

کاربرد قوانین التزامی در استخراج روابط بین عوامل فیزیکی و شاخص‌های بهره‌برداری شبکه‌های آبیاری (مطالعه موردی: شبکه آبیاری قزوین)

وحید قدیگی^۱، محمد جواد منعم^{۲*}، سید مهدی هاشمی شاهدانی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۷/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۶

چکیده

عملکرد شبکه‌های آبیاری علاوه بر اینکه تحت تأثیر عملیات بهره‌برداری و تحویل و توزیع آب است، تابع شرایط فیزیکی کانال‌ها و سازه‌ها نیز می‌باشد. با توجه به تنوع مشخصات فیزیکی شبکه، شناسایی مواردی که تأثیر بیش‌تری بر عملکرد شبکه دارند و تعیین میزان تأثیر آن‌ها می‌تواند در تعیین استراتژی‌های بازسازی و اصلاح شبکه‌های موجود و همچنین طراحی مبتنی بر عملکرد مطلوب برای شبکه‌های جدید کمک شایانی بنماید. در این تحقیق از قوانین التزامی، به عنوان یکی از روش‌های کارآمد داده‌کاوی، برای استخراج الگوهای عملکردی بهره‌برداری شبکه‌ها استفاده شده است. در این روش عوامل فیزیکی مؤثر در عملکرد بهره‌برداری به عنوان سری پیشین و شاخص‌های بهره‌برداری به عنوان پی‌آیند در نظر گرفته شده‌اند. به منظور استخراج قوانین التزامی از الگوریتم Apriori استفاده شد. در بررسی تک عاملی روابط، نتایج نشان داد فاصله‌ی آبیگر از کانال اصلی و نوع آبیگر به عنوان عوامل مؤثر بر شاخص کفایت تحویل آب به عنوان قوانین مستحکم با ضرایب اطمینان ۴۴ و ۴۷ درصد مطرح می‌باشند. بررسی همزمان چندین عامل فیزیکی بر شاخص‌های بهره‌برداری نتایج کامل‌تری نسبت به نتایج حاصل از بررسی تک عاملی ارائه می‌کند، لذا به منظور شناخت دقیق‌تر رابطه شاخص‌های بهره‌برداری و مشخصات فیزیکی شبکه باید عوامل اصلی مؤثر بر آن‌ها به صورت همزمان مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم Apriori، داده‌کاوی، نوسازی و بازسازی شبکه‌های آبیاری

مقدمه

طراحی شبکه‌های جدید را بر مبنای میزان تأثیر هر یک از عوامل فیزیکی بر عملکرد شبکه انجام داد. با استفاده از روش‌های داده‌کاوی می‌توان ارتباط بین ویژگی‌های فیزیکی شبکه و شاخص‌های عملکردی را به دست آورد.

تحلیل وابستگی‌ها یک حالت غیر نظارتی داده‌کاوی می‌باشد که به جستجو برای یافتن ارتباط در مجموعه داده‌ها می‌پردازد. یکی از کاربردی‌ترین حالات تحلیل وابستگی، استخراج قواعد التزامی می‌باشد (Tan and Yu., 2006). نمونه‌هایی از روش‌های غیر نظارتی داده‌کاوی در زمینه علوم آب، عبارت است از: مطالعات کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی، برآورد میزان پتانسیل آلودگی منابع آب زیرزمینی، تحقیقات مربوط به طبقه‌بندی رودخانه‌ها و حوضه‌های آبریز و مطالعات هیدرولوژی پیش‌بینی پدیده‌های جوی نظیر بارندگی، خشکسالی و ترسالی یکی دیگر از کاربردهای داده‌کاوی غیرنظارتی در مهندسی آب می‌باشد (Balzas, F., 2006).

فتاحی و همکاران (۱۳۹۱) با استفاده از قواعد التزامی، ارتباط بارندگی پاییزه و زمستانه را با دمای سطح آب‌های آزاد به دست آوردند. آن‌ها در تحقیق خود داده‌های سه ایستگاه سینوپتیک آبادان، اهواز و دزفول، واقع در استان خوزستان را در طی سال‌های ۱۹۶۶-

رشد روز افزون جمعیت و نیاز به غذا سبب گردیده که بخش کشاورزی کانون توجهات قرار گیرد. از آنجاییکه این بخش یکی از عمده‌ترین مصرف‌کننده‌های آب به شمار می‌آید، باید به مدیریت و افزایش بهره‌وری آب در این بخش توجه ویژه‌ای معطوف نمود. در مدیریت و بهره‌برداری شبکه‌های آبیاری، نحوه‌ی تحویل و توزیع آب و برنامه‌ریزی‌های مربوطه، اهمیت قابل توجهی دارند. علاوه بر آن عملکرد شبکه‌های آبیاری در مناطق مختلف آن با توجه به تفاوت شرایط فیزیکی شبکه از نظر نوع سازه‌ها، موقعیت سازه‌های آبیگر نسبت به سازه‌های تنظیم، سطح تحت پوشش آبیگرها، فاصله آبیگرها از کانال اصلی متفاوت می‌باشد.

چنانچه بتوان ارتباط مشخصات فیزیکی شبکه و شاخص‌های عملکردی را تعیین نمود، می‌توان بازسازی شبکه‌های موجود و

۱ - دانش‌آموخته کارشناسی ارشد سازه‌های آبی، دانشگاه تربیت مدرس

۲ - دانشیار گروه سازه‌های آبی، دانشگاه تربیت مدرس

۳ - استادیار گروه آبیاری و زهکشی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

*- نویسنده مسئول: Email: monem_mj@modares.ac.ir

قوانین التزامی^۱ قادر است روابط مفید و مناسب بین داده‌ها را یافته تا بتوان از آن‌ها در بازسازی و اصلاح شبکه‌ها استفاده نمود. هدف اصلی این تحقیق معرفی و کاربرد روش قوانین التزامی عملکردی در سطح شبکه‌ی آبیاری بوده است. الگوها و قواعد به‌دست آمده از این روش به مدیران شبکه کمک خواهد کرد تا ارتباط بین مشخصات فیزیکی و عملکرد شبکه را بهتر درک کرده و در تصمیم‌گیری‌ها و برنامه‌ریزی‌های خود برای بازسازی و اصلاح شبکه اقدامات مناسب-تری انجام دهند.

