

## بررسی مقایسه‌ای و اولویت‌بندی استراتژی‌های درآمدزایی گاز با به‌کارگیری و تلفیق روش‌های فرآیند تحلیل شبکه‌ای و دلفی فازی<sup>۱</sup>

وحید محمودی<sup>۲</sup>

استاد دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، vmahmodi@ut.ac.ir

سید نصرالله ابراهیمی

استاد دانشکده حقوق و علوم سیاسی، دانشگاه تهران، snebrahimi@ut.ac.ir

تالین منصوریان

دانشجوی دکتری مدیریت قراردادهای بین‌المللی نفت و گاز، دانشگاه تهران،

mansourian@nioc.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۸/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۲۷

### چکیده

توسعه و بهره‌برداری از میادین گازی کشور مستلزم سرمایه‌گذاری‌های عظیمی است. به‌منظور جبران این هزینه‌ها و ایجاد درآمد برای دولت، لازم است استراتژی‌های درآمدزایی مناسبی به‌کارگرفته شود. در این راستا استراتژی‌های عمده درآمدزایی گاز عبارتند از: خط لوله، گاز مایع شده، تبدیل گاز به مایع، پتروشیمی و گاز فشرده شده. به‌منظور مقایسه و اولویت‌بندی این استراتژی‌ها برای میادین گازی ایران، ابتدا معیارها و زیرمعیارهای تصمیم‌گیری از طریق مرور ادبیات شناسایی و سپس با به‌کارگیری روش دلفی فازی، غربالگری و ۱۵ زیرمعیار در قالب ۵ معیار اصلی فنی، اقتصادی/تجاری، زیست‌محیطی، سیاسی/اجتماعی و بازار محصولات انتخاب شدند. سپس با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره فرآیند تحلیل شبکه‌ای، ۵ استراتژی با توجه به این معیارها مقایسه و اولویت‌بندی شدند. پس از انجام محاسبات معیار بازار محصولات بیشترین وزن و معیار سیاسی/اجتماعی کمترین وزن را به‌دست آوردند. استراتژی گاز مایع شده (LNG) بالاترین اولویت و استراتژی گاز فشرده کمترین اولویت را به‌دست آوردند. جامعه آماری این تحقیق ۱۱۹ نفر از خبرگان و تصمیم‌گیران صنعت نفت و گاز و بخش دانشگاهی بودند که همگی به روش سرشماری برای پاسخگویی به پرسشنامه‌های ساختارمند انتخاب شدند.

طبقه‌بندی JEL: A12, C19, C54, G11, Q40

**کلید واژه‌ها:** درآمدزایی گاز، استراتژی درآمدزایی گاز، معیارهای تصمیم‌گیری، روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای، تصمیم‌گیری چندمعیاره، روش دلفی فازی

۱. این مقاله مستخرج از رساله دکتری تالین منصوریان با عنوان "توسعه مدل جامع تصمیم‌گیری چندمعیاره با رویکرد ارزیابی ریسک و انطباق ساختار قراردادی مناسب برای تحلیل تطبیقی استراتژی‌های درآمدزایی (Monetization) میادین گازی ایران" می‌باشد.

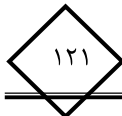
۲. نویسنده مسئول

## ۱- مقدمه

طی دهه‌های اخیر رشد سریع اقتصادی در بسیاری از کشورها، افزایش صنعتی شدن و تقاضای برق (به‌ویژه در آسیا و آفریقا)، جایگزینی گاز با زغال‌سنگ (به‌خصوص در چین)، کاهش نسبی هزینه‌های عرضه گاز (در آمریکای شمالی و بعضاً خاورمیانه)، آلاینده‌های کمتر زیست‌محیطی در مقایسه با سایر سوخت‌های فسیلی و نهایتاً توسعه فناوری گاز مایع شده<sup>۱</sup> در دنیا، باعث شده تا چشم‌انداز تقاضا برای گاز طبیعی افزایش یابد (بی‌پی<sup>۲</sup>، ۲۰۱۸). براساس گزارش اتحادیه بین‌المللی گاز، در بین سوخت‌های فسیلی، گاز بیشترین و سریع‌ترین رشد را خواهد داشت به نحوی که در سال ۲۰۳۵ سهم حدود ۲۵ درصدی در سبد انرژی‌های اولیه خواهد داشت (LNG<sup>۳</sup>، ۲۰۱۸). اگرچه گاز طبیعی یکی از پاک‌ترین سوخت‌های فسیلی می‌باشد، اما محدودیت‌ها و مشکلات مربوط به حمل و نقل آن به واحدهای مصرف و تقاضا، به‌ویژه به دلیل حالت گازی بودن آن، چالش‌هایی را برای این سوخت به‌وجود می‌آورد. بخش عظیمی از ذخایر گازی در دنیا هنوز توسعه نیافته‌اند که دلیل اصلی آن دور بودن این مخازن از بازارهای مصرف و فقدان توجیه اقتصادی ناشی از حجم عظیم سرمایه‌گذاری می‌باشد (خلیل‌پور و کریمی<sup>۴</sup>، ۲۰۱۱).

با توجه به این موارد، مقوله درآمدزایی از گاز تولیدی<sup>۵</sup> در میادین گازی در سال‌های اخیر مورد توجه جدی کشورهای دارنده این منبع انرژی قرار گرفته است. تا مدت زیادی گاز طبیعی فقط از طریق خط لوله و به مقاصد محدودی صادر می‌شد تا اینکه انتقال آن به صورت مایع شده (به‌ویژه با رشد تقاضای ژاپن) به‌عنوان جایگزین خط لوله در سال ۱۹۶۰ شروع شد (خلیل‌پور و کریمی<sup>۶</sup>، ۲۰۱۲). در حال حاضر، گزینه‌ها و استراتژی‌های متعددی برای بهره‌گیری و درآمدزایی گاز وجود دارد: خط لوله، گاز مایع شده، گاز فشرده شده<sup>۶</sup>، تبدیل گاز به برق<sup>۷</sup>، پتروشیمی و هیدرات گازی<sup>۸</sup> (اونوکوه و

1. Liquefied Natural Gas (LNG)
2. British Petroleum (BP)
3. International Gas Union (IGU)
4. Khalil Pour & Karimi
5. Gas Monetization
6. Compressed Natural Gas (CNG)
7. Gas to Wire (GTW)
8. Natural Gas Hydrate (NGH)



دورو، ۲۰۱۵). هر کدام از این روش‌ها به اقتضای شرایط کشور و ماهیت پروژه از جمله میزان ذخایر میدان و فاصله تا مقصد به کار برده می‌شوند.

ایران با دارا بودن ۳۳/۲ تریلیون متر مکعب ذخایر اثبات شده گاز، دومین رتبه در دنیا (حدوداً ۱۷/۲ درصد کل ذخایر گازی اثبات شده در جهان) را دارد. تولید گاز طبیعی ایران در سال ۲۰۱۷ معادل ۲۲۳/۹ (بدون احتساب تزریق) میلیارد مترمکعب بوده که سهم ۶/۱ درصدی در دنیا را داشته است. با این میزان تولید، ایران پس از آمریکا و روسیه در رتبه سوم تولیدکنندگان گاز جهان قرار گرفته است (بی‌پی، ۲۰۱۸).

در حال حاضر عمده تولید گاز کشور از طریق دو شرکت نفت و گاز پارس (میدان مشترک پارس جنوبی) و شرکت نفت مناطق مرکزی (میادینی مانند نار، کنگان، آغار و دالان) صورت می‌گیرد. گاز تولیدی کشور به مصارف خانگی / تجاری، سوخت نیروگاه‌ها، سوخت خودروها، بخش صنعت، تزریق گاز به میادین نفتی و صادرات اختصاص می‌یابد. در سال‌های آینده، کشور مازاد گاز و قابلیت صادرات خواهد داشت (ظفریان و همکاران، ۱۳۹۶).

از سوی دیگر، از آنجا که در ایران بیشتر گاز تولیدی در شبکه داخلی کشور مصرف می‌شود و نرخ فروش آن به شرکت ملی گاز ایران بسیار ناچیز است، لذا از تولید گاز، درآمد کافی عاید شرکت ملی نفت ایران نمی‌گردد تا بتواند هزینه‌های توسعه، تولید و انتقال گاز را جبران نماید. در این پروژه‌ها شرکت ملی نفت ایران ناچار است از منابع داخلی خود برای بازپرداخت این پروژه‌ها استفاده نماید که البته با توجه به محدودیت شدید این منابع، قطعاً این امر امکان‌پذیر نمی‌باشد. از طرفی، در بسیاری از میادین گازی به دلیل سبک بودن گاز، میزان میعانات گازی تولیدی میدان پاسخگوی جبران هزینه‌های توسعه و تولید میدان نمی‌باشد. با وضع قوانین مختلف در سال‌های اخیر در حوزه نفت و گاز از جمله قانون رفع موانع تولید رقابت‌پذیر و ارتقای نظام مالی کشور (۱۳۹۴) و همچنین الگوی جدید قراردادهای بالادستی نفت و گاز (۱۳۹۵)، هم‌اکنون بسترهای قانونی مناسبی برای استفاده از درآمدهای ناشی از تولیدات میادین (نفت‌خام، گاز طبیعی و میعانات گازی) جهت جبران هزینه‌های بالادست وضع شده که بهترین فرصت برای بهره‌گیری از این ظرفیت‌ها در میادین گازی می‌باشد.

به هر حال، با در نظر داشتن اهمیت حفظ و ارتقاء جایگاه صنعت گاز ایران در سطوح بین‌المللی از طریق اتخاذ استراتژی‌های درآمدزایی مناسب برای توسعه بخش بالادست میدین گازی کشور، به‌کارگیری روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره<sup>۱</sup> بیش از پیش ضرورت دارد. در راستای تحقق این مهم، شناسایی، تبیین و استفاده از معیارهای تصمیم‌گیری جامع و مناسب نیز در این فرآیند ضرورتی انکارناپذیر است. این پژوهش دو هدف اساسی را دنبال می‌نماید؛ اول، شناسایی معیارهای تصمیم‌گیری جامع از طریق به‌کارگیری تکنیک دلفی فازی و بهره‌گیری از نظر خبرگان و تصمیم‌گیران صنعت نفت و دوم، مقایسه و اولویت‌بندی استراتژی‌های درآمدزایی گاز برای میدین گازی ایران با در نظر داشتن معیارهای به‌دست آمده در مرحله اول، از طریق مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره فرآیند تحلیل شبکه‌ای<sup>۲</sup>.

## ۲- مبانی نظری

### درآمدزایی گاز

عوامل اصلی رشد تقاضای گاز در دنیا نسبت به سایر منابع انرژی، صنعتی‌سازی و افزایش تقاضای برق (به‌ویژه در آسیا و آفریقا)، ادامه تبدیل ذغال سنگ به گاز (به‌خصوص در چین) و افزایش فرصت‌های عرضه کم هزینه (به‌ویژه در آمریکای شمالی و خاورمیانه) می‌باشد (بی‌بی، ۲۰۱۸). تقاضای فزاینده گاز و بازارهای جدید آن باعث شده که بهره‌گیری از مخازن گازی توسعه نیافته از جذابیت بالایی برخوردار گردد. پژوهش‌های زیادی در حال انجام است که راهکارها و استراتژی‌های مختلف بهره‌برداری از گاز به‌منظور درآمدزایی آنها توسعه یابند (خلیل‌پور و کریمی، ۲۰۱۱). اگرچه درآمدزایی از مخازن گازی برای کشورهای دارنده ذخایر گازی مهم است، اما نیازمند سرمایه‌گذاری‌های عظیمی برای ایجاد زیرساخت‌های فرآورش و انتقال و همچنین قراردادهای بلندمدت فروش می‌باشد (وود و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۱۲).

