

## مدول ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری با بکارگیری روش فازی

سید احمد حیدریان<sup>۱</sup>، محمد جواد منعم<sup>۲</sup>، حسین فرداد<sup>۳</sup>، عباس قاهری<sup>۴</sup>، عبدالمجید لیاقت<sup>۳</sup>،  
محمد تشنه‌لب<sup>۵</sup>

<sup>۱</sup>مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، <sup>۲</sup>گروه مهندسی آبیاری دانشکده کشاورزی تربیت مدرس، <sup>۳</sup>گروه مهندسی آبیاری دانشگاه تهران، <sup>۴</sup>گروه عمران، دانشگاه علم و صنعت، <sup>۵</sup>گروه برق دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی  
تاریخ دریافت: ۸۲/۵/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۸۳/۵/۵

### چکیده

مدول پیشنهادی ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری با تعریف و بکارگیری گروه‌های شاخص در زمینه عملکرد مدیریتی سیستم، انتقال مدیریت و دیگر زمینه‌ها، و با تفکیک سطوح ارزیابی، با تعداد محدودی شاخص عمل می‌نماید. در این مدول با ابداع روشی برای تعیین استاندارد نسبی داخلی، و با تعریف شاخص‌های توصیفی در یک مدل ترکیبی کمی - کیفی، و با استفاده از روش فازی امکان ارزیابی عملکرد بهتر از گذشته فراهم شده است. بررسی حساسیت مدل در عملکرد موتور استنتاج فازی در دو حالت استلزام حاصل ضرب و مینیمم، تا میزان ۹۹ درصد همخوانی داشته، و آزمون F مقدار ۰/۹۸ را نشان می‌دهد. بنابراین این مدل به نوع موتور استنتاج حساسیت نداشته، اما استلزام حاصل ضرب نتایج بهتری را نشان داده است. مدول پیشنهادی در شبکه آبیاری قزوین بکار رفته، و نتایج آن با روش استاندارد مقایسه شده است. تفکیک ارزیابی شرایط اولیه سیستم از فرآیند بهره‌برداری، نشان داده که نقصان عملکرد در این شبکه به میزان ۱۲ درصد، ناشی از شرایط اولیه فیزیکی - اجتماعی می‌باشد. تفاوت مقادیر ارزیابی مدیریت تحویل از نگاه قضاوت کشاورزان به میزان ۰/۳۹ و از نگاه کارشناسی به میزان ۰/۵۸ نیز بدلیل عدم تناسب برنامه بهره‌برداری با نیاز واقعی کشاورزان می‌باشد. این نتایج، کارآیی این مدل را در جهت دستیابی به راه‌کارهای کاربردی به‌خوبی نشان می‌دهد. مدول پیشنهادی براحتی در سیستم‌های مختلف مدیریتی در زمینه کشاورزی و منابع طبیعی قابل توسعه می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** سیستم فازی، ارزیابی عملکرد، شبکه آبیاری

### مقدمه

ارزیابی عملکرد سیستم‌های مدیریتی از مباحث پیچیده در مدیریت سیستم‌های آبیاری می‌باشد. عملکرد یک سیستم آبیاری با توجه به مسائل متنوع فنی و شرایط گوناگون فیزیکی، و مدیریتی - اجتماعی سیستم‌ها موضوع این تحقیق و مصداق روشنی از این پیچیده‌گی‌ها می‌باشد.

محدودیت‌های زمانی و مالی برای اندازه‌گیری و جمع‌آوری حدود ۶۰۰ فاکتور از دیگر مشکلات روش‌های پیشنهادی ارزیابی می‌باشد (بورت و استیلز<sup>۱</sup>، ۱۹۹۹). دستیابی به ارتقا عملکرد، نیازمند رویکردی راهبردی در ارزیابی و تغییر در نگرش برنامه‌ریزی و



هنوز زمینه‌های بسیاری برای تعریف شاخص‌های جدید وجود دارد (IPTRID<sup>1</sup>، ۲۰۰۲). دستیابی به تعداد قابل توجهی داده از وضعیت گذشته و حال، مستلزم صرف وقت و هزینه بسیار و اندازه‌گیری در شرایط خاص و غیرواقعی بوده، که با شرایط واقعی و تنوع شرایط در برنامه آبیاری بسیار متفاوت می‌باشد. در شرایطی که برای شکل‌گیری یک نتیجه چندین عامل بطور همزمان ایفای نقش نموده، تعیین دقیق نقش هر کدام از عوامل به دلایل مختلف علمی و اقتصادی امکان پذیر نبوده، و برخورد قطعی با اینگونه مسائل با خطا توأم می‌باشد. از سوی دیگر، بدلیل تفاوت نگاه کشاورزان و مدیران سیستم عملکرد شبکه، این دو گروه قضاوت متفاوتی از سیستم دارند، بطوریکه کشاورزان به "سودمندی آب"، کفایت و عدالت در توزیع آن بیشتر توجه داشته، و مدیران و کارشناسان به "مطلوبیت سیستم" از نظر فنی و سهولت کارکرد توجه دارند. موفقیت نظریه سیستم‌های فازی در مدل‌سازی کمی پدیده‌ها، در دهه ۶۰ محققان را به گسترش این دیدگاه در کلیه زمینه‌ها و از جمله حوزه‌های اجتماعی و اقتصادی برای رفع محدودیت‌های مذکور متمایل ساخت (لوکس، ۱۳۸۱). این روش در کشاورزی، در شبیه‌سازی حرکت آب در محیط غیراشباع (باردوسی و مارکوس<sup>۲</sup>، ۱۹۹۳) و در محاسبه تنش آبی (الفرج و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۰۱) با موفقیت بکار رفته است. انگیزه بکارگیری تئوری فازی در ارزیابی، ارائه راهکاری روشمند و جایگزین برای فرآیند ارزیابی توصیفی می‌باشد.

