



## مطالعه موردی برگزاری کارگاه مهندسی ارزش در پست ۴۰۰/۱۳۲ کیلوولت خرمشهر

مهتاب جدیدی گیلی

کارشناس کنترل پروژه‌ی طرح‌ها در شرکت برق منطقه‌ای تهران و عضو کارگروه پایگاه اطلاعاتی مدیریت پروژه‌های صنعت برق توانیر

[mahtab\\_j1359@yahoo.com](mailto:mahtab_j1359@yahoo.com)

عرفان حسن نایبی

دانشجوی رشته مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی شریف

[er\\_nayebi@yahoo.com](mailto:er_nayebi@yahoo.com)

### چکیده

با توجه به نتایج تجربیات موفقیت آمیز کارگاه‌های مهندسی ارزش برگزار شده توسط هسته مرکزی مهندسی ارزش توانیر، سازمان توسعه برق ایران، مجری احداث پست ۴۰۰/۱۳۲ کیلوولت خرمشهر، از هسته مرکزی مهندسی ارزش شرکت توانیر درخواست همکاری برای برگزاری کارگاه مهندسی ارزش پست مزبور را مطرح نمود. تیم مهندسی ارزش با ترکیبی از کارشناسان برق خوزستان بعنوان بهره‌بردار و استفاده کنندگان نهایی پروژه، سازمان توسعه برق ایران به عنوان مجری پروژه، شرکت مهندسی قدس نیرو طراح و مشاور پروژه و متخصصین مدعو از شرکت‌های برق زنجان و گیلان و شرکت توانیر و نیز شرکت پارسپان پیمانکار کلیدبردست بسیاری از پستهای انتقال، تشکیل شد. در جلسه پیش کارگاه تسهیل‌گر، مبانی مهندسی ارزش و نحوه انجام مراحل یا برنامه کار را تشریح کرد. در ادامه با توجه به تحلیل کارکرد و ترسیم دیاگرام FAST، کارکرد اصلی، تغذیه کردن انرژی الکتریکی و هدف نهایی پروژه، تامین برق مشترکین آتی و جبران افت ولتاژ مصرف کنندگان در نظر گرفته شد. همچنین با توجه به هزینه‌یابی کارکردهای اولیه و ثانویه زمینه‌های خلاقیت شناسایی شد. طی مرحله خلاقیت ۱۵۰ ایده تولید شد که با ارزیابی اولیه ۵۹ ایده برای توسعه انتخاب و گروه کاری توسعه دهنده هر ایده مشخص شد. پس از توسعه و ارزیابی گزینه‌ها با معیارهای ارزش و تهیه سناریوها در تاریخ ۲۵ دی ماه با نهایی کردن پیشنهادهای کارگاه و هماهنگی برای تهیه گزارش و ارائه نهایی به کار خورش خاتمه دادند. در نتیجه برآوردهای بعمل آمده در سناریوی برتر، به میزان ۸۴۵۰ میلیون ریال در هزینه سرمایه گذاری اولیه و طول عمر پروژه فوق صرفه جویی به عمل خواهد آمد. علاوه بر صرفه جویی حاصله، مهندسی ارزش صورت گرفته موفقیت‌های دیگری را نیز کسب نموده است که می‌توان به مواردی نظیر مصرف بهینه منابع، انتقال دانش، توجیه مدیران و تثبیت سیستم پیاده سازی مهندسی ارزش در پروژه‌های صنعت برق اشاره کرد. در این مقاله ضمن ارائه‌ی چکیده‌ای از روند برگزاری مطالعات و تحلیل آن، علل و عوامل موفقیت مطالعات و کاستی‌های احتمالی آن مورد بررسی مطالعه قرار می‌گیرد.

### واژه‌های کلیدی

مهندسی ارزش، پست انتقال برق، مطالعه‌ی ارزش، آنالیز کارکرد

**1- مقدمه**

مهندسی ارزش گونه‌ای متدولوژی است که در بخش صنعتی شناخته و پذیرفته شده است. این روش فرآیندی سازمان یافته با تاریخچه‌ای شکوهمند از افزایش ارزش‌ها و کیفیت‌هاست. فرآیند مهندسی ارزش فرصت‌هایی را شناسایی و معرفی می‌کند که ضمن حذف هزینه‌های غیرضروری، موجب افزایش کیفیت، قابلیت اطمینان، کارایی و سایر عوامل حیاتی و بسیار با اهمیت مورد انتظار استفاده‌کنندگان می‌شود و یا حداقل آنها را در حد مطلوب تأمین می‌کند. بهبودها در نتیجه پیشنهادها و توصیه‌های تیمی چند تخصصه و فراگیر به‌دست می‌آید که در همه زمینه‌های مرتبط مطلع و آگاه هستند. مهندسی ارزش، رویکردی تیمی، خلاق، نظام‌مند و ساختاریافته، برای گشودن فکر تا افق‌های بی‌کران و با هدف شناسایی و حذف هزینه‌های غیرضروری است، یعنی هزینه‌هایی که به کیفیت، بهره‌برداری، عمر مفید، زیبایی ظاهری و به مشخصات درخواستی کارفرما مربوط نمی‌شود. گستره وسیعی از شرکت‌ها و مؤسسات از مهندسی ارزش به‌طور مؤثر برای دستیابی به هدف همیشگی خویش، بهبود تصمیم‌گیری‌ها، استفاده می‌کنند.

شرکت توانیر در پایه‌گذاری، اجرا و به‌کارگیری این روش در صنعت برق به منظور کاهش هزینه دوره سرمایه‌گذاری و انتقال تجارب به دیگر شرکت‌ها، با برنامه ریزی منسجم، نقش محوری خویش را به عهده گرفته است. گزارش‌های کارگاه‌های برگزار شده در طی چند سال گذشته نمایان‌گر موفقیت‌های قابل توجه شرکت‌های وابسته به وزارت نیرو در استفاده از مهندسی ارزش برای صرفه‌جویی هزینه‌ها بود. در این مقاله قصد داریم نحوه مطالعه مهندسی ارزش را در پروژه احداث پست ۴۰۰/۱۳۲ کیلوولت خرمشهر بررسی کنیم.

**2- مشخصات طرح مبنا**

شبکه فوق توزیع خرمشهر آبادان دارای معضلات جدی است که عمدتاً ناشی از تخریب زیرساخت‌ها در طی جنگ و عدم امکان توسعه نظام مند شبکه در طی سالیان گذشته به دلیل رشد فوق‌العاده بار و رفع نیازهای ضروری برق‌رسانی به مشترکین است. بدیهی است با ادامه روند بازسازی در منطقه بار مصرفی شبکه فوق توزیع به رشد روزافزون خویش ادامه می‌دهد. به ویژه با توجه به شرایط اقلیمی منطقه رشد بار مصارف خانگی دارای الگوهای کاملاً متفاوت از سایر نقاط کشور بوده و لذا پیش‌بینی‌های بار مصرفی در برق منطقه‌ای خوزستان را دارای ویژگی‌هایی خاص خود می‌کند. به علاوه راه‌اندازی صنایع جدید در منطقه در سال‌های آتی که برنامه ریزی آنها انجام و اقدامات اجرایی مربوطه در دست اقدام است، نیاز توسعه شبکه فوق توزیع را ضروری‌تر از پیش می‌نماید.

مشخصات طرح پایه یا مبنا برای مهندسی ارزش در جدول ۱ آمده است. همچنین اجرای پروژه به صورت EPC شامل طراحی و تهیه و تأمین تجهیزات ساختمانی و نصب با انجام یک مناقصه بین شرکت‌های واجد شرایط و دارای مجوز از وزارت نیرو می‌باشد.

