چهارمین کارگاه فنی ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی
۲۸ آبان ماه ۱۳۸۳

روش فازی در ارزیابی عملکرد مدیریتی شبکه‌های آبیاری

محمد جواد منعم[۱]، جمشید خرّمی[۲]، سیداحمد حیدریان[۳]

چکیده:

بطور کلی ارزیابی دقیق عملکرد مدیریتی شبکه‌های آبیاری، با توجه نادقیق بودن مقادیر بسیاری از پارامترهای مدیریت بهره‌برداری و نگهداری ممکن نمی‌باشد. معمولاً این پارامترها کمی نبوده و لذا برای رفع این مشکل، به کارگیری منطق فازی توصیه می‌شود. عملکرد ضعیف اغلب شبکه‌ها ناشی از عملکرد مدیریتی آن، دستیابی به روش‌های مناسب ارزیابی، به منظور ارایه راهکارهای بهبود عملکرد شبکه‌ها بسیار ضروری می‌باشد. به این منظور تاکنون روش‌های مختلفی پیشنهاد شده، این روش‌ها هر چند موجب توسعه فن‌آوری موجود در این زمینه شده‌اند اما همچنان دارای نارسائی می باشند. در نظر نگرفتن تأثیرات طیفی بسیاری از شاخص‌های ارزیابی و عدم انعکاس شاخص‌های توصیفی از آن جمله می‌باشد. در این تحقیق به منظور رفع پاره‌ای از مشکلات روش‌های ارزیابی موجود، از منطق فازی استفاده شده است. به منظور نمایش قابلیت‌های منطق فازی در ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری مدلی براساس سیستم استنتاج فازی مینیمم- ماکزیمم ممدانی و روش غیرفازی‌ساز مرکز ثقل تدوین شده و با استفاده از این مدل، عملکرد شبکهٔ آبیاری مارون از دیدگاه کلی مدیریتی در قالب شاخص‌های بهره‌برداری، تعمیرات و نگهداری، تحویل آب و کشاورزی، ارزیابی شده است. نتایج حاصله نشان می‌دهد؛ نمرهٔ ارزیابی بخش بهره‌برداری ۰/۷۶ ، ارزیابی عملکرد بخش تعمیرات و نگهداری شبکه ۰/۵۲ ، ارزیابی عملکرد سیستم تحویل آب شبکه ۰/۶۴ و ارزیابی عملکرد شبکه از دیدگاه کلی مدیریتی ۰/۷۱ می‌باشد. نتایج حاصل از این تحقیق

۱- استادیار دانشگاه تربیت مدرس، دانشکدهٔ کشاورزی، گروه سازه‌های آبی
۲- دانشجوی سابق دورهٔ کارشناسی ارشد تأسیسات آبیاری، دانشگاه تربیت مدرس
۳- استادیار، عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات آبخیزداری
تهران، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکدهٔ کشاورزی، گروه سازه‌های آبی
javadmonem@yahoo.com

نشان می‌دهد، روش فازی می‌تواند برخی از مشکلات روش‌های موجود را به خوبی مرتفع نماید و در ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری در سطح گسترده‌ای استفاده شود.

کلید واژگان: ارزیابی عملکرد، شبکه‌های آبیاری، منطق فازی

۱- مقدمه

ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری و زهکشی به دلیل تنوع موضوعی و ماهیت شاخص‌های طبیعی و اجتماعی، دارای پارامترهای غیرقطعی، گسترده و دینامیک می‌باشد. این عوامل باعث می‌گردد که برخورد دقیق با اینگونه مسائل عملاً غیرممکن باشد. اکثر روش‌های کلاسیک ارزیابی عملکرد بر پایه بررسی‌های تجربی و در واقعیت انحراف قابل توجهی از شرایط واقعی دارند. برای اندازه‌گیری پارامترها، فرد ارزیابی کننده ناچاراً به ساده سازی و وارد کردن فرضیات فراوان در مدل ارزیابی نموده و ماحصل تغییرات و فرضیات ارزیابی غیرواقعی، در شرایط مسئله غیرواقعی می‌باشد. به علت پایین بودن سطح عملکرد بسیاری از شبکه‌های آبیاری، ارزیابی و بهبود عملکرد شبکه‌های آبیاری موضوعی است که توجه اغلب محققان، طراحان و مدیران شبکه‌های آبیاری را در سالهای اخیر به خود جلب کرده است. مطالعات انجام شده در زمینهٔ ارزیابی شبکه‌های آبیاری بیانگر آن است که عملکرد اغلب آنها به علت ضعف در طراحی و اجراء، عدم نگهداری و بهره‌برداری مناسب و فقدان مدیریت کارآمد به مراتب پایین‌تر از حد مورد انتظار است. لذا توجه به رفع معضلات شبکه‌های موجود و بهبود عملکرد آنها یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر است که مورد توجه مؤسسات بین‌المللی از جمله IWMI[1] قرار گرفته است[۱]. در ایران نیز ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری جزو اولویت‌های تحقیقاتی وزارت نیرو قرار گرفته است[۲].

