فصلنامه مدیریت کسب و کار، شماره ۳۳، بهار ۱۳۹۶

مهندسی ارزش بر مبنای تکنیک TRIZ در صنایع فراساحل نفت و گاز مورد مطالعه: پروژه فازهای ۲۰ و ۲۱ پارس جنوبی

امیرعباس شجاعی [۱]
علی صدیقی‌زاده [۲]
سید رضا میرغفاری* [۳]

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۵/۲۰، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۱۰/۱۷.

چکیده

هدف از این پژوهش تشریح نتایج حاصل از به‌کارگیری تکنیک‌های مؤثر برای خلق ایده‌های باارزش و تأثیر آن‌ها در مهندسی ارزش در صنایع فراساحل است. در این خصوص پس از تعیین محدوده انجام مهندسی ارزش، اهداف موردنظر مشخص شده و با استفاده از تکنیک مقایسات زوجی وزن‌دهی شدند، از طریق تکنیک FAST کارکردگرایی پروژه ارزیابی شده و پس از تعیین مشخصه‌های اصلی عملکردی (Functional Performance Specifications) نسبت به ایده‌پردازی با استفاده از تکنیک های طوفان ذهنی و تریز (TRIZ) اقدام شد. در این رابطه به ساختار شکست ایده (IBS)، به‌عنوان عامل اصلی در حل مسئله، پرداخته شد و ایده‌های مشخص‌شده موردقضاوت قرار گرفت و درنهایت گزینه‌های اجرایی انتخاب شدند. پس از جمع‌بندی و تحلیل، ارزش مالی حاصل از اجرای گزینه‌ها بر اساس اهداف تعیین‌شده، برآورد و مشخص شدند. این پژوهش بر اساس نتایج حاصل از اجرای مهندسی ارزش در فازهای ۲۰ و ۲۱ پارس جنوبی، شامل طراحی، تأمین، ساخت، نصب سکوها و متعلقات مربوطه و نیز لوله‌گذاری دریایی صورت گرفته است. اهداف موردنظر شامل کاهش زمان اجرای پروژه (کاهش تأخیرات)، کاهش هزینه‌های پروژه، ارتقای HSE، ارتقا کمی و کیفی منابع انسانی و امکانات شرکت و ارتقای کیفیت بهره‌برداری است. مطالعات مهندسی ارزش نشان داد که اجرای گزینه‌های اجرایی می‌تواند به ۳/۳ درصد بهبود در کیفیت بهره‌برداری، ۶/۲ درصد بهبود HSE، ۱۰/۶ درصد بهبود ارتقای کمی و کیفی امکانات، ۲۹/۶ درصد کاهش زمان اجرای پروژه، ۱۶/۶ درصد کاهش هزینه‌های پروژه و درمجموع ۴۳/۷۱ درصد ارتقای ارزش پروژه فازهای ۲۰ و ۲۱ پارس جنوبی در بخش فراساحل منجر شود.

واژگان کلیدی: مهندسی ارزش (VE)، تکنیک سیستم های تحلیل عملکرد (FAST)، مشخصه‌های اصلی کاربردی (FPS)، خلاقیت و نوآوری، نوآوری نظام‌یافته، TRIZ، طوفان ذهنی (Brainstorming).

---

۱. عضو هیئت علمی و مدیر گروه کارشناسی ارشد، دانشکده صنایع دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب.
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب.
۳. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکز.
E-mail: reza.mirghaffari@yahoo.com

۱. مقدمه

یکی از ابزارهایی که در سرعت بخشیدن به برنامه‌ها و طرح‌ها و نیز کاهش هزینه و زمان آن‌ها تأثیرگذار است، اجرای برنامه‌ها در چارچوب «اصول اساسی پروژه» است. بدیهی است در این میان آنچه پروژه را معنا و حیات می‌بخشد، مدیریت اثربخش پروژه و برقراری تعادل میان هزینه، کیفیت و کارکرد پروژه‌ها است. مدیران عالی و پروژه‌ها، به‌عنوان حافظان و عاملان ثروت ملّی، مسئول برقراری این تعادل هستند. گستردگی، پیچیدگی و تنوع پروژه‌های مطرح در صنعت نفت و گاز، اهمیت مدیریت این پروژه‌ها را دوچندان ساخته است. توجه محافل علمی و مهندسی دنیا (به‌خصوص در حوزه نفت و گاز) به دانش رویکردهای خلاقانه حل مسئله در سال‌های اخیر، نویدبخش جهشی نو و بزرگ در پیشبرد اهداف مطرح در این حوزه‌ها است.

در همین راستا، مهندسی ارزش با عمر کمی بیش از نیم‌قرن، به‌عنوان یک روش کارآمد و خلاق، به‌منظور برآورده‌ساختن اهداف طرح‌های اجرایی با کمترین هزینه و افزایش کارکرد پروژه در دنیا شناخته شده است و این تکنیک در دهه‌های اخیر به‌سرعت در پروژه‌های عمرانی و صنعتی ایران به‌کار گرفته شده است و صرفه‌جویی‌های عمده‌ای در هزینه و زمان اجرای پروژه‌ها به همراه داشته و زیرساخت‌های لازم برای تصمیم‌گیری خلاق و نوآورانه را در اختیار سازمان‌ها قرار داده است.

همه‌ساله کشور ایران از جانب طرح‌های نیمه‌تمام عمرانی و صنعتی مبالغ کلانی متضرر می‌شود. عمده این خسارات به‌دلیل عدم‌تخصیص به‌موقع و به‌جای بودجه و همچنین هزینه‌های نامتناسب با کارکردهای پروژه‌ها است. در صورتی که بتوان با اعمال روش‌هایی همچون مهندسی ارزش، هزینه اجرای پروژه‌های عظیم نفت و گاز را به میزان کمی کاهش داد و یا حتی مطابق بودجه برنامه‌ریزی‌شده به انجام رساند، کمک بزرگی به اتمام و بهره‌برداری سریع‌تر و مؤثرتر از پروژه‌ها خواهد شد. مهندسی ارزش راهی است به سوی ایجاد تعادل بین هزینه‌ها و کارکردهای یک محصول یا پروژه که با حفظ کارکردها، روش‌هایی را در اختیار قرار می‌دهد که هزینه‌های اضافی را از طریق حذف کارکردهای غیرضرور، از میان برده و روش‌های کم‌هزینه‌تر را جایگزین روش‌های قبلی می‌کند.

مهندسی ارزش رویکردی گروهی، سیستماتیک، کارکردگرا و دارای کاربردی حرفه‌ای است که برای ارزیابی و بهبود ارزش یک محصول، طراحی یک وسیله، طراحی سیستم و اجرای پروژه‌های صنعتی و عمرانی و دیگر خدمات به‌کار گرفته می‌شود. آنچه که امروز به‌عنوان یک تکنیک مدیریتی قوی و اثبات‌شده در دنیا به نام مهندسی ارزش مشهور است، درحقیقت بسط روشی است که نخستین بار در اواسط دهه ۱۹۴۰ توسط مایلز در «شرکت جنرال الکتریک» استفاده شد. مطالعه اسناد و مدارک و مرور اطلاعات موجود انجمن مهندسی ارزش بین‌الملل ۲ نیز گواه آن است که انجام مطالعه مهندسی ارزش بر روی انواع پروژه‌ها، صرفه‌جویی‌های قابل‌ملاحظه‌ای در برداشته است. در زمینه‌ی کارایی مهندسی ارزش در بخش‌های مختلف

آمار و ارقام متفاوتی وجود دارد که در مجموع نشان‌دهنده موفقیت این روش پیشرفته در زمینه افزایش ارزش پروژه‌ها و نیز ایجاد صرفه‌جویی‌های قابل‌توجه است.

