

کاربرد مهندسی ارزش در بهبود عملکرد و کاهش هزینه های اجرائی طرح موج شکن بندر انزلی

رضا میرمحمدی
parsianbehpo@gmail.com

شاهین مقصودی زند
Shahin_zand@yahoo.com

محمد نبی الله دادی
a.allahdadi@ksp-eng.com

اردلان حامدی
a.hamedi@ksp-eng.com

مقدمه

طرح حاضر مهندسی ارزش بر طرح توسعه بندر انزلی شامل احداث دو موج شکن شرقی و غربی بطول کلی حدود ۲۴۱۰ متر می باشد که تامین کننده فضای لازم برای فعالیتهای پیش بینی شده بندر در دوره آتی طرح می باشد. با توجه به اهمیت طرح و آثار آن بر توسعه اقتصادی و اجتماعی شهر بندر انزلی و کشور و همچنین هزینه اجرائی قابل توجه این طرح (مطابق برآورد اولیه مشاور حدود ۵۰۰ میلیارد ریال) بررسی امکان افزایش ارزش طرح شامل بهبود تامین نیازمندیها و کاهش هزینه ها از طریق ابزار مهندسی ارزش در دستور کار قرار گرفت. نتیجه بررسیهای انجام شده در این چارچوب که منجر به کاهش قابل توجه هزینه های اجرائی و بهبود محصول پروژه با افزایش میزان تامین خواسته های ذینفعان گردید، در این مقاله ارائه شده است.

۱- شرح مختصری از پروژه

بندر انزلی در شمال ایران در گوشه جنوب غربی سواحل دریای خزر قرار دارد. این بندر که یکی از بنادر تحت پوشش اداره کل بنادر و دریانوردی استان گیلان می باشد، در حال حاضر با ۱۰ اسکله از نوع کانتینری، کالاهای عمومی، فله خشک و نفتی مهمترین حجم مبادله کالا در میان بنادر شمالی را دارا می باشد.

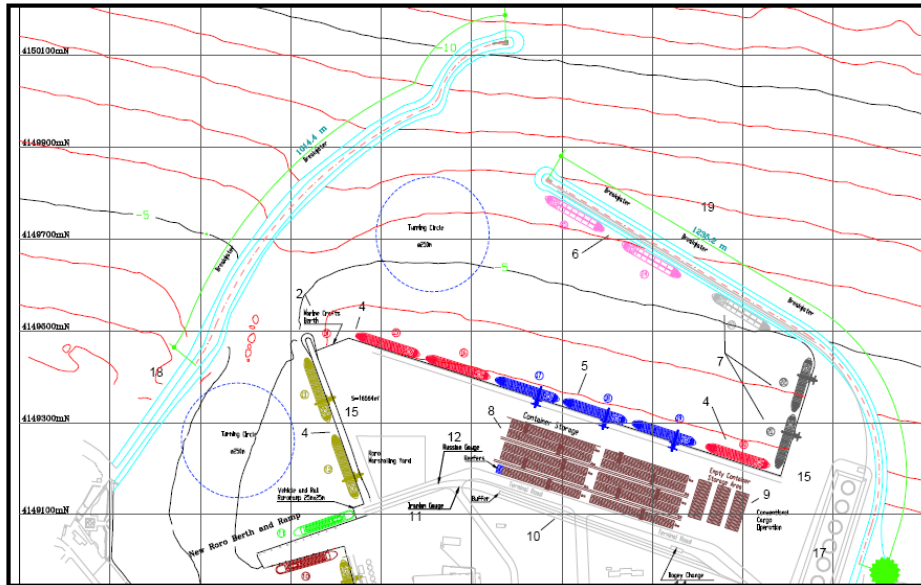
مشکلات اصلی بندر در حال حاضر شامل نا آرامی حوضچه، کمبود زمین، کمبود فضای پهلوگیری و کمبود شبکه راه آهن می باشد که توسط مشاورین مختلف از سالها قبل مورد مطالعه قرار گرفته و نتیجه آن در چارچوب مطالعات طرح جامع بنادر تجاری ایران (HPC-TNA) در سال ۸۵ در قالب نیازهای آتی و دورنمای آینده توسعه بندر تا سال ۱۳۹۴ بررسی شده و پلان نهایی طرح بصورت کلی و بر اساس شکل ۱-۱ پیشنهاد شده است.

۲- محدوده مطالعات مهندسی ارزش

بررسی محدودیتهای مطالعات ارزش یکی از عوامل مهم در رسیدن به هدف کلی که همانا ارزشمندتر کردن بررسیهای مطالعاتی و انجام پروژه است، می باشد. منابع تاثیرگذاری در محدودیت وجود دارد، آئین نامه ها و دستورالعملها، خواسته های کارفرما، طرح جامع، مسائل مرتبط با موارد و موانع طبیعی ... همه و همه مسائلی هستند که در انجام مطالعات مهندسی ارزش به عنوان شرایط غیر قابل تغییر در نظر گرفته میشوند. محدودیتهایی که در این پروژه وجود داشت به قرار زیر است:

- تعداد اسکله های مورد نیاز در فازهای مختلف توسعه
- شناور طرح
- عرض دهانه ورودی و کانال دسترسی
- عمق مورد نیاز در حوضچه و کانال دسترسی
- تاثیرات تغییرات سطح آب
- شعاع حوضچه گردش
- جانمایی اسکله ها
- جانمایی موج شکن ها (محدوده شرقی و غربی اجرای موج شکن)
- زاویه انحناء در مسیر ورودی
- حداکثر مسافت توقف

