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

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 تجریه 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.

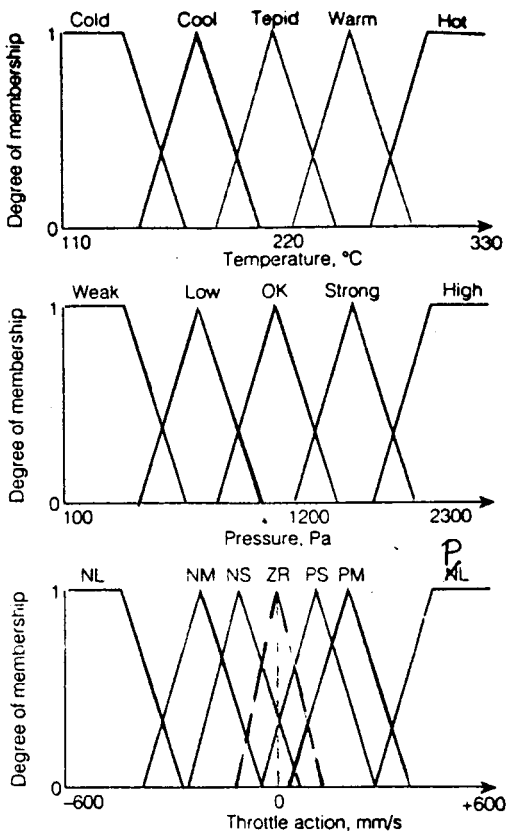
۵- نتیجه‌گیری و اعمال نتایج برای بهبود عملکرد

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.

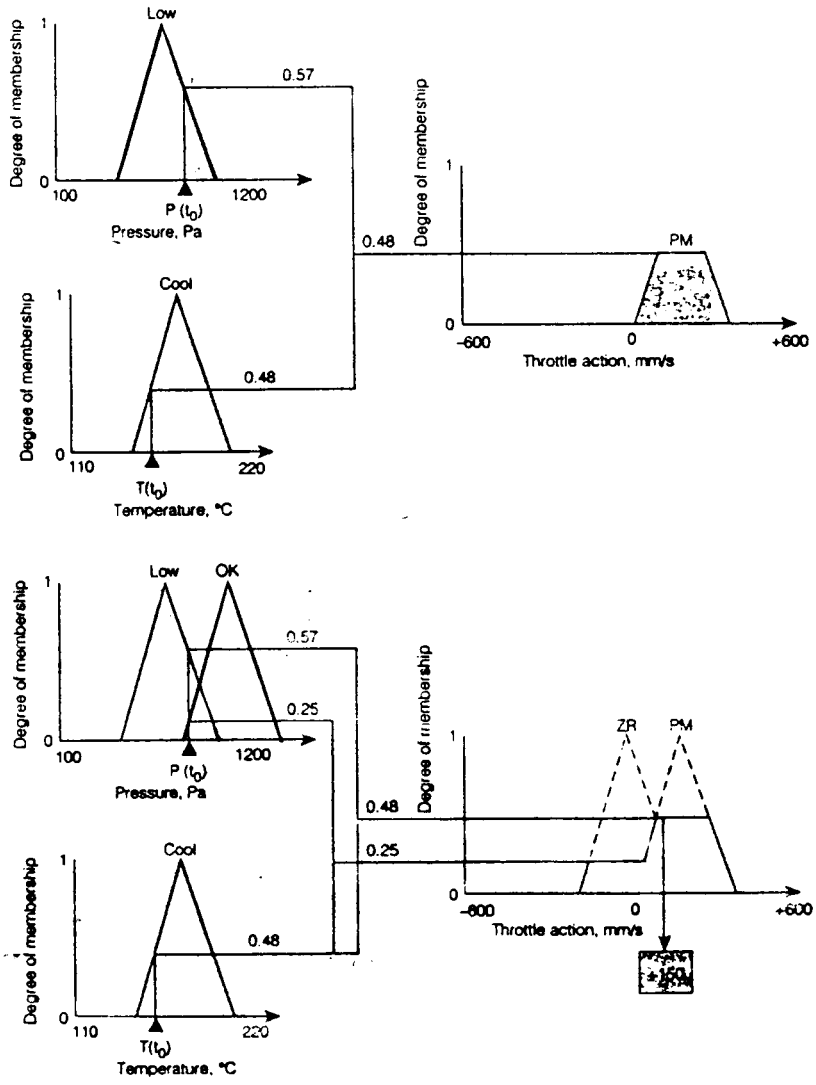
الف: مقدار حداقل درصد مشارکت داده در منطقه مربوطه ملاک عمل قرار می‌گیرد.

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
1
0
0.57
100
1200
P (t_0)
Pressure, Pa
Degree of membership
Cool
0.48
110
220
T(t_0)
Temperature, °C
0.48
PM
-600
0
+600
Throttle action, mm/s
Low
OK
0.57
0.25
ZR
PM
0.25
±150