1. Multi-Criteria Decision Making (MCDM)
2. Analytical Network Process (ANP)
3. Wood et al





ایران دارای ۳۵ میدان گازی مستقل و مشترک است که عبارتند از: پارس جنوبی، آرش، تنگ بیجار، تابناک، پارس شمالی، آغار، دالان، خیام، خانگیران، سفید باغون، سردار جنگل، سرخون، رهام، فارو، سلمان، شانول، گشوی جنوبی، فرزاد ب، فرزاد الف، فردوسی، گلشن، کیش، کنگان، کمانکوه، مختار، مبارک، لاوان، گورزین، هامون، هالگان، نار، وراوی، هنگام، هما و مدار (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۹۸). با توجه به تقاضای فعلی و آینده گاز در نقاط مختلف جهان، به‌طور کلی بازارهای محتمل برای صادرات گاز ایران را می‌توان به سه بازار به صورت زیر تقسیم کرد (ظفریان و همکاران، ۱۳۹۶):

**بازار گاز منطقه:** بازار منطقه در بخش تقاضا به‌طور عمده شامل کشورهای حوزه خلیج‌فارس (امارات، عمان، بحرین، کویت و عراق)، هند، پاکستان و ترکیه است. همچنین کشورهایی نظیر ارمنستان، گرجستان و افغانستان نیز جزو بازار تقاضای منطقه هستند. کشورهای دیگر منطقه مانند قطر، ترکمنستان و آذربایجان عمدتاً صادرکننده گاز هستند.

- **بازار گاز اروپا:** پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد علی‌رغم اینکه رشد مصرف اروپا بسیار کند و حتی منفی است؛ اما به دلیل کاهش تولید داخلی این قاره (عمدتاً در انگلیس و هلند) تقاضای آن رو به افزایش است.

- **بازار گاز شرق آسیا:** نقش‌آفرینان اصلی تقاضای گاز در این بازار کشورهای چین، ژاپن، کره جنوبی و تایوان هستند. در این میان رشد مصرف در چین به شدت صعودی خواهد بود.

با توجه به وجود گزینه‌ها و استراتژی‌های متعدد برای درآمدزایی گاز، تنوع‌بخشی در استراتژی‌ها به اقتضای شرایط هر میدان ضروری است، اما تصمیم‌گیری در راستای انتخاب گزینه مطلوب برای هر میدان بایستی کلیه ابعاد مانند توجه‌پذیری اقتصادی، مسائل سیاسی به‌ویژه با همسایگان، بلوغ فناوری، منابع مالی و ... را همزمان در نظر داشته و ارزیابی نماید.

### **استراتژی‌های درآمدزایی گاز**

#### **خط لوله**

خط لوله یکی از روش‌های انتقال گاز طبیعی از میادین تولیدی به مبادی مصرف است. احداث خطوط لوله بسیار سرمایه‌بر بوده که البته وجود ذخائر گازی بزرگ برای

توجیه چنین سرمایه‌گذاری ضروری است. به همین دلیل است که برخی معتقدند مسافت توجیه‌پذیر برای احداث خط لوله، حدود ۵۰۰۰ کیلومتر است (سیلس<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۲). البته در مطالعه مرکز پژوهش‌های مجلس در سال ۱۳۹۶، مسافت ۴۰۰۰ کیلومتر توجیه‌پذیر اعلام شده است (ظفریان و همکاران، ۱۳۹۶). علاوه بر این، کاربرد خط لوله برای حمل و نقل بین مرزی و فراساحلی دارای محدودیت‌هایی است که بعضاً دچار تضادها و مناقشات سیاسی بین‌المللی و کشورها می‌شود (بلک<sup>۲</sup>، ۲۰۱۰) در حال حاضر صادرات گاز در ایران از طریق خط لوله انجام می‌شود.

### گاز طبیعی مایع شده

گاز طبیعی مایع یک مایع روشن، بی‌رنگ و غیرسمی است که زمانی که گاز طبیعی با دمای ۱۶۲ درجه سانتیگراد سرد می‌شود، به مایع تبدیل می‌شود (ابوالحمد و همکاران، ۱۳۹۳). فرآیند مایع‌سازی، حجم آن را با مقیاس ۶۰۰ کاهش می‌دهد و آن را برای ذخیره و حمل و نقل راحت‌تر و ایمن‌تر می‌کند. گاز طبیعی در کارخانه مایع‌سازی تبدیل به مایع شده و قبل از بازگشت به حالت گاز در کارخانه احیا مجدد، در حالت سرد و تحت فشار کم ذخیره و منتقل می‌شود. سپس محصولی که مجدد تبدیل به گاز شده، به خانه‌ها، نیروگاه‌ها و صنایع منتقل شده که در آنجا برای تولید گرما و یا برق مورد استفاده قرار می‌گیرد (اطلس انرژی<sup>۳</sup>، ۲۰۱۸). به‌طور کلی هزینه‌های مایع‌سازی بین ۲۰۰۰ - ۵۰۰ دلار/تن می‌باشد (اسنم<sup>۴</sup>، ۲۰۱۷). صنعت مایع‌سازی گاز حدوداً ۵۵ ساله بوده و از اولین واحد تولید گاز مایع به ظرفیت ۰/۳۵ میلیون تن در سال در الجزایر تا کارخانه مایع‌سازی قطر به ظرفیت ۷/۸ میلیون تن در سال، ظرفیت مایع‌سازی حدود ۲۱ برابر شده است (استور<sup>۵</sup>، ۲۰۱۹).

1. Sills et al
2. Black
3. Energy Atlas Web
4. Snam
5. Steuer



### تبدیل گاز به مایع<sup>۱</sup>

تبدیل گاز به مایع فرآیندی شیمیایی است که از طریق آن، متان به نفتا، سوخت حمل و نقل (دیزل یا گازوئیل و نفت سفید) و مواد شیمیایی مخصوص مانند واکس و روان‌کننده‌ها از طریق فرآیند سنتز فیشر-تروپش<sup>۲</sup> تبدیل می‌شود. بر خلاف گاز مایع که فرآیند ساده فیزیکی برای مایع‌سازی گاز است، فرآیند گازبه‌مایع شامل واکنش‌های شیمیایی متعدد است (دانگ و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۰۸). کارایی واحد تبدیل گاز به مایع حدود ۶۶-۵۸ درصد در مقایسه با کارایی گاز مایع در حدود ۸۸ درصد می‌باشد (چاندرا<sup>۴</sup>، ۲۰۱۷). میزان فرآورده‌های حاصل از یک بشکه گاز به مایع در این فرآیند، معادل فرآورده‌های حاصل از پالایش ۱/۲۵ بشکه نفت خام است (خراسانی و همکاران، ۱۳۹۴). در حال حاضر تعداد کارخانه‌های تبدیل گازبه‌مایع در دنیا محدود است که در دامنه ظرفیتی ۱۴۰۰۰-۲۷۰۰۰ بشکه‌درروز می‌باشند. شرکت شل یک واحد تبدیل گازبه‌مایع در مالزی و یکی در قطر، ساسول یک واحد در قطر و واحدی دیگر در آفریقای جنوبی و شورون واحدی در نیجریه راهبری می‌نمایند (چاندرا، ۲۰۱۷).

### گاز فشرده شده

گاز فشرده شده یکی از جایگزین‌های در حال رشد برای سوخت‌های نفت مایع جهت وسایل نقلیه موتوری محسوب می‌شود. انتشار کمتر گازهای گلخانه‌ای و همچنین دوام موتورهای وسایل نقلیه مهم‌ترین ویژگی‌های گاز فشرده است که آن را از بنزین و دیزل متمایز می‌نماید (کاگیری و همکاران<sup>۵</sup>، ۲۰۱۷). معمولاً پروژه‌های تولید گاز فشرده شده، نیازمند سرمایه‌گذاری کمتری نسبت به خط لوله، تبدیل گاز مایع شده و گاز به مایع هستند، اما قابلیت حمل و نقل آنها محدود بوده، به نحوی که کشتی‌های گاز مایع سه برابر بزرگ‌ترین کشتی گاز فشرده، حمل می‌کند. از سوی دیگر در مسافت حداکثر ۴۰۰۰ کیلومتر، هزینه حمل گاز فشرده کمتر از حمل گاز مایع شده است. بخش عمده سرمایه‌گذاری گاز فشرده در دارایی‌های قابل حمل است، در حالی که در خط لوله و گاز

1. Gas to Liquid
2. Fischer-Tropsch (F-T) synthesis
3. Dong & et. al
4. Chandra
5. Kagiri & et. al

مابع شده، بیشتر دارایی‌های ثابت هستند (مارکانو و رومان<sup>۱</sup>، ۲۰۰۷). وود و مخاطب (۲۰۰۸) اذعان داشته‌اند که این تکنولوژی بیشتر برای میداین گازی دریایی کوچک یا متوسط و یا گازهای همراه مورد استفاده می‌باشد در جایی که خطوط لوله زیردریایی به دلیل مسافت، فقدان منابع و ذخایر کافی، تقاضای کم، موارد زیست‌محیطی و هزینه امکان‌پذیر نبوده و ال‌ان‌جی توجیه اقتصادی نداشته باشد.

### پتروشیمی

تنوع محصولات، از ویژگی‌های صنعت پتروشیمی کشور است به طوری که در حال حاضر نزدیک به ۱۰۰ نوع محصول پتروشیمی در بخش‌های مختلف این صنعت در حال تولید است. در حال حاضر بیش از ۵۰ میلیون تن محصول پتروشیمی در پنج گروه عمده محصولات شیمیایی پایه، کودها، آروماتیک‌ها، پلیمرها و سوخت تولید می‌شود. گاز طبیعی در حال حاضر به‌عنوان خوراک یا سوخت در اکثر مجتمع‌های پتروشیمی مصرف می‌شود (میرجلیلی و توسلی، ۱۳۹۷). در حال حاضر سالانه حدود ۹۰ میلیون تن متانول در دنیا تولید می‌شود. تولید متانول از بهره‌وری پایین (حدود ۷۰ درصدی) به دلیل عدم استفاده از ظرفیت موجود با توجه به قیمت‌های بالای خوراک یا قیمت‌های پایین محصول است (آلوارادو<sup>۲</sup>، ۲۰۱۷). با توجه به اینکه تقاضای اوره و متانول بیشتر در صنایع کشاورزی، چسب و ساختمان‌سازی و به تازگی سوخت‌های مایع جایگزین است، کشورها تمایل دارند تا حد امکان وابستگی صنایع کشاورزی و ساختمانی خود را به دیگر کشورها کم نمایند، از همین رو ظرفیت‌های تولید اوره و متانول در حد نیازهای داخلی خود را به‌وجود می‌آورند. (وزارت نفت، ۱۳۹۴).

در این پژوهش ۵ استراتژی فوق مقایسه و اولویت‌بندی شده‌اند. شایان ذکر است که دو استراتژی تبدیل گاز به جامدات و تبدیل گاز به برق مورد مقایسه قرار نگرفته‌اند که عمده دلیل آن محدودیت‌های این دو روش به شرح زیر است:

تکنولوژی تبدیل گاز به برق که نوعی از تبدیل گاز به نیرو است، برای تولید برق در نزدیکی میدان گازی و انتقال آن از طریق سیم به مبادی مصرف را فراهم می‌کند و زمانی عملیاتی خواهد بود که سیم‌کشی به مبادی مصرف توجیه‌پذیر باشد. از دست

1. Marcano & Roman

2. Alvarado



رفتن انرژی در حین انتقال و کارایی پایین، یکی از معایب بزرگ این استراتژی است (بلک، ۲۰۱۰). تبدیل گاز به برق و مصرف آن در شرایط فعلی کشور منطقی نیست زیرا راندمان نیروگاه‌ها بسیار پایین بوده و انتقال برق از جنوب به شمال منجر به بیش از ۳۵٪ افت ولتاژ و هدررفت انرژی می‌شود (شرکت ملی گاز ایران، ۱۳۹۷). به‌طور کلی دو محدودیت در صادرات برق وجود دارد. اول پرهزینه و سخت بودن و دوم، امنیت از دید کشور مصرف‌کننده. لذا، کل صادرات و واردات برق در دنیا زیر ۲٪ است و بنابراین، صادرات برق در شکل کلان صادرات جدی برای کشورها محسوب نمی‌شود (ملاکی، ۱۳۹۷). همچنین در تکنولوژی تبدیل گاز به جامدات یا هیدرات گازی که محصول اختلاط گاز طبیعی با آب مایع جهت ایجاد ماده تثبیت شده شبیه برف است، جلوگیری از تشکیل هیدرات و بنابراین جدا شدن خطوط انتقال گاز محدودیت‌های این استراتژی است که ایجاد نگرانی می‌کند. این تکنولوژی هنوز به مرحله کاربرد نرسیده و بیشتر برای ذخیره گاز طبیعی و یا استفاده در میداین متروک و دور افتاده ممکن است کارا باشد. هزینه‌های استفاده از آن بسیار بالا می‌باشد (نجیبی و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۰۹).