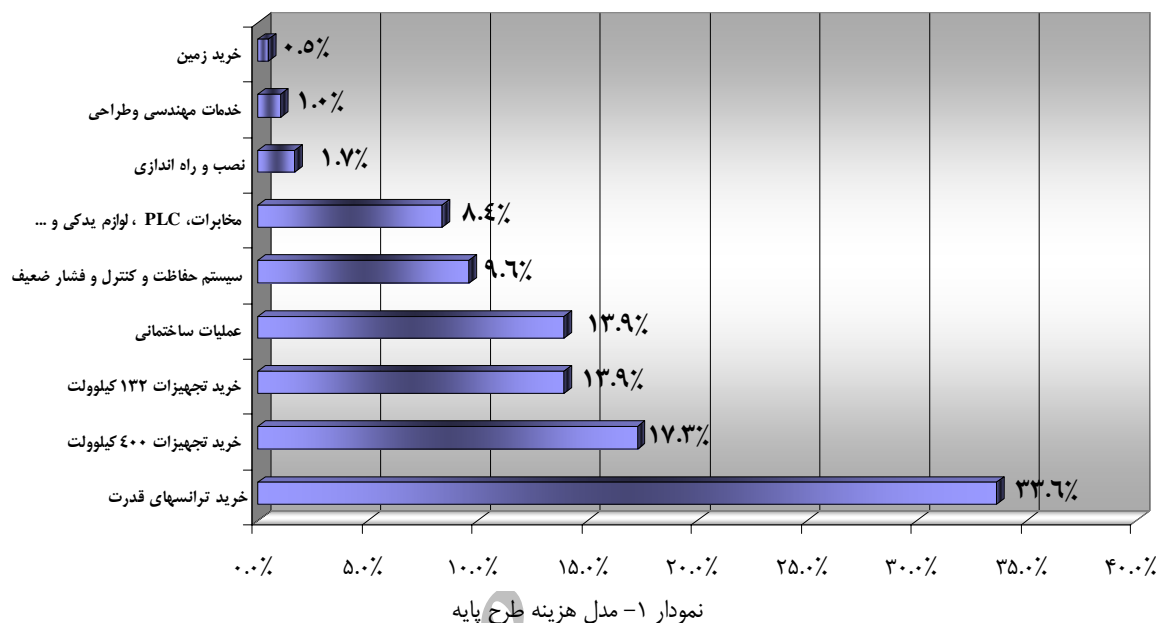
مشخصات کلی	تأمین بخش ۴۰۰ KV به صورت رینگ چهارکلیدی و بخش ۱۳۲ KV به صورت باسبارساده U شکل با دوخط ۴۰۰ کیلوولت و شش خط ۱۳۲ کیلوولت خروجی و دودستگاه ترانس ۴۰۰/۱۳۲ کیلوولت
دستگاه اجرایی	سازمان توسعه برق ایران
دستگاه بهره‌بردار	برق منطقه ای خوزستان
مشاور طرح	شرکت قدس نیرو
روش اجرای پروژه	به صورت کلید در دست
بودجه بندی پروژه:	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ هزینه کل پروژه (بدون قیمت زمین) به شرح ۶۰،۰۰۰،۰۰۰ ریال می‌باشد.</li> <li>■ سرمایه‌گذاری اولیه ۱۹۰،۱۵۰،۰۰۰ ریال</li> <li>■ هزینه کل طول عمر ۲۱۴،۶۳۱،۰۰۰ ریال</li> </ul>
مدت پیش‌بینی اجرای طرح پایه	سال ۸۸ با توجه به نیاز و زمان بندی پروژه

جدول 1- مشخصات طرح پایه



### ۱-۲- اطلاعات و مدل های مالی

یکی از موارد بسیار مهم در مطالعه ارزش، اطلاعات مالی مربوط به طرح است. این اطلاعات مبنای اولیه جهت مقایسه طرح های پیشنهادی با طرح اولیه را فراهم می آورد. بر اساس اطلاعات مالی می توان نمودار پارتو را رسم کرد (نمودار ۱). نمودار پارتو کمک بسیاری در شناسایی موارد با هزینه بالا می کند و در نتیجه فرصت های بهبود را نمایان می سازد.



### ۳- برنامه زمان بندی پروژه

مدت پیش بینی اجرای طرح پایه مجموعاً ۲۲ ماه و به شرح زیر می باشد.

زمان	فازهای پروژه
۴ ماه	تشریفات برگزاری مناقصه و انتخاب برنده و عقد قرارداد
۱۴ ماه	طراحی
۱۸ ماه	تامین تجهیزات
۱۲ ماه	تامین ترانس ها
۱۳ ماه	عملیات ساختمانی
۶ ماه	عملیات نصب

جدول ۲- برنامه زمان بندی اجرای پروژه احداث پست ۴۰۰ / ۱۳۲ کیلوولت خرمشهر

### ۴- فرایند مهندسی ارزش

بر اساس نظام نامه مهندسی ارزش هسته مرکزی توانیر، تمامی فرایندهای مهندسی ارزش یک پروژه، به چهار بخش مستقل تقسیم می شود:

۱. بخش اول، فعالیت هایی که قبل از انجام مهندسی ارزش، توسط شرکت برق منطقه ای ذیربط و با همکاری هسته مرکزی انجام می گیرد.



۲. بخش دوم، برگزاری پیش کارگاه با حضور و مشارکت کامل گروه و به ویژه کارفرما و مشاور، برای آگاه کردن تیم مهندسی ارزش به کلیه اطلاعات مورد نیاز و تعریف کامل مسئله و خواسته‌ها و نیازهاست.
۳. بخش سوم، برگزاری کارگاه اصلی است، که شامل فرایندهای کارگاه مهندسی ارزش، به طور کامل می باشد و توسط گروه مهندسی ارزش، با هدایت تسهیل‌گر مهندسی ارزش انجام می گیرد. لازم به ذکر است که فاز ها و یا مراحل کارگاه مهندسی ارزش، بایستی با صبر و حوصله یکی بعد از دیگری تکمیل گردیده و قبل از حصول اطمینان از اتمام یک مرحله، مرحله بعدی نمی تواند آغاز شود.
۴. بخش چهارم، ممیزی نتایج کارگاه، توسط هسته مرکزی و با همکاری شرکت برق منطقه ای ذیربط انجام می گیرد.

## ۵- پیش کارگاه مهندسی ارزش

فعالیت‌های مرحله پیش کارگاه، قبل از شروع مرحله مطالعات برنامه کار مهندسی ارزش انجام می‌گیرد. موفقیت مطالعات مهندسی ارزش، بستگی زیادی به آماده‌سازی مناسب و هماهنگی کافی دارد. اطلاعات و مستندات به‌وسیله طراحان فراهم می‌شود، و بین افراد تیم توزیع می‌شود تا آن‌ها خود را در زمینه مطالعات مزبور آماده کنند. به همه شرکت‌کنندگان، به‌طور خلاصه قواعد و مقرراتی که باید رعایت کنند، و انتظاراتی که از آن‌ها می‌رود، اعلام می‌شود [۲].

به دنبال درخواست سازمان توسعه برق ایران و اعلام آمادگی شرکت خوزستان، در آبان ماه ۸۶ برای برگزاری کارگاه مهندسی ارزش، برگزاری پیش‌کارگاه در تاریخ ۸۶/۰۹/۰۳ انجام گرفت. در جلسه پیش کارگاه تسهیل‌گر، مبنای مهندسی ارزش را توضیح داده و نحوه انجام مراحل یا برنامه کار را تشریح کرد تا تمامی افراد تیم که به جز متخصصین مدعو از توانیر و شرکت های برق زنجان و گیلان، سایر دوستان تجربه کارگاه مهندسی ارزش را نداشتند با کم و کیف نحوه برگزاری کارگاه آشنایی کافی داشته باشند.

در پیش کارگاه اطلاعات مرور و کمبود اطلاعات برای کارگاه تعیین شد. مهمترین نکته‌ای که در جلسه پیش کارگاه روشن شد این بود که بر روی طراحی برای نحوه تغذیه پست مزبور اتفاق نظر وجود ندارد. از این رو برگزاری کارگاه اصلی حدود سه هفته به تعویق افتاد تا طرح نهایی تغذیه ۴۰۰ کیلوولت پست مزبور که نقطه نظرات متفاوتی در باره آن بین کارشناسان شرکت توانیر و برق خوزستان وجود داشت نهایی شود. در جلسه مزبور مشخص شد که هماهنگی جهت بازدید کل تیم از موقعیت محلی امکان پذیر نیست و لذا مقرر شد که مشاور پروژه و شرکت برق خوزستان با تهیه عکس های هوایی تیم را در جریان ساختگاه پروژه قرار دهد. به علاوه روشن شد که طرح تغذیه پست نهایی نشده است، در این رابطه نیز پیگیری از شرکت توانیر انجام گرفت. پس از زمان مقرر، جهت حصول اطمینان از کافی بودن اطلاعات و نهایی شدن تصمیم‌گیری‌های اولیه، جلسه یک روزه‌ای تشکیل شد. در جلسه مزبور که در تاریخ ۱۳/۰۹/۸۶ در محل سازمان توسعه برق ایران با حضور تیم مهندسی ارزش با ترکیبی از کارشناسان برق خوزستان به عنوان بهره‌بردار و استفاده کنندگان نهایی پروژه، سازمان طرح توسعه ایران به عنوان مجری پروژه، شرکت مهندسی قدس نیرو طراح و مشاور پروژه و متخصصین مدعو از شرکت های برق زنجان و گیلان و شرکت توانیر و نیز شرکت پارسیان پیمانکار کلیدردست بسیاری از پستهای انتقال تشکیل شد. ترکیب و تعداد اعضای تیم مهندسی ارزش بشرح جدول ۳ می باشد.