۲- معرفی روش‌های ارزیابی موجود

به‌طورکلی روش‌های بررسی و ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری را می‌توان به دو گروه عمدهٔ روش‌های ارزیابی کیفی و روش‌های ارزیابی کمّی تقسیم کرد. روش‌های ارزیابی کیفی یا توصیفی که تاکنون در ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری بکار برده شده‌اند، عبارتند از: تجزیه و تحلیل تشخیصی[2](DA)، ارزیابی سریع[3](RA)، روش مرجع[4](RM) و ارزیابی چارچوبی[5](FA).

تلاش‌های گسترده‌ای برای کمی نمودن شاخص‌های ارزیابی عملکرد صورت گرفته و هر محقق با توجه به هدف خاص از مطالعهٔ طرح‌های مختلف با مسایل و مشکلات طرح‌های مورد نظر شاخص‌های مختلفی برای ارزیابی مسایل مورد نظر خود معرفی کرده است. روش‌های کمی کردن شاخص‌های ارزیابی و نحوه

1- International Water Management Institute
2- Diagnostic Analysis
3- Rapid Appraisal
4- Reference Methodology
5- Framework Appraisal

تعیین عوامل مورد نظر در شاخص‌های ارزیابی به دو روش اندازه‌گیری یا برآوردهای میدانی و شبیه‌سازی یا مدل‌سازی ریاضی تقسیم می‌شود. یکی از روش‌های جامع کمی مبتنی بر اندازه‌گیری‌های میدانی روش کمی کلاسیک می‌باشد که توسط رسترپو در سال ۱۹۸۳ برای ارزیابی طرح‌های جنوب و جنوب شرقی آسیا ارائه شده است. مدل ارزیابی کمی پاییز[1] بر مبنای روش کلاسیک در ایران ارایه شده که با استفاده از این مدل می‌توان ضمن ارزیابی عملکرد بخش‌های مختلف و تعیین میزان اعتبار ارزیابی، اولویت هر کدام از بخشها را جهت بهبود عملکرد تعیین نمود[۳]. استانداردهایی که روش کلاسیک برای مقایسه عملکرد توصیه می‌کند مبتنی بر نظر کارشناسی بوده که در تعیین راهکارهای عملی بهبود چندان مؤثر نبوده‌اند. این نکته موجب آن گردید که روش تحلیل پوششی داده‌ها(DEA) که در سایر علوم نیز بکار برده شده بود برای اولین بار جهت ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری مورد استفاده قرار گیرد[۴]. از جمله مدل‌های ریاضی شبیه‌سازی که در ارزیابی عملکرد مورد استفاده قرار گرفته‌اند؛ می‌توان به مدل هیدرودینامیک آی‌سی‌اس‌اس[2] که در سال ۱۹۸۵ توسط مانز[3] ارایه شده[۵] و سپس طی تحقیقات مختلف تکامل یافته [۶] و همچنین مدل هیدرودینامیک مودیس[4] ارایه شده در سال ۱۹۹۴ توسط شورمانز[5] اشاره کرد[۷].

۳- ضعف روش‌های ارزیابی کیفی و کمی

مهمترین نارسایی روش‌های کیفی، عدم ارائه عملکرد سیستم به صورت کمی می‌باشد. روش‌های ارزیابی کمی نیز هر چند با رفع برخی از معایب روش‌های کیفی، موجب توسعهٔ فن‌آوری موجود در زمینه ارزیابی شده‌اند اما همچنان دارای برخی نارسائیهایی هستند که نیازمند بررسی و تحقیقات بیشتری می‌باشند. مسائلی را که روش‌های موجود ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری و شاخص‌های آنها با آن مواجه می‌باشند؛ می‌توان بشرح زیر بر شمرد:

الف- علیرغم تلاشهای گسترده برای تعریف کمی انواع شاخص‌ها، همچنان برخی از متغیرهای مؤثر بر عملکرد وجود دارند که بصورت کیفی بیان شده‌اند و تاکنون شاخص‌های کمی برای آنها بیان نشده و همچنان لازم است اثر آنها را بر عملکرد بصورت توصیفی و تشریحی بیان نمود که روش‌های کمی موجود از این امر عاجز می‌باشند.

ب- بسیاری از عوامل مؤثر بر عملکرد که بصورت کمی بیان می‌شوند در عمل باید اندازه‌گیری گردند. اما بعلت محدودیت‌های فنی، مدیریتی و مالی در اغلب، شبکه‌ها این اندازه‌گیری‌ها یا صورت نمی‌گیرد و یا در صورت اندازه‌گیری، داده‌های موجود عموماً از کیفیت خوب و قابل قبولی برخوردار نمی‌باشند، لذا در ارزیابی به خوبی منعکس نمی‌گردند.

1- Performance Assessment – Irrigation System –Model (PAIS)
2- Irrigation Conveyance System Simulation
3- Manz
4- MODIS
5- Schurmans

ج- برای تجزیه و تحلیل و استنتاج نتایج ارزیابی، ابتدا شاخص‌های ارزیابی باید طبقه‌بندی شوند. طبقه‌بندی شاخص‌ها براساس طبقه‌بندی با تعیین مرزهای قطعی صورت می‌گیرد. این امر باعث می‌شود که با کوچکترین تغییر در مقدار شاخص، وضعیت آن شاخص از یک طبقه به طبقهٔ دیگر جابجا شود.

