اساس اولویت‌بندی نمودند. [۱۶]

مکان‌یابی احداث کارخانه‌ی فرآوری مواد معدنی پژوهش دیگری است که سفری و همکاران در سال ۲۰۱۰ انجام داده و در آن از روش تاپسیس[7] فازی استفاده نموده است. در این پژوهش چهارده زیرمعیار در نظر گرفته‌شده و با استفاده از نظرات و تجربیات خبرگان و به هر مؤلفه امتیاز اختصاصی داده‌شده‌است و در پایان گروه پژوهش بر مبنای روش تحلیلی‌شان بهترین گزینه را معرفی نموده‌اند. [۱۷]

۳. روش تحقیق

به‌منظور جمع‌آوری اطلاعات برای شناسایی مشخصه‌های انتخاب مکان مناسب در فاز اول به مطالعه‌ی پژوهش‌های انجام‌شده در محدوده‌ی این تحقیق برای شناسایی بهتر هدف‌های موردنظر پژوهش پرداخته شد و طی آن تلاش شد تا معیارهای مورداستفاده در هر پژوهش و همچنین روش اولویت‌بندی و امتیازدهی پژوهشگران بررسی گردد. در ابتدا به آن دسته از پژوهش‌هایی پرداخته شد که در آن‌ها مسائل مطرح‌شده با کمک تصمیم‌گیری چند معیارِ تحلیل‌شده و مشخصه‌ها و معیارهای متفاوتی برای مکان‌یابی تعریف شده بود. پس از انجام این بررسی‌ها، پژوهشگر معیارهایی که می‌توانستند در پژوهش جاری نیز موضوعیت داشته و مورد استفاده قرار گیرند را شناسایی کرده و بدین ترتیب فهرستی از مشخصه‌های مورد وثوق در مسائل مکان‌یابی استخراج گردید.

در فرآیند شناسایی شاخص‌ها چنین فرض شده است که تمامی اماکن پیشنهادشده برای ساخت مخازن، حداقل شروط

1.Supply Water Resource
2. Ground Water table/quality
3. Geology
4. Land Use
5. Fuzzy Analytic Hierarchy Process
6. Geographic Information System
7. Technique for order Preference Loy Similarity To Ideal Solution

لازم بـرای اجـرای پـروژه را دارا می‌باشـند، بـه همیـن منظور مکان‌های پیشنهادی بر اساس مشخصه‌هایی دقیق ارزیابی‌شده و منطقه‌ای که بیشـترین امتیاز را به دست آورد به‌عنوان مکان منتخب مشـخص گردید؛ بنابراین می‌توان گفت که معیارهای موردبررسـی در این پژوهش در راسـتای رد یا قبول مکان‌های پیشـنهادی مورداسـتفاده قـرار نگرفته‌انـد بلکه تنهـا به‌عنوان مشخصه‌هایی برای مقایسه مقبولیت مکان‌های موردنظر که از منظر پارامترهای اولیه مورد تائید بوده‌اند به کار گرفته‌شده‌اند.

در فاز دوم، شناسـایی معیارهای موردنظـر برای مکان‌یابی آن‌هـم اختصاصـاً بـا موضـوع پـروژه‌ی جـاری موردبررسـی قـرار گرفت. در ایـن راسـتا، از تخصص و تجربیـات خبرگان و کارشناسـانی که با موضوع پروژه ارتباط داشته و در این زمینه صاحب‌نظر هسـتند استفاده‌شده اسـت. برای این کار، در ابتدا گروه‌های ذینفع در پروژه شناسایی‌شـده و پـس از آن، افراد بر اسـاس میزان تخصص و آشنایی‌شان با موضوع پژوهش، امکان دسترسـی گروه پژوهش به آن‌ها و دسـت‌کم داشـتن ۲۰ سال سـابقه‌ی کار مرتبط انتخـاب گردیدند. ترکیب گـروه خبرگان (نمایندگان جامعه آماری پژوهش) عبارت است از:

- ۲ نفر از کارشناسـان متخصص و باسـابقه در شـرکت‌های مهندسـی مشاور (دلیل انتخاب: اشراف این افراد به مسائل فنی و مهندسی و شرایط محتمل در پروژه‌های مکان‌یابی)
- ۳ مدیـر ارشـد از کارمنـدان رسـمی وزارت نفـت (دلیـل انتخاب: وزارت نفت تصمیم‌گیر اصلی و نهایی در حوزه‌ی اسـتخراج، ذخیره‌سـازی و فروش نفت خام بوده و تلاش شـده اسـت افراد منتخب بـا اسـتانداردهای صنعت نفت و ملزومات حقوقی پروژه آشنایی داشته باشند)
- ۱ نفـر کارشـناس و متخصـص کار بلـد در حـوزه‌ی محیط‌زیسـت (دلیـل انتخـاب: نقـش پررنـگ مسـائل زیست‌محیطی در طرح‌ها و پروژه‌های مکان‌یابی)
- ۲ نفر از شـرکت‌های پیمانـکاری باتجربه کار در سـمت سرپرست کارگاه در پروژه‌های نفت و گاز (دلیل انتخاب: تجربـه فنی و عملی در سـاخت و اجرای پروژه‌های نفت و گاز)
- ۱ نفـر از اسـاتید متخصـص در حـوزه‌ی مدیریـت مالـی پروژه‌ها (دلیل انتخاب: تحلیل مبانی اقتصادی طرح)
- ۱ نفر جامعه‌شناس (دلیل انتخاب: ارزیابی شرایط اجتماعی موجود و بررسی آثار اجتماعی ناشی از اجرای طرح)

در جلسـات مصاحبه، خلاصه‌ای از موضـوع پژوهش و روش تحقیق عنوان شد و در راستای همسو نمودن دیدگاه‌ها، مفاهیمی مانند توسـعه پایدار، انواع روش‌های ذخیره‌سـازی زیرسطحی و سایر مسائل مرتبطه برای مصاحبه‌شوندگان طرح گردید.

با بهره‌گیری از اطلاعات حاصل از بررسیِ پژوهش‌های مشابه و همچنین با بهره‌گیری از نظرات متخصصان و خبرگانِ باتجربه در حوزه‌ی موردبررسی، تلاش شده است تا مؤلفه‌های تأثیرگذار در ارتباط با مکان‌یابی از منظرِ توسعه پایدار، با در نظر گرفتنِ سه معیار اصلیِ اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی مشخص گردد.

در ابتدا معیارهای اصلی و سپس زیرمعیارهای به‌طور مجزا آورده شـده اسـت. همچنیـن در بررسـیِ تمامیِ ایـن مؤلفه‌ها فـرض اولیه بـر آن بـوده کـه کلیـه‌ی مکان‌های معرفی‌شـده، حداقـلِ شـرایط موردنیـاز برای احـداث مخازن زیرسـطحی را دارا می‌باشـند. متخصصیـن در این مرحلـه ۲۲ زیرمعیار را در قالب سـه گروه اصلی معیارهای اقتصادی، معیارهای اجتماعی و معیارهای زیسـت‌محیطی شناسـایی نمودند که این معیارها همراه با زیرمعیارهای بیان‌شده به شرح زیر می‌باشند.

۴-۱. معیارهای اقتصادی

در بررسیِ اولین مجموعه از معیارها، پارامترها و مؤلفه‌هایی کـه به‌صـورت مسـتقیم یـا غیرمسـتقیم در مباحـث اقتصادی پـروژه اثرگذارند ارزیابی‌شـده‌اند. تفاوت مؤلفه‌هـای اقتصادی با دو بخـش دیگر در آن اسـت که مؤلفه‌های اقتصادی مسـتقیماً بـا موضوع پروژه در ارتباط بوده و بر محیـط پروژه اثر می‌گذارد اما بخش‌های اجتماعی و زیست‌محیطی معمولاً شامل مواردی می‌شـوند که بـر محیط‌هـای خـارجِ پـروژه مؤثرنـد. مهم‌ترین مؤلفه‌های شناسایی‌شده در حوزه‌ی اقتصادی عبارتند از میزانِ درآمدهـا و هزینه‌هـای پـروژه، محدودیت‌های مؤثر بر سـاخت مانند زمین، مصالح، تکنولوژی، ژئوتکنیک و ...، حدود جغرافیایی و محدودیت‌های دسترسی و نهایتاً مسائل راهبردی و سیاسی.

میزان درآمدها و هزینه‌های پروژه (E_1)

شـاخص اقتصادیِ سـود بـه هزینـه (B/C)[1] از پارامترهای بسیار مهم در مکان‌یابی پروژه‌ها است.

هزینه‌ی احداث و بهره‌برداری از پروژه ($E_{1\text{-}1}$)

هزینه‌های پروژه به سـه بخشِ هزینه‌های مستقیم ساخت، هزینه‌هـای غیرمسـتقیم سـاخت و هزینه‌های بهره‌بـرداری از پروژه[2] تقسیم می‌شوند.

1. Benefit/ Cost Indicator
2. Lifecycle Costs

تأثیر اقتصادی اجرای طرح بر منطقه (E_{1-2})

اجرای پروژه‌های بزرگ علی‌الخصوص در مناطق دورافتاده و محروم همواره با تأثیرات مثبت اقتصادی برای مردم بومی همراه بوده است.

ایجاد انگیزه برای سرمایه‌گذاران (E_{1-3})

هزینه‌های اولیه‌ی نسبتاً زیاد برای احداث مخازن زیرسطحی نکته‌ای است که نباید از آن غافل شد. هزینه‌ی بیشتر، امکان سرمایه‌گذاری دولتی را به‌شدت کاهش می‌دهد لذا ضروری است که برای افزایشِ تمایل سرمایه‌گذاران مستقل، مکان پروژه را به‌گونه‌ای انتخاب کرد که انگیزه‌های لازم برای سرمایه‌گذاران به وجود بیاید.

محدودیت‌های ژئوتکنیکِ مؤثر بر ساخت (E_2)

پروژه‌ی تحت بررسی، احداثِ مخازنِ زیرسطحی در اعماقِ زمین است، از این جهت بررسی محدودیت‌های زمین‌شناسی و ژئوتکنیکی در مکان‌یابیِ این طرح، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

مشکلات ساخت و اجرا (E_{2-1})

روش و کیفیت ساخت در هر پروژه‌ای می‌تواند اثری مستقیم بر هزینه‌های اجرایی پروژه داشته باشد. تکنولوژیِ مورداستفاده و نوع ماشین‌آلات در توجیه‌پذیریِ فنی و اقتصادی پروژه جایگاه بسیار ویژه‌ای دارد.

مشخصات فنی در حوزه‌ی زمین‌شناسی (E_{2-2})

روش و کیفیت ساخت در هر پروژه‌ای می‌تواند اثری مستقیم بر هزینه‌های اجرایی پروژه داشته باشد. تکنولوژیِ مورداستفاده و نوع ماشین‌آلات در توجیه‌پذیریِ فنی و اقتصادی پروژه جایگاه بسیار ویژه‌ای دارد.

مخازن، منابع و معادن فعال و غیرفعال منطقه (E_{2-3})

مقایسه‌ی مکان‌های مختلف از حیث نزدیکی یا دوری به منابع و معادنی مانندِ زغال‌سنگ، گاز طبیعی، نفت خام، سنگ‌های قیمتی و ... در مکان‌یابیِ پروژه‌های صنعتی از اهمیت زیادی برخورداراست.

کیفیت دسترسی و مختصات جغرافیاییِ طرح (E_3)

میزان و کیفیت دسترسی محل اجرای پروژه به شهرهای بزرگ، راه‌های اصلی، پایانه‌های وارداتی و صادراتی نفت خام و همچنین دسترسی به مسیرهای انتقال نفت، معیاری اثرگذار در مبحث مسائل اقتصادی است.

