نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره1، جلد 11، فروردین - اردیبهشت 1396، ص. 92-80

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 1, Vol. 11, Apr.-May. 2017, p. 80-92

بررسی تاثیرخودکارسازی شبکه‌ی آبیاری دشت قزوین بر بهبود بهره‌برداری با رویکرد دینامیک سیستم‌ها

سیده زهرا موسوی حسنی[1]، محمدجواد منعم[2*]، مهسا واعظ تهرانی[3]

تاریخ دریافت: 1394/3/19 تاریخ پذیرش: 1395/12/10

چکیده

به‌کارگیری فناوری‌های خودکار در شبکه‌های آبیاری در درازمدت بر عملکرد شبکه موثر و تاثیرات متقابلی با سایر عوامل موثر در عملکرد شبکه دارد.هدف از این تحقیق شناسایی الگوهای رفتاری مرتبط با خودکارسازی و ارایه‌ی مدل کاربرد خودکارسازی در شبکه‌ی آبیاری قزوین با رویکرد دینامیک سیستم‌ها است. برای این منظور پس از تعیین دینامیک‌های غالب حاکم بر کاربرد خودکارسازی در شبکه‌ی آبیاری قزوین و تهیه مدل مفهومی بر اساس پرسش‌نامه‌های تکمیل شده و مصاحبه‌ی حضوری با مسئولین شرکت بهره‌برداری و تعدادی از کشاورزان، مدل کمی کاربرد خودکارسازی برای شبکه توسعه یافت. این مدل با استفاده از شاخص‌های کفایت، راندمان، عدالت و انعطاف‌پذیری و با شناخت دینامیک‌های فنی، مدیریتی، اقتصادی و اجتماعی موثر، بر کاربرد خودکارسازی و عوامل تاثیرپذیر از آن‌ها که می‌تواند منجر به بهبود مطلوبیت در شبکه شود، استخراج گردید. سپس صحت-سنجی مدل تحت آزمون‌های مختلف انجام و در ادامه گزینه‌های اصلاحی با توجه به اثرات درازمدت آن‌ها، جهت بهبود مطلوبیت شبکه پیشنهاد شد.با اعمال گزینه‌های اصلاحی از قبیل، جلب اعتماد و مشارکت کشاورزان در فرآیند خودکارسازی، ارتقا سطح آگاهی و مهارت بهره‌برداران وتخصیص بودجه و اعتبارات سرویس و خدمات خودکارسازی بر اساس میزان موردنیاز در کل شبکه،سطح مطلوبیت بین 9/5 تا 21/13 درصد بهبود خواهد یافت.

واژه‌های کلیدی:خودکارسازی،رویکرد پویایی سیستم‌ها، شبکه‌های آبیاری، شبکه‌ی آبیاری قزوین

مقدمه

یکی از روش‌های بهسازی شبکه‌های موجود جهت ارتقای سطح مطلوبیت آن‌ها، استفاده از سامانه‌های خودکار برای تامین راندمان، کفایت، انعطاف‌پذیری، عدالت و مدیریت مطلوب آب است که می‌تواند برخی از پیچیدگی‌های مدیریت آبیاری و عملیات بهره‌برداری را مرتفع نماید. در تحقیق حاضر، عوامل ذکر شده مدنظر قرار گرفته است که با درنظر گرفتن اثرات خودکارسازی بر این عوامل می‌توان تاثیر آن بر سطح مطلوبیت شبکه را مورد ارزیابی قرار داد. در ارزیابی مطلوبیت نسبت به عوامل مختلف، علاوه بر تعیین مولفه‌های تاثیرگذار روی آن، لازم است به مکانیزم‌های تغییر این مولفه‌ها در طول زمان و همچنین اندرکنش آن‌ها با یکدیگر نیز توجه شود. بنابراین در شبکه-های آبیاری مطلوبیت باید پویا و به صورت حالتی از تغییرات پی‌درپی در عوامل موثر بر آن تعریف شود (واعظ تهرانی، 1391). خودکارسازی یکی از روش‌های ارتقا عملکرد در شبکه‌های آبیاری است که تاثیرات متقابلی با سایر عوامل موثر در عملکرد شبکه دارد. در این راستا استفاده از رویکرد پویایی سیستم‌ها می‌تواند ابزاری موثر باشد.شبکه‌ی آبیاری قزوین به عنوان مطالعه‌ی موردی برای این تحقیق انتخاب شده است، زیرا این شبکه به دلیل داشتن دریچه‌های آمیل و نیرپیک دارای سطح اولیه‌ی خودکارسازی هیدرولیکی است و اطلاعات تعامل صاحبان منافع در برابر این سطح از خودکارسازی قابل حصول می‌باشد.

رضوی نبوی (1373) برای تعیین علت پایین بودن راندمان تحویل آب در آبگیرهای شبکه‌ی قزوین، حساسیت و دقت اندازه‌گیری دریچه‌های نیرپیک را در محل‌های نصب و در حین بهره‌برداری مورد ارزیابی قرار داد و علت اختلاف بین دبی‌های موردانتظار و واقعی را در محل قرار گرفتن دریچه‌ها و ابعاد آن‌ها بیان کرد. طبق نظر احتشامی و همکاران (1379)، راندمان شبکه در شرق قزوین برابر 55/1 درصد و در غرب آن، معادل 40/4 درصد می‌باشد،بنابراین تقریبا نیمی از آب استحصال شده از سد زیاران قبل از رسیدن به مزارع، تلف می‌شود.

1- دانش آموخته‌ی کارشناسی ارشد سازه‌های آبی، دانشگاه تربیت مدرس تهران
2- دانشیار گروه سازه‌های آبی، دانشگاه تربیت مدرس تهران
3- دانش آموخته‌ی دکتری سازه‌های آبی، دانشگاه تربیت مدرس تهران
(*- نویسنده مسئول: (Email: monem_mj@modares.ac.ir

حیدری (1386) مسائل و مشکلات مدیریت آب در شبکه‌ی قزوین را مورد بررسی قرار دادو بیان کرد که برخی مشکلات شاملعملیات بهره‌برداری و نگهداری کم و یا نامناسب و تخریب زودهنگام تاسیسات آبیاری، تخلفات و برداشت‌های غیرقانونی آب، افزایش حفر چاه‌های غیرمجاز و گسترش برداشت بی‌رویه از چاه‌های مجاز، افزایش ریسک کاهش ایمنی ناشی از گسترش جوامع محلی به داخل اراضی شبکهمی‌باشند.

در هر یک از این تحقیقات، تنها جنبه‌ی فیزیکی و یا مدیریتی مورد بررسی قرار گرفته و به‌صورت یک‌جانبه و کوتاه‌مدت به مسئله پرداخته شده است. همچنین کاربرد سامانه‌های مزبور بدون توجه به رفتارشناسی صاحبان منافع و تعامل بلندمدت کاربرد خودکارسازی با سایر عوامل صورت گرفته است. به‌کارگیری رویکرد دینامیک سیستم‌ها در این زمینه می‌تواند جامع‌نگری لازم و بلندمدت را در اثربخشی اقدامات خودکارسازی فراهم نماید.

در این تحقیق با به‌کارگیری رویکرد دینامیک سیستم‌ها، مدل مفهومی جامع کاربرد خودکارسازی در شبکه آبیاری قزوین تهیه و الگوهای رفتاری، مکانیزم‌ها و روابط علت و معلولی شناسایی شد. همچنین اثرات ناخواسته و محدودیت‌های تاثیرگذار بر کاربرد خودکارسازی و سطح مطلوبیت بررسی شد. در ادامه گزینه‌های اصلاحی و سیاست‌ها مورد آزمون قرار گرفت و با بررسی اثرات درازمدت آن‌ها، تاثیر هر یک بر سطح مطلوبیت شبکه مشخص گردید.