د- برای تجزیه و تحلیل و ارزیابی عملکرد، علاوه بر شاخص‌های ورودی، باید شاخص خروجی که بیان کنندهٔ عملکرد شبکه می‌باشد؛ طبقه‌بندی شود. طبقه‌بندی شاخص خروجی نیز براساس طبقه‌بندی با تعیین مرزهای قطعی صورت می‌گیرد. این امر موجب می‌شود که عملکرد سیستم با کوچکترین تغییر، بصورت جهشی ا زیک طبقه به طبقهٔ دیگرتغییر نماید که اصولاً قابل قبول و توجیه نمی‌باشد.

ه- برای تشریح بسیاری از عوامل تأثیرگذار بر عملکرد شبکه‌ها معمولاً از روش نمره‌دهی کلاسیک استفاده شده است. تأثیر این متغیرها بر عملکرد بصورت یک طیف یا دامنه است و بدیهی است که تشریح آنها بصورت کلاسیک و قطعی نمی‌تواند بخوبی منعکس کنندهٔ اثرات آنها بر عملکرد باشد.

با توجه به مراتب گفته شده استفاده از روشی که بتواند این مشکلات را مرتفع نماید ضرورت می‌یابد.

۴- ضرورت انجام تحقیق

با توجه به قابلیت‌های روش فازی و کاربردهای آن در انواع مسایل مهندسی و تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان، می‌توان امیدوار بود که این منطق در ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری بخشی از محدودیت‌های روش‌های موجود ارزیابی را رفع نماید. استفاده از منطق فازی در ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری با توجه به موارد زیر می‌تواند راهگشا باشد.

- نادقیق بودن بسیاری از اطلاعات موردنیاز
- تأثیر طیفی و دامنه‌دار بسیاری از شاخص‌های ارزیابی
- امکان تشریح فازی شاخص‌های توصیفی و انعکاس آنها در ارزیابی
- رفع مشکلات طبقه‌بندی کلاسیک شاخص‌ها

۵- مواد و روشها

به منظور نمایش قابلیت‌های منطق فازی در ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری، مدلی براساس سیستم استنتاج فازی مینیمم- ماکزیمم ممدانی و روش غیرفازی‌ساز مرکز ثقل تدوین شده است. با استفاده از این مدل، عملکرد شبکه آبیاری مارون از دیدگاه کلی مدیریتی در قالب شاخص‌های بهره‌برداری، تعمیرات و نگهداری، تحویل آب و کشاورزی ارزیابی شده است. برای این منظور ابتدا شاخص‌های ورودی و خروجی ارزیابی عملکرد مشخص شده‌اند. سپس شاخص‌های مورد نظر فازی‌سازی شده و متعاقباً با تشریح قواعد ارزیابی عملکرد با استفاده از روش غیر فازی‌ساز نتایج ارزیابی ارایه شده است. اطلاعات مورد نیاز جهت اجرای مدل، از طریق اطلاعات موجود شبکه، مصاحبه با کشاورزان، بازدید از شبکه و اندازه‌گیری‌های

میدانی حاصل شده است. با استفاده از مجموعه‌های فازی مفاهیم، متغیرها نادقیق یا دارای متغیرهای طیفی و دامنه‌دار مورد استفاده قرار گرفته است. از این طریق به روابط غیرقطعی شکل ریاضی داده شده و زمینه برای استدلال، کنترل و تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان فراهم گردیده است.

۶- شاخص‌های ارزیابی عملکرد از دیدگاه کلی مدیریتی

ارزیابی عملکرد مدیریتی با توجه به شرایط مختلف مدیریتی، از پیچیده‌ترین شکل ارزیابی می‌باشد. تفکیک وضعیت مدیریتی با مرز روشن براحتی ممکن نیست. مدیریت یک شبکه مجموعه‌ای از فعالیت‌های برنامه‌ریزی، هدایت، کنترل اجزاء و پایش شبکه برای ارایهٔ خدمات مورد نظر به مشترکین می‌باشد. مدیریت سیستم، برای اجرای وظایف خود نیازمند بهره‌گیری از یک سری امکانات و تجهیزات ضروری است و عملکرد آن با توجه به استفاده از این امکانات، در قالب میزان دسترسی به اهداف مورد نظر قابل ارزیابی است. بنابراین مجموعه شاخص‌های ارزیابی عملکرد این دیدگاه را می‌توان به دو بخش عمده شامل شاخص‌های مؤثر بر عملکرد (شاخص‌های ورودی) و شاخص‌های منعکس کنندهٔ عملکرد (شاخص‌های خروجی) تقسیم نمود. وظیفهٔ اصلی مدیریت سیستم آبیاری، انجام عملیات بهره‌برداری برای توزیع و تحویل آب موردنیاز به مشترکین می‌باشد. اجرای عملیات بهره‌برداری مستلزم بهره‌گیری از پرسنل و ماشین‌آلات و همچنین تعامل نزدیک با مشترکین می‌باشد. بنابراین این مجموعه از شاخص‌ها را می‌توان به عنوان شاخص‌های بهره‌برداری یا شاخص‌های مؤثر بر عملکرد مدیریتی سیستم در نظر گرفت.