اگرچه برای طبقه‌بندی بیان توصیفی معنای دقیقی وجود ندارد، اما این نتایج در حد اهداف مورد نظر ما بخوبی کفایت می‌نماید (بورت و استیاز، ۱۹۹۹). برای اولین بار تئوری مجموعه‌های فازی در طبقه‌بندی و امتیازدهی عملکرد سیستم‌های آبیاری در سال ۱۹۹۲ بکار

مدیریت می‌باشد. در این رویکرد ارزیابی، افرادی که خدمات برای آنها برنامه‌ریزی شده مورد توجه قرار می‌گیرند (گاوینگ و همکاران<sup>۴</sup>، ۱۹۹۶).

بطور کلی روش‌های ارزیابی را می‌توان به دو دسته، نظری و کمی تقسیم نمود. از روش‌های نظری، روش تحلیل تشخیصی، روش ارزیابی سریع و روش چارچوبی را می‌توان نام برد. روش تحلیل تشخیصی<sup>۵</sup> در سال ۱۹۸۳ برای توسعه بهبود فرآیند مدیریت شبکه‌های آبیاری توسعه یافته است. در این روش با رویکردی سیستمی جمع‌آوری کلیه اطلاعات در تمامی مراحل با مشارکت زارعین صورت می‌گیرد. حجم اطلاعات، صرف وقت، هزینه زیاد و دخالت قضاوت کارشناسی از مشکلات این روش می‌باشد. روش ارزیابی سریع (RA)<sup>۶</sup> که در دهه ۱۹۷۰ ارائه شده، با نگاه فرصت‌گرا در مقابل مسئله‌گرا، برای مقایسه چند پروژه با یکدیگر کاربرد دارد (منعم، ۱۳۷۸). روش‌های نظری پاسخگوی کامل نیاز ارزیابی عملکرد نبوده، ولی تلاش‌هایی در زمینه توسعه روش‌های کمی ارزیابی نیز صورت گرفته است (قاهری و همکاران، ۱۳۷۸). روش کلاسیک از قدیمی‌ترین روش‌های کمی بوده که با طبقه‌بندی، امتیازدهی و جمع وزنی شاخص‌ها امتیاز کل عملکرد به دست می‌آید. روش تحلیل پوششی داده‌ها<sup>۷</sup> از دیگر روش‌های کمی بوده که جهت ارزیابی اقتصادی- فنی واحدهای صنعتی و تولیدی، و جهت تعیین کارایی واحدهای خدماتی که نسبت به یکدیگر دارای ورودی‌ها و خروجی‌های مشابه بوده، بکار می‌رود.

ارزیابی عملکرد یک سیستم موضوع‌های متنوعی از مدیریت، بهره‌برداری و شرایط فیزیکی یک سیستم را در بر گرفته، و این فرآیند با آنچه که معمولاً طراحان و مدیران به آن توجه داشته، بسیار متفاوت می‌باشد (سارواتاری و یوموتا<sup>۸</sup>، ۱۹۹۵). محققین ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری، تاکنون شاخص‌های بسیاری ارائه نموده‌اند، اما



6 - International Programme on Technology and Research for Irrigation and Drainage  
7- Bardossy&Markus  
8- Al- Faraj et al

1- Gowing et al.  
2 -Diagnostic Analysis  
3 -Rapid Appraisal  
4 -Data Envelopment Analysis  
5- Saruwatari&Yomota

- نتایج ارزیابی با روش استاندارد مقایسه شد و حساسیت‌سنجی مدل به نوع موتور استنتاج فازی صورت گرفت.

**مدول ارزیابی پیشنهادی:** این مدول در چهار مرحله به شرح زیر عمل می‌نماید (شکل ۱):

۱) **تعیین کیفیت ارزیابی:** در این مرحله تعیین تعداد شاخص‌های ارزیابی از دو بعد مختصر و کلی (ارزیابی سریع) و کامل و جزئی (ارزیابی کامل) به شرح زیر مورد توجه می‌باشد، به‌طوریکه ضمن پرهیز از اطلاعات اضافی و پرهزینه، ارزیابی‌کننده به هدف مورد نظر برسد.

**ارزیابی سریع:** منظور از ارزیابی سریع در این تحقیق، دستیابی به مقادیر ارزیابی یک سیستم، در چند مقوله محدود، به‌طوریکه قابلیت‌ها و محدودیت‌های بهبود عملکرد، و حدود میزان آن، با توجه به نوع ارزیابی و سطح ارزیابی بروز نماید. در این شکل ارزیابی معمولاً نیاز مدیران و آب‌بران، در زمان کوتاه، و با نتایج واقعی‌تر، اقتصادی‌تر و کاربردی‌تر برآورده می‌شود. در ارزیابی سریع در مدل حاضر، حداقل شش و حداکثر ۶۲ شاخص بکار گرفته شده است.

**ارزیابی کامل:** در این شکل ارزیابی، شاخص‌های بسیاری برای بررسی جزئیات عملکرد بکار گرفته می‌شود. این شکل ارزیابی که معمولاً مورد توجه محققین بوده، در صورتی که در سطح کوچک و با صرف زمان طولانی همراه باشد، با نتایج علمی مثبتی همراه می‌باشد. این روش برای سطوح بزرگ به‌دلیل وارد کردن فرضیات، با حذف شرایط واقعی روبرو بوده، بنابراین از ارزش کاربردی کمتری برخوردار می‌باشد. بنابراین در این تحقیق روش اول مورد توجه بوده است.

