وزارت نیرو

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

مجموعه مقالات کارگاه فنی

ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی

۷ بهمن ماه ۱۳۷۸

نشریه شماره ۳۰ - ۱۳۷۸

وزارت نیرو

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

مجموعهٔ مقالات کارگاه فنی
ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی

هیئت علمی کارگاه

گروه کار ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی

دکتر عباس قاهری

مهندس حسن غروی

مهندس عنایت ثابتی

مهندس نقی برهان

دکتر محمد جوادمنعم

مهندس علی ذوالفقاری

مهندس احمد پورزند

مهندس مهرزاد احسانی

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

فهرست | صفحه

هدف و ضرورت ارزیابی عملکرد و وضعیت کنونی شبکه‌های آبیاری و زهکشی ۱
آقای مهندس ثابتی

معرفی روش‌های ارزیابی عملکرد (روش ارزیابی سریع، روش تشخیصی و روش تحلیل پوششی داده‌ها)..... ۷
آقای دکتر منعم

معرفی روش‌های ارزیابی عملکرد (روش فاری، روش مرجع) ۲۱
آقای مهندس غروی

بررسی شاخص‌های ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی ۳۵
آقای دکتر قاهری

بررسی سیستم ارزیابی عملکرد در وزارت نیرو و ارائه نظام مطلوب ۴۵
آقای مهندس پورزند

مزرعه آزمایشی ،اقدام پیشگیرانه و اصلاحی در تأمین عملکرد بهتر شبکه‌های آبیاری و زهکشی ۴۹
آقای مهندس ذوالفقاری

گزارش تحقیق ارزیابی عملکرد آبیاری با شاخص‌های تطبیقی یا مقایسه‌ای ناحیه آبیاری آلتوریولرما، مکزیک ۶۱
آقای مهندس برهان

ارزیابی عملکرد طرح آبیاری *Vurno* در کشور نیجریه ۹۵
آقای مهندس ثابتی

کارگاه ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی

هدف و ضرورت ارزیابی عملکرد و وضعیت کنونی شبکه‌های آبیاری و زهکشی

عنایت ثابتی [1]

مقدمه:

۱-برای پرداختن به مقوله ارزیابی عملکرد لازم است به گذشته برگردیم و روند اجرای طرح‌های عمرانی بخش آب را از نظر بگذرانیم. به عبارت دیگر عملکرد گذشته را بررسی و سپس ارزیابی کنیم.

۲-در گذشته چه کرده‌ایم و چه فعالیت‌هایی را در زمینه تأمین آب و شبکه‌های آبیاری و زهکشی انجام داده‌ایم؟

۳-وضع ما در حال حاضر چیست و نسبت به کشورهای پیشرفته و در حال پیشرفت چه موقعیتی داریم؟

۴-در آینده چه خواهیم کرد و چه فعالیت‌هایی را باید در زمینه تأمین و شبکه آبیاری انجام دهیم تا وضع گذشته تکرار نشود؟

۱-برای اینکه ببینیم در گذشته چه کرده‌ایم تا حدودی باید به گذشته برگردیم.

- برنامه‌های عمرانی (دو برنامه هفت‌ساله و سه برنامه پنج‌ساله) در بخش آب شامل احداث تعدادی سد و شبکه‌های آبیاری پائین‌دست آن در نقاط مختلف کشور است.
- سدهای کارون، دز، زاینده‌رود، سفیدرود، میناب، بوکان، مهاباد، درودزن، ارس، چاه‌نیمه و غیره در قبل از انقلاب و سدهای جیرفت، پیشین، طرق، کارده، مارون، بارون، علویان، تجن، ۱۵ خرداد و غیره در بعد از انقلاب احداث شده‌اند.
- اطلاع دارید که سدهای مذکور اغلب چند منظوره بوده که معمولاً اهداف اصلی آنها تامین

۱- عضو هیئت اجرائی و عضو گروه کار ارزیابی عملکرد کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

بخش عمدهٔ آب کشاورزی، شرب، صنعت، برق آبی، کنترل سیلاب و پرورش آبزیان بوده است.

- اگر به آمارها توجه کنید نهضت سدسازی و ایجاد شبکه‌های آبیاری و زهکشی از اواسط قرن بیستم در بیشتر کشورهای جهان انجام گرفته است. به عبارت دیگر هر جا که امکان مهار آب وجود داشته است ،احداث سد کاملاً شاخص بوده است.

- با توجه به آمار مشاهده می‌شود که تعداد سدهای مخزنی، که اغلب آنها بیشتر از ۱۵ متر ارتفاع داشته‌اند در قرن بیستم ساخته شده به طوری که بیش از ۸۷٪ سدهای احداث شده در طول تاریخ را شامل می‌شود.

- در قرن بیستم تا دهه ۷۰ احداث سدهای مخزنی و شبکه‌های آبیاری و زهکشی سیر صعودی و از آن به بعد سیر نزولی داشته‌اند (دهه ۵۰ و ۶۰ بهترین دوره احداث پروژه‌های آبی بوده است).

- جهت‌گیری در جوامع مختلف به شکل زیر بوده است:

در جوامعی که عرضه آب فراوان بوده از رژیم طبیعی رودخانه استفاده شده و در نتیجه آب کالایی کم ارزش بوده است.

- در جوامع دیگری نیازهای مصرف نسبت به منابع آب موجود بیشتر بوده که در این جا تکنولوژی به کمک آمده و سدها و شبکه‌های آبیاری برای استفاده بیشتر احداث گردیده‌اند، در دهه ۵۰، ۶۰ و ۷۰ کشور ما در زمره چنین کشورهائی بوده است که قسمت عمده پروژه‌های نسبتاً ارزان و پیچیده در طول این دوره احداث گردیده‌اند.

در این جا قیمت آب تا رسیدن به قیمت واقعی فاصله زیادی دارد.

- در جوامع دیگر از پتانسیل‌های موجود چه سطحی و چه زیرزمینی حداکثر استفاده به عمل آمده، به عبارت دیگر استفاده بهینه از منابع آب موجود با بکارگیری تکنولوژی بهره‌برداری و نگهداری تا استانداردهای قابل قبول را حفظ شده است. در این جاست که هزینه‌های سرمایه‌گذاری برای تأمین نیازهای آبی بسیار گران و غیر اقتصادی است و طبعا برآورد پروژه‌های سد و شبکه‌های آبیاری و زهکشی به طور سرسام‌آوری افزایش می‌یابد. چون پتانسیل توسعه بسیار محدود است باید تقاضاها کنترل شود. در این جا آب یک کالای کمیاب و نادر است و عدم تعادل در مصرف آب و تأمین نیاز به شدت محدودیت ایجاد کرده و جیره‌بندی در مصرف آب را الزامی می‌کند.

- در کشور ما تقریباً بخش عمده پروژه‌هایی که از توجیه کامل اقتصادی و فنی برخوردار بوده‌اند به مرحله اجرا رسیده‌اند.

- طرح‌هایی با سرمایه‌گذاری‌های عظیم (آبهای سطحی) اجرا شده‌اند.

- آبهای زیرزمینی استفاده شده است به طوری که اغلب دشت‌ها با بیلان منفی و تغییر کیفیت رو به روست.
- تخلیه مداوم و همیشگی پساب‌ها به داخل منابع آب موقعیت و کیفیت آب را کاهش داده است.
- استفاده از سموم و کودهای شیمیایی در کشاورزی اثرات مخربی بر روی منابع آب باقی گذاشته است.
- در اثر عدم بهره‌برداری ونگهداری صحیح از طرح‌های اجرا شده نه تنها عمر مفید طرح‌ها کاهش یافته بلکه قسمتی از اراضی تحت پوشش ماندابی و شور شده و در نتیجه راندمان‌ها به جای بالا رفتن، تنزل کرده است.

این وضعیت حاصل طرح‌هایی است که در گذشته اجرا شده و نسبت به طرح‌های اجرایی آینده از اولویت و توجیه بیشتری برخودار بوده‌اند.

در حال حاضر

در حال حاضر با توجه به تجربه‌های خودمان و سایر کشورها در یافته‌ایم که:
- در واقع آب مطمئن و قابل قبول برای کشاورزی و سایر مصارف یک کالای کمیاب، باارزش و یک نهاده اقتصادی است که مهار، تنظیم و انتقال آن برای هر منظوری گران تمام می‌شود. بنابراین آب را باید عزیز بداریم و بی مورد آن را هدر ندهیم.
- امروز دریافته‌ایم که کمبود آب یک مسئله جهانی است و دنیا با افزایش سرسام‌آور جمعیت به سرعت به سمت کمبود آب پیش می‌رود.
- تجربه قرن بیستم نشان داد که مصرف جهانی آب در کلیه سطوح ۵ برابر نسبت به گذشته افزایش یافته و در قرن ۲۱ مسلماً افزایش مصرف همچنان وجود خواهد داشت.
- سرانه آب قابل دسترس در حال حاضر نسبت به اوائل و اواسط قرن بیستم به طور چشمگیری کاهش یافته است. در خاورمیانه در دهه ۶۰ میلادی سرانه آب قابل دسترس ۳۳۰۰ متر مکعب و در حال حاضر حدود ۱۲۵۰ متر مکعب است که کمترین میزان آب سرانه می‌باشد.
- در حال حاضر بر اساس آمارهای موجود *FAO* شورای جهانی آب، کمیته بین‌المللی آبیاری و زهکشی، خاورمیانه و شمال آفریقا خشک‌ترین نقاط دنیا به شمار می‌آیند زیرا:
  - از نظر عرضه طبیعی آب به شدت فقیر هستند.
  - $\frac{3}{4}$ این مناطق خشک است.
  - سرچشمهٔ بیش از $\frac{1}{3}$ از رودخانه‌های این مناطق در خارج از آن واقع است.

- بارندگی بسیار نازل و به شدت کم، نامنظم و پراکنده است.
- ۵٪ جمعیت دنیا در این مناطق است در حالی که حدود ۰/۹۸٪ درصد یعنی کمتر از ۱٪ منابع آب تجدید شونده، سالیانه دنیا را در اختیار دارند.
- آلودگی آب از طریق فاضلاب‌های شهری و صنعتی، کودهای شیمیائی و سموم باعث تشدید مشکل از نظر کمی و کیفی شده است.
- ولی تقاضای آب به شدت رشد می‌یابد.
- در کشور خودمان نیز مؤلفه‌های فوق تا حدود زیادی مصداق دارند.

نازل بودن نزولات جوی و پراکندگی زمانی و مکانی آن باعث شده که کشور ما در زمره کشورهای نیمه‌خشک جهان قرار گیرد. این در حالی است که میزان تقاضا برای آب با رشد جمعیت و شهرنشینی، رشد تولیدات کشاورزی و گسترش صنعت افزایش یافته است.

علاوه بر این با گذشت زمان و اهمیت پیدا کردن برق آبی، پرورش آبزیان، مهار و کنترل سیلاب‌ها، جمع‌آوری و دفع بهداشتی فاضلاب‌ها، مدیریت کیفیت آب، حفاظت از آب و محیط زیست، تقاضای جدید به وجود آمده و در آینده نیز این موضوع تشدید می‌شود.

تجربه جهانی ارزیابی عملکرد

بنابراین چنانچه از بحث‌های فوق به ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری و زهکشی باز گردیم، از وضع موجود دنیا چنین نتیجه گرفته می‌شود که در اکثر کشورهای در حال توسعه :

- اغلب پروژه‌های آبیاری زهکشی به اهداف پیش‌بینی شده نمی‌رسند. به عبارتی دیگر اکثر پروژه‌ها ناموفقند.
- این پروژه‌ها نه تنها به اهداف خود نمی‌رسند بلکه با ضایعاتی که در بسیاری از مناطق دنیا به منابع آب و خاک وارد می‌کنند حتی از سطح تولید می‌کاهند.
- به دلیل ناموفق بودن طرح‌های آبی و بالاخص طرح‌های آبیاری و زهکشی کنفرانس‌های استکهلم با عنوان آب و محیط زیست و مهم‌ترین بخش کنفرانس ریو در برزیل به آب تخصیص یافته است.
- در همایش‌های متعددی که در سال‌های مختلف انجام گرفته بر مشخص بودن جایگاه آب و اخذ بهاء واقعی که در گذشته به آن توجه نشده بود تاکید شده است . بدیهی است اگر بهاء واقعی آب کشاورزی از مصرف‌کننده اخذ شود در اعمال مدیریت، برنامه‌ریزی، بهره‌برداری و نگهداری از شبکه‌های موجود تلاش خواهد شد. ضمن اینکه مصرف‌کننده به دلیل پرداخت

آب‌بهاء واقعی مصرف خود را بهینه می‌کند.

- در این کنفرانس‌ها همچنین به وحدت مدیریت در شبکه‌های آبیاری تأکید شده است.
- موضوع محیط زیست باید به عنوان اولین عامل در ارزیابی‌ها مدنظر قرار گیرد.
- ارزیابی اثرات اجتماعی، مشارکت مردمی، بالا بودن کارآئی مصرف‌کنندگان و تصمیم‌گیری در پایین‌ترین سطح مناسب از اقدامات خوبی است که می‌تواند اجرا شود.
- با توجه به آمارهای بسیار زیاد کمیته بین‌المللی آبیاری و زهکشی که از کمیته‌های ملی کشورهای مختلف اخذ شده، می‌توان از حدود ۵ سال قبل در ساختار سازمانی خود گروه‌کار ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی را پیش‌بینی نمود. تا با شناخت پروژه‌ها و مطالعه کافی بر روی هر کدام از آنها و ارائه راهکارهای مناسب، علت عدم موفقیت یا شکست پروژه را روشن و از طریق بازخورد اطلاعات به دست آمده سیستم موجود را اصلاح کرد.

۴- به تبع آن در کشور ما نیز این گروه از حدود ۵ سال پیش فعالیت می‌نماید و حاصل آن تهیه یک کتاب می‌باشد.

۵- با توجه به عدم موفقیت‌ها و عملکردهای ضعیف شبکه‌های آبیاری و زهکشی، سالها است که گروههای تحقیقاتی متعددی در نقاط مختلف دنیا بالاخص دانشگاه‌ها فعالیت می‌کنند تا علل شکست‌ها و عدم موفقیت‌ها را بررسی و راه‌حل عملی و فنی و اجتماعی ارائه نمایند. طبیعی است که اگر نقائص و عوامل مؤثر در عدم موفقیت‌ها بررسی و اصلاحات لازم در همه فاکتورهای دخیل در سیستم انجام شود مسلماً کشاورزی آبی در مقابل کشاورزی دیم برتری خود را نشان داده و در نتیجه تأمین غذای جمعیت روزافزون کره زمین را به میزان کاملاً قابل توجهی افزایش خواهد داد. ولی در حال حاضر این هدف تحقق نیافته است.

- در حال حاضر در کشور ما حدود ۱۵۷ پروژه کوچک و بزرگ از ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰۰ هکتار به مرحله اجرا رسیده‌است. من در این جا نمی‌توانم آمار دقیقی از عملکرد واقعی این پروژه‌ها بدهم. و درصد موفقیت و یا عدم موفقیت آنها را اعلام نمایم.
- متأسفانه به مسئله بهره‌بر داری و نگهداری در تأسیسات ایجاد شده جز در چند سال اخیر توجهی نشده است بعلاوه که اصولاً مدیریت سیستم‌های آبیاری و زهکشی به دلیل ارتباط با عوامل مختلف و بالاخص ارتباط با نمایندگان کشاورزان، شرکت‌های تعاونی و حقابه‌بران و... مشکل‌تر از حد تصور است.
- به دلیل مشکل بودن مدیریت‌ها، هر سال همایش‌ها، کارگاهها، گردهمایی‌های متعددی برای بررسی علل عدم موفقیت پروژه‌ها و معرفی راه‌های گریز از عدم موفقیت در سطح بین‌المللی انجام می‌گیرد که در هر کدام به تفصیل در مورد مطالعات موردی، شناسائی نارسائی‌ها و ارائه

توصیه‌های فنی و مدیریتی، ارائه طریق و مقالات آن در سطح دنیا منتشر می‌شود. در کشور ما هم در سال‌های اخیر اقدامات زیادی در ارتباط با گردهمایی‌ها و تألیف و ترجمه کتب انجام گرفته است.

آینده چه خواهد شد.

اگر قرار باشد مانند گذشته به مرحله سوم جهت‌گیری توجه نکنیم، تکلیف ما با سرمایه‌گذاری‌های غیر اقتصادی که در حال و آینده انجام خواهد گرفت روشن است ولی چه باید کرد؟

۱-ارزش واقعی آب را بشناسیم.

۲-چگونه می‌شود ارزش واقعی آب را شناخت؟

۳-قیمت آب بالاخص آب کشاورزی را واقعی کنیم.

۴-ضرورت دارد که به سیستم مدیریت واحد در شبکه‌های آبیاری و زهکشی توجه خاص بکنیم.

۵-برای ایجاد یک سیستم مشاوره‌ای خاص برای بهره‌برداری بهینه و نگهداری پروژه‌ها جداً اقدام کنیم و ارزیابی عملکرد طرح‌های فوق را در قبال پرداخت حق‌الزحمه مسئولانهٔ از آنها بخواهیم.

- جلوگیری از رشد جمعیت و تقاضای غیرمعقول آب ضرورتی انکار ناپذیر است.
- اهمیت برنامه‌ریزی جهت ارتقاء مدیریت حفاظت و مصرف آب به جهت:

۱-تأمین و انتقال و توزیع آب بسیار پرهزینه است و اغلب اعتبار مالی کافی در جهت توسعه منابع جدید در اختیار ندارد.

۲-منابع جدید بسیار پیچیده‌تر، مشکل‌تر و پرهزینه‌تر از قبل است.

۳-در کشورهای در حال توسعه از جمله کشور ما، زارعین مصرف‌کننده آب در تصمیم‌گیری‌های مربوط به مدیریت بهره‌برداری از منابع آب دخالت نداشته و یا نقش محدود دارند.

۴-تدوین دستورالعمل‌های مدیریتی برای استفاده از آب به عنوان یک کالای اقتصادی و بهینه‌سازی مصرف بر مبنای مصرف حجمی - انگیزه‌های تشویقی برای افراد کم مصرف می‌باشد.

روشهای ارزیابی عملکرد پروژه‌های آبیاری و زهکشی

محمدجواد منعم [1]

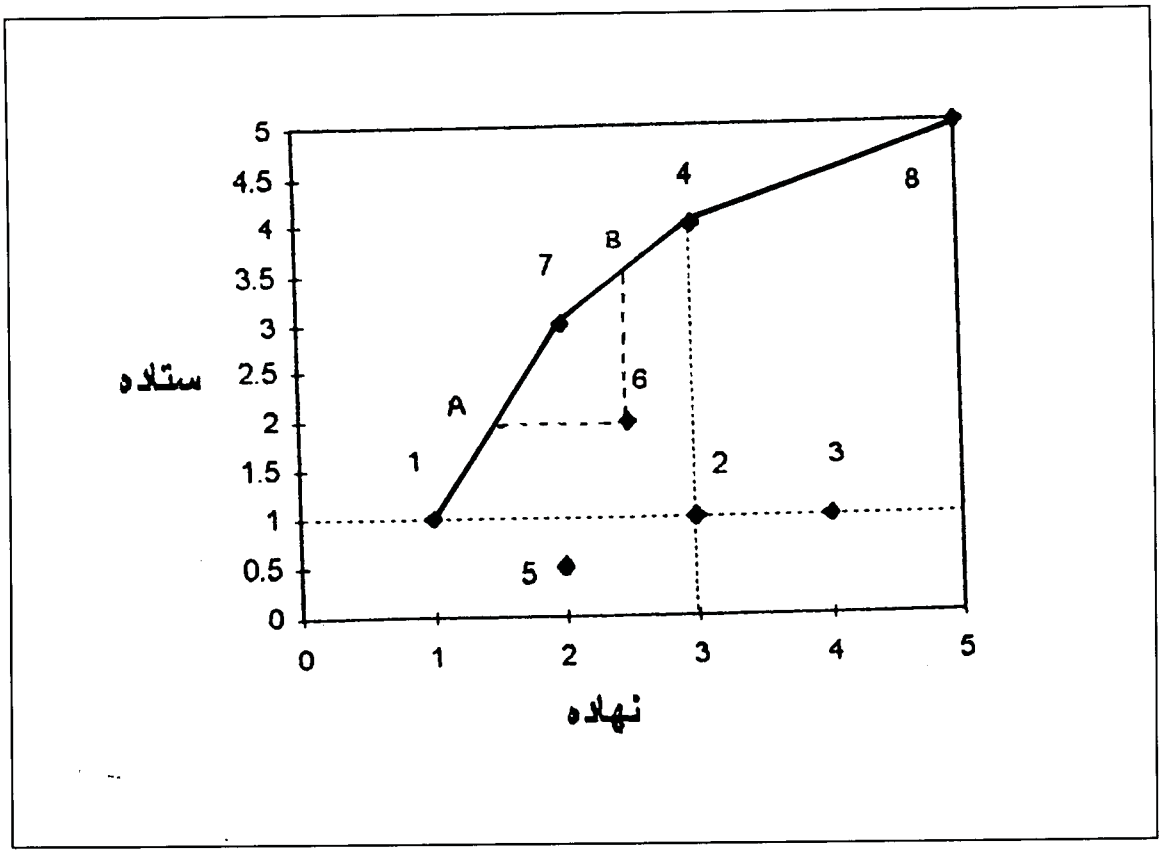
مقدمه

ارزیابی وضعیت موجود سیستم‌های آبیاری نشان داده است که عملکرد اغلب آنها بعلت نقائص مختلف در طراحی و اجرا، عدم نگهداری و بهره‌برداری مناسب و فقدان مدیریت مطلوب پایین‌تر از حد مورد انتظار می‌باشد. در زمینه اقتصادی و مالی، هزینه‌های سرمایه‌گذاری واحداث پروژه بمراتب بیش از مقدار پیش‌بینی شده بوده به طوری که در ۹ پروژه جدید در سراسر دنیا هزینه سرمایه‌گذاری در هر هکتار بطور متوسط ۲۸۵٪ از هزینه پیش‌بینی شده بیشتر بوده است و در ۹ پروژه بانک جهانی ۶۶٪ افزایش هزینه مشاهده شده است. از نظر زمانی مدت زمان احداث پروژه‌ها عمدتاً طولانی‌تر از موعد مقرر بوده است. برای پروژه‌های بانک جهانی در سال ۱۹۸۰ تأخیر متوسط ۷۲٪ را گزارش نموده‌اند. سطح تحت پوشش پروژه‌ها عمدتاً کمتر از سطح مورد نظر در طراحی بوده و در پروژه‌های نمونه در سطح آسیا، آفریقا و آمریکای لاتین این کاهش بطور متوسط ۳۳٪ بوده است. از نظر مدیریتی و بهره‌برداری نامطلوب، تلفات بالای آب موجب افزایش مشکلات ماندابی و شوری شده، به طوری که در پاکستان بیش از نیمی از اراضی تحت پوشش کانالهای آبیاری (حدود ۱۲ میلیون هکتار) ماندابی هستند که ۴۰٪ از این اراضی شور شده‌اند. در هندوستان نیز ۱۰ میلیون هتکار از اراضی بعلت مشکل ماندابی از چرخه زارعت خارج شده‌اند و ۲۵ میلیون هکتار در معرض شوری قرار دارند (*Rerelto* ۱۹۸۶). بهره‌برداری نامناسب موجب عدم رعایت عدالت در توزیع آب و تبعیض میان بهره‌برداران بخصوص تفاوت فاحش میان زارعین بالادست و پایین دست شده است (*Murry Rust et al.*).

با توجه به حجم عظیم سرمایه‌گذاری‌های انجام شده در طرحهای آبیاری و زهکشی و وجود محدودیت منابع مالی و منابع آب و خاک جهت احداث پروژه‌های جدید و همچنین عملکرد

۱-استاد دانشگاه تربیت مدرس و عضو گروه کار ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

ضعیف پروژه‌ها، ارزیابی عملکرد پروژه‌ها، رفع مشکلات آنها و نهایتاً بهبود عملکرد آنها مورد توجه عمومی و بخصوص موسسات بین‌المللی اعتباری و مراکز تحقیقات آبیاری قرار گرفته است (*Douglas etal.* ۱۹۹۷).



نمایش مقادیر یک ستاده در برابر یک نهاده برای هشت واحد مورد ارزیابی

مراحل ارزیابی و بهبود عملکرد را می‌توان به چهار بخش اصلی زیر، که می‌بایست بصورت یک چرخه تکرار گردند، ذکر نمود:

۱- شناسایی و ارزیابی وضع موجود.

۲- تعیین استاندارد قابل حصول.

۳- مقایسه وضع موجود با استاندارد و تعیین پتانسیل موجود.

۴- ارایه راه‌کارهای بهبود عملکرد.

یکی از مشکلات عمده در قبال ارزیابی و بهبود عملکرد پروژه‌های آبیاری و زهکشی محدودیت‌های روشهای موجودبرای‌ارزیابی‌کمی عملکردوارایه‌استانداردهای‌مناسب‌و

واقع‌بینانه بوده‌است که موجب شده مطالعات ارزیابی و بهبود عملکرد چندان موفق نباشند *al.* *(Oad et 1989, Chambers 1988)*. یافتن روش مناسب و آزمون آن برای ارزیابی و بهبود عملکرد یکی از مهمترین زمینه‌های تحقیقاتی روز در این رشته می‌باشد.

در این مقاله ابتدا روش‌های نظری ارزیابی عملکرد پروژه‌های آبیاری و زهکشی را مختصراً معرفی کرده و سپس، روش ارزیابی سریع *(Rapid appraisal, RA)* را که امیداواری‌های بیشتری در بهبود عملکرد فراهم کرده بطور مشروح مورد بحث قرار می‌دهیم.

ارایه استانداردهای مناسب برای مقایسه عملکرد، تعیین پتانسیل بهبود و ارایه راه‌کارهای حصول به آن ضروری است. از جمله مشکلات جدی در قبال ارزیابی عملکرد، عدم استفاده از تکنیک‌های مناسب برای ارایه استانداردهای مورد نظر می‌باشد. این امر تا کنون صرفاً بر اساس قضاوت کارشناسی صورت می‌گرفته و متکی بر دیدگاه افراد بوده است. اخیراً پیشرفت‌هایی در استفاده از روشهای ریاضی برای ارزیابی عملکرد واحدهای تولیدی صنعتی از دیدگاه اقتصادی و تکنیکی و ارایه استانداردهای آنها صورت گرفته است. با توجه به کارآیی این روشها، استفاده از آن‌ها در واحدهای خدماتی نیز در حال توسعه است. یکی از موفق‌ترین این روشها، روش تحلیل پوششی داده‌ها است *(Data Envelopment Analysis DEA)* که با توجه به قابلیت کاربرد آن در ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری و ارایه استانداردهای مناسب و واقع‌بینانه، در این مقاله معرفی می‌گردد.

روش‌های ارزیابی

کلاً روش‌های ارزیابی را می‌توان به دو دسته روش‌های نظری و روش‌های کمی تقسیم‌بندی نمود.به دنبال مواجهه با مشکلات روش‌شناسی در امر ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری و زهکشی، محققین مختلف برای رفع مشکل اقدام به بررسی‌های نظری در خصوص مبانی ارزیابی عملکرد طرح‌های آبیاری نمودند.

در این بررسی‌ها علاوه بر بحث در خصوص ابعاد مسئله و دیدگاه‌های متفاوت در مورد ارزیابی عملکرد، با بهره‌گیری از روش‌های ارزیابی در سایر علوم مانند پزشکی، مدیریت و توسعه روستایی به نوع این روش‌ها را برای ارزیابی عملکرد طرح‌های آبیاری تطبیق دادند. در انطباق این روش‌ها با طرح‌های آبیاری و زهکشی، متناسب با هر کدام از روش‌های مورد نظر ضمن تعیین نظام ارزیابی مربوطه محدوده مورد بررسی، دیدگاه ارزیابی، ابعاد مسئله، اجزاء مورد

نظر، مراحل ارزیابی و فرایند انجام ارزیابی به لحاظ نظری مورد بحث قرار گرفته است.
روش‌های نظری مورد استفاده در ارزیابی طرح‌های آبیاری و زهکشی عبارتند از:

- روش تحلیل تشخیصی،
- روش ارزیابی سریع، و
- روش چهارچوبی.

روش‌های نظری در عین حالی که تأثیر تعیین‌کننده‌ای در گشودن افق‌های جدید در امر ارزیابی طرح‌های آبیاری و زهکشی داشتند اما پاسخگوی ارزیابی کمی عملکرد طرح‌ها نبودند، لذا تلاش‌هایی در زمینه روش‌های ارزیابی کمی نیز صورت گرفت. شاخص‌های ارزیابی که قابلیت اندازه‌گیری داشته و ابعاد مختلف عملکرد را منعکس نمایند تعریف شدند و روش‌های مختلف تجزیه و تحلیل آنها ارائه شد. قدیمی‌ترین و ساده‌ترین آنها روش کلاسیک می‌باشد که با طبقه‌بندی و امتیازدهی شاخص‌ها و از جمع وزنی تک‌تک آنها امتیاز کل عملکرد سیستم به دست می‌آید.این روش در منابع مختلف از جمله ۱۹۸۳ *Restrepo* به طور مشروح معرفی و به کار گرفته شده است. با پیشرفت کاربرد روش‌های ریاضی در ارزیابی واحدهای صنعتی، این روش‌ها به تدریج در واحدهای خدماتی نیز به کار گرفته و با توجه به قابلیت آنها زمینه استفاده از آنها در ارزیابی طرح‌های آبیاری و زهکشی فراهم شد. از میان این روش‌ها روش تحلیل پوششی به علت موفقیت و توانایی‌های قابل توجه امید فراوانی در ارزیابی طرح‌های آبیاری و زهکشی ایجاد نموده است.

روش تحلیل تشخیصی *Diagnostic Analysis DA*

این روش در سال ۱۹۷۷ توسط آقای *Clyma* و همکاران برای توسعه و بهبود فرایند مدیریت شبکه‌های آبیاری ارائه شد و در پروژه سنتز مدیریت آب *(WMSP)* در پاکستان توسط دانشگاه ایالتی کلرادو در سال‌های ۱۹۷۷ و ۱۹۷۸ به کار گرفته شد و با مطالعات دیگر در مصر و هندوستان در سال ۱۹۸۳ توسعه یافت.
بنیان اصلی این روش بر این نظریه استوار است که بهبود عملکرد یک پروژه آبیاری هنگامی امکان‌پذیر است که عملکرد فعلی آن، مشکلات و فرصت‌ها به طور کامل و جامع شناسایی شوند. این روش با الهام از روش تشخیص پزشکی، شناسایی مسائل و مشکلات را هدف اصلی خویش قرار داده و برای این امر جمع‌آوری کلیه اطلاعات را ضروری می‌داند. شبیه به روش تشخیص

پزشکی که برای تشخیص بیماری نیازمند کلیه اطلاعات پزشکی مانند نتایج آزمایشات رادیولوژی، نوار قلب، مغز و معاینه بالینی است، این روش نیز جمع‌آوری کلیه اطلاعات، آمار و شواهد مربوط به عملکرد را به خصوص در سطح مزرعه که نشانگر مسائل و مشکلات می‌باشند به همراه بازدیدهای صحرایی توصیه می‌نماید.

سه ویژگی این روش برای دستیابی به هدف فوق عبارتند از رویکرد سیستم به طرح آبیاری، استفاده از فرایند بین رشته‌ای و مشارکت زارعین در تمامی مراحل. در رویکرد سیستم سعی می‌گردد تمامی مجموعه‌ها و زیرمجموعه‌های پروژه آبیاری، اجزای هر کدام از آنها و نحوه ارتباط متقابل آنها با یکدیگر و با محیط شناسایی شوند. با توجه به تنوع مسائل مربوط به طرح‌های آبیاری، استفاده ترکیبی از تخصص‌های مختلف به صورت بین رشته‌ای در قالب تیم‌های مطالعاتی توصیه می‌گردد.همچنین در تمامی مراحل ارزیابی و بهبود عملکرد، مشارکت فعال زارعین به عنوان اصلی‌ترین افراد بهره‌مند از خدمات سیستم که مهم‌ترین عامل موفقیت یا عدم موفقیت طرح خواهند بود، پیشنهاد شده است. این ویژگی‌ها موجب واقع‌گرایی عملی این روش گردیده به طوری که از پایین سطوح پروژه (مزرعه) شروع کرده و به سمت بالا حرکت می‌کند.

از محدودیت‌های روش تحلیل تشخیصی تمرکز بیش از حد مورد نیاز در سطح مزرعه است، زیرا بسیاری از مشکلات در سطح مزرعه ناشی از مشکلات عملکرد شبکه است و همچنین پتانسیل‌های بهبود عملکرد در سطح شبکه کمتر مورد توجه قرار می‌گیرد. از طرفی ماهیت روش که مستلزم جمع‌آوری همه اطلاعات در تمامی سطوح است موجب صرف وقت و هزینه بسیار قابل توجه می‌باشد. تجربیات حاصله از این روش نشان داده است که متأسفانه به علت محدودیت‌های فوق‌الذکر کمتر منجر به ارائه راه‌کارهای عملی برای بهبود عملکرد پروژه شده است.

ارزیابی سریع *RA*

تجربیات حاصله از روش *DA* نشان داد که اینگونه مطالعات بین رشته‌ای گسترده با تکیه بر جمع‌آوری همه اطلاعات هر چقدر هم که کامل بوده‌اند کمتر موجب ارائه راه‌کارهای عملی بهبود عملکرد پروژه‌ها شده‌اند. جمع‌آوری حجم گسترده‌ای از اطلاعات که کمتر در فرایند تصمیم‌گیری و ارائه گزینه‌های بهبود مورد استفاده قرار گرفته‌اند باعث صرف وقت و هزینه

زیاد شده و فرایند بهبود عملکرد را به تأخیر انداخته است. از طرفی در هر طرح آبیاری و زهکشی تعدد و تنوع گزینه‌های بهبود عملکرد، مسئله انتخاب گزینه‌ها و تعیین ترتیب و ترکیب آنها را بسیار پیچیده ساخته، طوری که روش برخورد با آن تاکنون صرفاً بر اساس قضاوت کارشناسی صورت می‌گرفته و روش مشخصی برای آن ارائه نشده بود. برای رفع مشکلات فوق روش ارزیابی سریع مطرح شد.