اهداف مدیریت سیستم را می‌توان به صورت اهداف کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت در نظر گرفت و برای ارزیابی موفقیت سیستم در دستیابی به این اهداف، باید شاخص‌های مناسبی را بکار برد. مدیریت سیستم باید با نگهداری مناسب و تعمیرات به موقع، امکان بهره‌برداری مطلوب از شبکه را فراهم نماید. یکی از معیارهای ارزیابی عملکرد مدیریتی، میزان عملیات تعمیرات و نگهداری سیستم می‌باشد. اهداف کوتاه مدت مانند اهداف عملیات تعمیرات و نگهداری شامل میزان لایروبی کانال‌ها، رگلاژ جاده سرویس، تعمیر و مرمت پوشش بتنی کانال‌ها، فعال بودن سازه‌های کنترل، تنظیم و اندازه‌گیری و ... هستند که در قالب شاخص‌های تعمیرات و نگهداری بیان می‌شوند. اهداف میان مدت مدیریت، با توجه به وظیفهٔ سیستم نسبت به ارایهٔ سرویس و خدمات تحویل و توزیع آب به مشترکین و کیفیت و کمیت خدمات ارایه شده تعیین می‌گردد که شامل مواردی مانند راندمان، انعطاف‌پذیری[1] و اعتمادپذیری[2] سیستم است. این شاخص‌ها در قالب شاخص‌های تحویل آب بیان می‌شوند. اهداف بلند مدت مدیریت نیز، پوشش بخش معینی از اراضی کشاورزی برای عرضهٔ خدمات و تولید محصول از این اراضی است، که در قالب شاخص‌های کشاورزی بیان می‌شوند.

1- Flexibility
2- Reliability

۷- شرح ساختار مدل

در این بخش ساختار اصلی مدل شرح داده می‌شود. عملکرد شبکه از دیدگاه کلی مدیریتی با استفاده از چهار شاخص بخش بهره‌برداری، بخش تعمیرات و نگهداری، تحویل آب و کشاورزی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه شاخص‌های فوق، خود از اثرات ترکیبی شاخص‌های دیگر به دست آمده است، این مدل ابتدا با استفاده از اطلاعات داده شده، چهار بخش مورد نظر را ارزیابی می‌کند. سپس با استفاده از نتایج حاصل چهار بخش، نتیجه ارزیابی عملکرد شبکه را از دیدگاه کلی مدیریتی ارایه می‌کند. این مدل در محیط نرم افزار مطلب ویرایش شش و نیم براساس استنتاج فازی مینیمم- ماکزیمم ممدانی و روش غیرفازی ساز مرکز ثقل تهیه شده است. این مدل از پنج بخش تشکیل شده است.

- بخش اول، ارزیابی بخش بهره‌برداری
- بخش دوم، ارزیابی عملکرد بخش تعمیرات و نگهداری شبکه
- بخش سوم، ارزیابی عملکرد سیستم تحویل آب
- بخش چهارم، ارزیابی عملکرد بخش کشاورزی
- بخش پنجم، ارزیابی عملکرد شبکهٔ آبیاری از دیدگاه کلی مدیریتی با شاخص‌های بهره‌برداری، تعمیرات و نگهداری، تحویل آب و کشاورزی

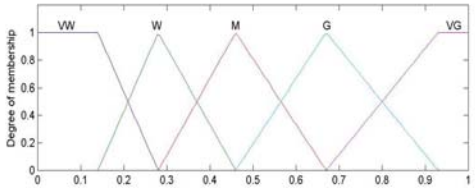
۸- فازی سازی شاخص‌های ورودی و شاخص‌های خروجی

فازی ساز منفرد[1]، فازی ساز گوسین[2]، فازی ساز مثلثی[3] از فازی سازهایی بوده که در سیستم‌های فازی کاربرد بیشتری دارد. معیارهای طراحی فازی ساز شامل: ۱) در فازی سازی باید مجموعه فازی در نقطه ورودی دارای مقدار بزرگی باشد. ۲) فازی ساز باید بتواند تاثیر نویز ورودی را کاهش داده و یا حذف کند. ۳) باید در ساده کردن محاسبات موتور استنتاج فازی نقش داشته باشد. در این تحقیق با استفاده از مقادیر بدون بعدِ شاخص‌ها، فازی ساز منفرد که هر سه شرط را تأمین نموده، مورد استفاده قرار گرفته است.

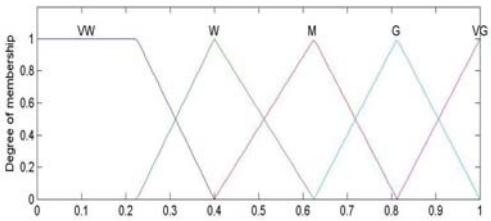
فازی‌سازی شاخص‌های ارزیابی اولین مرحله مدلسازی فازی می‌باشد، بعبارت دیگر در این مرحله با تعریف توابع عضویت، میزان عضویت مقادیر مختلف شاخص‌ها به طبقات مختلف، مشخص می‌شود. نوع توابع عضویت، محدودهٔ هر تابع و نام هر تابع یا حالت مورد نظر براساس تأثیرات کمی و کیفی این شاخص‌ها بر عملکرد سیستم مشخص می‌شود. در این مطالعه از توابع عضویت مثلثی و ذوزنقه‌ای استفاده شده، در طبقاتی که تغییرات مقادیر شاخص در یک محدوده تأثیر یکسانی بر عملکرد داشته باشد، از تابع عضویت ذوزنقه‌ای استفاده شده است در غیر اینصورت از تابع عضویت مثلثی استفاده می‌گردد. ابتدا شاخص‌های تأثیرگذار بر هر یک از بخش‌ها به صورت فازی بیان می‌شود. بعد از فازی‌سازی شاخص‌های