مواد و روش‌ها

قوانین التزامی

مفهوم قوانین التزامی با ارائه مقاله‌ای از آگراوال و همکاران (Agrawal et al., 1993) معرفی شد. هدف از کاوش قوانین التزامی، یافتن ارتباطات بین اجزای یک مجموعه می‌باشد. به این ترتیب جستجوی یافتن وابستگی‌ها و ساختارهای علی و معلولی موجود بین اعضاء بانک‌های اطلاعاتی و داده‌های آن‌ها در این مقوله جای می‌گیرد (Tan and Yu, 2006). فرآیند کشف قوانین التزامی، قواعدی را تولید می‌نماید که بیانگر آن است که انجام یک جزء (تالی - پی‌آیند) تا چه حد به انجام جزئی دیگر (مقدم-پیشین) منوط است. اعتبار قاعده‌ی تولیدی با ضریب اطمینان^۲ و پشتیبانی^۳ بیان می‌شود. شکل کلی این قوانین به صورت زیر نشان داده می‌شود:

[ضریب اطمینان، ضریب پشتیبانی] پی‌آیند → پیشین

ضریب پشتیبانی^۳، احتمال شمول مقدم و تالی در یک قانون می‌باشد. به عبارت دیگر ضریب پشتیبانی نسبت وقایع هم زمان A و B به کل وقایع موجود در D را نشان می‌دهد که از تقسیم تعداد وقایعی که شامل A و B می‌باشند بر تعداد کل وقایع به دست می‌آید (رابطه ۱)

$$S = P(A \cap B) = \frac{\text{number of transaction containing both } A \text{ and } B}{\text{total number of transactions}} \quad (1)$$

در قاعده $A \rightarrow B$ ، ضریب اطمینان C، صحت یک قاعده را مشخص می‌کند. این ضریب نشان می‌دهد اگر تبادل، شرایط مقدم را اختیار کند، آنگاه با چه احتمالی شرایط تالی را نیز کسب می‌کند. به عبارت دیگر نسبت تعداد وقایع شامل A و B، به تعداد وقایع شامل A می‌باشد و از تقسیم تعداد وقایعی که شامل A و B می‌باشند بر تعداد وقایع شامل A، به دست می‌آید (رابطه ۲).

۲۰۱۰ مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان دادند که دمای سطح آب دریای سرخ یا خلیج فارس به طور جداگانه، تنها برای پیش‌بینی شرایط خنثی در ایستگاه آبادان مفید است. از میان این قوانین، پیش-بینی شرایط خنثی با پشتیبانی بیش‌تری صورت می‌گیرد.

تحقیقات انجام شده بر روی استخراج الگوهای عملکردی در شبکه‌های آبیاری به منظور ارزیابی واقع‌بینانه‌تر شبکه‌های آبیاری از دیرباز مورد توجه محققین مختلف بوده است و محققین مختلفی بر روی عملکرد شبکه‌های آبیاری تحقیق کرده‌اند. امروزه در شبکه‌های آبیاری داده‌های وسیعی تولید می‌شود که امکان استفاده از روش‌های جدید داده کاوی را فراهم می‌کند. با استفاده از این شاخه از علوم می‌توان روابط ناشناخته و الگوهای عملکردی موجود در شبکه‌های آبیاری را به دست آورد. در یک تحقیق عملکرد شبکه‌های آبیاری گلبورن استرالیا و شی جین در کشور چین را با استفاده از داده‌های زمانی رتبه‌بندی و خوشه‌بندی شد (Malano and Gao, 1992). **منعم و هاشمی (۱۳۹۰)** به منظور بهبود مدیریت شبکه، با استفاده از تکنیک خوشه‌بندی، اجزائی از شبکه که دارای عملکرد مشابه از لحاظ خصوصیات فیزیکی و فنی هستند را شناسایی کردند. با استفاده از این روش، مدیران شبکه قادرند دامنه تصمیم‌گیری‌های خود را از محدوده‌ی وسیع به محدوده‌ی کوچک‌تری در ابعاد چند منطقه همگن کاهش دهند. این امر سبب سهولت مدیریت و تصمیم‌گیری در سطح مناطق همگن خواهد شد (Monem and Hashemy, 2011). زحمتکش و منتظر (۱۳۹۰) اقدام به استفاده ترکیبی از روش‌های مقایسه‌ای و داده کاوی در ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری کردند. در تحقیق آن‌ها عملکرد ۱۸ شبکه‌ی آبیاری جهان مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور آن‌ها عملکرد شبکه‌های آبیاری دز، سفیدرود، تجن و وشمگیر از ایران را با ۱۴ شبکه آبیاری از کشورهای آمریکای لاتین، آفریقا، خاور نزدیک، هندوستان مورد ارزیابی قرار دادند. در بررسی‌های آن‌ها ۱۳ شاخص ارزیابی در زمینه عملکرد (در دو حوزه ارائه خدمات به بهره‌برداران و راندمان تولید) تهیه گردید.

علی‌رغم آگاهی از مشکلات شبکه‌ها و طرح آن‌ها در مجامع مختلف علمی، راهکارهای پیشنهادی تأثیر محدودی بر بهبود عملکرد شبکه‌ها داشته‌اند و شبکه‌ها همچنان از چرخه‌ی معیوب بهسازی و شکست متوالی رنج می‌برند و برنامه بهره‌برداری هم‌چنان با انعطاف-پذیری، اعتمادپذیری و عدالت بسیار پایینی صورت می‌گیرد (Burt, 2011). امروزه بسیاری از شرکت‌ها و مؤسسات داده‌های گسترده‌ای از عملکرد، فروش، سود و ... تولید می‌کنند و یک انبار داده تولید می‌کنند. این شرکت‌ها باید از این داده‌ها به نحوی استفاده کنند که سودآوری و مدیریت شرکت را ارتقاء داده و باعث بهبود عملکرد شرکت‌ها و سازمان‌ها شوند (Saitta et al, 2005). بنابراین با استفاده از داده‌های وسیع موجود در شبکه می‌توان تحلیل‌های عمیق‌تر و کامل‌تری در جهت بهبود و ارتقاء عملکرد شبکه انجام داد.

1- Association Rule Mining
2 - Confidence
3 - Support

که در آن:

PA = شاخص کفایت برای کل سیستم؛ T = فواصل زمانی در نظر گرفته شده برای ارزیابی عملکرد؛ R = تعداد کل آبیگری‌های اندازه‌گیری شده؛ Q_D = دبی واقعی تحویلی؛ Q_R = دبی مورد نیاز.