گرفته شد (مالانو و گائو<sup>۱</sup>، ۱۹۹۲). در سال ۱۹۹۶ جهت ارزیابی عملکرد شبکه آبیاری در سطح مزرعه، توجه ویژه به ارزیابی از دیدگاه کشاورزان گردید و با استفاده از روش فازی، سه شاخص قابل پیش‌بینی بودن، مناسب بودن و قابل پی‌گیری بودن بکار رفته است (گاونینگ<sup>۲</sup>، ۱۹۹۶). پنج سال بعد کار مشابهی با این تحقیق انجام شد است (سام آموح<sup>۳</sup>، ۲۰۰۱). بررسی منابع علمی نشان می‌دهد، مدلی که کاستی‌های ذکر شده را پوشش داده و بصورت گسترده شاخص‌های غیرقطعی را در کنار مقادیر قطعی و با اعمال اثرات متقابل بصورت غیرقطعی بکار گیرد، در هیچیک از منابع علمی مشاهده نمی‌شود.

## مواد و روش‌ها

روش کار در این تحقیق به شرح زیر می‌باشد:

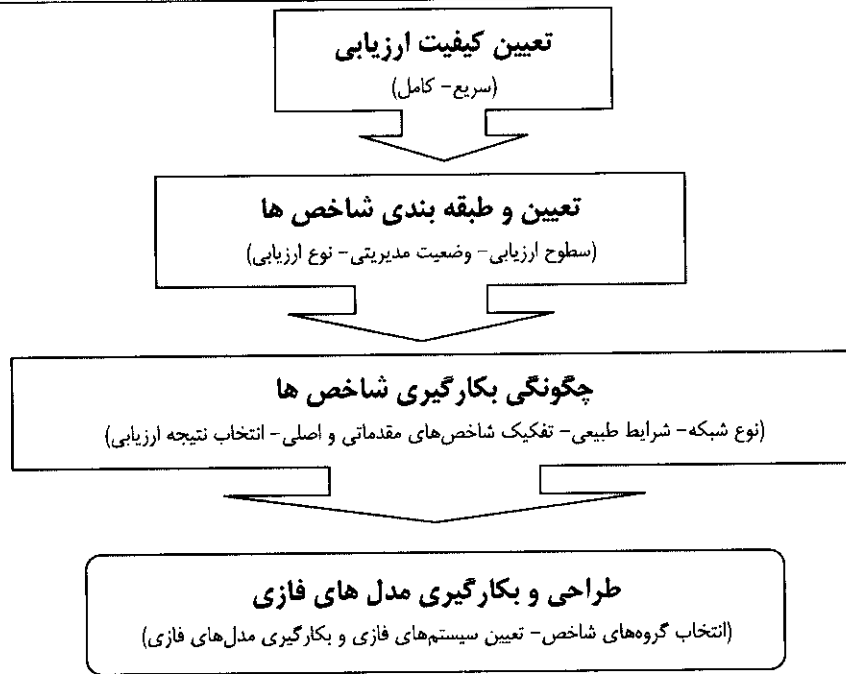
- روش‌ها و چارچوب‌های تعیین شاخص‌های ارزیابی در منابع علمی بررسی گردید و پس از تعیین مقدماتی شاخص‌ها، جنبه‌ها و سطوح مختلف ارزیابی تفکیک شد و شرایط فیزیکی، وضعیت طبیعی، و دیگر عوامل تأثیرگذار بر عملکرد، مقادیر ارزیابی تعیین شده است.

- داده‌های مربوط به شاخص‌های عملکردی با استفاده از گزارش‌های موجود، تهیه پرسشنامه، و استفاده از روش‌های ارزیابی سریع<sup>۴</sup> (RRA)، و ارزیابی مشارکت مدار روستایی<sup>۵</sup> (PRA) در شبکه آبیاری قزوین جمع‌آوری گردید، و بیش از ۲۰ مورد مصاحبه به انجام رسید.

- با استفاده از بررسی‌های مذکور و استفاده از نرم‌افزار "مطلب"<sup>۶</sup>، نرم‌افزار فازی و برنامه‌نویسی رایانه‌ای در محیط "مطلب" مدول نظری- رایانه‌ای ارزیابی تهیه و تدوین شد.

- 1- Malano & Gao
- 2- Gowing
- 3- Sam- Amoah
- 4- Rapid Rural Appraisal
- 5- Participatory Rural Appraisal
- 6- Matlab





شکل ۱- مراحل انجام ارزیابی.

وضعیت مدیریتی: مدیریت یک شبکه آبیاری و زهکشی می تواند کاملاً دولتی، نیمه دولتی، خصوصی و یا مشارکتی بوده، و متناسب با شرایط مختلف مدیریتی شاخص هایی متناسب با آن اختیار می گردد.

نوع ارزیابی: این جنبه تفکیک شاخص ها که با عنوان "نوع ارزیابی" شناخته شده، در بسیاری از منابع بکار رفته است. در این طبقه بندی، شاخص های ارزیابی در پنج گروه شامل: (۱) شاخص های ارزیابی عملکرد مدیریتی، (۲) فنی، (۳) اقتصادی، (۴) زیست محیطی، (۵) اجتماعی تفکیک شده اند. جهت کاربردی تر کردن نتایج، و همچنین امکان بکارگیری سیستم کنترل فازی، این گروه ها خود به گروه های کوچک تر تقسیم شده اند. بخشی از این تقسیمات جهت اعمال اثرات متقابل شاخص ها، و بخشی دیگر برای شناخت بیشتر ابعاد مدیریتی صورت گرفته است. برای مثال، می توان گروه هایی نظیر: اعتمادپذیری، کفایت آب آبیاری، مناسب بودن آب آبیاری و عدالت در توزیع آب آبیاری را در ارزیابی مدیریتی، و در سطح آب بران ذکر کرد.