1- Singular Fuzzifier
2- aussian Fuzzifier
3- Triangular Fuzzifier

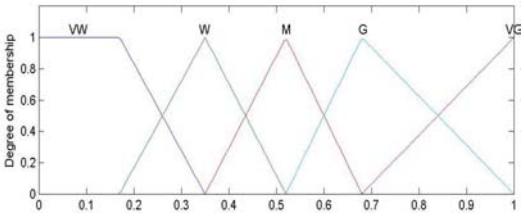
ورودی هـر یـک از بخـش‌هـا، بـا توجه به اینکه مرز طبقات همنام در تمامی شاخص‌های ورودی مشخص شـده‌انـد، از میانگیـن‌گـیری مقادیر کمی طبقات همنام در شاخص‌های مربوطه مرز طبقهٔ همنام در شاخص خروجی به صورت فازی مشخص می‌شود. نمایش فازی شاخص‌های ورودی که بطور مستقیم در ارزیابی عملکـرد از دیدگـاه کلـی اسـتفاده شـده؛ در شـکل‌هـای (۱ تا ۴) و نمایش فازی متغیر خروجی «ارزیابی از دیدگـاه کلـی مدیریتـی» در شـکل (۵) آمـده اسـت. در این شکل‌ها علامت اختصاری VW, W, M, G, VG به ترتیب به معنای خیلی ضعیف، ضعیف، متوسط، خوب و خیلی خوب می‌باشد.



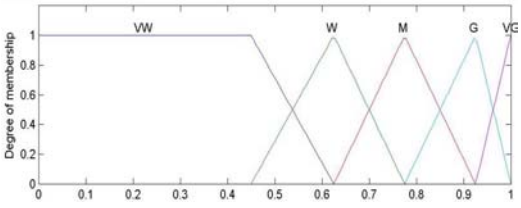
شکل(۱)-فازی‌سازی شاخص بهره‌برداری



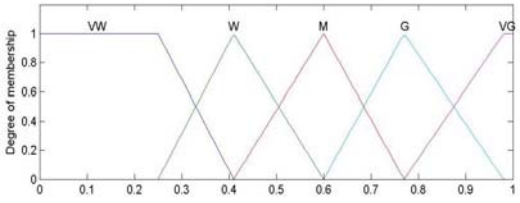
شکل(۲)- فازی‌سازی شاخص «تعمیرات و نگهداری»



شکل(۳)- فازی سازی شاخص «تحویل آب»



شکل (۴)- نمایش فازی‌سازی شاخص «کشاورزی»



شکل(۵)- نمایش فازی‌سازی شاخص «عملکرد شبکه از دیدگاه مدیریتی»

۹- بیان قواعد ارزیابی عملکرد

پس از بیان شاخص‌ها به صورت فازی یا فازی سازی شاخص‌های ورودی و شاخص‌های خروجی، دومین مرحلهٔ مدلسازی بیان قواعد و استنتاج فازی می‌باشد. قواعد فازی ارزیابی عملکرد عبارتهایی به صورت اگر- آنگاه می‌باشند؛ که در هر کدام از این قواعد، اثرات ترکیبی شاخص‌های مورد استفاده بر عملکرد شبکه از دیدگاه مورد نظر تعیین می‌شود. تعداد قواعد مورد نیاز برای ارزیابی کامل عملکرد شبکه در محدوده‌های تعریف شده به تعداد شاخص‌ها و تعداد طبقات هر شاخص بستگی دارد و از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{تعداد قواعد مورد نیاز} = K_1 * K_2 * \dots * K_n \quad (۱)$$

در این رابطه n نمایشگر شاخص‌ها و K تعداد طبقات هر شاخص می‌باشد. بنابراین برای ارزیابی جامع هر نوع شبکه از دیدگاه کلی مدیریتی باید $۵^۴$ قاعده تعریف گردد. در ارزیابی عملکرد شبکهٔ مارون مقدار شاخص‌های ارزیابی به دست آمده متعلق به دو طبقه می‌باشد؛ بنابراین برای استنتاج نهایی تعداد قواعد مورد نیاز $۱۶ = ۲^۴$ می‌باشد. هر یک از قواعد تعریف شده با وزن‌های مختلف به دو طبقهٔ خروجی تعلق دارد. قواعد مورد استفاده در ارزیابی شبکهٔ مارون در جدول (۱) ارایه شده است. در این مدل تمامی توابع عضویت‌ها از چپ به راست به ترتیب از یک شماره‌گذاری می‌گردد.