۲. پیشینه مهندسی ارزش

در آمریکا بر اساس قانون FHWA[1]، تمام مؤسسات حمل‌ونقل دولتی ملزم به به‌کارگیری و ارتقای برنامه مهندسی ارزش هستند؛ بنابراین گستره وسیعی از پروژه‌های مرتبط با مهندسی ارزش بررسی شده‌اند. چهاردهمین اجلاس انجمن آمریکایی مهندسان ارزش که در سال ۱۹۷۳ به تشریح دستاوردهای مهندسی ارزش پرداخت، مشخص کرد که به ازای هر یک دلار سرمایه‌گذاری برای اجرای مهندسی ارزش چیزی حدود ۴/۵۳ دلار صرفه‌جویی در هزینه‌های اجرایی به‌دست آمده است؛ به‌نحوی که از زمان به‌کارگیری مهندسی ارزش در آمریکا تا سال ۱۹۷۳ معادل ۱/۸ میلیارد دلار صرفه‌جویی شده است. این صرفه‌جویی تا سال ۱۹۸۹ به بیش از ۴/۳ میلیارد دلار افزایش یافته است. بازده مهندسی ارزش از سال ۱۹۷۳ تا سال ۱۹۹۵ برای هر یک دلار هزینه سرمایه‌گذاری‌شده، مبلغی حدود ۱۵ تا ۳۰ دلار بوده است. در آمریکا و کانادا استفاده از مهندسی ارزش در صنایع عمده، عمومیت دارد و در طرح های عمومی (دولتی) اجباری است . مهندسی ارزش در دایره عمران آمریکا در بین سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۰ بیش از ۳۵ میلیارد دلار صرفه‌جویی در پی داشته و از ۵۵ میلیارد دلار هزینه اضافی نیز جلوگیری کرده است.

در ژاپن از ۶۹۸ شرکت بررسی‌شده، حدود ۷۱ درصد، مهندسی ارزش را در تولید محصولات و ارائه خدمات خود به‌کار برده‌اند؛ در حالی که ۸۵ درصد درآمد عربستان، به‌عنوان ثروتمندترین کشور عربی، از فروش نفت حاصل می‌شود، بیش از بیست سال است که مهندسی ارزش را در دستور کار خود قرار داده است.

مهندسی ارزش نیازمند ایده‌های خلاق است که پیامد آن بهبود در هزینه و یا کارایی سیستم است. در عمل، تولید ایده کار ساده‌ای نیست و ناسازگاری در راه‌حل‌های طراحی به بروز تناقضات فنی منجر می‌شود.

نوآوری نظام‌یافته (TRIZ) یکی از تکنیک‌های حل ابداعی مسئله است که توسط «گنریش آلتشولر» روسی با هدف بهبود و سرعت‌بخشی به کار نوآوران پایه‌گذاری شده است. یکی از ابزارهای نوآوری نظام‌یافته چهل اصل ابداعی آن است که از بررسی و تحلیل هزاران سند ثبت اختراع توسط «آلتشولر» به‌دست آمده است (Altshuller, 1999). در این پژوهش در مراحل ایده‌پردازی از تکنیک طوفان ذهنی و اصول چهل‌گانه TRIZ نوآورانه استفاده شد. با برگزاری کارگاه‌های آموزشی نسبت به تشریح مهندسی ارزش و تکنیک‌های طوفان ذهنی و تریز اقدام شد.

برای اولین بار در ایران روش مطالعات مهندسی ارزش در صنعت فراساحل (Offshore) ایران به‌کار رفت و در رابطه با پروژه بخش فراساحل فازهای ۲۰ و ۲۱ پارس جنوبی اجرا شده. این مطالعات در مقطعی شروع

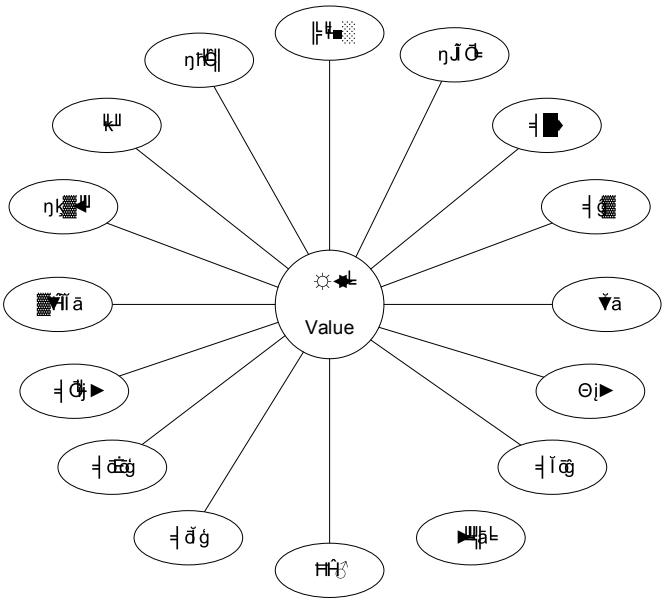
1. Federal Highway Administration (FHWA)

شد که بیش از ۷۵ درصد طراحی تفصیلی انجام و تثبیت شده و بدین لحاظ قابلیت تغییر فقط در کمتر از ۲۵ درصد امور امکان‌پذیر بود؛ به‌طوری‌که این امر خود سبب ایجاد محدودیتی بزرگ برای اخذ نتایج پربار می‌شد.

۲. مبانی نظری و پیشینه تحقیق

نقطه اصلی و شروع مهندسی ارزش و اصول ناب مفهوم «ارزش» است و این تنها مصرف‌کننده و بهره‌بردار نهایی است که می‌تواند ارزش را تعریف کند و در چارچوب یک محصول یا خدمت مشخص با قیمتی معین در زمانی معین آن را تحویل گیرد؛ بنابراین تعریف ارزش، نخستین گام در راستای اصول ناب و مهندسی ارزش است (رادر و همکاران، ۱۳۸۳)

هر محصولی دارای اجزایی است که هر یک برای هدف یا اهداف خاصی در نظر گرفته شده‌اند. در مهندسی ارزش به این اهداف در اصطلاح عملکرد گفته می‌شود. تعیین و تعریف عملکرد پیشتاز کلیه مطالعات مهندسی ارزش است (هامر و همکاران، ۱۳۷۹). تمامی هزینه‌ها برای اجرای عملکرد است (آر فیلیپس و مارتین، ۱۹۹۸). هدف از انجام مهندسی ارزش دستیابی به عملکردها با کمترین هزینه ممکن است (دبلیو بریانت و جان، ۱۹۹۸).



شکل ۱. مفاهیم مرتبط با ارزش

مهندسی ارزش بر مبنای تکنیک تریز می‌تواند به اجرای پروژه با حداقل هزینه ممکن، زمان کمتر برای رسیدن به مرحله بهره‌برداری، بدون افزودن بر هزینه‌ها یا کاستن از کیفیت کار و درنهایت افزایش کیفیت بدون افزایش هزینه و زمان منجر شود. به‌کارگیری مهندسی ارزش در پروژه‌های اجرایی با توجه به پیچیدگی کارها ،به‌ویژه در طرح‌های بزرگ اجرایی، می‌تواند به ابزاری برای مدیریت و کنترل هزینه‌ها تبدیل شود. هدف این روش، ازمیان‌برداشتن یا اصلاح هر چیزی است که موجب تحمیل هزینه‌های غیرضروری می‌شود؛ بدون آنکه آسیبی به کارکردهای اصلی و اساسی طرح وارد آید. هزینه طرح در این مقوله نه فقط هزینه‌های طراحی و اجرا ،بلکه هزینه‌های مالکیت شامل بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری و هزینه‌های مصرف در سراسر دوره عمر مفید طرح را نیز شامل می‌شود.