دسترسی شاه‌راه‌های مواصلاتی و شهرهای بزرگ (E_{3-1})

تأمین نیروی انسانی و تجهیزات پروژه اغلب یکی از مخاطرات پروژه‌های خارج از شهر است.

نزدیکی به ترمینال‌ها و پایانه‌های صادراتی و وارداتی (E_{3-2})

اولین هدف از احداث مخازن استراتژیک نفت خام، ذخیره‌ی نفت برای شرایط اضطرار و تأمین استراتژیکِ نفت برای مصارف داخلی و صادراتی است و عمده‌ترین راه انتقال و ترانزیت نفتِ کشور ما نیز از طریق دریا و با بهره‌گیری از نفت‌کش‌های بزرگ صورت می‌پذیرد.

نزدیکی به میادین استخراج نفت خام و تجهیزاتِ انتقال (E_{3-3})

انتقال نفت در مسیرهای داخلی عموماً از طریق خط لوله صورت می‌گیرد و نزدیکیِ مخازن به منابع استخراج یکی از راه‌های مهم در کاهش هزینه‌های پایپینگ و انتقال است.

مسائل سیاسی و استراتژیک (E_4)

در همه جای دنیا، تعریف پروژه‌ها به شکلی صورت می‌پذیرد که مسائل مهم و استراتژیک، موقعیت‌های جغرافیایی، لابی‌ها و مسائل سیاسی و ... را نیز دربر بگیرد.

تأثیر متقابلِ سازمان‌ها و ارگان‌های مرتبط بر پروژه (E_{4-1})

اخلال در پروژه یا کمک به اجرای بهتر طرح، دو روی سکه‌ی همکاری متقابل با سازمان‌های دولتی است.

ثبات و تأمین امنیت پروژه (E_{4-2})

فاصله‌ی پروژه تا مرزهای کشور، نوع رابطه‌ی سیاسی کشور با سایرِ همسایه‌ها، محدودیت‌های قانونی و منطقه‌ای، ثبات داخلی و توان تدافعی کشور در تأمین امنیت پروژه‌های استراتژیک در مناطق مختلف متفاوت بوده و به همین دلایل تأمین امنیت و ثبات پروژه نیز باید به‌عنوان یک مؤلفه در فرآیند مکان‌یابی لحاظ گردد.

شرایط توسعه‌های آتی پروژه (E_{4-3})

در این پروژه خاص امکان احداث مخازن مشابه و توسعه‌ی طرح اولیه در مکانِ انتخاب‌شده، یکی دیگر از دغدغه‌های گروه مکان‌یابی می‌باشد.

۴-۲. معیارهای اجتماعی

به‌طورکلی مؤلفه‌های اجتماعیِ اثرگذار بر مکان‌یابیِ پروژه‌ها به دو دسته تقسیم می‌شوند؛ دسته اول معیارهایی هستند که نتیجه‌ی تأثیر جامعه بر پروژه‌اند مانند مباحث فرهنگی و مسائل مشارکتی. دسته دوم معیارهایی هستند که ناشی از تأثیر اجرای پروژه بر جامعه می‌باشند، مانندِ مسائل رفاهی و مباحث ایمنی و سلامت. در این بخش معیارها به پنج زیرشاخه تقسیم‌شده که در ادامه به تشریح آن‌ها پرداخته‌شده است.

تأثیر اجرای پروژه بر جاذبه‌های گردشگری (S_1):

حفظ این آثار ضرورتی انکار ناشدنی است. مجاورت بناهای باستانی، جاذبه‌های تاریخی و اکوسیستم‌های طبیعی منطقه با مکانِ اجرایی پروژه می‌تواند اثرات زیان‌بار و غیرقابل‌جبران بر آن‌ها داشته و صنعت گردشگری منطقه را از اساس ویران‌کند.

اثراتِ اجرایِ پروژه بر جامعه‌ی محلی (S_2):

استفاده از منابع آب، انرژی و تأسیسات زیربنایی مشترک با منطقه می‌تواند مشکلاتی را به‌خصوص در شهرهای کوچک و مناطق دورافتاده به وجود آورد. از طرف دیگر اجرای پروژه مزایایی هم برای منطقه دارد و بدون شک اجرای پروژه‌های بزرگ باعث بهبود تأسیسات، امکانات و شرایط مبادلات منطقه را می‌شود. از نتایج مثبت اجرای پروژه‌های بزرگ در مناطق مختلف به‌خصوص مناطق محروم می‌توان به افزایش سطح رفاه عمومی، افزایش سطح اطلاعات و دانش مردم منطقه، اشتغال‌زایی و کاهش مهاجرت به شهرهای بزرگ اشاره نمود.

تأثیر فرهنگ منطقه بر روند اجرای پروژه (S_3):

سطح سواد، آگاهی و دانش مردم منطقه در همکاری و تسهیل امور مرتبط با پروژه و درک مسائل و مشکلات پیش‌آمده بسیار مهم است. اجرای موفق پروژه در هر منطقه از فرهنگ، باورها و اعتقادات قومی و مذهبی منطقه اثرپذیر می‌باشد.

ایمنی و سلامت (S_4):

ایمنی و سلامت از سه جنبه ایمنی و سلامتی کارگران و افراد پروژه در زمان ساخت و راه‌اندازی پروژه، ایمنی و سلامتی کارکنان در زمان بهره‌برداری و درنهایت تأثیرات ناشی از پروژه بر ایمنی و سلامت اهالی منطقه در زمان ساخت و بهره‌برداری می‌بایست مدنظر قرار گیرد.

مشارکت نهادها و شوراهای محلی و منطقه‌ای (S_5):

نهادهای دولتی منطقه اجرای طرح، همان‌قدر که می‌توانند بروکراسی بازدارنده و یا کُند کننده‌ای در جریان اجرای پروژه ایجاد نمایند، می‌توانند تسهیل‌گر فرآیند پروژه هم باشند؛ درنتیجه در برخی موارد اجرای صحیح و کامل پروژه بدون همکاری و حمایت آن‌ها میسر نمی‌باشد. در بین ذی‌نفعان دولتی سازمان حفاظت محیط‌زیست، فرمانداری، شبکه بهداشت، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی، اداره کار و سایر سازمان‌ها نقش عمده‌ای در تسهیل فرآیند اجرای پروژه و تأمین تسهیلات محلی دارند.

۴-۳. معیارهای زیست‌محیطی

یکی از مهم‌ترین اهداف توسعه پایدار حفظ محیط‌زیست و منابع طبیعی هست. ارزیابی اثرات زیست‌محیطی ناشی از اجرای هر پروژه یکی از مهم‌ترین معیارهای ارزیابی پروژه‌ها و پیش‌نیاز سرمایه‌گذاری در پروژه‌های بزرگ می‌باشد. در این بخش معیارها در پنج دسته کلی جهت پوشش مباحث مربوط به ایجاد آلودگی، منابع و انرژی مصرفی، تأثیر بر منابع آب، مدیریت ضایعات و تأثیر بر اکوسیستم گیاهی و جانوری تقسیم‌بندی می‌شوند.

آلودگی (P_1):

فرآیند ساخت تأسیسات و حفاری درون زمین ازیک‌طرف سبب آلودگی خاک و لایه‌های درون زمین می‌شود و از طرف دیگر می‌تواند آلودگی آب‌های زیرزمینی و آب‌های سطحی را در پی داشته باشد. فرآیندهای اجرا و به‌خصوص بهره‌برداری می‌توانند ازنظر ایجاد سروصدا، گرد و غبار و بوی نامناسب، متصاعد شدن آلاینده‌هایی نظیر Co_2، سرب و غیره سبب کاهش کیفیت هوا گردد. لذا میزان تأثیر آلودگی در لایه‌های زمین، هوا، آب و غیره ازجمله عواملی است که می‌بایست در محل بررسی و مقایسه شود.

منابع و انرژی مصرفی (P_2):

یکی از اهداف توسعه پایدار تأمین نیازهای نسل امروز بدون از بین بردن قابلیت‌های نسل آینده در تأمین نیازهایشان می‌باشد. از این رو استفاده بهینه از منابع برگشت‌ناپذیر طبیعی و استفاده از مصالح و منابعی که ضرر کمتری به محیط‌زیست وارد می‌کنند ضروری می‌باشد.

تأثیر بر منابع آب (P_3):

تأثیر حفاری و ساخت پروژه بر جریان آب‌های سطحی و زیرزمینی و تبعات بعدی آن مانند خشک شدن چاه‌های منطقه براثر افزایش استخراج آب از آن‌ها، کاهش آب پشت یک سد، بحران در آب شرب و تأمین آب موردنیاز برای کشاورزی ازجمله مواردی است که می‌بایست در نظر گرفته شوند.

تأثیر بر اکوسیستم گیاهی و جانوری (P_4):

اجرای پروژه در یک منطقه و تبدیل شدن آن به یک منطقه صنعتی می‌تواند تهدیدی برای گونه‌های نادر و خاص گیاهی و جانوری باشد و یا باعث کوچ اجباری جانوران از آن محل گردد.

مدیریت ضایعات (P_5):

به حداقل رساندن میزان اتلاف انرژی مصرفی و جلوگیری از هدر رفت مواد هیدروکربوری ذخیره‌شده در مخزن در زمان بهره‌برداری ازجمله این موارد می‌باشند.

منابع و انرژی مصرفی (P_6):

به حداقل رساندن میزان اتلاف انرژی مصرفی و جلوگیری از هدر رفت مواد هیدروکربوری ذخیره‌شده در مخزن در زمان بهره‌برداری ازجمله این موارد می‌باشند.

۵. محاسبه وزن معیارها با استفاده از روش AHP گروهی

در این مرحله از روش تحلیل سلسله مراتبی گروهی[1] استفاده‌شده است. از روش تحلیل سلسله مراتبی گروهی (GAHP) زمانی استفاده می‌شود که بخواهیم از دیدگاه چندین کارشناس برای انجام مقایسه‌های زوجی استفاده کنیم. به‌عبارتی‌دیگر فرآیند تحلیل سلسله مراتبی گروهی روشی برای انجام و تجمیع مقایسه‌های زوجی بر اساس دیدگاه گروهی از خبرگان جهت بهبود تصمیم‌گیری می‌باشد. این روش به‌نوعی ادامه بحث فرایند تحلیل سلسله مراتبی است. در واقع یکی از مهم‌ترین کاربردهای تصمیم‌گیری چندمعیاره، کاربرد آن‌ها در تصمیم‌گیری گروهی است. مزیت تحلیل سلسله مراتبی گروهی در مقایسه با روش غیر گروهی آن است که می‌توان علاوه بر حفظ مزایای روش تحلیل سلسله مراتبی، معایب روش تصمیم‌گیری گروهی مانند کندی در محاسبات و امثالهم را به حداقل رساند. همچنین در این روش از فن بردار ویژه برای عناصر مقایسات زوجی استفاده‌شده است.