### دلفی فازی

اوایل دهه ۱۹۵۰ به‌منظور بررسی دیدگاه خبرگان در اینباره که "انفجار چند بمب اتمی شوروی در آمریکا موجب چه میزان خسارت به آن کشور می‌شود؟" طرحی در نیروی هوایی آمریکا به سرپرستی نورمن دالکی و اولاف هلمر از شرکت رند به اجرا درآمد که به پروژه دلفی مشهور شد. در دهه ۱۹۶۰، این روش به‌عنوان روشی علمی مورد تأیید قرار گرفت و روز به روز بر کاربرد روش دلفی برای قضاوت خبرگان افزوده شد (دهقانی فیروزآبادی و بغیری، ۱۳۹۳). هرچند روش دلفی کاربردهای فراوانی دارد، اما انتقاداتی از جمله زمان بر و هزینه بر بودن و کوشش برای نزدیک کردن مصنوعی نظرات متخصصان و دیدگاه صفر و یکی نیز به این روش وارد است. از سوی دیگر، اظهارات شفاهی و بیان عباراتی چون "بالا" برای افراد مختلف می‌تواند معانی متفاوتی داشته باشد و لذا، استفاده از منطق فازی می‌تواند چنین محدودیت‌های زبان انسان و تفاسیر و اظهارات مبهم را مرتفع نماید (حبیبی<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۵). در سال ۱۹۸۸،

1. Najibi et al  
2. Habibi et al

کافمن و گوپتا کاربرد دلفی فازی را ارائه نمودند (کافمن و گوپتا<sup>۱</sup>، ۱۹۸۸). این روش به دو منظور غربالگری<sup>۲</sup> و پیش‌بینی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در دلفی فازی غربالگری، اهمیت معیارها مشخص و معیارهای کلیدی غربال می‌شوند. یکی از مزایای دلفی فازی غربالگری این است که بر خلاف روش سنتی دلفی، می‌توان خلاصه‌سازی و اولویت‌بندی موارد را طی یک مرحله انجام داد (حبیبی و همکاران، ۲۰۱۵). علاوه بر این، به دلیل زمان‌بر و هزینه‌بر بودن روش دلفی، در برخی تحقیقات از دلفی فازی تک‌مرحله‌ای استفاده می‌شود. این موضوع بیشتر در تحقیقاتی که دلفی فازی مرحله اول آن را تشکیل می‌دهد، مشاهده می‌شود.

برای تعیین تعداد معیارها یا حدود و مرز تحلیل‌ها هیچ فرآیند مشخص و تعریف شده‌ای وجود ندارد. لذا پژوهشگر و ذینفعان تنها کسانی هستند که می‌توانند با توجه به ماهیت مسأله و سوالات، میزان مناسب معیارها را تعیین نمایند (چوپتیانی، ۲۰۱۲). از آنجا که انتخاب معیارهایی که بر اساس آن مدیران نسبت به مقایسه و اولویت‌بندی استراتژی‌ها اقدام می‌کنند، در تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره حائز اهمیت است، لذا شناسایی این معیارها با این رویکرد که معیارهای جامعی شامل همه ابعاد تأثیرگذار در تصمیم‌گیری احصاء شوند، از طریق روش دلفی فازی تک‌مرحله‌ای انجام شده است.

### تصمیم‌گیری چندمعیاره

روش‌های سنتی ارزیابی تصمیم‌ها مانند تحلیل هزینه-منفعت که فقط شاخص‌های اقتصادی را در نظر می‌گیرند، برای ارزیابی تصمیم‌ها در حوزه گسترده، پیچیده و چندوجهی مانند حوزه انرژی، مناسب و کافی نمی‌باشند (سوتسوس<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۹). به همین دلیل، روش‌های ارزیابی تصمیم‌گیری متعددی جهت استفاده در این زمینه، توسعه یافته‌اند. روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره قادرند معیارها و شاخص‌های متعدد را همزمان جهت انتخاب تصمیم مطلوب در نظر گرفته و گزینه‌ها را با هم مقایسه نمایند. این روش‌ها به دلیل سطوح بالای عدم اطمینان، تأثیرپذیری از عوامل متعدد، بلندمدت بودن و نیاز به سرمایه عظیم، برای تصمیم‌گیری در حوزه انرژی مناسب هستند (لوکن<sup>۴</sup>، ۲۰۰۵). به زعم استرانزلی و آراوسیس<sup>۱</sup> (۲۰۱۵) این روش‌ها در

1. Kaufmann & Gupta
2. Screening
3. Tsoutsos et al
4. Loken



مدیریت انرژی مرسوم‌اند چراکه راه‌حل‌های مناسبی برای مسائل مختلف با اهداف چندگانه ارائه می‌نمایند. مراحل روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، تعیین معیارهای مسأله، جمع‌آوری داده‌ها و نظرات تصمیم‌گیرندگان، تعیین گزینه‌ها یا استراتژی‌ها، انتخاب بهترین روش برای مقایسه و نهایتاً انتخاب گزینه مطلوب می‌باشند (امیری و همکاران، ۱۳۹۶).

### فرآیند تحلیل شبکه‌ای

روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای در اصل تعمیم یافته روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی<sup>۲</sup> است که اولین بار توسط ساعتی در سال ۱۹۹۶ مطرح شد. در مواردی که سطوح پایینی روی سطوح بالایی اثرگذارند و یا عناصری که در یک سطح قرار دارند مستقل از هم نباشند (اثر متقابل روی هم داشته باشند)، دیگر نمی‌توان از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی استفاده کرد و روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای مطرح می‌شود. در روش تحلیل سلسله مراتبی، وابستگی‌ها باید به صورت خطی، از بالا به پایین و یا بالعکس باشد. چنانچه وابستگی دوطرفه بوده (یعنی وزن معیارها به وزن گزینه‌ها و وزن گزینه‌ها به وزن معیارها وابسته باشد) مسأله از حالت سلسله مراتبی خارج شده و تشکیل یک شبکه یا سیستم غیرخطی را می‌دهد، در این صورت برای محاسبه وزن عناصر نمی‌توان از قوانین و فرمول‌های سلسله مراتبی استفاده نمود و از تئوری شبکه‌ها استفاده می‌شود (امیری و همکاران، ۱۳۹۶).

### ۳- پیشینه پژوهش

چوپتیانی<sup>۳</sup> (۲۰۱۲)، در تحقیق خود، مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره و ارزیابی ریسک برای تصمیم‌گیری در خصوص پروژه‌های جمع‌آوری و ذخیره‌سازی کربن ارائه داده است. هدف اصلی این مدل، ارزیابی جامع استراتژی‌های مختلف برای اتخاذ تصمیم با توجه به معیارهای موردنظر و مهم بوده است. از جمله این معیارها می‌توان به زیست‌محیطی، اجتماعی، اقتصادی و مهندسی اشاره نمود. وزن معیارها بر اساس نظر خبرگان تعیین شده و معیار اقتصادی بیشترین رتبه را کسب کرده است.

1. Strantzali & Aravossis
2. Analytical Hierarchy Process (AHP)
3. Choptiany

حبیبی و همکاران (۲۰۱۵)، در تحقیقی که به منظور بررسی کاربرد روش دلفی فازی برای مقاصد پیش‌بینی و غربالگری انجام دادند، اذعان نمودند که روش دلفی با رویکرد فازی می‌تواند برای تعیین اهمیت و غربالگری معیار(های) کلیدی استفاده شود. یکی از بزرگ‌ترین مزایای این روش در مقایسه با روش سنتی دلفی در حوزه غربالگری (و نه پیش‌بینی)، این است که یک مرحله می‌تواند برای خلاصه‌سازی و رتبه‌بندی معیارها استفاده شود که از طریق تعیین آستانه رد/قبول انجام می‌شود.

بر اساس مطالعه وود و مخاطب<sup>۱</sup> (۲۰۰۸)، فاصله تا بازار و اندازه میدان دو معیاری هستند که بر استفاده از فناوری یا استراتژی درآمدزایی گاز تأثیر می‌گذارند. ایشان به‌طور کلی نتیجه‌گیری کردند که پروژه‌های گاز مایع شده و تبدیل گاز به مایع نیازمند ذخایر بزرگی هستند تا بتواند سرمایه‌گذاری انجام شده برای توسعه زیرساخت بالادست را توجیه نمایند.

دهدشت و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۱۷)، با کاربرد مدل دیماتل-تحلیل شبکه‌ای، ریسک‌های پروژه‌های نفت و گاز در ایران را شناسایی، با استفاده از دیماتل روابط بین آنها را تعیین نموده و با استفاده از فرایند تحلیل شبکه‌ای اهمیت نسبی آنها را شناسایی و مدیریت ریسک بهینه را پیشنهاد داده‌اند.

توماس و داو<sup>۳</sup> (۲۰۰۳)، راهکارها و مکانیزم‌های ممکن برای بهره‌برداری و انتقال گاز را بررسی نمودند. بر اساس این پژوهش، استراتژی‌های خط لوله و مایع‌سازی گاز و تا حدی تبدیل گاز به مایع، برای میادین و حجم‌های کم گاز دارای صرفه و توجیه اقتصادی نیستند. برای بازارهای کوچک که خط لوله و گاز مایع شده توجیه‌پذیر نیستند، تبدیل گاز به جامدات و گاز فشرده شده بیشتر مورد استفاده خواهد بود. در نهایت تأکید شده که شرکت‌ها در انتخاب استراتژی موردنظر برای درآمدزایی گاز نباید صرفاً به ریسک‌ها و موارد اقتصادی توجه نمایند، بلکه مواردی مانند تحولات سیاسی و تحریم تجاری نیز حائز اهمیت هستند.

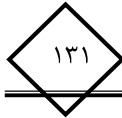
دیبائوند (۱۳۹۴)، بازارهای بالقوه صادرات گاز ایران از طریق خط لوله را شامل اروپای شرقی و مرکزی، هند، پاکستان، کشورهای حوزه خلیج فارس و از طریق گاز مایع شده را شامل چین، آسیای جنوب شرقی و اروپای غربی معرفی نموده است. وی

1. Wood & Mokhatab

2. Dehdasht et al

3. Thomas & Dawe





ادعان نموده که بازارهای بالقوه صادراتی با تأمین سه شرط اساسی یعنی نقش‌آفرینی مؤثر در معادلات سیاسی منطقه‌ای و بین‌المللی، امکان به‌دست آوردن سهم درخور توجه برای صادرات گاز و ایجاد انحصار عرضه به نحوی که سهم ایران به راحتی توسط رقبا جایگزین نشود، می‌توانند کاهش‌دهنده تهدیدهای نظامی و ارتقای امنیت ملی باشند.

وانگ و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۹) ضمن بررسی مدل‌های مختلف تصمیم‌گیری چندمعیاره در زمینه پایداری انرژی، انواع روش‌های وزن‌دهی ذهنی، عینی، تلفیقی و نیز روش‌های متعدد مجموع اوزان، فازی و غیره را برای تصمیم‌گیری در حوزه پایداری انرژی به‌کار برده و نتیجه گرفته‌اند که هزینه سرمایه‌گذاری و مسائل زیست محیطی به ترتیب در تصمیم‌گیری مهم می‌باشند.

شو و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۱۰) در پژوهشی برای انتخاب فناوری در صنعت روغن از دو روش دلفی فازی تک مرحله‌ای و تحلیل سلسله مراتبی فازی استفاده نموده و پس از تعیین معیارها از طریق روش دلفی فازی تک‌مرحله‌ای، آنها را از طریق تحلیل سلسله مراتبی فازی رتبه‌بندی نموده‌اند.

کامارولزلمان و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۱۵) در تشریح مزایای دلفی فازی تک مرحله‌ای نسبت به روش سنتی دلفی عنوان نمودند که با به‌کارگیری اعداد فازی و تکنیک دلفی فازی، مراحل دلفی کاهش یافته و در یک مرحله، نتایج موردانتظار حاصل می‌شود.

وو و فانگ<sup>۴</sup> (۲۰۱۱) در مطالعه خود، به‌منظور تعیین اولویت‌بندی شایستگی‌های کلیدی مدیران حرفه‌ای تجارت الکترونیک، دلفی فازی تک‌مرحله‌ای و تحلیل سلسله مراتبی فازی را با هم ترکیب نمودند به‌نحوی که برای تعیین معیارها از دلفی فازی تک‌مرحله‌ای بهره‌جسته‌اند و سپس با تحلیل سلسله مراتبی فازی، آنها را رتبه‌بندی کرده‌اند.