شاخص پایداری تحویل

شاخص پایداری تحویل نیز به عنوان یکی دیگر از شاخص‌های بهره‌برداری با توجه به تغییرات زمانی شاخص کفایت در دوره‌های تحویل انتخاب شد. پایداری تحویل به معنی تحویل دبی آب به صورت ثابت در طول زمان تحویل آب می‌باشد. به طوری‌که دریافت کننده‌ی آب به در دسترس بودن دبی ثابت در زمان تحویل اطمینان داشته و بتواند برای آن برنامه‌ریزی کند. جهت کمی کردن این شاخص از ضریب تغییرات زمانی (CV_T) شاخص کفایت در طول زمان استفاده شده است (رابطه ۴) (Molden and Gates, 1990). هرچه قدر این شاخص به سمت صفر میل کند، شبکه از لحاظ پایداری تحویل، عملکرد مناسب‌تری خواهد داشت.

$$PA = \frac{1}{R} \sum_{R} CV_T P_A \quad (4)$$

عوامل فیزیکی

به‌منظور استخراج الگوهای عملکردی در این پژوهش لازم است عوامل فنی و فیزیکی شبکه‌ی آبیاری قزوین مرتبط با شاخص‌های بهره‌برداری مشخص شوند. بنابراین برای تعیین ویژگی‌های مورد استفاده، عوامل اصلی تاثیرگذار بر شاخص بهره‌برداری شبکه (کفایت تحویل و پایداری تحویل) بررسی شد. شاخص کفایت نشان‌دهنده‌ی نسبت آب واقعی تحویلی به آب مورد نیاز آبیگر است در دوره‌های تحویل آب است. لذا مهم‌ترین عامل مؤثر بر آب مورد نیاز آبیگرها با توجه به آنکه الگوی کشت تمامی آبیگرها ثابت است، سطح تحت پوشش هر آبیگر می‌باشد. از طرفی تغییرات میزان آب تحویلی طی دوره‌های مختلف زمانی تحویل، تابعی از نوع مدل آبیگر و گام‌های تنظیم دبی آن، تراز سطح آب در مقابل دهانه‌ی آبیگر و تغییرات تراز آب در دوره‌ی تحویل آب می‌باشد. برای انعکاس میزان آب تحویلی نوع مدل آبیگر به‌عنوان عامل فیزیکی مؤثر انتخاب شد. علاوه بر آن میزان آب تحویلی به هر آبیگر به شدت تحت تأثیر وضعیت آبیگری آبیگرها در بالادست است، از طرفی تلفات آب در کانال‌ها در پایین دست شبکه بیش‌تر نمایان می‌شود، لذا فاصله‌ی آبیگر از ابتدای کانال یکی از عوامل مهم تأثیرگذار بر میزان آب تحویلی به آبیگر محسوب می‌شود. تراز سطح آب و تغییرات آن در مقابل دهانه‌ی آبیگر تابعی از فاصله‌ی آبیگر از سازه‌ی تنظیم است. بنابراین از مجموعه مشخصات فیزیکی شبکه و آبیگر، عوامل اصلی مؤثر بر شاخص بهره‌برداری کفایت: عوامل سطح تحت پوشش، مدل آبیگر، فاصله آبیگر از کانال

$$C = P(B|A) = \frac{\text{number of transaction containing both } A \text{ and } B}{\text{number of transaction containing } A} \quad (2)$$

این ضریب با توجه به این که میزان صحت یک قاعده را نشان می‌دهد در پاره‌ای موارد تحت عنوان میزان صحت نیز نامیده می‌شود. در این تحقیق از الگوریتم Apriori برای استخراج قوانین التزامی بهره‌برده شد. ورودی این الگوریتم ماتریسی از داده‌ها می‌باشد که به صورت گسسته هستند. این الگوریتم از معیارهای ضریب پشتیبانی و ضریب اطمینان جهت استخراج قوانین مفید و مستحکم استفاده می‌کند و فضای جستجو را تا حد قابل قبولی کاهش می‌دهد (Zhao and Bhowmick, 2003).

اکثر الگوریتم‌های کشف الگو در دو گام انجام می‌شوند. در گام اول تعداد وقایع مکرر را پیدا کرده و در گام دوم قوانین مناسب را استخراج می‌کنند (Hand and Smyth, 2001). در این تحقیق از نرم‌افزار Clementine 12.0 برای استخراج قوانین التزامی شبکه آبیاری قزوین استفاده گردید.

منطقه مورد مطالعه

شبکه‌ی آبیاری قزوین به سبب وجود اطلاعات گسترده بهره‌برداری و فیزیکی جهت انجام این تحقیق در نظر گرفته شد. تنظیم کننده‌های سطح آب در این شبکه از نوع آمیل بوده و درپچه‌های آبیگری از کانال‌های درجه دو نیز عموماً از نوع نیرپیک می‌باشند. در تحقیق حاضر با توجه به ضرورت وجود داده‌های قابل توجه برای استفاده در روش‌های داده‌کاوی، تعداد ۱۴۹ آبیگر موجود بر روی ۹ کانال درجه ۱ شبکه و ۱۷ آبیگر واقع بر کانال اصلی (Main Canal) شبکه مورد بررسی قرار گرفتند که اطلاعات آب تحویلی و سهمیه‌ی ۱۶۶ آبیگر واقع بر این کانال‌ها در سال ۱۳۸۶ و ۱۳۲ آبیگر واقع بر این کانال‌ها در سال ۱۳۸۷ به صورت ماهانه و حجمی در دسترس بود. لذا به‌دلیل بیش‌تر بودن اطلاعات در سال ۱۳۸۶، اطلاعات این سال جهت استخراج قواعد التزامی شبکه مورد استفاده قرار گرفت و از اطلاعات سال ۱۳۸۷ برای ارزیابی قوانین استخراج شده استفاده شد.

شاخص‌های بهره‌برداری شاخص کفایت

با توجه به وضعیت منابع آب در شبکه شاخص کفایت تحویل به عنوان مهم‌ترین شاخص عملکردی شبکه در نظر گرفته شد. مولدن و گیتز شاخص کفایت را به صورت رابطه‌ی ۳ نشان دادند (Molden and Gate, 1990).

$$PA = \frac{1}{T} \sum_T \left[\frac{1}{R} \sum_R \left(\frac{Q_D}{Q_R} \right) \right] \quad (3)$$

اصلی و فاصله آبیگر از سازه‌ی تنظیم در نظر گرفته شد. مقادیر حداکثر، حداقل و نیز ضریب تغییرات خصوصیات در نظر گرفته شده در جدول ۱ نشان داده شده است. هم‌چنین نوع مدل دریاچه‌های

جدول ۱- حدود تغییرات خصوصیات فیزیکی و شاخص‌های بهره‌برداری برای آبیگرهای شبکه آبیاری قزوین

| مقدار حداکثر | شاخص بهره‌برداری | | عوامل فیزیکی | | مقدار حداقل |
|--------------|------------------|---------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------|
| | کفایت تحویل | پایداری تحویل | فاصله آبیگر از کانال اصلی (متر) | فاصله آبیگر از سازه تنظیم (متر) | |
| ۱/۶ | ۱ | ۲۸۱۳۰ | ۱۶۵ | ۶۵۸ | مقدار حداکثر |
| ۰/۰۵ | ۰/۰۷ | ۰ | ۰ | ۳ | مقدار حداقل |
| ۰/۵۵ | ۰/۴۰ | ۰/۸۷ | ۰/۹۴ | ۲/۱۸ | ضریب تغییرات |

جدول ۲- تعداد و نوع مدل دریاچه‌های استفاده شده در کانال‌های شبکه‌ی آبیاری قزوین

| نوع دریاچه | کم‌ترین ظرفیت | بیش‌ترین ظرفیت | تعداد دریاچه |
|------------|---------------|----------------|--------------|
| XX1 | ۸۰ | ۴۷۰ | ۱۱۰ |
| XX2 | ۲۰۰ | ۴۸۰ | ۱۹ |
| L1 | ۵۰۰ | ۱۰۰۰ | ۳۵ |
| C1 | ۱۰۰۰ | ۱۹۰۰ | ۱ |
| C2 | ۱۰۰۰ | ۱۹۰۰ | ۱ |

حاصل شده از ارتباط عوامل فیزیکی با شاخص کفایت بررسی می‌شود و در انتها تأثیر هم‌زمان این عوامل بر شاخص کفایت بررسی می‌شود.