- نفوذ امواج بر حوضچه
- دوره طرح
- مشخصات مصالح سنگی برای بدنه موج شکن و مصالح بتنی



شکل ۱-۱- پلان پیشنهادی حاصل از مطالعات طرح جامع بنادر

۳- روش انجام مطالعات

۳-۱- استخراج و تحلیل کارکرد

همانگونه که اشاره شد در مهندسی ارزش هدف ارائه راهکارهایی است به منظور کاهش هزینه های طرح و همچنین افزایش کارکردهای آن، لذا بدینمنظور استخراج و تحلیل کارکردهای طرح از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

هر طرح و پروژه اجرایی بدنبال تامین اهدافی است که به منظور حصول آن اهداف تعریف شده است. هدف از اجرای یک پروژه ساخت محصول پروژه است. محصول پروژه همواره تامین کننده نیازهای حال و آینده ذینفعان طرح میباشد. به عنوان نمونه در ساخت موج شکن برای یک اسکله هدف از اجرای پروژه در یک نگاه ساده و در یک کلام عبارت است " ایجاد شرایط مناسب برای پهلوگیری شناورهای ورودی " این هدف کارکرد اصلی پروژه عنوان میگردد.

با نگاهی دقیق تر به این مساله در می یابیم که این کارکرد اصلی دارای زیر مجموعه های بسیاری بوده و محصول پروژه دارای کارکرد های مثبت و منفی بسیار زیادی است. این کارکرد ها را با نگاهی مشتری محور میبایست از زوایای دید مختلف مورد تدقیق قرار داد.

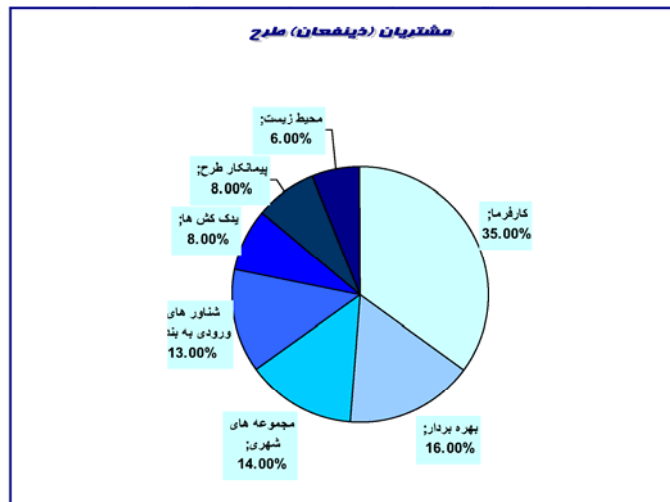
۳-۱-۱) تعیین ذینفعان طرح و ضرایب اهمیت هر یک

در یک طرح ملی و یا منطقه ای محصول پروژه دارای ذینفعان متعددی است که تحلیل کارکرد های آن طرح بدون در نظر گرفتن نقطه نظرات هر یک از آن ذینفعان بی معنی مینماید به بیان دیگر نهادها، مجموعه ها و افراد مختلفی از یک طرح یا یک پروژه ملی متنفع و یا متضرر میگردند.

در پروژه طراحی موج شکن در طرح توسعه بندر انزلی نیز بر همین اساس ذینفعان مختلفی بشرح ذیل توسط تیم مهندسی ارزش شناسایی گردید و بر اساس دلایل اهمیت هر یک مطابق شکل ۳-۱ و با تکمیل فرم های جمع آوری اطلاعات توسط خود ذینفعان بشرح شکل شماره ۳-۲ امتیاز دهی گردیدند.