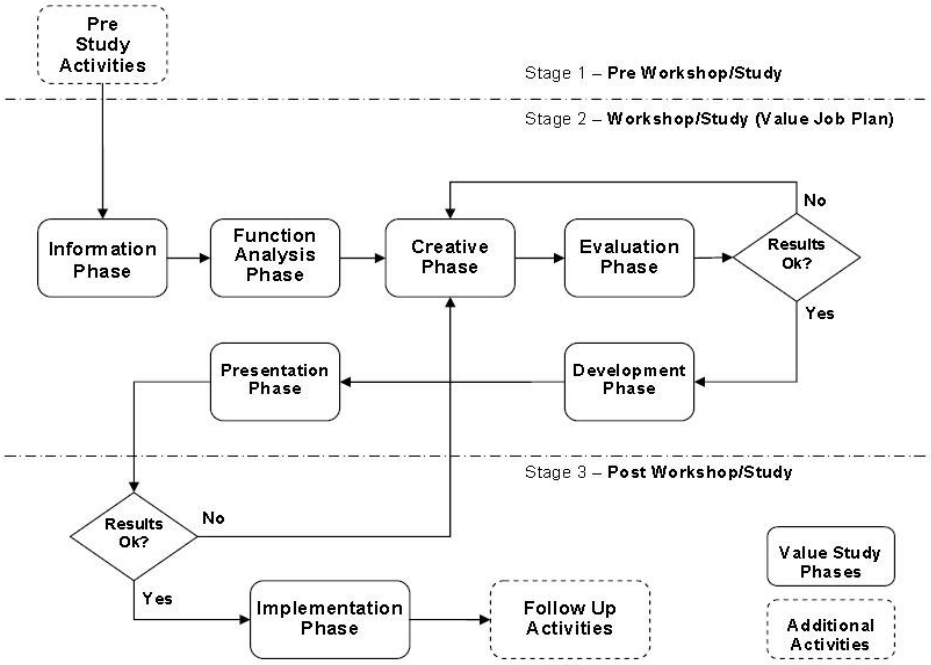
جدول ۱: تعاریف مهندسی ارزش

مهندسی ارزش کاربرد سیستماتیک تکنیک‌ها و فنون شناخته‌شده‌ای است که کارکردهای یک محصول یا خدمت را تعیین می‌کند و با تعیین بهای این کارکردها، ضروری‌ترین کارکردها برای حصول به عملکرد واقعی محصول را با کمترین هزینه در طول دوره عمر تعیین می‌کند	SAVE International(1998)
فرآیند تصمیم‌سازی کارا با رویکردی سیستمی در بهبود هزینه‌های اجرایی	SAMI (2005)
تلاش منسجم در جهت تحلیل کارکرد سیتسم‌ها، تجهیزات، تأسیسات، بهره‌برداری، نگهداری و تعمیر، مراحل اجرایی و تدارکات به‌منظور دستیابی به کارکردهای پیش‌بینی‌شده با کمترین هزینه کلی	ACCE (1993)
کوششی در جهت تحلیل نیازهای کارکردی سیستم، تجهیزات، تسهیلات و تدارکات به‌منظور دستیابی به عملکرد مطلوب با کمترین هزینه کلی، قابلیت به عملکرد مطلوب با کمترین هزینه کلی، قابلیت اطمینان، کیفیت، قابلیت نگهداری موردنیاز	ASPR (1962)
برنامه‌ای برای بهبود بهره‌برداری از منابع مالی و انسانی با تعیین و تبیین هزینه غیرضروری و حذف آن	هارت (۱۹۸۲)
آزمون سیستماتیک عوامل مؤثر بر بهای تمام‌شده در جهت دستیابی به هدف، کیفیت و عملکرد مطلوب	کوپر (۱۹۹۷)

هدف مهندسی ارزش را می‌توان حصول به هزینه‌های کمینه بدون کمترین میزان کاهش در کیفیت، رضایتمندی، اعتبار و بهبود کیفی دانست (جعفری، ۱۳۸۰). موندن (۱۹۹۵)، هسته مرکزی هزینه‌یابی هدفمند در جهت کاهش هزینه در مرحله طراحی و برنامه‌ریزی بلندمدت سود را هدف مهندسی ارزش تلقی می‌کند (Yasuhiro, Monden, 1995).

فرآیند مهندسی ارزش بر مبنای «استاندارد مهندسی ارزش»[1] طی فازهای ریر بر اساس توالی ارائه‌شده در شکل ۲، اجرا می‌شودد:

1. Value Methodology Standard and Boady of Knowledge, 2007 edition



شکل ۲: فلودیاگرام فرآیند مهندسی ارزش

ـ فاز اطلاعات[1]: پس از مشخص‌شدن صورت مسئله و سازمان‌دهی گروه مهندسی ارزش، باید نسبت به جمع‌آوری اطلاعات موردنیاز اقدام شود. این اطلاعات در مشخص‌ترشدن صورت مسئله و آگاهی نسبت به ابعاد مختلف آن کمک کرده و زمینه را برای ارائه راه‌حل‌های مناسب فراهم می‌کند. در طی این فاز، استراتژی‌های تعیین‌شده برای مطالعات ارزش، موردبررسی مجدد قرار گرفته و تأیید می‌شوند.

ـ فاز تحلیل عملکرد[2]: بررسی و تحلیل کارکرد - هزینه، مهم‌ترین قدم فرآیند مهندسی ارزش را تشکیل می‌دهد. پس از تکمیل فاز اطلاعات، وظیفه بعدی تحلیل کارکرد، مشخص‌کردن هزینه‌های آن و تعیین ارزش است. تحلیل عملکرد بر اساس نمودار FAST و کارکردهای اصلی و ثانویه تعریف‌شده و تمرکز ذهنی جمعی در فاز خلاقیت بر کارکردهای تعریف‌شده معطوف است و ایده‌های برخواسته از این فاز به بهبود این کارکردها و درنتیجه بهبود پروژه منجر می‌شود.

1. Information Phase
2. Function Analysis Phase

ـ فاز خلاقیت[1]: طی این فاز اعضای کارگاه مهندسی ارزش، خلاقیت گروهی را با تمرکز ذهن جمعی بر مشخصه‌های اصلی عملکردی با استفاده از تکنیک‌های خلاقیت به انجام رسانده‌اند و درنهایت ایده‌ها به تفکیک‌های موضوعی تعیین می‌شوند.

ـ فاز ارزیابی و قضاوت[2]: در این فاز ایده‌ها در چند مرحله ارزیابی می‌شوند: در مرحله اول ارزیابی، غربال اولیه بر روی ایده‌ها صورت می‌گیرد و ایده‌های حاصل از فاز خلاقیت به‌صورت تفکیکی و تحت عناوین گزینه، توصیه اجرایی، توصیه آتی، تذکر، ایده درحال‌انجام، ایده تکراری و یا به همان صورت ایده دسته‌بندی می‌شوند؛ سپس در مراحل دوم و سوم قضاوت، گزینه‌های باقی‌مانده از مرحله قبل از دیدگاه‌های امکان‌پذیری، تأثیرات زمانی، هزینه‌ای و کیفی موردارزیابی و ارزش‌گذاری قرار می‌گیرد و درنهایت گزینه‌های برتر برای بررسی جامع‌تر به مرحله بعدی راه می‌یابند.

ـ فاز توسعه[3]: طی این فاز، ابتدا گزینه‌ها به شکل مناسب تفکیک شده و برای بررسی هر دسته از آن‌ها، یک گروه بررسی‌کننده تعیین و گزینه‌ها میان آن‌ها تقسیم می‌شود؛ سپس گزینه‌ها در چارچوب‌های تعریف‌شده‌ای موردبررسی و تحلیل جامع قرار می‌گیرند و درنهایت از میان گزینه‌ها، گزینه‌های نهایی انتخاب و برای بررسی در فاز ارائه برگزیده می‌شوند.

- فاز ارائه[4]: نتایج حاصل از بررسی‌های انجام‌شده در فاز توسعه، ارائه و موردبررسی و تحلیل قرار می‌گیرد و درمجموع گزینه‌های برتر و عملیاتی به‌عنوان گزینه‌های نهایی مطالعات مهندسی ارزش پروژه شناخته می‌شود که باید اقدامات مقتضی برای اجرایی‌کردن آن‌ها انجام شود. در این فاز، یک طرح منسجم با استفاده از راه‌حل انتخاب‌شده، شکل می‌گیرد و به‌صورت مکتوب یا شفاهی ارائه می‌شود.