سمت	کارشناس موثر	کارشناس موثر	نماینده بهره بردار	کمک تسهیل گر و مستندساز
شرکت	برق گیلان	برق زنجان	برق خوزستان	برق تهران
تعداد اعضا	1 نفر	1 نفر	2 نفر	2 نفر
سمت	مشاور	نماینده مجری	تسهیل گر و کارشناس موثر	پیمانکار
شرکت	قدس نیرو	سازمان برق	توانیر	پارسیان
تعداد اعضا	3 نفر	4 نفر	2 نفر	1 نفر

جدول ۳- ترکیب اعضای تیم مهندسی ارزش



## سومین کنفرانس ملی مهندسی ارزش

۱۳۸۷ آذرماه

مشاور پروژه با تهیه و ارائه عکس‌های هوایی متعدد، گزارش‌های مکتوب و توضیحات شفاهی کامل، تیم مهندسی ارزش را در جریان کامل اطراف و جوانب پروژه قرار دادند و بخش عمده کمبودی که امکان داشت به دلیل عدم بازدید از موقعیت محلی پروژه بروز نماید را مرتفع کردند. گروه با انجام کامل مرحله جمع‌آوری اطلاعات در جریان کم و کیف پروژه قرار گرفتند، ولی با توجه به قطعی نبودن نحوه تغذیه با تعویق دو هفته ای کارگاه موافقت نمودند. در عمل کارگاه در سه زمان منفصل با فواصل زمانی دو هفته ای تشکیل شد.

- یک روز مرور و بررسی تکمیل بودن اطلاعات پروژه و آشنایی با نیازهای کارفرما،
- دوروز مرور اطلاعات پروژه و نیاز کارفرما، تحلیل عملکرد، ایده پردازی و ارزیابی اولیه
- دو روز مرور فاز ارزیابی و توسعه و تهیه پیشنهاد نهایی هماهنگی برای ارائه نهایی.

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ مبانی مهندسی ارزش</li> <li>▪ سازماندهی اطلاعات و تعیین نحوه و زمان تکمیل کسری اطلاعات و مروری بر نقش اعضا</li> <li>▪ زمان بندی کارگاه</li> </ul>	پیش کارگاه ۳ آذر ماه ۸۶
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ فاز اطلاعات</li> <li>▪ شرح فاز اطلاعات و تشریح طرح مبنا</li> <li>▪ مرور اهداف و محدوده پروژه، مرور محدوده مهندسی ارزش و الزامات پروژه و....</li> <li>▪ تعریف انواع عملکردها نحوه بیان آنها و نحوه استخراج آنها در پروژه</li> <li>▪ تعریف نمودار FAST و توضیح انواع آن ، ترسیم دیاگرام FAST برای پروژه با مشارکت گروه</li> <li>▪ تعیین هزینه های مرتبط با هر کارکرد با مشارکت گروه</li> <li>▪ مشخص شدن نهایی نبودن طرح تغذیه و لزوم تعویق کارگاه</li> </ul>	روز اول کارگاه ۱۳ آذر ماه ۸۶
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ مرور فاز اطلاعات و طرح مبنا، اهداف و محدوده پروژه</li> <li>▪ مرور فازتحلیل عملکرد و دیاگرام FAST و هزینه های مرتبط با هر کارکرد با مشارکت گروه</li> <li>▪ فاز ایده پردازی</li> <li>▪ شرح فاز ایده پردازی و ضوابط آن</li> <li>▪ ایده پردازی و بازنگری معیارهای ارزش و وزن دهی معیارهای ارزش</li> </ul>	روز دوم کارگاه ۴ دی ماه ۸۶
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ فاز ارزیابی</li> <li>▪ تشریح فاز ارزیابی و روشهای ادغام آن</li> <li>▪ توضیح تک تک ایده ها توسط پیشنهاد دهنده و بررسی گروه در مورد امکان پذیری اجراء، تغییرات کاهش یا افزایشی هزینه ها، تخمین تقریبی تغییرات هزینه، مقایسه اجمالی با معیارها</li> <li>▪ تعیین کارگروه ها و تیم توسعه دهنده و راهبر هر ایده</li> <li>▪ معرفی فاز توسعه و تشریح نحوه تکمیل و توزیع کار برگ های توسعه</li> </ul>	روز سوم کارگاه ۵ دی ماه ۸۶
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ معرفی فاز توسعه و مرور کلی اطلاعات جمع آوری شده گروه ها برای فاز توسعه</li> <li>▪ اعلام نظر گروه در مورد ابقاء و یا صرف نظر از توسعه برخی ایده ها و تعیین گزینه های نهایی برای فاز توسعه</li> <li>▪ توسعه گزینه های منتخب با مشارکت کل تیم مهندسی ارزش</li> <li>▪ تعیین هزینه های دقیق هر گزینه و مدون نمودن هزینه های هر گزینه طبق فرمت نظام نامه توانیر</li> </ul>	روز چهارم کارگاه ۲۴ دی ماه ۸۶
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ توضیح مجدد هر گزینه همراه با ذکر مزایا و معایب آن</li> <li>▪ سنجش آن با معیار های ارزش به صورت دو دویی با طرح مبنا توسط تک تک افراد گروه</li> <li>▪ ارائه جمع بندی نظرات به گروه و تبادل فکری و تعیین گزینه های برتر</li> <li>▪ تهیه سناریو های پیشنهادی و توافق نهایی گروه در مورد نتایج کارگاه</li> <li>▪ هماهنگی جهت تهیه گزارش نهایی و ارائه نتایج به کارفرما</li> </ul>	روز پنجم کارگاه ۲۵ دی ماه ۸۶

جدول 4- زمان بندی برگزاری کارگاه مهندسی ارزش



## ۶- کارگاه مهندسی ارزش

مشخصات کارگاه مهندسی ارزش در جدول ۵ به تفکیک آمده است.

اهداف پروژه	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ تبادل انرژی فی مابین شبکه برق خوزستان و شبکه سراسری</li> <li>▪ تامین برق مطمئن و پایدارمقتضایان خانگی و صنعتی</li> <li>▪ باتوجه به بالا بودن مصرف انرژی کمک به شبکه برق منطقه جنوب خوزستان و کاهش افت ولتاژ منطقه</li> </ul>
محدوده پروژه	احداث پست ۴۰۰/۱۳۲ کیلوولت درحاشیه شهر خرمشهرهمراه با پیش بینی نحوه ورود و خروج خطوط تغذیه
محدودیت ها و الزامات	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ گاوهای مقدس ( الزامات پروژه ) :</li> <li>▪ قابلیت توزیع توان MW۵۰۰ تا سال ۹۳ . ۴۰۰ MVA در سطح ولتاژ ۱۳۲ در حال حاضر</li> <li>▪ محدودیت های پروژه: وجود منطقه ی ویژه</li> </ul>
سال نیاز	سال ۹۰ با توجه به نیازو زمانبندی پروژه
ذینفعان مستقیم	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ شرکت برق منطقه ای خوزستان</li> <li>▪ مشترکین خانگی ، تجاری وصنعتی محدوده ی مرکزی شهر خرمشهر</li> </ul>
ذینفعان غیرمستقیم	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ شرکت مشاورپروژه</li> <li>▪ پیمانکاراحداث پست ( که درآینده انتخاب می گردد )</li> <li>▪ سازندگان و فروشندگان تجهیزات</li> <li>▪ ساکنین و صنایع و ارگان های مجاور پست</li> <li>▪ هسته مرکزی مهندسی ارزش توانیر</li> </ul>
هدف کارگاه	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ اجرای یک تجربه عملی و فرهنگ سازی مهندسی ارزش</li> <li>▪ کاهش هزینه به میزان 10%</li> <li>▪ بهبود طرح و کاهش زمان اجرای پروژه</li> </ul>
محدوده کارگاه مهندسی ارزش	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ نوع تجهیزات پست ۴۰۰/۱۳۲ کیلوولت</li> <li>▪ نوع آرایش و شینه بندی پست</li> <li>▪ سیستم کنترل و حفاظت</li> <li>▪ ساختمان کنترل و اداری</li> <li>▪ جانمایی تجهیزات</li> <li>▪ پیش بینی نحوه تغذیه پست</li> <li>▪ پیش بینی نحوه اجرای خروجی های پست</li> </ul>
مرحله مهندسی ارزش	طراحی اولیه