مواد و روش‌ها

پویایی سیستم‌ها یک شعبه از تفکر سیستمیک می‌باشد که شامل تئوری، روش و فلسفه‌ی موردنیاز جهت آنالیز رفتاری سیستم‌ها است. این نگرش مبتنی بر مکانیزم بازخوردهای پویا در سیستم‌ها می‌باشد که با تکیه بر حلقه‌های علت و معلولی به توضیح چگونگی وقوع وقایع می‌پردازد. این توصیفات در مورد پویایی سیستم‌ها همراه با ساختارهای جریان و ذخیره، تاخیرهای زمانیو رفتارهای غیرخطی، پویایی یک سیستم را بیان می‌کنند (Sterman., 2000).

روش پویایی سیستم‌ها یک رویکرد مدل‌سازی و شبیه‌سازی است که مخصوصا برای مشکلات مدیریتی طولانی‌مدت، مزمن و پویا که اغلب شبکه‌های آبیاری دچار آن‌ها می‌باشند طراحی می‌شود. مجموعه روابط بازخوردی میان این ترکیبات بیان کننده ساختار سیستم می‌باشد (Vlachos et al., 2007).

اولین گام در بهبود سطح مطلوبیت در اثر خودکارسازی شبکه‌های آبیاری، شناخت عملکرد حال حاضر سیستم‌ها می‌باشد؛ بنابراین لازم است عوامل موثر بر عملکرد شبکه‌ها از دیدگاه شاخص‌های فرآیندی کفایت، عدالت، انعطاف‌پذیری و راندمان به نحو شایسته‌ای شناسایی شده و تعامل بین این عوامل و خودکارسازی شبکه‌ی آبیاری مشخص گردد، که این امر از طریق ساخت مدل مفهومی کاربرد خودکارسازی (Automation) میسر است.

مراحل مختلف مدل‌سازی با رویکرد دینامیک سیستم‌ها به صورت زیر می‌باشد (Stave., 2003):

1- تعریف مسئله و توسعه‌ی مدل مفهومی آن، 2- تعیین مرز سیستم، 3- تبین فرضیه‌های دینامیکی، 4- توسعه‌ی مدل شبیه-سازی، 5- صحت‌سنجی مدل، 6- اجرای مدل و آزمون گزینه‌ها.

نتایج و بحث

تعریف مسئله: مسئله عبارت است از بیان دغدغه‌ای که از بررسی روند تغییرات متغیر مرجع (متغیری که در سیستم، رفتاری نامطلوب از آن مشاهده می‌شود) نتیجه می‌گردد (واعظ تهرانی و همکاران، 1389). در این تحقیق به‌منظور شناسایی و تعیین الگوهای رفتاری غالب موثر بر کاربرد خودکارسازی در شبکه‌ی آبیاری دشت قزوین پرسش‌نامه‌ای با تمرکز بر رفتارشناسی کاربرد خودکارسازی در شبکه آبیاری دشت قزوین طراحی شد تا بر اساس ارتباط بین موارد موثر، الگوهای رفتاری شناسایی شده و با تجزیه و تحلیل آن‌ها، اهرم-های عملیاتی مشخص شود. پرسش‌نامه‌ها توسط شماری از مدیران، مسئولین و صاحب‌نظران در زمینه مسائل شبکه‌های آبیاری و زهکشی، مسئولین شبکه و شرکت بهره‌برداری تکمیل گردید. هم-زمان با تکمیل این پرسش‌نامه‌ها توسط افراد، مصاحبه‌ای به‌صورت حضوری با آن‌ها و نیز با تعدادی از کشاورزان در زمینه‌ی وضعیت شبکه و مشکلات موجود صورت گرفته است تا تمام ابعاد موضوع به صورت همه‌جانبه مورد بررسی قرار گیرد.برای تدوین پرسش‌نامه، در ابتدا الگوهای رفتاری محتمل غالب و مشکل‌ساز در شبکه شناسایی شد. الگوهای رفتاری که فرض می‌شد در شبکه‌ی آبیاری دشت قزوین حاکم باشد عبارتند از: راه‌حل‌های منجر به شکست، انتقال بار مسئولیت، فرسایش اهداف و محدودیت رشد. این الگوها محور انتخاب سوالات پرسش‌نامه قرارگرفت و هر کدام از سوالات پرسش‌نامه به‌منظور بررسی یکی از این الگوهای رفتاری و شناسایی ابعاد مختلف آن و روشن شدن مشکلات اصلی مشاهده شده در شبکه‌ی آبیاری انتخاب و طراحی شد.

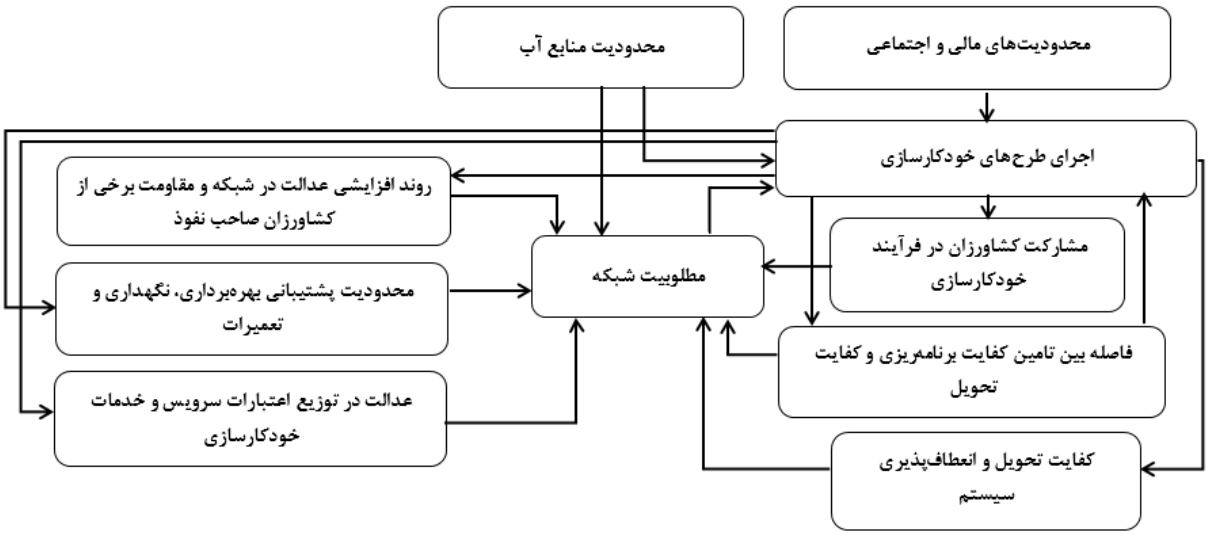
بر این اساس چهار سوال اول پرسش‌نامه بر اساس چهار گروه مشکلات اصلی مشاهده شده در شبکه‌ی آبیاری تهیه و تنظیم گردید. این چهار گروه شامل: محدودیت‌های موجود در کاربرد خودکارسازی در شبکه، اقدامات مقطعی صورت گرفته در جهت بهبود مطلوبیت در شبکه ناشی از کاربرد خودکارسازی، اثرات جانبی این اقدامات و میزان دسترسی به اهداف تعریف شده در شبکه ناشی از اقدامات به‌کارگیری خودکارسازی می‌باشد.

سوال پنجم پرسش‌نامه به‌منظور شناسایی اقداماتی که می‌توان در راستای بهبود عملکرد شبکه با استفاده از به‌کارگیری خودکارسازی انجام داد و تبعاتی که هر یک از این اقدامات به دنبال خواهد داشت، تهیه و تنظیم گردید.