جدول ۳- دسته‌بندی شاخص‌های بهره‌برداری

| شاخص بهره‌برداری | خوب | متوسط | ضعیف |
|------------------|-------------|-------------|----------|
| کفایت | ۰/۶۰ - ۱/۰۰ | ۰/۴۰ - ۰/۶۰ | ۰ - ۰/۴۰ |
| پایداری تحویل | ۰ - ۰/۳۵ | ۰/۷۰ ≥ - > | > ۰/۷۰ |

جدول ۴- دسته‌بندی عوامل فیزیکی

| عوامل فیزیکی | خیلی زیاد | متوسط | کم |
|-----------------------------|-----------|-------------|--------|
| فاصله از کانال اصلی (متر) | ۹۰۰۰ < | ۴۰۰۰ - ۹۰۰۰ | < ۴۰۰۰ |
| فاصله از سازه‌ی تنظیم (متر) | ۵۰ < | ۵ - ۵۰ | < ۵ |
| مساحت تحت پوشش (هکتار) | ۱۲۰ < | ۵۰ - ۱۲۰ | < ۵۰ |

ارزیابی قوانین استخراج شده

برای بررسی و تأیید صحت قوانین التزامی استخراج شده در سال ۱۳۸۶، این قواعد با قوانین استخراج شده در سال ۱۳۸۷ مورد ارزیابی قرار گرفتند و قواعدی که توانسته بودند حد قابل قبول اطمینان و پشتیبانی را در ۲ سال تأمین کنند به عنوان یک قاعده پذیرفته شدند. به عنوان نمونه در جدول ۵ قواعد حاصله میان نوع دریاچه آبیگری و شاخص کفایت در سال ۱۳۸۷ و ۱۳۸۶ مورد بررسی قرار می‌گیرد.

آماده‌سازی داده‌ها

از آنجاییکه داده‌های مورد نیاز برای تحلیل قوانین التزامی با استفاده از الگوریتم Apriori باید به صورت مجزا باشند، باید متغیرهای پیوسته به شکل گسسته دسته‌بندی شوند. بنابراین با توجه به اینکه، شاخص‌های کفایت، پایداری تحویل، سطح تحت پوشش آبیگر، فاصله‌ی آبیگر از کانال اصلی و فاصله‌ی آن از سازه‌ی تنظیم، داده‌های پیوسته می‌باشند در جهت آماده‌سازی داده‌ها، این شاخص‌ها گسسته‌سازی شده و در دسته‌های مختلف جای گرفتند. برای سهولت تجزیه و تحلیل نتایج و استحکام قوانین حاصله، هریک از شاخص‌های عملکرد و عوامل فیزیکی به ۳ دسته تقسیم شده‌اند. شاخص کفایت با استفاده از تحقیق سوماراسکا (Somarasekaet, 1987) به صورت جدول ۳، و عوامل فیزیکی نیز با توجه به توزیع این عوامل در شبکه و بهره‌گیری از دیدگاه‌های افراد با تجربه، به شرح جدول ۴ دسته‌بندی شدند.

نتایج و بحث

بررسی نتایج با نظر به سطح دقت مورد نظر از دیدگاه کاربردی در شبکه‌ها برای پذیرش قواعد حداقل ۲ تکرار برای هر قانون و ضریب اطمینان حداقل ۳۰ درصد در نظر گرفته شد. در این قسمت ابتدا یک نمونه از ارزیابی قواعد استخراج شده گزارش شده و در ادامه قوانین

جدول ۵- نتایج استخراج شده میان نوع دریاچه و شاخص کفایت

| شماره قانون | نوع دریاچه | شاخص کفایت | سال ۱۳۸۶ | | سال ۱۳۸۷ | |
|-------------|------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|
| | | | اطمینان % | پشتیبانی % | اطمینان % | پشتیبانی % |
| ۱ | | خوب | ۴۰/۲۹ | ۷/۲۳ | ۳۶/۶۷ | ۸/۴۰ |
| ۲ | L1 | متوسط | ۳۸/۲۹ | ۷/۲۳ | ۳۷/۶۷ | ۸/۴۰ |
| ۳ | | ضعیف | ۲۱/۴۳ | ۶/۶۳ | ۲۶/۶۷ | ۶/۱۱ |
| ۴ | | خوب | ۳۲/۷۳ | ۲۱/۶۹ | ۲۸/۷۴ | ۱۹/۰۸ |
| ۵ | XX1 | متوسط | ۲۶/۳۶ | ۱۷/۴۷ | ۲۸/۷۴ | ۱۹/۰۸ |
| ۶ | | ضعیف | ۴۰/۹۱ | ۲۷/۱۱ | ۴۲/۵۳ | ۲۸/۲۴ |
| ۷ | | خوب | ۴۲/۱۱ | ۴/۸۲ | ۴۶/۱۵ | ۴/۵۸ |
| ۸ | XX2 | متوسط | ۴۷/۳۷ | ۵/۴۲ | ۴۶/۱۵ | ۴/۵۸ |
| ۹ | | ضعیف | ۱۰/۵۳ | ۱/۲۱ | ۷/۶۹ | ۰/۷۶ |

و شاخص کفایت با در نظر گرفتن شاخص بهره‌برداری کفایت به عنوان تالی (پی‌آیند) و نوع دریاچه به عنوان مقدم (پیشین) مربوط به سال ۱۳۸۶ ارائه شده است.