کارفرما	کل نگری و در نظر گرفتن تمامی جوانب مساله با دید ملی
	ایفاگر نقش تامین کننده اعتبار و اشراف کامل به مسائل مالی و فاینانس پروژه
	مسئولیت پاسخگویی نهایی به وزارتخانه های مربوطه و دولت
	ایفاگر نقش مالکیت پروژه
	عهده دار بودن مسئولیت نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه و اضطراری محصول پروژه
	مرجعیت حل کلیه مسائل و مشکلات بندر
	لحاظ نمودن طرح های توسعه و مسائل آتی بندر در تمام تصمیم گیری ها
	تایید کننده نهایی و تحویل گیرنده پروژه
	وجود امکان استفاده از امکانات سایر بخشها و بنادر منطقه در شرایط لزوم
	امکان ایجاد هماهنگی و همکاری با سایر نهادهای ذینفع
بهره‌بردار	امکان ایجاد شرایط مناسب برای تسهیل در اجرای پروژه
	متولی انجام کلیه امور بندری در زمان بهره‌برداری
	متولی ارائه تسهیلات رفاهی به کارکنان شاغل در بند
	ایفای نقش تسهیل‌گر در تعاملات میان بخشی ارگانهای فعال در بندر
	مسئول و متولی حفظ و نگهداری تاسیسات بندری
	مسئول و متولی حفظ و نگهداری کالاهای ورودی و خروجی بندر
	اشراف کامل بر کلیه امور بندری هنگام بهره‌برداری
	تاثیر فعالیتهای بهره‌بردار بر اموری مانند بازاریابی و جذب سرمایه و جلب مشتری
	آخرین ذینفع
	وابستگی مستقیم مسائل اقتصادی بندر به اقبال شناورها به بندر
شناورهای ورودی به بندر	یکی از ارکان اصلی تشکیل دهنده فعالیتهای بندری
	اجرای طرح در محدوده شهری و اثرگذاری مستقیم بر مسائل شهری
	اثر عملیات اجرایی بر مسائل شهری (اقتصاد شهر ، حمل و نقل و ترافیک و ...)
	توسعه جذابیت‌های گردشگری شهر
	نیاز به دریافت مجوزهای خدمات از مجموعه‌های شهری در طول اجرای پروژه
	نیاز به دریافت مجوزها و خدمات در زمان بهره‌برداری
	تامین منابع محلی پروژه مانند منابع انسانی ، ماشین آلات حمل و نقل و اجرا، تسهیلات رفت و آمد
	یکی از ذینفعان مستقیم طرح از لحاظ ناوبری و پهلوگیری شناورها
	یکی از ذینفعان مستقیم طرح از لحاظ مسائل مربوط به آرامش
	یکی از ذینفعان مستقیم طرح از لحاظ مسائل مربوط به حوضچه چرخش
پیمانکار طرح	کیفیت اجرا و مطابقت با طرح
	انجام پروژه در زمان مقرر
	انجام پروژه با هزینه تعیین شده
	مدیریت کلیه منابع اجرایی پروژه مانند منابع انسانی ، ماشین آلات و
محیط زیست	نگرش بلند مدت بر اثرات محیطی طرح بر منطقه
	ارگانهای زیست محیطی متولی حفظ و حراست از اکوسیستم منطقه‌اند
	ارگانهای زیست محیطی تاثیر دهنده امکان اجرای پروژه‌اند

شکل شماره ۳-۱- دلایل اهمیت هر ذینفع



شکل شماره ۳-۲- پای چارت ذینفعان

۳-۱-۲) تعیین نیازها خواسته ها و انتظارات ذینفعان طرح

هر یک از ذینفعان معرفی شده در قسمت قبل، نیازها، خواسته ها و انتظارات متفاوتی از این پروژه داشته اند که بعضاً با یکدیگر مشابه و یا متفاوت و حتی گاهی مخالف بوده است. بعنوان نمونه برای پیمانکار اجرای طرح بعنوان یک ذینفع با درجه اهمیت تعیین شده ممکن است سرعت اجرای طرح یک انتظار پر اهمیت باشد ولیکن کاهش اثرات مخرب زیست محیطی از اولویت های وی نباشد. لذا تیم مهندسی ارزش در یک کارگاه، به شناسایی نیازها، خواسته ها و انتظارات هر یک از ذینفعان پرداخته و اولویت و اهمیت هر نیاز برای ذینفعان را با وزن دهی و طبقه بندی مدرج نمودند.

در مرحله بعد با استفاده از فرمول ذیل و با لحاظ نمودن ضریب اهمیت هر ذینفع از مشتری کل و ضریب اهمیت هر خواسته برای هر ذینفع و تلفیق آنها، ضرایب اهمیت هر ذینفع از مشتری کل و ضریب اهمیت هر خواسته برای هر ذینفع و تلفیق آنها، ضرایب اهمیت هر نیاز، انتظار و خواسته را برای مشتری کل مطابق شکل ۳-۳ تعیین و مشخص نمودند.

(فرمول ۳-۱)

i : تعداد ذینفعان

J : تعداد نیازها (مشترک و غیر مشترک)

K : تعداد فاکتورهای ارزیابی

Cw_i : وزن هر مشتری از مشتری کل

Nw_j : وزن هر نیاز برای مشتری (ذینفع)