بر اساس بازدیدهای میدانی انجام شده، مطالعه‌ی گزارش‌های موجود، پرسش‌نامه‌های تکمیل‌شده و مصاحبه‌های حضوری با مدیران، مسئولین، بهره‌برداران و کشاورزان شبکه، ضعف عملکرد و کاهش سطح مطلوبیت دغدغه‌ی اصلی سیستم است.

تعیین مرز سیستم: در این بخش متغیرهای تاثیرگذار و تاثیرپذیر از سیستم مورد مطالعه که متغیرهای درون‌زا نامیده می‌شوند، معرفی شد. در مقابل متغیرهایی وجود دارند که تنها روی سیستم تاثیر گذاشته و از آن تاثیر نمی‌پذیرند که به آن‌ها متغیرهای برون‌زاگفته می‌شود. متغیرهای موثر بر رفتار متغیر مرجع، تحت عنوان متغیرهای فرعی نامیده می‌شوند. در این تحقیق، مطلوبیت شبکه‌ی آبیاری دشت قزوین به عنوان متغیر مرجع در نظر گرفته شده است. می‌توان عوامل موثر بر مطلوبیت شبکه را در قالب شش مجموعه از متغیرهای فرعی در نظر گرفت که عبارتند از: 1- مشارکت کشاورزان در فرآیند خودکارسازی، 2- فاصله بین تامین کفایت برنامه‌ریزی و کفایت تحویل، 3- محدودیت منابع آب، 4- محدودیت‌های مالی و اجتماعی، 5- اجرای طرح‌های خودکارسازی و محدودیت در پشتیبانی بهره‌برداری، نگهداری و تعمیرات 6- روند افزایشی عدالت در شبکه و مقاومت برخی از کشاورزان دارای نفوذ.همچنین دو مکانیزم "عدالت در تخصیص اعتبارات سرویس و خدمات خودکارسازی" و " کفایت تحویل و انعطاف‌پذیری سیستم" نیز به عنوان مکانیزم‌های حاکم بر شاخص‌های عدالت، کفایت و انعطاف‌پذیری شناسایی شده‌اند که بر سطح مطلوبیت شبکه تاثیرگذار می‌باشد.

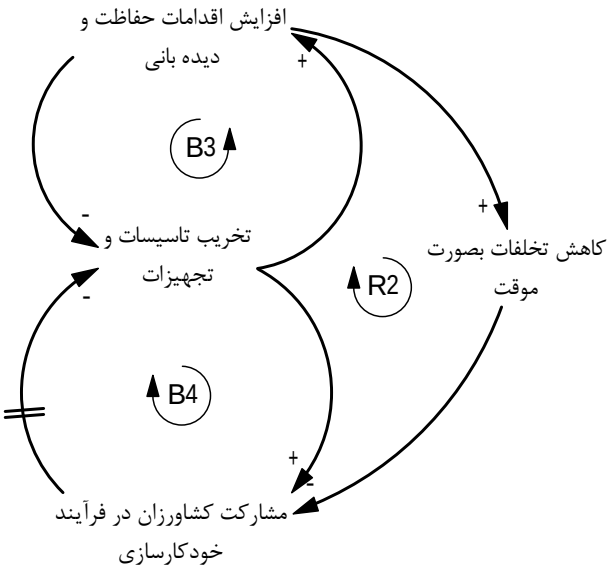
تبیین فرضیه‌های دینامیکی: بعد از تعیین مرز سیستم و متغیرهای تاثیرگذار بر متغیر مرجع، باید نحوه‌ی تاثیرگذاری این متغیرها در نمودارهایی تحت عنوان حلقه‌های علت و معلولی به‌گونه‌ای بیان شوند تا بتوانند توضیح مناسبی در رابطه با چگونگی شکل‌گیری رفتار متغیر مرجع، ارائه نمایند. برای تعیین نحوه‌ی اثر این مکانیزم‌ها بر روی سطح مطلوبیت شبکه‌ی آبیاری دشت قزوین، مدل مفهومی حاکم بر کاربرد خودکارسازی در شبکه به صورت شکل 1 ارائه گردیده است.



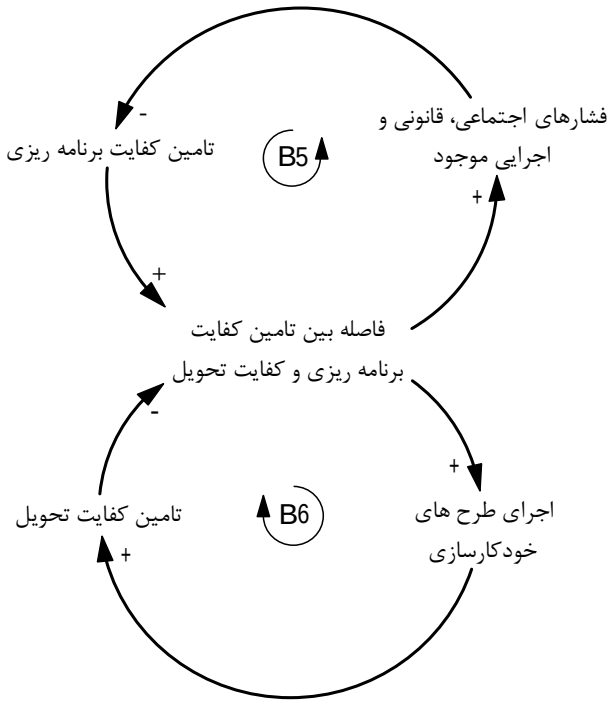
شکل 1- مدل مفهومی حاکم بر کاربرد خودکارسازی در شبکه‌ی آبیاری دشت قزوین

در شکل 1 هشت زیرسیستم اصلی مدل نشان داده شده است. مکانیزم‌های فعال حاکم بر کاربرد خودکارسازی در شبکه‌ی آبیاری دشت قزوین از الگوهای رفتاری انتقال بار مسئولیت، فرسایش اهداف، محدودیت رشد، موفقیت در پی توفیق و راه‌حل‌های منجر به شکست پیروی کرده و به ترتیب در شکل‌های 2 تا 9 نشان داده شده است.

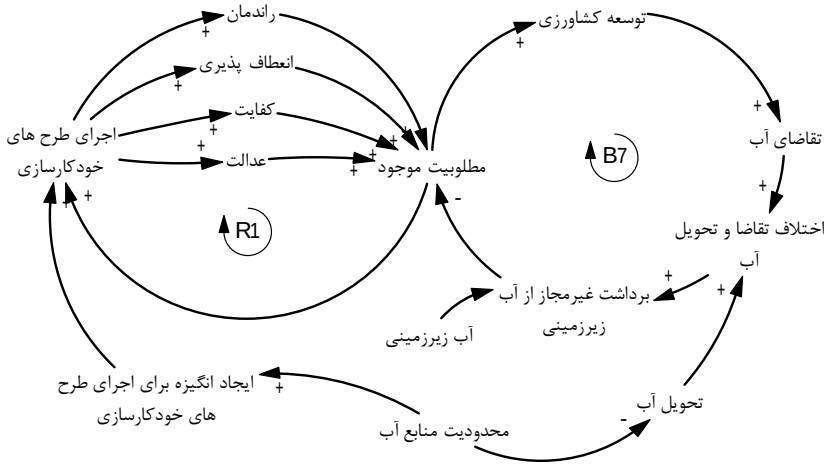
مکانیزم"مشارکت کشاورزان در فرآیند خودکارسازی و کاهش تخریب و دست‌کاری تاسیسات و تجهیزات" از الگوی انتقال بار مسئولیت پیروی می‌نماید. در این مکانیزم افزایش اقدامات حفاظت و دیده‌بانی به‌عنوان یک راه‌حل مقطعی و مشارکت کشاورزان در فرآیند خودکارسازی به‌عنوان یک راه حل اساسی برای مقابله با مشکل تخریب تاسیسات و تجهیزات و وقوع جرایم و تخلفات در شبکه مطرح شده است.