این روش در اواخر دهه هفتاد ابتدا برای توسعه مناطق روستائی ارائه گردید و به تدریج به عنوان یک روش ارزیابی مؤثر در طرح‌های عمرانی و پروژه‌های آبیاری و زهکشی که محدودیت‌های روش‌های مرسوم را ندارد به کار گرفته شد. از دیدگاه ارزیابی سریع امکانات قابل ملاحظه‌ای برای بهبود عملکرد طرح‌های آبیاری وجود دارد که امکان دستیابی سریع به منافع حاصل از بعضی گزینه‌ها را به راحتی مقدور می‌سازد. ولی روش‌های مرسوم به علت تأخیر زمانی در دستیابی به آنها طرح‌ها را از این امکان محروم می‌کنند. این دیدگاه امیدواری‌های زیادی را در ارزیابی و بهبود عملکرد پروژه‌های آبیاری و زهکشی ایجاد کرده است. مبانی روش ارزیابی سریع را می‌توان به شرح زیر بر شمرد:

۱- توجه به کل سیستم و رویکرد سیستم به طرح آبیاری

در سیستم‌های گسترده و پیچیده، زیرمجموعه‌ها و اجزا نه تنها با یکدیگر در تعامل هستند بلکه با محیط خود نیز در تعاملند و نحوه تعامل آنها در طول زمان تغییر می‌کند. از طرفی تمرکز در یک بخش از کل سیستم موجب نادیده گرفتن تأثیرات سایر بخش‌ها و ناقص بودن برخورد سیستمی با مسئله خواهد شد. لذا روش ارزیابی سریع ضمن تأکید بر شناخت تمامی اجزا در کل سیستم و تعامل آنها با یکدیگر و با محیط و چگونگی تغییرات آنها در طول زمان، سعی نموده یک گسترش سیستمی جامع را به کار گیرد.

۲- اتخاذ فرایند بین‌رشته‌ای با ترکیب بهینه تیم مطالعاتی

تنوع مسائل مبتلا به طرح‌های آبیاری ضرورت استفاده از تخصص‌های مختلف را ایجاب می‌کند. دامنه این تخصص‌ها از کارشناس کشاورزی و آب و خاک گرفته و تا مهندس هیدرولیک و کارشناس اقتصاد کشاورزی و جامعه‌شناس و حقوقدان گسترش می‌یابد. طبیعی است که

بکارگیری همه این تخصص‌ها در همه شرایط ممکن است مقدور نباشد و از طرفی هر چه تعداد اعضای تیم مطالعاتی بیشتر باشند علاوه بر مشکلات ایجاد ارتباط و هماهنگی میان آنها، واگذاری مسئولیت‌ها به سایر متخصصین، محافظه کاری در ارائه راه‌کارهای جامع‌نگر بهبود عملکرد، عدم ارتباط مؤثر با زارعین، و مشکل تدارکات و تجهیز تیم مطالعاتی موجب صرف وقت بیشتر برای ارائه گزارش‌هایی می‌شود که ارتباط منسجمی با یکدیگر نداشته و اولویت‌ها در آن تعیین نشده است. این مشکلات با هدف اولیه ارزیابی سریع مبنی بر دستیابی سریع به گزینه‌های بهبود مغایرت دارد. در مقابل ممکن است تصور شود که بهترین رویکرد بین رشته‌ای به صورت متمرکز در مغز یک فرد که دارای چندین تخصص می‌باشد صورت می‌گیرد که البته با توجه به تنوع تخصص‌های مورد نیاز عملاً امکان‌پذیر نمی‌باشد. لذا ترکیب بهینه به صورت ترکیب ۵ الی ۷ نفر متخصصین خارج از پروژه که دارای چندین تخصص بوده و افق دید آنها منحصر به تخصص اصلی ایشان نباشد به اضافه ۱ الی ۳ نفر از پرسنل پروژه توصیه شده است.

۳- دیدگاه فرصت‌گرا در مقابل مسئله‌گرا

بررسی و مشکلات و ارائه راه حل برای رفع آنها ممکن است مفید باشد اما همه کار نیست. بسیاری از گزینه‌ها ممکن است از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نبوده و ارزش آن را نداشته باشند که اجرا گردند. در مقابل این دیدگاه به جای پرداختن به رفع مشکل پرداختن به فرصت‌ها و امکانات دیگر نیز می‌تواند راهگشا باشد.

دیدگاه فرصت‌گرا با تکیه بر منابع و امکانات و بررسی توزیع مناسب آنها مسائلی از قبیل آبیاری اراضی وسیع‌تر، تغییر زمان‌های کشت، ذخیره آب شبانه، و ... را نیز در نظر می‌گیرد. دیدگاه فرصت‌گرا در مقابل مسئله‌گرا می‌تواند در تمامی مراحل ارزیابی شامل وظیفه، روش گزینه‌های پیشنهادی و هدف نهایی به شرح جدول ذیل مطرح باشد.

مراحل ارزیابی	دیدگاه مسئله‌گرا	دیدگاه فرصت‌گرا
وظیفه	تشخیص کمبودها	شناسایی امکانات جدید
روش ارزیابی	مقایسه با مشخصات اولیه طرح	مقایسه با امکاناتی که در حال حاضر قابل حصول است
گزینه‌های پیشنهادی	رفع محدودیت	ارائه منابع جدید
هدف نهایی	بازگرداندن سیستم‌به‌حالت‌زمان‌طراحی	ارائه و توصیه سطح جدیدی از عملکرد

هدف ارزیابی سریع حذف دیدگاه مسئله‌گرا نیست، بلکه با توجه به اینکه اشتغال به مشکلات و مسائل موجود ممکن است مانع از پرداختن و توجه به فرصت‌ها و امکانات گردد، تأکید بر ایجاد تعادل میان دیدگاه فرصت‌گرا و مسئله‌گرا دارد.

۴- پرهیز از چرخه مسئله مشخص - راه‌حل مشخص

موضوع علوم تخصصی عمومیت دادن به مسائل خاص و ارائه راه‌حل عمومی به مسائل می‌باشد. هر تخصصی برای مسائل مشخص راه‌حل‌های خاص خود را دارد که با توجه به موضوع علم این راه‌حل‌ها از قبل تعیین شده است. به عنوان مثال از دیدگاه یک مهندس آبیاری مشکل شرایط ماندابی با پوشش انهار و احداث زهکش‌ها مرتفع می‌گردد، و از دیدگاه یک کارشناس ترویج عدم مدیریت صحیح زارعین با آموزش آنها حل خواهد شد. تکیه بر این دیدگاه ترسیم مرز مشخص میان تخصص‌ها را در پی داشته که هر تخصص برای رفع مشکل خاص خود راه‌حل مشخص خود را ارائه می‌نماید و مسئله ترکیب بین رشته‌ای تخصص‌ها لاینحل می‌ماند. از طرفی این دیدگاه موجب عدم توجه کافی به فرصت‌ها و امکانات و پرداختن به دیدگاه فرصت‌گرا می‌گردد. در مقابل این دیدگاه می‌توان در یک اقدام بهینه تخصص‌های مختلف را به دور هم جمع کرد و در خصوص اقداماتی که خود آنها به سرعت می‌توانند عملی نمایند تصمیم‌گیری نمود. منظور از این عنوان آن نیست که راه‌حل‌های معمول صحیح نیستند بلکه تأکید بر بررسی امکانات و پتانسیل‌های دیگر موجب افزایش کارآیی ارزیابی و بهبود عملکرد می‌گردد.

۵- توجه به ویژگی‌های منحصر به فرد هر پروژه

وجود تفاوت‌های منطقه‌ای از نظر اقلیم، طراحی شبکه، وجوه قانونی و اداری و شرایط اجتماعی امری کاملاً طبیعی است. با توجه به ویژگی‌های خاص هر پروژه توصیه‌های لازم برای توجه خاص به این ویژگی‌ها و پرهیز از ارائه دستورالعمل‌های کلی برای همه طرح‌ها ارائه شده است.

۶- تعیین ترکیب بهینه گزینه‌ها و اولویت مکانی آنها

با توجه به تنوع و تعدد گزینه‌های بهبود عملکرد، انتخاب ترتیب، ترکیب و اولویت آنها مسئله پیچیده‌ای است که روش ارزیابی سریع برای حصول اطمینان از دستیابی به ترکیب بهینه

گزینه‌ها توصیه‌های نظری مشخصی به شرح زیر ارائه نموده است:

- توجه به وابستگی گزینه‌ها به یکدیگر و اولویت زمانی آنها یکی از پیش نیازهای ضروری برای تشخیص مناسب‌ترین ترکیب و ترتیب گزینه‌هاست.
- توجه به زمان بازدهی گزینه‌ها و انتخاب راه‌حل‌های کوتاه مدت و بلندمدت متناسب با شرایط خاص هر طرح برای انتخاب ترکیب و ترتیب بهینه گزینه‌ها ضروری است.
- ترتیب مکانی اجرای هر گزینه با توجه به وابستگی آنها و پیش شرط بودن هریک برای دیگری، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است که می‌بایست متناسب با شرایط خاص هر پروژه انتخاب شود. این موضوع تأثیر تعیین کننده‌ای بر موفقیت آنها دارد.
- بسته به اینکه در چه موقعیتی از پروژه قرار گرفته باشید، ترتیب بهینه اقدامات بهبود متفاوت خواهد بود. به خصوص گزینه‌های بهبود عملکرد در بالادست پروژه و پائین‌دست هم از نظر نوع اقدامات و هم از نظر ترتیب و اولویت اجرای آنها متفاوت است که می‌بایست مورد توجه قرار گیرد.

ابزارهای تخمین سرعت در دستیابی به اهداف ارزیابی سریع

برای حصول اطمینان از سرعت لازم در اجرای ارزیابی سریع، راه کارهای مشخصی به شرح زیر توصیه شده است.

۱- نادیده گرفتن بهینه *Optimal Ignorance*

موارد بسیار زیادی از روش‌های مرسوم ارزیابی موجود است که با صرف وقت و هزینه زیاد اطلاعات بسیار زیاد و گسترده‌ای را جمع‌آوری کرده‌اند که بعضاً در فرآیند ارزیابی و تصمیم‌گیری‌ها به کار نرفته‌اند. برای جمع‌آوری اطلاعات در ارزیابی سریع می‌بایست حد تعادلی میان حجم، دقت، فرکانس زمانی جمع‌آوری، ارتباط مستقیم با موضوع و استفاده واقعی از اطلاعات در تجزیه و تحلیل و ارائه راه‌کارهای بهبود به دست آورد. در این خصوص مفهوم جمع‌آوری اطلاعات گسترده و دقیق اما کم مصرف که با تأخیر و هزینه زیاد به دست می‌آید در برابر جمع‌آوری اطلاعات کمتر با دقت قابل قبول و قابل استفاده که در مدت کوتاه و با هزینه کمتر به دست می‌آید در مقابل یکدیگر قرار می‌گیرند و مفهوم نادیده گرفتن بهینه را مطرح می‌سازند.

۲- تعیین ترکیب بهینه افراد در تیم مطالعاتی

همانگونه که ذکر شد جمع‌آوری همه تخصص‌های مورد لزوم در یک تیم مطالعاتی نه مقدور است و نه مقبول. با افزایش اعضای تیم مطالعاتی مدت زمان بیشتری صرف ایجاد ارتباط میان آنها می‌گردد، بگونه‌ای که ماحصل کار مجموعه‌ای از گزارش‌هایی خواهد بود که ارتباط منسجمی با یکدیگر نداشته و اولویت‌ها در آن تعیین نشده است. با گسترش افراد تیم ارتباط با زارعین کمتر شده و وقت بیشتری صرف برقراری ارتباط میان اعضای گروه خواهد شد. ارائه راهکارهای جدید و توصیه‌های همه جانبه در یک جمع گسترده مشکل‌تر شده و متخصصین احتیاط بیشتری به خرج خواهند داد. تیم مطالعاتی وسیع و گسترده مستلزم صرف وقت و هزینه بیشتر برای تجهیز و تدارکات گروه می‌باشد، در مقابل روش ارزیابی سریع توصیه می‌نماید که از تعداد کمتری از متخصصین با تجربه‌ای که در چندین گرایش مختلف دارای تخصص هستند استفاده شود. بدین ترتیب ترکیب ۵ الی ۷ نفر متخصص مجرب به همراه با ۱ الی ۳ نفر از کارشناسان پروژه ترکیب مناسبی بوده که می‌تواند مشکلات فوق را تقلیل دهد و در عین حال از تسلط تخصصی یک گرایش بر روند ارزیابی جلوگیری نماید.

۳- فهرست‌های کنترل *Check list*

استفاده از فهرست‌های کنترل برای اطمینان از پوشش دادن تمامی اجزای کلیدی طرح‌های آبیاری که نقش مؤثری در تعیین عملکرد دارند ضروری است. لزومی ندارد که اطلاعات مربوط به همه عوامل و اجزا جمع‌آوری شود اما پوشش دادن عوامل مهم و اساسی ضروری است. فهرست‌های کنترل را می‌توان با رویکرد از بالا به پایین، از محل منبع آب تا مصرف و یا با رویکرد داده‌ها از پایین به بالا مبتنی بر خروجی‌های سیستم از تولید محصول و عوامل مؤثر بر آن به سمت بالا تعیین نمود. همچنین می‌توان فهرست‌های کنترل را مبتنی بر پرسش‌های اساسی در مورد عوامل مؤثر بر دستیابی به اهداف پروژه تهیه کرد. محققین مختلف برای این امر فهرست‌های متفاوتی را ارائه کرده‌اند که استفاده از آنها به عنوان یک راهنما برای عدم غفلت از عوامل مهم مفید می‌باشد.

خطرات ارزیابی سریع

همانگونه که هر روشی در عین برخورداری از مزایای متعدد دارای معایبی است، روش ارزیابی سریع نیز دارای معایبی است که برای موفقیت در استفاده از این روش باید به این معایب توجه داشت. برخی از این خطرات عبارتند از:

- نادیده گرفتن اطلاعات موجود،
- ارائه راه‌حل‌های از پیش تعیین شده،
- انحرافات ناشی از دیدگاه مرسوم توسعه روستائی مانند توجه بیشتر به سیستم اصلی تا سیستم فرعی، توجه به بالادست تا پایین‌دست و.... ،
- عدم مشارکت کافی کشاورزان در فرایند ارزیابی و بهبود عملکرد،
- حذف تعدادی از گزینه‌ها به علت کمبود وقت، و
- خلاء موجود بین تخصص‌های مورد نیاز.

تحلیل پوششی داده‌ها *Data Envelopment Analysis DEA*

یکی از روش‌های کمی ارزیابی عملکرد که توانائی قابل توجهی در ارزیابی عملکرد، ارائه استانداردهای واقع‌بینانه و راهکارهای بهبود عملکرد از خود نشان داده است، روش تحلیل پوششی داده‌ها است. این روش که در ابتدا برای ارزیابی اقتصادی - فنی واحدهای صنعتی، تولیدی و ارائه استانداردهای آنها بکار رفت به سرعت در ارزیابی واحدهای خدماتی نیز با موفقیت مورد استفاده قرار گرفت و امید می‌رود در رفع مشکلات ارزیابی و بهبود عملکرد شبکه‌های آبیاری مؤثر واقع گردد.این روش در حال حاضر در قالب یک طرح تحقیقاتی توسط مؤلف و همکاران برای اولین بار به منظور ارزیابی برخی از شبکه‌های آبیاری در دست بررسی است.

روش *DEA* برای تعیین کارآئی واحدهای خدماتی مشابه نسبت به یکدیگر که دارای ورودی‌ها و خروجی‌های مشابه می‌باشند به کار می‌رود و مبنای آن استفاده از تابع تولید برای ارزیابی عملکرد می‌باشد. تابع تولید بیانگر رابطه کمی میان ورودی‌ها و خروجی‌های یک سیستم است که می‌توان به وسیله آن میزان کارآئی واحدها را نسبت به یکدیگر تعیین نمود. با استفاده از تابع تولید می‌توان تعیین نمود که به ازای ترکیب مشخصی از ورودی‌ها کدام یک از واحدها مقدار

خروجی بیشتری تولید می‌کنند. یا آنکه برای دستیابی به یک مقدار خروجی معین کدام یک از واحدها میزان ورودی کمتری مصرف می‌کنند. با توجه به پیچیدگی رابطه میان ورودی‌ها و خروجی‌ها، تعیین تابع تولید به راحتی امکان‌پذیر نیست و نیازمند مشاهدات و تجربیات وسیع و تجزیه تحلیل کامل و گسترده آنها می‌باشد. روش‌های تخمین تابع تولید را به دو دسته روش‌های پارامتری و ناپارامتری تقسیم می‌کنند که مختصراً شرح داده می‌شوند.

- **روش‌های پارامتری**

در این روش‌ها ابتدا می‌بایست فرم معینی از شکل تابع تولید را پیش‌بینی نمود و سپس با اندازه‌گیری وسیع ورودی‌ها و خروجی‌ها در واحدهای موجود یا در آزمایشات انجام شده، ضرائب و عوامل تابع تولید را برآورد نمود.

- **روش‌های غیرپارامتری**

در این روش‌ها بدون نیاز به تعیین فرم مشخصی از شکل تابع تولید از قبل، تعیین مرز و محدوده واحدهای با کارائی بالا به عنوان منحنی پوشش داده‌ها و تابع تولید که مبنای مقایسه و کارآئی واحدها قرار می‌گیرد مستقیماً از مشاهده ورودی‌ها و خروجی‌های واحدهای مختلف صورت می‌گیرد.

برای آشنایی با DEA از یک مثال با ساده‌ترین حالت ممکن که متشکل از ۸ واحد خدماتی با یک ورودی و یک خروجی است شروع می‌کنیم (شکل ۱). این مثال بین واحدهایی که یک مقدار معین خروجی تولید می‌کنند (واحدهای ۱، ۲، ۳)، واحدی که کمترین نهاده را مصرف می‌کند (واحد ۱)، دارای بیشترین کارآئی است و نیز بین واحدهایی که یک مقدار معین ورودی مصرف می‌کنند (واحدهای ۲ و ۴)، واحدی که بیشترین خروجی را تولید می‌کند (واحد ۴)، دارای بیشترین کارآئی است. واحدهایی که دارای بیشترین کارآئی هستند نقاط مرزی بوده و از اتصال آنها منحنی پوشش به دست می‌آید که کارآئی واحدهای دیگر با آن سنجیده می‌شود. (هر گاه واحدی یا ترکیب خطی از بعضی واحدها نتوانند همان مقدار خروجی را با مقدار کمتری از ورودی‌ها تولید کنند، واحد مورد نظر یا ترکیب خطی مورد نظر کارآ خواهد بود و بر روی مرز کارآئی قرار دارد).

حال اگر کارآئی واحد ۶ را بخواهیم بسنجیم آن را با تصاویر افقی و قائم بر روی منحنی پوشش (نقاط A و B) مقایسه خواهیم کرد که نقطه A ترکیب خطی از واحدهای ۱ و ۷ و نقطه B ترکیب خطی از واحدهای ۷ و ۴ می‌باشند. واحد ۶ از نظر نهاده‌ها با نقطه A و از نظر ستاده‌ها با واحد B

سنجیده می‌شود.

حال اگر واحدها دارای M ورودی و N خروجی می‌باشند این تحلیل در فضای $M\times N$ بعدی صورت گرفته و DEA با کمک از روش‌های برنامه‌ریزی خطی مرز کارآئی را در فضای $M\times N$ بعدی به دست می‌آورد.

اگر هر کدام از واحدهای تصمیم‌گیری را با DMV نشان داده، برای واحد مورد نظر برای ارزیابی اندیس O و برای سایر واحدها اندیس J به کار ببریم و واحدها هر کدام دارای تعدادی ورودی (X) و خروجی (Y) باشند و وزن به کار رفته برای هر کدام از واحدهای J را با λj نشان دهیم فرم‌های مختلف DEA را می‌توان به شرح زیر بیان نمود:

۱- DEA با ماهیت ورودی، عبارت است از یافتن بهترین ترکیب خطی از DMV_j که با ورودی کمتر، خروجی برابر با DMV_O تولید کند.

$$\sum \lambda_j Y_{ij} = Y_{io} \quad , \quad \sum \lambda_j X_{ij} < X_{io}$$

۲- DEA با ماهیت ورودی، عبارت است از یافتن بهترین ترکیب خطی از DMV_j که با ورودی یکسان با DMV_O خروجی بیشتری از آن تولید کند.

$$\sum \lambda_i X_{ij} = X_{io} \quad , \quad \sum \lambda_j Y_{ij} > X_{io}$$

۳- DEA با ماهیت ترکیبی عبارت است از یافتن بهترین ترکیب خطی از DMV_i که با ورودی کمتر یا مساوی با DMV_O خروجی بیشتر یا مساوی با آن تولید کند.

$$\sum \lambda_i X_{ij} \leq X_{io} \quad , \quad \sum \lambda_j Y_{ij} \geq Y_{io}$$

مدل‌های مختلف DEA همگی هدف ۳ را دنبال می‌کنند و بعضاً حالت‌های ۱ و ۲ به طور جداگانه در نظر گرفته می‌شوند. حال می‌توان به یک مثال از DEA با ماهیت ورودی که ارزیابی ۴ واحد تصمیم‌گیری با ۲ ورودی و ۲ خروجی است اشاره کرد. در این مثال در نظر است کارآئی واحد ۴ نسبت به سایر واحدهای سنجیده شود. لذا با اطلاع از میزان ورودی و خروجی ۴ واحد، با آزمون مقادیر مختلف از ضرائب وزنی واحدهای ۱، ۲، ۳، یک ترکیب خطی از ۳ واحد به دست می‌آوریم که میزان خروجی‌های آن با خروجی‌های واحد ۴ برابر باشد (جدول زیر).

واحدها	۱	۲	۳	۴	ترکیب خطی ۱و۲و۳
ورودی ۱	۱۲	۲۰	۱۶	۱۷/۵	۱۴
ورودی ۲	۸	۱۰	۱۳	۱۵	۱۱/۷
خروجی ۱	۳۰۰	۵۰۰	۵۷۰	۵۵۰	۵۵۰
خروجی ۲	۳۵	۴۵	۳۵	۴۰	۴۰

از نتایج جدول مشاهده می‌شود که میزان ورودی‌های واحد ۴ نسبت به ورودی‌های ترکیب خطی بیشتر است. با نظر به خروجی‌های مساوی و با توجه به *DEA* با ماهیت ورودی، مشخص می‌گردد که کارآئی واحد ۴ از سایر واحدها کمتر است و کارآئی واحد ۴ عبارت است از نسبت ورودی ترکیب خطی به ورودی واحد مورد نظر که برای ورودی ۱ عبارت است از $\frac{۱۴}{۱۷/۵}$ = ۰/۸ و برای ورودی ۲ عبارت است از $\frac{۱۱/۷}{۱۵}$ = ۰/۷۸ که کارآئی کلی واحد ۴ عبارت است از مقدار ماکزیمم این نسبت‌ها که ۰/۸ است. حال با تکرار مراحل فوق برای مقادیر مختلف ضرایب وزنی واحدهای ۱، ۲، ۳ (λ_j) حداقل کارآئی به دست آمده میان کارآئی‌های حاصله، کارآئی نهائی واحد ۴ خواهد بود. حال در یک فضای $N \times M$ بعدی مسئله یافتن کارآئی نهایی واحد مورد منتظر به کمک استفاده از برنامه‌ریزی خطی صورت می‌گیرد و ارزیابی عملکرد سایر واحدها نیز به طور مشابه انجام می‌شود.

پس از به دست آوردن منحنی پوشش داده‌ها می‌توان با تحلیل حساسیت هر کدام از ورودی‌ها یا خروجی‌ها، برای هر کدام از واحدها راه‌کارهای مناسب برای بهبود عملکرد واحد مورد نظر و رساندن آن به سطوح استاندارد سایر واحدهای با کارآئی بالاتر تعیین نمود. به عنوان نمونه در مثال فوق بهبود عملکرد واحد ۴ نسبت به ورودی یک بیشتر است تا ورودی ۲، لذا راهکار بهبود عملکرد می‌بایست تمایل بیشتری به کاهش ورودی یک داشته باشد تا ورودی ۲.

در خاتمه می‌توان اظهار داشت با نظر به کاربرد وسیع و گسترده *DEA* در انواع مسایل کاربردی و ارزیابی عملکرد انواع واحدهای تصمیم‌گیری اعم از واحدهای تولیدی و خدماتی مانند مدارس، شعب بانک‌ها، بیمارستان‌ها، دانشگاه‌ها، نیروگاه‌ها، شبکه‌های توزیع برق و... زمینه بسیار مساعدی برای استفاده از آن در ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری و زهکشی وجود دارد.

همچنین با توجه به مزایای نسبی این روش که نیازی به فرضیات از قبل تعیین شده در مورد تابع تولید ندارد و تکیه بر واقعیات موجود، از آن یک روش واقع‌بینانه و پرقدرتی ساخته است که امکان استفاده راحت و مؤثر در ارزیابی و بهبود عملکرد شبکه‌های آبیاری و زهکشی را دارد.

بررسی روش‌های ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری
(روش مرجع، روش فازی)

حسن غروی[1]

مقدمه

این مقاله نتایج تحقیقاتی را که با هدف تدوین روشی طبقه‌بندی شده برای ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری انجام شده، ارایه می‌نماید.

این روش که روش مرجع نامیده می‌شود بر اساس تجزیه و تحلیل مطالعات موردی در پروژه‌های آبیاری در کشورهای کنیا، اندونزی، سریلانکا، هند و نپال تهیه شده است.

این مطالعات در پروژه سنتز مدیریت آب *(WMS II)* در کشورهای در حال توسعه با حمایت بخش آبیاری ایالات متحده آمریکا *(USAID)* انجام شده است.

روش مرجع بر این اصل مدیریت بنا شده است که ارزیابی عملکرد باید بر مبنای درک روشن و واضح از اهداف اصلی و جزیی سیستم آغاز شود.

تجزیه و تحلیل مطالعات موردی بیانگر این واقعیت است که اهداف اصلی هر طرح آبیاری باید بهبود رفاه کشاورزان از طریق افزایش تولیدات کشاورزی باشد.

بدیهی است این هدف به شرطی قابل دستیابی خواهد بود که طرح با توجه به اهداف جزیی آن اجرا شود. اهداف جزیی کلیدی مشخص شده در این طرح عبارتند از، کنترل آب، بهره‌وری کشاورزی، حفظ منابع و بازگشت سرمایه .

این اهداف بایستی از طریق هماهنگی مؤثر بین سازمان اجرایی و کشاورزان (مشارکت کشاورزان) بدست آید.

۱-عضو گروه کار ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

اهداف بررسی‌ها

این بررسی‌ها بر روی روش‌های استفاده شده برای ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری در کشورهای در حال توسعه در سالهای ۱۹۸۲ تا ۱۹۸۷ می‌باشد که اهداف آن عبارت بودند از :

- درک روش استفاده شده برای ارزیابی سیستم‌آبیاری.
- تعیین چگونگی استفاده مؤثرتر از این روش‌ها در آینده.

روشهای بررسی

در این بررسی‌ها مشخص گردید که سه کار برای مطالعات موردی ارزیابی عملکرد در پروژه‌های آبیاری این کشورها انجام شده است.

۱-کارگاه آموزشی تجزیه و تحلیل تشخیصی.

۲-بازنگری پروژه‌های آبیاری.

۳-تدوین مقالات طراحی پروژه‌های بهبود عملکرد.

هر سه کار دارای اهداف کمی مشترک در جهت درک وضعیت موجود سیستم آبیاری، تشخیص نقاط قوت و نارسائیهای سیستم و در صورت لزوم ارایه پیشنهادات جهت بهبود می‌باشند. کارگاههای آموزشی برای آموزش افراد حرفه‌ای جهت تجزیه و تحلیل طرحهای آبیاری با استفاده از روش تجزیه و تحلیل تشخیصی تشکیل گردید.

بازنگری پروژه‌های آبیاری با استفاده وسیع از روش‌های تجزیه و تحلیل تشخیصی *DA (Diagnotic Analysis)* و ارزیابی سریع *RA (Rapid Appraisal)* انجام شده است.

روش تجزیه و تحلیل تشخیصی در دهه ۱۹۷۰ با کمک دانشگاه کلرادو در تحقیقات مدیریت آبیاری در پاکستان شکل گرفت که بر پایه جمع‌آوری اطلاعات و تجزیه و تحلیل آمار مزرعه‌ای در زمینه درک عملکرد سیستم موجود می‌باشد. این روش ابتدا محدود به سطح مزرعه بود و بعداً سیستم توزیع و تحویل آب را نیز شامل گردید.

این روش که قبلاً توضیح داده شده است برای دستیابی به ارزشهایی نظیر نقاط قوت نارساییها و محدودیت‌های سیستم بکار می‌رود.

روش ارزیابی سریع براساس تعریف *Chaumbers* روشی است که نشان می‌دهد یک تحقیق

برای ارزیابی عملکرد سیستم آبیاری چگونه باید سازماندهی شود تا بتوان ترکیب بهینه و متوالی عملیاتی که عملکرد سیستم را بهبود می‌بخشد مشخص نمود. با این شرط که مطالعه در مدت زمان حتی‌المقدور کوتاه، با هزینه کم، بدون پیش‌داوری و تحصیل نتایجی که در یک چارچوب قابل استفاده در دسترس قرار بگیرد، باشد.

اولین اقدام در این روش تهیه فهرست کنترل *(Checklist)* می‌باشد که دانشمندان فهرست‌های مختلفی ارایه نموده‌اند. در پروژه‌های نپال اهم فعالیتهای انجام شده توسط *Laitos* و همکاران در این روش بشرح ذیل بوده‌است.

- شروع مطالعه: جمع‌آوری اطلاعات براساس نوشته‌ها و گزارشها، بررسیها و مشخص نمودن اطلاعات کلیدی.
- اقدامات اولیه: بازدید تمامی اعضای گروه ارزیابی از پروژه جهت شناخت طرح و بحث و تبادل نظر گروهی درباره مشاهدات و یافته‌ها.
- مطالعات مشخص: مشاهدات مستقیم، اندازه‌گیری‌ها در مزرعه و مصاحبه‌های غیر رسمی (اغلب با ماهیت کیفیتی).
- مقایسه یافته‌ها: مقایسه و مطرح نمودن آمار و نتیجه‌گیری آزمایشی از آنها.
- نقاط قوت و ضعف: ارایه نقاط قوت و ضعف طرح توسط هر یک از اعضای گروه.

۳- مقالات طراحی پروژه‌های بهبود عملکرد

براساس یافته‌های گروه ارزیابی کننده شامل نقاط قوت و ضعف سیستم و نتیجه‌گیری از مقایسه میزان دستیابی به اهداف جزیی با مقدار پیش‌بینی شده در طراحی، مقالاتی برای ارایه روشهای بهبود عملکرد در بخش‌هایی که نارسایی دارند ارایه می‌گردد.

تدوین روش مرجع

برای ارزشیابی روشهای بکار رفته در مطالعات موردی، شش مورد انتخاب و مراحل مختلف روشهای بکار رفته مورد بررسی قرار گرفت.

برای تجزیه و تحلیل روشهای بکار رفته در ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری، تدوین یک

روش مرجع ضروری بنظر می‌رسید که البته هدف تعیین روشی استاندارد برای ارزیابی سیستم آبیاری نبوده است بلکه بر اساس نظر آقای *Lenton (1986)*، روش مرجع تأمین کننده نیازهای ارزیابی در جهت استفاده از روشهای مختلف در مطالعه و ارزیابی عملکرد سیستم آبیاری می‌باشد.

این ضرورت از آنجا ناشی می‌شود که :

اولاً: هنوز یک روش روشن برای تولید روشهای ارزیابی عملکرد وجود ندارد.

ثانیاً: نبود مبانی تجزیه و تحلیلی برای شناسایی سیستم آبیاری مانعی برای ارزیابی عملکرد آن می‌باشد.

روش مرجع می‌گوید که ارزیابی موفقیت‌آمیز از عملکرد سیستم فقط با شناسایی صحیحی از اهداف اصلی و جزیی سیستم انجام می‌گیرد (تصویر شماره ۱). بعد از مشخص شدن اهداف سیستم، عملکرد بر این اساس ارزشیابی می‌شود که آیا اهداف جزیی تحقق یافته‌اند یا در شرف تحقق هستند یا خیر؟ این عمل به این صورت انجام می‌گیرد که عملکرد واقعی (انجام یافته) با عملکرد مورد انتظار (پیش‌بینی) از سیستم مقایسه می‌شود. اگر اهداف جزئی تحقق نیافته باشند باید عواملی که باعث عملکرد پایین شده‌اند مشخص گردند و پیرو آن پیشنهاداتی برای بهبود سیستم آبیاری می‌توان ارایه نمود.

این روش مبتنی بر این پیش فرض است که مدیریت سیستم آبیاری در جهت دسترسی به اهداف جزیی طرح می‌باشد. معمول‌ترین اهداف جزیی مدیریتی عبارتند از کنترل آب، تولیدات کشاورزی، حفظ منابع و برگشت سرمایه. البته برخی اهداف کمی ویژه و جزیی‌تر نیز برای طرحهای آبیاری ویژه تعیین می‌شود.

روش مرجع برای تعیین معتبر بودن فلسفه و پیش‌فرضهای آن بر روی شش نمونه از مطالعات موردی پروژه سنتز مدیریت آب آزمایش شده است.

تجزیه و تحلیل و بحث

اهداف اصلی و اهداف جزیی

مطالعات موردی نشان دهنده تنوع اهداف در سیستم‌های آبیاری هستند. مثلاً در کنیا در پروژه‌ای، توسعه روستایی را هدف اجرای طرحهای آبیاری ذکر کرده‌اند. در اندونزی موضوع

مهاجرت روستایی از جاوه به سایر نقاط را بعنوان هدف پروژه توسعه آبیاری معرفی نموده‌اند.
هدف دیگری که غالباً توسط سیاستگزاران در توسعه سیستمهای آبیاری عنوان می‌شود، تأمین درآمد ارزی با کشت محصولاتی است که دارای ارزش صادراتی می‌باشند.
در حالی که این اهداف برای مسئولان در سطح ملی یا منطقه‌ای مهم هستند، مجریان باید تضمین کنند هدف اصلی که رفاه کشاورزان است نباید به خاطر اهداف دیگر به خطر بیفتد.
بعنوان مثال در زیمبابوه برای مشارکت تعداد بیشتری از روستاییان در پروژه، مساحت قطعات کشاورزی محدود گردید. ولی ارزیابی عملکرد طرح نشان داد که زارعین به علت کوچکی قطعات زراعی نمی‌توانند بازگشت سرمایه کافی داشته باشند. ارزیابی عملکرد سیستم آبیاری در این پروژه موثر بود چون به سیاستگذاران کمک کرد تا در برنامه‌های توسعه به نحوی تجدید نظر کنند که اهداف افزایش رفاه زارعین با پروژه توسعه آبیاری مطابقت داشته باشد.
به منظور دستیابی به رفاه بهتر زارعین، مدیریت سیستم می‌تواند با مشارکت دادن زارعین در اداره سیستم خصوصاً در طرح‌های آبیاری با مقیاس کوچک تأمین اهداف جزیی سیستم نظیر کنترل آب، بهره‌وری کشاورزی، حفظ منابع و بازگشت سرمایه را تسهیل نموده و نهایتاً به اهداف کلی و اصلی سیستم برسد.