A_j : وزن هر نیاز برای مشتری کل

$$A_j = \sum_{i=1, m}^{i=1, n} (Cw_i \times Nw_j)$$

F_k : فاکتورهای ارزیابی

Fw_k : وزن هر فاکتور ارزیابی

B_k : اهمیت هر فاکتور برای مشتری کل

$$B_k = \sum (Fw_k \times A_j)$$

R_k : امتیاز عدد هر فاکتور در هر طرح

Worth: عدد تامین نیاز برای هر طرح

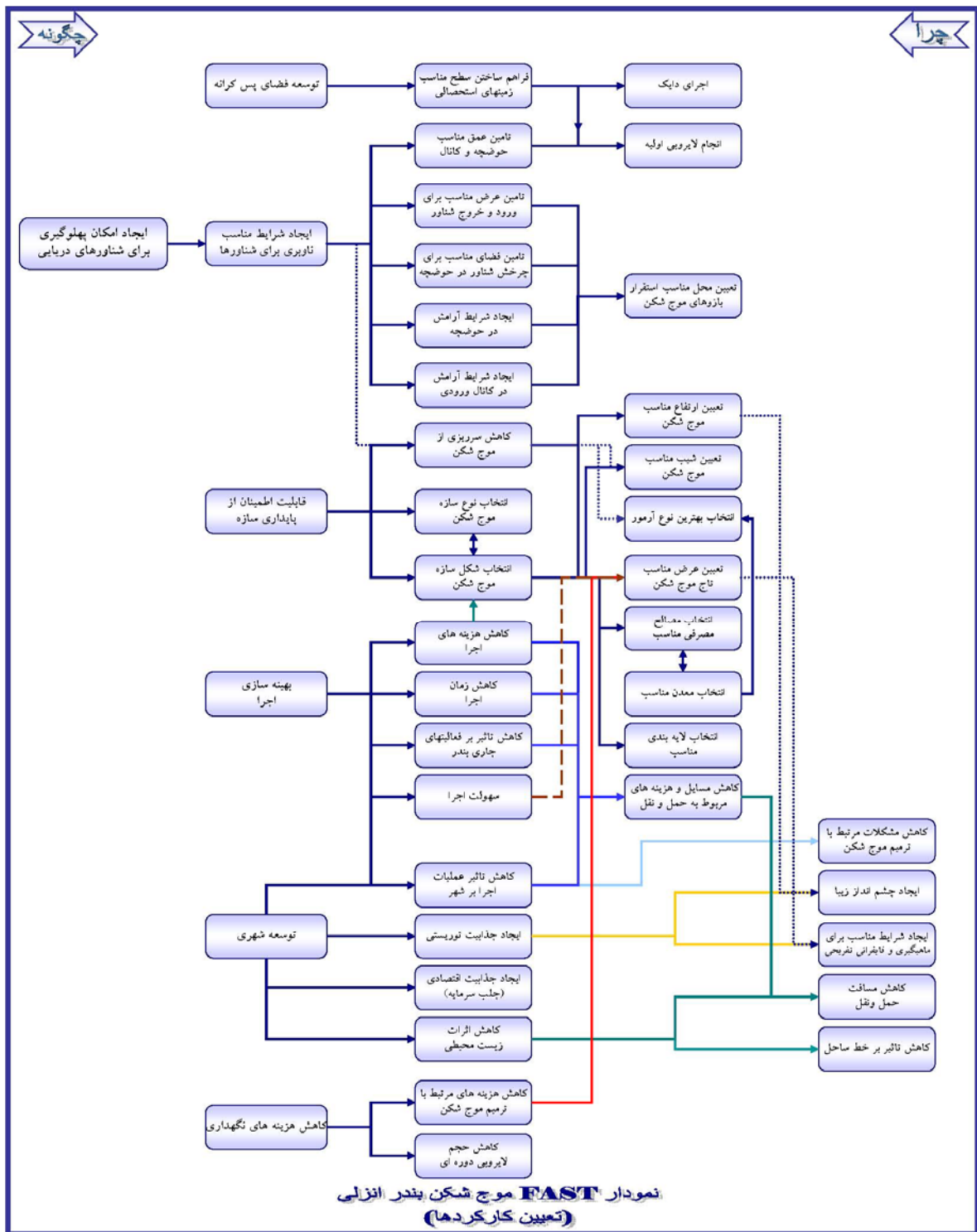
$$Worth = \sum (R_k \times B_k)$$

جدول استخراج اهمیت هر نیاز برای مشتری کل

ردیف	عنوان نیاز، انتظار یا خواسته های ذینفعان	وزن هر ذینفع از مشتری کل							وزن هر نیاز برای مشتری کل $A_j = \sum (CW_i \times NW_i) / 100$
		C1 کارفرما	C2 بهره بردار	C3 شماره های ورودی	C4 مجموعه های شهری	C5 بنک کل	C6 پیمانکار طرح	C7 مجید زیست	
Nj	Owi	CW1 35.00	CW2 16.00	CW3 13.00	CW4 14.00	CW5 8.00	CW6 8.00	CW7 6.00	مجموع = 100
N1	افزایش شرایط آرامش برای پهلوی گیری	16.36							5.73
N2	افزایش تعداد اسکله های قابل تاسیس	18.18							6.36
N3	کاهش تأثیرات بر خط ساحل	1.81			7.46			20.00	2.88
N4	کاهش حجم لایروبی هنگام اجرای طرح	3.36						30.00	2.98
N5	افزایش دوره لایروبی هنگام بهره برداری	5.45	8.57					20.00	4.48
N6	افزایش طول عمر سازه	14.54							5.09
N7	کاهش زمان اجرا	9.09			4.47		6.87	15.00	5.26
N8	کاهش تأثیر عملیات اجرا بر فعالیتهای جاری بندر	10.90	14.28		5.97		4.58		7.30
N9	افزایش مساحت استحصال زمین در محدوده بندر	12.72						15.00	5.35
N10	افزایش سهولت ترافیک شناورها در حوضچه	7.27	25.71	30.43		37.50			13.61
N11	افزایش سهولت ورود و خروج به حوضچه		22.85	43.45					9.30
N12	کاهش تأزیمی در محدوده لایروبی		28.57	26.09		62.50			12.96
N13	کاهش فاصله حمل مصالح تا محل پروژه						10.69		0.86
N14	افزایش سهولت دسترسی به محل اجرا (راه دسترسی مناسب)						12.13		0.97
N15	افزایش قابلیت تامین مصالح از معدن						15.27		1.22
N16	افزایش کیفیت مصالح مورد نیاز جهت ساخت بتن						13.74		1.10
N17	افزایش کیفیت مصالح اولیه برای احداث بنه موج شکن						13.74		1.10
N18	افزایش مطلوبیت زمین تخصصی برای دپوی مصالح و تجهیز کارگاه						9.16		0.73
N19	افزایش قابلیت ساخت قطعات بتنی برای آرمور						6.10		0.49
N20	افزایش قابلیت استقرار مناسب آرمور						7.63		0.61
N21	افزایش قابلیت استفاده جهت فیلترانی تقریبی				20.89				2.92
N22	افزایش قابلیت استفاده جهت ماهیگیری تقریبی				22.38				3.13
N23	افزایش امکان توسعه امکانات شهری و توریستی (مانند هتل و رستوران)				25.88				3.62
N24	افزایش چشم انداز زیبا				5.97				0.84
N25	کاهش مسائل مربوط به فاز اجرا مانند حمل و نقل و دپوی مصالح و ترافیک شهری				8.45				1.18
	جمع	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

شکل شماره ۳-۳- نیازها، خواسته ها و انتظارات برای مشتری کل

همچنین به منظور تعیین دقیق کارکردهای طرح، تیم مهندسی ارزش از تکنیک (FAST Functional Analysis System Technique) استفاده نمودند و با استفاده از آن (شکل ۳-۴) به بازنگری کارکردهای ریشه ای طرح پرداختند.