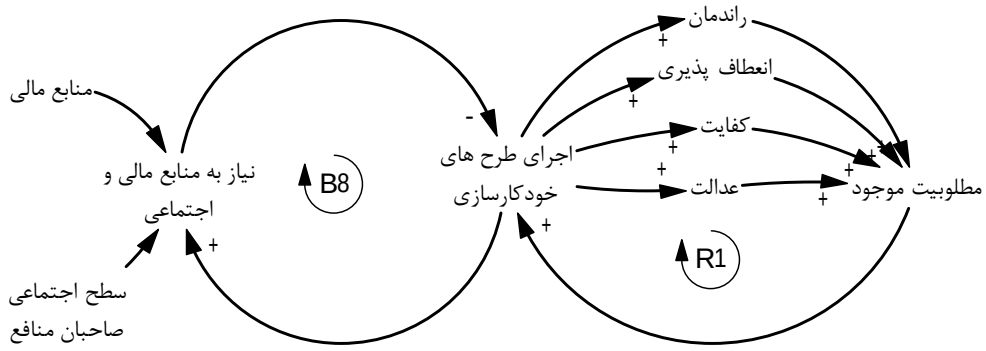
شکل2- مکانیزم"مشارکت کشاورزان در فرآیند خودکارسازی و کاهش تخریب و دست‌کاری تاسیسات و تجهیزات" مطابق با الگوی انتقال بار مسئولیت



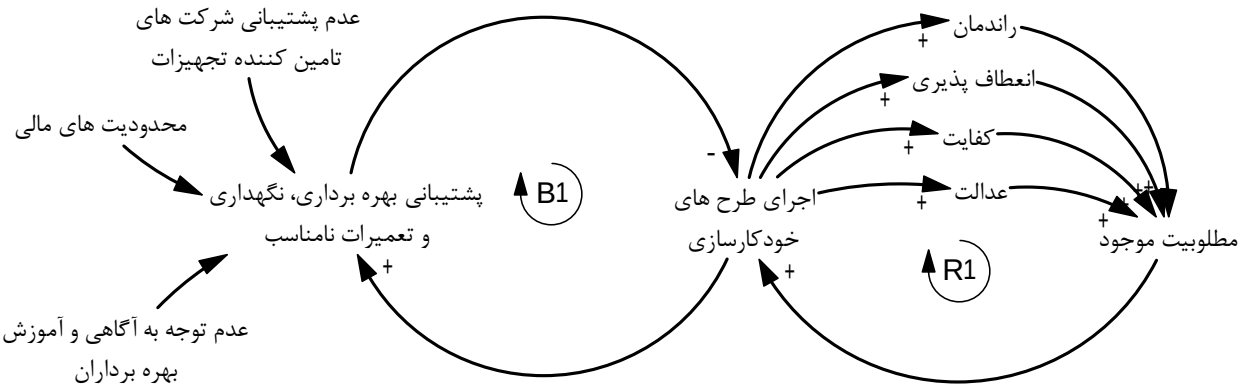
شکل 3- مکانیزم "فاصله بین تامین کفایت برنامه‌ریزی و کفایت تحویل" مطابق با الگوی فرسایش اهداف



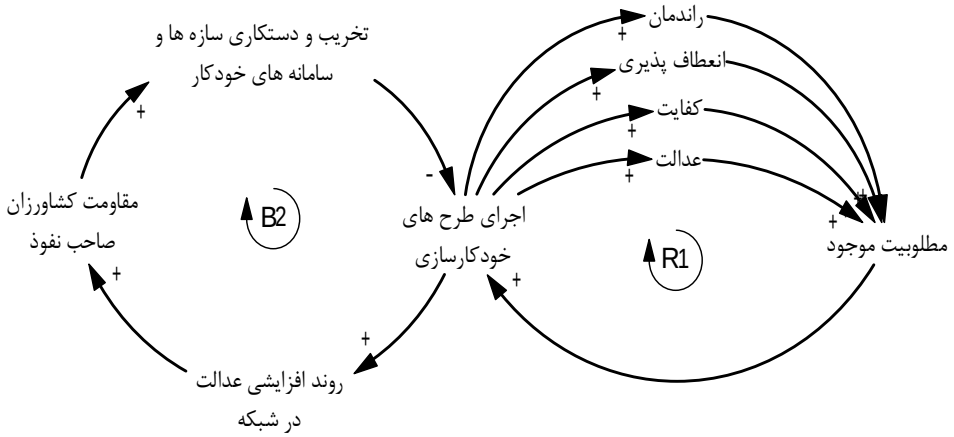
شکل 4- مکانیزم "محدودیت منابع آب در مقابل افزایش تقاضای آب ناشی از بهبود مطلوبیت در اثر اجرای طرح‌های خودکارسازی" مطابق با الگوی محدودیت رشد



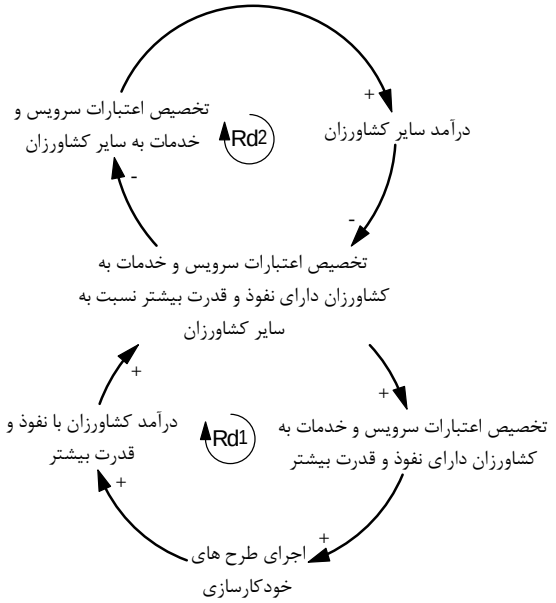
شکل 5- مکانیزم "محدودیت‌های مالی و اجتماعی در مقابل اجرای طرح‌های خودکارسازی" مطابق با الگوی محدودیت رشد



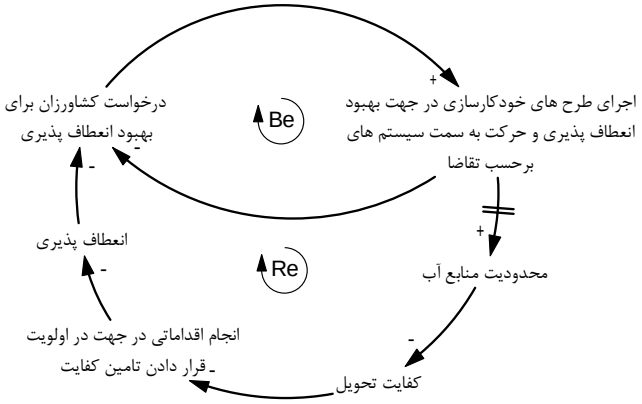
شکل 6- مکانیزم "اجرای طرح‌های خودکارسازی و محدودیت در پشتیبانی و بهره‌برداری، نگهداری و تعمیرات نامناسب" مطابق با الگوی محدودیت رشد



شکل 7- مکانیزم "روند افزایشی عدالت و مقاومت برخی از کشاورزان صاحب نفوذ" مطابق با الگوی محدودیت رشد



شکل 8- مکانیزم "عدالت در تخصیص اعتبارات سرویس و خدمات خودکارسازی" مطابق با الگوی موفقیت در پی توفیق