جدول 5- مشخصات کارگاه مهندسی ارزش

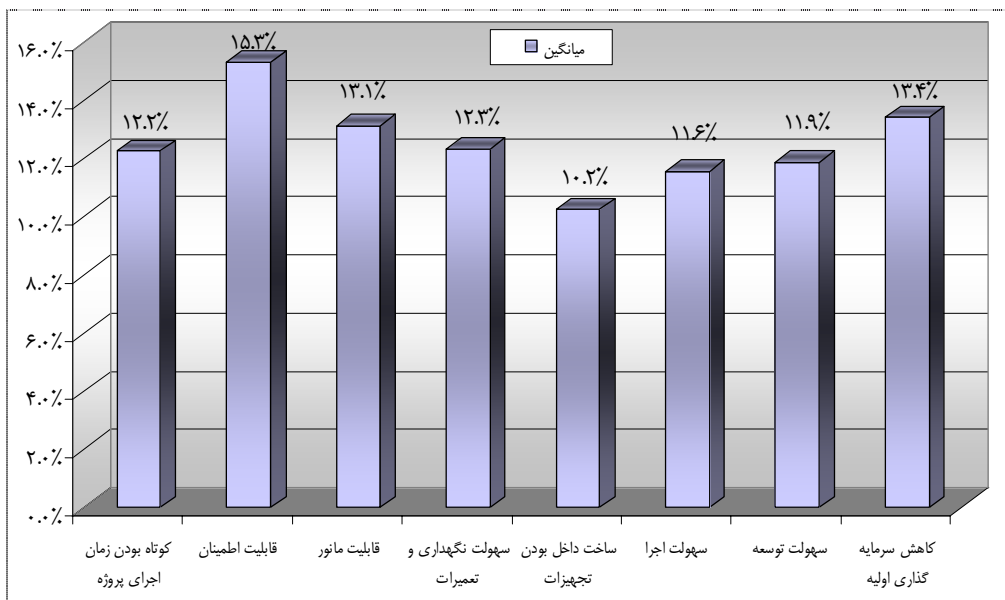
## ۶-۱- فاز اطلاعات

## ۶-۱-۱- وزن دهی معیارهای ارزش

در پیش کارگاه، معیارهایی به منظور مقایسه گزینه‌ها و ایده‌های مختلف در فازهای ارزیابی و توسعه مشخص می‌شود. این فاکتورها، جایگاه کیفی و کمی گزینه‌های جدید را نسبت به طرح اولیه از نظر برآورده کردن نیازها و خواسته‌های کارفرما، کیفیت و مطلوبیت طرح مشخص خواهد کرد. این معیارها در طول مطالعات، بازنگری و اصلاح خواهند شد. طبیعی است که همه معیارهای ارزش، دارای اهمیت و ارزش یکسان برای پروژه نمی‌باشد، در این مرحله، گروه باید به معیارهای ارزش در مقایسه با یکدیگر وزن مناسب را تخصیص دهد. برای این امر، روش‌های



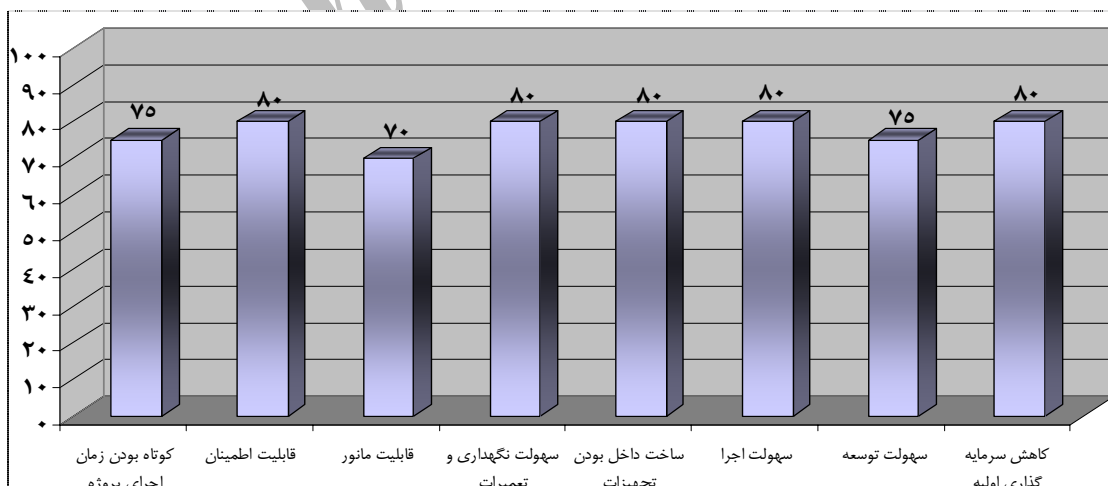
مختلفی وجود دارد که در کارگاه از روش مقایسه دودویی که دارای بالاترین دقت در ارزیابی و مقایسه می باشد، استفاده شده است. در این روش، کلیه معیارها، دو به دو در مقایسه با یکدیگر سنجیده شده و به هر کدام آنها امتیاز مناسب در مقایسه با دیگری داده می شود. جمع بندی نقطه نظرات و وزن معیارهای ارزش به صورت نمودار ذیل است:



نمودار ۱- نمودار وزن معیارهای ارزش

### ۶-۱-۲- ارزیابی طرح مبنا براساس معیارهای ارزش

در این بخش، گروه در مورد میزان برآورده شدن انتظارات خویش از طرح مبنا، بر اساس معیارهای ارزش به بحث و تبادل نظر پرداخته و بدین ترتیب، امتیاز طرح مبنا را به شرح ذیل توافق نمودند.



نمودار ۲- ارزیابی طرح مبنا

### ۶-۲- فاز تحلیل کارکرد



تحلیل کارکرد و ترسیم نمودار<sup>1</sup> FAST به عنوان قلب مهندسی ارزش تعریف می شود، و انجام کامل و دقیق آن، نقش تعیین کننده ای در شناسایی کشتزارهای خلاقیت و تحلیل هزینه ناشی از تغییرات ناشی از به کارگیری ایده های جدید دارد. تحلیل کارکرد، مهم ترین وجه تمایز این روش، از دیگر روش های کاهش هزینه می باشد.

### ۶-۲-۱- شرح تحلیل کارکرد

نمودار FAST علاوه بر آن که به روشنی و سادگی نشان گر کلیه کارکردهای اصلی، فرعی و پشتیبانی و ارتباط آن ها در سیستم مورد مطالعه می باشد، مبنای تصمیم گیری برای تعیین نقاط تمرکز گروه برای افزایش مقدار ارزش پروژه می باشد. این نقاط با توجه به دو معیار کارکردهای پر هزینه در نمودار FAST و نیز کارکردهایی که پتانسیل تغییر آن ها زیاد می باشد، انتخاب می گردد.

### ۶-۲-۲- تعیین کارکردهای دارای پتانسیل

در این مرحله هدف تعیین بخش هایی است که بالاترین هزینه و بالاترین امکان افزایش ارزش را دارا می باشد. اجزای اصلی پروژه و کارکردهای مهم آن به شرح جدول ذیل شناسایی شد:

کارکرد		سیستم و یا اجزاء	کارکرد		سیستم و یا اجزاء
اسم	فعل		اسم	فعل	
ولتاژ	تبدیل کردن	ترانس	انرژی الکتریکی	تغذیه کردن	فیدرهای ۱۳۲
دارایی	حفاظت کردن	دوربین	شبکه	اتصال دادن	فیدرهای ۴۰۰
مالکیت	حفاظت کردن	دیوار کشی	خطا	پاکسازی کردن	حفاظت
زمین	تملک کردن	خرید زمین	تابلو	حفاظت کردن	ساختمان کنترل
ساختمانگاه	آماده سازی	عملیات خاکی	پرسنل	آسایش دادن	ساختمان کنترل
تجهیزات	نصب کردن	عملیات نصب	تابلو	حفاظت کردن	BCR
نقشه	طرح کردن	طراحی و نظارت	وزن	تحمل کردن	فونداسیون