تجزیه و تحلیل عملکرد سیستم

بعد از اینکه اهداف اصلی و جزیی مشخص شد عملکرد سیستم مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد تا معلوم شود آیا اهداف جزیی تحقق یافته‌اند یا خیر. این امر با مقایسه عملکرد واقعی سیستم با عملکرد مورد انتظار و یا عملکرد پتانسیل انجام می‌شود.
برای تجزیه و تحلیل عملکرد واقعی، مشخص کردن شاخصهای عملکرد و متغیرها مرحله بعدی کار می‌باشد. شاخصهای زیادی برای تحلیل عملکرد، طراحی و پیشنهاد شده است. مثلاً برای بررسی هدف جزیی کنترل آب، شاخص‌های عدالت، اعتماد پذیری و تکافو پیشنهاد شده‌است.
تعیین و تعریف متغیرهای عملکرد صحیح، یک فرآیند پیچیده‌ای دارد که باید دارای اطلاعات متنوعی در رابطه با آبیاری باشد. مثلاً در تجزیه و تحلیل کامل از شاخص عملکرد توزیع عادلانه آب (عدالت)، میزان تحویل آب به زارعین مختلف و نیاز زارعین به آب را اندازه‌گیری می‌کند. اندازه‌گیری میزان آب تحویلی بسیار آسان است ولی تعیین الگوی تقاضا برای آب کاری پیچیده

و وقت‌گیراست و احتیاج به جمع‌آوری آمار در مورد حقوق زارعین در رابطه با آب آبیاری، الگوی کشت مناسب و خصوصیات زمین دارد و بنابراین در مورد متغیرها که عمدتاً به موقعیت پروژه آبیاری بستگی پیدا می‌کند امکان اعمال دقت کافی میسر نمی‌باشد و اطلاعات لازم عموماً از طریق معتمدین محلی تأمین می‌شود. عامل دیگری که در ارزیابی عملکرد سیستم‌ها نقش مؤثر دارد سازمانهای سرویس دهنده به سیستم می‌باشند که سازماندهی صحیح و هماهنگی موثر بین آنها در افزایش عملکرد سیستم‌ها بسیار موثر است و در این زمینه شاخصهای عملکردی طراحی و پیشنهاد شده است که از آن جمله است قابلیت فنی پرسنل، ارتباط بین سازمانها و غیره.

سطح مطلوب عملکرد نیز عامل دیگری در دستیابی به اهداف سیستم می‌باشد. در بعضی پروژه‌ها این سطح با توجه به امکانات و منابع موجود مشخص شده است و در بعضی پروژه‌ها این سطح جزء اهداف اصلی طرح قرار گرفته است. ولی اگر در طرحی این سطح مطلوب مشخص شده باشد، گروه ارزیابی کننده بایستی با استفاده از اطلاعات جمع‌آوری شده در داخل طرح و یا از مزارع تحقیقاتی این سطح مطلوب را تعیین نماید.

تشخیص محدودیت‌ها و تدوین استراتژی‌های بهبود

محدودیت‌های پروژه‌ها شامل دو طبقه‌بندی می‌شود.

۱- محدودیتهای خاص که ویژه طرحهای آبیاری خاص می‌باشند و برای هر پروژه منحصر به همان پروژه یا پروژه‌های مشابه است.

۲- محدودیت‌های عام که بیشتر جنبه کلی داشته و در اغلب طرحها امکان حضور دارند. این محدودیت‌ها عبارتند از:

- شرکت ناقص (ناکافی) کشاورزان در مدیریت سیستم.
- محدودیت کارآیی فنی در مؤسسات آبیاری دولتی.
- ارتباط ناقص بین کشاورزان و مؤسسات دولتی.
- هماهنگی ناکافی بین مؤسسات ارایه دهنده خدمات.
- وضعیت نامناسب سازه‌های کنترل از نظر فیزیکی.

در مورد محدودیت‌های عمومی پروژه‌ها برای بهبود عملکرد موارد ذیل پیشنهاد می‌شود.

- ایجاد و یا تقویت انجمن‌های مصرف‌کنندگان آب.
- افزایش سطح فنی کارکنان ادارات آبیاری.
- احیاء و بهبود تسهیلات فیزیکی برای نگهداری سازه‌های کنترل آب.
- درگیر کردن زارعین در عملیات نگهداری تأسیسات آبیاری برای جبران کمبود منابع مالی مؤسسات آبیاری.
- کاهش دخالت مؤسسات دولتی در مدیریت سیستم‌های آبیاری.

ضمناً چون طرحهای کوچک آبیاری بعلت محدود بودن اندازه و تکنولوژی قابل دسترسی، فرصتهای بیشتری برای دخالت کشاورزان در سرمایه‌گذاری، احداث و مدیریت آنها را فراهم می‌کند، طراحی این نوع پروژه‌ها از نظر اندازه از پیشنهادات دیگر ارزیابی کنندگان است.

روش فازی برای ارزیابی عملکرد آبیاری

پیشگفتار

عملکرد سیستم‌های آبیاری مبحثی است که علاقه بسیاری از محققین، طراحان و مدیران سیستم‌های آبیاری را در سال‌های اخیر به خود جلب کرده است. این امر به خاطر سطح نسبتاً نازل عملکرد در بسیاری از سیستم‌های آبیاری در سطح جهان می‌باشد.

در گذشته کوشش‌های زیادی صورت گرفته است تا شاخص‌های جهانی و قابل تطبیق برای ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری شناسایی شود. شاخص‌ها طبیعتاً براساس اهداف متنوع سیستم‌ها ایجاد می‌شوند و بنابراین تعداد و نوع شاخص‌ها برای سیستم‌های مختلف متغیر و مختص خود سیستم می‌باشند. حجم عظیم کارهای انجام شده در سالهای اخیر بیشتر مربوط به تعریف کیفی شاخص‌های ارزیابی بوده‌است ولی همیشه نیاز به ایجاد شیوه‌ای برای ارزیابی کمی سطوح عملکرد سیستم‌ها احساس می‌شود. هدف این نوشتار معرفی اصول تئوری‌های مجموعه فازی در طبقه بندی عملکرد سیستم‌های آبیاری می‌باشد.

تعریف

منطق فازی روشی برای ارایه ساده فرایندهای آنالوگ (خطی) به کامپیوترهای دیجیتال (رقمی)

است.

این فرایندها با پدیده‌های پیوسته‌ای سروکار دارند و به سادگی تبدیل به قطعات جدا از هم نمی‌شوند و مفاهیم موجود در آنها هم به سختی در قالب فرمول‌های ریاضی و یا قوانین موجود قرار می‌گیرند. این روش اجرایی باعث صرفه‌جویی در وقت و جلوگیری از بروز مشکلاتی می‌شود که در جریان توسعه سیستم‌های منطق فازی رخ می‌دهد.

روش فازی به سرعت تبدیل به یکی از موفق‌ترین فن‌آوری‌های فعلی برای توسعه سیستم‌های کنترلی پیچیده گردیده‌است. به کمک این روش، نیازمندیهای پیچیده و مبهم را می‌توان با کنترل کننده‌های فوق‌العاده ساده تأمین نمود. همین فن‌آوری فازی در قالب استدلال تقریبی در فن‌آوری اطلاعات ظاهر می‌شود. این فن‌آوری قادر به تولید سیستم‌های تخصصی و تصمیم‌گیرنده با قابلیت استدلال بالا است که در عمل نیاز به حداقلی از قوانین را دارند.

در طبقه‌بندی اشیاء به روش ریاضی کلاسیک باید ابتدا حدود و ثغور دسته‌های مختلف طبقه‌بندی تعیین گردد. در ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری این حدود و ثغور ذاتاً مبهم (فازی) هستند و عضویت دقیق اعضا میسر نیست. مثلاً اگر بگوییم در طبقه‌بندی بازدهی آبیاری رقم ۸۰٪ مرز بین بازدهی خوب و عالی می‌باشد. این رقم باعث می‌شود که یک سیستم با بازدهی ۸۰/۵٪ را در یک سال در طبقه و کلاس عالی قرار دهیم و همان سیستم را در سال بعد با بازدهی ۷۹/۵٪ در کلاس خوب قرار دهیم در حالی که می‌دانیم عبور از مرز عضویت بین دو کلاس بالا و پایین آنقدر دقیق نبوده و بیشتر تدریجی می‌باشد. یعنی این مرز مبهم و ذاتاً فازی می‌باشد که روش‌های سنتی طبقه‌بندی در برخورد با این گونه مسائل ضعیف عمل می‌کند ولی منطق فازی که یکی از شاخه‌های ریاضیات کاربردی است به راحتی به بررسی این مسائل می‌پردازد.

منطق فازی کجا بکار می‌آید؟

منطق فازی بهترین راه‌کار برای هر مشکل کنترلی نیست. طراحان پس از برآورد کارآیی و قدرت این منطق، باید تصمیم بگیرند که از آن در کجا استفاده کنند.

برای راهنمایی باید گفت روش یا منطق فازی را زمانی بکار می‌بریم که یک یا چند متغیر کنترلی پیوسته وجود دارد و مدل ریاضی برای فرایند عملکرد آن وجود ندارد. و یا اگر وجود دارد برای کد کردن بسیار دشوار است و یا برای اجرا زمان زیادی لازم است و یا این که حافظه زیادی برای اجرا احتیاج دارند. بخصوص بایستی گفت این منطق را زمانی بکار می‌بریم که متخصصی وجود

دارد که قوانین حاکم بر رفتار سیستم را تشخیص می‌دهد و می‌تواند مجموعه‌های فازی خصوصیات هر تغییر را ارائه کند.

روش کاربرد منطق فازی

اجزای سیستم‌های معمولی و فازی کاملاً شبیه هم هستند. مهمترین وجه اختلاف آنست که در سیستم‌های کنترل فازی، ابهام ساز (فازیفایر) در ابتدای فرایند دریافت اطلاعات، داده‌های ورودی را تبدیل به نمایشگرهای فازی می‌کند و رفع ابهام ساز (دیفازیفایر) داده‌های خروجی فازی را تبدیل به متغیرهای قطعی (عددی) می‌کند.

در سیستم فازی، مقادیر ورودی فازی، قوانین خاصی را به اجرا در می‌آورند. این قوانین، قوانینی هستند که داده‌های ورودی فازی، جزئی از فرایند کلی آنهاست. فرایند راه‌اندازی قوانین منجر به تولید مجموعه فازی جدیدی می‌شود که معرف یک داده خروجی خاص یا متغیر راه‌حل است. در این مرحله رفع ابهام انجام شده و یک متغیر خروجی از آن مجموعه جدید فازی ساخته می‌شود.

سیستم‌های فیزیکی بر اساس مدل‌های ریاضی و دقیق و اغلب فرایندهای خطی استوار است و با دریافت اطلاعات یک خروجی مشخص با استفاده از الگوریتم ریاضی تولید می‌کند.

ظاهراً سیستم‌های فیزیکی ساده‌تر از سیستم‌های فازی می‌نماید ولی در عمل بعکس سیستم‌های فازی ساده‌تر، دقیق‌تر و با صرفه‌تر است. تولید و راه‌اندازی کنترل کننده‌های فازی ساده‌تر به قول لطفی‌زاده (پدر منطق فازی) باعث شده است که با توجه به اتکا و اعتماد به قوانین و اطلاعات، بهره‌هوشی ماشین‌ها بالاتر رود.

مراحل اجرای روش

۱- نرمالیزه کردن اطلاعات

چون آنالیز عملکرد معمولاً شامل تعدادی از شاخص‌ها با واحدهای مختلف است، مثل بازدهی آبیاری (بدون بعد)، منطقه آبیاری شده (به هکتار) و تولید محصول (به تن در هکتار)، این اطلاعات بین صفر تا یک درجه‌بندی و در حقیقت بدون بعد می‌گردد.

۲- ابهام سازی

اعدادی که بعنوان اطلاعات به سیستم داده می‌شود در طبقه بندی‌های مربوطه قرار گرفته و بصورت فازی در قوانین طراحی شده وارد می‌شود.

۳- طراحی و اعمال قوانین

چون متغیرهای مختلف اثر گذار بر عملکرد سایر متغیرها می‌باشند قوانین مربوط به اثرات متقابل این متغیرها توسط متخصصین نوشته می‌شود و در تجزیه و تحلیل اطلاعات ورودی بکار می‌روند.

۴- رفع ابهام سازی

مجدداً اطلاعات که بصورت فازی از قوانین مربوطه بدست آمده است رفع ابهام شده و بصورت عددی ارایه می‌گردد.

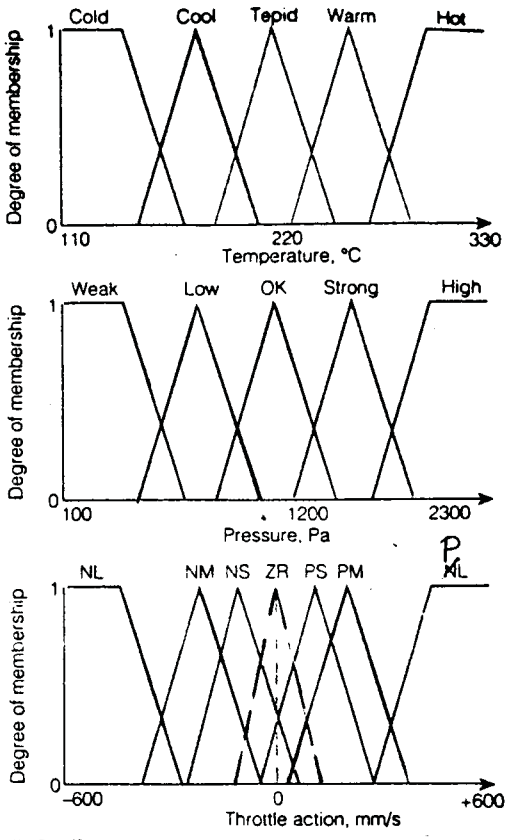
۵- نتیجه‌گیری و اعمال نتایج برای بهبود عملکرد

در سیستم‌های فنی از نتایج بدست آمده برای کنترل سیستم و بهبود عملکرد آن مستقیماً توسط فرمانهای صادره بهره‌برداری می‌شود و دائماً سیستم در حال دریافت و پردازش اطلاعات و حفظ تعادل دستگاه می‌باشد، ولی در ارزیابی عملکرد سیستم آبیاری تمامی اطلاعات نمی‌تواند مستقیماً در فرایند اصلاح عملکرد بکار روند و بعضی از این نتایج بصورت غیر مستقیم توسط متخصصین برای بهبود عملکرد بکار می‌رود.

مثال ساده برای توجیه روش فازی

چون تعداد متغیرها و اثرات متقابل آنها بر هم در سیستم‌های آبیاری بسیار زیاد است از مثال ساده‌ای در صنعت و در تنظیم دریچه کنترل توربین بخار برای توجیه روش استفاده می‌شود. طراحی یک دریچه کنترل توربین بخار بر دو متغیر کنترلی درجه حرارت و فشار استوار است. برای ساخت کنترل کننده‌ای که نمایشگر ارتباط بین اطلاعات ورودی و خروجی باشد ابتدا باید هر متغیری را نرمالیزه و سپس مبهم نمود و نیز به مجموعه‌ای از مناطق کنترلی تقسیم کرد

(شکل ۱ بالا).



سپس این خروجی یا متغیر جواب را با مجموعه‌ای از مناطق فازی تعریف می‌کنیم (شکل ۱پایین). هنگامی که مجموعه‌های فازی تعریف شد، آنگاه به نوشتن مدل‌های مفهومی با استفاده از قوانین می‌پردازیم که این قوانین اعمال و رفتارهای متغرها را بر هم توصیف می‌کند. بعضی از این قوانین چینن‌اند.

۱-اگر درجه حرارت خنک است و فشار ضعیف، آنگاه دریچه کنترل PL است.

۲-اگر درجه حرارت خنک است و فشار پایین، آنگاه دریچه کنترل PM است.

۳-اگر درجه حرارت خنک است و فشار خوب، آنگاه دریچه کنترل ZR است.

۴-اگر درجه حرارت خنک است و فشار قوی، آنگاه دریچه کنترل NM است.

در اینجا ابزاری یا راه‌کاری برای تبدیل این قوانین و ورودی‌های فازی به مجموعه‌ای از خروجی‌های فازی و سپس تبدیل این خروجی‌های فازی به خروجی‌های قطعی و عددی برای تنظیم دریچه کنترل احتیاج داریم. البته چون یک مدل فازی در حقیقت یک پردازش‌گر موازی

است، همان قوانینی که ورودی‌ها را پردازش می‌کند خروجی‌ها را نیز پردازش کرده و برای تنظیم دریچه کنترل آماده می‌نماید.

فرض کنید در زمان T_0 سنسورهای سیستم، فشار توربین را P_0 و درجه حرارت را T_0 اندازه‌گیری کنند (شکل ۲). در شکل دیده می‌شود که درجه حرارت T_0 در منطقه متغیر خنک قرار می‌گیرد. اما P_0 به درجات مختلف در دو منطقه فشار پایین و فشار خوب قرار گرفته است. این ترکیب منجر به اعمال قوانین شماره ۲ و ۳ می‌شود. این دو قانون بطوری باهم ترکیب می‌شوند تا منجر به یک خروجی سیستم شود. برای بدست آوردن متغیر خروجی، نتیجه سه مرحله کار در فرایند سیستم صورت می‌گیرد که صرف نظر از معادلات ریاضی آن از نظر شکل به شرح زیر است.

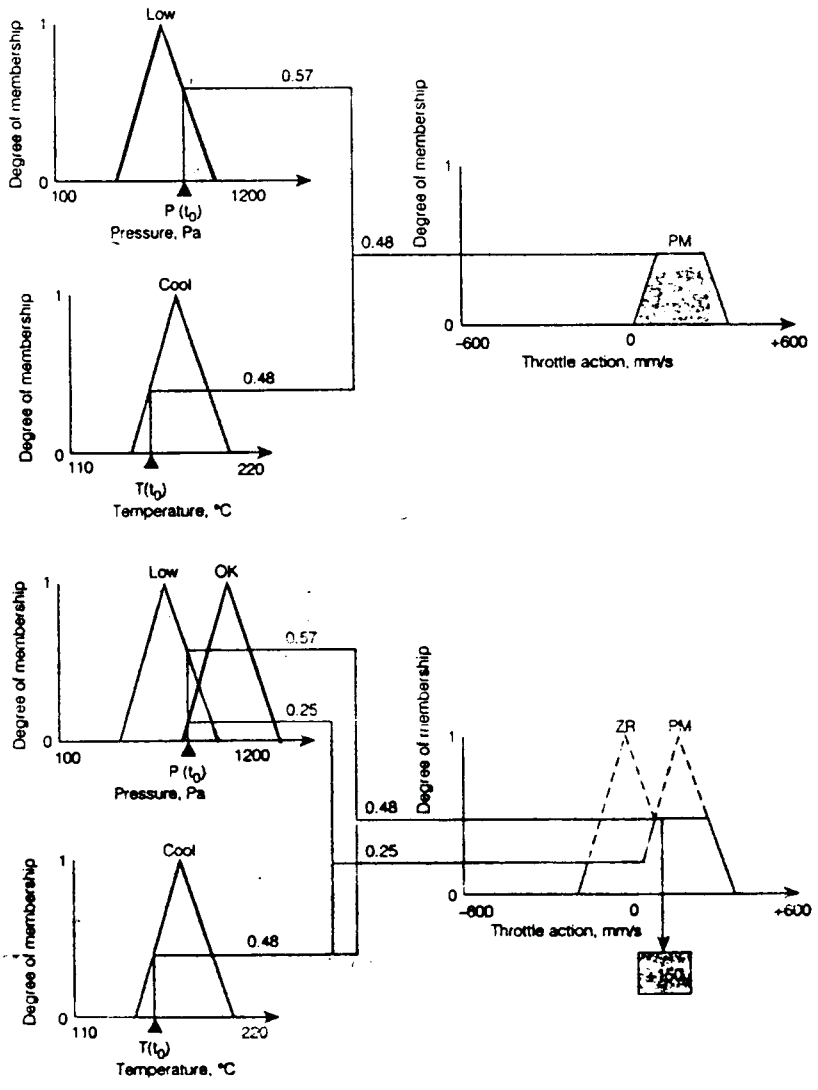
الف: مقدار حداقل درصد مشارکت داده در منطقه مربوطه ملاک عمل قرار می‌گیرد.

ب: خروجی فازی را که بر اساس این سطح ساخته می‌شود مشخص می‌کنیم.

ج: این مجموعه فازی تشکیل شده را در مجموعه فازی متغیر نتیجه کپی می‌نماییم.

اگر منطقه موردنظر در مجموعه فازی متغیر خالی نبود، خروجی فازی را در آن منطقه با خروجی قبلی ترکیب می‌کنیم. در مثال توربین بخار با استفاده از قانون شماره ۲ ظاهراً درجه حرارت T_0 با ۰/۴۸ عضویت در منطقه خنک و فشار P_0 با ۰/۵۷ عضویت در منطقه کم دارد که ملاک مقدار کمتر یعنی ۰/۴۸ است که در مجموعه متغیر نتیجه در منطقه PM قرار می‌گیرد وقتی قانون شماره ۳ وارد عمل می‌شود نتیجه در منطقه ZR و با مقدار کمتر ۰/۲۵ بدست می‌آید که در ترکیب با منطقه قبلی PM مطابق شکل ۲ پایین نتیجه حاصل می‌شود. با استفاده از روش مرکز ثقل نتیجه رفع ابهام شده آن مساوی $۱۵۰ mm/s$ می‌باشد.

(شکل۲).


Low
Degree of membership
1
0
0.57
100
1200
P (t_0)
Pressure, Pa
Cool
0.48
110
220
T(t_0)
Temperature, °C
0.48
PM
-600
0
+600
Throttle action, mm/s
OK
0.25
ZR

شاخص‌های ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی

عباس قاهری[1]

مقدمه

شاخص‌های ارزیابی عملکرد پارامترهای تعیین‌کنندهٔ میزان دسترسی به اهداف یک پروژه هستند. این شاخص‌ها در روابط به کار رفته در روش‌های مختلف ارزیابی نقش اساسی و جای خاص خود را دارند.

در این مقاله که سعی بر خلاصه بودن مطالب شده است به موضوعات زیر پرداخته می‌شود.

۱-هدف

۲-مشخصه‌های شاخص‌ها

۳-طبقه‌بندی شاخص‌ها

۴-ضرائب وزنی شاخص‌ها

۵-روش ارزیابی

آنچه در پی آمد این نوشتار می‌خوانید گفته‌های کوتاهی است برداشت شده از گزارشات یک پروژه تحقیقاتی که توسط اعضای گروه کاری ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی برگرفته شده است. امیدواریم نتایج این تحقیق به زودی به طور جامع در اختیار عموم علاقمندان قرار گیرد.

در این جا برای روشن‌تر شدن موضوع در مورد هر یک از موارد پنجگانه فوق توضیح کوتاهی داده می‌شود.

۱-استاد دانشگاه علم و صنعت و عضو هیئت اجرائی و گروه کار ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

۱- هدف

از آنجا که مقولهٔ ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی به دلیل عدم موفقیت غالب پروژه‌ها در رسیدن به اهداف اولیه اکنون در تمام دنیا به جدّ مورد توجه قرار گرفته است، در تدوین روش‌های ارزیابی شدیداً فعالیت‌های تحقیقاتی رونق گرفته است. روشهای پیشنهادی فعلی که هر کدام در شرایط خاص و منطقه خاصی برای منظور مشخصی به وجود آمده است نمی‌تواند عمومیت کاربردی داشته باشد، بلکه تدوین روش متکی به پژوهش برای هر فرهنگ و جامعه‌ای امری ضروری است.

در این راستا هدف از مطالعهٔ ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی به وجود آوردن روشی بوده است که بتواند مورد استفادهٔ جامعهٔ ما قرار گیرد. به طور خلاصه :

هدف از این تلاش تدوین روش و دستورالعملی است که:

الف: بکاربردن آن برای ارزیابی عملکرد سیستم بنحوی ساده و عملی باشد که هر فرد یا دستگاهی با هر ایده و هدفی بتواند آنرا مورد استفاده قرار دهد.

ب: نتایج حاصل از کاربرد مدل ملموس و قابل تفسیر باشد.

ج: نقاط ضعف و قوت سیستم را آنچنان نشان دهد که برای بهبود و ارتقای عملکرد سیستم بتواند مورد استفاده قرار گیرد.

د: ارزیابی پروژه از دیدگاه‌های مختلف مقدور باشد.

۲- مشخصه‌های شاخص‌ها

شاخص به پارامتری اطلاق می‌شود که نماینده و نشان‌دهندهٔ ارزش، تلاش یا عمل خاصی باشد. از طرفی وسیله‌ای است برای اندازه‌گیری میزان موفقیت در دستیابی به اهداف خاص یک فعالیت.

شاخص‌ها باید شرایط و مشخصات زیر را داشته باشند.

الف: با اهداف پروژه همخوانی داشته باشند.

ارزیابی پروژه‌ها از دیدگاه‌های مختلف انجام می‌گیرد. هدف یا هدف‌های هر پروژه ممکن است با اهداف سایر پروژه‌ها متفاوت باشد. بدیهی است که ارزیابی هر پروژه نیز باید منطبق با اهداف آن باشد. حال اگر دریچه‌ها، منظرها یا دیدگاه‌ها (که هر سه به کار برده شده‌اند)

طبقه‌بندی شوند، می‌توان شاخص‌های خاص هر یک از آنها را نیز در سبدی جداگانه قرار داد. بنابراین ارزیابی با هدف خاص به سراغ سبد خاص هدف یا منظور مورد توجهش خواهد رفت. شاخص‌های برگزیده توسط ارزیاب باید با هدف از ارزیابی که ممکن است همان اهداف اولیه پروژه باشد همخوانی داشته باشد.

ب: پارامترهای بکار رفته در شاخص به آسانی قابل اندازه‌گیری باشند.

گاهی اوقات و در بعضی مقالات و گزارش پژوهش‌ها دیده می‌شود که شاخص‌هایی تعریف شده‌اند با متغیرهای پیچیده که اندازه‌گیری آنها مستلزم ابزار و تخصص‌های در سطوح بالاست. این شاخص‌ها نمی‌توانند در ارزیابی پروژه‌ها مفید باشد، زیرا علاوه بر وقت‌گیری و هزینه‌بری نمی‌تواند از دقت قابل اعتمادی برخوردار باشد. لذا شاخص‌ها باید خاصیّت ساده بودن و اندازه‌گیری سال را داشته باشند.

ج: شاخص طوری تدوین شده باشد که ارزیاب نتواند در آن اعمال‌نظر نماید.

وقتی متغیرهای به کار رفته در شاخص‌ها مقداری باشد و قابل اندازه‌گیری مشهود، دیگر اعمال نظرات افراد در آن مقدور نخواهد بود.

د: قابل تبدیل به عدد و رقم باشد.

شاخص‌های کیفی یا جواب‌های مثبت و منفی یا آری و خیر به علت توصیفی بودن یا قابل تبدیل به عدد و رقم نیستند و یا تبدیل آنهابا اعداد و ارقام سلیقه‌ای خواهد بود. لذا شاخص باید عددی و کمی باشد.

هـ نسبی و یا بدون بعد باشد.

برای یکسان‌سازی و گریز از ارائه دامنه‌های وسیع و متنوع برای هر شاخص متوسط افراد مختلف، شاخص را بدون بعد و یا به صورت درصد طراحی می‌نمایند.

۳- طبقه بندی شاخص‌ها

به گونه‌ای که اشاره شد نظر به اینکه معمولاً ارزیابی یک سیستم آبیاری و زهکشی از یک دیدگاه خاص و توسط فرد مشخص با منظورهای معینی انجام می‌شود، شاخص‌های هر دیدگاه باید در یک دسته قرار گیرد. بدیهی است ارزیابی کلی سیستم از تلفیق نتایج ارزیابی از دیدگاه‌های مختلف بدست می‌آید.

در چارچوب این تحقیق چندین دیدگاه مورد توجه قرار گرفته و بر آن اساس طبقه بندی زیر

انجام شده است.

الف: شاخص‌های مدیریتی

ب: شاخص‌های فنی

ج: شاخص‌های اقتصادی و مالی

د: شاخص‌های تولید محصول

هـ: شاخص‌های زیست محیطی

و: شاخص‌های اجتماعی

در زیر به صورت نمونه به تعدادی از شاخص‌ها در هر دیدگاه اشاره می‌شود.

الف: شاخص‌های مدیریتی

شاید مهم‌ترین مؤلفه تأثیرگذار در توفیق یا شکست یک پروژه نحوهٔ اداره و بهره‌برداری و نگهداری از سیستم باشد. شاخص‌های دسته‌بندی شده در این دیدگاه، پارامترهائی هستند که مقدار آنها مستقیماً به مدیریت دستگاه بهره‌بردار بستگی دارد و قابلیت دستگاه اداره‌کننده بر آنها تأثیرگذار است. نمونه‌ای از این شاخص‌ها در زیر آورده شده است.

۱- راندمان‌های آبیاری *Irrigation Efficiency*

(الف-۱) راندمان انتقال (e_c) *Conveyance Efficiency*

$$e_c = \frac{V_d}{V_c}$$

V_d = حجم آب تحویل داده شده به سیستم

V_c = حجم آب منحرف شده از رودخانه یا پمپاژ

(الف-۲) راندمان توزیع (e_d) *Distribution Efficiency*

$$e_d = \frac{V_f}{V_d}$$

V_f = حجم آب تحویل شده به مزارع

(الف-۳) راندمان کاربرد مزرعه (e_a) *Application Efficency*

$$e_a = \frac{V_m}{V_f}$$

V_m = حجم آب مورد نیاز در سطح مزرعه

(الف-۴) راندمان پروژه *Project Efficiency* (e_p)

$$e_p = e_c \times e_d \times e_a$$

(الف-۵) راندمان واحد درجه ۳ *Third Degree Efficiency* (e_u)

$$e_u = \frac{V_m}{V_d} = e_d \times e_a$$

(الف-۶) راندمان شبکه (e_s)

$$e_s = \frac{V_f}{V_c} = e_c \times e_d$$

(الف-۷) راندمان تحویل آب *Delivery Performance Eff.* (P_D)

$$P_F = \frac{1}{T}\sum_{i=1}^{T}\left[\frac{1}{R}\sum_{j=1}^{R}(Q_R/Q_D)\right]$$

T = تعداد پریودهای زمانی اندازه‌گیری شده

R = تعداد کل آبگیرهای اندازه‌گیری شده

Q_R = دبی مورد نیاز

Q_D = دبی تحویل شده

(الف-۸) شاخص عملکرد بهره‌برداری *Operation Performance Indicator (OI)*

$$OI = \frac{V_A}{V_I}$$

V_A = حجم آب واقعی تحویلی

V_I = حجم آب تعیین شده در طراحی

(الف-۹) شاخص کفایت تحویل *Adequacy Performance Index* (P_A)

$$p_A = \frac{1}{T}\sum_{T}\left[\frac{1}{R}\sum_{R}(Q_D/Q_R)\right]$$

(الف-۱۰) شاخص پایداری زمانی تحویل (P_D)

$$P_D = \frac{1}{R}\sum_{R} CV_T(P_A)$$

CV_T = ضریب تغییرات زمانی

(الف-۱۱) شاخص پایداری مکانی تحویل یا برابری (P_E)

$$P_E = \frac{1}{T}\sum_{T} CV_R(p_A)$$

CVR = ضریب تغییرات مکانی

ب: شاخص‌های فنی

شاخص‌های فنی در حقیقت کارآئی مؤلفه‌های فیزیک سیستم را ارزیابی می‌نماید. شاید پس از منظر مدیریت، مؤلفه‌های فیزیکی و ارزیابی سیستم از این دیدگاه نقش مهمّی را ایفا نماید.
در زیر به صورت مثال تعدادی از این شاخص‌ها داده شده است.

(ب-۱) نسبت راندمان طراحی *(DER) Design Efficiency Ratio*

$$e_R = \frac{Ae}{De}$$

De = راندمان پیش‌بینی شده در طراحی (انتقال، توزیع،...)

Ae = راندمان واقعی (انتقال، توزیع،...)

(ب-۳) نسبت ظرفیت سازه‌های تحویل آب *Capacity Ratio of Delivery Structures (DSCR)*

$$DSCR = \frac{ADSC}{DDSC}$$

$DDSC$ = ظرفیت پیش‌بینی شده تحویل آب در طراحی در آبگیر

$ADSC$ = ظرفیت واقعی تحویل آب در آبگیر

(ب-۴) نسبت تعداد سازه‌ها در سیستم انتقال *(NCSR)*
Number Ratio of Delivery System Structures

$$NCSR = \frac{NDCS}{NACS}$$

$NDCS$ = تعداد سازه‌های بیش‌بینی شده در طراحی در سیستم انتقال

$NACS$ = تعداد واقعی سازه‌های سیستم انتقال

ج: شاخص‌های اقتصادی - مالی

شاخص‌های اقتصادی - مالی تعیین کننده نرخ بازدهی سرمایه‌گذاری در سیستم می‌باشند. به تعدادی از این شاخص‌ها به صورت نمونه ذیلاً اشاره می‌شود.
شاخصهای مربوط به درآمد و هزینه‌های پروژه

(ج-۱) شاخص کفایت اعتبارات نگهداری و بهره‌برداری *Money Support adequacy Index (TFV)*

$$TFV = \frac{AOMB}{ROMB}$$

$AOMB$ = اعتبارات نگهداری و بهره‌برداری تخصیص داده شده

$ROMB$ = اعتبارات نگهداری و بهره‌برداری مورد نیاز

(ج-۲) نسبت سود به هزینه *Benefit Cost Ratio (BCR)*

$$BCR=\frac{B}{C}$$

B = سود

C = هزینه

(ج-۳) نسبت برگشت سرمایه *Capital Return Ratio*

$$FRR=\frac{S_c}{S_a}$$

S_c = مقدار آب بهای سالیانه جمع‌آوری شده

S_a = مقدار آب بهای سالیانه پیش‌بینی شده

(ج-۴) نسبت بودجه نگهداری *(MBR)*

Maintenance to Maintenance & Operation Ratio

$$MBR = \frac{BM}{BOM}$$

BM = مقدار بودجه نگهداری

BOM = مقدار بودجه نگهداری و بهره‌برداری

د: شاخصهای تولید محصول

در این منظر شاخص‌هائی تعریف شده است که میزان کمی و کیفی تولید محصول را به نسبت مقدار آب و زمین و سرمایهٔ مصرفی تعیین می‌کنند. چند نمونه از این شاخص‌ها به شرح زیرند.