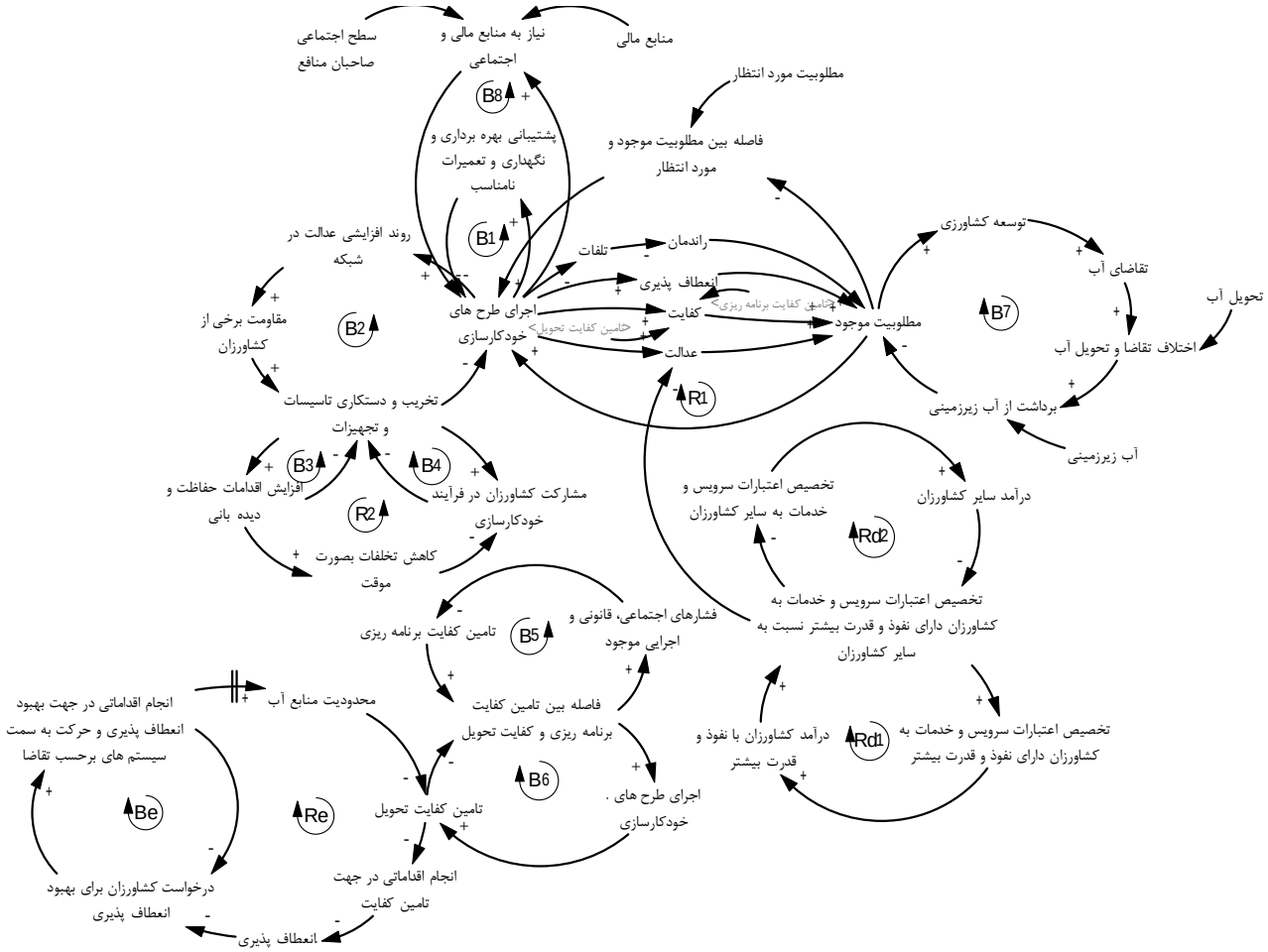
شکل 9- مکانیزم "کفایت و انعطاف‌پذیری" مطابق با الگوی‌راه‌حل‌های منجر به شکست

مکانیزم "فاصله بین تامین کفایت برنامه‌ریزی و کفایت تحویل" مطابق با الگوی فرسایش اهداف می‌باشد. در این مکانیزم اجرای طرح‌های خودکارسازی از طریق بهبود کفایت تحویل سعی در کاهش این فاصله دارد ولی از طرفی فشارهای قانونی، اجتماعی و اجرایی موجود با کاهش سطح هدف موردنظر که تامین کفایت تحویل توام با کفایت برنامه‌ریزی می‌باشد، سعی در تطبیق اهداف موردنظر با شرایط موجود دارد.

مکانیزم‌های "محدودیت منابع آب در مقابل افزایش تقاضای آب ناشی از بهبود مطلوبیت در اثر اجرای طرح‌های خودکارسازی"، "محدودیت‌های مالی و اجتماعی در مقابل اجرای طرح‌های خودکارسازی"، "اجرای طرح‌های خودکارسازی و محدودیت در پشتیبانی و بهره‌برداری، نگهداری و تعمیرات نامناسب" و "روند افزایشی عدالت در شبکه و مقاومت برخی از کشاورزان صاحب نفوذ" از الگوی محدودیت رشد پیروی می‌نمایند. در این مکانیزم‌ها محدودیت منابع آب، سطح اجتماعی و فرهنگی منطقه و صاحبان منافع و محدودیت در بودجه و اعتبار و سرمایه‌گذاری مالی، اجرای طرح‌های خودکارسازی بدون توجه به مسئله‌ی آموزش و آگاهی بهره‌برداران، عدم پشتیبانی شرکت‌های تامین‌کننده‌ی تجهیزات و مقاومت کشاورزان صاحب نفوذ و تخریب و دست‌کاری سازه‌ها و سامانه‌های خودکار به عنوان عوامل محدودکننده‌ی اجرا و بهره‌برداری از طرح‌های خودکارسازی مطرح شده است.

مکانیزم "عدالت در تخصیص اعتبارات، سرویس و خدمات خودکارسازی" حاکم بر شاخص عدالت در شبکه از الگوی موفقیت در پی توفیق و مکانیزم "کفایت و انعطاف‌پذیری سیستم" حاکم بر شاخص‌های کفایت و انعطاف‌پذیری در شبکه‌ی آبیاری دشت قزوین از الگوی راه‌حل‌های منجر به شکست پیروی می‌کند.

ساختار کلی علت و معلولی کاربرد خودکارسازی در شبکه‌ی آبیاری دشت قزوین در شکل 10مشاهده می‌شود.



شکل 10- ساختار علت و معلولی کاربرد خودکارسازی در شبکه‌ی آبیاری دشت قزوین

توسعه‌ی مدل کمی: ایجاد مدل دینامیک مستلزم استفاده از مدل علی و معلولی تبیین‌شده می‌باشد. به بیانی دیگر مدل‌سازی کمی بر اساس مکانیزم‌ها و ساختارهای تبیین‌شده در مدل علی و معلولی انجام می‌پذیرد و بر اساس نمودارهای علیتی معرفی شده می‌توان نمودارهای جریان را رسم نمود. در نمودارهای جریان رابطه ریاضی بین متغیرها در محیط نرم‌افزار Vensim تعریف می‌شود. بر اساس ساختار علی و معلولی شناسایی شده مدل کاربرد خودکارسازی در شبکه‌ی آبیاری دشت قزوین همراه با جزییاتدر شکل 11 ارائه شده است.

دراین مدل پس از نرمال کردن داده‌های ورودی که شامل مقادیر ثبت شده از سال 1370 تا 1391 در بخش‌های بهره‌برداری و نگهداری (که از شرکت بهره‌برداری شبکه‌ی آبیاری و زهکشی قزوین اخذ گردید) و گزارشات موجود می‌باشد، روابط بین متغیرها در ساده-ترین شکل توسعه یافت و بر اساس روابط توسعه یافته مدل اجرا شد. در ادامه بخشی از روابط مهم توسعه یافته تشریح می‌شوند.