۲) تعیین و طبقه بندی شاخص های ارزیابی: با توجه به هدف مورد نظر در ارزیابی، و پس از تعیین روش ارزیابی، شاخص ها متناسب با نوع کاربرد آنها به گروه ها و طبقاتی به شرح زیر تقسیم شده اند:

سطوح ارزیابی: علاوه بر جنبه های هدف گذاری در ارزیابی، به لحاظ اقتصادی لازمست متناسب با نیاز سطوح مختلف، تعداد محدودی از شاخص ها به کار گرفته شوند. در این رابطه ارزیابی در چهار سطح سیاستگذاران، مدیران، آب بران و محققین تفکیک شده است. در صورتیکه هدف از ارزیابی میزان دستیابی به شرایط پایدار و تولید محصول مناسب با توجه به منابع محیطی باشد، در این حالت اهداف راهبردی مورد توجه سیاستگذاران مد نظر می باشد. مدیران در ارزیابی بهره برداری و نگهداری سیستم، بطور عمده اهداف عملیاتی و مطلوبیت سیستم را مورد توجه دارند. آب بران اهداف عملیاتی و سودمندی سیستم را دنبال می کنند. محققین جزئیات عملکرد را مورد توجه قرار داده و برای دستیابی به علل، نیازمند جمع آوری و یا اندازه گیری فاکتورهای متنوعی می باشند.



شاخص‌هایی که بیان‌کننده وضعیت فعلی بوده با نام شاخص‌های اصلی، با ویژگی‌های زیر تفکیک شده‌اند:

**شاخص‌های مقدماتی:** این شاخص‌ها بیان‌کننده وضعیت اولیه و شرایط طبیعی، فیزیکی، اداری، اقتصادی و اجتماعی شبکه می‌باشند. برخی از این شرایط نظیر شرایط طبیعی، از هدایت و کنترل مجموعه مدیریتی و بهره‌برداران خارج بوده و صرفاً در نتیجه ارزیابی اثرگذار می‌باشند، برخی دیگر حاصل عملکرد دوره قبل مدیریت طراحی، اجرا و بهره‌برداری بوده و امکانات و اختیارات فعلی برای اصلاح آن در نظر گرفته نشده است. بنابراین، این بخش از شاخص‌ها جهت ارزیابی وضعیت شبکه از گذشته دور تا مقطع مورد نظر شامل: طراحی، اجرا و نگهداری شبکه، و میزان تأثیرات آن بر عملکرد مدیریت بهره‌برداری فعلی، به‌عنوان یک "استاندارد نسبی داخلی" مورد استفاده قرار می‌گیرد.

**شاخص‌های اصلی:** شاخص‌های اصلی بیان‌کننده عملکرد شبکه‌های آبیاری و زهکشی در یک مقطع خاص می‌باشند. بخش زیادی از این شاخص‌ها از شاخص‌های مقدماتی تأثیر می‌پذیرند. در نتیجه لازم است که جهت دستیابی به نتیجه هدفمند در ارزیابی عملکرد، ابتدا شرایط و وضعیت محیطی با استفاده از شاخص‌های مقدماتی بررسی گردیده و سپس و متناسب با آن شاخص‌های اصلی جهت ارزیابی عملکرد شبکه مورد استفاده قرار گیرد. برای مثال، وضعیت پوشش کانال‌ها و پرسنل تخصصی به‌عنوان بخشی از شاخص‌های مقدماتی، در شبکه آبیاری قزوین در مقایسه با شبکه آبیاری و زهکشی مغان، وضعیت فیزیکی و اداری اولیه متفاوتی را برای ارزیابی مدیریتی سیستم در اختیار قرار می‌دهد.

**انتخاب نتیجه ارزیابی:** چهار نتیجه ارزیابی شامل: (۱) ارزیابی کامل عملکرد سیستم آبیاری (در برگیرنده وضعیت سیستم شامل ساخت و بهره‌برداری و نگهداری)، (۲) ارزیابی کلی عملکرد (در برگیرنده وضعیت سیستم بهره‌برداری و نگهداری در مقطع مورد نظر)، (۳) ارزیابی مطلق عملکرد (در برگیرنده وضعیت سیستم بهره‌برداری و

(۳) چگونگی بکارگیری شاخص‌ها در مدل: در گام سوم شاخص‌ها براساس نوع شبکه و شرایط طبیعی بکار گرفته می‌شوند. در این بخش بکارگیری شاخص‌ها در زیر بخش‌های (۱) نوع شبکه، (۲) شرایط طبیعی، (۳) تفکیک شاخص‌های مقدماتی و اصلی، (۴) انتخاب نتیجه ارزیابی تشریح می‌گردد.

**نوع شبکه:** در این رابطه شبکه‌های آبیاری و زهکشی از نظر مدیریت ساخت، شیوه بهره‌برداری وضعیت فیزیکی به سه گروه شامل: (۱) مدرن، (۲) سنتی و (۳) تلفیقی، تقسیم می‌گردند.

**شرایط طبیعی:** تغییرات در میزان حجم آب قابل تحویل، در برنامه‌های تحویل آب تأثیر بسیاری گذاشته، به‌طوریکه مقدار ارزشی برخی از شاخص‌ها در شرایط کمبود آب و خشکسالی نسبت به شرایط عادی یکسان نمی‌باشد. در شرایط عادی دستیابی به منافع حداکثر از تولید محصول، و انگیزه جلب منافع حداکثر از فروش آب مهم است، اما در شرایط کمبود آب و خشکسالی، ماندگاری سیستم، دریافت بخشی از آب مورد نیاز و قبول افت محصول اهمیت می‌یابد. در این تحقیق شاخص‌ها در دو حالت طبیعی و اضطراری، به دو صورت اعداد قطعی با ارزش متفاوت، و در شرایط میانی به صورت فازی بکار رفته است.