(د-۱) شاخص عملکرد سطح *Area Performance Index (AP)*

$$AP = \frac{IV}{IP}$$

IV = مقدار تولید محصول در واحد سطح

IP = مقدار تولید محصول در واحد سطح پیش‌بینی شده در طراحی

(د-۲) شاخص عملکرد محصول *Crop Yield Index* (Y_P)

$$Y_P = \frac{Y_i}{Y_{i+}}$$

Y_i = مقدار تولید واقعی محصول i

Y_{i+} = مقدار پیش‌بینی شده تولید محصول i

(د-۳) بازده آبیاری *Irrigation Water Efficiency (IWE)*

$$IWO = \frac{Y_i}{Y_f}$$

Y_f = حجم آب مصرفی تحویلی به مزارع

هـ - شاخص‌های زیست محیطی

اثرات مثبت و منفی زیست محیطی در اثر اجرای یک پروژه آبیاری و زهکشی را با شاخص‌هائی که در این زمینه طراحی شده و به تعدادی از آنها ذیلاً اشاره کرده‌ایم اندازه‌گیری و ارزیابی می‌شود.

شاخصهای عملیاتی کوتاه‌مدت

(هـ-۱) نسبت افزایش شوری *Increased Salinity Ratio (ECR)*

$$ECR = \frac{AECD\text{-}ECI}{AECD}$$

ECI = غلظت نمک آب ورودی به پروژه

$AECD$ = غلظت میزان نمک زهکش خروجی پروژه

(هـ-۲) نسبت افزایش آلودگی‌های بیولوژیک *Biological Contaminant Increase Ratio (EOR)*

$$EOR = \frac{EOI}{EOD}$$

EOI = میزان آلودگی بیولوژیک آب ورودی به پروژه

EOD = میزان آلودگی بیولوژیک زهکش خروجی پروژه

(هـ-۳) نسبت افزایش آلودگی‌های مواد آلی *Organic Contaminant Increase Ratio (OMR)*

$$OMR = \frac{CMI}{CMD}$$

OMI = میزان آلودگی مواد آلی آب ورودی به پروژه

OMD = میزان آلودگی مواد آلی زهکش خروجی پروژه

(هـ-۴) نسبت عملکرد شوری *Salinity Performance Ratio (ECPR)*

$$ECPR = \frac{AECD}{DECD}$$

$AECD$ = میزان نمک واقعی زهکش خروجی

$DECD$ = میزان نمک زهکش خروجی در طراحی

و - شاخص‌های اجتماعی

این شاخص‌ها درجهٔ برخورداری از رفاه اجتماعی و میزان تأثیرگذاری اجرای پروژه بر سطح زندگی مردم منطقه را بررسی و ارزیابی می‌نمایند.

(و-۱) نسبت تولید اشتغال *Job Oportunity Ratio (JOR)*

$$JOR = \frac{PJ}{IJ}$$

PJ = میزان اشتغال نیروی کار پس از احداث سیستم در سطح تحت پوشش پروژه، نفر روز در هکتار

IJ = میزان اشتغال نیروی کار اولیه در سطح تحت پوشش پروژه، نفر روز در هکتار

(و-۲) عملکرد ایجاد اشتغال *Job Oportunity Performance (JOP)*

$$JOP = \frac{PJ}{DJ}$$

PJ = میزان اشتغال نیروی کار موجود

DJ = میزان اشتغال نیروی کار پیش‌بینی شده در طراحی

(و-۳) نسبت ایجاد دستمزد *Wage Ratio (IR)*

$$IR = \frac{API}{ARI}$$

API = متوسط درآمد سالیانه روستایی در محدوده پروژه

ARI = متوسط درآمد سالیانه روستایی در سطح کشور

۴- ضرایب وزنی شاخص‌ها

در روش کمی کردن نتایج ارزیابی انتخاب شده در مدل در دست مطالعه، با توجه به اهمیت هر دریچه و همچنین اهمیت هر شاخص در یک دریچه، ضرایب وزنی در نظر گرفته شده است. این ضرایب برای دریچه‌ها با علامت C_i و برای شاخص‌ها C_{ij} در نظر گرفته شده است. حدود تغییرات C_{ij}ها به شرح زیر است.

علامت A	۶-۵
علامت B	۵-۴
علامت C	۴-۳
علامت D	۳-۲

این مقادیر در مدل بصورت *Default* قرار داده شده است تا در صورتی که کاربر خود اوزان را به مدل ندهد، مدل خود از مقادیر فوق استفاده نماید. مدل در آنصورت متوسط محدوده‌های تعیین شده را بکار خواهد برد.

ضمناً توصیه محققین این مدل به کاربران، استفاده از محدوده‌های تعیین شده در فوق است.

ضرایب وزنی مورد توجه گروه برای دریچه‌های مختلف وقتی ارزیابی کلی صورت می‌گیرد در

صورتی که کاربر خود ضرایب مناسبی را در نظر نداشته باشد بشرح زیر است:

پنجره مدیریت	۱
پنجره اقتصادی و مالی	۰/۷۵
پنجره فنی	۰/۵۰
پنجره اجتماعی و سیاسی	۰/۵۰
پنجره زیست محیطی	۰/۵۰

لازم به ذکر است که ضرایب فوق به منظور انجام یک ارزیابی کلی است و چنانچه دیدگاه ارزیاب خاص باشد اوزان متفاوت خواهند بود.

۵- روش ارزیابی

همانطور که در سخنرانی‌های سایر همکاران توضیح داده شده است روشهای متعدد و متنوعی برای ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی پیشنهاد گردیده است. روش پیشنهادی این گروه برای ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی کشور به شکل زیر می‌باشد.

فرمول کلی :

$$Y = \sum_{i=1}^{N} C_i \sum_{j=1}^{M} C_{ij} I_{ij}$$

که در آن C_i = ضرایب وزنی پنجره‌ها

i = شماره پنجره

j = شماره شاخص در پنجره iام

C_{ij} = ضریب وزنی شاخص jام در پنجره iام

I_{ij} = شاخص jام در پنجره iام

چنانچه به شاخص‌ها حداکثر مقادیر خود را بدهیم عملکرد صد در صد مطلوب بدست خواهد آمد و عملکرد پروژه مورد نظر نسبت رقم حاصل از رابطه فوق به عملکرد صد در صد مطلوب خواهد بود.

برای آن عده از شاخص‌ها که جواب بلی یا خیر دارند به ترتیب اعداد ۱ و صفر منظور می‌گردد.

بررسی سیستم ارزیابی عملکرد در وزارت نیرو و ارایه نظام ارزیابی مطلوب برای مدیریت بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی

احمد پورزند [1]

مقدمه

هر سازمان در ازای فعالیت‌هایی که انجام می‌دهد ارزیابی است. ارزیابی را می‌توان اولین قدم برای هر تصمیمی در سازمان دانست.

- در تدوین استراتژی سازمان، ارزیابی برای تعیین نقاط قوت و ضعف اولین قدم محسوب می‌شود.
- در برنامه‌ریزیهای بلند مدت و کوتاه مدت در تمام زمینه‌ها قبل از هر چیز نیازمند ارزیابی وضعیت موجود هستیم.
- انجام اصلاحات و ایجاد بهبود و حتی ایجاد تغییر یا تحول در هر سازمان، اول با ارزیابی وضع موجود شروع می‌شود و بالاخره ارزیابی مستمر لازمه نظارت و کنترل عملکرد است. ارزیابی برای سیستم‌های آبیاری بخصوص در کشورهای آسیایی که این فعالیت به عنوان عامل حساس و مهم در توسعه کشاورزی نقش دارد، از اهمیت زیادی برخوردار است. کشاورزی این مناطق ۹۰-۸۰ درصد به آب وابسته است. علیرغم این نقش اساسی، عملکرد پروژه‌های آبیاری در این مناطق بسیار ضعیف است و اغلب پروژه‌ها به سطح عملکرد مورد انتظار نرسیده‌اند. به دلیل حجم بزرگ سرمایه‌گذاریهای انجام شده در آسیای جنوبی و جنوب شرقی، ارزیابی عملکرد این پروژه‌ها از دید دولت‌ها و بخصوص سازمانهای جهانی وام دهنده بسیار مورد اهمیت است. مروری کوتاه بر پیشینه وضعیت عرضه آب در دهه‌های اخیر، اهمیت تحقیق در خصوص ارزیابی عملکرد مدیریت بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری را بیشتر روشن می‌کند.

۱-کارشناس مهندسین مشاور مهاب قدس و عضو گروه کار ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

در کشور ما ظرف دهه‌های اخیر حدود سی هزار میلیارد ریال (به قیمت ثابت سال ۱۳۷۵) سرمایه‌گذاری صرف سیستم‌های تأمین و توزیع آب سطحی و تأسیسات وابسته گردیده است که حدود ۹۰٪ منابع آب تأمین شده صرف آبیاری کشاورزی از طریق شبکه‌های آبیاری مدرن و سنتی می‌گردد. در برابر این سرمایه‌گذاریهای عظیم عملکرد شبکه‌های آبیاری کشور از وضعیت مطلوبی برخوردار نیست.

در حال حاضر بیش از ۱/۲۲ میلیون هکتار از اراضی آبی کشور تحت پوشش شبکه‌های آبیاری مدرن و تلفیقی قرار دارند و با احتساب شبکه‌های در دست احداث این رقم بزودی به ۱/۶ خواهد رسید. لیکن باید توجه داشت در برابر این هزینه‌های سنگین تا چه حد بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری موفق بوده است؟

- بدون تردید هیچیک از شبکه‌ها نه تنها سودآور نیستند بلکه مجموع هزینه جاری و سرمایه‌ای آنها چندین برابر درآمد حاصل از فروش آب آنهاست.
- بهره‌برداری از این شبکه‌ها در خصوص جلب رضایت مشترکین نیز چندان موفق نبوده است. توجه به چگونگی روابط مصرف کنندگان آب و مسئولین واحدهای بهره‌برداری و بخصوص میزان تخریب انجام شده در شبکه توسط مصرف کنندگان آب که خود می‌تواند شاخصی برای میزان رضایت مصرف کنندگان باشد، مؤید این موضوع است.
- عملکرد از نظر حفظ نگهداری از شبکه‌ها نیز چندان امید بخش نیست زیرا در اکثر مناطق به لحاظ کمبود منابع مالی امکان رسیدگی به شبکه‌ها بسیار محدود می‌باشد و در نتیجه شاهد فرسودگی روزافزون شبکه‌ها می‌باشیم.
- عملکرد شبکه‌ها از دید بهره‌وری آب نیز قابل قبول نیست زیرا هیچیک از شبکه‌ها به راندمان آبیاری پیش‌بینی شده در دوره طراحی نزدیک نشده‌اند به همین ترتیب است وضعیت نیروی انسانی، بهبود تکنولوژی بهره‌برداری و....

با توجه به مطالب فوق وجود نظام جامع با کارآیی مطلوب برای ارزیابی شبکه‌های آبیاری در این مقطع به نحوی که این امکان را فراهم نماید که عملکرد مدیریت شبکه‌ها، با شاخص‌های دقیق و مرتبط سنجیده شود، بسیار ضروری می‌نماید.

بعلاوه ساختار تشکیلاتی وزارت نیرو که در واقع مجموعه‌ای از شرکتهای دولتی و غیر دولتی تحت مدیریت ستاد مرکزی آنرا تشکیل می‌دهند، ایجاب می‌کند که توجه بیشتری به امر ارزیابی داشته باشد. زیرا در سایر وزارتخانه‌ها ارتباط مستقیم واحدهای صف با مرکز موجب می‌شود که همواره وضعیت عملکرد آنها در جریان امور روزمره ستاد قرار گیرد. در حالی که با توجه به

تفویض اختیار گسترده‌ای که ساختار وزارت نیرو برای سازمان‌های صف قایل شده (وجود شرکتهای دولتی با استقلال نسبی) ضرورت بهره‌مندی از یک نظام مدون ارزیابی بعنوان اصلی‌ترین ابزار کنترل و سیاست گذاری، اجتناب‌ناپذیر است.

هدف از این تحقیق ارایه نظامی برای ارزیابی مدیریت شبکه‌های آبیاری است. البته این هدف با شناخت وضع موجود وزارت نیرو در ارزیابی و بخصوص بخش آب و شبکه‌های آبیاری از یک سو و آگاهی از مبانی علمی ارزیابی و آخرین یافته‌های ارزیابی در جهان محقق می‌شود.

ارزیابی در واقع یک مقوله مدیریتی است که اصول آن فارغ از فعالیت‌های فنی سیستم‌های مختلف، می‌تواند در هر فعالیتی از جمله بهره‌برداری از شبکه‌ها مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین با توجه به سابقه ارزیابی در فعالیت‌های مختلف تولیدی و خدماتی در سطح دنیا و تحقیقات وسیعی که در این زمینه‌ها انجام گردیده، شرایط مناسبی در ادبیات علمی مدیریت برای استفاده از جهت ارزیابی سیستم‌های آبیاری فراهم است. یکی از مهم‌ترین عوامل در فرآیند ارزیابی سازمانها تشخیص و شناخت معیار ارزیابی است و این که مشخص گردد سازمان قرار است بر چه اساس و با چه معیاری ارزیابی شود. آیا میزان حصول به اهداف سازمان ملاک اثربخشی آن است؟ یا فرآیند فعالیت‌هایی که زمینه‌ساز تحقق اهداف است باید مورد توجه قرار گیرد؟ یا میزان جلب خواسته‌های عوامل استراتژیک *(Stake holders)* مبین اثربخشی است؟ بهرحال چون فعالیت‌های سازمان در قالب ارزش‌های رقابتی در سازمان انجام می‌گردد، بدیهی است که توجه بیشتر مدیریت به یک ارزش می‌تواند منجر به ضعف ارزش رقیب-در سازمان گردد. مثلاً توجه به کارکنان در برابر توجه به سازمان و.... بنابراین به نظر می‌رسد قبل از تعیین معیارهای ارزیابی لازم است موقعیت سازمان را در میان این ارزش‌های رقابتی مشخص نماییم و سپس به تعیین معیارها و چهارچوب‌های ارزیابی بپردازیم.

با شناخت ادبیات علمی مدیریت در بحث ارزیابی با توجه به ویژگی فعالیت‌های شبکه‌های آبیاری لازمست به تحقیقات خاص انجام یافته در زمینه ارزیابی شبکه‌های آبیاری نیز توجه شود و لذا در این تحقیق از طریق بررسی مقالات و تحقیقات ارزیابی عملکرد شبکه‌ها در سطح دنیا با ویژگی‌های ارزیابی شبکه‌ها به لحاظ فنی نیز آشنا می‌شویم.

در مرور ادبیات علمی آشنایی با معیارهای ارزیابی مالی با توجه به اهمیتی که امور مالی در اثر بخشی دارد نیز زمینه‌ساز آگاهی‌های لازم در تدوین نظام ارزیابی است. همچنین آشنایی با روش‌های نوین ارزیابی با استفاده از برنامه‌ریزی خطی نیز لازم است تا با استفاده از این ابزار مدرن بتوان پیچیدگیهای ارزیابی عملکرد را کاهش داد.

ارزیابی عملکرد بخش‌های آب و برق و آب و فاضلاب در وزارت نیرو از سال ۱۳۷۳ رسماً مطرح بوده و انجام می‌گردد و هریک از بخشهای سه‌گانه فوق بر حسب شرایط محیط فعالیت و ویژگیهای فنی و مدیریتی به ارزیابی سالانه فعالیت‌های خود می‌پردازند. در روند انجام ارزیابی هر یک نظارت مثبت و منفی وجود دارد که توجه به این نکات می‌تواند در تدوین نظام ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری و زهکشی مفید واقع شود.

تحقیق در دو محیط مدیریت و آبیاری انجام گردیده و یافته‌های حاصل با بهره‌گیری از تجاربی که نگارنده در طول هفت سال مدیریت شبکه‌های آبیاری داشته است با هم تلفیق شده و نظام ارزیابی پیشنهاد گردیده است. البته نتیجه یافته‌ها نیز مبین این اصل بوده است که ارزیابی مدیریت شبکه‌ها بایستی با لحاظ شاخص‌های مهندسی و شاخص‌های مدیریتی انجام پذیرد.

ساختار بخش‌های این تحقیق بشرح زیر است:

- فصل اول؛ جایگاه ارزیابی عملکرد در وزارت نیرو، در این فصل جایگاه و هدف و اهمیت ارزیابی در وزارت نیرو مورد بررسی قرار گرفته و سپس سابقه ارزیابی و نحوه ارزیابی در بخشهای سه‌گانه آب، برق و آب و فاضلاب عنوان شده است.
- فصل دوم؛ مرور ادبیات علمی، در این فصل ابتدا اثربخشی بطور عام در سازمان‌ها بدون توجه به مدیریت بهره‌برداری آب تشریح شده و با استفاده از منابع علمی روش‌های مختلف سنجش متعددی در عملکرد شبکه‌های آبیاری در دنیا و ویژگیهای خاص بهره‌برداری و نگهداری از شبکه‌ها عملکرد از دیدگاه متخصصین فن آبیاری آمده است.
- فصل سوم؛ مبانی تئوریک تحقیق، در این فصل با استفاده از ادبیات علمی و تلفیق آنها با دیگر منابع، مبانی تئوریک تحقیق تحت عنوان نکات برجسته در ارزیابی عملکرد تدوین و تشریح شده است.
- فصل چهارم؛ طراحی مفهومی ارزیابی عملکرد در شبکه‌های آبیاری و زهکشی، در این فصل با استفاده از فصول گذشته نظام ارزیابی و معیارها و در نهایت شاخص‌ها، ارایه گردیده‌اند این فصل با معرفی نظام ارزیابی روش ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری را پیشنهاد می‌نماید.
- قسمت پایانی؛ جمع‌بندی و پیشنهادات، این قسمت به جمع‌بندی مطالب ارایه شده می‌پردازد و بعلاوه پیشنهاداتی را در رابطه با موضوع تحقیق ارایه می‌دهد.

مزرعه آزمایشی، اقدام پیشگیرانه و اصلاحی در تأمین عملکرد بهتر شبکه‌های آبیاری و زهکشی

علی ذوالفقاری [1]

مقدمه

مزرعه آزمایشی رویکردی اصلاحی و اقدامی پیشگیرانه در افزایش عملکرد در شبکه‌های آبیاری و زهکشی محسوب می‌شود. بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی مدرن و فن‌آوری‌های حاصل شده در بخش کشاورزی گرچه امروزه بر مبانی علمی استوار می‌باشد لیکن توفیق در دستیابی به اهداف پیش‌بینی شده آن کاری بس دشوار و مبتنی بر مهارت و هنرآفرینی می‌باشد.

با مروری بر تاریخچه پروژه‌های اجراء شده شبکه‌های آبیاری و زهکشی در سطح بین‌المللی ملاحظه می‌گردد، نیل به موفقیت در این زمینه نسبی بوده و گاهاً بهره‌برداری نیز مواجه با شکست شده است. با بروز این مشکلات، تلاشی جهانی در تشخیص و علت‌یابی آغاز گردید از جمله در کشور هندوستان که دارای شبکه‌های متعدد آبیاری و زهکشی در سطح وسیع می‌باشد برنامه ارزیابی گسترده تدوین شد و وزارت آبیاری آن کشور در سال‌های ۱۹۷۵ تا ۱۹۸۰ تعداد ۲۴ پروژه را در ۱۳ استان مورد ارزیابی تفصیلی قرار داد و نتایج حاصل از ارزیابی با توجه به تأثیرات کاهشی که این عوامل در عملکرد داشته‌اند به شرح زیر اعلام شده است:

- ضعف مدیریت آب ۲۳ مورد
- تراوش زیاد از کانال و لزوم پیش‌بینی پوشش مناسب ۲۲ مورد
- نقصان خدمات ناشی از فقدان مزارع آزمایشی و نمایشی ۲۰ مورد

۱-کارشناس مهندسین مشاور مهاب قدس و عضو گروه کار ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

- کمبود سیستم‌های زهکشی و خطرات تجمع زه‌آب ۱۹ مورد
- عدم توجه به مصرف آب سطحی ۱۸مورد
- اشکالات در تشکیلات سازمانی ۱۳ مورد
- فقدان تسهیلات ارتباطی ۱۲ مورد
- کمبود انهار و ضعف در نگهداری صحیح ۱۱ مورد
- راهبری غلط شبکه‌های آبیاری ۱۰ مورد

همانطوری که ملاحظه گردید از ارزشیابی عملکرد ۲۴ پروژه، ۲۰ مورد آن به علت فقدان مزارع آزمایشی یا نمایشی عملکرد پائین داشته است یا به عبارت دیگر در این بررسی احداث مزرعه آزمایشی به عنوان فاکتور با اهمیتی در ارتقاء عملکرد گزارش گردیده است.

در پروژه‌های مختلف اجراء شده در کشورمان نیز بارها شاهد تغییرات اساسی در گزینه‌های طراحی حین اجرا یا بعد از اجرا با صرف هزینه‌های گزاف بوده‌ایم. گاهاً علت اصلی پیچیدگی فنی این طرح‌ها می‌باشد که اجتناب‌ناپذیر است لیکن در بعضی موارد می‌توان پس از حصول اطمینان از عملکرد اجزاء عملیات اجرائی را شروع نمود. یا به عبارت دیگر مدیران اجرائی قبل از اجرای طرح کلی، آن بخش از اجزاء طرح را که اطمینان کافی از عملکرد مطلوب حاصل نگردیده، در صورتی که امکان بررسی آن را در مقیاس کوچکتر یا مزرعه آزمایشی فراهم نمایند مسلماً در عملکرد اقتصادی و فنی پروژه‌ها تأثیر مثبت خواهد داشت.

لزوم ایجاد مزرعه آزمایشی

جهت تحقق اهداف طرح و فراهم نمودن زمینه جهت بهبود مستمر عملکرد خصوصاً در سطح مزرعه به دلایل زیر در طرح‌های شبکه آبیاری و زهکشی، پیش‌بینی مزرعه آزمایشی مورد تأکید و توصیه است:

۱- اغلب پروژه‌های آبیاری در طولانی مدت به بهره‌برداری می‌رسد لذا مهلت تکمیل پروژه که شامل مراحل بررسی، مطالعه و اجرا می‌باشد فرصت مغتنم و مناسبی جهت ترویج، آزمایش داده‌ها و طرح‌های ارائه شده در مقیاس کوچکتر می‌باشد تا پس از کسب اطمینان کافی از تحقق طرح‌های ارائه شده بتوان در اقدامات اصلاحی در زمان اجرا سطح کل پروژه بهره‌مند شد. این تمهیدات خصوصاً در طرح‌های زهکشی می‌تواند اثر بخشی بیشتری داشته باشد و در بخش زیربنائی توسعه و بخش کشاورزی نیز کاربرد اساسی داشته باشد.

۲- ایجاد باور در کاربران واقعی طرح‌های آبیاری که کشاورزان می‌باشند زمینه مساعدی فراهم می‌آورد تا با ملاحظه دستاوردهای واقعی اطمینان بیشتر به نتایج طرح داشته باشند و انگیزه مشارکت در ساخت شبکه و بهبود روش‌های کشت نیز حاصل گردد.

۳- در خلال دو دهه اخیر در سطح جهانی کیفیت به طور روزافزونی بر طرح‌های توسعه سایه افکنده و به عنوان عامل راهبردی موفقیت مورد توجه کلیه جوامع امروزی قرار گرفته است. خودآگاهی کشاورزان و دست‌اندرکاران کشاورزی نسبت به پدیده کیفی که در مزرعه آزمایشی می‌توانند شاهد آن باشند بدون شک آثار سازنده و باروری در ارتقاء کیفیت نظام مدیریتی در این زمینه با استفاده بهینه از منابع آب و خاک خواهد شد و جایگاهی مناسب جهت رفع مغایرت‌های کشاورزان در نظام بهره‌برداری صحیح و اصولی خواهد بود.

۴- توسعه پایدار که محور اصولی مدیریت آب به شمار می‌رود و از معیارهای مورد قبول بین‌المللی است می‌تواند در سطح مزرعه بررسی شود. بدین ترتیب که با فراهم نمودن زمینه بهره‌برداری منطقی از منابع آب و خاک بر اساس انتخاب الگوها و گزینه‌های سازگار با شرایط محلی به عنوان یکی از اهداف، مورد مطالعه و تحقیق مستمر قرار می‌گیرد. در هر مقطع زمان با توجه به امکانات مالی، فن‌آوری، خصوصیات و شرایط منطقه‌ای، مشخصات منابع سمت و سوی عملیات را به نحوی هدایت و برنامه‌ریزی نمود تا ضمن دستیابی به اهداف توسعه پایدار، بتوان داده‌های قابل اعتماد را در این بخش از مطالعات در سطح کل شبکه آبیاری و زهکشی تعمیم داد.

۵- اعمال مدیریت کمی و کیفی آب با دسترسی به آمار و اطلاعات دقیق و قابل‌اعتماد در سطح مزرعه فراهم می‌گردد. ارزیابی این داده‌ها، امکان شناخت فرایندهایی که در این رابطه می‌تواند تأثیرگذار باشد را فراهم و تحلیل را امکان‌پذیر می‌نماید. با ویژگی‌های آمار و اطلاعات تصدیق شده، صحیح، به میزان قابل قبول واقعی و به هنگام زمینه مناسبی برای اعمال مدیریت‌های پویا تحت شرایط مختلف محیطی ایجاد می‌گردد.

۶- مسئولیت مدیریت آب، با توجه به ابعاد گوناگون آن به عهده بخش دولتی است. بررسی‌های انجام شده در این مزارع به عنوان اقدامات نخستین در جهت اعمال واقعی و کاربردی این مسئولیت خطیر تلقی می‌شود و محک سنجش این مسئولیت در سطح مزرعه می‌باشد.

۷- تربیت نیروی انسانی ماهر از مؤلفه‌های مهم تحقق بخشیدن به اهداف طرح‌های توسعه کشاورزی قلمداد شده است. امروزه نمی‌توان پایانی برای دوره‌های آموزشی متصور شد، بلکه به عنوان مکمل اشتغال در رده‌های مختلف تخصصی حائز اهمیت است. مزرعه آزمایشی علاوه

بر بهره‌گیری از نتایج تجربیات، می‌تواند جایگاه مستمر آموزش توسعه کشاورزی در طرح تلقی می‌شود، با برنامه‌ریزی‌های جنبی می‌توان از نتایج دستاوردهای تجربی کشاورزان پیشرو و حتی خدمات آموزشی آنان بهره‌مند شد.

۸- در ارزیابی عملکرد غالباً به استناد معیارهای تئوری و یا پیش فرض اکتفا می‌گردد و نتایج دستاوردها و شرایط راهبری و بهره‌برداری در چارچوب شاخص‌های ارزیابی مقایسه می‌گردد که ممکن است در شرایط خاص و اقلیم منطقه اجرای طرح، دستیابی به اهداف نسبی باشد. در صورتی که نتایج حاصله از مزرعه آزمایشی واقعی یا قریب به واقع می‌باشد، لذا محک و معیار مناسب‌تری در ارزیابی شبکه‌های آبیاری و زهکشی در سطح مزرعه به شمار می‌رود.

۹- ظاهراً با توجه به وسعت اراضی مزرعه آزمایشی، نتایج آن در سطح مزرعه و شبکه‌های فرعی آبیاری و زهکشی کاربرد دارد. لیکن در واقع تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم آن در بهبود عملکرد شبکه‌های اصلی آبیاری و زهکشی نیز تعیین کننده می‌باشد و در صورت توفیق در دستیابی به عملکرد مطلوب در سطح مزرعه زمینه مناسبی جهت افزایش بهره‌وری از منابع، افزایش راندمان مصرف، اعمال مدیریت تقاضا، جلب مشارکت و همکاری کشاورزان جهت تحقق اهداف کلی طرح فراهم می‌گردد.

کم و بیش، فرایندهائی که به لحاظ بهبود مدیریت فنی و یا اقتصادی به عنوان تکنیک‌های شناخته شده در طرح‌ها اعمال می‌شود فوقاً اشاره گردید. کاربرد تکنیک‌های دیگر از جمله سنجش بهره‌وری (نسبت ستانده به منابع یا ورودی) و مهندسی ارزش (بهینه نمودن سرمایه‌گذاری و بیشینه نمودن ارزش تولید) امروزه در جوامع پیشرفته رواج دارد. نتایج تحلیل و تشخیص این تکنیک‌های جدید نیز عمدتاً با بهره‌مندی از جمع‌آوری بازخورد یا داده‌ها در سطح کلی طرح، و مقایسه آن با شاخص‌های مبنای عملکرد صورت می‌پذیرد. در صورتی که بخشی قابل توجهی از این شاخص‌های مبنا که مرتبط با انجام فعالیت در سطح مزرعه می‌باشد بتواند به صورت واقعی و انعطاف‌پذیر از تحلیل آزمایشات مزارع آزمایشی حاصل شود. نتیجه کلی فرایندهای بهبود مدیریت از درجه دقت و اعتمادپذیری بیشتری برخوردار خواهد بود.

طرح راهنما برای مزرعه آزمایشی

در بخش قبل عوامل و فاکتورهائی که لزوم مزرعه آزمایشی را توجیه می‌نمایند تشریح گردید. در خلال این توضیحات اهداف کلی مزرعه آزمایشی نیز مطرح شد. لذا از بازگو نمودن مجدد آن

خودداری می‌گردد. اهداف جزئی طرح‌ها معمولاً اختصاصی و جهت دستیابی به آنها در مزرعه آزمایشی از ضوابط و معیارهای متفاوتی استفاده می‌گردد. لذا در این بخش فقط به ارائه اطلاعات کلی اکتفا می‌گردد.

در برنامه‌ریزی ایجاد مزرعه آزمایشی بر اساس ضوابط و معیارهای طراحی ارائه شده در مطالعات مرحله اول (شناسائی) نسبت به تهیه طرح اجرائی در شرایط اقلیمی و خاک مشابه اقدام می‌گردد. بدین ترتیب که هر مزرعه بایستی شاخص تمامی یا بخشی از سطوح اراضی طرح توسعه باشد که از نظر اقلیمی و خاک شباهت بیشتری داشته باشند. در صورتی که به لحاظ اقتصادی امکانات فراهم نباشد می‌توان یک مزرعه که شرایط و خصوصیات آب و خاک و اقلیم غالب منطقه را شامل شود به عنوان مزرعه شاخص منطقه انتخاب نمود.

بررسی ایستگاه‌های تحقیقاتی در منطقه طرح یا مناطق همجوار از اولین اقدامات مطالعاتی می‌باشد تا حداکثر بهره‌گیری از نتایج تحقیقاتی این ایستگاه‌ها در طرح به عمل آمده و در صورتی که سایر مشخصه‌ها را که در بالا توضیح داده شد حائز باشد به عنوان مزرعه آزمایشی انتخاب گردند.

محل پیشنهادی مزرعه آزمایشی از نظر کیفیت آب بایستی مشابه منبع تأمین کننده آب مورد نیاز شبکه اصلی آبیاری باشد. محل تخلیه زه‌آب زهکشی سطحی یا عمقی نیز مناسب باشد.

وسعت اراضی مزرعه آزمایشی با توجه به میزان منابع مالی تخصیص داده شده و اهدافی که بایستی در قالب برنامه مطالعاتی مزرعه آزمایشی تحقق یابد، تعیین می‌گردد. توصیه می‌شود وسعت اراضی به میزانی انتخاب شود که امکان اجرای الگوی زراعی مزرعه مقدور باشد و سطح مورد نیاز آبخور آبگیر درجه سه را شامل شود.

گاهاً موضوعاتی نظیر آبشوئی و زهکشی اراضی در برنامه مطالعاتی مزرعه آزمایشی می‌باشد که حرکت سفره آبهای زیرزمینی در روند آن تأثیراتی دارد. لذا وسعت اراضی بایستی افزایش داده شود تا امکان انجام آزمایشات دقیق‌تر فراهم گردد.

علاوه بر موارد فوق امکانات و راه‌های ارتباطی، تأمین نیروی برق و انتخاب محلی که با سیمای شبکه آبیاری و زهکشی ارائه شده به لحاظ قطعه‌بندی مزارع و تأسیسات تداخل نداشته باشد از موضوعات قابل توجه در ایجاد مزرعه آزمایشی می‌باشد.

- توصیه می‌شود در ادامه مطالعات در مزرعه آزمایشی نسبت به ایجاد مزارع نمونه در مزارع کشاورزان نیز اقدام گردد تا هماهنگ با مزرعه آزمایشی توسعه داده شده و مکمل این مطالعات تلقی شود.

بررسی مزارع آزمایشی طرح‌های آبیاری و زهکشی در سطح کشور

مطالعات جامع در مورد ایجاد مزارع آزمایشی شبکه‌های آبیاری و زهکشی کشور انجام نشده و یا اگر انجام شده در دسترس نویسنده این مقاله نبوده است. شاید یکی از علت‌ها محدود بودن تعداد مزارع آزمایشی، موردی و مقطعی بودن آنها (مطالعات کوتاه‌مدت) و یا به لحاظ تشکیلات سازمانی مدیریت آب، جایگاه و یا متولی خاصی به اینگونه مزارع اختصاص داده نشده است، در نتیجه به استثناء چند مزرعه معدود از جمله مرکز تحقیقاتی صفی‌آباد که تاکنون خدمات ارزنده‌ای به کشاورزی و مطالعات آب و خاک خوزستان نموده است و می‌تواند به عنوان الگوی مناسب در شبکه‌های آبیاری و زهکشی معرفی شود، اغلب مزارع آزمایشی دیگر پایدار نبوده و از ادامه فعالیت بازمانده‌اند و یا مطالعه موردی آنها خاتمه یافته است.

به منظور آشنائی با اهداف جزئی و برنامه کار اینگونه مزارع، مزرعه آزمایشی طرح آبیاری و زهکشی شمال شرق اهواز انتخاب گردیده و به طور اجمال توضیحاتی ارائه می‌گردد تا راهنمائی جهت احداث مزرعه آزمایشی به عنوان یک اقدام پیشگیرانه و اصلاحی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی در اختیار برنامه‌ریزان باشد.

مزرعه آزمایشی شبکه آبیاری و زهکشی شمال شرق اهواز

طرح شبکه آبیاری و زهکشی شمال شرق اهواز در وسعت ۲۰۰۰۰ هکتار در استان خوزستان در حال احداث می‌باشد. (نقشه شماره ۱) این شبکه آبیاری با سیستم متمرکز مدیریت توزیع آب از ایستگاه پمپاژ ویس (ساحل رودخانه کارون) تغذیه می‌شود. کارفرمای این طرح سازمان آب و برق خوزستان و خدمات مهندسی را شرکت مهاب قدس ارائه نموده است.