پس از شناسایی معیارهای مکان‌یابی پرسشنامه‌ای جهت اولویت‌بندی معیارها تهیه گردید. پرسشنامه به‌گونه‌ای طراحی گردید که در ابتدا سه معیار اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیست (سطح دوم از نمودار سلسه‌مراتبی) با یکدیگر مقایسه و اولویت‌بندی شوند به ترتیبی که عدد ۱ نشان‌دهنده معیار با بیشترین اولویت، عدد ۲ نشان‌دهنده معیار با اولویت دوم و اعداد بعدی نشان‌دهنده اولویت‌های بعدی می‌باشند. سپس در سطوح پایین‌تر نمودار سلسله مراتبی، اولویت معیارهای اقتصادی در ۵ دسته کلی (یک دسته جهت مقایسه معیارهای اصلی و ۴ دسته در خصوص مقایسه زیر معیارها) و پس از آن اولویت معیارهای اجتماعی و محیط‌زیست توسط هر یک از پاسخ‌دهندگان و به ترتیبی که بیان شد مشخص گردیدند. برای مثال اولویت‌های تعیین‌شده هر یک از افراد برای مقایسه اهمیت معیارهای اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیست (سطح اول نمودار سلسه‌مراتبی) به شرح مندرج در (جدول ۱) می‌باشد. ترجیحات ۴۱ نفر (k=۴۱) برای سه معیار فوق عبارت است از:

جدول ۱: آرای خبرگان در خصوص معیارهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی

ردیف	ارجحیت	تعداد رأی‌دهنده
۱	E>S>P	۷
۲	E>P>S	۱۹
۳	S>E>P	۰
۴	S>P>E	۰
۵	P>E>S	۱۲
۶	P>S>E	۳

در جدول فوق E نشان‌دهنده معیار اقتصادی، S نشان‌دهنده معیار اجتماعی و P بیانگر معیار محیط‌زیست است. برای مثال تعداد نفراتی که اهمیت معیار اقتصادی را بیش از اجتماعی دانسته‌اند از جمع ردیف‌های ۱، ۲ و ۵ جدول فوق به دست می‌آید که برابر ۳۸ می‌باشد و ۳ نفر نیز عقیده‌ای عکس این یعنی ارجح دانستن معیار اجتماعی به اقتصادی دارند. عدد مندرج در سطر اول و ستون دوم نسبت E/S یعنی ۳۸/۳ را نشان می‌دهد.

1. GAHP

بنابراین برای نسبت رأی‌دهندگان داریم:

$$D_{3\times3}=\begin{array}{c} \\ E \\ S \\ P \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{ccc} E & S & P \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & \frac{38}{3} & \frac{26}{15} \\ \frac{3}{38} & 1 & \frac{7}{34} \\ \frac{15}{26} & \frac{34}{7} & 1 \end{bmatrix} \end{array} \quad (۱)$$

مرحله اول:

گام اول: محاسبه De (e یک ماتریس ستونی واحد است)

$$De=\begin{bmatrix} 1 & 12.6667 & 1.7333 \\ 0.07895 & 1 & 0.1707 \\ 0.57692 & 4.85714 & 1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix}1\\1\\1\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}15.4\\1.25\\6.43\end{bmatrix} \quad (۲)$$

گام دوم:

$$e^t.De=(1 \quad 1 \quad 1)\begin{bmatrix}15.4\\1.25\\6.43\end{bmatrix}=23.0837 \quad (۳)$$

گام سوم: محاسبه وزن هر معیار

$$W_2=\frac{De}{e^t\,De}=\begin{bmatrix}0.67\\0.054\\0.28\end{bmatrix} \quad (۴)$$

تا همگرا شدن وزن مراحل بالا را تکرار می‌کنیم:

مرحله دوم:

(۵)

$$D^2=\begin{bmatrix}3 & 33.75 & 5.63\\0.26 & 2.83 & 0.48\\1.54 & 17.2 & 2.83\end{bmatrix}\quad D^2e=\begin{bmatrix}42.38\\3.56\\21.39\end{bmatrix}\quad e^t.D^2e=۶۷/۳۳\quad W_2=\begin{bmatrix}0.63\\0.053\\0.32\end{bmatrix}$$

مرحله سوم:

(۶)

$$D^3=\begin{bmatrix}8.91 & 99.09 & 16.59\\0.76 & 8.40 & 1.41\\4.51 & 50.23 & 8.40\end{bmatrix}\quad D^3e=\begin{bmatrix}124.599\\10.56\\63.15\end{bmatrix}\quad e^t.D^3e=۱۹۸/۳۱۱\quad W_3=\begin{bmatrix}0.63\\0.053\\0.32\end{bmatrix}$$

همان‌گونه که رابطه فوق نشـان می‌دهد نتایج حاصله پس از انجـام ۳ مرحله محاسـبات همگرا گردیده‌انـد و بیانگر این مطلب می‌باشند که معیار اقتصادی با ۶۳٪ اهمیت، اولویت ۱ و معیارهـای محیط‌زیسـت و اجتماعی بـا اوزان ۳۲٪ و ۵٪ به ترتیب در اولویت‌های دوم و سوم قرار می‌گیرند. بدین ترتیب محاسـبات فـوق در هـر یک از گروه‌هـا تا همگرا شـدن اوزان انجام گردید که محاسـبات و نتایج آن برای تمامی گروه‌ها در ادامه آورده شده است.

۵-۱. وزن معیارها و زیر معیارهای اقتصادی

نتایج حاصل از مقایسـه ۴ معیار اصلی اقتصادی به شـرح (جدول ۲) می‌باشـد. در جدول مذکور E_1 بیانگر معیار سود و هزینه، E_2 محدودیت‌های ژئوتکنیکی و ساخت، E_3 مختصات جغرافیایی و E_4 مسائل سیاسی و استراتژیک می‌باشد.

جدول ۲: ارجحیت افراد برای مقایسه معیارهای اصلی اقتصادی

E		
ردیف	ارجحیت	تعداد رأی‌دهنده
۱	$E_1>E_3>E_2>E_4$	۲
۲	$E_2>E_1>E_4>E_3$	۳
۳	$E_1>E_3>E_4>E_2$	۱
۴	$E_2>E_3>E_1>E_4$	۶
۵	$E_1>E_4>E_2>E_3$	۳
۶	$E_3>E_2>E_1>E_4$	۲
۷	$E_3>E_1>E_2>E_4$	۲
۸	$E_4>E_1>E_2>E_3$	۴
۹	$E_2>E_3>E_4>E_1$	۲
۱۰	$E_4>E_3>E_1>E_2$	۳
۱۱	$E_1>E_2>E_3>E_4$	۳
۱۲	$E_4>E_2>E_1>E_3$	۱
۱۳	$E_1>E_2>E_4>E_3$	۲
۱۴	$E_2>E_1>E_3>E_4$	۴
۱۵	$E_2>E_4>E_1>E_3$	۱
۱۶	$E_4>E_3>E_1>E_2$	۱
۱۷	$E_4>E_1>E_3>E_2$	۱

بنابراین برای نسبت رأی‌دهندگان داریم:

(۷)

$$D_{3\times3}=\begin{array}{c} \\ E_1 \\ E_2 \\ E_3 \\ E_4 \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{cccc} E_1 & E_2 & E_3 & E_4 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & \frac{23}{18} & \frac{24}{17} & \frac{28}{13} \\ \frac{23}{18} & 1 & \frac{28}{13} & \frac{24}{17} \\ \frac{15}{26} & \frac{13}{28} & 1 & \frac{22}{19} \\ \frac{13}{28} & \frac{14}{27} & \frac{19}{22} & 1 \end{bmatrix} \end{array}=\begin{array}{c} \begin{array}{cccc} E_1 & E_2 & E_3 & E_4 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & 1.27778 & 1.41176 & 2.15385 \\ 1.27778 & 1 & 2.15385 & 1.92857 \\ 0.57692 & 0.46429 & 1 & 1.15789 \\ 0.46429 & 0.51852 & 0.86384 & 1 \end{bmatrix} \end{array}$$

پس از ۴ مرحله انجام محاسـبات اوزان همگرا می‌شوند که به نتایج هر مرحله بدین شرح می‌باشد:

$$W_1=\begin{bmatrix}.31413\\.341913\\.17198\\.17198\end{bmatrix}\quad W_2=\begin{bmatrix}.327084\\.348199\\.170323\\.154393\end{bmatrix}\quad W_3=\begin{bmatrix}.327322\\.348189\\.170222\\.154267\end{bmatrix}\quad W_4=\begin{bmatrix}.327322\\.348198\\.170218\\.154262\end{bmatrix} \quad (۸)$$

همان‌طـور که ملاحظـه گردید پس از همگرا شـدن نتایج اوزان به‌دست‌آمده برای هریک از معیارها به ترتیب برابر است بـا ۳۳٪ بـرای معیار سـود و هزینـه، ۳۵٪ برای معیار مسـائل سـاخت، ۱۷٪ بـرای محدودیت‌هـای دسترسـی و ۱۵٪ بـرای مسائل استراتژیک.

در خصـوص زیـر معیارهای بخش سـود و هزینه ارجحیت افـراد در (جـدول ۳) نشـان داده‌شـده‌اند. در این جـدول E_{11} نشان‌دهنده هزینه‌های اجرا و بهره‌برداری، E_{12} بیانگر تأثیرات اقتصادی بر منطقه و E_{13} انگیزه‌های سـرمایه‌گذاری را نشـان می‌دهند.

جدول ۳: ارجحیت افراد برای مقایسه زیر معیارهای سود و هزینه

E_1		
ردیف	ارجحیت	تعداد رأی‌دهنده
۱	$E_{11}>E_{12}>E_{13}$	۱
۲	$E_{11}>E_{13}>E_{12}$	۸
۳	$E_{12}>E_{11}>E_{13}$	۵
۴	$E_{12}>E_{13}>E_{11}$	۱۱
۵	$E_{13}>E_{11}>E_{12}$	۳
۶	$E_{13}>E_{12}>E_{11}$	۱۳

برای نسبت رأی‌دهندگان داریم:

$$D_{3\times3}=\begin{array}{c} \\ E_{11}\\ E_{12}\\ E_{13}\end{array}\begin{array}{c}\begin{array}{ccc}E_{11} & E_{12} & E_{13}\end{array}\\ \begin{bmatrix}1 & \frac{29}{12} & \frac{27}{14}\\ \frac{12}{29} & 1 & \frac{24}{17}\\ \frac{14}{27} & \frac{17}{24} & 1\end{bmatrix}\end{array}=\begin{array}{c}\begin{array}{ccc}E_{11} & E_{12} & E_{13}\end{array}\\ \begin{bmatrix}1 & 2.41667 & 1.928571\\ .413793 & 1 & 1.411765\\ .518519 & .708333 & 1\end{bmatrix}\end{array} \quad (۹)$$

پس از ۶ مرحله انجام محاسبات اوزان همگرا می‌شوند که به نتیجه بدین شرح می‌باشد:

$$W_6=\begin{bmatrix}.51859\\ .25902\\ .22239\end{bmatrix} \quad (۱۰)$$

ماتریس فوق نشان‌دهنده وزن معیار هزینه‌های ساخت و بهره‌برداری به میزان ۵۲٪، اهمیت معیار تأثیر بر اقتصاد منطقه حدود ۲۶٪ و وزن معیار سرمایه‌گذاری به میزان ۲۲٪ می‌باشد.

نظرات خبرگان در خصوص زیرمعیارهای دومین معیار اصلی بخش اقتصادی نیز در (جدول ۴) نشان داده‌شده است. در این جدول E_{21}، E_{22} و E_{23} به ترتیب نشان‌دهنده روش‌ها و مسائل ساخت، مشخصات زمین‌شناسی منطقه و وجود منابع و معادن فعال و غیرفعال در نزدیکی مخزن می‌باشد.