جدول(۱)- قواعد مورد نیاز جهت ارزیابی عملکرد شبکه از دیدگاه کلی مدیریتی

ردیف / شاخص	بهره‌برداری	تعمیرات و نگهداری	تحویل آب	کشاورزی	طبقه شاخص خروجی	وزن قاعده
1	4	2	3	3	2	0.04
2	4	2	3	3	3	0.96
3	4	2	3	4	3	0.83
4	4	2	3	4	4	0.18
5	4	2	4	3	3	0.82
6	4	2	4	3	4	0.18
7	4	2	4	4	3	0.6
8	4	2	4	4	4	0.4
9	4	3	3	3	3	0.72
10	4	3	3	3	4	0.28
11	4	3	3	4	3	0.5
12	4	3	3	4	4	0.5
13	4	3	4	3	3	0.48
14	4	3	4	3	4	0.52
15	4	3	4	4	3	0.26
16	4	3	4	4	4	0.74
17	5	2	3	3	3	0.67
18	5	2	3	3	4	0.33
19	5	2	3	4	3	0.45
20	5	2	3	4	4	0.55
21	5	2	4	3	3	0.43
22	5	2	4	3	4	0.57
23	5	2	4	4	3	0.21
24	5	2	4	4	4	0.79
25	5	3	3	3	3	0.34
26	5	3	3	3	4	0.66
27	5	3	3	4	3	0.11
28	5	3	3	4	4	0.89
29	5	3	4	3	3	0.1
30	5	3	4	3	4	0.9
31	5	3	4	4	4	0.9
32	5	3	4	4	5	0.1

۱۰- غیرفازی ساز

پس از اعمال قواعد در موتور استنتاج فازی، مقادیر استنتاج شده بصورت فازی بوده و لازم است که بصورت اعداد قطعی درآید. در این تحقیق از غیر فازی ساز میانگین مراکز که از کاربردی‌ترین غیرفازی سازها بوده استفاده شده است. این غیرفازی‌ساز یک تقریب خوب برای رابطه میانگین وزنی مراکز مجموعه فازی با وزنهایی برابر با ارتفاع مجموعه‌های فازی متناظر است.

۱۱- نتایج ارزیابی عملکرد شبکهٔ آبیاری مارون از دیدگاه کلی مدیریتی:

در این بخش نتایج حاصل از اجرای مدل برای شبکه آبیاری مارون به تفکیک هر یک از بخش‌های ارزیابی و ارزیابی عملکرد از دیدگاه کلی مدیریتی ارائه می‌شود. در ارزیابی بخش بهره‌برداری، با توجه به عملکرد مطلوب تمامی شاخص‌های مربوط، عملکرد این بخش موفقیت‌آمیز بوده است، جدول (۲). براساس نتایج حاصله از مدل، عملکرد بخش تعمیرات و نگهداری بین ضعیف تا متوسط ارزیابی می‌شود. با توجه به دسترسی آسان و وفور آب، تلفات آب در مسیرهای انتقال و توزیع، مسأله مهمی تلقی نمی‌شود. بهمین علت عملیات تعمیرات و نگهداری شبکه که منجر به کاهش تلفات آب می‌شود، به خوبی انجام نمی‌شود. به دلیل عدم لایروبی به موقع زهکش‌ها، مصرف آب بی‌رویه باعث شور و ماندابی شدن اراضی می‌شود. بنابراین باید عملیات تعمیرات و نگهداری با دقت بیشتری اجراء شود. نتایج ارزیابی عملکرد بخش تعمیرات و نگهداری و شاخص‌های مربوطه در جدول(۳) ارایه شده است.

به منظور ارزیابی عملکرد بخش تحویل آب از سه شاخص انعطاف‌پذیری و اعتمادپذیری سیستم و راندمان کل شبکه استفاده شده است. انعطاف‌پذیری یک سیستم، رابطهٔ نزدیکی با روش تحویل آب انتخاب شده در مرحلهٔ برنامه‌ریزی دارد. سیستم تحویل آب در کانال‌های درجه یک و دو شبکهٔ مورد مطالعه، جریان دائمی است و مسؤلیت تنظیم و توزیع آب در کانال‌های درجهٔ سه به عهدهٔ زارعین می‌باشد. اعتمادپذیری سیستم یک هدف کیفی است که در ارتباط با کیفیت سرویس‌دهی آبیاری می‌باشد. این عامل هر دو هدف اعتمادپذیری در میزان دبی یا سطح آب (پایداری) و اعتمادپذیری در زمان تحویل آب (قابلیت پیش‌بینی) را شامل می‌شود. با توجه به نتایج مصاحبه با زارعین و طبقه‌بندی فازی شاخص‌های انعطاف‌پذیری و اعتمادپذیری این سیستم از نظر انعطاف‌پذیری و اعتمادپذیری به ترتیب در وضعیت خوب تا بسیار خوب و متوسط تا خوب قرار می‌گیرد. راندمان شبکه‌های آبیاری مارون نیز بسیار پایین‌تر از حد مورد انتظار است (حدود ۱۴٪) و بسیار ضعیف می‌باشد. براساس نتایج مدل، ارزیابی سیستم تحویل آب شبکه بین متوسط و خوب ارزیابی می‌شود. در جدول (۴) نتایج ارزیابی بخش تحویل آب و شاخص‌های مربوط ارایه شده است.