در این قواعد بالاترین حد اطمینان برای دریاچه مدل XX2 و شاخص کفایت متوسط به میزان ۴۷/۳۷ درصد به دست آمده است. لذا می‌توان اظهار داشت که ۴۷ درصد از دریاچه‌های آبیگر مدل XX2 دارای کفایت تحویل متوسط بوده‌اند. اما همین قانون دارای ضریب پشتیبانی ۵/۴۲ درصد است. به این معنی که از میان کل عملیات تحویل آب به آبیگرها صرفاً در ۵ درصد آن‌ها دریاچه مدل XX2 و شاخص کفایت متوسط به‌طور همزمان اتفاق افتاده است. بدین ترتیب می‌توان نتیجه گرفت که اگرچه ارتباط دریاچه XX2 و شاخص کفایت متوسط ارتباط نسبتاً قوی و مستحکمی است اما این قاعده در مجموعه عملیات بهره‌برداری چندان فراگیر نیست.

در مجموعه قواعد به دست آمده بالاترین حد پشتیبانی برای دریاچه مدل XX1 و شاخص کفایت ضعیف به میزان ۲۷/۱۱ درصد به دست آمده است. لذا می‌توان بیان داشت که در ۲۷ درصد از مجموعه عملیات تحویل آب دریاچه مدل XX1 و شاخص کفایت ضعیف همزمان اتفاق افتاده است که نشان‌دهنده این است که این قاعده در مجموعه عملیات تحویل آب نسبتاً فراگیر بوده است. شاخص اطمینان این قاعده ۴۰/۹۱ درصد به دست آمده است که نشان می‌دهد در ۴۱ درصد از دریاچه‌های مدل XX1 شاخص کفایت تحویل ضعیف بوده است. بنابراین این قاعده هم قوت و استحکام بالایی دارد هم نسبتاً در سطح عملیات بهره‌برداری فراگیر بوده است. ضعیف‌ترین قاعده‌ی به دست آمده رابطه دریاچه XX2 و شاخص کفایت ضعیف است که اطمینان ۱۰/۵۳ درصد و پشتیبانی ۱/۲۱ درصد دارد. بدین ترتیب می‌توان اظهار داشت که صرفاً ۱۰ درصد دریاچه‌های XX2 دارای کفایت ضعیف بوده‌اند و این قاعده صرفاً در حد ۱ درصد از مجموعه عملیات تحویل آب به‌صورت همزمان اتفاق

همانطور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود بالاترین حد اطمینان برای قانون شماره ۸ می‌باشد. در این قانون دریاچه‌ی XX2 و شاخص کفایت متوسط با میزان اطمینان ۴۷ درصد برای سال ۱۳۸۶ و ۳۶ درصد برای سال ۱۳۸۷ برقرار می‌باشد. بنابراین این قانون از استحکام لازم در ۲ سال ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷ برخوردار می‌باشد. در مقابل پایین‌ترین حد پشتیبانی در قواعد استخراج شده مربوط به قانون شماره ۹ به میزان ۰/۷۶ درصد در سال ۱۳۸۷ می‌باشد. این قانون در سال ۱۳۸۶ نیز دارای کم‌ترین حد پشتیبانی به میزان ۷ درصد است که با بررسی این قانون در ۲ سال می‌توان استنباط نمود که این قانون قابل اتکاء نمی‌باشد و نمی‌توان به آن استناد نمود. در قانون شماره ۱، ۲ و ۳ ملاحظه می‌شود که حدود اطمینان و پشتیبانی دریاچه مدل L1 و شاخص‌های کفایت خوب، متوسط و ضعیف در سال ۱۳۸۶ با حدود اطمینان و پشتیبانی این دریاچه با شاخص‌های کفایت موجود در سال ۱۳۸۷ تقریباً انطباق دارد. بنابراین می‌توان پذیرفت که قوانین مذکور از صحت لازم برخوردار می‌باشند. با بررسی حدود اطمینان و پشتیبانی قانون‌های ۴، ۵ و ۶ در سال‌های ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷ صحت این قوانین نیز مشخص می‌شود. به همین ترتیب می‌توان قوانین استخراج شده در سال ۱۳۸۶ را با ویژگی‌های فیزیکی دیگر استخراج شده در شبکه بررسی نمود و صحت قواعد را مورد ارزیابی قرار داد و قواعد مستحکم و مستدل را انتخاب نمود.

قوانین استخراج شده

برای درک بهتر مطلب یک نمونه از قوانین استخراج شده به طور کامل شرح داده می‌شود. سپس در ادامه فقط قوانین مفید و مستحکم با محدود کردن ضریب اطمینان مورد بحث قرار می‌گیرد.

رابطه نوع دریاچه و شاخص کفایت

در جدول ۵ کلیه‌ی قواعد التزامی استخراج شده میان نوع دریاچه

باشد.

با توجه به طراحی مناسب اولیه شبکه و مکان‌های مناسب سازه‌ها انتظار می‌رود عملیات بهره‌برداری از آن در کل سطح شبکه یکسان باشد. اما ضریب زبری کانال‌های شبکه قزوین به مرور زمان و طی ۳۰ سال بهره‌برداری از شبکه به دلیل رشد گیاهان؛ رسوب‌گذاری و پوسیدگی افزایش نسبتاً زیادی داشته است، افزایش ضریب زبری در ظرفیت کانال‌ها تأثیر داشته و با توجه به نسبت افزایش ضریب زبری ظرفیت کانال‌های انتقال دهنده نیز کم شده است. ترک خوردگی کانال‌ها و در برخی موارد تخریب آن‌ها توسط کشاورزان برای آبیگری بیشتر و هم‌چنین آبیگری غیرقانونی باعث گردیده تا آب کم‌تری به کانال‌های پایین دست آن‌ها منتقل شود. هم‌چنین آبیگری نامناسب آبیگرهای بالادست و تلفات آب آن‌ها به دلیل فرسوده بودن برخی از آن‌ها سبب گردیده تا آب بیش‌تری در بالادست تلف شده و کمبود آب در پایین دست بیش‌تر احساس شود. دلایل ذکر شده را می‌توان علل ضعف شاخص کفایت در فاصله‌های بیش‌تر نسبت به کانال اصلی قلمداد نمود، لذا در جهت بهبود کفایت در شبکه می‌توان توصیه نمود که در نگهداری و تعمیر کانال‌های شبکه دقت بیش‌تری صورت گیرد.

رابطه فاصله آبیگر از سازه‌ی تنظیم و شاخص کفایت

در جدول ۷ نقش فاصله‌ی آبیگر از سازه تنظیم با در نظر گرفتن آن به عنوان سری پیشین بر شاخص کفایت آمده است.

جدول ۷- تأثیر فاصله آبیگر از سازه تنظیم بر شاخص کفایت

| شماره | فاصله آبیگر از سازه‌ی تنظیم | شاخص کفایت | اطمینان % | پشتیبانی % |
|-------|-----------------------------|------------|-----------|------------|
| ۱ | کم | خوب | ۴۰/۵۸ | ۱۶/۸۷ |
| ۲ | کم | ضعیف | ۳۴/۷۸ | ۱۴/۴۶ |

در این قوانین بالاترین حد اطمینان برای فاصله از سازه تنظیم کم و شاخص کفایت خوب به میزان ۴۰/۵۸ درصد به‌دست آمد. لذا می‌توان اظهار داشت در ۴۰ درصد از مواردی که فاصله آبیگر از سازه- تنظیم کم می‌باشد کفایت خوب بوده است، این قانون دارای ضریب پشتیبانی ۱۶ درصد است که فراگیر بودن این قانون را در مجموعه عملیات تحویل آب بیان می‌کند. لذا این قانون از استحکام لازم برخوردار می‌باشد و قانون قابل اتکایی در شبکه آبیاری قزوین می‌باشد.