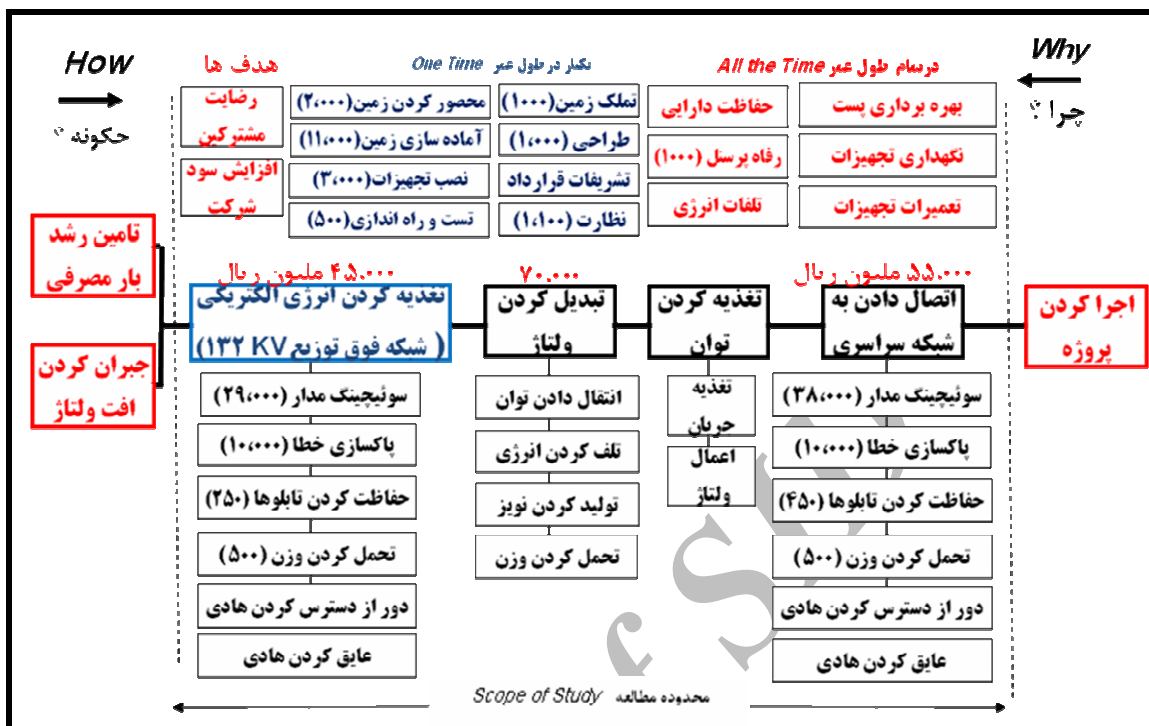
جدول 6- تعیین کارکردها

### ۶-۲-۳- ترسیم نمودار FAST :

پس از استخراج جدول کارکردهای اجزاء سیستم، ترسیم نمودار FAST می باید انجام گیرد. اصول حاکم بر ترسیم، لزوم پاسخ گویی به دو سوال اصلی ( چگونه ؟ و چرا ؟ ) برای ارتباط دادن کارکردها به یکدیگر می باشد. در کارگاه مهندسی ارزش، پس از توضیح روش و اجرای چند مثال بسیار ساده، ترسیم نمودار انجام گرفت و نتیجه کار گروه نمودار ۳ می باشد.

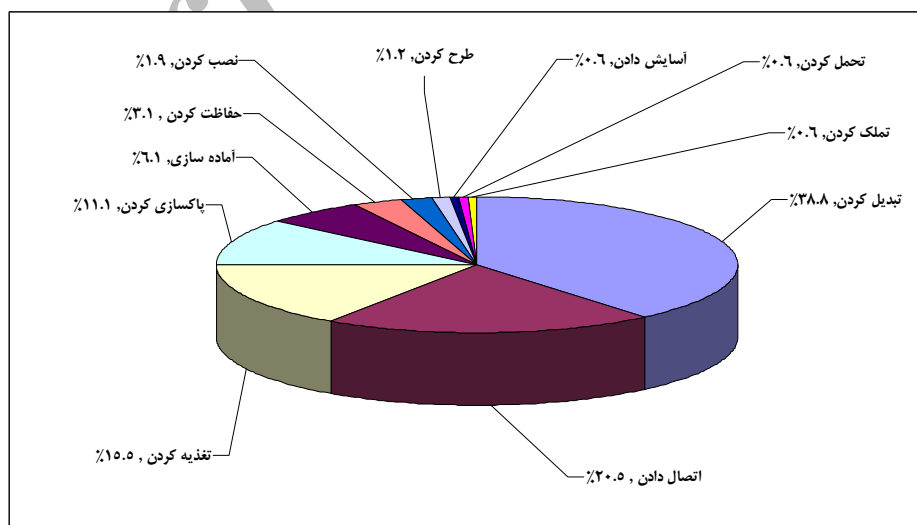
<sup>1</sup> Function Analysis system Technique





نمودار 3- دیاگرام FAST پست ۴۰۰/۱۳۲ کیلوولت خرمشهر

همان گونه که ملاحظه می شود، در نمودار هدف نهایی، «تأمین کردن بار مصرفی» و «جبران کردن افت ولتاژ» مسبب اولیه، «اجرا کردن پروژه» و کارکرد اصلی پروژه، «تغذیه کردن انرژی الکتریکی» برای شبکه فوق توزیع ۱۳۲ کیلوولت است. کارکردهای ثانویه، «تبدیل ولتاژ» و «تغذیه کردن توان»، «اتصال دادن به شبکه سراسری» است که کارکردهای «قطع و وصل کردن مدار»، «پاک سازی کردن خطا»، «حفاظت کردن تابلوها»، «تحمیل کردن وزن»، «دور از دسترس کردن هادی برقرار» و «عایق کردن هادی» را به عنوان کارکردهای پشتیبان، ضروری نموده است. به علاوه، کارکرد ناخواسته و نامطلوب «تلف کردن انرژی»، «تولید کردن نویز» را به همراه دارد.



نمودار 4- تعیین کارکردهای دارای پتانسیل



### ۶-۲-۴- تعیین کشتزارهای خلاقیت

گروه به اتفاق، کشتزارهای خلاقیت را با توجه به هزینه کارکردها و پتانسیل افزایش ارزش، به شرح زیر شناسایی کرد.

اسم	فعل
سوئیچگیر ۱۳۳ کیلوولت	تحويل دادن انرژی الکتریکی
سوئیچگیر ۴۰۰ کیلوولت	اتصال دادن به شبکه
ترانس قدرت	تبدیل ولتاژ
کارهای ساختمانی	تحمل وزن و حفاظت تجهیزات
سیستم حفاظت و کنترل	کنترل مدار و پاک سازی خطا
	ارتباطات ورودی و خروجی
	عمومی

جدول 7- کشتزارهای خلاقیت

### ۶-۳- فاز خلاقیت

یکی از مراحل مهم مطالعات مهندسی ارزش، کشف ایده های پنهان و تخریب موانع ذهنی برای یافتن گزینه های برتر، در راستای برآورده کردن کارکردهای اصلی پروژه، با قابلیت بیشتر و هزینه پایین تر، با استفاده از یکی از روش های خلاقیت می باشد. روش عمده ایده پردازی در مهندسی ارزش توفان فکری<sup>۲</sup> است که در کارگاه، از این روش استفاده شد. طی مرحله خلاقیت ۱۵۰ ایده تولید شد.

### ۶-۴- فاز ارزیابی

#### ۶-۴-۱- غربال اولیه ایده ها

در این مرحله، کلیه ایده های ارائه شده در مرحله هم اندیشی، مورد قضاوت یا بازبینی قرار می گیرند، که مراحل ارزیابی به شرح ذیل می باشد:

معیارهای ارزیابی برای غربال اولیه ایده ها	مراحل ارزیابی
<ul style="list-style-type: none"> <li>تغییرات هزینه</li> <li>ساخت پذیری و امکان اجرا</li> <li>برآورده کردن معیارهای ارزش</li> <li>قرار گرفتن در محدوده مطالعه</li> <li>پاسخگویی به تحقق کارکرد اصلی</li> </ul>	۱. ارزیابی، رتبه بندی و غربال اولیه ایده ها
	۲. حذف ایده های پرت
	۳. حذف ایده های تکراری و موجود در طرح پایه
	۴. قراردادن ایده های مشابه در یک گروه و ترکیب ایده ها
	۵. تعیین اثرات مثبت و منفی ناشی از اجرای ایده های پذیرفته شده
	۶. انتخاب ایده های قابل توسعه

جدول 8- مراحل ارزیابی ایده ها

#### ۶-۴-۲- نتیجه غربال اولیه ایده ها

در روز ۵ دی ماه، بعد از شرح فاز ارزیابی، در مورد هر ایده توسط ارائه دهنده، توضیح مختصری داده شد و سپس ایده ها براساس الگ های پاسخگویی به عملکرد اصلی، ساخت پذیری (قابلیت اجرا)، محدوده مطالعه و میزان افزایش کیفیت که در نرم افزار هسته مرکزی مهندسی

<sup>2</sup> Brain Storming



ارزش تعریف شده اند، مورد ارزیابی قرار گرفت. افراد گروه، راجع به موارد مزبور به اظهار نظر و تبادل آراء پرداختند و نتیجه توافق گروهی، وارد نرم افزار گردید. سپس نتایج استخراج شده، به صورت لیست ایده های پذیرفته نشده، لیست ایده های پذیرفته شده، لیست ایده های GC (توصیه های عمومی)، لیست ایده های تکراری و لیست ایده های موجود در طرح پایه، طبقه بندی شدند. پس از انجام پروسه فوق، تعداد ۵۹ ایده منتخب برای مطالعه و تعداد ۲ گزینه برای توصیه انتخاب شدند.