سطح مطلوبیت شبکه به صورت میانگین عوامل موثر در آن از قبیل کفایت، انعطاف‌پذیری، عدالت، راندمان کل و راندمان برداشت از آب زیرزمینی از طریق رابطه1 تعیین خواهد شد.

$$U = \frac{1}{5}(Ad + Fl + Eq + E_P + E_{dr}) \quad (1)$$

U: سطح مطلوبیت موجود؛Ad : عامل کفایت مطابق رابطه 2؛Fl : عامل انعطاف‌پذیری مطابق رابطه 3؛Eq : عامل عدالت مطابق رابطه-4؛E_P : راندمان کل شبکه مطابق رابطه9؛E_{dr} : راندمان بهره‌برداری از آب زیرزمینی مطابق رابطه 10.

کفایت کل (Ad) برابر حاصل‌ضرب کفایت برنامه‌ریزی (Ad_{pl}) و کفایت تحویل (Ad_{del}) بوده و از رابطه2 قابل محاسبه است.

$$Ad = Ad_{del} \times Ad_{pl} \quad (2)$$

عامل انعطاف‌پذیری به‌صورت متغیر حالت در نظر گرفته شده و با استفاده از رابطه‌ی 3 محاسبه می‌شود. در شبکه‌ی آبیاری قزوین در اکثر مواقع سعی می‌شود در صورت امکان تحویل آب بر اساس درخواست کشاورزان و توافق بین نماینده کشاورزان و شرکت بهره-برداری صورت گیرد.

$$Fl = Fl_1 + \sum_{t=1}^{n} (Fl_{It} - Fl_{Dt}) \quad (3)$$

Fl_1: سطح انعطاف‌پذیری در سال مبنا؛Fl_I: بهبود انعطاف-پذیری؛Fl_D؛ کاهش انعطاف‌پذیری؛n : تعداد سال‌های اجرای مدل و t: سال اجرای مدل.

عامل عدالت بر اساس متغیر معیار عدالت در تخصیص سرویس و خدمات خودکارسازی به کشاورزان صاحب نفوذ و سایر کشاورزان با استفاده از رابطه4 تعریف می‌شود.

$$Eq = \frac{1}{A_S} \quad (4)$$

A_S: معیار عدالت در تخصیص سرویس و خدمات خودکارسازی به کشاورزان صاحب نفوذ و سایر کشاورزان.

مجموع آب تحویلی به شبکه (V_{del})، شامل آب سطحی (V_{surf}) (از سد زیاران) و آب زیرزمینی (V_{draw}) طبق رابطه‌ی 5 می‌باشد.

$$V_{del} = V_{surf} + V_{draw} \quad (5)$$

حجم تلفات آب (V_L) در شبکه‌ی قزوین از تفاوت آب تحویلی به شبکه (V_{del}) و مجموع آب مصرفی کشاورزان (V_{cons}) و تغذیه‌ی مصنوعی (V_{rech}) طبق رابطه‌ی 6 به‌دست می‌آید.

$$V_L = V_{del} - (V_{cons} + V_{rech}) \quad (6)$$

تلفات آب در شبکه ناشی از عوامل مختلف مانند وجود درز و ترک در پوشش کانال، نشت آب، تبخیر، عدم کارکرد صحیح تاسیسات و تجهیزات و سایر موارد می‌باشد. از طریق اجرای طرح‌های خودکارسازی می‌توان بخشی از تلفات آب (حدودا 30 درصد) را که مربوط به عدم کارکرد صحیح دریچه‌های خودکار آمیل و آبگیرهای نیرپیک می‌باشد، کنترل و کاهش داد، بنابراین بر اساس توضیحات ارائه شده و طبق نظر کارشناسی، ضریب کاهش تلفات در اثر اجرای طرح‌های خودکارسازی (C_{La})، 0/7در نظر گرفته شده است و تلفات اصلاح شده آب (V_{La}) در اثر اجرای طرح‌های خودکارسازی طی فرآیند انتقال و توزیع از رابطه‌ی 7به‌دست می‌آید.

$$V_{La} = C_{La} \times V_L \quad (7)$$

راندمان انتقال و توزیع در شبکه، با مشخص شدن تلفات در مسیر انتقال و توزیع با استفاده از رابطه‌ی 8 محاسبه می‌شود (ICID., 1978; Bos and Nugteren., 1990).

$$E_{c-d} = 1 - \frac{V_{La}}{V_{del}} \quad (8)$$

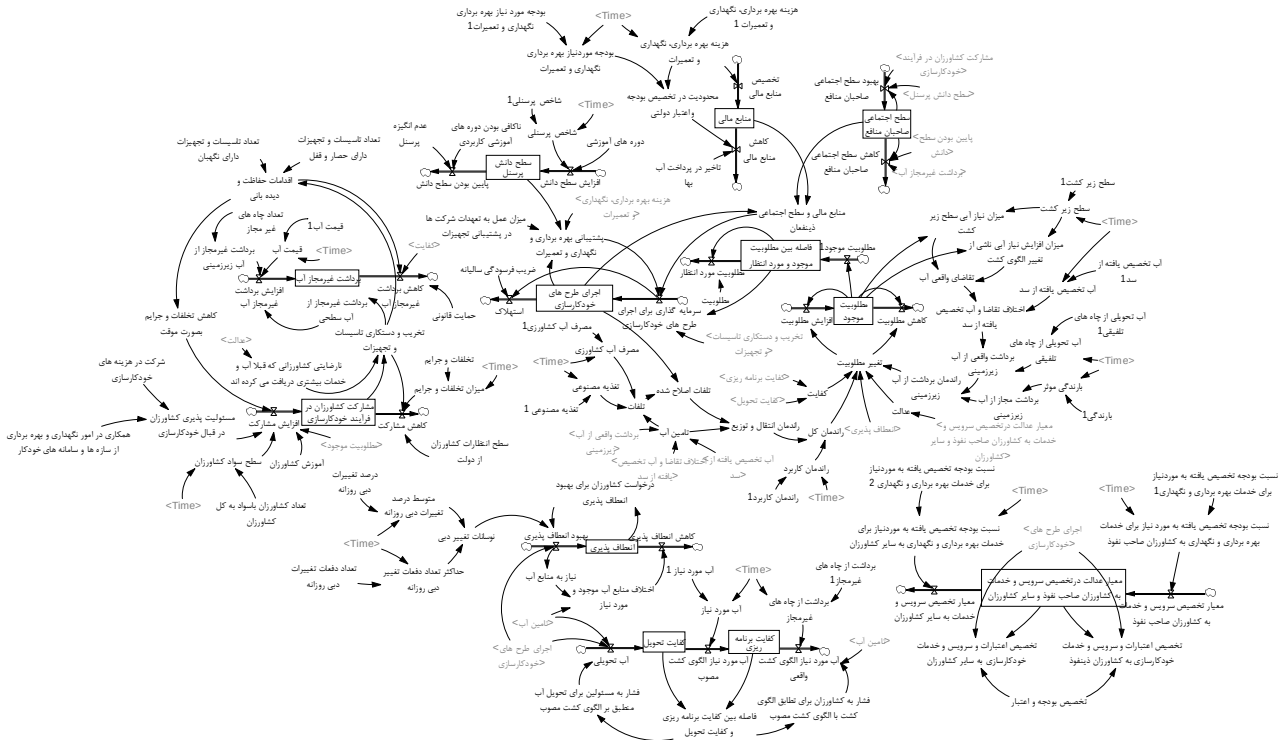
E_{c-d}: راندمان انتقال و توزیع، V_{La}: تلفات اصلاح شده (میلیون مترمکعب) مطابق رابطه‌ی 7 و V_{del}: آب تحویلی به شبکه (میلیون مترمکعب) مطابق رابطه‌ی 5.

