

چهارمین کارگاه فنی ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی

۲۸ آبان ماه ۱۳۸۳

نقش مهندسی ارزش در ارتقاء سطح ارزیابی عملکرد

شبکه‌های آبیاری و زهکشی

علی ذوالفقاری<sup>۱</sup>

۱- مقدمه

۲- اهمیت کاربرد مهندسی ارزش در پروژه‌های آبیاری و زهکشی

۳- فرآیند مهندسی ارزش به زبان ساده و مختصر

۳-۱- تعریف

۳-۲- علل ضرورت انجام مهندسی ارزش در پروژه‌ها

۳-۳- فواید مهندسی ارزش

۳-۴- تیم مهندسی ارزش

۳-۵- رویه مهندسی ارزش

۳-۶- زمان اجرای مهندسی ارزش

۴- تکنیک‌های پشتیبان مهندسی ارزش

۴-۱- روش ابداعی حل مسائل (Triz)

۴-۲- فن‌آوری سیستم تحلیل عملکرد (Fast)

۴-۳- فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (A.H.P)

۴-۴- مهندسی هم‌زمان (C. E)

۴-۵- گسترش عملیات کیفی (Q. F. D)

۴-۶- مدیریت ریسک (M. R)

## ۵- فرآیند ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری و زهکشی یا ارزیابی تشخیصی

## ۶- مقایسه ارزیابی و مهندسی ارزش در شبکه‌های آبیاری و زهکشی

## ۷- نتیجه‌گیری

### پیوست شماره ۱- کاربرد مهندسی ارزش در تعدادی از پروژه‌ها

#### چکیده:

مهندسی ارزش سازوکاری سیستماتیک و مشارکتی برای تحلیل عملکرد سیستم‌ها، با هدف دستیابی به عملکرد مطلوب با حداقل هزینه در دوره عمر پروژه می‌باشد. پروژه‌های آبیاری و زهکشی با هزینه‌های هنگفت در کشورهای مختلف ساخته شده و یا در حال ساخت می‌باشد. سرانجام برخی از پروژه‌ها بطور نسبی یا کامل موفقیت‌آمیز نبوده و گاهی نیز ضررهای جبران‌ناپذیر به محیط زیست وارد نموده‌اند. شاید علت آن پیچیدگی‌های آبی خاکی و یا سایر پدیده‌های اقتصادی و اجتماعی باشد که به علت دشواری تحلیل عوامل و یا طولانی شدن زمان مطالعات، طراحی یا اجرا باعث می‌گردد که عیوب پوشیده و یا زمان مناسب عیب‌یابی و یا علاج‌بخشی از دست رفته باشد. مهندسی ارزش می‌تواند از شروع مطالعات تا تکمیل فرآیند طراحی، ساخت، بهره‌برداری و نگهداری به عنوان ابزاری کارا در اختیار تصمیم‌گیرندگان باشد تا به اتکاء به نتایج آن به قسمتی از چالش‌ها و پیچیدگی‌های طرح‌ها فائق آیند. در این مقاله سعی گردیده علاوه بر معرفی مختصر مفاهیم و فرآیند اجرائی مهندسی ارزش، روش‌های شناخته شده و متداول ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری و زهکشی به لحاظ متدولوژی و راهکاری را مقایسه و همسوئی آن را با مهندسی ارزش (که هدف اصلی مقاله می‌باشد) در بهبود طرح‌ها و پروژه‌ها مورد بررسی قرار داده شود. پروژه‌های آبیاری و زهکشی که در ایران با این روش تحلیل شده را تشریح و در پایان نتیجه‌گیری می‌شود که با اعمال مهندسی ارزش شامل مراحل انتخاب، بررسی اطلاعات، هم‌اندیشی (خلاقیت)، ارزیابی (قضاوت)، بسط و توسعه، ارائه، اجرا، ممیزی در مقاطع زمانی مناسب که در این مقاله تبیین شده می‌توان انتظار داشت با صرف حداقل هزینه به اهداف پروژه نائل گردید و از کارآمدی سرمایه‌گذاری در بخش احداث شبکه‌های آبیاری و زهکشی که خود چالش اساسی برنامه‌های توسعه خصوصاً در کشورهای جهان سوم است، اطمینان بیشتر داشت، و توصیه می‌گردد زیر ساخت‌های فرهنگی لازم در معرفی و اشاعه مهندسی ارزش و همچنین بسترهای قانونی در فرآیندهای مشاوره‌ای و ساختمانی آن فراهم گردد و تصمیم‌گیرندگان و دست‌اندرکاران طرح‌های توسعه آبیاری و زهکشی باور نمایند که با وجود اطمینان از دقت عمل طراحان باز هم پتانسیل صرفه‌جویی در هزینه‌ها وجود دارد. می‌توان با کاربرد راهکارهای خلاقانه و نوآوری در فرآیند طراحی و ساخت از هزینه‌های اضافی و تحمیلی صرفه‌جویی نمود.

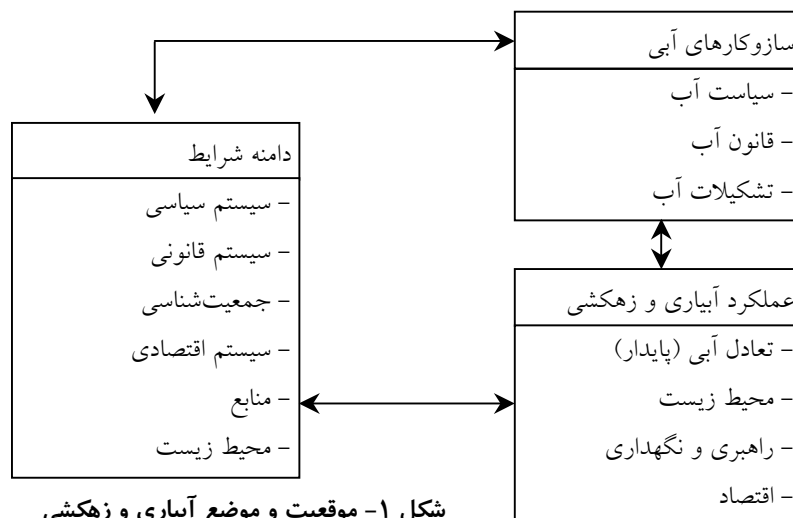
## نقش مهندسی ارزش در ارتقاء سطح ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری و زهکشی

### ۱- مقدمه:

مهندسی ارزش به عنوان یک روش فنی کاربردی پس از جنگ جهانی دوم مطرح گردید. نخستین بار در سال ۱۹۴۷ آقای لاورنس مایلز با هدف کاهش هزینه‌های تولید پس از تحقیق و بررسی، روش گام به گام را در تحلیل ارزش ارائه نمود. تا اینکه این روش کم‌کم مورد قبول متخصصین قرار گرفت و تدریجاً در مؤسسات مختلف برای کاهش هزینه به کار گرفته شد.

با توجه به اینکه اجرای مهندسی ارزش جهت ارتقاء ارزش محصول یا خدمات به عنوان رویکردی در قبایل سرمایه‌گذاری است. لذا در جوامع صنعتی که برای سرمایه‌گذاری و بیشینه نمودن ارزش تولید اهمیت زیادی قائل می‌باشند به خوبی مورد پذیرش قرار گرفت و جایگاه مهمی را در زمینه فن‌آوری‌های مهندسی به خود اختصاص داده است. در مهندسی ارزش جنبه‌های ارزشی طرح مورد تحلیل گروهی از متخصصین آگاه قرار می‌گیرد و با هدف بهبود ارزش و عملکرد، از طریق کاستن هزینه‌های غیر لازم راهکارهای لازم را ارائه می‌نماید.

خدمات ارزنده حاصل شده از ارزیابی شبکه‌های آبیاری و زهکشی، سال‌هاست مورد توجه متولیان امر در این زمینه بوده است، لیکن به نظر می‌رسد امروزه نیازمند تکنیک‌های کاربردی دیگری از جمله مهندسی ارزشی می‌باشد تا امکانی فراهم گردد جهت دستیابی به اهداف پویای پروژه‌ها، مؤلفه‌های اثربخش آن مورد تحلیل قرار گیرد و با بهره‌مندی از نوآوری‌ها و خلاقیت‌ها زمینه بهبود مستمر پروژه‌ها حاصل شود. عملکرد شبکه‌های آبیاری و زهکشی در واقع به نهاده‌ها و سازوکارهای متعددی وابسته است این شرایط و سیاست‌ها مبین وضعیت حاکم بر کشاورزی که هدف نهائی پروژه‌ها و سطح عملکرد آن می‌باشند. لذا بدون آگاهی کامل از این شرایط و مؤلفه‌های مؤثر که شمه‌ای از آن در شکل شماره ۱ تحت عنوان موقعیت و موضع آبیاری و کشاورزی نشان داده شده است انجام ارزیابی معتبر نمی‌باشد. وجود این تعاملات از یک سو، پیچیدگی و مشکلات احتمالی طرح‌ها را بیان می‌دارد و از سوی دیگر لزوم ارزیابی جهت اطمینان دستیابی به اهداف را توجیه می‌نماید که بدینوسیله با بازخور مناسب از اطلاعات برای تمام سطوح مدیریتی زمینه را برای رسیدن به عملکرد مؤثر و کارا در شبکه‌های آبیاری و زهکشی فراهم آورده شود.



شکل ۱- موقعیت و موضع آبیاری و زهکشی

## ۲- اهمیت کاربرد مهندسی ارزش در پروژه‌های آبیاری و زهکشی

با مروری بر پروژه‌های اجرا شده در سطح جهانی ملاحظه می‌گردد همه ساله بودجه‌های هنگفتی صرف احداث شبکه‌های آبیاری می‌شود. در حالیکه اغلب پروژه‌ها به اهداف پیش‌بینی شده نمی‌رسند و یا به عبارت دیگر پروژه‌ها ناموفق بوده و گاهاً نیز ضایعاتی به منابع آب و خاک وارد نموده‌اند که از پتانسیل تولید کاسته شده است. شاید یکی از دلایل این باشد که اغلب پروژه‌های آبیاری و زهکشی در سطوح وسیعی از اراضی قابل پیاده شدن می‌باشند، دسترسی به اطلاعات و تحلیل آنها کاری بس دشوار است و طولانی شدن مهلت مطالعات، طراحی و اجرا، این دشواری را پیچیده‌تر می‌نماید بطوریکه گاهاً عوامل خیلی از نارسائی‌ها پوشیده می‌ماند و یا راه‌حل‌ها، موقعی حاصل می‌گردد که بازنگری مجدد شاید اثربخشی چندانی ندارد و موفقیتی در پی نداشته باشد. بنابراین شاید انتظاری دور از واقعیت تلقی شود مبانی طراحی و اجرائی که غالباً تحت تأثیر منابع و شرایط اقتصادی، اجتماعی و منطقه‌ای می‌باشد برای مدت طولانی همچنان صحت کاربردی داشته و در تعامل اقتصادی طرح صدق نماید. لذا انجام مهندسی ارزش از شروع مطالعات می‌تواند جهت کارآئی سیستم‌های آبیاری مورد استفاده قرار گرفته و از نتایج رهنمودها و بررسی‌ها در فرآیند بازنگری و اصلاحات، موجبات تکمیل و تکوین اقتصادی‌تر طرح را فراهم نمود.

توضیحاً یادآوری می‌گردد طولانی شدن دوره مطالعه و طراحی تنها دلیل مکفی جهت کاربرد مهندسی ارزش در طرح‌های آبیاری و زهکشی نمی‌باشد. بلکه مهندسی ارزش در کلیه پروژه‌های کوتاه مدت نیز می‌تواند عملکرد مؤثری داشته باشد. لیکن طولانی شدن عمر پروژه‌ها اهمیت ضرورت بکارگیری آن را بیشتر توجیه می‌نماید.

همانطوریکه بیان گردید مزایای کاربرد مهندسی ارزش به مراتب بیشتر از هزینه‌هایی است که جهت اعمال آن مصرف می‌گردد لذا منطقی به نظر می‌رسد مجریان طرح‌های بزرگ از جمله شبکه‌های آبیاری و زهکشی هزینه‌های مهندسی ارزش را موجه توجیه نمایند و از اینکه اجرای مهندسی ارزش پرداخت هزینه‌ای را در بردارد هراس نداشته باشند و مطمئن باشند مطالعه ارزش می‌تواند کارساز باشد.

نکته قابل ذکر دیگر وجود دستورالعمل‌ها و خط‌مشی معین در تشکیلات کارفرمائی گاهاً مانع از انجام مهندسی ارزش است زیرا به علت فاش شدن احتمالی هزینه‌های نابجا و یا لغزش‌های مدیریتی علاقمند نمی‌باشند مهندسی ارزش در برنامه پروژه‌ها جاری شود؛ آموزش، ارائه سمینارها، ملاقات‌های حضوری با مدیران و مجریان طرح‌ها می‌توان زمینه را برای بهره‌مندی از این تفکر مؤثر در اجرای بهینه پروژه‌ها هموار نمود و بدینوسیله کافرمایان را متقاعد نمود که مهندسی ارزش باعث افزایش عملکرد و یا کاهش هزینه است و طراحان نیز باور نمایند که مهندسی ارزش اصطلاحاً مچ‌گیری طراحی نیست بلکه ارتقاء طراحی و مدیریت طرح است.

### ۳- فرآیند مهندسی ارزش به زبان ساده و مختصر

#### ۳-۱- تعریف:

مهندسی ارزش فرآیندی است متکی بر نظام مهندسی که در جهت دستیابی به اهداف اصلی طرح در کلیه مراحل مختلف مطالعاتی، طراحی، اجرا و نگهداری، براساس یک بررسی سیستماتیک، از انجام هزینه‌های غیر ضروری جلوگیری کرده و باعث افزایش ارزش و بهبود اقتصادی طرح می‌گردد. بدیهی است در این فرآیند خلاق، توانائی تحلیل فعالیت‌ها و انتخاب بهترین گزینه با عملکرد بهینه، از اهداف نهائی آن می‌باشد. یا به عبارت دیگر مهندسی ارزش به عنوان تلاشی سازمان یافته و گروهی برای تحلیل عملکرد سیستم‌ها با هدف دسترسی مطلوب و با حداقل هزینه در دوره عمر پروژه است.

#### ۳-۲- علل ضرورت انجام مهندسی ارزش در پروژه‌ها:

همه ساله مبالغ هنگفتی در کشور صرف پروژه‌های عمرانی می‌شود که بخش قابل توجهی از آن از محل اعتبارات دولتی تأمین و پرداخت می‌گردد. صعود نرخ قیمت‌ها و سایر عواملی که بعداً به آنها پرداخته می‌شود باعث افزایش هزینه طرح‌ها می‌شود لذا ضرورت دارد شناسایی ارزش هزینه‌ها مهم تلقی شود و هزینه‌های غیر ضروری حذف شود.