با مقایسه ضرایب اطمینان و پشتیبانی قواعد به‌دست آمده در این بخش میان فاصله از سازه تنظیم و شاخص کفایت چنین به نظر می‌رسد که در فاصله‌های کم نسبت به سازه تنظیم، شاخص کفایت خوب بوده است.

افتاده است. لذا اصولاً قاعده قابل اتکایی نیست و نمی‌توان آن‌را به عنوان یک قاعده‌ی کلی پذیرفت.

با مقایسه ضرایب اطمینان و پشتیبانی قواعد حاصل شده میان انواع دریچه‌ها و شاخص کفایت می‌توان چنین استنباط نمود که در دریچه‌های L1 و XX2 شاخص کفایت غالباً خوب و متوسط بوده که تواتر وقوع همزمانی برای L1 قدری بیش‌تر از XX2 بوده. در مقابل شاخص کفایت در دریچه XX1 غالباً ضعیف بوده که تواتر نسبتاً زیادی نیز داشته است.

دریچه‌های L1 مورد استفاده در شبکه دارای ظرفیت نسبتاً بالایی در حدود ۱۰۰۰ تا ۳۷۰۰ لیتر بر ثانیه می‌باشند. به‌دلیل ظرفیت بالای آن‌ها توجه بیش‌تری نسبت به بهره‌برداری و نگهداری آن‌ها صورت می‌گیرد. از طرفی به‌دلیل نصب آن‌ها در کانال‌های اصلی جریان کانال‌های تغذیه کننده آن‌ها دائمی است، این امر برخلاف دریچه‌های XX1 که در کانال‌های فرعی با جریان متناوب مواجه هستند می‌باشند. در کانال‌های جریان دائمی تخریب کانال‌ها کم‌تر صورت می‌گیرد و به‌دلیل عدم تردد از درون کانال‌ها رسوبات کم‌تری وارد کانال می‌شود و لذا سازه‌های نصب شده در آن‌ها عملکرد مطلوب‌تری دارند.

رابطه فاصله آبیگر از کانال اصلی و شاخص کفایت

در جدول ۶ قواعد التزامی استخراج شده میان فاصله آبیگر از کانال اصلی با شاخص کفایت تحویل با در نظر گرفتن شاخص کفایت به عنوان پی‌آیند و فاصله از کانال اصلی به عنوان سری پیشین نشان داده شده است.

جدول ۶- تأثیر فاصله آبیگر از کانال اصلی بر شاخص کفایت

| شماره | فاصله آبیگر از کانال اصلی | شاخص کفایت | اطمینان % | پشتیبانی % |
|-------|---------------------------|------------|-----------|------------|
| ۱ | زیاد | ضعیف | ۴۴/۴۴ | ۱۴/۴۶ |
| ۲ | کم | خوب | ۳۸/۳۳ | ۱۳/۸۶ |
| ۳ | متوسط | خوب | ۴۰/۳۹ | ۱۲/۶۵ |

در قوانین التزامی استخراج شده در این بخش بالاترین حد اطمینان و پشتیبانی در قانون شماره ۱ برای فاصله از کانال اصلی زیاد و شاخص کفایت ضعیف است که به ترتیب این ضرایب ۴۴/۴۴ درصد و ۱۴/۴۶ درصد به‌دست آمد. در واقع می‌توان اظهار کرد در ۴۴ درصد موارد که فاصله از کانال اصلی زیاد بوده شاخص کفایت در محدوده‌ی ضعیف قرار گرفته است. از جهتی ضریب پشتیبانی این قانون نیز ۱۴/۴۶ درصد می‌باشد که بیان می‌کند در کل مجموعه عملیات تحویل آب، کفایت ضعیف و فاصله از کانال اصلی زیاد به میزان ۱۴ درصد به‌طور همزمان رخ داده‌اند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت این قانون نسبتاً فراگیر بوده و از استحکام لازم برخوردار می‌باشد.

جدول ۸- تأثیر فاصله از سازه تنظیم بر شاخص پایداری تحویل

| شماره قانون | فاصله از سازه تنظیم | شاخص پایداری تحویل | اطمینان % | پشتیبانی % |
|-------------|---------------------|--------------------|-----------|------------|
| ۱ | کم | خوب | ۴۳/۴۷ | ۱۸/۰۷ |
| ۲ | متوسط | متوسط | ۴۰/۹۸ | ۱۵/۰۶ |
| ۳ | | خوب | ۴۰/۹۸ | ۱۵/۰۶ |
| ۴ | زیاد | متوسط | ۳۸/۸۸ | ۸/۴۳ |
| ۵ | | خوب | ۳۶/۱۱ | ۷/۸۳ |

و شاخص پایداری تحویل می‌توان چنین بیان نمود که در فاصله آبیگر از سازه تنظیم کم شاخص پایداری تحویل خوب بوده و در فاصله از سازه تنظیم زیاد غالباً پایداری تحویل متوسط می‌باشد.

بنابر طراحی اولیه شبکه و انتخاب سازه‌های تنظیم مناسب، انتظار می‌رود تحویل آب در دوره‌های مختلف آبیگری به صورت پایدار صورت گیرد اما با توجه به قدمت شبکه و فرسوده بودن کانال‌ها و سازه‌های تنظیم، این سازه‌ها که در طراحی اولیه قادر بودند تغییرات سطح آب را در محدوده‌ی مناسب حفظ کنند، برخی به دلیل خارج شدن از حالت تعادل توسط زارعین و فرسودگی برخی دیگر از آن‌ها، این سازه‌ها دیگر قادر به ثابت نگه داشتن محدوده‌ی تغییرات سطح آب لازم نیستند. تغییرات سطح آب در فاصله‌های دورتری از سازه تنظیم بیش‌تر نمایان است که آبیگری در کانال‌های این سازه‌ها را با مشکل مواجه کرده است.

فاصله آبیگر از سازه‌ی تنظیم، یکی از معیارهایی است که می‌تواند در ارتقاء شاخص‌های بهره‌برداری در شبکه‌های آبیاری، از جمله شاخص پایداری تحویل مفید واقع شود. لذا برای طراحی مناسب شبکه‌های آبیاری و بهبود این شاخص در شبکه آبیاری قزوین می‌توان توصیه نمود سازه‌های تنظیمی که تغییرات سطح آب را در طول بیش‌تری از بازه‌های کانال، سطح آب را کنترل می‌کنند از نظر تعمیر، سرویس و نگهداری بیش‌تر مورد توجه بهره‌برداران قرار گیرند.