۳. روش تحقیق

کلیات: در این مطالعات ابتدا طی یک گردهمایی باعنوان «پیش‌کارگاه» که از نفرات مرتبط با پروژه در واحدهای مختلف تشکیل شده بود، نظام و استراتژی‌های لازم برای انجام مطالعات اتخاذ و نیز به همراه این فعالیت‌ها یک دوره آموزشی مهندسی ارزش برای ارتقای بهره‌وری عملیات برگزار شد؛ سپس یک کارگروه مطالعاتی (تا حد امکان دارای جامعیت تخصص‌ها و دیدگاه‌های مسئولیتی) تشکیل و عملیات خود را در قالب یک فعالیت کارگاهی و در چارچوب روش مهندسی ارزش آغاز کرد. مطالعات با کار گروهی بسیار فعال توانست با ایجاد یک ذهن جمعی خلاق و پرتوان، در مراحل اولیه به تعداد بسیار بالا و کم‌نظیری از ایده که برخواسته از طرف متخصصان بود، دست یابد. ایده‌ها توسط گروه با استفاده از تکنیک تریز ارائه شدند و

1. Creative Phase
2. Evaluation Phase
3. Development Phase
4. Presentation Phase

توسط کارگروه موردارزیابی و قضاوت قرار گرفتند و از میان آن‌ها گزینه‌هایی به‌عنوان راهکارهای اجرایی بهبودساز برای دستیابی به اهداف مطالعات انتخاب شد.

گزینه‌های انتخاب‌شده در مرحله ارزیابی و قضاوت برای هرگونه تصمیم‌گیری هنوز خام بودند؛ بنابراین در مرحله بعدی با عنوان توسعه موردبررسی جامع قرار گرفته و اطلاعات موردنیاز و کافی از زوایای مختلف پیرامون هر یک از آن‌ها جمع‌آوری و به‌صورت جامع موردتحلیل و ارزیابی قرار گرفت و درنهایت در این مرحله گزینه‌های برتر مشخص شدند؛ سپس گزینه‌های برتر طی یک جلسه توسط کلیه افراد گروه و مدیریت پروژه مجدداً بررسی شده و موردنقد، بررسی و گفتمان‌های تخصصی انجام شده در این جلسه، گزینه‌های نهایی انتخاب شدند.

با توجه به گزینه‌های نهایی‌شده در این مطالعات و نیز با درنظرگیری محدودیت‌های موجود فوق‌الذکر، گروه مطالعات مهندسی ارزش توانست به موفقیت‌های بسیار باارزشی در رابطه با زمان، هزینه و کیفیت در پروژه مربوطه دست یابد که این خود تجربه‌ای بسیار پربار در رابطه با اجرای مطالعات مهندسی ارزش و نیز آغازی برای توسعه و فراگیرشدن این روش در سایر پروژه‌های مشابه است.

پس از پایان کارگاه مهندسی ارزش با توزیع پرسشنامه در میان افراد خبره در صنعت فراساحل، روایی مدل پیشنهادی در این صنعت موردبررسی قرار گرفت. در انتخاب نمونه از روش تصادفی ساده استفاده شد. پرسشنامه‌ها به وسیله نرم‌افزار SPSS و با استفاده از آمار توصیفی و استنباطی تحلیل شدند که مشخص شد مدل اجراشده می‌تواند در این حوزه کاربرد مناسبی داشته باشد. در پایان بر اساس نتایج پژوهش، راهکارهایی برای بهبود و افزایش اثربخشی اجرای مهندسی ارزش بر مبنای تکنیک تریز در صنعت فراساحل ارائه شد.

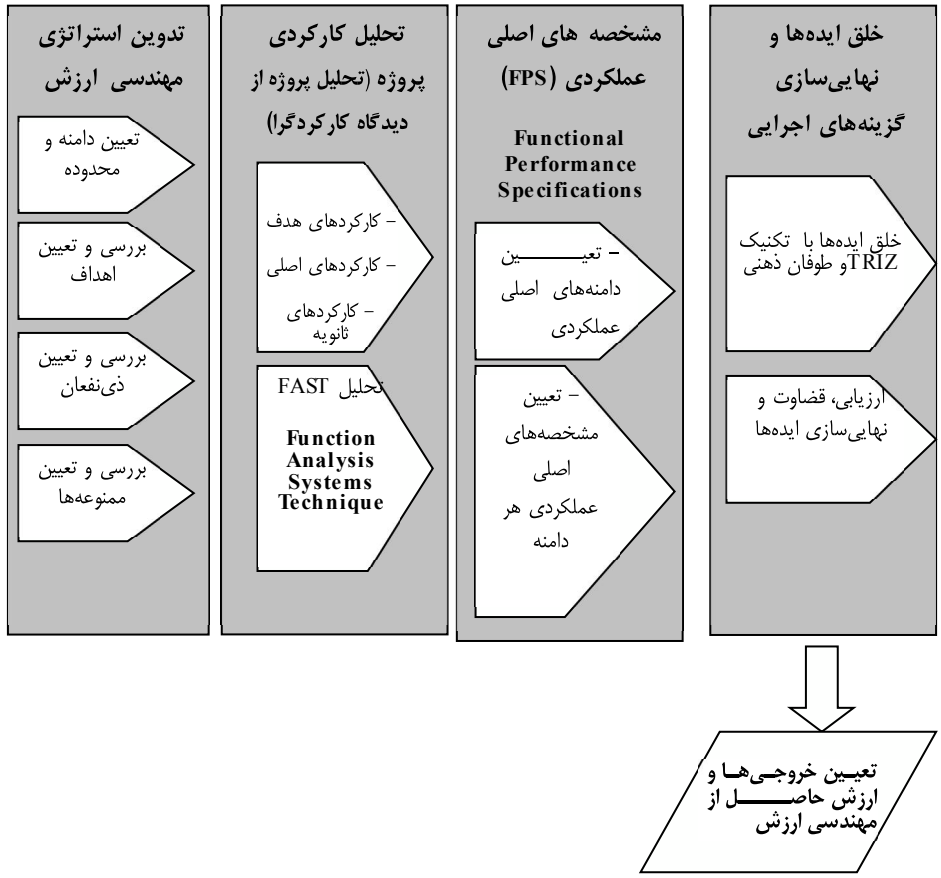
مطابق موارد مندرج در شکل ۲، گام‌های زیر در چارچوب اجرای مهندسی ارزش فازهای ۲۰ و ۲۱ پارس جنوبی مدنظر قرار گرفت:

تدوین استراتژی‌های مهندسی ارزش

تعیین دامنه و محدوده

محدوده مطالعات مهندسی ارزش بر پروژه فازهای ۲۰ و ۲۱ پارس جنوبی به شرح زیر مشخص شد:

- سکوها شامل عرشه و متعلقات و جکت به صورت EPCIC (حفر چاه و تأسیسات سر چاهی جزو دامنه کار نیست).
- Pipeline از ابتدای Riser تا Pig Receiver و کابل‌گذاری به‌صورت EPCIC.



شکل ۳. چارچوب اجرای مهندسی ارزش در فازهای ۲۰ و ۲۱ پارس جنوبی

بررسی و تعیین اهداف

هدف از این مطالعه موردی، بررسی میزان دستیابی به اهداف زیر در نتیجه اجرای مهندسی ارزش بر مبنای تریز در صنعت فراساحل (فازهای ۲۰ و ۲۱ پارس جنوبی) شامل طراحی، تأمین، ساخت، نصب سکوها و متعلقات مربوطه و نیز لوله‌گذاری دریایی است:

- کاهش زمان اجرای پروژه (کاهش تاخیرات)؛
- کاهش هزینه‌های پروژه؛
- ارتقای HSE؛
- ارتقای کمی و کیفی منابع انسانی و امکانات شرکت؛
- ارتقای کیفیت بهره‌برداری.

وزن‌دهی

اهداف تعریف‌شده نسبت به پروژه از اهمیت یکسانی ندارند؛ بنابراین طبق موارد مندرج در جدول ۲، با استفاده از روش ماتریس مقایسه زوجی دوطرفه، درجه اهمیت اهداف نسبت به یکدیگر در رابطه با پروژه فازهای ۲۰ و ۲۱ پارس جنوبی بررسی شده و سپس وزن‌دهی شده‌اند.