فرآیند مهندسی ارزش با رویکرد سیستماتیک این امکان را به وجود می‌آورد تا ضمن تأمین عملکرد مناسب و بهره‌وری مطلوب هزینه سیستم‌ها به حداقل ممکن کاهش داده شود. گران شدن طرح‌ها ناشی از یک یا چند مورد از عوامل زیر ممکن است حادث شود که در آن صورت اعمال مهندسی ارزش را ضروری توجیه می‌نماید.

- زمان تهیه طرح، اطلاعات کافی در اختیار نبوده است.
- طراحی کلاسیک صورت پذیرفته و ایده‌پردازی در انتخاب گزینه‌ها انجام پذیرفته است.
- طراحی چارچوبی و براساس باورهای صادقانه لیکن انتقادپذیر صورت پذیرفته است.
- وجود عادات و سنت‌های متداول
- تغییر در نیازهای اقتصادی و اجتماعی
- استانداردها و مشخصات طرح قدیمی می‌باشد.

در شرایط کنونی که پروژه‌های آبیاری و زهکشی بخش مهمی از بودجه عمرانی کشور را به خود اختصاص داده و پروژه‌های متعدد در اقصی نقاط کشور در دست مطالعه، طراحی، اجرا و بهره‌برداری می‌باشد. با هدف بهره‌وری افزون‌تر طرح‌ها، ایجاد زمینه مناسب جهت جلب مشارکت مردمی در طرح‌های آبی و پاسخگوی سرمایه‌گذاران بودن لزوم اجرای صحیح مفاد قانون برنامه سوم توسعه کشور مبتنی بر اعمال مهندسی ارزش در طرح‌ها بیش از هر زمان دیگر احساس می‌گردد.

## ۳-۳- فواید مهندسی ارزش

نقش اساسی مهندسی ارزش در افزایش بهره‌وری می‌باشد و تجارب حاصله از اعمال مهندسی ارزش در کشورهای دیگر از جمله امریکا (جدول شماره ۱) که بیشتر در این زمینه کار شده و بستر فرهنگی آن مهیا گردیده است حاکی از سودمندی و اثربخشی آن می‌باشد. بطوری که در اجرای ۱۰۰ پروژه مهندسی ارزش در وزارت دفاع این کشور ملاحظه شده، ۶۲ درصد پروژه‌ها با حفظ سطح کیفیت ۳۸ درصد در بهره‌وری افزایش داشته است، بازده مهندسی ارزش به نسبت سرمایه‌گذاری در حد یک به بیست بوده و هزینه‌ها ۱۵ تا ۲۵ درصد کاهش و نسبت خالص تحقق یافته به هزینه‌های مهندسی ارزش از ضریب ۵ تا ۲۱ متغیر بوده است.

- در صورتیکه زیر ساخت‌های فرهنگی و فنی مهندسی ارزش فراهم نباشد کاری بیهوده و هزینه اضافی به پروژه تلقی می‌شود که خود باعث کاهش ارزش است.
- گزارش شده در کشور بطور متوسط سالیانه حدود ۲۸۵۰ پروژه با ضعف طراحی مواجه بوده و ۱۴۰۰ پروژه نیز با نقص فنی و خارج از استانداردها و معیارهای متداول در حال ساخت می‌باشند که اثرات اجتماعی و اقتصادی آن خصوصاً در مورد پروژه‌های آبیاری و زهکشی که در سطح اراضی گسترده‌ای مشکلات گوناگون پنهان و آشکار را به همراه دارد کاملاً قابل درک و پیش‌بینی می‌شود در صورت اجرای موفقیت‌آمیز مهندسی ارزش فواید آن کاملاً ملموس می‌باشد.

جدول ۱: نتایج به دست آمده از مهندسی ارزش در دولت فدرال آمریکا: صرفه‌جویی‌ها به دلار آمریکا

در طی سال‌های ۱۹۸۸ تا ۱۹۸۹.

| وزارتخانه   | ۱۹۸۸ (دلار)   | ۱۹۸۹ (دلار)   |
|---|---------------|---------------|
| کشاورزی   | -             | ۵/۱۱۴/۵۹۰     |
| انرژی   | ۲۳/۳۲۳/۷۲۹    | ۵۹/۴۰۰/۷۳۹    |
| نیروی هوایی   | ۶۵۸/۴۱۷/۱۸۸   | ۴۸۸/۶۴۳/۶۶۱   |
| ارتش  | ۸۳۰/۲۶۰/۶۰۹   | ۴۱۲/۸۰۷/۶۲۷   |
| ارتش (سپاه مهندسی، کارهای ساختمانی فقط، در ردیف بالا منظور شده است) | -             | (۶۶/۹۸۵/۰۰۰)  |
| سازمان پشتیبانی دفاع  | ۱۰۸/۵۵۰/۰۰۰   | ۱۲۳/۳۲۰/۰۰۰   |
| نیروی دریایی  | ۸۴۵/۹۲۸/۰۰۰   | ۴۲۳/۱۰۰/۰۰۰   |
| تشکیلات خدمات همگانی  | ۶۸۴/۱۸۹       | ۵۹/۲۵۹/۶۲۲    |
| کشور  | ۱۲/۱۸۳/۱۰۰    | ۲/۲۹۳/۲۳۲     |
| دادگستری  | -             | ۳۱۴/۲۵۵       |
| ناسا  | -             | ۸۲۶/۰۰۰       |
| خارج  | ۴/۱۰۰/۰۰۰     | ۴/۰۸۷/۵۴۲     |
| راه و ترابری*   | ۵/۴۵۷/۳۷۸     | ۱۱/۹۹۲/۳۲۰    |
| تشکیلات نظامیان بازنشسته  | ۹/۵۴۹/۹۵۲     | ۸/۶۲۵/۹۸۸     |
| متفرقه  | ۱۳/۶۸۶        | ۲۰/۶۵۰        |
| جمع   | ۲/۴۹۸/۴۶۷/۸۳۱ | ۱/۵۹۹/۸۰۶/۲۲۶ |

\* وزارت راه و ترابری گزارش داد که صرفه‌جویی‌های اضافی ناشی از مهندسی ارزش به مبلغی معادل ۴۲۴۷۳۸۴۸ دلار از طریق اعطای وام و برنامه‌های حمایتی از دولت مرکزی، تحقق یافته است.

سازمان: گزارش اداره مدیریت و بودجه وابسته به دفتر رئیس جمهور آمریکا به نقل از رئیس SAVE آمریکا در معاملات، سپتامبر ۱۹۹۰. توضیح: پنجاه درصد این سودها یا اندکی بیش از آن نتیجه انجام مطالعات مهندسی ارزش برای پروژه‌های بزرگ ساختمانی بود، و بقیه به سخت‌افزار به کار رفته در سه اداره مربوط می‌شد.

### ۳-۴- تیم مهندسی ارزش

نقش عمده مدیریت طرح در اتخاذ تصمیماتی می‌باشد که براساس آن اهداف طرح را تأمین نماید. مؤلفه‌های کیفیت (عملکرد)، زمان (جداول روند کار) و هزینه (اعتبارات) به عنوان تنگناهای اصلی و بحرانی طرح‌ها به شمار می‌روند. که بدین لحاظ مدیران طرح‌ها باید سازوکارهای لازم در برنامه‌ریزی هدفمند خود را جهت تضمین موفقیت فراهم آورند. در این راستا فرآیند مهندسی ارزش با بهره‌گیری از تیمی کارآمد به عنوان یکی از سازوکارهای مهم تلقی شده است. بدین ترتیب که اعضای تیم مهندسی ارزش متناسب با ابعاد فنی و اقتصادی طرح به نحوی انتخاب می‌گردند که توانایی و قابلیت انجام کار را در موعد مقرر داشته باشند.

تیم مهندسی ارزش با هدف ارتقاء سطح خلاقیت و نوآوری طرح و بهینه‌سازی آن صورت می‌پذیرد و اعضای آن متشکل می‌باشند از یک متخصص مهندسی ارزش که مسئولیت و هماهنگی را عهده‌دار می‌باشد و تعدادی نماینده از کارفرما، طراح، اجراکننده، برآوردکننده مالی که با توجه به بزرگی و گردش مالی سازمان می‌تواند گسترش داشته باشد. این تیم با تشکیل کارگاه‌های آموزشی ۱ تا ۵ روزه و یا جلسات مشورتی اقدامات خود را تا ارائه پیشنهادات ادامه می‌دهند.

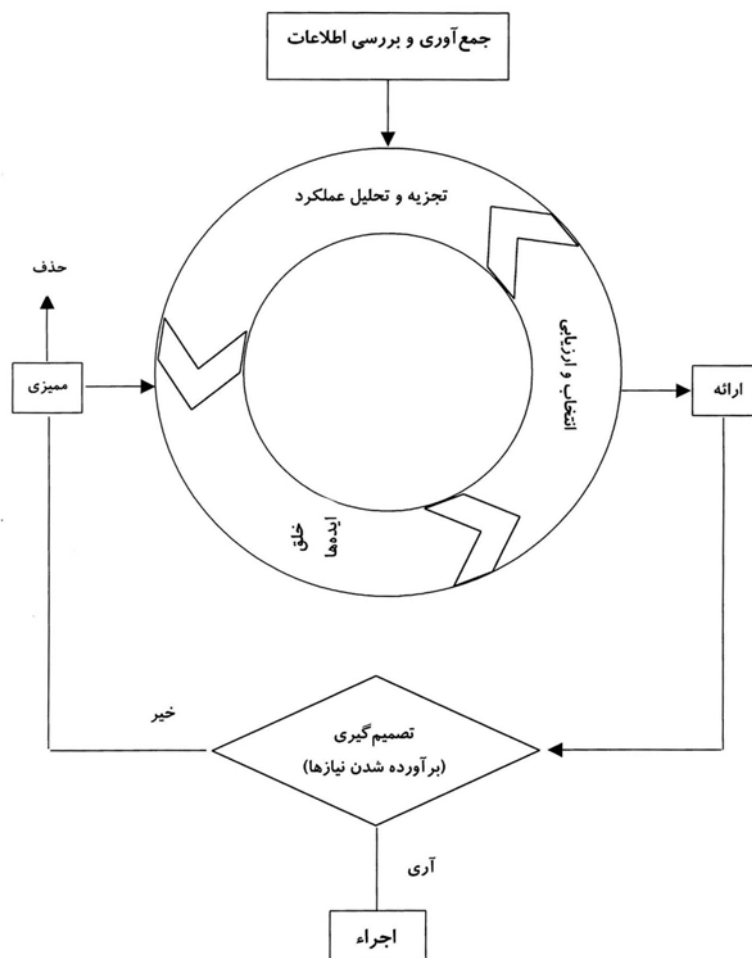
ایده‌های نو و خلاق در واقع ماحصل تشکیل جلسات هم‌اندیشی گروه تیم مهندسی ارزش می‌باشد که با یک روند کاری مناسب به شرح زیر به صورت خلاقانه به حل مسئله می‌پردازند.

- اطلاعات مورد نیاز تحلیل سیستم را گردآوری می‌نمایند.
- اطلاعات تخصصی و فن‌آوری مورد نیاز را در قالب یک تیم چند تخصصی ارائه می‌دهند.
- هزینه‌های بخش‌های مختلف پروژه را بطور سیستماتیک و براساس عملکرد آنها در سیستم مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهند و با هم‌اندیشی، آگاهانه و هدفمند بر روی خلق ایده‌های اصلاحی تمرکز می‌یابند.
- ایده‌های نو را طبقه‌بندی و توسعه می‌دهند.
- مکانیزم مناسبی جهت مدیریت مهندسی ارزش با کارایی و توان بالا ارائه می‌دهند.
- تعداد اعضای تیم معمولاً از ۶ تا ۸ نفر تجاوز نمی‌یابد فردی رهبری جلسه را به عهده می‌گیرد و بحث‌ها را هدایت و ایده‌های ارائه شده را یادداشت می‌نماید و شخص دیگری که تسهیل‌کننده نامیده می‌شود و مشکلات را مطرح و ایده‌های ارائه شده را نقد می‌کند. ایشان از ایده‌های ارائه شده تعدادی را جهت تکمیل به سایر اعضای اعلام می‌دارد و یا به عنوان گزینه‌های مناسب انتخاب می‌نماید در هر صورت نقش تسهیل‌کننده و رهبر جلسه در موفقیت کار گروهی تیم، تعیین‌کننده و حساس می‌باشد.