دهقانی فیروزآبادی و بغیری (۱۳۹۳) با مقایسه سه روش دلفی، دلفی فازی چندمرحله‌ای و دلفی فازی تک‌مرحله‌ای، ضمن اشاره به مزایای دلفی فازی تک‌مرحله‌ای، از این روش بهره‌برداری نموده‌اند.

1. Wang et al
2. Hsu et al
3. Kamarulzaman et al
4. Wu & Fang

آقایی و همکاران (۱۳۹۱) شاخص‌های اساسی و اثربخش وفاداری مشتریان در بخش تأمین‌کنندگان صنعت بهداشتی و سلولزی ایران را با استفاده از روش دلفی فازی در یک مرحله شناسایی نموده‌اند.

صنایعی و همکاران (۱۳۹۰) دلفی فازی را در یک مرحله اجرا نموده و بر اساس آن عوامل مؤثر بر توسعه فناوری شناسایی از طریق فرکانس‌های رادیویی در ایران خودرو را شناسایی نمودند. ایشان در مرحله بعد، از روش دلفی برای تعیین سایر عواملی که در پرسشنامه باز دریافت شده بود استفاده نموده و با کمک تحلیل سلسله مراتبی فازی آنها را اولویت‌بندی نموده‌اند.

#### ۴- روش‌شناسی تحقیق

در طبقه‌بندی این پژوهش باید گفت که تحقیق از لحاظ طبقه‌بندی براساس هدف، از نوع کاربردی می‌باشد، زیرا زمینه علمی و کاربردی برای تصمیم‌گیران و خبرگان صنعت نفت ایجاد می‌نماید تا به چگونگی درآمدزایی از گازهای تولیدی میدین گازی ایران بپردازند. در ابتدا بر اساس مطالعات کتابخانه‌ای، مبانی تئوریک و ادبیات مفهومی و نظری موضوع پژوهش شکل گرفته که در این بخش تلاش شده از حداکثر منابع موجود از قبیل کتب، مقالات، مراکز تحقیقاتی، بانک اطلاعاتی وزارت نفت و شرکت‌های تابعه و ... بهره‌برداری شود. سپس با استفاده از پرسشنامه طراحی شده، داده‌های لازم از جامعه موردنظر جمع‌آوری شده و برای تجزیه و تحلیل نتایج مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

#### تعیین جامعه آماری

به‌منظور حصول اطمینان از استفاده و بهره‌برداری از نظرات کلیه تصمیم‌گیران و خبرگان صنعت نفت و گاز کشور در زمینه پژوهش، مشارکت‌کنندگان از بخش صنعت شامل وزارت نفت و شرکت ملی نفت ایران و شرکت‌های تابعه آن و همچنین از بخش دانشگاهی از اساتید در حوزه مرتبط انتخاب شده‌اند. بنابراین، جامعه آماری این تحقیق از دو بخش صنعت و دانشگاه تشکیل شده و تعداد کل مشارکت‌کنندگان در این جامعه ۱۱۹ نفر می‌باشند. جامعه آماری بخش صنعت با در نظر گرفتن ۳ معیار تعیین شده که در جدول ۱ آورده شده‌اند. این افراد از وزارت نفت، شرکت ملی نفت ایران و سایر واحدها/شرکت‌های تابعه مرتبط انتخاب شده‌اند. افراد واجد شرایط شناسایی شده در بخش صنعت ۷۴ نفر می‌باشند.



جدول ۱. معیارهای انتخاب جامعه آماری بخش صنعت

معیار (الف)	دارای رتبه سازمانی برابر یا بالاتر از C	در صنعت نفت، ۱۲ رتبه سازمانی در بازه ۱۱ تا Over D قرار دارد که روسا، معاونین، مدیران میانی و مدیران ارشد دارای رتبه‌های برابر یا بالاتر از C هستند.
معیار (ب)	دارای سابقه کاری برابر/بیشتر از ۸ سال در صنعت نفت و گاز	آشنایی با موضوع تخصصی گاز و روش‌های درآمدزایی آن و همچنین ترجیحات و معیارهایی که لازم است تا در تصمیم‌گیری‌ها موردنظر قرار گیرد، ضروری است.
معیار (ج)	دارای حداقل مدرک کارشناسی ارشد	داشتن مدرک کارشناسی ارشد یا بالاتر ضروری در نظر گرفته شده است.

منبع: یافته‌های تحقیق

جامعه آماری بخش دانشگاهی با در نظر گرفتن معیارهایی انتخاب شد که در جدول ۲ آورده شده‌اند. کلیه دانشکده‌هایی که رشته تحصیلی مرتبط با موضوع تحقیق از جمله اقتصاد انرژی یا اقتصاد منابع داشتند انتخاب و سپس، اساتیدی که در این دانشکده و رشته‌ها تدریس می‌کردند مشتمل بر ۴۵ نفر از مجموع ۱۴ دانشگاه (دارای رشته مرتبط) شناسایی شدند.

جدول ۲. معیارهای انتخاب جامعه آماری بخش دانشگاهی

معیار (الف)	عضو هیأت علمی	مشارکت‌کنندگان بایستی برای مدت حداقل ۵ سال عضو هیات علمی دانشگاه باشند.
معیار (ب)	رشته تحصیلی مرتبط	مدرک تحصیلی مرتبط با موضوع پژوهش (از جمله رشته‌های اقتصاد و علوم اقتصادی، اقتصاد انرژی، اقتصاد نفت و گاز و اقتصاد منابع مرتبط با موضوع پژوهش تعیین شدند).
معیار (ج)	مقاله/پایان‌نامه مرتبط	داشتن حداقل ۳ مقاله در حوزه انرژی، نفت یا گاز و یا راهنمایی/مشاوره پایان‌نامه در همین زمینه‌ها.
معیار (د)	تدریس دروس مرتبط	داشتن سابقه تدریس دروس مرتبط با موضوع تحقیق مانند اقتصاد انرژی، اقتصاد نفت و گاز، قیمت‌گذاری نفت و گاز و ...

منبع: یافته‌های تحقیق

**تعیین نمونه و ابزار گردآوری داده ها**

در این پژوهش با توجه به اینکه از یکسو تعداد افراد جامعه محدود و ۱۱۹ نفر بودند و از سوی دیگر احتمال ریزش در پرسشنامه‌های برگشتی پیش‌بینی می‌گردید، لذا از روش سرشماری استفاده شده و به جای انتخاب نمونه آماری، کلیه افراد و واحدهای جامعه مورد سوال قرار گرفتند. ابزار گردآوری داده‌ها در هر دو بخش دلفی فازی و فرآیند تحلیل شبکه‌ای، پرسشنامه ساختارمند بوده است.

**روایی و پایایی نتایج**

پایایی روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای از طریق نرخ ناسازگاری برای ماتریس‌های مقایسه زوجی بررسی شده و از آنجا که همه زیر ۰/۱ بودند، مورد تأیید قرار گرفت. از آنجا که در روش دلفی فازی بر اساس قضاوت و نظرات خبرگان، ابعاد مولفه‌ها و معیارها تعیین می‌شود، بنابراین معیارهای کم‌اهمیت از مدل حذف و معیارهای با اهمیت در مدل باقی می‌مانند؛ به عبارت دیگر، در این روش همبستگی درونی گویه‌های تحقیق یا همان پایایی به نحویکه در تحقیق‌های کمی انجام می‌شود، معنادار نخواهد بود. روایی (اعتبار) نتایج روش‌های دلفی فازی و فرآیند تحلیل شبکه‌ای به شایستگی و خبرگی مشارکت‌کنندگان در مطالعه و پاسخگویی به پرسشنامه‌ها بستگی دارد (کارلوسی و شیوما، ۲۰۰۸).<sup>۱</sup> از آنجا که در این پژوهش از یکسو انتخاب مشارکت‌کنندگان با معیارهای در نظر گرفته شده منجر به انتخاب گروه خبره که از دانش و تجربه لازم در موضوع برخوردار بودند، شده و از سوی دیگر، نتایج به‌دست آمده با استفاده از تکنیک کسب اطلاعات دقیق موازی، تناقضی با موارد مشابه نداشته و همچنین نتایج به تأیید ۵ مدیر ارشد مرتبط با موضوع در صنعت نفت و گاز رسیده، لذا روایی نتایج، تأیید می‌شود.

---

1. Carlucci & Schiuma



### ۵- یافته‌های تحقیق

در این پژوهش تلفیق روش دلفی فازی و روش تصمیم‌گیری چندمعیاره فرآیند تحلیل شبکه‌ای برای مقایسه استراتژی‌های درآمدزایی گاز و اولویت‌بندی آنها در چهار گام انجام شده که نتایج به‌دست آمده به شرح زیر می‌باشد.

#### گام اول: شناسایی مسأله

مسأله اصلی در این پژوهش نیاز صنعت نفت و گاز کشور به به‌کارگیری استراتژی(های) درآمدزایی گاز مناسب به‌منظور دستیابی به درآمدهای لازم برای توجیه‌پذیر نمودن توسعه میادین گازی می‌باشد. انتخاب این استراتژی‌ها باید با در نظر داشتن ابعاد خرد و کلان و معیارهای تصمیم‌گیری جامع باشد.

#### گام دوم: تعیین هدف

هدف، اولویت‌بندی استراتژی‌های درآمدزایی گاز با استفاده از معیارهای به‌دست آمده (از طریق روش دلفی فازی) می‌باشد.

#### گام سوم: انتخاب معیارهای تصمیم‌گیری با استفاده از روش دلفی فازی

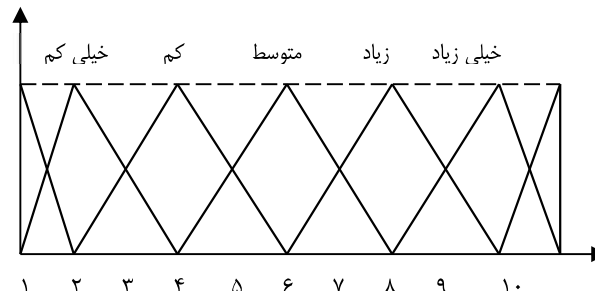
شناسایی معیارهای اولیه از طریق مرور ادبیات: به‌منظور شناسایی معیارهای موردنظر تصمیم‌گیران جهت اولویت‌بندی استراتژی‌های درآمدزایی گاز، ابتدا از طریق مطالعه کتابخانه‌ای، ۱۹ زیر معیار در ذیل ۵ معیار اصلی فنی، اقتصادی/تجاری، زیست‌محیطی، سیاسی/اجتماعی و بازار محصولات از ۳۴ مقاله با موضوع تصمیم‌گیری چندمعیاره در حوزه انرژی به شرح مندرج در جدول ۳ شناسایی و مستخرج و مبنای پرسشنامه دلفی فازی قرار گرفته‌اند.

#### شناسایی طیف مناسب برای فازی‌سازی اظهارات مشارکت‌کنندگان (بیان

زبانی). اعداد فازی مثلثی با مقیاس پنج‌گانه به‌شرح جدول ۳ و تابع عضویت مثلثی به‌شرح شکل ۱ تعریف شده‌اند.

جدول ۳. اعداد فازی مثلثی برای طیف پنجگانه

اعداد فازی	اظهارات مشارکت کنندگان
(۷،۹،۱۰)	خیلی زیاد
(۵،۷،۹)	زیاد
(۳،۵،۷)	متوسط
(۱،۳،۵)	کم
(۰،۱،۳)	خیلی کم



شکل ۱. تابع عضویت مثلثی طیف پنجگانه

لذا، ۱۹ زیر معیار به دست آمده از بخش مرور ادبیات، در پرسشنامه با طیف فوق مورد سوال قرار گرفته‌اند.