راندمان کل بر اساس حاصل‌ضرب راندمان کاربرد (E_a) و راندمان انتقال و توزیع تعریف شده و از رابطه‌ی 9 قابل محاسبه است (ICID, 1978; Bos and Nugteren, 1990).

$$E_P = E_{c-d} \times E_a \quad (9)$$

حجم برداشت واقعی از آب زیرزمینی با توجه به حجم آب تحویلی از چاه‌های تلفیقی و اختلاف تقاضا و آب تخصیص یافته از سد به‌دست آمده و راندمان بهره‌برداری از آب زیرزمینی با توجه به برداشت واقعی و برداشت مجاز از آب زیرزمینی از رابطه 10 قابل محاسبه می‌باشد.

$$E_{dr} = \frac{V_{allow}}{V_{draw}} \text{ if } V_{allow} < V_{draw} \text{ otherwise } E_{dr} = 1 \quad (10)$$



شکل 11- مدل کاربرد خودکارسازی در شبکه‌ی آبیاری دشت قزوین همراه با جزییات

V_{allow}: حجم برداشت مجاز از آب زیرزمینی (میلیون مترمکعب)؛ V_{draw}: حجم برداشت واقعی از آب زیرزمینی (میلیون مترمکعب). هرچه اختلاف برداشت واقعی و برداشت مجاز از آب زیرزمینی افزایش یابد، راندمان بهره‌برداری از آب زیرزمینی کاهش یافته و سطح مطلوبیت در شبکه نیز کاهش خواهد یافت.

جهت تعیین مقدار تغییر (افزایش یا کاهش) مطلوبیت شبکه، سطح مطلوبیت موجود شبکه با مطلوبیت آن سال مقایسه و افزایش یا کاهش مطلوبیت با استفاده از رابطه 11 بر مطلوبیت شبکه اعمال شده است.

$$\mathbf{If}\,(U_t - U) < 0\ \mathbf{Then} R_U = |U_t - U| \mathbf{and}\ I_U = 0\ \mathbf{Else} I_u = |U_t - U| \mathbf{and} R_U = 0 \quad (11)$$

R_U: کاهش سطح مطلوبیت شبکه؛ I_U: افزایش سطح مطلوبیت شبکه؛ U: سطح مطلوبیت شبکه مطابق رابطه 1 و U_t: سطح مطلوبیت شبکه در هر سال.

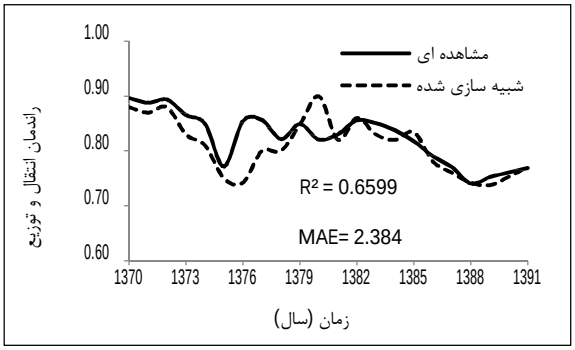
آمار داده‌های مربوط به حجم آب تحویلی از سد زیاران، حجم برداشت از آب زیرزمینی (چاه‌های تلفیقی)، مصرف آب کشاورزی، تغذیه‌ی مصنوعی آبخوان، راندمان کاربرد، مقدار بارندگی موثر، هزینه‌ی متوسط سالانه‌ی شبکه وآب مورد نیاز الگوی کشت مصوب سازمان جهاد کشاورزی در طول 22 سال از سال 1370 تا 1391 از شرکت بهره‌برداری شبکه آبیاری دشت قزوین تهیه و در اجرای مدل مورد استفاده قرار گرفت. سایر عوامل نیز با استفاده از داده‌های موجود محاسبه شد.

صحت‌سنجی مدل: قبل از استفاده، مدل برای تعیین و امتحان گزینه‌های سیاست‌گذاری، باید نسبت به عملکرد صحیح مدل اطمینان حاصل نمود.

الف) آزمون تکرار رفتار: این آزمون به بررسی خروجی‌های مدل از طریق مقایسه‌ی داده‌های تولیدی توسط مدل با داده‌های تاریخی توجه دارد. در این آزمون نتایج تولید شده توسط مدل برای متغیر راندمان انتقال و توزیع با داده‌های مشاهداتی مقایسه شد،نتایج آن در شکل 12 نشان داده شده است.

همان‌طور که ملاحظه می‌شودتطابق قابل قبولی بین مقادیر مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده وجود دارد.

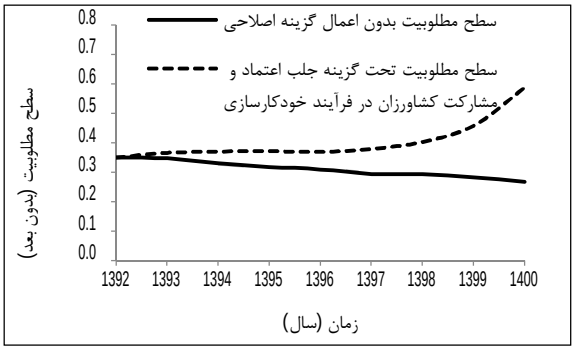
ب) آزمون شرایط حدی:توانایی مدل در کارا بودن تحت شرایط حدی، به اطمینان‌پذیری مدل جهت تصمیم‌گیری و اتخاذ گزینه‌ی مناسب می‌افزاید. آزمون شرایط حدی بر روی کلیه متغیرهای مدل انجام پذیرفته است. به طور مثال با صفر در نظر گرفتن میزان مطلوبیت موجود، فاصله بین مطلوبیت موجود و مورد انتظار حداکثر شده است.



شکل 12- داده‌های شبیه‌سازی شده و مشاهده‌ای راندمان انتقال و توزیع در شبکه‌ی آبیاری قزوین

اجرای مدل و آزمون گزینه‌ها:مدل برای سال‌های 1370 تا 1400 اجرا شده است. در طول سال‌های 1392 تا 1400 مدل باید به تحلیل اثرات ناشی از اعمال گزینه‌های مختلف در شبکه‌ی آبیاری قزوین بپردازد. در این مطالعه با توجه به حلقه‌های علت و معلولی سه گزینه اصلاحی در نظر گرفته شده است که عبارتند از:

جلب اعتماد و مشارکت کشاورزان در فرآیند خودکارسازی: این گزینه از طریق ارتقا سطح آگاهی صاحبان منافع و همچنین کاهش میزان تخریب و دست‌کاری سازه‌ها و سامانه‌های خودکار، سبب افزایش سرمایه‌گذاری در جهت اجرای طرح‌های خودکارسازی و بهبود سطح مطلوبیت در شبکه می‌شود. این گزینه بر حلقه‌های تعادلی B4، B2 و B8 تاثیرگذار است.با اعمال این گزینه، مطابق با شکل 13 سطح مطلوبیت بین سال‌های 1392 تا 1400 به طور متوسط به میزان 9/5 درصد افزایش یافته است.