**تفکیک شاخص‌های مقدماتی و اصلی:** در این تحقیق با استفاده از دو نظریه فازی و تصمیم‌گیری بیز<sup>۱</sup> در استفاده از تجربیات و وضعیت پیشین، امکان اعمال اثرات شرایط اولیه در نتایج ارزیابی فراهم گردیده است. همانطوری که در فرمول یک مشاهده می‌شود، در نظریه تصمیم‌گیری بیز احتمال پسین  $F(\theta_i/obs)$ ، متأثر از مشاهده‌ها  $f(obs/$

$\theta_i)$  و احتمال پیشین  $\pi(\theta_i)$  به صورت زیر می‌باشد:

$$F(\theta_i/obs) = [f(obs/\theta_i) \cdot \pi(\theta_i)] / \sum [f(obs/\theta_i) \cdot \pi(\theta_i)]$$

با استفاده از این نظریه، شاخص‌هایی که بیان‌کننده وضعیت اولیه سیستم بوده با نام شاخص‌های مقدماتی، و



نگهداری در مقطع مورد نظر، با حذف اثرات وضعیت اولیه سیستم،) ۴) ارزیابی نسبی عملکرد (در برگزیده وضعیت سیستم بهره برداری و نگهداری در مقطع مورد نظر، با اعمال اثرات نسبی وضعیت اولیه سیستم بر عملکرد)، در خروجی مدل خواهیم داشت.

۴) طراحی و بکارگیری مدل های فازی: در این گام موارد: ۱) انتخاب گروه های شاخص، ۲) تعیین سیستم های فازی و بکارگیری مدل های فازی انجام می گیرد.

**انتخاب گروه های شاخص:** در ارزیابی مطلق و یا نسبی عملکرد، گروه های شاخص از مجموعه شاخص های مقدماتی با قواعد فازی همراه می شود، و براساس قواعد فازی، مقادیر شاخص های اصلی بکار گرفته می شود. در این حالت گروه های شاخص های اصلی از شرایط نسبی و با مرزی مغشوش از شاخص های مقدماتی تأثیر می پذیرند. برای مثال، در شرایط خشکسالی شاخص راندمان انتقال و توزیع آب آبیاری در کانال های نیمه پری که درجه ها به خوبی عمل نکرده، از ارزش نسبی پایینی برخوردار بوده، و همچنین موضوع شاخص کفایت آب آبیاری از نگاه آب بران منتفی می باشد.

**تعیین سیستم های فازی و بکارگیری مدل های فازی:** جهت تعیین سیستم و طراحی مدل فازی مناسب، نیاز به شناخت ویژگی فاکتورهای ارزیابی می باشد. در این تحقیق، ۱۲ مدل فازی با ۲۹۰۰ قاعده جهت بکارگیری در ۱۱۴ گروه متفاوت از ۱۵۳ شاخص با استفاده از نگارش ۶/۱ نرم افزار "مطلب" و بکارگیری سیستم فازی با استلزام حاصل ضرب و مینیمم ممدانی، توابع تعلق و قواعد برای



موتور استنتاج فازی طراحی گردیده است. داده های اولیه شامل دو گروه داده فازی و غیرفازی، با فازی ساز منفرد بکار رفته است. صحت قواعد با توجه به داده های ورودی و خروجی و امکانات بررسی گرافیکی موجود در جعبه ابزار فازی، کنترل و مطابقت داده شد و سپس در مدل اصلی بکار رفته است. توابع تعلق مورد نظر با توجه به طبیعت داده ها و بکارگیری جعبه ابزار فازی تعریف گردیده است.

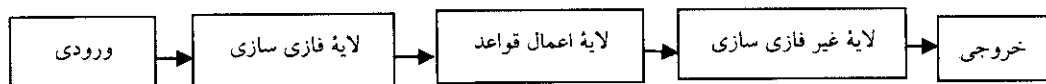
**سیستم فازی:** با توجه به اینکه استنتاج فازی نیازمند چند قاعده بوده، در نتیجه استفاده از مجموعه قواعد با موتور استنتاج در یک سیستم فازی ضروری می باشد. نمونه قواعد بکار رفته در هر یک از مدل های فازی به شرح جدول ۱ می باشد.

معیار انتخاب چگونگی عملکرد موتور استنتاج فازی با توجه به معنای شهودی که استقلال و یا وابستگی قواعد آن، توسط افراد خبره تأیید شده، صورت می گیرد. در این تحقیق با تعریف مستقل قواعد امکان استنتاج مبتنی بر قواعد جداگانه و در ترکیب با تعریف وابستگی قواعد، امکان استنتاج مبتنی بر ترکیب استنتاج ممدانی با استلزام مینیمم و حاصل ضرب فراهم شده است. متناسب با گروه های شاخص های مقدماتی به عنوان ورودی، و تعیین و پنج تابع تعلق ورودی و طراحی مدل فازی، مراحل فازی سازی، اعمال قواعد، غیرفازی سازی و ارائه خروجی به ترتیب مطابق با شکل ۲ اجرا می شود.

جدول ۱- نمونه قواعد برای ارزیابی مطلق در سطح مدیران.

| شاخص های اصلی ( $Y_i$ ) |         |         |         | شاخص های مقدماتی ( $X_i$ ) |
|-------------------------|---------|---------|---------|----------------------------|
| گروه چهار               | گروه سه | گروه دو | گروه یک |                            |
| VH                      | VH      | VH      | H       | VL                         |
| H                       | H       | VH      | H       | L                          |
| H                       | H       | M       | M       | M                          |
| M                       | M       | H       | L       | H                          |
| L                       | VL      | L       | L       | VH                         |

VL = خیلی کم، L = کم، M = متوسط، H = زیاد، VH = خیلی زیاد.



شکل ۲- مراحل بکارگیری داده‌ها در سیستم فازی

چندان مناسب که با روندی رو به بهبود بوده، از سیستمی که در وضعیت مناسب بوده اما روندی منفی دارد، متمایز می‌گردد. مقایسه نتایج ارزیابی در این دو روش نشان می‌دهد که عملکرد پایین شبکه با متوسط ۲۲ درصد، ناشی از شرایط اولیه شبکه می‌باشد.