شکل شماره ۳-۴ - نمودار FAST

۳-۱-۳ کمی نمودن کارکردها

در این مرحله تیم مهندسی ارزش تلاش نمود تا تامین هر یک از نیازها، خواسته ها و انتظارات مشتری کل (شکل ۳-۳) را با اعداد کمی و مهندسی قابل سنجش نماید.

نکته بسیار مهم میزان تاثیر هر فاکتور کمی برای تامین هر نیاز بود که با مشخص شدن آن دقیقاً تعیین گردید که برای پوشش هر خواسته تعریف شده برای مشتری کل، هر فاکتور کمی چه سهمی را عهده دار است. این سهم به صورت درصدی برای هر خواسته مشخص گردیده و در نهایت با استفاده از فرمول ۳-۱ دقیقاً مشخص گردید که تامین هر فاکتور کمی تا چه حد در تامین رضایت مشتری کل اثر گذار است.

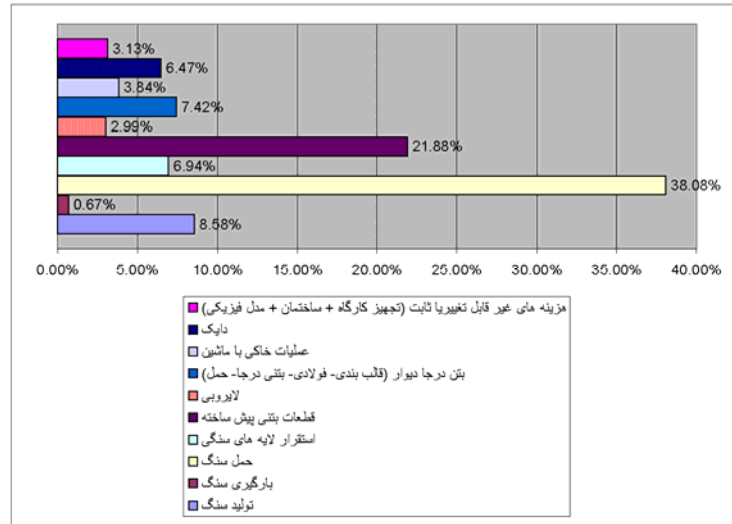
	N25	N24	N23	N22	N21	N20	N19	N18	N17	N16	N15	N14	N13	N12	N11	N10	N9	N8	N7	N6	N5	N4	N3	N2	N1	N1	ردیف Fk		
$\sum_{i=1}^n (F_{i,k} \times A_{i,j})$																											اینجا هیچ درج جدولی وجود ندارد.		
488.4	1.18	0.84	3.62	3.13	2.92	0.61	0.49	0.73	1.1	1.1	1.22	0.97	0.86	12.96	9.3	13.61	5.35	7.3	5.26	4.48	2.98	2.88	6.36	5.73	40	40	این فاکتور می توانیم (کمی)		
343.8														20												60	تعداد سبک های آبی در این دستگاه های سبکی		
508.8																											60	تعداد سبک های سفید در این دستگاه های سفیدی	
63.6																											10	تعداد سبک های خاکستری در این دستگاه های خاکستری	
57.6																											10	تعداد سبک های قرمز در این دستگاه های قرمزی	
86.4																											20	تعداد سبک های سبز در این دستگاه های سبزی	
86.4																											30	تعداد سبک های زرد در این دستگاه های زردی	
119.2																											40	تعداد سبک های نارنجی در این دستگاه های نارنجی	
175.2																											60	تعداد سبک های بنفش در این دستگاه های بنفشی	
268.8																											40	تعداد سبک های صورتی در این دستگاه های صورتی	
127.3																											60	تعداد سبک های آبی در این دستگاه های آبی	
101.8																											25	تعداد سبک های سفید در این دستگاه های سفیدی	
76.4																											20	تعداد سبک های قرمز در این دستگاه های قرمزی	
365.4																											16	تعداد سبک های نارنجی در این دستگاه های نارنجی	
157.6																											70	تعداد سبک های بنفش در این دستگاه های بنفشی	
219.0																											30	تعداد سبک های صورتی در این دستگاه های صورتی	
219.0																											30	تعداد سبک های آبی در این دستگاه های آبی	
292.0																											40	تعداد سبک های سفید در این دستگاه های سفیدی	
535.0																											60	تعداد سبک های قرمز در این دستگاه های قرمزی	
680.5																											60	تعداد سبک های نارنجی در این دستگاه های نارنجی	
465.0																											50	تعداد سبک های بنفش در این دستگاه های بنفشی	
465.0																											50	تعداد سبک های صورتی در این دستگاه های صورتی	
388.8																											30	تعداد سبک های آبی در این دستگاه های آبی	
388.8																											30	تعداد سبک های سفید در این دستگاه های سفیدی	
259.2																											20	تعداد سبک های قرمز در این دستگاه های قرمزی	
86.0																											100	تعداد سبک های نارنجی در این دستگاه های نارنجی	
77.6																											40	تعداد سبک های بنفش در این دستگاه های بنفشی	
58.2																											30	تعداد سبک های صورتی در این دستگاه های صورتی	
176.2	100																										30	تعداد سبک های آبی در این دستگاه های آبی	
146.4																											60	تعداد سبک های سفید در این دستگاه های سفیدی	
97.6																											40	تعداد سبک های قرمز در این دستگاه های قرمزی	
52.8										24																			تعداد سبک های نارنجی در این دستگاه های نارنجی
48.4										12																			تعداد سبک های بنفش در این دستگاه های بنفشی
28.0										15																			تعداد سبک های صورتی در این دستگاه های صورتی
22.0										10																			تعداد سبک های آبی در این دستگاه های آبی
46.2										10																			تعداد سبک های سفید در این دستگاه های سفیدی
26.4										21																			تعداد سبک های قرمز در این دستگاه های قرمزی
24.2										24																			تعداد سبک های نارنجی در این دستگاه های نارنجی
14.3										13																			تعداد سبک های بنفش در این دستگاه های بنفشی
11.0										10																			تعداد سبک های صورتی در این دستگاه های صورتی
23.1										21																			تعداد سبک های آبی در این دستگاه های آبی
43.8										60																			تعداد سبک های سفید در این دستگاه های سفیدی
29.2										40																			تعداد سبک های قرمز در این دستگاه های قرمزی
19.6										40																			تعداد سبک های نارنجی در این دستگاه های نارنجی
14.7										30																			تعداد سبک های بنفش در این دستگاه های بنفشی
18.3										30																			تعداد سبک های صورتی در این دستگاه های صورتی
18.3										30																			تعداد سبک های آبی در این دستگاه های آبی
18.3										30																			تعداد سبک های سفید در این دستگاه های سفیدی
6.1										10																			تعداد سبک های قرمز در این دستگاه های قرمزی
146.0										50																			تعداد سبک های نارنجی در این دستگاه های نارنجی
146.0										50																			تعداد سبک های بنفش در این دستگاه های بنفشی
84.0										100																			تعداد سبک های صورتی در این دستگاه های صورتی
84.0										100																			تعداد سبک های آبی در این دستگاه های آبی
362.0										100																			تعداد سبک های سفید در این دستگاه های سفیدی