جدول ۴. معیارهای تصمیم‌گیری استفاده شده در پژوهش‌های قبلی

معیار / زیر معیار	مراجع استفاده شده
فنی (C1)	بلک (۲۰۱۰)، هوک و همکاران (۲۰۱۴)، خلیل‌پور و کریمی (۲۰۱۲)، دیاکولاکی و همکاران (۲۰۰۵)، استین (۲۰۱۳)، حداد و همکاران (۲۰۱۷)، بلتران (۲۰۱۴)، بویوکوزکان و گولریوز (۲۰۱۶)، ترولدبورگ (۲۰۱۴)، استرانزالی و آراویس (۲۰۱۶)، اوزکال و همکاران (۲۰۱۷)، جنورگولپلو و همکاران (۱۹۹۶)، مالکوی و همکاران (۲۰۱۷)، ژانگ و همکاران (۲۰۱۵)، کولاک و کایا (۲۰۱۷)، ال‌گرنی (۲۰۱۶)، ماتئو (۲۰۱۲)، دایبیم (۲۰۱۱)، احمد و تاهار (۲۰۱۴)، استریمیکین و همکاران (۲۰۱۲)، کاهرامان و همکاران (۲۰۰۹)، کاهرامان (۲۰۱۰)، چوپتیانی (۲۰۱۲)
C11 کارایی کارخانه	دانگ و همکاران (۲۰۰۸)، دیاکولاکی و همکاران (۲۰۰۵)، حداد و همکاران (۲۰۱۷)، بویوکوزکان و گولریوز (۲۰۱۶)، استرانزالی و آراویس (۲۰۱۶)، مالکوی و همکاران (۲۰۱۷)، کولاک و کایا (۲۰۱۷)، ال‌گرنی (۲۰۱۶)، ماتئو (۲۰۱۲)، آمر و دایبیم (۲۰۱۱)، احمد و تاهار (۲۰۱۴)، کاهرامان و همکاران (۲۰۰۹)



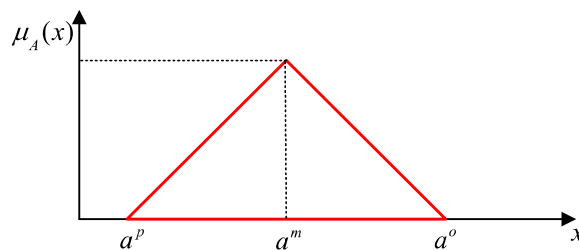
معیار/ زیرمعیار		مراجع استفاده شده
C12	ظرفیت	خلیل‌پور و کریمی (۲۰۱۲)، بویوکوزکان و گولریوز (۲۰۱۶)، استرانزالی و آراوسیسی (۲۰۱۶)، کولاک و کایا (۲۰۱۷)، ال‌گارنی (۲۰۱۶)
C13	امنیت عرضه	دیاکولاکی و همکاران (۲۰۰۵)، حداد و همکاران (۲۰۱۷)، ولکارت و همکاران (۲۰۱۷)، ترولدبورگ (۲۰۱۴)، جنورگوپلو و همکاران (۱۹۹۶)، کولاک و کایا (۲۰۱۷)، برند و میسوری (۲۰۱۴)
C14	بلوغ فناوری	حداد و همکاران (۲۰۱۷)، بویوکوزکان و گولریوز (۲۰۱۶)، ترولدبورگ (۲۰۱۴)، استرانزالی و آراوسیسی (۲۰۱۶)، اوزکال و همکاران (۲۰۱۷)، ژانگ و همکاران (۲۰۱۵)، کولاک و کایا (۲۰۱۷)، ماتئو (۲۰۱۲)، آمر و داییم (۲۰۱۱)، کاهرامان و همکاران (۲۰۰۹)، کاهرامان و کایا (۲۰۱۰)
C15	ایمنی	حداد و همکاران (۲۰۱۷)، استرانزالی و آراوسیسی (۲۰۱۶)، ژانگ و همکاران (۲۰۱۵)، ال‌گارنی و همکاران (۲۰۱۶)، ماتئو (۲۰۱۲)، استریمیکیه و همکاران (۲۰۱۲)، کاهرامان و همکاران (۲۰۰۹)، کاهرامان و کایا (۲۰۱۰)
اقتصادی و تجاری (C2)		بلک (۲۰۱۰)، دانگ و همکاران (۲۰۰۸)، خراسانی و همکاران (۱۳۹۴)، معاونت پژوهش‌های مجلس (۱۳۹۶)، رهبر و رام (۱۳۸۶)، نجیبی و همکاران (۲۰۰۹)، هوک و همکاران (۲۰۱۴)، خلیل‌پور و کریمی (۲۰۱۲)، سوپرو و همکاران (۲۰۰۴)، نجیبی و همکاران (۲۰۰۸)، چانگ (۲۰۰۱)، دیاکولاکی و همکاران (۲۰۰۵)، استین (۲۰۱۳)، حداد و همکاران (۲۰۱۷)، ولکارت و همکاران (۲۰۱۷)، بلتران (۲۰۱۴)، بویوکوزکان و گولریوز (۲۰۱۶)، ترولدبورگ (۲۰۱۴)، استرانزالی و آراوسیسی (۲۰۱۶)، اوزکال و همکاران (۲۰۱۷)، جنورگوپلو و همکاران (۱۹۹۶)، مالکاو و همکاران (۲۰۱۷)، ژانگ و همکاران (۲۰۱۵)، کولاک و کایا (۲۰۱۷)، ال‌گارنی (۲۰۱۶)، تاسری و سوسیلاواتی (۲۰۱۴)، ماتئو (۲۰۱۲)، برند و میسوری (۲۰۱۴)، آمر و داییم (۲۰۱۱)، احمد و تاهار (۲۰۱۴)، استریمیکیه و همکاران (۲۰۱۲)، کاهرامان و همکاران (۲۰۰۹)، کاهرامان (۲۰۱۰)، چوپتیانی (۲۰۱۲)
C21	هزینه سرمایه‌گذاری	بلک (۲۰۱۰)، دانگ و همکاران (۲۰۰۸)، نجیبی و همکاران (۲۰۰۹)، خلیل‌پور و کریمی (۲۰۱۲)، سوپرو و همکاران (۲۰۰۴)، نجیبی و همکاران (۲۰۰۸)، چانگ (۲۰۰۱)، دیاکولاکی و همکاران (۲۰۰۵)، حداد و همکاران (۲۰۱۷)، ولکارت و همکاران (۲۰۱۷)، بویوکوزکان و گولریوز (۲۰۱۶)، ترولدبورگ (۲۰۱۴)، استرانزالی و آراوسیسی (۲۰۱۶)، اوزکال و همکاران (۲۰۱۷)، جنورگوپلو و همکاران (۱۹۹۶)، مالکاو و همکاران (۲۰۱۷)، ژانگ و همکاران (۲۰۱۵)، کولاک و کایا (۲۰۱۷)، ال‌گارنی (۲۰۱۶)، تاسری و سوسیلاواتی (۲۰۱۴)، ماتئو (۲۰۱۲)، احمد و تاهار (۲۰۱۴)، کاهرامان و همکاران (۲۰۰۹)، کاهرامان (۲۰۱۰)، چوپتیانی (۲۰۱۲)
C22	هزینه بهره‌برداری	نجیبی و همکاران (۲۰۰۹)، خلیل‌پور و کریمی (۲۰۱۲)، سوپرو و همکاران (۲۰۰۴)، نجیبی و همکاران (۲۰۰۸)، دیاکولاکی و همکاران (۲۰۰۵)، ولکارت و همکاران (۲۰۱۷)، بویوکوزکان و گولریوز (۲۰۱۶)، ترولدبورگ (۲۰۱۴)، استرانزالی و آراوسیسی (۲۰۱۶)، کاهرامان (۲۰۱۰)
C23	ارزش‌خالص فعلی	بلک (۲۰۱۰)، خراسانی و همکاران (۱۳۹۴)، خلیل‌پور و کریمی (۲۰۱۲)، سوپرو و همکاران (۲۰۰۴)، استرانزالی و آراوسیسی (۲۰۱۶)
C24	نرخ بازده داخلی	بلک (۲۰۱۰)، دانگ و همکاران (۲۰۰۸)، خلیل‌پور و کریمی (۲۰۱۲)، حداد و همکاران (۲۰۱۷)، ولکارت و همکاران (۲۰۱۷)، بویوکوزکان و گولریوز (۲۰۱۶)، مالکاو و همکاران (۲۰۱۷)، ژانگ و همکاران (۲۰۱۵)، کولاک و کایا (۲۰۱۷)، استرانزالی و آراوسیسی (۲۰۱۶)، تاسری و سوسیلاواتی (۲۰۱۴)، ماتئو (۲۰۱۲)، احمد و تاهار (۲۰۱۴)، چوپتیانی (۲۰۱۲)

معیار / زیر معیار	مراجع استفاده شده
C25 دوره بازگشت سرمایه	خراسانی و همکاران (۱۳۹۴)، چانگ (۲۰۰۱)، حداد و همکاران (۲۰۱۷)، استرانزالی و آراوسیسی (۲۰۱۶)، کولاک و کایا (۲۰۱۷).
C26 هزینه خوراک	خلیل پور و کریمی (۲۰۱۲)، استرانزالی و آراوسیسی (۲۰۱۶)، اژانگ و همکاران (۲۰۱۵)، ال گارنی (۲۰۱۶)، ماتئو (۲۰۱۲)، برند و میسوری (۲۰۱۴)، آمر و داییم (۲۰۱۱)، استریمیکین و همکاران (۲۰۱۲)، کاهرامان (۲۰۱۰)، چوپتیانی (۲۰۱۲)
زیست محیطی (C3)	رهبر و رام (۱۳۸۶)، استین (۲۰۱۳)، حداد و همکاران (۲۰۱۷)، ولکارت و همکاران (۲۰۱۷)، بلتران (۲۰۱۴)، ترولدبورگ (۲۰۱۴)، استرانزالی و آراوسیسی (۲۰۱۶)، اوزکال و همکاران (۲۰۱۷)، جنورگوپلو و همکاران (۱۹۹۶)، مالکاو و همکاران (۲۰۱۷)، ژانگ و همکاران (۲۰۱۵)، کولاک و کایا (۲۰۱۷)، ال گارنی (۲۰۱۶)، تاسری و سوسیلواتی (۲۰۱۴)، ماتئو (۲۰۱۲)، برند و میسوری (۲۰۱۴)، آمر و داییم (۲۰۱۱)، احمد و تاهار (۲۰۱۴)، استریمیکین و همکاران (۲۰۱۲)، کاهرامان و همکاران (۲۰۰۹)، کاهرامان (۲۰۱۰)، چوپتیانی (۲۰۱۲)
C31 انتشار آلاینده	دیاکولاکی و همکاران (۲۰۰۵)، حداد و همکاران (۲۰۱۷)، بویوکوزکان و گولریوز (۲۰۱۶)، ترولدبورگ (۲۰۱۴)، استرانزالی و آراوسیسی (۲۰۱۶)، اوزکال و همکاران (۲۰۱۷)، مالکاو و همکاران (۲۰۱۷)، کولاک و کایا (۲۰۱۷)، ال گارنی (۲۰۱۶)، تاسری و سوسیلواتی (۲۰۱۴)، ماتئو (۲۰۱۲)، احمد و تاهار (۲۰۱۴)، استریمیکین و همکاران (۲۰۱۲)، کاهرامان و همکاران (۲۰۰۹)، کاهرامان (۲۰۱۰)، چوپتیانی (۲۰۱۲)
C32 تخلیه مخزن	دیاکولاکی و همکاران (۲۰۰۵)، ولکارت و همکاران (۲۰۱۷)، جنورگوپلو و همکاران (۱۹۹۶)
C33 تأثیر بر اکوسیستم	حداد و همکاران (۲۰۱۷)، ولکارت و همکاران (۲۰۱۷)، بویوکوزکان و گولریوز (۲۰۱۶)، استرانزالی و آراوسیسی (۲۰۱۶)، جنورگوپلو و همکاران (۱۹۹۶)، احمد و تاهار (۲۰۱۴)، استریمیکین و همکاران (۲۰۱۲)
سیاسی - اجتماعی (C4)	دانگ و همکاران (۲۰۰۸)، رهبر و رام (۱۳۸۶)، دیاکولاکی و همکاران (۲۰۰۵)، استین (۲۰۱۳)، حداد و همکاران (۲۰۱۷)، ولکارت و همکاران (۲۰۱۷)، بلتران (۲۰۱۴)، بویوکوزکان و گولریوز (۲۰۱۶)، ترولدبورگ (۲۰۱۴)، استرانزالی و آراوسیسی (۲۰۱۶)، اوزکال و همکاران (۲۰۱۷)، جنورگوپلو و همکاران (۱۹۹۶)، مالکاو و همکاران (۲۰۱۷)، ژانگ و همکاران (۲۰۱۵)، کولاک و کایا (۲۰۱۷)، ال گارنی (۲۰۱۶)، تاسری و سوسیلواتی (۲۰۱۴)، ماتئو (۲۰۱۲)، برند و میسوری (۲۰۱۴)، آمر و داییم (۲۰۱۱)، احمد و تاهار (۲۰۱۴)، استریمیکین و همکاران (۲۰۱۲)، کاهرامان و همکاران (۲۰۰۹)، کاهرامان (۲۰۱۰)، چوپتیانی (۲۰۱۲)
C41 اشتغال زایی	دیاکولاکی و همکاران (۲۰۰۵)، حداد و همکاران (۲۰۱۷)، بویوکوزکان و گولریوز (۲۰۱۶)، استرانزالی و آراوسیسی (۲۰۱۶)، اوزکال و همکاران (۲۰۱۷)، جنورگوپلو و همکاران (۱۹۹۶)، مالکاو و همکاران (۲۰۱۷)، ژانگ و همکاران (۲۰۱۵)، کولاک و کایا (۲۰۱۷)، ال گارنی (۲۰۱۶)، ماتئو (۲۰۱۲)، کاهرامان و همکاران (۲۰۰۹)، کاهرامان (۲۰۱۰)
C42 پذیرش اجتماعی	دیاکولاکی و همکاران (۲۰۰۵)، حداد و همکاران (۲۰۱۷)، بویوکوزکان و گولریوز (۲۰۱۶)، ترولدبورگ (۲۰۱۴)، استرانزالی و آراوسیسی (۲۰۱۶)، مالکاو و همکاران (۲۰۱۷)، کولاک و کایا (۲۰۱۷)، ال گارنی (۲۰۱۶)، تاسری و سوسیلواتی (۲۰۱۴)، ماتئو (۲۰۱۲)، احمد و تاهار (۲۰۱۴)، کاهرامان و همکاران (۲۰۰۹)، کاهرامان (۲۰۱۰)، چوپتیانی (۲۰۱۲)