این مزرعه با هدف آزمایش فنون مختلف کشاورزی و آبیاری متناسب منطقه و ترویج روش‌های صحیح گیاهداری در مطالعات مرحله اول مورد پیشنهاد مهندسین مشاور طرح قرار گرفت و به منظور بهره‌برداری هر چه مطلوب و کامل‌تر از اراضی زیر شبکه آبیاری و سرمایه‌گذاری متناسبی که نیاز دارد احداث مزرعه در برنامه اجرائی قرار گرفت.

این مزرعه به مساحت تقریبی ۵۰ هکتار و در قسمت جنوب شرقی اراضی دانشکده کشاورزی اهواز در جوار شبکه آبیاری و زهکشی شمال شرق اهواز احداث گردیده است (نقشه شماره ۲) محل تأمین آب رودخانه کارون و از طریق کانال انتقال دانشکده کشاورزی اهواز هدایت آب

صورت پذیرفته است در این مزرعه تیپ شبکه فرعی ارائه شده در طرح مشتمل بر کانال درجه سه (نیم لوله پیش ساخته بتنی) و قطعات زراعی حدود ۱۰ هکتار می‌باشد، زه‌آب از طریق زهکش مزرعه شهید قاسمی به زهکش اصلی دانشکده کشاورزی هدایت و به رودخانه کارون تخلیه می‌گردد.

۱ - مطالعات موردی انجام شده در مزرعه

شناخت و طبقه‌بندی اراضی مزرعه با بهره‌گیری از گزارش نیمه تفصیلی مؤسسه تحقیقات آب و خاک و مطالعات تکمیلی مهاب قدس انجام پذیرفته، این بررسی‌ها شامل خصوصیات خاک از نظر ساختمان بافت، رنگ، عمق، سطح آب زیرزمینی قابلیت آبیاری و محدودیت‌های زهکشی بوده است.

- خاک اراضی مزرعه از سری تل بومه شناسائی شده است و از نظر طبقه‌بندی در کلاس *VIA* و از نظر شوری و قلیائی جزء خاک‌های S_4A_4 که دارای شوری و قلیائیت بالا است به شمار می‌رود. با توجه به محدودیت‌هایی نظیر شوری، کمی، نفوذپذیری، بالا بودن سطح آب زیرزمینی و مسائل زهکشی این اراضی نیاز به اصلاح و بهسازی دارد. گروه نفوذپذیری ۰/۴ و متوسط ضریب آبگذری آن حدود یک متر در روز می‌باشد.
- با بررسی و مقایسه نقشه‌های هم عمق ایزوپیز منطقه طرح حداکثر (اردیبهشت-ماه) در یک دوره یک ساله عمق آب زیرزمینی حدود ۲ متر بوده و حداقل (شهریور ماه) می‌باشد گرادیان هیدرولیکی در جهت غرب به شرق منطقه است.
- تأمین آب رودخانه کارون با کیفیت آب از کلاس $C_2 - S_1$ تا $C_3 - S_2$ در طول سال متغیر است.
- نقشه‌های اجرائی و اسناد مربوطه توسط مهاب قدس تهیه شده و سازمان آب و برق خوزستان با برخورداری از گروه بهره‌برداری گتوند، عملیات اجرائی را در سال ۱۳۷۵ به پایان رسانیده است.
- این مزرعه شامل چهار قطعه زراعی تسطیح شده هر یک به وسعت تقریبی ۱۱هکتار، در قطعات اول و دوم زهکش‌های زیرزمینی تعبیه گردیده و در قطعات سوم و چهارم فقط اکتفا به تخلیه زه‌آب‌های سطحی و ساخت زهکشهای عمیق روباز در جوار اراضی بسنده شده است.

این مزرعه مجهز به امکانات اندازه‌گیری دبی در ورودی کانال‌ها و خروجی زهکش‌ها و سطح آب زیرزمینی می‌باشد.

۲- تحقیقات مورد لزوم طرح

تحقیقات مورد نیاز طرح به صورت اقدامات بلند مدت و کوتاه مدت مطرح گردیده که به شرح زیر می‌باشد.

الف: الویت (۱) تحقیقاتی که در کوتاه مدت مورد نیاز طرح می‌باشد.

- بررسی کاربردی روش‌های اصلاح خاک با استفاده از آبی که تناسب کیفی با آب آبیاری در طرح توسعه را خواهد داشت.
- امکان انجام آزمایشات عملی و شناسائی دقیق پارامترهای طراحی سیستم زهکشی عمقی، به نحوی که زمینه ادامه طرح مناسب و اقتصادی فراهم گردد.
- انجام آزمایشات دقیق و مستمر، امکان بررسی چگونگی عملکرد زهکش‌های عمیق مشتمل بر مقایسه فواصل مختلف زهکش‌ها، کنترل حد مجاز سطح ایستابی و ضریب زهکشی.
- کنترل تولید محصولات زراعی در تیمارهای مختلف فواصل زهکش‌های زیرزمینی.
- کنترل راندمان کاربرد آب در مزرعه.

ب: الویت (۲) تحقیقاتی که در بلندمدت مورد نیاز طرح می‌باشد.

انجام تحقیقات که کاربرد آن می‌تواند در سطح کل اراضی طرح و مناطق همجوار را شامل شود مشتمل است بر:

- بررسی طول مناسب نهرچه‌های آبیاری نشتی، طول و عرض مناسب در آبیاری کرتی
- بررسی آب مصرفی گیاهان، دور آبیاری و مقادیر آب آبیاری در هر کرت
- قطعاتی از مزرعه آزمایشی به صورت نمایشی، تجهیز و مورد استفاده قرار گیرد.
- بررسی و دستیابی به بهترین روش‌های اصلاح خاک‌های شور، قلیائی، با زهکشی ضعیف با - استفاده از آب با کیفیت متوسط یابد.

تعیین بهترین متدهای آبیاری و تمهیدات کشاورزی برای زمانی که سیستم با کمبود آب و یا کیفیت بدآب مواجه باشد.

چکیده و نتیجه‌گیری

پس از ارائه توضیحاتی اجمالی در مورد مبانی مزرعه آزمایشی، تشریح لزوم آن در پروژه‌های

آبیاری و زهکشی و ذکر نمونه‌ای از اهداف یک مزرعه خاص، می‌توان نتیجه‌گیری نمود که منظور از مزرعه آزمایشی در واقع یک مرکز تحقیقات طرح‌های آبیاری و زهکشی است که عناصر و داده‌های مطالعاتی مهم و اثر بخش در عملکرد فنی و اقتصادی طرح به محک آزمایش و ثبوت گزارده می‌شود و مشخصه‌های طرح توسعه آبیاری و زهکشی مور بررسی عملی قرار می‌گیرد. تا در مراحل طرح توجیهی، اجرائی و بهره‌برداری از ستاده‌ها استفاده لازم به عمل آید. نوع مزرعه آزمایشی ممکن است از نظر موضوعی موردی یا چند منظوره و از نظر زمانی کوتاه یا بلندمدت باشد. تحت پوشش مرکز تحقیقاتی مهم منطقه قرار داده باشد و یا مزارع کوچکتر آزمایشی را در طرح زیر پوشش داشته باشد.

- در برنامه‌های تحقیقاتی مزرعه آزمایشی علاوه بر آزمایشات خاص آبیاری و زهکشی که با توجه به نیاز طرح مورد توصیه قرار داده می‌شود اهم آزمایشات و موضوعات تحقیقاتی می‌تواند به شرح زیر مطرح باشد.

۱-آزمایش و بررسی راندمان آبیاری مزرعه و توزیع

۲-ابعاد و خصوصیات نوارها و نهرچه‌های آبیاری

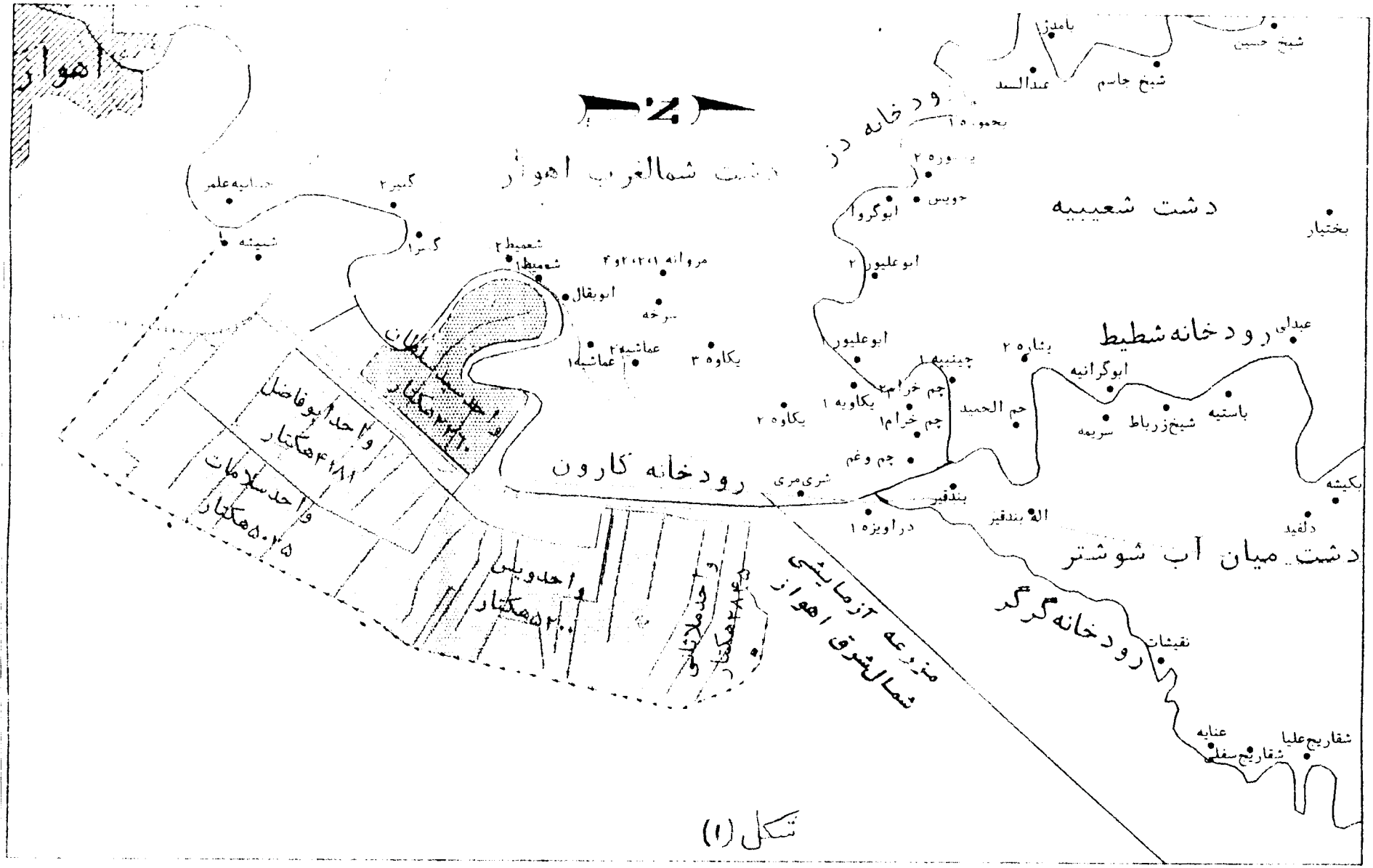
۳-مدیریت مزرعه

۴-اقتصاد تولید

۵-آزمایشات آب و خاک به منظور ارزیابی داده‌های طراحی

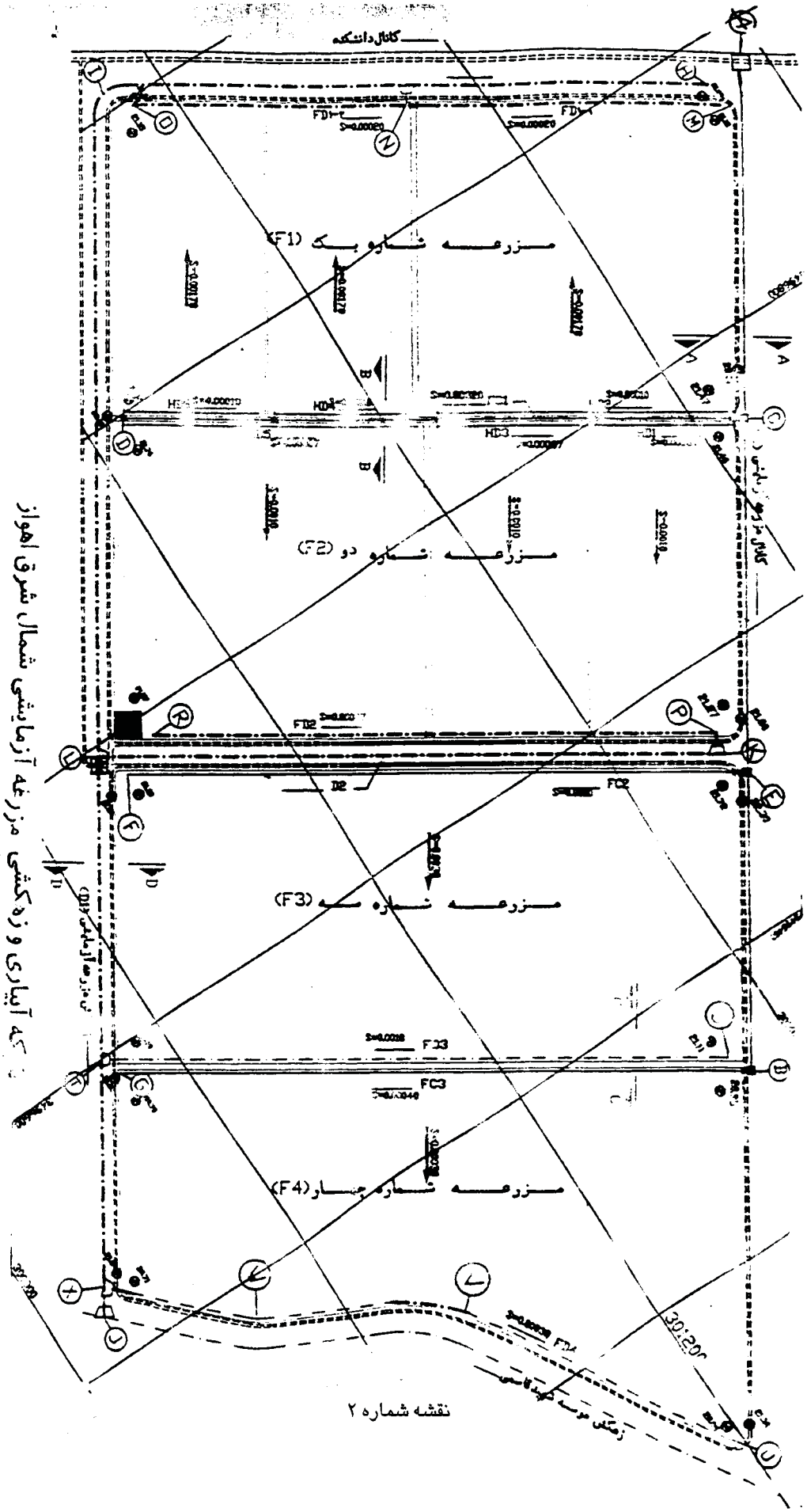
۶-آزمایش فن‌آوری‌های جدید یا ایده‌های نو

۷-آموزش، ترویج و جلب مشارکت کشاورزان



شکل (۱)

موقعیت مزرعه آزمایشی دشت شمال‌شرق اهواز



نقشه شماره ۲

شکل (۲) نقشه آبیاری و زه‌کشی مزرعه آزمایشی شمال شرق اهواز

گزارش تحقیق ارزیابی عملکرد آبیاری با شاخص‌های تطبیقی یا مقایسه‌ای ناحیه آبیاری آلتوریولرما، مکزیک

نقی برهان [1]

مقدمه

مأموریت انستیتوی بین‌المللی مدیریت آب *(IWMI)* ترویج و تشویق و حمایت از افزایش پایدار در بهره‌وری کشاورزی فاریاب در زمینه مربوط به آب می‌باشد. در این راستا فعالیت *(IWMI)* روی تلفیق سیاست‌ها، فن‌آوری‌ها و مدیریت سیستم‌های آبیاری برای سوق به راه‌حل‌های عملی جهت رفع مشکلات، اخذ نتایج مناسب در آبیاری مزارع و منابع آب متمرکز شده است.

تاکنون در محدوده وسیعی از موضوعات مختلف، تحقیق و گزارشاتی ارائه شده است که گزارش تحقیق حاضر در رابطه با استفاده از شاخص‌های تطبیقی یا مقایسه‌ای برای ارزیابی عملکرد ناحیه آبیاری آلتوریولرما در مکزیک نتیجه کار آقای *Wim. H. Kloezen* کارشناس و عضو مدیریت آبیاری و آقای *Carlos. Garces. Restrepo* مسئول برنامه ملی انستیتوی بین‌المللی مدیریت آب در مکزیک می‌باشد.

موضوعات گزارش تحقیق شامل موارد زیر است:

۱-تشریح شاخص‌های تطبیقی در مقایسه با شاخص‌های عملیاتی و ارزشیابی آنها

۲-معرفی ناحیه آبیاری و دو بلوک انتخابی

۳-مدیریت آبیاری در *ARLID (Alto Rio Lerma Irrigation District)* شامل، تشکیلات، حقابه‌ها، امور مالی، قوانین برنامه‌ریزی و تخصیص و توزیع آب، اهداف بهره‌برداری و نظارت

۱- عضو گروه کار ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

۴-روش‌های جمع‌آوری داده‌ها

۵-عملکرد مصرف آب

۶-عملکرد کشاورزی

۷-عملکرد مالی

۸-اثرات زیست محیطی

۹-نتایج

۱۰- تعاریف شاخص‌های تطبیقی یا مقایسه‌ای

۱- تشریح شاخص‌های تطبیقی و عملیاتی و ارزشیابی آنها

این تحقیق با هدف ارزشیابی یک مجموعه حداقل از شاخص‌های تطبیقی پیشنهادی *(IWMI)* در مقایسه با مجموعه کوچکی از شاخص‌های عملیاتی انجام شده است. ضمن اینکه سه فرضیه زیر را جهت سودمندی و عملی بودن شاخص‌های تطبیقی را در ارزیابی عملکرد سیستم‌های بزرگ مقیاس آزمون می‌کند.

الف- تعیین تفاوت‌های بین عملکرد سطوح کلی سیستم، فصول، منابع آبیاری

ب- کمک در تعیین فاصله‌های *(Gaps)* سیاست‌ها و خط مشی‌های مدیریتی

ج-متمرکز نبودن داده‌ها

مزیت استفاده از شاخص‌های تطبیقی، ارزشیابی ستانده‌ها *(Output)*، اثرات مداخله در سیستم‌های فردی، مقایسه عملکرد یک سیستم *Overtime*، مقایسه سیستم‌ها در مساحت‌ها و سطوح مختلف سیستم است در صورتی که شاخص‌های عملیاتی معمولاً برای کمک به مدیران جهت نظارت بر کیفیت عملکرد بهره‌برداری روزانه و فصلی به کار می‌رود و اهمیت آبیاری در یک سیستم معین را، در سطوح مختلف سیستم، در فصل معین، و با یک ویژگی منبع آب نسبت به سایر سیستم‌ها، سطوح، فصول، یا منابع آبیاری را ارزیابی نمی‌کند.

شاخص‌هائی نظیر اعتمادپذیری توزیع آب - عدالت یا یکنواختی فاصله توزیع آب - کفایت و بهنگامی تحویل آبیاری از جمله شاخص‌های عملیاتی است.

محدودیت‌های مهم شاخص‌های عملیاتی

- استاندارد نبودن که برای نمونه مقایسه سیستم‌های تقابلی *(over system)* یا *overtime* به سختی امکان‌پذیر است.
- شاخص‌های عملیاتی بر اساس تعریف واضح و روشن اهداف جزئی بهره‌برداری تهیه

شده‌اند در صورت نامشخص بودن هر یک از این اهداف و یا متناقض بودن آنها ارزیابی امکان‌پذیر نخواهد بود.

- به دلیل تغییر اهداف سیستم پس از اجرا مانند الگوی کشت، اعتمادپذیری آب، سیاست‌ها، اقتصاد سیستم‌ها، به کارگیری این شاخص‌ها مشکل خواهد بود.
- این شاخص‌ها چگونگی استفاده از نهاده آب را نشان می‌دهد ولی اطلاعات وسیع‌تر هیدرولوژیکی، کشاورزی، اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی مربوط به نهاده آب را در بر ندارد.
- اندازه‌گیری این شاخص‌ها نیاز به تجهیزات و کارکنان اضافی و با مهارت دارد که تأمین آنها اکثراً مقدور نبوده و یا مشکل است.

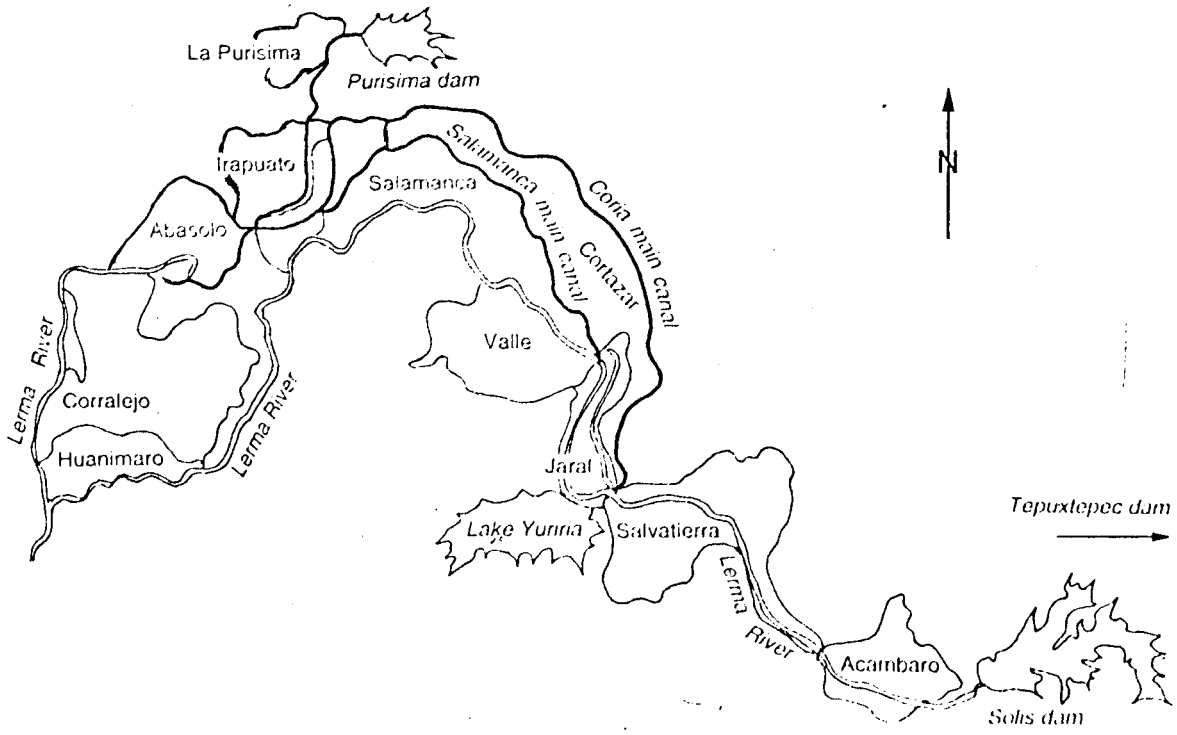
یازده شاخص تطبیقی یا مقایسه‌ای مورد استفاده در این گزارش همچنین شش شاخص داخلی و سطوح به کار گرفته یا نگرفته در جدول شماره ۱ نشان داده شده است.

۲-معرفی ناحیه آبیاری و دو بلوک انتخابی

۲-۱- ناحیه آبیاری آلتوریولرما

این سیستم آبیاری با اراضی کشاورزی به وسعت ۱۱۲۷۷۲ هکتار در سال ۱۹۳۰ احداث شده است. از ۹ ناحیه آبیاری موجود در منطقه، *ARLID* بزرگترین آنهاست که تقریباً ۴۴ درصد (۸۸۰ میلیون متر مکعب) از ۲۰۲۰ میلیون متر مکعب آب قابل استفاده را مصرف می‌نماید. تعداد بهره‌برداران ۲۴۰۰۰ که ۵۵ درصد آنها *Ejidatarios*ها و ۴۵ درصد باقی مانده کشاورزان کوچک شخصی هستند (کسانی که تا ۱۰۰ هکتار زمین دارند) متوسط اراضی کشاورزی هر بهره‌بردار ۵ هکتار است. ناحیه دارای ۱۱ بلوک آبیاری است (شکل شماره ۱)

شکل شماره ۱



از نظر اقلیم معتدل نیمه مرطوب - متوسط ریزش سالانه ۷۵۰ میلی‌متر - متوسط رطوبت نسبی ۶۰ درصد متوسط حرارت ۱۹ درجه سانتی‌گراد - متوسط تبخیر در سال ۲۰۰۰ میلی‌متر - فصل زمستان خشک با بارندگی ۸۰ میلی‌متر و بارندگی فصل تابستان ۶۷۰ میلی‌متر است.

منابع آب سطحی شامل ۴ سد با ظرفیت ۲۱۴۰ میلیون متر مکعب است که برای ۷۷۶۹۷ هکتار آب تأمین می‌نماید و منابع آب زیرزمینی ۱۷۱۴ حلقه چاه عمیق است که ۳۳۱۷۵ هکتار را مشروب می‌کند.

طول کانال‌های اصلی ۴۷۵ کیلومتر و کانال‌های درجه ۲ و ۳ برابر ۱۶۵۸ کیلومتر است. طول کانال‌های زهکشی ۱۰۳۱ است.

محصولات عمده زمستان گندم و جو، و محصولات اصلی تابستان سورگوم، ذرت، حبوب و در اراضی آبخور چاه‌ها به علاوه محصولات فوق سبزیجات نیز کشت می‌شود.

هر بلوک به وسیله یک انجمن بهره‌برداران آب *(WUA)* و به صورت خصوصی مدیریت می‌شود.

جدول شماره ۱- شاخص‌های عملکرد به‌کار رفته در این گزارش

ردیف	شاخص‌های تطبیقی	ناحیه آبیاری التوریولرما	بلوک کورتازار	بلوک سالواتی‌یرا	کانال‌های انتخابی	مـــــزارع انتخابی
۱	نسبت آب تحویلی (نسبی)	✓	✓	✓	✓	✓
۲	نسبت آبیاری تحویلی (نسبی)	✓	✓	✓	×	×
۳	ظرفیت تحویل آب (نسبی)	✓	✓	✓	×	×
۴	تولید در سطح کشت شده (دلار در هکتار)	✓	✓	✓	×	×
۵	تولید در واحد اراضی کشاورزی (دلار در هکتار)	✓	✓	✓	×	×
۶	تولید در واحد تأمین آب (دلار در هر متر مکعب)	✓	✓	✓	×	×
۷	تولید در واحد آب مصرفی (دلار در هر متر مکعب)	✓	✓	✓	×	×
۸	بر کشت ناخالص سرمایه(درصد)	✓	✓	✓	×	×
۹	خودکفائی مالی (درصد)					
۱۰	نوسانات سطوح ایستائی آب (متر در سال)	✓	✓	✓	×	×
۱۱	سطح تبدیلی به باتلاقی و شوری (درصد)	✓	✓	✓	×	×
	شاخص‌های داخلی					
۱۲	تحویل واقعی به تحویل طراحی شده (درصد)	✓	✓	✓	×	×
۱۳	تحویل واقعی به تحویل واگذار شده (درصد)	✓	✓	✓	×	×
۱۴	تحویل واقعی به تحویل گزارش شده (درصد)	✓	✓	✓	×	×
۱۵	RWSواقعی به RWS طراحی (درصد)	✓	✓	✓	×	×
۱۶	RWS واقعی به RWSگزارش شده (درصد)	✓	✓	✓	×	×
۱۷	توزیع حاصله‌ای RWS(نسبی)	✓	✓	✓	×	×

× = به کار نرفته

✓ = به کار رفته

۲-۲- بلوک کورتازار

این بلوک در مرکز ناحیه قرارداد و مجموع اراضی کشاورزی آن ۱۸۶۹۴ هکتار است که ۷۷۶۰ آن از آب چاه‌های عمیق مشروب می‌گردد. طول کانال اصلی این بلوک ۷۲/۲ کیلومتر است که ۱۰۹۳۴ هکتار را آبیاری می‌کند. تعداد کانال‌های درجه ۲ برابر ۵۴ با مجموع طول ۲۲۲ کیلومتر است طول کانال‌های زهکشی ۹۵ کیلومتر است. تعداد چاه‌های عمیق ۳۴۰ حلقه که آب مورد نیاز ۵۷۹۶ هکتار از چاه‌های خصوصی و ۱۹۶۴ هکتار از چاه‌های عمومی (مدیریت به وسیله بلوک) تأمین می‌گردد.

تعداد *ejidos* (واحد بهره‌برداری جمعی) ۳۲ واحد با ۱۹۶۲ بهره‌بردار که ۵۲ درصد اراضی را در اختیار دارند و تعداد بهره‌برداران خصوصی ۱۰۲۸ بهره‌بردار که ۴۸ درصد اراضی را در تصرف دارند می‌باشد.

۲-۳- بلوک سالواتی‌یرا

مجموع اراضی کشاورزی این بلوک ۱۶۰۹۳ هکتار با ۶۰۵۴ بهره‌بردار است دارای ۶ کانال با مجموع طول ۲۵۱ کیلومتر است طول کانال‌های زهکشی ۲۰۸ کیلومتر است. ۲۱ حلقه چاه عمومی و ۱۷۰ حلقه چاه خصوصی با اراضی تحت پوشش به ترتیب ۵۶۵ و ۲۷۵۳ هکتار در بلوک وجود دارد.

۳- مدیریت آبیاری در *ARLID*

۳-۱- تشکیلات

در اواخر سال ۱۹۸۰، برنامه انتقال مدیریت آبیاری *irrigation management trasfer (IMT)* از کمیته ملی دل آگوآ *Comision National del Agua (CNA)* به انجمن بهره‌برداران آب *Water User Association (WUA)* شروع شد. در نتیجه این برنامه، مسئولیت بهره‌برداری و نگهداری *O & M* از سیستم دولتی به بخش خصوصی یعنی *WUA* انتقال یافت. البته مدیریت رزروارها، ساختمانهای آبگیر و کانال‌های اصلی به عهده *CNA* می‌باشد. در سال ۱۹۹۲ در سطح ناحیه و برای تدوین دستورالعمل‌های آبیاری کمیته هیدرولیک نیز تشکیل شد.

۳-۲- حقابه‌بران

برنامه *IMT* با اعلام سند جدید ملی شدن آب همراه بود بر اساس این سند، حقابه‌بران مشخص و امکان معامله آب میسر می‌شد. بر اساس این سند هر *WUA* در داخل بلوک امتیازی را واگذار می‌کند که برای سهمی از آب موجود در هر فصل به آنها حقی اعطاء می‌نماید. البته این سهام متناسب با سطوح اراضی حقابه‌بران است. این امتیازات برای یک دوره ۲۰ ساله است ولی *CNA* حق معاملات آب (فروش یا اجاره) را برای خود حفظ کرده است.

۳-۳- مالی

قبل از انتقال مدیریت آبیاری، کشاورزان بهای آب را مستقیماً به *CNA* می‌پرداختند. به دلیل تخریب ساختمانهای زیربنائی شبکه و عدم ارائه خدمات نگهداری، درصد جمع‌آوری آب بها از ۸۵ درصد در اوائل سال ۱۹۶۰ به حدود ۱۵ درصد در اواخر سال ۱۹۸۰ تقلیل یافت.
بعد از انتقال و پس از تعیین مبلغ، آب‌بها مستقیماً به وسیله *WUA* جمع‌آوری گردید. به طور کلی کشاورزان بهای مصرف آب را برای ۵ نوبت آبیاری در ابتدای سال زراعی پرداخت می‌کنند. در سال‌های ۱۹۹۵ و ۱۹۹۶، بهای آب در *ARLID* تقریباً ۷/۵ دلار برای هر هکتار و جمعاً ۳۷/۵ دلار که با فرض ۱۵۰۰ میلی‌مترارتفاع آبیاری ۲/۵ دلار برای هر هزار متر مکعب می‌باشد. نسبتی از آب بهای جمع‌آوری شده. توسط *WUA* (بین ۱۱ تا ۲۸ درصد بستگی به پیچیدگی و سطح خدمات *CNA* در هر بلوک) به *CNA* جهت خدمات بهره‌برداری و نگهداری ساختمان‌های آبگیر و کانال‌های اصلی پرداخت می‌شود که هر ساله در آن تجدید نظر می‌شود.

۳-۴- قوانین برنامه‌ریزی، تخصیص و توزیع آب

۳-۴-۱- بین بلوک‌ها: قوانین تخصیص و توزیع بین ۱۱ بلوک بر سه اصل استوار است

اول - در ابتدای هر سال زراعی *CNA* آب قابل دسترس را برآورد می‌کند. متناسب با سطوح حقابه‌ها از آب سطحی در هر بلوک صرف نظر از سطح واقعی آبیاری یا سطح زیر کشت درصدی از حجم آب قابل دسترس واگذار می‌شود. بر این اساس کمیته هیدرولیک بر اساس طرحی، چگونگی و حجم تخصیص آب به هر بلوک را مشخص می‌نماید. این احجام در هر سال قابل تعدیل است.
دوّم - معمولاً تمام اراضی هر بلوک می‌تواند آبیاری شود. در دوران کمیابی آب، سطوح آبیاری

با مذاکره نمایندگان *CNA* و *WUA* در کمیته هیدرولیک تعیین می‌شوند که با توجه به مشخصه‌های فیزیکی هر بلوک، تجارب الگوی کشت سال قبل و برتری‌های کشاورزی از بلوکی به بلوک دیگر متفاوت است.

سوّم - کمیته هیدرولیک برای تعداد آبیاری‌های قابل انجام در هر بلوک در ابتدا و پایان هر دوره آبیاری تصمیم می‌گیرد. این تصمیم برای همه بلوک‌هاست و *CNA* به دلیل تلفات قابل ملاحظه انتقال در سیستم اصلی تمایل به تحویل آب فقط به چند بلوک را ندارد.

۳-۴-۲- داخل بلوک‌ها: قوانین در داخل بلوک‌ها بر چهار اصل استوار است

اول- هر کشاورز بیش از حداکثر تعداد آبیاری منظور شده نمی‌تواند آب دریافت کند یا آبیاری کند. به استثنای محصولاتی مانند حبوب

دوم - هر کشاورز می‌تواند هر محصولی را کشت نماید.