در این مدل با تفکیک ارزیابی فرآیند از نتیجه و اثرات عملکرد، مشخص گردید که به رغم وضعیت متوسط فرآیند بهره‌برداری، بدلیل شرایط مناسب اولیه سیستم، ارزیابی نتیجه عملکرد تا میزان ۰/۸۸ و اثرات تا ۰/۷۶ رسیده است (جدول ۵). این موضوع از یک طرف مؤید وجود پتانسیل بهبود در سیستم و از طرف دیگر روند منفی عملکرد سیستم از وضعیت اولیه می‌باشد.

بررسی حساسیت مدل مرحله‌ای فازی با توجه به چگونگی عملکرد موتور استنتاج در دو حالت استلزام حاصلضرب و مینیمم در ارزیابی نسبی و مطلق در جدول‌های ۶ و ۷ و شکل‌های ۴ و ۵ نمایش داده شده است. این جدول‌ها که تفاوت مقادیر ارزیابی را در دو روش در موضوع‌های مختلف نشان می‌دهند از نظر میزان کمی ارزیابی نسبی، این تفاوت حداکثر تا میزان ۸ درصد ملاحظه شده است. مقادیر به‌دست آمده در دو روش تا میزان ۹۹ درصد همخوانی داشته، و آزمون F برای بررسی اختلاف واریانس مقدار ۰/۹۸ را نشان می‌دهد (شکل ۴). از نظر تأثیر میزان کمی ارزیابی مطلق، این تفاوت فقط در تعداد معدودی به بیش از ۵ درصد می‌رسد. این مقادیر از همبستگی بیش از ۹۵ درصد برخوردار بوده و آزمون F برای بررسی اختلاف واریانس، مقدار ۰/۹۰ را نشان می‌دهد (شکل ۵). بنابراین، استفاده از هر دو روش در ارزیابی بلا مانع بوده، اما در مقایسه این نتایج با داده‌های موجود، استلزام حاصلضرب نتایج بهتری را نشان می‌دهد.

## نتایج و بحث

بکارگیری داده‌های پایلوت در مدل، براساس سطوح مختلف سیاست‌گذاران، مدیران و آبران در ارزیابی عملکرد مدیریتی در جدول ۲، تفاوت این مقادیر به تفکیک سطوح در جداول‌های ۳ و ۴ و نتایج انواع ارزیابی در جدول ۵ آمده است. به رغم تفاوت مقادیر ارزیابی مدیریتی در روش قدیمی (۰/۵۷) و در مدل مرحله‌ای فازی (SWF) برابر ۰/۴۸، نتایج به‌دست آمده صحت کارکرد مدل، و همچنین تأثیر تفکیک سطوح ارزیابی را به‌خوبی نشان می‌دهد. با توجه به شرایط طراحی و اجرای مناسب شبکه آبیاری قزوین (ارزیابی این بخش از عملکرد، بیش از ۸۰ درصد می‌باشد). میزان ارزیابی مطلق شبکه، نسبت به مقادیر ارزیابی نسبی محاسبه شده توسط مدل مرحله‌ای فازی و روش قدیمی به ترتیب ۳۵ و ۱۴ درصد بیشتر گردیده است. بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که نقصان عملکرد، حدود ۱۵ درصد ناشی از وضعیت فیزیکی- اجتماعی سیستم بوده، و ارتباطی به عملکرد مدیریتی سیستم در مقطع مورد نظر ندارد. این مقایسه کاربرد تفکیک شاخص‌ها و امکان اعمال ارزش نسبی تأثیرات شرایط اولیه را بصورت فازی (غیرقطعی) نشان می‌دهد. این مقایسه در ارزیابی نسبی، همبستگی تا میزان ۹۸ درصد و در ارزیابی مطلق ۹۷ درصد را نشان می‌دهد (شکل ۳).

بطور کلی شبکه‌هایی که از میزان عملکرد پایین برخوردار بودند، بخش قابل توجهی از این نقصان متوجه وضعیت اولیه سیستم می‌باشد. در این تحقیق با طرح موضوع ارزیابی نسبی و مطلق، ارزیابی سیستم در دو حالت با اعمال اثرات شرایط اولیه و حذف آن مورد توجه بوده است. از این طریق عملکرد یک سیستم با وضعیت نه



جدول ۲- مقادیر ارزیابی عملکرد مدیریتی سیستم در شبکه آبیاری قزوین.

| ارزیابی مطلق | ارزیابی نسبی | ارزیابی کلی با اعمال ضرایب اهمیت | ارزیابی کلی بدون اعمال ضرایب اهمیت | سطوح ارزیابی    |
|--------------|--------------|----------------------------------|------------------------------------|-----------------|
| ۰/۸۶۹۹       | ۰/۷۳۴        | ۰/۷۳۴                            | ۰/۷۳۴                              | سیاستگذاران     |
| ۰/۷۶۷۳       | ۰/۵۷۸۲       | ۰/۶۷۷                            | ۰/۶۸۹۲                             | مدیران          |
| ۰/۵۳۲۸       | ۰/۳۸۵۷       | ۰/۴۶۴۴                           | ۰/۵۵۲۱                             | آب بران         |
| ۰/۶۵۰۰       | ۰/۴۸۱۹       | ۰/۵۷۰۷                           | ۰/۶۲۰۷                             | بدون تفکیک سطوح |

جدول ۳- مقادیر ارزیابی عملکرد مدیریتی سیستم (سطح مدیران).

| نوع ارزیابی  | عملکرد راندمان آب آبیاری | عملکرد در کفایت آب آبیاری | عملکرد در مدیریت توزیع آب |
|--------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| ارزیابی نسبی | ۰/۲۳۰۰                   | ۰/۸۱۷۶                    | ۰/۶۴۹۴                    |
| ارزیابی مطلق | ۰/۴۵۴۵                   | ۰/۹۳۹۹                    | ۰/۷۸۹۱                    |