جدول (۲)- نتایج ارزیابی بخش بهره‌برداری و شاخص‌های مربوط

عنوان شاخص	مقدار شاخص	توابع عضویت			
		طبقه	درجه عضویت	طبقه	درجه عضویت
پرسنل	۰/۸۳	خوب	۰/۷۸	بسیار خوب	۰/۲۲
ماشین‌آلات	۰/۸۷	خوب	۰/۴۴	بسیار خوب	۰/۵۶
مشترکین	۰/۶۶	خوب	۰/۵۶	بسیار خوب	۰/۴۴
بهره‌برداری	۰/۷۴	خوب	۰/۷۴	بسیار خوب	۰/۲۶

جدول(۳)- نتایج ارزیابی بخش تعمیرات و نگهداری و شاخص‌های مربوط

عنوان شاخص	مقدار شاخص	توابع عضویت			
		طبقه	درجه عضویت	طبقه	درجه عضویت
میزان تعمیرات و نگهداری در کانال‌های درجهٔ یک	۰/۴۸	ضعیف	۰/۶۸	متوسط	۰/۳۲
میزان تعمیرات و نگهداری در کانال‌های درجهٔ دو	۰/۲۳	بسیار ضعیف	۰/۴۷	ضعیف	۰/۵۳
وضعیت سازه‌ها در کانال‌های درجهٔ یک	۰/۷۳۳	ضعیف	۰/۰۷	متوسط	۰/۹۳
وضعیت سازه‌ها در کانال‌های درجهٔ دو	۰/۷	متوسط	۰/۵	خوب	۰/۵
شاخص تعمیرات و نگهداری	۰/۵۲	ضعیف	۰/۴۴	متوسط	۰/۵۶

جدول(۴)- نتایج ارزیابی عملکرد بخش سیستم تحویل آب و شاخص‌های مربوط

عنوان شاخص	مقدار شاخص	توابع عضویت			
		طبقه	درجه عضویت	طبقه	درجه عضویت
راندمان	۰/۱۴	بسیار ضعیف	۱	-	-
انعطاف‌پذیری سیستم	۰/۸۵	خوب	۰/۷۵	بسیار خوب	۰/۲۵
اعتمادپذیری سیستم	۰/۷۵	متوسط	۰/۵	خوب	۰/۵
سیستم تحویل آب	۰/۶۴	متوسط	۰/۲۲	خوب	۰/۷۸

یکی از اهداف بلند مدت مدیریت، پوشش بخش معینی از اراضی کشاورزی برای عرضهٔ خدمات و تولید محصول از این اراضی است. این بخش بوسیلهٔ شاخص‌های تولید محصول در واحد هکتار و سطح قابل کشت ارزیابی می‌شود. نتایج مدل به منظور ارزیابی بخش کشاورزی در جدول (۵) آورده شده است.

تولید فعلی محصول تقریباً برابر پتانسیل تولید می‌باشد. بنابراین این شاخص وضعیت مطلوبی دارد. اما به دلیل مصرف بی‌رویهٔ آب پیش‌بینی می‌شود به مرور زمان به دلیل بالا آمدن سطح آب زیر زمینی مقدار تولید در واحد هکتار کاسته شود. شاخص سطح قابل کشت در طبقهٔ متوسط تا خوب قرار دارد. این امر به علت آن است که با توجه مصرف بی‌رویهٔ آب، بخشی از اراضی به علت رویش بیش از حد علف‌هرز در زهکش‌ها و عدم لایروبی به موقع آنها شور و ماندابی شده‌اند. ارزیابی بخش کشاورزی با توجه به شاخص‌های مربوط، حاکی از آن است که عملکرد این بخش در طبقهٔ متوسط تا خوب قرار دارد.

جدول(۵)- نتایج ارزیابی عملکرد بخش کشاورزی و شاخص‌های مربوط

عنوان شاخص	مقدار شاخص	توابع عضویت			
		طبقه	درجه عضویت	طبقه	درجه عضویت
تولید محصول در واحد هکتار	۱	بسیار خوب	۱	-	-
سطح قابل کشت	۰/۹۱	متوسط	۰/۴	خوب	۰/۶
کشاورزی (خروجی)	۰/۹۰	متوسط	۰/۱۴	خوب	۰/۸۶

یکی از مهمترین مؤلفهٔ تأثیرگذار در توفیق یا شکست یک پروژه نحوهٔ اداره و بهره‌برداری و نگهداری از سیستم می‌باشد. شاخص‌های دسته‌بندی شده به منظور ارزیابی از این دیدگاه عواملی هستند که مقدار آنها به مدیریت دستگاه بهره‌بردار بستگی دارد و قابلیت دستگاه اداره کننده، بر آنها تأثیرگذار است. در جدول (۶) نتایج ارزیابی عملکرد شبکهٔ آبیاری در قالب شاخص‌های بهره‌برداری، تعمیرات و نگهداری، تحویل آب و کشاورزی نشان داده شده است. اطلاعات این شاخص‌ها به ترتیب از بخشهای اول تا چهارم مدل حاصل می‌شود. با توجه به این نتایج عملکرد شبکه از دیدگاه کلی مدیریتی در طبقهٔ متوسط تا خوب قرار می‌گیرد.