جدول ۴: ارجحیت افراد برای مقایسه زیر معیارهای محدودیت‌های ژئوتکنیکی و ساخت

E_2		
ردیف	ارجحیت	تعداد رأی‌دهنده
۱	$E_{21}>E_{22}>E_{23}$	۶
۲	$E_{21}>E_{23}>E_{22}$	۸
۳	$E_{22}>E_{21}>E_{23}$	۰
۴	$E_{22}>E_{23}>E_{21}$	۰
۵	$E_{23}>E_{21}>E_{22}$	۱۸
۶	$E_{23}>E_{22}>E_{21}$	۹

لذا ماتریس نسبت رأی‌دهندگان بدین‌صورت می‌باشد:

$$D_{3\times3}=\begin{array}{c} \\ E_{21}\\ E_{22}\\ E_{23}\end{array}\begin{array}{c}\begin{array}{ccc}E_{21} & E_{22} & E_{23}\end{array}\\ \begin{bmatrix}1 & \frac{9}{32} & \frac{27}{14}\\ \frac{32}{9} & 1 & \frac{35}{6}\\ \frac{14}{27} & \frac{6}{35} & 1\end{bmatrix}\end{array}=\begin{bmatrix}1 & .28125 & 1.928571\\ 3.55556 & 1 & 5.83333\\ .518519 & .17143 & 1\end{bmatrix} \quad (۱۱)$$

لذا ماتریس نسبت رأی‌دهندگان بدین‌صورت می‌باشد:

$$W_6=\begin{bmatrix}.20337\\ .68533\\ .11129\end{bmatrix} \quad (۱۲)$$

نتایج محاسبات نشان می‌دهد که وزن معیارهای روش‌ها و مسائل ساخت، مشخصات زمین‌شناسی و مجاورت مخزن با منابع و معادن فعال و غیرفعال به ترتیب برابر ۲۰٪، ۶۹٪ و ۱۱٪ می‌باشد. نتایج ارزیابی زیرمعیارهای بخش مختصات جغرافیایی و مسائل دسترسی نیز در (جدول ۵) آمده است.

جدول ۵: ارجحیت افراد برای مقایسه زیر معیارهای مختصات جغرافیایی و مسائل دسترسی

E_3		
ردیف	ارجحیت	تعداد رأی‌دهنده
۱	$E_{31}>E_{32}>E_{33}$	۱۷
۲	$E_{31}>E_{33}>E_{32}$	۲۱
۳	$E_{33}>E_{31}>E_{32}$	۰
۴	$E_{33}>E_{32}>E_{31}$	۱
۵	$E_{32}>E_{31}>E_{33}$	۱
۶	$E_{32}>E_{33}>E_{31}$	۱

ماتریس نسبت‌ها و نتیجه همگرایی اوزان پس از ۶ مرحله محاسبات انجام‌شده به شرح ذیل می‌باشد:

$$D_{3\times3}=\begin{array}{c} \\ E_{31}\\ E_{32}\\ E_{33}\end{array}\begin{array}{c}\begin{array}{ccc}E_{31} & E_{32} & E_{33}\end{array}\\ \begin{bmatrix}1 & \frac{2}{39} & \frac{1}{40}\\ \frac{2}{39} & 1 & \frac{22}{19}\\ \frac{40}{1} & \frac{19}{22} & 1\end{bmatrix}\end{array}=\begin{bmatrix}1 & .051282 & .025\\ 19.5 & 1 & 1.157895\\ 40 & .863636 & 1\end{bmatrix} \quad (۱۳)$$

$$W_6=\begin{bmatrix}.017544\\ .456477\\ .525979\end{bmatrix} \quad (۱۴)$$

لذا اوزان معیارها برابر ۲٪ برای معیار دسترسی به شهرهای بزرگ و راه‌های اصلی (E_{31})، ۴۶٪ برای نزدیکی به پایانه‌های صادراتی و وارداتی (E_{32}) و ۵۲٪ بابت نزدیکی به مسیرهای انتقال نفت و میادین نفتی (E_{33}) می‌باشد.

(جدول ۶) نیز اولویت‌های پاسخ‌دهندگان در خصوص اهمیت زیر معیارهای مسائل سیاسی و استراتژیک را نشان می‌دهد.

جدول ۶: ارجحیت افراد برای مقایسه زیر معیارهای مسائل سیاسی و استراتژیک

E_3		
ردیف	ارجحیت	تعداد رأی‌دهنده
۱	$E_{41}>E_{42}>E_{43}$	۴
۲	$E_{41}>E_{43}>E_{42}$	۲۳
۳	$E_{43}>E_{41}>E_{42}$	۳
۴	$E_{43}>E_{42}>E_{41}$	۴
۵	$E_{42}>E_{41}>E_{43}$	۴
۶	$E_{42}>E_{43}>E_{41}$	۳

ماتریس نسبت‌ها و نتیجه همگرایی اوزان پس از ۶ مرحله محاسبات نشان‌دهنده اهمیت معیارهای تأثیر سازمان‌ها و ارگان‌های مرتبط با پروژه (E_{41}) به میزان ۱۲٪، ثبات و امنیت داخلی و خارجی (E_{42}) معادل ۶۱٪ و امکان توسعه آتی ۲۷٪ می‌باشد.

$$D_{3\times3}=\begin{array}{c} \\ E_{41}\\ E_{42}\\ E_{43}\end{array}\begin{array}{c}\begin{array}{ccc}E_{41} & E_{42} & E_{43}\end{array}\\ \begin{bmatrix}1 & \frac{8}{33} & \frac{11}{30}\\ \frac{33}{8} & 1 & \frac{30}{11}\\ \frac{30}{11} & \frac{11}{30} & 1\end{bmatrix}\end{array}=\begin{bmatrix}1 & .242424 & .366667\\ 4.125 & 1 & 2.727273\\ 2.727273 & .366667 & 1\end{bmatrix} \quad (۱۵)$$

$$W_6=\begin{bmatrix}.121041\\ .607733\\ .271224\end{bmatrix} \quad (۱۶)$$

(جدول ۷) وزن هر یک از معیارهای اصلی بخش اقتصادی و زیر معیارهای آن‌ها را نشان می‌دهد. در این جدول، وزن هر یک از زیر معیارها نسبت به‌تمامی ۱۲ زیر معیار بخش اقتصادی با در نظر گرفتن ضریب اهمیت معیار اصلی مربوطه مشخص‌شده است. برای مثال معیار هزینه‌های اجرا و بهره‌برداری در گروه سود و هزینه ضریب وزنی معادل ۵۲٪ را به خود اختصاص داده است، درحالی‌که نسبت به‌کل معیارهای اقتصادی اهمیتی برابر ۱۷٪ را دارا می‌باشد (۱۷٪ =۵۲٪ *۳۳٪).

جدول ۱. اطلاعات اقتصادی برای تبدیل واحد متانول به پروپیلن در ایران

وزن نسبت به‌کلبه کل معیارهای اقتصادی	وزن در هر گروه	زیر معیار	وزن معیار اصلی	معیار اصلی
۱۷/۱۱	٪۵۲	هزینه‌های اجرا، ساخت و بهره‌برداری	٪۳۳	مباحث سود و هزینه
۸/۵۵	٪۲۶	تأثیرات اقتصادی بر منطقه		
۷/۳۴	٪۲۲	انگیزه‌های سرمایه‌گذاری در منطقه		
۸/۴۲	٪۲۰	روش‌ها و مسائل ساخت	٪۳۵	محدودیت‌های ژئوتکنیکی و ساخت
۲۱/۹۸	٪۶۹	مشخصات زمین‌شناسی منطقه		
۴/۶۱	٪۱۱	منابع فعال/غیرفعال در نزدیکی مخزن		
۰/۳	٪۲	دسترسی به شهرهای بزرگ/ راه‌های اصلی	٪۱۷	مختصات جغرافیایی و دسترسی
۷/۷۶	٪۴۶	پایانه‌های وارداتی/ صادراتی		
۸/۹۴	٪۵۲	دسترسی به مناطق نفتی و مسیرهای انتقال نفت		
۱/۸۱	٪۱۲	تأثیر سازمان و ارگان‌های دولتی مرتبط با پروژه	٪۱۶	مسائل سیاسی و استراتژیک
۹/۱۱	٪۶۱	ثبات و امنیت داخلی و خارجی منطقه		
۴/۰۷	٪۲۷	امکان توسعه‌های آتی و افزایش ظرفیت مخزن		

۵-۲. وزن معیارهای اجتماعی

برای ۵ معیار اصلی بخش اجتماعی نتایج نظرات در (جدول ۸) درج گردیده است. در جدول مذکور S_1 معیار تأثیر بر جاذبه‌های گردشگری، S_2 تأثیرات پروژه بر جامعه محلی، S_3 تأثیر فرهنگ منطقه بر روند اجرای پروژه، S_4 ایمنی و سلامت و S_5 مشارکت نهادها و شوراهای محلی و منطقه‌ای را نشان می‌دهند.

جدول ۸: ارجحیت افراد برای مقایسه معیارهای اجتماعی

S		
ردیف	ارجحیت	تعداد رأی‌دهنده
۱	$S_4 > S_1 > S_2 > S_3 < S_5$	۳
۲	$S_4 > S_2 > S_1 > S_3 > S_5$	۴
۳	$S_4 > S_2 > S_1 > S_5 > S_3$	۲
۴	$S_4 > S_1 > S_2 > S_5 > S_3$	۳
۵	$S_4 > S_1 > S_5 > S_2 > S_3$	۱
۶	$S_4 > S_3 > S_2 > S_1 > S_5$	۲
۷	$S_4 > S_3 > S_2 > S_5 > S_1$	۳
۸	$S_1 > S_4 > S_5 > S_3 > S_2$	۲
۹	$S_4 > S_5 > S_3 > S_2 > S_1$	۲
۱۰	$S_4 > S_1 > S_5 > S_3 > S_2$	۱
۱۱	$S_1 > S_2 > S_3 > S_4 > S_5$	۱
۱۲	$S_2 > S_3 > S_5 > S_4 > S_1$	۲
۱۳	$S_4 > S_2 > S_3 > S_5 > S_1$	۱
۱۴	$S_3 > S_5 > S_2 > S_1 > S_4$	۱
۱۵	$S_4 > S_2 > S_3 > S_1 > S_5$	۲
۱۶	$S_4 > S_1 > S_3 > S_2 > S_5$	۱
۱۷	$S_4 > S_5 > S_2 > S_3 > S_1$	۲
۱۸	$S_2 > S_4 > S_5 > S_3 > S_1$	۱
۱۹	$S_4 > S_2 > S_5 > S_1 > S_3$	۲
۲۰	$S_2 > S_4 > S_3 > S_1 > S_5$	۱
۲۱	$S_5 > S_4 > S_3 > S_1 > S_2$	۱
۲۲	$S_4 > S_5 > S_2 > S_1 > S_3$	۱
۲۳	$S_2 > S_3 > S_4 > S_5 > S_1$	۱
۲۴	$S_4 > S_2 > S_5 > S_3 > S_1$	۱

همچنین وزن معیارها بر اساس روش محاسبه ذکرشده در بالا محاسبه گردیده است که ماتریس نسبت‌ها و نتایج همگرا شدن اوزان پس از ۴ مرحله انجام محاسبات بدین‌صورت می‌باشد:

$$D=\begin{array}{c} \begin{matrix} S_1 & S_2 & S_3 & S_4 & S_5 \end{matrix} \\ \begin{bmatrix} 1 & 13/28 & 21/20 & 4/37 & 23/18 \\ 28/13 & 1 & 28/13 & 6/33 & 30/11 \\ 20/21 & 13/28 & 1 & 4/37 & 21/22 \\ 37/4 & 33/6 & 37/4 & 1 & 38/3 \\ 28/23 & 11/30 & 22/21 & 3/38 & 1 \end{bmatrix} \end{array} = \quad (۱۷)$$

$$\begin{array}{c} \begin{bmatrix} 1 & .46429 & 1.05 & .10811 & 1.27778 \\ 2.15385 & 1 & 2.15385 & .18182 & 2.72727 \\ .95238 & .46429 & 1 & .10811 & .95455 \\ 9.25 & 5.5 & 9.25 & 1 & 12.667 \\ 1.21739 & .36667 & 1.04762 & .07895 & 1 \end{bmatrix} \begin{matrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \\ S_5 \end{matrix} \end{array}$$

$$W_4 = \begin{bmatrix} .068261 \\ .138738 \\ .063139 \\ .668509 \\ 0.061352 \end{bmatrix} \quad (۱۸)$$