### ۶-۵- فاز توسعه

این فرایند، شامل بررسی دقیق اقتصادی، فنی و عملی بودن گزینه ها می باشد. در این مرحله، ایده هایی که در مرحله ارزیابی به عنوان راه حل های محتمل برای مسئله و یا اصطلاحاً گزینه، مورد توجه قرار گرفته و انتخاب شده اند، توسعه می یابند. در این مرحله، تعدادی از گزینه ها به دلیل اقتصادی نبودن و یا عدم اخذ حد نصاب معیارهای ارزش، حذف می شود. مراحل انجام روش توسعه در جدول زیر آمده است.

۱	انجام تحلیل سود
۲	تعیین معیارهای ارزش در گزینه ها
۳	تکمیل داده های فنی و تکمیل کاربرگ ها
۴	تحلیل گزینه ها و انتخاب گزینه های برتر
۵	ترکیب گزینه ها و تهیه سناریو
۶	تهیه طرح مقدماتی و پیشنهاد نهایی
۷	تهیه برنامه ارائه و تهیه گزارش کارگاه

جدول ۹- مراحل انجام روش توسعه

### ۶-۵-۱- تعیین گزینه های نهایی برای توسعه

از ۵۹ ایده بسط یافته ۳۲ ایده به دلایل افزایش هزینه، زمان بر بودن و امکان عدم موافقت نیروگاه، کاهش امنیت شبکه و زیبایی، وابستگی به خارج و قیمت پایین زمین، مناسب نبودن آرایش خروجی رد شد و ۱۶ ایده برای تکمیل اطلاعات مورد بررسی قرار گرفت و ۱۰ ایده برای مطالعه و ۱ ایده برای توصیه انتخاب گردیدند که نتایج بررسی ایده های مزبور در جدول زیر ارائه گردیده است :

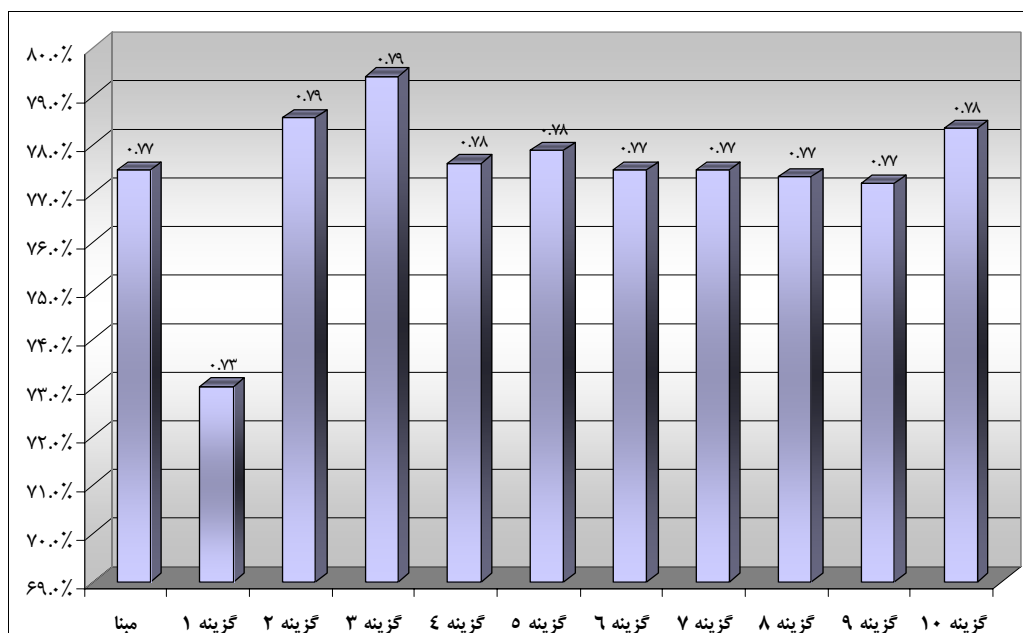
گزینه های کارگاه	توضیحات
۱	فیدر ترانس کردن بخش ۴۰۰ کیلوولت
۲	استفاده از سیستم کنترل سنتی به جای نیومریک
۳	استفاده از باسبار سیمی در بخش ۴۰۰ کیلوولت
۴	نصب لاین تراپ های ۱۳۲ کیلوولت به صورت آویزی
۵	استفاده از یک دستگاه ترانس جریان ۴۰۰ کیلوولت شش کور به جای دو ترانس چهار کور
۶	استفاده از ترانس سه سیم پیچ با ولتاژ سیم پیچی سوم ۳۳ کیلوولت
۷	پیش بینی امکان ارتباط ترانس سوم با هر دو باسبار ۱۳۲ کیلوولت در جانمایی
۸	استفاده از باطری خشک
۹	تغییر آرایش باسبار ۱۳۲ کیلوولت به مین و ترانسفر بدون کولپلاز کلیدی
۱۰	کاهش عملیات خاکی و ساختمانی ( با کوچک کردن ابعاد زمین پست و محدود کردن دیوار پست به چند متری زمین مورد نیاز مطابق جانمایی، حذف یک در میان خیابان در بخش ۱۳۲ کیلوولت و کاهش ارتفاع مفید ساختمان به ۳،۲۰ متر )

جدول ۱۰- گزینه های بدست آمده در کارگاه مهندسی ارزش

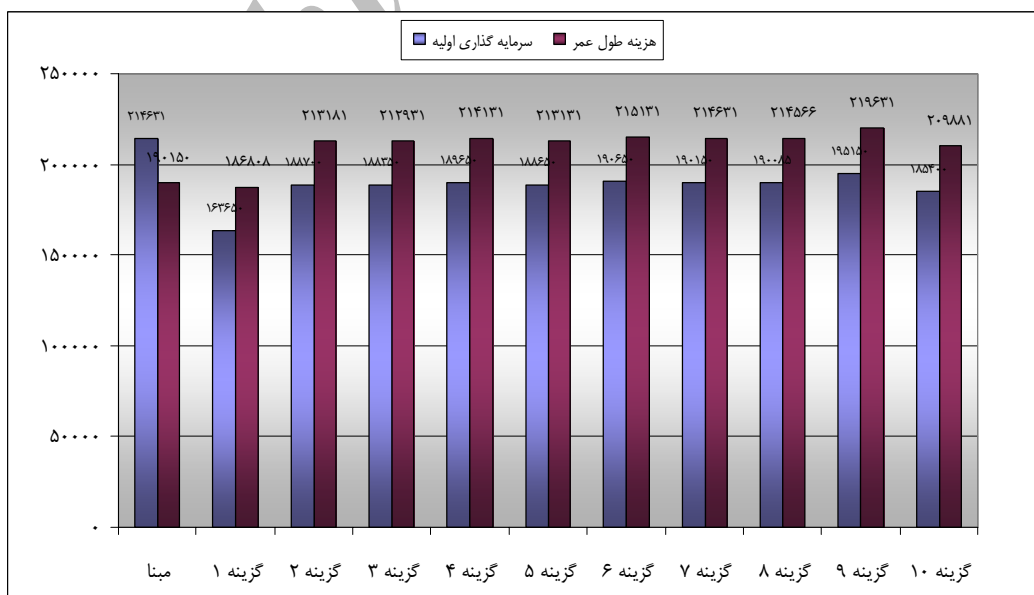


### ۶-۵-۲- ارزیابی گزینه ها

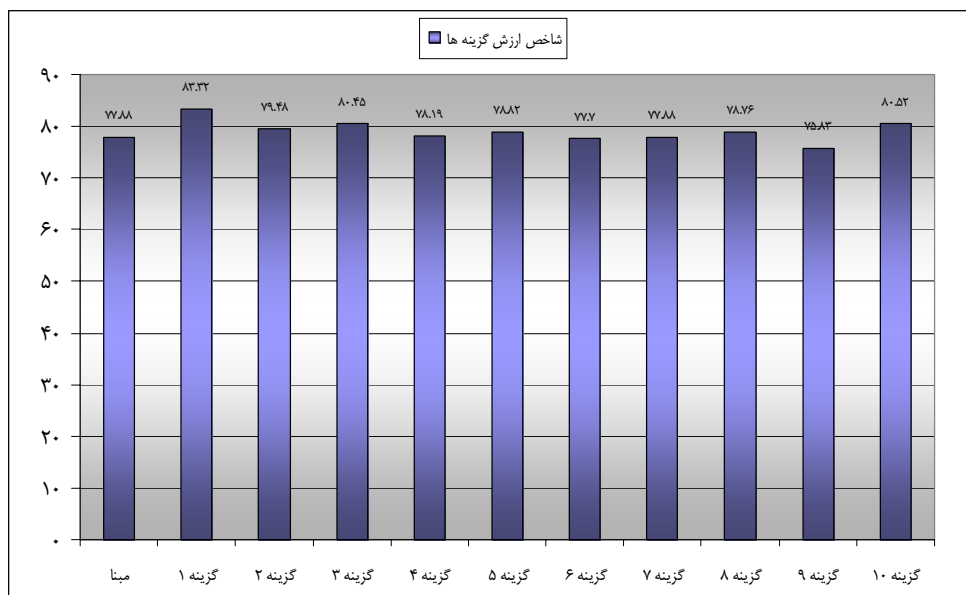
در سه نمودار ذیل (نمودار شماره ۵، ۶ و ۷)، به ترتیب وزن دهی گزینه ها براساس معیارهای ارزش، هزینه های سرمایه گذاری اولیه و طول عمر و ارزش گزینه ها در مقایسه با یکدیگر و طرح پایه را مشاهده می کنید. همان گونه که ملاحظه می شود اکثر گزینه نسبت به طرح مبنا از لحاظ کیفیت و کارایی، با توجه به معیارهای ارزش بهبود یافته، کاهش سرمایه گذاری اولیه و کاهش هزینه طول عمر را به همراه داشته و امتیاز ارزش بالاتری دارند.