معیار/ زیرمعیار	مراجع استفاده شده
C43 همسوابسیاست دولت	حداد و همکاران (۲۰۱۷)، بویوکوزکان و گولریوز (۲۰۱۶)، جنورگوپلو و همکاران (۱۹۹۶)، کولاک و کایا (۲۰۱۷)، ال‌گرنی (۲۰۱۶)، تاسری و سوسیلاواتی (۲۰۱۴)، ماتئو (۲۰۱۲)، کاهرامان و همکاران (۲۰۰۹)
C44 وابستگی خارجی	بویوکوزکان و گولریوز (۲۰۱۶)، برند و میسوری (۲۰۱۴)، امر و داییم (۲۰۱۱)، استریمیکین و همکاران (۲۰۱۲)
C51 بازار محصولات (C5)	بلک (۲۰۱۰)، دانگ و همکاران (۲۰۰۸)، معاونت پژوهش‌های مجلس (۱۳۹۶)، هوک و همکاران (۲۰۱۴)، خلیل‌پور و کریمی (۲۰۱۲)، دیاکولاکی و همکاران (۲۰۰۵)، استین (۲۰۱۳)، حداد و همکاران (۲۰۱۷)، ولکارت و همکاران (۲۰۱۷)، بلتران (۲۰۱۴)، بویوکوزکان و گولریوز (۲۰۱۶)، ترولدبورگ (۲۰۱۴)، استرانزالی و آراوسیس (۲۰۱۶)، اوزکال و همکاران (۲۰۱۷)، مالکاوی و همکاران (۲۰۱۷)، ژانگ و همکاران (۲۰۱۵)، کولاک و کایا (۲۰۱۷)، ال‌گرنی (۲۰۱۶)، ماتئو (۲۰۱۲)، برند و میسوری (۲۰۱۴)، احمد و تاهار (۲۰۱۴)، کاهرامان و همکاران (۲۰۰۹)، کاهرامان (۲۰۱۰)

**تجمیع فازی ارزش‌های فازی‌سازی شده:** بر اساس پاسخ مشارکت‌کنندگان و انتخاب درجه اهمیت هر یک از متغیرهای زبانی، این متغیرها با اعداد فازی متناظر با آن کمی‌سازی (فازی‌سازی) گردیده است. اعداد فازی مثلثی  $\tilde{M} = (l, m, u)$  با تابع مشخص شده در شکل ۲ (l و u به ترتیب کران پائین و بالای عدد فازی  $\tilde{M}$ ) و رابطه ۱ تعریف شده‌اند:



شکل ۲. تابع عضویت مثلثی

$$\mu_{\tilde{M}}(x) = \begin{cases} \frac{(x-l)}{(m-l)}, & l < x \leq m \\ \frac{(u-x)}{(u-m)}, & m < x \leq u \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

با استفاده از نظرات جمع‌آوری شده از تصمیم‌گیران و خبرگان از طریق پرسشنامه‌ها، عدد فازی مثلثی  $M_{ij}$  که بیانگر عدد فازی خبره  $\lambda_m$  برای معیار  $\lambda_m$  است، ایجاد شده است.

با فرض اینکه  $M_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$  است، آنگاه  $M_j = (l_j, m_j, u_j)$  براساس رابطه ۲ به دست آمده است: (n: تعداد خبرگان و m: تعداد معیارها هستند)

$$l_j = \min(l_{ij}) \quad \text{فرمول محاسبه } M_j \quad (2)$$

$$m_j = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n m_{ij}}$$

$$u_j = \max(u_{ij})$$

**فازی زدایی:** پس از تجمیع فازی نظرات مشارکت کنندگان، ارزش های به دست آمده با استفاده از رابطه ۳ فازی زدایی شده اند.

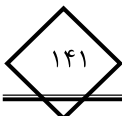
$$Df_j = \frac{l_j + 2m_j + u_j}{4} \quad \text{روش فازی زدایی} \quad (3)$$

**انتخاب آستانه:** بر اساس اصل پارتو و با الگوبرداری از پژوهش های گذشته (آقایی و همکاران، ۱۳۹۱ و دهقانی فیروزآبادی و بغیری ۱۳۹۳) و با هدف حداقل کاهش جهت حفظ جامعیت زیرمعیارها، آستانه ( $\alpha$ ) برای رد یا قبول زیرمعیار ( $C_{ij}$ ) عدد ۰.۸۰ (یعنی ۷/۲۰) انتخاب شده است.

**غربالگری و انتخاب زیرمعیارها:** به منظور انجام غربالگری، اگر  $Df_j \geq \alpha$ ، زیرمعیار قبول و اگر  $Df_j < \alpha$ ، زیرمعیار رد می شود. نتایج به دست آمده از ۹۵ پرسشنامه در جدول ۵ خلاصه شده است. ۴ زیر معیار امنیت عرضه، دوره بازگشت سرمایه، تخلیه مخزن و پذیرش اجتماعی که امتیاز آنها کمتر از آستانه شده، حذف و ۱۵ زیرمعیار انتخاب شده اند.

جدول ۵. نتایج غربالگری زیرمعیارها در دلفی فازی

ردیف	زیرمعیارها	میانگین قطعی	میانگین فازی	میانگین غیرفازی شده	نتیجه
۱	C11 کارایی کارخانه	۸/۱۴	(۹، ۸/۰۶، ۴)	۷/۲۸	پذیرش
۲	C12 ظرفیت	۸/۲۰	(۹، ۸/۱۲، ۴)	۷/۳۱	پذیرش
۳	C13 امنیت عرضه	۶/۵۴	(۹، ۶/۲۵، ۲)	۵/۸۷	رد
۴	C14 بلوغ فناوری	۸/۳۵	(۹، ۸/۲۸، ۴)	۷/۳۹	پذیرش
۵	C15 ایمنی	۸/۰۹	(۹، ۸/۰۳، ۴)	۷/۲۶	پذیرش
۶	C21 هزینه سرمایه گذاری	۸/۲۲	(۹، ۸/۱، ۶)	۷/۸۰	پذیرش
۷	C22 هزینه بهره برداری	۸/۲۸	(۹، ۸/۲۲، ۴)	۷/۳۶	پذیرش
۸	C23 ارزش خالص فعلی	۸/۱۶	(۹، ۸/۱۵، ۴)	۷/۳۳	پذیرش



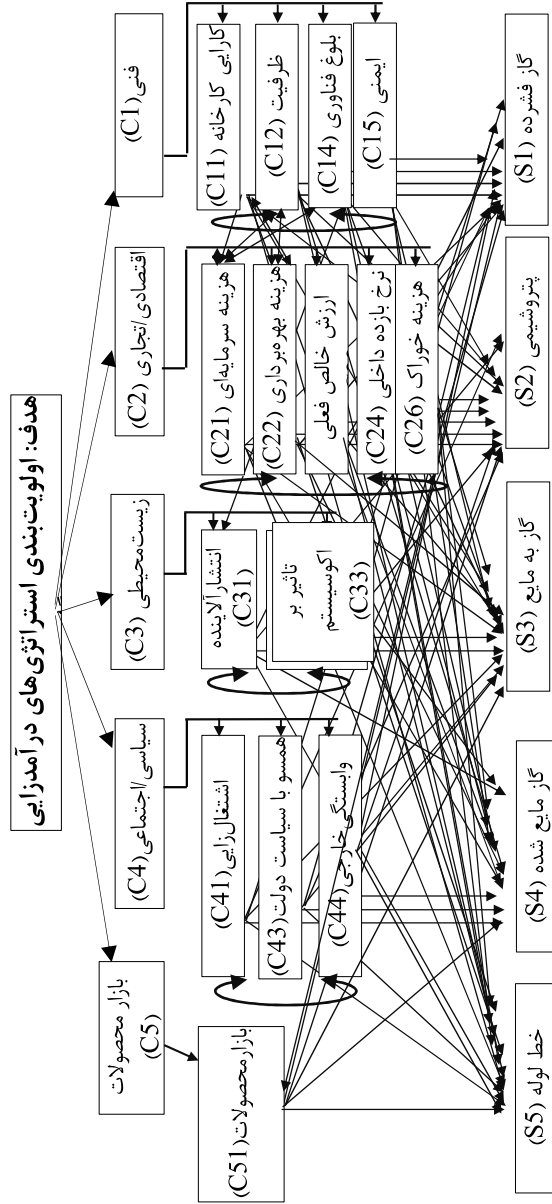
ردیف	زیرمعیارها	میانگین قطعی	میانگین فازی	میانگین غیرفازی شده	نتیجه
۹	C24 نرخ بازده داخلی	۸/۱۸	(۹، ۸/۱۲، ۶)	۷/۸۱	پذیرش
۱۰	C25 دوره بازگشت سرمایه	۶/۰۵	(۹، ۵/۸۱، ۲)	۵/۶۵	رد
۱۱	C26 هزینه خوراک	۸/۲۶	(۹، ۸/۲، ۴)	۷/۳۵	پذیرش
۱۲	C31 انتشار آلاینده	۸/۰۵	(۹، ۷/۹۹، ۶)	۷/۷۴	پذیرش
۱۳	C32 تخلیه مخزن	۶/۳۳	(۹، ۶/۱۸، ۲)	۵/۸۴	رد
۱۴	C33 تأثیر بر اکوسیستم	۸/۱۸	(۹، ۸/۰۹، ۴)	۷/۲۹	پذیرش
۱۵	C41 اشتغال‌زایی	۸/۰۷	(۹، ۸/۰۱، ۶)	۷/۷۶	پذیرش
۱۶	C42 پذیرش اجتماعی	۵/۳۶	(۹، ۵/۰۱، ۰)	۴/۷۵	رد
۱۷	C43 همسو با سیاست دولت	۷/۹۹	(۹، ۷/۹۱، ۴)	۷/۲۱	پذیرش
۱۸	C44 وابستگی خارجی	۷/۹۱	(۹، ۷/۸۴، ۶)	۷/۶۷	پذیرش
۱۹	C51 بازار محصولات	۸/۲۲	(۹، ۸/۱۶، ۶)	۷/۸۳	پذیرش

منبع: یافته تحقیق

### گام چهارم: مقایسه و اولویت‌بندی استراتژی‌های درآمدزایی گاز

پس از به‌دست آمدن معیارها و زیرمعیارهای تصمیم‌گیری از طریق روش دلفی فازی، مقایسه استراتژی‌های درآمدزایی با در نظر داشتن این معیارها/زیرمعیارها از طریق فرآیند تحلیل شبکه‌ای طی مراحل زیر انجام و استراتژی‌ها اولویت‌بندی شدند.