وزن هر یک از معیارهای اجتماعی در (جدول ۹) نشان داده‌شده‌اند:

جدول ۹: وزن معیارهای بخش اجتماعی

میزان اهمیت	معیار اصلی
٪۷	تأثیر بر جاذبه‌های گردشگری
٪۱۴	تأثیرات پروژه بر جامعه محلی
٪۶	تأثیر فرهنگ منطقه بر روند اجرای پروژه
٪۶۷	ایمنی و سلامت
٪۶	مشارکت شوراهای محلی و منطقه‌ای

۵-۳. وزن معیارهای محیط‌زیست

نظرات پاسخ‌دهندگان در خصوص ارزیابی ۵ معیار اصلی محیط‌زیست و نتایج محاسبات به شرح (جدول ۱۰) و محاسبات ذیل می‌باشد:

جدول ۱۰: ارجحیت افراد برای مقایسه معیارهای محیط‌زیست

P		
ردیف	ارجحیت	تعداد رأی‌دهنده
۱	$P_1>P_3>P_4>P_2<P_5$	۳
۲	$P_1>P_3>P_4>P_5<P_2$	۸
۳	$P_1>P_4>P_3>P_2<P_5$	۱
۴	$P_2>P_5>P_3>P_1<P_4$	۱
۵	$P_2>P_3>P_1>P_4<P_5$	۱
۶	$P_1>P_4>P_5>P_3<P_2$	۱
۷	$P_3>P_4>P_1>P_2<P_5$	۲
۸	$P_2>P_1>P_3>P_4<P_5$	۲
۹	$P_3>P_1>P_5>P_4<P_2$	۳
۱۰	$P_1>P_2>P_5>P_3<P_4$	۱
۱۱	$P_3>P_1>P_4>P_5<P_2$	۲
۱۲	$P_3>P_1>P_4>P_2<P_5$	۴
۱۳	$P_1>P_5>P_2>P_3<P_4$	۱
۱۴	$P_1>P_3>P_5>P_4<P_2$	۱
۱۵	$P_1>P_3>P_5>P_2<P_4$	۱
۱۶	$P_1>P_4>P_2>P_5<P_3$	۱
۱۷	$P_1>P_5>P_3>P_4<P_2$	۱
۱۸	$P_5>P_4>P_1>P_3<P_2$	۱
۱۹	$P_1>P_2>P_3>P_4<P_5$	۱
۲۰	$P_2>P_5>P_3>P_4<P_1$	۱
۲۱	$P_3>P_1>P_2>P_4<P_5$	۱
۲۲	$P_5>P_2>P_1>P_3<P_4$	۲
۲۳	$P_1>P_4>P_3>P_5<P_2$	۱

$$D=\begin{array}{c}\begin{matrix}P_1 & P_2 & P_3 & P_4 & P_5\end{matrix}\\ \begin{bmatrix}1 & 8/33 & 25/16 & 36/5 & 35/6\\ 8/33 & 1 & 10/31 & 11/30 & 19/22\\ 16/25 & 31/10 & 1 & 35/6 & 31/10\\ 5/36 & 30/11 & 6/35 & 1 & 28/13\\ 6/35 & 22/19 & 10/31 & 13/28 & 1\end{bmatrix}\end{array}= \quad (۱۹)$$

$$\begin{bmatrix}1 & 4.125 & 1.5625 & 7.2 & 5.83333\\ .24242 & 1 & .32258 & .36667 & .86364\\ .64 & 3.1 & 1 & 5.83333 & 3.1\\ .13889 & 2.72727 & .17143 & 1 & 2.15385\\ .17143 & 1.15789 & .32258 & .46429 & 1\end{bmatrix}$$

$$W_4=\begin{bmatrix}.445837\\ .07075\\ .306901\\ .105884\\ .070628\end{bmatrix} \quad (۲۰)$$

(جدول ۱۱) نیز اوزان به‌دست‌آمده برای هر یک از معیارهای بخش محیط‌زیست را نشان می‌دهد.

جدول ۱۱: وزن معیارهای بخش محیط‌زیست

معیار اصلی	میزان اهمیت
آلودگی	٪۴۴
انرژی	٪۷
تأثیر بر منابع آب	٪۳۱
تأثیر بر اکوسیستم گیاهی و جانوری	٪۱۱
مدیریت ضایعات	٪۷

به‌طور خلاصه میزان اهمیت معیارهای اصلی و زیرمجموعه هر یک از این ابعاد به همراه میزان اهمیت آن‌ها در (شکل ۱) نشان داده‌شده است.

شکل ۱: وزن هر یک از ابعاد توسعه پایدار و معیارهای اصلی زیرمجموعه آن‌ها

۶. تحلیل و اولویت‌بندی معیارها

پس از انجام محاسبات و تعیین وزن معیارها و زیرمعیارها، در ادامه به بیان اولویت‌ها و تحلیل نتایج پرداخته می‌شود. نتایج ابتدا در هر زیرگروه تحلیل می‌شوند و سپس به بررسی نتایج در گروه‌های اصلی پرداخته می‌شود، به‌عبارت‌دیگر بررسی نمودار سلسله مراتبی از پایین به بالا انجام می‌شود.

۶-۱. تحلیل معیارهای اقتصادی

در خصوص مباحث سود و هزینه نتایج نشان می‌دهد که بیش از نیمی از اهمیت این بخش را هزینه‌های اجرا، ساخت و بهره‌برداری شامل می‌شوند. این در حالی است که زیر معیارهای تأثیرات اقتصادی بر منطقه و انگیزه‌های سرمایه‌گذاری در منطقه بااهمیت تقریباً مساوی با یکدیگر و از اولویت کمتری برخوردارند که علت آن می‌تواند به دلیل نامشهود بودن اثرات اقتصادی بر جامعه/ منطقه اجرای پروژه و یا روش‌های مختلف تأمین مالی پروژه‌ها باشد. حال‌آنکه میزان هزینه و درآمد همواره یکی از شاخص‌هایی است که در مطالعات و ارزیابی توجیه‌پذیری اقتصادی پروژه‌ها عاملی تعیین‌کننده می‌باشد.

در خصوص محدودیت‌های ژئوتکنیکی و ساخت نیز همان‌گونه که در متن شرح داده شد، مشخصات زمین‌شناسی منطقه تأثیر بسیار زیادی در انتخاب محل مناسب برای اجرای پروژه دارد و نتایج تحقیق نیز نشان می‌دهد حدود ٪۷۰ اولویت بخش فنی مهندسی بر وضعیت زمین‌شناسی منطقه تعلق دارد و درحالی‌که انتخاب روش مناسب ساخت و مجاورت با معادن و منابع فعال و غیرفعالی به ترتیب با ٪۲۰ و ٪۱۰ در اولویت‌های بعدی قرار دارند.

دسته سوم از معیارهای اقتصادی که مختصات جغرافیایی و مسائل دسترسی می‌باشد نیز حدود ٪۹۸ اولویت این بخش بر نزدیکی به مناطق نفتی و مسیرهای انتقال نفت (٪۵۲) و نزدیکی به پایانه‌های صادراتی و وارداتی نفت خام (٪۴۶)

تعلق دارد. نکته جالب‌توجه در این بخش این است که هرچند دسترسی به شهرهای بزرگ و راه‌های اصلی می‌تواند مزایایی چون تسریع در تأمین و تدارکات کالا و تجهیزات، دسترسی به امکانات بیشتر برای اسکان کارکنان، تسهیل در رفت و آمدها و استفاده از زیرساخت‌های منطقه را به همراه داشته باشد ولی این موضوع نقش چندانی در مکان‌یابی مخازن زیرزمینی ندارد.

آخرین دسته از معیارهای اقتصادی مسائل سیاسی و استراتژیک می‌باشند که با توجه به اینکه عدم ثبات و امنیت داخلی و خارجی می‌تواند پروژه را از ابعاد مختلفی مانند تأمین تجهیزات خارجی، عدم مشارکت شرکت‌های داخلی و خارجی در طراحی و اجرای پروژه، انتقال تکنولوژی و تأمین سرمایه موردنیاز با چالش مواجه کند لذا این موضوع بیش از ۶۰٪ اهمیت مسائل سیاسی و استّراتژیک را به خود اختصاص داده است. در همین بخش دارا بودن قابلیت افزایش ظرفیت مخزن و امکان توسعه‌های آتی از ۲۷٪ اهمیت برخوردار است. از طرف دیگر، هرچند پروژه احداث مخازن زیرزمینی ازجمله پروژه‌های بزرگی است که برای اجرای موفقیت‌آمیز آن نیاز به هماهنگی و همکاری سازمان‌های دولتی و ارگان‌های مختلف منطقه مرتبط می‌باشد ولی تنها ۱۲٪ از شرکت‌کنندگان در تحقیق آن را عاملی تأثیرگذار در مکان‌یابی داشته‌اند.

حال پس از بررسی میزان اولویت زیر معیارهای بخش اقتصادی به بیان تحلیل ارزیابی اهمیت معیارهای اصلی این بخش پرداخته می‌شود. از ۴ معیار اصلی در این بخش دو معیار محدودیت‌های ژئوتکنیکی و ساخت و مباحث سود و هزینه بیش از ۲/۳ اهمیت را دارا می‌باشند درحالی‌که دو معیار دیگر (مختصات جغرافیایی و دسترسی و مسائل سیاسی و استراتژیک) تنها ۱/۳ اولویت‌ها را تشکیل می‌دهند که علت آن نیز اهمیت زیر معیارها در هر بخش است که قبلاً به‌تفصیل بیان گردید.