شکل ۳-۵ - اثر فاکتورهای کمی در تامین رضایت مشتری کل

نهایتاً با در نظر گرفتن شکل شماره ۳-۵ تیم مهندسی ارزش به یک شابلون به منظور اندازه گیری میزان تامین نیاز پروژه دست یافت که ماحصل آن استخراج عدد تامین نیاز پروژه گردید.

۲-۳- استخراج و تحلیل هزینه های طرح و ارتباط آن با کارکردها

پس از تحلیل کامل کارکردهای طرح و استخراج میزان کمی تامین نیاز توسط این کارکردها، احجام مختلف کار بر اساس طرح اولیه مشاور مورد بررسی قرار گرفته و هزینه های اساسی طرح بر حسب بزرگی مطابق شکل ۳-۶ طبقه بندی گردیدند.



شکل ۳-۶ - تفکیک هزینه ها

۱-۲-۳ اثر بخشی هزینه ای بر بخش های پر اهمیت

مطابق نتایج حاصله از قسمت قبل (شکل ۳-۵) دقیقاً دریافتیم که کدامیک از فاکتورهای کمی اجزای طرح از اهمیت بالاتری برخوردارند و همچنین با تحلیل هزینه ها (شکل ۳-۶) نیز بر بخش های مهم هزینه ای دست یافتیم لذا در این مرحله با طراحی ماتریس به بررسی میزان تاثیر هر فاکتور ارزیابی مهم بر هر بخش هزینه ای مهم پرداخته شد (شکل ۳-۷) که نتیجه آن نقاط پر اهمیت جهت ارائه ایده توسط تیم را نمایش میدهد.