بررسی تأثیر همزمان ۴ عامل فیزیکی بر شاخص کفایت

در جدول ۱۰ تأثیر همزمان ۴ عامل فیزیکی نوع دریچه، فاصله از کانال اصلی، فاصله از سازه تنظیم و سطح تحت پوشش به عنوان سری پیشین بر شاخص کفایت به عنوان پی‌آیند نشان داده شده است. در ۲ قانون فوق نوع دریچه XXI و فاصله از کانال اصلی زیاد است اما در قانون شماره ۱ فاصله از سازه تنظیم و سطح تحت پوشش متوسط می‌باشد که با اطمینان ۵۷ درصد دارای کفایت ضعیف بوده و قانون شماره ۲ با فاصله از سازه تنظیم کم و سطح تحت پوشش زیاد، با اطمینان ۶۶ درصد دارای کفایت خوب بوده است. دو قانون فوق دارای ضریب پشتیبانی ۲ درصد می‌باشند لذا از فراگیری یکسانی برخوردار می‌باشند اما قانون ۲ به دلیل اطمینان بیش‌تر مستحکم‌تر می‌باشد.

بر اساس مکان‌یابی سازه‌ها و مناسب بودن تغییرات سطح آب در طراحی اولیه و انتخاب دریچه‌های نریپیک، انتظار می‌رود فاصله ساز-ه‌های آبیگر نسبت به سازه تنظیم تأثیر چندانی در تحویل کافی آب نداشته باشد و سازه تنظیم بتواند تغییرات سطح آب در فاصله‌های دورتری از خود را نیز بر اساس طراحی صورت گرفته کنترل کند و آبیگر آب کافی را دریافت کند. اما عدم نگهداری مناسب سازه‌های تنظیم در سطح شبکه و برهم خوردن تعادل برخی سازه‌های تنظیم آمیل توسط کشاورزان باعث گردیده تا این سازه‌ها در کنترل سطح آب کارایی مطلوب را نداشته باشند و آبیگرهایی که در فاصله‌های دورتری از سازه تنظیم هستند عملکرد ضعیف‌تری از نظر شاخص کفایت داشته باشند.

بنابراین توصیه می‌شود در جهت بهبود عملیات تحویل آب سازه-های تنظیم آمیل موجود در شبکه تنظیم شوند، هم‌چنین سازه‌های تنظیم صدمه دیده، تعمیر یا تعویض شوند.

رابطه فاصله آبیگر از سازه تنظیم با شاخص پایداری تحویل

با توجه به اینکه فاصله از سازه تنظیم بیش‌ترین تأثیر را بر تحویل پایدار آب دارد بنابراین در این قسمت تنها ارتباط بین شاخص پایداری و فاصله از سازه تنظیم بررسی شد. در جدول ۸ قواعد التزامی استخراج شده میان فاصله از سازه تنظیم به عنوان سری پیشین و شاخص پایداری تحویل به عنوان پی‌آیند نشان داده شده است.

در این قواعد بالاترین حد اطمینان و پشتیبانی برای فاصله آبیگر از سازه تنظیم کم و شاخص پایداری تحویل خوب به ترتیب به میزان ۴۸/۴۸ و ۱۸/۰۷ به دست آمد. لذا می‌توان بیان کرد که در ۴۸ درصد از مواردی که فاصله‌ی آبیگر نسبت به سازه تنظیم کم بوده، شاخص پایداری تحویل خوب بوده است. هم‌چنین ضریب پشتیبانی این قانون بیان می‌کند که در ۱۸ درصد از کل مجموعه عملیات تحویل آب شاخص پایداری تحویل خوب و فاصله آبیگر از سازه تنظیم کم، هم‌زمان رخ داده‌اند. بدین ترتیب می‌توان عنوان نمود که این قانون هم از استحکام لازم برخوردار بوده و هم نسبتاً در سطح شبکه فراگیر می‌باشد.

با مقایسه ضرایب اطمینان و پشتیبانی میان فاصله از سازه تنظیم

جدول ۱۰- رابطه بین ۴ عامل فیزیکی با شاخص کفایت

| پشتیبانی % | اطمینان % | پی آیند شاخص کفایت | سطح تحت پوشش هر آبگیر | فاصله آبگیر از سازه‌ی تنظیم پیشین | فاصله آبگیر از کانال اصلی | نوع دریچه |
|------------|-----------|--------------------|-----------------------|-----------------------------------|---------------------------|-----------|
| ۲/۴۱ | ۵۷/۱۴ | ضعیف | متوسط | متوسط | زیاد | XX1 |
| ۲/۴۱ | ۶۶/۶۷ | خوب | زیاد | کم | زیاد | XX1 |

بازسازی شبکه را متناسب با عملکرد مرتبط به شکل مطلوب‌تری انجام داد. بنابراین مدیران شبکه امکان برنامه‌ریزی اصلاح و بازسازی شبکه‌ها را با استفاده از الگوهای استخراج شده خواهند داشت. هم-چنین با توجه به تأثیر هر یک از عوامل فیزیکی بر عملکرد شبکه، تصمیم‌گیران قادر خواهند بود تصمیمات مناسب‌تری برای طراحی شبکه‌های جدید اتخاذ نمایند.

مراجع

- فتاحی، م.ه.، بامداد، ا. و رحیمی خوب، ع. ۱۳۹۱. کاربرد قواعد انجمنی در رصد کردن وقایع بارندگی و خشکسالی با استفاده از دمای سطح آب‌های آزاد، مجله مهندسی منابع آب. ۵: ۸۹-۹۶.
- زحمتکش، م. و منتظر، ع.ا. ۱۳۹۰. ارزیابی عملکرد تعدادی از شبکه‌های آبیاری جهان با استفاده از شیوه مقایسه‌ای و تحلیل داده‌کاوی، نشریه آب و خاک. ۵: ۲۵-۱۰۵۷-۱۰۴۲.
- منعم، م.ج. و هاشمی شاهدانی، س.م. ۱۳۹۰. خوشه‌بندی مکانی شبکه‌های آبیاری با استفاده از روش کلاسیک K-mean، مجله تحقیقات منابع آب ایران. ۷: ۱: ۳۸-۴۶.
- Agrawal, R. and Srikant, R. 1994. Fast algorithm for mining association rules, In Proceedings of the international Conference on Very Large Databases, VLDB-94. 487-499.
- Agrawal, R., Imielinski, T. and Swami, A. 1993. Mining association rules between sets of items in large databases. In Proceedings of the ACM SIGMOD Conference on management of data, (207-216).
- Balzas, F. 2006. Fuzzy clustering in process of data mining. PHD thesis. Department of Process Engineering. University of Veszprem Hungry. P. 157.
- Burt, C.M. 2011. The Irrigation Sector Shift from Construction to Modernization: What is Required for Success, 21st International Congress on Irrigation and Drainage, 16-22 October, Tehran, Iran. 7-11
- Hand, D.J. and Smyth, P. 2001. Principles of Data Mining, MIT Press, Data Mining and Official Statistics, Roma.
- Malano, H. and Gao, G. 1992. Ranking and classification of irrigation system performance using fuzzy set