(جدول ۱۲) اولویت زیر معیارهای بخش اقتصادی را بر اساس اوزان به‌دست‌آمده نشان می‌دهد:

جدول ۱۲: معیارها و زیر معیارهای بخش اقتصادی به ترتیب اولویت

اولویت در کل	درصد نسبت به‌کل معیارهای اقتصادی	وزن در هر گروه	معیار اصلی	زیر معیار
۱	۲۱/۹۸	٪۴۴	محدودیت‌های ژئوتکنیکی و ساخت	مشخصات زمین‌شناسی منطقه
۲	۱۷/۱۱	٪۳۱	مباحث سود و هزینه	هزینه‌های اجرا، ساخت و بهره‌برداری
۳	۹/۱۱	٪۱۱	مسائل سیاسی و استراتژیک	ثبات و امنیت داخلی و خارجی منطقه
۴	۸/۹۴	٪۳۱	مختصات جغرافیایی/ دسترسی	دسترسی به مناطق نفتی/ مسیرهای انتقال نفت
۵	۸/۵۵	٪۱۱	مباحث سود و هزینه	تأثیرات اقتصادی بر منطقه
۶	۸/۴۲	٪۳۱	محدودیت‌های ژئوتکنیکی و ساخت	روش‌ها و مسائل ساخت
۷	۷/۷۶	٪۳۱	مختصات جغرافیایی/ دسترسی	پایانه‌های وارداتی/ صادراتی
۸	۷/۳۴	٪۱۱	مباحث سود و هزینه	انگیزه‌های سرمایه‌گذاری در منطقه
۹	۴/۶۱	٪۳۱	محدودیت‌های ژئوتکنیکی و ساخت	منابع فعال/غیرفعال در نزدیکی مخزن
۱۰	۴/۰۷	٪۱۱	مسائل سیاسی و استراتژیک	امکان توسعه‌های آتی و افزایش ظرفیت مخزن
۱۱	۱/۸۱	٪۷	مسائل سیاسی و استراتژیک	تأثیر سازمان و ارگان‌های دولتی و مرتبط با پروژه
۱۲	۰/۳	٪۷	مختصات جغرافیایی/ دسترسی	دسترسی به شهرهای بزرگ/ راه‌های اصلی

۶-۲. تحلیل معیارهای اجتماعی

پس از بررسی معیارهای اقتصادی به بررسی معیارها از دومین بُعد توسعه پایدار یعنی جنبه اجتماعی پرداخته می‌شود. از میان ۵ معیار شناسایی‌شده در این بخش معیار ایمنی و سلامت جامعه و افراد درگیر در پروژه با اهمیتی به میزان ۶۷٪ ازنظر شرکت‌کنندگان در تحقیق بیشترین اولویت را به خود اختصاص داده است. دومین معیار مهم بخش اجتماعی تأثیرات ناشی از اجرای پروژه بر جامعه محلی می‌باشد که اهمیتی حدود ۱۴٪ را دارد. پس‌ازآن سه معیار دیگر (تأثیر بر جاذبه‌های گردشگری، تأثیر فرهنگ مردم منطقه بر روند اجرای پروژه میزان همکاری و مشارکت شوراهای محل و منطقه‌ای) با اهمیتی تقریباً یکسان در رده‌های پایین‌تر قرار می‌گیرند. (جدول ۱۳) اهمیت و اولویت این معیارها را در تصمیم‌گیری نشان می‌دهد.

جدول ۱۳: معیارهای بخش اجتماعی به ترتیب اولویت

اولویت	میزان اهمیت	معیار اصلی
۱	٪۶۷	ایمنی و سلامت
۲	٪۱۴	تأثیرات پروژه بر جامعه محلی
۳	٪۷	تأثیر بر جاذبه‌های گردشگری
۴-۵	٪۶	تأثیر فرهنگ منطقه بر روند اجرای پروژه
۴-۵	٪۶	مشارکت شوراهای محلی و منطقه‌ای

۶-۳. تحلیل معیارهای محیط‌زیست

پس از ارزیابی نتایج حاصل از معیارهای زیست‌محیطی دو معیار ایجاد آلودگی با ۴۴٪ اهمیت و معیار تأثیر بر منابع آب زیرزمینی با وزنی حدود ۳۱٪ بیش از ۷۵٪ اهمیت این بخش را به خود اختصاص داده‌اند که این موضوع می‌تواند به دلیل آلودگی احتمالی ناشی از نشت نفت ذخیره‌شده در مخزن و ایجاد آلودگی و همچنین تبعات منفی احداث و بهره‌برداری از پروژه بر منابع آب زیرزمینی و روزمینی می‌باشد. پس از موارد فوق معیار مدیریت ضایعات با ۱۱٪ اهمیت در رده سوم و معیارهای مدیریت مصرف انرژی و تأثیر بر اکوسیستم گیاهی و جانوری در رده‌های بعدی اولویت‌بندی قرار می‌گیرد. قابل‌ذکر است که هرچند تأثیر بر اکوسیستم گیاهی و جانوری یکی از مهم‌ترین جنبه‌های حفاظت از محیط‌زیست می‌باشد ولی در ارزیابی‌های صورت گرفته به‌عنوان معیاری با کمترین اهمیت شناخته‌شده است. (جدول ۱۴) اهمیت و اولویت این معیارها را در مکان‌یابی‌ها نشان می‌دهد.

جدول ۱۴: وزن و اولویت معیارهای بخش زیست‌محیطی

اولویت	میزان اهمیت	معیار اصلی
۱	٪۴۴	آلودگی
۲	٪۳۱	تأثیر بر منابع آب
۳	٪۱۱	تأثیر بر اکوسیستم گیاهی و جانوری
۴-۵	٪۷	انرژی
۴-۵	٪۷	مدیریت ضایعات

(جدول ۱۵) تمامی معیارهای شناسایی‌شده، درصد وزنی هر یک نسبت به معیار مربوطه و میزان اهمیت آن‌ها در کل فرآیند تصمیم‌گیری را نشان می‌دهد.

جدول ۱۵: وزن نهایی معیارها

کد	زیر معیار	وزن در معیار اصلی مربوطه	وزن در کل
E_{1-1}	هزینه‌های اجرا، ساخت و بهره‌برداری	٪۱۷,۱۱	٪۱۰,۷۸
E_{2-1}	تأثیرات اقتصادی بر منطقه	٪۸,۵۵	٪۵,۳۹
E_{3-1}	انگیزه‌های سرمایه‌گذاری در منطقه	٪۷,۳۴	٪۴,۶۲
E_{1-2}	روش‌ها و مسائل ساخت	٪۸,۴۲	٪۵,۳۰
E_{2-2}	مشخصات زمین‌شناسی منطقه	٪۲۱,۹۸	٪۱۳,۸۵
E_{3-2}	منابع فعال/غیرفعال در نزدیکی مخزن	٪۴,۶۱	٪۲,۹۰
E_{1-3}	دسترسی به شهرهای بزرگ/ راه‌های اصلی	٪۰,۳۰	٪۰,۱۹
E_{2-3}	پایانه‌های وارداتی/ صادراتی	٪۷,۷۶	٪۴,۸۹
E_{3-3}	دسترسی به مناطق نفتی و مسیرهای انتقال نفت	٪۸,۹۴	٪۵,۶۳
E_{1-4}	تأثیر سازمان و ارگان‌های دولتی مرتبط با پروژه	٪۱,۸۱	٪۱,۱۴
E_{2-4}	ثبات و امنیت داخلی و خارجی منطقه	٪۹,۱۱	٪۵,۷۴
E_{3-4}	امکان توسعه‌های آتی و افزایش ظرفیت مخزن	٪۴,۰۷	٪۲,۵۶
S_1	تأثیر بر جاذبه‌های گردشگری	٪۷,۰۰	٪۰,۳۵
S_2	تأثیرات پروژه بر جامعه محلی	٪۱۴,۰۰	٪۰,۷۰
S_3	تأثیر فرهنگ منطقه بر روند اجرای پروژه	٪۶,۰۰	٪۰,۳۰
S_4	ایمنی و سلامت	٪۶۷,۰۰	٪۳,۳۵
S_5	مشارکت شوراهای محلی و منطقه‌ای	٪۶,۰۰	٪۰,۳۰
P_1	آلودگی	٪۴۴,۰۰	٪۱۴,۰۹
P_2	انرژی	٪۷,۰۰	٪۲,۲۴
P_3	تأثیر بر منابع آب	٪۳۱,۰۰	٪۹,۹۲
P_4	تأثیر بر اکوسیستم گیاهی و جانوری	٪۱۱	٪۳,۵۲
P_5	مدیریت ضایعات	٪۷	٪۲,۲۴
	جمع کل		**٪۱۰۰**

۶. مکان‌یابی و مدل‌سازی

در ادامه تحقیق به‌منظور انتخاب مناسب‌ترین مکان جهت احداث مخازن زیرزمینی ذخیره‌سازی نفت خام در ایران و بر اساس معیارهای شناسایی‌شده، پنج مکان به‌عنوان گزینه‌های نهایی در نظر گرفته‌شده‌اند. گزینه‌های موردنظر بر اساس مطالعات پیش امکان‌سنجی انجام‌شده توسط پژوهش و توسعه شرکت ملی نفت ایران عبارتند از ساختگاه‌های گچساران، پارسیان، چابهار، گناوه و جاسک.

جهت اولویت‌بندی مکان‌ها از روش AHP گروهی استفاده‌شده است. بدین ترتیب با استفاده از پرسشنامه، از خبرگان درخواست گردید گزینه‌های مذکور را بر اساس هر یک از معیارهای شناسایی‌شده در مرحله قبل، اولویت‌بندی نمایند.

برای مثال نتایج حاصل از اولویت‌بندی ۵ مکان موردنظر بر اساس معیار هزینه‌های اجرا ساخت و بهره‌برداری بدین شرح می‌باشد:

	جاسک	گناوه	پارسیان	چابهار	گچساران
گچساران	۱۰/۳۱	۵/۳۶	۶/۳۵	۳/۳۸	۱
چابهار	۳۰/۱۱	۲۴/۱۷	۲۲/۱۹	۱	۳۸/۳
پارسیان	۲۵/۱۶	۱۷/۲۴	۱	۱۹/۲۲	۳۵/۶
گناوه	۳۲/۹	۱	۲۴/۱۷	۱۷/۲۴	۳۶/۵
جاسک	۱	۹/۳۲	۱۶/۲۵	۱۱/۳۰	۳۱/۱۰

ماتریس حاصل از مقایسه دو به دو مکان‌ها برابر است با:

	جاسک	گناوه	پارسیان	چابهار	گچساران
گچساران	۰/۳۲۲۵۸	۰/۱۳۸۸۹	۰/۱۷۱۴۳	۰/۰۷۸۹۵	۱
چابهار	۲/۷۲۷۲۷	۱/۴۱۱۷۶	۱/۱۵۷۸۹	۱	۱۲/۶۶۶۷
پارسیان	۱/۵۶۲۵	۰/۷۰۸۳۳	۱	۰/۸۶۳۶۴	۵/۸۳۳۳۳
گناوه	۳/۵۵۵۵۶	۱	۱/۴۱۱۷۶	۰/۷۰۸۳۳	۷/۲
جاسک	۱	۰/۲۸۱۲۵	۰/۶۴	۰/۳۶۶۶۷	۳/۱

پس از انجام ۴ مرحله محاسبات مربوطه و همگرا شدن اوزان، وزن هر مکان و اولویت مربوط بدین شرح می‌باشد:

	وزن	رتبه
گچساران	۰/۰۳	۵
چابهار	۰/۳۵	۱
پارسیان	۰/۲۲	۳
گناوه	۰/۲۹	۲
جاسک	۰/۱۱	۴

نتایج نشان می‌دهد ساخت مخازن زیرزمینی در گچساران با بیشترین هزینه و در چابهار با کمترین هزینه انجام می‌شود. (جدول ۱۶) نتایج اولویت‌بندی‌ها و وزن پنج گزینه موردنظر بر اساس هر یک از ۲۲ معیار را نشان می‌دهد.