جدول ۳. وزن‌دهی اهداف با روش ماتریس مقایسه زوجی

	اهداف	وزن	امتیاز	E	D	C	B	
A	کاهش زمان اجرای پروژه	۲۶/۶۷	۳۲	A ۸ E ۴	A ۱۰ D ۲	A ۸ C ۴	A ۶ B ۶	A
B	کاهش هزینه‌های پروژه	۲۶/۶۷	۳۲	B ۸ E ۴	B ۱۰ D ۲	B ۸ C ۴	B	
C	ارتقاء HSE	۱۸/۳۳	۲۲	C ۶ E ۶	C ۸ D ۴	C		
D	ارتقاء کمی و کیفی منابع انسانی و امکانات شرکت IOEC در پروژه فازهای ۲۰ و ۲۱ پارس جنوبی	۱۰	۱۲	D ۴ E ۸	D			
E	ارتقاء کیفیت بهره‌برداری	۱۸/۳۳	۲۲	E				
		۱۰۰	۱۲۰					

شرح ارزیابی	عدد ارزیابی
کاملاً با ارزش تر	۱۲
با ارزش تر	۱۰
نسبتاً با ارزش تر	۸
هم ارزش	۶
نسبتاً کم ارزش تر	۴
کم ارزش تر	۲
بی ارزش	۰

مقادیر وزن‌دهی اهداف با یکدیگر

ارزیابی اهداف

میزان تحقق اهداف تعیین‌شده در سطح پروژه در مقطع زمانی اجرای پیش کارگاه موردبررسی قرار گرفته و توسط افراد حاضر در پیش کارگاه ارزیابی شدند. این ارزیابی بر مبنای میزان تأمین اهداف تا این مرحله از اجرای پروژه است که در جدول ۳، مشخص شده است.

جدول ۳. میزان تأمین اهداف پروژه تا پیش از اجرای مطالعات مهندسی ارزش

شرح هدف	میزان تأمین نیازها و خواسته‌های موردانتظار از اهداف تا این مرحله از پروژه				
	ناچیز	کم	نسبتاً	زیاد	کاملاً
	<٪۳۰	٪۵۰–٪۳۰	٪۷۰–٪۵۰	٪۹۰–٪۷۰	>٪۹۰
کاهش زمان اجرای پروژه			*		
کاهش هزینه‌های پروژه			*		
ارتقای HSE				*	
ارتقاء کمی و کیفی منابع انسانی و امکانات شرکت در پروژه فازهای ۲۰ و ۲۱ پارس جنوبی				*	
ارتقاء کیفیت بهره‌برداری			*		

بررسی و تعیین ذی‌نفعان

ذی‌نفعان پروژه فازهای ۲۰ و ۲۱ پارس جنوبی شامل کارفرما، سهامداران شرکت، پیمانکاران و فروشندگان شرکت، کارکنان شرکت و مردم می‌شوند.

بررسی و تعیین ممنوعه‌ها

- کاهش ظرفیت تولید؛
- افزایش وزن بیش از ۳۴۰۰ تن (عرشه)؛
- کاهش حد ایمنی بر اساس پروژه مبنا (فازهای ۹ و پارس جنوبی ۱۰)؛
- مفاد قرارداد.

تحلیل کارکردی پروژه (تحلیل پروژه از دیدگاه کارکردگرا)

در روش تحلیل کارکردها، ابتدا اهداف اصلی پروژه تعیین شده و سپس فعالیت‌های اصلی که چگونگی دستیابی به اهداف را مشخص می‌کنند، تحت عنوان «کارکردهای اصلی» تعریف می‌شوند و پس از تعریف کارکردهای اصلی، فعالیت‌هایی که چگونگی دستیابی به کارکردهای اصلی را مشخص می‌کنند تعریف می‌شوند؛ سپس برای تحلیل کارکردها لازم است که چیدمان کلیه کارکردها، اعم از هدف اصلی و ثانویه در چارچوب یک نمودار FAST انجام پذیرند.

شکل ٤. نمودار تحلیل کارکردی پروژه – FAST

مشخصه‌های اصلی عملکردی (FPS)

تعیین دامنه‌های اصلی عملکردی

در این مرحله دامنه‌های اصلی کارکردی که باید مطالعات مهندسی ارزش در بخش خلاقیت پیرامون آن‌ها متمرکز شود، در چارچوب نمودار FAST و استراتژی‌ها مشخص، تعریف و نهایی شد.

تعیین مشخصه‌های اصلی عملکردی هر دامنه

پس از تعیین دامنه‌های اصلی کارکردی، برای هر یک از دامنه‌ها، مشخصه‌های اصلی کارکردی تعریف و جمعاً تعداد ۳۴۵ مشخصه اصلی عملکردی (FPS) تعیین و به تفکیک هر یک از دامنه‌ها تعریف شدند؛ به‌نحوی که در مرحله خلاقیت ذهن‌های خلاق جمعی با استفاده از تکنیک تریز و طوفان ذهنی بر هر یک از آن‌ها متمرکز و ایده‌پردازی انجام پذیرد.

خلق ایده‌ها و نهایی‌سازی گزینه‌های اجرایی

فاز خلاقیت و ایده‌پردازی با اصول تریز

طی فاز خلاقیت[1]، اعضا کارگاه مهندسی ارزش، خلاقیت گروهی را با تمرکز ذهن جمعی بر ۳۰ دامنه مشخصه عملکردی و ۳۴۵ مشخصه عملکردی اصلی آن‌ها به روش طوفان فکری و با به‌کارگیری تکنیک تریز و چهل اصل مطرح‌شده توسط Alt'shuller (۱۹۹۸) با استفاده از پرسشنامه آنالیز موقعیت‌های نوآوری[2] به انجام رساندند و درنهایت به ۷۶۰ ایده به تفکیک‌های موضوعی زیر دست یافتند:

-۱۵۶ ایده در ارتباط با بهبود فعالیت‌های جکت (اعم از ساخت، بارگیری و انتقال، نصب و حفاظت جکت)؛

-۲۹۱ ایده در ارتباط با بهبود فعالیت‌های عرشه (اعم از ساخت، بارگیری و انتقال، نصب، تأسیسات و متعلقات عرشه)؛

-۱۳۲ ایده در ارتباط با بهبود فعالیت‌های نصب خط لوله؛

-۱۸۱ ایده در ارتباط با بهبود فعالیت‌های عمومی و ریسک‌های پروژه.

ابزارهای روش TRIZ به دو دسته ابزارهای تحلیلی برای تعریف و ساختاردهی مسئله و ابزارهای مبتنی بر دانش که پایگاه اطلاعاتی لازم برای خلق ایده‌ها را فراهم می‌آورند، تقسیم می‌شوند.

ابزارهای تحلیل‌گرای TRIZ به‌منظور شناسایی و ساختاردهی مسائل در قالب دو دسته زیر تقسیم‌بندی می‌گردند:

پرسشنامه شناخت موقعیت‌های نوآوری ISQ: به‌منظور اجرای TRIZ، باید مسئله به‌صورت صحیح تعریف و مختصات آن شناسایی شود؛ ازاین‌رو پرسشنامه شناخت موقعیت‌های نوآوری (ISQ) برای جمع‌آوری و مستندسازی اطلاعات لازم توسط گروه مربوطه تهیه و تکمیل می‌شود. ایده‌پردازی توسط اعضای گروه به عنوان عاملی اساسی برای تکمیل این پرسشنامه به‌شمار می‌رود. اطلاعات مندرج در این پرسشنامه پیرامون موضوعات زیر هستند:

- سامانه‌ای که مایل به ایجاد یا بهبود آن هستیم و محیط پیرامونی (اسم، ساختار، کارکردها و دلیل اجرای آن‌ها، محیط سامانه)؛
- موقعیت مسئله (تاریخچه پیدایش، ایجاد بهبودهای مطلوب یا حذف اثرات فرآیندی که باعث ایجاد مسئله شده است)؛
- تغییردادن سامانه (تغییرات ممکن در سامانه، محدودیت‌هایی که برای تغییر سامانه وجود دارد)؛
- منابع موجود، تمام دارایی‌ها و موقعیت‌های درون سامانه و محیط اطراف آن که برای بهبود سامانه به‌کار گرفته می‌شوند. این منابع در ۶ سطح طبقه‌بندی می‌شوند: منابع کارکردی، اطلاعاتی، زمانی، مکانی، مواد و زمینه‌ها.