نمودار 5- وزن دهی گزینه ها با معیارها



نمودار 6- نمودار مقایسه هزینه گزینه های بسط یافته



نمودار 7- شاخص ارزش گزینه ها

### ۶-۵-۳- ترکیب گزینه ها و تعریف سناریو

اهدافی که در این مرحله می توان در نظر گرفت شامل موارد زیر می باشد :

۱. افزایش حداکثر شاخص ارزش با افزودن نکات مثبت گزینه ها به یکدیگر
۲. در صورت امکان پوشش دادن به نکات منفی گزینه ها با عملکردهای مثبت سایر گزینه ها
۳. افزایش صرفه جویی اقتصادی
۴. کمک به مدیریت در تصمیم گیری

آخرین مرحله از کار مهندسی ارزش، ترکیب گزینه های برتر به منظور استفاده و دستیابی به بالاترین ارزش ممکن می باشد. در این راستا، گروه، گزینه هایی که امکان ترکیب آنها با یکدیگر می باشد را انتخاب و از ترکیب آنها، سناریو های متعددی را به کارفرما جهت تسهیل تصمیم گیری جامع و نهایی ارائه می نماید.

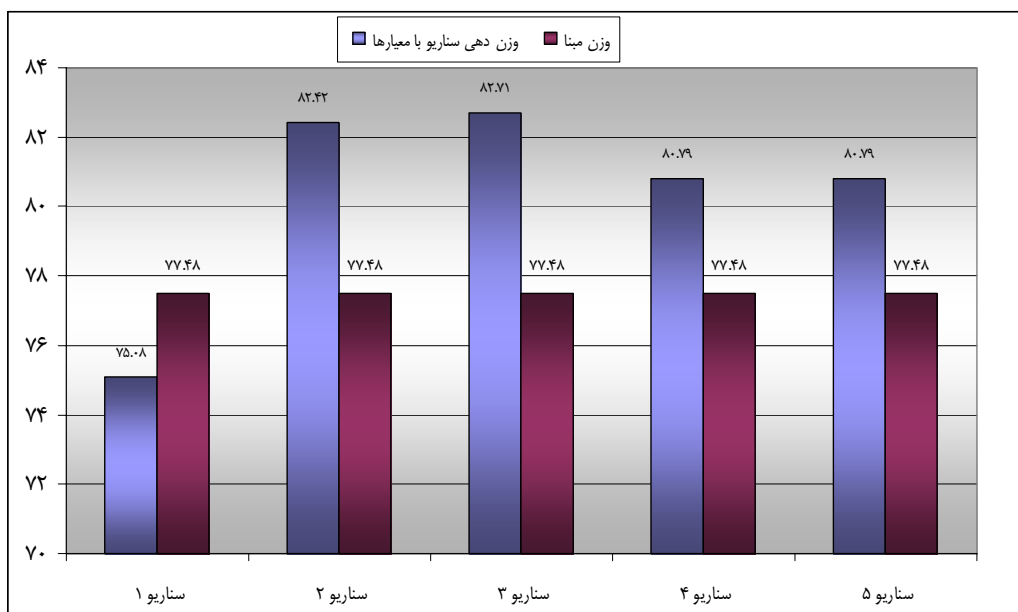
سناریو	توضیحات
۱	حذف DCS و فیدر ترانس کردن KV400 و نصب لاین تراب ۱۳۲ به صورت آویزی و ترانس سه سیم پیچه ۴۰۰/۱۳۲/۳۳ با ولتاژ ۳۳ کیلو ولت باتری خشک به جای الکترولیتی
۲	حذف یک در میان جاده های دسترسی و باسبار مین و ترانسفر معمولی و حذف DCS و باسبار سیمی برای ۴۰۰ کیلو ولت و نصب لاین تراب ۱۳۲ به صورت آویزی و ترانس های جریان ۶ کور به جای ۴ کور و ترانس سه سیم پیچه ۴۰۰/۱۳۲/۳۳ با ولتاژ ۳۳ کیلو ولت
۳	حذف یک در میان جاده های دسترسی بین بی ها، حذف DCS و باسبار سیمی برای ۴۰۰ کیلو ولت و نصب لاین تراب ۱۳۲ به صورت آویزی و ترانس های جریان ۶ کور به جای ۴ کور و ترانس سه سیم پیچه ۴۰۰/۱۳۲/۳۳ با ولتاژ ۳۳ کیلو ولت
۴	باسبار سیمی و نصب لاین تراب ۱۳۲ و ترانس های جریان ۶ کور به جای ۴ کور و ترانس سه سیم پیچه ۴۰۰/۱۳۲/۳۳ و حذف یک در میان جاده های دسترسی
۵	باسبار سیمی و نصب لاین تراب ۱۳۲ و ترانس های جریان ۶ کور به جای ۴ کور و حذف یک در میان جاده های دسترسی بین بی ها