### ۳-۵- رویه مهندسی ارزش

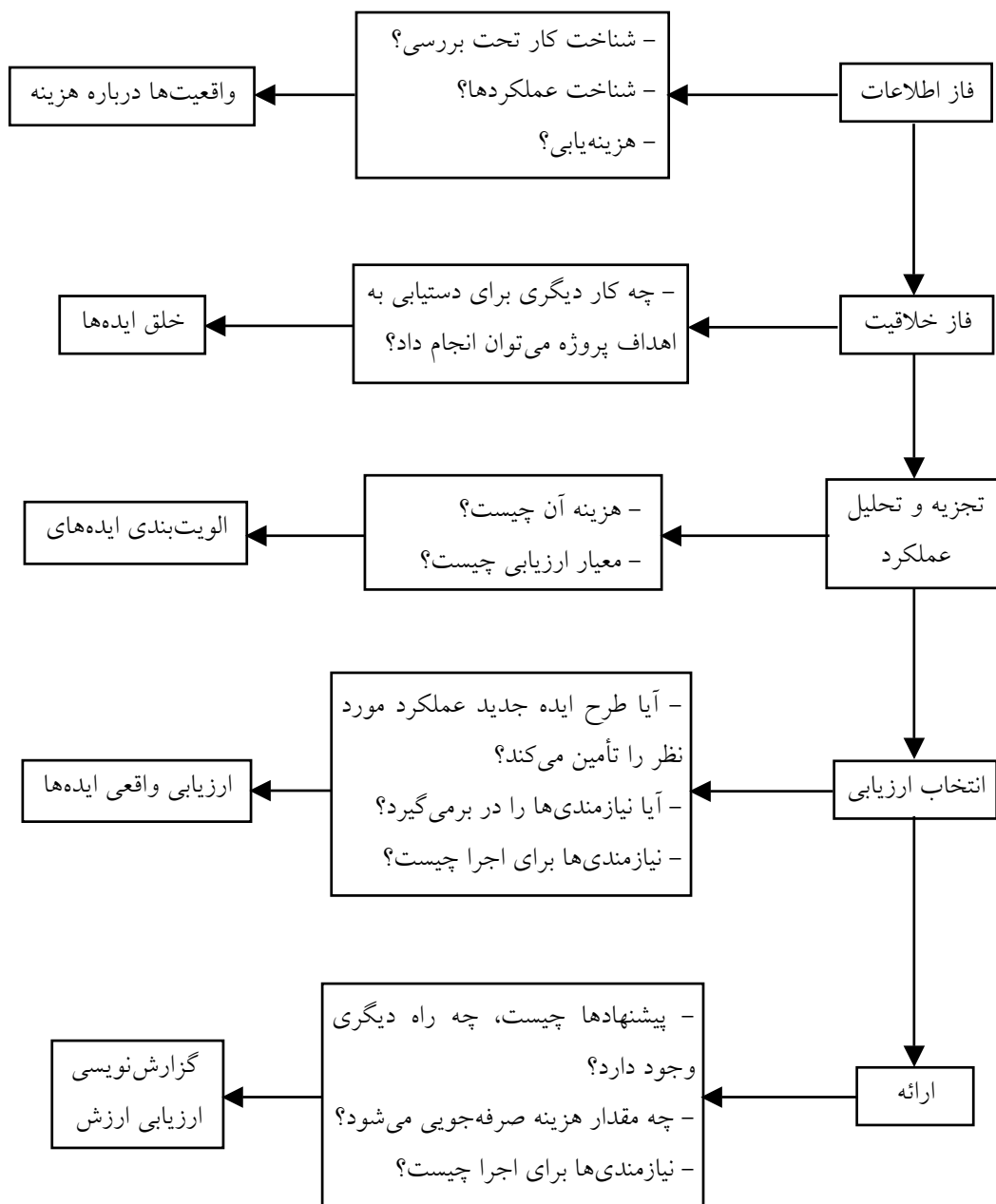
رویه مهندسی ارزش متکی به سازوکارها و تمهیداتی جهت بهینه نمودن ارزش یک پروژه جهت رسیدن به اهداف پروژه، ارضای نیازهای کارفرما و یا بهره‌بردار نهائی با حداقل هزینه در تمام طول عمر پروژه می‌باشد (شکل شماره ۲). تیم مهندسی ارزش با نگاه ریزبین خود براساس تعاریف و برداشت‌هایی که از

مهندسی ارزش وجود دارد برنامه کاری ارائه می‌نمایند که غالباً استوار بر جمع‌آوری اطلاعات، انجام کار ذهنی، تجزیه، تحلیل، بررسی و ارزیابی و در نهایت ارائه پیشنهادات و راه‌حل‌ها (شکل شماره ۳) می‌باشد. بدیهی است در هر یک از این مراحل با توجه به درجه دقت مورد نظر در قالب یک روند کاری از تکنیک‌های پشتیبان متناسب استفاده می‌گردد. به هر حال فرآیند و رویه‌های مهندسی ارزش و الگوی اجرایی آن موضوع بحث مفصلی می‌باشد که می‌توان جهت اطلاعات بیشتر به منابع ارائه شده در پایان مقاله مراجعه نمود. فقط در این بخش نسبت به ارائه نمودارهایی از جریان مهندسی ارزش (شکل شماره ۲) که ارتباط مؤلفه‌ها را نشان می‌دهد و روندکاری مهندسی ارزش (شکل شماره ۳) که اولویت‌بندی مراحل، سؤالاتی که در هر مرحله باید پاسخ داده شود و نتایج کار هر مرحله را از منابع مختلف جمع‌آوری شده اکتفا گردیده است. بدیهی است در ارتباط با پروژه‌های آبیاری متناسباً این رویه‌ها باید همگون و سازگار گردد. و هدف از ارائه این اطلاعات نشان دادن زیرساخت‌هایی است تا با بذل توجه هوشمندانه دست‌اندرکاران پروژه‌ها، ارزش پروژه بهتر درک و باور شود که با بهره‌گیری شایسته از این فن‌آوری‌ها، می‌توان صرفه‌جویی قابل ملاحظه را در پروژه‌ها انتظار داشت و عملکرد و کیفیت را نیز ارتقاء بخشید.



شکل شماره ۲ جریان مهندسی ارزش



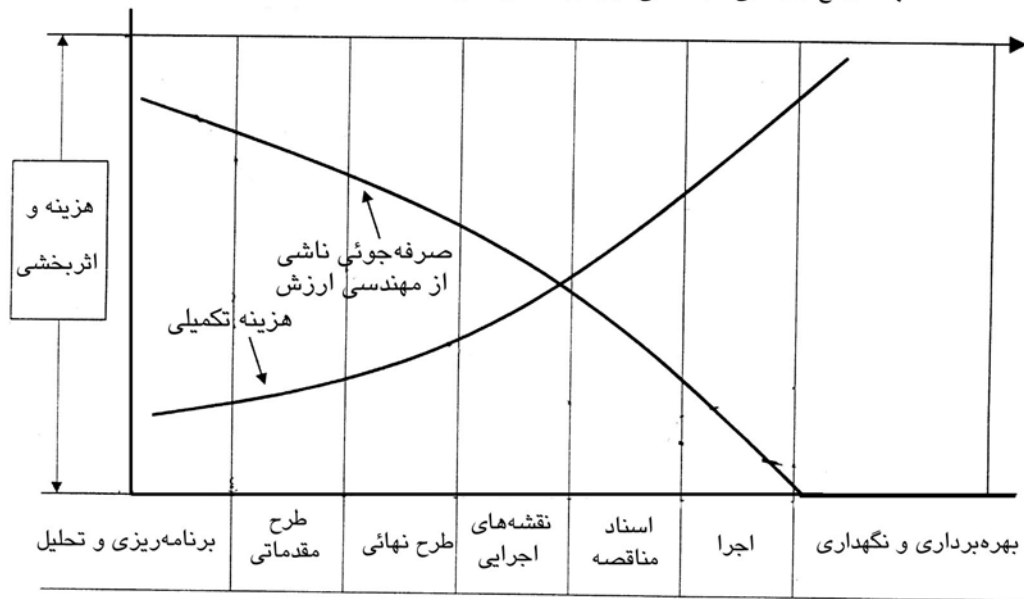


شکل ۳- روند کاری مهندسی ارزش

### ۳-۶- زمان اجرای مهندسی ارزش

زمان انجام مهندسی ارزش در روند طراحی و اجرای پروژه تأثیر زیادی در صرفه‌جویی هزینه‌ها دارد. بدین ترتیب که انجام مهندسی ارزش در فاز اولیه طراحی که هنوز ایده‌ها فقط به صورت مفاهیم موجودیت دارد، طراح می‌تواند در تصمیمات خود با تجدیدنظر یا بازنگری از صرف هزینه اضافی احتمالی جلوگیری نماید. در صورتیکه مهندسی ارزش بعد از خاتمه طراحی، در زمان اجرا و یا احیاناً به دوره بهره‌برداری و نگهداری موکول شود با توجه به شکل شماره ۴ نتیجه آن با موفقیت کامل مواجه نمی‌باشد.

## چه موقع بایستی مهندسی ارزش اعمال شود؟



شکل ۴- چرخه عمر پروژه

این مطلب در پروژه‌های آبیاری و زهکشی از دو منظر مورد بررسی قرار می‌گیرد نخست مراحل دوره عمر می‌باشد که معمولاً مشتمل بر تحقیق، مطالعه، طراحی، اجرا و بهره‌برداری می‌باشد. با این دید توصیه می‌شود مهندسی ارزش به عنوان فرآیند اثبات شده برای تهیه پروژه‌ها از ابتدا تا انتها که به نتیجه مطلوب ختم شود باید ادامه داشته باشد. از منظر دوم در مواقع برنامه‌ریزی هزینه‌ها در دوره عمر پروژه می‌باشد. در پروژه‌های آبیاری و زهکشی، شناخت واقعی از دوره حساس بهره‌برداری سودآور به راحتی امکان‌پذیر نیست، با توجه به اینکه یکی از اهداف عمده پروژه‌ها افزایش این دوره حساس یا طولانی نمودن آن است لذا سرمایه‌گذاری و صرف هزینه باید با دقت کنترل و تحلیل شود یا به عبارت دیگر اعمال مهندسی ارزش در این مراحل از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد.

در صورتیکه فقط مرحله طراحی مورد نظر باشد، در دو مقطع زمانی ۳۰ و ۶۵ درصد اتمام فعالیت‌های طراحی انجام مهندسی ارزش با بازدهی بالاتر شناسایی شده و مورد توصیه قرار گرفته است. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور در نشریه شماره ۳۲۹۱۸ مناسب‌ترین زمان شروع مهندسی ارزش را ۲۰ تا ۲۵ درصد کارهای طراحی (مرحله دوم) و مقاطعی از زمان اجرا تعیین نموده است.

## ۴- تکنیک‌های پشتیبان مهندسی ارزش

تکنیک‌های پشتیبان مهندسی ارزش در حقیقت روش‌های علمی در توسعه کیفی پروژه معرفی شده‌اند که پس از جمع‌آوری اطلاعات خصوصاً در تحلیل و ایده‌پردازی کاربرد زیادی می‌تواند داشته باشند.

جهت آشنایی خلاصه تعدادی از آنها شرح داده می‌شود تا با شناخت هر تکنیک بتواند در بررسی‌های مهندسی ارزش مورد انتخاب قرار گیرد. بدیهی است جهت اطلاعات باید به منابع معتبر مراجعه نمود.

#### ۱-۴- روش ابداعی حل مسائل<sup>۱</sup> (Triz)

این روش به طریق ابداعی به حل مسائل می‌پردازد که برای اولین بار در کشور شوروی سابق توسط آقای آلت شولتر (در سال ۱۹۴۷) مطرح گردید ایشان در بررسی اختراعات و ابداعات بشری به دستاوردهای جالب توجهی دستیابی نمود که به صورت راهنمایی می‌تواند در حل مسائل از طریق نوآوری و بروز خلاقیت کارایی داشته باشد.

#### ۲-۴- فن‌آوری سیستم تحلیل عملکرد<sup>۲</sup> (FAST)

این تکنیک که کاربرد زیادی در فرآیند مهندسی ارزش دارد از طریق طرح سه سؤال چرا؟، چگونه؟ و چه موقع؟ در ارتباط با کارکردهای اصلی و فرعی انجام می‌گردد و نتایج حاصل شده به صورت یک نمودار رسم می‌گردد که نهایتاً منجر می‌گردد کارکرد یا کارکردهایی که هدف را تحقق می‌بخشد، تبیین می‌شوند.

#### ۳-۴- فرآیند تحلیل سلسله مراتبی<sup>۳</sup> AHP

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی تکنیکی است که با تجزیه مسائل مشکل و پیچیده، آنها را به شکلی ساده تبدیل کرده و به حل آنها می‌پردازد این روش کاربرد زیادی در مسائل اقتصادی و اجتماعی دارد و در سال‌های اخیر در امور مدیریتی و تصمیم‌گیری نیز به کار رفته است و مراحل انجام آن به شرح زیر است:

- ساختن سلسله مراتبی: ایجاد یک نمایش گرافیکی که در آن هدف، معیارها و گزینه‌ها نشان داده می‌شوند.
- محاسبه وزن: عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوطه خود در سطح بالاتر مقایسه و وزن آنها محاسبه می‌گردد.
- سازگاری سیستم: میزان سازگاری تصمیم محاسبه و نسبت به خوب یا بد بودن، قابل قبول یا مردود بودن آلترناتیوها قضاوت می‌شود.

#### ۴-۴- مهندسی همزمان (C.E)

در فرآیندهای مختلف طراحی، اجرایی و بهره‌برداری می‌باید از تجهیزات و تکنیک‌های پیشرفته و کنترل کارآمد بهره گرفت تا دستاوردهای تولید با کیفیت بالا خوب طراحی شده، با هزینه کم و در زمان کوتاه و رقابتی ارائه گردد بنابراین در این راستا ناگزیر اهداف اقتصادی، کیفی و زمانی را همزمان لحاظ نماییم.

1 - Theory of Inventive Problems Solving  
2 - Function Analysis System Technique  
3 - Analytical Hierarchy Process

فن‌آوری مهندسی همزمان این امکان را فراهم می‌آورد تا با کاربرد آن بتوانیم توفیق لازم را در این زمینه داشته باشیم.

#### ۴-۵- گسترش عملیات کیفی Q.F.D

این تکنیک نیز جهت تحقق نیاز به همکاری همه جانبه نیروها و بخش‌های درگیر با موضوع می‌باشد که هدف ملموس آن:

- طراحی با هزینه کم
- حذف تغییرات تأخیری (مهندسی)
- تشخیص سریع نواحی دارای ریسک بالا در طرح‌ها
- تشخیص یا تعیین پیش نیازهای فرآیند محصول
- کاهش مشخص و مؤثر زمان توسعه محصول
- اثربخشی منابع

#### ۴-۶- مدیریت ریسک (M.R)

به منظور بالا بردن ارزش سرمایه‌گذاری، ملاحظات ریسک در مطالعات مورد بررسی قرار می‌گیرد تا هزینه‌های ریسک در حال و آینده دوران عمر سرمایه‌گذاری به حداقل ممکن برسد. این مطالعات در کلیه مراحل طراحی، اجرا و بهره‌برداری انجام می‌پذیرد و باعث می‌گردد تا ضمن رعایت هوشیاری لازم در مورد ریسک هر طرح در مورد برنامه‌ریزی کاهش آن اقدامات لازم و ضروری صورت پذیرد تا طرح ضمن اینکه بیشترین ارزش را تولید کند کمترین ریسک را نیز داشته باشد. در شناسایی ریسک‌ها در پروژه‌های آبیاری و زهکشی باید به موضوع ریسک‌های مهم به شرح زیر توجه داشت.