1. Creative Phase
2. ISQ: Innovation Situation Questionnaire

- تاریخچه راه‌حل‌های آزمایش‌شده روی مسئله (تلاش‌هایی که در گذشته برای سامانه‌هایی با مسائل مشابه انجام شده است).
- معیار انتخاب ایده‌های راه‌حل (مشخصات فنی و اقتصادی مطلوب، زمان‌بندی مطلوب و سطح نوگرایی موردانتظار).

فرموله‌کردن مسئله: فرموله‌کردن برای ساختاردهی به مسئله و تعیین کارکردهای مفید و زیان‌بار سامانه و رابطه بین آن‌ها به‌کار برده می‌شود. این ابزار، مسئله را بر حسب تناقض‌های فنی بیان می‌کند؛ سپس به بررسی این نکته پرداخته می‌شود که آیا بهبود یک مشخصه فنی موجب بدترشدن دیگر مشخصات فنی و ایجاد مسائل ثانویه دیگر شده است یا خیر؟

کارکردهای زیان‌بار شامل ورودی‌های نامطلوبی همچون هزینه، انرژی مصرف‌شده، آلودگی، خطر و فضای اشغال شده هستند.

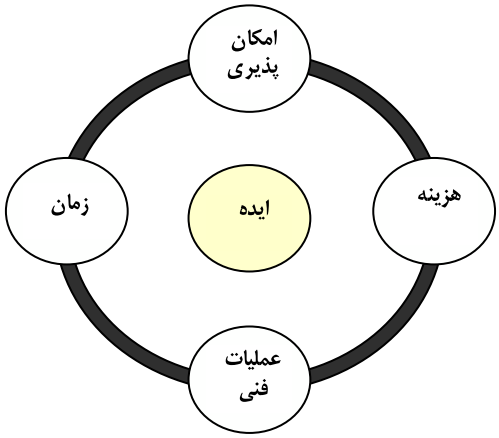
حالت ایده‌آل شرایطی است که فقط منافع وجود داشته باشند؛ ازاین‌رو از نظرگاه طراحی، مهندسان باید به پیگیری منافع بیشتر و کاهش هزینه کار، مواد، انرژی و تأثیرات منفی بپردازند.

ارزیابی، قضاوت و نهایی‌سازی ایده‌ها

ایده‌ها در سه مرحله ارزیابی شدند: در مرحله اول ارزیابی، یک غربال اولیه بر روی ایده‌ها صورت گرفت و ایده‌های حاصل از فاز خلاقیت به صورت تفکیکی و تحت عناوین گزینه، توصیه اجرایی، توصیه آتی، تذکر، ایده درحال‌انجام، ایده تکراری و یا به همان صورت ایده دسته‌بندی شدند؛ سپس در مراحل دوم و سوم قضاوت، گزینه‌های باقی‌مانده از مرحله قبل از دیدگاه‌های امکان‌پذیری، تأثیرات زمانی، هزینه‌ای و کیفی موردارزیابی و ارزش‌گذاری قرار گرفتند و درنهایت گزینه‌های برتر برای بررسی جامع‌تر به مرحله بعدی راه یافتند.

ایده‌هایی که به گزینه تبدیل شده‌اند، به شرح متغیرها و فرمول زیر موردارزیابی و بحث قرار گرفت و عدد ارزشی هر یک از آن‌ها محاسبه شد و درنهایت موردارزیابی قرار گرفت که نتایج حاصل متعاقباً ارائه شده است (شکل ۵):

- ارزیابی، آنالیز و تعیین میزان امکان‌پذیری گزینه (متغیر A) طبق جدول ۴؛
- ارزیابی، آنالیز و تعیین ارزش تأثیرگذاری اقتصادی گزینه (متغیر B1) طبق جدول ۵؛
- ارزیابی، آنالیز و تعیین ارزش تأثیرگذاری عملیات فنی گزینه (متغیر B2) طبق جدول ۶؛
- ارزیابی، آنالیز و تعیین ارزش تأثیرگذاری زمانی گزینه (متغیر B3) طبق جدول ۷.



شکل ۵: معیارهای قضاوت ایده‌ها

درنهایت با توجه به ارزیابی‌های انجام‌گرفته بالا و تعیین مقادیر متغیرهای فوق‌الذکر، عدد ارزشی کل گزینه به شرح فرمول زیر محاسبه شده است:

$$\text{عدد ارزشی گزینه} = A \times [[(B1 \times ۲۶/۶۷ + (B2 \times ۴۶/۶۶) + (B3 \times ۲۶/۶۷)] \div ۱۰۰]$$

درضمن ضرایب متغیرهای موجود در فرمول بالا بر اساس وزن اهمیتی اهداف تعیین شده‌اند؛ به‌طوری‌که ضریب متغیر B1 منطبق با وزن هدف کاهش هزینه‌های پروژه برابر با عدد ۲۶/۶۷ و ضریب متغیر B2 منطبق با مجموع وزن اهداف کیفی (وزن ارتقای HSE + وزن ارتقای کمی و کیفی منابع انسانی و امکانات شرکت IOEC در پروژه + وزن ارتقاء کیفیت بهره‌برداری) برابر با عدد ۴۶/۶۶ و ضریب متغیر B3 نیز منطبق با هدف کاهش زمان اجرای پروژه برابر با عدد ۲۶/۶۷ تعیین شدند.

جدول ٤: نحوه ارزیابی میزان امکان‌پذیری ایده‌ها

امتیاز میزان امکان‌پذیری ایده	توصیف تشخیص میزان امکان‌پذیری ایده		درصد احتمال امکان‌پذیری ایده
۵		خاص نیست	بیش از ۹۰
۴	برای اجرای ایده	است که قابل‌دسترس هستند	۹۰ – ۷۰
۳	نیاز به انجام	است که نسبتاً قابل‌دسترس هستند	۷۰ – ۵۰
۲	تغییرات/ تأمین	است که انجام آن‌ها سخت است	۵۰ – ۲۰
۱	منابع/ مجوزهایی:	است که امکان اجرای آن‌ها بسیار دشوار و بعید است	۲۰ – ۵
۰		است که امکان‌پذیر نیست	زیر ۵

جدول ۵: نحوه ارزیابی میزان تأثیرگذاری مالی ایده‌ها بر پروژه

میزان تأثیر مالی بر هزینه‌های پروژه		عدد ارزشی مالی
در صورت تأثیرگذاری کاهشی، اعداد مثبت و در صورت افزایشی، اعداد منفی هستند	تأثیر مالی بیش از ۵۵ میلیارد تومان	۵
	تأثیر مالی بین ۳۵ تا ۵۵ میلیارد تومان	۴
	تأثیر مالی بین ۲۰ تا ۳۵ میلیارد تومان	۳
	تأثیر مالی بین ۱۰ تا ۲۰ میلیارد تومان	۲
	تأثیر مالی بین ۵ تا ۱۰ میلیارد تومان	۱
	تأثیر مالی بین ۲ تا ۵ میلیارد تومان	۰.۵
	تأثیر مالی بین ۱ تا ۲ میلیارد تومان	۰.۲۵
	تأثیر مالی بین ۵۰۰ میلیون تا ۱ میلیارد تومان	۰.۱
	تأثیر مالی بین ۱۰۰ تا ۵۰۰ میلیون تومان	۰/۰۵
	تأثیر مالی کمتر از ۱۰۰ میلیون تومان	۰

جدول ٦: نحوه ارزیابی میزان تأثیرگذاری کیفی ایده‌ها بر پروژه

میزان تأثیرگذاری بر کیفیت بهره‌برداری/ HSE/ کمیت و کیفیت تجهیزات				محدوده تأثیرگذاری بر بخش‌ها و عملیات فراساحل فازهای ۲۰ و ۲۱ پارس جنوبی
کمیت وصفی تأثیرگذاری	زیاد	نسبتاً	کم	
عدد ارزشی تأثیرگذار در صورت تأثیر مثبت علامتش مثبت و در صورت تأثیر منفی علامتش منفی می‌شود	۵	۴	۳	کل پروژه Offshore
	۴	۳	۲	کل محدوده Pipeline
	۲	۱	۰/۵	بخشی از محدوده عملیات Pipeline اعم از: انتقال/ استقرار/ اتصال/ بسترسازی/ حفاظت لوله‌ها
	۱	۰/۵	۰/۲۵	کابل گذاری فیبر نوری
	۴	۳	۲	کل محدوده Platform
	۳	۲	۱	محدوده Jacket
	۲	۱	۰/۵	بخشی از عملیات Jacket اعم از ساخت/ انتقال/ نصب/ حفاظت
	۳	۲	۱	محدوده Deck
	۲	۱	۰/۵	بخشی از محدوده Deck اعم از ساخت/ انتقال/ نصب/ حفاظت
	۱	۰/۵	۰/۲۵	تجهیزات و تأسیسات مستقر بر عرشه اعم از: فرایندی/ مکانیکی/ برقی/ مخابراتی/ مکانیکی/ لوله‌کشی