جدول ۱۶: وزن (اولویت) مکان‌ها

کد	نام معیار	وزن (اولویت) مکان‌های موردنظر				
		جاسک	گناوه	پارسیان	چابهار	گچساران
E_{1-1}	هزینه‌های اجرا، ساخت و بهره‌برداری	۰,۱۱(۴)	۰,۲۹(۲)	۰,۲۲(۳)	۰,۳۴(۱)	۰,۰۳(۵)
E_{1-2}	تأثیرات اقتصادی بر منطقه	۰,۴۳(۱)	۰,۲۶(۲)	۰,۱۶(۳)	۰,۰۵(۵)	۰,۱۰(۴)
E_{1-3}	انگیزه‌های سرمایه‌گذاری در منطقه	۰,۰۶(۵)	۰,۱۵(۳)	۰,۱۰(۴)	۰,۴۴(۱)	۰,۲۴(۲)
E_{2-1}	روش‌ها و مسائل ساخت	۰,۱۲(۴)	۰,۰۸(۵)	۰,۲۵(۲)	۰,۱۷(۳)	۰,۳۸(۱)
E_{2-2}	مشخصات زمین‌شناسی منطقه	۰,۱۲(۴)	۰,۰۸(۵)	۰,۲۰(۲)	۰,۱۶(۳)	۰,۴۵(۱)
E_{2-3}	منابع و معادن فعال و غیرفعال در نزدیکی مخزن	۰,۳۵(۱)	۰,۲۵(۲)	۰,۱۸(۳)	۰,۰۹(۵)	۰,۱۳(۴)
E_{3-1}	دسترسی به شهرهای بزرگ / راه‌های اصلی	۰,۰۶(۵)	۰,۲۲(۲)	۰,۰۹(۴)	۰,۴۸(۱)	۰,۱۶(۳)
E_{3-2}	نزدیکی به پایانه‌های وارداتی/ صادراتی	۰,۱۳(۴)	۰,۳۸(۱)	۰,۱۷(۳)	۰,۱۰(۵)	۰,۲۲(۲)
E_{3-3}	دسترسی به مناطق نفتی و مسیرهای انتقال نفت	۰,۱۴(۴)	۰,۳۵(۱)	۰,۱۸(۳)	۰,۱۱(۵)	۰,۲۱(۲)
E_{4-1}	تأثیر سازمان‌ها و ارگان‌های دولتی مرتبط با پروژه	۰,۰۸(۵)	۰,۲۵(۲)	۰,۱۶(۳)	۰,۳۷(۱)	۰,۱۴(۴)
E_{4-2}	ثبات و امنیت داخلی و خارجی منطقه	۰,۰۸(۵)	۰,۲۲(۲)	۰,۰۹(۴)	۰,۴۵(۱)	۰,۱۶(۳)
E_{4-3}	امکان توسعه‌های آتی	۰,۳۳(۱)	۰,۲۴(۲)	۰,۱۸(۳)	۰,۱۰(۵)	۰,۱۵(۴)
S_1	تأثیر بر جاذبه‌های گردشگری	۰,۳۵(۱)	۰,۲۳(۲)	۰,۱۶(۳)	۰,۱۱(۵)	۰,۱۵(۴)
S_2	تأثیر پروژه بر جامعه محلی	۰,۳۴(۱)	۰,۲۵(۲)	۰,۱۰(۵)	۰,۱۷(۳)	۰,۱۴(۴)
S_3	تأثیر فرهنگ مردم منطقه بر روند اجرای پروژه	۰,۰۷(۵)	۰,۱۰(۴)	۰,۲۷(۲)	۰,۱۷(۳)	۰,۴۰(۱)
S_4	ایمنی و سلامت	۰,۱۰(۴)	۰,۱۵(۳)	۰,۰۸(۵)	۰,۲۱(۲)	۰,۴۶(۱)
S_5	همکاری و مشارکت شوراهای محلی و منطقه‌ای	۰,۰۸(۵)	۰,۲۲(۲)	۰,۱۱(۴)	۰,۴۲(۱)	۰,۱۶(۳)

۷-۱. محاسبه وزن نهایی مکان‌ها

هم‌اکنون وزن معیارها نسبت به هدف و هم‌چنین وزن مکان‌ها نسبت به معیارها محاسبه‌شده است. ازآنجاکه وزن معیارها منعکس‌کننده اهمیت آن‌ها در تعیین هدف بوده و وزن هر گزینه نسبت به معیارها سهم آن گزینه در معیار مربوطه می‌باشد، می‌توان وزن نهایی هر گزینه را از مجموع حاصل‌ضرب وزن هر معیار در وزن گزینه مربوط به آن معیار به دست آورد.

برای مثال وزن مکان گچساران از مجموع حاصل‌ضرب وزن هر یک از ۲۲ معیار در وزن گزینه مربوط به هر معیار به دست می‌آید:

وزن نهایی مکان گچساران =

(0.24×0.046) + (0.1×0.054) + (0.03×0.108) +
(0.057×0.15) + (0.16×0.049) + (0.38×0.053) +
(0.029×0.16) + (0.139×0.13) + (0.026×0.045) +
(0.14×0.011)+ (0.021×0.056) + (0.02×0.22) +
(0.15×0.004)+ (0.15×0.026) + (0.16×0.057) +
(0.46×0.34) + (0.4×0.003) + (0.14×0.007) +
(0.1×0.022) + (0.11×0.144) + (0.16×0.003) +
(0.38×0.022) + (0.1×0.35) + (0.47×0.099) = 0.2393

(جدول ۱۷) وزن و اولویت نهایی هر یک از معیارها را نشان می‌دهد. بدین ترتیب ساختگاه گچساران با امتیاز ۰/۲۳۹ رتبه اول، ساختگاههای چابهار و گناوه به ترتیب با امتیازهای ۰/۲۰۳ و ۰/۲۰۰ رتبه‌های دوم و سوم، ساختگاه پارسیان با امتیاز ۰/۱۸۲ در رتبه چهارم و ساختگاه جاسک با امتیاز ۰/۱۷۶ در رتبه پنجم قرار می‌گیرد.

رتبه	وزن	
۱	۲۳/۹	گچساران
۲	۲۰/۳	چابهار
۳	۲۰/۰	پارسیان
۴	۱۸/۲	گناوه
۵	۱۷/۶	جاسک

۷-۲. تلفیق فرآیند سلسله‌مراتبی گروهی با برنامه‌ریزی خطی

فرض کنیم شرکت ملی نفت ایران در نظر دارد برنامه‌ریزی لازم برای احداث مخازن زیرزمینی نفت خام به ظرفیت ذخیره‌سازی حدود ۵۰ میلیون بشکه را انجام دهد. هدف حداکثر نمودن ظرفیت ذخیره‌سازی با در نظر گرفتن محدودیت‌های موجود است. بر اساس استراتژی شرکت، حداکثر میزان سرمایه‌گذاری در پروژه ۷۰۰ میلیون دلار برآورد می‌گردد. همچنین فرض می‌شود مخازن مذکور حداکثر در سه مکان ساخته شوند. از طرف دیگر هر یک از محل‌ها با محدودیت ظرفیت ذخیره‌سازی مواجه هستند که این محدودیت‌ها در جدول ذیل آمده است.

ازآنجاکه هزینه تمام‌شده جهت ساخت در هر یک از مکان‌ها با یکدیگر متفاوت می‌باشند، لذا هزینه ساخت مخازن به ازای یک‌میلیون بشکه ذخیره‌سازی در هر یک از پنج محل انتخابی نیز در (جدول ۱۸) درج‌شده است.

جدول ۱۸: هزینه ساخت و حداکثر توان ذخیره‌سازی به تفکیک هر شهر

گزینه‌های مکان‌یابی	حداکثر ظرفیت ذخیره‌سازی (میلیون بشکه)	هزینه ساخت به ازای هر یک‌میلیون بشکه بر اساس میلیون دلار
گچساران	۳۵	۱۷
چابهار	۲۵	۱۱
پارسیان	۲۸	۱۳
گناوه	۴۰	۱۲
جاسک	۳۰	۱۵

بر اساس اوزان به‌دست‌آمده برای هر محل تابع هدف عبارت است از:

$$Max\ z = 0/239\ x_1 + 0/203x_2 + 0/201\ x_3 + 0/183\ x_4 + 0/177\ x_5$$

که در آن X_5, X_4, X_3, X_2, X_1 به ترتیب بیانگر میزان ذخیره‌سازی در مکان‌های گچساران، چابهار، پارسیان، گناوه و جاسک بوده و ضرایب آن نشان‌دهنده وزن نهایی هر مکان است. همان‌طوری که بیان شد محدودیت‌های مسائله عبارتند از:

- محدودیت ظرفیت ذخیره‌سازی
- محدودیت هزینه
- محدودیت تعداد محل‌های انتخابی

محدودیت ظرفیت:

ازآنجاکه ظرفیت ذخیره‌سازی در هر محل محدود می‌باشد خواهیم داشت:

$$x_1 \le 35y_1,\ x_2 \le 25y_2,\ x_3 \le 28y_3,\ x_4 \le 40y_4,\ x_5 \le 30y_5$$

از طرف دیگر حداقل مجموع ظرفیت مخازن ۵۰ میلیون بشکه می‌باشد:

$$\sum_{y=1}^{5} x_i \geq 50$$

محدودیت هزینه:

با توجه به محدودیت بودجه موجود باید مجموع هزینه ساخت کمتر از ۷۰۰ میلیون دلار باشد لذا داریم:

$$17x_1 + 11x_2 + 13x_3 + 12x_4 + 15x_5 \leq 700$$

محدودیت تعداد مکان‌ها:

همان‌طور که قبلاً نیز بیان شد حداکثر ۳ مکان از ۵ گزینه موجود می‌بایست انتخاب شوند، بدین منظور متغیر دیگری تحت عنوان y_i تعریف می‌شود که بیانگر ساخت یا عدم ساخت در محل موردنظر می‌باشد.

$$Yi = binary$$

$$\sum_{y=1}^{5} y_i \leq 3$$

مطابق (شکل ۲) با استفاده از Solver از نرم‌افزار اکسل این مدل برنامه‌ریزی خطی حل‌شده و مکان و مقدار بهینه ساخت مشخص‌شده است. نتایج حاصل از حل مسئله نشان می‌دهد بهترین مکان‌ها برای ساخت مخازن، ساختگاه های چابهار و گناوه به ترتیب با ظرفیت‌های ۲۵ و ۳۵/۴۲ میلیون بشکه می باشند. بدین ترتیب با سرمایه گذاری معادل ۷۰۰ میلیون دلار، امکان ساخت مخازن با مجموع ظرفیت ۶۰/۴۲ میلیون بشکه در مکان های چابهار و گناوه امکان‌پذیر می‌باشد.

Objective Cell (Max)

Cell	Name	Original Value	Final Value
$C$10	Capacity Weight	60.41666667	60.4166667

Constraints

Cell	Name	Cell Value	Formula	Status	Slack
$D$7	Xi جاسک	0	$D$7<=$H$7	Binding	0
$D$6	Xi گناوه	35.41666667	$D$6<=$H$6	Not Binding	4.58333333
$D$5	Xi بار سیان	0	$D$5<=$H$5	Binding	0
$D$4	Xi چابهار	25	$D$4<=$H$4	Binding	0
$D$3	Xi گچساران	0	$D$3<=$H$3	Binding	0
$C$11	No. of places Weight	2	$C$11<=3	Not Binding	1
$C$10	Capacity Weight	60.41666667	$C$10>=50	Not Binding	10.4166667
$C$9	Cost Weight	700	$C$9<=700	Binding	0
$D$3:$D$7 >= 0					
$E$3:$E$7=Binary					

شکل ۲: خروجی نرم‌افزار Excel

۹. نتیجه‌گیری

این تحقیق در راستای مطالعات امکان‌سنجی احداث مخازن زیرزمینی ذخیره نفت خام در ایران و باهدف شناسایی مهم‌ترین معیارهایی که برای یافتن مکان مناسب برای اجرای این پروژه و از دیدگاه توسعه پایدار می‌بایست لحاظ گردد انجام‌شده است. امروزه حساسیت بالای مجامع جهانی به حفظ محیط‌زیست ازیک‌طرف و در نظر گرفتن مسائل اجتماعی متأثر از اجرای پروژه‌ها از طرف دیگر سبب شده است تا مفاهیم توسعه پایدار به‌عنوان رکن اصلی کلیه پروژه‌ها محسوب گردد تا علاوه بر توجیه‌پذیری اقتصادی، ابعاد اجتماعی و زیست‌محیطی نیز در بررسی‌ها و مطالعات پروژه‌ها لحاظ گردد. ازآنجاکه مکان‌یابی یکی از مراحل اولیه در مطالعات امکان‌سنجی پروژه‌ها بوده و نقش تعیین‌کننده‌ای در موفقیت آن دارد، ضروری است هر سه بعد توسعه پایدار به‌صورت یکپارچه و در انتخاب محل مناسب مدنظر قرار گیرد.