جدول 11- سناریوهای بدست آمده از ترکیب گزینه ها

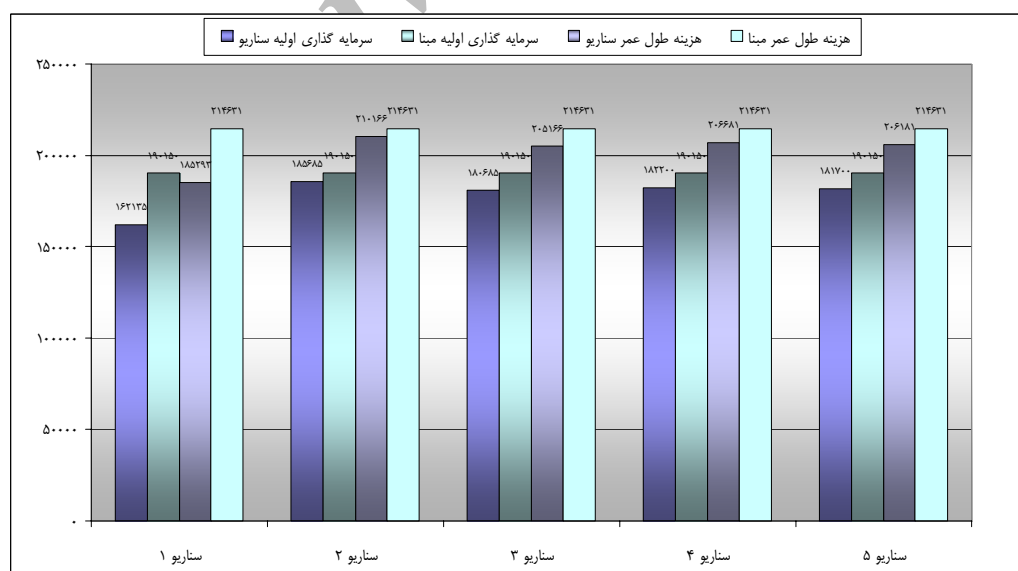


### ۶-۵-۴- ارزیابی سناریوها

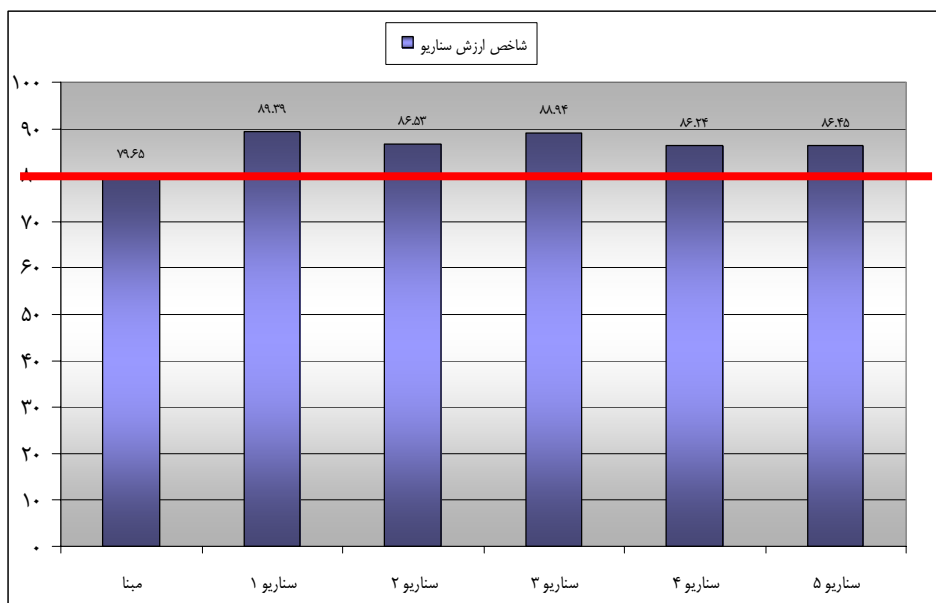
در سه نمودار ذیل (نمودار شماره ۸، ۹ و ۱۰)، به ترتیب وزن دهی سناریو ها براساس معیارهای ارزش، هزینه های سرمایه گذاری اولیه و طول عمر و ارزش سناریوها در مقایسه با یکدیگر و طرح پایه را مشاهده می کنید. همان گونه ملاحظه می شود تمامی سناریوها نسبت به طرح مینا از لحاظ کیفیت و کارایی، با توجه به معیارهای ارزش برابری یافته، کاهش سرمایه گذاری اولیه و کاهش هزینه طول عمر را به همراه داشته و امتیاز ارزش بالاتری دارند.



نمودار ۸- وزن دهی سناریو ها براساس معیارهای ارزش



نمودار ۹- نمودار مقایسه هزینه سناریو با طرح پایه



نمودار 10- نمودار شاخص ارزش سناریوها در مقایسه با یکدیگر و طرح پایه

## ۷- نتایج مطالعه

با بررسی های به عمل آمده، از بین ۵ سناریوی طرح شده، ۲ سناریو برای انتخاب نهایی مورد توجه قرار گرفت. مشخصات مربوط به این دو سناریو در جدول ۱۲ آمده است.

مشخصات	سناریو دارای بالاترین صرفه جویی	سناریو برتر
سرمایه گذاری اولیه	ریال ۱۶۲،۱۳۵،۰۰۰،۰۰۰	ریال ۰۰۰،۱۸۱،۷۰۰،۰۰۰
هزینه طول عمر	ریال ۱۸۵،۳۹۳،۰۰۰،۰۰۰	ریال ۲۰۶،۱۸۱،۰۰۰،۰۰۰
کاهش سرمایه گذاری اولیه	ریال ۲۸،۰۱۵،۰۰۰،۰۰۰	ریال ۸،۴۵۰،۰۰۰،۰۰۰
صرفه جویی هزینه طول عمر	ریال ۲۹،۳۳۸،۰۰۰،۰۰۰	ریال ۸،۴۵۰،۰۰۰،۰۰۰

جدول 12- مشخصات سناریوهای پیشنهادی

اولین سناریو بالاترین صرفه جویی اقتصادی را به همراه دارد. ولی تیم مهندسی ارزش با بررسی همه جانبه انجام گرفته سناریو برتر خویش را سناریو شماره پنج شناسایی و به کارفرما پیشنهاد می نماید:

توضیحات	سناریوی دارای بالاترین صرفه جویی
حذف DCS و فیدر ترانس کردن ۴۰۰ KV و نصب لاین تراب ۱۳۲ به صورت آویزی و ترانس سه سیم پیچه ۴۰۰/۱۳۲/۳۳ با ولتاژ ۳۳ کیلو ولت باتری خشک به جای الکترولیتی	سناریوی برتر
باسبار سیمی و نصب لاین تراب ۱۳۲ و ترانس های جریان ۶ کور به جای ۴ کور و حذف یک در میان جاده های دسترسی بین بی ها	سناریوی برتر

جدول 13- سناریوهای پیشنهادی



## ۷-۱- شناسایی پتانسیل بالقوه بسیار بالای ارزش

هنگام ایده پردازی و توسعه ایده ها، تیم مهندسی ارزش موفق به شناسایی یک فرصت و توسعه ایده‌ای با صرفه جویی اقتصادی به میزان حداقل سی و هشت میلیارد ۳۸,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ ریال و افزایش قابل ملاحظه کیفیت به شرح زیر شد:

" احداث پست ۱۳۲/۴۰۰ کیلوولت در زمین نیروگاه (مجاور پست ۱۳۲ خرمشهر) با استفاده از تجهیزات GIS "

در صورت توافق و تحویل زمین کافی این پست با تجهیزات معمولی و با میزان صرفه جویی پنجاه و پنج میلیارد ۵۵,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ ریال می تواند احداث گردد. ولی با توجه به ناشناخته بودن نحوه برخورد مالک خصوصی نیروگاه با این امر، و فشردگی زمان بندی نیروگاه و پست و ریسک دعاوی مالی که ممکن است تغییر در مشخصه فیدهای خروجی از خط به کابل و یا تاخیر در زمان بندی برقرار شدن پست نیروگاهی ایجاد نماید. تیم مهندسی ارزش این ایده را که کاملاً توسعه یافته و کلیه جوانب آن از لحاظ فنی و مالی بررسی شده بود، در سناریو های خویش ترکیب و ارائه نمود. معذالک تیم مهندسی ارزش مصرا درخواست می نماید در صورت امکان از چنین فرصت بالقوه‌ای به سهولت عبور نکرده و باب مذاکره در این رابطه با مالک خصوصی نیروگاه گشوده شود.

## ۷-۲- توصیه های کارگاه مهندسی ارزش

- کاهش تعداد فیدهای خروجی
- حذف یک لاین تراب از هر فیدر ۱۳۲ کیلوولت
- کاهش امیدانس در صد ترانس و ظرفیت سیم پیچی سوم
- اجرای رینگ چهار کلیدی به صورت یک قطر کامل سه کلیدی و قطر دوم تنها با یک کلید

## ۸- تجارب بدست آمده

مشارکت و حضور کارفرما و طراح در فرآیند کارگاه، باعث غنی تر شدن نتایج کارگاه می شود. یک برنامه ریزی خوب که شامل برنامه کار استاندارد مهندسی ارزش است، چهارچوب کلی فعالیتها خواهد بود. میزان مناسب کوشش و تلاش، خود تابعی از عوامل مختلف، از جمله: اندازه و بزرگی پروژه، پیچیدگی فرآیندها، پیچیدگی طراحی پروژه و تضاد هزینه و زمان است. میزان تلاشهای انجام شده، برای یک پروژه ساخت، باید منعکس کننده پتانسیل صرفه جویی آن باشد [۲].

از آن رو که جنبه آموزشی کارگاه مزبور مورد توجه ویژه قرار داشت، تلاش گردید کلیه مراحل کارگاه مطابق با استاندارد مصوب انجمن بین المللی مهندسی ارزش انجام شود، و قبل از شروع هر مرحله اهداف و روشهای انجام هر مرحله برای تیم تشریح شود، زیرا که بخش عمده ایشان اولین حضور در کارگاه مهندسی ارزش را تجربه می کردند. از این رو این کارگاه در تثبیت پیاده سازی مهندسی ارزش در پروژه های صنعت برق و آشنایی افراد با این حوزه نقش مؤثری ایفا کرد.

مطلبی که توجه به آن ضروری به نظر می رسد این است که نتایج کار مهندسی ارزش نباید به ابزاری جهت انتقاد به پروژه و طراحان تبدیل شود. کار مطالعه ارزش کاری جدای از روند کار طراحی یک پروژه می باشد و تصور این که دیده نشدن موارد پیشنهاد شده در مطالعه ارزش در کار طراحی، ضعف کار پروژه و طراحان بوده است تصویری باطل است.

## ۹- منابع و مراجع

- [۱] گزارش کارگاه مهندسی ارزش پست ۱۳۲/۴۰۰ کیلوولت خرمشهر، هسته مرکزی مهندسی ارزش توانیر، دی ماه ۱۳۸۶
- [۲] کتاب "کاربرد مهندسی ارزش برای مدیریت هزینه پروژه"، اثر دل‌آی‌سولا، ترجمه و تالیف: کشفیان ریحانی، مرتضی؛ گلشن، مهوش؛ ۲۰۰۳