سوم- کشاورزان نمی‌توانند آب بیشتری علاوه بر سطح زیر کشت ثبت شده خود درخواست کنند مگر با تصویب *WUA* و کمیته هیدرولیک.

چهارم- ماکزیمم حجم آب قابل دریافت یک کشاورز بر اساس ارتفاع آب طراحی شده یا تئوری هر آبیاری به وسیله *WUA* تعیین می‌شود.

۳-۴-۳- برنامه‌ریزی

با توجه به کل تعداد آبیاری، *WUA* حجم آب هر هفته را محاسبه می‌کند و سپس برای برنامه‌ریزی به *CNA* ارسال می‌شود. کارکنان *CNA* و بلوک هر روزه احجام طراحی شده در آبگیر ورودی بلوک را بررسی می‌کنند که آیا واقعاً تحویل شده است یا نه. توزیع آب بین کانال‌های درجه ۲ یا فرعی‌ها هم بر همین اساس است. برای هر کانال مجموع آب درخواستی محاسبه و بر اساس آن دریچه‌ها باز و بسته می‌شوند. البته احجام ورودی به کانال‌های درجه ۲ اندازه‌گیری نمی‌شوند فقط به وسیله پیمانکاران بازه آب یا نهر و بر اساس تجربه آنها برآورد می‌شوند.

۳-۵- اهداف بهره‌برداری و نظارت (پایش)

اهداف مدیریتی صریحی در *ARLID* وجود ندارد ولی با توجه به مشاهدات و مذاکرات، *CNA* و بلوک‌ها ۶ هدف زیر را مد نظر دارند.

- بلوک‌ها تمام مقادیر آب تخصیص یافته در شروع سال زراعی را برای هر فصل دریافت کنند.

- بلوک‌ها اضافه بر سطح طراحی شده آبیاری نکنند.
- بلوک‌ها مقادیر آب هفتگی برنامه‌ریزی شده را که درخواست شده، دریافت کنند.
- کشاورزان به تعداد آبیاری‌های استحقاقی،درخواست شده و پرداخت بها شده دست یابند.
- کشاورزان آب کافی برای آبیاری مساحتی که استحقاق آبیاری آن را دارند به دست بیاورند.
- هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری به طور کامل توسط کشاورزان پوشش داده شود.

مدیران هم در *CNA* و هم در *WUA* از فنون مختلفی برای نظارت استفاده می‌کنند که آیا این اهداف نظارتی در سطح مزرعه- بلوک و یا ناحیه مناسب هستند.

- در سطح مزرعه - پیمانکاران نهر، روزانه تعداد کشاورزانی که آب دریافت کرده‌اند، سطح مربوطه و نوع محصول را به *WUA* گزارش می‌کنند. پیمانکاران در پایان روز در اداره بلوک، تطابق گزارشات را با برنامه هفتگی بررسی می‌کنند. این گزارشات برای کل بلوک جمع شده و به طور هفتگی به *CNA* ارسال می‌شود.
- در سطح بلوک - اندازه‌گیری روزانه در ابتدای کانال اصلی و تعداد کمی ابنیه هیدرولیکی - امضاء روزانه برای مقادیر طراحی شده و واقعی گزارش شده به وسیله *CNA* و *WUA* - ارسال گزارش هفتگی به *CNA*
- در سطح ناحیه - *CNA* مقادیر گزارش شده، سطوح آبیاری شده، و محصولات را به صورت گزارش ماهانه تنظیم و در جلسات با کمیته هیدرولیک مطرح می‌نمایند.

محدودیت‌های نظارت

اول - پایه داده‌ها برای بلوک و *CNA* شکل گزارشات پیمانکاران نهر است که برآوردها اغلب نادرست و غیرقابل اطمینان هستند.

دوم - مبنای گزارشات، ارقام جمع‌آوری شده از مزرعه است که بیشتر از اندازه‌گیری واقعی در سطح کانال است (به استثنای ابتدای هر کانال اصلی). حتی اگر همه انجمن‌ها از کامپیوتر استفاده کنند جمع‌بندی داده‌های مزرعه به دقت زیادی نیاز دارد که در تصمیم‌گیری‌های فوری قابل استفاده نیست.

۴- روش جمع آوری داده‌ها

با شروع مطالعه در اکتبر سال ۱۹۹۵ جمع‌آوری داده‌ها که شامل منابع اولیه در دو بلوک انتخابی و منابع ثانویه (بایگانی *CNA* و *WUA* در سطوح منطقه‌ای، ایالتی و مرکزی) بود شروع گردید.

داده‌های ثانویه شامل تولیدات، قیمت‌های سر مزرعه، اراضی آبیاری شده، الگوی کشت، جریان‌های کانال، احجام آب پمپاژ شده، آب و هوا و اقلیم در سطوح مختلف سیستم می‌باشد. فعالیت‌های مربوط به جمع‌آوری داده‌های اولیه در سطح مزرعه به شرح زیر است.

- مشاهدات روزانه از عملیات مربوط به مدیریت آب به وسیله رهبران *WUA*، کارکنان *CNA*، پیمانکاران نهر و کشاورزان
- اندازه‌گیری‌های مزرعه مربوط به جریان‌های آب کانال، مقادیر پمپاژ، انرژی مصرفی چاه‌ها
- بازدیدهای خانگی برای توجیه هزینه‌های تولید و آب برای کشاورزان

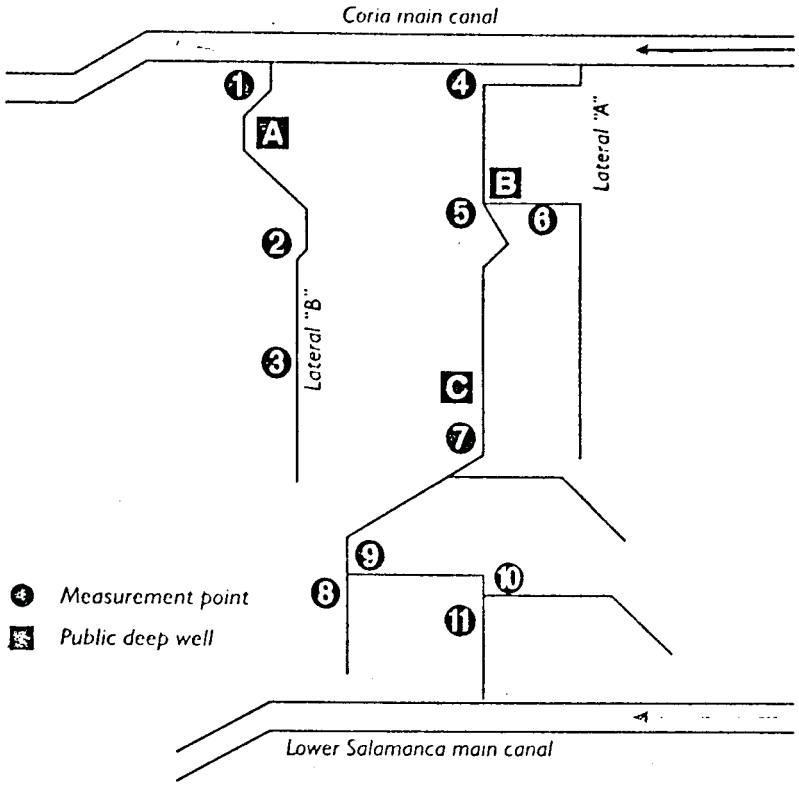
در هر بلوک مزارعی به طور نمونه انتخاب شد. در کورتازار دو کانال فرعی *A* و *B* انتخاب شد که به ترتیب ۶۵۰ و ۳۵۲ هکتار را آبیاری می‌کنند. در هر کانال فرعی ۲۰ بهره‌بردار در بالادست، میان‌دست، پائین‌دست انتخاب شدند. اندازه‌گیری مقادیر آب تحویلی در هر یک از مزارع انجام و هزینه تولید و ارزش ناخالص تولید محاسبه شد. نقاط اندازه‌گیری ۱۱ و در فصول تابستان و زمستان ۲ بار در روز اندازه‌گیری آب انجام شد. (شکل ۲*A*) در سالواتی‌یرا کانال اصلی *Gugorrones* با ۶ کانال فرعی کوتاه و ۱۲۰۰ هکتار اراضی کشاورزی انتخاب شد. اندازه‌گیری جریان دو بار در روز در ۴ نقطه از کانال اصلی و ورودی هر فرعی انجام شد. در ۲ کانال فرعی ۴ نقطه اضافی تحت نظارت قرار گرفت. در داخل محدوده این دو فرعی ۱۵ بهره‌بردار انتخاب و مانند کورتازار عمل شد. (شکل ۲*B*)

برای محاسبه نیازهای آبی محصول از بسته نرم‌افزاری *CROPWAT* و محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل از معادله پنمن فونتیه استفاده گردید.

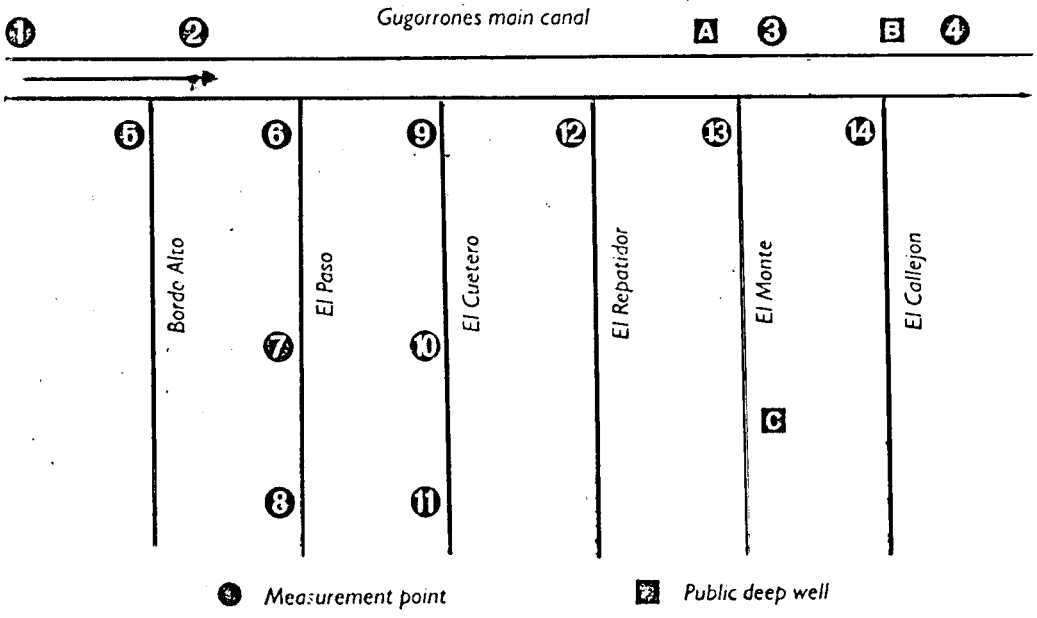
فهرست شاخص‌های مورد استفاده در جدول یک ارائه شده است. شاخص‌های تطبیقی در سطوح بالاتر سیستم مانند بلوک‌ها یا کال ناحیه اندازه‌گیری شده‌اند. شاخص‌های عملیاتی انتخابی به طور اساسی از اهداف مدیریتی ذکر شده در این گزارش پیروی می‌کند و در سطح ناحیه و بلوک محاسبه شدند. اساس نظارت داخلی بر عملکرد بهره‌برداری، مقایسه داده‌های جمع‌آوری شده به وسیله پیمانکاران نهر در سطح مزرعه است.

مجموعه داده‌های اساسی استفاده شده برای محاسبه شاخص‌های عملیاتی در سطح ناحیه و دو بلوک در جدول شماره ۲ آمده است داده‌های کانال آب و چاه‌های عمومی تحت یک واحد بررسی شده‌اند. مقادیر تولید بر حسب محصول معادل داده شده است. برای تابستان گندم و برای زمستان سورگوم محصول معادل هستند. ضمناً در جدول ۲ داده‌های آب و هوائی برای بارندگی و تبخیر و همچنین قیمت‌های سر مزرعه و بازار جهانی جهت محاسبه شاخص‌های با مأخذ کشاورزی ارائه شده‌اند.

شکل (۲A)- معرفی شماتیک آبراهه‌های فرعی و نقاط اندازه‌گیری در بلوک کورتازار



شکل(۲B)- معرفی شماتیک نقاط اندازه‌گیری در کانال اصلی در بلوک سالواتی‌یرا



جدول شماره ۲- مجموعه داده‌های اصلی برای *ARLID* و کورتازار و سالواتی‌یرا در زمستان۹۶-۱۹۹۵ و تابستان ۱۹۹۶

	ناحیه آبیاری آلتوریولرما	بلوک کورتازار	بلوک سالواتی‌یرا
اراضی ناخالص کشاورزی (هکتار)			
آبیاری با آب سطحی	۷۷۶۹۷	۱۰۹۳۴	۱۲۷۷۵
چاه‌های عمومی	۷۴۲۱	۱۹۶۴	۵۶۵
آبیاری با آب سطحی به علاوه چاه‌های عمومی	۸۵۱۱۸	۱۲۸۹۸	۱۳۳۴۰
چاه‌های خصوصی	۲۷۶۵۴	۵۷۹۶	۲۷۵۳
سطحی و چاه‌های عمومی	**تراکم کشت (درصد)**		
زمستان ۹۶-۱۹۹۵	۷۰	۸۱	۵۰
تابستان ۱۹۹۶	۶۰	۷۱	۵۴
چاه‌های خصوصی			
زمستان ۹۶-۱۹۹۵	۷۵	۸۹	۲۳
تابستان ۱۹۹۶	۹۰	۸۳	۱۳۰
سطحی و چاه‌های عمومی	**محصول اصلی (درصد از جمع کشت شده)**		
زمستان ۹۶-۱۹۹۵	گندم (۹۲٪)	گندم (۹۴٪)	گندم (۶۸٪)
تابستان ۱۹۹۶	سورگوم (۸۱٪)	سورگوم (۹۰٪)	ذرت (۳۹٪)
چاه‌های خصوصی			
زمستان ۹۶-۱۹۹۵	گندم (۶۲٪)	گندم (۵۴٪)	گندم (۷۰٪)
تابستان ۱۹۹۶	سورگوم (۸۲٪)	سورگوم (۷۴٪)	ذرت (۵۳٪)
سطحی و چاه‌های عمومی	**تولید (تن در هکتار)**		
معادل گندم، زمستان ۹۶-۱۹۹۵	۶/۷	۷/۴	۶/۶
معادل ذرت، تابستان ۱۹۹۶	۹/۸	۸/۸	۱۱/۹
چاه‌های خصوصی			
معادل گندم زمستان ۹۶-۱۹۹۵	۸/۹	۱۱/۱	۷/۲
معادل ذرت تابستان ۱۹۹۶	۹/۶	۱۰/۷	۹/۶
سطحی	**تحویل ناخالص آبیاری (۱۰۰۰مترمکعب)**		
زمستان ۹۶-۱۹۹۵	۶۶۷۴۴۰	۱۰۶۱۲۳	۱۲۳۶۵۱
تابستان ۱۹۹۶	۱۳۹۲۳۶	۲۶۷۴۳	۲۲۲۲۷
چاه‌های خصوصی			
زمستان ۹۶-۱۹۹۵	۱۹۱۳۷۰	۴۲۱۵۶	۵۱۸۲
تابستان ۱۹۹۶	۱۱۱۰۰۲	۲۲۵۸۴	۲۴۶۲۴
	بارندگی (میلی‌متر)		
مجموع زمستان ۹۶-۱۹۹۴	۵۴	۵۳	۵۱
مؤثر زمستان ۹۵-۱۹۹۴	۴۴	۴۲	۴۱
مجموع تابستان ۱۹۹۵	۶۸۳	۷۲۴	۶۷۰
مؤثر تابستان ۱۹۹۵	۵۱۰	۵۲۳	۵۰۶
	تبخیر (میلی‌متر)		
زمستان ۹۶-۱۹۹۵	۹۲۹	۱۰۶۸	۸۲۲
تابستان ۱۹۹۶	۱۰۹۸	۱۲۶۲	۸۹۳
سطحی و چاه‌های عمومی	**نیاز آبی از *CROPWAT* (میلی‌متر)**		
زمستان ۹۶-۱۹۹۵	۵۰۰	۵۱۱	۴۲۸
تابستان ۱۹۹۶	۴۹۷	۵۴۶	۵۰۱
چاه‌های خصوصی			
زمستان ۹۶-۱۹۹۵	۴۶۷	۴۱۱	۴۱۲
تابستان ۱۹۹۶	۵۰۷	۵۳۶	۵۲۶
	قیمت‌های فروش (دلار هر تن)		
قیمت سرمزرعه، گندم زمستان ۹۶-۱۹۹۵	۲۴۷	۲۴۵	۲۴۷
قیمت سرمزرعه، سورگوم تابستان ۹۶-۱۹۹۵	۱۲۰	۱۲۰	۱۲۰
قیمت بازار جهانی گندم، زمستان ۹۶-۱۹۹۵	۲۶۲	۲۶۲	۲۶۲
قیمت بازار جهانی، سورگوم تابستان ۱۹۹۶	۱۰۵	۱۰۵	۱۰۵

عملکرد مصرف آب

۵-۱ شاخص‌های تطبیقی یا مقایسه‌ای عملکرد

در جدول شماره ۳ شاخص‌ها تطبیقی یا مقایسه‌ای مربوط به آب برای ناحیه و دو بلوک انتخابی ارائه شده است.

جدول شماره ۳- شاخص‌های تطبیقی مربوطه به آب، (در ناحیه آبیاری آلتوریولرما، و بلوک‌های کورتازار و سالواتی‌یرا در زمستان ۹۶-۱۹۹۵ و تابستان ۱۹۹۶ (نسبی)

آبیاری سطحی و چاه‌های عمومی	فصل	نوع	ناحیه آبیاری التوریولرما	بلوک کورتازار	بلوک‌سلواتی‌یرا
نسبت آب تحویلی *RWS*	زمستان ۹۶-۱۹۹۵	واقعی	۲/۴	۲/۱	۴/۴
	تابستان ۱۹۹۶	واقعی	۱/۹	۱/۹	۲/۰
نسبت آبیاری تحویلی *RIS*	زمستان ۹۶-۱۹۹۵	واقعی	۲/۵	۲/۲	۴/۸
	تابستان ۱۹۹۶	واقعی	۰/۰	۱۲/۹	۰/۰
ظرفیت تحویل آب *WDC*	زمستان ۹۶-۱۹۹۵		۴/۶	۱/۱	۲/۲
	تابستان ۱۹۹۶		۵/۶	۱/۳	۲/۶
چاه‌های خصوصی					
نسبت آب تحویلی *RWS*	زمستان ۹۶-۱۹۹۵	واقعی	۲/۱	۲/۱	۲/۱
	تابستان ۱۹۹۶	واقعی	۲/۲	۲/۲	۲/۳
نسبت آبیاری تحویلی *RIS*	زمستان ۹۶-۱۹۹۵	واقعی	۲/۲	۲/۲	۲/۲
	تابستان ۱۹۹۶	واقعی	۰/۰	۲۶/۴	۱۶/۷

۵-۱-۱- *RWS* نسبت آب تحویلی *Relative Water Supply*

RWS برای چاه‌های خصوصی اکثراً پائین‌تر از مقادیر آن برای کانال در فصل زمستان است.

RWS برای چاه‌های خصوصی اکثراً بالاتر از مقادیر آن برای کانال در فصل تابستان است.

به طور کلی *RWS* در اکثر موارد معمولاً بالای ۲ می‌باشد. دلیل اول بالا بودن *RWS* برای چاه‌های خصوصی در تابستان این است که مالکین چاه‌ها برای ریزش باران صبر کرده و آبیاری آنها به دلخواه و هر موقع که بخواهند می‌باشد.

$$RWS = \frac{\text{(کل بارندگی + آبیاری) آب تحویلی}}{\text{کل نیاز محصول در سطح مزرعه}}$$

مخرج کسر شامل تبخیر و تعرق، تبخیر و تعرق غیر مفید - ورودی به زهکش - خالص جریان به آب زیرزمینی است که به دلیل عدم امکان اندازه‌گیری سه مورد اخیر، مقادیر آنها ۵ درصد جمع تقاضای آب برآورد می‌شود.

دلیل دوم این است که به علت کمک مالی دولت (یارانه) در تعرفه انرژی هزینه پمپاژ کمتر از هزینه آب سطحی است. (به جداول ۳ و ۹ مراجعه شود)

۵-۱-۲- *RIS* نسبت آبیاری تحویلی *Relative Water Supply*

$$RIS = \frac{\text{آبیاری تحویلی}}{\text{بارندگی مؤثر - کل تقاضای آبیاری}}$$

بارندگی موثر ۸۰ درصد کل بارندگی است که یکی از سه روش پیشنهادی *CROPWAT* می‌باشد اگر بارندگی مؤثر مساوی نیاز آبی گیاه باشد *RIS* برابر صفر است. بالا بودن مقادیر *RIS* برای فصل زمستان که معمولاً بالای ۲ می‌باشد بیان‌کننده فراوانی آبیاری تحویلی است. برای فصل تابستان مقادیر *RIS* یا خیلی بالا هستند (بالا بودن بارندگی مؤثر و کم بودن تقاضای آبیاری) و یا صفر هستند (بارندگی مؤثر برابر نیاز آبی گیاه). با تغییر روش ۸۰ درصد به روش دفتر احیاء آمریکا مقدار بارندگی مؤثر ۵۰ میلی‌متر افزایش یافت که در نتیجه موجب صفر شدن مقادیر تابستان برای کورتازار شد.

۵-۱-۳- ظرفیت تحویل آب *WDC* ***Water Delivery Capacity***

$$WDC = \frac{\text{ظرفیت برای تحویل در زیر سیستم اصلی}}{\text{تقاضای مصرف حداکثر}}$$

این شاخص تعیین کننده توانائی سیستم در تأمین تقاضاهای آب می‌باشد. ارقام این شاخص در جدول ۳ بیانگر ظرفیت کافی کانال‌های اصلی برای آبگیری است که ضمناً علتی برای مقادیر بالای *RWS* می‌باشد.

۵-۲- شاخص‌های عملیاتی عملکرد

۵-۲-۱- تحویل واقعی به تحویل واگذار شده *Actual Supply over Concessioned supply*

جدول شماره ۴ توزیع درصدهای واگذار شده، جمع احجام طراحی شده که باید به بلوک‌ها تحویل شده باشد، و احجام تحویل شده واقعی را در طول فصول زمستان و تابستان نشان می‌دهد.

در مجموع، حجم تحویل‌های واقعی تقریباً با احجام طراحی شده و واگذار شده مطابقت دارد به استثنای بعضی موارد که تحویل‌های واقعی ۵ درصد از احجام تخصیصی بیشتر است.

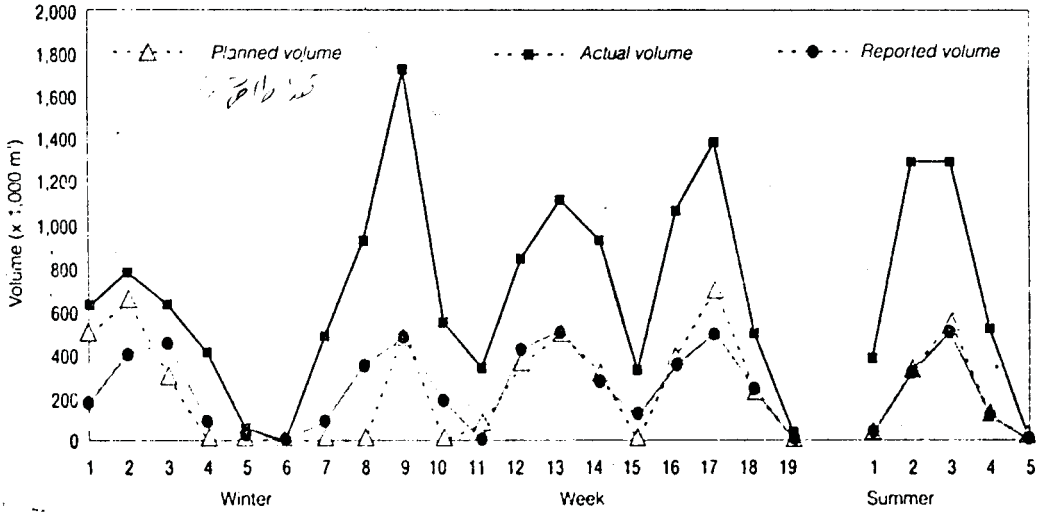
۵-۲-۲- تحویل واقعی به تحویل طراحی شده و گزارش شده *Actual Supply over Planned and reported Supply*

در کانال‌های انتخابی و فرعی‌های هر دو بلوک، آب تحویل شده واقعی، روزانه اندازه‌گیری می‌شود. اشکال ۳*A* و ۳*B* تحویل را برای هر فرعی در کورتازار تجزیه و تحلیل می‌کنند. با توجه به اشکال ارتباط بالای مقادیر طراحی شده و گزارش شده مشخص می‌شود. دلیل آن این است که پیمانکاران نهر در سطح مزرعه و فرعی‌ها احجام را برآورد کرده و اندازه‌گیری نمی‌کنند. مقادیر واقعی تقریباً به طور پیوسته بالاتر از مقادیر طراحی شده می‌باشند این مسئله به‌علت کنترل ضعیف در آبگیرهای فرعی و نقص در قرار دادن مجدد دریچه به دلیل تغییرات ابنیه فنی در نتیجه عمل نگهداری بین فصلی است (هفته ۷ شکل ۳*A*)

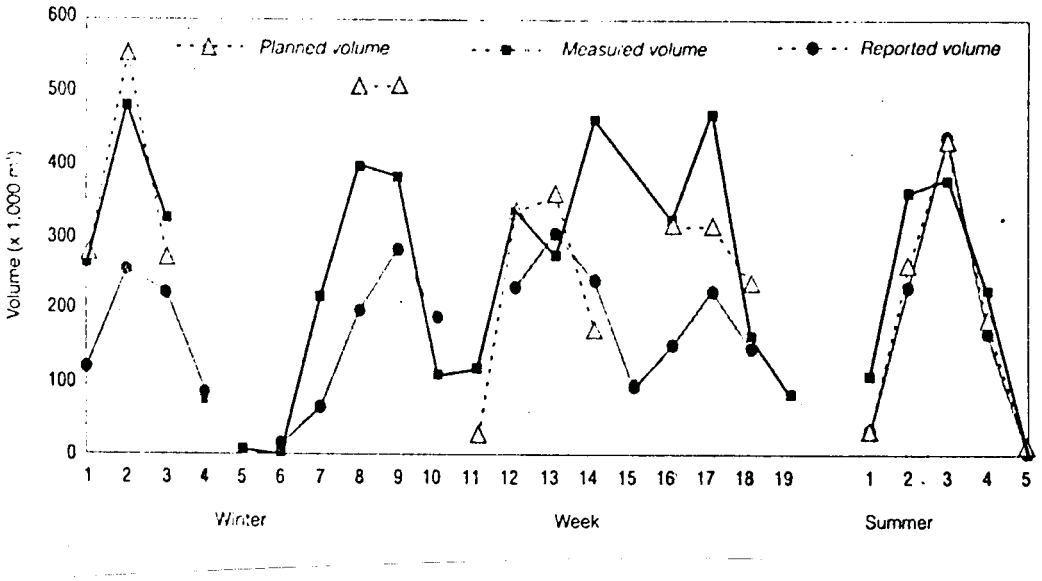
شکل ۳*C* تحویل‌های هفتگی را برای کانال اصلی انتخابی در سالواتی‌یرا نشان می‌دهد. در این بلوک پیوستگی بیشتری بین مقدار اندازه‌گیری شده (واقعی) و طراحی شده وجود دارد که بیان‌کننده کنترل بهتر آب در نقاط آبگیر است. اختلاف زیاد بین مقادیر گزارش شده و اندازه‌گیری شده (واقعی) به علت محاسبه قبلی پیمانکاران نهر در سطح مزرعه است، بنابراین شامل تلفات انتقال در کانال اصلی نمی‌باشد. جدول شماره ۵ نیازهای آبی طراحی شده برای فصل زمستان را در هر بلوک با نیازهای آبی تئوری محصول محاسبه شده به وسیله *CROPWAT* مقایسه می‌کند. برای بلوک کورتازار نسبت نیاز تئوری به طراحی سطح مزرعه با راندمان کاربرد طراحی شده (۷۰٪) مطابقت دارد. راندمان توزیع ۸۵ درصد، راندمان انتقال ۸۰ درصد و راندمان سیستم ۴۸ درصد است. خالی بودن ستون کانال درجه ۲ در سالواتی‌یرا به

دلیل نبود کانال درجه ۲ در این بلوک است ولی نسبت‌ها برای راندمان‌ها یکسان است. اختلاف نیاز آبی تئوری بین دو بلوک به دلیل اختلاف از سطح دریا در نتیجه اختلاف در تبخیر (جدول۲) و اختلاف قابل توجه در طول دوره رشد است. نکته مهم و قابل توجه عدم تمایز نیاز آبی طراحی شده بین محصولات در هر دو بلوک است. نتیجه این عمل اضافه شدن نیاز آبی محاسباتی است مخصوصاً در سالواتی‌یرا با گوناگونی کشت است.

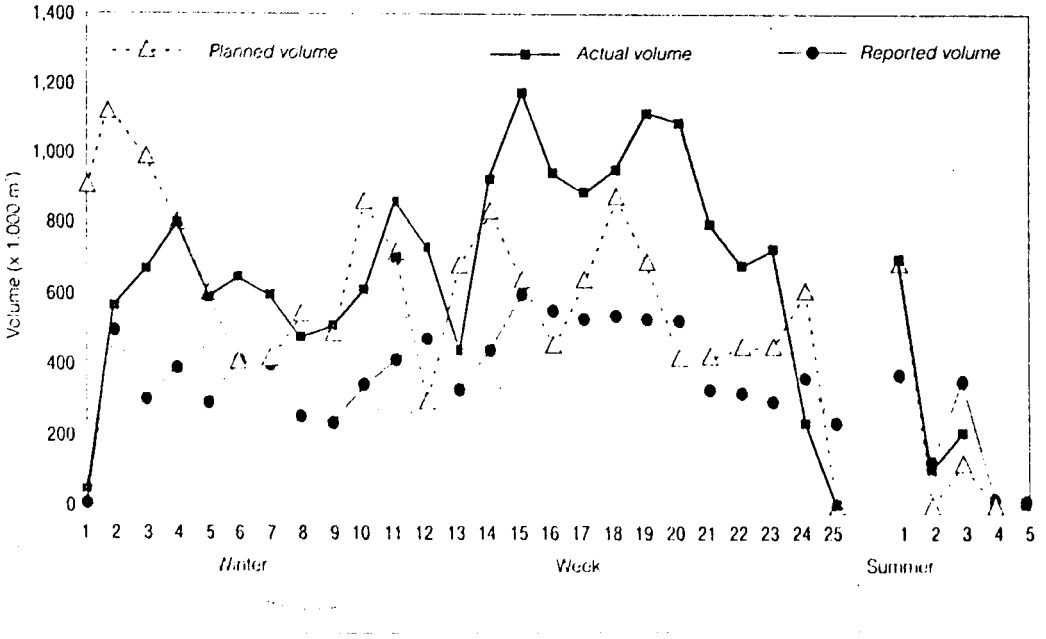
شکل (۳A)- مقدار طراحی شده،مقدار عملی و مقدار گزارش شده از حجم آب کانال فرعی A در بلوک کورتازار در زمستان و تابستان ۹۶-۱۹۹۵



شکل (۳B)- مقدار طراحی شده، عملی و گزارش شده از حجم آب کانال فرعی B در بلوک کورتازار در زمستان و تابستان ۹۶-۱۹۹۵



شکل (۳C)- مقدار طراحی شده، عملی و گزارش شده از حجم آب کانال اصلی در بلوک سالواتی‌یرا در زمستان و تابستان ۹۶-۱۹۹۵



جدول شماره ۴- توزیع احجام واگذار شده، طراحی شده و واقعی بین بلوک‌های ناحیه آلتوریولرما، سال زراعی ۹۶-۱۹۹۵

بلوک	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
			احجام واقعی تحویلی به سطح آبیاری شده						
	آب‌واگذار شده‌درصد کل آب	احجام طراحی شده۱۰۰۰ متر مکعب	زمستان میلی‌متر	تابستان میلی‌متر	جمع میلی‌متر	جمع ۱۰۰۰ متر مکعب	درصد نسبت به جمع تحویل واقعی	طراحی شده واقعی درصد	واگذار شده واقعی درصد
بالادست *Acambaro*	۸	۶۷۸۰۸	۱۸۹۵	۱۶۸	۲۰۶۳	۶۲۸۸۶	۸	۹۳	۹۷
Salvatiera	۱۶	۱۲۵۷۳۵	۱۸۴۶	۳۱۰	۲۱۵۶	۱۴۵۸۷۸	۱۹	۱۱۶	۱۱۵
Jaral	۶	۴۳۲۵۰	۱۲۳۹	۲۶۷	۱۵۰۶	۴۹۷۱۵	۶	۱۱۵	۱۰۳
valle	۱۳	۹۹۲۱۶	۸۶۵	۲۵۹	۱۱۲۴	۹۰۰۵۷	۱۲	۹۱	۹۱
میان‌دست *Cortazar*	۱۷	۱۳۳۲۷۱	۱۰۱۳	۲۹۱	۱۳۰۴	۱۳۲۸۶۶	۱۷	۱۰۰	۹۸
Salamanca	۱۵	۹۰۱۰۵	۷۹۴	۲۱۲	۱۰۰۶	۹۵۲۰۹	۱۲	۱۰۶	۸۲
Irapuato	۶	۴۴۸۳۴	۱۰۶۵	۲۸۲	۱۳۴۷	۴۵۰۷۲	۶	۱۰۵	۱۰۳
*Abasoloand Corratejo**	۱۴	۱۱۱۲۲۲				۱۱۸۲۹۵	۱۵	۱۰۶	۱۰۸
پائین‌دست *Huanimaro**	۴	۲۶۳۹۲				۳۰۵۳۰	۴	۱۱۶	۱۰۷
جمع	۱۰۰	۷۴۱۸۳۳				۷۷۲۵۰۸	۱۰۰		
متوسط			۱۲۴۵	۲۵۶	۱۵۰۱			۱۰۵	۱۰۱
ضریب تغییر			۴۵۱	۴۹	۴۴۶			۹	۱۰

*داده‌های جداگانه از عمق آب در دسترس نبود.