جدول (۶)- نتایج ارزیابی از دیدگاه کلی مدیریتی و بخش‌های ارزیابی

بخش‌های ارزیابی و شاخص خروجی	مقدار شاخص	توابع عضویت			
		طبقه	درجه عضویت	طبقه	درجه عضویت
بهره‌برداری	۰/۷۳	خوب	۰/۷۴	بسیار خوب	۰/۲۶
تعمیرات و نگهداری	۰/۵۲	ضعیف	۰/۴۴	متوسط	۰/۵۶
سیستم تحویل آب	۰/۶۴	متوسط	۰/۲۲	خوب	۰/۷۸
کشاورزی	۰/۹۰	متوسط	۰/۱۴	خوب	۰/۸۶
دیدگاه کلی مدیریتی	۰/۷۱	متوسط	۰/۳۴	خوب	۰/۶۶

۱۲- نتیجه‌گیری

۱- با توجه به اینکه اطلاعات کمی اکثر عوامل مؤثر در عملکرد شبکه‌های آبیاری به علت محدودیت‌های فنی، مدیریتی و مالی دارای عدم قطعیت هستند، بنابراین ارزیابی عملکرد شبکه در یک فضای فازی می‌تواند نتایج واقع‌بینانه‌تری در بر داشته باشد.

۲- با توجه به اثرات طیفی و دامنه‌دار برخی از شاخص‌های ارزیابی، استفاده از منطق فازی در ارزیابی عملکرد می‌تواند اثرات طیفی یا دامنه‌دار این شاخص‌ها را در عملکرد کل سیستم در نظر بگیرد.

۳- برای تجزیه و تحلیل و استنتاج نتایج ارزیابی، شاخص‌های مختلف باید طبقه‌بندی شده و اثرات ترکیبی آنها تشریح گردد. نحوهٔ ترکیب شاخص‌ها و تعامل آنها با یکدیگر در تعیین عملکرد سیستم با استفاده از منطق فازی بصورت مناسب‌تر انجام می‌شود.

۴- ایـن روش در سیستم‌های آبیاری نظیر اکثر شبکه‌های آبیاری کشور که در آنها سیستم پایش وجود ندارد، و به دلیل تکرار نا پذیر بودن شرایط گذشته، کاربرد آن توصیه می‌شود.

۵- نـتایج حاصـله نشـان مـی‌دهـد که روش فازی می‌تواند به منظور رفع پاره‌ای از مشکلات روش‌های ارزیابی با موفقیت مورد استفاده قرار گیرد.

۱۲- پیشنهادات

۱- مـدل ارزیابـی عملکرد فازی به منظور ارزیابی از دیدگاه‌های فنی، اجتماعی، اقتصادی، زیست محیطی و سایر دیدگاه‌ها و ارزیابی کل شبکه تهیه شود.

۲- بـا روش‌هـای مخـتلف اسـتنتاج فازی و روش‌های مختلف غیرفازی‌سازی مدل فازی ارزیابی عملکرد تدوین گردد. با بررسی نتایج به دست آمده و تحلیل حساسیت نتایج نسبت به آنها، مدل فازی مناسب برای ارزیابی عملکرد شبکه‌ها استفاده شود.

۳- بـا توجـه بـه ایـنکه کاربرد منطق فازی در ارزیابی عملکرد شبکه‌هاموضوع جدیدی است، بسیاری از اجـزاء روش مانـند تعـداد، نـوع توابـع عضـویت، تعـریف قواعد فازی باید با توجه به شرایط مختلف شبکه‌ها، مورد بررسی و تحقیق قرار گیرد.

۱۳- منابع

[1] Douglas and Merrey, J. (1997). Expanding the Frontiors of Irrigation Management Research. International, Irrigation Management, Institute.

[۲] بی‌نام (۱۳۸۱). اولویت‌های تحقیقاتی وزارت نیرو. معاونت امور آب، معاونت پژوهشی دفتر پژوهشهای کاربردی و پشتیبانی علمی، فراخوان تحقیقاتی.

[۳] قاهـری، ع، منعم، م. ج، غروی، ح، برهان، ن، ذوالفقاری، ع، احسانی، م و پورزند، ا (۱۳۷۹). مدل نظری و کامپـیوتری ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی. مجموعه مقالات دهمین همایش کمیتهٔ آبیاری و زهکشی ایران، ص ۱۵۴-۱۴۳.

[۴] مـنعم، م. ج، علیرضـایی، م و صـالحی، ا (۱۳۸۱). ارزیابـی عملکـرد بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری به روش تحلیل پوششی داده‌ها DEA. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، جلد۶، شماره۴.

[5] Manz, D. H. (1985). Implicit Finite difference solution of the one-dimensional equation of unsteady gradually varing open channel flow. Research report NO. CE85-6, Civil Engrg. Dept., University of Calgary, Calgary, Canada.

[6] Monem, M. J., (1996). Performance Evaluation and Optimization of Irrigation Canal Systyems Using Genetic Algorithm. Department of Civil Engineering, Degree of Doctor of Philosophy

[7] Monem, M. J. and Schurmans, W. (1992). Performance of Canal Delivery strategies and control system. CEMAGREF-IIMI international workshop on the application of Mathemamatical Modeling for the improment of Irrigation Canal Operation, Montpellier, France.

تقدیر و تشکر

از مسـؤلین محترم شرکت بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری مارون و شرکت مهندسین مشاور «آب کاوش سـرزمین» کـه در امـر ارایـهٔ اطلاعـات شبکه‌های آبیاری همکاری مطلوبی داشتند، صمیمانه تقدیر و تشکر می‌شود.