جدول ۴- مقادیر ارزیابی عملکرد مدیریتی سیستم (سطح آب بران)

| نوع ارزیابی  | اعتمادپذیری | مناسب بودن تحویل آب | کفایت آب آبیاری | عدالت در توزیع |
|--------------|-------------|---------------------|-----------------|----------------|
| ارزیابی نسبی | ۰/۵۳۴۷      | ۰/۷۲۴۸              | ۰/۳۷۶۲          | ۰/۲۱۰۲         |
| ارزیابی مطلق | ۰/۶۷۴۴      | ۰/۷۹۰۲              | ۰/۴۴۱۶          | ۰/۲۷۵۵         |

جدول ۵- نتایج ارزیابی به تفکیک "ارزیابی بخشی".

| انواع ارزیابی | شرایط اولیه سیستم | فرآیند بهره بر داری | نتیجه بهره بر داری | اثرات بهره بر داری |
|---------------|-------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| نتیجه ارزیابی | ۰/۸۰۴۰            | ۰/۵۷۰۷              | ۰/۸۸۷۸             | ۰/۷۶۲۵             |

جدول ۶- مقایسه مقادیر ارزیابی نسبی در دو سیستم فازی (Min و Prod).

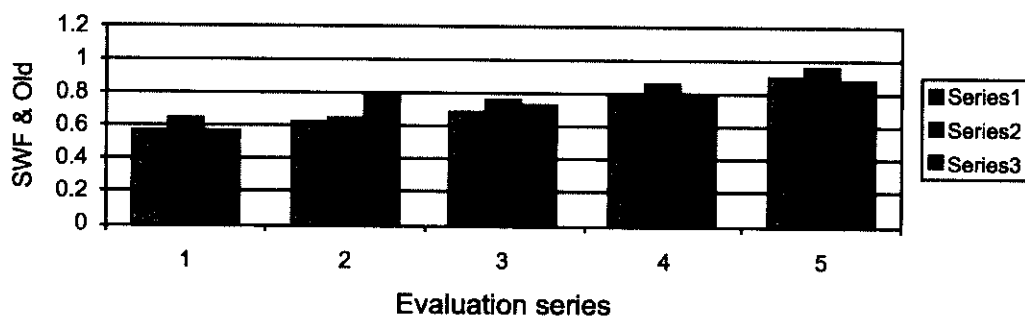
| روشها | مقادیر ارزیابی در موضوعات مختلف |        |        |        |         |        |
|-------|---------------------------------|--------|--------|--------|---------|--------|
| Min   | ۰/۵۸۴۶                          | ۰/۲۳۰  | ۰/۸۱۷۶ | ۰/۶۴۹۴ | ۰/۳۹۱۳  | ۰/۶۱   |
| Prod  | ۰/۵۸۵۷                          | ۰/۲۳۰  | ۰/۸۱۷۶ | ۰/۶۴۹۴ | ۰/۳۹۰۲  | ۰/۶۰   |
| Min   | ۰/۸۸۷۹                          | ۰/۷۲۷۳ | ۰/۲۰۹۶ | ۰/۴۸۸  | ۰/۷۹۷۳۰ | ۰/۲۷۵۰ |
| Prod  | ۰/۸۸۷۲                          | ۰/۷۲۷۰ | ۰/۱۹۴۵ | ۰/۴۸۸  | ۰/۷۹۷۲  | ۰/۳۰   |

جدول ۷- مقایسه مقادیر ارزیابی مطلق در دو سیستم فازی (Min و Prod).

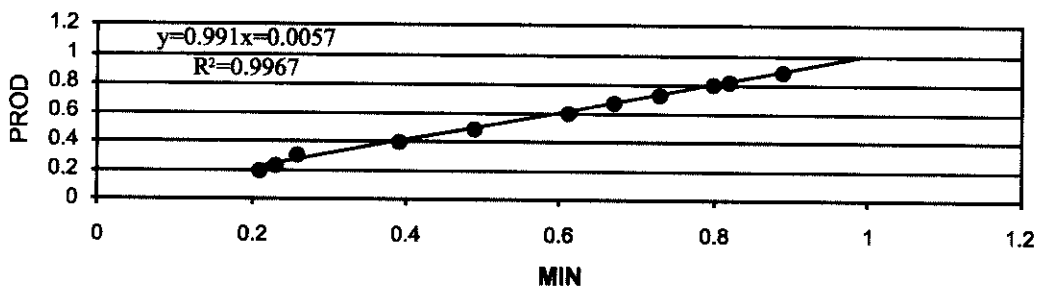
| روشها | مقادیر ارزیابی در موضوعات مختلف |        |        |        |        |       |
|-------|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Min   | ۰/۶۸۸۲                          | ۰/۴۲۷۵ | ۰/۸۳۲۶ | ۰/۷۰۴۴ | ۰/۴۶۳۶ | ۰/۶۶۵ |
| Prod  | ۰/۶۳۸۷                          | ۰/۳۸   | ۰/۸۱۷۶ | ۰/۶۴۹۴ | ۰/۴۴۱۲ | ۰/۶   |
| Min   | ۰/۹۵۳۳                          | ۰/۷۳۵۴ | ۰/۲۱۹۶ | ۰/۵۷۵۹ | ۰/۸۳۲۹ | ۰/۲۸۵ |
| Prod  | ۰/۹۳۶۷                          | ۰/۷۱۲۸ | ۰/۱۹۴۵ | ۰/۵۴   | ۰/۸۲۷۹ | ۰/۳   |



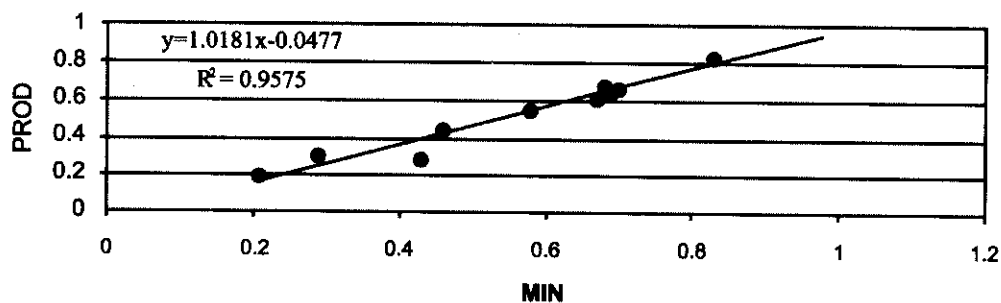




شکل ۳- مقایسه نتایج ارزیابی مدل با روش قدیمی.  
(ارزیابی نسبی = Series1, ارزیابی مطلق = Series2, روش قدیمی = Series3)



شکل ۴- رابطه مقادیر ارزیابی نسبی در دو سیستم فازی.