جدول شماره ۵- نیازهای آبی طراحی شده و محاسبه شده (*CROPWAT*) در بلوک‌های کورتازار و سالواتی‌یرا، در زمستان ۹۶-۱۹۹۵ (میلی‌متر در فصل)

محصول	(*CROPWAT*) نیازهای آبی (میلی‌متر)	نیازهای آبی طراحی شده به وسیله بلوک (میلی‌متر در فصل)		
		مزرعه	کانال درجه ۲	کانال اصلی
بلوک کورتازار				
گندم *Aconchi*	۶۰۷	۷۷۵	۹۳۰	۱۱۷۵
گندم *Salamanaca*	۵۲۳	۷۷۵	۹۳۰	۱۱۷۵
پیاز	۴۷۷	۷۷۵	۹۳۰	۱۱۷۵
جو	۴۶۶	۷۷۵	۹۳۰	۱۱۷۵
گوجه‌فرنگی	۴۹۳	۷۷۵	۹۳۰	۱۱۷۵
سبزیجات	۳۱۰	۷۷۵	۹۳۰	۱۱۷۵
بلوک سالواتی‌یرا				
گندم *Aconchi*	۵۸۰	۸۵۰		۱۳۵۰
گندم *Salamanaca*	۵۰۵	۸۵۰		۱۳۵۰
گوجه‌فرنگی	۵۰۸	۸۵۰		۱۳۵۰
پیاز	۴۷۷	۸۵۰		۱۳۵۰
Chili	۴۷۰	۸۵۰		۱۳۵۰
نخودچی	۴۶۰	۸۵۰		۱۳۵۰
جو	۴۰۹	۸۵۰		۱۳۵۰
حبوب	۳۰۳	۸۵۰		۱۳۵۰
سبزیجات	۲۰۸	۸۵۰		۱۳۵۰

۵-۲-۳- RWS واقعی به RWS طراحی شده و گزارش شده

در جدول ۶ سه نوع RWS با استفاده از تحویل‌های مختلف اندازه‌گیری شده است. نتیجه ارقام این جدول این است که در سالواتی‌یرا مقادیر تحویل واقعی با طراحی شده به صورت نسبتاً خوبی تطابق دارند و فقط کمی بالاتر از گزارش شده هستند. این موضوع دلیل موفقیت مدیریت در پیروی دقیق از طرح آبیاری است البته مقدار RWS واقعی بالاتر از گزارش شده است که دلیل آن اندازه‌گیری مقادیر واقعی در آبگیر بلوک و برآورد مقادیر گزارش شده در سطح مزرعه است. در جدول ۷A مقادیر RWS واقعی ،طراحی شده و گزارش شده مزارع انتخابی برای دو بلوک محاسبه شده است. در کورتازار تفاوت بین مقادیر کم و با یافته‌ها سطوح بالای سیستم تطابق دارد در سالواتی‌یرا مقادیر همواره بالاتر از کورتازار هستند که آب قابل دسترس بالاتری را تأیید می‌کنند.

اطلاعات مشابهی برای کورتازار و در فصل تابستان در جدول ۷B آورده شده است و نشان می‌دهد اختلاف بالائی در RWS بین مزارع آبیاری شده با آب سطحی و چاه وجود دارد که متوسط آن به ترتیب ۱/۸ و ۲/۴ می‌باشد.

جدول ۶- مقادیر RWS واقعی به RWS طراحی شده و گزارش شده در ناحیه آلتوریولرما و بلوک‌های کورتازار و سالواتی‌یرا، در زمستان ۹۶-۱۹۹۵ و تابستان ۱۹۹۶

منبع	فصل	نوع RWS (نسبی)	ناحیه آبیاری آلتوریولرما	بلوک کورتازار	بلوک سالوتی‌یرا	شاخص	ناحیه آبیاری آلتوریولرما	بلوک کورتازار	بلوک سالواتی‌یرا
آبیاری سطحی	زمستان	واقعی	۲/۴	۲/۱	۴/۴				
و	۹۶-۱۹۹۵	طراحی‌شده	۲/۵	۲/۴	۳/۳	واقعی‌به‌طراحی	٪۹۶	٪۸۷	٪۱۳۳
		گزارش شده	۱/۶	۱/۵	۲/۰	واقعی‌به‌گزارش	٪۵۱	٪۱۳۷	٪۲۱۸
چاه‌های عمومی	تابستان	واقعی	۱/۹	۱/۹	۲/۰				
	۱۹۹۶	طراحی‌شده	۲/۱	۲/۰	۲/۱	واقعی‌به‌طراحی	٪۹۰	٪۹۲	٪۹۳
		گزارش‌شده	۲/۰	۱/۸	۲/۳	واقعی‌به‌گزارش	٪۹۸	٪۱۰۵	٪۸۴
چاه‌های خصوصی	زمستان	واقعی	۲/۱	۲/۱	۲/۱				
	۹۶-۱۹۹۵	گزارش شده	۱/۸	۲/۰	بدون‌گزارش	واقعی‌به گزارش	٪۱۱۸	٪۱۰۷	
	تابستان	واقعی	۲/۲	۲/۲	۲/۳				
	۱۹۹۶	گزارش‌شده	۱/۳	۲/۲	بدون‌گزارش	واقعی‌به گزارش	٪۱۷۲	٪۱۰۰	

جدول ۷A - نسبت آب تحویلی واقعی، طراحی شده و گزارش شده در مزارع انتخابی بلوک‌های کورتازار و سالواتی‌یرا در زمستان ۹۶-۱۹۹۵

بلوک و مزارع	منابع آبیاری	ارتفاع آبیاری واقعی mm	ارتفاع آبیاری گزارش شده mm	RWS واقعی ۱	RWS طراحی شده ۲	RWS گزارش شده ۳	۱ به ۲ درصد ۴	۱ به ۳ درصد ۵	۲ به ۳ درصد ۶
کورتازار									
۱	سطحی	۸۳۴	۷۲۸	۱/۷	۱/۶	۱/۵	۱۰۶	۱۱۳	۱۰۷
۲	سطحی	۸۳۲	۷۹۴	۱/۷	۱/۶	۱/۶	۱۰۶	۱۰۶	۱۰۰
۳	سطحی	۸۹۸	۸۰۳	۱/۶	۱/۴	۱/۴	۱۱۴	۱۱۴	۱۰۰
۴	سطحی	۹۶۱	۸۱۳	۱/۹	۱/۶	۱/۷	۱۱۹	۱۱۲	۹۴
۵	سطحی	۸۲۵	۷۶۰	۱/۷	۱/۶	۱/۶	۱۰۶	۱۰۶	۱۰۰
۶	سطحی	۸۴۴	۸۰۱	۱/۷	۱/۶	۱/۶	۱۰۶	۱۰۶	۱۰۰
۷	سطحی	۹۳۱	۷۹۷	۱/۹	۱/۶	۱/۶	۱۱۹	۱۱۹	۱۰۰
۸	سطحی	۱۱۲۲	۷۸۱	۲/۲	۱/۶	۱/۶	۱۳۸	۱۳۸	۱۰۰
۹	سطحی	۱۰۴۰	۱۸۱	۱/۵	۱/۴	۱/۴	۱۰۷	۱۰۷	۱۰۰
۱۰	سطحی	۱۰۵۷	۸۲۸	۱/۶	۱/۴	۱/۵	۱۱۴	۱۰۷	۹۳
۱۱	سطحی	۱۱۷۷	۷۹۵	۲/۳	۱/۶	۱/۶	۱۴۴	۱۴۴	۱۰۰
۱۲	چاه عمومی	۹۹۴	۷۶۲	۲/۰	۱/۶	۱/۶	۱۲۵	۱۲۵	۱۰۰
۱۳	چاه خصوصی	۹۵۸	-	۱/۷	۱/۴	-	۱۲۱		
۱۴	چاه خصوصی	۸۶۱	-	۱/۵	۱/۴	-	۱۰۷		
۱۵	چاه خصوصی	۹۷۱	-	۲/۰	۱/۶	-	۱۲۵		
متوسط	-	۹۵۴	۷۳۷	۱/۸	۱/۵	۱/۶	۱۱۷		
سالواتی‌یرا									
۱	چاه خصوصی	۱۱۵۱	-	۲/۱	۱/۶	-	۱۳۱		
۲	چاه خصوصی	۱۰۰۷	-	۲/۰	۱/۷	-	۱۱۸		
۳	سطحی	۸۴۳	۹۱۵	۱/۷	۱/۷	۱/۸	۱۰۰	۹۴	۹۴
۴	چاه خصوصی	۱۱۱۰	۰	۲/۳	۱/۷	-	۱۲۹		
۵	سطحی	۷۳۲	۸۴۶	۳/۱	۳/۵	۳/۵	۸۹	۸۹	۱۰۰
۶	سطحی	۱۱۷۳	۱۲۹۶	۲/۳	۱/۷	۲/۶	۱۳۵	۸۸	۶۵
۷	سطحی	۸۵۸	۰	۲/۳	۲/۳	۰	۱۰۰	-	-
متوسط	-	۹۸۲	۶۱۱	۲/۲	۲/۰	۲/۰	۱۰۸	۹۰	۸۷

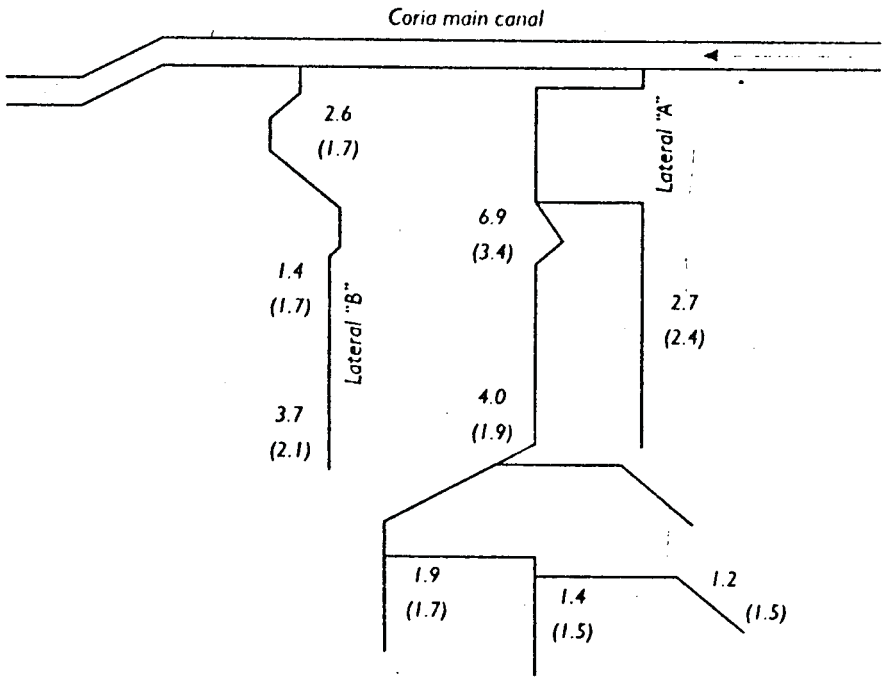
جدول $7B$- مقادیر RWS واقعی، طراحی شده، گزارش شده در مزارع انتخابی بلوک کورتازار تابستان ۱۹۹۶

مزرعه	منابع آبیاری	ارتفاع آبیاری واقعی mm	ارتفاع آبیاری گزارش شده mm	RWS واقعی ۱	RWS طراحی شده ۲	RWS گزارش شده ۳	۱ به ۲ درصد ۴	۱ به ۳ درصد ۵	۲ به ۳ درصد ۶
۱	سطحی	۲۷۴	۰	۱/۹	۱/۸	۱/۲	۱۰۲	۱۳۸	۱۳۵
۲	سطحی	۲۲۵	۱۹۶	۱/۸	۱/۸	۱/۷	۹۷	۱۰۳	۱۰۶
۳	سطحی	۲۶۹	۲۳۲	۱/۸	۱/۸	۱/۸	۱۰۲	۱۰۴	۱۰۲
۴	سطحی	۴۹۱	۲۵۳	۲/۳	۱/۸	۱/۸	۱۲۵	۱۲۴	۱۰۰
۵	سطحی	۲۱۰	۲۲۸	۱/۷	۱/۸	۱/۸	۹۶	۹۸	۱۰۲
۶	سطحی	۲۶۰	۲۳۱	۱/۸	۱/۸	۱/۸	۱۰۱	۱۰۳	۱۰۲
۷	سطحی	۲۰۸	۲۲۹	۱/۷	۱/۸	۱/۸	۹۶	۹۸	۱۰۲
۸	سطحی	۲۵۳	۲۲۹	۱/۸	۱/۸	۱/۸	۱۰۰	۱۰۳	۱۰۲
۹	سطحی	۲۵۳	۲۳۱	۱/۸	۱/۸	۱/۸	۱۰۰	۱۰۲	۱۰۲
متوسط	سطحی	۲۷۱	۲۰۳	۱/۸	۱/۸	۱/۷	۱۰۲	۱۰۸	۱۰۶
۱۰	چاه	۵۹۹	۲۰۴	۲/۵	۱/۸	۱/۷	۱۳۶	۱۴۳	۱۰۵
۱۱	چاه	۴۳۸	۲۱۶	۲/۲	۱/۸	۱/۷	۱۱۹	-۲۲۴	۱۰۴
۱۲	چاه	۵۹۵	۲۰۷	۲/۴	۱/۸	۱/۷	۱۳۵	۱۴۲	۱۰۵
۱۳	چاه	۶۲۰	۲۸۹	۲/۵	۱/۸	۱/۹	۱۳۸	۱۳۳	۹۶
۱۴	چاه	۷۵۷	۲۱۶	۲/۷	۱/۸	۱/۷	۱۵۲	۱۵۸	۱۰۴
۱۵	چاه	۷۱۹	۲۴۸	۲/۷	۱/۸	۱/۸	۱۴۸	۱۴۸	۱۰۰
۱۶	چاه	۶۳۳	۲۱۵	۲/۵	۱/۸	۱/۷	۱۳۹	۱۴۵	۱۰۴
۱۷	چاه	۶۲۸	۲۱۶	۲/۵	۱/۸	۱/۷	۱۳۹	۱۴۴	۱۰۴
۱۸	چاه	۴۵۶	۲۱۶	۲/۲	۱/۸	۱/۷	۱۲۱	۱۲۶	۱۰۴
۱۹	چاه	۶۹۳	۲۷۸	۲/۶	۱/۸	۱/۹	۱۴۵	۱۴۱	۹۷
۲۰	چاه	۶۹۰	۲۱۶	۲/۰	۱/۸	۱/۴	۱۴۵	۱۵۰	۱۰۴
متوسط	چاه	۶۲۱	۲۲۹	۲/۴	۱/۸	۱/۷	۱۳۸	۱۴۱	۱۰۲
متوسط کل		۴۵۴	۲۱۴	۲/۲	۱/۸	۱/۷	۱۲۱	۱۲۵	۱۰۴

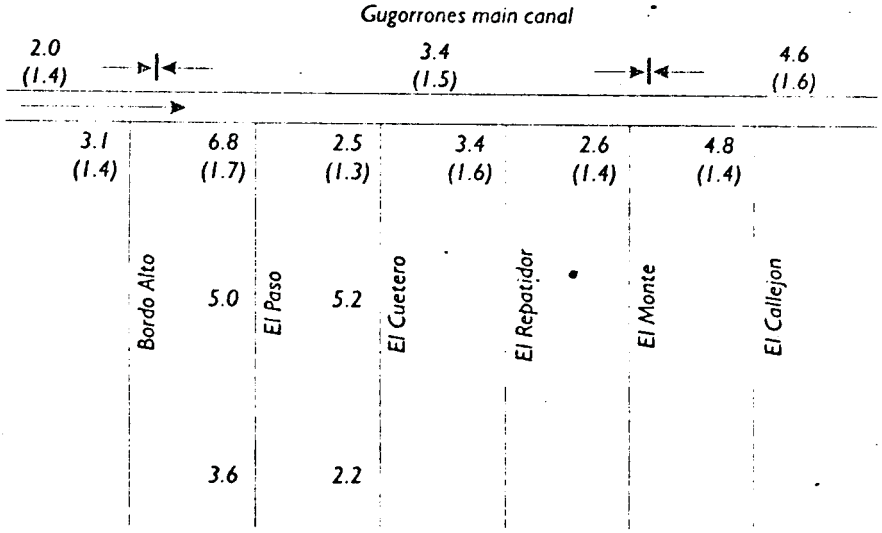
در اشکال ۴*A* و ۴*B* مقادیر *RWS* برای قسمت‌هائی از کانال با عوامل هیدرولیکی یکنواخت به ترتیب در کورتازار و سالواتی‌یرا نشان داده شده‌اند. در فرعی *B* کورتازار و در فصل زمستان پائین دست‌ها آب بیشتری دریافت کرده‌اند. (ارقام بیرون پرانتز) در این کانال همیشه تحویل‌های واقعی بیشتر از طراحی و کشاورزان در سراسر کانال مشکلی برای دریافت آب ندارند که توجیهی برای بالا بودن *RWS* می‌باشد. فرعی *A* بسیار طولانی است و دچار مشکلات فیزیکی بالادست و پائین دست است مقدار بالای ۶/۹ به دلیل موقعیت کانال است که تلفات بسیار بالاست. بطور کلی مقادیر *RWS* برای تابستان (ارقام داخل پرانتز) بسیار کمتر و یکنواختی بیشتری برای همه کشاورزانی که باران مساوی داشته و فقط یک آبیاری انجام داده‌اند وجود دارد.

بر اساس شکل ۴*B* در سالواتی‌یرا توزیع یکنواختی از مقادیر *RWS* وجود ندارد.(ارقام داخل پرانتز مربوط به تابستان است).

شکل (۴*A*)- توزیع فاصله‌ای *RWS* در کانال فرعی منتخب در بلوک کورتازار



شکل (۴B)- توزیع فاصله‌ای مقادیر RWS در کانال اصلی گوگورنس و کانال‌های فرعی آن در بلوک سالواتی‌یرا



Note: Values within parentheses are RWS values, summer season, 1996 while the rest are WRS values, winter season, 1995–96.

۶- عملکرد کشاورزی

با توجه به جدول ۲، تولید معادل گندم از ۶/۶ (آبیاری با آب کانال) تا ۱۱/۱ تن در هکتار (آبیاری با آب چاه) متغیر است تولید معادل سورگوم نیز ۱۱/۹ تن در هکتار است بهرجهت تولید نسبت به سایر نواحی مکزیک از سطح بالائی برخوردار است این تحقیق جزئیات عوامل توجیه کننده مقادیر تولید بالا را تجزیه و تحلیل نکرده است ولی وجود خاک‌های حاصل‌خیز، دسترسی قابل ملاحظه به آب سطحی و زیرزمینی، وجود نهاده‌ها با کیفیت بالا از جمله این عوامل است.
در جدول شماره ۸ خلاصه مقادیر شاخص‌های تطبیقی عملکرد مربوط به ستانده‌های کشاورزی در ناحیه و دو بلوک کورتازار و سالواتی‌یرا نشان داده شده‌اند.

۶-۱- *SGVP* در واحد اراضی زیرکشت (دلار هر تن)

ارزش تولیدات در فصل زمستان نزدیک به ۱۸۰۰ دلار در هکتار که البته در کورتازار به دلیل محصولات با ارزش بالاتر و مصرف نهاده‌های بیشتر اندکی بالاتر است. برای فصول مشابه این مقادیر همواره بالاترند که به دلیل کنترل بهتر آب در چاه‌ها و کشت محصولات با ارزش‌تر است. ارزش‌های تابستانی نیز از الگوی مشابهی پیروی می‌کند ولی به دلیل گوناگونی محصول در آبیاری سطحی در سالواتی‌یرا *SGVP* نسبتاً بالاتر است. به هر جهت *SGVP* سالانه در هر سه واحد تقریباً ۲۹۰۰ دلار در هکتار و بین ۲۹۰۰ تا ۴۰۰۰ دلار در هکتار به ترتیب برای آبیاری با آب سطحی و چاه می‌باشد.

۶-۲- *SGVP* در واحد کل اراضی کشاورزی (دلار هر تن)

مقادیر تابستان بسیار کمتر از شاخص قبلی است. پائین بودن تراکم کشت در سالواتی‌یرا یکی از دلائل آن است.

۶-۳- *SGVP* در واحد تحویل آبیاری (دلار هر متر مکعب)

مقدار این شاخص در آبیاری زمستان برای ناحیه - کورتازار - سالواتی‌یرا بـه تـرتیب ۰/۱۶ - ۰/۱۹ و ۰/۰۹ است که دو مورد اول تقریباً دو برابر آخری است این رقم با شاخص بالای *RWS* (۴/۴) جدول شماره ۳ سازگار است در مقایسه با ۱۵ سیستم دیگر صرف‌نظر از مقادیر نسـبتاً بالای *RWS* مقادیر ستانده در واحد تحویل آبیاری *ARLID* در حدود متوسط به بالا برای فصل زمستان است ولی برای آب چاه مقادیر در همه موارد به قدر کافی بالا هستند.

۶-۴- *SGVP* در واحد آب مصرفی (دلار متر مکعب)

به طور کلی این شاخص در فصل زمستان بالاتر از شاخص قبلی به دلیل شامل نشدن تلفات آب می‌باشد برای استاندارد کردن ارزش ناخالص تولید هزینه‌های تولید مزارع انتخابی تحلیل شدند تا درآمد خالص،
هزینه خدمات آب محاسبه شود (جدول ۹). متوسط درآمد خالص تقریباً ۷۵ درصد *SGVP* و از ۷۰ برای آبیاری سطحی تا ۸۳ درصد بـرای چـاه خـصوصی در سـالواتـی‌یرا مـتغیر است. در کورتازار و در زمستان هزینه خدمات آب در همه موارد ۶/۳ درصـد هـزینه کـل و کـمتر از ۳۰ درصد درآمد و در سالواتی‌یرا و در زمستان این مقادیر به ترتیب ۸/۲ و کمتر از ۳ درصد است در تابستان و برای هر دو بلوک با کمی تفاوت همین وضع وجـود دارد جـدول ۹ مـیزان هـزینه و مصرف انرژی را در چاه‌های خصوصی و عمومی هر دو بلوک و در زمستان نشان می‌دهد.

جدول شماره ۸ - شاخص‌ها با مبنای کشاورزی در ناحیه - کورتازار و سالواتی‌یرا زمستان ۹۶-۱۹۹۵ و تابستان ۱۹۹۶

	فصل	منبع آبیاری	ناحیه آلتوریولرما	بلوک کورتازار	بلوک سالواتی‌یرا
SGVP در واحد اراضی زیرکشت	زمستان	سطحی	۱۷۵۲	۱۹۴۱	۱۷۴۰
دلار در هکتار	تابستان		۱۰۲۸	۹۲۱	۱۲۵۳
	کل سال		۲۷۸۰	۲۸۶۲	۲۹۹۳
	زمستان	چاه خصوصی	۲۳۲۰	۲۹۱۲	۱۸۸۷
	تابستان		۱۰۱۰	۱۱۲۳	۱۰۰۵
	کل سال		۳۳۳۰	۴۰۳۵	۲۸۹۲
SGVP در واحد اراضی کشاورزی	زمستان	سطحی	۱۲۲۸	۱۵۷۶	۸۷۴
دلار در هکتار	تابستان		۶۱۲	۶۵۴	۶۴۴
	کل سال		۱۸۴۰	۲۲۳۰	۱۵۱۸
	زمستان	چاه خصوصی	۱۷۳۰	۲۵۷۹	۴۳۱
	تابستان		۹۰۰	۹۲۷	۱۶۲۳
	کل سال		۲۶۳۰	۳۵۰۶	۲۰۵۴
SGVP در واحد تحویل آبیاری	زمستان	سطحی	۰/۱۶	۰/۱۹	۰/۰۹
دلار در متر مکعب	تابستان		۰	۰	۰
	زمستان	چاه خصوصی	۰/۲۵	۰/۳۶	۰/۲۳
	تابستان		۰/۲۲	۰/۲۴	۰/۱۸
SGVP در واحد مصرفی	زمستان	سطحی	۰/۳۶	۰/۳۶	۰/۴۱
دلار در متر مکعب	تابستان		۰/۰	۰	۰
	زمستان	چاه خصوصی	۰/۵۰	۰/۷۱	۰/۴۶
	تابستان		۰/۲۰	۰/۲۱	۰/۱۹

جدول ۹ - متوسط هزینه تعرفه آبیاری و نسبت پمپاژ به هزینه‌های تولید و درآمد کشاورزی مزارع انتخابی در بلوک‌های کورتازار و سالواتی‌یرا در زمستان ۹۶-۱۹۹۵ و تابستان ۱۹۹۶

	سطح زیرکشت	هزینه تولید (دلار در هکتار)					SGVP و NVP (دلار در هکتار)				هزینه تعرفه یا پمپاژ آب برحسب درصدی از		
		کارگر	نهاده	ماشین‌آلات	تعرفه یا پمپاژ	جمع هزینه	تولید تن هکتار	FG دلار هر تن	SGVP	NVP	جمع هزینه	SGVP	NVP
زمستان کورتازار													
کل ۱۵ = n	۴/۹	۴۰	۲۹۵	۱۶۱	۳۳	۵۳۰	۷/۲	۲۵۳	۱۸۲۱	۱۲۹۰	۶/۳	۱/۸	۲/۶
سطحی ۱۱ = n	۴/۵	۴۷	۲۹۶	۱۶۵	۳۴	۵۴۲	۷/۱	۲۵۵	۱۸۱۴	۱۲۷۲	۶/۳	۱/۹	۲/۷
چاه ۴ = n	۵/۸	۲۲	۲۹۴	۱۵۱	۳۱	۴۹۹	۷	۲۴۸	۱۸۳۸	۱۳۳۹	۶/۳	۱/۷	۲/۳
سالواتی‌یرا													
کل ۶ = n	۳/۰	۳۸	۱۸۹	۱۵۴	۳۴	۴۱۵	۶/۳	۲۸۴	۱۷۹۵	۱۳۸۱	۸/۲	۱/۹	۲/۵
سطحی ۳ = n	۲/۳	۴۷	۱۸۸	۱۴۶	۳۵	۴۱۵	۴/۱	۳۳۰	۱۳۴۱	۹۲۶	۸/۴	۲/۶	۳/۸
چاه ۳ = n	۳/۷	۲۹	۱۹۰	۱۶۲	۳۳	۴۱۵	۸/۶	۲۶۲	۲۲۵۹	۱۸۳۵	۸/۱	۱/۵	۱/۸
تابستان کورتازار													
کل ۲۰ = n	۵/۰	۲۴	۲۰۴	۷۵	۳۷	۳۴۰	۹/۱	۱۳۳	۱۲۱۰	۸۷۱	۱۰۰۸	۳/۰	۴/۲
سطحی ۳ = n	۴/۰	۱۹	۲۰۴	۶۹	۹	۳۰۱	۹/۱	۱۲۸	۱۱۶۸	۸۶۶	۳/۱	۰/۸	۱/۱
چاه ۱۲ = n	۵/۸	۲۸	۲۰۴	۷۹	۵۵	۳۶۵	۹	۱۳۷	۱۲۳۰	۸۶۵	۱۵/۱	۴/۵	۶/۴
سالواتی‌یرا													
کل ۱۳ = n	۲/۴	۹۱	۲۶۷	۱۵۴	۲۲	۵۳۴	۹/۱	۱۳۵	۱۲۲۸	۶۹۴	۴/۲	۱/۸	۳/۲
سطحی ۳ = n	۲/۳	۷۰	۲۵۶	۹۹	۹	۴۳۵	۶/۲	۱۴۹	۹۲۳	۴۸۸	۲/۱	۱/۰	۱/۹
چاه ۱۰ = n	۲/۵	۹۷	۲۷۰	۱۷۳	۲۴	۵۶۴	۱۰/۱	۱۳۰	۱۳۱۵	۷۵۱	۴/۳	۱/۸	۳/۲

توضیح - FG قیمت سرمزرعه

$SGVP$ ارزش ناخالص تولید استاندارد شده

NVP ارزش خالص تولید

وضعیت برای سالواتی‌یرا راه‌های مشابهی با قدری تغییرات بیشتر بین دو نوع منبع آب آبیاری را ارائه می‌نماید. از لحاظ درصدها، هزینه سرویس آب حدود ۸/۲ درصد است، در صورتی که این مقدار کمتر از ۳ درصد درآمد ناخالص کشاورزی است.

در مقایسه با فصل زمستان، مقادیر *SGVP* برای فصل تابستان بسیار پائین‌تر هستند، مخصوصاً برای مزارعی که در سالواتی‌یرا با آبهای سطحی آبیاری شده‌اند. متوسط درآمد خالص به عنوان نسبتی از *SGVP* از ۵/۳ درصد به ۷/۴ درصد تغییر می‌کند. نظر به وجود علف هرز، کشاورزان سالواتی‌یرا به دلیل استفاده از کارگر و ماشین‌آلات برای این مسئله هزینه‌های بسیار بالاتری دارند. مانند فصل زمستان، هزینه آب در مقابل هزینه کل تولید به یک درجه در فصل تابستان پائین‌تر است. فقط برای کشاورزان کورتازار که از آب چاه استفاده می‌کنند استثناء در هزینه آب وجود دارد. سه نفر از کشاورزان نمونه توضیح دادند که در فصل زمستان از آب سطحی برای آبیاری مزارع خود استفاده می‌کردند ولی تصمیم گرفتند که برای محصولات تابستانی خود از مالکین چاه‌ها آب خریداری نمایند. این کشاورزان مبلغ ۸۵ دلار در هکتار برای آب دریافتی خود پرداختند، در مقایسه با متوسط هزینه انرژی که ۱۸ دلار در هکتار بود. (جدول ۱۰).

جدول ۱۰ - هزینه و مصرف انرژی چاه‌های عمیق عمومی و خصوصی در بلوک‌های کورتازار و سالواتی‌یرا

	زمستان ۹۶-۱۹۹۵					تابستان ۱۹۹۶				
	آب مصرفی *m3/ha*	انرژی مصرفی *m3/kwh*	هزینه انرژی دلار/۱۰۰۰*kwh*	هزینه پمپاژ هکتار/دلار	هزینه پمپاژ دلار/۱۰۰۰*m3*	آب مصرفی *m3/ha*	انرژی *m3/kwh*	هزینه دلار/۱۰۰۰*kwh*^{3}	هزینه هکتار/دلار	هزینه دلار/۱۰۰۰*m3*
چاه‌های خصوصی کورتازار (*n* =10)	۹۴۶۰	۶/۵	۱۶/۸۸	۲۴/۵۷	۲/۶۰	۶۲۱۰	۷/۵	۲۲/۰۸	۱۸/۲۸	۲/۹۴
چاه‌های عمومی کورتازار (*n* =20)	۶۱۶۰	۶/۰	۱۶/۸۸	۱۷/۳۳	۲/۸۱	۱۱۴۶۰	۷/۰	۲۲/۰۸	۳۶/۱۵	۳/۱۵
چاه‌های خصوصی سالواتی‌یرا(*n*=10)	۱۰۸۹۳	۶/۶	۱۶/۸۸	۲۷/۸۶	۲/۵۶	۴۰۷۹	۵/۱	۲۲/۰۸	۱۷/۶۹	۴/۳۴
چاه‌های عمومی سالواتی‌یرا(*n*=21)	۹۴۰۰	۵/۰	۱۶/۸۸	۳۱/۷۳	۳/۳۸	۵۴۹۷	۴/۰	۲۲/۰۸	۳۰/۳۴	۵/۵۲
متوسط	۸۹۷۸	۶/۰	۱۶/۸۸	۲۵/۳۷	۲/۸۴	۶۸۱۲	۵/۹	۲۲/۰۸	۲۵/۶۲	۳/۹۹

۷- عملکرد مالی

۷-۱- برگشت ناخالص سرمایه *Gross return on investment*

هزینه ساختمان سیستم توزیع آب با مشخصه‌های *ARLID* حدود ۸۰۰۰ دلار در هکتار برآورد شده است بنابراین با استفاده از شاخص‌های *SGVP* سالانه در واحد اراضی کشاورزی، برگشت ناخالص سرمایه ۲۳-۲۸ و ۱۹ درصد به ترتیب برای ناحیه - کورتازار و سالواتی‌یرا می‌باشد که در مقایسه با گزارش ارقام دو ناحیه مطالعه شده در کلمبیا متناسب است.

۷-۲- خودکفائی مالی *Financial self - Sufficiency*

در جدول شماره ۱۱ محاسبات مربوط به خودکفائی مالی آورده شده‌اند چنین به نظر می‌رسد که میزان خودکفائی برای ناحیه و هر دو بلوک بالاست. ارقام بیان می‌کنند که هزینه‌ها به خوبی تحت کنترل هستند و طرح‌ریزی خوبی در برقراری سطوح آب بهای مورد نیاز برای بهره‌برداری آرام و مناسب از سیستم به عمل آمده است لازم به ذکر است که *WUA* منابع دیگری هم برای اخذ درآمد مانند اجاره ماشین‌آلات یا بهره‌های بانکی دارد که خودکفائی مالی را از ارقام ارائه شده بالاتر خواهد برد.

جدول ۱۱ - خودکفائی مالی ناحیه آبیاری آلتوریولرما و بلوک‌های کورتازار و سالواتی‌یرا در سال ۱۹۹۵ به دلار

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
	هزینه واقعی بهره‌برداری و نگهداری	حقوق‌های یارانه‌دار *	جمع هزینه بهره‌برداری و نگهداری	جمع آب بهای طراحی شده	جمع آب بهای واقعی	خودکفائی		
						با یارانه‌های ۵/۱ درصد	بدون یارانه‌های ۵/۳ درصد	طراحی شده واقعی ۵/۴ درصد
اداره ناحیه *CNA*	۴۲۶۳۳۳	۲۵۹۷۴۰	۶۸۶۰۷۳	۵۵۳۲۴۷	۵۳۵۸۷۰	۱۲۶	۷۸	۹۷
بلوک کورتازار	۳۸۱۹۱۵	۰	۳۸۱۹۱۵	۳۰۰۴۸۱	۴۱۲۹۵۴	۱۰۸	۱۰۸	۱۳۷
بلوک سالواتی‌یرا	۳۶۵۵۵۱	۰	۳۶۵۵۵۱	۲۹۶۷۵۳	۳۳۵۵۴۴	۹۲	۹۲	۱۱۳
کل ناحیه	۲۰۴۶۶۱۴	۲۵۹۷۴۰	۲۳۰۶۳۵۴	۱۸۱۲۷۵۸	۲۲۲۹۱۶۸	۱۰۹	۹۷	۱۲۳

* رقم حقوق یارانه‌دار به وسیله نویسنده برآورد شده است

۸- فایده‌مندی یا اثرات زیست محیطی

برای ارزیابی اثرات زیست محیطی از دو شاخص نوسانات سطوح ایستائی آب و سطوح تبدیل شده به باطلاق و اراضی شور استفاده شده است در مورد شاخص اول مطالعات نشان می‌دهد که نوسانات سطح آب وضعیت نگران‌کننده‌ای دارد با بررسی یک دوره ۵ ساله که در سال ۱۹۹۵ انجام شد سطح آب با نرخ سالانه بین ۲ تا ۵ متر افت کرده است و به عمق متوسطی بیشتر از ۱۰۰ متر رسیده است. در مورد شاخص باتلاقی و شوری هیچ مدرک و موردی که دال بر این موضوع باشد پیدا نشد.