**تشکیل و ترسیم شبکه:** نمودار تحلیل شبکه‌ای بر اساس معیارهای به‌دست آمده در دلفی فازی و استراتژی‌های شناسایی شده در بخش مبانی نظری و ارتباط بین آنها که با نظر خبرگان تعیین گردید، مطابق شکل ۳ تشکیل شد. در مقایسه استراتژی‌ها در این پژوهش فرض شده که بازار شرق آسیا مقصد محصولات بوده و میادین مورد نظر پتانسیل تولید حداقل ۱۰۰۰ میلیون فوت مکعب در روز گاز را دارند.



شکل ۳. شبکه روابط مولفه‌ها در فرآیند تحلیل شبکه‌ای



**مقایسات زوجی بین خوشه‌ها/گره‌ها:** داده‌های جمع‌آوری شده از ۷۶ پرسشنامه، از طریق میانگین هندسی ادغام و جهت اولویت‌بندی وارد نرم‌افزار سوپردیسیژن شدند. سپس مقایسات زوجی بین خوشه‌ها و همچنین گره‌ها با توجه به وابستگی آنها طبق شبکه ترسیم شده صورت گرفته که وزن اهمیت مربوط به وابستگی‌ها با استفاده از طیف مقایسات زوجی ساعتی (۱۹۹۶) که در آن اوزان اهمیت از ۱ (ترجیح یکسان) تا ۹ (کاملاً مرجح) تعریف شده، تعیین شده است.

جدول ۶. جدول اوزان معیارهای اصلی

نرخ ناسازگاری: ۰/۰۶۸۷	
وزن نرمال شده	معیار اصلی
۰,۴۱۸	بازار محصولات
۰,۳۱۰	اقتصادی/تجاری
۰,۱۷۷	فنی
۰,۰۵۳	زیست‌محیطی
۰,۰۴۰	سیاسی/اجتماعی

منبع: یافته‌های تحقیق

**محاسبه سوپرماتریس ناموزون، موزون و حددار:** در این مرحله، سوپرماتریس برای مشخص نمودن تأثیر وابستگی‌های موجود بین عناصر مدل تشکیل شده است. ابتدا به سوپرماتریس اولیه (ناموزون) وزن داده شده (جدول ۹) و سپس، به سوپرماتریس حددار (جدول ۱۰) تبدیل شده است.

**تحلیل نتایج و اولویت‌بندی:** با توجه به نتایج به‌دست آمده، جدول ۶ اوزان معیارهای اصلی و جدول ۷ اوزان زیرمعیارها را نشان می‌دهند. بر اساس این جداول، ملاحظه می‌شود که معیارهای اصلی بازار محصولات و اقتصادی/تجاری بیشترین و معیار سیاسی/اجتماعی کمترین اهمیت را به‌دست آورده‌اند. علاوه بر این، زیرمعیارهای هزینه خوراک، هزینه سرمایه‌ای، بازار محصولات، ارزش خالص فعلی و نرخ بازده داخلی به ترتیب اوزان بالاتر و زیرمعیارهای تأثیر بر اکوسیستم، اشتغال‌زایی و ایمنی به ترتیب کمترین اوزان را به‌دست آورده‌اند.

با توجه به اوزان معیارهای اصلی و زیرمعیارها و همچنین شبکه روابط تعریف شده، استراتژی‌های درآمدزایی گاز مقایسه و به شرح جدول ۸ اولویت‌بندی شده‌اند.

جدول ۷. جدول اوزان زیرمعیارها

وزن نرمال	زیرمعیار
۰,۰۰۴۵	C33
۰,۰۰۴۸	C41
۰,۰۰۵۵	C15
۰,۰۰۶۲	C43
۰,۰۱۲۶	C44
۰,۰۱۶۱	C12
۰,۰۲۲۶	C31
۰,۰۲۴۲	C11
۰,۰۶۷۹	C14
۰,۰۶۹۹	C22
۰,۰۹۰۱	C24
۰,۰۹۵۵	C23
۰,۱۴۰۶	C51
۰,۱۹۰۹	C21
۰,۲۴۷۹	C26

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۸. اولویت‌بندی استراتژی‌های درآمدزایی گاز

ایده‌آل	نرمال	کل	رتبه	استراتژی درآمدزایی
۱,۰۰۰	۰,۴۹۶	۰,۲۴۸	۱	S4 گاز مایع شده (ال ان جی)
۰,۴۵۳	۰,۲۲۵	۰,۱۱۲	۲	S2 پتروشیمی
۰,۲۵۱	۰,۱۲۴	۰,۰۶۲	۳	S5 خط لوله
۰,۱۹۴	۰,۰۹۶	۰,۰۴۸	۴	S3 گاز به مایع (جی تی ال)
۰,۱۱۴	۰,۰۵۶	۰,۰۲۸	۵	S1 گاز فشرده

منبع: یافته‌های تحقیق









## ۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

توسعه میادین گازی جز پروژه‌های سرمایه‌بر بوده و نیاز به سرمایه‌گذاری عظیمی دارد. به‌منظور جبران هزینه‌های مذکور، لازم است گاز و میعانات گازی تولیدی از میدان گازی به نحوی بهره‌برداری گردند که منجر به ایجاد درآمد لازم و کافی برای جبران چنین سرمایه‌گذاری گردند.

این موضوع به ویژه در ایران پررنگ‌تر است چراکه گاز تولیدی در میادین گازی کشور، چنانچه به شرکت ملی گاز ایران تحویل شوند، با قیمت بسیار ناچیزی (۲۵۰ ریال در هر متر مکعب در سال ۱۳۹۸) فروخته شده و درآمد کافی برای جبران هزینه‌های انجام شده برای توسعه میدان را ایجاد نمی‌نمایند. این مسأله زمانی که میعانات گازی تولیدی میدان نیز ناچیز باشد، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. لذا، ضرورت ایجاد بستری برای درآمدزایی گاز به‌ویژه با رویکرد تنوع‌بخشی به استراتژی‌های مورد استفاده بیش از پیش در کشور ضرورت دارد.

در این تحقیق اصلی‌ترین و مهم‌ترین استراتژی‌های درآمدزایی گاز معرفی و تشریح شدند. این استراتژی‌ها که عبارتند از: خط لوله، تبدیل به گاز مایع شده، تبدیل گاز به مایع، پتروشیمی، گاز فشرده شده و تبدیل گاز به برق و گاز به جامدات، در میادین و در شرایط متفاوت توجیه به‌کارگیری خواهند داشت. تاکنون در ایران از استراتژی‌های خط لوله و پتروشیمی استفاده شده است. آنچه در مقایسه و انتخاب مناسب این استراتژی‌ها اهمیت خواهد داشت، اتخاذ رویکردی کلان و استراتژیک با در نظر گرفتن معیارهای مختلف تصمیم‌گیری است. با این هدف، تصمیم‌گیری چندمعیاره برای اولویت‌بندی استراتژی‌های درآمدزایی برای هرکدام از میادین گازی ایران، مستلزم شناسایی و احصاء معیارهایی است که از نظر خبرگان و تصمیم‌گیران، در انتخاب استراتژی موردنظر درآمدزایی گاز حائز اهمیت است. صرف توجه تک‌بعدی به مسائل مانند توجیه اقتصادی، اگرچه بخشی از دغدغه‌ها را در تصمیم‌گیری در نظر می‌گیرد، اما لزوماً منجر به انتخاب بهینه و تصمیم متناسب با شرایط واقعی و عناصر کلان تأثیرگذار نخواهد بود. بنابراین، مطالعه حاضر با احصاء معیارها و زیرمعیارهای مذکور، برای اولین بار در حوزه درآمدزایی گاز، اولویت‌ها و دغدغه‌های خبرگان و تصمیم‌گیران صنعت نفت را شناسایی و ارائه نموده است. بر اساس نتایج تحقیق که نشأت گرفته از نظر خبرگان و

تصمیم‌گیرندگان صنعت نفت و گاز می‌باشد، ۱۵ زیرمعیار در حوزه‌های فنی، اقتصادی، زیست‌محیطی و سیاسی/اجتماعی برای اولویت‌بندی استراتژی‌های درآمدزایی گاز شناسایی و انتخاب شدند.

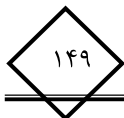
در بخش بعدی، از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره فرآیند تحلیل شبکه‌ای استفاده شد؛ به نحوی که با به‌کارگیری معیارها و زیرمعیارهای غربال شده در بخش اول و با توجه به شبکه ترسیم شده در خصوص نحوه ارتباط هدف، معیارها، زیرمعیارها و استراتژی‌ها، اولویت‌بندی استراتژی‌ها مشخص شد. بر اساس نتایج به‌دست آمده، معیار بازار محصولات بیشترین وزن و معیار سیاسی/اجتماعی کمترین وزن را به‌دست آوردند. همچنین، استراتژی گاز مایع شده (LNG) بالاترین اولویت و گاز فشرده شده کمترین اولویت را به‌دست آوردند. شایان ذکر است که در مقایسه استراتژی‌ها در این پژوهش فرض شد که بازار شرق آسیا مقصد محصولات بوده و میادین مورد نظر پتانسیل تولید حداقل ۱۰۰۰ میلیون فوت مکعب در روز گاز را دارند.

برای مطالعات آتی، پیشنهادهایی به این ترتیب مطرح می‌شود: (۱) استفاده از معیارهای شناسایی شده در این تحقیق و به‌کارگیری روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای سایر حوزه‌های صنعت، (۲) شناسایی و ارزیابی ریسک‌های وارد بر استراتژی‌های درآمدزایی گاز و ارائه روش‌های پیشنهادی برای مدیریت آنها، (۳) مقایسه ساختارهای قراردادی مناسب برای عملیاتی نمودن استراتژی‌های درآمدزایی گاز با توجه به معیارهای تصمیم‌گیری و ریسک‌های وارد بر این استراتژی‌ها.

### منابع

آقایی، میلاد، آقایی، اصغر، آقایی، رضا (۱۳۹۱). "شاخص‌های اساسی مؤثر بر وفاداری مشتریان در صنعت بهداشتی و سلولزی ایران با استفاده از رویکرد دلفی فازی و دیمتل فازی"، مدیریت بازرگانی، ۱-۲۰.

ابوالحمد، گیتی، رسایی، محمدرضا، بهرامیان، علیرضا (۱۳۹۳) "گاز طبیعی: تولید، فرآوری، انتقال" تهران: انتشارات دانشگاه تهران.



امیری، مقصود، دارستانی فراهانی، احمد، محبوب قدسی، مهسا (۱۳۹۶). "تصمیم‌گیری چندمعیاره" تهران: نشر دانشگاهی کیان.

خراسانی نسرين، مهدوی عادلې محمدحسین، سیفی احمد (۱۳۹۴). "مقایسه ارزیابی اقتصادی صادرات LNG و GTL برای ایران"، *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، شماره ۴۴، ص ۲۰۱-۲۳۲

دهقانی فیروزآبادی، سیدجلال، بغیری، علی (۱۳۹۳). "شناسایی عوامل کلیدی جنگ داخلی در خاورمیانه عربی با استفاده از روش دلفی فازی". *فصلنامه آفاق امنیت*، ۱۵۱-۱۷۸.

دیباوند، هادی (۱۳۹۴). "بررسی تحلیلی امکان‌پذیری ارتقای امنیت ملی و افزایش هزینه تهدید نظامی جمهوری اسلامی ایران از طریق صادرات گاز به صورت خط لوله و LNG". *فصلنامه آفاق امنیت*، ۴۷-۸۸.

رهبر فرهاد، رام منصوره (۱۳۸۶). "مقایسه ارزیابی اقتصادی صادرات گاز از طریق خط لوله و ال ان جی، با صادرات فرآورده‌های پتروشیمی"، *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، شماره ۱۴.

صنایعی، علی، قاضی‌فرد، امیرمهدی، سبحان‌منش فریبرز (۱۳۹۰). "عوامل مؤثر بر توسعه فناوری شناسایی از طریق فرکانس‌های رادیویی (RFID) در مدیریت زنجیره تأمین الکترونیکی (E-SCM) (مطالعه موردی: شرکت ایران خودرو)", *تحقیقات بازاریابی نوین*، ۴۱-۷۰.

ظفریان، حبیب‌الله، سلیمان پور، جواد، اسعدی، فریدون، افشین، حسین (۱۳۹۶). "مقایسه صادرات گاز به روش خط لوله و ال.ان.جی". تهران: مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی.

ملاکی، محمد (۱۳۹۷). شرکت ملی گاز ایران. *بازیابی از وبسایت*  
newsview=338&http://nigc.ir/index.aspx?pageid=223

معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی دفتر مطالعات انرژی، صنعت و معدن، (۱۳۹۶)، "مقایسه صادرات گاز به روش خط لوله و ال.ان.جی".