شکل ۵- رابطه مقادیر ارزیابی مطلق در دو سیستم فازی.

### پیشنهاد و توصیه

این روش در اکثر سیستم‌های آبیاری کشور که اندازه‌گیری توزیع آب در آنها معمول نبوده، بدلائل تکرار ناپذیر بودن شرایط گذشته و عدم امکان دسترسی به طرح

مشابه جهت انتخاب استاندارد نسبی، بخصوص در شرایطی که مدیریت بهره‌برداری سیستم بکلی متحول شده و یا شرایط فیزیکی- اجتماعی سیستم تغییر یافته، توصیه می‌شود.



## منابع

۱. تشنه‌لب، م. و همکاران. ۱۳۷۸. "سیستم‌های فازی و کنترل فازی"، دانشگاه خواجه نصرالدین طوسی، ۵۲۶ صفحه.
۲. قاهری، ع. و همکاران. ۱۳۷۸. "تعیین چارچوب ارزیابی عملکرد پروژه های آبیاری و زهکشی"، معاونت پژوهشی سازمان مدیریت منابع آب ایران، وزارت نیرو، ۱۴۷ صفحه.
۳. لوکس، ک. ۱۳۸۱. "تصمیم‌گیری عقلانی یا عاطفی به رویکردی جدید به کنترل هوشمند، مجموعه مقالات سومین همایش مجموعه‌های فازی و کاربردهای آن، دانشگاه سیستان و بلوچستان، ص ۲۱-۱۲.
۴. منعم، م. ج. ۱۳۷۸. "روش‌های ارزیابی عملکرد پروژه های آبیاری و زهکشی"، مجموعه مقالات کارگاه فنی ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ص ۲۰-۷.
5. A1- Faraj A., G.E. Meyer, and G.L. Horst. 2001. A crop water stress index for tall fescue Irrigation decision making (A fuzzy logic method), Computers and electronics in agriculture, 32: 69-84.
6. Bardossy, A., and D. Markus. 1993. Fuzzy Rule-Based models for infiltration, Water resources research, Vol. 29.
7. Burt, C.M. ,and S.W. Styles. 1999. Modern water control and management practices in irrigation, FAO, IPTRID, World Bank, Water report No.19.
8. Gowing J., A. Tarimo, and O. El-Awad. 1996. A rational method for assessing Irrigation performance at farm level with the aid of Fuzzy set theory, Irrigation and Drainage systems, 10:319-330.
9. IPTRID. 2002. Benchmarking performance in the Irrigation and drainage sector, FAO, Italy.
10. Malano, H.M., and G. Gao. 1992. Ranking and classification of Irrigation system performance using fuzzy set theory: case studies in Australia and China, Irrigation and Drainage systems, 6:129-148.
11. Sam-Amoah, L.K. 2001. Assessing the performance of Irrigation schemes with minimum data on water deliveries, Irrigation and Drainage Journal, 50:31-39.
12. Saruwatari, N., and A. Yomota. 1995. Forecasting system of irrigation water on paddy field by fuzzy, Agricultural water management 28:163-178.



## **Irrigation performance assessment module by using fuzzy method**

**S.A.Heydarian<sup>1</sup>, H. Fardad<sup>2</sup>, M. Monam<sup>3</sup>, A. Ghahery<sup>4</sup>, A. Liaghat<sup>3</sup>, M. Teshnehlab<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Soil conservation and watershed Research Center, <sup>2</sup>Dept. of Irrigation Engineering, University of Tarbiat Modarres, <sup>3</sup>Dept. of Irrigation Engineering, Tehran University, <sup>4</sup>Dept. of Civil Engineering, University of Science and Technology, <sup>5</sup>Dept. of Electric, University of Khajeh Nosir, Iran

### **Abstract**

The proposed Irrigation Performance Assessment Module has been developed using Irrigation performance indicators of Irrigation system, for different irrigation system conditions and objectives, and conducted for different levels of assessment with limited parameters. An internal-comparative standard has been developed for interaction-influence of indicators. Defined linguistic-expression indicators has been developed the combined qualitative-quantitative model to use "subjective" and "objective" judgment of water users and experts on system "productivity" and "convenience", respectively. The model was tested by Standard method in Ghazvin Irrigation system. The F-TEST for comparison between Mamdani fuzzy Product and Minimum inference is 98%, and correlation coefficient is 0.99. These results indicated that, the selection of fuzzy Product or Minimum inference is not important in this model. Results of comparison to Standard method indicated that product combination gives the better result. The separation of initial condition, process, effect and result of performance is indicated that, 12% of performance deficit is subjected to initial condition of the system. Management Delivery Performance measures from water users and irrigation water supply agency's judgments in this pilot were 39% and 58%, respectively. The results demonstrated that, unfavorable physical and natural conditions are not the main problems of the system. But difference between actual water users needs and insufficient plan of water delivery, is the main problem of the system. Assessment of Irrigation system with this model is more applicable with limited requirement data, and it can be easily adapted and programmed on different Agricultural and Natural Resource management systems.

**Keywords:** Fuzzy; Irrigation system; Performance Assessment