۹- نتایج

بر اساس کاربرد شاخص‌های مقایسه‌ای یا تطبیقی نتایج اصلی عملکرد *ARLID* به صورت خلاصه به شرح زیر است.

- بر اساس مقادیر بالای *RWS* و *RIS* مشخص است که ناحیه در دوره مطالعه در شرایط فراوانی نسبی آب بهره‌برداری شده و برای مدیران تأمین نیاز آبی محصولات با اطمینان خوبی امکان‌پذیر بوده است. با توجه به اینکه مقادیر دو شاخص بالا در سالواتی‌یرا بالای متوسط ناحیه و در کوتازار تا حدی کمتر از متوسط است.
- مقادیر *RWS* و *RIS* دلالت بر مصرف آب بیشتر توسط مالکین چاه‌ها نسبت به استفاده‌کنندگان آب از کانال و به علت پائین بودن هزینه پمپاژ به دلیل وجود یارانه باشد.
- نیازهای آبی محصولات بر اساس یک محصول اصلی محاسبه شده است که منتج به محاسبات آب نسبتاً بالا شده که موجب افزایش مقادیر *RWS* شده است.
- *SGVP* در واحد تحویل آبیاری یا واحد مصرف آب مفاهیم نسبتاً جدیدی بودند و برای محاسبات اطلاعات کافی وجود نداشت که بعضی از پارامترهای آن به وسیله *IWMI* از سایر سیستم‌های جهانی مورد استفاده قرار گرفت ولی به طور کلی مقادیر محاسبه شده بالا بود مخصوصاً برای محصولاتی که از آب چاه استفاده می‌کردند.
- کاهش سفره آب زیرزمینی اثرات منفی در پمپاژ داشت ولی از باتلاقی شدن و شور شدن اراضی موردی مشاهده نشد.

با توجه به دو فرضیه اول این تحقیق، کاربرد شاخص‌های مقایسه‌ای در تمام سطوح اطلاعات خوبی در تفاوت کیفیت عملکرد مدیریت آب بین بلوک‌ها، فصول و منابع ارائه داده است. گرچه اطلاعات تهیه شده وجود گپ‌های پتانسیلی را در سیاست‌های مدیریت آب خاطر نشان می‌کند

(روش محاسبه آب آبیاری) و به طور کلی نتایج ارزیابی بر اساس شاخص‌های مقایسه‌ای حاکی از موارد زیر است:

۱-مدیریت آبیاری تحت شرائط فراوانی نسبی آب موجود

۲-بالا بودن ارتفاعات آبیاری طراحی شده نسبت به نیاز واقعی محصول

۳-مساعد بودن ستانده‌های اقتصادی در واحد آب و زمین در مقایسه با سایر نواحی آبیاری

۴-دریافت کامل هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری

۵-بهره‌برداری خارج از اندازه سفره‌های آب زیرزمینی

نتایج اصلی عملکرد بر اساس شاخص‌های عملیاتی به شرح زیر است.

- شاخص اعتمادپذیری نشان می‌دهد که تخصیص واقعی آب آبیاری با مقادیر پیش‌بینی و واگذار شده مطابقت دارد که دلیل بر آگاهی *WUA* از میزان تحویل آب در شروع فصل است.
- شاخص‌های انعطاف‌پذیری و به موقع بودن نشان‌دهنده کفایت پیش‌بینی زمان دوره‌های آبیاری است که کمیته هیدرولیک در آن نقش دارد.
- توزیع فاصله‌ای *RWS* - تفاوت *RWS* در امتداد کانال‌ها ارتباط زیادی به کشاورز ندارد و اندازه‌گیری‌های روزانه دلیل دستیابی همه کشاورزان به آب کافی مورد نیاز محصول است. تغییرات در توزیع فاصله *RWS* دلیل عدم اهمیت موقعیت بهره‌بردار (بالادست - میان دست- پایین‌دست) است.
- در مورد شاخص کفایت، اندازه‌گیری جریان در سطح مزرعه دلالت بر کفایت بالای تأمین آب در سطح مزرعه دارد.

به طور کلی کاربرد این شاخص‌ها در فرآیندها و پویایی مدیریت سیستم آگاهی خوبی ارائه کرده است تخصیص واقعی در سطح ناحیه به احجام واگذاری بلوک‌ها نزدیک هستند. هرچند مشکلاتی در بهنگامی و فاصله توزیع آب در کانال‌ها وجود دارد و بهرجهت در تمام سطوح تحویل آبیاری واقعی بالاتر از طراحی و گزارش شده هستند.

- از نظر مقایسه، هرچند که شاخص‌های مقایسه‌ای و عملیاتی مکمل یکدیگرند ولی بکارگیری شاخص‌های عملیاتی در درک مفاهیم بهتری از مدیریت آبیاری پویا و فرایند در *ARLID* مفید بوده است و از طرفی نتایج کاربرد شاخص‌های مقایسه‌ای صرف زمان کمتر و منابع متمرکز است ضمن اینکه مشخص شد پیچیده‌تر از آن چیزی است که مورد انتظار بوده است که دلیل آن پیچیدگی در جمع‌آوری و جمع‌بندی داده‌ها در سطوح پائین‌تر سیستم برای کنترل کلی داده‌های جمع شده در سطح ناحیه است.

۱۰ - تعریف شاخص‌های تطبیقی

۱- نسبت آب تحویلی *Relative Water Supply*

مخفف این شاخص *RWS* است و عبارت است از کل آب تحویلی به کل نیاز محصول در سطح مزرعه

$$RWS = \frac{\text{(کل بارندگی + آبیاری) آب تحویلی}}{\text{کل نیاز محصول در سطح مزرعه}}$$

مخرج کسر شامل مجموع، تبخیر و تعرق، تبخیر و تعرق غیرمفید، ورودی به زهکش‌ها و جریان خالص به آب زیرزمینی می‌باشد. *RWS* یک شاخص بدون بعد است. تبخیر و تعرق یا آب مصرفی گیاه به وسیله روش *CROPWAT* مربوط به *FAO* محاسبه می‌شود. این عامل تغییرپذیر ابزار نیرومندی برای تجزیه و تحلیل اجزاء مدیریت و عکس‌العمل کشاورزان به اعتمادپذیری آب دریافتی است. *(Levine 1982)*

۲- نسبت آبیاری تحویلی *Relative Irrigation Supply*

مخفف این شاخص *RIS* و عبارت است از مقادیر آبیاری تحویلی به تقاضای آبیاری در سطح مزرعه

$$RIS = \frac{\text{آبیاری تحویلی}}{\text{تقاضای آبیاری در سطح مزرعه}}$$

مخرج کسر شامل تقاضای محصول بدون محاسبه بارندگی مؤثر می‌باشد.

۳- ظرفیت تحویل آب *Water Delivery Capacity*

$$WDC = \frac{\text{ظرفیت تحویل در زیر سیستم اصلی}}{\text{تقاضای مصرف حداکثر}}$$

۴- تولید در سطح زیر کشت (دلار در هکتار) *Production Per Cropped Area*

عبارت است از:

$$SGVP = \frac{\text{ارزش ناخالص استاندارد شده تولید}}{\text{سطح زیر کشت آبیاری}}$$

۵- **تولید در واحد اراضی کشاورزی (دلار در هکتار)** ***Production Per command***

عبارت است از: $\frac{\text{ارزش ناخالص استاندارد شده تولید } (SGVP)}{\text{اراضی کشاورزی}}$

۶- **تولید در واحد تحویل آبیاری (دلار در متر مکعب)** ***Production Per Unit Irrigation Supply***

عبارت است از: $\frac{\text{ارزش ناخالص استاندارد شده تولید } (SGVP)}{\text{تحویل آبیاری}}$

۷- **تولید در واحد آب مصرفی (دلار در متر مکعب)** ***Production Per Unit of Water Consumed***

عبارت است از: $\frac{\text{ارزش ناخالص استاندارد شده تولید } (SGVP)}{\text{حجم آب مصرفی}}$

مخرج کسر شامل ET، ETغیر مفید، تلفات به زهکش‌ها می‌باشد.

۸- **برگشت ناخالص سرمایه‌گذاری** ***Gross Return on investment (%)***

عبارت است از: $\frac{\text{ارزش ناخالص استاندارد شده تولید } (SGVP)}{\text{هزینه ساختمان‌های زیربنائی آبیاری}}$

هزینه سیستم توزیع ارتباط پیدا می‌کند با برآورد هزینه جاری ساختمان‌ها برای سیستم تحویل معادل

۹- **خودکفائی** ***Financial self Sufficiency (%)***

عبارت است از: $\frac{\text{هزینه خدمات آب}}{\text{هزینه نگهداری و بهره‌برداری}}$

هزینه خدمات آب درآمدهای پتانسیل همه نوع آب‌بهاء مربوط به خدمات آب را شامل می‌شود و هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری مبتنی بر محاسبات بنگاه یا *WUA* هر کدام که مقتضی است می‌باشد.

جائی که نگهداری و بهره‌برداری به وسیله کشاورزان فردی یا جمعی انجام می‌شود، هزینه‌ها باید به عدد و رقم تعیین و مشخص شوند.

ارزیابی عملکرد طرح آبیاری *Vurno* در کشور نیجریه

عنایت ثابتی [1]

مقدمه

- ارزیابی عملکرد طرح ورنو *(Vurno)* که مجموعه‌ای از شبکه‌های ساخته شده در کشور نیجریه است توسط مدیران بخش تحقیقاتی مؤسسه مطالعات آبیاری و توسعه دانشگاه *Southampton* انگلستان انجام گرفته است.
- ارزیابی عملکرد طرح مذکور ۲۵ سال پس از اجرای طرح و قبل از احیاء آن در مقیاس ۱۵۰۰ هکتار ولی در واقع تعدادی زیادی از طرح‌های مشابه به طرح ورنو و بر مبنای عوامل زیر انجام گرفته است:

۱-زیر بنای فیزیکی طرح

۲-شرایط مدیریت

۳-وضعیت اقتصادی و اجتماعی

- در این ارزیابی دلائل و تأثیر عواملی که در عملکرد طرح مؤثر بوده‌اند مورد شناسائی و بحث قرار گرفته است همچنین موقعیت طرح برحسب داده‌ها، ستاده‌ها *(Output)* و فرآیندهای مختلف و... شاخص‌های کمی و کیفی مورد استفاده قرار گرفته است.
- علت مطالعه و ارزیابی: ناشی از ناموفق بودن و یا کم موفق بودن طرح‌های آبیاری و زهکشی در کشور نیجریه و سایر کشورهای در حال توسعه می‌باشد.
- ابعاد مطالعه: اگرچه سطح زیر شبکه‌های آبیاری و زهکشی کوچک است ولی ارزیابی پروژه همانند یک طرح بزرگ انجام گرفته، ضمن اینکه این ارزیابی همزمان برای طرح‌های مشابه کشور

۱- عضو هیئت اجرائی و عضو گروه کار ارزیابی عملکرد کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

نیجریه صورت گرفته است.

بنابراین ارزیابی در سطح وسیع و به طور همه جانبه است.

مشخصات طرح آبیاری ورنو *Vurno*

طرح آبیاری *Vurno* در ایالت سوکوتو در شمال غرب نیجریه در ۴۰ کیلومتری شمال شرقی ایالت سوکوتو واقع شده است.

- در سال ۱۹۶۵ اولین قسمت طرح با احداث یک سد خاکی به نام *Lugo* بر روی رودخانه کوچک *Balla* ساخته شد. این سد ضمن تأمین آب کنترل سیل‌دشت پائین را که ۱۴۰۰ هکتار است به عهده دارد.
- سد لوگو قسمت اول منبع عمده آب طرح ورنو در فصول خشک محسوب می‌شود و از رودخانه بزرگتری بنام *Rima* در فصل بارندگی تأمین می‌گردد.
- قسمت دوم اصلاح کانال *Rima* که آب سد لوگو از طریق کانال انتقال داده می‌شود.
- قسمت سوم احداث یک سد خاکی کوچک بنام *Goronyo* می‌باشد که در سال ۱۹۷۹ شروع و در ۱۹۸۴ خاتمه یافته است.
- مجموع مخزن *Lugo* و *Goromyo* منابع آب شبکه آبیاری را تشکیل می‌دهند شکل ضمیمه *Layout* و نحوه استقرار شبکه آبیاری را نشان می‌دهد.

اقلیم طرح

طرح در منطقه‌ای با آب و هوای نسبتاً خشک و گرمسیری است. متوسط بارندگی ۷۰۰*mm* که ۶۰٪ آن درماه مرداد *(July)* انجام می‌گیرد. میزان تبخیر و تعرق سالانه حدود ۳ متر که آبیاری در طول فصل خشک را الزامی می‌نماید.

- خاک عمیق، حاصلخیز و دارای بافت رسی و لوم رسی است.
- زهکش اراضی نسبتاً خوب ولی با وجود این بخشی از اراضی مستعد ماندابی شدن و تجمع رسوبات نمک است.

- **مالکیت طرح:**

- مالکیت اراضی در دست دولت است. و هر فصل آنرا به کشاورزان اجاره می‌دهد.
- میزان زمین اجاره بین ۰/۴ - ۴ هکتار است.
- اندازه بلوک‌های زراعی از ۰/۸-۲۰ هکتار متغیر است.
- هر بلوک زراعی به وسیله یک شبکه از کانال‌های ۲ و ۳ که از دو کانال اصلی *Lugo* و *Tatudawa* منشعب می‌شوند آبیاری می‌گردد.
- مالکیت طرح همانطور گفته شد دولتی و به وسیله اداره آبیاری وزارت کشاورزی ایالت سوکوتو اداره می‌شود.
- زارعین هیچگونه نقش رسمی در اداره طرح ندارند.
- هر زارع به طور مستقل کار می‌کند و در انتخاب نوع کشت اختیار تام دارد. (کشت‌های محدود)
- کشت‌های غالب در منطقه برنج، گندم، پیاز و سیر با تراکم کشت ۱۵-۲۰ درصد می‌باشد.
- مهاجرت کم و در نتیجه در فصل زراعی از نظر وجود کارگر مشکلی وجود ندارد.

ارزیابی عملکرد طرح *Vurno*

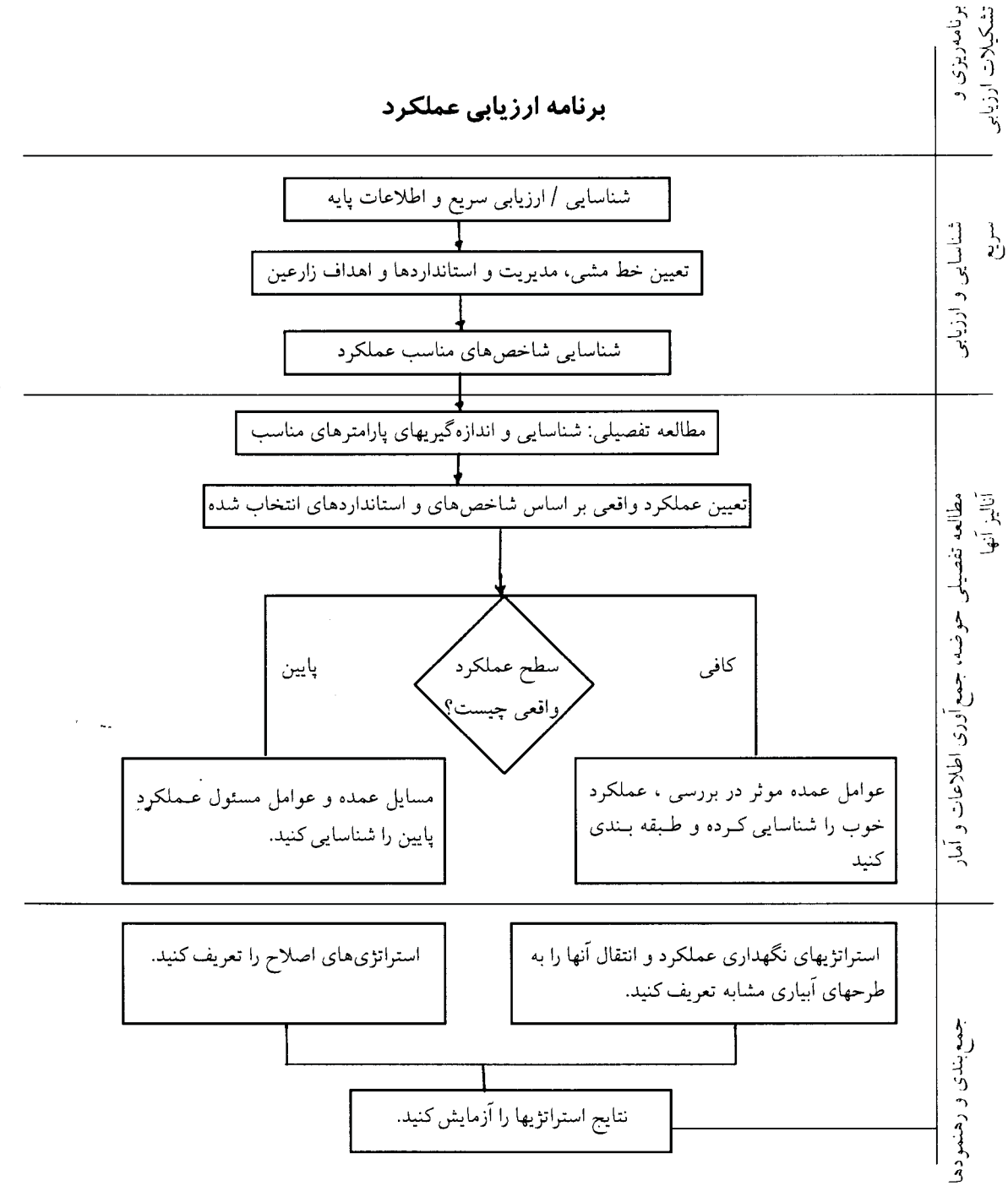
- این طرح با عنایت کمیسیون کشاورزی اروپا برای احیاء و بازسازی برنامه‌ریزی شد.
- قبل از شروع بازسازی مدت دو سال مطالعه فرصتی خوب برای تدارکات مختلف بود.
- این مطالعه دو ساله به عنوان مطالعه پایه کلیه طرح‌های مشابه در نیجریه مورد توجه قرار گرفت.
- ابتدا برای ارزیابی یک متدولوژی تنظیم شد. این متدولوژی به چهار نوع فعالیت تقسیم گردید:

۱-برنامه‌ریزی و تشکیلات ارزیابی

۲-شناسائی و ارزیابی سریع

۳-مطالعه تفصیلی حوضه، جمع‌آوری اطلاعات و آمار

۴-جمع‌بندی و ارائه طریق و رهنمود



شکل ۲- متدولوژی پیشنهادی مرجع برای ارزیابی عملکرد طرحهای آبیاری متوسط

- ارزیابی سریع که موجب بررسی کل سیستم شد با مطالعات تفصیلی دنبال می‌گردید.
- برای ارزیابی عملکرد واقعی طرح می‌بایستی استانداردهای عملکرد، شاخص‌ها، متغیرها اندازه‌گیری و شناسائی شوند.
- جمع‌آوری آمار و اطلاعات مستلزم استفاده از منابع ثانویه و اندازه‌گیری مستقیم بود.
- برای دستیابی به آمارهای مختلف اقتصادی، اجتماعی و فنی پرسشنامه‌ای تنظیم و به زارعین جهت تهیه پاسخ ارائه گردید. این پرسشنامه‌ها بین ۹۵٪ زارعین تقسیم شد.
- بحث و تبادل نظر رسمی با زارعین نیز انجام گرفت.

گفتگوها و نتایج

- آمارها و اطلاعات جمع‌آوری شده فرآیند و آنالیز شد و رشته‌ای از شاخص‌های سطوح پیشرفت را در داده‌ها و ستاده‌ها و فرایندهای طرح ارزیابی نمودند. این نتایج در جدول شماره یک نشان داده می‌شود.
- این مقادیر از مجموعه اطلاعات متغیر و تجربه بر روی سایر طرح‌های آبیاری و زهکشی در سایر نقاط نیجریه به دست آمد.
- اعداد کمی موجود در جدول یک با افزودن چند شاخص کیفی اضافه، به آنالیز کمی جدول شماره ۲ تبدیل شدند.
- این فرایند در به دست آمدن یک نظریه کلی و علائم روشنی مبنی بر این که چه کمبودهایی و در کجا وجود دارد فوق‌العاده مفید بوده است.
- با ملاحظه جداول ۱ و ۲ روشن است که آمار و ارقام این جدول از ضعیف بودن طرح حکایت می‌کند.
- عملکرد پائین طرح، در واقع به خاطر کمبودهای اساسی زیربنای فیزیکی، ضعف مدیریت، نامناسب بودن شرایط اقتصادی و اجتماعی و تشکیلاتی طرح اعلام شده است.

تنگناهای زیربنایی

- شرایط ضعیف زیربنائی، مسائل جدی بهره‌برداری از سیستم آبیاری و زهکشی را مطرح می‌کند.
- محدودیتی در تأمین آب وجود ندارد. (جدول یک فهرست قابلیت دسترسی به آب)
- مسائل جدی در مورد ظرفیت کانال انتقال آب (جدول یک موضوع سیستم اصلی ظرفیت حمل، نسبت طول عملی کانال‌های اصلی شاخص شرایط ساختمانی)
- در مورد کانال‌های اصلی و درجه دوم فقط ۵۰٪ از طول کانال می‌تواند آب را حمل کند.

- پس از کانال درجه دوم تلفات آب افزایش یافته و به حدود ۵۰٪ رسیده است.
- در مکان‌هایی که آب همچنان در کانال‌ها جاری است ظرفیت‌ها تا حدود ۳۰٪ افزایش یافته است
- آب توسط نیروی ثقل فقط در ۶۰٪ بخش جریان دارد.
- از نظر ابنیه‌های موجود کانال‌ها تقریباً ۱۱٪ از ابنیه‌ها به درستی کار می‌کنند.
- بدون تراز کردن سطح اراضی با به کار بردن نیروی کارگر ماشین اضافی امکان انجام کار و راندمان... مقدور نیست از این نظر کشاورزان دلسرد و مأیوس هستند.

تنگناهای طبیعی و زیست محیطی

- وضعیت ضعیف شبکه‌های زهکشی، تا حدودی ناشی از شرایط دشوار زیست محیطی حاکم بر طرح است.
- روان آب سطحی و فرسایش به طرف جنوب اراضی طرح کشیده شده، موجب ایجاد رسوب در کانال زهکش می‌شود.
- یک زهکش که سال‌ها پیش حفاری شده، در اثر رسوبات انباشته شده و از کارآیی افتاده است.
- سطوح آب بالای سفره‌های آب زیرزمینی، مسائل ماندابی شدن را پدید آورده است.
- موضوع ماندابی شدن بیش از ۲۰٪ از اراضی را تحت تأثیر مسائل شوری قرار داده است.

تبصره:

۱- در ستون نوع شاخص منظور از (I) داده، (O) ستانده و (P) فرآیند است.
۲- عملکرد پیش‌بینی شده محصول، مقادیری است که بعضی کشاورزان در طرح ورنو به دست آورده‌اند. به همین دلیل این عملکردها به طور بالقوه قابل دستیابی است. اعداد به دست آمده از ایستگاههای آزمایشی ممکن است بیش از این مقادیر باشد.
۳- هیچ گونه استانداردی در دسترس نیست. اما به طور معمول فرض بر این است که مسایل عملکردهای محصول تحت شرایط آزمایشی به وسیله فعالیتهای فرهنگی رفع شده‌است.
۴- به خاطر کندن علفهای هرز، تجربه آبیاری و منبع آب در دسترس.
۵- بر اساس برنامه احیا سازی سال ۱۹۹۱ که با برنامه نیروی انسانی در طرح‌های آبیاری نیجریه متصل شده‌است.
۶- اعداد براساس پیشنهاد وضعیت و ترتیب کارکنان بعد از احیاءسازی ۱۹۹۱.
۷- مقدار متوسط بر طبق گزارش ۱۷ طرح آبیاری در آمریکا(Alleh and Brockway 1977) .

جدول ۱- مقایسه معیارهای عملکرد انتخاب شده بین سطوح واقعی و قابل دستیابی در طرح آبیاری ورنو در سال ۱۹۹۱-۱۹۹۲

معیارهای عملکرد انتخاب شده	نوع شاخص	مقدار قابل دستیابی و یا مورد نظر	مقدار واقعی در طرح
۱- نسبت توسعه طرح	P	٪۱۰۰	٪۶۷
۲- شاخص قابلیت دسترسی به آب	*I*	۱-۲	۵۰
۳- شاخص ظرفیت حمل در سیستم	*I*	٪۱۰۰	٪۷۰
۴- نسبت اراضی قابل آبیاری	*I*	٪۱۰۰	٪۶۲
۵- طول قابل اجرای نسبت کانال‌های اصلی شاخص	*I*	٪۱۰۰	٪۵۵
۶- شاخص شرایط ساختمانی	*I*	٪۱۰۰	٪۱۱
۷- فهرست پایداری زیست محیطی	*O*	٪۱۰۰-۹۰	٪۸۸
۸- معیار آمار و اطلاعات برنامه‌ریزی محصول	P	٪۱۰۰	٪۴۳
۹- تراکم کشت	*O*	٪۱۹۰	٪۱۰۵
۱۰- متوسط بازده محصول	*O*		
الف - برنج		هکتار/ ۳ تن	
ب - گندم		هکتار/ ۲/۵ تن	
ج - پیاز		هکتار/ ۱۲ تن	
د - سیر		هکتار/ ۱۲ تن	
۱۱- نوسانات بازدهی محصول ناشی از فعالیتهای فرهنگی (برای گندم)	P	*O*	٪۷۰
۱۲- نسبت تعداد نیروی انسانی در هر ۱۰۰۰ هکتار	*I*	۶	۲۰
۱۳- نسبت کیفیت نیروی انسانی	*I*		
الف - تخصصی		۲	۰
ب - سطح متوسط		۳	۳
ج - حرفه‌ای		۱	۵
د - غیر ماهر		۰	۱۱
۱۴- عامل استقلال مالی	P	٪۵۰	٪۰
۱۵- عامل خودکفایی مالی	P	> = ٪۱۰۰	٪۴۰
۱۶- نسبت بودجه برای نگهداری	*I*	٪۶۲	٪۱۶
۱۷- نسبت جبران هزینه‌ها	*O*	٪۱۰۰-۹۰	٪۸۰

جدول ۲- فهرست راهنمای کیفی ارزیابی عملکرد شناسایی شده

در طرح آبیاری ورنو، در سال ۱۹۹۱-۱۹۹۲

ارزیابی عملکرد	خیلی ضعیف	ضعیف	قابل قبول	خوب
۱- نسبت توسعه طرح			■	
۲- شاخص قابلیت دسترسی به آب				■
۳- نسبت ظرفیت حمل توسط سیستم اصلی		■		
۴- سهمیه اراضی قابل آبیاری		■		
۵- طول قابل اجرای نسبت سیستم اصلی	■			
۶- شاخص شرایط ساختمانی	■			
۷- شاخص پایداری زیست محیطی			■	
۸- معیار آمار و اطلاعات برنامه‌ریزی محصول (گندم)		■		
۹- تراکم کشت		■		
۱۰- متوسط تراکم کشت محصول				
برنج			■	
گندم	■			
پیاز			■	
سیر			■	
۱۱- نوسانات عملکرد محصول ناشی از فعالیتهای فرهنگی (گندم)				■
۱۲- نسبت تعداد نیروی انسانی		■		
۱۳- نسبت کیفیت نیروی انسانی		■		
۱۴- عامل استقلال مالی	■			
۱۵- عامل خودکفایی مالی		■		
۱۶- نسبت بودجه نگهداری	■			
۱۷- نرخ جبران هزینه‌ها				■
۱۸- قابلیت دسترسی و شرایط اجاره			■	
۱۹- تراز اراضی		■		
۲۰- فساد اداری		■		
۲۱- انگیزه‌ها و برانگیختن کارکنان	■			
۲۲- امنیت تصرف و اجاره‌داری از اراضی	■			
۲۳- سطح مکانیزاسیون	■			
۲۴- قابلیت دسترسی به اطلاعات و به آمار زراعی		■		
۲۵- دخالت زارع در مدیریت		■		

قابلیت سوددهی گیاهان تحت آبیاری

آنالیز بودجه زارعت محصول در جدول ۳ به روشنی بر این نکته دلالت دارد که گندم محصول عمده فصل خشک محسوب شده و در سطوح عملکرد جاری به طور نسبی سود دهی خوبی دارد. به علاوه با داده‌های کافی و قابل دسترس، گندم سوددهی بیشتری دارد.

پیاز و سیر هم می‌توانند پر منفعت باشند. اما به خاطر ترتیب و وضعیت ضعیف بازار و تولید آن در فاصله دور از تقاضا سوددهی آنان کم است. قیمتهای محصول در زمان برداشت در سر مزرعه پایین است. به همین دلیل کشاورزان برای دستیابی به سود بیشتر می‌کوشند محصولات خود را در انبارهای محلی ذخیره کرده و در سایر فصول سال آن را عرضه کنند. این امر موجب ضایعات زیاد محصولات می‌شود.

جدول ۳- سود کشت آبی (نایرا در هکتار)

شرایط	برنج	گندم	پیاز	سیر
عملکرد متوسط، بدون استفاده از پمپ‌آب یاکارگر	۱۰۹۸۳	۴۶۶۶	۸۹۶۶	۴۲۲۶۲
عملکرد متوسط، بدون استفاده‌از پمپ آب وبانیروی کارگر	۳۴۶	۹۶۱	-۳۲۳۶	۲۹۴۹۲
عملکرد متوسط، بااستفاده از پمپ و نیروی کارگر	N/a	N/a	-۸۶۴۵	۲۴۰۸۳
بالاترین عملکردقابل دستیابی درطرح‌بدون‌استفاده‌از پمپ‌ونیروی کارگر	۱۲۹۲۵	۱۲۲۹۹	۱۵۰۸۳	۶۲۹۸۴
بالاترین عملکردقابل دستیابی درطرح‌بدون‌استفاده‌از پمپ‌وبانیروی‌کارگر	۲۳۷۸	۸۵۹۴	۲۸۸۱	۵۰۲۱۵

مدیریت و امور سازمانی

مدیریت طرح ضعیف، غیر مؤثر و به ظاهر بی‌توجه به عملکرد طرح است. هیچ گونه آمار و اطلاعاتی ثبت نشده بود (حتی میزان اراضی در فصول کشت نامشخص بوده و هیچ گونه تلاشی برای برنامه‌ریزی و کنترل تخصیص آب به عمل نیامد.

دلایل و نتایج این وضعیت چنین بوده‌است:

- تعداد کارکنان بیش از اندازه نیاز، و فاقد صلاحیت لازم بوده و تعداد زیادی از آنان در رتبه‌های پایین می‌باشند.

- فقدان انگیزه در میان کارکنان برای مدیریت، بهره‌برداری و نگهداری طرح به چشم می‌خورد.
- بودجه بسیار محدودی برای نگهداری از پروژه در نظر گرفته می‌شود.
- فقدان استقلال مالی برای مدیریت بهره‌برداری
- فقدان تعریف روشن نقش‌های زارعین در مدیریت، بهره‌برداری و نگهداری طرح
- فقط در مطالبه آب بهاء و تخصیص اراضی مدیریت فعال بوده است.

تصرف و اجاره‌داری اراضی

- عدم امنیت اجاره‌داری عملکرد کشاورزان تحت تأثیر قرار داده است.
- قطعات اراضی برحسب فصل اجاره داده می‌شود. این امر کشاورزان را آسیب‌پذیر کرده است.
- برای بررسی‌های به عمل آمده اراضی مرغوب به کشاورزان بانفوذ، کارکنان دولتی طرح و مالکین غایب و مفقودالاثر واگذار نشده است.
- آنها خود کشت نمی‌کنند بلکه به زارعین ضعیف می‌سپارند.
- خلاصه اینکه در پرسشنامه ارائه شده عدم امنیت اجاره‌داری اراضی عامل مؤثر در کمبود انگیزه برای نگهداری اراضی و کانال‌های وابسته به شبکه آبیاری و زهکشی است.

بی‌نظمی در جبران مطالبات آب‌بهاء

- کار جمع‌آوری آب بها مملو از خلاف کاری و بی‌نظمی است، این موضوع از شیوه مدیران طرح تأیید می‌گردد.
- این موضوع شامل پرداخت‌های نامشروع بوده از مشتریان برای پیشبرد کارهایشان بوده است.
- بعضی از زارعین با نفوذ از پرداخت آب‌بهاء معاف بوده‌اند.
- کارکنان طرح در برابر زارعین جوابگو نبوده و برای کسب درآمد غیرمشروع مورد بازخواست قرار نمی‌گیرند.

فقدان انجمن مشترک کشاورزان

- مشارکت کشاورزان در امور مدیریت، بهره‌برداری و نگهداری طرح بسیار ناچیز است.
- در مصاحبه با کشاورزان نشان می‌دهد که در گذشته تعدادی از کشاورزان کار تعمیر و نگهداری طرح را به عهده داشته‌اند. اما بعداً به خاطر مسامحه مدیران و کارکنان طرح از کرده خود پشیمان شده‌اند.
- در حال حاضر نیز هیچ انگیزه‌ای برای مشارکت ندارند.
- فقدان همکاری از سوی کشاورزان بانفوذ و مالکین، از مشارکت کشاورزان و انجام کار گروهی جلوگیری می‌نماید.

مکانیزاسیون و تنگنای امکانات مورد نیاز

- کشاورزان ماشین‌آلات در طرح بسیار چشمگیر بوده است.
- کشاورزان بانفوذ و مالکین غایب چند تراکتور قابل دسترسی را به انحصار خود در آورده‌اند.
- مسائل مشابهی در ارتباط با دسترسی به سایر نهاده‌ها از جمله سموم و ود ملموس بوده است.
- اکثراً زارعین ضعیف مجبور به تهیه سم و کود از بازار سیاه شده و از سوبسید استفاده نمی‌کند قیمت سموم و کود در بازار آزاد ۲-۵ برابر معمول است در نتیجه امکان استفاده از سم و کود کمتر خواهد بود.