- ۱- ریسک‌های طراحی: بکارگیری تکنیک‌های متفاوت که روی هزینه و زمان تأثیر می‌گذارد
- ۲- ریسک‌های پیمانکار: عوامل عدم اطمینان و مؤثر بر روی زمان انجام کار و هزینه‌های آن
- ۳- ریسک‌های محیطی: مربوط به عواملی که به محیط زیست آسیب می‌رساند

#### ۵- فرآیند ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری و زهکشی یا ارزیابی تشخیصی

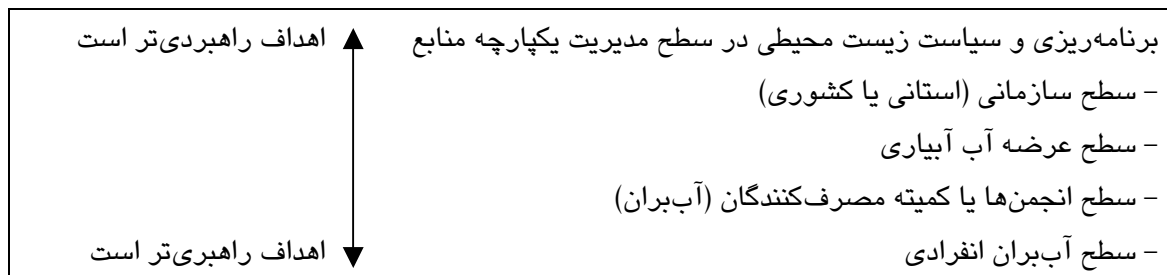
با توجه به چارچوب ارزیابی عملکرد که در شکل ۵ ارائه شده و آخرین تعریفی که از ارزیابی عملکرد در کتاب دستورالعمل‌های ارزیابی عملکرد آبیاری و زهکشی ... انستیتو بین‌المللی مدیریت آب مطرح گردیده به شرح زیر است:

«ارزیابی عملکرد آبیاری و زهکشی پایشی روشمند و مستندساز در تفسیر و توضیح مدیریت پروژه» است و هدف نهائی آن «اجرای مؤثر و کارای پروژه از طریق بازخورد مناسب به تمامی سطوح مدیریت است.

بدین ترتیب که «مشخص می‌نماید که آیا عملکرد به معیارهای مقرر نزدیک است یا نه و اگر نیست چه نوع فعالیت‌های اصلاحی و در کجا» بایستی انجام شود «تا وضعیت بهبود یابد»  
مدیریت پروژه‌های آبیاری و زهکشی طبق شکل ۶ با پنج سطح سازمانی با اهداف متفاوت مرتبط می‌باشند.



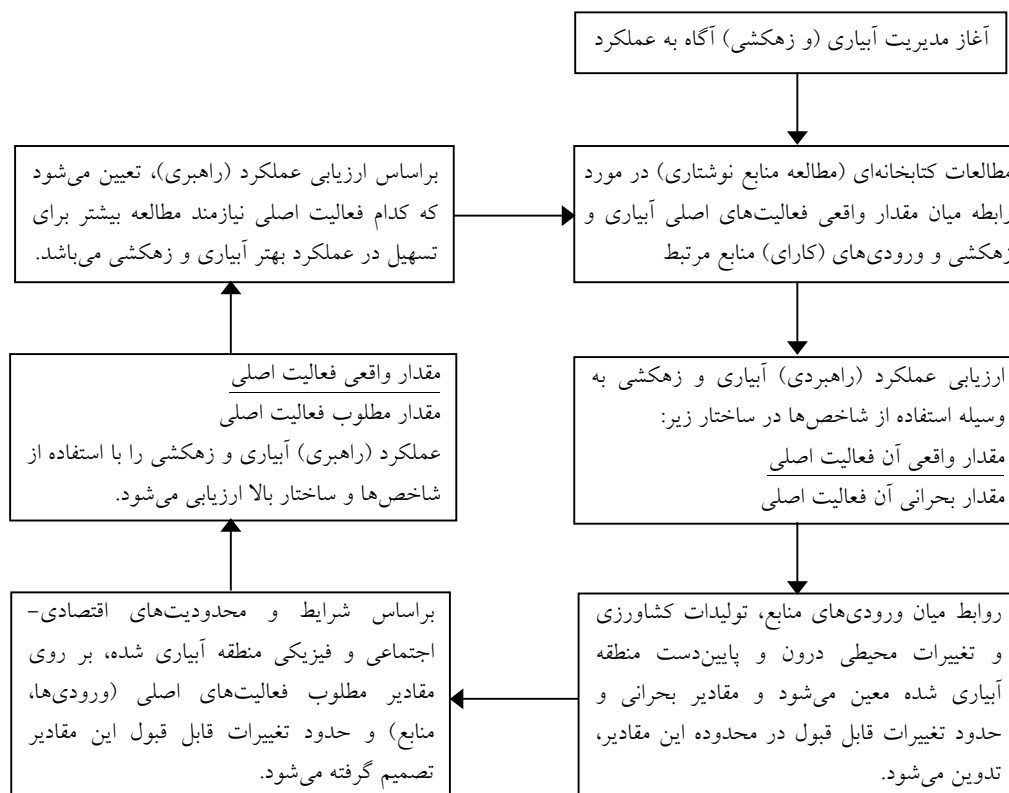
شکل ۵- چارچوب یک برنامه ارزیابی عملکرد برای طرح‌های آبیاری و زهکشی



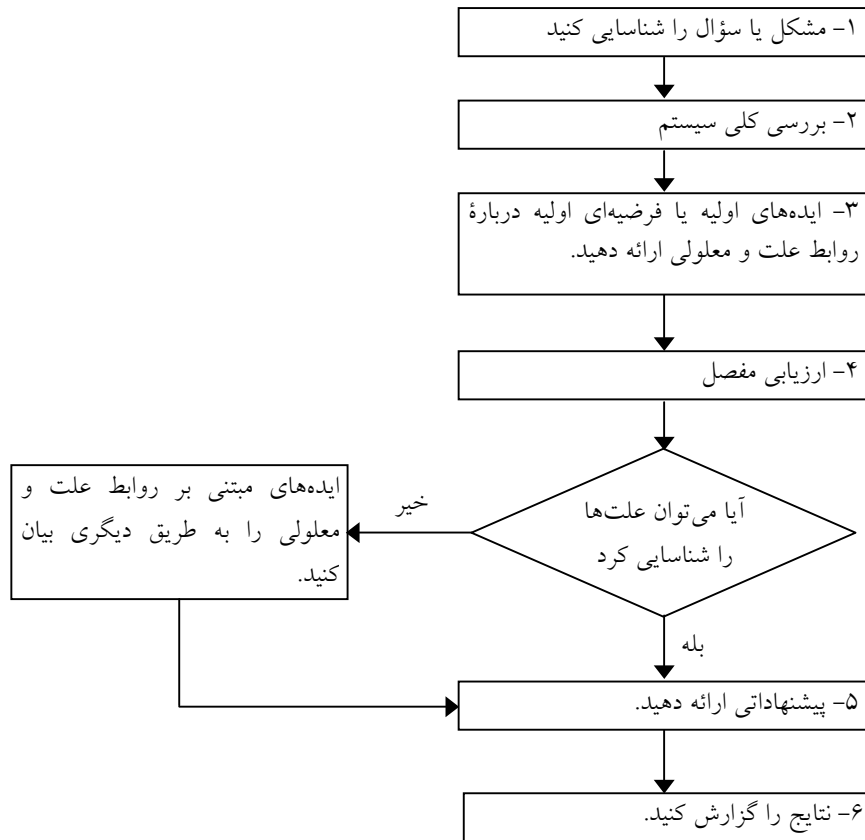
شکل شماره ۶- سازمان‌های درگیر در ارزیابی عملکرد

کیفیت خدمات ارائه شده در بخش‌های مختلف معمولاً به صورت زنجیرگونه اثرگذار می‌باشند و نهایتاً کیفیت این خدمات در یک سیستم آبیاری و زهکشی، تعیین‌کننده کیفیت خدمات ارائه شده به بهره‌برداران می‌باشد. بنابراین برای شروع ارزیابی توصیه شده طبق شکل ۷ پس از شناخت نسبت به انتخاب فعالیت‌های اصلی اقدام شود سپس مراحل ارزیابی‌های تشخیصی را می‌توان با توجه به شکل شماره ۸ انجام داد. توصیه‌های مندرج در کتاب فوق‌الذکر که کمک اساسی در درک بهتر فرآیند ارزیابی عملکرد آبیاری و زهکشی می‌نماید از این قرار است:

- ارزیابی‌های تشخیصی برای یافتن مشکلات: درک محدودیت‌ها؛ پیدا کردن فرصت‌های اصلاح؛ یا یادگیری بیشتر از موفقیت‌ها و شکست‌های مدیریت و طراحی آبیاری صورت می‌گیرد. ارزیابی زمانی لازم است (و تکرار می‌شود) که اهداف تحقق نمی‌یابد و نیاز به روشن شدن دلایل آن باشد.
- تجزیه و تحلیل تشخیصی، مکمل نظارت معمول بر عملکرد سیستم‌های آبیاری است. مدیریت آگاه عملکرد، زمانی اقدام به ارزیابی تشخیصی می‌کند که اطلاعات بدست آمده از نظارت معمول، حاوی انحرافات از سطوح عملکرد مورد انتظار باشد، مشکلاتی بروز کرده و یا نیاز به تغییر سطح عملکرد باشد.
- ارزیابی تشخیصی حتی‌الامکان باید توسط مؤسسه مربوطه آبیاری انجام شود. اگر به دانش تخصصی برای علت‌یابی و تشخیص نیاز باشد، می‌توان از یک کارشناس کمک گرفت. اگر ارزیابی تشخیصی توسط گروه مستقلی صورت می‌گیرد جلب موافقت مؤسسه یا نهاد مدیریتی لازم است.



شکل ۷- شروع ارزیابی عملکرد



شکل ۸- مراحل ارزیابی‌های تشخیصی

### ۶- مقایسه ارزیابی عملکرد و مهندسی ارزش در شبکه‌های آبیاری و زهکشی

همانطوریکه در بخش‌های قبلی اشاره گردید همسوئی فرآیندی در مقایسه ارزیابی عملکرد و مهندسی ارزش قابل توجه بود لیکن به منظور آشنایی بیشتر با ماهیت عملیاتی ارزیابی عملکرد و مهندسی ارزش و تفاوت آنها موضوع را از منظرهای زیر مورد بررسی قرار می‌دهیم.

الف) مراحل انجام و اقدامات در هر یک از روش‌ها به شرح زیر ملاحظه می‌گردد.

| <u>مراحل ارزیابی و بهبود عملکرد</u>                          | <u>مراحل مهندسی ارزش</u> |
|--|--------------------------|
| - شناسایی و ارزیابی وضع موجود                                | - جمع‌آوری اطلاعات       |
| - تعیین استانداردهای قابل قبول                               | - تحلیل طرح              |
| - مقایسه وضع موجود با استانداردهای تعیین شده (پتانسیل موجود) | - ثبت نظرات              |
| - ارائه راهکارهای بهبود عملکرد                               | - نظریه‌پردازی           |
|  | - بحث و بررسی            |
|  | - ارائه توصیه‌ها         |
|  | - پیاده‌سازی             |

تفاوت عمده فقدان نظریه‌پردازی یا کم اثر بودن آن در روش ارزیابی و بهبود عملکرد قابل توجه می‌باشد با دقت نظر در شکل شماره ۳ چارچوب مراحل اجرایی مهندسی ارزش و شکل شماره ۵ چارچوب برنامه ارزیابی عملکرد برای طرح‌های آبیاری و زهکشی عامل هزینه که در حقیقت مؤلفه مهم توجیهی پروژه‌ها محسوب می‌گردد در مهندسی ارزش محور و جایگاه ویژه‌ای را در روند بررسی، حائز می‌باشد.

#### ب) مقاطع زمانی انجام مطالعات

در ارزیابی عملکرد آبیاری آنچه تا به حال مورد عمل قرار گرفته است پس از اجرای عملیات ساختمانی و در دوره بهره‌برداری صورت می‌پذیرد در حالیکه فرآیند مهندسی ارزش می‌تواند در کلیه مراحل مطالعه، طراحی، اجرا و بهره‌برداری صورت پذیرد و کارآمدی آن در تمامی عمر پروژه خواهد بود.

#### ج) تجارب حاصل شده از بررسی‌های قبلی

یکی از مشکلات عمده در ارزیابی و بهبود عملکرد پروژه‌های آبیاری محدودیت‌های روش‌های موجود برای ارزیابی کمی و عملکرد و ارائه استانداردهای مناسب و واقع‌بینانه بوده است که موجب شده مطالعات ارزیابی و بهبود عملکرد موفقیت‌چندانی نداشته باشد. در حالیکه مهندسی ارزش به لحاظ قدمت و توفیقات آن در پروژه‌ها خصوصاً در کشورهای غربی با توجه به گزارشات، به ثبوت رسیده و مستندات کافی در این زمینه انتشار یافته است لذا در مورد شبکه‌های آبیاری و زهکشی که می‌تواند به لحاظ ماهیتی شبیه پروژه‌های عمرانی دیگر تلقی شود، امیدوار باشیم زمینه توفیق نیز فراهم خواهد گردد.

#### د) تئوری روش‌های کاربردی

تئوری روش‌های مهندسی ارزش به لحاظ علمی و مهندسی بیشتر سابقه دارد و مورد نقد و بررسی قرار گرفته لذا به لحاظ کاربردی عمومیت بیشتر دارد و از تکنیک‌های پشتیبانی بیشتری نیز برخوردار است.

### ۷- نتیجه‌گیری

- بزرگی و پیچیدگی پروژه‌های آبیاری و زهکشی دلیل مطمئنی برای انتخاب مهندسی ارزش می‌باشد. زیرا در صورت اجرای موفقیت‌آمیز مهندسی ارزش، صرفه‌جویی عمده‌ای در هزینه‌ها در پی خواهد داشت.
- با بررسی روش‌های مهندسی ارزش و ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری ملاحظه می‌گردد نه تنها مغایرت ماهیتی ندارند بلکه از تکنیک‌ها و تجارب حاصل شده از هر کدام، می‌توان در انجام بهینه ارزیابی استفاده مطلوب به عمل آورد.
- از دستاوردهای تخصصی ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری که سابقه طولانی‌تر در کشور دارد و بهره‌مندی از تکنیک‌های پشتیبان مهندسی ارزش در جهت ایجاد روندی پویا به منظور ارتقاء کارآمدی طرح‌های آبیاری و زهکشی سود برد و جایگاه نوینی در این ارتباط پایه‌گذاری نمود و امیدوار بود تا قبل از صرف هزینه‌های کلان طرح‌های سرمایه بر، اطمینان از کفایت مطالعات، کارا بودن طراحی، اجرا و بهره‌برداری سیستم در مقاطع مختلف زمانی عمر پروژه حاصل شده است.