قواعد فوق نشان می‌دهند زمانی که نوع دریچه و فاصله از کانال اصلی یکسان است، فاصله از سازه تنظیم و سطح تحت پوشش آبگیر می‌توانند شاخص کفایت را تحت تأثیر قرار دهند. در بررسی‌های جداگانه مشخص شد که دریچه XX1 و فاصله آبگیر از کانال اصلی زیاد سبب کفایت ضعیف شده‌اند اما با در نظر گرفتن توام فاصله آبگیر از سازه تنظیم کم و سطح تحت پوشش آبگیر زیاد کفایت از محدوده ضعیف در محدوده خوب قرار گرفت. بر این اساس با کاهش فاصله آبگیر از سازه تنظیم و افزایش سطح تحت پوشش آبگیر در شاخص کفایت بهبود حاصل شد.

نتیجه‌گیری

در این مقاله ارتباط بین شاخص‌های بهره‌برداری کفایت و پایداری تحویل، با مشخصات فیزیکی شبکه مورد بررسی قرار گرفت. در بررسی تک عاملی روابط، نتایج نشان دادند که فاصله‌ی آبگیر از کانال اصلی و نوع آبگیر به عنوان عوامل مؤثر بر شاخص کفایت تحویل آب به عنوان قوانین مستحکم با ضرایب اطمینان ۴۴ و ۴۷ درصد مطرح می‌باشند. هم‌چنین فاصله از سازه تنظیم به عنوان عامل مؤثر بر پایداری تحویل، با ضرایب اطمینان ۴۸ درصد، شناخته شد. با بررسی قواعد استخراج شده مشخص گردید نوع سازه‌های آبگیری و فاصله از کانال آب‌رسان، در سطح شاخص کفایت در شبکه‌ی آبیاری قزوین تأثیر تعیین کننده‌ای دارند و قواعد به‌دست آمده تأثیر نوع آبگیر، فرسودگی و جدید بودن سازه‌های آبگیری در کانال‌های انتقال را بر شاخص کفایت و پایداری به خوبی بیان کردند. بررسی همزمان چندین عامل فیزیکی بر شاخص‌های بهره‌برداری نتایج کامل‌تری نسبت به نتایج حاصل از بررسی تک عاملی ارائه کرد که توصیه می‌شود به‌منظور شناخت دقیق‌تر رابطه شاخص‌های بهره‌برداری و مشخصات فیزیکی شبکه، عوامل اصلی مؤثر بر آن‌ها به‌صورت همزمان مورد توجه قرار گیرد.

با شناخت رابطه عملکرد بهره‌برداری و ویژگی‌های فیزیکی مختلف شبکه، می‌توان برنامه‌ریزی عملیات بهره‌برداری و نگهداری، مانند انجام بازرسی‌ها و تخصیص اعتبارات را در سطح شبکه به شکل مطلوب‌تری اعمال نمود. هم‌چنین با شناخت دقیق‌تر رابطه عملکرد بهره‌برداری و ویژگی‌های فیزیکی مختلف شبکه، می‌توان اصلاح و

- 19: 289-298
- Somaraseka, B.M.S. 1987. Diagnostic analysis of Minneriya Scheme, Sri Lanka: 1986 Yala discipline reports. Report No. 59, Water Management Synthesis II Project, Colorado State Univ., Ft. Collins, Colo.
- Tan, K.C and Yu, Q. 2006. A co-evolutionary algorithm for rules discovery in data mining. *International Journal of Systems Science*. 12. 37: 864 - 835.
- Zhao, Q and Bhowmick, S.S. 2003. Association Rule Mining: A Survey, Technical Report, CAIS, Nanyang Technological University, Singapore, No 200. 116.
- theory: case study in Australia and China. *Irrigation and Drainage Systems*. 6 .2: 129-148.
- Molden, D.J and Gates, T.K. 1990. Performance measures for evaluation of irrigation water delivery systems. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 116.6: 804-822.
- Monem, M.J and Hashemy, S.M. 2011. Extracting Physical Homogenous Regions Out of the Irrigation Networks Using Fuzzy Clustering Method, *Journal of Hydroinformatics*. 13.4: 652-660.
- Saitta, S., Raphael, B and Smith, I.F.C. 2005. Data mining techniques for improving the reliability of system identification, *Advanced Engineering Informatics*,

Applying Association Rules to Infer the Relationships between Physical Parameters and Operational Indices of Irrigation Networks

V. Ghadbeigi¹, M. J. Monem^{*2}, S. M. Hashemy Shahedani³

Received: Oct.4, 2014

Accepted: Feb.25, 2015

Abstract

Irrigation networks operation is not only affected by water delivery and water distribution, but also is a function of physical conditions of canals and structures. According to the network physical characteristics variety, identifying those that have more impact on the network performance and degree of their impacts, Provides basis for rehabilitation strategies for existing networks, and appropriate performance-based design approach for similar networks. Applying intellectual data mining methods help the irrigation canal managers in finding out the hidden information. One of the most applied data mining methods is the association rules which have been used in this study to extract the performance patterns. Two groups of data have been used for this purpose, including the operational performance operational indices and the physical parameters of Qazvin irrigation network. In this way, the operational performance operational indices were considered as consequent and the physical parameters were presented as antecedents. Apriori algorithm was used to extract the rules. In single-agent relationship, results indicate that two physical parameters of: distance of off-takes from main canal and the type of off-takes; are the parameters affecting water delivery adequacy index with high confidence levels of 44% and 47%, respectively. In addition, water delivery stability index have been influenced by the distance of off-takes from regulating structures. Simultaneous study of several physical parameters on operational indices provides more insights in comparison with single-variable analyses. Therefore, in order to benefit the advantages of association rules method the main affecting factors must be considered together.

Keywords: Operational Performance; Modernization and Rehabilitation; Irrigation Networks; Data Mining; Apriori Algorithm

1- M. Sc. Graduate, Hydraulic Structures, Tarbiat Modares University

2- Associate Professor, Hydraulic structures, Tarbiat Modares University

3- Assistant Professor, Department of Irrigation and Drainage, Abureyhan campus, Tehran University

(*-Corresponding Author Email: monem_mj@modares.ac.ir)