در تحقیق حاضر پس از شناسایی ۲۲ معیار مؤثر در مکان‌یابی احداث مخازن زیرزمینی در ایران از دیدگاه توسعه پایدار، در ابتدا معیارها در سه دسته اصلی معیارهای اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیست تقسیم‌بندی شده و سپس غیرمعیارهای هرکدام مشخص گردیدند. به‌طور خلاصه در دسته اقتصادی چهار معیار اصلی شامل مباحث سود و هزینه، محدودیت‌های ژئوتکنیکی و ساخت، مشخصات جغرافیایی و دسترسی و مسائل سیاسی و استراتژیک می‌باشد که هرکدام نیز شامل سه زیر معیارها می‌باشند. همچنین معیارهایی مانند تأثیر بر جاذبه‌های طبیعی و گردشگری، تأثیرات پروژه بر جامعه محلی، تأثیر فرهنگ مردم منطقه بر روند اجرای پروژه، میزان همکاری و مشارکت شوراهای محلی و منطقه‌ای و مباحث ایمنی و سلامت پنج معیارهای اصلی در مباحث اجتماعی می باشند. در دسته‌بندی محیط‌زیست نیز پنج معیار اصلی شامل تأثیرات بر اکوسیستم گیاهی و جانوری، مدیریت ضایعات، تأثیرات بر منابع و ذخایر آب، مباحث مصرف انرژی و ایجاد آلودگی‌ها قرار می‌گیرد.

در ادامـه پنـج محل به‌عنـوان گزینه‌هـای مناسـب اجرای پروژه انتخـاب و بر اسـاس معیارهای شناسایی‌شـده ارزیابی و رتبه‌بندی گردیده‌اند. لازم به ذکر است در این تحقیق فرض بر این است که تمامی محل‌های انتخابی حداقل شرایط موردنیاز بـرای احداث مخازن زیرزمینـی را دارا بوده و تمامی معیارهای ذکرشده در این محل‌ها صدق می‌کند.

در این تحقیق به‌منظور وزن دهی و اولویت‌بندی معیارها و گزینه‌های پیشنهادی، از روش AHP گروهی و دریافت نظرات خبرگان در بخش‌های مختلف شـرکت‌های مهندسـی مشاور، پیمانکاری، کارفرما و مراکز علمی و پژوهشی استفاده‌شده است که نتایج حاصل از آن نشـان می‌دهد معیارهای حائز بیشترین وزن در تصمیم‌گیری‌ها عبارتند از مسائل فنی و مهندسی، سود و هزینـه، ایجاد آلودگی، مختصـات جغرافیایی و تأثیر بر منابع و ذخایـر آب. همچنین بر اسـاس نظرات دریافتـی از خبرگان، بیشـترین وزن به معیارهای اقتصادی اختصاص داده‌شده است درحالی‌کـه معیارهـای زیسـت‌محیطی از اهمیتـی در حـدود نیمی از اهمیت معیارهای اقتصادی برخوردار می‌باشـند. نتایج اولویت‌بندی گزینه‌ها نیز نشـان می‌دهد سـاختگاه گچسـاران با بیشـترین امتیـاز مناسـب‌ترین مکان بـرای احـداث مخازن زیرزمینی در ایران اسـت و پس‌ازآن چابهـار و گناوه با امتیازی تقریبـاً مشـابه گزینه‌های مناسـب بعدی برای سـاخت مخازن می‌باشند.

به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت که ازنظر مدیران و تصمیم گیـران اولویـت اول در انتخـاب محل احداث پروژه، به مسـائل مالی و اقتصادی اختصاص دارد. این در حالی اسـت که هرچند اجرای پـروژه می‌تواند اثرات غیرقابل جبرانی بر محیط‌زیسـت داشـته باشـد ولی جنبه محیط‌زیسـت آن صرفاً تـا اخذ مجوز سـازمان محیط‌زیست در مطالعات اولیه در نظر گرفته می‌شود و تأثیر چندانی بر انتخاب مکان نهایی ندارد. همچنین علی‌رغم اثرات بلندمدت ناشـی از اجـرای پروژه‌ها بر جامعـه اطراف آن و اثرپذیـری متقابـل روند اجـرا و بهره‌برداری از شـرایط حاکم بر منطقه پیرامون پروژه، مسـائل اجتماعی سـهم بسـیار کمی در تصمیم‌گیری‌هـا دارند. از این رو ضروری اسـت در مطالعات مکان‌یابـی برای احـداث مخـازن زیرزمینی مسـائل اقتصادی، اجتماعـی و محیط‌زیسـت به‌صورت مـوازی و یکپارچه در نظر گرفته شـوند تا بتوان از اجرای پروژه در راسـتای دسـتیابی به توسـعه پایـدار اطمینان حاصل نمـود. همچنین با اسـتفاده از معیارهای شناسایی‌شـده در این تحقیـق و تعیین وزن اهمیت هـر یـک از آن‌هـا در فرآینـد تصمیم‌گیـری، می‌توان مسـئله مکان‌یابی را با در نظر گرفتن محدودیت‌های موجود در واقعیت مدل‌سازی نمود تا بر اساس آن گزینه‌های پیشنهادی بررسی و بهینه‌ترین محل‌ها برای ساخت مخازن انتخاب گردند.

مراجع:

[۱]. مقـدم، علیرضـا، ۱۳۸۸؛ «ارزیابـی پیامدهـای زیسـت محیطی، اجتماعی و بهداشـتی گام اساسـی در تضمین توسـعه پایدار (بررسـی تجربیات طرح‌هـای منطقه ویژه و نیازهـای آینـده)» کتـاب جامـع اولیـن همایش ملی چشم‌انداز توسعه پایدار یکپارچه و دانایی محور، ص.۷۰

[۲]. غفـار زاده، رضـا، ۱۳۸۲؛ «کاربـری و طراحـی فضاهـای بزرگ زیرزمینی»، ششـمین کنفرانس تونل تهران، ص. ۳۰۹-۴۱۱.

[۳]. سـاعتی، تومـاس (۱۳۸۷)،»تصمیـم سـازی بـرای مدیران»،ترجمه: علی‌اصغر توفیق،تهران: سازمان مدیریت صنعتی.

[4]. C. M. Roberts, G. Branch, R. H. Bustamante, J. C. Castilla, J. Dugan, B. S. Halpern, K. D. Lafferty, H. Leslie, J. Lubchenco, and D. McArdle, "Application of ecological criteria in selecting marine reserves and developing reserve networks," Ecological applications, vol. 13, pp. 215-228, 2013.

[5]. K. Osieczko, Andrzej Gazda, and Malindžák Dušan, "Factors determining the construction and location of underground gas storage facilities" . " Acta Montanisloca Slovaka, 2021.

[6]. T. Kaya and C. Kahraman, "Multicriteria renewable energy planning using an integrated fuzzy VIKOR & AHP methodology: The case of Istanbul," Energy, vol. 35, pp. 2517-2527, 2016.

[7]. J. Li, M. H. Rahman, and R. W. Thring, "A fuzzy multi-criteria decision analysis approach for the management of petroleum-contaminated sites," International Journal of Environment and Pollution, vol. 42, pp.

220-239, 2011.

[8]. F. Cavallaro and L. Ciraolo, "A multicriteria approach to evaluate wind energy plants on an Italian island," Energy Policy, vol. 33, pp. 235-244, 2015.

[9]. J. J. Wang, Y. Y. Jing, C. F. Zhang, and J. H. Zhao, "Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making," Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 13, pp. 2263-2278, 2009.

[10]. G. Al-Sharrah, A. Elkamel, and A. Almanssoor, "Sustainability indicators for decision-making and optimisation in the process industry: The case of the petrochemical industry," Chemical Engineering Science, vol. 65, pp. 1452-1461, 2015.

[11]. V. Sumathi, U. Natesan, and C. Sarkar, "GIS-based approach for optimized siting of municipal solid waste landfill," Waste Management, vol. 28, pp. 2146-2160, 2008.

[12]. M. H. Vahidnia, A. A. Alesheikh, and A. Alimohammadi, "Hospital site selection using fuzzy AHP and its derivatives," Journal of environmental management, vol. 90, pp. 3048-3056, 2009.

[13]. I. Frantzis, "Methodology for municipal landfill sites selection," Waste Management & Research, vol. 11, p. 441, 2013.

[14]. N. Hafezi Moghaddas and H. Hajizadeh Namaghi, "Hazardous waste landfill site selection in Khorasan Razavi Province, Northeastern Iran," Arabian Journal of Geosciences, vol. 4, pp. 103-113, 2011.

[15]. M. Zamorano, E. Molero, Á. Hurtado, A. Grindlay, and Á. Ramos, "Evaluation of a municipal landfill site in Southern Spain with GIS-aided methodology," Journal of hazardous materials, vol. 160, pp. 473-481, 2018.

[16]. J. Korpela and M. Tuominen, "A decision aid in warehouse site selection," International Journal of Production Economics, vol. 45, pp. 169-180, 2006.

[17]. M. Safari, R. Kakaei, M. Ataei, and M. Karamoozian, "Using fuzzy TOPSIS method for mineral processing plant site selection," Arabian Journal of Geosciences, pp. 1-9, 2010.

Locating Strategic Oil and Gas Reservoirs with Decision-Making and Linear Planning Techniques

Behrang Latifi[1], Mohamad Ebrahim Tayebi Araghi[2*], Hossein Amoozad Khalili[3]

1. M.Sc. Department of Industrial Engineering, khorramshahr international Branch, Islamic Azad University, khorramshahr, Iran

2. Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, khorramshahr international Branch, Islamic Azad University, khorramshahr, Iran

3. Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Sari Branch, Islamic Azad University, Sari, Iran

[*]Corresponding Author, Email Address: tayebi_m@ut.ac.ir

Abstract

The possibility of storing carbohydrates for countries that export these products allows them to have the upper hand in international negotiations and bargaining in addition to maintaining the production process. Since surface reservoirs have many limitations and also have low reliability in terms of security, it is necessary for countries to turn to strategic (subsurface) reservoirs for oil and gas storage. The purpose of this research is to prioritize the desired locations for the construction of strategic oil and gas reservoirs in Iran. In this research, the identification of strategic and important criteria for the location of subsurface reservoirs by experienced experts using the free questionnaire was the first tool in identifying the optimal location criteria, and the results were screened by a team of experts. A total of 22 criteria were identified for prioritizing the desired location, and the experts (including 10 experts) prioritized the locations first by using the analytical hierarchy process method, and then by adding restrictions to the results of the analytical hierarchy process, a linear programming model was created. Defined that the results obtained from its solution show that the most important criteria in prioritizing reservoirs are geotechnical limitations and issues related to costs. It was also determined that the most suitable places for the construction of strategic reservoirs are the cities of Gachsaran, Chabahar, Ganaveh, Parsian and Jask respectively. The final desirable result of this research was the selection of the twin cities of Gachsaran, Chabahar and Ganaveh for the strategic storage of underground reservoirs.

Keywords: *Location, Multi-Criteria, Decision-Making, Oil and Gas Storage*