- نتایج تجارب حاصله از پروژه‌های منابع آب که اخیراً در کشور تحت عنوان مهندسی ارزش صورت پذیرفته که فقط بخش ناچیزی از اهداف پروژه‌ها را شامل می‌گردیده، توانسته است به خوبی کاربرد اصولی روش‌های مهندسی ارزش را به اثبات برساند.
- لزوم تحول کیفی در دیدگاه‌های راهبردی توسعه کیفی، کارفرمایان را بر آن می‌دارد که قبول مسئولیت نمایند و زیر ساختار اصلی موفقیت کاربرد مهندسی ارزش را فراهم آورند و شاید یکی از دلائل عمده آن الزام کاربرد مهندسی ارزش در طرح‌های عمرانی طبق قانون برنامه سوم توسعه (ماده ۶۱ بند ج) باشد تا تضمینی برای صرفه‌جویی اصولی در پروژه‌های سرمایه بر آبیاری و زهکشی حاصل گردد بنابراین سازوکار قانونی و قراردادی این امر اکنون فراهم گردیده و فقط توجه کارفرمایان دلسوز پروژه‌های عمرانی را طلب می‌نماید تا اقدامات بهینه خود را در این زمینه اعمال نمایند.
- توسعه آموزش مدیریت ارزش و تکنیک‌های مهندسی ارزش باعث می‌گردد نیروهای متخصص درگیر پروژه‌های عمرانی به صورت هوشمندانه‌تر به مسائل برخورد نمایند و به ارزش‌های پروژه پی برده در جهت کارآمدی طرح‌ها و صرفه‌جویی منطقی عمل نمایند.
- توصیه می‌شود که پس از انجام طراحی اولیه (۳۰ درصد طراحی)، مهندسی ارزش شروع شود و در این حالت بیشترین پتانسیل صرفه‌جویی ناشی از اعمال مهندسی ارزش میسر می‌باشد و هر چه از طراحی به سمت اجرا و بهره‌برداری ادامه یابد امکان پذیرش پیشنهادات جدید کاهش می‌یابد.

## فهرست منابع

- 1) P. KRISHNAN, K. R. SAXENA, "Value Engineering ind Project" New Dehli, November 1994.
- 2) AL – Yousefi, Abdulaziz. "Total Value Management", 2001, Tehran IRAN.
- ۳) مهندسی ارزش تألیف محمد سعید جبل عاملی، علیرضا میرمحمد صادقی تهران: فرات ۱۳۸۰.
- ۴) دومین سمینار عملکرد شبکه‌های آبیاری و زهکشی. محمد جواد منعم. علی ذوالفقاری بهمن ۱۳۷۸.
- ۵) نخستین کارگاه مهندسی ارزش. دانشگاه امیرکبیر. محمد حسین سلیمی، محمد سعید جبل عاملی، سید حسین قدسی پور شهریور ۱۳۸۰.
- ۶) سمینار مهندسی ارزش، سازمان آب و برق خوزستان، علی اصغر جلال‌زاده آبان ۱۳۸۰.
- ۷) فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP، تألیف دکتر سید حسن قدسی‌پور، دانشگاه صنعتی امیرکبیر مرکز نشر ۱۳۷۹.
- ۸) سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت امور فنی، نشریه شماره ۳۲۹۱۸ انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۱۳۷۹.
- ۹) سامانه، نشریه علمی- دانشجویی، دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه علم و صنعت ایران شماره ۱۳.
- ۱۰) دستورالعمل‌های ارزیابی عملکرد آبیاری و زهکشی... انستیتو بین‌المللی مدیریت آب، کولومبو سری لانکا.
- ۱۱) فصلنامه مه‌آب قدس، جدید شماره ۲۵ زمستان ۸۲.
- ۱۲) فصلنامه مه‌آب قدس، شماره ۲۱ زمستان ۸۲.

## پیوست شماره ۱

خوشبختانه در سال‌های اخیر با همت سازمان‌های مختلف گام‌های اساسی در پیاده‌سازی فرهنگ استفاده از مهندسی ارزش برداشته شده، که اطلاعات مرتبط به آن کم و بیش در اختیار علاقمندان قرار گرفته است. مهندسین مشاور مه‌اب قدس به عنوان پیشگام در این امر در موارد متعدد در طرح‌های منابع آب موفق به بازنگری و دوباره اندیشی طرح‌های خود نموده و در این فرآیند پویا موفق به صرفه‌جویی و بهبود کیفیت در مراحل تهیه نقشه، مشخصات فنی اجرا و بهره‌برداری شده است. و این تفکر را اشاعه نموده که ارجح‌تر از هر طرح مهندسی طرح برتری نیز وجود دارد و هر رویکرد یا تولید فنی می‌تواند مورد نقد و بررسی قرار گیرد. در این راستا نتایج دستاوردها در فصلنامه‌های مه‌اب قدس چاپ در اختیار همگان می‌باشد لذا به منظور آشنائی با روند مهندسی ارزش و ابعاد مختلف عملی و اجرائی مراحل آن، چکیده‌ای از اقدامات انجام شده در دو طرح آبیاری و زهکشی و منابع آب انتخاب و به ضمیمه ارائه شده است، تا مفاهیمی از مهندسی ارزش که در مقاله درج گردیده به عنوان فن‌آوری شناخته شده و کاربردی که به ظهور رسیده مدنظر علاقمندان قرار داده شود.

کلیه سیاست‌های هر طرح از منظر مهندسی ارزش به اصلی، ثانوی و غیر ضروری طبقه‌بندی می‌شدند

- فعالیت‌های اصلی تحت تأثیر نوع طراحی است.
- کارکردهای ثانوی با اعمال مهندسی ارزش بهبود می‌یابند.
- کارکردهای غیر ضروری پس از اعمال مهندسی ارزش حذف می‌شوند.

## طرح آبرسانی و آبیاری آبادان و خرمشهر

بررسی و مطالعه اصولی در فاصله سال‌های ۵۵-۱۳۵۲ با نام «مطالعات مرحله اول آبرسانی و آبیاری جزیره آبادان در خرمشهر» توسط مهندسین مشاور مه‌اب- انجام شد. چهارچوب مطالعات، طراحی و اجرای طرح‌های توسعه را در چهار مرحله زمانی پیش بینی کرده بود. طرح و نقشه‌های اجرائی مرحله اول توسعه بین سال‌های ۶۲-۱۳۵۷ تهیه شده و کارهای اجرائی با سرعت کم و با اعتبارات محدود شروع گردید. در روند اجرای کار و هر چند گاه یکبار مباحث و نقطه نظراتی پیرامون طرح مطرح می‌شد؛ که کم و بیش بر روی روند اجرای کار تأثیر می‌گذاشت، به ویژه آنکه در خلال جنگ ایران و عراق، شرایط اجرای مستمر کار در منطقه فراهم نبود.

پیشنهاد برگزاری کارگاه مهندسی ارزش در شرایطی صورت پذیرفت که باید برای ادامه فعالیت‌های اجرایی کار، برنامه‌ای جامع و قانع‌کننده که بتواند به مسایل و مشکلات پیچیده کار پاسخ دهد، تدوین می‌شد. کارگاه مهندسی ارزش طرح تأمین آب و آبیاری و زهکشی آبادان و خرمشهر و لایروبی و ساماندهی رودخانه بهمینشیر در تاریخ‌های پنجم تا ششم آبان ماه در اهواز و ادامه جلسات کارگاه یازدهم و سیزدهم آبان ماه ۱۳۸۲ در تهران با اهداف زیر تشکیل گردید.

- بازنگری سیمای طرح تأمین آب؛
- تعیین اولویت‌های اجرایی؛
- هماهنگی طرح لایروبی و سامان‌دهی رودخانه بهمنشیر با طرح تأمین آب؛
- ارزیابی اجزای طرح و در صورت امکان کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری.

### گروه مهندسی ارزش

این گروه شامل ۳۵ نفر از کارشناسان با تخصص‌های مختلف از سازمان‌های مختلف بودند که در طول دوره برگزاری کارگاه، حضور فعالانه داشتند:

- نمایندگان دفتر توسعه شبکه‌های آبیاری و زهکشی شرکت مدیریت منابع آب ایران، وزارت نیرو؛
- مدیران و مجریان سازمان آب و برق خوزستان؛
- مهندسی مشاور سازه‌پردازی ایران (طرح لایروبی و سامان‌دهی رودخانه بهمنشیر)؛
- مهندسین مشاور انهار جنوب؛
- دانشگاه شهید چمران اهواز؛
- مهندسی مشاور مه‌آب قدس.

### بازدید از قسمت‌های مختلف طرح

در تاریخ ۱۳۸۲/۸/۵ گروه مهندسی ارزش از قسمت‌های مختلف طرح به شرح زیر بازدید کردند و توضیحات مربوط توسط کارشناسان ارائه گردید: ایستگاه پمپاژ مارد و موقعیت احداث سد اصلی کارون، کانال مارد، مسیر سیفون کانال خرمشهر، سرریز کانال مارد به بهمنشیر و موقعیت سد سلولی، موقعیت سد خاکی در بهمنشیر، سه شاخه حفار در خرمشهر، ایستگاه پمپاژ طره‌بخاخ، رودخانه اروند، موقعیت سد پایین‌دست بهمنشیر، پل چوئنده، پل ایستگاه ۷.

### کارگاه مهندسی ارزش

#### مرحله بررسی اطلاعات طرح

در تاریخ ۱۳۸۲/۸/۶ اولین جلسه کارگاه از ساعت ۸ صبح لغایت ۱۸ برگزار گردید. در این جلسه اجزای مختلف طرح، سوابق مطالعاتی و عملیات اجرایی انجام شده تاکنون توسط اعضای گروه تشریح گردید و سپس، روش مهندسی ارزش توسط آقای مهندس جلال‌زاده تشریح و نتایج مثبت انجام مهندسی ارزش در طرح‌های عمرانی در سطح ملی و بین‌المللی ارائه شد.

در جهت امکان ارزیابی گزینه‌ها، ابتدا معیارهای ارزش توسط اعضا ارائه و پس از بحث و بررسی در خصوص اثرات این معیارها در بهبود عملکرد طرح، معیارهای ارزش طرح مشخص شد و جهت تعیین وزن آنها پرسش‌نامه در اختیار قرار گرفت.

در این ارزیابی حداقل و حداکثر امتیاز هر معیار عدد ۱ تا ۹ تعیین شد، عدد ۱ برای معیار با اهمیت بسیار کم و ۹ برای معیار بسیار مهم در نظر گرفته شد. براساس متوسط نظرات اعضا، وزن این معیارها به شرح زیر تعیین گردید:

جدول ۲- معیارهای ارزش و وزن آنها

| ردیف | معیار ارزش                       | وزن |
|------|----------------------------------|-----|
| ۱    | حفظ کیفیت آب                     | ۸   |
| ۲    | عوامل زیست محیطی و اکولوژی       | ۸   |
| ۳    | سهولت بهره‌برداری و نگهداری      | ۷   |
| ۴    | حداقل اتلاف آب                   | ۷   |
| ۵    | عمر مفید                         | ۷   |
| ۶    | شرایط اجتماعی                    | ۷   |
| ۷    | سادگی تکنولوژی اجرا              | ۶   |
| ۸    | در دسترس بودن مصالح              | ۶   |
| ۹    | کمینه بودن مصرف انرژی            | ۶   |
| ۱۰   | استفاده از امکانات موجود و شرایط | ۶   |
| ۱۱   | مستقل بودن عملکرد                | ۶   |
| ۱۲   | چند منظوره بودن                  | ۵   |
| ۱۳   | ریسک‌پذیری                       | ۵   |

باید توجه داشت که معیارهای ارزش و وزن آنها متوسط نظر اعضای گروه است و در تصمیم‌گیری نهایی در مورد گزارش مهندسی ارزش ارائه شده توسط گروه، مقام‌های تصویب‌کننده و مسئول می‌توانند حسب مصالح مورد نظرشان، وزن معیارها را بازنگری و بر آن اساس گزینه بهینه را تعیین نمایند.

### مرحله تعیین کارکردهای اصلی و فرعی (Function Analysis)

در این مرحله ابتدا طرح به اجزای مختلف تقسیم شد و Function یا کارکردهای طرح مشخص گردیدند و هزینه‌های تقریبی آنها ثبت گردید.

### مرحله خلاقیت (Creativity)

در این مرحله با استفاده از روش توفان ذهنی<sup>۱</sup>، گزینه‌های مختلف توسط اعضا ارائه و پس از تشریح گزینه‌ها توسط پیشنهاددهندگان، گزینه‌های مشابه استخراج و در نهایت گزینه‌ها در سه گروه زیر خلاصه گردیدند. گزینه‌های بدست آمده در هر گروه از تلفیق کارکردهایی که با یکدیگر ارتباط داشتند و مجموع آنها می‌توانست یک گزینه را تعریف کند، به شرح زیر بدست آمد:

1- Brain storming

## گروه الف- گزینه پایه

الف- ۱. اجرای گزینه پایه (گزینه منتفب مطالعات مرحله اول): این گزینه به اجزای مختلف تقسیم می‌شود: ایستگاه پمپاژ وارد، کانال وارد، سرریز وارد، سد بالادست بهمنشیر، ایستگاه پمپاژ طره‌بخاخ، احداث حوضچه ذخیره در وارد، احداث سد در پایین‌دست بهمنشیر، احداث سد اصلی وارد.

الف- ۲. گزینه پایه با مذف موضیچه ذفیره.

الف- ۳. گزینه پایه با مذف موضیچه ذفیره و انتقال ثقلی به کانال وارد (گزینه پایه با استفاده از سد وارد با هدف جلوگیری از شوری آب و انحراف به کانال وارد و همچنین احداث سد بالادست بهمنشیر و حذف حوضچه ذخیره به اضافه احداث سد پایین‌دست بهمنشیر).

الف- ۴. امدات سد در پایین‌دست کارون با کاهش ظرفیت ایستگاه پمپاژ وارد (احداث سد اصلی در بالادست سه شاخه، انتقال ثقلی به بهمنشیر و کاهش ظرفیت ایستگاه پمپاژ وارد).

## گروه ب- حذف بهمنشیر به عنوان سیستم انتقال

ب- ۱. مفاظ گزینه پایه اجرا شده، مذف موضیچه ذفیره وارد، آبیگری شبکه آبیاری مستقیماً از کانال وارد با امدات سد اصلی وارد و مستقل از بهمنشیر و عبور از بهمنشیر با سیفون (حذف و یا کاهش ارتفاع پمپاژ در وارد و طره‌بخاخ).

ب- ۲. گزینه (ب- ۱)، با تغییر موقعیت آبیگری به دارفونین (منظور نقطه‌ای است که تحت تأثیر آب شور ناشی از مد دریا نباشد).

## گروه ج- احداث سد اصلی در پایین‌دست سه شاخه حفار

ج- ۱. امدات سد در پایین‌دست سه راه حفار (روی کارون). سد پایین‌دست بهمنشیر با پیش‌بینی برای کشتیرانی و حفظ ایستگاه طره‌بخاخ، کاهش ظرفیت ایستگاه پمپاژ وارد پس از احداث سد اصلی با قفل کشتیرانی.