جدول ۷: نحوه ارزیابی میزان تأثیرگذاری زمانی ایده‌ها بر پروژه

	میزان تأثیر زمانی بر کل پروژه	میزان تأثیر زمانی بر عملیات	عدد ارزشی زمان
در صورت تأثیر در کاهش زمان، اعداد مثبت و در صورت تأثیر در افزایش زمانی، اعداد منفی هستنند.	بیش از ۵ هفته	بیش از ۲/۵ ماه	۵
	بین ۴ تا ۵ هفته	بین ۲ الی ۲/۵ ماه	۴
	بین ۳ تا ۴ هفته	بین ۱/۵ الی ۲ ماه	۳
	بین ۲ تا ۳ هفته	بین ۱ الی ۱/۵ ماه	۲
	بین ۱ تا ۲ هفته	بین ۲ هفته الی ۱ ماه	۱
	کمتر از ۱ هفته	بین ۲ روز الی ۲ هفته	۰.۵
	هیچ	کمتر از ۲ روز	۰

نتایج نهایی حاصل از سه مرحله ارزیابی ایده‌ها به شرح زیر هستند:

- **۵۸ گزینه** (راه‌کارهایی که موجب بهبود قابل‌توجه امور در راستای اهداف شده و لازم است اطلاعات جامع پیرامون آن جمع‌آوری شود و در صورت تأیید نهایی در فاز ارائه، برنامه‌ریزی و اقدامات لازم در راستای اجرای آن انجام پذیرد).
- **۹۱ توصیه آتی** (ایده‌ای که باارزش است و به بهبود در راستای اهداف منجر می‌شود؛ ولی با توجه به پیشرفت پروژه، دیگر قابل‌اجرا در این مقطع نیست و برای پروژه‌های آتی و مشابه توصیه می‌شود).
- **۱۲۹ توصیه اجرایی** (ایده‌ای که به بهبود در راستای اهداف منجر می‌شود و قابل‌اجرا است؛ ولی در حد جمع‌آوری اطلاعات جامع و تحلیل بیشتر در فاز توسعه نیست و فقط در حد توصیه برای اجرا به واحدهای مربوطه است).
- **۱۹۱ تذکر و ٤ ایده ادغامی** (ایده‌های مرتبط به اموری که به‌طور معمول و طبق رویه‌ها باید انجام بشوند؛ ولی انجام نشده و یا به‌طور ناقص انجام می‌شوند و بدین وسیله بر اجرای کامل آن‌ها تذکر داده می‌شود).
- **۲۸۷ ایده** (ایده‌هایی که جزو هیچ‌یک از دسته‌بندی‌های فوق‌الذکر قرار نگرفتند و همچنان به‌صورت ایده و قابل‌احترام باقی خواهند ماند).

فاز توسعه[1]: طی این فاز، ابتدا گزینه‌ها به سه دسته «جکت»، «عرشه» و«عمومی و ریسک‌ها» تفکیک شدند و برای بررسی هر دسته از آن‌ها، یک گروه بررسی‌کننده تعیین و گزینه‌ها در میان آن‌ها تقسیم شد؛ سپس گزینه‌ها در چارچوب‌های تعریف‌شده‌ای موردبررسی و تحلیل جامع قرار گرفتند و درنهایت از میان ۵۸ گزینه، ۲۸ گزینه انتخاب و برای بررسی در فاز ارائه برگزیده شدند.

1. Development Phase

نکات موردبررسی و تحلیل بر هر یک از گزینه‌های منتخب در فاز توسعه:

- تأثیر گزینه بر هر یک از مراحل اجرای پروژه EPCIC (طراحی، ساخت، تأمین، نصب، پیش‌راه‌اندازی، راه‌اندازی و بهره‌برداری)؛
- نکات تأثیرگذار گزینه بر دوره بهره‌برداری؛
- نکات تأثیرگذار گزینه بر عوامل برونی پروژه و ذی‌نفعان طرح؛
- وضعیت تأثیرگذاری گزینه بر برنامه زمانی پروژه؛
- نحوه تأثیرگذاری گزینه بر هزینه‌های EPCIC؛
- نحوه تأثیرگذاری گزینه بر هزینه‌های دوران بهره‌برداری؛
- مبالغ تأثیرگذاری گزینه بر هزینه‌های اجرایی؛
- مبالغ تأثیرگذاری گزینه بر هزینه‌های بهره‌برداری؛
- چگونگی تغییر شمای کلی؛
- چگونگی تأثیرگذاری گزینه بر اهداف پروژه؛
- چگونگی تأثیرگذاری گزینه بر ریسک‌های پروژه.

فاز ارائه[1]: نتایج حاصل از بررسی‌های انجام‌شده در فاز توسعه، ارائه و موردبررسی و تحلیل قرار گرفتند و درمجموع ۲۷ گزینه به‌عنوان گزینه‌های نهایی مطالعات مهندسی ارزش پروژه فازهای ۲۰ و ۲۱ پارس جنوبی شناخته شدند که باید اقدامات مقتضی برای اجرایی‌کردن آن‌ها انجام گیرد.

٤. نتایج تحقیق و ارزش حاصله از مهندسی ارزش

تأثیرات زمانی حاصله از مطالعات مهندسی ارزش بر پروژه

صرفه‌جویی‌های زمانی حاصل از اجرای برخی از گزینه‌ها در جدول ۱۳، درج شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، با اجرای گزینه‌های مشخص‌شده، به میزان ۱۹۰ روز از زمان کل پروژه صرفه‌جویی می‌شود که حدوداً معادل ۶ ماه می‌شود.

جمع برآورد کاهش تأخیرات از کل زمان پروژه

جمع برآورد کاهش تأخیرات از کل زمان پروژه در جدول ۸، ارائه شده است.

1. Presentation Phase

جدول ۸: مجموع کاهش تأخیرات از زمان کل پروژه

کد گزینه	صرفه‌جویی زمانی کل پروژه (روز)	درصد از کل زمان	درصد از زمان باقی‌مانده پروژه Plan	درصد از زمان باقی‌مانده پروژه Actual
A26	۸۰	٪۶/۱۹	٪۱۵/۹۷	٪۱۱/۳۳
S32	۳۰	٪۲/۳	٪۵/۹۹	٪۴/۲۵
R1-49 و R6-4	۳۰	٪۲/۳۲	٪۵/۹۹۵	٪۴/۲۵
E48	۲۰	٪۱/۵۵	٪۳/۹۹	٪۲/۸۳
M5	۱۰	٪۰/۷۸	٪۱/۹۹	٪۱/۴۲
E161	۱۰	٪۰/۷۷	٪۱/۹۹	٪۱/۴۲
مجموع کاهش زمان در کل پروژه	۱۹۰	٪۱۴/۶۹	٪۳۷/۹۲	٪۲۶/۹۱

تأثیرات زمانی بر زمان‌های شناوری پروژه

اجرای تعداد دیگری از گزینه‌ها باعث کاهش یا افزایش زمان شناوری پروژه می‌شود که درمجموع به میزان ۸۲۲ روز کاهش زمان شناوری به‌دست خواهد آمد. جزئیات مربوطه در جدول ۹، درج شده است.