		تأثیر زیاد *** موثر ** تاثیر کم * بی‌تأثیر					
عنوان بخش هزینه ای پروژه	حاصل سنگ	فکتورهای کمی ارزیابی					
		درصد هزینه	وزن	کروم	تولید سنگ	داگ	استقرار لایه های سنگ
فاکتور	فاکتور	فاکتور	فاکتور	فاکتور	فاکتور	فاکتور	فاکتور
0.67%	بازگویی سنگ						
2.99%	لاابرویی زمان اجرا						
3.13%	هزینه های غیر قابل تغییر		*				
6.91%	استقرار لایه های سنگ						
7.02%	داگ						
8.58%	تولید سنگ						
9.01%	بن بن در چا دیوار (تایم بندی - طولاه بن بن در چا - سجن)						
24.13%	فقدان بتن پیش ساخته						
37.57%	حاصل سنگ						
F25	زاویه رانستای گنگال ورودی با خط الراس اسکله های قدیم	680.5					
F26	زاویه رانستای گنگال ورودی با خط الراس اسکله های جدید	680.5					
F24	سطح استحصالی زمین های پندر	535			**	**	
F3	تعداد اسکله های فله پر فیلل تا مین	508.8				**	
F1	ارتفاع موج ترون خوشچه *	488.4					
F27	عرض گنگال ورودی	465					
F28	زاویه موج گنگال و گنگال ورودی	465					
F29	در صد زمینهای فیلل استفاده در محدوده ناوهری	388.8					
F30	سایز زمینهای آرام کلیه اسکله ها در سال	388.8					
F19	زمان پیش پیش شده برای اجرای طرح	368.2					
F64	مساحت زمین فیلل استفاده	362			**	**	
F2	تعداد اسکله های آرام به کل اسکله های سنگن	343.8					
F62	سایز فیلل استفاده جهت - تفریحی (تفریحی (تفریحی)	313					
F23	ضریب اهمیت محل اشغال شده در تجهیز کارگاه	292			**	**	
F13	بهبود لاابرویی مورد نیاز در زمان بهره برداری	268.8					
F31	درصد مساحت محدوده آرام ترون خوشچه به مساحت کل	259.2					
F21	ترازیک ورودی مصالح به پندر	219			**	**	
F22	سطح مورد اشغال در تجهیز کارگاه	219			**	**	
F12	حجم لاابرویی در هر مرحله	179.2					
F11	تعداد مراحل لاابرویی در حین اجرا	178.8					
F36	مسافت طی شده از داخل شهر	176.2			*	*	**
F20	زمان تکمیل فرایند استحصال زمین	157.8			*	*	**
F37	درصد حجم فیلل تا مین معائن به حجم مورد نیاز پروژه	146.4			**	**	**
F60	طول اسکله فیلل پهلوگیری فایق های تفریحی	146					
F61	مساحت پارکینگ مناسب	146					

شکل ۳-۷ - ماتریس ارتباط بخشهای هزینه ای با فاکتورهای پر اهمیت

۳-۳- فاز خلاقیت

در این فاز تیم مهندسی ارزش پس از مشخص شدن نقاط پر اهمیت طرح از لحاظ میزان تامین نیازها (Worth) و همچنین هزینه ها (Cost) فارغ از هر گونه پیش داوری و با استفاده از روش طوفان ذهنی (Brain Storming) به ارائه ایده پرداخت و با پیشنهاد هیجده ایده و تحلیل تفصیلی آن (با حضور کلیه اجزای طرح اعم از مشاور و کارفرما) مجموعاً به ۴ ایده قابل قبول و قابل اجرا دست یافت که در بخش ۴ توضیح آنها آمده است.

با استفاده از تحلیل هزینه های اجرای هر ایده و نیز بکار بردن شابلون اندازه گیری میزان تامین نیاز توسط هر ایده نتایج ذیل مطابق شکل ۳-۸ برای هر ایده حاصل گردید.

VALUE table

ایده تغییر پلان	ایده بازنگری دیوار تاج	ایده تغییر در زمان اجرای وحذف دایک لایروبی	طرح مشاور	
64691	68746	63619	62992	عدد تامین نیاز WORTH
491.49	464.08	471.12	501.28	هزینه کل COST (میلیارده ریال)
131	148	135	125	ارزش VALUE

شکل شماره ۳-۸ - ارزش نهایی ایده ها بصورت مستقل

۳-۴- افزایش ارزش طرح

از آنجا که ایده های فوق بصورت تجمعی نیز قابلیت اجرایی داشتند لذا پس از اجرای ایده ها در کل هزینه طرح به میزان حدود ۱۵ درصد کاهش داشته و تامین نیاز آن به میزان ۱۰ درصد افزایش مییابد که با استفاده از فرمول اساسی مهندسی ارزش $Value=Worth / Cost$ ارزش طرح نیز به طور کل به میزان ۳۱ درصد افزایش مییابد.

VALUE table

ایده تغییر پلان	ایده بازنگری دیوار تاج	ایده تغییر در زمان اجرای وحذف دایک لایروبی	طرح مشاور	
64691	68746	63619	62992	عدد تامین نیاز WORTH
491.49	464.08	471.12	501.28	هزینه کل COST (میلیارده ریال)
131	148	135	125	ارزش VALUE

شکل شماره ۳-۹- تابلو نهایی

۴- ارزیابی ایده های عملی ارائه شده و آنالیز هزینه آنها

نتایج بدست آمده از انجام جلسات کارگروه مهندسی ارزش شامل ۱۸ مورد خلاقیت بود که با بررسی تک تک موارد نهایتاً به ۴ مورد به شرح ذیل منتج شد.

۴-۱- تغییر در زمان اجرای دایک و حذف لایروبی و استحصال زمین

طرح ارائه شده توسط مشاور محترم به صورت احداث یک دایک به موازات ساحل در داخل موج شکن شرقی و استحصال زمین پشت آن با مواد حاصل از لایروبی اولیه حوضچه بوده است. زمین استحصال شده جهت تجهیز کارگاه و دیوای مصالح در نظر گرفته شده بود. با استفاده از روش

تشریح شده ارزش مشخص شد که استفاده از زمین جهت تجهیز کارگاه و همچنین دیوای مصالح باعث حذف قسمتی از دایک و همچنین لایروبی اولیه میشود و میتواند ارزش طرح از عدد ۱۲۵ به عدد ۱۳۵ رسانده همچنین رقم ریالی پروژه را ۶ درصد کاهش دهد.