## مرحله ارزیابی (Judgement)

پس از گروه‌بندی گزینه‌ها، با توجه به وزن معیارهای تعیین شده نسبت به تعیین ارزش گزینه‌ها برای ارزیابی آنها اقدام شد.

| گروه گزینه   | متوسط ارزش |
|--|------------|
| الف) گزینه پایه  | ۵۲۱/۱۵     |
| ب) حذف بهمنشیر به عنوان سیستم انتقال                       | ۴۲۸/۸۵     |
| ج) احداث سد اصلی در پایین دست سه شاخه حفار با قفل کشتریانی | ۴۲۸/۱۵     |

### بررسی مزایا و معایب گزینه‌ها

در ادامه این مرحله مزایا و معایب هر یک از گزینه‌ها در ارتباط با عوامل زیر مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

- استفاده از سرمایه‌گذاری‌های انجام شده؛
- استفاده چند منظوره شامل تأمین آب، جلوگیری از تداخل آب شور و شیرین، تسهیل در ترابری آبی، انطباق برنامه زمان‌بندی اجرای قسمت‌های اصلی طرح (تأمین آب)، با شرایط کیفی رودخانه کارون؛
- در اختیار داشتن نقشه‌های اجرایی؛
- امکان بهره‌گیری سریع‌تر از اهداف طرح؛
- پیچیدگی تجهیزات هیدرومکانیکی؛
- پیچیدگی و عدم توجیه احداث حوضچه ذخیره در حال حاضر؛
- ضرورت انتقال زه‌آب به پایین دست بهمنشیر؛
- کاهش مصرف انرژی؛
- کاهش اتلاف آب شیرین؛
- مشکلات تملک اراضی؛
- حفظ شرایط اکولوژی و زیست محیطی رودخانه بهمنشیر.

در ادامه کارگاه مهندسی ارزش گزینه‌های تعیین شده با مشخص نمودن اجزا با حضور کارشناسان ذیربط شامل: مجریان طرح، کارشناسان مهندسی مشاور در زمینه‌های برآورد قیمت و تکنولوژی اجرا و نیز مدیران طرح‌های مشاور تعیین هزینه گردیدند. این برآورد صرفاً در ارتباط با طرح‌های تأمین، انتقال و ترابری آبی می‌باشد (هزینه احداث شبکه‌های آبیاری و زهکشی در کلیه گزینه‌ها یکسان است).

جدول ۴- برآورد هزینه گزینه‌ها.

| گزینه  | هزینه (میلیارد ریال) | گزینه | هزینه (میلیارد ریال) |
|--------|----------------------|-------|----------------------|
| الف- ۱ | ۶۷۲                  | ب- ۱  | ۸۸۳                  |
| الف- ۲ | ۵۰۲                  | ب- ۲  | ۱۱۱۵                 |
| الف- ۳ | ۶۱۵                  | ج     | ۵۸۰                  |
| الف- ۴ | ۴۸۸                  |       |                      |

**شاخص ارزش (Value index)**

در ادامه بررسی‌ها شاخص ارزش گزینه‌های اصلی به شرح زیر تعیین گردید:

| گزینه  | ارزش   | هزینه (میلیون تومان) | شاخص ارزش |
|--------|--------|----------------------|-----------|
| الف- ۱ | ۵۲۱/۵  | ۶۷/۲                 | ۷/۷۶      |
| الف- ۲ | ۵۲۱/۵  | ۵۰/۲                 | ۱۰/۳۹     |
| الف- ۳ | ۵۲۱/۵  | ۶۱/۵                 | ۸/۴۸      |
| الف- ۴ | ۵۲۱/۵  | ۴۸/۷۵                | ۱۰/۷۰     |
| ب- ۱   | ۴۲۸/۸۵ | ۸۸/۳                 | ۴/۸۶      |
| ب- ۲   | ۴۲۸/۸۵ | ۱۱۱/۵                | ۳/۸۵      |
| ج      | ۵۲۸/۱۵ | ۵۸                   | ۹/۱۱      |

گزینه‌هایی که از لحاظ شاخص ارزش در رده پایین بودند حذف گردید و گزینه‌های برتر (گزینه‌های الف- ۴ و الف- ۲) برای مطالعات بیشتر به مرحله توسعه انتقال یافت.

**مرحله توسعه (Development)**

با توجه به شاخص ارزش گزینه‌های محاسبه شده نتیجه گردید که گزینه‌های:

الف- ۲. گزینه پایه با حذف حوضچه ذخیره؛

الف- ۴. احداث سد در کارون.

دارای بیشترین شاخص ارزش بوده و می‌تواند به کارفرما ارایه شود و اجزای آن دقیق‌تر مورد بررسی قرار گیرد. به دلیل نزدیک بودن شاخص ارزش این دو گزینه ادامه و توسعه مطالعات این دو گزینه به شرح زیر پیشنهاد گردید تا پس از آن با اطلاعات تدقیق شده، گزینه برتر تعیین شود.

**مرحله ارائه (Presentation)****اولویت‌های مطالعاتی و اجرایی**

در این مرحله با توجه به مطالعات انجام شده در کارگاه و هدف تعیین شده توسط کارفرما نتیجه به شرح زیر پیشنهاد شد:

با مشخص شدن شاخص ارزش بالاتر گزینه‌های الف- ۲ و الف- ۴ از گروه الف نسبت به سایر گزینه‌ها، گروه مهندسی ارزش اولویت‌هایی در ارتباط با توسعه مطالعات در اجزاء غیر مشترک و اجرایی اجزایی مشترک طرح در دو گزینه را به شرح زیر پیشنهاد می‌نماید:



### الف) اولویت‌های طرح تأمین آب و طرح‌های آبیاری و زهکشی

- ۱- اجرای سد بالادست بهمنشیر به صورت دو مرحله‌ای (مرحله اول پیش‌بینی قفل کشتیرانی در نقشه‌های اجرایی و اجرای سد و در مرحله دوم اجرای قفل کشتیرانی پس از نهایی شدن طرح سامان‌دهی آبراهه بهمنشیر و کارون توسط سازمان‌های ذیربط). لکن چنانچه سامان‌دهی آبراهه بهمنشیر و ترابری آبی و ظرفیت مربوطه در اولویت باشد و اعتبار مورد نظر تأمین شود اجرای هم‌زمان، مقرون به صرفه خواهد بود.
- ۲- اجرای شبکه زهکشی برای قسمت‌هایی که شبکه ثانویه آبیاری آنها تکمیل و یا در شرف اجرا می‌باشد.
- ۳- تکمیل کارهای مربوط به شبکه آبیاری بلوک‌های KQ1 تا KQ8 و TB1 و TB2 و ادامه کانال KQ تا انتها، احداث ایستگاه‌های پمپاژ ثانویه KQ9 تا KQ13، احداث شبکه‌های ثانویه آبیاری KQ9 تا KQ13 (ایستگاه‌های K14 و KQ15 فقط ساختمان‌های ایستگاه پمپاژ بدون تجهیزات برقی و مکانیکی اجرا شود).
- ۴- اجرای کانال شمال خرمشهر و شبکه آبیاری و زهکشی.
- ۵- اجرای شبکه‌های آبیاری و زهکشی بلوک‌های KO4 و KO5.
- ۶- اجرای طرح تأمین آب و شبکه آبیاری و زهکشی جزیره مینو.
- ۷- اجرای طرح تأمین و شبکه آبیاری و زهکشی ساحل چپ بهمنشیر.
- ۸- اجرای طرح تأمین و شبکه آبیاری و زهکشی ساحل راست بهمنشیر.
- ۹- اجرای طرح تأمین و شبکه آبیاری و زهکشی شلمچه و دهکده ولی‌عصر.
- ۱۰- مطالعه و طراحی احداث سد اصلی کارون براساس دو گزینه منتخب کارگاه مهندسی ارزش (سد اصلی در مارد و یا در کارون)، بدیهی است مقایسه و انتخاب یک گزینه از این دو گزینه می‌تواند در چارچوب مطالعات میان کار مرحله اول و یا یک کارگاه مهندسی ارزش انجام گیرد.

### ب) اولویت‌های طرح لایروبی و سامان‌دهی بهمنشیر

- ۱- برداشتن موانع و بقایای ناشی از جنگ تحمیلی.
- ۲- برداشتن موانع روی بهمنشیر از قبیل پل‌های فلزی و پایه‌های فلزی ایستگاه ۷.
- ۳- تثبیت سواحل بخش‌های لایروبی شده.
- ۴- ادامه عملیات لایروبی رودخانه بهمنشیر و ایجاد ظرفیت ترابری آبی مناسب.

### توصیه‌ها

توصیه‌های گروه مهندسی ارزش به شرح زیر می‌باشد:

- ۱- با توجه به آماده شدن قسمت‌هایی از شبکه آبیاری، تشکیل سازمان بهره‌برداری و ایجاد تشکل‌های استفاده‌کنندگان از آب ضروری بوده تا امکان پرداخت بخشی از هزینه بهره‌برداری توسط کشاورزان مقدور گردد.

- ۲- با توجه به هزینه‌های بسیار سنگین انجام شده در طرح، تشکیل واحدهای پژوهشی برای افزایش تولید محصول خرما در منطقه، مورد نظر قرار گیرد.
- ۳- مسائل کشتیرانی در بهمنشیر در کارگاه مهندسی ارزش با حضور نمایندگان: سازمان بنادر و کشتیرانی، وزارت امور خارجه، جهاد کشاورزی (شیلات)، وزارت نیرو، وزارت دفاع و وزارت کشور بررسی گردد.
- ۴- با توجه به شرایط منطقه و سرمایه‌گذاری کلان انجام شده، اولویت ویژه‌ای برای طرح قائل شده تا اجرای سد پایین‌دست بهمنشیر در طول ۵ سال آینده اجرا گردد.
- ۵- کاهش کمیت و کیفیت آب رودخانه کارون مورد بررسی قرار گرفته و از آنجایی که اجرای سد اصلی رابطه مستقیم با کیفیت آب کارون دارد، اجرای این سد در برنامه چهارم ملحوظ گردد.

### اعتبارات مورد نیاز طرح براساس اولویت‌ها

|                    |   |
|--------------------|---|
| ۷۰ میلیارد ریال    | ۱- احداث سد بالادست بهمنشیر (به طور کامل)                     |
|                    | شامل:   |
| ۱۰ میلیارد ریال    | - احداث سد  |
| ۶۰ میلیارد ریال    | - احداث قفل کشتیرانی  |
| ۵۰/۴ میلیارد ریال  | ۲- احداث شبکه زهکشی KO1-3 جمعاً:                              |
| ۴۹۱ میلیارد ریال   | ۳- تکمیل کانال و شبکه‌های آبیاری و زهکشی TB و KQ جمعاً:       |
|                    | شامل:   |
| ۲۰ میلیارد ریال    | - احداث باقیمانده کانال KQ                                    |
| ۸۴ میلیارد ریال    | - زهکشی واحدهای در دست اجرا                                   |
| ۲۸۷ میلیارد ریال   | - احداث شبکه‌های آبیاری و زهکشی باقیمانده                     |
| ۱۲۷/۵ میلیارد ریال | ۴- تکمیل کانال و شبکه‌های آبیاری و زهکشی شمال خرمشهر جمعاً:   |
|                    | شامل:   |
| ۳۵ میلیارد ریال    | - احداث باقیمانده کانال                                       |
| ۳۰ میلیارد ریال    | - تکمیل شبکه آبیاری   |
| ۶۲/۵ میلیارد ریال  | - احداث شبکه‌های زهکشی  |
| ۶۵ میلیارد ریال    | ۵- احداث شبکه‌های آبیاری و زهکشی KO4,5 جمعاً:                 |
| ۱۲۰ میلیارد ریال   | ۶- تأمین آب و احداث شبکه‌های آبیاری و زهکشی جزیره مینو جمعاً: |
|                    | شامل:   |
| ۳۴ میلیارد ریال    | - احداث آبرگیر و کانال انتقال                                 |

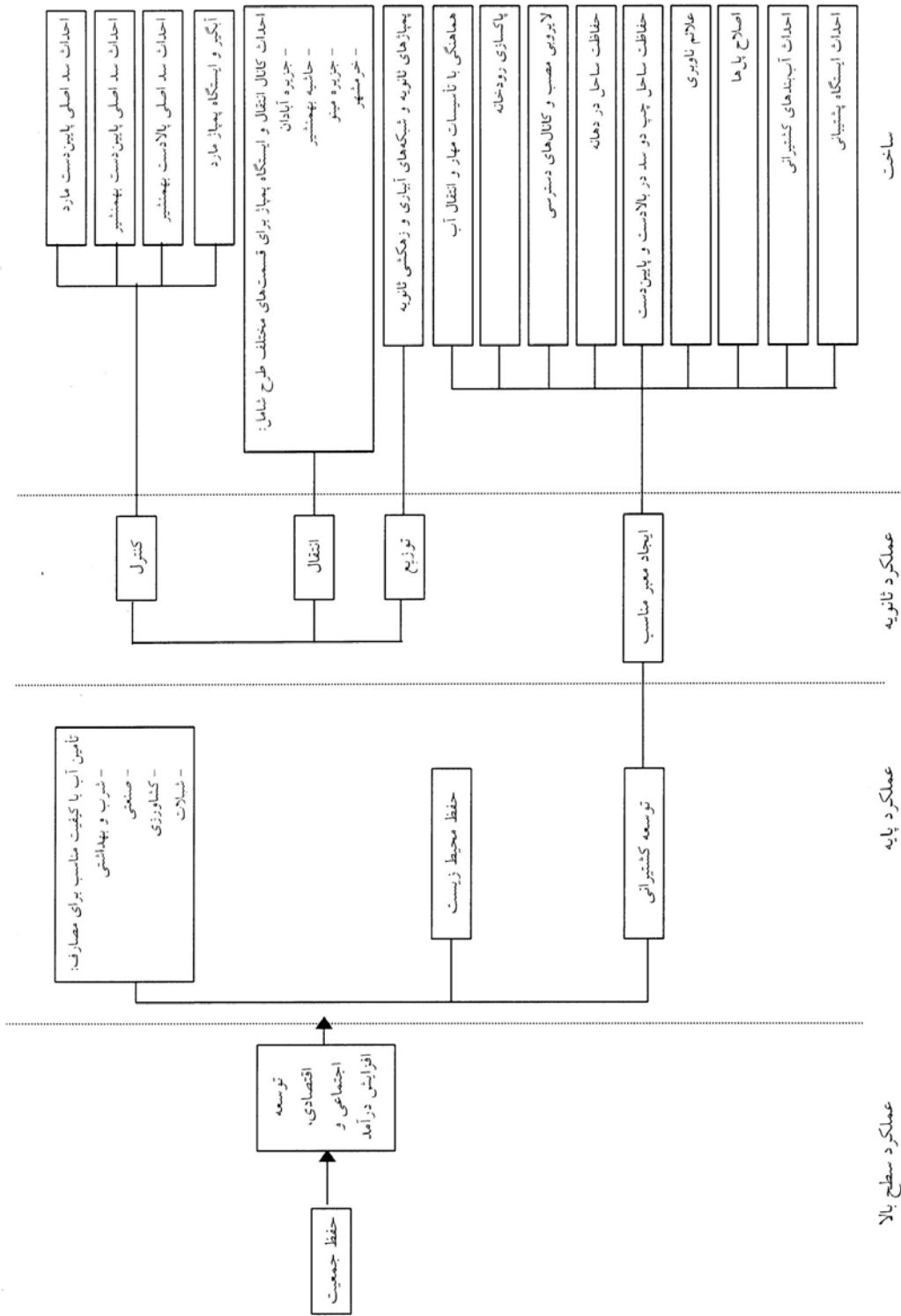
- احداث شبکه‌های آبیاری و زهکشی ۸۶ میلیارد ریال
  - ۷- احداث شبکه آبیاری و زهکشی ساحل چپ بهمنشیر جمعاً: ۱۶۱ میلیارد ریال
  - ۸- احداث شبکه آبیاری و زهکشی ساحل راست بهمنشیر جمعاً: ۱۶۱ میلیارد ریال
  - ۹- احداث شبکه آبیاری و زهکشی دهکده ولی عصر و شلمچه جمعاً: ۲۴۰ میلیارد ریال
  - ۱۰- احداث سد پایین دست بهمنشیر (به طور کامل) جمعاً: ۱۰۰ میلیارد ریال
  - ۱۱- احداث سد کارون (به طور کامل) جمعاً: ۳۰۰ میلیارد ریال
- شامل:

- احداث سد ۲۳۰ میلیارد ریال
- احداث قفل کشتیرانی ۷۰ میلیارد ریال

توضیح: هزینه‌های طرح لایروبی و سامان‌دهی بهمنشیر به استثنای هزینه سدها و قفل کشتیرانی در هزینه‌های گزینه‌های مرتبط فوق منظور نشده است.