جدول ۹: مجموع کاهش تأخیرات از زمان کل پروژه

کد گزینه	تأثیرگذاری بر زمان شناوری (روز)	کد گزینه	تأثیرگذاری بر زمان شناوری (روز)
E56	-۱۲۰	N130	-۳۰
A26	-۱۲۰	E125	-۳۰
S32	-۹۰	E117	-۳۰
N47	-۹۰	M5	-۳۰
R1-49 و R6-4	-۶۰	E161	-۳۰
E48	-۶۰	S35	-۲۰
E186	-۴۵	E124	-۱۵
E142	-۴۰	N136	-۷
N135	-۴۰	E62	+۶۰
E169	-۳۵	E115	+۶۰
N129	-۳۰		-۳۰
جمع کل زمان‌های شناوری کاهش‌یافته (روز)			-۸۲۲

با توجه به اینکه به ازای هر ماه تأخیر ۸ میلیون دلار جریمه در نظر گرفته شده است؛ بنابراین ۶ ماه (۱۹۰ روز) کاهش زمان از وضعیت فعلی موجب کاهش پرداخت جریمه‌ای معادل ۴۸،۰۰۰،۰۰۰ دلار خواهد شد.

جدول ۱۰: تأثیرات هزینه‌ای گزینه‌ها بر پروژه

ردیف	کد گزینه	صرفه‌جویی مالی (دلار)	درصد از کل هزینه‌های پروژه	درصد از هزینه‌های باقی‌مانده پروژه
۱	E56	1,000,000	0.138%	0.15%
۲	N47	200,000	0.027%	0.031%
۳	R1-38	14,700,000	2.031%	2.26%
.....	...	.....	.....	....
۲۷	R1-49 و R6-4	2,000,000	0.276%	0.307%
مجموع کاهش هزینه‌های مستقیم		26,782,000	3.68%	4.094%
صرفه‌جویی مالی حاصله از کاهش زمان پروژه		48,000,000	6.6%	7.38%
برآورد کل کاهش هزینه‌ها		74,782,000	10%	11%

وضعیت تأثیرات گزینه‌ها بر اهداف مطالعات مهندسی ارزش

همان‌گونه که در ابتدای اجرای مهندسی ارزش، تعداد پنج هدف برای آن در نظر گرفته شد، پس از نهایی‌سازی گزینه‌ها باید به‌تفصیل میزان دست‌یابی به اهداف تعیین شود؛ بدین معنی که در صورت اجرای صحیح گزینه‌های حاصل از مهندسی ارزش، اهداف تا چه میزان برآورده می‌شوند. جزئیات مربوط به محاسبات اهداف در جدول ۱۱، درج شده است و توضیحات آن در ادامه آمده است.

جدول ۱۱: تأثیر گزینه‌ها بر اهداف تعیین‌شده برای مهندسی ارزش

اهداف	وزن اهمیتی هدف K	علامت اختصاری	Y	Z	درصد بهبود نسبت به وضعیت موجود A	X
کاهش زمان اجرای پروژه	۲۶/۶۷	j1	٪۶۰	٪۱۷/۸	+٪۲۹/۶	٪۷۷/۸
کاهش هزینه‌های پروژه	۲۶/۶۷	j2	٪۶۰	٪۱۰	+٪۱۶/۶	٪۷۰
ارتقای HSE	۱۸/۳۳	i1	٪۸۰	٪۵	+٪۶/۲	٪۸۵
ارتقای کمی و کیفی منابع انسانی و امکانات شرکت IOECدر پروژه فازهای ۲۰ و ۲۱ پارس جنوبی	۱۰	i2	٪۸۰	٪۸/۵	+٪۱۰/۶	٪۸۸/۵
ارتقای کیفیت بهره‌برداری	۱۸/۳۳	i3	٪۶۰	٪۲	+٪۳/۳	٪۶۲

Y: میزان درصد تأمین نیازها و خواسته‌های موردانتظار اهداف در زمان انجام کارگاه مهندسی ارزش (طبق نتایج به‌دست‌آمده در بخش ارزیابی میزان دستیابی به اهداف در بخش پیش‌کارگاه)

Z: میزان مجموع درصدهای تأثیرگذار هر یک از گزینه‌ها بر هدف ردیف مربوطه در جداول قبلی

$(Z/Y)\times 100=A$

X: میزان درصد تأمین نیازها و خواسته‌های مورد انتظار اهداف در صورت تحقق گزینه‌ها در پروژه است

$X=Y+Z$

علامت + نمایانگر وضعیت بهبود و علامت −برعکس است

تأثیرات حاصل از مطالعات مهندسی ارزش بر ارزش پروژه

فرمول ۱: محاسبه ارزش فعالیت‌های انجام‌شده پروژه تاکنون:

$$V1=\frac{\sum_{i=1,2,3}(Y_i\times K_i)/\sum_{i=1,2,3}K_i)}{100-\sum_{j=1,2}(Y_j\times K_j)/(\sum_{j=1,2}K_j)}=۲/۰۱۸$$

فرمول ۲: محاسبه ارزش فعالیت‌های پروژه در صورت اعمال گزینه‌ها:

$$V2=\frac{\sum_{i=1,2,3}(X_i\times K_i)/\sum_{i=1,2,3}K_i)}{100-\sum_{j=1,2}(X_j\times K_j)/(\sum_{j=1,2}K_j)}=۲/۹۰$$

فرمول ۳: محاسبه درصد تأثیرگذاری گزینه‌ها در افزایش و ارتقای ارزش پروژه:

$$W=[(V2/V1)-1]\times 100=۴۳/۷۱$$

مطالعات مهندسی ارزش موجب ۴۳/۷۱٪ ارتقای ارزش پروژه فازهای ۲۰ و ۲۱ پارس جنوبی در بخش Offshore شده است.

منابع

۱. تورنگ، احمدرضا و هزاره، علی و قربانی، محمد (۱۳۸۱). «ارزش در معرض ریسک- پیش‌نیازی برای مهندسی ارزش در شرکت‌های چند پروژه‌ای». **چهارمین همایش تخصصی مهندسی صنایع: مهندسی ارزش.**

۲. پی ووماک، جیمز و دانیل تنجون (۱۳۸۲). **تفکر ناب، ریشه کردن اتلاف و آفرینش ارزش در سازمان.** ترجمه آزاده راد نژاد. انتشارات آموزه. چاپ سوم.

۳. هامر، مایکل و جیمز شامپی (۱۳۷۹). **مهندسی دوباره شرکت‌ها**. تهران: نشر موسسه خدمات فرهنگی رسا

۴. رادر، مایک و جان شوک (۱۳۸۳). **چگونه باید دید**. ترجمه آموزش ایران‌خودرو، انتشارات وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی.

۵. تقی زاده، علی (۱۳۸۱). « نظام مهندسی ارزش». تهران، **ماهنامه روش**، شماره ۷۵، مهر.

۶. جعفری، پژمان (۱۳۸۰) «تلفیق مهندسی ارزش و مدیریت کیفیت فراگیر». تهران، **مجله نیم رخ**، شماره ۹.

7. Altshuller, G. Innovation Algorithm: TRIZ, systematic innovation and technical creativity. Technical Innovation Center, Worcester, Massachusetts, 1999.
8. Annual Federal-Aid Value Engineering Summary Reports (FY1997 to FY2003). Federal Highway Administration, Washington, D.C. [Online]. Available: http://www.fhwa.dot.gov/ve/vereport.htm.
9. Cooper, Robin: slagmulder, Region, (1997). **Target Costing and Value engineering.** Productivity press.
10. Crouse, R.L., (1975) "Function and Worth", Proceedings, **Society of American Value engineering,** 10: 8-10.
11. John W. Bryant (1998). "Monograph Function Definition & Analysis". **SAVE International.**
12. Martyn R.Phillips. (1998). Challenging the Project Management Paradigm; Integrating Strategic Value with Project Development & Execution "، SAVE Proceeding
13. Palmer Angela, McGuire, Denny, (2002). **Construction Management.** New Directions", Linden, Black well science.
14. Value Methdology Standard And Body Of Knowledge June 2007-SAVE -International Value Standard, 2007 edition. Avalable: http://www.value-eng.org/pdf_docs/monographs/vmstd.pdf
15. Yasuhiro, Monden, (1995). **Cost Reduction Systems.** Target Costing, Kaisen Costing, Productivity press, English Edition.