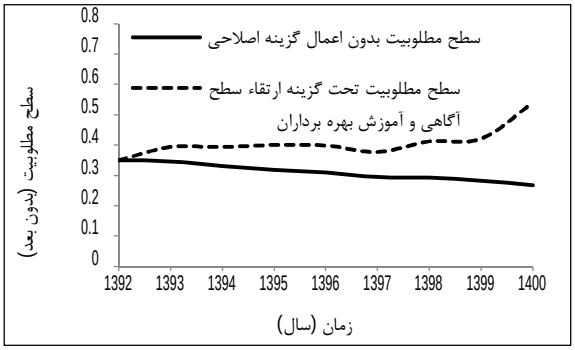
شکل 13- روند تغییرات مطلوبیت سیستم در اثر اعمال گزینه‌ی جلب اعتماد و مشارکت کشاورزان در فرآیند خودکارسازی

ارتقا سطح آگاهی و مهارت بهره‌برداران: ارتقا سطح آگاهی و مهارت بهره‌برداران بر حلقه‌های تعادلی B1 و B8 اثرگذار می‌باشد. با ارتقا سطح آگاهی و مهارت بهره‌برداران، مطابق با شکل 14 سطح مطلوبیت در شبکه بین سال‌های 1392 تا 1400 به طور متوسط 9/9 درصد افزایش خواهد یافت.

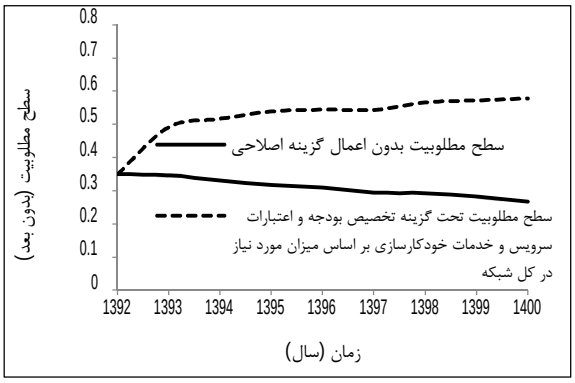
تخصیص بودجه و اعتبارات سرویس و خدمات خودکارسازی بر اساس میزان موردنیاز در کل شبکه:این گزینه از روند بی‌عدالتی در تخصیص سرویس و خدمات خودکارسازی و فعال شدن حلقه‌های تقویتی Rd1 و Rd2 جلوگیری می‌نماید. می‌توان با تعریف شاخص‌های کنترلی میزان بودجه‌ی تخصیص یافته به بودجه‌ی موردنیاز جهت اجرای طرح‌های خودکارسازی، بی‌عدالتی را در شبکه کنترل نمود.مطابق شکل 15 تحت اعمال این گزینه، سطح مطلوبیت در شبکه بین سال‌های 1392 تا 1400 به طور متوسط به میزان 21/13 درصد بهبود یافته است.

نتیجه‌گیری

برای بهبود سطح مطلوبیت در شبکه‌های آبیاری از طریق کاربرد طرح‌های خودکارسازی نیاز به تعامل مجموعه عوامل تاثیرگذار، شناسایی الگوهای حاکم بر پدیده و بررسی تغییرات الگوهای رفتاری شناسایی‌شده در طول زمان می‌باشد.



شکل 14- روند تغییرات مطلوبیت سیستم در اثر اعمال گزینه‌ی ارتقا سطح آگاهی و مهارت بهره‌برداران



شکل 15- روند تغییرات مطلوبیت سیستم در اثر اعمال گزینه‌ی تخصیص بودجه و اعتبارات سرویس و خدمات خودکارسازی بر اساس میزانموردنیاز در کل شبکه

مطابق با نتایج اعمال گزینه‌های اصلاحی، گزینه‌تخصیص بودجه و اعتبارات سرویس و خدمات خودکارسازی بر اساس میزان موردنیاز در کل شبکه‌هاولویت اول،گزینه ارتقا سطح آگاهی و مهارت بهره-برداران اولویت دوم و گزینه‌ی جلب اعتماد و مشارکت کشاورزان در فرآیند خودکارسازی اولویت سوم را در بهبود سطح مطلوبیت شبکه دارا می‌باشد.

با شناخت صحیح مکانیزم‌های تاثیرگذار بر کاربرد خودکارسازی و تاثیر آن بر سطح مطلوبیت شبکه‌های آبیاری، می‌توان با تعیین خط مشی‌ها و سیاست‌های مناسب در دراز مدت موجبات ارتقا سطح مطلوبیت در شبکه را فراهم آورد.

منابع

احتشامی،م.، علی کناری،ش.، عباسی،ن. 1379. ارزیابی بازده انتقال و توزیع آب و همچنین علل افزایش زبری در کانال‌های شبکه آبیاری قزوین. دهمین همایش کمیته‌ی ملی آبیاری و زهکشی ایران. تهران.

حیدری،ن. 1386. گرایش‌های اخیر در مدیریت شبکه‌های آبیاری. یازدهمین همایش کمیته‌ی ملی آبیاری و زهکشی ایران. تهران.

رضوی نبوی،س.م. 1373. ضرایب تجربی در دریچه‌های نیرپیک. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی. دانشگاه تربیت مدرس تهران.

واعظ تهرانی،م.، منعم،م.ج.، باقری،ع. 1389. توسعه‌ی مدل نوسازی شبکه‌های آبیاری با رویکرد دینامیک سیستم‌ها، مطالعه‌ی موردی شبکه‌ی آبیاری قزوین. نهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، تهران.

واعظ تهرانی،م. 1391. توسعه‌ی مدل بهسازی شبکه‌های آبیاری با رویکرد دینامیک سیستم‌ها. رساله‌ی دکتری سازه‌های آبی. دانشکده‌ی کشاورزی. دانشگاه تربیت مدرستهران.

Bos,M.G., Nugteren,J. 1990. On Irrigation Efficiencies. 2nd Edi. ILRI publication No.19. International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI). Wageningen. The Netherlands.

ICID. 1978. Standards for the Calculation of Irrigation Efficiencies. ICID Bulletin 27.

Sterman,J.D. 2000. Systems Thinking and Modeling for a Complex World. McGraw-Hill Higher Education, New York.

Stave,K. 2003. A System Dynamic Models to Facilitate Public Understanding of Water Management Options in LasVegas. Journal of Envirmental Management. 67: 303-313.

Vlachos,D., Georgiadis,P and Iakovou,E. 2007. A system dynamics model for dynamic capacity planningof remanufacturing in closed-loop supply chains. International Journal of Computers and Operations Research. 34:367-394.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 1, Vol. 11, Apr.-May. 2017, p. 80-92

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره1، جلد 11، فروردین - اردیبهشت 1396، ص. 92-80

Studying the Effect of Automation of Qazvin Irrigation Network on Improving its Operation Using System Dynamics Approach

S.Z. MousaviHassani[1], M.J. Monem*[2], M. VaezTehrani[3]
Recived: Jun.06, 2016 Accepted: Feb.28, 2017

Abstract

Using automated technologies in irrigation networks in the long time affects network performance and will have an interaction with other factors affecting the performance of the network. The purpose of this study is to identify archetypes associated with automation and providing automation applications model in Qazvin irrigation network. For this purpose, after determining the dynamics of automation in Qazvin irrigation network and developing conceptual model based on the completed questionnaires and interviews, automation application model developed for irrigation network. The dynamics of automation of Qazvin irrigation network is studied, on the basis of irrigation networks indicators such as adequacy, efficiency, equity and flexibility and several improvement policies evaluated, so their effects on utility indices investigated. Then the long-term impacts of improvement policies on system utility are determined and the appropriate policies are suggested. By applying improvement policies such as, earning the trust and participation of farmers in the process of automation, promotion of knowledge and skills of beneficiaries and allocation of budget and finance of automation based on the amount required in the whole network, the utility of the network will improve between 9.5 to 21.13 percent.

Key words: Automation, Irrigation networks, Qazvin irrigation network, System Dynamic Approach

1- MSc, Water Structures Engineering, TarbiatModares University, Tehran
2- AssociateProfessor of Department of Water Structures Engineering, TarbiatModares University, Tehran
3- PhD, Water Structures Engineering, TarbiatModares University, Tehran
(*-Corresponding Author Email: monem_mj@modares.ac.ir)