### نتایج کارگاه مهندسی ارزش

با بازدید اعضای گروه کار از اجزای مختلف طرح و گزینه‌های محتمل در ارتباط با سیمای طرح و نیز تشکیل جلسات کارگاه در خوزستان و تهران و ارزیابی کلیه گزینه‌ها و تعیین شاخص ارزش هر یک، نهایتاً گروه مهندسی ارزش گزینه الف-۲ و الف-۴ را انتخاب و برای ادامه مطالعات و اجرا توصیه نموده است. براساس نتایج این کارگاه حوضچه ذخیره در بالادست مارد با توجه به شرایط کنونی و برنامه زمانی اجرا سایر اجزای طرح تأمین آب، توجیه نداشته و در مجموع حدود ۱۷۰ میلیارد ریال در سرمایه‌گذاری‌های طرح صرفه‌جویی می‌گردد.



عملکرد سطح بالا

عملکرد پایه

عملکرد ثانویه

دیگرام F.A.S.T در مهندسی ارزش طرح آبدان

## مهندسی ارزش طرح سیروان

سیروان رودخانه‌ای مرزی در غرب کشور نقش اساسی در آبادی و حیات این منطقه داشته است فعالیت عمرانی در این حوزه از سال ۱۳۱۸ شروع شده و بعزل گوناگون از جمله ضعف تکنولوژی در اجرای تونل‌های بلند، طراحی و ادامه اجرای طرح را با مشکلاتی مواجه نمود و تا اینکه در سال ۱۳۴۸ مطالعات از نو آغاز گردید و حاضران ساخت سد قشلاق بر روی سر شاخه‌های که در سال ۱۳۵۷ به سر رسید جنگ ایران و عراق بر روند مطالعات و اجرای طرح‌های توسعه رودخانه‌های غرب کشور اثر گذاشت. سال ۱۳۷۰ مطالعات از نو جان گرفت و کارهای ساختمانی سد گاوشان از سال ۱۳۷۳ شروع شد.

طرح جامع آب سیروان، تفکر جامع‌نگری را به مجموعه سیستم سیروان حاکم گرداند و مطالعات پراکنده را در قالب برنامه‌ریزی قانون‌مند و هدف‌دار منابع آب و خاک منطقه، قوام داد. شرکت‌های مهندسی مشاور متعددی برای بخش‌های متفاوت کار انتخاب شدند و هر یک با اطلاع از حوزه کارشان نزدیک خود، مطالعات را به جلو راندند، پیچیدگی و ابعاد وسیع طرح سیروان، هزینه اجرائی بسیار زیاد و حداکثر استفاده از زمان، متولیان طرح را بر آن داشت تا به کمک فرایند مهندسی ارزشی و اتکاء به خلاقیت و خروجی با حفظ اهداف طرح که کنترل حداکثر آب در داخل کشور ، به بررسی و توفیق سیمای طرح پرداخته و به بهترین گزینه‌ها با هزینه و زمان اجرائی مناسب و اطمینان از ساخت پذیری، دسترسی پیدا کنند.

## دستاورد کارگاه مهندسی ارزش طرح سیروان

کارگاه مهندسی ارزش طرح سیروان به مدت ۵ روز ۸۱/۹/۲۳ تا ۸۱/۹/۲۷ تشکیل شد و در افتتاحیه کارگاه معاونت (وقت) وزیر در امور آب به لحاظ اهمیت این طرح ملی ابراز نمودند ویژگی‌های طراحی، پیچیدگی مسائل ژئوتکنیکی موقعیت جغرافیائی طرح (همه جوارى با کشور عراق) و منازعات بین‌المللی بر سر آب‌های مشترک و سازمان‌های متنوع و ابعاد آنها، محورهای قابل بحث در کارگاه را توجه به هزینه ساخت، بازگشت سرمایه، آثار زیست‌محیطی و آثار اجتماعی و اقتصادی ناشی از اجرای طرح داشتند و اشاره نمودند از نظر وزارت نیرو عامل زمان و کمیت آب انتقالی اهمیت بیشتری دارد به طوری که هزینه‌های طرح، بازگشت سرمایه و آثار زیست‌محیطی باید به صورت قیدهای از تابع هدف تعریف شوند. در بخش دیگر هماهنگ کننده کارگاه پس از شرح مختصری در مورد فرایند مهندسی ارزش و مزایای استفاده از این روش در طرح‌های عمرانی با تأکید به اهمیت و جایگاه جمعی از نخبگان صنعت آب کشور در این کارگاه ایشان اعلام نمودند هدف کارگاه بازنگری خلاقانه سیمای طرح سیروان برای استفاده بهینه از منابع در این طرح عنوان کردند و اضافه نمودند که در این کارگاه فقط سیمای طرح مورد بررسی قرار می‌گیرد و رسیدگی تک تک پروژه‌ها در کارگاه‌های مهندسی ارزش بعدی نقد و بررسی می‌گردد.

## کارگاه مهندسی ارزش طرح سیروان

با اطلاع از نیازهای کارفرما و دامنه مطالعات، مرحله پیش مطالعه را پیش سرگذاشت و با معرفی پروژه‌های دهگانه توسط نمایندگان مهندسین مشاور ذیربط، وارد مرحله اطلاعات که اولین مرحله برنامه کار مهندسی ارزش است، شد. مهندسی مشاور جاماب که مطالعات مدیریت منابع آب طرح و تهیه CPM طرح را انجام می‌دهد، سیمای کلی طرح را برای اعضای کارگاه ارائه کرد، و هدف از اجرای طرح را بررسی توسعه بهره‌برداری از منابع آب سطحی رودخانه واقع در محدوده حوضه آبریز رودخانه سیروان و رودخانه‌های مرزی غرب کشور از سیروان تا دویرج دانست. مهندسی مشاور مهاب قدس پروژه سد مخزنی آزاد و تونل انتقال آزاد به ژاوه رود را که در برگیرنده ساخت یک سد بر روی رودخانه آزاد و یک تونل انتقال از مخزن سد آزاد به بالادست محور سد ژاوه رود بود، تشریح کرد. احداث سد مخزنی ژاوه و تونل انتقال آب به حوضه رودخانه کرخه توسط شرکت مشاورین مطرح شد. هدف از اجرای این طرح، ساخت سد ژاوه بر روی رودخانه ژاوه تونل انتقال از سد ژاوه تا سرشاخه‌های کرخه در محل روانسر بود. مهندسین مشاور بنداب سد مخزنی گردلان که هدف آن بخشی از نیازهای آبی دشت‌های گرمسیری جنوب غربی کشور و تولید انرژی برق آبی است، از محل اتصال دو رودخانه گاران و آزاد رود در منطقه دو رود سروآباد تا حدود ۹ کیلومتری پایین دست پل دوآب نوسود بر روی رودخانه سیروان، قابل جانمایی است. تونل انتقال آب نوسود موضوع مطالعه طرحی بود که مهندسین مشاور لار عهده‌دار انجام آن بودند. این تونل آب تنظیمی سد گردلان را در دو گزینه؛ گزینه هیروی - از گله و ورا- از گله به منطقه از گله انتقال می‌دهد مطالعات قطعه دوم سامانه انتقال آب به دشت‌های گرمسیری در ۶ قطعه با مجموعه طولی حدود ۱۳۰ کیلومتر با تأکید بر سد هواسان بزرگ را مهندسین مشاور پارس کنسولت ارائه دادند. مهندسین مشاور راماب- توان آب، طرح انتقال آب از سومار تا مهران که قطعه سوم سامانه انتقال است دو گزینه را مورد بررسی قرار داده است، تشریح نمودند. ارائه نتایج مطالعه قطعه چهارم انتقال یعنی انتقال از مهران تا دهلران توسط مشاور یکم- پژوهاب صورت گرفت، در این طرح دو گزینه «با انتقال به کرخه» و «بدون انتقال به کرخه» مورد بررسی قرار گرفته بود. آخرین قطعه از مسیر تقریباً ۴۷۶ کیلومتری مجرای انتقال سراسری آب به دشت‌های گرمسیری تحت عنوان قطعه پنجم انتقال و انتقال از دهلران تا عین خوش فکه مشترکاً توسط مهندسین مشاور پندام و پایپلار انجام شد. طرح انتقال آب به دشت‌های قروه دهگلان بر اساس انتقال آب رودخانه آزاد از سد دویله (رودخانه آزاد) به سد ژاوه برای تأمین نیاز آبی دشت‌های قروه دهگلان و روانسر به همراه گزینه‌های دیگری نیز برای تأمین آب دشت قروه دهگلان مطلبی بود که مهندسین مشاور آبان پروژه با ارائه آن مرحله اطلاعات را تکمیل نمود و کارگاه با مشخص کردن کارکردها و تقسیم‌بندی کارکردها به اصلی و ثانویه وارد مرحله تحلیل کارکردها گردید. کارگاه کارکرد اصلی را تأمین و انتقال آب برای مصارف شهری، کشاورزی اعم از زراعی- باغی و ماکیان، صنعت، زیست‌محیطی و آبی‌پروری و تولید انرژی تعیین کرد و کارکردهای ثانویه ضروری را سدسازی، تونل سازی و اجرای کانال انتقال، سیفون، کالورت و ایستگاه‌های پمپاژ مشخص نمود.

عزم ملی برای اجرای طرح صرف نظر از مسایل سیاسی محتمل (با توجه به نیاز روزافزون به آب شیرین در کشور)، عدم محدودیت منابع مالی، عدم محدودیت نیروی انسانی (به کارگیری مشاوران و پیمانکاران اعم از داخلی و خارجی) عدم برآورد درآمد و هزینه نیروگاه‌های آبی در این مرحله از مطالعات با توجه به نبود اطلاعات کافی، پیش فرض‌های در نظر گرفته شده برای کارگاه بود.

معیارهای مورد ارزیابی با توجه به دیدگاه‌های شرکت کنندگان در کارگاه در هفت مورد تعیین و مورد توافق قرار گرفت، و برای هر یک از معیارها با توجه به اهمیت نسبی آنها نسبت به یکدیگر وزن‌گذاری شد. وزن‌گذاری معیارها با ورقه انجام گرفت و پس از جمع‌بندی دیدگاه‌های مختلف، وزن نهایی هر یک از معیارها تأیید شد:

| وزن | معیار                                  |
|-----|--|
| ۸   | ۱. زمان                                |
| ۶   | ۲. اطمینان و یقین به امکان اجرای پروژه |
| ۷   | ۳. محل مصرف                            |
| ۵   | ۴. آثار زیست‌محیطی (توسعه پایدار)      |
| ۶   | ۵. انعطاف‌پذیری                        |
| ۵   | ۶. مسایل اجتماعی                       |
| ۵   | ۷. بازگشت سرمایه                       |

اینک نوبت هسته مرکزی گروه مهندسی ارزش بود تا با توجه به آگاهی از اهداف طرح و اطلاع از مشخصات پروژه‌های هر یک از مهندسين مشاور به ارایه پیشنهادها و گزینه‌های جدید که شالوده و محتوای اصلی مرحله خلاقیت است، بپردازد. در این مرحله بیش از ۴۰ پیشنهاد و گزینه مطرح شد که پس از بحث و ارزیابی و حذف گزینه‌های مشابه، ۲۵ گزینه برای بررسی توسط شرکت‌کنندگان و امتیازدهی بر اساس معیارهای تأیید شده، انتخاب گردید. فهرست گزینه‌ای منتخب برای مرحله ارزیابی به شرح زیر بود:

- A1 سد آزاد- انتقال به سد ژاوه- انتقال به کرخه و روانسر- گردلان- مناطق گرمسیری (تا سومار)
- A2 سد آزاد- انتقال به سد ژاوه- انتقال به قروه دهگلان و همدان- انتقال به روانسر و کرخه - مناطق گرمسیری (تا سومار)- هواسان کوچک
- A3 سد آزاد- انتقال به گاوشان- انتقال به قروه دهگلان و همدان- ژاوه به روانسر و کرخه - مناطق گرمسیری (تا سومار)- هواسان کوچک
- A4 سد آزاد- انتقال به گاوشان و روانسر- گردلان - مناطق گرمسیری (تا سومار)- هواسان کوچک
- A5 گزینه ۱ (هواسان بزرگ به جای هواسان کوچک)
- A6 گزینه ۲ (هواسان بزرگ به جای هواسان کوچک)
- A7 گزینه ۳ (هواسان بزرگ به جای هواسان کوچک)
- A8 گزینه ۴ (هواسان بزرگ به جای هواسان کوچک)