۲-۴- بازنگری در طرح دیوار تاج (Crown Wall) طراحی شده

یکی از بخشهای موج شکن که برای توسعه بندر انزلی در نظر گرفته شده بود احداث دیواره تاج Crown Wall جهت کاهش میزان سرزبری از تاج و افزایش امنیت عبور و مرور بروی آن بوده است. با اندازه گیری میزان ارزش این آیتم مشخص گردید که حذف این دیواره باعث رسیدن عدد ارزش طرح به عدد ۱۴۸ شده همچنین صرفه جویی معادل ۷,۵ درصد کل پروژه را سبب میشود. همچنین صرفه جویی معادل ۷,۵ درصد کل پروژه را سبب میشود.

۳-۴- استفاده از آرمور بتنی X-Block به جای آرمور بتنی Accropode

استفاده از دستاوردهای جدید در روند انجام مهندسی ارزش یکی از راهکارهای مهم و تاثیرگذار بروی پروژه میباشد در پروژه مهندسی ارزش موج شکن بندر انزلی استفاده از دستاورد جدید Xblock که توسط شرکت DMC ارائه شده است مورد توجه قرار گرفت. این بلوک بتنی همانند Core-loc و Accropode و سایر بلوک های بتنی با فناوری علمی جدید علاوه بر استحکام، دارای خاصیت درگیری بالا بوده و سیستم تک لایه را بوجود آورده است. این بلوک دارای ضریب پایداری بالاتر نسبت به بلوک Accropode میباشد این عوامل باعث کاهش هزینه های قالببندی، ساخت و دیو میگردد. همچنین با ضریب پایداری برابر، Xblock حجم بتن Accropode کمتری دارد. به نظر میرسد که استفاده از دستاورد میتواند باعث صرفه جویی در میزان مصالح مصرفی و در نتیجه قیمت تمام شده گردد.

۴-۴- تغییرات جزئی در پلان موج شکن

با توجه به اینکه یکی از معیارهای اصلی و دارای اولویت در بالا بردن ارزش طرح موج شکنهای بندر، ایجاد حداکثر آرامش ممکن برای محدوده ناوبری و اسکله ها می باشد، ارائه گزینه هایی که با تغییرات مناسب در پلان بندر در راستای افزایش این آرامش باشند، سبب افزایش ارزش طرح موجود می گردد.

بر اساس بررسیهای انجام شده با ایجاد تغییراتی جزئی در موقعیت پروژه موج شکن شرقی میتوان ضمن افزایش آرامش بیشتر از هزینه های اجرایی طرح نیز کاست.

با افزایش طول ۸۵ متر در موج شکن شرقی (در قسمت کم عمق) و کاهش همین مقدار در موج شکن غربی (در قسمت عمیق تر) علاوه بر تامین آرامش بیشتر در حوضچه به علت وجود شیب در بستر دریا و نتیجتاً کمتر بودن ارتفاع دیواره موج شکن در بازوی شرقی کاهش مناسبی در مصالح مصرفی بدنه موج شکن بدست آمد. عدد ارزش این ایده ۱۳۲ و کاهش هزینه آن ۲ درصد مبلغ پروژه میباشد.

نتیجه گیری و جمع بندی

استفاده از روش مهندسی ارزش در طرح موج شکن بندر انزلی با ایجاد تمرکز بر منافع کلیه ذینفعان و استفاده از تکنیک تحلیلی ارائه شده منجر به افزایش میزان تامین نیازهای طرح (بر اساس عملکردهای هر بخش) بمیزان ۱۰ درصد، و کاهش هزینه های اجرایی آن بمیزان حدود ۱۵ درصد (که با توجه به هزینه اجرایی بالای طرح عدد قابل توجهی می باشد) و در نهایت افزایش ارزش طرح بمیزان ۳۱ درصد گردید. نتیجه حاصل کارائی بسیار بالای اعمال روش مهندسی ارزش را در بهینه سازی طرحهای دریائی نشان می دهد.

مراجع و منابع

- جبل عاملی، محمد سعید، میرمحمدصادقی، علیرضا؛ مهندسی ارزش معرفی، سوء تعبیرها و روابط متقابل، تهران، نشر فرات، ۱۳۸۰.
- قلی پور، یعقوب، بیرقی، حمید؛ مبانی مهندسی ارزش، تهران، انتشارات ترمه، ۱۳۸۳.
- رضایی، کامران و دیگران؛ مدیریت / مهندسی ارزش مبتنی بر استانداردهای SAVE و EN 12973:2000، تهران، انتشارات آتنا؛ شرکت مشارکتی ار-و-توف، ۱۳۸۳.
- مهندسین مشاور سازه پردازی " گزارش مطالعات مرحله دوم طرح توسعه بندر انزلی-۱۳۸۶"
- آرشو شرکت مهندسین مشاور کران سازه پاسارگاد

- Biren Prasad, "*Synthesis of market research data through a combined effort of QFD, value engineering*", *Qualitative Market Research*, Vol. 1, No. 3, pp. 156-172 ,1988
- Lawrence C.Bacher, *Value engineering application to pharmaceutical facilities*
- Jim Dimsey, Hayes Brake, *QFD to Direct Value Engineering in the Design of a Braking System*, 14th Symposium on QFD,2002
- G. Blumstein, "*Fast Diagramming: A Technique to Facilitate Design Alternatives* ",save International Conference Proceedings, 1996
- Th. Fowler, "*Value Analysis in Design*", Van Nostrand Reinhold, NY, 1990