میرجلیلی، فاطمه، توسلی، سلاله (۱۳۹۷). "جایگاه صنعت پتروشیمی در اقتصاد ملی". مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، دفتر مطالعات انرژی، صنعت و معدن (گروه صنعت).

Ahmad, S., Tahar, R.M., 2014, "Selection of renewable energy sources for sustainable development of electricity generation system using analytic hierarchy process: a case of Malaysia", *Renewable Energy* (63) 458–66.

Al Garni H.Z., Kassem, A.I., Awasthi, A., Komljenovic, D., 2016, "A Multi Criteria Decision Making Approach for Evaluating Renewable Power Generation Sources in Saudi Arabia", *Sustainable Energy Technologies and Assessments* (16) 137–150

Alvarado, M., 2017, "Methanol Industry Overview". IHS Markit.

Amer, M., Daim, T.U., 2011, "Selection of renewable energy technologies for a developing county: a case of Pakistan", *Energy Sustainable Dev* (15) 420–35.

Aragonés-Beltrán, P., Chaparro-González, F., Pastor-Ferrando, J.P., Pla-Rubio, A., 2014, "An AHP (Analytic Hierarchy Process)/ANP (Analytic Network Process)-based multi-criteria decision approach for the selection of solar-thermal power plant investment projects", *Elsevier, Energy* 66, 222-238.

Black, B.G., 2010, "Monetizing Stranded Gas: Economic Valuation of GTL and LNG Projects", University of Texas at Austin.

BP, 2018, BP Statistical Review of World Energy.

Brahim, H., Abdelkrim, L., Paula, F., 2017, "A multi-criteria approach to rank renewables for the Algerian electricity system", *Renewable Energy* 107, 462-472, Elsevier.

Brand, B., Missaoui, R., 2014, "Multi-criteria analysis of electricity generation mix scenarios in Tunisia", *Renewable Sustainable Energy Rev;* (39) 251–61

Büyükozkan G., Güteryüz, S., 2016, "An integrated DEMATEL-ANP approach for renewable energy resources selection in Turkey", *Elsevier, Int. J. Production Economics* 182, 435–448.

Carlucci, D., Schiuma, G., 2009, "Applying the analytic network process to disclose knowledge assets value creation dynamics", *Expert Systems with Applications* 36, 7687-7694.

Chandra, V., 2017, "Fundamentals of Natural Gas: An International Perspective". Oklahoma, PennWell.

Chang, S., 2001, "Comparing Exploitation and Transportation Technologies for Monetisation of Offshore Stranded Gas", SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition, Jakarta, Indonesia, April 2001.



- Choptiany, J. 2012, "A Multi Criteria Decision Analysis and Risk Assesmsnt Model for Carbon Capture and Storage". Halifax: Dalhousie.
- Çolak, M., Kaya, I., 2017, "Prioritization of renewable energy alternatives by using an integrated fuzzy MCDM model: A real case application for Turkey", *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (80), 840-853.
- Dehdasht, G., Zin, R., Ferwati, M., Abdullahi, M., Keyvanfar, A., & McCaffer, R., 2017, "DEMATEL-ANP Risk Assessment in Oil and Gas Construction Projects". *Sustainability*, 9, 1420, 1-24.
- Dong L., Shun'an, W., Shiyu, T., & Hongjing, Z., 2008, "GTL or LNG: Which is the best way to monetize "stranded" natural gas?", *Pet. Sci.*(5), 388-394.
- Diakoulaki D, Antunes CH, Martins AG. 2005, "MCDA and energy planning". *Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys*, 78. United States of America: Springer. p. 859-97.
- Energy Web Atlas, 2018, Retrieved from Energy Web Atlas: <http://energywebatlas.com/lng.html>
- Georgopoulou, E., Lalas, D., Papagiannakis, L., 1996, "A Multi criteria Decision Aid approach for energy planning problems: The case of renewable energy option", *European Journal of Operational Research* (103), 38-54
- Habibi, A., Firouzi Jahantigh, F., Sarafrazi, A., 2015, "Fuzzy Delphi Technique for Forecasting and Screening Items", *Asian Journal of Research in Business Economics and Management*, 130-143.
- Höök, M., Fantazzini, D., Angelantoni, A., Snowden, S., 2014, "Hydrocarbon liquefaction: viability as a peak oil mitigation strategy", *Phil. Trans. R. Soc. A* 372: 20120319.
- Hsu, Y.L., Lee, C.H., Kreng V., 2010, "The Application of Fuzzy Delphi Method and Fuzzy AHP in Lubricant Regenerative Technology Selection", *Expert Systems with Applications*, 419-425.
- IGU, 2018, *Global Gas Report*. Washington DC: International Gas Union.
- Kagiri, C., Zhang, L., X., 2017, "Optimization of a compressed natural gas station operation to minimize energy cost", *Energy Procedia*, Volume 142, 2003-2008
- Kahraman, C., Kaya, I., Cebi, S., 2009, "A comparative analysis for multiattribute selection among renewable energy alternatives using fuzzy axiomatic design and fuzzy analytic hierarchy process", *Energy* (34) 1603-16.
- Kamarulzaman, N., Jomhari, N., Raus, N., Mohd Yusof, M., 2015, "Applying the Fuzzy Delphi Method to Analyze the User Requirement for User Centered Design Prcess in Order to Create Learning Application", *Indian Journal of Science and Technology*, 1-7.

- Kaya, T, Kahraman, C., 2010, "Multicriteria renewable energy planning using an integrated fuzzy VIKOR & AHP methodology: the case of Istanbul". *Energy* (35) 2517–27
- Kaufmann, A., Gupta, M., 1988, "Fuzzy Mathematical Models in Engineering and Management Science", New York: Elsevier Science.
- Khalil Pour, R., & Karimi, I., 2011, "Investment portfolios under uncertainty for utilizing natural gas resources". *Computers and Chemical Engineering*, 1827-1837.
- Khalil Pour R., Karimi I., 2012, "Evaluation of utilization alternatives for stranded natural gas", *Energy* 40, 317-328.
- Loken, E. 2005, "Use of Multicriteria Decision Analysis Methods for Energy Planning Problems.", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 1584–1595.
- Malkawi, S., Al-Nimr, M., Azizi, D., 2017, "A Multi Criteria Optimization Analysis for Jordan's Energy Mix", *Energy* (127), 680-696
- Marcano, J., Roman, C., 2007, "Monetizing Stranded Natural Gas". *Oil & Gas Financial Journal*, Vol. 4 Issue 2.
- Mateo, J., 2012, "Multi-criteria analysis in the renewable energy industry" Santander: Springer Science & Business Media.
- Najibi, S.H., Rezaei, R., Javanmardi, J., Moshfeghian, M., 2008, "Alternatives for Natural gas Transmission from South-Pars Gas Field to India, NGH, CNG and PNG", 5th International Chemical Engineering Congress and Exhibition, Kish Island, January 2008.
- Najibi, S.H., Rezaei, R., Javanmardi, J., Nasrifar, k., Moshfeghian, M., 2009, "Economic evaluation of natural gas transportation from Iran's South-Pars gas field to market", *Applied Thermal Engineering* No.29.
- Onwukwe S.I., Duru U.I., 2015, "Prospect of harnessing associated gas through natural gas hydrate (NGH) technology in Nigeria", *Journal of Petroleum and Gas Engineering*, Vol.6(3), pp. 38-44
- Özkale, C., Celik, C., Turkmen, A.C., Cakmaz, E.S., 2017, "Decision analysis application intended for selection of a power plant running on renewable energy sources" *Renewable and Sustainable Energy Review*, 70, 1011-1021
- Sills, R., Briscoe, M., Fleisch, T., 2002, "Emergence of the gas-to-liquids industry: A review of global GTL developments. *Natural Gas Chemistry*", 1-14. Retrieved from , Sills R A and Briscoe M D. Emergence of the gas-to-liquids.
- SNAM, 2017, *Global Gas Report*. SNAM and BCG Group.
- Stein, E.W., 2013, "A comprehensive multi-criteria model to rank electric energy production technologies", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 22, 640-654.



- Strantzali, E., Aravossis, K., 2016, "Decision making in renewable energy investments: A review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 55, 885–898
- Streimikiene, D., Balezentis, T., Krisciukaitiene, I., Balezentis, A., 2012, "Prioritizing sustainable electricity production technologies: MCDM approach", *Renewable Sustainable Energy Rev* (16) 3302–11.
- Steuer, C., 2019, "Outlook for Competitive LNG Supply", Oxford Institute for Energy Studies.
- Subero, G., Sun, K., Deshpande, A., McLaughlin, J., Economides, M., 2004, "A comparative Study of Sea-Going Natural Gas Transport" SPE Annual Technical Conference, Houston, Texas, Sep 2004.
- Tasri, A., Susilawati, A., 2014, "Selection among renewable energy alternatives based on a fuzzy analytic hierarchy process in Indonesia", *Sustainable Energy Technologies and Assessments* (7) 34–44,
- Thomas, S., Dawe, R., 2003, "Review of ways to transport natural gas energy from countries which do not need the gas for domestic use". *Energy*, 1461–1477.
- Troldborg, M., Heslop, S., Hough, R.L., 2014, "Assessing the sustainability of renewable energy technologies using multi-criteria analysis: Suitability of approach for national-scale assessments and associated uncertainties", *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 39, 1173–1184
- Tsoutsos, T., Drandaki, M., Frantzeskaki, N., Iosifidis, E., & Kiosses, I. 2009, "Sustainable energy planning by using multi-criteria analysis application". *Energy Policy* 37, 1587-1600.
- Volkart, k., Weidmann, N., Bauer, C., Hirschberg, S., 2017, "Multi-criteria decision analysis of energy system transformation pathways: A case study for Switzerland", *Energy Policy* 106, 155–168.
- Wang, J., Jing, Y., Chun-Fa Z., Jun-Hong Z., 2009, "Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2263–2278.
- Wood, D., Mohkatab, S., 2008, "Monetizing Stranded Gas: Gas monetization technologies remain tantalizingly on the brink". *World Oil*, 103-108.
- Wood, D.A., Nwaoha, C., Towler, B.F., 2012, "Gas-to-liquids (GTL): A review of an industry offering several routes for monetizing natural gas", *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, Volume 9, 196-208
- Wu C.H., Fang, W.C., 2011, "Combining the Fuzzy Analytic Hierarchy Process and the fuzzy Delphi Method for Developing Critical Competences of Electronic Commerce Professional Managers", *Qual Quant*, 751-768.
- Zhang, L., Zhou, P., Newton, S., Fang, J., Zhou, D., Zhang, L., 2015, "Evaluating Clean Energy Alternatives for Jiangsu, China: An Improved Multi-Criteria Decision Making Method", *Energy* (90), 953-964.

## Comparative Analysis and Prioritization of Gas Revenue Maximization Strategies Using a Combined ANP- Fuzzy Delphi Method

Vahid Mahmoodi<sup>1</sup>

Professor and Member of Faculty of Management, University of Tehran,  
vmahmodi@ut.ac.ir

Seyed Nasrollah Ebrahimi

Professor of Faculty of Law and Political Science University of Tehran,  
snebrahimi@ut.ac.ir

Talin Mansourian

PhD student of International Oil and Gas Contract Management, University of  
Tehran, mansourian@nioc.ir

Received: 2019/11/18 Accepted: 2020/03/17

### Abstract

The development and exploitation of the country's gas fields requires huge investments that will require appropriate revenue maximization strategies to offset costs and generate revenue for the government. The most important gas revenue maximization strategies are: pipelines and LNG, GTL, petrochemical and CNG production. In order to compare and prioritize these strategies for Iran's gas fields, we extracted decision making criteria and sub-criteria through literature review and screened them through Fuzzy Delphi method, which resulted in 15 sub-criteria under 5 main criteria of technical, economic and commercial, environmental, political and products market. We then utilized the MCDM method on ANP which indicated that product markets that the highest and political/social criteria had the lowest weight. We then compared and prioritized among five gas revenue maximization strategies considering such criteria and sub-criteria. LNG production showed the highest income, while CNG production had the least.

**JEL Classification:** A12, C19, C54, G11, Q40

**Keywords:** Gas Revenue Maximization, Gas Revenue Maximization Strategy, Decision- Making Criteria, Multi-Criteria Decision-Making, Analytical Network Process, Fuzzy Delphi Technic

---

1. Corresponding Author