- A9 سد آزاد به ژاوه- قروه+ همدان+ دهگلان- گردلان- مناطق گرمسیری (تاسومار)
- A10 گزینه ۹ (بجای سد کوچک هواسان سد بزرگ هواسان) تا سومار
- B1 سد آزاد - انتقال به سد ژاوه- انتقال به کرخه و روانسر- گردلان- انتهای مناطق گرمسیری
- B2 سد آزاد - انتقال به سد ژاوه- انتقال به قروه و دهگلان و همدان- انتقال به روانسر و کرخه-  
انتهای مناطق گرمسیری
- B3 سد آزاد - انتقال گاوشان- انتقال به قروه و همدان- ژاوه به روانسر- ژاوه به روانسر و کرخه-  
انتهای مناطق گرمسیری
- B4 سد آزاد - انتقال به گاوشان و روانسر - گردلان- انتهای مناطق گرمسیری
- B5 گزینه ۱+ هواسان بزرگ (به جای هواسان کوچک)
- B6 گزینه ۲+ هواسان بزرگ (به جای هواسان کوچک)
- B7 گزینه ۳+ هواسان بزرگ (به جای هواسان کوچک)
- B8 گزینه ۴+ هواسان بزرگ (به جای هواسان کوچک)
- B9 سد آزاد به ژاوه- قروه+ همدان+ دهگلان- گردلان- انتهای مناطق گرمسیری
- B10 گزینه ۹ (به جای سد کوچک هواسان، سد بزرگ هواسان)
- ۱۱ آزاد- ژاوه- گردلان- هواسان بزرگ- انتهای مناطق گرمسیری- کرخه
- ۱۲ سد آزاد- انتقال به گاوشان- اضافه سد ژاوه به روانسر- گردلان انفجاری 1-S3- بند انحرافی-  
تونل نوسود- سد هواسان کوچک- مناطق گرمسیری تا سومار
- ۱۳ سد آزاد به گاوشان برای روانسر- همدان، دهگلان و قروه- ژاوه+ گردلان- تونل نوسود-  
هواسان بزرگ- نواحی گرمسیری
- ۱۴ گردلان- ژاوه- ژاوه به قروه و گاوشان و همدان- گاوشان به روانسر و کرخه- توسعه مناطق  
گرمسیری با الوند و دویرج
- ۱۵ گردلان- ژاوه- ژاوه به قروه- گاوشان- گاوشان به روانسر و کرخه- مناطق گرمسیری- از  
رودخانه‌های محلی- حداکثر استفاده از تونل دشت عباس برای دشت‌های فکه- عین خوش

در مرحله ارزیابی به گزینه‌های پیشنهادی امتیاز داده شد. برای این کار، ابتدا تمام گزینه‌ها توسط هر یک از اعضا، با توجه به معیارهای انتخاب شده، امتیاز گرفتند و با ضرب امتیاز هر گزینه در وزن هر معیار، امتیاز نهایی هر گزینه به شرح زیر به دست آمد:

مفروضات به کار گرفته شده در محاسبات اقتصادی نیز از این قرار بود:

- ۱- نرخ بهره- تنزیل: ۷ درصد؛
- ۲- نرخ تسعیر ارز: ۸۰۰۰ ریال به ازای هر دلار؛
- ۳- نرخ برق تولیدی: ۳ سنت (معادل ۲۵۰ ریال) برای هر کیلووات ساعت؛



۴- نرخ برق مصرفی: برای پمپاژ و .....، ۵۰ ریال.

جدول امتیاز گزینه‌های پیشنهادی و شاخص‌های B-C و نسبت فایده به هزینه

| گزینه | امتیاز | B-C (میلیارد ریال) | نسبت فایده به هزینه |
|-------|--------|--------------------|---------------------|
| A1    | ۱۸۸    | ۱۹۱                | ۱/۳                 |
| A2    | ۲۰۴    | ۱۱۱                | ۱/۲                 |
| A3    | ۲۰۸    | ۱۴                 | ۱                   |
| A4    | ۱۹۹    | ۲۳۰                | ۱/۶                 |
| A5    | ۱۶۰    | ۲۰۶                | ۱/۳                 |
| A6    | ۱۷۹    | ۱۳۰                | ۱/۲                 |
| A7    | ۱۷۸    | ۲۳۸                | ۱/۴                 |
| A8    | ۱۸۱    | ۲۴۵                | ۱/۶                 |
| A9    | ۱۹۳    | ۱۰۱                | ۱/۱                 |
| A10   | ۱۷۷    | ۱۲۰                | ۱/۲                 |
| B1    | ۱۷۲    | ۴۴۷                | ۱/۵                 |
| B2    | ۱۸۱    | ۳۹۹                | ۱/۴                 |
| B3    | ۱۹۳    | ۱۵۵                | ۱/۲                 |
| B4    | ۱۷۶    | ۴۸۵                | ۱/۷                 |
| B5    | ۱۵۲    | ۵۳۱                | ۱/۶                 |
| B6    | ۱۸۲    | ۴۷۸                | ۱/۵                 |
| B7    | ۱۷۹    | ۵۵۰                | ۱/۶                 |
| B8    | ۱۷۸    | ۵۶۹                | ۱/۸                 |
| B9    | ۱۷۸    | ۳۸۹                | ۱/۴                 |
| B10   | ۱۶۴    | ۴۸۱                | ۱/۴                 |
| ۱۱    | ۱۵۸    | ۷۰۰                | ۱/۹                 |
| ۱۲    | ۱۸۷    | ۲۰۶                | ۱/۴                 |
| ۱۳    | ۲۰۵    | ۵۱۵                | ۱/۶                 |
| ۱۴    | ۲۳۴    | ۹۲                 | ۱/۲                 |
| ۱۵    | ۲۴۰    | ۱۰۱                | ۱/۲                 |

در نهایت با توجه به مرحله مطالعات (شناسایی)، کمبود اطلاعات درباره هزینه‌های طول عمر گزینه‌ها (LCC) و مدت اجرا، اولویت‌بندی گزینه‌ها به لحاظ کسب بالاترین امتیاز کیفی، فایده خالص و نسبت فایده

| شاخص گزینه | امتیاز کیفی | شاخص گزینه | فایده خالص | شاخص گزینه | نسبت فایده به هزینه |
|------------|-------------|------------|------------|------------|---------------------|
| رتبه       | رتبه        | رتبه       | رتبه       | رتبه       | رتبه                |
| ۱۵         | اول         | ۱۱         | اول        | اول        | اول                 |
| ۱۴         | دوم         | B8         | دوم        | B8         | دوم                 |
| A3         | سوم         | B7         | سوم        | B4         | سوم                 |
| ۱۳         | چهارم       | ۱۳         | چهارم      | B5         | چهارم               |
| A2         | پنجم        | B5         | پنجم       | B7         | پنجم                |
| A4         | ششم         | B4         | ششم        | ۱۳         | ششم                 |
| B3         | هفتم        | B10        | هفتم       | B1         | هفتم                |
| ۱۴         | هشتم        | B1         | هشتم       | B6         | هشتم                |

به هزینه، از بین آنها شش گزینه پیشنهاد شد تا پس از تأیید رسمی کارفرما ادامه مطالعات روی آنها متمرکز و اطلاعات لازم برای کارگاه مهندسی ارزش دوم کسب شود و در کارگاه مهندسی ارزش انتهای مطالعات مرحله اول طرح (مرحله توجیهی) یک گزینه ارجح به کارفرما پیشنهاد می‌شود.

در نهایت، پس از بحث و بررسی گزینه‌های ۱۵ و ۱۴، B5، B7، B1 و B8 که در اولویت‌بندی در رده‌های بالای جدول قرار داشتند و نیز کلیه نقطه نظرات و اهداف را پوشش می‌دادند، برای ادامه مطالعات به مجری طرح پیشنهاد گردید.

لازم است توجه داده شود که با تدقیق ارقام فایده خالص و نسبت فایده به هزینه پس از کارگاه مهندسی ارزش (که اطلاعات اولیه توسط شرکت جاماب ارائه شد) ترتیب اولویت‌ها برای انتخاب ۶ گزینه به صورت ۱۷، ۱۶، ۱۱، B8، B7 که جز گزینه B1 و B5 بقیه گزینه‌های پیشنهادی با ارقام بازنگری شده باقی مانده‌اند ولی گزینه ۱۱ و B4 جای آنها شده‌اند، درآمد.

### نقطه نظرات ارایه شده در کارگاه مهندسی ارزش

با توجه به نقطه نظرات ارائه شده در چند روز کارگاه مهندسی ارزش، مهمترین مسائل عنوان شده را به صورت زیر می‌توان ارائه کرد:

- برنامه‌ریزی منابع و مصارف و انتقال آب بین حوزه‌های سیستم یکپارچه کارون، دز، کرخه و سیروان (حوزه آبریزهای اصلی کشور) برای نیازهای مناطق مرکزی، جنوب شرقی، غرب ایران و تعیین یک چارچوب کلی و کلان برای منابع و مصارف حوزه‌های آبریز اصلی کشور.
- برنامه‌ریزی انتقال آب رودخانه سیروان به حوزه‌های کرخه و رودخانه‌های گرمسیری غرب کشور با توجه به یافته‌ها، محدودیت‌ها و امکانات حاصل شده در برنامه‌ریزی کلان منابع و مصارف حوزه‌های آبریز اصلی کشور.
- بررسی استفاده از پتانسیل برق آبی در حوزه آبریز رودخانه سیروان.

- استفاده از حداکثر آب در حوزه آبریز رودخانه سیروان (کشاورزی، پرورش آبزیان، صنعتی، جنگل کاری)
- برخی از کمبودها که تصمیم‌گیری در مورد گزینه‌ها را با عدم قطعیت و تقریب مواجه نموده‌اند و ضرورت ادامه مطالعات برای گزینه‌های پیشنهادی را موجب می‌شوند عبارتند از:
- گزارش‌های ارائه شده توسط شرکت‌های مهندسی مشاور طرح به سبب عدم هم‌زمانی شروع مطالعات و پیچیدگی‌های آنها هم‌سنگ نبوده و همچنین دارای نقایص اطلاعاتی بوده به نحوی که گزینه‌های مطرح شده توسط این مشاورین قابل مقایسه در یک سیستم برای بررسی یکپارچه نمی‌باشند. برخی از کمبودهای اطلاعاتی عبارت‌اند از:
- طول زمان اجرای طرح با تقریب قابل قبول.
- سرمایه‌گذاری اولیه و هزینه‌های نگهداری و تعمیرات دوره بهره‌برداری (هزینه طول عمر طرح‌ها (LCC).
- تقریب زیاد در سرمایه‌گذاری اجرای طرح‌ها در مورد پروژه‌هایی که ارائه شده بود.
- عدم قطعیت زیاد در پارامترهای زمین شناسی ژئوتکنیکی و شرایط آب‌بندی سد و مخزن.
- عدم بررسی‌های فنی در مورد طرح سد هواسان بزرگ.
- این گزینه فقط به صورت توصیفی ارائه شده است.
- عدم بررسی جامع منافع طرح- به عنوان مثال منافع ناشی از انتقال آب به سرشاخه کرخه و تولید انرژی برق‌آبی در سدهای کوران بوزان، سازین- سیمره، پاعلم و سد مخزنی کرخه در گزارشات ملاحظه نشده است.
- با توجه به کمبودهای فوق و با عنایت به تقریبی بودن مطالعات پایه، جمع‌بندی و نتیجه‌گیری گزینه‌ها در این مقطع بسیار تقریبی و برای شناخت گزینه‌های بالقوه و جهت ادامه طرح (پروژه‌ها) است.

### پیشنهادها

- ۱- برنامه‌ریزی یکپارچه منابع آب (آب‌های سطحی و زیرزمینی) و نیازهای حوزه‌های کارون، دن، کرخه، سیروان برای مصارف محلی و انتقال به حوزه مرکزی، جنوب شرقی و دشت‌های گرمسیری غرب کشور؛
- ۲- بررسی معیارهای انتقال آب بین حوزه‌ای در گزینه‌های مختلف؛
- ۳- مطالعات آب‌های زیرزمینی در حوزه آبریز دشت‌های گرمسیری غرب کشور (آبخوان‌های آبرفتی و سازندهای سخت). این مطالعات با توجه به تأثیر بسیار آن در پروژه‌های انتقال آب به دشت‌های گرمسیری غرب از فوریت برخوردار است؛
- ۴- برنامه‌ریزی حداکثر بهره‌برداری از منابع آب سطحی و زیرزمینی حوزه‌های غرب کشور؛

- ۵- تسریع در مطالعات آب‌بندی سدها و مخازن طرح (پروژه‌ها) و اثرات متقابل کارست و مخزن بر روی هم (کارکرد کارست در فرار آب یا ذخیره آن)؛
- ۶- با توجه به اینکه تونل کرخه به دشت عباس احداث شده است و از طرف دیگر در صورت اجرای طرح انتقال آب از سر شاخه سیروان به حوزه کرخه، این منطقه با آب بیشتری مواجه می‌گردد. بنابراین تخصیص بیشتر آب از سد کرخه به حوزه رودخانه‌های میمه و دویرج امکان‌پذیر خواهد بود. بدین لحاظ مطالعه در مورد اثرات استفاده حداکثر از آب انتقالی سد مخزنی کرخه به حوزه میمه، دویرج، عین خوش و فکه روی پروژه‌های انتقال آب سیروان از طریق تونل نوسود به این دشت‌ها پیشنهاد می‌گردد:
- ۷- قبل از برگزاری کارگاه مهندسی ارزش بعدی پیشنهاد می‌شود گزارش کلیه مشاورین به لحاظ پارامتری زیر هم‌سنگ گردد:
- زمان اجرای اجزاء مهم طرح و زمان شروع بهره‌برداری؛
  - هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه و نگهداری و تعمیرات در طول دوره بهره‌برداری؛
  - ارائه توزیع و میزان آب تنظیمی و انتقالی؛
  - برآورد منافع طرح شامل سطح زیرکشت، الگوی کشت و درآمد در هکتار و درآمد هر مترمکعب آب در محل مصرف؛
  - برآورد میزان افزایش هزینه درآمد حاصل از تولید برق در سدهای حوزه آبریز کرخه در اثر انتقال آب به این حوزه؛
  - ارزیابی دقیق‌تر سایر معیارهای مرتبط با برنامه‌ریزی یکپارچه (مطرح شده در جلسه)
- ۸- استفاده از ابزارهای دقیق‌تر تصمیم‌گیری چند معیاره و گروهی؛
- ۹- پیشنهاد شد یکی مهندسی مشاور مادر پیگیری انجام پیشنهادهای فوق و هماهنگی بین مشاوران مختلف را به عهده گیرد.
- انتخاب یک مهندس مشاور مادر با تجربه در زمینه‌های تخصصی پروژه‌های طرح با توجه به اهمیت، تنوع، گستردگی و پیچیدگی و تعدد پروژه‌های طرح کاملاً ملموس و ضروری می‌باشد.